

موضوع:

پروژه درس تکنیک و پالس

(ساخت مدلاتور های مختلف با 555 و OpAmp)

Date: spring 1404



Master: Dr M. Pourmahyabadi

Written By:

Alireza Sotoodeh (401412056)

Shahid Bahonar
University of Kerman

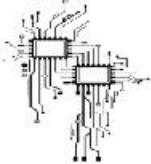




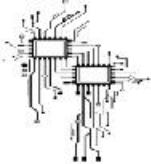
INDEX

CONTENTS

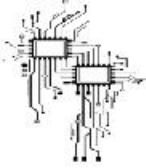
1	Index
4	مقدمه: مدولاسيون
4	چرا مدولاسيون مهم است؟
4	مدولاسيون و انواع آن
4	مدولاسيون دامنه (AM)
5	مدولاسيون فرکانس (FM)
6	مدولاسيون فاز (PM)
7	مدولاسيون تغيير دامنه (ASK)
8	مدولاسيون تغيير فرکانس (FSK)
8	مدولاسيون تغيير فاز (PSK)
9	مدولاسيون دامنه چهارگانه (QAM)
10	قطعات مورد استفاده
10	555 timer IC
11	مداهای کاري 555
12	کاريدهای 555
13	انواع آپامپها بر اساس فرکانس کاري و توضیحات مربوطه
14	741 Op Amp IC
16	مشخصات فني IC 741
17	پروژه طراحی و شبیه سازی مدارهای پالس و دیجیتال (صورت پروژه)
18	مروری بر مدلاسيون های PAM, PCM, PPM PWM
20	ساخت اسیلاتور سینوسی



20 (اسیلاتور وین) به عنوان موج سیگنال
21 (شرط نوسان) Barkhausen stability criterion
22 مدار 1 (اسیلاتور سینوسی پل وین)
24 مدار 2 (اسیلاتور سینوسی وین)
26 مثال پل wien
27 تحلیل دستی
28 اسیلاتور سینوسی با 555
30 تحلیل دستی
31 اسیلاتور phase shift
32 تحلیل دستی
33 اسیلاتور ring oscillator
34 تحلیل دستی
35 اسیلاتور colpitts oscillator
36 تحلیل دستی
37 اسیلاتور Clapp oscillator
38 تحلیل دستی
39 مدولاسیون پهنهای پالس (Pulse Width Modulation) - PWM
40 مدار اول مدلسیون PWM + (شبیه سازی مدار)
41 تحلیل دستی مدار اول PWM
42 مدار دوم مدلسیون PWM + (شبیه سازی مدار)
44 تحلیل دستی مدار دوم PWM
45 مدار سوم مدلسیون PWM + (شبیه سازی مدار)
46 تحلیل دستی مدار سوم PWM
48 مدار چهارم مدلسیون PWM (بهترین مدلاتور Pwm) + (شبیه سازی مدار)
51 مدار پنجم مدلسیون PWM + (شبیه سازی مدار)
52 تحلیل دستی مدار پنجم PWM



54	بررسی PWM در MATLAB	} ساخت مدل‌تولر PPM
55	مدولاتیون موقعیت پالس (pulse position modulation) - ppm	
56	مدار اول مدلاتسیون PPM + (شبیه سازی مدار)	
57	تحلیل دستی مدار اول PPM	
58	مدار دوم مدلاتسیون PPM + (شبیه سازی مدار)	
60	تحلیل دستی مدار دوم PPM	
61	بررسی PPM در MATLAB	
62	مدولاتیون PAM (Pulse AMPLITUDE Modulation) - PAM	} ساخت مدل‌تولر PAM
65	مدار اول مدلاتسیون PAM + (شبیه سازی مدار)	
68	تحلیل دستی مدار PAM	
69	بررسی PAM در MATLAB	
70	مدولاتیون PCM (pulse CODE modulation) - PCM	
71	مدار مدلاتسیون PCM + (شبیه سازی مدار)	
72	تحلیل دستی مدار PCM	} ساخت مدل‌تولر PCM
73	تکمیل مدار مدلاتسیون PCM + (شبیه سازی مدار)	
75	تحلیل دستی مدار تکمیل شده PCM	
76	بررسی PCM در MATLAB	
77	منابع	



مقدمه: مدولاسیون

مدولاسیون فرآیند تغییر یک سیگنال حامل با فرکانس بالا - برای رمزگذاری اطلاعات بر اساس سیگنال پیام است که معمولاً یک شکل موج با فرکانس پایین‌تر می‌باشد. این تغییر به سیگنال پیام اجازه می‌دهد تا به طور موثر از طریق یک کانال ارتباطی ارسال و دریافت شود.

مفاهیم کلیدی

سیگنال حامل: سیگنالی با فرکانس بالا که برای حمل اطلاعات مدوله شده است.

سیگنال پیام: اطلاعات اصلی مثلا صدا که باید منتقل شود.

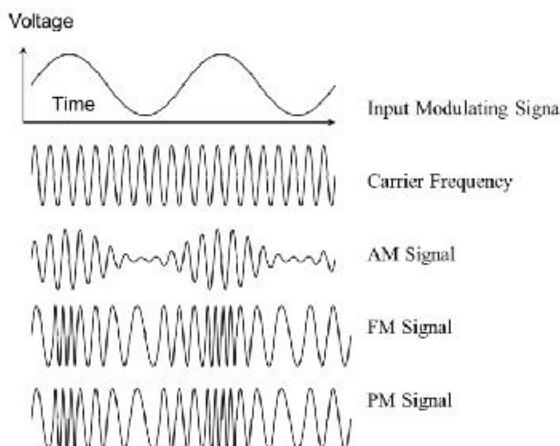
سیگنال مدوله شده: سیگنال حاصل پس از کدگذاری پیام بر روی حامل.

چرا مدولاسیون مهم است؟

1. انتقال کارآمد: سیگنال‌های حامل فرکانس بالاتر می‌توانند مسافت‌های طولانی‌تر و از طریق رسانه‌های مختلف را با کارایی بیشتری نسبت به سیگنال‌های پیام فرکانس پایین طی کنند.
2. Multiplexing (مالتی پلکس): اجازه می‌دهد تا چندین سیگنال به طور همزمان از طریق یک کانال بدون تداخل منتقل شوند.
3. استفاده از پهنای باند: امکان استفاده بهتر از پهنای باند موجود را فراهم می‌کند و امکان انتقال داده‌های بیشتری را در یک زمان معین فراهم می‌کند.
4. کاهش نویز: سیگنال‌های فرکانس بالا کمتر در معرض نویز و تداخل هستند و دریافت واضح‌تر را تضمین می‌کنند.

مدولاسیون و انواع آن

مدولاسیون و انواع آن را می‌توان به طور کلی به دو نوع تقسیم کرد: **مدولاسیون آنالوگ** و **دیجیتال**.



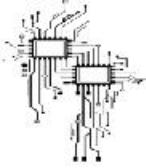
مدولاسیون آنالوگ

مدولاسیون آنالوگ به تکنیک‌های اشاره دارد که سیگنال مدوله شده به طور مداوم تغییر می‌کند. در اینجا انواع اولیه مدولاسیون آنالوگ آورده شده است:

1. مدولاسیون دامنه (AM)
2. مدولاسیون فرکانس (FM)
3. مدولاسیون فاز (PM)

مدولاسیون دامنه (AM)

در مدولاسیون دامنه، دامنه (قدرت سیگنال) موج حامل متناسب با سیگنال پیام تغییر می‌کند. این نوع مدولاسیون معمولاً در پخش رادیویی AM استفاده می‌شود.

**AM چگونه کار می کند:**

موج حامل: یک موج سینوسی با فرکانس بالا.

سیگنال پیام: سیگنال صوتی یا داده ای که باید ارسال شود.

سیگنال مدوله شده: دامنه موج حامل با توجه به دامنه سیگنال پیام تغییر می کند.

به عنوان مثال، هنگام انتقال سیگنال های صوتی از طریق رادیو AM، دامنه متغیر صدای انسان، موج حامل را تتعديل می کند و یک سیگنال ترکیبی ایجاد می کند که می تواند توسط یک گیرنده رادیویی منتقل و دمودوله شود.

فرکانس ها:

معمولًا از 535 کیلوهرتز تا 1.7 مگاهرتز برای رادیو AM متغیر است.

: مزایای AM

садگی AM: به راحتی قابل پیاده سازی است.

منطقه پوشش: سیگنال های AM می توانند مسافت های طولانی را طی کنند، به خصوص در فرکانس های پایین تر.

: معایب AM

حساسیت به نویز: سیگنال های AM بسیار مستعد نویز و تداخل هستند که بر کیفیت سیگنال دریافتی تأثیر می گذارد.

ناکارآمدی AM: از پهنای باند کارآمد نیست، زیرا به بخش قابل توجهی از طیف نیاز دارد.

مدولاسیون فرکانس (FM)

در مدولاسیون فرکانس، فرکانس موج حامل متناسب با سیگنال پیام تغییر می کند FM به طور گسترده در پخش رادیویی FM، انتقال صدای تلویزیونی و سایر برنامه هایی که به صدای با کیفیت بالا نیاز است استفاده می شود.

FM چگونه کار می کند:

موج حامل: یک موج سینوسی با فرکانس بالا.

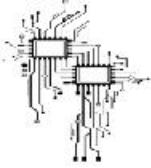
سیگنال پیام: سیگنال صوتی یا داده ای که باید ارسال شود.

سیگنال مدوله شده: فرکانس موج حامل با توجه به دامنه سیگنال پیام تغییر می کند.

به عنوان مثال، در پخش رادیو FM، فرکانس موج حامل به طور پیوسته مطابق با دامنه سیگنال صوتی تغییر می کند و در نتیجه سیگنال مدوله شده با فرکانس ایجاد می شود که می تواند توسط گیرنده های FM دمودوله شود.

فرکانس ها:

به طور معمول از 88 مگاهرتز تا 108 مگاهرتز برای رادیو FM متغیر است.



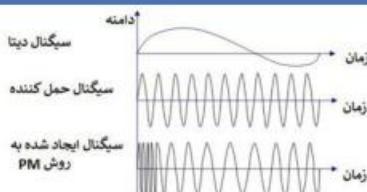
• مزایای FM :

مقاومت در برابر نویز: سیگنال های FM در مقایسه با سیگنال های AM کمتر در معرض نویز و تداخل هستند.
کیفیت صدای بهتر FM: کیفیت صدای بهتری را ارائه می دهد و برای پخش موسیقی و پخش با کیفیت بالا ایده آل است.

• معایب FM :

پیچیدگی: فرستنده ها و گیرنده های FM پیچیده تر و گرانتر از همتایان AM هستند.
پهنای باند مورد نیاز FM: به پهنای باند وسیع تری نسبت به AM نیاز دارد که می تواند محدودیتی در طیف های فرکانس شلوغ باشد.

مدولاسیون فاز (PM)



در مدولاسیون فاز، فاز موج حامل متناسب با سیگنال پیام تغییر می کند.
PM ارتباط نزدیک با مدولاسیون فرکانس دارد، زیرا تغییر فاز سیگنال به طور ذاتی فرکانس آن را نیز تغییر می دهد.

• نحوه عملکرد PM :

موج حامل: یک موج سینوسی با فرکانس بالا.
سیگنال پیام: سیگنال صوتی یا داده ای که باید ارسال شود.
سیگنال مدوله شده: فاز موج حامل با توجه به دامنه سیگنال پیام تغییر می کند.

مدولاسیون فاز در کاربردهای مختلف، از جمله سیستم های ارتباطی دیجیتالی استفاده می شود، در جایی که اساس طرح های مدولاسیون پیچیده تر مانند مدولاسیون دامنه چهارگانه (QAM) و مدولاسیون فاز (PSK) را تشکیل می دهد.

• فرکانس ها:

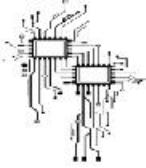
مدولاسیون فاز دارای محدوده فرکانسی خاصی نیست، زیرا بسته به کاربرد می تواند در باندهای فرکانسی مختلف اعمال شود.

• مزایای PM :

مقاومت در برابر نویز: مشابه FM ، مدولاسیون فاز در برابر نویز و تداخل مقاوم است.
کارایی پهنای باند PM: می تواند در مقایسه با AM از نظر پهنای باند کارآمدتر باشد.

• معایب PM :

پیچیدگی: سیستم های PM پیچیده هستند و به فرستنده ها و گیرنده های پیچیده نیاز دارند.
اعوجاج سیگنال PM: می تواند اعوجاج در سیگنال را در صورت عدم اجرای دقیق ایجاد کند.

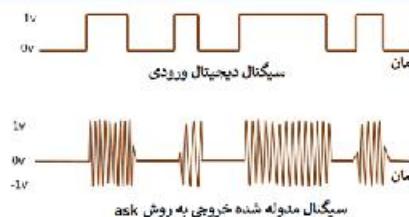


مدولاسیون دیجیتال

در ادامه مبحث مدولاسیون و انواع آن به تکنیک دیجیتال می‌رسیم. تکنیک‌های مدولاسیون دیجیتال شامل تغییر یک سیگنال حامل برای رمزگذاری اطلاعات دیجیتال است. این تکنیک‌ها برای سیستم‌های ارتباطی مدرن، از جمله شبکه‌های سلولی مانند موبایل، Wi-Fi و ارتباطات ماهواره‌ای ضروری هستند. در اینجا چند نوع متداول مدولاسیون دیجیتال آورده شده است:

مدولاسیون تغییر دامنه (ASK)
 مدولاسیون تغییر فرکانس (FSK)
 مدولاسیون فاز (PSK)
 مدولاسیون دامنه چهارگانه (QAM)

مدولاسیون تغییر دامنه (ASK)



در مدولاسیون تغییر دامنه، دامنه سیگنال حامل برای نمایش داده های باینری تغییر می‌کند. یک کاربرد رایج ASK در ارتباطات فیبر نوری است.

چگونه کار می‌کند:

-

داده های باینری: اطلاعاتی که قرار است منتقل شوند، به شکل باینری (0 و 1) نمایش داده می‌شوند.
 سیگنال حامل: سیگنال با فرکانس بالا.
 سیگنال مدوله شده: دامنه سیگنال حامل با توجه به داده های باینری تغییر می‌کند.

به عنوان مثال، در ASK باینری، یک باینری '1' ممکن است با دامنه بالا، و یک '0' باینری با دامنه پایین (0) یا بدون سیگنال نمایش داده شود.

فرکانس ها:

-

را می‌توان در طیف وسیعی از فرکانس‌ها بسته به کاربرد، از کیلوهرتز در سیستم‌های RFID تا گیگاهرتز در ارتباطات نوری استفاده کرد.

: مزایای ASK

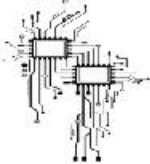
-

سادگی: اجرای ASK ساده است.
 کارایی: مناسب برای برنامه‌های ساده و کم سرعت.

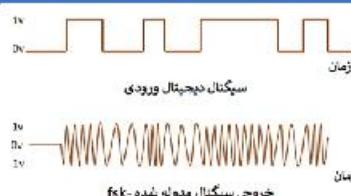
: معایب ASK

-

حساسیت به نویز ASK: بسیار مستعد نویز و تداخل است.
 ناکارآمدی: برای برنامه‌های کاربردی با نرخ داده بالا مناسب نیست.



مدولاسیون تغییر فرکانس (FSK)



در مدولاسیون تغییر فرکانس (FSK)، فرکانس سیگنال حامل برای نمایش داده های باینری تغییر می کند. عموماً در ارتباطات مودم و سیستم های استفاده می شود.

چگونه FSK کار می کند:

- داده های باینری: اطلاعاتی که قرار است منتقل شوند، به شکل باینری (0 و 1) نمایش داده می شوند.
- سیگنال حامل: سیگنال با فرکانس بالا.
- سیگنال مدوله شده: فرکانس سیگنال حامل با توجه به داده های باینری تغییر می کند.

به عنوان مثال، در FSK باینری، یک باینری '1' ممکن است با فرکانس بالا و یک باینری '0' با فرکانس پایین نمایش داده شود.

فرکانس ها:

همچنین می تواند در طیف وسیعی از فرکانس ها، از کیلوهرتز تا مگاهرتز، بسته به کاربرد مورد استفاده قرار گیرد.

مزایای FSK:

مقاومت در برابر نویز FSK: در مقایسه با ASK در برابر نویز مقاومت بیشتری دارد.

قابلیت اطمینان: مناسب برای سیستم های ارتباطی قوی.

معایب FSK:

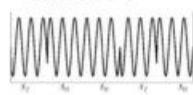
پیچیدگی: سیستم های FSK پیچیده تر از ASK هستند.

پهنای باند نیاز: به پهنای باند بیشتری نسبت به ASK نیاز دارد.

مدولاسیون تغییر فاز (PSK)



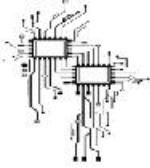
در مدولاسیون تغییر فاز، فاز سیگنال حامل برای نمایش داده های باینری تغییر می کند. به طور گسترده در سیستم های ارتباطی دیجیتال از جمله Wi-Fi و بلوتوث استفاده می شود.



سیگنال مدوله شده خروجی به روش psk

چگونه PSK کار می کند:

- داده های باینری: اطلاعاتی که قرار است منتقل شوند، به شکل باینری (0 و 1) نمایش داده می شوند.
- سیگنال حامل: سیگنال با فرکانس بالا.
- سیگنال مدوله شده: فاز سیگنال حامل با توجه به داده های باینری تغییر می کند.



به عنوان مثال، در PSK باینری «1» ممکن است با یک تغییر فاز ۰ درجه، و یک «۰» باینری با یک تغییر فاز ۱۸۰ درجه نمایش داده شود.

• فرکانس ها:

PSK را می توان در طیف وسیعی از فرکانس ها، معمولاً از مگاهرتز تا گیگاهرتز، بسته به کاربرد، استفاده کرد.

• مزایای PSK:

مقاومت در برابر نویز PSK: در برابر نویز و تداخل مقاوم است.
 کارایی: مناسب برای برنامه های با سرعت داده بالا.

• معایب PSK:

پیچیدگی: سیستم های PSK پیچیده تر هستند و نیاز به همگام سازی فاز دقیق دارند.
 نرخ خطای بالاتر در مقایسه با سایر طرح های مدولاسیون در شرایط خاص.

مدولاسیون دامنه چهارگانه (QAM)

مدولاسیون دامنه چهارگانه، مدولاسیون دامنه و فاز را برای رمزگذاری بیت های بیشتری در هر نماد ترکیب می کند و آن را برای برنامه های با سرعت داده بسیار کارآمد می کند QAM. معمولاً در تلویزیون دیجیتال و اینترنت پهن باند استفاده می شود.

• چگونه کار می کند:

داده های باینری: اطلاعاتی که قرار است منتقل شوند، به شکل باینری (۰ و ۱) نمایش داده می شوند.
 سیگنال حامل: سیگنال با فرکانس بالا.
 سیگنال مدوله شده: هم دامنه و هم فاز سیگنال حامل با توجه به داده های باینری تغییر می کند.
 به عنوان مثال، در QAM16، ۱۶ ترکیب مختلف دامنه و فاز برای نمایش چهار بیت در هر نماد استفاده می شود.

• فرکانس ها:

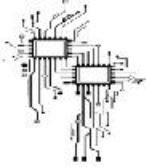
معمولاً بسته به کاربرد در محدوده مگاهرتز تا گیگاهرتز استفاده می شود.

• مزایای QAM:

راندمان بالا QAM: می تواند مقادیر زیادی داده را به طور موثر انتقال دهد.
 استفاده از پهنای باند QAM: از پهنای باند موجود استفاده موثری می کند.

• معایب QAM:

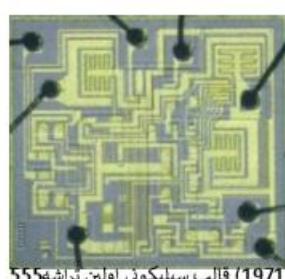
پیچیدگی: سیستم های QAM پیچیده هستند و نیاز به همگام سازی دامنه و فاز دقیق دارند.
 حساسیت به نویز: مدولاسیون QAM درجه بالاتر در برابر نویز و تداخل حساس تر و مستعدتر هستند.



قطعات مورد استفاده

در ادامه توضیحاتی در مورد 555 و Op amp را مشاهده خواهید کرد:

555 TIMER IC



تراشه زمان‌سنج ۵۵۵ تراشه‌ای است که استفاده‌های گوناگونی در مدارات نوسان‌گر و تولید پالس الکترونیکی دارد. ۵۵۵ می‌تواند به عنوان تأخیر زمانی در یک مدار تایмер و همچنین به عنوان یک مدار نوسان‌گر یا به عنوان یک اجزا در مدار پالسی استفاده گردد.

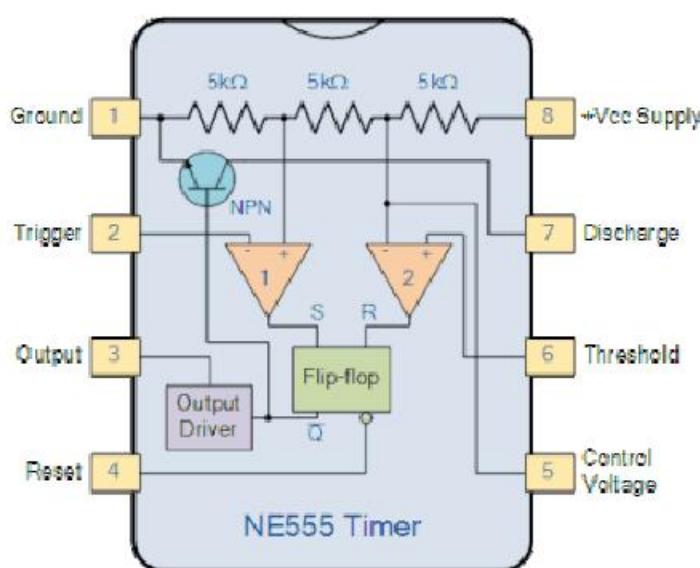
در سال ۱۹۷۱ توسط هانس کامن زیند در شرکت Sygnetics ساخته شد. ۵۵۵

همچنان استفاده زیادی به خاطر استفاده آسان و قیمت پایین آن دارد. امروزه

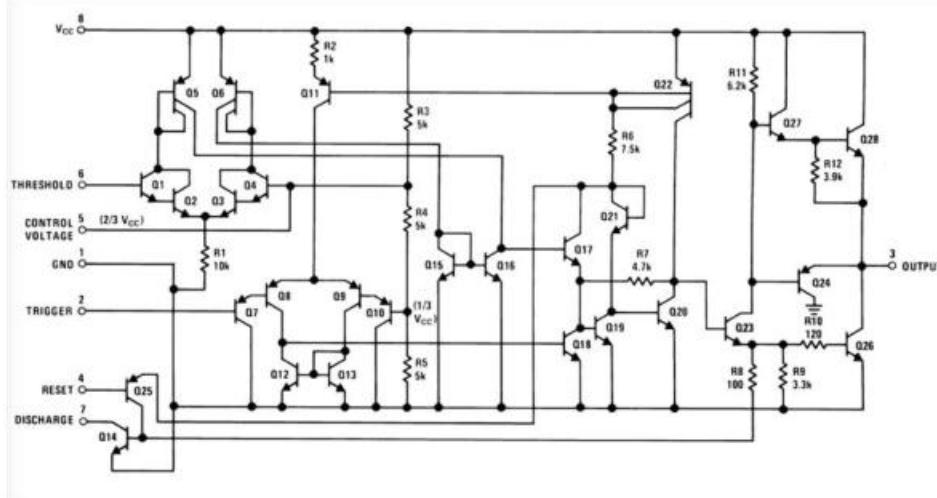
شرکت‌های بسیاری آن را می‌سازند. در سال ۲۰۰۳ تخمین زده شد که یک میلیارد عدد از

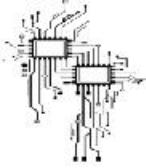
این تراشه تولید شده است.

نام ۵۵۵ برگرفته از سه مقاومت $5\text{k}\Omega$ که در آن استفاده شده گرفته شده؛ اما هانس کامن زیند گفته است که این نام دلخواه بوده است.



توضیح	نام	شماره پایه
ولتاژ مرجع زمین، سطح پایین.	GND	۱
در صورتی که ولتاژ این پایه به نصف ولتاژ OUT برسد پایه CTRL به سطح بالا رفته و یک (بازه) زمانی آغاز می‌شود.	TRIG	۲
این خروجی به تقریباً ۰.۷ ولت کمتر از V_{CC} رانده می‌شود.	OUT	۳
یک بازه زمانی می‌تواند بازنشانی شود در صورتی که این ورودی به ولت نرسد نمی‌تواند دوباره آغاز شود.	RESET	۴
دسترسی «کنترل» را به ولتاژه ولتاژ داخلی فراهم می‌آورد. (در حالت عادی $V_{CTRL} = V_{CC}$ است)	CTRL	۵
بازه زمان (OUT high) در صورتی که ولتاژ THR از ولتاژ CTRL بیشتر شود پایان می‌یابد.	THR	۶
خروجی کلکتور باز که ممکن است یک حافظه در بین بازه‌های زمانی خالی کند. یا خروجی هم‌فار است.	DIS	۷
سرمهیت منبع تغذیه، که محمولاً بین ۳ و ۱۵ ولت بسته به نوع آی‌اسی متغیر است.	VCC	۸

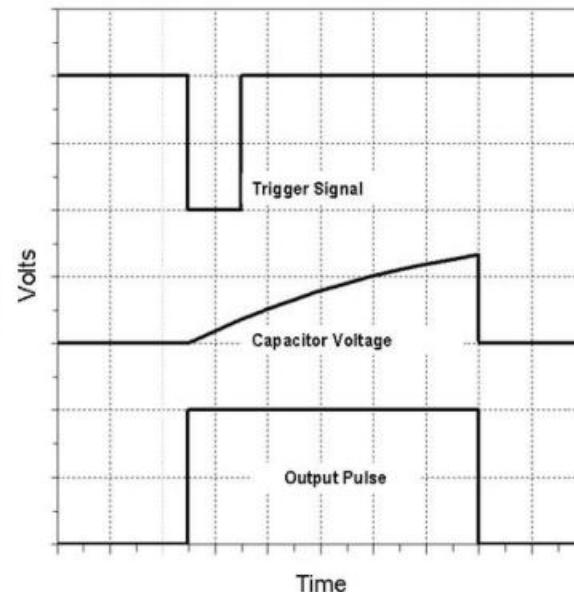
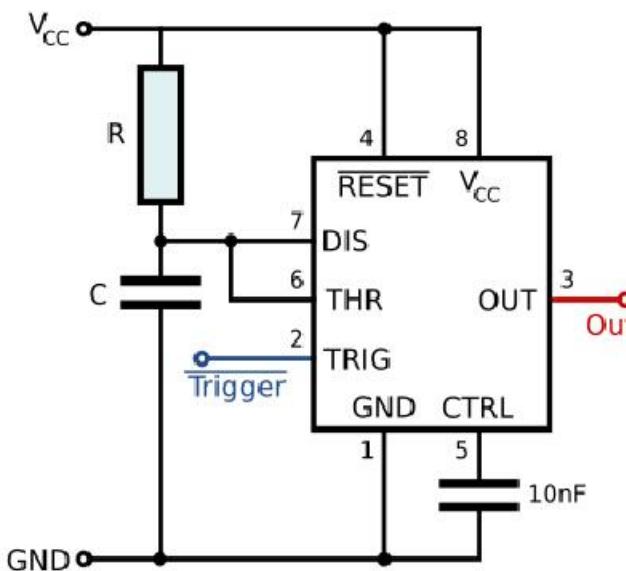




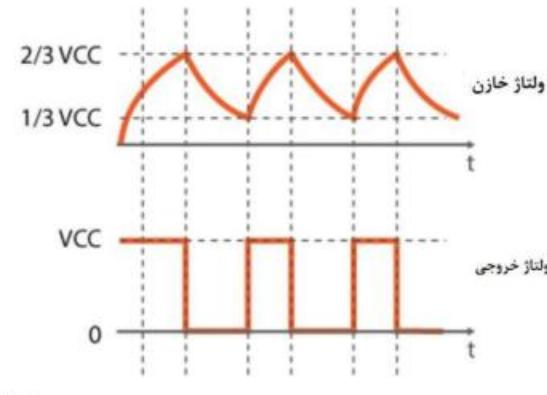
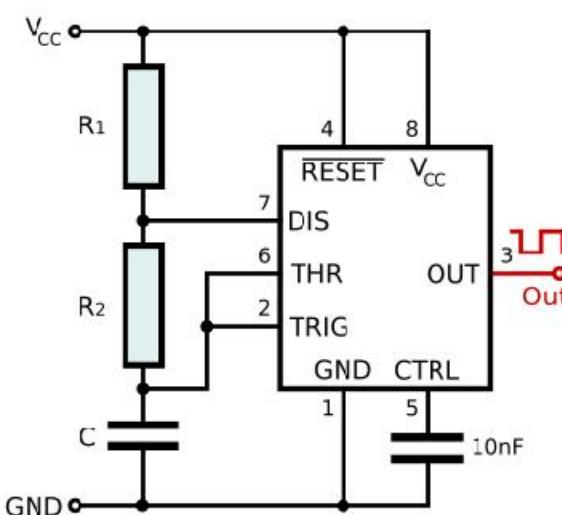
مدهای کاری 555

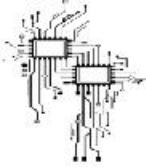
سه مُد کاری دارد:

- ❖ **مُد مونوستابل:** در این مُد، به عنوان تولید پالس «تک-شات» عمل می‌کند. دستگاه‌های شامل زمان‌سنج، ردیابی پالس از دست رفته، کلید پرش-آزاد، کلید لمسی، تقسیم‌گر فرکانس، سنجش مقدار خازن، مدولاسیون عرض پالس، و دیگر.

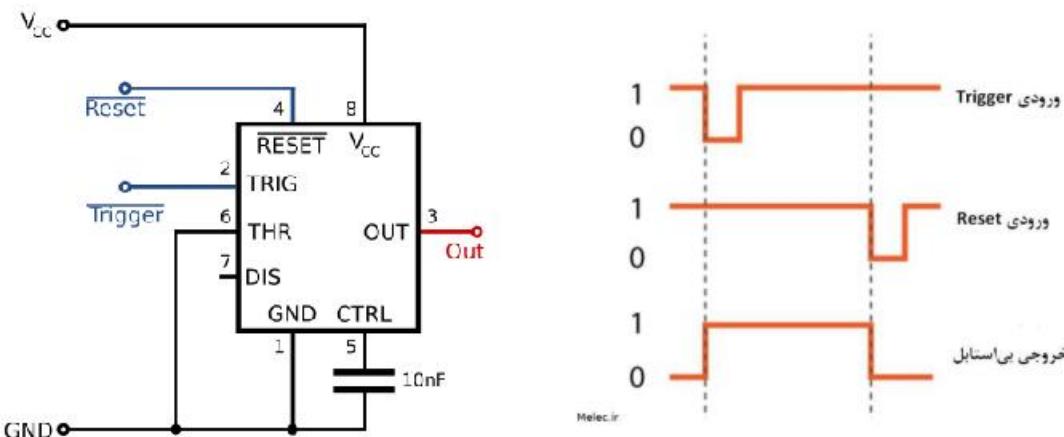


- ❖ **مُد آستابل (free-running):** تراشه ۵۵۵ می‌تواند به عنوان یک نوسان‌گر عمل کند. مانند مدارات LED و فلاشرهای لامپی، مولد پالس ساعت، تولید صدا (آژیر)، مدولاسیون زمان پالس و ... ۵۵۵ می‌تواند به عنوان یک مبدل آنالوگ به دیجیتال ساده استفاده شود (تبدیل مقدار آنالوگ به طول پالس). برای نمونه، انتخاب مقاومت گرمایی به عنوان مقاومت زمان‌بندی به ۵۵۵ اجازه می‌دهد تا دما را اندازه‌گیری کند: دوره پالس خروجی به عنوان دما در نظر گرفته می‌شود. سپس با استفاده از سیستم برپایه میکروپروسسور می‌توان دوره پالس را به دما تبدیل نموده، و با خطی‌سازی آن را تنظیم کرد.





❖ مُد بای استابل یا **Schmitt trigger**: تراشه ۵۵۵ می‌تواند به عنوان فلیپ‌فلاب عمل کند، اگر پایه DIS متصل نباشد و از هیچ خازنی استفاده نشود. که می‌تواند در کلیدهای پوش-آزاد لج شده استفاده شود.



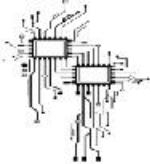
کاربرد های ۵۵۵

در جدول زیر به برخی از کاربردهای این اسی اشاره شده:

ردیف	کاربرد	توضیح
۱	مولد پالس (پالسزن)	تولید پالس‌های مربعی با فرکانس و duty cycle قابل تنظیم
۲	(delay timer) تایmer تأخیری	ایجاد تأخیر زمانی بین روشن یا خاموش شدن مدارات
۳	(oscillator) نوسان‌ساز	ساخت مدار نوسان‌ساز در حالت آستابل (بدون تحریک خارجی)
۴	PWM مولد (مدولاسیون پهنه‌ای پالس)	تولید سیگنال PWM با کنترل ساده با پتانسیومتر یا ورودی آنالوگ
۵	مدار فلیپ‌فلاب یا حافظه موقتی	ذخیره وضعیت روشن/خاموش شدن با تحریک خارجی (حالت بای استابل)
۶	دمدولاتور AM ساده	استخراج سیگنال صوت از مدولاسیون دامنه
۷	کنترل روشنایی یا سرعت موتور	با استفاده از PWM برای کنترل توان مصرفی بار
۸	آلارم‌ها و زنگ هشدار	ایجاد صداهای تناوبی برای هشدار یا اعلام وضعیت
۹	تشخیص عبور نور/شیء (با LDR یا فتوسل)	تایmer یا تریگر برای سیستم‌های سنسوری ساده
۱۰	مدار چشمکنن LED یا فلاشر	روشن/خاموش شدن متناظب LED برای نمایش یا هشدار

بنابرین:

آسی ۵۵۵ بسیار پرکاربرد و ارزان قیمت است.
می‌تواند در سه حالت اصلی کار کند: آستابل(Astable)، مونوستابل(Monostable)، بای استابل(Bistable). با تغییر مقادیر مقاومت و خازن‌های خارجی، می‌توان فرکانس، عرض پالس، یا تأخیر زمانی را تنظیم کرد.



انواع آپ‌امپ‌ها بر اساس فرکانس کاری و توضیحات مربوطه

تقویت‌کننده عملیاتی یا آپ‌امپ (Operational amplifier یا op-amp) یک تقویت‌کننده ولتاژ با بهره بسیار زیاد، و معمولاً دارای دو ورودی و یک خروجی است. ورودی‌ها، تفاضلی عمل می‌کنند، یعنی این تقویت‌کننده، تنها اختلاف ولتاژ ورودی‌ها را تقویت می‌کند.

در جدول زیر می‌توان برخی از مشخصات رایج آنها را دید:

محدوده رایج پارامترهای آپ‌امپ

مقادیر ایده‌آل	محدوده متدال	پارامتر
∞	10^5 تا 10^8	بهره حلقه‌باز، A
$\infty\Omega$	10^{13} تا 10^5 اهم	مقاومت ورودی، R_i
0Ω	10 تا 100 اهم	مقاومت خروجی، R_o
	5 تا 24 ولت	ولتاژ تغذیه، V_{CC}

به طور کلی، OP-Amp‌ها بر اساس فرکانس کاری به سه دسته تقسیم می‌شوند:

آپ‌امپ‌های فرکانس پایین(Low Frequency Op-Amps)

: کاربرد

مدارهای DC و پایین‌تر از چند کیلوهرتز (Hz)

فیلترهای پایین‌گذر، مدارهای اندازه‌گیری، سیستم‌های کنترل صنعتی

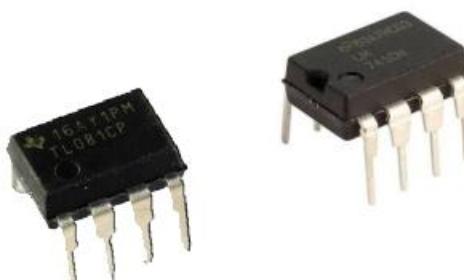
: ویژگی‌ها

بهنای باند (Bandwidth) کم (معمولًا $> 1 \text{ MHz}$)

نویز پایین و پایداری بالا

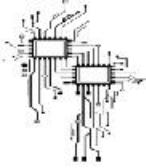
سرعت تغییر خروجی (Slew Rate) پایین

: مثال‌ها



LM741 یکی از معروف‌ترین آپ‌امپ‌های عمومی، مناسب برای کارهای ساده و آموزشی

TL081 نویز کمتر، دارای JFET در ورودی برای مقاومت ورودی بالا

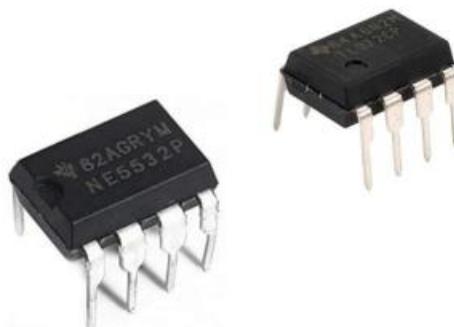


آپ‌امپ‌های فرکانس متوسط (General Purpose or Mid-Frequency Op-Amps)

کاربرد:

فیلترهای اکتیو، تقویت‌کننده‌های صوتی، مدارات آنالوگ عمومی مناسب برای فرکانس‌های تا چند مگاهرتز (MHz)

ویژگی‌ها:



بهنای باند متوسط (1 تا 10MHz)

Slew Rate در حد چند ولت بر میکروثانیه

صرف توان نسبتاً پایین

مثال‌ها:

آپ‌امپ با نویز کم، مناسب برای مدارهای صوتی TL072

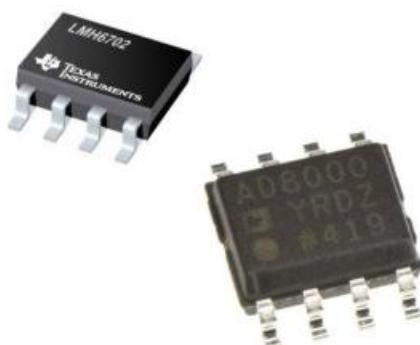
کیفیت بالا برای کاربردهای صوتی حرفه‌ای NE5532

آپ‌امپ‌های فرکانس بالا (High Speed or RF Op-Amps)

کاربرد:

پردازش سیگنال‌های RF، تقویت‌کننده‌های ویدیو، مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال با سرعت بالا

ویژگی‌ها:



بهنای باند بالا (دهها تا صدها مگاهرتز یا حتی گیگاهرتز)

Slew Rate بسیار بالا (صدها تا هزاران μs)

طراحی خاص برای جلوگیری از نوسان در فرکانس بالا

مثال‌ها:

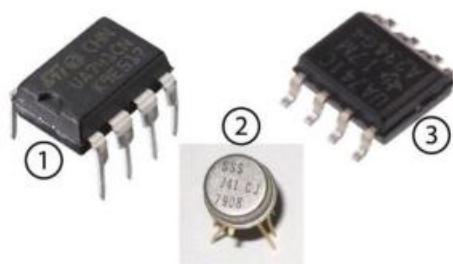
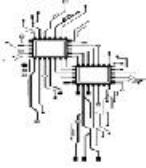
آپ‌امپ سریع برای ویدیو و پردازش سیگنال RF LHM6702

ساخت شرکت Analog Devices، با بهنای باند گیگاهرتزی AD8000

741 OP AMP IC

741 یک مدار مجتمع است که متشکل از یک تقویت‌کننده عملیاتی با هدف عمومی است. شماره 741 نشان می‌دهد که این IC تقویت‌کننده عملیاتی دارای 7 پایه عملکردی، 4 پایه قادر به گرفتن ورودی و 1 پایه خروجی است.

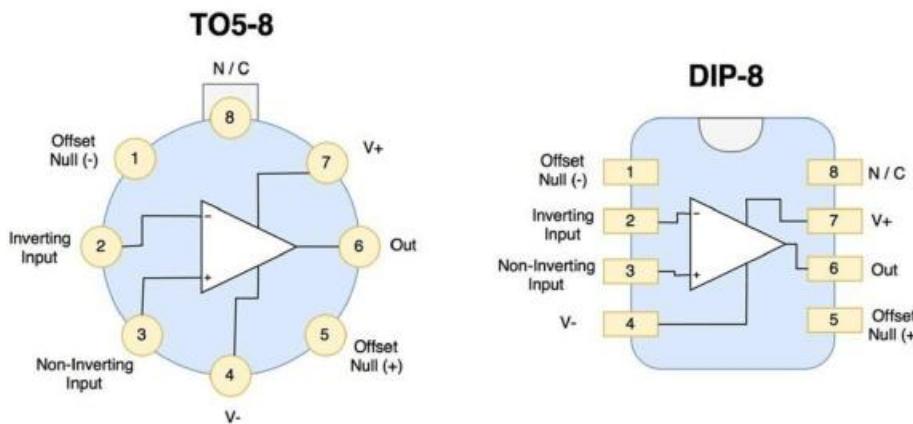
این آپ‌امپ می‌تواند ولتاژ بالائی را فراهم کند و می‌تواند در دامنه وسیعی از ولتاژ کار کند. آی سی آپ‌امپ 741 از مدارهای محافظه اتصال کوتاه و مدارات جبران فرکانس داخلی ساخته شده در آن بهره می‌برد.



این در حالت های زیر وجود دارد:

- | | |
|-----------------|----|
| بسته بندی 8 پین | 1. |
| فلزی TO5-8 | 2. |
| SOIC 8 پین | 3. |

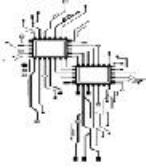
شکل زیر پیکربندی پین ها و نمودار داخلی IC 741 را در بسته بندی 8 پین DIP و 8-TO5 نشان می دهد.



Pin-Outs of 741 IC

نگاهی به عملکردهای مختلف پین ها:

- Pin4 & Pin7 (منبع تغذیه):** Pin7 ترمینال مثبت منبع تغذیه و Pin4 ترمینال منفی منبع تغذیه است. آی سی 741 برای عملکرد خود از این پایه ها نیرو می گیرد. ولتاژ بین این دو پایه می تواند بین 5 ولت و 18 ولت باشد.
- Pin6 (خروجی):** این پین خروجی 741 IC است. ولتاژ این پین به سیگنال های پین های ورودی و مکانیزم بازخورد استفاده شده بستگی دارد. اگر گفته شود خروجی HIGH است ، به این معنی است که ولتاژ در خروجی برابر با ولتاژ مثبت تغذیه است. به همین ترتیب ، اگر گفته شود خروجی LOW است ، به این معنی است که ولتاژ در خروجی برابر با ولتاژ منفی منبع است.
- Pin2 & Pin3 (ورودی):** این پین های ورودی برای IC هستند Pin2. ورودی معکوس و Pin3 ورودی غیر معکوس است. اگر ولتاژ در Pin2 بیشتر از ولتاژ Pin3 باشد ، یعنی ولتاژ ورودی معکوس بیشتر باشد ، سیگنال خروجی LOW می ماند. به همین ترتیب ، اگر ولتاژ Pin3 بیشتر از ولتاژ Pin2 باشد ، یعنی ولتاژ ورودی غیر معکوس زیادتر باشد ، خروجی HIGH می شود.
- Pin1 & Pin5:** تفاوت های ناچیز ولتاژ در ورودی معکوس و غیر معکوس ، که به دلیل بی نظمی در فرآیند تولید یا اختلالات خارجی ایجاد می شود ، می تواند بر خروجی تأثیر بگذارد. برای خنثی کردن این اثر ، می توان ولتاژ جبرانی را در پین 1 و پین 5 اعمال کرد و معمولاً با استفاده از پتانسیومتر انجام می شود.

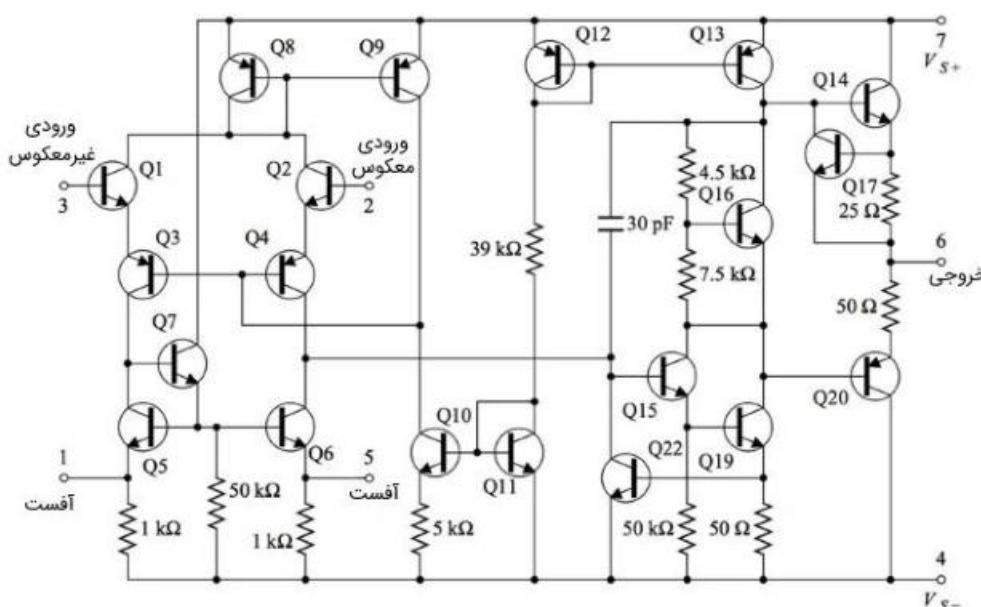


Pin8: این پایه به هیچ مداری درون IC 741 متصل نیست. این پایه فقط یک سرب ساختگی است که برای پر کردن فضای خالی در بسته های استاندارد 8 پین استفاده می شود.

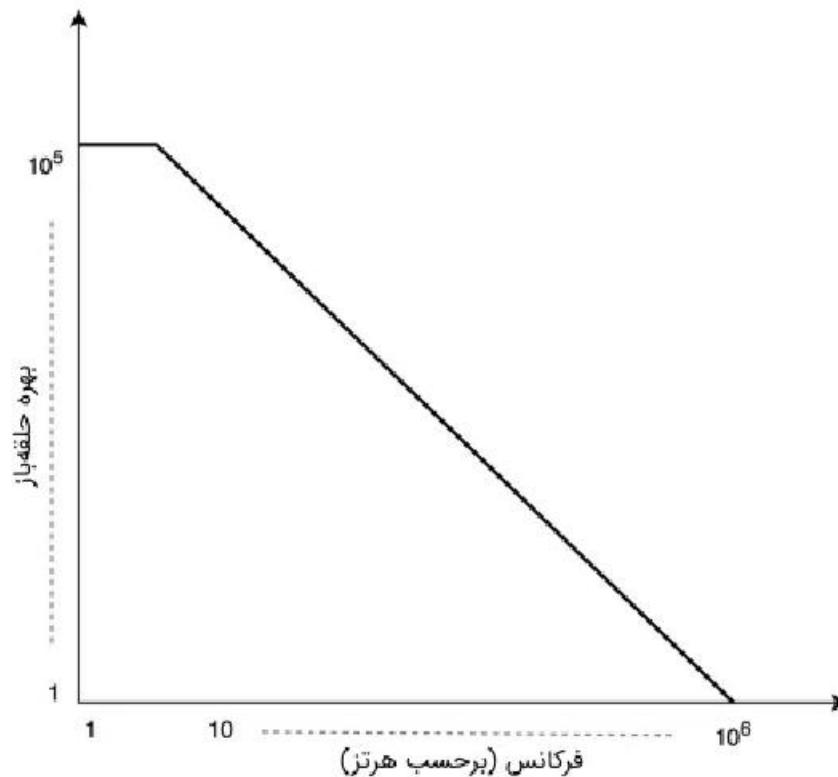
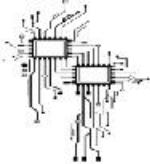
مشخصات فنی IC 741

- منبع تغذیه: به حداقل ولتاژ 5 ولت نیاز دارد و می تواند تا 18 ولت تحمل کند.
- امپدانس ورودی: حدود 2 مگا اهم
- امپدانس خروجی: حدود 75 اهم
- افزایش ولتاژ: 200000 برای فرکانس های پایین
- حداکثر جریان خروجی: 20 میلی آمپر
- بار خروجی توصیه شده: بیشتر از 2 کیلو اهم
- افست ورودی: بین 2 میلی ولت و 6 میلی ولت
- نرخ Slew: برابر با 0.5 ولت در میکرو ثانیه (این میزانی است که Op-Amp می تواند تغییرات ولتاژ را تشخیص دهد)

امپدانس ورودی بالا و امپدانس خروجی بسیار کم باعث می شود IC 741 تقریباً آمپلی فایر ولتاژ ایده آل باشد.



مدار بالا اتصالات داخلی آن اجزا را نشان می دهد.



همان‌طور که مشاهده می‌کنید، وقتی تقویت کننده عملیاتی در فرکانس‌های کمتر از 10 هرتز کار می‌کند، بهره در حدود ۲۰۰،۰۰۰... ثابت می‌ماند. وقتی فرکانس سیگنال ورودی افزایش می‌یابد، بهره کاهش یافته و در فرکانس‌های حدود در حدود ۱۰۰،۰۰۰... هرتز به مقدار واحد (یک) نزدیک می‌شود.

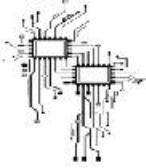
پروژه طراحی و شبیه سازی مدارهای پالس و دیجیتال (صورت پروژه)

طراحی و شبیه سازی مدارهای مدولاسیون PAM, PCM, PPM, PWM با المانهای مطرح شده در درس

- .1 آپ امپ
- .2 آی سی 555

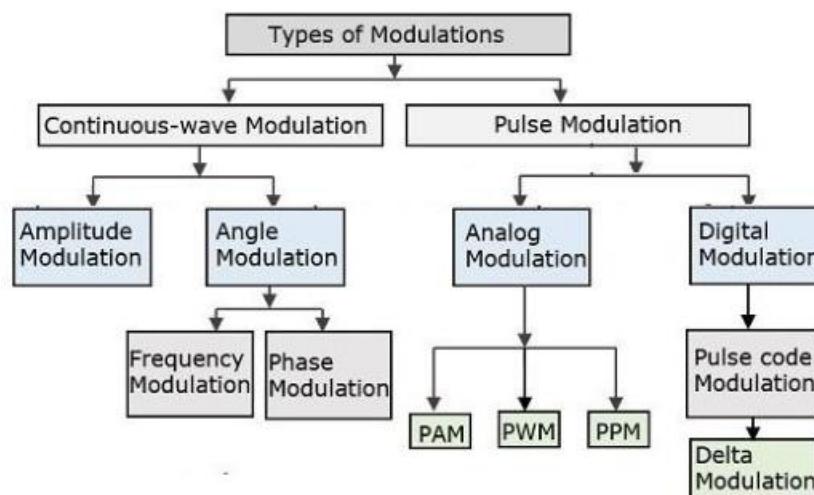
مدارها باید قابلیت تنظیم داشته باشند.

توجه: طرح مدار، تعداد المانهای به کار رفته و توان مصرفی آن باید بھینه باشد. ضمناً طرح مدار همراه با تحلیل فیزیکی و نتایج شبیه سازی آن را به صورت یک گزارش pdf را باید آپلود نمایید.



مروری بر مدلسیون های PAM, PCM, PPM PWM

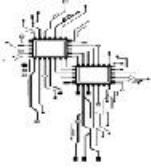
در شکل زیر می توان نحوه دسته بندی مدلسیون های مختلف را مشاهده کرد :



همانطور که مشاهده می شود PAM، PWM و PPM جزو دسته مدلسیون های آنالوگ محسوب شده و مدلسیون PCM جزو دسته مدلسیون های دیجیتال خواهد بود.

در جدول زیر به صورت خلاصه انواع مدلسیون ها و ویژگی هر کدام آورده شده:

انواع / ویژگی ها	PWM	PAM	PCM	PPM
	(مدولسیون پهنای پالس)	(مدولسیون دامنه پالس)	(مدولسیون کد پالس)	(مدولسیون موقعیت پالس)
پارامتر تغییر یافته	عرض (پهنای پالس)	دامنه پالس	کد دیجیتال (پس از کوانتیزاسیون)	موقعیت زمانی پالس
نوع سیگнал خروجی	دیجیتال	آنالوگ / گسسته	کاملاً دیجیتال	دیجیتال
مقاومت در برابر نویز	بالا	پایین	بسیار بالا	بالا
پهنای باند مورد نیاز	متوسط	کم	زیاد	متوسط
پیچیدگی پیاده سازی	کم	بسیار کم	زیاد	نسبتاً زیاد
کاربردهای معمول	کنترل موتور، منبع تغذیه	پایه‌ی PCM ، انتقال ساده داده	تلفن دیجیتال، CD، صوت دیجیتال	مخابرات نوری، کنترل های بی سیم
مزیت اصلی	کنترل ساده توان و سرعت	پیاده سازی آسان	کیفیت بالا، نویزیزدیری کم	عملکرد خوب در کانال های نوری
عیب اصلی	نیاز به فیلتر برای بازیابی سیگнал	حساس به نویز	صرف پهنای باند زیاد	نیاز به زمان بندی دقیق گیرنده



به صورت خلاصه می توان ویژگی ها و نکات زیر را یاد آوری کرد:

PAM : ساده‌ترین شکل مدولاسیون پالسی است ولی در برابر نویز آسیب‌پذیرتر است.

PCM : دقیق‌ترین و پرکاربردترین روش در سیستم‌های دیجیتال صوتی است ولی به پهنای باند زیادی نیاز دارد.

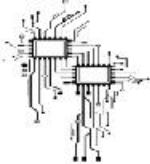
PWM : بیشتر در کنترل توان و الکترونیک صنعتی استفاده می‌شود.

PPM : برای انتقال داده در کانال‌های نوری و پرنویز مناسب‌تر است.

بنا بر این جزئیات، حال به بررسی و شبیه سازی هر کدام که مطلوب و خواسته پروژه می‌باشد می‌پردازیم. قبل از آن باید پارامترهای مدل‌سازی را مشخص کنیم یعنی:

- موج سیگنال
- موج حامل
- نوع مدل‌سازیون

که برای موج سیگناл می‌توان از سیگنال سینوسی استفاده کرد که برای ساخت موج سیگنال سینوسی می‌توان از اسیلاتورهای مختلفی بهره برد. (در ادامه به بررسی آنها خواهیم پرداخت)



ساخت اسیلاتور سینوسی

روش های گوناگونی برای ساخت اسیلاتور موج سینوسی می باشد که به بررسی آنها می پردازیم.

(اسیلاتور وین) به عنوان موج سینوسی

در این گزارش کار به ترتیب به موارد روبه رو می پردازیم : 1- شرط نوسان کردن 2- اسیلاتور اول 3- اسیلاتور دوم
اسیلاتور پل وین یکی از معروف‌ترین و پرکاربردترین اسیلاتورهای سینوسی است که معمولاً در محدوده فرکانسی صوتی (چند Hz تا صدها kHz) استفاده می‌شود. این مدار در سال ۱۹۳۹ توسط ویلیام آر. هیولت (William R. Hewlett) توسعه یافته و در آزمایشگاه هیولت-پاکارد (HP) به عنوان مولد موج سینوسی با کیفیت بالا استفاده شد.

ساختار مداری وین به صورت زیر خواهد بود:

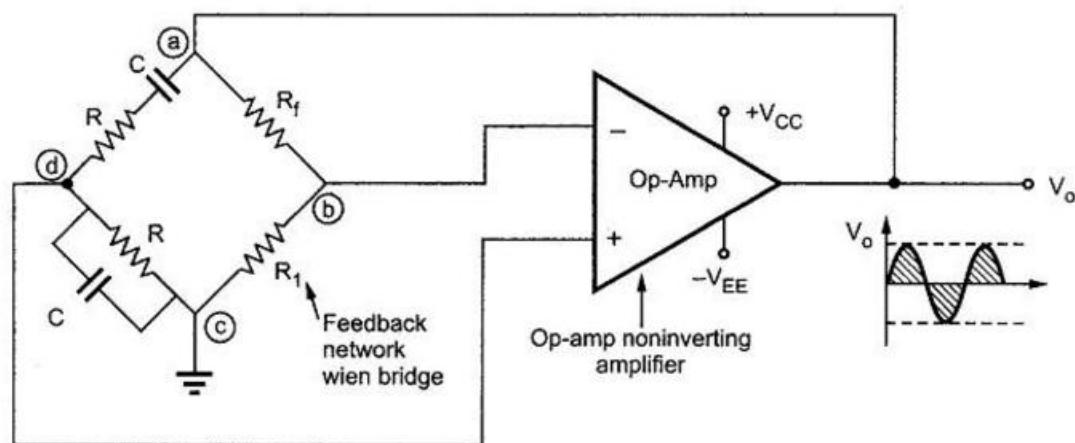
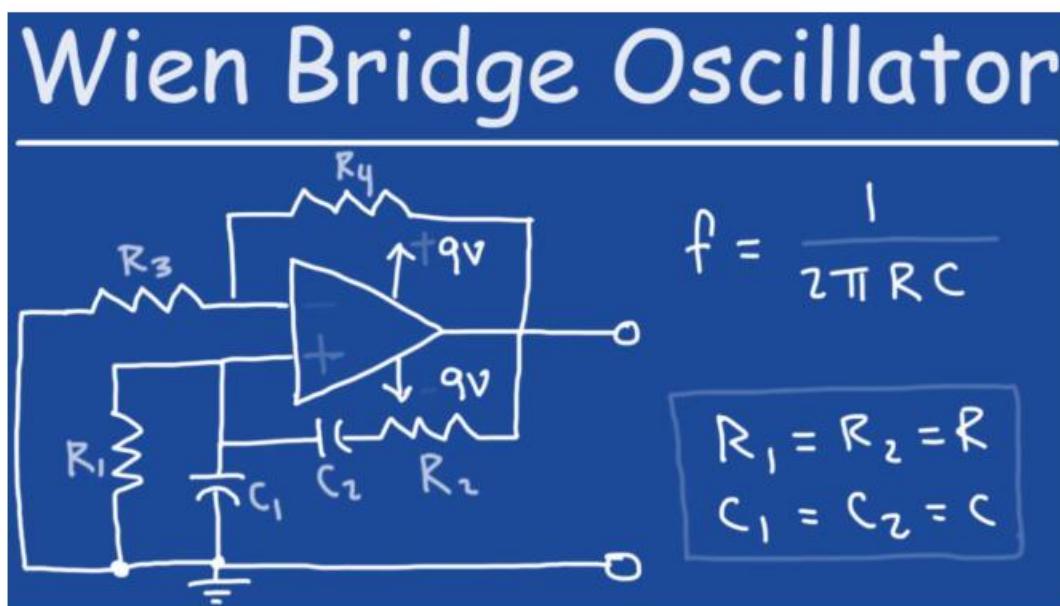
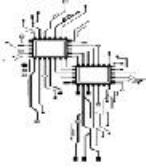


Fig. 2.95



(شرط نوسان) BARKHAUSEN STABILITY CRITERION

همانطور که در الکترونیک ۳ خواندیم شرط اصلی نوسان کردن این مدارها $T(S) = 1$ است یعنی که به شرط بارک‌هاوزن (Barkhausen stability criterion) معروف خواهد بود.

شایعه بارک‌هاوزن برای حفظ صفت ایجاد نوسان (نکته ۴) در جایزه (۱)

The Oscillator Feedback Loop

The Oscillation Criterion

$$A_f(s) = \frac{A(s)}{1 - A(s)\beta(s)}$$

جایزه بارک‌هاوزن برای حفظ صفت ایجاد نوسان (نکته ۴) در جایزه (۱)

$$T(s) \equiv A(s)\beta(s)$$

Oscillator Closed-Loop Analysis

the roots of the characteristic equation

$$D(s) = 1 - T(s) = 0$$

equate the real and imaginary parts of $D(j\omega)$ to zero.

Oscillator Open-Loop Analysis

جایزه بارک‌هاوزن برای حفظ صفت ایجاد نوسان (نکته ۴) در جایزه (۱)

$$T(j\omega_0) \equiv A(j\omega_0)\beta(j\omega_0) = 1$$

$$|T(j\omega_0)| = 1$$

$$\angle T(j\omega_0) = 2n\pi$$

Barkhausen criterion: at ω_0 the phase of the loop gain should be zero and the magnitude of the loop gain should be unity.

For the circuit to produce sustained oscillations at a frequency ω_0 , the characteristic equation has to have roots at $s = \pm j\omega_0$. Thus $1 - A(s)\beta(s)$ should have a factor of the form $s^2 + \omega_0^2$.

set the determinant to zero $\det(Y) = 0$

Microelectronic Circuits - 7th Edition shaterian@uk.ac.ir

دو شرط اصلی بارک‌هاوزن:

1. **شرط دامنه [Gain Condition]:** بهره حلقه بسته (Loop Gain) باید دقیقاً برابر با یک باشد.

2. **شرط فاز [Phase Condition]:** فاز کل حلقه صفر درجه یا مضربی از 360° درجه باشد (تقویت کننده + شبکه فیدبک).

*کی ایم سایر نویسندها تراوید و تبریزی عالی استاد علی گلزاری
3207407*

این معیار در سال ۱۹۲۱ توسط هایزیرش بارک‌هاوزن (Heinrich Georg Barkhausen) ارائه شد و شرایط لازم برای ایجاد نوسان پایدار در یک مدار حلقه بسته (مثل اسیلاتور) رو مشخص می‌کند.

حایزه بارک‌هاوزن برای حفظ صفت ایجاد نوسان (نکته ۴) در جایزه (۱)

Heinrich Georg Barkhausen

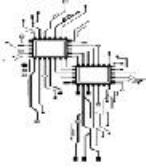
(2 December 1881 – 20 February 1956)

was a German physicist who established an influential research laboratory in Dresden. The phenomenon by which ferromagnetic domains align during magnetization and produce discrete acoustic changes due to rotations of the Weiss domains is named after his observations as the magnetic Barkhausen effect. He is also remembered in the Barkhausen criterion for electrical oscillators.

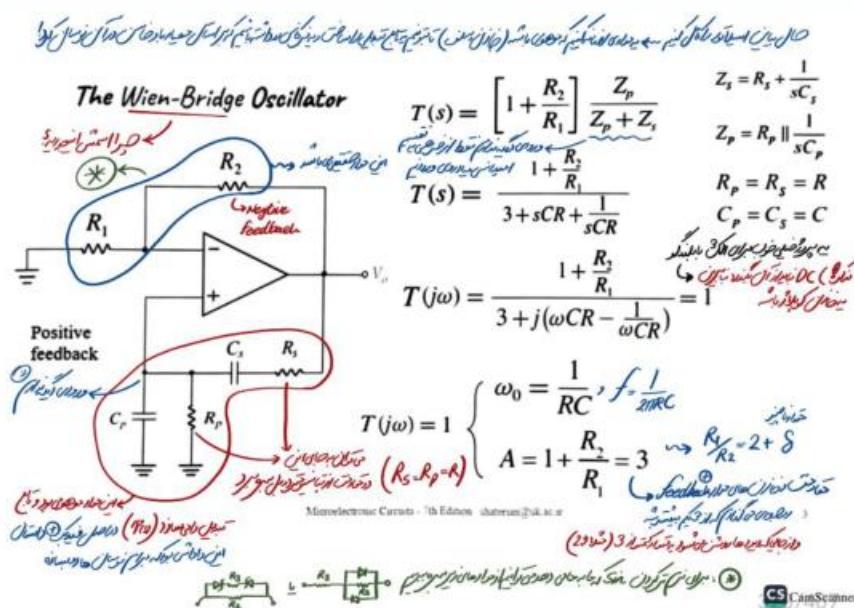


Microelectronic Circuits - 7th Edition shaterian@uk.ac.ir

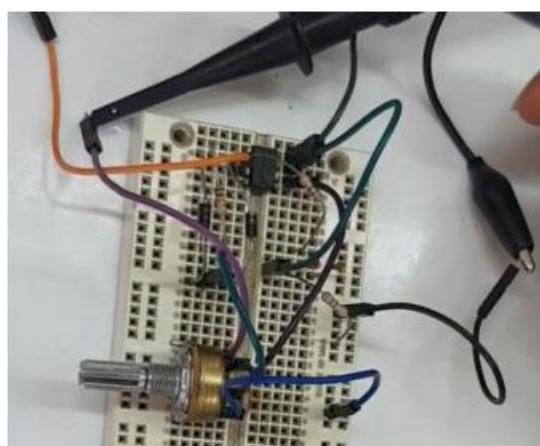
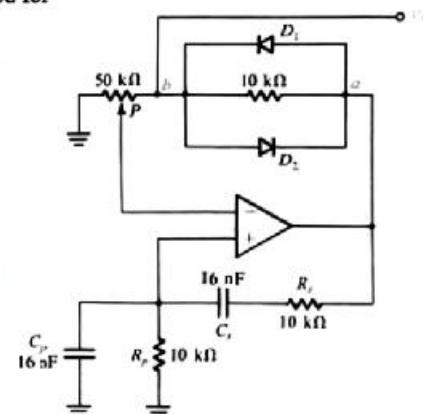
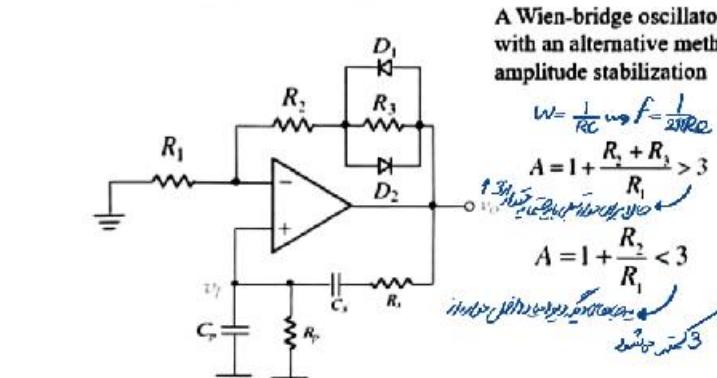
اگر این دو شرط همزمان برقرار باشند، سیگنال در هر دور از حلقه تقویت می‌شود یا حداقل بدون تضعیف بازتویید می‌شود \rightarrow باعث شکل‌گیری نوسانات پایدار.



مدار ۱ (اسیلاتور سینوسی پل وین)

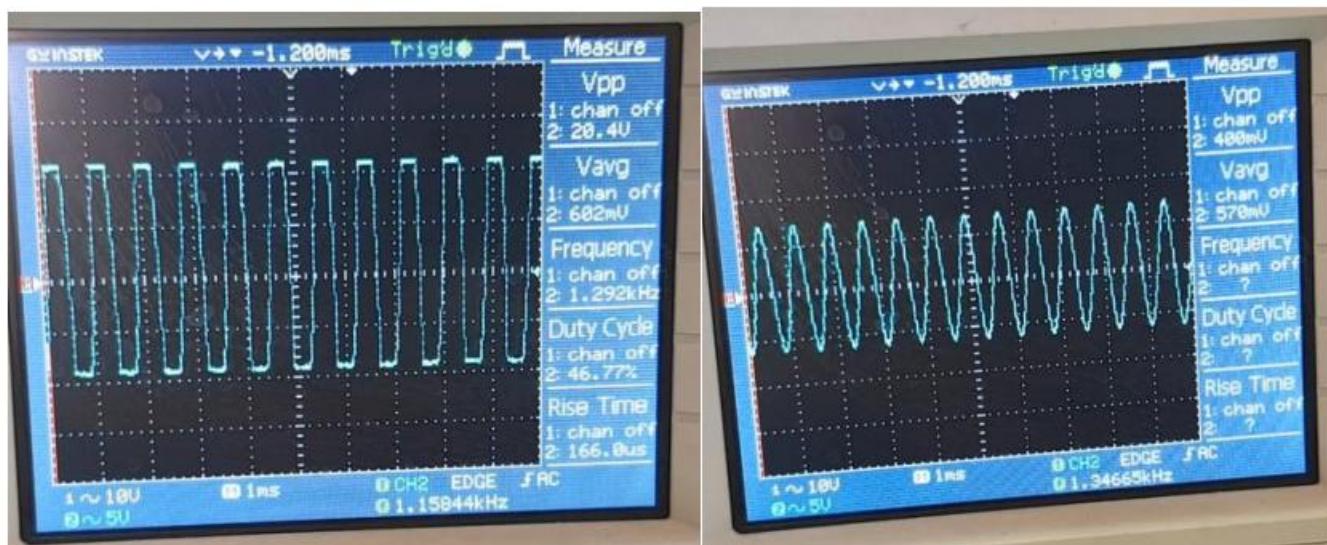
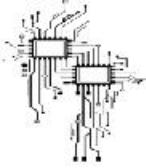


تحلیل مدار به فرم و نوشتتن تابع
تبديل آن به فرم روبه روی باشد:

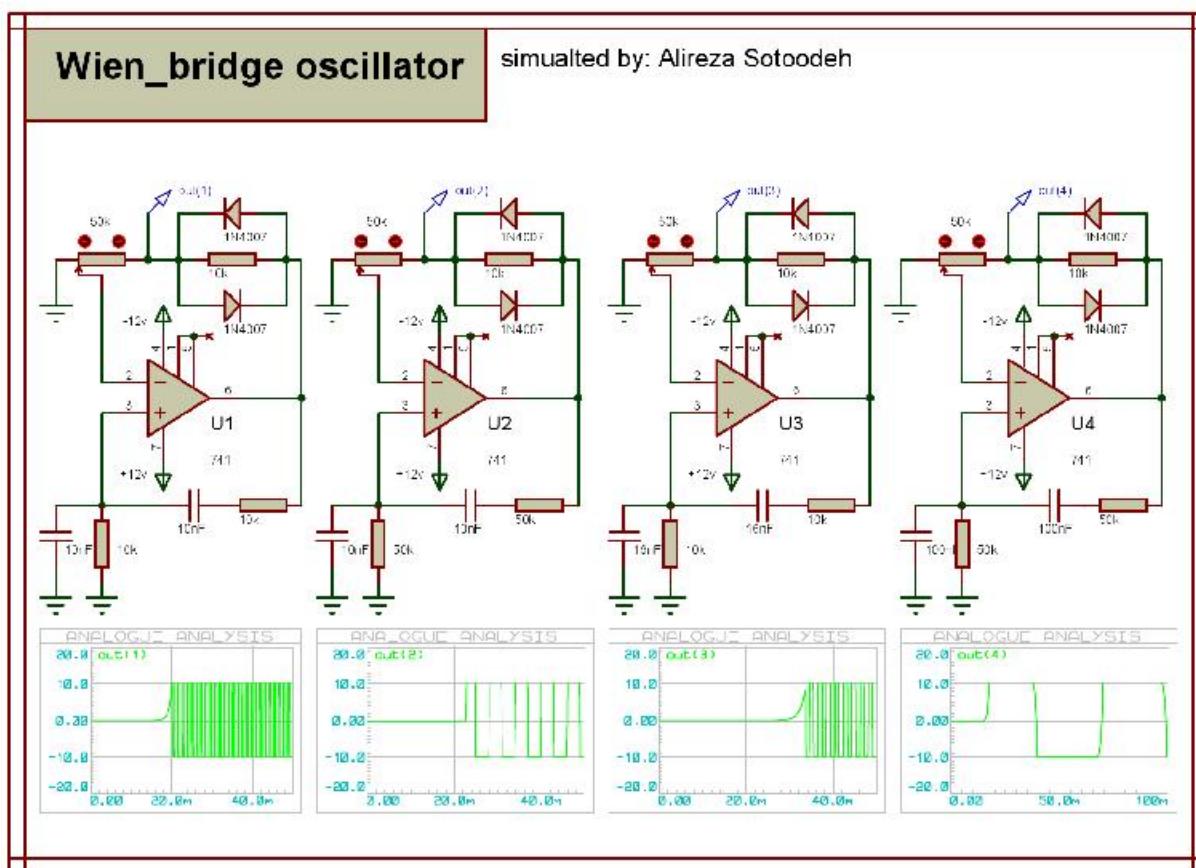


می توان با استفاده از مقادیر پتانسومتر شرط بارکه ها زون را تغییر داد که می تواند در تغییر فرکانس این اسیلاتور نقش ایفا کند.

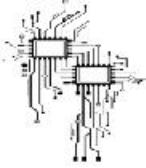
می توان مشاهده کرد که از مقادیری به بعد با تغییر مقادیر پتانسومتر به علت مقادیر نوسان زیاد این اسیلاتور، شکل موج خروجی از بالا و پایین برش خواهد خورد.



تحیل این مدار در نرم افزار شبیه سازی پروتئوس به شکل زیر می باشد:



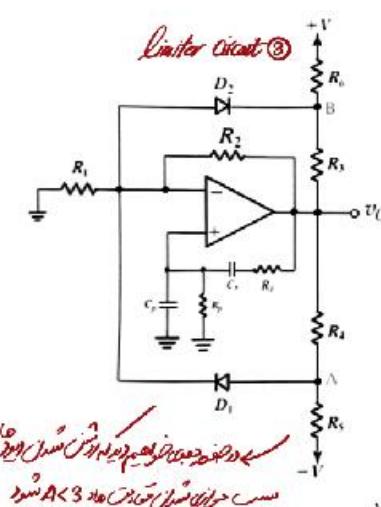
همانگونه که مشاهده می شود می توان با تغییر مقادیر خازن و مقاومت حلقه فیلدبک مثبت فرکانس نوسان و اسیلاتور را تغییر داد.



مدار 2 (اسیلاتور سینوسی وین)

این مدار فرم دیگری از پل وین به همراه یک limiter برای کاربرهای دامنه‌ای خواهد بود:

A Wien-bridge oscillator with a limiter used for amplitude control

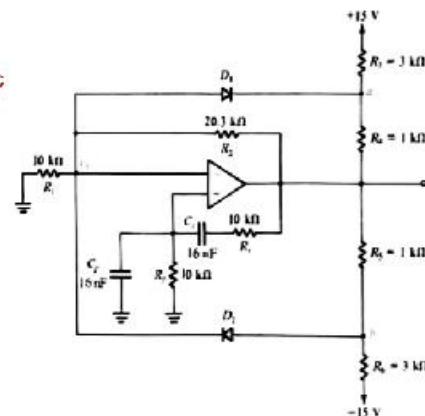


$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$A = 1 + \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 \parallel R_5} < 3$$

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1} > 3$$

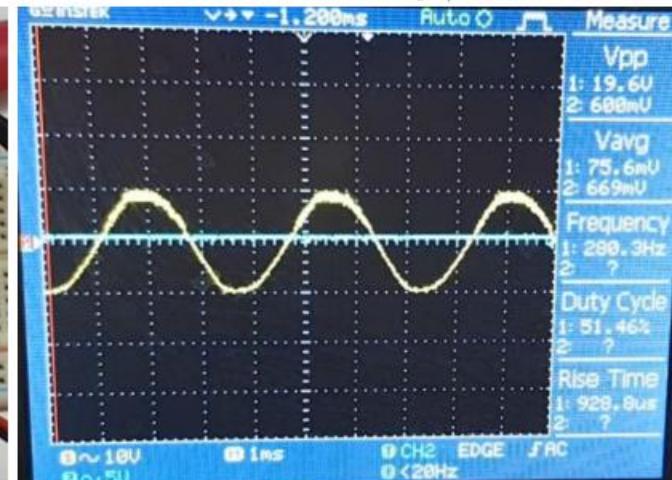
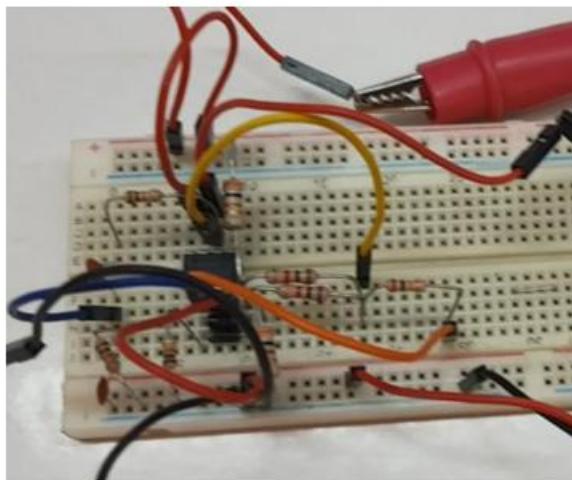
$$A = 1 + \frac{R_2 \parallel R_4}{R_1 \parallel R_3} < 3$$



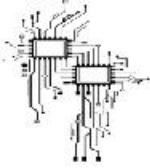
Microelectronic Circuits - 7th Edition shaterian@uk.ac.ir

6

که ساختار مدار به فرم زیر خواهد بود:

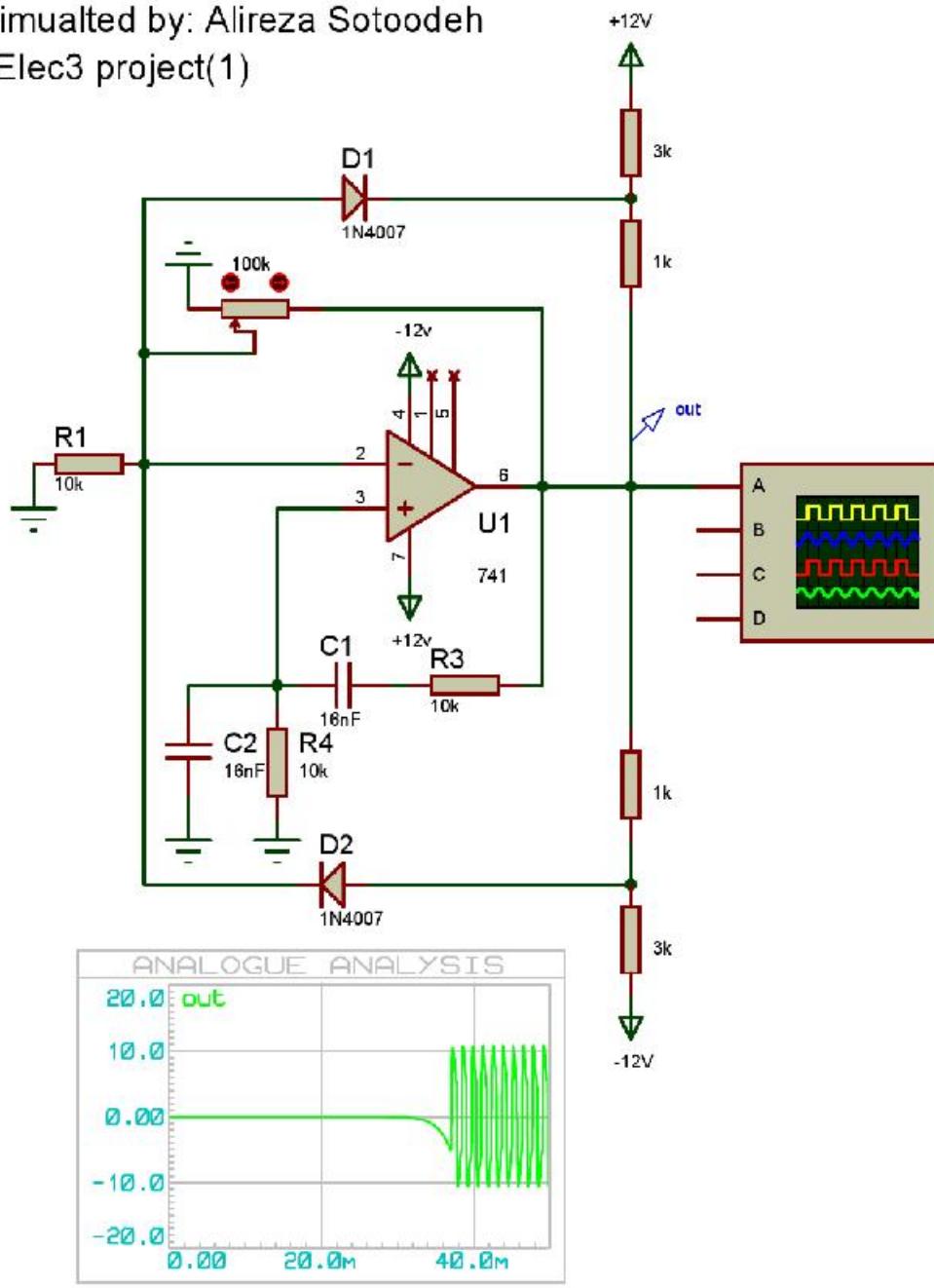


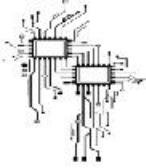
تحیل این مدار در نرم افزار شبیه سازی پروتئوس به شکل زیر می باشد:



Wien_bridge oscillator

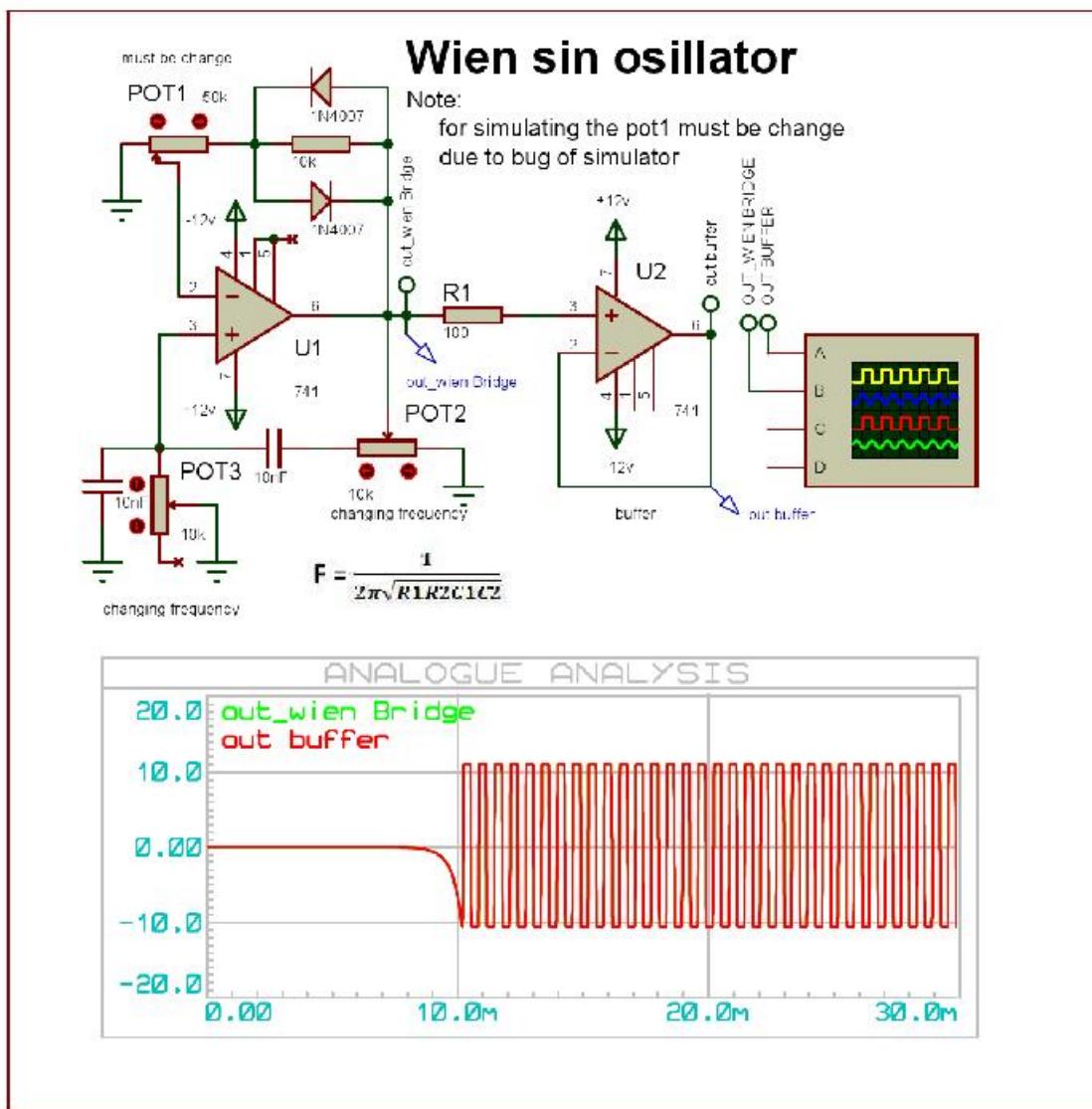
simualted by: Alireza Sotoodeh
Elec3 project(1)

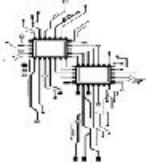




مثال پل WIEN

در زیر میتوان شبیه سازی از این مدار به همراه یک بافر را مشاهده کرد که در مدار های آینده از آن استفاده میکنیم:





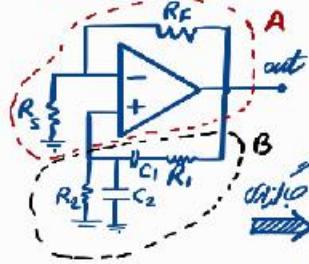
تحليل دستی

Ali Reza Sotoodeh



(Wien oscillator) شماتیک

جذبیت پیوسته (Wien bridges) جذبیت سینوسی ایجاد کردن



$$\text{non inverting Amp} \quad T(s) = A \times B = \left(1 + \frac{R_F}{R_S}\right) \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad \left\{ \begin{array}{l} Z_2 = R_2 \parallel \frac{1}{C_2 s} = \frac{R_2 / C_2 s}{R_2 C_2 s + 1} = \frac{R_L}{R_2 C_2 s + 1} \\ Z_1 = R_1 + \frac{1}{C_1 s} = \frac{R_1 C_1 s + 1}{C_1 s} \end{array} \right.$$

$$T(s) = \left(1 + \frac{R_F}{R_S}\right) \left(\frac{\frac{R_2}{R_2 C_2 s + 1}}{\frac{R_1 C_1 s + 1}{C_1 s} + \frac{R_2}{R_2 C_2 s + 1}} \right) = \dots$$

$$= \left(\frac{R_S + R_F}{R_S} \right) \left(\frac{\frac{R_2}{R_2 C_2 s + 1}}{\frac{(R_1 C_1 s + 1) C_1 s}{C_1 s} + \frac{R_2}{R_2 C_2 s + 1}} \right) = \frac{(R_S + R_F) R_2}{(R_S) \left(\frac{R_1 C_1 + R_1 R_2 C_2 s + \frac{1}{C_1 s} + R_2}{C_1 s} \right)}$$

$$S = j\omega \quad j(R_1 R_2 C_2 \omega - \frac{1}{C_1 \omega}) + (R_1 + R_2 + \frac{R_2 C_2}{C_1})$$

$$\xrightarrow{\text{Barkhausen}} T(s) = 1 \Leftrightarrow$$

$$j(R_1 R_2 C_2 \omega - \frac{1}{C_1 \omega}) + (R_1 + R_2 + \frac{R_2 C_2}{C_1}) = 0 \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$(R_S)(R_1 + R_2 + \frac{R_2 C_2}{C_1}) = (R_S + R_F) R_2 \leftarrow \text{جذبیت سینوسی}$$

$$T(s) = 1 \quad \left\{ \begin{array}{l} \omega_0 = \frac{1}{RC} \\ A = 1 + \frac{R_F}{R_S} = 3 \end{array} \right.$$

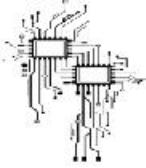
جذبیت سینوسی با $C_1 = C_2 = C$, $R_1 = R_2 = R$, $R_F = 3R$

$$\xrightarrow{\text{جذبیت سینوسی}} \left\{ \begin{array}{l} C_1 = C_2 = 10 \text{nF} \\ R_1 = R_2 = 5 \text{k} \\ R_F = 10 \text{k} \\ R_S = ? \end{array} \right. \xrightarrow{\text{جذبیت سینوسی}} \text{جذبیت سینوسی}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{جذبیت سینوسی: } 1 + \frac{R_F}{R_S} = 3 \xrightarrow{\text{جذبیت سینوسی}} R_S = 5 \text{k} \xrightarrow{\text{جذبیت سینوسی: }} 1 + \frac{R_F}{R_S} > 3 \rightarrow R_S > 5 \text{k} \\ \text{جذبیت سینوسی: } F = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \xrightarrow{\text{جذبیت سینوسی}} 3.18309 \text{ kHz} \end{array} \right.$$

جذبیت سینوسی ایجاد کردن

(Buffer) شماتیک



اسیلاتور سینوسی با 555

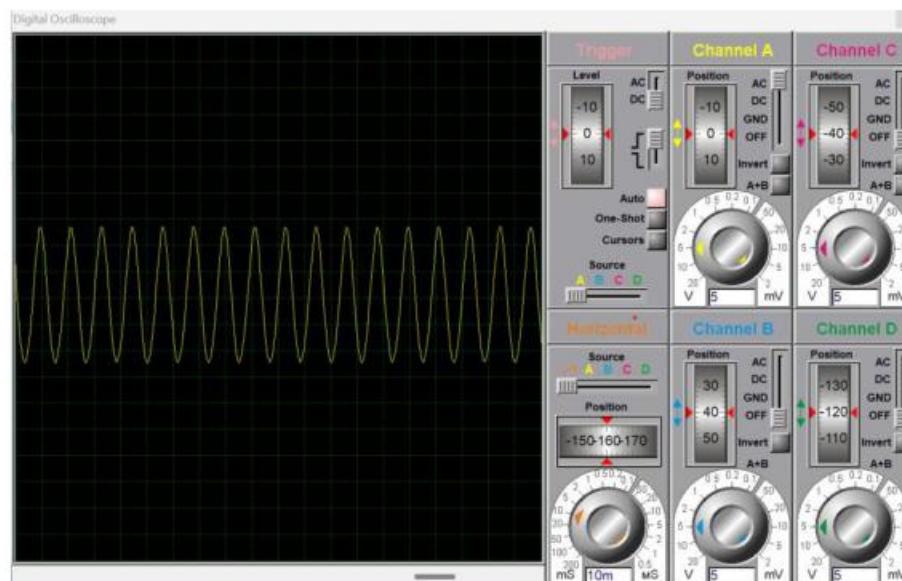
sin generator (using a 555) Alireza Sotoodeh

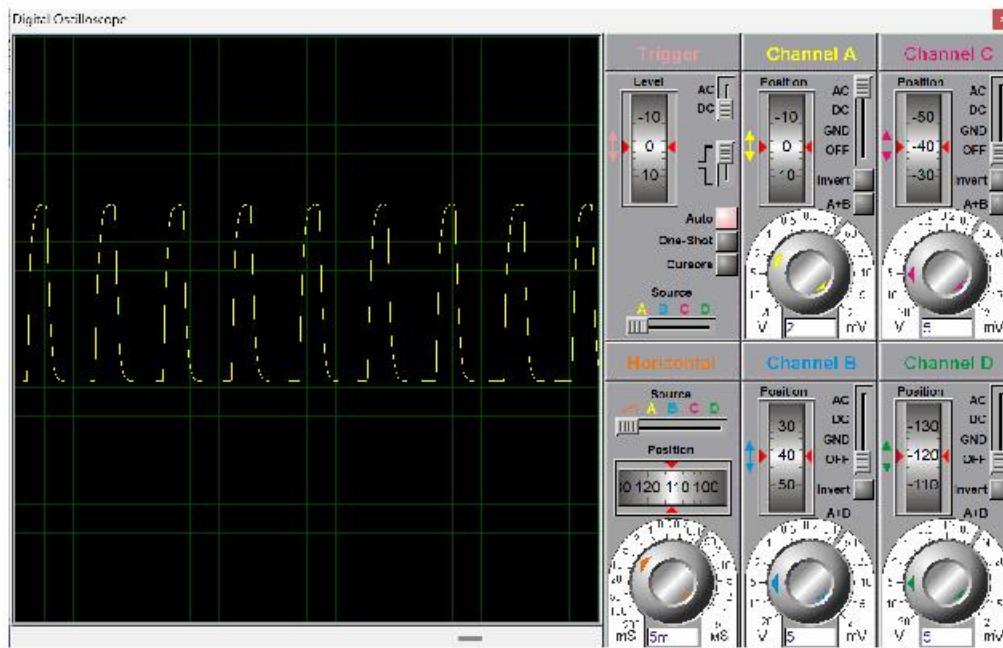
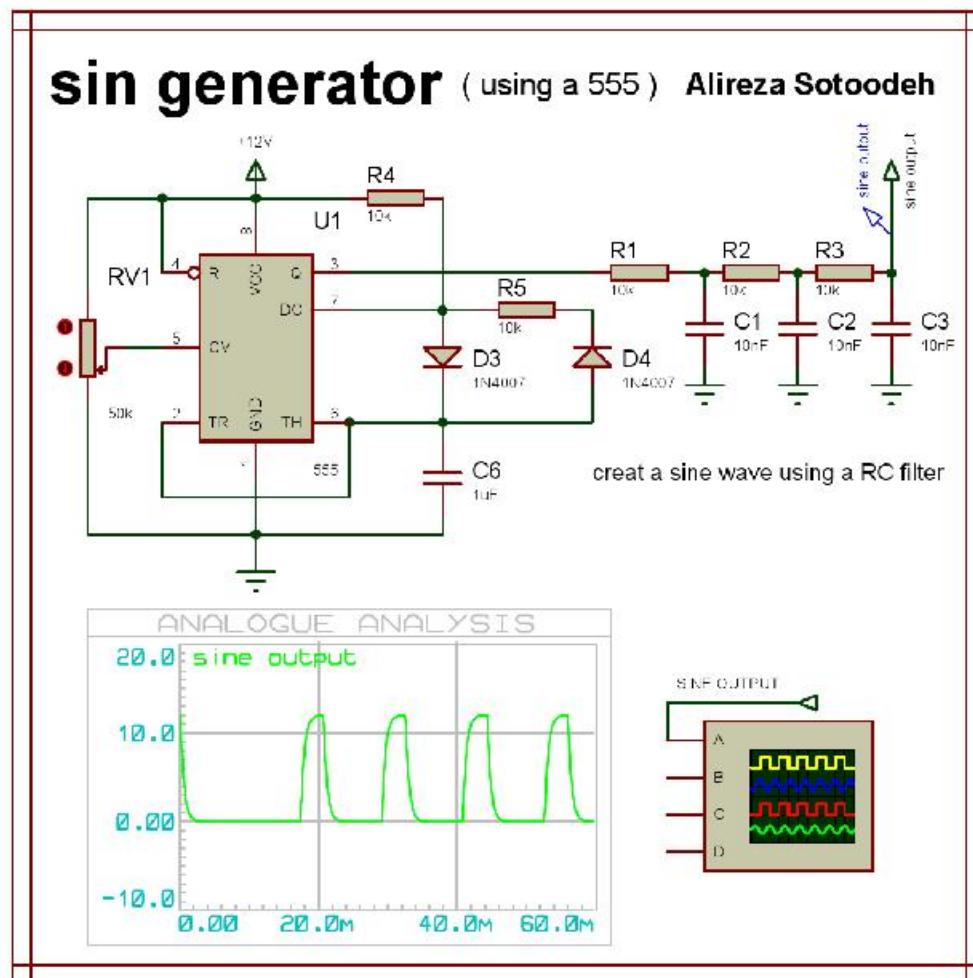
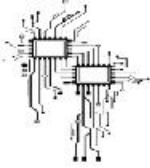
create a sine wave using a LC filter
 $f = 1/(2\pi L C)$

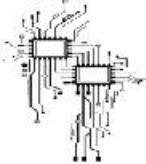
ANALOGUE ANALYSIS

20.0 sin generator output

SIN GENERATOR OUTPUT

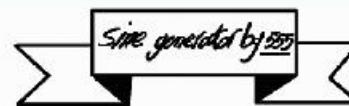






تحليل دستی

Ali Reza Sotoodeh



(oscillator LC) (موجه سینوسی از مدار LC)

$$555 \text{ موجه: duty Cycle} = 50\% \rightarrow T_{off} = T_{on} = \ln(2) \times 1\mu F \times 10k\Omega = 6.931 \text{ ms} \rightarrow f = 144 \text{ Hz}$$

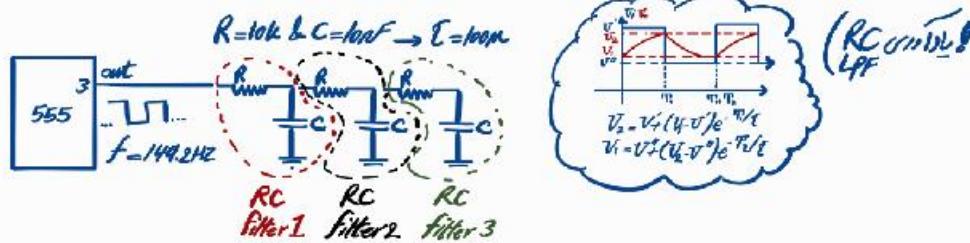
(ویرایش موج سینوسی از مدار RC با توجه به فرکانس)

$$\begin{aligned} V_{in} \text{ aller} &\xrightarrow{\text{RC filter 1}} V_{out} \quad \text{frequency } f = \frac{1}{2\pi RC} \\ f_{in} = \frac{1}{2 \times 6.931 \text{ ms}} &= 72.1 \text{ Hz} \quad f_{out} = \frac{1}{2\pi \times 280 \mu \text{F} \times 10k\Omega} = 95.11 \text{ Hz} \end{aligned}$$

(RC LPF و sine generator) (موج سینوسی)

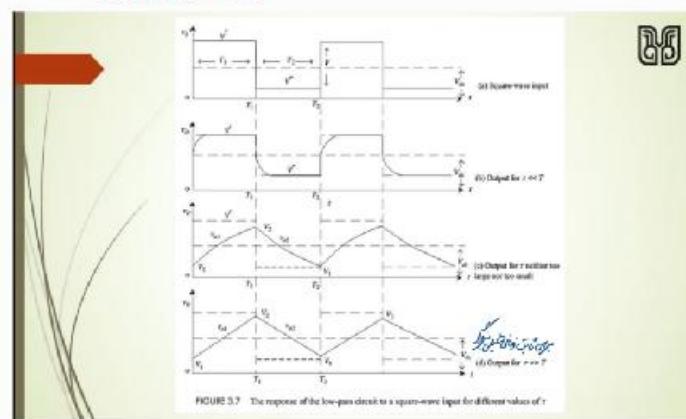
$$555 \text{ موج: duty Cycle} = 50\% \rightarrow T_{off} = T_{on} = \ln(2) \times 1\mu F \times 10k\Omega = 6.931 \text{ ms} \rightarrow f = 144.26 \text{ Hz}$$

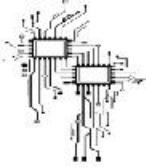
(ویرایش موج سینوسی از مدار RC با توجه به فرکانس)



$$\text{filter 1: } \begin{cases} V_2 = 5 + (V_r - 5) e^{-\frac{6.931 \text{ ms}}{100\mu\text{F}}} \\ V_1 = 0 + (V_2 - 0) e^{-\frac{6.931 \text{ ms}}{100\mu\text{F}}} \end{cases} \rightarrow V_2 = 5 \quad V_1 = 0 \quad (\text{ایجاد جریان خروجی})$$

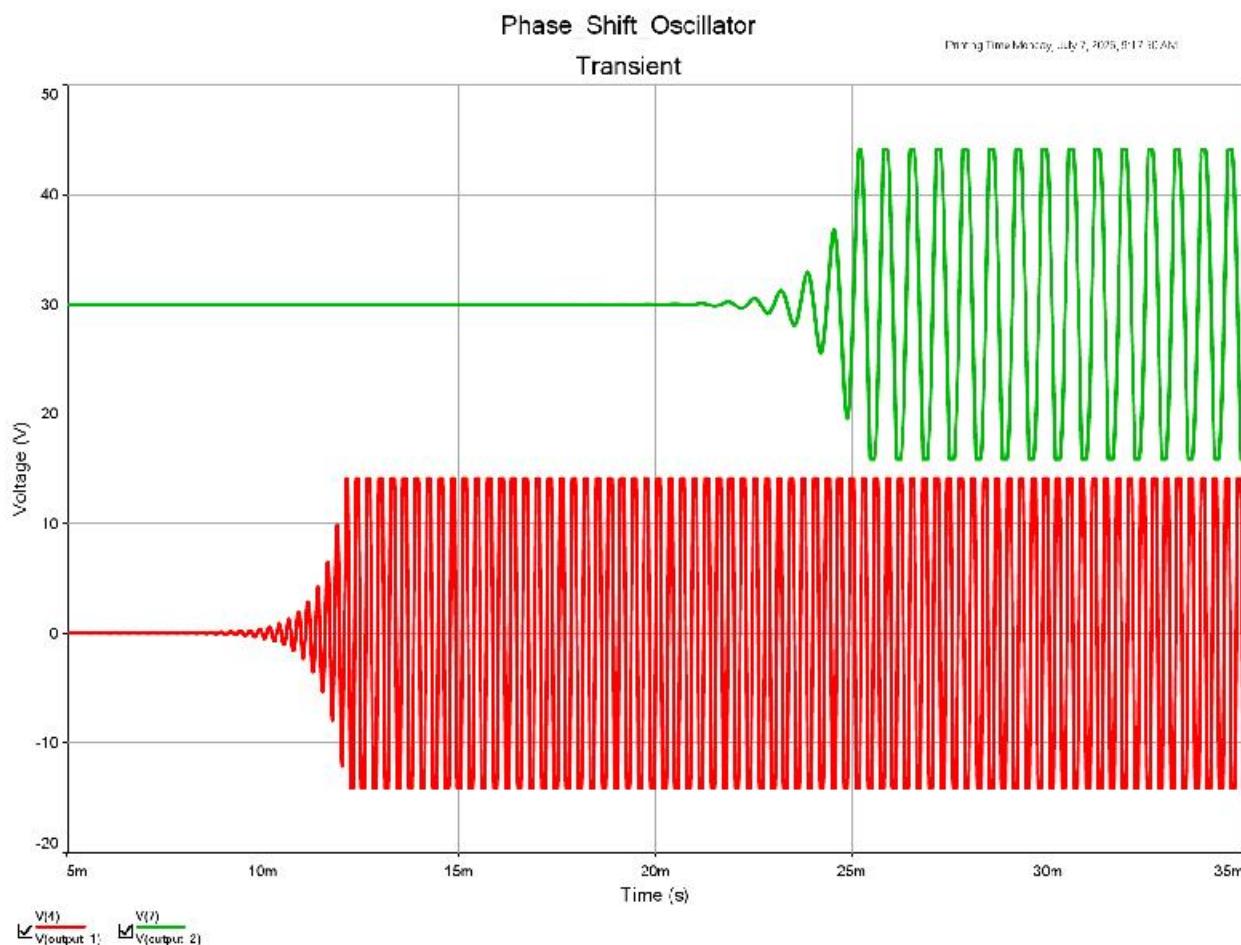
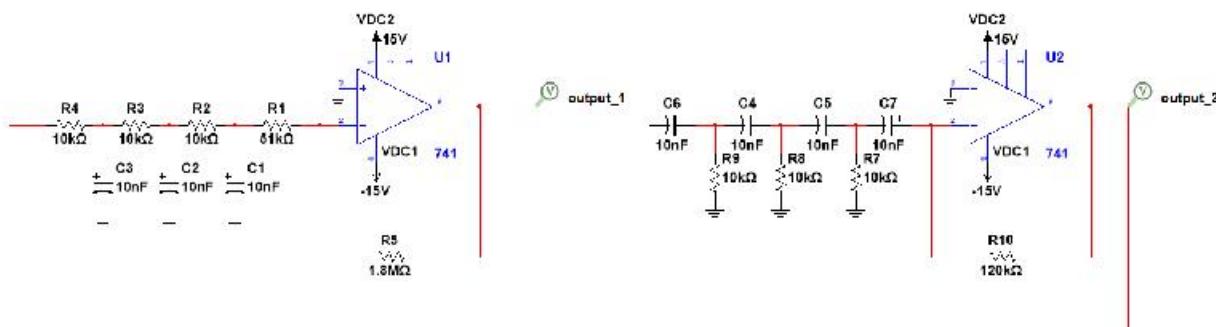
$792.59 \times 10^{-33} \approx 0$

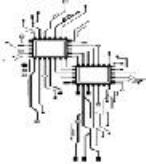




اسیلاتور PHASE SHIFT

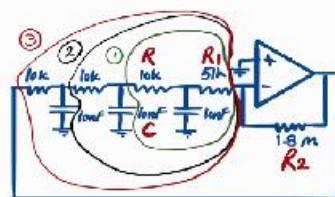
این اسیلاتور در شبیه ساز Multisim اجرا شده (به علت دقت بیشتر این برنامه و باگ داشتن پروتئوس در هنگام شبیه سازی برخی از اسیلاتورها)





تحليل دستی

Ali Reza Sotoodeh



$$T(s) = B(s) \times A(s) \text{ بارکهانن بر } \omega^3$$

$$A(s) = \text{inverting Amplifier} = -\frac{R_2}{R_1} = \frac{1.8M}{5k} = 35.294 \approx 35.3$$

$$B(s) = \frac{R \parallel \frac{1}{sC}}{R \parallel \frac{1}{sC} + R} \times \frac{\frac{1}{sC} \parallel (R \parallel \frac{1}{sC} + R)}{\frac{1}{sC} \parallel (R \parallel \frac{1}{sC} + R) + R} \times \frac{\frac{1}{sC} \parallel (R \parallel \frac{1}{sC} + R) + R \parallel \frac{1}{sC}}{\frac{1}{sC} \parallel (R \parallel \frac{1}{sC} + R) + R \parallel \frac{1}{sC} + R}$$

①

②

③

$$\rightarrow B(s) = \frac{R}{R^2Cs + 2R} \times \frac{R}{R^2Cs + 2R^2 + R^2Cs + 2R} \times \frac{R}{R + R^2 + R^4C^2s^2 + 2R^3Cs + R^2C^2s^2 + 2R^2Cs}$$

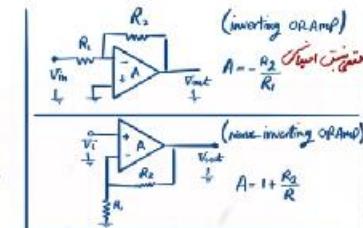
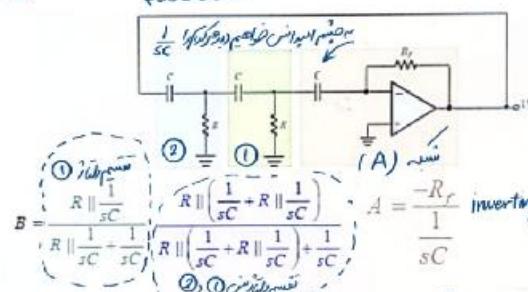
$$\therefore T(s) = A \times B(s) = \frac{35.3R^3}{(R^2Cs + 2R)(R^2Cs + 2R^2 + R^2Cs + 2R)(R + R^2 + R^4C^2s^2 + 2R^3Cs + R^2C^2s^2 + 2R^2Cs)} = 1$$

برای مطالعه این متن در کتاب مراجعه کنید
جواب این مسئله در کتاب مطالعه مذکور شده است

متوسط دامنه دستگاه تابع $T(j\omega) = 1$ است که با معادله $T(j\omega) = 1$ مطابقت ندارد

جزء الکترونیک

محاسبه تابع



$$B = \frac{R \parallel \frac{1}{sC}}{R \parallel \frac{1}{sC} + \frac{1}{sC}} \cdot \frac{R \parallel \left(\frac{1}{sC} + R \parallel \frac{1}{sC} \right)}{R \parallel \left(\frac{1}{sC} + R \parallel \frac{1}{sC} \right) + \frac{1}{sC}} \cdot A = \frac{-R_f}{sC} \text{ inverting gain}$$

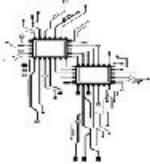
$$T(s) = A B = \frac{-R_f R^2 C^3 s^3}{3R^2 C^2 s^2 + 4RCs + 1} = \frac{-\frac{R_f}{R}}{\frac{3}{RCs} + \frac{4}{R^2 C^2 s^2} + \frac{1}{R^3 C^3 s^3}}$$

$$T(j\omega) = \frac{-\frac{R_f}{R}}{-\frac{4}{R^2 C^2 \omega^2} + j(\frac{1}{R^3 C^3 \omega^3} - \frac{3}{RC \omega})} = 1$$

Microelectronic Circuits - 7th Edition - shaterian@uk.ac.ir

11

338/426



اسیلاتور RING OSCILLATOR

Ring Oscillator 3 stage

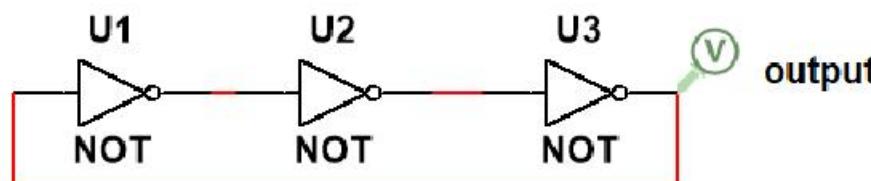


fig1_gate format

Key = Space

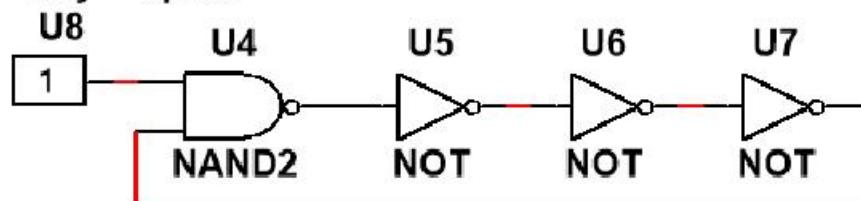
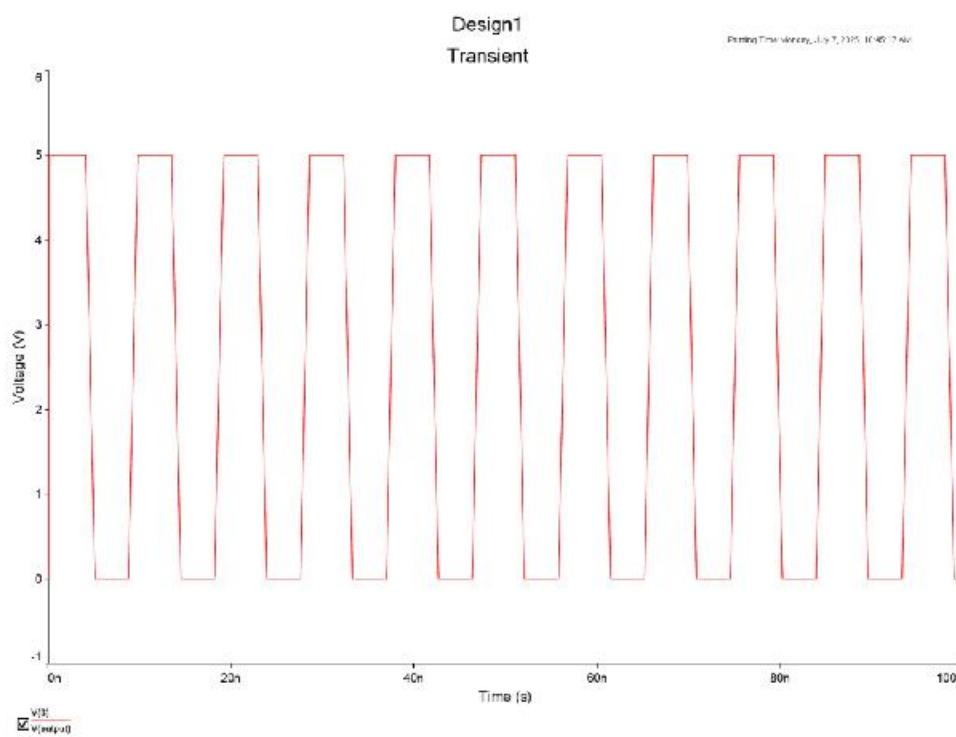


fig2_with enable key





تحلیل دستی

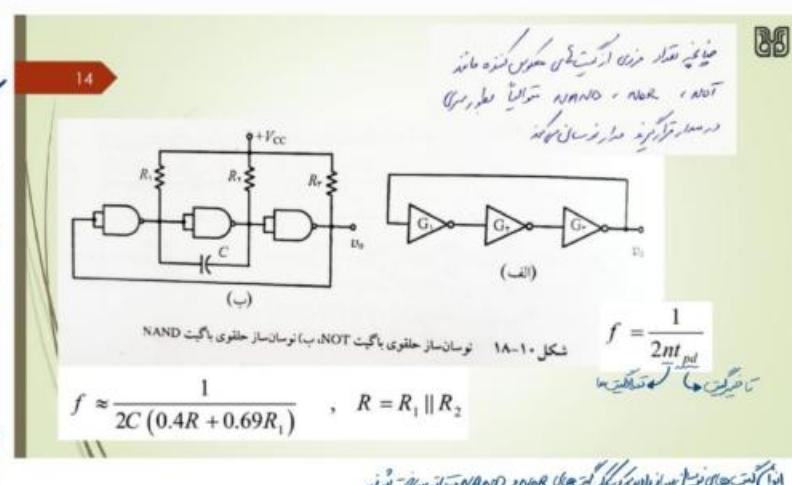
Ali Reza Goloodch



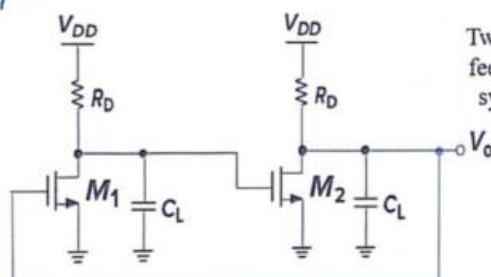
(ج) بروتوكولينس وبالسس أحده
فـ الـ برـ تـ عـ دـ اـ رـ نـ زـ اـ رـ gate
حـ اـ تـ دـ نـ اـ رـ اـ بـ سـ سـ مـ زـ اـ رـ
عـ مـ هـ دـ رـ اـ نـ اـ مـ مـ اـ سـ لـ اـ تـ دـ اـ رـ

$$f = \frac{1}{2\pi t}$$

ناظر ماریا (ع) تعداد



لذلك $\cos(180^\circ - 120^\circ) = \cos(60^\circ)$ لأن $180^\circ - 120^\circ = 60^\circ$



$$T(s) = \frac{A_0^2}{\left(1 + \frac{s}{\omega_n}\right)^2}$$

$$T(j\omega) = \frac{A_0^2}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_p^2} + j \frac{2\omega}{\omega_p}}$$



$$T(j\omega) = 1 \begin{cases} \omega_0 = 0 \\ A_0^2 = (-g_m R_D)^2 = 1 \end{cases}$$

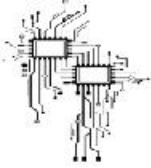
It simply “**latches up**” rather than oscillates

وَالْمُؤْمِنُونَ الْمُؤْمِنَاتُ وَالْمُؤْمِنُونَ الْمُؤْمِنَاتُ وَالْمُؤْمِنُونَ الْمُؤْمِنَاتُ

Microelectronic Circuits - 7th Edition - chapter 10

وَرَصْدَرَ الْكَعْبَ حِلْبَنْ دَلْمَرْ سَاطِيلَانْ أَسْدَهْ جَلْجَنْ دَرْ جَعْلَسْ تَعْدَادْ ۲ لَسْ أَنْزِرْ سَارْ زَلْكَسْ أَرْمُرْ طَافِسْ أَرْلَبْ

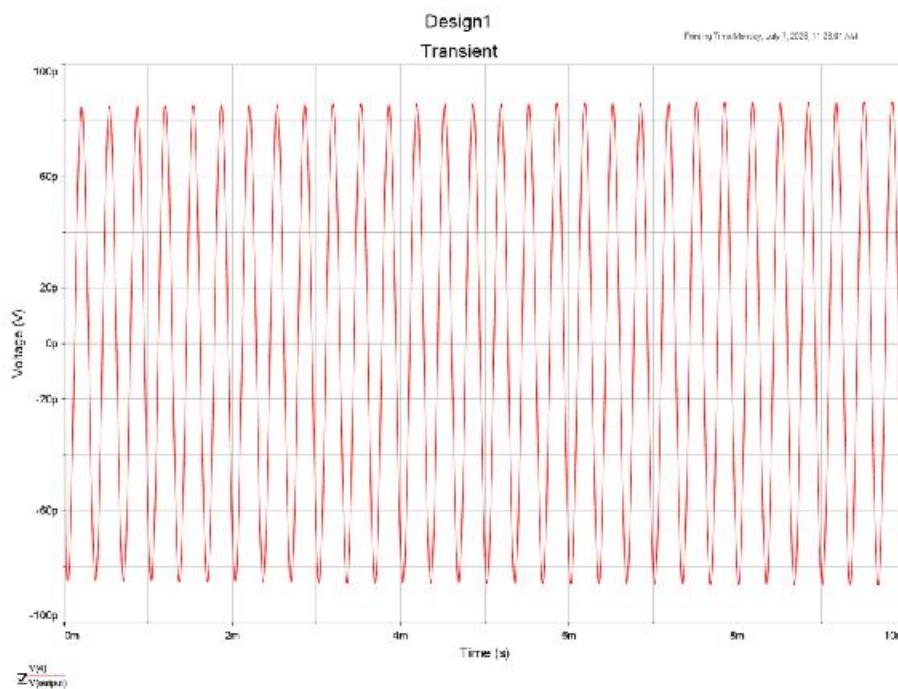
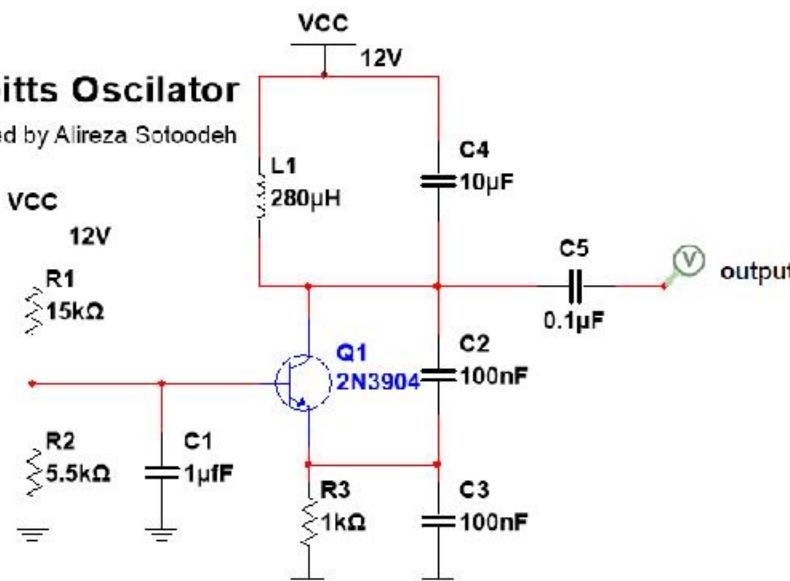
$$\left. \begin{aligned} & W_P = \sqrt{3} A_P = \frac{\sqrt{3}}{2R_D C_L} \\ & A = -g_m R_D = -2 \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} & T(S) = \frac{A_0^2}{(1 + S/C_{L0})^3} \\ & (C_{L0}, g_m, R_D) \text{ معلوم} \end{aligned} \right\}$$

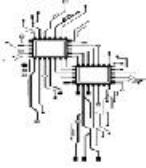


اسیلاتور COLPITTS OSCILLATOR

Colpitts Oscillator

simulated by Alireza Sotoodeh



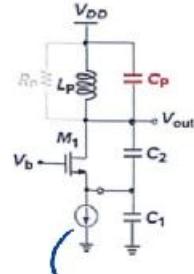


تحليل دستی

Ali Reza Sotoodeh



Colpitts oscillator



تحلیل بر حسب تواندار

$$T(s) = +g_m \left(R_p \parallel sL_p \parallel \left(\frac{1}{sC_1} + \frac{1}{sC_2} \right) \right) \times \frac{\frac{1}{sC_1}}{\frac{1}{sC_1} + \frac{1}{sC_2}}$$

$$T(s) = +g_m \left(\frac{1}{R_p + sL_p + \frac{sC_1 C_2}{C_1 + C_2}} \right) \times \frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

Colpitts مدل

دوسن

$$\omega_r \approx \frac{1}{\sqrt{L_p \left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_p \right)}}$$

Independent frequency tuning

$$g_m R_p \approx \frac{C_1 + C_2}{C_2}$$

Microelectronic Circuits - 7th Edition shaterian@uk.ac.ir

15

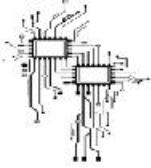
نمایانه کردن فرکانس ایجاد شده با استفاده از مدارهای خارجی

$$\begin{cases} C_3 = C_2 = 10\mu F \\ C_4 = 10\mu F \\ L_1 = 280\mu H \end{cases}$$

$$T(j\omega) = 1 \quad \left\{ \omega = \frac{1}{\sqrt{L_1 \left(\frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} + C_p \right)}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 \left(\frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} + C_p \right)}} \text{ rad/s} = 9.282 \text{ kHz} \right.$$

$$g_m R_p \approx \frac{C_3 + C_4}{C_4} = 2$$

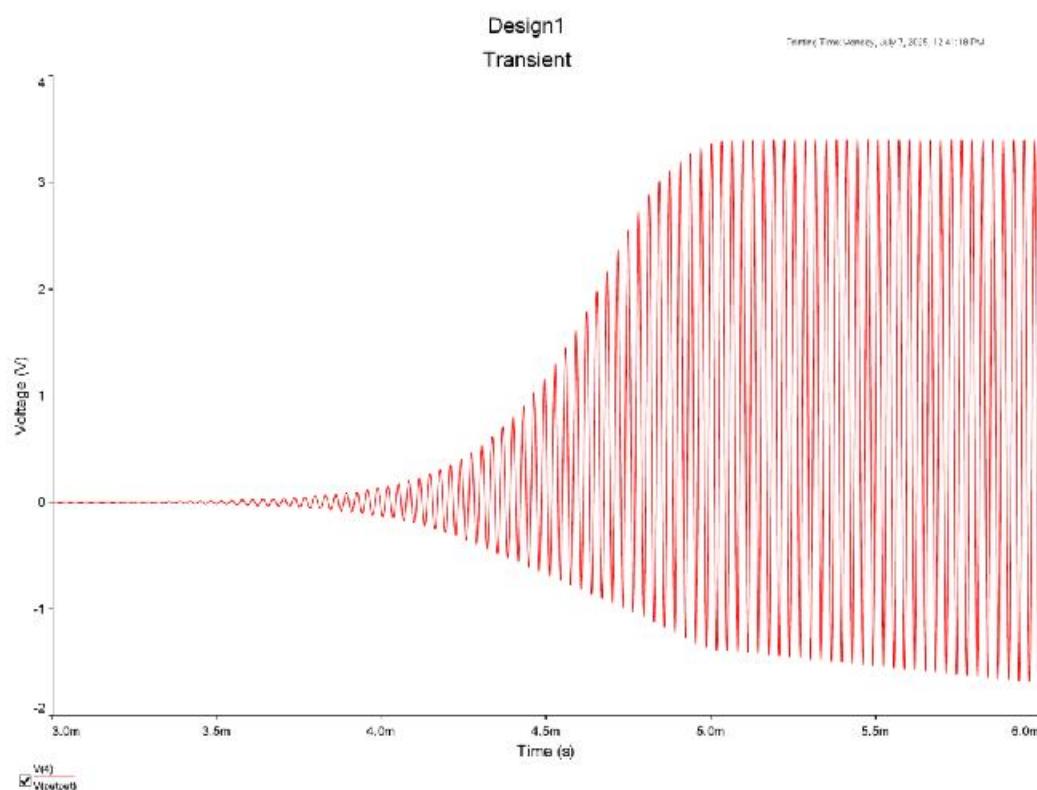
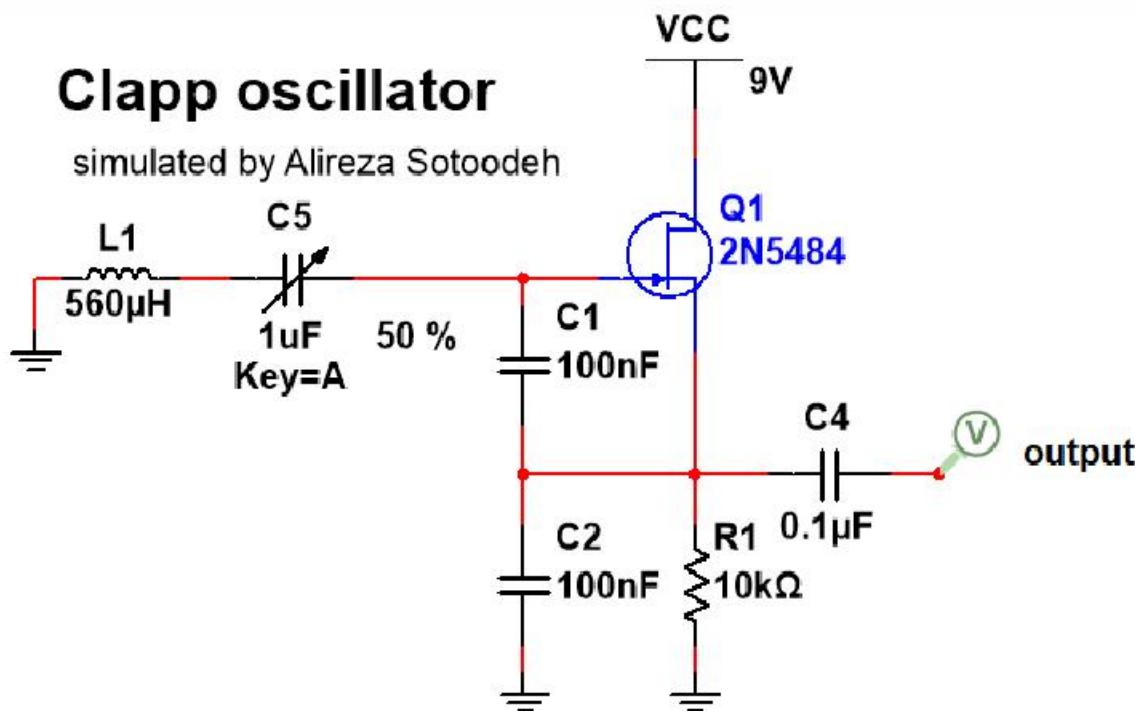
کمترین خواهد بود

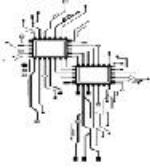


اسیلاتور CLAPP OSCILLATOR

Clapp oscillator

simulated by Alireza Sotoodeh



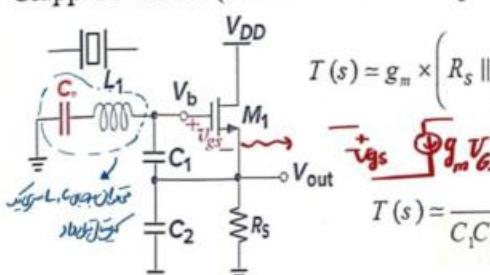


تحلیل دستی

Ali Reza Tolooodeh



Clapp Oscillator (Common Drain Colpitts)



$$T(s) = \frac{-g_m R_s}{C_C C_L R_s s^3 + C_L s^2 + (C_C + C_L) R_s s + 1}$$

$$T(j\omega) = 1 \quad \left\{ \begin{array}{l} C_1 C_2 L_1 R_D \omega^3 = (C_1 + C_2) R_D \omega \\ \frac{-g_m R_S}{-C_1 L_1 \omega^2 + 1} = 1 \quad g_m R_S \approx \frac{C_1}{C_2} \end{array} \right. \quad \omega_r \approx \sqrt{\frac{1}{L_1} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0} \right)} \approx \frac{1}{\sqrt{L_1 C_0}}$$

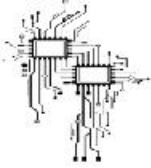
ملاحظة على التدوير

Independent frequency tuning

8

$$T(j\omega) = \left\{ f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{C_1} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_5} \right)} = 30.82 \text{ kHz} \right.$$

$$\left. \frac{g_m R_S}{4g_m R_S} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{1}{2} \right\}$$

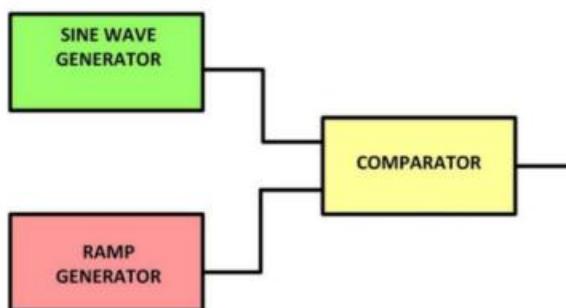


مدولاسیون پهنهای پالس (PULSE WIDTH MODULATION) - PWM

پارامتر	توضیح
T (Period)	مدت زمان یک چرخه کامل (ثابت)
T_{on}	مدت زمان روشن بودن پالس
T_{off}	مدت زمان خاموش بودن پالس
Duty Cycle	نسبت زمان روشن بودن به کل دوره:
Duty = (T_{on} / T) × 100%	دیوچ سایکل

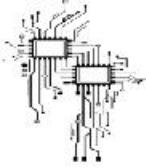
شیوه انجام: در این روش، عرض (بهنای) پالس‌ها نسبت به سیگنال آنالوگ ورودی تغییر می‌کند؛ به طوری که دامنه پالس‌ها ثابت باقی ماند ولی مدت زمان روشن بودن (duty cycle) هر پالس متناسب با دامنه سیگنال ورودی تغییر می‌کند.

روش مرسوم تولید موج مدوله شده PWM، مقایسه سیگنال پیام با شکل موج شبیه دار با استفاده از یک مقایسه‌گر است. نمودار بلوک مورد نیاز برای تولید یک PWM ساده در زیر نشان داده شده است!

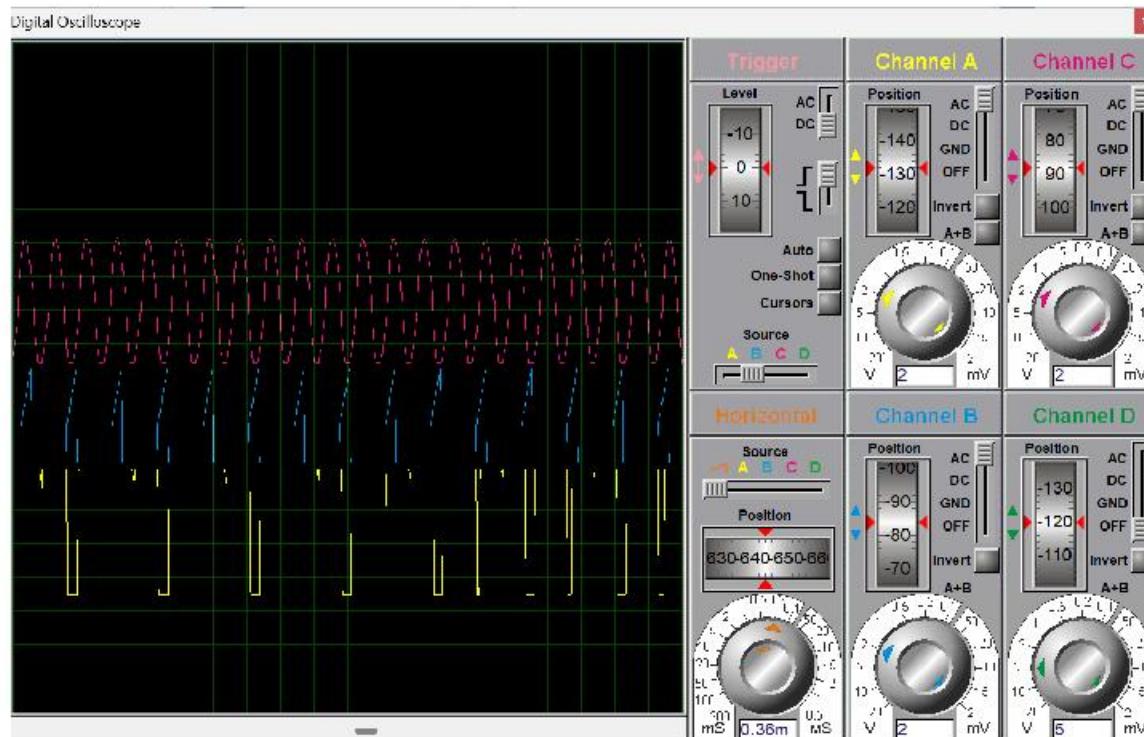
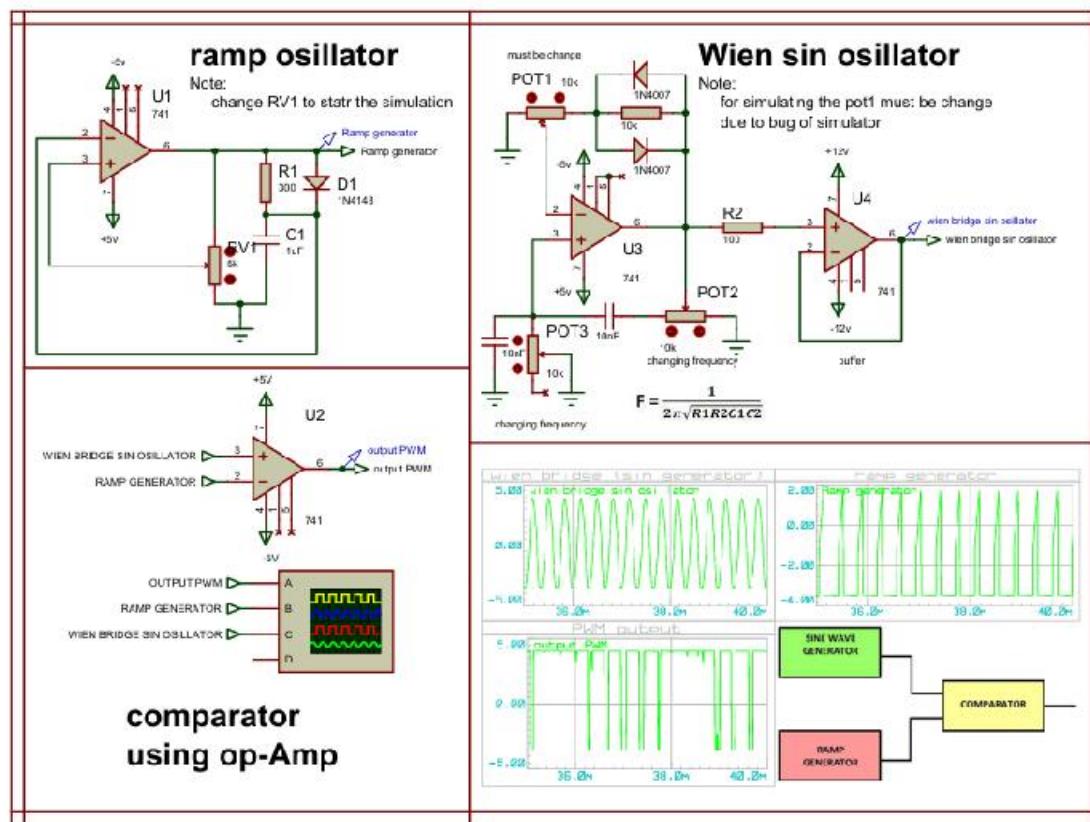


برای ساخت یه PWM می توان از دیاگرام زیر استفاده کرد:

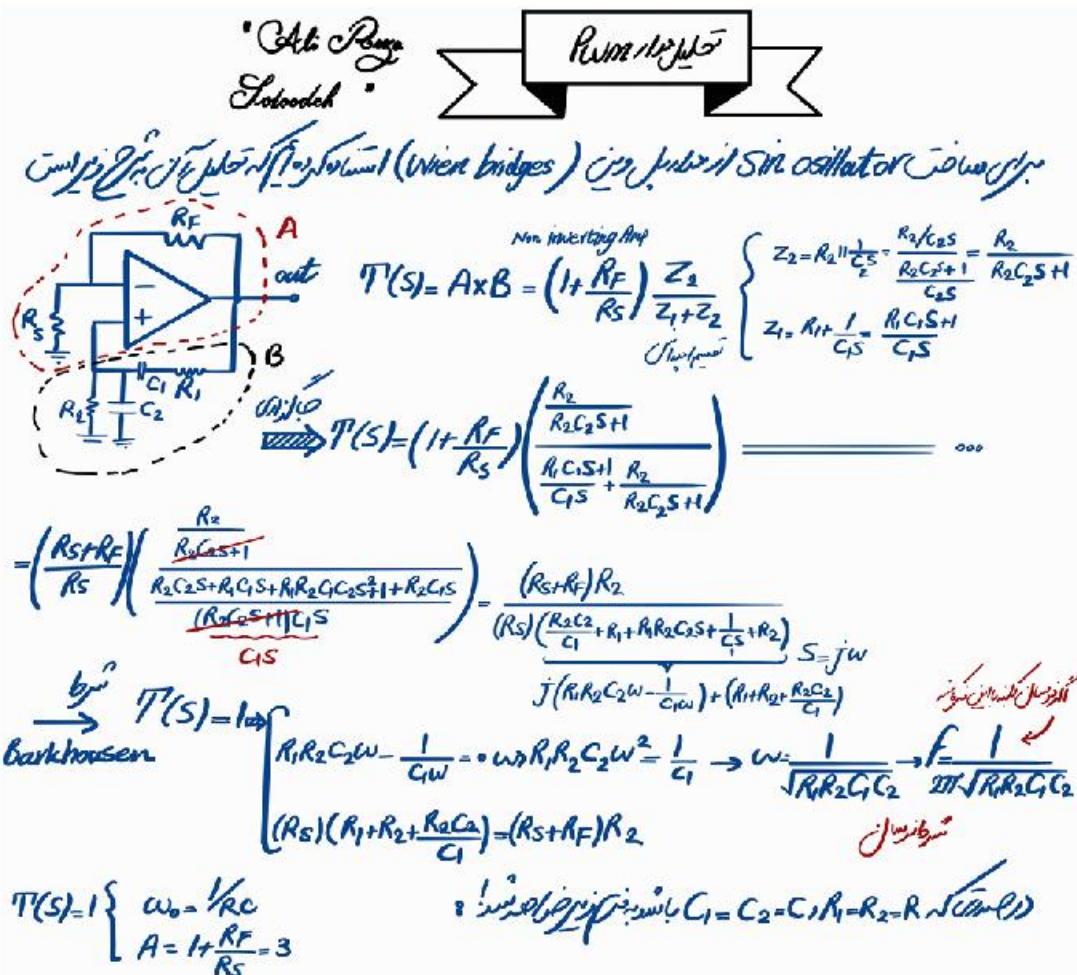
Block Diagram of Pulse Width



مدار اول مدلسیون + PWM (شبیه سازی مدار)



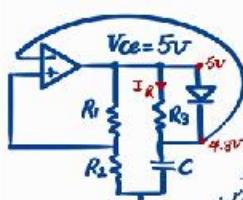
تحليل دستی مدار اول PWM



(initial V_i) (bootstrapping) \rightarrow *ramp oscillator*

if $V_i < V^+$ then $V_o = V_{CE} = 5V$

if $V_i > V^+$ *then* $V_o = 0V$



$$\begin{aligned} R_1 = R_2 = 2.5k \\ C = 1\mu F \\ R_3 = 300 \end{aligned}$$

$$I_R = \frac{5 - 4.3}{300} = 2.3 \text{ mA}$$

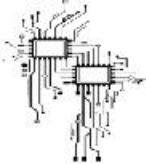
$$V_C(t) = \frac{1}{C} \int I dt = \frac{I}{C} t + V_C(0^-) = \frac{2.3 \text{ mA}}{1\mu F} t \rightarrow 2.3 \times 10^3 t$$

$$V^+ = V_C(t) \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{CE} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{initial } \oplus (\text{initial } \ominus V_i < V^+ \Rightarrow V_C(t) < V_C(0^-) \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{CE} \frac{R_2}{R_1 + R_2})$$

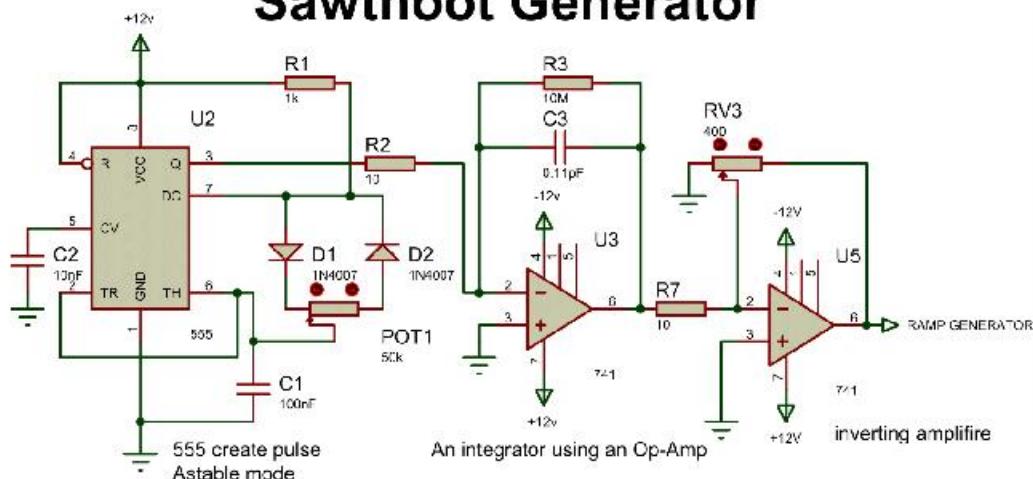
$$2.3 \times 10^3 \left(1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) t = V_C \frac{R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow t = 1.52 \text{ ms}$$

(OpAmp to logic) \rightarrow *switching logic* \rightarrow *modulation*



مدار دوم مدلسیون PWM + شبیه سازی مدار

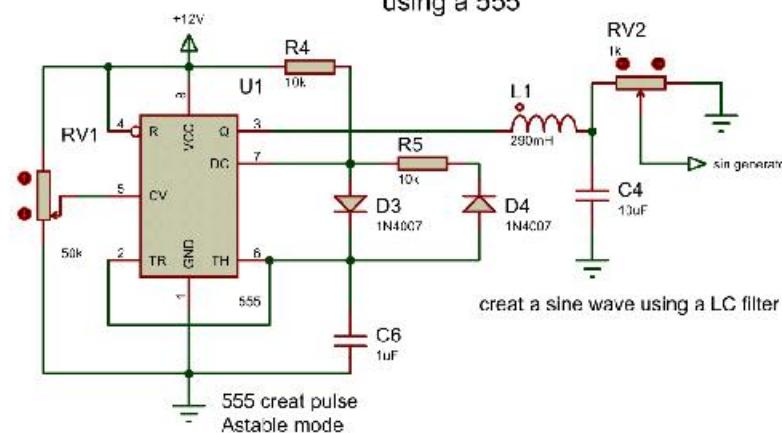
Sawtooth Generator



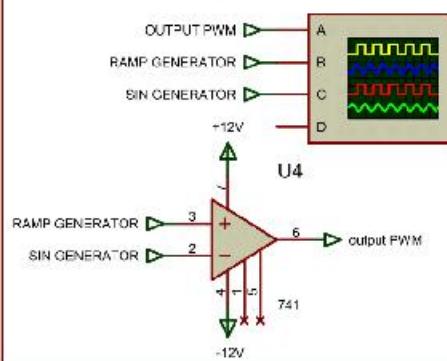
sin generator

$$f = 1/(2\pi L C)$$

using a 555



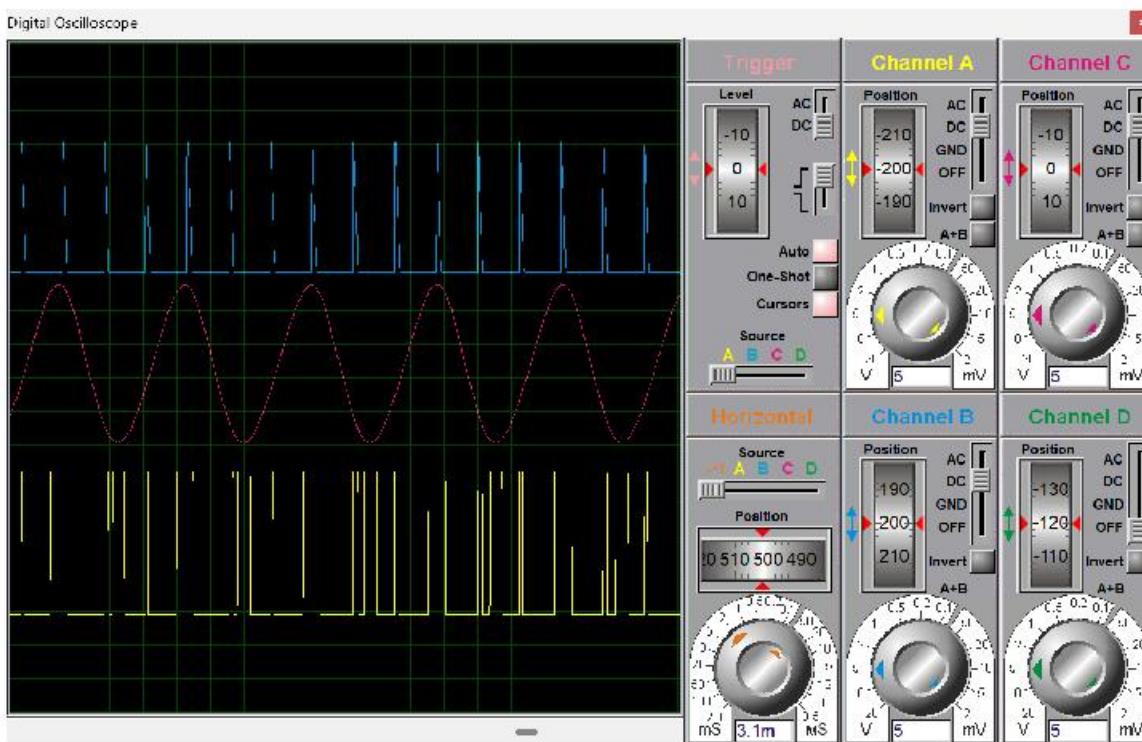
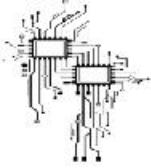
comparator



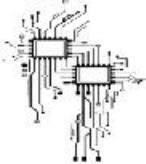
PWM modulation

Pulse & Technik Project

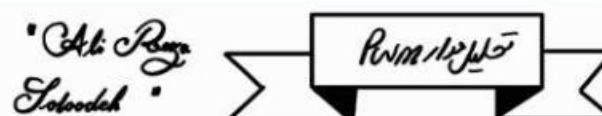
simulated by:
Alireza Sotoodeh
Date: spring 1404



با کلیک بر روی لینک روبه رو میتوان نحوه کار PWM را مشاهده کرد: [555 Pulse Width Modulator](#)



تحليل دستی مدار دوم PWM



سینوسواید سینوسواید Sawtooth generator

$$T_{off} = \ln(2)R_{Pst}C, T_{on} = \ln(2)(R_{Pst})C \quad \text{برای مدار با مدار 555 استابل (Astable) 555} \quad ①$$

$$\begin{cases} T_{on} = \ln(2)(1k)(100nF) = 69.3147\mu \\ T_{off} = \ln(2)(50k)(100nF) = 3.46m \end{cases}$$

$$A_1 = -\frac{1}{C_S R_3} \quad \text{فرزه ایجاد کننده} \quad ②$$

$$V_o(t) = -\frac{1}{RC} \int V_{in}(t)dt + V_o(t)$$

invertor Amplifier

$$A_2 = -\frac{R_U}{R_I}$$

$$V_o(t) = A_2 \times V_o(t)$$

Astable 555

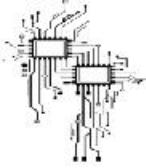
Sin generator

$$T_{on} = T_{off} = \ln(2)/10k \times 1\mu = 6.93ms$$

$$f = \frac{1}{2\pi f LC} \quad \text{با عبارت دیگر} \quad ②$$

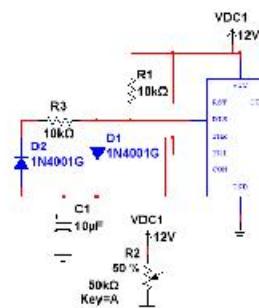
$$f_{in} = \frac{1}{2\pi \cdot 6.93ms} = 72.1 \text{ Hz}$$

$$f_{out} = \frac{1}{2\pi \sqrt{280m \cdot 1\mu}} = 95.11 \text{ Hz}$$

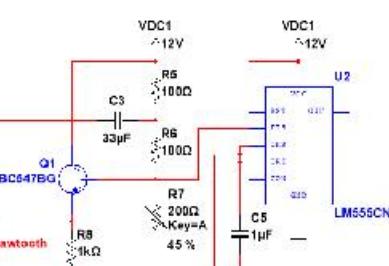


مدار سوم مدلasseion + PWM (شبیه سازی مدار)

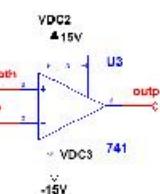
sine generator by 555 (message)



555 (carrier)



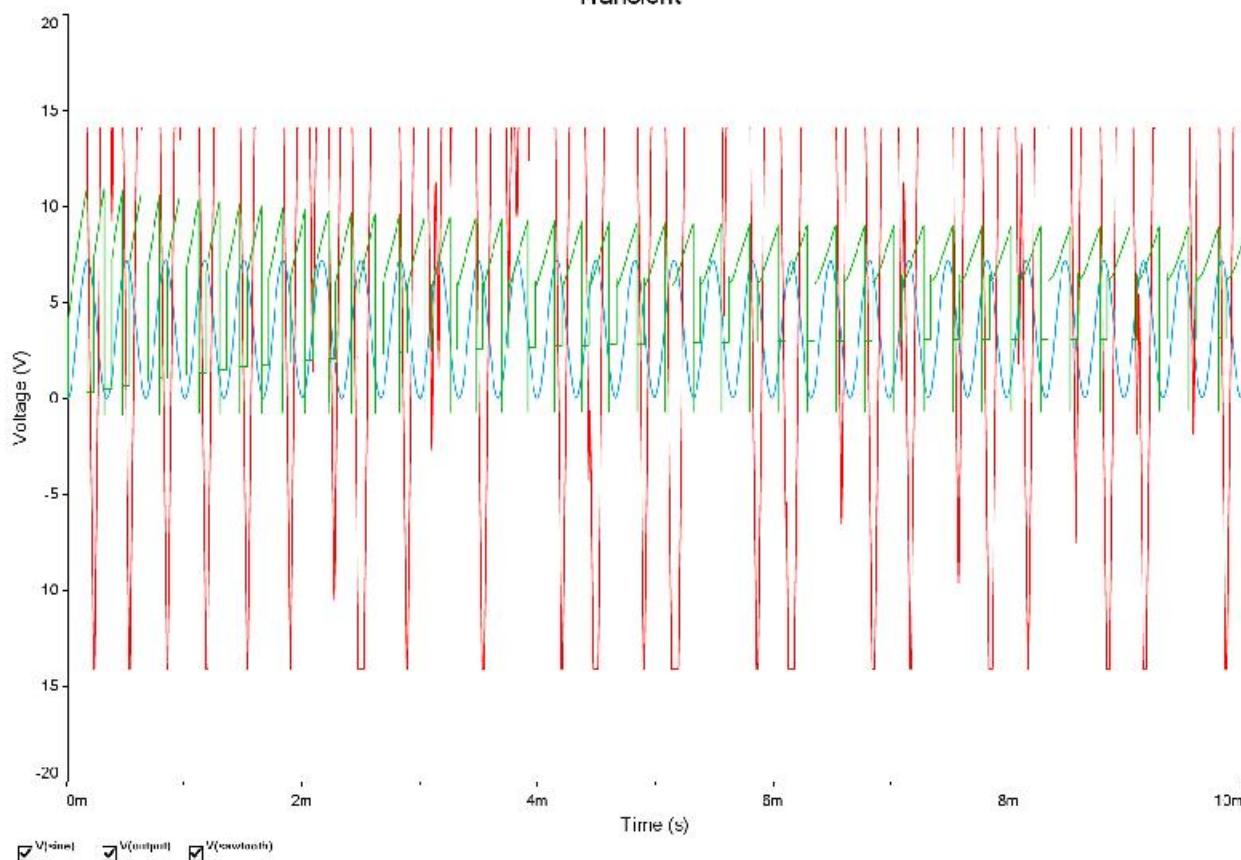
modulator PWM (Comparator)

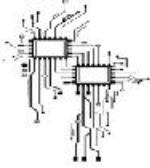


Design1

Transient

Printing Time Tuesday, July 0, 2025, 7:39:41 PM





تحليل دستی مدار سوم PWM

Ali Reza Soboodeh



ساختار پژوهشی

کوہاٹ میڈیم چین اسوسی ایشن!

دوسرا: مکالمات 50٪ Duty cycle خوبی آل بیتیکر LC دیجیکروڈ

$$555 \text{ frequency} = \frac{1}{2T_{\text{off}} f_{\text{osc}}} = \frac{1}{2 \times \ln(2) \times 10k \times 10^3} = 7.2134 \text{ Hz}$$

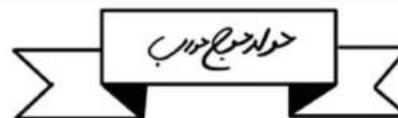
Sine generator 555

\Leftarrow 555 in Astable

نکره) برای تغییر از نوسین بین تغییر duty cycle سیوال (or Control Voltage) استفاده می‌گردد که باعتراف آن، قیمت مقطع دستوراتی می‌باشد که با مطابق شدن با شارژ خازن، باعتراف کرد و نیز از باعتراف در

نکلر) پی سی تر R4 (فروجی این جریان را تقطیع نمی کند میتواند مسیر مسافتی را بگذراند

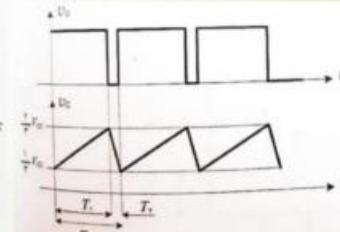
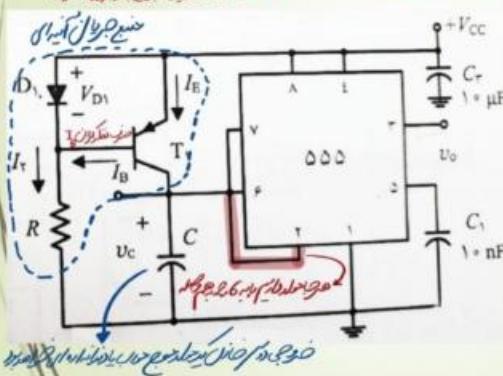
Sawtooth generator



22

وَمِنْهُمْ مَنْ يَرْجُو حُلُولَكَ فِي أَهْلِهِ وَأَهْلِ أَهْلِهِ وَأَهْلِ أَهْلِ أَهْلِهِ

四



$$\Rightarrow 0 < t < \pi : Q_1 \rightarrow V_0 - V_{Q_1}$$

$$V_C(\cdot) = k_2 V_Q$$

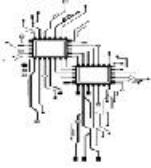
$$V_o(t) = \frac{1}{C} \int I dt + V_o(0) = \frac{1}{C} I t + V_{OC}$$

$$V_C(T) = \frac{1}{2} V_{CC} \rightarrow T_1 = \frac{1}{2} \frac{V_{CC}}{V_T}$$

⇒ TestB.T ~ G2

$\frac{3}{4} \rightarrow \langle \cdot \rangle \rightarrow T$

10

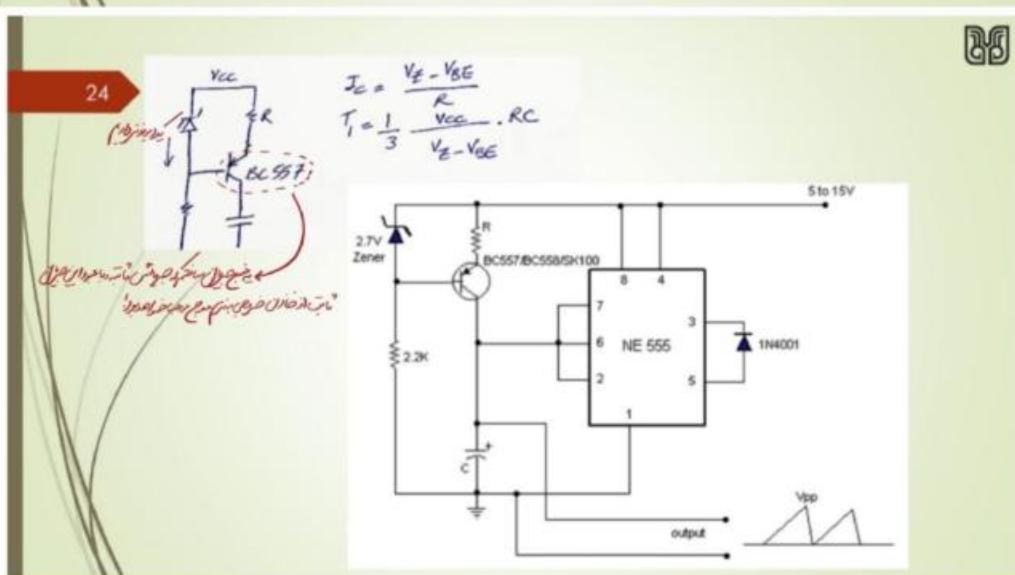


$I_2 = I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R} \rightarrow V_C = V_3 V_{CC} + \frac{1}{C} \times \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R} t$

 $V_C = V_C \int i_C dt + V_C(=) = \frac{i_C t}{C} + V_C(=)$
 $V_C(T_1) = \frac{2}{3} V_{CC} = V_3 V_{CC} + \frac{1}{C} \times \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R} T_1 \rightarrow$
 $T_1 = \frac{V_3 V_{CC}}{\frac{V_{CC} - V_{BE}}{R}} = \frac{1}{3} \frac{V_{CC}}{V_{CC} - V_{BE}} \cdot RC \approx \frac{RC}{3}$

دروت که این ترکیب را درست نمایند. فرض این زمان (T₁) برابر با (T₂) باشد

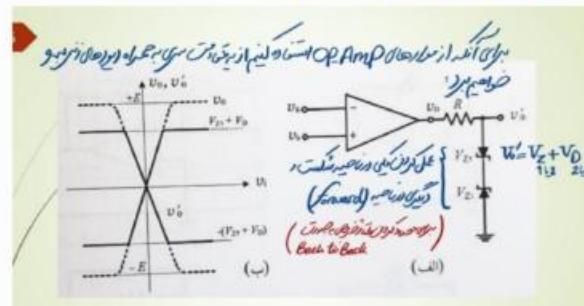
 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_1 + T_2} = \frac{1}{T_1} = \frac{3}{RC}$



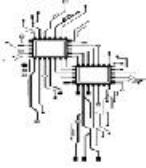
دروت که این ترکیب را درست نمایند. فرض این ترکیب را درست نمایند. خلکن (یعنی ۸ باره) می‌باشد. از ترکیب مذکور می‌توان برای جذبیتی استفاده کرد.

frequency 555

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{on} = \ln(2) \times (2 \times 100 + 200) \times (1/\mu) = 277.25 \mu s \\ T_{off} = \ln(2) \times (200) / (1/\mu) = 138.62 \end{array} \right\} \rightarrow f = \frac{1}{T_{on} + T_{off}} = \frac{300.56}{Hz}$$



دروت که این OP-Amp 741 را درست نمایند. مسکن پیام



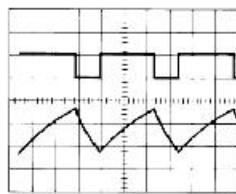
مدار چهارم مدلسیون PWM (بهترین مدلاتور PWM) + (شبیه سازی مدار)

اگر دیتاشیت مربوط به 555 با دقت مطالعه شود می توان ساختار های مربوط به PPM و PWM را در آن یافت کرد که به شرح زیر می باشد.

LM555

Applications Information (Continued)

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.



$V_{CC} = 5V$ Top Trace: Output 5V/DIV
 TIME = 20µs/DIV.
 $R_A = 3.9k\Omega$
 $R_B = 3k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$

FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is:

$$D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

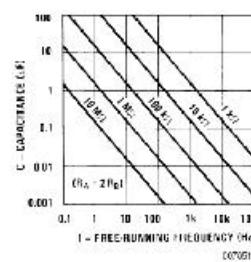
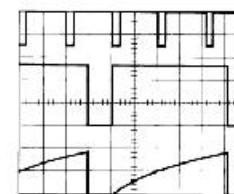


FIGURE 6. Free Running Frequency

FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.



$V_{CC} = 5V$ Top Trace: Input 4V/DIV.
 TIME = 20µs/DIV. Middle Trace: Output 2V/DIV.
 $R_A = 9.1k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$

FIGURE 7. Frequency Divider

PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.

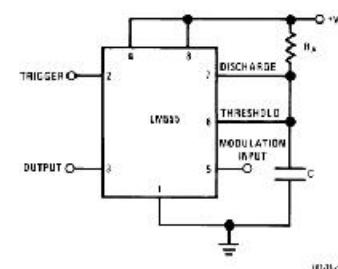
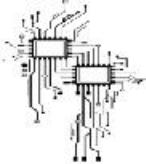
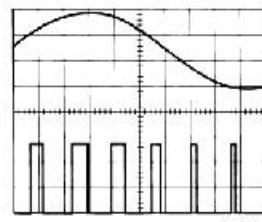


FIGURE 8. Pulse Width Modulator

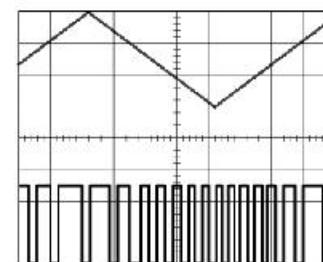


LM555

Applications Information (Continued)

$V_{CC} = 5V$ Top Trace: Modulation 1V/Div.
TIME = 0.2 ms/DIV. Bottom Trace: Output Voltage 2V/Div.
 $R_A = 9\text{ k}\Omega$
 $C = 0.01\mu\text{F}$

FIGURE 9. Pulse Width Modulator



$V_{CC} = 5V$ Top Trace: Modulation Input 1V/Div.
TIME = 0.1 ms/DIV. Bottom Trace: Output 2V/Div.
 $R_A = 3.9\text{k}\Omega$
 $R_B = 3\text{k}\Omega$
 $C = 0.01\mu\text{F}$

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

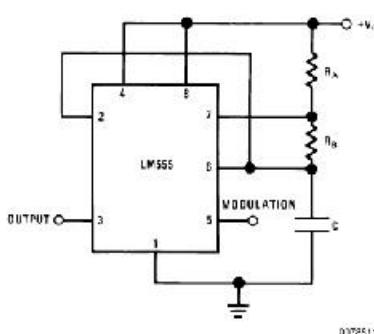


FIGURE 10. Pulse Position Modulator

LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A , in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

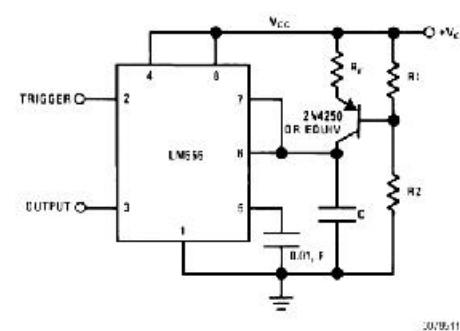


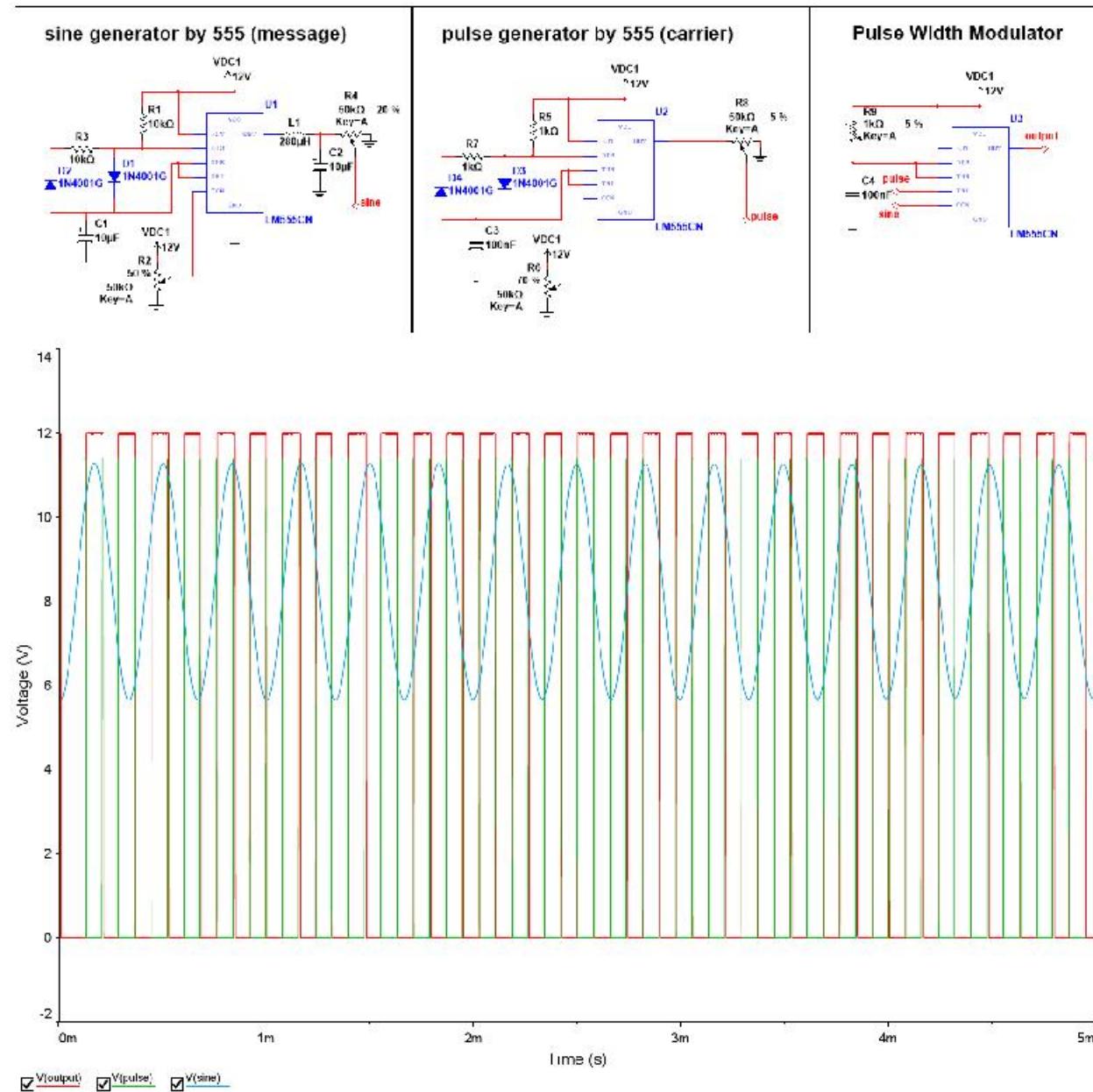
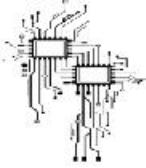
FIGURE 12.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 - R_2)}$$

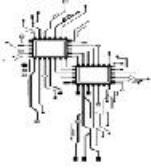
$$V_{BE} \approx 0.6V$$

$$V_{RE} \approx 0.6V$$

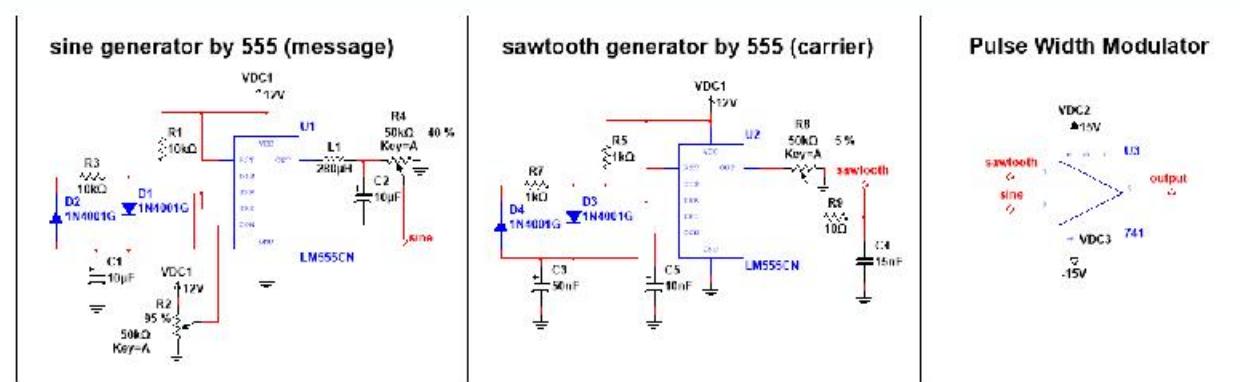


مشاهده می شود این ساختار نسبت به سه مدار قبلی عملکردی بسیار بهتر در ساخت و اجرای مدلسیون PWM را دارد.

- پتانسیومترهای R8 و R4 جهت تنظیم دامنه هر کدام از خروجی ها بوده .
- پتانسومتر های R6 و R2 برای تنظیم فرکانس کاری در duty cycle با درصد 50% به کار رفته .
- پتانسومتر R9 جهت تنظیم مدلاتور به کار رفته که هرچقدر کمتر باشد میزان حساسیت آن به شکل موج پیام بیشتر شده و خروجی دقیق تری میدهد .



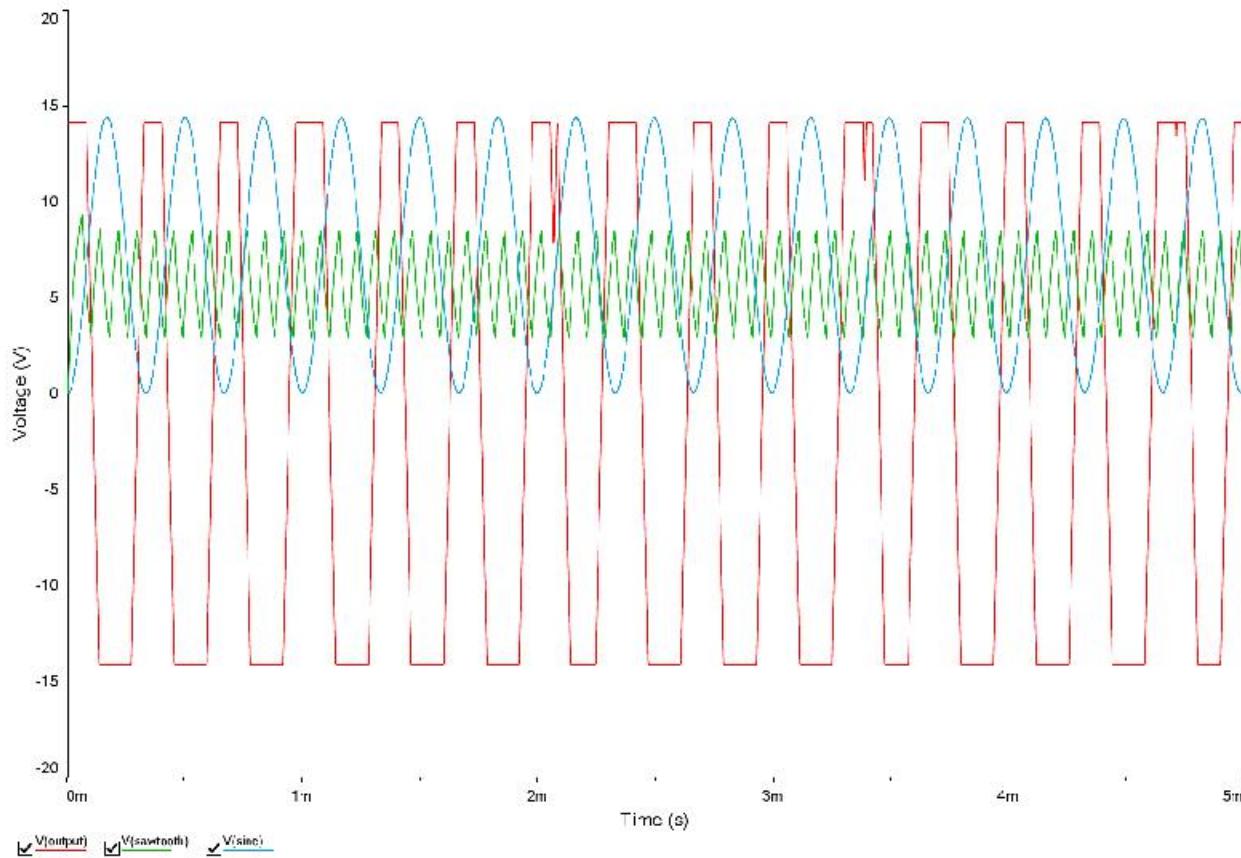
مدار پنجم مدلسیون PWM + (شبیه سازی مدار)

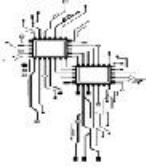


Design1

Transient

Printing Time: Thursday, July 10, 2025, 2:08:43 PM





تحليل دستی مدار پنجم PWM

Ali Raza Sotoodeh



دستی تحلیل مدار PWM پنجم

که از طریق عرض اخیر است!

Duty cycle = 150 میلی ثانیه برای آن فیلتر LC (دستگاه)

Sine generator 555

$$555 \text{ frequency} = \frac{1}{2T_{off}} = \frac{1}{2 \times 0.129 \times 10 \times 10^3} = 7.2134 \text{ Hz}$$

↔ 555 in Astable

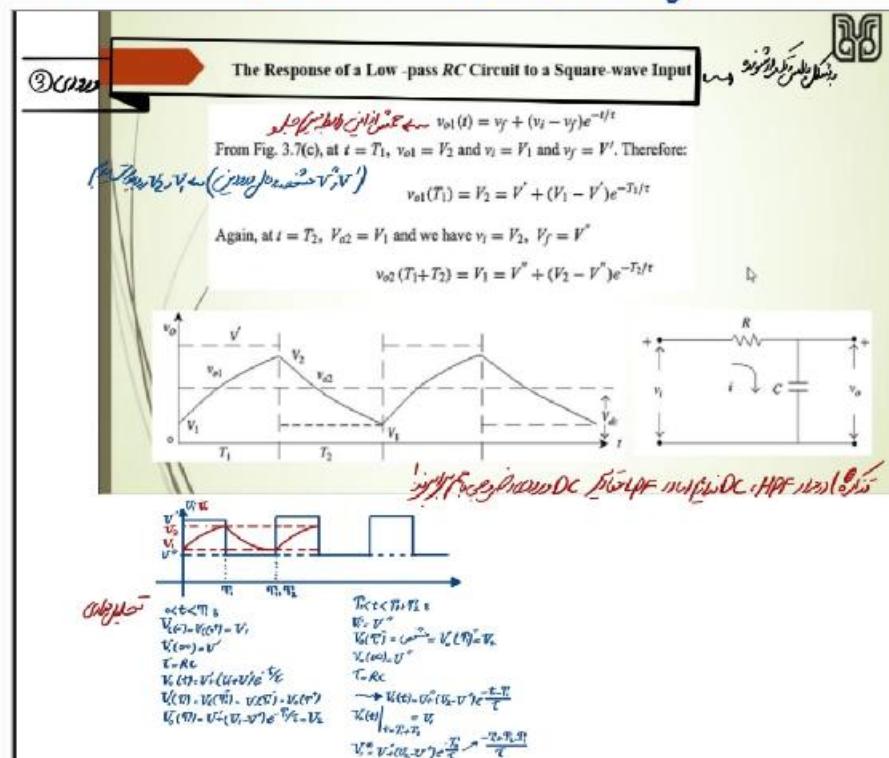
نکره! برای تغییر این میله سیم که تغییر میکند، Control Voltage (کنترل ولتیج) استفاده کنید. این ولتیج را با قدرتی میتوان مطلع کرد و این میله سیم را در همان مقدار میتوان ایجاد کرد. نکره! برای تغییر این میله سیم!

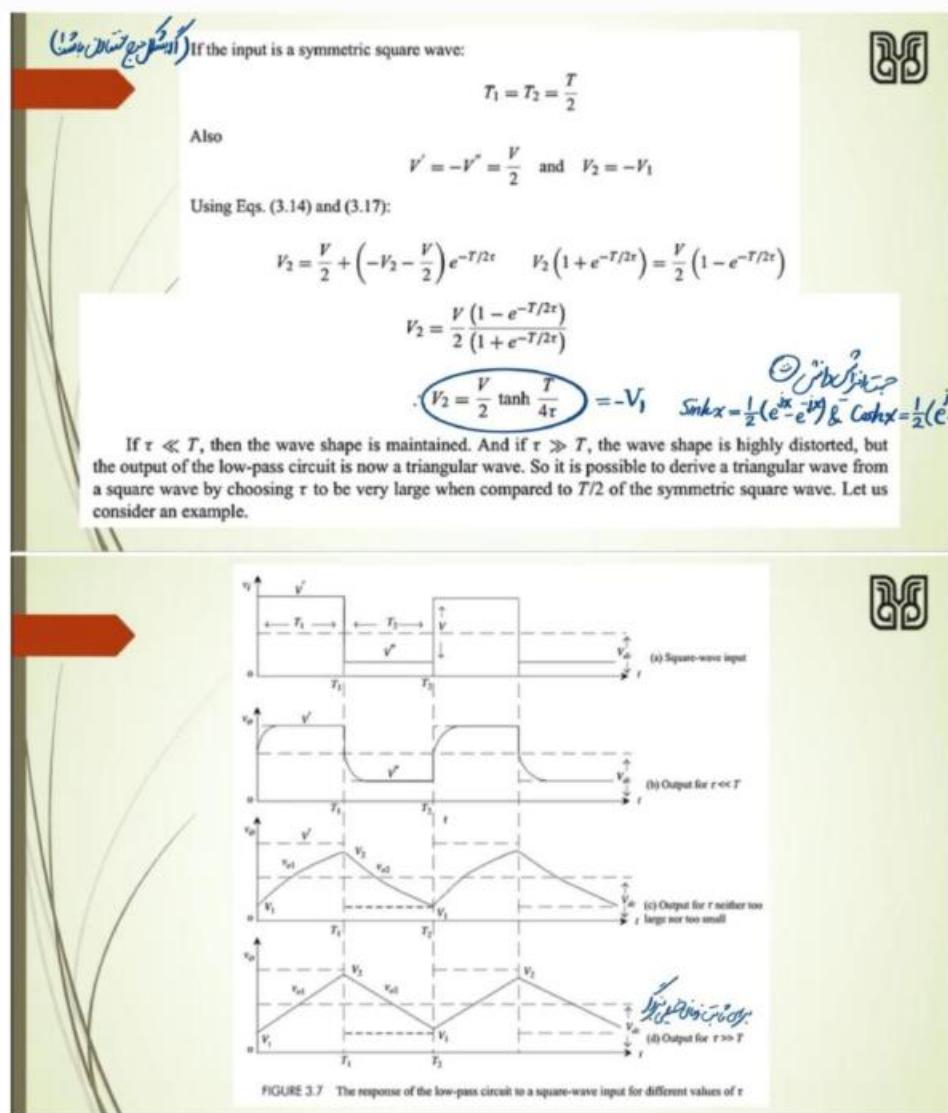
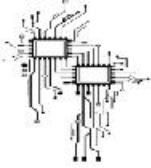
نکره! پس فیلتر R4 (دستگاه) را برای ایجاد این میله سیم استفاده کنید.

Duty cycle = 150 میلی ثانیه برای 555: این دستگاه

Sawtooth generator

پالس ریزی کردن این پنجه فیلتر R4 را با LPF (لیپافیلتر) ایجاد کنید.



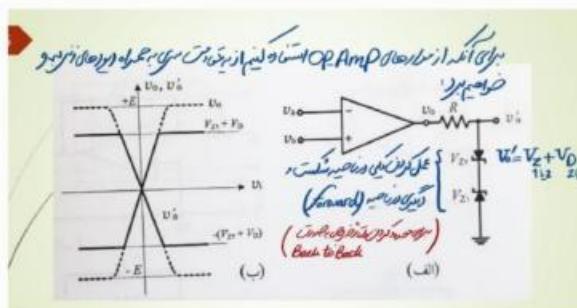


$$T_{555} = 2 \times \ln(2) \times (1k) \times (50n) = 2 \times 34.65 \mu \rightarrow \frac{T}{2R_{\text{off}}} = \frac{T_{555}}{2} = 34.65 \mu \quad \text{زمان ایجاد موج}$$

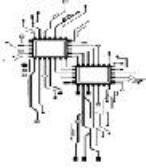
$\tau \ll 50 \mu$

$$U_2 = -U_1 = \frac{V}{2} \tanh \frac{T}{4\tau} = \frac{12}{2} \tanh \left(\frac{34.65 \mu}{150 n} \right) = 6$$

زمان ایجاد موج



در این سایری از Op.Amp 741 را در نظر مان
حتماً سه قطب منسوبی بروکت و سینکلر بهم
بسته باش!

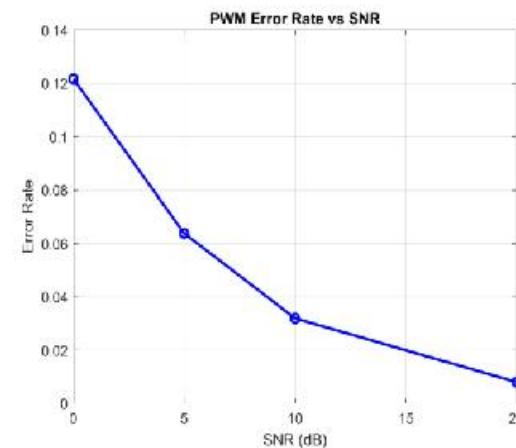
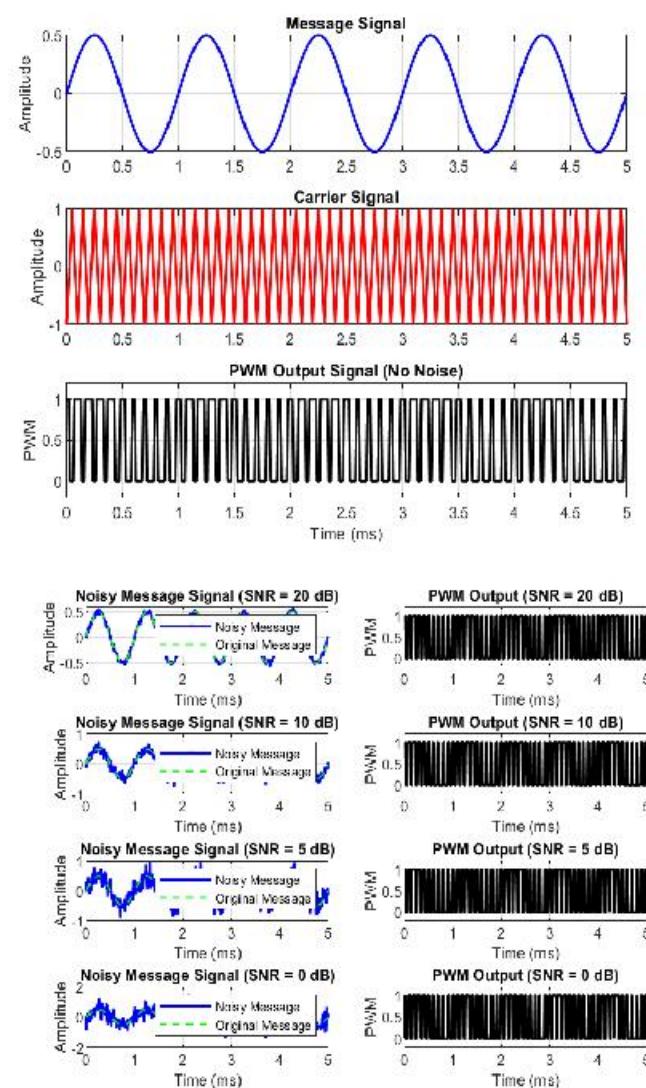


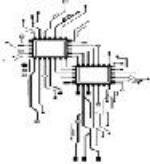
```

1 clc;
2 clear;
3 close all;
4
5 % 1. Define Parameters:
6 Ts = 1e-003; % Sampling frequency (Hz)
7 t = 0:Ts:10; % Time vector (0 to 10 seconds)
8 N = length(t); % Number of samples
9
10 f_msg = 1000; % Message signal frequency (Hz)
11 f_carrier = 1000; % Carrier frequency (Hz)
12
13 % 2. Generate Message Signal:
14 msg = 0.2 + sin(2*pi*f_msg*t); % Message between -0.2 and 0.2
15
16 % 3. Generate Carrier Signal:
17 carrier = sin(2*pi*f_carrier*t); % Triangle wave
18
19 % 4. Create Modulated PWM Signal:
20 pwm_original = msg * carrier;
21
22 % 5. Add Noise to Create Noisy Effect:
23 SNR_levels = [20, 10, 5, 0]; % Signal to Noise Ratio levels (dB)
24 error_rates = zeros(length(SNR_levels), 1);
25
26 % 6. Figure Name: 'PWM with noise Analysis';
27 for i = 1:length(SNR_levels);
28 SNR = SNR_levels(i);
29 msg_noisy = msg + randn(N, 1); % measured
30
31 pwm_noisy = msg_noisy * carrier;
32
33 error_rate = sum(pwm_noisy - pwm_original) / N;
34 error_rates(i) = error_rate;
35
36 subplot(length(SNR_levels), 2, 2*i-1);
37 plot(t, msg_noisy, 'r', 'LineWidth', 1.5);
38 xlabel('Time (ms)');
39 plot(t, msg, 'k', 'LineWidth', 1.5);
40 legend('Noisy Message', 'Original Message');
41 grid on;
42
43 subplot(length(SNR_levels), 2, 2*i);
44 plot(t, pwm_noisy, 'r', 'LineWidth', 1.5);
45 title('PWM Output (SNR = ', num2str(SNR), ' dB)');
46 xlabel('Time (ms)');
47 ylabel('PWM');
48 grid on;
49
50 end;
51
52 % 7. Plot of Original Signals:
53 figure('Name', 'Original Signals');
54 subplot(2,1,1);
55 plot(t, msg, 'r', 'LineWidth', 1.5);
56 title('Carrier Signal');
57 ylabel('Amplitude');
58 grid on;
59
59 subplot(2,1,2);
60 plot(t, pwm_original, 'k', 'LineWidth', 1.5);
61 title('PWM Output Signal (No noise)');
62 xlabel('Time (ms)');
63 ylabel('PWM');
64 grid on;
65
66 % 8. Modulation Error Rates:
67 figure('Name', 'Error Rate vs SNR');
68 plot(SNR_levels, error_rates, 'bo', 'LineWidth', 2);
69 xlabel('SNR (dB)');
70 ylabel('Error Rate');
71 title('PWM Error Rate vs SNR');
72 grid on;
73
74 disp('SNR (dB) | Error Rate');
75 for i = 1:length(SNR_levels);
76 fprintf('%d | %.6f\n', SNR_levels(i), error_rates(i));
77 end;
78
79 % 9. Save Figures as PDF:
80 % Create output folder if it doesn't exist
81 output_folder = 'PWM_0_outputs';
82 if ~exist(output_folder, 'dir')
83 mkdir(output_folder);
84 end;
85
86 % Save all open figures
87 fig_handles = findall('Type', 'Figure');
88 for i = 1:length(fig_handles)
89 fig = fig_handles(i);
90 fig_name = sprintf('Figure_%d.pdf', output_folder, fig.Name);
91 saveas(fig, fig_name, 'pdf');
92 end;
93
94 end;
95
96

```

بررسی PWM در MATLAB





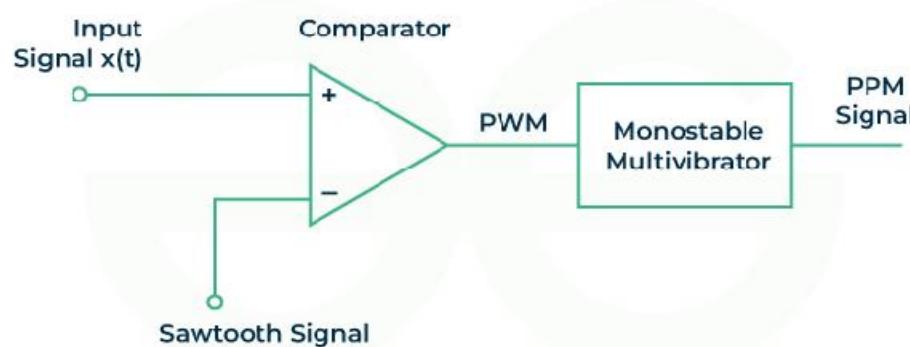
مدولاسیون موقعیت پالس (PULSE POSITION MODULATION) - PPM

در مدولاسیون موقعیت پالس (Pulse Position Modulation)، موقعیت زمانی هر پالس نسبت به موقعیت اصلی خود تغییر می کند. این تغییر موقعیت نشان دهنده مقدار سیگنال پیام است.

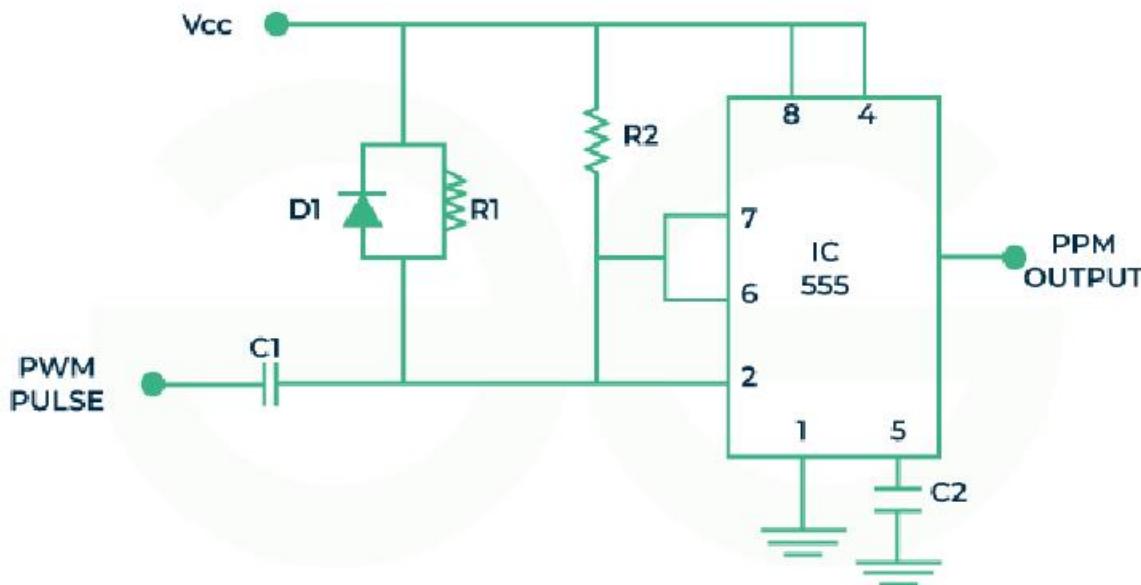
- در PPM، پهنهای پالس و دامنه ثابت است.
- فقط موقعیت (زمان وقوع) پالس ها تغییر می کند.

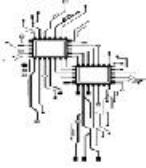
مدولاسیون موقعیت پالس (PPM) یک روش موثر برای انتقال اطلاعات در محیط های نویزی است، زیرا نسبت به تغییرات دامنه حساس نیست. با این حال، نیاز به سنکرون سازی دقیق و پیچیدگی در دریافت، از چالش های این روش است.

برای ساخت مدولاسیون PPM می توان از روش زیر بهره برد:

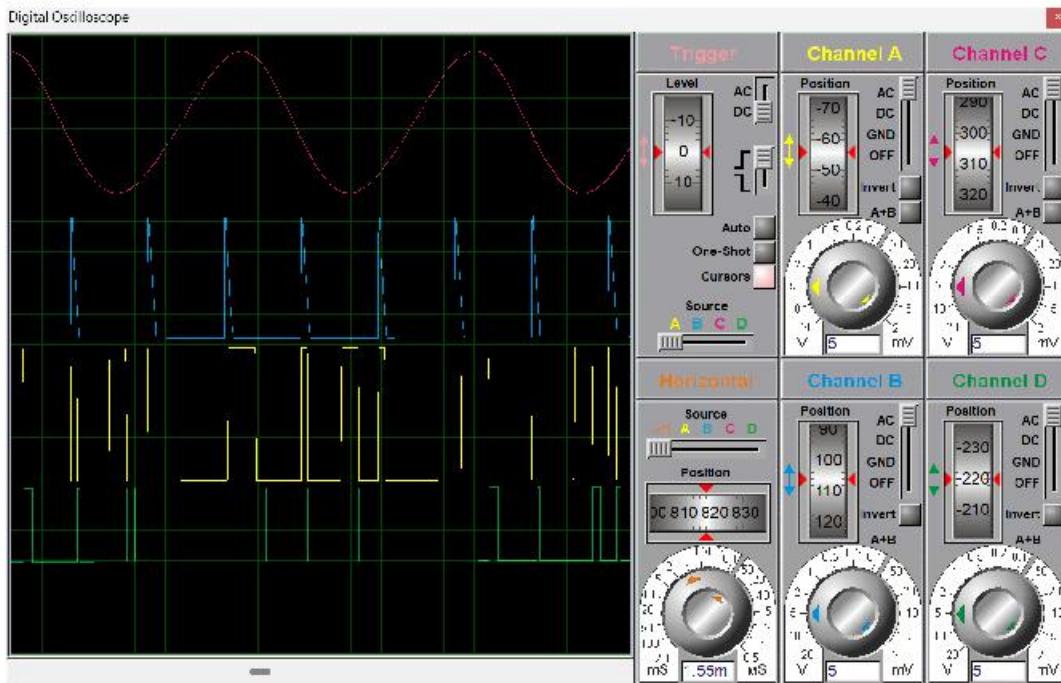
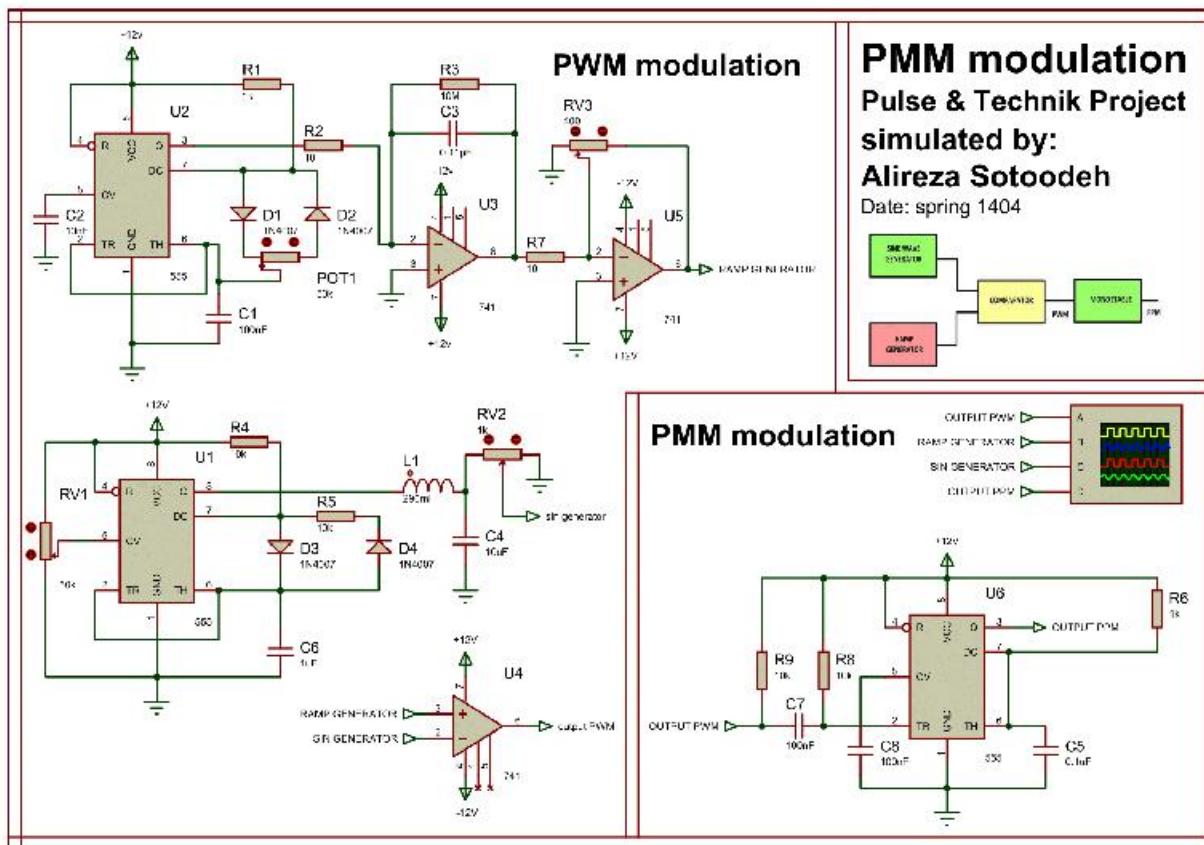


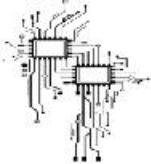
که ساختار مونو استابل به فرم زیر خواهد بود:



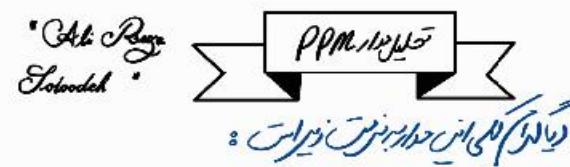


مدار اول مدلسیون PPM + شبیه سازی مدار (





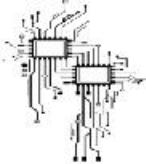
تحليل دستی مدار اول PPM



تکیه کنید که این مدار فرکانس پم باید باشد

زمان حافظه می باشد که این مدار فرکانس پم باید باشد

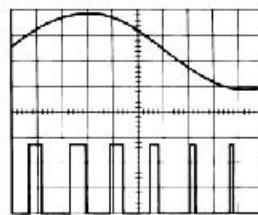
$$T = \ln(2)RC = \ln(2)1k \times 0.1\mu F = 69.3\mu s$$



مدار دوم مدلسیون + PPM (شبیه سازی مدار)

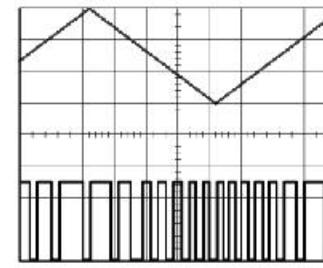
در دیتا شیت ای سی 555 نحوه بستن این مدار به شکل زیر توضیح داده شده.

Applications Information (Continued)



V_{CC} = 5V
TIME = 0.2 ms/DIV.
R_A = 8.1kΩ
C = 0.01μF

FIGURE 9. Pulse Width Modulator



V_{CC} = 5V
TIME = 0.1 ms/DIV.
R_A = 3.9kΩ
R_B = 3kΩ
C = 0.01μF

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

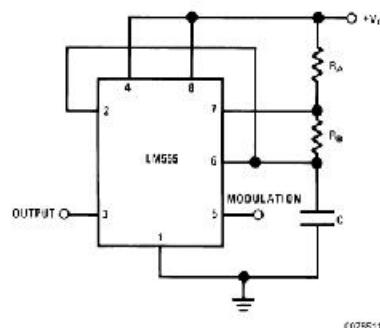


FIGURE 10. Pulse Position Modulator

LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

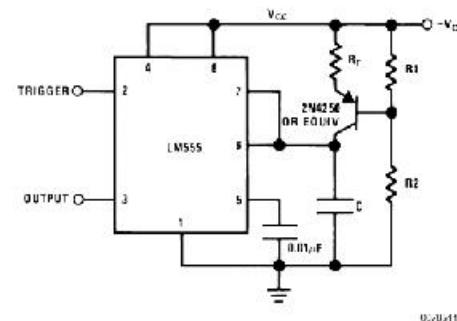


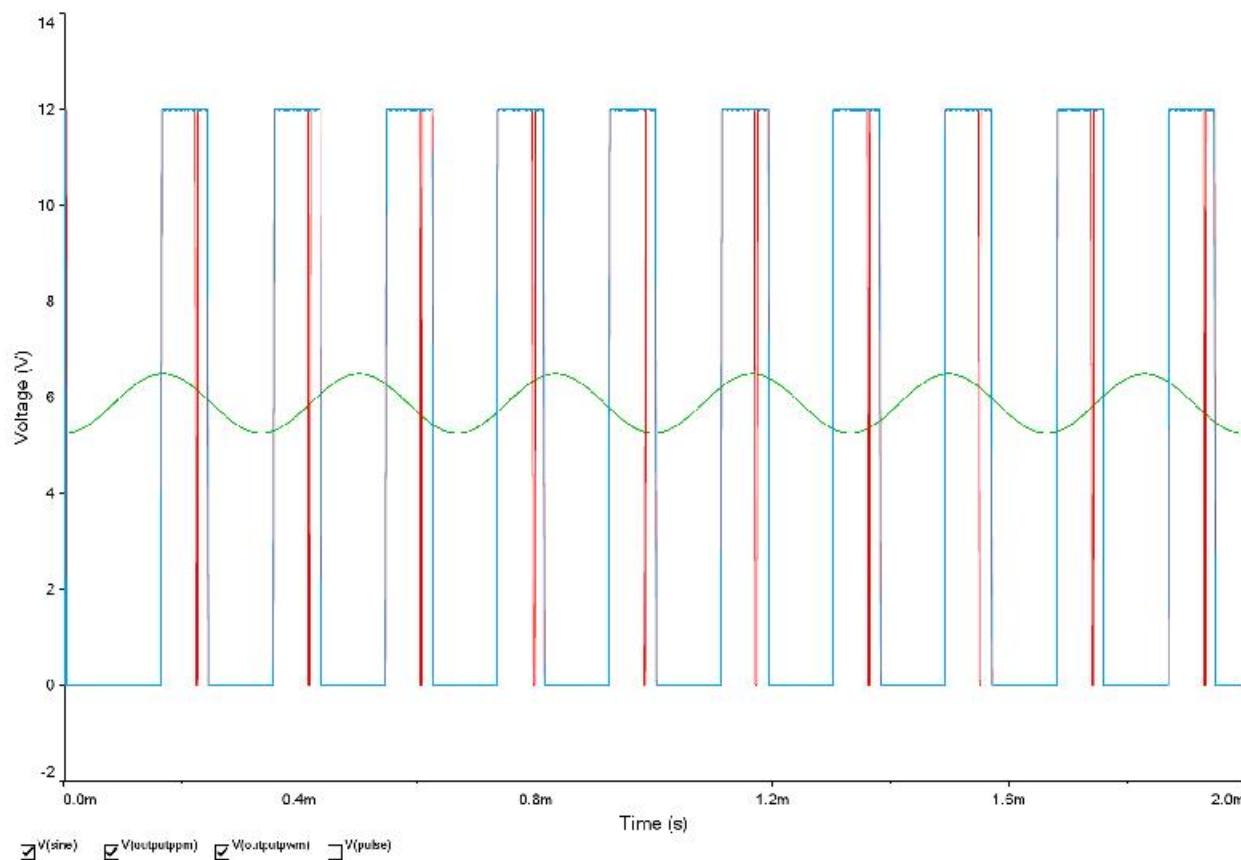
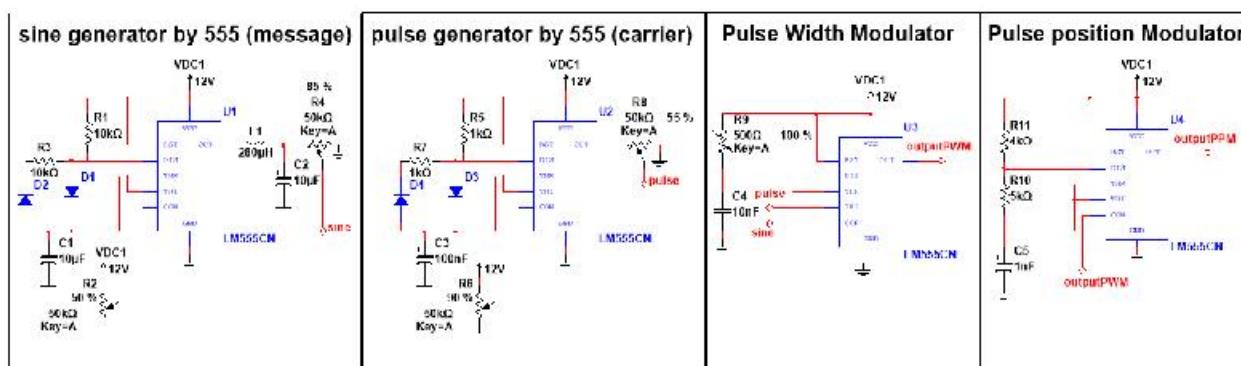
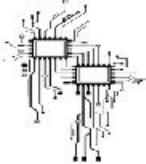
FIGURE 12.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

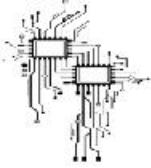
$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$V_{BE} \approx 0.6V$

$$V_{BE} \approx 0.6V$$



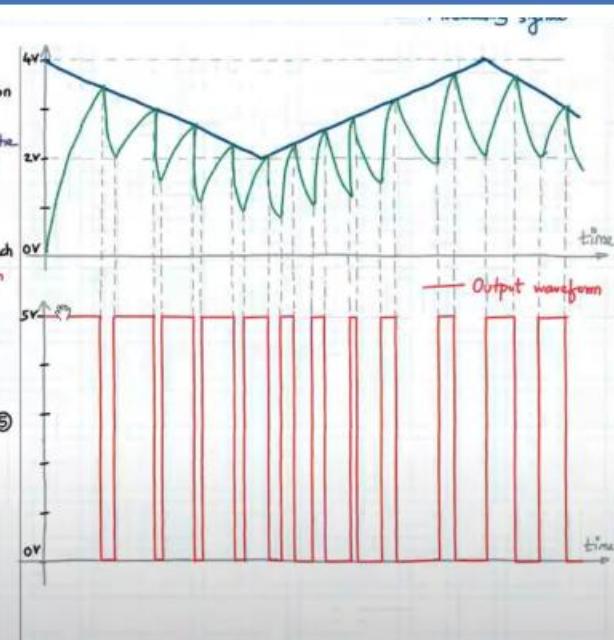
با مراجعه به دیتا شیت قطعات می توان به کاربرد برخی از آنها پرداخت همانند IC 555 که دو کاربرد مدلasseیون PWM و آنها با توجه به دیتا شیت بدست می آید.



تحليل دستی مدار دوم PPM

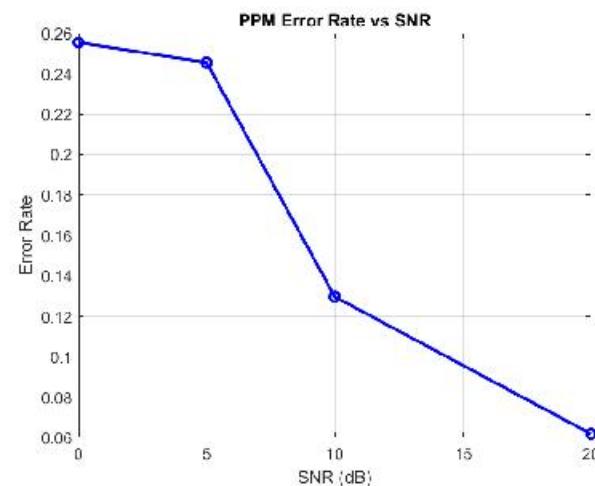
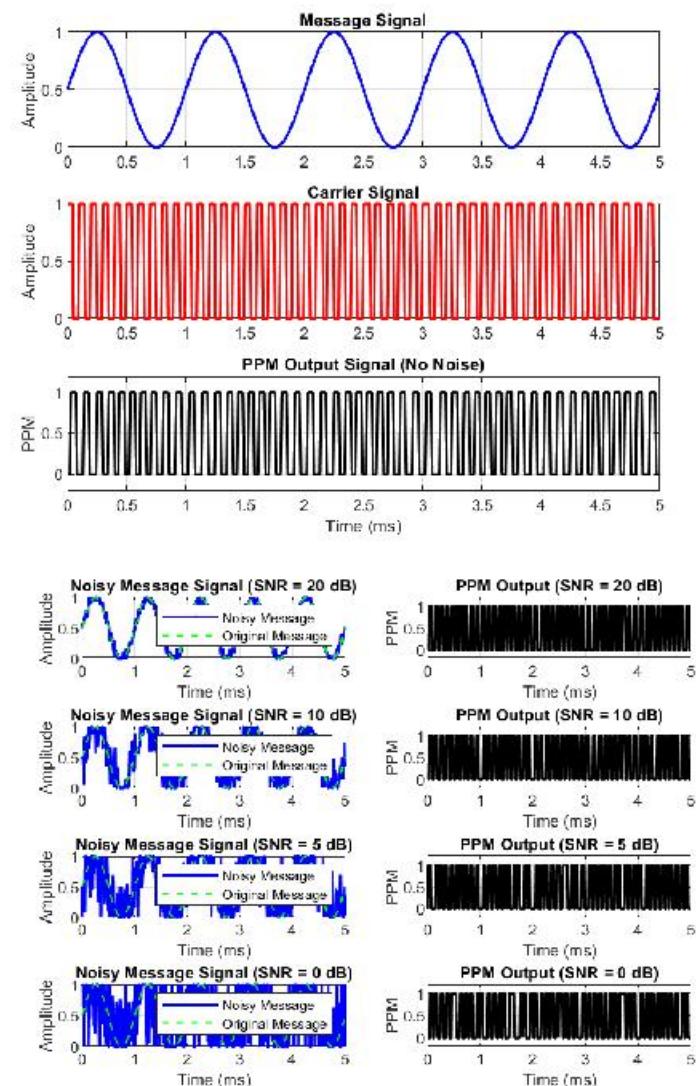
AConcept:

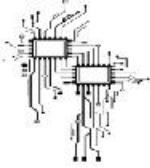
- ① 555 Timer is in astable mode for building pulse position modulation (PPM) circuit.
- ② In Pulse position modulation (PPM), the amplitude and width of the output pulses are kept constant, while the position of each output pulse, with reference to position of reference pulse, is changed according to the instantaneous value of analog modulating signal.
(triangular in nature)
- ③ With 555 timer in astable mode implementing PPM, the position of each pulse changes. Both width and period of output pulses vary with the modulating signal.

**B**Working:

- ① A modulating signal (triangular in nature) is applied to the pin 5 ie control voltage terminal of 555 timer.
- ② This changes the control voltage from $\frac{2}{3}V_{CC}$ to a new value.
- ③ As modulating signal varies in magnitude (4V to 2V), the internal comparator state A changes accordingly, leading to change in high & low output pulse width.
- ④ Accordingly, the capacitor voltage V_C , charges & discharges as per the magnitude of modulating signal.

بررسی PPM در MATLAB





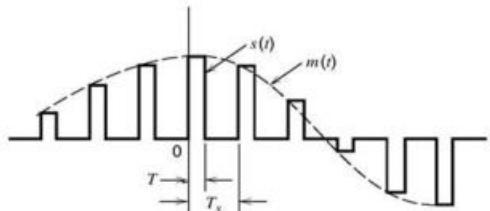
مدولاسیون دامنه پالس (PULSE AMPLITUDE MODULATION) - PAM

مدولاسیون (PAM) دامنه پالس

مدولاسیون دامنه پالس (PAM)، یک روش مدولاسیون است که در آن اطلاعات (مثلًا سیگنال آنالوگ) توسط دامنه پالس‌های مربعی یا مستطیلی منتقل می‌شود. به بیان ساده، در PAM سیگنال پیوسته به صورت نمونه‌گیری شده در زمان‌های مشخص، به شکل پالس‌های متواالی در می‌آید و هر پالس دارای دامنه‌ای متناسب با مقدار نمونه‌گیری شده است.

Pulse Amplitude Modulation

- In PAM, amplitude of pulses is varied in accordance with instantaneous value of modulating signal.



PAM modulation

نحوه کار:

- نمونه‌گیری: سیگنال ورودی (مثلًا صدای آنالوگ) در فواصل زمانی ثابت (زمان نمونه‌گیری) نمونه‌برداری می‌شود.
- تولید پالس: هر نمونه به شکل یک پالس مربعی یا مستطیلی با دامنه متناسب با مقدار نمونه تولید می‌شود.
- انتقال: این پالس‌ها به صورت متواالی ارسال می‌شوند و گیرنده نیز با دریافت دامنه‌ی هر پالس می‌تواند سیگنال اصلی را بازسازی کند.

مزایا:

- سادگی در تولید و پیاده‌سازی
- مناسب برای فواصل کوتاه و سیستم‌های با پهنای باند محدود

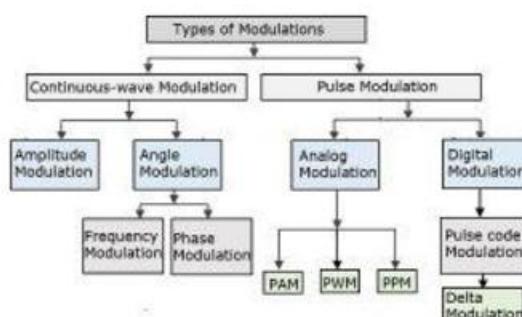
معایب:

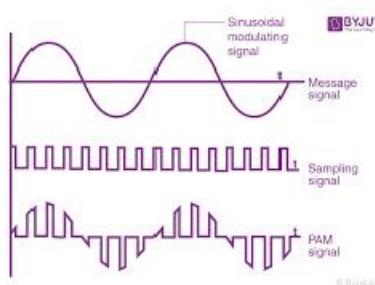
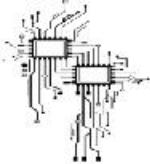
- حساسیت به نویز: چون اطلاعات در دامنه‌ی پالس‌ها ذخیره شده، نویز می‌تواند به راحتی باعث تغییر در دامنه و خطا شود.
- محدودیت در فاصله‌ی انتقال

کاربردها:

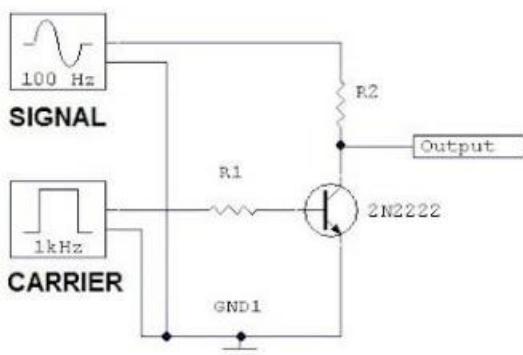
- سیستم‌های مخابراتی ابتدایی
- خطوط تلفن آنالوگ
- کدگذاری اولیه سیگنال‌های ویدیو

شکل انواع مدلسیون ها

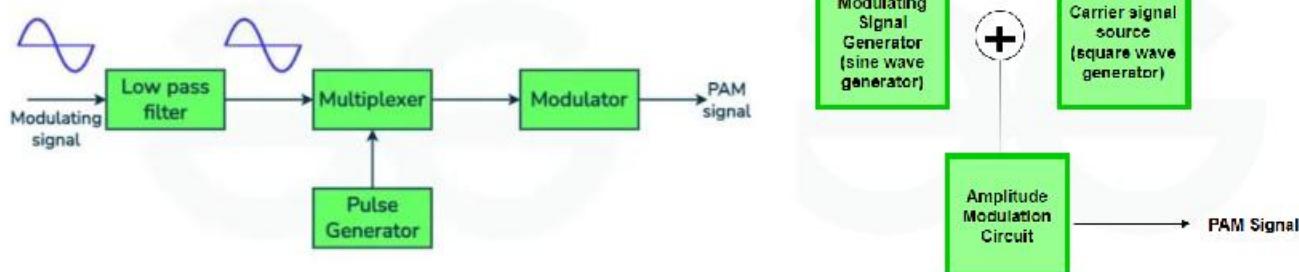




شکل انواع سیگنال در مدلسیون



Pulse Amplitude Modulation Block Diagram



- دو نوع روش نمونه برداری برای انتقال یک سیگنال با استفاده از PAM وجود دارد. آن ها هستند:

.1 PAM Flat Top: دامنه هر پالس به طور مستقیم با دامنه سیگنال مدلسیون در زمان وقوع پالس مستقیماً متناسب است. دامنه سیگنال را نمی توان با توجه به سیگنال آنالوگ تغییر داد. تپه های دامنه مسطح هستند.

.2 Natural PAM: دامنه هر پالس به طور مستقیم با دامنه سیگنال مدلسیون در زمان وقوع پالس مستقیماً متناسب است. سپس دامنه پالس را برای بقیه دوره نیمه دنبال می کند.

نحوه کار کردن :

مدلسايون فرآيند تغيير مشخصات سيگنال حامل مانند دامنه، فركанс و عرض و غيره است. اين فرآيند اضافه کردن اطلاعات به سيگنال حامل است. سيگنال حامل يك شكل موج ثابت با دامنه و فركанс ثابت است.

بنابرین اتفاقی که رخ می دهد :

يه سيگنال carrier يا راهنمای خواهیم داشت که بر اساس سیگنال ورودی شروع به ساخت سیگنال مورد نظر می کند که چون مدلسايون ما از نوع مدلسايون PAM است بنابرین سیگنال های carrier از نوع پالس خواهند بود.

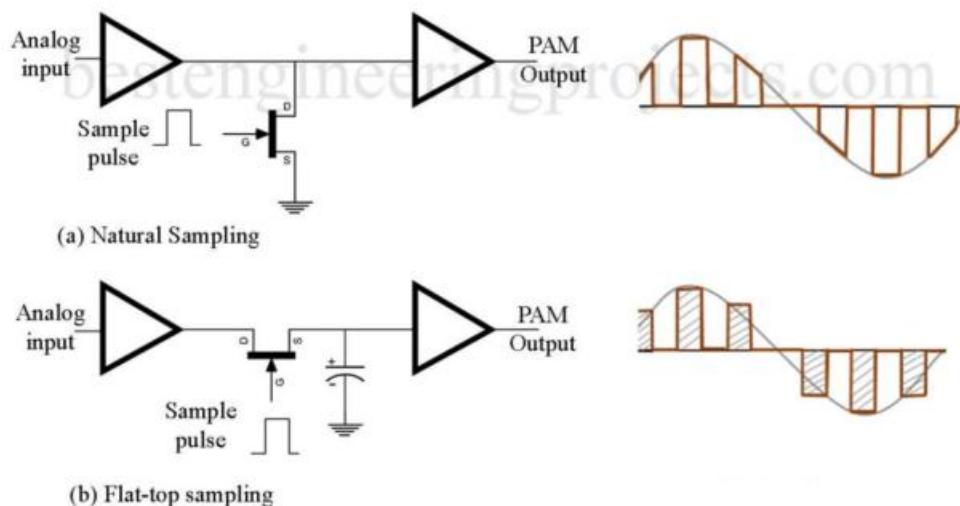
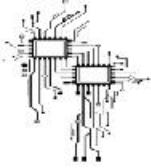
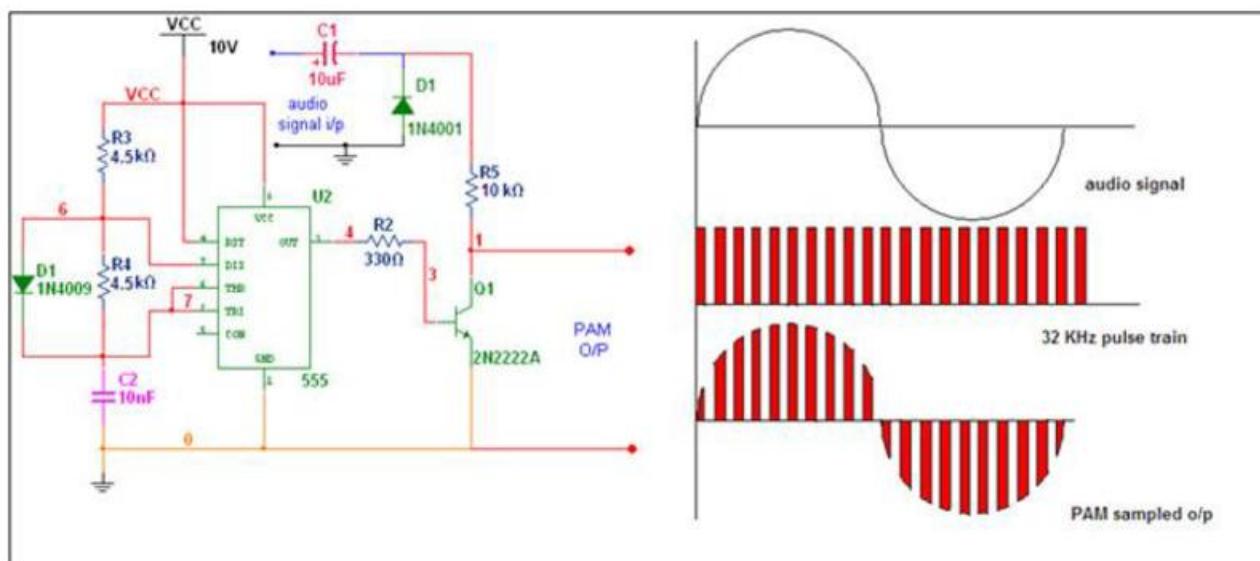
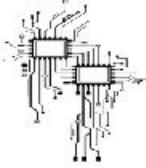


Figure 1: Natural and Flat-top Sampling

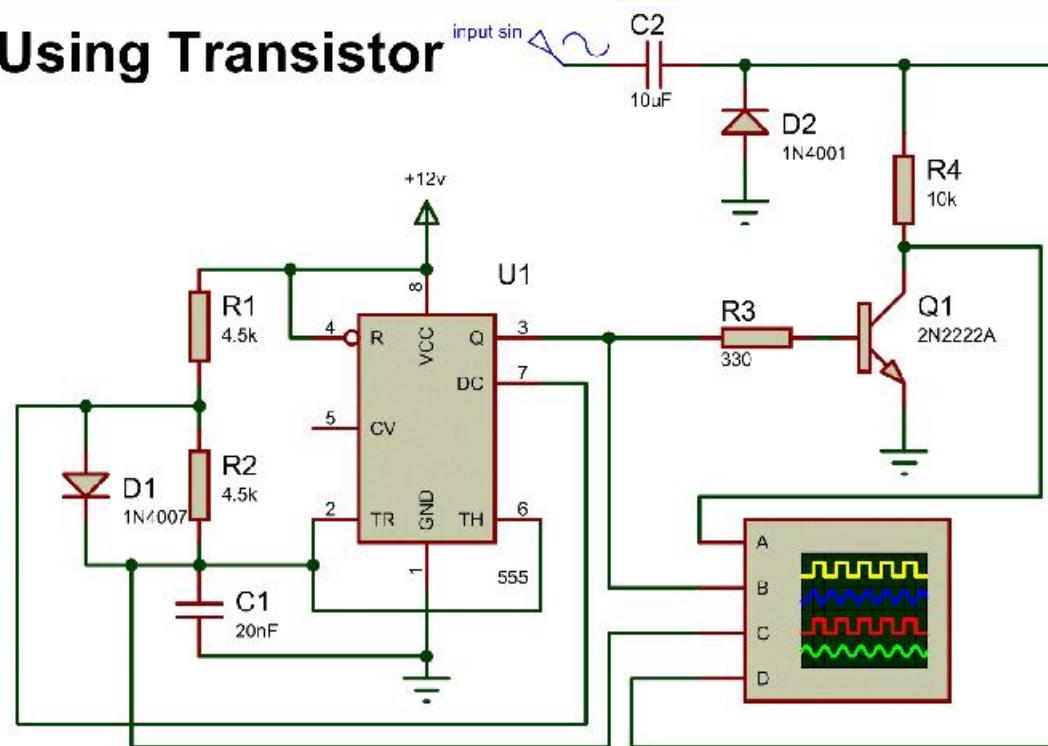
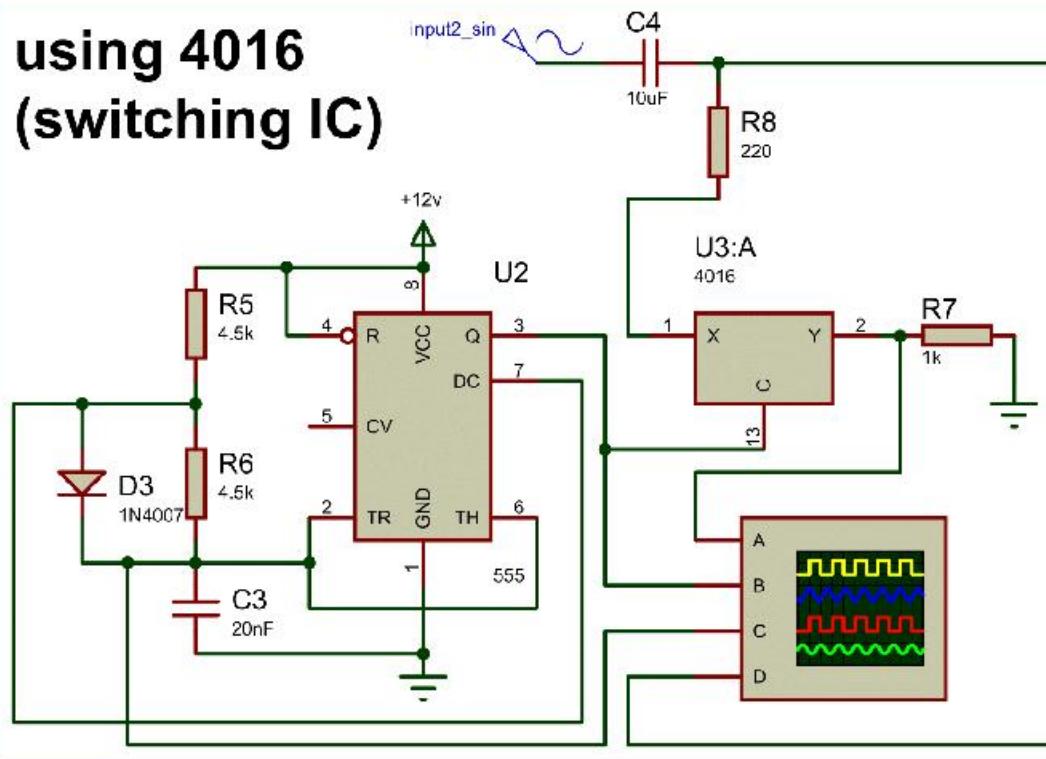
شکل بالا تفاوت هر دو خروجی و نوع ساختار مداری آنها را به خوبی نمایان میکند که مشاهده می شود برای ساخت PAM از نوع flat top کافیست خروجی را به یک حافظه بدهیم .

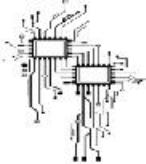
ساختار مدار به صورت زیر خواهد بود:



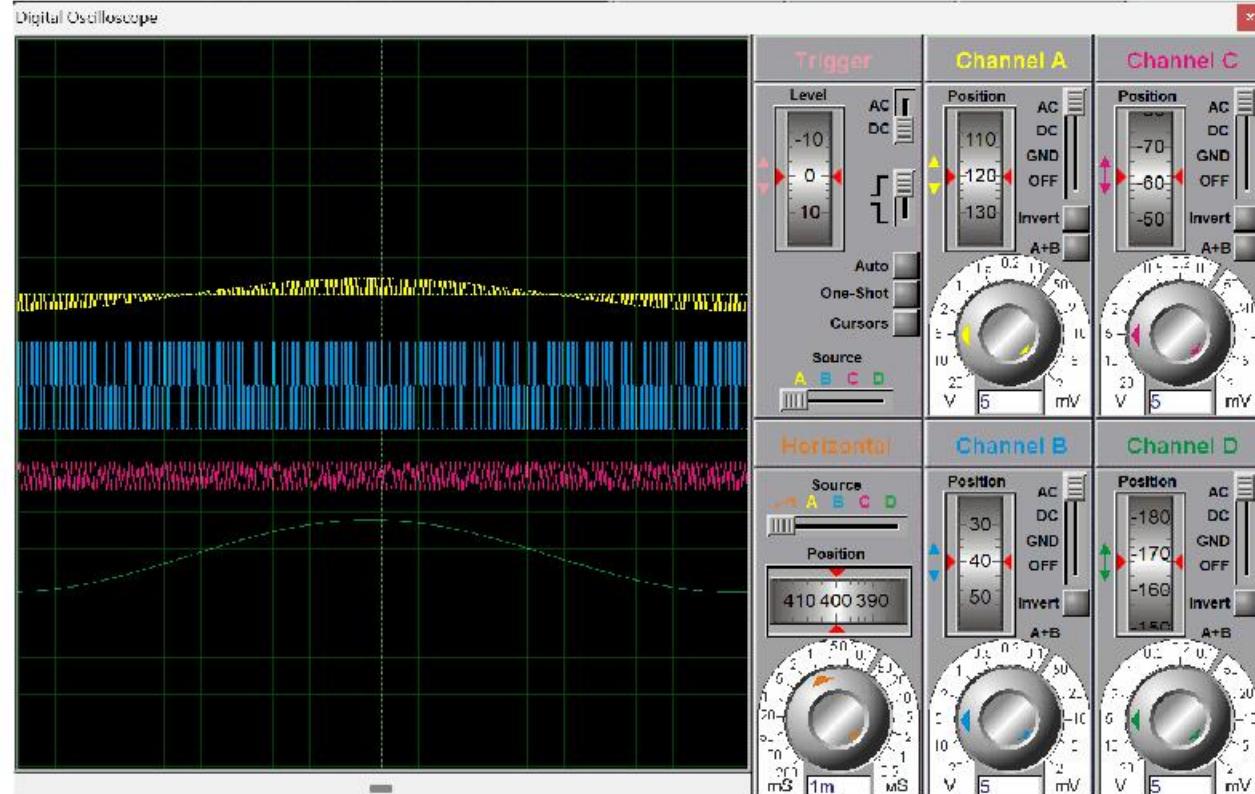
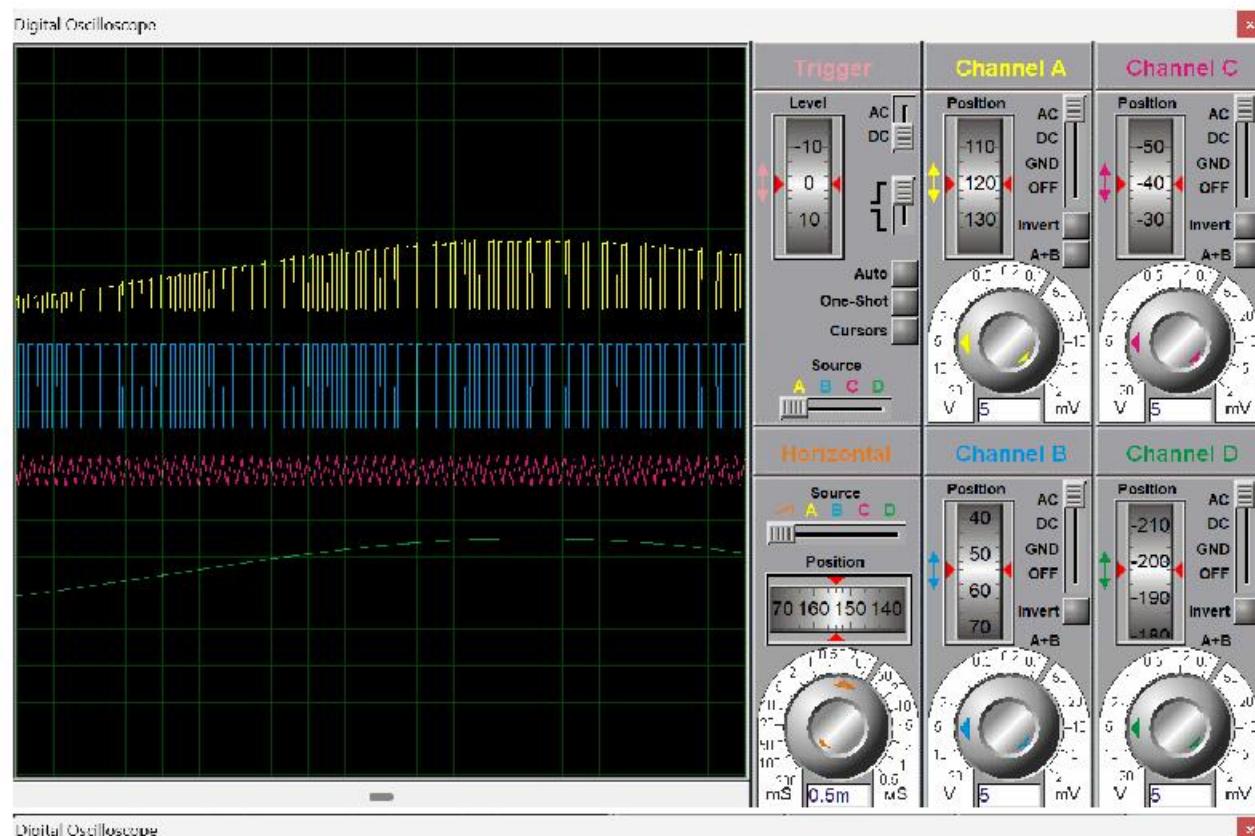


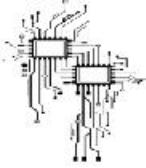
مدار اول مدلسیون + PAM (شبیه سازی مدار)

Using Transistor**using 4016
(switching IC)**

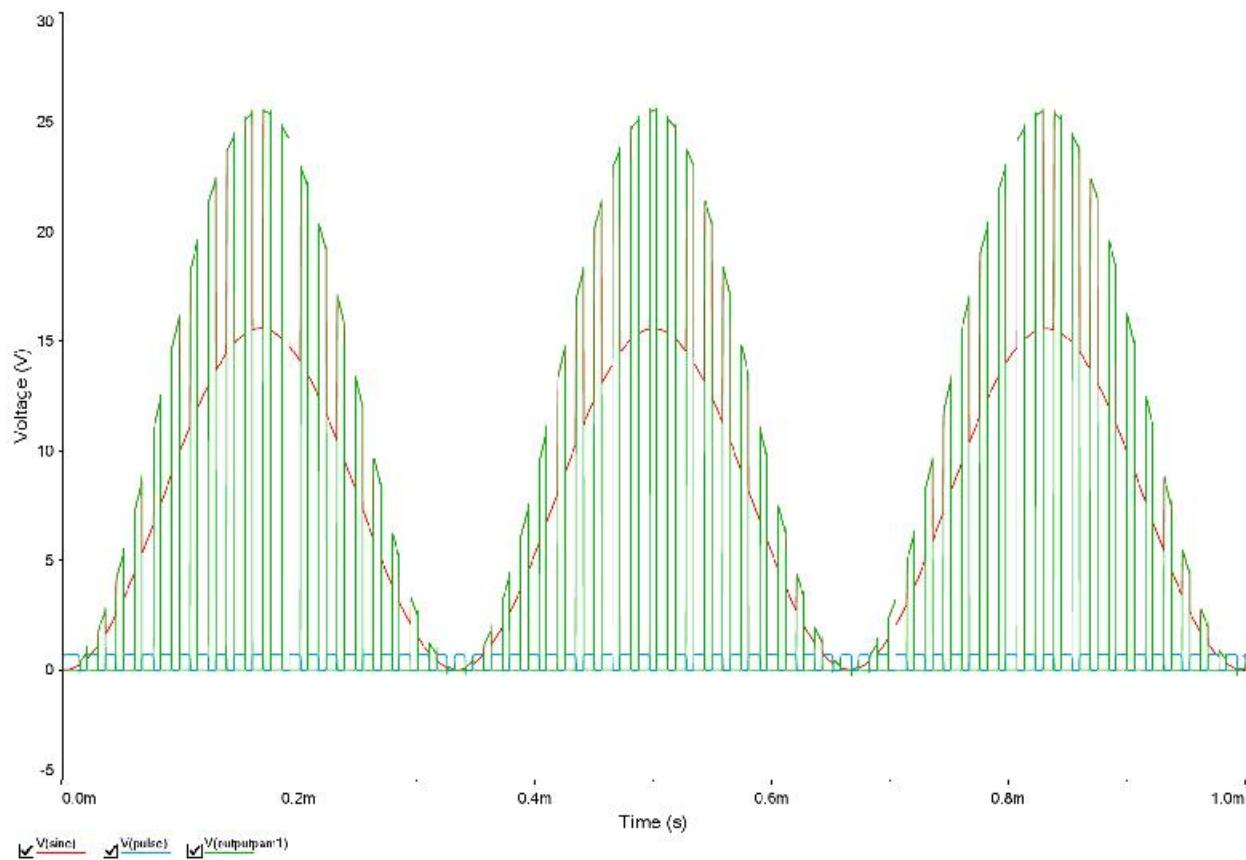
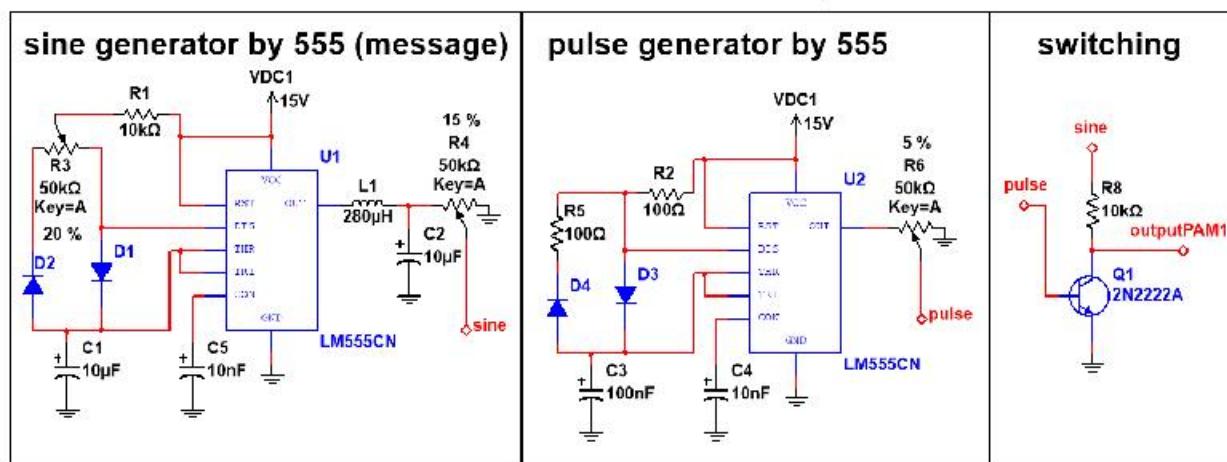


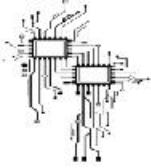
خروجی ها به فرم زیر خواهند بود:





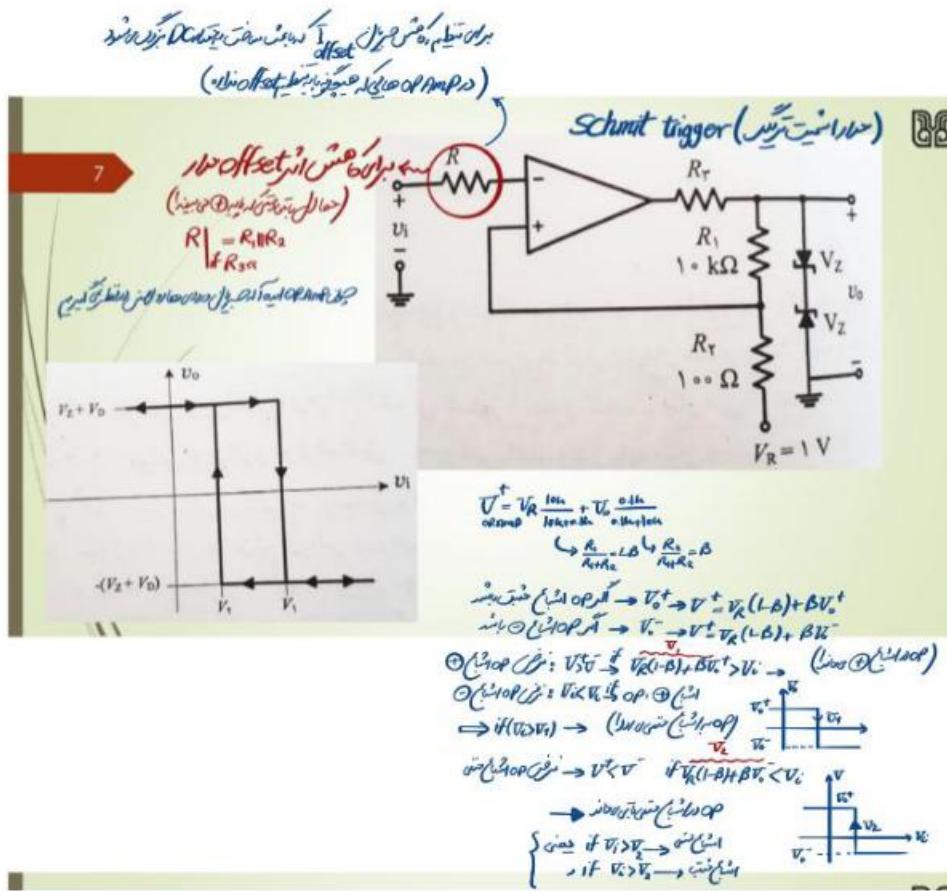
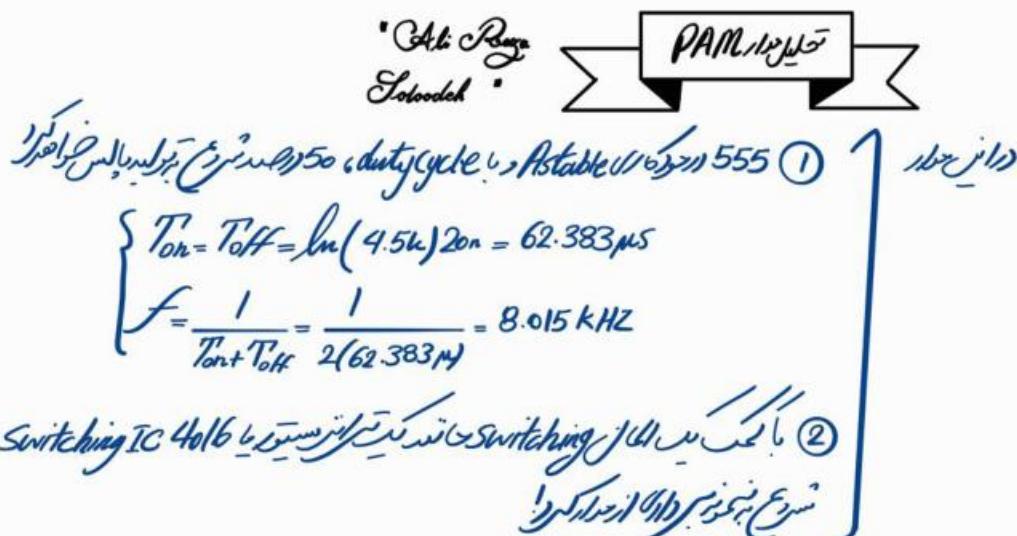
در شبیه سازی multi sim خروجی به فرم زیر خواهد بود:



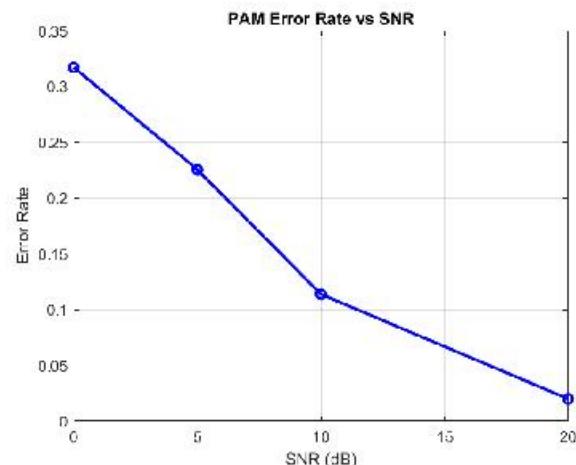
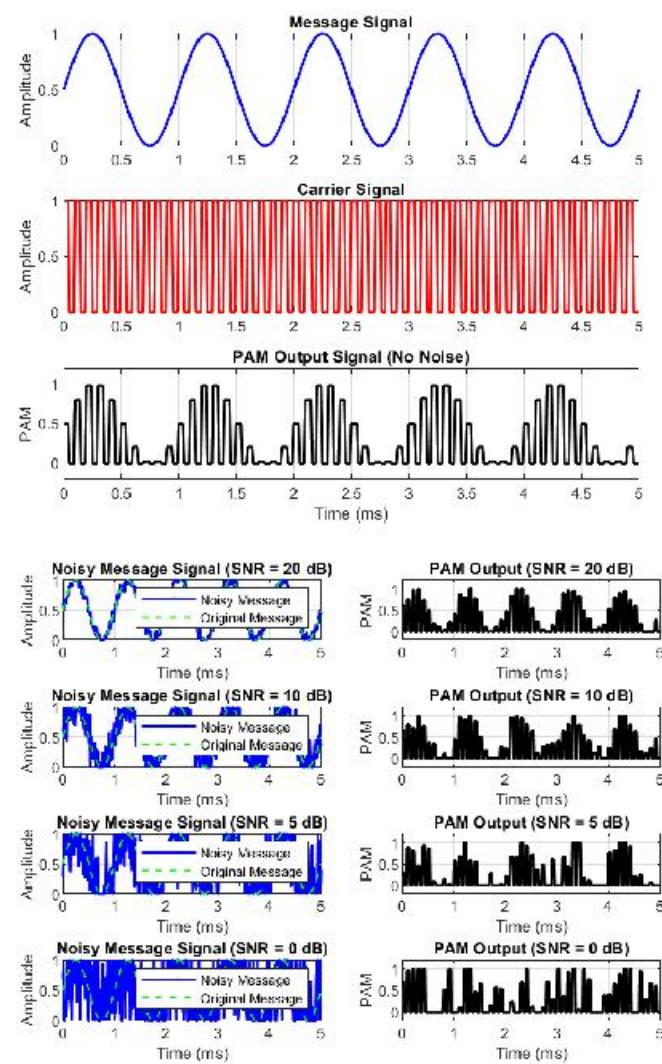


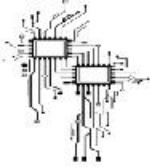
نمونه برداری در حالت دوم که با 4016 IC Switching صورت گرفته بسیار بهتر می باشد.

تحلیل دستی مدار PAM



بررسی MATLAB در PAM





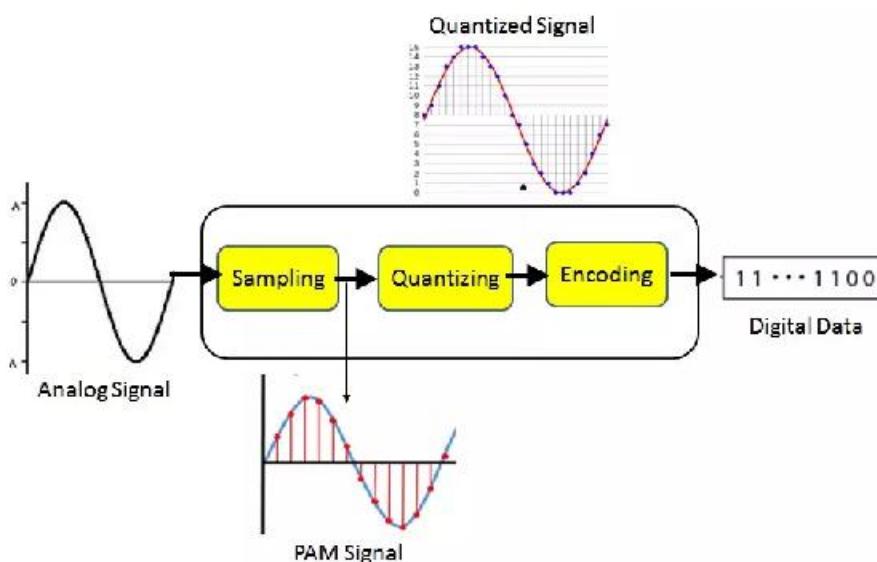
مدولاسیون کد پالس (PULSE CODE MODULATION) - PCM

PCM تکنیکی است برای تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال از طریق سه مرحله:

1. نمونه برداری (Sampling)
2. کوانتیزه سازی (Quantization)
3. کدگذاری (Encoding)

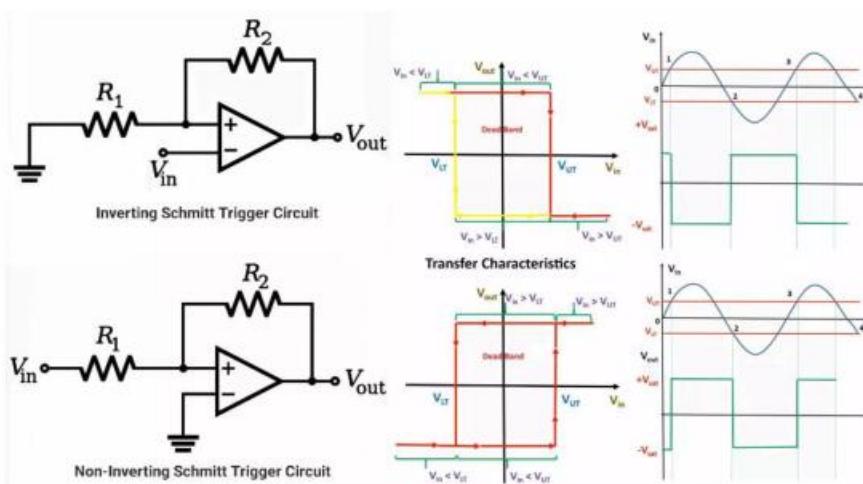
در خروجی PCM، هر نمونه چرخش سیگنال با یک عدد باینری نمایش داده می شود.

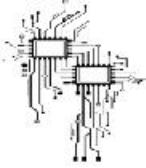
به صورت کلی ساختار مدار به فرم زیر خواهد بود:



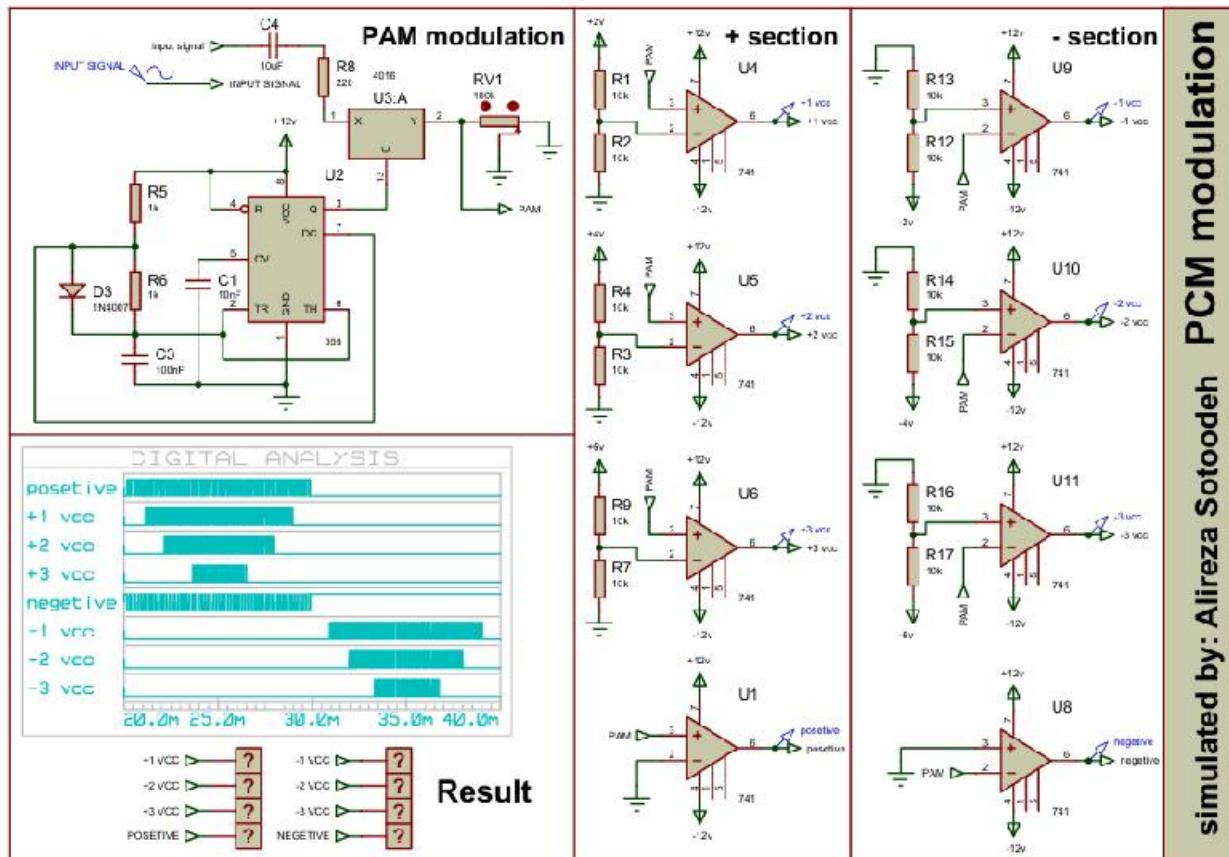
بنابرین نیاز به نمونه گیری از سیگنال مدنظر داریم که این ساختار در مدولاسیون قبلی (یعنی PAM) بررسی و پیاده سازی شده.

برای کوانتیزه کردن سیگنال هم می توان از آپ امپ ها در حالت Schmitt trigger بهره برد که ساختار آن به فرم رو به رو است:



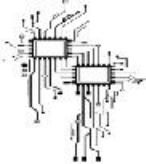


مدار مدلسیون PCM + شبیه سازی مدار (

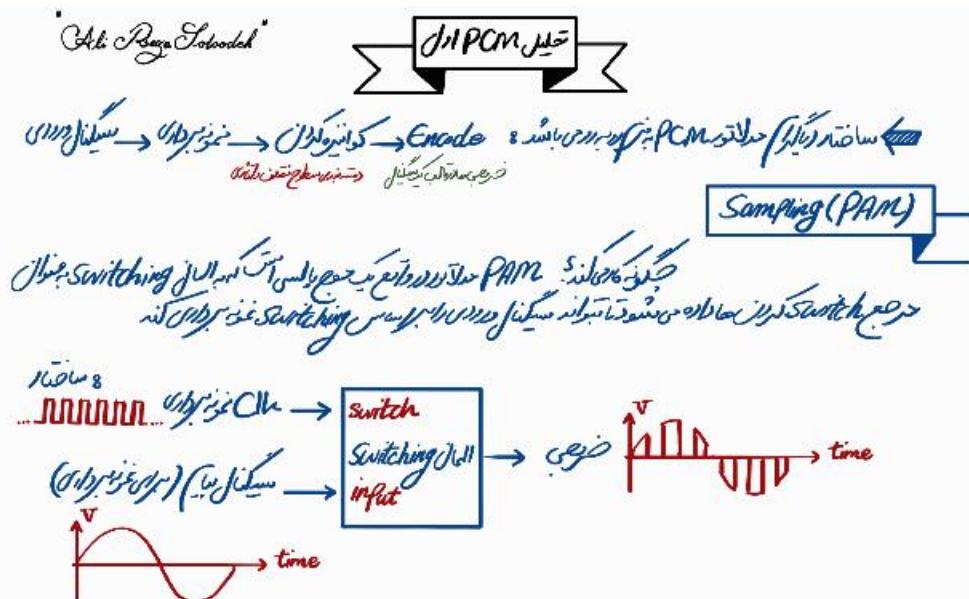


بنابرین با استفاده از یک مدار مدلاتور PAM که از سیگنال مورد نظر بر اساس پالس تولید 555 نمونه برداری میکند و OpAmp هایی که کار آنها مقایسه کردن سطوح مختلف ولتاژی می باشد میتوان این مدار را طراحی و تکمیل کرد.

برای تکمیل این مدار باید بتوان خروجی هایی که الان به فرم Quantization در آمده را در قالب یک سیگنال و به کمک یک encoder مناسب ارسال کرد تا هر سطح ولتاژی در خروجی نهایی، بیانگر هر کدام از خروجی های صفر و یک منطقی بددست آمده از بررسی و مقایسه سطوح ولتاژ در مرحله قبلی باشد.



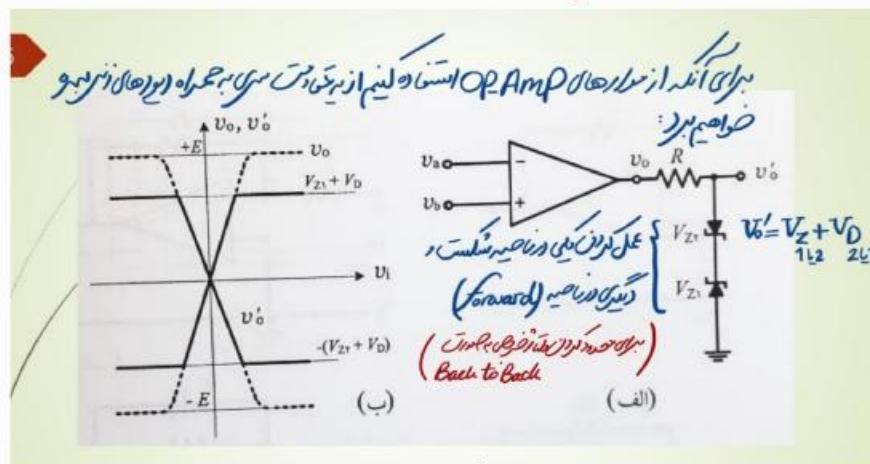
تحليل دستی مدار PCM



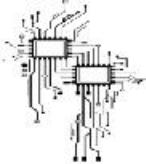
$$555 \text{ in } (50 \text{ duty cycle Astable}) : f_{555} = \frac{1}{2C_1(R_1)(1k)(100\mu)} = 7.2K \leftarrow \text{موزع 555}$$

Op Amp 741 (Digital to Analog Converter)
Digital to Analog Converter (DAC)

Quantization (741)



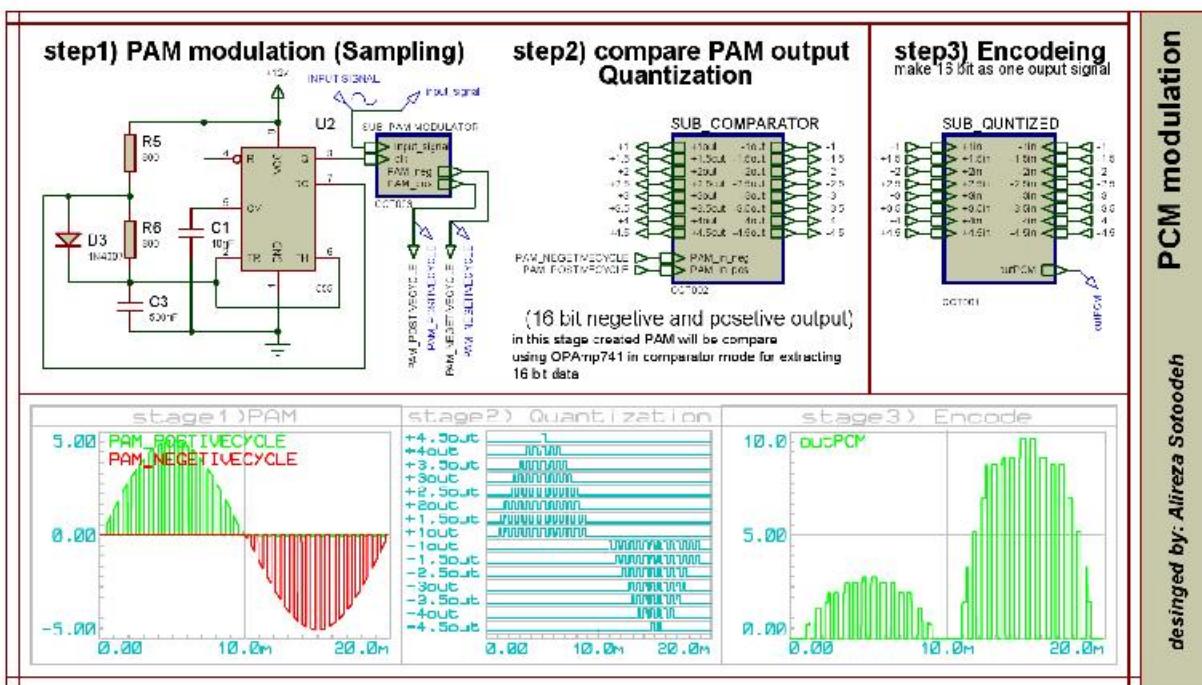
دستی مدار کنترل ایجاد حلقه



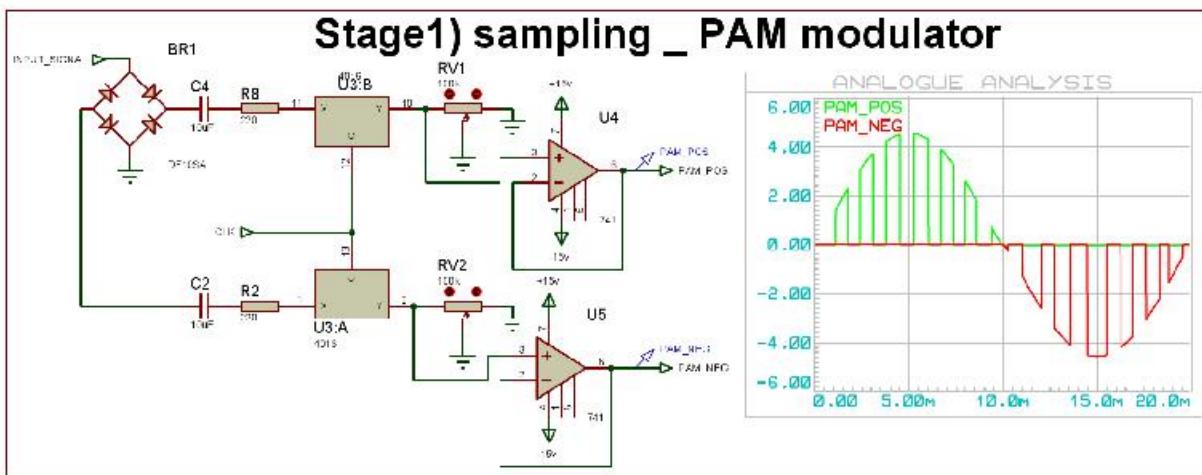
تکمیل مدار مدلسیون PCM + (شبیه سازی مدار)

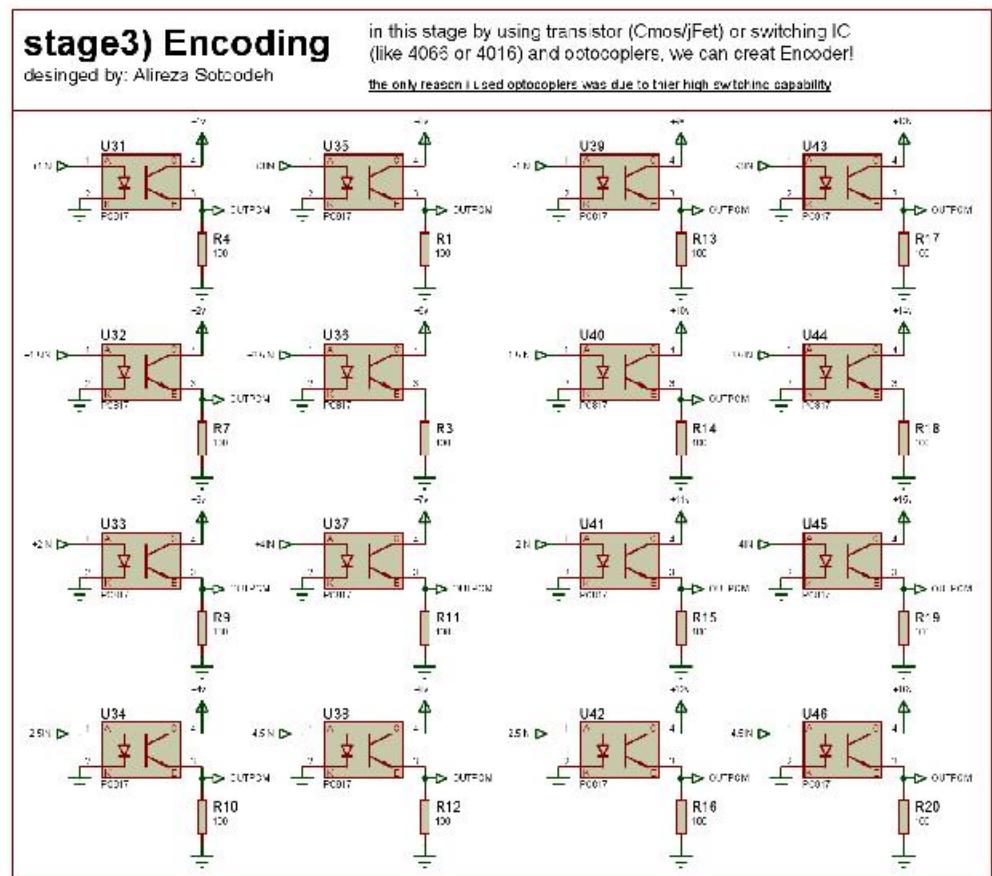
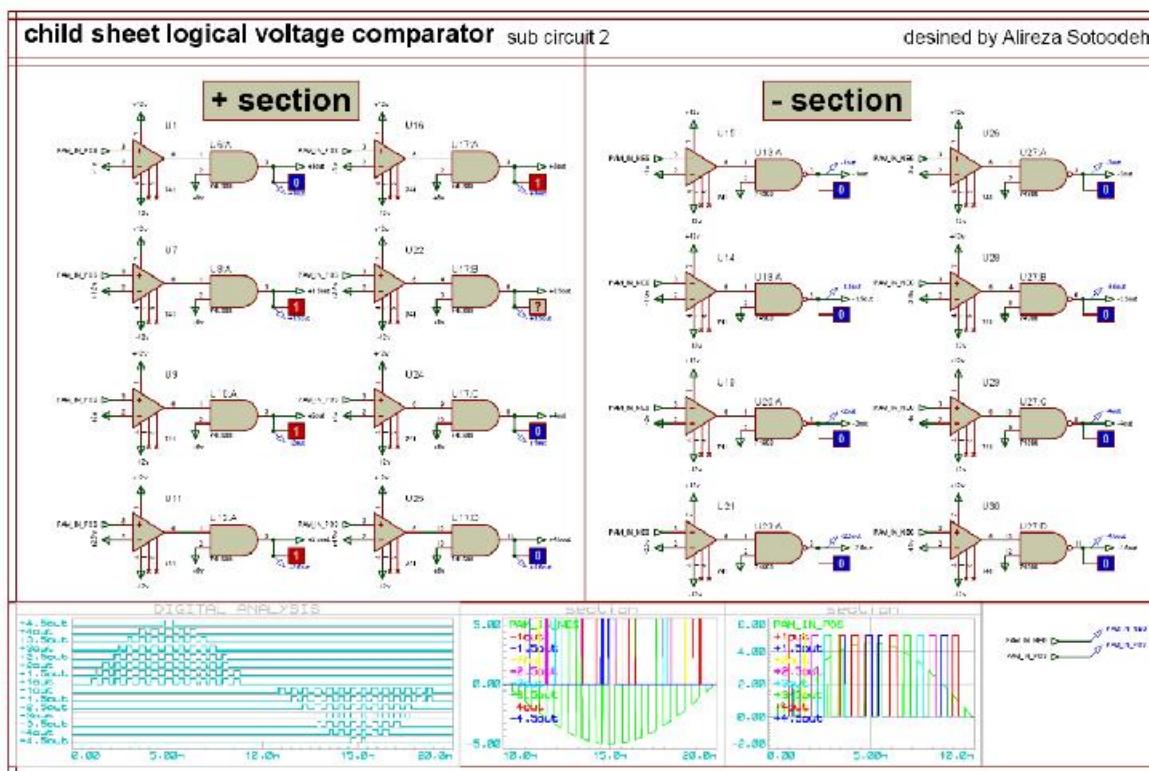
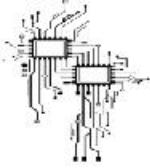
چون مطالب نه چندان زیادی در مورد این مدار وجود نداشت مجبور شدم کمی خلاقیت به خرج بدم و مداری رو خودم طراحی کنم (که قطعاً در این مدار از قطعات بیشتری نسبت به 555 یا OPAMP استفاده شده).

مدار زیر هیچ منبع ندارد و صرفاً بر اساس دانش از ساختار PCM سعی در طراحی آن شده

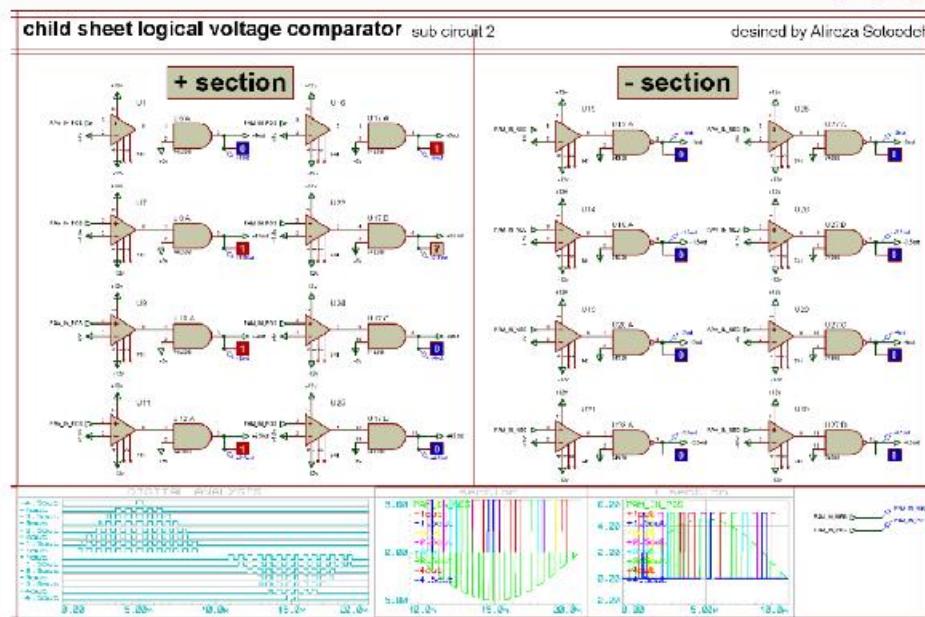
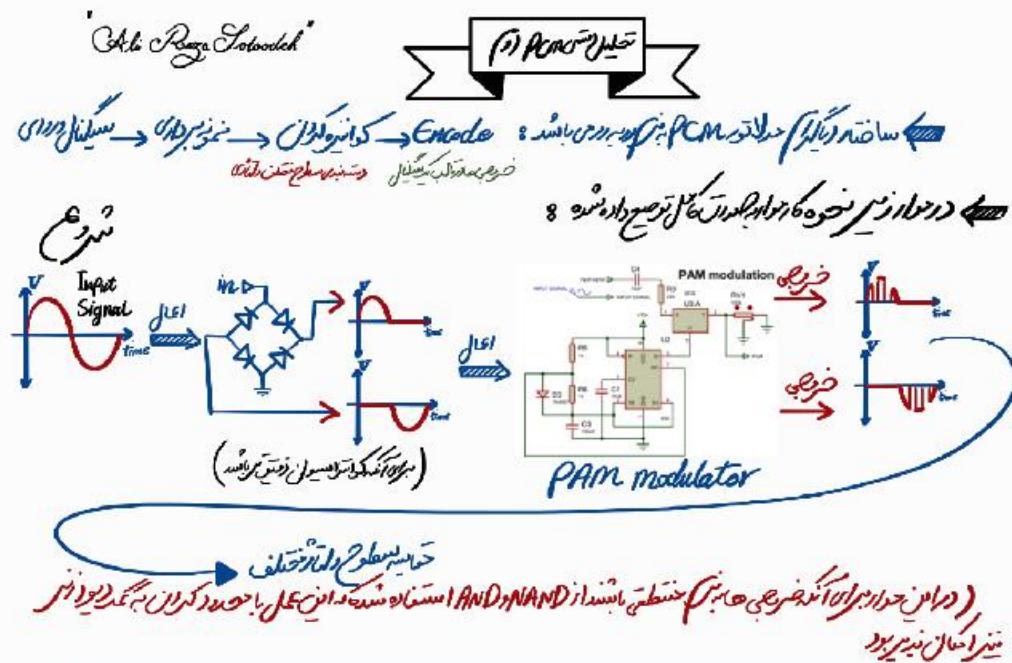


که در هر کدام از المان های زیر به کار رفته:



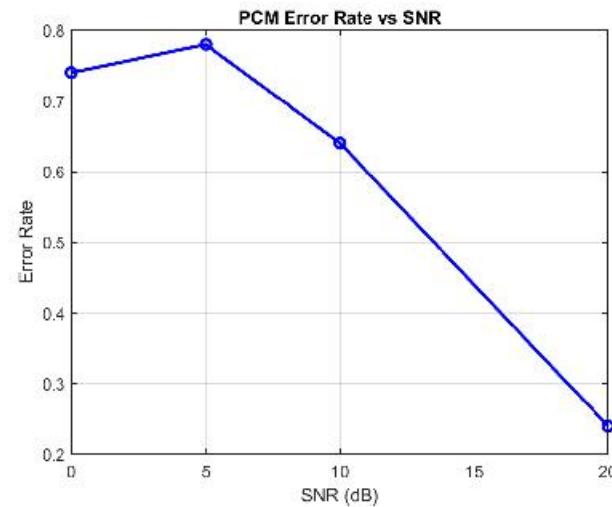
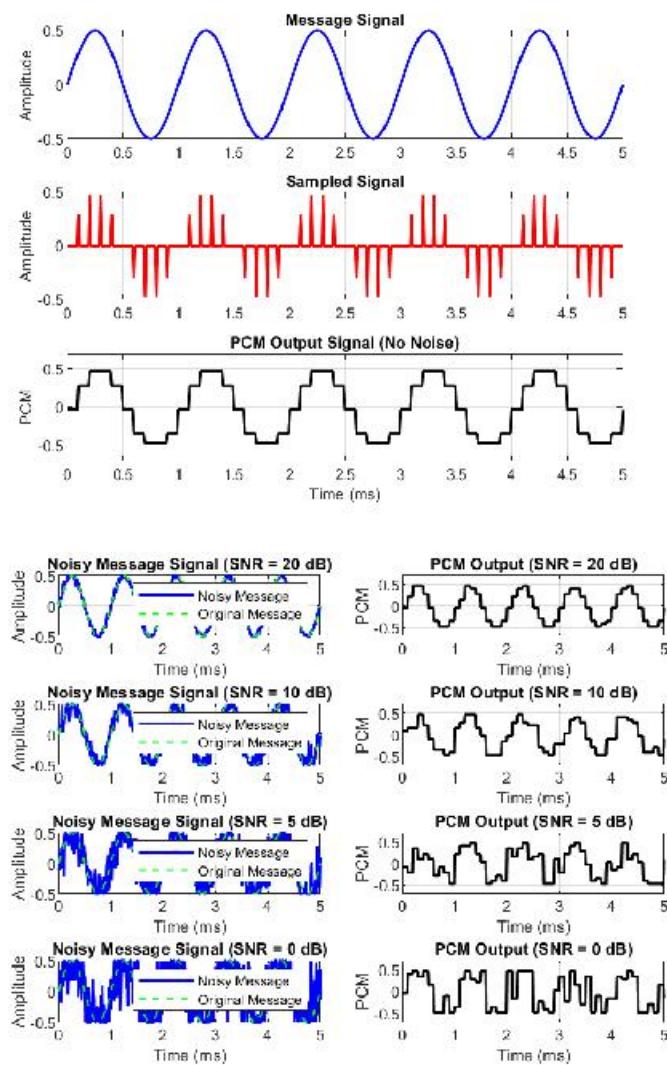


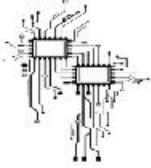
PCM تحلیل دستی مدار تکمیل شده



Encoder با خروجی دیجیتال
دستورالعمل مخصوص برای کنترل Switching عالی نیز در این قسمت آمده است.

بررسی PCM در MATLAB





منابع

PWM:

- <https://www.engineersgarage.com/diy-circuit-design-pulse-width-modulation-pwm/>
- <https://blog.faradars.org/pwm/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation
- 555 datasheet

PPM:

- کتاب اصول مخابرات - زاهیریک با سیمون هدکن
- All About Circuits
- ویکی پدیا - Pulse-position modulation
- <https://www.geeksforgeeks.org/electrical-engineering/pulse-position-modulation-ppm/>
- <https://www.engineersgarage.com/diy-circuit-design-pulse-position-modulation/>

sine wave:

- https://www.youtube.com/watch?v=rmkzmHQfR20&ab_channel=TheOrganicChemistryTutor
- [Seven Common Ways to Generate a Sine Wave | Nuts & Volts Magazine](#)

PCM:

- <https://blog.faradars.org/%D9%85%D8%AF%D9%88%D9%84%D8%A7%D8%B3%DB%8C%D9%88%D9%86-%DA%A9%D8%AF-%D9%BE%D8%A7%D9%84%D8%B3/>
- [Pulse-code modulation - Wikipedia](#)
- [Pulse Code Modulation in Digital Communication](#)
- [Pulse Code Modulation \(PCM\). Introduction to Pulse Code Modulation... | by Emi | Medium](#)
- [Pulse Code Modulation: Steps for Signal Integrity | Advanced PCB Design Blog | Cadence](#)

PAM:

- [Pulse Amplitude Modulation \(PAM\) : Working, Types & Its Applications](#)
- [Pulse Amplitude Modulation - GeeksforGeeks](#)
- [Pulse-amplitude modulation - Wikipedia](#)