



فهرست مطالب:

صفحه	عنوان
۲.....	آشنایی با مشخصات انواع دیود های نیمه هادی
۸.....	آشنایی با مدارهای کاربردی دیودی
۲۰.....	مراحل ساخت منبع تغذیه
۲۶.....	آشنایی با ترانزیستورهای Bjt و مشخصه های ورودی و خروجی آنها
۳۶.....	آشنایی با کلید زنی در ترانزیستورهای Bjt
۳۸.....	آشنایی با انواع تقویت کننده های ترانزیستوری
۴۷.....	آشنایی با ترانزیستورهای MOS



آزمایش ۱

آشنایی با مشخصات انواع دیود های نیمه هادی

هدف از آزمایش: در این آزمایش با مشخصات الکترونیکی انواع دیودهای نیمه هادی آشنا می شوید. پیوندهای $p-n$ پایه و اساس تمام المان های الکترونیکی می باشند.

۱-۱- مشخصه دیود 1N4001

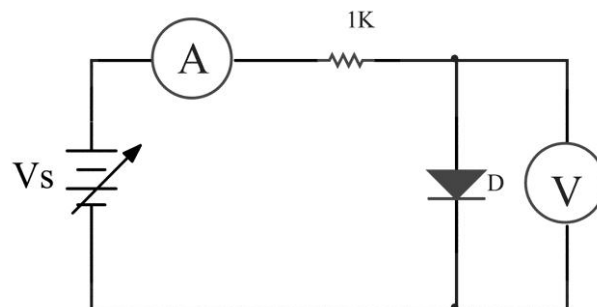
فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش - ۱) دیودها دارای جریان معکوس خیلی کوچکی می باشند که با وسایل موجود در آزمایشگاه قابل اندازه گیری نمی باشند. اگر گالوانومتری در اختیار داشته باشیم می توانیم جریان اشباع معکوس دیود را به وسیله ی آن اندازه گیری کنیم. چرا در این حالت باید ولت متر را از مدار خارج سازیم؟

پیش گزارش - ۲) فرض کنید آمپر متر در اختیار ندارید، چگونه می توانید جریان دیود را اندازه گیری کنید؟

شرح آزمایش:

- مدار شکل (۱-۱) را ببندید. این نحوه ی اتصال دیود را اتصال مستقیم می گویند. ولتاژ منبع V_s را تا مقدار مشخص شده در جدول افزایش دهید و ولتاژ و جریان دیود را در جدول (۱-۱) یادداشت کنید. توجه ۱: در ابتدا از سالم بودن سیم ها دستگاه ها و دیودی که در اختیار دارید اطمینان حاصل کنید. توجه ۲: آمپر متر را به صورت موازی اتصال ندهید.



شکل (۱-۱)



جدول (۱-۱)

V_s	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲	۳	۵	۷	۹	۱۰	۱۵
V_D													
I_D													

گزارش کار- ۱) ولتاژ دو سر دیود و جریان آن را اندازه بگیرید و در جدول بالا یادداشت نمایید.

گزارش کار- ۲) از جدول بدست آمده در گزارش کار (۱-۱) منحنی جریان بر حسب ولتاژ دیود را رسم نمایید. تقریباً از چه ولتاژی به بعد دیود هدایت می کند؟

همان طور که می دانید، مقاومت دینامیکی دیود از رابطه ی $r_d = \frac{\Delta V}{\Delta I}$ بدست می آید.

گزارش کار- ۳) مقاومت دینامیکی دیود 1N4001 را در نقاط مختلف از روی اعداد بدست آمده در جدول (۱-۱) محاسبه کنید.

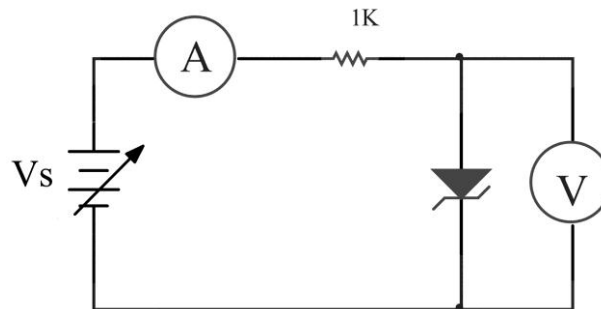


۲-۱- دیود زنر

۱-۲-۱- مشخصه دیود زنر

شرح آزمایش:

- ولتاژ شکست دیود زنری را که در اختیار دارید از روی آن بخوانید. مدار شکل (۲-۱) را ببینید و مطابق قسمت (۱-۱) جدول را کامل نمایید.



شکل (۲-۱)

جدول (۲-۱)

V_s	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲	۳	۵	۷	۹	۱۰	۱۵
V_D													
I_D													

همان طور که می دانید، مقاومت دینامیکی دیود زنر از رابطه ی $r_z = \frac{\Delta V_z}{\Delta I_z}$ بدست می آید.

گزارش کار- (۴) ولتاژ دو سر دیود و جریان آن را اندازه بگیرید و در جدول بالا یادداشت نمایید. تقریباً از چه ولتاژی به بعد دیود هدایت می کند؟

گزارش کار- (۵) از جدول بدست آمده در گزارش کار (۳) منحنی جریان بر حسب ولتاژ دیود را رسم نمایید. آیا عملکرد این دیود در حالت مستقیم، با دیود 1N4001 تفاوتی دارد؟

گزارش کار- (۶) مقاومت دینامیکی دیود زنر را در نقاط مختلف از روی اعداد بدست آمده در جدول (۲-۱) محاسبه کنید و مشخص کنید که مقدار این مقاومت با مقدار مقاومت نظیر دیود 1N4001 چقدر تفاوت دارد.



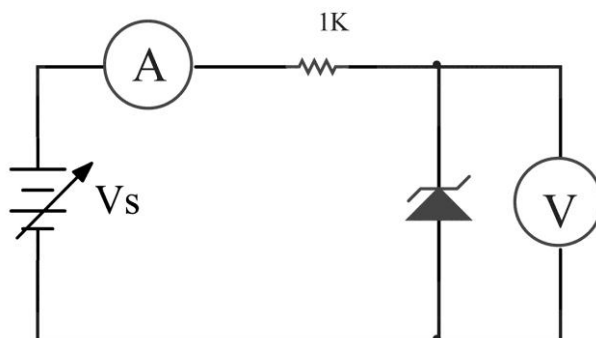
۲-۲-۱- بایاس معکوس

فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش- ۳) چه تفاوتی میان مدار شکل (۲-۱) و (۳-۱) وجود دارد.

شرح آزمایش:

- حال دیود را مانند شکل (۳-۱) به صورت معکوس در مدار قرار دهید.



شکل (۳-۱)

گزارش کار- ۶) ولتاژ دو سر دیود و جریان آن را اندازه بگیرید و در جدول زیر یادداشت نمایید. تقریباً از چه ولتاژی به بعد دیود وارد ناحیه شکست خود می شود؟

گزارش کار- ۷) از جدول بدست آمده در گزارش کار (۵) منحنی جریان بر حسب ولتاژ دیود را رسم نمایید.

جدول (۳-۱)

V_s	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲	۳	۵	۷	۹	۱۰	۱۵
V_D													
I_D													



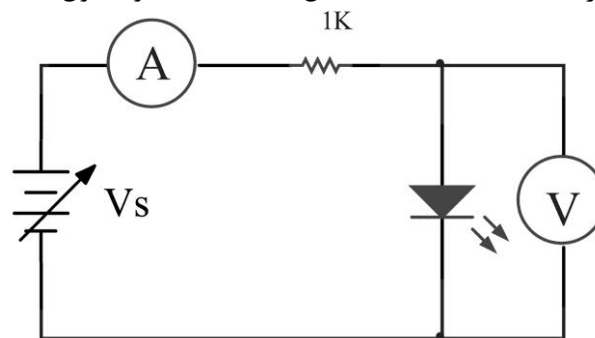
۳-۱- مشخصه ی LED

فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش- (۴) چهار مورد از کاربردهای LED را در صنعت نام ببرید و به صورت مختصر توضیح دهید.

شرح آزمایش:

- مداری را با استفاده از یک عدد LED مانند شکل (۴-۱) ببندید و جدول (۴-۱) را کامل نمایید.



شکل (۴-۱)

گزارش کار- (۸) ولتاژ دو سر LED و جریان آن را اندازه بگیرید و در جدول زیر یادداشت نمایید. تقریباً از چه ولتاژی به بعد LED شروع به روشن شدن خواهد کرد؟

گزارش کار- (۹) مقاومت سری با LED را با مقدار ۴۷۰ اهم عوض کنید. در چه ولتاژی LED شروع به روشن شدن می کند؟ در چه ولتاژی نور LED کاملاً واضح رویت می شود؟

جدول (۴-۱)

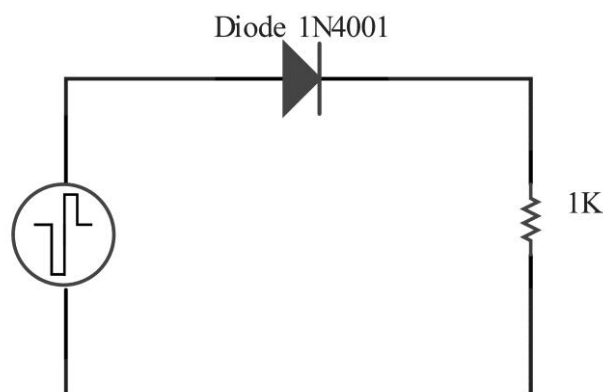
V_s	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲	۳	۵	۷	۹	۱۰	۱۵
V_D													
I_D													



۴-۱- مشخصه ی کلید زنی دیود

شرح آزمایش:

- مداری مانند شکل (۵-۱) با دیود 1N4001 را روی برد مورد ببندید. منبع سیگنال مربعی و دارای ماکزیمم دامنه ی ۵ ولت باشد.



شکل (۵-۱)

- گزارش کار- ۱۰) فرکانس ورودی را روی ۱ kHz، قرار دهید و شکل موج جریان و ولتاژ دیود را رسم نمایید.

توجه ۱: ولتاژ دو سر مقاومت متناسب با جریان دیود است.

- گزارش کار- ۱۱) در فرکانس ۵۰ kHz، شکل موج جریان و ولتاژ دیود را رسم نمایید.

- گزارش کار- ۱۲) شکل موج هایی را که در فرکانس ۱ kHz و ۵۰ kHz مشاهده کرده اید را توجیه کنید.

- حال به جای دیود 1N4001 دیود 1N4148 در مدار شکل (۵-۱) قرار دهید.

- گزارش کار- ۱۳) گزارش های ۱۰ الی ۱۲ را برای این دیود تکرار کنید.



آزمایش ۲

آشنایی با مدارهای کاربردی دیودی

هدف از آزمایش: هدف از آزمایش های این قسمت آشنایی با طرح های مداری مختلف و کاربردهای عمومی دیودها می باشد. از این طرح ها می توان در پروژه های مختلف الکترونیکی استفاده کرد.

۱-۲- مدارهای Clamp

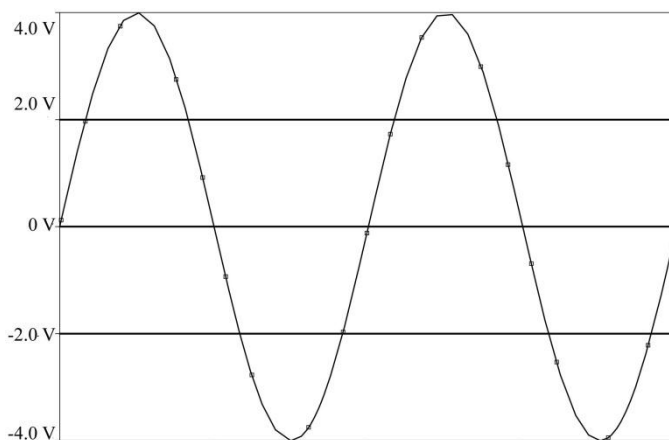
فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش - (۱) اگر خروجی مدار شکل (۲-۴) دو سر مقاومت $100\text{ K}\Omega$ ، باشد، خروجی مدار را به ازای یک موج سینوسی با دامنه ی ماکزیمم V_6 ، رسم نمایید و نحوه ی عملکرد آن را به صورت کامل توضیح دهید.

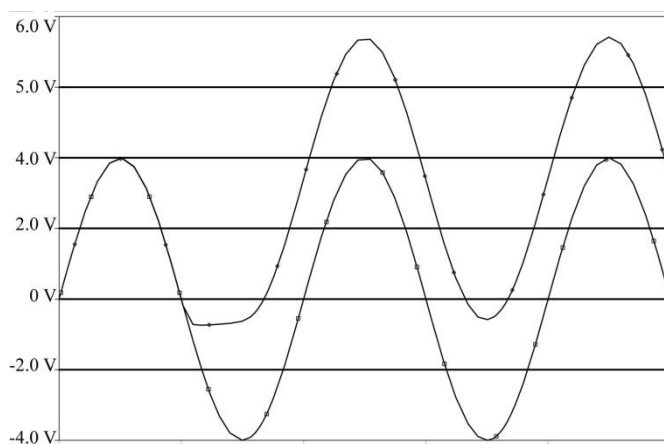
پیش گزارش - (۲) اگر خروجی مدار شکل (۲-۵) دو سر مقاومت $100\text{ K}\Omega$ ، باشد، خروجی مدار را به ازای یک موج سینوسی با دامنه ی ماکزیمم V_7 ، رسم نمایید و نحوه ی عملکرد آن را به صورت کامل توضیح دهید.

شرح آزمایش:

از مدارهای Clamp برای تغییر سطح DC سیگنال استفاده می شود. در این مدارها شکل موج ثابت می ماند و فقط مقدار DC آن جابجا خواهد شد. می توانیم با استفاده از این مدارها سطح DC سیگنال را افزایش و یا کاهش دهیم. کاملاً مشخص است که برای رسیدن به این هدف در این نوع مدارهای دیودی، از خازن استفاده می شود. در اشکال زیر سیگنالی را مشاهده می کنید که یک بار افزایش مقدار DC و بار دوم کاهش سطح DC داشته است.

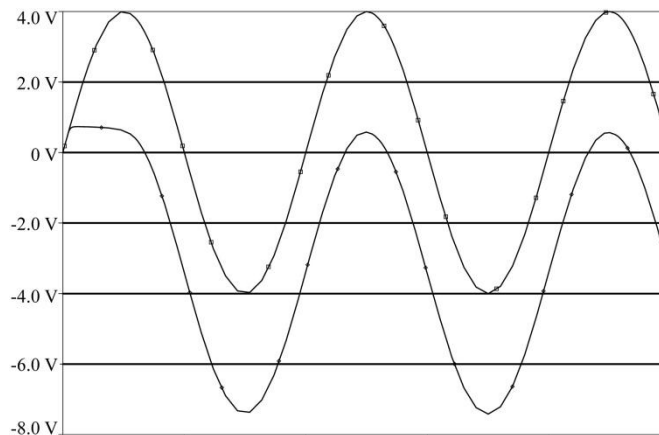


شکل (۱-۲) - سیگنال سینوسی با سطح DC صفر



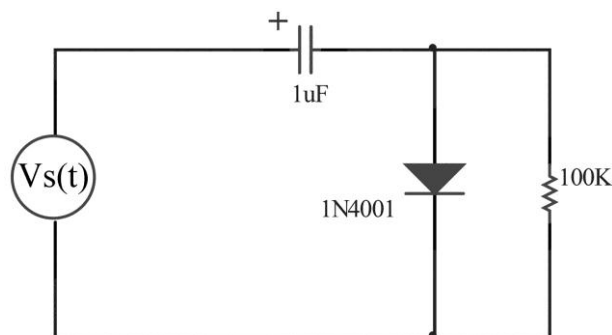
شکل (۲-۲) - سیگنال سینوسی با سطح DC +۲

مدارهای Clamp در تقویت کننده های ویدئویی گیرنده های تلویزیونی به منظور بازیابی سطح DC سیگنال استفاده می شوند. همچنین از این مدارها در دستگاه Function Generator استفاده می شود. صفر بودن مقدار Offset به معنی مقدار DC صفر در سیگنال AC می باشد.



شکل (۳-۲) - سیگنال سینوسی با سطح DC -۲

- مدار شکل (۴-۲) را روی برد ببنیدید. منبع ورودی را روی شکل موج سینوسی با دامنه ی ماکزیمم ۴ V قرار دهید.

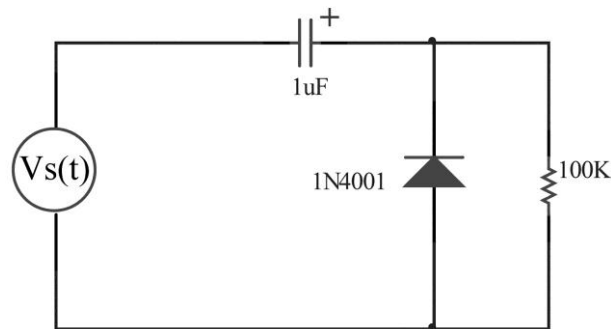


شکل (۴-۲)

- گزارش کار - ۱) به ازای فرکانس های ۱ KHz، ۱۰۰ Hz و ۱۰ Hz، شکل موج های ورودی و خروجی را رسم کنید. تفاوت شکل موج های خروجی را به ازای فرکانس های مختلف توجیه کنید.

- گزارش کار - ۲) اگر در مدار شکل (۴-۲) از مقاومت هایی با مقادیر کمتر استفاده کنیم چه اتفاقی خواهد افتاد؟

- مدار شکل (۵-۲) را روی برد ببنیدید. منبع ورودی را روی شکل موج سینوسی با دامنه ی ماکزیمم ۴ V قرار دهید.

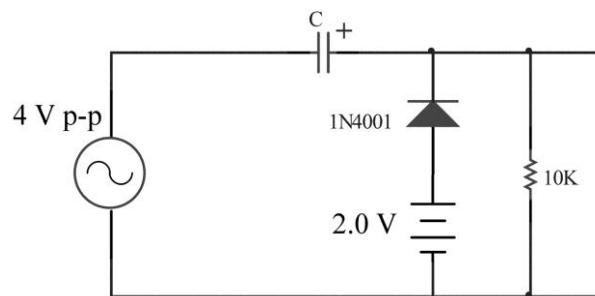


شکل (۵-۲)

گزارش کار- ۳) به ازای فرکانس های ۱ KHz، ۱۰۰ Hz و ۱۰ Hz، شکل موج های ورودی و خروجی را رسم کنید. تفاوت شکل موج های خروجی را به ازای فرکانس های مختلف توجیه کنید.

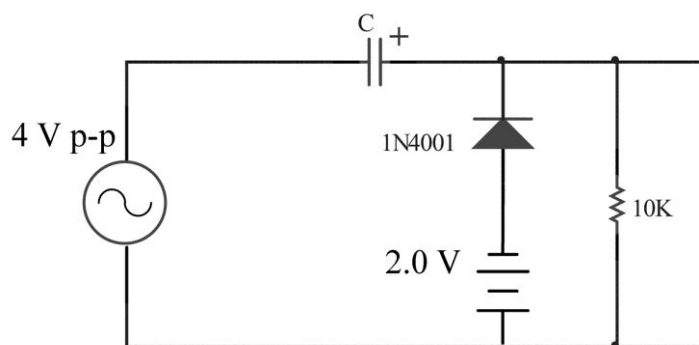
گزارش کار- ۴) اگر در مدار شکل (۵-۲) از مقاومت هایی با مقادیر کمتر استفاده کنیم چه اتفاقی خواهد افتاد؟

گزارش کار- ۵) در مدار شکل (۶-۲) اگر ورودی دارای ولتاژ پیک تا پیک ۴ V، بدون Offset باشد، خروجی مدار را رسم نمایید.



شکل (۶-۲)

گزارش کار- ۶) در مدار شکل (۷-۲) اگر ورودی دارای ولتاژ پیک تا پیک ۴ V، بدون Offset باشد، خروجی مدار را رسم نمایید.



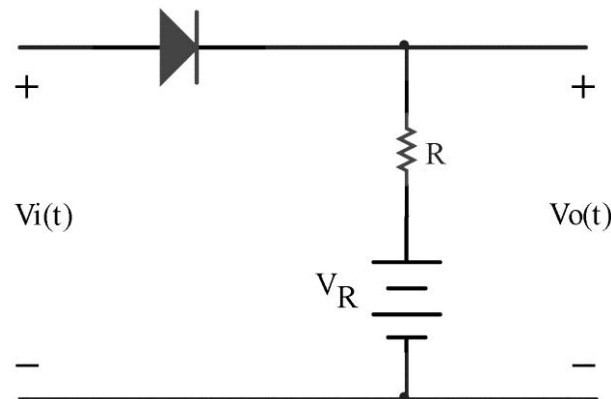
شکل (۷-۲)



۲-۲- مدارهای Clipper

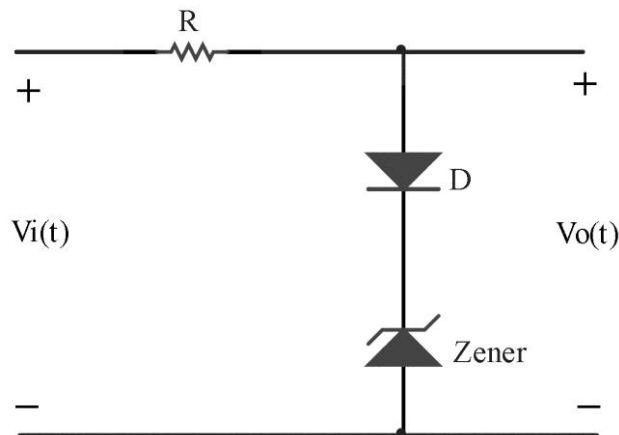
فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش- (۳) شکل موج خروجی را برای مدار شکل (۸-۲) رسم کنید. ولتاژ ورودی سینوسی دارای ۶ ولت پیک تا پیک و بدون آفست می باشد. فرض کنید ولتاژ مرجع $V_R (+2V)$ است.



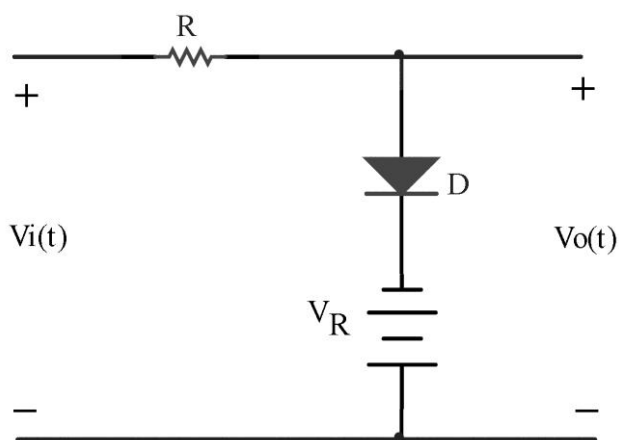
شکل (۸-۲)

پیش گزارش- (۴) شکل موج خروجی را برای مدار شکل (۹-۲) رسم کنید. ولتاژ ورودی سینوسی دارای ۶ ولت پیک تا پیک و بدون آفست می باشد. فرض کنید ولتاژ شکست دیود زبر $V_Z (+2.5V)$ است.



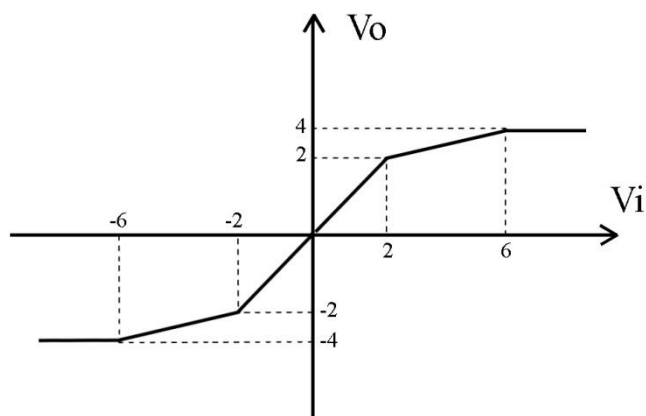
شکل (۹-۲)

پیش گزارش- (۵) شکل موج خروجی را برای مدار شکل (۱۰-۲) رسم کنید. ولتاژ ورودی سینوسی دارای ۶ ولت پیک تا پیک و بدون آفست می باشد. فرض کنید ولتاژ مرجع را با پلاریته ی مشخص شده در شکل $V (+3V)$ در نظر بگیرید.



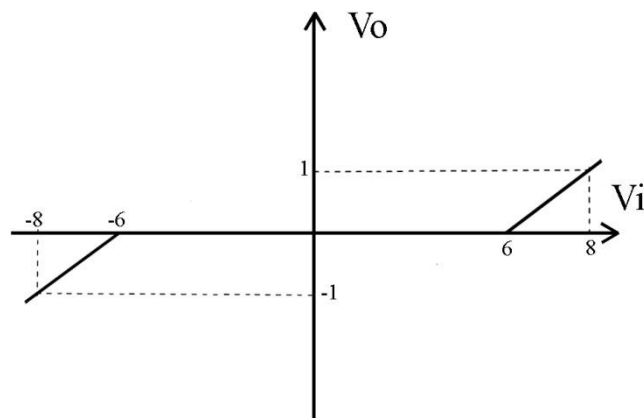
شکل (۲-۱۰)

پیش گزارش - ۶) مداری دیودی طرح کنید که مشخصه خروجی بر حسب ورودی شکل زیر را ایجاد کند. همه ولتاژهای مرجع لازم را از یک منبع تغذیه مثبت و یک منبع تغذیه منفی با استفاده از تقسیم مقاومتی بسازید.



شکل (۲-۱۱)

پیش گزارش - ۷) با استفاده از دیودهای زهر مداری طراحی کنید که دارای مشخصه ای مانند شکل زیر باشد.



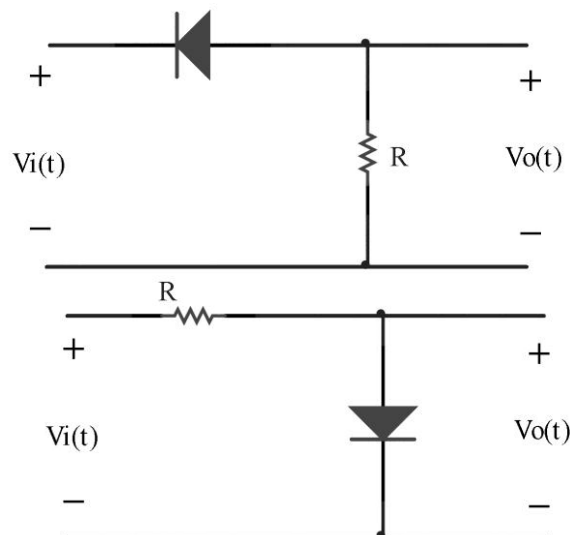
شکل (۲-۱۲)

شرح آزمایش:

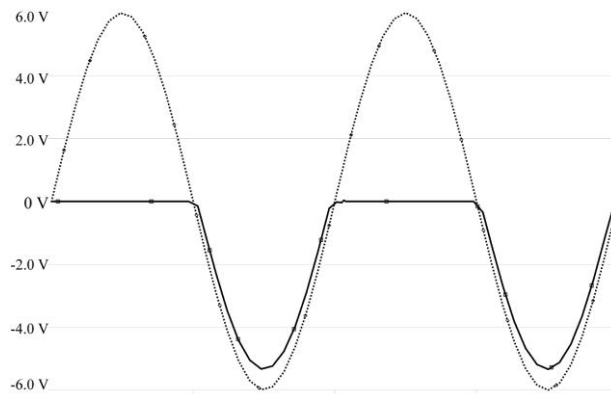
از این نوع مدارها هنگامی استفاده می کنیم که می خواهیم قسمتی از شکل موج را انتقال بدهیم و قسمتی را حذف کنیم. مدارهای آزمایش قبل شکل موج ورودی را در خروجی حفظ می کردند در حالی که در مدارهای Clipper شکل موج ورودی بریده می شود و در خروجی نمایش داده می شود. معمولاً در این نوع مدارها از ولتاژهای مرجع برای سطح برش استفاده می شود.

مدارهای برش دهنده سیکل مثبت سیگنال

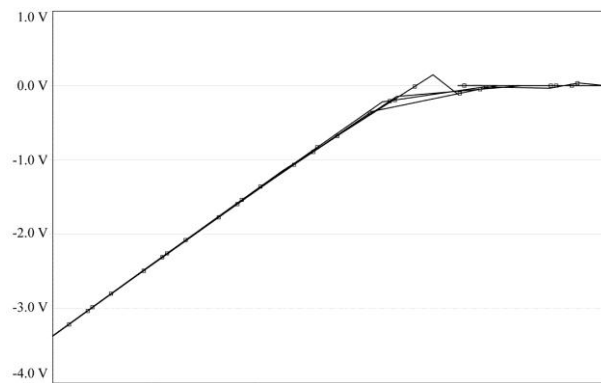
برشگرهای سیکل مثبت سیگنال در شکل (۲-۱۳) نشان داده شده اند. مشخصه ی ورودی و خروجی در شکل های (۲-۱۴) و (۲-۱۵) نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۳)



شکل (۲-۱۴)



شکل (۲-۱۵)

برای اتصال سری دیود:

هنگامی که ولتاژ ورودی کمتر از صفر می باشد، دیود روشن است، و ولتاژ خروجی همان ولتاژ ورودی می باشد. زمانی که ولتاژ ورودی بیشتر از صفر می شود، دیود خاموش خواهد شد و ولتاژ ورودی به خروجی منتقل نخواهد شد در نتیجه خروجی صفر باقی خواهد ماند.

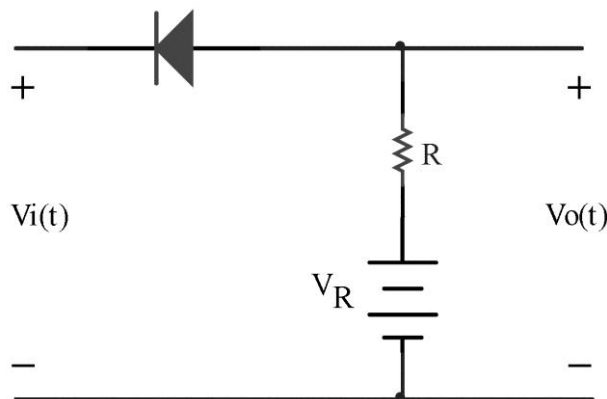
برای اتصال موازی دیود:

هنگامی که ولتاژ ورودی کمتر از صفر می باشد، دیود خاموش است در نتیجه ولتاژ ورودی را در خروجی خواهیم دید. اما زمانی که ولتاژ ورودی بیشتر از صفر می شود، دیود روشن خواهد شد و ولتاژ خروجی را صفر خواهد کرد.

مدارهای برش دهنده مثبت دارای ولتاژ مرجع مثبت



این مدار در شکل (۱۶-۲) نشان داده شده است، همان طور که از شماتیک مدار پیداست از ولتاژ مرجع مثبتی در مدار استفاده شده است. این طرح هنگامی کاربرد دارد که ما نمی خواهیم تمام سیکل مثبت را برش دهیم.

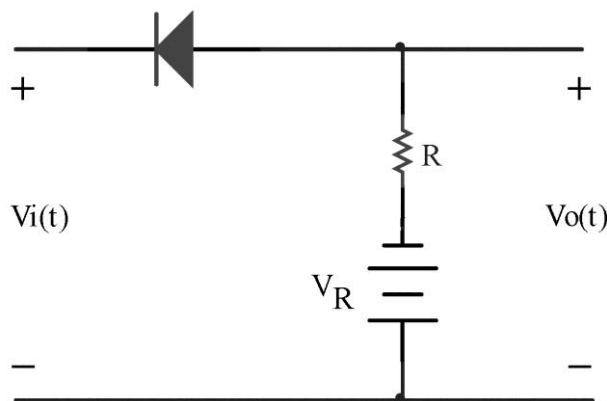


شکل (۱۶-۲)

در مدار بالا، هنگامی که ولتاژ ورودی از ولتاژ مرجع کوچکتر می باشد، دیود روشن می باشد در نتیجه ولتاژ خروجی همان ولتاژ ورودی می باشد. اما به محض اینکه ولتاژ ورودی از ولتاژ مرجع بیشتر شود، دیود خاموش خواهد شد و ولتاژ خروجی به دلیل اینکه روی مقاومت افت ولتاژ نداریم همان ولتاژ ثابت مرجع خواهد بود. توجه داریم با استفاده از این مدار می توانیم نمودار شکل (۱۵-۲) را به اندازه ی V_R به سمت راست و بالا انتقال دهیم.

مدارهای برش دهنده مثبت دارای ولتاژ مرجع منفی

اگر بخواهید که تنها قسمتی از نیمه ی منفی سیکل ولتاژ را برش دهید، باید از مداری با مرجع ولتاژ منفی استفاده کنید (شکل ۱۷-۲). در این مدار تنها قسمتی از سیکل منفی در خروجی نمایش داده خواهد شد.



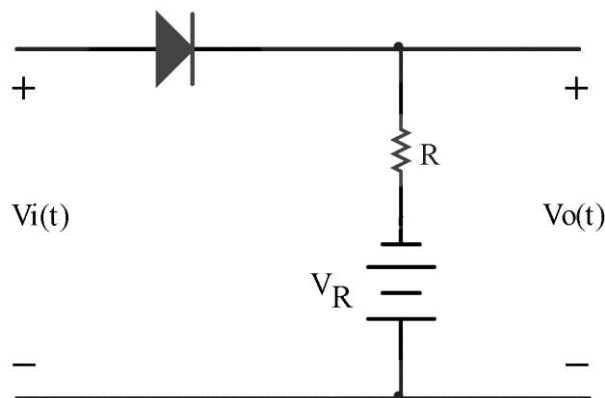
شکل (۱۷-۲)



در این مدار هنگامی که، $V_i < -V_R$ ، دیود روشن و ولتاژ ورودی به خروجی منتقل می شود. اما به محض اینکه $V_i > -V_R$ ، دیود خاموش خواهد شد. در این حالت ورودی مدار به خروجی راهی ندارد و ولتاژ خروجی همان ولتاژ مرجع منفی خواهد شد. بنابراین تمام سیکل مثبت و قسمتی از سیکل منفی سیگنال برش داده خواهد شد. توجه داریم با استفاده از این مدار می توانیم نمودار شکل (۲-۱۵) را به اندازه ی V_R به سمت چپ و پایین انتقال دهیم.

مدارهای برش دهنده سیکل منفی سیگنال همراه با ولتاژ مرجع

در مدارهای برش دهنده ی مثبت اگر دیود را بر عکس در مدار قرار دهیم مدار برش دهنده منفی ساخته ایم. شماتیک این مدار در شکل (۲-۱۸) نشان داده شده است. توجه داریم که تحلیل مداری مانند قسمت های قبلی می باشد.



شکل (۲-۱۸)

مدارهای برش دهنده با استفاده از دیودهای زبر

در مدارهایی که از دیود زبر استفاده شده است. می توانیم دیود زبر را مانند ولتاژ مرجع در نظر بگیریم با این تفاوت که دیود زبر هنگامی مانند مرجع ولتاژ عمل خواهد کرد که وارد ناحیه زبری خودش شده باشد، در غیر این صورت مانند دیود معمولی عمل خواهد کرد.

- مداری را که در پیش گزارش (۶) طراحی کرده اید را روی برد ببرد ببندید و شکل موج حاصله را روی اسکوپ مشاهده کنید.

گزارش کار- ۷) در انتخاب مقاومت های مداری که طرح کرده اید چه عواملی را در نظر گرفته اید؟

گزارش کار- ۸) علت تفاوت این مدار با مدار ایده آل را بیان کنید. چگونه می توان این مدار را به حالت ایده آل نزدیک تر نمود.



- مداری را که در پیش گزارش (۷) طراحی کرده اید را روی برد بورد ببندید و شکل موج حاصله را روی اسکوپ مشاهده کنید.

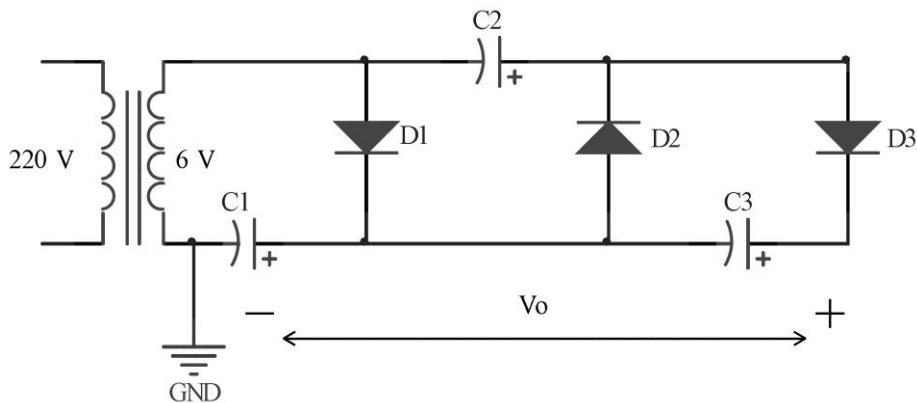
گزارش کار- ۹) علت تفاوت مشخصه خروجی مداری را که برای پیش گزارش (۷) طرح کرده اید را با مشخصه ای که در شکل (۲-۱۲) نشان داده است بیان کنید. چگونه می توان این مدار را به حالت ایده آل نزدیک تر نمود.



۲-۳- مدار چند برابر کننده ی ولتاژ

شرح آزمایش:

- مدار شکل زیر را روی برد بورد ببندید و ولتاژ خروجی را اندازه گیری کنید. تمام خازن های موجود در مدار دارای ظرفیتی معادل $20\mu F$ می باشند. تمام دیودها 1N4001 می باشند.



شکل (۲-۱۹)

- گزارش کار- (۱۰) مدار شکل (۲-۱۹) ولتاژ ورودی را چند برابر می کند؟ مدار چهار برابر کننده ی ولتاژی طراحی کنید و نحوه عملکرد آن را توضیح دهید.



آزمایش ۳

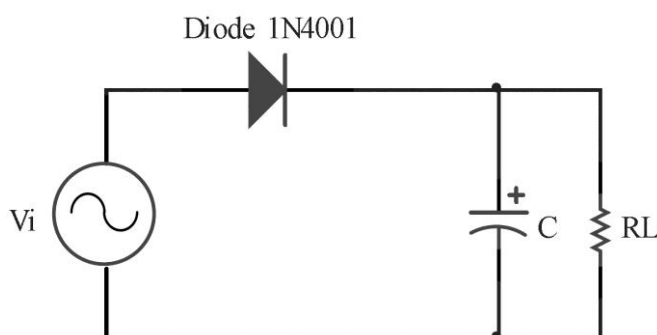
مراحل ساخت منبع تغذیه

هدف از آزمایش: هدف از این آزمایش، آشنایی با یکسوسازها، منابع تغذیه و نحوه ی عملکرد آن ها می باشد. پس از انجام این آزمایش شما باید بتوانید منبع تغذیه ای متناسب با پروژه ی خود طراحی کنید.

۳-۱- مدار یکسوساز نیم موج

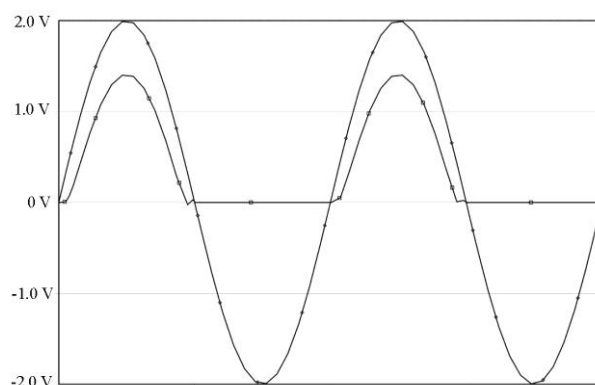
شرح آزمایش:

اگر مدار زیر را بدون خازن در نظر بگیریم، مدار متشکل از یک دیود خواهد شد، این دیود هنگامی که ولتاژ ورودی بیشتر از صفر باشد هدایت خواهد کرد و ولتاژ ورودی به خروجی منتقل خواهد شد. زمانی که ولتاژ ورودی کمتر از صفر می شود، دیود خاموش می شود در این صورت ولتاژ ورودی صفر خواهد بود. بنابراین در خروجی شکل موجی مانند شکل (۳-۲) خواهیم داشت.



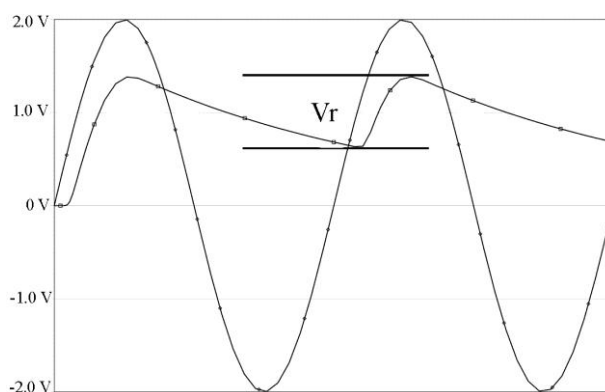
شکل (۳-۱)

اگر خازن را به مدار اضافه کنیم (شکل ۳-۱)، خازن به اندازه $V_m - V_f$ شارژ می شود و پس از اینکه دامنه موج ورودی کمتر از V_m شد، شروع به دشارژ شدن در مقاومت بار خواهد کرد تا دوباره در سیکل بعدی شارژ شود. در رابطه ی اخیر V_f ، ولتاژ آستانه هدایت دیود می باشد.



شکل (۲-۳)

ولتاژ ریپل در شکل (۳-۳) نشان داده شده است و از رابطه ی $\frac{V_m}{R_L C f}$ ، محاسبه می شود. در این رابطه، f فرکانس موج ورودی می باشد. C و R_L ، خازن و مقاومتی می باشند که در مدار به کار برده ایم.



شکل (۳-۳)

- مدار شکل (۱-۳) را روی برد ببنیدید. با مقاومت بار $10\text{ K}\Omega$ و فرکانس ورودی 10 KHz ، به جای خازن به ترتیب مقادیر $100\text{ }\mu\text{F}$ ، $470\text{ }\mu\text{F}$ و $1000\text{ }\mu\text{F}$ را قرار دهید، ولتاژ ریپل را از روی شکل موج خروجی بخوانید.

گزارش کار - (۱) مقادیر ولتاژ ریپل را متناظر با مقادیر خازن ها در جدولی یادداشت نمایید. ولتاژ ریپل با افزایش مقدار خازن چه تغییراتی دارد؟ دلیل کاهش و یا افزایش مقدار ولتاژ ریپل را توضیح دهید.

- این بار در مدار شکل (۱-۳)، مقدار خازن را $100\text{ }\mu\text{F}$ ، قرار دهید و فرکانس ورودی را 10 KHz ، تنظیم نمایید، به جای مقاومت به ترتیب مقادیر $1\text{ K}\Omega$ ، $10\text{ K}\Omega$ و $100\text{ K}\Omega$ ، را قرار دهید و ولتاژ ریپل را از روی شکل موج خروجی بخوانید.



گزارش کار- ۲) مقادیر ولتاژ ریپل را متناظر با مقادیر مقاومت ها در جدولی یادداشت نمایید. ولتاژ ریپل با افزایش مقدار مقاومت چه تغییراتی دارد؟ دلیل کاهش و یا افزایش مقدار ولتاژ ریپل را توضیح دهید.

- این بار در مدار شکل (۱-۳)، مقادیر خازن و مقاومت را به ترتیب $100\mu F$ و $1K\Omega$ ، قرار دهید و فرکانس ورودی را به ترتیب روی مقادیر $1KHz$ ، $10KHz$ و $100KHz$ ، تنظیم نمایید. ولتاژ ریپل را در هر بار از روی شکل موج خروجی بخوانید.

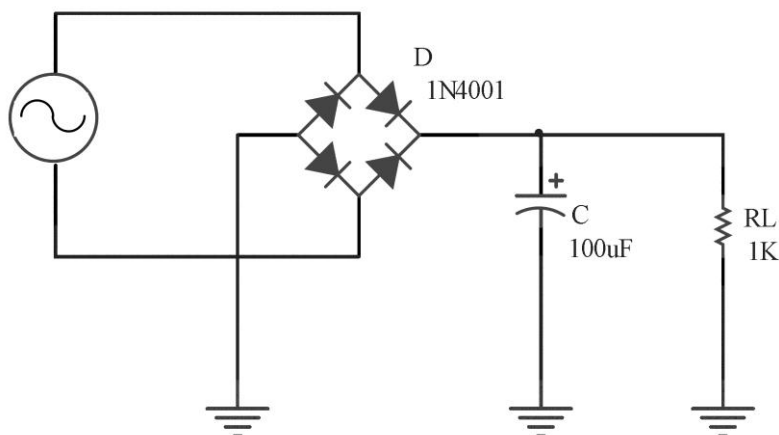
گزارش کار- ۳) مقادیر ولتاژ ریپل را متناظر با مقادیر فرکانس ها در جدولی یادداشت نمایید. ولتاژ ریپل با افزایش مقدار فرکانس چه تغییراتی دارد؟ دلیل کاهش و یا افزایش مقدار ولتاژ ریپل را توضیح دهید.



۳-۲- مدار یکسوساز تمام موج

فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش - (۱) نحوه ی عملکرد مدار شکل (۳-۴) را توضیح دهید.



شکل (۳-۴)

پیش گزارش - (۲) ولتاژ خروجی و همچنین ولتاژ ریپل خروجی را به صورت تئوری محاسبه کنید. افت ولتاژ روی دیود ها $0.7V$ و ولت در نظر بگیرید.

پیش گزارش - (۳) با فرض اینکه فرکانس برق شهر $50Hz$ است و با توجه به مقادیری که در شکل (۳-۴) مشخص شده، ولتاژ خروجی و ولتاژ ریپل را به صورت تئوری محاسبه کنید.

شرح آزمایش:

توجه داشته باشید که در این یکسوسازها ولتاژ ریپل از رابطه ی $V_r = \frac{V_m}{\sqrt{fRLC}}$ بدست می آید. مقدار ولتاژ خروجی برابر حد واسط حداکثر و حداقل ولتاژ خروجی (دو حد ریپل) در نظر بگیرید.

- مدار شکل (۳-۴) را روی برد ببندید. دامنه و فرکانس ورودی را به ترتیب روی $8V$ پیک تا پیک و $1KHz$ تنظیم نمایید.

گزارش کار - (۴) مقدار ولتاژ خروجی و مقدار ریپل آن را از روی شکل موج خروجی اندازه بگیرید، یادداشت و با مقادیر تئوری که در پیش گزارش بدست آورده اید مقایسه کنید.



توجه داشته باشید که مقادیر ولتاژ متناوب به صورت RMS بیان می شوند. به عنوان مثال پیک ولتاژ برق شهر $220\sqrt{2}$ ولت می باشد و یک ترانسفورماتور با خروجی ۶ ولت دارای پیک خروجی $6\sqrt{2}$ ولت می باشد.



۳-۳- رگولاتور ولتاژ با استفاده از دیود زنر

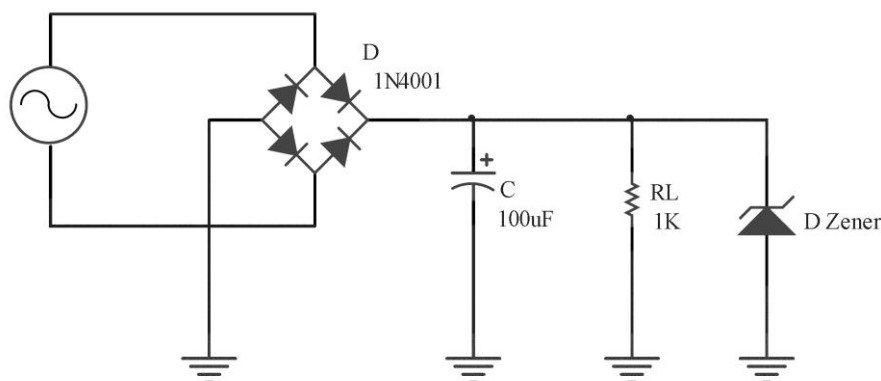
فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش- (۴) چرا باید برای رسیدن به وات بالاتر، مقاومت ها را با هم موازی کنیم؟ آیا می توانیم آن ها را به صورت سری با یکدیگر اتصال دهیم؟ دلیل پاسخ خود را توضیح دهید.

شرح آزمایش:

برای اینکه ولتاژ خروجی هم نسبت به تغییرات بار و هم نسبت به تغییرات ولتاژ ورودی ثابت باقی بماند از یک دیود زنر برای تنظیم کردن ولتاژ استفاده می کنیم.

- مدار شکل (۳-۵) را روی برد ببندید. دامنه و فرکانس ورودی را به ترتیب روی 10 V پیک تا پیک و 1 KHz تنظیم نمایید.



شکل (۳-۵)

گزارش کار- (۵) چه راه حلی برای محدود کردن جریان دیود زنر پیشنهاد می دهید؟

برای اینکه دیود زنر ولتاژ ثابتی را در خروجی داشته باشد جریانش باید بین دو مقدار I_{zk} و I_{zm} باشد. I_{zk} حداقل جریان لازم برای اینکه دیود در ناحیه ی زنری خود عمل کند می باشد و I_{zm} حداکثر جریان قابل تحمل در ناحیه زنری دیود می باشد. این دو مقدار را می توانید از برگه اطلاعاتی (DataSheet) قطعه استخراج نمایید.

توجه ۱: اکثر مقاومت هایی که در آزمایشگاه موجود می باشند، دارای توان 0.25 وات هستند، یعنی حداکثر توان قابل تحمل آن ها برابر 0.25 وات می باشد، در صورت احتیاج به مقاومت های وات بالا می توانید این مقاومت ها را با هم موازی کنید.



آزمایش ۴

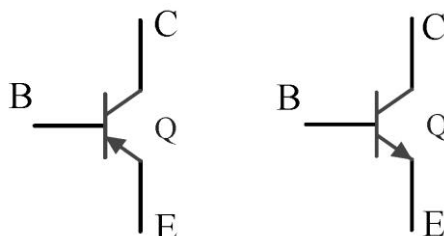
آشنایی با ترانزیستورهای Bjt و مشخصه های ورودی و خروجی آنها

هدف از آزمایش: در این آزمایش مروری بر نواحی عملکرد ترانزیستورهای Bjt خواهیم داشت و مشخصه های ورودی و خروجی آن را رسم می کنیم. از روی این مشخصه ها می توانیم پارمترهای مختلف ترانزیستور را استخراج کنیم.

ترانزیستورهای Bjt از دو دیود پیوندی تشکیل شده اند. دیودهایی که در ترانزیستور به کار رفته اند از لحاظ عملکردی مانند دیودهایی هستند که در مورد آزمایش قرار دادیم. این دیودهای پیوندی در یک ولتاژ معلوم که در برگه ی اطلاعاتی ترانزیستور آمده است، روشن می شوند و جریان الکتریکی را هدایت می کنند. شکل (۱-۴) معادل دیودی ترانزیستورهای Bjt را نشان می دهد. همان طور که در شکل (۱-۴) مشاهده می کنید بین پایه های بیس-امیتر یک دیود و دیود دیگر بین پایه های بیس-کلکتور قرار دارد. با توجه به نحوه قرار گرفتن دیودها در ترانزیستور، این ترانزیستورها به دو نوع NPN و PNP طبقه بندی می شوند. اگر در تشخیص سمبل مداری این دو نوع ترانزیستور که در شکل (۲-۴) نشان داده شده اند، مشکل دارید، می توانید این عبارت را به خاطر داشته باشید که در ترانزیستورهای NPN جهت فلش به داخل اشاره ندارد یا به عبارت دیگر iN Not Pointing.



شکل (۱-۴)



شکل (۲-۴)



از این پس به جای واژه ی دیود، در ترانزیستورها از واژه ی پیوند استفاده می کنیم، به عنوان مثال به جای دیود بیس-امیتر، پیوند بیس امیتر می گوییم. با توجه به روشن بودن و خاموش بودن این پیوندها چهار ناحیه کاری برای ترانزیستور تعریف می شود که فقط سه ناحیه آن برای ما اهمیت دارد. این نواحی را برای ترانزیستور نوع NPN می توانید در جدول (۴-۱) مشاهده کنید.

جدول (۴-۱)

پیوند بیس-امیتر	پیوند بیس-کلکتور	ناحیه کاری
معکوس	معکوس	خاموش
مستقیم	معکوس	فعال
مستقیم	مستقیم	اشباع
معکوس	مستقیم	فعال معکوس

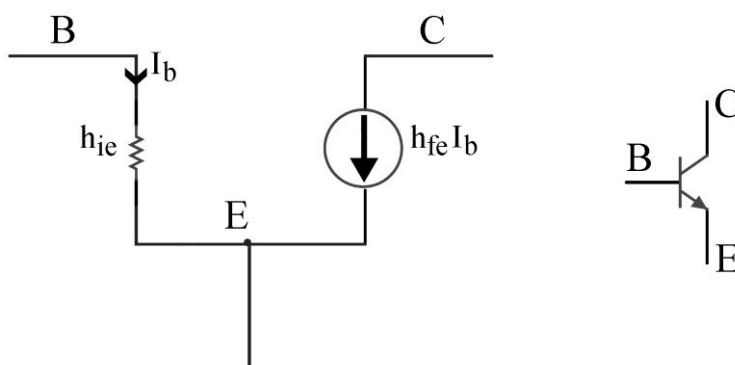
با توجه به اینکه ترانزیستور در چه ناحیه ای عمل می کند، رفتار ترانزیستور متفاوت خواهد بود، این تفاوت را می توان در روابط جریان و ولتاژ ترانزیستور مشاهده کرد. توجه داریم در هر ناحیه تنها شرایط همان ناحیه برقرار می باشد، هنگامی که در مرز دو ناحیه قرار داریم از شرایط هر دو ناحیه برای تحلیل ترانزیستور می توان استفاده کرد. تحلیل گره و مش همواره و در هر ناحیه ای که باشیم صادق هستند. توضیح مختصر این نواحی در جدول (۴-۲) آمده است.

جدول (۴-۲)

ناحیه ی خاموش	در این ناحیه جریان بیس و کلکتور صفر می باشد و برای تحلیل مدار روی کاغذ می توانید ترانزیستور را حذف کنید.
ناحیه ی اشباع	در این ناحیه ولتاژ V_{CE} را برابر $0/2$ ولت در نظر می گیرند و برای محاسبه جریان از تحلیل گره استفاده می کنند. بنابراین برای بدست آوردن جریان از رابطه ی $I_E = I_B + I_C$ می توان استفاده کرد.
ناحیه ی فعال	در این ناحیه تقویت کننده گوی جریان داریم، برای بدست آوردن جریان می توان از رابطه $\beta I_B = I_C$ استفاده کرد.

ترانزیستورهای Bjt را می توان با سه نوع آرایش در مدارهای الکترونیکی به کار برد، این سه نوع عبارتند از، امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک. هر کدام از این آرایش ها دارای ویژگی ها و کاربردهای مخصوص خود می باشد.

به طور کلی در تحلیل سیگنال کوچک ترانزیستور را می توان به صورت ساده شکل (۴-۳) مدل کرد. پارامترهای h_{ie} و h_{fe} را می توان از روی منحنی مشخصه ی ترانزیستور بدست آورد. برای این پارامترها داریم، $h_{fe} = \beta = \frac{I_C}{I_B}$ و $h_{ie} = r_{\pi} = \beta \frac{V_T}{I_C}$ در رابطه ی اخیر I_C جریان DC ترانزیستور و $V_T = 25\text{mv}$ می باشد.



شکل (۴-۳)

ترانزیستورهای معمول که در آزمایشگاه استفاده می شوند، BC107، BC108 و یا BC109 می باشند. این ترانزیستورها از نوع NPN و h_{fe} آن ها از ۱۲۵ تا ۹۰۰ متغیر می باشد. برای اطلاع بیشتر از پارامترهای ترانزیستورها می توانید از سایت www.alldatasheet.com برگه های اطلاعاتی المان های مداری را دانلود و مطالعه کنید. در ترانزیستورهای یاد شده، پایه نزدیک به زائده امیتر می باشد، پایه بیس در وسط قرار دارد و پایه ی دیگر کلکتور است.

توجه ۱: بدنه ی فلزی این ترانزیستورها از داخل به کلکتور اتصال دارد، بنابراین در هنگامی که سیم بندی را انجام می دهید باید مراقب باشید که سیگنال یا ولتاژی به بدنه ی ترانزیستور اعمال نشود، در غیر این صورت نتایجی که بدست می آورید نادرست می باشند.



۴-۱- امیتر مشترک و مشخصه های ورودی و خروجی آن برای ترانزیستور NPN

فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش- (۱) تحلیل گره و مشی برای ترانزیستور Bjt بنویسید که در تمام نواحی کاری صدق کند.

پیش گزارش- (۲) تفاوت پارامتر β و h_{fe} را توضیح دهید.

پیش گزارش- (۳) مداری برای رسم مشخصه ورودی امیتر مشترک ترانزیستور NPN به عنوان مثال BC107 طرح کنید. مشخصه ی ورودی را در یکی از نرم افزارهای مربوط مانند Orcad برای ولتاژهای کلکتور- امیتر صفر، ۵ ولت و ۱۰ ولت رسم نمایید. $h_{ie} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} |_{V_{CE}=Constant}$ ، با توجه به این رابطه و جدولی که برای مشخصه ورودی آرایش امیتر مشترک بدست آورده اید h_{ie} را در دو نقطه حساب کنید.

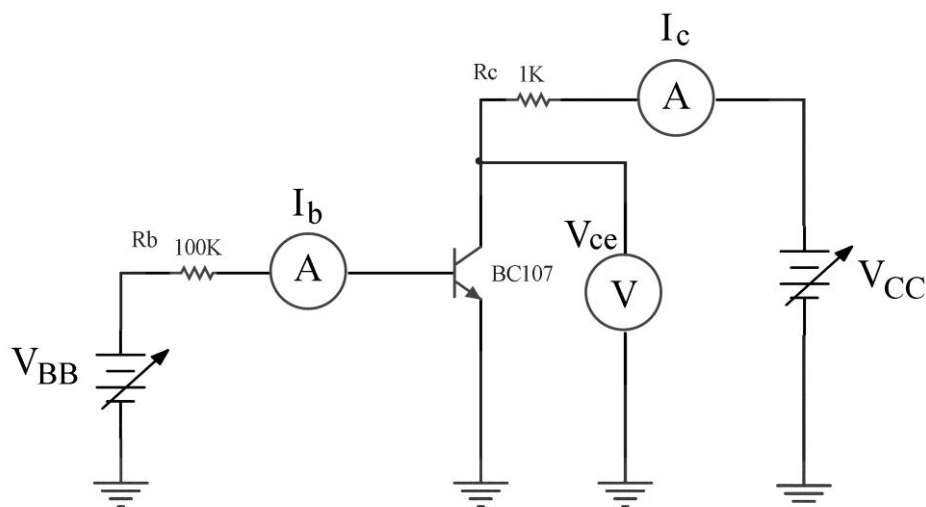
شرح آزمایش:

در این ترکیب پایه ی امیتر بین ورودی و خروجی مشترک می باشد. ورودی به بیس اعمال می شود و خروجی را از کلکتور می گیریم. برای رسم مشخصه ورودی باید جریان بیس را بر حسب ولتاژ بیس- امیتر به ازای ولتاژهای کلکتور- امیتر متفاوت بدست آورد.

در حالت ac از این ترکیب به عنوان تقویت کننده ی ولتاژ و جریان استفاده می شود. مقاومت ورودی در این آرایش کمتر از حالت کلکتور مشترک و بیشتر از حالت بیس مشترک می باشد اما مقاومت خروجی در این ترکیب بیشتر از حالت کلکتور مشترک و کمتر از حالت بیس مشترک می باشد.

برای مشخصه خروجی باید جریان کلکتور را بر حسب ولتاژ کلکتور- امیتر به ازای جریان های بیس متفاوت رسم کنید.

- برای رسم مشخصه خروجی مدار شکل (۴-۴) را روی برد بورد ببندید. ابتدا با تنظیم ولتاژ متغیر اعمالی به بیس جریان بیس را روی مقدار مورد نظر قرار دهید، با تغییر ولتاژ V_{cc} جریان کلکتور و متناظر با آن ولتاژ کلکتور- امیتر تغییر خواهد، به این ترتیب نقاط کاری مختلفی برای مدار بدست خواهد آمد. این کار را برای جریان های بیس متفاوتی که در جدول آمده است تکرار کنید و نتایج را یادداشت نمایید.



شکل (۴-۴)

گزارش کار- ۱) جدول (۳-۴) را کامل کنید و مشخصه ی خروجی را برای جریان های بیسی که در جدول در نظر گرفته شده رسم کنید. نواحی قطع، اشباع و فعال را روی منحنی هایی که رسم کرده اید مشخص کنید.

جدول (۳-۴)

$I_b = 100\mu A$		$I_b = 50\mu A$		$I_b = 5\mu A$		$I_b = 0$		
V_{ce}	I_c	V_{ce}	I_c	V_{ce}	I_c	V_{ce}	I_c	
								۱
								۲
								۳
								۴
								۵
								۶
								۷
								۸

توجه ۱: برای اندازه گیری جریان ها می توانید مقاومتی در حدود 100Ω یا $1K\Omega$ در مسیر جریان قرار دهید و با اندازه گیری ولتاژ و تقسیم عدد بدست آمده بر مقدار مقاومتی که در مدار قرار داده اید جریان را بدست آورید.

گزارش کار- ۲) β را در سه نقطه کاری متفاوت بدست آورید و با هم مقایسه کنید.



گزارش کار- ۳ $h_{fe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} |_{V_{CE}=Constant}$ را در سه نقطه کاری متفاوت بدست آورید و با هم مقایسه کنید.



۲-۴- بیس مشترک و مشخصه های ورودی و خروجی آن برای ترانزیستور NPN

فعالیت های پیش از آزمایش:

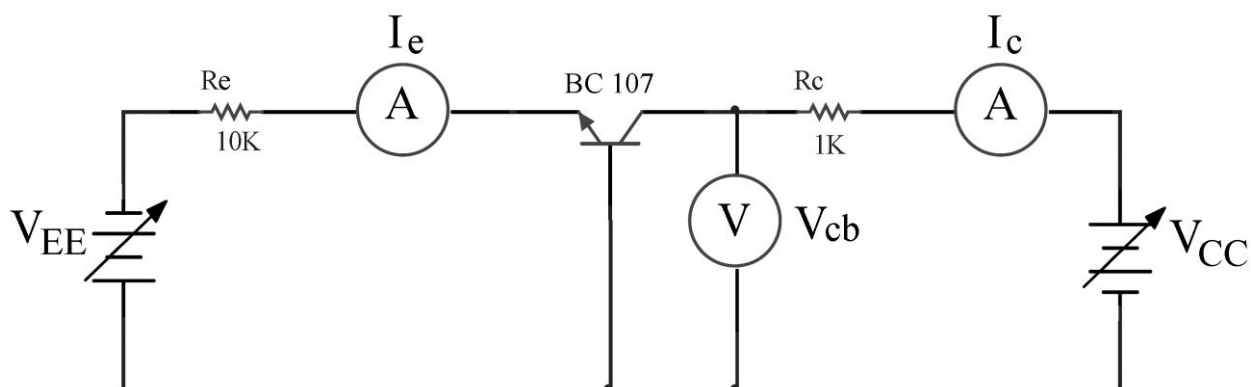
پیش گزارش- (۴) مداری برای رسم مشخصه ورودی بیس مشترک ترانزیستور NPN به عنوان مثال BC107 طرح کنید. مشخصه ی ورودی را در یکی از نرم افزارهای مربوط مانند Orcad برای ولتاژهای کلکتور- بیس صفر، ۵ ولت و ۱۰ ولت رسم نمایید. $h_{ib} = \frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_E} |_{V_{CB}=Constant}$ ، با توجه به این رابطه و جدولی که برای مشخصه ورودی آرایش بیس مشترک بدست آورده اید h_{ib} را در دو نقطه حساب کنید.

شرح آزمایش:

در این ترکیب پایه ی بیس بین ورودی و خروجی مشترک می باشد. ورودی به امیتر اعمال می شود و خروجی را از کلکتور می گیریم. برای رسم مشخصه ورودی باید جریان امیتر را بر حسب ولتاژ امیتر- بیس به ازای ولتاژهای کلکتور- بیس متفاوت بدست آورد. در حالت ac، بهره جریان این آرایش کمتر از واحد می باشد. از این ترکیب معمولاً برای تقویت ولتاژ استفاده می شود. مقاومت خروجی در این حالت بسیار بالا می باشد، از این آرایش در تقویت کننده های چند طبقه برای تطبیق امپدانس هم استفاده می شود.

برای مشخصه خروجی باید جریان کلکتور را بر حسب ولتاژ کلکتور- بیس به ازای جریان های امیتر متفاوت رسم کنید.

- برای رسم مشخصه خروجی مدار شکل (۴-۵) را روی برد ببنید. ابتدا با تنظیم ولتاژ متغیر اعمالی به سمت امیتر جریان امیتر را روی مقدار مورد نظر قرار دهید، با تغییر ولتاژ V_{cc} جریان کلکتور و متناظر با آن ولتاژ کلکتور- بیس تغییر خواهد، به این ترتیب نقاط کاری مختلفی برای مدار بدست خواهد آمد. این کار را برای جریان های امیتر متفاوتی که در جدول آمده است تکرار کنید و نتایج را یادداشت نمایید.



شکل (۴-۵)

گزارش کار- (۴) جدول (۴-۴) را کامل کنید و مشخصه ی خروجی را برای جریان های امیتری که در جدول در نظر گرفته شده رسم کنید. نواحی قطع، اشباع و فعال را روی منحنی هایی که رسم کرده اید مشخص کنید.

جدول (۴-۴)

$I_e = 10\text{mA}$		$I_e = 5\text{mA}$		$I_e = 1\text{mA}$		$I_e = 0$		
V_{cb}	I_c	V_{cb}	I_c	V_{cb}	I_c	V_{cb}	I_c	
								۱
								۲
								۳
								۴
								۵
								۶
								۷
								۸

گزارش کار- (۵) $h_{fb} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_e} |_{V_{CB}=\text{Constant}}$ را در سه نقطه کاری متفاوت بدست آورید و با هم مقایسه کنید.



۳-۴- کلکتور مشترک و مشخصه های ورودی و خروجی آن برای ترانزیستور NPN

فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش- ۵) مداری برای رسم مشخصه ورودی کلکتور مشترک ترانزیستور NPN به عنوان مثال BC107 طرح کنید. مشخصه ی ورودی را در یکی از نرم افزارهای مربوط مانند Orcad برای ولتاژهای کلکتور- امیتر صفر، ۵ ولت و ۱۰ ولت رسم نمایید. $h_{ic} = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_B} |_{V_{EC}=\text{Constant}}$ ، با توجه به این رابطه و جدولی که برای مشخصه ورودی آرایش بیس مشترک بدست آورده اید h_{ic} را در دو نقطه حساب کنید.

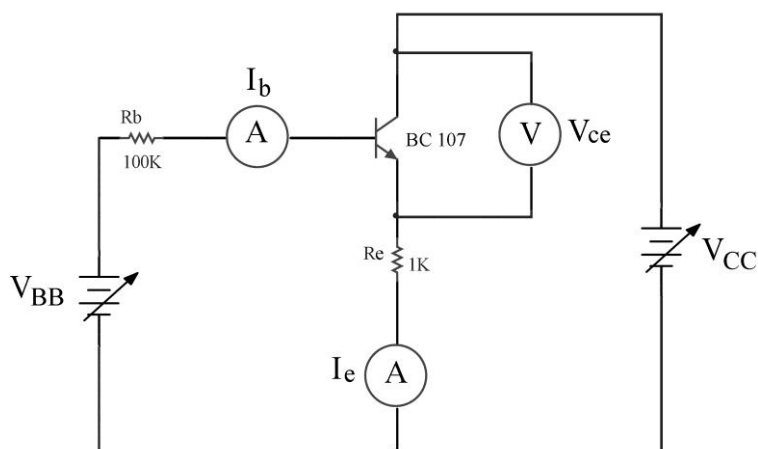
شرح آزمایش:

در این ترکیب پایه ی کلکتور بین ورودی و خروجی مشترک می باشد. ورودی به بیس اعمال می شود و خروجی را از امیتر می گیریم. برای رسم مشخصه ورودی باید جریان بیس را بر حسب ولتاژ کلکتور- بیس به ازای ولتاژهای متفاوت امیتر- کلکتور بدست آورد.

در حالت ac، بهره ولتاژ این آرایش کمتر از واحد می باشد. از این ترکیب معمولاً برای تقویت جریان استفاده می شود. مقاومت خروجی و ورودی در این ترکیب به ترتیب بسیار پایین و بسیار بالا می باشد. از این آرایش هنگامی که مقاومت خروجی کوچک است برای تطبیق امپدانس استفاده می کنیم. با توجه به اینکه جریان امیتر تقریباً با جریان کلکتور برابر است، بنابراین مشخصه ی خروجی این ترکیب خیلی شبیه به مشخصه ی خروجی ترکیب امیتر مشترک می باشد، اگرچه مشخصه ورودی این دو ترکیب تفاوت دارد.

برای مشخصه خروجی باید جریان امیتر را بر حسب ولتاژ کلکتور- امیتر به ازای جریان های بیس متفاوت رسم کنید.

- برای رسم مشخصه خروجی مدار شکل (۴-۶) را روی برد ببندید. ابتدا با تنظیم ولتاژ متغیر اعمالی به بیس جریان بیس را روی مقدار مورد نظر قرار دهید، با تغییر ولتاژ V_{cc} جریان امیتر و متناظر با آن ولتاژ کلکتور- امیتر تغییر خواهد، به این ترتیب نقاط کاری مختلفی برای مدار بدست خواهد آمد. این کار را برای جریان های بیس متفاوتی که در جدول آمده است تکرار کنید و نتایج را یادداشت نمایید.



شکل (۴-۶)

گزارش کار- ۶) جدول (۴-۵) را کامل کنید و مشخصه ی خروجی را برای جریان های امیتری که در جدول در نظر گرفته شده رسم کنید. نواحی قطع، اشباع و فعال را روی منحنی هایی که رسم کرده اید مشخص کنید.

جدول (۴-۵)

$I_b = 100 \mu A$		$I_b = 50 \mu A$		$I_b = 5 \mu A$		$I_b = 0$		
V_{ce}	I_e	V_{ce}	I_e	V_{ce}	I_e	V_{ce}	I_e	
								۱
								۲
								۳
								۴
								۵
								۶
								۷
								۸

گزارش کار- ۷) $h_{fc} = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B} |_{V_{EC}=\text{Constant}}$ را در سه نقطه کاری متفاوت بدست آورید و با هم مقایسه کنید.



آزمایش ۵

آشنایی با کلید زنی در ترانزیستورهای Bjt

هدف از آزمایش: در این آزمایش به طور کامل و مفهومی با نواحی قطع و اشباع آشنا خواهید شد و نحوه عملکرد ترانزیستور را به عنوان کلید فرا خواهید گرفت.

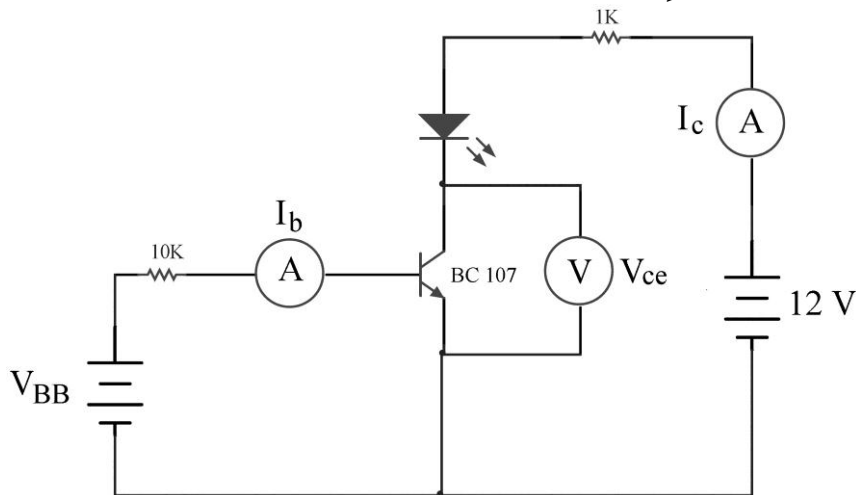
فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش - (۱) ترانزیستور به عنوان کلید چه کاربردهایی می تواند داشته باشد؟

شرح آزمایش:

ترانزیستورهای Bjt سه ناحیه کاری دارند، این نواحی عبارتند از، قطع، اشباع، فعال. هنگامی که از ترانزیستور Bjt به عنوان تقویت کننده استفاده می کنیم، ناحیه ی فعال قرار داریم. اگر هنگامی که از ترانزیستور به عنوان تقویت کننده استفاده می کنیم ترانزیستور را در نواحی قطع یا اشباع بایاس کنیم، سیگنال خروجی بریده خواهد شد و نتیجه دلخواه بدست نخواهد آمد. اگر بخواهیم از ترانزیستور به عنوان کلید استفاده کنیم باید ترانزیستور را در نواحی قطع و اشباع بایاس کنیم.

- مدار شکل (۱-۵) را روی برد ببندید.



شکل (۱-۵)

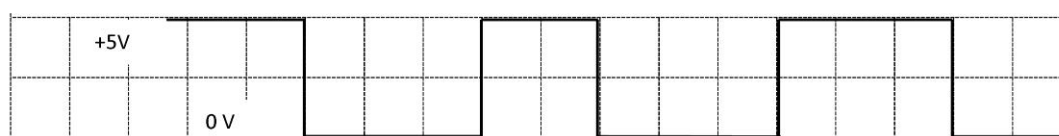
گزارش کار - (۱) جدول (۱-۵) را کامل کنید، به ازای کدام ولتاژ از V_{BB} ترانزیستور به عنوان کلید روشن عمل می کند؟



جدول (۱-۵)

V_{CE}	I_c	I_b	V_{BB}
			صفر ولت
			۵ ولت

گزارش کار- ۲) اگر شکل موج شکل (۲-۵) به بیس مدار اعمال شود، خروجی مدار به چه صورت خواهد بود؟



شکل (۲-۵)



آزمایش ۶

آشنایی با انواع تقویت کننده های ترانزیستوری

هدف از آزمایش: در این آزمایش سعی شده است دانشجو با انواع آرایش های ممکن ترانزیستوری، نحوه تحلیل و کاربرد آن ها آشنا شود.

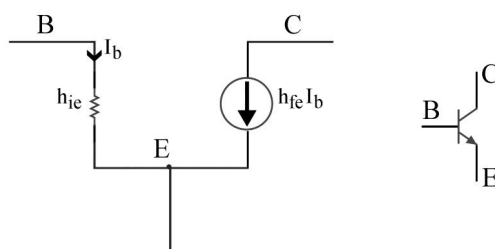
ترانزیستورهای Bjt را می توان با سه نوع آرایش در مدارهای الکترونیکی به کار برد، این سه نوع عبارتند از، امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک. هر کدام از این آرایش ها دارای ویژگی ها و کاربردهای مخصوص خود می باشد.

به منظور تحلیل مدارات ترانزیستوری ابتدا باید تحلیل DC انجام دهید، پارامترهایی که در این تحلیل بد دست می آورید، پارامترهای لازم برای تحلیل ac می باشند. هنگامی که به صورت تئوری می خواهید مدار را تحلیل کنید باید دقت داشته باشید که در تحلیل DC باید تمام خازن های موجود در مدار را به صورت مدار باز در نظر بگیرید منظور از این تحلیل این است که تمام ولتاژهای گره ها و جریان های شاخه های مدار را بدست بیاورید، در این حالت باید در نظر داشته باشید که ترانزیستور در چه ناحیه ای از نواحی عملکردی خود قرار دارد و با توجه به ناحیه کاری تحلیل DC را انجام دهید. پس از محاسبات DC به منظور تحلیل سیگنال کوچک به جای ترانزیستور، برای تحلیل ac باید مدار معادل شکل (۶-۱) را قرار دهید و تمام خازن ها را اتصال کوتاه در نظر بگیرید. پس از معادل سازی مدار DC با ac با استفاده از تحلیل های گره و مش می توانید عبارت هایی مانند A_v ، R_i و R_o را بدست آورید. توضیح مختصری در مورد پارامترهای یاد شده در جدول (۶-۱) آمده است.

جدول (۶-۱)

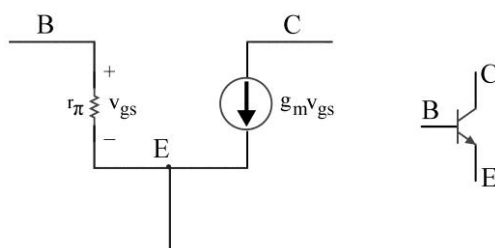
گین ولتاژ، نسبت ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی در حالت ac	$A_v = \frac{V_o}{V_i}$
مقاومت ورودی، نسبت ولتاژ ورودی به جریان ورودی	$R_i = \frac{V_i}{I_i}$
مقاومت خروجی، نسبت ولتاژ خروجی به جریان خروجی هنگامی که ورودی زمین شده باشد	$R_o = \frac{V_o}{I_o}$

هنگامیکه می خواهید تحلیل DC خود را در عمل پیاده سازی کنید، تمام مدار را بدون خازن های مداری ببندید و ولتاژها و جریان های مدار را اندازه گیری کنید، سپس برای مشاهده ی رفتار ac ترانزیستور خازن های مدار را اتصال دهید و به ورودی سیگنالی از فانکشن ژنراتور با دامنه 100 mV پیک تا پیک و فرکانس 1 KHz ، اعمال کنید تا بتوانید خروجی مدار را به راحتی روی اسیلوسکوپ ببینید.



شکل (۱-۶)

مدلی که در شکل (۱-۶) نشان داده شده است، مدل هیبرید ترانزیستور می باشد. مدل دیگری که در برخی از کتاب های الکترونیک مطرح می شود، پای (π) می باشد. این مدل در شکل (۲-۶) نشان داده شده است.



شکل (۲-۶)

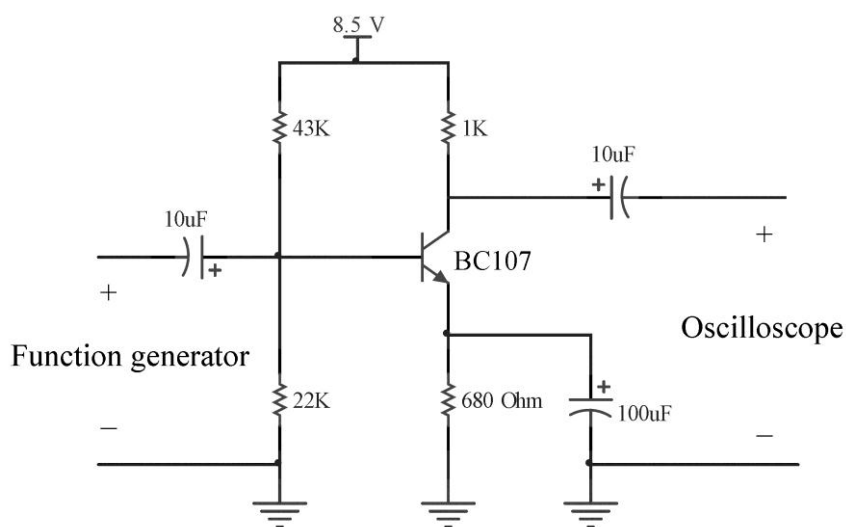
با مقایسه ی شکل های (۱-۶) و (۲-۶) متوجه می شوید که مقاومت های h_{ie} و r_{π} با هم برابر می باشند و در واقع با کمی تامل می توان این دو مدل را به یکدیگر تبدیل نمود.



۱-۶- تقویت کننده ی امیتر مشترک

فعالیت های پیش از آزمایش:

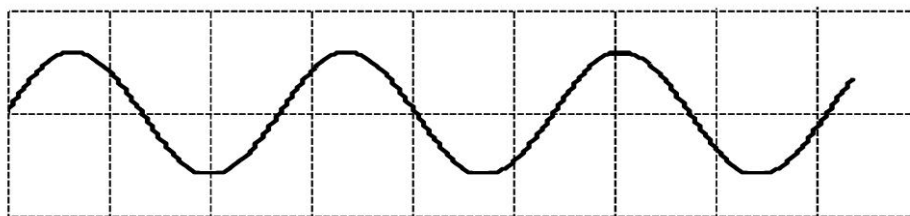
پیش گزارش - (۱) تمام ولتاژها و جریان های مدار شکل (۳-۶) را بدست بیاورید. مقدار β را در محاسبات ۲۰۰ در نظر بگیرید.



شکل (۳-۶)

پیش گزارش - (۲) مقادیر A_v ، R_i و R_o را برای مدار شکل (۳-۶) به صورت تئوری محاسبه کنید. مقدار β را در محاسبات ۲۰۰ در نظر بگیرید.

پیش گزارش - (۳) اگر سیگنال زیر، با دامنه ای به اندازه ی کافی کوچک، به ورودی اعمال شود، خروجی را به صورت تخمینی رسم نمایید.



شکل (۴-۶)



شرح آزمایش:

در این ترکیب پایه ی آمیتر بین ورودی و خروجی مشترک می باشد. ورودی به بیس اعمال می شود و خروجی را از کلکتور می گیریم. در حالت ac از این ترکیب به عنوان تقویت کننده ی ولتاژ و جریان استفاده می شود. مقاومت ورودی در این آرایش کمتر از حالت کلکتور مشترک و بیشتر از حالت بیس مشترک می باشد اما مقاومت خروجی در این ترکیب بیشتر از حالت کلکتور مشترک و کمتر از حالت بیس مشترک می باشد.

- مدار شکل (۳-۶) را روی برد ببندید.

گزارش کار- ۱) جدول (۲-۶) را کامل کنید.

جدول (۲-۶)

پارامتر	مقدار اندازه گیری شده	مقدار تئوری محاسبه شده	درصد خطا
V_B			
V_E			
V_C			
I_C			

گزارش کار- ۲) مقدار مقاومت بار را مطابق جدول (۳-۶) تغییر دهید و نتایج بدست آمده را یادداشت نمایید. با تغییر مقاومت چه تغییری در مقدار گین حاصل می شود؟ دلیل خود را با روابط بیان کنید.

جدول (۳-۶)

$R_L = R_C$	V_{in}	V_o	A_v عملی	A_v تئوری	درصد خطا
$1\text{K}\Omega$					
680Ω					
470Ω					

گزارش کار- ۳) درصد خطاهایی که به دست آوردید ناشی از چیست؟ چگونه می توان مدار عملی را به حالت ایده آل نزدیک تر کرد؟

گزارش کار- ۴) اگر خازنی را که یک پایه آن به آمیتر اتصال دارد و پایه دیگر آن زمین شده است را از مدار حذف کنیم، مقدار گین چه تغییری خواهد کرد؟ دلیل خود را با روابط بیان کنید.



گزارش کار- ۵) چرا در امیتر ترانزیستور مقاومت قرار می دهیم؟

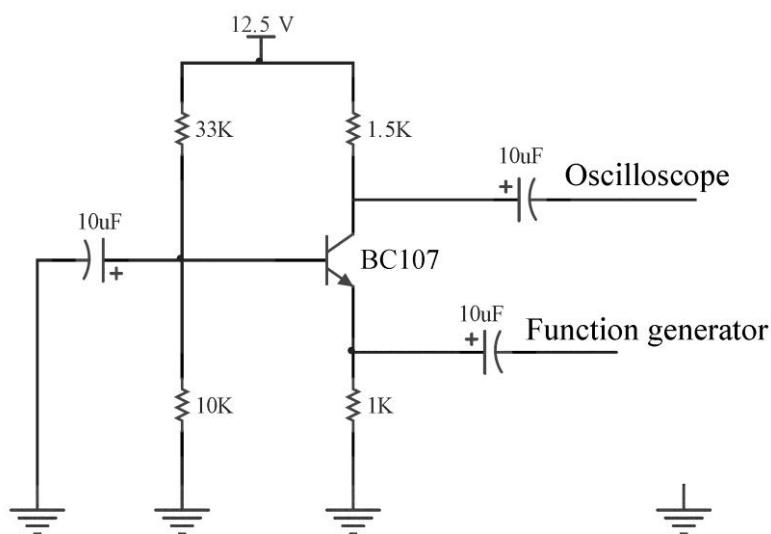
گزارش کار- ۶) یک مورد از کاربردهای عملی این تقویت کننده را نام ببرید.



۲-۶- تقویت کننده ی بیس مشترک

فعالیت های پیش از آزمایش:

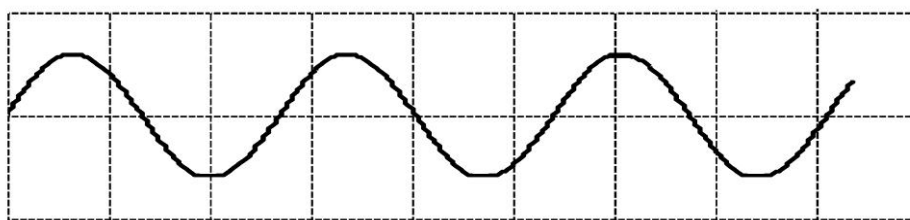
پیش گزارش- (۴) تمام ولتاژها و جریان های مدار شکل (۵-۶) را بدست بیاورید. مقدار β را در محاسبات ۲۰۰ در نظر بگیرید.



شکل (۵-۶)

پیش گزارش- (۵) مقادیر A_v ، R_i و R_o را برای مدار شکل (۵-۶) به صورت تئوری محاسبه کنید. مقدار β را در محاسبات ۲۰۰ در نظر بگیرید.

پیش گزارش- (۶) اگر سیگنال زیر، با دامنه ای به اندازه ی کافی کوچک، به ورودی اعمال شود، خروجی را به صورت تخمینی رسم نمایید.



شکل (۶-۶)



شرح آزمایش:

در این ترکیب پایه ی بیس بین ورودی و خروجی مشترک می باشد. ورودی به امیتر اعمال می شود و خروجی را از کلکتور می گیریم. در حالت ac، بهره جریان این آرایش کمتر از واحد می باشد. از این ترکیب معمولاً برای تقویت ولتاژ استفاده می شود. مقاومت خروجی در این حالت بسیار بالا می باشد، از این آرایش در تقویت کننده های چند طبقه برای تطبیق امپدانس هم استفاده می شود.

- مدار شکل (۵-۶) را روی برد بورد ببندید.

گزارش کار- (۷) جدول (۴-۶) را کامل کنید.

جدول (۴-۶)

پارامتر	مقدار اندازه گیری شده	مقدار تئوری محاسبه شده	درصد خطا
V_B			
V_E			
V_C			
I_C			

گزارش کار- (۸) مقدار مقاومت بار را مطابق جدول (۵-۶) تغییر دهید و نتایج بدست آمده را یادداشت نمایید. با تغییر مقاومت چه تغییری در مقدار گین حاصل می شود؟ دلیل خود را با روابط بیان کنید.

جدول (۵-۶)

$R_L = R_C$	V_{in}	V_o	A_v عملی	A_v تئوری	درصد خطا
$1/5K\Omega$					
$2K\Omega$					
$2/7K\Omega$					

گزارش کار- (۹) درصد خطاهایی که به دست آوردید ناشی از چیست؟ چگونه می توان مدار عملی را به حالت ایده آل نزدیک تر کرد؟

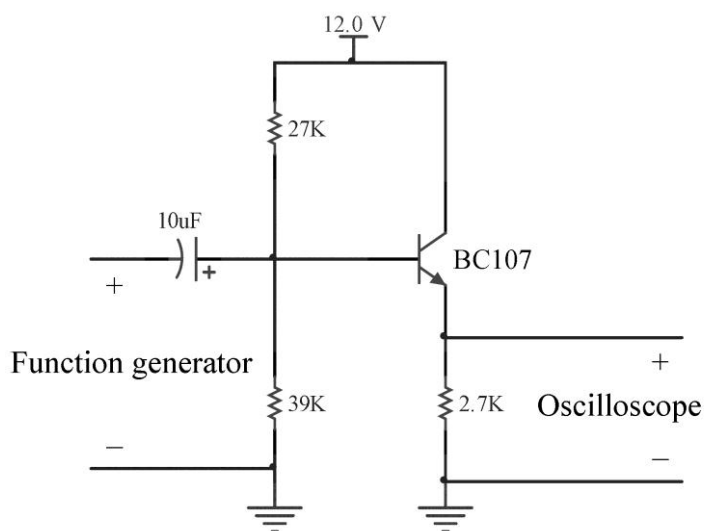
گزارش کار- (۱۰) یک مورد از کاربردهای عملی این تقویت کننده را نام ببرید.



۳-۶- تقویت کننده ی کلکتور مشترک

فعالیت های پیش از آزمایش:

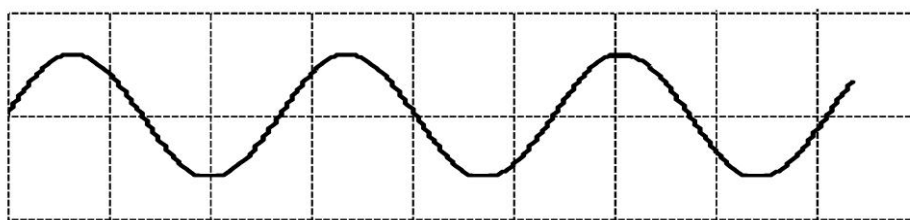
پیش گزارش - ۷) تمام ولتاژها و جریان های مدار شکل (۷-۶) را بدست بیاورید. مقدار β ، را در محاسبات ۲۰۰ در نظر بگیرید.



شکل (۷-۶)

پیش گزارش - ۸) مقادیر A_v ، R_i و R_o را برای مدار شکل (۷-۶) به صورت تئوری محاسبه کنید. مقدار β ، را در محاسبات ۲۰۰ در نظر بگیرید.

پیش گزارش - ۹) اگر سیگنال زیر، با دامنه ای به اندازه ی کافی کوچک، به ورودی اعمال شود، خروجی را به صورت تخمینی رسم نمایید.



شکل (۸-۶)



شرح آزمایش:

در این ترکیب پایه ی کلکتور بین ورودی و خروجی مشترک می باشد. ورودی به بیس اعمال می شود و خروجی را از امیتر می گیریم. در حالت ac، بهره ولتاژ این آرایش کمتر از واحد می باشد. از این ترکیب معمولاً برای تقویت جریان استفاده می شود. مقاومت خروجی و ورودی در این ترکیب به ترتیب بسیار پایین و بسیار بالا می باشد. از این آرایش هنگامی که مقاومت خروجی کوچک است برای تطبیق امپدانس استفاده می کنیم.

- مدار شکل (۶-۷) را روی برد ببندید.

گزارش کار- (۱۱) جدول (۶-۶) را کامل کنید.

جدول (۶-۶)

پارامتر	مقدار اندازه گیری شده	مقدار تئوری محاسبه شده	درصد خطا
V_B			
V_E			
V_C			
I_E			

گزارش کار- (۱۲) مقدار مقاومت بار را مطابق جدول (۶-۷) تغییر دهید و نتایج بدست آمده را یادداشت نمایید. با تغییر مقاومت چه تغییری در مقدار گین حاصل می شود؟ دلیل خود را با روابط بیان کنید.

جدول (۶-۷)

$R_L = R_E$	V_{in}	V_o	A_v عملی	A_v تئوری	درصد خطا
$1\text{ K}\Omega$					
$2\text{ K}\Omega$					
$10\text{ K}\Omega$					

گزارش کار- (۱۳) درصد خطاهایی که به دست آوردید ناشی از چیست؟ چگونه می توان مدار عملی را به حالت ایده آل نزدیک تر کرد؟

گزارش کار- (۱۴) یک مورد از کاربردهای عملی این تقویت کننده را نام ببرید.

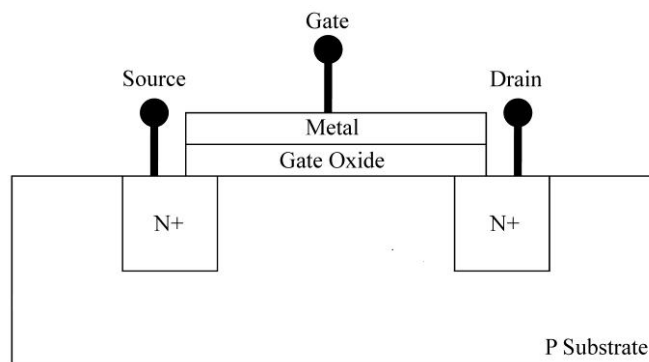


آزمایش ۷

آشنایی با ترانزیستورهای MOS

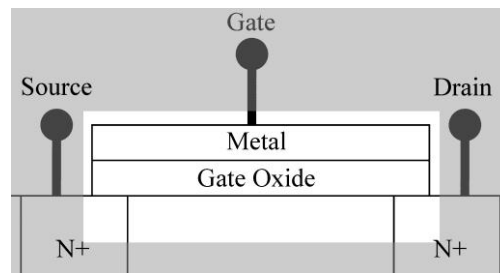
هدف از آزمایش: در این آزمایش به طور مختصر با ترانزیستورهای MOS و نحوه عملکرد آن ها آشنا می شوید.

در ترانزیستورهای Bjt دیدید که با استفاده از جریان ورودی می توان جریان خروجی را کنترل نمود، در این ترانزیستورها می توانید با استفاده از ولتاژ مقدار جریان خروجی را کنترل نمایید. لایه های یک ترانزیستور NMOS که برش عرضی داده شده در شکل (۷-۱) نشان داده شده است.



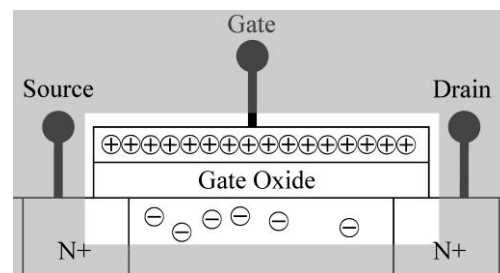
شکل (۷-۱)

برای این که جریان بین پایه های درین و سورس شارش داشته باشد ابتدا باید حامل هایی مانند الکترون به این منظور وجود داشته باشند، بدون حضور الکترون هیچگاه جریانی بین این دو پایه برقرار نخواهد شد. حالتی که گفته شد زمانی اتفاق می افتد که $V_{gs} = 0$ باشد. فرض کنید به تدریج این ولتاژ را افزایش دهیم در این صورت بارهای الکتریکی مثبت روی فلز جمع می شوند، باید توجه داشتید که لایه ای که در وسط قرار دارد اکسید می باشد و مانند عایق عمل می کند، با کمی دقت متوجه می شویم که ساختاری که در شکل (۷-۲) نشان داده شده، مانند خازنی می باشد که یک صفحه ی آن باردار شده است.



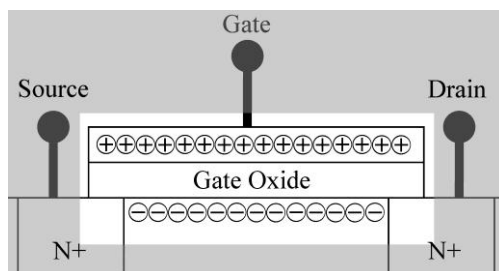
شکل (۷-۲)

بارهای مثبت روی فلز، الکترون های پراکنده ی زیر لایه را در سطح زیرین اکسید جمع آوری می کنند. بنابراین همان طور که در شکل (۷-۳) نشان داده شده است اگر همچنان ولتاژ گیت- سورس را افزایش دهیم الکترون های بیشتری در سطح زیر گیت خواهیم داشت. هنگامی که ولتاژ گیت- سورس به مقدار مشخصی می رسد، یک لایه تک الکترون از درین تا سورس همان طور که در شکل (۷-۴) مشاهده می کنید زیر سطح گیت شکل خواهد گرفت، این ولتاژ مشخص همان ولتاژ آستانه یا V_t نام دارد. به یاد داریم که عامل حرکت بارهای الکتریکی میدان های الکتریکی بودند، به عبارت بهتر تا زمانی که میدان الکتریکی نداشته باشیم این الکترون ها در جای خود ثابت می مانند و می دانیم که با حرکت الکترون ها جریان الکتریکی به وجود خواهد آمد. حتماً به خاطر دارید که ولتاژ با میدان رابطه ای مستقیم دارد. بنابراین اگر اختلاف پتانسیل داشته باشیم، میدان خواهیم داشت در نتیجه الکترون های بی حرکت زیر سطح گیت، در جهت میدان حرکت خواهند کرد و در نهایت جریان خواهیم داشت.



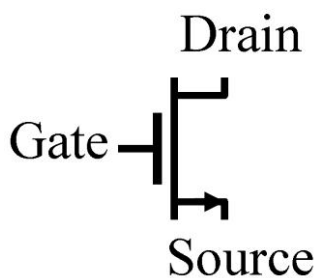
شکل (۷-۳)

این اختلاف پتانسیل را می توان به پایه های درین- سورس اعمال کرد در این صورت الکترون ها از سورس به سمت درین حرکت خواهند کرد و جهت جریان از درین به سمت سورس خواهد بود. دقت داشته باشید که نام های سورس و درین به همین منظور انتخاب شده اند.



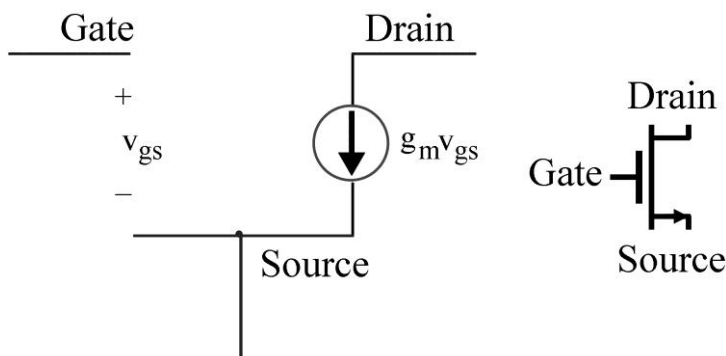
شکل (۴-۷)

سمبل مداری این المان را در شکل (۵-۷) مشاهده می کنید. برای تحلیل مداری ترانزیستورهای MOS ابتدا مانند ترانزیستورهای Bjt باید تحلیل DC انجام دهید و از پارامترهایی که در این تحلیل بدست می آورید در تحلیل ac استفاده کنید. برای این منظور باید بدانید که ترانزیستور در چه ناحیه ای عمل می کند. نواحی عملکرد ترانزیستور NMOS به طور مختصر در جدول (۱-۷) آمده است.



شکل (۵-۷)

مانند ترانزیستورهای Bjt ترانزیستورهای MOS را می توان با سه ترکیب در مدارهای تقویت کننده به کاربرد. مدار معادل ac این ترانزیستور در شکل (۶-۷) نشان داده شده است.

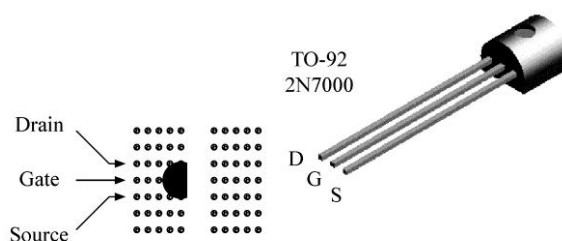


شکل (۶-۷)



پارامتر g_m را می توان از روی مشخصه ی ورودی با توجه به رابطه ی $g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}|_{V_{DS}=Constant}$ استخراج کرد. برای تحلیل ac به صورت تئوری کافی است به جای ترانزیستور مدار معادل ac آن را قرار دهید و با استفاده از تحلیل گره و مش روابط خواسته شده را محاسبه کنید.

برای آزمایش هایی که پیش رو دارید از ترانزیستور 2N7000 در آزمایشگاه استفاده کنید. پایه های این ترانزیستور در شکل (۷-۷) نشان داده شده است.



شکل (۷-۷)

برای اطلاع بیشتر از پارامترهای این ترانزیستور می توانید از سایت www.alldatasheet.com بر گه های اطلاعاتی مربوط به این المان را دانلود و مطالعه کنید. مهمترین پارمترهایی که می توان برای این المان نام برد، حداکثر جریان عبوری از درین، حداکثر ولتاژ قابل تحمل درین- سورس و حداکثر توان قابل تحمل توسط ترانزیستور می باشد.

جدول (۷-۱)

ناحیه قطع	در این ناحیه ولتاژ گیت- سورس کمتر از ولتاژ آستانه می باشد. یعنی اینکه هیچ الکترونی برای هدایت جریان الکتریکی وجود ندارد.
ناحیه خطی	در این ناحیه $V_{gs} > V_t$ می باشد یعنی الکترون ها برای هدایت الکتریکی در سطح زیرین گیت موجود می باشند، اما اختلاف ولتاژ درین- سورس کمتر از مقدار لازم می باشد، در این ناحیه $V_{ds} < V_{gs} - V_{th}$ ، جریان در این ناحیه از رابطه ی $I_D = k \left[(V_{gs} - V_{th})V_{ds} - \frac{V_{ds}^2}{2} \right]$ محاسبه می شود.
ناحیه اشباع	در این ناحیه $V_{gs} > V_t$ می باشد یعنی الکترون ها برای هدایت الکتریکی در سطح زیرین گیت موجود می باشند و اختلاف ولتاژ درین- سورس به مقدار لازم می باشد، در این ناحیه $V_{ds} > V_{gs} - V_{th}$ ، جریان در این ناحیه از رابطه ی $I_D = \frac{k}{2} (V_{gs} - V_{th})^2$ محاسبه می شود.

در جدول (۷-۱)، k توسط کارخانه سازنده ترانزیستور تعیین می شود. این پارامتر را از روی مشخصه ورودی می توانید بدست آورید.



۷-۱- مشخصه ورودی ترانزیستور NMOS و تعیین پارامترهای آن

فعالیت های پیش از آزمایش:

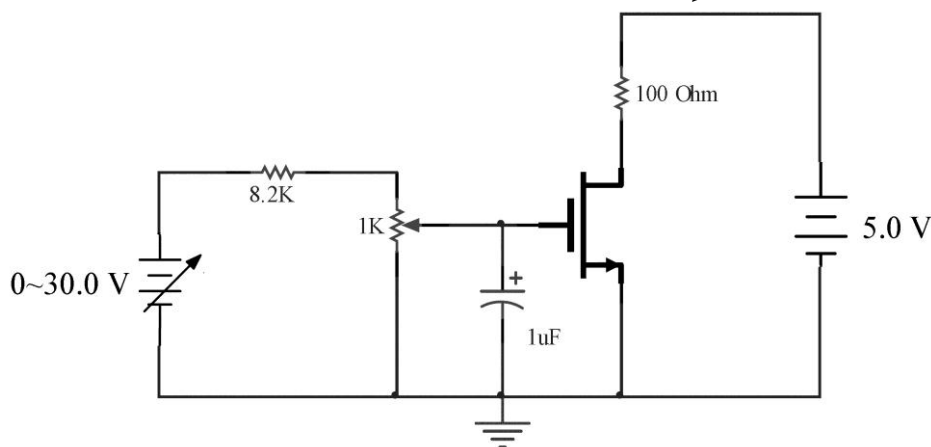
پیش گزارش- (۱) حداکثر جریانی را که می توان بدون آسیب رساندن از ترانزیستور 2N7000 عبور داد و حداکثر ولتاژی را که می توان بین پایه های درین و سورس قرار داد را از روی برگه اطلاعاتی این ترانزیستور یادداشت کنید.

پیش گزارش- (۲) حداکثر توان قابل تحمل این ترانزیستور چقدر است؟ مقاومت 100Ω به چه منظور در مسیر درین قرار داده شده است؟

پیش گزارش- (۳) در شکل (۷-۸) به چه منظور خازنی بین پایه های گیت و زمین قرار داده شده است؟

شرح آزمایش:

- مدار شکل (۷-۸) را روی برد ببنیدید.



شکل (۷-۸)

گزارش کار- (۱) جدول (۷-۲) را به ازای ولتاژ متفاوت گیت- سورس و ولتاژهای دلخواه درین- سورس کامل کنید.



جدول (۷-۲)

$V_{GS} = 3V$		$V_{GS} = 2.5V$		$V_{GS} = 1.5V$		$V_{GS} = 0V$		
V_{ds}	I_D	V_{ds}	I_D	V_{ds}	I_D	V_{ds}	I_D	
								۱
								۲
								۳
								۴
								۵
								۶

گزارش کار- ۲) با توجه به مقادیر جدول (۷-۲)، پارامترهای g_m و k را برای سه نقطه کاری متفاوت به دست آورید و در جدولی یادداشت نمایید.

گزارش کار- ۳) در مدار شکل (۷-۸)، ولتاژ گیت- سورس را افزایش دهید تا جریان درین به مقدار $0.1mA$ برسد، این ولتاژ گیت- سورس، همان ولتاژ آستانه می باشد. آن را یادداشت نمایید و با ولتاژ آستانه ای که در برگه اطلاعاتی این ترانزیستور آمده است مقایسه نمایید.



۲-۷- بایاس ساده ترانزیستور NMOS

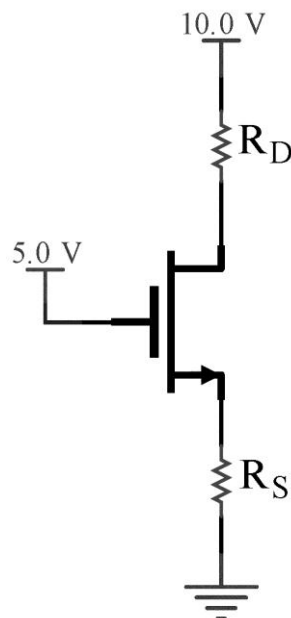
فعالیت های پیش از آزمایش:

پیش گزارش- ۴) در شکل (۷-۱۰)، چرا یکی از مقاومت های تقسیم ولتاژ بزرگ، $100\text{ K}\Omega$ ، انتخاب شده است؟

شرح آزمایش:

از جدول (۲-۷) مشاهده می کنید که تغییرات کوچکی در ولتاژ گیت- سورس باعث تغییرات زیادی در جریان درین خواهد شد. در حالت کلی این یکی از ویژگی های ترانزیستورهای MOS می باشد اما تنظیم کردن جریان ترانزیستور روی مقدار مشخصی با توجه به اینکه ولتاژ آستانه در ترانزیستورهای مختلف، متفاوت است، کار چندان ساده ای نمی باشد.

اضافه کردن مقاومت سورس یکی از راه حل هایی می تواند باشد که این مشکل را برطرف سازد. فرض کنید که مانند شکل (۷-۹) ولتاژ ثابت 5 V به گیت اعمال شود، در این صورت اگر جریان درین را مقدار مشخصی در نظر بگیرید، داریم $V_{gs} = 5\text{ V} - I_d R_s$ ، بنابراین با انتخاب مقاومت سورس می توانید به راحتی ولتاژ گیت- سورس را روی مقدار مورد نظر تنظیم کنید.



شکل (۷-۹)

برای اینکه بتوانید تصور کنید چرا این روش، راه حل مناسبی برای تنظیم V_{gs} است، در نظر بگیرید که مقاومت سورس کوچک باشد، در این صورت با توجه به رابطه ی اخیر V_{gs} ، افزایش می یابد، با افزایش V_{gs} ، جریان درین نیز با توجه به رابطه ی جریان ترانزیستورهای MOS افزایش می یابد، با افزایش جریان از رابطه



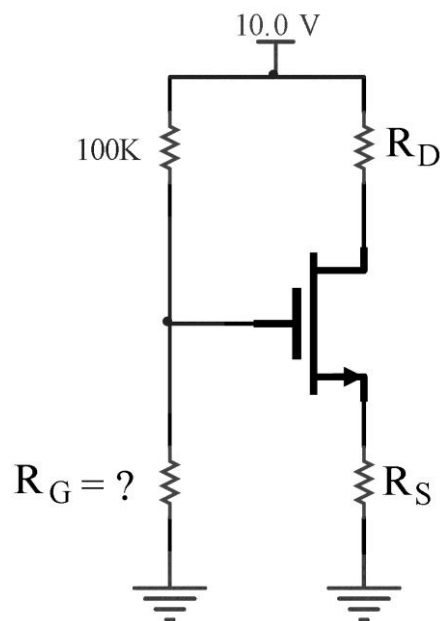
ی اخیر متوجه خواهیم شد که V_{gs} ، کاهش پیدا خواهد کرد. این در واقع همان مفهوم فیدبک منفی می باشد که از آن برای پایداری مدارهای الکترونیکی استفاده می شود. همچنین این مقاومت باعث پایداری جریان درین خواهد شد.

- مدار شکل (۷-۹) را روی برد بورد ببندید. مقاومت سورس را طوری انتخاب کنید که جریان درین 20mA باشد. مقاومت درین را طوری انتخاب کنید که ولتاژ درین 8V شود.

گزارش کار- (۴) ولتاژ درین و سورس را اندازه بگیرید و با مقدار تئوری خود مقایسه کنید. چقدر خطا دارید؟ دلیل آن را توضیح دهید.

از آنجایی که در گیت مقدار کوچکی جریان نشتی داریم، می توانید با استفاده از تقسیم ولتاژ این مشکل را بر طرف کنید.

- مدار شکل (۷-۱۰) را روی برد بورد ببندید.



شکل (۷-۱۰)

گزارش کار- (۵) در این حالت ولتاژ درین و سورس را اندازه بگیرید و با مقدار تئوری خود مقایسه کنید. چقدر خطا دارید؟ دلیل آن را توضیح دهید.

۷-۳- چشمک زن ساده و خاصیت کلیدزنی ترانزیستور MOS



فعالیت های پیش از آزمایش:

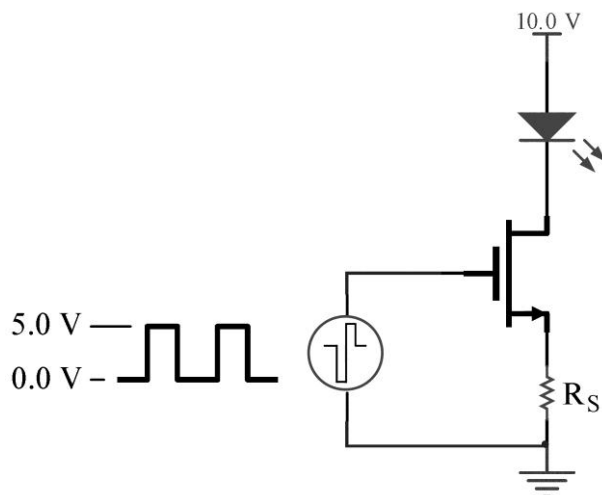
پیش گزارش - ۵) با توجه به اینکه می دانیم سیگنال ژنراتور نمی تواند جریانی را برای مدار تامین کند، LED چگونه روشن و خاموش می شود؟ جریان آن از کجا تامین می شود؟

شرح آزمایش:

مداری که در آزمایش قبل طراحی کردید، دارای جریانی معادل 20mA و افت ولتاژی تقریباً 2V روی مقاومت درین بود. اگر کمی دقت کنید متوجه خواهید شد که یک LED برای روشن شدن به همین شرایط نیاز دارد، بنابراین با استفاده از بایاس مدار آزمایش قبل و تعویض مقاومت با LED می توانید آن را روشن کنید.

حال اگر گیت ترانزیستور را به زمین اتصال دهید LED خاموش خواهد شد. بنابراین اگر بتوانید ولتاژ گیت را بین صفر و 5V سوییچ کنید توانسته اید مداری چشمک زن بسازید.

- مدار شکل (۷-۱۱) را روی برد ببندید. مقاومت سورس همان مقداری است که در آزمایش قبل طراحی کرده اید. سیگنال ورودی را روی موج ورودی بین صفر تا 5V با فرکانس 1Hz قرار دهید.



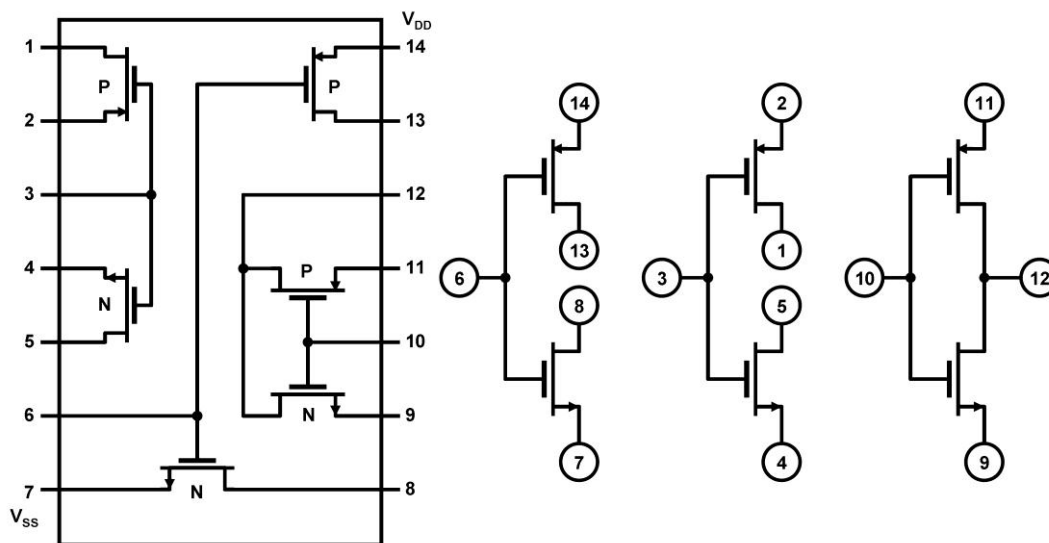
شکل (۷-۱۱)



۷-۴- آشنایی با آی- سی CD4007

شرح آزمایش:

آی- سی CD4007 دارای شش عدد ترانزیستور MOS داخلی می باشد که در شکل (۷-۱۲) نشان داده شده است.



شکل (۷-۱۲)

- ولتاژ آستانه ی یکی از ترانزیستورهای آی- سی CD4007 را با استفاده از آزمایش هایی که انجام داده اید، به دست آورید.

- مدار شکل (۷-۱۱) را با استفاده از CD4007 روی برد ببندید.

- با استفاده از CD4007 ، دو اینورتر را به صورت سری روی برد ببندید و سیگنال خروجی را روی اسکوپ مشاهده کنید. سیگنال موج مربعی با دامنه ی صفر تا ۵V و فرکانس ۱KHz را به ورودی اعمال کنید.

گزارش کار- ۵) ولتاژ آستانه این آی- سی را با ولتاژ آستانه ترانزیستور 2N4007 مقایسه کنید.