دانشکده برق، کامپیوتر و فناوری های پیشرفته

گروه مهندسی برق الکترونیک

دستورکار آزمایشگاه الکترونیک

تهیه کننده:

آقای دکتر فتحی

تاریخ تنظیم:

مهرماه ۱۴۰۳

بسم الله الرحمن الرحيم

پیش گفتار

خداوند بزرگ و مهربان را شاکرم، که فرصت تدوین و ارائه مجموعه حاضر را برای اینجانب میسر ساخت. این مجموعه، شامل کار با دستگاه ها، قطعات الکترونیکی و آزمایش‌های متنوع درس الکترونیک I می‌باشد که بر اساس سر فصل های درس ارائه شده است. در تدوین و گردآوری این مجموعه، از تجربه آموزش و تجارب آزمایشگاه‌های الکترونیک استفاده شده است. اکثر آزمایش های طراحی شده به جز تعداد معدود هر یک در یک جلسه از آزمایشگاه قابل ارایه می‌باشند.

در پایان لازم است از همکاری و همیاری همه اساتید گرانقدر و کارشناسان زحمتکش آزمایشگاه در دانشگاه ارومیه قدردانی نمایم چرا که به صورت مستقیم یاغیرمستقیم در تدوین این مجموعه یاری گر اینجانب بودند. پیشاپیش از حسن نظر اساتید، کارشناسان و دانشجویان عزیز که با ارسال نظرات و پیشنهادات اصلاحی برای هر چه پربارتر کردن این مجموعه یاریگر اینجانب خواهند بود، تشکر می‌نمایم.

آرزومندم این مجموعه قدم هر چند کوچکی، در رشد و توسعه علمی و صنعتی میهن عزیزم موثر واقع گردد.

فهرست مطالب

آزمایش ۱ : دستگاهها و قطعات الکترونیک ۱

آزمایش ۲ : دیود ۲۹

آزمایش ۳ : یکسوسازها ۳۹

آزمایش ۴ : مدارهای دیودی ۴۹

آزمایش ۵ : آشنایی با ترانزیستور BJT و مدارات بایاس ۵۳

آزمایش ۶ : تقویت کننده امیتر مشترک ۶۲

آزمایش ۷ : تقویت کننده بیس مشترک ۷۱

آزمایش ۸ : ساختار کلکتور مشترک ۷۹

آزمایش ۹ : ترانزیستور اثر میدانی (FET) ۸۳

آزمایش ۱۰ : تقویت کننده ترانزیستور اثر میدانی (FET) ۹۷

آزمایش ۱: دستگاه‌ها و قطعات الکترونیک

مقدمه

هدف از این آزمایش آشنایی کلی با دستگاه‌ها و قطعاتی است که در آزمایشگاه‌های الکترونیک از آن استفاده خواهد شد. دفترچه راهنمای تمامی دستگاه‌ها در آزمایشگاه موجود است، ضمن آنکه فایل آنها از سایت دانشگاه قابل دانلود می باشد. در مورد قطعات استفاده شده هم Datasheet آنها در آزمایشگاه موجود و فایل آنها از سایت دانشگاه قابل دانلود می باشد.

دستگاه‌ها

دستگاه‌هایی که در آزمایشگاه الکترونیک مورد نیاز است شامل منبع تغذیه DC، مولتی‌متر(آوو متر)، سیگنال ژنراتور و اسیلوسکوپ است که عملکرد هر کدام با توجه به مدل دستگاه های موجود در دانشگاه ارومیه شرح داده خواهد شد.

مولتی‌متر[1]

با این دستگاه می توان چندین مشخصه از جمله ولتاژ، جریان، مقدار مقاومت، مقدار خازن و ... اندازه گرفت به همین این علت مولتی‌متر نامیده می‌شود. در مدل موجود در دانشگاه ارومیه کمیت‌هایی مانند ولتاژ(DC و AC)، جریان(DC و AC)، مقاومت، ظرفیت خازن، ولتاژ آستانه دیود، بتای مربوط به ترانزیستور NPN و PNP قابل اندازه گیری هستند.

برای اندازه گیری هر کمیت ولوم مربوط به مولتی متر را روی آن کمیت قرار داده، المان مربوطه که باید اندازه گیری شود همانطور که در شکل نشان داده شده است به قسمت مربوط به آن وصل می شود.

1-Multi meter

شکل ۱-۱) یک نمونه مولتی متر موجود در دانشگاه ارومیه

این دستگاه کمیتی را اندازه‌گیری می‌کند که سلکتور(کلید گردان) روی آن قرار گرفته است. به این معنی که سلکتور در محدوده اهم، دستگاه را اهم‌متر، در محدوده ولت، دستگاه را ولت‌متر و در محدوده آمپر، دستگاه را آمپرمتر می‌نماید. برای اندازه‌گیری هر کمیت ابتدا سلکتور را در

قسمت مورد نظر قرار می‌دهیم. سپس با توجه به علائم مشخص شده در قسمت زیر ترمینال‌ها، اتصالات را برقرار می‌نماییم(مطابق راهنما) و در نهایت مقدار نشان داده شده را می‌خوانیم. برای اندازه‌گیری ولتاژ، ولت‌متر بصورت موازی و برای اندازه‌گیری جریان، آمپرمتر بصورت سری در مدار قرار داده می شود.

شکل ۱-۲) مولتی متر دیجیتال

۱- برای اندازه گیری ولتاژ DC (مقدار میانگین سیگنال) استفاده می شود. برای اینکار از پورت های ۱۴ و ۱۵ به نقاطی که می خواهیم ولتاژ آن را اندازه بگیریم وصل می کنیم و رنج آن را می توان از ۲۰۰ میلی ولت تا ۱۰۰۰ ولت تنظیم کرد.

۲- برای اندازه گیری ولتاژ AC (مقدار موثر سیگنال) استفاده می شود. برای اینکار از پورت های ۱۴ و ۱۵ به نقاطی که می خواهیم ولتاژ آن را اندازه بگیریم وصل می کنیم و رنج آن را می توان از ۲۰ ولت تا ۷۵۰ ولت تنظیم کرد.

۳- برای اندازه گیری بتای ترانزیستور از آن استفاده می شود با توجه به نوع ترانزیستور و نوع پایه ها، آن را از پورت ۱۹ وصل می کنیم.

۴- برای اندازه گیری دما از آن استفاده می شود. سنسور آن را از پورت ۱۸ وصل می کنیم.

۵- برای اندازه گیری خازن استفاده می شود. خازن را از پورت ۱۳ وصل کرده و برای اندازه گیری آن سلکتور را روی محدوده ی مورد نظر قرار می دهیم.

۶- برای اندازه گیری جریان AC استفاده می شود اگر آن را روی mA قرار دهیم از پورت ۱۵ و ۱۶ از آن استفاده می کنیم و در صورتی که از محدوده ی آمپر استفاده کنیم از پورت های ۱۵ و ۱۷ استفاده خواهیم کرد.

۷- برای اندازه گیری جریان DC استفاده می شود مانند بند ۶ پورت ها را متصل می کنیم.

۸- برای تعیین P و N پیوند ها استفاده می شود. پورت ۱۴ و ۱۵ را به پیوند مورد نظر وصل می کنیم در صورتی که پایه ی ۱۴ را به P و ۱۵ را به N وصل کرده باشیم یک عدد بر روی LCD نمایش داده می شود که نشانگر مقدار ولتاژ هدایت است و در صورتی که پایه ها را برعکس وصل کرده باشیم عدد ۱ روی LCD نمایش داده می شود که نشانگر برعکس وصل بودن پیوند به ولتمتر است. (یعنی پایه مثبت (۱۴) به طرف N پیوند متصل است.)

۹- برای اندازه گیری مقدار مقاومت استفاده می شود از پورت ۱۴ و ۱۵ برای اتصال مقاومت استفاده می شود اگر مقدار مقاومت از محدوده ی رنج قرار داده شده توسط سلکتور بیشتر باشد عدد یک بر روی آن نمایش داده می شود که باید برای نمایش صحیح مقدار مقاومت سلکتور را یک واحد افزایش می دهیم.

۱۰- برای تست Logic از آن استفاده می شود. از پایه های ۱۴ و ۱۵ به نود های مورد نظر وصل می کنیم و در صورت یک بودن لاجیکی فلش رو به بالا و در صورت صفر بودن لاجیکی فلش رو به پایین نمایش داده می شود.

۱۱- نمایشگر مربوط به دستگاه می باشد.

۱۲- برای اندازه گیری فرکانس استفاده می شود. از پایه های ۱۴ و ۱۵ به نود های مورد نظر وصل می کنیم.

۱۳- پایه اتصال خازن به مولتی متر برای اندازه گیری آن می باشد.

۱۴- پایه ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ بر حسب مورد اندازه گیری طبق آنچه شرح داده شده برای اتصال به محل اندازه گیری استفاده می شود.

۱۸- محل اتصال سنسور دما به مولتی متر می باشد.

۱۹-محل اتصال ترانزیستور برای اندازه گیری بتا می باشد. توجه شود که پایه ها بیس، امیتر و کلکتور و PNP و NPN بودن به صورت صحیح اتصال یابد.

۲۰- برای ثابت نگه داشتن مقدار نشان داده شده روی LCD مولتی متر از این دکمه استفاده می شود. در این صورت فشردن این دکمه، وصل بودن یا نبودن مولتی متر و تغییر سلکتور تغییری در صفحه نمایش آن ایجاد نمی کند و عدد نشان داده شده در آن ثابت می ماند.

۲۱- دکمه ی مربوط به روشن و خاموش کردن دستگاه می باشد.

منبع تغذیه DC[1]

منبع تغذیه[2] ولتاژ متناوب برق شهر را به ولتاژ مستقیم تبدیل می‌کند. منابع تغذیه آزمایشگاهی اغلب از نوع قابل تنظیم می‌باشند به این معنی که برحسب نیاز می‌توان ولتاژ خروجی را تنظیم کرد. شکل(۱-۳) یک منبع تغذیه DC سه کاناله را نشان می‌دهد. این منبع دو ولتاژ DC متغیر صفر تا ۳۰ ولت (۳آمپر) و یک ولتاژ ثابت ۵ ولت (۳آمپر) تولید می‌کند.

شکل ۳-۱) منبع تغذیه DC

دو کادر سبز رنگ (کادر بزرگ) کانال یک و دو منبع تغذیه را نشان می دهد که متغیر هستند و توسط ولوم های Voltage می توان مقدار آنها را تغییر داد. ولوم مربوط به Current انها به عنوان فیوز جریانی بوده و وقتی مقدار بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط کاربر، جریان از آن کشیده شود به طور اتوماتیک آن کانال را قطع می کند بنابراین بهتر است این مقدار در حد نیاز تعریف شود.

[1] -Direct Current

[2] -Power Supply

نمایشگر سبز رنگ (نمایشگر بالای ولئم ولتاژ) مقدار ولتاژ آن کانال و قرمز رنگ (بالای ولوم مربوط به فیوز جریانی) مقدار جریان کشیده شده از آن کانال را نمایش می دهد.

دکمه ی Power کل منبع تغذیه را خاموش و دکمه ی On/OFF خروجی ها کانال ها را به طور موقت غیر فعال می کند.

در صورتی که بیش از جریان تعیین شده توسط ولوم جریانی از منبع تغذیه کشیده شود فیوز به طور خودکار آن کانال را قطع کرده و چراغ سبز رنگ مربوط به C.C آن کانال قرمز میشود.

کانال سوم خروجی به صورت ۵ ولت ثابت و با حداکثر جریان دهی ۳ آمپر می باشد.(با کادر خط چین تعریف شده است)

دکمه های مربوط به INDEP، Series و Parallel وضعیت دو کانال را نسبت به هم نشان می دهد در صورتی که هر دو غیر فعال باشند دو کانال مستقل از هم می باشند.

در صورتی که هر دو فعال باشند دو کانال به صورت موازی عمل خواهد کرد این امر برای گرفتن جریان بیشتر از حد مجاز یک کانال می باشد.

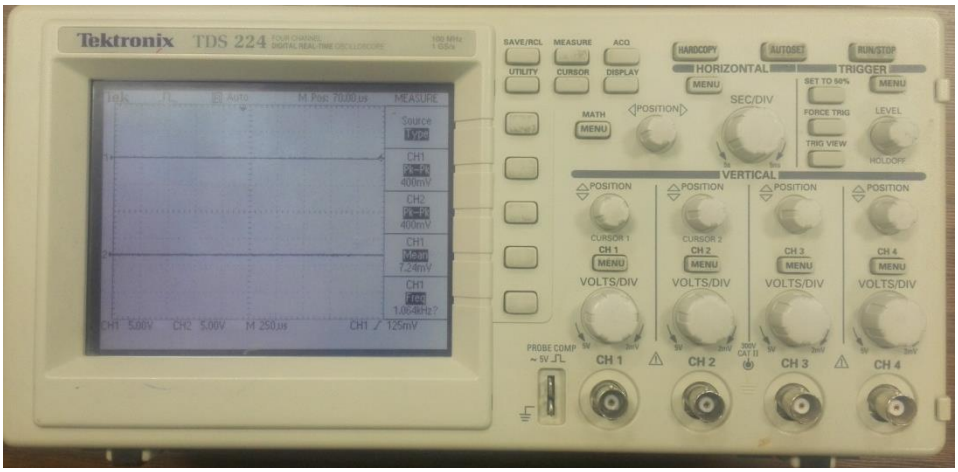
در صورتی که دکمه ی سمت راست فعال و سمت چپ غیر فعال باشد دو کانال با هم سری بوده و می توان ولتاژ بیشتر از ۳۰ ولت در خروجی دریافت کرد. (تنظیم ولتاژها با کانال Master انجام خواهد شد)

اسیلوسکوپ[1]

اسیلوسکوپ و یا به اختصار اسکوپ یکی از مهمترین وسایل اندازه‌گیری در آزمایشگاه است. اسکوپ دستگاهی است که برای اندازه‌گیری ولتاژ بکار می‌رود. بر خلاف مولتی متر اسیلوسکوپ سیگنال هل را

[1]- Oscilloscope

به صورت گرافیکی نمایش می دهد. به خاطر گرافیکی بودن اسیلوسکوپ از آن می توان برای اندازه گیری جریان، زمان، فرکانس و اختلاف فاز استفاده نمود. اسیلوسکوپ این قابلیت را دارد که ضمن نمایش همزمان سیگنال‌های متفاوت که به کانال‌های آن وصل شده، کمیت‌های مختلف شکل موج‌ها را اندازه‌گیری نماید. شکل(۱-۴) تصویر یک اسیلوسکوپ چهار کاناله دیجیتال موجود در دانشگاه ارومیه را نمایش می دهد.



شکل ۴-۱) اسیلوسکوپ چهار کاناله

پروب[1]

جهت انتقال سیگنال های الکتریکی به اسیلوسکوپ، از پروب استفاده می شود. شکل (۱-۵) نمونه‌ای از یک پروب را نشان می‌دهد. سیم رابط پروب معمولا از جنس کواکسیال می‌باشد تا میزان نویز به در حین انتقال سیگنال به اسیلوسکوپ مینیمم باشد. نوک پروب به صورت گیره‌ای فنری (سوسماری) است که می توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد. اگر پوشش پلاستیکی نوک پروب را برداریم، نوک آن به صورت سوزنی می‌شود که می توان آن را نیز به نود هایی از مدار وصل کرد. انتهای فلزی

1- Probe

سیم رابط که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌شود BNC نام دارد. BNC دارای یک شیار است که وقتی آن را به کانال های اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم باید ۹۰ درجه در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانیم تا پروب به صورت صحیح به اسیلوسکوپ متصل می‌شود. به همین ترتیب موقع خارج کردن پروب از اسیلوسکوپ آن را ۹۰ درجه در خلاف جهت می چرخانیم سپس از روی اسیلوسکوپ خارج می کنیم.

روی پروب کلیدی با دو حالت 1× و 10× وجود دارد که در حالت 1× سیگنال بدون تضعیف از طریق پروب به اسیلوسکوپ اعمال می‌شود و مقادیر نشان داده شده مقادیر واقعی سیگنال هستند.

در حالت 10×، ابتدا سیگنال در داخل پروب ۱۰ برابر تضعیف شده سپس به اسیلوسکوپ اعمال میشود (در دامنه های زیاد برای اینکه بتوان سیگنال را به صورت صحیح روی نمایشگر اسیلوسکوپ مشاهده کرد از این خاصیت استفاده می شود). طبیعی است اعداد مشاهده شده در اسلوسکوپ باید در ده ضرب شوند تا مقادیر واقعی به دست آید.

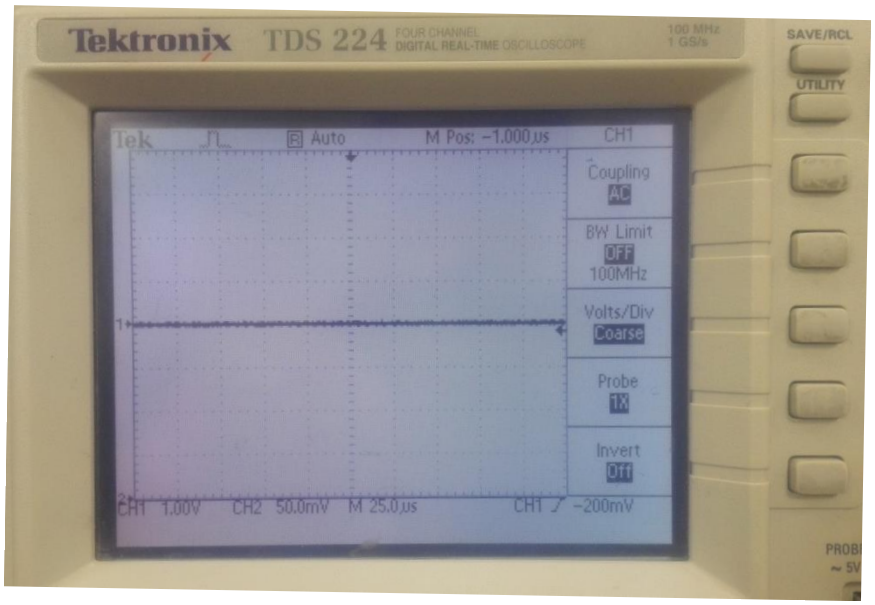
شکل ۵-۱ یک نمونه پروب

صفحه نمایش

صفحه نمایش اسیلوسکوپ‌ها در راستای افقی به ۱۰ قسمت (محور زمانی) و در راستای عمودی به ۸ قسمت (ولتاژی) تقسیم می‌شود. برای دقت بیشتر در اندازه‌گیری، در راستای افقی و عمودی نیز هر بازه به ۵ قسمت ریزتر تقسیم شده است.

کلیدهای اسیلوسکوپ

با فشردن هر کانال مشخصات آن کانال در سمت راست صفحه ی نمایش نشان داده خواهد شد.



شکل ۱-۶) کارکرد دکمه های مربوط به هر کانال

همانطور که مشاهده می شود مشخصه ی اول مربوط به کوپلینگ است که می تواند DC (شامل سیگنال کامل AC و DC)، AC (بعد از حذف مقدار متوسط سیگنال آن را نمایش می دهد) و GND که فقط محور مربوط به کانال را نمایش می دهد می باشد.

دکمه ی دوم مربوط به پهنای باند است که می توان با فعال کردن آن پهنای باند سیگنال را محدود کرد.

دکمه ی Volt/Div مربوط به تعیین مقدار ولتاژ مربوط به هر خانه می باشد که توسط ولوم Volt/Div زیر هر کانال تعیین می شود. بر حسب سیگنال مورد نظر می توان آن را کم یا زیاد کرد (در واقع زوم ولتاژی توسط این ولوم انجام می گیرد).

از منوی بغل LCD این دکمه دو حالت دارد: Coarse و Fine که در حالت Coarse با استپ های زیاد ولوم Volt/Div مقدار ولتاژ هر خانه ی عمودی را تغییر می دهد ولی در حالت Fine با استپ های ریز می توان آن را تنظیم کرد.

شکل ۱-۷) کار انواع دکمه های مربوط به اسیلوسکوپ

دکمه ی بعدی مربوط به دکمه ی Probe می باشد که با تغییر آن می توان مقادیر نشان داده شده را ۱۰، ۱۰۰ و حتی ۱۰۰۰ برابر افزایش داد.

دکمه ی اینورت مقدار نشان داده شده برای هر کانال را نسبت به GND آن معکوس می کند.

دکمه ی position در روی هر کانال باعث جابه جایی آن کانال به بالا و پایین می شود.

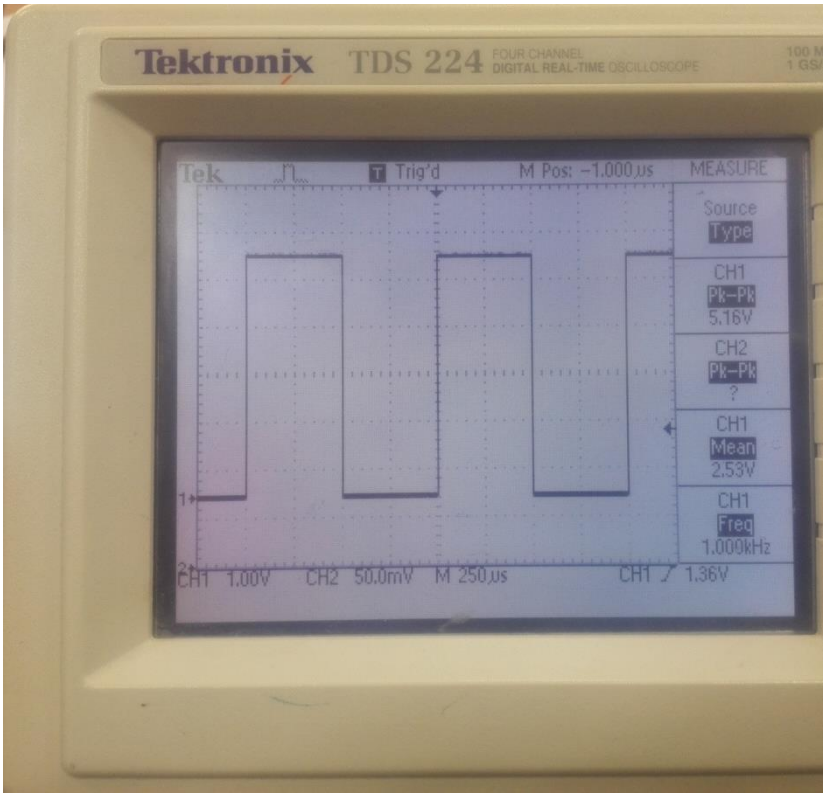
دکمه ی SEC/DIV مقدار زمانی هر کانال در محور افقی می باشد. می توان با تغییر آن سیگنال نمایش داده شده را در محور افقی جمع یا باز کرد. (به صورت افقی زوم یا از حالت زوم در آورد)

دکمه ی Position افقی (کنار دکمه ی SEC/Div) سیگنال ها را به صورت افقی در صفحه ی نمایش به راست یا چپ جابه جا می کند. طبیعی است که برای همه ی کانال ها یک ولوم داشته باشیم.

دکمه‌های کنترل

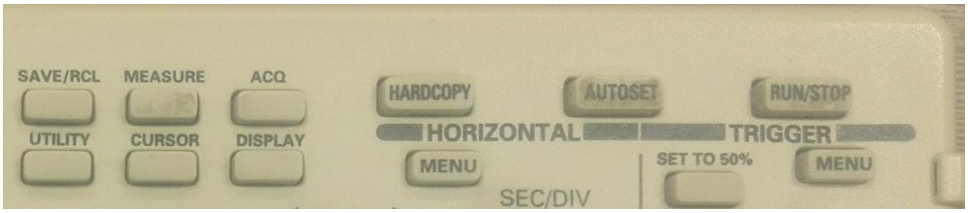
مهمترین کلیدهای این کنترلی MEASURE و AUTOSET می‌باشند.

توسط کلید MEASURE ، منوی اندازه‌گیری خودکار ظاهر می‌شود وقتی که دکمه ی اول روی Source قرار بگیرد می توان کانال های مختلف را برای مشاهده ویژگی های مختلف آن سیگنال تنظیم کرد. سپس با قرار دادن آن روی Type ، مشخصات مختلف از جمله پیک تا پیک، RMS و ... را اندازه گیری کرد.



شکل ۱-۸) کارکرد دکمه ی Measure

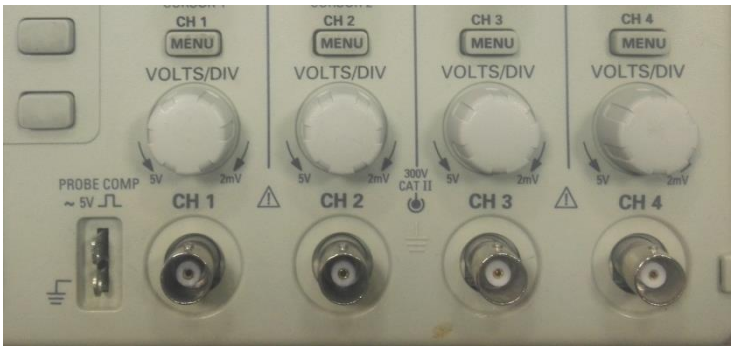
دکمه ی AUTOSET بصورت خودکار مقیاس عمودی، مقیاس افقی و تریگر دستگاه را جهت نمایش شکل موج روی صفحه نمایش تنظیم می کند.



شکل ۹-۱ دکمه‌های کنترل

پایانه‌های ورودی

سیگنال ورودی را توسط پروب به جک‌های ورودی که در شکل (۱-۱۰) نشان داده شده، وصل می‌کنیم.

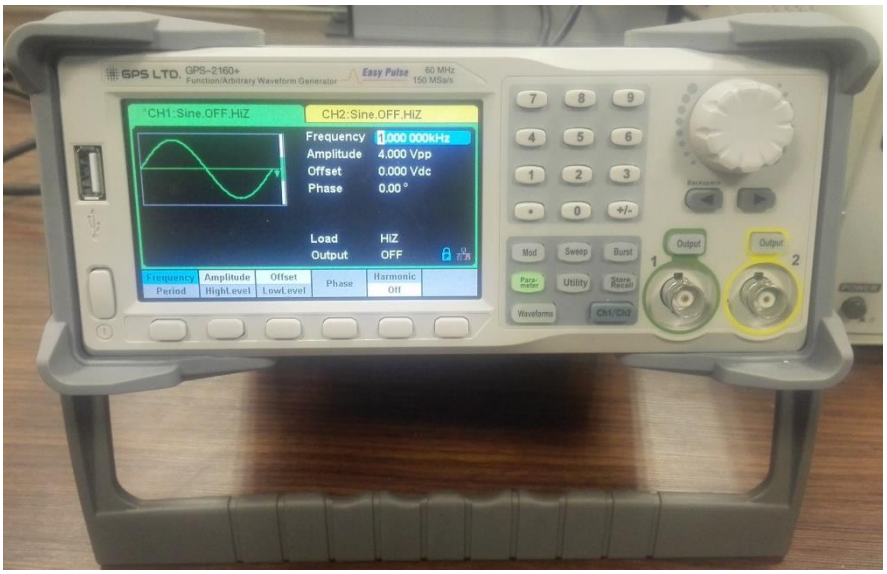


شکل ۱۰-۱ پایانه‌های ورودی

سیگنال ژنراتور[1]

[1] - Signal Generator

دستگاهی است که انواع سیگنال‌های مربعی، مثلثی و سینوسی را با فرکانس و دامنه‌های دلخواه ایجاد می‌کند. شکل (۱-۱۱) یک نمونه فانکشن ژنراتور موجود در دانشگاه ارومیه را نمایش می دهد.



شکل ۱-۱ یک نمونه فانکشن ژنراتور

این سیگنال ژنراتور دارای دو خروجی بوده و می توان از دو خروجی آن سیگنال های مورد نظر را گرفت. برای این منظور ابتدا کانال مورد نظر را روشن کرده سپس با انتخاب دکمه ی WaveForm سیگنال مورد نظر را انتخاب می کنیم. در نهایت با فشردن دکمه های زیر نمایشگر، پارامتر مورد نظر که می خواهیم تنظیم کنیم را انتخاب می کنیم و عدد مورد نظر را با دکمه ی اعداد یا با استفاده از ولوم وارد می کنیم.

۱-۱- قطعات الکترونیک

قطعات بکار رفته در آزمایشگاه الکترونیک را می‌توان به پنج گروه تقسیم نمود: مقاوتها[۱]، خازنها[۲]، سلف ها[۳]، دیود ها[۴] و ترانزیستورها[۵].

مقاومت

مقدار اهمی

مهم‌ترین مشخصه یک مقاومت مقدار آن است که برحسب اهم(Ω)، کیلواهم(KΩ) و یا مگااهم(MΩ) بیان می‌شود.

تشخیص مقدار مقاومت بوسیله نوارهای رنگی

در مقاومتهای توان پایین که دارای ابعاد کوچک هستند مقدار مقاومت و تولرانس را بوسیله نوار رنگی مشخص می‌کنند. معمول‌ترین آنها روش چهار نواری است که برای مقاومتهای با تولرانس ۲٪ به بالا استفاده می‌شود. در این روش از دو رنگ اول برای عدد، رنگ سوم برای ضریب و رنگ چهارم برای تولرانس استفاده می شود. برای مقاومتهای دقیق و خیلی دقیق معمولا از روش پنج نواری استفاده می‌شود. در این روش سه نوار اول عدد مقاومت، رنگ چهارم برای ضریب و رنگ پنجم برای تولرانس استفاده می شود. در شکل زیر مقادیر رنگها مشخص شده است. منظور از None بدون رنگ است.

جدول ۱-۱ نوارهای رنگی روی مقاومت

1-Resistors
2-Capacitor
3-Inductors
4- Diode
5- Transistors

Colour	Colour	Digit	Multiplier	Tolerance
سیاه	Black	0	1	
قهوه ای	Brown	1	10	± 1%
قرمز	Red	2	100	± 2%
نارنجی	Orange	3	1,000	
زرد	Yellow	4	10,000	
سبز	Green	5	100,000	± 0.5%
آبی	Blue	6	1,000,000	± 0.25%
بنفش	Violet	7	10,000,000	± 0.1%
خاکستری	Grey	8		± 0.05%
سفید	White	9		
طلایی	Gold		0.1	± 5%
نقره ای	Silver		0.01	± 10%
None	None			± 20%

توان مجاز مقاومت

منظور از توان مجاز مقاومت بیشترین توانی است که یک مقاومت به طور دائم می‌تواند تحمل کند.

در شکل(۱-۱۲) چند مقاومت با توان‌های متفاوت نشان داده شده است.

شکل ۲-۱ اندازه مقاومتها بر حسب توان مصرفی آنها

خازن

خازنهای ثابت دارای ظرفیت معینی هستند که در وضعیت معمولی مقدار ظرفیت آنها تغییر پیدا نمی‌کند. خازنهای ثابت را بر اساس جنس عایق به کار رفته در آنها تقسیم بندی می‌کنند. در جدول (۱-۲) انواع خازن ثابت و محدوده ظرفیت آن ها بیان شده است. وجه تمایز اصلی خازنهای الکترولیتی و غیر الکترولیتی(سرامیکی، میکایی و ورقه‌ای) در این است که خازنهای الکترولیتی دارای پلاریته (جهت) می‌باشند به این معنی که تنها در یک جهت می‌توان آنها را شارژ یا دشارژ نمود. روی بدنه خازن پایه ی منفی آن تعیین شده است. (در خازن های نو پایه ی مثبت بزرگتر از منفی است) مقدار واقعی ظرفیت و ولتاژ قابل تحمل آنها نیز روی بدنه مشخص می شود. چنانچه خازن بصورت معکوس در مدار قرار گیرد لایه اکسید آلومینیوم از بین رفته و خازن تبدیل به یک هادی می‌شود و پس از آن محلول الکترولیت تجزیه شده و در اثر گاز ایجاد شده خازن منفجر می‌شود (در صورتیکه ولتاژ معکوس از یک دهم ولتاژ مجاز خازن بیشتر نباشد مسئله خاصی ایجاد نمی‌شود). ولتاژ مجاز(حداکثر ولتاژی که می‌توان در جهت صحیح پلاریته به آن اعمال نمود) خازنهای الکترولیتی بر روی آن نوشته می‌شود. خازنهای سرامیکی عدسی دارای پلاریته نبوده و معمولا دارای ولتاژ مجاز ۵۰ ولت هستند.

تشخیص مقدار ظرفیت خازن از روی اعداد نوشته شده بر روی آن

- ✓ ظرفیت و واحد بر روی خازن قید می‌شود.
- ✓ اگر واخد بر روی خازن قید نشود:
  - ✓ عدد مزبور از یک کوچکتر باشد ظرفیت برحسب میکروفاراد است.
  - ✓ عدد مزبور بزرگتر از یک باشد ظرفیت برحسب پیکوفاراد است.

- ✓ اغلب در مورد خازنهای سرامیکی عدسی ۱۰۰ پیکوفاراد به بالا معمولا به صورت یک عدد سه رقمی مشخص می‌شود که دو رقم اول عدد و رقم سوم ضریب(تعداد صفر) را بر حسب پیکوفاراد مشخص می‌کند.

جدول ۲-۱ انواع خازن ثابت و محدوده ظرفیت آنها

نوع خازن	محدوده ظرفیت آن	مزیت اصلی آن	نمونه
خازن سرامیکی	۵پیکوفاراد تا ۱۰۰نانوفاراد	کوچکی اندازه و قیمت پایین	
خازن میکا و شیشه	حداکثر تا ۵نانوفاراد	ثبات ظرفیت و پایین بودن ضریب حرارتی	
خازن ورقه‌ای	حدود یک نانو تا یک میکروفاراد	پایین بودن تلفات و میزان نشت	
خازن الکترولیتی آلومینیومی	حدود یک تا ۶۸۰۰ میکروفاراد	ظرفیت بالا	
خازن الکترولیتی تانتالیم	حداکثر ۳۳۰میکروفاراد	ابعاد کمتر، جریان نشت کمتر و خاصیت خودالقایی کمتر	

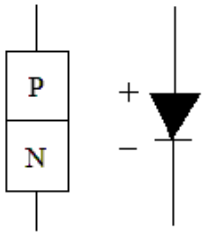
مقدار تغییرات خازن معمولا توسط یک حرف مشخص می‌شود که معنی آن در جدول زیر مشخص شده است.

جدول ۱-۳) تولرانس خازن

حروف	F	G	J	K	M	Z	P
درصدخطا	±1%	±2%	±5%	±10%	±20%	+%80,- %20	+%100,- %0

۱-۱-۱- دیود[1]

در اتصال p-n سمت p را آند و سمت n را کاتد می‌نامند. شکل (۱-۱۳) نماد مداری یک دیود معمولی را نشان می‌دهد.



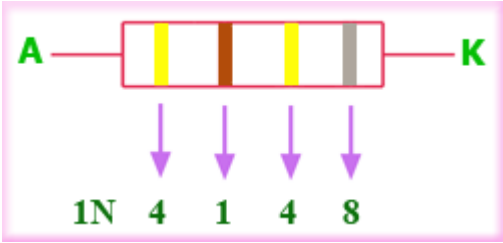
شکل ۳-۱ نماد مداری دیود

برای نامگذاری دیودها سه روش وجود دارد:

روش آمریکایی

در این روش نام دیود با 1N شروع می شود و پس از آن شماره دیود نوشته می‌شود (بطور مثال 1N4007 که در آزمایشگاه دانشگاه ارومیه موجود می باشد.)

[1]Diode



شکل ۱-۱۴) نامگذاری دیود با روش آمریکایی

روش ژاپنی

در این روش نامگذاری، از عدد 1 و حرف S که به دنبال آن می آید استفاده می‌شود، در ادامه شماره دیود بیان می شود. در این روش، جنس و نوع دیود از نظر اینکه دیود معمولی یا زنر و یا وراکتور است مشخص نمی باشد. به عنوان مثال دیود 1S3010A، دیود زنراست (درموارد زیادی برای دیودهای زنر حرف A را در انتهای شماره‌ها می آورند) و دیود 1S310 دیود واراکتور می باشد.

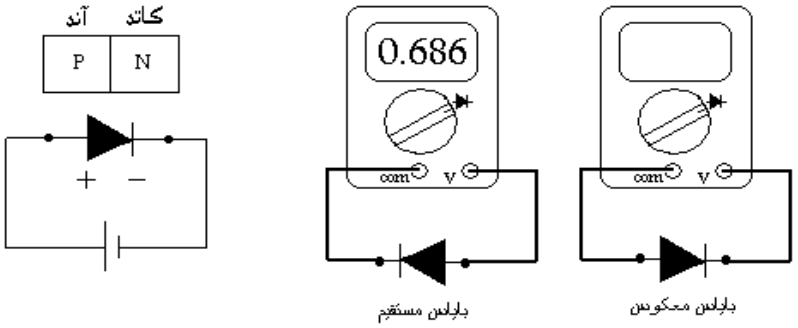
روش اروپایی

در روش اروپایی، تا سال ۱۹۶۰ تمامی دیودها را با حروف OA و با یک شماره پشت سر آن مشخص می‌کردند اما پس از آن، این روش نامگذاری تغییر کرد. دیودهایی که بیشتر در مدارات رادیو و تلویزیون به کار می‌روند، با دو حرف و سه شماره مشخص می‌شوند و دیودهایی که کاربرد آنها در مدارات مخصوص می‌باشد با سه حرف و دو شماره نامگذاری می شد.

تشخیص پایه‌ها و سالم بودن دیود (یا هر اتصال P-N دیگر) با استفاده از مولتی‌متر

با توجه به اینکه دیود یک اتصال p-n است، اگر دیود بصورت مستقیم بایاس شود مقاومت کمی از خود نشان می‌دهد و در حالت بایاس معکوس مقاومت خیلی زیادی از خود نشان می دهد. برای شناسایی سرهای دیود، توسط مولتی‌متر دیجیتال لازم است دو سر دیود را به سرهای com و V مولتی‌متر وصل کنیم و مولتی‌متر را در قسمت تست دیود که با علامت دیود روی مولتی متر مشخص شده است قرار

می دهیم. اگر ولتاژ آستانه قابل مشاهده باشد نتیجه می‌گیریم که دیود در بایاس مستقیم بوده و آند به ولتاژ مثبت (یعنی پایه ی V مولتی متر) و کاتد به ولتاژ منفی (یعنی پایه ی com) وصل شده است. در غیر این‌صورت لازم است جهت دیود را معکوس کنیم. بعد از تعویض پایه ها اگر دوباره مولتی‌متر مقداری نشان نداد، دیود خراب است.



شکل ۴۵-۱ تشخیص پایه‌های دیود و عیب‌یابی

ترانزیستور[1]

ترانزیستورها مانند دیودها به سه روش نامگذاری می شوند: روش ژاپنی، روش اروپایی، روش آمریکایی.

روش ژاپنی

در این روش، نام ترانزیستور با عدد ۲ شروع شده و به دنبال آن حرف S را می‌آورند. بعد از 2S، یکی از چهار حرف زیر قرار داده می شود که هر یک مفاهیمی خاص خود به شرح زیر را دارند:

حرف A نشان دهنده ترانزیستور از نوع PNP بوده و در فرکانس های بالا، نیز می تواند کار کند.

حرف B نشان دهنده ترانزیستور از نوع PNP بوده و در فرکانس های کم می تواند کار کند.

[1]Transistor

حرف C نشان دهنده ترانزیستور از نوع NPN بوده و در فرکانس های بالا، نیز می تواند کار کند.

حرف D نشان دهنده ترانزیستور از نوع NPN بوده و در فرکانس های کم می تواند کار کند.

بعد از این حروف تعداد ۲ یا ۳ یا ۴ رقم عدد قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که بر روی اکثر ترانزیستورها، حرف 2S را قید نمی‌نمایند.

روش اروپایی

از سال ۱۹۶۰ به بعد، سیستم نامگذاری ترانزیستورها تغییر کرد. بدین نحو که، ترانزیستورهای به کار رفته در رادیو و تلویزیون و یا در وسایل الکترونیکی عمومی بیشتر با دو حرف و سه شماره، و ترانزیستورهای خاص، با سه حرف و دو شماره مشخص می‌شوند. در ادامه روش نامگذاری با دو حرف و سه شماره گفته خواهد شد. حرف اول در این روش، نشان دهنده جنس نیمه هادی است که اگر از ژرمانیوم باشد با حرف A و اگر سیلیسیم باشد با حرف B مشخص می‌شود. حروف دوم یکی از حروف زیر است:

حرف C نشان دهنده ترانزیستور کم قدرت – فرکانس کار کم

حرف D نشان دهنده ترانزیستور قدرت – فرکانس کار کم

حرف F نشان دهنده ترانزیستور کم قدرت – فرکانس کار زیاد

حرف L نشان دهنده ترانزیستور قدرت – فرکانس کار زیاد

حرف S نشان دهنده ترانزیستور کم قدرت به عنوان سوییچ به کار می رود.

حرف U نشان دهنده ترانزیستور قدرت به عنوان سوییچ به کار می رود.

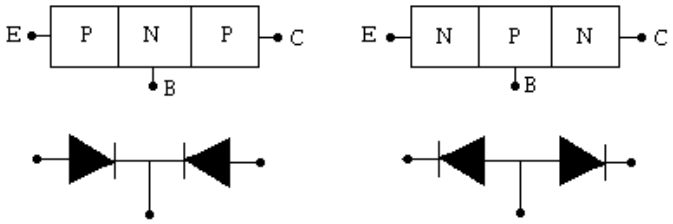
سه شماره بعد، نشان دهنده سری ترانزیستور می‌باشد.

۱-۱-۱-۱- روش آمریکایی

در این روش نامگذاری، ترانزیستور و المان‌های سه قطبی را با حرف و عدد 2N مشخص می‌کنند و تعدادی رقم به عنوان شماره سری به دنبال آن می‌آورند. حرف N و عدد 2 فقط المان‌های سه قطبی را از المان های دو قطبی (مانند دیود) مشخص می‌سازد.

۱-۱-۱-۲- تشخیص پایه‌ها و سالم بودن ترانزیستور

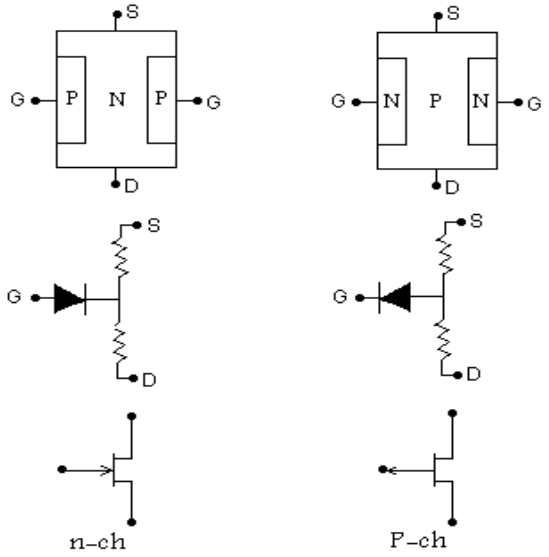
ترانزیستور از دو اتصال p-n تشکیل شده است که در شکل (۱-۱۶) اتصال ترانزیستورهای BJT و در شکل (۱-۱۷) اتصال ترانزیستورهای FET نشان داده شده است، بنابراین تست آن مشابه دیود است.



شکل ۵-۱ترانزیستورهای BJT

برای تست ترانزیستورهای BJT، مولتی‌متر را روی قسمت دیود گذاشته از سرهای com و V مولتی‌متر استفاده می‌کنیم، باید پایه‌های ترانزیستور را دوتا دوتا تست کنیم، پایه‌ای که با هر دو پایه دیگر مقدار داشت بیس می‌باشد. از دوپایه دیگر هر کدام ولتاژش نسبت به بیس بیشتر بود امیتر و دیگری کلکتور می‌باشد. برای تشخیص نوع ترانزیستور دو حالت وجود دارد: الف) اگر بیس به سر V مولتی‌متر وصل شود و سر Com را به دو پایه دیگر ترانزیستور وصل کنیم، در صورت نمایش ولتاژ توسط مولتی‌متر ترانزیستور نوع npn است. ب) اگر بیس به سر Com مولتی‌متر وصل شود و سر V را به دو پایه دیگر ترانزیستور وصل کنیم، در صورت نمایش ولتاژ توسط مولتی‌متر ترانزیستور نوع pnp است.

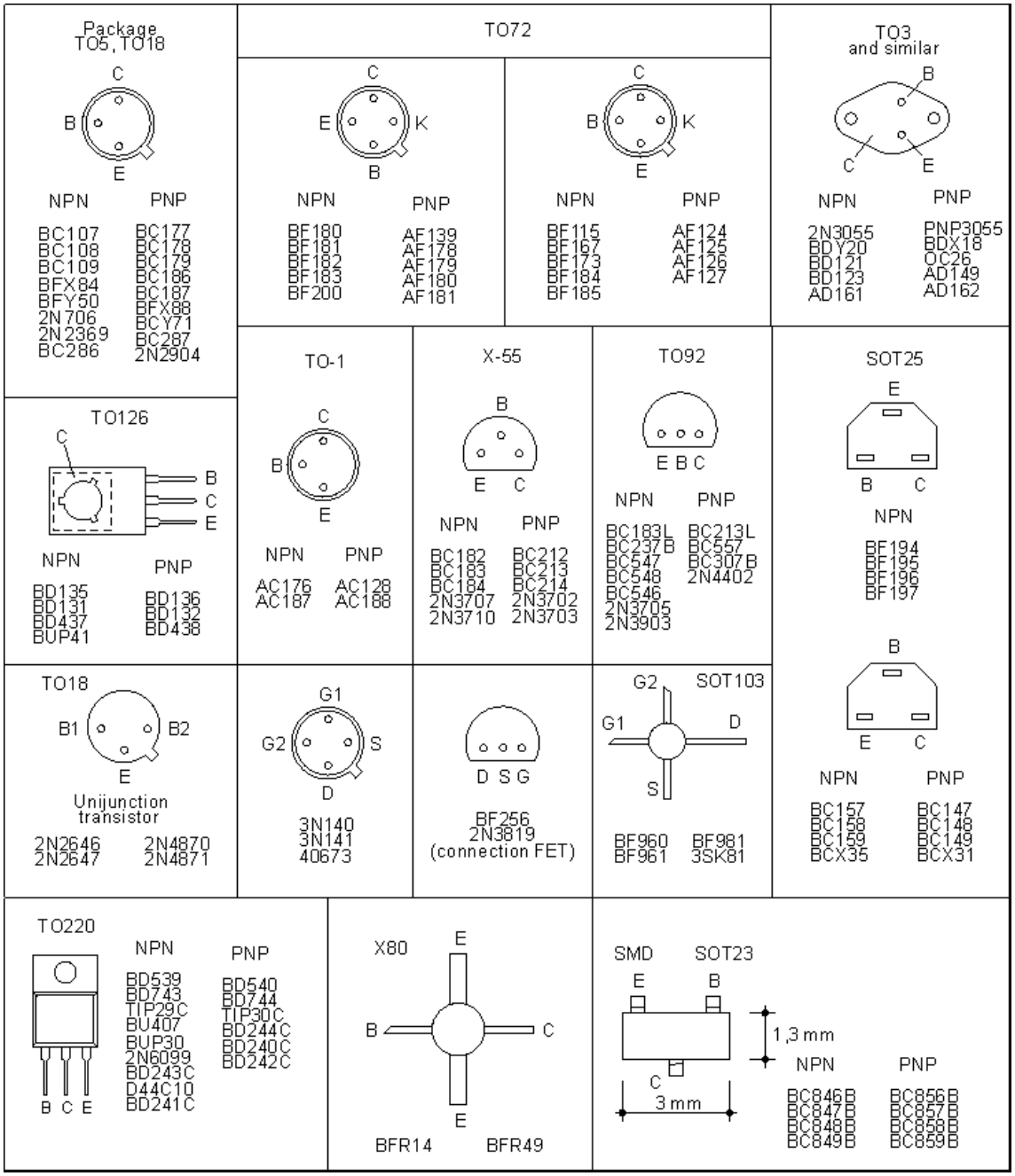
برای تست ترانزیستورهای FET نیز همانند ترانزیستورهایBJT عمل می‌کنیم. پایه‌ها را دوتا دوتا تست می‌کنیم، پایه‌ای که با دو پایه دیگر مقدار داشت گیت می‌باشد. اما در اینجا بین درین و سورس تفاوتی نیست و مهم تشخیص گیت است. برای تشخیص نوع ترانزیستور اگر اگر گیت به سر V مولتی‌متر وصل بود و با دو پایه دیگر مقدار نشان داد n-ch است. در غیر اینصورت اگر بیس به سر Com مولتی‌متر وصل بود و با دو پایه دیگر مقدار نشان داد p-ch است.



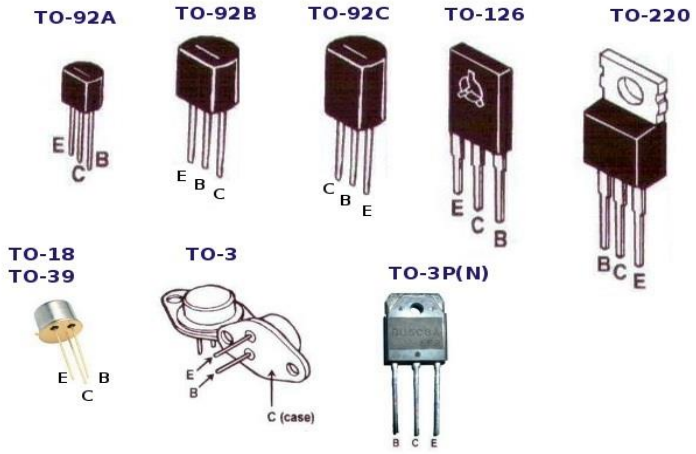
شکل ۱۷-۱ ترانزیستورهای FET

انواع پکیج های ترانزیستور

شکل (۱-۱۸) و (۱-۱۹) انواع پکیج های ترانزیستور را نمایش می دهند:



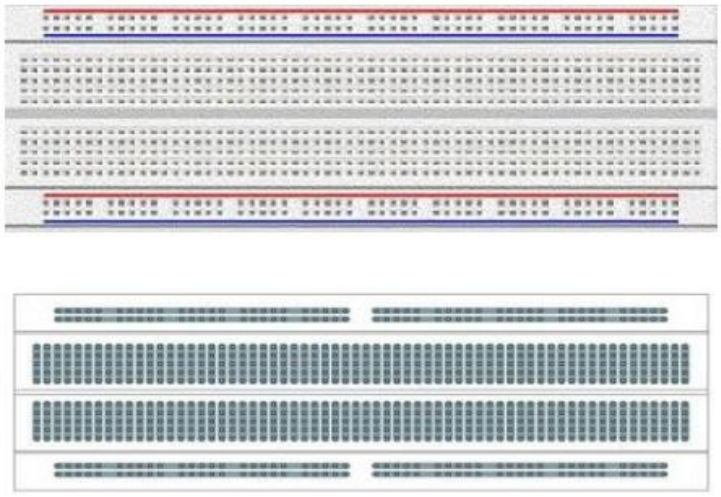
شکل ۱۸-۱) انواع پکیجهای ترانزیستورها



شکل ۱۹-۱) برخی از پکیج های ترانزیستور

۱-۱-۲- برِد بُرد[1]

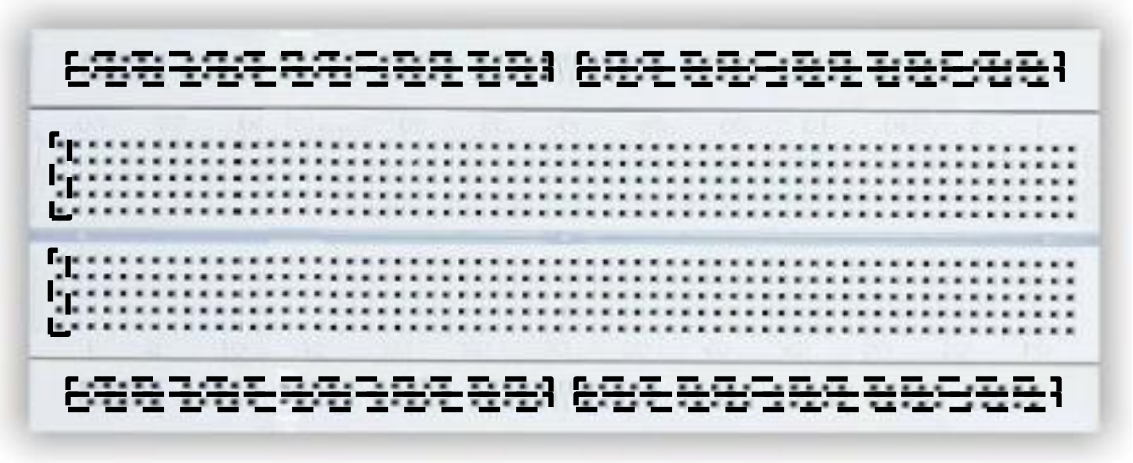
برِد بُرد نوعی برد الکترونیکی است که به وسیله‌ی آن می‌توان قطعات الکترونیکی را به یکدیگر متصل کرد. در شکل (۱-۲۰) یک نمای کلی از دو نوع برد برد آورده شده است.



شکل ۲۰-۱) نمای کلی از برد برد

[1]BreadBoard

نحوه ی اتصال سوراخهای برد برد به یکدیگر در شکل زیر ترسیم شده است.



شکل ۲۱-۱) ساختار کلی از برد برد

برد به صورت افقی از وسط جداست. سوراخ های وسط به صورت عمودی پنج تایی به هم وصل هستند.

دو ردیف بالا و پایین نیز که به صورت افقی به هم وصل هستند معمولا به خاطر تعداد زیاد آنها برای VCC و GND (برای تغذیه‌ی مثبت و منفی برد) استفاده می‌شوند.

برای استفاده از آی‌سی‌ها، باید آنها را در قسمت وسط طوری قرار دهیم که پایه‌های آن در دو طرف با یکدیگر اتصال کوتاه نشوند.

آزمایش ۲: دیود

مقدمه

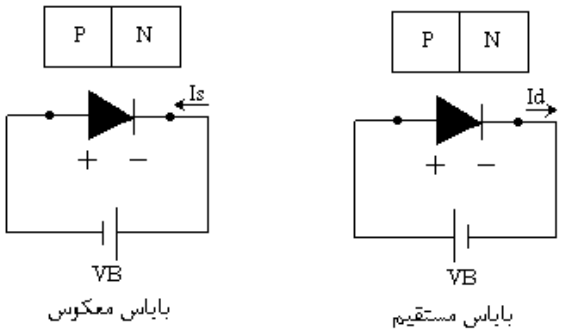
دیود یک قطعه الکترونیکی است که اجازه عبور جریان را فقط در یک جهت می‌دهد.

دیود در یک جهت(بایاس مستقیم: آند به ولتاژ بزرگتر از کاتد وصل شود) مقاومت بسیار کمی در مقابل عبور جریان نشان می‌دهد، اما در جهت عکس(بایاس معکوس: آند به ولتاژ کمتر از کاتد وصل شود) مقاومت بالایی دارد.

تئوری آزمایش

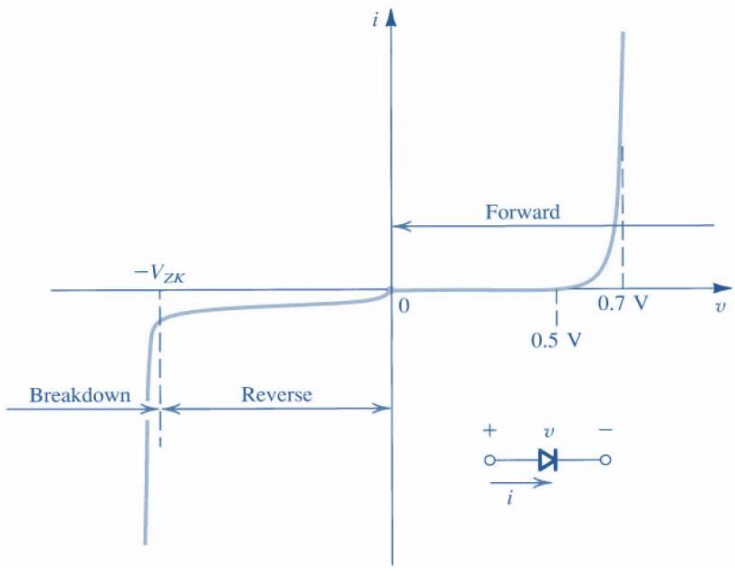
مشخصه ولتاژ–جریان دیود

برحسب اینکه منبع تغذیه به چه صورت به دیود وصل شود دو نوع بایاس داریم. بایاس مستقیم و بایاس معکوس.



شکل ۱-۲) دیود در بایاس مستقیم و معکوس

طبق نمودار جریان- ولتاژی دیود، رفتار دیود را می‌توان مورد بررسی قرار داد.



شکل ۲-۲) منحنی مشخصه دیود

رابطه بین جریان و ولتاژ دوسر دیود را معادله مشخصه دیود می‌گویند و عبارت است از:

$$I_d = I_S(e^{\frac{v}{nV_T}} - 1)$$

I_S جریان اشباع معکوس دیود است که در دیودهای سیلیکنی در حد نانوآمپر و در دیودهای ژرمانیمی در حد میکروآمپر می‌باشد. V_T ($V_T = \frac{KT}{q}$) ولتاژ حرارتی است و در دمای معمولی $25.8mV$ می‌باشد.

K ثابت بولتزمن و q مقدار بار الکتریکی یک الکترون می باشد.

$$K = 1.38 * 10^{-23}$$

$$q = 1.6 * 10^{-19}$$

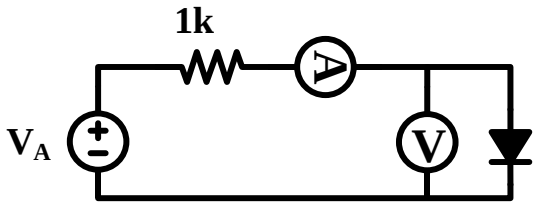
ولتاژ آستانه برای دیودهای سیلیکنی حدود $0.6V$ و برای دیودهای ژرمانیمی در حد $0.2V$ است.

ولتاژ شکست معکوس دیود

چنانچه ولتاژ معکوس دیود روی دیود را به حدی افزایش دهیم که جریان دیود بطور ناگهانی شروع به افزایش نماید، پدیده‌ی شکست رخ داده است. ولتاژی که در آن این پدیده شروع می‌شود ولتاژ شکست معکوس دیود نامیده می شود.

شبیه سازی

۱- به کمک نرم افزار PSpice مدار شکل زیر را ببندید. دیود را D1N4007، مقاومت را 1K، میزان ولتاژ منبع DC را روی مقادیر جدول ارائه شده قرار داده و جدول را کامل کنید.



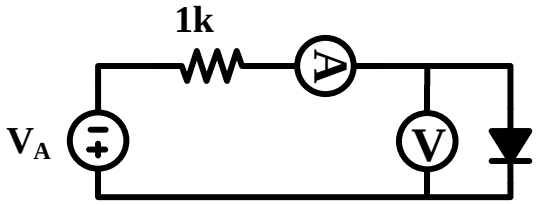
شکل ۳-۲) بایاس مستقیم دیود-شبیه سازی

۲- با استفاده از ولتاژ و جریان دیود، I_S را محاسبه نمایید. مقدار r_d (مقاومت دینامیکی) و R_{dc} (مقاومت استاتیکی) را محاسبه و در جدول کامل نمایید؟

جدول ۲-۱ نتایج پیش گزارش

V_A(V)	0.5	0.75	1	3	5	7	10
V_D(mV)							
I_D(mA)							
I_s							
R_{dc}							
r_d							

۳- به کمک نرم افزار PSpice مدار شکل زیر را که دیود به صورت بایاس معکوس است را ببندید. دیود را D1N4007، مقاومت را 1K، میزان ولتاژ منبع DC را روی مقادیر جدول تنظیم کرده و جدول را کامل کنید.



شکل ۴-۲) بایاس معکوس دیود-شبیه سازی

جدول ۲-۲ نتایج پیش گزارش

$V_A(V)$	1	10	50	80	90
$V_D(mV)$					
$I_D(mA)$					
I_s					
R_{dc}					
r_d					

۱- با استفاده از ولتاژ و جریان دیود، I_S را محاسبه نمایید. مقدار r_d را محاسبه و در جدول کامل نمایید؟

۲- با ذکر دلیل بگویید مقاومت دیده شده توسط اهم‌متر در بایاس مستقیم و معکوس، مقاومت استاتیکی دیود است یا دینامیکی؟

مراحل آزمایش

۱- با استفاده از یک مولتی‌متر موارد خواسته شده در جدول زیر را به دست آوردید؟

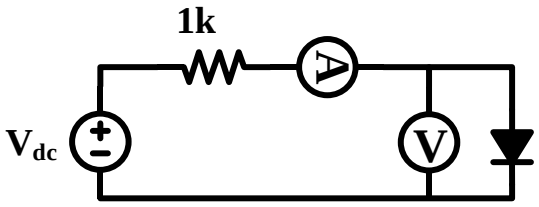
جدول۲-۳

تشخیص پایه ها	سالم بودن	جنس دیود	ولتاژ آستانه	دیود

1N4007			-	-
زنر 5.6V			-	-
یک مدل دیود ژرمانیم			-	-

۲- مدار شکل (۲-۴) را بسته با تغییر ولتاژ منبع تغذیه DC، جریان دیود را روی مقدارهای نوشته شده در جدول تنظیم کنید، سپس ولتاژ دیودها را در جدول (۲-۴) یادداشت نمایید.

توجه: مقدار ولتاژ منبع تغذیه DC را روی کمترین مقدار قرار دهید سپس به مدار وصل کنید.



شکل ۴-۲ دیود در بایاس مستقیم-آزمایش

جدول ۲-۴

	I_D(mA)	۰/۵	۱	۲	۴	۶	۸
V_D	1N4007						
	دیود زنر5.6V						
	دیود ژرمانیم						

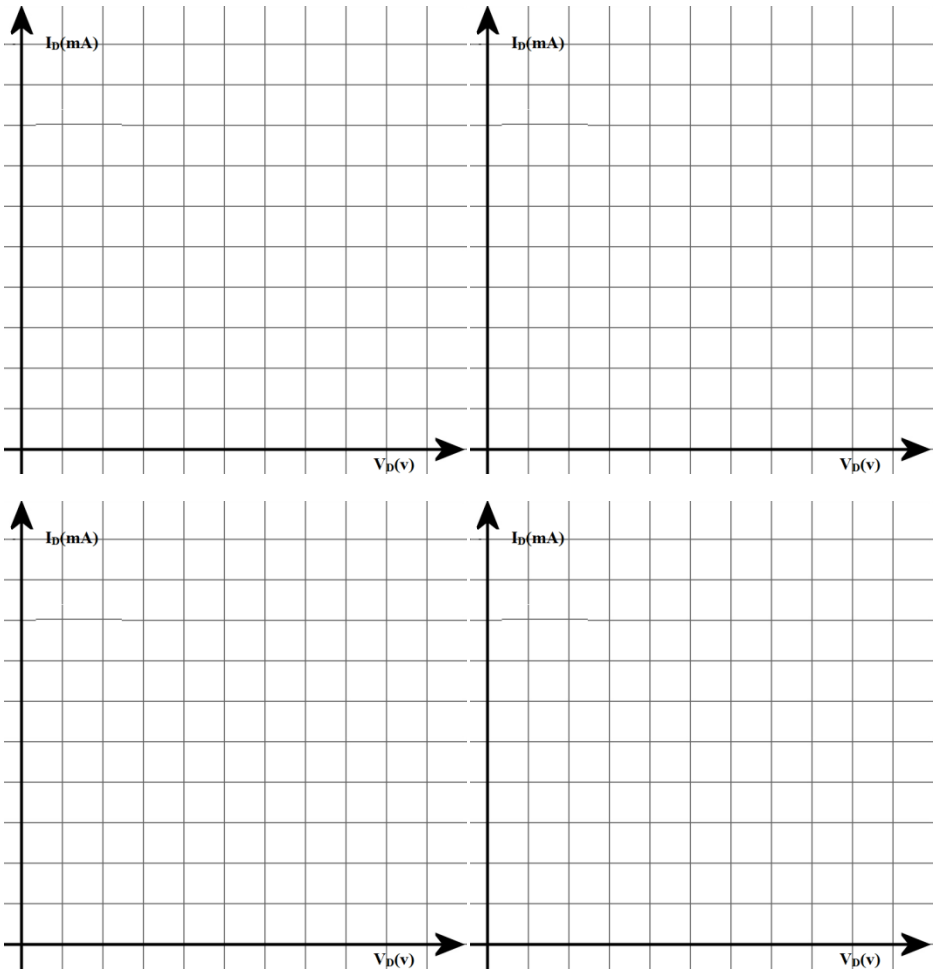
دیود مورد نظر را با یک دیود نورانی تعویض کرده و جدول زیر را کامل کنید؟

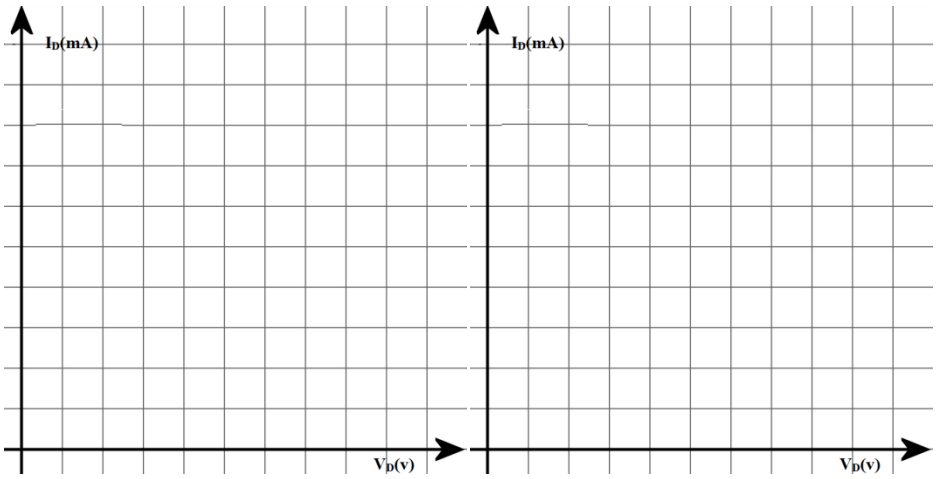
جدول۲-۵ بایاس مستقیم LED

	ID(mA)	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.5
V_D	LED قرمز رنگ						

V_D	LED سبز رنگ						
V_D	LED آبی رنگ						

۳- با توجه به جدول، منحنی مشخصه دیودها را رسم کنید.



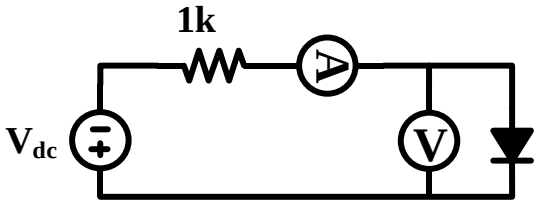


۴- ولتاژ آستانه را برای هر دیود، به ازای جریان ۱میلی‌آمپر در جدول قبل مشخص کنید.

۵- برای رنگ‌های دیگر LED ولتاژ آستانه را به ازای جریان ۱میلی‌آمپر مشخص نمایید. آیا رنگ‌های مختلف ولتاژ آستانه یکسان دارند؟

منحنی مشخصه دیود در حالت بایاس معکوس

۶- در مدار شکل زیر دیود در بایاس معکوس می باشد مدار را بسته، سپس جدول را کامل نمایید.



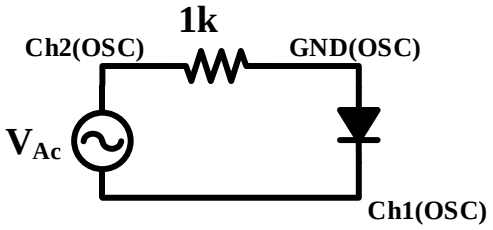
شکل ۵-۲دیود دربایاس معکوس-آزمایش

جدول ۲-۶ بایاس معکوس دیود

V_D		0.2	0.5	1	2	4	6
$I_D(\mu A)$	1N4001-7						
	دیود ژرمانیم						

۷- منحنی مشخصه دیود در اسیلوسکوپ

در این قسمت از آزمایش قصد داریم منحنی جریان - ولتاژ دیود را روی اسیلوسکوپ رسم نماییم. مدار زیر را بسته و تنظیمات مربوط به سیگنال ژنراتور و اسیلوسکوپ را طبق ازمایش تنظیم نمایید.



شکل ۲-۶) رسم منحنی مشخص ی دیود روی اسیلوسکوپ

سیگنال ژنراتور را یک سینوسی با دامنه ی ۵ ولتی با فرکانس ۱۰۰ هرتز تنظیم کنید هدف از این کار سوییپ ولتاژ روی دیود است.

کانال یک اسیلوسکوپ را طبق پلاریته ی نشان داده شده به دو سر دیود وصل کنید در این حالت این کانال بیانگر ولتاژ دو سر دیود با پلاریته ی منفی است برای اصلاح پلاریته ی آن از منوی مربوط به کانال یک آن را اینورت کنید.

کانال دو مربوط به اسیلوسکوپ را طبق پلاریته ی نشان داده شده به دو سر مقاومت وصل کنید در این حالت چون اندازه ی مقاومت برابر یک کیلو اهم است رابطهی مستقیم با ضریب یک بین ولتاژ و جریان ان وجود دارد و از آنجا که دیود و مقاومت سری هستند کانال دوم نشانگر مقدار جریان دیود خواهد بود. در این حالت اگر از منوی Display حالت نملیش را از Y-T روی X-Y قرار دهیم محور افقی کانال یک و محور عمودی کانال دوم خواهد بود و از انجایی که کانال یک نشانگر ولتاژ دو سر دیود و کانال دوم نشانگر جریان دیود است منحنی رسم شده منحنی جریان-ولتاژی دیود خواهد بود.

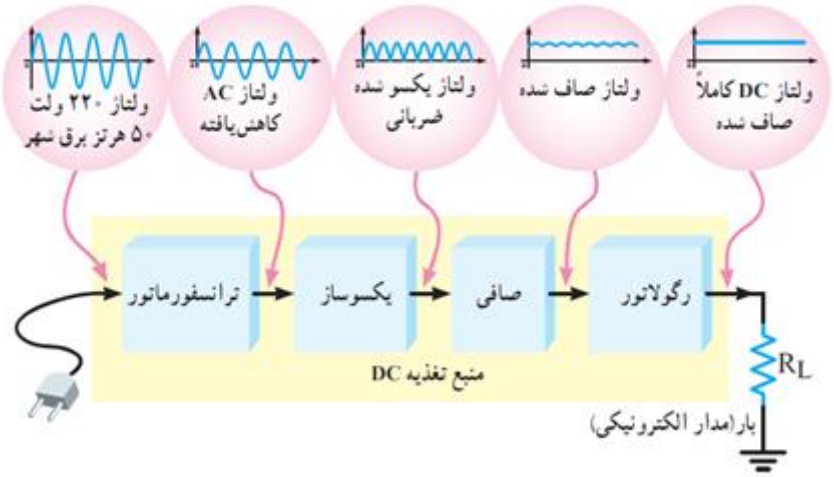
سوالات

۱- آیا نتایج تئوری، شبیه سازی و نتایج به دست آمده در آزمایشگاه با هم یکی است؟ در صورت وجود اختلاف دلیل ان را شرح دهید.

آزمایش ۳: یکسوسازها

مقدمه

در اکثر مدارها و دستگاه‌های الکترونیکی، برای تامین انرژی و توان مصرفی سیستم، نیاز به منابع تغذیه مستقیم می‌باشد. منابع تغذیه مستقیم، برق شهر را به ولتاژ DC تبدیل می‌کنند. شکل زیر بلوک دیاگرام کلی یک منبع تغذیه مستقیم را نشان می‌دهد. یکسوسازها یکی از اجزای اصلی منابع تغذیه مستقیم هستند.



شکل ۱-۳ بلوک دیاگرام یک منبع تغذیه

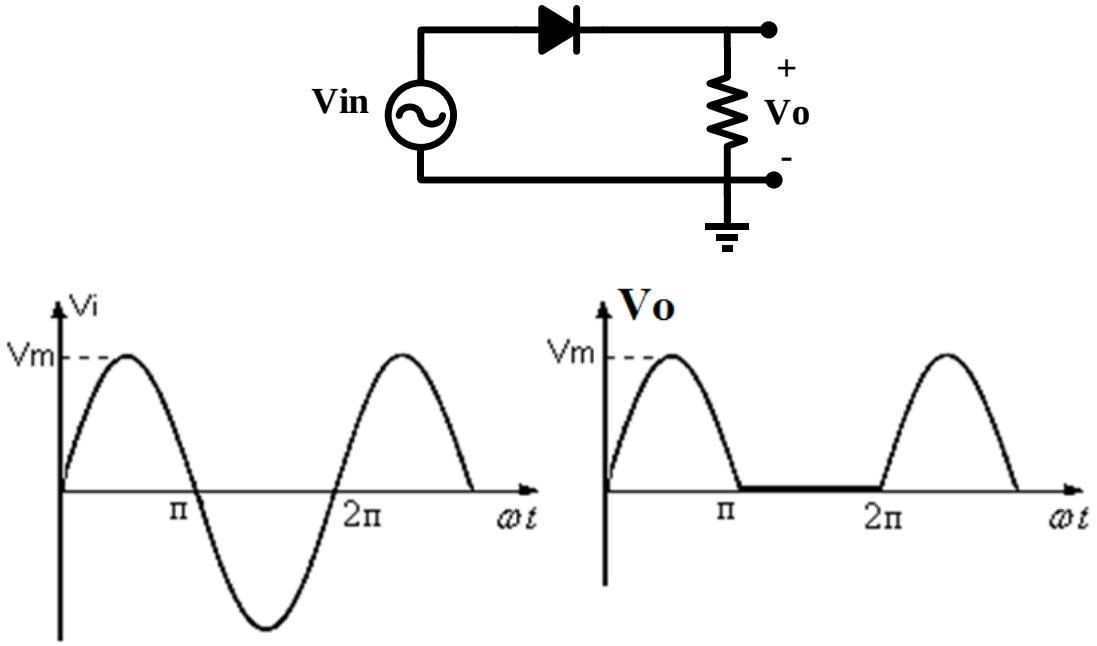
تئوری آزمایش

یکسوساز نیم موج[1]

همانطور که در شکل (۲-۳) دیده می‌شود، هنگامی که ورودی مثبت است دیود بصورت مستقیم بایاس شده (اتصال کوتاه می‌شود) و شکل موج ورودی و خروجی برابرند (با فرض دیود ایده آل). اما به محض اینکه موج ورودی منفی شد دیود بصورت معکوس بایاس شده (قطع می‌شود) خروجی صفر می‌شود.

[1]Half Wave Rectifier

حداقل اندازه ولتاژ معکوس دیود باید برابر با V_m باشد، زیرا زمانی که دیود قطع است تمامی ولتاژ ورودی روی آن ظاهر می‌شود.



شکل ۲-۳یکسوساز نیم‌موج

یکسوساز تمام موج[1]

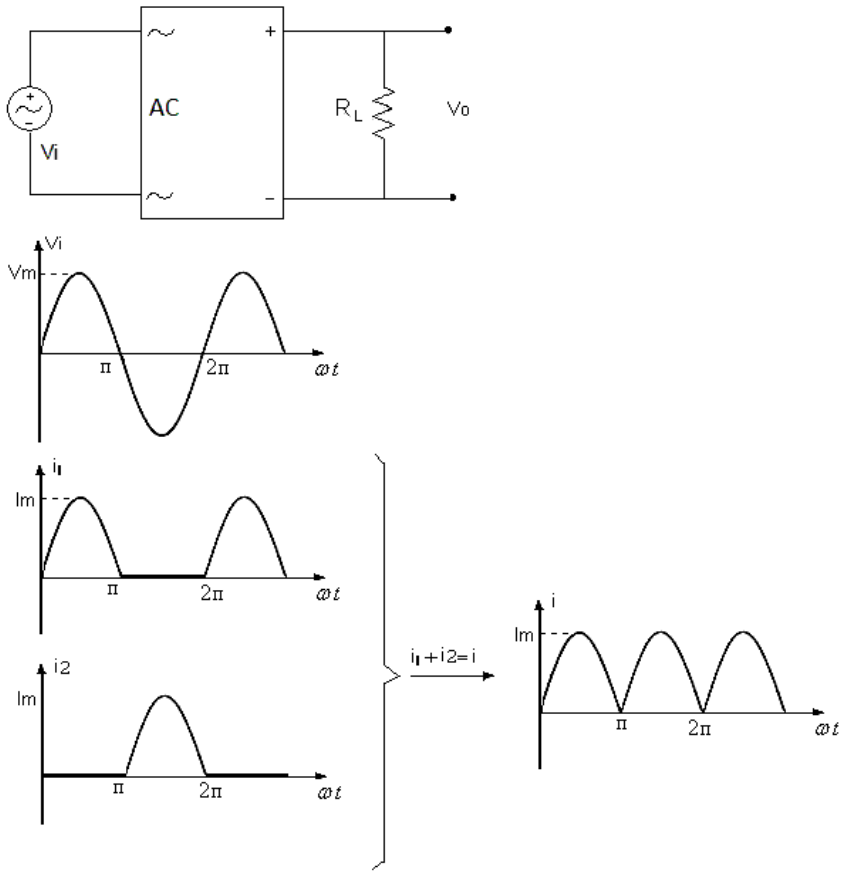
شکل (۳-۳) عملکرد یکسوساز تمام موج را نشان می دهد. در یکسوساز تمام موج از دو دیود استفاده شده‌است، نیم سیکل مثبت را یک دیود و نیم سیکل منفی را دیود دیگر هدایت می‌کند. حداقل اندازه ولتاژ معکوس دیود باید برابر با $2V_m$ باشد، بنابراین در انتخاب دیود باید دقت شود که حداکثر ولتاژ معکوس آن از $2V_m$ بیشتر باشد تا دیود ها آسیب نبینند.

دو نوع یکسوساز تمام موج داریم:

۱- یکسوساز با ترانس سر وسط دار

۲- یکسوساز با پل دیودی

[1]Full Wave Rectifier



شکل ۳-۳) یکسوساز تمام‌موج با پل دیودی

۳-۱-۱- ولتاژ ریپل

دامنه ی تغییرات مقدار ولتاژ خروجی را ریپل می گویند. شکل (۳-۴) مفهوم ولتاژ ریپل را نشان می‌دهد.

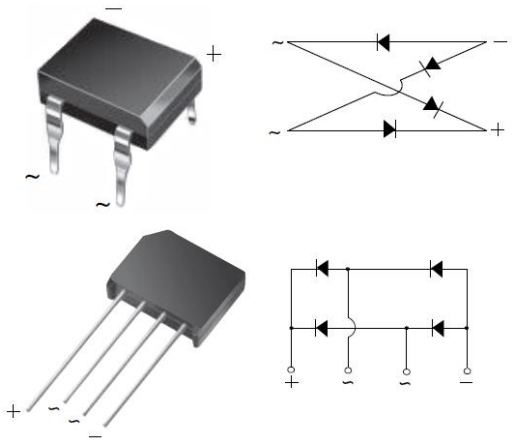
شکل ۳-۴) ولتاژ ریپل

ضریب ریپل برابر است با:

$$r = \frac{V_{rms(ripple)}}{V_{dc}} = \frac{\text{خروجی متناوب جز موثر مقدار}}{\text{خروجی موثر مقدار}}$$

یکسوکننده پل

یکسوکننده پل[1] در حقیقت یک نوع یکسوکننده تمام موج است. دو پایه با علامت متناوب، پایه‌های ورودی بوده که به سیگنال ac وصل می‌شود و دو پایه دیگر که با علامت مثبت و منفی مشخص شده‌اند پایه‌های یکسوشده جریان خروجی است که به بار متصل می‌شود. و حداکثر ولتاژ معکوس هر دیود آن برابر V_m است. شکل (۳-۵)



شکل ۵-۳) پل دیودی (آی سی های موجود در بازار)

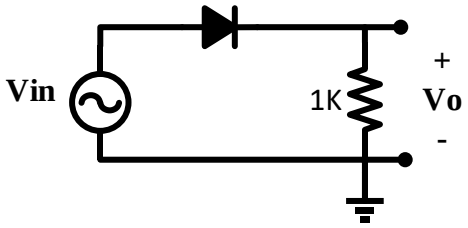
با اعمال خازن به خروجی یکسو کننده، ولتاژ خروجی صاف تر شده و تغییرات آن را به صورت شکل زیر کم می کند:

[1] -Bridge

شکل ۳-۶) منحنی شارژ و دشارژ خروجی

۱-۱- شبیه سازی

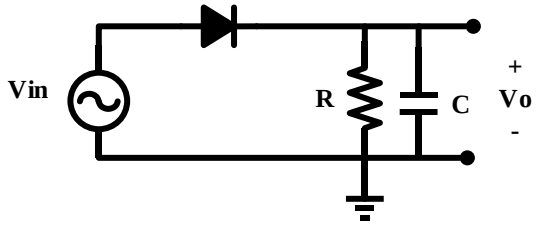
۱- به کمک نرم افزار PSpice مدار شـکل (۳-۷) را ببندید. دیود D1N4007، مقاومت 1K، ولتاژ ورودی یک سینوسی با دامنه ۵ ولت و فرکانس 100Hz اعمال نمایید.



شکل ۳-۷) مدار یکسوساز نیم‌موج- شبیه سازی

۲- شکل موج‌های قبل و بعد از دیود و دو سر دیود را رسم نمایید.

۳- به کمک نرم افزار PSpice مدار شکل(۳-۸) را ببندید. دیود D1N4007، ولتاژ ورودی یک سینوسی با دامنه ۵ ولت اعمال کرده و جدول زیر را کامل کنید.



شکل ۸-۳ مدار یکسوساز نیم موج با صافی خازنی- شبیه سازی

R	0.1k	1k	2.2	5.6	10	22
C	4.6u	4.6u	4.6u	50u	50u	50u
f	100Hz	100Hz	100Hz	1KHz	1KHz	1KHz
Vo(dc)						
Vr						
r						

یکسوساز دیودی تمام موج را بسته و جدول مربوطه را کامل کنید.

مدار یکسوساز تمام موج با صافی خازنی- شبیه سازی

R	0.1k	1k	2.2	5.6	10	22
C	4.6u	4.6u	4.6u	50u	50u	50u
f	100Hz	100Hz	100Hz	1KHz	1KHz	1KHz
Vo(dc)						
Vr						
r						

مقایسه یکسوسازها-پیش‌گزارش

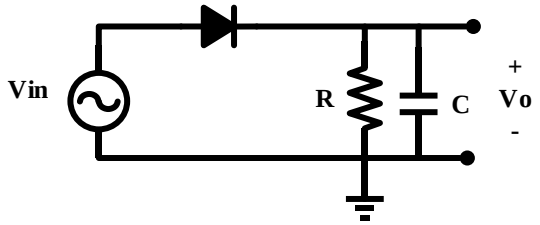
یکسوساز پل	یکسوساز تمام-موج(باترانس)	یکسوساز نیم‌موج	
			مقدار پیک خروجی
			مقدار متوسط ولتاژ خروجی
			مقدار پیک ولتاژ معکوس اعمال شده به دیود
			فرکانس موج خروجی

٤- شکل موج‌های قبل و بعد از دیود و دو سر دیود را رسم نمایید.

۵- بعد از انجام دو قسمت فوق و با توجه به مطالب یکسوسازها، جدول مربوطه را کامل نمایید (با فرض اینکه ولتاژ پیک ورودی را V_p و فرکانس آن را F_{in} در نظر بگیریم).

۳-۲- مراحل آزمایش

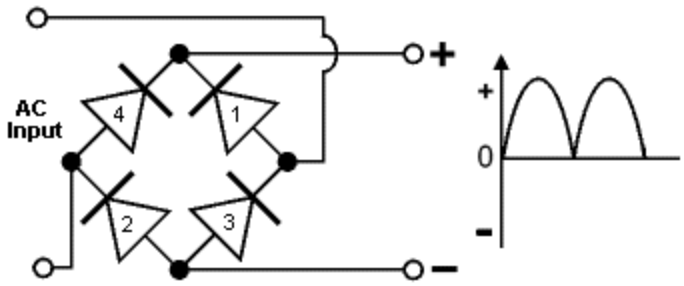
۱- مدار زیر را ببندید. سیگنال ژنراتور را به گونه‌ای تنظیم نمایید که دامنه ولتاژ ورودی $5V$ باشد. بدون اتصال خازن به مدار ابتدا شکل موج خروجی را در فرکانس های مختلف مشاهده کنید و دامنه پیک خروجی را یادداشت نمایید.



شکل ۹-۳ مدار یکسوساز نیم موج با صافی خازنی- آزمایش

خازن را به مدار اعمال کرده و جدول زیر را کامل کنید.

R	0.1k	1k	2.2	5.6	10	22
C	4.6u	4.6u	4.6u	50u	50u	50u
f	100Hz	100Hz	100Hz	1KHz	1KHz	1KHz
Vo(dc)						
Vr						



شکل ۱۰-۳) یکسوساز تمام موج با پل دیود-آزمایش

مدار یکسوساز پل دیودی را بسته و شکل موج خروجی را مشاهده نمایید و مقدار متوسط و پیک خروجی را یاداشت نمایید.

یک خازن با اندازه های مختلف به خروجی اعمال کرده و جدول زیر را کامل کنید:

R	0.1k	1k	2.2	5.6	10	22
C	4.6u	4.6u	4.6u	50u	50u	50u
f	100Hz	100Hz	100Hz	1KHz	1KHz	1KHz
Vo(dc)						
Vr						

سوالات

۱- آیا نتایج تئوری، شبیه سازی و نتایج به دست آمده در آزمایشگاه با هم یکی است؟ در صورت وجود اختلاف دلیل ان را شرح دهید.

آزمایش ۴: مدارهای دیودی

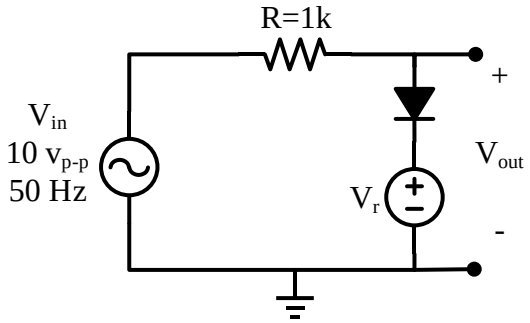
مقدمه

در بسیاری از سیستم ها نیاز به مداراتی داریم تا بتوانیم از اضافه ولتاژ جهت جلوگیری از آسیب به سیستم محافظت کنیم بنابراین نیاز به طراحی مداراتی داریم تا توسط آن در صورت افزایش یا کاهش بیش از حد ولتاژ، از آن جلوگیری کند. به این مدارات مدارات محدود کننده ولتاژی می گویند.

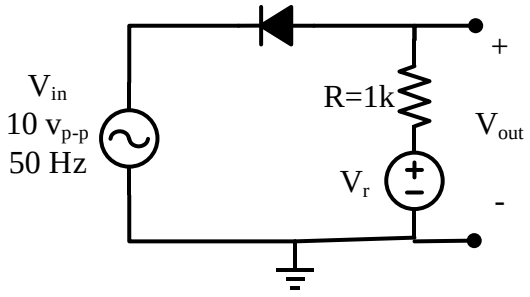
تئوری آزمایش

مدارات زیر را تحلیل کرده و تابع مشخصه انتقالی آن را رسم نمایید. نحوه ی کار هر مدار را شرح داده و نحوه ی محدود کردن ولتاژ خروجی را بررسی نمایید.

مدارات محدود کننده:



شکل ۴-۱) مدار محدود کننده موازی



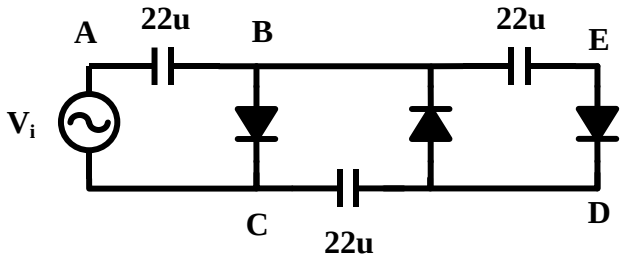
شکل ۴-۲) مدار محدود کننده سری

در این مدارات Vr را صفر، ۲+ و ۲- اعمال کنید و نتایج را بررسی نمایید. سپس جهت دیود را بر عکس کرده و مراحل را تکرار کنید.

مدار چند برابر کننده ولتاژ:

مدار شـکل (۴-۳) را تحلیل کرده، و شـکل موج نقاط AB، CD، AE را رسـم کنید. کارکرد مدار را توضیح دهید.

دامنه ولتاژ ورودی5V و فرکانس آن 200Hz اعمال شود.



شکل ۳-۴) مدار چند برابر کننده ولتاژ

شبیه سازی

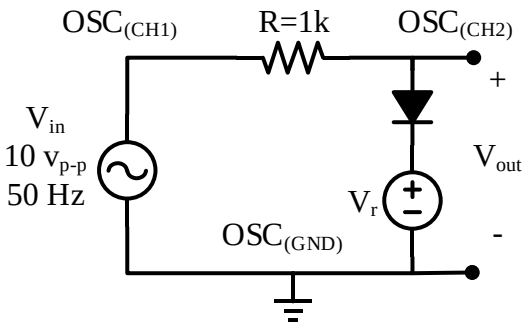
با استفاده از نرم افزار Pspice مدارات ارائه شده را شبیه سازی کرده و شکل موج Vout و Vin را برای همه ی حالات رسم نمایید.

مراحل آزمایش:

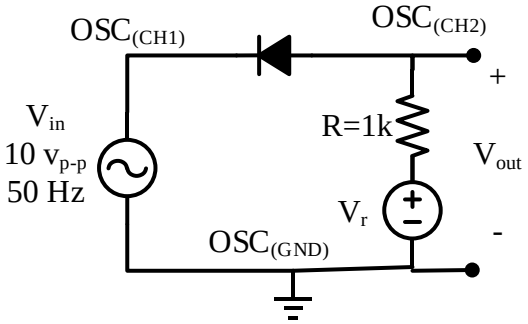
مدارات ارائه شده را در آزمایشگاه ببندید و نتایج خروجی را بررسی نمایید.

برای تمام حالات ورودی و خروجی را به صورت همزمان روی اسیلوسکوپ مشاهده نمایید.

دو کانال اسیلوسکوپ را به صورت زیر به مدارات ارائه شده وصل کنید تا بتوانید منحنی تابع مشخصه را روی اسیلوسکوپ ببینید.



شکل ۴-۴) مشاهده نمودار مشخصه مدار محدود کننده موازی روی اسیلوسکوپ



شکل ۴-۵) مشاهده نمودار مشخصه مدار محدود کننده سری روی اسیلوسکوپ

سوالات

۱- آیا نتایج تئوری، شبیه سازی و نتایج به دست آمده در آزمایشگاه با هم یکی است؟ در صورت وجود اختلاف دلیل ان را شرح دهید.

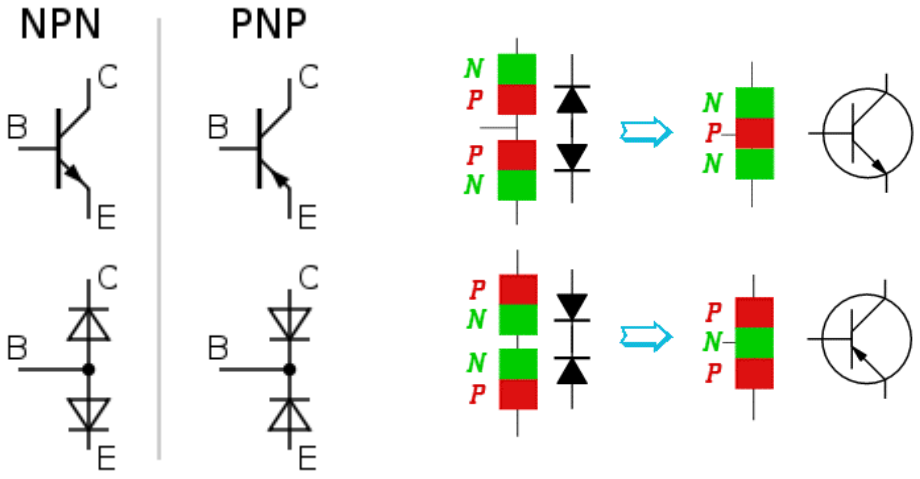
آزمایش ۵: آشنایی با ترانزیستور BJT و مدارات بایاس

مقدمه

یکی از مهمترین قطعات الکترونیکی، ترانزیستور می‌باشد. ترانزیستور یکی از ادوات نیمه رسانا است که از مواد نیمه رسانایی مانند سیلیسیم و ژرمانیم ساخته شده است. یک ترانزیستور در ساختار خود دارای پیوندهای نوع N و نوع P می‌باشد.

ترانزیستورهای جدید به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: ترانزیستورهای اتصال دوقطبی (BJT) و ترانزیستورهای اثر میدانی (FET). ترانزیستور دوقطبی دارای سه پایه با نام های امیتر،کلکتور و بیس است.

امیتر در NPN الکترون‌ها (حفره‌ها را در PNP) به بیس تزریق می‌کند و کلکتور آنها را از بیس جمع می‌کند. مدار شکل زیر، نماد معادل یک ترانزیستور دو قطبی را نشان می‌دهد. از همین مدار معادل می توان برای تشخیص پایه بیس، امیتر و کلکتور ترانزیستور استفاده می‌شود. چون نوع دیفویز بیس با امیتر و کلکتور متفاوت است بنابراین بیس و دو پایه ی دیگر مانند دیود عمل می‌کند. بنابراین با استفاده از مولتی متر می توان نوع و پایه های ترانزیستور را تشخیص داد.



شکل ۱-۵) نماد معادل یک ترانیستور

حال با مشخص بودن بیس ترانزیستور، می‌توان نوع آنرا تشخیص داد. حالتی را در نظر بگیرید که مولتی متر در حالت دیودی بایاس مستقیم را نشان می‌دهد، اگرسیم مثبت مولتی متر به پایه بیس متصل باشد تراتزیستور از نوع NPN می‌باشد و اگر سیم منفی مولتی متر به پایه بیس متصل می‌باشد ترانزیستور از نوع PNP می‌باشد. دلیل این پدیده را ذکر کنید.

حال با تشخیص پایه بیس و نوع ترانزیستور می‌توان پایه‌های امیتر و کلکتور ترانزیستور را تشخیص داد. برای مثال در یک ترانزیستور NPN، سیم مثبت مولتی متر را به پایه بیس متصل کرده و سپس سیم منفی مولتی متر را هر بار به یکی از دو پایه دیگر وصل کرده و مقدار ولتاژ آستانه آنها را یادداشت کنید. پایه‌ای که نسبت به بیس ولتاژ آستانه ی کمتر را نشان می‌دهد **کلکتور** می‌باشد. برای ترانزیستور PNP نیز به همین طریق عمل شود.

بایاس ترانزیستور

در مدار بایاس ترانزیستور، هدف، بدست آوردن نقطه کار ترانزیستور (I_C و V_{CE}) در ناحیه مورد نظر می باشد.

ترانزیستور دوقطبی دارای ۳ ناحیه کاری می‌باشد:

۱. ناحیه قطع ۲. ناحیه اشباع ۳. ناحیه فعال(کاری یا خطی)

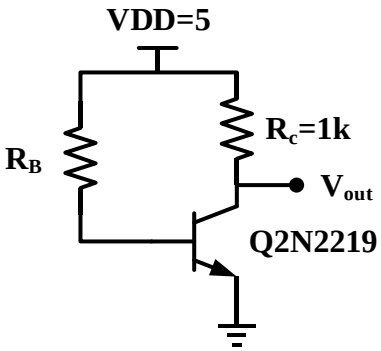
ناحیه قطع حالتی است که ترانزیستور در ان ناحیه غیر فعال بوده و جریانی بین کلکتور و امیتر جاری نمی شود.

ناحیه اشباع ناحیه ای است که در آن هر دو پیوند بیس امیتر و بیس کلکتور بایاس مستقیم هستند و در این حالت از ترانزیستور به عنوان سوییچی که در حالت وصل است استفاده می شود.

هدف از بایاس ترانزیستور در ناحیه فعال استفاده از آن به عنوان تقویت کننده است.

سه نوع بایاس مد نظر می باشد:

بایاس توسط مقاومت در بیس:



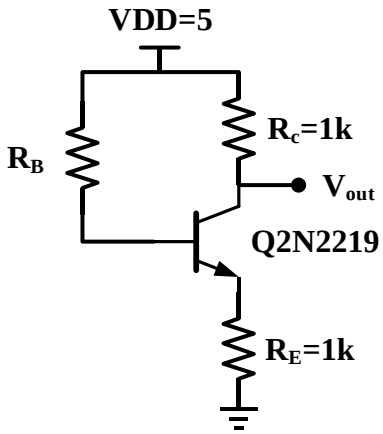
شکل ۲-۵) بایاس ترانزیستور توسط یک مقاومت

مدار را طوری بایاس کنید که که جریان ۱ میلی آمپر از کلکتور عبور کند. مقادیر ولتاژ ها را به دست آورید.

آیا مدار بایاس شده از مشخصات ترانزیستور مستقل است؟

بایاس توسط مقاومت در بیس و اضافه کردن مقاومت در امیتر:

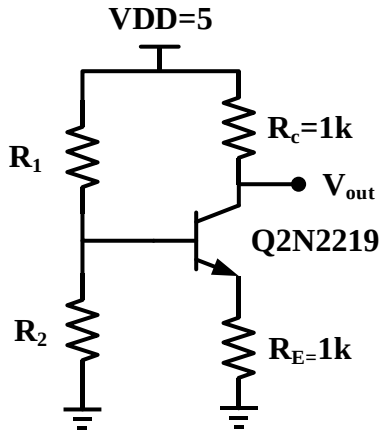
مدار زیر را طوری بایاس کنید که جریان کلکتور یک میلی آمپر بوده و مقادیر ولتاژها و جریان تمامی نودها را حساب کنید؟



شکل ۳-۵) بایاس ترانزیستور با مقاومت امیتر

آیا با فرض نامعلوم بودن مقاومت امیتر می توان آن را طوری طراحی کرد که جریان کلکتور مستقل از تغییرات ترانزیستور (مستقل از تغییرات β) باشد؟

بایاس ترانزیستور توسط مدار خود بایاس:



شکل ۴-۵) بایاس ترانزیستور توسط مدار خود بایاس

مدار را طوری طراحی کنید جریان یک میلی آمپر از کلکتور عبور کند و مدار نسبت به تغییرات ترانزیستور حساس نباشد.

منبع تغذیه V_{CC} بوسیله دو مقاومت R_1 و R_2 ولتاژ بیس ترانزیستور را تأمین می‌کند. مقاومت‌های R_C و R_E مقاومت‌های بایاس ترانزیستور هستند.

شبیه سازی:

هر سه مدار پیشنهادی برای بایاس ترانزیستور در ناحیه فعال را شبیه سازی کرده و دمای مربوط به شبیه سازی را تغییر دهید. سپس جدول مربوط به آن را کامل کنید:

بایاس با یک مقاومت در بیس

Temp	10	20	27	30	50	80
I_B						
I_C						
V_B						
V_{out}						

بایاس با یک مقاومت در امیتر

Temp	10	20	27	30	50	80
I_B						
I_C						
V_B						

V_{out}						

بایاس با مدار خود بایاس

Temp	10	20	27	30	50	80
I_B						
I_C						
V_B						
V_{out}						

مراحل آزمایش

هر سه مدار پیشنهادی برای بایاس ترانزیستور در ناحیه فعال را ببندید. عبور جریان باعث گرم تر شدن ترانزیستور می شود و این قضیه می تواند باعث تغییر نقطه ی کار ترانزیستور شود جدول زیر را برای هر مدار قبل و بعد از افزایش دمای توسط هویه کامل کنید.

توجه: بعد از بستن هر مدار صبر کنید تا ترانزیستور به دمای معمولی برسد سپس مدار بعدی را ببندید. و اینکه از هویه در شرایط مساوی برای هر مدار استفاده کنید.

Temp	قبل از تغییرات دما	بعد از تغییرات دما
V_{out}		

		β

بعد از تغییرات دما	قبل از تغییرات دما	Temp
		V_{out}
		β

بعد از تغییرات دما	قبل از تغییرات دما	Temp
		V_{out}
		β

سؤالات:

۲- آیا نتایج تئوری، شبیه سازی و نتایج به دست آمده در آزمایشگاه با هم یکی است؟ در صورت وجود اختلاف دلیل ان را شرح دهید.

۳- چرا نقطه کار یک ترانزیستور برای طراح مهم می‌باشد؟

۴- نحوه پیدا کردن پایه‌های یک ترانزیستور دوقطبی را با استفاده از تست دیودی اهم‌متر توضیح دهید.

۵- چرا یک ترانزیستور BJT را در ناحیه فعال معکوس بایاس نمی‌کنند؟

۶- معادله خط بار DC را برای هر مدار ارائه کنید؟

آزمایش ۶: تقویت کننده امیتر مشترک

مقدمه

در الکترونیک برای ساخت تقویت کنندهبا استفاده از ترانزیستور از ساختارهای مختلفی استفاده می‌شود. این ساختارها بسته به اینکه ورودی و خروجی به کدام پایه ی ترانزیستور وصل می شود نام گذاری می شود. با توجه به اینکه ترانزیستور دو قطبی یک المان سه پایه است به سه طریق می توان به آن ورودی را تزریق و خروجی گرفت و یک پایه بین ورودی و خروجی مشترک است که توسط آن پایه این ساختار ها نام گذاری می شوند. این سه ساختار عبارتند از:

۱- امیتر مشترک

۲- بیس مشترک

۳- کلکتور مشترک

در ساختار امیتر مشترک:

۱- ورودی به بیس ترانزیستور وصل می شود.

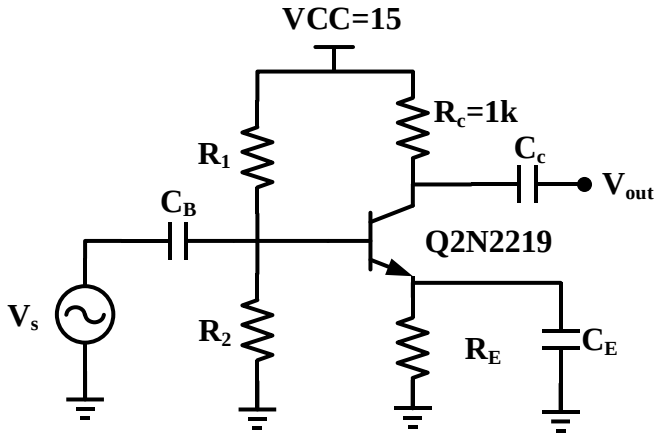
۲- خروجی از کلکتور ترانزیستور گرفته می‌شود.

۳- امیتر بین ورودی و خروجی مشترک است.

گین این تقویت کننده با افزایش مقاومت بار و افزایش جریان نقطه ی کار، می تواند افزایش یابد به شرطی که ترانزیستور از ناحیه فعال خراج نشود.

تئوری آزمایش:

در شکل (۶-۱) مدار تقویت کننده امیتر مشترک نشان داده شده است:



شکل ۱-۶) تقویت‌کننده امیتر مشترک

در این تقویت کننده سیگنال ورودی به بیس اعمال شده و خروجی از کلکتور ترانزیستور گرفته می‌شود. خازن C_E، خازن بای‌پاس و خازن C_B ، خازن کوپلاژ است که مولفه AC و DC را از هم جدا می کند.

مدار امیتر مشترک را برای سه شرط زیر طراحی کنید:

۱- بهره ولتاژ مدار برابر ۱۰۰ باشد.

۲- مدار نسبت به تغییرات ترانزیستور حساس نباشد.

۳- مدار برای حداکثر تغییرات متقارن در خروجی بایاس شده باشد (نقطه کار در وسط خط بار کلی باشد.

$$V_{cc} = 15\ v, \quad R_C = 1\ k\Omega$$

$$C_B = 47\ \mu F, \quad C_C = 47\ \mu F, \quad C_E = 100\ \mu F, \quad Q = 2N2219$$

$$\beta_{av} = 150, \qquad \beta_{min} = 100$$

ابتدا از بهره ولتاژ مقدار جریان عبوری را تعیین کرده و سپس با توجه به حداکثر تغییرات متقارن در خروجی مقاومت امیتر به دست می آید. با توجه به این مقادیر و شرط سوم می توان R_1 و R_2 را به دست آورد.

برای تعیین مقادیر خازن C_B، در فرکانس مورد نظر برای ورودی باید بتواند با کمترین تلفات V_s را به بیس ترانزیستور انتقال دهد (امپدانس آن در مقابل امپدانس دیده شده از بیس قابل صرف نظر باشد)

برای تعیین مقادیر خازن C_E، در فرکانس مورد نظر برای ورودی باید بتواند امیتر ترانزیستور را از لحاظ AC زمین یعنی امیتر ترانزیستور فقط دارای ولتاژ DC باشد (امپدانس آن در مقابل امپدانس امیتر قابل صرف نظر باشد)

برای مدار طراحی شده مقادیر مقاومت ورودی و خروجی را به دست آورید؟

$$R_{in} = \qquad\qquad R_{out} =$$

شبیه سازی

مدار طراحی شده را در Pspice شبیه سازی کرده و موارد نظر را کامل کنید.

نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری کنید.

$$I_C = \qquad I_B = \qquad V_{out} = \qquad V_B =$$

$$V_{CE} = \qquad V_{BE} = \qquad \beta =$$

ناحیه کاری ترانزیستور و مقدار سوییِنگ خروجی را تعیین کنید.

بهره مدار را در فرکانس دو کیلو هرتز به دست آورید. (چون این مدار یک تقویت کننده است و از انجاییکه به ورودی یک سینوسی اعمال کرده ایم انتظار داریم خروجی یک سینوسی باشد بنابراین دامنه ی سیگنال ورودی را باید طوری تنظیم کنیم که در خروجی یک سینوسی داشته باشیم) از تقسیم دامنه ی خروجی بر دامنه ی ورودی بهره به دست می آید.

خروجی و ورودی را زیر هم رسم کرده و اختلاف فاز آنها را نسبت به هم به دست آورید.

۱-۶- مراحل آزمایش

۱- مدار شکل (۷-۱) را با مقادیر زیر ببندید:

۲- نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری کنید.

۳- $I_C =$ $I_B =$ $V_{out} =$ $V_B =$

$V_{CE} =$ $V_{BE} =$ $\beta =$

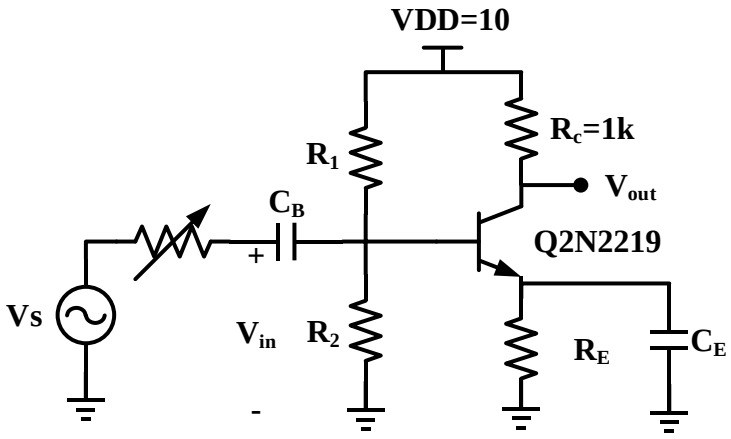
۴- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس 2KHz تنظیم کنید. دامنه آنرا تا حد امکان زیاد کنید به شرطی که خروجی سینوسی باقی بماند.(به این ترتیب حداکثر سوییینگ خروجی به دست می آید).

۵- با استفاده از مقادیر بدست آمده در گام دوم، مقدار بهره مدار را بدست آورید.

۶- با تغییر فرکانس از مقادیر خیلی کم تا چند کیلوهرتز تغییرات گین را اندازه گیری کنید؟

اندازه گیری مقادیر مقاومت ورودی و خروجی مدار امیتر مشترک:

مدار بسته شده در قسمت قبل یک پتانسیومتر به ورودی آن اعمال کنید. در ابتدا پتانسیومتر را در حالت کمینه خود قرار دهید:

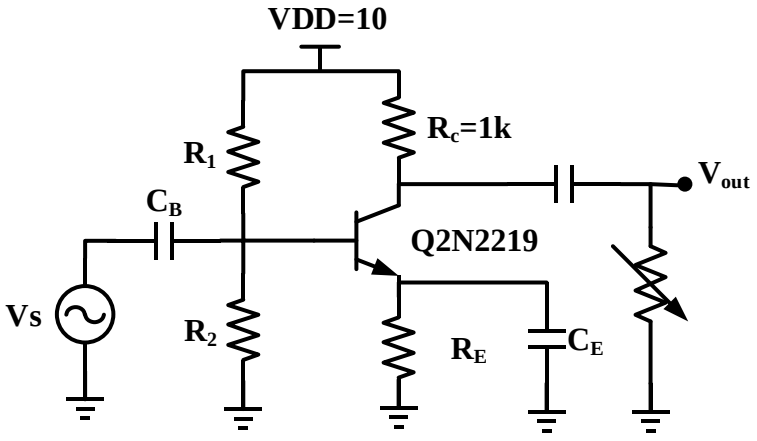


شکل ۶-۲) اندازه گیری مقاومت ورودی مدار امیتر مشترک

منبع ورودی را در بیشترین مقدار خود به صورتی که ماکزیمم تغییرات متقارن در خروجی داشته باشیم تنظیم کنید.

مقدار دامنه ی سیگنال موجود در Vin را اندازه گیری کنید. سپس با افزایش مقدار پتانسیومتر دامنه ی Vin را به نصف مقدار آن برسانید. پتانسیومتر را از مدار بیرون آورده و مقدار آن را اندازه گیری کنید این مقدار برابر امپدانس ورودی مدار امیتر مشترک است. چرا؟

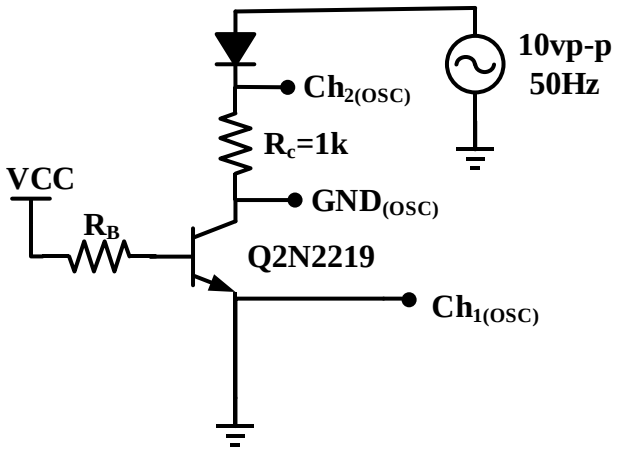
برای به دست آوردن مقدار مقاومت خروجی پتانسیومتر را از مدار خارج کرده و مدار را به حالت اولیه در آورید. مقدار ورودی را طوری تنظیم کنید که بیشترین تغییرات متقارن در خروجی داشته باشید. پتانسیومتر را در مقدار ماکزیمم خروجی قرار به صورت شکل زیر به مدار اعمال کنید:



شکل ۶-۳) اندازه گیری مقاومت خروجی مدار امیتر مشترک

به دست آوردن منحنی مشخصه ی ترانزیستور در حالت امیتر مشترک:

برای به دست اوردن منحنی مشخصه ی ترانزیستور در ساختار امیتر مشترک باید جریان کلکتور را بر حسب ولتاژ کلکتور-امیتر رسم نماییم برای این منظور مدار طراحی شده را به صورت زیر به دو کانال اسیلوسکوپ وصل می کنیم.



شکل ۶-۴) به دست آوردن منحنی مشخصه ترانزیستور در حالت امیتر مشترک روی اسیلوسکوپ

از آنجایی که می خواهیم محور افقی نمایان گر ولتاژ کلکتور- امیتر ترانزیستور باشد کانال اول اسیلوسکوپ را به امیتر و زمین آن را به کلکتور وصل می کنیم. به این ترتیب محور افقی نمایان گر ولتاژ امیتر کلکتور خواهد بود برای نشان دادن ولتاژ کلکتور امیتر کانال یک را از منوی آن اینورت می کنیم.

محور عمودی در مشخصه ی ساختار امیتر مشترک بیانگر جریان کلکتور است. برای نشان دادن آن در صفحه ی اسیلوسکوپ کانال دوم را به دو سر مقاومت کلکتور وصل می کنیم که ولتاز دو سر آم معادل جریان عبوری از کلکتور است.

از منوی Display، آن را در حالت XY قرار می دهیم. شکل نشان داده شده باید مانند مشخصه ی ترانزیستور در حالت امیتر مشترک باشد.

سؤالات:

۱- آیا نتایج تئوری، شبیه سازی و نتایج به دست آمده در آزمایشگاه با هم یکی است؟ در صورت وجود اختلاف دلیل ان را شرح دهید.

۲- گین مدار را به دو طریق محاسبه کنید:

- ✓ وقتی که منبع ورودی را اندازه گرفته و بعد به مدار وصل کرده اید.
- ✓ بهره مدار وقتی که آن را از نسبت ولتاژ کلکتور به ولتاژ بیس به دست آورده اید.

آیا در این دو حالت بهره متفاوت است؟ چرا؟

۳- چرا مقدار پتانسیومتر برابر مقاومت ورودی و خروجی مدار امیتر مشترک است؟

۴- توضیح دهید چرا از مدار ارائه شده را برای نشان دادن منحنی مشخصه ترانزیستور استفاده کردیم؟ آیا می توانید مداری ساده تر پیشنهاد دهید؟

۵- چرا در فرکانس های پایین، با تغییر فرکانس گین تغییر می کند؟

آزمایش ۷: تقویت کننده بیس مشترک

مقدمه

در ساختار بیس مشترک:

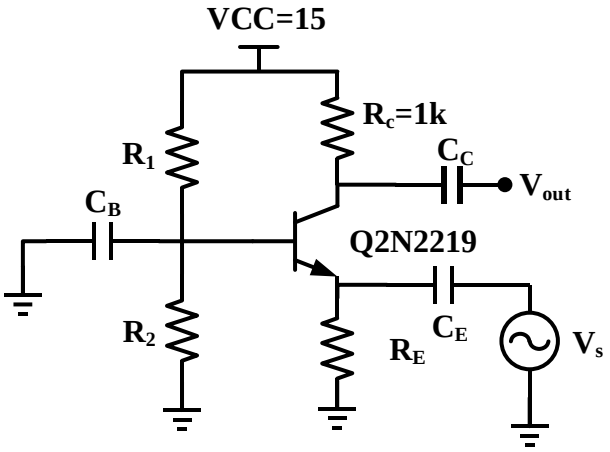
۱- ورودی به امیتر ترانزیستور وصل می شود.

۲- خروجی از کلکتور ترانزیستور گرفته می‌شود.

۳- بیس بین ورودی و خروجی مشترک است.

تئوری آزمایش:

در شکل (۷-۱) مدار تقویت کننده بیس مشترک نشان داده شده است:



شکل ۱-۷ تقویت‌کننده بیس مشترک

در این تقویت کننده سیگنال ورودی به امیتر اعمال شده و خروجی از کلکتور ترانزیستور گرفته می‌شود. خازن C_E، خازن کوپلاژ است که مولفه AC و DC را از هم جدا می کند و خازن C_B ، خازن بای پس می باشد.

مدار بیس مشترک را برای سه شرط زیر طراحی کنید:

۱- بهره ولتاژ مدار برابر ۱۰۰ باشد.

۲- مدار نسبت به تغییرات ترانزیستور حساس نباشد.

۳- مدار برای حداکثر تغییرات متقارن در خروجی بایاس شده باشد (نقطه کار در وسط خط بار کلی باشد.)

$$V_{cc} = 15\ v, \quad R_C = 1\ k\Omega$$

$$C_B = 100\ \mu F, \quad C_E = C_C = 47\ \mu F, \quad \beta_{av} = 150, \quad \beta_{min} = 100,$$

$$Q = 2N2219$$

ابتدا از بهره ولتاژ مقدار جریان عبوری را تعیین کرده و سپس با توجه به حداکثر تغییرات متقارن در خروجی مقاومت امیتر به دست می آید. با توجه به این مقادیر و شرط سوم می توان R_1 و R_2 را به دست آورد.

برای تعیین مقادیر خازن C_E ، در فرکانس مورد نظر برای ورودی باید بتواند با کمترین تلفات V_s را به امیتر ترانزیستور انتقال دهد (امپدانس آن در مقابل امپدانس دیده شده از امیتر قابل صرف نظر باشد)

برای تعیین مقادیر خازن C_B ، در فرکانس مورد نظر برای ورودی باید بتواند بیس ترانزیستور را از لحاظ AC زمین کند یعنی بیس ترانزیستور فقط دارای ولتاژ DC باشد (امپدانس آن در مقابل امپدانس بیس قابل صرف نظر باشد)

مقادیر مقاومت ورودی و خروجی را با توجه به مقادیر المان های طراحی شده حساب کنید؟

$$R_{in} = \qquad R_{out} =$$

شبیه سازی

مدار طراحی شده را در Pspice شبیه سازی کرده و موارد نظر را کامل کنید.

نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری کنید.

$I_C =$ $I_B =$ $V_{out} =$ $V_B =$

$V_{CE} =$ $V_{BE} =$ $\beta =$

ناحیه کاری ترانزیستور و مقدار سوییِنگ خروجی را تعیین کنید.

بهره مدار را در فرکانس دو کیلو هرتز به دست آورید. (چون این مدار یک تقویت کننده است و از انجاییکه به ورودی یک سینوسی اعمال کرده ایم انتظار داریم خروجی یک سینوسی باشد بنابراین دامنه ی سیگنال ورودی را باید طوری تنظیم کنید که در خروجی یک سینوسی داشته باشیم) از تقسیم دامنه ی خروجی بر دامنه ی ورودی بهره به دست می آورید.

خروجی و ورودی را زیر هم رسم کرده و اختلاف فاز آنها را نسبت به هم به دست آورید.

مراحل آزمایش

مدار شکل (۷-۱) را با مقادیر زیر و مقادیر طراحی شده ببندید:

۱- نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری کنید.

$I_C =$ $I_B =$ $V_{out} =$ $V_B =$

$V_{CE} =$ $V_{BE} =$ $\beta =$

۲- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس 2KHz تنظیم کنید. دامنه آنرا تا حد امکان زیاد کنید به شرطی که خروجی سینوسی باقی بماند.(به این ترتیب حداکثر سوییِنگ خروجی به دست می آید)

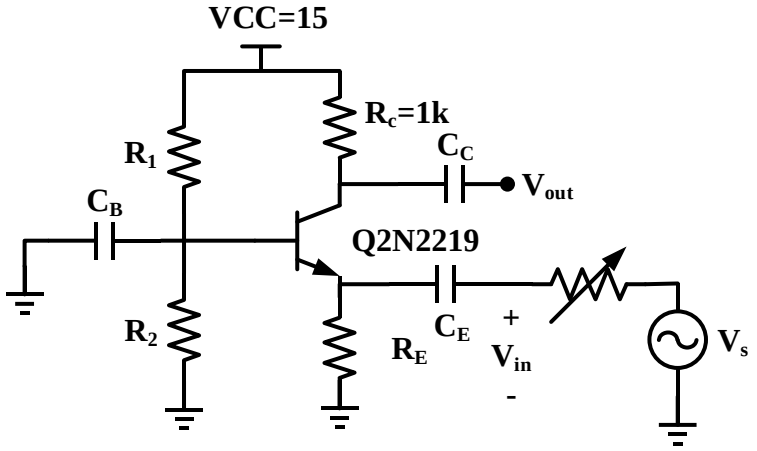
۳- با استفاده از مقادیر بدست آمده در گام دوم، مقدار بهره مدار را بدست آورید.

۴- ورودی و خروجی مدار را در اسیلوسکوپ با استفاده از دو پروب نمایش داده و اختلاف فاز آنها را به دست آورید.

۵- با تغییر فرکانس از مقادیر خیلی کم تا چند کیلوهرتز تغییرات گین را اندازه گیری کنید؟

اندازه گیری مقادیر مقاومت ورودی و خروجی مدار بیس مشترک:

به مدار بسته شده در قسمت قبل یک پتانسیومتر به ورودی آن اعمال کنید. در ابتدا پتانسیومتر را در حالت کمینه خود قرار دهید:



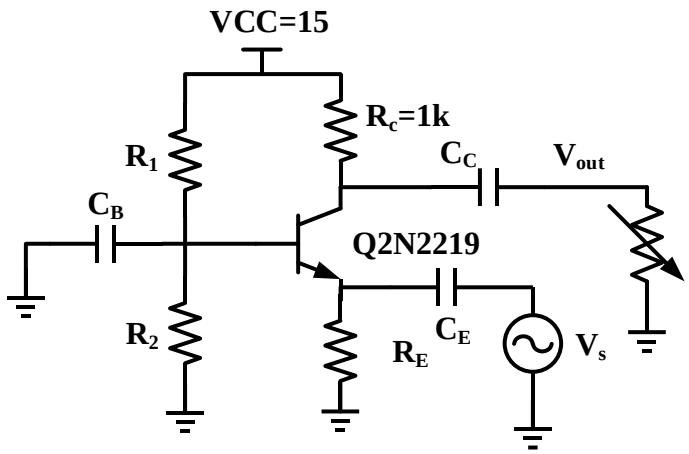
شکل ۷-۲) اندازه گیری مقاومت ورودی مدار بیس مشترک

منبع ورودی را در بیشترین مقدار خود به صورتی که ماکزیمم تغییرات متقارن در خروجی داشته باشیم تنظیم کنید.

مقدار دامنه ی سیگنال موجود در Vin را اندازه گیری کنید. سپس با افزایش مقدار پتانسیومتر دامنه ی Vin را به نصف مقدار آن برسانید. پتانسیومتر را از مدار بیرون آورده و مقدار آن را اندازه گیری کنید این مقدار برابر امپدانس ورودی مدار بیس مشترک است. چرا؟

برای به دست آوردن مقدار مقاومت خروجی پتانسیومتر را از مدار خارج کرده و مدار را به حالت اولیه در آورید. مقدار ورودی را طوری تنظیم کنید که بیشترین تغییرات متقارن در خروجی

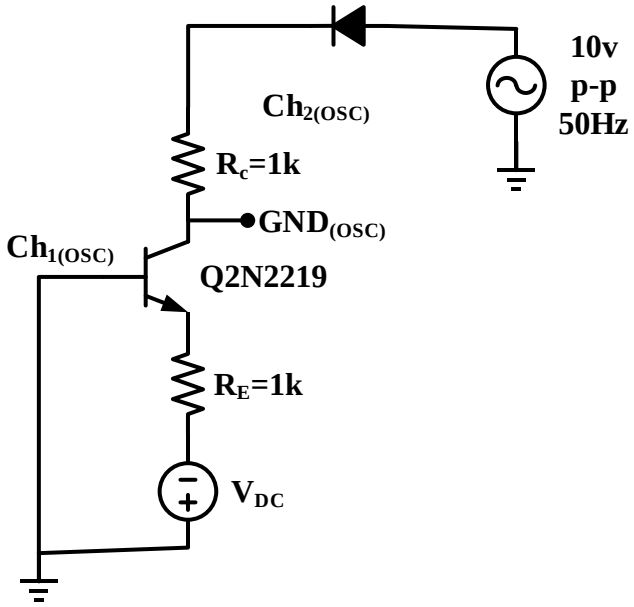
داشته باشید. این مقدار را یادداشت کرده و سپس پتانسیومتر را در مقدار ماکزیمم خروجی قرار به صورت شکل زیر به مدار اعمال کنید:



شکل ۷-۳) اندازه گیری مقاومت خروجی مدار بیس مشترک

به دست آوردن منحنی مشخصه ی ترانزیستور در حالت بیس مشترک:

برای به دست اوردن منحنی مشخصه ی ترانزیستور در ساختار بیس مشترک باید جریان کلکتور را بر حسب ولتاژ کلکتور-بیس رسم نماییم برای این منظور مدار طراحی شده را به صورت زیر به دو کانال اسیلوسکوپ وصل می کنیم.



شکل ۷-۴) رسم منحنی مشخصه ترانزیستور در حالت بیس مشترک

از آنجایی که می خواهیم محور افقی نمایانگر ولتاژ کلکتور- بیس ترانزیستور باشد کانال اول اسیلوسکوپ را به بیس و زمین آن را به کلکتور وصل می کنیم. به این ترتیب محور افقی نمایان گر ولتاژ بیس کلکتور خواهد بود برای نشان دادن ولتاژ کلکتور بیس کانال یک را از منوی آن اینورت می کنیم.

محور عمودی در مشخصه ی ساختار بیس مشترک بیانگر جریان کلکتور است. برای نشان دادن آن در صفحه ی اسیلوسکوپ کانال دوم را به دو سر مقاومت کلکتور وصل می کنیم که ولتاز دو سر آن معادل جریان عبوری از کلکتور است.

از منوی Display، آن را در حالت XY قرار می دهیم. شکل نشان داده شده باید مانند مشخصه ی ترانزیستور در حالت امیتر مشترک باشد.

به ازای مقادیر مختلف V_{DC} خروجی را مشاهده نمایید.

سؤالات:

۱- آیا نتایج تئوری، شبیه سازی و نتایج به دست آمده در آزمایشگاه با هم یکی است؟ در صورت وجود اختلاف دلیل ان را شرح دهید.

۲- گین مدار را به دو طریق محاسبه کنید:

- ✓ وقتی که منبع ورودی را اندازه گرفته و بعد به مدار وصل کرده اید.
- ✓ بهره مدار وقتی که آن را از نسبت ولتاژ کلکتور به ولتاژ امیتر به دست آورده اید.

چرا در این دو حالت بهره متفاوت است؟

۳- چرا دیود در مدار مربوط به رسم منحنی مشخصه قرار داده شده است؟

۴- چرا در فرکانس های پایین، با تغییر فرکانس گین تغییر می کند؟

آزمایش ۸: ساختار کلکتور مشترک

مقدمه

در ساختار کلکتور مشترک:

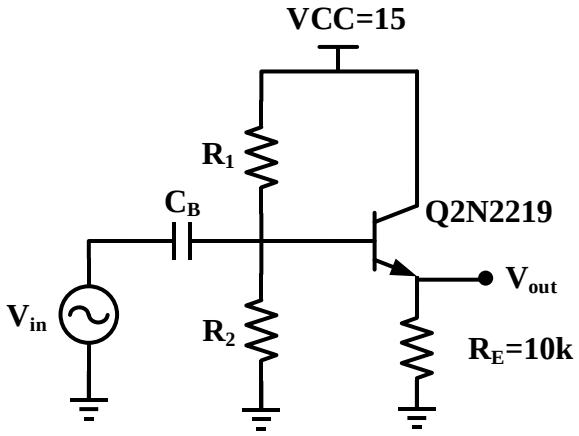
۱- ورودی به بیس ترانزیستور وصل می شود.

۲- خروجی از امیتر ترانزیستور گرفته می‌شود.

۳- کلکتور بین ورودی و خروجی مشترک است.

تئوری آزمایش:

در شکل (۸-۱) مدار تقویت کننده کلکتور مشترک نشان داده شده است:



شکل ۱-۸ تقویت‌کننده کلکتور مشترک

در این تقویت کننده سیگنال ورودی به بیس اعمال شده و خروجی از امیتر ترانزیستور گرفته می‌شود. خازن C_B، خازن کوپلاژ است که مولفه AC و DC را از هم جدا می کند.

مدار کلکتور مشترک را برای شرایط زیر طراحی کنید:

- ✓ بهره ولتاژ مدار برابر ۹۵/. باشد.
- ✓ مدار نسبت به تغییرات ترانزیستور حساس نباشد.

ابتدا از بهره ولتاژ مقدار جریان عبوری را تعیین کرده و سپس با توجه به عدم حساسیت به پارامترهای ترانزیستور مقاومت معادل بیس به دست می اید. با به دست آوردن ولتاژ معادل تونن بیس، می توان R_1 و R_2 را به دست آورد.

برای تعیین مقادیر خازن C_B ، در فرکانس مورد نظر برای ورودی باید بتواند با کمترین تلفات Vin را به بیس ترانزیستور انتقال دهد (امپدانس آن در مقابل امپدانس دیده شده از بیس قابل صرف نظر باشد)

شبیه سازی

مدار طراحی شده را در Pspice شبیه سازی کرده و موارد نظر را کامل کنید.

نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری کنید.

$I_C =$ $I_B =$ $V_{out} =$ $V_B =$

$V_{BE} =$ $\beta =$

ناحیه کاری ترانزیستور و مقدار سوییینگ خروجی را تعیین کنید.

بهره مدار را در فرکانس دو کیلو هرتز به دست آورید.

خروجی و ورودی را زیر هم رسم کرده و اختلاف فاز آنها را نسبت به هم به دست آورید.

۸-۱- مراحل آزمایش

مدار شکل (۸-۱) را با مقادیر زیر و مقادیر طراحی شده ببندید:

$V_{cc} = 15\ v, \quad R_E = 10\ k\Omega$

$C_B = 100\ \mu F\ , \quad Q = 2N2219$

۱- نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری کنید.

$I_C =$ $I_B =$ $V_{out} =$ $V_B =$

$V_{BE} =$ $\beta =$

۲- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس 2KHz تنظیم کنید. دامنه آنرا تا حد امکان زیاد کنید به شرطی که خروجی سینوسی باقی بماند.(به این ترتیب حداکثر سوییینگ خروجی به دست می آید)

۳- با استفاده از مقادیر بدست آمده در گام دوم، مقدار بهره مدار را بدست آورید.

۴- ورودی و خروجی مدار را در اسیلوسکوپ با استفاده از دو پروب نمایش داده و اختلاف فاز آنها را به دست آورید.

۵- با تغییر فرکانس از مقادیر خیلی کم تا چند کیلوهرتز تغییرات گین را اندازه گیری کنید؟

سؤالات:

۱- آیا نتایج تئوری، شبیه سازی و نتایج به دست آمده در آزمایشگاه با هم یکی است؟ در صورت وجود اختلاف دلیل ان را شرح دهید.

۲- گین مدار را به دو طریق محاسبه کنید:

- ✓ وقتی که منبع ورودی را اندازه گرفته و بعد به مدار وصل کرده اید.
- ✓ بهره مدار وقتی که آن را از نسبت ولتاژ کلکتور به ولتاژ بیس به دست آورده اید.

آیا در این دو حالت بهره متفاوت است؟ چرا؟

۳- چرا در فرکانس های پایین، با تغییر فرکانس گین تغییر می کند؟

آزمایش ۹: ترانزیستور اثر میدانی (FET)

مقدمه

ترانزیستور اثر میدان، دسته‌ای از ترانزیستورها هستند که مبنای کار کنترل جریان، توسط یک میدان الکتریکی انجام می‌گیرد. با توجه به اینکه در این ترانزیستورها تنها یک نوع حامل بار (الکترون آزاد یا حفره) در ایجاد جریان الکتریکی دخالت دارد، به این نوع ترانزیستورهای تک‌قطبی می گویند که در مقابل ترانزیستورهای دوقطبی (که حامل‌های اکثریت و اقلیت همزمان در آن‌ها نقش دارند) قرار می‌گیرند.

ترانزیستورهای اثر میدان دارای سه پایه سورس، درین و گیت هستند. این دسته از ترانزیستورها خود به دو گروه MOSFET و JFET تقسیم می‌شوند. در این نوع ترانزیستورها، برخلاف ترانزیستورهای دو قطبی پیوندی که کنترل جریان امیتر - کلکتور با *جریان* ورودی به بیس صورت می‌گیرد، کنترل جریان سورس - درین با اعمال ولتاژ به گیت صورت می‌گیرد.

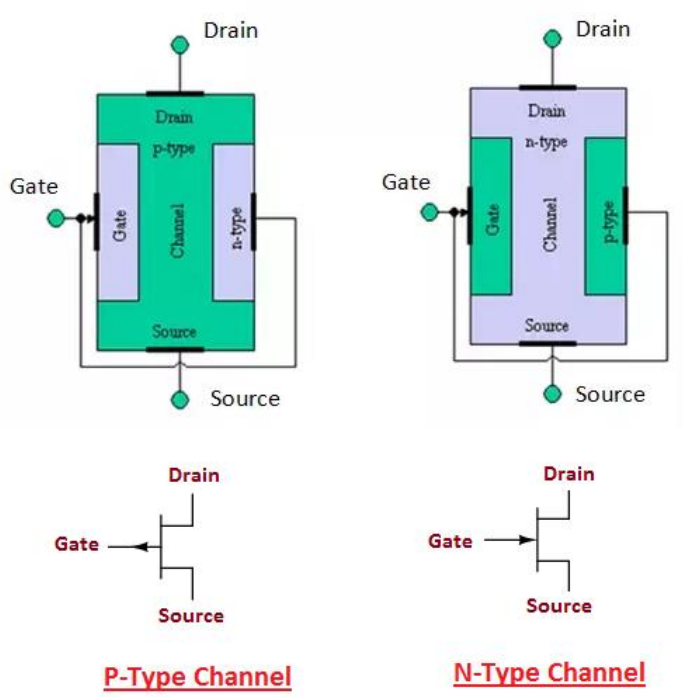
در FET نوع N زمانی که گیت نسبت به سورس مثبت باشد جریان از درین به سورس عبور می‌کند.

در FET نوع P زمانی که گیت نسبت به سورس منفی باشد جریان از سورس به درین عبور می‌کند.

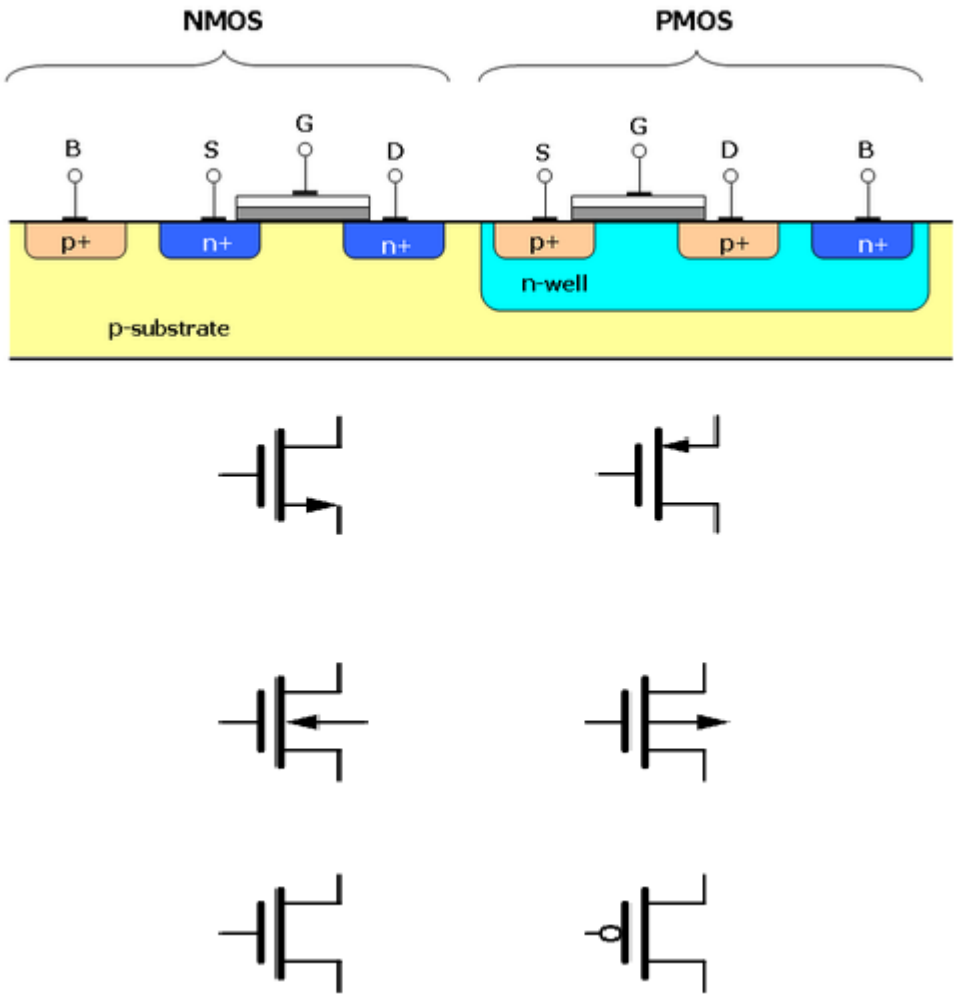
FET ها معمولاً بسیار حساس بوده و حتی با الکتریسیته ساکن بدن نیز تحریک می‌گردند به همین دلیل نسبت به نویز بسیار حساس هستند.

در مقایسه با ترانزیستورهای پیوندی، ترانزیستورهای اثر میدان را می‌توان یک وسیله ی حساس به ولتاژ دانست که امپدانس ورودی آن بسیاربسیار زیاد (در حدود $۱۰^{۱۴}$ اهم) است.

ساختار کلی ترانزیستور های JFET و MOSFET نشان داده شده است با ولتمتر پایه های آن را چگونه می توان تشخیص داد؟



شکل ۹-۱) ساختار کلی JFET

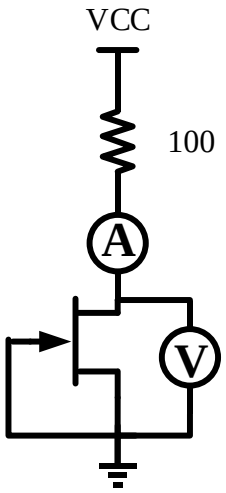


شکل ۹-۲) ساختار کلی MOS

تئوری آزمایش:

دیتا شیت دو نوع ترانزیستور از نوع MOSFET و JFET را دانلود کرده، پایه ها و مشخصات آن را بررسی کنید.

مدارات زیر را شبیه سازی کرده و جدول مربوط به هر کدام را کامل کنید.



شکل ۹-۳) به دست آوردن مشخصات مربوط به JFET

با تغییر VCC جدول زیر را کامل کنید.

VDS	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
ID									

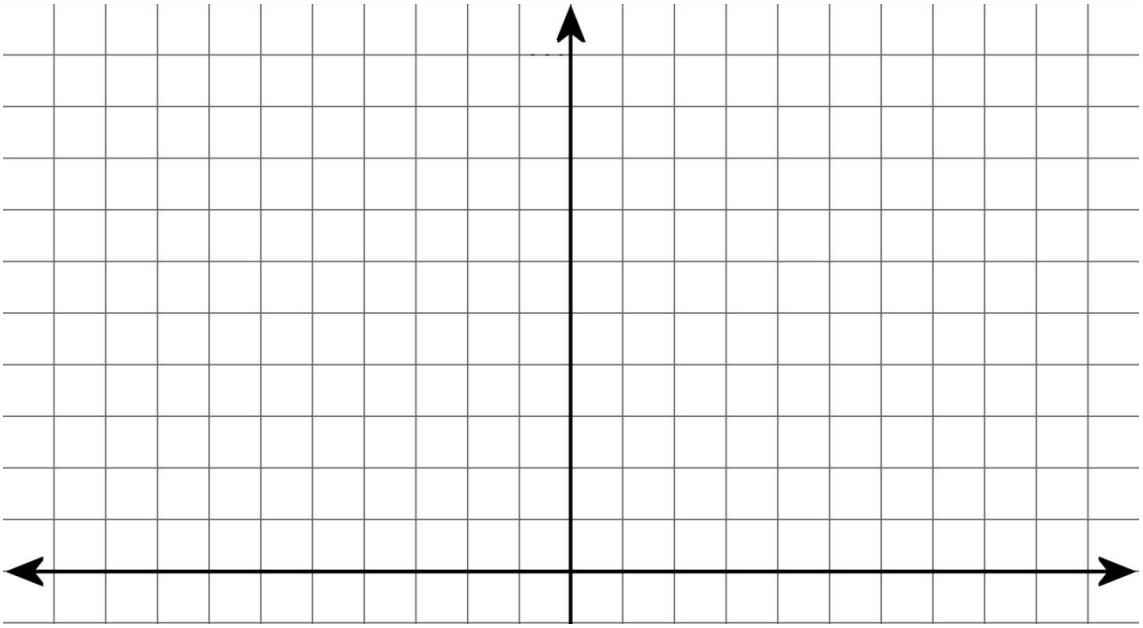
سپس روی کاغذ شطرنجی منحنی مشخصه را رسم کرده و Vp و IDSS را محاسبه کنید.

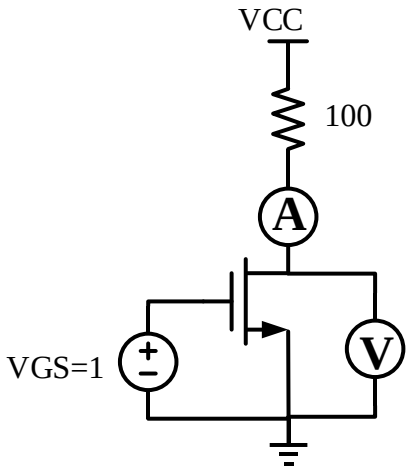
در ناحیه اشباع:

$$I_{DS} = I_{DSS}\left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right]^2$$

در منطقه خطی:

$$I_D = \frac{2I_{DSS}}{V_P^2}(V_{GS} - V_P - \frac{V_{DS}}{2})V_{DS}$$





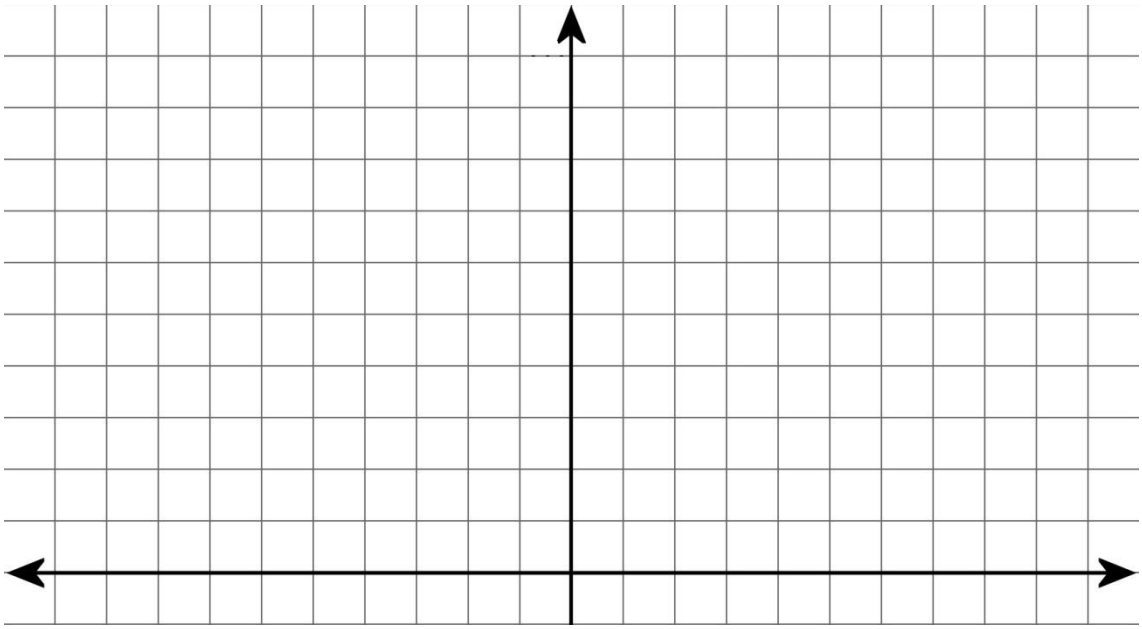
شکل ۹-۴) به دست آوردن مشخصات ترانزیستور MOS

با تغییر vcc جدول زیر را کامل کنید.

VDS	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
ID									

سپس روی کاغذ شطرنجی منحنی مشخصه را رسم کرده و Vth و K را محاسبه کنید.

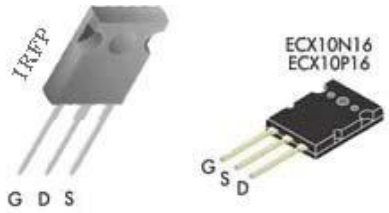
$$I_D = \begin{cases} 0 & V_{GS} \le V_T, \text{ Cut-off} \\ \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}\frac{W}{L}(V_{GS}-V_T)^2 & V_{DS} \ge V_{GS}-V_T, \text{ Saturation} \\ \mu_n C_{ox}\frac{W}{L}[(V_{GS}-V_T)V_{DS}-\frac{V_{DS}^2}{2}] & V_{DS} \le V_{GS}-V_T, \text{ Triode region} \end{cases}$$



مراحل انجام آزمایش

تست و بایاس ترانزیستور FET

در شکل زیر پکیج کلی یک ماسفت نمایش داده شده است. در تست کردن یک FET با استفاده از مولتی‌متر دیجیتال، نکات کلی زیر را درنظر بگیرید:



شکل ۹-۵) بسته بندی FET

۱) در این روش کلیه مراحل با استفاده از تست دیودی مولتی متر استفاده می شود لذا سلکتور مولتی متر را بر روی تست دیود قرار دهید.

۲) هنگام تست نباید ماسفت با دست تماس پیدا کند. به دلیل ایجاد الکتریسیته ساکن ابتدا بار ذخیره شده در FET که بر اثر دست زدن به پایه هایش ایجاد شده تخلیه کنید باید سه پایه FET توسط قسمت فلزی پیچ گشتی دسته دار اتصال کوتاه شود برای جلوگیری از الکتریسیته ساکن بهتر است این کار روی یک میز چوبی انجام شود.

بعد از تشخیص پایه های ترانزیستور توسط دیتا شیت مراحل زیر را برای تشخیص سالم بودن (و به همین ترتیب تشخیص پایه ها) انجام دهید:

۵) نحوه تست در جداول زیر خلاصه شده است.

جدول ۹-۱ نحوه تست کردن JFET

مراحل	P-CHANNEL
سیم مشکی به گیت **سیم قرمز به سورس**	مولتی متر باید بوق بزند
سیم قرمز به درین **سیم مشکی به سورس**	مولتی متر باید بوق بزند
سیم مشکی به درین **سیم قرمز به سورس**	مولتی متر باید بوق بزند

مراحل	N-CHANNEL
سیم مشکی به سورس **سیم قرمز به گیت**	مولتی متر باید بوق بزند
سیم قرمز به درین	مولتی متر باید بوق بزند

سیم مشکی به سورس	
سیم مشکی به درین **سیم قرمز به سورس**	مولتی متر باید بوق بزند

در سایر حالات اتصال باز نشان می دهد.

جدول ۹-۲) نحوه تست کردن ماسفت

مراحل	P-MOS
از گیت به هر دو پایه ی دیگر	مولتی متر نباید بوق بزند
سیم قرمز به درین **سیم مشکی به سورس**	مولتی متر رنج دیودی را نشان می دهد.
سیم قرمز به گیت **سیم مشکی به سورس**	مولتی متر نباید بوق بزند

مراحل	N-MOS
از گیت به هر دو پایه ی دیگر	مولتی متر نباید بوق بزند
سیم قرمز به درین **سیم مشکی به سورس**	مولتی متر نباید بوق بزند

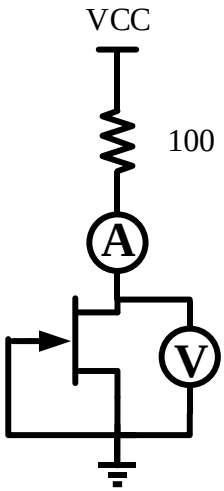
سیم قرمز به گیت **سیم مشکی به سورس**	مولتی متر رنج دیودی را نشان می دهد.

در سایر حالات ممکن باید اتصال باز را نشان دهد.

دو نوع JFET و MOSFET نوع N و P موجود در آزمایشگاه را تست کنید.

منحنی مشخصه ی JFET و MOS:

مدارات زیر را ببندید و منحنی مشخصه هر مدار را روی کاغذ شطرنجی رسم کنید.

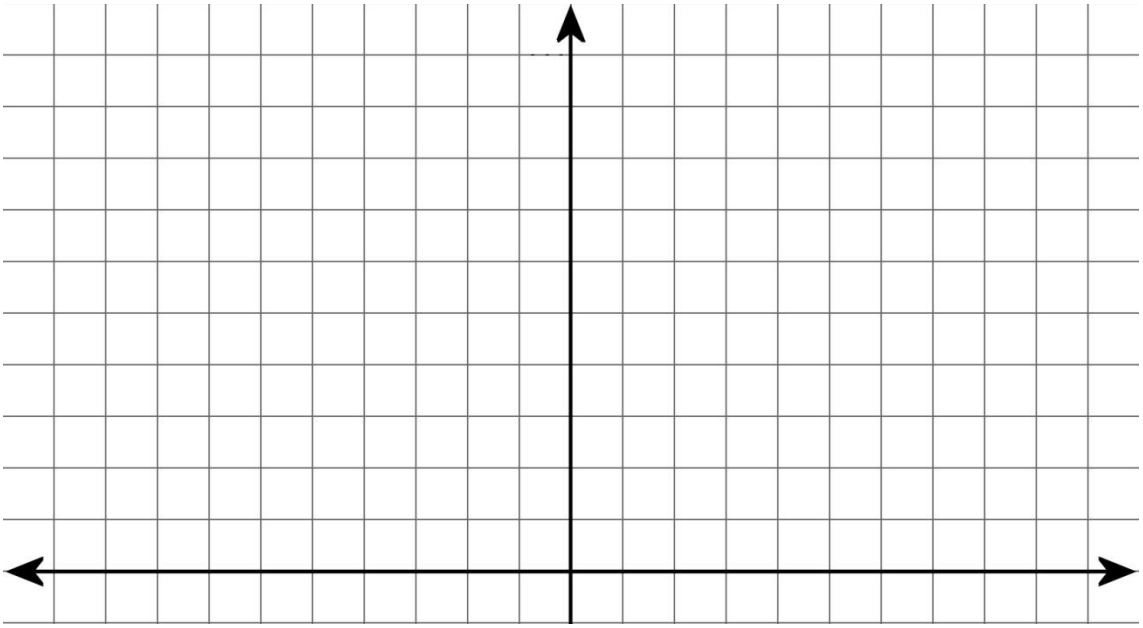


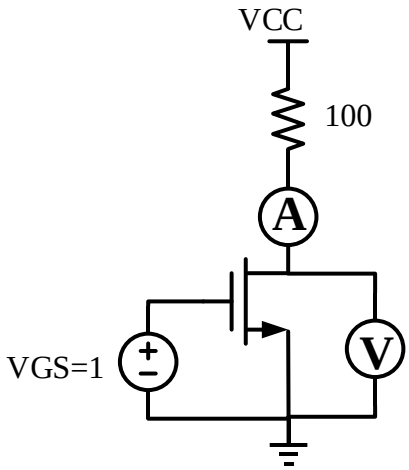
شکل ۹-۶) به دست آوردن مشخصه JFET در آزمایشگاه

با تغییر VCC جدول زیر را کامل کنید.

VDS	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
ID									

سپس روی کاغذ شطرنجی منحنی مشخصه را رسم کرده و Vth و K را محاسبه کنید.



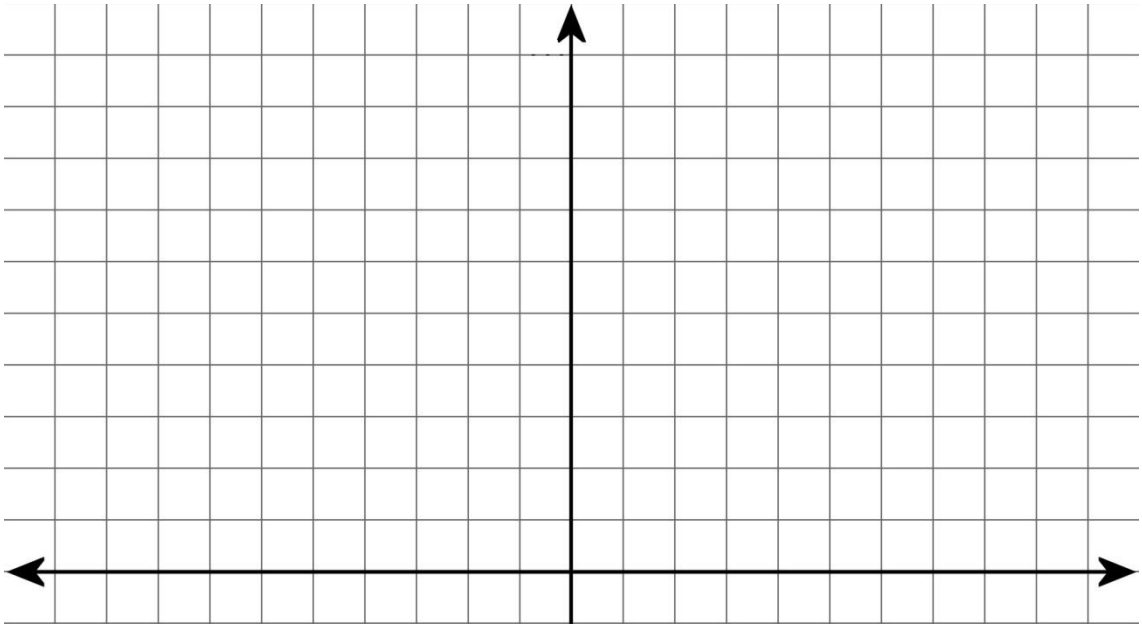


شکل ۹-۷) به دست آوردن مشخصه MOS در آزمایشگاه

با تغییر vcc جدول زیر را کامل کنید.

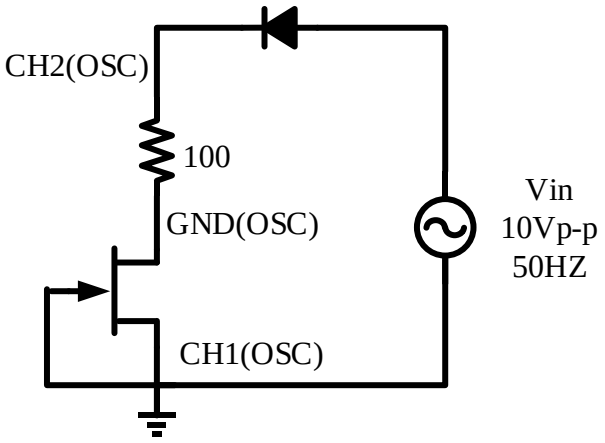
VDS	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
ID									

سپس روی کاغذ شطرنجی منحنی مشخصه را رسم کرده و Vth و K را محاسبه کنید.



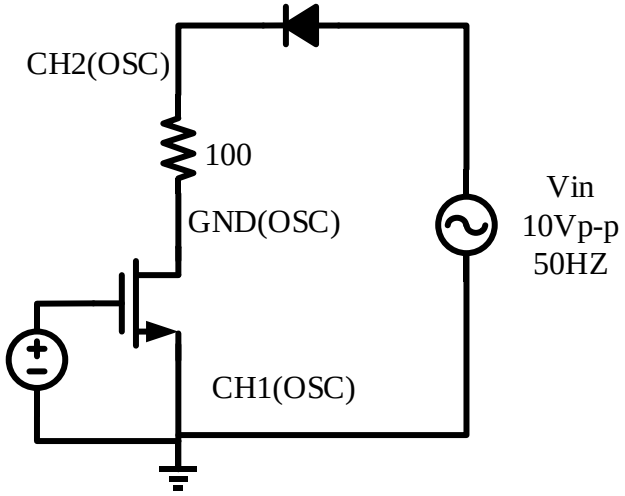
منحنی مشخصه روی اسیلوسکوپ:

مدار زیر را بسته و منحنی مشخصه JFET را روی اسیلوسکوپ مشاهده نمایید. ولتاژ گیت- سورس را تغییر داده و مشاهدات خود را ثبت نمایید.



شکل ۹-۸) رسم مشخصه JFET در آزمایشگاه در اسیلوسکوپ

به همین ترتیب مدار زیررا ببندید و منحنی مشخصهِ ان را روی اسیلوسکوپ مشاهده نمایید.



شکل ۹-۹) رسم مشخصه MOS در آزمایشگاه در اسیلوسکوپ

سوالات

۱- مزایا و معایب ماسفت را نسبت به ترانزیستور دوقطبی ذکر نمایید.

۲- آیا اعداد به دست آمده از طریق دیتا شیت، شبیه سازی و آزمایش برای مشخصات ترانزیستور یکی است؟ در صورت اختلاف دلایل آن را پیدا کنید.

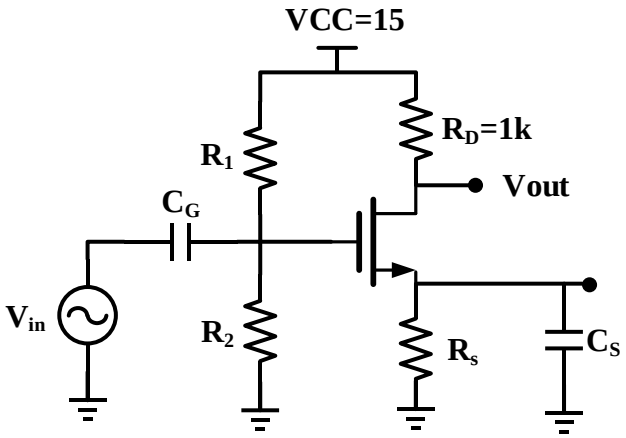
آزمایش ۱۰: تقویت کننده ترانزیستور اثر میدانی (FET)

مقدمه

از ترانزیستورهای MOSFET علاوه بر خاصیت سوییچ زنی به عنوان تقویت کننده نیز استفاده می شود. هدف از این آزمایش طراحی یک تقویت کننده با استفاده از MOSFET است.

تئوری آزمایش

مدار زیر را طوری طراحی کنید که مشخصات زیر به دست آید:



شکل ۱۰-۱) تقویت کننده سورس مشترک با MOS

$$V_{cc} = 15\ v, \quad R_D = 1\ k\Omega$$
$$C_G = 47\ \mu F, \qquad C_S = 100\ \mu F, \qquad A_V = 50$$

- ✓ گین مدار ۵۰ باشد.
- ✓ حداکثر تغییرات متقارن در خروجی داشته باشیم.
- ✓ نسبت مقاومت های ورودی را با استفاده از نقطه ی کار ترانزیستور به دست آورید.

شبیه سازی

مدار طراحی شده را در Pspice شبیه سازی کرده و موارد نظر را کامل کنید.

نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری کنید.

$I_{\mathrm{D}} =$ $\mathrm{V}_{out} =$ $\mathrm{V}_{\mathrm{G}} =$ $\mathrm{V}_{\mathrm{GS}} =$

ناحیه کاری ترانزیستور و مقدار سوییِنگ خروجی را تعیین کنید.

بهره مدار را در فرکانس دو کیلو هرتز به دست آورید.

خروجی و ورودی را زیر هم رسم کرده و اختلاف فاز آنها را نسبت به هم به دست آورید.

۱-۱۰- مراحل آزمایش

مدار طراحی شده را ببندید:

نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری کنید.

$I_{\mathrm{D}} =$ $\mathrm{V}_{out} =$ $\mathrm{V}_{\mathrm{GS}} =$

سیگنال ژنراتور را روی فرکانس 2KHz تنظیم کنید. دامنه آنرا تا حد امکان زیاد کنید به شرطی که خروجی سینوسی باقی بماند.(به این ترتیب حداکثر سوییِنگ خروجی به دست می آید)

با استفاده از مقادیر بدست آمده در گام دوم، مقدار بهره مدار را بدست آورید.

ورودی و خروجی مدار را در اسیلوسکوپ با استفاده از دو پروب نمایش داده و اختلاف فاز آنها را به دست آورید.

با تغییر فرکانس از مقادیر خیلی کم تا چند کیلوهرتز تغییرات گین را اندازه گیری کنید؟

سؤالات:

۱- آیا نتایج تئوری، شبیه سازی و نتایج به دست آمده در آزمایشگاه با هم یکی است؟ در صورت وجود اختلاف دلیل ان را شرح دهید.

۲- گین مدار را به دو طریق محاسبه کنید:

- ✓ وقتی که منبع ورودی را اندازه گرفته و بعد به مدار وصل کرده اید.

- ✓ بهره مدار وقتی که آن را از نسبت ولتاژ کلکتور به ولتاژ بیس به دست آورده اید.

آیا در این دو حالت بهره متفاوت است؟ چرا؟

۳- چرا در فرکانس های پایین، با تغییر فرکانس گین تغییر می کند؟

۴- در صورت بای‌پس نکردن مقاومت R_S بهره چقدر می‌شود؟