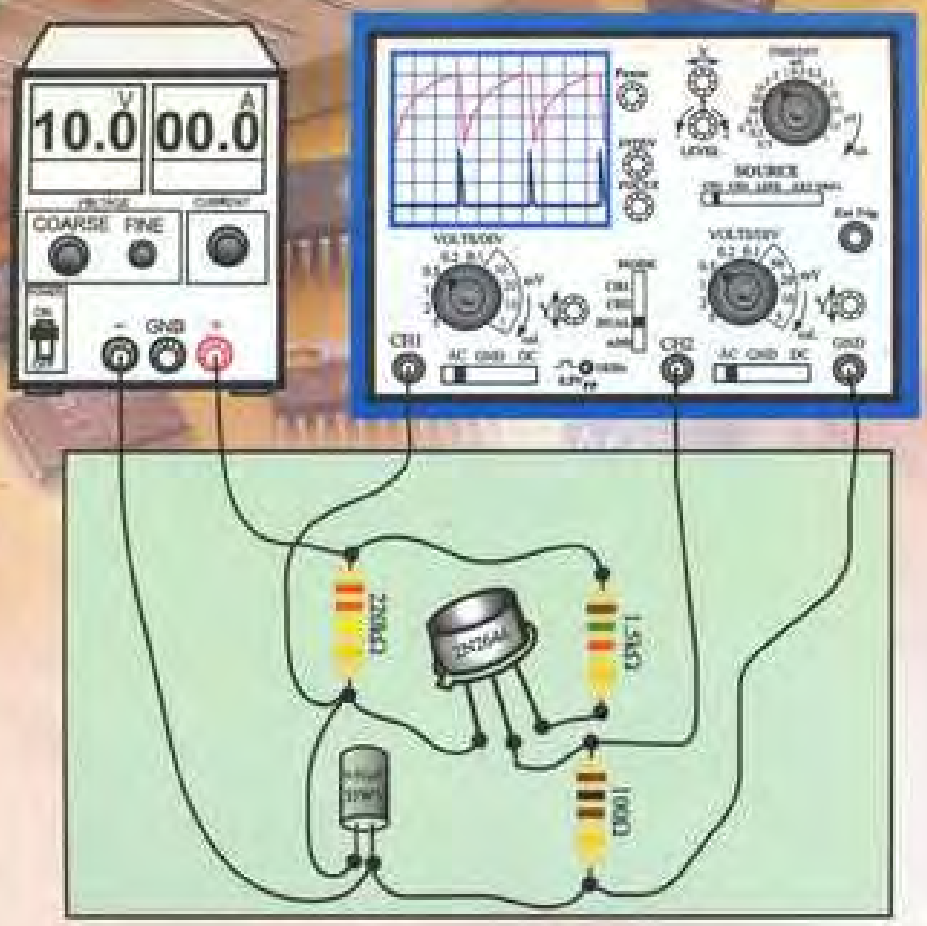
کاربرد قطعات درمدارهای الکترونیکی

(جلد اوّل)

شاخه‌ی کاردانش (گروه تحصیلی برق)

رشته‌های مهارتی: تعمیر تلویزیون رنگی ، الکترونیک صنعتی ، کاربری کنترل‌کننده‌های منطقی (PLC) ، تعمیر ماشین‌های اداری و تعمیر عمومی کامپیوتر



بسم الله الرحمن الرحیم

کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی

(جلد اوّل)

شاخه‌ی: کاردانش

زمینه‌ی: صنعت

گروه تحصیلی: برق

زیر گروه: الکترونیک

رشته‌های مهارتی، شماره‌ی رشته‌های مهارتی و کد رایانه‌ای رشته‌های مهارتی:

طبق فهرست صفحه‌ی آخر کتاب

نام استاندارد مهارتی مبنا: الکترونیک کار عمومی

کد استاندارد متولی: ۵۱/۱۱ــ۸ و ۷۴

شماره‌ی درس: نظری ۸۳۱۴/۵ و عملی ۸۳۱۵/۵

۶۲۱ /۳۸۱۵ ک۵۱۲ن/ ۱۳۸۲

نظریان، فتح اله

کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی (جلد اول) /مؤلف: فتح اله نظریان. ــ تهران: شرکت صنایع آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۸۲.

۱۵۲ ص.: مصور. ــ (شاخه‌ی کاردانش، شماره‌ی درس، نظری ۸۳۱۴/۵ و عملی ۸۳۱۵/۵)

متون درسی شاخه‌ی کاردانش، زمینه‌ی صنعت، گروه تحصیلی برق، زیر گروه الکترونیک، رشته‌های مهارتی: تعمیر تلویزیون رنگی، الکترونیک صنعتی، کاربری کنترل کننده‌های منطقی (PLC)، تعمیر ماشین‌های اداری و تعمیر عمومی کامپیوتر.

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۱. مدارهای الکترونیکی. ۲. ابزار و وسایل الکترونیکی. الف. ایران. ب. عنوان.

۱۳۸۲

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی تهران- صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزشهای فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایید.

پست الکترونیکی	info@tvoccd.sch.ir
آدرس الکترونیکی	www.tvoccd.sch.ir

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

مدیریت تألیف: مرکز برنامه‌ریزی آموزشی شرکت صنایع آموزشی

نام کتاب: کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی (حط ازل) - ۴۰۵۷

مؤلف: فتح‌اله نظریان

ویراستار ادبی: مهندس سیدمحمود صبوئی

ویراستار ادبی: ماهدخت عقیلی

لیتوگرافی و نظارت بر چاپ: اداره کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

رسام: فتح‌اله نظریان

صفحه‌آرا: صغری عابدی

طراح جلد: علیرضا رضایی‌نژاد

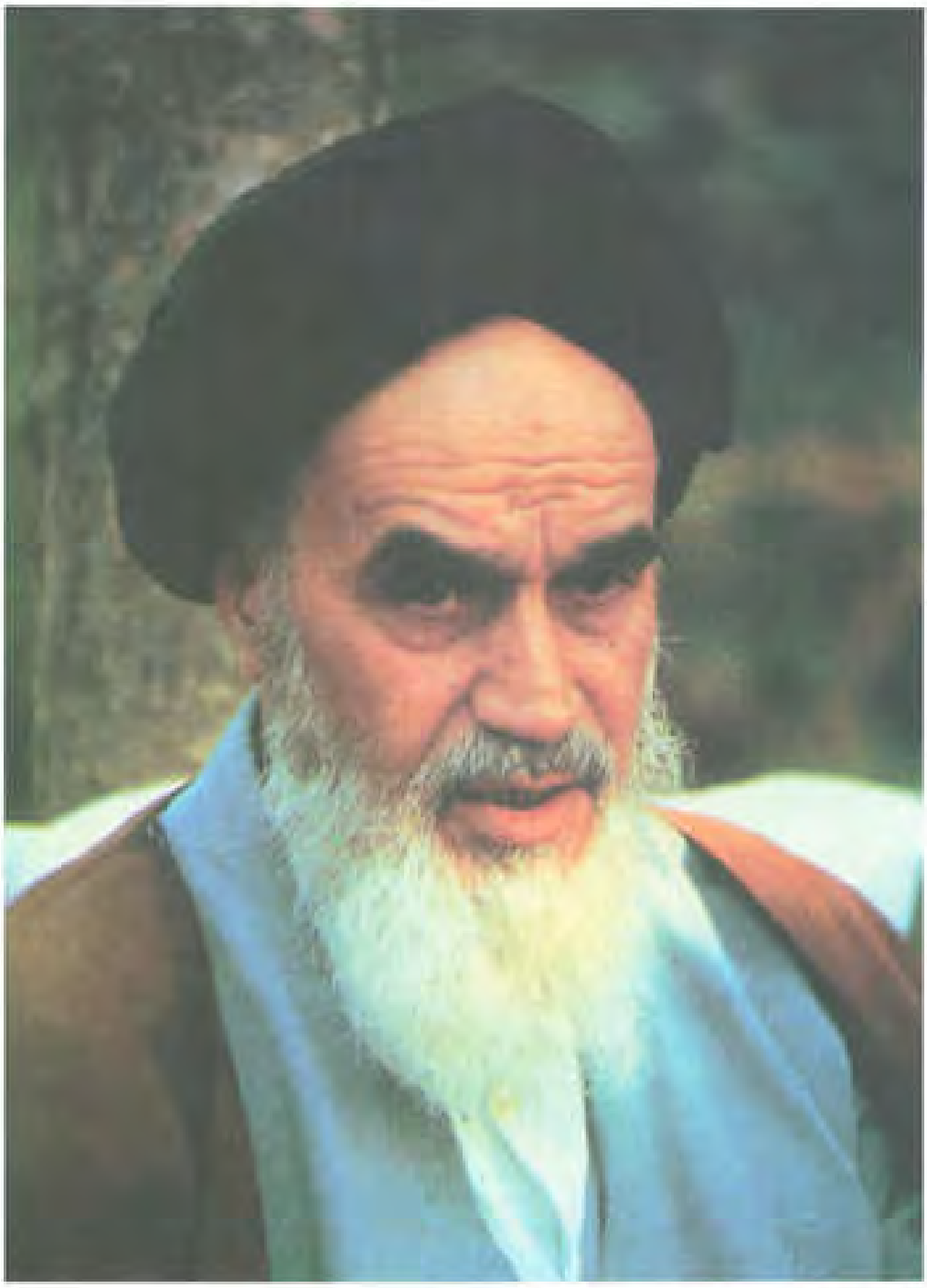
ناشر: شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)- تهران: جاده مخصوص کرج - بعد از کیلومتر ۷- ابتدای بزرگراه آزادگان به طرف جنوب- تلفن: ۲۵۲۲۹۹۲ - دورنگار: ۲۵۰-۳۷۷۰، صندوق پستی ۱۳۹۹۵/۳۷۹

چاپخانه: آلی‌بین

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۸۲

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۴-۱۲۲۱-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1221-4



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب بپرهیزید.

امام‌خمینی «قدس سرهٔ الشریف»

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

برنامه‌ریزی تألیف «پودمان‌های مهارت» یا «کتاب‌های تخصصی شاخه‌ی کاردانش» بر مبنای استانداردهای کتاب «مجموعه برنامه‌های درسی رشته‌های مهارتی شاخه‌ی کاردانش، مجموعه ششم» صورت گرفته است. براین اساس ابتدا توانایی‌های هم‌خانواده (Harmonic Power) مورد مطالعه و بررسی قرارگرفته است. سپس مجموعه مهارت‌های هم‌خانواده به صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسته‌بندی می‌شوند. در نهایت واحدهای کار هم خانواده با هم مجدداً دسته‌بندی شده و پودمان مهارتی (Module) را تشکل می‌دهند.

دسته‌بندی «توانایی‌ها» و «واحدهای کار» توسط کمیسیون‌های تخصصی با یک نگرش علمی انجام شده است به گونه‌ای که یک سیستم پویا بر برنامه‌ریزی و تألیف پودمان‌های مهارت نظارت دائمی دارد.

به منظور آشنایی هر چه بیشتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شاخه‌ی کاردانش و سایر علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران آموزش‌های مهارتی با روش تدوین، «پودمان‌های مهارت»، توصیه می‌شود الگوهای ارائه شده در نمون برگ‌های شماره (۱)، (۲) و (۳) مورد بررسی قرار گیرد. در ارائه دسته‌بندی‌ها، زمان مورد نیاز برای آموزش آن‌ها نیز تعیین می‌گردد، با روش مذکور یک «پودمان» به عنوان کتاب درسی مورد تأیید وزارت آموزش و پرورش در «شاخه‌ی کاردانش» چاپ سپاری می‌شود.

به‌طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی پودمان مهارت (M_1 و M_2 و ...) و هر پودمان نیز به تعدادی واحد کار (U_1 و U_2 و...) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه (P_1 و P_2 و ...) تقسیم می‌شوند. نمون برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی‌ها به‌کار می‌رود. در این نمون برگ مشاهده می‌کنیم که در هر واحد کار چه نوع توانایی‌هایی وجود دارد. در نمون برگ شماره (۲) واحدهای کار مرتبط با پودمان و در نمون برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر پودمان درج شده است. بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه کاردانش و کلیه عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی پودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پیشگفتار

حمد و ستایش پروردگاری را که جای جای هستی را با آیات و جلوه‌های خویش پیراست، تا صاحبان خرد در آن اندیشه کنند.

هنرآموزان گرامی و فراگیران عزیز:

کتابی که اینک پیش رو دارید، یکی از کتاب‌های درسی نظام جدید آموزشی در شاخه کاردانش، زمینه صنعت می‌باشد که به کوشش شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش) تألیف و چاپ شده است. این شرکت در سال ۱۳۵۴ با هدف طراحی، تولید و تأمین تجهیزات آموزشی، کمک آموزشی، آزمایشگاهی و کارگاهی برای تمام مقاطع تحصیلی (از پیش‌دبستانی تا دانشگاه) تأسیس شده است. مهم‌ترین رسالت شرکت، حمایت و پشتیبانی همه جانبه از آموزش کشور می‌باشد. از این‌رو از آغاز تأسیس تاکنون همواره با بهره‌گیری از آخرین دستاوردها و فناوری‌های کشورهای پیشرفته صنعتی اقدام به تولید بسیاری از تجهیزات آموزشی برای کلاس‌ها، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های مراکز آموزشی نموده است.

یکی دیگر از خدمات شرکت، همکاری با سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش برای تألیف و چاپ کتاب‌های درسی می‌باشد. در تألیف این کتاب پیشکسوتان و صاحب‌نظران آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و مهارتی در نهایت صمیمیت، شرکت را یاری داده‌اند تا کتابی آسان، روان و خودآموز تهیه و در اختیار فراگیران قرار داده شود. شیوه نگارش این کتاب منطبق با شیوه آموزش مهارت پودمانی (Module) می‌باشد. این شیوه آموزش مهارت، هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی در حال اجرا می‌باشد.

امید است مدیران محترم مراکز آموزشی با تمام توان در جهت اجرای هر چه بهتر این شیوه نوین آموزش مهارت همت گمارند تا بتوانیم به کلیه اهداف آموزشی کتاب جامعه عمل بپوشانیم. با دستیابی به این اهداف آموزشی است که فراگیران عزیز می‌توانند در زمره صنعتگران خلاق و کارآفرین کشور عزیزمان قرار گیرند.

شرکت صنایع آموزشی
واحد تحقیقات و طرح و برنامه

مقدمه

از اواخر قرن بیستم تا به امروز دانش الکترونیک با سرعتی بسیار به پیش رفته است. امروزه همه‌ی مدارهای الکترونیکی به‌صورت مدارهای مجتمع یا IC ساخته می‌شوند. اگر شما یک اسباب‌بازی بسیار ساده را مورد بررسی قرار دهید می‌بینید که در آن مدارهای الکترونیکی به‌ویژه مدارهای مجتمع یا IC به‌کار رفته است. از طرف دیگر نرم‌افزارهای کامپیوتری، طراحی و استفاده از مدارهای الکترونیکی بسیار پیچیده را برای همه امکان‌پذیر ساخته است. هر کس می‌تواند با این نرم‌افزارها با سرعت زیاد، مدارهای بسیار پیچیده را طراحی و ظرف چند دقیقه برنامه را در یک IC خالی بریزد و بلافاصله مدار را مورد استفاده قرار دهد.

استفاده از این سیستم دارای مزایایی به شرح زیر است:

ابعاد مدار چاپی فوق‌العاده کم می‌شود.

میزان لحیم‌کاری کم می‌شود و در برخی موارد به صفر می‌رسد.

فضای مورد نیاز به حداقل می‌رسد.

توان مصرفی به پایین‌ترین اندازه می‌رسد.

هزینه‌ی طراحی و ساخت بسیار کاهش می‌یابد.

امروزه رشد روزافزون و شتابان دانش الکترونیک ما را از آموزش مبانی الکترونیک و مدارهای پایه‌ی الکترونیکی بی‌نیاز نساخته است. امروزه آموزش این اصول هم‌چنان در همه جای دنیا رواج و تداوم دارد؛ زیرا الکترونیک را همواره باید از پایه آموخت و پایه‌ی آموزش الکترونیک، شناخت مدارهای پایه‌ی الکترونیکی است.

در یک رادیوی ترانزیستوری، شما مجموعه‌ای از مدارها پایه‌ی الکترونیکی می‌بینید. این مدارها در شکل‌های گوناگون، قسمت‌های مختلف این وسیله‌ی الکترونیکی را می‌سازند. نوسان‌ساز، تقویت‌کننده، تقویت‌کننده‌ی قدرت، آشکارساز و بسیاری مدارهای دیگر از مدارهای پایه‌ی الکترونیکی ساخته می‌شوند.

هدف کتاب «کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی» آموزش مدارهای پایه‌ی الکترونیکی و چگونگی کاربرد آن‌ها در ابزارهای الکترونیکی است. در این کتاب شما با پدیده‌های متنوعی از جهان الکترونیک آشنا می‌شوید و با آزمایش آن‌ها در هر مرحله، چگونگی کاربرد آن‌ها را تجربه می‌کنید. به این ترتیب دانش نظری خود را با عمل می‌آمیزید.

مؤلف

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول ــ تنظیم‌کننده‌های ولتاژ	۱
پیش‌آزمون (۱)	۲
نکات ایمنی (۱)	۳
۱ـ۱ـ تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ موازی	۴
۱ـ۲ـ آزمایش شماره (۱) ــ تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ نوع موازی	۹
۱ـ۳ـ تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سری	۱۶
۱ـ۴ـ آزمایش شماره (۲) ــ تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ نوع سری	۱۸
۱ـ۵ـ آزمون پایانی عملی (۱)	۲۴
۱ـ۶ـ پرسش و تمرین (۱)	۲۵
فصل دوم ــ انواع فیدبک	۲۶
پیش‌آزمون (۲)	۲۷
نکات ایمنی (۲)	۲۹
۲ـ۱ـ اصول کار تقویت‌کننده‌های فیدبک شنده	۳۰
۲ـ۲ـ فیدبک سری در تقویت‌کننده‌ی یک طبقه	۳۲
۲ـ۳ـ آزمایش شماره (۱) ــ فیدبک سری	۳۳
۲ـ۴ـ فیدبک موازی در تقویت‌کننده‌های یک طبقه	۳۹
۲ـ۵ـ آزمایش شماره (۲) ــ فیدبک موازی	۴۰
۲ـ۶ـ فیدبک منفی در تقویت‌کننده‌های چندطبقه	۴۵
۲ـ۷ـ آزمایش شماره (۳) ــ فیدبک منفی در تقویت‌کننده چندطبقه	۴۶
۲ـ۸ـ آزمون پایانی عملی (۲)	۵۱
۲ـ۹ـ پرسش و تمرین (۲)	۵۲
فصل سوم ــ نوسان‌سازها	۵۳
پیش‌آزمون (۳)	۵۴
نکات ایمنی (۳)	۵۶
۳ـ۱ـ تعریف نوسان‌ساز	۵۷
۳ـ۲ـ مشخصات یک نوسان‌ساز	۵۷

۳ـ۳ـ اصول کار مدارهای الکترونیکی نوسان‌ساز ۵۷
۴ـ۳ـ نوسان‌ساز با مدار فیدبک تغییردهنده فاز (RC) ۵۸
۵ـ۳ـ آزمایش شماره (۱) ـ نوسان‌ساز RC ۵۹
۶ـ۳ـ اصول کار نوسان‌سازهای LC ۶۴
۷ـ۳ـ نوسان‌ساز هارتلی ۶۵
۸ـ۳ـ آزمایش شماره (۲) ـ نوسان‌ساز هارتلی ۶۶
۹ـ۳ـ نوسان‌ساز کولپیتس ۶۹
۱۰ـ۳ـ آزمایش شماره (۳) ـ نوسان‌ساز کولپیتس ۷۰
۱۱ـ۳ـ نوسان‌ساز کریستالی ۷۴
۱۲ـ۳ـ نوسان‌ساز آرمسترانگ ۷۵
۱۳ـ۳ـ آزمایش شماره (۴) ـ نوسان‌ساز آرمسترانگ ۷۵
۱۴ـ۳ـ آزمون عملی پایانی (۳) ۷۹
۱۵ـ۳ـ پرسش و تمرین (۳) ۸۱

فصل چهارم ـ مولتی ویبراتورها ۸۲
پیش‌آزمون (۴) ۸۳
نکات ایمنی (۴) ۸۴
۱ـ۴ـ اصول کار مولتی ویبراتورها ۸۵
۲ـ۴ـ آزمایش شماره (۱) ـ مولتی ویبراتور آستابل ۸۹
۳ـ۴ـ نوسان‌ساز بلوکینگ ۹۳
۴ـ۴ـ آزمایش شماره (۲) ـ نوسان‌ساز بلوکینگ ۹۴
۵ـ۴ـ مبدل موج مربعی به موج دندانه اره‌ای یونی‌استراپ ۹۸
۶ـ۴ـ آزمایش شماره (۳) ـ مبدل موج مربعی به دندانه اره‌ای یونی‌استراپ ۹۹
۷ـ۴ـ مبدل DC به DC ۱۰۳
۸ـ۴ـ مدار تایمر ۱۰۳
۹ـ۴ـ آزمایش شماره (۴) ـ مدار تایمر ۱۰۶
۱۰ـ۴ـ آزمون پایانی عملی (۴) ۱۱۳
۱۱ـ۴ـ پرسش و تمرین (۴) ۱۱۴

فصل پنجم ـ تیمه‌هادی‌های چندلایه ۱۱۵
پیش‌آزمون (۵) ۱۱۷
نکات ایمنی (۵) ۱۱۹
۱ـ۵ـ ساختمان، طرز کار، منحنی مشخصه و کاربرد ترانزیستور تک‌اتصالی (UJT) ۱۲۰
۲ـ۵ـ آزمایش شماره (۱) ـ ترانزیستور تک‌اتصالی ۱۲۲

۳ـ۵ـ ساختمان، طرز کار، منحنی مشخصه و کاربرد PUT ۱۲۶
۴ـ۵ـ آزمایش شماره (۲) ـ مدار نوسان‌ساز با استفاده از PUT ۱۲۸
۵ـ۵ـ ساختمان، طرز کار، منحنی مشخصه و کاربرد دایاک ۱۳۱
۶ـ۵ـ آزمایش شماره (۳) ـ دایاک به‌عنوان نوسان‌ساز ۱۳۳
۷ـ۵ـ ساختمان، طرز کار، منحنی مشخصه و کاربرد ترمستور ۱۳۶
۸ـ۵ـ مدارهای فرمان SCR ۱۳۷
۹ـ۵ـ آزمایش شماره (۴) ـ کنترل زاویه آتش یک ترمستور با استفاده از بالس‌های فرمان ۱۳۹
۱۰ـ۵ـ ساختمان، منحنی مشخصه، طرز کار و کاربرد ترایاک ۱۴۴
۱۱ـ۵ـ آزمایش شماره (۵) ـ مدار دیمر با استفاده از ترایاک ۱۴۶
۱۲ـ۵ـ آزمون پایانی عملی (۵) ۱۴۹
۱۳ـ۵ـ پرسش و تمرین (۵) ۱۵۰

پاسخ‌نامه سؤال‌های ۴ گزینه‌ای پیش‌آزمون ۱۵۱

منابع مورد استفاده ۱۵۲

هدف کلی بودمان

به کارگیری مدارهای پایه الکترونیک به منظور تسلط بر تعمیر مدارهای الکترونیکی

فصل	شماره‌ی توانایی	عنوان توانایی	ساعات نظری	ساعات عملی	جمع
۱۵	۲۸	توانایی بررسی و عیب‌یابی مدار تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ	۴	۶	۱۰
۱۶	۲۹	توانایی بررسی عیب‌یابی مدارهای قیدبک	۴	۸	۱۲
۱۷	۳۰	توانایی بررسی و عیب‌یابی اسیلاتورها	۸	۸	۱۶
۱۷	۳۱	توانایی بررسی مدار مولتی‌ویبراتور	۶	۱۰	۱۶
۱۸	۳۲	توانایی بررسی نمه‌هادی‌های چندلایه	۱۰	۱۰	۲۰
۱۹	۳۳	توانایی بررسی و عیب‌های IC‌های تقویت‌کننده	۱۰	۱۰	۲۰
۲۰	۳۴	توانایی بررسی سیستم‌های دیجیتال و کاربرد آن‌ها	۱۵	۱۵	۳۰
–	–	جمع کل	۵۷	۶۷	۱۲۴

فصل اول

تنظیم کننده‌های ولتاژ

هدف کلی

عیب یابی و تنظیم ولتاژ خروجی تنظیم کننده‌ی ولتاژ سری و موازی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

۱ـ تنظیم کننده‌ی ولتاژ سری و تنظیم کننده‌ی ولتاژ موازی تشخیص دهد.

۲ـ طرز کار یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ موازی را شرح دهد.

۳ـ طرز کار یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ سری را شرح دهد.

۴ـ ولتاژ خروجی یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ سری را محاسبه کند.

۵ـ ولتاژ خروجی یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ موازی را محاسبه کند.

۶ـ در صورت معیوب بودن یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ، با اندازه‌گیری ولتاژ قسمت‌های مختلف تنظیم کننده، مقادیر اندازه‌گیری شده را با مقادیری که از طریق محاسبه به دست می‌آورد مقایسه کند.

۷ـ مدار یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ را تجزیه و تحلیل کند.

۸ـ عیب تنظیم کننده را تشخیص دهد.

۹ـ با انجام آزمایش بتواند دو تنظیم کننده‌ی ولتاژ از نوع سری را با هم مقایسه کند.

۱۰ـ تنظیم کننده‌ی ولتاژ سری با کیفیت بهتر را تشخیص دهد.

۱۱ـ با انجام آزمایش بتواند دو تنظیم کننده‌ی ولتاژ از نوع موازی را با هم مقایسه کند.

۱۲ـ تنظیم کننده‌ی ولتاژ موازی با کیفیت بهتر را تشخیص دهد.

ساعت آموزش

نظری	عملی	جمع
۴	۶	۱۰

پیش‌آزمون (۱)

۱ـ استاندارد ولتاژهای دیود زنر کدام است؟

الف: □ E6　　ب: □ E12

ج: □ E24　　د: □ E48

۲ـ دیود زنر معمولاً در بایاس..... به‌کار می‌رود.

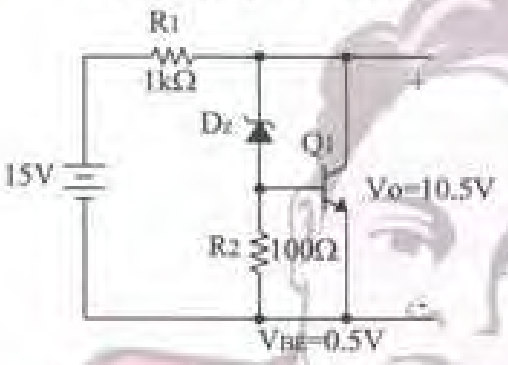
۳ـ طرز کار یک ترانزیستور PNP را شرح دهید.

۴ـ مشخصات کلی یک تقویت‌کننده را بنویسید.

۵ـ توان تلف‌شده در یک ترانزیستور از کدام رابطه به‌دست می‌آید؟

۶ـ تفاوت بین ترانزیستورهای BJT و JFET چیست؟

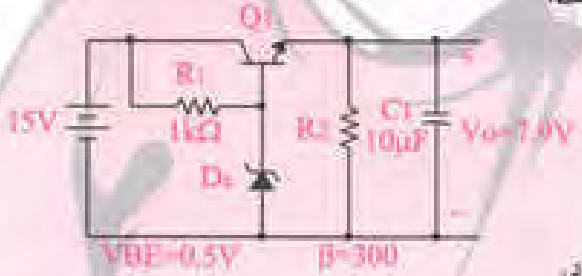
۷ـ در مدار زیر برای ولتاژ خروجی حدود ۱۰/۵ ولت، ولتاژ شکست دیود زنر حدوداً چند ولت باید باشد؟



الف: □ ۱۱　　ب: □ ۱۰

ج: □ ۹　　د: □ ۸

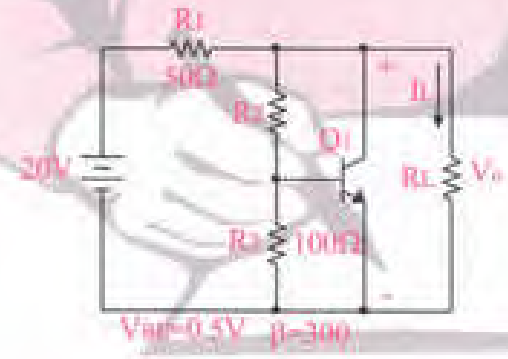
۸ـ در شکل زیر ولتاژ شکست دیود زنر چند ولت است؟



الف: □ ۶/۸　　ب: □ ۷/۴

ج: □ ۸/۲　　د: □ ۳/۹

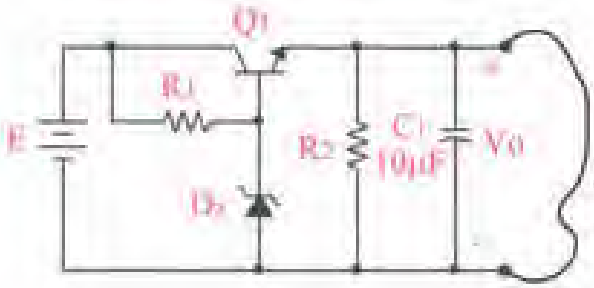
۹ـ در شکل مقابل اگر I_L زیاد شود..... کم می‌شود.



الف: □ V_{BE}　　ب: □ V_i

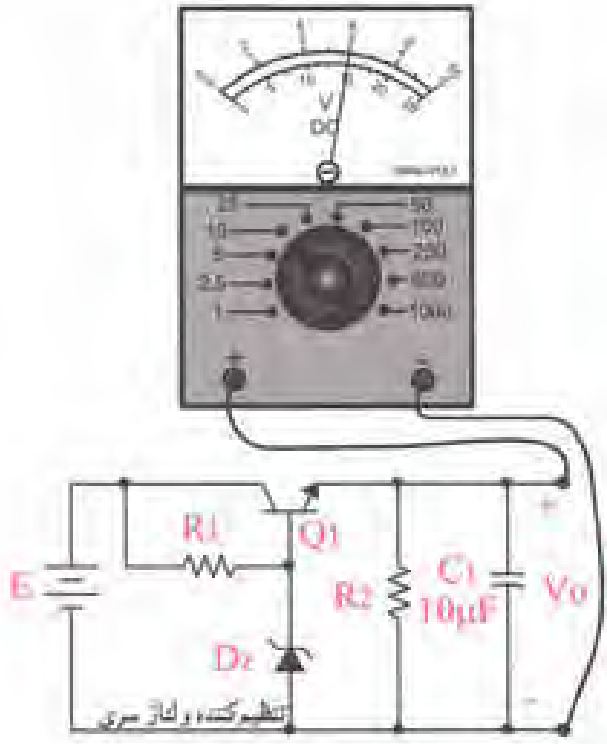
ج: □ V_o　　د: □ β

نکات ایمنی (۱)



۱ـ خروجی تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سری را هرگز مانند شکل مقابل اتصال کوتاه نکنید، زیرا در ولتاژ سری تمامی جریان اتصال کوتاه از ترانزیستور عبور می‌کند و ممکن است آن را بسوزاند.

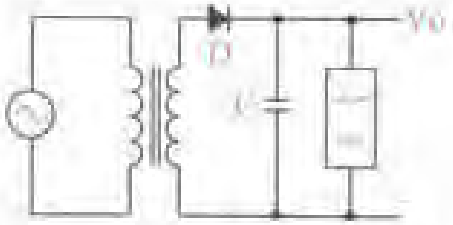
۲ـ هنگام بستن مدار، پایه‌های ترانزیستور را درست در مدار قرار دهید. برای این کار لازم است از قبل پایه‌های ترانزیستور را شناسایی کنید.



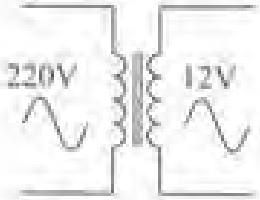
۳ـ هنگام اندازه‌گیری ولتاژ خروجی تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ، چنان‌چه آوومتر یا ولت‌متر شما از نوع عقربه‌ای است، هنگام اندازه‌گیری ولتاژ، حوزه کار سلکتور ولتاژ ولت‌متر یا آوومتر را درست انتخاب کنید و به ورودی ولت‌متر یا آوومتر توجه داشته باشید تا عقربه پس نزند. اگر با آوومتر دیجیتالی کار می‌کنید سعی کنید کلید ولت‌متر را روی حوزه کار اتوماتیک قرار دهید.

۱ـ۱ـ تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ موازی

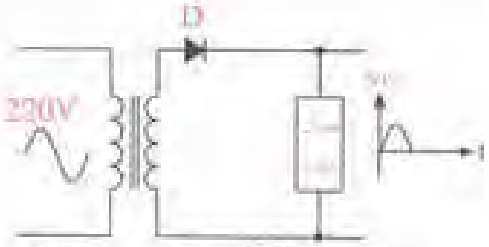
منبع تغذیه اساسی‌ترین قسمت هر دستگاه الکترونیکی است که وظیفه تأمین ولتاژ مدارهای الکترونیکی را به‌عهده دارد. شکل (۱ـ۱) یک منبع تغذیه‌ی بسیار ساده را نشان می‌دهد. این منبع تغذیه از یک ترانسفورماتور، یک دیود و یک خازن تشکیل شده است. وظیفه‌ی ترانسفورماتور تبدیل ولتاژ موجود مانند ولتاژ برق شهر به ولتاژ مورد نیاز دستگاه، مثلاً ۱۲ ولت است. دیود، نیم‌سیکل‌های منفی را حذف می‌کند و خازن عمل صاف کردن ولتاژ خروجی را به‌عهده دارد.



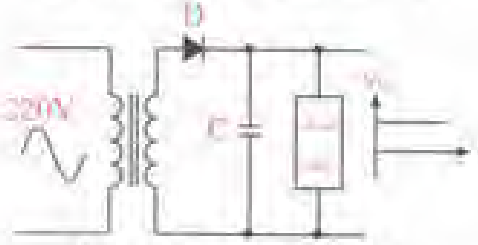
شکل ۱ـ۱ـ یک منبع تغذیه بسیار ساده



الف ـ ترانسفورماتور، ولتاژ موجود را به ولتاژ مورد نیاز تبدیل می‌کند.



ب ـ دیود، نیم سیکل‌های منفی را حذف می‌کند.



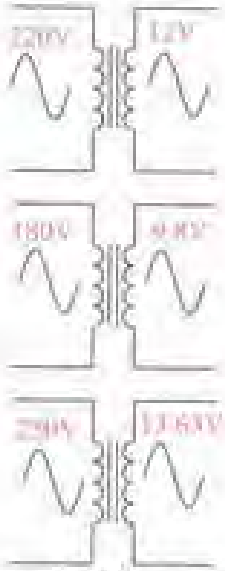
ج ـ خازن ولتاژ خروجی را صاف می‌کند.

شکل ۲ـ۱ـ طرز کار قسمت‌های مختلف منبع تغذیه

شکل (۲ـ۱ـ الف، ب و ج) عملکرد هر قسمت را نشان می‌دهد. منبع تغذیه شکل (۱ـ۱) با وجودی که ساده است هنوز در بعضی از مدارهای الکترونیکی کاربرد دارد. یکی از اشکالات منبع تغذیه شکل (۱ـ۱) این است که اگر ولتاژ ورودی کم شود ولتاژ خروجی V_o که در دو سر مصرف‌کننده قرار می‌گیرد نیز کم می‌شود. همچنین اگر ولتاژ ورودی زیاد شود ولتاژ خروجی نیز زیاد می‌شود. بنابراین ولتاژ خروجی تابع ولتاژ ورودی است و هر تغییری در ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

شکل (۳ـ۱) اثر تغییرات ولتاژ ورودی را روی ولتاژ ثانویه یک ترانسفورماتور نشان می‌دهد.

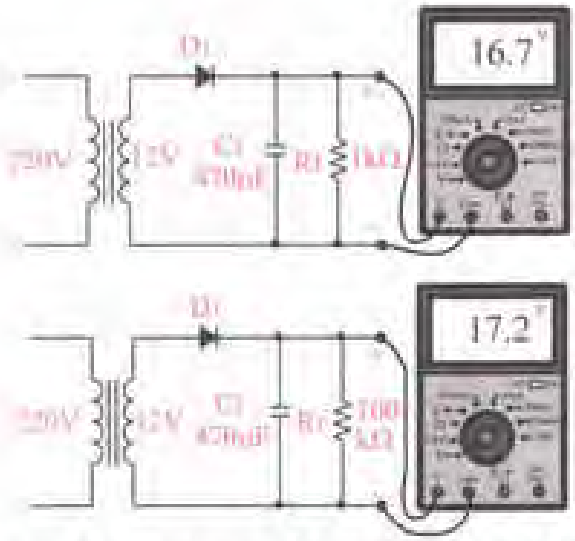
ولتاژ خروجی ترانسفورماتور وابسته به تعداد دور سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه آن است. همچنین ولتاژ ثانویه به مقدار ولتاژ اولیه بستگی دارد.



شکل ۳ـ۱ـ اگر ولتاژ ورودی ترانسفورماتور تغییر کند ولتاژ خروجی آن تغییر می‌کند.

از طرف دیگر ولتاژ خروجی با تغییر مقاومت بار یعنی جریان مصرف‌کننده، تقریبا وجود ثابت بودن ولتاژ ورودی، تغییر قابل ملاحظه‌ای می‌کند. شکل (۴ـ۱) ولتاژ خروجی دو سر دو بار مختلف را به‌ازای ولتاژ ورودی ثابت نشان می‌دهد.

ولتاژ خروجی ترانسفورماتور وابسته به جریان بار است. هر قدر جریان بیشتری از ثانویه کشیده شود مقدار ولتاژ خروجی کمتر می‌شود.



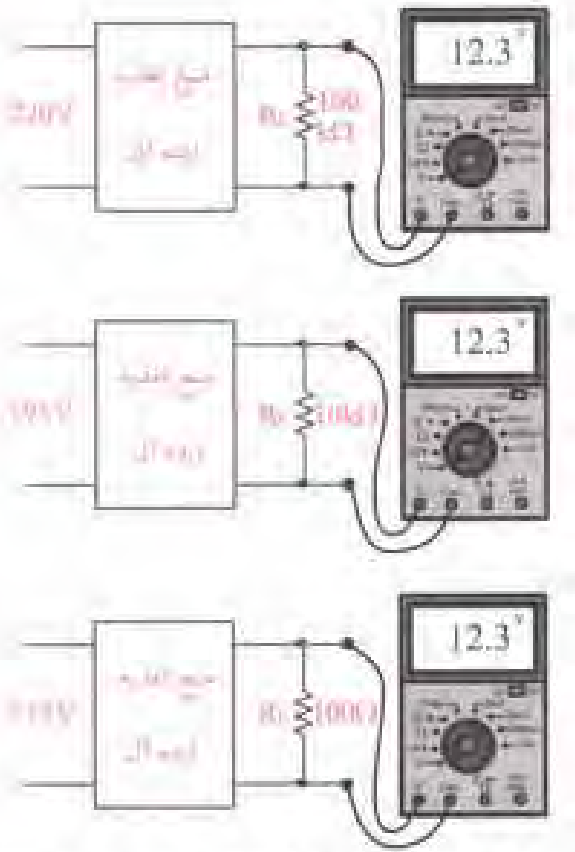
شکل ۴ـ۱ـ هرقدر جریان مصرف‌کننده بیشتر باشد افت ولتاژ در سرباز کمتر می‌شود.

با تغییر دو عامل، جریان مصرف‌کننده (مقاومت اهمی بار) و ولتاژ ورودی ولتاژ خروجی منبع تغذیه نیز تغییر می‌کند.

یک منبع تغذیه ایده‌آل، باید ولتاژ خروجی ثابت داشته باشد که با تغییرات احتمالی ولتاژ ورودی یا تغییرات جریان بار (مصرف‌کننده) تغییر نکند. شکل (۵ـ۱) عملکرد یک منبع تغذیه ایده‌آل را نشان می‌دهد.

در عمل منبع تغذیه کاملاً ایده‌آل وجود ندارد، ولی می‌توانیم به کمک مدارهای الکترونیکی، منبع تغذیه‌ای طراحی کنیم که در برابر تغییرات ولتاژ ورودی و تغییرات جریان مصرف‌کننده (بار)، حداقل تغییرات ولتاژ را در خروجی داشته باشد. وظیفه تنظیم‌کننده یا رگولاتورها همین است. تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ، یک مدار الکترونیکی است که اگر به ورودی آن یک ولتاژ تنظیم نشده بدهیم در خروجی آن یک ولتاژ نسبتاً ثابت دریافت کنیم.

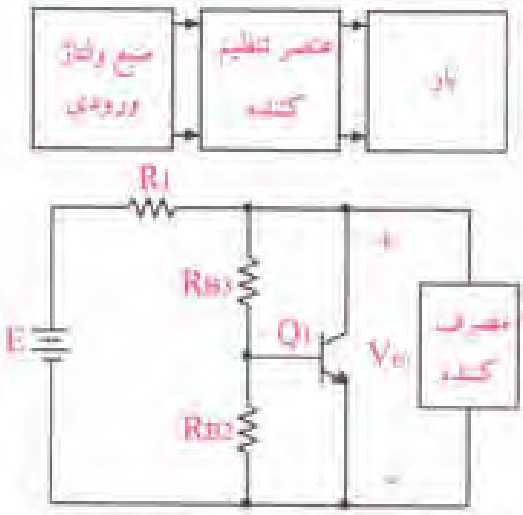
در منبع تغذیه ایده‌آل تغییرات ولتاژ ورودی و جریان بار اثری روی ولتاژ خروجی ندارد یا تأثیر آن بسیار کم است.



شکل ۵ـ۱ـ در یک منبع تغذیه ایده‌آل، با تغییر بار و یا تغییر ولتاژ ورودی و یا هر دو، ولتاژ خروجی آن ثابت می‌ماند.

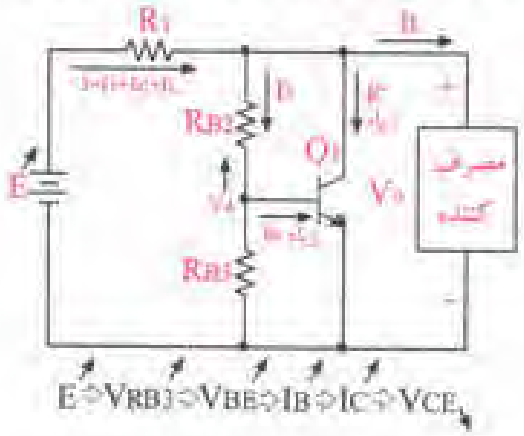
تنظیم‌کننده‌های ولتاژ نسبتاً ساده را به دو نوع موازی و سری تقسیم‌بندی می‌کنند. در این قسمت به بررسی تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ از نوع موازی می‌پردازیم.

در شکل (۶ـ۱)، یک نمونه رگولاتور موازی نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، ترانزیستور Q_1 به‌طور موازی با بار بسته شده است. در شکل (۶ـ۱) مقاومت R_1 یک مقاومت کاهنده‌ی سری است که ولتاژ اضافی منبع تثبیت نشده، روی آن افت می‌کند. در حقیقت همواره باید بین V_{R1} و V_0 رابطه‌ی $E = V_{R1} + V_0$ برقرار باشد.

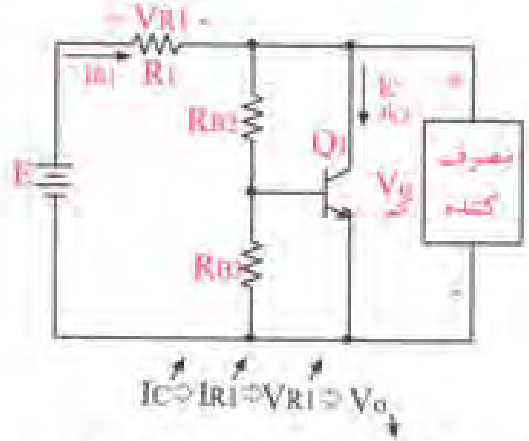


شکل ۶ـ۱ـ در رگولاتور موازی، عنصر تثبیت‌کننده با بار موازی است.

R_{B2} ولتاژ پیس ترانزیستور Q_1 را تأمین می‌کند. طرز کار رگولاتور به این صورت است که اگر ولتاژ تثبیت نشده E، افزایش یابد ولتاژ نقطه A که همان ولتاژ دو سر مقاومت R_{B2} است زیاد می‌شود شکل (۷ـ۱). درنتیجه این تغییرات V_{BE} ترانزیستور Q_1 نیز افزایش می‌یابد. در این حالت I_B ترانزیستور Q_1 زیاد می‌شود و I_C ترانزیستور ($I_C = \beta I_B$) را افزایش می‌دهد. جریان I_C ترانزیستور از مقاومت R_1 عبور می‌کند و افت ولتاژ دو سر R_1 را بالا می‌برد و این امر باعث کاهش ولتاژ V_{CE} که همان V_0 است می‌شود و این ولتاژ را ثابت نگه می‌دارد (شکل ۸ـ۱).



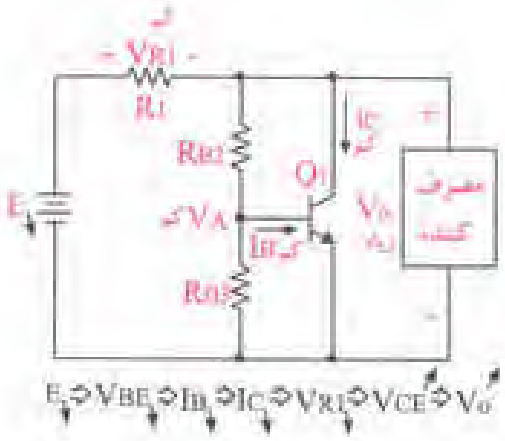
شکل ۷ـ۱ـ مراحل اولیه تنظیم ولتاژ خروجی به‌ازای زیاد شدن ولتاژ ورودی



شکل ۸ـ۱ـ مراحل نهایی تنظیم ولتاژ خروجی به‌ازای افزایش ولتاژ ورودی

هنگام بررسی تأثیر پارامترهای ورودی یا خروجی روی ولتاژ خروجی همیشه باید یکی از پارامترها را متغیر انتخاب کنید تا بتوانید به نتیجه مطلوب برسید. به عنوان مثال در مداری اگر ولتاژ خروجی و جریان بار هردو متغیر است برای بررسی مدار در یک حالت فقط جریان بار و در حالت دوم فقط ولتاژ ورودی را متغیر در نظر بگیرید.

حال اگر به هر دلیلی ولتاژ E کم شود، V_A کم می‌شود، این امر باعث کم شدن V_{BE} و I_B و درنهایت I_C می‌شود. چون I_C از مقاومت R_1 عبور می‌کند لذا افت ولتاژ دو سر R_1 کم می‌شود و V_{CE} را که همان V_o است افزایش می‌دهد. درحقیقت V_{CE} یا V_o تقریباً ثابت می‌ماند (شکل ۹ـ۱).



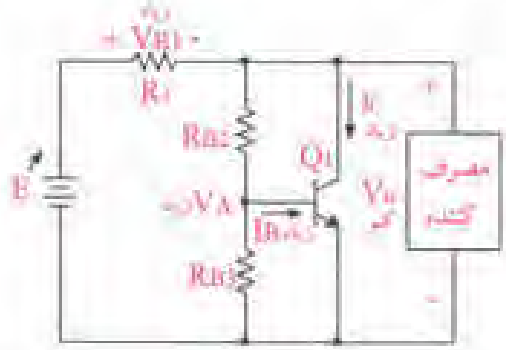
شکل ۹ـ۱ـ تنظیم ولتاژ خروجی به‌ازای کاهش ولتاژ ورودی

حال اگر به هر دلیلی جریان بار (I_L) زیاد شود، (باتوجه به ثابت بودن R_L) مقدار V_{CE} یا همان V_o زیاد می‌شود. با توجه به مواردی که درباره شکل‌های (۷ـ۱) تا (۹ـ۱) بیان شد، حالات زیر اتفاق می‌افتد.

$$V_{CE}\uparrow \Rightarrow V_A\uparrow \Rightarrow V_{BE}\uparrow \Rightarrow I_B\uparrow \Rightarrow$$

$$(I_C=\beta I_B)\uparrow \Rightarrow V_{CE}\downarrow \Rightarrow V_o\downarrow$$

در حقیقت V_{CE} به حالت سابق برمی‌گردد و تنظیم می‌شود. شکل (۱۰ـ۱) مراحل فوق را نشان می‌دهد. حالت ساده شده نیز در کادر زیر آمده است.



شکل ۱۰ـ۱ـ تنظیم ولتاژ خروجی به‌ازای افزایش جریان بار

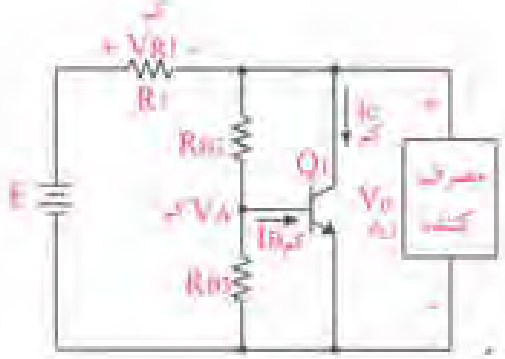
$$V_{CE}\Uparrow \Rightarrow V_A\Uparrow \Rightarrow V_{BE}\Uparrow \Rightarrow I_B\Uparrow \Rightarrow (I_C=\beta I_B)\Uparrow \Rightarrow V_{CE}\Downarrow \Rightarrow V_o\Downarrow$$

و اگر جریان I_L به هر دلیلی کم شود (با توجه به ثابت بودن R_L) مقدار V_o کم می‌شود و ولتاژ نقطه A یعنی V_A کم شده و مراحل زیر اتفاق می‌افتد.

$$I_L\downarrow \Rightarrow V_o\downarrow \Rightarrow V_A\downarrow \Rightarrow I_B\downarrow \Rightarrow$$

$$(I_C=\beta I_B)\downarrow \Rightarrow V_{CE}\uparrow \Rightarrow V_o\uparrow$$

درنتیجه ولتاژ به حالت قبلی خود یعنی مقدار تنظیم شده برمی‌گردد. شکل (۱۱ـ۱) این مراحل را نشان می‌دهد. حالت ساده شده نیز در کادر زیر آمده است.

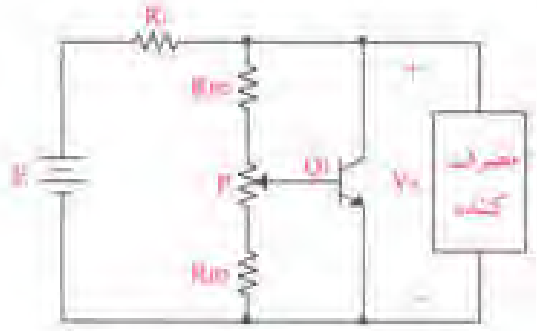


شکل ۱۱ـ۱ـ تنظیم ولتاژ خروجی به‌ازای کاهش جریان بار

$$I_L\Downarrow \Rightarrow V_o\Downarrow \Rightarrow V_A\Downarrow \Rightarrow I_B\Downarrow \Rightarrow (I_C=\beta I_B)\Downarrow \Rightarrow V_{CE}\Uparrow \Rightarrow V_o\Uparrow$$

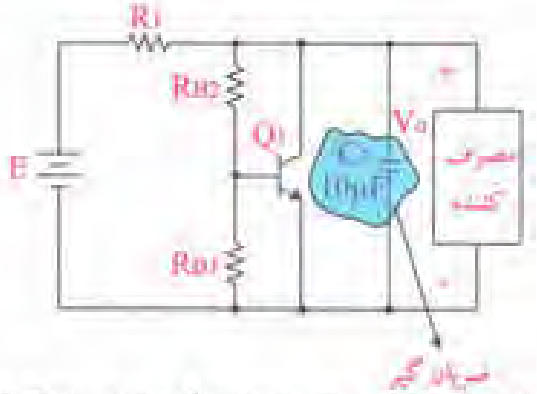
بنابراین می‌توان گفت که در این نوع رگولاتورها مقدار V_o (V_{CE_1}) با تغییرات ولتاژ ورودی و یا تغییرات جریان، تقریباً ثابت می‌ماند. برای تنظیم ولتاژ خروجی می‌توان R_{B2} و R_{B1} یا هر دو را تغییر داد.

در شکل (۱۲ـ۱) با تغییر پتانسیومتر می‌توان V_o را تغییر داد.



شکل ۱۲ـ۱ـ رگولاتور موازی با خروجی متغیر

برای جلوگیری از تغییرات گذرا در دو سر بار و حذف ضربان‌های احتمالی ولتاژ، یک خازن با ظرفیت حدود ۲ μF را به‌طور موازی با خروجی می‌بندند (شکل ۱۳ـ۱).

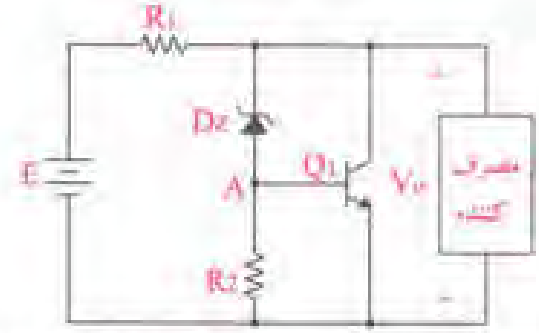


شکل ۱۳ـ۱ـ رگولاتور موازی با مدار جلوگیری از تغییرات گذرا و ضربان‌های احتمالی

به‌جای مقاومت R_{B1} می‌توان از یک دیود زنر استفاده کرد. در این حالت تقریباً همه‌ی تغییرات ولتاژ ورودی با خروجی در نقطه A (شکل ۱۴ـ۱) ظاهر می‌شود، زیرا ولتاژ دو سر دیود زنر تقریباً ثابت است. استفاده از دیودزنر باعث می‌شود که نسبت به حالت قبل عمل تثبیت ولتاژ بهتر انجام شود.

به‌طور کلی هر قدر ولتاژ خروجی یک رگولاتور در مقابل تغییرات ولتاژ ورودی، تغییرات جریان مصرف‌کننده یا تغییرات درجه حرارت کم‌تر تغییر کند رگولاتور ولتاژ دارای ثبات بیشتری است و کیفیت بالاتری دارد.

بنابراین به‌طور خلاصه می‌توان گفت که تثبیت ولتاژ خروجی به تغییرات جریان خروجی، تغییرات ولتاژ ورودی و تغییرات حرارت بستگی دارد.



شکل ۱۴ـ۱ـ تثبیت ولتاژ خروجی به کمک دیود زنر در رگولاتور موازی

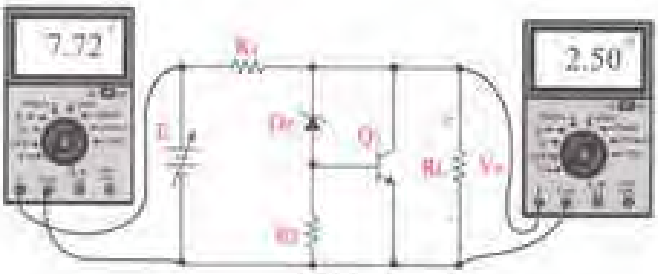
۲ــ۱ــ آزمایش شماره (۱)

نام آزمایش: تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ نوع موازی

۱ــ۲ــ۱ــ هدف‌های آزمایش: بررسی طرز کار یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ ترانزیستوری ساده از نوع موازی و تعیین چگونگی تنظیم ولتاژ

۲ــ۲ــ۱ــ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما عملاً با مدار الکترونیکی یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ از نوع موازی آشنا می‌شوید و با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی به‌ازای ولتاژهای مختلف ورودی و تغییرات جریان بار، مدار را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهید. همچنین شما قادر خواهید بود ولتاژ خروجی را با تغییر مقاومت‌هایی که به بیس ترانزیستور وصل می‌شوند تنظیم کنید.

مدت زمان انجام آزمایش ۳ ساعت



شکل ۱۵ــ۱

قبل از شروع آزمایش، نکات ایمنی شماره ۱ که در صفحه ۳ آمده است را مطالعه کنید و در خلال اجرای آزمایش عملاً آن‌ها را به کار ببرید.

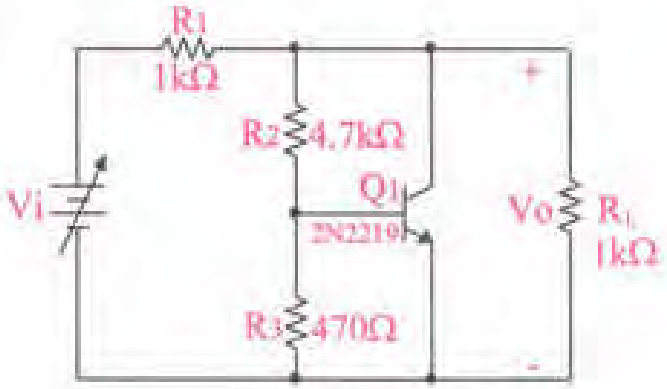
به یاد داشته باشید که برای عیب‌یابی تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ موازی، باید همین آزمایش را روی مدار معیوب انجام دهید. اندازه‌گیری ولتاژهای قسمت‌های مختلف تنظیم‌کننده و تحلیل ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده می‌تواند شما را در پیدا کردن عیب کمک کند.

۳ــ۲ــ۱ــ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:
در جدول مقابل آمده است.

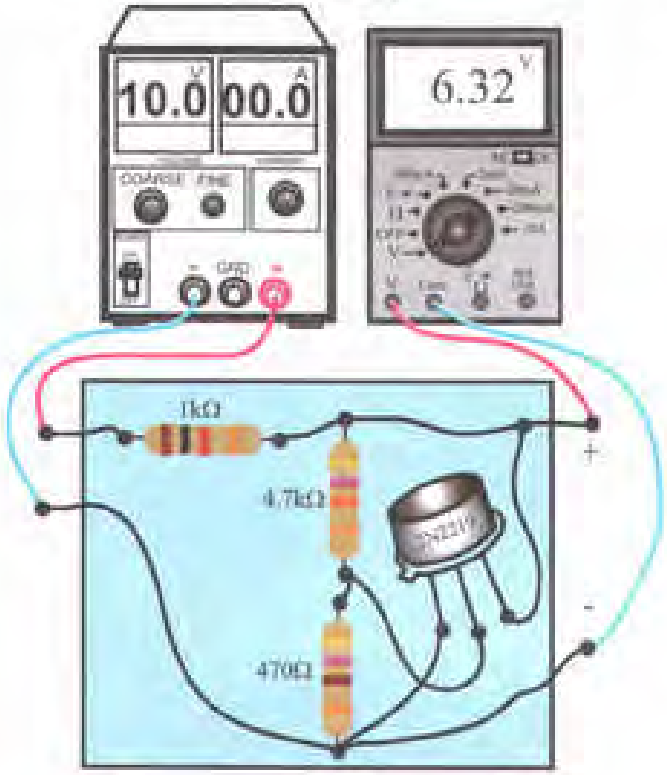
نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ــ منبع تغذیه ۱۵۷ــ، ۱۸	یک دستگاه
۲ــ برد برد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۳ــ آوومتر دیجیتالی یا عقربه‌ای	دو دستگاه
۴ــ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۵ــ مقاومت ۱kΩ	دو عدد
۶ــ خازن ۱۰μF، ۲۵V	یک عدد
۷ــ ترانزیستور Q2N2219	یک عدد
۸ــ دیودزنر ۴/۷ V، ۲۵۰mW	یک عدد
۹ــ دیودزنر ۶/۸ V، ۲۵۰mW	یک عدد
۱۰ــ مقاومت ۱۰۰Ω	یک عدد
۱۱ــ مقاومت ۲۷۰Ω	یک عدد

۴ـ۲ـ۱ـ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۱۶ـ۱) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.
- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.
- ولتاژ خروجی را توسط ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول (۱ـ۱) یادداشت کنید.
- ولتاژ منبع تغذیه را در تقسیمات یک ولتی زیاد کنید و در هر حالت V_o را اندازه بگیرید و مقادیر را در جدول (۱ـ۱) بنویسید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۱۶ـ۱ـ مدار آزمایش

جدول ۱ـ۱

Vi(V)	Vo(V)
۱۰	
۱۱	
۱۲	
۱۳	
۱۴	
۱۵	

سؤال ۱: چه نتیجه‌ای از جدول (۱ـ۱) می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

درصورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ به‌جای مدار شکل (۱۶ــ۱)، مدار شکل (۱۷ــ۱) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

■ با تغییر ولتاژ ورودی مطابق جدول (۲ــ۱) ولتاژ خروجی را توسط ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول (۲ــ۱) یادداشت کنید.

جدول ۲ــ۱

Vi(V)	Vo(V)
۱۰	
۱۱	
۱۲	
۱۳	
۱۴	
۱۵	

سؤال ۲: تغییرات ولتاژ ورودی در جدول (۲ــ۱) را با جدول (۱ــ۱) با تغییرات ولتاژ خروجی مقایسه کنید و نتیجه‌ی مقایسه را شرح دهید.

پاسخ:

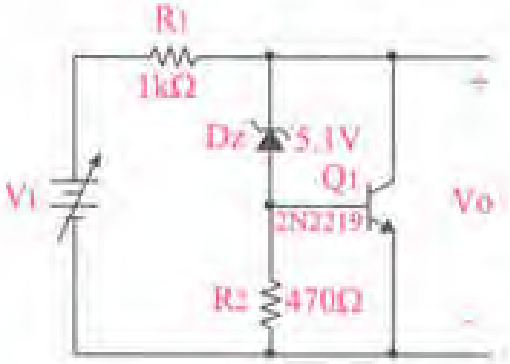
.....

.....

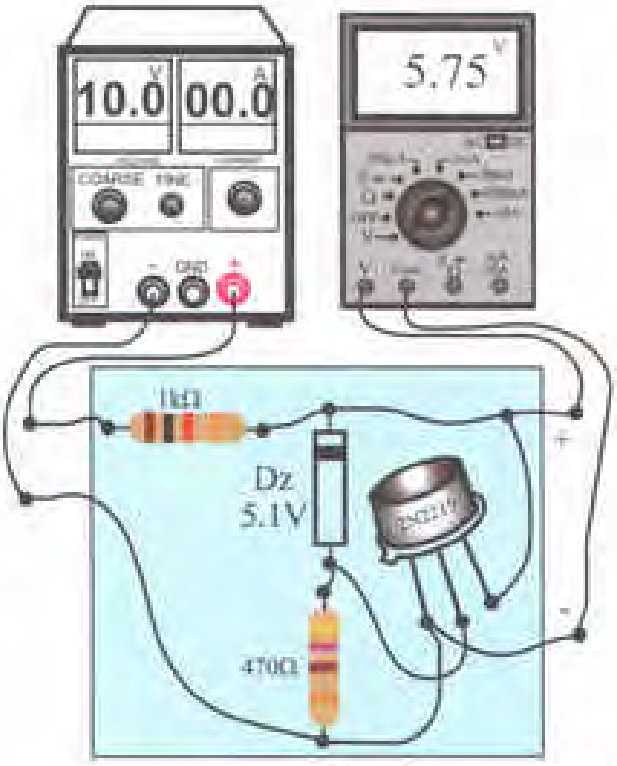
.....

.....

.....



الف ــ شماتیک مدار



ب ــ مدار عملی

شکل ۱۷ــ۱

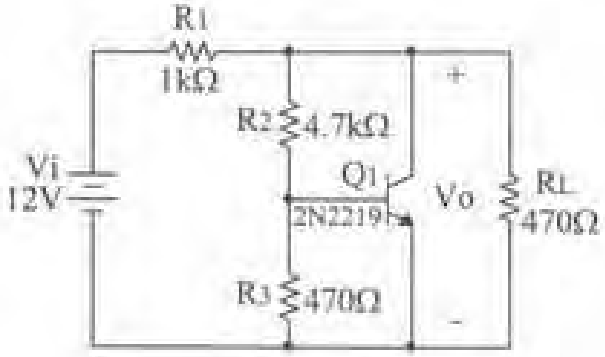
در صورتی که نتوانستید به سؤال (۲) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ــ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ مدار شکل (۱۸ـ۱) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

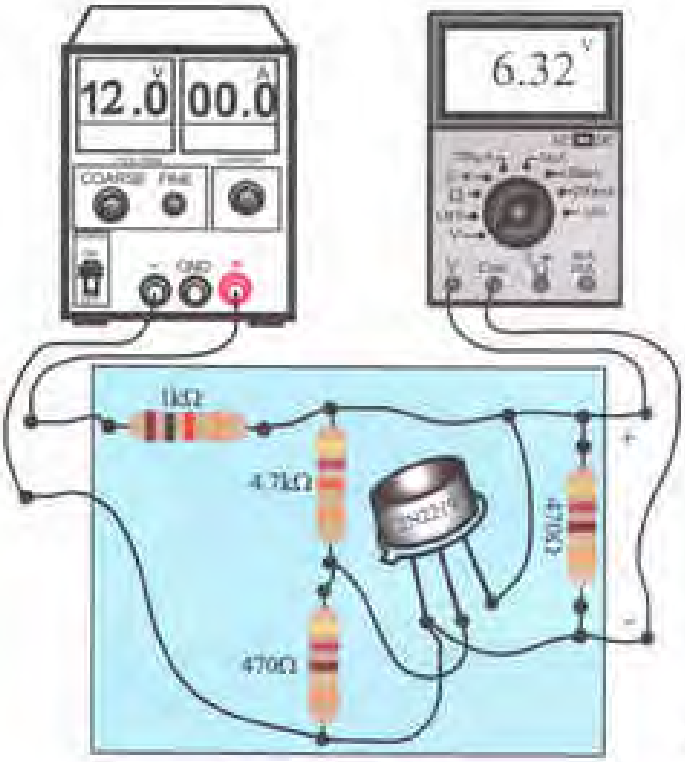
■ ولتاژ ورودی را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

■ R_1 را برابر با ۴۷۰Ω انتخاب کنید و مقدار V_o را اندازه بگیرید و در جدول (۳ـ۱) یادداشت کنید.

■ R_1 قبلی (۴۷۰Ω) را از مدار جدا کنید و به‌جای آن مقاومت ۱kΩ در مدار قرار دهید و مقدار V_o را اندازه بگیرید و در جدول (۳ـ۱) یادداشت کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۱۸ـ۱

جدول ۳ـ۱

Vi(V)	RL(Ω)	Vo(V)
۱۲	۴۷۰	
۱۲	۴۷۰۰	

سؤال ۳: چه نتیجه‌ای از جدول (۳ـ۱) می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

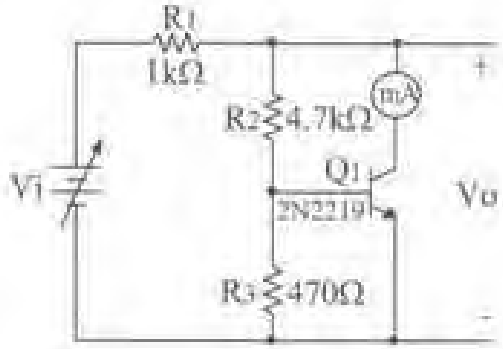
درصورتی که نتوانستید به سؤال (۳) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ مدار شکل (۱۹ـ۱) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

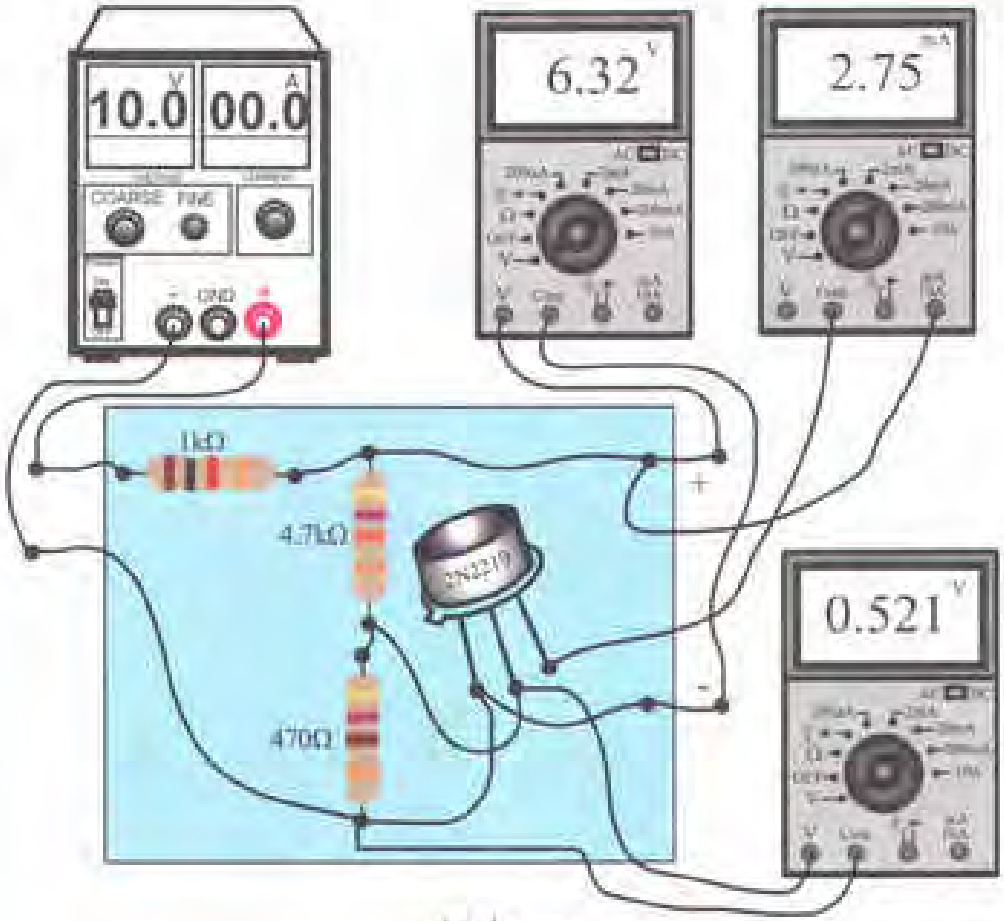
■ ولتاژ ورودی را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و جدول (۴ـ۱) را تکمیل کنید. (درصورتی که ۲ عدد ولت‌متر در اختیار ندارید می‌توانید ولت‌مترها را جابه‌جا کنید.)

■ ولتاژ ورودی را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید و جدول (۴ـ۱) را تکمیل کنید.

نکته مهم: برای اندازه‌گیری جریان از مولتی‌متر دیجیتالی استفاده کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۱۹ـ۱ـ مدار آزمایش

جدول ۴ـ۱

Vi(V)	VA(V)	Ic(mA)	Vce(V)
۱۰			
۱۲			

هنگام اندازه‌گیری مراقب باشید تا مقادیر به طرز دقیق و صحیح به‌دست آید.

سؤال ۴: چه نتیجه‌ای از جدول (۴ـ۱) می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

سؤال ۵: آیا ولتاژ خروجی تقریباً از رابطه $\frac{V_{BE}}{R_2}(R_2 + R_1)$ به‌دست می‌آید؟ با جای‌گذاری مقادیر و محاسبات لازم، و با توجه به مقادیر جدول (۴ـ۱)، راجع به صحت رابطه فوق، تحقیق کنید و نتیجه را توضیح دهید. (توجه: V_B همان V_{BE} است)

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

درصورتی که توانستید به سؤال‌های (۴) و (۵) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۲ـ۱ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه:

.....

.....

.....

.....

.....

۶ـ۲ـ۱ـ **نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

.....

آزمون

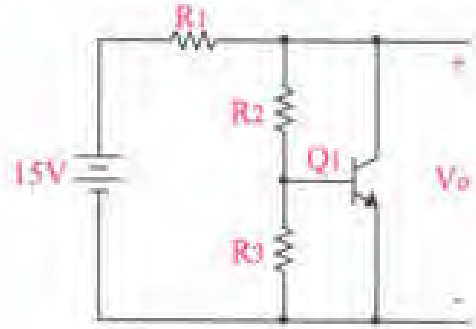
۱ـ برای تغییر ولتاژ خروجی در رگولاتور موازی شکل (۲۰ـ۱) کدام مقاومت‌ها را باید تغییر داد؟

الف: ☐ فقط R_1

ب: ☐ فقط R_2

ج: ☐ فقط R_3

د: ☐ R_2 یا R_3



شکل ۲۰ـ۱

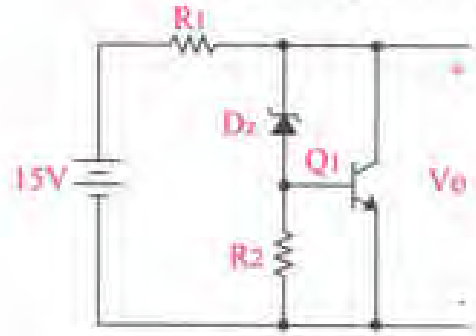
۲ـ برای تغییر ولتاژ خروجی رگولاتور شکل (۲۱ـ۱) مقدار کدام عنصر را باید تغییر داد؟

الف: ☐ ولتاژ شکست دیود زنر (تعویض دیود زنر)

ب: ☐ مقدار مقاومت R_1

ج: ☐ مقدار مقاومت R_2

د: ☐ مقدار مقاومت R_1 و R_2



شکل ۲۱ـ۱

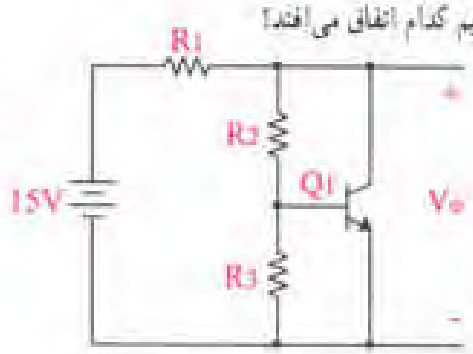
۳ـ در شکل (۲۲ـ۱) اگر مقدار R_2 را خیلی کم انتخاب کنیم کدام اتفاق می‌افتد؟

الف: ☐ V_o تقریباً برابر E می‌شود.

ب: ☐ V_o تقریباً برابر V_{BE} می‌شود.

ج: ☐ V_o تقریباً صفر می‌شود.

د: ☐ V_o بستگی به مقدار R_1 دارد.



شکل ۲۲ـ۱

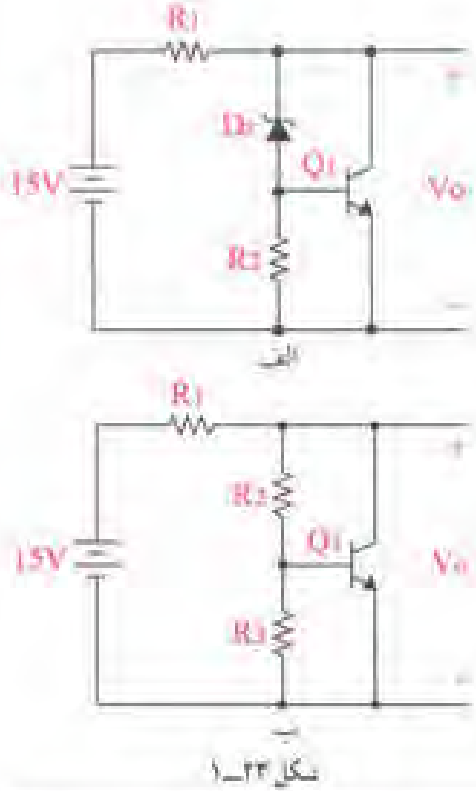
۴ـ مزیت مدار الف بر مدار ب شکل (۲۳ـ۱) کدام است؟

الف: □ توان مصرفی کم‌تری دارد.

ب: □ ولتاژ خروجی از تثبیت بیش‌تری برخوردار است.

ج: □ جریان خروجی از تثبیت بیش‌تری برخوردار است.

د: □ توان بیش‌تری می‌تواند تحویل دهد.



شکل ۲۳ـ۱

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل اول آزمون پایانی عملی (۱) خودآزمایی شماره (۱) و (۲) مراجعه کنید.

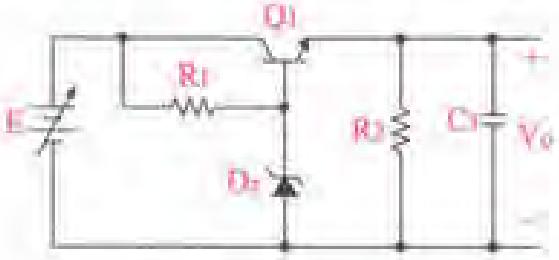
۳ـ۱ـ تنظیم‌کننده ولتاژ سری

همان‌طور که در قسمت (۱ـ۱) گفته شد تنظیم‌کننده‌های ولتاژ، مدارهای الکترونیکی نسبتاً ساده‌ای هستند که وظیفه آن‌ها تحویل یک ولتاژ DC ثابت با توجه به تغییرات ولتاژ ورودی، تغییرات جریان بار و تغییرات درجه حرارت به یک مصرف‌کننده است.

تنظیم‌کننده‌های ولتاژ ترانزیستوری ساده به دو نوع سری و موازی تقسیم می‌شوند. در قسمت (۱ـ۱) تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ موازی را مورد بررسی قرار دادیم. در این قسمت به بررسی نوع سری تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ می‌پردازیم. در شکل (۲۴ـ۱) بلوک دیاگرام و در شکل (۲۵ـ۱) مدار الکترونیکی تنظیم‌کننده ولتاژ سری نشان داده شده است.

شکل ۲۴ـ۱ـ در تنظیم‌کننده سری، عنصر تنظیم‌کننده با بار به‌صورت سری قرار می‌گیرد.

در این نوع تنظیم‌کننده‌ها، عنصر کنترل جریان یا ولتاژ که معمولاً یک ترانزیستور است با بار به‌صورت سری قرار می‌گیرد در رگولاتور شکل (۲۵ـ۱) ولتاژ خروجی (V_o) از رابطه زیر



شکل ۲۵ـ۱ـ یک نمونه تنظیم‌کننده ولتاژ از نوع سری

به‌دست می‌آید :

$V_o = V_z - V_{BE}$ ولتاژ خروجی

وظیفه دیود زنر ثابت نگه‌داشتن ولتاژ پس ترانزیستور است.

حال اگر ولتاژ خروجی بخواهد به دلایلی از قبیل افزایش ولتاژ ورودی، زیاد شود ولتاژ امیتر (V_E) نیز زیاد می‌شود. در این حالت V_{BE} که برابر با ($V_B - V_E$) است به دلیل ثابت بودن V_B، کاهش می‌یابد. کاهش V_{BE} سبب کاهش I_B و $I_C = \beta I_B$ شده، و V_{CE} ترانزیستور را افزایش می‌دهد. به این ترتیب ولتاژ دو سر بار کاهش می‌یابد و به حالت پایدار قبلی برمی‌گردد (شکل ۲۶ـ۱).

$E^{\uparrow} = V_{CE}{}^{\uparrow} + V_o$

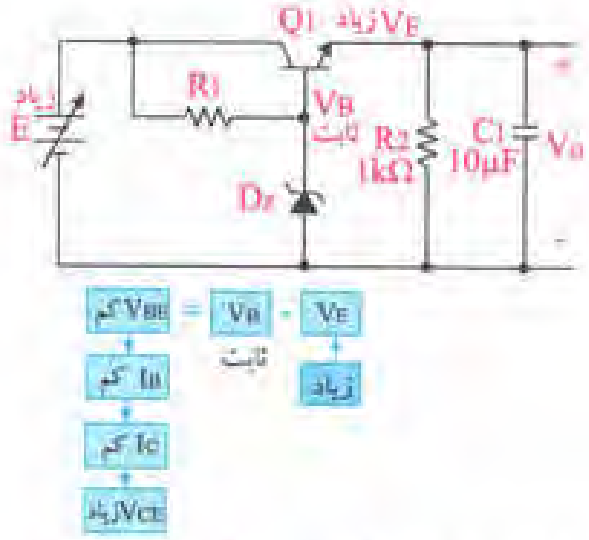
برعکس، اگر ولتاژ خروجی به هر دلیلی مانند کم شدن جریان بار و یا ولتاژ ورودی، کم شود، V_E کاهش می‌یابد و مقدار ($V_{BE} = (V_B - V_E)$ زیاد می‌شود. در اثر افزایش V_{BE}، I_B و $I_C = \beta I_B$ زیاد می‌شود و V_{CE} را کم می‌کند. با برقراری این شرایط V_o به حالت قبلی برمی‌گردد شکل (۲۷ـ۱).

$E = V_{CE} + V_o$

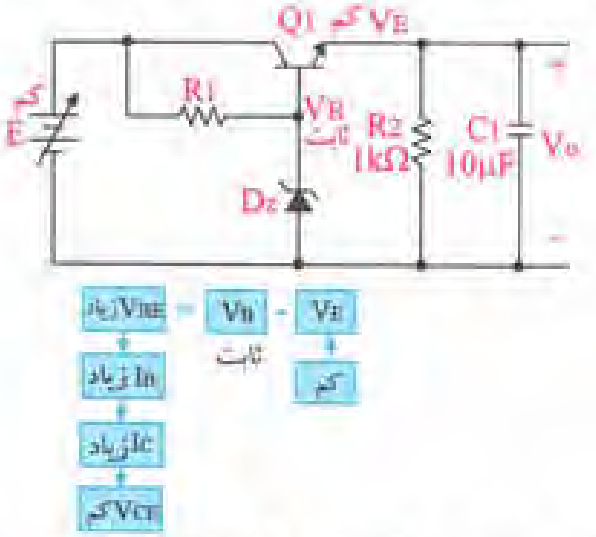
↓ ↓ ↓

ثابت می‌ماند کم می‌شود کم شود

مقاومت ۱ kΩ (R_s) در مدار شکل (۲۷ـ۱) به‌خاطر بسته شدن مدار الکتریکی رگولاتور و ایجاد ولتاژ ثابت در مدار قرار گرفته است. خازن ۱۰μF، ضمن کاهش دادن ولتاژ ریپل خروجی، میزان نویز را به شدت کم می‌کند.



شکل ۲۶ـ۱ـ عملکرد رگولاتور سری هنگام افزایش ولتاژ ورودی



شکل ۲۷ـ۱ـ عملکرد رگولاتور سری هنگامی که ولتاژ ورودی کم می‌شود.

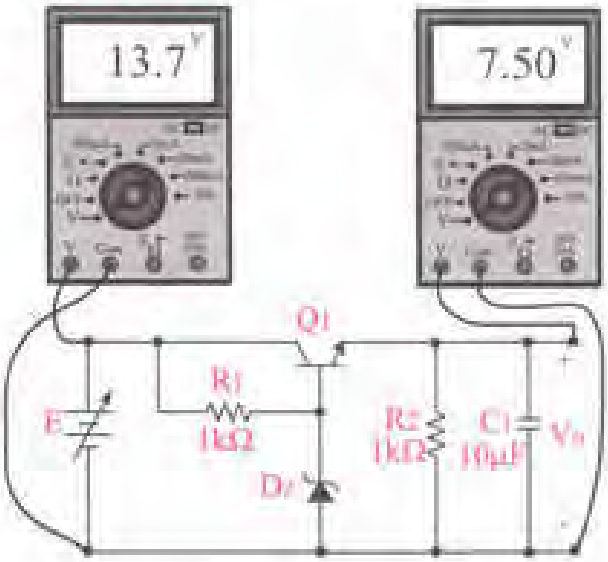
۴ــ۱ــ آزمایش شماره (۲)

مدت زمان انجام آزمایش ۳ ساعت

۱ــ۴ــ۱ــ نام آزمایش: تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ نوع سری

۲ــ۴ــ۱ــ هدف‌های آزمایش: بررسی طرز کار یک تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ ترانزیستوری نوع سری

۳ــ۴ــ۱ــ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما عملاً با مدار الکترونیکی یک تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سری آشنا می‌شوید. پس از انجام آزمایش قادر خواهید بود با تغییر عناصر مدار، ولتاژ خروجی تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ را بررسی کنید.



قبل از شروع آزمایش نکات ایمنی (۱) که در صفحه ۳ آمده است را مطالعه کنید و در خلال اجرای آزمایش عملاً آن‌ها را به کار ببرید.

توجه داشته باشید که برای عیب‌یابی تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سری، باید همین آزمایش را روی مدار معیوب انجام دهید. اندازه‌گیری ولتاژهای قسمت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ و تحلیل ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده می‌تواند شما را در پیدا کردن عیب کمک کند.

۲ــ۴ــ۱ــ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ــ منبع تغذیه ۱۸ / ۱۵V ــ۰	یک دستگاه
۲ــ برد برد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۳ــ آوومتر دیجیتالی یا عقربه‌ای	دو دستگاه
۴ــ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۵ــ مقاومت ۱ kΩ	دو عدد
۶ــ پتانسیومتر ۱ kΩ	یک عدد
۷ــ مقاومت ۲/۷ kΩ	یک عدد
۸ــ مقاومت ۲۷۰Ω	یک عدد
۹ــ خازن ۱۰μF / 25V	یک عدد
۱۰ــ ترانزیستور Q2N2219	یک عدد
۱۱ــ دیود زنر 5.1V	یک عدد

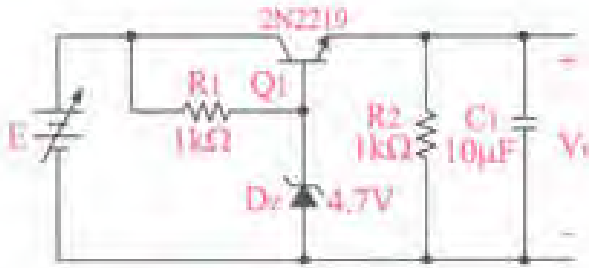
۵ـ۴ـ۱ـ مراحل انجام آزمایش:

- وسایل مورد نیاز آزمایش را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۲۸ـ۱) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.
- ولتاژ خروجی را توسط ولت‌متر اندازه بگیرید و مقادیر اندازه‌گیری شده را در جدول (۵ـ۱) یادداشت کنید.
- ولتاژ منبع تغذیه را در تقسیمات یک ولتی مطابق جدول (۵ـ۱) زیاد کنید.
- ولتاژ خروجی را توسط ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول (۵ـ۱) بنویسید.

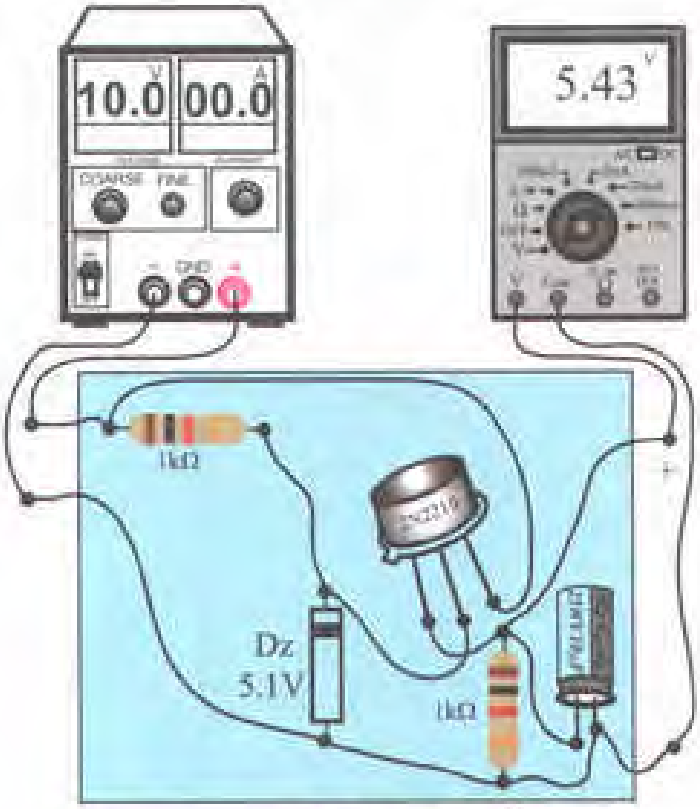
جدول ۵ـ۱

Vi(V)	Vo(V)
۱۰	
۱۱	
۱۲	
۱۳	
۱۴	
۱۵	

سؤال ۱: چه نتیجه‌ای از جدول (۵ـ۱) می‌گیرید؟ توضیح دهید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۲۸ـ۱ـ مدار آزمایش تنظیم‌کننده ولتاژ نوع سری

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

درصورتی که توانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۴ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ در مدار شکل (۲۸ـ۱)، ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.

■ دیودزنر مدار شکل (۲۸ـ۱) را با دیودزنر ۶/۸ ولتی مانند شکل (۲۹ـ۱) عوض کنید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت قرار دهید.

■ ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید.

■ ولتاژ اندازه‌گیری شده را در جدول (۶ـ۱) یادداشت کنید.

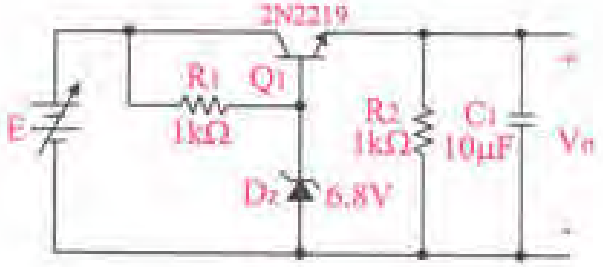
■ با افزایش ولتاژ ورودی در پله‌های یک‌ولتی، مطابق جدول (۶ـ۱)، ولتاژهای خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

سؤال ۲: ولتاژ „V بیش‌تر به کدام قطعه یا قطعات بستگی دارد؟ توضیح دهید.

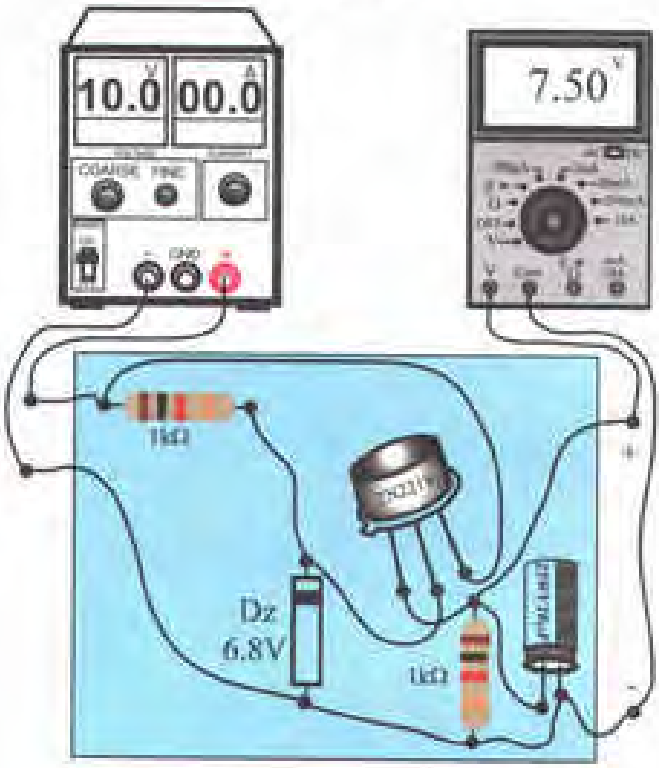
جدول ۶ـ۱

Vi(V)	Vo(V)
۱۰	
۱۱	
۱۲	
۱۳	
۱۴	
۱۵	

سؤال ۳: چه نتیجه‌ای از جدول (۶ـ۱) می‌گیرید؟ توضیح دهید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۲۹ـ۱ـ مدار آزمایش

پاسخ:

.....

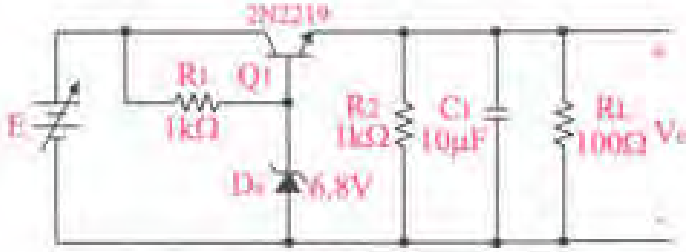
.....

.....

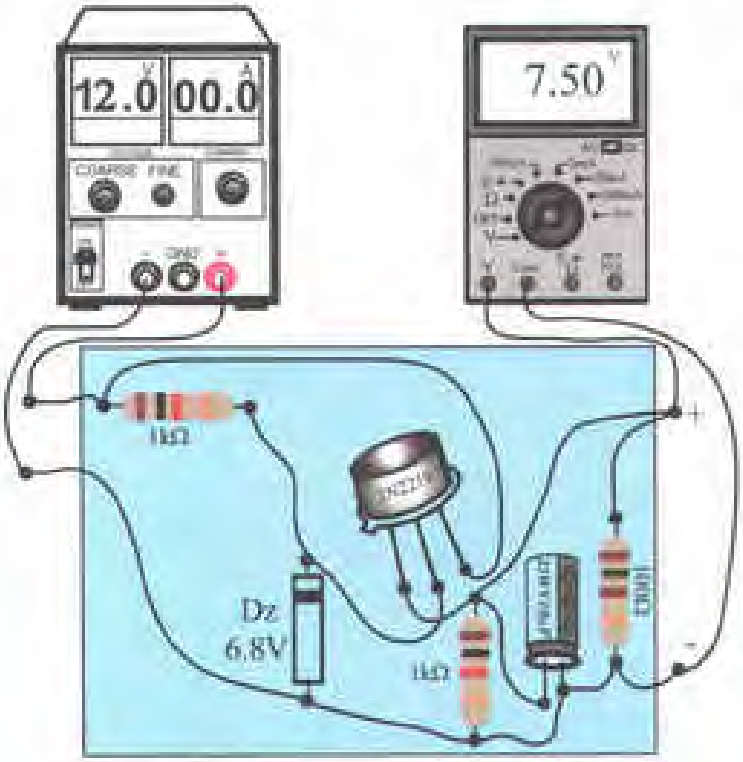
.....

.....

درصورتی که نتوانستید به سؤال‌های (۲) و (۳) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۳۰ـ۱ـ مدار آزمایش

■ در مدار شکل (۳۰ـ۱) ولتاژ ورودی را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید و ثابت نگه دارید.

■ مقاومت R_L را برابر با ۱۰۰Ω قرار دهید و ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید.

■ ولتاژ اندازه‌گیری شده را در جدول (۷ـ۱) یادداشت کنید.

■ مقاومت R_L را برابر با ۴۷۰Ω قرار دهید و ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید.

■ ولتاژ اندازه‌گیری شده را در جدول (۷ـ۱) یادداشت کنید.

جدول ۷ـ۱

Vi(V)	RL(Ω)	Vo(V)
۱۲	۱۰۰	
۱۲	۴۷۰	

سؤال ۴: چه نتیجه‌ای از جدول (۷ـ۱) می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

سؤال ۵: آیا ولتاژ خروجی از رابطه ($V_o = V_{RL}$) به‌دست می‌آید؟ توضیح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

۶ـ۴ـ۱ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

.....

۷ـ۴ـ۱ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

.....

درصورتی که نتوانستید به سؤال‌های (۴) و (۵) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

آزمون

۱ـ برای تغییر ولتاژ خروجی در تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ شکل (۱ـ۳۱) مقدار کدام عنصر را باید تغییر داد؟

الف :□ منبع ولتاژ ورودی تنظیم‌کننده (V_i)

ب :□ مقدار مقاومت R_1

ج :□ مقدار مقاومت R_2

د :□ ولتاژ شکست دیودزنر

شکل ۱ـ۳۱

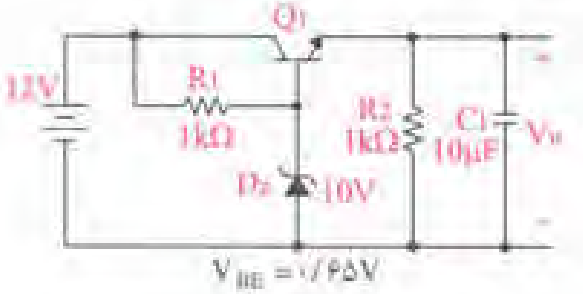
۲ـ در شکل (۱ـ۳۲) ولتاژ خروجی تقریباً چند ولت است؟

الف :□ ۱۰/۶۵

ب :□ ۹/۳۵

ج :□ ۱۲

د :□ ۱۰



شکل ۱ـ۳۲

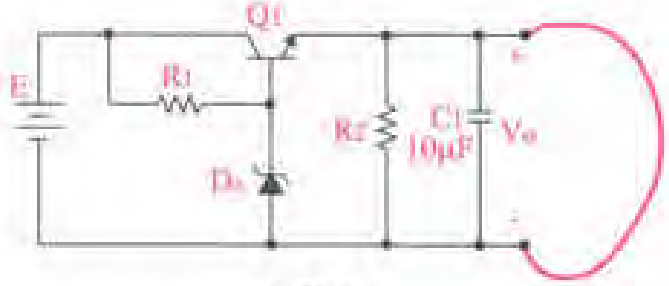
۳ـ اگر خروجی تنظیم‌کننده شکل (۱ـ۳۳) را اتصال کوتاه کنیم، کدام اتفاق ممکن است رخ دهد؟

الف :□ ترانزیستور بسوزد

ب :□ دیودزنر بسوزد

ج :□ مقاومت R_1 بسوزد

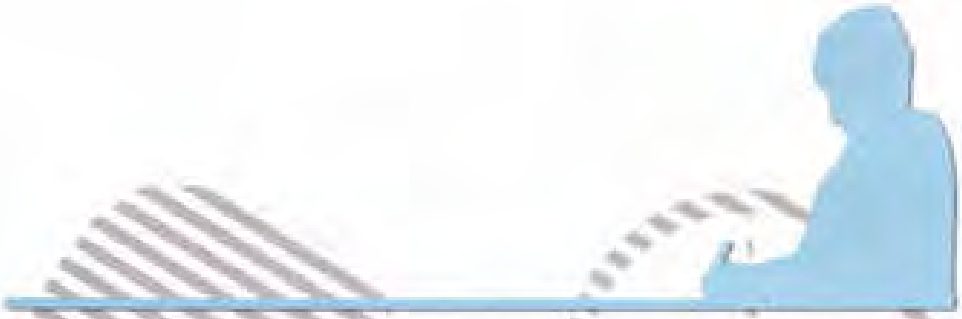
د :□ مقاومت R_2 بسوزد



شکل ۱ـ۳۳

برای انجام خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل اول آزمون پایانی عملی (۱) خودآزمایی شماره (۳) مراجعه کنید.

توجه: خودآزمایی‌های عملی، خارج از ساعات درسی در هنرستان و یا منزل توسط هنرجو انجام می‌شود.



۵ــ۱ــ آزمون پایانی عملی (۱)

۱ــ با استفاده از یک عدد ترانزیستور 2N2219 و سه عدد مقاومت یک رگولاتور ولتاژ موازی ببندید که ولتاژ خروجی آن ۷/۱ ولت باشد. ولتاژ خروجی آن را اندازه بگیرید.

۲ــ با استفاده از یک عدد ترانزیستور BC107 و یک عدد دیودزنر با ولتاژ مناسب و دو عدد مقاومت، مدار یک رگولاتور ولتاژ موازی با خروجی ۵/۸ ولت ببندید و ولتاژ خروجی آن را اندازه بگیرید.

۳ــ با استفاده از یک عدد ترانزیستور BC107، یک عدد دیودزنر با ولتاژ مناسب، و دو عدد مقاومت، یک تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ از نوع سری با خروجی ۴/۶ ولت ببندید و ولتاژ خروجی آن را اندازه بگیرید.

نتایج آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۶ـ۱ـ پرسش و تمرین (۱)

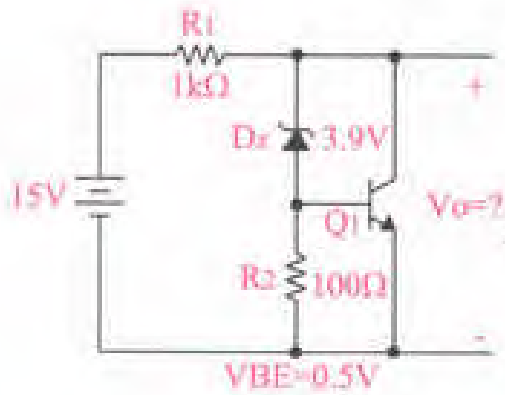
۱ـ تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ را تعریف کنید.

۲ـ شکل یک تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ موازی را رسم کنید.

۳ـ طرز کار یک تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ موازی را شرح دهید.

۴ـ تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سری و ولتاژ موازی چه فرقی با هم دارند.

۵ـ در شکل (۳۴ـ۱)، مقدار V_o را محاسبه کنید.



شکل ۳۴ـ۱

پاسخ سؤال‌های ۱ تا ۵:

فصل دوم

انواع فیدبک

هدف کلی

عیب یابی و رفع عیب تقویت‌کننده‌های فیدبک دار

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

۱ـ فیدبک را تعریف کند.

۲ـ کاربرد فیدبک منفی و مثبت را بیان کند.

۳ـ مزایای فیدبک را شرح دهد.

۴ـ فیدبک سری و موازی را از یک‌دیگر تشخیص دهد.

۵ـ مزایا و معایب فیدبک سری و موازی را شرح دهد.

۶ـ دلیل فیدبک منفی در تقویت‌کننده‌های چند طبقه را شرح دهد.

۷ـ بهره ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی دو طبقه فیدبک شده را عملاً اندازه بگیرد.

۸ـ اگر در یک تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده، مسیر فیدبک قطع شد، بتواند با اندازه‌گیری‌های لازم، قطع فیدبک را تشخیص دهد.

۹ـ بهره‌ی ولتاژ یک تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده از نوع سری واز نوع موازی را عملاً اندازه بگیرد.

ساعت آموزش		
نظری	عملی	جمع
۴	۸	۱۲

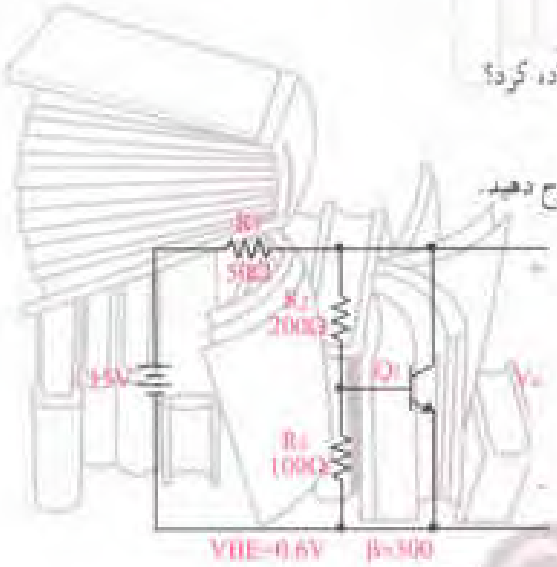
پیش‌آزمون (۲)

۱ـ چگونه می‌توان از یک ترانزیستور به‌عنوان تقویت‌کننده استفاده کرد؟

۲ـ بهره‌ی ولتاژ را در یک تقویت‌کننده تعریف کنید.

۳ـ نقش مقاومت‌های اهمی یا بایاسینگ در یک تقویت‌کننده را شرح دهید.

۴ـ در شکل مقابل ولتاژ V_o تابع کدام عامل است؟



الف: □ مقاومت ۵۰۰ اهمی

ب: □ مقاومت ۲۰۰ اهمی

ج: □ مقاومت ۱۰۰ و ۲۰۰ اهمی

د: □ منبع ۱۵ ولتی

۵ـ در شکل زیر، اگر خروجی تنظیم‌کننده ولتاژ اتصال کوتاه شود، کدام اتفاق ممکن است رخ دهد؟

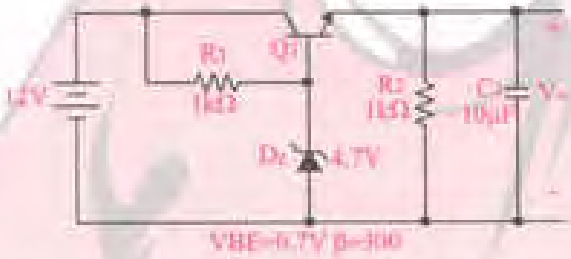
الف: □ ترانزیستور می‌سوزد

ب: □ دیود زنر می‌سوزد

ج: □ خازن سریعاً معیوب می‌شود

د: □ هیچ اتفاقی نمی‌افتد.

۶ـ در شکل زیر V_o تقریباً چند ولت است؟



الف: □ ۵/۴

ب: □ ۴

ج: □ ۴/۷

د: □ ۵/۶

۷ـ برای پایداری بهره‌ی ولتاژ در یک تقویت‌کننده از کدام نوع فیدبک استفاده می‌کنند؟

الف: □ مثبت ب: □ منفی ج: □ فقط سری د: □ هم مثبت و هم منفی

۸ـ در فیدبک منفی، سیگنال برگشتی از خروجی به ورودی باعث ..... ورودی و در فیدبک مثبت، سیگنال برگشتی از خروجی به ورودی باعث ..... ورودی می‌شود.

الف: □ تقویت ـ تقویت ب: □ تضعیف ـ تضعیف

ج: □ تقویت ـ تضعیف د: □ تضعیف ـ تقویت

۹ـ چرا در یک تقویت‌کننده‌ی چند طبقه، حتماً از فیدبک منفی استفاده می‌کنند؟

الف: □ برای افزایش بهره ولتاژ　　ب: □ برای افزایش بهره‌ی جریان

ج: □ برای تطبیق امپدانس بین طبقات　　د: □ برای پایداری بهره‌ی ولتاژ

۱۰ـ در یک تقویت‌کننده فیدبک شده، معمولاً بهره‌ی ولتاژ .....

الف: □ کم می‌شود.　　ب: □ زیاد می‌شود.

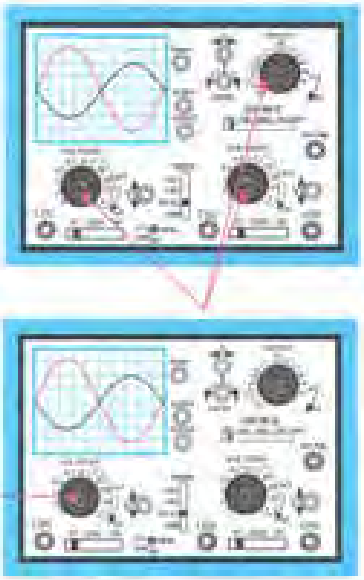
ج: □ تغییر نمی‌کند.　　د: □ بستگی به نوع فیدبک دارد.

نکات ایمنی (۲)

۱ـ هنگام تعویض رنج کلید Volts/Div یا Time/Div در یک اسیلوسکوپ، کلیدها را به آرامی بچرخانید تا آسیبی به اسیلوسکوپ وارد نشود. زیرا این کلیدها خیلی حساس هستند.

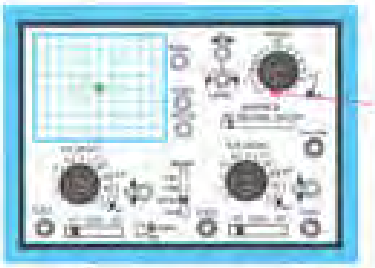
۲ـ هنگام خواندن ولتاژ از روی اسیلوسکوپ دقت کنید که کلید Volt Variable حتماً در حالت .Cal باشد (معمولاً اگر این ولوم را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید در حالت .Cal قرار می‌گیرد).

۳ـ هنگام وصل منبع تغذیه به مدار الکترونیکی، ابتدا ولتاژ مورد نیاز را تنظیم و سپس منبع تغذیه را وصل کنید.

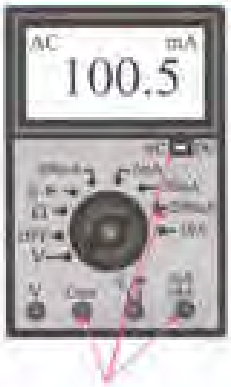


۴ـ از قرار دادن اسیلوسکوپ در مکان خیلی گرم یا نور مستقیم آفتاب جداً خودداری کنید.

۵ـ اسیلوسکوپ را هیچ‌وقت در حالت X - Y قرار ندهید. در این حالت فقط یک نقطه روی اسیلوسکوپ دیده می‌شود. اگر اسیلوسکوپ مدت زیادی در این حالت قرار گیرد مواد فسفرسانس صفحه حساس، در جایی که اشعه مستقیماً به آن‌جا تابیده است معیوب می‌شود و یک لکه‌ی سیاه‌رنگ برای همیشه در آن‌جا باقی می‌ماند.



۶ـ هنگام حمل و نقل آومتر دیجیتالی دقت کنید که به دستگاه ضربه وارد نشود.



۷ـ برای اندازه‌گیری جریان AC به کمک آومتر، رنج دستگاه و همچنین ترمینال‌های آن را درست انتخاب کنید.

قابل توجه همکاران ارجمند

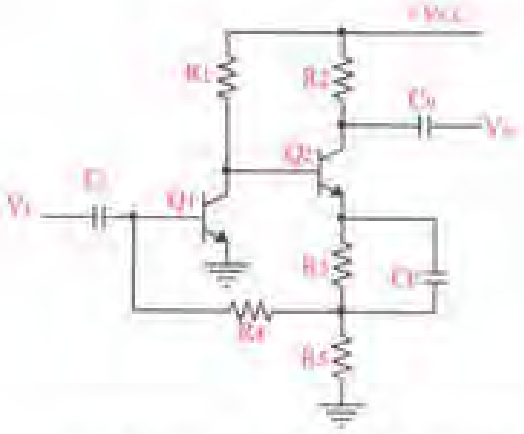
با توجه به اینکه مدت اختصاص داده شده به کار عملی در این فصل محدود است، توصیه می‌شود در هنرستان‌ها براساس هر آزمایش یک برد مدار جایی آماده تهیه شود و در اختیار هنرجویان قرارگیرد تا هنرجویان بدون بستن تک‌تک اجزای مدار بتوانند کلیه آزمایش‌ها را انجام دهند و نتیجه را مشاهده کنند.

۱ـ۲ـ اصول کار تقویت‌کننده‌های فیدبک شده

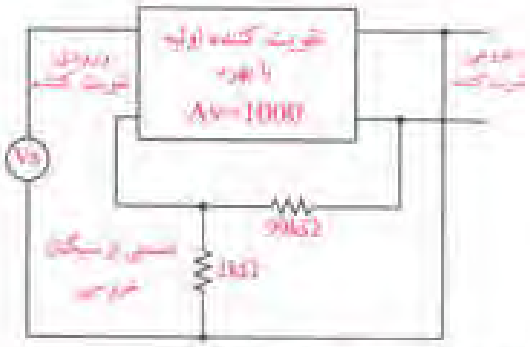
وقتی تقویت‌کننده‌ای طراحی می‌شود انتظار این است که بهره ولتاژ، بهره جریان، امپدانس ورودی، امپدانس خروجی و سایر مشخصات و پارامترهای آن تحت هیچ شرایطی تغییر نکنند؛ اما به دلیل این که پارامترهای یک ترانزیستور به شدت به حرارت بستگی دارند (مانند β و ...) بر اثر تغییر درجه حرارت نقطه کار ترانزیستور تغییر می‌کند و با این که بعضی از قطعات به مرور زمان معیوب می‌شوند و هنگام تعویض یک قطعه معیوب و عدم تطبیق کامل مشخصات قطعه جایگزین، ممکن است بعضی از پارامترهای تقویت‌کننده تغییر کند که این امر مطلوب نیست.

برای جلوگیری از تغییر پارامترهای یک تقویت‌کننده، معمولاً از تقویت‌کننده با فیدبک منفی (فیدبک شده) استفاده می‌کنند. در شکل (۱ـ۲) یک تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده نشان داده شده است.

۱ـ۱ـ۲ـ تعریف فیدبک: برگشت دادن قسمتی از سیگنال خروجی (جریان یا ولتاژ) یک تقویت‌کننده یا یک سیستم به ورودی آن را فیدبک یا تغذیه‌برگشت می‌نامند. شکل (۲ـ۲) یک نمونه از تقویت‌کننده فیدبک شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱ـ۲ـ یک نمونه‌ی تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده

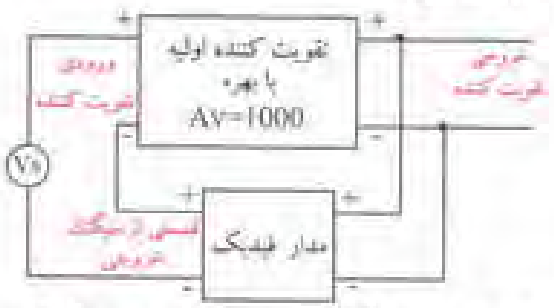


شکل ۲ـ۲ـ نحوه نوعی برگشت دادن سیگنال خروجی به ورودی

۲ـ۱ـ۲ـ فیدبک مثبت و منفی: در صورتی که سیگنال برگشت داده شده از خروجی تقویت‌کننده به ورودی آن، باعث تضعیف سیگنال ورودی شود، فیدبک را از نوع فیدبک منفی می‌نامند (شکل ۳ـ۲ـ الف).

شکل ۳ـ۲ـ الف ـ سیگنال خروجی باعث تضعیف سیگنال ورودی می‌شود(فیدبک منفی)

چنانچه سیگنال برگشت داده شده از خروجی تقویت‌کننده به ورودی آن، باعث تقویت سیگنال ورودی شود، فیدبک را از نوع فیدبک مثبت می‌نامند (شکل ۳ـ۲ـ ب). معمولاً در تقویت‌کننده‌ها از فیدبک منفی و در نوسان‌سازها از فیدبک مثبت استفاده می‌شود.



شکل ۳ـ۲ـ ب ـ سیگنال خروجی باعث تقویت سیگنال ورودی می‌شود(فیدبک مثبت)

۳ــ۱ــ۲ــ مزایای فیدبک: اگر به تقویت‌کننده‌ای فیدبک منفی اعمال شود، بهره‌ی ولتاژ آن تقویت‌کننده قطعاً کاهش می‌یابد. در این شرایط، تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده مزایایی به شرح زیر کسب می‌کند:

ــ بهره‌ی تقویت‌کننده فیدبک شده همواره ثابت می‌ماند. در صورتی که بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده فیدبک نشده ممکن است به شدت تغییر کند. در شکل (۴ــ۲ــ الف) بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده‌ی فیدبک نشده برابر $A_V = ۱۰۰۰۰$ و تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده برابر با $A_{VF} = ۹۹$ است.

حال اگر بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده‌ی فیدبک نشده را ده‌برابر کنیم و به $A_V = ۱۰۰۰۰۰$ برسانیم، بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده $A_{VF} = ۹۹/۹$ می‌شود. یعنی اگر بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده‌ی فیدبک نشده ده برابر شود بهره تقویت‌کننده فیدبک شده فقط یک درصد تغییر می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که بهره‌ی تقویت‌کننده فیدبک شده تقریباً ثابت و مستقل از تقویت‌کننده‌ی اولیه است و فقط به شبکه‌ی فیدبک یعنی مقاومت‌های ۱ k و ۹۹k (در شکل ۴ــ۲ الف، ب و ج) بستگی دارد. این پدیده در مدارهای عملی نیز صدق می‌کند.

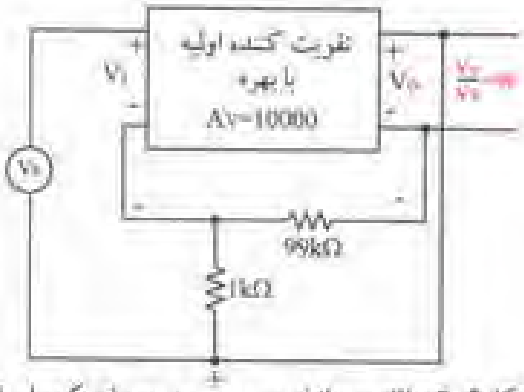
ــ امپدانس ورودی و خروجی تقویت‌کننده را متناسب با نوع نیاز و توسط مدار فیدبک متناسب می‌توان کم یا زیاد کرد (شکل ۴ــ۲ــ ج).

ــ پهنای باند در تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده افزایش می‌یابد.

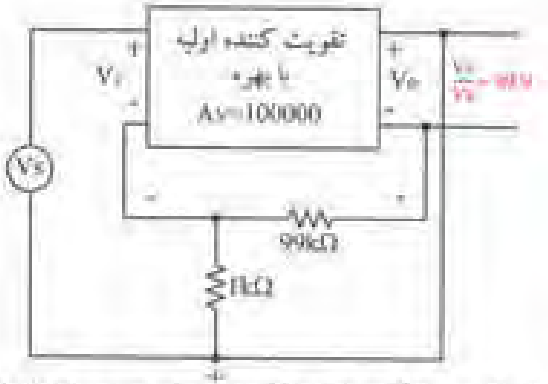
ــ میزان اعوجاج در سیگنال خروجی کاهش می‌یابد.

ــ میزان نویز در تقویت‌کننده‌های فیدبک شده کاهش می‌یابد.

فیدبک در مدارهای الکترونیکی معمولاً موجب کاهش بهره می‌شود و روی امپدانس و پهنای باند نیز اثر می‌گذارد.

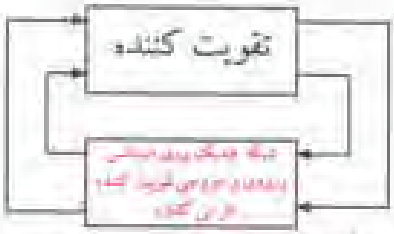


شکل ۴ــ۲ــ الف ــ به‌ازای $A_V = ۱۰۰۰۰$، $A_{VF} = ۹۹$ بهره فیدبک برابر ۹۹ می‌شود.



شکل ۴ــ۲ــ ب ــ اگر بهره تقویت‌کننده ۱۰ برابر شود بهره تقویت‌کننده فیدبک شده فقط یک درصد تغییر می‌کند.

شکل ۴ــ۲ــ ج ــ در تقویت‌کننده فیدبک شده $\frac{V_o}{V_i} = A_{VF}$ تقریباً ثابت است.



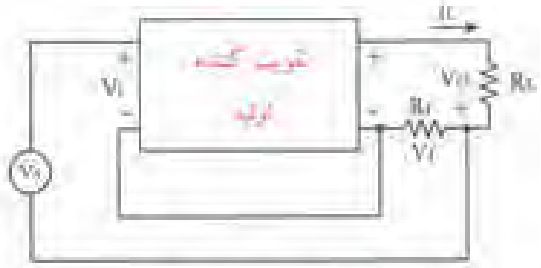
شکل ۴ــ۲ــ د ــ فیدبک روی امپدانس ورودی و خروجی اثر می‌گذارد.

۲ــ۲ــ فیدبک سری در تقویت‌کننده‌ی یک طبقه

در هر نوع فیدبک، سیگنال برگشتی از خروجی به ورودی می‌تواند جریان یا ولتاژ باشد. در فیدبک سری منفی سیگنال خروجی که به ورودی برگشت داده می‌شود با ولتاژ ورودی به‌طور سری قرار می‌گیرد و باعث تضعیف ولتاژ یا جریان ورودی می‌شود. اگر سیگنال برگشتی قسمتی از ولتاژ خروجی باشد فیدبک را ولتاژ سری می‌گویند. شکل (۵ــ۲) فیدبک ولتاژ سری را نشان می‌دهد.

شکل ۵ــ۲ــ فیدبک از نوع ولتاژ سری

اگر سیگنال برگشتی از خروجی، تابعی از جریان بار یعنی جریان خروجی باشد، فیدبک را جریان سری می‌نامند. شکل (۶ــ۲) فیدبک جریان سری را نشان می‌دهد.



شکل ۶ــ۲ــ فیدبک جریان سری

به‌طور کلی در انواع فیدبک‌های سری، امپدانس ورودی افزایش می‌یابد. امپدانس خروجی در فیدبک ولتاژ سری کاهش و در فیدبک جریان سری افزایش می‌یابد.

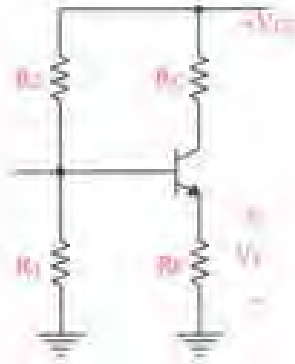
در شکل (۷ــ۲ــ الف) و (۷ــ۲ــ ب)، یک تقویت‌کننده با فیدبک از نوع جریان سری، نشان داده شده است. ولتاژ دوسر مقاومت R_E، همان ولتاژ V_f در شکل (۶ــ۲) است. مقاومت R_E باعث کاهش بهره‌ی ولتاژ می‌شود و امپدانس ورودی را افزایش می‌دهد. همچنین تغییر مشخصات ترانزیستور روی بهره ولتاژ اثر نمی‌گذارد، زیرا در این تقویت‌کننده بهره‌ی ولتاژ از رابطه‌ی تقریبی زیر به‌دست می‌آید:

$$A_{VF} \cong \frac{R_C}{R_E}$$

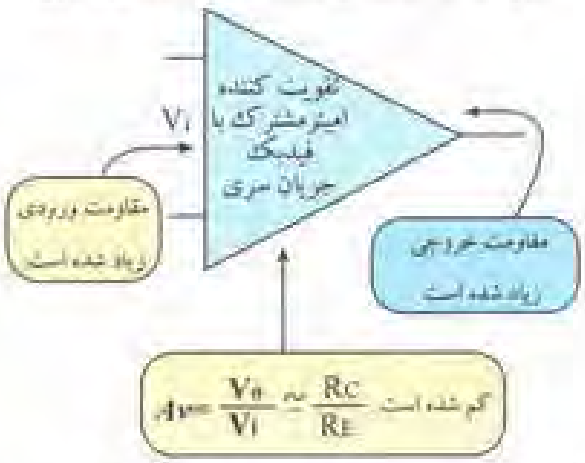
همان‌طور که از رابطه پیداست، پارامترهای ترانزیستور در بهره‌ی ولتاژ نقشی ندارند. از طرف دیگر مقاومت R_E باعث می‌شود که نقطه‌ی کار ترانزیستور ثابت بماند. در این مدار ولتاژ بیس نسبت به زمین تقریباً ثابت و از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$V_B = \frac{V_{BB} \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$

حال اگر I_C که تقریباً برابر I_E است به هر دلیلی افزایش یابد، افت ولتاژ DC روی مقاومت R_E یعنی V_E زیاد می‌شود. با زیاد شدن V_E، مقدار V_{BE} کم می‌شود، زیرا $V_{BE} = V_B - V_E$ و مقدار V_B ثابت است.



شکل ۷ــ۲ــ الف ــ تقویت‌کننده از نوع فیدبک جریان سری



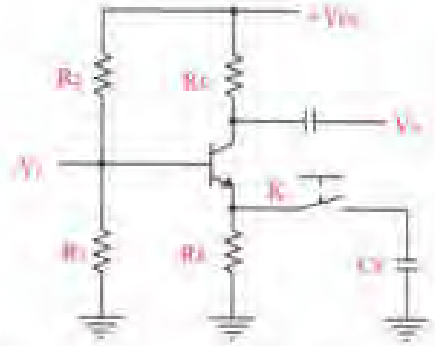
شکل ۷ــ۲ــ ب ــ در تقویت‌کننده امیتر مشترک با فیدبک جریان سری مقاومت ورودی و خروجی زیاد می‌شوند.

با کم‌شدن V_{BE} مقدار I_B کاهش می‌یابد و در نهایت موجب کم شدن $I_C = \beta I_B$ می‌شود و به حالت قبلی برمی‌گردد. عکس این حالت نیز صادق است. (شکل ۷ـ۲ج).

شکل ۷ـ۲ـ ج ـ به علت وجود فیدبک جریان سری مقدار I_B همواره ثابت می‌ماند.

عملکرد تقویت‌کننده فیدبک شده از نوع جریان سری

در شکل (۸ـ۲)، اگر کلید K بسته شود، به علت وجود خازن C ولتاژ AC دوسر مقاومت R_E تقریباً صفر می‌شود. در این حالت فیدبک AC نداریم، لذا بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده به شدت زیاد می‌شود. به دلیل نبودن فیدبک ممکن است نقطه کار ترانزیستور براثر تغییر درجه حرارت تغییر کند. درضمن بهره‌ی ولتاژ نیز به پارامترهای ترانزیستور وابسته می‌شود. امپدانس ورودی تقویت‌کننده نیز با بسته شدن کلید K، کاهش می‌یابد.



شکل ۸ـ۲ـ در صورتی که کلید K بسته شود، بهره ولتاژ تقویت‌کننده A_V زیاد و Z_i کم می‌شود و ثبات تقویت‌کننده به‌هم می‌خورد.

۲ــ۲ــ آزمایش شماره (۱)

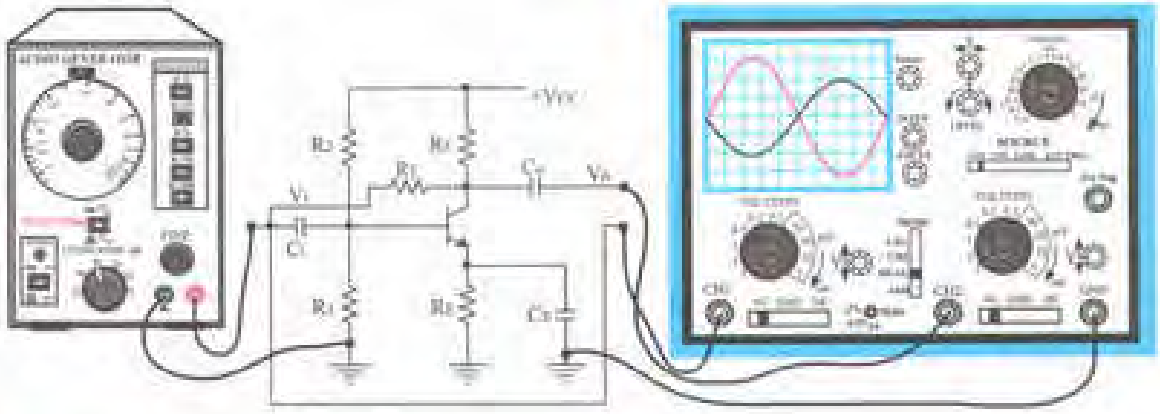
مدت زمان انجام آزمایش یک ساعت

۱ــ۳ــ۲ــ نام آزمایش: فیدبک سری

۲ــ۳ــ۲ــ هدف‌های آزمایش: به‌دست آوردن بهره ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده از نوع سری و بررسی پایداری حرارتی آن.

هنگام بستن مدار دقت کنید تا اتصال‌های شما صحیح باشد.

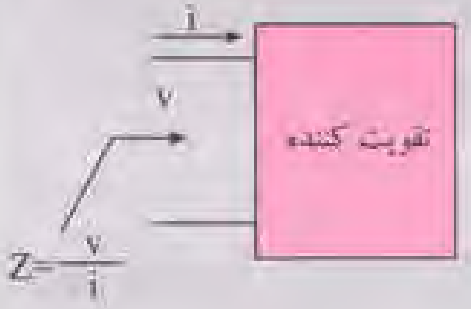
قبل از شروع آزمایش نکات ایمنی شماره ۲ را که در صفحه ۲۹ آمده است مطالعه کنید و در خلال اجرای آزمایش عملاً آن‌ها را به کار ببرید.



۳ــ۳ــ۲ــ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما عملاً با مفهوم فیدبک و عملکرد آن آشنا می‌شوید و با اندازه‌گیری و محاسبه بهره ولتاژ تقویت‌کننده‌ی فیدبک نشده و تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده به مزایای فیدبک پی خواهید برد.

هنگام اندازه‌گیری مقادیر دقت کنید تا اندازه‌گیری‌های انجام شده دقیق باشد.

به یاد داشته باشید برای اندازه‌گیری امپدانس بین دو نقطه در یک تقویت‌کننده نمی‌توان از اهم‌متر استفاده کرد. در این حالت برای اندازه‌گیری امپدانس باید ولتاژ آن دو نقطه را بر جریان عبوری از آن در نقطه تقسیم کنیم.



۴ـ۳ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

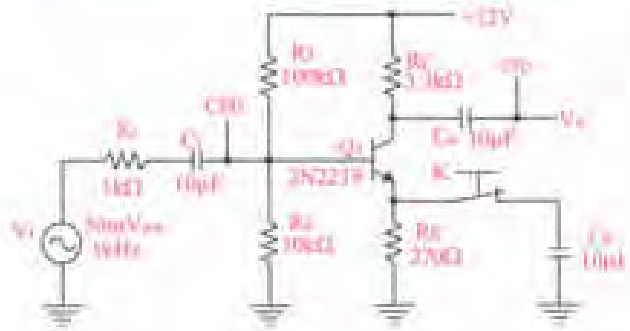
در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۲ـ سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳ـ هویه ۲۰ W یا ۴۰ W	یک دستگاه
۴ـ منبع تغذیه ۱ A ـ ۰ و ۱۵ V ـ ۰	یک دستگاه
۵ـ سیم رابط	به اندازه کافی
۶ـ بردهای آماده مربوط به هر قسمت آزمایش	یک قطعه

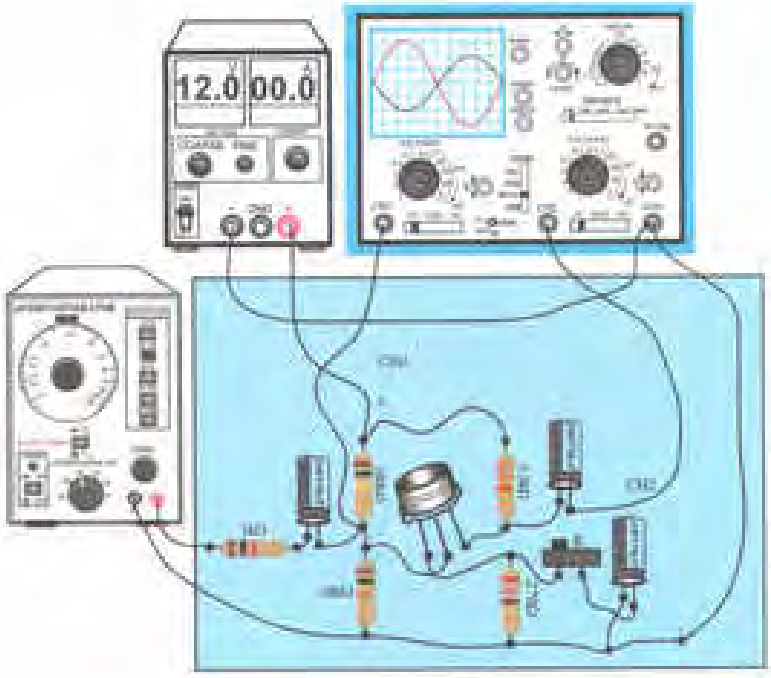
برای انجام این آزمایش استفاده از برد مدار چاپی آماده با توجه به محدودیت زمانی ضرورت دارد.

۵ـ۳ـ۲ـ مراحل انجام آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۹ـ۲) را که به‌صورت برد مدار چاپی تهیه شده است مورد بررسی قرار دهید و ورودی و خروجی آن را مشخص کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۹ـ۲ـ مدار آزمایش

■ سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱kHz تنظیم کنید.

■ منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید و سپس به مدار وصل کنید.

■ کلید K را در حالت وصل بگذارید.

■ سیگنال ورودی را به کانال CH ۱ و سیگنال خروجی را به کانال CH۲ اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ به کمک اسیلوسکوپ دامنه‌ی سیگنال ورودی تقویت‌کننده را طوری تنظیم کنید که کانال CH ۱ اسیلوسکوپ $50mV_{p-p}$ (۵۰ میلی‌ولت پیک تا پیک) را نشان دهد و سپس دامنه خروجی را توسط کانال CH ۲ اندازه بگیرید و در جدول (۱ـ۲) یادداشت کنید.

■ مقدار A_V را محاسبه کنید و در جدول (۱ـ۲) بنویسید.

■ ترانزیستور را به کمک هویه کمی گرم کنید و مقدار V_o را اندازه بگیرید و در جدول (۲ـ۲) یادداشت کنید.

■ مقدار A_V را محاسبه کنید و در جدول (۲ـ۲) بنویسید.

جدول ۱ـ۲

$V_{i\,p-p}$	$V_{o\,p-p}$	$Av=\frac{V_{o\,p-p}}{V_{i\,p-p}}$
50mV		

جدول ۲ـ۲

$V_{i\,p-p}$	$V_{o\,p-p}$	$Av=\frac{V_{o\,p-p}}{V_{i\,p-p}}$
50mV		

سؤال ۱ـ جداول (۱ـ۲) و (۲ـ۲) را با یکدیگر مقایسه کنید، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ:

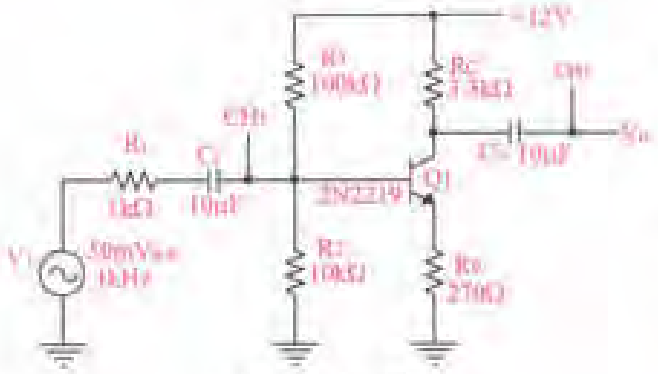
.....

.....

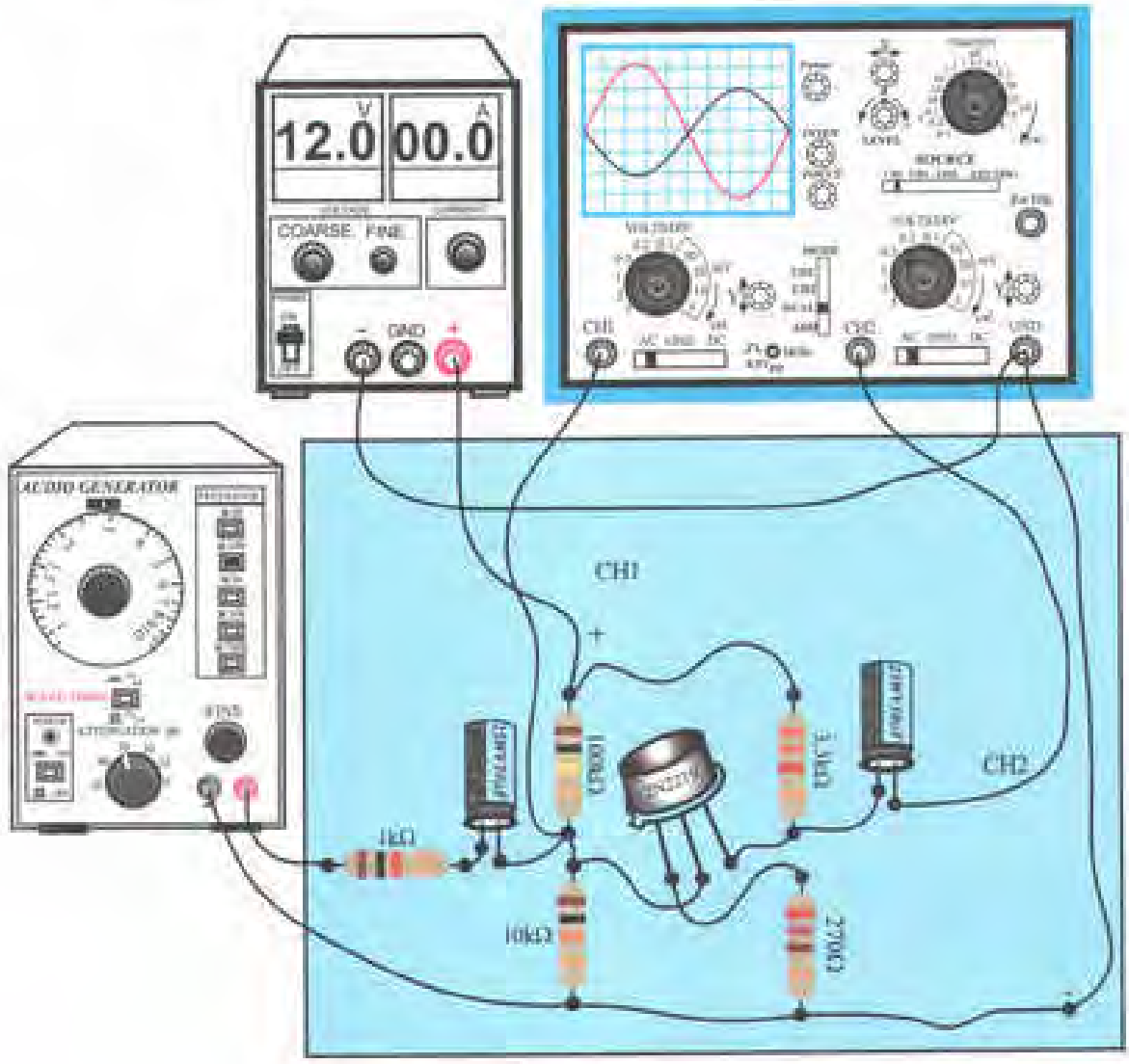
.....

■ کلید K را با توجه به شکل (۹ـ۲) بازکنید (با خازن ۱۰μF که با مقاومت R_E به‌صورت موازی بسته شده است از مدار جدا کنید) شکل (۱۰ـ۲).

■ سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که کانال CH ۱ اسیلوسکوپ دامنه‌ی $50mV_{p-p}$ را نشان دهد.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۱۰ـ۲ـ مدار آزمایش

■ مقدار $V_{o_{p-p}}$ را اندازه بگیرید و در جدول (۳ـ۲) یادداشت کنید.

■ مقدار A_v را محاسبه کنید و در جدول (۳ـ۲) بنویسید.

■ به کمک هویه، ترانزیستور را کمی گرم کنید و مقادیر را اندازه بگیرید و جدول (۴ـ۲) را تکمیل کنید.

سؤال ۲ـ با مقایسه جداول (۳ـ۲) و (۴ـ۲)، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

جدول ۳ـ۲

$V_{i_{p-p}}$	$V_{o_{p-p}}$	$A_v=\frac{V_{o_{p-p}}}{V_{i_{p-p}}}$
50mV		

جدول ۴ـ۲

$V_{i_{p-p}}$	$V_{o_{p-p}}$	$A_v=\frac{V_{o_{p-p}}}{V_{i_{p-p}}}$
50mV		

پاسخ:

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال‌های (۱) و (۲) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۳ـ۲ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه:

.....

.....

.....

۷ـ۳ـ۲ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ در یک تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده بهره‌ی ولتاژ نسبت به تقویت‌کننده‌ی فیدبک نشده ...

الف : ☐ کم‌تر می‌شود.

ب : ☐ بیش‌تر می‌شود.

ج : ☐ تغییر نمی‌کند.

د : ☐ به شبکه‌ی فیدبک بستگی دارد.

۴ــ۲ــ فیدبک موازی در تقویت‌کننده‌های یک طبقه

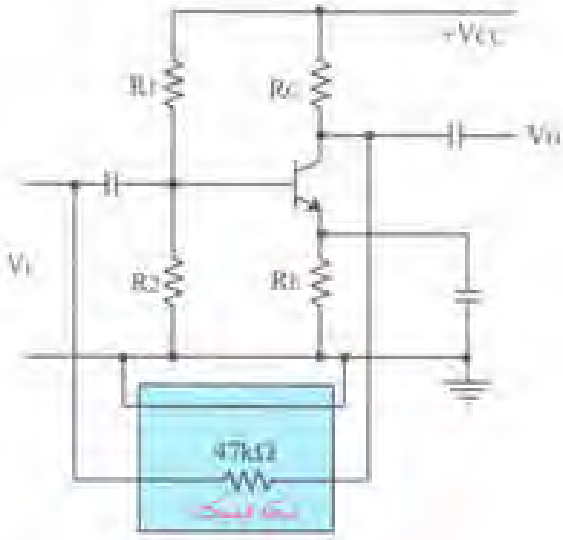
منظور از فیدبک منفی موازی این است که سیگنال برگشتی از خروجی به‌صورت موازی با ورودی قرار می‌گیرد و باعث تضعیف ولتاژ یا جریان ورودی می‌شود. اگر سیگنال برگشتی از خروجی به ورودی تابعی از ولتاژ خروجی باشد فیدبک را ولتاژ موازی می‌گویند. شکل (۱۱ــ۲) یک تقویت‌کننده فیدبک شده از نوع ولتاژ موازی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱ــ۲

اگر سیگنال برگشتی از خروجی به ورودی تابعی از جریان خروجی باشد فیدبک را جریان موازی می‌گویند. شکل (۱۲ــ۲) یک تقویت‌کننده فیدبک شده از نوع جریان موازی را نشان می‌دهد.

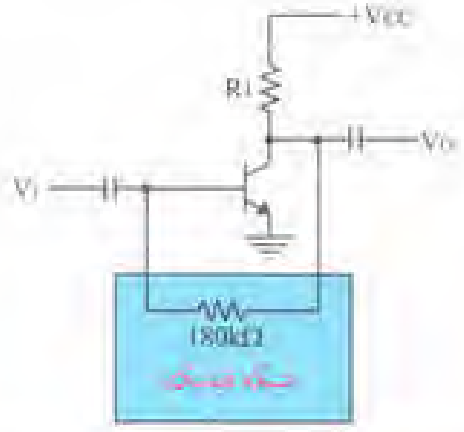
شکل ۱۲ــ۲

شکل (۱۳ــ۲) یک تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده از نوع ولتاژ موازی را نشان می‌دهد. مقاومت ۴۷KΩ شبکه‌ی فیدبک را تشکیل می‌دهد.



شکل ۱۳ــ۲

همچنین در شکل (۱۴ــ۲) یک نمونه تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده از نوع ولتاژ موازی نشان داده شده است.



شکل ۱۴ــ۲ــ مقاومت ۱۸۰kΩ به عنوان مقاومت فیدبک در مدار به‌کار برده شده است.

۵ــ۲ــ آزمایش شماره (۲)

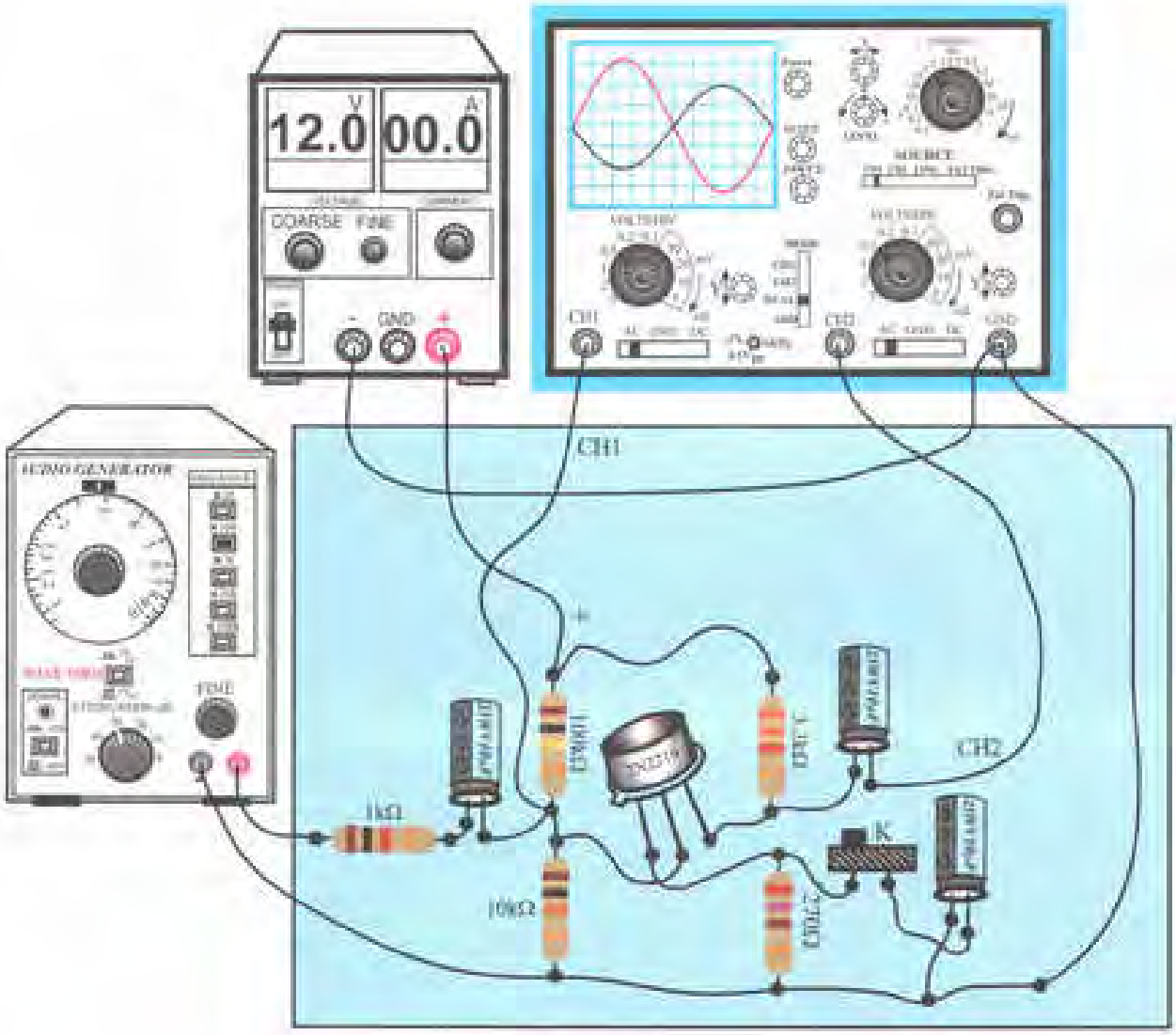
نام آزمایش: فیدبک موازی

۱ــ۵ــ۲ــ هدف‌های آزمایش: به‌دست آوردن بهره ولتاژ تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده از نوع موازی

۲ــ۵ــ۲ــ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما عملاً با مفهوم فیدبک موازی و عملکرد آن آشنا می‌شوید. با اندازه‌گیری و محاسبه بهره ولتاژ تقویت‌کننده‌ی فیدبک نشده و تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده، در عمل، به بعضی از مزایای فیدبک پی‌خواهید برد.

مدت زمان انجام آزمایش یک ساعت

در فرآیند اجرای آزمایش باید مراحل را به گونه‌ای اجرا کنید تا بتوانید تمام اهداف را پوشش دهید. همچنین نکات ایمنی که در صفحه ۲۹ آمده است را اجرا کنید



۳ـ۵ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳ـ منبع تغذیه ۱۸ و ۱۵۷ـ	یک دستگاه
۴ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۵ـ بردهای مدار چاپی آماده مربوط به آزمایش	از هر کدام یک قطعه

۴ـ۵ـ۲ـ مراحل انجام آزمایش:

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۱۵ـ۲) که روی برد مدار چاپی به‌صورت آماده در اختیار شما قرار گرفته است را مورد بررسی قرار داده و نقطه‌ی اتصال ورودی و خروجی آن را شناسایی کنید.

■ منبع تغذیه را روی ۱۲V تنظیم و سپس به مدار وصل کنید.

■ سیگنال ورودی را به کانال CH ۱ و سیگنال خروجی را به کانال CH ۲ اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ دامنه‌ی سیگنال ورودی را طوری تنظیم کنید که کانال CH ۱ اسیلوسکوپ، $50mV_{p-p}$ را نشان دهد.

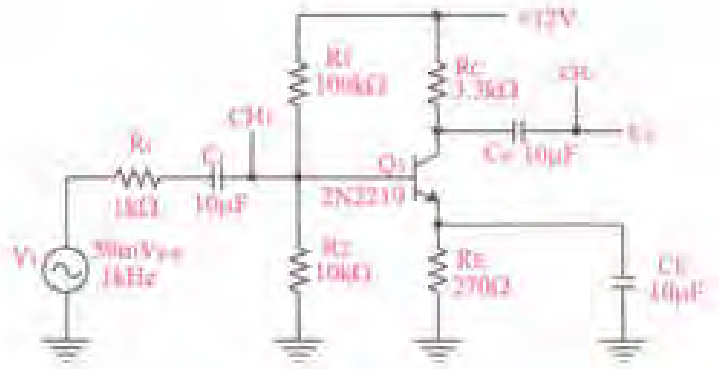
■ دامنه‌ی سیگنال خروجی تقویت‌کننده را توسط کانال CH۲ اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و در جدول (۵ـ۲) یادداشت کنید.

■ مقدار A_V را محاسبه و در جدول (۵ـ۲) یادداشت کنید.

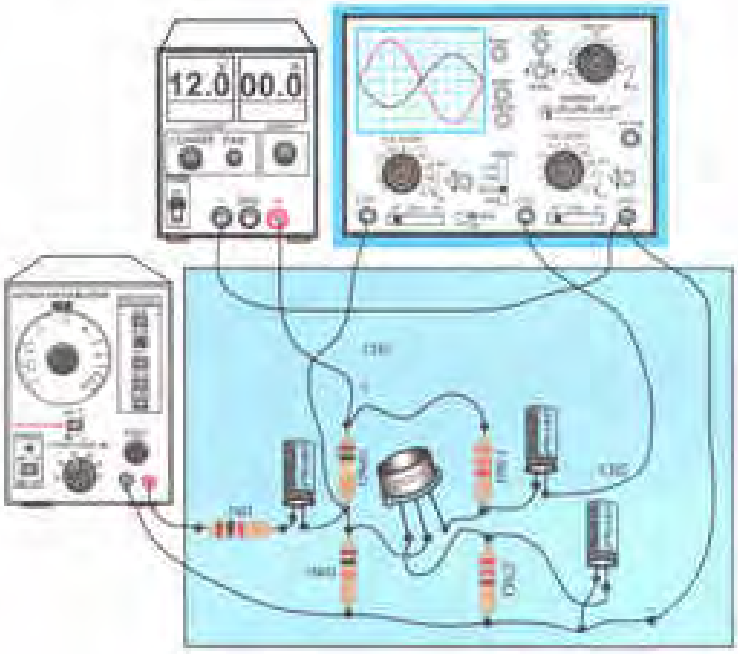
اجرای آزمایش‌های الکترونیک نیاز به فضای آرام دارد لطفاً هنگام کار، سکوت را رعایت کنید.

جدول ۵ـ۲

$V_{i_{p-p}}$	$V_{i_{r.m.s}}$	$A_V=\frac{V_{o_{r.m.s}}}{V_{i_{r.m.s}}}$
50mV		



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۱۵ـ۲ـ مدار آزمایش

■ به مدار شکل (۱۵ـ۲) یک مقاومت ۲۷kΩ مطابق شکل (۱۶ـ۲ـ صفحه بعد) اضافه کنید. (در صورتی که برد مدار جای جداگانه‌ای دارید از آن استفاده کنید).

■ V_i و V_o را به کمک اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و در جدول (۶ـ۲) یادداشت کنید.

سؤال ۱ـ جداول (۵ـ۲) و (۶ـ۲) را با یک‌دیگر مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

جدول ۶ـ۲

V_{PP}	$V_{o_{PP}}$	$Av=\frac{Vo_{PP}}{Vi_{PP}}$
50mV		

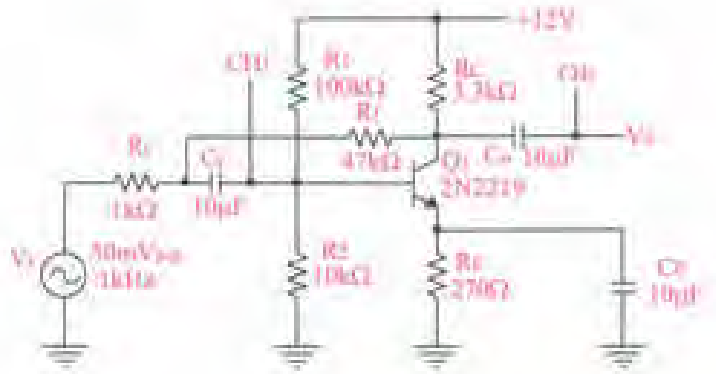
پاسخ:

.....

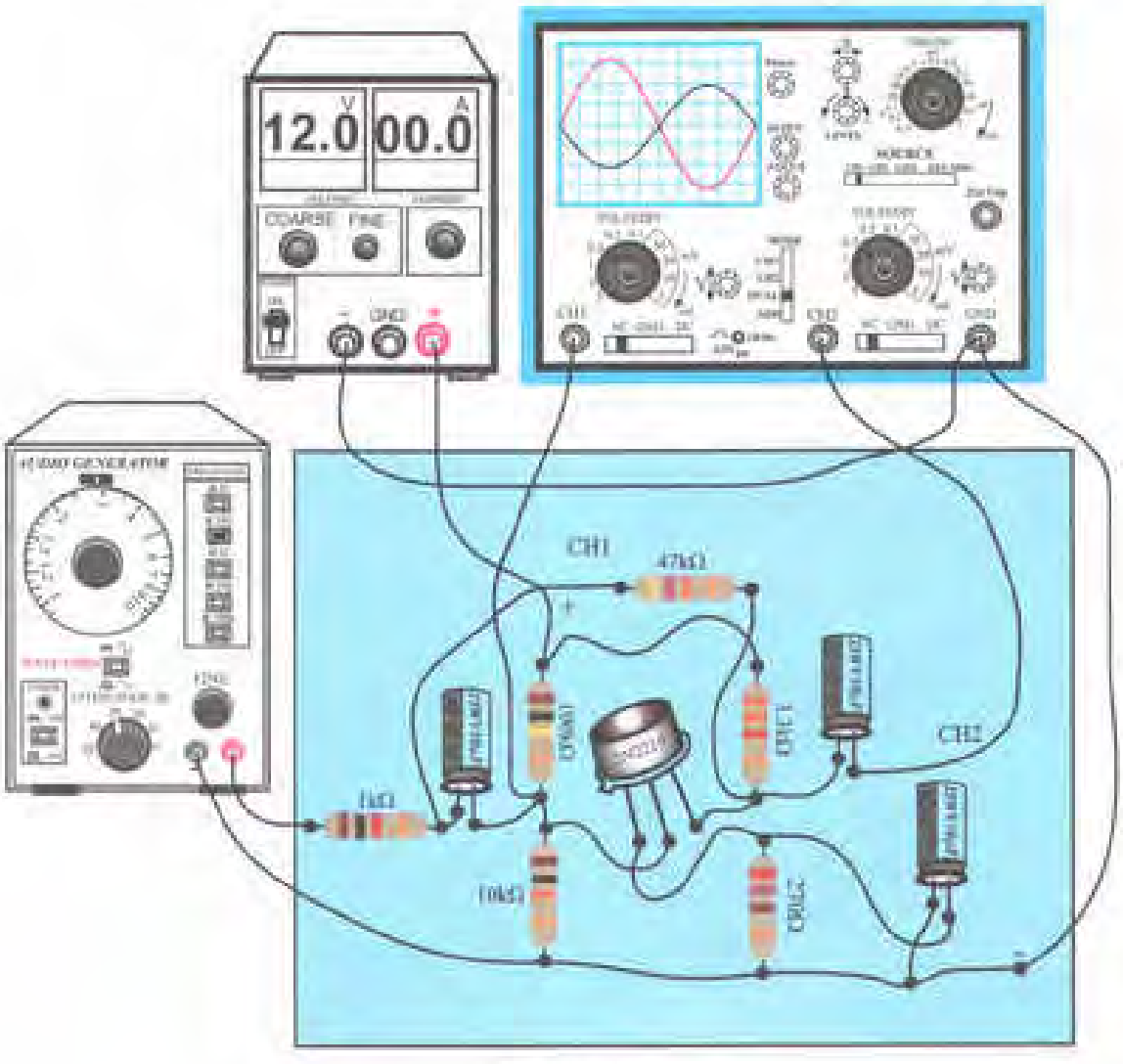
.....

.....

در صورتی که توانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید با نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۴ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۱۶ـ۲ـ مدار آزمایش

۵ـ۵ـ۲ـ خلاصه آزمایش: آنچه را در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

۶ـ۵ـ۲ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ بهره‌ی ولتاژ در تقویت‌کننده از نوع فیدبک موازی نسبت به تقویت‌کننده‌ی فیدبک نشده .....

الف: □ کم‌تر می‌شود. ب: □ بیش‌تر می‌شود.

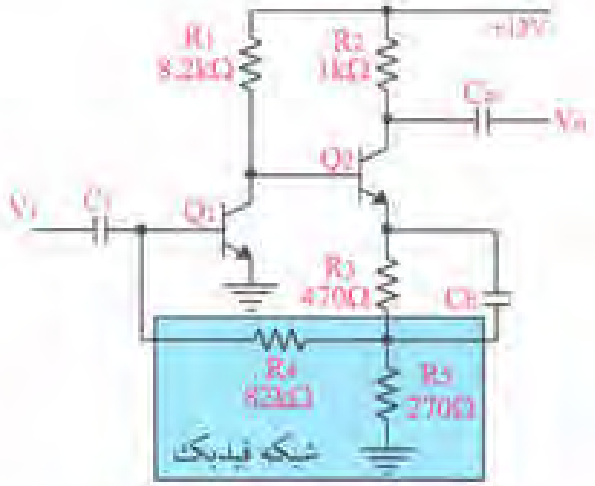
ج: □ تغییر نمی‌کند. د: □ به شبکه‌ی فیدبک بستگی دارد.

۶ـ۲ـ فیدبک منفی در تقویت‌کننده‌های چندطبقه

در یک سیستم تقویت‌کننده معمولاً برای بالا بردن بهره‌ی ولتاژ، چند طبقه تقویت‌کننده‌ی یک طبقه را به دنبال یک‌دیگر قرار می‌دهند و به آن تقویت‌کننده‌ی دو یا چندطبقه می‌گویند (شکل ۱۷ـ۲). میزان ناپایداری یک تقویت‌کننده‌ی چند طبقه به مراتب بیش‌تر از یک تقویت‌کننده‌ی یک طبقه است. زیرا اگر در یک طبقه نقطه کار تغییر کند و سیگنال دارای اعوجاج شود این سیگنال اعوجاج‌دار مجدداً تقویت شده و بر میزان اعوجاج آن افزوده می‌شود. از این‌رو در تقویت‌کننده‌های دوطبقه یا چند طبقه برای پایداری تقویت‌کننده‌ها، حتماً از فیدبک منفی استفاده می‌کنند. در تقویت‌کننده‌های چند طبقه‌ی فیدبک شده بهره‌ی ولتاژ کم می‌شود ولی در عوض پایداری تقویت‌کننده زیاد می‌شود. فیدبک در تقویت‌کننده‌های چندطبقه می‌تواند به‌صورت سری یا موازی باشد.

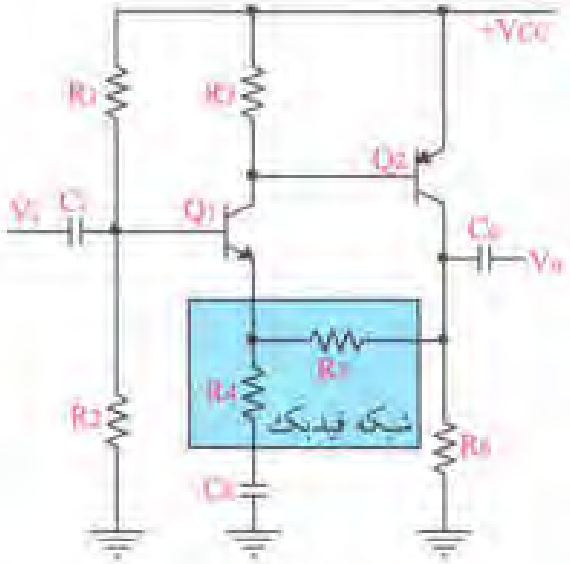
در شکل (۱۸ـ۲) یک نمونه تقویت کننده‌ی دوطبقه‌ی جریان موازی نشان داده شده است.

شکل ۱۷ـ۲ـ بلوک دیاگرام یک تقویت‌کننده سه طبقه

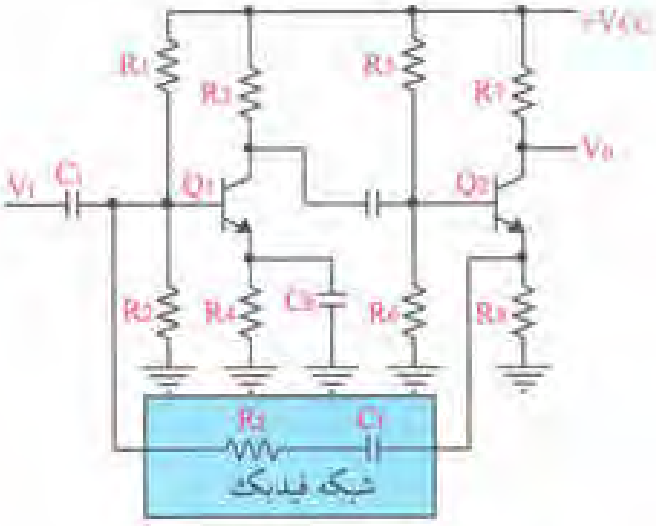


شکل ۱۸ـ۲ـ یک نمونه تقویت‌کننده دوطبقه با فیدبک جریان موازی

در شکل‌های (۱۹ـ۲) و (۲۰ـ۲) تقویت کننده‌های دوطبقه‌ی فیدبک شده نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۹ـ۲ـ یک نمونه تقویت‌کننده فیدبک شده دوطبقه



شکل ۲۰ـ۲ـ یک نمونه تقویت‌کننده فیدبک شده دوطبقه

۷ــ۲ــ آزمایش شماره (۳)

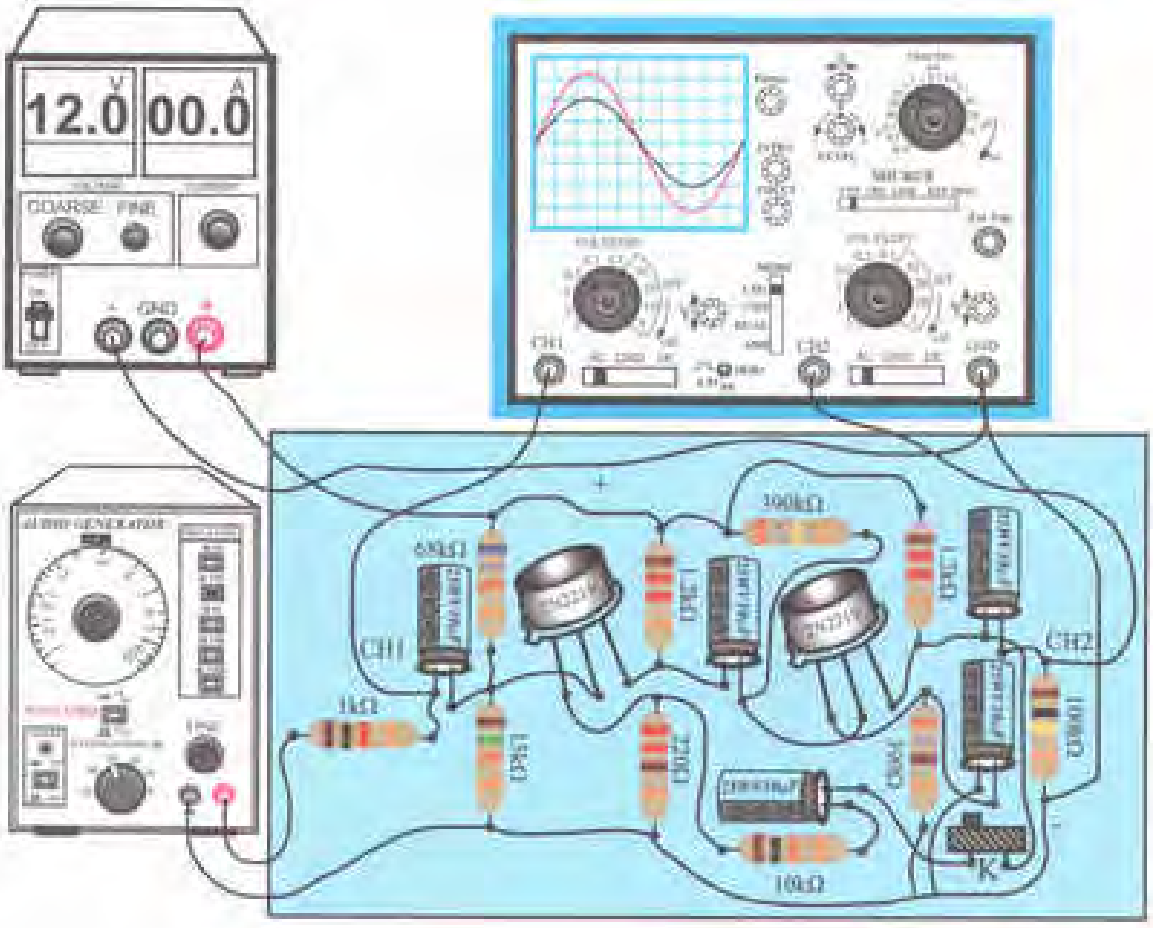
مدت زمان انجام آزمایش: ۲ ساعت

۱ــ۷ــ۲ــ نام آزمایش: فیدبک منفی در تقویت‌کننده چند طبقه

۲ــ۷ــ۲ــ هدف‌های آزمایش: به‌دست آوردن بهره‌ی ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی دوطبقه‌ی فیدبک شده.

۳ــ۷ــ۲ــ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش یک تقویت‌کننده‌ی دوطبقه را مورد آزمایش قرار می‌دهید. ابتدا بهره‌ی تقویت‌کننده‌ی بدون فیدبک را در دو دمای معمولی و گرم یکی از ترانزیستورها به‌دست می‌آورید. سپس شبکه‌ی فیدبک را وصل کنید و بهره‌ی تقویت ولتاژ را مجدداً اندازه می‌گیرید. در نهایت هنگامی که شبکه‌ی فیدبک وصل است یکی از ترانزیستورها را با هویه گرم می‌کنید و اثر حرارت را برروی تقویت‌کننده‌ی فیدبک‌شده می‌بینید.

قبل از انجام آزمایش حتماً اهداف آزمایش، شرح خلاصه آزمایش و نکات ایمنی را مطالعه کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل روبه‌رو نشوید. همچنین نکات ایمنی شماره ۲ که در صفحه ۲۹ آمده است را دقیقاً رعایت کنید.



۴ـ۷ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز

آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۲ـ سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳ـ منبع تغذیه ۱۸ و ۱۵V ـ	یک دستگاه
۴ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۵ـ هویه W ۴۰ یا W ۲۰ از نوع قلمی	یک دستگاه
۶ـ بردهای مدار چاپی آماده مربوط به آزمایش	از هرکدام یک قطعه

اجرای مراحل آزمایش بایستی با توجه به محدودیت زمانی روی برد مدار چاپی از پیش آماده شده انجام شود. لذا توصیه می‌شود قبل از آزمایش برد را بررسی کنید.

۵ـ۷ـ۲ـ مراحل انجام آزمایش:

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ برد آماده‌ی مدار شکل (۲۱ـ۲ صفحه بعد) را بررسی و اجزای آن را شناسایی کنید.

■ نقاط مشخص شده روی برد را به کانال CH ۱ و CH ۲ اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ کلید K را در حالت باز قرار دهید تا شبکه فیدبک قطع باشد.

■ تنظیمات لازم را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱ KHz تنظیم کنید و ولوم دامنه را افزایش دهید تا کانال CH ۱ اسیلوسکوپ مقدار ۱۰ mV_{p-p} را نشان دهد.

■ مقدار دامنه‌ی پیک تا پیک سیگنال خروجی را از کانال CH ۲ بخوانید و در جدول (۷ـ۲) یادداشت کنید. توجه داشته باشید که سیگنال خروجی باید بدون اعوجاج باشد.

■ مقدار A_V را محاسبه کنید و در جدول (۷ـ۲) بنویسید.

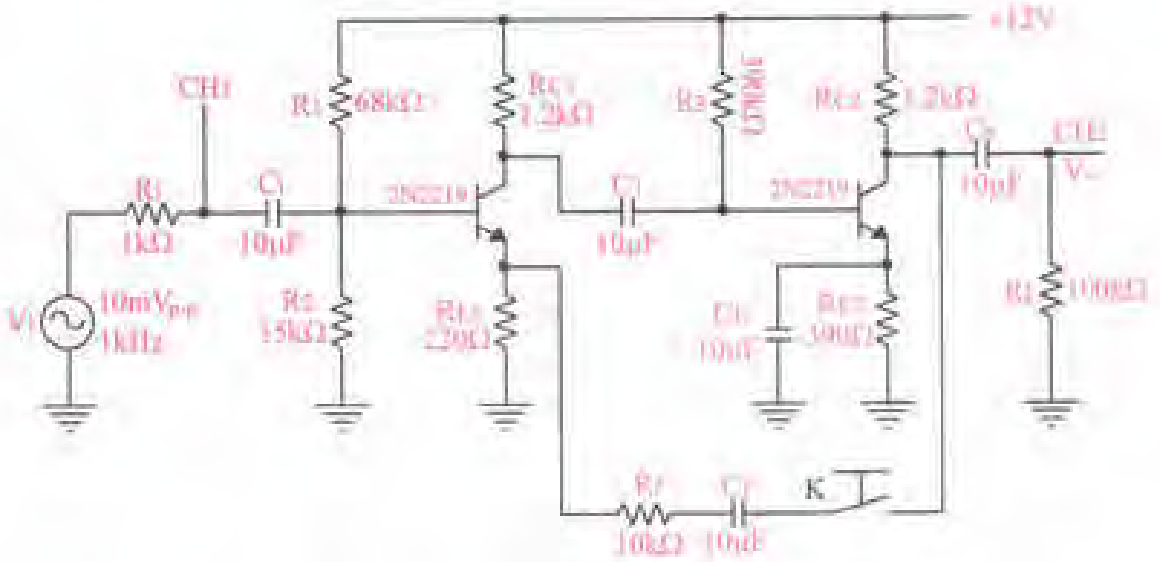
■ با استفاده از هویه، یک یا هر دو ترانزیستور را کمی گرم کنید. در این شرایط باید کانال CH ۱، $10mV_{p-p}$ را نشان دهد. (اگر مقدار V_i تغییر کرد، با استفاده از ولوم تنظیم دامنه سیگنال ژنراتور صوتی را مجدداً روی $10mV_{p-p}$ تنظیم کنید.

■ ولتاژ $V_{o_{p-p}}$ را اندازه بگیرید و در جدول (۸ـ۲) یادداشت کنید.

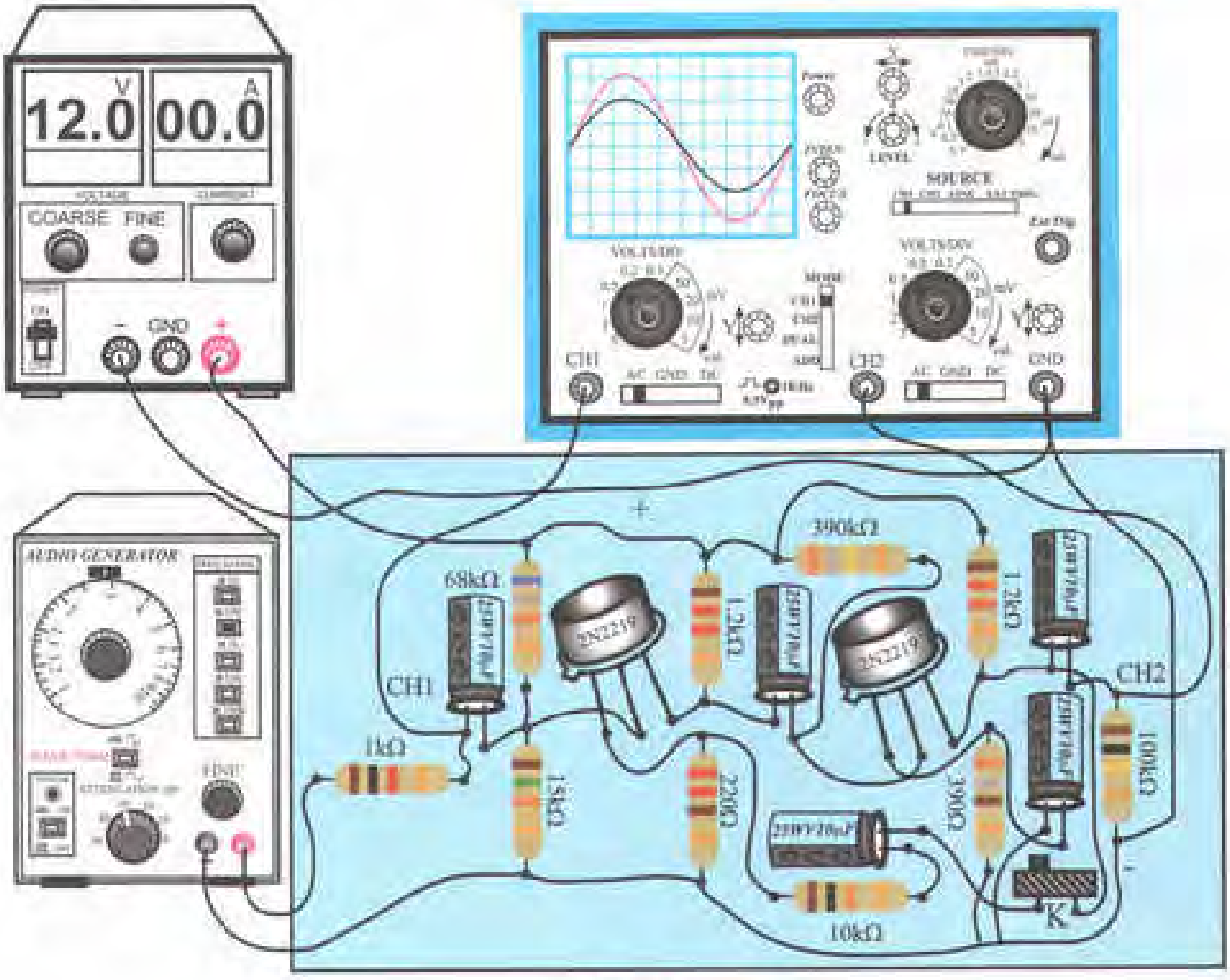
■ مقدار A_V را محاسبه کنید و نتیجه را در جدول (۸ـ۲) بنویسید.

جدول ۷ـ۲

$V_{i_{p-p}}$	$V_{o_{p-p}}$	$A_V = \frac{V_{o_{p-p}}}{V_{i_{p-p}}}$
10mV		



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۲۱ـ۲ـ مدار آزمایش

جدول ۸ـ۲

$V_{i\,p\text{-}p}$	$V_{o\,p\text{-}p}$	$Av=\frac{V_{o\,p\text{-}p}}{V_{i\,p\text{-}p}}$
10mV		

جدول ۹ـ۲

$V_{i\,p\text{-}p}$	$V_{o\,p\text{-}p}$	$Av=\frac{V_{o\,p\text{-}p}}{V_{i\,p\text{-}p}}$
10mV		

جدول ۱۰ـ۲

$V_{i\,p\text{-}p}$	$V_{o\,p\text{-}p}$	$Av=\frac{V_{o\,p\text{-}p}}{V_{i\,p\text{-}p}}$
10mV		

سؤال ۱ـ جداول (۷ـ۲) و (۸ـ۲) را با یک‌دیگر مقایسه کنید، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

در شکل (۲۱ـ۲)، کلید K را در حالت وصل قرار دهید و جدول (۹ـ۲) را کامل کنید.

■ حال با هویه ترانزیستورها را کمی گرم کنید در این حالت کانال CH ۱ باید مقدار $V_i = 10mV_{p-p}$ را نشان دهد (اگر این مقدار تغییر کرد با استفاده از ولوم دامنه سیگنال ژنراتور صوتی مجدداً آن را روی $10mV_{p-p}$ تنظیم کنید.

■ ولتاژ Vo_{p-p} را اندازه بگیرید و در جدول (۱۰ـ۲) یادداشت کنید.

■ مقدار A_V را محاسبه کنید و نتیجه را در جدول (۱۰ـ۲) بنویسید.

سؤال ۲ـ جداول (۹ـ۲) و (۱۰ـ۲) را با یک‌دیگر مقایسه کنید، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال‌های (۱) و (۲) پاسخ دهید یا تست به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۶ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۷ـ۲ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

۷ـ۷ـ۲ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

آزمون

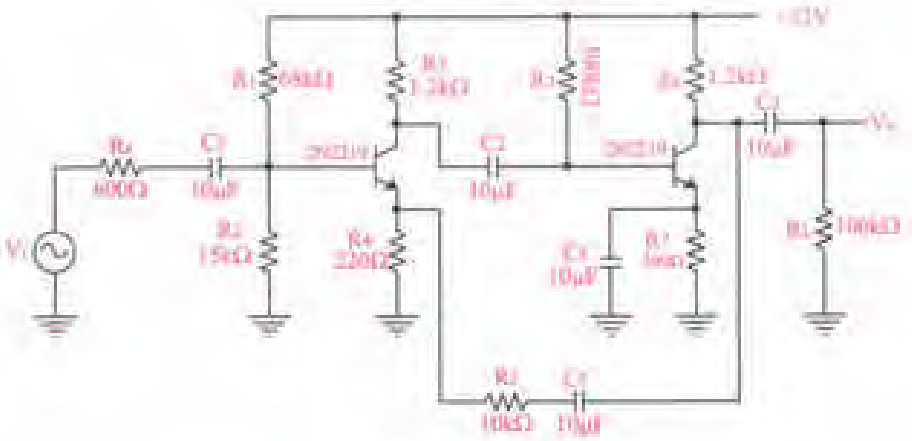
۱ـ عناصر فیدبک در تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده شکل (۲۲ـ۲) کدام‌اند؟

الف: □ C_1 و R_4

ب: □ C_1 و R_1 و R_4

ج: □ C_2 و R_4

د: □ C_1، R_1، C_2 و R_L



شکل ۲۲ـ۲

۲ـ بهره‌ی ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی شکل ۲۲ـ۲ (فیدبک شده) در اثر افزایش حرارت ترانزیستورها، چه تغییری می‌کند؟

الف: □ به شدت افزایش می‌یابد.

ب: □ به شدت کاهش می‌یابد.

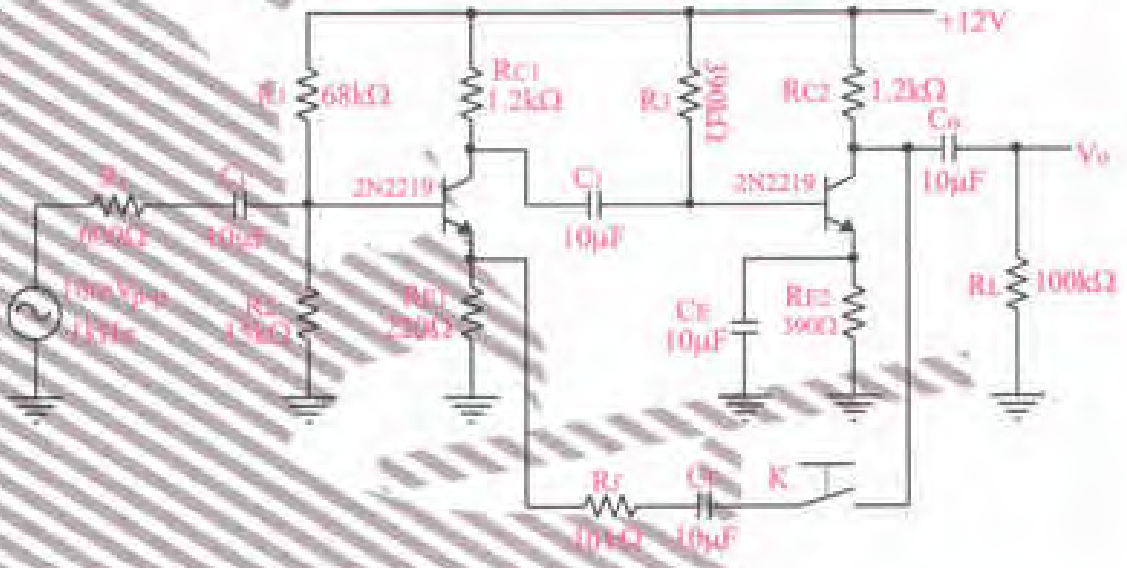
ج: □ تغییر محسوسی نمی‌کند.

د: □ کاهی کم و گاهی زیاد می‌شود.

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل دوم آزمون پایانی عملی (۲) خودآزمایی شماره (۱) مراجعه کنید.

۸ـ۲ـ آزمون بایانی عملی (۲)

۱ـ مدار شکل (۲۳ـ۲) را روی بردبرد یا برد آزمایشگاهی مناسب ببندید و بهره‌ی ولتاژ را در دو حالت کلید K باز (بدون فیدبک) و کلید K بسته (با فیدبک) به دست آورید و با یک‌دیگر مقایسه کنید. سپس خواص فیدبک را بررسی کنید.



شکل ۲۳ـ۲

نتایج:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۹ـ۲ـ پرسش و تمرین (۲)

۱ـ فیدبک را تعریف کنید.

۲ـ چرا در تقویت‌کننده‌ها از فیدبک منفی استفاده می‌شود.

۳ـ مزایای فیدبک منفی را نام ببرید.

۴ـ فرق فیدبک سری و موازی کدام است؟

۵ـ فرق فیدبک ولتاژ و جریان کدام است؟

۶ـ شکل یک تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده را رسم کنید و عنصر یا عناصر فیدبک را روی آن مشخص کنید.

پاسخ:

فصل سوم

نوسان‌سازها

هدف کلی

عیب یابی و رفع عیب و اندازه‌گیری فرکانس یک نوسان‌ساز

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

۱ـ نوسان‌ساز را تعریف کند.
۲ـ مشخصات یک نوسان‌ساز را شرح دهد.
۳ـ شرط ادامه‌ی نوسان در یک نوسان‌ساز را شرح دهد.
۴ـ نقش شبکه‌ی فیدبک در یک نوسان‌ساز را شرح دهد.
۵ـ یک نوسان‌ساز با مدار فیدبک (RC) را عملاً آزمایش کند و شکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
۶ـ فرق نوسان‌ساز RC و LC را شرح دهد.
۷ـ اصول نوسان‌ساز LC را شرح دهد.
۸ـ نوسان‌ساز هارتلی را عملاً ببندد وشکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
۹ـ نوسان‌ساز هارتلی را از نوسان‌ساز کولپیتس تشخیص دهد.
۱۰ـ نوسان ساز کول پیتس را عملاً ببندد وشکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
۱۱ـ مزایای اسیلاتور کریستالی را شرح دهد.
۱۲ـ مدار نوسان ساز آرمسترانگ را شرح دهد.
۱۳ـ یک نوسان ساز آرمسترانگ را عملاً ببندد وشکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
۱۴ـ نحوه شروع نوسان در هر نوسان‌ساز را شرح دهد.
۱۵ـ فرکانس نوسان‌ساز هارتلی را محاسبه کند.
۱۶ـ فرکانس نوسانات نوسان‌ساز کولپیتس را محاسبه کند.
۱۷ـ فرکانس نوسانات نوسان‌ساز RC از نوع تغییر فاز دهنده را محاسبه کند.

ساعت آموزش		
نظری	عملی	جمع
۸	۸	۱۶

پیش‌آزمون (۳)

۱ـ مشخصات کلی یک شکل موج سینوسی را شرح دهید.

۲ـ پارامترهای مهم یک ترانزیستور معمولی را شرح دهید.

۳ـ به کدام دلیل در تقویت کننده‌های چند طبقه حتماً از فیدبک منفی استفاده می‌کنند؟

۴ـ در تقویت‌کننده فیدبک شده مقابل، نوع فیدبک کدام است؟ (فرض کنید کلید K بسته است)

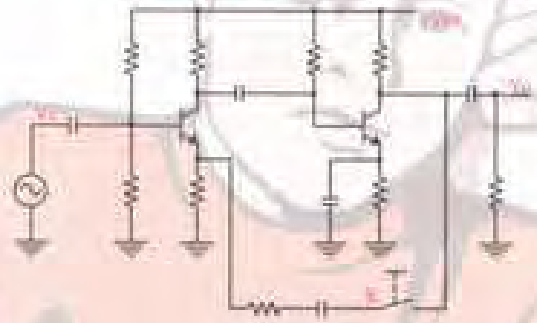
الف: □ ولتاژ موازی

ب: □ ولتاژی سری

ج: □ جریان موازی

د: □ جریان سری

۵ـ در شکل مقابل اگر کلید K بسته شود، کدام اتفاق می‌افتد؟



الف: □ بهره ولتاژ کم می‌شود.

ب: □ بهره ولتاژ زیاد می‌شود.

ج: □ امپدانس خروجی به شدت زیاد می‌شود.

د: □ امپدانس ورودی به شدت کم می‌شود.

۶ـ فرق فیدبک مثبت و منفی را بیان کنید.

۷ـ شرط ادامه‌ی نوسان در یک نوسان‌ساز کدام است؟

الف: □ $\beta.G \leq 1$

ب: □ $\beta.G = 1$

ج: □ $\beta.G \geq 1$

د: □ $\beta.G < 1$

۸ــ در یک نوسان‌ساز برای ایجاد نوسان باید از فیدبک ..... استفاده شود.

الف : □ مثبت　　ب : □ منفی

ج : □ مثبت یا منفی　　د : □ ولتاژ موازی

۹ــ خروجی کدام نوسان‌ساز معمولاً سینوسی است؟

الف : □ کول‌پیتس　　ب : □ هارتلی

ج : □ مدار تغییر دهنده‌ی فاز　　د : □ هر سه مورد

۱۰ــ فرکانس نوسان در یک اسیلاتور LC از کدام رابطه به‌دست می‌آید؟

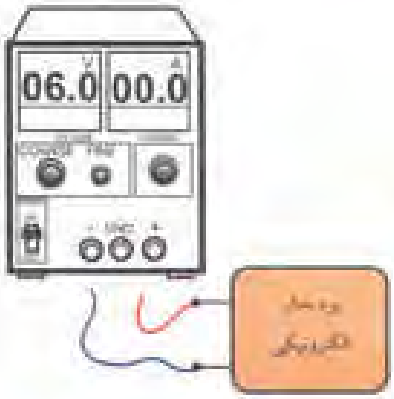
۱۱ــ مشخصات مهم یک نوسان‌ساز را نام ببرید.

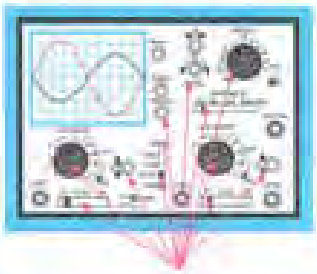
۱۲ــ نوسان در یک نوسان‌ساز معمولاً چگونه شروع می‌شود؟

نتایج و توضیحات:

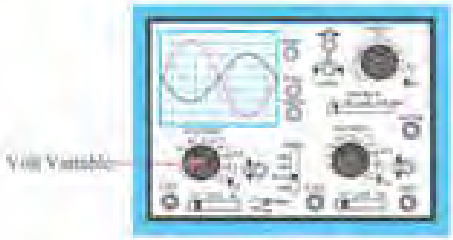
نکات ایمنی (۳)

۱ـ قبل از اتصال منبع تغذیه به مدار، ولتاژ مورد نیاز را تنظیم کنید.

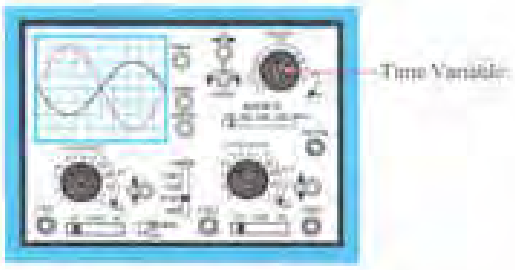




۲ـ کلیدها و ولوم‌های اسیلوسکوپ را به آرامی تغییر دهید تا آسیبی به آن‌ها نرسد.



۳ـ هنگام اندازه‌گیری دامنه، دقت کنید که ولوم Volt Variable در حالت Cal. باشد برای این کار به علامت Cal. برای چرخش ولوم روی اسیلوسکوپ توجه کنید و آن را تا آخر بچرخانید.



۴ـ هنگام اندازه‌گیری زمان تناوب، دقت کنید که ولوم Time Variable روی حالت Cal. قرار داشته باشد. برای این کار به علامت چرخش ولوم روی اسیلوسکوپ توجه کنید و آن را تا آخر بچرخانید.

۵ـ درصورت نیاز به استفاده از ترانزیستور، پایه‌های ترانزیستور را از قبل شناسایی کنید تا به صورت اشتباه در مدار قرار نگیرد.

قابل توجه همکاران ارجمند

با توجه به این‌که مدت اختصاص داده شده به کار عملی در این فصل محدود می‌باشد، ضروری است فراگیران فقط آزمایش شماره (۱) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندند و آزمایش کنند و برای آزمایش‌های بعدی این فصل در هنرستان‌ها براساس هر آزمایش یک برد مدار چاپی آماده تهیه کرده و در اختیار هنرجویان قرار دهند تا هنرجویان بدون بستن تک تک اجزای مدار همه آزمایش‌ها را انجام‌دهند و نتیجه آن را مشاهده نمایند.

۱ـ۳ـ تعریف نوسان‌ساز

یک نوسان‌ساز یا اسیلاتور، یک مدار الکترونیکی نسبتاً ساده است که بدون سیگنال ورودی می‌تواند ولتاژ DC را به ولتاژ متناوب تبدیل کند. اگر ولتاژ متناوب سینوسی باشد مدار نوسان‌ساز را سینوسی می‌نامند شکل (۱ـ۳).

مدارهای نوسان‌ساز سینوسی مهم‌ترین قسمت دستگاه‌های فرستنده و گیرنده رادیویی را تشکیل می‌دهند.

شکل ۱ـ۳ ـ مدار الکترونیکی نوسان‌ساز

۲ـ۳ـ مشخصات یک نوسان‌ساز

هر نوسان‌ساز دارای مشخصاتی است که می‌توان از آن‌ها برای مقایسه مدارهای نوسان‌ساز سینوسی استفاده کرد. بعضی از این مشخصات عبارت‌اند از:

الف: پایداری فرکانسی (فرکانس ثابت در کلیه شرایط محیطی)

ب: پایداری دامنه خروجی (دامنه خروجی ثابت)

ج: مقدار توان خروجی

د: راندمان در تبدیل توان

هـ: اعتشاشات خروجی (بهترین حالت این است که سیگنال خروجی کاملاً سینوسی باشد) شکل (۲ـ۳).

شکل ۲ـ۳ـ مشخصات یک نوسان‌ساز

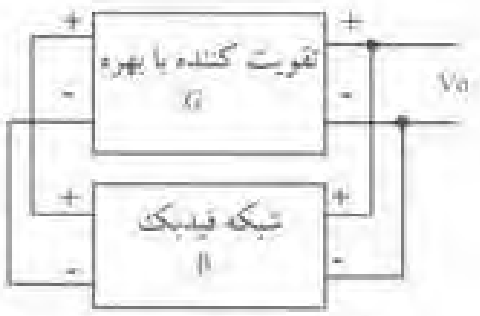
۳ـ۳ـ اصول کار مدارهای الکترونیکی نوسان‌ساز

یک نوسان‌ساز عبارت است از یک تقویت کننده (مثلاً یک تقویت کننده امیتر مشترک) که در آن فیدبک مثبت به کار رفته است. ورودی تقویت کننده فقط از خروجی خود تقویت‌کننده سیگنال دریافت می‌کند.

شکل (۳ـ۳) بلوک دیاگرام یک نوسان‌ساز را نشان می‌دهد. شبکه‌ی فیدبک سیگنال خروجی را معمولاً تضعیف می‌کند. برای ادامه‌ی نوسان، باید در یک نوسان‌ساز، دو شرط زیر برقرار باشد:

الف: به میزانی که شبکه‌ی فیدبک سیگنال خروجی را تضعیف می‌کند تقویت‌کننده نیز دست کم به همان میزان سیگنال را تقویت کند. اگر میزان تضعیف را β و بهره‌ی تقویت کننده را G (Gain) بنامیم در یک نوسان‌ساز همواره باید شرط زیر برقرار باشد.

$$\beta.G \geq 1$$



شکل ۳ـ۳ـ بلوک دیاگرام یک اسیلاتور

ب : اختلاف فاز بین ورودی و خروجی تقویت کننده (به دلیل برقرار شدن فیدبک مثبت) باید صفر باشد شکل (۴ـ۳).

نحوه‌ی تولید نوسان به این صورت است که ابتدا نویز و سیگنال‌های حالت‌های گذرای موجود در سیستم توسط تقویت کننده تقویت می‌شود. سپس در بازگشت سیگنال خروجی به ورودی، شبکه‌ی فیدبک تنها در یک فرکانس مخصوص اختلاف فاز بین خروجی و ورودی صفر یا ۱۸۰ درجه می‌شود. توجه داشته باشید که نویز ترکیبی از تعداد بی‌شماری فرکانس است که در اثر پدیده‌های مختلف از جمله حالت‌های گذرای مدار به‌وجود می‌آید. سیگنال برگشتی مجدداً تقویت شده و دوباره به ورودی برمی‌گردد. این رفت و برگشت سیگنال تا رسیدن به حالت پایدار ادامه می‌یابد.

فیدبک مثبت زمانی اتفاق می‌افتد که اختلاف فاز بین ورودی و خروجی برابر صفر یا به عبارت دیگر ورودی و خروجی هم‌فاز باشند.

۴ـ۳ـ نوسان‌ساز با مدار فیدبک تغییردهنده فاز (RC)

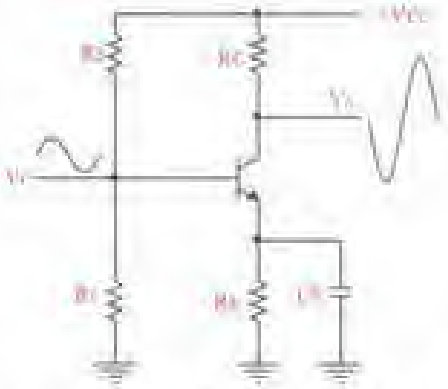
به تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک شکل (۵ـ۳) توجه کنید. اختلاف فاز بین ورودی و خروجی آن ۱۸۰ درجه است. برای این که بتوانیم اختلاف فاز سیگنال خروجی را با سیگنال ورودی به صفر درجه برسانیم، باید از یک مدار الکتریکی که بتواند بین ورودی و خروجی اختلاف فاز ۱۸۰ درجه به‌وجود آورد استفاده کنیم. برای این منظور مدار شکل (۶ـ۳) مناسب است. این مدار می‌تواند فقط در یک فرکانس خاص بین سیگنال خروجی و ورودی دقیقاً ۱۸۰ درجه اختلاف فاز ایجاد کند، زیرا امپدانس خازن تابع فرکانس است و از رابطه $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ محاسبه می‌شود.

شکل (۷ـ۳) یک مدار الکترونیکی نوسان‌ساز با مدار فیدبک تغییردهنده‌ی فاز ۱۸۰ درجه را نشان می‌دهد.

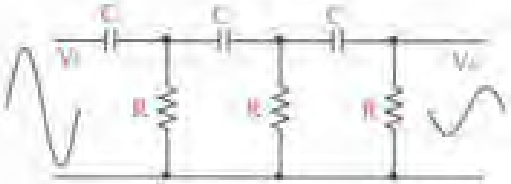
این نوسان‌ساز برای تولید فرکانس‌هایی در حدود هرتز تا صد کیلوهرتز کاربرد دارد و فرکانس خروجی آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$f_r = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

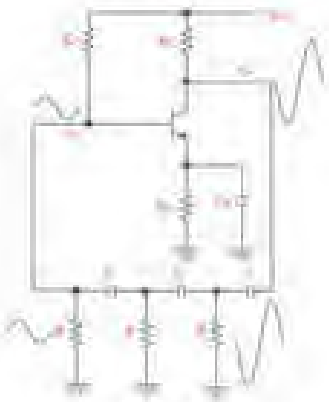
شکل ۴ـ۳ـ شرایط نوسان‌سازی



شکل ۵ـ۳ـ تقویت کننده امیتر مشترک بین سیگنال ورودی و خروجی ۱۸۰ درجه اختلاف فاز ایجاد می‌کند.



شکل ۶ـ۳ـ در این مدار اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی در یک فرکانس خاص برابر ۱۸۰ درجه می‌شود.

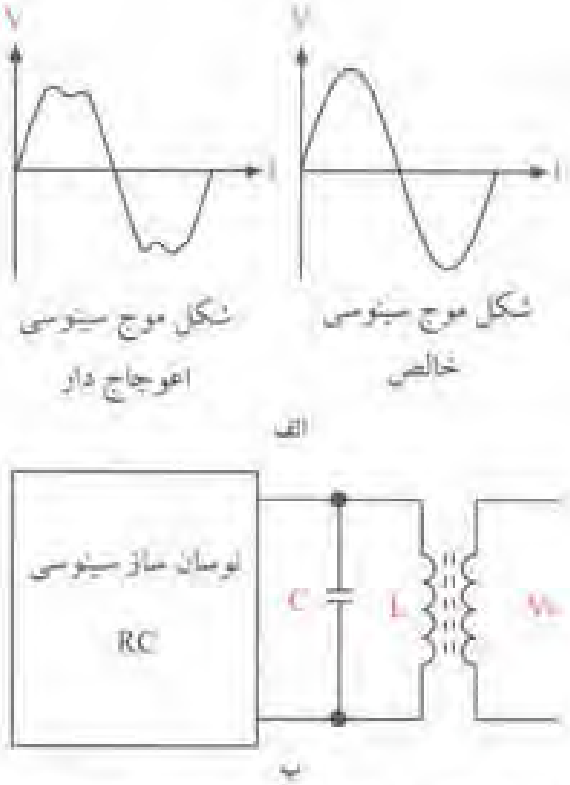


شکل ۷ـ۳

نوسان‌ساز سینوسی RC، در فرکانس‌های خیلی کم به راحتی نوسان می‌کند ولی شکل موج خروجی آن سینوسی خالص نیست و اعوجاج دارد شکل (الف ـ ۸ـ۳).

برای به‌دست آوردن شکل موج سینوسی خالص، در خروجی نوسان‌ساز RC، یک فیلتر مطابق شکل (ب ـ ۸ـ۳) در خروجی نوسان‌ساز قرار می‌دهند. فرکانس رزنانس مدار LC باید با فرکانس خروجی نوسان‌ساز برابر باشد.

بار دیگر یادآوری می‌شود که شروع نوسان در هر نوسان‌ساز به این صورت است که یک نویز خارجی یا داخلی مناسب با فرکانس نوسان ناخواسته روی پایه‌ی ترانزیستور یا دیگر اجزای مدار ولتاژ القا می‌کند؛ ولتاژ القا شده در مدار نوسان‌ساز تقویت می‌شود؛ چون فیدبک مثبت است و سیگنال تقویت شده به ورودی برمی‌گردد عمل تقویت تشدید می‌شود، این روند تا پایدار شدن نوسان‌ساز ادامه می‌یابد.



شکل ۸ـ۳ـ معمولاً در خروجی نوسان‌ساز سینوسی RC یک فیلتر LC قرار می‌دهند تا شکل ولتاژ خروجی کاملاً سینوسی شود.

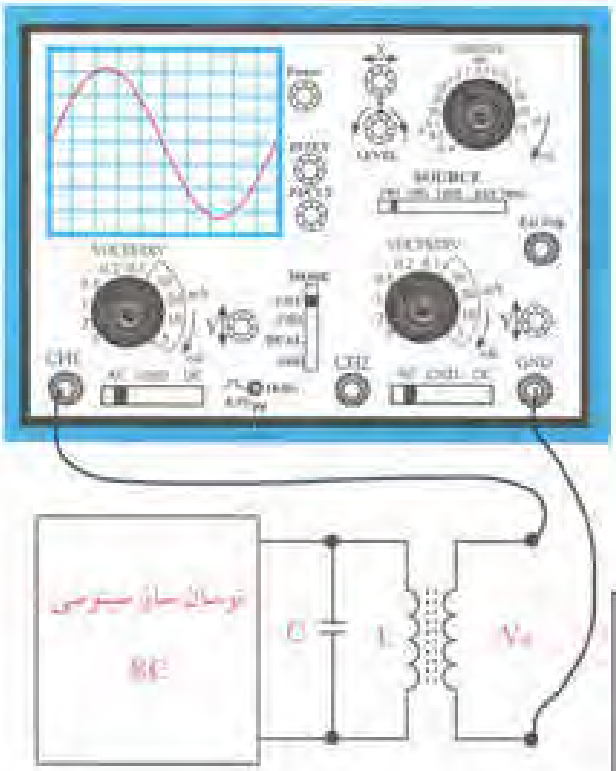
۵ـ۳ـ آزمایش شماره (۱)

۱ـ۵ـ۳ـ نام آزمایش: نوسان‌ساز RC

۲ـ۵ـ۳ـ هدف‌های آزمایش: بررسی نوسان‌ساز با مدار فیدبک تغییردهنده فاز (RC)، مشاهده‌ی شکل موج خروجی و اندازه‌گیری فرکانس خروجی.

۳ـ۵ـ۳ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک نمونه نوسان‌ساز RC را مورد آزمایش قرار می‌دهید و مشاهده می‌کنید که یک نوسان‌ساز بدون دریافت سیگنال ورودی، در خروجی یک سیگنال سینوسی تولید می‌کند. همچنین می‌توانید با اندازه‌گیری اختلاف فاز بین نقاط مختلف مدار، به طرز کار دقیق‌تر نوسان‌ساز پی‌برید.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت



به یاد داشته باشید که برای عیب‌یابی یک نوسان‌ساز RC از نوع تغییردهنده فاز می‌توانید از مراحل این آزمایش استفاده کنید.

۴ـ۵ـ۳ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۸/ ۱۵۷ـ	یک دستگاه
۳ـ مقاومت ۱۰KΩ	سه عدد
۴ـ مقاومت‌های ۱۵۰Ω ، ۱۸۰Ω ، ۱K و ۲۷KΩ	از هر کدام یک عدد
۵ـ خازن ۰/۰۱μF	یک عدد
۶ـ خازن ۴۷μF	یک عدد
۷ـ ترانزیستور 2N2219	یک عدد
۸ـ برد برد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۹ـ سیم رابط	به اندازه کافی

قبل از اجرای آزمایش نکات ایمنی شماره ۳ که در صفحه ۵۶ آمده است را دقیقاً مطالعه و در خلال آزمایش اجرا کنید.

۵ـ۵ـ۳ـ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۱ـ۳ صفحه بعد) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.
- منبع تغذیه را روی ۱۰V تنظیم و سپس به مدار وصل کنید.
- کلید Source اسیلوسکوپ را در حالت CH ۱ قرار دهید.
- سایر تنظیمات لازم را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.
- نقطه A را به کانال CH ۱ اسیلوسکوپ وصل کنید.
- شکل موج نقطه A را روی صفحه حساس ببینید و دامنه و زمان تناوب آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{Apeak} = (V)

T = (ms)

$f = \frac{1}{T} = \frac{1000}{T(ms)} =$ HZ

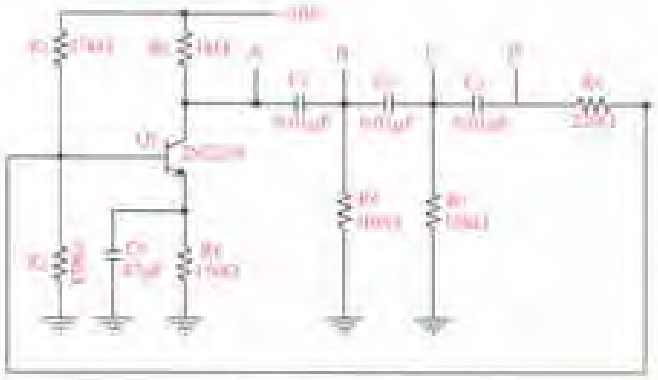
توجه: چنانچه شکل موج خروجی دارای اعوجاج بود، به جای مقاومت ۲۲۰Ω ثابت یک پتانسیومتر ۱kΩ قرار دهید و با تغییر آن میزان اعوجاج سیگنال خروجی را به حداقل برسانید.

- در حالی که نقطه A به کانال CH ۱ اسیلوسکوپ وصل است و کلید Source اسیلوسکوپ در حالت CH ۱ قرار دارد، نقطه B را به کانال CH ۲، اسیلوسکوپ وصل کنید.

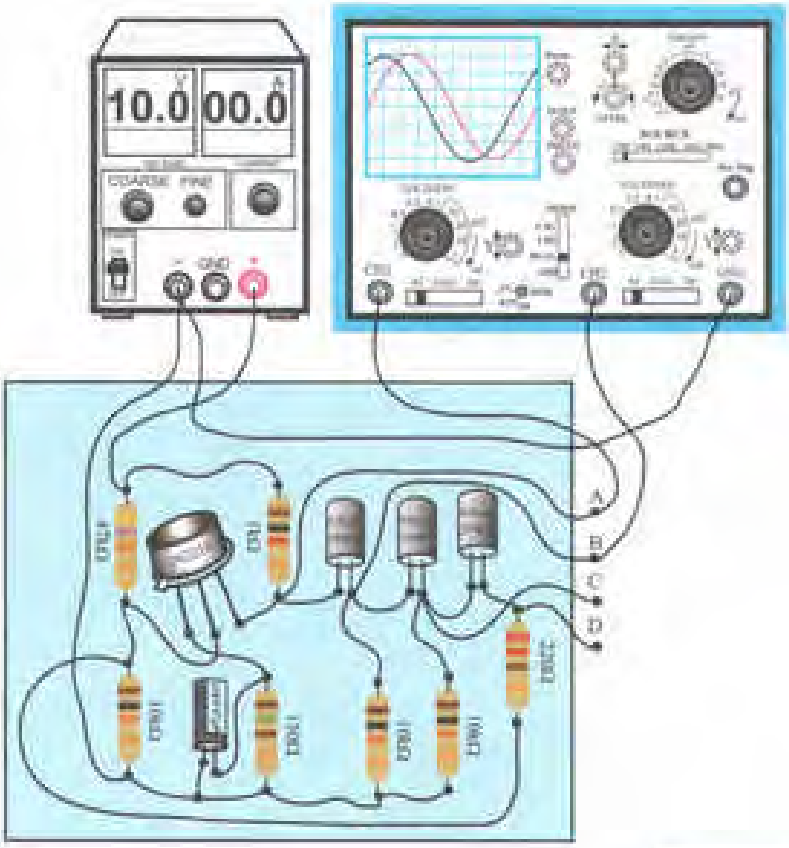
■ شکل موج مشاهده شده نقطه A و B را در شکل (۱۰ـ۳) با دو رنگ مختلف رسم کنید.

■ دامنه‌ی شکل موج نقطه B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{B\,peak}$ = (V)

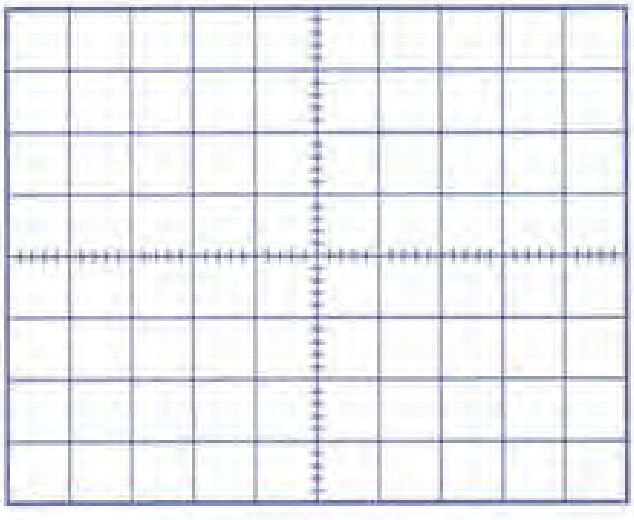


الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۹ـ۳ـ مدار آزمایش



شکل ۱۰ـ۳ـ شکل رسم شده نقطه A و B

■ اختلاف فاز بین شکل موج نقطه A و B را از روی شکل‌های نشان داده شده روی صفحه حساس اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

درجه $\phi_{B,A}=$ (اختلاف فاز نقطه B نسبت به نقطه A)

■ پروب کانال CH2 را از نقطه‌ی B قطع و به نقطه C وصل کنید.

■ شکل موج‌های نشان داده شده مربوط به نقطه A و C را در شکل (۱۱ـ۳) رسم کنید.

■ دامنه‌ی ولتاژ نقطه C را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{Cpeak}=$ (V)

■ اختلاف فاز بین شکل موج‌های نقاط A و C را اندازه بگیرید و یادداشت کنید:

$\phi_{C,A}=$ درجه

■ پروب کانال CH2 را از نقطه C قطع و به نقطه D وصل کنید.

■ شکل موج‌های نشان داده شده، مربوط به نقطه A و D در شکل (۱۲ـ۳) رسم کنید.

■ دامنه‌ی ولتاژ نقطه D را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{Dpeak}=$ (V)

■ اختلاف فاز بین شکل موج‌های نقاط A و D را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$\phi_{D,A}=$ درجه

توجه داشته باشید که نقطه D، همان ورودی نوسان‌ساز است. با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده در مراحل بالا، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

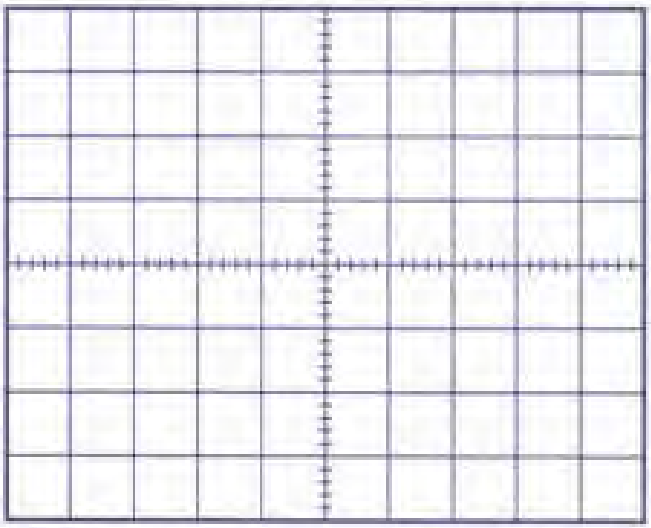
سؤال ۱ــ بهره‌ی ولتاژ نوسان‌ساز را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$A_v=\frac{V_o}{V_i}=\frac{V_{Apeak}}{V_{Dpeak}}=$$

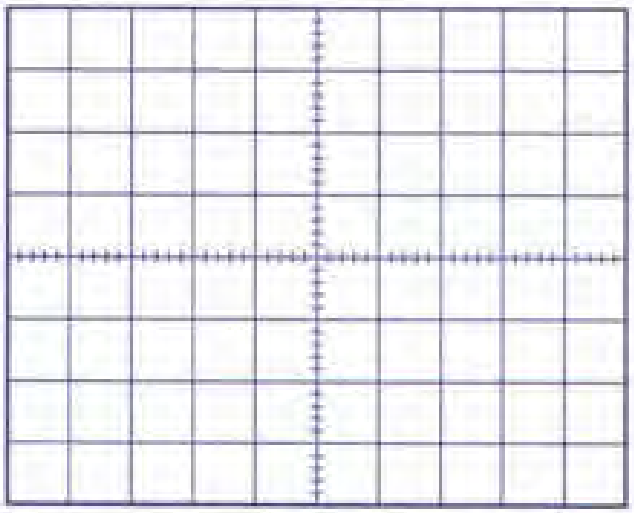
سؤال ۲ــ اختلاف فاز بین ورودی و خروجی نوسان‌ساز چند درجه است؟

سؤال ۳ــ اختلاف فاز بین ورودی و خروجی شبکه‌ی فیدبک چند درجه است؟

سؤال ۴ــ در هر مرحله در شبکه فیدبک، به ازای هر ترکیب RC، چند درجه اختلاف فاز به‌وجود می‌آید؟



شکل ۱۱ـ۳ـ شکل ولتاژ نقاط A و C



شکل ۱۲ـ۳ـ شکل ولتاژ نقاط A و D

سؤال‌های ۱ تا ۴:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۶ـ۵ـ۳ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه:

.....

.....

.....

۷ـ۵ـ۳ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتیجه:

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ در شکل (۱۳ـ۳)، اختلاف فاز بین نقاط B و C تقریباً چند درجه است؟

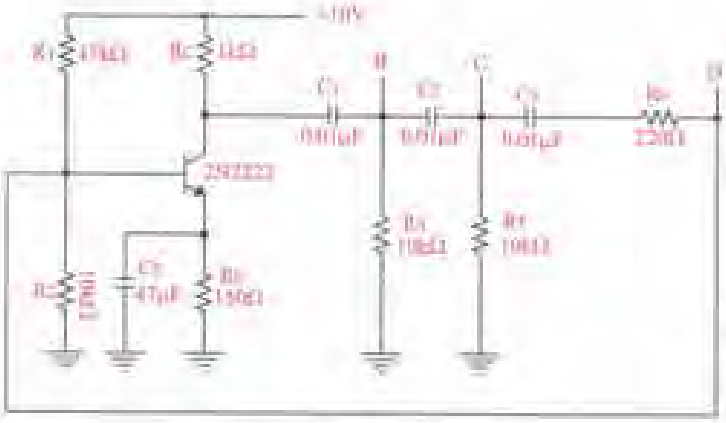
الف: □ ۱۸۰°

ب: □ ۱۲۰°

ج: □ ۴۰°

د: □ ۰°

در صورتی که مدار عملاً نوسان نکند به جای مقاومت R۵ یک پتانسیومتر ۴۷۰ Ω قرار دهید و با تنظیم آن مدار را به نوسان درآورید.



شکل ۱۳ـ۳

۲ـ در شکل (۱۳ـ۳) مقدار کدام عناصر در تعیین مقدار فرکانس نقش دارد؟

الف: □ C۱,C۲,C۳,R۴,R۵ ب: □ C۱,C۲,C۳

ج: □ R۴,R۵,R۶ د: □ C_3, R_C, R_E و

۳ـ در شکل (۱۳ـ۳)، اگر خازن بای‌پاس (C_E) قطع شود، نوسان‌ساز نوسان نمی‌کند. دلیل این امر را توضیح دهید.

۴ـ با توجه به شبکه فیدبک، مقاومت مربوط به خازن C۱، R۴ و C۲، R۵ است. مقاومت مربوط به خازن C۳ چگونه تأمین می‌شود؟

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل سوم آزمون پایانی عملی (۳) خودآزمایی شماره (۱) مراجعه کنید.

۶ـ۳ـ اصول کار نوسان‌سازهای LC

همان‌طور که گفته شد یک نوسان‌ساز شامل یک تقویت‌کننده‌ی نسبتاً ساده است که در آن فیدبک مثبت به کار می‌رود یعنی سیگنال خروجی که به ورودی برگشت داده می‌شود باید از نظر فاز با ورودی هم‌فاز باشند. از طرفی دیدیم که در اسیلاتورهای RC معمولاً سیگنال خروجی سینوسی خالص نیست، برای ایجاد نوسان‌های سینوسی خالص و با فرکانس زیاد، از نوسان‌ساز LC، استفاده می‌کنیم شکل (۱۴ـ۳).

در نوسان‌ساز LC در مسیر کلکتور یا امیتر، یک مدار هماهنگی LC (موازی) قرار می‌دهند. در فرکانس رزونانس دامنه ولتاژ دو سر مدار LC، حداکثر مقدار را دارد و سیگنال برگشت داده شده به ورودی نیز از مدار LC موازی گرفته می‌شود. در شکل (۱۵ـ۳) انواع روش‌های دریافت سیگنال خروجی جهت اعمال به ورودی تقویت کننده به منظور ایجاد فیدبک مثبت نشان داده شده است.

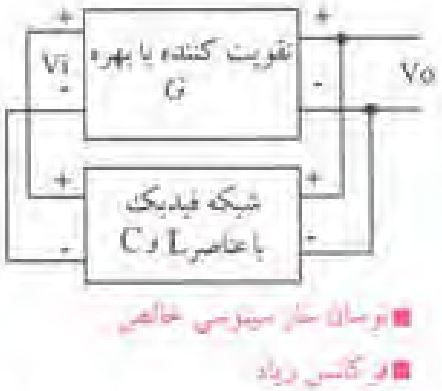
با توجه به قرار گرفتن مدارهای هماهنگی LC در مدارهای تقویت کننده، انواع نوسان‌سازها ساخته می‌شوند.

فرکانس این گونه نوسان‌سازها از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

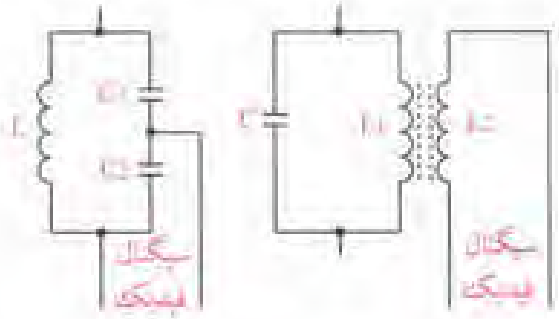
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}.C_{eq}}}$$

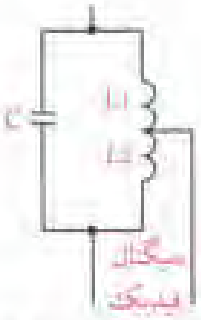
f_r: فرکانس رزونانس
L_{eq}: مقدار اندوکتانس معادل
C_{eq}: مقدار ظرفیت خازنی متعادل

L_{eq} و C_{eq} به ترتیب معادل سلف و خازنی هستند که در مدار تانک قرار می‌گیرند شکل (۱۶ـ۳).

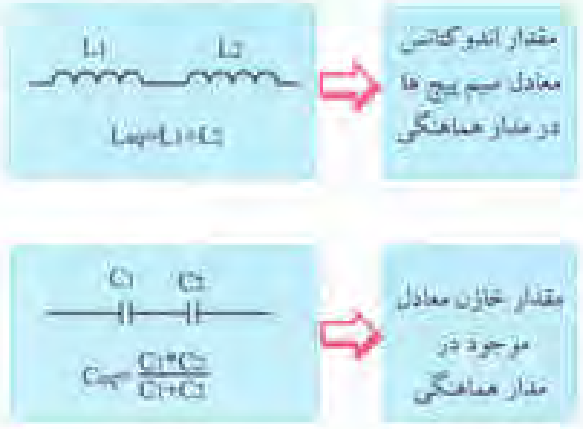


شکل ۱۴ـ۳ـ بلوک دیاگرام یک نوسان‌ساز سینوسی با فیدبک LC





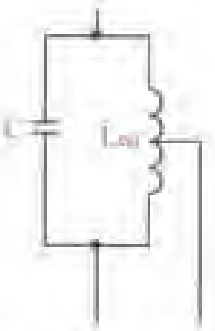
شکل ۱۵ـ۳ـ انواع مدارهای فیدبک LC



شکل ۱۶ـ۳ـ در رابطه فرکانس نوسان باید به‌جای L و C معادل سلف و خازن دیده شده در مدار قرار داد.

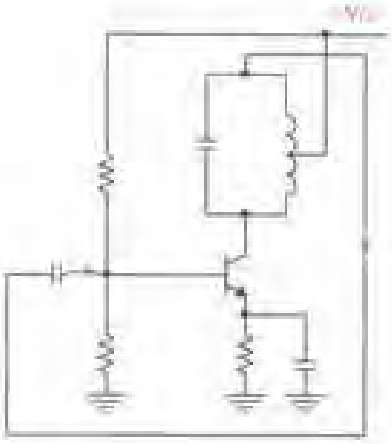
۷ـ۳ـ نوسان‌ساز هارتلی

اگر در یک تقویت‌کننده، مدار هماهنگی مانند شکل (۱۷ـ۳) باشد، نوسان‌ساز را، نوسان‌ساز هارتلی (Hartly Oscillator) می‌نامند.



شکل ۱۷ـ۳ـ مدارات هماهنگی نوسان‌ساز هارتلی

در شکل (۱۸ـ۳) یک اسیلاتور هارتلی را که تقویت‌کننده آن به صورت امیتر مشترک بسته شده است مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۸ـ۳ـ یک نمونه اسیلاتور هارتلی

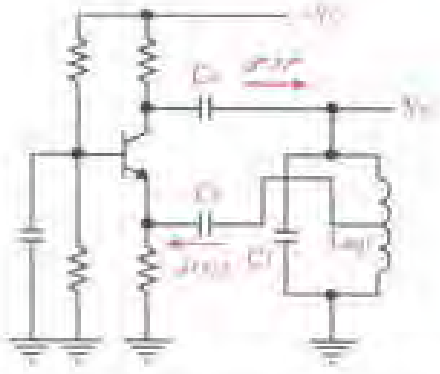
در شکل (۱۹ـ۳) نمونه دیگری از اسیلاتور هارتلی نشان داده شده، که تقویت‌کننده‌ی آن از نوع بیس مشترک است.

در نوسان‌ساز هارتلی فرکانس نوسان از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

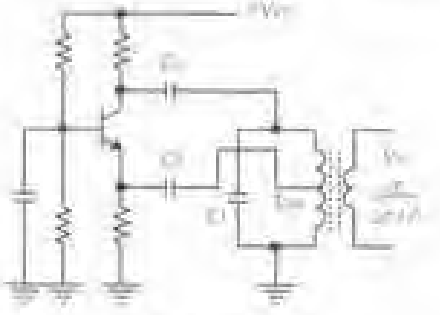
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq_1} C_t}}$$

منظور از L_{eq_1}، سلف معادلی است که با خازن به‌طور موازی در مدار هماهنگی قرار می‌گیرد. برای دریافت سیگنال خروجی معمولاً مانند شکل (۲۰ـ۳) بر روی سلف L_{eq_1}، چند دور سیم به عنوان ثانویه ترانسفورماتور می‌پیچند و ولتاژ سینوسی القاشده در آن را در مدارهای بعدی استفاده می‌کنند.

خازن‌های C_1 و C_2 خازن کوپلاژ است که از عبور ولتاژ و جریان DC به مدار تانک جلوگیری می‌کند.



شکل ۱۹ـ۳ـ یک نمونه نوسان‌ساز هارتلی که تقویت‌کننده آن از نوع بیس‌مشترک است.



شکل ۲۰ـ۳

۸ـ۳ـ آزمایش شماره (۴)

۱ـ۸ـ۳ـ نام آزمایش: نوسان‌ساز هارتلی

۲ـ۸ـ۳ـ هدف‌های آزمایش: بررسی نوسان‌ساز هارتلی، مشاهده شکل موج خروجی و اندازه‌گیری فرکانس آن.

۳ـ۸ـ۳ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش یک نمونه نوسان‌ساز LC که در عمل هم کاربرد زیادی دارد مورد آزمایش قرار می‌دهید. در مراحل اجرای این آزمایش خواهید دید که یک نوسان‌ساز LC نیز بدون دریافت سیگنال ورودی، یک سیگنال سینوسی تولید می‌کند. همچنین با اندازه‌گیری اختلاف فاز بین ورودی و خروجی به مفهوم فیدبک مثبت بیشتر پی می‌برید.

به یاد داشته باشید که برای عیب‌یابی یک نوسان‌ساز LC از نوع هارتلی، می‌توانید از مراحل انجام این آزمایش استفاده کنید.

۴ـ۸ـ۳ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

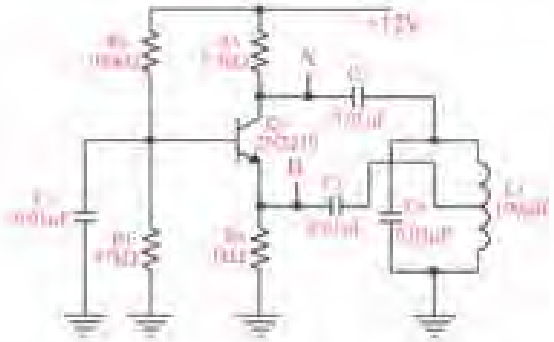
قبل از انجام آزمایش حتماً اهداف آزمایش، شرح خلاصه آزمایش و نکات ایمنی را مطالعه کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل روبرو نشوید. همچنین نکات ایمنی شماره ۳ که در صفحه ۵۶ آمده است را دقیقاً رعایت کنید.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}.C}}$$

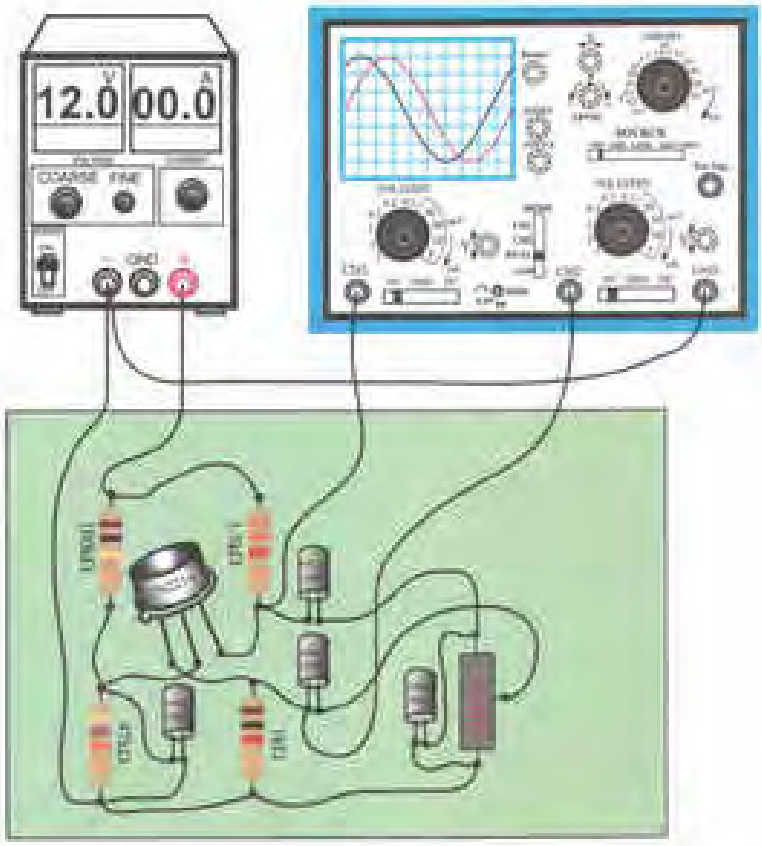
نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۸+ و ۱۵۷ـ	یک دستگاه
۳ـ سیم رابط	به اندازه کافی
۴ـ برد مدار چاپی آماده مربوط به این آزمایش	یک قطعه

۵ـ۸ـ۳ـ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل موردنیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۲۱ـ۳) را که روی مدار چاپی به صورت آماده در اختیار شما قرار می‌گیرد بررسی کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۲۱ـ۳ـ مدار آزمایش

■ منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم و به مدار وصل کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیمات لازم را روی آن انجام دهید.

■ پروب کانال CH ۱ اسیلوسکوپ را به نقطه A وصل کنید.

■ شکل موج نقطه A را مشاهده و در شکل (۲۲ـ۳) رسم کنید.

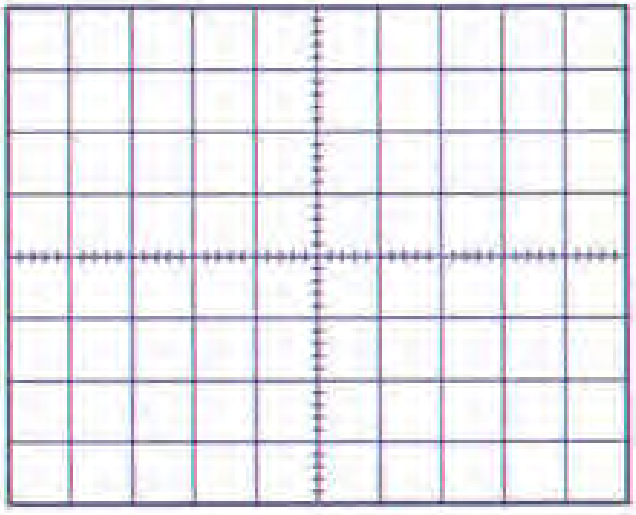
■ دامنه و زمان تناوب شکل موج نقطه A را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{Apeak} =$ (V)

$T =$ (ms)

■ فرکانس شکل موج نقطه A را محاسبه کنید.

$f = \frac{1}{T} = \frac{1000}{T(ms)} =$ Hz



شکل ۲۲ـ۳ـ شکل واقعی نقطه A

■ در حالی که پروب کانال CH ۱ به نقطه A وصل است کلید Source اسیلوسکوپ را روی CH ۱ قرار دهید و پروب کانال CH ۲ را به نقطه B وصل کنید.

■ شکل موج نقاط A و B را با دو رنگ مختلف در شکل (۲۳ـ۳) رسم کنید.

■ دامنه‌ی شکل ولتاژ نقطه B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{Bpeak} =$ (V)

■ اختلاف فاز بین شکل موج نقاط A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$\phi_{B,A} =$ درجه

■ با توجه به مقادیر به دست آمده در مراحل قبل به سؤالات زیر پاسخ دهید.

سؤال ۱ـ بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده چقدر است؟

سؤال ۲ـ آیا فرکانس اندازه‌گیری شده با رابطه $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{Leq.C}}$ مطابقت دارد؟

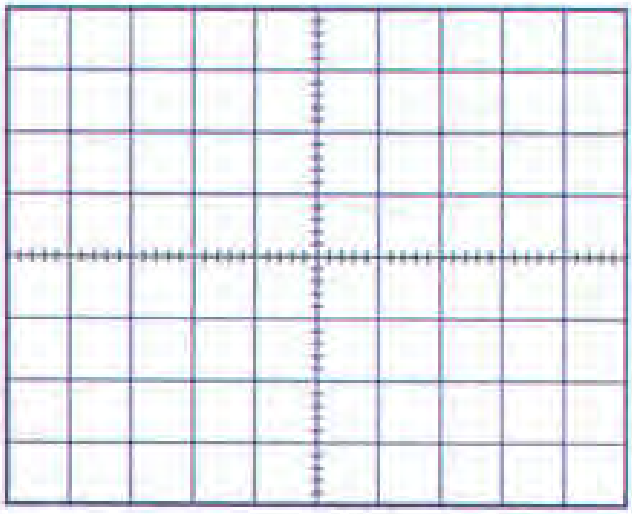
سؤال ۳ـ آیا اختلاف فاز ورودی و خروجی ($\phi_{B,A}$) دقیقاً صفر درجه است؟ اگر دقیقاً صفر درجه نیست، دلیل آن چیست؟

■ در مدار آزمایش شکل (۲۱ـ۳) به جای سلف ۱۰۰μH، سلف ۵۰μH قرار دهید. فرکانس جدید را با اندازه‌گیری زمان تناوب از روی اسیلوسکوپ به‌دست آورید.

$T =$

$f = \frac{1}{T} = \frac{}{} =$ Hz

سؤال ۴ـ با توجه به قراردادن سلف ۵۰μH به جای سلف ۱۰۰μH چه نتیجه‌ای از این قسمت آزمایش می‌گیرید، توضیح دهید.



شکل ۲۳ـ۳ـ شکل ولتاژ A و B

پاسخ سؤال‌های ۱ تا ۴:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۴) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۷ـ۳) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۸ـ۳ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۷ـ۸ـ۳ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ در نوسان‌ساز هارتلی مورد آزمایش اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی تقریباً چند درجه است؟

الف: □ صفر　　ب: □ ۴۵

ج: □ ۱۸۰　　د: □ ۹۰

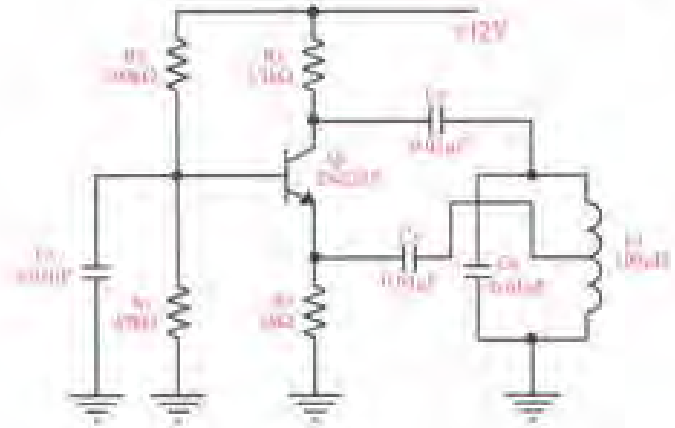
۲ـ در نوسان شکل (۲۴ـ۳) اگر مقاومت R_b را خیلی کم کنیم کدام اتفاق می‌افتد؟

الف: □ نوسان‌ها به شدت دارای اعوجاج می‌شوند.

ب: □ هیچ مشکلی پیش نمی‌آید.

ج: □ دامنه نوسان‌ها اندکی افزایش می‌یابد.

د: □ نوسان‌ساز از نوسان می‌ایستد.



شکل ۲۴ـ۳

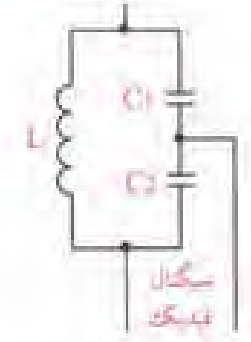
۳ـ به‌طور خلاصه طرز کار نوسان‌ساز هارتلی شکل (۲۴ـ۳) را توضیح دهید.

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل سوم آزمون پایانی عملی (۳) خودآزمایی شماره (۲) مراجعه کنید.

۹ـ۳ـ نوسان‌ساز کول‌پیتس (Col pitts Oscillator)

در نوسان‌ساز کول‌پیتس، مطابق شکل (۲۵ـ۳) مدار هماهنگی LC از دو خازن (C_1 و C_2) و یک سلف تشکیل می‌شود.

اگر مدار هماهنگی شکل (۲۵ـ۳) در یک تقویت‌کننده



شکل ۲۵ـ۳ـ مدار فیدبک نوسان‌ساز کول‌پیتس

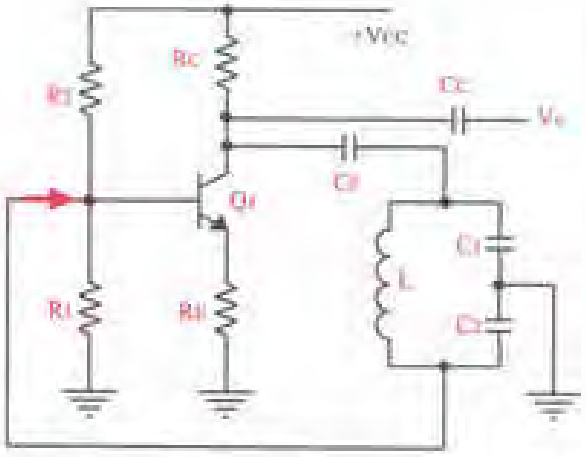
بیس مشترک یا امیتر مشترک قرارداده شود یک مدار نوسان‌ساز کولپیتس تشکل می‌گیرد. شکل (۲۶ـ۳) یک نمونه نوسان‌ساز کولپیتس با تقویت‌کننده امیتر مشترک را نشان می‌دهد.

فرکانس نوسانات نوسان‌ساز کولپیتس از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.Ceq}}$$

$$Ceq = C_1 \| C_2$$

$$\frac{1}{Ceq} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow Ceq = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$



شکل ۲۶ـ۳ـ مدار نوسان‌ساز کولپیتس با تقویت‌کننده امیتر مشترک

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۱۰ـ۳ـ آزمایش شماره (۳)

نام آزمایش: نوسان‌ساز کولپیتس

۱ـ۱۰ـ۳ـ هدف‌های آزمایش: بررسی نوسان‌ساز کولپیتس، اندازه‌گیری فرکانس و مشاهده‌ی شکل موج خروجی.

۲ـ۱۰ـ۳ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک نمونه نوسان‌ساز LC را که در عمل هم کاربرد زیادی دارد مورد آزمایش قرار می‌دهید. در مراحل اجرای این آزمایش خواهید دید که یک نوسان‌ساز LC نیز بدون دریافت سیگنال ورودی، یک سیگنال سینوسی تولید می‌کند. همچنین با اندازه‌گیری اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی به مفهوم فیدبک مثبت بیشتر پی می‌برید.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.Ceq}} \qquad Ceq = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

فرکانس نوسان — اهم — خازن معادل مدار — خازن تقسیم ولتاژ — خازن فیدبک

به یاد داشته باشید که برای عیب‌یابی یک نوسان‌ساز LC از نوع کولپیتس می‌توانید از مراحل انجام این آزمایش استفاده کنید.

۳ـ۱۰ـ۳ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۸ و ۱۵۷ـ	یک دستگاه
۳ـ سیم رابط	به اندازه کافی
۴ـ بردهای مدار چاپی مربوط به نوسان‌ساز کولپیتس (برد دوم با خازن ۴۷۰ پیکوفاراد است)	یک قطعه

قبل از انجام آزمایش حتماً اهداف آزمایش، شرح خلاصه آزمایش و نکات ایمنی را مطالعه کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل روبه‌رو نشوید. همچنین نکات ایمنی شماره ۳ که در صفحه ۵۶ آمده است را دقیقاً رعایت کنید.

۴ــ۱۰ــ۳ــ مراحل اجرای آزمایش:

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۲۷ــ۳) را که به صورت برد مدار چاپی ساخته شده، مورد بررسی قرار دهید و ورودی و خروجی آن را مشخص کنید.

■ منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم و به مدار وصل کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیمات لازم را روی آن انجام دهید.

■ پروب متصل به کانال CH ۱ را به نقطه A وصل کنید.

■ شکل موج نقطه A را مشاهده، و در شکل (۲۸ــ۳) رسم کنید.

■ دامنه و زمان تناوب شکل موج ترسیم شده در شکل (۲۸ــ۳) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

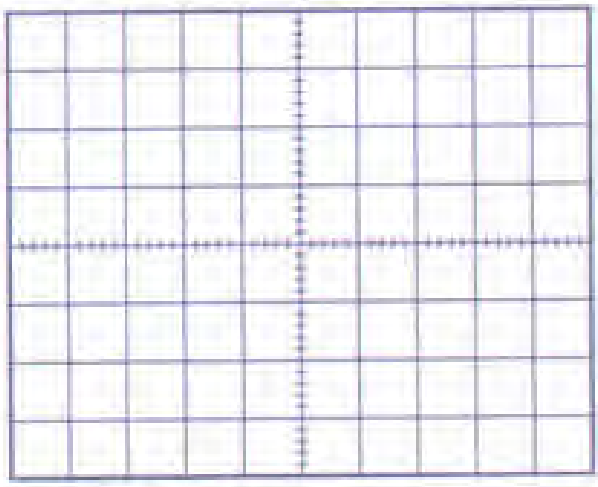
V_{Apeak} = (V)

T =

■ فرکانس شکل موج نقطه A را محاسبه کنید:

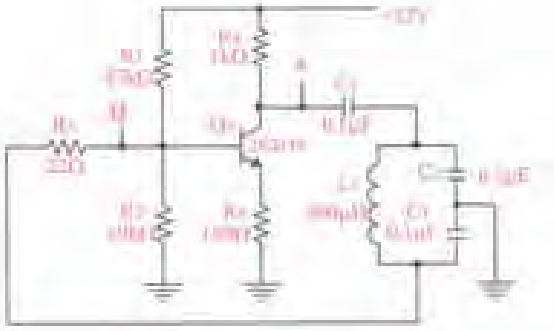
$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{\quad} =$ Hz

■ در حالی که پروب کانال CH ۱ به نقطه A وصل است پروب کانال CH ۲ را به نقطه B وصل کنید نقطه B ورودی توسان‌ساز است.

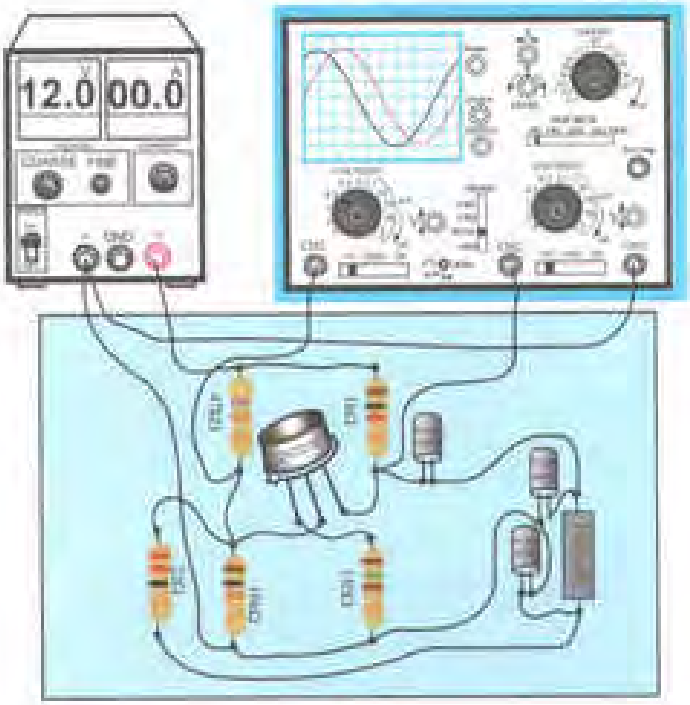


شکل ۲۸ــ۳ــ شکل رد نقطه A

با توجه به محدودیت زمانی استفاده از بُرد مدار چاپی در مراحل اجرای آزمایش ضروری است. قبل از شروع کار، برد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع شدن پایه‌ها مورد بررسی قرار دهید.



الف ــ شماتیک مدار



ب ــ مدار عملی

شکل ۲۷ــ۳ــ مدار آزمایش

■ شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه حساس مربوط به نقاط A و B، در شکل (۲۹ـ۳) را با دو رنگ مختلف ترسیم کنید.

■ دامنه‌ی سیگنال نقطه B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{Bpeak} = (V)

■ اختلاف فاز بین سیگنال نقطه A و سیگنال نقطه B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$\phi_{B.A}$ = درجه

با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده فوق، به سؤال‌های زیر پاسخ دهید.

سؤال ۱ ــ بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده چقدر است؟

سؤال ۲ ــ آیا فرکانس به‌دست آمده با رابطه $Fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LCeq}}$ مطابقت دارد؟

$$(Ceq = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0/1 \times 0/1}{0/1 + 0/1} = 0/05\mu F)$$

سؤال ۳ــ آیا اختلاف فاز بین ورودی و خروجی دقیقاً ۱۸۰ درجه است؟ چرا؟

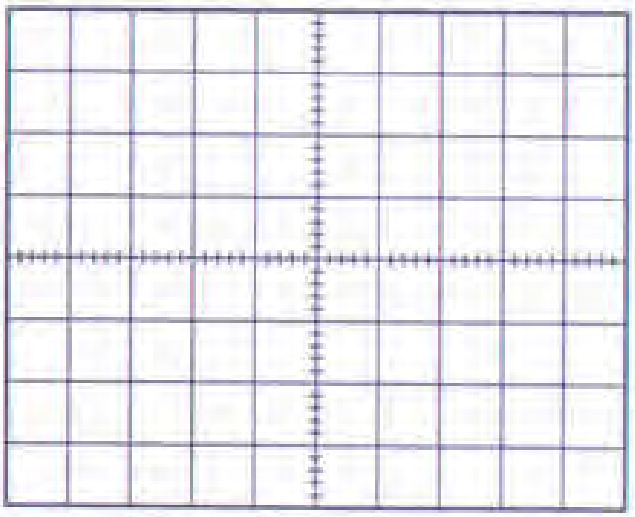
■ در مدار شکل (۲۷ـ۳) به جای خازن‌های ۰/۱μF (در مدار تانک) خازن‌های ۰/۰۲۷ میکروفاراد قرار دهید.

■ در این حالت زمان تناوب را با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و مقدار فرکانس را محاسبه کنید.

T = S

$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{\quad} =$ Hz

سؤال ۴ــ از قراردادن خازن‌های ۰/۰۲۷μF به جای ۰/۱μF چه نتیجه‌ای می‌گیرید، توضیح دهید.



شکل ۲۹ـ۳ــ شکل ولتاژ نقطه A و B

پاسخ سؤال‌های ۱ و ۲:

.....

.....

.....

.....

.....

پاسخ سؤال‌های ۳ و ۴:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال‌های ۱ تا ۴ پاسخ دهید یا تست به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۹ـ۳) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۱۰ـ۳ـ **خلاصه آزمایش:** آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش:

.....

.....

.....

.....

۶ـ۱۰ـ۳ـ **نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این آزمایش را به صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ در نوسان ساز کول‌پیتس اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی تقریباً چند درجه است؟

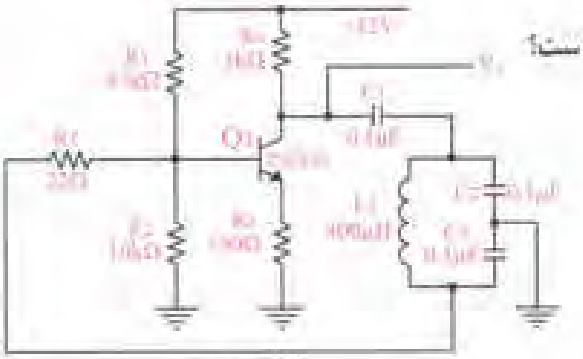
الف: □ صفر

ب: □ ۹۰

ج: □ ۱۸۰

د: □ ۴۵

۲ـ در نوسان‌ساز شکل (۳۰ـ۳) بهره‌ی تقریبی تقویت‌کننده کدام گزینه است؟



شکل ۳۰ـ۳

الف: □ ۶۰

ب: □ ۲۰

ج: □ ۱۰

د: □ ۱۰۰

۳ـ طرز کار نوسان‌ساز کول‌پیتس شکل (۳۰ـ۳) را به‌طور خلاصه بنویسید.

پاسخ سؤال ۳:

.....

.....

.....

.....

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل سوم آزمون پایانی عملی (۳) خودآزمایی شماره (۳) مراجعه کنید.

۱۱ـ۳ـ نوسان‌ساز کریستالی

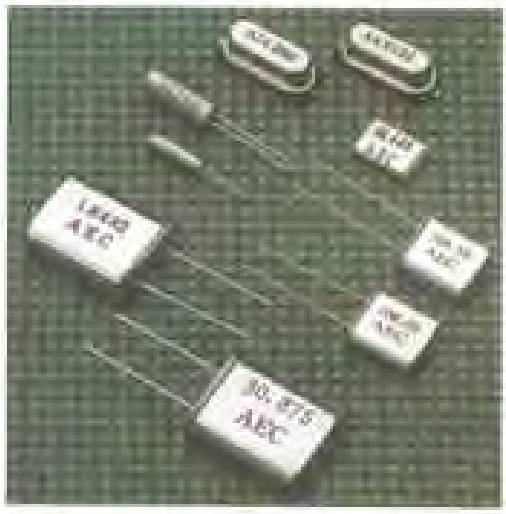
برای پایداری فرکانس یعنی عدم تغییر فرکانس به علت تغییرات درجه حرارت و مشخصات عناصر مدار نوسان‌ساز از نوسان‌ساز کریستالی استفاده می‌شود. کریستال یک ماده معدنی است که خواصی به شرح زیر دارد[1]:

الف: اگر ضربه‌ای به آن وارد شود یا تحت فشار قرار گیرد در یک لحظه در دو سر آن ولتاژ به‌وجود می‌آید.

ب: اگر ولتاژی به آن اعمال شود می‌تواند به ارتعاش درآید.

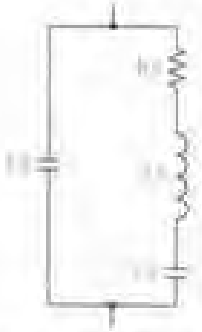
هر قطعه کریستال با توجه به برش و شکل مکانیکی آن می‌تواند در یک فرکانس کاملاً ثابت به رزونانس درآید. شکل ظاهری یک قطعه کریستال در شکل (۳۱ـ۳) و علامت قراردادی آن در شکل (۳۲ـ۳) نشان داده شده است.

از نظر الکتریکی یک کریستال می‌تواند مدار الکتریکی معادلی مطابق شکل (۳۳ـ۳) داشته باشد.



شکل ۳۱ـ۳ـ شکل ظاهری (قطعه) چند نمونه کریستال که در نوسان‌سازها به کار می‌روند.

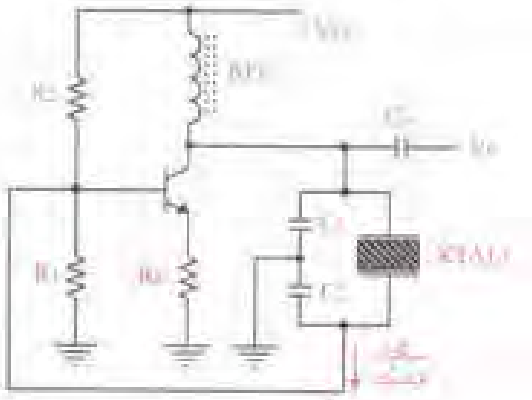
شکل ۳۲ـ۳ـ علامت قراردادی کریستال



شکل ۳۳ـ۳ـ مدار الکتریکی معادل یک قطعه کریستال

در شکل (۳۴ـ۳) یک نوسان‌ساز کریستالی نشان داده شده است.

نوسان‌سازهای کریستالی را در رادیوهای دیجیتالی و همچنین در بعضی از فیلترهای IF در رادیوهای جدید به کار می‌برند.

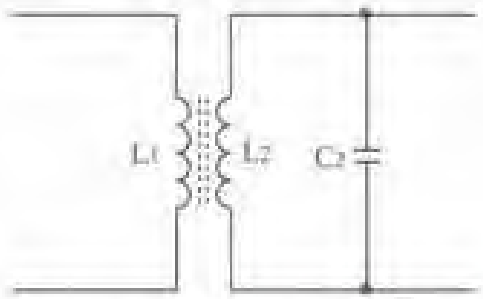


شکل ۳۴ـ ۳ـ مدار یک نوسان‌ساز کریستالی

۱ـ برای این که کریستال بتواند رفتارهای مورد نظر را داشته باشد باید از زاویه خاصی برش داده شود.

۱۲ـ۳ـ نوسان‌ساز آرمسترانگ

نوسان‌ساز آرمسترانگ، یک نوسان ساز سینوسی است. مدار هماهنگی آن مطابق شکل (۳۵ـ۳) از یک خازن و یک ترانسفورماتور تشکیل شده است. مدار هماهنگی شکل (۳۵ـ۳)، همراه با یک تقویت کننده، نوسان‌ساز آرمسترانگ را تشکیل می‌دهد.

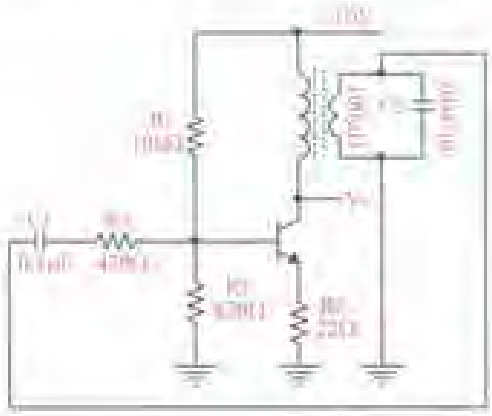


شکل ۳۵ـ۳ـ مدار هماهنگی نوسان‌ساز آرمسترانگ

در شکل (۳۶ـ۳)، یک نمونه مدار الکتریکی نوسان‌ساز آرمسترانگ را مشاهده می‌کنید.

فرکانس نوسان‌های نوسان‌ساز آرمسترانگ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



شکل ۳۶ـ۳ـ یک نمونه مدار نوسان‌ساز آرمسترانگ

۱۳ـ۳ـ آزمایش شماره (۴)

نام آزمایش: نوسان‌ساز آرمسترانگ

۱ـ۱۳ـ۳ـ هدف‌های آزمایش: بررسی نوسان‌ساز آرمسترانگ، اندازه‌گیری فرکانس و مشاهده شکل موج خروجی آن.

۲ـ۱۳ـ۳ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک نمونه دیگر از نوسان‌ساز LC را آزمایش می‌کنید. نوسان‌ساز LC در عمل کاربرد زیادی دارد، در مراحل اجرای این آزمایش خواهید دید که یک نوسان‌ساز LC بدون دریافت سیگنال ورودی، یک سیگنال سینوسی تولید می‌کند.

به یاد داشته باشید که مراحل اجرای این آزمایش را می‌توانید برای عیب‌یابی یک نوسان‌ساز LC از نوع آرمسترانگ به کار ببرید.

۳ـ۱۳ـ۳ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز

آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

$$fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

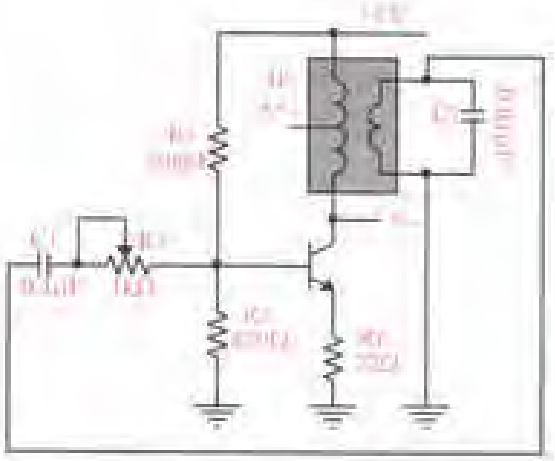
نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۸ و ۱۵۷ـ	یک دستگاه
۳ـ سیم رابط	به اندازه کافی
۴ـ برد مدار چاپی مربوط به نوسان‌ساز آرمسترانگ	یک قطعه

۴ـ۱۳ـ۳ـ مراحل اجرای آزمایش:

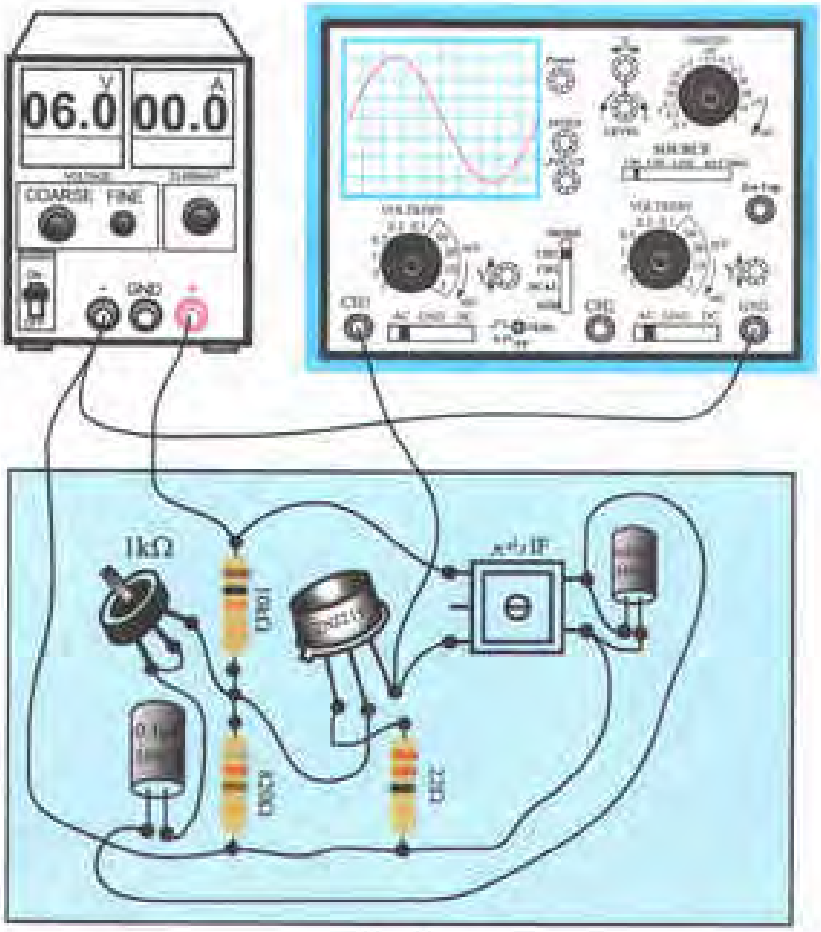
■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۳۷ـ۳) را که به صورت مدار جایی آماده در اختیار شما قرار دارد مورد بررسی قرار دهید و ورودی و خروجی آن را شناسایی کنید.

قبل از انجام آزمایش حتماً اهداف آزمایش، شرح خلاصه آزمایش و نکات ایمنی را مطالعه کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل روبه‌رو نشوید. همچنین نکات ایمنی شماره ۳ که در صفحه ۵۶ آمده است را دقیقاً رعایت کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۳۷ـ۳ـ مدار آزمایش

■ منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

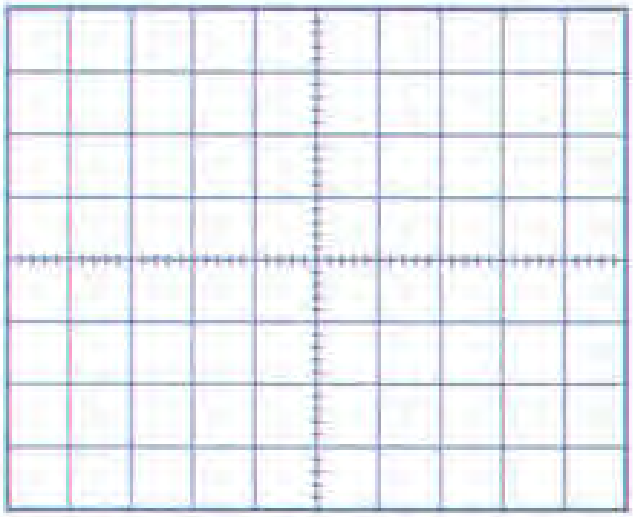
■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیمات لازم را روی آن انجام دهید.

■ خروجی مدار را به کانال CH۱ اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ شکل موج روی اسیلوسکوپ را مشاهده، و آن را در شکل (۳۸ـ۳) ترسیم کنید.

■ اگر نوسان‌ساز نوسان نکرد، پتانسیومتر ۱kΩ را کمی تغییر دهید که نوسانات نوسان‌ساز روی صفحه حساس اسیلوسکوپ ظاهر شوند.

■ مقادیر زمان تناوب (T) و دامنه ولتاژ (V_{peak}) را از روی اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۳۸ـ۳

$T =$ ms

$V_{peak} =$ (V)

■ فرکانس را محاسبه کنید.

$$F = \frac{۱}{T} = \frac{۱۰۰۰}{T(ms)} = \frac{۱۰۰۰}{\quad} = \quad Hz$$

پاسخ سؤال‌های ۱ و ۲:

.....

.....

.....

.....

سؤال ۱ـ برای تغییر فرکانس خروجی نوسان‌ساز شکل (۳۷ـ۳)، مقدار کدام عناصر را باید تغییر داد؟ توضیح دهید.

سؤال ۲ـ نقش پتانسیومتر ۱kΩ در مدار شکل (۳۷ـ۳) چیست؟

در صورتی که نتوانستید به سؤال‌های ۱ و ۲ پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۱۲ـ۳) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

نتیجه :

.....

.....

.....

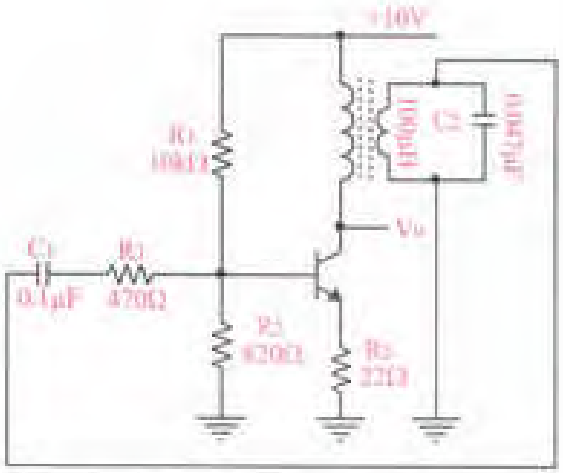
.....

۵ـ۱۳ـ۳ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۶ـ۱۳ـ۳ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

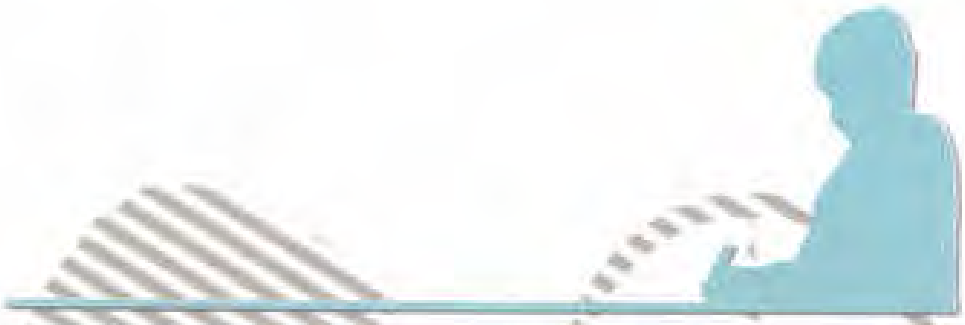
آزمون

۱ـ فرکانس سیگنال خروجی نوسان‌ساز شکل (۳۹ـ۳) تقریباً چند هرتز است؟ (فرض براین است که نوسان‌ساز نوسان می‌کند)



شکل ۳۹ـ۳ـ نوسان‌ساز آرمسترانگ

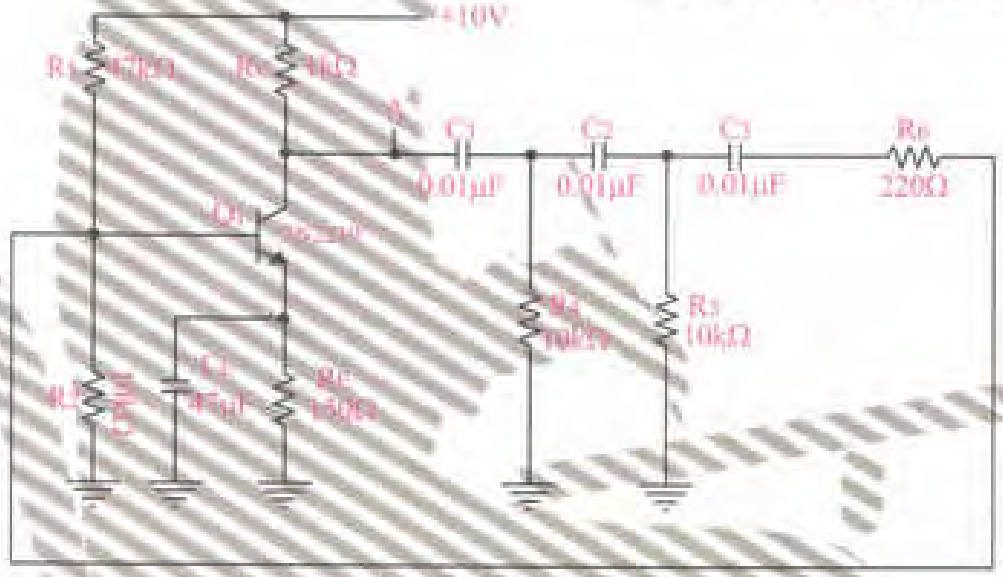
پاسخ:



۱۴ــ۳ــ آزمون عملی پایانی (۳)

آزمون‌های عملی پایانی به شرط داشتن وقت اضافی در هنرستان انجام می‌شود.

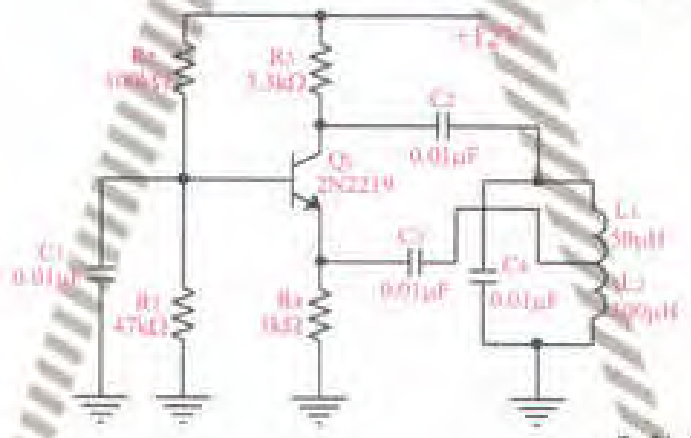
۱ــ مقادیر عناصر نوسان‌ساز شکل (۴۰ــ۳) را طوری تغییر دهید که در نقطه A فرکانس ۵kHz داشته باشید. مدار مورد نظر را روی برد بورد یا برد آزمایشگاهی ببندید.



شکل ۴۰ــ۳

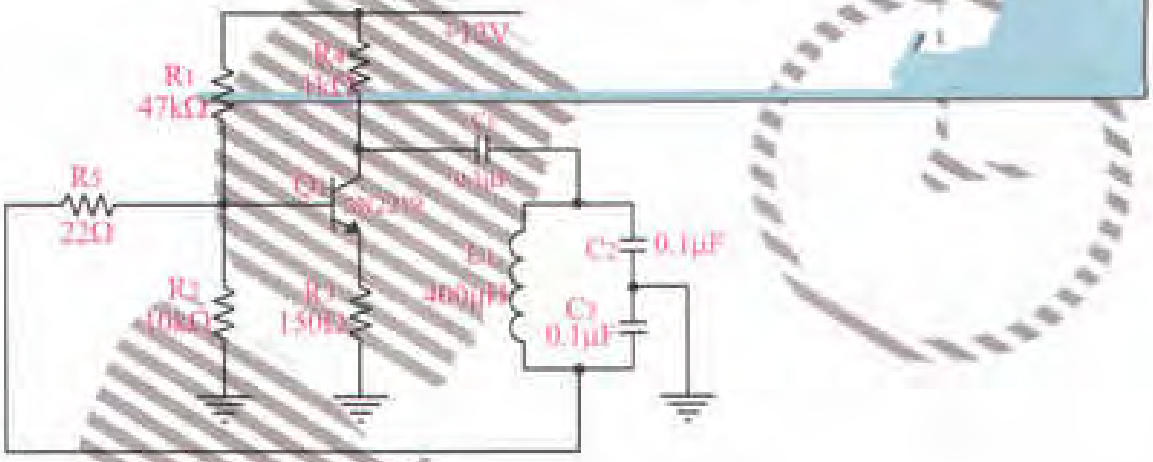
۲ــ در شکل (۴۱ــ۳)، مقاومت R_P را متغیر انتخاب کنید. می‌دانیم با تغییر R_P مقدار بهره ولتاژ تغییر می‌کند حداقل بهره $\left(\frac{V_o}{V_i}\right)$ را حداکثر بهره را که نوسان‌ساز همچنان به نوسان خود ادامه می‌دهد به دست آورید.

(مدار را عملاً ببندید و آزمایش کنید)



شکل ۴۱ــ۳

۳ــ در شکل (۴۲ــ۳) ، به جای سلف ۴۰۰μH ، یک سلف متغیر قرار دهید. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار فرکانس را با تغییر این سلف به دست آورید. (مدار را عملاً ببندید).



شکل ۴۲ــ۳

پاسخ:

۱۵ـ۳ـ پرسش و تمرین (۳)

۱ـ نوسان‌ساز را تعریف کنید.

۲ـ مشخصات نوسان‌ساز را نام ببرید.

۳ـ اساس کار نوسان‌ساز را شرح دهید.

۴ـ شکل یک نوسان‌ساز با مدار تغییردهنده فاز را رسم کنید.

۵ـ فرکانس نوسان یک نوسان‌ساز با مدار تغییردهنده فاز از کدام رابطه به دست می‌آید؟

۶ـ نوسان‌ساز LC بر چه مبنایی کار می‌کند.

۷ـ سه نمونه مدار فیدبک در نوسان‌سازهای LC را رسم کنید.

۸ـ شکل نوسان‌ساز هارتلی را رسم کنید.

۹ـ رابطه فرکانس نوسان‌ساز هارتلی را بنویسید.

۱۰ـ نوسان‌ساز کولپیتس را رسم کنید.

۱۱ـ یک نمونه نوسان‌ساز کریستالی را رسم کنید.

۱۲ـ مدار معادل الکتریکی یک قطعه کریستال را رسم کنید.

پاسخ سؤال‌ها:

فصل چهارم

مولتی ویبراتورها

هدف کلی

عیب یابی و رفع عیب مولتی ویبراتورها با استفاده از مشاهده شکل موج‌ها به کمک اسیلوسکوپ و اندازه‌گیری فرکانس آن‌ها

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

۱ـ مولتی ویبراتور را تعریف کند.
۲ـ بلوک دیاگرام یک مولتی ویبراتور را رسم کند.
۳ـ تفاوت مولتی ویبراتور بی‌استایل، مونواستایل و آستایل را بیان کند.
۴ـ مولتی ویبراتور مونواستایل را شرح دهد.
۵ـ مولتی ویبراتور آستایل را شرح دهد.
۶ـ شکل موج‌های خروجی مولتی ویبراتور آستایل را مشاهده و فرکانس آن را اندازه بگیرد.
۷ـ نوسان‌ساز بلوکینگ را شرح دهد.
۸ـ کاربرد نوسان‌ساز بلوکینگ را توضیح دهد.
۹ـ شکل موج در نقاط مختلف نوسان‌ساز بلوکینگ را مشاهده کند.
۱۰ـ چگونگی تولید موج خطی (Ramp) را شرح دهد.
۱۱ـ مدار عملی مبدل موج مربعی به دندانه اره‌ای را ببندد و شکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
۱۲ـ چگونگی تبدیل ولتاژ DC کم به ولتاژ DC زیاد را شرح دهد.
۱۳ـ چگونگی تبدیل ولتاژ DC زیاد به ولتاژ DC کم را شرح دهد.
۱۴ـ پایه‌های IC تایمر ۵۵۵ را شرح دهد.
۱۵ـ مدار مولتی ویبراتور آستایل با استفاده از IC تایمر ۵۵۵ را رسم کند.
۱۶ـ IC تایمر ۵۵۵ به عنوان مولتی ویبراتور و تایمر مورد آزمایش قرار دهد.

ساعت آموزش		
نظری	عملی	جمع
۶	۱۰	۱۶

پیش‌آزمون (۴)

۱ـ چرا در مدارهای الکترونیکی از تنظیم‌کننده‌های ولتاژ استفاده می‌کنند؟

۲ـ در نوسان سازها از کدام نوع فیدبک استفاده می‌شود؟

الف: □ مثبت ب: □ منفی ج: □ بستگی به شرایط دارد.

۳ـ در تقویت‌کننده‌ها از کدام نوع فیدبک استفاده می‌شود؟

الف: □ مثبت ب: □ منفی ج: □ بستگی به شرایط دارد.

۴ـ چگونه یک نوسان‌ساز نوسان می‌کند؟

۵ـ عناصر فیدبک در نوسان‌سازهای سینوسی را نام ببرید.

۶ـ در یک مولتی ویبراتور، مدار کوپلینگ معمولاً از کدام عناصر تشکیل می‌شود؟

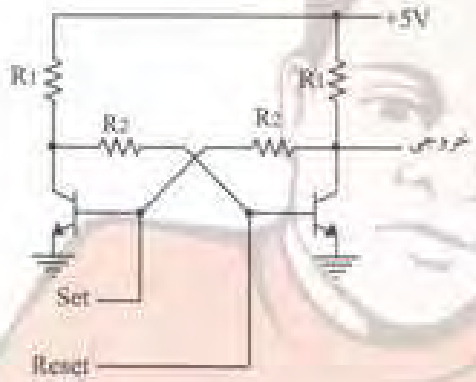
الف: □ مقاومت اهمی ب: □ سلف

ج: □ خازن د: □ هر سه مورد.

۷ـ آیا مولتی ویبراتور شکل مقابل از نوع آستابل است؟

الف: □ بلی ب: □ خیر

ج: □ بستگی به مقادیر عناصر دارد.



۸ـ چگونه ولتاژ DC کم را تبدیل به ولتاژ DC زیاد می‌کنند؟

۹ـ IC تایمر ۵۵۵ چند پایه دارد؟

الف: □ ۲۴ ب: □ ۱۸ ج: □ ۱۴ د: □ ۸

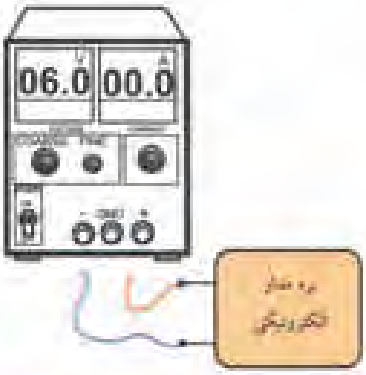
۱۰ـ آیا با IC تایمر ۵۵۵ می‌توان موج مربعی تولید کرد؟

الف: □ بلی ب: □ خیر

ج: □ بستگی به کارخانه‌ی سازنده دارد. د: □ بستگی به توان مجاز IC دارد.

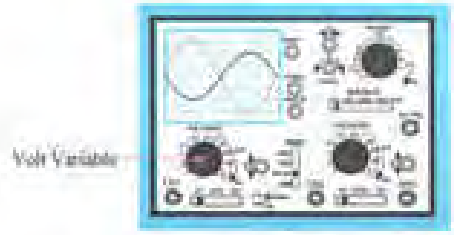
نکات ایمنی (۴)

۱ـ ابتدا منبع تغذیه را روی ولتاژ موردنیاز تنظیم و سپس به مدار وصل کنید.

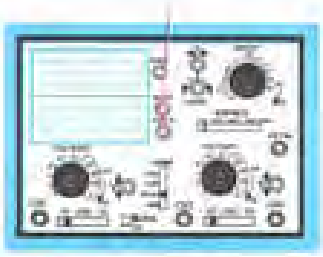


۲ـ هنگام اندازه‌گیری فرکانس، حتماً ولوم Time Variable را در حالت .cal قرار دهید. برای این منظور ولوم فوق را در جهت .cal تا آخر بچرخانید.

۳ـ هنگام اندازه‌گیری دامنه، حتماً ولوم Volt Variable را در حالت .cal قرار دهید. برای این منظور ولوم فوق را با توجه به دستورالعمل دستگاه، تنظیم کنید.



۴ـ ولوم‌های INTEN و FOCUS را طوری تنظیم کنید که اشعه فوق‌العاده باریک و شدت روشنایی آن مناسب باشد.



۵ـ اسیلوسکوپ را در مکان گرم و زیر نور آفتاب قرار ندهید.

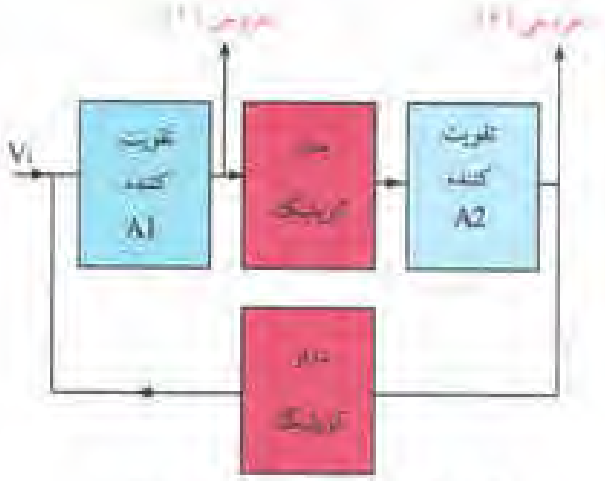
قابل توجه همکاران ارجمند

با توجه به اینکه مدت اختصاص داده شده به کار عملی در این فصل محدود می‌باشد، ضروری است فراگیران فقط آزمایش شماره (۱) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندند و آزمایش کنند و برای آزمایش‌های بعدی این فصل در هنرستان‌ها براساس هر آزمایش یک برد مدار چاپی آماده تهیه شود و در اختیار هنرجویان قرار گیرد تا هنرجویان بدون بستن تک تک اجزای مدار آزمایش‌ها را اجرا و نتیجه آن‌را مشاهده کنند.

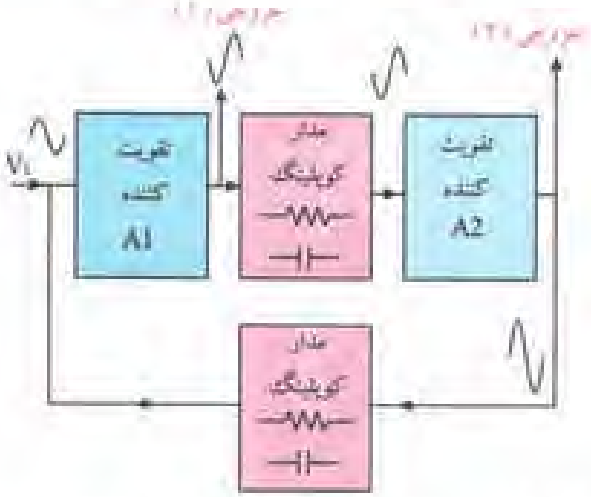
۱ـ۴ـ اصول کار مولتی ویبراتورها

هر تقویت‌کننده‌ای که در آن فیدبک مثبت به کار رفته و دارای دو یا چند حالت ثابت باشد مولتی ویبراتور نامیده می‌شود. در شکل (۱ـ۴) بلوک دیاگرام یک مولتی‌ویبراتور در حالت کلی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود یک مولتی‌ویبراتور از دو تقویت‌کننده A۱ و A۲ و دو مدار رابط (Coupling) غیرفعال که می‌تواند خازنی، سلفی یا مقاومت اهمی باشد تشکیل شده است.

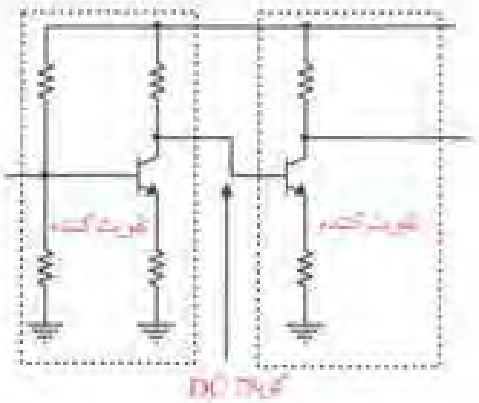
اعمال سیگنالی از خارج یا داخل مدار به عنوان فرمان به‌ورودی، مدار می‌تواند آن را از یک حالت به حالت دیگر ببرد. این سیگنال در ورودی مدار توسط تقویت‌کننده‌های A۱ و A۲ تقویت می‌شود و دوباره به ورودی A۱ می‌رسد. چون سیگنال تقویت شده با سیگنال ورودی هم فاز است مجدداً تقویت می‌شود. این عمل آن‌قدر ادامه می‌یابد تا دو تقویت‌کننده را به شرایط مرزی یعنی قطع و اشباع می‌برد و از افزایش بیشتر دامنه جلوگیری کند. اگر نوع کوپلاژ DC یعنی مقاومت باشد خروجی‌ها تا اعمال تحریک بعدی ثابت می‌ماند. اگر کوپلاژ به‌صورت AC یعنی سلفی یا خازنی باشد عمل فیدبک مثبت دوباره صورت می‌گیرد و تغییرات تکرار می‌شود شکل (۳ـ۴).

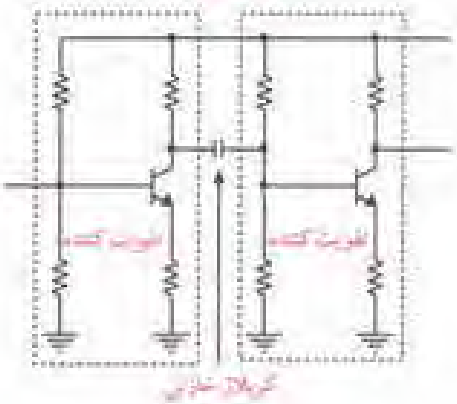


شکل ۱ـ۴ـ بلوک دیاگرام یک مولتی ویبراتور



شکل ۲ـ۴ـ در هر بار تقویت، دامنه سیگنال بزرگ‌تر از حالت قبل می‌شود.



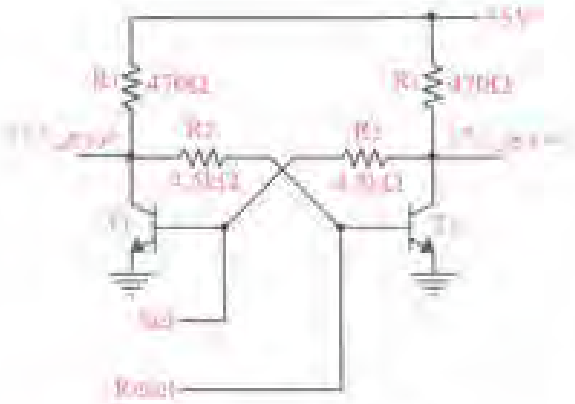


شکل ۳ـ۴ـ انواع کوپلاژ بین دو طبقه تقویت‌کننده

به‌طور کلی مولتی‌ویبراتورها به سه دسته بی‌استایل، مونواستایل و استایل تقسیم‌بندی می‌شوند.

کوپلاژها به سه دسته تقسیم می‌شوند:
۱ـ کوپلاژ DC یا مستقیم که بین دو طبقه هیچ عنصر یا قطعه الکترونیکی قرار ندارد.
۲ـ کوپلاژ خازنی که بین دو طبقه یک خازن قرار می‌گیرد.
۳ـ کوپلاژ ترانسفورماتوری که بین دو طبقه یک ترانسفورماتور قرار می‌گیرد.

۱ـ۱ـ۴ـ مولتی ویبراتور بی‌استایل: این مولتی ویبراتور دارای دو حالت پایدار است یعنی هنگامی که در یک حالت پایدار قرار گرفت در آن حالت ثابت می‌ماند تا تحریک خارجی بعدی به‌مدار وارد شود. در شکل (۴ـ۴) یک نمونه مولتی ویبراتور بی‌استایل با استفاده از ترانزیستورهای BJT نشان داده شده است.

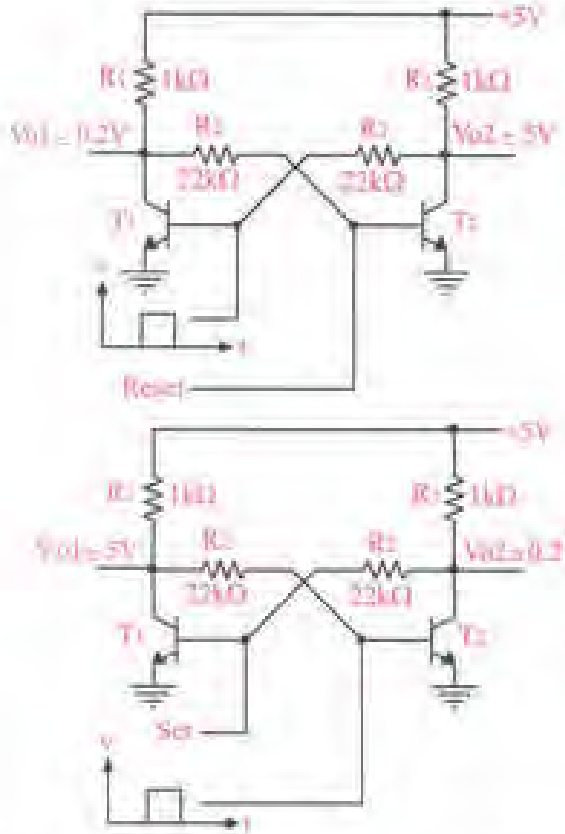


شکل ۴ـ۴ـ یک نمونه مدار بی‌استایل

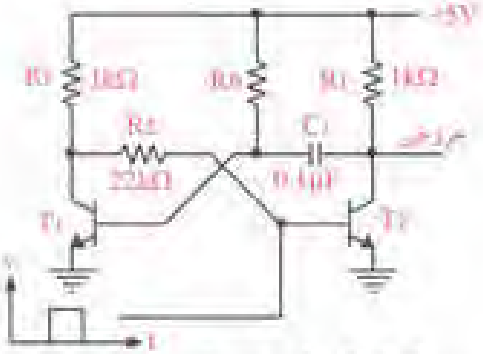
فرض کنید در لحظه شروع هر دو ترانزیستور از هر جهت مشابه و دارای شرایط یکسان باشند. در این حالت هیچ اتفاقی نمی‌افتد. اما چون در عمل به علت تولرانس‌های موجود چنین شرایطی امکان‌پذیر نیست، لذا اختلاف بین جریان‌های ترانزیستورها که در اثر تولرانس به‌وجود می‌آید باعث افزایش ولتاژ پایه T_1 یا T_2 به مقدار بسیار جزیی می‌شود. فرض کنید این افزایش روی پایه T_1 ظاهر شود. در این حالت ولتاژ پایه T_1 باعث افزایش I_{C1} و در نتیجه کاهش V_{C1} و V_{B2} می‌شود. کاهش V_{B2} به‌نوبه خود کاهش I_{C2} و افزایش بیشتر V_{C2} و در نهایت افزایش V_{B1} را به همراه دارد. در اثر ادامه‌ی این عمل، در مدت زمانی کوتاه T_1 به اشباع و T_2 به قطع کامل می‌رود. در این هنگام خروجی T_2 درحدود ۵ ولت و T_1 (ولتاژ روی کلکتور T_1) حدود ۰/۲ ولت باقی می‌ماند.

پس ترانزیستور T_1 را پایه‌ی Set و پس T_2 را پایه‌ی Reset می‌نامیم. حال اگر پایه‌ی Set را یک لحظه کوتاه به‌ولتاژ +۵V وصل کنیم خروجی T_2 برابر با ۵ ولت می‌شود و به همین

صورت مدار باقی می‌ماند. حال اگر پایه Reset را یک لحظه کوتاه به ولتاژ ۵V+ وصل کنیم خروجی T_1 برابر با ۵ ولت و خروجی T_2 برابر با صفر ولت می‌شود. بنابراین این مدار دارای دو حالت پایدار است شکل (۵ـ۴).



شکل ۵ـ۴ـ عملکرد مولتی ویبراتور بی‌استایل

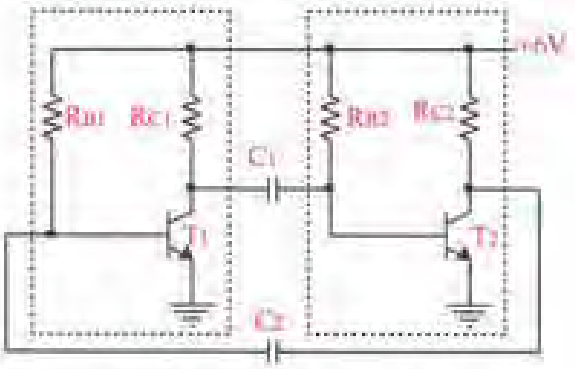


شکل ۶ـ۴ـ یک نمونه مدار موناستایل

شکل ۷ـ۴ـ حالت پایدار و ناپایدار مولتی ویبراتور موناستایل

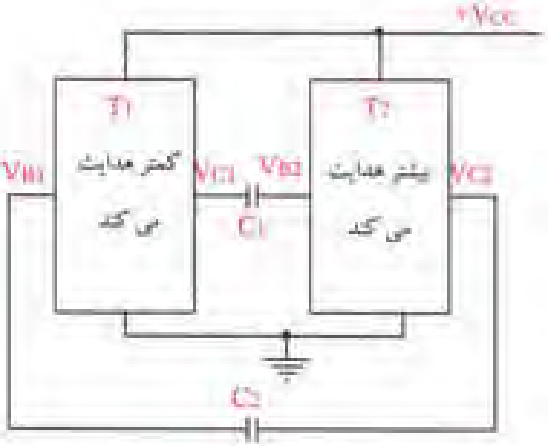
۲ـ۱ـ۴ـ مولتی ویبراتور موناستایل: مولتی‌ویبراتور موناستایل همان‌طور که از نامش پیداست دارای یک حالت پایدار است. چنانچه مولتی‌ویبراتور موناستایل با تحریک خارجی به حالت ناپایدار برده شود، پس از تأخیر زمانی معینی دوباره به‌حالت پایدار برمی‌گردد. شکل (۶ـ۴) یک نمونه مدار موناستایل را نشان می‌دهد. این شکل شبیه مدار بی‌استایل است با این تفاوت که یکی از مدارهای کوپلاژ آن اهمی (DC) و دیگری خازن (AC) است. در حالت پایدار T_1 اشباع و T_2 قطع است. زیرا بیس ترانزیستور T_1 از طریق مقاومت R_{B1} که به‌بیس وصل است به اشباع رفته و ولتاژ V_{C1} تا حدود ۰/۲ ولت کاهش می‌یابد. در نتیجه V_{B2} همان حدود ۰/۲ ولت باقی می‌ماند و ترانزیستور T_2 را در این حالت قطع نگه می‌دارد و ولتاژ خروجی آن را به ۵V+ می‌رساند. حال اگر یک پالس مثبت به بیس T_2 اعمال کنیم، T_2 اشباع می‌شود و ولتاژ خروجی آن برابر با ۰/۲ ولت می‌شود. از طرف دیگر ولتاژ بیس T_1 نیز کم می‌شود زیرا خازن، تغییرات ولتاژ را از یک صفحه به صفحه دیگر خود منتقل می‌کند. در این حالت T_1 خاموش می‌شود. پس از این مراحل خازن C از طریق R_{B1} شروع به شارژ شدن می‌کند و وقتی ولتاژ دو سر آن به حدی رسید که بتواند T_1 را به اشباع ببرد، مجدداً T_1 به اشباع و T_2 به قطع می‌رود. بنابراین، این مدار دارای یک حالت پایدار و یک حالت ناپایدار است شکل (۷ـ۴).

۳ـ۱ـ۴ـ مولتی ویبراتور آاستایل: این نوع مولتی‌ویبراتور دارای حالت پایدار نیست و دائماً از حالتی به‌حالت دیگر در نوسان است. به همین دلیل به آن نوسان‌ساز موج مربعی هم می‌گویند. شکل (۸ـ۴) یک نمونه مولتی‌ویبراتور آاستایل را نشان می‌دهد.

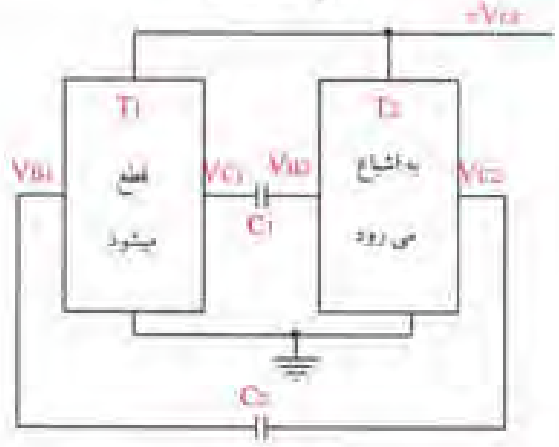


شکل ۸ـ۴ـ یک نمونه مدار آاستایل

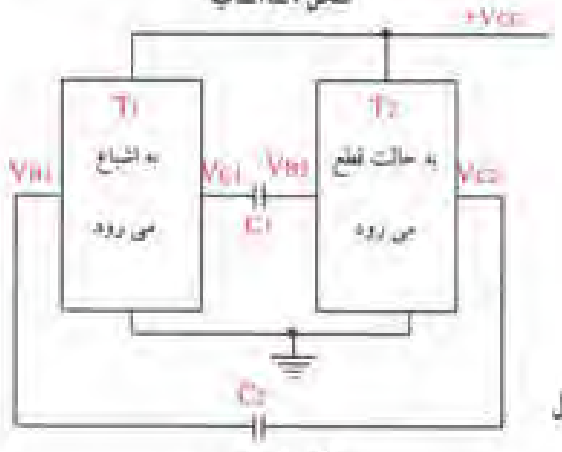
طرز کار مدار شکل (۸ـ۴) به این صورت است که در ابتدا فرض می‌کنیم هر دو ترانزیستور به‌طور یکسان در ناحیه هدایت کار می‌کنند. اگر کلیه‌ی مشخصات و شرایط دو ترانزیستور یکسان باشند، مدار به همین صورت بدون نوسان باقی می‌ماند. اما در عمل چنین چیزی امکان ندارد زیرا به علت تولرانس‌های مدار، یکی از ترانزیستورها بیشتر از دیگری هدایت می‌کند و تعادل مدار را به هم می‌زند. به عنوان مثال اگر ولتاژ V_{B_2} مقدار خیلی جزیی بیشتر از V_{B_1} شود، جریان کلکتور T_2 افزایش می‌یابد و V_{C_2} را کاهش می‌دهد. این کاهش ولتاژ از طریق خازن C_1 به B_1 منتقل می‌شود، جریان کلکتور T_1 را کاهش می‌دهد و باعث افزایش V_{C_1} می‌شود. در نتیجه، افزایش V_{B_2} تداوم می‌یابد و در زمانی کوتاه T_2 را اشباع و T_1 را به قطع می‌برد. در این حالت V_{C_1} تقریباً برابر $(+V_{CC})$ و پتانسیل $V_{B_1} < 0$ و $V_{C_2} = 0/2V$ است. چنین حالتی پایدار نخواهد ماند، زیرا خازن C_1 از طریق R_{B_1} و ترانزیستور T_2 شارژ می‌شود و ولتاژ B_1 را زیاد می‌کند. به محض این‌که V_{B_1} به حدود $0/55V$ برسد T_1 شروع به هدایت می‌کند و T_2 را به سوی قطع می‌برد. این سیکل به‌طور نامحدود تکرار می‌شود شکل(۹ـ۴ـ الف ـ ب ـ ج).



شکل ۹ـ۴ـ الف



شکل ۹ـ۴ـ ب



شکل ۹ـ۴ـ ج

مدت زمان انجام آزمایش ۳ ساعت

۲ـ۴ـ آزمایش شماره (۱)

۱ـ۲ـ۴ـ نام آزمایش: مولتی ویبراتور آاستابل

۲ـ۲ـ۴ـ هدف‌های آزمایش: بررسی و مشاهده‌ی شکل موج‌های یک مدار مولتی ویبراتور آاستابل و اندازه‌گیری فرکانس آن.

۳ـ۲ـ۴ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک مدار مولتی‌ویبراتور آاستابل را مورد آزمایش قرار می‌دهید و ضمن مشاهده‌ی شکل موج نقاط مختلف آن به کمک اسیلوسکوپ فرکانس آن را نیز اندازه می‌گیرید. در ضمن می‌توانید با تغییر بعضی از عناصر مدار، شکل موج خروجی را نامتعادل کنید. برای عیب‌یابی یک مولتی ویبراتور می‌توانید از مراحل این آزمایش استفاده کنید.

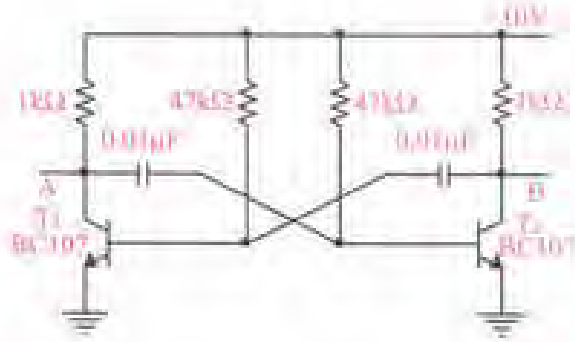
۴ـ۲ـ۴ـ تجهیزات و قطعات موردنیاز آزمایش:
در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه‌ی ۱۵ و ۱۵ـ	یک دستگاه
۳ـ بردبرد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۵ـ ترانزیستور 2N2219	دو عدد
۶ـ مقاومت ۱kΩ	دو عدد
۷ـ مقاومت ۴۷kΩ	دو عدد
۸ـ خازن ۰/۰۱μF	دو عدد
۹ـ خازن ۰/۰۲۲μF	دو عدد

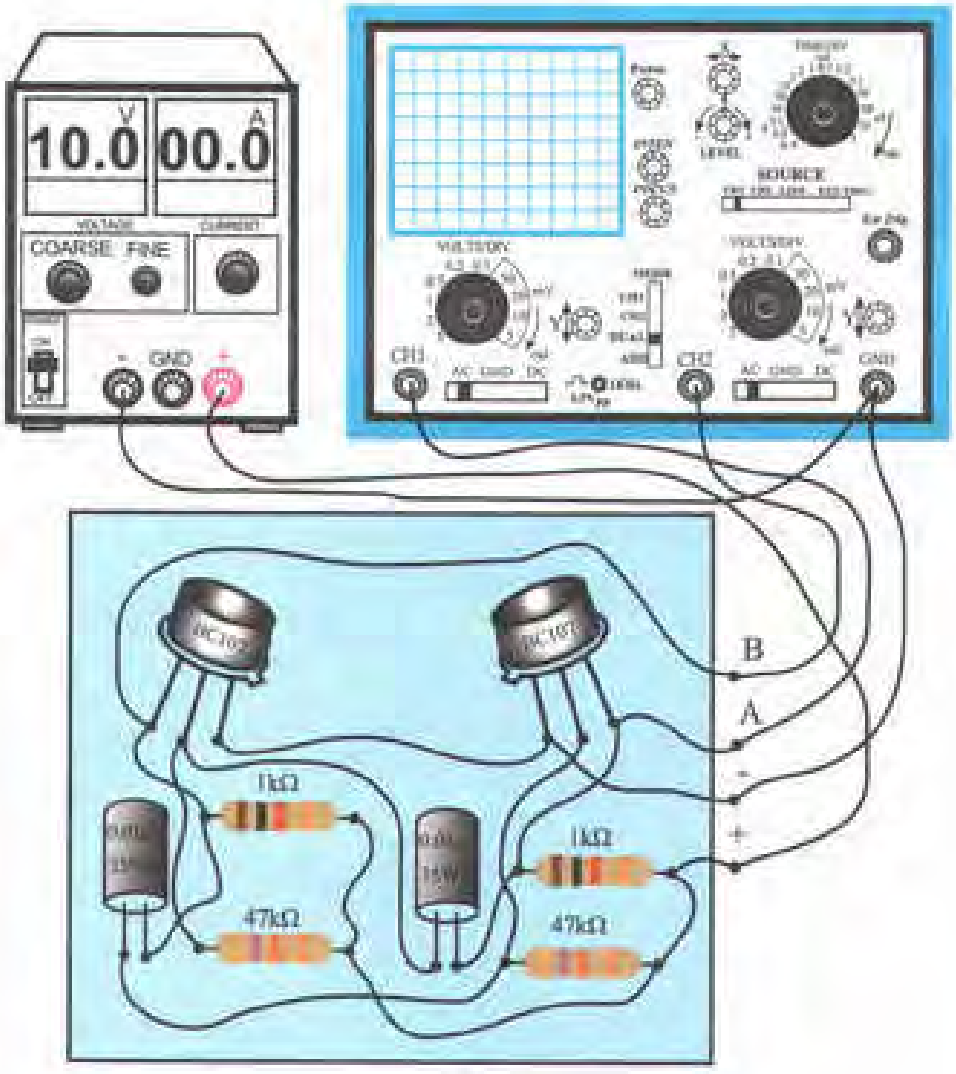
۵ـ۲ـ۴ـ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل موردنیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۱۰ـ۴) را روی برد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی ببندید.
- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

> قبل از انجام آزمایش حتماً اهداف آزمایش، شرح خلاصه آزمایش و نکات ایمنی را مطالعه کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل روبه رو نشوید. همچنین نکات ایمنی شماره ۴ که در صفحه ۸۴ آمده است را دقیقاً رعایت کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۱۰ـ۴ـ مدار آزمایش

■ نقاط A و B را به کانال‌های CH۱ و CH۲ اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ شکل موج‌های مشاهده شده را در روی شکل (۱۱ـ۴) رسم کنید.

■ زمان تناوب شکل موج مولتی‌ویبراتور را اندازه بگیرید و آن را یادداشت کنید.

T =

■ مقدار فرکانس اسیلاتور (مولتی ویبراتور) را محاسبه کنید.

$$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{\quad} = \quad Hz$$

■ ظرفیت خازن‌ها را از ۰/۰۱ میکروفاراد به ۰/۰۲۲ میکروفاراد تغییر دهید.

■ شکل موج‌ها را مشاهده و در شکل (۱۲ـ۴) رسم کنید. سپس زمان تناوب را در این حالت اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

T =

■ فرکانس مولتی‌ویبراتور را محاسبه کنید.

$$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{\quad} = \quad Hz$$

سؤال ۱ـ چرا با تغییر ظرفیت خازن، فرکانس نوسانات تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

پاسخ:

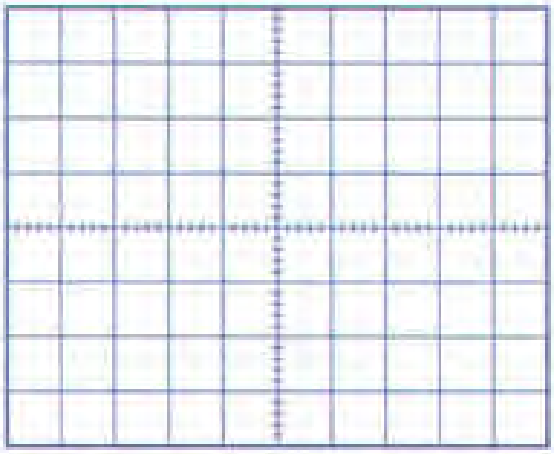
.....

.....

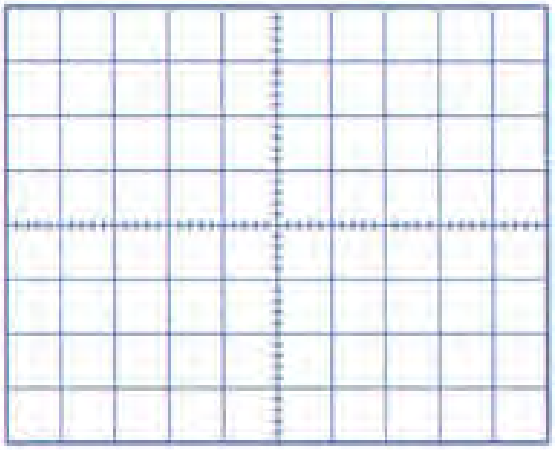
.....

■ ظرفیت یکی از خازن‌ها را ۰/۰۱μF و ظرفیت خازن دیگر را ۰/۰۲۲μF انتخاب کنید.

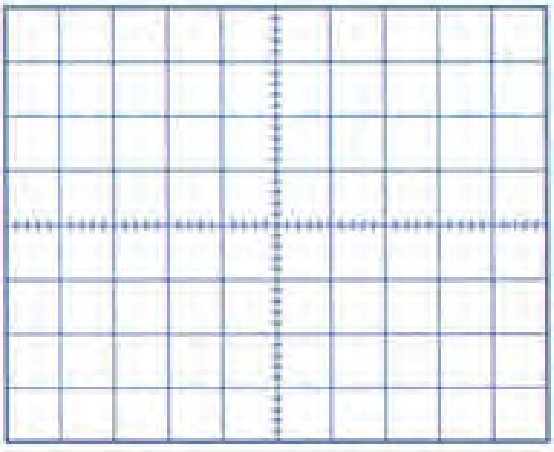
■ شکل موج نقاط A و B را به کمک اسیلوسکوپ دوکاناله مشاهده و در شکل (۱۳ـ۴) رسم کنید.



شکل ۱۱ـ۴ـ شکل موج نقاط A و B روی صفحه اسیلوسکوپ



شکل ۱۲ـ۴ـ شکل موج نقاط A و B روی صفحه اسیلوسکوپ با $C_۱ = C_۲ = ۰/۰۲۲\mu F$



شکل ۱۳ـ۴ـ شکل موج نقاط A و B با خازن ۰/۰۱μF و ۰/۰۲۲μF

سؤال ۲ــ چرا شکل موج ها قرینه نیست؟ توضیح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال‌های (۱) و(۲) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ــ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

خلاصه آزمایش:

.....

.....

.....

۶ــ۲ــ۴ــ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه:

.....

.....

.....

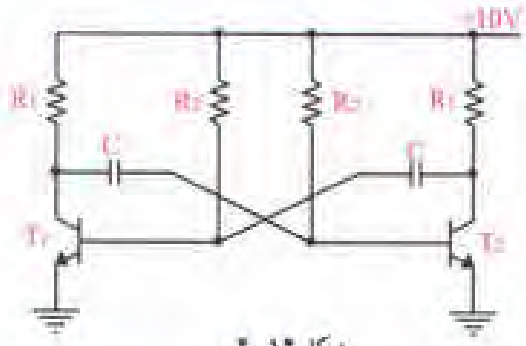
۷ــ۲ــ۴ــ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

آزمون

۱ــ عامل تعیین فرکانس مدار شکل (۱۴ــ۴) کدام عناصر هستند؟

الف □ C و R_2 ب: □ R_2 و R_1

ج: □ فقط R_2 د: □ C و R_1



شکل ۱۴ــ۴

پاسخ:

.....

.....

.....

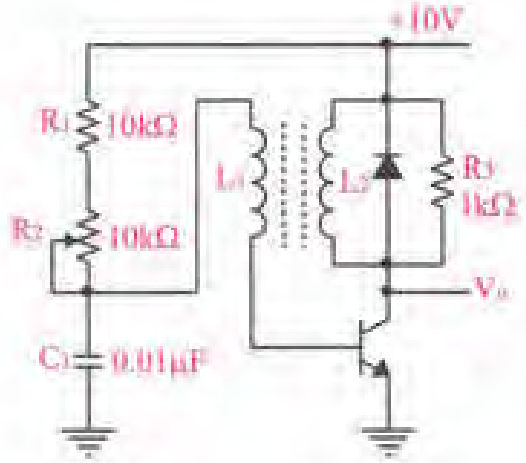
۲ــ با توجه به شکل (۱۴ــ۴)، چگونه می‌توان شکل موج خروجی را نامتقارن کرد؟

۳ــ شکل موج پایه‌های ترانزیستور را با توجه به شکل موج خروجی رسم کنید.

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل چهارم آزمون پایانی عملی (۴) خودآزمایی شماره (۱) مراجعه کنید.

۴ــ۴ــ نوسان‌ساز بلوکینگ

نوسان‌ساز بلوکینگ، یک نوسان‌ساز موج مربعی با کوپلاژ ترانسفورماتوری است. با انتخاب مناسب و تغییر مقادیر قطعات می‌توان عرض پالس تولیدی را در رنج وسیعی تولید کرد. در شکل (۱۵ــ۴) یک نمونه اسیلاتور یا نوسان‌ساز بلوکینگ نشان داده شده است.

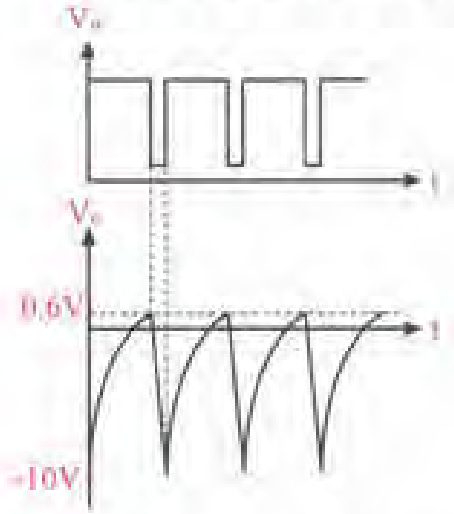


شکل ۱۵ــ۴ــ یک نمونه نوسان‌ساز بلوکینگ

نوسان ساز بلوکینگ از انواع نوسان‌سازهای غیرسینوسی است که در آن خازن و سلف به کار رفته است.

شکل موج ولتاژ دو سر خازن و هم‌چنین شکل موج V_o در شکل (۱۶ــ۴) نشان داده شده‌اند.

با تغییر مقاومت R که مقدار آن ۱۰kΩ است می‌توان فرکانس شکل موج ایجاد شده را تغییر داد.



شکل ۱۶ــ۴ــ شکل ولتاژ V_o و دو سر خازن

۴ـ۴ـ آزمایش شماره (۲)

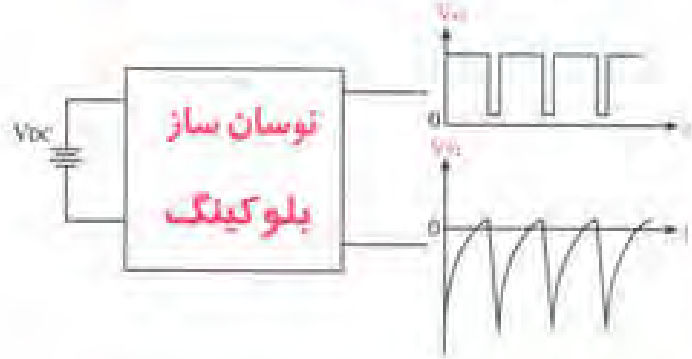
نام آزمایش: نوسان‌ساز بلوکینگ

۱ـ۴ـ۴ـ هدف‌های آزمایش: بررسی و مشاهده شکل موج در نقاط مختلف نوسان‌ساز بلوکینگ

۲ـ۴ـ۴ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما با نوسان‌ساز بلوکینگ آشنا می‌شوید و شکل موج‌های نقاط مختلف آن را به کمک اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید و فرکانس آن‌ها را به‌دست می‌آورید. در ضمن می‌توانید با تغییر مقدار بعضی از عناصری که در تعیین فرکانس نقش دارند، فرکانس را تغییر دهید و اثرات آن را روی دامنه مشاهده کنید.

مدت زمان انجام آزمایش ۴ ساعت

قبل از انجام آزمایش حتماً اهداف آزمایش، خلاصه آزمایش و نکات ایمنی را مطالعه کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل روبه‌رو نشوید. همچنین نکات ایمنی شماره ۴ که در صفحه ۸۴ آمده است را دقیقاً رعایت کنید.



به یاد داشته باشید که برای عیب‌یابی نوسان‌ساز بلوکینگ می‌توانید از مراحل اجرای این آزمایش استفاده کنید.

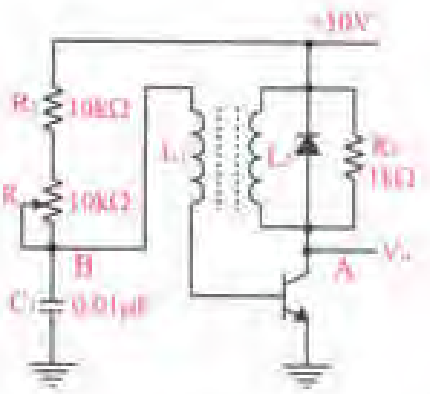
۳ـ۴ـ۴ـ تجهیزات و قطعات موردنیاز

آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۸ ۱ و ۱۵۷ـ	یک دستگاه
۳ـ سیم‌های رابط	به‌اندازه کافی
۴ـ برد مدار چاپی مربوط به نوسان‌ساز بلوکینگ	یک عدد

۴ـ۴ـ۴ـ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل موردنیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- برد مدار چاپی آماده مربوط به اسیلاتور بلوکینگ را مورد بررسی قرار دهید.
- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم و به مدار وصل کنید.
- ولوم R را در حداقل مقدار خود قرار دهید.
- توسط پروب، کانال CH۱ اسیلوسکوپ را به نقطه A و کانال CH۲ اسیلوسکوپ را به نقطه B وصل کنید.

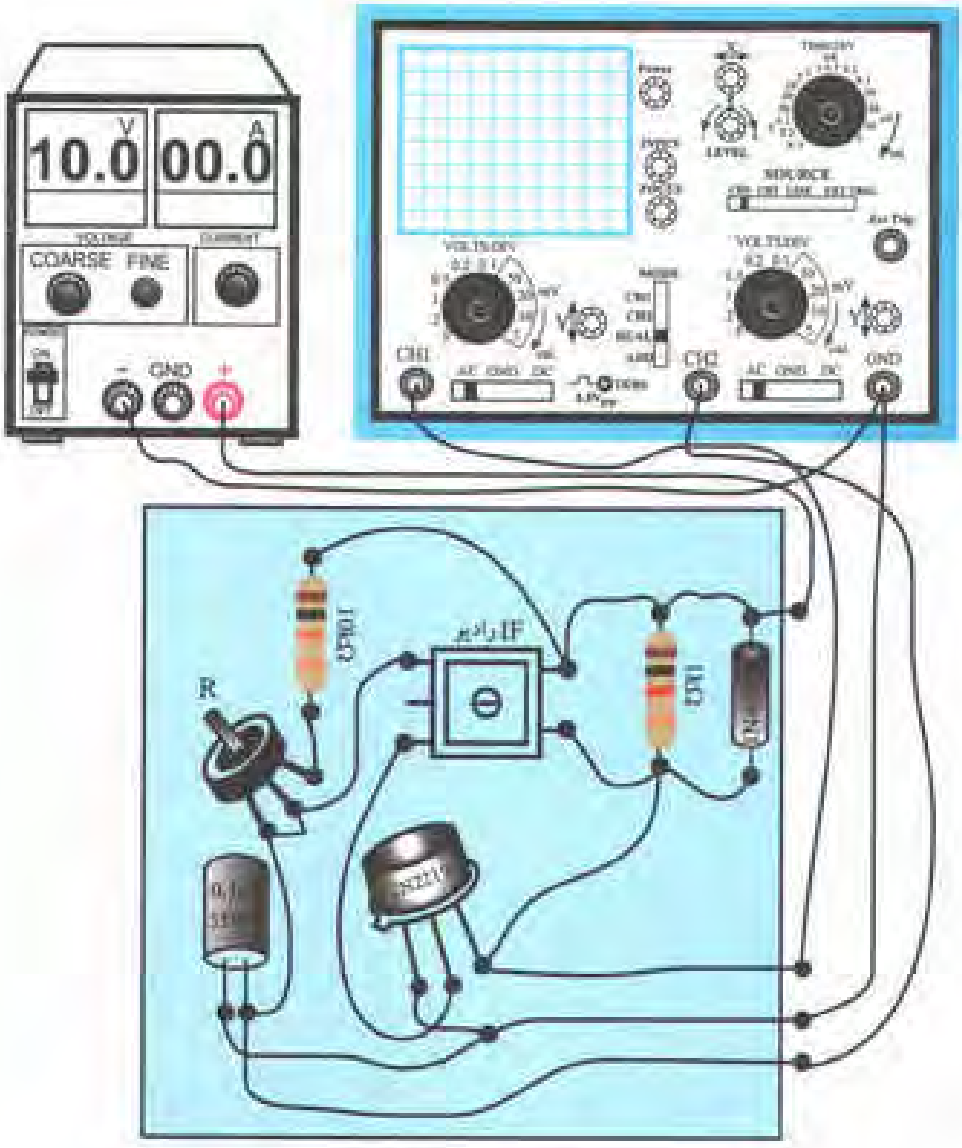


الف ـ شماتیک مدار

■ کلید AC-GND-DC هر دو کانال را در حالت GND قرار دهید.

■ شعاع‌ی مربوط به هر دو کانال را در مرکز صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.

■ کلید AC-GND-DC هر دو کانال را در حالت DC قرار دهید.



ب ـ مدار عملی

شکل ۱۷ـ۴ـ مدار آزمایش

■ رنج مناسب Volts/Div را برای دو کانال انتخاب کنید.

■ شکل موج‌های مشاهده شده‌ی هر کانال را با یک رنگ مجزا در شکل (۱۸ـ۴) رسم کنید.

■ زمان تناوب (T) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$T_A =$ و $T_B =$

■ مقدار فرکانس را محاسبه کنید.

$F_A = \frac{1}{T_A} =$ Hz و $F_B = \frac{1}{T_B} =$ Hz

■ مقدار R را روی حداکثر قرار دهید.

■ شکل نقاط A و B را مجدداً مشاهده و با دو رنگ مجزا در شکل (۱۹ـ۴) رسم کنید.

■ زمان تناوب را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$T_A =$

$T_B =$

■ مقدار فرکانس را محاسبه کنید.

$F_A = \frac{1}{T_A} = \frac{1}{\quad} =$ Hz

$F_B = \frac{1}{T_B} = \frac{1}{\quad} =$ Hz

سؤال ۱ـ چرا وقتی R روی حداکثر مقدار قرار گرفت فرکانس تغییر کرد؟ توضیح دهید.

سؤال ۲ـ دیود را قطع کنید و مشاهدات خود را بنویسید.

پاسخ‌های ۱ و ۲:

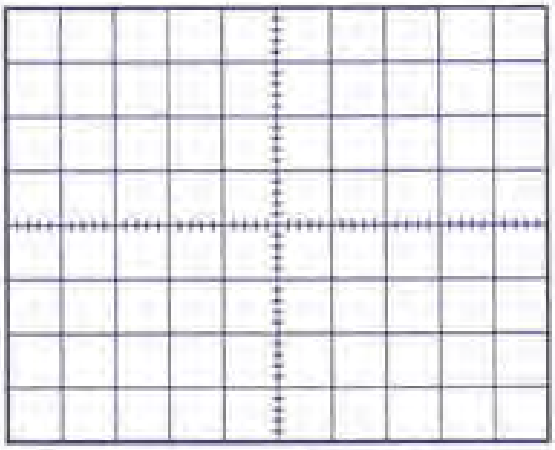
.....

.....

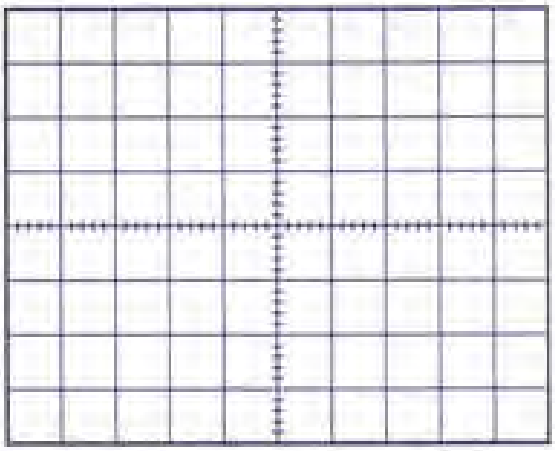
.....

.....

.....



شکل ۱۸ـ۴ـ شکل موج نقاط A و B نوسان‌ساز بلوکینگ



شکل ۱۹ـ۴ـ شکل ولتاژ نقاط A و B در حالتی که مقاومت R روی حداکثر قرار دارد.

در صورتی که توانستید به سؤال‌های ۱ و ۲ پاسخ دهید یا نیست به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۴) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۴ـ۴ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

۶ـ۴ـ۴ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش به‌صورت تیتروار را بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ مدار اسیلاتور بلوکینگ و شکل ولتاژ نقاط مختلف آن را رسم کنید.

پاسخ آزمون:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

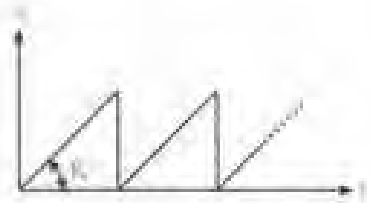
.....

۵ــ۴ــ مُبدّل موج مربعی به موج دندانه اره‌ای بوت‌استراپ

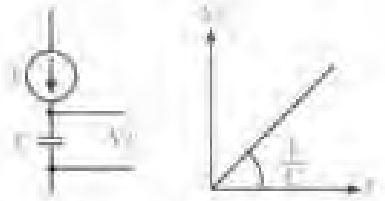
موج دندانه اره‌ای که به آن موج Ramp نیز گفته می‌شود (شکل ۲۰ــ۴) در دستگاه‌های اندازه‌گیری از قبیل اسیلوسکوپ و کارت‌های کنترل صنعتی کاربرد وسیعی دارد.

برای تولید ولتاژ کاملاً خطی باید رابطه $V = k.t$ برقرار باشد. در این رابطه k عدد ثابت است.

برای تولید این نوع سیگنال در عمل خازن را با جریان ثابت شارژ می‌کنند شکل (۲۱ــ۴).

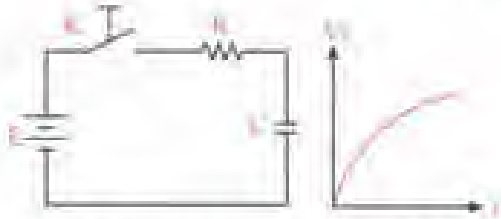


شکل ۲۰ــ۴ــ یک نمونه موج خطی



شکل ۲۱ــ۴ــ با شارژ خازن به کمک یک جریان ثابت ولتاژ دو سر آن کاملاً خطی می‌شود.

اگر خازن را به کمک یک مقاومت و یک منبع ولتاژ ثابت شارژ کنند، ولتاژ دو سر خازن به‌صورت نمایی خواهد بود شکل (۲۲ــ۴).

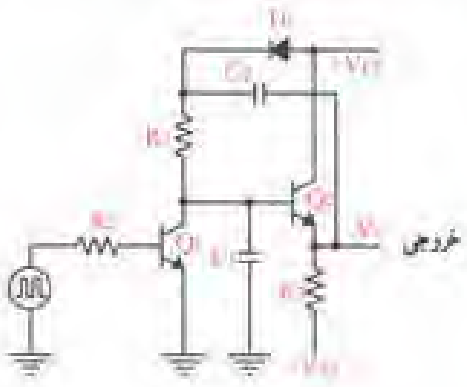


شکل ۲۲ــ۴ــ اگر خازن را با یک منبع ولتاژ ثابت و یک مقاومت شارژ کنیم، ولتاژ دو سر آن به‌صورت نمایی زیاد می‌شود.

یکی دیگر از شیوه‌های تولید موج خطی (Ramp) استفاده از مبدّل موج مربعی به دندانه اره‌ای بوت استراپ است.

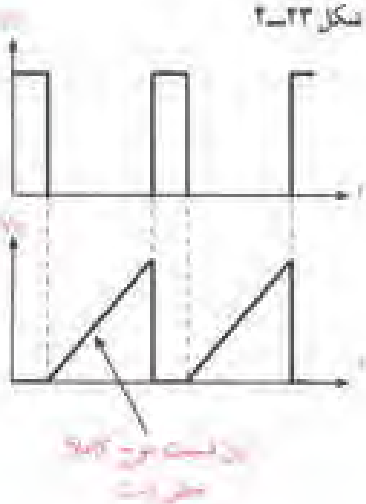
در حقیقت مبدل موج مربعی به دندانه اره‌ای خطی (Ramp) بوت استراپ، موج مربعی را تبدیل به موج خطی می‌کند.

در این مدار یک فیدبک مثبت قوی، شکل ولتاژ نمایی (غیرخطی) را به موج خطی تبدیل می‌کند. در شکل (۲۳ــ۴) یک نمونه مولد موج دندانه اره‌ای بوت استراپ نشان داده شده است. در این شکل، ترانزیستور Q_1 به عنوان سوییچی است که دائماً دو سر خازن C_1 را اتصال کوتاه می‌کند، خازن C_2 در مدار نقش فیدبک را به عهده دارد.



شکل ۲۳ــ۴

از محاسن این مولد این است که شکل ولتاژ خروجی می‌تواند از صفر شروع شود. مدت بودن یا نبودن شکل موج خطی با موج مربعی قابل تنظیم است (شکل ۲۴ــ۴).



شکل ۲۴ــ۴

۶ـ۴ـ آزمایش شماره (۳)

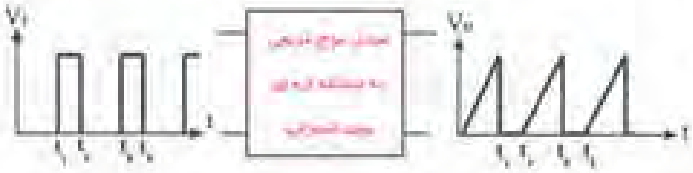
مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۱ـ۶ـ۴ـ نام آزمایش: مبدل موج مربعی به دندانه‌اره‌ای بوت استراپ

۲ـ۶ـ۴ـ هدف‌های آزمایش: بررسی مبدل موج مربعی به دندانه‌اره‌ای و مشاهده شکل موج خروجی.

۳ـ۶ـ۴ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما با یک نمونه مبدل موج مربعی به موج خطی (Ramp) آشنا می‌شوید. به این منظور یک برد آماده‌ی مدار چاپی مربوط به آزمایش در اختیار شما قرار می‌گیرد که ابتدا آن را مورد بررسی قرار می‌دهید و سپس با وصل منبع تغذیه و اسیلوسکوپ به آن، شکل موج‌های ورودی و خروجی آن را مشاهده می‌کنید.

قبل از انجام آزمایش حتماً اهداف آزمایش، شرح خلاصه آزمایش و نکات ایمنی را مطالعه کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل روبه رو نشوید. همچنین نکات ایمنی شماره ۴ که در صفحه ۸۲ آمده است را دقیقاً رعایت کنید.



۴ـ۶ـ۴ـ تجهیزات و قطعات موردنیاز آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ فانکشن ژنراتور	یک دستگاه
۳ـ منبع تغذیه ۱۸ و ۱۵۷ـ	دو دستگاه
۴ـ برد مدار چاپی مربوط به مبدل موج مربعی به موج دندانه اره‌ای بوت استراپ	یک قطعه
۵ـ سیم رابط	به اندازه کافی

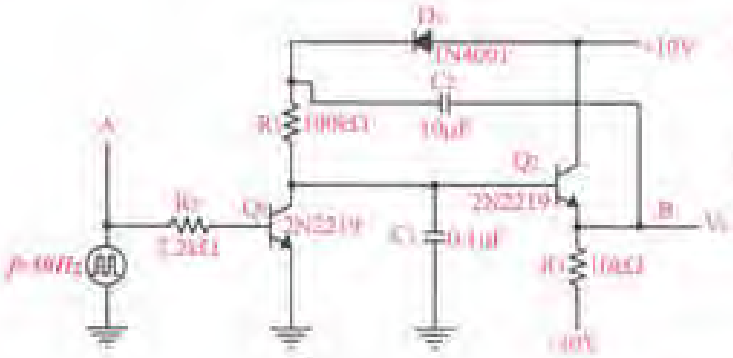
۵ـ۶ـ۴ـ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل موردنیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۲۵ـ۴ـ الف صفحه بعد) را که قبلاً به صورت برد مدار چاپی آماده شده است، مورد بررسی قرار دهید.
- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم و سپس به مدار شکل(۲۵ـ۴ـ ب) وصل کنید.
- کانال CH۱ اسیلوسکوپ را به نقطه A و کانال CH۲ اسیلوسکوپ را به نقطه B وصل کنید.
- تنظیمات لازم را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.
- فرکانس فانکشن ژنراتور را روی ۵۰Hz تنظیم کنید.
- شکل موج خروجی را روی حالت مربعی، duty Cycle

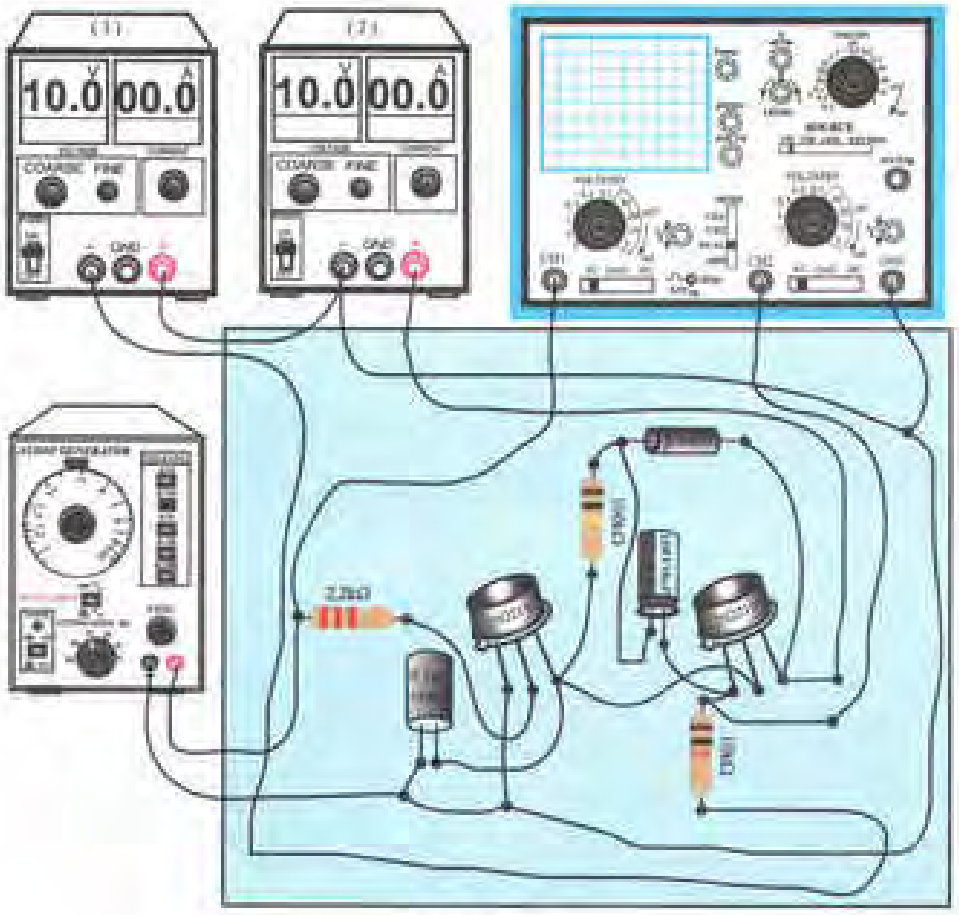
چون مدت زمان اختصاص داده شده برای اجرای این آزمایش محدود است لذا می بایستی این آزمایش حتماً روی مدار چاپی آماده شده انجام شود. قبل از شروع کار، برد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع شدن پایه‌ها بررسی کنید.

آن را روی ۵۰٪ و دامنه‌ی آن را روی حدود ۳ ولت تنظیم کنید (شکل ۲۶ـ۴).

■ هر دو شکل موج مشاهده شده روی صفحه حساس را مشاهده و با دو رنگ مختلف در شکل (۲۷ـ۴) رسم کنید.

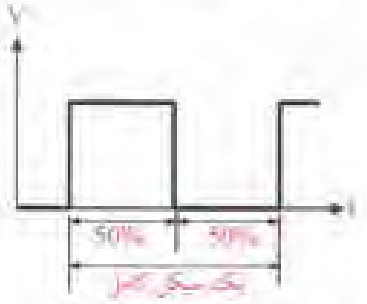


الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۲۵ـ۴ـ مدار آزمایش



شکل ۲۶ـ۴ـ شکل موج مربعی با Duty Cycle ۵۰٪

■ بار دیگر Duty cycle فانکشن ژنراتور را روی ٪۲۵ قرار دهید، در این حالت روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ باید شکل (۲۸ـ۴) ظاهر شود.

■ شکل موج‌های نقاط A و B را که روی صفحه‌ی حساس مشاهده کنید، با دو رنگ مختلف روی شکل (۲۹ـ۴) رسم کنید.

سؤال ۱ـ با توجه به شکل موج نقطه B (V_o) این مبدل در کجا کاربرد دارد؟ توضیح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

سؤال ۲ـ نقش دیود را در مدار شکل (۲۵ـ۴) شرح دهید.

پاسخ:

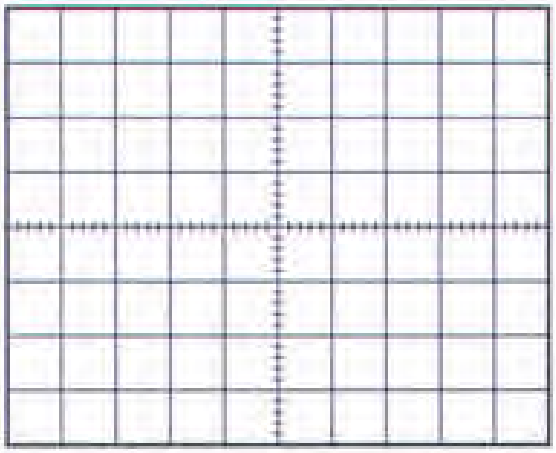
.....

.....

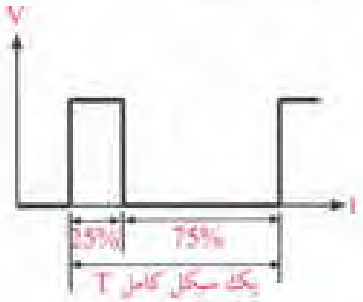
.....

.....

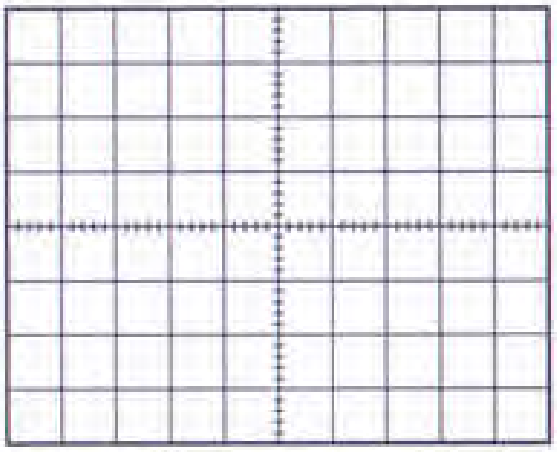
.....



شکل ۲۷ـ۴ـ شکل موج ورودی نقطه A و شکل موج خروجی نقطه B



شکل ۲۸ـ۴ـ شکل موج مربعی با Duty Cycle ٪۲۵



شکل ۲۹ـ۴ـ شکل موج ورودی نقطه A و شکل موج خروجی نقطه B.

در صورتی که نتوانستید به سؤال‌های ۱ و ۲ پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دارید به قسمت (۵ـ۴) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ در شکل (۲۵ـ۴)، ولتاژ منبع تغذیه (۲) را صفر کنید.

■ شکل موج مربعی ورودی را با Duty Cycle = ٪۵۰ و دامنه‌ی ۳ ولت به ورودی اعمال کنید (شکل ۲۶ـ۴).

■ شکل موج‌های مشاهده شده‌ی هر دو کانال را در شکل (۳۰ـ۴) رسم کنید.

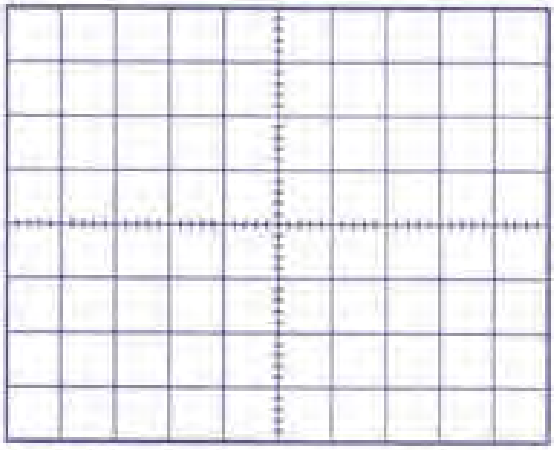
سؤال ۳ـ با مقایسه شکل (۲۷ـ۴) و شکل (۳۰ـ۴)، نقش منبع تغذیه‌ای که ولتاژ آن صفر شده را شرح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....



شکل ۳۰ـ۴ـ شکل موج ورودی نقطه A و شکل موج خروجی نقطه B با $V_{(t)} = ۰$

۶ـ۶ـ۴ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش:

.....

.....

.....

۷ـ۶ـ۴ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ طرز کار مدار شکل (۱۷ـ۴) و موارد کاربرد آن به اختصار شرح دهید.

پاسخ آزمون:

.....

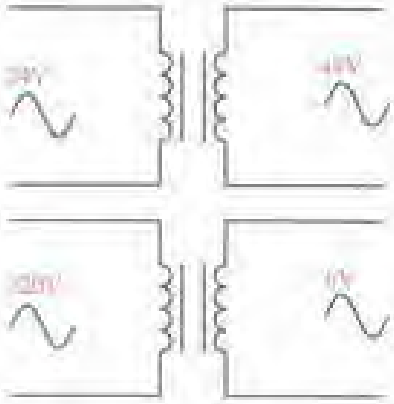
.....

.....

۷ـ۴ـ مبدل DC به DC

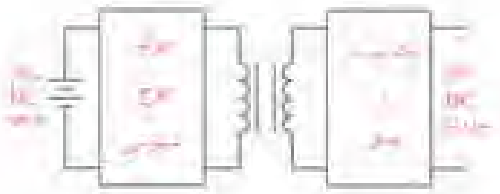
برای تبدیل ولتاژ AC موجود به ولتاژ AC موردنیاز از ترانسفورماتور استفاده می‌کنیم.

امّا اگر بخواهیم یک ولتاژ DC مثلاً ۱۲ ولت را تبدیل به ۲۴ ولت کنیم، استفاده از ترانسفورماتور امکان‌پذیر نیست زیرا ترانسفورماتور فقط ولتاژ AC را تبدیل می‌کند شکل (۳۱ـ۴).



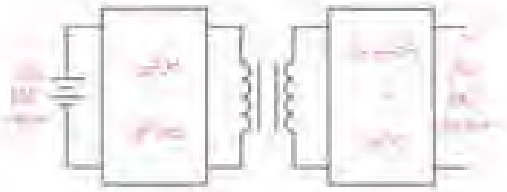
شکل ۳۱ـ۴ـ به کمک ترانسفورماتور می‌توان ولتاژ AC موردنیاز را با توجه به ولتاژ AC موجود بدست آورد.

در عمل اگر بخواهیم ولتاژ زیاد DC (مثلاً ۲۴ ولت) را به ولتاژ DC کمتر (مثلاً ۱۲ ولت) تبدیل کنیم، می‌توانیم از رگولاتورهای ولتاژ استفاده کنیم. ولی اگر بخواهیم ولتاژهای کم DC را تبدیل به ولتاژهای زیاد DC کنیم، به کمک رگولاتورها این کار امکان‌پذیر نیست. یکی از شیوه‌های افزایش ولتاژ DC این است که ابتدا ولتاژ DC را تبدیل به ولتاژ سینوسی می‌کنیم. سپس به کمک ترانسفورماتور، ولتاژ را تا حد موردنیاز افزایش می‌دهیم و در نهایت آن را یکسو و صاف می‌کنیم. شکل (۳۲ـ۴).



شکل ۳۲ـ۴ـ نحوه تبدیل ولتاژ DC موجود به ولتاژ DC موردنیاز

راه دیگر افزایش ولتاژ DC، استفاده از مولتی ویبراتور است. در این شیوه، با قطع و وصل کردن جریان در اولیه ترانسفورماتور به کمک مدار الکترونیکی ویبراتور، می‌توان ولتاژ بزرگتری را بدست آورد شکل (۳۳ـ۴).

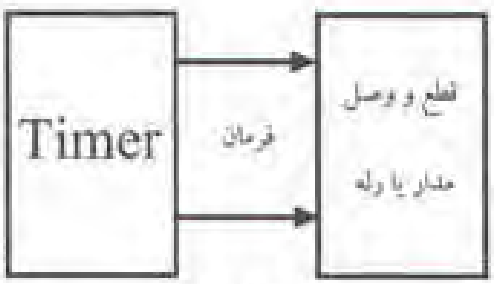


شکل ۳۳ـ۴ـ روش افزایش ولتاژ DC

۸ـ۴ـ مدار تایمر (Timer)

به کمک مدارهای الکترونیکی می‌توان زمان‌سنج یا تایمر ساخت. زمان‌سنج بعد از زمان مشخصی که قابل تنظیم است می‌تواند مدار یا رله‌ای را وصل یا قطع کند. شکل (۳۴ـ۴ـ الف).

برای این منظور ICهایی با کاربردهای ویژه ساخته شده است. بعضی از این ICها قادرند بعد از زمان‌های بسیار کم حتی چند میکروثانیه مدار دیگری را قطع و یا وصل کنند. برخی دیگر از این ICها چندان حساس نیستند. در زیر یک نمونه IC تایمر نسبتاً مشهور و پر کاربرد و ساده مورد بررسی قرار می‌گیرد.



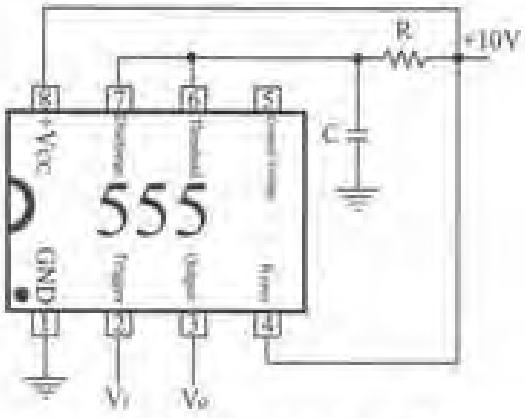
شکل ۳۴ـ۴ـ الف

شماره این IC، ۵۵۵ است و می‌تواند به عنوان یک مولتی ویبراتور آاستابل یا مونواستابل عمل کند. تغذیه‌ی این IC حداقل ۴/۵ ولت و حداکثر ۱۸ ولت و تعداد پایه‌های آن ۸ است.

در شکل (۳۴ـ۴ـ ب) شکل بلوکی IC همراه با نام پایه‌ها نشان داده شده است.

شکل ۳۴ـ۴ـ ب

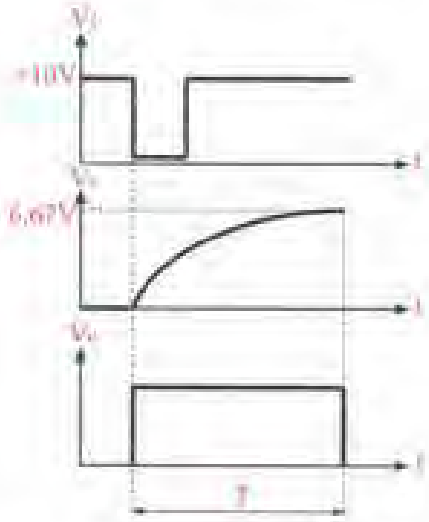
در شکل (۳۵ـ۴) مولتی ویبراتور مونواستابل با استفاده از IC تایمر ۵۵۵ نشان داده شده است.



شکل ۳۵ـ۴ـ مولتی ویبراتور مونواستابل

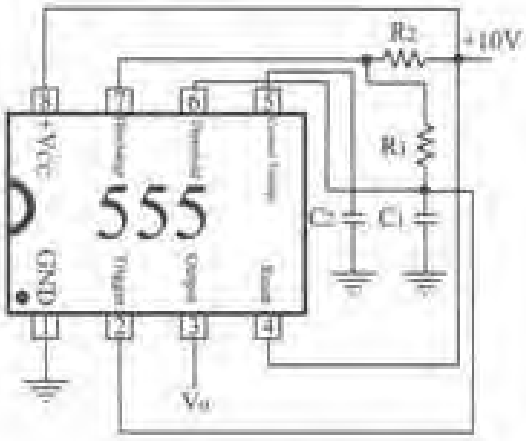
شکل موج‌های نقاط مختلف را نیز در شکل (۳۶ـ۴) مشاهده می‌کنید.

> آی سی ۵۵۵ یکی از آی سی‌های پر مصرف در مدارهای الکترونیکی است.



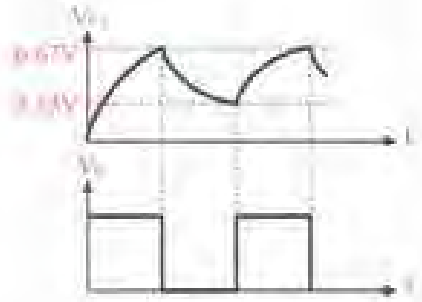
شکل ۳۶ـ۴ـ شکل موج‌های نقاط مختلف مولتی ویبراتور مونواستابل شکل ۳۵ـ۴

در شکل (۳۷ـ۴) مولتی ویبراتور آستابل با استفاده از IC تایمر ۵۵۵ نشان داده شده است.



شکل ۳۷ـ۴

در شکل (۳۸ـ۴)، شکل موج ولتاژ دو سر خازن C_1 و ولتاژ خروجی مولتی ویبراتور آستابل را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۸ـ۴

مدت زمان انجام آزمایش ۴ ساعت

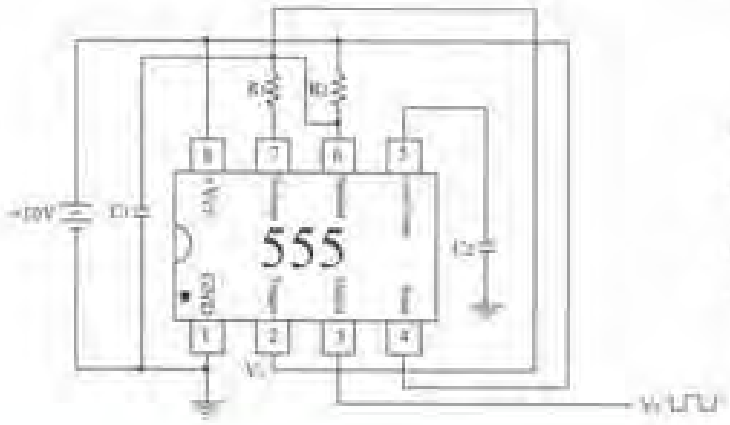
۹ـ۴ـ آزمایش شماره (۴)

۱ـ۹ـ۴ـ نام آزمایش: مدار تایمر

۲ـ۹ـ۴ـ هدف‌های آزمایش: الف ـ کار با IC تایمر ۵۵۵ به عنوان مولتی ویبراتور

ب ـ کار با IC تایمر ۵۵۵ به عنوان تایمر

۳ـ۹ـ۴ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما با IC تایمر ۵۵۵ که در مدارهای الکترونیکی بسیار رایج و پُرکاربرد است عملاً آشنا می‌شوید و دو نمونه کاربرد آن شامل مولتی‌ویبراتور آاستابل و مدار تایمر را مورد آزمایش قرار می‌دهید. لازم به یادآوری است که این IC کاربردهای دیگری نیز دارد.



۴ـ۹ـ۴ـ تجهیزات و قطعات موردنیاز

آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

تام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ یک یا دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۸ـ۱۵۷ـ ۰	یک دستگاه
۳ـ سیم رابط	به‌اندازه کافی
۴ـ برد مربوط به آزمایش IC تایمر و مولتی ویبراتور	یک قطعه

۵ـ۹ـ۴ـ مراحل اجرای آزمایش: موضوع الف :

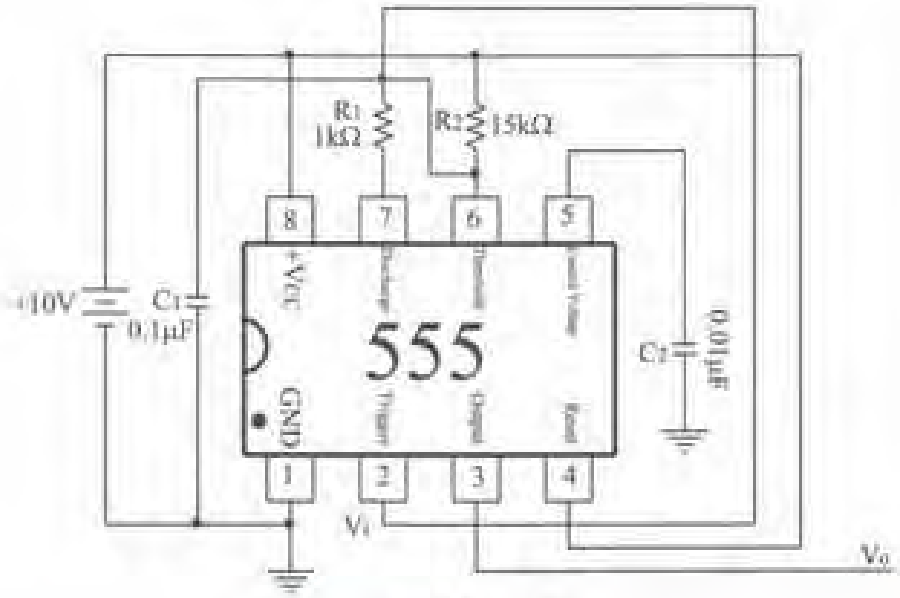
کار با IC تایمر ۵۵۵ به عنوان مولتی ویبراتور آاستابل

- وسایل موردنیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۳۹ـ۴ صفحه بعد) که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است را مورد بررسی قراردهید.
- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم و سپس به مدار وصل کنید.
- پایه‌ی شماره ۳ IC که خروجی IC است را به کانال CH۱ اسیلوسکوپ و پایه شماره ۵ آی ـ سی که ولتاژ دو سر خازن C است را به CH۲ وصل کنید.
- زمین مدار یعنی قطب منفی منبع تغذیه را به زمین اسیلوسکوپ وصل کنید.
- تنظیمات زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید :

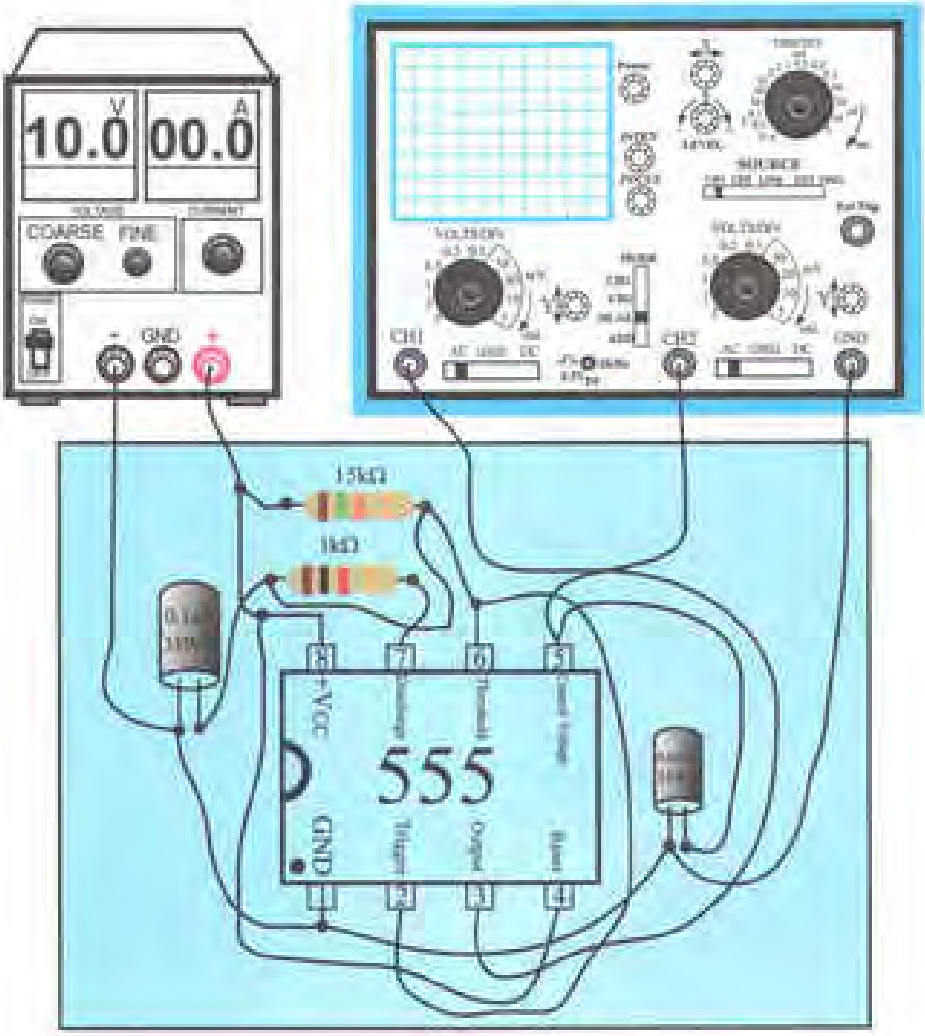
Volts/ Div = ۵V و Time/Div = ۲ms

- سایر تنظیمات لازم را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

جون مدت زمان اختصاص داده شده برای اجرای این آزمایش محدود است لذا می بایستی این آزمایش حتماً روی مدار چاپی آماده شده انجام شود. قبل از شروع کار، برد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع شدن پایه‌ها بررسی کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۳۹ـ۴ـ مدار آزمایش

■ شکل ولتاژ دو سر خازن (پایه شماره ۵ آی ـ سی) را در شکل (۴۰ـ۴) و شکل ولتاژ خروجی (پایه ۳) که روی صفحه حساس می‌بینید را در شکل (۴۱ـ۴) رسم کنید.

■ در شکل (۳۹ـ۴) به جای مقاومت ۱۵kΩ، مقاومت ۱/۵ کیلواهم در مدار قرار دهید شکل (۴۲ـ۴) و یا از برد دیگری که مقدار فوق روی آن باشد استفاده کنید.

■ تنظیمات زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

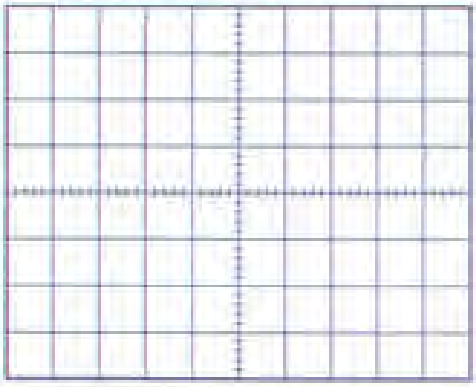
Volts/Div = ۵ V/Div

Time/Div = ۰/۲ms

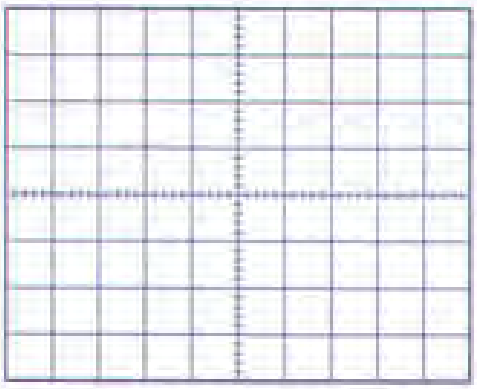
■ سایر تنظیمات لازم را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و سپس به مدار وصل کنید.

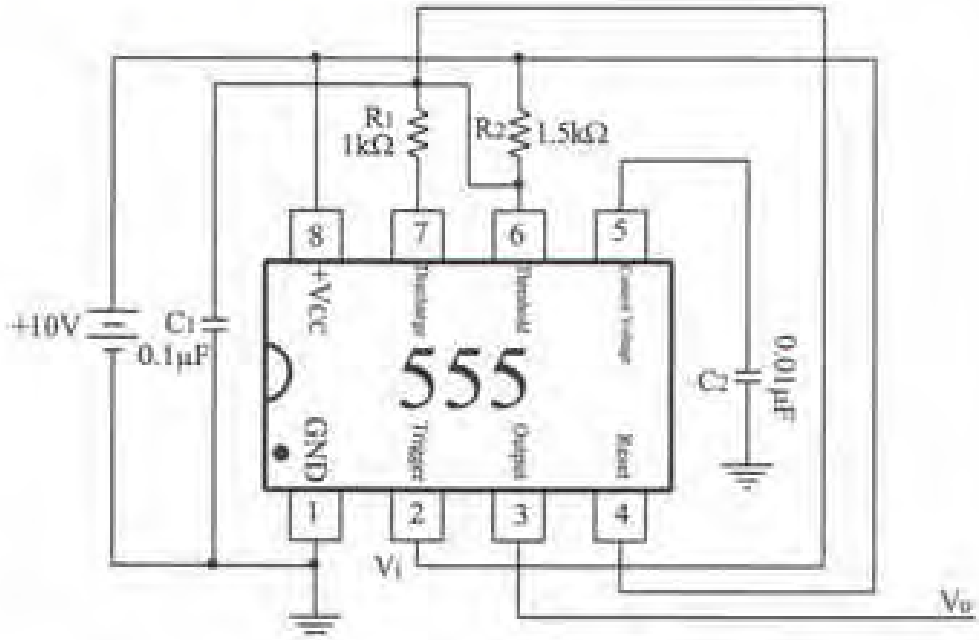
■ پایه‌ی شماره ۵ (ولتاژ دو سر خازن) را به کانال CH۱ و پایه‌ی شماره ۳ (Vout) را به کانال CH۲ اسیلوسکوپ وصل کنید.



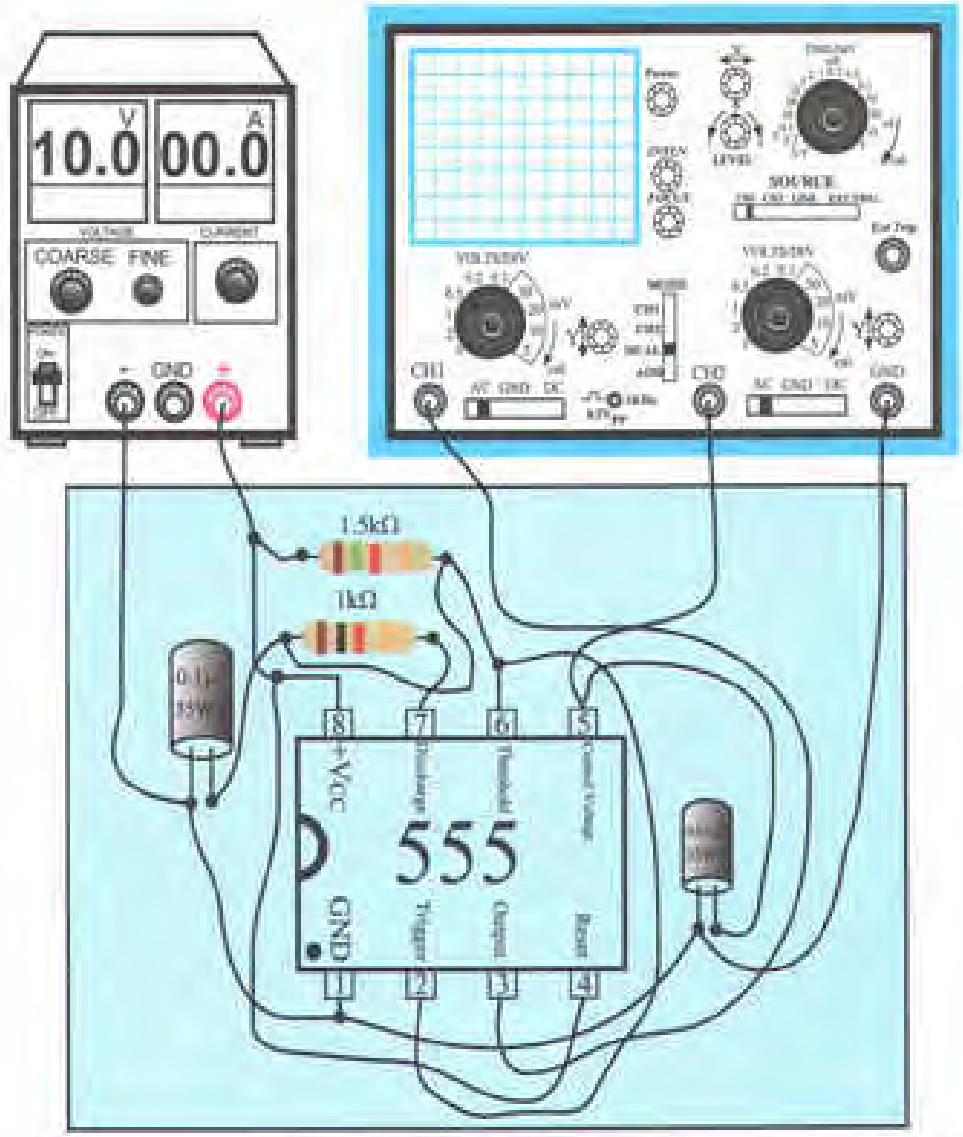
شکل ۴۰ـ۴ـ شکل ولتاژ دو سر خازن (پایه ۵ آی ـ سی)



شکل ۴۱ـ۴ـ شکل ولتاژ خروجی (پایه ۳ آی ـ سی)



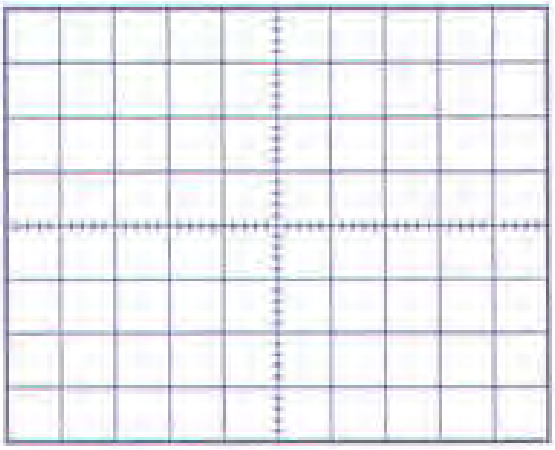
الف ـ شماتیک مدار



ب ــ مدار عملی

شکل ۲۲ــ۴ــ مدار آزمایش

■ شکل موج پایه‌ی شماره ۵ را که روی صفحه حساس مشاهده می‌کنید در شکل (۲۳ــ۴) رسم کنید.

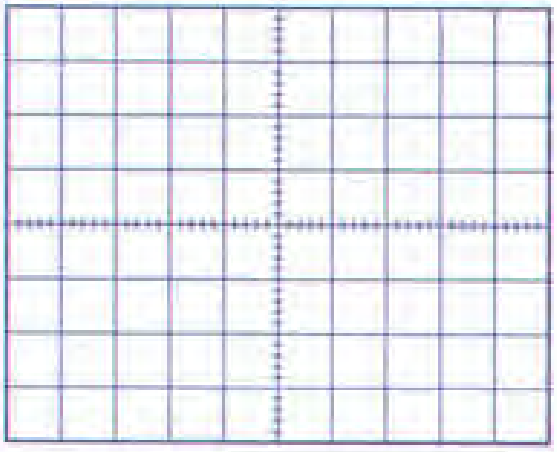


شکل ۲۳ــ۴ــ شکل ولتاژ دو سرخازن (پایه شماره ۳ آی ــ سی)

■ شکل موج پایه شماره ۳ را که روی صفحه حساس مشاهده می‌کنید در شکل (۴۴ـ۴) رسم کنید.

سؤال ۱ـ با توجه به شکل‌های (۴۱ـ۴) و (۴۴ـ۴)، آیا فرکانس تقریبی خروجی از رابطه زیر به‌دست می‌آید؟ توضیح دهید.

$$f \simeq \frac{1/44}{R_1 C_1}$$



شکل ۴۴ـ۴ـ شکل ولتاژ خروجی (پایه شماره ۳ آی ـ سی)

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۸ـ۴) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

برای اجرای خودآزمایی عملی و انتهای مطالب فصل چهارم آزمون پایانی عملی (۴) خودآزمایی شماره (۲) مراجعه کنید.

موضوع ب: کار با IC ـ ۵۵۵ به عنوان تایمر

■ مدار شکل (۴۵ـ۴) را که به صورت مدار چاپی آماده شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم و سپس به مدار وصل کنید.

■ در حالت عادی دیود نوردهنده (LED) باید خاموش باشد.

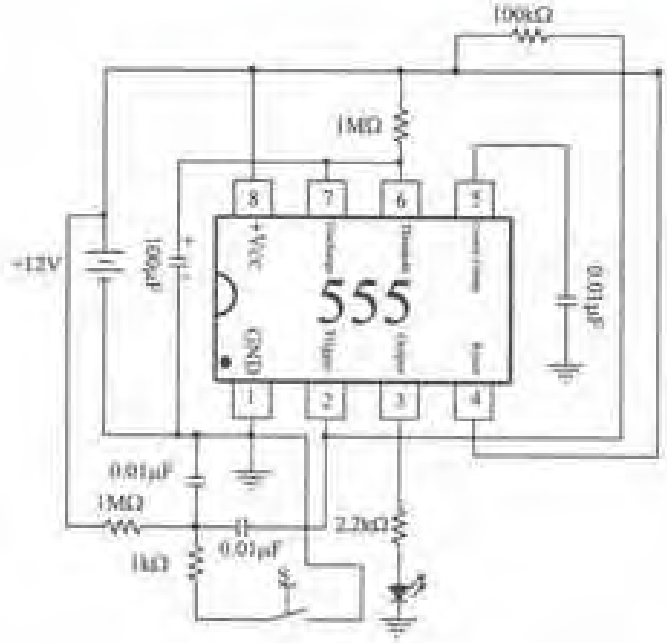
■ تستی S را فشار دهید. دیود LED مدتی روشن شده و سپس خاموش می‌شود.

■ مدت زمان روشن بودن دیود نوردهنده بستگی به مقدار R_1 و C_1 دارد.

■ کرنومتر را Reset و آن را آماده‌ی زمان‌گیری کنید.

■ تستی S را فشار دهید و کرنومتر را فعال کنید.

■ به محض خاموش شدن دیود LED کرنومتر را خاموش کنید (حالت Stop).



الف ـ شماتیک مدار

■ زمانی را که کرنومتر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

سؤال ۲ــ آیا زمان روشن بودن دیود LED از رابطه $T = 1/1R_1C_1$ تبعیت می‌کند؟ توضیح دهید.

پاسخ:

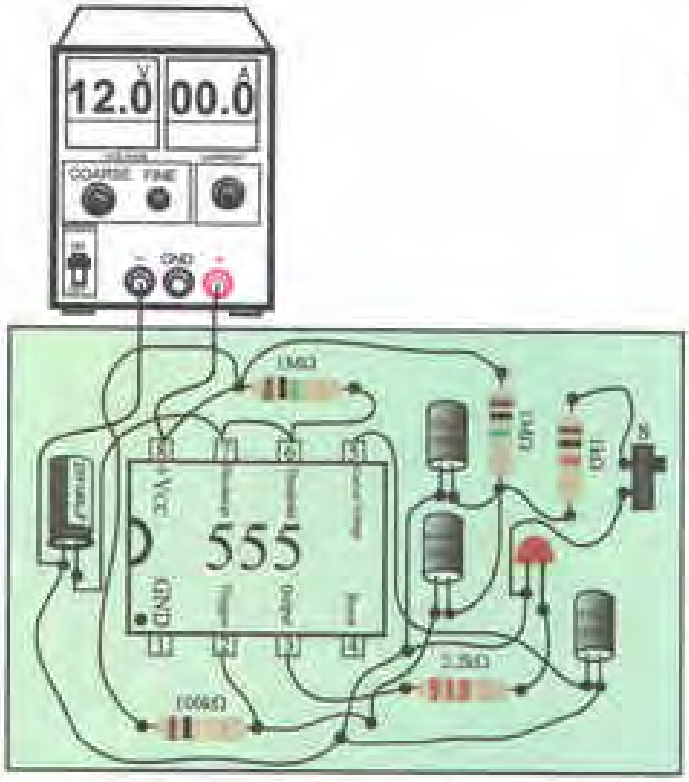
.....

.....

.....

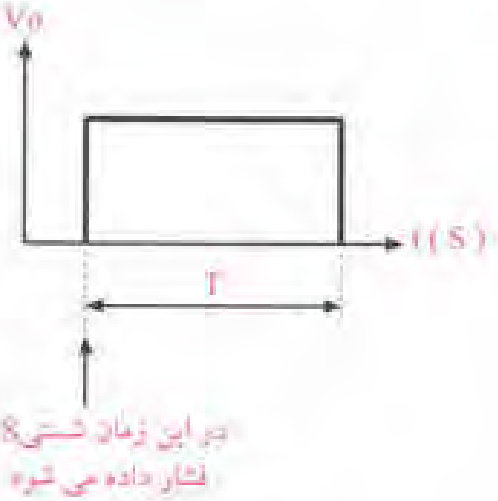
.....

.....



ب ــ مدار عملی

شکل ۲۵ــ۴ــ مدار آزمایش



شکل ۲۶ــ۴

۶ـ۹ـ۴ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

۷ـ۹ـ۴ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ دو مورد از کاربردهای IC تایمر ۵۵۵ را نام ببرید.

۲ـ یک مورد از کاربرد مدار تایمر مونواستابل شکل (۴۶ـ۴) را بنویسید.

پاسخ آزمون:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۱۰ـ ۴ـ آزمون پایانی عملی (۴)

۱ـ عناصر مدار یک مولتی‌ویبراتور را به گونه‌ای انتخاب کنید که با فرکانس 2kHz (T = 1S) نوسان کند. مدار را عملاً بسازید.

۲ـ سعی کنید با ترجمه کاتالوگ زیر که مربوط به یک IC تایمر ۵۵۶ است، مشخصات این IC را از این کاتالوگ استخراج کنید.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	RATING	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	+18	V
Input voltage (each input)	+18	V
Power dissipation	600	mW
Operating temperature range		
SE556	0 to +70	°C
SA556	-55 to +125	°C
SE556C	-65 to +150	°C
Lead temperature (soldering, 10 sec)	+300	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS T_A = 25°C, V_{CC} = +5V to +15V unless otherwise specified

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE556			SA556/SE556C			UNITS
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply voltage		4.5		18	4.5		16	V
Supply current (each section)	V_{CC} = 5V, R_L = ∞		6	10		6	12	mA
	V_{CC} = 15V, R_L = ∞		20	24		20	30	mA
Timing error, monostable	R_A, R_B = 2kΩ to 100kΩ, C = 0.1µF		0.5	5.0		0.75	3.0	%
Initial accuracy			50	100		50		ppm/°C
Drift with temperature			0.05	0.5		0.1	0.5	%/V
Drift with supply voltage								
Timing error, astable	R_A, R_B = 1kΩ to 100kΩ, C = 0.1µF, V_{CC} = 15V		1.5			2.25		%
Initial accuracy			90			150		ppm/°C
Drift with temperature			0.15			0.3		%/V
Drift with supply voltage								
Output voltage, low	V_{CC} = 15V	5.0	5.6	6.4	5.0	5.6	6.4	V
	I_{sink} = 5mA	2.2	2.75	3.5	2.2	2.75	3.5	V
Output voltage, high	V_{CC} = 15V	8.5	10.0	11.5	8.5	10.0	11.5	V
	I_{source} = 5mA	3.0	3.33	4.0	3.0	3.33	4.0	V
Trigger voltage, astable			5.0	5.6		5.0	5.6	V
Trigger current, astable			0.5	2.0		0.5	2.0	µA
Trigger threshold	V_{CC} = 15V	9.4	10.0	10.6	9.4	10.0	10.6	V
	V_{CC} = 5V	3.0	3.33	3.9	3.0	3.33	3.9	V
Trigger, timeout	$V_{threshold}$ = 0V		0.1	0.5		0.1	0.5	µA
Reset voltage		0.4	0.5	0.8	0.4	0.5	1.0	V
Reset current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Reset current	V_{reset} = 0V		0.4	1.0		0.4	1.5	mA
Output voltage, low	V_{CC} = 15V							
	I_{sink} = 10mA		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	I_{sink} = 50mA		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	I_{sink} = 100mA		0.9	2.0		0.9	2.5	V
	I_{sink} = 200mA		2.5			2.5		V
	V_{CC} = 5V							
	I_{sink} = 8mA		0.1	0.25		0.15	0.4	V
	I_{sink} = 5mA		0.08	0.25		0.15	0.25	V
Output voltage, high	Supply: 15V							
	I_{source} = 200mA		12.5			12.5		V
	I_{source} = 100mA	13.0	13.3		13.0	13.3		V
	Supply: 5V							
	I_{source} = 100mA	3.0	3.3		2.75	3.3		V
Rise time of output			100	200		100	200	ns
Fall time of output			100	200		100	200	ns
Discharge leakage current			20	100		20	100	nA
Matching characteristics								
initial accuracy			0.5	1.0		1.0	4.0	%
Drift with temperature			10			50		ppm/°C
Drift with supply voltage			0.1	0.2		0.5	0.5	%/V

۱۱ـ۴ـ پرسش و تمرین (۴)

۱ـ مولتی ویبراتور را تعریف کنید.

۲ـ یک مدار کوپلینگ معمولاً از کدام عناصر تشکیل می‌شود؟

۳ـ انواع کوپلینگ را نام ببرید.

۴ـ مولتی ویبراتور بی‌استایل را شرح دهید.

۵ـ فرق مولتی‌ویبراتور مونواستایل و بی‌استایل را شرح دهید.

۶ـ طرز کار یک مولتی ویبراتور آاستایل را توضیح دهید.

۷ـ نوسان ساز بلوکینگ کدام نوع شکل موج را تولید می‌کند.

۸ـ چگونه می‌توان یک موج Ramp ایجاد کرد؟

۹ـ چگونه می‌توان ولتاژ DC کم را به ولتاژ DC زیاد تبدیل کرد؟

۱۰ـ مختصری راجع به IC شماره ۵۵۵ توضیح دهید.

پاسخ به سؤال‌ها:

فصل پنجم

نیمه‌هادی‌های چندلایه

هدف کلی

استفاده از نیمه هادی‌های چند لایه برای کنترل توان

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

۱ـ ساختمان ترانزیستور UJT را شرح دهد.
۲ـ مدار نوسان‌ساز موج دندانه اره‌ای را با استفاده از ترانزیستور UJT رسم کند.
۳ـ یک نوسان‌ساز موج دندانه اره‌ای با استفاده از ترانزیستور UJT را عملاً مورد آزمایش قرار دهد.
۴ـ مزایای PUT را نسبت به UJT توضیح دهد.
۵ـ مدار نوسان‌ساز موج دندانه اره‌ای را با استفاده از PUT رسم کند.
۶ـ یک PUT را به عنوان نوسان‌ساز مورد آزمایش قرار دهد.
۷ـ η را در یک نوسان‌ساز با استفاده از PUT محاسبه کند.
۸ـ ساختمان یک دیاک ۳لایه را به‌اختصار شرح دهد.
۹ـ منحنی مشخصه‌ی یک دیاک ۳لایه و یک دیاک ۵لایه را رسم کند.
۱۰ـ تفاوت دیاک ۳لایه و دیاک ۵ لایه را توضیح دهد.
۱۱ـ علایم قراردادی دیاک را رسم کند.
۱۲ـ عملاً یک مدار نوسان‌ساز را با استفاده از دیاک مورد آزمایش قرار دهد.
۱۳ـ ساختمان یک تریستور را شرح دهد.
۱۴ـ کاربرد یک SCR را بیان کند.
۱۵ـ یک مدار فرمان ساده برای روشن کردن SCR رسم کند.
۱۶ـ نحوه‌ی روشن کردن یک SCR با استفاده از پالس‌های سوزنی شکل پایه B1 ترانزیستور UJT را شرح

ساعت آموزش

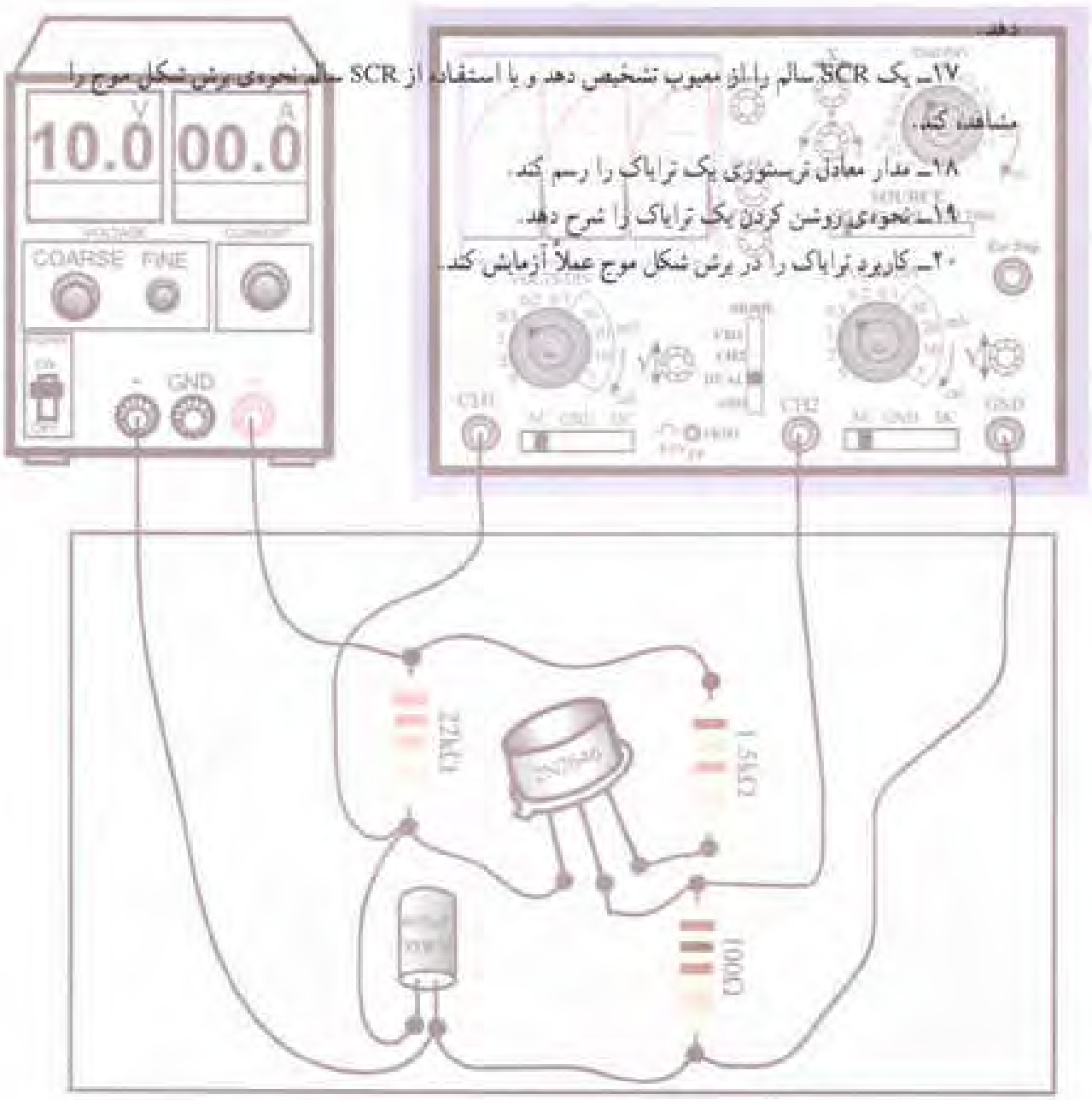
نظری	عملی	جمع
۱۰	۱۰	۲۰

۱۷ـ یک SCR سالم را از معیوب تشخیص دهد و با استفاده از SCR سالم نحوه‌ی برش شکل موج را مشاهده کند.

۱۸ـ مدار معادل ترانزیستوری یک تریاک را رسم کند.

۱۹ـ نحوه‌ی روشن کردن یک تریاک را شرح دهد.

۲۰ـ کاربرد تریاک را در برش شکل موج عملاً آزمایش کند.



پیش‌آزمون (۵)

۱ـ کاربرد نوسان‌سازهای سینوسی در چه مدارهایی می‌باشد؟

۲ـ شکل موج تولید شده توسط نوسان‌ساز بلوکینگ کدام گزینه است؟

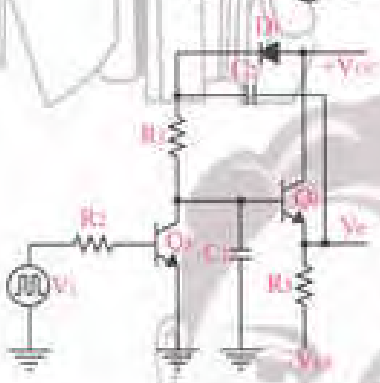
الف : □ مربعی

ب : □ سینوسی

ج : □ خطی

د : □ هر سه مورد

۳ـ در شکل زیر اگر شکل موج V_i مربعی باشد، V_o کدام شکل موج خواهد بود؟



الف : □ سینوسی

ب : □ خطی

ج : □ پالس

د : □ مربعی

۴ـ مفهوم بایاسینگ ترانزیستور را شرح دهید.

۵ـ فرق تنظیم کننده‌ی ولتاژ سری و موازی را بیان کنید.

۶ـ چرا دیود زنر را فقط در بایاس معکوس به‌کار می‌برند؟ شرح دهید.

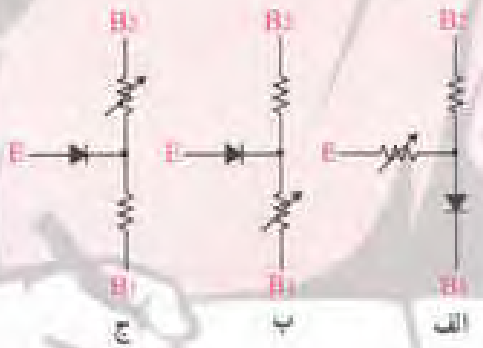
۷ـ مقدار مقاومت شکل مقابل چند اهم است؟

۸ـ کدام مدار معادل مربوط به یک ترانزیستور UJT است؟

الف ـ □

ب ـ □

ج ـ □



۹ـ η در یک UJT طبق کدام رابطه تعریف می‌شود؟

۱۰ـ در شکل مقابل، پالس‌های سوزنی از کدام نقطه دریافت می‌شود؟

الف: □ A　　ب: □ B

ج: □ C　　د: □ D

۱۱ـ ساختمان داخلی یک PUT را رسم و پایه‌های آن را مشخص کنید.

۱۲ـ مزیت‌های یک PUT را بر UJT به‌طور کامل توضیح دهید.

۱۳ـ نحوه تشخیص سالم بودن یک PUT را مرحله به مرحله شرح دهید.

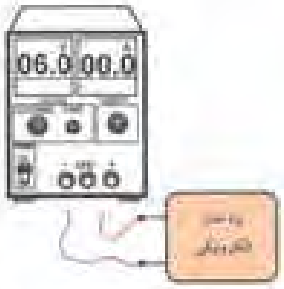
۱۴ـ تفاوت بین دیاک سه‌لایه و پنج‌لایه را شرح دهید.

۱۵ـ دیاک عموماً در چه مدارهایی به‌کار می‌رود؟

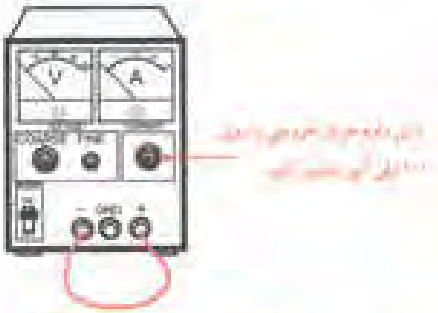
۱۶ـ ساختمان داخلی یک SCR را رسم و پایه‌های آن را نام‌گذاری کنید.

۱۷ـ چگونه می‌توان به معیوب‌نبودن یک SCR پی‌برد؟

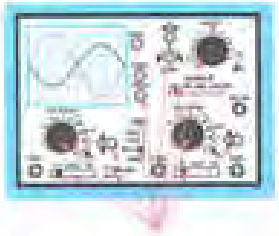
نکات ایمنی (۵)



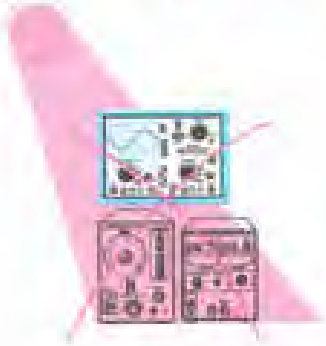
۱ــ در کلیه‌ی آزمایش‌ها، ابتدا ولتاژ منبع تغذیه را تنظیم و سپس آن را به مدار وصل کنید.



۲ــ حتی‌الامکان جریان خروجی منابع تغذیه را در حداقل مقدار لازم تنظیم کنید.

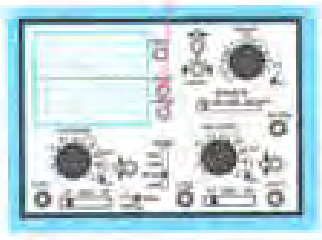


۳ــ کلیدها و ولوم‌های اسیلوسکوپ بسیار حساس هستند هنگام تعویض یا چرخاندن آن‌ها، نهایت دقت را داشته باشید تا آسیبی به آن‌ها نرسد.



۴ــ اسیلوسکوپ را در مکان گرم یا زیر نور آفتاب قرار ندهید.

۵ــ روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ، نور اشعه و نقطه کانونی (FOCUS) را طوری تنظیم کنید که اشعه کاملاً باریک و از نظر شدت نور به‌آسانی قابل رؤیت باشند. نور شدید به صفحه‌ی اسیلوسکوپ آسیب می‌رساند.



۶ــ در آزمایش شماره ۵ مرحله (۱۱ــ۵) که مربوط به دیمر است چون با ولتاژ ۲۲۰ ولت کار می‌کنید جهت جلوگیری از برق‌گرفتگی نهایت احتیاط را داشته باشید و آزمایش را با حضور مربی خود انجام دهید.

قابل توجه همکاران ارجمند

با توجه به این‌که مدت اختصاص داده شده به کار عملی در این فصل محدود می‌باشد، ضروری است فراگیران فقط آزمایش شماره (۱) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندند و آزمایش کنند و برای آزمایش‌های بعدی این فصل در هنرستان‌ها برای هر آزمایش یک برد مدار چاپی آماده تهیه کرده و در اختیار هنرجویان قرار دهند تا هنرجویان بدون بستن اجزای مدار، همه‌ی آزمایش‌ها را انجام دهند و نتیجه‌ی آن را مشاهده کنند.

۱ـ۵ـ ساختمان، طرزکار، منحنی مشخصه و کاربرد ترانزیستور تک‌اتصالی* (UJT)

ترانزیستور تک‌اتصالی یا UJT از یک قطعه نیمه‌هادی معمولاً نوع N و به‌قدرت نوع P با ناخالصی کم تشکیل می‌شود. در قسمتی از نیمه‌هادی نوع N یک نیمه‌هادی نوع P تلوط می‌دهند به این ترتیب اصطلاح تک‌اتصالی تعریف می‌شود. شکل (۱ـ۵) شکل ظاهری و ساختمان داخلی این ترانزیستور را نشان می‌دهد. دو اتصال انتهایی ناحیه N را بیس یا پایه‌های B_1 و B_2 و اتصال نیمه‌هادی نوع P را امیتر می‌گویند.

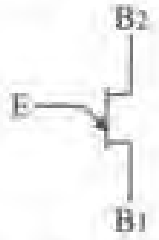
مقاومت اهمی نیمه‌هادی نوع N زیاد و در حدود ۴ تا ۱۰ کیلو اهم است.

الف - شکل ظاهری ترانزیستور UJT

ب - ساختمان داخلی UJT

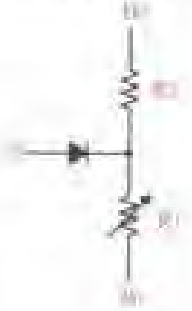
شکل ۱ـ۵ـ شکل ظاهری و ساختمان داخلی UJT

در شکل (۲ـ۵) نماد یا علامت قراردادی ترانزیستور UJT نشان داده شده است.



شکل ۲ـ۵ـ نماد ترانزیستور UJT

ترانزیستور UJT را می‌توان به‌صورت مدار معادل شکل (۳ـ۵) نیز نشان داد. مقاومت‌های R_1 و R_2 همان مقاومت نیمه‌هادی نوع N است. $R_1 + R_2$ مقاومت الکتریکی بین پایه‌های B_1 و B_2 می‌باشد. گاهی $R_1 + R_2$ را با R_{BB} نیز نشان می‌دهند.

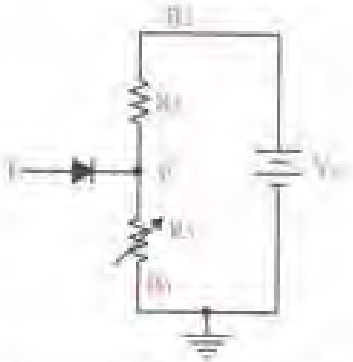


شکل ۳ـ۵ ـ مدار معادل UJT

اگر پایه‌ی امیتر (E) را باز نگه داریم و اختلاف پتانسیل V_0 را در دو سر نیمه‌هادی نوع N برقرار کنیم یعنی B_1 را به‌زمین و B_2 را به پتانسیل V_0 اتصال دهیم، جریانی معادل $\frac{V_0}{R_1 + R_2}$ از نیمه‌هادی نوع N عبور می‌کند. پتانسیل الکتریکی محل اتصال ناحیه P یعنی نقطه E' (در شکل ۴ـ۵) نسبت به‌زمین از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$I = \frac{V_0}{R_1 + R_2}$$

$$V_{E'} = I.R_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_0 = \eta V_0$$



شکل ۴ـ۵ـ ولتاژ E' از رابطه ηV_0 به‌دست می‌آید.

* Unijunction Transistor

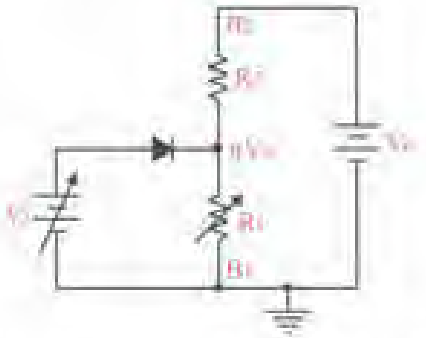
η را ضریب تقسیم UJT می‌نامند که مقدار آن به‌وسیله‌ی کارخانه سازنده مشخص می‌شود. حال اگر علاوه بر V_0 بین امیتر و پایه B_1 ولتاژی برقرار کنیم و این ولتاژ را که به منزله ولتاژ ورودی است بالا ببریم، تا زمانی که $V_i < \eta V_0$ است دیود ورودی در حالت قطع قرار دارد. در این شرایط عملاً جریانی از امیتر عبور نمی‌کند. حال اگر ولتاژ شروع هدایت این دیود را V_D بنامیم (V_D حدود ۰/۶ ولت است)، تا زمانی که $V_i < \eta V_0 + V_D$ باشد بازهم جریانی در مسیر امیتر نداریم. در صورتی که V_i کمی از این مقدار بیشتر شود، جریان در امیتر جاری می‌شود و مقاومت الکتریکی بین نیمه‌هادی نوع P و B_1 یعنی R_1 را کاهش می‌دهد. انتخاب علامت منفی برای R_1 نیز به همین دلیل است. با این عمل پتانسیل نقطه E' کم می‌شود و هدایت دیود ورودی را تشدید می‌کند و به نوبه خود پتانسیل E' را بازهم کاهش می‌دهد. این روند ادامه می‌یابد و پتانسیل E'B$_1$ را شدیداً کم می‌کند و بدین ترتیب یک مشخصه ورودی مانند شکل (۶ـ۵) به‌دست می‌آید.

مهم‌ترین کاربرد UJT، تولید شکل موج دندانه‌ارهای و پالس است. از ترانزیستور UJT به هیچ‌عنوان نمی‌توان در مدارهای تقویت‌کننده استفاده کرد! چرا؟

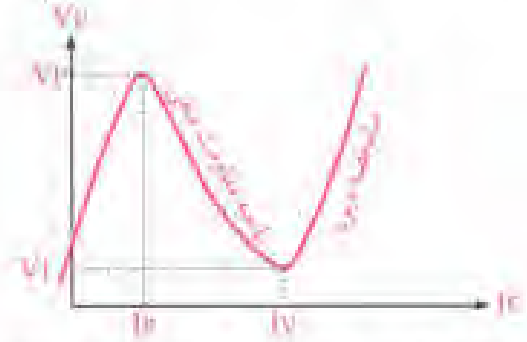
مداری که معمولاً UJT در آن استفاده می‌شود به‌صورت شکل (۷ـ۵) است.

در ترمینال E روی پایه امیتر، یک موج دندانه ارهای و در ترمینال B_1 ، پالس سوزنی به‌وجود می‌آید که با توجه به نیاز می‌توان از هرکدام از این شکل موج‌ها در جای خود استفاده کرد. شکل (۸ـ۵)، طرز کار مدار به این صورت است که ابتدا UJT در حالت قطع قراردارد و خازن C از طریق مقاومت R با ثابت زمانی RC شارژ می‌شود. هنگامی که ولتاژ خازن به مقدار V_P برسد UJT به حالت هدایت می‌رود و جریان زیادی از مسیر EB$_1$ عبور می‌کند. هدایت UJT باعث دشارژ خازن می‌شود و ولتاژ ترمینال E را به‌طور ناگهانی تا V_V کاهش می‌دهد. از آن به بعد UJT به حالت قطع می‌رود و چرخه سیکل از نو تکرار می‌شود. در صورتی که $\eta = ۰/۵$ باشد، فرکانس نوسان UJT برابر است با:

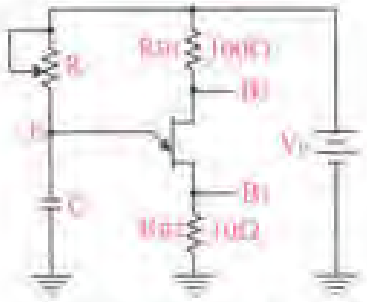
$$F = \frac{۱}{۰/۷RC} (Hz)$$



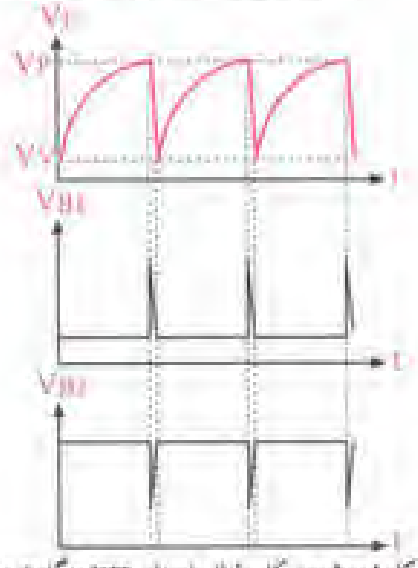
شکل ۵ـ۵ـ مدار جهت بدست آوردن منحنی مشخصه ولت ـ امپر ترانزیستور UJT



شکل ۶ـ۵ـ منحنی مشخصه ولت ـ آمپر ترانزیستور UJT



شکل ۷ـ۵ـ مدار عمومی کاربرد UJT



شکل ۸ـ۵ـ شکل ولتاژ پایه‌های UJT هنگام نوسان

۲ـ۵ـ آزمایش شماره (۱)

۱ـ۲ـ۵ـ نام آزمایش: ترانزیستور تک اتصالی (UJT)

۲ـ۲ـ۵ـ هدف‌های آزمایش: ساخت یک نوسان‌ساز موج دندانه‌اره‌ای با استفاده از ترانزیستور UJT.

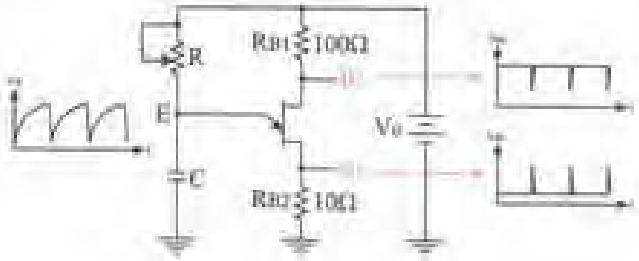
۳ـ۲ـ۵ـ خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما عملاً با یکی از کاربردهای ترانزیستور UJT آشنا می‌شوید. در مراحل اجرای آزمایش با استفاده از یک UJT یک نوسان‌ساز موج دندانه اره‌ای را می‌بندید. موج دندانه‌اره‌ای از دو سر خازن قابل دریافت است. در ضمن پالس‌های سوزنی شکل را می‌توانید از پایه‌ی B_1 دریافت کنید. این پالس‌ها را می‌توان برای روشن کردن SCR به کار برد.

به یاد داشته باشید که برای تشخیص ترانزیستور UJT سالم از معیوب می‌توانید از مراحل اجرای این آزمایش استفاده کنید.

۴ـ۲ـ۵ـ تجهیزات و قطعات موردنیاز آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

قبل از انجام آزمایش حتماً اهداف آزمایش، شرح خلاصه آزمایش و نکات ایمنی را مطالعه کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل روبه‌رو نشوید. همچنین نکات ایمنی شماره ۵ که در صفحه ۱۱۹ آمده است را دقیقاً رعایت کنید.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت



شکل ۹ـ۵

نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱ـ منبع تغذیه ۱۸ و ۱۵۷-	یک دستگاه
۲ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳ـ برد پُرد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴ـ ترانزیستور 2N2646	یک عدد
۵ـ خازن ۰/۰۱μF	یک عدد
۶ـ مقاومت‌های ۲۲K ، ۱/۵K و ۲۲۰K و ۱۰۰Ω	از هر کدام یک عدد
۷ـ سیم رابط	به اندازه کافی

۵ــ۲ــ۵ــ مراحل اجرای آزمایش:

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۱۰ــ۵) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

■ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

■ قبل از وصل کردن سیگنال خروجی به اسیلوسکوپ، اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیمات FOCUS، INTENSITY، Volts/Div=۵V/Div ،Time/Div=۱ms/div را انجام دهید.

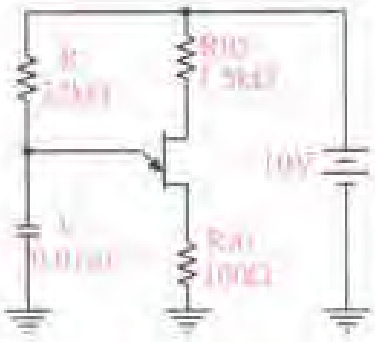
■ شکل موج مشاهده شده‌ی مربوط به کانال CH۱ و کانال CH۲ اسیلوسکوپ را در شکل (۱۱ــ۵) در دو رنگ مختلف رسم کنید.

■ زمان تناوب شکل موج را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

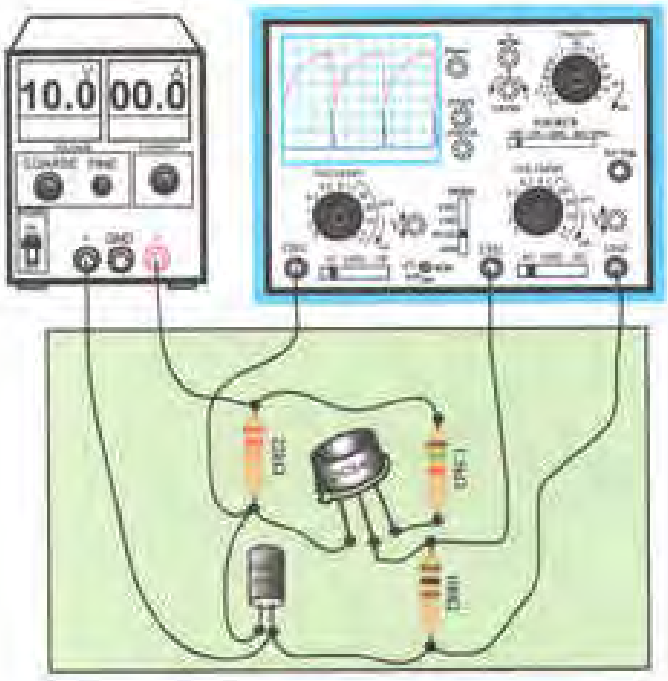
$T =$ (ms)

■ فرکانس را محاسبه کنید.

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1000}{T(ms)} = \frac{1000}{\quad} = \quad Hz$$



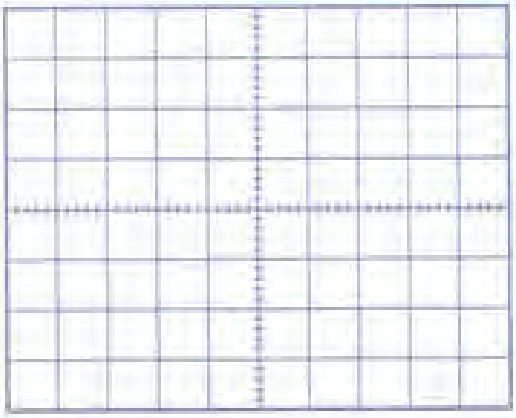
الف ــ شماتیک مدار



ب ــ مدار عملی

شکل ۱۰ــ۵ــ مدار آزمایش

■ در مدار شکل (۱۰ــ۵)، به جای مقاومت ۲۲kΩ ، مقاومت ۲۲۰kΩ قرار دهید. شکل (۱۲ــ۵).



شکل ۱۱ــ۵ــ شکل ولتاژ نقاط B۱ و E (دو سر خازن)

■ شکل موج‌های مربوط به کانال‌های CH۱ و CH۲ در دو شکل (۱۳ـ ۵) با دو رنگ مختلف رسم کنید.

■ در صورت نیاز تنظیمات لازم را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

■ زمان تناوب را از روی اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$T =$ (ms)

■ فرکانس را محاسبه کنید.

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1000}{T(ms)} = \frac{1000}{\quad} = \quad Hz$$

سؤال ۱ـ فرکانس شکل موج نشان داده شده در شکل‌های (۱۰ـ۵) و (۱۲ـ۵) را با یک‌دیگر مقایسه کنید. چه تفاوتی دارند؟ شرح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

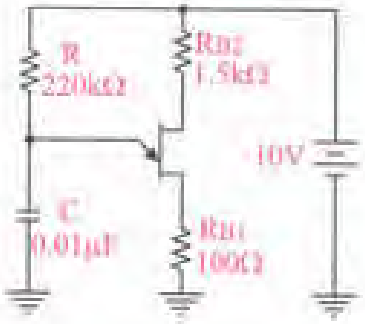
.....

.....

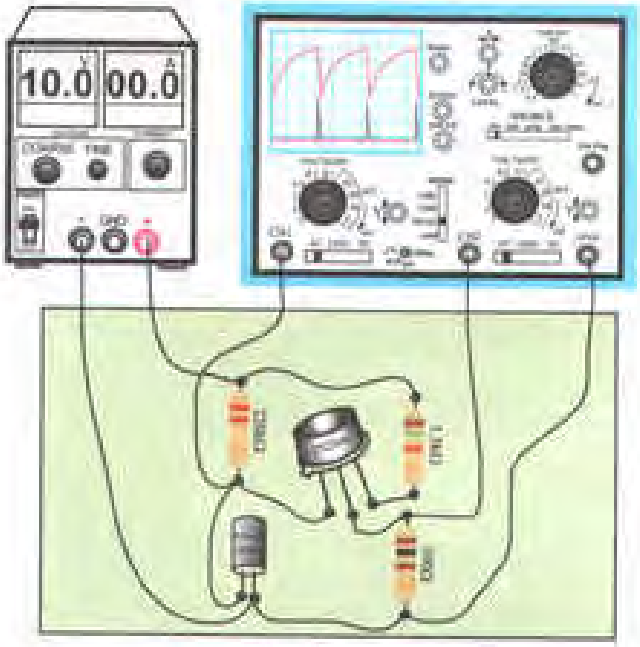
.....

.....

.....

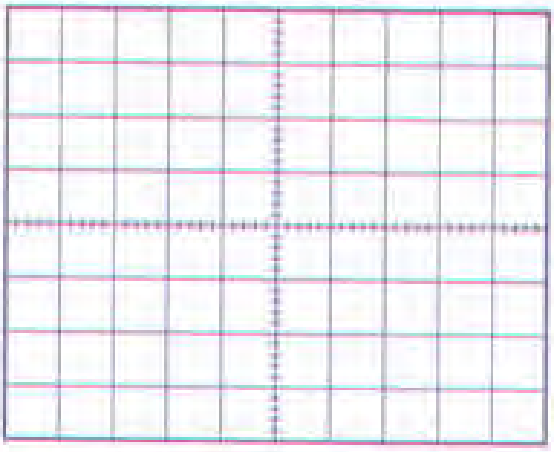


الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۱۳ـ۵ـ مدار آزمایش



شکل ۱۳ـ۵ـ شکل موج‌های V_R و E در حالتی که مقاومت امپر ۲۲۰Ω است.

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۵) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۲ـ۵ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه:

.....

.....

.....

.....

۷ـ۲ـ۵ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

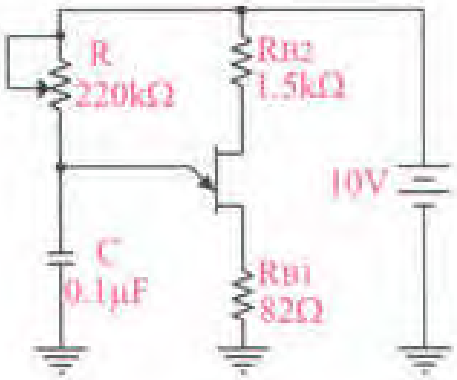
.....

.....

.....

آزمون

۱ـ طرز کار مدار شکل (۱۴ـ۵) را به‌طور خلاصه شرح دهید.



شکل ۱۴ـ۵

شرح مدار:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۲ـ در شکل (۱۴ـ۵) با تغییر کدام عنصر می‌توان فرکانس را تغییر داد؟

پاسخ:

.....

.....

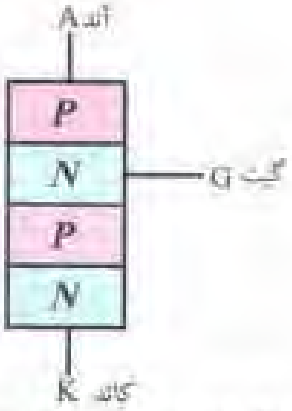
.....

.....

.....

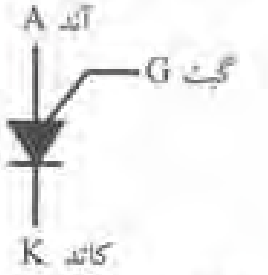
۳ـ۵ـ ساختمان، طرز کار، منحنی مشخصه و کاربرد PUT*

PUT یا UJT قابل برنامه‌ریزی از چهار قطعه نیمه‌هادی نوع P و N تشکیل شده‌است. شکل (۱۵ـ۵)، پایه‌های یک PUT را، آند، گیت و کاتد می‌نامند و با حروف A و G و K نمایش می‌دهند.



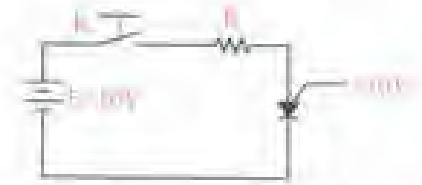
شکل ۱۵ـ۵ـ ساختمان داخلی PUT

علامت قراردادی یا نماد این عنصر را در شکل (۱۶ـ۵) مشاهده می‌کنید. این عنصر نیز مانند UJT دارای ناحیه‌ی مقاومت منفی است. از این‌رو می‌تواند در اسیلاتورها یا مدارهای فرمان تریستور به کار رود.

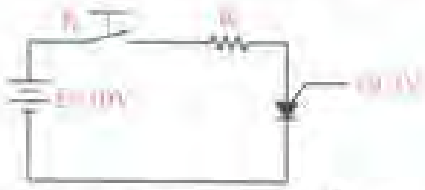


شکل ۱۶ـ۵ـ علامت قراردادی PUT

در PUT هرگاه ولتاژ آند نسبت به کاتد مثبت‌تر شود و ولتاژ آند نسبت به گیت حدود ۰/۷ ولت مثبت‌تر باشد PUT روشن می‌شود. در این شرایط ولتاژ آند سریعاً نسبت به کاتد کاهش می‌یابد و به حدود ۱/۵ ولت می‌رسد. مادامی که جریان آند نسبت به کاتد (I_{AK}) تقریباً صفر نشود PUT هم‌چنان روشن باقی می‌ماند. شکل (۱۷ـ۵).



الف ـ اگر کلید a بسته شود PUT روشن نمی‌شود.



ب ـ اگر کلید a بسته شود PUT روشن می‌شود.

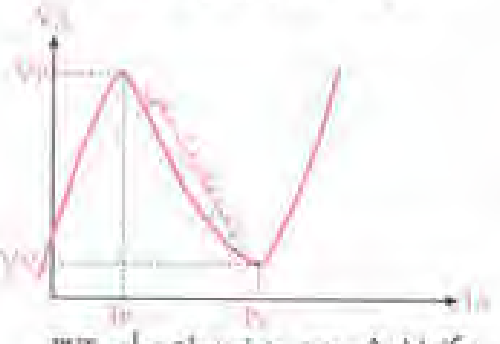
شکل ۱۷ـ۵ـ نحوه روشن شدن PUT

منحنی مشخصه یک PUT شبیه UJT است.

منحنی مشخصه PUT را هنگامی که مدار الکتریکی آن طبق شکل (۱۹ـ۵) بسته شده باشد می‌توان به‌دست آورد. روابط PUT مشابه UJT است با این تفاوت که V_{BB} قابل تنظیم است.

$$V_{BB} = \frac{V_0}{R_1 + R_2}.R_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}V_0 = \eta V_0$$

در PUT، V_{BB} قابل تنظیم است، لذا برخلاف UJT که η آن قابل کنترل نبود در PUT مقدار η کاملاً قابل کنترل است. توجه داشته باشید مقاومت‌های R_1 و R_2 مقاومت‌هایی هستند که از بیرون به PUT متصل می‌شوند. انتخاب نام PUT، که به معنی UJT قابل برنامه‌ریزی است به دلیل قابل کنترل بودن مقدار η



شکل ۱۸ـ۵ـ منحنی مشخصه ولت ـ آمپر PUT

* Programmable Unijunction Transistor

می‌باشد، زیرا مقدار η را می‌توان به مقدار دلخواه برنامه‌ریزی یا تنظیم کرد. به‌طور کلی PUT نسبت به UJT دارای مزایایی به شرح زیر است و در عمل بیشتر از UJT کاربرد دارد:

الف: قابلیت برنامه‌ریزی R_{BB} برای کنترل مقدار η، R_{BB} و η به مقاومت‌های R_1 و R_2 بستگی دارد و این دو مقاومت از بیرون به PUT وصل می‌شوند و در نتیجه مقدار آن‌ها قابل کنترل است.

ب: اُفت ولتاژ کم دو سر PUT درحالتی که PUT هدایت می‌کند.

ج: جریان نشتی گیت ـ آند بسیار کم.

د: دامنه‌ی پالس خروجی بزرگ

هـ: پالس جریان حدود ۲A

و: زمان وصل بسیار کوچک

از عنصر PUT در مدارهای بسیاری از جمله اسیلاتور، تایمر به فراوانی استفاده می‌شود.

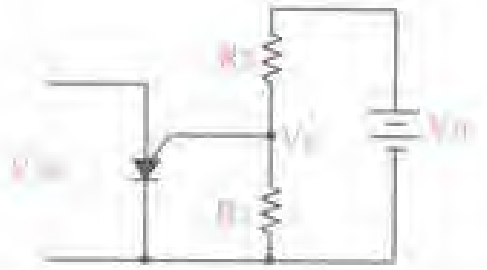
چون PUT دارای ناحیه مقاومت منفی است لذا می‌توان با آن مدار نوسان‌ساز تشکیل داد. شکل (۲۰ـ۵).

طرز کار مدار به این صورت است که ابتدا خازن شارژ می‌شود و وقتی ولتاژ دو سر آن به اندازه $V_{BB} + V_\gamma$ رسید PUT روشن می‌شود. چون PUT در حالت وصل (ON) مقاومت نسبتاً کوچکی از خود نشان می‌دهد و اُفت ولتاژ دو سر آن به حدود ۱/۵ ولت می‌رسد لذا خازن را بسرعت دشارژ می‌کند. هنگامی که ولتاژ دوسر PUT از V_γ کمتر شد PUT به حالت قطع می‌رود. پس از این مرحله شارژ خازن دوباره شروع و مراحل تکرار می‌شود.

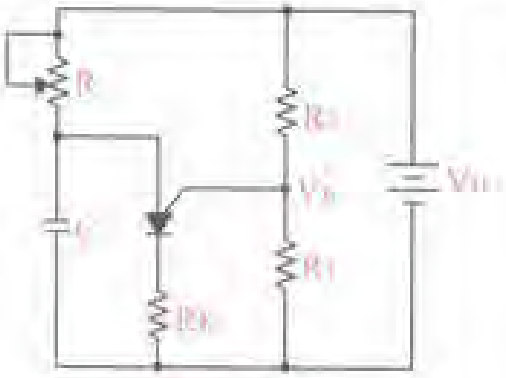
شکل موج ولتاژ نقاط مختلف نوسان‌ساز فوق را در شکل (۲۱ـ۵) مشاهده می‌کنید.

> هنگام بررسی شکل موج‌ها به رابطه زمانی هر یک از شکل موج‌ها توجه کنید. زیرا این رابطه زمانی است که وضعیت برقراری جریان در PUT را مشخص می‌کند.

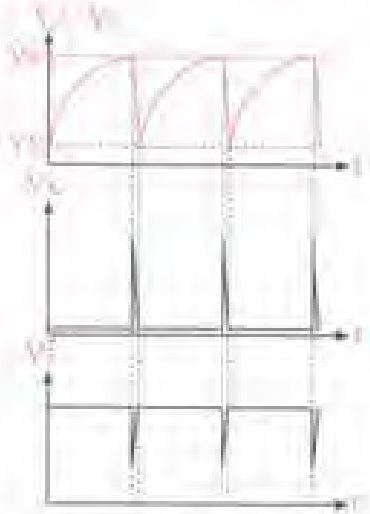
در شکل (۲۲ـ۵) شکل ظاهری PUT نشان داده شده است.



شکل ۱۹ـ۵ـ مدار آزمایش برای به‌دست آوردن منحنی مشخصه ولت‌ـ امپر PUT



شکل ۲۰ـ۵ـ مدار عمومی PUT برای ایجاد پالس‌های باریک و موج دندانه ارّه‌ای



شکل ۲۱ـ۵ـ شکل ولتاژ نقاط مختلف نوسان‌ساز PUT

شکل ۲۲ـ۵ـ شکل ظاهری PUT به شماره ۲N۶۰۲۷

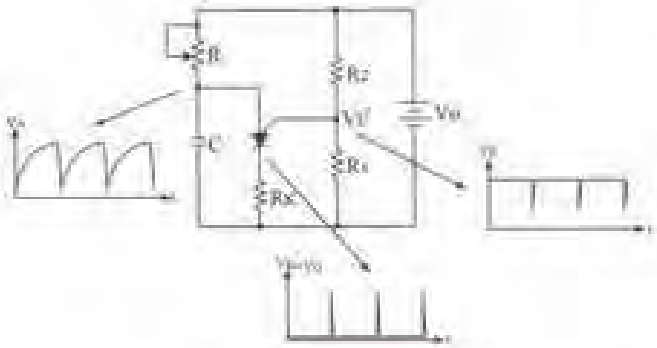
مدت زمان انجام آزمایش: ۲ ساعت

۴ــ۵ــ آزمایش شماره (۲)

۱ــ۴ــ۵ــ نام آزمایش: مدار نوسان‌ساز با استفاده از PUT

۲ــ۴ــ۵ــ هدف‌های آزمایش: استفاده از PUT به‌عنوان نوسان‌ساز و بررسی نحوه کار آن

۳ــ۴ــ۵ــ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش عملاً با یکی از کاربردهای PUT آشنا می‌شوید و با استفاده از یک PUT، مدار یک نوسان‌ساز موج دندانه اره‌ای می‌بندید و یا از برد آماده مدار چاپی استفاده می‌کنید. موج دندانه اره‌ای تولید شده در این نوسان‌ساز از دو سر خازن قابل دریافت است. همچنین پالس‌های سوزنی شکل که در پایه‌ی کاتد PUT ظاهر می‌شود برای روشن کردن SCR یا TRIAC به‌کار می‌رود.



به یاد داشته باشید که برای آزمایش و تشخیص سالم یا معیوب بودن آن می‌توانید از این آزمایش استفاده کنید.

۴ــ۵ــ تجهیزات و قطعات موردنیاز آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱ــ منبع تغذیه ۱۸ - ۱۵۷ــ	یک دستگاه
۲ــ اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۳ــ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۴ــ برد آماده شده مربوط به PUT	یک قطعه

قبل از انجام آزمایش حتماً اهداف آزمایش، شرح خلاصه آزمایش و نکات ایمنی را مطالعه کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل روبه‌رو نشوید. همچنین نکات ایمنی شماره ۵ که در صفحه ۱۱۹ آمده است را دقیقاً رعایت کنید.

۵ــ۴ــ۵ــ مراحل اجرای آزمایش:

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۲۳ــ۵) را که به‌صورت برد مدار چاپی آماده شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

■ تنظیمات لازم را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

■ پروب مربوط به CH۱ اسیلوسکوپ را به نقطه A و پروب مربوط به CH۲ اسیلوسکوپ را به نقطه B وصل کنید.

■ شکل موج‌های مشاهده شده را با دو رنگ مختلف در شکل (۲۴ــ۵) رسم کنید.

سؤال ۱ــ با تغییر کدام عنصر (عناصر) می‌توان فرکانس موج تولیدی را تغییر داد؟ توضیح دهید.

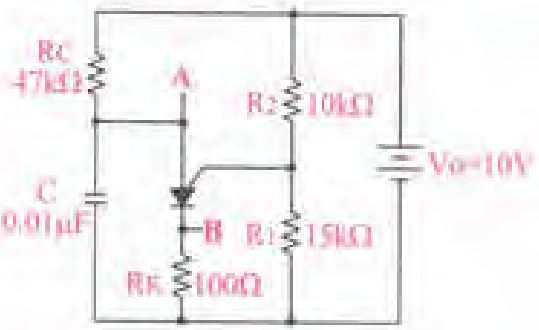
پاسخ:

.....

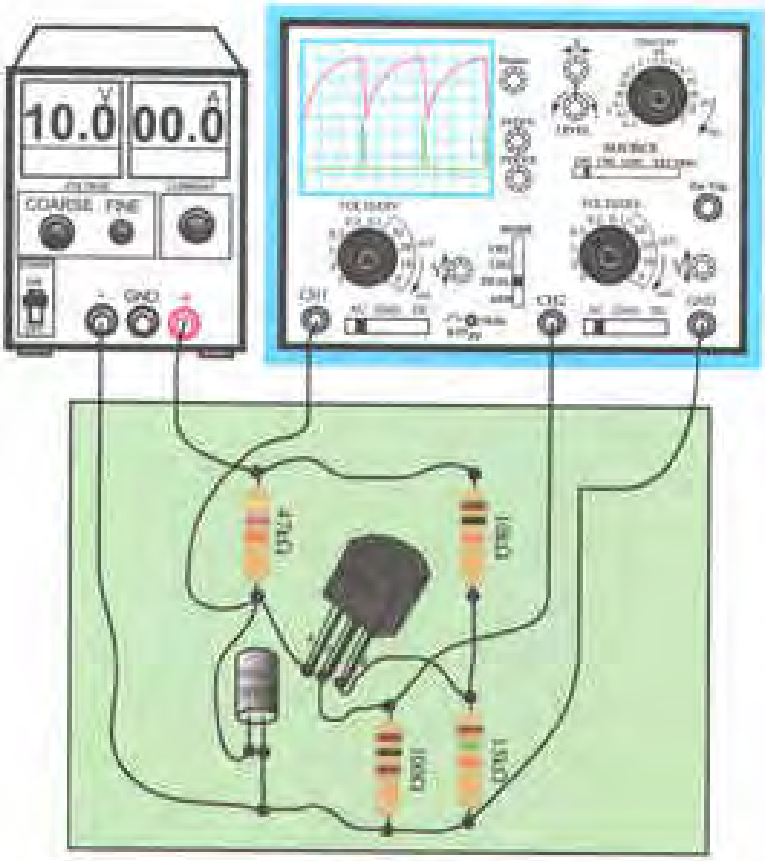
.....

.....

.....

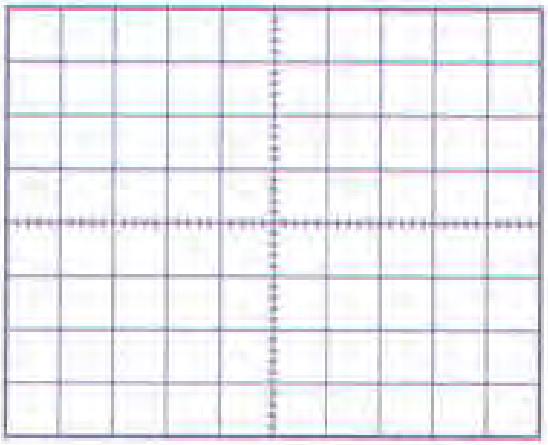


الف ــ دیاگرام مدار



ب ــ مدار عملی

شکل ۲۳ــ۵ــ مدار آزمایش



شکل ۲۴ــ۵ــ شکل موج ولتاژ دو سر خازن و کلکتور نسبت به زمین

درصورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ــ۵) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۴ـ۵ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به‌اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش:

.....

.....

.....

.....

۷ـ۴ـ۵ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ طرز کار مدار شکل (۲۵ـ۵) را به‌طور خلاصه شرح دهید.

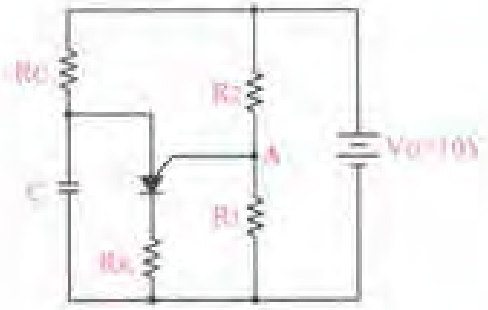
پاسخ:

.....

.....

.....

.....



شکل ۲۵ـ۵

۲ـ در شکل (۲۵ـ۵)، شکل موج ولتاژ در نقطه A کدام گزینه است؟

الف: □ ب: □

ج: □ د: □

۵ـ۵ـ ساختمان، طرز کار، منحنی مشخصه و کاربرد دایاک*

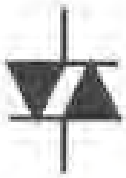
۱ـ۵ـ۵ـ دایاک سه‌لایه: دایاک یک قطعه الکترونیکی نیمه‌هادی دو الکترودی یعنی دوپایه است. نوع سه‌لایه دایاک از سه لایه کریستال P، N و P تشکیل شده است. دایاک دارای دو حالت کار قطع و وصل می‌باشد. در شکل (۲۶ـ۵) ساختمان داخلی و شکل ظاهری دایاک نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است ساختمان دایاک شبیه به یک ترانزیستور PNP است با این تفاوت که الکترود پیس ندارد.

همچنین ناخالصی کریستال‌های P نیز یکسان است، به همین جهت دایاک خاصیت متقارنی را از خود نشان می‌دهد. از این‌رو معمولاً پایه‌های دایاک را نام‌گذاری نمی‌کنند. در شکل (۲۷ـ۵) علامت قراردادی دایاک نشان داده شده است.

الف ـ شکل ظاهری دایاک

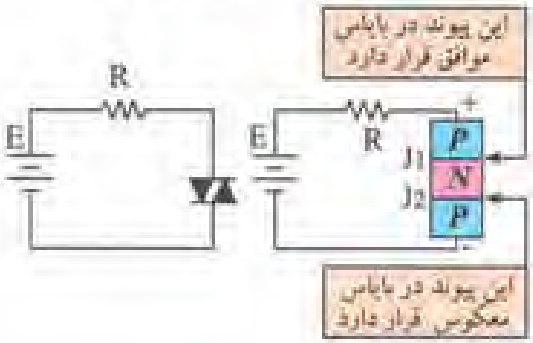
ب ـ ساختمان داخلی دایاک سه لایه

شکل ۲۶ـ۵



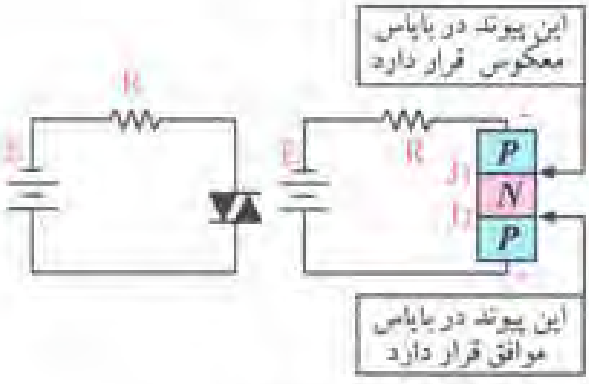
شکل ۲۷ـ۵ـ علامت قراردادی دایاک

در شکل (۲۸ـ۵) یک دایاک را به ولتاژ DC وصل کرده‌ایم. در این حالت پیوند J_1 در بایاس موافق و پیوند J_2 در بایاس معکوس قرار دارد.



شکل ۲۸ـ۵

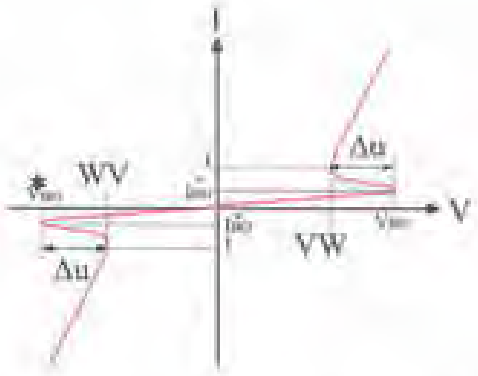
در شکل (۲۹ـ۵) قطب‌های منبع ولتاژ را عوض کرده‌ایم. این بار پیوند J_2 در بایاس موافق و پیوند J_1 در بایاس مخالف است. بنابراین همواره، در یک دایاک، صرف‌نظر از قطب‌های ولتاژ ورودی، یکی از پیوندها در بایاس موافق و دیگری در بایاس مخالف قرار می‌گیرد. حال اگر ولتاژ ورودی را افزایش دهیم، به‌ازای ولتاژ معینی به نام ولتاژ عبور (Break Over) که با V_{BO} نشان می‌دهند، پیوندی که در بایاس مخالف قرار گرفته است می‌شکند و پدیده بهمنی در آن رخ می‌دهد. در این حالت با افزایش جریان، ولتاژ دو سر دایاک کاهش می‌یابد و دایاک از خود مقاومت منفی نشان می‌دهد. چنانچه ولتاژ دو سر دایاک از مقدار مشخصی کمتر شود دایاک قطع (خاموش) می‌شود. برای روشن‌شدن (ON)



شکل ۲۹ـ۵

*DIAC

دایاک باید ولتاژ دو سر آن به V_{BO} که معمولاً ۳۵ ولت است برسد. در شکل (۳۰ـ۵) منحنی مشخصه ولت ـ آمپر دایاک نشان داده شده است.



شکل ۳۰ـ۵ ـ منحنی مشخصه دایاک سه لایه. منحنی در ربع اول و سوم کاملاً قرینه است.

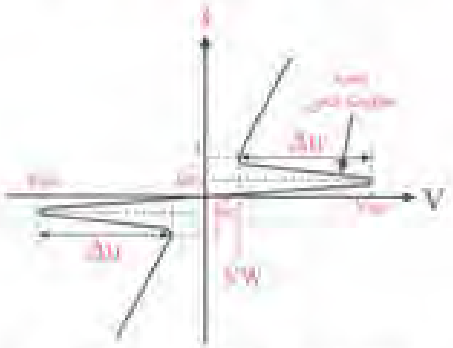
علامت قراردادی دایاک سه‌لایه را گاهی به صورت شکل (۳۱ـ۵) نیز نشان می‌دهند.

شکل ۳۱ـ۵ـ علامت قراردادی دایاک فقط سه‌لایه

۲ـ۵ـ۵ـ دایاک ۵ لایه:

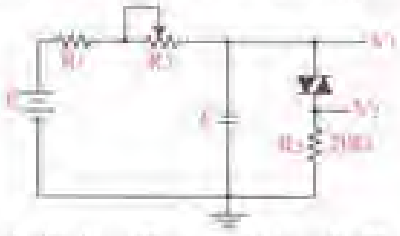
دایاک ۵ لایه از ۵ لایه نیمه‌هادی نوع P و N تشکیل شده است. شکل (۳۲ـ۵) ساختمان داخلی دایاک ۵ لایه را نشان می‌دهد. علامت قراردادی دایاک ۵ لایه مانند دایاک ۳ لایه است ولی منحنی مشخصه آن کمی فرق می‌کند. در حقیقت وقتی یک دایاک ۳ لایه‌ی ۳۵ ولتی هادی می‌شود ولتاژ دو سر آن به حدود ۲۰ ولت می‌رسد ولی هنگامی که یک دایاک ۵ لایه‌ی ۳۵ ولتی هادی می‌شود ولتاژ دو سر آن تا ۵ ولت کاهش می‌یابد. این امر باعث می‌شود که بتوان پالس سوزنی با دامنه بزرگتری تولید کرد. در شکل (۳۳ـ۵) منحنی مشخصه ولت ـ آمپر دایاک ۵ لایه نشان داده شده است.

شکل ۳۲ـ۵ـ ساختمان داخلی دایاک ۵ لایه



شکل ۳۳ـ۵ـ منحنی مشخصه ولت ـ آمپر دایاک ۵ لایه ـ Δu در (افت ولت از حالت قطع به وصل) دایاک ۵ لایه از دایاک ۳ لایه بیشتر است.

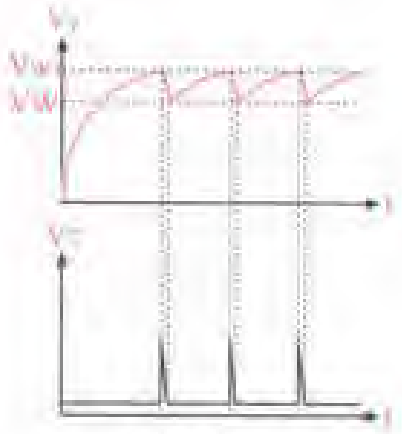
چون دایاک‌های سه‌لایه و ۵ لایه دارای ناحیه مقاومت منفی هستند لذا می‌توان با استفاده از این عناصر مدار یک اسیلاتور را تشکیل داد. در شکل (۳۴ـ۵) مدار عمومی یک اسیلاتور با استفاده از دایاک نشان داده شده است.



شکل ۳۴ـ۵ـ مدار عمومی اسیلاتور با استفاده از دایاک

*WV=Working Voltage ولتاژ کار

در شکل (۳۵ـ۵) شکل ولتاژ دو سر دایاک و مقاومت سری شده با آن را مشاهده می‌کنید. طرز کار مدار به این صورت است که ابتدا خازن توسط مقاومت R شارژ می‌شود. وقتی ولتاژ دو سر خازن به اندازه V_{BO} رسید و خازن در آن دشارژ می‌شود هنگامی که ولتاژ دو سر خازن از ولتاژ کار (W.V) دایاک کمتر شد دایاک به حالت قطع می‌رود و خازن دوباره شارژ می‌شود و این سیکل مرتباً ادامه می‌یابد.



شکل ۳۵ـ۵

دایاک عموماً برای روشن‌کردن یا به‌عبارت دیگر تریگرکردن ترایاک به‌کار می‌رود.

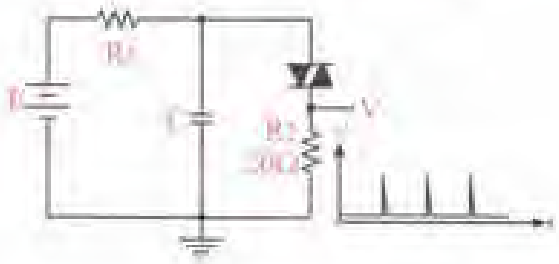
۶ـ۵ـ آزمایش شماره (۳)

۱ـ۶ـ۵ـ نام آزمایش: دایاک به‌عنوان نوسان‌ساز

۲ـ۶ـ۵ـ هدف‌های آزمایش: آزمایش یک مدار نوسان‌ساز با استفاده از دایاک

۳ـ۶ـ۵ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش عملاً با یکی از کاربردهای دایاک (DIAC) آشنا می‌شوید. با استفاده از یک دایاک، یک نوسان‌ساز موج دندانه اره‌ای را خواهید بست و یا اینکه یک مدار چاپی آماده را مورد بررسی قرار خواهید داد. موج دندانه اره‌ای خروجی از دو سر خازن قابل دریافت است. در ضمن از دو سر مقاومتی که با دایاک سری شده است پالس‌های سوزنی شکل را می‌توانید دریافت کنید. از دایاک برای روشن‌کردن SCR یا ترایاک (TRIAC) استفاده می‌کنند.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت



به یاد داشته باشید که برای آزمایش و تشخیص یک دایاک سالم از معیوب می‌توانید از این آزمایش استفاده کنید.

۴ـ۶ـ۵ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۸ـ۰ـ۷ـ۰ـ۴ـ ۰	یک دستگاه
۳ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۴ـ برد مدار چاپی آماده مربوط به DIAC	یک قطعه

۵ـ۶ـ۵ـ مراحل اجرای آزمایش:

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۵ـ۳۶) را که به‌صورت مدار چاپی آماده و در اختیار شما قرار داده شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۴۰ ولت تنظیم و سپس آن را به مدار وصل کنید.

■ رنج Volts / Div را روی حداکثر مقدار خود ۵ ولت و با در صورت داشتن رنج ۱۰ ولت، روی ۱۰ ولت قرار دهید.

■ سایر تنظیمات اسیلوسکوپ را نیز انجام دهید.

■ شکل موج‌های مشاهده شده روی کانال‌های CH۱ و CH۲ را با دو رنگ مختلف در شکل (۵ـ۳۷) رسم کنید.

سؤال ۱ـ با تغییر کدام عنصر (عناصر) فرکانس موج تولیدی را می‌توان تغییر داد؟ توضیح دهید.

پاسخ سؤال ۱:

.....

.....

.....

.....

سؤال ۲ـ دایاک مورد استفاده در مدار با توجه به شکل (۵ـ۳۷)، دارای ولتاژ شکست چند ولت است؟ چرا؟

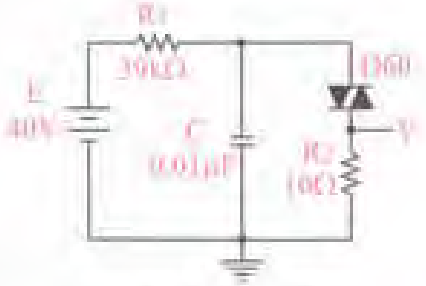
پاسخ سؤال ۲:

.....

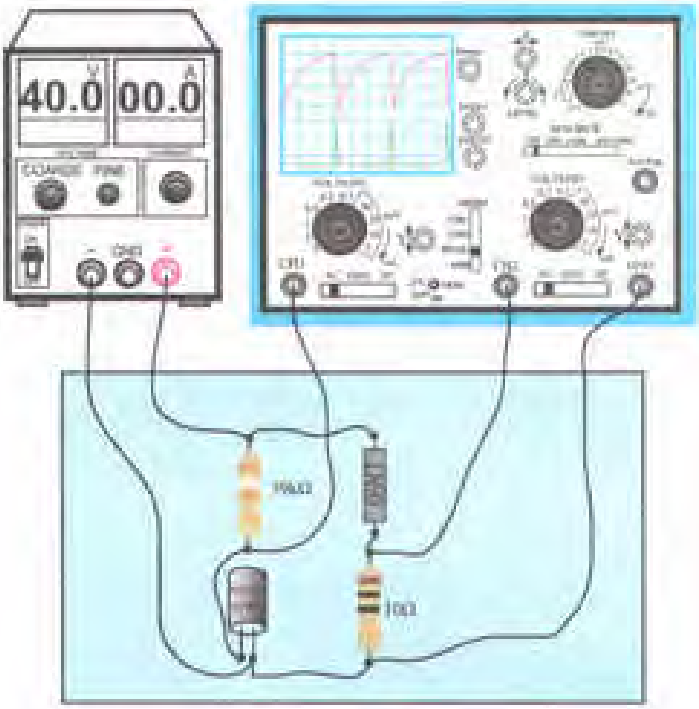
.....

.....

.....

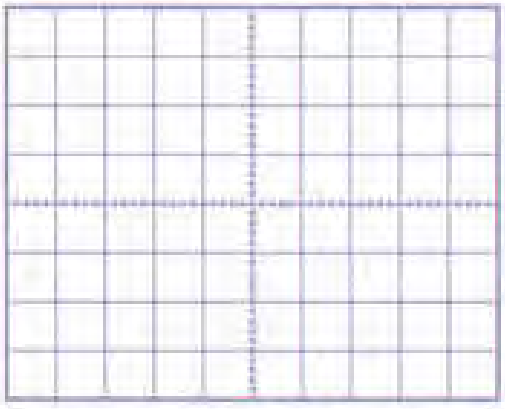


الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۵ـ۳۶ـ مدار آزمایش



شکل ۵ـ۳۷ـ شکل ولتاژ دو سر خازن و مقاومت سری‌شده با دایاک

۶ـ۶ـ۵ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش:

.....

.....

.....

.....

۷ـ۶ـ۵ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ در شکل (۳۸ـ۵) کم کردن مقدار R_1 ، چه تأثیری بر فرکانس خروجی می‌گذارد؟ دقیقاً شرح دهید.

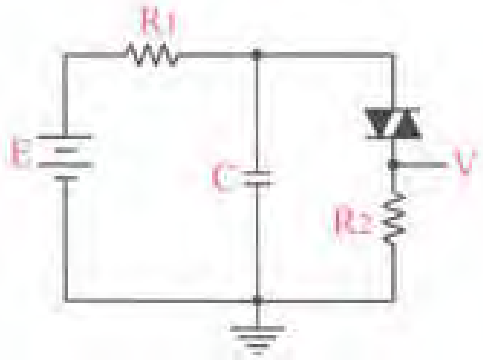
پاسخ:

.....

.....

.....

.....



شکل ۳۸ـ۵ـ فرض کنید مدار فوق نوسان می‌کند.

۲ـ در شکل (۳۸ـ۵) اگر مقدار C را افزایش دهیم فرکانس خروجی ... .

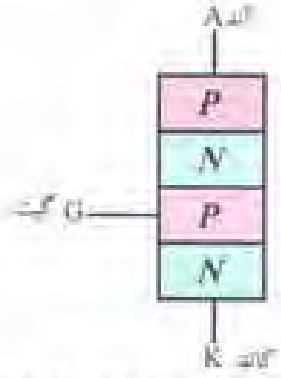
الف: ☐ کم می‌شود ب: ☐ زیاد می‌شود ج: ☐ فرقی نمی‌کند.

درصورتی که نتوانستید به سؤال‌های ۱ و ۲ پاسخ دهید یا پاسخ به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۵ـ۵) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۷ـ۵ـ ساختمان، طرز کار، منحنی مشخصه و کاربرد تریستور (SCR)*

یک تریستور یا SCR از ۴ قطعه نیمه‌هادی نوع P و N تشکیل می‌شود (شکل ۳۹ـ۵).

پایه‌های SCR را آند (A)، گیت (G) و کاتد (K) نام گذاری می‌کنند.



شکل ۳۹ـ۵ـ ساختمان داخلی یک SCR

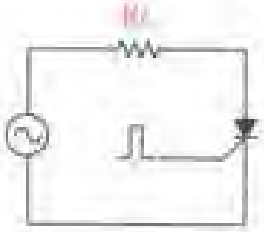
علامت قراردادی یک SCR مانند شکل (۴۰ـ۵) است.

یک تریستور یا SCR، در حقیقت یک دیود یکسو کننده‌ی **قابل کنترل** قدرتی است.

شکل ۴۰ـ۵ـ علامت قراردادی SCR

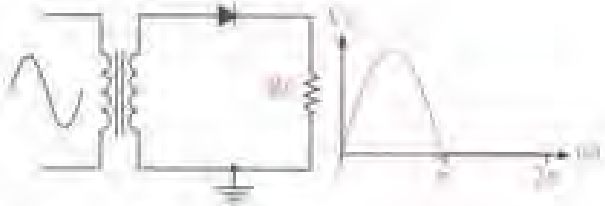
هنگامی تریستور هدایت می‌کند که علاوه‌بر مثبت‌بودن ولتاژ آند نسبت به کاتد و برقراری جریان کافی در مدار آند و کاتد، یک پالس مثبت نیز به گیت آن اعمال گردد. در دیود معمولی اگر ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه ۰/۷ ولت مثبت‌تر باشد دیود هدایت می‌کند.

برای بررسی کاربرد یک SCR به شکل (۴۲ـ۵) توجه کنید.



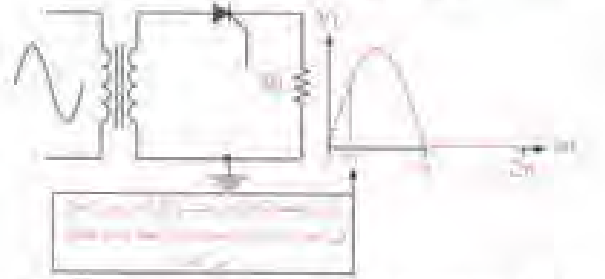
شکل ۴۱ـ۵

در شکل (۴۲ـ۵ ـ الف) به محض این که ولتاژ آند دیود در حدود ۰/۷ ولت نسبت به کاتد مثبت‌تر شود، دیود هادی شده و ولتاژ خروجی مشابه ولتاژ ورودی می‌شود.



شکل ۴۲ـ۵ـ الف ـ دیود نیم سیکل منفی را حذف می‌کند و نیم سیکل مثبت را به طور کامل از خود عبور می‌دهد.

در شکل (۴۲ـ۵ـ ب)، از زمان صفر تا t_1 تریستور قطع است زیرا هیچ پالس فرمانی به گیت آن اعمال نشده است. بنابراین ولتاژ خروجی برابر صفر می‌باشد. در لحظه t_1، یک پالس فرمان به گیت تریستور اعمال می‌کنیم. تریستور ناگهان هادی (روشن) شده و از لحظه t_1 تا π، ولتاژ خروجی مشابه ولتاژ ورودی می‌شود. شکل موج خروجی مدار شکل (۴۲ـ۵ـ ب) دارای ولتاژ مؤثر و متوسط کمتری است لذا توان تلف‌شده در مقاومت R_1 نیز کمتر می‌شود. بنابراین با کنترل زاویه روشن‌شدن، SCR (کنترل زاویه آتش) می‌توان میزان ولتاژ مصرف‌کننده، جریان مصرف‌کننده یا توان مصرف‌کننده را تنظیم یا کنترل کرد.

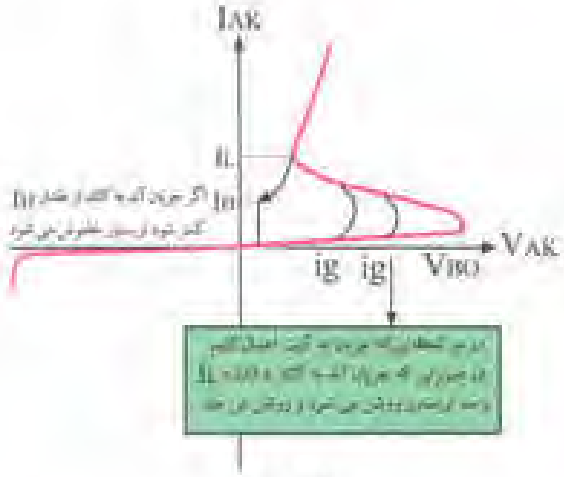


شکل ۴۲ـ۵ـ ب ـ تریستور می‌تواند تمام و یا فقط قسمتی از یک سیکل را عبور دهد.
مقایسه دیود با SCR

*SCR=Silicon Controlled Rectifier یکسو کننده سیلیکونی قابل کنترل

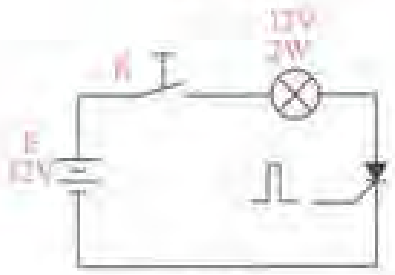
منحنی مشخصه ولت آمپر یک SCR مطابق شکل (۴۳ـ۵) است.

اگر ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه ولتاژ V_{BO} شود ترینستور بدون اعمال پالس فرمان به گیت آن روشن می‌شود. البته ولتاژ V_{BO} در SCRها معمولاً خیلی زیاد است و گاهی از ۱۵۰۰ ولت نیز تجاوز می‌کند. در هر لحظه‌ای که جریان به گیت اعمال شود ترینستور فوراً روشن می‌شود به شرطی که جریان I_{AK} حداقل به I_L (جریان قفل کننده) برسد. اگر یک ترینستور روشن شد دیگر حتی با قطع پالس فرمان به گیت آن خاموش نمی‌شود، مگر آن‌که جریان گذرنده از آند به کاتد آن (I_{AK}) از جریان نگهدارنده I_H (معمولاً چند میلی‌آمپر) کمتر شود.



شکل ۴۳ـ۵

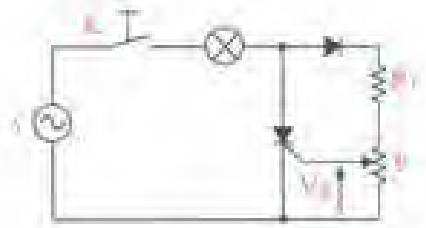
به‌عنوان مثال اگر مانند شکل (۴۴ـ۵) SCR را به ولتاژ DC وصل کنیم، بعد از قطع پالس فرمان، SCR همچنان روشن می‌ماند. برای خاموش‌کردن آن باید به هر طریق ممکن مثلاً قطع مدار، مقدار I_{AK} را صفر کرد.



شکل ۴۴ـ۵

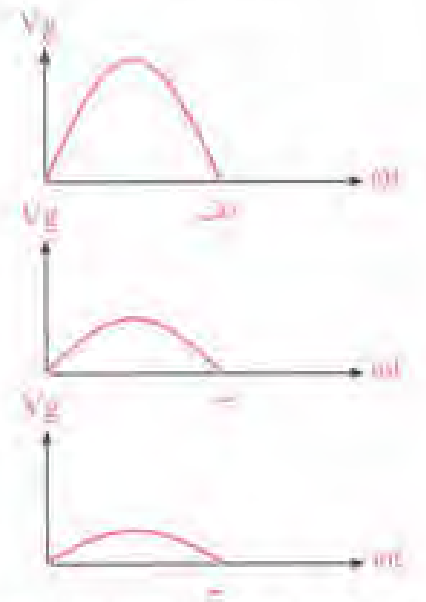
۸ـ۵ـ مدارهای فرمان SCR

در عمل برای ایجاد پالس فرمان جهت روشن‌کردن (هادی‌کردن) SCR، از مدارهای الکترونیکی یا کامپیوتری استفاده می‌شود. در این قسمت یک نمونه مدار فرمان نسبتاً ساده را مورد بررسی قرار می‌دهیم. شکل (۴۵ـ۵) یک نمونه مدار فرمان SCR را نشان می‌دهد. در این مدار هرگاه V_g به حدود ۰/۷ ولت برسد جریانی از گیت SCR عبور می‌کند و ترینستور را به حالت روشن می‌برد.



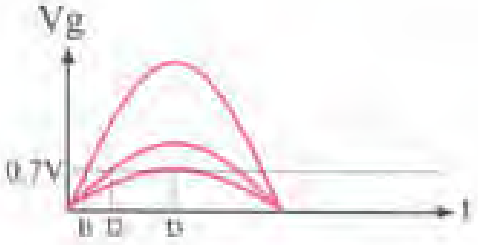
شکل ۴۵ـ۵

با تغییر پتانسیومتر P، می‌توان دامنه V_g را تغییر داد. در این شرایط زمان رسیدن ولتاژ به ۰/۷ ولت تغییر می‌کند و به این ترتیب در نهایت زمان روشن‌شدن SCR قابل کنترل می‌شود (شکل ۴۶ـ۵).



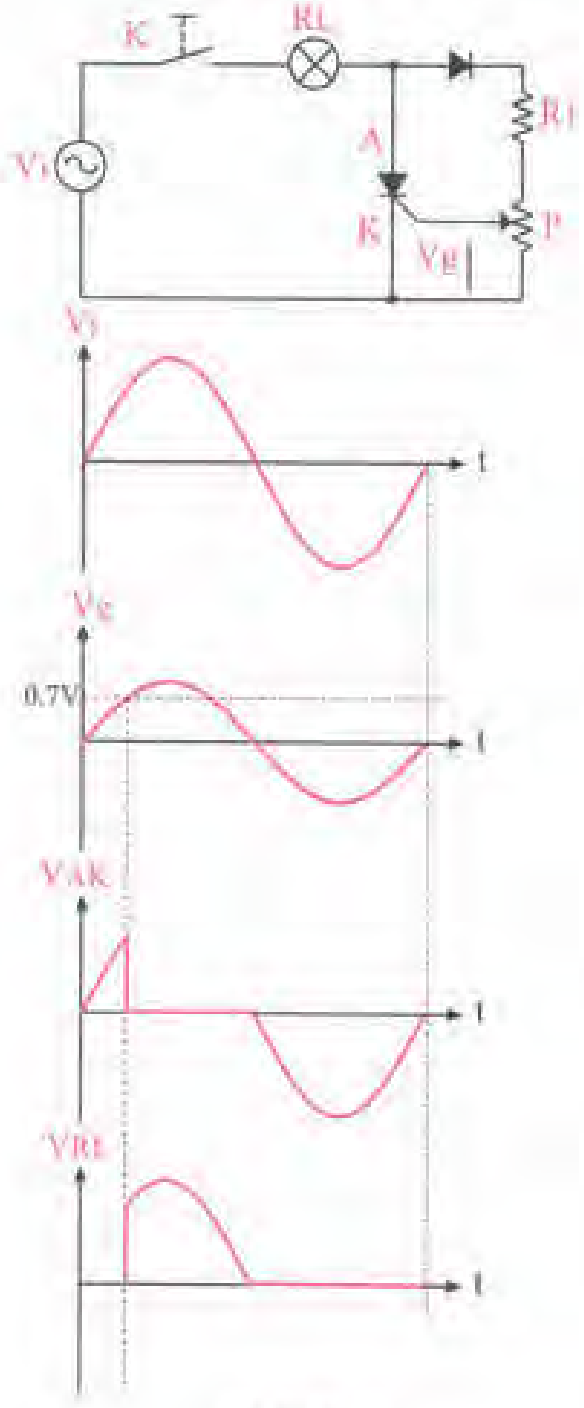
شکل ۴۶ـ۵ـ باتغییر پتانسیومتر P، دامنه ولتاژ V_g تغییر می‌کند

حداکثر زاویه‌ی آتش این مدار فرمان ساده، ۹۰ درجه است. زیرا اگر تا ۹۰ درجه ولتاژ Vg به ۰/۷ ولت رسید SCR روشن می‌شود ولی اگر مقدار ولتاژ Vg تا ۹۰ درجه به ۰/۷ ولت نرسید دیگر تا ۱۸۰ درجه به ۰/۷ ولت نمی‌رسد زیرا دامنه از ۹۰ تا ۱۸۰ درجه کم می‌شود (شکل موج ۳ ـ شکل ۴۷ـ۵).



شکل ۴۷ـ۵ ـ هر قدر دامنه Vg بیشتر باشد، زودتر دامنه آن به ۰/۷ ولت می‌رسد و تریستور زودتر روشن می‌شود.

نقش دیود در مدار فوق این است که از عبور نیم سیکل‌های منفی به گیت SCR جلوگیری کند. زیرا در نیم سیکل منفی شرط هدایت دیود برآورده نمی‌شود حال اگر یالس فرمان به آن اعمال کنیم فقط تلفات در تریستور زیاد خواهد شد.

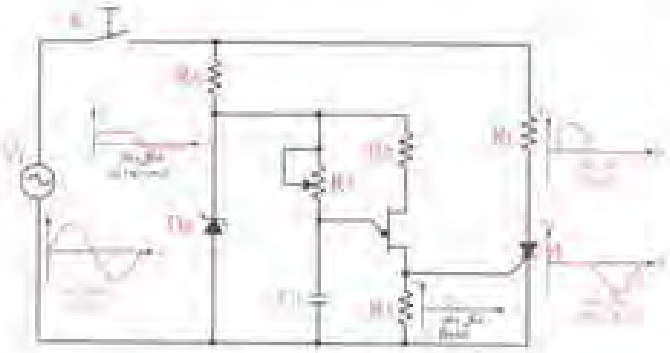


شکل ۴۸ـ۵

در شکل (۴۸ـ۵) شکل موج‌های قسمت‌های مختلف مدار فرمان را مشاهده می‌کنید. توجه داشته باشید هنگامی که تریستور روشن می‌شود ولتاژ دو سر آن شدیداً افت می‌کند و به حدود یک تا ۳ ولت می‌رسد. بنابراین Vg نیز تقریباً برابر صفر می‌شود و تمامی ولتاژ ورودی در دو سر R_1 افت می‌کند.

با استفاده از ترانزیستور UJT نیز می‌توان مدار فرمان مناسبی برای SCR به وجود آورد. شکل (۴۹ـ۵) یک نمونه مدار فرمان با استفاده از ترانزیستور UJT را نشان می‌دهد.

شکل موج ولتاژ نقاط مختلف مدار در شکل (۲۹ـ۵) نشان داده شده است. پالس‌های سوزنی‌شکل که روی پایه B1 ایجاد می‌شود به گیت SCR می‌رسد و آن را هادی می‌کند. بعد از روشن‌شدن SCR، افت ولتاژ دو سر آن شدیداً افت می‌کند و مدار فرمان را از کار می‌اندازد. به محض این که تریستور قطع شد مجدداً مدار فرمان شروع به کار می‌کند. با تغییر مقاومت R می‌توان زمان شارژ و دشارژ خازن را تغییر داد و میزان تأخیر در ایجاد اولین پالس را به دلخواه تنظیم کرد. به‌عبارت دیگر می‌توان زاویه‌ی آتش تریستور یعنی زمان هدایت تریستور را تنظیم کرد. با تنظیم زاویه‌ی آتش می‌توان ولتاژ، جریان و یا توان مصرف‌کننده را کنترل کرد.



شکل ۲۹ـ۵

۹ـ۵ـ آزمایش شماره (۴)

۱ـ۹ـ۵ـ نام آزمایش: کنترل زاویه آتش یک تریستور با استفاده از پالس‌های فرمان

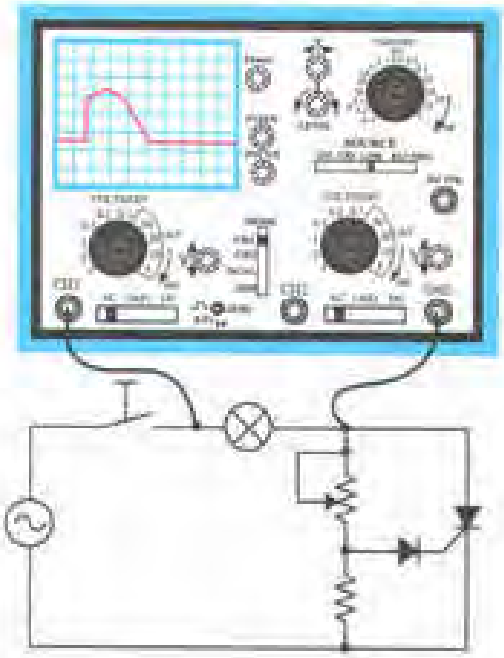
۲ـ۹ـ۵ـ هدف‌های آزمایش: الف: تشخیص SCR سالم از معیوب

ب: کاربرد SCR در برش شکل موج (دیمر تیم‌موج)

۳ـ۹ـ۵ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش، ابتدا با انجام یک آزمایش ساده و عملی SCR سالم را از معیوب تشخیص خواهید داد و در هر زمانی که خواستید پیبرید یک SCR سالم است یا خیر، می‌توانید از این آزمایش استفاده کنید.

سپس با استفاده از SCR و یک مدار ساده نحوه‌ی برش شکل موج را مشاهده می‌کنید.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت



قبل از انجام این کار عملی نکات ایمنی شماره ۵ صفحه ۱۱۹ را دقیقاً مطالعه کنید و موارد را در خلال کار مورد اجرا بگذارید.

۴ـ۹ـ۵ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز

آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله یا یک کاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۸ـ۱۵۷ـ ۰	یک دستگاه
۳ـ ترانسفورماتور ۲۸ و ۱۲۷/۲۲۰	یک عدد
۴ـ مقاومت ۱۰KΩ	یک عدد
۵ـ پتانسیومتر ۵۰۰KΩ	یک عدد
۶ـ خازن ۰/۱ μF	یک عدد
۷ـ دیود ۱N۴۰۰۱	یک عدد
۸ـ لامپ همراه با سر پیچ ۱۲ ولت حداقل ۰/۵ وات	یک عدد
۹ـ برد برد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۱۰ـ سیم‌های رابط	به‌اندازه کافی
۱۱ـ SCR به شماره C۱۰۶ یا مشابه	یک عدد
۱۲ـ سیم‌های یک سرگیره‌دار	دو رشته
۱۳ـ سیم‌های دوسر گیره‌دار	شش رشته

۵ـ۹ـ۵ـ مراحل اجرای آزمایش: موضوع الف: تشخیص SCR سالم از معیوب

■ برای تشخیص سلامت یک تریستور می‌توانید آزمایش زیر را روی آن انجام دهید.

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۵۰ـ۵) را به کمک سیم‌های گیره‌دار ببندید.

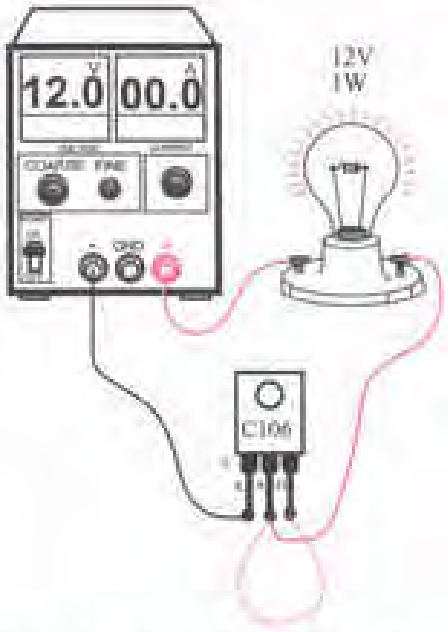
■ منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت DC تنظیم و سپس آن را به مدار وصل کنید.

■ در حالت عادی لامپ باید خاموش باشد (مراقب باشید گیت را با دست لمس نکنید).

■ در یک لحظه‌ی کوتاه گیت را به آند وصل کنید لامپ باید روشن شود.

■ گیت را از آند قطع کنید. اگر بعد از قطع گیت لامپ همچنان روشن ماند SCR سالم و در غیر این صورت SCR سوخته است.

سؤال ۱ـ چرا بعد از قطع گیت در یک SCR سالم باید لامپ همچنان روشن بماند؟ توضیح دهید.



شکل ۵۰ـ۵ـ مدار آزمایش تعیین سالم بودن SCR

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

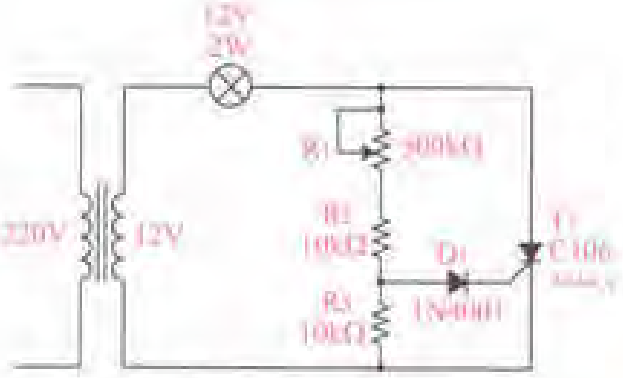
درصورتی که نتوانستید به سؤال ۱ پاسخ دهید یا پاسخ شما درست نبود به قسمت (۷ـ۵) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

موضوع ب : کاربرد SCR در برش شکل موج

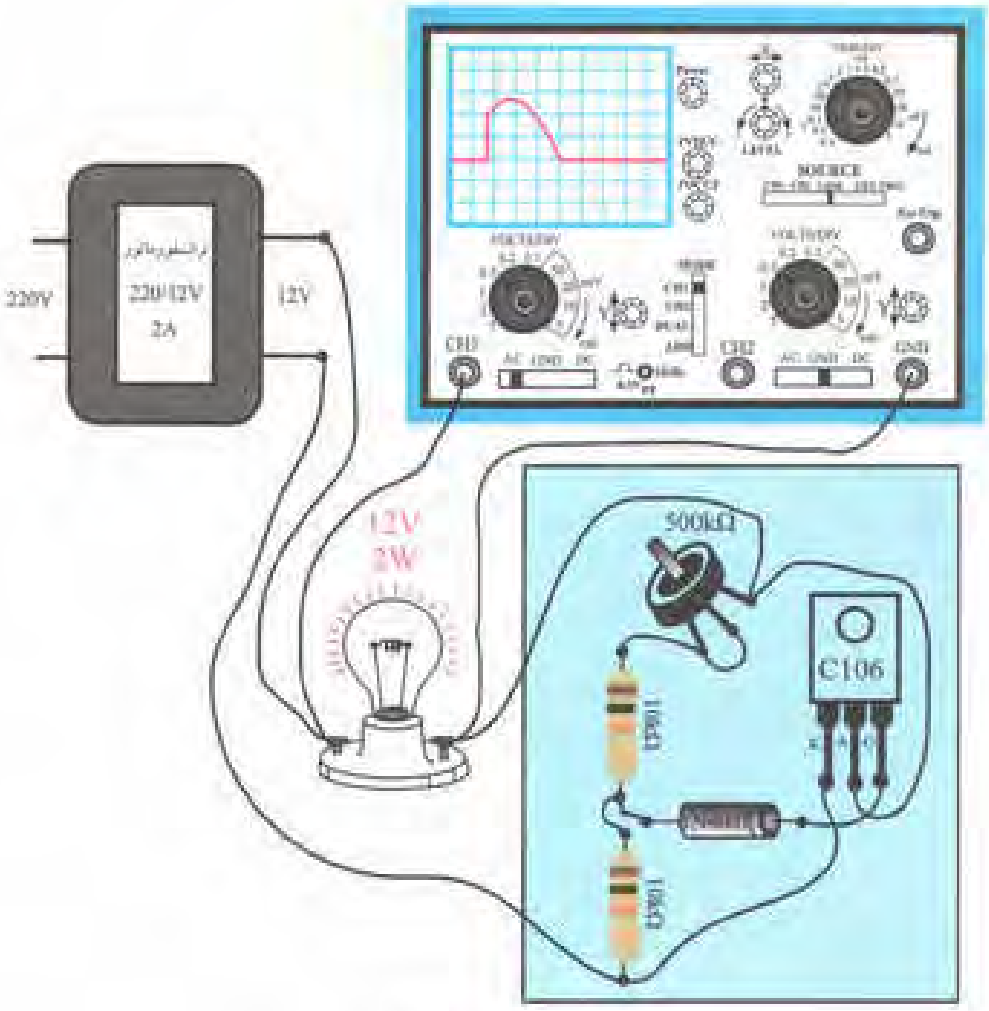
■ به کمک سیم‌های گیره‌دار مدار شکل (۱ـ۵) را ببندید.

■ اگر مدار شکل (۱ـ۵) به‌صورت برد مدار چاپی آماده در اختیار شما قرار داده شده است آن را مورد بررسی قرار دهید.

■ دو سر لامپ را به اسیلوسکوپ وصل کنید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار عملی

شکل ۱ـ۵ـ مدار آزمایش

■ تنظیمات زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

volts/Div = ۵V/Div

Time/Div = ۲۰ms/Div

■ کلید Line Trig. را فعال کنید تا بتوانید زاویه برش را کاملاً ببینید.

■ سایر تنظیمات لازم دیگر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

■ ولوم ۵۰۰kΩ را در حداکثر مقدار خود قرار دهید.

■ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ را که روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید در شکل (۵ـ۵۲ـالف) با مقیاس مناسب رسم کنید.

■ مجدداً ولوم را تقریباً در وسط مقدار خود قرار دهید.

■ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ را مشاهده و در شکل (۵ـ۵۲ـب) با مقیاس مناسب رسم کنید.

■ ولوم را در حداقل مقدار خود قرار دهید.

■ شکل موج ولتاژ مشاهده‌شده روی صفحه حساس را در شکل (۵ـ۵۲ـج) با مقیاس مناسب رسم کنید.

■ همان‌طورکه در شکل (۵ـ۵۲) مشاهده می‌شود با تغییر پتانسیومتر می‌توان زاویه برش شکل موج سینوسی را تغییر داد. با توجه به تغییر زاویه برش نور لامپ تغییر می‌کند و مقدار متوسط و مؤثر ولتاژ در سر لامپ یا بار را نیز تغییر می‌دهد.

سؤال ۲ـ در شکل (۵ـ۵۱) نقش دیود چیست در ذیل توضیح دهید؟

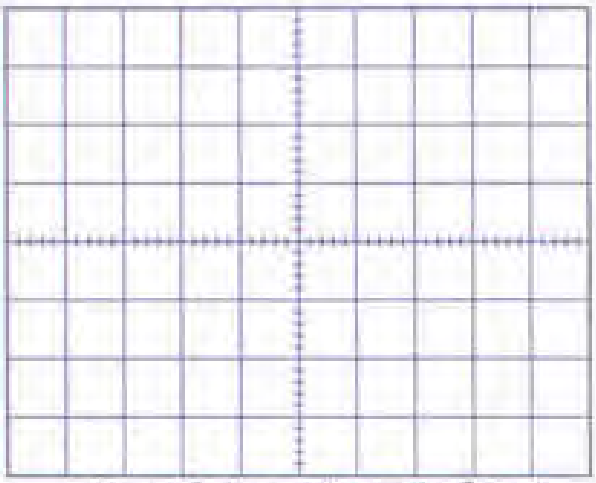
پاسخ:

.....

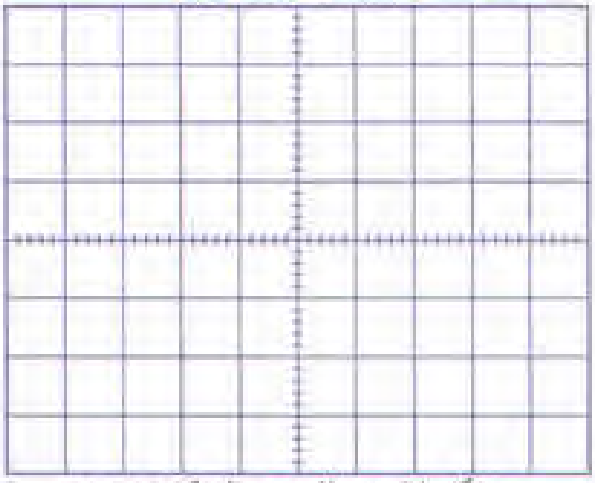
.....

.....

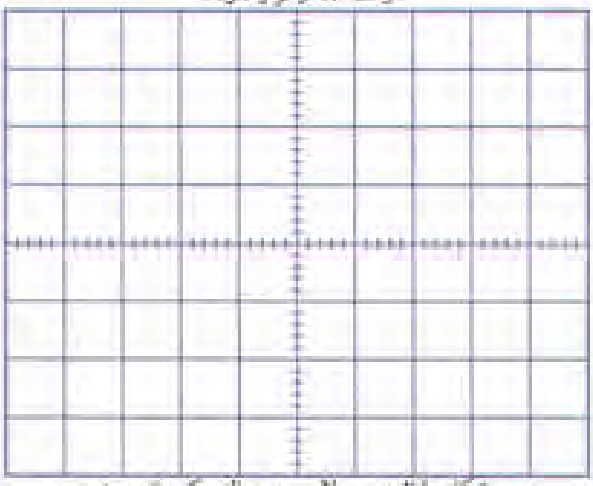
.....



الف - شکل ولتاژ دو سر لامپ در حالتی که پتانسیومتر در حداکثر مقدار خود قرار دارد.



ب - شکل ولتاژ دو سر لامپ در حالتی که پتانسیومتر در وسط مقدار قرار دارد.



ج - شکل ولتاژ دو سر لامپ در حالتی که پتانسیومتر در حداقل مقدار خود قرار دارد.

شکل ۵ـ۵۲ـ شکل ولتاژ دوسر لامپ در حالات مختلف ولوم ۵۰۰KΩ

درصورتی که نتوانستید به سؤال ۲ پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۵ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۹ـ۵ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به‌اختصار شرح دهید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

۷ـ۹ـ۵ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

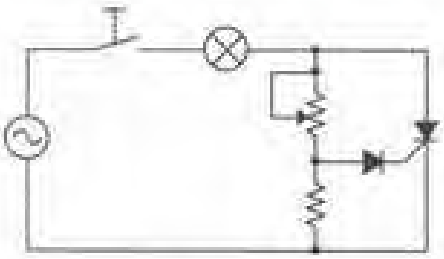
آزمون

۱ـ آیا با ولتاژ AC می‌توان سالم یا خراب‌بودن یک SCR را تشخیص داد؟

۲ـ حداکثر زاویه‌ی آتش SCR در شکل (۵۳ـ۵) تقریباً چند درجه است؟

الف: □ ۴۵ ب: □ ۹۰

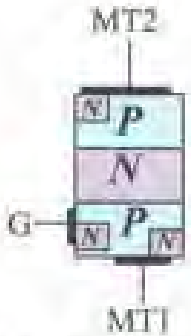
ج: □ ۱۳۵ د: □ ۱۸۰



شکل ۵۳ـ۵

۱۰ـ۵ـ ساختمان، منحنی مشخصه، طرزکار و کاربرد ترایاک (TRIAC)

ترایاک عنصری است مانند SCR با این تفاوت که می‌تواند هم در نیم سیکل مثبت و هم در نیم سیکل منفی ولتاژ را برش دهد و روی هر دو نیم سیکل مثبت و منفی کنترل داشته باشد.

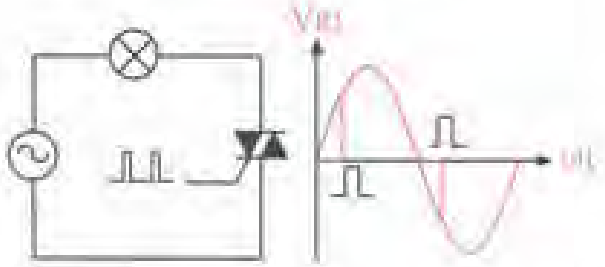


شکل ۵۴ـ۵ـ ساختمان داخلی یک ترایاک

در شکل (۵۴ـ۵) ساختمان داخلی و در شکل (۵۵ـ۵) علامت قراردادی ترایاک نشان داده شده است.

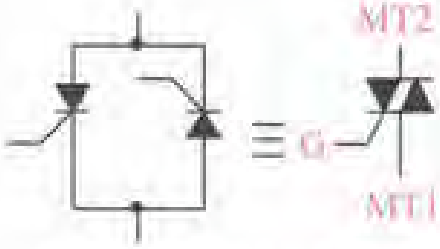
شکل ۵۵ـ۵ـ علامت قراردادی ترایاک

در شکل (۵۶ـ۵) نحوه‌ی برش دادن یک موج سینوسی در نیم سیکل مثبت و نیم سیکل منفی را مشاهده می‌کنید. عملکرد ترایاک مانند دو عدد تریستوری است که با یکدیگر به‌صورت موازی و معکوس بسته شده‌اند.



شکل ۵۶ـ۵ـ ترایاک هم در نیم سیکل مثبت و هم در نیم سیکل منفی می‌تواند شکل موج را برش دهد.

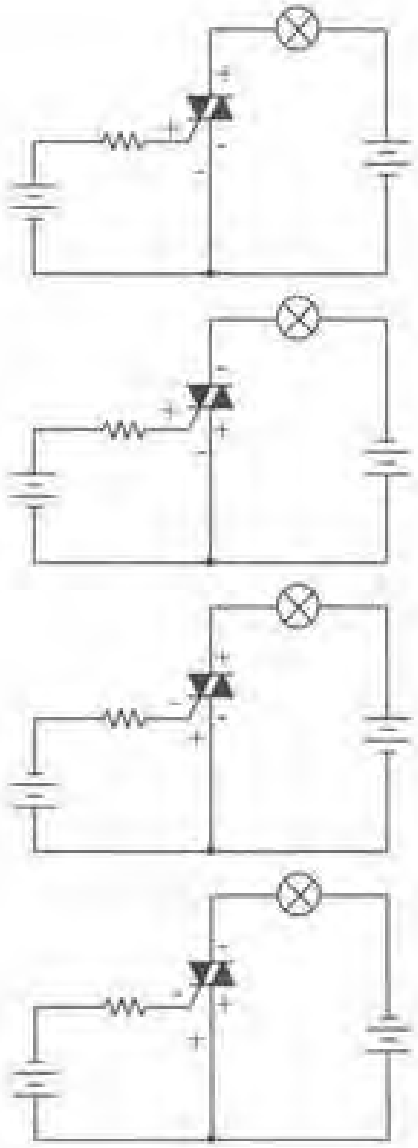
در عمل اگر هدف کنترل ولتاژ در نیم سیکل‌های مثبت و منفی باشد می‌توان از دو عدد تریستور که به‌طور موازی و معکوس بسته شده‌اند استفاده کرد. این روش در توان‌های خیلی زیاد به‌کار می‌رود (شکل ۵۷ـ۵).



شکل ۵۷ـ۵ـ مدار معادل تریستوری ترایاک

برای روشن کردن ترایاک، نیاز به رعایت قطب‌های ولتاژ نیست، یعنی در هر شرایطی ترایاک را می‌توان روشن کرد. این امر ضریب اطمینان روشن شدن ترایاک را کاهش می‌دهد. شکل (۵ـ۵۸) تمامی حالات روشن شدن ترایاک را نشان می‌دهد.

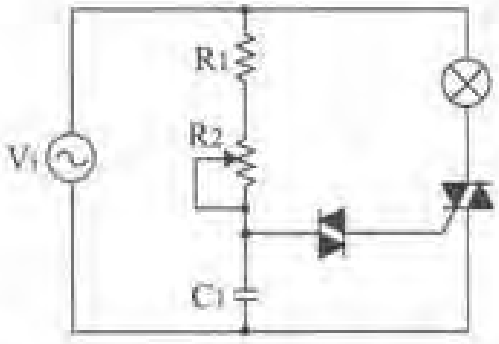
از این رو از این قطعه در مدارهایی که زیاد حساس نیستند استفاده می‌شود. ترایاک با آمپرهای بسیار بالا نیز ساخته نمی‌شود.



شکل ۵۸ـ در هر ۴ حالت فوق ترایاک روشن می‌شود.

توجه داشته باشید برای روشن کردن SCR، دایاک و ترایاک باید شرایط اولیه حتماً برقرار باشد تا ترایاک روشن شود. به عنوان مثال اگر جریان گیت به حد تعیین شده در کاتالوگ کارخانه سازنده نرسد، SCR روشن نمی‌شود.

شکل (۵ـ۵۹) یک نمونه کنترل ولتاژ AC با کنترل نور لامپ با مدار دیمر با استفاده از دایاک و ترایاک را نشان می‌دهد. در این مدار با تغییر مقاومت R نور لامپ تغییر می‌کند.



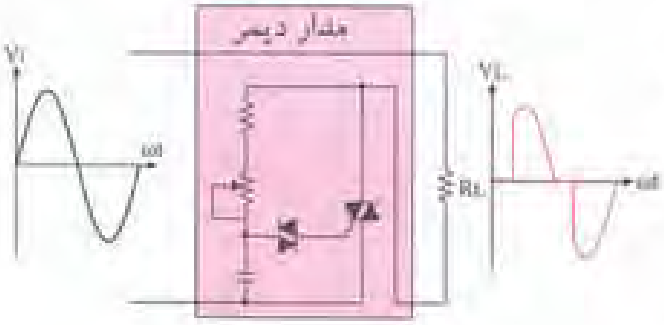
شکل ۵۹ـ مدار کنترل نور لامپ با استفاده از دایاک و ترایاک

۱۱ـ۵ـ آزمایش شماره (۵)

۱ـ۱۱ـ۵ـ نام آزمایش: مدار دیمر با استفاده از ترایاک (TRIAC)

۲ـ۱۱ـ۵ـ هدف‌های آزمایش: کنترل فاز (برش فاز) به‌کمک ترایاک در مدار دیمر

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت



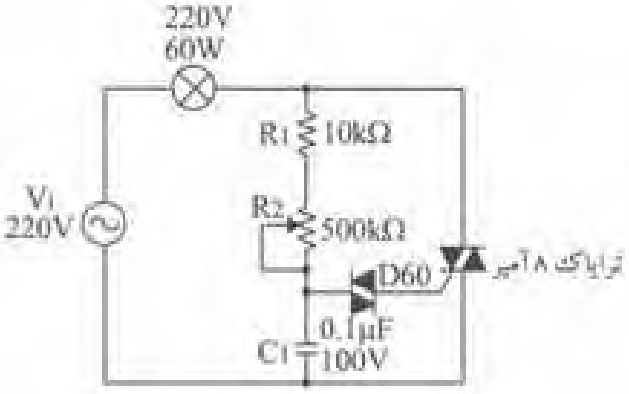
۳ـ۱۱ـ۵ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما با یک نمونه کاربرد ترایاک را در برش شکل موج در نیم‌سیکل منفی و مثبت مورد آزمایش قرار می‌دهید. مدار دیمر مداری است که کنترل مقدار نور یک لامپ را به‌عهده دارد. در مدار دیمر در نیم سیکل‌های مثبت و منفی ولتاژ سینوسی برش داده می‌شود و باعث تغییر مقدار مؤثر ولتاژ در دو سر بار می‌شود.

۴ـ۱۱ـ۵ـ تجهیزات و قطعات موردنیاز آزمایش: در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ لامپ ۲۲۰ ولت ۶۰ وات همراه با سرپیچ	یک عدد
۲ـ مقاومت ۱ KΩ	یک عدد
۳ـ ترایاک ۸ آمپر	یک عدد
۴ـ دایاک D60	یک عدد
۵ـ خازن ۰/۱μF، ۰/۲، ۱، ۲	یک عدد
۶ـ پتانسیومتر ۵۰۰ KΩ	یک عدد
۷ـ سیم یک سر گیره‌دار	چهار رشته
۸ـ سیم دوسر گیره‌دار	ده رشته
توجه: به جای قطعات می‌توانید از برد آماده استفاده کنید.	

۵ـ۱۱ـ۵ـ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل (۶۰ـ۵) را به کمک سیم‌های رابط ببندید.
قبل از وصل مدار به برق حتماً مربی آزمایشگاه را در جریان امر قرار دهید و زیر نظر مربی این آزمایش را انجام دهید.

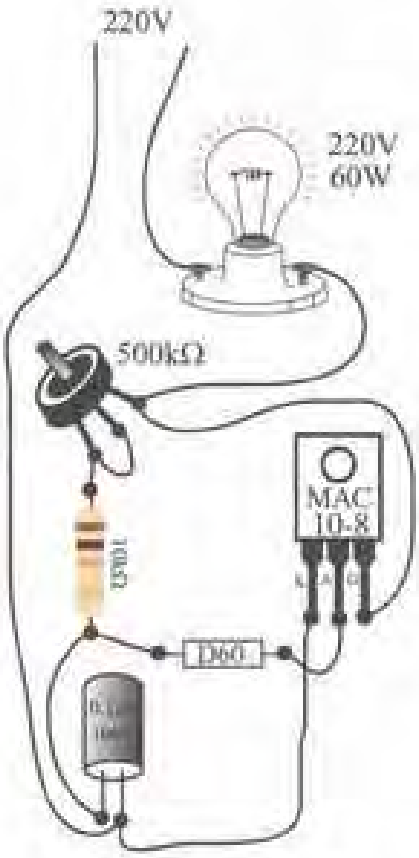


شکل ۶۰ـ۵ـ الف ـ شماتیک مدار

توجه: درصورت موجود بودن برد آماده به‌منظور سرعت دادن به مراحل آزمایش از برد آزمایشگاهی مزبور استفاده کنند.

■ با تغییر پتانسیومتر تغییرات نور لامپ را مشاهده کنید و نتیجه مشاهدات خود را بنویسید.

سؤال ۱ـ کاربرد مدار فوق به غیر از تغییر نور لامپ در کدام مدار می‌تواند باشد؟ توضیح دهید.



شکل ۶۰ـ۵ـ ب ـ مدار عملی

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

درصورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا سست به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۵ـ۱۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

واحد اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل پنجم آزمون پایانی عملی (۵) خودآزمایی شماره (۱) مراجعه کنید.

۶ـ۱۱ـ۵ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به‌اختصار شرح دهید

خلاصه:

.....

.....

.....

.....

۷ـ۱۱ـ۵ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ برای تشخیص سالم بودن یک ترایاک، آیا می‌توان مانند SCR، با ولتاژ DC آن را آزمایش کرد؟

۲ـ در شکل (۶۱ـ۵)، نقش دایاک چیست؟

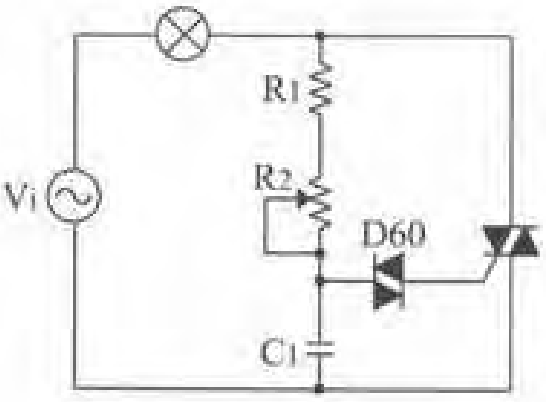
پاسخ:

.....

.....

.....

.....



شکل ۶۱ـ۵

۱۲ـ۵ـ آزمون پایانی عملی (۵)

۱ـ مدار دیمر شکل (۶۰ـ۵) را در منزل روی مدار چاپی بسازید و مورد استفاده قرار دهید. اگر ترایاک ۸ آمپری انتخاب کنید به‌راحتی می‌توانید نور لامپ‌های ۲۰ وات تا ۱۵۰ وات را از حداقل تا حداکثر کنترل کنید.

توجه: هنگام ساخت دستگاه، به نکات ایمنی توجه کنید. در مراحل ساخت با مربی خود مشورت نمایید. پس از اتمام مدار، آن را در آزمایشگاه مورد آزمایش فنی قرار دهید سپس در منزل استفاده کنید

نتیجه آزمون پایانی:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۱۳ـ۵ـ پرسش و تمرین (۵)

۱ـ ساختمان داخلی یک ترانزیستور UJT را رسم کنید.

۲ـ علامت قراردادی یا نماد ترانزیستور UJT را رسم کنید.

۳ـ η را در یک ترانزیستور UJT شرح دهید.

۴ـ ترانزیستور UJT بیشتر در چه مواردی کاربرد دارد؟

۵ـ ساختمان داخلی PUT را رسم کنید.

۶ـ علامت قراردادی PUT را رسم کنید.

۷ـ مزایای PUT بر UJT کدام است؟

۸ـ خیلی خلاصه دایاک را توضیح دهید و علامت قراردادی آن را رسم کنید.

۹ـ فرق دایاک ۳ لایه و ۵ لایه را بنویسید.

۱۰ـ با استفاده از دایاک یک مدار نوسان‌ساز رسم کنید.

۱۲ـ ساختمان داخلی و طرزکار یک SCR را شرح دهید.

۱۳ـ چگونه می‌توان با SCR شکل موج‌ها را برش داد.

۱۴ـ یک مدار فرمان ساده برای روشن کردن SCR رسم کنید.

۱۵ـ سالم بودن یک SCR را چگونه می‌توان آزمایش کرد؟

۱۶ـ فرق SCR با TRIAC چیست؟

۱۷ـ عملکرد یک TRIAC را خیلی خلاصه شرح دهید.

۱۸ـ یک مدار دیمر ساده را با استفاده از دایاک و ترایاک رسم کنید و طرز کار آن را خیلی خلاصه شرح دهید.

پاسخ سؤال‌ها:

پاسخ‌نامه سؤال‌های ۴ گزینه‌ای پیش‌آزمون

پیش‌آزمون (۱)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	ج
۲	معکوس
۳	–
۴	–
۵	–
۶	–
۷	ب
۸	ج
۹	ج

پیش‌آزمون (۲)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	–
۲	–
۳	–
۴	ج
۵	الف
۶	ب
۷	ب
۸	د
۹	د
۱۰	الف

پیش‌آزمون (۳)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	–
۲	–
۳	–
۴	ج
۵	الف
۶	–
۷	ب
۸	الف
۹	د
۱۰	–
۱۱	–
۱۲	–

پیش‌آزمون (۴)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	–
۲	الف
۳	ب
۴	–
۵	–
۶	د
۷	ب
۸	–
۹	د
۱۰	الف

پیش‌آزمون (۵)

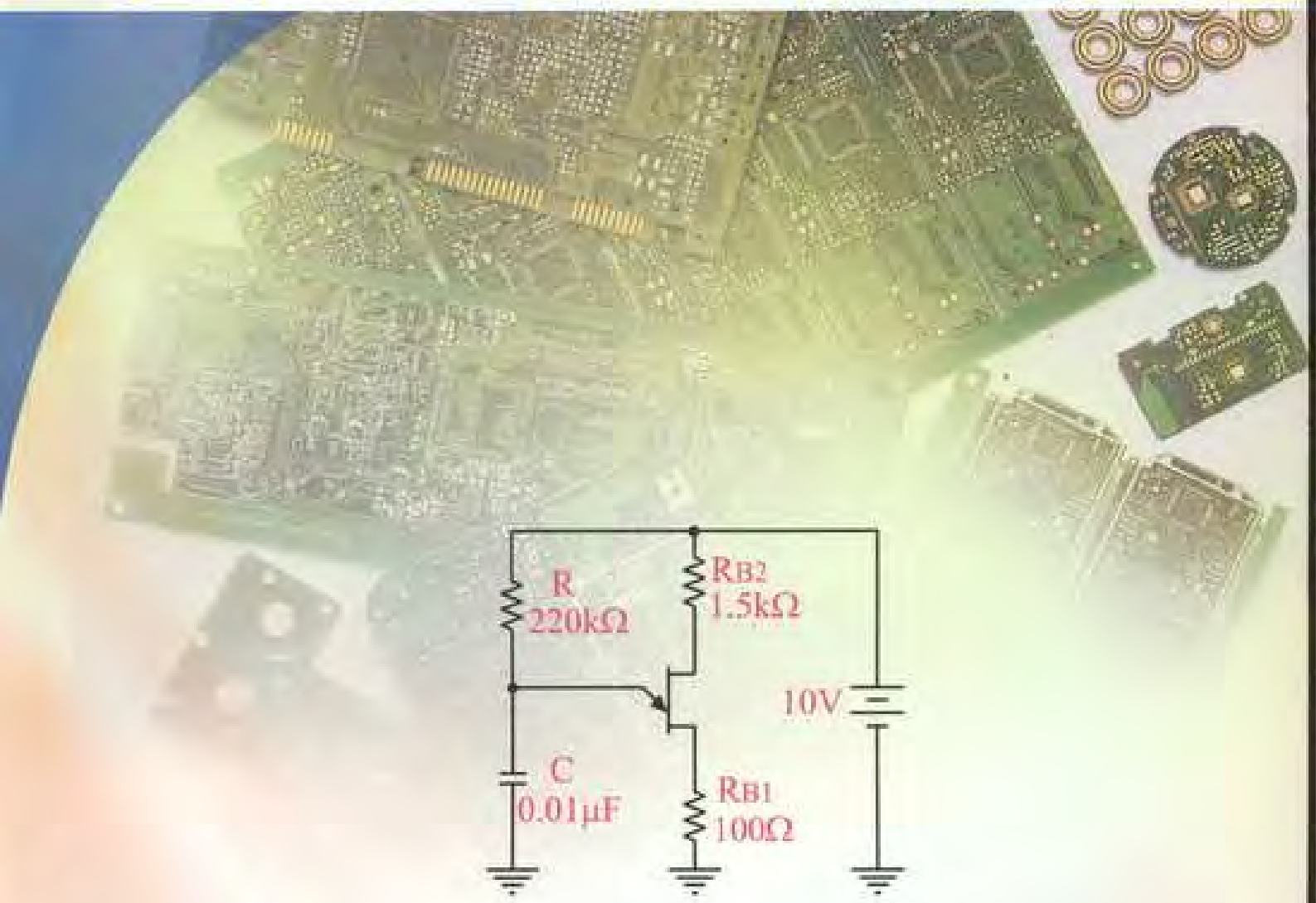
شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	–
۲	ج
۳	ب
۴	–
۵	–
۶	–
۷	–
۸	ب
۹	–
۱۰	ج
۱۱	–
۱۲	–
۱۳	–
۱۴	–
۱۵	–
۱۶	–
۱۷	–

منابع مورد استفاده

۱ـ الکترونیک عملی جلد اول و دوم تألیف اعضای شرکت پاک
ترجمه : شادروان مهندس احمد ریاضی (رحمة الله علیه)
مهندس سیدمحمود صموتی، کاظم ملک محمدی، مهندس محمود همتایی
۲ـ تحلیل و طراحی منابع تغذیه DC تألیف : دکتر محمدحسین رفان
۳ـ اصول و مبانی تکنیک پالس تألیف : دکتر سیداحمد معتمدی
۴ـ Industrial Electronics by: NOEL, MORRIS
۵ـ تقویت کننده عملیاتی تألیف : دکتر محمد ربیعی
۶ـ الکترونیک صنعتی تألیف فتح‌اله تفرپان
۷ـ کارگاه و آزمایشگاه سال چهارم رشته الکترونیک (نظام قدیم) تألیف بهرام خلج

فهرست رشته‌های مهارتی که می‌توانند از کتاب کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی استفاده نمایند.

ردیف	نام رشته‌ی مهارتی	شماره‌ی رشته‌ی مهارتی	کد رایانه‌ای رشته‌ی مهارتی	نام استاندارد مهارتی مبنا	کد استاندارد مهارتی
۱	تعمیر تلویزیون رنگی	۱-۱۰-۱۰۲-۳۰۱	۱۳۸۱	الکترونیک کارعمومی	۷۴٫۸-۵۱/۱۱
۲	الکترونیک صنعتی	۱-۱۰-۱۰۲-۳۰۲	۱۳۸۲		
۳	کاربری کنترل کننده‌های منطقی (PLC)	۱-۱۰-۱۰۲-۳۰۳	۱۵۲۵		
۴	تعمیرماشین‌های اداری	۱-۱۰-۱۰۲-۳۰۵	۱۷۸۲		
۵	تعمیر عمومی کامپیوتر	۱-۱۰-۱۰۳-۳۰۷	۱۷۵۰		



شابک ۴-۱۲۲۱-۰۵-۹۶۴
ISBN 964-05-1221-4

قیمت در تمام کشور ۱۰۰۰۰ ریال

۱۳۸۲