



آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

تألیف:

محمدرضا شایسته، علی امام حسینی

اعضای هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد



۱۳۹۶

سرشناسه	: شایسته، محمدرضا، ۱۳۵۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: آزمایشگاه الکترونیک صنعتی/تالیف محمدرضا شایسته، علی امام حسینی
مشخصات نشر	: یزد: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، ۱۳۹۶
مشخصات ظاهری	: ۴۲ص، مصور.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۴۸۹۸-۵-۶۰/۰۰۰ ریال،
موضوع	: الکترونیک صنعتی - دستنامه‌های آزمایشگاهی
موضوع	Laboratory manuals Industrial electronic
شناسه افزوده	: امام حسینی، علی، ۱۳۲۶ -
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۶، ش ۴، TK/۷۸۸۱ /آ۲
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۸۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۸۶۷۶۹۱
شماره مجوز ارشاد	:



آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

- نویسندگان: محمدرضا شایسته، علی امام حسینی
- انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد
- ناظر چاپ: حمید صادقی
- ناظر فنی: مهندس محمد حرآبادیان
- نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۶
- لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی
- شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه
- قیمت: ۶۰/۰۰۰ ریال
- شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۴۸۹۸-۵

انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

E Mail: entesharat_elmi@iauyazd.ac.ir

نشانی: یزد- صفائیه- دانشگاه آزاد اسلامی- انتشارات - ۸۱۱۷۲۸۰-۸۲۱۴۸۱۳-۰۳۵۱

حق چاپ برای انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد محفوظ است.

تلفن مرکز پخش: ۰۳۵-۳۸۲۱۴۸۱۳

سخن ناشر

بسمه تعالی

آزمایشگاه الکترونیک صنعتی یکی از آزمایشگاه‌های کاملاً تخصصی در رشته برق است که در آن آزمایش‌های مهمی نظیر بررسی عملکرد، تریستو، اسیلاتور، تریاک و... انجام می‌شود.

مجموعه‌ای که به پیشگاه علاقه‌مندان تقدیم می‌شود حاصل تلاش خستگی‌ناپذیر اساتید بزرگوار جناب آقای محمدرضا شایسته، جناب آقای علی امام‌حسینی است که با محوریت موضوع فوق تهیه و تنظیم شده است.

در پایان بر خود لازم می‌دانم که از اعضای فرهیخته شورای انتشارات و نیز داوران و ویراستاران علمی و ادبی و همه عزیزانی که در راه انتشار این مجموعه تلاش کرده‌اند به‌ویژه از سرکار خانم دکتر معصومه طباطبائی رئیس محترم دانشگاه و جناب آقای دکتر نوید نصیری زاده معاون محترم پژوهش و فناوری که همواره عنایت ویژه‌ای به مجموعه انتشارات علمی دانشگاه دارند و همچنین جناب آقای مهندس محمد حرآبادیان به پاس زحمات فراوانشان صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری نمایم.

به امید توفیق الهی

حمید صادقی

مدیر مسئول انتشارات علمی دانشگاه

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
آزمایش شماره یک: یکسوساز نیم موج تکفاز با بار اهمی و اهمی - سلفی.....	۱
آزمایش شماره دو: یکسوساز تمام موج تکفاز با بار اهمی و اهمی - سلفی.....	۳
آزمایش شماره سه: یکسوکننده نیم موج و تمام موج سه فاز با بار اهمی و اهمی - سلفی.....	۷
آزمایش شماره چهار: به دست آوردن مشخصات تریستور و تریاک.....	۱۰
آزمایش شماره پنج: روش های روشن کردن تریستور.....	۱۹
آزمایش شماره شش: به دست آوردن مشخصات دیاک و استفاده از دیاک در مدار دیمر.....	۲۲
آزمایش شماره هفت: مدار فرمان گیت تریستور با UJT.....	۲۶
آزمایش شماره هشت: مدار فرمان گیت تریستور (شیفت افقی).....	۲۸
آزمایش شماره نه: یکسوساز نیم موج کنترل شده.....	۳۰
آزمایش شماره ده: مدار کموتاسیون اجباری.....	۳۱
آزمایش شماره یازده: مدارات سوئیچینگ ترانزیستور.....	۳۴
آزمایش شماره دوازده: پروژه آزمایشگاه الکترونیک صنعتی.....	۳۷

آزمایش شماره یک:

یکسوساز نیم موج تک فاز با بار اهمی و اهمی - سلفی

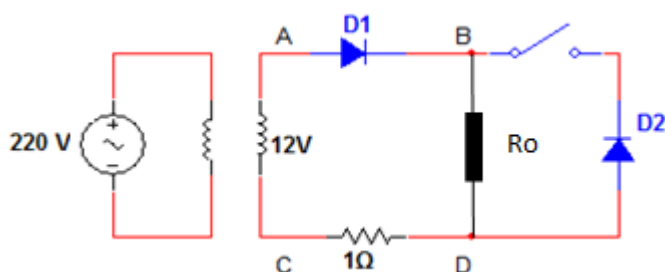
با استفاده از مدارات یکسوساز می توان ولتاژ AC را به ولتاژ یک جهته تبدیل کرد. اگرچه تمام مدارات یکسوساز، خروجی شبیه به هم دارند اما از نظر رپیل AC در خروجی، سطح ولتاژ DC خروجی، راندمان و اثرات بارگذاری آن ها روی سیستم تغذیه AC با هم تفاوت دارند. در این آزمایش به بررسی یکسوساز نیم موج تک فاز با بارهای مختلف (اهمی و اهمی - سلفی) می پردازیم.

شرح آزمایش:

مدار شکل زیر را ببندید. نقاط B و D را به بار (مقاومت ۱۲۰ اهم) متصل نمایید. سپس با توجه به جهت عبور جریان شکل موج های ولتاژ دو سر دیود، ولتاژ دو سر بار و جریان عبوری از بار را مشاهده و رسم نمایید.

- برای مشاهده و رسم ولتاژ دو سر دیود (V_D) مثبت پروب اسیلوسکوپ را به آند دیود و منفی پروب را به کاتد دیود متصل نمایید. - برای مشاهده ولتاژ دو سر بار (V_O) مثبت پروب را به نقطه B و منفی پروب را به نقطه D وصل نموده و شکل موج آن را رسم نمایید.

- برای مشاهده و رسم جریان عبوری از بار (I_O) مثبت پروب را به نقطه D و منفی پروب را به نقطه C وصل نمایید. توجه داشته باشید اسیلوسکوپ دستگاه اندازه گیری ولتاژ می باشد. با توجه به قانون اهم اگر ولتاژ دوسر مقاومت یک اهم را اندازه گیری نمایید در واقع همان شکل موج جریان عبوری از بار را اندازه گیری کرده اید.



حال مقاومت بار را به ۶۰ اهم تغییر دهید و شکل موج‌های V_D ، V_O و I_O را مشاهده و رسم نمایید.

در مرحله دوم از آزمایش بار اهمی- سلفی (مقاومت ۱۲۰ اهم سری شده با سلف ۵ هانری) را به عنوان بار به مدار متصل نمایید و شکل موج‌های V_D ، V_O و I_O را رسم نمایید. دیود $D2$ دیود چرخش آزاد می‌باشد. زمانی که دیود $D1$ در حالت منفی هدایت می‌کند ولتاژ DC خروجی کم می‌شود در نتیجه راندمان کم می‌شود. برای جلوگیری از کاهش راندمان، یک دیود با بار موازی می‌کنیم که به آن دیود چرخش آزاد (هرز گرد) می‌گویند.

دیود چرخش آزاد را در مدار با بار موازی کرده و شکل موج‌های V_D ، V_O و I_O را رسم نمایید.

نتیجه را در دو حالت با دیود چرخش آزاد و بدون آن مقایسه و تحلیل نمایید.

آزمایش شماره دو:

یکسوساز تمام موج تک فاز با بار اهمی و اهمی - سلفی

مزیت یکسوکننده‌های تمام موج، نسبت به یکسوکننده‌های نیم موج آن است که پارامترهای اجرایی یکسوکننده تمام موج نسبت به یکسوکننده نیم موج به حالت ایده‌آل نزدیک‌تر می‌باشد. مانند ولتاژ DC خروجی، توان DC خروجی، راندمان (راندمان یکسوکننده نیم موج تک فاز $40/5\%$ می‌باشد در حالی که راندمان یکسوکننده تمام موج تک فاز 81% است) همچنین ضریب رپیل (در یکسوکننده تمام موج ضریب رپیل کمتر از یک می‌باشد که باعث می‌شود ظرفیت خازن یکسوکننده کمتر شود) و.... به طور کلی یکسوکننده‌های تمام موج تک فاز به دو صورت ساخته می‌شوند. یکسوکننده تمام موج پل دیودی و یکسوکننده تمام موج ترانس سروسط (ترانس سه سر). تمام پارامترهای اجرایی این دو یکسوکننده از نظر تئوری با هم یکسان می‌باشند اما از نظر کاربردی این دو یکسوکننده ۳ تفاوت با یکدیگر دارند:

۱- یکسوکننده تمام موج پل دیودی از ۴ دیود استفاده می‌شود و در هر نیم سیکل دو دیود هدایت می‌کنند، بنابراین ۲ افت ولتاژ در هر نیم سیکل دارد (عیب) ولی در یکسوکننده ترانس سروسط از ۲ دیود استفاده می‌شود که در هر نیم سیکل یک دیود هدایت و دیود دیگر خاموش می‌باشد. بنابراین در هر نیم سیکل یک افت ولتاژ دارد (حسن).

۲- در یکسوکننده ترانس سروسط از ترانس سه سر استفاده می‌شود که از نظر اقتصادی و در دسترس بودن نامناسب می‌باشد (عیب) ولی در یکسوکننده پل دیودی از ترانس معمولی دو سر استفاده می‌شود (حسن).

۳- پیک ولتاژ معکوس که در یکسوکننده ترانس سروسط روی دیودها قرار می‌گیرد برابر $2V_m$ - می‌باشد (عیب) در حالی که افت ولتاژ معکوسی که روی دیودها در یکسوکننده پل دیودی قرار می‌گیرد V_m - می‌باشد (حسن) که این مهم‌ترین ویژگی پل دیودی می‌باشد.

شرح آزمایش:

مدار شکل صفحه بعد را ببینید. شکل موج‌های ولتاژ دو سر بار (V_O)، جریان عبوری از بار (I_O)، ولتاژ دو سر دیود (V_D) و جریان عبوری از دیود (I_D) را به ازای بار ۱۲۰ اهم مشاهده و رسم نمایید. همچنین شکل موج‌های ذکر شده را نیز با بار اهمی - سلفی (سلف ۵ هانری سری شده با مقاومت ۱۲۰ اهم) رسم نمایید.

نکته: در یکسوکننده‌های تمام موج وقتی بار خاصیت سلفی پیدا می‌کند جریان پیوسته‌تر می‌شود و شکل موج ولتاژ تغییری نمی‌کند بنابراین نیازی به دیود چرخش آزاد نیست.

۲-۱) یکسوکننده تمام موج تک فاز پل دیودی

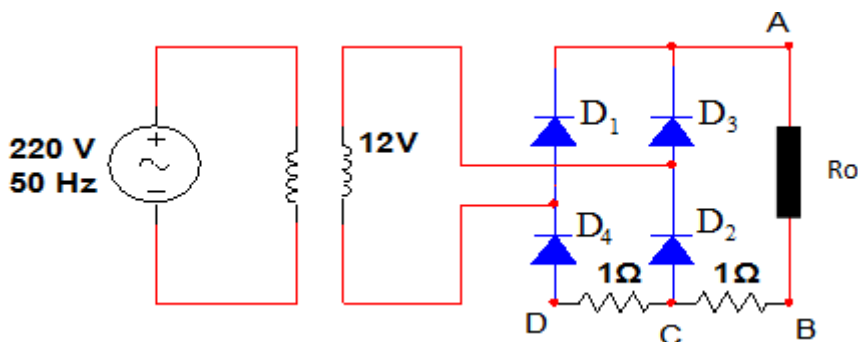
خروجی ترانس ۱۲ ولت را به ورودی مدار یکسوساز تمام موج پل دیودی وصل نمایید. ابتدا مقاومت ۱۲۰ اهم و سپس بار اهمی - سلفی (مقاومت ۱۲۰ اهم سری شده با سلف ۵ هانری) را به خروجی مدار متصل نمایید. شکل موج‌های زیر را با توجه به جهت عبور جریان در مدار مشاهده و رسم نموده و نتیجه را تحلیل نمایید.

- شکل موج ولتاژ دو سر بار (V_O): مثبت پروب را به نقطه A و منفی پروب را به نقطه B وصل نمایید.

- شکل موج جریان عبوری از بار (I_O): مثبت پروب را به نقطه B و منفی پروب را به نقطه C وصل نمایید.

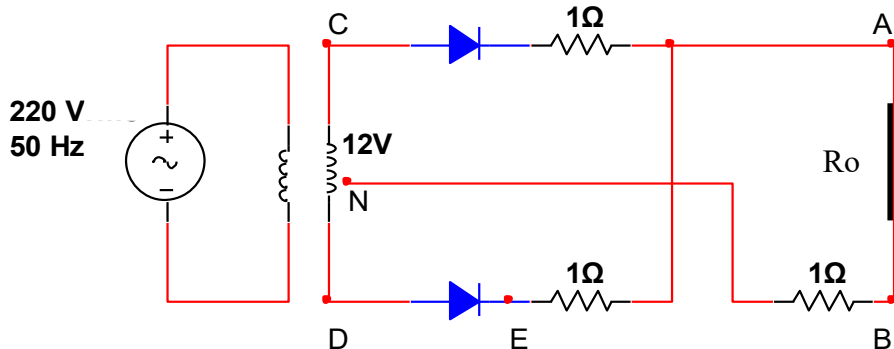
- شکل موج ولتاژ دوسر دیود (V_D): مثبت پروب را به آند دیود و منفی پروب را به کاتد دیود متصل نمایید.

- شکل موج جریان عبوری از دیود (I_D): مثبت پروب را به نقطه C و منفی پروب را به نقطه D وصل نمایید.



۲-۲) یکسوکنده تمام موج تک فاز ترانس سروسر

مدار شکل زیر را ببندید. خروجی‌های ترانس سروسر را به ورودی‌های مدار وصل نموده و خروجی مدار را به بار $120\ \Omega$ اهم متصل کنید. مانند قسمت قبل شکل موج‌های V_D ، I_D و V_O را مشاهده و رسم نمایید.



- شکل موج ولتاژ دو سر بار V_O : مثبت پروب را به نقطه A و منفی پروب را به نقطه B وصل نمایید.

- شکل موج جریان عبوری از بار I_O : مثبت پروب را به نقطه B و منفی پروب را به نقطه N وصل نمایید.

- شکل موج ولتاژ دیود V_D : مثبت پروب را به آند دیود و منفی پروب را به کاتد دیود متصل نمایید.

- شکل موج جریان عبوری از دیود (I_D): مثبت پروب را به نقطه E و منفی پروب را به نقطه A وصل نمایید.
- نتیجه عملی به دست آمده در دو مدار را تشریح و تحلیل نمایید.

آزمایش شماره سه:

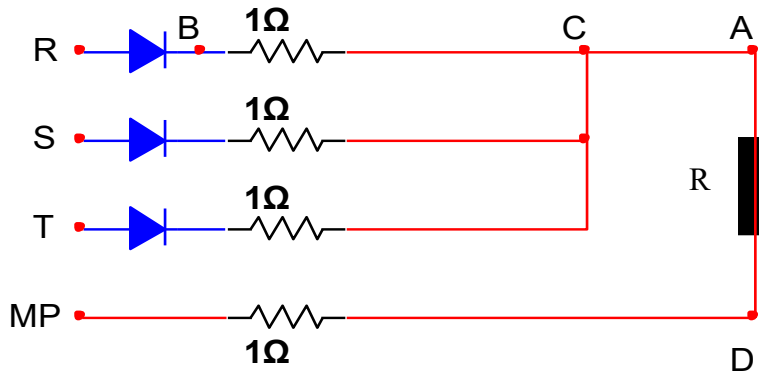
یکسوکننده نیم موج و تمام موج سه فاز با بار اهمی و اهمی - سلفی

دلیل استفاده از یکسوکننده های سه فاز:

- ۱- پارامترهای اجرایی یکسوکننده های سه فاز نسبت به یکسوکننده های تک فاز به حالت ایده آل نزدیک تر می باشد. مثلاً راندمان: راندمان یکسوکننده تک فاز نیم موج (۴۰/۵٪) و یکسوکننده تک فاز تمام موج (۸۱٪) راندمان یکسوکننده سه فاز نیم موج (۹۶٪) و یکسوکننده سه فاز تمام موج (۹۹٪)
- ۲- در مصرف کننده هایی که نیاز به توان بیشتری (حدود ۳ کیلووات به بالا) باشد، لازم است از یکسوکننده های سه فاز استفاده شود تا میزان این توان به جای یک فاز از سه فاز تأمین گردد.

۳-۱) یکسوکننده سه فاز نیم موج

- مدار شکل زیر را ببندید. خروجی های ترانس ۱۲ ولت سه فاز را به ورودی های مدار متصل کرده و منفی های سه فاز را پل نموده و به نقطه ی MP مدار وصل نمایید و مقاومت ۱۲۰ اهم را به عنوان بار به خروجی مدار متصل نمایید. سپس با توجه به جهت عبور جریان شکل موج های ولتاژ دوسر بار (V_O)، جریان عبوری از بار (I_O)، ولتاژ دو سر دیود (V_D) و جریان عبوری از دیود (I_D) را مشاهده و رسم نمایید.
- شکل موج V_O : مثبت پروب را به نقطه A و منفی پروب (زمین اسیلوسکوپ) را به نقطه D وصل نمایید.
 - شکل موج I_O : مثبت پروب را به نقطه D و منفی پروب را به نقطه MP وصل نمایید.
 - شکل موج V_D : مثبت پروب را به آند دیود و منفی پروب را به کاتد یکی از دیودها وصل نمایید.
 - شکل موج I_D : مثبت پروب را به نقطه B و منفی پروب را به نقطه C وصل نمایید.



در مرحله بعد بار اهمی $120\ \Omega$ را با سلف $5\ \text{mH}$ سری نموده و مراحل قبل را تکرار نمایید. چه نتیجه‌ای حاصل می‌گردد؟ آن را تحلیل نمایید.

۳-۲) یکسوکننده تمام موج سه فاز (با استفاده از پل دیودی)

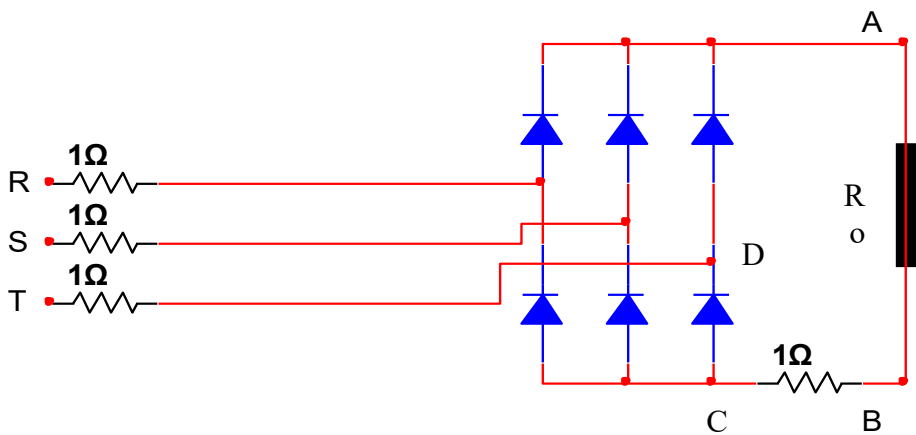
خروجی‌های $12\ \text{V}$ ولت ترانس سه فاز را به ورودی‌های مدار صفحه بعد متصل نمایید و منفی‌های سه فاز را نیز به هم اتصال دهید. مقاومت‌های $120\ \Omega$ و $220\ \Omega$ اهم را به عنوان بار به خروجی وصل نمایید. مانند قبل شکل موج‌های V_D ، I_D و V_D را مشاهده و رسم نمایید.

- شکل موج V_D : مثبت پروب را به نقطه A و منفی پروب (زمین اسیلوسکوپ) را به نقطه B وصل نمایید.

- شکل موج I_D : مثبت پروب را به نقطه B و منفی پروب را به نقطه C وصل نمایید.

- شکل موج V_D : مثبت پروب را به آند دیود (نقطه C) و منفی پروب را به کاتد دیود (نقطه D) وصل نمایید.

- شکل موج I_D : مثبت پروب را به نقطه T و منفی پروب را به نقطه D وصل نمایید.

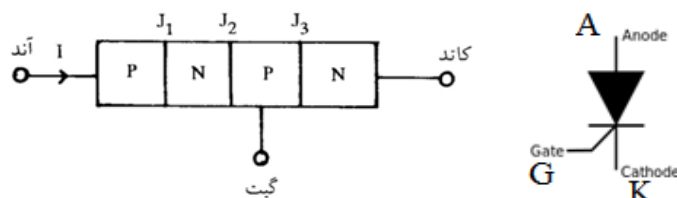


با توجه با نتایج به دست آمده از دو مدار آن‌ها را با هم مقایسه و تشریح نمایید.

آزمایش شماره چهار:

به دست آوردن مشخصات تریستور و تریاک

تریستور یک نیمه‌رسانای قدرت است و به صورت یک قطعه چهار لایه‌ای PNPN ساخته می‌شود. تریستورها ۳ پایانه آند، کاتد و گیت دارند. پایه آند با A، کاتد با K و گیت با G نمایش داده می‌شود که از این میان آند و کاتد به مدار قدرت متصل می‌شوند و گیت جریان کمتری دارد.

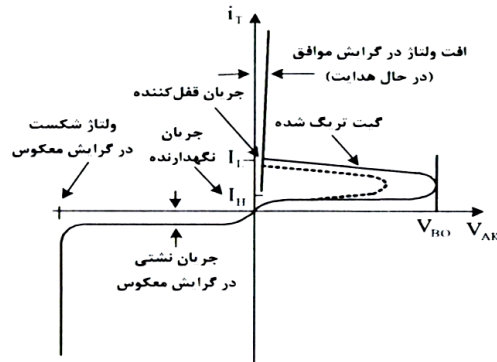


در حالت عادی، تریستور از هیچ طرف هدایتی را ندارد. اگر ولتاژ آند-کاتد مثبت باشد، پیوندهای J_1 و J_3 در بایاس مستقیم قرار گرفته اما پیوند J_2 در بایاس معکوس می‌باشد. در این حالت فقط یک جریان ناشی از آند به کاتد برقرار می‌شود.

اگر ولتاژ آند-کاتد آنقدر زیاد باشد که پیوند J_2 به ناحیه شکست بهمنی برسد، هدایت **نموده** و جریان از آند به کاتد برقرار می‌شود. ولتاژی که به ازای آن به‌طور مستقیم تریستور روشن می‌شود را ولتاژ شکست مستقیم تریستور می‌نامند و با V_{B0} نشان داده می‌شود. برای روشن شدن تریستور حداقل جریان I_L که جریان قفل کننده نام دارد باید از آند به کاتد برقرار شود. هنگامی که تریستور در حالت هدایت است حداقل جریانی که از آند-کاتد باید عبور کند تا تریستور روشن بماند، جریان نگه‌دارنده I_H می‌باشد. اگر جریان عبوری از آند-کاتد کمتر از I_H شود تریستور خاموش می‌شود و این تنها راه خاموش کردن تریستور می‌باشد.

زمانی که تریستور هدایت می‌کند، افت ولتاژ ناچیزی که حدود ۱ ولت است دو سر آن قرار می‌گیرد. اما اگر ولتاژ آند از کاتد کمتر باشد پیوندهای J_1 و J_3 در بایاس معکوس

قرار گرفته و فقط پیوند I_2 در حالت هدایت می‌باشد. در این حالت جریانی به جز جریان ناشی ناچیز I_R از ترستور نمی‌گذرد و خاموش می‌باشد.



منحنی مشخصه ولتاژ- جریان ترستور

انواع ترستور

تریستورهای قدرت را معمولاً به دو صورت دیسکی و استود می‌سازند. تفاوت این دو نوع تریستور در این است که نوع استود سرعت قطع و وصل پایین‌تری نسبت به نوع دیسکی دارد و معمولاً در مدارهای یکسوکننده کنترل‌شده به کار می‌رود. نوع دیسکی در اینورترها کاربرد دارد و حتماً باید با گرماگیری که گیت آن را تحت فشار قرار می‌دهد استفاده شود در غیر این صورت گیت تریستور تحریک‌پذیر نخواهد بود.



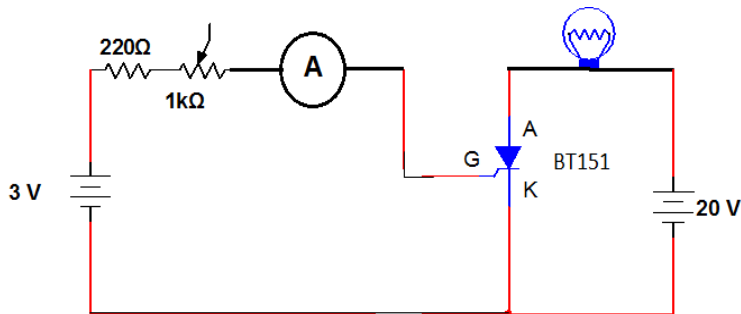
تشخیص پایه‌های تریستور

گیت به کاتد در بایاس مستقیم راه می‌دهد و در بایاس معکوس راه نمی‌دهد و در حالت معمولی آند به کاتد راه نمی‌دهد. از همین روش برای تشخیص پایه‌های آن و عیب‌یابی تریستور می‌توان استفاده نمود. یعنی دنبال پایه‌ای می‌گردیم که مانند یک دیود در حالت بایاس مستقیم عمل کند. در این حالت ترمینال قرمز مولتی متر گیت و ترمینال مشکی کاتد را نشان می‌دهد و پایه باقیمانده آند است. البته در اکثر تریستورهای صنعتی بین گیت و کاتد یک دیود حفاظتی در جهت عکس قرار دارد که این روش را ناممکن می‌کند و باید از روی شکل، پایه‌ها را تشخیص داد.

هدف از انجام این آزمایش اندازه‌گیری پارامترهای مهم تریستور و تریاک و نیز، بررسی روشن‌شدن تریستور در اثر وجود سلف و نیز خاموش کردن تریستور با کاهش جریان آند - کاتد نسبت به جریان نگه‌دارنده می‌باشد.

۴-۱) روشن شدن تریستور از طریق اعمال پالس مثبت به گیت و اندازه‌گیری پارامترهای آن

مدار شکل زیر را ببندید. ابتدا ولوم را روی ماکزیمم قرار داده (با اهم متر مشخص نمایید). سپس ولوم را به آرامی کم نموده تا لامپ روشن شود. حال حداقل جریان لازم برای گیت تریستور جهت روشن‌شدن آن را با آمپر متر اندازه‌گیری نمایید. سپس ولتاژ گیت - کاتد، ولتاژ آند - گیت و آند - کاتد را نیز اندازه‌گیری نمایید. توجه داشته باشید در تمام آزمایش‌ها ابتدا منابع تغذیه را روی مقادیر خواسته شده تنظیم نمایید و بعد به مدار متصل نمایید تا به مدار صدمه‌ای وارد نشود و برای اندازه‌گیری ولتاژها آمپر متر را از مدار خارج نموده و به جای آن اتصال کوتاه قرار دهید.



$$V_{AG} = \quad V_{AK} = \quad V_{GK} = \quad Min I_{GK} =$$

حال با انتخاب پلاریته‌های مختلف برای منابع تغذیه در مدار فوق، جدول زیر را با نوشتن روشن یا خاموش کامل نمایید.

A \ G	مثبت	منفی
مثبت		
منفی		

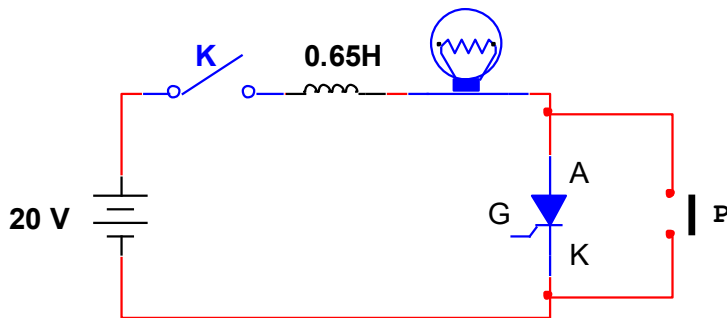
با توجه به جدول فوق چه نتیجه‌ای حاصل می‌شود؟

۲-۴) روشن کردن تریستور به کمک سلف سری شده با تریستور

در این روش با ضربه جریانی که توسط سلف به آند تریستور وارد می‌شود تریستور روشن می‌شود، اما روش مناسبی برای روشن کردن تریستور نمی‌باشد. زیرا جریان عبوری از آند تریستور باعث افزایش چگالی الکترون‌ها شده و می‌تواند به تریستور صدمه وارد کند.

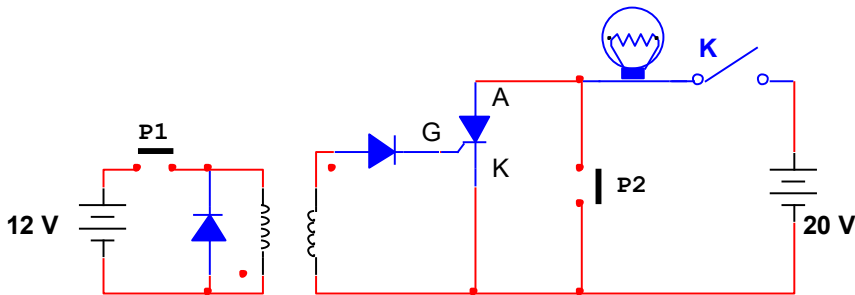
مدار شکل زیر را ببینید و کلید K را وصل نمایید. ابتدا دو سر سلف را اتصال کوتاه نموده تا مدار فقط دارای بار اهمی شود. سپس توسط کلید فشاری P بین آند و کاتد را یک لحظه اتصال کوتاه نمایید. مشاهده خواهید کرد لامپ، روشن شده و بعد از قطع

کلید فشاری، لامپ خاموش می‌شود. اکنون سلف را در مدار قرار داده و عمل فوق را تکرار نمایید. مشاهده خواهید کرد لامپ، روشن شده و پس از قطع کلید فشاری لامپ روشن باقی می‌ماند. علت را توضیح دهید؟



۳-۴) خاموش کردن تریستور از طریق کاهش جریان آند - کاتد

مدار شکل زیر را ببینید و مراحل زیر را انجام دهید.



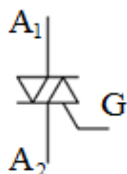
- ۱- کلید K را وصل نمایید و به وسیله کلید فشاری P1 با دادن پالس جریان به گیت، تریستور را روشن نمایید. سپس کلید K را قطع نمایید با این عمل مشاهده می شود تریستور خاموش می گردد. علت را توضیح دهید؟
- ۲- مجدداً تریستور را روشن نمایید. سپس توسط کلید فشاری P2 بین آند و کاتد تریستور را اتصال کوتاه نمایید. با انجام این عمل مشاهده می شود تریستور خاموش می گردد. علت را شرح نمایید.
- ۳- نقش دیودها و ترانس در مدار فوق چیست؟

تریاک^۱

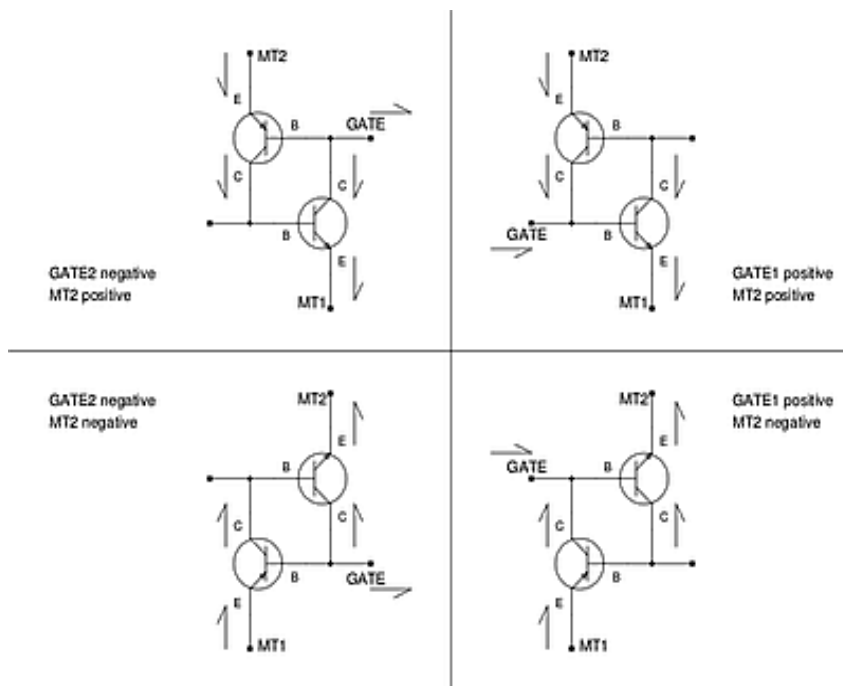
تریاک (TRIAC: Triode for Alternating Current) قطعه ای الکترونیکی است که در صورت فعال شدن (تریگر) می تواند جریان الکتریکی را در هر دو جهت از خود عبور دهد. **تریاک**، عملکردی مانند تریستور اما به صورت دو طرفه دارد و یک المان مناسب برای کنترل کامل قدرت AC بار می باشد.

تریاک را می توان دو تریستور مکمل (که یکی توسط آند و دیگری توسط کاتد تریگر می شود) مدل کرد که به صورت موازی اما در جهت برعکس به هم متصل شده اند و گیت آن ها نیز به یکدیگر متصل شده اند. **تریاک** می تواند با ولتاژ مثبت یا منفی که به پایه

گیت آن اعمال می‌شود، تریگر شود. (ولتاژ گیت نسبت به پایه A_1 که $MT1$ نیز خوانده می‌شود سنجیده می‌شود). یا یک پالس فعال‌سازی به پایه گیت، تریاک به شرایط هدایت می‌رود و تا زمانی که جریان عبوری از حد مشخصی پایین‌تر نیاید در همان شرایط باقی می‌ماند. این جریان مرزی را جریان نگه‌دارنده می‌گویند. این اتفاق می‌تواند در انتهای هر نیم سیکل از یک جریان متناوب (مانند برق شهر) رخ دهد. این خاصیت باعث شده است که تریاک یک سوئیچ پراستفاده در مدارات AC شود که می‌توان با آن جریان‌های الکتریکی بسیار بالا را توسط یک جریان ضعیف کنترل کرد.

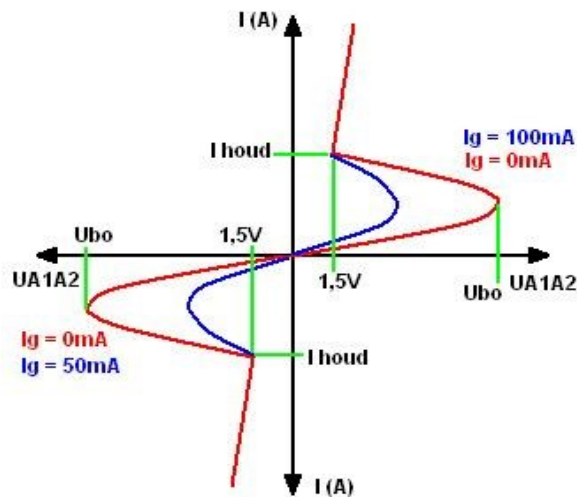


حالت‌های مختلف تریگر تریاک عبارت‌اند از:



تریاک‌ها به چهار روش فعال می‌شوند که به این روش‌ها درجه حساسیت تریاک می‌گویند. این المان در ربع اول و ربع سوم می‌تواند کار کند و یکی از پرکاربردترین المان‌های نیمه هادی صنعتی می‌باشد. المان تریاک یک المان دو طرفه است، یعنی از هر دو طرف می‌تواند هدایت کند. نحوه کار این المان بدین صورت است که اگر ولتاژ آند ۱ نسبت به آند ۲ مثبت باشد، چنانچه یک پالس مثبت جریان به گیت آن اعمال شود تریاک روشن می‌شود. در صورتی که ولتاژ آند ۲ نسبت به آند ۱ مثبت‌تر باشد چنانچه یک پالس منفی جریان به گیت اعمال شود، تریاک روشن شده و هدایت می‌کند. هنگامی که تریاک روشن شد مانند ترستور معمولی، پایه گیت هیچ نقشی در روشن ماندن یا خاموش شدن تریاک ندارد و تنها راه خاموش کردن آن، کاهش جریان حالت هدایت آن از جریان نگه‌دارنده می‌باشد.

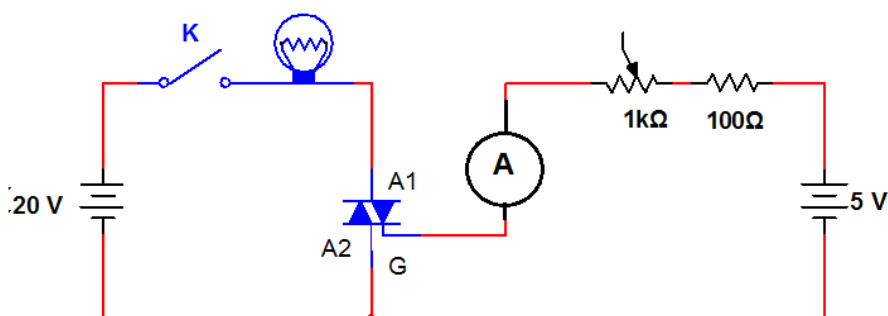
یکی از مهم‌ترین کاربردهای تریاک در مدار دیممر روشنایی است. همچنین می‌توان از آن‌ها در کنترل دور موتورهای الکتریکی و رله‌های حالت جامد (SSR) استفاده کرد.



منحنی مشخصه تریاک

۴-۴) به دست آوردن مشخصات تریاک

مدار شکل زیر را ببندید. منابع را روی مقادیر موردنظر قرار دهید. ولوم را روی مقدار ماکزیمم قرار داده و کلید K را وصل نمایید. سپس ولوم را به آرامی کم کرده، حداقل جریان لازم برای روشن شدن تریاک را توسط آمپر متر اندازه گیری نمایید. آنگاه ولتاژهای زیر را با اتصال کوتاه کردن آمپر متر توسط ولت متر اندازه گیری کنید.



$$V_{A2G} = \quad V_{A1G} = \quad V_{A1A2} = \quad Min I_G =$$

با تغییر پلاریته منابع تغذیه در مدار فوق، جدول زیر را کامل نمایید.

G \ A1	مثبت	منفی
	مثبت	منفی
مثبت		
منفی		

در تکمیل جدول فوق ممکن است حالت‌های غیرمجاز اتفاق بیافتد که باید به آن توجه و با قطع هر حالت، حالت جدید تست شود. علت را بیان کنید؟

آزمایش شماره پنج:

روش های روشن کردن ترستور

نحوه روشن شدن ترستور

برای این که ترستور در وضعیت هدایت قرار بگیرد باید شرایط زیر برقرار باشد:

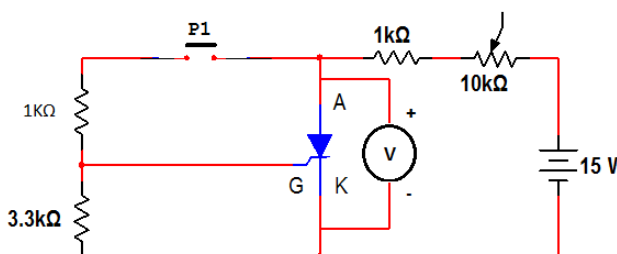
۱. ولتاژ آند نسبت به کاتد مثبت باشد.
 ۲. گیت یک پالس مثبت جریان با دامنه کافی دریافت کند.
 ۳. برای روشن ماندن ترستور جریان آند باید به اندازه کافی زیاد باشد.
- مداری که پالس جریان گیت را تولید می کند مدار آتش نامیده می شود. پس از روشن شدن ترستور ولتاژ آند کاتد بسیار ناچیز خواهد شد به طوری که در مقاصد عملی $V_{AK} \approx 0$ در نظر گرفته می شود و می توان گفت که ترستور در هنگام هدایت تقریباً مانند یک اتصال کوتاه عمل می کند. ترستور بسیار سریع روشن می شود و به مدت زمان لازم برای روشن شدن ترستور زمان روشن سازی ترستور می گویند که آن را با t_{on} نمایش می دهند و حدود ۱ تا ۳ میکروثانیه است.

زاویه آتش

برای شکل موج های متناوب ورودی می توان محور افقی را برحسب درجه از صفر تا ۳۶۰ تقسیم بندی کرد. اگر شرط مثبت بودن آند نسبت به کاتد برقرار باشد، می توان پالس اعمالی به گیت را به گونه ای تنظیم کرد که در لحظه ای بخصوص از شکل موج ورودی ترستور روشن شود که این لحظه معادل زاویه ای معین خواهد بود. به این زاویه، زاویه آتش ترستور می گویند. با تعیین زاویه آتش مناسب می توان مقدار مؤثر ولتاژ خروجی را تغییر داد که از آن در مدارهای کنترل دور موتورهای جریان مستقیم، یکسوکننده های کنترل شده و راه اندازهای نرم استفاده می شود.

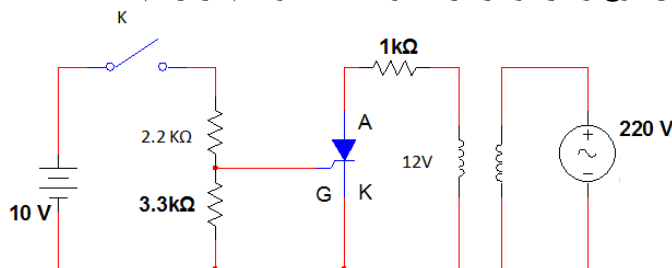
۱-۵ روشن کردن ترایستور توسط فرمان گیت با ولتاژ DC

مدار شکل زیر را ببندید. ولوم را به وسیله اهم متر روی ماکزیمم قرار دهید. ولت متر DC را دو سر آند و کاتد قرار داده و مرتب به گیت پالس بدهید و ولوم را به آرامی کم نموده تا ولت متر عدد افت ولتاژ حالت هدایت ترایستور (حدود 0.8 ولت) را به طور ثابت نشان دهد. در این صورت ترایستور روشن شده است. برای خاموش کردن ترایستور کافی است جریان آند - کاتد از جریان نگه دارنده (I_{hold}) کمتر شود. بنابراین ولوم را افزایش داده تا جریان عبوری از آند - کاتد کم شود و ترایستور خاموش می شود.



۲-۵ روشن کردن ترایستور توسط فرمان گیت با ولتاژ DC

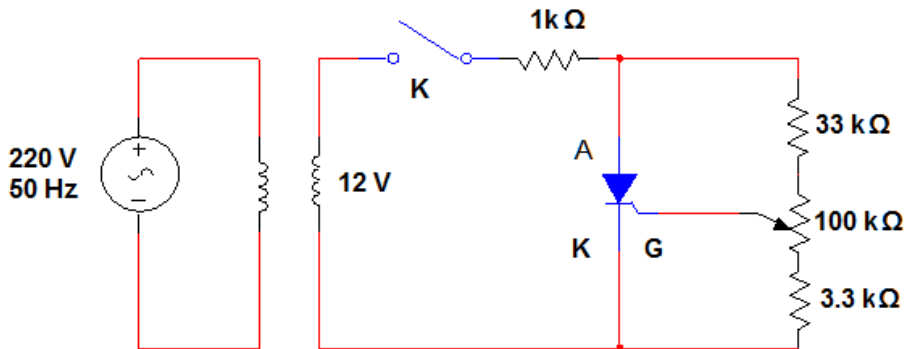
مدار شکل زیر را ببندید و کلید K را وصل نمایید. چون تغذیه گیت برقرار شده با توجه به ورودی سینوسی ۱۲ ولت، در نیم سیکل مثبت چون ولتاژ آند - کاتد مثبت و جریان گیت نیز مثبت است ترایستور روشن می شود و در نیم سیکل منفی ترایستور خاموش می گردد. زمانی که ترایستور روشن می باشد شکل موج دو سر آند - کاتد و همچنین شکل موج ولتاژ دوسر بار (مقاومت ۱ کیلو اهم) را رسم نمایید.



سپس کلید K را باز گذاشته و آزمایش را تکرار نمایید و نتیجه را توضیح دهید.

۳-۵ روشن کردن تریستور توسط فرمان گیت با ولتاژ AC

مدار شکل زیر را ببندید و کلید K را وصل نمایید. در این مدار با تغییر ولوم، جریان گیت تغییر می‌کند. هر چه ولوم بیشتر باشد جریان گیت کمتر می‌شود. در نتیجه تریستور با زاویه آتش بیشتری روشن می‌شود. شکل موج‌های دو سر آند - کاتد و ولتاژ دو سر بار (مقاومت ۱ کیلو اهم) را به ازای مقادیر مختلف ولوم مشاهده و به ازای دو زاویه آتش (روشن شدن) مختلف، با اندازه‌گیری زاویه آتش آن‌ها را رسم نمایید.

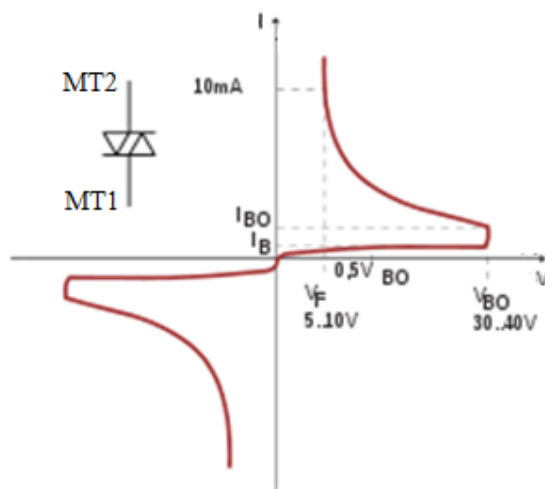


این روش عملی‌ترین روش برای روشن کردن تریستور می‌باشد. علت را بیان کنید.

آزمایش شماره شش:

به دست آوردن مشخصات دیاک و استفاده از دیاک در مدار دیمر

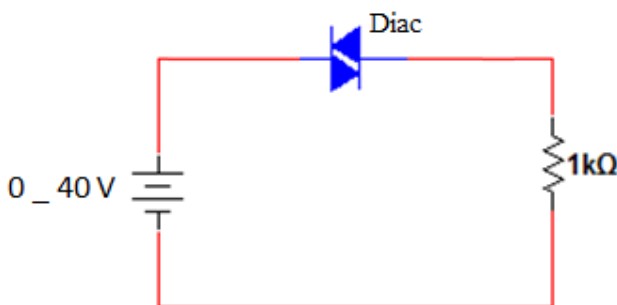
المان دیاک (Diac) در واقع تریاکی است که پایه گیت ندارد و ولتاژ شکست مستقیم آن کم می‌باشد. نحوه کار این المان بدین صورت است که اگر ولتاژ MT1 نسبت به MT2 به حدود ۳۰ ولت برسد، دیاک روشن شده و هدایت می‌کند، در این صورت افت ولتاژ دو سر دیاک حدود ۲۴ ولت می‌باشد. همچنین هنگامی که ولتاژ MT1 نسبت به MT2 به اندازه حدود ۳۰- ولت برسد، دیاک روشن شده و از آن جریان عبور می‌کند که در این حالت نیز حدود ۲۴- ولت دو سر دیاک قرار می‌گیرد. با توجه به آن که المان دیاک از دو طرف هدایت می‌کند و می‌تواند پالس‌های مثبت و منفی را تولید کند، لذا این المان مناسب‌ترین المان برای فرمان گیت تریاک می‌باشد. دیاک‌ها همچنین با نام‌دیود تریگر متقارن که برگرفته از منحنی مشخصه آن‌ها است، خوانده می‌شوند. چون دیاک یک قطعه دو جهتی یا دو طرفه است باعث شده تا ترمینال یا پایه‌های آن‌ها به صورت آند-کاتد علامت‌گذاری نشود و به صورت A1 (آند ۱) و A2 (آند ۲) و یا MT1 و MT2 نام‌گذاری شود.



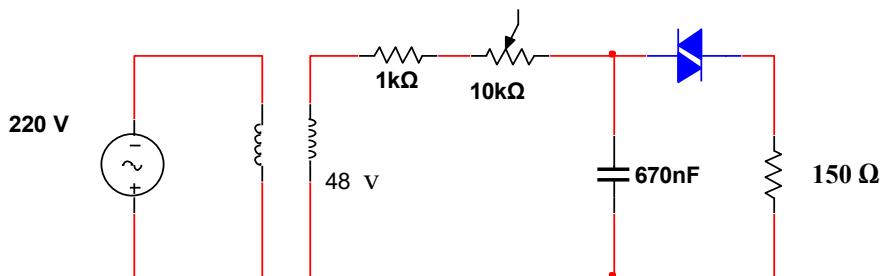
منحنی مشخصه دیاک

۶-۱) به دست آوردن مشخصات دیاک

مدار شکل زیر را ببندید. برای اینکه ورودی مدار از صفر تا ۴۰ ولت متغیر باشد، هر دو منبع تغذیه را سری نموده و به مدار وصل نمایید. سپس ولت‌متر را دو سر مقاومت ۱ کیلو اهم گذاشته و ولتاژ ورودی را به آرامی زیاد نمایید تا زمانی که ولت‌متر عددی را نمایش دهد. در این زمان دیاک روشن شده است و جریان برقرار می‌شود. آنگاه ولتاژ ورودی و ولتاژ دوسر دیاک را اندازه‌گیری نمایید. این کار را برای خاموش کردن دیاک نیز تکرار نمایید. یعنی ولتاژ ورودی را کم کرده تا اولین جایی که ولتاژ دو سر مقاومت ۱ کیلو اهم صفر شود. در این حالت ولتاژهای دو سر ورودی و دو سر دیاک را اندازه‌گیری و یادداشت نمایید. در مرحله بعد جای مثبت و منفی منبع را عوض نموده و مراحل قبل را تکرار نمایید. در هر دو حالت ولتاژ مثبت و منفی ورودی، مقادیر ولتاژ لازم برای روشن شدن، افت ولتاژ و ولتاژ خاموش شدن دیاک را یادداشت نمایید.



۶-۲) استفاده از دیاک برای ایجاد پالس فرمان



مدار شکل را ببندید. ورودی مدار را وصل نموده و ولوم را تغییر داده و شکل موج دو سر مقاومت ۱۵۰ اهم و خازن را مشاهده و در یک حالت میانی ولوم، شکل موج دو سر دیاک و شکل موج دو سر مقاومت ۱۵۰ اهم را به طور دقیق رسم نمایید. عملکرد مدار را شرح دهید.

۳-۶) کنترل توان (دیمر)

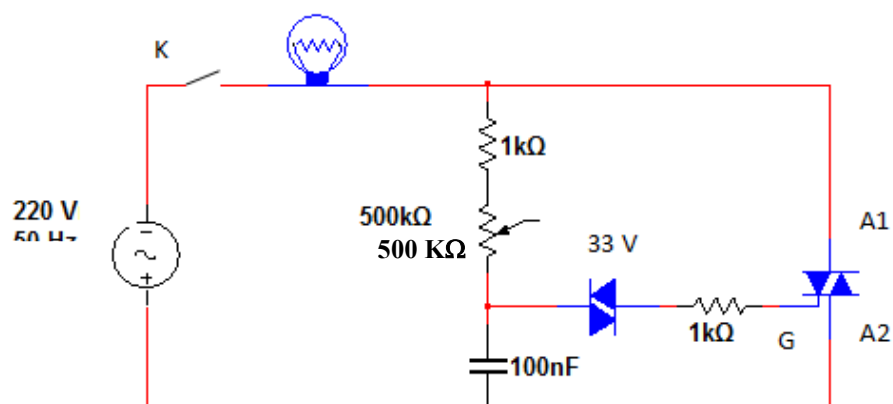
دیمر دستگاهی است که با تغییر زاویه آتش گیت تریاک، مقادیر ولتاژ دوسر بار (لامپ) و تریاک قابل تغییر می‌باشد. با تغییر ولتاژ خروجی می‌توان توان خروجی را تغییر داد. اشکال دیمرهای موجود در بازار وجود هارمونیک در آن‌ها می‌باشد. برای جلوگیری از ایجاد هارمونیک می‌توان یک فیلتر در ورودی مدار استفاده کرد. در این آزمایش از دیاک برای فرمان دادن به گیت تریاک استفاده می‌شود.

شرح آزمایش:

مدار شکل زیر را ببندید. توجه شود چون ورودی مدار ۲۲۰ ولت می‌باشد احتیاط نمایید. در حالتی که کلید خاموش است مدار را به برق شهر متصل نمایید. سپس کلید K را وصل نمایید با تغییر ولوم، تأثیر آن را روی شدت روشنایی لامپ مشاهده و شرح نمایید. همچنین شکل موج‌های ولتاژ دو سر تریاک، بار و دیاک را با تغییر ولوم مشاهده و به ازای دو زاویه آتش مختلف اندازه‌گیری و به طور دقیق رسم نمایید. نحوه عملکرد مدار را شرح دهید.

توجه داشته باشید از پروب تضعیف کننده استفاده نمایید چون ورودی مدار ۲۲۰ ولت مؤثر می‌باشد.

همچنین از ترانس ایزوله ۲۲۰ به ۲۲۰ برای اتصال کوتاه شدن برق استفاده نمایید. علت آن چیست؟



ترانس در ورودی مدار زیر، برق شهر را به ولتاژ ۶ ولت تبدیل می‌کند. سپس ولتاژ توسط مدار یکسوساز پل دیودی یکسو می‌شود. مقاومت ۱۲۰ اهم جریان عبوری از دیود زener را محدود می‌کند تا دیود زener صدمه نبیند. دیود زener پیک مثبت شکل موج‌ها را برش داده و آن را به مدار اسیلاتور UJT اعمال می‌کند که با تغییر ولوم می‌توان زمان شارژ

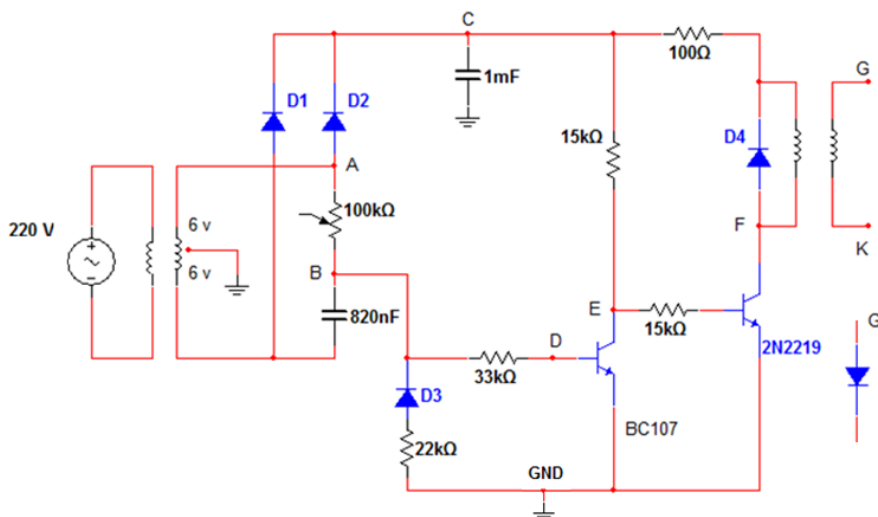
خازن و در نتیجه آمدن اولین پالس فرمان در نقطه D را کنترل نمود. ترانزیستور 2N2219 شکل موج‌های فرمان تولیدشده را تقویت می‌کند. تغذیه کلکتور ترانزیستور با یکسوسدن ولتاژ ورودی و گرفتن ریپل آن توسط خازن ۱ میلی فاراد (تبدیل ولتاژ به DC) صورت می‌گیرد. در کلکتور ترانزیستور، ترانس ایزوله قرار دارد تا بخش فرمان و قدرت را از نظر الکتریکی جدا (ایزوله) کند. خروجی ترانس ایزوله، پالس‌های فرمان تقویت‌شده توسط ترانزیستور را به گیت - کاتد ترایستور اعمال می‌کند. دیودی که در ورودی ترانس ایزوله قرار دارد دیود چرخش آزاد یا هرز گرد می‌باشد تا خاصیت سلفی سیم‌پیچ اولیه ترانس ایزوله، باعث صدمه رساندن به کلکتور ترانزیستور نشود. برای تغییر عرض پالس‌های فرمان می‌توان مقاومت مسیر دشارژ خازن که همان مقاومت ۱۰۰ اهم می‌باشد را تغییر داد. مقاومت ۱ کیلو اهم در بیس ترانزیستور برای محدود کردن جریان بیس می‌باشد. برای مشاهده شکل موج‌های گیت - کاتد زمین اسیلوسکوپ را به کاتد و مثبت کانال ۱ را به گیت وصل نموده و دیگر از کانال ۲ استفاده نمی‌شود. زیرا به دلیل وجود ترانس ایزوله زمین در دو طرف مدار با هم فرق می‌کند.

آزمایش شماره هشت:

مدار فرمان گیت ترستور (شیفت افقی)

شرح آزمایش:

مدار شکل زیر را ببندید و آن را به برق شهر وصل نمایید. زمین اسیلوسکوپ را به زمین مدار (GND) متصل نموده و یکی از کانال‌ها را در ورودی مدار ثابت نگه داشته و کانال دیگر را به نقاط مختلف وصل کنید. در یک حالت میانی ولوم، شکل موج‌های نقاط مختلف را هم‌زمان با شکل موج ورودی به‌طور جداگانه مشاهده و رسم نمایید. برای دیدن پالس‌های فرمان خروجی، نقطه K را به زمین وصل کرده و در یک حالت میانی ولوم مثبت پروب کانال ۱ را به نقطه G متصل نموده و شکل موج‌های آن را هم‌زمان رسم نمایید. همچنین ولوم را تغییر داده و تأثیر آن را در شکل موج‌ها مشاهده نمایید. در نهایت خروجی مدار را نیز به یک دیود اعمال کنید تا بخش منفی پالس‌های فرمان که برای گیت ترستور ضرر دارد حذف شود. شکل موج بعد از این دیود را مشاهده و هم‌زمان با ورودی رسم نموده با تغییر ولوم فرمان گیت را از نزدیک صفر تا نزدیک ۱۸۰ درجه مشاهده و تحلیل نمایید.



نحوه عملکرد مدار:

خازن و ولوم با هم یک مدار RC را تشکیل می‌دهند و ۱۸۰ درجه اختلاف فاز نسبت به ورودی ایجاد می‌کنند. دیود سر راه بیس ترانزیستور BC107 منفی شکل موج‌ها را حذف نموده و مقاومت ۳۳ کیلو جریان بیس را محدود می‌کند. این ترانزیستور به عنوان یک سوئیچ عمل می‌کند. پالس‌های تولیدشده برای تقویت و هم فاز شدن با ورودی به ترانزیستور 2N2219 اعمال می‌شوند. تغذیه کلکتور هر دو ترانزیستور با یکسو کردن ورودی توسط دیودها انجام می‌شود. همچنین گرفتن ریپل آن توسط خازن ۱mf صورت می‌گیرد. ترانس ایزوله‌ای که در کلکتور ترانزیستور دوم قرار دارد عمل ایزوله کردن بخش قدرت و فرمان را انجام می‌دهد. دیودی که در ورودی ترانس ایزوله قرار دارد دیود چرخش آزاد می‌باشد.

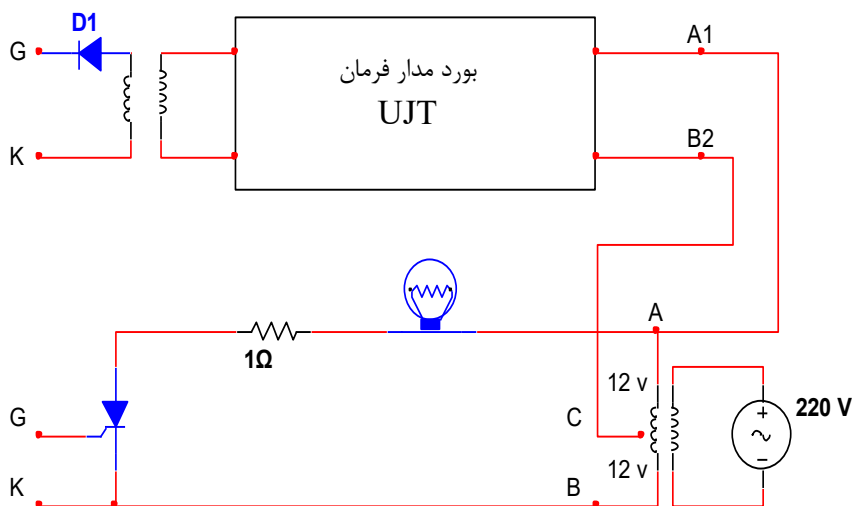
* مزیت مدار فوق نسبت به مدار آزمایش قبل این است که در هر دوره یک پالس تولید می‌شود.

یکسوساز نیم موج کنترل شده

در این آزمایش به بررسی کاربرد تریستور در یکسوساز نیم موج می‌پردازیم.

شرح آزمائش:

مدار شکل زیر را ببندید. خروجی ۱۲ ولت ترانس سر وسط را به ورودی مدار فرمان UJT متصل نمایید. گیت - کاتد (نقاط G و K) در خروجی ترانس ایزوله را به گیت - کاتد تریستور وصل نمایید. توجه داشته باشید چون تریستور در نیم سیکل منفی خاموش است، بنابراین حداکثر نور لامپ از نصف آن کمتر است. شکل موج‌های ولتاژ دو سر بار، ولتاژ تریستور (ولتاژ آند-کاتد) و همچنین جریان عبوری از بار (ولتاژ دو سر مقاومت ۱ اهم سری شده با لامپ) را به ازای مقادیر مختلف ولوم مشاهده و برای دو نقطه مختلف با اندازه‌گیری زاویه آتش رسم نمایید. همچنین نحوه عملکرد مدار را شرح دهید.



آزمایش شماره ده:

مدار کموتاسیون اجباری

به روش‌های خاموش کردن تریستور، کموتاسیون می‌گویند که به دو صورت طبیعی و اجباری انجام می‌شود. در مدارهای جریان متناوب متقارن به علت تغییر خودکار پلاریته دو سر آند و کاتد تریستور به صورت خودکار خاموش می‌شود که به این حالت کموتاسیون طبیعی می‌گویند یا به عبارت دیگر در نیم سیکل مثبت در هر زاویه‌ای که پالس فرمان به گیت اعمال شود تریستور روشن شده و در زاویه π که ولتاژ آند - کاتد صفر می‌شود تریستور خاموش می‌شود. اما اگر ولتاژ ورودی مدار تریستوری یک ولتاژ DC باشد هرگاه در زمان مشخص، پالس جریان به گیت اعمال کنیم تریستور روشن می‌شود. ولی چون پایه گیت تأثیری در روشن ماندن یا خاموش شدن تریستور ندارد، بنابراین تریستور به طور طبیعی، خاموش نمی‌شود و باید از مدارات اضافی شامل تریستورهای کمکی همراه با المان‌های سلف و خازن برای خاموش کردن تریستور اصلی مدار استفاده نمود.

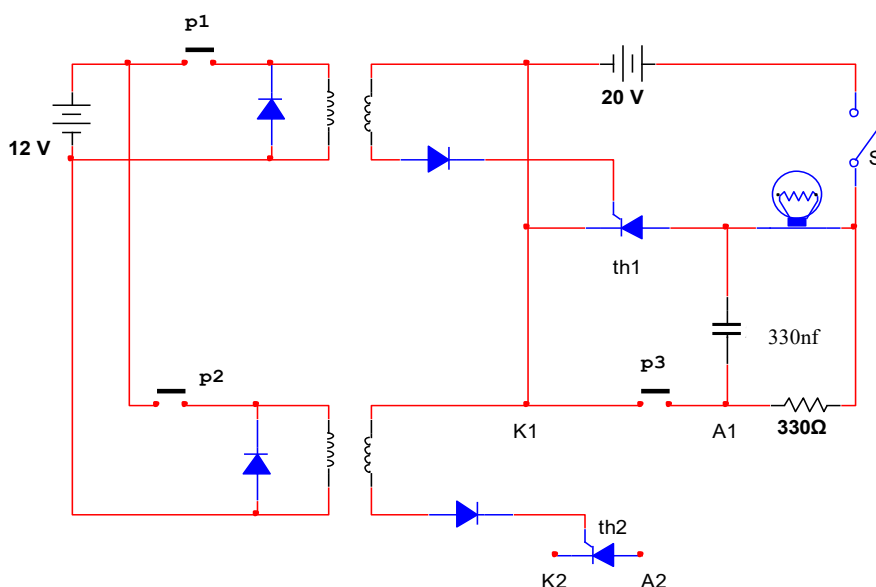
مدار کموتاسیون

اگر بخواهیم به صورت ناگهانی جریان تریستور را در یک لحظه مشخص قطع کنیم، باید آن را در بایاس معکوس قرار دهیم (V_{AK} منفی شود). برای انجام این کار که به آن کموتاسیون اجباری می‌گویند، از مدار کموتاسیون استفاده می‌شود. در بیشتر مدارات کموتاسیون، خازنی از پیش شارژ شده وجود دارد که ولتاژ آن به دو سر تریستور اعمال می‌شود تا در بایاس معکوس قرار بگیرد. پس از اعمال این ولتاژ جریان آند تریستور به سرعت کاهش یافته تا اینکه صفر می‌شود و برای لحظاتی جریان معکوس نیز برقرار می‌گردد. مدتی طول می‌کشد تا تریستور بتواند دوباره ولتاژ مستقیم را سد کند. مدت زمان بین صفر شدن جریان آند تا لحظه آماده شدن تریستور برای سد ولتاژ مستقیم را زمان خاموش سازی تریستور می‌گویند.

زمان خاموش سازی

اگر بلافاصله پس از صفر شدن جریان آند ترستور، ولتاژ بایاس مستقیم به آن اعمال شود، حتی با وجود صفر بودن جریان گیت، ترستور ممکن است دوباره هدایت را آغاز کند. برای آنکه ترستور بتواند ولتاژ گرایش مستقیم را سد کند، باید برای مدت زمانی معین ترستور را در حالت بایاس معکوس قرار داد. این مدت زمان را که با **تأخیر خاموش سازی** می‌دهند و زمان خاموش سازی ترستور می‌گویند. به عبارت دیگر زمان خاموش سازی ترستور، حداقل زمانی است که از لحظه صفر شدن جریان آند تا آمادگی ترستور برای سد ولتاژ مستقیم طول می‌کشد.

شرح آزمایش:



مدار شکل زیر را ببینید و دو منبع تغذیه را به طور جداگانه روی ۱۲ ولت و ۲۰ ولت تنظیم نموده و مطابق شکل به مدار متصل نمایید. پس از اتصال لامپ و وصل کلید S، اگر به وسیله کلید فشاری P₁ یک پالس به ترستور داده شود ترستور روشن شده و لامپ نیز روشن می‌شود. هم‌زمان خازن ۳۳۰ نانو فاراد از طریق مقاومت ۳۳۰ اهم شارژ

می‌شود. بنابراین اگر کلید $P3$ را وصل نمایید خازن با پلاریته منفی دو سر تریستور قرار گرفته و آن را خاموش می‌کند. این کار به صورت اتوماتیک نیز می‌تواند صورت گیرد، یعنی به جای کلید $P3$ از یک تریستور کمکی دیگر که در حالت وصل بودن همانند کلید بسته کار می‌کند استفاده کرد. تریستور دوم را به جای کلید $P3$ قرار داده یعنی نقاط A_2 را به A_1 و K_2 را به K_1 وصل نمایید. حال زمانی که تریستور دوم روشن شود خازن مانند قبل با پلاریته منفی دو سر تریستور اصلی مدار قرار گرفته و آن را خاموش می‌کند. پس از دشارژ خازن چون جریان تریستور دوم به صفر می‌رسد این تریستور نیز خاموش می‌شود. توجه داشته باشید خازن باید به اندازه‌ای بزرگ باشد که قبل از خاموش شدن تریستور اصلی، این خازن دشارژ کامل نشود. نقش المان‌های مدار را بیان کنید.

آزمایش شماره یازده:

مدارات سوئیچینگ ترانزیستور

هدف از انجام این آزمایش به دست آوردن زمان‌های سوئیچینگ ترانزیستور و روش کاهش این زمان‌ها می‌باشد.

شرح آزمایش:

(۱-۱۱) مدار شکل صفحه بعد را ببینید. در مدار زیر از یک ترانزیستور قدرت با فرکانس پایین (2N3055) استفاده شده است. با اعمال موج مربعی در ورودی با دامنه صفر و ۴ ولت و فرکانس ۱۰ کیلو هرتز شکل موج خروجی را نسبت به ورودی رسم نموده و زمان سوئیچینگ (t_{off} , t_{on} , t_o , t_f , t_s , t_n , t_r , t_d) را مشخص نمایید.

t_d (زمان تأخیر): از زمان شروع جریان بیس تا لحظه‌ای که جریان کلکتور به ۱۰ درصد مقدار نهایی می‌رسد.

t_r (زمان صعود): مدت زمانی که جریان کلکتور از ۱۰ درصد مقدار نهایی به ۹۰ درصد مقدار نهایی می‌رسد.

t_n (زمان پالس): زمانی که پالس مقدار مثبت لازم خود را دارا می‌باشد.

t_s (زمان ذخیره): مدت زمان تخلیه بارهای بیس می‌باشد. مدت زمانی که پس از قطع جریان بیس طول می‌کشد تا جریان کلکتور به ۹۰ درصد مقدار نهایی خود کاهش یابد.

t_f (زمان نزول): به ثابت زمانی که توسط خازن بایاس معکوس تعیین می‌شود بستگی دارد. یعنی زمانی که جریان کلکتور از ۹۰ درصد خود به ۱۰ درصد می‌رسد.

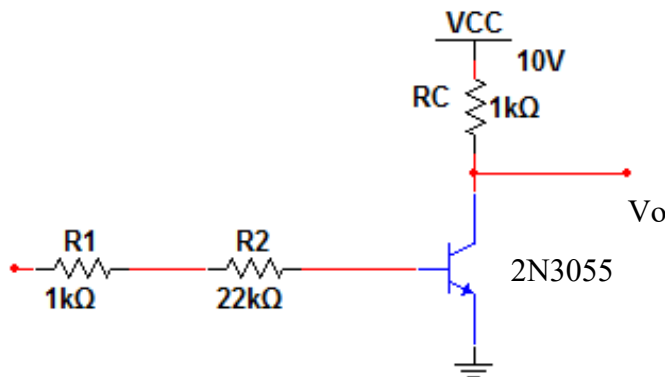
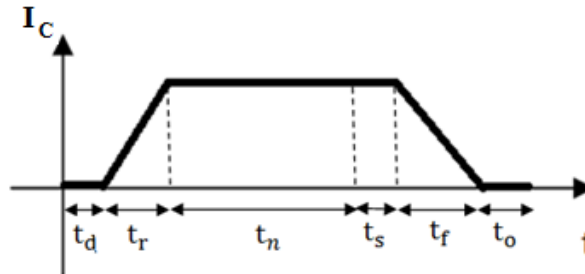
t_o (زمان خاموشی): مدت زمانی که جریان کلکتور کمتر از ۱۰ درصد مقدار نهایی خود باشد.

t_{on} : از زمان شروع جریان بیس تا لحظه‌ای که جریان کلکتور به ۹۰ درصد مقدار نهایی برسد را زمان وصل گویند.

$$t_{on} = t_d + t_r$$

t_{off} (زمان خاموشی): زمانی است که جریان کلکتور از ۱۰ درصد مقدار نهایی کمتر می‌شود.

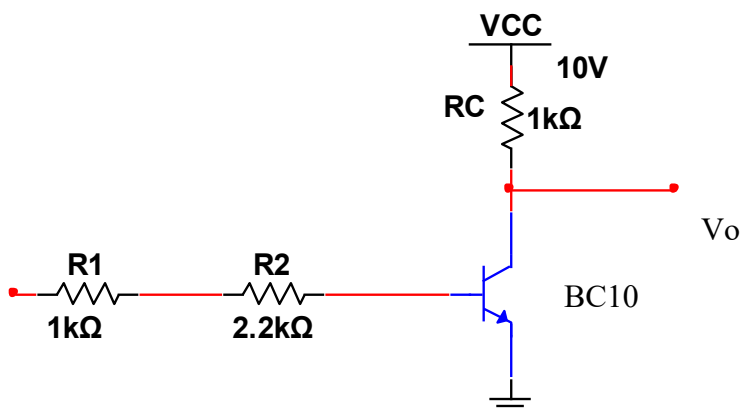
$$t_{off} = t_s + t_f$$



با اتصال خازن‌های 1nf و $3/3\text{nf}$ به دو سر مقاومت $R2$ آزمایش را انجام داده و زمان سوئیچینگ را تعیین نمایید.

۱۱-۲) مدار شکل زیر را با استفاده از ترانزیستور معمولی (BC107) ببندید. با اعمال موج مربعی با دامنه صفر و ۴ ولت و فرکانس 100KHz مراحل قسمت قبل را تکرار نمایید و زمان سوئیچینگ را به دست آورید.

نحوه کار مدار و دو بخش شدن مقاومت بیس و تأثیر موازی نمودن خازن با آن را تشریح و تحلیل نمایید.



با تغییر فرکانس پالس ورودی تأثیر آن را روی زمان‌های سوئیچینگ تحلیل و تشریح کنید.

آزمایش شماره دوازده:

پروژه آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

یکی از موضوعات زیر را انتخاب نموده و مدار آن را طراحی نمایید. سپس ساخته و همراه با گزارش کار تحویل دهید.

۱- اینورتر تک فاز مربعی.

۲- طراحی و ساخت مداری که ولتاژ ورودی مستقیم (DC) ۱۲ ولت را به ولتاژ متناوب (AC) ۲۲۰ ولت تبدیل کند. با توان خروجی ۶۰ وات که بتواند یک لامپ را روشن نماید.

۳- کنترل دور موتور DC.

۴- طراحی و ساخت مدار ساده‌ای برای کنترل دور موتور DC با توان کم.

۵- کنترل دور موتور AC.

۶- طراحی و ساخت مداری جهت کنترل دور موتور AC با توان کم.

۷- طراحی و ساخت مداری مرتبط با الکترونیک صنعتی با هماهنگی استاد درس.

منابع و مأخذ

۱. الکترونیک صنعتی، نویسنده: لندر.
۲. الکترونیک صنعتی، نویسنده: م. ه. رشید.
۳. الکترونیک صنعتی، نویسنده: مطلبی.