



جزوه آزمایشگاه مدارات الکترونیکی

تهیه و تدوین:

مهندس گودآسیایی

نسخه بهمن 90

بسمه تعالی

آزمایشگاه مدارات الکترونیکی

فهرست :

- 1- مشخصه های دیود
- 2- مدارهای یکسوساز
- 3- مدارهای برشگر و جابجا کننده
- 4- رگولاتور زنری
- 5- خصوصیات ترانزیستور **BJT**
- 6- سوئیچینگ ترانزیستور
- 7- بایاس ترانزیستور **BJT**
- 8- تقویت کننده امیتر مشترک
- 9- تقویت کننده کلکتور مشترک

آزمایش اول: مشخصه های دیود

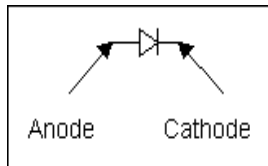
عناصر مورد نیاز :

مقاومت : 330Ω یک عدد ، $1.0 M\Omega$ یک عدد .

دیود : 1N4007

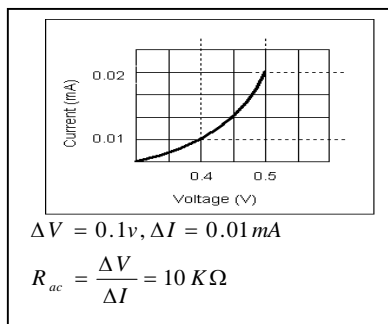
تنوری:

وقتی که یک ماده نوع **n** و یک ماده نوع **p** بر روی یک کریستال پایه به هم متصل شوند ، از اتصال **pn** به وجود آمده ، دیود ایجاد می گردد . اتصال **pn** مشخصه های الکتریکی منحصر بفردی دارد. وقتی که اتصال **pn** تشکیل شود ، الکترونها و حفره ها اطراف اتصال جمع خواهند شد و یک پتانسیل مسدود کننده را بوجود می آورند . این پتانسیل از پیشرفت جریان بدون یک منبع ولتاژ خارجی جلوگیری می کند . اگر یک منبع ولتاژ **dc** به دیود وصل شود ، جهتی که منبع وصل شده است روی افزایش یا کاهش پتانسیل مسدود کننده تاثیر می گذارد . تاثیر به این صورت است که دیود هدایت خواهد کرد . اگر ترمینال مثبت آن به ماده نوع **p** وصل شود ، گفته می شود که دیود مستقیم بایاس شده و هدایت خواهد کرد. اگر ترمینال مثبت منبع به ماده نوع **n** و ترمینال منفی آن به ماده نوع **p** وصل شود ، گفته می شود که دیود معکوس بایاس شده و دیود هدایت ضعیفی خواهد داشت .



نماد دیود را در شکل روبرو می توان دید . فلش جهتی را که جریان می تواند برقرار شود نشان می دهد (مثبت به منفی) . برای بسیاری از کاربردها دیود بصورت یک دریچه یک جهته عمل می نماید . کاربردهای دیگر به تقریب بهتری احتیاج دارند .

دیودها می توانند با سه تقریب ابتدایی ساده شوند . اولین تقریب در نظر گرفتن دیود بصورت یک دریچه یک جهته یا یک کلید (سوئیچ) باز یا بسته می باشد . اگر دیود مستقیم بایاس شود ، کلید بسته است ، اگر معکوس بایاس شود ، کلید باز است . تقریب دوم افت ولتاژ مربوط به پتانسیل مسدود کننده را برای یک دیود مستقیم بایاس شده را نیز لحاظ می کند . برای یک دیود سیلیکون این مقدار تقریباً برابر $0.7v$ می باشد ، برای ژرمانیوم تقریباً $0.3v$ است . تقریب سوم مقاومت **ac** (یا دینامیکی) نیز در



نظر گرفته می شود . مقاومت **ac** از تقسیم یک تغییر کوچک در ولتاژ به یک تغییر کوچک در جریان بدست می آید . دیود یک عنصر غیر خطی است ، بنابراین مقاومت **ac** آن ثابت نیست و وابسته به نقطه ای از منحنی مشخصه است که اندازه گیری در آنجا انجام می شود . شکل روبرو نشان می دهد که چگونه مقاومت **ac** تعیین می شود . توجه کنید که یک تغییر کوچک در ولتاژ به یک تغییر کوچک در جریان تقسیم می شود . در این آزمایش شما یک دیود را به صورت مستقیم و معکوس بایاس خواهید کرد و منحنی مشخصه **I-V** آن را رسم خواهید کرد .

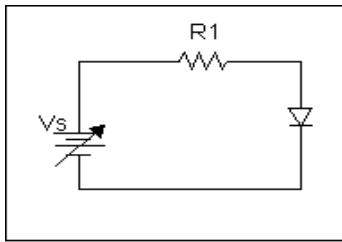
همچنین مداری خواهید ساخت که به وسیله آن مستقیماً بتوانید پاسخ دیود را روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید .

مقدار واقعی	مقدار اسمی	قطعه
	330 Ω	R₁
	1.0M	R₂
	مقاومت مستقیم دیود	
	مقاومت معکوس دیود	

مراحل آزمایش:

- 1- مقاومت های لیست شده در جدول روبرو را اندازه گیری کرده و یادداشت کنید . سپس دیودتان را با اهم متر تست کنید . این عمل را با اندازه گیری مقاومت های مستقیم و معکوس دیود و با عوض کردن سیمهای اندازه گیر در دو سر دیود

انجام دهید. اگر اختلاف بین دو اندازه گیری خیلی زیاد بود به این معناست که دیود سالم است. توجه: بعضی از DMM ها دارای کلید تست دیود می باشند.



2- مدار بایاس مستقیم نشان داده شده در شکل روبرو را بسازید. خط موجود بر روی دیود، سمت کاتد را نشان می دهد. (در بایاس مستقیم، این سمت، قسمت منفی دیود می باشد) منبع تغذیه را روی صفر ولت تنظیم کنید.

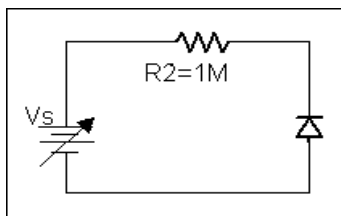
V_f	V_S	V_{R1}	I_f
0.45			
0.50			
0.55			
0.60			
0.65			
0.70			
0.75			

3- افت ولتاژ دو سر دیود، V_f ، را مانیتور کنید. V_S را به آرامی افزایش دهید تا 0.45v دو سر دیود ظاهر شود. ولتاژ دو سر مقاومت V_{R1} ، را اندازه بگیرید و آن را در جدول روبرو، یادداشت کنید.

4- جریان مستقیم دیود، I_f ، را می توان با به کار بردن قانون اهم برای $R1$ پیدا کرد. I_f را محاسبه کرده و جریان محاسبه شده را در جدول، وارد کنید.

5- مراحل 3 و 4 را برای هر کدام از ولتاژهای لیست شده در جدول روبرو تا جایی که دیود بیش از اندازه داغ نگردیده، تکرار کنید.

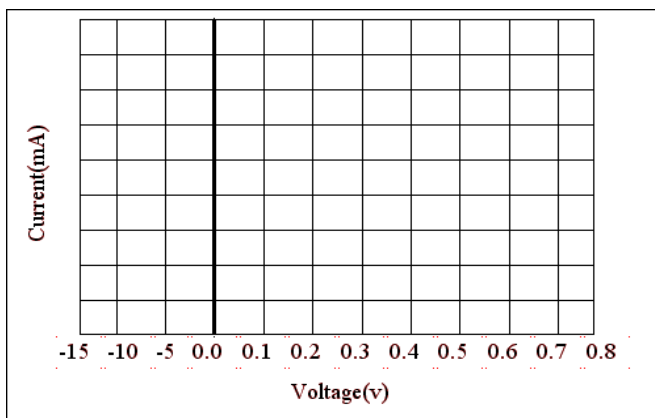
6- نتایج این مرحله فقط در صورتی صحیح خواهد بود که ولتمتر شما امپدانس ورودی بزرگی داشته باشد. امپدانس ورودی ولتمتر را می توان به صورت زیر تست نمود. ولتاژ منبع تغذیه را در حالی که با یک مقاومت $1.0\text{M}\Omega$ سری شده است، اندازه



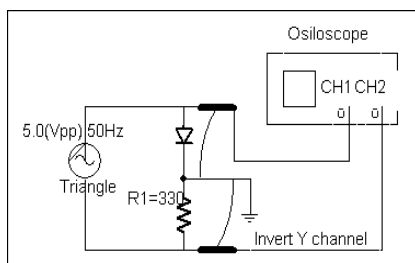
V_S (اندازه گیری شده)	V_{R2} (اندازه گیری شده)	I_R (محاسبه شده)
5.0v		
10.0v		
15.0v		

بگیرید. اگر اندازه گیر ولتاژ منبع را صحیح خواند، آنگاه امپدانس ورودی بزرگی دارد. مدار بایاس معکوس شکل روبرو را ببینید. منبع تغذیه را برای هر کدام از ولتاژهای

لیست شده در جدول روبرو، تنظیم کنید. قانون اهم را برای مقاومت بکار ببرید و جریان معکوس را در هر حالت محاسبه کنید. جریان محاسبه شده را در جدول، وارد کنید.

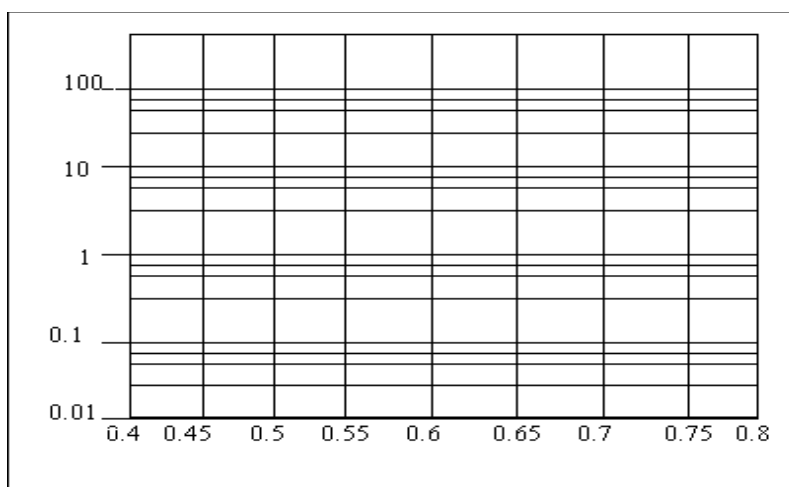


7- منحنی های بایاس مستقیم و بایاس معکوس دیود را در نمودار روبرو، رسم کنید و مقیاسهای مختلفی برای ولتاژ مستقیم و معکوس در نظر گرفته شده است تا منحنی بیرون نزنند. شما باید یک مقیاس مناسب برای جریان انتخاب کنید تا بزرگترین مقدار گزارش شده برای جریان در بالای نمودار قرار گیرد.



8- شما می توانید با اتصال مدار زیر به اسکوپ، مشخصه مستقیم دیود را رسم کنید. کانال 1 افت ولتاژ دوسر دیود را حس می کند. کانال 2 سیگنالی را نشان می دهد که با جریان متناسب است. اسیلوسکوپ در حالت X-Y قرار داده می شود. زمین سیگنال ژنراتور نباید با زمین اسیلوسکوپ یکی باشد. کانال 2 باید معکوس شود تا سیگنال با جهت مناسب نمایش داده شود. مدار را تنظیم کنید و سیگنال را مشاهده کنید. نتایج را برای این آزمایش توصیف کنید

9- معادلات تئوری برای منحنی I-V یک دیود نشان می دهد که جریان تابعی نمائی از ولتاژ بایاس می باشد. این بدان معناست که منحنی تئوری دیود مستقیم بایاس شده یک خط راست بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی خواهد بود. کاغذ نیمه لگاریتمی از مقیاس لگاریتمی در یک محور و مقیاس خطی در محور دیگر استفاده می کند. برجسب های مناسب را اضافه کرده و داده های مرحله 3 آزمایش را (در جدول مرحله 3) در نمودار ذیل رسم کنید. چه نتیجه ای از اطلاعات گزارش شده می گیرید؟



مسائل:

- 1- چه عواملی بر دقت اندازه گیری های این آزمایش تاثیر می گذارند؟ (1- در بایاس مستقیم، 2- بایاس معکوس)
- 2- مقاومت ac دیود را در سه نقطه 0.5v، 0.6v، 0.7v از منحنی بایاس مستقیم محاسبه کنید. (قانون اهم را برای منحنی در نمودار قسمت " برای تحقیق بیشتر "، به کار ببرید. یک تغییر کوچک در ولتاژ را برای یک تغییر کوچک در جریان تقسیم کنید.)

$$R_{ac}(0.5v) = \quad R_{ac}(0.6v) = \quad R_{ac}(0.7v) =$$
- 3- با استفاده از داده های بدست آمده در جدول مرحله سوم، ماکزیمم اتلاف توان در دیود را محاسبه کنید.
- 4- توضیح دهید که چگونه بوسیله یک اهم متر می توانید کاتد یک دیود بدون علامت را مشخص کنید؟ چرا لازم است که پلاریته واقعی سیمهای اهم متر را بدانید؟

آزمایش دوم: مدارهای یکسوساز

عناصر مورد نیاز:

مقاومت: $2.2K\Omega$ دو عدد

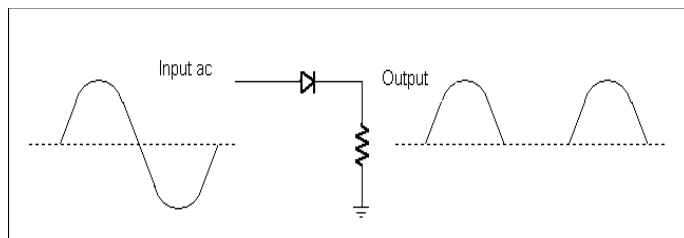
ترانسفورماتور ac سه سر $15v$ یک عدد

دیود $1N4007$ چهار عدد

خازن $100\mu f$ $25v$ یک عدد

تنوری:

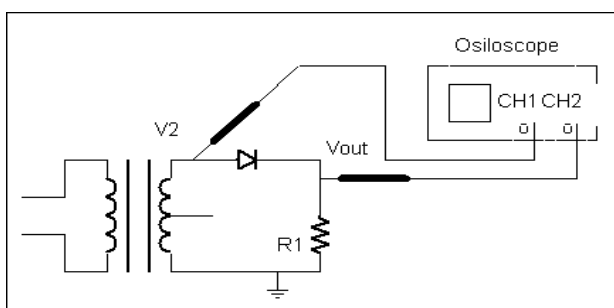
یکسوسازها، دیودهایی هستند که برای تبدیل ولتاژ ac به dc استفاده می شوند. همانگونه که در آزمایش 1 دیدید، دیودها شبیه یک دریچه یک جهته کار می کنند و فقط اجازه می دهند که جریان در یک جهت برقرار شود. وقتی که ولتاژ ac به دیود اعمال می شود، دیود در نیم سیکل بصورت مستقیم و در نیم سیکل دیگر بصورت معکوس بایاس می شود. شکل موج خروجی بصورت شکل موج dc ضربانی (یا یکسو شده نیم موج) تبدیل می شود (شکل زیر). موج dc ضربانی پس از فیلتر شدن به موج dc ثابت تبدیل می شود. یکسوسازها در منابع تغذیه مورد استفاده قرار می گیرند.



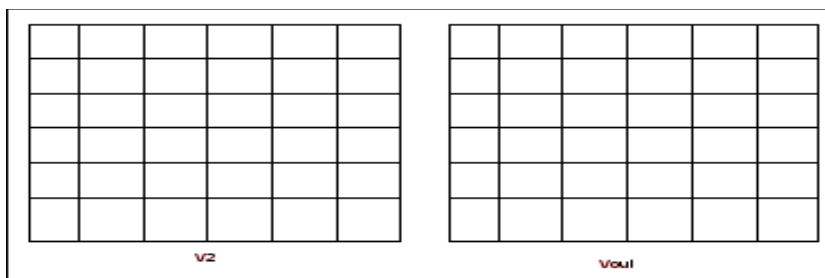
منابع تغذیه، ولتاژ dc مورد نیاز عناصر اکتیو را تهیه می کنند. سه مدار یکسوساز اصلی عبارتند از: یکسوساز نیم موج، یکسوساز تمام موج با ترانس سه سر، و یکسوساز تمام موج پل. مهمترین پارامترها جهت انتخاب دیود برای این مدارها، ماکزیمم جریان مستقیم (I_F)، و حداکثر ولتاژ معکوس دیود (PIV)

می باشد. حداکثر ولتاژ معکوس، ماکزیمم ولتاژی است که وقتی دیود، معکوس بایاس شود می تواند تحمل کند. مقدار ولتاژ معکوس که در دو سر دیود ظاهر می شود به نوع مداری که به آن متصل شده بستگی دارد. بعضی از خصوصیات سه مدار یکسوساز در این آزمایش بررسی خواهد شد.

مراحل آزمایش:



1- مدار یکسوساز نیم موج روبرو را ببندید. به پلار تیه دیود دقت کنید. خط موجود بر روی دیود، جهت کاتد را نشان می دهد. اسکوپ را وصل کنید. کانال 1 را به دو سر ثانویه ترانسفورماتور و کانال 2 را به دو سر مقاومت خروجی (بار) وصل کنید. حالت تریگر شدن



اسیلوسکوپ باید روی LINE تنظیم شود تا شکل موج مشاهده شده با ولتاژ ac خط سنکرون شود، شکل موجهای ولتاژ ورودی دیود (V_2)، و ولتاژ خروجی (V_{out})،

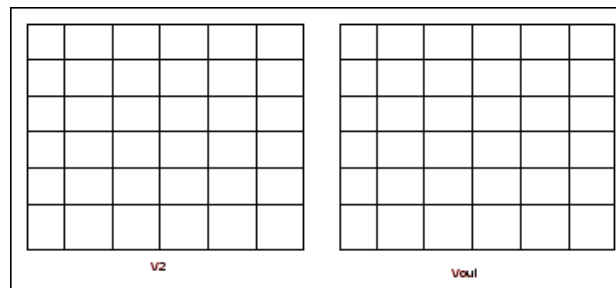
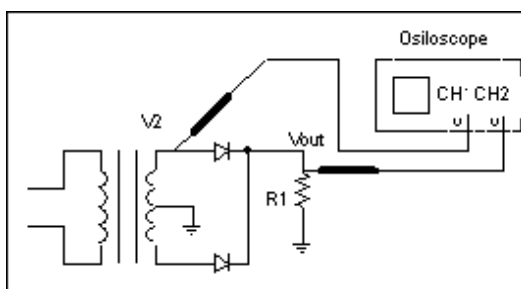
را در نمودار روبرو، رسم کنید . مقیاس زمان و ولتاژ را در رسم خود نشان دهید . (بجای ترانسفورماتور می توانید از سیگنال ژنراتور استفاده کنید . در این حالت تریگر شدن اسیلوسکوپ را روی کانال 1 قرار دهید.)

2- ولتاژ rms ثانویه و ولتاژ پیک خروجی را اندازه بگیرید . به خاطر داشته باشید که مقدار خوانده شده توسط اسیلوسکوپ را به ولتاژ rms تبدیل کنید . اطلاعات را در جدول زیر، یادداشت کنید .

با فیلتر خازنی (مرحله 3 آزمایش)			بدون فیلتر خازنی (مرحله 2 آزمایش)			
اندازه گیری شده			اندازه گیری شده	محاسبه شده	اندازه گیری شده	محاسبه شده
فرکانس رپیل	$V_r(pp)$	$V_{out}(dc)$	$V_{out}(p)$	$V_{out}(p)$	$V_2(rms)$	$V_2(rms)$
						15V(ac)

3- خروجی ، بعلت تغییرات زیاد، نمی تواند بعنوان یک منبع dc مفید باشد . یک فیلتر خازنی $100\mu f$ (C_1) با مقاومت بار (R_1) موازی کنید . به پلار تیه خازن توجه کنید . ولتاژ dc بار، $V_{out}(dc)$ و ولتاژ پیک - پیک رپیل، $V_r(pp)$ را در خروجی اندازه بگیرید . برای اندازه گیری ولتاژ رپیل، COPULING اسیلوسکوپ را در حالت AC قرار دهید . این موضوع به شما اجازه خواهد داد که بدون بزرگ شدن سطح dc ، مقدار ولتاژ رپیل ac کوچک را بزرگ کنید . مقدار " پیک - پیک رپیل ولتاژ " و " رپیل فرکانسی " را اندازه بگیرید . فرکانس رپیل ، فرکانسی است که شکل موج تکرار می شود . مقادیر اندازه گیری شده را در جدول فوق ، وارد کنید .

4- تغذیه را جدا کرده و مدار را به مدار یکسوساز تمام موج نشان داده شده در شکل زیر تبدیل کنید . توجه کنید که زمین مدار تغییر کرده است . زمین اسکوپ باید همانگونه که نشان داده شده است متصل شود . مدار خود را قبل از اعمال تغذیه به دقت چک کنید . ولتاژ پیکی را که برای خروجی انتظار دارید محاسبه کنید. سپس تغذیه را اعمال کنید و شکل موجهای V_2 و V_{out} را مشاهده کنید . شکل موجهای مشاهده شده را در نمودار زیر رسم کنید .

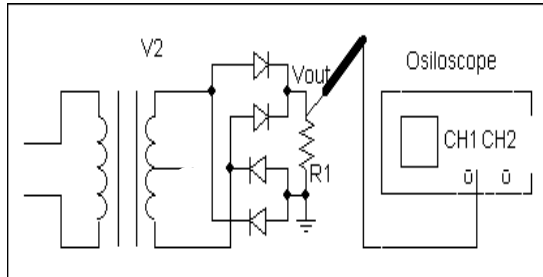


5- $V_2(rms)$ ، ولتاژ پیک خروجی (V_{out}) را بدون فیلتر خازنی اندازه بگیرید . اطلاعات را در جدول زیر گزارش کنید.

با فیلتر خازنی (مرحله 6 آزمایش)			بدون فیلتر خازنی (مرحله 5 آزمایش)			
اندازه گیری شده			اندازه گیری شده	محاسبه شده	اندازه گیری شده	محاسبه شده
فرکانس رپیل	$V_r(pp)$	$V_{out}(dc)$	$V_{out}(p)$	$V_{out}(p)$	$V_2(rms)$	$V_2(rms)$
						7.5V(ac)

6- یک خازن $100\mu f$ موازی با مقاومت بار ببندید . V_{out} ، ولتاژ پیک - پیک رپیل و فرکانس رپیل را نظیر حالت قبل اندازه گرفته و در جدول فوق گزارش کنید .

7- تاثیر مقاومت بار بر ریپل ولتاژ را با قرار دادن یک مقاومت $2.2K\Omega$ ، موازی با R_1 و C_1 در مدار تمام موج صفحه قبل بررسی کنید . ولتاژ ریپل را اندازه بگیرید . چه نتیجه ای می توانید درباره تاثیر جریان بار بیشتر بر ولتاژ ریپل بگیرید ؟



8- تغذیه را جدا کنید و مدار یکسوساز پل (شکل روبرو) را ببندید . قبل از اعمال تغذیه مدار خود را به دقت چک کنید . ولتاژ پیک خروجی ای که انتظار دارید محاسبه کنید. سپس تغذیه را اعمال کنید و با استفاده از یک ولتمتر V_2 (rms) را اندازه بگیرید. با استفاده از اسیلوسکوپ ولتاژ پیک خروجی (V_{out}) را بدون فیلتر خازنی اندازه بگیرید . اطلاعات را در جدول زیر گزارش کنید .

با فیلتر خازنی (مرحله 9 آزمایش)			بدون فیلتر خازنی (مرحله 8 آزمایش)			
اندازه گیری شده			اندازه گیری شده	محاسبه شده	اندازه گیری شده	محاسبه شده
فرکانس ریپل	$V_r(pp)$	$V_{out}(dc)$	$V_{out}(p)$	$V_{out}(p)$	$V_2(rms)$	$V_2(rms)$
						15V(ac)

9- یک خازن $100\mu f$ با مقاومت بار موازی کنید . V_{out} ، مقدار پیک - پیک ولتاژ پیل ، و فرکانس ریپل را مانند قبل اندازه بگیرید . اطلاعات را در جدول فوق ، یادداشت کنید .

10- یکی از دیودها را از مدار پل خارج کنید . (یکی از دیودها باز باشد) چه اتفاقی برای ولتاژ خروجی خواهد افتاد؟ ولتاژ ریپل چگونه؟ فرکانس ریپل چگونه؟

مسائل :

- 1- مدار یکسوساز تمام موج نسبت به مدار یکسوساز نیم موج، چه حسنی دارد؟
- 2- مدار یکسوساز پل را با مدار یکسوساز تمام موج (با ترانس سه سر) مقایسه کنید . کدامیک ولتاژ خروجی بزرگتری دارد؟ کدامیک جریان بزرگتری در دیودها دارد؟
- 3- توضیح دهید که چگونه می توانید با اندازه گیری فرکانس ریپل تعیین کنید که یکی از دیودهای مدار یکسوساز پل، باز شده است؟
- 4- (a) ماکزیمم ولتاژ ی ($V_{out}(p)$) که انتظار دارید از یک ترانسفورماتور با ثانویه $18 V_{rms}$ و مدار پل با فیلتر خازنی بگیرید، چقدر است؟
- (b) ماکزیمم ولتاژ dc ای که انتظار دارید از همان ترانسفورماتور وقتی که به مدار یکسوساز تمام موج و فیلتر خازنی وصل کرده اید بگیرید ، چقدر است؟

آزمایش سوم: مدارهای برشگر و جابجا کننده

عناصر مورد نیاز :

مقاومت : $10\text{ K}\Omega$ دو عدد ، $47\text{ K}\Omega$ یک عدد

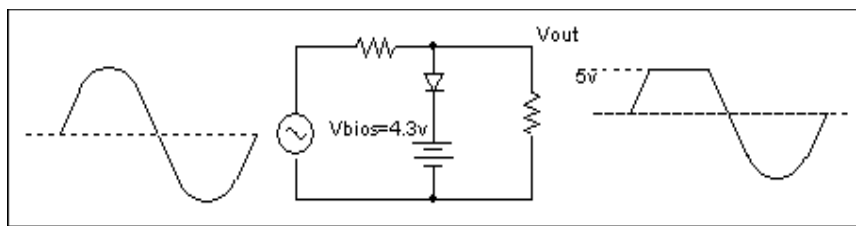
دیود : 1N4007 (یا معادل) دو عدد

خازن : $100\mu\text{f}$ یک عدد

تئوری:

دیودها غالباً در کاربردهائی نظیر شکل دهی موج ها ، ترکیب کننده ها، آشکارسازها ، مدارهای محافظ و مدارهای سوئیچینگ استفاده می شوند . در این آزمایش دو کاربرد پر استفاده مدارهای دیودی را مورد بررسی قرار خواهیم داد . این دو کاربرد عبارتند از: مدارهای برشگر دیودی و مدارهای جابجاگر دیودی .

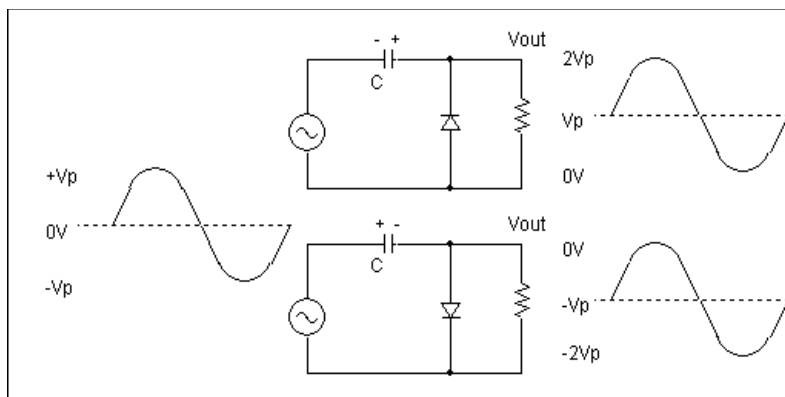
هدف از مدار برشگر دیودی (Clipper) ، آن است که از افزایش شکل موج از یک مقدار مشخص جلوگیری شود . چه در ناحیه



مثبت و چه در ناحیه منفی . برای مثال فرض کنید می خواهیم آن قسمت از موج سینوسی را که بالاتر از $+5.0\text{v}$ است ، حذف کنیم . ولتاژ بایاس (VBIAS) را در

ولتاژ به اندازه 0.7v کمتر از سطح برش تنظیم می کنیم . مدار فوق ، شکل موج را در 5.0v محدود می کند . در این شکل هرگاه سیگنال به 5.0v برسد دیود مستقیم بایاس خواهد شد . مستقیم بایاس شدن دیود باعث می شود که VBIAS با R_L موازی شود . این موضوع مانع می شود که ولتاژ دو سر R_L از 5.0v بالاتر برود . وقتی که سیگنال کوچکتر از 5.0v است ، دیود معکوس بایاس می شود و بصورت مدار باز عمل می کند . اگر قصد داریم که شکل موج را در یک سطح از پایین محدود کنیم دیود می تواند برعکس شده و VBIAS باید در 0.7v بزرگتر از سطح محدود شونده مورد نظر تنظیم شود .

مدارهای جابجا کننده دیودی (Clamper) ، برای شیفت دادن (جابجا کردن) سطح dc یک موج استفاده می شوند . اگر یک سیگنال از یک خازن عبور داده شود ، قسمت dc سیگنال مسدود می شود . (از بین می رود) یک مدار جابجا کننده می تواند سطح dc را ذخیره کند . به همین دلیل به این مدارها گاهی اوقات ذخیره کننده dc نیز گفته می شود . عمل جابجا کنندگی دیود برای هر دو نوع مدار جابجا کننده مثبت و منفی در

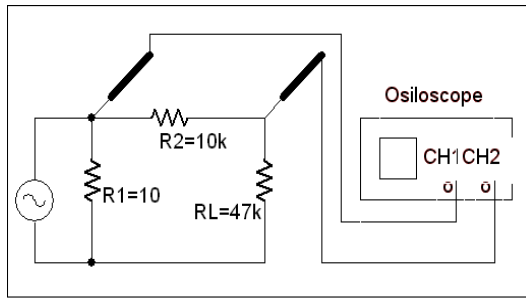


شکل زیر ، نشان داده شده است .

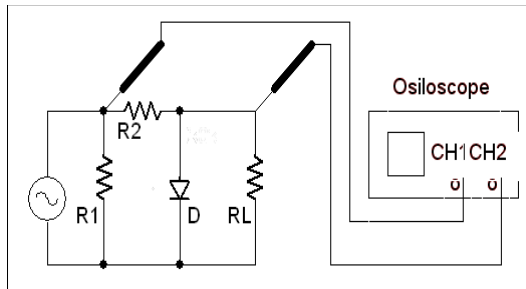
در این مدار ، دیود سبب می شود که خازن سری شده ، یک مسیر شارژ با امپدانس کم و یک مسیر تخلیه از طریق مقاومت با امپدانس خیلی بزرگ داشته باشد . تا وقتی که ثابت زمانی ، RC ، خیلی بزرگتر از پریود موج باشد ، خازن تا مقدار پیک موج ورودی شارژ خواهد

شد . (و شارژ خواهد ماند) این عمل احتیاج به چند سیکل از سیگنال ورودی دارد تا خازن شارژ شود . مقاومت بار در خروجی ، مجموع سطح dc روی خازن و ولتاژ ورودی را می بیند .

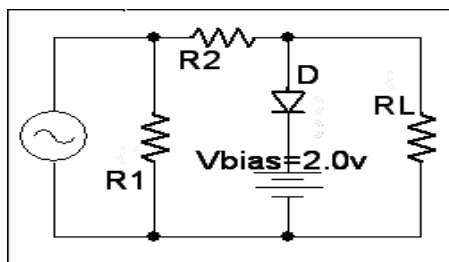
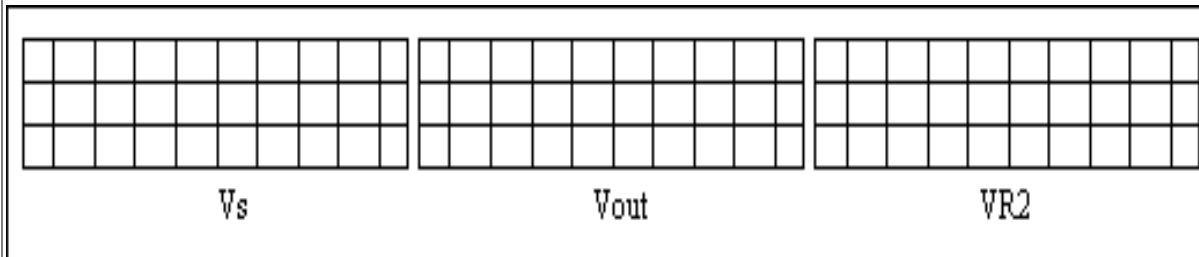
مراحل آزمایش:



1- مدار روبرو را ببندید . سیگنال ژنراتور را به مدار وصل کرده و آن را برای یک موج سینوسی $6.0V_{pp}$ در فرکانس 1.0 KHZ و بدون ولتاژ افست **dc** تنظیم کنید . با اتصال اسیلوسکوپ به مدار همانگونه که در شکل نشان داده شده است ، شکل موجهای ورودی و خروجی را مشاهده کنید . توجه کنید که R_2 و R_L یک مقسم ولتاژ را تشکیل می دهند و سبب می شوند که ولتاژ بار، کمتر از ولتاژ منبع باشد .

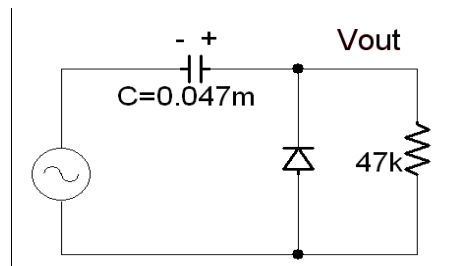


2- دیود را به مدار فوق اضافه کنید . به شکل موج خروجی به دقت نگاه کنید . به سطح ولتاژ صفر توجه کنید . شکل موجهای ورودی و خروجی را در قسمت تهیه شده رسم کنید . سپس شکل موج دو سر R_2 را اندازه بگیرید . شکل موج مشاهده شده را در نمودار زیر رسم کنید . توجه : برای اندازه گیری ولتاژ دو سر R_2 ، دو پروپ اسکوپ (دو کانال) را در دو سر آن قرار دهید . هر دو کانال را روی یک مقدار (Volts / Div) تنظیم کنید . دو کانال را **ADD** کرده و کانال 2 را معکوس کنید .



3- کاند دیود را از زمین جدا کنید و آن را به منبع تغذیه **dc** با ولتاژ $2.0v$ نظیر شکل ، وصل کنید . ولتاژ منبع **dc** را تغییر دهید و نتایج را توصیف کنید

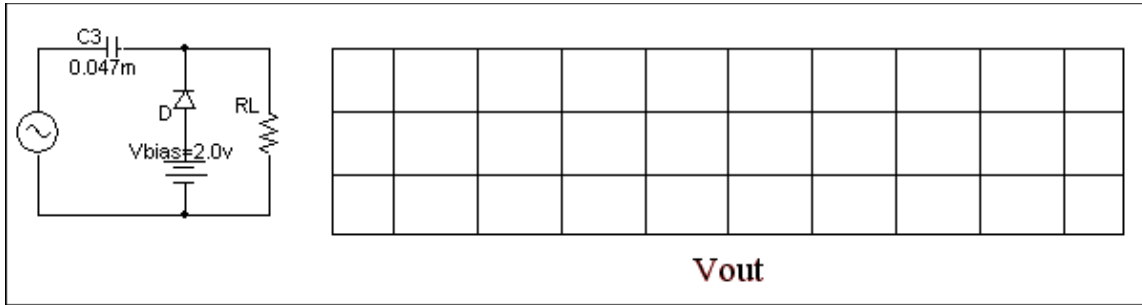
4- دیود مدار مرحله 3 را برعکس کرده و ولتاژ **dc** را تغییر دهید و نتایج را توصیف کنید .



5- منبع تغذیه مثبت را با یک منبع تغذیه منفی جایگزین کنید . دوباره ولتاژ **dc** را تغییر دهید و نتایج را توصیف کنید .

6- مدار جابجا کننده روبرو را ببندید . اسیلوسکوپ را روی **DC** **COUPLING** قرار داده و ولتاژ خروجی را مشاهده کنید . ولتاژ ورودی را تغییر دهید و مشاهدات خود را توصیف کنید .

7- همانند شکل، با اتصال منبع تغذیه، یک ولتاژ dc به دیود اضافه کنید. شکل موج خروجی را در نمودار زیر رسم کنید. سطح dc را روی رسم خود نشان دهید.



8 - منبع تغذیه مثبت را با یک منبع تغذیه منفی جایگزین کنید. دوباره ولتاژ dc را تغییر دهید و نتایج را توصیف کنید.

مسائل:

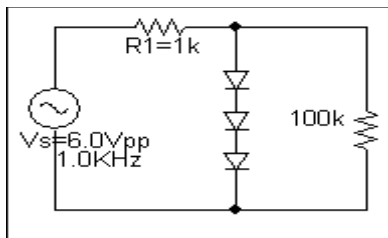
1- در مرحله 2، شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت سری، R_2 ، را مشاهده کردید. ولتاژ دو سر R_2 را با بکار بردن قانون ولتاژ کیرشهف برای V_s و V_{out} محاسبه کنید.

2- برای مدار مرحله 6، اگر خازن اتصال کوتاه شود چه اتفاقی برای ولتاژ خروجی خواهد افتاد؟

3- برای مدار مرحله 7، اگر دیود معکوس شود چه تغییری در خروجی انتظار دارید؟

4- تفاوت بین یک مدار برشگر و جابجا کننده را توضیح دهید؟

5- شکل موج خروجی را برای مدار محدود کننده (برشگر) زیر رسم کنید.



آزمایش چهارم: رگولاتور زنری

عناصر مورد نیاز :

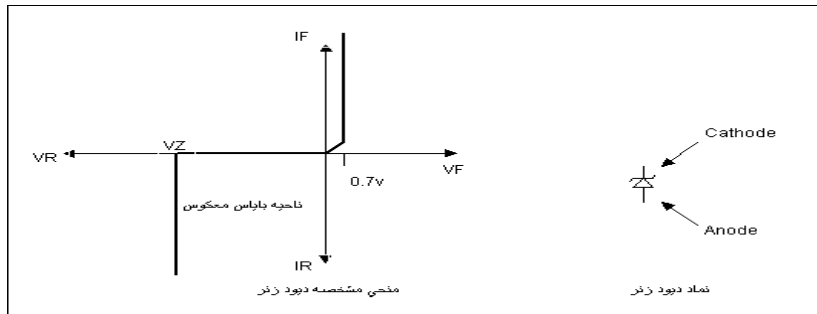
مقاومت : $2.2k\Omega$ ، $1k\Omega$ ، 470Ω ، 220Ω ، 100Ω هر کدام یک عدد

ترانسفورماتور : سه سر $15V$ یک عدد

دیود زنر: $4.3V$ یک عدد

تنوری :

وقتی ولتاژ بایاس معکوس به اندازه کافی بزرگ به یک دیود زنر اعمال شود ، جریان معکوس بطور ناگهانی افزوده خواهد شد . این افزایش ناگهانی در ولتاژی که ولتاژ زنر (V_Z) نامیده می شود اتفاق می افتد . در زیر منحنی مشخصه دیود زنر ترسیم شده



است . دیود زنر ، دیود خاصی است که برای کار در ناحیه شکست طراحی شده است . نماد دیود زنر در شکل زیر نشان داده شده است .

ولتاژ زنر ولتاژ دقیقی است که بر اساس نوع زنر، مختلف است . نوعا چند ولت می باشد ولی می تواند به

بزرگی چند صد ولت هم باشد . هر چند که دیودهای زنر به حرارت حساس هستند ، ولی زنرهایی طراحی شده اند که در برابر گرما مقاومند . زنرها در مدارهایی که احتیاج به ولتاژ ثابت دارند استفاده می شوند . کاربردهایی نظیر تثبیت کننده های ولتاژ و اندازه گیری هایی که یک ولتاژ پایه برای مقایسه دارند . در حالت ایده ال مشخصه شکست دیود ، یک خط عمودی راست می باشد . ولی در عمل ، یک مقاومت ac کوچک ، شبیه مقاومت ac دیود مستقیم بایاس شده (در آزمایش 1) وجود دارد . مقاومت ac با تقسیم یک تغییر کوچک در ولتاژ بر یک تغییر کوچک در جریان اندازه گرفته شده در ناحیه شکست عمودی به دست می آید . مقاومت ac ، نوعا بین 10Ω تا 100Ω می باشد . در این آزمایش ، مشخصه $I-V$ دیود زنر را اندازه خواهید گرفت . سپس از دیود زنر در دو مدار رگولاتور استفاده خواهید کرد . در مدار اول تاثیر تغییر ولتاژ و در مدار دوم تاثیر تغییر بار را تست خواهید کرد .

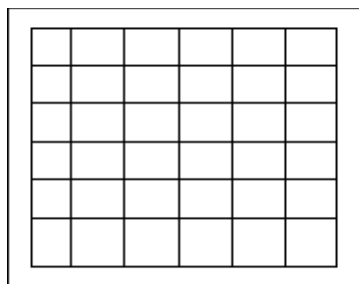
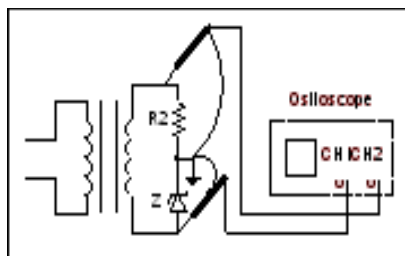
مقدار اندازه گیری شده	مقدار اسمی مقاومت	قطعه
	220Ω	R_1
	$1.0k\Omega$	R_2
	$2.2k\Omega$	R_L

مراحل آزمایش :

1- مقاومت های لیست شده در جدول را اندازه گیری کرده و یادداشت کنید .

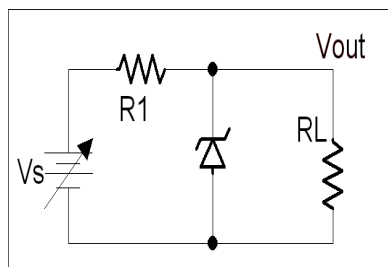
2- منحنی مشخصه دیود زنر را با بستن مدار زیر بدست آورید . (اسیلوسکوپ را در

حالت $X-Y$ قرار دهید) و منحنی $I-V$ آنرا در نمودار زیر رسم کنید . مقاومت $1.0 K\Omega$ ، محور Y اسیلوسکوپ را به محور



جریان تبدیل می کند . ($1mA$ برای هر ولت) محور Y اسکوپ را در وضعیت **Invert** قرار دهید .

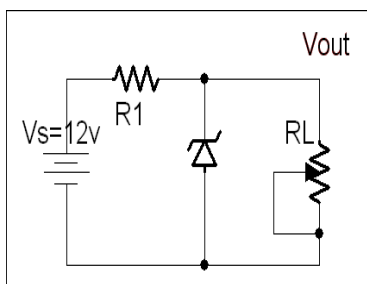
3- یک کاربرد متعارف دیود زنر، در رگولاتور ها می باشد . در این مرحله ، یک رگولاتور زنری را با تغییر ولتاژ منبع مورد بررسی قرار می دهیم . مدار نشان داده شده در شکل صفحه بعد را ببینید . V_S را برای هر کدام از ولتاژهای لیست شده در جدول تنظیم کنید و ولتاژ خروجی (بار) V_{out} را اندازه بگیرید .



V_S	V_{out} (اندازه گیری شده)	I_L (محاسبه شده)	V_{R1} (محاسبه شده)	I_S (محاسبه شده)	I_Z (محاسبه شده)
2.0v					
4.0v					
6.0v					
8.0v					
10.0v					

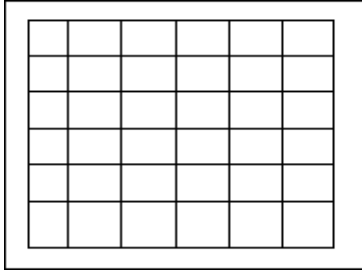
4- با استفاده از اندازه گیری های مرحله 3 جدول فوق را کامل کنید . با به کار بردن قانون اهم ، جریان بار I_L را برای هر کدام از ولتاژهای تنظیم شده برای منبع محاسبه کنید . ولتاژ دو سر $(V_{R1})R_1$ می تواند با اعمال قانون ولتاژ کیرشهف (KVL) به حلقه خارجی پیدا شود . این مقدار حاصل تفریق بین ولتاژ منبع V_S و ولتاژ خروجی (V_{out}) می باشد . توجه کنید که I_S در داخل R_1 جریان پیدا می کند . جریان زنر (I_Z) را با به کار بردن قانون جریان کیرشهف (KCL) در گره بالای دیود زنر بدست آورید . پس از آنکه به ولتاژ شکست رسیدیم چه اتفاقی برای جریان زنر می افتد ؟

5- در این مرحله شما تاثیر کار رگولاتور زنر با منبع ولتاژ ثابت و مقاومت بار متغیر را تست خواهید کرد . در بیشتر مواقع ، بار، یک مدار اکتیو است . (نظیر یک مدار منطقی که در آن جریان بخاطر تغییر حالت عوض می شود) . ما این رفتار را با یک پتانسیو متر شبیه سازی می کنیم . مدار زیر را ببینید . منبع تغذیه را روی خروجی $12.0V$ ثابت تنظیم کنید و پتانسیو متر (R_L) را برای ماکزیمم مقدار مقاومت تنظیم کنید .



R_L	V_{out} (اندازه گیری شده)	I_L (محاسبه شده)	V_{R1} (محاسبه شده)	I_S (محاسبه شده)	I_Z (محاسبه شده)
1.0k Ω					
470 Ω					
220 Ω					
100 Ω					

6- با تنظیم پتانسیومتر روی $1.0K$ (ماکزیمم مقدار مقاومت) ولتاژ بار (V_{out}) را اندازه بگیرید و در جدول فوق وارد کنید . پارامترهای دیگر لیست شده در سطر اول را مانند قبل محاسبه کنید . (از قانون اهم برای I_L ، قانون اهم برای V_{R1} ، قانون اهم برای I_S و I_Z استفاده کنید .



7- پتانسیومتر را برای هر کدام از مقادیر لیست شده در جدول مرحله 5، تنظیم کرده و مرحله 6 را تکرار کنید .

8- با استفاده از اطلاعات جدول مرحله 5، ولتاژ خروجی را به صورت تابعی از مقاومت بار در نمودار روبرو، رسم کنید . با استفاده از نتایجی که گرفته اید، کوچکترین مقاومت باری که هنوز می تواند تثبیت (regulation) را حفظ کند چقدر است؟

مسائل :

1- به منحنی مشخصه زئر در نمودار مرحله 2 نگاه کنید .

الف) چه قسمتی از منحنی تقریباً نزدیک به مدار باز است ؟

ب) چه قسمتی از منحنی تقریباً نزدیک به اتصال کوتاه است ؟

2- با استفاده از اطلاعات جدول مرحله 3، مقاومت ac دیود زئر را وقتی که ولتاژ منبع از 8.0V به 10.0V تغییر می کند، محاسبه کنید .

3- پارامتر " درصد تثبیت کنندگی خط " برای یک رگولاتور زئری با معادله زیر بیان می شود :

$$\text{درصد تثبیت کنندگی بار} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100$$

درصد تثبیت کنندگی خط را برای مدار مرحله 3 و با استفاده از اطلاعات دو سطر آخر جدول آن مرحله بدست آورید . (توجه کنید که V_{in} در معادله، معادل V_s در جدول می باشد .)

4- پارامتر " درصد تثبیت کنندگی بار " برای یک رگولاتور زئری با معادله زیر بیان می شود :

$$\text{درصد تثبیت کنندگی بار} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$

درصد تثبیت کنندگی بار را برای مدار مرحله 5، محاسبه کنید . (فرض کنید V_{out} برای مقاومت $1K\Omega$ مقدار V_{NL} و V_{out} برای مقاومت 100Ω مقدار V_{FL} را نشان می دهند .)

5- تاثیر هر کدام از خطاهای زیر را بر ولتاژ خروجی پیش گویی کنید . (فرض کنید پتانسیومتر روی $1K\Omega$ است)

1- دیود زئر باز شود .

2- V_s ، 15V شود .

3- زئر معکوس شود .

4- R_1 ، $2.2K\Omega$ شود .

5- R_L باز شود .

آزمایش پنجم: خصوصیات ترانزیستور BJT

عناصر مورد نیاز :

مقاومت: 100Ω یک عدد ، $33K\Omega$ یک عدد

ترانزیستور npn : یک عدد

تنوری :

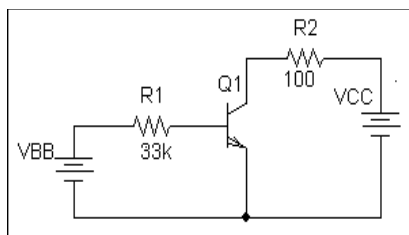
ترانزیستور BJT یک عنصر سه پایه است که می تواند یک سیگنال ac را تقویت کند . سه ترمینال آن با نامهای بیس ، امیتر و کلکتور شناخته می شوند . BJT ها از یک ماده نیمه هادی بسیار باریک - که بین دو ماده نیمه هادی مخالف قرار گرفته است - تشکیل می شوند . BJT ها به دو صورت npn و pnp در دسترس هستند . حرف وسط (در npn و pnp) نوع نیمه هادی بیس را نشان می دهد . دو حرف کناری نوع نیمه هادی های کلکتور و امیتر را نشان می دهند . موقع ساخت ، دو پیوند pn ، یک ترانزیستور را شکل می دهند . دو پیوند بین بیس و امیتر و پیوند بین بیس و کلکتور ، دو دیود را تشکیل می دهند . دیود امیتر - بیس و دیود کلکتور - بیس . BJT ها یک تقویت کننده جریان هستند . یک جریان کوچک بیس بصورت جریان بزرگتری در مدار کلکتور - امیتر تقویت خواهد شد . یک مشخصه مهم در BJT ها بهره جریان dc است که برابر نسبت جریان کلکتور به جریان بیس می باشد . این پارامتر با نام " بتای dc (β_{DC}) شناخته می شود . یکی دیگر از مشخصه های مهم BJT ها آلفای dc (α_{DC}) می باشد . آلفای dc نسبت جریان کلکتور به جریان امیتر را نشان می دهد و همیشه کمتر از 1 است . برای آنکه ترانزیستور عمل تقویت را انجام دهد باید توان از یک منبع dc تامین شود . ولتاژ dc ای که لازم است تا ترانزیستور بدرستی عمل کند ولتاژ بایاس نامیده می شود . هدف اصلی از بایاس ، برقراری و نگهداری حالتی عملیاتی ، علیرغم اختلاف بین ترانزیستورها یا پارامترهای مدار می باشد . برای کار در حالت معمولی باید پیوند بیس - امیتر را بصورت مستقیم بایاس نمود ، (مشخصه های یک دیود مستقیم بایاس شده را از خود نشان خواهد داد) . یک ترانزیستور سیلیکون BJT به ولتاژی در حدود $0.7V$ در دو سر پیوند بیس - امیتر خود احتیاج دارد تا جریان بیس در آن برقرار شود .

مراحل آزمایش :

1- امپدانس مقاومتهای لیست شده در جدول را اندازه گرفته و یادداشت کنید .

مقدار اندازه گیری شده	مقدار اسمی مقاومت	قطعه
	$33k\Omega$	R_1
	100Ω	R_2

2- مدار امیتر مشترک روبرو را ببندید . با قرار دادن هر دو منبع تغذیه روی صفر ولت ، کار را آغاز کنید . هدف از قرار دادن R_1 در این مدار آن است که جریان بیس را روی



یک سطح محافظ محدود کرده و اجازه تعریف جریان بیس را بصورت غیرمستقیم پیدا کنیم . V_{BB} را به آرامی افزایش دهید تا V_{R1} به $1.65V$ برسد . این تنظیم باعث خواهد شد که جریان $50\mu A$ در بیس جاری شود . (سادگی با بکاربردن قانون اهم در دو سر R_1 بدست خواهد آمد)

3- بدون برهم زدن تنظیم V_{CC} , V_{BB} را به آهستگی افزایش دهید تا ولتاژ اندازه گرفته شده بین کلکتور و امیتر ترانزیستور $+2.0v$ شود. این ولتاژ V_{CE} نامیده می شود. V_{R2} را برای تنظیم انجام شده، اندازه بگیرید. اندازه ها را در جدول ذیل در قسمت " $50\mu A$ = جریان بیس" وارد کنید.

V_{CE} (اندازه گیری شده)	جریان بیس = $50\mu A$		جریان بیس = $100\mu A$		جریان بیس = $150\mu A$	
	V_{R2} (اندازه گیری شده)	I_C (محاسبه شده)	V_{R2} (اندازه گیری شده)	I_C (محاسبه شده)	V_{R2} (اندازه گیری شده)	I_C (محاسبه شده)
2.0v						
4.0v						
6.0v						
8.0v						

4- جریان کلکتور I_C را با به کار بردن قانون اهم در دوسر R_2 بدست آورید. از ولتاژ اندازه گرفته شده V_{R2} و مقاومت اندازه گرفته شده R_2 برای این منظور استفاده کنید. توجه کنید، جریان برقرار شده در R_2 برابر همان I_C ترانزیستور در این مدار می باشد. جریان کلکتور محاسبه شده را در جدول فوق و در ستون " $50\mu A$ = جریان بیس" وارد کنید.

5- بدون برهم زدن تنظیم انجام شده برای V_{CC} , V_{BB} را افزایش دهید تا 4 ولت در دو سر کلکتور امیتر از ترانزیستور ظاهر شود. V_{R2} را برای این تنظیم اندازه بگیرید و در جدول بالا وارد کنید. جریان کلکتور را با به کار بردن قانون اهم نظیر مرحله 4 محاسبه کنید. به همین ترتیب برای مقادیر V_{CE} لیست شده در جدول، عمل را ادامه دهید.

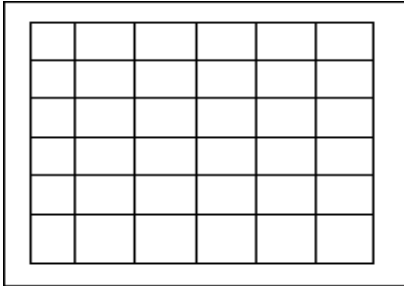
6- V_{CC} را به صفر ولت برگردانید. V_{BB} را افزایش دهید تا V_{R1} برابر $3.3v$ شود. جریان بیس در این حالت $100\mu A$ است.

7- بدون برهم زدن تنظیم V_{CC} , V_{BB} را به آرامی افزایش دهید تا V_{CE} برابر $2.0v$ شود. V_{R2} را برای تنظیم انجام شده اندازه بگیرید و در جدول فوق در ستون " $100\mu A$ = جریان بیس" وارد کنید. I_C را برای تنظیم انجام شده با به کار بردن قانون اهم برای R_2 محاسبه کنید. جریان کلکتور محاسبه شده را در جدول وارد کنید.

8- V_{CC} را افزایش دهید تا V_{CE} برابر $4.0 v$ شود. V_{R2} را برای تنظیم انجام شده اندازه بگیرید و در جدول وارد کنید. I_C را مانند گذشته محاسبه کنید. به همین ترتیب برای V_{CC} های لیست شده در جدول ادامه دهید.

9- V_{CC} را به صفر ولت برگردانید V_{BB} را طوری تنظیم کنید که V_{R1} برابر $4.95 v$ شود. جریان بیس در این حالت برابر $150\mu A$ است.

10- جدول بالا را با تکرار مراحل 7 و 8 برای جریان بیس $150\mu A$ کامل کنید.



11- با استفاده از اطلاعات بدست آمده در جدول ، سه منحنی مشخصه کلکتور را برای این ترانزیستور رسم کنید . منحنی مشخصه کلکتور ، یک گراف از V_{CE} بر اساس I_C در یک جریان بیس ثابت می باشد . یک مقیاس مناسب برای I_C انتخاب کنید تا اجازه دهد بزرگترین مقدار جریان تقریباً در بالاترین نقطه منحنی دیده شود . (مناسبترین مقیاس را خودتان انتخاب کنید) . جریان بیس هر کدام از منحنی ها را روی منحنی بنویسید . منحنی ها را در نمودار روبرو رسم کنید .

V_{CE}	بهره جریان (β_{DC})		
	$I_B=50\mu A$	$I_B=100\mu A$	$I_B=150\mu A$
3.0v			
5.0v			

12- با استفاده از منحنی مشخصه ای که رسم کرده اید β_{DC} این ترانزیستور را در V_{CE} برابر 3.0v و جریان بیس $50\mu A$ ، $100\mu A$ ، و $150\mu A$ پیدا کنید . این عمل را برای V_{CE} برابر 5.0v تکرار کنید . نتایج را در جدول روبرو وارد کنید .

مسائل :

- 1- آیا نتایج آزمایش نشان می دهد که β_{DC} در تمام نقاط ثابت است ، آیا این مسئله روی عملکرد خطی ترانزیستور تاثیر دارد ؟ توضیح دهید .
- 2- چه تاثیری یک β_{DC} بزرگتر، روی منحنی مشخصه ای که بدست آورده اید می تواند داشته باشد ؟
- 3- حداکثر اتلاف توان ترانزیستور در اطلاعات بدست آمده در این آزمایش چقدر است ؟
- 4- (a) آلفای dc برای یک ترانزیستور BJT برابر حاصل تقسیم جریان کلکتور (I_C) بر جریان امیتر (I_E) می باشد . با استفاده از این تعریف و $I_E = I_C + I_B$ نشان دهید که $\alpha_{DC} = \beta_{DC} / (\beta_{DC} + 1)$ می باشد .
(b) آلفای dc را برای ترانزیستورتان در $V_{CE} = 4.0v$ و $I_B = 100\mu A$ محاسبه کنید .
- 5- اگر ترمینال بیس از ترانزیستور باز گذاشته شود چه مقداری را برای V_{CE} انتظار دارید ؟ پاسخ خود را توضیح دهید .

آزمایش ششم: سوئیچینگ ترانزیستور

عناصر مورد نیاز :

مقاومت : 330Ω دو عدد ، $1K\Omega$ یک عدد ، $10K\Omega$ دو عدد

پتانسیومتر : $10K\Omega$ یک عدد

ترانزیستور npn : دو عدد

LED : یک عدد

تئوری :

یکی از کاربردهای مهم ترانزیستورها ، در مدارات سوئیچینگ می باشد که در سیستمهای دیجیتال و کاربردها استفاده فراوانی دارند . در گذشته یکی از کاربردهای با تعداد بالای مدارات سوئیچینگ در سیستمهای تلفن بود . امروزه مهمترین کاربرد مدارات سوئیچینگ ، کامپیوترها می باشند . هرچند که تقریباً بیشتر مدارات سوئیچینگ بصورت مدارات مجتمع دیجیتالی پیاده می شوند ولی مدارات سوئیچینگ دیجیتالی در افزایش جریان و یا تغییر ولتاژ کاربرد زیادی دارند . بخاطر وجود این قابلیت ، ترانزیستورهای محافظ برای برقراری ارتباط بین منطقهای مختلف و بارهای مختلف در مدارات دیجیتالی استفاده می شوند . علاوه بر این ، برای سوئیچ کردن بارها با جریان یا ولتاژ کمتر ، سوئیچهای ترانزیستوری مناسبتر از سوئیچهای مکانیکی هستند . ترانزیستورها انعطاف پذیری بیشتری نسبت به سوئیچهای مکانیکی دارند . قیمت کمتر ، زمان سوئیچینگ کمتر و در صورتی که بار در دور دست یا محل مستعد خطر قرار داشته باشد جداسازی خوبی (با سوئیچ های ترانزیستوری) می توان تدارک دید . ترانزیستورها در کاربردهای سوئیچینگ تنها در ناحیه قطع و یا اشباع کار می کنند . قطع به حالتی اشاره می کند که ترانزیستور نظیر یک کلید باز عمل می کند . حالت اشباع زمانی رخ می دهد که ترانزیستور نظیر یک کلید بسته عمل کند . اگر ترانزیستور در حالت قطع باشد هیچ جریانی در مدار کلکتور برقرار نخواهد شد . اگر در حالت اشباع باشد حداکثر هدایت ممکن را انجام خواهد داد .

در این آزمایش ابتدا یک مدار سوئیچینگ ترانزیستوری مورد بررسی قرار گرفته و سپس آنرا توسعه خواهیم داد . توسعه با سه هدف انجام می شود . (1) حذف مشکل سوئیچینگ آرام (ترانزیستور دارای ولتاژ آستانه در یک نقطه نمی باشد ، بلکه در یک محدوده می تواند به ناحیه فعال برود) با افزودن یک ترانزیستور دوم به مدار ترانزیستور اول . (2) افزایش ولتاژ آستانه در جایی که عمل سوئیچینگ اتفاق می افتد (3) افزودن هیستریزس ، ولتاژ آستانه سوئیچینگ به نقطه ای از ولتاژ ورودی اشاره می کند که باعث می شود حالت خروجی عوض شود . در یک مدار سوئیچینگ ، هیستریزس به دو ولتاژ آستانه مختلف اشاره می کند . بسته به اینکه خروجی در حالت اشباع باشد یا در حالت قطع . (ولتاژ آستانه در دو حالت از 0 به 1 و 1 به 0 رفتن خروجی ، فرق دارد) یکی از فواید هیستریزس ، نویز پذیری کمتر در عمل سوئیچینگ می باشد .

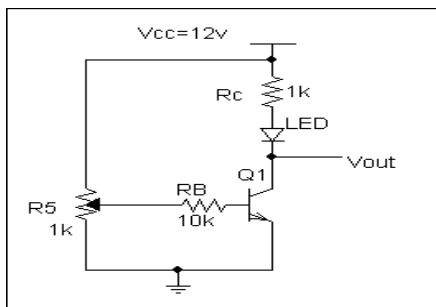
مراحل آزمایش :

1- مقاومتهای لیست شده در جدول را اندازه گیری کرده و در محل مربوطه وارد کنید . (R_1 پتانسیومتر است و در جدول لیست نشده است) .

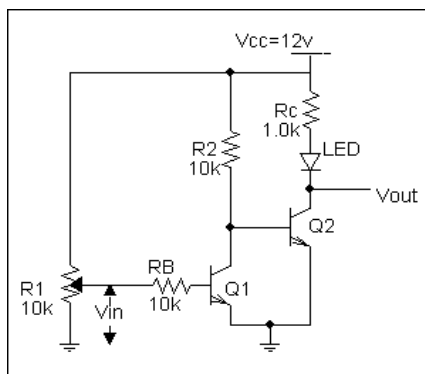
مقدار اندازه گیری شده	مقدار اسمی مقاومت	قطعه
	$10k\Omega$	R_B
	$1k\Omega$	R_C
	330Ω	R_E
	$10k\Omega$	R_2

	مقدار محاسبه شده	مقدار اندازه گیری شده
$V_{CE(Cut-off)}$		
$V_{CE(sat)}$		
$V_{RC(sat)}$		
I_{sat}		-----

2- در حالت ایده آل ، یک مدار سوئیچینگ ترانزیستوری باید در حالت قطع و یا اشباع باشد . مدار مرحله 3، یک تقویت کننده ترانزیستوری پایه است . به راحتی می توان با تنظیم پتانسیومتر R_1 مدار را در دو حالت قطع یا اشباع قرار داد . توجه کنید که مدار می تواند در ناحیه بین قطع و اشباع قرار گیرد . حالتی که در مدارات سوئیچینگ قابل قبول نیست . ولتاژ کلکتور - امیتر (V_{CE}) را برای حالت قطع و حالت اشباع محاسبه کنید . I_{sat} را با فرض $2.0v$ دو سر LED و $0.1v$ دو سر ترانزیستور محاسبه کنید . (منظور از I_{sat} جریان کلکتور در حالت اشباع می باشد) مقادیر محاسبه شده را در جدول وارد کنید .



3- مدار روبرو را ببینید و تاثیر تغییر پتانسیومتر را مشاهده کنید . پتانسیومتر را در حداقل مقدار ممکن تنظیم کنید و V_{CE} را در ناحیه قطع اندازه بگیرید . (LED باید خاموش باشد) سپس پتانسیومتر را روی حداکثر تنظیم کنید (LED روشن) و V_{CE} را اندازه بگیرید . (حالت اشباع) همچنین ولتاژ دو سر مقاومت $1.0K\Omega$ را در کلکتور و V_{CE} را اندازه بگیرید . ترانزیستور وقتی اشباع شود دیگر نمی تواند جریان بیشتری در مدار کلکتور ایجاد کند . نتایج اندازه گرفته شده را در جدول فوق وارد کنید و با مقادیر محاسبه شده در مرحله 2 مقایسه کنید .



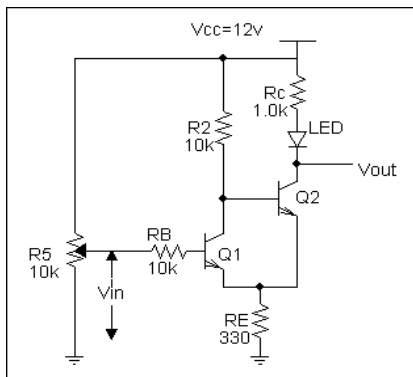
4- در این مرحله شما یک ترانزیستور به ترانزیستور قبلی اضافه می کنید تا باعث بهبود عمل سوئیچینگ شود . (مدار روبرو) مدار بصورت زیر عمل می کند: وقتی V_{in} خیلی کوچک است بعلت کافی نبودن جریان بیس Q_1 در حالت اشباع است ، زیرا می تواند توسط R_2 جریان بیس کافی را بدست آورد ، پس LED روشن است . در حالی که ولتاژ بیس را برای Q_1 افزایش می دهیم Q_1 شروع به هدایت می کند . زمانی که Q_1 به حالت اشباع برسد ولتاژ بیس Q_2 افت می کند و سبب می شود که سرعت از حالت اشباع به حالت قطع برود . ولتاژ دو سر Q_2 تغییر کرده و LED خاموش می شود . مدار را بسازید و آن را مطابق مطالب توضیح داده شده در مرحله بعد ثبت کنید .

	مقدار اندازه گیری شده
$V_{in(LED\ on)}$	
$V_{out(LED\ on)}$	
$V_{in(threshold)}$	
LED Cut Off	
$V_{out(threshold)}$	
LED Cut Off	

5- پتانسیومتر را طوری تنظیم کنید که V_{in} در حداقل مقدار ممکن ($0v$) قرار گیرد . وقتی که Q_1 خاموش است LED باید روشن باشد . V_{in} و V_{out} را اندازه بگیرید و مقدار خوانده شده را در دو سطر اول جدول روبرو، وارد کنید . در حالی که به آرامی V_{in} را افزایش می دهید LED را نگاه کنید و V_{out} را مونیتور

کنید . شما نباید حالت نیمه روشن روی LED را ببینید . بلکه باید بطور ناگهانی در حالی که ولتاژ ورودی را افزایش می دهید

خاموش شود. مقادیر V_{in} و V_{out} را در نقطه آستانه (جایی که LED خاموش می شود) در جدول یادداشت کنید. توجه کنید که ولتاژ خروجی نشان می دهد که Q_2 یا در حالت اشباع و یا در حالت میانی نظیر مدار قبلی وجود ندارد.



6- در مرحله 5، ولتاژ آستانه کاملا مشخص بود ولی مقدار خیلی کمی داشت و بسادگی می توانست تحت تاثیر نویز قرار گیرد. یک توسعه دیگری که می توان بر روی این مدار انجام داد، افزودن مقاومت امیتر (R_E) است که باعث افزایش ولتاژ آستانه می گردد. علاوه بر این، به خاطر وجود جریانهای اشباع مختلف در دو ترانزیستور، ولتاژ آستانه برای وقتی خروجی در حالت قطع است با وقتی که خروجی در حالت اشباع است، متفاوت می باشد. این خصوصیت

بسیار مفیدی است و به آن هیستریزیس می گویند و مدارهای اشمیت تریگر دارای این ویژگی می باشند. مدار مرحله 5 را با افزودن مقاومت 330Ω اصلاح کنید (شکل مرحله 6) و سپس مطابق مرحله بعد آن را تست کنید.

7- پتانسیومتر را طوری تنظیم کنید که V_{in} در حداقل مقدار ممکن (صفر ولت) قرار گیرد. LED باید روشن باشد. V_{in} و V_{out} را اندازه بگیرید و مقدار خوانده شده را در جدول زیر وارد کنید. مقدار خوانده شده برای V_{out} از مدار مرحله قبلی بیشتر است ولی هنوز ترانزیستور در حالت اشباع است (چرا؟). آستانه بالا را با مونیور کردن V_{in} در حالی که V_{in} را به آرامی افزایش می دهید تست کنید. شما می بینید که LED بطور ناگهانی خاموش می شود. V_{out} را اندازه بگیرید و نشان دهید که ترانزیستور در

حالت قطع است. ولتاژ ورودی و خروجی را در این حالت در قسمت آستانه بالا در جدول وارد کنید. حالا V_{in} را کاهش دهید (به آرامی). توجه کنید که LED خاموش می ماند تا ولتاژ خیلی کمتر شود. وقتی که LED روشن شد V_{in} و V_{out} را در قسمت آستانه پایین وارد کنید.

	مقدار اندازه گیری شده
$V_{in}(LED\ on)$	
$V_{out}(LED\ on)$	
$V_{in}(upper\ threshold)$	
$V_{out}(upper\ threshold)$	
$V_{in}(lower\ threshold)$	
$V_{out}(lower\ threshold)$	

مسائل:

- 1- حداقل سه مدارات سوئیچینگ ترانزیستوری بیان کنید.
- 2- هدف از R_B در مدار مرحله 3، چیست؟
- 3- فرض کنید می خواهید جریان بیس را در مدار مرحله 3 بدست آورید. چه ولتاژی را اندازه می گیرید تا بتوانید این عمل را بطور غیر مستقیم انجام دهید.
- 4- در مرحله 6 گفته شد که جریان اشباع معکوس برای دو ترانزیستور مختلف است. چرا؟
- 5- فرض کنید یک دانشجوی جریان کلکتور را در حالت اشباع 10 و جریان بیس را 0.25 اندازه گرفته است. آیا این دو اندازه گیری می تواند برای تعیین β_{DC} ترانزیستور بکاربرده شود؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

آزمایش هفتم: بایاس ترانزیستور BJT

عناصر مورد نیاز :

مقاومت: $1.0\text{ M}\Omega, 360\text{K}\Omega, 33\text{K}\Omega, 6.8\text{K}\Omega, 2.2\text{K}\Omega, 470\Omega$ (هرکدام یک عدد)

ترانزیستور npn: سه عدد

تنوری :

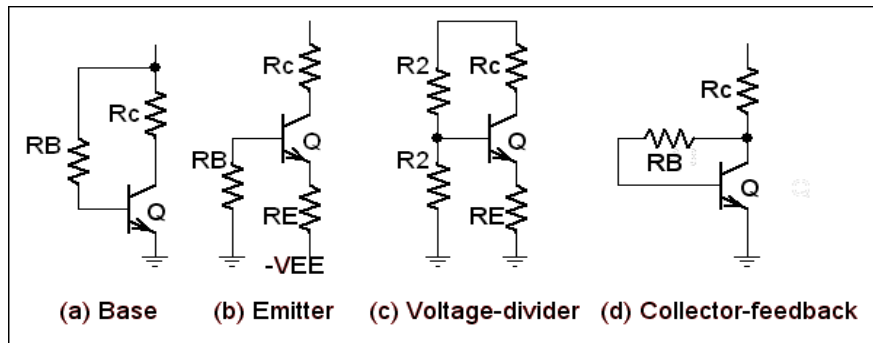
برای آنکه یک ترانزیستور سیگنال را تقویت کند لازم است که بیس - امیتر بصورت مستقیم و پیوند بیس کلکتور بصورت معکوس بایاس شوند . هدف از بایاس تهیه ولتاژ dc است تا بتواند حالت ساکن (بدون سیگنال) مناسب را برقرار کرده و مدار بدرستی کار کند .

چهار مدار بایاس اصلی برای ترانزیستورهای BJT وجود دارد . و هر کدام دارای معایب و محاسنی می باشد. چهار مدار عبارتند از : 1- بایاس بیس (base bias) , 2- بایاس امیتر (Emitter bias) , 3- بایاس تقسیم ولتاژ (Voltage-divider bias) , و 4- بایاس بازخورد کلکتور (collector-feedback bias) . این مدارها در شکل زیر برای ترانزیستور npn نشان داده شده است . این روشها می توانند برای ترانزیستور pnp با عوض کردن پلار تیه ولتاژ انجام شوند . توجه کنید در واقع با توجه به نوع

ترانزیستور ، باید پیوند بیس -

امیتر بصورت مستقیم و پیوند بیس - کلکتور بصورت معکوس بایاس شوند .

بایاس بیس ، ساده ترین شکل بایاس می باشد زیرا از یک منبع تغذیه و مقاومت استفاده می کند . این روش برای کاربردهای



سوئیچینگ مناسب می باشد ولی برای مدارهای خطی مناسب نیست . علت آن وابستگی β می باشد . اختلافات طبیعی بین ترانزیستورها، تاثیر بزرگی روی نقطه کار مدارهای بایاس بیس می گذارد .

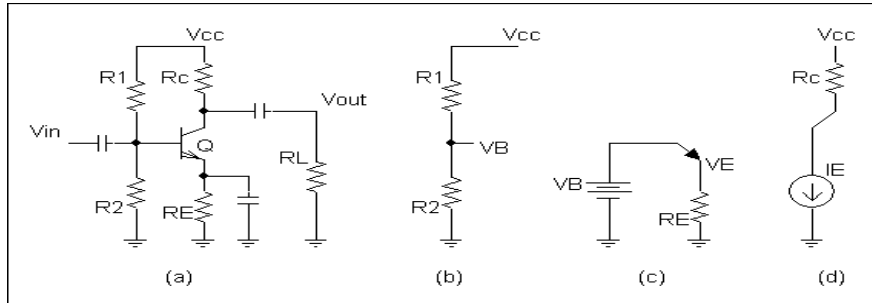
بایاس امیتر مشکل وابستگی به β را پوشش می دهد ولی احتیاج به یک منبع تغذیه مثبت و یک منبع تغذیه منفی دارد . برای حل حالت dc این مدار می توان قانون ولتاژ کیرشهف (KVL) را در مدار بیس امیتر نوشت و جریان امیتر را همانگونه که در مراجع گفته شده است، بدست آورد . (از β هم استفاده کنید) جریان امیتر تقریباً برابر جریان کلکتور می باشد و ولتاژها را می توان با بکاربردن قانون اهم بدست آورد .

بایاس تقسیم ولتاژ به مقدار زیادی استفاده می شود . زیرا هم ثابت است (غیر وابسته به β) و هم احتیاج به یک منبع تغذیه دارد . وقتی که جریان تقسیم خیلی بزرگتر از جریان بیس باشد ، جریان بیس کوچک می تواند صرف نظر شود تا تجزیه و تحلیل ساده شود . این مسئله بایاس خشن (stiff bias) نامیده می شود . مراحل حل پارامترهای dc برای تقویت کننده CE (کلکتور مشترک) با بایاس تقسیم ولتاژ خشن در زیر داده شده است:

1- بصورت فرضی خازنها را از مدار خارج کنید . زیرا خازن در حالت dc بصورت مدار باز عمل می کند . برای مدار شکل (a) صفحه بعد، این عمل سبب خواهد شد که مقاومت بار R_L از مدار خارج شود .

2- ولتاژ بیس V_B را با بکاربردن رابطه تقسیم ولتاژ در دوسر R_1 و R_2 ($V_B = V_{CC} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$) همانگونه که در شکل (b) نشان داده شده است بدست آورید .

3- $0.7V$ بخاطر وجود پیوند (دیود بیس - امیتر) از V_B کم کنید تا ولتاژ امیتر (V_E) همانگونه که در شکل (c) نشان داده شده است، بدست آید .



4- جریان dc در مدار امیتر، با بکاربردن قانون اهم در دوسر R_E بدست می آید . جریان امیتر، I_E ، تقریباً برابر جریان کلکتور I_C ، می باشد . ترانزیستور در این مدار به نظر

می رسد که یک منبع جریان است و جریان I_E را تقریباً در مدار کلکتور اعمال می کند در شکل (d) این موضوع نشان داده شده است .

بایاس بازخورد - کلکتور یک شکل بازخورد منفی است که برای ثابت کردن نقطه کار (Q) استفاده می شود . تجزیه و تحلیل این مدار با نوشتن KVL برای مدار بیس و بدست آوردن جریان امیتر (یا کلکتور) صورت می پذیرد . (توجه کنید که برای این نوع از بایاس، مقاومت کلکتور (R_L) به طور حقیقی جریان امیتر را دارد. این مسئله در مرحله 8 آزمایش نشان داده شده است .)

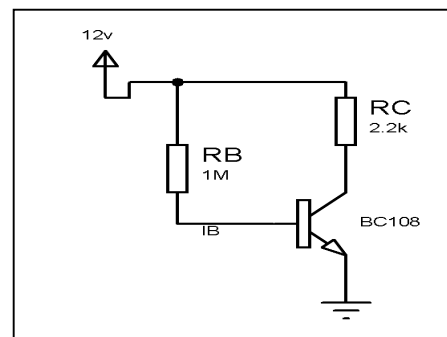
مراحل آزمایش:

1- مقاومت‌های لیست شده در جدول روبرو را تهیه کرده ، اندازه گیری کنید و در جدول یادداشت نمایید .

قطعه	مقدار اسمی مقاومت	مقدار اندازه گیری شده
R_B	$1.0M\Omega$	
R_{B2}	$360k\Omega$	
R_C	$2.2K\Omega$	

2- شما هر کدام از سه ترانزیستور را در یک مدار بایاس بیس یکی پس از دیگری تست خواهید کرد . دیتا شیت مربوط به BC108 نشان می دهد که β_{DC} می تواند بین 100 تا 400 قرار داشته باشد . فرض کنید β_{DC} برابر 200 است . بوسیله آن پارامترهای لیست شده در جدول زیر را برای مدار بایاس بیس شکل زیر، محاسبه کنید . با محاسبه ولتاژ دو سر مقاومت بیس V_{RB} ، کار را آغاز کنید . سپس جریان این مقاومت I_B را به دست آورید . با استفاده از β_{DC} جریان کلکتور (I_C) ، ولتاژ مقاومت کلکتور (V_{RC}) و ولتاژ از کلکتور تا زمین (V_C) را محاسبه کنید .

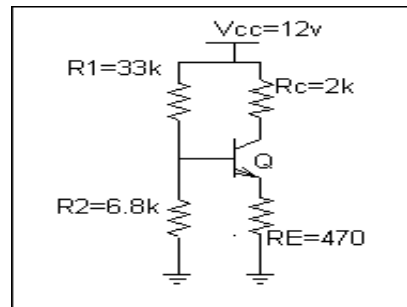
مقدار محاسبه شده	مقدار اندازه گیری شده		
	Q1	Q2	Q3
V_{RB}			
I_B	---	---	---
I_C	---	---	---
V_{RC}			
V_C			



3- سه ترانزیستور npn را با نامهای Q_1, Q_2, Q_3 نامگذاری کنید. مدار شکل فوق را با استفاده از Q_1 بسازید. ولتاژهای لیست شده در جدول مرحله قبل را برای Q_1 اندازه گیری کنید. سپس Q_1 را از مدار خارج کنید و دو ترانزیستور دیگر را به همان ترتیب در مدار تست کنید. تمام اندازه گیری ها را در جدول فوق وارد کنید.

4- پارامترهای لیست شده در جدول را برای مدار شکل زیر (بایاس تقسیم ولتاژ) محاسبه نمایید. روش کار در بخش تئوری توضیح داده شده است. توجه کنید که با توجه به اینکه، بایاس خشن است، بنابراین تقریب بیان شده در بخش تئوری قابل قبول است.

	مقدار محاسبه شده	مقدار اندازه گیری شده		
		Q_1	Q_2	Q_3
V_B				
V_E				
$I_C = I_E$		---	---	---
V_{RC}				
V_C				



5- مدار فوق را با استفاده از ترانزیستور Q_1 بسازید. ولتاژهای لیست شده در جدول مرحله 4 را برای Q_1 اندازه بگیرید. Q_1 را از مدار خارج کنید و دو ترانزیستور دیگر را در همان مدار تست کنید. اندازه گیری ها را در جدول مرحله قبل وارد کنید.

6- در این مرحله شما همان سه ترانزیستور را در یک مدار بازخورد کلکتور مقایسه خواهید کرد. مقاومت‌های لیست شده در جدول روپرو را اندازه گیری کرده و در جدول مربوطه یادداشت کنید.

7- پارامترهای لیست شده در جدول زیر را برای مدار شکل زیر محاسبه کنید. برای پیدا کردن تقریبی جریان کلکتور و امیتر می توانید قانون ولتاژ کیرشهف را برای مسیر بیس بصورت زیر بنویسید:

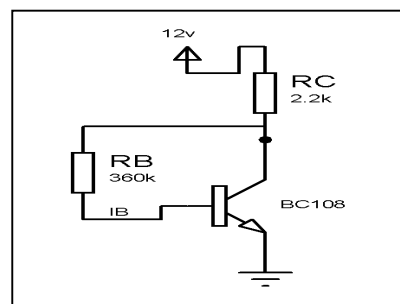
$$-V_{CC} + I_E R_C + I_B R_B - V_{BE} = 0$$

$$I_B = I_E / \beta_{DC}$$

$$\text{برای حل این معادله برای } I_E \text{ داریم} \quad \longrightarrow \quad I_E \approx I_C = (V_{CC} - V_{BE}) / (R_C + R_B / \beta_{DC})$$

فرض کنید β_{DC} برابر 200 است. محاسبات را انجام داده و I_C را به دست آورید. پس از آن ولتاژ دو سر مقاومت (V_{RC}) و ولتاژ کلکتور (V_C) را بدست آورید. پس از آن اندازه گیری های مربوطه را برای هر سه ترانزیستور انجام داده و در جدول زیر وارد

	مقدار محاسبه شده	مقدار اندازه گیری شده		
		Q_1	Q_2	Q_3
I_C		---	---	---
V_{RC}				
V_C				

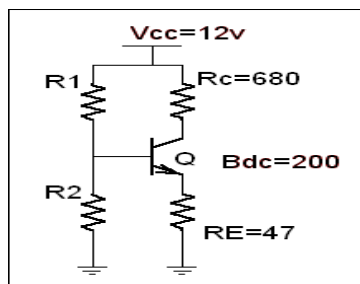


کنید.

مسائل :

1- سه روش بایاس تست شده در این آزمایش را با یکدیگر بر اساس مشاهدات خود مقایسه کنید . کدام یک اختلاف کمتری را بین ترانزیستورها نشان می دهد ؟

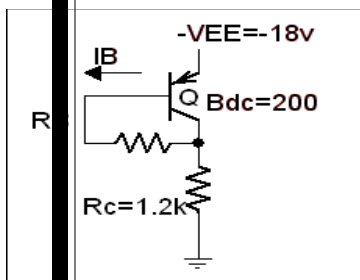
2- مدارات تست شده در این آزمایش را برای یک ترانزیستور **pnp** رسم کنید . فرض کنید همان مقاومت‌های استفاده شده در آزمایش را به کار می برید . ولتاژهای بیس، امیتر و کلکتور را محاسبه کنید . این ولتاژها را در رسم خود نشان دهید .



(a) بایاس بیس (b) بایاس تقسیم ولتاژ (c) بایاس بازخورد کلکتور

3- فرض کنید شما باید تقویت کننده شکل روبرو را بایاس کنید . می خواهیم که نقطه (نقطه کار) مدار را برای جریان کلکتور در 20mA تنظیم کنیم . مقاومت‌های بایاس را طوری بدست آورید که بایاس تقسیم ولتاژ به یک بایاس قابل قبول خشن تبدیل شود . روش خود را در زیر نشان دهید .

4- فرض کنید شما باید تقویت کننده شکل زیر را بایاس کنید . می خواهیم که نقطه کار (نقطه کار) مدار را برای جریان کلکتور در حدود 5.0mA تنظیم کنیم . مقاومت بایاس را طوری بدست آورید که بایاس بازخورد کلکتور به یک بایاس قابل قبول خشن تبدیل شود . روش خود را در زیر نشان دهید .



5- برای مدار سوال 3 ، تاثیر هر یک از حوادث زیر را بر روی ولتاژ کلکتور بیان کنید :

- (a) R_1 باز شود .
- (b) پایه بیس ، به زمین اتصال کوتاه شود .
- (c) R_E به جای 47Ω برابر 470Ω باشد .
- (d) V_{CC} به 15V افزایش یابد .

آزمایش هشتم: تقویت کننده امیتر مشترک

عناصر مورد نیاز :

مقاومت : 100Ω یک عدد ، 330Ω یک عدد ، $1.0K\Omega$ دو عدد ، $4.7K\Omega$ یک عدد ، $10 K\Omega$ دو عدد

خازن : $1\mu F$ دو عدد ، $100\mu F$ یک عدد

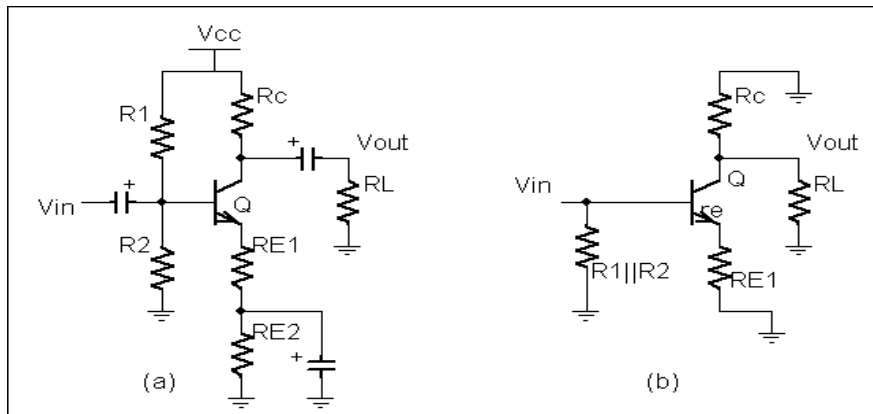
مقاومت متغیر : $10K\Omega$ یک عدد

ترانزیستور npn : یک عدد (یا معادل)

تئوری :

در یک تقویت کننده امیتر مشترک (CE) سیگنال ورودی به دو سر بیس و امیتر وارد می شود و سیگنال خروجی از دو سر کلکتور و امیتر گرفته می شود . امیتر ترانزیستور بین هر دو مدار ورودی و خروجی مشترک است . به همین دلیل اصطلاح امیتر مشترک بکاربرده می شود . یک تقویت کننده CE در شکل زیر (a) ، نشان داده شده است . این مدار دوباره در آزمایش 9 استفاده می شود تا یک تقویت کننده کلکتور مشترک را ، راه اندازی کند . برای تقویت سیگنال ac ، پیوند بیس - امیتر باید بصورت مستقیم و پیوند بیس - کلکتور باید بصورت معکوس شوند . عمل بایاس باعث برقراری و نگهداری حالت مناسب dc ترانزیستور خواهد شد . پارامترهای dc در آزمایش 7 و مراجع مربوطه تجزیه و تحلیل و توصیف شده است . پس از تجزیه و تحلیل حالت dc ، پارامترهای ac تقویت کننده می تواند ارزیابی شود . مدار معادل ac در شکل (b) رسم شده است . خازنهای بصورت اتصال کوتاه جایگزین شده اند . بنابراین در این مثال مدار معادل ac شامل R_{E2} نخواهد بود . با استفاده از تئوری جمع آثار ، V_{CC} با اتصال کوتاه جایگزین می شود . یعنی آنرا با زمین ac جایگزین می کنیم

مراحل تجزیه و تحلیل بصورت زیر است :



1- تمام خازنهای را اتصال کوتاه

کنید و V_{CC} را با زمین ac

جایگزین کنید . مقاومت ac

امیتر ، r_e ، را از معادله زیر به

دست آورید : $r_e = 0.025 / I_E$

2- بهره ولتاژ تقویت کننده را

محاسبه کنید . بهره ولتاژ ، نسبت

ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی

می باشد . ولتاژ ورودی از دو سر مقاومت ac امیتر تا زمین گرفته می شود که در این مثال r_e و R_{E1} می باشد . ولتاژ خروجی از دو سر مقاومت ac کلکتور تا زمین گرفته می شود . از کلکتور ترانزیستور نگاه کنید . به نظر می رسد که R_L با R_C موازی است . همچنین I_C تقریباً برابر I_E است . برای مدار شکل فوق قسمت (b) ، ولتاژ خروجی تقسیم بر ولتاژ ورودی را می توان بصورت زیر نوشت :

$$A_v = V_{out} / V_{in} = I_C (R_C \parallel R_L) / I_e (r_e \parallel R_{E1}) \approx (R_C \parallel R_L) / (r_e + R_{E1})$$

3- مقاومت معادل ورودی که بوسیله سیگنال ac دیده می شود بصورت زیر محاسبه کنید :

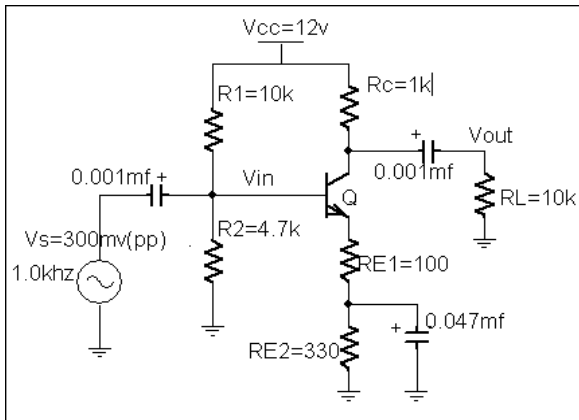
$$R_{in} = R_1 \parallel R_2 \parallel \beta_{ac}(r_e + R_{E1})$$

توجه کنید که مقاومت **ac** مدار امیتر وقتی که به مدار بیس آورده می شود باید در β_{ac} ضرب شود .
 مراحل آزمایش :

1- مقاومت‌های لیست شده در جدول را اندازه گیری کرده و در جدول یادداشت کنید

قطعه	مقدار اسمی مقاومت	مقدار اندازه گیری شده
R₁	10kΩ	
R₂	4.7kΩ	
R_{E1}	100Ω	
R_{E2}	330Ω	
R_C	1.0kΩ	
R_L	10kΩ	

2- پارامترهای لیست شده در جدول زیر را برای تقویت کننده **CE** مدار زیر، محاسبه کنید . (روش انجام این کار را در آزمایش 7 ببینید) با استفاده از مقاومت‌های اندازه گرفته شده و I_E محاسبه شده ولتاژ دو سر **R_{E1}** و **R_C** را محاسبه کنید . V_{CE} را با کم کردن ولتاژهای محاسبه شده $V_{RC} \cdot V_{RE}$ از V_{CC} بدست آورید . نتایج محاسبات خود را در جدول وارد کنید .



پارامتر رهای	مقدار محاسبه شده	مقدار اندازه گیری شده
DC		
V_B		
V_E		
I_E		----- --
V_C		
V_{CE}		

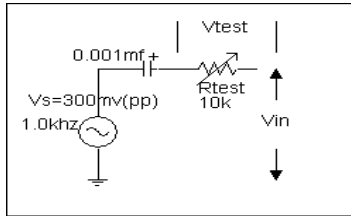
3- تقویت کننده شکل فوق را ببینید . سیگنال ژنراتور باید خاموش باشد . ولتاژهای **dc** لیست شده در جدول فوق را اندازه گرفته و یادداشت کنید . مقادیر محاسبه شده و اندازه گرفته شده باید با تقریب 10% با هم مساوی باشند .

پارامتر رهای	مقدار محاسبه شده	مقدار اندازه گیری شده
AC		
V_b	300mv_{pp}	
V_e		
r_e		-----
A_v		
V_c		
R_{in}		

4- پارامترهای **ac** لیست شده در جدول روبرو را محاسبه کنید . فرض کنید سیگنال ورودی ، V_{in} ، برابر $300mV_{pp}$ می باشد . (این همان ولتاژ **ac** اصلی است که به مدار اعمال خواهیم کرد) V_{in} را در بهره ولتاژ محاسبه شده ضرب کنید تا بوسیله آن بتوان ولتاژ **ac** در کلکتور (V_{out}) را حساب کرد . β_{ac} را برای محاسبه مقاومت ورودی، 100 فرض کنید .

5- سیگنال ژنراتور را روشن کنید . V_S را روی $300mV_{pp}$ و $1.0KHz$ تنظیم کنید . آن را به مدار وصل کنید . با استفاده از اسیلوسکوپ ولتاژ مناسب را تنظیم کنید و فرکانس را چک کنید . ولتاژ سیگنال **ac** را در امیتر و در بیس

و در کلکتور ترانزیستور را اندازه بگیرید . توجه کنید که سیگنال در امیتر کمتر از بیس است . (چرا ؟) با استفاده از V_{in} و ولتاژ **ac** کلکتور (V_{out}) بهره ولتاژ اندازه گرفته شده را معین کنید . نتایج اندازه گیری **ac** را در جدول فوق وارد کنید .



6- اندازه گیری R_{in} را (مقاومت ac که از ورودی دیده می شود) بصورت غیر مستقیم انجام می دهیم. ولتاژ خروجی ac مونیتور می شود. یک مقاومت تست متغیر بصورت سری به منبع تغذیه وصل شده و به ورودی متصل می شوند. در شکل روبرو، این روش نشان داده شده است. مقاومت R_{test} را افزایش می دهیم تا جایی که V_{out} به نصف مقدار حالتی که R_{test} وجود داشت برسد. این بدان معناست که ولتاژ دو سر

R_{test} برابر ولتاژ دو سر R_{in} می باشد. یعنی مقاومتها برابر هستند. پس R_{test} را می توانیم بیرون بیاوریم و مقاومت آنرا با اهم متر اندازه بگیریم. از این روش استفاده کنید و R_{in} را اندازه بگیرید و نتیجه را در جدول مرحله 4، وارد کنید.

7- مدار را به شکل مرحله 2 برگردانید. با یک اسیلوسکوپ دو کاناله شکل موجهای ورودی و خروجی را با هم مقایسه کنید. اختلاف فاز V_{in} و V_{out} چقدر است؟

8- خازن بای پس موازی با R_{E2} را از مدار خارج کنید. سیگنال ولتاژهای ac را در بیس و امیتر و کلکتور ترانزیستور را اندازه بگیرید. بهره ولتاژ تقویت کننده را اندازه بگیرید. چه نتیجه ای از باز کردن خازن در کارایی تقویت کننده می گیرید.

9- خازن بای پس موازی با R_{E2} را به مدار برگردانید. R_L را به $1.0K\Omega$ کاهش دهید. ولتاژ سیگنال ac را در بیس، امیتر و کلکتور ترانزیستور مشاهده کنید و بهره ولتاژ تقویت کننده را اندازه بگیرید. چه نتیجه ای از کم کردن R_L به $1.0K\Omega$ در کارایی تقویت کننده می گیرید.

10- R_L را با مقدار اولیه آن $10K\Omega$ جایگزین کنید. R_{E1} را باز کنید. ولتاژهای dc را در بیس، امیتر و کلکتور ترانزیستور اندازه بگیرید. آیا ترانزیستور به حالت قطع یا اشباع رفته است؟ توضیح دهید.

11- R_{E1} را برگردانید و R_2 را باز کنید. ولتاژهای dc را در بیس، امیتر و کلکتور اندازه بگیرید. آیا ترانزیستور در حالت قطع و یا در حالت اشباع است؟ توضیح دهید. مسائل:

1- وقتی خازن بای پس موازی با R_{E2} ، باز است، دیدید که بهره تحت تاثیر قرار می گیرد. توضیح دهید.
2- در مرحله 6، شما برای اندازه گیری مقاومت ورودی ولتاژ خروجی را مونیتور کردید. چرا این حالت بهتر از مونیتور کردن ولتاژ بیس است؟

3- فرض کنید تقویت کننده نشان داده شده در شکل مرحله 2، موقع اندازه گیری ولتاژ dc، $18v$ در بیس، $1.1v$ در امیتر و $1.1v$ در کلکتور را نشان دهد.

(a) آیا این طبیعی است؟ چرا؟

(b) اگر نه چه چیزی به احتمال قوی باعث مشکل شده است؟

4- اگر C_2 (خازن موازی با R_{E2}) اتصال کوتاه شود:

(a) چه ولتاژ dc ای برای بیس انتظار دارید؟

(b) چه ولتاژ dc ای برای کلکتور انتظار دارید؟

5- یک تست ساده برای تعیین این نکته که ترانزیستور، در حالت قطع و یا اشباع است را توضیح دهید.

آزمایش نهم: تقویت کننده کلکتور مشترک

عناصر مورد نیاز :

مقاومت : $1.0K\Omega$ یک عدد ، $10K\Omega$ یک عدد ، $33K\Omega$ یک عدد

خازن : $1.0\mu F$ یک عدد ، $10\mu F$ یک عدد

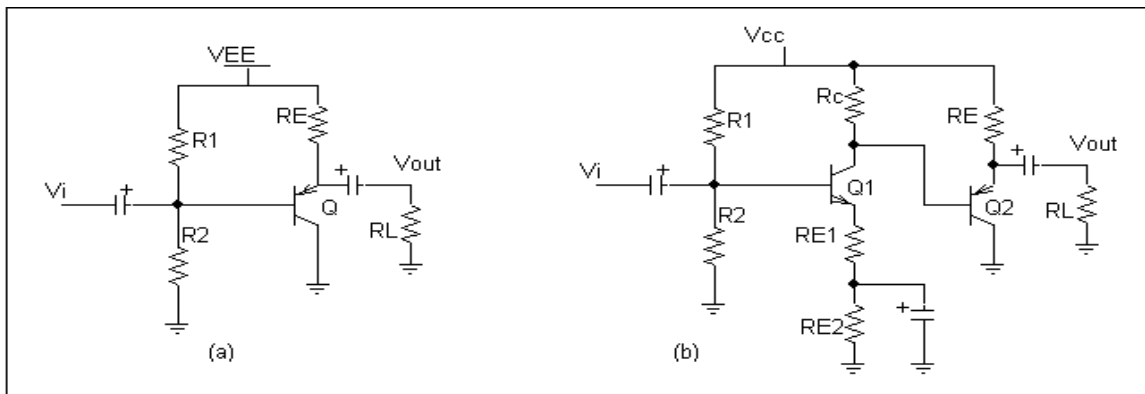
مقاومت متغیر : $10K\Omega$ یک عدد

ترانزیستور **npn** : یک عدد (یا معادل)

تئوری :

در تقویت کننده کلکتور مشترک (CC) سیگنال ورودی به بیس اعمال شده و سیگنال خروجی از امیتر گرفته می شود . شکل (a) یک تقویت کننده CC را با استفاده از ترانزیستور **npn** و بایاس تقسیم ولتاژ نشان می دهد . ولتاژ **ac** خروجی ، یک کپی از شکل موج ولتاژ ورودی است . این بدان معناست که بهره ولتاژ تقریباً برابر یک است . ولی بهره جریان این چنین نیست و یعنی می توان، توان سیگنال ارسالی به بار را با این نوع تقویت کننده افزایش داد . مشخصه خوب تقویت کننده کلکتور مشترک این است که امپدانس ورودی بالا و امپدانس خروجی پایینی دارد .

اغلب یک تقویت کننده CC بدنیاال یک تقویت کننده ولتاژ قرار می گیرد . به جای داشتن مقاومت‌های بایاس جداگانه ممکن است بایاس مرحله دوم از یک مسیر **dc** از داخل مرحله قبلی گرفته شود . این حالت در شکل (b) نشان داده شده است . این تکنیک در تقویت کننده های توان معمول است .



تجزیه و تحلیل تقویت کننده با پارامترهای **dc** در آزمایش 7 توضیح داده شده است و در اینجا دوباره برای ترانزیستور **npn** شکل (a) مرور می شود :

1- به طور فرضی خازن‌ها را از مدار خارج کنید . زیرا در حالت **dc** بصورت مدار باز ظاهر می شوند . این کار سبب می شود که مقاومت بار R_L ، خارج شود . ولتاژ بیس ، V_B ، را با به کار بردن قاعده تقسیم ولتاژ برای R_1 و R_2 محاسبه کنید .

2- $0.7V$ به ولتاژ بیس (V_B) به خاطر افت ولتاژ دو سر دیود بیس - امیتر مستقیم بایاس شده ، اضافه کنید تا ولتاژ امیتر (V_E) بدست آید . (توجه کنید که ترانزیستور **npn** بر خلاف **npn** ، امیتر در سطح ولتاژ بالاتری نسبت به بیس قرار دارد)

3- جریان **dc** در مدار امیتر با بکار بردن قانون اهم برای R_E بدست می آید . ولتاژ دو سر مقاومت امیتر برابر اختلاف بین ولتاژ منبع (V_{EE} در این حالت) و V_E می باشد . جریان کلکتور تقریباً برابر جریان امیتر می باشد و ولتاژ کلکتور صفر است .

پس از محاسبه پارامترهای **dc** دیگر می توان پارامترهای **ac** را تجزیه و تحلیل کرد . مدار معادل **ac** در شکل صفحه بعد نشان داده شده است .

مراحل تجزیه و تحلیل مدار ac:

1- تمام خازنها را با اتصال کوتاه جایگزین کنید. مقاومت ac امیتر، r_e ، را از معادله $r_e = 25mV / I_E$ بدست آورید.

2- بهره ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید. بهره ولتاژ، نسبت ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی می باشد. ولتاژ ورودی به دو سر، R_e و مقاومت ac امیتر، اعمال می شود. ولتاژ خروجی فقط از دوسر مقاومت امیتر گرفته می شود. بنابراین بهره ولتاژ بر اساس رابطه تقسیم ولتاژ به صورت زیر محاسبه می شود:

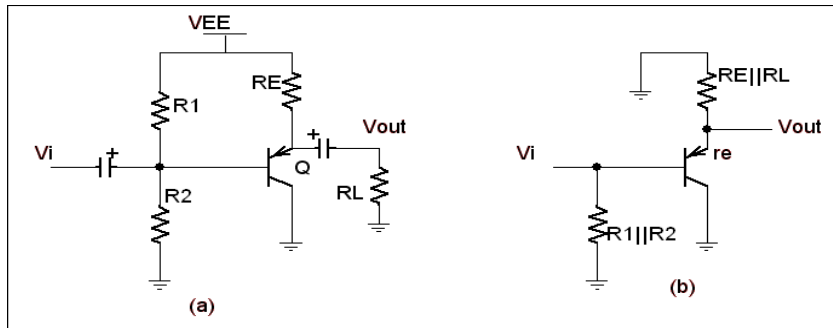
$$A_V = V_{out} / V_{in} = I_e(R_E \parallel R_L) / I_e(r_e + R_E \parallel R_L) = (R_E \parallel R_L) / (r_e + R_E \parallel R_L)$$

3- مقاومت معادل ورودی که بوسیله سیگنال ac دیده می شود بصورت زیر محاسبه کنید:

$$R_{in} = R_1 \parallel R_2 \parallel [\beta_{ac}(r_e + R_E \parallel R_L)]$$

4- بهره تقویت کننده را محاسبه کنید. در این حالت، ما فقط به توانی که به مقاومت بار داده می شود علاقه مندیم. توان خروجی

برابر $P_o = \frac{V_{out}^2}{R_L}$ می باشد. توان ورودی برابر $P_i = \frac{V_{in}^2}{R_{in}}$ است. بهره ولتاژ تقریباً برابر (یک) است. بهره توان می تواند بصورت $A_p = \frac{P_o}{P_i} = A_v^2 \frac{R_{in}}{R_L} = \frac{R_{in}}{R_L}$ نسبت R_{in} و R_L بیان شود:



توجه کنید که این فرمولها فقط برای تقویت کننده مشخص شده در شکل فوق درست است. خیال نکنید که این معادلات برای هر مداری معتبر هستند.

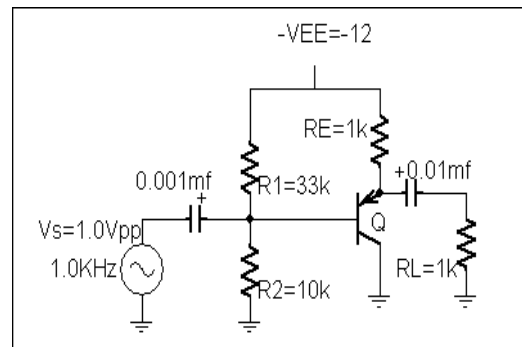
مراحل آزمایش:

1- مقاومت های لیست شده در جدول روبرو را اندازه گیری کرده و یادداشت کنید.

2- پارامترهای dc لیست شده در جدول زیر را برای تقویت کننده CC نشان داده شده در شکل زیر محاسبه کنید. (روش این کار را در بخش تئوری ببینید) مقادیر محاسبه شده را در جدول وارد کنید.

مقدار	مقدار اسمی	قطعه
اندازه گیری شده	مقاومت	
	R_1 33kΩ	
	R_2 10KΩ	
	R_E 1kΩ	

پارامترهای DC	مقدار محاسبه شده	مقدار اندازه گیری شده
V_B		
V_E		
I_E		-----
V_{CE}		



4- تقویت کننده شکل مرحله 2 را ببندید . سیگنال ژنراتور را خاموش کنید . با منبع تغذیه روشن ، ولتاژهای dc لیست شده در جدول مرحله 2 را اندازه بگیرید و یادداشت کنید . مقادیر محاسبه شده و اندازه گرفته شده باید با اختلاف 10% با هم برابر باشند .

پارامترهای AC	مقدار محاسبه شده	مقدار اندازه گیری شده
V_b	300mV _{pp}	
V_e		
r_e		-----
A_v		
R_{in}		
A_p		

5- پارامترهای ac لیست شده در جدول روبرو را محاسبه کنید . فرض کنید V_{bb} برابر همان ولتاژ منبع V_s می باشد . اگر β ترانزیستورتان را نمی دانید ، آن را 100 فرض کنید . از مراحل گفته شده در بخش تئوری برای محاسبه پارامترهای ac استفاده کنید .

5- سیگنال ژنراتور را روشن کنید و V_s را روی 1.0 V_{PP} در 1.0KHz تنظیم کنید . از اسیلوسکوپ برای تنظیم مناسب ولتاژ و فرکانس استفاده کنید . ولتاژ سیگنال ac را در امیتر ترانزیستور ، V_{out} ، را اندازه بگیرید و بهره ولتاژ A_v را معین کنید . R_{in} را با استفاده از روش بکار برده شده برای تقویت کننده CE در آزمایش 8 اندازه بگیرید . با استفاده از مقادیر اندازه گرفته شده برای R_{in} و R_L ، بهره توان اندازه گرفته شده را معین کنید .

6- با یک اسیلوسکوپ دو کاناله ، شکل موجهای ورودی و خروجی را مقایسه کنید . اختلاف فاز بین V_{in} و V_{out} چقدر است؟

7- تاثیر هر کدام از اشکالات لیست شده را بر ولتاژهای dc جدول زیر را برای تقویت کننده CC پیش گویی کنید . سپس موارد را در مدار ایجاد نموده و پیش گویی هایتان را تست نمایید . حالتهای " امیتر باز شود " و " کلکتور باز شود " را با خارج کردن پایه های ترانزیستور انجام دهید و ولتاژها را در مدار اندازه بگیرید . تاثیر هر کدام از خطاها را بر شکل موج ac خروجی بیان کنید

معایب	مقادیر پیش گویی شده DC			مقادیر اندازه گیری شده DC			اثر عیب بر V_{out}
	V_B	V_E	V_{CE}	V_B	V_E	V_{CE}	
R_1 باز باشد							
R_2 باز باشد							
R_1 اتصال کوتاه							
R_E باز باشد							
کلکتور باز باشد							
امیتر باز باشد							

8- R_L را با یک مقاومت متغیر $10K\Omega$ تنظیم شده در $1.0K\Omega$ جایگزین کنید . یکی از پروپهای اسیلوسکوپ را به امیتر وصل کنید . دامنه سیگنال را آنقدر افزایش دهید تا "برش" مشاهده کنید . اگر پیک مثبت برش خورده است "برش قطع" را مشاهده می کنید ، زیرا ترانزیستور خاموش شده است . اگر پیک منفی برش خورده است ، این حالت "برش اشباع" نامیده می شود ، زیرا ترانزیستور حداکثر هدایت ممکن را انجام می دهد . (در حالت اشباع است) کدام نوع از برش ها اول مشاهده می شود ؟

9- R_L را تغییر دهید و شکل موج خروجی را مشاهده کنید . مشاهدات خود را توصیف کنید .

مسائل :

- 1- در مرحله 6، اختلاف فاز بین شکل موجهای ورودی و خروجی را مشاهده کردید . آیا اختلاف فازی که مشاهده کردید برای مدار npn هم همین است ؟ توضیح دهید .
- 2- در مرحله 8، تاثیر برش مربوط به حالت قطع و اشباع ترانزیستور را مشاهده کردید . گفته شد که اگر برش در پیک مثبت باشد شما در حال مشاهده برش قطع هستید زیرا ترانزیستور خاموش شده است . آیا این جمله برای مدار CC ساخته شده با ترانزیستور npn هم صحیح است ؟ چرا ؟
- 3- مدار استفاده شده در این آزمایش از بایاس تقسیم ولتاژ استفاده می کند :
- الف) این بایاس را با بایاس بیس مقایسه کنید . محاسن و معایب آنرا برشمرید ؟
- 4- مدار کلکتور مشترک با توجه به اینکه بهره ولتاژ ندارد چطور بهره توان را تهیه می کند ؟ توضیح دهید .

موفق باشید.