بسمه تعالی

دستور کار

آزمایشگاه الکترونیک

دانشکده فنی پسران قم

نگارنده : حسین سبحانی

مطالب

معرفی دیود و پارامترهای آن ۴
آزمایش اول – تست دیود ۴
آزمایش دوم – بایاسینگ دیود ۶
آزمایش سوم – منحنی مشخصه دیود با روش نقطه یابی ۷
آزمایش چهارم – منحنی مشخصه دیود با اسیلوسکوپ ۹
آزمایش پنجم – بررسی عملکرد خطی و غیر خطی دیود ۱۱
نمونه پرسش آزمون در مرحله اول ۱۳
بررسی معمولی عملکرد دیود ۱۳
آزمایش ششم – یکسو کننده نیم موج ۱۴
آزمایش هفتم – یکسو کننده تمام موج پل ۱۶
آزمایش هشتم – یکسو کننده تمام موج با ترانس سر وسط ۱۷
نمونه پرسش آزمون در مرحله دوم ۱۹
بررسی یکسوسازهای دیودی ۱۹
فیلترها و دیود زنر ۲۰
آزمایش نهم – یکسو کننده نیم موج با صافی ۲۰
آزمایش دهم – یکسو کننده تمام موج با صافی ۲۲
آزمایش یازدهم – ولتاژ مثبت و منفی با صافی ۲۳
آزمایش دوازدهم – دیود زنر (منحنی مشخصه) ۲۵
آزمایش سیزدهم – تثبیت ولتاژ با دیود زنر ۲۷
مدارهای دیودی ۲۸
آزمایش چهاردهم – برش گرهای یک طرفه ۲۸
آزمایش پانزدهم – برش گرهای دو طرفه ۲۹
آزمایش شانزدهم – جابجا کننده ها ۳۰
نمونه پرسش آزمون در مرحله سوم ۳۲
کاربردهای دیود زنر ۳۲
آزمایش هفدهم – چند برابر کننده های ولتاژ ۳۳
نمونه پرسش آزمون در مرحله چهارم ۳۶
کاربردهای مدارهای دیودی ۳۶

آشنایی با ترانزیستور ۳۷
آزمایش هجدهم – تشخیص نوع ترانزیستور ۳۷
آزمایش نوزدهم – منحنی مشخصه ترانزیستور PNP ۳۹
آزمایش بیستم – بررسی نقاط کار یک ترانزیستور ۴۲
تقویت کننده های ترانزیستوری ۴۳
آزمایش بیست و یکم – تقویت کنندگی ترانزیستور ۴۳
آزمایش بیست و دوم – تعیین امپدانسها و بهره ها در ترانزیستور ۴۵
نمونه پرسش آزمون در مرحله پنجم ۴۷
مدارهای ترانزیستوری ۴۷

معرفی دیود و پارامترهای آن

آزمایش اول – تست دیود

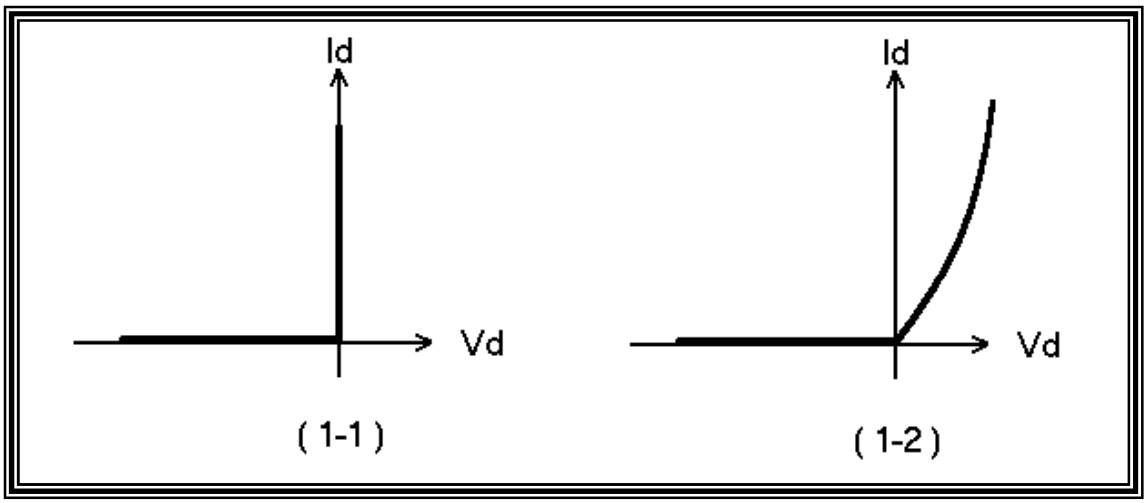
هدف : آشنایی با نیمه هادیها و روش تست دیودها

ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی (۱ عدد) ، دیود نورانی (۱عدد) و AVO متر دیجیتالی یا عقربه ای ساده (۱عدد)

توضیح :

دیود یک المان غیر خطی است که از مونتاژ دو لایه ناخالصی N^1 , P^2 تشکیل گردیده است که در جهت مستقیم "Forward" باعث عبور جریان و در جهت مخالف"Reverse" باعث عدم عبور جریان می شود . در زیر مشخصه ایده آل و واقعی یک دیود نشان داده شده است .

در شکل (۱-۱) و (۲-۱) تا زمانی که ولتاژ بایاس کننده دیود کوچکتر از صفر است جریان صفر و به ازای ولتاژ صفر یا بیشتر از صفر جریان زیاد خواهد شد .



شکل (۱ - ۱) و (۲ - ۱) : منحنی مشخصه عملکرد یک دیود (ایده آل و غیر ایده آل {واقعی})

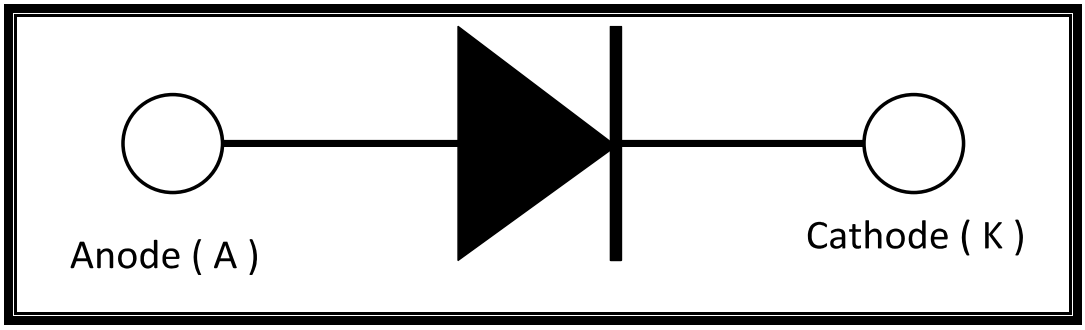
در عمل مشاهده می گردد که با افزایش ولتاژ " V_D" تا حدّی ، جریان قابل ملاحظه ای به وجود خواهد آمد . موقعی که ولتاژ " V " به حد ولتاژ آستانه " Vδ " برسد جریان شروع به افزایش می کند . با افزایش ولتاژ ورودی به مقدار ناچیز بعد از این حدّ جریان به حدّ قابل ملاحظه ای افزایش می باید باید پس از این محدوده توجه خاصی

مبذول داشت که باعث معیوب شدن دیود نشود . رابطه جریان بر حسب ولتاژ دیود شکل (۳-۱) به صورت $I = I_S\left(e^{\frac{K.V}{T_K}} - 1\right)$ است که در آن :

I جریان دیود ، Is جریان اشباع معکوس ، $T_K = T_C + 273^\circ$ و $K = \frac{11600}{\eta}$ که η برای ژرمانیوم برابر یک و برای سیلیسیوم برابر دو می باشد .

مراحل آزمایش :

دیود را در سوراخ برد قرار داده و سپس AVO متر خود را در حالت اهمتر قرار دهید . اگر پین مثبت اهمتر را به آند و پین منفی اهمتر را به کاتد متصل کنید به این معنی است که دیود را در گرایش مستقیم بایاس نموده اید و در نتیجه اهمتر مقدار اهم صفر (بسیار کمی) را نشان خواهد داد . اما اگر خلاف این عمل را انجام دهید ، چون دیود را در گرایش معکوس قرار داده اید لذا مقدار مقاومت نشان داده شده بی نهایت خواهد بود . این عمل را با دو اهمتر عقربه ای و دیجیتالی انجام دهید .



شکل (۳-۱) : سمبل گرافیکی دیود معمولی

پرسش :

مقاومتی که دیود در گرایش مستقیم از خود نشان می دهد چه نام دارد ؟

آزمایش دوم – بایاسینگ دیود

هدف : بررسی عملکرد دیود در بایاسهای موافق (مستقیم) و مخالف (معکوس)

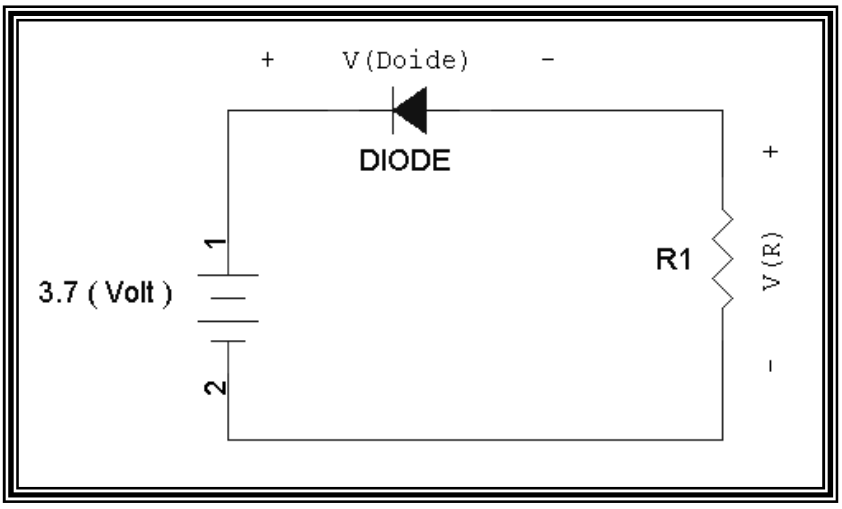
ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۱ عدد) ، مقاومت 1K (۱عدد) ، دیود نورانی یا همان LED (۱ عدد) و AVO متر دیجیتالی (۱عدد)

توضیح :

اصولاً کلمه دیود یعنی دو قطبی . البته این دو قطبی ها در دو بایاس مستقیم و معکوس مورد استفاده قرار می گیرند اگر آند دیود را به قطب مثبت باطری و کاتد را به قطب منفی باطری متصل کنید به دلیل اینکه دیود را در گرایش مستقیم قرار داده اید ، جریان زیادی از دیود عبور خواهد کرد . این نوع بایاسینگ را بایاس موافق یا مستقیم می گویند . و اگر دیود را در گرایش معکوس قرار دهیم جریانی از آن عبور نخواهد کرد . به این نوع بایاس ، همان گونه که از تعریف آن پیدا ست بایاس معکوس گفته می شود .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۲) را ببندید و با اندازه گیری V_R و V_D ، چگونگی به کار رفتن دیود و وضعیت آن را از نظر قطع یا وصل بودن و چگونگی بایاس را مشخص کنید .



شکل (۱-۲) : مدار بررسی عملکرد دیود در بایاس معکوس

۳) مراحل (۱) و (۲) را برای یک دیود نورانی تکرار کنید و علت اختلاف حاصل شده را به اختصار توضیح دهید از این آزمایش چه نتیجه ای می گیرید .

آزمایش سوم – منحنی مشخصه دیود با روش نقطه یابی

هدف : بدست آوردن منحنی مشخصه (ولتاژ – جریان) دیود از روش نقطه یابی (با استفاده از ولت متر و آمپرمتر ساده)

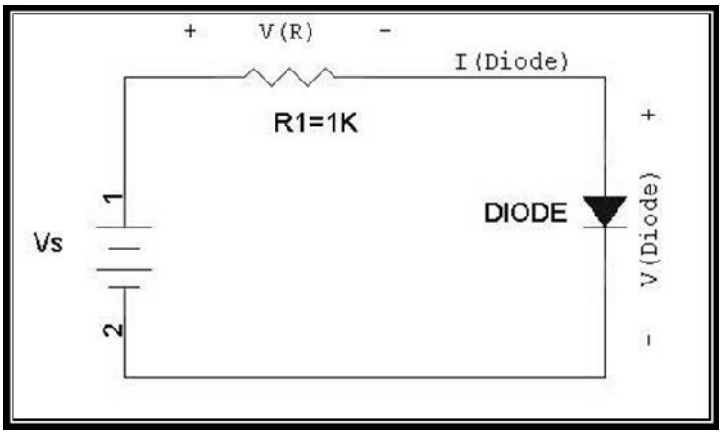
ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی (۱ عدد) ، دیود نورانی (۱عدد) ، مقاومت 1K (۱عدد) و AVO متر دیجیتالی (۱عدد)

توضیح :

اصولاً در الکترونیک برای بررسی و طرز کار المانهای مختلف ، منحنی تغییرات ولتاژ و جریان آنها را رسم می کنند به این منحنی ها ، منحنی مشخصه گفته می شود . در این مبحث برای آشنایی با طرز کار دیود ، منحنی مشخصه جریان برحسب ولتاژ دیود را بررسی می کنیم .

مراحل آزمایش :

۱) ابتدا ولتاژ منبع تغذیه ی DC را روی صفر ولت تنظیم کنید . سپس مدار شماره (۱-۳) را با استفاده از یک دیود سیلیکونی بسته و با تنظیم ولتاژ V_S مطابق جدول زیر اندازه گیری های لازم را در مدار مربوطه به عمل آورده جدول را کامل کنید .



شکل (۱-۳) : مدار برای بدست آوردن منحنی مشخصه دیود در بایاس مستقیم به روش نقطه یابی

پس از کامل شدن جدول ، منحنی مشخصه دیود سیلیکونی مربوطه را در ناحیه ی مستقیم (Forward) بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید .

V_S $(Volt)$	$I_{Diode}-F$ (mA)	$V_{Diode}-F$ $(Volt)$
0.01		
0.02		
0.05		
0.1		
0.2		
0.3		
0.4		
0.5		
0.6		
0.7		
0.8		
0.9		
1.0		

۲) در این مرحله جهت بسته شدن دیود را در مدار معکوس کرده (به عبارت دیگر قرار دادن دیود در بایاس معکوس) ، و سپس جدول زیر را فقط با ولتاژ داده شده پر کنید . با به دست آوردن اطلاعات لازمه در این مرحله در ربع سوم نمودار مختصات منحنی دیود را در بایاس معکوس رسم کنید .

نکته :

- *گرچه ولتاژ به صورت مثبت به مدار داده شده است ولی آن را در ربع سوم یعنی منفی در نظر بگیرید .*
- *در این مرحله با اعمال ولتاژ بالا در بایاس معکوس ، دیود را وارد ناحیه شکست خود می کند و در اینجا ممکن است پدیده ی شکست بهمنی اتفاق بیفتد (دیود می سوزد) برای جلوگیری از این اتفاق ، بقیه ی منحنی را به صورت تئوری و با توجه به فرضیات رسم کنید .*

V_S $(Volt)$	$I_{Diode}-R$ (mA)	$V_{Diode}-R$ $(Volt)$
0.01		
0.02		
0.05		
0.1		
0.2		
0.3		
0.4		
0.5		
0.6		
0.7		
0.8		
0.9		
1.0		

۳) در این مرحله با قرار دادن اطلاعات مرحله (۱) و (۲) می توانید منحنی مشخصه ی دیود را در دو بایاس موافق و مخالف بدست آورده و آن منحنی را بر روی یک کاغذ میلیمتری رسم کنید و نواحی عملکرد مختلف دیود را که از نظر تئوری مطالعه نموده اید بر روی شکل نمایش دهید .

۴) مراحل (۱) و (۲) و (۳) را برای یک دیود نورانی تکرار کنید و علاوه بر پر کردن جدول ، در مورد میزان روشنایی دیود نورانی هم گزارش دهید .

۵) منحنی مشخصه ی دو دیود را بر روی یک کاغذ میلیمتری رسم کرده و در مورد آنها گزارش دهید .

آزمایش چهارم – منحنی مشخصه دیود با اسیلوسکوپ

هدف : بدست آوردن منحنی مشخصه (ولتاژ – جریان) یک دیود با استفاده از اسیلوسکوپ

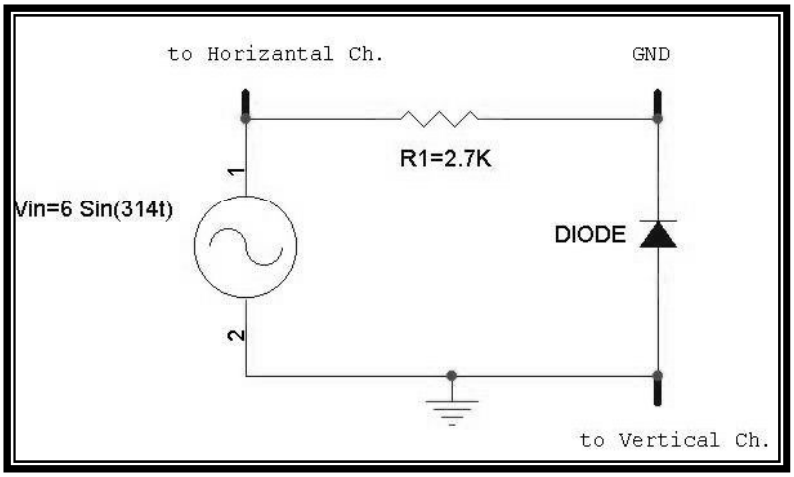
ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی (۱ عدد) ، دیود نورانی (۱ عدد) ، مقاومت 2.7K (۱عدد) ، سیگنال ژنراتور و اسیلوسکوپ

توضیح :

این آزمایش به مانند آزمایش قبل است با این تفاوت که در این آزمایش از اسیلوسکوپ برای بدست آوردن منحنی مشخصه دیود استفاده می گردد . لذا این روش به دلیل گرافیکی بودن دارای مزیت بیشتری نسبت به آزمایش پیشین است .

مراحل آزمایش :

۱) به وسیله ی سیگنال ژنراتور ، موج سینوسی با دامنه ی $V_m = 6\ (volt)$ و فرکانس $50\ Hz$ ایجاد کرده پس از مشاهده ی آن بر روی اسیلوسکوپ آن را به مدار شماره (۱-۴) اعمال کنید . بعد از اعمال سیگنال به مدار دوباره سیگنال اعمال شده به مدار را مشاهده و در صورت بروز تغییرات کوچک ، ورودی را دوباره تنظیم کنید . (آیا می توانید دلیل این امر را توضیح دهید) .



شکل (۱-۴) : مدار برای بدست آوردن منحنی مشخصه دیود به وسیله ی اسیلوسکوپ

۲) با تشکیل منحنی لیساژور (مربوط به منحنی مشخصه دیود) بر روی صفحه ی اسیلوسکوپ مقدار ولتاژ شکست موافق دیود را ، از روی شکل موج بدست آورده و یادداشت کنید .

۳) علت اینکه منحنی مشخصه ی بدست آمده با منحنی مشخصه ی مورد انتظار (از نظر محورها) متفاوت است را بیان کنید .

۴) مراحل (۱) و (۲) را برای یک دیود نورانی تکرار کنید و علت اختلاف حاصل شده را به اختصار توضیح دهید از این آزمایش چه نتیجه ای را می گیرید .

آزمایش پنجم – بررسی عملکرد خطی و غیر خطی دیود

هدف : عملکرد دیود در برابر سیگنالهای بزرگ و کوچک

ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی (۱ عدد) ، خازن یک میکرو فارادی (۱ عدد)، مقاومت 470 , 18K (۱عدد) ، و AVO متر دیجیتالی (۱عدد)

توضیح :

مقاومت DC یا استاتیک : مقاومت دیود در یک نقطه کار به خصوص ، مقاومت استاتیک یا DC دیود نامیده می شود این مقاومت را می توان به صورت تئوری از رابطه زیر محاسبه نمود .

$$R_{DC} = \frac{V_D}{I_D}$$

که در آن : V_D ولتاژ دو سر دیود و I_D جریان گذرنده از دیود است .

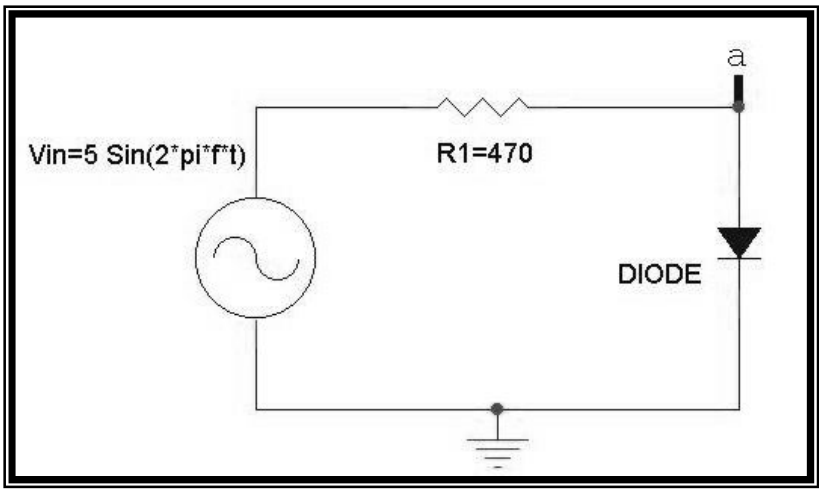
مقاومت AC یا دینامیکی : بدیهی است که مقاومت دیود در حوالی یک نقطه مورد نظر مستقل از شکل منحنی مشخصه است . امّا چنانچه یک ورودی سینوسی به جای DC به کار رود وضع به کلی تغییر می یابد . ورودی متغییر نقطه کار را روی ناحیه ای از منحنی مشخصه بالا و پایین برده و تغییرات مشخصی را ایجاد خواهد کرد . اگر ورودی متغییر اعمال نشود نقطه کار یک نقطه ثابت خواهد شد که به وسیله سطح DC اعمال شده ، معین می گردد.

$$r_D = \left(\frac{d_V}{d_I}\right) = \left[\frac{26\ (mA)}{I_d\ (mA)}\right]$$

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۵) را بسته و مؤلفه های AC و DC را در نقطه a اندازه گیری و در کاغذ میلیمتری رسم کنید.

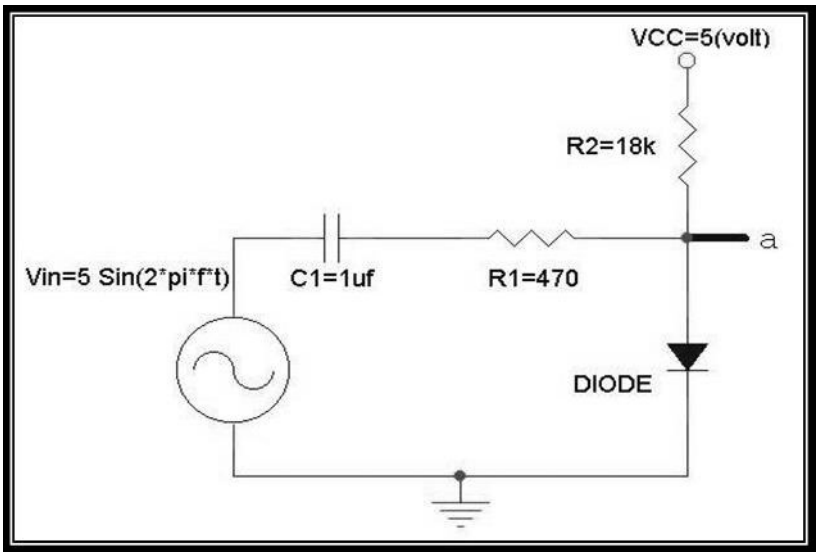
فرکانس منبع تغذیه را بر روی یک کیلو هرتز تنظیم نموده (f=1khz) و مراحل آزمایش را طی کنید .



شکل (۱-۵) : مدار برای اندازه گیری مؤلفه های ac و dc یک دیود

۲) مقاومت استاتیکی (R_{DC}) و نیز مقاومت دینامیکی (R_{ac}) دیود را با فرمولهای بیان شده به دست آورید .

۳) اکنون مدار (۲-۵) را بسته و اسیلوسکوپ را در وضعیت DC قرار داده و شکل سیگنال خروجی را رسم کنید. فرکانس منبع تغذیه را بر روی یک کیلو هرتز تنظیم و مراحل آزمایش را طی کنید .



شکل (۲-۵) : مدار اندازه گیری مؤلفه ac و DC یک دیود

۴) اگر در مدار فوق از امپدانس خازن صرف نظر گردد ، ولتاژ AC از نقطه ی a را محاسبه کرده و با مقدار اندازه گیری شده مقایسه کنید .

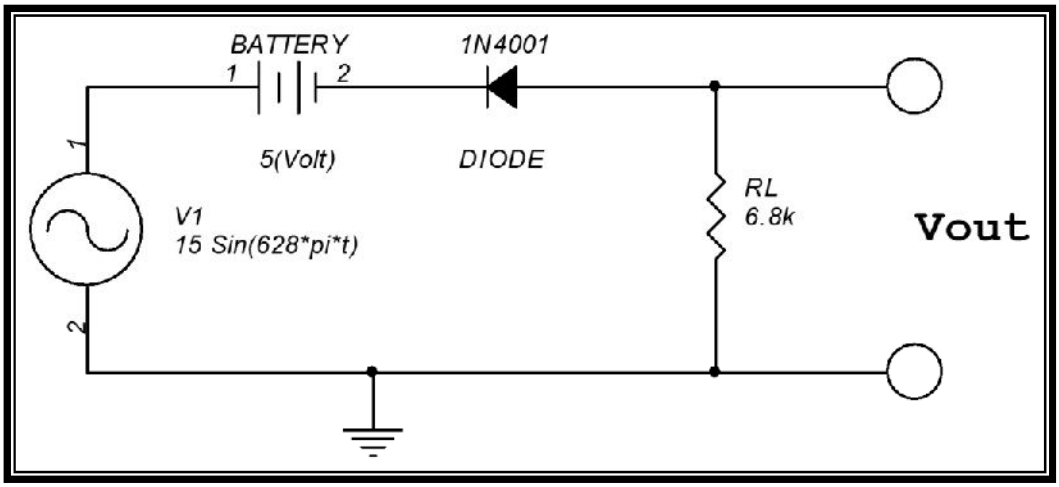
۵) تغییرات VCC را بر روی ولتاژ نقطه a بررسی کنید .

نمونه پرسش آزمون در مرحله اول

بررسی معمولی عملکرد دیود

پرسش : Vo **را برای شبکه ی نشان داده شده به ازای ورودی سینوسی بدست آورید .**

راهنمایی : طراحی و بدست آوردن شکل موجهای خروجی (DC , ac **)**



شکل (الف) : نمونه مدار آزمون پایانی (بررسی عملکرد دیود)

استفاده از دیود در یکسوسازی

آزمایش ششم - یکسو کننده نیم موج

هدف : بررسی کار یکسو کننده های نیم موج

ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۱ عدد) ، مقاومت 1K (۱عدد) ، AVO متر دیجیتالی ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

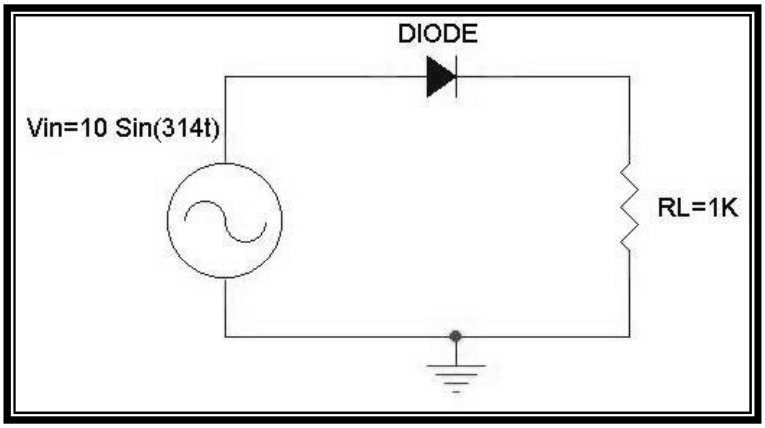
توضیح :

در بسیاری از موارد از جمله در منابع تغذیه لازم است که از یک جریان متناوب ، جریان DC تولید کنیم . برای این کار باید ابتدا جریان متناوب به جریان یک طرفه تبدیل شود . این کار بر عهده یکسوسازها است .

در مدار شماره (۱-۶) یک مدار یکسوساز نیم موج ساده را مشاهده می کنید . برای تحلیل این مدار از معادل کلیدی آن استفاده خواهیم کرد . همانطور که مشاهده می شود با توجه به منحنی مشخصه دیود این المان در نیم سیکلهای مثبت عمل هدایت کردن را بر عهده دارد و در نیم سیکل منفی قطع است . لذا دو سر بار تنها نیم سیکلهای مثبت رویت می گردد . که مقدار متوسط آن بیانگر سطح DC ولتاژ در خروجی است .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۶) را بسته و دامنه و فرکانس منبع ورودی را به ترتیب روی 10 v پیک تو پیک و 50Hz تنظیم نموده و به مدار اعمال کنید .



شکل (۱-۶) : مدار یکسوساز نیم موج

۲) مقادیر V_{PP} و (Root Mean Square) V_{rms} و فرکانس موج ورودی را به کمک اسیلوسکوپ اندازه گیری کرده و شکل موج را بر روی یک کاغذ میلیمتری رسم و مقدار V_{rms} را از رابطه زیر می توانید محاسبه کنید .

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_{PP}}{2\sqrt{2}}$$

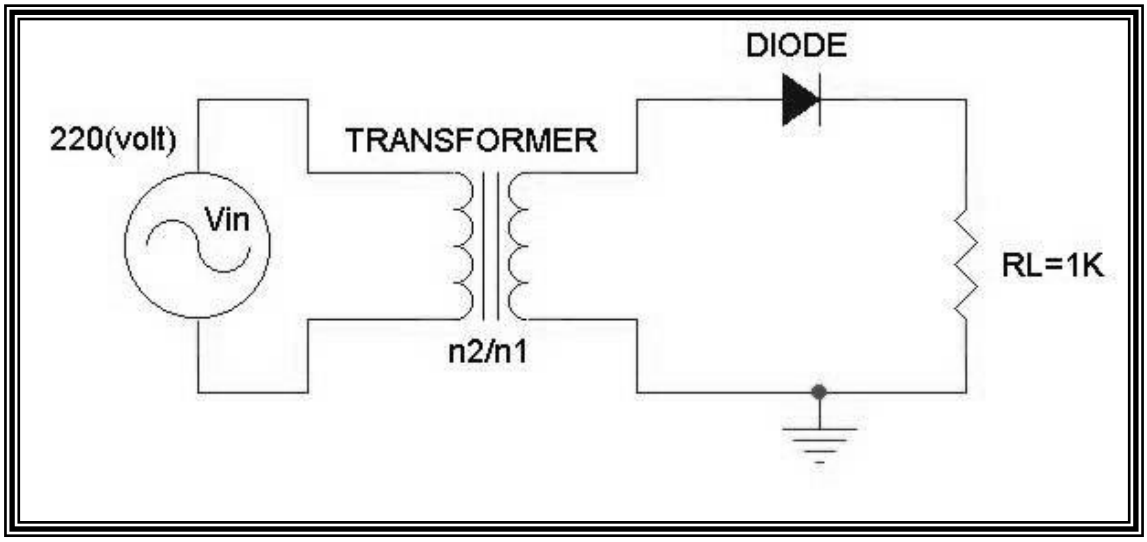
۳) ولتاژ دو سر مقاومت بار (R_L) را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده ، و شکل موج را بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.

۴) مقدار V_m و فرکانس موج مشاهده شده را اندازه گیری و در مورد آن گزارش دهید . سپس با استفاده از فرمول ذکر شده مقدار متوسط ولتاژ خروجی را بدست آورید .

۵) ولتاژ متوسط موج خروجی را (به کمک ولتمتر) اندازه گیری کنید .

۶) نتایج این دو قسمت را با یکدیگر مقایسه و در مورد آن گزارش دهید و علت اختلاف احتمالی را توضیح دهید .

۷) در صورت تمایل ، تمامی این مراحل را می توانید برای مدار شماره (۲-۶) تکرار کنید .



شکل شماره (۲-۶) : یکسوساز نیم موج با ترانسفورماتور کاهنده

۸) نتایج این دو قسمت را با یکدیگر مقایسه و دلایل اختلاف در آزمایش را ذکر کنید .

آزمایش هفتم - یکسو کننده تمام موج پل

هدف : بررسی کارکرد یکسو کننده های تمام موج

ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۴ عدد) ، مقاومت 1K (۱عدد) ، AVO متر دیجیتالی ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

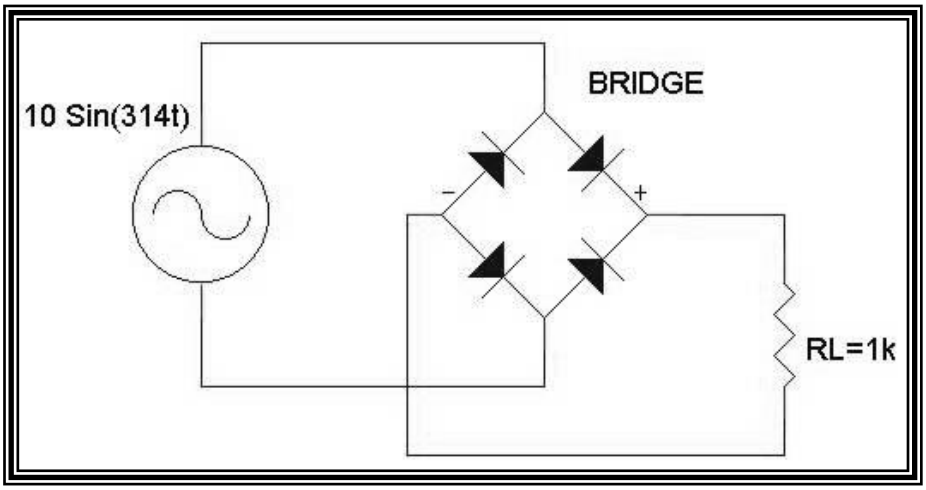
توضیح :

در یکسوساز نیم موج که نیم سیکلهای منفی از بین رفته است در این حالت با استفاده از این یکسوساز نیم سیکلهای منفی را نیز به نیم سیکلهای مثبت تبدیل نموده است .

برای تحلیل این مدار تنها کافی است که دیود را در شرایط ایده آل در نظر گرفته و با بیان کلیدی این مدار را تحلیل نمود .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۷) را بسته و دامنه و فرکانس منبع ورودی را به ترتیب روی 10 v پیک تو پیک و 50Hz تنظیم نموده و به مدار اعمال کنید .



شکل (۱-۷) : مدار یکسوساز تمام موج پل

۲) نحوه ی عمل مدار و یکسوسازی آن را به صورت تئوری تشریح کنید .

۳) شکل موج ورودی را با رعایت پلاریته آن همراه با شکل موج دو سر بار بر روی اسیلوسکوپ مشاهده نموده و شکل موج را بر روی یک کاغذ میلیمتری رسم کنید .

۴) فرکانس و V_{PP} را از روی شکل موج ورودی اندازه گرفته و یادداشت کنید .

۵) V_M و فرکانس را در شکل موج خروجی اندازه گیری و با V_M و فرکانس ورودی مقایسه کنید .

۶) ولتاژ متوسط خروجی را به وسیله ولتمتر اندازه گیری و یادداشت کنید .

۷) ولتاژ متوسط خروجی را به وسیله ی رابطه ی $V_{(Average)} = V_{DC} = 0.636\ V_M$ محاسبه کرده با مقدار اندازه گیری شده مقایسه کنید . (توجه داشته باشید که V_M در رابطه ی فوق V_M موج خروجی است .)

آزمایش هشتم – یکسو کننده تمام موج با ترانس سر وسط

هدف : بررسی کار یکسو کننده های تمام موج با ترانس سر وسط

ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۲ عدد) ، مقاومت 1K (۱عدد) ، ترانس 220/12 دارای سر وسط (۱ عدد) ، AVO متر دیجیتالی ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

توضیح :

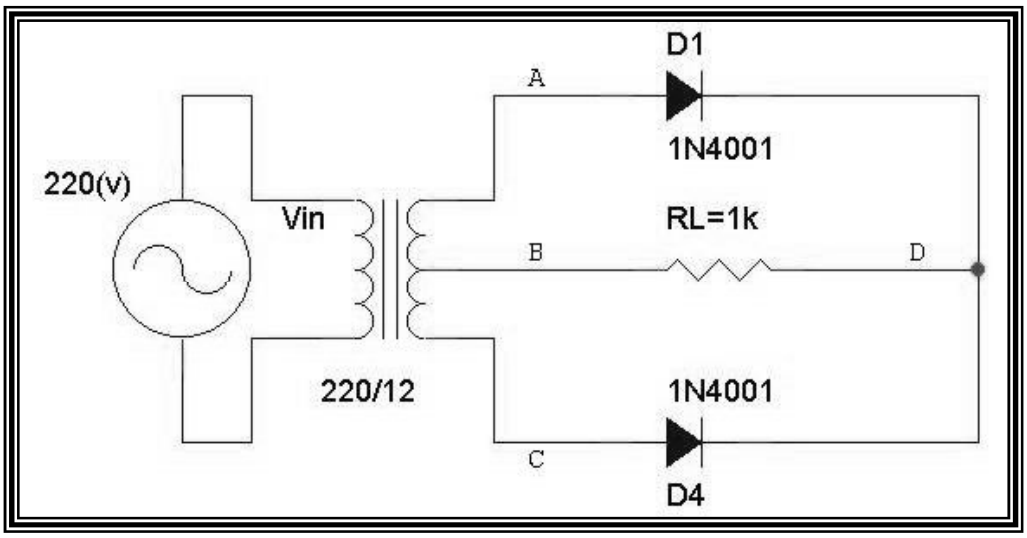
در یکسوساز نیم موج که نیم سیکلهای منفی از بین رفته است در این یکسوساز نیم سیکلهای منفی به نیم سیکلهای مثبت تبدیل شده است . برای تحلیل این مدار تنها کافی است که دیود را در شرایط ایده آل در نظر گرفته و با بیان کلیدی این مدار را تحلیل نمود .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۸) را ببندید .

توجه : چون در این مرحله به صورت مستقیم با جریان ۲۲۰ ولت برق در تماس هستید ، بسیار دقت کنید .

۲) نحوه ی عمل مدار و یکسوسازی آن را به صورت تئوری تشریح کنید .



شکل (۱-۸) : یکسوساز تمام موج با ترانس سر وسط

۳) شکل موجهای AB و BC (ورودی) را با رعایت پلاریته آن بر روی اسیلوسکوپ مشاهده نموده و شکل موجها را بر روی یک کاغذ میلیمتری رسم کنید .

(راهنمایی : A را به Ch1 و B را به GND و C را به Ch2 وصل کنید .)

۴) فرکانس دو موج و همچونین VPP را از روی شکل موج ورودی اندازه گرفته و یادداشت کنید .

۵) شکل موج AC را با رعایت پلاریته مشاهده و ثبت کنید .

۶) فرکانس موج AC و V_{PP} را از روی شکل موج اندازه گرفته و یادداشت کرده و با نتایج بدست آمده در بند (۴) مقایسه کنید .

۷) شکل موج DB را با رعایت پلاریته مشاهده و ثبت کنید .

۸) فرکانس موج DB و همچونین V_{DB} را از روی شکل موج اندازه گرفته و یادداشت کنید .

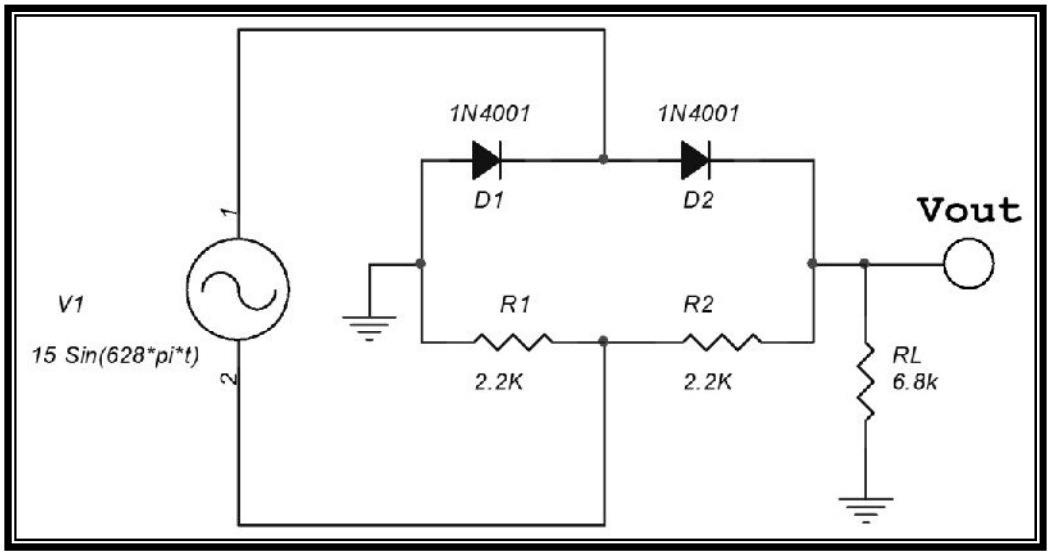
۹) به وسیله ولت متر $V_{(Average)}$ موج را اندازه گیری کنید و ثبت کنید .

۱۰) ولتاژ متوسط خروجی را به وسیله ی رابطه ی $V_{DC} = 0.636\ V_M$ =$V_{(Average)}$ محاسبه کرده با مقدار اندازه گیری شده در بند (۸) مقایسه کنید .

نمونه پرسش آزمون در مرحله دوم

بررسی یکسوسازهای دیودی

پرسش : V_{Out} **را برای شکل زیر رسم کرده و ولتاژ** DC **موجود را تعیین کنید .**



شکل (ب) : نمونه مدار یکسوساز برای آزمون (تئوری و عملی)

فیلترها و دیود زنر

آزمایش نهم - یکسو کننده نیم موج با صافی

هدف : بررسی کار یکسو کننده های نیم موج با صافی (فیلتر)

ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۱ عدد) ، مقاومت 1K (۱عدد) ، خازن 10 و1000 میکروفاراد (۱ عدد) ، AVO متر دیجیتالی ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

توضیح :

از آنجا که مراکز دستگاههای الکترونیکی احتیاج به ولتاژ و جریان زیادی دارند پس از یکسو کننده های همراه با صافی ، برای این منظور استفاده می شود . در عمل برای ایجاد ولتاژ DC بعد از یکسوسازی یک خازن با ظرفیت زیاد قرار می دهند . که در آن اگر زمان تناوب سیگنال ورودی خیلی کوچکتر از حاصل ضرب ظرفیت خازن الکتریکی در مقاومت بار باشد ($RL*C >> T$) با کم شدن ولتاژ ورودی به دیود ، ولتاژ خازن با سرعت خیلی کمی کاهش می یابد و در نتیجه دیود در وضعیت قطع قرار می گیرد و بار ذخیره شده در خازن با ثابت زمانی $RL*C$ در بار شروع به کاهش می کند . از آنجا که ثابت زمانی بزرگ است پس مقدار ولتاژ کاهش یافته ، کم است و بلافاصله در شروع سیکل مثبت بعد دوباره خازن شارژ می شود .

در صورتی که مقاومت بار بی نهایت گردد (یعنی $RL \rightarrow \infty$) ولتاژ بی باری ، برابر V_M خواهد شد و طبق روابط معین مشاهده می شود که : $Vdc = Vm - \frac{Vdc}{2}$

به سادگی می توان درصد رگولاسیون را با رابطه ی زیر تعریف کرد :

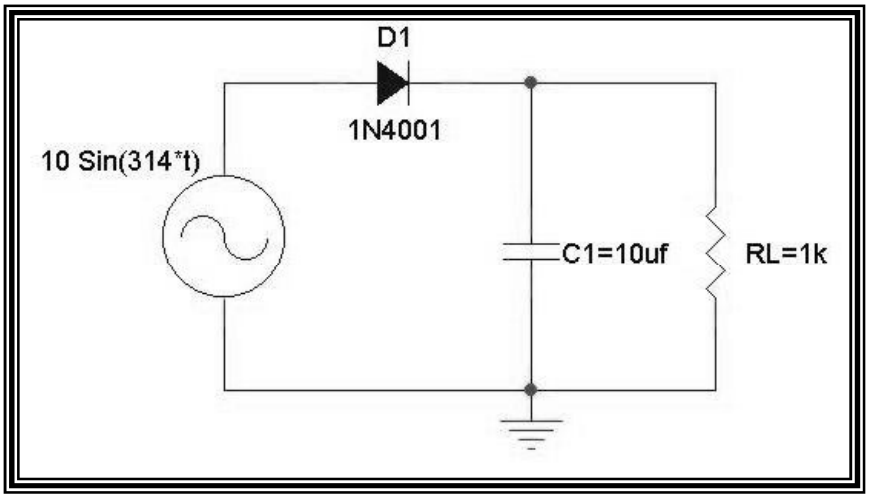
$$\%R = \frac{Vdc(noload) - Vdc(load)}{Vdc(load)} * 100 = \frac{100}{2 * F * C * R_L}$$

رگولاسیون روبرو را *رگولاسیون بار* می نامند .

ملاحظه می شود که هر چه RL و C زیاد می شود درصد رگولاسیون کم شده و ولتاژ خروجی دارای ریپل های کمتری است . ضمناً به علت اینکه در یکسو کننده تمام موج $f=100Hz$ می باشد ، در این یکسو کننده ها با شرایط مشابه یکسو کننده نیم موج مقدار ریپل کمتر خواهد بود .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۹) را ببندید .



شکل (۱-۹) : یکسوساز نیم موج با صافی خازنی

۲) جریان خروجی (IRL) را به کمک آمپرمتر اندازه گیری و یادداشت کنید .

۳) شکل موج ولتاژ دو سر منبع و ولتاژ دو سر بار را همزمان بر روی اسیلوسکوپ مشاهده و ثبت کنید .

۴) مقدار ولتاژ ac و DC خروجی را به کمک ولتمتر اندازه گیری نموده و یادداشت کنید .

۵) مقدار ضریب ضربان (Ripple Factor) را با استفاده از مقادیر بدست آمده فوق حساب کنید .
(راهنمایی : $R.F.=\frac{Vac}{Vdc}$)

۶) لحظه ای خازن را از مدار جدا نموده و جریان خروجی (I_{RL}) را مجدداً اندازه گیری نموده و با مقدار قسمت (۲) مقایسه کنید و علت اختلاف را شرح دهید .

۷) در این حالت (یعنی بدون خازن) R.F. را اندازه گیری و آن را با حالتی که خازن فیلتر در مدار است مقایسه کنید . علت اختلافات را شرح دهید .

۸)حال یک خازن 1000 میکروفارادی به جای خازن 10 میکرو فارادی قرار دهید و مراحل (۲ – ۳ – ۴ – ۵) را برای این خازن تکرار کنید .

۹) نتایج حاصله که با زیاد کردن خازن حاصل شده است را با حالت اول مقایسه و دلیل اختلاف حاصل شده را به طور کامل تشریح کنید .

۱۰) آیا می توان ارتباط معقولی بین شکل موجها و ضریب ضربان یافت .

آزمایش دهم – یکسو کننده تمام موج با صافی

هدف : بررسی کار یکسو کننده های تمام موج با صافی

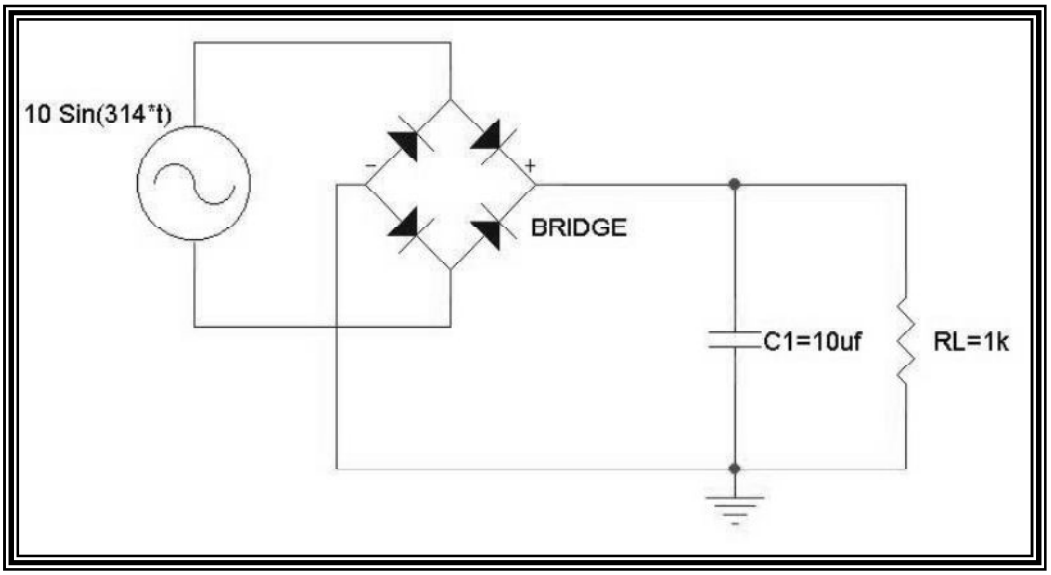
ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۴ عدد) ، مقاومت 2K , 1K (۱عدد) ، خازن 10 و1000 میکروفاراد (۱ عدد) ، AVO متر دیجیتالی ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

توضیح :

توضیحات آزمایش قبل نیز در این آزمایش صادق است با این تفاوت که در اینجا به مشخصه های بهتری از نظر تهیه ولتاژ DC نسبت به حالت قبل دست پیدا خواهیم کرد .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۱۰) را ببندید .



شکل (۱ - ۱۰) : یکسوساز تمام موج پل با صافی خازنی

۲) جریان خروجی (I_{RL}) را به کمک آمپرمتر اندازه گیری و یادداشت کنید .

۳) شکل موجهای ولتاژ دو سر منبع و ولتاژ دو سر بار را همزمان بر روی اسیلوسکوپ مشاهده و ثبت کنید .

۴) مقدار ولتاژ ac و DC خروجی را به کمک ولت متر اندازه گیری و یادداشت کنید .

۵) مقدار ضریب ضربان (Ripple Factor) را با استفاده از مقادیر به دست آمده فوق حساب کنید .

(راهنمایی : $R.F.=\frac{Vac}{Vdc}$)

۶) لحظه ای خازن را از مدار جدا کرده و جریان خروجی (I_{RL}) را مجدداً اندازه گیری و با مقدار قسمت (۲) مقایسه کرده و علت اختلاف را شرح دهید .

۷) در این حالت (یعنی بدون خازن) R.F. را اندازه گیری و آن را با حالتی که خازن فیلتر در مدار است مقایسه کرده و علت اختلاف را شرح دهید .

۸)حال یک خازن1000میکروفارادی به جای خازن 10میکرو فارادی قرار دهید و مراحل (۲ – ۳ – ۴ – ۵) را برای این خازن تکرار کنید .

۹) نتایجی را که با افزایش ظرفیت خازن ، حاصل شده است را با حالت اول مقایسه کرده و دلیل اختلاف به وجود آمده را به طور کامل تشریح کنید .

۱۰) آیا می توان به ارتباط معقولی ، بین شکل موجها و ضریب ضربان پی برد .

۱۱) مقدار مقاومت با را یک بار 2.2k و یک بار مقاومت 470 اهم قرار داده و مراحلی که در قبل بیان گردیده را نیز برای این آزمایش تکرار کنید .

۱۲) اثر افزایش و کاهش مقاومت بار را ، بر روی پارامترهای مهم یک ولتاژ DC بررسی و نتیجه حاصله را توصیف کنید .

آزمایش یازدهم – ولتاژ مثبت و منفی با صافی

هدف : تهیه ولتاژ مثبت و منفی با استفاده از یکسوساز نیم موج و تمام موج

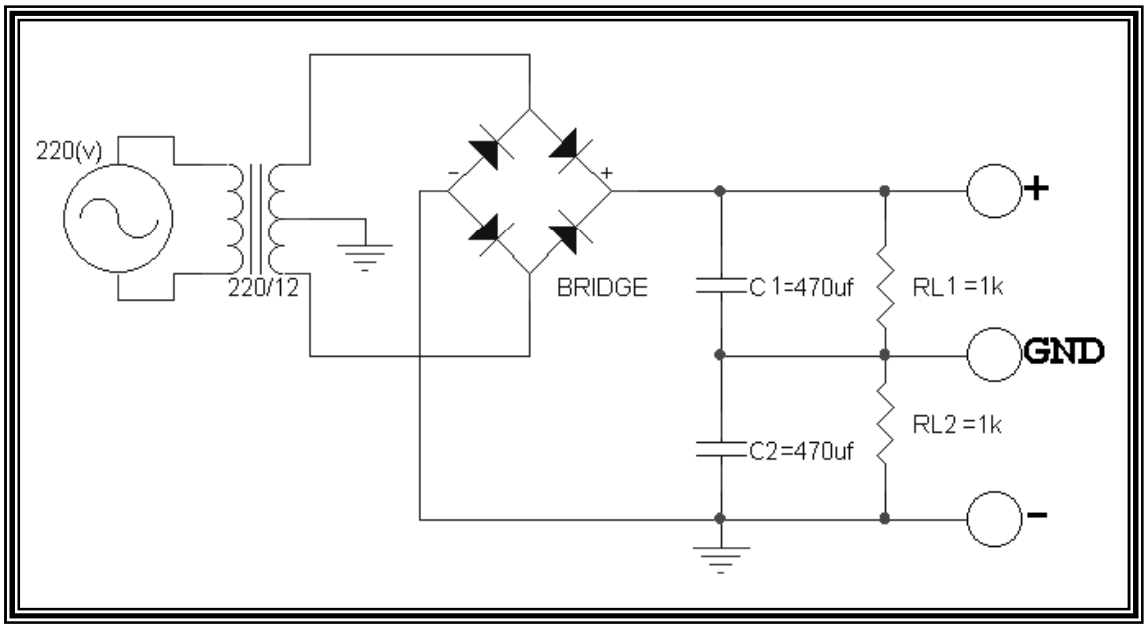
ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۴ عدد) ، مقاومت 1K (۲عدد) ، خازن 470 میکروفاراد (۲عدد) ، ترانس سر وسط (۱ عدد) ، AVO متر دیجیتالی ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

توضیح :

در بسیاری از مدارهای الکترونیکی به خصوص برای OP-AMP ها احتیاج به ولتاژ متقارن مثبت و منفی است . می توان با استفاده از ترانسفورماتور و یکسوسازها این ولتاژ را تهیه نمود .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۱۱) را ببندید .



شکل (۱-۱۲) : مدار ساخت ولتاژ مثبت و منفی با صافی خازنی

۲) جریانهای خروجی (I_{RL1} ، I_{RL2}) را به کمک آمپرمتر اندازه گیری و یادداشت کنید .

۳) شکل موجهای ولتاژ دو سر بار اول و ولتاژ دو سر بار دوم را همزمان بر روی اسیلوسکوپ مشاهده و ثبت کنید .

۴) مقدار ولتاژهای ac و DC خروجی (اول و دوم) را به کمک ولت متر اندازه گیری نموده و یادداشت کنید .

۵) مقدار ضریب ضربان (Ripple Factor) را با استفاده از مقادیر بدست آمده فوق حساب کنید .

(راهنمایی : $R.F.=\frac{Vac}{Vdc}$)

۶) تفاوت این مدار را با مدار یکسوساز تمام موج با پل را توضیح دهید .

۷) آیا می توانید مداری را پیشنهاد کنید که بتواند همین ولتاژ مثبت و منفی را برای OP-AMP ها ایجاد کند . در صورت امکان ذکر یک نمونه کافی است .

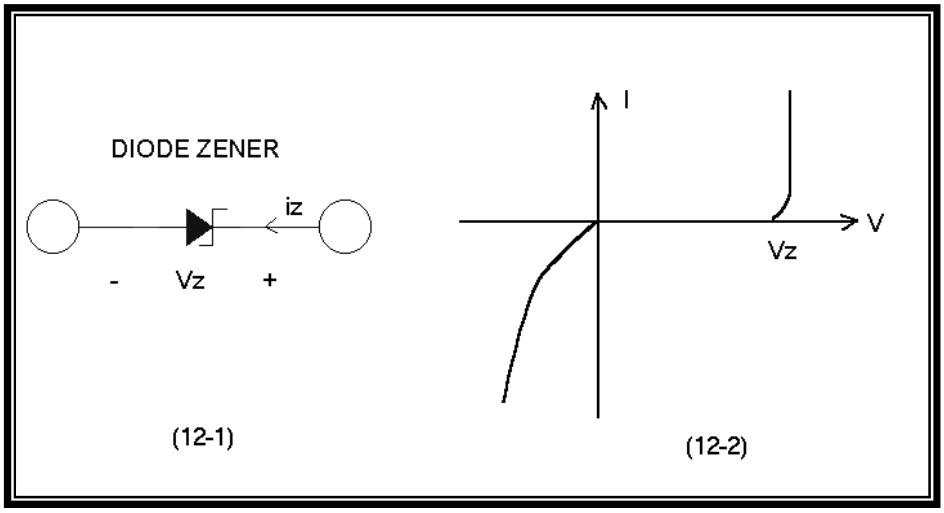
آزمایش دوازدهم – دیود زنر (منحنی مشخصه)

هدف : بررسی نقاط کار یک دیود زنر

ابزار مورد نیاز : دیود زنر (۱ عدد) ، مقاومت 2.2 K (۱عدد) ، منبع تغذیه DC ، AVO متر دیجیتالی

توضیح :

دیود زنر قطعه ای است که صرفاً جهت استفاده از ناحیه ی زنری ساخته شده است . در زیر نمایی از دیود زنر همراه با منحنی مشخصه آن را مشاهده می کنید. { شکل (۱-۱۲) }

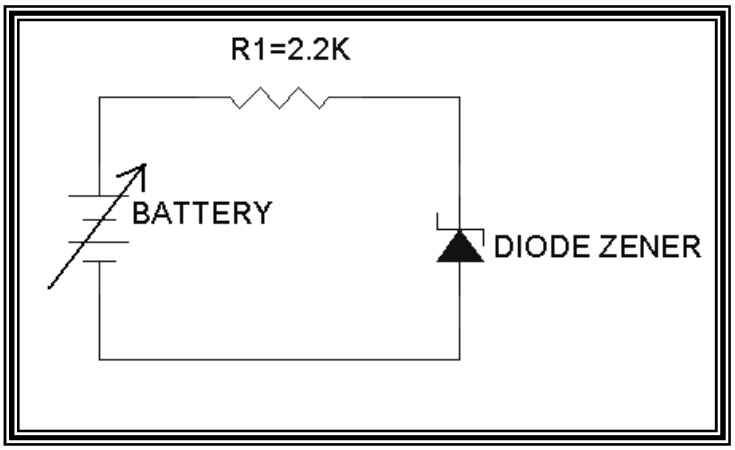


شکل (۱-۱۲) : نمایی از دیود زنر و منحنی مشخصه دیود زنر

صعود عمودی مشخصه ، هر چند که به اندازه V_Z به سمت راست کشیده شده بیانگر ایده آل بودن دیود است . هر ولتاژ بین 0 الی V_Z حالت مدار باز را مشابه با آنچه در ناحیه زیر V_T در دیود سیلیکون دیدیم ایجاد می کند . مدار معادل کامل دیود زنر شامل یک مقاومت کوچک دینامیک و باطری DC مساوی با پتانسیل زنری است . با این وجود با فرض اینکه کلیه ی مقاومتهای خارجی متصل به دیود زنر بزرگ هستند از مقاومت معادل زنر صرف نظر می کنیم .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۲-۱۲) را ببندید .



شکل (۲-۱۲) : بررسی عملکرد دیود زنر

۲) یک میلی آمپرمتر را در مدار به صورت سری قرارداده ، و یک ولت متر دیجیتال یا اسیلوسکوپ را به صورت موازی با دیود زنر قرار دهید . در این مرحله با تغییر ولتاژ باطری جریان را به حد مطلوب رسانده و سپس ولتاژ دو سر دیود زنر را بخوانید . این عمل را انجام داده و جدول زیر را کامل کنید .

I_Z (mA)	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	15	20
V_Z (v)									

۳) سپس با استفاده از روش نقطه یابی و Fitting ، یک منحنی مناسب با اطلاعات بدست آمده فیت کرده و منحنی مشخصه دیود را بدست آورید .

۴) نقاط مهم عملکرد را در مورد یک دیود زنر بر روی شکل نمایش دهید .

آزمایش سیزدهم – تثبیت ولتاژ با دیود زنر

هدف : کاربرد دیود زنر در تثبیت ولتاژ

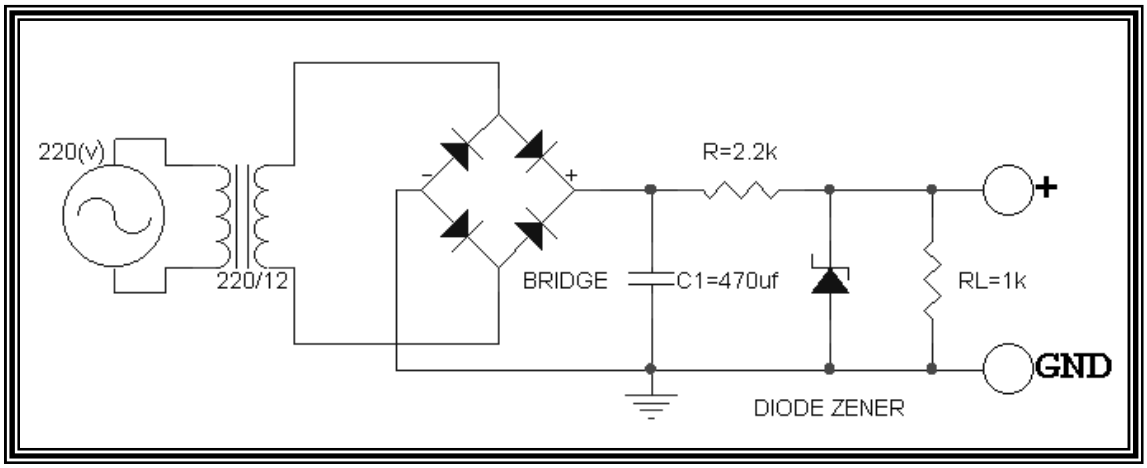
ابزار مورد نیاز : دیود زنر (۱ عدد) ، دیود 1N4001 (۴ عدد) ، ترانس معمولی (۱ عدد) ، مقاومتهای 220 ، 2.2K ، 1 k ، 470 ، 390 ، (۱عدد) ، AVO متر دیجیتالی و اسیلوسکوپ

توضیح :

رایج ترین کاربرد دیود زنر ، استفاده از آن در تولید یک ولتاژ مرجع ثابت برای اهداف مقایسه و تغذیه می باشد .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۱۳) را ببندید .



شکل (۱-۱۳) : بررسی عملکرد دیود زنر برای عمل تثبت کننده ای ولتاژ

۲) سپس مقاومت بار را در ابتدا 1K اهم انتخاب نموده ، و ولتاژ دو سر بار را همراه با ورودی مشاهده و آن را ثبت کنید. (عمل ثبت را بر روی یک کاغذ میلیمتری انجام دهید) در ضمن مقدار ریپل آن را نیز بدست آورید .

۳) ولتاژ دو سر خازن را همراه با ورودی مشاهده نموده و آن را ثبت کنید . (عمل ثبت را بر روی یک کاغذ میلیمتری انجام دهید .) در ضمن مقدار ریپل آن را نیز بدست آورید .

۴) اکنون این عمل را به ازای مقاومتهای 220,390,470 به ازای بار خروجی تکرار کنید و نتیجه این تغییر را بر روی سطح ولتاژ DC خروجی و مقدار ریپل بررسی کنید .

مدارهای دیودی

آزمایش چهاردهم - برش گرهای یک طرفه

هدف : بررسی کاربرد دیود در عمل برشگری یک طرفه

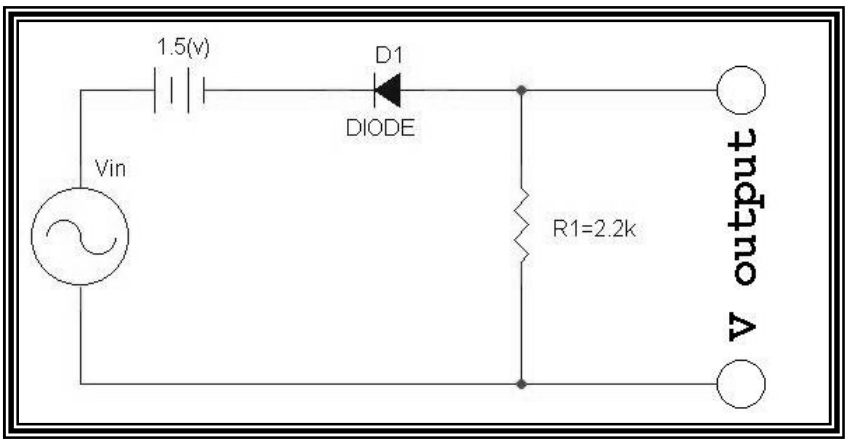
ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۱ عدد) ، مقاومت 2.2K (۱عدد) ، منبع تغذیه DC ، AVO متر دیجیتالی ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

توضیح :

دسته ای از شبکه های دیودی وجود دارند که قادرند بخشی از سیگنال ورودی را بدون آن که بخش باقیمانده تغییر یابد حذف کنند . بسته به جهت دیود ، ناحیه ی مثبت یا منفی موج حذف می گردد . دو دسته برشگر وجود دارند ، سری و موازی . پیکر بندی سری بدین صورت تعریف می گردد که دیود با بار سری می باشد . در حالی که نوع موازی دیود در ناحیه ای است که با بار موازی می باشد .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۱۴) را ببندید .



شکل (۱-۱۴) : مدار برشگر یک طرفه

۲) سیگنال ژنراتور را روی فرکانس 1KHz با دامنه 8(v) پیک تو پیک تنظیم کنید . منبع ولتاژ DC را نیز روی 1.5 ولت تنظیم و به مدار اعمال کنید .

۳) در این حالت اسیلوسکوپ را در حالت DC قرار داده و شکل موج دو سر بار را مشاهده نموده و به دقت بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.

۴) طرز کار مدار را به طور کامل توضیح دهید .

۵) در مدار شماره (۱-۱۴) سطح DC منبع را در مقادیر زیر تنظیم و شکل موجهای مربوطه را رسم کنید .

۶) در مدار شماره (۱-۱۴)منبع ولتاژ را بر عکس بسته و مقدار آن را روی 1.5 ولت قرار داده و شکل موج خروجی را همراه با ورودی رسم کنید .

آزمایش پانزدهم - برش گرهای دو طرفه

هدف : بررسی کاربرد دیود در عمل برشگری دو طرفه

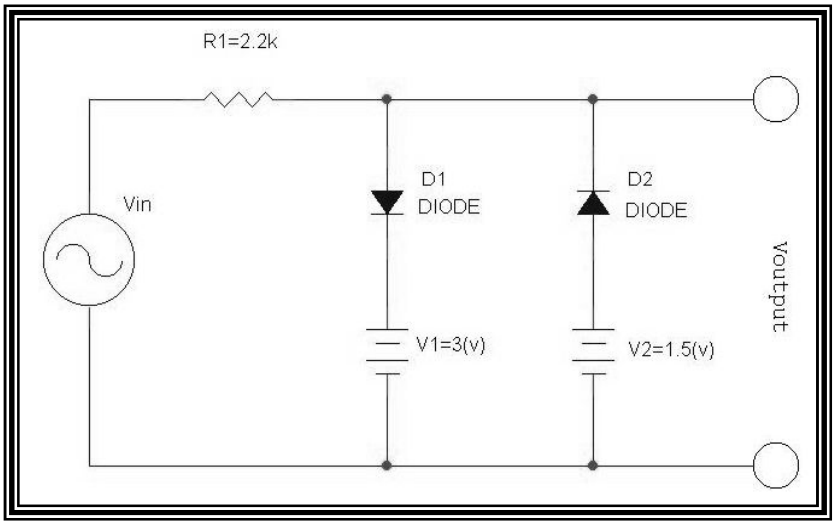
ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۲ عدد) ، مقاومت 2.2K (۱عدد) ، منبع تغذیه DC (۲عدد) ، AVO متر دیجیتالی ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

توضیح :

دسته ای از شبکه های دیودی وجود دارند که قادرند هر دو طرف از سیگنال ورودی را بدون آنکه بخش میانی تغییر یابد حذف کنند . به این نوع برشگرها ، برشگرهای دوطرفه گفته می شود .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۱۵) را ببندید .



شکل (۱- ۱۵) : مدار برشگر دو طرفه

۲) سیگنال ژنراتور را روی فرکانس 1KHz با دامنه 12(v) پیک تو پیک تنظیم کنید . منبع ولتاژ DC اول را روی 3 ولت و منبع تغذیه ولتاژ DC دوم را روی 1.5 ولت تنظیم و به مدار اعمال کنید .

۳) در این حالت اسیلوسکوپ را در حالت DC قرار داده و شکل موج خروجی مشاهده نموده و به دقت بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید .

۴) طرز کار مدار را به طور کامل توضیح دهید .

۵) در مدار شماره (۱-۱۵) ، جای دو منبع تغذیه را تعویض نموده و دوباره شکل موجها را رسم کنید . آیا شکل موج خروجی تغییری می یابد ؟ علت را توضیح دهید .

آزمایش شانزدهم - جابجا کننده ها

هدف : بررسی کاربرد دیود در جابجا کننده ها

ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۱ عدد) ، مقاومت 10K (۱عدد) ، خازن 10 میکروفارادی (۱ عدد) ، منبع تغذیه DC (۱عدد) ، AVO متر دیجیتالی ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

توضیح :

شبکه جابجا کننده مداری است که سیگنال را به یک سطح DC مختلف منتقل می کند . این شبکه باید دارای یک خازن ، یک دیود و یک عنصر مقاومت باشد . ولی می توان به منظور انتقال بیشتر ، یک منبع تغذیه DC نیز به آن اضافه کرد در این مدارها با شرط $5\tau >> \frac{T}{2}$ را در نظر گرفت . که منظور از τ ، ثابت زمانی است .

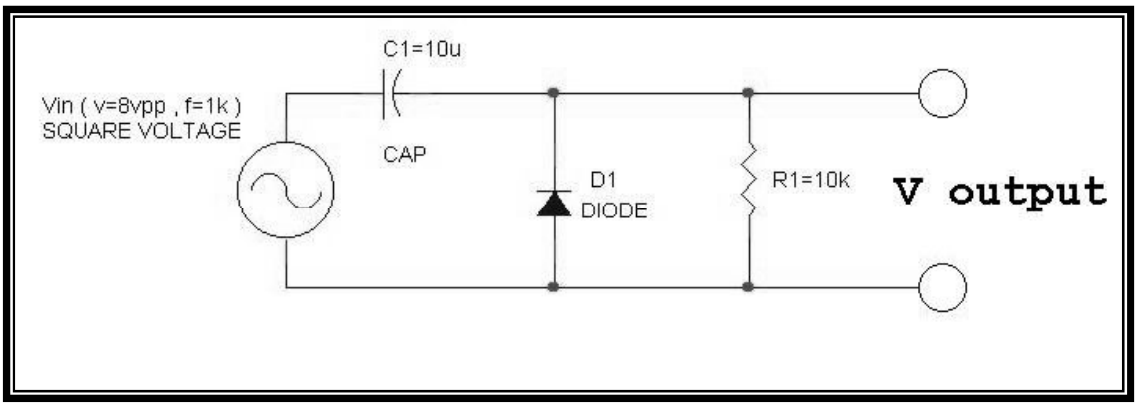
یادآوری :

۱) ثابت زمانی عبارت است از حاصل ضرب مقاومت در خازن

۲) در تحلیل این مدارها باید تحلیل را از جایی آغاز کرد که دیود در حالت اتصال کوتاه قرار گیرد .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۱۶) را ببندید



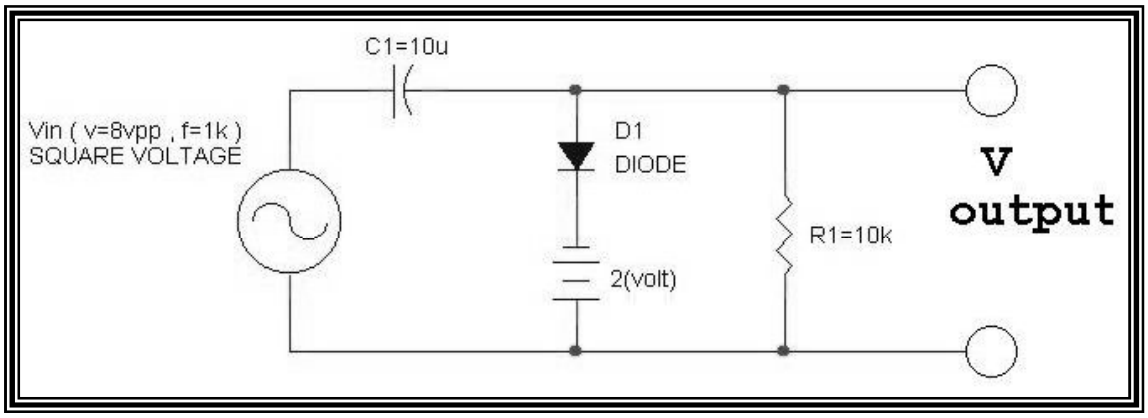
شکل (۱-۱۶) : مدار جابجا کننده (نوع اول)

۲) سیگنال ژنراتور را در حالت پالسی و روی فرکانس 1KHz با دامنه 8(v) پیک تو پیک تنظیم نموده و به مدار اعمال کنید .

۳) در این حالت اسیلوسکوپ را در حالت DC قرار داده و شکل موج خروجی مشاهده نموده و به دقت بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید .

۴) طرز کار مدار را بطور کامل توضیح دهید .

۵) مراحل آزمایش بالا را برای مدار شماره (۲-۱۶) نیز انجام دهید .



شکل (۲-۱۶) : برشگر دو طرفه (نوع دوم)

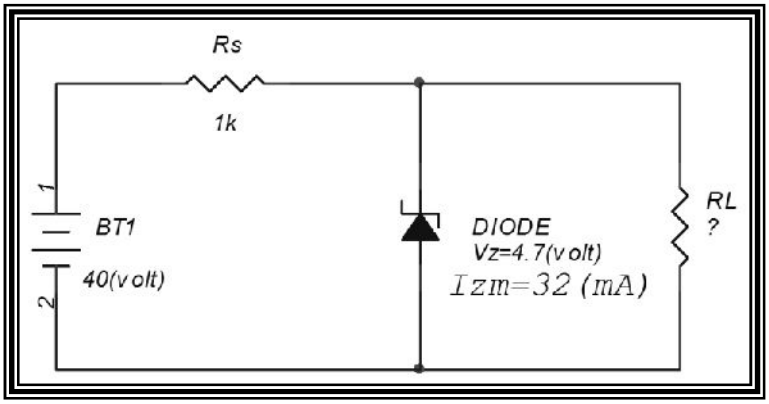
۶) دلیل به کار گیری منبع DC را توضیح دهید .

نمونه پرسش آزمون در مرحله سوم

کاربردهای دیود زنر

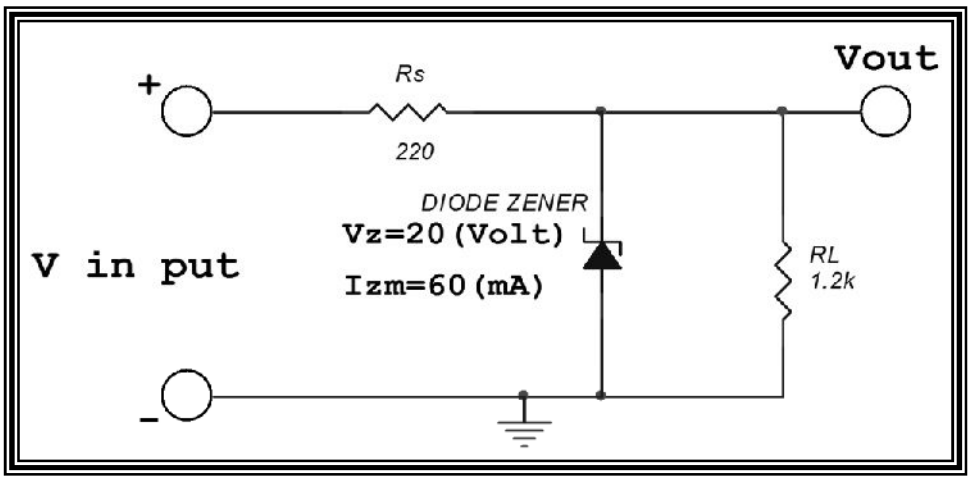
پرسش : در مدار زیر محدوده Rl و Il را برای نگهداری VRL و 7 . 4 ولت معین کنید .

راهنمایی : برای بحث روی این موضوع آگاهی از دیود زنر به صورت تئوری لازم است .



شکل (ج) : نمونه مدار زنری برای آزمون (تئوری)

پرسش : محدوده مقادیر Vi را که در آن دیود زنر در حالت روشن باشد چقدر است ؟



شکل (و) : نمونه مدار زنری برای آزمون (تئوری و عملی)

پرسش : شکل موج را به طور کامل تحلیل کنید ؟

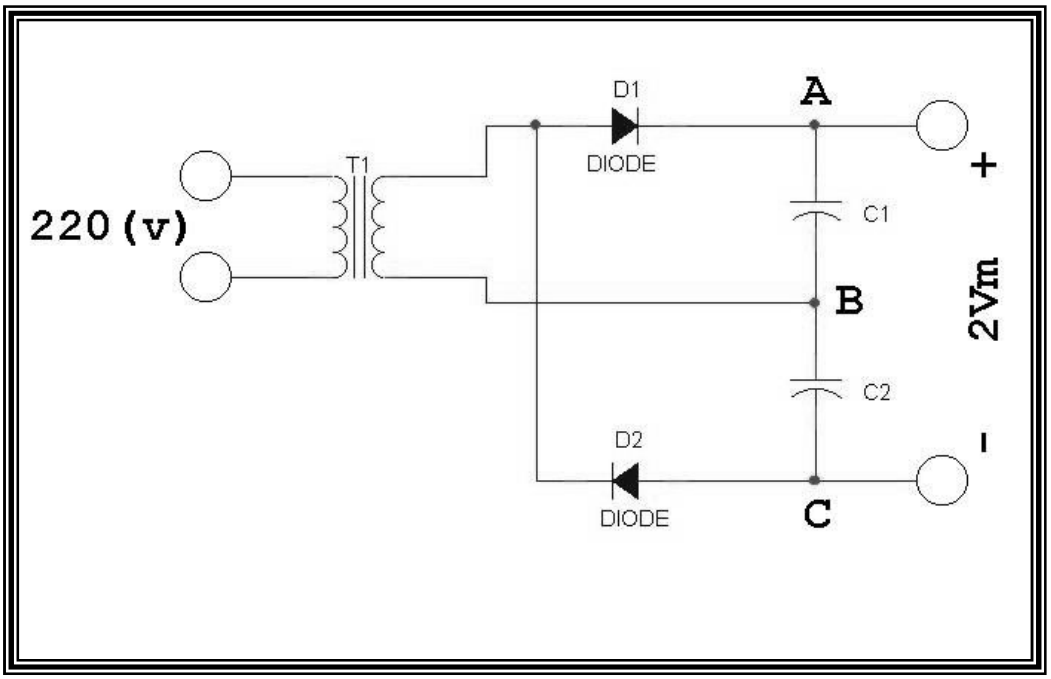
آزمایش هفدهم - چند برابر کننده های ولتاژ

هدف : بررسی کاربرد دیود در چند برابر کننده های ولتاژ

ابزار مورد نیاز : دیود سیلیکونی 1N4001 (۲ عدد) ، خازن 100 میکروفارادی و 20 ولت (۳عدد) ، ترانس معمولی 220/12 (۱عدد) ، منبع تغذیه DC (۱عدد) ، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

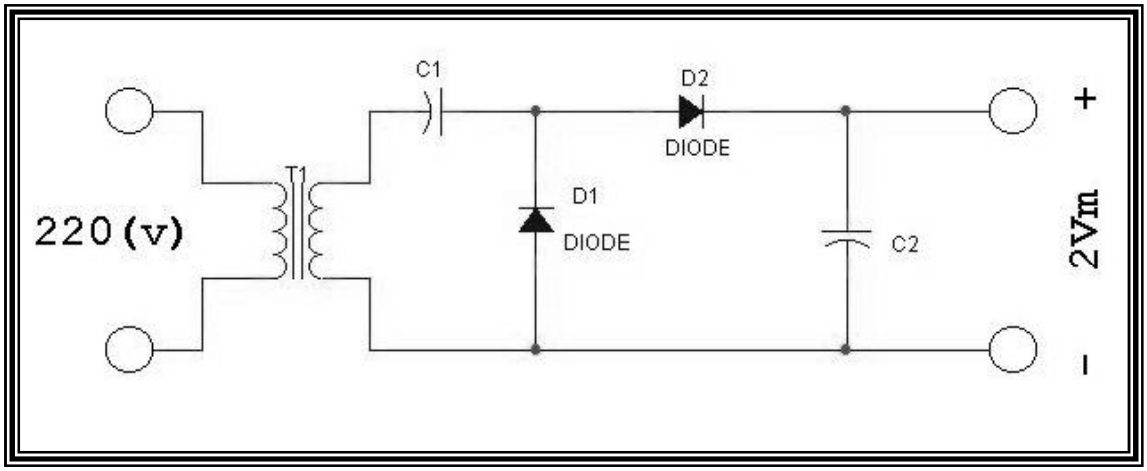
توضیح :

با ترکیب چند مدار یکسو کننده می توان یک ولتاژ متناوب که دارای حداکثر Vm است یک منبع ولتاژ یکسو شده با ولتاژی چند برابر Vm تهیه نمود . در مدار شماره (۱-۱۷) یک مدار دو برابر کننده ولتاژ رسم و توضیح داده شده است . به این دوبرابر کننده مدار دلون (DELON) گفته می شود .



شکل (۱-۱۷) : مدار دو برابر کننده دلون

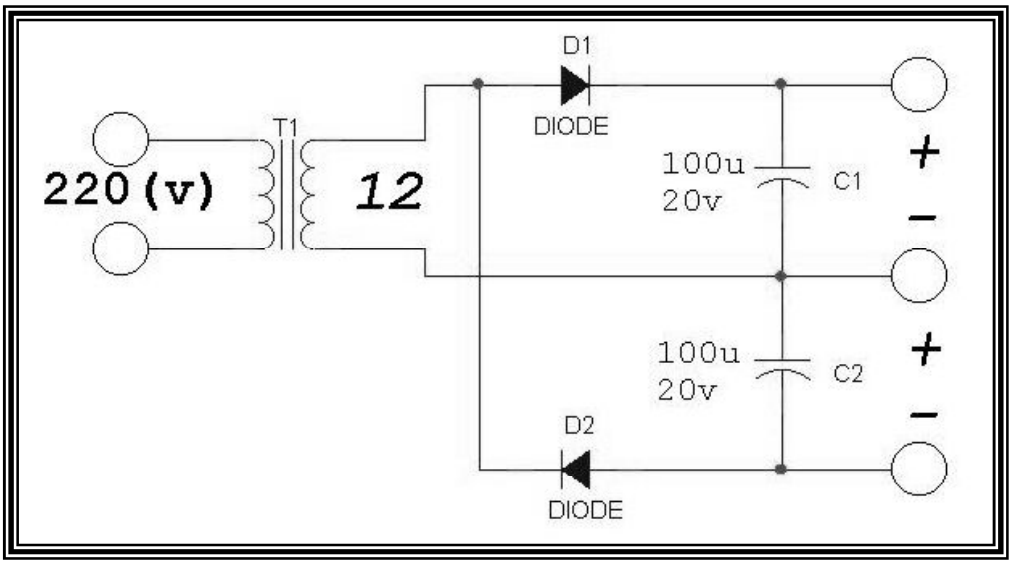
در نیم سیکلهای مثبت خازن C1 به اندازه ی Vm شارژ می شود و در نیم سیکلهای منفی خازن C2 به اندازه ی Vm شارژ می شود و در نتیجه V(BC)=V(C2)=Vm و V(AB)=V(C1)=Vm و در نهایت V(BC)=2Vm . اگر خروجی یک مدار جهشی را یکسو کنیم حاصل دو برابر کننده ولتاژ بدست می آید . چون به خروجی مدار جهشی با اندازه Vm ولتاژ DC افزوده شده پس خازن C1 با اندازه ی پیک تو پیک ولتاژ ورودی (2Vm) شارژ می شود . به این مدار (مدار شماره ۲-۱۷) ، مدار دو برابر کننده ویلارد می گویند. البته از ترکیب چند مدار ویلارد می توانیم مدار چند برابر کننده ولتاژ را به راحتی بدست بیاوریم ، که توضیح آن بسیار ساده بوده و لذا از بیان آن در اینجا صرف نظر می کنیم .



شکل (۲-۱۷) : مدار دو برابر کننده ویلارد

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۳-۱۷) را ببندید .



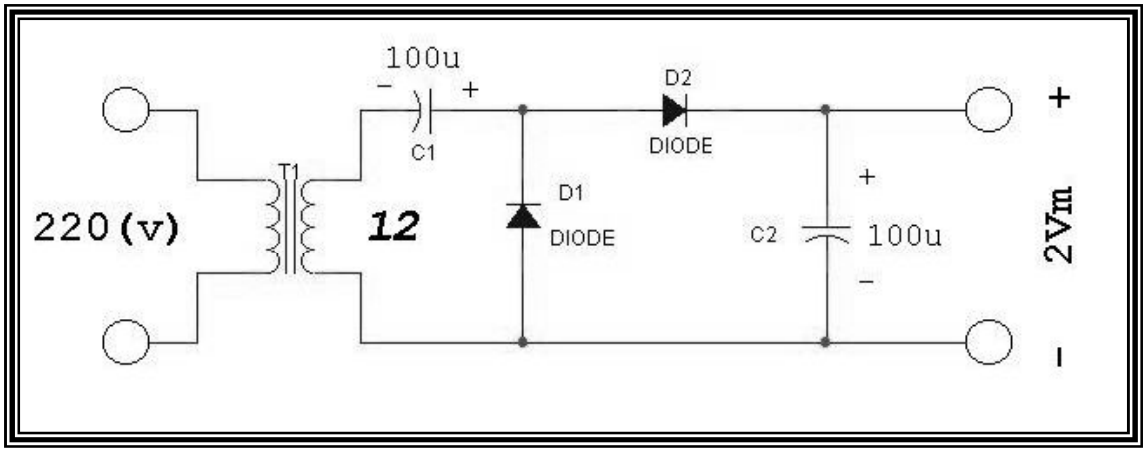
شکل (۳-۱۷) : مدار دو برابر کننده دلون

۲) ولتاژ دو سر ترانس را با اسیلوسکوپ مشاهده نموده و رسم کنید .

۳) ولتاژ دو سر خازنهای 1 و 2 را با اسیلوسکوپ مشاهده نموده و رسم کنید .

۴) در این حالت اسیلوسکوپ را به خروجی متصل نموده و شکل موج آن را همراه با ورودی مشاهده نموده و به دقت بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.

۵) مدار شماره (۴-۱۷) را ببندید .



شکل (۴-۱۷) : مدار دو برابر کننده ویلارد

۶) ولتاژ دو سر خازن C2 را با اسیلوسکوپ مشاهده نموده و رسم کنید . این ولتاژ چند برابر ولتاژ ثانویه ترانس است ؟

۷) مزیت مدار شماره (۳-۱۷) نسبت به مدار شماره (۴-۱۷) چیست ؟

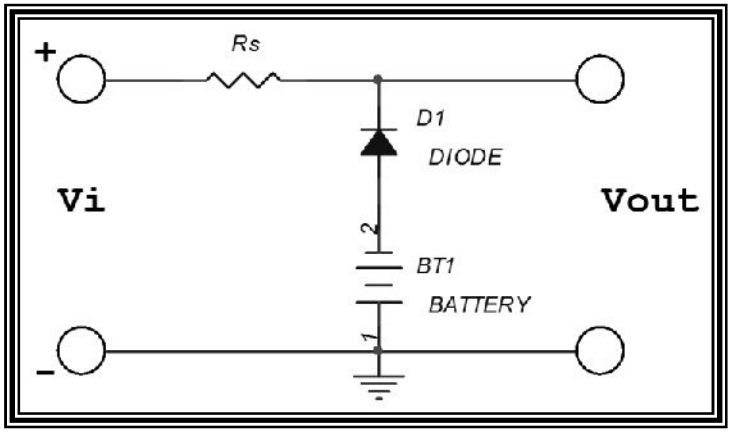
۸) اگر یک مقاومت 3.9K اهم را به دو سر C2 وصل کنیم بر شکل موج خروجی چه تأثیری می گذارد ؟ اگر مقاومتهای 10k اهم و 100k اهم را قرار دهیم اثر آن چیست ؟ به نظر شما برای بهبود شکل موج چه کاری باید انجام دهیم ؟

نمونه پرسش آزمون در مرحله چهارم

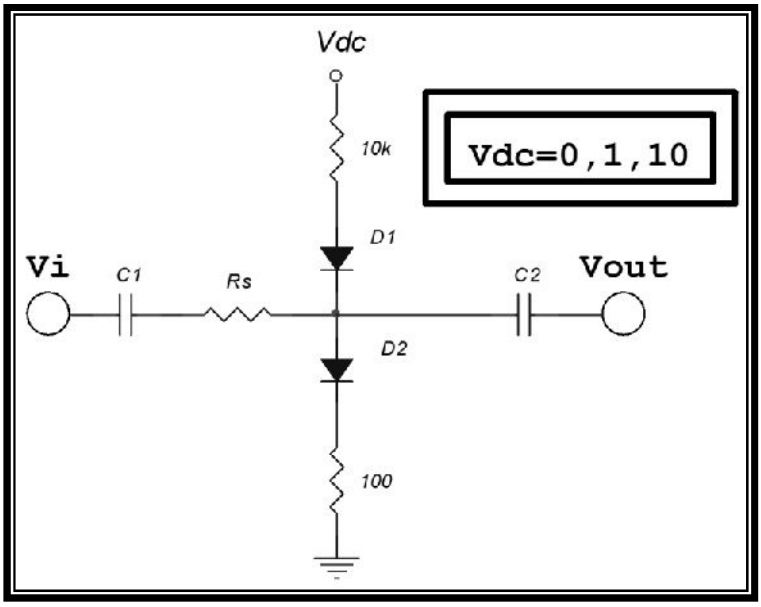
کاربردهای مدارهای دیودی

پرسش : در مدارهای جابجا کننده اگر شرط $5RC>>(T/2)$ برقرار نباشد ، به نظر شما در شکل موج خروجی چه تغییری حاصل می شود ؟ (تئوری)

پرسش : به ازای ورودی سینوسی خروجی مدار زیر چه خواهد بود ؟



شکل (م) : نمونه مدار دیودی برای آزمون (تئوری)



شکل (ن) : نمونه مدار کاربردی دیودی (AGC) برای آزمون (تئوری و عملی و پروژه)

پرسش : مدار زیر در قسمت AGC (کنترل خودکار بهره) تلویزیون به کار می رود . نسبت Vo/Vi را برای ولتاژهای V_{DC} به ترتیب زیر محاسبه کنید . ولتاژ آستانه دیود را (v) 0.2 فرض کنید ؟

آشنایی با ترانزیستور

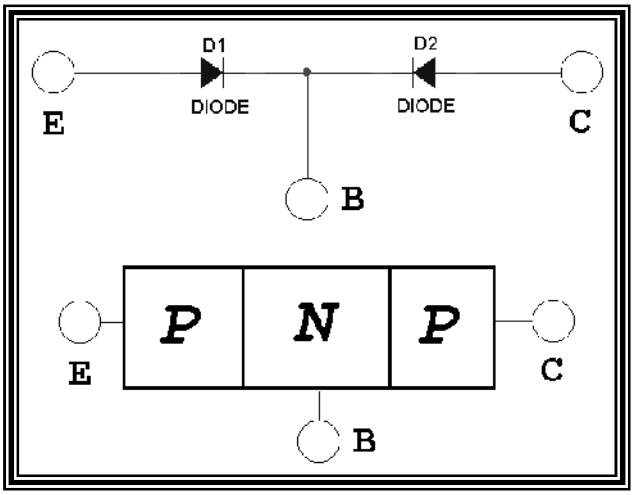
آزمایش هجدهم - تشخیص نوع ترانزیستور

هدف : تشخیص نوع ترانزیستور (PNP or NPN)

ابزار مورد نیاز : ترانزیستور PNP (۱ عدد) ، ترانزیستور NPN (۱ عدد) ، AVO متر دیجیتالی و AVO متر عقربه ای

توضیح :

همانطور که می دانید ترانزیستور از دو لایه ناخالصی به صورت PNP یا NPN ساخته شده است . از نظر جنس قطعات در دو نوع ژرمانیومی و سیلیسیومی موجود هستند . در موقع مونتاژ از هر کدام از لایه ها الکترودهایی به نام بیس-کلکتور-امیتر خارج می شوند . همانطور که در شکل (۱-۱۸) ملاحظه می گردد این قطعه همانند دو دیود می باشد که به صورت شیت به شیت با یکدیگر اتصال دارند .



شکل (۱ - ۱۸) : اتصال دو دیود و تشکیل یک ترانزیستور

مسیر حرکت الکترونها (در NPN) و حفره ها (در PNP) از امیتر به سمت کلکتور است . حفره هایی که از طریق امیتر وارد لایه ی بیس می گردند به سبب باریک بودن عرض بیس فرصت و امکان کافی برای ترکیب شدن را نداشته و قسمت اعظم آنها از طریق جاذبه ی قوی الکتریکی کلکتور وارد این لایه می شوند . می توان گفت که $Ic=\alpha Ie$ در ترانزیستورهای معمولی همیشه مقدار ضریب از یک کوچکتر خواهد بود . جریان $(1-\alpha)Ie$ جریانی است که از بیس خارج می شود ،

پس :

$$I_B = (1-\alpha)I_E = \frac{1-\alpha}{\alpha} I_C \Rightarrow I_B = \frac{1}{\beta} I_C \qquad that: \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

که β ضریب تقویت جریان نامیده می شود .

مراحل آزمایش :

در خیلی از موارد در کارهای عملی اتفاق می افتد که ترانزیستور مجهولی بدست ما می رسد که می خواهیم پایه های آن را تشخیص دهیم . برای این کار ساده ترین راه استفاده از یک اهمتر است . در ابتدا با توجه به مدل دیودی ترانزیستور به راحتی می توان بیس ترانزیستور را تشخیص داد . به این معنی که چون بیس ترانزیستور ، پایه ای است که با دو پایه دیگر حالت مشابهی دارد ، اگر یک ترمینال اهمتر به بیس متصل باشد و پایه دیگر را به امیتر و کلکتور اتصال دهیم ، حالت عقربه اهمتر در دو حالت یکی خواهد بود . مثلاً اگر ترمینال مثبت اهم متر (مثبت باطری) را به بیس یک ترانزیستور NPN و ترمینال منفی را به کلکتور یا امیتر متصل کنیم ، به علت اینکه در این حالت دیودها در حالت گرایش مستقیم خود قرار می گیرند ، اهم متر مقدار کمی را نشان می دهد و اگر بر عکس ترمینال منفی به بیس و ترمینال مثبت به کلکتور و امیتر متصل باشد اهم متر مقدار زیادی را نشان می دهد .

بنابر این بیس را می توانیم پایه ای تعریف کنیم که با دو پایه دیگر یا مقدار کمی و یا مقدار زیادی را نشان می دهد اصطلاحاً گفته می شود که با دو پایه ی دیگر یا راه بدهد و یا راه ندهد . به هر حال از مطلب فوق یک راه حل عملی برای تشخیص بیس بدست می آید . در این حالت سلکتور اهم متر باید در حالت R*10 باشد . در ضمن این آزمایش نوع ترانزیستور (PNP or NPN) را نیز مشخص می کند . به این ترتیب که در حالتی که اهم متر مقدار کمی را نشان می دهد ، اگر مثبت اهم متر به بیس متصل باشد ترانزیستور NPN و اگر منفی اهم متر به بیس متصل باشد ترانزیستور PNP است . برای تشخیص کلکتور و امیتر از هم دو روش وجود دارد ، که در اینجا تنها یک روش را بیان خواهیم نمود .

در این روش ابتدا سلکتور اهم متر را در حالت اهم زیاد قرار داده و سپس ترمینال های اهم متر را به کلکتور و امیتر ترانزیستور متصل کرده ، مقاومت نشان داده شده را اندازه گیری می کنیم . سپس ترمینال های اهم متر را بر عکس حالت قبل به کلکتور و امیتر ترانزیستور متصل نموده و در این حالت نیز مقاومت نشان داده شده را می خوانیم . ملاحظه می شود که مقاومت خوانده شده در دو حالت فوق برابر نیستند . در این صورت در حالتی که اهم متر مقاومت کمتری را نشان می دهد قطب مثبت اهم متر در ترانزیستور NPN پایه ی امیتر و در ترانزیستور PNP پایه کلکتور را مشخص می کند .

آزمایش نوزدهم – منحنی مشخصه ترانزیستور PNP

هدف : بدست آوردن منحنی مشخصه ترانزیستور (PNP) با استفاده از نقطه یابی

ابزار مورد نیاز : ترانزیستور (PNP) BC177 (۱ عدد) ، مقاومت 2.2K (۱ عدد) ، پتانسیومتر 5K اهم (۲ عدد) ، AVO متر دیجیتالی (۳ عدد) و منبع تغذیه DC (۱عدد)

توضیحات :

) پارامترهای مهم در یک ترانزیستور :

در یک ترانزیستور پارامترهای بسیار مهمی از قبیل : جریانها ، بیشینه ولتاژها ، ضرایب تقویت ، بیشینه دما و ... مطرح می باشد که مطالعه آن به خود فرد واگذار می گردد و در اینجا تنها ضریب تقویت جریان DC تعریف می گردد .

HFE : ضریب تقویت DCجریان که عبارت است از : $HFE = \beta_{dc} = \frac{I_c}{I_B}$

از آنجا که $I_c = \beta I_B + (1+\beta) I_{CO}$ **بوده و** $\beta = \frac{I_C - I_{CO}}{I_B - I_{CO}}$ **در صورتی که Ico در مقابل IB قابل صرف نظر کردن با شد می توان نتیجه گرفت که** $\beta_{dc} \cong \beta$ **ولی در حالت کلی** $\beta \prec \beta_{dc}$ **می باشد.**

منظور از Ico جریان اشباع معکوس است ، که در این پارامتر برای طراحان ترانزیستور دارای اهمیت بسیار زیادی می باشد .

از آنجا که ترانزیستور یک المان چهار قطبی است می توان برای آن دو منحنی مشخصه ی رسم کرد که عبارتند از

۱) منحنی مشخصه ورودی ، ۲) منحنی مشخصه ی خروجی .

برای رسم منحنی مشخصه ی ورودی $I_B = f(V_{BE})|_{V_{CE}=CTE}$ **و برای رسم منحنی مشخصه ی خروجی** $I_C = f(V_{CE})|_{I_B=CTE}$.

برای رسم این منحنی ها روشهای مختلفی وجود دارند که عبارتند از :

۱) روش نقطه یابی با استفاده از مدارهای موردنظر ؛

۲) روش استفاده از Curve Tracer (منحنی نگار) ؛

۳) روش استفاده از اسیلوسکوپ .

بایاسینگ های مختلف ترانزیستور :

قبل از اینکه ترانزیستور عمل تقویت کنندگی سیگنال را انجام دهد بایستی تغذیه شود . معمولاً سه نوع بایاسینگ برای ترانزیستورها در نظر گرفته می شود که عبارتند از :

۱) بایاسینگ مستقیم Direct Bias

۲) بایاسینگ خودکار Automatic Bias

۳) بایاسینگ سر خود Self-Bias

که البته از توضیح بیشتر در این مورد خودداری می گردد و مطالعات بیشتر به عهده دانشجو قرار داده می شود .

خط بار : به طور مختصر در مدار بایاس خودکار خطی که از دو نقطه $|_{0}^{\frac{Vcc}{Rc+\mathrm{Re}}}$ **و** $|_{Vcc}^{0}\ and$ **عبور کند ، به خط بار معروف است .**

نقطه ی کار : نقاطی که در روی خط بار واقع شده و تعیین کننده ی مقادیر جریان بیس و جریان کلکتور و ولتاژ امیتر می باشند . به نقاط بار معروفند .

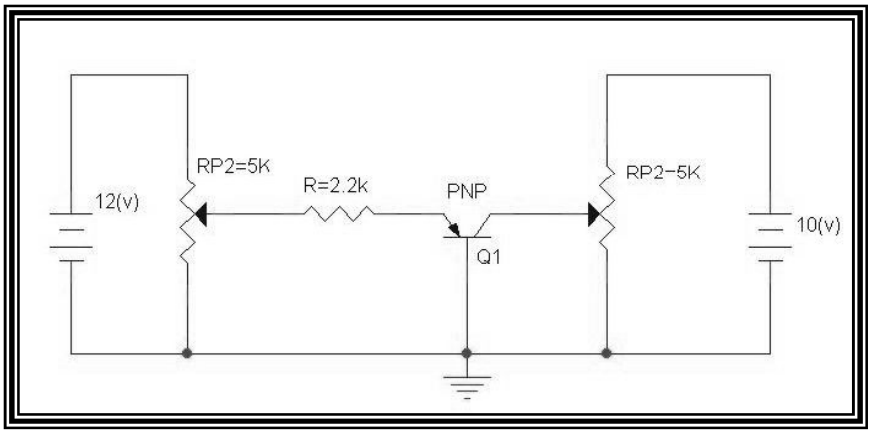
نواحی فعال – قطع – اشباع در ترانزیستور :

نقاط کاری که روی خط بار در حد فاصل بین $0.5(v)<Vce<Vcc$ **و** $Ib>0$ **باشد ، ترانزیستور در منطقه ی فعال است . در صورتی که نقطه ی کار در نواحی** $Vce<0.5(v)$ **است ترانزیستور در منطقه ی اشباع قرار گرفته است . و بالاخره اگر** $Ib=0$ **و** $Vcc=Vce$ **باشد ، ترانزیستور در منطقه قطع است .**

یادآوری : اگر تغذیه Vcc **زیاد شود خط بار به موازات خط بار قبلی جا به جا خواهد شد . با زیاد کردن** Vcc **خط بار به سمت بالا و با کم کردن** Vcc **خط بار به سمت پایین خواهد آمد .**

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۱۹) را ببندید .



شکل (۱-۱۹) : بررسی بایاسینگ ترانزیستور و تحلیل DC ترانزیستور

۲) با تغییر RP1 جریانهای (mA) IE=0,1,2,3,4,5 و ولتاژ کلکتور-بیس Vcb را در پله های 0,0.5,1,2,3,4,6,8,10 زیاد کرده و مقادیر Ic را اندازه گیری کرده و سپس مشخصه ی Ic=f(Vcb) را به ازای مقادیر Ie رسم کنید . یعنی در ابتدا Ie=0 قرار داده و با تغییر RP2 ولتاژهای زیاد شده را ایجاد کرده و Ic را بخوانید و به همین ترتیب جدول زیر را با دقت کامل کنید .

(mA)	VCB	0	0.5	1	2	3	4	6	8	10
IE=0	IC=?									
IE=1	IC=?									
IE=2	IC=?									
IE=3	IC=?									
IE=4	IC=?									
IE=5	IC=?									

۳) برای هر مقدار $I_E = \frac{V_A - V_B}{R}$ ، اندازه ی VEB را اندازه گیری و منحنی مشخصه ورودی IB=f(VEB) را به ازای VCB=6(v) رسم کنید .

(mA)	Ic	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1	2	5	10
IE=0	VBE =?									
IE=1	VBE =?									
IE=2	VBE =?									
IE=3	VBE =?									
IE=4	VBE =?									
IE=5	VBE =?									

آزمایش بیستم - بررسی نقاط کار یک ترانزیستور

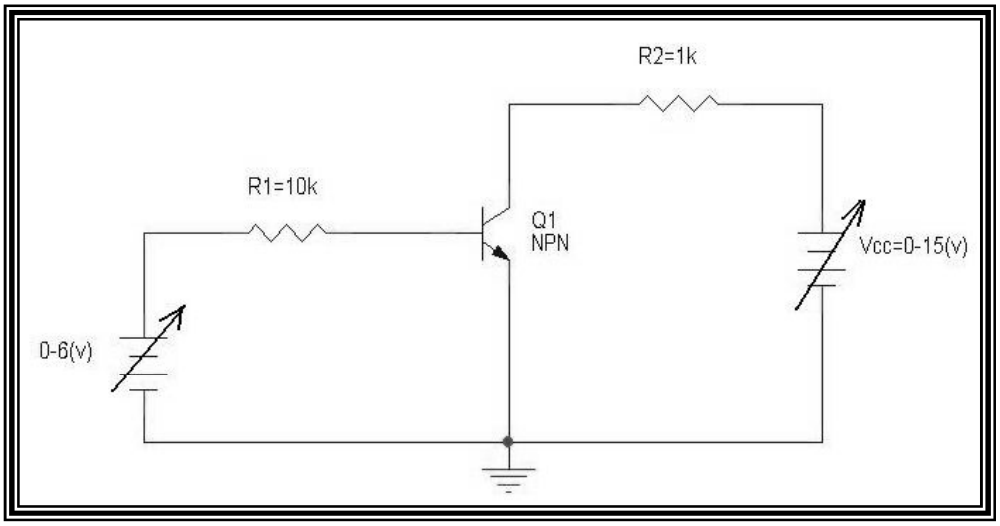
هدف : بررسی نقاط کار یک ترانزیستور (NPN) (قطع- اشباع- معکوس)

ابزار مورد نیاز : ترانزیستور BC107(NPN) (۱ عدد) ، مقاومت 1k,10K (از هر کدام ۱ عدد) ، منبع تغذیه DC (۲ عدد) ، AVO متر دیجیتالی (۳ عدد)

توضیح : عملکرد و توضیح در مورد این مدار مشابه آزمایش شماره ۱۹ است .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۲۰) را ببندید .



شکل (۱-۱۹) : مدار برای بررسی نقاط کار یک ترانزیستور

۲) با استفاده از مدار زیر با تنظیم ولتاژ VBB جریانهای IB=0,10,20,30,40,50 میکرو آمپر را ثابت نگه داشته و با تغییر ولتاژ کلکتور-امیتر یعنی (VCE) در پله های IC=0,0.5,1,2,4,6,8,10 ولت را اندازه گرفته و از آنجا Ic=f(Vce) را رسم کنید .

میکرو آمپر	VCE	0	0.5	1	2	3	4	6	8	10
IB=0	IC=?									
IB=10	IC=?									
IB=20	IC=?									
IB=30	IC=?									
IB=40	IC=?									
IB=50	IC=?									

۳) ضریب تقویت استاتیکی βdc و ضریب تقویت دینامیکی hfe را روی Ib=10 میکرو آمپر بدست آورید .

۴) منطقه قطع و اشباع را روی مشخصه نشان داده و مقدار Vce را در Ib=50میکرو آمپر (در یک Ic دلخواه) بدست آورید .

۵) مقدار تقریبی Ico را از روی مشخصه بدست آورید .

۶) در صورتی که Vce از Vcemax تجاوز کند به چه شکلی در می آید و دلیل آن چیست ؟

۷) کاربرد عملی βdc و hfe را بیان کنید .

تقویت کننده های ترانزیستوری

آزمایش بیست و یکم - تقویت کنندگی ترانزیستور

هدف : بررسی عمل تقویت کنندگی ترانزیستور

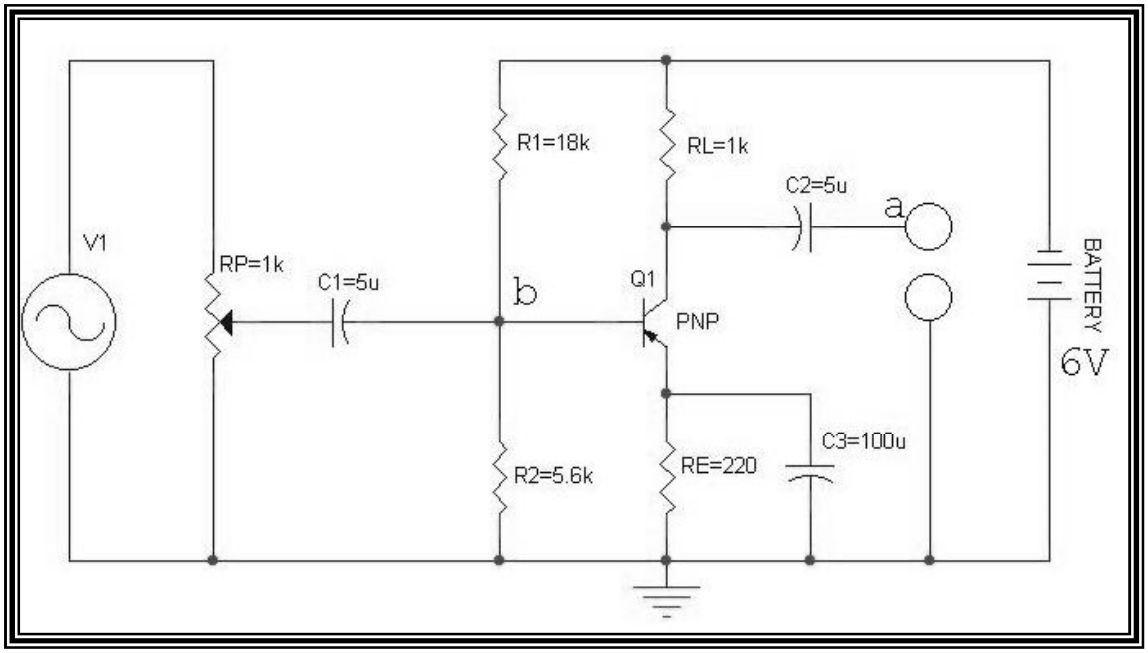
ابزار مورد نیاز : ترانزیستور BC177(PNP) (۱ عدد) ، مقاومت 220,1k,5.6k,18k (۱ عدد) خازن 5,5,100 میکروفاراد (۱عدد) ، پتانسیومتر 1kاهم (۱عدد) ، منبع تغذیه DC ، سیگنال ژنراتور و اسیلوسکوپ

توضیح :

در این آزمایش هدف این است که بتوان یک سیگنال که می تواند سیگنال صوتی ، تصویری و یا هر سیگنال دیگری را بتوان تقویت کرد (در حالت ایده آل در هر فرکانسی که باشد) .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۲۱) را ببندید .



شکل (۱-۲۱) : مدار برای بررسی عمل تقویت کنندگی ترانزیستور

۲) ولتاژهای DC مشخص شده را در نقاط مشخص شده در جدول را نسبت به زمین اندازه گرفته و یادداشت کنید

V_{ce}	V_{be}	V_{bc}

۳) سیگنال ژنراتور را برای فرکانس 1KHz و ولتاژ V_{PP} 1 به وسیله ی اسیلوسکوپ تنظیم کنید .

۴) اسیلوسکوپ را به دو سر مقاومت R_2 وصل کرده وبه وسیله ی پتانسیومتر ولتاژ پیک تو پیک را برابر با 30mv انتخاب کنید ، و سپس شکل موج را دقیقاً با مقادیر اندازه گیری شده رسم کنید .

۵) اسیلوسکوپ را به دو نقطه a و زمین وصل کرده و شکل موج و مقدار پیک تو پیک آن را بدست آورید . شکل موج را با مقیاس مناسب دقیقاً بر روی کاغذ میلی متری رسم کنید .

۶) زمین اسیلوسکوپ را به زمین مدار ورودی کانال 1 را به نقطه ی a و کانال 2 را به نقطه ی b وصل کنید . شکل موجها را با مقیاس مناسب رسم کنید . اختلاف فاز موجها را بررسی کنید .

۷) ولتاژ سیگنال ژنراتور را به وسیله پتانسیومتر 1K اهم تغییر داده و برای حالت بدون اعوجاج شکل موج خروجی را پیک تو پیک اندازه گرفته و رسم کنید .

نکته :

با تغییر ولتاژ سیگنال ژنراتور در جایی می رسد که قله های ولتاژ خروجی بریده می شود . در این حالت اصطلاحاً گفته می شود که شکل موج خروجی اعوجاج یافته است . در بهترین حالت تقویت کنندگی خروجی دارای بیشترین مقدار V_{PP} نسبت به V_{PP} ورودی بدون اعوجاج می باشد . با تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور محدوده فرکانسی بدست می آید که در آن تقویت کننده ورودی را بدون اعوجاج تقویت می کند .

۸) ولتاژ سیگنال را به وسیله پتانسیومتر روی 30mv پیک تو پیک تنظیم نموده و به ازای فرکانسهای داده شده در جدول زیر پاسخ فرکانسی مدار را بدست آورید .

F (khz)	0.1	0.5	1	2	5	10	15	20	50	80	100
V_{out} $(P-P)$											

آزمایش بیست و دوم – تعیین امپدانسها و بهره ها در ترانزیستور

هدف : بدست آوردن امپدانس ورودی و خروجی ، بهره جریان و ولتاژ ، و نقاط کار یک ترانزیستور در حالت امیتر مشترک

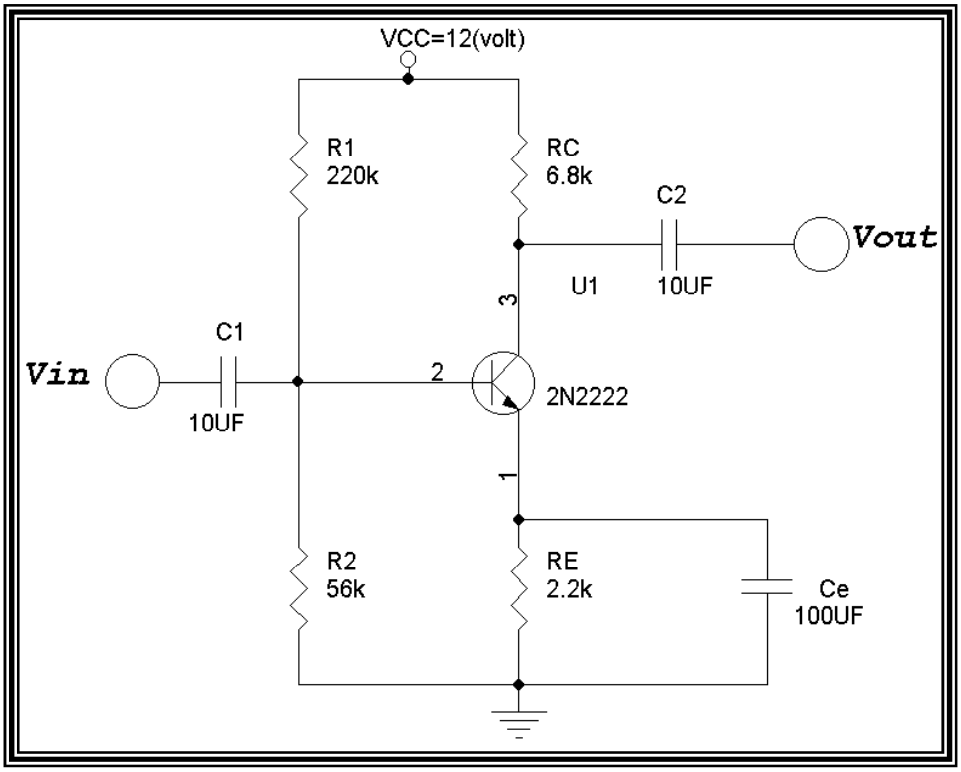
ابزار مورد نیاز : ترانزیستور BC177(PNP) (۱ عدد) ، مقاومتهای 2.2k,6.3k,56k,220k (از هر کدام یک عدد) ، خازن 5,10 میکروفاراد (۱عدد) ، منبع تغذیه DC (یک عدد) ، سیگنال ژنراتور (یک عدد) و اسیلوسکوپ (یک عدد)

توضیح :

در این آزمایش هدف این است که بتوان امپدانس های ورودی و خروجی و همچونین ضرایب تقویت جریان و ولتاژ را به صورت تئوری و عملی برای یک مدار تقویت کننده بدست آورد و بعد از آن نتایج بدست آمده را با همدیگر مقایسه کرد .

مراحل آزمایش :

۱) مدار شماره (۱-۲۲) را ببندید .



شکل (۱-۲۲) : مداری برای بدست آورن پارامترهای مهم درگیر در یک مدار ترانزیستوری

۲) یک ولتاژ سینوسی با دامنه $25mv$ و با فرکانس $10KHz$ به ورودی مدار اعمال کنید .

۳) با توجه به مباحث تئوری تدریس شده در کلاس درس ، مدار زیر را از نظر DC تحلیل کرده و مقادیر ولتاژهای کاری مدار یعنی (I_{ceq} ، V_{ceq}) و ولتاژ بیس (V_b) را بدست آورید .

۴) مقادیر امپدانس ورودی (Z_i) و امپدانس خروجی (Z_O) و re را بدست آورده و آن را با نتایج بدست آمده در حالت تئوری مقایسه و علت اختلاف را توضیح دهید .

۵) بهره ولتاژ (Av) و بهره جریان (Ai) را بدست آورده و با نتایج تئوری مقایسه کنید .

۶) آیا بدست آوردن پارامترهای مذکور به دامنه و فرکانس شکل موج ورودی بستگی دارد ؟

اگر بستگی دارد به کدام پارامترها ؟

آیا این موضوع خوب یا بد است؟

دلایل خود را به طور کامل توضیح دهید .

نمونه پرسش آزمون در مرحله پنجم

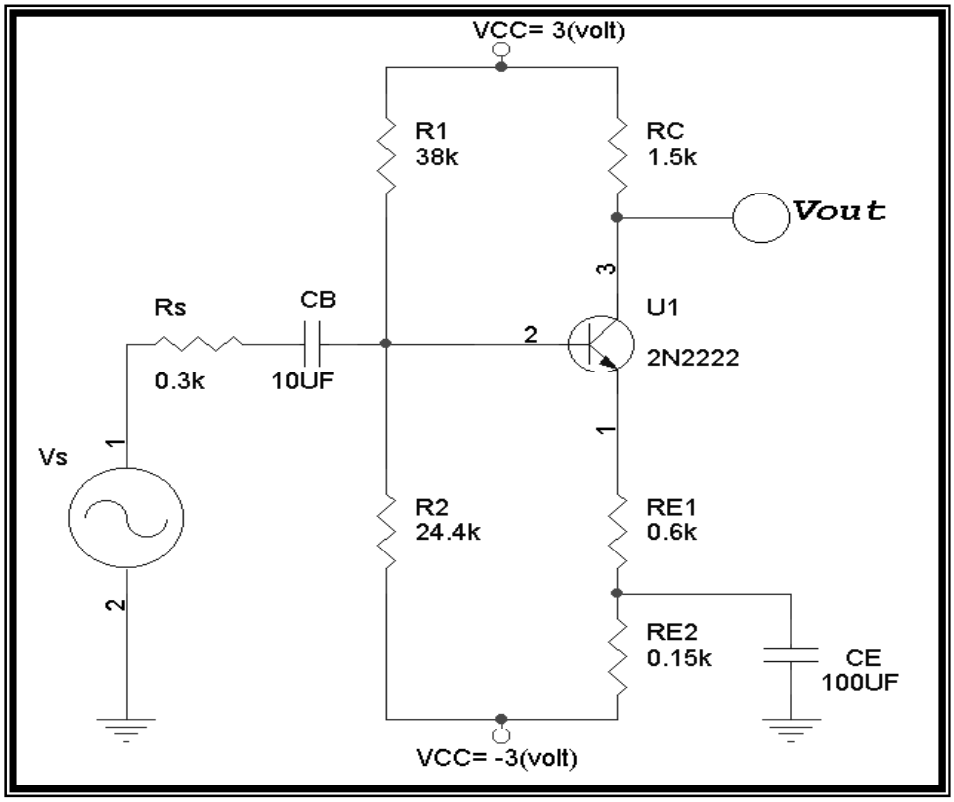
مدارهای ترانزیستوری

پرسش : در مدار شکل زیر مطلوب است مقادیر زیر : (تئوری و عملی و پروژه)

الف) Av , Avs

ب) Zis , Zo , Zi

ج) Ai , Ais



شکل (ص) : مدار تقویت کننده ترانزیستوری

پرسش طراحی : یک مدار به صورت Direct Bias **طراحی کنید (مقدار مقاومتها را معلوم کنید) به طوری که نقطه کار آن به صورت زیر باشد :**

$$Vceq = 10\ (Volt)\ ,\ Iceq = 2\ (mA)$$

منبع تغذیه را $20V$ **و** β **ترانزیستور را** 150 **فرض کنید . (تئوری و عملی)**

پرسش طراحی : می خواهیم مداری به صورت Self-Bias **طراحی کنیم . بهره جریان برابر با** 150 **در جریان کلکتور برابر یک میلی آمپر می باشد (** Ic=1mA **) . ولتاژ منبع تغذیه** 16v **است . مطلوب است طرح مدار تغذیه ی DC برای** $V_{ceQ} = \frac{V_{CC}}{2}$.

یادآوری (راهنمایی) : برای طرح مدار تغذیه ی DC دو شرط زیر را به کار ببرید :

$$V_{ceQ} = \frac{1}{10} V_{CC} \quad , \qquad R_{B2} \leq \frac{1}{10} \beta R_E$$