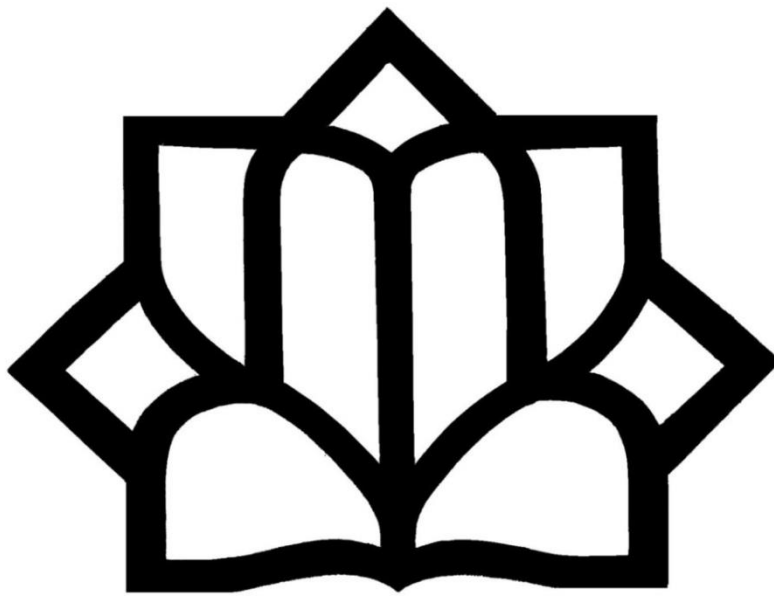


دستور کار

آزمایشگاه مدارهای مخابراتی



دانشگاه کاشان

## فهرست

آزمایش شماره 1 – تبدیل و تطبیق امپدانس

آزمایش شماره 2 – مدولاسیون خطی (دامنه، AM)

آزمایش شماره 3 – مدولاسیون خطی (DSB) با مدولاتور LM1496

آزمایش شماره 4 – گیرنده TRF

آزمایش شماره 5 – حلقه قفل شده فاز (PLL) و سنتز فرکانس

آزمایش شماره 6 – اسیلاتور Pierce

آزمایش شماره 7 – اسیلاتور کولپیتس

آزمایش شماره 8 – مدولاتور FM

آزمایش شماره 9 – گیرنده AM/FM سوپر هترودین با استفاده از (IC-KA2297) - اختیاری

ضمیمه ها : مشخصات بعضی از المان ها

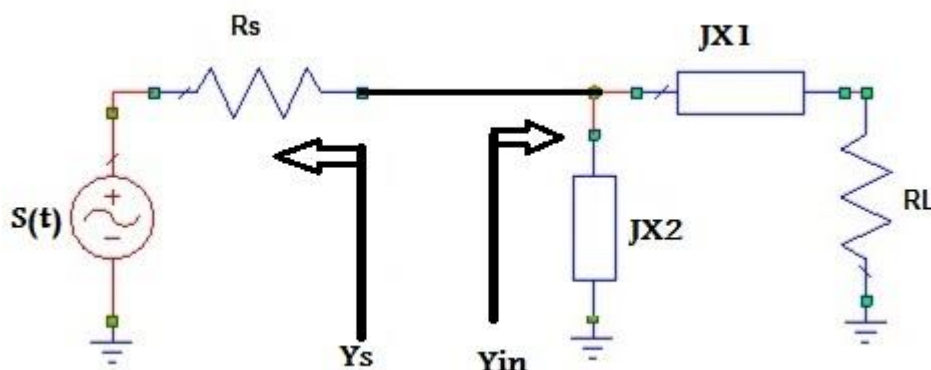
- دانشجویان گرامی قبل از حضور در آزمایشگاه، آزمایش مربوطه را مطالعه فرمایید و در صورت نیاز به طراحی، مقادیر المان ها را بدست آورید و به مربی آزمایشگاه ارائه نمایید.
- آزمایش شماره 6 و 7 علاوه بر طراحی کامل مدار و تحویل پیش گزارش، لازم است با نرم افزار Microwave Office شبیه سازی شده و تحویل گردد.
- هر یک از اعضای گروه باید به طور کامل در روند آزمایش مشارکت فعال داشته باشد.
- نتایج آزمایش را در حین انجام آزمایش یادداشت نموده و به همراه جواب سوالات و طراحی مدار، بعنوان گزارش در جلسه بعدی تحویل دهید.
- نمره آزمایشگاه شامل حضور به موقع و بدون غیبت در آزمایشگاه ، جواب صحیح گرفتن از آزمایش، تحویل گزارش کار ( گزارش کار گروهی نیست) و امتحان تئوری است.
- بعد از انجام هر آزمایش، دستگاه ها را خاموش، قطعات و المان ها را سر جای خود برگردانید.
- ضمناً دستور کار آزمایشگاه را می توانید از وبسایت آزمایشگاه برق دانشگاه کاشان به آدرس <https://electricallab.kashanu.ac.ir/fa> دریافت نمایید.

## آزمایش شماره 1

### تبدیل و تطبیق امپدانس

تئوری : تبدیل امپدانس در موارد زیادی همچون تطبیق امپدانس مورد نیاز است. معمولا شبکه های تبدیل امپدانس با استفاده از المان های راکتیو طراحی می شوند تا توانی در آن تلف نشود، ضمنا اگر توسط المان های راکتیو تطبیق امپدانس در یک نقطه به وجود آید، این تطبیق امپدانس در تمامی نقاط وجود خواهد داشت.

1- مدار تطبیق امپدانس نوع اول (L): ساده ترین ولی اساسی ترین مدار تطبیق امپدانس است که شکل و روابط آن به صورت زیر است:



$$Y_s = G_s + JB_s \quad Y_{in} = \frac{1}{JX_2} + \frac{1}{JX_1 + R_l} = \frac{R_l}{X_1^2 + R_l^2} + J \left( \frac{-1}{X_2} + \frac{-X_1}{X_1^2 + R_l^2} \right)$$

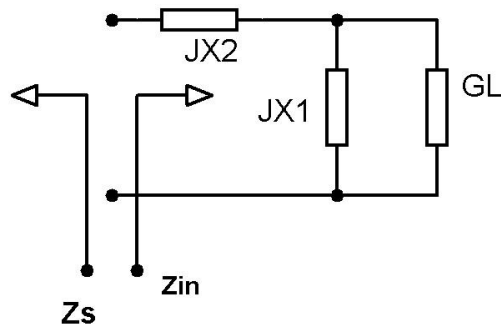
$$G_s = \frac{R_l}{X_1^2 + R_l^2} \quad B_s = \left( \frac{-1}{X_2} + \frac{-X_1}{X_1^2 + R_l^2} \right)$$

در صورتیکه ادمیتانس منبع صرفا حقیقی باشد مقدار BS برابر با صفر خواهد بود. لذا یکی از المانهای راکتیو را سلف و دیگری خازن انتخاب می گردد. در صورتیکه BS خازنی باشد هر دو المان سلفی و اگر BS سلفی باشد هر دو المان خازن انتخاب می گردد.

$$\frac{1}{R_s} \leq \frac{1}{R_l}$$

شرط استفاده از مدار تطبیق نوع اول :

2- مدار تطبیق امپدانس نوع دوم :  $Z_S$  امپدانس منبع و  $Z_{in}$  امپدانس ورودی مدار تطبیق می باشد. این مدار تطبیق برای  $R_S < 1/G_L$  و جزء موهومی خازنی یا سلفی منبع مناسب است.

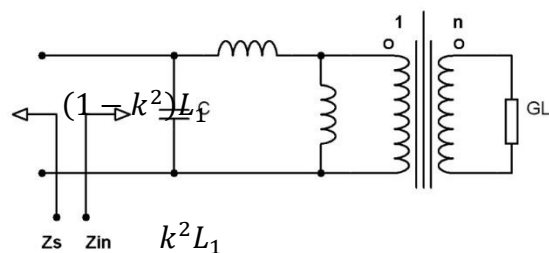
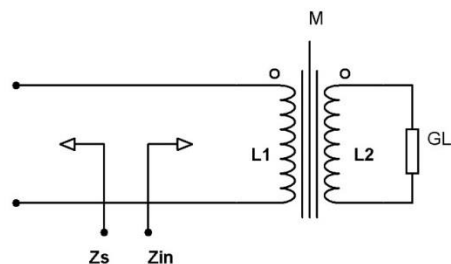


3- مدار تطبیق امپدانس نوع سوم : این نوع مدار تطبیق با ترانسفورمر IF قابل انجام است.

این مدار برای تطبیق هر نوع امپدانسی قابل استفاده است.

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad n = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \div K = \frac{L_2}{M}$$

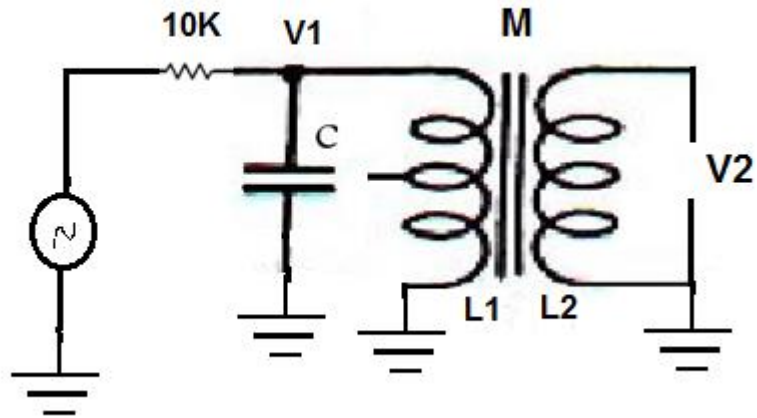
$$Y_{in} = j\omega C + \frac{1}{j\omega L_1} + \left(\frac{M}{L_1}\right)^2 G_L$$



مراحل انجام آزمایش:

**توجه:** همیشه در مدارهای فرکانس بالا پراب اسیلوسکوپ را در حالت  $10 \times$  قرار دهید.

- 1- سیگنال سینوسی با فرکانس  $300\text{kHz}$  و دامنه  $10\text{Vp-p}$  تهیه نمایید.
- 2- با سری کردن یک مقاومت به خروجی فانکشن ژنراتور، مقاومت خروجی آنرا به  $3.9\text{K}\Omega$  تبدیل نموده و از آن مطمئن شوید.
- 3- سیگنال ژنراتور حاصله را به مقاومت بار  $390\Omega$  وصل نموده و توان مصرفی بار و توان تلفاتی مقاومت منبع را اندازه گیری و یادداشت نمایید. دامنه سیگنال بار را اندازه گیری نمایید.
- 4- اکنون یک تطبیق امپدانس نوع اول (L) را طراحی و بین مقاومت بار و منبع قرار دهید.
- 5-  $X1$  را سلف و  $X2$  را خازن در نظر بگیرید.
- 6- آیا دامنه خروجی در نقطه تطبیق امپدانس و در فرکانس مرکزی  $300\text{KHZ}$  حداکثر است؟ این دامنه چقدر است؟ توان بار را با حداکثر قابل دسترس از منبع مقایسه نمایید. توان تلفاتی در مقاومت منبع را نیز اندازه گیری کنید. دامنه سیگنال و توان سیگنال بار (RL) را اندازه گیری نمایید.
- 7- پهنای باند  $3\text{dB}$  را اندازه گیری نموده و آنرا با مقدار حاصله از تئوری مقایسه نمایید.
- 8- امپدانس های ورودی و خروجی مدار تطبیق را اندازه گیری نموده و با مقادیر مورد انتظار مقایسه نمایید.
- 9- روابط مربوط به مدار تطبیق نوع 2 را به شرط صرفاً حقیقی بودن امپدانس منبع بدست آورید.
- 10- یک ترانسفورمر مورد استفاده در طبقه IF گیرنده های AM را انتخاب و سپس مقادیر  $L_1$  و  $L_2$  را توسط سلف سنج فرکانس پایین اندازه گیری نمایید.
- 11- ترانسفورمر را در مدار زیر قرار دهید و توسط تغییر فرکانس منبع، اولیه آنرا به تشدید در آورید. فرکانس تشدید را یادداشت نموده و خازن موازی با  $L_1$  را بدست آورید.

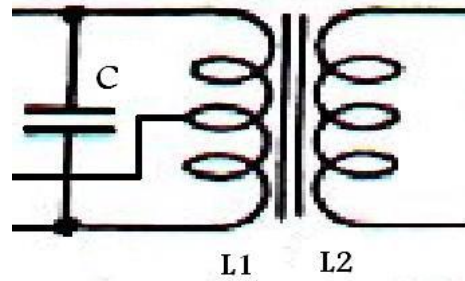


$$w_0 = \frac{1}{\sqrt{CL_1}} \quad V_2 = \frac{M}{L_1} V_1 \quad K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

12- در حالت تشدید ورودی ، دامنه اولیه و دامنه ثانویه بدون بار را اندازه گیری نموده و سپس مقادیر القاء متقابل M و ضریب کوپلاژ K را بدست آورید.

#### نکاتی در مورد IF Transformer

گیرنده های قدیمی عمدتاً از روش تبدیل مستقیم، سیگنال RF (مدوله شده AM) را پس از دریافت از آنتن به باند پایه برده و پس از تقویت به بلندگو اعمال می کردند. اما در گیرنده های Superheterodyne سیگنال RF (AM, FM) ابتدا به باند IF (طبقه میانی) برده شده و پس از تقویت و عبور از فیلترهای IF (میان گذر)، آشکارسازی شده و به بلندگو اعمال می شود. لذا در طبقه میانی نیازمند فیلترهای میان گذری به نام IF هستیم تا فرکانس های دیگر را حذف کند. IF مانند یک ترانس دارای 2 سیم پیچ و هسته فریت است که یکی از سیم پیچ ها با یک خازن موازی شده است و عملکرد مدار تانک را دارد.



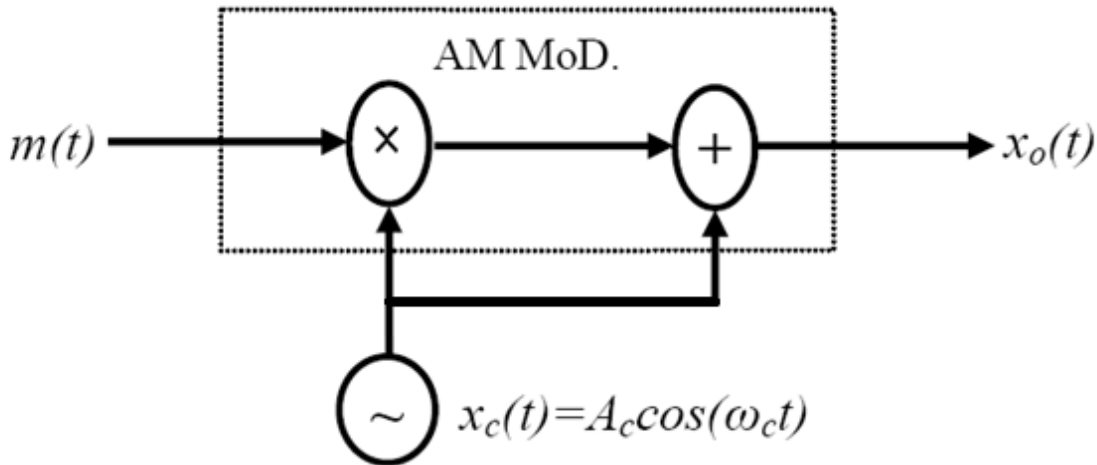
IF Transformer

IF های زرد ، سفید و سیاه مربوط به موج MW و SW جهت عبور فرکانس 455 KHZ می باشند و IF های سبز، آبی و بنفش مربوط به موج FM جهت عبور فرکانس 10.7 MHz مورد استفاده قرار می گیرند.

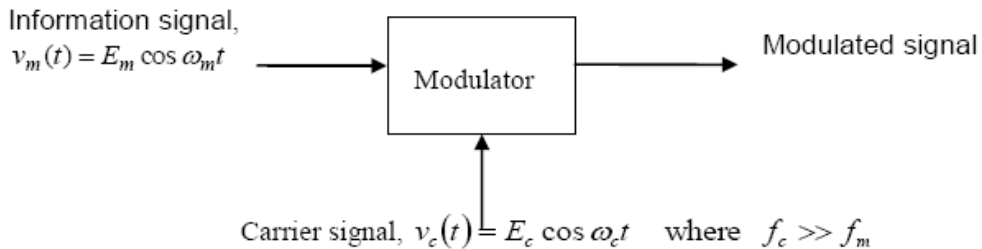
## آزمایش شماره 2

### مدولاسیون دامنه (AM)

تئوری : مدولاسیون، فرایند تغییر شکل سیگنال الکتریکی پیام است که جهت انتقال در کانال مناسب تر باشد. در مدولاسیون سیگنال الکتریکی پیام با سیگنال حامل تلفیق شده و اصطلاحاً آن را مدوله میکند. مدولاسیون دامنه نوعی از تکنیک مدولاسیون است که دامنه سیگنال مدوله شده متناسب با پیام تغییر می کند. در ارسال رادیو AM فرکانس حامل بسیار بالاتر از فرکانس سیگنال پیام است. این باعث می شود که تعداد کانال بیشتری قابل ارسال شود. چرا؟ شکل زیر بلوک دیاگرام مدولاتور AM را نشان می دهد. ورودی ها شامل سیگنال حامل، سیگنال پیام و مقداری DC و خروجی، سیگنال مدوله شده می باشد. مدولاتور یک عنصر غیر خطی مانند دیود یا ترانزیستور است که عمل ضرب سیگنال ها را انجام میدهد.

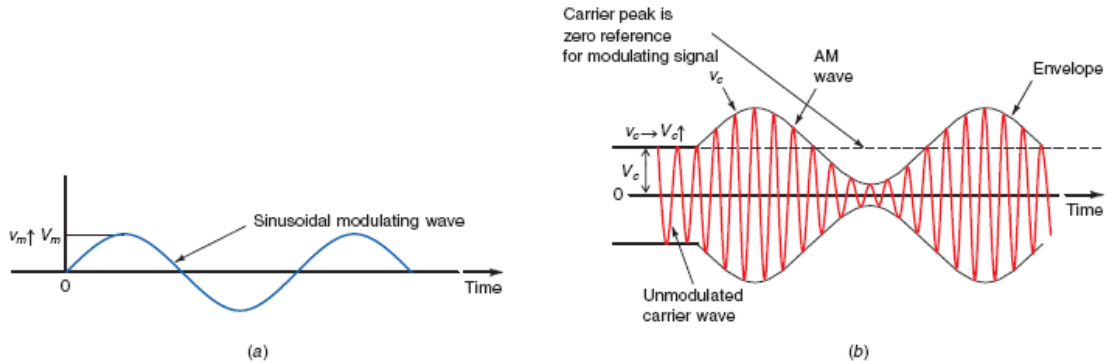


$$x_o(t) = A_c [1 + m(t)] \cos \omega_c t$$



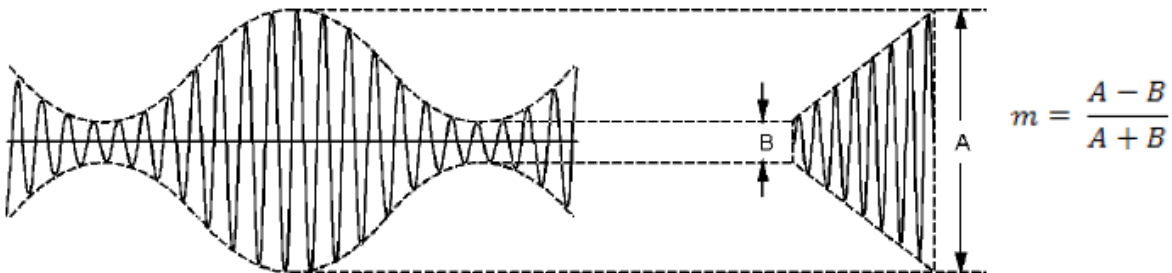


$$v_{Full-AM}(t) = (E_c + E_m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t$$



$$m = \frac{V_m}{V_c}$$

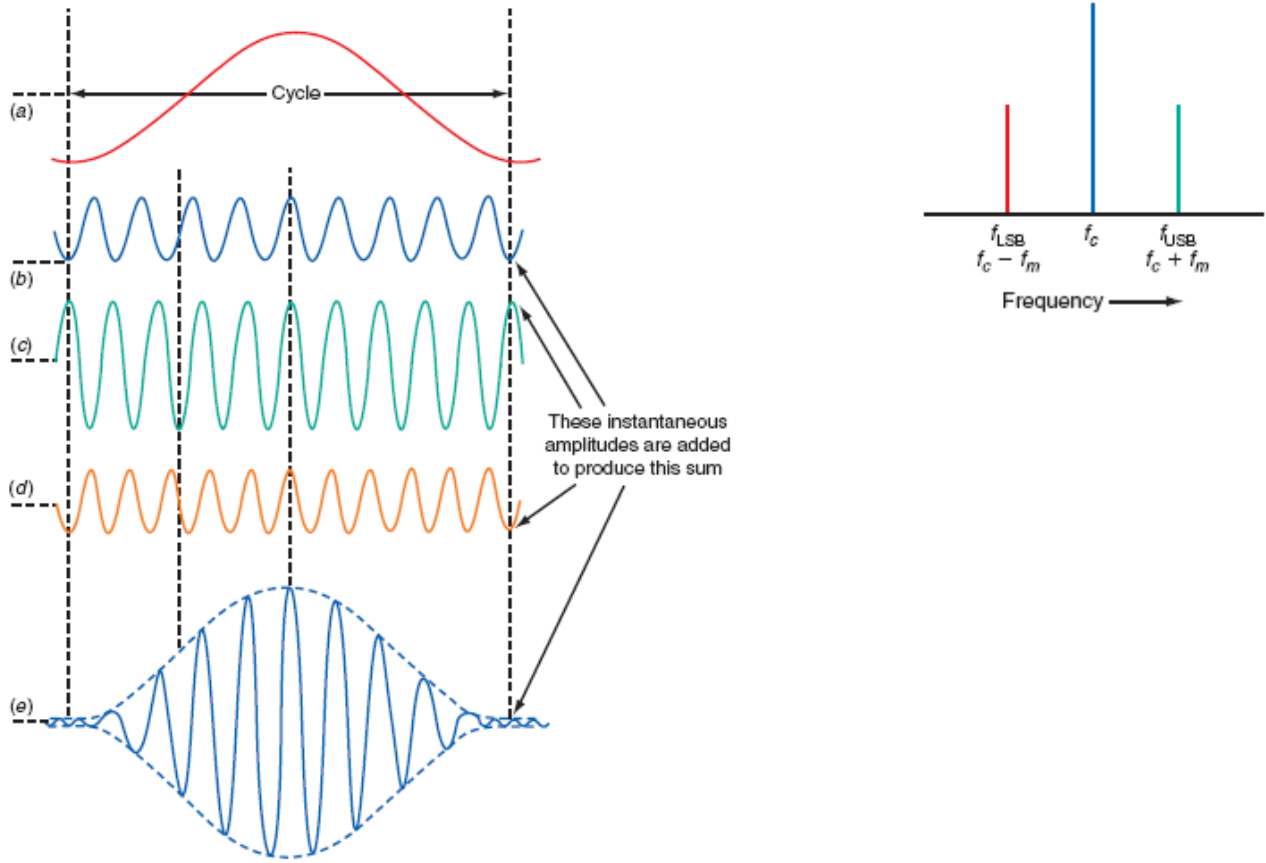
ضریب مدولاسیون :



با مدوله شدن سیگنال حامل توسط پیام، سیگنال جدید دارای فرکانس های مختلف شامل فرکانس حامل، فرکانس مجموع و تفاضل فرکانس های حامل و پیام می باشد که به LSB و USB معروفند. در واقع در مدولاسیون دامنه AM ( $m < 1$ ) سیگنال حامل با اضافه سیگنال DSB ارسال می گردد. در صورتیکه  $m > 1$  باشد سیگنال مدوله شده AM دارای اعوجاج خواهد بود. ضمناً سیگنال حاصل شامل هارمونیک های مختلف نیز هست که با استفاده از فیلترهای میان گذر حذف می گردند.

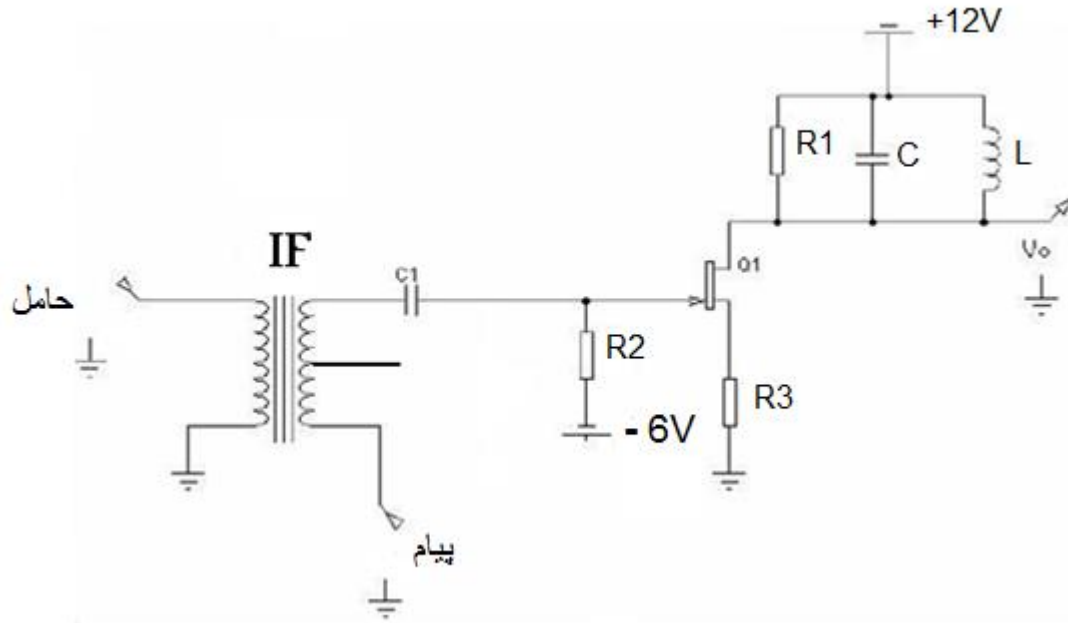
$$v_{AM} = V_c \sin 2\pi f_c t + \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c - f_m) - \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c + f_m)$$

The AM wave is the algebraic sum of the carrier and upper and lower side-band sine waves. (a) Intelligence or modulating signal. (b) Lower sideband. (c) Carrier. (d) Upper sideband. (e) Composite AM wave.



هدف آزمایش : مدولاسیون دامنه AM

وسایل مورد نیاز : اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، سلف  $L > 100\mu H$ ، خازن C بر اساس طراحی، خازن  $C_1 = 0.1 \mu F$ ،  
 IF ، مقاومت  $R_1 = 10 K\Omega$ ، مقاومت  $R_2 = 6.8 M\Omega$ ، مقاومت  $R_3 = 1K\Omega$ ، ترانزیستور FET 4391 ،



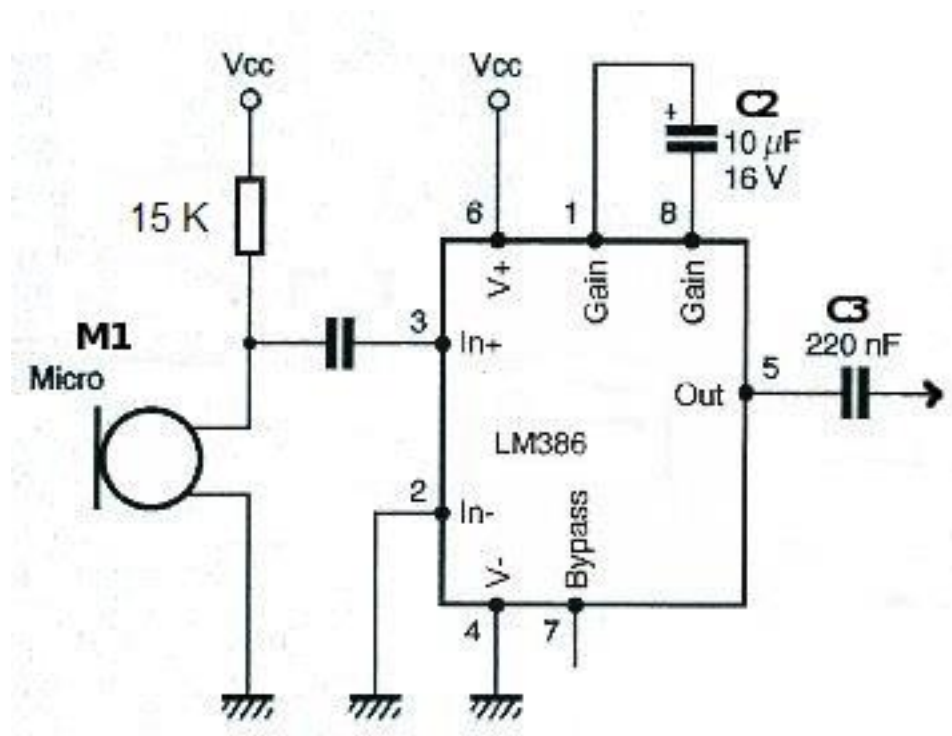
- 1- ابتدا از سالم بودن IF مطمئن شوید. مقاومت اهمی سیم پیچ های IF کمتر از 10 اهم است. فرکانس تشدید IF را بدست آورید.
- 2- مقدار L و C در فیلتر RF را بر اساس رنج فرکانس رادیو AM (حدود 600KHz) محاسبه کنید و در گزارش کار بیاورید.
- 3- مدار ترانزیستور را بدون اتصال به IF ببینید و از سالم بودن FET و درست بستن مدار مطمئن شوید و در فرکانس تشدید فیلتر RF، بهره مدار را بدست آورید.
- 4- خروجی IF را توسط خازن C1 به مدار ترانزیستوری متصل کنید و قبل از اعمال پیام، (دامنه ورودی IF را طوری تنظیم کنید که مقدار خروجی IF ، 2 ولت باشد) از عملکرد صحیح کل مدار مطمئن شوید.
- 5- یک سیگنال سینوسی بادامنه 1 ولت و فرکانس 1 KHz بعنوان پیام به مدار اعمال کنید و شکل موج خروجی را رسم کنید (ولوم دامنه سیگنال ژنراتور را روی حداقل قرار دهید).
- 6- با تغییر دامنه پیام ضریب مدولاسیون تغییر می کند و به ازاء  $m > 1, m = 1, m < 1$  خروجی را رسم کنید.

7- کانال 1 اسکوپ را به سیگنال پیام و کانال 2 را به سیگنال خروجی مدار متصل کنید و شکل موج اسکوپ را در حالت X-Y ببینید. با تغییر دامنه پیام شکل موج اسکوپ را یاد داشت نمایید و آنرا تحلیل کنید.

8- توضیح دهید که عمل مدولاسیون در مدار فوق چگونه انجام میشود، با ذکر فرمول های مربوطه؟

- اختیاری

- با استفاده از یک میکروفن، آهنگی از موبایلتان را از رادیو بشنوید. در صورت لزوم از LM386 یا OP741 برای تقویت صدای میکروفن استفاده نمایید.
- در صورتیکه از تقویت کننده استفاده نمی کنید میکروفن را با مقاومت  $50\text{ K}\Omega$  بایاس کنید.
- فرکانس AM رادیو از 530 تا 1600 کیلو هرتز است.

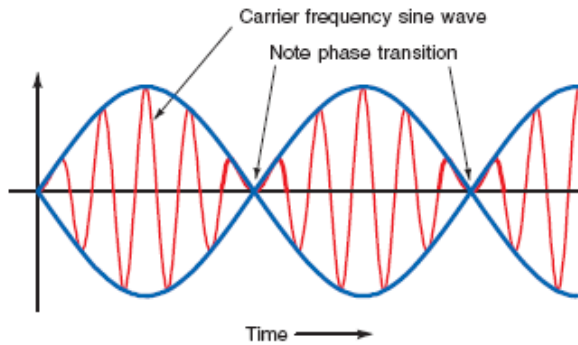


### آزمایش شماره 3

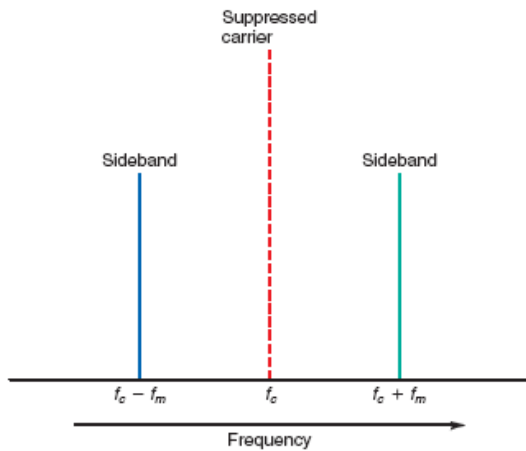
#### مدولاتورهای بالانس شده جهت تولید سیگنال AM و DSB

تئوری : ارسال سیگنال کامل AM به لحاظ اینکه سیگنال حامل نیز ارسال می گردد توان زیادی از فرستنده مصرف می شود لذا با استفاده از مدولاتورهای بالانس شده می توان از ارسال حامل جلوگیری کرد و فقط قسمت DSB سیگنال را ارسال کرد. اما باید در نظر داشت گیرنده های DSB گران و پیچیده می باشند. مشخصه مهم سیگنال DSB این است که در قسمت پایینتر دامنه (عبور از صفر) تغییر فاز رخ می دهد.

A time-domain display of a DSB AM signal.



A frequency-domain display of DSB signal.



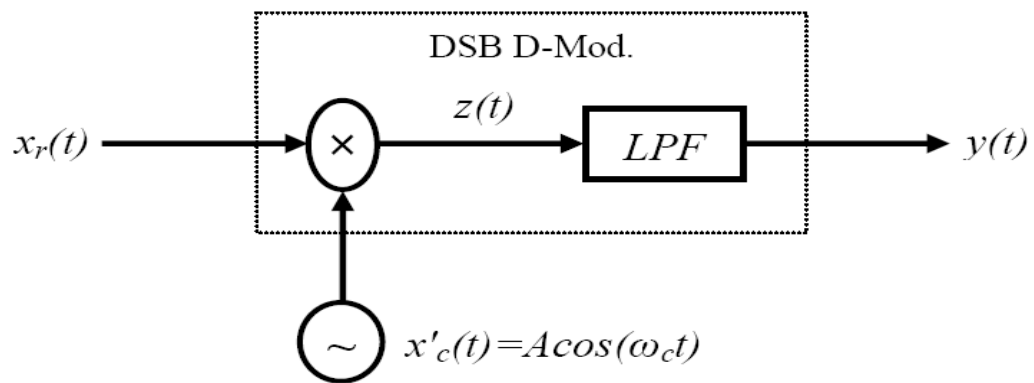
با استفاده از زوج تفاضلی بعنوان ضرب کننده می توان در مدولاتورهای بالانس شده جهت تولید DSB AM استفاده کرد. اطلاعات پیام هم در باند پایین LSB و هم در باند بالا USB وجود دارد. اگر بتوانیم فقط یکی از این باندها را ارسال کنیم هم در توان و هم در پهنای باند صرفه جویی می کنیم. پهنای باند DSB برابر با  $2W$  یا  $2$  برابر فرکانس پیام است. چرا؟

$$v_{DSBSC-AM}(t) = E_m \cos \omega_m t \times \cos \omega_c t$$

$$= \frac{E_m}{2} \cos(\omega_c + \omega_m)t + \frac{E_m}{2} \cos(\omega_c - \omega_m)t$$

## آشکارساز DSB

با استفاده از روش آشکار سازی همزمان (سنکرون بودن حامل در مدولاتور و دمدولاتور) می توان سیگنال DSB را آشکار کرد. در صورتی که سیگنال  $x_r(t)$  سیگنال دریافتی درگیرنده باشد بلوک دیگرام مدار آشکارساز سیگنال DSB بصورت زیر است. از آنجا که از یک فیلتر پایین گذر در دمدولاتور استفاده می شود، سیگنال با فرکانس مرکزی  $2f_c$  ( $2f_c \gg W$ ) حذف می شود.



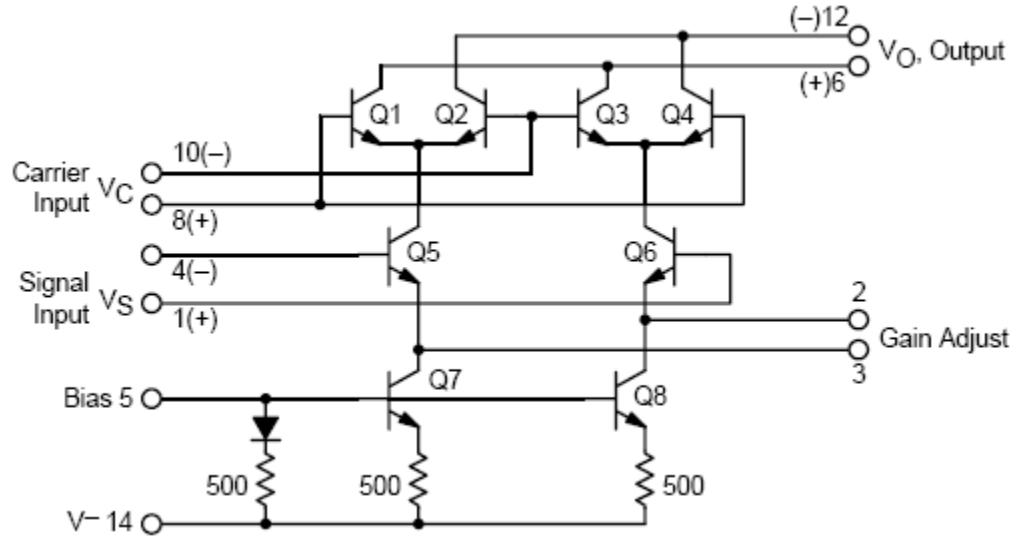
$$x_r(t) = A_c m(t) \cos \omega_c t$$

$$y(t) = x_r(t) \cdot x'_c(t) = \frac{1}{2} A A_c x(t) + \frac{1}{2} A A_c x(t) \cos 2\omega_c t$$

$$y(t) = \frac{1}{2} A A_c m(t) = K m(t)$$

## مدولاسیون خطی با مدولاتور MC1496

هدف آزمایش : آشنایی با مدولاتور بالانس شده MC1496



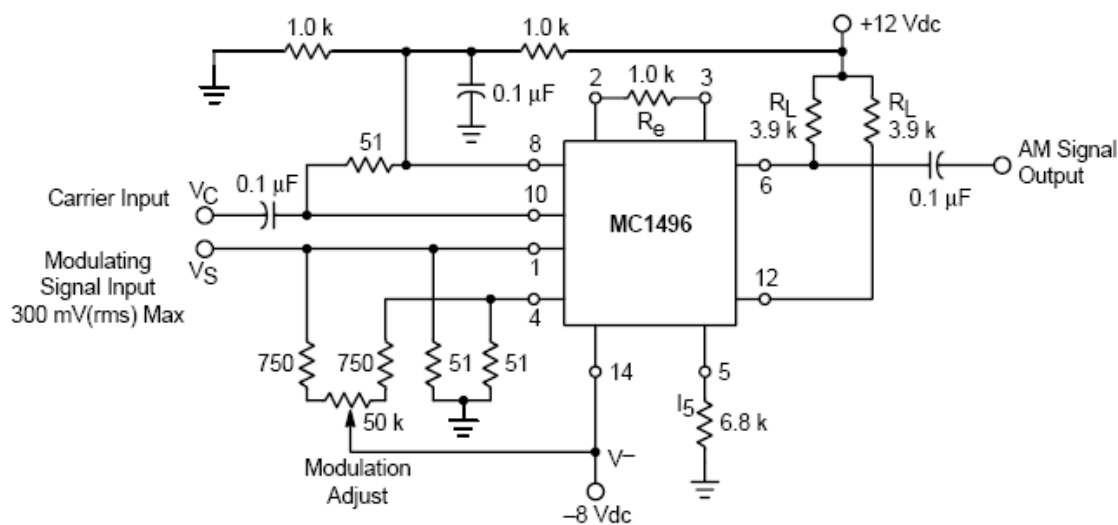
مدار داخلی IC MC1496

وسایل مورد نیاز :

اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، سیگنال ژنراتور، مقاومت  $1K\Omega$  (5 عدد به جای  $750\Omega$  نیز استفاده شود)، مقاومت  $51\Omega$  (3 عدد)، مقاومت  $3.9K\Omega$  (2 عدد)، مقاومت  $6.8K\Omega$  (1 عدد)، مقاومت  $10K\Omega$  (1 عدد)، خازن  $0.1\mu F$  (3 عدد)، خازن  $1nF$  (1 عدد)، سلف  $220\mu H$  (1 عدد)، پتانسیومتر  $50K\Omega$  (1 عدد)، آی سی MC1496 (1 عدد).

1- مدار شکل ذیل را ببندید.

2- خروجی مدار فوق را به یک مدار تانک با مقادیر سلف  $220\mu H$ ، خازن  $1nF$  و مقاومت بار  $10K\Omega$  متصل کرده و به کانال 2 اسکوپ بدهید.



**Amplitude Modulator**

- 3- سیگنال حامل بین 200 تا 400 کیلو هرتز و دامنه 0.5 ولت به مدار اعمال کرده و خروجی را مشاهده نمایید. در چه فرکانسی خروجی ماکزیمم می شود.
- 4- سیگنال پیام با دامنه 0.2 ولت و فرکانس 1KHz به ورودی مدار اعمال کنید. با تغییر پتانسیومتر سیگنال AM کامل ایجاد و از طریق کانال 2 اسکوپ مشاهده نمایید.
- 5- شکل موج خروجی را رسم و ضریب مدولاسیون را بدست آورید. سپس با تغییر پتانسیومتر سیگنال DSB ایجاد نمایید.
- 6- با اتصال کانال 1 اسکوپ به سیگنال پیام در حالت X-Y خروجی را مشاهده کنید. تغییر شکل های ایجاد شده را توضیح دهید.
- 7- چگونه مدولاسیون های مختلف دامنه (AM, DSB) توسط این IC ایجاد می شود با ذکر فرمول توضیح دهید.

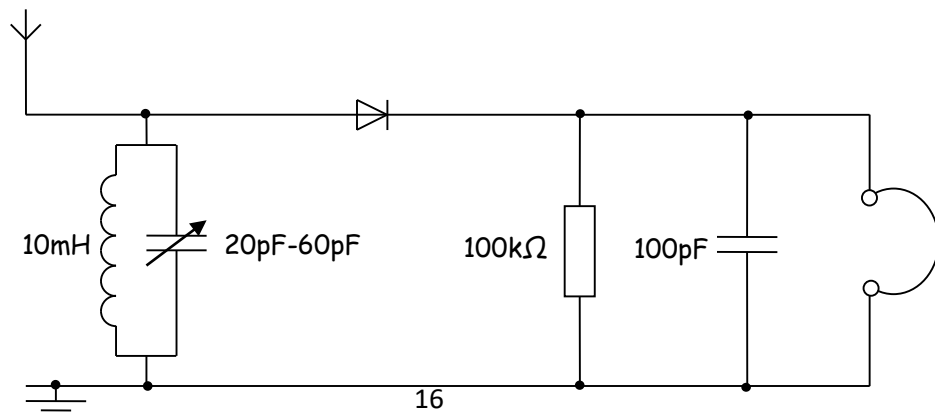


## آزمایش شماره 4

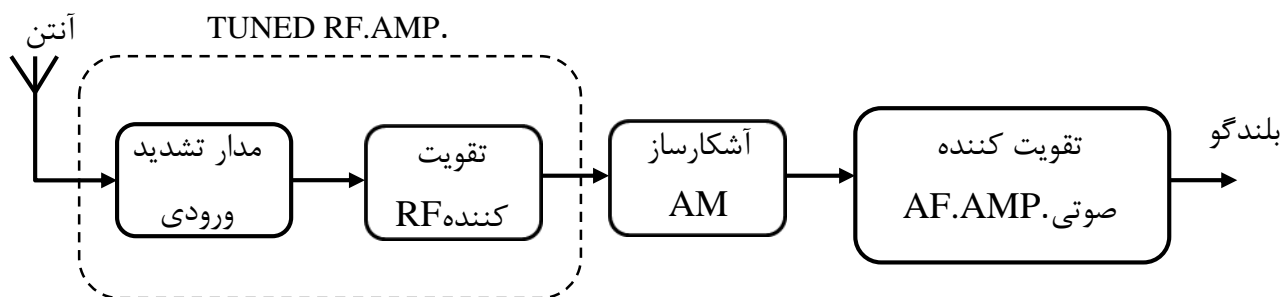
### طراحی و ساخت گیرنده از نوع TRF

تئوری : هدف از این آزمایش آشنایی مختصر با گیرنده های رادیویی با تبدیل مستقیم است. از لحاظ تاریخی در ابتدای پیدایش رادیو، انواع مختلفی از این نوع گیرنده ها (تبدیل مستقیم) استفاده می شدند. اما به دلیل ضعف هایی چون دشوار بودن تنظیم سلکتیویته، حساسیت کم و بهم خوردن تنظیم با گذشت زمان و تغییر شرایط محیطی، جای خود را به گیرنده های سوپر هترودین (SUPER HETRODYNE) دادند. در گیرنده های با تبدیل مستقیم، سیگنال RF که به صورت AM یا FM مدوله شده است، پس از دریافت توسط آنتن مستقیماً و بدون استفاده از باند IF به باند پایه برده شده و اطلاعات آن استخراج می گردد و پس از تقویت به بلندگو اعمال می شود. اگرچه در طی چند دهه گذشته، گیرنده هایی با تبدیل مستقیم در عمل استفاده زیادی نداشته اند اما به دلیل سادگی و عدم استفاده از فیلتر های متعدد، ساخت کل گیرنده در داخل یک چیپ ساده تر است و برای رفع عیب این نوع گیرنده ها تلاش زیادی صورت گرفته و در سال های اخیر مجدداً انواع تکامل یافته این نوع گیرنده ها بصورت وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد.

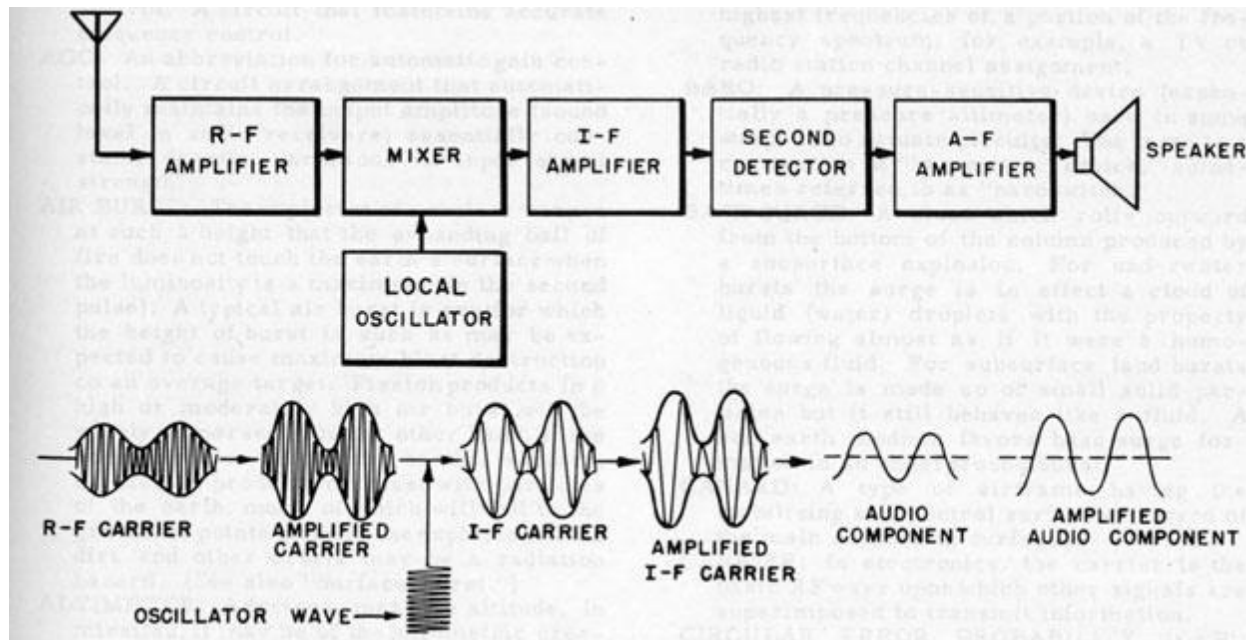
در این روش پس از دریافت سیگنال RF از آنتن ورودی گیرنده یک فیلتر میانگذر (معمولاً مدار تشدید LC) قرار داده می شود تا ایستگاه رادیویی مورد نظر را از بقیه مؤلفه های فرکانسی جدا نماید سپس سیگنال تقویت می گردد. (در مجموع یک تقویت کننده باند باریک در اولین طبقه قرار می گیرد). سیگنال RF تقویت شده مستقیماً به مدار آشکارساز (AM یا FM) وارد می شود. سیگنال پایه خروجی آشکارساز (سیگنال صوتی) پس از عبور از تقویت کننده باند پایه (تقویت کننده صوتی) به بار (بلندگو) می رسد. لازم به ذکر است که در برخی گیرنده های ساده اگر توان سیگنال دریافتی از ایستگاه های محلی زیاد باشد به نحوی که بتواند مستقیماً مدار آشکارساز را به راه بیاندازد می توان تقویت کننده RF را نیز حذف نمود.



بلوک دیاگرام کلی گیرنده TRF(Tuned RF amp) در شکل ذیل نشان داده شده است. شکل بعدی بلوک دیاگرام گیرنده سوپر هترودین می باشد. یکی از اشکالات گیرنده TRF، سلکتیویته کمتر آن نسبت به گیرنده های سوپرهترودین است به نحوی که ممکن است چند ایستگاه رادیویی مجاور هم (از نظر فرکانسی) با هم تداخل کرده و بصورت همزمان به گوش برسند.



بلوک دیاگرام یک گیرنده AM به روش TRF



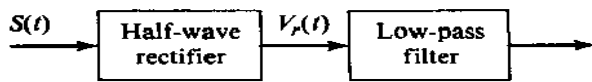
بلوک دیاگرام یک گیرنده AM به روش سوپر هترودین

در گیرنده TRF فیلتر و تقویت کننده RF مجموعاً یک تقویت کننده باند باریک با فرکانس مرکزی قابل تنظیم را تشکیل می دهند و اگر برای افزایش حساسیت گیرنده بهره تقویت کننده RF افزایش یابد، امکان ناپایداری و نوسان بیشتر می شود. به همین دلیل عموماً حساسیت گیرنده های TRF کمتر از انواع دیگر است.

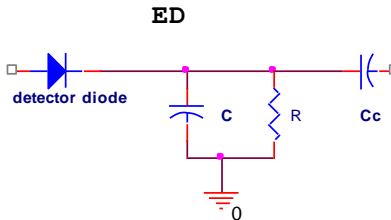
## قسمت اول آزمایش : آشکارساز AM

تئوری : آشکارسازی AM (دمدولاسیون دامنه ای) بصورت همزمان و غیرهمزمان صورت می گیرد. آشکارسازی همزمان با استفاده از یک عنصر غیرخطی زمان صورت می گیرد که با فرکانس حامل وارد شونده هماهنگ شده است. در غیراینصورت آشکارسازی غیرهمزمان می باشد. ساده ترین آشکارساز غیرهمزمان یعنی آشکارساز قله (Envelope Detector) یا آشکارساز پوش است.

برای دمدولاسیون AM نرمال، شامل سیگنال حامل و DSB، میتوان از یک ED استفاده کرد. نمودار بلوکی ED در شکل زیر نشان داده شده است:



فیلتر پایین گذر RC می بایست مولفه دارای فرکانس  $\omega_c \pm \omega_m$  را حذف کند. ضمناً باید  $m \leq 1$ .

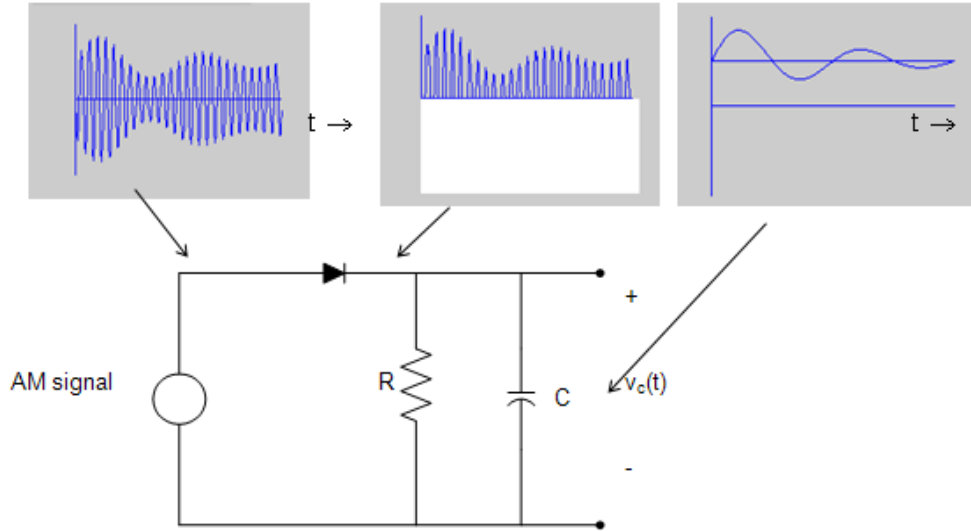


خازن  $C_c$  مولفه dc را در خروجی ED بلوکه میکند. مقدار ثابت زمانی RC باید مناسب انتخاب شود تا تغییرات دامنه را درست دنبال کند و نیز فرکانس حامل را حذف نماید (m ضریب مدولاسیون است).

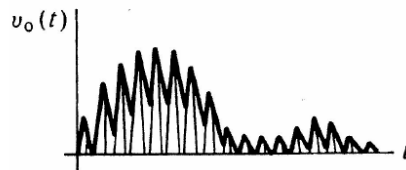
$$f_m < f_{LPF} = \frac{1}{2\pi RC} \ll f_c$$

$$\frac{1}{w_c} \ll \tau = RC \leq \frac{1}{w_m} \left( \frac{\sqrt{1-m^2}}{m} \right)$$

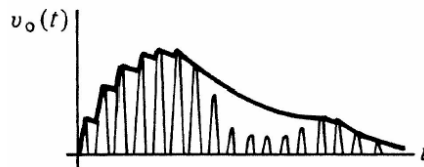
در آشکار ساز پوش معمولاً از دیود ژرمانیم (که معمولاً دیود آشکار ساز گفته میشود) استفاده می کنند. چرا؟



در صورتیکه ثابت زمانی فیلتر کم و یا فرکانس قطع فیلتر زیاد باشد اثر آن بصورت ذیل است.



در صورتیکه ثابت زمانی فیلتر زیاد و یا فرکانس قطع فیلتر کم باشد اثر آن بصورت ذیل است.



مراحل آزمایش :

وسایل مورد نیاز : دیود آشکار ساز (1N60)، مقاومت  $10K\Omega$  ، خازن  $1nF, 10nF, 100nF$  .

1- یک سیگنال ژنراتور را به عنوان سیگنال پیام در نظر بگیرید و فرکانس آن را روی 1KHz با دامنه کمتر از 1 ولت تنظیم نمایید. خروجی سیگنال ژنراتور پیام را به ورودی MOD IN در پشت سیگنال ژنراتور دیگر بعنوان سیگنال حامل متصل نمایید. سپس کلید قسمت مدولاسیون سیگنال ژنراتور حامل را روشن کنید و فرکانس سیگنال حامل را بیشتر از 300 کیلو هرتز تنظیم نمایید.

2- ابتدا سیگنال مدوله شده فوق را توسط اسیلوسکوپ مشاهده نمایید.

3- مدار آشکارساز پوش را ببندید. با اعمال سیگنال AM به ورودی مدار خروجی را توسط اسکوپ مشاهده و رسم نمایید. دامنه و فرکانس سیگنال خروجی را تعیین نمایید.

6- با افزایش دامنه پیام تغییرات حاصل در خروجی مدار را تفسیر کنید.

7- به جای خازن  $C1=10nF$  از خازن های  $1nF$  و خازن های  $100nF$  استفاده نمایید و اثر آنها را بر خروجی مشاهده و رسم نمایید.

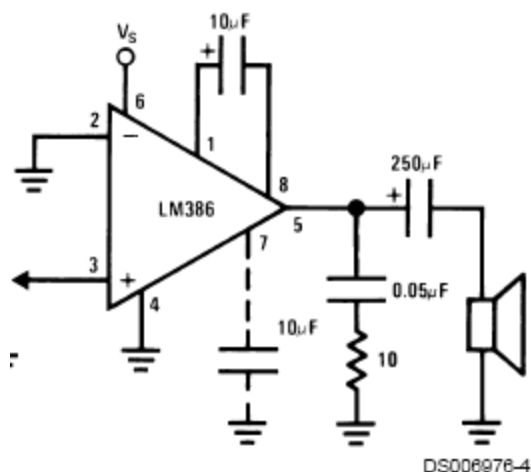
8- ثابت زمانی  $\tau = RC$  و فرکانس فیلتر پایین گذر RC را برای مقادیر مختلف C محاسبه کنید.

\*\*\* آشکارساز را برای پهنای باند  $5KHz$  ( $f_m = 5 KHz$ ) و درصد مدولاسیون 50٪ طراحی کنید.

## قسمت دوم آزمایش : تقویت کننده صوتی

ابتدا مطابق شکل زیر با استفاده از آی سی LM386 که مخصوص تقویت سیگنال صوتی با ولتاژ تغذیه پایین است یک تقویت کننده صوتی بسازید.

### Amplifier with Gain = 200



#### مدار تقویت کننده صوتی

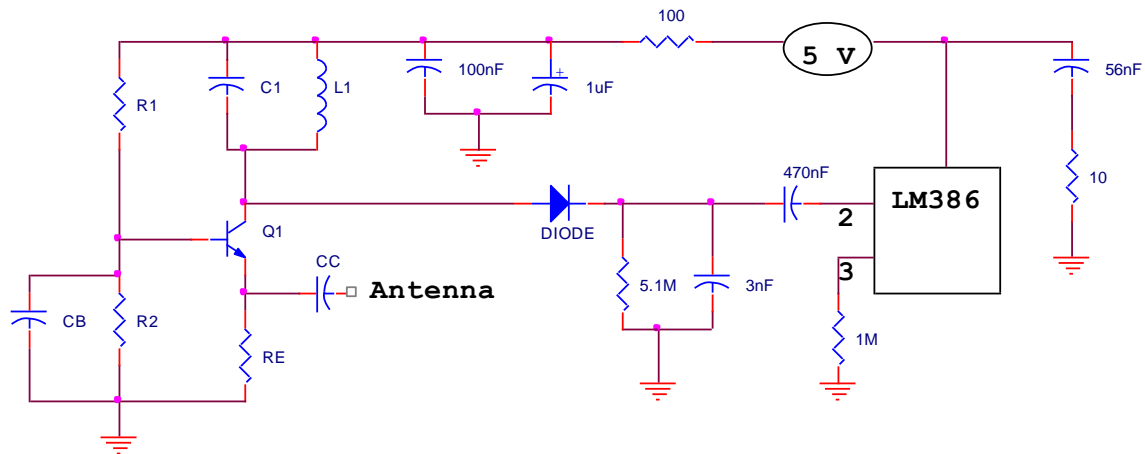
ولتاژ تغذیه مدار را برابر +5v قرار داده و بلندگوی  $8\Omega$  را به عنوان بار به خروجی متصل کرده و موجی سینوسی با فرکانس 1 KHZ و کمترین دامنه مستقیماً به ورودی تقویت کننده اعمال کنید و همزمان دامنه ولتاژ در ورودی و خروجی (روی بلندگو) را اندازه گیری کرده و مقدار G را بر حسب db بیان کنید. در صورتی که شکل موج روی بلند گو از حالت سینوسی خارج شد دامنه سیگنال ورودی را کاهش داده تا شکل خروجی

$$G_{|db|} = 20 \times \log_{10} \frac{v_o}{v_i} \text{ که توجه شود}$$

- سیگنال آشکار شده (AM سیگنال ژنراتور) را به تقویت کننده صوتی بدهید و از طرز کار صحیح مجموعه آشکارساز و تقویت کننده صوتی خود مطمئن شوید.

### قسمت سوم آزمایش : گیرنده TFR

شکل زیر مدار یک گیرنده TRF ( با تقویت کننده RF ) را نشان می دهد. در این مدار ترانزیستور Q1 به فرم یک تقویت کننده C.B برای تقویت سیگنال RF بسته شده است. امپدانس ورودی این تقویت کننده کوچک و خروجی آن امپدانس بالایی دارد. به این ترتیب می توان آنتن را بدون استفاده از مدار تطبیق امپدانس (مچینگ) مستقیماً به ورودی تقویت کننده (امیتر) وصل نمود و امپدانس زیاد کلکتور امکان دستیابی به مقادیر بالاتر Q (نسبت به مدار قبل) برای مدار تشدید L1-C1 را امکان پذیر می سازد.



شکل : گیرنده TRF

(امپدانس کلکتور بستگی به مشخصات ترانزیستور، فرکانس کار و مشخصات نقطه کار ترانزیستور دارد و برای ترانزیستورهای موجود در آزمایشگاه با جریان تقریبی  $8 \text{ mA}$  در حدود  $1-2 \text{ k}\Omega$  است)

1- با  $RE = 270\Omega$  مقدار مقاومت های  $R1$  و  $R2$  را طوری تعیین کنید که جریان نقطه کار نسبتاً زیاد (حدود  $8 \text{ mA}$ ) باشد. علت انتخاب جریان  $I_C$  بالا برای ترانزیستور در این مدار چیست؟ مقادیر خازن های  $C_C$ ,  $C_B$  را طوری محاسبه کنید که امپدانس ظاهری آن در فرکانس ورودی مقدار کوچکی (حدود  $5 \text{ اهم}$ ) باشد.

2- مقادیر  $L1 \geq 100\mu\text{H}$  و  $C1$  را برای یکی از موج های رادیو در فرکانس های ذیل بدست آورید. (رادیو فرهنگ  $558 \text{ KHz}$ ، رادیو قرآن  $585 \text{ KHz}$ ، رادیو ایران  $900 \text{ KHz}$ ، رادیو پیام  $1188 \text{ KHz}$ )

- پیشنهاد: از سلف  $330$  میکرو و خازن پلی استر  $100$  پیکو استفاده کنید.

3- ابتدا مدار ترانزیستوری را از نظر DC مورد بررسی قرار داده و نقطه کار مدار را بدست آورید.

4- سپس با اعمال یک سیگنال سینوسی با حداقل دامنه، فرکانس تشدید را بدست آورید. در صورت اشباع شدن خروجی با سری کردن یک مقاومت بزرگ دامنه ورودی را کاهش دهید. در صورتیکه فرکانس تشدید مدار با مقدار مورد نظر شما برابر نیست با تغییر مقدار  $C$  و روش سعی و خطا فرکانس مورد نظر را بدست آورید. ( علت اختلاف محاسبه تئوری و مقدار عملی چیست؟) در فرکانس تشدید مورد نظر بهره مدار را بدست آورید و یادداشت نمایید.

- 5- در این مرحله کل مدار گیرنده را مونتاژ کنید. یک سیگنال AM به ورودی اعمال کرده و خروجی مدار RF، خروجی مدار آشکار ساز و خروجی نهایی LM386 را مورد بررسی قرار دهید. آیا بهره مدار در این مرحله تغییر می کند؟ چرا؟ آیا فرکانس تشدید مدار تغییر کرده است؟
- 6- در صورت صحت مرحله قبل، آنتن را به ورودی مدار RF متصل کنید و صدای ایستگاه محلی را دریافت کنید. (میتوانید با استفاده از خازن تریمر یا خازن واریابل تنظیم دقیقتری انجام دهید).
- 7- با فرض  $Q = 50$  (ضریب کیفیت فیلتر LC) و مقاومت اهمی سلف L با مقادیر جدول ذیل، مقدار بهره مدار تقویت کننده RF را بصورت تئوری محاسبه نموده و با مقدار عملی مقایسه کنید.

	L ( $\mu$ H)	R ( $\Omega$ )	Cp(pF)
1	100	1.5	100
2	220	3	130
3	330	5	160



## آزمایش شماره 5

### الف : حلقه قفل شده فاز (PLL)

تئوری و مقدمه: یک حلقه قفل فاز یا حلقه قفل شده در فاز (PLL) (*Phase Locked Loop*) یک سیستم کنترلی الکترونیکی است که یک سیگنال قفل شده فاز متناسب با ورودی یا مرجع (*reference*) می سازد. PLL در یک فیدبک منفی مشترک توسط مقایسه خروجی (اسیلاتور کنترل شونده با ولتاژ (VCO)) و ورودی فرکانس مرجع، با آشکار ساز فاز انجام می پذیرد. آشکار ساز فاز برای هدایت فاز اسیلاتور، به سیگنال مرجع ورودی استفاده می شود. این نوع از مدارات بطور گسترده در رادیو، ارتباطات مخابراتی، کامپیوتر ها و دیگر کاربردهای الکترونیکی استفاده می شود، که به این ترتیب :

- سنتی ساینر فرکانس برای تنظیم دیجیتالی فرستنده گیرنده های رادیویی.
- دمدولاسیون سیگنال های AM, FM
- بهبود سیگنال های کوچکی که بدون PLL در نویز، گم می شوند.
- بازبایی اطلاعات منبع کلاک از رشته اطلاعاتی مثل اطلاعات حاصله دیسک درایو
- ضرب کلاک در میکروپروسورهایی که به سازه پردازشگر داخلی اجازه می دهد تا سریع تر از ارتباطات خارجی حرکت کند، در حالی که ارتباطات کلاکی دقیق را حفظ می کند.
- دیکدر های DTMF، مودم ها و دیگر دیکدر های تُن، برای کنترل و ارتباطات راه دور.

مکانیزم های حلقه با فاز قفل شونده می تواند به عنوان مدار های آنالوگ یا دیجیتالی اجرا شود. هر دو از این اجراها ساختار پایه ای یکسانی را بکار می برند. هر دو مدار PLL آنالوگ و دیجیتال سه قسمت اصلی دارند:

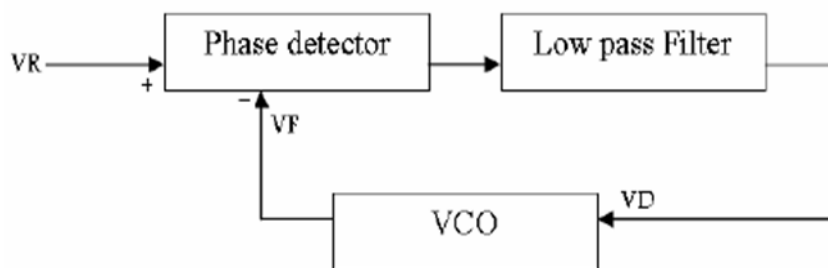
- یک آشکارساز فاز
- یک اسیلاتور الکترونیکی متغیر
- یک مسیر فیدبک (اغلب شامل یک تقسیم کننده فرکانس است)

### حلقه با فاز قفل شونده آنالوگ:

PLL های آنالوگ طبق شکل 6-1 بطور کلی از یک آشکارساز فاز، فیلتر پایین گذر و اسیلاتور کنترل شونده با ولتاژ (VCO) ساخته شده اند. ممکن است در مسیر فیدبک یا در مسیر مرجع یا هر دو مسیر، یک تقسیم کننده

فرکانس وجود داشته باشد تا کلاک خروجی PLL را به عدد صحیح چند مبنایی تبدیل کند. یک عدد مضرب غیر صحیح از فرکانس مرجع می تواند با جایگزینی تقسیم بر کانتر N در مسیر فیدبک بوجود آید. البته PLL مورد مطالعه، از نوع ترکیبی آنالوگ و دیجیتال با شماره 4046 است که تا فرکانس حدود 1MHz قابل استفاده می باشد.

در شکل زیر اگر حلقه قفل باشد یعنی فرکانس های سیگنال ورودی و نوسان ساز کنترل شده با ولتاژ یکسان است. پس هدف PLL آن است که زاویه سیگنال فیدبک را به زاویه سیگنال مرجع نزدیک سازد. هرگونه اختلاف زاویه (از نوع اختلاف فرکانس یا اختلاف فاز) بین فیدبک و مرجع، توسط PD و LPF آشکار شده و به عنوان سیگنال خطا به VCO اعمال می شود. LPF سرعت و محدوده پاسخ دهی سیستم را تنظیم می کند. یا به عبارت دیگر LPF تغییرات خروجی آشکار کننده فاز را به DC تبدیل می کند.



شکل 6-1

### آشکارساز فاز:

یک بخش مهم حلقه کنترل شونده فاز، آشکارساز فاز است. در آشکارساز فاز، فاز دوسیگنال ورودی آشکارساز مقایسه و یک خروجی تصحیح کننده می دهد و این خروجی به اسیلاتور کنترل شده با ولتاژ (VCO) متصل می باشد تا همیشه فاز بین دو ورودی را صفر نگه دارد. دو سیگنال ورودی معمولاً فرکانس مرجع و خروجی تقسیم شده فرکانس اسیلاتور محلی است.

### انواع آشکارسازهای فاز:

**1-ضرب کننده:** آشکارساز فاز میتواند یک مخلوط کننده یا ضرب کننده باشد که خروجی آن پس از عبور از LPF به صورت تابعی از اختلاف فاز سیگنال های ورودی آن خواهد شد.

**2-XOR:** ساده ترین آشکارساز فاز گیت XOR است که اختلاف فاز 90 درجه را حفظ می کند اما نمی تواند سیگنال را قفل کند مگر اینکه قبلاً به فرکانس نزدیک شده باشد.



**3-RS-FF:** در این فلیپ فلاپ یکی از سیگنال ها را به S و دیگری را به R می دهیم. این آشکارساز با لبه پالس ها عمل می کند.

**4-P.F.D (Phase Frequency Detector):** نوعی آشکارساز فاز است که با لبه پالس ها کار می کند و ویژگی خاص آن است هنگامی که فرکانس های ورودی باهم برابر نباشند همانند آشکارساز فرکانس خواهد شد و حلقه را به حلقه قفل فرکانس F.L.L تبدیل می کند. هنگامی که فرکانس های ورودی برابر شوند این آشکارساز به آشکارساز فاز تبدیل می شود حلقه PLL را به وجود می آورد. ساختمان آن از چندین فلیپ فلاپ تشکیل می شود.

### 4. Functional diagram

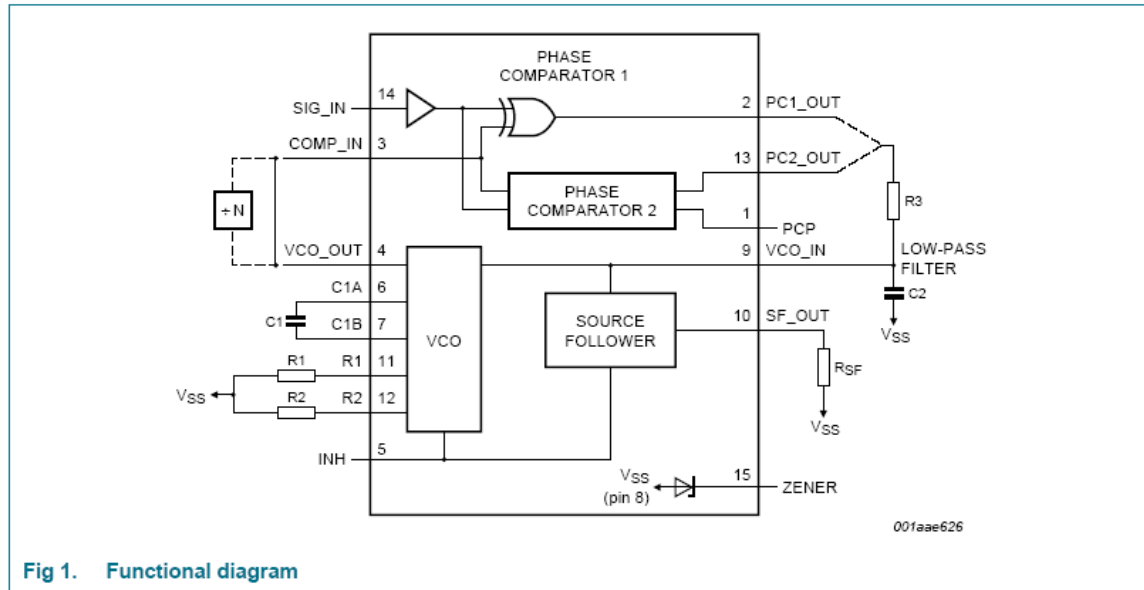


Fig 1. Functional diagram

### 5. Pinning information

#### 5.1 Pinning

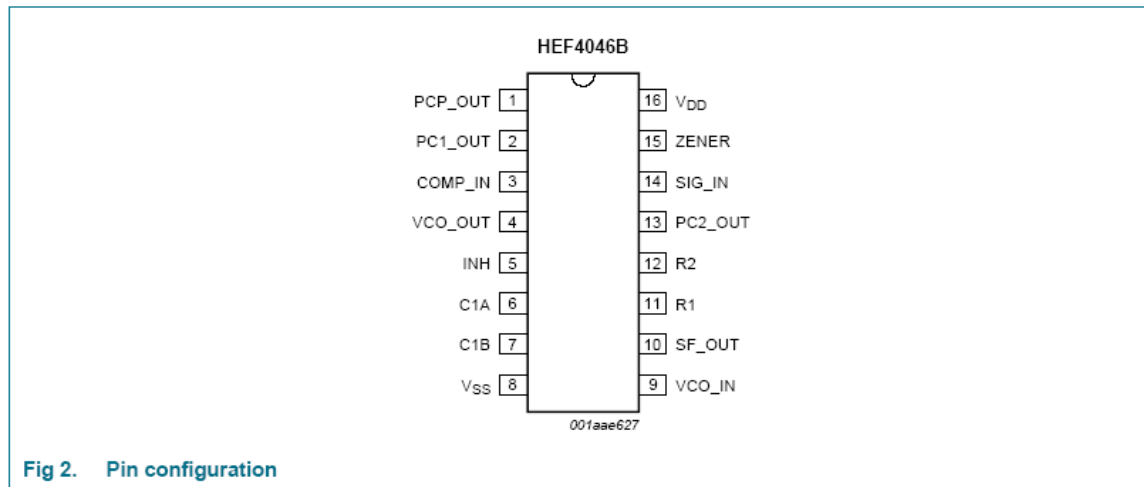


Fig 2. Pin configuration

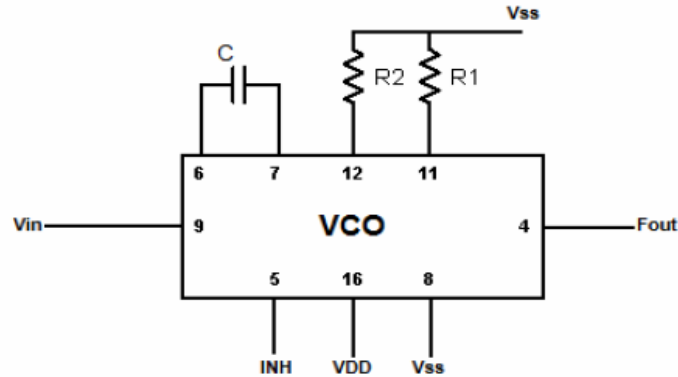
شکل 2-6

هدف آزمایش: آشنایی با مدار PLL و کاربردهای آن

وسایل مورد نیاز: اسیلوسکوپ ، منبع تغذیه ، مقاومت های (47K, 100K, 10K) ، خازن های (100 n, 100 p, 1 n) ، آی سی 4046

مراحل آزمایش : 1- مدار شکل 3-6 را به عنوان VCO از آی سی 4046 با استفاده از عناصر زیر ببندید.

R1=10kΩ    R2=100kΩ    C=1nf    Vss=0volt    VDD=10volt    INH=0volt

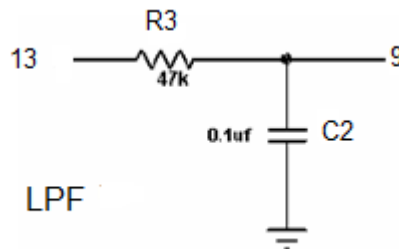


شکل 3-6

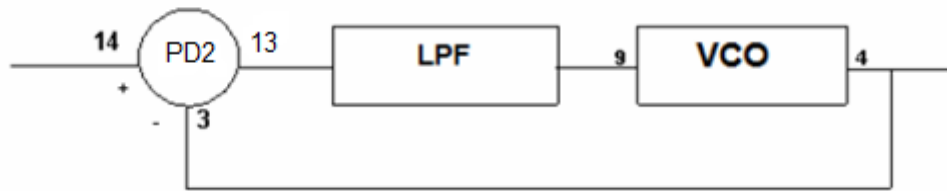
1- با تغییر ولتاژ ورودی VCO ، فرکانس های خروجی آن را بدست آورده و در جدول زیر ثبت کنید.

Vin(volt)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F(khz)											

2- مدار شکل 4-6 را به عنوان LPF ابتدا بسته سپس آنرا در مدار شکل 5-6 از آی سی 4046 با استفاده از عناصر داده شده قرار دهید.



شکل 4-6



شکل 5-6

- 3- با اعمال یک موج مربعی [0-10] ولت (با اعمال افست مثبت) به ورودی مقایسه کننده فاز و تغییر فرکانس آن PLL را قفل کنید.
- 4- با تغییر فرکانس ورودی حداقل و حداکثر فرکانسی را که PLL از حالت قفل خارج نشود را اندازه گیری کنید و سپس محدوده قفل آن را (L.R) محاسبه کنید.
- 5- به ازای هر کدام از فرکانس های محدوده قفل و چند فرکانس دیگری (بین این دو فرکانس) ولتاژ DC خروجی LPF را به کمک ولتمتر دیجیتالی اندازه گیری و در جدول ذیل ثبت کنید.

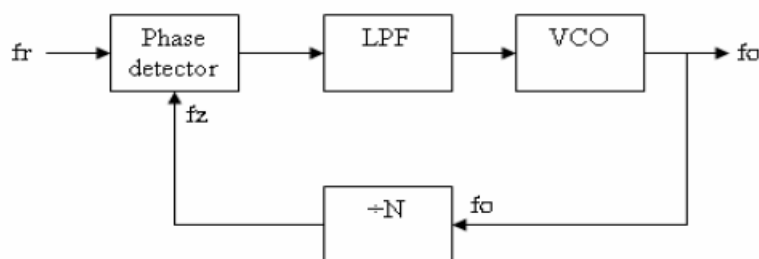
F(khz)	
V <sub>LPF</sub>	

## ب : سنتز کننده فرکانس

هدف آزمایش : آشنایی با مدار عملی سنتز کننده فرکانس

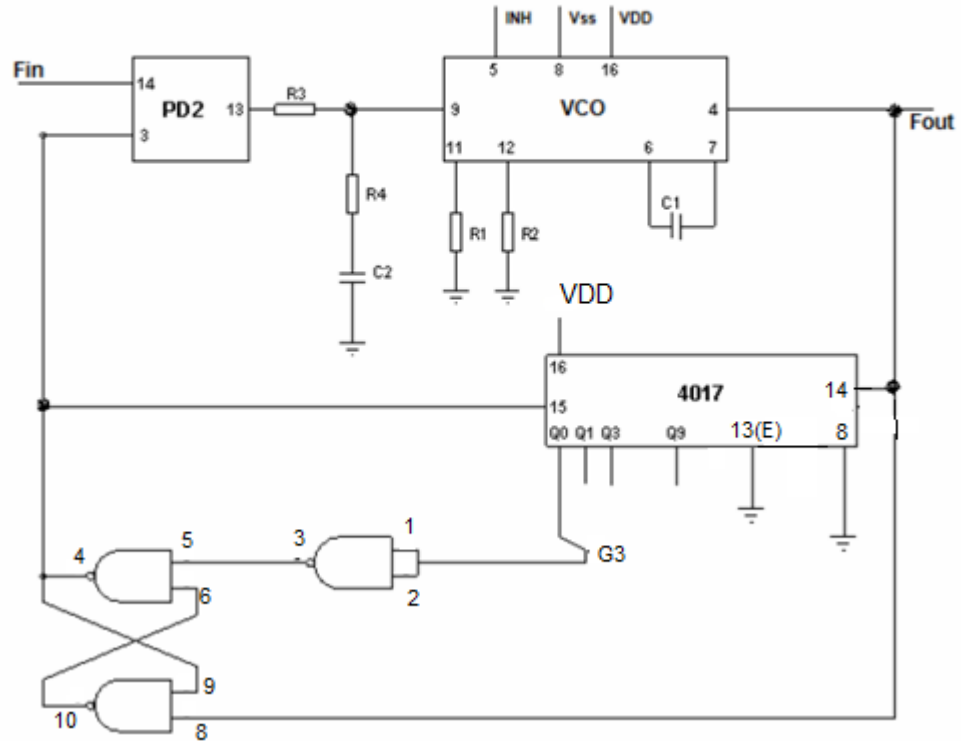
وسایل موردنیاز : اسیلوسکوپ ، منبع تغذیه ، مقاومت های (10k,1M,4.7k,47k,1k,1.5k) ، خازن های (0.1nf ,0.1μf) ، آی سی های (4046,4017,4011)

تئوری و مقدمه : طرز کار سینتی سایزر فرکانس طبق شکل 6-6 بدین صورت است که در حلقه PLL اگر در فیدبک حلقه تقسیم کننده قرار دهیم و زمانی که فرکانس های ورودی به PD مساوی باشد PLL قفل می شود یعنی  $F_r = (F_o/N)$  که در عمل یک تقسیم کننده فرکانس ساخته ایم. حداقل مقدار  $F_r$  را حدود یک کیلو هرتز انتخاب می کنیم تا مجبور نباشیم پهنای باند LPF را خیلی کم کنیم. برای تقسیم کننده فرکانس می توانیم از یک آی سی کانتر که بصورت باینری می شمارد استفاده کنیم. خروجی های  $Q_0$  تا  $Q_9$  را به ورودی های یک گیت AND متصل می کنیم و خروجی گیت را به RESET شمارنده متصل نموده و از همان پایه خروجی دریافت می کنیم. که این پایه به صورت پالس های سوزنی می باشد. پس برای اطمینان از اینکه در هر لحظه که دستگاه روشن می شود PLL برای هر  $N$  قفل باشد لازم است که برای قسمت آشکار ساز یک PFD استفاده کنیم تا اگر فرکانس های اعمالی به آن یکی نباشد، ابتدا بصورت FLL عمل کرده و بعد از یکی شدن فرکانس ها بصورت PLL عمل کند. لازم به ذکر است که عدد تقسیم همان عدد باینری می باشد.

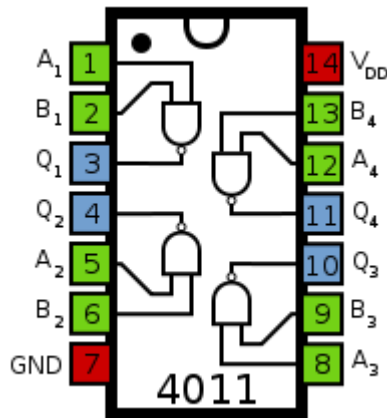


شکل 6-6

$R_1=10k\Omega$   $R_2=1M\Omega$   $R_3=47k\Omega$   $R_4=4.7k\Omega$   $C_1=1nf$   $C_2=0.1\mu f$   
 $V_{DD}=10volt$   $V_{SS}=0volt$   $INH=0volt$



شکل 7-6



شکل 8-6



مراحل آزمایش :

- 1- با استفاده از آی سی های 4046 و 4017 و 4011 و المان های مربوطه مدار شکل 6-7 را ببندید.
- 2-  $F_{in}$  را موجی مربعی با فرکانس 5Khz و  $V_{pp}=+10$  volt قرار داده و با تغییر محل ورودی های G3 فرکانس خروجی VCO را اندازه گیری کرده و در جدول زیر ثبت کنید.

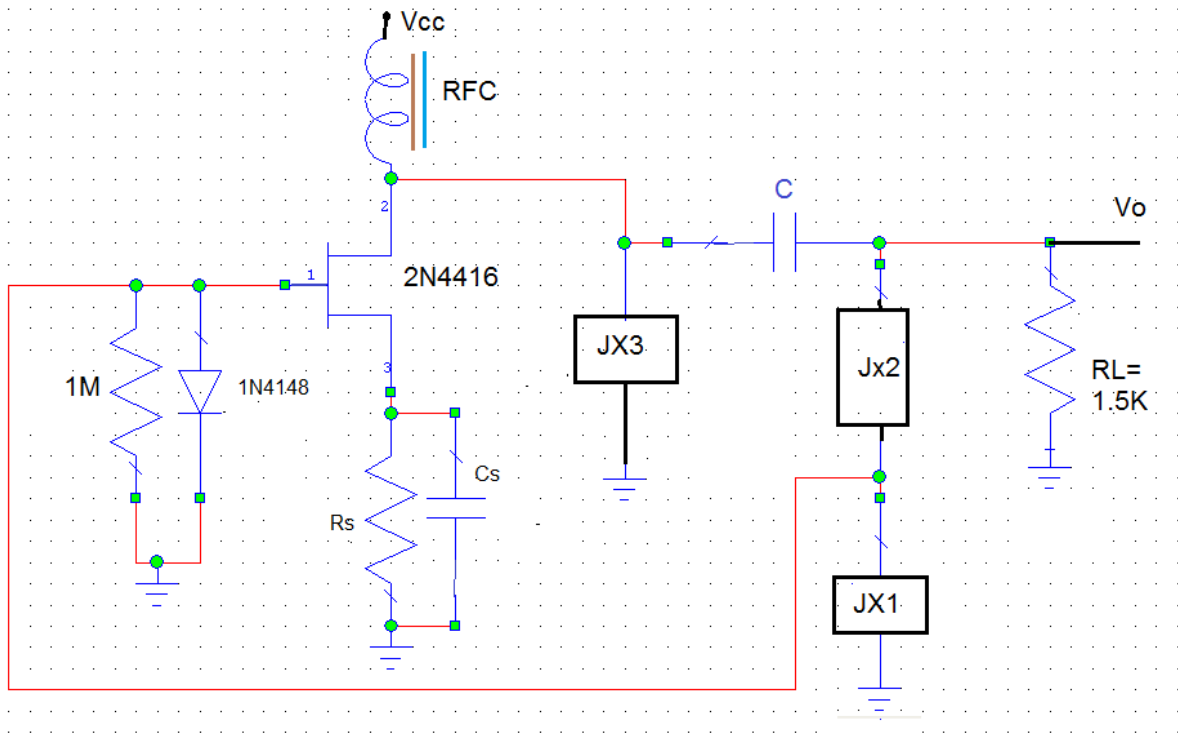
	G3	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
Fout											

- 3-  $F_{in}$  و  $F_{out}$  را در Qهای مختلف روی اسکوپ مشاهده نمایید.
- 4- پایه های 14 و 3 آی سی 4046 را روی اسیلوسکوپ مشاهده نمایید.
- 5- با تغییر فرکانس  $F_{in}$  حداقل و حداکثر فرکانسی که سنتی سائزر می تواند عمل کند ( $Q9$ ) را اندازه گیری و یادداشت کنید.

## آزمایش شماره 6

### اسیلاتور Pierce

در این آزمایش می خواهیم با استفاده از یک JFET از نوع 2N4416 (یا ترانزیستورهای فت موجود در آزمایشگاه مانند 2N4391 و 2N3819) ، یک اسیلاتور با فرکانس 1.5 MHz طراحی نماییم. برای این کار از مدار شکل زیر استفاده می شود. ابتدا با استفاده از تئوری، رابطه المانهای مجهول مدار را بدست آورده و نشان دهید که  $X1$  و  $X3$  باید همجنس باشند. سپس با فرض مقادیر  $IDSS$  و  $Vp$  ، مقادیر المانهای موجود را انتخاب نموده و شکل کامل مدار را با المانهای معلوم رسم نمایید.



ترانزیستور 3819 با  $Vp=-3.3v$  و  $IDSS=10mA$  و ترانزیستور 4391 با  $Vp=-6v$  و  $IDSS=60mA$  برای محاسبات در نظر بگیرید. (مقاومت بار را 3 کیلو اهم در نظر بگیرید).

جهت شروع طراحی، بهره مدار بدون فیدبک را حدود 10 در نظر بگیرید با معلوم بودن  $RI$  (بار)،  $gm$  را بدست آورده و از آنجا  $VGS$  و سپس  $ID$  آنگاه  $Rs$  معین خواهد شد.

مقدار اندوکتانس سیم پیچ را بیشتر از  $100\mu\text{H}$  انتخاب کرده و با توجه به فرکانس کار **C** معادل را بدست آورده و مقادیر **C1** و **C3** معین خواهد شد.

- در صورت عدم وجود نوسان، بهتر کردن **RFC** و تغییر جریان نقطه کار **FET** در بوجود آمدن نوسان مفید میباشد. سوال: هریک از تغییرات فوق چگونه به نوسان کمک می کنند؟

انجام آزمایش:

- 1- مشخصات **FET** مورد آزمایش ( $V_p, I_{DSS}$ ) را بدست آورده و در صورت لزوم طراحی خود را اصلاح نمایید.
- 2- مدار بدست آمده را بسته و نوسان خروجی را مشاهده نمایید. در صورت عدم وجود نوسان بررسی کنید که به چه علت نوسان وجود ندارد. علل مربوطه را یافته و آن را رفع نمایید و بیان کنید که چگونه آن را رفع نموده اید.
- 3- بررسی کنید آیا شکل موج خروجی سینوسی است. در صورت منفی بودن پاسخ توضیح دهید چگونه می توان شکل موج را سینوسی کرد .
- 4- پس از حصول یک نوسان سینوسی با فرکانس **1.5MHz** بررسی نمایید که تغییرات زیر چه تاثیری در شکل موج خروجی دارند. سپس تغییرات بوجود آمده را توجیح نمایید.

الف) کاهش منبع تغذیه به سمت صفر

ب) تغییر بار (حداقل و حداکثر بار خروجی را برای داشتن نوسان بدست آورید)

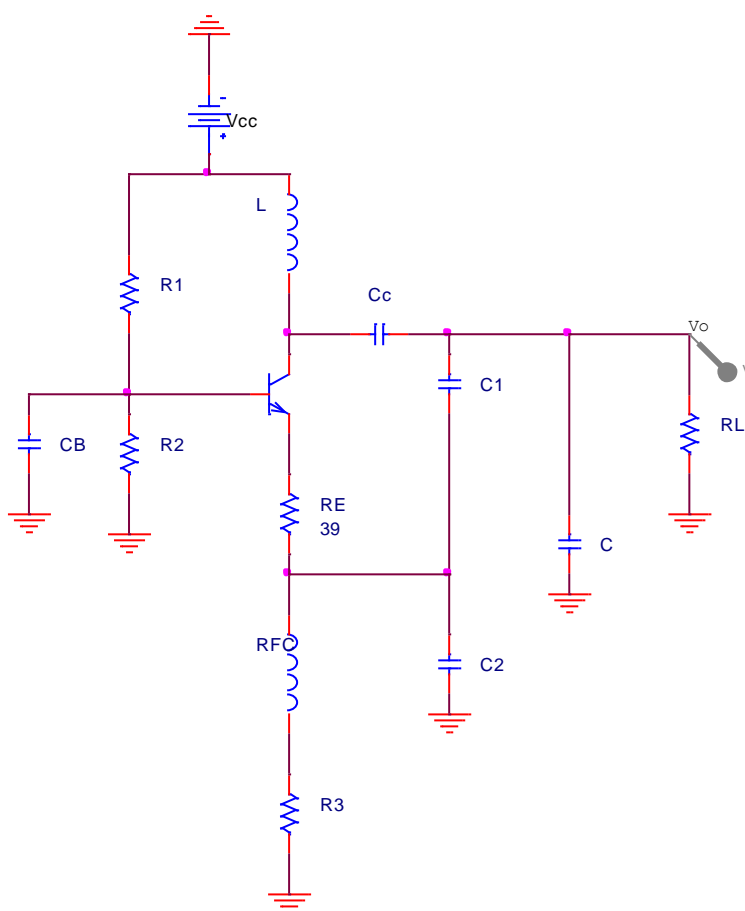
- 5- با استفاده از این اسیلاتور می توان یک فرستنده **AM** ساخت. برای این کار یک سیگنال سینوسی با فرکانس **1KHZ** و دامنه **100mV** و با استفاده از یک خازن کوپلاژ مناسب به سورس فت اعمال نمایید و موج مدوله شده در خروجی را مشاهده و رسم نمایید. حداقل و حداکثر ولتاژ ورودی برای داشتن یک موج مدوله شده خوب در خروجی را بدست آورید.

- 6- پس از اطمینان از صحت عمل مدوله کننده یک مدار شامل میکروفن و تقویت کننده صوتی را به جای منبع سیگنال سینوسی قرار داده و با تنظیم این تقویت کننده و رادیو از روی موج **SW1** صدای خود را بشنوید.

## آزمایش شماره 7

### اسیلاتور کولپیتس

اسیلاتور زیر را به گونه ای طرح کنید که ولتاژ  $V_o = 10^v \sin 2\pi * 10^6 t$  را در بار  $R_L = 2.2k\Omega$  تولید کند.



- 1- مدار طراحی شده را ببینید. دامنه و فرکانس ولتاژ دو سر بار را ملاحظه و یادداشت نمایید.
- 2- ولتاژ DC بیس ترانزیستور را اندازه گیری کنید.
- 3- آیا برداشتن RFC اثری در این مدار که  $R_3$  آن بزرگ است خواهد داشت؟ با آزمایش امتحان کنید.
- 4- مقاومت بار را  $10 K\Omega$  قرار دهید. ولتاژ خروجی چقدر خواهد شد؟

5- برای انتقال حداکثر قدرت،  $R_L$  بایستی چقدر باشد؟

6- بار کوچکی در خروجی قرار دهید، دامنه نوسانات و فرکانس آن چقدر خواهد شد؟

7- معمولا اگر بار خیلی کوچک باشد (در مقایسه با  $R_{Tank}$ ) برای اینکه اثر بار روی مدار  $Q$  Tank کم شود، آنرا از طریق یک خازن کوپلاژ به دو سر خازن  $C_2$  می بندند. به نظر شما چه مقاومت باری را میتوان به دو سر  $C_2$  اضافه نمود تا  $Q$  مدار Tank با حالت  $R_L = 2.2 K\Omega$  یکی گردد؟ آزمایش را انجام داده و نتیجه را بنویسید.

چند نکته :

1- پروب اسکوپ را در حالت ضربدر 10 قرار دهید تا مقاومت و خازن اسکوپ روی مدار کمتر اثر گذار باشد.

2- میزان فیدبک در این مدار توسط خازن های  $C_1$  و  $C_2$  تعیین می شود و خازن  $C$  برای تنظیم فرکانس رزونانس مدار Tank به کار میرود. اگر از خازن های ترانزیستور و Bread board صرف نظر کنیم

$$C' = C + \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

خازن مدار Tank از رابطه زیر قابل محاسبه است:

3- مقاومت ورودی ترانزیستور  $R_i = R_E + r_e$  به نسبت  $N^2$  برابر روی مدار Tank اثر می گذارد که  $N$

$$N = \frac{C_1 + C_2}{C_1}$$

برابر است با:

4- برای انتقال ماکزیمم قدرت سعی می شود که  $R_L = R_{Tank}$  گردد که  $R_{Tank} = R_P || (N^2 R_i)$

است. معمولاسعی میشود که  $R_E$  و  $N$  طوری انتخاب شوند که  $N^2 R_i$  تاثیر زیادی روی مدار Tank نگذارد. در اینجا با در نظر گرفتن  $30 - 50 \Omega$  و  $R_i \cong 30$  و  $N=20$  میتوان به این هدف رسید.

5- نقطه کار مدار را باید طوری انتخاب کرد که  $V_{CBQ} = V_{max} = R_O I_P$  و  $I_{CQ} = \frac{I_P}{2}$  که در آن  $R_O = R_L || R_{Tank}$  است.

$$V_{CC} = V_{CBQ} + I_{CQ}(R_E + R_3) + V_{BE}$$

## آزمایش شماره 8

### مدولاتور FM (VCO)

مقدمه :

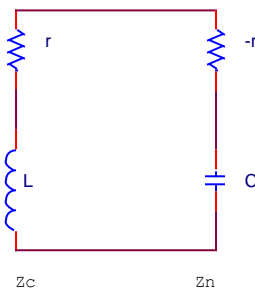
در مدولاسیون به روش FM فرکانس سیگنال مدوله شده متناسب با سیگنال ورودی بوده و اطلاعات در فاز می باشد. بنابراین تاثیر نویز در اینگونه مدولاسیون بسیار کاهش می یابد. یک سیگنال FM در حالت کلی بصورت زیر نشان داده می شود.

$$V(t) = A \cos(\omega_0 t + \Delta f \int x(\tau) d\tau) \quad \overline{x(t)} = 0, |x(t)| \leq 1$$

$$\omega i(t) = \frac{d\phi(t)}{dt} = \omega_0 + \Delta f \times x(t) \quad \text{بطوریکه فرکانس لحظه ای برابر است با:}$$

هدف :

هدف از این آزمایش طراحی یک VCO بعنوان مدولاتور FM است که قادر به کار در محدوده فرکانسی 88 تا 108 مگا هرتز باشد. در فرستنده های FM به منظور تثبیت فرکانس حامل از روشهای متفاوتی استفاده می گردد. یکی از روشها استفاده از مدار PLL بصورت ضرب کننده فرکانس می باشد. فرکانس مرجع PLL از یک اسیلاتور کریستالی پایدار تامین می شود و سیگنال متغیر اطلاعات بصورت لحظه ای ولتاژ وارد شده به VCO را تغییر میدهد (سیگنال اطلاعات با سیگنال خطا در خروجی LPF جمع میشود) و به این ترتیب فرکانس خروجی مدوله میشود. این روش در مدولاسیون سیگنال های دیجیتالی مانند FSK کاربرد زیادی دارد. در این آزمایش به منظور بررسی نحوه کار یک مدولاتور FM و نکات مهم در آن به طراحی و ساخت یک VCO ساده اکتفا میشود. شکل (1) مدار یک نوسانساز modified clap را نشان میدهد که برای نوسان در باند VHF مناسب است.



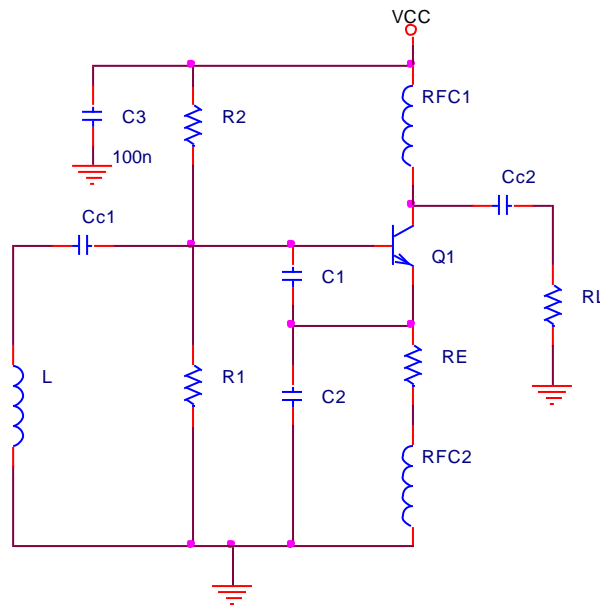
شکل (1)

## طراحی اسیلاتور :

برای طراحی از روش مقاومت منفی، که در اینگونه نوسان سازها ساده تر می باشد، استفاده می کنیم. این روش درک بیشتری نسبت به فرآیند طراحی به دست میدهد. (به کتاب *modern communication circuits by JACK SMITH* مراجعه شود). بر اساس تحلیل *Gouriet* هر گاه یک مدار تنظیم شده ایدآل (با  $Q$  بینهایت) تحریک شود، بطور نامحدود نوسان خواهد کرد. زیرا اتلاف انرژی در آن وجود ندارد. اما در حالت واقعی از آنجایی که ضریب کیفیت القاگر محدود است به علت اتلاف انرژی در مقاومت ها نوسانات میرا میشود. بنابراین وظیفه تقویت کننده این است که بطور مداوم مقداری انرژی برابر با انرژی تلف شده به مدار تیون تحویل دهد. ایجاد انرژی توسط تقویت کننده را می توان با یک مقاومت منفی که بطور سری در مدار تشدید شده تعبیر نمود (مقاومت  $-r_i+r_o$  در شکل 2). اگر مقاومت های کل  $(-r_i+r_o)$  در مدار شکل 2 مثبت شود نوسان میرا شده و اگر مقاومت کل منفی شود، دامنه نوسان شروع به افزایش خواهد گذاشت. شرط نوسان پایدار را میتوان بصورت رابطه 1 بیان کرد.

$$Z_c + Z_N = 0 \quad \text{رابطه (1):}$$

بنابراین نوسان در فرکانسی اتفاق می افتد که در آن فرکانس رابطه 1 برقرار گردد. به بیان دیگر مجموع قسمت های حقیقی برابر صفر و مجموع قسمت های موهومی هم برابر صفر می گردد.



شکل (2)

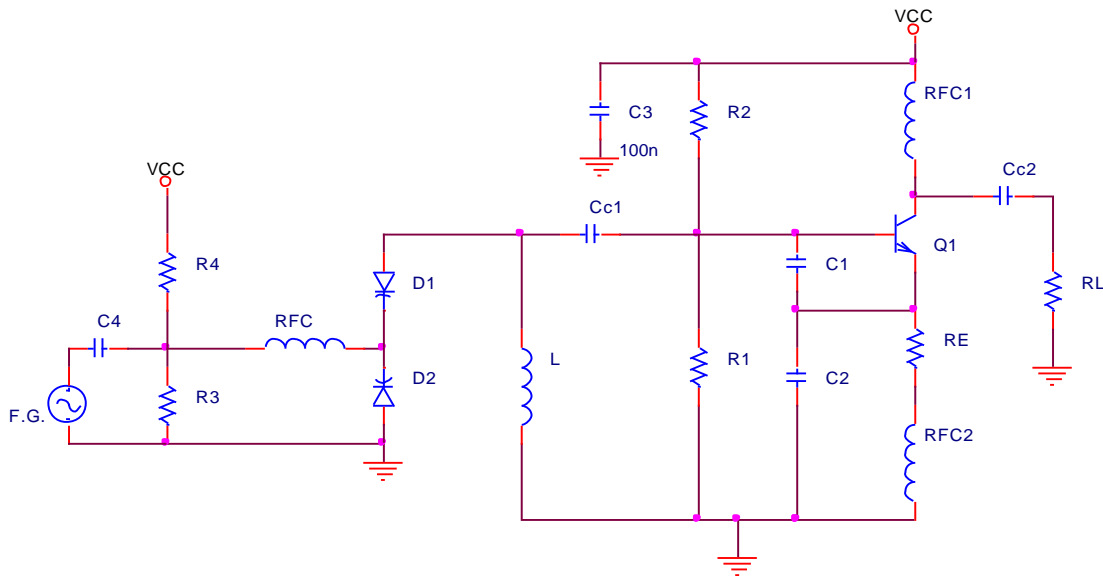
## مراحل طراحی :

- 1- با فرض  $L=50nH$  و  $f_0 = 124MHz$  و  $c1=c2$  با استفاده از رابطه  $C_i = \frac{c1c2}{c1+c2}$  مقدار  $c1$  و  $c2$  را بدست آورید.
- 2- یک جریان مناسب برای ترانزیستور در محدوده  $2mA \leq I_c \leq 10mA$  انتخاب کرده و از رابطه  $g_m = \frac{I_c}{V_T}$  مقدار  $g_m$  را بدست آورید. سپس با استفاده از رابطه  $r \leq \frac{g_m}{\omega^2 c1c2}$  ه ماکزیمم مجاز  $r$  را بدست آورید و ببینید که در محدوده مناسب قرار دارد یا نه؟
- سوال 1- اگر مقدار  $r$  از رابطه  $r \leq \frac{g_m}{\omega^2 c1c2}$  کمتر باشد مدار ناپایدار بوده و دامنه نوسان خروجی شروع به افزایش میکند. آیا در اینصورت در مدار عملی امکان نوسان پایدار وجود دارد؟
- 3- با فرض اینکه ولتاژ بیس 5 ولت باشد مقادیر مقاومت های  $RE$  و  $R1$  و  $R2$  را برای رسیدن به نقطه کار مورد نظر بدست آورید.
- سوال 2- آیا در تحلیل مدار نوسانساز و روابط بدست آمده امپدانس بار متصل به کلکتور تاثیری داشته است؟ در چه شرایطی این تحلیل (بی اثر بودن) هنوز درست است.
- سوال 3- آیا میتوان کلکتور را مستقیماً به خط مثبت تغذیه متصل نمود؟ در این حالت آیا میتوان خروجی را از امیتر گرفت؟
- 4- خازن های کوپلاژ را برای فرکانس ها  $100MHz$  محاسبه نمایید.
- 5- در صورتیکه اسپکتروم آنالایزر در دسترس است طیف سیگنال خروجی را مشاهده نمایید.



## مدار VCO :

دیود هایی که ظرفیت آنها تابعی از ولتاژ متغیر دو سرشان است را دیود ورکتور (varactor diode) مینامند. پس از اطمینان از کار اسیلاتور مدار را بصورت شکل 3 کامل کنید.



شکل (3)

فرکانس سیگنال ژنراتور را کمتر از 10KHz انتخاب کنید و اثر اعمال سیگنال را در خروجی VCO مشاهده نمایید. در صورتیکه اسپکتروم آنالایزر در دسترس است طیف سیگنال خروجی را مشاهده نمایید. پس از اطمینان از کار مدولاتور FM به جای فانکشن از میکروفون یا تقویت کننده صوتی استفاده کنید و صدای ایجاد شده را از یک رادیو FM بشنوید.

# MC1496, MC1496B

## Balanced Modulators/ Demodulators

These devices were designed for use where the output voltage is a product of an input voltage (signal) and a switching function (carrier). Typical applications include suppressed carrier and amplitude modulation, synchronous detection, FM detection, phase detection, and chopper applications. See ON Semiconductor Application Note AN531 for additional design information.

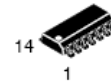
### Features

- Excellent Carrier Suppression –65 dB typ @ 0.5 MHz  
–50 dB typ @ 10 MHz
- Adjustable Gain and Signal Handling
- Balanced Inputs and Outputs
- High Common Mode Rejection –85 dB Typical
- This Device Contains 8 Active Transistors
- Pb-Free Package is Available\*

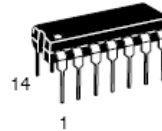


**ON Semiconductor®**

<http://onsemi.com>

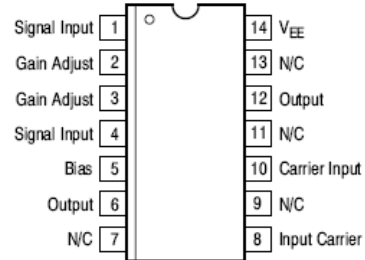


SOIC-14  
D SUFFIX  
CASE 751A



PDIP-14  
P SUFFIX  
CASE 646

### PIN CONNECTIONS



### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 12 of this data sheet.

### DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 12 of this data sheet.

## MC1496, MC1496B

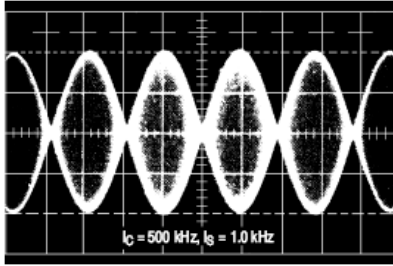


Figure 1. Suppressed Carrier Output Waveform

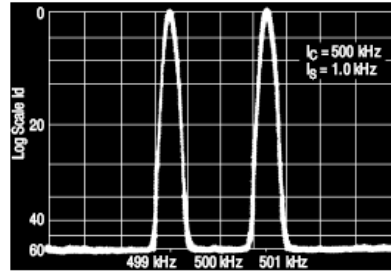


Figure 2. Suppressed Carrier Spectrum

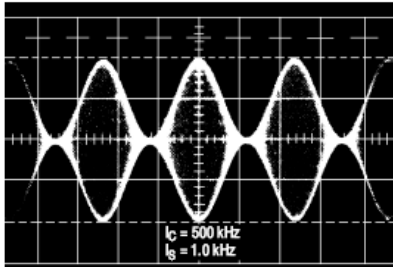


Figure 3. Amplitude Modulation Output Waveform

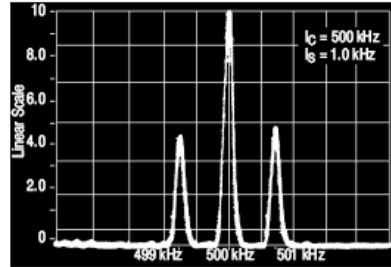


Figure 4. Amplitude-Modulation Spectrum

### MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Applied Voltage (V6-V8, V10-V1, V12-V8, V12-V10, V8-V4, V8-V1, V10-V4, V6-V10, V2-V5, V3-V5)	$\Delta V$	30	Vdc
Differential Input Signal	V8 - V10 V4 - V1	+5.0 $\pm(5 + 15R_e)$	Vdc
Maximum Bias Current	$I_5$	10	mA
Thermal Resistance, Junction-to-Air Plastic Dual In-Line Package	$R_{\theta JA}$	100	$^\circ\text{C/W}$
Operating Ambient Temperature Range	MC1496 MC1496B	$T_A$ 0 to +70 -40 to +125	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range		$T_{stg}$ -65 to +150	$^\circ\text{C}$
Electrostatic Discharge Sensitivity (ESD) Human Body Model (HBM) Machine Model (MM)	ESD	2000 400	V

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

## TYPICAL APPLICATIONS

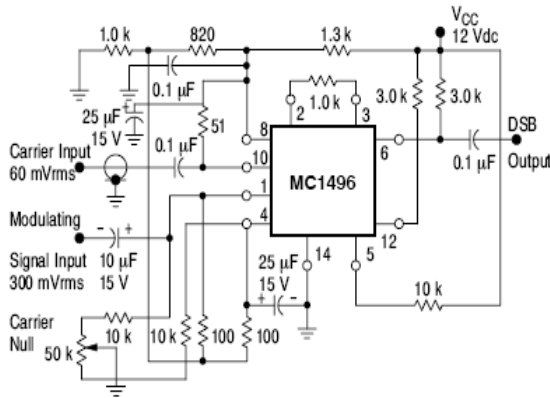


Figure 25. Balanced Modulator  
(12 Vdc Single Supply)

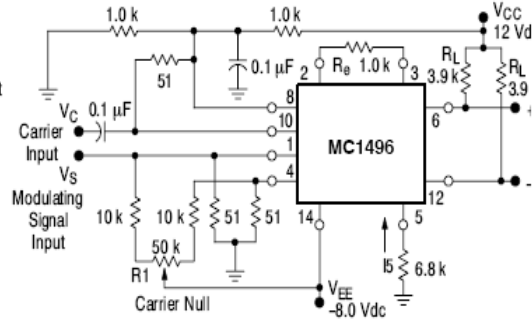


Figure 26. Balanced Modulator-Demodulator

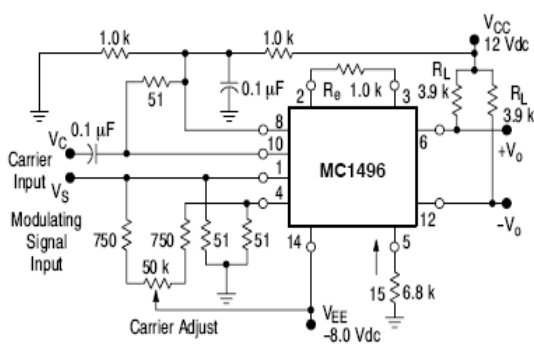


Figure 27. AM Modulator Circuit

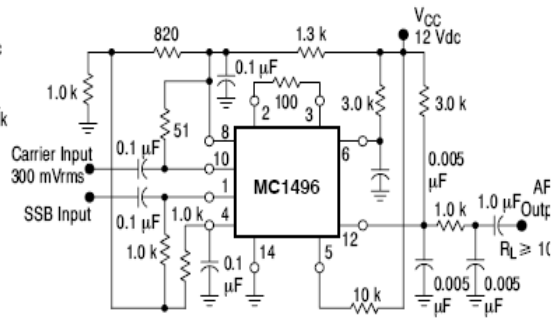


Figure 28. Product Detector  
(12 Vdc Single Supply)

### TC4017BP / TC4017BF DECADE COUNTER / DIVIDER

TC4017BP / BF is decimal Johnson counter consisting of 5 stage D-type flip-flop equipped with the decoder to convert the output to decimal.

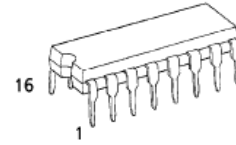
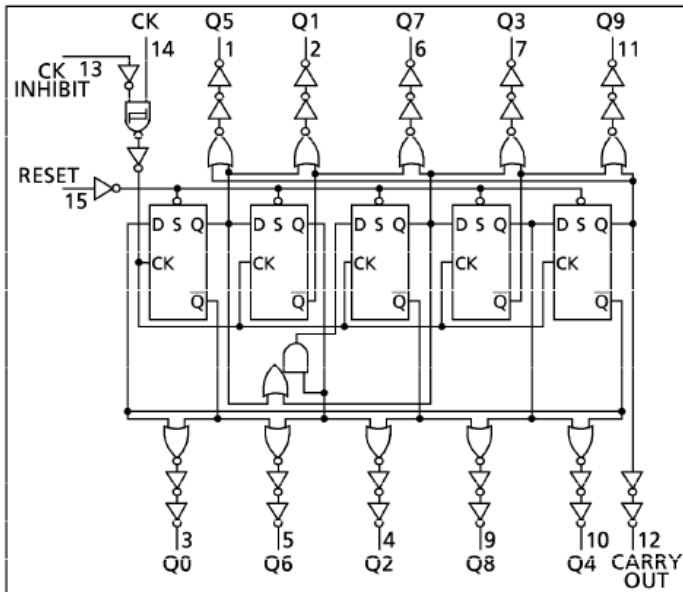
Depending on the number of count pulses fed to CLOCK or CLOCK INHIBIT one output among 10 output lines "Q0" through "Q9" becomes "H" level.

The counter advances its state at rising edge of CLOCK (CLOCK INHIBIT="L") or falling edge of CLOCK INHIBIT (CLOCK="H"). RESET input to "H" level resets the counter to Q0="H" and Q1 through Q9="L" regardless of CLOCK and CLOCK INHIBIT.

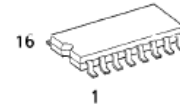
#### MAXIMUM RATINGS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
DC Supply Voltage	$V_{DD}$	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{SS} + 20$	V
Input Voltage	$V_{IN}$	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{DD} + 0.5$	V
Output Voltage	$V_{OUT}$	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{DD} + 0.5$	V
DC Input Current	$I_{IN}$	$\pm 10$	mA
Power Dissipation	$P_D$	300 (DIP) / 180 (SOIC)	mW
Operating Ambient Temperature Range	$T_{opr}$	-40~85	°C
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-65~150	°C

#### LOGIC DIAGRAM

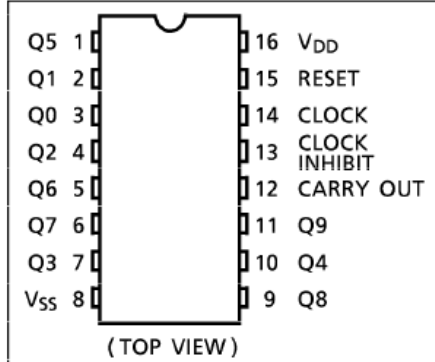


P (DIP16-P-300-2.54A)  
Weight : 1.00g (Typ.)



F (SOP16-P-300-1.27)  
Weight : 0.18g (Typ.)

#### PIN ASSIGNMENT



#### TRUTH TABLE

CLOCK $\Delta$	INPUTS		SELECTED OUTPUT
	CLOCK INHIBIT $\Delta$	RESET	
※	※	H	Q0
※	H	L	Qn (NC)
L	※	L	Qn (NC)
$\uparrow$	L	L	Qn + 1
$\downarrow$	L	L	Qn (NC)
H	$\uparrow$	L	Qn (NC)
H	$\downarrow$	L	Qn + 1

$\Delta$  ; Level Change

※ ; Don't Care

NC ; No Change

CARRY OUT { "H" ..... Q0 ~ Q4 = "H"  
"L" ..... Q5 ~ Q9 = "H"