آزمایشگاه الکترونیک ۳

مدرس:

دکتر ذاکرحقیقی

فهرست :

آزمایش ۱: تقویت کننده های کلاس A , B , AB , C ۳

آزمایش۲: پاسخ فرکانسی تقویت کننده امیتر مشترک ۵

آزمایش۳: پاسخ فرکانسی تقویت کننده بیس مشترک ۸

آزمایش۴: جبران فرکانسی با کاهش اثرمیلر در تقویت کننده های باند پهن (پاسخ فرکانسی تقویت کننده کسکود) ۱۱

آزمایش۵: بررسی پاسخ فرکانسی تقویت کننده با فیدبک ۱۴

آزمایش۶: بررسی تقویت کننده های MOSFET و پاسخ فرکانسی تقویت کننده سورس مشترک ۱۶

آزمایش ۷: اندازه گیری مشخصات تقویت کننده های عملیاتی-Operational Amplifier ۱۸

آزمایش ۸: پاسخ فرکانسی تقویت کننده های عملیاتی در حالت حلقه باز و حلقه بسته ۲۳

آزمایش ۹: کاربردهای غیرخطی تقویت کننده های عملیاتی(۱)- یکسوساز دقیق نیم موج و تمام موج ۲۶

آزمایش ۱۰: کاربردهای غیرخطی تقویت کننده های عملیاتی(۲)- لگاریتم گیر و مقایسه کننده ها ۲۸

آزمایش ۱۱: تقویت کننده باند باریک با مدار تانک ۳۲

آزمایش اول

تقویت کننده های کلاس A , B , AB , C

مقدمه:

بر حسب این که تقویت کننده در چه مقدار از یک دوره تناوب(T)، سیگنال AC ورودی را تقویت کند, آن را در یکی از کلاس های A, B , AB یا C طبقه می کنند.

تقویت کننده کلاسA

در این نوع تقویت کننده، سیگنال الکتریکی از دو طرف مثبت و منفی، به یک اندازه تقویت می شود و ترانزیستور در تمام مدت یک سیکل(ورودی سینوسی)در ناحیه ی فعال قرار می گیرد لذا نقطه کار ترانزیستور باید طوری انتخاب شود که هیچ قسمتی از سیگنال (مثبت یا منفی) حذف نشود. در این کلاس تقویت کنندگی، اعوجاج سیگنال تقویت شده در خروجی بسیار کم است.

تقویت کننده کلاسB

در تقویت کننده این کلاس، ترانزیستور فقط برای نیم سیکل در ناحیه ی فعال قرار می گیرد و در مدت نیم سیکل دیگر خاموش می باشد؛ بعبارت دیگر دیود بیس امیتر را بایاس نمی کنند لذا بخش پایین تر از ۰,۷ در ولتاژ ورودی تقویت نشده و در خروجی پدیدار نمی شود، در این کلاس اعوجاج سیگنال تقویت شده خروجی زیاد است.

تقویت کننده کلاسAB

نقطه کار در این کلاس تقویت کننده، بین کلاس A و B قرار می گیرد؛ برای این کار معمولا دیود بیس امیتر ترانزیستور را در آستانه هدایت سیلیسیم حدود ۰/۶ ولت بایاس می کنند. در این کلاس، ترانزیستور برای بیشتر از نیم سیکل در ناحیه فعال و کمتر از نیم سیکل در ناحیه قطع است. ، این تقویت کننده از تقویت کننده کلاس A کار ا تر و خطی تر عمل می کند و اعوجاج سیگنال خروجی در این کلاس اندکی کم تر از کلاس B است.

تقویت کننده کلاسC

در این نوع تقویت کننده فقط قسمت کمی از نیم سیگنال مثبت یا منفی بسته به نوع ترانزیستور NPN و PNP تقویت می شود بایاسینگ بیس امیتر معمولا به طور معکوس انجام می گیرد.

روش آزمایش :

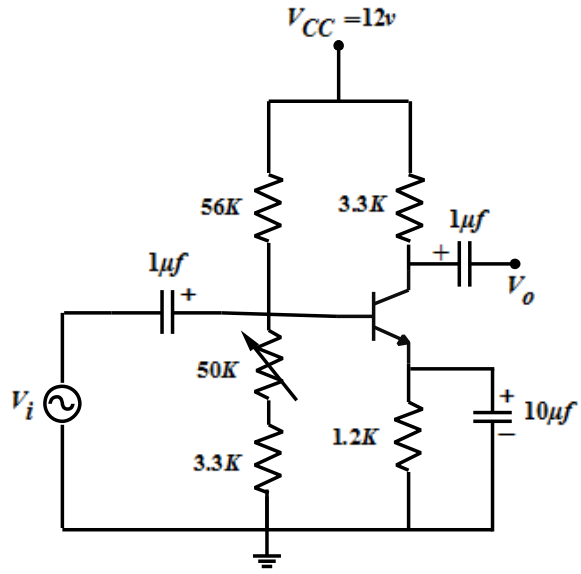
الف- مدار آزمایش را مطابق شکل ۱-۱ ببندید و با تغییر رئوستا ، تقویت کننده را در کلاس A قرار دهید .($V_{CE} = \frac{1}{2}V_{CC}$)

۱ . مقادیر V_{CE}وV_{BE} را اندازه گرفته و یادداشت نمایید .

۲ . موج ورودی V_i را روی فرکانس 1KHz تنظیم نمایید و دامنه آن را طوری تنظیم کنید که خروجی بدون اعوجاج باشد .

۳ . شکل موج ورودی و خروجی را با مقیاس کامل رسم کنید .

۴ . بهره ولتاژ مدار را حساب کنید .



شکل۱-۱

ب- در مدار شکل۱-۱ با تغییر رئوستا تقویت کننده را در کلاس **AB** قرار دهید.($\mathbf{V_{CE}=\frac{3}{4}V_{CC}}$)

۱ . مقادیر $\mathbf{V_{CE}}$و$\mathbf{V_{BE}}$ را اندازه گرفته و یادداشت نمایید .

۲ . دامنه موج ورودی را بنحوی تنظیم کنید که قسمتی از موج خروجی قطع شود .

۳ . شکل موج ورودی و خروجی را با مقیاس کامل رسم کنید .

ج- مقاومت **۵۶K** را از مدار خارج کنید.(مدار باز)

۱ . مقادیر $\mathbf{V_{CE}}$و$\mathbf{V_{BE}}$ را اندازه گرفته و یادداشت نمایید .

۲ . موجی با معادله $\mathbf{V_i = sin2000\pi t}$ به ورودی مدار اعمال کنید .

۳ . شکل موج ورودی و خروجی را با مقیاس کامل رسم کنید .

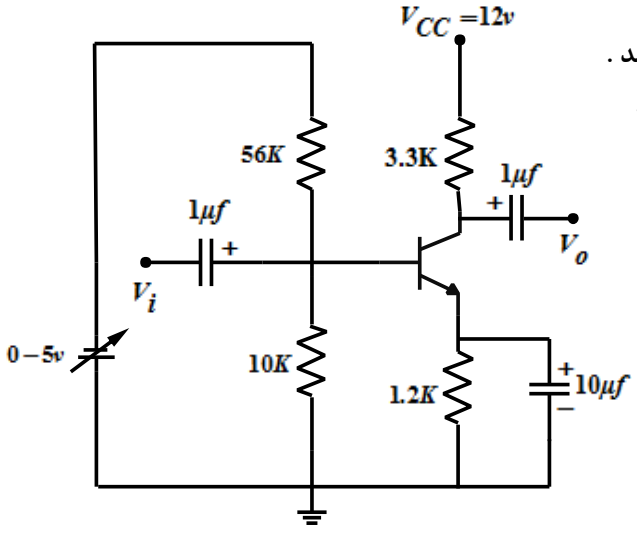
د- مدار شکل ۲-۱ را ببندید .

۱ . با تغییر ولتاژ منبع(**E**) ، تقویت کننده را در کلاس **C** قرار دهید.($\mathbf{V_{BE}=-0.5\ V}$)

۲. مقادیر $\mathbf{V_{CE}}$و$\mathbf{V_{BE}}$ را اندازه بگیرید .

۳. موجی به معادله $\mathbf{V_i = 3sin2000\pi t}$ به مدار اعمال کنید .

۴. شکل موج ورودی و خروجی را با مقیاس کامل رسم کنید .



شکل ۲-۱

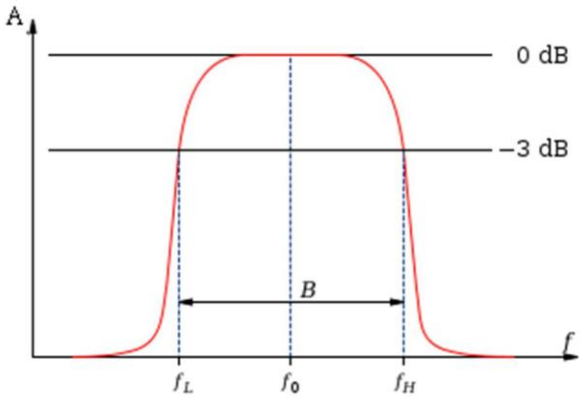
آزمایش دوم

پاسخ فرکانسی تقویت کننده امیتر مشترک

مقدمه:

هدف از این آزمایش بدست آوردن فرکانس قطع بالای تقویت کننده امیتر مشترک، بررسی عوامل تاثیرگذار و محدودکننده این پارامتر است.

شکل ۱-۲ منحنی پاسخ فرکانسی یک تقویت کننده را نشان می دهد. بهره ولتاژ بین فرکانس قطع پایین(f_L) و فرکانس قطع بالا (f_H) تقریبا ثابت است و به سیگنالهایی که فرکانسشان کمتر از f_L و یا بیشتر از f_H بهره کمتری تعلق میگیرد. فاصله بین دو فرکانس قطع بالا و پایین، ($BW= f_H - f_L$) پهنای باند تقویت کننده نام دارد. در تحلیل مقدماتی تقویت کننده ها معمولا بهره را به صورت یک عدد مستقل از فرکانس به دست می آوردیم؛ علت این امر آن بود که خازن های مختلفی را که در مدار وجود داشتند به نحوی با تقریب حذف میکردیم.



شکل ۱-۲

فرکانسهای پایین: **در این محدوده، خازنهای درونی قطع و خازنهای بیرونی تاثیرگذارند. بهره به علت خازنهای کوپلاژ و بایپس افت میکند .فرکانس قطع پایین از فرمول زیر محاسبه میشود:**

$$f_L = \frac{1}{2\pi}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{R_{Si}C_i}$$

که در آن R_{Si} ، مقاومت دیده شده از دوسر خازن iام وقتی سایر خازن های بیرونی اتصال کوتاه باشند.

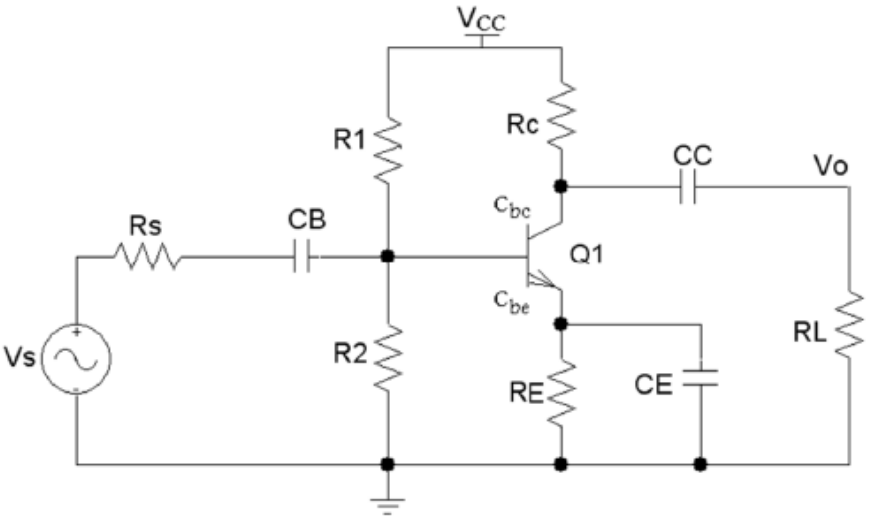
فرکانسهای میانی: **در این محدوده فرکانسی، خازنهای درونی قطع و خازنهای بیرونی اتصال کوتاه هستند.**

فرکانسهای بالا: **در این محدوده خازنهای بیرونی اتصال کوتاه و خازن های درونی تاثیرگذارند و بهره به علت خازنهای درونی ترانزیستور افت می کند. فرکانس قطع بالا از فرمول زیر محاسبه می شود:**

$$f_H = \frac{1}{2\pi\sum_{i=1}^{n}R_{Oi}C_i}$$

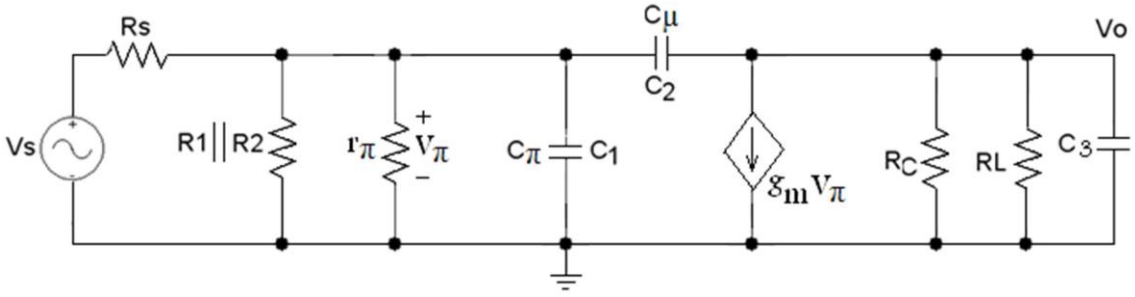
که در آن R_{Oi} ، مقاومت دیده شده از دوسر خازن iام وقتی سایر خازن های درونی، اتصال باز باشند.

محاسبه فرکانس قطع بالا در تقویت کننده امیتر مشترک:



شکل ۲-۲

در فرکانسهای بالا از مدل π ترانزیستور استفاده می کنیم. همانطور که گفته شد خازن های بیرونی اتصال کوتاه و خازن های درونی تاثیرگذارند. مدار معادل مدل π برای مدارامیتر مشترک شکل ۲-۲ را در شکل ۳-۲ مشاهده می نمایید.



شکل ۳-۲

دقت کنید که خازن C_3 مربوط به پروب اسیلوسکوپ است که ظرفیت آن غالبا بر روی پروب درج شده است .با توجه به سه خازن و فرمول f_H فرکانس قطع بالا از طریق زیر محاسبه می شود.

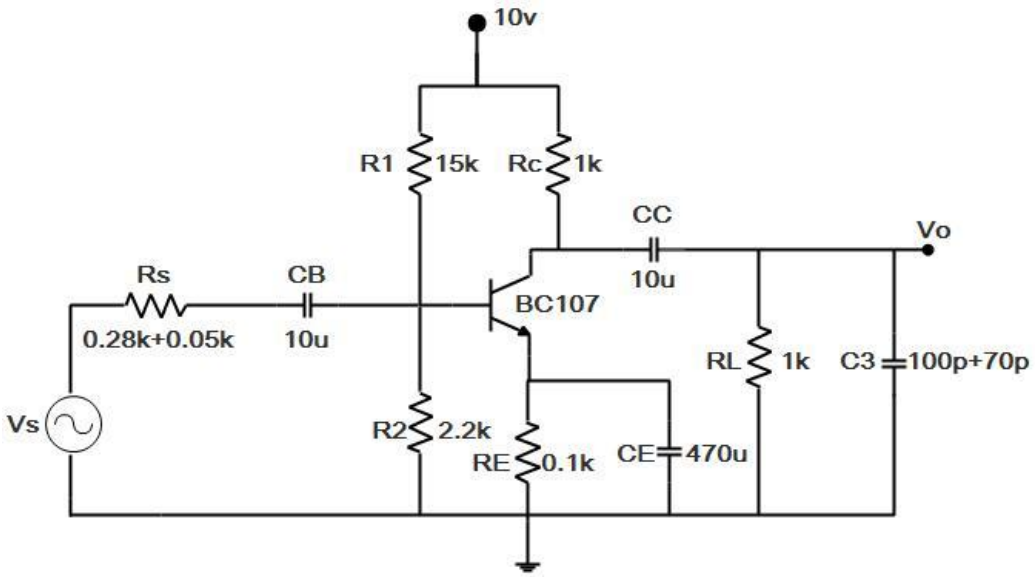
$$f_H = \frac{1}{2\pi\,(R_{O1}C_1 + R_{O2}C_2 + R_{O3}C_3)}$$

$$\begin{cases} R_{O1} = R_S \,||\, R_1 \,||R_2 \,||r_\pi \\ R_{O2} = R_{O1} + R_{O31} + g_m R_{O1} R_{O3} \\ R_{O3} = R_C \,||\, R_L \end{cases}$$

مراحل آزمایش:

۱. مدار تقویت کننده امیتر مشترک داده شده در شکل ۴-۲ را در نرم افزار پروتئوس شبیه سازی نموده و موارد جدول زیر را اندازه گیری کنید. دقت کنید فرکانس سیگنال ورودی ۱۰kHz(یک فرکانس میانی) و دامنه آن در حدی باشد که در خروجی تقویت کننده، اعوجاج نداشته باشید.

V_{CEQ}	I_{CQ}	β	V_S	V_O	$A_v = \frac{V_O}{V_S}$



شکل ۴-۲

۲. منحنی مشخصه گین- فرکانس را برای $0 \le f \le f_T$ رسم کنید و فرکانسهای قطع $-3dB$ بالایی و پایینی را نیز روی آن مشخص نمایید و مقدار پهنای باند را بدست آورید.

۳. مدار قبل را این بار بر روی بردبرد ببندید. دقت کنید که درهنگام بستن مدار در این حالت، از خازن $C_{۳۲}=۷۰p$ و مقاومت $R_{S۲}=۰.۰۵k$ صرف نظر کنید. ضمنا فرکانس سیگنال ورودی $۱۰kHz$ و دامنه آن در حدی باشد که در خروجی تقویت کننده، اعوجاج نداشته باشید. سپس موارد جدول زیر را اندازه گیری و یادداشت کنید.

V_{CEQ}	I_{CQ}	β	V_S	V_O	$A_v = \frac{V_O}{V_S}$

۴. فرکانس ورودی را آنقدر افزایش دهید که دامنه خروجی ۰,۷ مقدار اندازه گیری شده در فرکانس $۱۰kHz$ شود، فرکانس در این حالت فرکانس قطع بالا می باشد .برای f_L هم به همین ترتیب در فرکانس های پایین عمل کنید.

سؤالات :

۱. چرا از خازن $C_۳$ و مقاومت $R_{S۲}$ در مرحله عملی صرف نظر می کنیم اما در مدار شبیه سازی شده در نرم افزار وجود دارند؟

۲. با موازی کردن یک خازن $۱۰۰P$ در مرحله اول با خازن داخلی C_{be} و بدست آوردن فرکانس قطع بالا و سپس در مرحله بعدی با خازن داخلی C_{bc} و بدست آوردن فرکانس قطع بالا توضیح دهید کدام یک از خازنهای درونی ترانزیستور فرکانس قطع بالا را تعیین می کند؟

f_H	محل قرار گرفتن خازن $۱۰۰P$ (موازی با)
	C_{be}
	C_{bc}

۳. با تغییر مقاومت بار R_L به $۱۰۰k$ میزان تغییر فرکانس قطع بالا را اندازه گیری نمایید.

۴. بهره و پهنای باند تئوری مدار خود را محاسبه نموده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه کنید و در هر مورد ، علت هرگونه اختلاف را توضیح دهید. $\beta = 200$, $C_\mu = C_{bc} = 5.38pF$, $C_\pi = C_{be} = 11.5pF$

آزمایش سوم

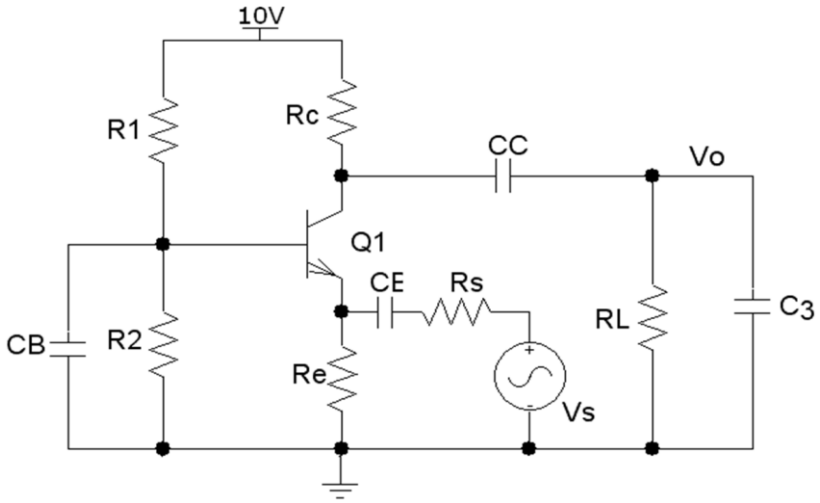
پاسخ فرکانسی تقویت کننده بیس مشترک

مقدمه:

یک طبقه بیس مشترک امپدانس ورودی پایین، امپدانس خروجی بالا، بهره جریان تقریبا برابر یک و پهنای باند وسیعی دارد .این طبقات در کاربردهای پهن باند، همچنین در کاربردهایی که به امپدانس ورودی پایین احتیاج است استفاده میشوند .در این نوع تقویت کننده هیچ خازن فیدبکی از کلکتور به امیتر وجود ندارد تا به آن ترتیبی که $C\mu$ در طبقه امیترمشترک عمل می کرد، باعث ایجاد اثر میلر شود. در نتیجه فرکانس قطع طبقه بیس مشترک بیشتر از طبقه امیترمشترک می شود.

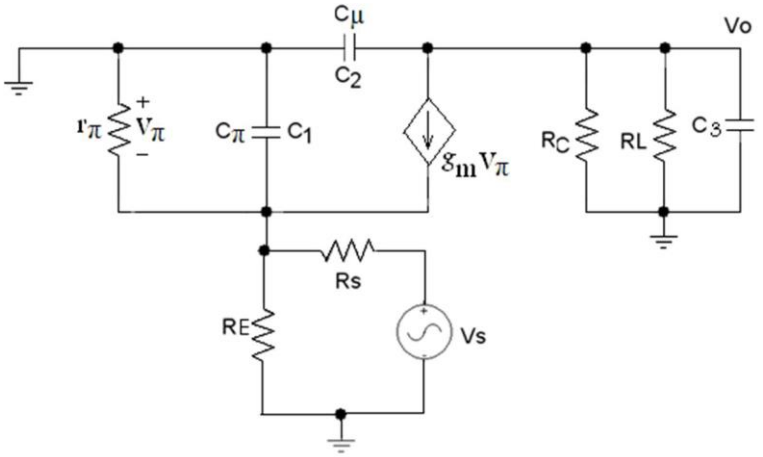
محاسبه فرکانس قطع بالا تقویت کننده بیس مشترک

مدار شکل ۱-۳ یک تقویت کننده بیس مشترک را نشان می دهد.



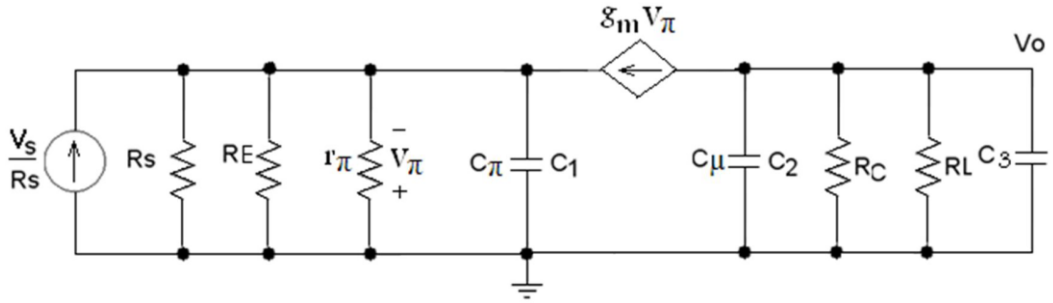
شکل ۱-۳

همانطور که قبلا گفته شد در فرکانسهای بالا از مدل π ترانزیستور استفاده می کنیم و در آن، خازن های بیرونی اتصال کوتاه و خازن های درونی تاثیرگذارند. مدار معادل مدل π برای مدار شکل ۱-۳ را در شکل ۲-۳ مشاهده می نمایید.



شکل ۲-۳

با ساده کردن مدل π ترانزیستور به مدار معادل شکل۳-۳ خواهیم رسید:



شکل ۳-۳

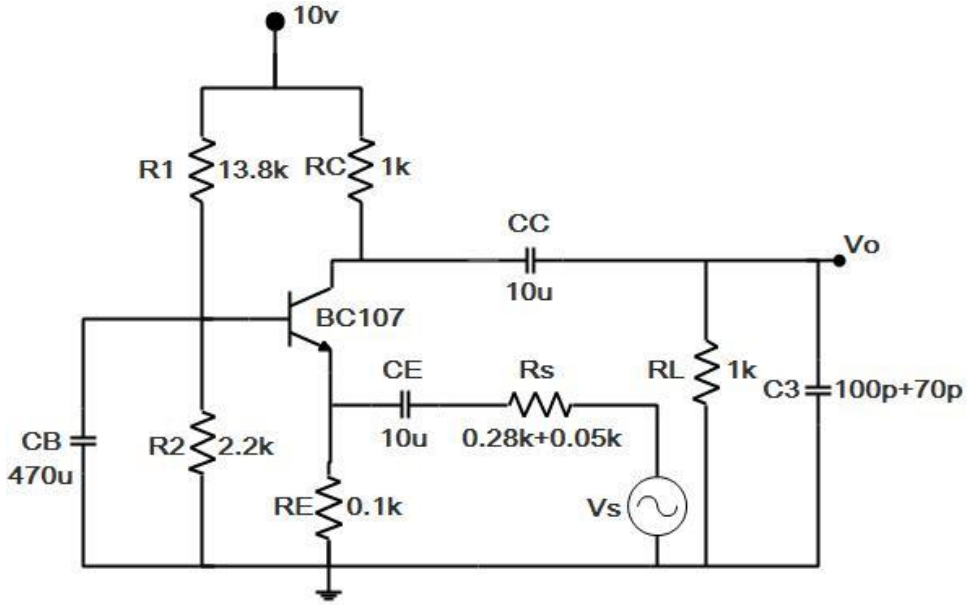
لذا برای محاسبه فرکانس های قطع بالا داریم:

$$f_H = \frac{1}{2\pi\,(R_{O1}C_1 + R_{O2}C_{eq})}$$

$$\begin{cases} R_{O1} = R_S \,||\, R_E \,||\, r_\pi \\ R_{O2} = R_C \,||\, R_L \\ C_{eq} = C_2 + C_3 \end{cases}$$

مراحل آزمایش:

۱. مدار تقویت کننده بیس مشترک داده شده در شکل ۴-۳ را در نرم افزار پروتئوس شبیه سازی نموده و موارد جدول زیر را اندازه گیری کنید. دقت کنید فرکانس سیگنال ورودی ۱۰kHz(یک فرکانس میانی) و دامنه آن در حدی باشد که در خروجی تقویت کننده، اعوجاج نداشته باشید.



شکل ۴-۳

V_{CEQ}	I_{CQ}	β	V_S	V_O	$A_v = \frac{V_O}{V_S}$

۲. منحنی مشخصه گین- فرکانس را برای $0 \leq f \leq f_T$ رسم کنید و فرکانسهای قطع $-3dB$ بالایی و پایینی را نیز روی آن مشخص نمایید و مقدار پهنای باند را بدست آورید.

۳. مدار قبل را این بار برروی بردبرد ببندید. دقت کنید که درهنگام بستن مدار در این حالت، از خازن $C_{۳۲}=۷۰p$ و مقاومت $R_{S۲}=۰.۰۵k$ صرف نظر کنید. ضمنا فرکانس سیگنال ورودی $۱۰kHz$ و دامنه آن در حدی باشد که در خروجی تقویت کننده، اعوجاج نداشته باشید. سپس موارد جدول زیر را اندازه گیری و یادداشت کنید.

V_{CEQ}	I_{CQ}	β	V_S	V_O	$A_v = \frac{V_O}{V_S}$

۴. فرکانس ورودی را آنقدر افزایش دهید که دامنه خروجی ۰,۷ مقدار اندازه گیری شده در فرکانس $۱۰kHz$ شود، فرکانس در این حالت فرکانس قطع بالا می باشد .برای f_L هم به همین ترتیب در فرکانس های پایین عمل کنید.

سؤالات :

۱. طبق محاسبات و آزمایش انجام شده، کدام خازن فرکانس قطع بالا را تعیین می کند؟

۲. با تغییر مقاومت بار R_L به $۱۰۰k$ میزان تغییر فرکانس قطع بالا را اندازه گیری نمایید.

۳. در مقایسه این مدار با مدار تقویت کننده امیتر مشترک چه نتیجه ای می گیرید؟

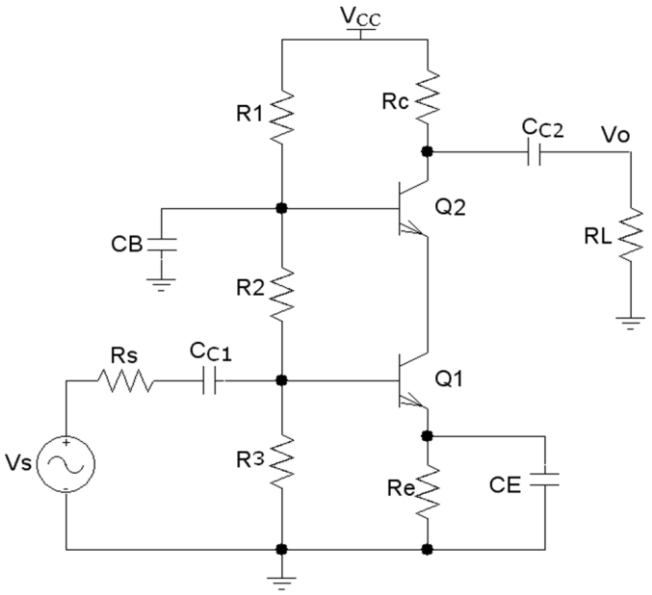
۴. بهره و پهنای باند تئوری مدار خود را محاسبه نموده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه کنید و در هر مورد ، علت هرگونه اختلاف را توضیح دهید. $\beta = 200$, $C_\mu = C_{bc} = 5.38pF$, $C_\pi = C_{be} = 11.5pF$

آزمایش چهارم

جبران فرکانسی با کاهش اثر میلر در تقویت کننده های باند پهن
(پاسخ فرکانسی تقویت کننده کسکود)

مقدمه:

برای افزایش پهنای باند در تقویت کننده ها روش های مختلفی وجود دارد ، یکی از این روشها Cascode کردن طبقات تقویت می باشد . یک تقویت کننده کسکود همانطور که در شکل ۱-۴ نشان داده شده در واقع یک تقویت کننده امیتر مشترک است که یک تقویت کننده بیس مشترک را تحریک می کند. به طوری که گفته شد انگیزه اصلی استفاده از کسکود، افزایش پهنای باند است و این هدف با گذاشتن ترانزیستور بیس مشترک بر روی امیتر مشترک که اثر میلری خازن C_μ را کاهش می دهد ایفاء می گردد .

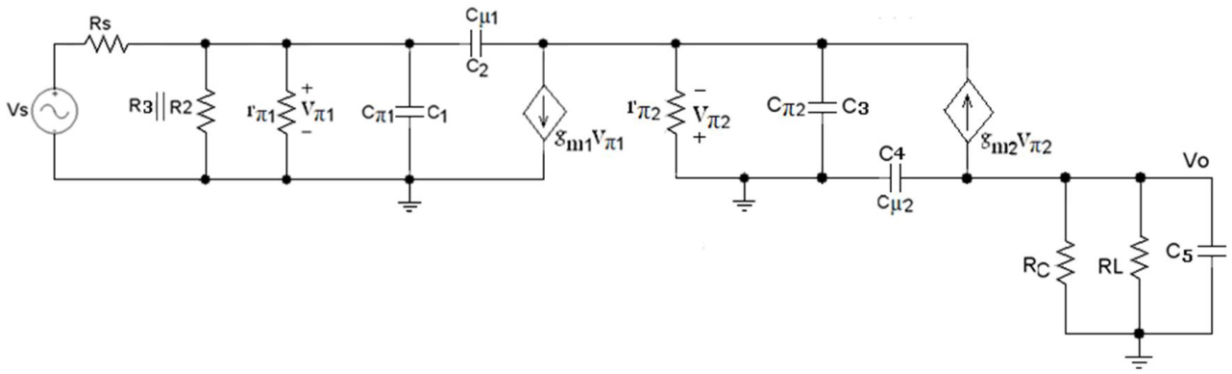


شکل ۱-۴

اساسا ترانزیستورQ۲ به عنوان ترانسفورماتور امپدانس عمل میکند که سیگنال جریان را کاملا از بار عبور می دهد و Q۲ مقاومت بار کوچکی برای ترانزیستور تقویت کنندهQ۱ به وجود می آورد. بهره ولتاژQ۱ برابر واحد خواهد بود. بنابراین تاثیر میلر برQ۱ حتی برای مقادیر بزرگ RL کمینه است. از آنجایی که طبقه بیس مشترک پهنای باند بزرگی دارد عملکرد فرکانس بالای مدار کسکود، در مقایسه با یک طبقه امیتر مشترک ساده، خصوصا برای RL بزرگ خوب است. امپدانس خروجی بزرگ کسکود مشخصه دیگر آن است که در طراحی مفید واقع می شود. مقاومت خروجی کسکود تقریبا βبرابر مقاومت خروجی یک طبقه امیترمشترک است.

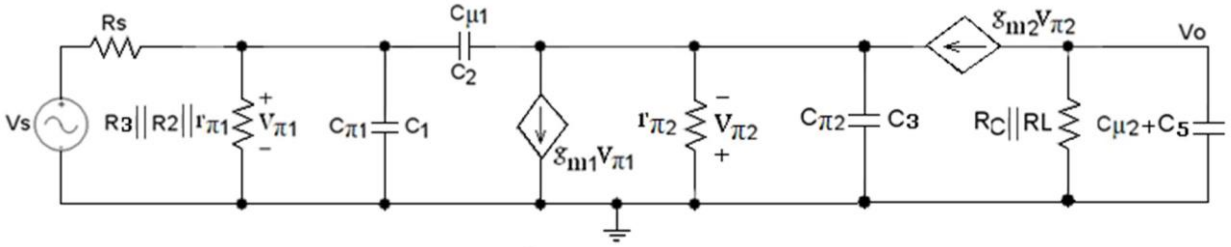
محاسبه فرکانس قطع بالا تقویت کننده کسکود

مدلπ تقویت‌کننده کسکود مدار شکل قبل به صورت شکل ۲-۴ است که درآن، خازنC۵ مجموع خازن بار وظرفیت خازن پروب اسکوپ می باشد.



شکل ۲-۴

با کمی ساده تر کردن مدارفوق، مدار معادل شکل ۳-۴ را خواهیم داشت:



شکل ۳-۴

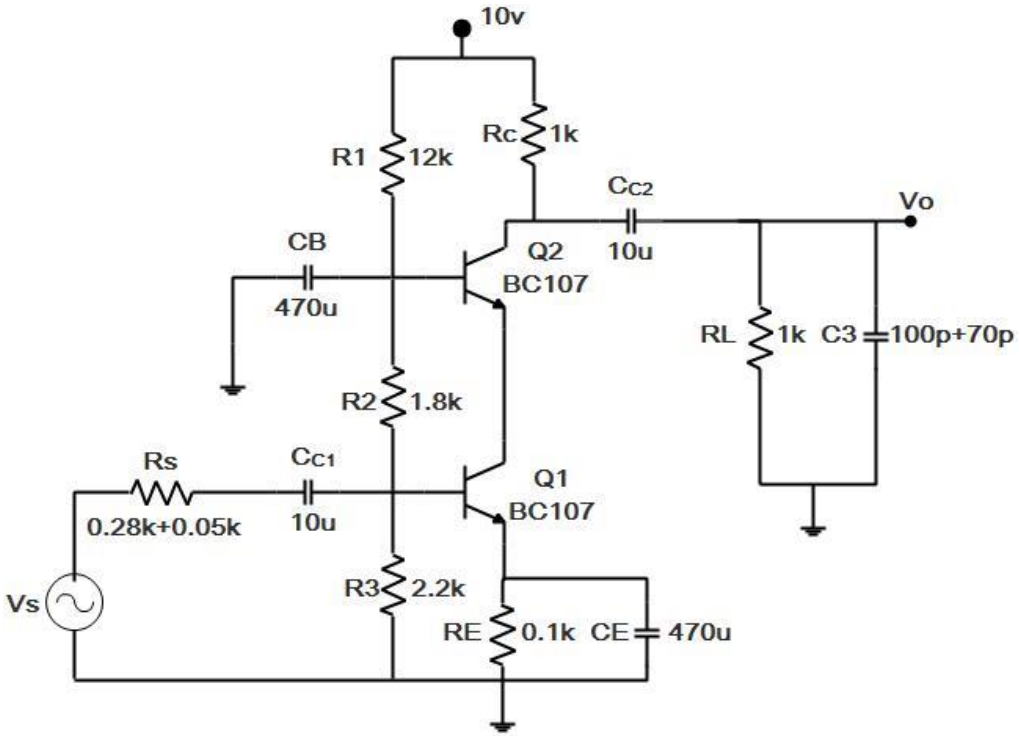
که با توجه به رابطه زیر میتوان در آن فرکانس قطع بالا را محاسبه نمود.

$$f_H = \frac{1}{2\pi \sum_{i=1}^{n} R_{Oi} C_i}$$

که در آن R_{Oi} ، مقاومت دیده شده از دوسر خازن iام وقتی سایر خازن های درونی، اتصال باز باشند.

مراحل آزمایش:

۱. مدار تقویت کننده کسکود شکل ۴-۴ را در پروتئوس شبیه سازی نموده، سپس یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱۰kHz و دامنه در حدی که خروجی تقویت کننده اعوجاج نداشته باشد، به ورودی وصل کرده و جدول را کامل نمایید.



شکل ۴-۴

V_{CEQ}	I_{CQ}	β	V_S	V_O	$A_v = \frac{V_O}{V_S}$

۲. منحنی مشخصه گین- فرکانس را برای $0 \leq f \leq f_T$ رسم کنید و فرکانسهای قطع $-3dB$ بالایی و پایینی را نیز روی آن مشخص نمایید و مقدار پهنای باند را بدست آورید.

۳. مدار قبل را این بار برروی بردبرد ببندید. دقت کنید که درهنگام بستن مدار در این حالت، از خازن $C_{۳۲}=۷۰p$ و مقاومت $R_{S۲}=۰.۰۵k$ صرف نظر کنید. ضمنا فرکانس سیگنال ورودی $۱۰kHz$ و دامنه آن در حدی باشد که در خروجی تقویت کننده، اعوجاج نداشته باشید. سپس موارد جدول زیر را اندازه گیری و یادداشت کنید.

V_{CEQ}	I_{CQ}	β	V_S	V_O	$A_v = \frac{V_O}{V_S}$

۴. فرکانس ورودی را آنقدر افزایش دهید که دامنه خروجی ۰,۷ مقدار اندازه گیری شده در فرکانس $۱۰kHz$ شود، فرکانس در این حالت، فرکانس قطع بالا می باشد. برای f_L هم به همین ترتیب در فرکانس های پایین اندازه گیری کنید.

سؤالات :

۱. با مقایسه کامل مدار کسکود با مدارهای دو آزمایش قبل مزایا و معایب این مدار را کامل شرح دهید.

۲. مقدار مقاومت بار R_L را به $۱۰۰k$ تغییر داده و اثر آن را بر روی بهره و پهنای باند مشاهده و یادداشت نمایید. آیا افزایش R_L تغییر قابل توجهی در فرکانس قطع بالا گذاشته است؟ دلیل تفاوت این عملکرد با مدار امیتر مشترک در چیست؟

۳. وظیفه خازن C_B چیست؟

۴. بهره و پهنای باند تئوری مدار خود را محاسبه نموده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه کنید و در هر مورد ، علت هرگونه اختلاف را توضیح دهید. $\beta = 200$, $C_\mu = C_{bc} = 5.38pF$, $C_\pi = C_{be} = 11.5pF$

آزمایش پنجم

بررسی پاسخ فرکانسی تقویت کننده با فیدبک

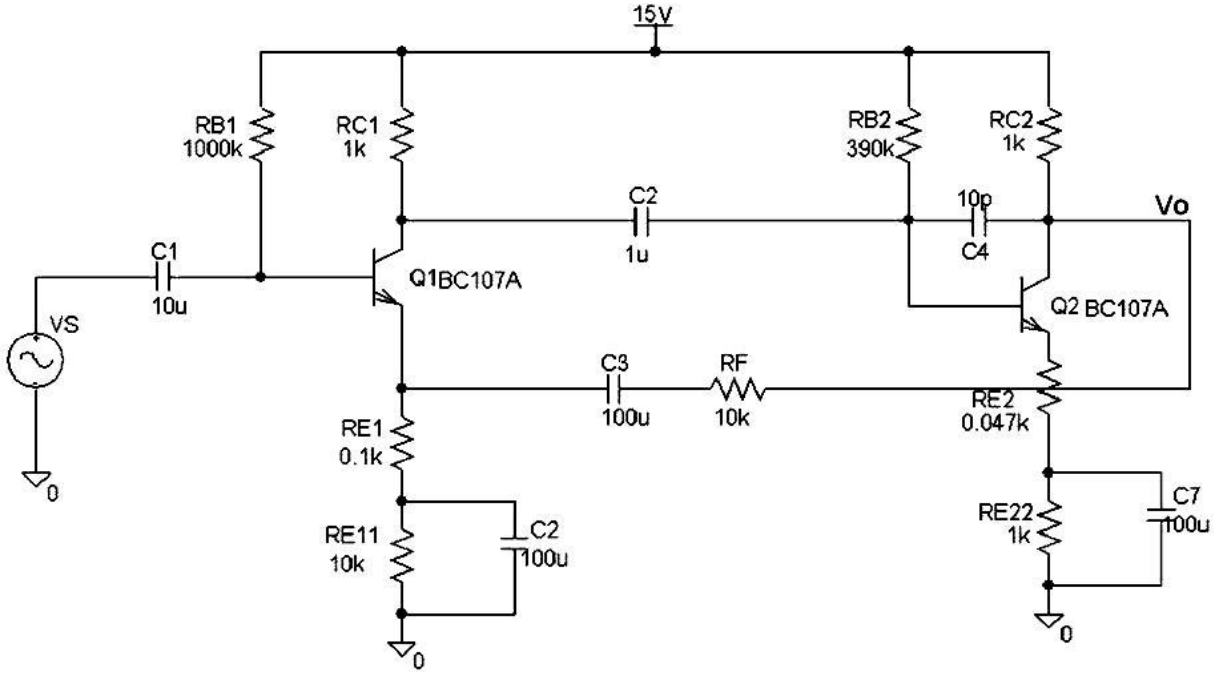
مقدمه:

هدف از این آزمایش بررسی تاثیر فیدبک بر روی پهنای باند می باشد. نوع فیدبک، ولتاژ-سری است و روابط آن بصورت زیر است:

$$A_v = \frac{V_F}{V_O}$$
$$\beta = \frac{V_F}{V_O}$$
$$R_{iF} = R_i(1 + A_v\beta)$$
$$R_{oF} = \frac{R_o}{(1 + A_v\beta)}$$
$$A_{VF} = \frac{A_V}{(1 + A_v\beta)}$$

مراحل آزمایش:

۱. مدار شکل ۱-۵ را در پروتئوس شبیه سازی نموده و سپس جدول را کامل نمایید.

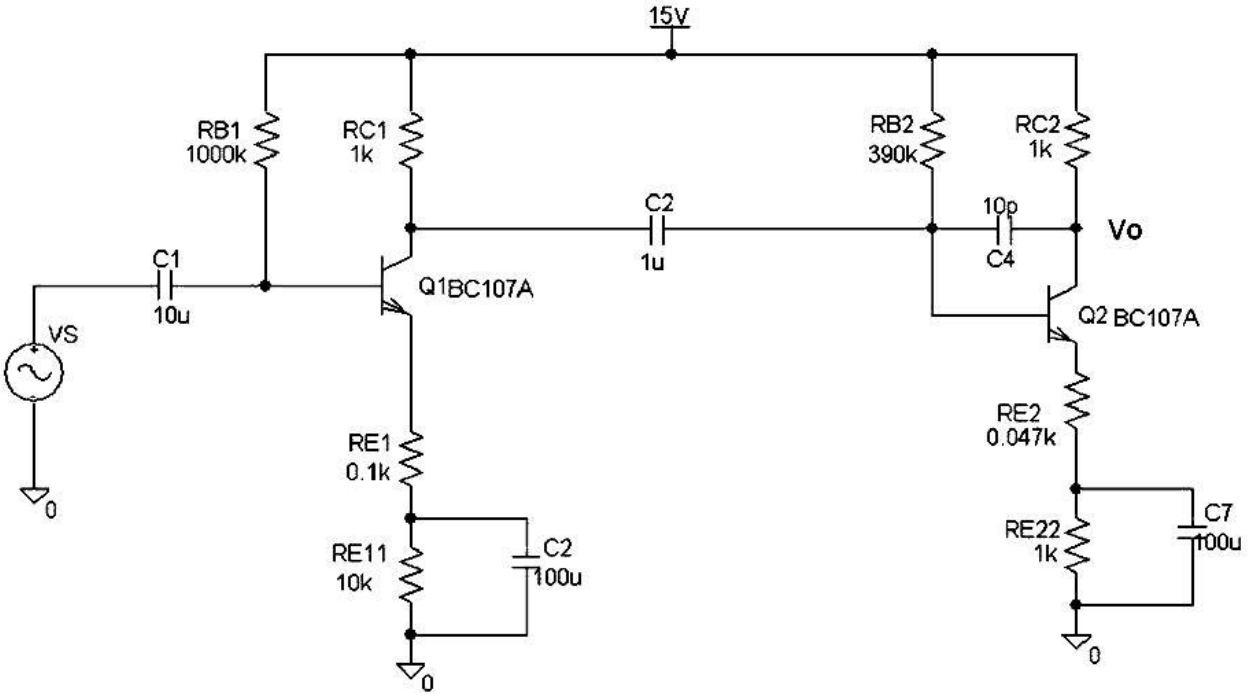


شکل ۱-۵

V_{CEQ1}	I_{CQ1}	V_{CEQ2}	I_{CQ2}	V_S	V_O	$A_{vs} = \frac{V_O}{V_S}$

۲. منحنی مشخصه گین- فرکانس را برای $0 \le f \le f_T$ رسم کنید و فرکانسهای قطع **۳dB-** بالایی و پایینی را نیز روی آن مشخص نمایید و مقدار پهنای باند را بدست آورید.

۳. مقاومت فیدبک را از مدار حذف نموده(مطابق شکل ۲-۵) و مجددا جدول قبل را کامل نمایید و منحنی مشخصه گین- فرکانس را برای $0 \leq f \leq f_T$ رسم کنید و فرکانسهای قطع **۳dB**- بالایی و پایینی را نیز روی آن مشخص نمایید.



شکل ۲-۵

۴. مدار اولیه را این بار برروی بردبرد ببندید و مراحل ۱ تا ۳ را تکرار کنید. (دقت کنید که هنگام اندازه گیری فرکانسهای قطع، پروب اولیه را از مدار قطع کنید).

سؤالات :

۱. فرکانس قطع پایین و بالا در مدار با فیدبک نسبت به مدار با در نظر گرفتن اثربارگذاری شبکه فیدبک با چه نسبتی تغییری کرده است؟

۲. گین در مدار با فیدبک نسبت به مدار با در نظر گرفتن اثربارگذاری شبکه فیدبک با چه نسبتی تغییری کرده است؟

۳. با بررسی نتایج اثر فیدبک بر روی پهنای باند و گین چطور است و با چه نسبتی تغییر می کنند؟

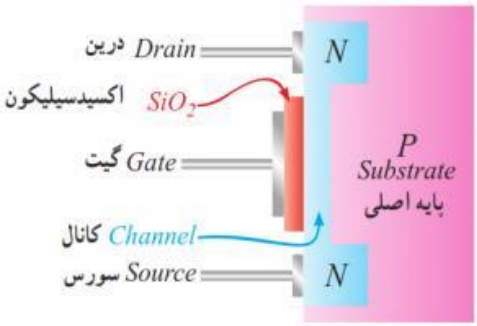
آزمایش ششم

بررسی تقویت کننده های MOSFET و پاسخ فرکانسی تقویت کننده سورس مشترک

مقدمه:

MOSFET مخفف Metal Oxide Semiconductor FET می باشد. این ترانزیستورها نیز مانند JFET عمل می‌کنند یعنی با اعمال یک ولتاژ به پایه گیت، میزان جریان عبوری از دو پایه سورس و درین کنترل می‌شود ولی با این تفاوت که جریان ورودی گیت آنها صفر است زیرا در این ترانزیستورها گیت با لایه اکسید سیلیکون از کانال جدا می شود و اصطلاحا دارای گیت عایق شده می باشند از اینرو به آنها IGFET (Insulated Gate FET) نیز اطلاق می شود و دارای مقاومت ورودی خیلی بالایی هستند.

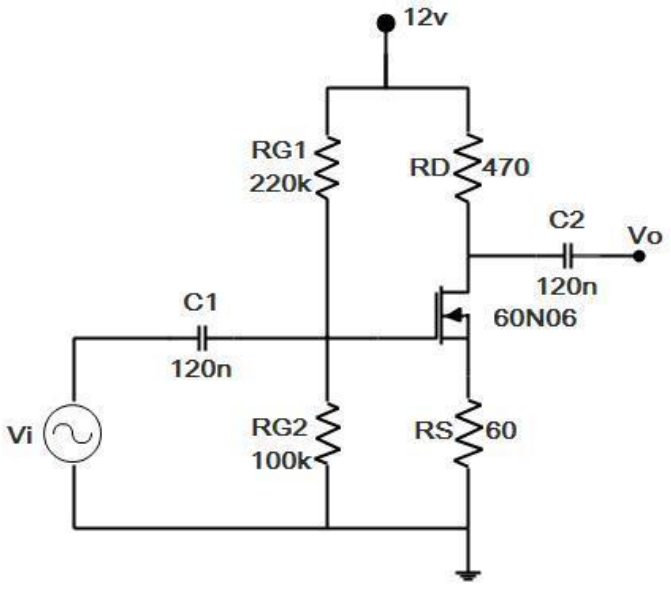
ترانزیستورهای MOSFET دارای دو نوع PMOS و NMOS هستند و به دو صورت ساخته می شوند: ۱-ترانزیستور های MOSFET با کانال تهی شونده (DMOSFET) ۲- ترانزیستور های MOSFET با کانال تشکیل شونده یا بهبود یافته (EMOSFET). این ترانزیستورها امروزه بسیار کاربرد دارند زیرا براحتی مجتمع می‌شوند و فضای کمتری اشغال می‌کنند و همچنین مصرف توان بسیار ناچیزی دارند. البته نقطه کار این ترانزیستورها نسبت به دما حساس است وتغییر می‌کند و بنابراین بیشتر در سوئیچینگ بکار می‌روند. شکل ۱-۶ ساختار یک DMOSFET از نوع کانال N را نمایش می دهد.



شکل ۱-۶

مراحل آزمایش:

۱. **مدار تقویت کننده سورس مشترک داده شده در شکل ۲-۶ را در نرم افزار پروتئوس شبیه سازی نموده و موارد جدول زیر را اندازه گیری کنید. دقت کنید فرکانس سیگنال ورودی ۱۰kHz(یک فرکانس میانی) و دامنه آن در حدی باشد که در خروجی تقویت کننده، اعوجاج نداشته باشید.**



شکل ۲-۶

V_{DS}	I_D	g_m	V_i	V_O	$A_v = \frac{V_O}{V_i}$

۲. منحنی مشخصه گین- فرکانس را برای $0 \leq f \leq f_T$ رسم کنید و فرکانسهای قطع ۳dB- بالایی و پایینی را نیز روی آن مشخص نمایید و مقدار پهنای باند را بدست آورید.

۳. مدار قبل را این بار بر روی بردبرد ببندید. دقت کنید فرکانس سیگنال ورودی ۱۰kHz و دامنه آن در حدی باشد که در خروجی تقویت کننده، اعوجاج نداشته باشید. سپس موارد جدول زیر را اندازه گیری و یادداشت کنید.

V_{DS}	I_D	g_m	V_S	V_O	$A_v = \frac{V_O}{V_S}$

۴. فرکانس ورودی را آنقدر افزایش دهید که دامنه خروجی ۰,۷ مقدار اندازه گیری شده در فرکانس ۱۰kHz شود، فرکانس در این حالت فرکانس قطع بالا می باشد .برای f_L هم به همین ترتیب در فرکانس های پایین عمل کنید.

سؤالات :

۱. با موازی کردن یک خازن ۱۰۰P در مرحله اول با خازن داخلی C_{gd} و بدست آوردن فرکانس قطع بالا و سپس در مرحله بعدی با خازن داخلی C_{gs} و بدست آوردن فرکانس قطع بالا توضیح دهید کدام یک از خازنهای درونی ترانزیستور فرکانس قطع بالا را تعیین می کند؟

f_H	محل قرار گرفتن خازن ۱۰۰P (موازی با)
	C_{gd}
	C_{gs}

۲. با قرار دادن مقاومت بار R_L به میزان ۱۰k میزان تغییر فرکانس قطع بالا را اندازه گیری نمایید.

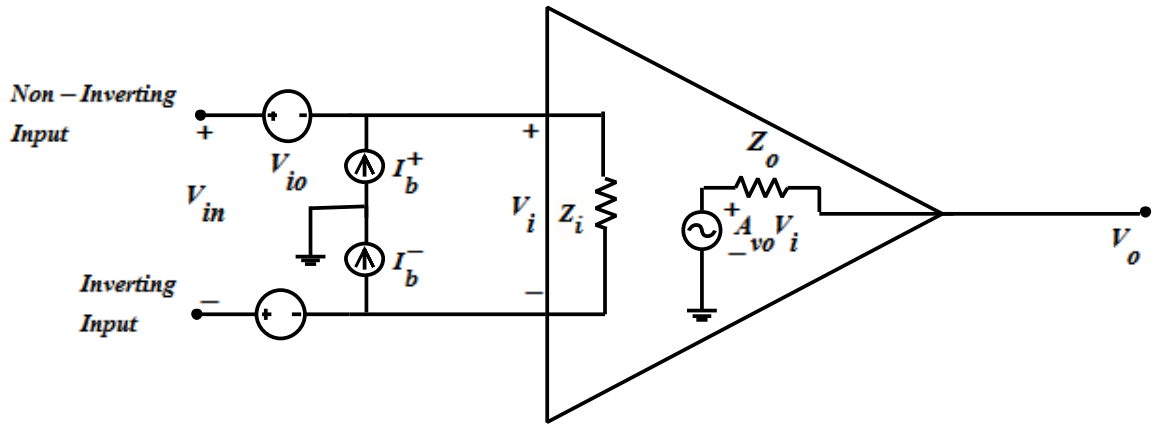
۳. پهنای باند و گین این تقویت کننده در مقایسه با پهنای باند و گین تقویت کننده امیتر مشترک آزمایش ۲ چگونه است؟

آزمایش‌هفتم

اندازه گیری مشخصات تقویت کننده های عملیاتی–Operational Amplifier

مقدمه:

هدف از این آزمایش اندازه گیری برخی از پارامترهای مهم یک تقویت کننده عملیاتی است . این پارامترها در شکل ۱-۷ و جدول ۱ آورده شده اند. در اینجا به منظور یادآوری به ذکر تعاریف و روابط مربوط به آنها می پردازیم .



شکل ۱-۷

$\mathbf{A_{vo}}$ **:** بهره(گین) ولتاژ مدار باز برابر است با :$\mathbf{A_{vo} = \frac{V_O}{V_i}}$ ، در OP۷۴۱ این مقدار حدود ۲*۱۰^۵ می باشد .

$\mathbf{Z_i}$: امپدانس ورودی عبارتست از : $\mathbf{Z_i = \frac{V_i}{i_i}}$

$\mathbf{Z_O}$: امپدانس خروجی برابر است با : $\mathbf{Z_o = \frac{V_O}{i_o}}$

$\mathbf{I_B}$: جریان بایاس ورودی از رابطه ی : $\mathbf{I_B = \frac{I_b^+ + I_b^-}{2}}$ بدست می آید و به جریان ورودی های معکوس کننده $(\mathbf{I_b^-})$ و غیر معکوس کننده$(\mathbf{I_b^+})$ بستگی دارد . این جریانها در OP۷۴۱ همان جریانهای بسیار کوچک برای بایاس بیس ترنزیستورهای دیفرانسیل ورودی اند و در حالت کلی ، بدلیل عدم وجود بالانس در المانهای داخلی IC ، باهم مساوی نیستند

$\mathbf{I_{os}}$: جریان آفست ورودی ناشی از عدم بالانس در المانهای داخلی بویژه طبقه ی دیفرانسیل ورودی IC است و مقدار آن برابر است با اختلاف میان جریانهای dc ی هرکدام از ورودی ها ، یعنی : $\mathbf{I_{os} = |(I_b^+ - I_b^-)|}$

$\mathbf{V_{iO}}$:ولتاژ آفست ورودی، عبارتست از سطحی از ولتاژ که بایستی بصورت یک منبع dc بطور سری در ورودی قرار داده شود.تا برای ورودی صفر$(\mathbf{V_i = 0})$ ، خروجی برابر صفر گردد یا : $\mathbf{V_O = 0}$.

BW : پهنای باند فرکانسی ، همان محدوده ی فرکانسی بین ۰ و $\mathbf{f_{-3dB}}$ی آنست ، زیرا تقویت کننده ی عملیاتی مانند یک فیلتر پایین گذر عمل می کند .

S. R. : Slew Rate یا ماکزیمم تغییرات ولتاژ خروجی در واحد زمان برابرست با : $\mathbf{S.R = \max(\frac{dV_O}{dt})(^{volts}/_{\mu Sec})}$

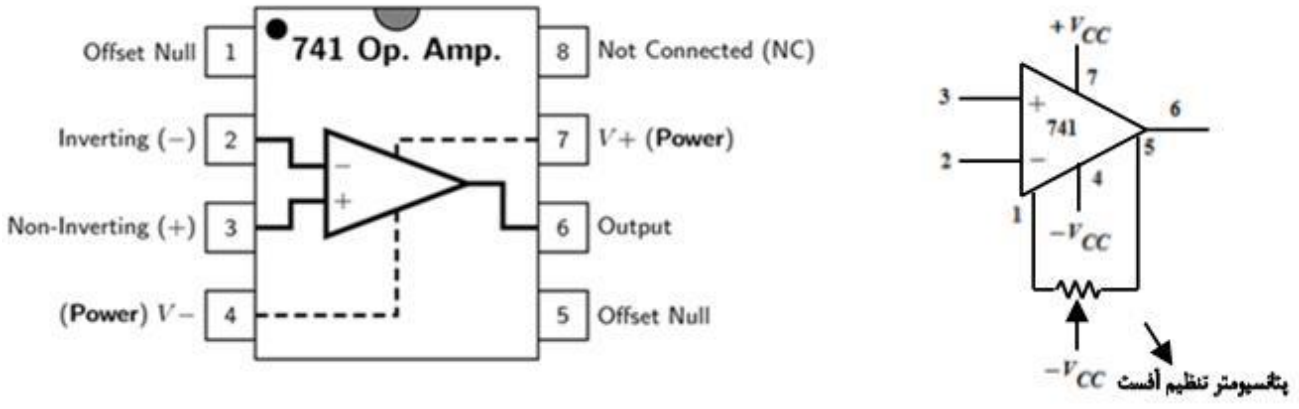
$\mathbf{A_{CM}}$: گین مد مشترک ، همان گین تقویت کننده است هرگاه یک سیگنال مشترک به ورودی های آن اعمال گردد . در حالت ایده آل ، بایستی $\mathbf{A_{CM} = 0}$ تا سیگنال های مد مشترک در خروجی کاملا حذف گردند .

CMRR : نسبت حذف مد مشترک(Common Mode Rejection Ratio) ، نشان دهنده ی میزان حذف سیگنالهای مد مشترک توسط تقویت کننده است . مقدار آن برابر است با : $\mathbf{CMRR = \frac{A_d}{A_{CM}}}$.

$\mathbf{Z_{id}}$ ،$\mathbf{Z_{ic}}$: بترتیب امپدانس ورودی مد تفاضلی و مد مشترک اند . مقادیر آنها بزرگ است ولی معمولا $\mathbf{Z_{ic} \gg Z_{id}}$.

جدول ۱- مقایسه پارامترهای تقویت کننده های عملیاتی در دو حالت ایده آل و غیر ایده آل		
مقدار پارامتر در تقویت کننده های ایده آل(تئوری)	مقدار پارامتر در تقویت کننده های غیر ایده آل(عملی)	نام پارامتر مورد نظر
∞	بزرگ ولی محدود	$\mathbf{A_{vo}}$: گین ولتاژ
$\infty(\Omega)$	بزرگ ولی محدود	$\mathbf{Z_i}$: امپدانس ورودی
$\mathbf{0}(\Omega)$	کوچک ولی بزرگتر از صفر اهم	$\mathbf{Z_O}$: امپدانس خروجی
$\infty(\Omega)$	بزرگ ولی محدود	$\mathbf{Z_{id}}$: امپدانس ورودی مد تفاضلی
$\infty(\Omega)$	بزرگ ولی محدود	$\mathbf{Z_{ic}}$: امپدانس ورودی مد مشترک
$\mathbf{0^A}$	$\mathbf{I_B = \frac{(I_b^+ + I_b^-)}{2}}$	$\mathbf{I_B}$:جریان بایاس ورودی
$\mathbf{0^A}$	$\mathbf{I_{os} = \lvert(I_b^+ - I_b^-)\rvert}$	$\mathbf{I_{Os}}$: جریان آفست ورودی
$\mathbf{0^v}$	کوچک ولی بزرگتر از صفر	$\mathbf{V_{io}}$: ولتاژ آفست ورودی
$\infty(\mathbf{Hz})$	محدود(حدود چند هرتز)	**BW** : پهنای باند فرکانسی
$\infty(\mathbf{V/sec})$	محدود	**Slew Rate : S. R**
۰	کوچک	$\mathbf{A_{CM}}$:گین مد مشترک
∞	بزرگ ولی محدود	**CMRR** : نسبت حذف مد مشترک

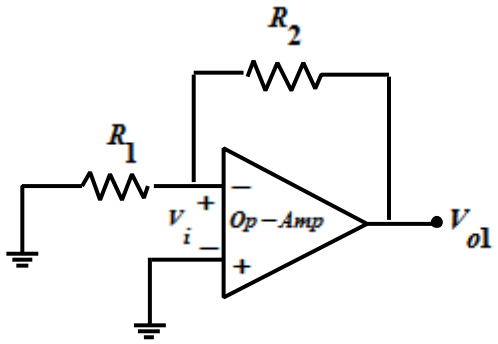
تقویت کننده عملیاتی مورد بررسی در این آزمایشگاه، OpAmp۷۴۱ است که شمای داخلی و پایه های آن در شکل۲-۷ آمده است.



شکل۲-۷

تمرینهای مقدماتی :

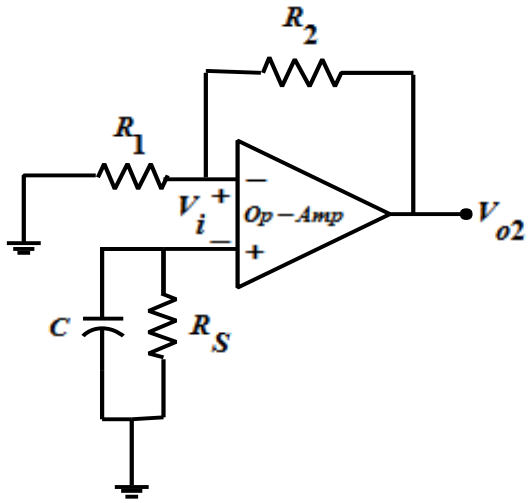
۱ . در مدار شکل ۳-۷ با توجه به تعریف ولتاژ آفست V_{io} ، نشان دهید : $V_{O1} = \pm(1 + \frac{R_2}{R_1})V_{io}$



شکل۳-۷

۲ . در مدار شکل ۴-۷ نشان دهید :

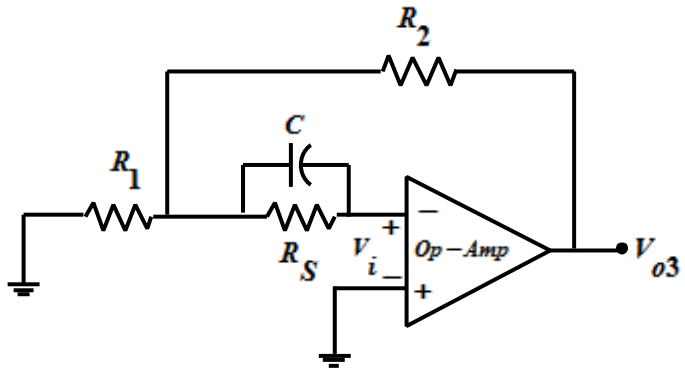
$$V_{O2} = \begin{cases} -\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(V_{io} + R_s I_b^+) + R_2 I_b^- \\ \text{یا} \\ \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(V_{io} - R_s I_b^+) + R_2 I_b^- \end{cases}$$



شکل ۴-۷

۳ . در مدار شکل ۵-۷ نشان دهید :

$$V_{O3} = \begin{cases} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(V_{io} + R_s I_b^-) + R_2 I_b^- \\ \text{یا} \\ -\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(V_{io} + R_s I_b^-) + R_2 I_b^- \end{cases}$$



شکل ۵-۷

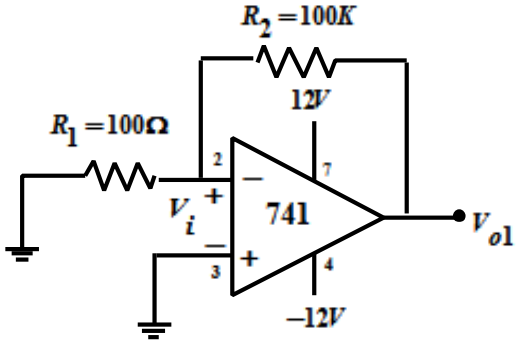
۴ . ثابت کنید حداکثر فرکانسی که یک **Op-amp** می تواند با آن کار کند و اعوجاجی ناشی از **Slew Rate** در خروجی آن ظاهر نگردد برابر است با رابطه مقابل :

$$\mathbf{f_{max}} = \frac{\mathbf{S.R.}}{\mathbf{2\pi V_m}} \; ; \; \mathbf{V_m} = \text{دامنه سیگنال خروجی}$$

مراحل آزمایش

۱– اندازه گیری ولتاژ آفست ورودی

مدار شکل۶-۷ را آماده کنید و ولتاژ $\mathbf{V_{O1}}$ را بکمک ولت متر **dc** اندازه بگیرید . سپس با استفاده از نتایج حاصل در بخش تمرینات مقدماتی ، ولتاژ آفست ورودی را بدست آورید و با مقدار داده شده در کاتالوگ آی سی ۷۴۱ مقایسه کنید .

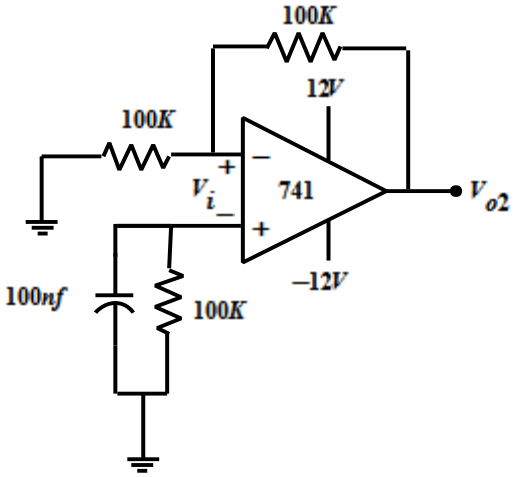


شکل ۶-۷

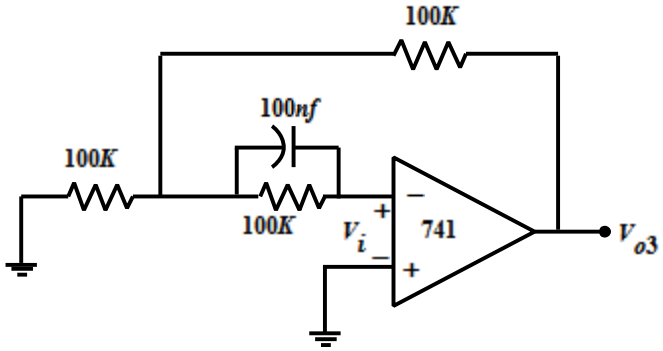
۲– اندازه گیری جریانهای بایاس ورودی ، $\mathbf{I_b^+}$ و $\mathbf{I_b^-}$

۱ . مدار شکل ۷-۷ را ببندید .ولتاژ $\mathbf{V_{O2}}$ را بکمک ولت متر **dc** اندازه بگیرید . سپس با استفاده از نتایج حاصل در بخش تمرینات مقدماتی ، جریان بایاس $\mathbf{I_b^+}$ را بدست آورید .

۲ . مدار شکل ۸-۷ را ببندید . ولتاژ V_{o3} را بکمک ولت متر اندازه بگیرید . سپس با استفاده از نتایج حاصل در بخش تمرینات مقدماتی ، جریان بایاس I_b^- را بدست آورید .



شکل ۷-۷



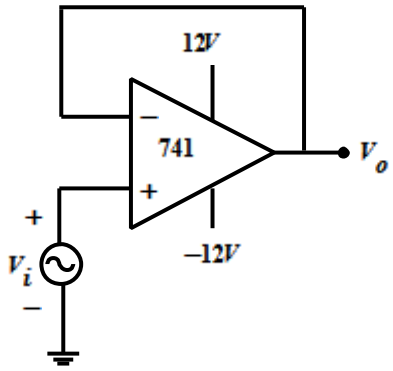
شکل ۸-۷

۳ . با استفاده از نتایج حاصل در بخش تمرینات مقدماتی ، جریان بایاس و آفست آنرا بدست آورید و با مقادیر کاتالوگ مقایسه کنید .

۳- بررسی Slew Rate

۱. مدار شکل۹-۷ را ببندید . یک موج مربعی با دامنه ۱۰V(P-P) به ورودی اعمال کنید . فرکانس حدود ۳۰۰Hz و کوپلاژ اسیلوسکوپ dc باشد .شکل موج ورودی و خروجی را زیر هم رسم کنید . آیا رابطه $V_O = V_i$ برقرار است ؟

۲. فرکانس را زیاد کنید و توضیح دهید شکل موج خروجی در مقایسه با حالت قبل چه تغییری می کند . در حالتی که فرکانس ۱۰KHz است شیب ولتاژ خروجی را در قسمت ramp بدست آورید . این کمیت همان S.R. است .



شکل ۹-۷

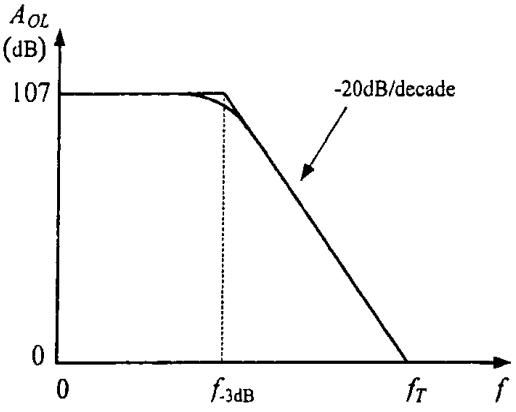
۳. ورودی مدار شکل ۹-۷ را بجای موج مربعی ، موج سینوسی با دامنه پیک ۱v بدهید . فرکانس را از ۱۰۰Hzبتدریج زیاد کنید . فرکانسی را که بعد از آن ، خروجی از حالت سینوسی خارج می شود اندازه گیری نمایید . جواب را با رابطه موجود در تمرین مقدماتی ۴ چک کنید .

آزمایش هشتم

پاسخ فرکانسی تقویت کننده های عملیاتی در حالت حلقه باز و حلقه بسته

مقدمه:

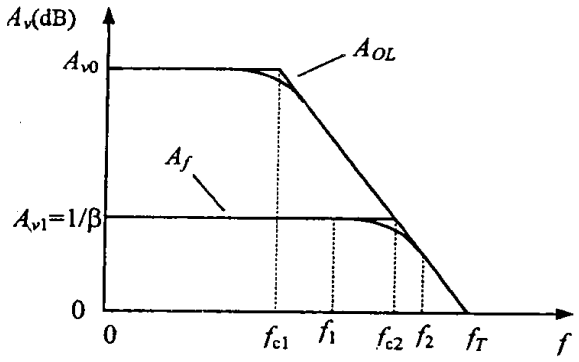
برای یک تقویت کننده عملیاتی که تابع انتقال آن تنها یک قطب اصلی(قطب اول) داشته باشد (مانند۷۴۱) و سایر قطبها در فواصل بسیار زیادی از قطب اول واقع باشند، منحنی گین – فرکانس آن بصورت شکل ۱-۸ است که در آن f_C همان قطب اول یا f_{-3db} و f_T فرکانس قطع بالای Op-amp- می باشند . برای آی سی ۷۴۱ ، این فرکانس ها بترتیب حدود ۵Hz و ۱MHz و مقدار A_{OL} حدود ۱۰۶dB (۲۰۰۰۰۰) هستند .



شکل ۱-۸

در صورت استفاده Op-amp در یک مدار با فیدبک منفی ، مقدار گین مدار ، A_f ، از رابطه $A_f = \frac{V_0}{V_i} = \frac{A_{OL}}{1+\beta A_{OL}}$ بدست می آید که در آن β ضریب فیدبک است . در فرکانس هایی که $|\beta A_{OL}| \gg 1$ است داریم : $A_f \approx \frac{1}{\beta}$ و به ازای فرکانس هایی که $|\beta A_{OL}| \ll 1$ داریم : $A_f \approx A_{OL}$

لذا منحنی گین- فرکانس مدار با فیدبک بصورت شکل ۲-۸ در می آید برای $f_1 < f < f_2$ ، رابطه اصلی می بایست بدون تقریب مورد استفاده قرار گیرد . می توان اثبات کرد : $A_{V1} \times f_{C2} = A_{vo} \times f_{c1} = f_T$



شکل ۲- ۸

در فرکانس f_{c2} : $A_f \approx \frac{1}{\beta}$

در فرکانس های $f_1 \ll f_{C2}$: $|A_{OL}| \gg \frac{1}{\beta}$

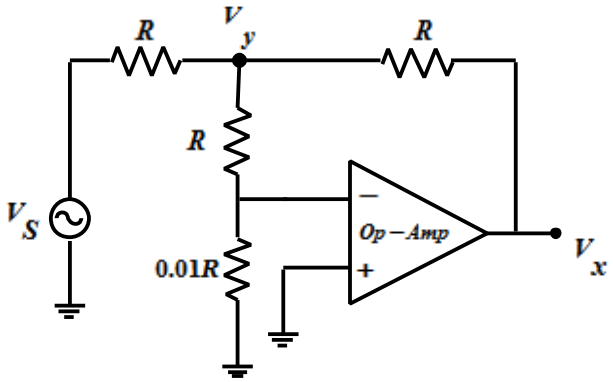
در فرکانس های $f_1 \gg f_{C2}$: $|A_{OL}| \ll \frac{1}{\beta}$

این مقدار ثابت به حاصل ضرب گین و پهنای باند یا GBP[1] معروف است.

[1] Gain Bandwidth Product

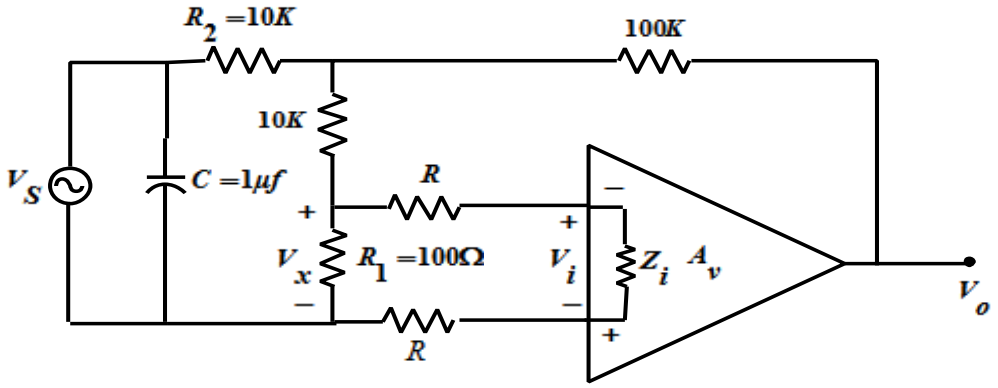
تمرینهای مقدماتی :

۱. در مدار شکل ۳-۸ نشان دهید : $\mathbf{A = \frac{V_x}{V_y} \times 101}$



شکل ۳-۸

۲. ثابت کنید در شکل ۴-۸ امپدانس ورودی از تفاضلی از رابطه مقابل بدست می آید : $\mathbf{Z_{id} = z_i = \frac{\frac{V_O}{A_V}}{\frac{V_1}{100} - \frac{V_O}{A_V}} \times 2R}$



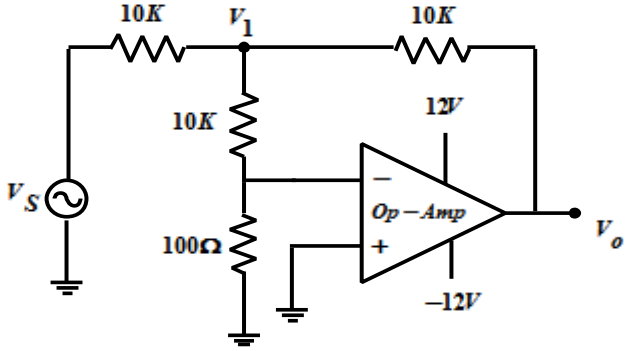
شکل ۴-۸

مراحل آزمایش:

۱- اندازه گیری گین حلقه باز Op-amp، A_{OL} و رسم منحنی گین- فرکانس و GBP

اندازه گیری A_{OL} بدلیل مقدار بسیار زیاد آن، کمی مشکل است . برای این منظور از مدار شکل۵-۸ استفاده شده است .

۱ . مدار شکل ۵-۸ را آماده کنید . فرکانس منبع سیگنال را روی یک مقدار خیلی کم(حدود ۵Hz) تنظیم و با اندازه گیری V_O و V_1 ، مقدار A از رابطه $\mathbf{A = \frac{V_O}{V_1} \times 101}$ محاسبه نمایید .

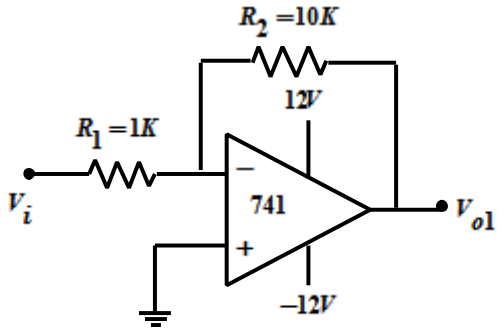


شکل ۵-۸

۲. حال با تغییر فرکانس از ۵Hz تا ۱۰۰Hz(تقریبا) منحنی A_{OL} را برحسب فرکانس رسم کنید . توجه داشته باشید که محور افقی ، لگاریتمی و محور عمودی ، برحسب dB باشد . در تمامی اندازه گیری های نبایستی اثر Slew Rate در خروجی مدار ظاهر گردد . در صورت لزوم دامنه سیگنال ورودی را کم کنید .

۲– گین مدار با فیدبک منفی(حلقه بسته)

مدار شکل ۶-۸ را ببندید. گین مدار در فرکانس های پایین، A_{V1} را بدست آورید . فرکانس را آنقدر افزایش دهید تا A_f ، را به $\frac{A_{v1}}{\sqrt{2}}$ برسد . این فرکانس را f_{C2} بنامید . آیا رابطه $A_{v1} \times f_{C2} = f_T$ بطور تقریبی برقرار هست یا نه ؟ (با کاتالوگ ۷۴۱ مقایسه نمایید .)

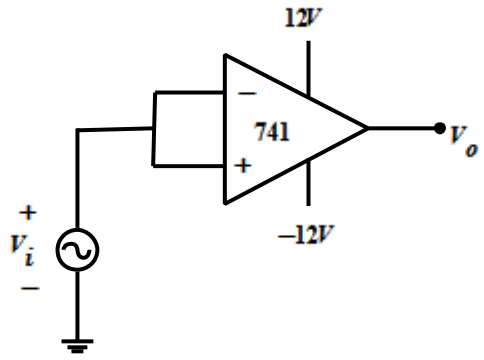


شکل ۶-۸

۳– اندازه گیریCMRR

مدار شکل ۷-۸ را ببندید . دامنه ورودی را به اندازه ای در نظر بگیرید که خروجی اعوجاج نداشته باشد . خروجی را اندازه گیری کرده و با استفاده از رابطه $A_{CM} = \frac{V_O}{V_i}$ ، مقدار A_{CM} را بدست آورید .آزمایش را یکبار با فرکانس ۱۰۰kHz و بار دیگر با فرکانس ۱۰kHz انجام داده و CMRR را در دو حالت حساب کنید .

توجه: قبلا در قسمت ۱ همین آزمایش، A_d را در فرکانس های مختلف حساب کرده اید .



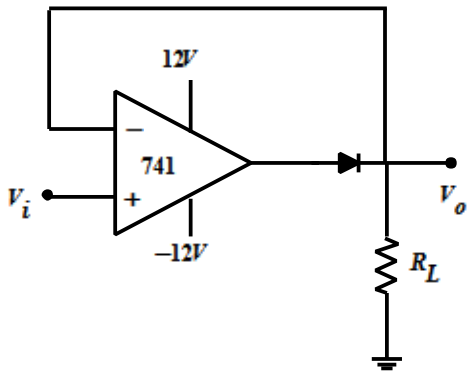
شکل۷-۸

آزمایش نهم

کاربردهای غیرخطی تقویت کننده های عملیاتی(۱)– یکسوساز دقیق نیم موج و تمام موج

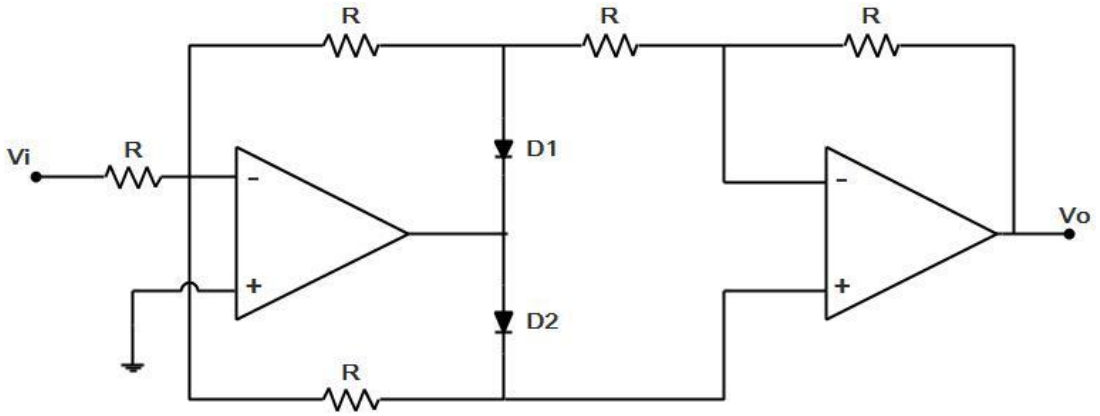
مقدمه:

در یکسوسازی با استفاده از دیود، درصورتیکه دامنه ولتاژ ورودی کمتر از ولتاژ آستانه دیود باشد یکسوساز عمل نخواهد کرد. بدین منظور از یکسوساز دقیق با تقویت کننده های عملیاتی استفاده می شود. عملکرد مدار یکسوساز نیم موج شکل۱-۹ زیر بدین صورت است که، به محض اینکه ولتاژ ورودی بزرگتر از صفر شود به دلیل نبودن فیدبک منفی، خروجی به اشباع رفته برابر با $V_{CC}+$ خواهد شد، در این لحظه دیود روشن می شود. با روشن شدن دیود فیدبک منفی برقرار شده ولتاژ خروجی، برابر ولتاژ ورودی می شود. هنگامی که ولتاژ ورودی کوچکتر از صفر باشد خروجی برابر با $V_{CC}-$ خواهد شد زیرا دیود خاموش است و فیدبک منفی برقرار نمی شود، پس ولتاژ خروجی صفر است.



شکل۱-۹

شکل ۲-۹ نیز یک یکسوساز تمام موج دقیق را نشان می دهد:



شکل ۲-۹

مراحل آزمایش:

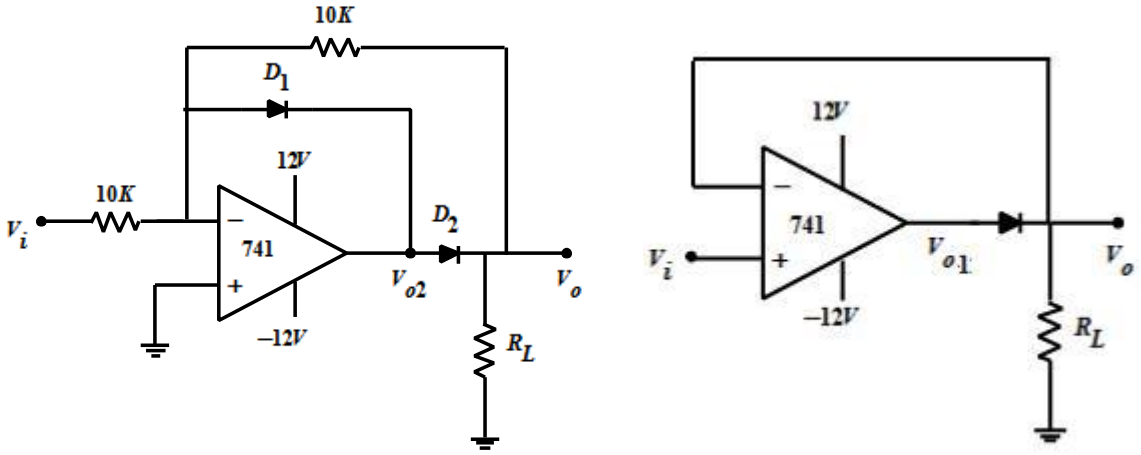
۱– یکسوساز نیم موج دقیق

مدارهای شکل ۳-۹(آ و ب) را آماده کنید . فرکانس ورودی را ۵۰Hz و دامنه آنرا ۱۵۰mv قرار دهید و مراحل زیر را برای هر دو مدار با فرض $R_L = 1K\Omega$ انجام دهید :

۱ . شکل موج های خروجی Op-amp (V_{O1} و V_{O2}) ، و خروجی مدار(V_O) را رسم نمایید . مدارهای فوق هرکدام چه عملی انجام می دهد ؟

۲ . شکل موج خروجی را برای مقاومت $R_L = 100K\Omega$ و نیز در حالتی که مدار باز است ($R_L \longrightarrow \infty$) ، رسم کنید و در مورد آن توضیح دهید . همچنین اثر تغییرات R_L را بر دامنه خروجی مدارها بررسی نمایید .

۳ . عملکرد این دو مدار را در فرکانس های بالا با یکدیگر مقایسه کنید .

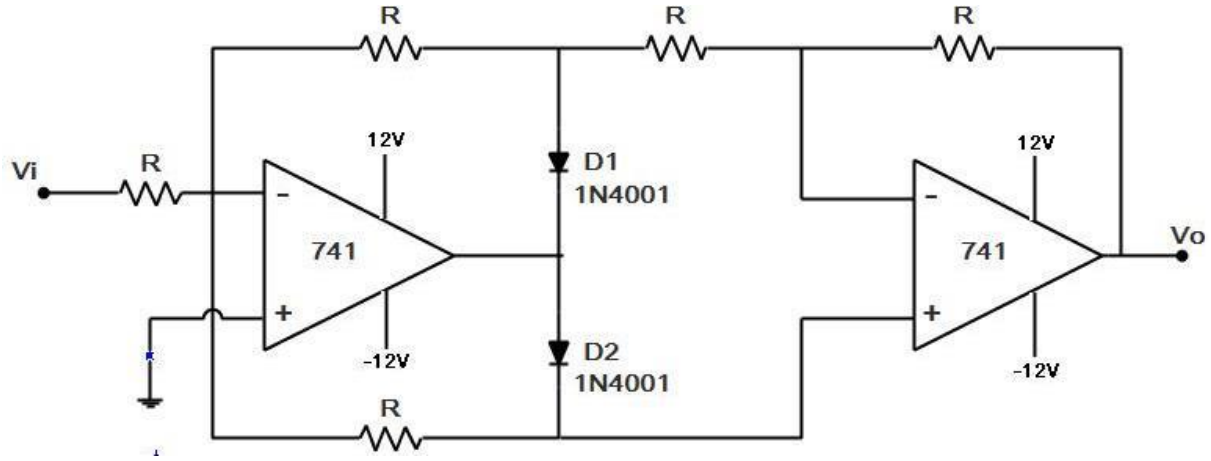


(ب) (آ)

شکل۳-۹

۲– یکسوساز تمام موج دقیق

۱. مدار شکل ۴-۹ را به ازای $R = 10K\Omega$ بسته و یک موج سینوسی با دامنه ۱ ولت و فرکانس ۱kHz به ورودی مدار وصل نمایید سپس شکل موج ورودی و خروجی را رسم نمایید.



شکل ۴-۹

۲. آپ امپ اول معکوس کننده است یا غیرمعکوس کننده؟ آپ امپ دوم چطور؟

۳. اگر ولتاژ ورودی بزرگتر از صفر باشد، کدام دیود روشن و کدام خاموش است؟ ولتاژ خروجی چه نسبتی با ورودی دارد؟

٤. اگر ولتاژ ورودی کوچکتر از صفر باشد، کدام دیود روشن و کدام خاموش است؟ ولتاژ خروجی چه نسبتی با ورودی دارد؟

آزمایش دهم

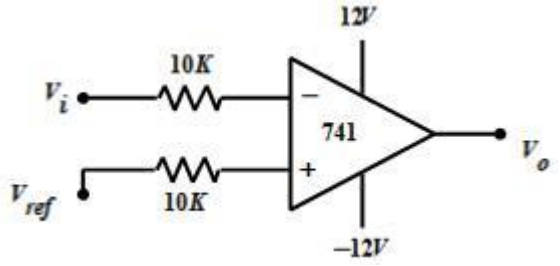
کاربردهای غیرخطی تقویت کننده های عملیاتی(۲)– لگاریتم گیر و مقایسه کننده ها

مقدمه:

الف– مقایسه کننده های ولتاژ –Voltage Comparators

۱. مقایسه کننده معمولی

کار مقایسه کننده اساسا مقایسه دو سیگنال و بیان اینکه کدامیک بزرگتر است می باشد . یکی از راه های ساده برای مقایسه دو سیگنال استفاده از تقویت کننده عملیاتی به صورت شکل ۱-۱۰ است که در آن از یک منبع ولتاژ V_{ref} استفاده شده است. در این مدار خروجی تقویت کننده موقعی که ورودی آن به مرز V_{ref} می رسد به اشباع خواهد رسید. اگر بخواهیم پلاریته ولتاژ خروجی را عوض کنیم کافی است که محل اعمال V_{ref} و V_i را تعویض نماییم.

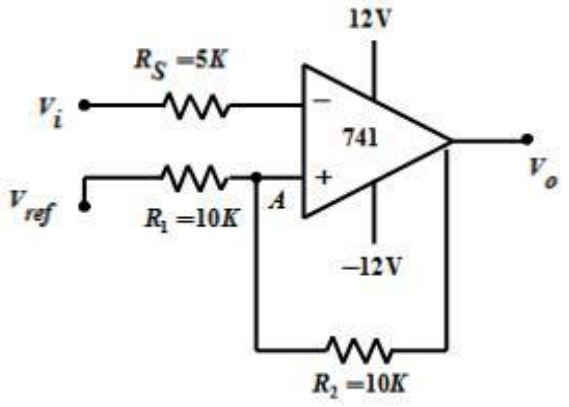


شکل ۱-۱۰

۲. مقایسه کننده اشمیت تریگر –Schmit Trigger Comp

اگر تغییرات سیگنال ورودی مقایسه کننده خیلی آهسته باشد، سرعت سوئیچینگ مقایسه کننده به سرعت تغییرات سیگنال ورودی وابسته خواهد شد . در چنین حالاتی می توان با وارد کردن فیدبک مثبت به مقایسه کننده ، سرعت سوئیچینگ آن را به حدی که فقط به وسیله **Slew Rate** تقویت کننده عملیاتی محدود می گردد افزایش داد . مقایسه کننده ای که از فیدبک مثبت استفاده نماید به مقایسه کننده ریژنراتیو (**Regenerative**) موسوم است و تابع انتقالی آن دارای خاصیت هیسترزیس (**Hysteresis**) می باشد. یک مدار عملی برای بررسی اثر فوق در شکل ۲-۱۰ نشان داده شده است . در مدار مذکور ، ولتاژ V_f برابر است با :

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



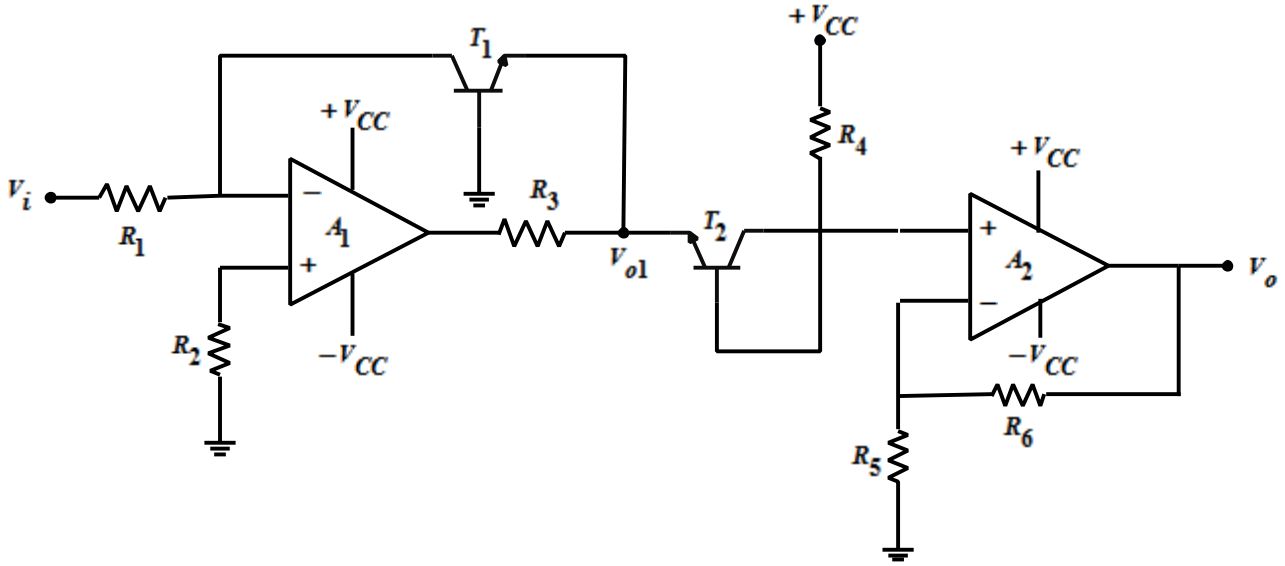
شکل ۲-۱۰

مادامی که $V_i < V_f$ است ، V_oدارای ماکزیمم مقدار خود و در نتیجه V_f همچنان از V_i بزرگتر باقی خواهند ماند. ولی لحظه ای که $V_i > V_f$ گردد، V_o آناً به حداقل مقدار خود در مدار می رسد و V_f آناً کاهش می یابد و در نتیجه باعث کاهش بیشتر خود از V_i می گردد .

حال اگر مجدداً $V_i < V_f$ گردد ، V_o ماکزیمم می شود و مدار به حالت اول بر می گردد . به این ترتیب در مدار یک حالت هیسترزیس ایجاد شده است .

ب– لگاریتم گیر :

از اپ امپ می توان برای لگاریتم گرفتن از سیگنال ورودی نیز استفاده کرد. برای این کار مدار شکل ۳–۱۰ را مشاهده نمایید.



شکل ۳–۱۰

تمرینهای مقدماتی :

مدار شکل ۳–۱۰ را در نظر بگیرید .

۱. نشان دهید رابطه زیر برقرار است:

$$V_O = -\left(1+\frac{R_6}{R_5}\right) V_T \ln\left(\frac{V_i}{\left(R_1/R_4\right) V_{CC}}\right) = -KV_T \log\left(\frac{V_i}{V_{ref}}\right)$$

۲. مقاومتهای R_6 و R_5 را طوری انتخاب کنید که به ازای ۱۰ برابر شدن V_i، خروجی ۱ ولت تغییر کند .

۳. نشان دهید اگر T_1 و T_2 دقیقا یکسان باشند ، برای $V_i = \frac{R_1 V_{cc}}{R_4}$ داریم: $V_O = 0v$ و همچنین اگر $V_i = 0v$ شود خروجی را بدست آورید .

مراحل آزمایش:

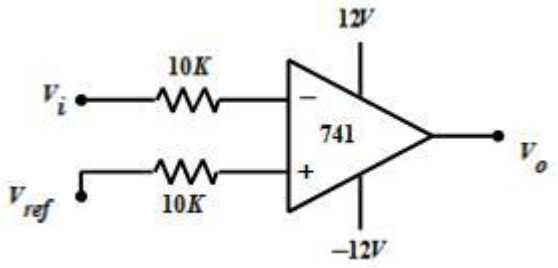
الف.

۱. مدار مقایسه کننده شکل ۱-۱۰ را ببندید .

۲. با گذاشتن مقادیر dc بر روی ورودی های V_{ref} و V_i ، حساسیت مقایسه کننده را در مقابل تغییرات ولتاژ ورودی پیدا نموده و منحنی V_o برحسب ($V_i - V_{ref}$) را رسم کنید .

۳. اگر به ورودی V_i ، به جای ولتاژ dc یک ولتاژ دندانه اره ای اعمال گردد ، شکل موج خروجی V_o را به ازای سه ولتاژ مختلف V_{ref} ترسیم کنید. نتیجه کار را تشریح و یکی از موارد استفاده مهم این گونه مدار را بیان کنید .

۴. اگر به جای استفاده از دو منبع تغذیه ، فقط از یک منبع تغذیه ۱۲V استفاده شود ، مراحل ۲ و ۳ را تکرار نمایید ، نتایج حاصل را با حالت قبل مقایسه کنید و اثر داشتن تنها یک منبع تغذیه را در چنین مداری بنویسید . توجه داشته باشید که در این حالت ، مقدار آفست خروجی صفر نخواهد بود .



ب.

۱. مدار مقایسه کننده شکل ۲-۱۰ را ببندید.

۲. آفست خروجی به ازای ورودی صفر و $V_{ref} = 0$ چقدر است ؟

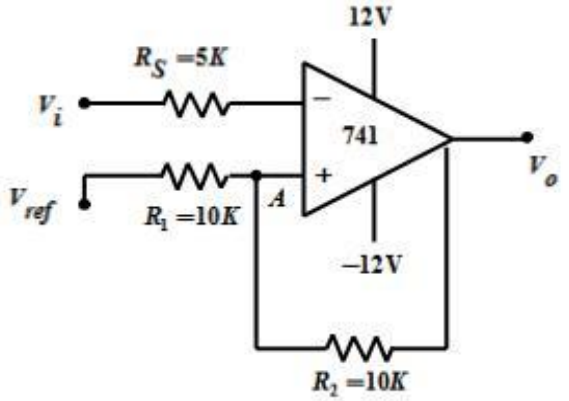
۳. با فرض $V_{ref} = 0$ ، ولتاژهای مختلف dc را به ورودی V_i وارد کنید و با اندازه گیری V_f و V_o ، منحنی V_o را بر حسب V_i ترسیم نمایید . دقت داشته باشید که ولتاژهای V_i را حساب شده انتخاب کنید و به نقاط بحرانی در مدار توجه نمایید . مقدار هیسترزیس در این مدار چقدر است ؟

۴. مقدار V_{ref} را برابر ۴V+ وسپس ۴V- قرار دهید . مجددا منحنی تغییرات ولتاژ خروجی بر حسب V_i را رسم کنید و مقدار هیسترزیس در هر حالت را تعیین نمایید .

۵. با توجه به منحنی های حاصل آیا اسم خاصی برای این مدار می شناسید ؟

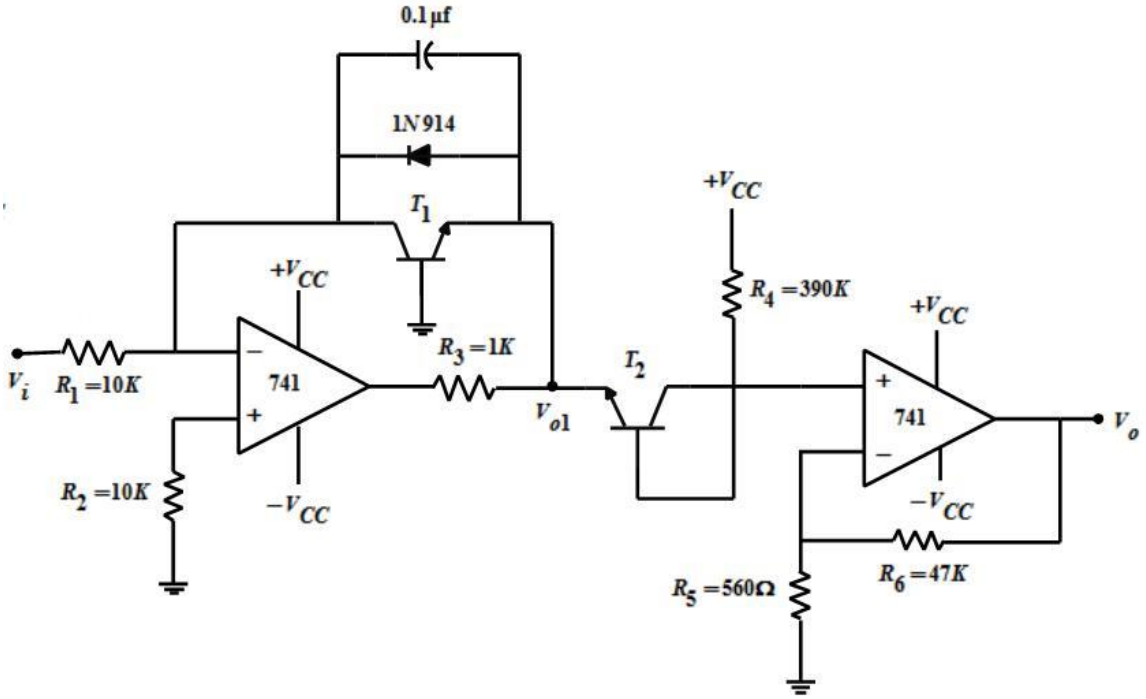
۶ . به جای V_i از یک ولتاژ سینوسی استفاده کنید و شکل موج خروجی را به ازای چند V_{ref} ، (مثلا صفر ، ۴V+ و ۴V-) ترسیم نموده و تفاوتها را بیان نمایید.

۷. با استفاده از اسیلوسکوپ ، منحنی هیسترزیس مدار را به ازای ولتاژهای V_{ref}، مرحله ۶بدست آورید .



پ.

مدار شکل ۴-۱۰ را آماده کنید. V_{CC} را با ۱۵v در نظر بگیرید و مقدار ولتاژ ورودی را از ۱۵V+ تا ولتاژهای حدود ۱۰mV تغییر دهید . در هر مرحله ، ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و منحنی تغییرات $V_o - V_i$ را در کاغذ لگاریتمی رسم و با منحنی حاصل از روابط تئوری (بند ۱ تمرینات) مقایسه نمائید .



شکل ۴-۱۰

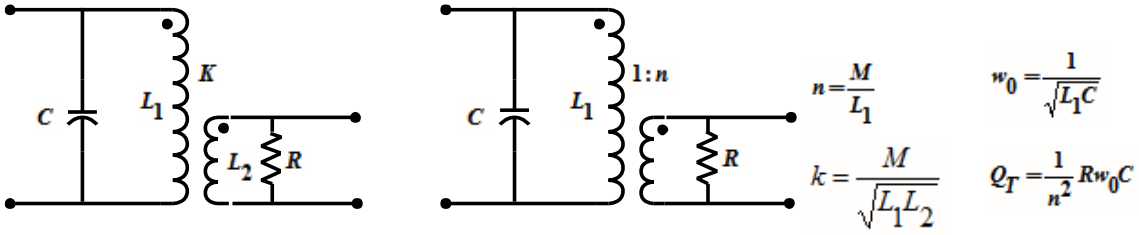
آزمایش یازدهم

تقویت کننده باند باریک با مدار تانک

مقدمه:

مدار تانک ترانسفورمری

هدف ما در این آزمایش طرح تقویت کننده باند باریک برای فرکانسهای میانی(IF) است که حول فرکانس ۴۵۵KHz دارای پهنای باند باشد. در مدارهای مخابراتی و اکثر کاربردهایی که یک مدار باند باریک ، به منظور ایزوله کردن بار از تقویت کننده یا طبقات از یکدیگر ، تطبیق امپدانس و یا فراهم آوردن اختلاف فاز ۱۸۰ درجه بین بار و سیگنال ورودی ، از یک ترانسفورمر در مدار رزونانس راکتیو استفاده فراوانی می شود. شکل ۱- ۱۱ نمونه ای از مدار حاصل را که مدار تانک نیز نامیده می شود و مدار معادل آن را نشان می دهد . نکات مهم در طراحی تقویت کننده های باند باریک ترانزیستوری، عبارتند از نوع ترانزیستور ، نحوه استفاده از آن در مدار (آرایش هایCB, CE و CC) و نقطه کار آن است بگونه ای که ماکزیمم سوئینگ را از خروجی آن دریافت نماییم . هدف ما در این آزمایش ، طراحی و آزمایش یک تقویت کننده باریک با ویژگی تغییرات اندک پهنای باند نسبت به بار است.



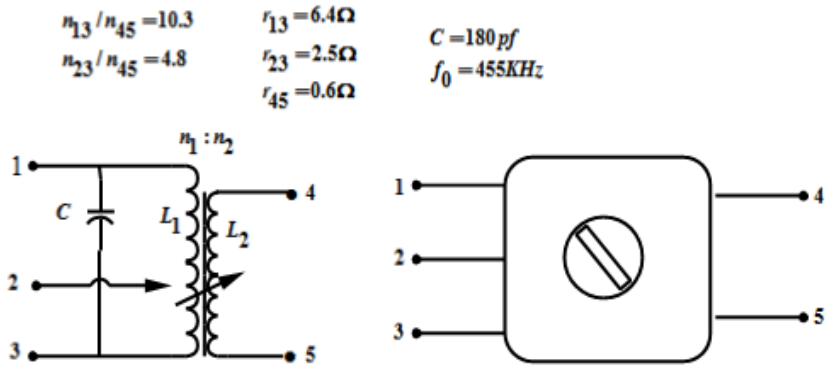
(آ) (ب)

شکل ۱-۱۱ : (آ)- ترانسفورمر با اولیه هماهنگ (tuned) و ثانویه بار گذاری شده (ب)- مدار معادل

مراحل آزمایش :

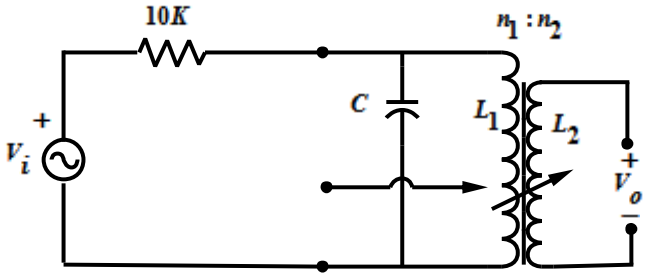
۱– اندازه گیری المان ها و فرکانس تشدید مدار تانک

۱. در این آزمایش از مدار تانک مورد استفاده در طبقهIF یک رادیوی AM (ترانسفورمرIF زرد رنگ) استفاده می گردد . شکل ۲-۱۱ این مدار و مشخصات آن را نشان می دهد .ابتدا مقادیر L_1 وL_2 را توسط سلف سنج فرکانس پایین اندازه گیری نمایید .



شکل ۲-۱۱

۲. ترانسفورمر IF را در مدار شکل ۳-۱۱ قرار دهید و با تغییر فرکانس منبع ، فرکانس تشدید آنرا اندازه گیری نمایید . حال با تغییر L_1(با چرخاندن پیچ)، فرکانس تشدید ترانسفورمر فوق را روی ۴۵۵KHz تنظیم کنید . سپس خازن C را محاسبه نمایید. همچنین در حالت تشدید ، با اندازه گیری دامنه اولیه و ثانویه بدون بار ، مقادیر القا ، متقابل M و ضریب کوپلاژ K را بدست آورید .

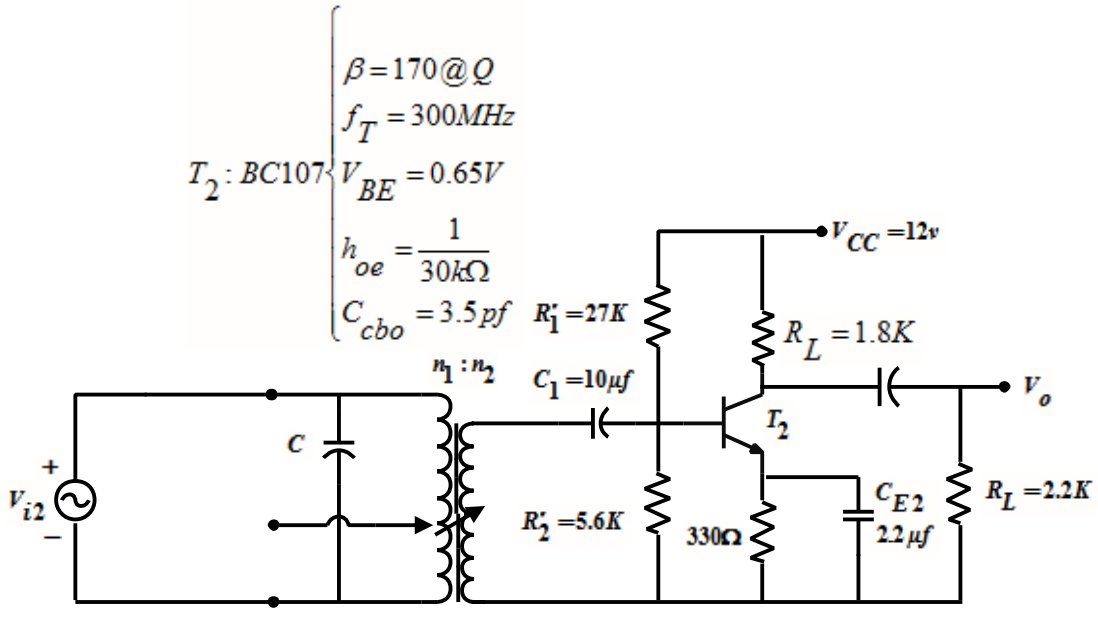


شکل ۳-۱۱

تقویت کننده دو طبقه مورد نظر در این آزمایش از کوپلینگ یک تقویت کننده بیس مشترک و یک طبقه امیتر مشترک توسط مدار تانک مذکور حاصل می گردد. در قسمت های بعدی ، به بررسی عملکرد هریک از طبقات بطور مستقل و مدار نهائی خواهیم پرداخت .

۲-تقویت کننده باند باریک امیتر مشترک

۱. تقویت کننده امیتر مشترک بهمراه مدار تانک (توضیح داده شده در بند۱) در ورودی ، تشکیل یک تقویت کننده باند باریک را در فرکانس حامل ۴۵۵KHz می دهد. برای این منظور ، مدار شکل ۴-۱۱ را روی برد بورد آماده نمایید . سپس با تنظیم مجددIF روی ۴۵۵KHz ، گین ولتاژ را بدست آورید. پهنای باند مدار را بدست آورده و با تئوری مقایسه کنید . ضمنا نقطه کار dc را اندازه بگیرید. عیب مدار چیست ؟



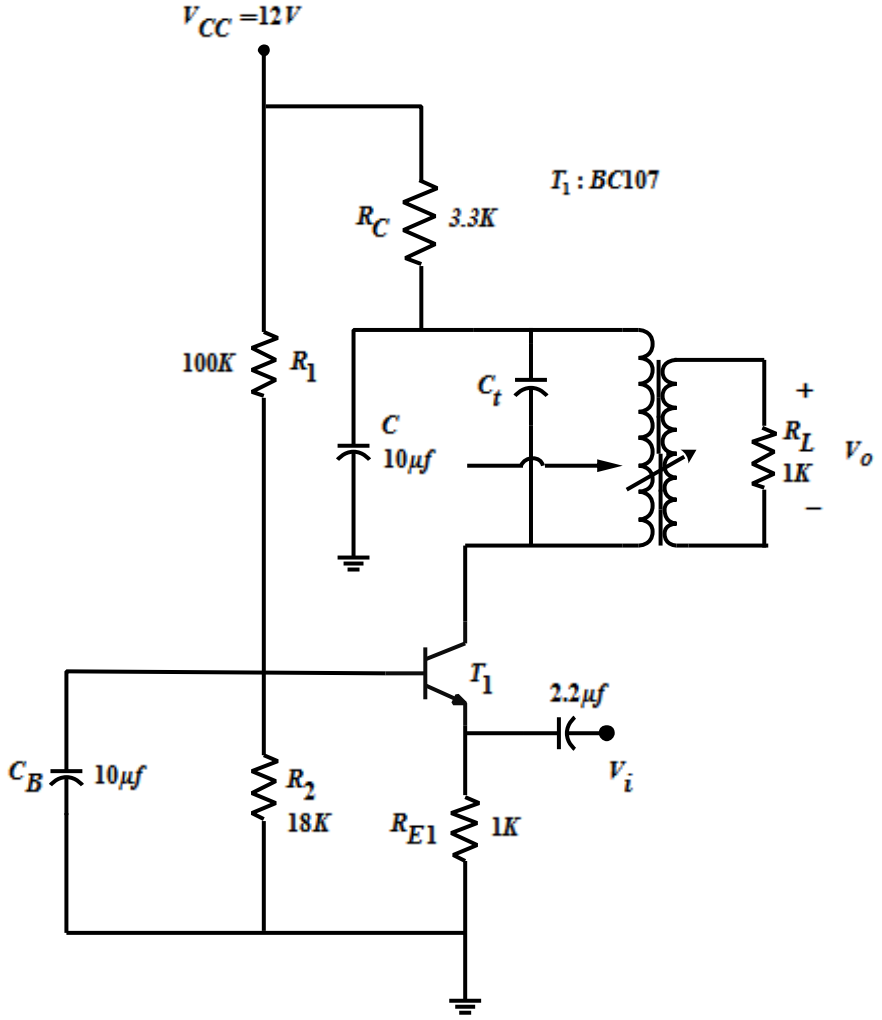
شکل ۴-۱۱

۲. اثرات تغییر بار را بر روی پهنای باند تقویت کننده بررسی کنید . برای این منظور از یک پتانسیومتر 50KΩ بجای R_Lاستفاده نموده و پاسخ فرکانسی را در یک محدوده فرکانسی مشخص ، اندازه بگیرید. آیا تغییری نسبت به بند ۱ مشاهده می کنید ؟ دلیل این امر را توضیح داده و راه حلی برای اصلاح مدار پیشنهاد نمایید.

۳– تقویت کننده باند باریک بیس مشترک

۱. مدار تقویت کننده بیس مشترک شکل۵-۱۱ را ببندید و بندهای ۱ و ۲ از قسمت قبل را برای این مدار تکرار کنید .

۲. در خصوص دلیل استفاده از آرایش بیس مشترک و مقاومت R و خازن C توضیح دهید .



شکل ۵-۱۱

۴– تقویت کننده باند باریک نهائی

۱. اگر در آزمایش قبل ، به جای بار R_L ، تقویت کننده امیتر مشترک قسمت ۳ را قرار دهیم به مدار نهائی می رسیم . شکل ۶-۱۱ این مدار را نشان می دهد. با بستن مدار ، نقاط کار dc را اندازه بگیرید و با مقدار متناظر بدست آمده از محاسبات تئوری ، مقایسه کنید .

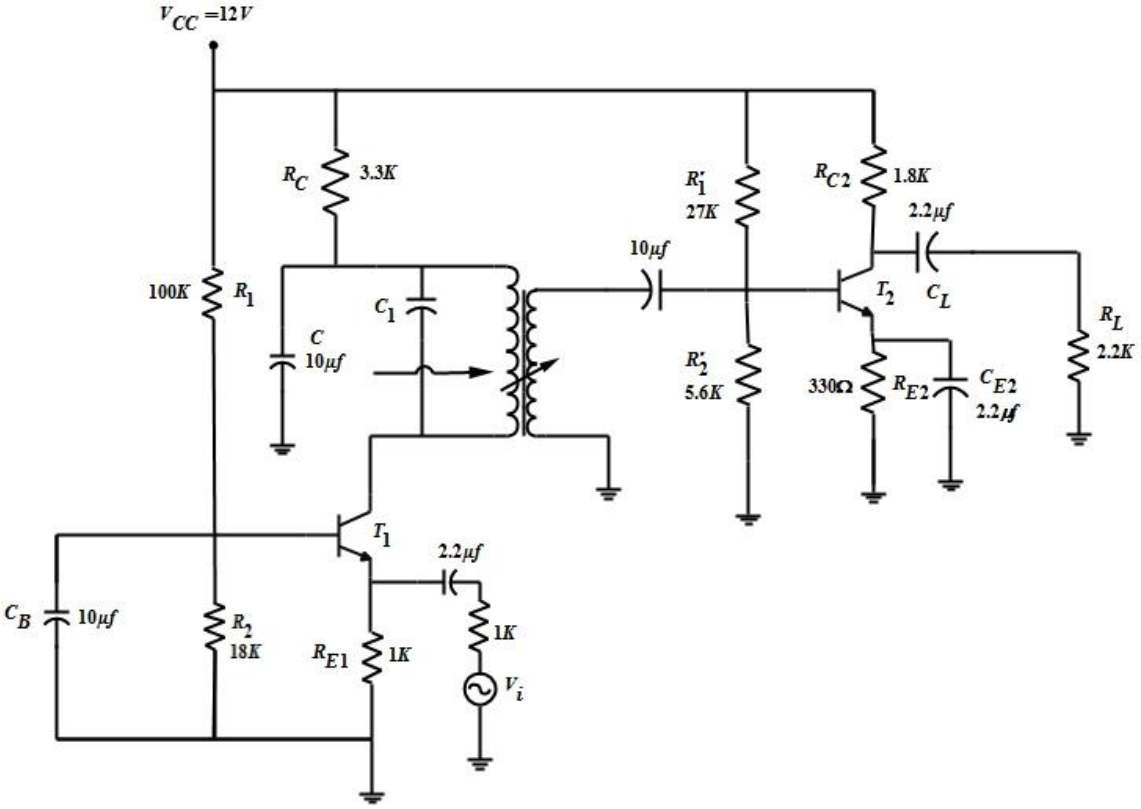
۲. مجددا ترانسفورمر IF را برای فرکانس ۴۵۵KHz تنظیم نمایید . در حالیکه سیگنال خروجی یک سینوسی کامل ، گین ولتاژ و نیز پهنای باند مدار را بدست آورید و با مقدار تئوری مقایسه کنید . (در صورت ناپایداری مدار ، گین را با قرار دادن یک مقاومت کوچک در امیتر T_2 کاهش دهید)

۳. مشخصه فرکانسی مدار (منحنی گین- فرکانس) را در محدوده ۲۵۰KHz تا ۶۵۰KHz برای ۱۵ نقطه رسم کنید. پهنای باند مدار چقدر است؟

۴. با استفاده از یک پتانسیومتر $50K\Omega$ بجای R_L ، مجددا اثر تغییر بار را بر پهنای باند بررسی نمایید . برای این منظور و مشاهده این تغییرات بطور همزمان بر روی اسیلوسکوپ می توانید از مد سوئیپ(sweep mode) سیگنال ژنراتور استفاده کنید .

۵. مزایای این مدار نسبت به مدارهای قبلی چیست؟

۶. مقادیر تئوری Q را برای هر سه مدار محاسبه کنید و با مقادیر حاصل از آزمایش ، مقایسه نمایید.



شکل ۶-۱۱