دستور کار آزمایشگاه
الکترونیک III

استاد میرحسینی

تهیه کننده :

« علی عبداللهی »

82321280

آزمایش شماره یک
تقویت کننده با فیدبک

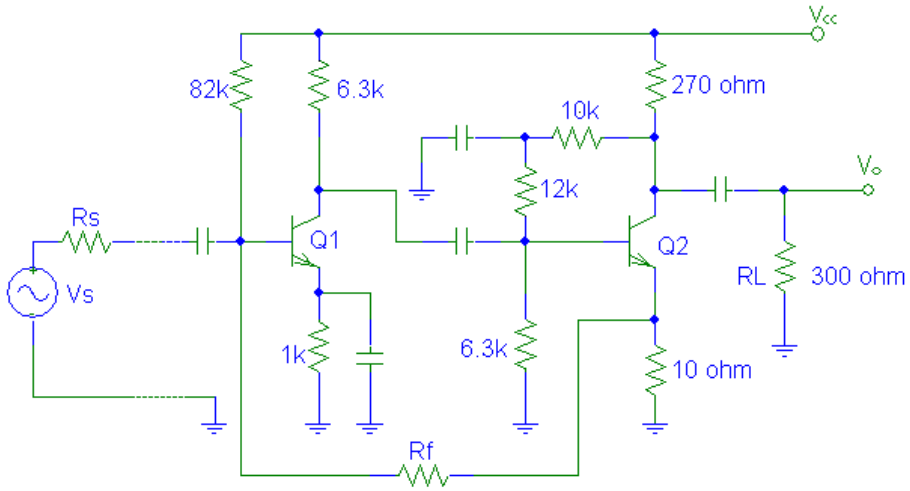
در این آزمایش ابتدا یک طرح پیشنهادی برای یک تقویت کننده با فیدبک داده می شود وبنحوی که درذیل خواسته شده است تست می گردد. در صورتیکه مقادیر اندازه گیری شده در این آزمایش با مشخصات مورد نظر اختلاف داشته باشد شما می توانید برای اصلاح کار مدار و یا ساده کردن مدار بنحوی که مشخصات خواسته شده را پاسخگو باشد، تغییرات لازم را بدهید. مدار خود را می توانید بعنوان آزمایش دوم مورد بررسی قرار دهید.

مشخصات موردنظر :

تقویت کننده در طبقه ای با پهنای باند نسبتاً زیاد و با فیدبک موردنظر است. این تقویت کننده قرار است که در داخل خط انتقال طویلی که دارای مشخصه **300** اهم است قرار گیرد. برای جلوگیری از انعکاس سیگنال و در نتیجه جلوگیری از اعوجاج فرکانس در خط بایستی که امپدانس ورودی و خروجی تقویت کننده **300** اهم باشد. ترانزیستور می تواند **BC107** با منبع تغذیه **12** ولتی و جریان ماکزیمم **30** میلی آمپر باشد. طبقه خروجی بایستی طوری طرح شود که حداکثر ولتاژ خروجی بدون اعوجاج را در، بار **300** اهم ایجاد کند (ولتاژ خروجی بایستی دارای پیک تا پیک بیش از $\mathbf{6^V}$ باشد).

مراحل آزمایش:

1. قسمت آخر مدار شکل زیر را ببندید و نقطه کار را طوری تنظیم کنید که ولتاژ خروجی در، بار **300** اهم حداکثر و بدون اعوجاج باشد. سپس بهره، امپدانس ورودی و خروجی و فرکانسهای $\mathbf{3^{db}}$ مدار را اندازه گیری و یادداشت نماید.



2. طبقه اول مدار را بسته و مرحله 1 را تکرار نمایید.

V_{CEQ1}= I_{CQ1}= A_{V1}=

f_{3dbH}= R_{i1}= R_{O1}=

f_{3dbL}=

3. دو طبقه را به هم متصل کرده و در صورت لزوم نقطه کار را برای بدست آوردن ماکزیمم ولتاژ خروجی تنظیم نمایید. بهره مدار، نقاط $\mathbf{3^{db}}$ و امپدانس ورودی و خروجی را اندازه گیری و یادداشت نمایید.

A_V= f_{3dbH}= f_{3dbL}=

R_i= R_O=

4. $\mathbf{R_L}$ را برداشته و بهره ولتاژ مدار را اندازه گیری کنید.

A_V=

5. فیدبک جریان-موازی را به مدار اضافه نمایید. ماکزیمم ولتاژ بدون اعوجاج، بهره ولتاژ بازای پیک تا پیک **2** ولت، نقاط $\mathbf{3^{db}}$ و امپدانس ورودی و خروجی را اندازه گیری و یادداشت نمایید.

$V_{Omaxp-p}$= f_H= f_L=

A_V= R_i= R_O=

6. پاسخ مدار هنگامیکه یک موج مربعی به آن اعمال می کنیم، مشاهده و نظر خود را در مورد شکل موج خروجی بیان نموده فرکانس موج ورودی را در حدود چند کیلو هرتز قرار داده و سپس شکل موج خروجی را ترسیم نمایید.

7. آیا مدار توانسته است به تمام هدفهای خواسته شده پاسخ دهد؟ اگر جواب شما مثبت است، آیا می توانید از این ترانزیستورها پاسخ بهتری بدست آورید(از نظر بهره ولتاژ، پهنای باند و قدرت مصرفی)؟ مدار خود را ترسیم و تمام مقادیر آن را با محاسبه بدست آورده و آزمایش را برای مدار خود تکرار کنید و اگر جواب شما منفی است، چه تغییراتی بایستی داده شود تا مشخصات خواسته شده را پاسخگو باشد؟ مدار خود را با محاسبه دقیق اجزا آن ترسیم

و درآزمایشگاه ببندید وپاسخ آن را با تکرار مراحل آزمایش قبلی بررسی نمایید. برای انتخاب بهترین مدار می توانید از ضریب شایستگی زیر استفاده نمایید:

$$\textbf{Figure of merit} = \textbf{FOM} = \frac{A_v(BW)^2}{P}$$

BW = پهنای باند بر حسب **MHz**

P = قدرت مصرفی مدار **mw**

به سؤالات زیر پاسخ دهید:

1. پارامترهای **h** ترانزیستور مورد استفاده شما در نقطه کار چقدر بوده است؟

برای ترانزیستور اول برای ترانزیستور دوم

2. بهره ولتاژ و فرکانس $\mathbf{3^{db}}$ و مقاومت ورودی و خروجی را برای مدار با توجه به پارامترهای فوق محاسبه نموده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه نمایید.

آزمایش شماره دو

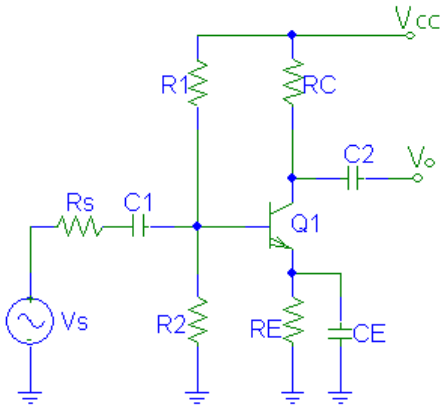
تقویت کننده Cascode

برای افزایش پهنای باند در تقویت کننده ها روشهای مختلفی وجود دارد یکی از این روشها Cascode کردن طبقات تقویت می باشد. یک تقویت کننده Cascode در واقع یک تقویت کننده امیتر مشترک به همراه یک تقویت کننده بیس مشترک است. بطوریکه گفته شد انگیزه اصلی استفاده از Cascode افزایش پهنای باند است و این هدف با گذاشتن ترانزیستور بیس مشترک بر روی امیتر مشترک که اثر میلری خازن $\mathbf{C_\mu}$ را کاهش می دهد ایفا می گردد. هدف از این آزمایش یادگیری روش با یاسینگ چنین طبقات و بررسی اثر طبقه بیس مشترک بر روی بهره و پهنای باند تقویت کننده امیتر مشترک می باشد.

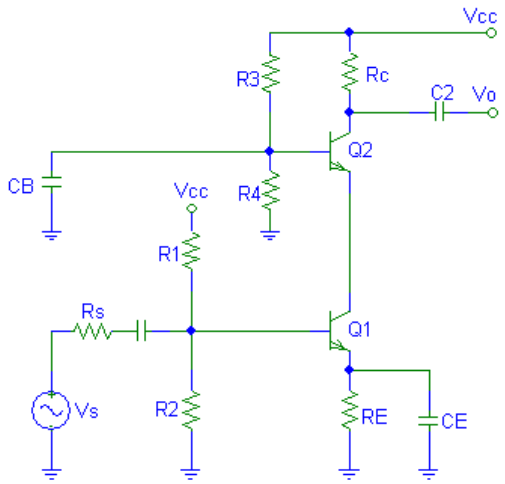
مراحل آزمایش:

1. مدار یک تقویت کننده امیتر مشترک در زیر داده شده است عناصر مدار را طوری انتخاب کنید که جریان نقطه کار $\mathbf{I_{CQ} = 2mA}$ گردد. سپس بهره مدار و پهنای باند آن را اندازه گیری نمایید.

$\mathbf{R_c=2/2\ k\Omega}$



2. بدون اینکه ترکیب کلی مدار را تغییر دهید و ترانزیستوری را بصورت بیس مشترک طبق شکل به مدار اضافه نموده و بایاس ترانزیستورجدید راطوری تنظیم کنید که همان جریان $\mathbf{I_{CQ} = 2mA}$ از مدار بگذرد.



3. نقطه کاری که برای آن تغییرات ولتاژ خروجی ماکزیمم خواهد شد چقدر است؟

V_{CEQ1}=

V_{CEQ2}=

4. بهره ولتاژ و پهنای باند مدار فوق را اندازه گیری نمایید.

A_V=

BW=

5. مقدار R_C را تغییر داده و اثر آن را بر روی بهره و پهنای باند مشاهده و یادداشت نمایید.

به سؤالات زیر پاسخ دهید:

1. بهره و پهنای باند مدار خود را محاسبه نموده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه نمایید.
2. علت افزایش پهنای باند را تشریح نمایید.
3. وظیفه خازن C_B چیست؟
4. چرا افزایش R_C نمی تواند مثل مدار امیتر مشترک اولی ضمن افزایش بهره ولتاژ پهنای باند را کاهش قابل توجّهی دهد؟

آزمایش شماره سه
تقویت کننده تفاضلی

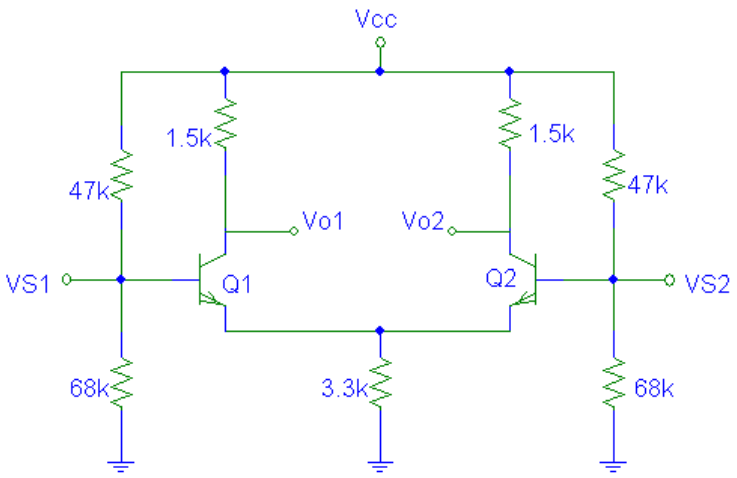
تقویت کننده تفاضلی یک تقویت کننده با دو ورودی است که اختلاف بین سیگنالهای ورودی را تقویت می کند. خروجی این تقویت کننده می تواند به صورت تفاضلی (**differential output**) یا تنها (**single ended**) یعنی با یک خروجی باشد. تقویت کننده تفاضلی می تواند منابع خطاهای مشترک رابه حداقل برساند. یکی دیگر از مزایای تقویت کننده دیفرانسیل رد سیگنالهای مشترک است (یعنی سیگنالهایی که بطور ناخواسته به هر دو ورودی وارد می گردند). یک تقویت کننده تفاضلی معمولاً ازدو ترانزیستور که امیترهای آنها بهم متصل شده اند تشکیل می یابد.

هدف آزمایش:

1. مشاهده سیگنال خروجی بازای ورودی های مختلف (خروجی می تواند از کلکتور یک ترانزیستور یا بیس دو کلکتور گرفته شود).
2. مشاهده یکی از خروجی ها به ازای یک ورودی ثابت ولی مقاومت $\mathbf{R_E}$ های مختلف که منجر به محاسبه **CMRR** می گردد.
3. تعیین مقاومت ورودی مدار.

مراحل آزمایش:

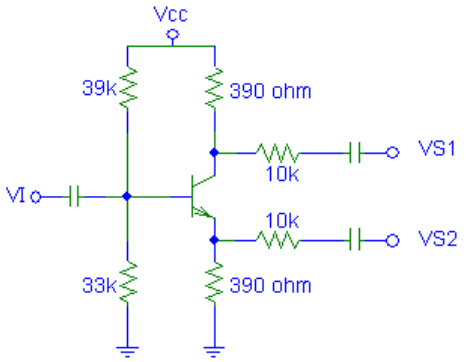
1. مدار زیر را بسته و $\mathbf{V_{CE}}$ را اندازه گیری کنید ($\mathbf{V_{CE}}$ حداقل بایستی برابر **3V** باشد). سعی کنید که با $\mathbf{V_{S1} = V_{S2}}$ اختلاف بین $\mathbf{V_{O1}}$ و $\mathbf{V_{O2}}$ نیز حدود صفر شود. **0 =**



2. دو ولتاژ همفاز و هم دامنه V_{S1} و V_{S2} را (با خازن کوپلاژ) به ورودی های تقویت کننده وارد کنید و دامنه سیگنال ورودی را طوری تنظیم کنید که ترانزیستورها به اشباع نرسند. در این حالت بهره $\frac{V_{O1}}{V_{S1}}$, $\frac{V_{O2}}{V_{S2}}$, $\frac{V_{O2}-V_{O1}}{V_{S2}}$ را به دست آورید.

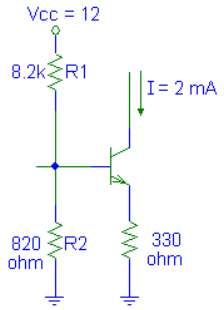
3. یکی از ورودی ها (مثلاً V_{S1}) را به وسیله یک خازن بزرگ به زمین متصل کنید و مجدداً بهره های خواسته شده در فوق را اندازه گیری کنید. مقاومت ورودی در این حالت چقدر است؟

4. دو سیگنال با اختلاف فاز **180** که توسط **phase splitter** تهیه می شود را به دو ورودی V_{S1} و V_{S2} متصل نموده و بهره های فوق را مجدداً اندازه گیری نمایید. مقاومت ورودی مدار در این حالت چقدر است؟



5. مقاومت R_E را اندکی تغییر داده (بطوریکه نقطه کار **DC** ترانزیستور در قسمت فعال باقی بماند) و اثر آن را بر روی بهره های فوق ببینید. (برای دیدن این اثر می توانید مراحل 2 و 4 را تکرار کنید).

6. به جای مقاومت R_E از منبع جریان شکل زیر استفاده نموده و مقاومت R_2 را طوری تنظیم کنید که جریان **I** برابر **2mA** گردد. (همان جریانی که تقویت کننده تفاضلی فوق احتیاج دارد) . سپس این مدار را بجای R_E قرار داده و مراحل 2، 3 و 4 را تکرار کنید. ضریب **CMRR** را برای این مدار اندازه گیری نموده و با قسمتهای قبلی مقایسه نمایید.



گزارش کار: گزارش کار بایستی حاوی مقادیر اندازه گیری شده و بحث در مورد اعداد و نتایج بدست آمده باشد و تا آنجا که امکان دارد باید با تئوری مقایسه گردد.

آزمایش شماره چهار
تقویت کننده عملیاتی

چون برای این و چند آزمایش دیگر از **Op.Amp. 741** استفاده می شود مشخصات کامل این **Op.Amp.** به شما داده می شود.

در این آزمایش از **Op.Amp.** به عنوان دو نوع تقویت کننده معکوس کننده و معکوس نکننده استفاده خواهیم کرد.

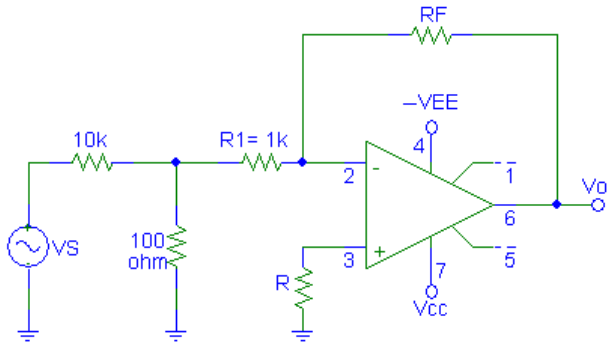
توجه: برای تغذیه **Op.Amp.** از دو ولتاژ تغذیه مثبت و منفی و برابر استفاده می شود. قبل از اعمال منبع تغذیه، سیگنالی به ورودی **Op.Amp.** داده نشود. همچنین هنگام خاموش کردن، ابتدا سیگنال ژنراتور و سپس منبع تغذیه ها را خاموش کنید.

مراحل آزمایش:

توضیح: تقسیم کننده ولتاژ در ورودی مدار برای کاهش ولتاژ ژنراتور و سهولت و دقت اندازه گیری بسته شده و در نتیجه آزمایش اثری نخواهد داشت.

A – مدار زیر را ببندید.

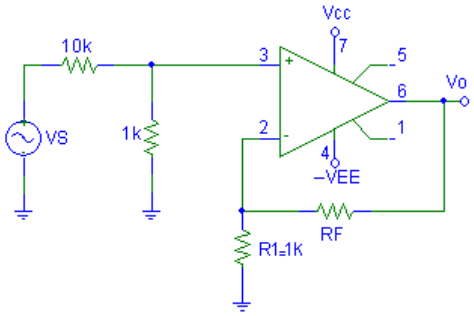
$\mathbf{V_{CC} = - V_{EE} = 12V}$



بازای $\mathbf{R_1 = 1k\Omega}$ ،$\mathbf{R_F}$ را برابر $\mathbf{10^{k\Omega}}$ ، $\mathbf{100^{k\Omega}}$ ، $\mathbf{1^{M\Omega}}$ قرار دهید.

1. منحنی های پاسخ فرکانس و فاز را بازای فرکانسهای مناسب (حدود فرکانس 3^{db}) ترسیم کنید. ولتاژ سیگنال ژنراتور و دو سر مقاومت $\mathbf{1^{k\Omega}}$ اندازه گیری نموده و از روی آن مقاومت ورودی را در یک جدول مرتب کنید.
2. حاصلضرب بهره در پهنای باند را در هر سه حالت حساب کنید و حاصل را مقایسه نمایید.
3. مقاومت خروجی مدار مورد آزمایش را اندازه گیری کنید.

B – مدار زیر را ببندید:



مراحل آزمایش:

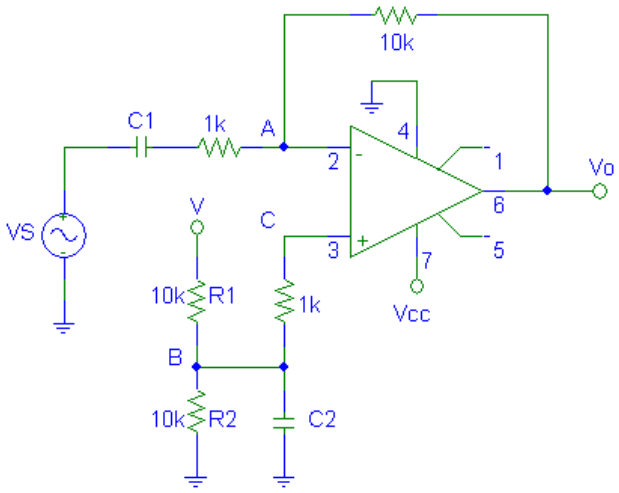
بهره ولتاژ مدار را برای $\mathbf{R_F = 10^{k\Omega}, 100^{k\Omega}, 1^{M\Omega}}$ اندازه گیری نموده و به اختلاف فاز ولتاژ ورودی و خروجی توجه داشته باشید.

آزمایش شماره پنج
مدار Op.Amp. با یک منبع تغذیه

هرگاه از **Op.Amp.** در مداری با یک منبع تغذیه استفاده نماییم اولین سؤالی که مطرح می شود این است که خروجی حول چه ولتاژی تغییر خواهد کرد. اگر خروجی **Op.Amp.** بازای ورودی صفر، صفر باشد، پس از وارد کردن سیگنال مسلماً تقارن در شکل موج خروجی وجود نخواهد داشت. برای اینکه شکل موج خروجی اعوجاج نداشته باشد بایستی ولتاژ **dc** خروجی را بازای ولتاژ **ac** ورودی صفر، افزایش دهیم. در صورتیکه بخواهیم از حداکثر امکانات منبع تغذیه استفاده کنیم، بهتر است که ولتاژ خروجی را بر روی $\frac{V_{cc}}{2}$ تنظیم نماییم. برای بررسی این موضوع و دیدن طرز کار مدار، آزمایش زیر را انجام می دهیم.

مراحل آزمایش:

مدار زیر را ببندید:



1. ولتاژهای **dc** و **ac** ی نقاط زیر را اندازه گیری و یادداشت نمایید.

$V_A =$ $V_B =$

$V_C =$ $V_O =$

تغییر ولتاژ **V** چه اثری بر روی مقادیر اندازه گیری فوق دارد؟

2. سیگنال **ac** با فرکانس حدود **1 kHz** را به مدار اعمال نمایید. مجدداً ولتاژهای **ac + dc** نقاط فوق را اندازه گیری کنید، بهره مدار را نیز بدست آورید.

3. وظیفه خازن C_1، مقاومتهای R_1 و R_2 و خازن C_2 چیست؟

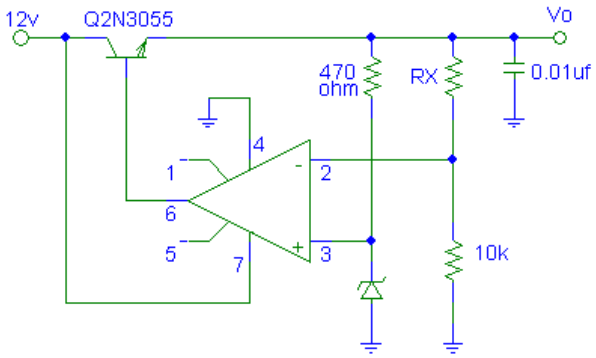
4. یکی از کاربردهای مدار فوق در منبع تغذیه با کنترل **Op.Amp.** است.

شکل این مدار در زیر داده شده است ابتدا $\mathbf{R_X = 4.7^{k\Omega}}$ در نظر بگیرید.

5. فقط قسمت دوم مدار را بسته و منحنی تغییرات ولتاژ خروجی را برحسب ولتاژ ورودی رسم کنید. $\mathbf{V_{imax} = 15^{V}}$

6. با ولتاژ **15** ولت و مقاومت بار $\mathbf{47^{\Omega}}$ و $\mathbf{100^{\Omega}}$ **و** $\mathbf{1^{k}}$ **و** $\mathbf{R_L = \infty}$ ولتاژ خروجی و مقاومت خروجی مدار را اندازه گیری نمایید (توجه به وات مقاومتها داشته باشید).

7. $\mathbf{R_X}$ را با مقاومت $\mathbf{10^{k\Omega}}$ عوض کنید. مجدداً ولتاژ خروجی را اندازه گیری نمایید. علت تغییر ولتاژ خروجی را توضیح و با مقاومت با $\mathbf{R_L = 470^{\Omega}}$ منحنی تغییرات ولتاژ خروجی برحسب ورودی را رسم کنید. ضمناً رابطه ریاضی برای مقدار ولتاژ خروجی را بدست آورید.



8. برای مدار بالا $\mathbf{R_X = 4.7^{k\Omega}}$ و $\mathbf{R_L = 100^{\Omega}}$ قرار داده، میزان ریپل ورودی و خروجی را اندازه گیری نموده و ضریب تضعیف ریپل را برحست **db** محاسبه نمایید.

9. ترانزیستور در مدار فوق در کدامیک از سه حالت **C.B.** ، **C.C.** و **C.E.** قرار دارد؟

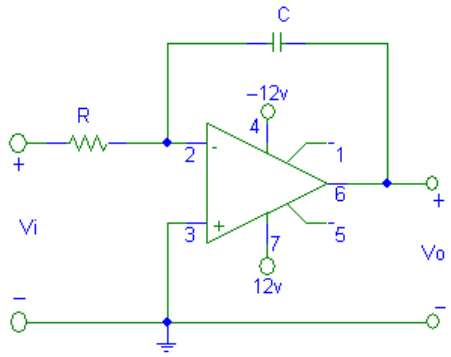
آزمایش شماره شش

انتگرال گیر و مشتق گیر با استفاده از Op.Amp.

الف: انتگرال گیر

از **Op.Amp.** که در آن فیدبک منفی توسط خازن اعمال گردد می توان بعنوان انتگرال گیر استفاده کرد. مدار ساده یک انتگرال گیر در زیر نشان داده شده است. اگر **Op.Amp.** را ایده آل فرض کنیم ولتاژ خروجی آن برابر است با:

$$v_0 = -\frac{1}{RC}\int v_i\,dt$$



ثابت زمانی **T = RC** زمان مشخصه انتگرال گیر نامیده می شود. گاهی اوقات ساده تر خواهد بود که $\frac{1}{T}$ را مثل بهره انتگرال گیر برحسب $^{volt}/_{sec}$ ، ولتاژ خروجی به ازای یک ولت ورودی تصور کنیم.

تقویت کننده های معمولی یا واقعی معمولاً رفتار متفاوتی با **Op.Amp.** ایده آل خواهند داشت بخصوص ولتاژ آفست ورودی و جریان بایاس تقویت کننده ممکن است سبب شارژ مداوم خازن شوند حتی موقعی که ولتاژ ورودی برابر صفر باشد. بنابراین ولتاژ خروجی با زمان تغییر می کند (**drift**) و از قرار معلوم تقویت کننده به اشباع می رسد.

1. اندازه گیری مقدار **drift** در انتگرال گیر:

میزان **drift** ولتاژ خروجی تقویت کننده شکل فوق را می توان از رابطه زیر تعیین نمود.

$$\frac{dv_0}{dt} = \pm\frac{v_{io}}{RC} + \frac{I_b}{C}$$

که در آن v_{io} ولتاژ آفست ورودی تقویت کننده و I_b جریان بایاسی است که توسط ورودی منفی تقویت کننده کشیده می شود.

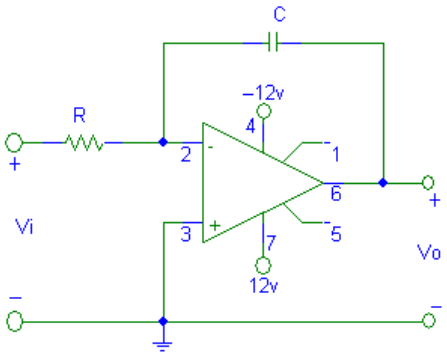
مقدار I_b^- و v_{io} را می توان عملاً با اندازه گیری مقدار **drift** برای مقدار مختلف **C , R** بدست آورد. آزمایش را به صورت زیر انجام داده و جدول داده شده را پرکنید. در تمام حالات ورودی را مساوی صفر قرار دهید (ورودی را اتصال کوتاه کنید). در ابتدا دو سر خازن **C** را نیز اتصال کوتاه کنید سپس اتصال کوتاه را برداشته و مقدار **drift** را بر روی اسیلوسکوپ (در صورت امکان **time base** آن را بر روی $1\ ^{Sec}/_{div}$ یا بیشتر قرار دهید) ملاحظه و ترسیم نمایید. شیب این منحنی می تواند مثبت یا منفی باشد که تعیین کننده جهت **drift** است و جائز اهمیت می باشد.

با استفاده از رابطه داده شده مقدار v_{to} و I_b^- را برای **Op.Amp.** مورد استفاده خود پیدا کنید.

T=RC(sec)	R=(k Ω)	C(μf)	$\frac{dv_0}{dt}$	T=RC(sec)	R=(k Ω)	C(μf)	$\frac{dv_0}{dt}$
	12	0.15			120	0.15	
$\approx 2 * 10^{-3}$	18	0.1		$\approx 2 * 10^{-3}$	180	0.1	
	39	0.5			390	0.5	

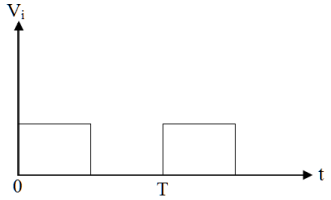
2. آزمایش مربوط به انتگرال گیر:

مدار شکل زیر را ببندید و به طریقی آفست ولتاژ خروجی را صفر نمایید.



a - یک موج مربعی با دامنه **2V** پیک تو پیک و فرکانس **1 kHz** را به ورودی مدار اعمال نموده و شکل موج ولتاژ خروجی را بازای چند **RC** مشاهده و ترسیم نمایید (**RC** ها را طوری انتخاب کنید که بزرگتر، کوچکتر، یا مساوی پریود موج مربعی باشد).

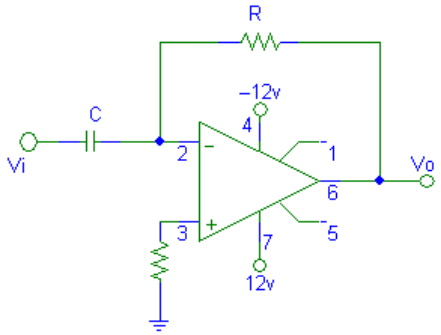
b - یک پالس مربعی با دامنه یک ولت طبق شکل زیر را به مدار اعمال کنید و خروجی مدار را به ازای $R=10^{k\Omega}$ و $C = 0.1^{\mu f}$ ترسیم نمایید.



ب- آزمایش مشتق گیر:

اگر در یک تقویت کننده عملیاتی فیدبک منفی از طریق مقاومت و ولتاژ ورودی از طریق خازن به ورودی منفی **Op.Amp.** وارد گردد، یک مشتق گیر نتیجه می شود. مدار یک مشتق گیر در زیر نشان داده شده است. اگر **Op.Amp.** را ایده آل فرض کنیم در این صورت ولتاژ خروجی برابر است با:

$$v_0 = -RC\frac{dv_1}{dt}$$



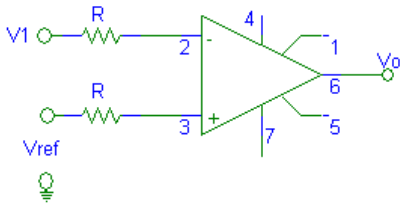
مراحل آزمایش:

ورودی را یک موج مثلثی با دامنه پیک تو پیک 2 ولت و فرکانس **250** ^{Hz} و یا چیزی در این حدود انتخاب کنید. سپس بازای **C = 0.1** $^{\mu f}$ و **R = 10** $^{k\Omega}$ **, 100** $^{k\Omega}$ شکل موج خروجی را ترسیم نمایید. آیا در شکل موج خروجی نوسانات میرا شونده دیده می شود؟ اگر جواب شما مثبت است نظر شما در مورد آن چیست؟ اگر نوساناتی دیده شد می توان این بی ثباتی را با گذاشتن یک مقاومت بطور سری با **C** و یا با گذاشتن C_F بصورت موازی با **R** و یا با گذاشتن هر دو عنصر فوق جبران نمود. آزمایش را انجام داده و مقادیر مقاومت و خازن استفاده شده را یادداشت و شکل موج خروجی را پس از جبران سازی ترسیم نمایید.

آزمایش شماره هفت
مقایسه کننده ها

الف- مقایسه کننده های معمولی:

کار مقایسه کننده اساساً مقایسه دو سیگنال و بیان اینکه کدامیک بزرگتر است می باشد. یکی از راههای ساده برای مقایسه دو سیگنال استفاده از تقویت کننده عملیاتی به صورت دیفرانسیل زیر است که در آن از یک منبع ولتاژ $\mathbf{V_{ref}}$ استفاده شده است.



در این مدار خروجی تقویت کننده موقعی که ورودی آن به مرز $\mathbf{V_{ref}}$ می رسد به اشباع خواهد رسید. اگر بخواهیم پلاریته ولتاژ خروجی را عوض کنیم کافی است که محل اعمال $\mathbf{V_{ref}}$ و $\mathbf{V_1}$ را تعویض نماییم.

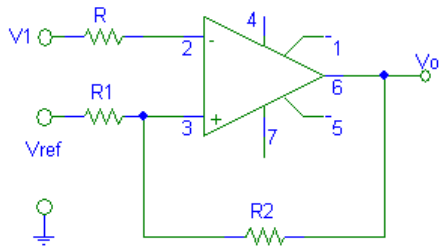
مراحل آزمایش:

1. مدار مقایسه کننده فوق را ببندید (بایاس را **±12V** انتخاب کنید).
2. اگر به $\mathbf{V_1}$ به جای ولتاژ **DC** یک ولتاژ دندانه ارهای اعمال گردد، شکل موج خروجی را بازای سه ولتاژ مختلف $\mathbf{V_{ref}}$ ترسیم کنید. نتیجه کار را تشریح و یکی از موارد استعمال مهم اینگونه مدار را بیان کنید.
3. اگر به جای استفاده از دو منبع تغذیه، فقط از یک منبع تغذیه **12V** استفاده شود مراحل 2 و 3 را تکرار نموده و نتایج حاصله را با حالت قبل مقایسه و اثر داشتن یک منبع تغذیه را در چنین مداری بنویسید. توجه داشته باشید که در این حالت آفست خروجی صفر نخواهد بود.

ب- Regenerative Comparator :

اگر تغییرات سیگنال ورودی مقایسه کننده خیلی آهسته باشد، سرعت سوییچینگ مقایسه کننده به سرعت تغییرات سیگنال ورودی وابسته خواهد شد. در چنین حالاتی می توان با وارد کردن فیدبک مثبت به مقایسه کننده سرعت سوییچینگ آن را به حدی که فقط بوسیله **Slow Rate** تقویت کننده عملیاتی محدود می گردد افزایش

داد. مقایسه کننده ای که فیدبک مثبت استفاده نماید به مقایسه کننده رژنراتیو (**Regenerative**) موسوم است و تابع انتقالی آن دارای خاصیت هیسترزیس (**Hysteresis**) می باشد. یک مدار عملی برای بررسی اثر فوق به صورت زیر است.



در مدار فوق ولتاژ V_f برابر است با:

$$V_f = \frac{(V_1 - V_{ref})R_1}{R_1 + R_2} + V_{ref}$$

مادامی که $V_1 < V_f$ گردد، V_0 دارای ماکزیمم مقدار خود و در نتیجه V_f همچنان از V_1 بزرگتر باقی خواهد ماند. ولی لحظه ای که $V_1 > V_f$ گردد، V_0 بلافاصله به حداقل مقدار خود در مدار می رسد و V_f سریعاً کاهش یافته و در نتیجه باعث کاهش بیشتر خود از V_1 می گردد.

حال اگر مجدداً $V_1 < V_f$ گردد، V_0 ماکزیمم شده و مدار به حالت اول برمی گردد. به این ترتیب در مدار یک حالت هیسترزیس ایجاد می گردد.

مراحل آزمایش:

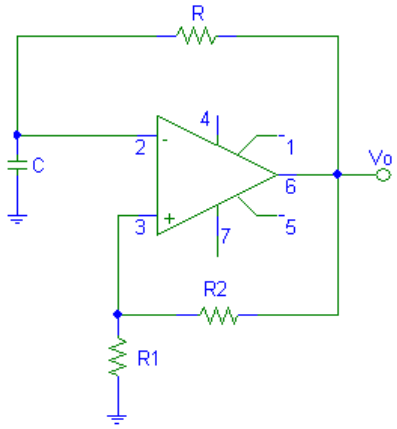
1. مدار تقویت کننده فوق را ببندید (بایاس را **±12V** انتخاب کنید).
2. آفست خروجی به ازای ورودی صفر و $V_{ref} = 0$ چقدر است؟
3. با $V_{ref} = 0$ ولتاژهای مختلف **DC** به ترمینال V_1 وارد کرده و با اندازه گیری V_1 و V_f ، V_0 را بر حسب V_1 ترسیم نمایید. دقت کنید که ولتاژهای V_1 را حساب شده انتخاب نمایید و به نقاط بحرانی در مدار توجه کنید. مقدار هیسترزیس در این مدار چقدر است؟
4. V_{ref} را برابر **+4** و **-4** ولت قرار داده و مجدداً منحنی تغییرات ولتاژ خروجی برحسب V_1 را رسم کرده و مقدار هیسترزیس در هر حالت را تعیین نمایید.
5. با توجه به منحنی های حاصله آیا اسم خاصی برای این مدار می شناسید؟

6.به جای V_1 ای یک ولتاژ سینوسی استفاده کرده و شکل موج خروجی را بازای چند V_{ref} (مثلاً **0** ، **4+** و **4-** ولت) ترسیم نموده و تفاوتها را بیان نمایید.

7.با استفاده از اسیلوسکوپ منحنی هیسترزیس مدار را به ازای V_{ref}های مرحله 6 بدست آورید.

ج- Astable Multivibrator :

با اضافه کردن فیدبک منفی به طریق زیر به مدار مقایسه کننده با فیدبک مثبت بک مدار مولتی ویبراتور استابل نتیجه می شود. در این مدار ولتاژ **V** توسط خازن **C** که خود از طریق **R** از خروجی شارژ می شود تأمین می گردد.



1.مدار فوق را بسته و شکل موجهای نقاط V_0 و V_1 را مشاهده و ترسیم نمایید.

2.R_1 , R_2 را تغییر داده و با دیدن شکل موجها، اثر آن ها را تشریح کنید.

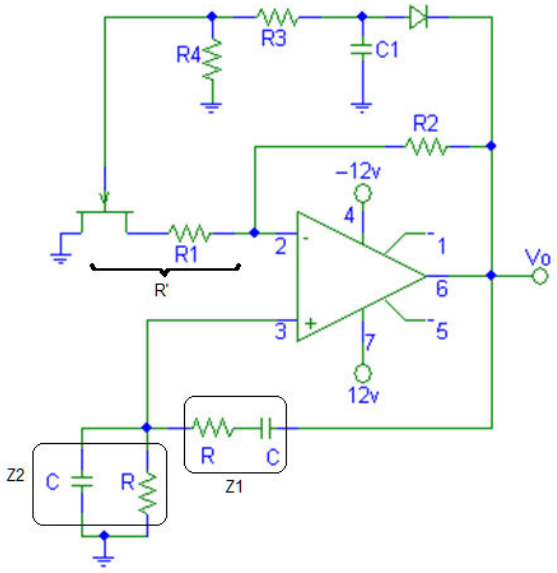
3.مقاومت **R** و **C** را تغییر داده و اثر آن را بررسی کنید.

4.حداکثر فرکانس کار مدار که دامنه خروجی مثل حالات قبل ثابت بماند چقدر است؟

آزمایش شماره هشت
نوسانسازهای RC

الف- نوسانساز Wien Bridge :

از تقویت کننده عملیاتی می توان برای تولید سیگنال سینوسی استفاده کرد در صورتی که فیدبک مثبت لازم را به وسیله عناصر خارجی به آن وارد کنیم. یکی از نوسانسازهای معمولی که بوسیله **Op.Amp.** ساخته می شود نوسانساز **Wien Bridge** است. مدار این نوسانساز مطابق شکل زیر است. در این مدار دو مسیر فیدبک وجود دارد یکی فیدبک مثبت که از طریق Z_1 , Z_2 و دیگری فیدبک منفی که از طریق R_1' و R_2 انجام می گیرد. استفاده از **FET** در مسیر فیدبک منفی به خاطر غیر خطی کردن بهره تقویت کننده است بطوریکه نهایتاً $A\beta$ (بهره حلقه) برابر واحد گردد.



مراحل آزمایش:

مدار فوق را ببندید (عناصر مدار را طوری انتخاب کنید که مدار بر روی فرکانس مثلاً **1 kHz** نوسان کند).

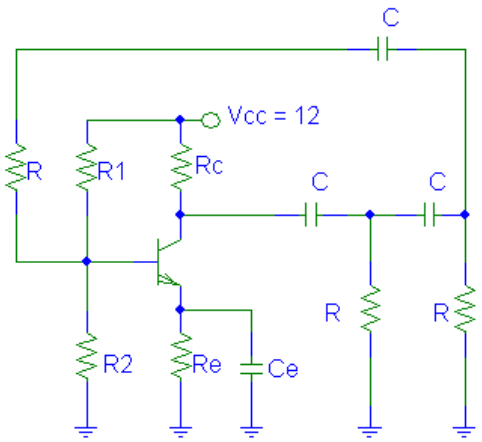
1. بدون قرار دادن **FET** را به مدار اضافه نموده و شکل موج خروجی را با مشخص کردن دامنه پیک تو پیک آن رسم کنید.

2. اگر دامنه خروجی کمتراز $20\ V_{p-p}$ است، بایاس **FET** را طوری تنظیم کنیدکه ماکزیمم خروجی را دریافت دارید.

3. اگر **Slow Rate** تقویت کننده عملیاتی **741** برابر $0.5\ ^{V}/_{\mu sec}$ باشد، حداکثر فرکانسی که بوسیله این نوسانساز با پیک تو پیک **20 V** قابل ساخت است چقدر می باشد؟ جواب خود را با انجام آزمایش امتحان کنید.

ب- Phase Shift Oscilator :

یکی از روشهای ساخت این نوع نوسان ساز استفاده از ترانزیستور **BJT** است. مدار یک چنین نوسان سازی می تواند به صورت شکل زیر باشد.



مراحل آزمایش:

1. مدار شکل فوق را با استفاده از ترانزیستور **BC107B** ببندید و مقاومتها و خازنها را طوری انتخاب کنید که مدار بر روی فرکانس **1 kHz** نوسان کند.
2. ولتاژهای نقطه کار را اندازه گیری نمایید.
3. شکل موج خروجی را با مشخص کردن دامنه ه فرکانس یادداشت نمایید سعی کنید مدار طوری طرح شود که از حداکثر $\mathbf{V_{CC}}$ برای پیک تو پیک نوسانات استفاده گردد.
4. اثر تغییرات **R** و **C** را بر روی فرکانس مشاهده کنید.