CarGeek.Live

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

مدارهای پایه در الکترونیک

پایهٔ دهم

دورهٔ دوم متوسطه

شاخهٔ:کاردانش

زمینهٔ: صنعت

گروه تحصیلی: برق و رایانه

رشته‌های مهارتی : الکترونیک صنعتی ـ اتوماسیون صنعتی ـ سیستم‌های صوتی و تصویری ـ تعمیر ابزار دقیق ـ تعمیر تلفن‌های رومیزی و همراه ـ تعمیر دستگاه‌های پزشکی

نام استاندارد مهارتی مبنا: الکترونیک‌کار صنعتی

کد استاندارد متولی: ۸ـ۵۲/۵۳/۱/۵

عنوان و نام پدیدآور : مدارهای پایه در الکترونیک [کتاب‌های درسی] شاخهٔ کاردانش، زمینهٔ صنعت، گروه تحصیلی برق و رایانه / مؤلفان فتح اله نظریان... [و دیگران]؛ برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
مشخصات نشر :شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
مشخصات ظاهری: ۳۲۷ ص.
شابک : ۴-۲۱۲۷ -۰۵-۹۶۴-۹۷۸
یادداشت: کتاب حاضر بر اساس استاندارد مهارتی مبنا الکترونیک کار صنعتی استاندارد متولی ۵۲/۵۳/۱/۵ ـ ۸ است.
یادداشت: مؤلفان فتح اله نظریان، محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی، سهیلا ذوالفقاری، فرشته داودی لعل‌آبادی.
یادداشت: عنوان دیگر: مدارهای پایه در الکترونیک ۶۰۹/۱۸.
عنوان دیگر: مدارهای پایه در الکترونیک ۳۱۰۱۵۴.
موضوع: مدارهای الکترونیکی
شناسه افزوده: نظریان، فتح اله، ۱۳۳۸-
شناسه افزوده:سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۰ ۴۵م/۷۸۶۷ TK
رده بندی دیویی: ۶۰۹/۱۸ک/۳۷۳
شمارهٔ کتابشناسی ملی: ۲۳۸۷۱۶۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

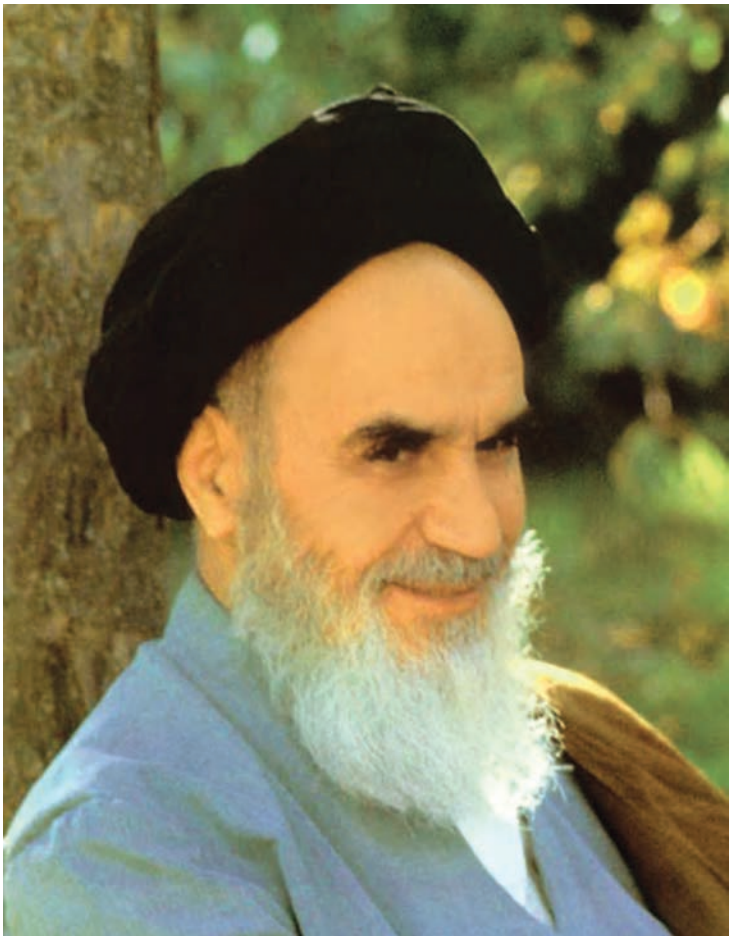
نام کتاب : مدارهای پایه در الکترونیک ـ ۳۱۰۱۵۴
پدیدآورنده : سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف : فتح‌اله نظریان، سید محمود صموتی، شهرام نصیری سواد کوهی، سهیلا ذوالفقاری و فرشته‌داودی‌لعل‌آبادی (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری : ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی : نسرین اصغری، فاطمه‌سادات قوامی (صفحه‌آرا) ـ مهدی براتی (طراح جلد) ـ فتح‌اله نظریان، حامد موسوی و گلاویش سیدصالحی (رسام)
نشانی سازمان : تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه : www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)
تلفن : ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پنجم ۱۳۹۹

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۴ـ۲۱۲۷ـ۰۵ـ۹۶۴ـ۹۷۸ ISBN 978 – 964 – 05 – 2127–4

CarGeek.Live

CarGeek.Live



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.

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

CarGeek.Live

CarGeek.Live

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب بـه نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) info@tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت) www.tvoccd.sch.ir

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فهرست

بخش اول: ترانزیستور ۱

فصل اول ۲

بایاس وتجزیه وتحلیل ترانزیستورهای پیوندی ۲

۱-۱چگونگی عملکرد ترانزیستور ۸

۱-۲ منحنی مشخصه‌های ترانزیستور ۱۰

۱-۳ آزمایش شماره ۱ ۱۲

۱-۴ آزمایش شماره ۲ ۱۵

ولتاژبندی یا بایاسینگ ترانزیستور

۱-۵ نام‌گذاری ترانزیستورها ۱۷

۱-۶ بایاسینگ ترانزیستور ۱۹

۱-۷ – نقطه‌ی کار و خط بار ترانزیستور ۲۰

۱-۸ نحوه‌ی تقویت در ترانزیستور ۲۲

۱-۹مشخصات تقویت‌کننده‌های‌ترانزیستوری ۲۳

۱-۱۰آرایش ترانزیستور ۲۳

۱-۱۱ آزمایش‌شماره ۳ ۲۴

تقویت‌کننده امیتر مشترک

۱-۱۲ تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک ۲۸

۱-۱۳ آزمایش شماره ۴ ۲۹
تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

۱-۱۴ تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک ۳۱

۱-۱۵ آزمایش شماره ۵ ۳۱
تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

فصل دوم ۳۶

۲-۱ خازن کوپلاژ ۴۰

۲-۲ خازن بای پاس ۴۰

۲-۳ بررسی پارامترهای یک تقویت‌کننده ۴۱

۲-۴ مدار بافر ۴۲

۲-۵ تقویت‌کننده‌با استفاده اززوج‌دارلینگتون ۴۲

۲-۶ اصول کارتقویت‌کننده‌های فیدبک شده ۴۳

۲-۷ فیدبک‌سری درتقویت‌کننده‌ی یک‌طبقه ۴۵

۲-۸ فیدبک‌موازی‌درتقویت‌کننده‌های یک‌طبقه ۴۷

۲-۹ آزمایش شماره ۱ ۴۸
مدار عملی امیترمشترک

۲-۱۰ آزمایش شماره ۲ ۵۰
مدار عملی بیس مشترک

۲-۱۱ آزمایش شماره۳ ۵۲
مدارعملی کلکتورمشترک

بخش دوم: تقویت کننده‌ها ۵۵

فصل سوم ۵۶

تجزیه و تحلیل و بررسی تقویت‌کننده‌های قدرت

۳-۱ کلاس تقویت‌کننده‌ها ۶۰

۳-۲ تقویت‌کننده‌ی قدرت کلاس A ۶۲

۳-۳ انواع کوپلاژ در تقویت‌کننده‌ها ۶۲

۳-۴ آزمایش شماره ۱ ۶۵
تقویت کننده دو طبقه با کوپلاژ RC

۳-۵ کوپلاژ ترانسفورماتوری ۶۹

۳-۶ آزمایش شماره ۲ ۶۹
تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری

۳-۷ کوپلاژ مستقیم ۷۲

۳-۸ آزمایش شماره۳ ۷۳
تقویت‌کننده دوطبقه با کوپلاژ مستقیم

۳-۹ تقویت‌کننده پوش – پول بدون ترانسفورماتور (Push Pull) ۷۷

۳-۱۰ تقویت‌کننده پوش – پول با ترانزیستورهای مکمل (Complementary) ۷۸

۳-۱۱ آزمایش شماره ۴ ۷۹
تقویت‌کننده پوش –پول بدون ترانسفورماتور

فصل چهارم ۸۴
ترانزیستورهای اثرمیدان

۴-۱ ترانزیستور با اثر میدان ۸۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۲-۴ آزمایش شماره ۱ بررسی عملکرد ترانزیستور JFET ۹۶

۳-۴ آزمایش شماره۲ تقویت کننده سورس‌مشترک ۹۸

۴- ۴ آزمایش شماره ۳ تقویت کننده درین مشترک ۱۰۱

فصل پنجم تجزیه و تحلیل و بررسی مدارهای تقویت کننده تفاضلی و عملیاتی ۱۰۵

۱-۵ تقویت کننده تفاضلی (Differential Amplifier) ۱۰۷

۲-۵ رفتار DC تقویت کننده تفاضلی ۱۰۷

۳-۵ رفتارتقویت کننده‌تفاضلی درسیگنال AC ۱۰۸

۴-۵ آزمایش شماره ۱ تقویت کننده تفاضلی ۱۰۹

۵-۵ تقویت کننده عملیاتی Operational amplifier ۱۱۲

۶-۵ تقویت کننده عملیاتی ایده آل ۱۱۳

۷-۵ تقویت کننده عملیاتی معکوس کننده (باضریب تقویت منفی) ۱۱۳

۸-۵ آزمایش شماره ۲ تقویت کننده‌عملیاتی معکوس کننده ۱۱۵

۹-۵ تقویت کننده عملیاتی غیرمعکوس کننده (با ضریب تقویت مثبت) ۱۱۶

۱۰-۵ آزمایش شماره ۳ مدار تقویت کننده عملیاتی غیر معکوس کننده ۱۱۸

۱۱-۵ مدار جمع کننده ۱۱۹

۱۲-۵ مدار مشتق گیر (تغییردهنده‌شکل موج) ۱۲۰

۱۳-۵ مدار انتگرال گیر یا تغییردهنده شکل موج ۱۲۰

۱۴-۵ آزمایش شماره ۴ مدار جمع کننده ۱۲۱

۱۵-۵ آزمایش شماره ۵ مدار مشتق گیر ۱۲۲

۱۶-۵ آزمایش شماره ۶ مدار انتگرال گیر ۱۲۳

بخش سوم: ساخت منبع تغذیه ۱۲۷

فصل ششم تنظیم کننده های ولتاژ ۱۲۸

۱-۶ منابع تغذیه ۱۳۲

۲-۶ تنظیم کننده ولتاژ ۱۳۲

۳-۶ آزمایش شماره ۱ ۱۳۶

۴-۶ تنظیم کننده‌های ولتاژ مجتمع سه سر ۱۳۹

۵-۶ آزمایش شماره ۲ ۱۴۰

فصل هفتم ۱۴۶

۱-۷ مقدمه ۱۴۹

۲-۷ استانداردهای فیبر مدار چاپی ۱۵۰

۳-۷ استاندارد طراحی مدار چاپی ۱۵۱

۴-۷ طرز تهیه طرح مدار چاپی ۱۵۱

۵-۷ نکته های مهم در طراحی مدار چاپی ۱۵۳

۶-۷ چند نمونه طرح مدار چاپی ۱۵۴

۷-۷ طراحی مدار چاپی بااستفاده از رایانه ۱۵۵

۸-۷ آزمایش شماره ۱ ۱۵۶

۹-۷ روش‌های‌انتقال‌نقشه‌مدارچاپی‌روی فیبر ۱۵۸

۱۰-۷ طرز تهیه‌محلول‌اسید و آماده نمودن‌فیبر برای مونتاژ ۱۶۱

۱۱-۷ پاک کردن مواد لامینت ۱۶۱

۱۲-۷ سوراخ کاری و نصب قطعات ۱۶۲

۱۳-۷ آزمایش شماره ۲ ۱۶۲

بخش چهارم: نوسان سازها ۱۶۶

فصل هشتم نوسان سازها ۱۶۷

قسمت اول- نوسان‌سازهای سینوسی ۱۷۲

۱-۸ تعریف نوسان ساز ۱۷۲

۲-۸ نوسان ساز از نظر شکل موج تولیدی ۱۷۲

۳-۸ اصول کار مدارهای نوسان ساز ۱۷۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸-۴ اصول کار نوسان سازهای LCسینوسی ۱۷۳
۸-۵تولیدنوسان‌درمدارتانک(رزونانس‌موازی) ۱۷۴
۸-۶ آزمایش شماره ۱ ۱۷۵
۸-۷ نوسان ساز هارتلی (Hartley) ۱۷۸
۸-۸ آزمایش شماره ۲ ۱۷۹
۸-۹ نوسان ساز کول پیتس (Colpitts Oscillator) ۱۸۱
۸-۱۰ آزمایش شماره ۳ ۱۸۲
۸-۱۱ نوسان ساز آرمسترانگ ۱۸۴
۸-۱۲ آزمایش شماره ۴ ۱۸۴
۸-۱۳ نوسان ساز کریستالی ۱۸۶
۸-۱۴ آزمایش شماره ۵ ۱۸۷
۸-۱۵ ضریب کیفیت مدار نوسان ساز ۱۹۰
قسمت دوم: نوسان‌سازهای غیرسینوسی ۱۹۴
۸-۱۶ اصول کار مولتی ویبراتورها ۱۹۴
۸-۱۷ آزمایش شماره ۶ ۱۹۷
۸-۱۸ ترانزیستور تک پیوندی (UJT) ۲۰۲
۸-۱۹ آزمایش شماره ۷ ۲۰۴
۸-۲۰ مدار تایمر با استفاده از آی سی ۵۵۵ (Timer) ۲۰۶
۸-۲۱ آزمایش شماره ۸ ۲۰۸
بخش پنجم: دیجیتال ۲۱۴
فصل نهم ۲۱۵
سیستم‌های دیجیتال و کاربرد آن‌ها ۲۱۵
قسمت اول ۲۲۳
۹-۱ سیستم های آنالوگ و دیجیتال ۲۲۳
۹-۲ اصول کار مدارهای دیجیتال ۲۲۴
۹-۳ دروازه های منطقی پایه ۲۲۵
۹-۴ دروازه‌های منطقی ترکیبی ۲۲۹
۹- ۵ساختمان داخلی دروازه های منطقی ۲۳۳
۹-۶ آزمایش شماره ۱ ۲۳۵
۹-۷ آزمایش شماره ۲ ۲۳۹
قسمت دوم ۲۴۶
۹-۸ جبر بول و ساده سازی توابع ۲۴۶
قسمت سوم ۲۵۲
۹-۹ سیستم های اعداد ۲۵۶
قسمت چهارم ۲۶۱
۹-۱۰ مدارهای ترکیبی (رمزگشا و رمزگذار) ۲۶۱
۹-۱۱ آزمایش شماره ۳ ۲۶۱
۹-۱۲ مدارهای متمرکزکننده یا تسهیم‌کننده ۲۶۶
۹-۱۳ دی‌مالتی پلکسر یا پخش کننده ۲۶۸
۹-۱۴ آزمایش شماره ۴ ۲۶۹
قسمت پنجم – مدارهای ترتیبی ۲۷۳
۹-۱۵ بررسی انواع مدارهای فلیپ فلاپ (Flip Flop) ۲۷۳
۹-۱۶ آزمایش شماره ۵ ۲۸۱
۹-۱۷ اشمیت تریگر (Schmitt Trigger) ۲۸۴
بخش ششم: قطعات الکترونیک صنعتی ۲۸۷
فصل دهم ۲۸۸
عملکرد عناصر یکسوکننده قدرت ۲۸۸
۱۰-۱ آشنایی با الکترونیک قدرت و کاربردهای آن ۲۹۰
۱۰-۲ آشنایی با دیودهای قدرت و انواع آن ۲۹۰
۱۰-۳ آشنایی با دیودهای اتصال سری ۲۹۲
۱۰-۴ اتصال موازی دیودها ۲۹۲
۱۰-۵ آزمایش شماره ۱ ۲۹۳
عملکرد مدارهای دیودی سری وموازی
۱۰-۶ دیود شاکلی (Schockley Diode) ۲۹۵
۱۰-۷ یکسوسازی کنترل شده سیلیکونی یا تریستور ۲۹۷

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸-۱۰ مدارهای فرمان SCR	۲۹۸
۹-۱۰ سری کردن تریستورها	۲۹۹
۱۰-۱۰ موازی کردن تریستورها	۳۰۰
۱۱-۱۰ آزمایش شماره ۲	۳۰۰
۱۲-۱۰ مقادیر حد در تریستور	۳۰۳
۱۳-۱۰ آزمایش شماره ۳	۳۰۴
برگه اطلاعات تریستور	
فصل یازدهم	۳۰۹
ترانزیستور PUT	۳۰۹
۱-۱۱ ساختمان ، طرزکار ، منحنی و کاربرد PUT	۳۱۳
۲-۱۱ تریستور GTO (Gate turn off thyristors)	۳۱۵
۳-۱۱ ساختمان ، طرزکار ، منحنی مشخصه و کاربرد دایاک (DIAC)	۳۱۶
۴-۱۱آزمایش شماره۱	۳۱۸
دایاک به عنوان نوسان ساز	۳۱۸
۵-۱۱ ساختمان ، منحنی مشخصه ، طرز کار و کاربرد ترایاک	۳۲۰
۶-۱۱ آزمایش شماره ۲ ترایاک ، PUT و GTO	۳۲۱
منابع و مآخذ	۳۲۷

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

برنامه ریزی تالیف « پودمان مهارت » یا « کتاب های تخصصی شاخه‌ی کاردانش » برمبنای استانداردهای کتاب « مجموعه برنامه‌های درسی رشته های مهارتی شاخه‌ی کاردانش ، مجموعه هشتم » صورت گرفته است . براین اساس ابتدا توانایی های هم خانواده به صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسته‌بندی می شود . در نهایت واحدهای کار هم خانواده با هم مجدداً دسته بندی شده و پودمان مهارتی (Module) را شکل می‌دهند.

دسته‌بندی «توانایی ها» و«واحدهای کار» توسط کمیسیون های تخصصی با یک نگرش علمی انجام شده است به گونه‌ای که یک سیستم پویا بر برنامه‌ریزی و تالیف پودمان های مهارت نظارت دائمی دارد.

به منظور آشنایی هر چه بیشتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شاخه ی کاردانش و سایر علاقه مندان و دست اندرکاران آموزش های مهارتی با روش تدوین «پودمان های مهارت»، توصیه می شود الگوی ارائه شده در استاندارد متولی را در نمون برگ های شماره (۱)، (۲) و (۳) مورد بررسی قرار دهید. در ارائه دسته بندی ها، زمان مورد نیاز برای آموزش آن ها نیز تعیین می گردد، با روش مذکور یک «پودمان» به عنوان کتاب درسی مورد تایید وزارت آموزش و پرورش در «شاخه ی کاردانش» چاپ سپاری می شود.

به طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی پودمان مهارت مانند (M۱ و M۲) و هر پودمان نیز به تعدادی واحد کار مانند (U۱ و U۲) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه مانند (P۱ و P۲) تقسیم می شوند . نمون برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی ها به کار می رود . در این نمون برگ مشاهده می کنیم که در هر واحد کار چه نوع توانایی هایی 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 آموزش های مهارتی فعالیت دارند ، می توانند ما را در غنای کیفی پودمان که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند .

سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی
دفتر تألیف کتاب‌های درسی
فنی و حرفه‌ای و کاردانش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مقدمه‌ی مولفان

از اواخر قرن بیستم تا به امروز دانش الکترونیک با سرعتی بسیار به پیش رفته است . امروز همه‌ی مدارهای الکترونیکی به صورت مدارهای مجتمع یا IC ساخته می‌شوند. اگر شما یک اسباب‌بازی بسیار ساده را مورد بررسی قرار دهید می‌بینید که در آن مدارهای الکترونیکی به ویژه مدارهای مجتمع یا آی‌سی به کار رفته است. ازطرف دیگر نرم‌افزارهای کامپیوتری، طراحی و استفاده از مدارهای الکترونیکی بسیار پیچیده را برای همه امکان پذیر ساخته است . هرکس می‌تواند با این نرم افزار ها با سرعت زیاد ، مدارهای بسیار پیچیده را طراحی و ظرف چند ثانیه برنامه را در یک IC خالی یا پر کند و بلافاصله مدار را مورد استفاده قرار دهد.

استفاده از این سیستم دارای مزایایی به شرح زیر است :

ابعاد مدارهای چاپی فوق‌العاده کم می‌شود .

میزان لحیم کاری کم می‌شود و در پاره‌ای موارد به صفر می‌رسد .

فضای مورد نیاز به حداقل می‌رسد.

توان مصرفی به پایین‌ترین اندازه می‌رسد.

هزینه‌ی طراحی و ساخت بسیار کاهش می‌یابد.

اما روند 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 کتاب الکترونیک پایه ، با قطعات الکترونیکی آشنا شدید. در این کتاب به مدارهای پایه می‌پردازیم . در یک دستگاه الکترونیکی ساده مانند منبع تغذیه کامپیوتر مجموعه‌ای از مدارهای پایه و مدارهای پیچیده الکترونیکی را می‌بینید . این مدارها در شکل‌های گوناگون و در قسمت‌های مختلف این وسیله‌ی الکترونیکی به کار رفته‌اند . نوسان ساز، تقویت کننده قدرت ، آشکارساز و نمونه‌هایی کامل‌تر از مدارهای پایه‌ای در الکترونیک هستند .

هدف کتاب « مدارهای پایه در الکترونیک » آموزش مدارهای ساده الکترونیکی است . در این کتاب شما با مدارهای پایه‌ای متنوعی در الکترونیک آشنا می‌شوید و با آزمایش آن‌ها در هر مرحله ، چگونگی کاربرد آن‌ها را می‌آموزید . به این ترتیب کاربرد قطعات الکترونیکی را که آموخته اید در این کتاب تجربه می‌کنید .

یادآوری می‌شود مجموعه‌ی دو کتاب الکترونیک پایه و مدارهای پایه در الکترونیک در اکثر رشته‌های مهارتی الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

توجه داشته باشید که در این کتاب مباحثی برای مطالعه و هنرجویان علاقه‌مند در نظر گرفته شده است که این مباحث در آزمون‌ها مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بخش اول

ترانزیستور

واحد کار	شماره توانایی	عنوان توانایی	زمان آموزش		
			نظری	عملی	جمع
U۴	۱۳	توانایی بایاس نمودن وتجزیه و تحلیل ترانزیستورهای پیوندی	۱۰	۲۰	۳۰
U۴	۱۴	توانایی بررسی انواع پارامترهای مؤثر بر تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری و شناخت فیدبک‌ها	۸	۶	۱۴
		جمع کل	۱۸	۲۶	۴۴

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل اول

بایاس وتجزیه وتحلیل ترانزیستورهای پیوندی

هدف کلی :

آموزش نظری و عملی اصول کارترانزیستورهای پیوندی

هدف های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- رابطه‌ی بین جریان پایه های یک ترانزیستوررا شرح دهد.
۲- درباره ی چگونگی عملکرد ترانزیستوردر مدار توضیح دهد.
۳ - منحنی مشخصه‌های ترانزیستور را توضیح دهد.
۴- مشخصات ناحیه‌ی قطع ترانزیستوررا شرح دهد .
۵- خصوصیات ناحیه‌ی فعال ترانزیستور را شرح دهد.
۶- ناحیه ی اشباع ترانزیستور را توضیح دهد .
۷- چگونگی نام‌گذاری ترانزیستور را توضیح دهد.
۸- روش‌های مختلف بایاس کردن ترانزیستور را شرح دهد.
۹- نقطهٔ کار و خط بار DC ترانزیستور را توضیح دهد.
۱۰- نکات مربوط به چگونگی انتخاب نقطه ی کار ترانزیستور را شرح دهد .
۱۱- چگونگی تقویت سیگنال در ترانزیستور را توضیح دهد.
۱۲- مشخصات کلی وعمومی یک تقویت کننده را نام ببرد.
۱۳- ویژگی های تقویت کننده امیترمشترک را توضیح دهد .
۱۴- مدار امیتر مشترک را به طور عملی ببندد.
۱۵- رفتار ترانزیستور در مدار امیتر مشترک را به طور عملی تحلیل کند.
۱۶- مشخصات تقویت کننده ی بیس مشترک را شرح دهد.
۱۷- یک مدار بیس مشترک را به طور عملی ببندد.
۱۸- رفتار ترانزیستور در مدار بیس مشترک را به طور عملی تحلیل کند .
۱۹- مشخصات تقویت کننده کلکتور مشترک را ببندد.
۲۰- مدار کلکتور مشترک را به طور عملی ببندد.
۲۱- رفتار ترانزیستور در مدار کلکتور مشترک را به طور عملی تحلیل کند .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

هدف های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی :

۱- نظم و ترتیب و حضور به موقع در هنرستان و کلاس درس را رعایت کند.
۲- تکالیف و مسئولیت های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.
۳- در موقعیت های مناسب برای درک بهتر مفاهیم از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.
۴- از لوازم موجود درکلاس و هنرستان به خوبی مراقبت ونگهداری کند.
۵- خوب گوش دهد و ابهامات و سوالات خود را بپرسد.
۶- با دقت و اعتماد به نفس به سوالات طرح شده پاسخ دهد.
۷- از شوخی های بی مورد بپرهیزد.
۸- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.
۹- توانمندی های خود را در موقعیت های مناسب بروز دهد.
۱۰- در کار گروهی مشارکت فعال و همکاری موثر داشته باشد.
۱۱- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حساس و فعال باشد.
۱۲- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات ، راهنمایی و تشویق کند.

توانایی شماره سیزده به جز توانایی ۱-۱۳ و ۷-۱۳	ساعات آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۹	۱۷	۲۶

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۱)

۱- ترانزیستور از سه نیمه هادی نوع N تشکیل شده است.

صحیح ❐ غلط ❐

۲- امیتر بیش‌ترین ناخالصی و بیس کم ترین ناخالصی را دارد .

صحیح ❐ غلط ❐

۳- منحنی مشخصه‌ی ورودی ترانزیستور،مقدار تغییرات .....ورودی را برحسب .....ورودی نشان می‌دهد .

الف) جریان – ولتاژ

ب) ولتاژ – مقاومت

ج) جریان – جریان

د) ولتاژ – ولتاژ

۴- نسبت جریان I_C به I_B را با حرف β نشان می دهند.

صحیح ❐ غلط ❐

۵- کدام گزینه درباره‌ی جریان‌های بیس و کلکتورترانزیستور در ناحیه‌ی قطع صدق می کند ؟

الف) $I_B = ۰$, $I_C = ۰$ ب) $I_B \neq ۰$, $I_C \neq ۰$

ج) $I_B = ۰$, $I_C \neq ۰$ د) $I_B \neq ۰$, $I_C = ۰$

۶- منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور در ناحیه ی فعال را تشریح کنید.

۷- کدام گزینه درباره ی نوع و فرکانس کار ترانزیستور ۲SC۸۲۹ صدق می کند ؟

الف) PNP ، فرکانس بالا ب) NPN ، فرکانس پایین

ج) NPN ، فرکانس بالا د) PNP ، فرکانس پایین

۸- برای انتخاب نقطه‌ی کار ترانزیستور چه محدودیت‌هایی را باید در نظر گرفت؟

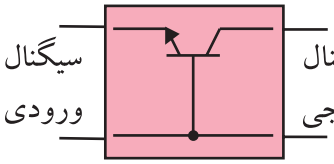
الف) تحمل توان تلف شده

ب)حداکثر جریان کلکتور

ج) حداکثر ولتاژ بین کلکتور و امیتر

د)همه‌ی موارد

۹- شکل زیر چه آرایشی از ترانزیستور را نشان می‌دهد؟



الف) امیتر مشترک

ب) بیس مشترک

ج) کلکتور مشترک

د) همه‌ی موارد

۱۰- مشخصات یک تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک را بنویسید.

۱۱- رابطه‌ی $I_E = I_B + I_C$ همیشه در یک ترانزیستور پیوندی برقرار است ؟

صحیح ❐ غلط ❐

۱۲- کدام گزینه صحیح نیست ؟

الف) منحنی مشخصه‌ی ورودی ترانزیستور ، بیان‌کننده‌ی مقدار تغییرات جریان ورودی بر حسب ولتاژ ورودی است .

ب)منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور ، رابطه‌ی بین جریان ورودی و جریان خروجی است.

ج) منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور ، رابطه‌ی بین جریان و ولتاژ خروجی به ازای جریان ورودی است.

د) منحنی مشخصه‌ی ورودی ترانزیستور ، شامل سه ناحیه قطع، فعال و اشباع است .

CarGeek.Live

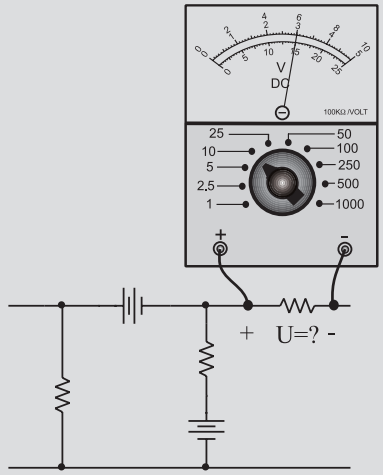
CarGeek.Live

نکات ایمنی فصل (۱)

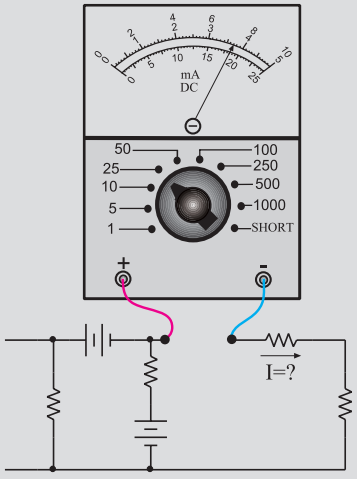
۱- کلیدها وولوم‌های روی دستگاه‌های اندازه‌گیری را به آرامی تغییر دهید تا آسیبی به آن ها وارد نشود.

۲- هنگام اندازه‌گیری ولتاژ، حوزه کارولت متر را متناسب با ولتاژی که می خواهید اندازه بگیرید تنظیم کنید.

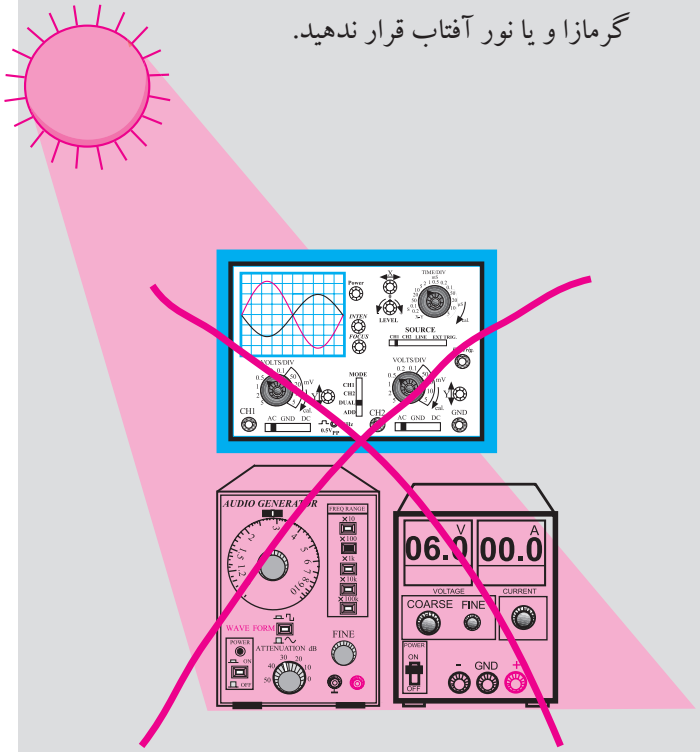
۳- هنگام اندازه‌گیری ولتاژ ، ولت متر را با دو نقطه مورد نظر به صورت موازی ببندید.



۴- هنگام اندازه‌گیری جریان در مدار ، آمپرمتر را با مدار به صورت سری ببندید.

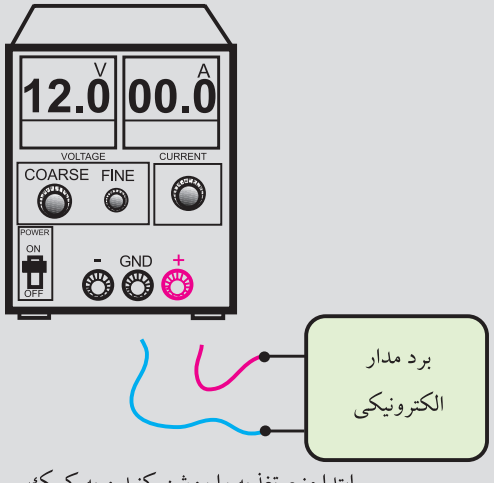


۵- دستگاه های اندازه‌گیری را در مجاورت وسایل گرمازا و یا نور آفتاب قرار ندهید.



۶- قبل از اتصال مدار به منبع تغذیه ، ابتدا ولتاژ خروجی را صفر کنید.

۷- قبل از وصل منبع تغذیه به مدارهای الکترونیکی ، ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را تنظیم کنید و سپس مدار را به منبع تغذیه وصل کنید.

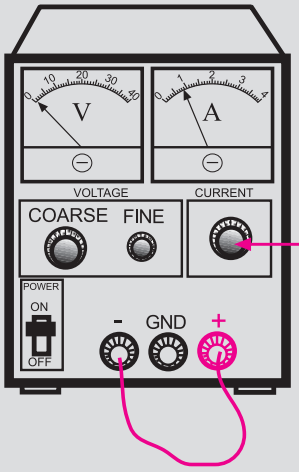


ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و به کمک ولوم COARSE ولتاژ خروجی راتنظیم کنید سپس مدار را به آن اتصال دهید

CarGeek.Live

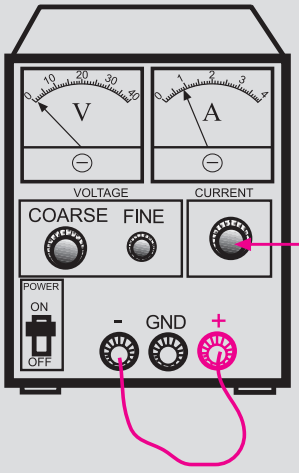
CarGeek.Live

۸- اگرمنبع تغذیه که بـا آن کار می‌کنید دارای امکانات Limit Current اسـت ، جریان خروجی را حداکثر تا ۱۰۰ mA محدود کنید.



با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

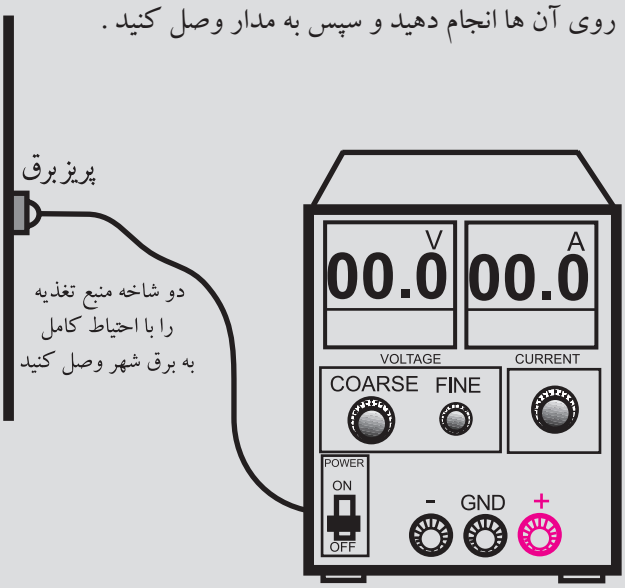
۹- اگـر منبع تغذیه‌ای که بـا آن کار می‌کنید دارای ولوم محدود کننده جریان اسـت در آزمایـش های این فصل جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید . برای این کار ابتدا ولتاژ خروجی را روی صفر ولت بگذارید سپس دو سـر خروجی را اتصال کوتـاه کنید. ولتاژ خروجی را کمـی زیاد کنید تـا جریان از ۱۰۰ mA تجـاوز کند . با اسـتفاده از ولـوم Limit Current جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید .



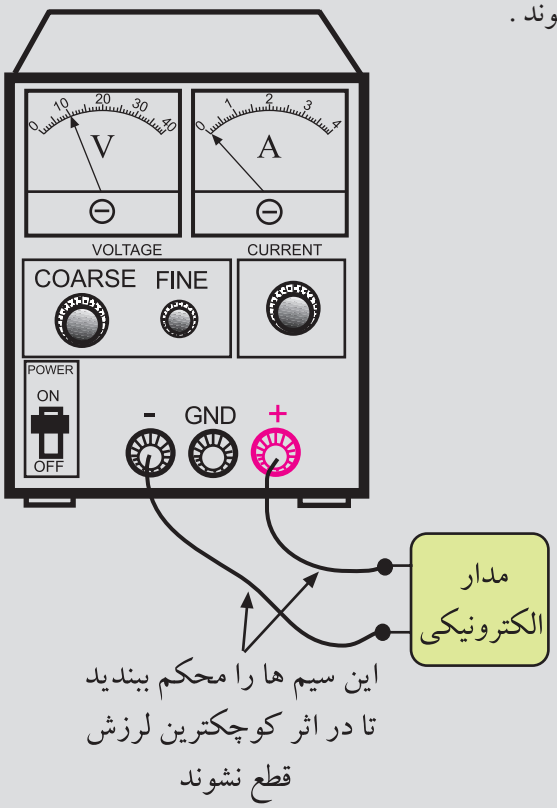
با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

۱۰- کلیدها و ولوم‌های اسیلوسکوپ خیلی ظریف هستند. هنگام کار با اسیلوسکوپ در صورت نیاز به تغییر ، کلیدها را خیلی آرام تغییر دهید .

۱۱- کلیه دستگاه های اندازه گیری را ابتدا با احتیاط کامل به برق وصل کنید. بعد از روشـن کـردن، تنظیم‌های لازم را روی آن ها انجام دهید و سپس به مدار وصل کنید .



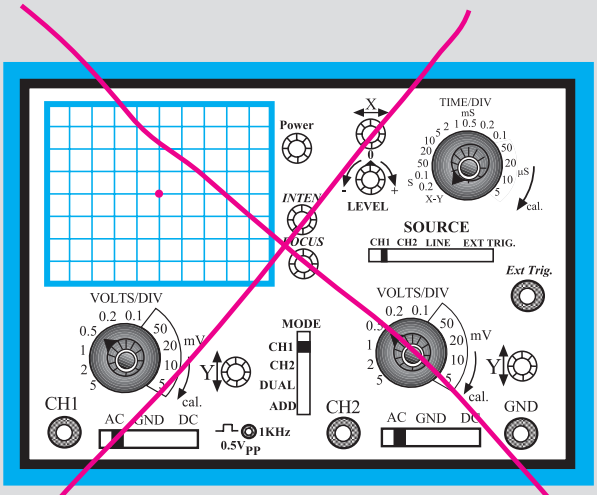
۱۲- سیم های رابط را به دسـتگاه های اندازه گیری وبرد مـدار چاپی آمـاده خیلی محکم ببندید تـا در اثر لرزش قطع نشوند .



CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۳- کلید X-Y در اسیلوسکوپ را برای کارهای معمولی هرگز فعال نکنید. زیرا در این حالت اشعه به صورت یک نقطه نورانی روی صفحه حساس ظاهر می شود و پوشش ماده فسفرسانس داخلی را در نقطه ای که تابیده شده است می سوزاند. در این حالت آن نقطه برای همیشه روی صفحه حساس به صورت یک لکه سیاه دیده می شود.



هرگز اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار ندهید

۱۴- هنگام تعویض حوزه کار کلیدها و ولوم های موجود در اسیلوسکوپ خیلی با احتیاط عمل کنید زیرا این کلیدها خیلی حساس هستند و زود خراب می شوند .

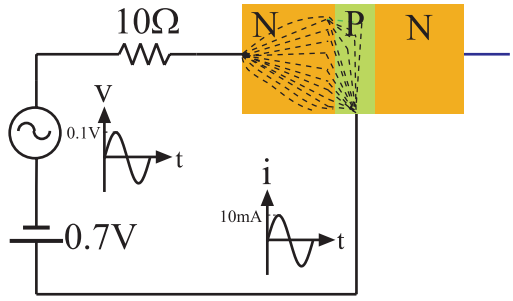
- ترانزیستور از سه نیمه هادی نوع P و N که در کنار یک دیگر قرار می گیرند و باهم آمیخته می شوند شکل می گیرد.
- ترانزیستورها با کنار هم قراردادن سه نیمه هادی به صورت PNP ویا NPN ساخته می شوند.
- پایه های ترانزیستور را امیتر ، بیس و کلکتور نام گذاری می کنند .
- امیتر نسبت به دو پایه ی دیگر ناخالصی بیش تری دارد و بیس دارای ناخالصی کم تری است .

CarGeek.Live

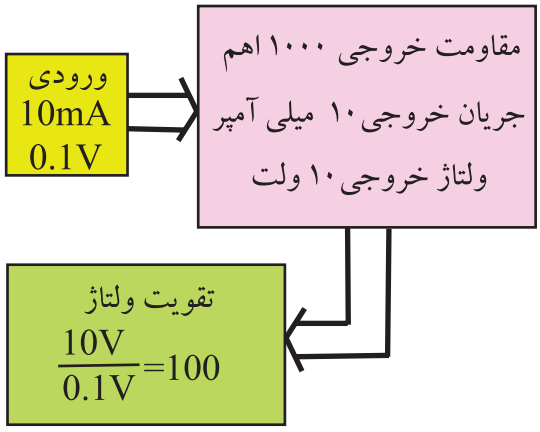
CarGeek.Live

۱-۱چگونگی عملکرد ترانزیستور

برای بررسی طرز کار ترانزیستور به شکل ۱-۱ توجه کنید.



الف) عبور جریان سینوسی از لایه PN ترانزیستور با دامنه‌ی ۱۰ میلی‌آمپر



ب) اگر جریان ۱۰ میلی‌آمپر از مقاومت ۱۰۰۰ اهمی عبور کند ، افت ولتاژ دو سر آن ۱۰۰ برابر سیگنال ورودی می‌شود

شکل ۱-۱ نحوه تقویت در ترانزیستور

منبع ۰/۷ ولتی باعث می شود که دیود بیس امیتر ، کاملاً در حالت هدایت قرار گیرد. دراین شرایط منبع ولتاژ سینوسی با دامنه ۰/۱ ولت می تواند جریان سینوسی با دامنه تقریبی ۱۰mA را در مدار به وجود آورد .

$$i = \frac{V}{R} = \frac{۰/۱V}{۱۰V} = ۰/۰۱mA$$

اگر بتوانیم به هر طریقی این جریان سینوسی با دامنه ی تقریبی ۱۰mA را از یک مقاومت ۱۰۰۰ عبوردهیم ، دردو سر این مقاومت ولتاژ سینوسی با دامنه تقریبی ده ولت به وجود می آید زیرا :

$$V = RI = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۱۰V$$

اگر ولتاژ دو سر مقاومت را ولتاژ خروجی و سیگنال سینوسی با دامنه ۰/۱ ولت را ولتاژ ورودی در نظر بگیریم می‌توانیم بگوییم که دامنه ولتاژ سینوسی به اندازه $\frac{۱۰V}{۰/۱V} = ۱۰۰$ برابر تقویت شده است.

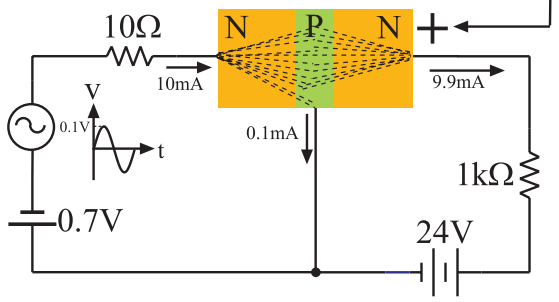
ترانزیستور دقیقاً همین کار را انجام می‌دهد ، یعنی جریان تولیدی در یک مدار را به مدار دیگری با مقاومت بیشتر انتقال می‌دهد.

برای این منظور، اتصال بین کلکتور و بیس را با ولتاژ زیاد به صورت معکوس بایاس می کنیم .در این صورت الکترون ها (جریان الکتریکی) از نیمه هادی نوع N به نیمه هادی نوع P وارد می شوند تا مسیر جریان را ببندند . از طرفی چون ناخالصی نیمه هادی نوع P خیلی کم است ، الکترون ها در نیمه هادی نوع P با حفره ها ترکیب نمی شوند . هم چنین هنگام ساخت ترانزیستور ، لایه ی بیس را بسیار نازک درنظر می گیرند به طوری که الکترون ها به آسانی وبا نیروی کم می‌توانند از آن عبور کنند. چون پتانسیل لایه‌ی کلکتور مثبت است و دامنه آن نیز در مقایسه با پتانسیل بیس بسیار زیاد است، ۹۵ درصد الکترون های مربوط به مسیر جریان امیتر بیس به راحتی جذب لایه ی کلکتور می شوند و جریان کلکتور را به وجود می آورند. جریان کلکتور طبق شکل ۲-۱ از مقاومت ۱KΩ عبور می کند ، ۵ درصد جریان باقی مانده از بیس عبور می کند ومدار ورودی را می بندد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ولتاژ زیاد و مثبت باعث می شود که الکترون های داخل بیس به طرف کلکتور جذب شوند



شکل ۲-۱ عملکرد ترانزیستور

بنابراین ترانزیستور جریانی را که به واسطه یک مقاومت کم در یک مدار تولید شده است را می تواند از مدار دیگری با مقاومت بیش تر عبور دهد. نام ترانزیستور نیز از همین عملکرد انتخاب شده است .

Transfer resistor

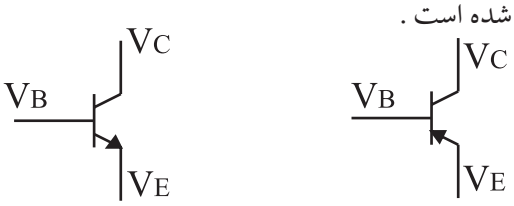
Transistor

جریانی که از هر پایه ترانزیستور عبور می کند را به نام همان پایه نام‌گذاری می کنند. مثلاً جریانی که از بیس عبور می کند را I_B می نامند . در شکل ۳-۱ نام گذاری جریان پایه‌های ترانزیستورهای PNP و NPN نشان داده شده است .با توجه به توضیحات بالا رابطه : $I_E = I_B + I_C$ همیشه برقرار است .

شکل ۳-۱- رابطه بین جریان‌ها در ترانزیستور

در هر ترانزیستورتحت هر شرایط رابطه $I_E=I_C + I_B$ صادق است .

ولتاژ هرپایه نسبت به زمین ویا نسبت به هر مرجع دیگری را با حرف V و نام پایه مورد نظر نشان می دهند. مثلاً V_C پتانسیل (ولتاژ) پایه کلکتور نسبت به زمین است. در شکل ۴-۱ ولتاژ نقاط مختلف یک ترانزیستور نسبت به زمین نشان داده شده است .

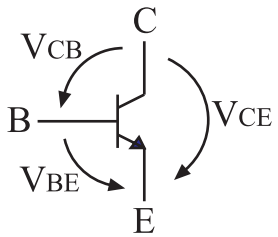


VB یعنی ولتاژ بیس نسبت به زمین

شکل ۴-۱- ولتاژ پایه‌های ترانزیستور نسبت به زمین

ولتاژ بین دو پایه ترانزیستور را با حرف V نشان می دهند و به دنبال آن نام دو پایه را مشخص می کنند، مثلاً V_{BE} ولتاژ بین پایه بیس و امیتر است .توجه داشته باشید که پایه بیس دراین نام گذاری برای ترانزیستور مورد نظر مثبت تر در نظر گرفته می‌شود.

در شکل ۵-۱ نام‌گذاری ولتاژ بین پایه‌ها نشان داده شده است.



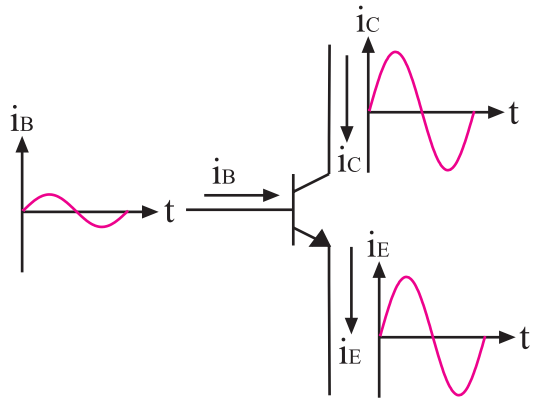
VBE یعنی ولتاژ بیس نسبت به امیتر

شکل ۵-۱- نام‌گذاری ولتاژ بین پایه‌ها

در یک ترانزیستور ، تغییرات جریان بیس ، باعث تغییرات بیش تر جریان در کلکتور می‌شود، شکل ۶-۱.

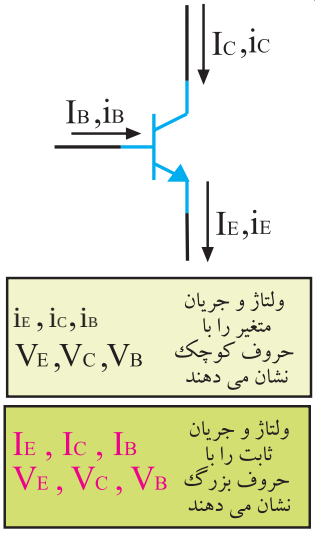
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۶-۱- اثر تغییرات جریان بیس

اگر جریان بیس به اندازه یک میلی آمپر تغییر کند، تغییرات جریان در کلکتور ممکن است به ۱۰۰ میلی آمپر برسد. در یک ترانزیستور، جریان ها و ولتاژهای متغیر یا متناوب (AC) را با حروف کوچک (i ، v) و ولتاژها و جریان های ثابت (DC) را با حروف بزرگ (I ، V) مشخص می کنند، شکل ۷-۱.



شکل ۷-۱ نحوهٔ نام گذاری جریان ها و ولتاژهای متناوب و ثابت در ترانزیستور

برای تشخیص پایه های ترانزیستور وهم چنین نوع ترانزیستور (NPN ، PNP) می توان به کاتالوگ ترانزیستور مراجعه کرد. همچنین به کمک مولتی‌متر دیجیتالی یا عقربه‌ای نیز می توان نوع ترانزیستور(NPN ، PNP) و پایه های آن راتشخیص داد. در کتاب الکترونیک پایه، نحوه‌ی تشخیص نوع ترانزیستورها و پایه‌های آن به کمک مولتی‌متر دیجیتالی توضیح داده شده است.

نکته مهم:

دراین کتاب ، با حروف TR ، Q و یا T به ترانزیستور اشاره شده است .

۱ – لایه‌ی بیس دارای ضخامت کم (حدود میکرون)و لایه‌ی کلکتور دارای ضخامتی به مراتب بزرگ‌تر از بیس است .

۲ – جهت جریان قراردادی در ترانزیستور، با جهت فلش امیتر ، مطابقت دارد .

۱-۲ منحنی مشخصه‌های ترانزیستور

بعضی از مشخصات یک ترانزیستور، به شدت تابع حرارت است ، یعنی با تغییر حرارت برخی از مشخصات ترانزیستور تغییر می کند. روابط بین شدت جریان و ولتاژ (اختلاف پتانسیل) و تغییرات آن ها در یک ترانزیستور بستگی به حرارت دارد. به همین جهت رابطه ی بین اختلاف پتانسیل و شدت جریان ورودی را نمی‌توان با یک رابطه‌ی ساده‌ی ریاضی بیان کرد. به منظور جلوگیری از مواجه شدن با روابط پیچیده ی ریاضی ، از یک سری منحنی استفاده می کنند که به منحنی مشخصه‌های ترانزیستور معروف است .

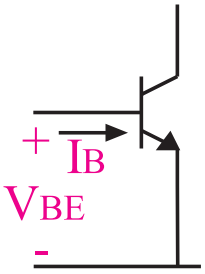
کارخانه‌های سازنده برای یک ترانزیستور ، تعداد زیادی منحنی‌های مشخصه در اختیار مشتریان قرار می دهند. از میان منحنی‌های داده شده توسط کارخانه‌ی سازنده ، سه منحنی از اهمیت خاصی برخوردار است که در ادامه به طور خلاصه به شرح آن‌ها می‌پردازیم .

۱-۲-۱ منحنی مشخصه‌ی ورودی

منحنی مشخصه ی ورودی ترانزیستور ، بیان کننده‌ی مقدار جریان ورودی برحسب ولتاژ است ،شکل ۸-۱.

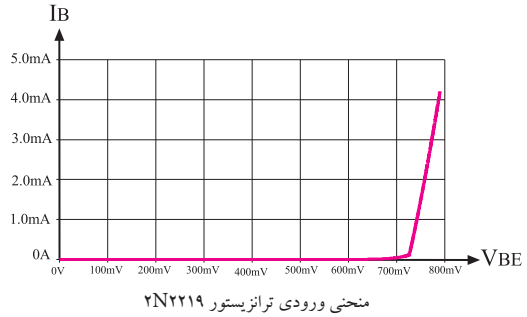
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۸-۱ جریان ورودی ترانزیستور I_B است

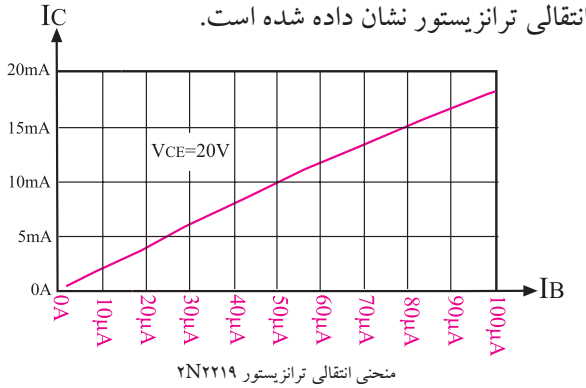
اگـر ورودی ترانزیسـتور را دیـود بیـس - امیتـر در نظربگیریم،منحنی مشـخصه‌ی ورودی ترانزیستور دقیقاً مشابه منحنی مشخصه‌ی « ولت - آمپر» یک دیود می‌شود. در شکل ۹-۱ منحنی مشـخصه‌ی ورودی ترانزیسـتور ۲N۲۲۱۹ نشان داده شده است .



شکل ۹-۱ یک نمونه منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور

۱-۲-۲ منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور

منحنی مشـخصه‌ی انتقالی ترانزیسـتور ، رابطه بین جریان ورودی و جریان خروجی ترانزیستور برای مقادیر ثابت V_{CE} را به ما می‌دهد. در شکل ۱۰-۱یک نمونه منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور نشان داده شده است.



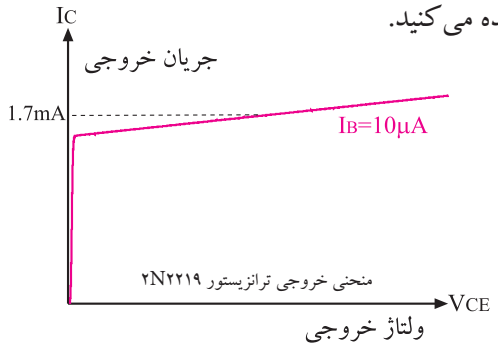
شکل ۱۰-۱ یک نمونه منحنی مشخصه ی انتقالی ترانزیستور

با توجه به منحنی انتقالی نشـان داده شده در شکل ۱۰-۱ اگر $I_B = ۰/۲۵mA$ و $V_{CE} = ۵V$ باشـد ، جریان کلکتور ترانزیستور برابر $I_C = ۶۰mA$ خواهد شد. در یک ترانزیستور نسـبت جریـان Ic به I_B را بـا حرف β(بتا) نشـان می دهند و آن را ضریـب تقویت جریان می نامند. این مشـخصه یکی از پارامترهای مهم ترانزیسـتور اسـت. **در حقیقت منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور نشان دهنده‌ی مقدار β است**. مقدار β از رابطه‌ی $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ به دست می آید.

۱-۲-۳ منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور ، رابطه بین جریان و ولتاژ خروجی را برای جریان ورودی معین نشان می دهد .

در شکل ۱۱-۱ منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور را مشاهده می کنید.

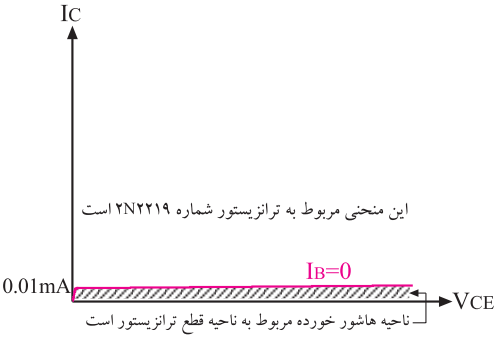


شکل ۱۱-۱- یک نمونه منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

منحنی مشـخصه ی خروجی ترانزیسـتور شامل سه ناحیه قطع ، فعال و اشباع است .

الـف - ناحیه‌ی قطع: در این ناحیـه جریان بیس صفر اسـت و ترانزیستور هنوز به آسـتانه هدایت نرسیده است. در ناحیه‌ی قطع روابط زیر برقرار است ، شکل ۱۲-۱ .

$I_B = ۰ \quad , \quad I_C = ۰$



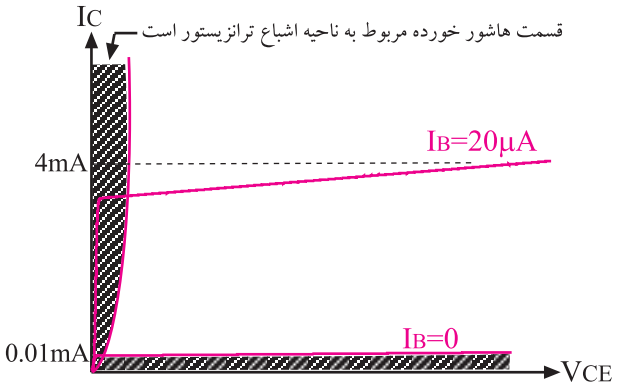
شکل ۱۲-۱ ناحیه قطع در منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ب - ناحیه‌ی اشباع: ناحیه‌ای است که ترانزیستور در حالت هدایت قراردارد ولی با تغییر بسیار کم V_{CE} ، جریان کلکتور (I_C) شدیداً تغییر می‌کند. در ناحیه اشباع روابط زیر برقرار است، شکل۱۳-۱.

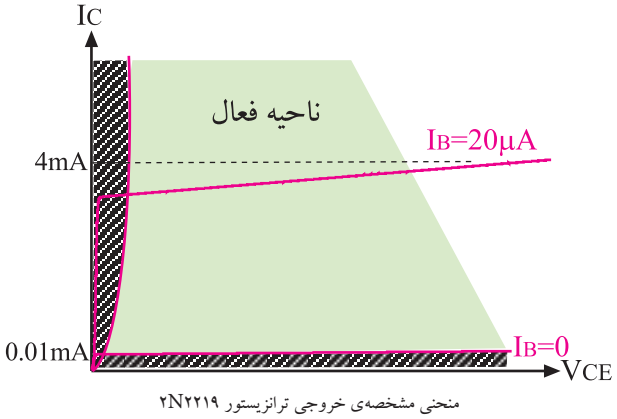
$$I_B \neq ۰ \quad , \quad I_C \neq ۰ \quad , \quad V_{CE} = ۰/۲۷$$



منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور ۲N۲۲۱۹

شکل ۱۳-۱- ناحیه‌ی اشباع در منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

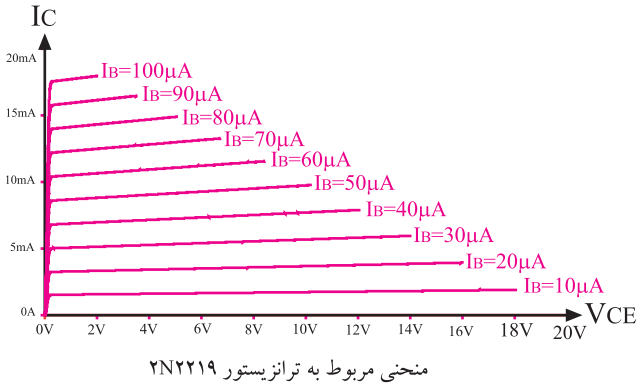
ج-ناحیه‌ی فعال: در این ناحیه ترانزیستور درحالت هدایت قرار دارد و با تغییرات V_{CE} ، جریان کلکتور چندان تغییر نمی‌کند، شکل۱۴-۱.



منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور ۲N۲۲۱۹

شکل ۱۴-۱- ناحیه‌ی فعال در منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

کارخانه‌های سازنده قطعات الکترونیکی معمولاً منحنی مشخصه‌ی خروجی را برای تعدادی از مقادیر I_B در اختیار مصرف کنندگان قرار می‌دهند . شکل ۱۵-۱ منحنی مشخصه‌ی خروجی یک ترانزیستور را برای تعدادی از مقادیر I_B نشان می‌دهد.



منحنی مربوط به ترانزیستور ۲N۲۲۱۹

شکل ۱۵-۱ منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور برای چند I_B

۱-۳ آزمایش شماره ۱

عملکرد ترانزیستور

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۳-۱ هدف آزمایش : بررسی تغییرات جریان بیس روی جریان کلکتور

۱-۳-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات ومواد موردنیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۱۵V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	ترانزیستورBC۱۰۷ ، BC۱۰۸ یا BC۱۰۹	یک عدد
۴	مقاومت‌های۱۰۰Ω ، ۱۰KΩ ($\frac{۱}{۴}$ وات)	هرکدام یک عدد
۵	پتانسیومتر ۱۰۰KΩ	یک عدد
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۷	سیم‌های رابط معمولی	به مقدار کافی

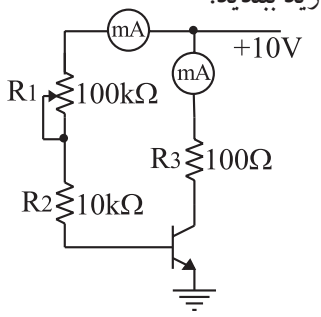
۱-۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- منبع تغذیه را با احتیاط به برق وصل کنید و پس از روشن کردن، ولتاژ خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.

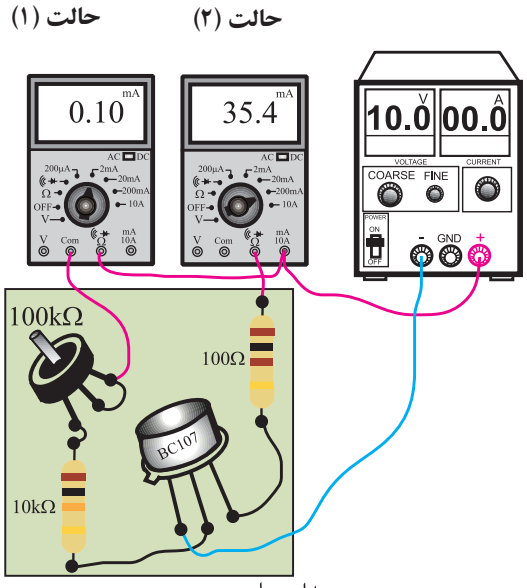
CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ مدار شکل ۱۶-۱ را روی بـرد بـرد یا برد آزمایشگاهی که در اختیار دارید ببندید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۱۶-۱ مدار مورد آزمایش

■ منبـع تغذیـه را روی ۱۰ ولـت تنظیم کنیـدو آن را خاموش کنید.

■ مولتی‌متر را روی رنج میلی آمپرمتر تنظیم کنید.

■ میلی‌آمپرمتر را مانند (حالت ۱)در مسـیر پتانسـیومتر ۱۰kΩ وصل کنید.

■ با تغییر پتانسـیومتر، جریان بیس را طوری تنظیم کنید که میلی‌آمپرمترمقدار ۰/۱ میلی‌آمپر را نشان دهد.

■ میلی آمپرمتر را از مـدار جدا کنید .دراین حالت باید انتهای بالایی پتانسیومتر به ۱۰+ ولت وصل شود.

■ میلی آمپرمتر را مشـابه حالت (۲) در مسـیر مقاومت R_3 اتصال دهید.

■ جریان کلکتور را بخوانید و در جدول ۱-۱ یادداشت کنید.

■ با تغییر پتانسیومتر، جریان بیس را به ترتیب روی ۰/۲mA، ۰/۳ mA ، ۰/۴ mA و ۰/۵ mA تنظیم کنید وبرای هر تنظیم جریان بیس ،جریان کلکتور را بخوانید ودر جدول ۱-۱ یادداشت کنید.

جدول ۱-۱

I_B(mA)	I_C(mA)	$\beta = \frac{I_C}{I_B}$
۰/۱		$\beta_1 =$
۰/۲		$\beta_2 =$
۰/۳		$\beta_3 =$
۰/۴		$\beta_4 =$
۰/۵		$\beta_5 =$

همـان طورکه از جدول ۱-۱ مشـخص اسـت با افزایش جریان بیس (I_B) جریان کلکتور(I_C) زیاد می‌شود.

اگـر ایـن آزمایش را تکـرار کنید یا در دماهـای مختلف محیط انجـام دهید، ممکن اسـت اعداد به دسـت آمده در هر آزمایش با هم تفاوت داشـته باشند. مثلاً در مرحله اوّل برای I_B = ۰/۱ mA، مقـدار I_C = ۱۰ mA به دسـت می‌آید و بـرای I_B = ۰/۱ mA ، ممکن اسـت I_C= ۱۱ mA شود. این امر کاملاً طبیعی است ، زیرا مشـخصات ترانزیستور تابع حرارت اسـت وبا تغییـرات دما ممکن است این مقادیر تا میزان ۱۰۰ درصد نیز تغییر کند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

همان طور که قبلاً گفته شـد، نسـبت جریان I_C به I_B را ضریب تقویت جریان ترانزیسـتور می‌نامند وآن را با حرف β (بتا – Beta) مشخص می کنند.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$\beta = \frac{\text{جریان خروجی}}{\text{جریان ورودی}}$$

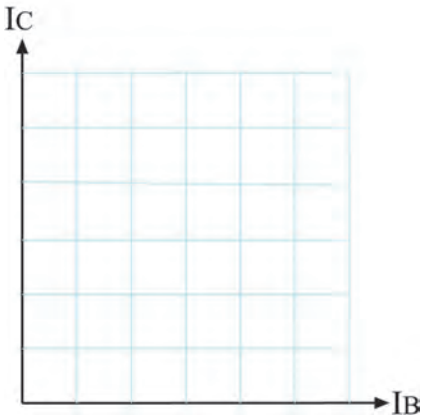
بـا توجه بـه مقادیر مختلف I_B در جـدول ۱-۱، ضریب تقویت جریان ترانزیسـتور در هرمرحله را محاسبه کنید و در جدول ۱-۱ بنویسید.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\square}{\square} = \square$$

سوال ۱: آیا مقدار β به دست آمده در مراحل مختلف در جدول ۱-۱ باهم برابر است ؟ توضیح دهید.

در یک ترانزیستور معمولی ، تغییرات جریان کـم بیس باعـث تغییـرات زیـادی در جریان کلکتور می شود.

سـوال ۲: در این آزمایش مطابق جـدول ۱-۱ با تغییر دادن I_B، مقـدار جریـان I_C تغییـر کـرده اسـت. به کمک نقطه‌یابی منحنی I_C را به صورت تابعی از I_B در نمودار شکل ۱-۱۷ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۱-۱۷

سـوال ۳: این منحنی مشـخصه کدام یـک از منحنی مشخصه‌های ترانزیستور است ؟

۱-۳-۴ نتایج آزمایش

آن چـه را که در ایـن آزمایش فراگرفته ایـد به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۴-۱ آزمایش شماره ۲
ولتاژبندی یا بایاسینگ ترانزیستور
زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

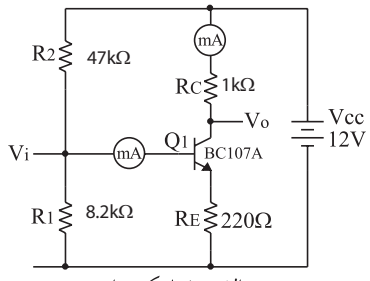
۱-۴-۱ هدف آزمایش : اندازه‌گیری ولتاژ و جریان‌های DC (نقاط کار) یک ترانزیستور بایاس شده.

۱-۴-۲ تجهیزات،ابزار، قطعات ومواد مورد نیاز

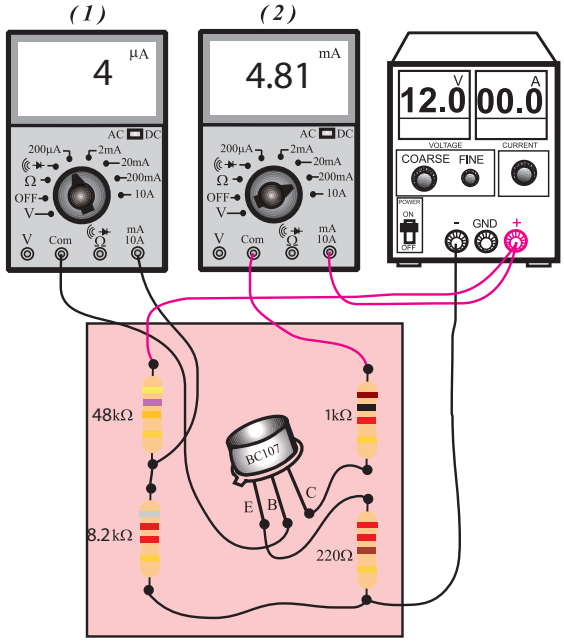
ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۱۵ V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	ترانزیستورBC۱۰۷ یا BC۱۰۸ یا BC۱۰۹	یک عدد
۵	مقاومت های ۴۷kΩ،۱KΩ ۸/۲KΩ،۲۲۰Ω (۱/۴ وات)	هر کدام یک عدد
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۷	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۱-۴-۳ مراحل اجرای آزمایش :

- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهر وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را روی صفر ولت قرار دهید.
- مدار شکل ۱-۱۸ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.



الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

شکل ۱-۱۸ مدار مورد آزمایش

- مولتی‌متر دیجیتالی را روی رنج میلی آمپرمتر تنظیم کنید.
- میلی آمپرمتر را در حالت (۱) روی رنج ۲ mA قراردهید و به بیس ترانزیستور Q_1 وصل کنید.
- جریان بیس ترانزیستور Q_1 را بخوانید و یادداشت کنید.

$$I_B = ...\mu A$$

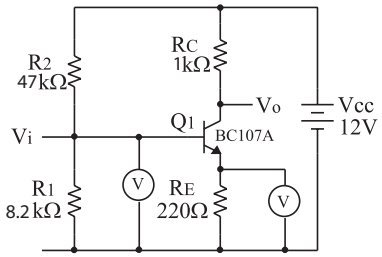
- میلی آمپر متر را از بیس ترانزیستور جدا کنید.
- رنج میلی آمپر متر را روی ۲۰ mA قرار دهید و آن را در مسیر کلکتور ترانزیستور Q_1 (بین مقاومت ۱K Ω ومثبت منبع تغذیه) وصل کنید، حالت (۲).
- جریان کلکتور ترانزیستور Q_1 را بخوانید و یادداشت کنید.

$$I_C = ...mA$$

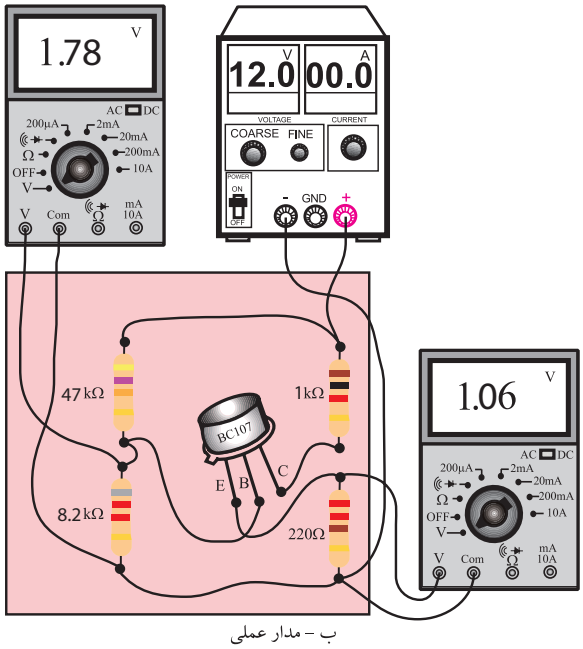
CarGeek.Live

CarGeek.Live

- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را به صفر ولت برگردانید.
- میلی آمپرمتر را از مدار جدا کنید.
- مدار شکل ۱۹-۱ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.



الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

شکل ۱۹-۱ مدار مورد آزمایش

- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.
- به کمک ولت‌متر دیجیتالی ولتاژهای داده شده درجدول ۲-۱ را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.
- مشخصات نقطه‌ی کار ترانزیستور را بنویسید.

جدول ۲-۱ – مقادیر ولتاژ نقاط مختلف تقویت کننده.

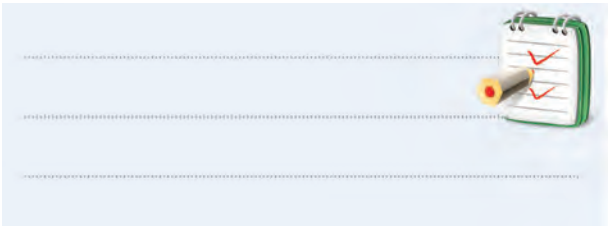
V_B = ...V (ولتاژ بیس نسبت به زمین یا خط مرجع)
V_C = ...V (ولتاژ کلکتور نسبت به زمین یا خط مرجع)
V_E = ...V (ولتاژ امیتر نسبت به زمین)
V_{CE} = ...V (ولتاژ بین کلکتور و امیتر)
V_{BE} = ...V (ولتاژ بین بیس وامیتر)
V_{BC} = ...V (ولتاژ بین بیس و کلکتور)

نقطه کار ترانزیستور:

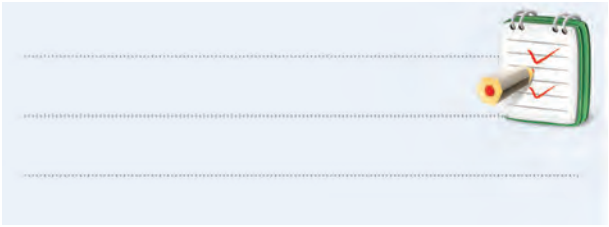
$$I_B = ...mA, I_C = ...mA$$

$$V_{BE} = ...V, V_{CE} = ...V$$

سوال ۴: در این آزمایش با توجه به نقطه‌ی کار به دست آمده ترانزیستور در کدام ناحیه کار قرار دارد؟ توضیح دهید.



سوال ۵: در یک تقویت‌کننده‌ی معمولی، V_{CE} تقریباً چند درصد V_{CC} است؟ توضیح دهید.



CarGeek.Live

CarGeek.Live

۴-۴-۱- نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۱-۵ نام‌گذاری ترانزیستورها

برای نام‌گذاری ترانزیستورها ، سه روش رایج در دنیا وجود دارد ولی تعدادی از سازندگان قطعات الکترونیکی از سیستم‌های نام گذاری خاص خود استفاده می کنند. مثلاً حروف اوّل شرکت سازنده را روی ترانزیستور می‌نویسند یا حتی به صورت پیش شماره می‌آورند . روش های رایج نام‌گذاری عبارتند از :

الف :روش ژاپنی

ب : روش اروپایی

پ : روش امریکایی

در این قسمت ، روش های رایج نام‌گذاری را به طور خلاصه شرح می‌دهیم :

۱-۵-۱ روش ژاپنی

در این روش نام‌گذاری ، نام ترانزیستور با پیش وند 2S شروع می‌شود و به دنبال آن یکی از حروف A ، B ، C ، D می آید که هر کدام از حروف مفاهیمی به شرح زیر دارند .

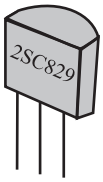
A : ترانزیستور PNP ودر فرکانس‌های زیاد نیز می‌تواند کار کند.

B : ترانزیستور PNP و در فرکانس‌های کم نیز می تواند کارکند.

C : ترانزیستور NPN و در فرکانس‌های زیاد نیز می‌تواند کارکند.

D : ترانزیستور NPN ودر فرکانس‌های کم نیز می‌تواند کارکند.

بعد از این حروف تعداد ۲ ، ۳ یا ۴ رقم عدد قرار می گیرد که با مراجعه به جدول مشخصات ترانزیستورها می‌توان مشخصات ترانزیستور را استخراج کرد . برای مثال ترانزیستور ۲SC۸۲۹ ، ترانزیستور NPN است و در فرکانس‌های زیاد نیز به خوبی کار می کند .سایر مشخصات این ترانزیستور را می توان با مراجعه به جدول مشخصات ترانزیستورها استخراج کرد، شکل ۲۰-۱.



شکل ۲۰- ۱ نام‌گذاری ترانزیستور به روش ژاپنی

برای بیان نام ترانزیستورهای ژاپنی در بسیاری از موارد حروف 2S را بیان نمی‌کنند و آن را به صورت C۸۲۹ نمایش می‌دهند .

۱-۵-۲ روش اروپایی

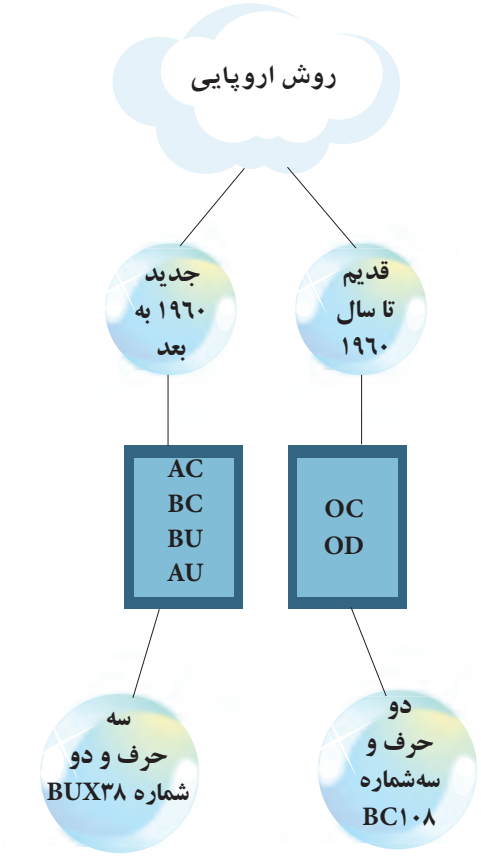
در نام‌گذاری به روش اروپایی ، تا سال ۱۹۶۰ میلادی ترانزیستور ها را با پیش وند OD ، OC با دو ، سه یا چهار رقم به دنبال آن مشخص می کردند . حروف OC برای

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ترانزیستورهای کم قدرت و OD برای ترانزیستورهای با قدرت بالا به کار می‌روند .

در این نوع نام‌گذاری ، نوع ترانزیستور (NPN ، PNP) جنس نیمه هادی به کار برده شده یا محدوده فرکانسی آن مشخص نمی‌شود. از سال ۱۹۶۰ میلادی به بعد ، شیوه‌ی نام‌گذاری به‌روش بالا تغییر کرد. به این ترتیب ترانزیستورهایی که بیشتر در رادیو و تلویزیون یا وسایل الکترونیکی عمومی به کار برده می‌شدند با دو حرف و سه رقم و ترانزیستورهای خاص با سه حرف و دو رقم مشخص شدند، شکل ۲۱-۱. مثلاً ترانزیستورBUX۳۸ ترانزیستور قدرت با فرکانس بالاست .



شکل ۲۱-۱ روش نام گذاری اروپایی ترانزیستورها

نام گذاری دو حرف وسه رقم

حرف اول در این روش نشان دهنده جنس نیمه هادی است. اگر جنس نیمه هادی ژرمانیوم باشد با حرف A واگر سیلیسیوم باشد با حرف B مشخص می‌شود. حرف دوم یکی از حروف S ، L ، F ، D ، C و یا U است معانی هریک از این حروف در جدول ۳-۱ آمده است

جدول ۳-۱- مشخصات حروف دوم ترانزیستور

C : ترانزیستور با قدرت کم و فرکانس کارکم
D : ترانزیستور با قدرت بالا و فرکانس کارکم
F : ترانزیستور با قدرت کم و فرکانس کارزیاد
L : ترانزیستور با قدرت بالاوفرکانس کارزیاد
S: ترانزیستور با قدرت کم که برای سوئیچ به کار می‌رود
U: ترانزیستور با قدرت زیاد که برای سوئیچ به‌کار می‌رود

سه رقم بعدی نشان دهنده سری ترانزیستور است. با استفاده از این سه رقم و جدول مشخصات ترانزیستورها می توان سایر مشخصات ترانزیستور را استخراج کرد.

مثلاً در ترانزیستور BC۱۰۷ ، جنس نیمه هادی سیلیسیوم (B) است و ترانزیستور با قدرت کم کار می کند و فرکانس کار آن کم (C) است .

دراین‌روش نام‌گذاری ، نوع‌ترانزیستور(PNP ، NPN) ازروی حروف ترانزیستور مشخص نمی‌شود.

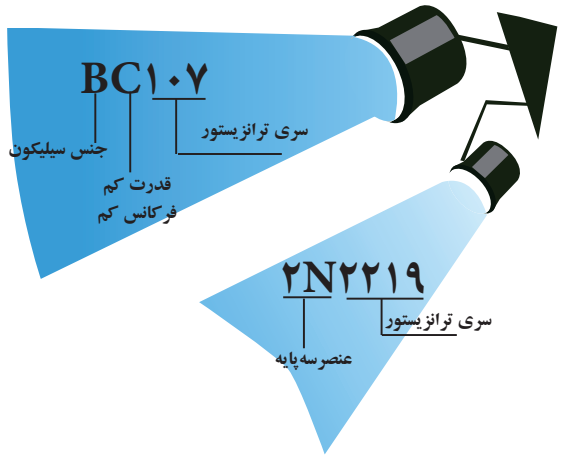
۳-۵-۱ روش آمریکایی

دراین روش نام‌گذاری ، ترانزیستورها و کلیه المان‌های سه قطبی یعنی المان‌هایی که سه پایه دارند را با ۲N مشخص می کنند و تعدادی رقم را به عنوان سری ترانزیستور به دنبال آن می‌آورند. حرف N و عدد۲ (۲ N) فقط نشان می‌دهد که المان از هر نوعی که باشد سه پایه دارد. سایر مشخصات قطعه مانند نوع قطعه مثلاً ترانزیستور ، ترایاک ، تریستور را

CarGeek.Live

CarGeek.Live

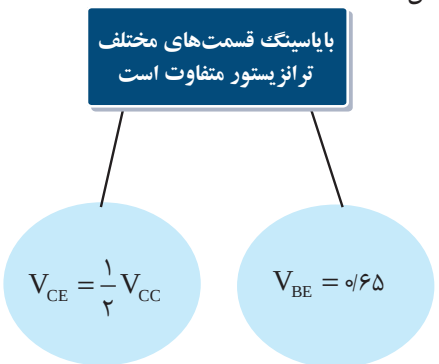
نمی‌تـوان از روی حـرف و اعـداد اختصاص داده شـده به ترانزیستور مشخص کرد.



شکل ۱-۲۲ روش نام گذاری آمریکایی و اروپایی ترانزیستور

۱-۶ بایاسینگ ترانزیستور

برای این که یک ترانزیسـتور درسـت کار کند، ابتدا باید مقادیـر ولتاژ و جریان DC ترانزیسـتور را تأمین کنیم. تأمین ولتاژ پایه های ترانزیسـتور را بایاسـینگ ترانزیستور می‌نامند. ولتاژی که باید به قسمت‌های مختلف یک ترانزیستور یا یک مدار ترانزیستوری اعمال شود با توجه به نوع و کار مدار است. مثلاً در شـرایطی لازم است مقدار ولتاژ بیس امیتر ترانزیستور حدود ۰/۶۵ ولت و ولتاژ کلکتور امیتر آن (V_{CE}) ، $\frac{۱}{۲} V_{CC}$ باشد، شکل ۱-۲۳.

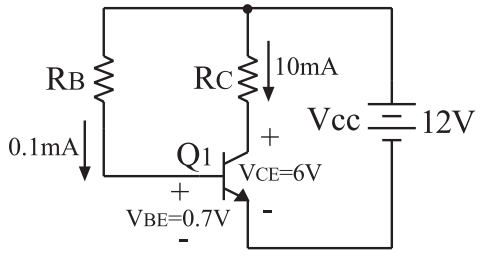


شکل ۱-۲۳ بایاسینگ ترانزیستور

بـرای تأمین ولتاژهای مورد نیاز برای قسـمت‌های مختلف یـک تقویت‌کننـده به کمک فقـط یک منبع تغذیـه ، باید از تقسیم کننده های مقاومتی اهمی استفاده کنیم . برای این منظور مقاومت های اهمی را به صورت های مختلف‌به تقویت کننده می‌بندیـم و با ایجاد افت ولتاژ کافی ، ولتاژ و جریان‌های DC موردنیاز را به دسـت می‌آوریم. یادآور می‌شـود که انتخاب مقاومت‌ها ، هدف‌های دیگری مانند تعیین امپدانس ورودی ، امپدانس خروجی ، بهره‌ی ولتاژ را نیز در برمی گیرد .

برای این که با مقاومت هـای اهمی بتوانیم افت ولتاژهای موردنیاز را ایجاد کنیم مثال سـاده زیر را مورد بررسـی قرار می‌دهیم .

مثال۱ : اگربخواهیم در مدار ترانزیستورشکل ۱-۲۴ مقادیر $I_B = ۰/۱mA$, $I_C = ۱۰ mA$ ، V_{BE} ۰/۷V ، $V_{CE} = ۶V$ باشـد ،مقدار مقاومت‌هایی که باید به ترانزیستور اتصال داده شود را محاسبه کنید .



شکل ۱-۲۴ نمونه‌ای از بایاسینگ مستقیم

حل: از روی شکل ۱-۲۴ روابط را می‌نویسیم:

طبق قانون KVL در حلقه‌ی خروجی (V_{CE} ، R_C ، V_{CC})

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$$
$$۱۲ = R_C \times ۱۰mA + ۶$$
$$R_C = \frac{۱۲-۶}{۱۰mA} = ۶۰۰\Omega$$

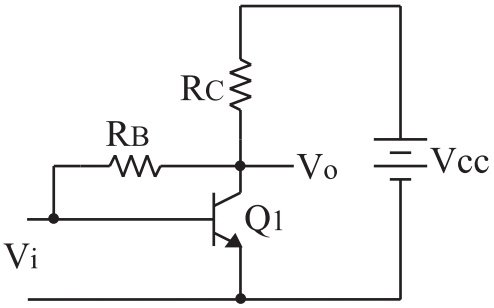
طبق قانون KVL در حلقه‌ی ورودی (V_{BE} ، R_B ، V_{CC})

$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE}$$
$$۱۲ = R_B \times ۰/۱mA + ۰/۷$$
$$R_B = \frac{۱۲ \times ۰/۷}{۰/۱} = ۱۱۳k\Omega$$

مقادیر V_{CE} ، V_{BE} ، I_B و I_C در یک ترانزیسـتور را نقطه کار ترانزیسـتور مـی نامند . برای تأمین ولتـاژ و جریان DC مورد نیاز علاوه برمدار شـکل ۱-۲۴ از مدارهای دیگری نیز اسـتفاده می شـود. در شـکل ۱-۲۵ یک نمونه دیگر از مدار بایاسـینگ ترانزیستور نشان داده شـده است. این نوع مدار را **مدار بایاسینگ کلکتور ـ بیس** می نامند .

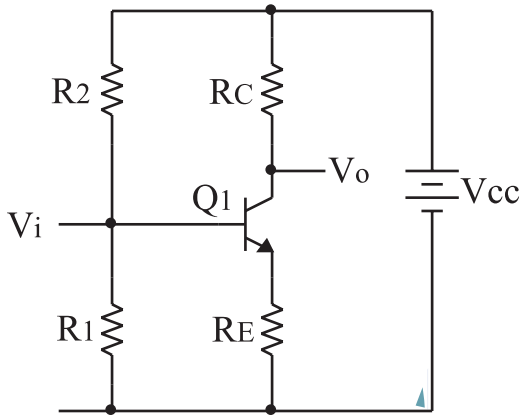
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۱-۲۵ یک نمونه‌ی دیگری از بایاسینگ ترانزیستور (بایاسینگ کلکتور- بیس)

یکی از رایج ترین نوع بایاسینگ ترانزیستور ،مدار شکل ۱-۲۶ است این مدار را **بایاسینگ تقسیم کننده ی مقاومتی یا سرخود** می‌نامند .

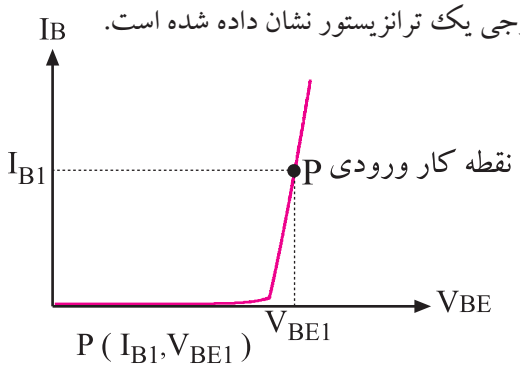


شکل ۱-۲۶ مدار بایاسینگ ترانزیستور از نوع سرخود

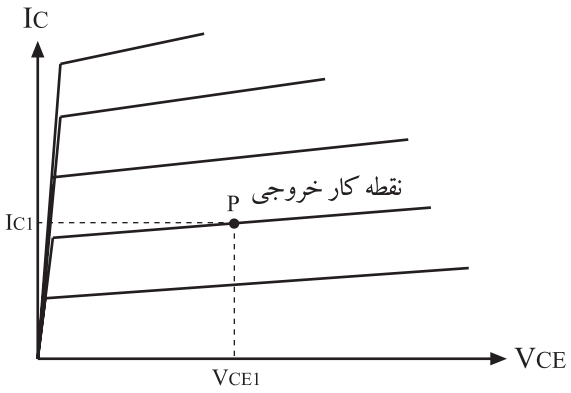
انتخاب هریک از انواع بایاسینگ شکل ۲۴- ۱ یا ۲۵- ۱ یا ۲۶-۱ در یک تقویت کننده بستگی به سایر مشخصات الکتریکی تقویت کننده دارد.

۱-۷ – نقطه‌ی کار و خط بار ترانزیستور

۱-۷-۱ نقطه‌ی کار : به مقادیر DC مربوط به I_B ، I_C و V_{CE} و V_{BE} ترانزیستور نقطه‌ی کار ترانزیستور می گویند. در شکل ۱-۲۷ نقطه‌ی کار ورودی و در شکل ۱-۲۸ نقطه کار خروجی یک ترانزیستور نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۷ نقطه‌ی کار ورودی روی منحنی مشخصه‌ی ورودی مشخص شده است



شکل ۱-۲۸ نقطه‌ی کار خروجی یک ترانزیستور

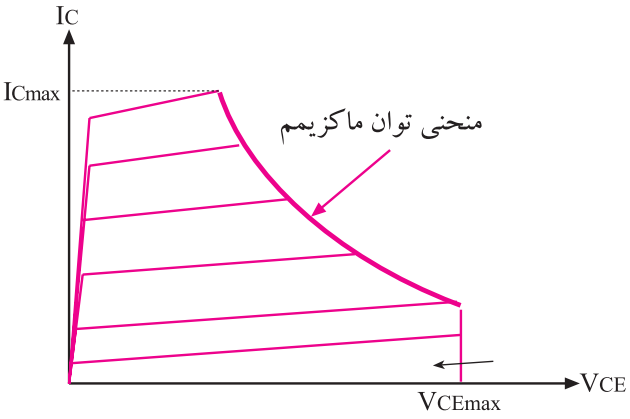
۱-۷-۲ انتخاب نقطه‌ی کار : برای انتخاب نقطه کار ، ابتدا باید محدودیت های ترانزیستور را در نظر گرفت. از جمله محدودیت‌ها می‌توان تحمل توان تلف شده در ترانزیستور، حداکثر جریان کلکتور و حداکثر ولتاژ « کلکتور - امیتر» (V_{CE}) را نام برد. توان تلف شده در ترانزیستور تقریباً برابر $P_D = V_{CE}.I_C$ است. به همین جهت نقطه‌ی کار را باید در محلی انتخاب کنیم که حاصل ضرب V_{CE} در I_C (P_D) از ماکزیمم توان قابل تحمل ترانزیستور کمتر و یا مساوی آن باشد. همچنین نقطه‌ی کار در I_B = ۰ یعنی منطقه‌ی قطع ترانزیستور یا در نقطه‌ی اشباع ترانزیستور قرار نگیرد. به طور

CarGeek.Live

CarGeek.Live

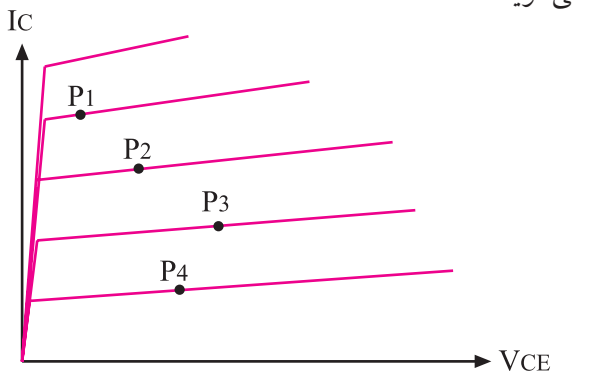
کلی ضمن رعایت موارد فوق ، نقطه‌ی کار باید در محلی قرار گیرد که بتواند سیگنال را از دو طرف به یک اندازه تقویت کند .

شکل ۲۹-۱ منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور که در آن حداکثر توان مجاز ترانزیستور مشخص شده است را نشان می‌دهد.



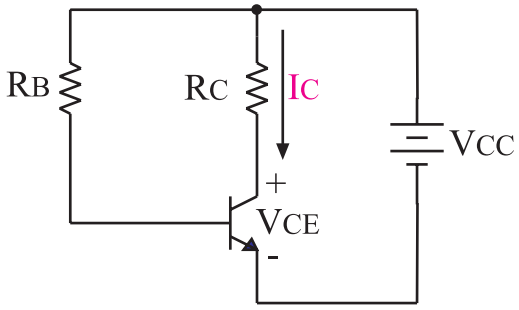
شکل ۲۹-۱ محدودیت‌های انتخاب نقطه‌ی کار با توجه به توان مجاز ترانزیستور

۳-۷-۱ خط بار : برروی منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور می‌توان نقاط زیادی را به عنوان نقطه‌ی کار انتخاب کرد، شکل ۳۰-۱. با تغییر ولتاژ منبع تغذیه، R_B یا R_C نقطه‌ی کار جدیدی به دست می‌آید. اگر چند نقطه کار را در حالت‌هایی پیدا کنیم که ولتاژ منبع تغذیه و مقاومت R_C ثابت باشند، ملاحظه می‌کنیم که نقاط مذکور روی یک خط مستقیم قرار می‌گیرد. به این خط مستقیم «خط بار ترانزیستور» می‌گویند .



شکل ۳۰-۱ بر روی منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور ، نقاط زیادی را می‌توان به عنوان نقطه کار انتخاب کرد .

برای رسم خط بار می‌توان از معادله‌ی خروجی ترانزیستور استفاده نمود. با توجه به شکل ۳۱-۱ معادله ی ولتاژ خروجی را می نویسیم :



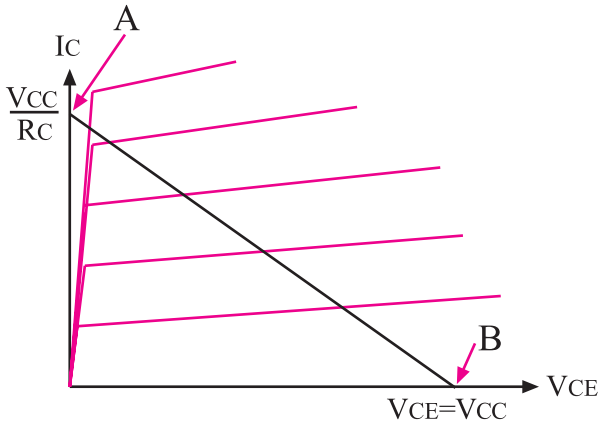
شکل ۳۱-۱ معادله‌ی ولتاژ خروجی تقویت‌کننده به صورت $V_{CC} = R_C I_C + V_{CC}$ است.

چون R_C ثابت و مقادیر I_C و V_{CE} متغیراست،یک‌بار I_C و بار دیگر V_{CE} را مساوی صفر در نظر می گیریم. سپس نقاط به دست آمده را به هم وصل می‌کنیم تا خط بار به دست آید.

$$\text{A نقطه} \begin{cases} V_{CE} = ۰ \\ V_{CC} = R_C.I_C + ۰ \Rightarrow I_C = \dfrac{V_{CC}}{R_C} \end{cases}$$

$$\text{B نقطه} \begin{cases} I_C = ۰ \\ V_{CC} = ۰ \times R_C + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} \end{cases}$$

در شکل ۳۲-۱ خط بار یک ترانزیستور که در تقویت کننده شکل ۳۱-۱ به کار رفته است را مشاهده می کنید . با توجه به شرایطی که قبلاً ذکر شد بر روی خط بار می‌توان تعداد زیادی نقطه‌ی کار به دست آورد.



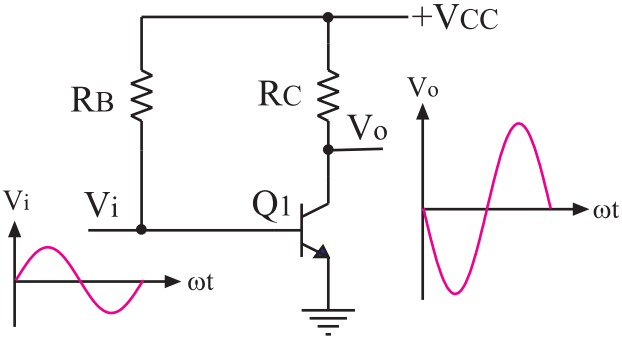
شکل ۳۲-۱ نحوه‌ی ترسیم خط بار

CarGeek.Live

CarGeek.Live

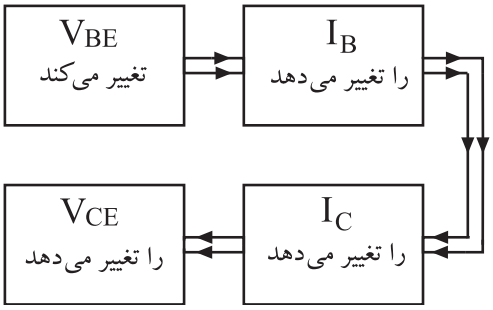
۱-۸ نحوه‌ی تقویت در ترانزیستور

برای این که بتوانیم یک سیگنال الکتریکی را از نظر دامنه یا جریـان تقویت کنیم، باید ابتدا ترانزیسـتور را از نظر ولتاژ DC بایاس کنیم . سپس سیگنال مورد نظر را به ورودی بدهیم و از خروجی تقویت‌کننده، سیگنال تقویت شده را بگیریم. در شکل ۳۳-۱ یک تقویت‌کننده ساده‌ی ترانزیستوری نشان داده شده است .



شکل ۳۳-۱ یک تقویت‌کننده‌ی ساده‌ی ترانزیستوری

در شکل ۳۴-۱ چگونگی تغییر ولتاژ خروجی با تغییر ولتاژ ورودی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۴-۱اثر تغییرات V_{BE} بر روی V_{CE}

خازن‌هایی که در مسـیر سـیگنال‌های ورودی و خروجی قـرار گرفتـه اند مانـع عبور مقادیـر ولتاژ و جریـان DC از طبقه‌ای به طبقه دیگر می‌شـوند و فقط سـیگنال‌های متغیر را عبـور می‌دهند. ظرفیت این خازن‌هـا در فرکانس‌های صوتی حدود میکروفاراد است .

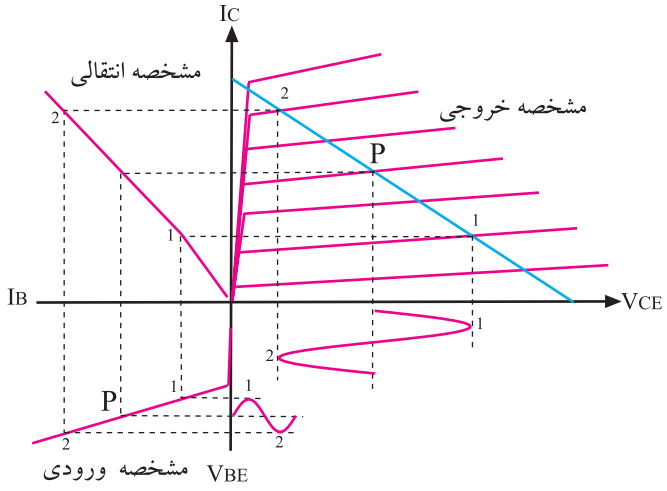
سـیگنال خروجی همان ولتاژ دو سـر «کلکتـور – امیتر» (V_{CE}) است . برای درک چگونگی تقویت سیگنال با توجه به نقطه‌ی کار و خط بار، موضوع را از روی منحنی مشخصه‌های ورودی ، انتقالی و خروجی مورد بررسی قرار می‌دهیم .

سـیگنال ورودی به پایه بیس و امیتر اعمال می‌شود بنابراین به ولتاژ DC بین بیس و امیتر (V_{BE}) یک ولتاژ متغیر اضافه می‌شود. این ولتاژ متغیر حول نقطه کار ورودی تغییر می‌کند و باعث تغییر I_B و سبب تغییر در I_C می‌شود و تغییرات I_C با توجه به رابطه :

$$V_{CC} = R_C \cdot I_C + V_{CE}$$

ثابت ثابت

باعـث ایجاد تغییـر در V_{CE} می‌شـود. بنابراین خروجی تقویت‌کننده همان ولتاژ دوسـر کلکتور و امیتر است .مراحل تقویت سیگنال را در شکل ۳۵-۱ مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۵-۱ تغییر ولتاژ ورودی (V_{BE}) باعث تغییر I_B و تغییر I_B سبب تغییر I_C می شود. تغییر I_C مقدار V_{CE} را تغییرمی‌دهد

۱-۹ مشخصات تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری

هـر تقویت‌کننـده‌ی الکترونیکـی دارای یـک سـری مشخصات کلی و عمومی به شرح زیر است :

الف :امپدانس ورودی تقویت کننده

ب : امپدانس خروجی تقویت کننده

ج : بهره‌ی ولتاژ

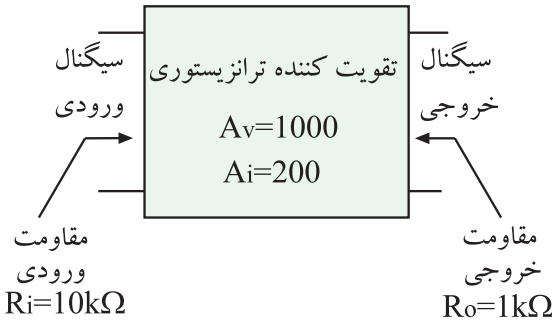
د : بهره‌ی جریان

هـ : حداقل فرکانس کار (فرکانس قطع پایین)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

و : حداکثر فرکانس کار (فرکانس قطع بالا)



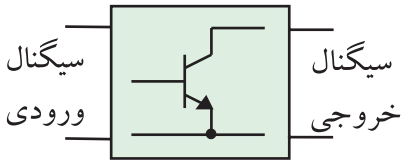
شکل ۱-۳۶ بلوک دیاگرام یک تقویت‌کننده‌ی عمومی

۱-۱۰آرایش ترانزیستور

در تقویت‌کننده‌ها ، همیشه یک پایه ترانزیستور بین ورودی و خروجی به صورت مشترک قرار می‌گیرد، زیرا ترانزیستور سه پایه دارد و ما نیاز به دو پایهٔ ورودی و دو پایهٔ خروجی داریم . لذا باید یکی از پایه‌های ترانزیستور به صورت مشترک بین ورودی و خروجی ترانزیستور قرار گیرد.

۱-۱۰-۱ آرایش امیتر مشترک

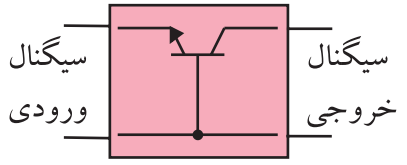
اگر پایه مشترک بین ورودی و خروجی امیتر باشد، تقویت‌کننده را امیتر مشترک می نامند، شکل ۱-۳۷. علت نام‌گذاری این آرایش به خاطر مشترک بودن پایهٔ امیتر است.



شکل ۱-۳۷ تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک

۱-۱۰-۲ آرایش بیس مشترک

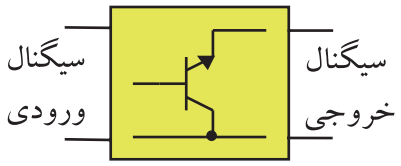
اگر پایهٔ مشترک بین ورودی و خروجی بیس باشد، تقویت‌کننده را بیس مشترک می‌نامند، شکل ۱-۳۸ .



شکل ۱-۳۸ تقویت‌کننده بیس مشترک

۱-۱۰-۳ آرایش کلکتور مشترک

چنان چه پایهٔ مشترک بین ورودی و خروجی کلکتور باشد، تقویت‌کننده را کلکتور مشترک می‌نامند.

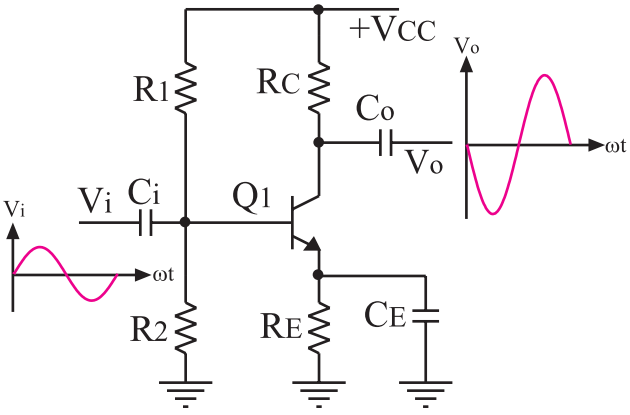


شکل ۱-۳۹- تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

نکته مهم:

منظور از مشترک بودن یک پایه‌ی ترانزیستور اشتراک از نظر AC است ، لذا اگر پایه‌ای از نظر DC به منبع تغذیه متصل باشد چون قطب‌های منبع تغذیه با خازن داخلی آن از نظر AC اتصال کوتاه می‌شود آن پایه مشترک است .

مشخصات تقویت‌کننده های امیتر مشترک ، بیس مشترک و کلکتور مشترک با هم متفاوت است. در این قسمت به بررسی مشخصات کلی و عمومی تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک می‌پردازیم . در شکل ۱-۴۰ یک نمونه تقویت‌کننده امیتر مشترک نشان داده شده است . در این تقویت‌کننده ، سیگنال ورودی را به پایه بیس اعمال می‌کنیم و سیگنال خروجی را از پایه کلکتور می‌گیریم.



شکل ۱-۴۰ یک نمونه تقویت کننده‌ی امیتر مشترک

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مشخصات تقویت‌کننده امیتر مشترک به شرح زیر است :

الف :بهره‌ی ولتاژ ($\frac{V_o}{V_i}$) بیشتر از یک

ب :بهره‌ی جریان ($\frac{I_O}{I_i}$) بیشتر از یک

ج : مقاومت ورودی آن متوسط است (در حدود چند کیلو اهم)

د: مقاومت خروجی آن متوسط‌است(درحدودچندکیلو اهم)

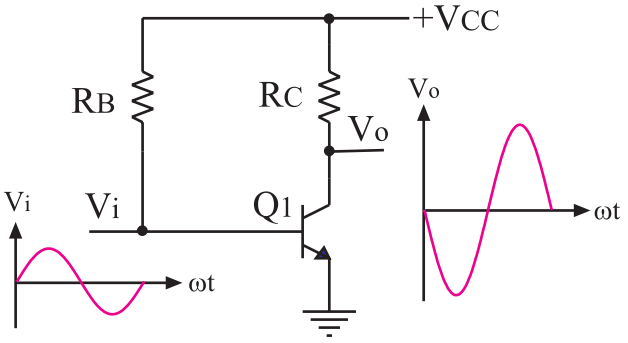
هـ: بین سیگنال ورودی وخروجی آن ۱۸۰ درجه اختلاف فاز وجود دارد.

دلیل وجود اختلاف فاز ۱۸۰ درجه بین ورودی و خروجی این است که وقتی دامنه سیگنال ورودی زیاد می‌شود، V_{BE} نیز زیاد می‌شود و مقدار I_B را زیاد می‌کند .با افزایش I_B مقدار I_C که برابر با βI_B است افزایش می‌یابد. از طرفی مقدار V_{CC} در حلقه‌ی خروجی بین مقاومت R_C و V_{CE} تقسیم می‌شود. چون V_{CC} ثابت است، با زیاد شدن I_C مقدار V_{RC} زیاد و V_{CE} کم می‌شود. این کاهش ولتاژ به معنی وجود اختلاف فاز ۱۸۰ درجه بین ورودی وخروجی است. در صورتی که V_{BE} کم شود عمل عکس اتفاق می‌افتد.

باتوجه به شکل ۴۱-۱داریم:

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$$

ثابت ثابت



شکل ۴۱-۱- تقویت‌کننده‌ی ساده ترانزیستوری

۱-۱۱ آزمایش‌شماره ۳

تقویت‌کننده امیتر مشترک

زمان اجرا : ۵ ساعت آموزشی

۱-۱۱-۱هـــدف آزمایش: بررسی تقویت ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک

۲-۱۱-۱ تجهیزات،ابزار، قطعات‌ومواد موردنیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A و ۱۵ V - ۰	یک دستگاه
۴	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستورBC۱۰۷یاBC۱۰۸یاBC۱۰۹	یک عدد
۶	مقاومت‌های ۴۷kΩ ، ۱KΩ ، ۸/۲KΩ،۲۲۰Ω،۱۰KΩ (۱/۴ وات)	هرکدام یک عدد
۷	خازن ۱۰۰µf	دو عدد
۸	خازن ۴۷µf	یک عدد
۹	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۱۰	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۳-۱۱-۱ مراحل اجرای آزمایش:

الف : بررسی تقویت ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک با خازن بای پاس

- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های زیر را روی آن انجام دهید.
- به کمک ولوم INTEN نور اشعه را به مقدار کافی تنظیم کنید.
- به کمک ولوم FOCUS اشعه را تا حد ممکن نازک

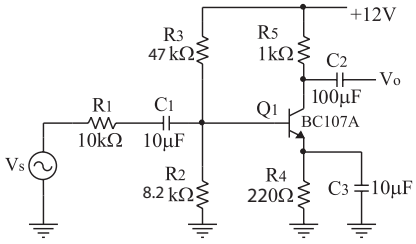
CarGeek.Live

CarGeek.Live

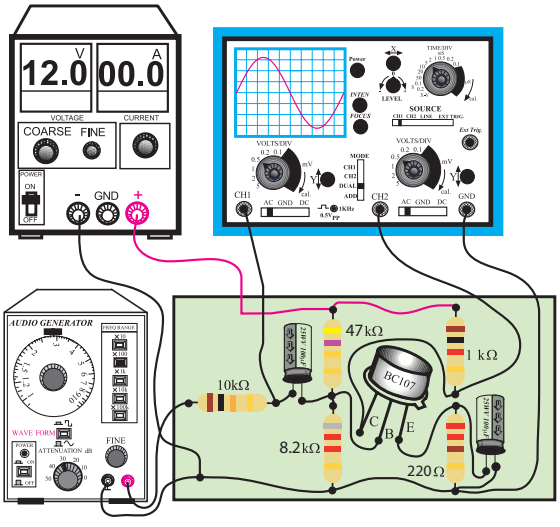
(باریک) کنید .

- کلیدسلکتور TIME/DIVراروی رنج مناسب قرار دهید.
- ولوم Level را روی صفر بگذارید.
- ولوم Time variable را در حالت cal قراردهید.
- ولـوم Volt variable هر دو کانال را در حالت cal بگذارید.

- کلید AC-GND-DC مربوط به هر دو کانال را در حالت GND قرار دهید.
- مدارشکل ۴۲-۱را روی‌برد برد ببندید.



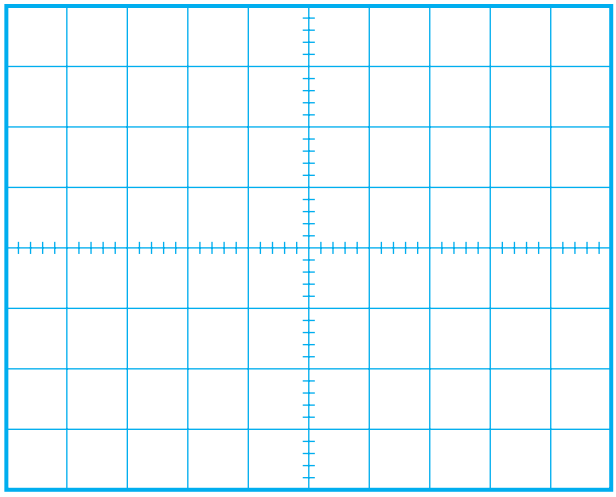
شماتیک مدار



مدار عملی

شکل ۴۲-۱ مدار عملی تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک با خازن بای پاس

- سیگنال ژنراتور را روشن کنید. شکل موج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱KHZ بگذارید. ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ اسیلوسکوپ روی صفحه حساس برابر با ۵۰ میلی‌ولت باشد.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.
- کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.
- کلید SOURCE اسیلوسکوپ را در حالت CH۱ بگذارید.
- مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.
- کلید AC-GND-DC کانال ۱ CH را در حالت AC قرار دهید.
- شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل ۴۳-۱ ، با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۴۳-۱ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت‌کننده

$$Volts/Div = ...V$$

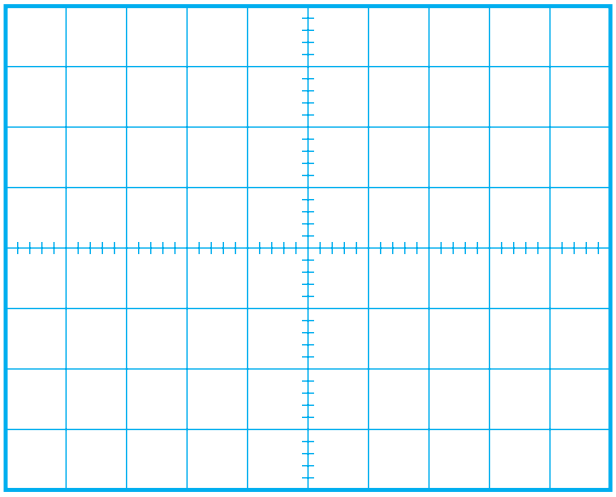
- ولـوم Volt variable را بـه طـور کامل در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vm را از روی شـکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. $V_m = ...V$

- کلیـد AC-GND-DC کانـال ۲ CH را در حالت AC قراردهید.
- شـکل موج نشـان داده شـده روی صفحه‌ی حساس مربـوط به CH۲ (خروجی تقویت‌کننـده‌ی) را در نمودار شکل ۴۴-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۴۴-۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده

■ مقدار V_m برای کانال ۱ و ۲ را از روی شکل ۴۳-۱ و ۴۴-۱ به دست آورید.

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m = ...V

■ بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\square}{\square} = \square$$

■ اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده‌ی سیگنال‌های ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

درجه..... = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی

ب : بررسی تقویت ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای پاس

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

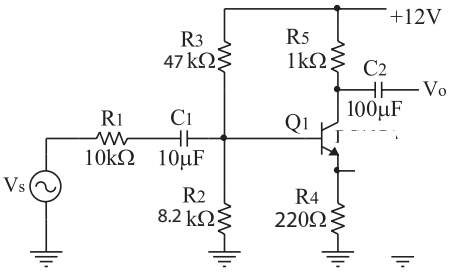
■ منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.

■ منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت تنظیم کنید.

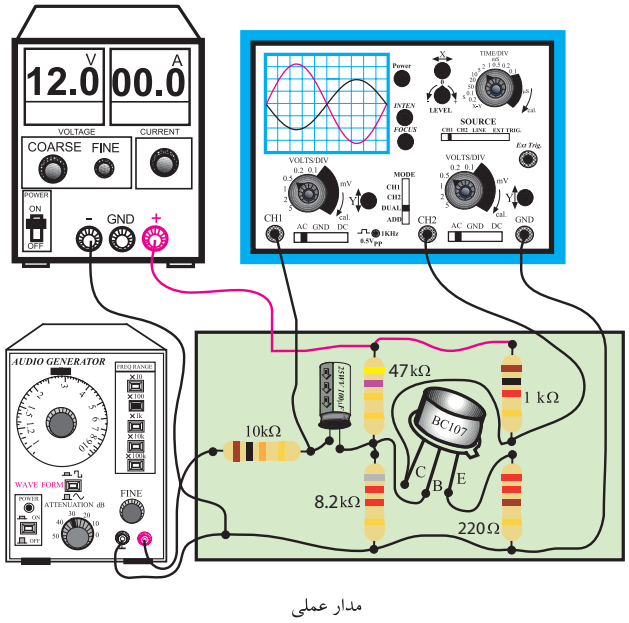
■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های مربوط به مرحله‌ی الف را روی آن انجام دهید.

■ مدار شکل ۴۵-۱ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید. شکل موج ولتاژ خروجی را در حالت سینوسی بگذارید و فرکانس را روی ۱KHZ تنظیم کنید. ولوم دامنه‌ی خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ اسیلوسکوپ روی صفحه‌ی حساس برابر ۵۰ میلی‌ولت باشد.



شماتیک مدار



مدار عملی

۴۵-۱ مدار عملی تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای پاس (CE)

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

■ کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.

■ کلید SOURCE اسیلوسکوپ را روی CH۱ بگذارید.

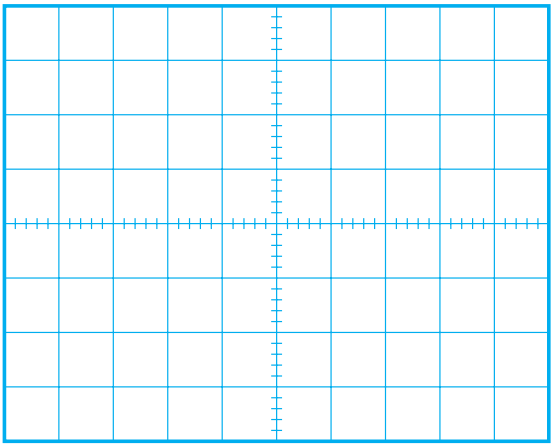
■ مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۱ را در شکل ۴۶-۱ بامقیاس مناسب رسم کنید.



Volts / Div = ...V

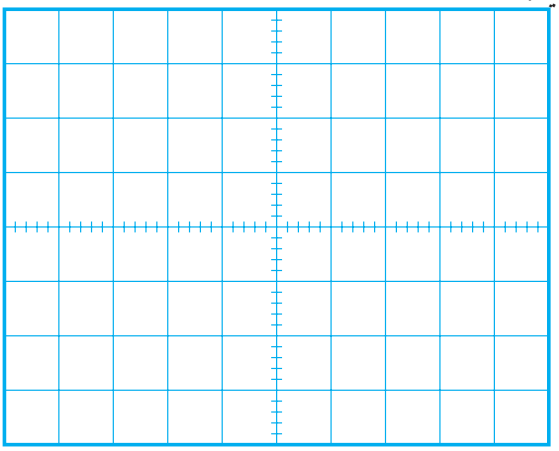
۴۶-۱ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای پاس

■ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vmرااز روی شکل موج نشان داده شده صفحه‌ی حساس به دست‌آورید. Vm = V

■کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت AC قرار دهید.

■شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۲ (خروجی تقویت کننده)را درنمودار شکل ۴۷-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



Volts / Div = ...V

۴۷-۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای‌پاس

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m = ...V

■مقدار Vm برای کانال ۱ و۲ را از روی شکل ۴۶-۱ و ۴۷-۱ به دست آورید.

■بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

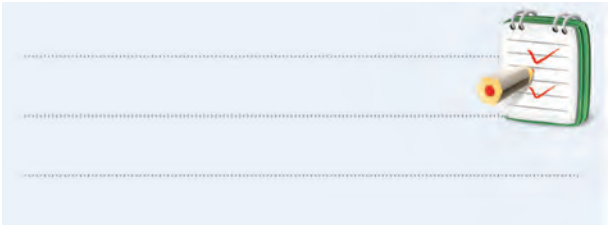
$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\square}{\square} = \text{.....}$$

■اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده‌ی سیگنال‌های ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید .

درجه = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی = φ

سوال ۶ – چرا بین سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود دارد ؟ به طور خلاصه توضیح دهید.

سوال ۷ – چرا هنگام مشاهده‌ی شکل موج ها ، کلید AC-GND-DC اسیلوسکوپ را در حالت AC قرار دادیم؟ اگر در حالت DC قرار می دادیم چه اتفاقی می‌افتاد؟ به طور خلاصه توضیح دهید.



سوال ۸ – چرا بهره‌ی ولتاژ در حالت بودن ونبودن خازن

CarGeek.Live

CarGeek.Live

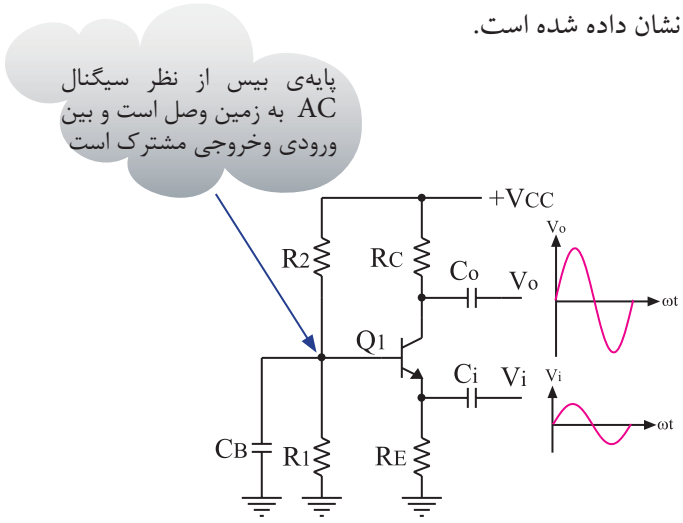
بای‌پاس (C_E در تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک) با یک دیگر تفاوت دارد ؟ توضیح دهید.

۱-۱۱-۴ نتایج آزمایش

آن چـه را کـه در این آزمایش فرا گرفتـه اید به اختصار شرح دهید .

۱-۱۲ تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

در شـکل ۱-۴۸ یک نمونه تقویت کننده بیس مشـترک نشان داده شده است.



شکل ۱-۴۸ یک نمونه تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

دراین تقویت کننده سیگنال ورودی را به پایه امیتر می‌دهیم و سیگنال خروجی را از پایه‌ی کلکتور دریافت می‌کنیم.

مشـخصات تقویت‌کننده‌ی بیس مشـترک به شـرح زیر است:

الف : بهره ی ولتاژ ($\frac{V_o}{V_i}$) بیشتر از یک است.

ب :بهره‌ی جریان آن کم تر از یک است.

ج : مقاومت ورودی آن کم‌است.

د: مقاومت‌خروجی‌آن‌متوسط‌است.

هـ: بین سیگنال ورودی وخروجی آن اختلاف فاز وجود ندارد.

و : پهنای باند آن وسیع تر از تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک وکلکتور مشترک است .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱-۱۳ آزمایش شماره ۴

تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

۱-۱۳-۱ هدف آزمایش :

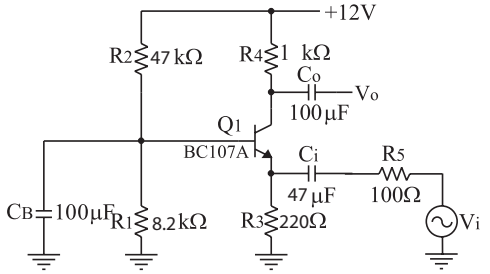
بررسی تقویت ولتاژ تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

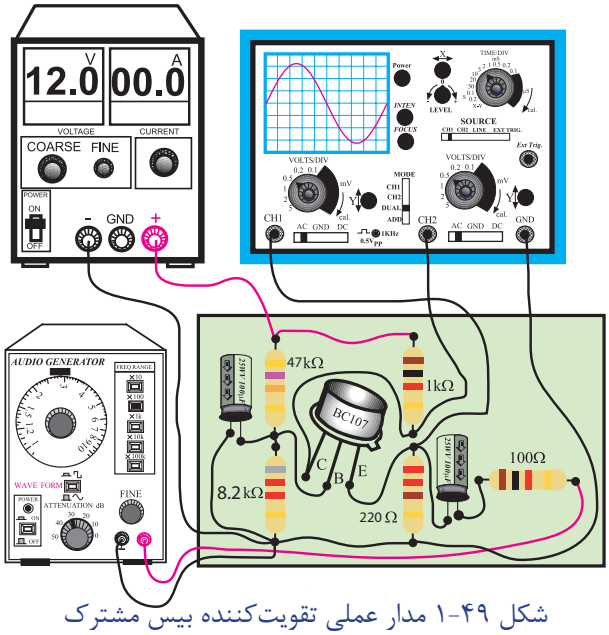
۱-۱۳-۲ تجهیزات،ابزار،قطعات ومواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A - ۱۵ V - ۰	یک دستگاه
۴	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستورBC۱۰۷ یا BC۱۰۸ یا BC۱۰۹	یک عدد
۶	مقاومت‌های ۲۲۰Ω ، ۴۷kΩ ۸/۲kΩ،۱۰۰Ω،۱kΩ (۱/۴ وات)	هرکدام یک عدد
۷	خازن ۱۰۰µf	دو عدد
۸	خازن ۴۷µf	یک عدد
۹	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۱۰	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۱-۱۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهر وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید.
- مدار شکل ۴۹-۱ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.
- سیگنال ژنراتور را روشن کنید وشکل موج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱KHZ تنظیم کنید. بعد از بستن مدار ، ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی شکل موج مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ برابر ۵۰mV باشد.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.



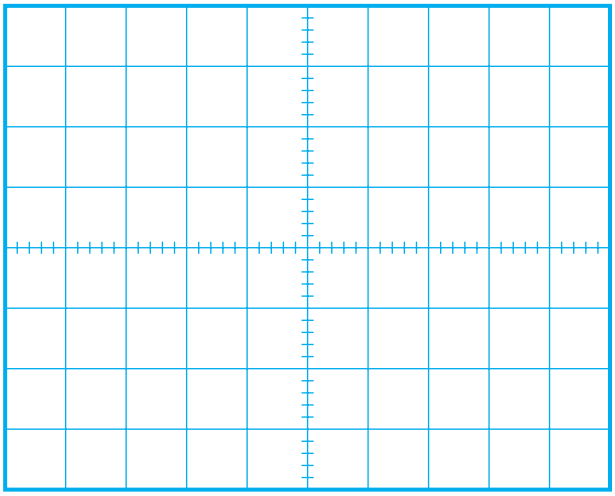


شکل ۴۹-۱ مدار عملی تقویت‌کننده بیس مشترک

- کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.
- کلید SOURCE اسیلوسکوپ را در حالت CH ۱ بگذارید.
- مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.
- کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.
- شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۱ را در نمودار شکل ۵۰-۱ ، با مقیاس مناسب رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



Volts / Div = ...V

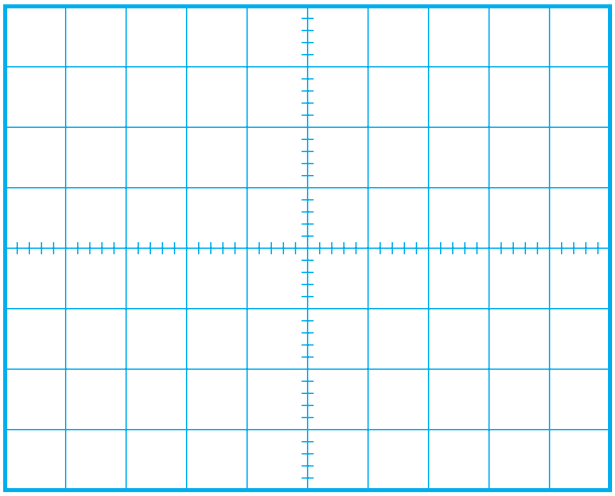
شکل ۱-۵۰ شکل ولتاژ ورودی تقویت کننده

■ولـوم Volt variable را بـه طور کامـل در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vmرااز روی شکل موج ولتاژ نشان داده شده روی صفحه حساس به دست‌آورید. Vm = ... V

■کلید AC-GND-DC کانـال CH۲ را در حالت AC قراردهید.

■شکل موج مربوط به CH۲ (خروجی تقویت کننده) را در نمودار شکل ۱-۵۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۱-۵۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده

Volts / Div = ...V

Vmرااز روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست‌آورید. Vm = ... V

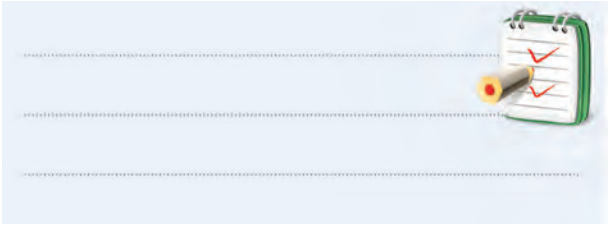
■ بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\square}{\square} = \square$$

■اختلاف فاز بین سـیگنال های ورودی و خروجی را با مشـاهده دو سیگنال ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

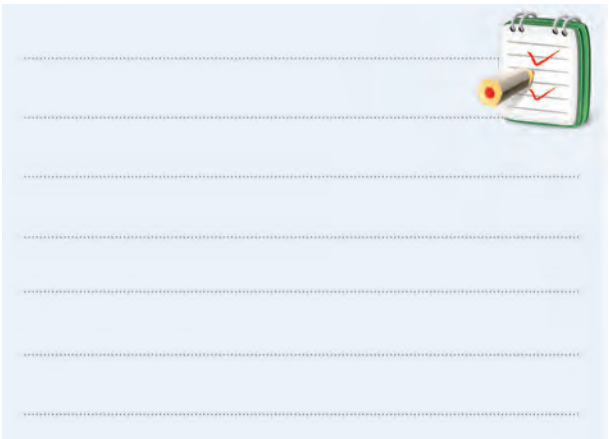
φ = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی =.....درجه

سوال۹ – چرا بیـن سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود ندارد ؟ به طور خلاصه توضیح دهید .



۱-۱۳-۴ نتایج آزمایش

آن چـه را که در ایـن آزمایش فرا گرفته‌ایـد به اختصار شرح دهید.

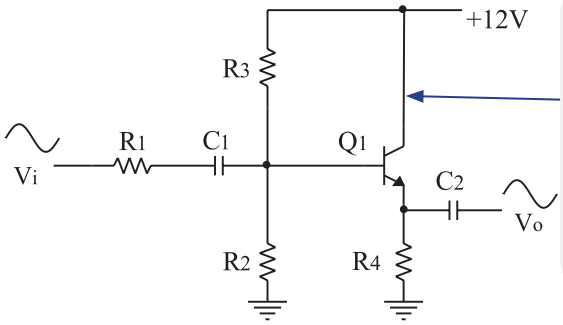


CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱-۱۴ تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

در شکل ۱-۵۲ یک نمونه تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک نشان داده شده است



پایه‌ی کلکتور بین ورودی و خروجی مشترک است و از نظر AC از طریق خازن منبع تغذیه به زمین وصل می‌شود.

شکل ۱-۵۲ یک نمونه تقویت‌کننده کلکتور مشترک

در این تقویت کننده ، سیگنال ورودی را به پایه بیس‌می‌دهیم و سیگنال خروجی را از پایه‌ی امیتر دریافت می کنیم.

مشخصات تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک به شرح زیر است:

الف : بهره ی ولتاژ آن کم‌تر از یک است.
ب :بهره جریان آن بیش‌تر از یک است.
ج : مقاومت ورودی آن زیاد است.
د: مقاومت خروجی آن کم است.
هـ: بین سیگنال ورودی وخروجی اختلاف فاز وجود ندارد.

۱-۱۵ آزمایش شماره ۵

تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

۱-۱۵-۱ هدف آزمایش :

بررسی تقویت ولتاژ تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

۱-۱۵-۲ تجهیزات ، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

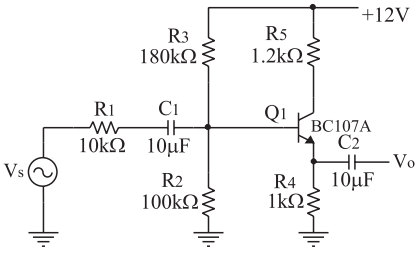
ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A و ۱۵ V - ۰	یک دستگاه
۴	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستور BC۱۰۷	یک عدد
۶	مقاومت‌های ۱۸۰kΩ ،۱۰KΩ ۱/۲kΩ،۱۰۰KΩ،۱kΩ (۱/۴ وات)	هر کدام یک عدد
۷	خازن ۱۰μf	یک عدد
۸	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۹	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۱-۱۵-۳ مراحل اجرای آزمایش:

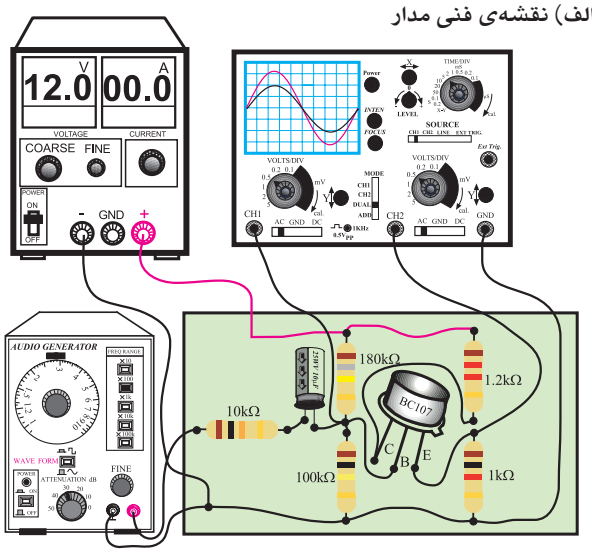
- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژخروجی آن را روی صفر ولت تنظیم کنید.
- اسیلوسکوپ را مانند آزمایش(۱)تنظیم کنید.
- کلید AC-GND-DC مربوط به هر دو کانال را در حالت، GND قرار دهید.
- مدار شکل ۱-۵۳ را روی برد برد ببندید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



الف) نقشه‌ی فنی مدار



شکل ۵۳-۱ مدار عملی تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید . شکل موج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱KHZ تنظیم کنید ، ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی شکل موج مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ برابر ۵ ولت باشد .

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

■ کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.

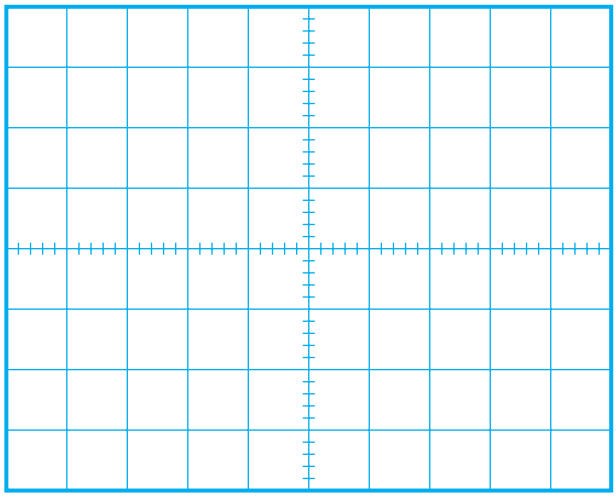
■ کلید SOURCE اسیلوسکوب را درحالت CH۱ بگذارید.

■ مکان صفر اشعه‌ی هر دو کانال را در مرکز صفحه تنظیم کنید.

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.

■ شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل ۵۴-۱ ، با مقیاس مناسب رسم کنید.

■ مقدار Vm ورودی را با استفاده ازنمودار شکل ۵۴-۱ محاسبه کنید.



شکل ۵۴-۱ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت کننده

$$Volts / Div = ...V$$

■ ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

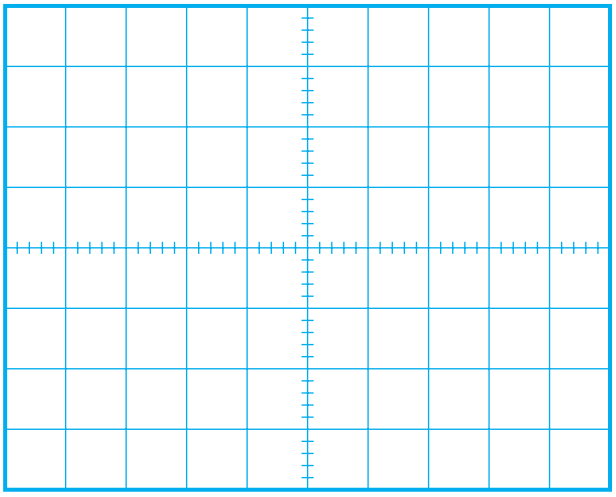
Vm = V Vmرااز روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس به دست‌آورید.

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت AC قراردهید.

■ شکل موج مربوط به CH۲ (خروجی تقویت کننده) را در نمودار شکل ۵۵-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۵۵-۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده

Volts / Div = ...V

■ ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vmرااز روی شکل موج نشان داده شده صفحه حساس به دست‌آورید. Vm = ... V

■ بهره ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\square}{\square} = \square$$

■ اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده دو سیگنال ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

درجه = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی = φ

سوال ۱۰ – چرا بین سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود ندارد ؟ به طور خلاصه توضیح دهید.

سوال ۱۱ – چرا هنگام مشاهده شکل موج‌ها ، کلید AC-GND-DC اسیلوسکوپ را در حالت AC قرار دادیم ؟ اگر در حالت DC بگذاریم چه اتفاقی می‌افتد ؟به طور خلاصه توضیح دهید .

۱-۱۵-۴ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

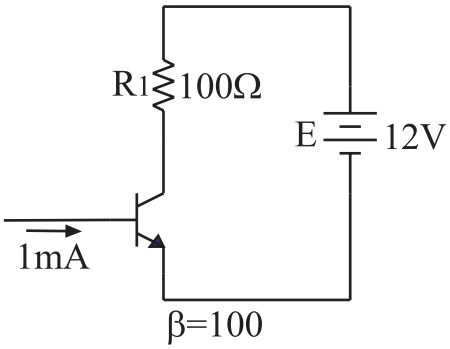
CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۱)

۱- در شکل ۵۶-۱ افت ولتاژ دو سر مقاومت Ω ۱۰۰ چند ولت است؟

الف) ۱۰ ب) ۸

ج) ۶ د) ۴

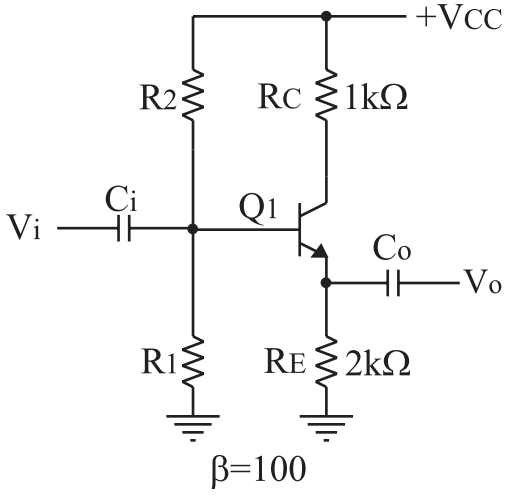


شکل ۵۶-۱

۲- در شکل ۵۷-۱ نسبت $\left(\frac{V_o}{V_i}\right)$ کدام است ؟

الف)یک ب) کمتر از یک

ج) دو د)ده



شکل ۵۷-۱

۳- یکی از مشخصه های خوب تقویت کننده‌ی بیس مشترک نسبت به تقویت کننده امیتر مشترک و کلکتور مشترک با یک شماره ترانزیستور کدام است ؟

الف) امپدانس ورودی بیشتر

ب) بهره‌ی ولتاژ بیشتر

ج) پهنای باند بیشتر

د) هر سه مورد

۴- در کدام تقویت کننده بین سیگنال ورودی و سیگنال تقویت شده اختلاف فاز ۱۸۰ درجه به وجود می آید؟

الف) امیتر مشترک

ب) کلکتور مشترک

ج) بیس مشترک

د) هر سه مورد

۵- نحوه‌ی تقویت شدن یک سیگنال الکتریکی را در یک تقویت کننده امیتر مشترک به کمک منحنی‌های مشخصه ترانزیستور شرح دهید.

۶- در تقویت کننده امیتر مشترک، بهره ولتاژ ..... است.

الف)کمتر از یک

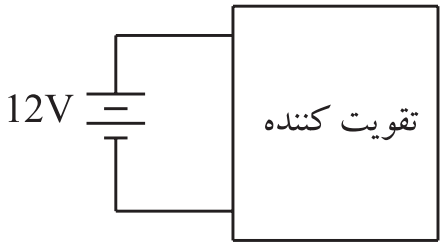
ب) برابر با یک

ج) بیشتر از یک

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۷- در تقویت کننده شکل ۵۸-۱ نقش منبع تغذیه DC چیست ؟ خیلی خلاصه توضیح دهید.



شکل ۵۸-۱

۸- در تقویت کننده‌ی بیس مشترک ، بهره‌ی ولتاژ..... است.

الف)کمتر از یک

ب) برابر با یک

ج) بیشتر از یک

۹- اختلاف فاز بین سیگنال ورودی وسیگنال خروجی در یک تقویت کننده‌ی بیس مشترک چند درجه است ؟

الف) ۱۸۰ درجه ب) ۹۰ درجه

ج) ۴۵ درجه د) صفر درجه

۱۰- در یک تقویت کننده معمولی کلاس A ، ولتاژ کلکتور- امیتر چه نسبتی با ولتاژ تغذیه (V_{CC}) دارد؟

۱۱- در یک تقویت کننده معمولی ، V_{CE} تقریباً چند درصد V_{CC} است ؟

الف) ۲۰

ب) ۷۰

ج) ۹۰

د) ۵۰

۱۲- در تقویت کننده کلکتور مشترک بهره ولتاژ..... است.

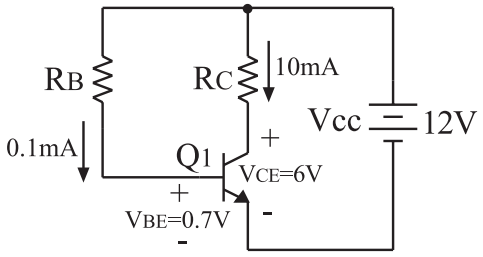
الف) برابر با یک

ب)کمتر از یک

ج) بیش تر از یک

۱۳- مشخصات یک تقویت کننده‌ی امیتر مشترک را بنویسید.

۱۴- در شکل ۵۹-۱ مقاومت های R_C و R_B را محاسبه کنید.



شکل ۵۹-۱

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل دوم

پارامترهای موثر بر تقویت‌کننده های ترانزیستوری و انواع فیدبک

هدف کلی :

آموزش نظری و عملی تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری و انواع فیدبک

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

۱- دلیل استفاده از خازن کوپلاژ را شرح دهد .
۲- نحوه قرار گرفتن خازن بای پاس در مدار و کاربرد این خازن را شرح دهد .
۳- نحوه‌ی بررسی پارامترهای یک تقویت کننده مانند بهره ولتاژ و بهره جریان را شرح دهد .
۴- چگونگی محاسبه مقاومت ورودی ومقاومت خروجی یک تقویت کننده را شرح دهد .
۵- ویژگی‌های یک مدار بافر را توضیح دهد .
۶- ویژگی‌های تقویت کننده‌ی دارلینگتون را نام ببرد.
۷- وضعیت جریان در زوج دار لینگتون را شرح دهد.
۸- فیدبک را تعریف کند.
۹- ویژگی‌های فیدبک را شرح دهد.
۱۰- فیدبک مثبت ومنفی را شرح دهد.
۱۱- فیدبک سری در تقویت کننده‌ی یک طبقه را شرح دهد.
۱۲- فیدبک موازی در تقویت کننده یک طبقه را شرح دهد .
۱۳- مدار عملی تقویت کننده امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک را اجرا کند.
۱۴- کلیه‌ی اهداف رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول کتاب به‌آن‌ها اشاره شده است را در این فصل مورد توجه قرار دهد .

توانایی شماره چهارده	ساعات آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۸	٦	١٤

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۲)

۱-خازن کوپلاژ در مدار به صورت سری قرار می گیرد.

صحیح ❐ غلط ❐

۲-در فرکانس های بالا ، خازن بای پاس به صورت اتصال کوتاه عمل می کند.

صحیح ❐ غلط ❐

۳- از تقسیم مقدار موثر ولتاژ خروجی به مقدار موثر ولتاژ ورودی، کدام پارامتر تقویت‌کننده محاسبه می‌شود؟

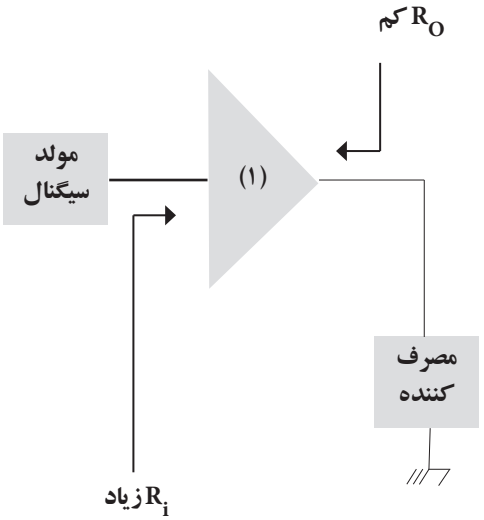
الف) بهره جریان

ب) بهره ولتاژ

ج) مقاومت ورودی

د) مقاومت خروجی

۴- نام بلوک (۱) کدام است؟



الف) زوج دارلینگتون

ب) خازن بای پاس

ج) تقویت کننده

د) مدار بافر

۵-کدامیک از جملات زیر صحیح نیست ؟

الف) ترانزیستور های قدرت معمولاً دارای ضریب تقویت جریان کم هستند.

ب) برای جلوگیری از تغییر پارامترهای یک تقویت‌کننده معمولاً از فیدبک منفی استفاده می شود.

ج) در نوسان سازها از فیدبک مثبت استفاده می‌شود.

د) هر سه مورد

۶- مزایای فیدبک را شرح دهید.

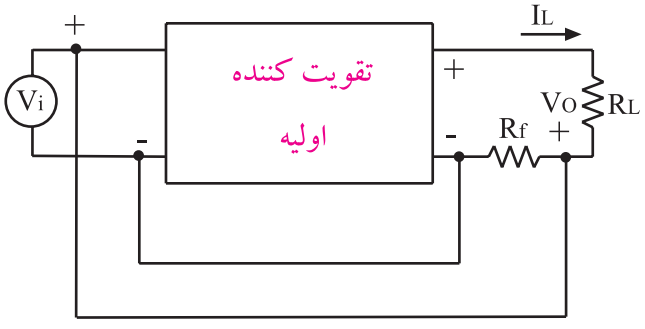
۷- نوع فیدبک در مدار زیر کدام است ؟

الف) جریان سری

ب) جریان موازی

ج)ولتاژ سری

د) ولتاژ موازی



CarGeek.Live

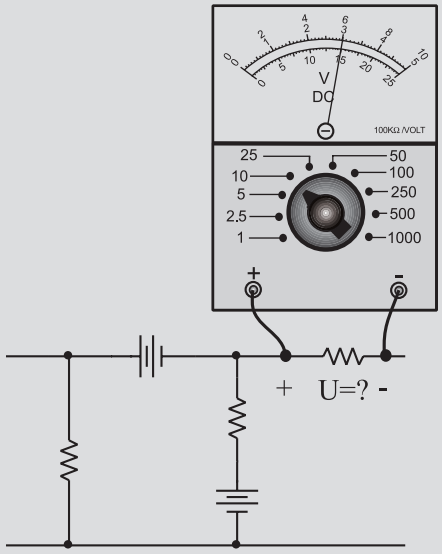
CarGeek.Live

نکات ایمنی فصل (۲)

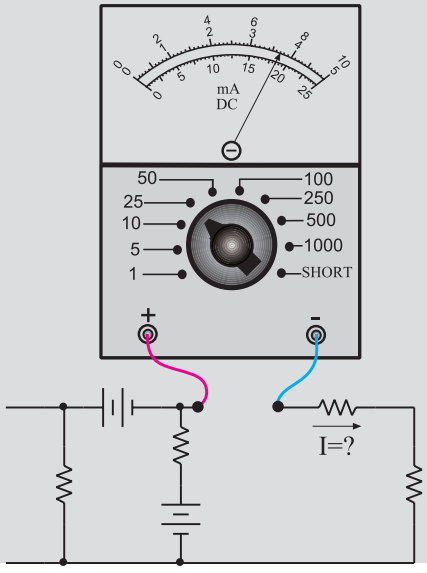
۱- کلیدها وولوم‌های روی دستگاه‌های اندازه‌گیری را به آرامی تغییر دهید تا آسیبی به آن‌ها وارد نشود.

۲- هنگام اندازه‌گیری ولتاژ، حوزه کارولت متر را متناسب با ولتاژی که می‌خواهید اندازه بگیرید تنظیم کنید.

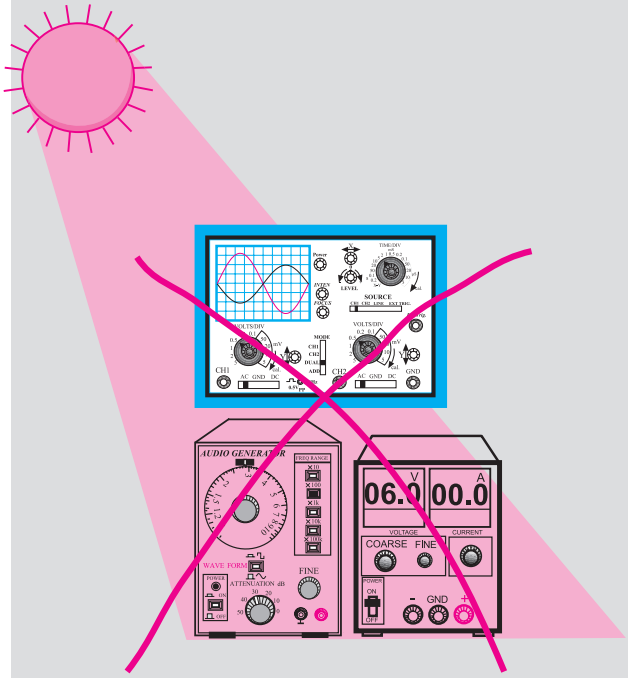
۳- هنگام اندازه‌گیری ولتاژ ، ولت متر را با دو نقطه مورد نظر به صورت موازی ببندید.



۴- هنگام اندازه‌گیری جریان در مدار ، آمپرمتر را با مدار به صورت سری ببندید.

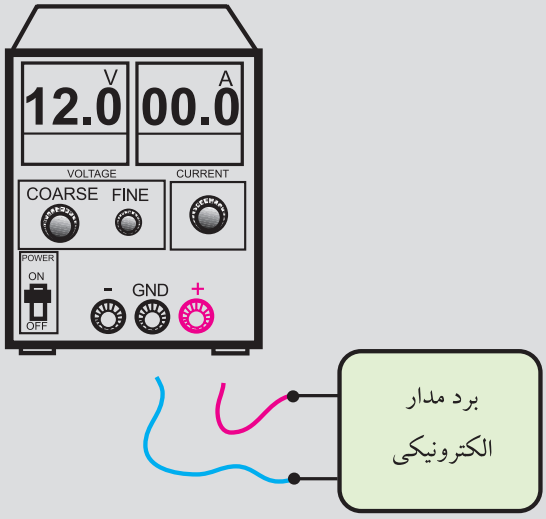


۵- دستگاه‌های اندازه‌گیری را در مجاورت وسایل گرمازا و یا نور آفتاب قرار ندهید.



۶- قبل از اتصال مدار به منبع تغذیه ، ابتدا ولتاژ خروجی را صفر کنید.

۷- قبل از وصل منبع تغذیه به مدارهای الکترونیکی، ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را تنظیم کنید و سپس مدار را به منبع تغذیه وصل کنید.

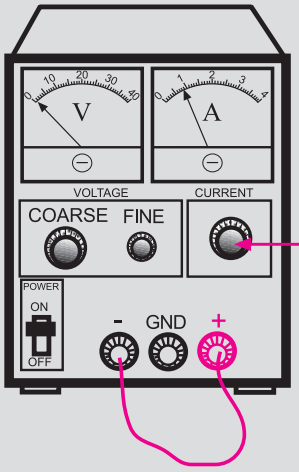


ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و به کمک ولوم COARSE ولتاژ خروجی راتنظیم کنید سپس مدار را به آن اتصال دهید.

CarGeek.Live

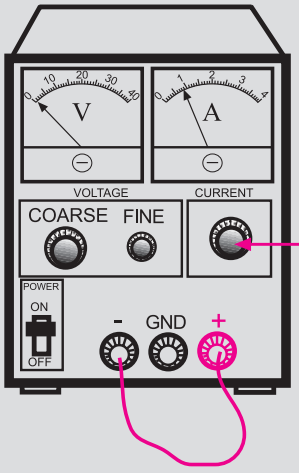
CarGeek.Live

۸- اگر منبع تغذیه که بـا آن کار می‌کنید دارای امکانات Limit Current اسـت ، جریان خروجی را حداکثر تا ۱۰۰ mA محدود کنید .



با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

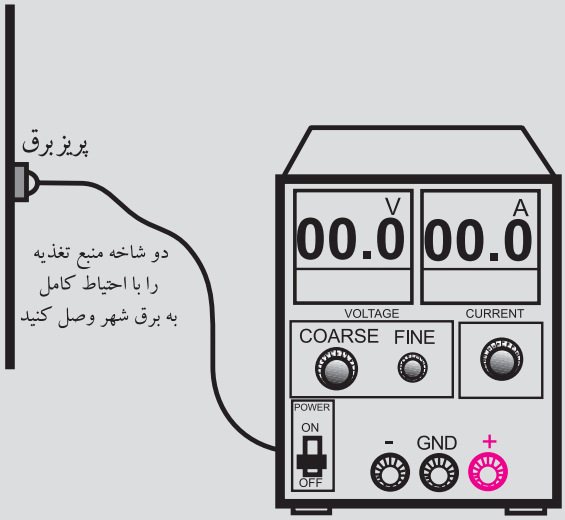
۹- اگر منبع تغذیه‌ای که بـا آن کار می کنید دارای ولوم محـدود کننده جریان اسـت در آزمایش‌هـای این فصل جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید . برای این کار ابتدا ولتاژ خروجی را روی صفر ولت بگذارید سپس دو سـر خروجی را اتصال کوتـاه کنید. ولتاژ خروجی را کمـی زیاد کنید تـا جریان از ۱۰۰ mA تجـاوز کند . با اسـتفاده از ولـوم Limit Current جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید .



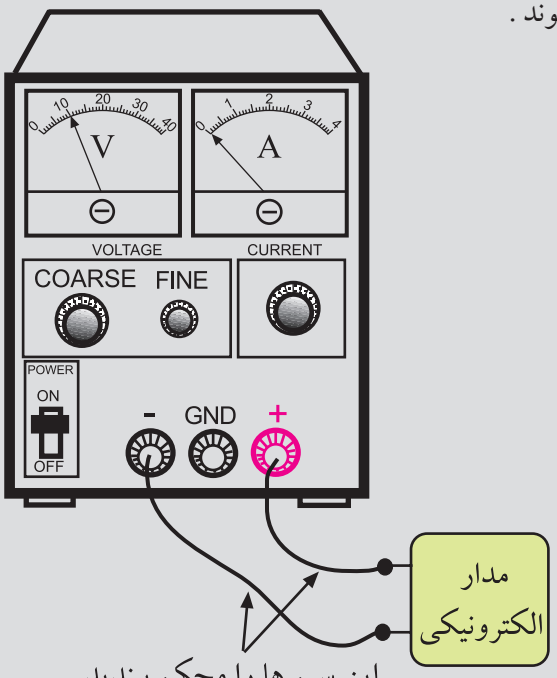
با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

۱۰- کلیدهـا و ولـوم هـای اسیلوسـکوپ خیلی ظریف هسـتند. هنگام کار با اسیلوسـکوپ در صورت نیاز به تغییر ، کلیدها را خیلی آرام تغییر دهید .

۱۱- کلید دسـتگاه هـای اندازه گیری را ابتـدا با احتیاط کامل به برق وصل کنید. بعد از روشن کردن، تنظیم‌های لازم را روی آن ها انجام دهید و سپس به مدار وصل کنید.



۱۲- سـیم های رابط را به دسـتگاه‌های اندازه‌گیری وبرد مـدار چاپی آمـاده خیلی محکم ببندید تـا در اثر لرزش قطع نشوند .



CarGeek.Live

CarGeek.Live

۲-۱ خازن کوپلاژ

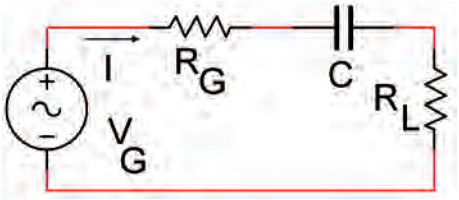
عکس‌العمل خازنی (مقاومت خازنی) با فرکانس رابطه‌ی عکس دارد و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$X_C = \frac{1}{2\pi FC}$$

مقاومت خازنی — فرکانس — ظرفیت خازن

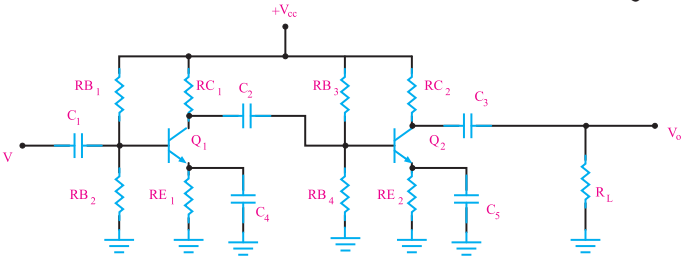
با توجه به رابطه X_C، در فرکانس های کم و ولتاژ DC ($F = 0$)، X_C بسیار زیاد است وخازن مانند مدار باز عمل می‌کند. در فرکانس های بالا ، خازن می تواند مانند اتصال کوتاه در نظر گرفته شود. خازن کوپلاژ خازنی است که سیگنال AC را از یک مدار به مدار دیگر منتقل می‌کند و مانع عبور سیگنال DC می‌شود.

شکل ۲-۱ خازن کوپلاژ C را که بین مولد و بار قرار گرفته است ، نشان می‌دهد .



شکل ۲-۱ خازن کوپلاژ C که بین مولد و بار قرار گرفته است.

در مدار شکل ۲-۲ که دو طبقه تقویت‌کننده به هم متصل شده اند، سه خازن کوپلاژ C_1 ، C_2 و C_3 در مدار قرار دارد.



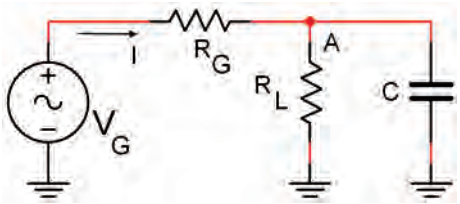
شکل ۲-۲ دو طبقه تقویت‌کننده با سه خازن کوپلاژ

خازن کوپلاژ C_1 ولتاژ DC بیس ترانزیستور Q_1 را از منبع V_{in} جدا می کند و سیگنال متناوب را به بیس Q_1 می‌رساند.

خازن کوپلاژ C_2 بین Q_1 و Q_2 قرار دارد و ولتاژ DC کلکتور Q_1 را از بیس Q_2 جدا می‌کند . خازن کوپلاژ C_3 بین کلکتور Q_2 و مقاومت بار R_L قرار دارد و مانع ورود ولتاژ DC کلکتور Q_2 به بار می شود. ظرفیت این خازن‌ها را طوری محاسبه می‌کنند که مقدار افت ولتاژ AC در فرکانس مورد نظر در دو سر آن ها بسیار ناچیز و قابل صرف نظر کردن است . همان طوری که در شکل ۲-۲ مشاهده کردید خازن کوپلاژ بین طبقات مختلف به صورت سری قرار می‌گیرد.

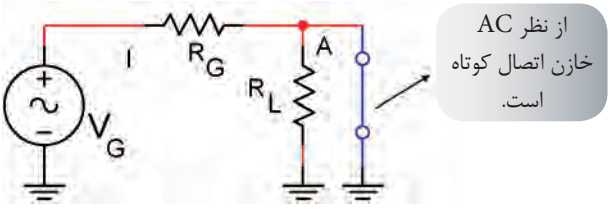
۲-۲ خازن بای پاس

بر خلاف خازن کوپلاژ ، خازن بای پاس در مدار به صورت موازی با یک مقاومت قرار می‌گیرد. شکل ۳-۲ یک خازن بای پاس که به صورت موازی با مقاومت R_L بسته شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲ خازن بای پاس موازی با R_L

در فرکانس‌های بالا خازن بای پاس به صورت اتصال کوتاه عمل می‌کند و ولتاژ AC موجود در دو سر قطعه موازی با خود را به زمین اتصال کوتاه می‌کند. برای مثال در مدار شکل ۳-۲ نقطه‌ی A از نظر سیگنال AC به زمین اتصال کوتاه شده است. به این ترتیب مانند شکل ۴-۲ ، مقاومت R_L از نظر سیگنال AC اتصال کوتاه شده است .



شکل ۴-۲ اتصال کوتاه تقریبی R_L به وسیلهٔ خازن بای پاس

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در شکل ۲-۲ خازن های C_4 ، C_5 خازن‌های بای‌پاس هستند و R_{E1} ، R_{E2} رادر مقابل سیگنال AC اتصال کوتاه می کنند. با بای پاس شدن مقاومت R_E ، بهرهٔ ولتاژ تقویت‌کننده افزایش می یابد .

۲-۳ بررسی پارامترهای یک تقویت‌کننده

پارامترهای مهم یک تقویت‌کننده عبارتند از :

الف :بهره ولتاژ (A_V)

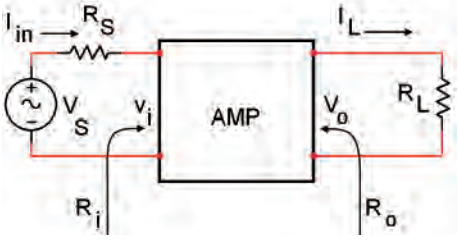
ب :بهره جریان (A_I)

ج : مقاومت ورودی (R_{in})

د: مقاومت خروجی (R_O)

الف : محاسبه بهره ولتاژ (A_V)

برای محاسبه بهره ولتاژ ابتدا تقویت‌کننده را به صورت بلوک دیاگرام شکل ۲-۵ در نظر می گیریم .



شکل ۲-۵

برای به دست آوردن بهره ی ولتاژ ، کافی است V_O (ولتاژدو سربار) و V_{in} (ولتاژ ورودی) تقویت‌کننده را با یکی از روش های متداول اندازه بگیریم . V_O و V_{in} می‌توانند مقادیر موثر (V_e) ، ماکزیمم (V_{Pk}) ، پیک تا پیک (V_{P-P}) یا متوسط (V_{ave}) باشند.از تقسیم $\frac{V_O}{V_{in}}$ بهرهٔ ولتاژ را به دست می‌آوریم .

$$A_V = \frac{V_O}{V_{in}}$$

ب : محاسبه بهره جریان (A_I)

بهره جریان از تقسیم I_L به I_{in} به دست می آید:

$$A_I = \frac{I_L}{I_{in}}$$

I_L جریان عبوری از بار و I_{in} جریان ورودی تقویت‌کننده است ، I_L را می‌توانیم از رابطهٔ $I_L = \frac{V_O}{R_L}$ محاسبه کنیم . برای به دست آوردن I_{in} ولتاژ دوسر R_S را بر مقدار مقاومت R_S تقسیم می کنیم:

$$I_{in} = \frac{V_{R_S}}{R_S} = \frac{V_S - V_{in}}{R_S}$$

I_L و I_{in} نیز می‌توانند مقادیر مؤثر یا پیک تاپیک باشند.

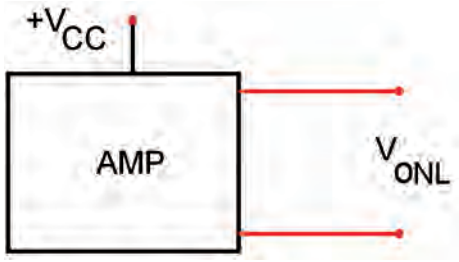
ج : محاسبه مقاومت ورودی

مقاومت ورودی، مقاومتی است که از دوترمینال ورودی تقویت‌کننده مشاهده می شود و قابل اندازه‌گیری است. با اندازه‌گیری V_{in} و I_{in} می توانیم مقاومت ورودی تقویت‌کننده را از رابطه ی زیر محاسبه کنیم.

$$R_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}}$$

د: محاسبه مقاومت خروجی

برای محاسبه مقاومت خروجی ، ابتدا بار را از خروجی تقویت‌کننده جدا می‌کنیم و ولتاژ خروجی تقویت‌کننده را در حالت بدون بار اندازه می‌گیریم .این ولتاژ را ، ولتاژ خروجی بدون بار ($V_{ONL}, NL = NO\,Load$) می‌نامیم، شکل ۲-۶.

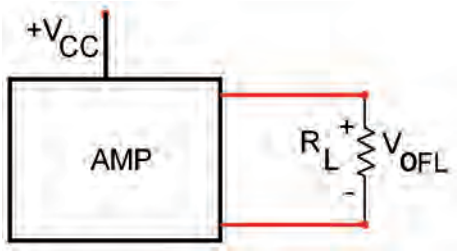


شکل ۲-۶

سپس باری را به خروجی تقویت‌کننده وصل می کنیم و ولتاژ دو سر بار را در حالت بارداری اندازه می‌گیریم. این ولتاژ را ولتاژ حالت بارداری ($V_{OFL}, FL = Full\ Load$) می‌نامیم، شکل ۲-۷.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۲-۷ ولتاژ خروجی بارداری

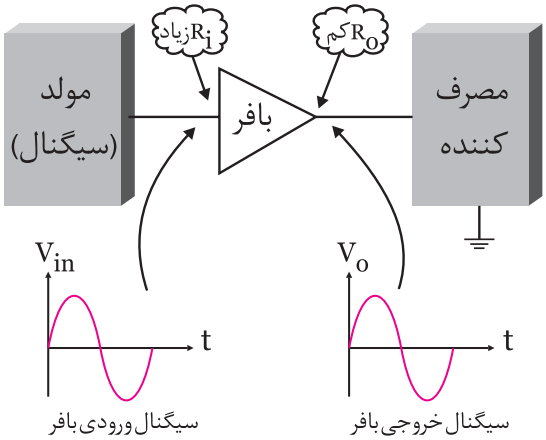
با استفاده از فرمول زیر مقاومت خروجی تقویت کننده را به دست می‌آوریم :

$$R_O = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}} \times R_L$$

۲-۴ مدار بافر

تقویت کننده‌ی بافر تقویت کننده‌ای است که مقدار بهره ولتاژ آن برابر با یک (۱) است . امپدانس ورودی مدار بافر ، زیاد وامپدانس خروجی آن کم است . این مدار به عنوان تطبیق دهنده‌ی امپدانس (تبدیل امپدانس زیاد به‌امپدانس کم) مورد استفاده قرار می گیرد. به منظور جلوگیری از اثر بارگذاری (کشیدن جریان زیاد از مولد) ، معمولاً مدار بافر را بین مولد و بار قرار می دهند. به این ترتیب سیگنال مولد به بار منتقل می‌شود. در این حالت به علت امپدانس ورودی زیاد مدار بافر ، بار نمی‌تواند جریان از مولد بکشد و روی رفتار آن اثر بگذارد.

شکل ۲-۸ مدار بافر را به صورت بلوک دیاگرام نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می شود مدار بافر بین مولد وبار قرار گرفته است.

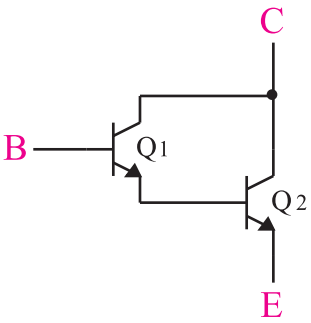


شکل ۲-۸ مدار بافر بین مولد وبار

مدار بافر می تواند با ترانزیستور های معمولی یا آی سی ساخته شود.

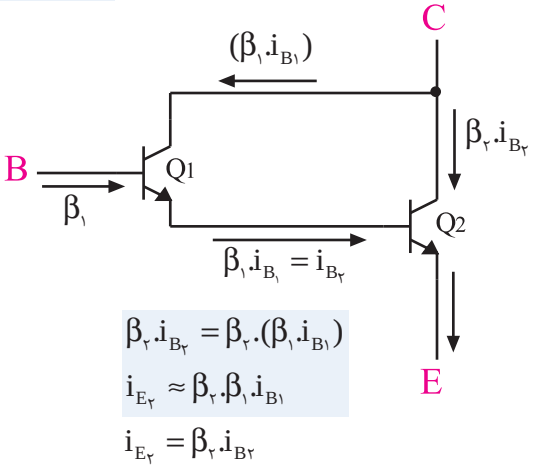
۲-۵ تقویت کننده‌با استفاده اززوج‌دارلینگتون

ترانزیستور های قدرت معمولاً دارای ضریب تقویت جریان کم هستند. برای به دست آوردن ضریب تقویت جریان (β) بزرگ تر می توانیم مطابق شکل ۲-۹ از ترکیب دو ترانزیستور استفاده کنیم. این نوع ترکیب را زوج دارلینگتون می‌نامند.



شکل ۲-۹ زوج دار لینگتون

در شکل ۲-۱۰،اگر ضریب تقویت جریان ترانزیستور Q_1 برابر با β_1 و ضریب تقویت جریان ترانزیستور Q_2 برابر با β_2 باشد ضریب تقویت مجموعه زوج دار لینگتون به طور تقریب از رابطهٔ زیر به دست می‌آید: $\beta = \beta_1.\beta_2$

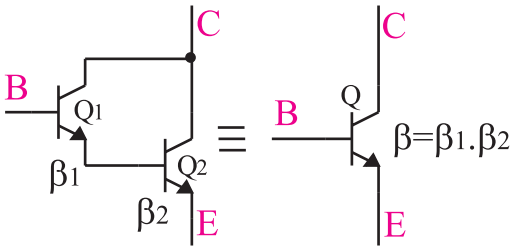


شکل ۲-۱۰ وضعیت جریان‌ها در زوج دارلینگتون

یک مجموعه زوج دار لینگتون ، مانند یک ترانزیستور معمولی عمل می کند که در آن ضریب تقویت جریان برابر با $\beta = \beta_1\beta_2$ است. در شکل ۲-۱۱ یک ترانزیستور که معادل زوج دارلینگتون است را مشاهده می کنید.

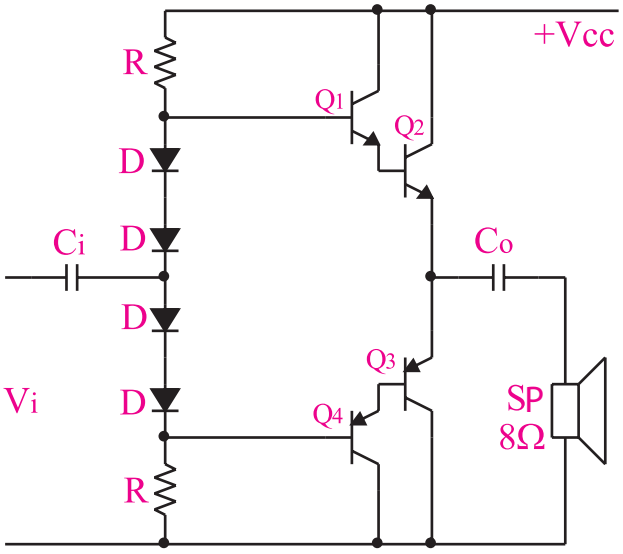
CarGeek.Live

CarGeek.Live



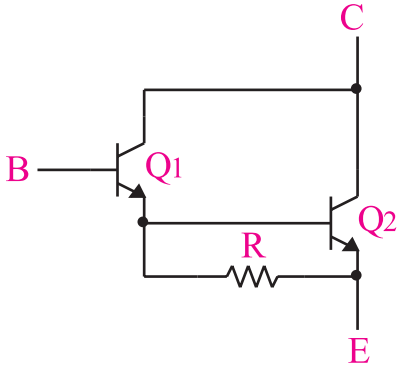
شکل ۲-۱۱ زوج دار لینگتون معادل یک ترانزیستور با ضریب تقویت جریان $\beta = \beta_1\beta_2$

در شکل ۲-۱۲ یک تقویت‌کننده قدرت کلاس B از نوع کامپلی منتاری با ترانزیستورهای زوج دارلینگتون نشان داده شده است .



شکل ۲-۱۲ تقویت‌کننده قدرت کلاس B با استفاده از ترانزیستور های زوج دار لینگتون

برای پایداری حرارتی در ترانزیستور های زوج دارلینگتون معمولاً یک مقاومت بین امیتر ترانزیستور اول و امیتر ترانزیستور دوم قرار داده می‌شود، شکل ۲-۱۳.

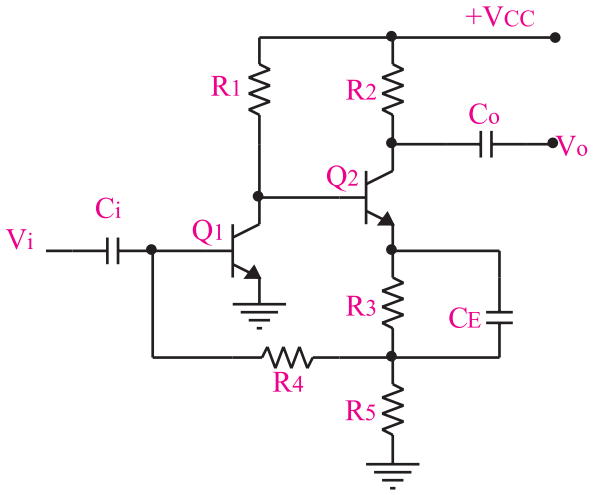


شکل ۲-۱۳مقاومت R_E برای پایداری حرارتی

۲-۶ اصول کار تقویت‌کننده‌های فیدبک شده

وقتی تقویت‌کننده ای طراحی می شود انتظار این است که بهرهٔ ولتاژ ، بهرهٔ جریان ، امپدانس ورودی ، امپدانس خروجی و سایر مشخصات و پارامترهای آن تحت هیچ شرایطی تغییر نکند. اما به دلیل این که پارامترهای یک ترانزیستور مانند β ، به شدت به حرارت بستگی دارد ، بر اثر تغییر درجه حرارت نقطه کار ترانزیستور تغییر می‌کند. هم‌چنین مشخصات بعضی از قطعات به مرور زمان و در اثر کارکردن ممکن است تغییر کند و روی عملکرد مدار اثر بگذارد. تعویض یک قطعه معیوب با قطعه سالم نیز روی عملکرد مدار اثر می‌گذارد، زیرا مشخصات قطعه جدید با سایر قطعات قدیمی و کارکرده انطباق ندارد. هیچ یک از شرایط ذکر شده مطلوب و قابل قبول نیست.

برای جلوگیری از تغییر پارامترهای یک تقویت‌کننده معمولاً از تقویت‌کننده با فیدبک منفی (فیدبک شده) استفاده می‌کنند . در شکل ۲-۱۴ یک تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده نشان داده شده است .

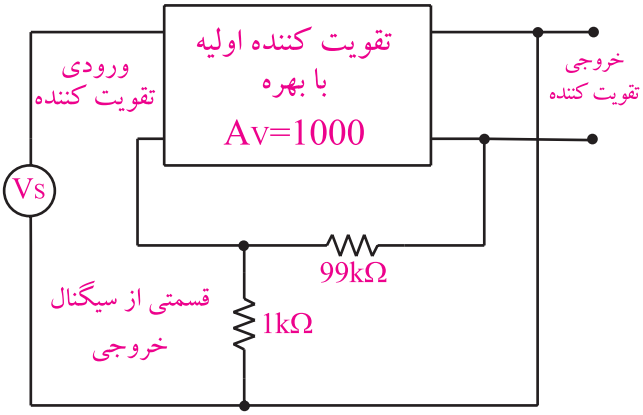


شکل ۲-۱۴ یک نمونه تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده

۲-۶-۱ تعریف فید بک : بر گشت دادن قسمتی از سیگنال خروجی (جریان یا ولتاژ) یک تقویت‌کننده یا یک سیستم به ورودی آن را فیدبک یا تغذیه برگشت می‌نامند. شکل ۲-۱۵ یک نمونه از تقویت‌کننده فیدبک شده را نشان می‌دهد.

CarGeek.Live

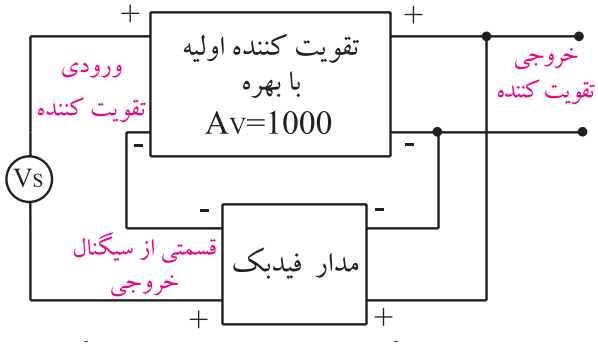
CarGeek.Live



شکل ۲-۱۵ یک روش از برگشت دادن
سیگنال خروجی به ورودی

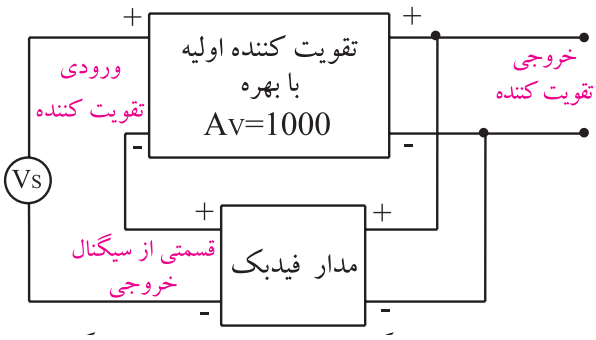
۲-۶-۲ فیدبک مثبت ومنفی

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 ۲-۱۶).



شکل ۲-۱۶ در فیدبک منفی سیگنال خروجی
باعث تضعیف سیگنال ورودی می‌شود .

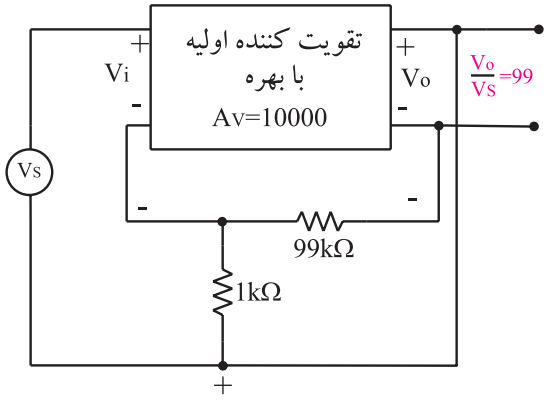
چنان چه سیگنال برگشت داده شده از خروجی تقویت‌کننده به ورودی آن، باعث تقویت سیگنال ورودی شود فیدبک را از نوع فیدبک مثبت می‌نامند، شکل ۲-۱۷. معمولاً در تقویت‌کننده ها از فیدبک منفی و در نوسان سازها از فیدبک مثبت استفاده می‌شود.



شکل ۲-۱۷ در فیدبک مثبت سیگنال خروجی
باعث تقویت سیگنال ورودی می‌شود.

۲-۶-۳- مزایای فیدبک : اگر به تقویت‌کننده‌ای فیدبک منفی اعمال شود، بهره ی ولتاژ آن تقویت‌کننده کاهش می‌یابد. در این شرایط ، تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده مزایایی را به شرح زیر کسب می‌کند:

الف- بهره تقویت‌کننده فیدبک شده همواره ثابت می‌ماند. در صورتی که بهره ولتاژ تقویت‌کننده فیدبک نشده، ممکن است به شدت تغییر کند. در شکل ۲-۱۸ بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده‌ی فیدبک نشده برابر $A_V = ۱۰۰۰۰$ و تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده برابر با $A_{VF} = ۹۹$ است. .



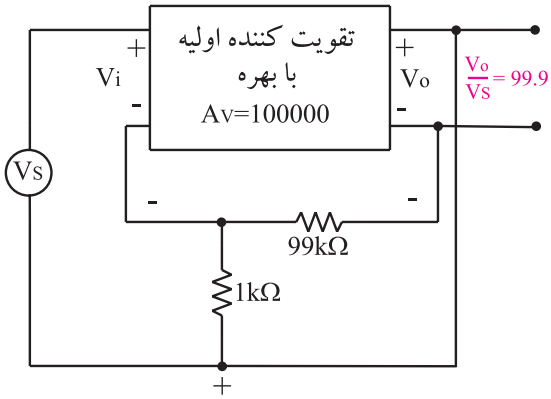
شکل ۲-۱۸ به ازای $A_V = ۱۰۰۰۰$ بهره فیدبک
برابر ۹۹ می‌شود

حال اگر بهرهٔ ولتاژ تقویت‌کننده‌ی فیدبک نشده را ده برابر کنیم و آن را به $A_V = ۱۰۰۰۰$ برسانیم ، بهرهٔ ولتاژ تقویت کنندهٔ فیدبک شده $A_{VF} = ۹۹/۹$ می شود، شکل ۲-۱۹. یعنی اگر بهرهٔ ولتاژ تقویت کنندهٔ فیدبک نشده ده برابر شود،

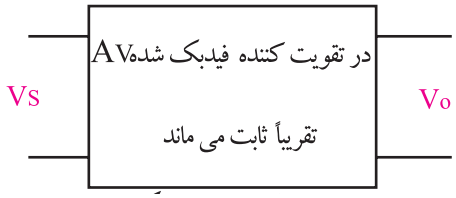
CarGeek.Live

CarGeek.Live

بهرهٔ تقویت‌کننده فیدبک شده فقط یک درصد تغییر می‌کند. بنابراین می توان گفت که بهره ی تقویت‌کننده فیدبک شده تقریباً ثابت و مستقل از تقویت‌کننده‌ی اولیه است و فقط به شبکه ی فیدبک یعنی مقاومت‌های ۱k و ۹۹ kΩ بستگی دارد، شکل ۲۰-۲. این پدیده در مدارهای عملی نیز صدق می کند.



شکل ۱۹-۲ اگر بهره تقویت‌کننده ۱۰ برابر شود بهره تقویت‌کننده فیدبک شده فقط یک درصد تغییر می‌کند.



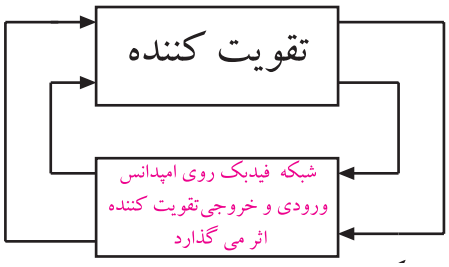
شکل ۲۰-۲ در تقویت‌کننده فیدبک شده $Av_f = \frac{Vo}{Vs}$ تقریباً ثابت است .

ب ـ با استفاده از فیدبک می‌توان امپدانس ورودی و خروجی تقویت‌کننده را متناسب با نوع نیاز، کم یا زیاد کرد، شکل ۲۱-۲.

ج ـ پهنای باند در تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده افزایش می یابد.

د ـ میزان اعوجاج (تغییر شکل موج) در سیگنال خروجی کاهش می‌یابد.

هـ ـ میزان نویز در تقویت‌کننده های فیدبک شده کاهش می‌یابد.

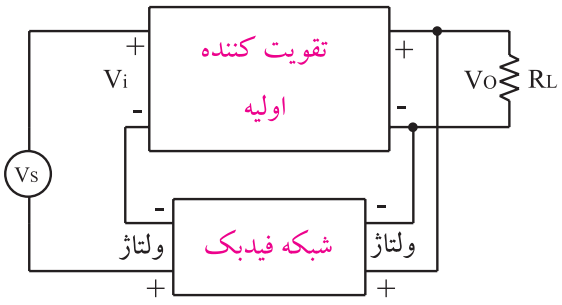


شکل ۲۱-۲ فیدبک روی امپدانس ورودی و خروجی اثر می‌گذارد.

فیدبک در مدارهای الکترونیکی معمولاً موجب کاهش بهره‌می‌شود و روی امپدانس و پهنای باند نیز اثر می گذارد.

۲-۷ فیدبک‌سری درتقویت‌کننده‌ی یک‌طبقه

در هرنوع فیدبک ، سیگنال برگشتی از خروجی به ورودی می تواند جریان یا ولتاژ باشد. در فیدبک سری، سیگنال خروجی به ورودی برگشت داده می شود و با ولتاژ ورودی به طور سری قرار می گیرد و باعث تضعیف ولتاژ یا جریان ورودی می شود . اگر سیگنال برگشتی قسمتی از ولتاژ خروجی باشد فیدبک را ولتاژ سری می گویند. شکل ۲۲-۲ فیدبک ولتاژ سری را نشان می‌دهد.

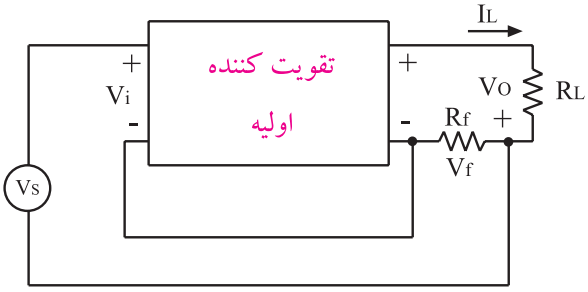


شکل ۲۲-۲ فیدبک ولتاژ سری

CarGeek.Live

CarGeek.Live

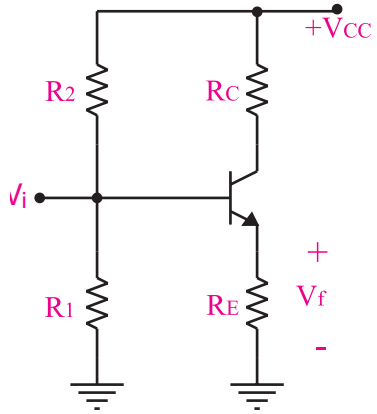
اگر سیگنال برگشتی از خروجی ،تابعی از جریان بار یعنی جریان خروجی باشد، فیدبک را جریان سری می‌نامند. شکل ۲-۲۳ فیدبک جریان سری را نشان می‌دهد.



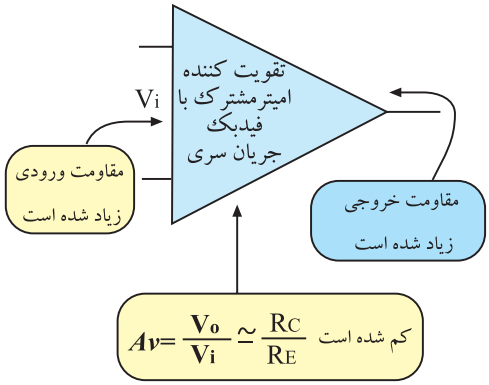
شکل ۲-۲۳ فیدبک جریان سری

به طور کلی در انواع فیدبک های سری ، امپدانس ورودی افزایش می یابد. **امپدانس خروجی در فیدبک ولتاژ سری کاهش ودر فیدبک جریان سری افزایش می‌یابد** .

در شکل ۲-۲۴ و ۲-۲۵ یک تقویت‌کننده با فیدبک از نوع جریان سری ، نشان داده شده است .



شکل ۲-۲۴ تقویت‌کننده از نوع فیدبک جریان سری



شکل ۲-۲۵ در تقویت‌کننده امیتر مشترک با فیدبک جریان سری، مقاومت ورودی و خروجی زیاد می‌شوند .

افت ولتاژروی مقاومت R_E، همان ولتاژ V_f در شکل ۲-۲۳ است. مقاومت R_E باعث کاهش بهرهٔ ولتاژ می‌شود و امپدانس ورودی را افزایش می دهد. همچنین تغییر مشخصات ترانزیستور روی بهره ولتاژ اثر نمی گذارد. زیرا در این تقویت کننده بهرهٔ ولتاژ از رابطه ی تقریبی زیر به دست می آید :

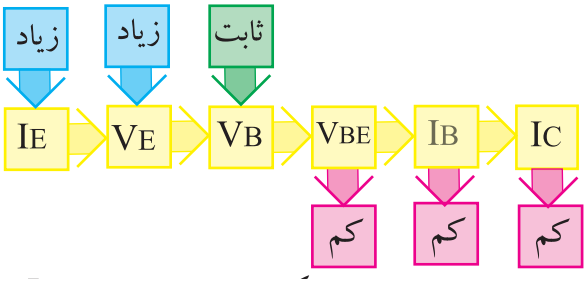
$$A_{VF} \cong \frac{R_C}{R_E}$$

همان طور که از رابطه پیداست ، پارامترهای ترانزیستور در بهره ی ولتاژ نقشی ندارند. از طرف دیگر مقاومت R_E باعث می شود که نقطه‌ی کار ترانزیستور ثابت بماند. دراین مدار ولتاژ بیس نسبت به زمین تقریباً ثابت و از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$V_B = \frac{V_{CC} R_1}{R_1 + R_2}$$

حال اگر I_C که تقریبا برابر I_E است به هردلیلی افزایش یابد، افت ولتاژ DC روی مقاومت R_E یعنی V_Eزیاد می‌شود. از طرفی چون V_{BE} از رابطه: $V_{BE} = V_B - V_E$ به دست می آید، با زیاد شدن V_E ؛ مقدار V_{BE} کم می شود زیرا مقدار V_B ثابت است .

با کم شدن V_{BE} مقدار I_B کاهش می یابد و در نهایت موجب کم شدن $I_C = \beta I_B$ می شود و به حالت قبلی بر می‌گردد. عکس این حالت نیز صادق است، شکل ۲-۲۶.



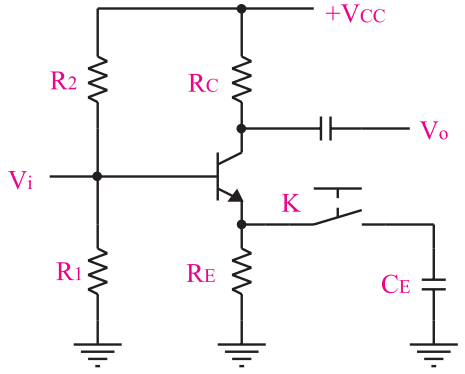
شکل ۲-۲۶- عملکرد تقویت‌کننده فیدبک منفی از نوع جریان سری

به علت وجود فیدبک منفی جریان سری ، مقدار جریان I_E همواره ثابت می‌ماند.

در شکل ۲-۲۷ اگر کلید K بسته شود ، به علت وجود خازن C ولتاژ AC دوسرمقاومت R_E تقریباً صفر می‌شود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

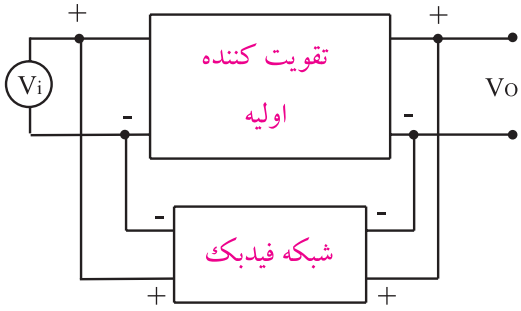


شکل ۲-۲۷ با بسته شدن کلید، A_V زیاد شده و Z_i کم می‌شود.

در این حالت فیدبک AC نداریم لذا بهرهٔ ولتاژ تقویت‌کننده به شدت زیاد می شود. به دلیل نبودن فیدبک AC نقطه کار DC ترانزیستور ثابت می‌ماند و نقطه کار AC تغییر می کند. هم چنین بهرهٔ ولتاژ نیز به پارامترهای ترانزیستور وابسته می‌شود .امپدانس ورودی تقویت‌کننده نیز با بسته شدن کلید K ، کاهش می‌یابد .

۲-۸ - فیدبک‌موازی‌در‌تقویت‌کننده‌های یک‌طبقه

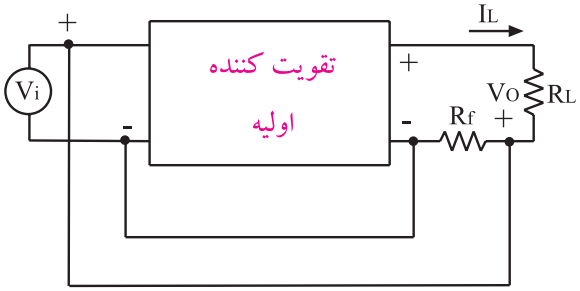
منظور از فیدبک منفی موازی این است که سیگنال برگشتی از خروجی به صورت موازی با ورودی قرار می گیرد و باعث تضعیف ولتاژ یا جریان ورودی می‌شود. اگر سیگنال برگشتی از خروجی به ورودی تابعی از ولتاژ خروجی باشد ، فیدبک را ولتاژ موازی می گویند. شکل ۲-۲۸ یک تقویت‌کننده فیدبک شده از نوع ولتاژ موازی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۸ یک تقویت‌کننده فیدبک شده ولتاژ موازی

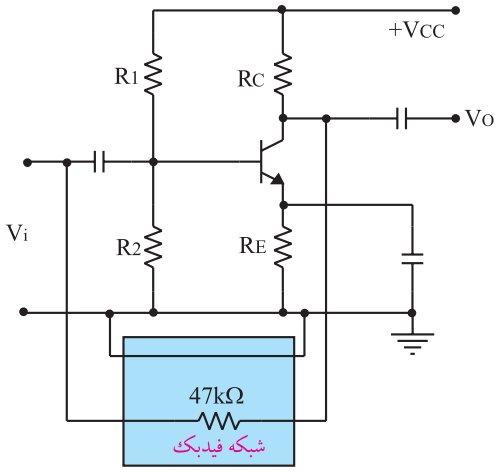
اگر سیگنال برگشتی از خروجی به ورودی تابعی از جریان خروجی باشد ، فیدبک را جریان موازی می گویند.

شکل ۲-۲۹ یک تقویت‌کننده فیدبک شده از نوع جریان موازی را نشان می‌دهد .



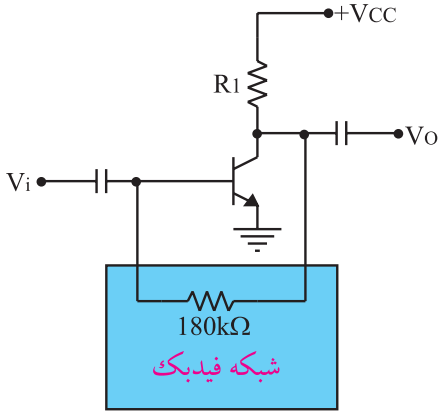
شکل ۲-۲۹ یک تقویت‌کننده فیدبک شده جریان موازی

شکل ۲-۳۰ یک تقویت‌کننده‌ی فیدبک شده از نوع ولتاژ موازی را نشان می دهد و مقاومت ۴۷kΩ شبکه ی فیدبک را تشکیل می‌دهد.



شکل ۲-۳۰ یک تقویت‌کننده فیدبک شده ولتاژ موازی

همچنین در شکل ۲-۳۱ یک نمونه تقویت کنندهٔ فیدبک از نوع ولتاژ موازی نشان داده است .



شکل ۲-۳۱ مقاومت ۱۸۰kΩ به عنوان مقاومت فیدبک

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹- ۲آزمایش شماره ۱

مدار عملی امیترمشترک

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۲-۹-۱ هدف آزمایش:

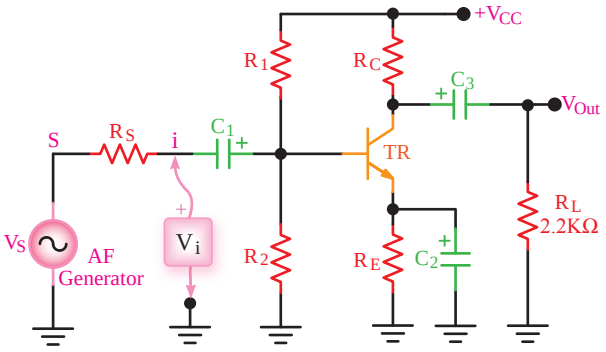
بستن مدار امیتر مشترک و بررسی پارامترهای مختلف آن در سیگنال AC

۲-۹-۲ تجهیزات ،ابزار، قطعـــات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	فانکشن ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه DC	یک دستگاه
۴	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۵	بردبرد آزمایشگاهی	یک قطعه
۶	مقاومت‌هـای ۴۷kΩ، ۱۰kΩ، ۸/۲kΩ، ۲/۲kΩ، ۲۲۰kΩ و ۱kΩ ($\frac{1}{4}$ وات)	هر کدام یک عدد
۷	خازن ۱۰۰ µF	دوعدد
۸	خازن ۴۷ µF	یک عدد
۹	ترانزیستور BC۱۰۷	یک عدد
۱۰	سـیم‌های یـک سـر گیره‌دار سوسماری	چهاررشته
۱۱	سـیم‌های دو سـر گیره‌دار سوسماری	چهاررشته
۱۲	سیم های رابط	هشت رشته

۲-۹-۳ مراحل آزمایش :

مدار شکل ۲-۳۲ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.



R_S =10KΩ	R_C=1KΩ	C_1 = 100µF	TR = BC107
R_1 =47KΩ	R_E=220Ω	C_2 = 47µF	یا هرنوع ترانزیستور عمومی
R_2 =8.2KΩ	R_L=2.2KΩ	C_3 = 100µF	$+V_{CC}$ = 10V

شکل ۲-۳۲ مدار عملی امیتر مشترک

- سـیگنال ژنراتور را روی فرکانـس ۱۰۰۰ هرتز تنظیم کنید.
- اسیلوسـکوپ رابه خروجی مدار وصل کنید (در این حالت باری به مدار وصل نیست).
- دامنهٔ سیگنال ورودی را آن قدر تغییر دهید تا دامنه ی سیگنال خروجی روی $5V_{P-P}$ تنظیم شود.

$$V_O = \ldots\ldots\ldots V_{P-P}$$

- دامنهٔ سـیگنال ورودی را به وسیله اسیلوسکوپ اندازه بگیرید. بهره ی ولتاژ مدار را محاسبه کنید.

$$A_V = \frac{V_O}{V_{i(p-p)}} = \ldots\ldots\ldots$$

- مقاومت بار $R_L = ۲/۲k\Omega$ را به خروجی مدار وصل کنید.
- با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر بار، I_L را محاسبه کنید.

$$I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L} = \ldots\ldots\ldots$$

- ولتاژ دو سر R_S را اندازه بگیرید و I_i را محاسبه کنید.

$$I_i = \frac{V_{R_s}}{R_S} = \ldots\ldots\ldots$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ بهـره جریان مدار را با اسـتفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده برای I_i ، I_L محاسبه کنید.

$$A_I = \frac{I_L}{I_i} = ...$$

■ بـا اندازه‌گیری V_i و I_i مقاومت ورودی تقویت‌کننده را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = ...$$

■ ولتـاژ خروجی را در حالت بدون بار (v_{ONL}) و ولتاژ خروجی با بار (v_{OFL}) با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{ONL} = ...V$$
$$V_{OFL} = ...V$$

■ بااستفاده از فرمول زیر ، مقاومت خروجی تقویت‌کننده را محاسبه کنید.

$$R_O = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}} \times R_L = ...$$

■ به جای مقاومت بار یک پتانسـیومتر $10k\Omega$ در مدار قرار دهید و با تغییر پتانسـیومتر ولتاژ دو سـر آن را به اندازه‌ی $\frac{V_{ONL}}{2}$ تنظیم کنید.

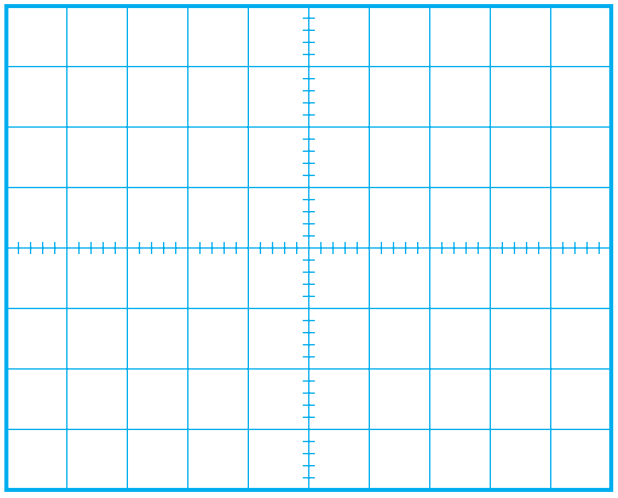
■ مقاومت بار را از مدار جدا کنید و مقدار پتانسیومتر را با استفاده از اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$R_P = ...K\Omega$$

این مقدار مقاومت برابر اسـت با مقاومت R_O که قبلاً به دست آورده‌اید.

سوال ۱ : مقدار مقاومت پتانسیومتر را که در این مرحله انـدازه گرفته‌اید با مقدار مقاومت R_O کـه در مرحله قبل به دست آوردید، مقایسه کنید و درباره آن توضیح دهید.

■ به وسیله ی اسیلوسکوپ، شکل موج ورودی و خروجی را در نمودار شکل ۳۳-۲ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۳۳-۲

■ اختـلاف فاز بین مـوج خروجـی و ورودی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید . (در این حالت مقاومت بار در مدار قرار دارد)

$$\varphi = ...$$

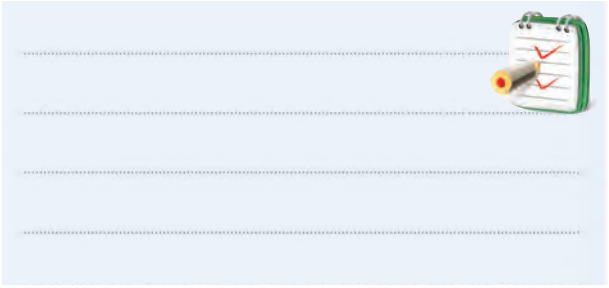
■ نتایج به دست آمده را در جدول ۱-۲ یادداشت کنید.

جدول ۱-۲

بهره ولتاژ A_V	
بهره جریان A_i	
مقاومت ورودی R_i	
مقاومت خروجی R_O	
اختلاف فاز φ	

۲-۹-۴ نتایج آزمایش

آن چـه را کـه در این آزمایش فرا گرفتـه اید به اختصار شرح دهید.



CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۰- ۲ آزمایش شماره ۲

مدار عملی بیس مشترک

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۲-۱۰-۱ هدف آزمایش:

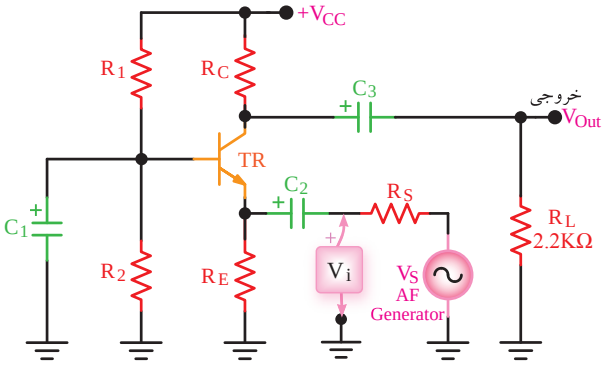
بستن مدار بیس مشترک و بررسی پارامترهای مختلف آن در سیگنال AC.

۲-۹-۲تجهیزات، ابزار، قطعات ومواد مورد نیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	فانکشن ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه DC	یک دستگاه
۴	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۵	مقاومت های ۴۷kΩ، ۸/۲kΩ، ۲/۲kΩ، ۲۲۰Ω، ۱kΩ، ۱۰۰Ω (۱/۴ وات)	هرکدام یک عدد
۶	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۷	خازن ۱۰۰ µF	دوعدد
۸	خازن ۴۷ µF	یک عدد
۹	ترانزیستور BC۱۰۷	یک عدد
۱۰	سیم‌های دو سرگیره‌دار سوسماری	چهاررشته
۱۱	سیم های رابط	هشت رشته

۲-۱۰-۳ مراحل اجرای آزمایش :

- مدار تقویت‌کننده بیس مشترک شکل ۲-۳۴ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.



شکل ۲-۳۴ مدار عملی بیس مشترک

- سیگنال ژنراتوررا روی‌فرکانس ۱۰۰۰هرتز تنظیم کنید.
- اسیلوسکوپ رابه خروجی مدار وصل کنید (در این حالت باری به مدار وصل نیست).
- دامنهٔ سیگنال ورودی را آن قدر تغییر دهید تا دامنه ی سیگنال خروجی روی $5V_{p-p}$ تنظیم شود.
- دامنهٔ سیگنال ورودی V_{p-p} را اندازه بگیرید. .

V_{ip-p}= V

- با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده ، بهرهٔ ولتاژ مدار را محاسبه کنید.

$$A_V = \frac{V_{o_{p-p}}}{V_{i_{(p-p)}}}$$

- مقاومت بار $R_L = ۲/۲k\Omega$ رابه خروجی‌مدار وصل کنید.
- ولتاژ دو سر بار را اندازه بگیرید و مقدار I_L را محاسبه کنید.

$$I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L} = ...$$

- ولتاژ دو سر R_S را اندازه بگیرید .

$V_{R_S} = ...$

- جریان ورودی را از رابطه زیر به دست‌آورید.

$$I_i = \frac{V_{R_S}}{R_S} = ...$$

- با استفاده از مقادیر I_L و I_i بهره جریان مدار را محاسبه کنید.

$$A_I = \frac{I_L}{I_i}$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ با جایگزینی V_i وجریان ورودی I_i، مقاومت ورودی مدار تقویت‌کننده را به دست آورید .

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = ...$$

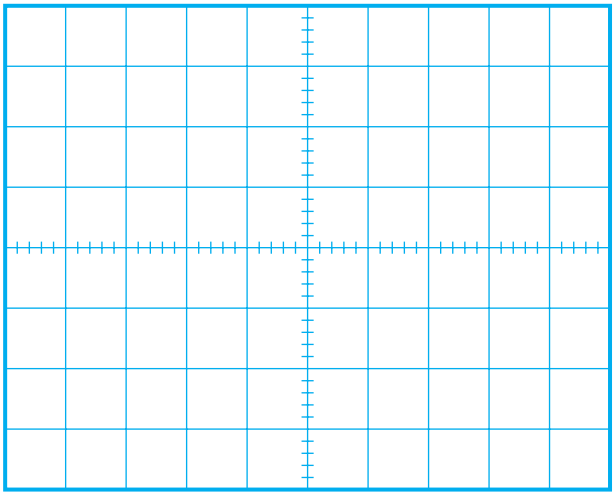
■ ولتـاژ خروجی را در حالت بدون بار (v_{ONL}) و ولتاژ خروجی با بار (V_{OFL}) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{ONL} = ...V$$
$$V_{OFL} = ...V$$

■ بااستفاده از فرمول زیر ، مقاومت خروجی تقویت‌کننده را محاسبه کنید.

$$R_O = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}} \times R_L$$
$$R_O = ...$$

■ به وسیله اسیلوسکوپ ، شکل موج خروجی و ورودی را با مقیاس صحیح روی نمودار شکل ۲-۳۵ رسم کنید.



شکل ۲-۳۵

■ اختـلاف فاز بین مـوج خروجـی و ورودی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

درجه $\varphi = ...$

■ نتایـج به دسـت آمـده را در جدول ۲-۲ یادداشـت کنید.

جدول ۲-۲

بهره ولتاژ A_V	
بهره جریان A_i	
مقاومت ورودی R_i	
مقاومت خروجی R_O	
اختلاف فاز φ	

۲-۱۰-۴ نتایج آزمایش

آن چـه را کـه در این آزمایش فرا گرفتـه اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۱- ۲آزمایش شماره۳

مدارعملی کلکتورمشترک

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۱-۱۱-۲ هدف آزمایش:

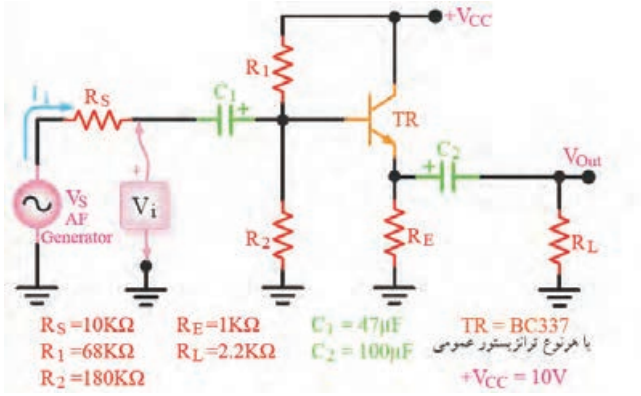
بررسی پارامترهای یک تقویت‌کننده ی کلکتور مشترک در سیگنال AC.

۲-۱۱-۲تجهیزات،ابـــزار، قطعات ومواد مورد نیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	فانکشن ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه DC	یک دستگاه
۴	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۵	مقاومت‌های ۶۸kΩ، ۱۰kΩ، ۲/۲kΩ، ۱۸۰kΩ، ۱kΩ	هرکدام یک عدد
۶	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۷	خازن ۱۰۰ µF	یک عدد
۸	خازن ۴۷ µF	یک عدد
۹	ترانزیستور BC۳۳۷	یک عدد
۱۰	سیم‌های دو سرگیره‌دار سوسماری	چهاررشته
۱۱	سیم های رابط	هشت رشته

۳-۱۱-۲ مراحل اجرای آزمایش :

مدار تقویت‌کننده کلکتورمشترک شکل ۲-۳۶ را روی برد ببندید.



شکل ۲-۳۶ مدار عملی کلکتور مشترک

- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تنظیم کنید .
- اسیلوسکوپ رابه خروجی مدار وصل کنید (در این حالت باری به خروجی مدار وصل نیست) .
- دامنهٔ سیگنال ورودی را آن قدر تغییر دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی روی $5V_{P-P}$ تنظیم شود.
- دامنهٔ سیگنال ورودی $V_{i_{p-p}}$ را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{i_{p-p}} = \ldots\ldots\ldots V$$

- با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده، بهرهٔ ولتاژ مدار را محاسبه کنید .

$$A_V = \frac{V_o}{V_{i_{p-p}}} = \ldots\ldots\ldots$$

- مقاومت بار $R_L = 2/2k\Omega$ را به خروجی مدار وصل کنید.
- با اندازه گیری ولتاژ دو سربار، I_L را محاسبه کنید.

$$I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L} = \ldots\ldots\ldots$$

- ولتاژ دو سر R_S را اندازه بگیرید .
- با استفاده از مقادیر R_S و V_{R_S}، مقدار I_i را محاسبه کنید.

$$I_i = \frac{V_{R_S}}{R_S} = \ldots\ldots\ldots$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ با استفاده از مقادیر I_L و I_i بهره جریان مدار را محاسبه کنید.

$$A_i = \frac{I_L}{I_i} = ...$$

■ مقادیر V_i و جریان ورودی (I_i) را اندازه بگیرید.

■ با استفاده از مقادیر V_i و I_i مقاومت ورودی تقویت‌کننده را محاسبه کنید.

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = ...$$

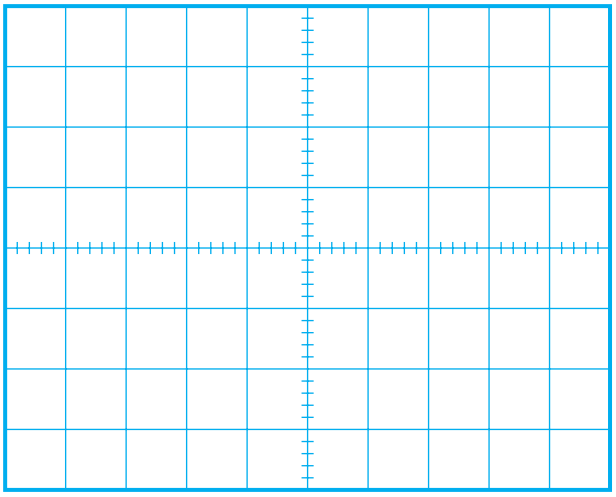
■ ولتاژ خروجی بدون بار (V_{ONL}) و ولتاژ خروجی با بار (V_{OFL}) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{ONL} = ...V$$
$$V_{OFL} = ...V$$

■ با استفاده از فرمول زیر، مقاومت خروجی تقویت‌کننده را محاسبه کنید.

$$R_O = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}} \times R_L$$
$$R_O = ...\Omega$$

■ به وسیله اسیلوسکوپ، شکل موج خروجی و ورودی را با مقیاس صحیح روی نمودار شکل ۳۷-۲ رسم کنید.



شکل ۳۷-۲

■ اختلاف فاز بین موج خروجی و ورودی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

درجه $\varphi = ...$

■ نتایج به دست آمده را در جدول ۳-۲ یادداشت کنید.

جدول ۳-۲

بهره ولتاژ A_V	
بهره جریان A_i	
مقاومت ورودی R_i	
مقاومت خروجی R_O	
اختلاف فاز φ	

۲-۱۱-۴ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۲)

۱-چگونه می توانیم از یک ترانزیستور به عنوان تقویت کننده استفاده کنیم ؟

۲-بهره ولتاژ را در یک تقویت کننده تعریف کنید.

۳-نقش مقاومت های اهمی بایاسینگ در یک تقویت کننده را شرح دهید.

۴-برای پایداری بهره ی ولتاژ در یک تقویت کننده از کدام نوع فیدبک استفاده می کنند ؟

الف)مثبت ب)منفی

ج) فقط سری د) هم مثبت و هم منفی

۵-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 – تقویت ب) تضعیف – تضعیف

ج) تقویت – تضعیف د) تضعیف – تقویت

۶- خازن کوپلاژ در فرکانس های کم وDC مانند مدار باز است .

صحیح ❐ غلط ❐

۷- خازن بای پاس در مدار به صورت ..... و خازن کوپلاژ در مدار به صورت ..... قرار می گیرند.

الف) سری ، سری ب) موازی ، موازی

ج) سری ، موازی د) موازی ، سری

۸-پارامترهای مهم یک تقویت کننده را نام ببرید .

۹- چگونگی محاسبه ی مقاومت خروجی یک تقویت کننده را شرح دهید .

۱۰- در زوج دارلینگتون مقاومت بین امیتر ترانزیستور اول و امیتر ترانزیستور دوم را به منظور ..... قرار می دهند.

الف) تقویت جریان ب) تقویت ولتاژ

ج) پایداری حرارتی د) هر سه مورد

۱۱- در صورتی که سیگنال برگشت داده شده به ورودی باعث تضعیف سیگنال ورودی شود، فیدبک را از نوع فیدبک ..... می نامند .

۱۲- مزایای فیدبک منفی در تقویت کننده را بنویسید.

۱۳- درتقویت کننده‌ی امیتر مشترک با فیدبک جریان سری، مقاومت ورودی ..... و مقاومت خروجی ..... می‌شوند.

الف) زیاد – زیاد ب) زیاد – کم

ج)کم – زیاد د) کم – کم

۱۴- مدار بافر ، تقویت کننده ای است که بهره ولتاژ آن برابر..... است .

۱۵- عملکرد زوج دارلینگتون را شرح دهید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بخش دوم

تقویت‌کننده‌ها

هدف کلی :

آشنایی با تقویت‌کننده‌های قدرت ، ترانزیستورهای اثر میدانی ، تقویت‌کننده‌های تفاضلی و عملیاتی

واحدکار	توانایی شماره	عنوان توانایی	زمان آموزش		
			نظری	عملی	جمع
$U_{۵}$	۱۵	توانایی تجزیه و تحلیل و بررسی تقویت‌کننده‌های قدرت	۱۰	٤	۱٤
$U_{۵}$	۱٦	توانایی بررسی ترانزیستورهای اثر میدانی	۱۰	۸	۱۸
$U_{۵}$	۱۷	توانایی تجزیه و تحلیل و بررسی تقویت‌کننده‌های تفاضلی و عملیاتی	۸	۱۲	۲۰
		جمع کل	۲۸	۲٤	٥۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل سوم

تجزیه و تحلیل و بررسی تقویت‌کننده‌های قدرت

هدف کلی :

بررسی و تحلیل تقویت کننده های ترانزیستوری قدرت

هدف های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۱- تقویت‌کننده کلاس A را شرح دهد.
۲- راندمان تقویت‌کننده کلاس B را نسبت به کلاس A مقایسه کند.
۳- عملکرد تقویت‌کننده کلاس AB را شرح دهد.
۴- ویژگی‌های تقویت‌کنندهٔ قدرت کلاس A از نوع ترانسفورماتوری را شرح دهد.
۵- چگونگی انتقال حداکثر توان از یک طبقهٔ تقویت کننده به طبقه بعدی را شرح دهد.
۶- عمل تطبیق ولتاژ بین چند طبقه تقویت‌کننده را شرح دهد.
۷- مزایای کوپلاژ خازنی را توضیح دهد.
۸- انواع کوپلاژهای بین طبقات تقویت کننده را نام ببرد.
۹- تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ RC را ببندد و بررسی کند.
۱۰- ویژگی‌های کوپلاژ ترانسفورماتوری را شرح دهد.
۱۱- تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری را ببندد و بررسی کند (مربوط به سایر استانداردها).
۱۲-مزایا و معایب اتصال دو طبقه تقویت‌کننده را به طور مستقیم به یکدیگر شرح دهد.
۱۳- مدار تقویت‌کننده با کوپلاژ مستقیم را ببندد وبررسی کند (مربوط به سایر استانداردها) .
۱۴-تقویت کننده پوش – پول بدون ترانسفورماتور را مورد بررسی قرار دهد.
۱۵-عملکرد تقویت کننده پوش – پول مکمل را شرح دهد.
۱۶- کلیه‌ی اهداف رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول کتاب به آن‌ها اشاره شده است را در این فصل نیز رعایت کند.

توانایی شماره پانزده	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۸	۶	۱۴

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل ۳

۱- راندمان تقویت کنندهٔ کلاس A با کوپلاژ RC در ایده‌آل‌ترین حالت .....درصد می‌باشد.

الف) ۵۰ ب) ۲۵

ج) ۲۰ د) ۷۵

۲- در تقویت کنندهٔ کلاس..... فقط نیم سیکل مثبت یا نیم سیکل منفی تقویت می‌شود.

الف) A ب) B

ج) AB د) C

۳- در کوپلاژ دو یا چند طبقهٔ تقویت کننده ، با استفاده از خازن ، سیگنال‌های فرکانس کم تقویت نمی‌شود.

صحیح ❐ غلط ❐

۴- در کدام نوع کوپلاژ ، طبقات تقویت کننده از نظر ولتاژ و جریان DC مستقل از یکدیگر نیستند.

الف) مستقیم

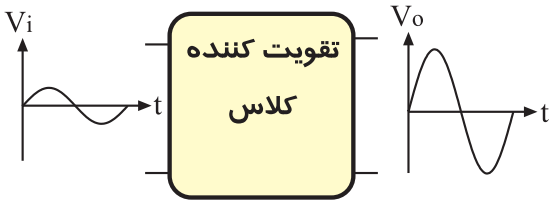
ب) خازنی

ج) ترانسفورماتوری

۵- امروزه در تقویت کننده‌های صوتی به ندرت از کوپلاژ..... استفاده می‌شود .

۶- برای انتقال حداکثر توان از طبقهٔ اول یک تقویت کننده به طبقهٔ دوم تقویت کننده ، چه شرایطی باید برقرار باشد ؟ توضیح دهید.

۷- تقویت کننده شکل زیر در چه کلاسی کار می‌کند ؟



الف) A ب) B

ج) C د) AB

۸- برای انتقال حداکثر جریان از طبقهٔ اول به طبقهٔ دوم باید $Z_{I۲} << Z_{O۱}$ باشد .

صحیح ❐ غلط ❐

۹- نحوهٔ اتصال دو طبقه تقویت کننده به یکدیگر را ..... بین دوطبقه می‌نامند .

۱۰- از مزایای کوپلاژ ..... این است که می‌تواند سیگنال‌های با فرکانس خیلی کم و حتی ولتاژ DC را تقویت کند.

۱۱- یکی از اشکالات ، تقویت کنندهٔ پوش – پول بدون ترانسفورماتور ، عدم تقارن دو نیم سیکل خروجی است .

صحیح ❐ غلط ❐

۲۱- تقویت کنندهٔ پوش – پول با ترانزیستورهای مکمل در کلاس B کار می‌کنند .

صحیح ❐ غلط ❐

۱۳- چگونگی عملکرد تقویت کنندهٔ پوش – پول با ترانزیستورهای مکمل را شرح دهید .

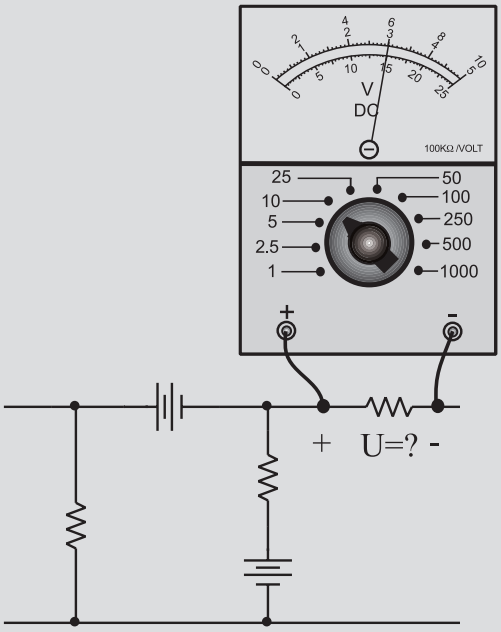
۱٤- چگونگی قرار دادن ترانزیستورهای مکمل را در کلاس AB شرح دهید.

CarGeek.Live

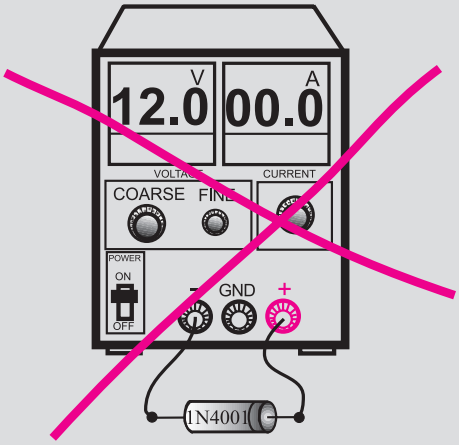
CarGeek.Live

نکات ایمنی فصل (۳)

۱- هنگام اندازه گیری ولتاژ ، ولت متر را به دو نقطه مورد نظر به صورت موازی ببندید.

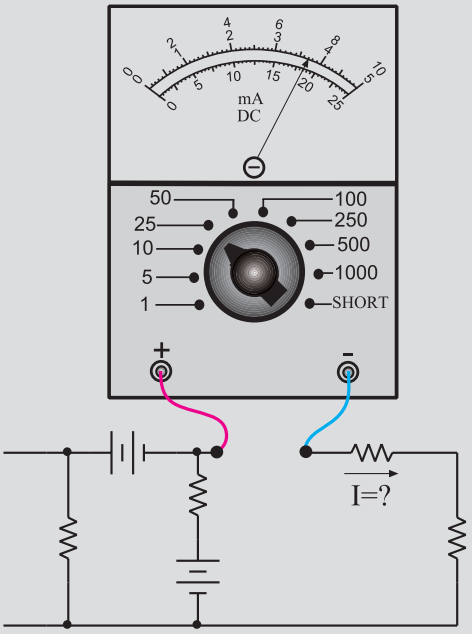


۲- هیـچ وقت یک قطعه نیمه‌هادی مانـند دیود را با منبع تغذیه به صورت موازی نبندید.

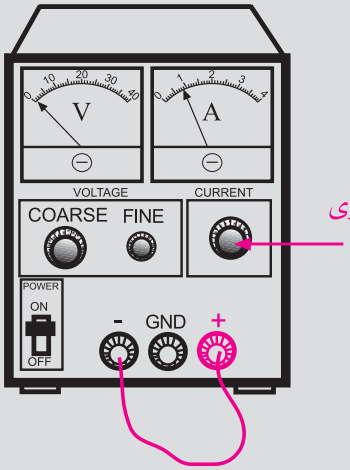


۳- قبـل از اتصال مدار به منبع تغذیه ، ابتدا ولتاژ خروجی را صفر کنید .

۴- هنگام اندازه گیری جریان در مدار ، آمپرمتر را با مدار به صورت سری ببندید.



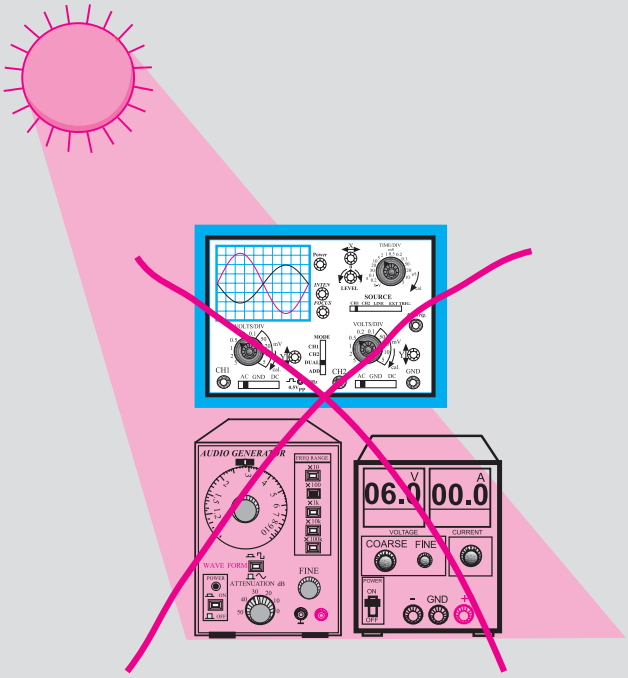
۵- اگـر منبع تغذیه که بـا آن کار می کنیـد دارای ولوم محدود کننده جریان است ، در آزمایش‌های این فصل جریان خروجـی را روی ۱۰۰ mA تنظیـم کنید . برای این کار ابتدا ولتاژ خروجی را روی صفر بگذارید سپس دو سر خروجی را اتصال کوتاه کنید . ولتاژ خروجی را کمی‌زیاد کنید تا جریان از ۱۰۰ mA تجاوز کند. با استفاده از ولوم Current limit جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید.



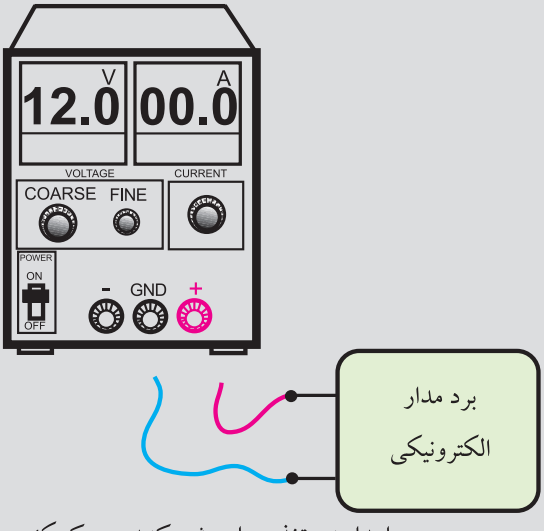
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۶- اسیلوسکوپ یا منبع تغذیه را در مجاورت وسایل گرمازا یا زیرنورآفتاب قرار ندهید.

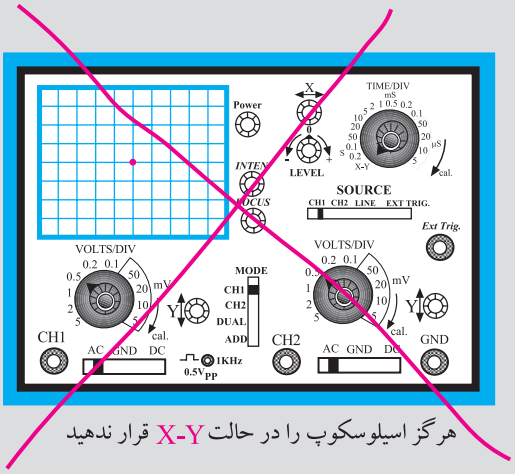


۷- قبل از وصل منبع تغذیه به مدارهای الکترونیکی ، ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را تنظیم کنید و سپس مدار را به منبع تغذیه وصل کنید.



ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و به کمک ولوم COARSE ولتاژ خروجی راتنظیم کنید سپس مدار را به آن اتصال دهید

۸- در اسیلوسکوپ کلید Y-X را برای کارهای معمولی هرگز فعال نکنید. زیرا در این حالت اشعه به صورت یک نقطه نورانی روی صفحه حساس ظاهر می‌شود و پوشش ماده فسفرسانس داخلی را در نقطه ای که تابیده شده است می‌سوزاند در این حالت آن نقطه برای همیشه روی صفحه حساس به صورت یک لکه سیاه دیده می‌شود.



هرگز اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار ندهید

۹- هنگام تعویض حوزه کار کلیدها و ولوم‌های موجود در اسیلوسکوپ خیلی با احتیاط عمل کنید زیرا این کلیدها خیلی حساس هستند و زود خراب می‌شوند .

۱۰- هنگام حمل و نقل دستگاه‌های اندازه گیری مراقب باشید که به دستگاه ضربه وارد نشود.

CarGeek.Live

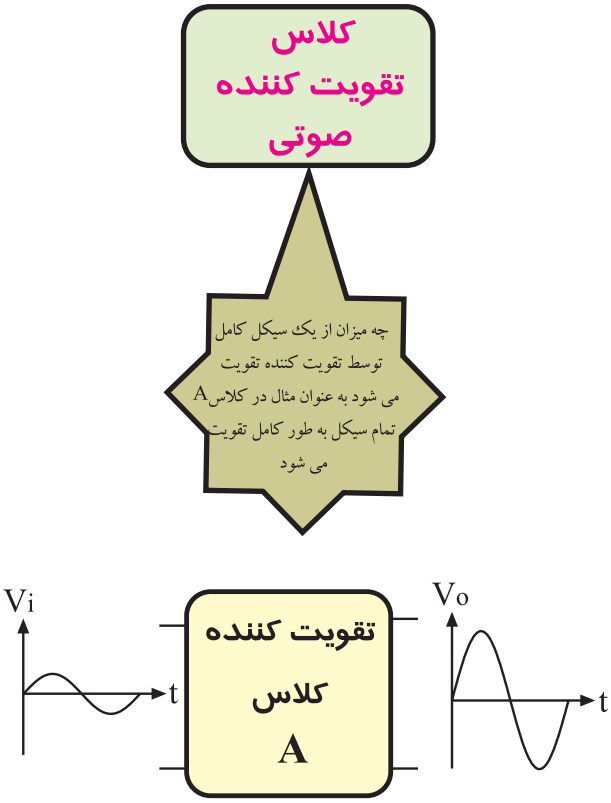
CarGeek.Live

۳-۱ کلاس تقویت‌کننده‌ها

هنگامی که یک سیگنال الکتریکی را به ورودی یک تقویت کننده می‌دهیم، متناسب با این که چه مقدار از یک سیکل کامل سیگنال متناوب ورودی تقویت می‌شود، تقویت کننده‌ها را دسته بندی می‌کنند و براساس آن کلاس‌های مختلف A ، B ، AB و C شکل می‌گیرد.

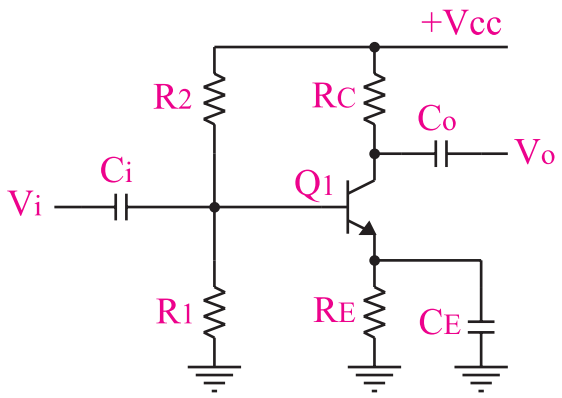
۳-۱-۱ تقویت‌کننده کلاس A

در تقویت کنندهٔ کلاس A ، دامنهٔ سیگنال در تمامی سیکل به یک اندازه تقویت می‌شود، به عبارت دیگر دراین تقویت کننده هیچ قسمتی از یک سیکل کامل حذف نمی‌شود . بلوک دیاگرام تقویت کنندهٔ کلاس A در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱ سیگنال‌های ورودی و خروجی در تقویت‌کننده کلاس A

در شکل ۳-۲ یک نمونه تقویت کننده کلاس A نشان داده شده است .



شکل ۳-۲ تقویت کنندهٔ کلاس A

دراین گونه تقویت کننده‌ها معمولاً $V_{CE} = \frac{1}{2}V_{CC}$ انتخاب می‌شود . راندمان تقویت کننده کلاس A در عمل کمتر از ۲۰ درصد است. در ایده آل ترین حالت از نظر ریاضی ۲۵درصد می‌شود .

توجه داشته باشید که راندمان ۲۰ درصد برای تقویت کننده هایی است که روی کلکتور آن فقط بار اهمی وجود دارد.

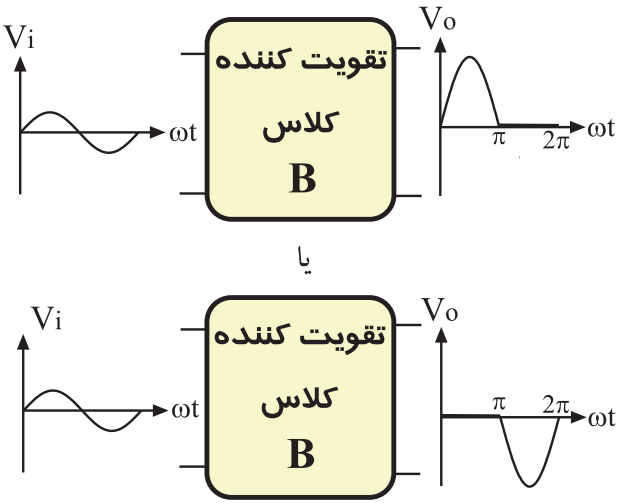
اکثر طبقات تقویت کننده‌های صوتی (به جز طبقه آخر) در کلاس A کار می‌کنند.

۳-۱-۲ تقویت‌کننده کلاس B

دراین تقویت کننده ، نقطه کار ترانزیستور را طوری انتخاب می‌کنند که فقط نیم سیکل مثبت یا نیم سیکل منفی از سیگنال ورودی را تقویت کند . در شکل ۳-۳ بلوک دیاگرام این نوع تقویت کننده نشان داده شده است.

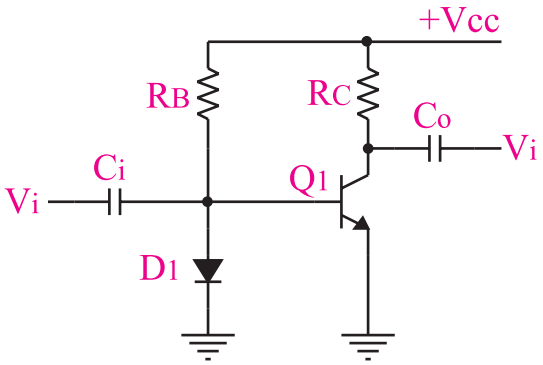
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۳-۳- بلوک دیاگرام تقویت‌کننده کلاس B

درشکل ۳-۴ یک نمونه تقویت‌کننده کلاس B را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳-۴ تقویت‌کننده کلاس B

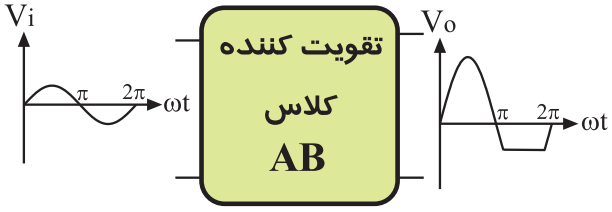
در تعاریف قدیمی ،تقویت‌کننده کلاس B را کم تر از نیم سیکل می‌دانستند.

راندمان تقویت‌کننده کلاس B بیشتر از ۵۰٪ است. این تقویت‌کننده را به عنوان تقویت‌کننده قدرت نیز به کار می‌برند.

در شکل ۳-۴ ، ترانزیستور در آستانه هدایت قرار دارد. با افزایش دامنه سیگنال ورودی ، ترانزیستور بیشترهادی می‌شود و جریان کلکتور آن افزایش می‌یابد . در نیم سیکل منفی ترانزیستور به حالت قطع می‌رود .

۳-۱-۳ تقویت‌کننده کلاس AB

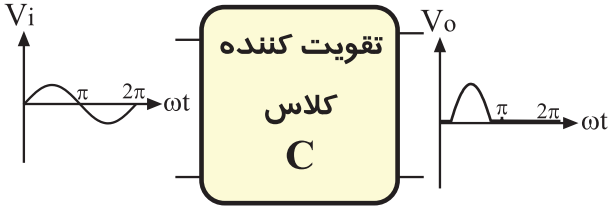
این تقویت‌کننده از نظر DC ، طوری بایاس می‌شود که شکل موج ورودی را بیشتر از ۱۸۰ درجه و کمتر از ۳۶۰ درجه تقویت می‌کند. در شکل ۳-۵ عملکرد این نوع تقویت‌کننده را مشاهده می‌کنید . بایاس این تقویت‌کننده مشابه کلاس A است با این تفاوت که مقادیر آن فرق می‌کند .



شکل ۳-۵ تقویت‌کننده کلاس AB

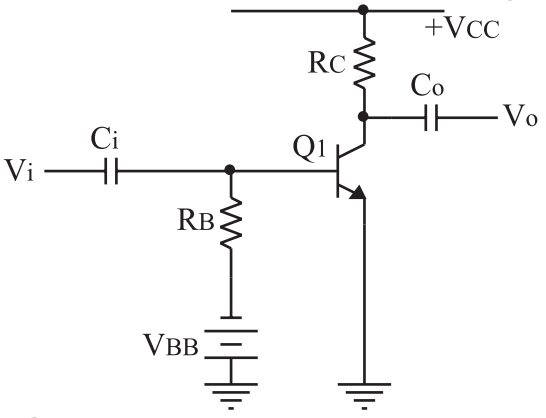
۳-۱-۴ تقویت‌کننده کلاس C

دراین نوع تقویت‌کننده ، فقط قسمت کمی‌از نیم سیکل مثبت یا نیم سیکل منفی تقویت می‌شود. در شکل ۳-۶ ، بلوک دیاگرام تقویت‌کننده کلاس C نشان داده شده است .



شکل ۳-۶ تقویت‌کننده کلاس C

در شکل ۳-۷ یک نمونه تقویت‌کننده بسیار ساده و ابتدایی کلاس C نشان داده شده است ، همان طور که در شکل می‌بینید ، بیس امیتر ترانزیستور به صورت معکوس بایاس شده است .



شکل ۳-۷ یک نمونه ساده تقویت‌کننده کلاس C

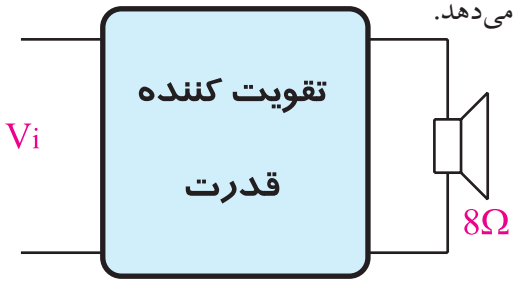
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۲ تقویت‌کننده‌ی قدرت کلاس A

همه‌ی تقویت‌کننده‌هایی که ولتاژ یا جریان یا هر دو را تقویت می‌کنند در واقع تقویت‌کننده توان هستند. منظور از تقویت‌کننده توان (قدرت) تقویت‌کننده‌هایی است که بتوانند توان قابل ملاحظه‌ای را به بار انتقال دهند. معمولاً تقویت‌کننده‌های قدرت تقویت جریان را بر عهده دارند.

شکل ۸-۳ بلوک‌دیاگرام تقویت‌کننده‌ی قدرت‌را نشان‌می‌دهد.

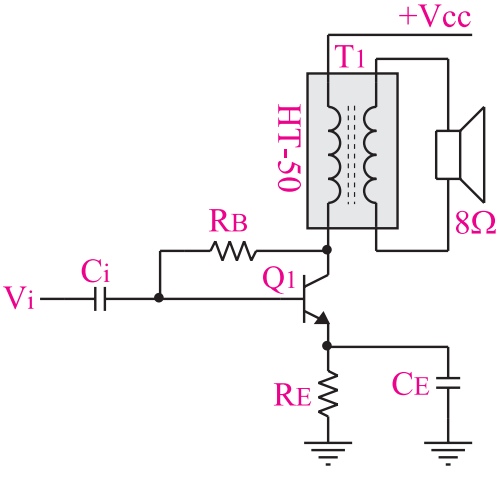


شکل ۸-۳ تقویت‌کننده قدرت معمولاً جریان را تقویت می‌کند .

تقویت‌کننده قدرت در انتهای تقویت‌کننده‌های صوتی قرار می‌گیرد و خروجی آن به بلندگو وصل می‌شود .

۳-۲-۱ تقویت‌کننده قدرت کلاس A ازنوع ترانسفورماتوری

تقویت‌کننده قدرت کلاس A معمولاً بدون ترانسفورماتور ساخته نمی‌شود ، زیرا راندمان آن خیلی کم است . در شکل ۹-۳ تقویت‌کننده قدرت کلاس A از نوع ترانسفورماتوری نشان داده شده است .



شکل ۹-۳ تقویت‌کننده قدرت کلاس A بااستفاده از ترانسفورماتور

در شکل ۱۰-۳ ترانسفورماتور، بلندگو را با تقویت‌کننده تطبیق می‌دهد، زیرا مقاومت اهمی‌بلندگو خیلی کم است و باید حداکثر توان به آن منتقل شود .

این تقویت‌کننده کاربرد زیادی ندارد و در گذشته در رادیوهای کوچک که با ولتاژ ۱/۵ تا ۳ ولت کار می‌کردند به عنوان تقویت‌کننده نهایی استفاده می‌شد.

راندمان این تقویت‌کننده کمتر از ۵۰درصد و بیشتر از ۲۵ درصد است .

با استفاده از تقویت کننده‌ی کلاس A ترانسفورماتور فقط در مدارهایی که با ولتاژ ۱/۵ ولت و یا ۳ ولت، مانند رادیوی جیبی کوچک کار می‌کنند کاربرد دارد.

امروزه به دلیل استفاده از آی سی درگیرنده‌های رادیویی، این نوع تقویت‌کننده استفاده نمی‌شود.

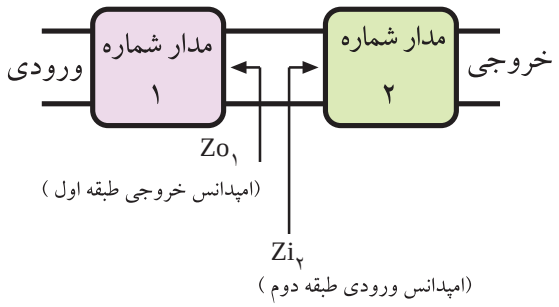
۳-۳ انواع کوپلاژ در تقویت‌کننده‌ها

۳-۳-۱ یادآوری : اگر بخواهیم یک سیگنال الکتریکی را از یک مدار به مدار دیگری انتقال دهیم متناسب با انتقال حداکثر توان ، حداکثر ولتاژ یا حداکثر جریان که از مدار اول به مدار دوم انتقال می‌یابد، وضعیت امپدانس ورودی طبقه دوم و امپدانس خروجی طبقه اول باید در نظر گرفته شود. در هریک از حالات بالا شرایط امپدانس‌ها متفاوت است که به اختصار به شرح هریک می‌پردازیم .

الف : انتقال حداکثر توان : برای این که بتوانیم حداکثر توان را از طبقه اول به طبقه دوم انتقال دهیم، باید امپدانس خروجی طبقه اول با امپدانس ورودی طبقه دوم با هم برابر باشند. دراین حالت می‌گوییم در شرایط مدار تطبیق توان وجود دارد، شکل ۱۰-۳.

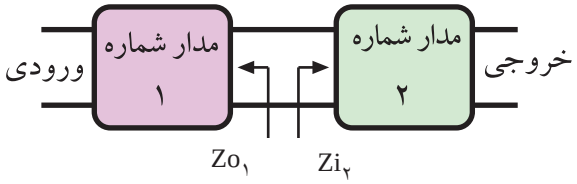
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۳-۱۰ برای انتقال حداکثر توان باید $Z o_1 = Zi_2$ باشد.

ب : انتقال حداکثر ولتاژ : برای این که بتوانیم حداکثر ولتاژ را از طبقه اول (مدار ۱) به طبقه دوم (مدار ۲) انتقال دهیم باید امپدانس ورودی طبقه دوم به مراتب بیشتر از امپدانس خروجی طبقه اول باشد، ($Zi_2 >> ZO_1$) شکل ۳-۱۱ .

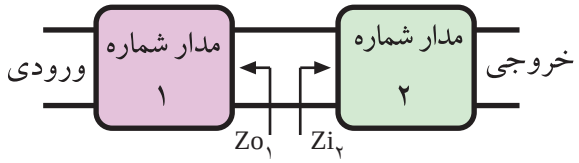


شکل ۳-۱۱ برای انتقال حداکثر ولتاژ باید $Zi_2 >> Zo_1$ باشد .

از نظر تئوری باید Zi_2 که امپدانس ورودی طبقه دوم است به سمت بی نهایت میل کند تا حداکثر ولتاژ به آن منتقل شود .

در این حالت می گوییم در مدار عمل تطبیق ولتاژ صورت گرفته است .

ج : انتقال حداکثر جریان : در یک مدار الکتریکی یا الکترونیکی برای این که بتوانیم حداکثر جریان را از طبقه اول به طبقه دوم انتقال دهیم ، باید امپدانس ورودی طبقه دوم به مراتب کمتر از امپدانس خروجی طبقه اول باشد، ($Zi_2 << ZO_1$) شکل ۳-۱۲.



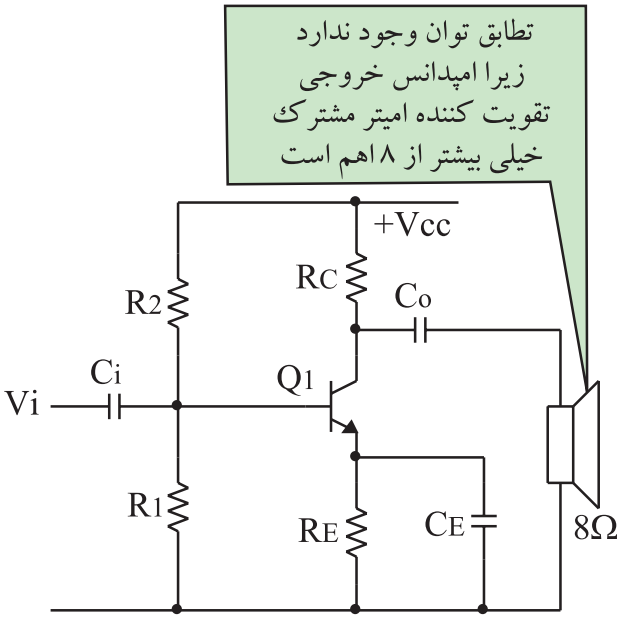
شکل ۳-۱۲ برای انتقال حداکثر جریان باید $Zi_2 << Zo_1$ باشد .

از نظر تئوری باید Zi_2 که امپدانس ورودی طبقه دوم است به سمت صفر میل کند تا حداکثر جریان به‌آن منتقل شود.

در این حالت می‌گوییم در مدار عمل تطبیق جریان صورت گرفته است.

۳-۳-۲ تقویت‌کننده‌های چندطبقه و کوپلاژبین آن‌ها

یک تقویت‌کننده یک طبقه مانند تقویت‌کننده امیتر مشترک نمی‌تواند بهره ولتاژ ، بهره جریان و بهره توان بسیار بالا را تولید کند. همچنین در مدارهایی مانند تطبیق توان بین بلندگو و خروجی یک تقویت‌کننده ، یا عمل تطبیق ولتاژ بین یک میکروفون و ورودی تقویت‌کننده‌های یک طبقه ، نمی‌تواند نیاز ما را برآورد کند، شکل ۳-۱۳ .



شکل ۳-۱۳ امپدانس خروجی تقویت‌کننده امیتر مشترک نسبتاً زیاد است لذا عمل تطبیق توان صورت نمی‌پذیرد.

بنابراین برای به دست آوردن مشخصه‌های موردنیاز در تقویت‌کننده‌ها ، به جای استفاده از یک طبقه تقویت‌کننده معمولاً دویا چند طبقه تقویت‌کننده یک طبقه را به دنبال هم وصل می‌کنند و ضریب تقویت را بالا می‌برند. بنابراین

CarGeek.Live

CarGeek.Live

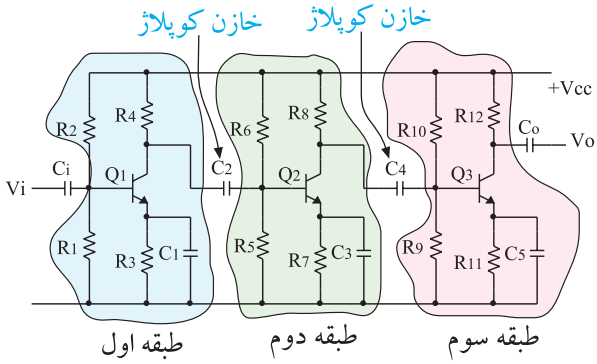
یک تقویت‌کننـده n طبقه از n طبقه تقویت‌کننده یک طبقه تشکیل می‌شود .

نحوه‌ی اتصال دو طبقه‌ی تقویت‌کننده به یک دیگر را کوپلاژ بین دوطبقه‌ی تقویت‌کننده می‌نامند.

در زیـر انـواع کوپلاژها بـه طور خلاصـه توضیح داده می‌شوند .

۳-۳-۳ کوپلاژ خازنی

اگر دو یا چند طبقه تقویت‌کننده را به کمک یک یا چند خازن به یکدیگر وصل کنیم، می‌گوییم کوپلاژ بین این دو یا چند طبقه تقویت‌کنندهٔ خازنی (RC) است. شکل ۳-۱۴ سه طبقه تقویت‌کنندهٔ را که از طریق کوپلاژ خازنی به یک دیگر متصل شده‌اند نشان می‌دهد .

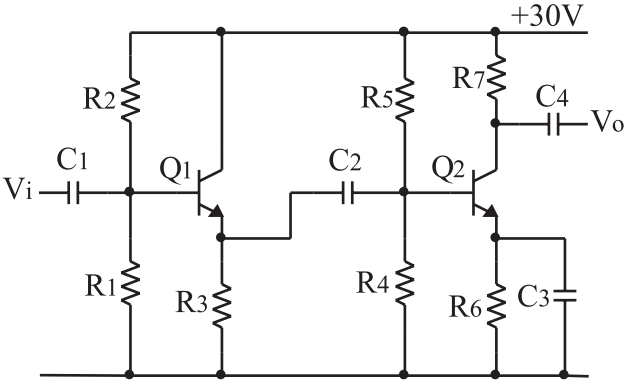


شکل ۳-۱۴ سه تقویت‌کننده با کوپلاژ خازنی

اتصـال دو یا چند طبقـه تقویت‌کننـده از طریق کوپلاژ خازنی به یک دیگر ، دارای مزایا ومعایبی اسـت که در ادامه به بررسی برخی از آن‌ها می‌پردازیم.

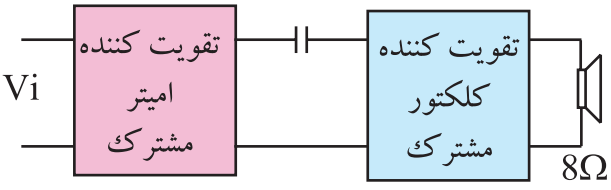
از مزایـای اتصال چند طبقـه تقویت‌کننده با اسـتفاده از کوپلاژ خازنی این است که طبقات از نظر مقادیر DC (نقطه کار ترانزیسـتور) کاملاً مسـتقل هستند و تغییر نقطه کار یک طبقه ، روی سایر طبقات اثر نمی‌گذارد .

طبقات یک تقویت‌کننده n طبقه می‌توانند از نوع کلکتور مشـترک ، بیس مشـترک و یا امیتر مشـترک و یا ترکیبی از ایـن نوع تقویت‌کننده‌ها باشـند. در شـکل ۳-۱۵ یک نمونه تقویت‌کننده دو طبقه که طبقه اول آن از نوع کلکتور مشترک و طبقه دوم آن از نوع امیتر مشترک است را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳-۱۵ یک نمونه تقویت‌کننده دوطبقه که از تقویت‌کننده‌های کلکتور مشترک و امیتر مشترک تشکیل شده است .

انتخـاب نوع تقویت‌کننده در تقویت‌کننده‌های چند طبقه بسـتگی به نیاز ما دارد . برای مثـال اگر بخواهیم یک بلندگو را بـه انتهـای تقویت‌کننده‌ای وصـل کنیم حتماً باید طبقه نهایـی تقویت‌کننده را کلکتور مشـترک انتخاب کنیم ، زیرا امپدانس خروجی آن کم است وبا توجه به کم بودن مقاومت اهمـی بلندگو، عمل تطبیـق توان در آن صـورت می‌گیرد، شکل ۳-۱۶.



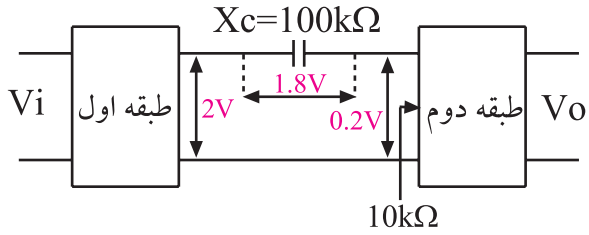
شکل ۳-۱۶ تطبیق توان بلندگو و تقویت‌کننده کلکتور مشترک

از معایـب اتصال دو یـا چند طبقـه تقویت‌کننده به یک دیگر با استفاده از خازن ، تقویت نشدن سیگنال‌های فرکانس خیلی کم اسـت. زیرا در فرکانس‌های خیلـی کم ، امپدانس خازن بسـیار زیاد می‌شـود و افت ولتاژ دو سـر آن افزایش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

می‌یابد،شکل ۱۷-۳.

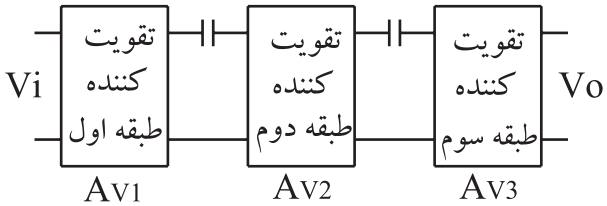


شکل ۱۷-۳ در فرکانس‌های خیلی کم مقدار X_C خیلی زیاد می‌شود وقسمت اعظم دامنه سیگنال دو سر آن افت می‌کند .

فرض کنیم مقدار X_C در یک فرکانس خاص (کم) ۱۰۰kΩ شود و دامنه سیگنال خروجی طبقه اول ۲ ولت و امپدانس ورودی طبقه دوم ۱۰KΩ باشد. در این حالت قسمت اعظم دامنه سیگنال خروجی (حدود ۹۰٪) در دو سر خازن افت می کند. با این وجود کوپلاژ RC یکی از رایج ترین انواع کوپلاژهاست.

هر تقویت‌کننده دارای بهره‌ی ولتاژی است که می‌توان با استفاده از روابط ریاضی یا ازطریق آزمایش آن را به دست آورد. وقتی دو یا چند طبقه تقویت‌کننده را به یک دیگر اتصال می‌دهیم ، بهره‌ی هر تقویت‌کننده ممکن است تغییر کند .بهره‌ی کل یک تقویت‌کنندهٔ n طبقه ، بعد از اتصال برابر با حاصل ضرب بهره‌های هر طبقه است، شکل۱۸ -۳. اگر A_{V1} بهره ولتاژ طبقه اول A_{V2} بهره ولتاژ طبقه دوم و .... باشند بهره کل ولتاژ از رابطه زیر به دست می‌آید.

$A_V = A_{V1} . A_{V2} \cdots$



$A_V = A_{V1} \times A_{V2} \times A_{V3}$

شکل ۱۸-۳ بهره کل تقویت‌کننده n طبقه

A_{V1}،بهره‌ی ولتاژ طبقه‌ی اول درشرایطی است که دوطبقه به هم متصل شده‌اند.

۳-۴ آزمایش شماره ۱

تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ RC

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

۳-۴-۱ هدف آزمایش : بررسی عملی اتصال دو طبقه تقویت کننده با استفاده از خازن.

۳-۴-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات‌و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۲۵V	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۴	برد مدارچاپی مربوط به تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ خازنی	یک قطعه
۵	سیم رابط یک سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	هفت رشته

۳-۴-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهروصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های زیر را روی آن انجام دهید.
- با استفاده از ولوم INTEN نور اشعه را به مقدار کافی تنظیم کنید.
- به کمک ولوم FOCUS اشعه را تا حد ممکن نازک (باریک) کنید.
- کلید سلکتور TIME/DIV را روی ۰/۲ ms قرار دهید.

ولوم level را روی صفر بگذارید.

- ولوم Time variable را در حالت cal قراردهید.
- ولوم Volt variable هر دو کانال را در حالت cal بگذارید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

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

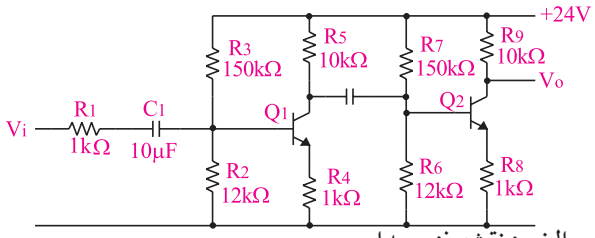
(۱) کانال Volt/Div = ۰/۵ V/Div

(۲) Volt/Div = ۲ V/Div

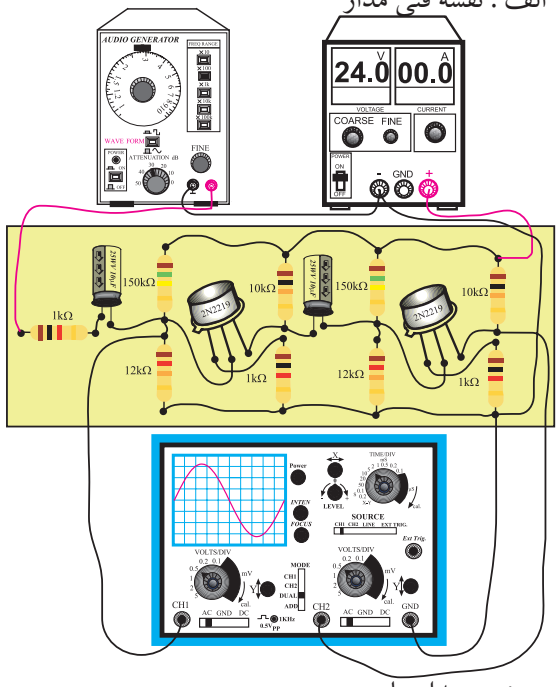
■ مدار شکل ۱۹-۳ را ببندیدو یا از برد مدارچاپی آماده آزمایش استفاده کنید.

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۲۴ ولت تنظیم کنید.

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید. شکل موج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی بگذارید و فرکانس آن روی ۱KHz تنظیم کنید. بعد از اتصال آن به مدار ، ولوم دامنه خروجی را طوری تنظیم کنید که دامنه ی شکل موج ظاهر شده روی کانال CH۱ برابر ۱ ولت شود .



الف : نقشه فنی مدار



ب : برد مدارچاپی

شکل ۱۹-۳ مدار تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ خازنی

■ کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید .

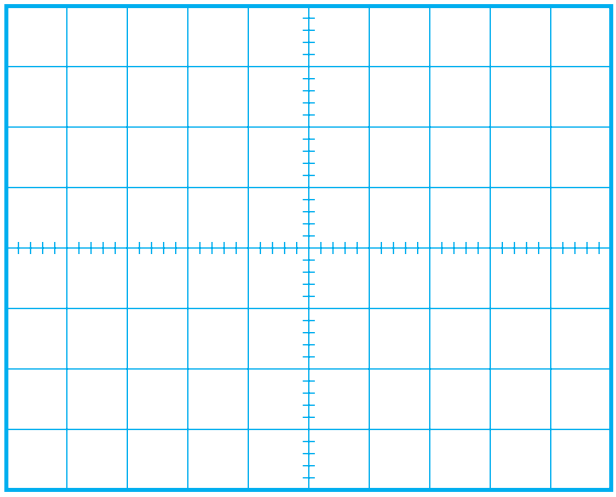
■ کلیدSOURCE اسیلوسکوپ را در حالت CH۱ بگذارید .

■ مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.

■ خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم را به کانال CH۱ وصل کنید و شکل موج خروجی را مشاهده کنید. در صورتی که شکل موج بریده شده بود ، دامنهٔ ورودی را کاهش دهید تا شکل موج خروجی به حالت طبیعی درآید.

■ شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۱ را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۲۰-۳ رسم کنید.



شکل ۲۰-۳ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت‌کننده طبقه اول

Volts/ Div =.... V (CH۱)

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m =.....(V)

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت AC قراردهید.

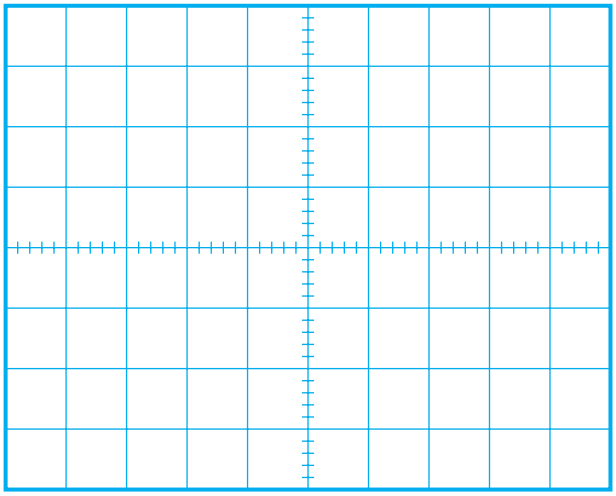
■ خروجی تقویت‌کننده طبقه اول را به کانال CH۲ را در حالت AC قرار دهید .

■ شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

(خروجی تقویت‌کننده طبقه اول) را در نمودار شکل ۲۱-۳ رسم کنید.



شکل ۲۱-۳ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت‌کننده‌ی طبقه اول

Volts/ Div =..... V (CH۱)

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m =.....(V)

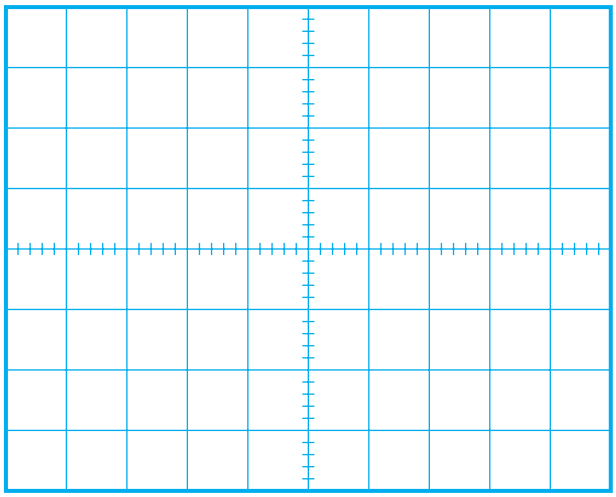
- مقدار V_m را برای CH۱ به دست آورید.
- بهره ولتاژ تقویت‌کننده طبقه اول را از طریق زیر محاسبه کنید:

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه اول}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه اول}} = \ldots\ldots\ldots$$

- اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی طبقه اول تقویت‌کننده را با مشاهده سیگنال ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی تقویت‌کننده = φ = ... درجه

- ورودی کانال CH۲ را به خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم وصل کنید.
- در صورتی که دامنه شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس مربوط به کانال CH۲ خیلی زیاد بود به آرامی حوزه کار کلید Volt/Div را زیاد کنید تا شکل موج کاملاً در کادر صفحه حساس قرار گیرد.
- شکل موج ظاهر شده را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۲۲-۳ رسم کنید..



شکل ۲۲-۳ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم

Volts/ Div =..... V (CH۲)

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m =.....(V)

- مقدار V_m را برای کانال ۲ محاسبه کنید.
- بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده طبقهٔ دوم را با استفاده از رابطه زیر به دست آورید.

$$\text{بهره‌ی ولتاژطبقه دوم} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه دوم}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه دوم}}$$

- بهره ولتاژ کل را با استفاده از روابط زیر به دست آورید.

بهره ولتاژ کل = بهره ولتاژ طبقه اول × بهره ولتاژ طبقه دوم =

بهره ولتاژ کل = ... × ..... = ...

$$\text{بهره ولتاژ کل} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه دوم}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه اول}} = \ldots\ldots\ldots$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ اختلاف فاز بین سیگنال ورودی طبقه اوّل یعنی شکل موج ظاهرشده روی صفحه حساس که مربوط به کانال CH۱ است و خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم را با مشاهده دو سیگنال به طور تقریبی اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی تقویت کننده دو طبقه = φ = ... درجه

سوال ۱– یک مزیت و یک عیب تقویت کننده دو طبقه با کوپلاژ خازنی را شرح دهید.

سوال ۲– در مدار شکل ۱۹–۳ ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 به چه صورت (امیتر مشترک یا بیس مشترک یا کلکتور مشترک)قرار دارند؟چرا ؟توضیح دهید.

۳–۴–۴ نتایج آزمایش

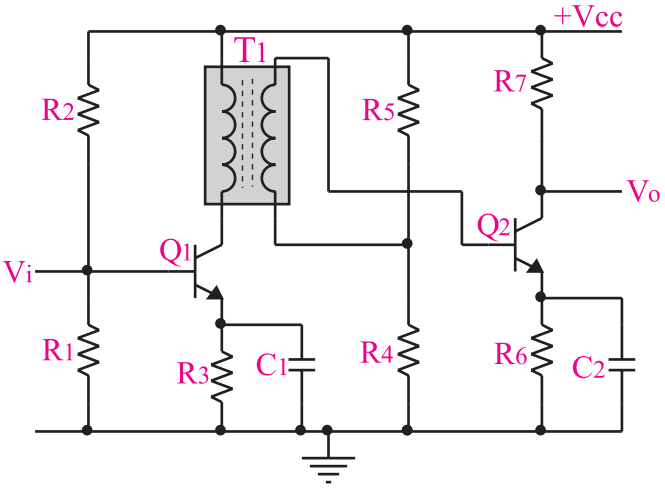
آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۵ - کوپلاژ ترانسفورماتوری

در کوپلاژ نوع ترانسفورماتوری ، اتصال بین دو طبقه تقویت‌کننده به کمک یک ترانسفورماتور انجام می‌شود. شکل ۳-۲۳ چگونگی اتصال دو طبقه تقویت‌کننده را به کمک یک ترانسفورماتور نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۳ چگونگی اتصال دو طبقه تقویت‌کننده به یک دیگر به کمک یک ترانسفورماتور

در کوپلاژ ترانسفورماتوری ، طبقات از نظر ولتاژ وجریان DC کاملاً مستقل هستند و تغییرات مربوط به نقطه کار یکی از طبقات به طبقه قبلی و بعدی منتقل نمی‌شود.

اتصال دو یا چند طبقه تقویت‌کننده به کمک ترانسفورماتور در تقویت‌کننده‌هایی که از نظر امپدانس نمی‌توانند با یک دیگر تطابق داشته باشند به کار می‌رود.

لازم به یادآوری است که امروزه در تقویت‌کننده‌های صوتی به ندرت از این کوپلاژ استفاده می‌شود، زیرا حجم ترانسفورماتور زیاد است و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه نیست. ضمن این که در فرکانس‌های کم ، بهره ولتاژ تقویت‌کننده‌ها به شدت کاهش می‌یابد.به عبارت دیگر سیگنال‌های با فرکانس کم تقویت نمی‌شوند .

۳-۶- آزمایش شماره ۲

تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۳-۶-۱ هدف آزمایش : اتصال دو طبقه تقویت‌کننده به کمک ترانسفورماتور

۳-۶-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات‌و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۲۵V	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۴	برد مدارچاپی مربوط به تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری	یک قطعه
۵	سیم رابط یک سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	هفت رشته

۳-۶-۳- مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

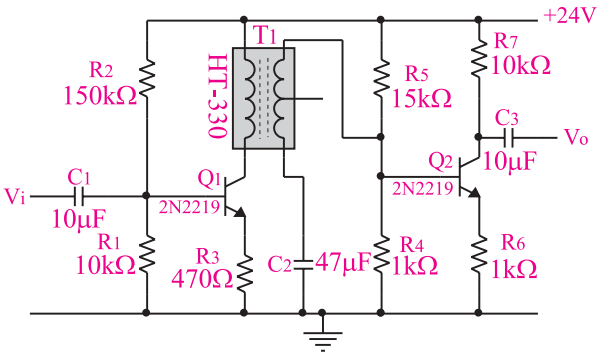
■ منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهروصل کنید.

■منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه‌ی خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.

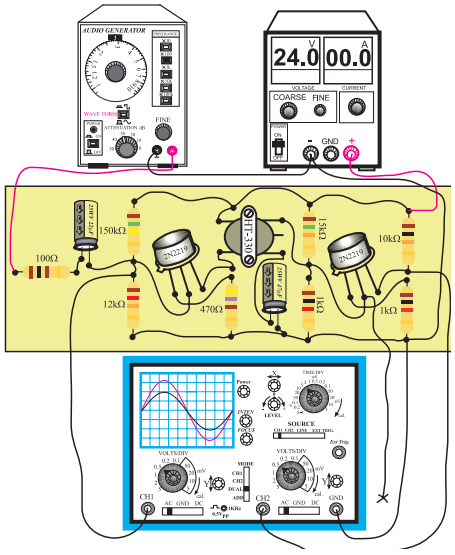
■اسیلوسکوپ را روشن کنید و مانند مرحله‌ی قبل تنظیم کنید.

■مدار شکل ۲۴-۳ را ببندیدویا از برد مدارچاپی این آزمایش استفاده کنید.

■سیگنال ژنراتور را روشن کنید. شکل موج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس را روی ۱kHz تنظیم کنید و به ورودی مدار اتصال دهید. ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه شکل موج ظاهر شده روی کانال CH۱ برابر با ۰/۱ ولت شود.



الف : نقشه فنی مدار تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتور



ب : برد مدارچاپی

شکل ۲۴-۳ مدار تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری

■ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۲۴ ولت تنظیم کنید.

کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.

■کلید Source اسیلوسکوپ را در حالت CH۱ قرار دهید.

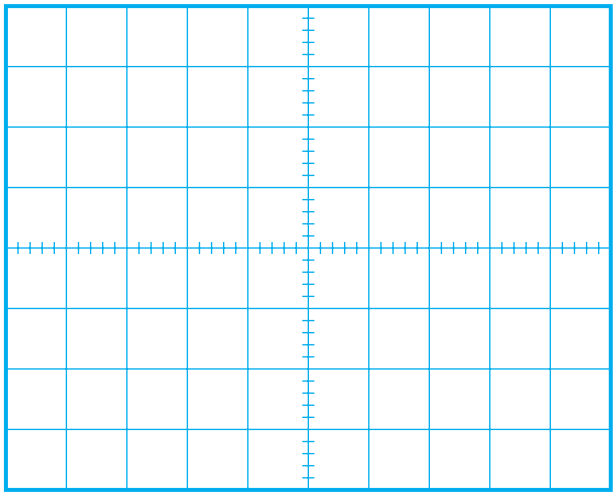
■مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.

■کلید AC-GND-DC کانال CH۲را در حالت AC قرار دهید.

■خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم را به کانال CH۲ وصل کنید و شکل موج خروجی را مشاهده نمایید. درصورتی که خروجی دارای تغییر شکل است، دامنه ورودی را کاهش دهید تا شکل موج خروجی به حالت طبیعی درآید.

■کلید AC-GND-DC کانال CH۱را در حالت AC قرار دهید.

■شکل موج ظاهر شده را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۲۵-۳ رسم کنید.



شکل ۲۵-۳ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت‌کننده

Volts/ Div =..... V (CH۱)

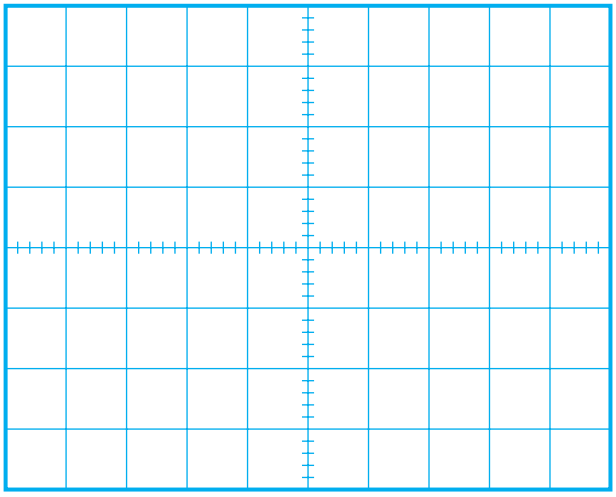
Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m =.....(V)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■خروجی تقویت‌کننده‌ی طبقـه اوّل را به کانال CH۲ اسیلوسکوپ وصل کنید.

■شـکل موج ظاهر شـده مربوط به CH۲ را با مقیاس مناسب در نمودار ۲۶-۳ رسم کنید.



شکل ۲۶-۳ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت‌کننده طبقه اوّل (ورودی طبقه دوم)

Volts/ Div =.... V (CH۲)

Vm را از روی شـکل موج نشـان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m =.....(V)

■مقدار Vm را برای کانال ۱ و کانال ۲ محاسبه کنید.

■بهره ولتاژ تقویت‌کننده طبقه اوّل را با اسـتفاده از رابطه زیر به دست آورید.

$$A_{V_1} \text{ بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه اوّل}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه اوّل}} = \text{.....}$$

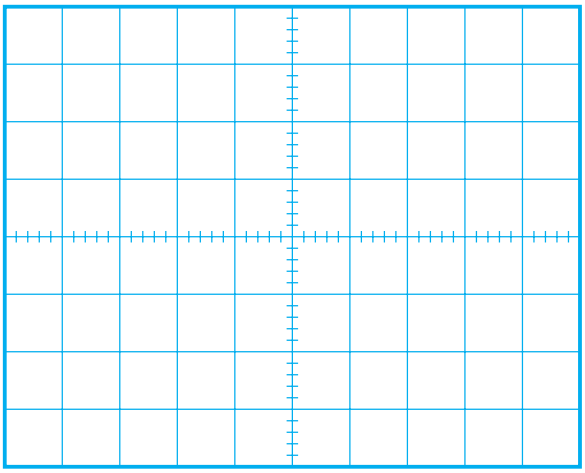
■اختلاف فاز بین سـیگنال ورودی و خروجی طبقه اوّل تقویت‌کننـده را با مشـاهده دو سـیگنال ورودی و خروجی به‌طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید:

اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی طبقه اول تقویت کننده = φ = ... درجه

■ورودی کانـال CH۲ را به خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم وصل کنید.

■در صورتی که دامنه شکل موج ظاهر شده روی صفحه حسـاس مربوط به کانال CH۲ خیلی زیاد بود به آرامی حوزه کار کلیـد Volt/Div را زیاد کنید تا شـکل موج کاملاً در کادر صفحه حساس قرار گیرد.

■شـکل موج ظاهر شـده را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۲۷-۳ رسم کنید.



شکل ۲۷-۳ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت‌کننده طبقه‌دوم

Volts/ Div = ... V (CH۲)

Vm را از روی شـکل موج نشـان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m =.....(V)

■مقدار Vm را برای کانال ۲ محاسبه کنید.

■بهره ولتاژ تقویت‌کننده طبقهٔ دوم را با استفاده از رابطه زیر به دست آورید.

$$A_{V_2} \text{ بهره ولتاژطبقه دوم} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه دوم}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه دوم}}$$

■بهره ولتاژ کل را با استفاده از روابط زیر به دست آورید.

$$\text{بهره ولتاژ کل} = A_V = A_{V_1} \times A_{V_2}$$

بهره ولتاژ طبقه دوم× بهره ولتاژ طبقه اوّل = بهره ولتاژ کل

$$\text{بهره ولتاژ کل} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه دوم}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه اوّل}} = \text{.....}$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

اختلاف فاز بین سیگنال ورودی طبقه اول(شکل موج مربوط به کانال CH۱) و خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم را با مشاهده دو سیگنال به طور تقریبی اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

درجه ..... = φ = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی تقویت کننده دو طبقه

سوال ۱– محدودیت‌های اتصال دو طبقه تقویت‌کننده با کوپلاژ ترانسفورماتوری را نام ببرید و به طور خیلی خلاصه توضیح دهید.

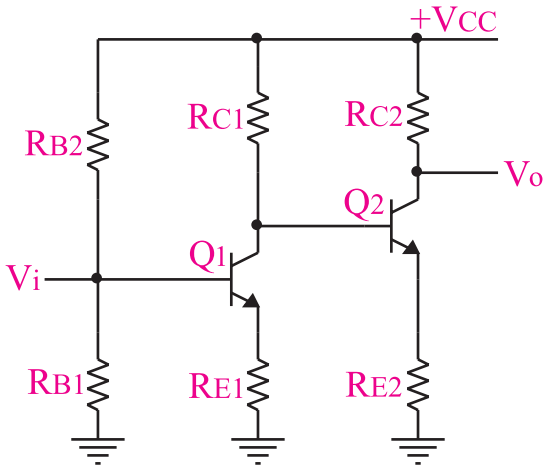
سوال ۲– چرا در عمل تعدادی از تقویت‌کننده‌ها را به دنبال هم قرار می‌دهند ؟ خیلی مختصر توضیح دهید.

۳-۶-۴ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

۳-۷ کوپلاژ مستقیم

در این نوع کوپلاژ ، دو طبقه تقویت‌کننده ، به صورت مستقیم به یک دیگر وصل می‌شوند. شکل ۲۸-۳، دو طبقه تقویت‌کننده که به صورت مستقیم به یک دیگر وصل شده‌اند را نشان می‌دهد، در این شکل ، هر دو طبقه تقویت‌کننده از نوع امیتر مشترک هستند زیرا در هر دو طبقه سیگنال ورودی به بیس داده شده است و سیگنال خروجی از کلکتور آن‌ها دریافت می‌شود .



شکل ۲۸-۳ یک نمونه تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ مستقیم

در تقویت‌کننده‌هایی که به صورت مستقیم به یک دیگر وصل می‌شوند ، طبقات تقویت‌کننده از نظر ولتاژ و جریان DC مستقل از یک‌دیگر نیستندوتغییرات نقطه کار یک طبقه روی نقاط کار سایر طبقات تقویت کننده اثر می‌گذارد. از مزایای کوپلاژ مستقیم این است که می‌تواند سیگنال‌های با فرکانس خیلی کم و حتی ولتاژ DC را تقویت کند .

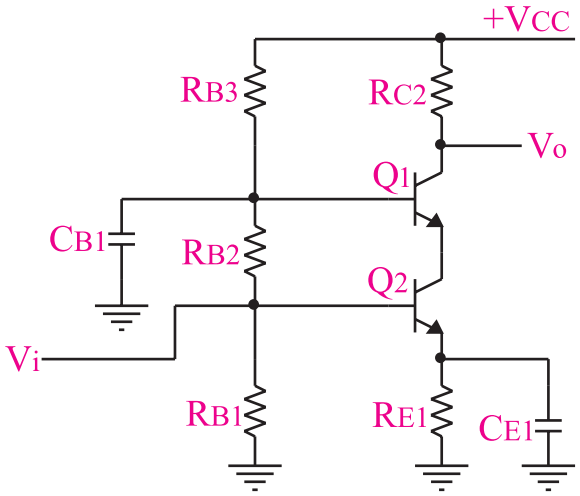
امروزه در الکترونیک سعی می‌کنند تا حد امکان تقویت‌کننده‌ها را به صورت کوپلاژ مستقیم طراحی کنند، زیرا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است و فرکانس‌های خیلی کم نیز به خوبی تقویت می‌شوند .

شکل ۲۹-۳ نمونه دیگری از دو تقویت‌کننده که به صورت مستقیم به یک دیگر متصل شده اند را نشان می‌دهد. در این تقویت‌کننده ترانزیستور Q_2 به صورت امیتر مشترک

CarGeek.Live

CarGeek.Live

و ترانزیستور Q_1 به صورت بیس مشترک در مدار بسته شده است. این تقویت‌کننده کاربرد زیادی در فرکانس‌های زیاد دارد.



شکل ۲۹-۳ یک تقویت‌کننده دو طبقه با استفاده از مدارهای امیتر مشترک و بیس مشترک

۳-۸- آزمایش شماره۳

تقویت‌کننده‌دوطبقه با کوپلاژ مستقیم

زمان اجرا : ۲ ساعت آموزشی

۳-۸-۱ هدف آزمایش : اتصال دو طبقه تقویت کننده به صورت مستقیم.

۳-۸-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات‌و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۳۰V	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۴	برد مدارچاپی مربوط به تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ مستقیم	یک قطعه
۵	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	هفت رشته

توجه داشته باشید که سیگنال خروجی طبقه اوّل به عنوان سیگنال ورودی طبقه دوم محسوب می شود. برای محاسبه بهره کل تقویت‌کننده می توانید یکی از دو روش زیر را به کار ببرید.

بهره ولتاژ طبقه دوم× بهره ولتاژ تقویت کننده طبقه اول= بهره کل

یا

$$\text{بهره ولتاژ کل} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه دوم}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه اوّل}}$$

۳-۸-۳ مراحل اجرای آزمایش

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهر وصل کنید.

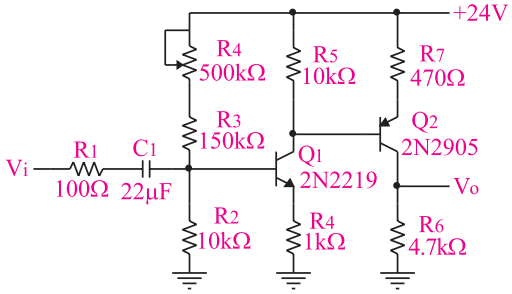
■منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.

■اسیلوسکوپ را روشن کنید و مانند مرحله قبل آن را تنظیم کنید.

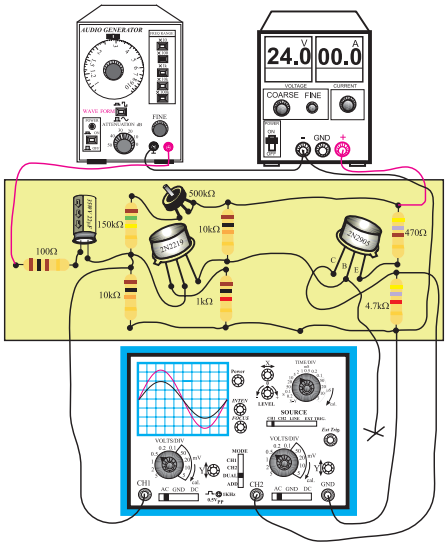
■مدار شکل ۳۰-۳ را ببندید یا از برد مدار چاپی آمادهٔ این آزمایش استفاده کنید.

■سیگنال ژانرتور را روشن کنید. شکل موج ولتاژ خروجی را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱kHz تنظیم کنید و به مدار اتصال دهید. ولوم دامنه خروجی را طوری تنظیم کنید که دامنه شکل موج ظاهر شده روی کانال CH۱ برابر با ۰/۱ ولت شود.

■ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۲۴ ولت تنظیم کنید.



الف : نقشه فنی مدار تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ مستقیم



ب : برد مدار چاپی تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ مستقیم

شکل ۳۰-۳ مدار تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ مستقیم

■کلید DC-GND-AC کانال CH۲ را در حالت AC قرار دهید.

■خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم را به کانال CH۲ وصل کنید و شکل موج خروجی را مشاهده نمایید. در صورتی که شکل موج خروجی تغییر کرده است ، دامنهٔ ورودی را کاهش دهید تا شکل موج خروجی به حالت طبیعی درآید.

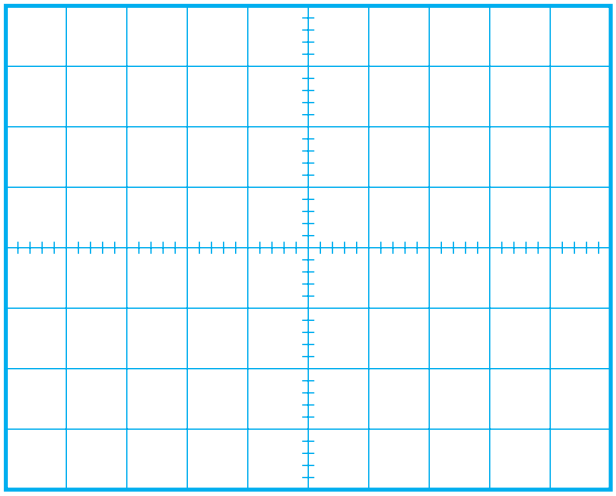
■کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.

■کلید SOURCE اسیلوسکوپ را در حالت CH۱ بگذارید.

■مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.

■کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قراردهید.

■شکل موج ظاهر شده را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۳۱-۳ رسم کنید.



شکل ۳۱-۳ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت‌کننده

Volts / Div = ...mv(CH۱)

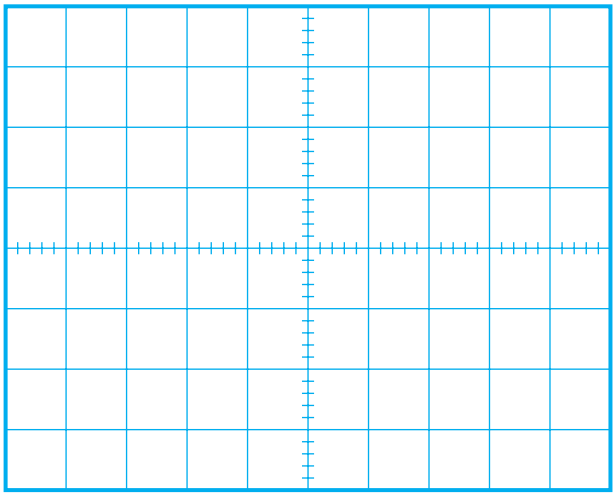
Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m = ...(V)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ خروجی تقویت‌کننده طبقه اول را به کانال CH۲ اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ شکل موج ظاهر شده مربوط به CH۲ که از خروجی تقویت‌کننده طبقه اول دریافت می‌شود را درنمودار شکل ۳-۳۲ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۳-۳۲ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت‌کننده طبقه اول

Volt/ Div = ...V (CH۲)

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m = ...(V)

■ مقدار V_m را از روی شکل‌های ۳-۳۱ و ۳-۳۲ محاسبه کنید.

ورودی طبقه اول = V_m .....

خروجی طبقه اول = V_m .....

■ بهره ولتاژ تقویت‌کننده طبقهٔ اول را با استفاده از رابطه زیر به دست آورید.

$$\text{بهره ولتاژطبقه اول} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه اول}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه اول}}$$

■ اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی طبقه اول تقویت‌کننده را با مشاهده دو سیگنال ورودی و خروجی آن به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید .

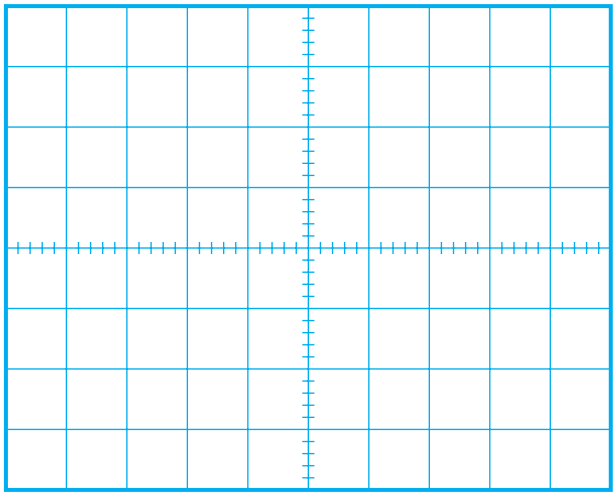
اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی طبقه اوّل تقویت کننده = φ = ... درجه

■ ورودی کانال CH۲ را به خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم وصل کنید.

■ درصورتی که دامنه شکل موج مربوط به کانال CH۲ خیلی زیاد است به آرامی‌رنج کلید Volt/Div را زیاد کنید تا شکل موج کاملاً در کادر صفحه اسیلوسکوپ قرار گیرد.

■ شکل موج ظاهر شده را در نمودار شکل ۳-۳۳ رسم کنید.

■ مقدار Vm را از روی نمودار شکل ۳-۳۳ محاسبه کنید.



شکل ۳-۳۳ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم

Volt/ Div =..... V (CH۲)

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m = ...(V)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده‌ی طبقه دوم را با استفاده از رابطه زیر به دست آورید.

$$A_{V_2} \text{ بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه دوم}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه دوم}} = \text{.....}$$

بهره ولتاژ کل را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ کل} = A_V = A_{V_1} \times A_{V_2}$$

$$\text{بهره ولتاژ کل} = \text{بهره ولتاژ طبقه دوم} \times \text{بهره ولتاژ طبقه اول} = \text{.....} \times \text{.....} = \text{.....}$$

$$\text{بهره ولتاژ کل} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی طبقه دوم}}{\text{دامنه سیگنال ورودی طبقه اول}} = \text{.....}$$

اختلاف فاز بین سیگنال ورودی طبقه اول (شکل مربوط به کانال CH۱)و خروجی تقویت‌کننده طبقه دوم را با مشاهده دو سیگنال به طور تقریبی اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

اختلاف فاز ورودی و خروجی دوطبقه تقویت کننده امیترمشترک = φ = ... درجه

سوال ۱- یک مزیت و یک عیب تقویت‌کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم را شرح دهید.

سوال ۲ - در مدار شکل ۳-۳۰ ترانزیستور ۲N ۲۹۰۵، به چه صورت (امیتر مشترک ، بیس مشترک یا کلکتور مشترک) به کار رفته است؟ چرا ؟ توضیح دهید.

۳-۸-۴ نتایج آزمایش

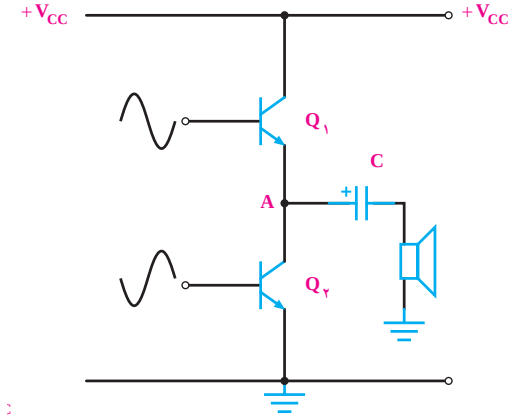
آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

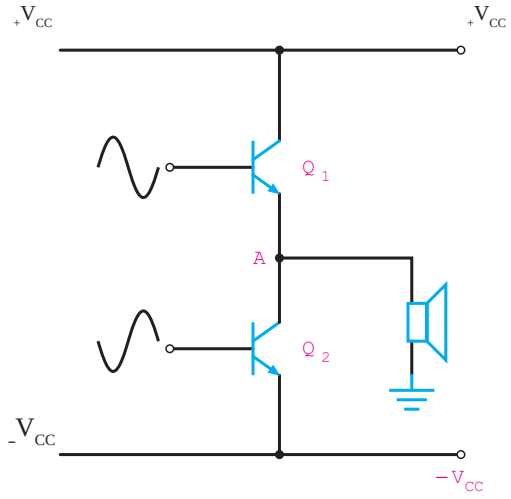
CarGeek.Live

۹-۳ تقویت‌کننده پوش-پول بدون ترانسفورماتور (Push Pull)

در شکل ۳۴-۳- الف و ب یک تقویت‌کننده‌ی پوش-پول بدون ترانسفورماتور نشان داده شده است.



الف- تقویت‌کننده با منبع تغذیه‌ی ساده

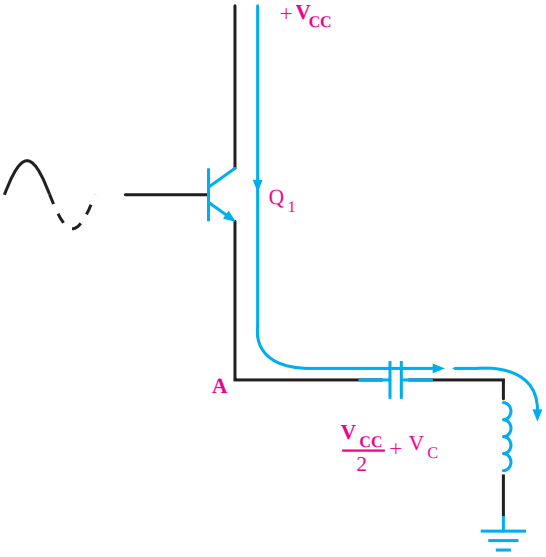


ب تقویت‌کننده با منبع تغذیه‌ی متقارن

شکل ۳۴-۳ تقویت‌کننده پوش – پول بدون ترانسفورماتور

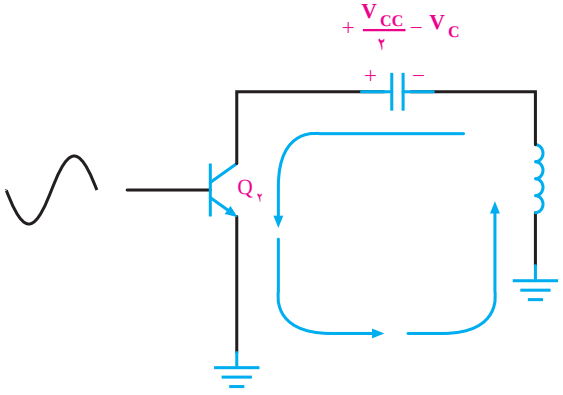
این تقویت کننده در کلاس B کار می‌کند. به ورودی هریک از ترانزیستورها، یک سیگنال سینوسی با ۱۸۰ درجه اختلاف فاز وصل می‌شود. هنگامی که نیم سیکل مثبت به ترانزیستور Q_1 می‌رسد، خازن c توسط ترانزیستور Q_1 به اندازه $\frac{V_{CC}}{2}$ شارژ می‌شود ($V_A = \frac{V_{CC}}{2}$).

طبق شکل ۳۵-۳، مسیر جریان در نیم سیکل اوّل سیگنال ورودی (مثبت) که ترانزیستور Q_1 فعال است، از امیتر این ترانزیستور به سرمثبت خازن C وارد می‌شود و ولتاژ شارژ خازن را افزایش می‌دهد. سیگنال متناوب جریان از سیم پیچ بلندگو نیز می‌گذرد و در دو سر آن افت پتانسیلی متناسب بادامنهٔ ولتاژ ورودی به وجود می‌آورد.



شکل ۳۵-۳ مسیر جریان در نیم سیکل اوّل

در نیم سیکل دوم سیگنال ورودی، ترانزیستور Q_1 خاموش و ترانزیستور Q_2 روشن می‌شود. در این حالت چون منبع تغذیه از کلکتور Q_2 قطع می‌شود، تغذیهٔ این ترانزیستور توسط شارژ خازن c انجام می‌گیرد یعنی مسیر جریان از سر مثبت خازن به طرف کلکتور Q_2 است و از امیتر این ترانزیستور وارد سر پایین سیم پیچ بلند گو می‌شود. لذا در دو سر سیم پیچ بلندگو ولتاژی متناسب با ولتاژ ورودی افت می‌کند، شکل ۳۶-۳.



شکل ۳۶-۳ مسیر جریان در نیم سیکل منفی سیگنال ورودی

اگر به جای منبع تغذیه دوسر، از یک منبع تغذیه با

CarGeek.Live

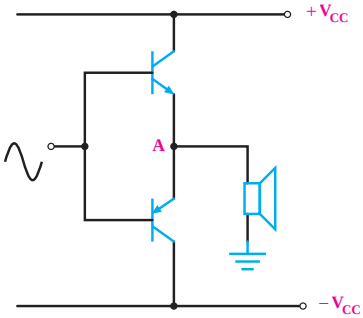
CarGeek.Live

سروسط استفاده کنیم ، چنان چه نقطهٔ کار ترانزیستورها را طوری تنظیم کنیم که ولتاژ نقطه A مساوی صفرشود ، دیگر به خازن کوپلاژ نیازی نیست.یکی از اشکالات تقویت‌کننده پوش – پول بدون ترانسفورماتور ، عدم تقارن دونیم سیکل خروجی است.

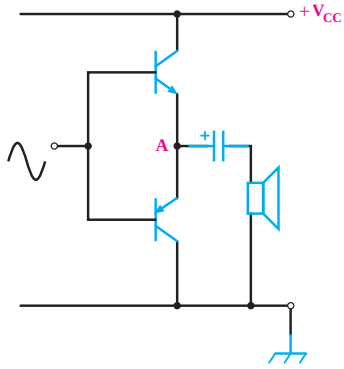
۳-۱۰ تقویت‌کننده پوش - پول با ترانزیستورهای مکمل (Complementary)

در طبقه‌ی پوش – پول، هر ترانزیستور در نیم سیکل از سیگنال ورودی هدایت می‌کند. در این تقویت‌کننده ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 باید به طور دقیق تنظیم شوند تا سیگنال خروجی کاملاً متقارن باشد . در تقویت‌کننده‌ی پوش–پول با ترانزیستورهای مکمل ، چون هر دو ترانزیستور به صورت کلکتور مشترک عمل می‌کنند مشخصات یکسانی دارند. لذا سیگنال خروجی کاملاً متقارن است .

در شکل ۳-۳۷ یک نوع تقویت‌کننده پوش – پول با ترانزیستورهای مکمل که در کلاس B کار می‌کنند نشان داده شده است .



الف)تقویت‌کننده با منبع تغذیه‌ی متقارن

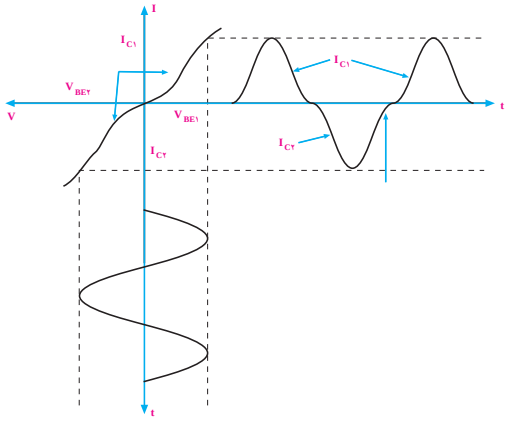


ب)تقویت‌کننده با منبع تغذیه‌ی ساده

شکل ۳-۳۷ تقویت‌کننده پوش – پول با ترانزیستورهای مکمل

در این مدار به جای دو ترانزیستور مشابه از دو ترانزیستور NPN و PNP استفاده شده است .

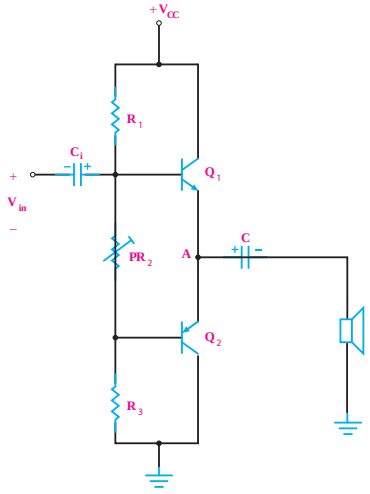
یکی از اشکالات کلاس B ، این است که قسمتی از سیگنال حذف می‌شود. زیرا در حالت عادی ولتاژ پایه بیس ترانزیستورها برابر صفر است، با ظاهر شدن سیگنال ورودی، ترانزیستور نمی‌تواند بلافاصله هدایت کند. بدین ترتیب سیگنال خروجی دارای اعوجاج تقاطعی می‌شود شکل ۳-۳۸.



شکل ۳-۳۸ سیگنال خروجی تقویت‌کننده پوش – پول مکمل کلاس B همراه با اعوجاج تقاطعی

برای برطرف کردن این عیب باید ترانزیستورهارا در کلاس AB بایاس کنیم . این کار را به روش‌های مختلف می‌توانیم انجام دهیم.

یک روش ساده برای قراردادن ترانزیستورها در آستانه هدایت در شکل ۳-۳۹ نشان داده شده است.



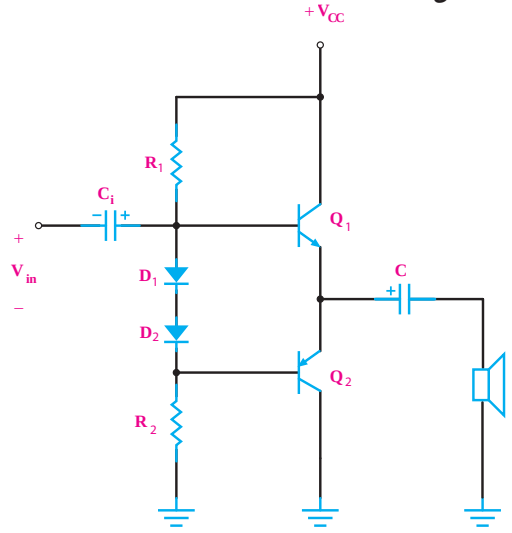
شکل ۳-۳۹ قراردادن ترانزیستورها در آستانهٔ هدایت با استفاده از مقاومت‌های مقسم ولتاژ

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در ایـــن مدار ، پتانســیومتر PR_2 را می‌توانیم طوری تنظیم کنیم که افت پتانســیل دو ســر آن در حدود ۱/۲ ولت شود تا ترانزیستورها در آستانه‌ی هدایت قرار گیرند .

اشــکال این مدار در این اســت که مقداری از سیگنال ورودی در دو سر PR_2 افت می‌کند و باعث می‌شود سیگنال کم‌تری به بیس ترانزیســتور Q_2 برسد. روش دیگر اصلاح مداربه کاربردن دو دیود سری بین بیس‌های دو ترانزیستور مطابق شکل ۴۰-۳ است .



شکل ۴۰-۳ نمونه ای دیگر از چگونگی قراردادن تقویت‌کننده پوش- پول مکمل در کلاس AB

در این روش ، عیب مدار مقسم مقاومتی برطرف می‌شود اما ممکن است افت ولتاژ دو سردیودها به قدری زیاد شود که هر دو ترانزیســتور روشن شوند. در این صورت ، بازده مدار به شدت کاهش می‌یابد.

۳-۱۱ آزمایش شماره ۴

تقویت‌کننده پوش-پول بدون ترانسفورماتور

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

۳-۱۱-۱ هدف آزمایش:

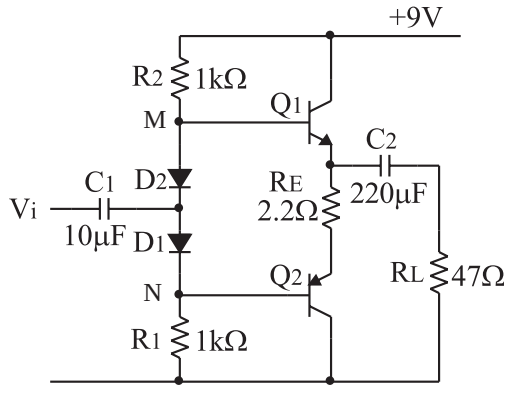
تعیین بهرهٔ ولتاژ و جریان مدار تقویت کنندهٔ قدرت بدون ترانسفورماتور

۳-۱۱-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۲۵V	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۴	دیود ۱N۴۱۴۸	دوعدد
۵	ترانزیستورهای BC ۱۰۷ (npn) یا ترانزیستورهای BC ۱۷۷ (pnp) ترانزیستورهای BC ۱۴۰ (npn) BC ۱۶۰ (pnp)	یک جفت
۶	مقاومت‌های ۱kΩ ($\frac{۱}{۲}$ وات)	دو عدد
۷	مقاومت‌های ۴۷kΩ،۲/۲kΩ	ازهرکدام یک عدد
۸	خازن ۱۰μF و ۲۲۰μF	ازهرکدام یک عدد
۹	سیم رابط معمولی	هشت رشته

۳-۱۱-۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل ۴۱-۳ را ببندید.



شکل ۴۱-۳- مدار تقویت‌کننده پوش- پول بدون ترانسفورماتور

■ مولتی متر را در حالت ولت‌متر قرار دهید .

■ قبل از اعمال سـیگنال متناوب ، پتانسـیل dc بین نقاط M و N را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{MN} = ...

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ولتاژ BE_1و BE_2 را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{BE1} = ...(v)

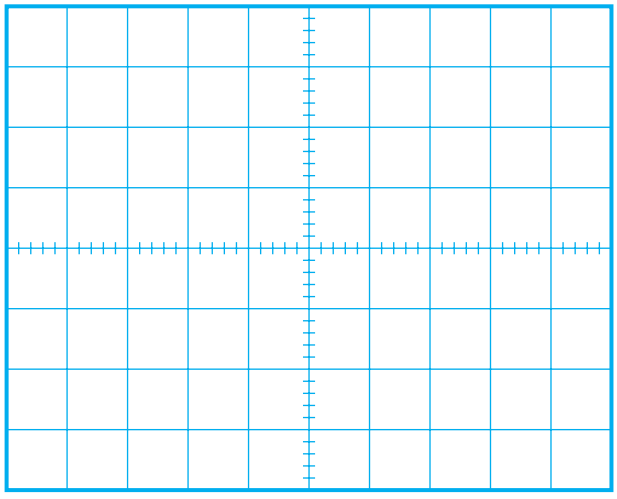
V_{BE2} = ...(v)

سوال ۱ : ترانزیستورهای Q_1 و Q_2در چـه کلاسی کار می کنند ؟

■سیگنال ژنراتور را روی یک موج سینوسی با فرکانس ۱kHz تنظیم کنید و به ورودی مدار متصل نمایید .

■اسیلوسـکوپ را به دو سـر بار R_L وصل کنید و دامنهٔ سـیگنال ورودی را به گونه ای تنظیم کنید که دامنهٔ سـیگنال خروجی به حداکثر مقدار بدون اعوجاج برسد.

■کانال CH۱اسیلوسـکوپ را بـه ورودی مدار وصل کنید وشکل موج ورودی را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۳-۴۲ رسم نمایید.



شکل ۳-۴۲ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت‌کننده

Volts/ Div =..... V (CH۱)

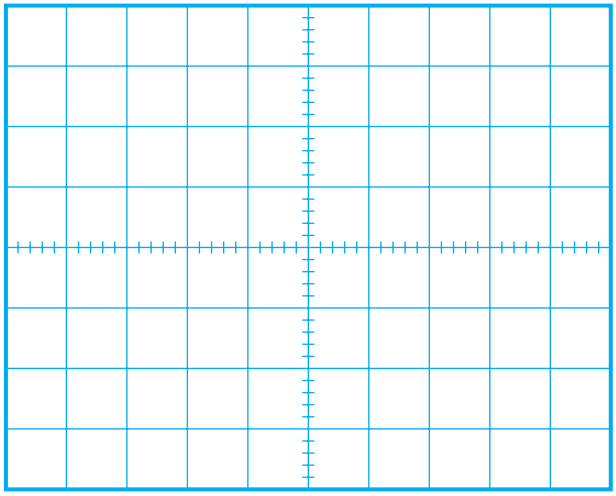
Vm رااز روی شـکل موج نشـان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m = ...(V)

■دامنه پیک تو پیک شکل موج ورودی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{ip-p} = ...v

■اسیلوسکوپ را به دو سر مدار R_L وصل کنید.

■شکل موج خروجی مدار را با مقیاس مناسب در نموار شکل ۳-۴۳ رسم کنید.



شکل ۳-۴۳ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت‌کننده

Volts/ Div = ...V (CH۱)

Vm رااز روی شـکل موج نشـان داده شـده روی صفحه حساس به دست آورید. V_m = ...(V)

■دامنه‌ی پیک تو پیک شـکل مـوج خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{O_{P-P}}$ = ...v

■بهـره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده را از رابطه: $A_V = \frac{V_{Op-p}}{V_{inp-p}}$ به دست آورید و یادداشت کنید.

A_V = ...

CarGeek.Live

CarGeek.Live

سوال ۲: آیا تقویت‌کننده پوش – پول مکمل مورد آزمایش ، ولتاژ را نیز تقویت می‌کند ؟ توضیح دهید.

■ اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

اختلاف فاز = φ = ... درجه

■ مقاومت R_S مساوی $1k\Omega$ را هم با منبع ورودی سری کنید.

■ به وسیله اسیلوسکوپ دامنهٔ ولتاژ دو سر مقاومت R_S را اندازه بگیریدو یادداشت کنید.

$V_{R_S} = ...(V)$

■ با استفاده از رابطه زیر ، جریان ورودی مدار را محاسبه کنید.

$$I_S = \frac{V_{R_S}}{R_S} = ...mA$$

■ با توجه به دامنهٔ ولتاژ خروجی که در مراحل قبل به دست آوردید و با استفاده از رابطه زیر ، جریان بار را محاسبه کنید.

$$I_L = \frac{V_{Op-p}}{R_L} = ...mA$$

■ مقدار بهره جریان را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$A_L = \frac{I_L}{I_S} = ...$$

سوال ۳: آیا تقویت‌کننده پوش – پول مکمل مورد آزمایش ، جریان را تقویت می‌کند توضیح دهید.

۴-۱۱-۳ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۳)

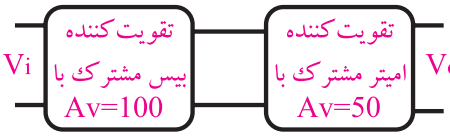
۱- در شکل ۴۴-۳ نسبت $\frac{V_o}{V_i}$ کدام است ؟

الف) ۱۵۰

ب) ۳۰۰۰

ج) ۵۰۰۰

د) ۱۷۰



شکل ۴۴-۳

۲- در فرکانس‌های خیلی کم کدام کوپلاژ بین دو طبقه تقویت‌کننده مناسب تر است ؟

الف) خازنی

ب) مستقیم

ج) ترانسفورماتوری

۳- یکی ازاشکالات عمده اتصال دو طبقه تقویت‌کننده با کوپلاژ مستقیم این است که ....

الف) تغییر نقطه کار یک ترانزیستور باعث تغییر نقطه کار ترانزیستور طبقه بعدی می‌شود.

ب) بهره‌ی ولتاژ آن خیلی کم است.

ج) فرکانس‌های کم به خوبی تقویت نمی‌شوند.

د) پهنای باند خیلی کم می‌شود.

۴- مزایا و معایب دوطبقه تقویت‌کننده به کمک خازن (کوپلاژ RC) را توضیح دهید.

۵- بهره‌ی کل ولتاژ در تقویت‌کننده چند طبقه چگونه به دست می‌آید؟ توضیح دهید.

۶- مزایا و معایب اتصال دو طبقه تقویت‌کننده توسط ترانسفورماتور (کوپلاژ ترانسفورماتوری) را توضیح دهید.

۷- مزایا ومعایب اتصال دو طبقه تقویت‌کننده که به صورت مستقیم به یکدیگر وصل شده اند (کوپلاژ مستقیم) را توضیح دهید .

۸- راندمان تقویت‌کننده کلاس B بیش تر از ۵۰ درصد است.

صحیح ❐ غلط ❐

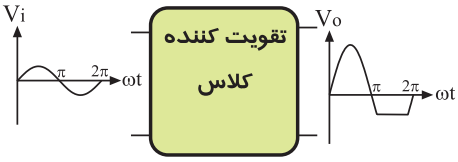
۹- بلوک تقویت کننده شکل ۴۵ - ۳ در چه کلاسی کار می‌کند ؟

الف) A

ب) B

ج) C

د) AB



شکل ۴۵-۳

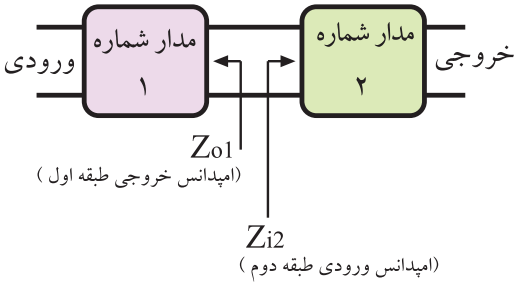
۱۰- در تقویت‌کننده کلاس .... فقط قسمت کمی‌از نیم سیکل تقویت می‌شود.

۱۱- طبق شکل ۴۶-۳ امپدانس خروجی طبقه اول با

CarGeek.Live

CarGeek.Live

امپدانس ورودی طبقه دوم برابر است $(Zo_1 = Zi_2)$.دراین مدار انتقال حداکثر ..... صورت گرفته است.



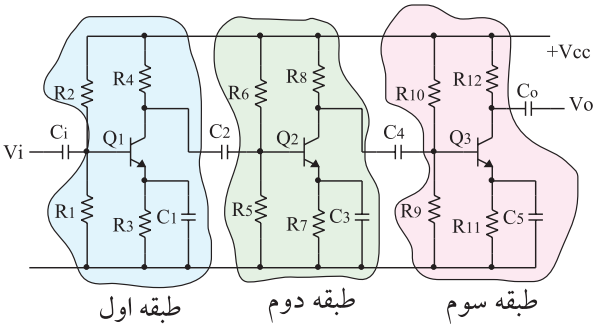
شکل ۳-۴۶

الف)توان

ب) ولتاژ

ج) جریان

۱۲- کوپلاژ بین طبقات در شکل ۳-٤۷ کوپلاژ ..... است .



شکل ۳-۴۷

۱۳- چگونگی عملکرد تقویت‌کننده پوش – پول بدون ترانسفورماتور را به طور کامل شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل چهارم

ترانزیستورهای اثرمیدان

هدف کلی :

تحلیل عملی و نظری مدارهای تقویت‌کننده با ترانزیستوراثر میدان

هدف های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۱- چگونگی کنترل جریان خروجی درترانزیستورهای اثر میدان را شرح دهد.

۲- ساختمان داخلی یک ترانزیستور JFET را شرح دهد.

۳- اساس کار یک ترانزیستور JFET را شرح دهد.

۴- چگونگی بایاس کردن مدار درین مشترک را شرح دهد.

۵- مدار یک تقویت کننده سورس مشترک را رسم کرده و چگونگی بایاس کردن آن را شرح دهد .

۶- چگونگی بایاس کردن مدار گیت مشترک را شرح دهد.

۷- مزایای ترانزیستور JFET نسبت به ترانزیستور معمولی (BJT) را شرح دهد.

۸- عملکرد ترانزیستور MOSFET تشکیل شونده با کانال N را شرح دهد.

۹- چگونگی حفاظت گیت را در MOSFET شرح دهد.

۱۰ - مدار تقویت‌کننده درین مشترک را به طور عملی ببندد وعملکرد آن را تحلیل کند.

۱۱- یک مدار تقویت‌کننده سورس مشترک را به طور عملی ببندد و عملکرد آن را تحلیل کند.

۱۲-کلیه هدف های رفتاری درحیطه عاطفی که در فصل اوّل این کتاب به آن‌ها اشاره شده است را در این فصل نیز رعایت کند .

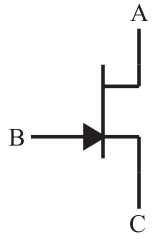
توانایی شماره ۱۶	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۱۰	۸	۱۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (٤)

۱- در ترانزیستور شکل زیر نام پایهٔ (A) ، (B)، (C) کدام است؟

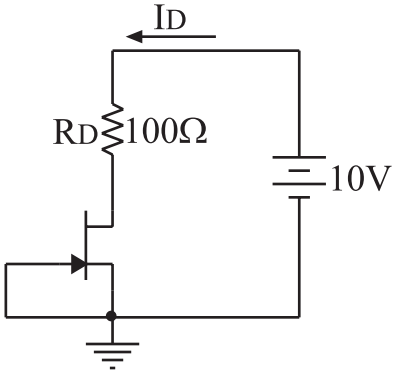


الف) درین ، سورس ، گیت
ب) سورس ، درین ، گیت
ج) درین ، گیت ، سورس
د) گیت ،سورس ،درین

۲- در یک تقویت کنندهٔ سورس مشترک ، سیگنال ورودی به پایهٔ..... داده می شود و سیگنال خروجی از پایهٔ ..... دریافت می‌شود.

الف) درین ، گیت ب) گیت ، درین
ج) سورس ، گیت د) گیت ، سورس

۳- در شکل زیر ، اگر مقاومت ۱۰۰Ω به ۱۵۰Ω تغییر یابد ، I_D چه تغییری می کند ؟



الف) زیاد می‌شود ب) کم می شود
ج) تغییر نمی کند د) قابل پیش بینی نیست

۴- یک ترانزیستور اثر میدان می تواند تغییرات ..... را در یک مدار به تغییرات ..... درمدار دیگر تبدیل کند .

الف) ولتاژ – ولتاژ ب) ولتاژ – جریان
ج) جریان – ولتاژ د) مورد الف و ب

۵- ساختمان یک ترانزیستور MOSFET از نوع تشکیل شوندهٔ با کانال P را رسم کنید و طرز کار آن را توضیح دهید.

۶- مقدار جریان درین در JFET با کانال N بستگی به مقاومت نیمه هادی نوع ..... دارد.

الف) N ب) P

۷- مزایای ترانزیستور JFET نسبت به ترانزیستور معمولی BJT کدام است ؟

الف) ساختمان ساده تر
ب) مقاومت ورودی خیلی زیاد
ج) نویزپذیری کم تر
د) همه موارد

۸- دراین نوع ترانزیستور ، عامل کنترل جریان خروجی ولتاژ ورودی است .

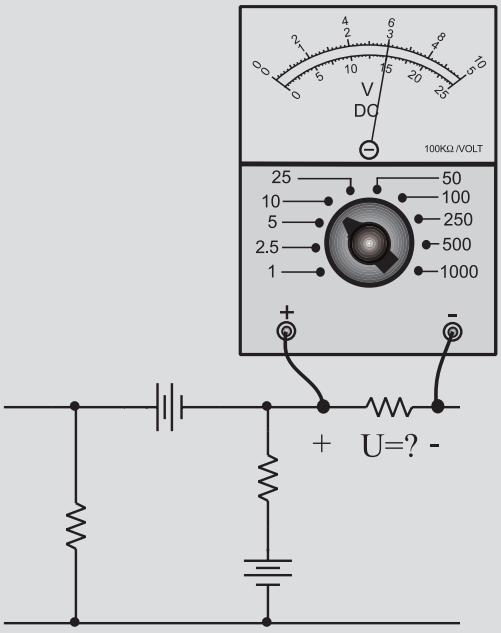
الف) ترانزیستور معمولی
ب) ترانزیستور FET

CarGeek.Live

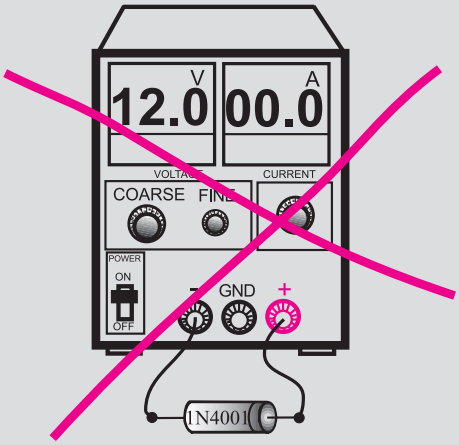
CarGeek.Live

نکات ایمنی فصل (۴)

۱- هنگام اندازه گیری ولتاژ ، ولت متر را به دو نقطه مورد نظر به صورت موازی ببندید.

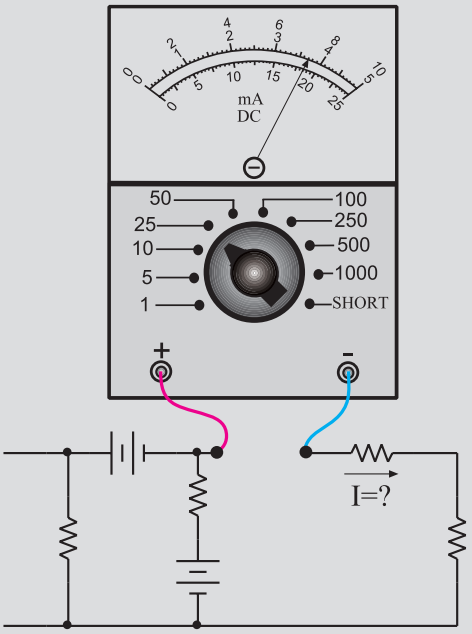


۲- هیـچ وقت یک قطعه نیمه هـادی مانند دیود را با منبع تغذیه به صورت موازی نبندید.

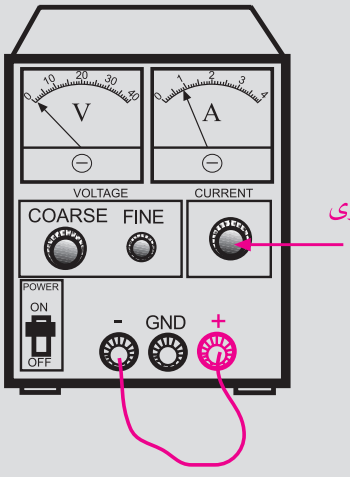


۳- قبـل از اتصال مدار به منبع تغذیه ، ابتدا ولتاژ خروجی را صفر کنید .

۴- هنگام اندازه گیری جریان در مدار ، آمپرمتر را با مدار به صورت سری ببندید.



۵- اگـر منبع تغذیـه که با آن کار می کنیـد دارای ولوم محدود کننده جریان است ، در آزمایش های این فصل جریان خروجـی را روی ۱۰۰ mA تنظیـم کنید . برای این کار ابتدا ولتاژ خروجی را روی صفر بگذارید سپس دو سر خروجی را اتصال کوتاه کنید . ولتاژ خروجی را کمی زیاد کنید تا جریان از ۱۰۰ mA تجاوز کند. با استفاده از ولوم Current limit جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید.



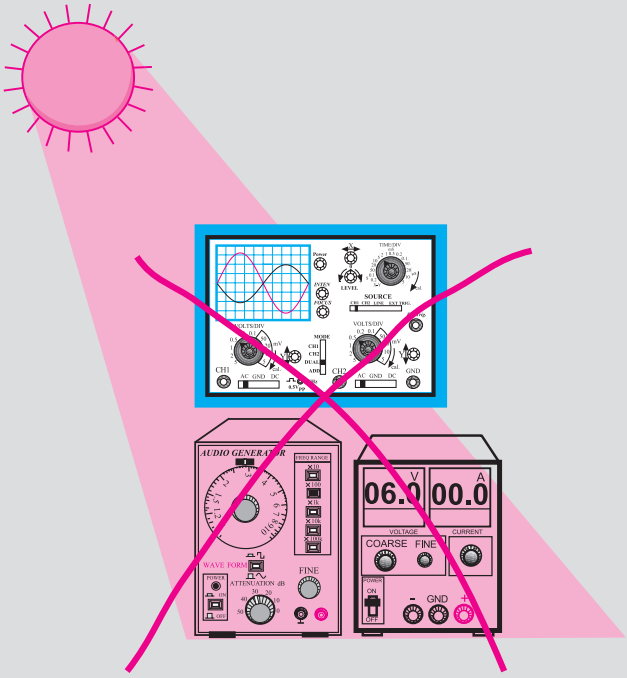
با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

۶- اسیلوسـکوپ یا منبـع تغذیه را در مجاورت وسـایل

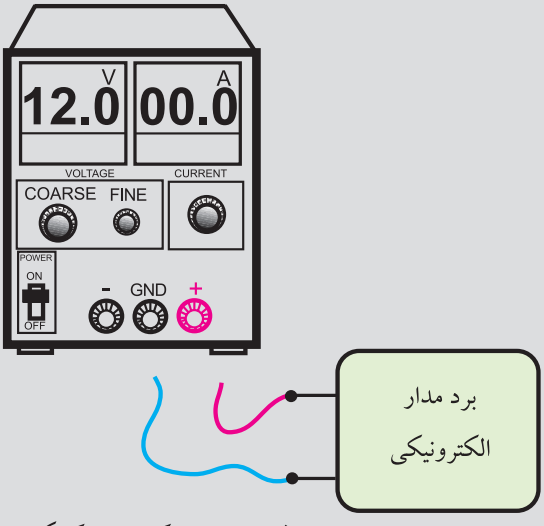
CarGeek.Live

CarGeek.Live

گرمازا یا زیرنورآفتاب قرار ندهید.

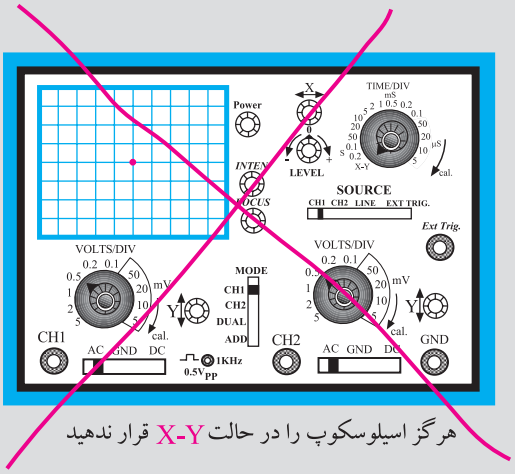


۷- قبل از وصل منبع تغذیه به مدارهای الکترونیکی ، ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را تنظیم کنید و سپس مدار را به منبع تغذیه وصل کنید.



ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و به کمک ولوم COARSE ولتاژ خروجی راتنظیم کنید سپس مدار را به آن اتصال دهید

۸- در اسیلوسکوپ کلید Y-X را برای کارهای معمولی هرگز فعال نکنید. زیرا در این حالت اشعه به صورت یک نقطه نورانی روی صفحه حساس ظاهر می شود و پوشش ماده فسفرسانس داخلی را در نقطه ای که تابیده شده است می سوزاند. در این حالت آن نقطه برای همیشه روی صفحه حساس به صورت یک لکه سیاه دیده می شود.



هرگز اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار ندهید

۹- هنگام تعویض حوزه کار کلیدها و ولوم های موجود در اسیلوسکوپ خیلی با احتیاط عمل کنید زیرا این کلیدها خیلی حساس هستند و زود خراب می‌شوند .

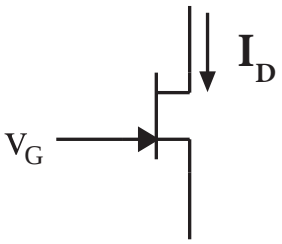
۱۰- هنگام حمل و نقل دستگاه های اندازه گیری مراقب باشید که به دستگاه ضربه وارد نشود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

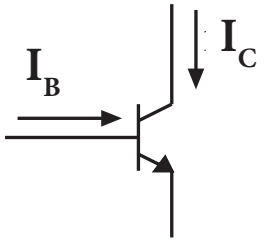
۴-۱ ترانزیستور با اثر میدان یا (Field Effect Transistor) FET

ترانزیستورهای با اثر میدان ، ترانزیستورهایی هستند که عامل کنترل جریان خروجی در آن ها ،ولتاژ ورودی است. به عبارت دیگر ، هنگامی که ولتاژ ورودی را تغییر می دهیم ، تقریباً جریانی از ورودی عبور نمی کند، شکل ۱-۴.



شکل ۱-۴ در ترانزیستور FET جریان I_D به وسیله ولتاژ V_G کنترل می‌شود

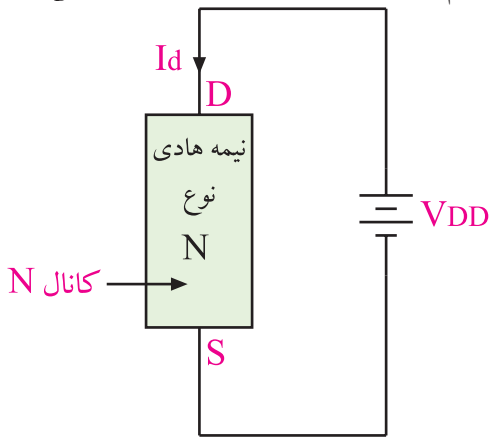
در ترانزیستورهای معمولی ، جریان ورودی ، جریان خروجی را کنترل می کند. یعنی هنگامی که ولتاژ ورودی را تغییر می دهیم، جریان ورودی تغییر می کند و باعث تغییر جریان خروجی می شود، شکل ۲-۴.



شکل ۲-۴ در یک ترانزیستور معمولی جریان I_C به وسیله جریان I_B کنترل می‌شود

در ترانزیستورهای FET می توان تغییرات ولتاژ نسبتاً کم را به تغییرات نسبتاً زیاد جریان تبدیل کرد. ترانزیستورهای FET به دو دسته JFET و MOSFET تقسیم بندی می شوند.

۴-۱-۱ ترانزیستور JFET با کانال N: اگر به دو سر یک قطعه نیمه هادی نوع N ، مانند شکل ۳-۴ ولتاژ DC وصل کنیم، جریانی از مدار عبور می کند که آن را I_D می نامیم .

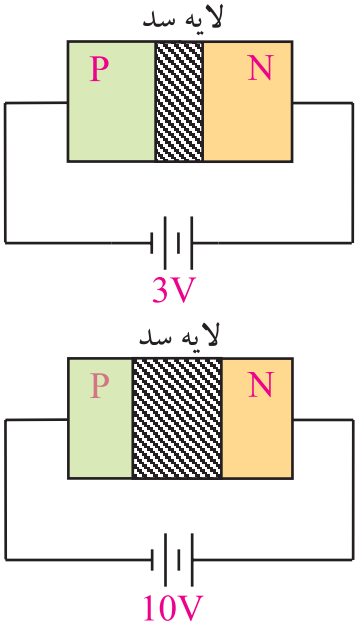


شکل ۳-۴ عبور جریان I_D از میله نوع N

مقدار I_D بستگی به مقاومت نیمه هادی نوع N دارد . پایه‌ای (الکترودی) که قطب مثبت منبع ولتاژ به آن وصل است را **D (Drain)** و پایه ای که قطب منفی به آن وصل است را **S (Source)** یا منبع الکترون ها می نامند .نیمه هادی نوع N را که از آن جریان I_D عبور می کند **کانال** می‌گویند . دراین شکل چون نیمه هادی ، نوع N است به آن کانال نوع N گفته می شود .

یادآوری

اگر یک اتصال PNرا به صورت معکوس بایاس کنیم در محل اتصال P و N یک لایه سد به وجود می‌آید.هر قدر ولتاژ معکوس بیشتر باشد عرض لایه‌سد نیزبیش‌تر می‌شود، شکل ۴-۴.



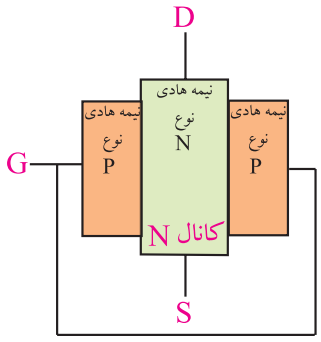
شکل ۴-۴ تغییر لایه در اثر ولتاژ DC

CarGeek.Live

CarGeek.Live

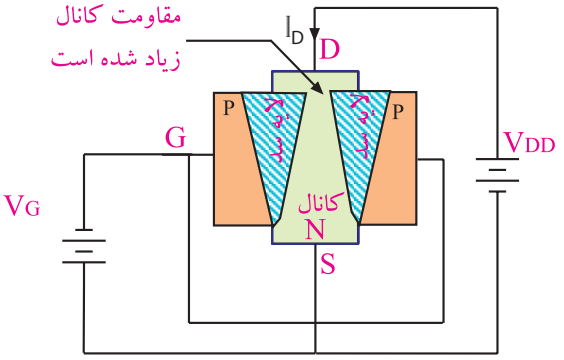
اگر ولتاژ معکـوس دائماً تغییر کند، عرض لایه سـد نیز دائماً تغییر می کند.

اگر در اطراف و نیز وسـط میله نیمه هادی نوع N (کانال N) یـک نیمه هادی نوع P نفـوذ دهیم، یک اتصال PN در اطراف میلـه کانال N ایجاد می شـود . دو طرف نیمه هادی نوع P که در میلـه N نفوذ داده ایم را به هم اتصال می دهیم و آن پایه را ، دروازه یا گیت (GATE) می نامیم و با حرف G نشان می دهیم . مجموعه به دست آمده ، ساختمان داخلی ترانزیسـتور JFET اسـت کـه تصویر آن را در شـکل ۴-۵ مشاهده می کنید .



شکل ۴-۵ ساختمان داخلی ترانزیستور JFET

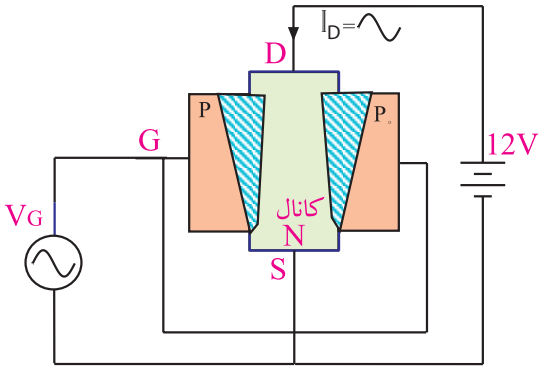
اگر درین (D) وسـورس (S) را به منبع ولتاژ DC وصل کنیم، جریانی از کانال N عبور می کند. اگر اتصال PN (بین گیت و سورس) را به صورت معکوس بایاس کنیم، یک لایه (سد) در اطراف اتصال PN به وجود می آید، شکل ۴-۶.



شکل ۴-۶ ایجاد یک لایه سد در اطراف اتصال PN

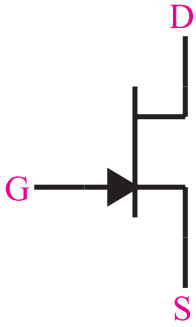
این لایه سد باعث می شـود که مقاومت اهمی کانال N زیاد شـود یا به طور کلی تغییر کنـد. در اثر این پدیده I_D نیز کم می شـود یا تغییر می کند. هر قدر V_G بیشتر باشد عرض لایه سـد بیشتر می شود و مقاومت کانال را افزایش می دهد و جریان I_D را کم می کند.

بنابرایـن با تغییرات V_G ، عرض لایه سـد تغییر می کند و مقاومت کانال را تغییر می دهد. در این شـرایط جریان I_D نیز متناسب با تغییرات V_G تغییر می کند، شکل ۴-۷ .



شکل ۴-۷ تغییر عرض لایه سد با تغییر V_G

ترانزیستور JFET می تواند تغییرات کم ولتاژ گیت یعنی V_G نسـبت به سورس را تبدیل به تغییرات نسبتاً زیاد I_D کند. ترانزیسـتور JFET با کانال N را با علامت قراردادی شکل ۴-۸ نشان می دهند.

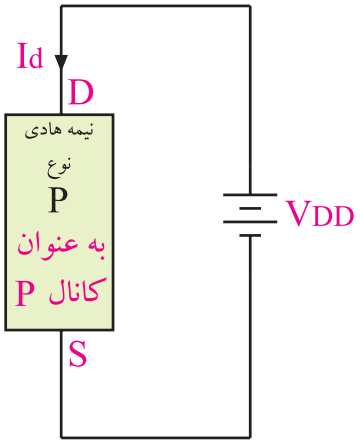


شکل ۴-۸ علامت قراردادی ترانزیستور JFET با کانال N

در ترانزیسـتورهای JFET می تـوان به جای نیمه هادی نوع N به عنـوان کانال ، از نیمه هادی نوع P اسـتفاده کرد، شکل ۴-۹.

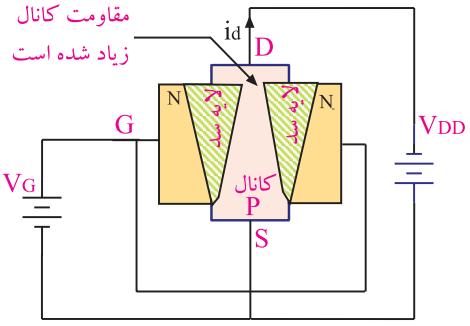
CarGeek.Live

CarGeek.Live

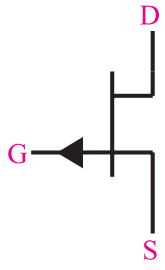


شکل ۹-۴ ترانزیستور JFET با کانال P

اگر اطـراف میلهٔ نیمه هادی نوع P ، کـه به عنوان کانال نـوع P به کار رفته اسـت را نیمه هادی نـوع N نفوذ دهیم، ترانزیسـتور JFET بـا کانـال P سـاخته می شـود . در این ترانزیسـتور قطب‌های ولتاژ گیت را طوری انتخاب می کنیم که اتصال PN به صورت معکوس بایاس شود. در این حالت تغییرات V_G باعث تغییرات I_D می شـود. علامت قراردادی این ترانزیستور در شکل ۱۰-۴ نشان داده شده است.



الف) ساختمان داخلی ترانزیستور JFET با کانال P



ب) علامت قراردادی ترانزیستور JFET با کانال P

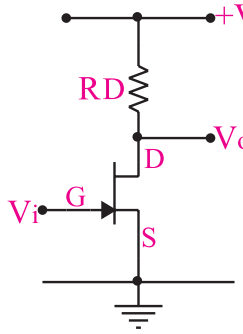
شکل ۱۰-۴- ساختمان داخلی و علامت قراردادی ترانزیستور JFET با کانال P

۴-۱-۲ مدارهای تقویت‌کننده باترانزیستور JFET

برای JFET نیز مانند ترانزیستور معمولی ، بسته به این که کدام پایه بین ورودی وخروجی مشـترک باشد، سه نوع مدار تقویت کننده در نظر گرفته می شود.

الف :مدار سورس‌مشترک
(common source) CS

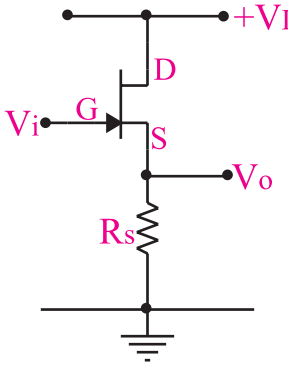
دراین تقویت کننده ، سـورس بیـن ورودی و خروجی مشـترک اسـت. ولتاژ ورودی را به گیت می دهیـم و ولتاژ خروجـی را از پایه درین دریافت می کنیم. درشـکل ۱۱-۴ مدار ساده این تقویت کننده نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۴ تقویت‌کننده سورس مشترک

ب : مدار درین مشترک
(common Drain) CD

دراین تقویـت کننده ، درین بیـن ورودی و خروجی مشـترک اسـت. ولتاژ ورودی را به گیت می دهیـم و ولتاژ خروجی را از پایه سـورس دریافت می‌کنیم. در شکل ۱۲-۴ مدار ساده این تقویت کننده را مشاهده می کنید. توجه داشته باشید که از نظر سیگنال متناوب AC پایه های زمین مشترک و V_{DD} به هم متصل هستند.



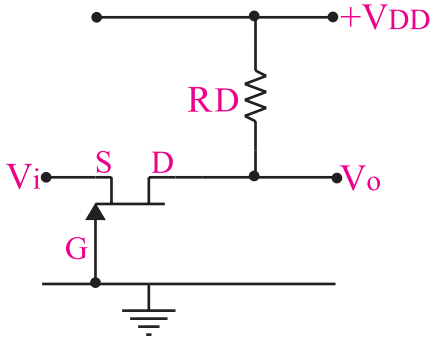
شکل ۱۲-۴ تقویت کننده درین مشترک

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ج : گیت مشترک
(common Gate) CG

درایـن تقویت کننـده ، گیـت بیـن ورودی و خروجی مشـترک اسـت و ولتاژ ورودی را به پایه سورس می دهیم و سـیگنال خروجی را از پایه درین دریافت می کنیم. این مدار خیلی کم مورد اسـتفاده قرار می گیرد . در شکل ۱۳-۴ مدار این نوع تقویت کننده نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۴ تقویت کننده گیت مشترک

۴-۱-۳ مزایای ترانزیسـتور JFET نسـبت به ترانزیسـتور معمولی (BJT):

بعضـی از مزایای ترانزیسـتور JFET نسبت به ترانزیسـتور BJT به شرح زیر است:

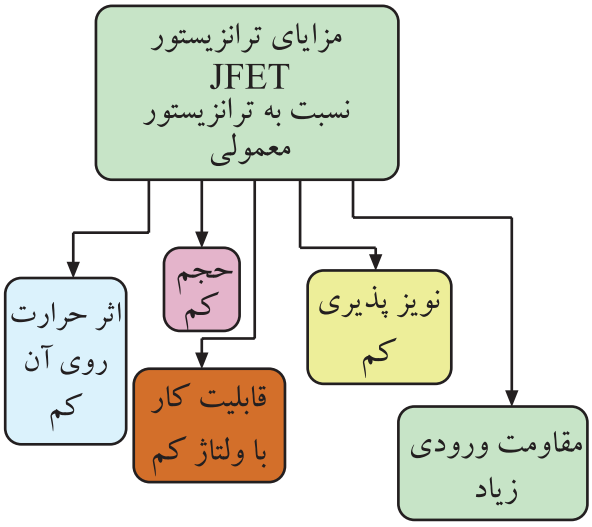
الف : ساختمان ترانزیسـتور FETساده تر است و حجم کم تری را اشغال می کند.

ب : مقاومـت ورودی ترانزیسـتور FET نسـبت بـه ترانزیستور معمولی خیلی بیشتر است .

ج : میزان نویزپذیری FET خیلی کم تر از ترانزیسـتور معمولی است.

د : میـزان وابسـتگی به حـرارت FET خیلـی کم‌تر از ترانزیستور معمولی است.

هـ : FET بـا ولتاژ های خیلـی کم نیز بـه راحتی کار می کند.



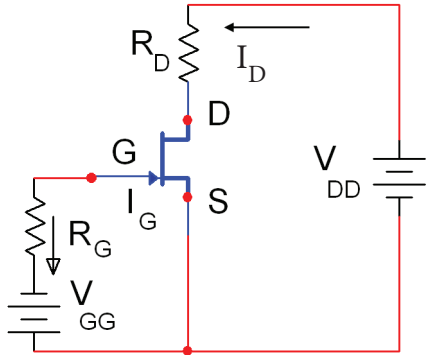
شکل ۱۴-۴ مزایای ترانزیستور JFET نسبت به ترانزیستور معمولی

۴-۱-۴ انواع روش های تغذیه ترانزیسـتور JFET

: مشـابه ترانزیسـتور BJT ،ترانزیستور JFET را نیز می توان با روش های مختلف با ولتاژ DC تغذیه کرد.

الف :تغذیه با دو منبع مستقل یا بایاس ثابت

در ایـن روش با اسـتفاده از دو منبع تغذیهٔ مسـتقل مانند شکل ۱۵-۴ درین سورس و گیت سورس را بایاس می کنند.



شکل ۱۵-۴ تغذیهٔ ثابت

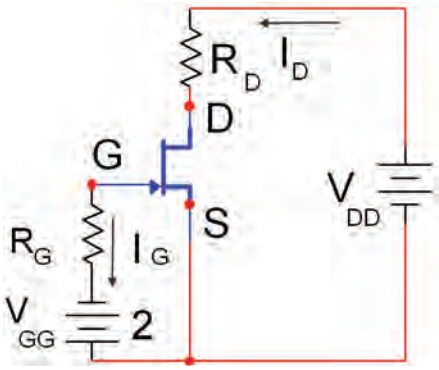
باتری V_{DD} برای بایاس درین سـورس به کار می رود و باتری V_{GG} گیت سـورس را در بایاس مخالف قرار می دهد. در این مدار به علـت ناچیز بودن جریان گیت می توان از آن صرف نظر کرد. در حلقهٔ ورودی داریم:

$$+V_{GG} + V_{GS} = 0$$
$$V_{GS} = -V_{GG}$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مثال ۱ : اگردرشکل ۱۶-۴ ، V_{GG} برابر۲ولت با شد، ولتاژ V_{GS} را محاسبه کنید.



شکل ۱۶-۴

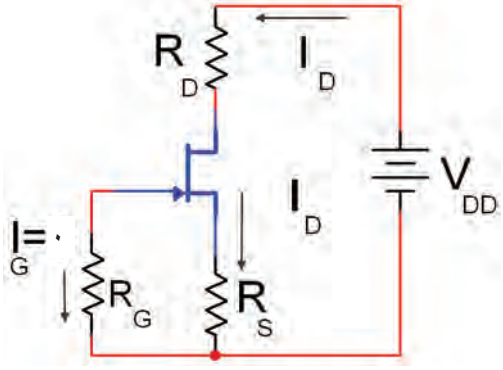
حل:

با نوشتن KVL در حلقه ورودی داریم:

$$V_{GG} - R_G I_G + V_{GS} = ۰$$
$$V_{GG} - R_G(۰) + V_{GS} = ۰$$
$$V_{GS} = -V_{GG} = -۲\ (V)$$

ب : بایاس سرخود یا Self Bias

در شکل ۱۷-۴ مدار تامین بایاس سرخود یا self bias برای یک ترانزیستورJFETبا کانال N نشان داده شده است. باتری V_{DD} برای تامین بایاس درین سورس و گیت سورس استفاده شده است .



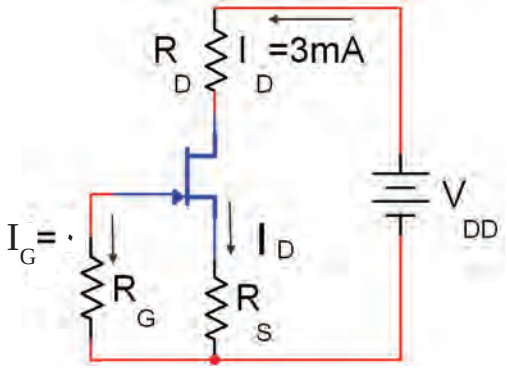
شکل ۱۷-۴ مدار بایاس سرخود

چون $I_G = ۰$ است می توان با نوشتن معادلهٔ KVL در حلقهٔ ورودی ولتاژ V_{GS} را محاسبه کرد.

$$V_{GS} + R_S I_D = ۰$$
$$V_{GS} = -R_S I_D$$

همان طور که مشاهده می شود افت پتانسیل دو سر R_S یعنی $R_S I_D$ پتانسیل V_{GS}را تامین می کند.

مثال ۲: در شکل ۱۸-۴، اگر $I_D = ۳mA$ و $R_S = ۵۰۰\Omega$ باشد، ولتاژ V_{GS} را محاسبه کنید.



شکل۱۸-۴

حل : با نوشتن معادلهٔ KVL در حلقهٔ ورودی داریم :

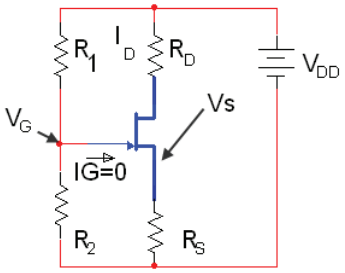
$$V_{GS} + R_S I_D = ۰$$
$$V_{GS} = -R_S I_D$$

به جای R_S و I_D مقدار عددی را قرار می دهیم :

$$V_{GS} = -(./۵k\Omega)(۳mA) = -۱/۵(V)$$
$$V_{GS} = -۱/۵(V)$$

ت : بایاس با روش تقسیم کنندهٔ ولتاژ مقاومتی

درشکل ۱۹-۴ مدار با یاس JFET با کانال N با روش تقسیم ولتاژ مقاومتی نشان داده شده است.



شکل ۱۹-۴ مداربایاس با روش تقسیم کنندهٔ ولتاژ مقاومتی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مقاومت های R_1وR_2 به مقاومت های تقسیم کنندهٔ ولتاژ معروف هستند. با توجه به ناچیز بودن جریان گیت،($IG=0$) ولتاژ V_{DD}بین دو مقاومت R_1 و R_2 تقسیم می شود. ولتاژ V_G همان ولتاژ دوسر مقاومت R_2 است که با استفاده از معادلهٔ زیر می توان مقدار آن را محاسبه کرد :

$$V_G = \frac{V_{DD}R_2}{R_1 + R_2}$$

با توجه به مقادیر I_D ، R_S ، مقدار V_S محاسبه می‌شود:

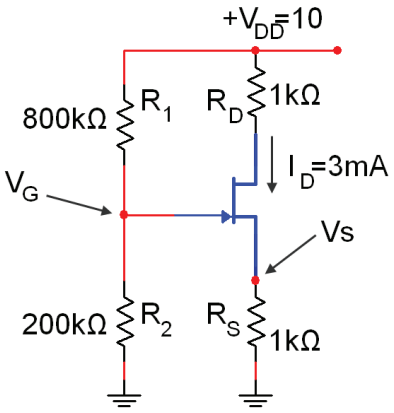
$$V_S = R_S I_D$$

با نوشتن معادلهٔ KVL در حلقهٔ گیت سورس داریم :

$$-V_G + V_{GS} + V_S = 0$$
$$-V_G + V_{GS} + R_S I_D = 0$$
$$V_{GS} = V_G - R_S I_D$$

می دانیم V_{GS} باید منفی باشد تا گیت سورس JFET با کانال N را در بایاس مخالف قرار دهد. برای‌این منظور باید $V_G \langle R_S I_D$ باشد.

مثال ۳ : در مدارشکل ۲۰-۴ مقادیرV_G وV_S وV_{GS} را محاسبه کنید.



شکل ۲۰-۴

حل : V_G را از تقسیم ولتاژ V_{DD} بین دو مقاومت R_1 و R_2 به دست می آوریم :

$$V_G = \frac{V_{DD}R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 200}{800 + 200}$$

$$V_G = \frac{2000}{1000} = 2 \quad \text{ولت}$$

V_S را از رابطهٔ $R_S I_D$ تعیین می کنیم:

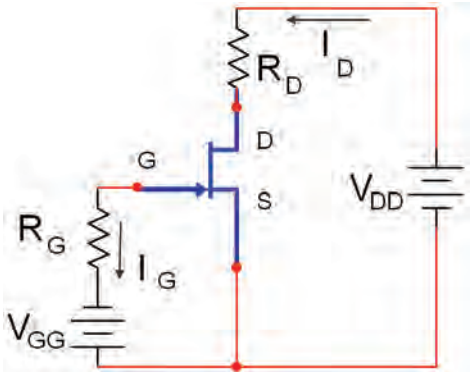
$$V_S = R_S I_D = (1)(3) = 3v$$

مقدار V_{GS} را از تفاضل V_G و V_S محاسبه می کنیم

$$V_{GS} = V_G - V_S$$
$$V_{GS} = 2 - 3 = -1 \quad \text{ولت}$$

$$\Rightarrow V_{GS} = -1V$$

تمرین کلاسی ۱ : اگر در شکل ۲۱-۴ مقدار ولتاژ V_{GG} برابر ۴ ولت باشد ولتاژ V_{GS} را محاسبه کنید.

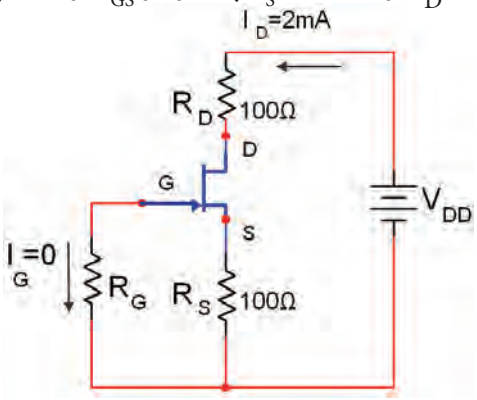


شکل ۲۱-۴

CarGeek.Live

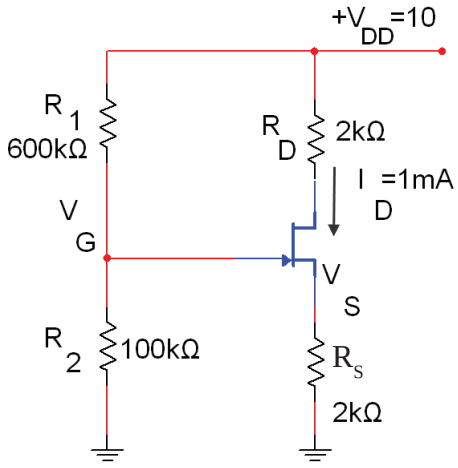
CarGeek.Live

تمرین کلاسی ۲: در شکل ۲۲-۴ اگر I_D=۲mA و $R_S = ۱۰۰\ \Omega$ باشد ولتاژ V_{GS} را محاسبه کنید.



شکل ۲۲-۴

تمرین کلاسی ۳: در شکل ۲۳-۴ مقادیر V_G و V_S و V_{GS} را محاسبه کنید.



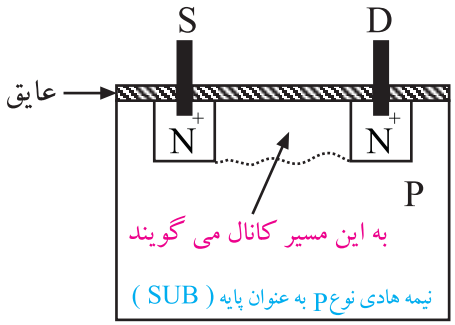
شکل ۲۳-۴

۴-۱-۵ ترانزیستور MOSFET

Metal oxide Semiconductor Field Effect Transistor

ترانزیستور MOSFET در دو نوع تشکیل شونده و تهی شونده با کانال N و P ساخته می‌شود. دراین قسمت فقط ساختمان داخلی MOSFET با کانال تشکیل شونده وتهی شونده نوع N را مورد بررسی قرار می دهیم.

الف: ترانزیستور MOSFET با کانال تشکیل شونده نوع N: این ترانزیستور از یک قطعه نیمه هادی نوع P به عنوان پایه (Substrate) تشکیل می شود. در دو نقطه از این پایه، دوحفره با نیمه هادی نوع N و ناخالصی زیاد(N^+) ایجاد می کنند، شکل ۲۴-۴. روی حفره ها و پایه با یک لایه عایق پوشانده می‌شود.



شکل ۲۴-۴ ساختمان ترانزیستور MOSFET با کانال تشکیل‌دهنده N

از هر حفره یک پایه بیرون می‌آید. یکی از این پایه ها درین (D) و دیگری سورس (S) نامیده می‌شود.

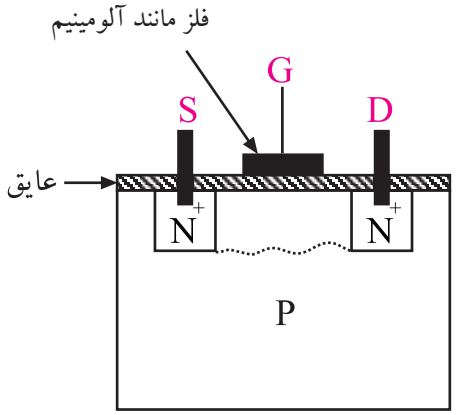
اگر بین درین و سورس یک منبع ولتاژ وصل کنیم جریانی از مدار عبور نخواهد کرد.

حال اگر یک پایه فلزی را روی عایق وصل کنیم، یک

CarGeek.Live

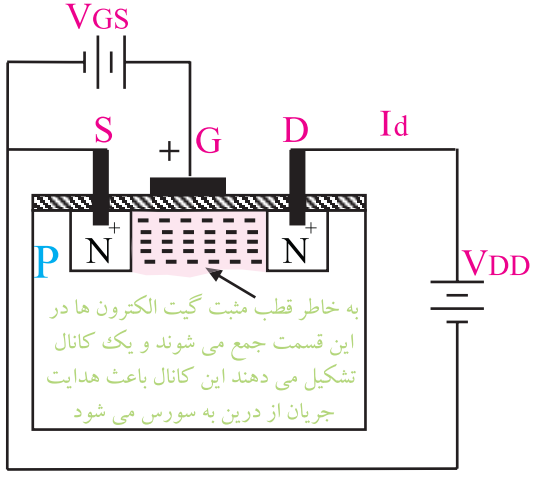
CarGeek.Live

ترانزیستور MOSFET از نوع کانال تشکیل شونده N ساخته می‌شود، شکل ۲۵-۴.



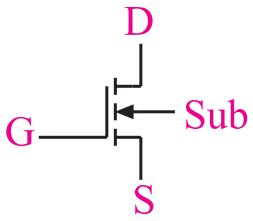
شکل ۲۵-۴ ساختمان داخلی ترانزیستور MOSFET با کانال تشکیل شونده N

اگر بین درین (D) و سورس (S) یک منبع ولتاژ DC وصل کنیم، جریانی از مدار عبور نمی کند. حال اگر به گیت یک ولتاژ مثبت اتصال دهیم، گیت الکترون های موجود در نیمه هادی P را به سمت خود جذب می کند و کانال N را به وجود می آورد. این کانال باعث عبور جریان از D به S می‌شود، شکل ۲۶-۴. دراین شرایط تغییر ولتاژ گیت، مقاومت کانال تشکیل شده را تغییر می‌دهد و بر جریان بین درین و سورس (I_{DS}) اثر می گذارد.



شکل ۲۶-۴ ساختمان داخلی ترانزیستور MOSFET با کانال N وتغذیه گیت

نماد ترانزیستور MOSFET از نوع تشکیل شونده با کانال N به صورت شکل ۲۷-۴ است .

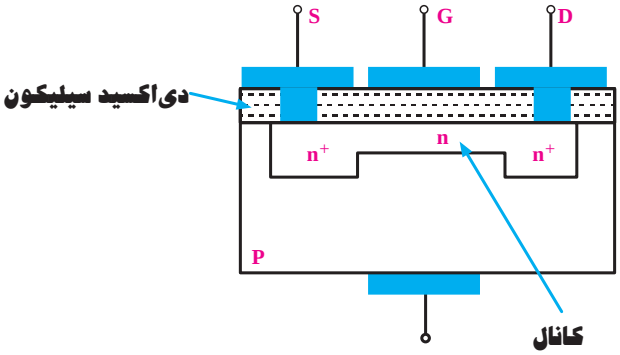


شکل ۲۷-۴ علامت قراردادی ترانزیستور MOSFET با کانال N

بنابراین در این نوع ترانزیستور نیز تغییرات ولتاژ گیت منجر به تغییر جریان عبوری از درین و سورس (I_{DS}) خواهد شد.

ب : MOSFET با کانال تهی‌شونده (تخلیه‌ای) نوع N:

این ترانزیستور از یک قطعه نیمه هادی نوع P با ناخالصی کم (مقاومت زیاد) به عنوان کریستال پایه تشکیل شده است. درون این قطعه ، دو ناحیه نوع N را با ناخالصی زیاد (N^+) ایجاد می کنند. این دو ناحیه را با ناحیه ای از نوع N با ناخالصی کم به هم وصل می کنند. کریستال N متصل شده بین دو ناحیه را ،کانال می نامند. شکل ۲۸-۴ ساختمان MOSFET و ناحیه‌های (N^+) و کانال بین آن ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲۸-۴- ساختمان داخلی MOSFET

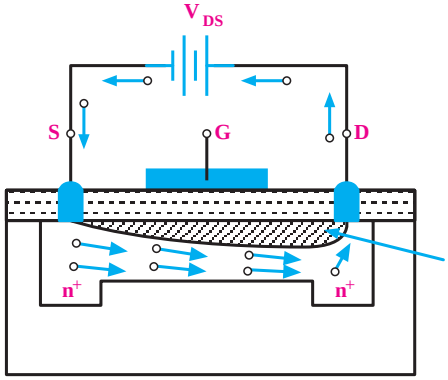
از طرفین کانال، اتصال های درین و سورس خارج شده‌اند.روی کانال ناحیه نازکی از یک ماده عایق پوشیده شده است و صفحه ای فلزی روی آن قرار دارد که گیت

CarGeek.Live

CarGeek.Live

نامیده می‌شود. در اغلب MOSFET ها، کریستال پایه از داخل به سورس وصل است. در مواردی ممکن است اتصال چهارمی از قطعه بیرون آورده شود که لازم است این اتصال به سورس وصل شود .

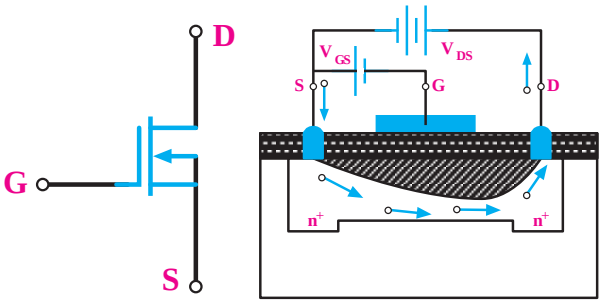
چنان چه مطابق شکل ۲۹-۴ به درین نسبت به سورس ولتاژ مثبتی وصل کنیم، با افزایش V_{DS} مقدار جریان درین (I_D) افزایش می یابد.



شکل ۲۹-۴ اتصال V_{DS} ، I_D را در کانال برقرار می‌کند

این افزایش ادامه پیدا می کند تا به مقدار ثابتی برسد. از آن پس افزایش ولتاژ V_{DS} در جریان I_D اثر محسوسی ندارد .

هرگاه مطابق شکل ۳۰-۴ الف ولتاژ معکوسی بین گیت سورس وصل کنیم ، این ولتاژ موجب ایجاد یک ناحیه تهی از بار در داخل کانال می شود و جریان درین (I_D) کاهش می یابد. به این ترتیب با تغییر ولتاژ V_{GS} می توان I_D را کنترل کرد. نماد MOSFET با کانال N تهی شونده مانند شکل ۳۰-۴ ب است .



الف) گسترش بیش‌تر ناحیه تهی‌شده از الکترون

ب) نماد MOSFET با کانال N تهی‌شونده

شکل ۳۰-۴ ساختمان داخلی و نماد MOSFET با کانال N تهی‌شونده

۶-۱-۴ کاربرد MOSFET

ترانزیستورهای MOSFET در الکترونیک ، کاربرد فراوان دارد. در زیر چند نمونه از کاربردهای MOSFET بیان شده است :

- از ترکیب NMOSFETها و PMOSFETها ، ترانزیستورهای CMOSFET ها ساخته می‌شوند که در مدارهای دیجیتالی کاربرد دارند.
- استفاده از ترانزیستورهای MOSFET به عنوان تقویت کننده‌ی قدرت.
- استفاده از ترانزیستورهای MOSFET به عنوان سوئیچ قدرت.
- استفاده از ترانزیستورهای MOSFET با دو گیت به عنوان مدار میکسر یا مخلوط کننده.

۷-۱-۴ حفاظت‌گیت در ترانزیستور MOSFET

به علت ضخامت بسیار کم لایه ی عایق در ترانزیستورهای MOSFET ، این آی سی ها در برابر بار الکترواستاتیک حساس هستند و در اثر تماس دست آسیب می‌بینند.

در این شرایط لازم است هنگام کار با این آی سی ها ، از دست بند مخصوص اتصال زمین استفاده شود.

اگر آی‌سی حفاظت شده باشد ، معمولاً در DATA SHEET آن ذکر می شود. برای حفاظت و محدود کردن ولتاژ ورودی ، در این نوع آی‌سی‌ها از دیود زنر استفاده می کنند. یادآوری می شود که استفاده از دیودزنر موجب کاهش مقاومت ورودی می‌شود.

۲-۴ آزمایش شماره ۱

بررسی عملکرد ترانزیستور JFET

زمان اجرا : ۲ ساعت آموزشی

۱-۲-۴ هدف آزمایش:

بررسی عملکرد ترانزیستور JFET و نحوه تبدیل تغییرات ولتاژ V_{GS} در یک مدار به تغییرات جریان I_D .

CarGeek.Live

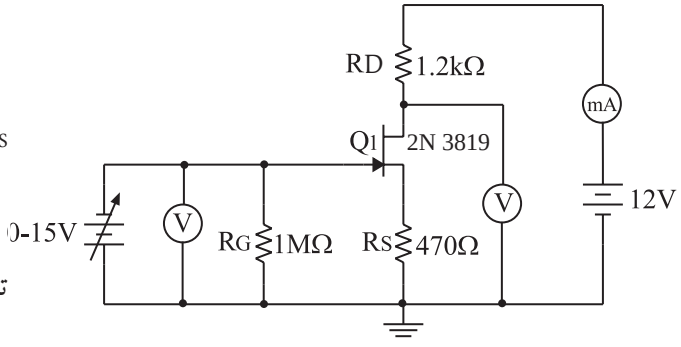
CarGeek.Live

۴-۲-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۳۰V درصورتی که منبع تغذیه دوبل نداشتید، از دو منبع استفاده کنید.	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	مقاومت‌های ۱MΩ و ۱/۲kΩ ، ۴۷۰Ω (هریک $\frac{1}{4}$ w)	از هر کدام یک عدد
۴	بردبردآزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستور JFET (۲N۳۸۱۹)	یک عدد
۶	سیم‌رابط‌دوسرگیره سوسماری	شش رشته
۷	سیم‌رابط یک‌سرگیره‌سوسماری	شش رشته
۸	سیم‌رابط معمولی	چهار رشته

۴-۲-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- مدار شکل ۴-۳۱ را روی برد برد ببندید.



شکل ۴-۳۱

- منبع تغذیه یا منابع تغذیه را با احتیاط به برق اتصال دهید و روشن کنید.
- ولتاژ های خروجی را روی صفر ولت تنظیم کنید.
- اگر منبع تغذیه به سیستم محدود کننده جریان خروجی مجهز است ، جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر محدود کنید.
- مولتی متر را روی رنج میلی آمپر متر تنظیم کنید.
- ولت متر را روی رنج ۲۰ ولت بگذارید.
- منبع تغذیه ورودی گیت را روی صفر ولت قرار دهید ومنبع تغذیه درین را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.
- در این حالت ولت متری که به دو سر مقاومت ۱MΩ متصل است باید صفر ولت را نشان دهد.
- مولتی متر را روی رنج میلی آمپر متر DC قرار دهید.
- حوزه کار میلی آمپر متر DC را روی ۲۰ mA بگذارید.
- هنگامی که V_{GS} برابر با صفر است، مقدار جریان درین I_D را اندازه بگیرید و در جدول ۱-۴ یادداشت کنید.
- مولتی متر را روی رنج ولت متر DC قرار دهید و ولتاژ V_2 (V_{DS}) را اندازه بگیرید و در جدول ۱-۴ یادداشت کنید.

جدول ۱-۴

V_{GS}	۰	۰/۵	۱/۵	۲	۲/۵
I_D					
V_{DS}					

- ولتاژ تغذیه V_{GS} را روی ۰/۵ ولت تنظیم کنید و مقدار V_{DS} و I_D را اندازه بگیرید و در جدول ۱-۴ یادداشت کنید.
- بر اساس جدول ۱-۴ بقیه ولتاژ ها را توسط منابع تغذیه تنظیم کنید.
- مقادیر خواسته شده را بخوانید و جدول ۱-۴ را تکمیل کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

با توجه به جدول ۱-۴ تغییرات ولتاژ V_{GS} در یک مدار باعث تغییر جریان (I_D) در مدار دیگر می‌شود.

همچنین تغییرات ولتاژ V_{GS} باعث تغییرات ولتاژ V_{DS} می‌شود.

با توجه به جدول ۱-۴ به‌سوال‌های زیر پاسخ دهید:

سوال ۱: به ازای تغییرات ۰/۵ ولت ولتاژ در ورودی V_{GS} ولتاژ V_{DS} چند ولت تغییر کرده است ؟ اعداد را از داخل جدول انتخاب و در زیر یادداشت کنید.

سوال ۲: با توجه به جدول ۱-۴ به طور خلاصه عملکرد ترانزیستور JFET را شرح دهید .

٤-۲-٤ نتایج آزمایش

آن چه را در این آزمایش فراگرفته اید به اختصار شرح دهید.

۴-۳ آزمایش شماره۲

تقویت‌کننده سورس‌مشترک

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

۴-۳-۱ هدف آزمایش : بررسی نحوه تقویت کنندگی در یک تقویت کننده سورس مشترک با استفاده از ترانزیستور اثرمیدان.

۴-۳-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

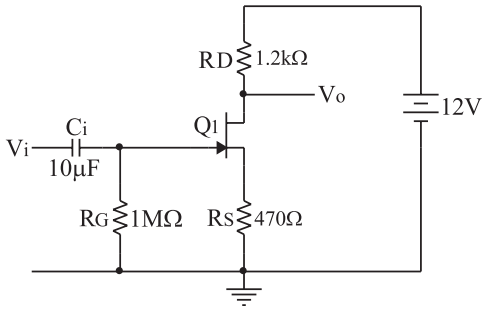
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A و ۳۰V-۰	یک دستگاه
۴	بردبرد	یک قطعه
۵	مقاومت‌های ۱MΩ و ۱۲kΩ، ۴۷۰Ω(هریک $\frac{1}{4}$ w)	از هر کدام یک عدد
۶	خازن ۱۰μf	یک عدد
۷	ترانزیستور JFET (۲N۳۸۱۹)	یک عدد
۸	سیم‌رابط دوسرگیره سوسماری	شش رشته
۹	سیم‌رابط یک‌سرگیره‌سوسماری	شش رشته
۱۰	سیم‌رابط‌معمولی	به مقدار کافی

۴-۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

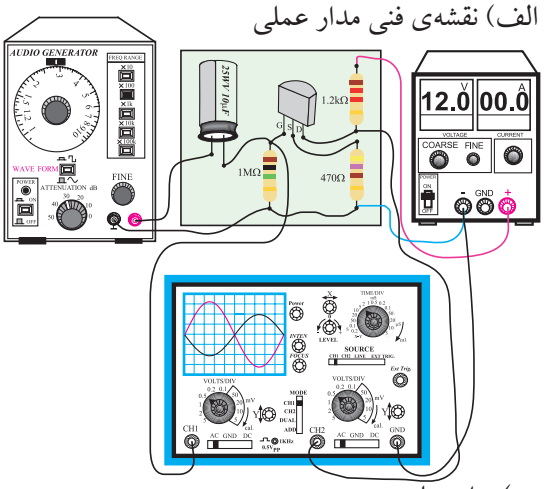
■ مدار شکل ۴-۳۲ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



الف) نقشه‌ی فنی مدار عملی



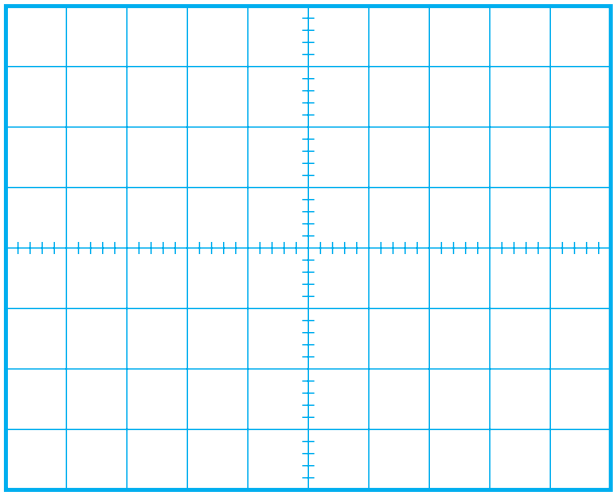
ب)مدارعملی

شکل ۳۲-۴

- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.
- دامنه خروجی منبع تغذیه را روی صفر تنظیم کنید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم های زیر را روی آن انجام دهید.

- به کمک ولوم INTENT نور اشعه را به مقدار کافی تنظیم کنید.
- به کمک ولوم FOCUS اشعه را تا حد ممکن نازک (باریک) کنید .
- کلیدسلکتورTime/Divراروی ۰/۲ ms قراردهید.
- ولوم Level را روی صفر بگذارید.
- ولوم variable time را در حالت cal قراردهید.
- ولوم Volt variable هر دو کانال را در حالت صفر قراردهید.
- کلید AC-GND-DC هر دو کانال را در حالت GND قرار دهید و برای هر دو کانال نقطه صفر در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.
- کلید سلکتور Volts / DIV کانال CH۱ و کانال CH۲ را روی ۵۰mv بگذارید.

- کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت CH۱ قرار دهید.
- سیگنال ژنراتور را روشن کنید. فرکانس آن را روی ۱KHZ بگذارید و دامنه ولتاژ خروجی آن را روی ۰/۱ ولت تنظیم کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را روی ۱۲ ولت قرار دهید.
- کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.
- شکل موج ورودی مشاهده شده توسط کانال CH۱ را در شکل ۳۳-۴ با مقیاس مناسب رسم کنید و دامنه آن را دقیقاً اندازه بگیرید و در زیر نمودار شکل ۳۳-۴ با مقیاس مناسب یادداشت کنید.



شکل ۳۳-۴

(CH۱)

Volts /Div = ۵۰mv/Div

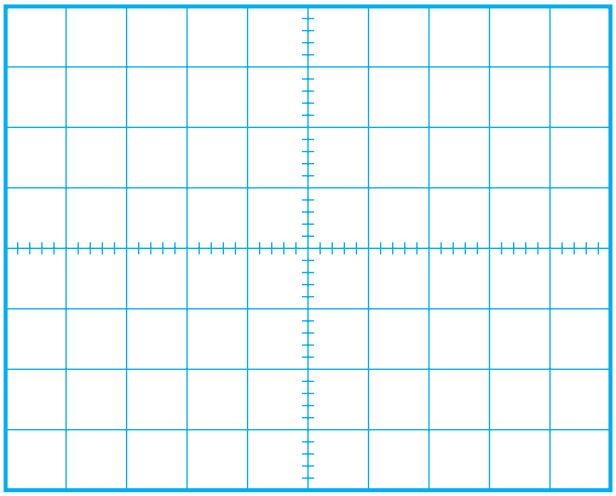
Vi_{max} = ۵۰mv × تعداد خانه‌ها = ۵۰mv ×..... = V

- کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت CH۲ قرار دهید.
- کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت AC قرار دهید.
- شکل موج خروجی مشاهده شده توسط کانال CH۲ را در نمودار شکل ۳۴-۴ با مقیاس مناسب رسم کنید و دقیقاً

CarGeek.Live

CarGeek.Live

دامنه آن را اندازه بگیرید.



شکل ۴-۳۴

(CH۲)

$$\text{Volt / Div} = ۰/۵\text{V / Div}$$

$$\text{Vo}_{max} = ۵۰\text{mv} \times \quad \text{تعداد خانه‌ها} = ۵۰\text{mv} \times \ldots\ldots = \text{V}$$

بهره ولتاژ را به کمک A_V به دست آورید.

$$A_V = \frac{V_{O\,max}}{V_{i\,max}} = \frac{V_{Oeff}}{V_{ieff}} = \text{———} =$$

همان طور که از عدد به دست آمده برای A_V مشخص است، می‌توانید دامنه سیگنال را به کمک ترانزیستور اثر میدان تقویت کرد.

با تغییر مقاومت های مدار می توانید بهره ولتاژ را تغییر دهید .

در یک مدار الکترونیکی ، اگر ترانزیستور JFET سوخته باشد، هنگام تعویض حتماً باید همان شماره ترانزیستور جایگزین شود. ترانزیستورهای JFET معمولاً مشابه ندارند.

۴-۳-۴ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۴-۴ آزمایش شماره ۳

تقویت کننده درین مشترک

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

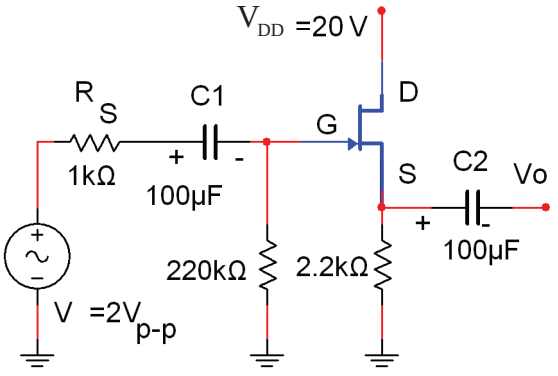
۴-۴-۱ هـــدف آزمایش : بررســی چگونگی عمل تقویت در یک تقویت کننده درین مشترک.

۴-۴-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A و ۳۰V-۰	یک دستگاه
۴	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۵	برد برد	یک قطعه
۶	ترانزیستور JFET (۲N۳۸۱۹)	یک عدد
۷	مقاومت‌های ۱kΩ و ۲۲۰kΩ ، ۲/۲kΩ (هریک $\frac{۱}{۴}$ w)	از هر کدام یک عدد
۸	خازن ۱۰۰µf	دو عدد
۹	سیم‌رابط دوسرگیره سوسماری	چند رشته
۱۰	سیم‌رابط یک‌سرگیره سوسماری	چند رشته
۱۱	سیم‌رابط معمولی	چند رشته

۴-۴-۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل ۴-۳۵ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.



شکل ۴-۳۵ مدار تقویت کننده درین مشترک

■ منبع تغذیه DC را روی ۲۰ ولت بگذارید.

■ اسیلوسکوپ را مانند مرحله قبل تنظیم کنید.

■ قبل از اتصال سیگنال ژنراتور به مدار ، مقادیر ولتاژ DC مربوط به V_D ، V_G ، V_S و V_{GS} را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_D = ...$V_۱$

V_S = ...$V_۱$

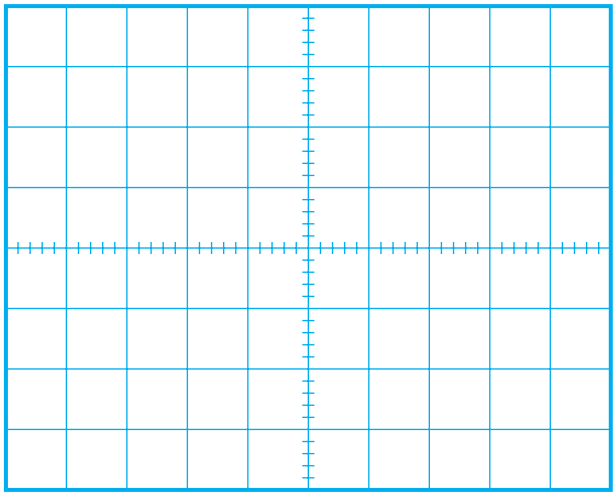
V_G = ...$V_۱$

V_{GS} = ...$V_۱$

■ سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و دامنه حداقل تنظیم کنید و به ورودی مدار اتصال دهید.

■ کانال CH۲ اسیلوسکوپ را به خروجی مدار متصل کنید و دامنه ورودی را تا حدی افزایش دهید که موج خروجی بدون تغییر شکل باشد.

■ کانال CH۱ اسیلوسکوپ را به ورودی مدار وصل کنید و شکل موج ورودی را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۴-۳۶ رسم کنید.



شکل ۴-۳۶

(CH۱)

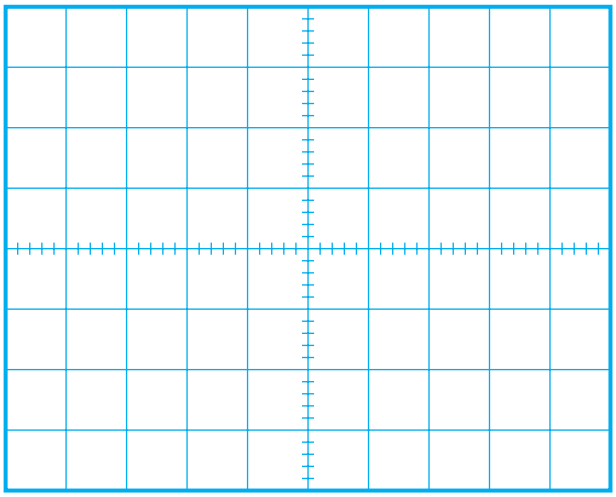
Volt / Div = ۵۰ mV / Div

Vi_{max} = ۵۰ mV × تعداد خانه‌ها = ۵۰ mv ×..... = V

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ با استفاده از کانال CH۲ اسیلوسکوپ ، شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۴-۳۷ رسم کنید.



شکل ۴-۳۷

(CH۲)

$\text{Volt / Div} = ۵۰\text{mV / Div}$

$\text{Vo}_{max} = ۵۰\text{mv} \times$ تعداد خانه‌ها $= ۵۰\text{mv} \times ..... = \text{V}$

■ دامنه ولتاژ خروجی و ورودی را با توجه به نمودارهای شکل ۴-۳۶ و شکل ۴-۳۷ به دست آورید و یادداشت کنید.

$V_{imax} =$ ولت

$V_{Omax} =$ ولت

با توجه به رابطه: $A_V = \frac{V_O}{V_i}$ بهره ولتاژ مدار را محاسبه کنید.

$A_V = ...$

۴-۴- ۴نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

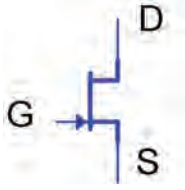
CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۴)

۱- در ترانزیستورهای با اثر میدان ، عامل کنترل جریان خروجی ، ولتاژ ورودی است.

صحیح ❐ غلط ❐

۲- علامت قراردادی شکل ۴-۳۸ مربوط به کدام ترانزیستور است ؟



شکل ۴-۳۸

الف) JFET با کانال P

ب) JFET با کانال N

ج) MOSFET با کانال P

د) MOSFET با کانال N

۳- کدام گزینه، مزایای ترانزیستور JFET نسبت به ترانزیستور BJT را بیان می‌کند ؟

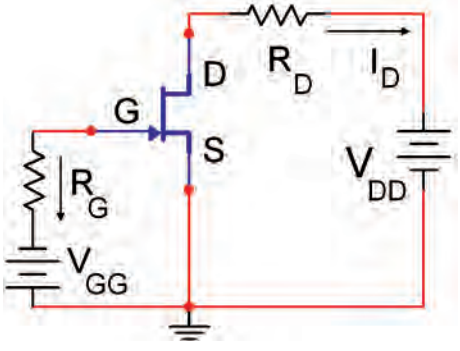
الف)ساختمان FET ساده تر است.

ب) میزان نویزپذیری FET خیلی کم تر است.

ج) وابستگی به حرارت FET خیلی کم تر است .

د) هر سه مورد

۴- نوع بایاس JFET شکل ۴-۳۹ کدام است ؟



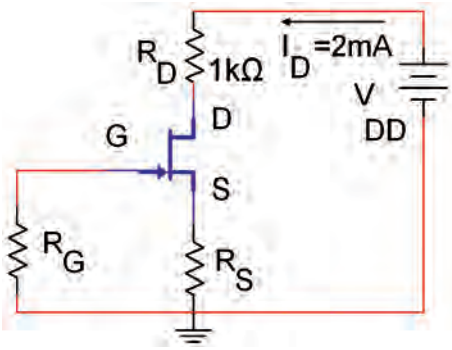
شکل ۴-۳۹

الف) بایاس ثابت (با دو منبع مستقل)

ب) بایاس سرخود

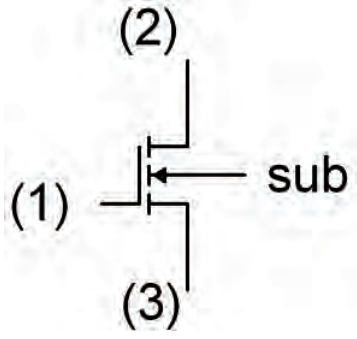
ج) بایاس تقسیم کننده ولتاژ مقاومتی

۵- در شکل ۴-۴۰ اگر $I_D = 2mA$ و $R_S = 1k\Omega$ باشد ،ولتاژ V_{GS} را محاسبه کنید.



شکل ۴-۴۰

۶- در ترانزیستور MOSFETشکل ۴-۴۱ نام پایه ی ۱)..... ۲)..... ۳)..... است .



شکل ۴-۴۱

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۷- طـرز کار یک ترانزیسـتور MOSFET با کانال تهی شونده (تخلیه ای) نوع N را شرح دهید.

۸-کار برد MOSFET ها را در الکترونیک نام ببرید.

۹- نحوه حفاظت گیت در MOSFET را شرح دهید.

۱۰- عملکرد یک تقویت کننده سـورس مشـترک را با رسم شکل شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل پنجم

تجزیه و تحلیل و بررسی مدارهای تقویت‌کننده تفاضلی و عملیاتی

هدف کلی :

تحلیل نظری و عملی مدارهای تقویت کننده‌های تفاضلی و عملیاتی

هدف های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۱- بلوک دیاگرام یک تقویت کننده تفاضلی را رسم کند.
۲- رفتار DC تقویت کننده تفاضلی را شرح دهد.
۳- رفتار AC تقویت کننده تفاضلی را بارسم شکل شرح دهد.
۴- مدار یک تقویت کننده تفاضلی را به طور عملی ببندد.
۵- رفتار تقویت کننده تفاضلی را تحلیل کند .
۶- مشخصات تقویت کننده عملیاتی ایده آل را نام ببرد.
۷- چگونگی عملکرد تقویت کننده عملیاتی را شرح دهد.
۸- تقویت کننده عملیاتی معکوس کننده را با رسم شکل توضیح دهد.
۹- تقویت کننده معکوس کننده را به طور عملی ببندد.
۱۰ - تقویت کننده عملیاتی غیرمعکوس کننده را با رسم شکل مدار شرح دهد.
۱۱- تقویت کننده غیر معکوس کننده را به طور عملی ببندد.
۱۲- مدار جمع کننده را توضیح دهد.
۱۳-یک مدار جمع کننده را به طور عملی ببندد .
۱۴- مدار مشتق گیر و شکل موج های ورودی و خروجی آن را شرح دهد.
۱۵-مدار مشتق گیر را به طور عملی ببندد.
۱۶-مدار انتگرال گیر را با رسم شکل مدار و شکل موج‌های ورودی و خروجی شرح دهد.
۱۷- یک مدار انتگرال گیر را به طور عملی ببندد.
۱۸- کلیه اهداف رفتاری در حیطه عاطفی را که در فصل اول این کتاب به آن ها اشاره شده است را در این فصل نیز رعایت کند.

توانایی شماره ۱۹	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۸	۱۲	۲۰

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۵)

۱- بلـوک دیاگرام یـک تقویت‌کننده تفاضلی رارسـم کنید.

۲- عملکـرد تقویت‌کننده تفاضلـی در حالتی که هر دو ورودی وجود دارند را به طور کامل شرح دهید .

۳- ولتـاژ خروجی یـک تقویت‌کننده تفاضلـی از کدام رابطه به دست می‌آید؟

الف) $V_O = A_V(V_1 - V_2)$ ب) $V_O = A_V(V_1)$

ج) $V_O = A_V(V_1 + V_2)$ د) $V_O = A_V(V_2)$

۴- در یـک تقویت‌کننـده عملیاتی ، طبقـه ورودی یک تقویت‌کننده تفاضلی است.

صحیح ❐ غلط ❐

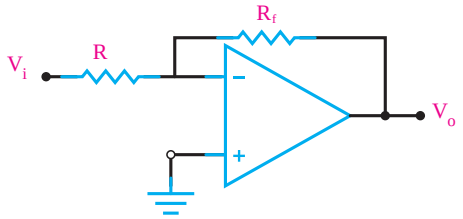
۵- تقویت‌کننده عملیاتی می‌تواند حداکثر..... ورودی و ..... خروجی داشته باشد .

الف) دو ، یک ب)یک ، دو

ج) یک ، یک د) دو ، دو

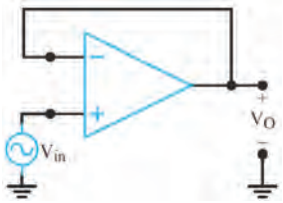
۶- در یـک تقویت‌کننـده عملیاتـی ایـده ال مقاومـت ورودی..... است.

۷- ضریـب تقویـت ولتـاژ در مـدار شـکل زیـر کدام است؟



الف) $\frac{R}{R_f}$ ب) $\frac{-R}{R_f}$ ج) $\frac{-R_f}{R}$ د) $\frac{R_f}{R}$

۸- نام مدار مقابل کدام است ؟



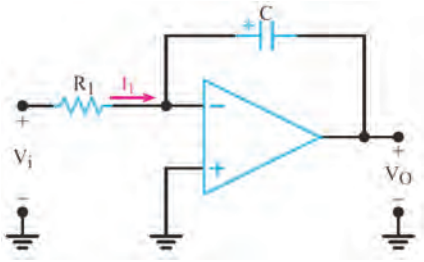
الف) بافر منفی ب) بافر مثبت

ج) تقویت‌کننده د) مشتق گیر

۹- مدارهـای مشـتق گیر از شـکل موج ورودی مشـتق می‌گیرند

صحیح ❐ غلط ❐

۱۰- نام مدار زیر در صورت داشتن شرایط مناسب کدام است ؟

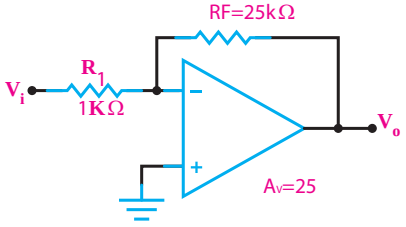


الف)مشتق گیر ب) انتگرال گیر

ج) بافر مثبت د) بافر منفی

۱۱- در مـدار ..... ولتاژ خروجی همـان ولتاژ ورودی است و بهره ولتاژ واحد است.

۱۲- در مدار شکل زیر مقاومت R_F را محاسبه کنید.

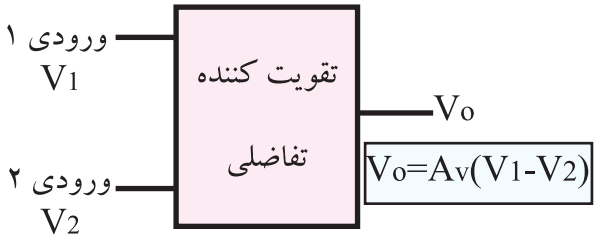


CarGeek.Live

CarGeek.Live

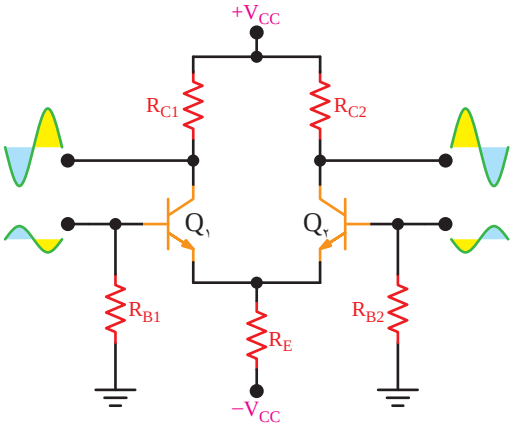
۵-۱ تقویت‌کننده تفاضلی (Differential Amplifier)

تقویت‌کننده تفاضلی به تقویت‌کننده ای گفته می‌شود که دو ورودی دارد واختلاف فاز موجود بین دو سیگنال ورودی را تقویت کند. شکل ۵-۱ بلوک دیاگرام این نوع تقویت‌کننده را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱ بلوک دیاگرام تقویت‌کننده تفاضلی

تقویت‌کننده ی تفاضلی دارای دو ترانزیستور کاملاً مشابه است که امیتر آن ها مستقیماً به یکدیگر وصل می‌شود، شکل ۵-۲.



شکل ۵-۲ مدار تقویت‌کننده تفاضلی

هر دو ترانزیستور $Q_۱$ و $Q_۲$، اختلاف بین دو سیگنال اعمال شده به بیس ترانزیستورها را تقویت می کنند. در تقویت‌کننده تفاضلی، قطعات به کار رفته در طبقات مدار کاملاً مشابه هستند.

$$Q_۱ = Q_۲$$
$$R_{C_۱} = R_{C_۲}$$
$$R_{B_۱} = R_{B_۲}$$

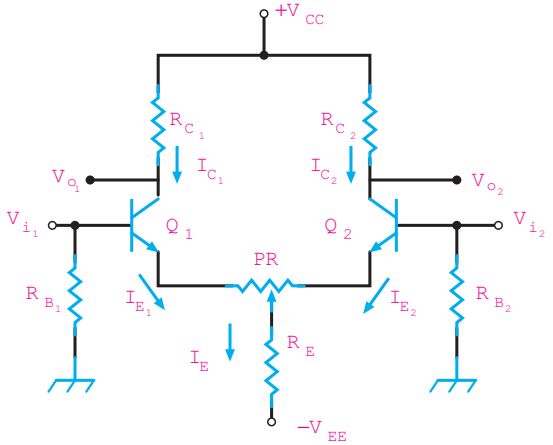
اگر دو موج با دامنه مساوی و اختلاف فاز ۱۸۰ درجه به طور هم زمان به بیس ترانزیستورهای $Q_۱$ و $Q_۲$ اعمال شود، دو سیگنال تقویت شده روی کلکتور ترانزیستورها ظاهر می‌شود که در فاز مخالف است. چنان‌چه دو سیگنال با دامنه مساوی واختلاف فاز صفر درجه (هم فاز) را هم زمان به دو ورودی تقویت‌کننده تفاضلی بدهیم، روی کلکتور ترانزیستورها، سیگنالی ظاهر نمی‌شود و تقریباً بدون تغییر می‌ماند.

سیگنال های ورودی، جریان های خروجی کلکتور هریک از ترانزیستورها را در دو جهت مخالف تغییر می‌دهند و یک دیگر را خنثی می‌کنند. به این ترتیب تغییر جریان هر کلکتور تقریباً صفر است.

این نوع رفتار مدار، یکی از مزایای استفاده از تقویت‌کننده تفاضلی به شمار می‌آید. زیرا در صورتی که سیگنال هایی مانند پارازیت، تغییرات ولتاژ منبع تغذیه و درجه حرارت به ورودی داده شود، به دلیل این که تغییرات آن ها در هر دو ترانزیستور دریک جهت است، کاملاً حذف می‌شود.

۵-۲ رفتار DC تقویت‌کننده تفاضلی

در شکل ۵-۳ مدار تقویت‌کننده تفاضلی نشان داده شده است. در این مدار پتانسیومتر PR می‌تواند مدار را به حالت تعادل درآورد.



شکل ۵-۳ مدار تقویت‌کننده تفاضلی

CarGeek.Live

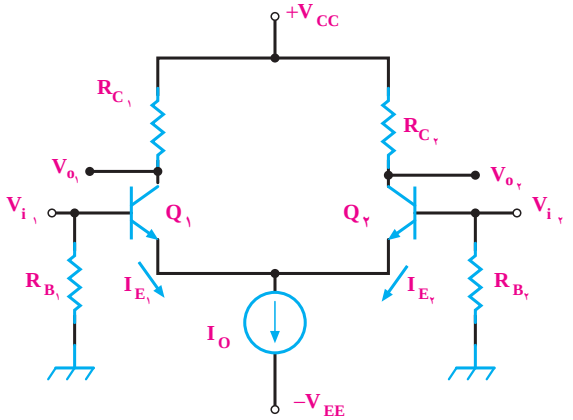
CarGeek.Live

در شرایط عادی ، ولتاژ های کلکتور ترانزیستورهای Q_1و Q_2 مساوی هستند. چنان چه β ترانزیستورها خیلی بزرگ باشد، می توانیم از جریان بیس ترانزیستور صرف نظر کنیم. دراین شرایط روابط زیر حاکم است:

$$I_{C_2} = I_{E_2}$$
$$I_{C_1} = I_{E_1}$$

با توجه به مدار شکل ۳-۵ جریان I_E برابر مجموع جریان‌های I_{E_1} و I_{E_2} است .

در بعضی از مدارها به جای مقاومت R_E طبق شکل ۴-۵ از یک منبع جریان استفاده می‌شود .



شکل ۴-۵ تقویت‌کننده تفاضلی با منبع جریان

در این حالت $I_O = I_{E_1} + I_{E_2}$ برابر با مقدار ثابتی است به این ترتیب با افزایش I_{E_1} جریان I_{E_2} کاهش می‌یابد و با کاهش I_{E_1}، جریان I_{E_2} افزایش می‌یابد .

۳-۵ رفتار تقویت‌کننده تفاضلی درسیگنال AC

یک تقویت‌کننده تفاضلی ممکن است در چهار حالت به شرح زیر مورد استفاده قرار گیرد :

الف) یک ورودی ، دو خروجی

ب) دو ورودی ، دو خروجی

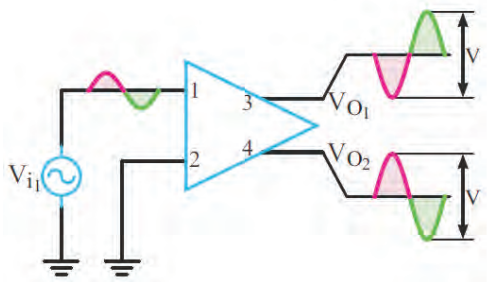
ج)یک ورودی ، یک خروجی

د) دو ورودی ، یک خروجی

کاربرد معمول حالت دو ورودی و یک خروجی ، زمانی است که دو سیگنال ورودی با دامنه مساوی در فاز مخالف نسبت به هم باشند .

عملکرد ورودی تفاضلی

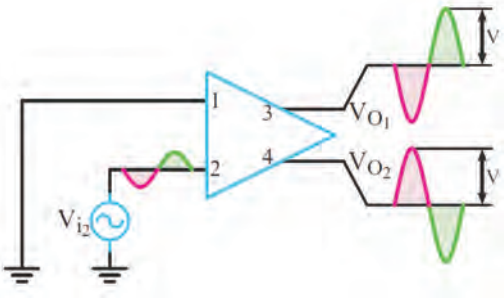
شکل ۵- ۵ رادر نظر می گیریم و فرض می کنیم به هریک از ورودی ها به طور جداگانه سیگنال داده شده است. در این شرایط می‌خواهیم خروجی ها را در برابر مقادیر ورودی بررسی کنیم .



شکل ۵-۵ تقویت‌کننده تفاضلی با ورودی V_{i_1}

در شکل۵-۵ ، خروجی ها را برای ورودی $V_{i_2} = 0$ نشان داده ایم . در این حالت دامنه سیگنال های خروجی V_{O_1} و V_{O_2} مساوی V فرض شده است که در فاز مخالف قرار دارند .

در شکل ۶-۵، خروجی را برای $V_{i_1} = 0$ و V_{i_2} معین نشان داده ایم .

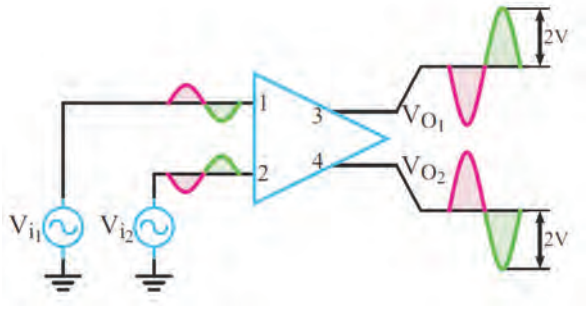


شکل ۶-۵ تقویت‌کننده تفاضلی با ورودی V_{i_2}

CarGeek.Live

CarGeek.Live

درایـن حالت نیز سـیگنال هـای خروجـی دارای دامنه v هسـتند و در فـاز مخالف قـرار دارند . حال اگـر به هر دو ورودی V_{i1} و V_{i2} تقویت‌کننده تفاضلی ، سـیگنال AC با دامنه یکسان و اختلاف فاز ۱۸۰ درجه بدهیم ، در خروجی دو سـیگنال حاصل از ورودی با هم جمع می‌شوند. به این ترتیب طبق شکل ۷-۵ در خروجی های V_{O1} و V_{O2} دو سیگنال با دامنه ۲V و اختلاف فاز ۱۸۰ درجه قابل دریافت است .



شکل ۷-۵ عملکرد تفاضلی تقویت‌کننده
(هر دو ورودی وجود دارند)

۵-۴ آزمایش شماره ۱

تقویت‌کننده تفاضلی

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۵-۴-۱ هدف آزمایش : بسـتن مـدار تقویت‌کننده تفاضلی و تجزیه و تحلیل عملی آن.

۵-۴-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

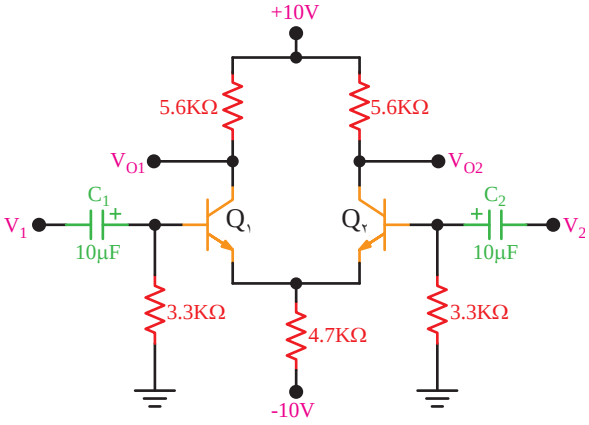
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه دوبل	یک دستگاه
۴	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۵	ترانزیستور BJT ۲N۲۲۱۹ (یا ترانزیستور با بتای ۷۵ تا ۱۰۰)	دوعدد
۶	مقاومت‌های ۳/۳kΩ، ۴/۷kΩ، ۵/۶kΩ،۳۹۰Ω،(۱/۴ وات)	از هر کدام دو عدد
۷	پتانسیومترخطی ۱kΩ (۱/۴ وات)	یک عدد
۸	خازن ۱۰μf(۲۵ ولت)	دو عدد
۹	سیم‌رابط دوسـرگیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۱۰	سیم‌رابط یک سـرگیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۱۱	سیم‌رابط معمولی ۵۰سانتی‌متری	به مقدار کافی

۵-۴-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- مدار شکل ۸-۵ را روی برد برد ببندید.
- در صورت نداشـتن وقت کافی ، از برد آماده استفاده کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۸-۵ مدار عملی تقویت‌کننده تفاضلی

■ مولتی متر دیجیتالی را روی رنج ولت متر تنظیم کنید.

■ قبل از وصل کردن سیگنال های AC ورودی ، ولتاژ پایه‌های دو ترانزیستور Q_1وQ_2 را به وسیله ولت متر DC نسبت به زمین اندازه بگیرید و در جدول ۱-۵ یادداشت کنید.

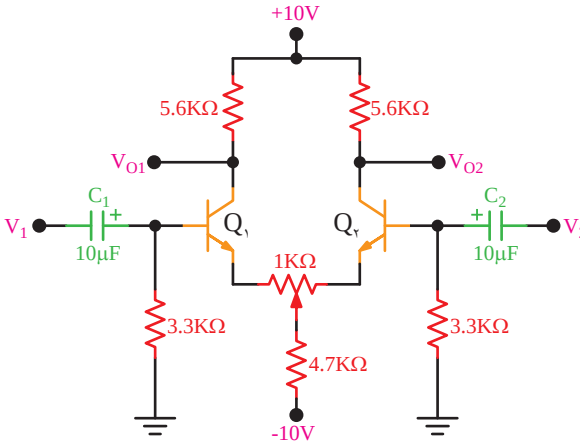
جدول ۱-۵

	Q_1	Q_2
V_B		
V_C		
V_E		

سوال ۱: با توجه به مقادیر جدول ۱-۵ ، آیا نقطه کار دو ترانزیستور تقریباً مشابه است ؟ توضیح دهید.

با توجه به شرایط مدار ، باید نقاط کار تقریباً مشابه باشد .

■ برای یکسان سازی دقیق نقاط کار ترانزیستور ها، مطابق شکل ۹-۵ ، پتانسیومتر ۱K Ω را در مسیر امیتر ترانزیستورها قرار دهید و آن را به گونه ای تنظیم کنید که ولتاژ کلکتور درترانزیستور کاملاً با یکدیگر مساوی شوند.



شکل ۹-۵ مدار عملی تقویت‌کننده تفاضلی
با وجود پتانسیومتر ۵kΩ در مدار

■ به وسیله یک ولت متر، ولتاژ DC پایه های دو ترانزیستور Q_1وQ_2 را نسبت به زمین (ولتاژ مبنا) اندازه بگیرید و در جدول ۲-۵ یادداشت کنید.

جدول ۲-۵

	Q_1	Q_2
V_B		
V_C		
V_E		

سوال ۲: با توجه به مقادیر جدول ۲-۵ آیا نقطه کار دو ترانزیستور Q_1وQ_2 کاملاً مشابه هستند ؟ توضیح دهید.

■ سیگنال ژنراتور صوتی را روی سیگنال سینوسی با فرکانس یک کیلوهرتز تنظیم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ خروجی سیگنال ژنراتور را هم زمان به ورودی های V_1 و V_2 اعمال کنید. در این صورت دو سیگنال هم فاز وهم دامنه به ورودی های تقویت‌کننده تفاضلی اعمال شده است.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم های زیر را روی آن انجام دهید .

■ با استفاده از ولوم INTEN نور اشعه را به مدار کافی تنظیم کنید .

■ با استفاده از FOCUS اشعه را تا حد ممکن نازک (باریک) کنید.

■ کلید سلکتور Time/Div را روی ۰/۲ms قراردهید.

■ ولوم level را روی صفر بگذارید.

■ ولوم Time variable را در حالت cal قراردهید.

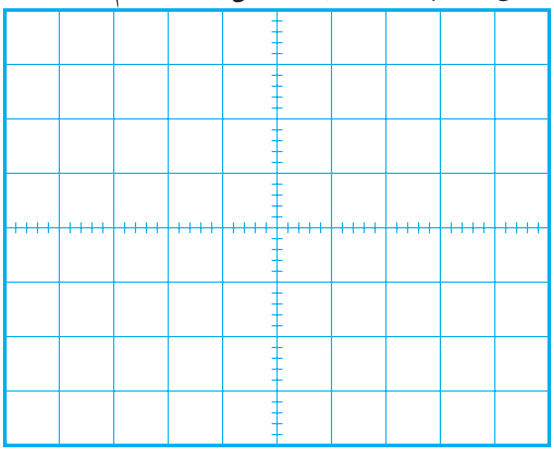
■ ولوم Volt variable هر دو کانال را در حالت cal بگذارید.

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

■ اسیلوسکوپ را به خروجی V_{O_1} وصل کنید.

■ ولوم کنترل دامنه سیگنال ژنراتور را به گونه ای تنظیم کنید که خروجی V_{O_1} به حداکثر دامنه ممکن و بدون اعوجاج برسد.

■ شکل موجی خروجی V_{O_1} را در صورت موجود بودن با مقیاس مناسب روی نمودار شکل ۱۰-۵ رسم کنید.



شکل ۱۰-۵ شکل موج ولتاژ خروجی V_{O_1} تقویت‌کننده تفاضلی

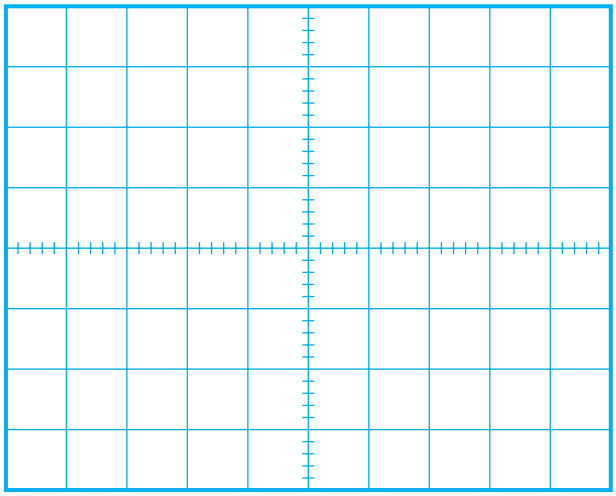
$$Volts / Div = ... V$$

$$V_{O_1} = ... V$$

■ اسیلوسکوپ را به خروجی V_{O_2} وصل کنید.

■ ولوم کنترل دامنه سیگنال ژنراتور را به گونه ای تنظیم کنید که خروجی V_{O_2} به حداکثر دامنه ممکن بدون اعوجاج برسد.

■ شکل موج خروجی V_{O_2} را در صورت موجود بودن با مقیاس مناسب روی نمودار شکل ۱۱-۵ رسم کنید .



شکل ۱۱-۵ شکل موج ولتاژ خروجی V_{O_2} تقویت‌کننده تفاضلی

$$Volts / Div = ... V / Div$$

$$V_{O_2} = ... V$$

■ با توجه به شکل موج های نمودار شکل ۱۰-۵ و ۱۱-۵ اختلاف فاز خروجی تقویت‌کننده تفاضلی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

$$\varphi = ... \text{ درجه}$$

■ با توجه به نمودارهای ترسیم شده در شکل ۱۰-۵ و ۱۱-۵ اختلاف دامنه تفاضلی دو سیگنال V_{O_1} و V_{O_2} را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

$$V_{O_d} = \left| V_{O_1} - V_{O_2} \right|$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵-۴-۴ نتایج آزمایش

آن چــه را که تا کنون فراگرفته اید به طور خلاصه شــرح دهید.

۵-۵ تقویت‌کننده عملیاتی (Operational amplifier) :

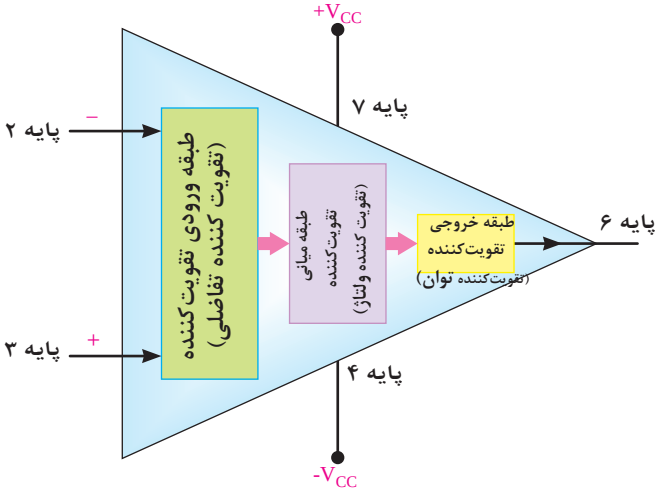
تقویت‌کننده‌هــای عملیاتــی به صورت هــای مختلف و پیچیده ای ساخته می‌شوند که از سه قسمت اصلی به شرح زیر تشکیل شده است :

الف) تقویت‌کننده تفاضلی (طبقه ورودی)

ب) تقویت‌کننده ولتاژ (طبقه میانی)

ج) تقویت‌کننده توان خروجی(طبقه خروجی)

در شــکل ۱۲-۵ بلــوک دیاگــرام مــدار داخلــی یــک تقویت‌کننده عملیاتی نشان داده شده است .



شکل ۱۲-۵ بلوک دیاگرام مدار داخلی تقویت‌کننده عملیاتی

تقویت‌کننده عملیاتی را بــه اختصار Op amp می‌نامند. تقویت‌کننده عملیاتی دارای دو ورودی و یک خروجی است. ورودی تقویت‌کننــده عملیاتی که با علامت منفی مشــخص شده است را ورودی معکوس‌کننده (inverting) می‌نامند. چنان چه سیگنالی به ورودی معکوس‌کننده داده شود،سیگنال تقویــت شــده با ۱۸۰ درجــه اختلاف فــاز در خروجی ظاهر می‌شود. ورودی دیگر که با علامت مثبت مشخص شده است راورودی‌غیرمعکوس‌کننــده (Non inverting) می‌نامند و چنان چه ســیگنالی به ورودی غیــر معکوس‌کننده بدهیم ، ســیگنال بدون اختلاف فاز و تقویت شــده در خروجی ظاهر می‌شود .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵-۶ تقویت‌کننده عملیاتی ایده آل

یک تقویت‌کننده عملیاتی ایده آل دارای مشخصاتی به شرح زیر است :

الف) مقاومت ورودی بی نهایت.

ب) مقاومت خروجی صفر.

ج) بهره ولتاژ بی نهایت .

د) بهره جریان بی نهایت .

تقویت‌کننده عملیاتی ایده آل ، در عمل وجود ندارد ولی کارخانه های سازنده سعی می کنند تا حد امکان به این ضرایب نزدیک شوند. تقویت‌کننده های عملیاتی به صورت مدارهای مجتمع (یک پارچه IC) عرضه می‌شوند که یکی از معمول ترین آن ها باشماره μA۷۴۱ است .آی سی μA۷۴۱ دارای مشخصات به شرح زیر است :

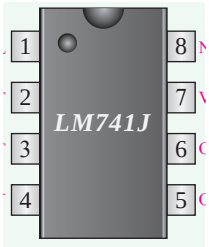
R_I = ۲ MΩ مقاومت ورودی

R_O = ۵۰ Ω مقاومت خروجی

A_V = ۲ × ۱۰^۵ بهره ولتاژ

$A_I = ۵\times۱۰^۹$ = بهره جریان

در شکل ۱۳ - ۵ پایه های این نوع تقویت‌کننده عملیاتی که به صورت ۸ پایه ساخته شده را مشاهده می کنید.



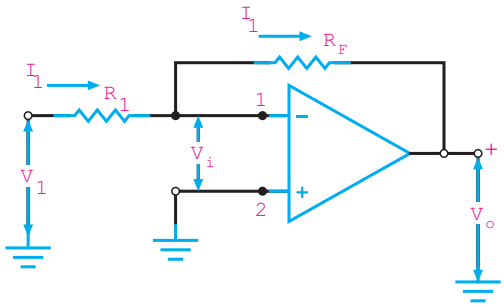
شکل ۱۳-۵ مشخصات پایه های تقویت‌کننده μA ۷۴۱

● کاربردهای تقویت‌کننده عملیاتی

تقویت‌کننده‌های عملیاتی کاربردهای متنوعی دارند. در این قسمت چند نمونه کاربردهای مهم آن را بررسی می‌کنیم.

۵-۷ تقویت‌کننده عملیاتی معکوس‌کننده (باضریب تقویت منفی)

مدار شکل ۱۴-۵ یک تقویت‌کننده معکوس‌کننده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴-۵ تقویت‌کننده معکوس‌کننده

دراین مدار Vi تقریباً صفر است و پایانه شماره یک تقویت‌کننده به صورت مجازی زمین شده است. این پایه واقعاً به زمین اتصال کوتاه نشده ولی در پتانسیل زمین (صفر) قرار دارد. زیرا با توجه به این که بهره ولتاژ تقویت‌کننده در حالت ایده‌آل بی نهایت است داریم :

$$A_V = \frac{V_O}{V_i} = \infty \quad \text{بی نهایت}$$

در یک تقویت‌کننده تفاضلی سیگنال ورودی (Vi) برابر با $Vi^+ - Vi^-$ است .

$$A_V = \frac{V_O}{V_i^+ - V_i^-}$$

$$V_i^+ - V_i^- = \frac{V_O}{A_V}$$

اگر بهره ولتاژ را بی نهایت قرار دهیم:

$$V_i^+ - V_i^- = \frac{V_O}{\infty} = ۰$$

پس داریم:

$$V_i^+ - V_i^- = ۰$$

$$V_i^+ = V_i^-$$

با توجه به این که Vi^+ به زمین الکتریکی وصل است یعنی $V_i^+ = ۰$ لذا $V_i^- = ۰$ است و ورودی منفی تقویت‌کننده

CarGeek.Live

CarGeek.Live

(پایانه شماره یک)در پتانسیل صفر است .

بـا توجه به این نکته می‌توانیم جریـان عبوری از R_1 را از رابطه زیر به دست آوریم :

$$I_1 = \frac{Vi}{R_1}$$

در ایـن حالـت امپدانـس ورودی که توسـط منبع دیده می‌شود مساوی مقاومت R_1 است :

$$R_i = R_1$$

از طرفـی چـون امپدانـس ورودی دیـده شـده از پایانه شـماره یک ، بی نهایت اسـت جریـان I_1 از مقاومت R_F نیز عبور می کند. در این شـرایط ولتاژ خروجی از رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$V_O = -I_1 R_f$$

با توجه به مقادیر V_i و V_O می‌توانیم بهره ولتاژ را به دست آوریم:

$$A_V = \frac{V_O}{V_i} = \frac{-I_1 R_f}{I_1 R_1}$$

با حذف جریان I_1 از رابطه بالاخواهیم داشت:

$$A_V = \frac{-R_f}{R_1}$$

علامت منفی نشان دهنده این است که قطب ولتاژ خروجی مخالف قطب ورودی است و به عبارت دیگر ولتاژ خروجی با ورودی ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارد.

نکته مهم:

توجه داشـته باشـید که پایه شـماره یک، از نظر پتانسـیل با زمین هم پتانسـیل است ولی به دلیل اتصال کوتاه نبـودن با زمین ، دارای مقاومت بی‌نهایت است .

مثال ۱: یک تقویت کننـده عملیاتی معکوس کننده، در صورتـی که دارای امپدانس ورودی $1K\Omega$ و بهره ولتاژ ۲۵- باشد مقدار R_F را محاسبه کنید ونقشه مدار را بکشید.

حل :

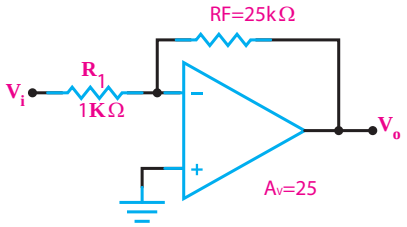
$$R_i = 1k\Omega, A_V = 25$$

چون تقویت کننده عملیاتی معکوس کننده است بهره ولتاژ آن از رابطه زیر به دست می آید:

$$A_V = \frac{-R_f}{R_1}$$

$$-25 = \frac{-R_f}{1k\Omega} \rightarrow R_f = 25k\Omega$$

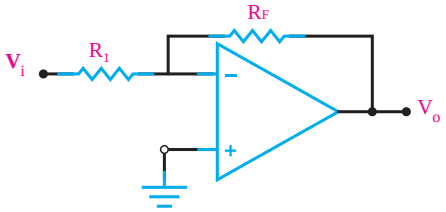
نقشه مدار به شکل زیر است :



شکل ۱۵-۵ تقویت‌کننده عملیاتی معکوس‌کننده

۱-۷-۵ بافر منفی

در تقویت کننده علمیاتی معکوس کننده شکل ۱۶-۵، R_F مسـاوی R_1 و مسـاوی R انتخاب کرده ایم در این مدار بهره ولتاژ برابر ۱- می‌شـود. این تقویت کننده را **تقویت کننده عملیاتی با ضریب تقویـت منفی یک** می‌نامند . دامنه سـیگنال خروجی در این نوع تقویت کننده با سیگنال ورودی برابر اسـت و در فاز مخالف قراردارد . از مدار بافر برای عمل تطبیق امپدانس استفاده می کنند.



شکل ۱۶-۵ مدار بافر منفی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸-۵آزمایش شماره ۲

تقویت‌کننده‌عملیاتی معکوس‌کننده

زمان اجرا : ۲ ساعت آموزشی

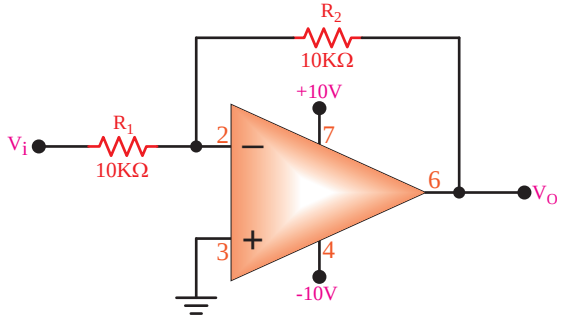
۵-۸-۱ هدف آزمایش : بررسی عملی مدار تقویت کننده عملیاتی معکوس کننده (با ضریب تقویت منفی)

۵-۸-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	سیگنال ژنراتورصوتی	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه DC	یک دستگاه
۳	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۴	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۵	تقویت‌کننده‌ی عملیاتی ۷۴۱	یک عدد
۶	مقاومت‌های ۴۷kΩو۲۲kΩ ، ۱۰۰kΩ ($\frac{1}{2}$) وات	از هر کدام یک عدد
۷	مقاومت ۱۰kΩ ($\frac{1}{2}$) وات	دو عدد
۸	بردبرد	یک قطعه
۹	سیم‌رابط‌دوسرگیره سوسماری	به مقدار کافی
۱۰	سیم‌رابط‌یک‌سرگیره سوسماری	به مقدار کافی
۱۱	سیم رابط معمولی	به مقدار کافی

۵-۸-۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل ۵-۱۷ را روی برد برد ببندید.



شکل ۵-۱۷ تقویت‌کننده منفی op -Amp

■ مولتی متر را روی حالت ولت متر DC تنظیم کنید.

■ به وسیله مولتی متر DC ، ولتاژ پایه های آی سی را نسبت به شاسی (زمین) در حالتی که سیگنال ورودی وجود ندارد، اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

جدول ۵-۳

V_2	V
V_3	V
V_4	V
V_5	V
V_6	V
V_7	V

■ سیگنال ژنراتور را روی سیگنال سینوسی با فرکانس یک کیلو هرتز تنظیم کنید

■ سیگنال سینوسی را به ورودی مدار وصل کنید.

■ اسیلوسکوپ را طبق تنظیمات انجام شده برای آزمایش اول تنظیم کنید.

■ دو کانال اسیلوسکوپ را به ورودی وخروجی مدار وصل کنید.

■ مقاومت R_2 را طبق جدول ۵-۴ تغییر دهید و هر بار دامنه پیک تو پیک ورودی و خروجی مدار و اختلاف فاز ولتاژهای V_OوV_i را اندازه بگیرید و در جدول ۵-۴ یادداشت کنید.

جدول ۵-۴

R_2	۱۰k	۲۲k	۴۷k	۱۰۰k
V_O				
V_i				
$A_V = \frac{V_O}{V_i}$				
φ				

■ با توجه به مقادیر V_OوV_i در جدول ۵-۴ مقدار بهره ولتاژ را در هر مرحله محاسبه کنید و در جدول۵-۴ بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

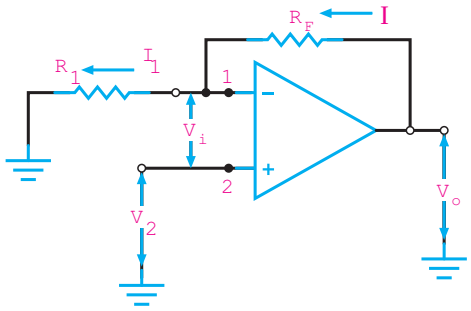
سوال ۳: با توجه به مقادیر V_O و V_i در کدام حالت تقویت‌کننده به مدار بافر منفی تبدیل می‌شود ؟ در این حالت A_V چه قدر است ؟ توضیح دهید.

۵-۸-۴ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

۵-۹ تقویت‌کننده عملیاتی غیرمعکوس‌کننده (با ضریب تقویت مثبت)

در شکل ۱۸-۵ یک تقویت‌کننده عملیاتی غیر معکوس‌کننده نشان داده شده است.



شکل ۱۸-۵ تقویت‌کننده عملیاتی غیر معکوس‌کننده

ولتاژ ورودی $V_۲$ بین زمین و پایه شماره ۲ یعنی به ورودی غیر معکوس‌کننده داده شده است. در این مدار ، سیگنال خروجی با سیگنال ورودی هم فاز است. اگر ولتاژ ورودی V_i را تقریباً صفر در نظر بگیریم، چون هیچ جریانی به تقویت‌کننده وارد یا از آن خارج نمی‌شود هر جریانی که از $R_۱$ عبور می کند از R_F هم عبور می کند. چون انتهای سمت چپ $R_۱$ زمین شده است ، ولتاژ خروجی V_O مجموع افت ولتاژ های دو سر مقاومت $R_۱$ و R_F است.

مطابق آن چه که قبلاً بیان شده است.

$$V_i^- = V_i^+$$

وچون $V_i^+ = V_i$ است لذا :

$$V_i^- = V_i$$

با توجه به این که مقاومت ورودی op -Amp در حالت ایده آل بی نهایت است، لذا جریان ورودی آن در حالت ایده‌آل صفر است. می‌توان حلقه زیر را در نظر گرفت :

$$-V_O + R_f I + R_۱ I = ۰$$
$$V_O = (R_f + R_۱) I$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ازطرفی جریان I_1 که همان جریان I است از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$I_1 = I = \frac{V_i}{R_1}$$

با جایگزینی این رابطه به جای جریان داریم:

$$V_O = (R_f + R_1) \times \frac{V_i}{R_1}$$

$$A_V = \frac{V_O}{V_i} = \frac{R_f + R_1}{R_1}$$

$$A_V = \frac{R_f + R_1}{R_1}$$

$$A_V = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

امپدانس ورودی تقویت‌کننده غیر معکوس‌کننده از تقویت‌کننده معکوس‌کننده بسیار زیادتر است ، چون تقریباً هیچ جریانی از پایه شماره ۲ نمی‌گذرد .

مثال ۲ : اگر درتقویت‌کننده غیر معکوس‌کننده،بهره ولتاژ برابر با ۱۰ و مقاومت R_1 برابر با یک کیلو اهم باشد ، مقدار مقاومت R_f را به دست آورید و نقشه فنی مدار را بکشید .

حل :

$$A_V = \frac{R_f + R_1}{R_1}$$

با جایگزین کردن مقدار A_V و R_1 داریم :

$$10 = \frac{R_f + 1}{1} \rightarrow \frac{10}{1} = \frac{R_f + 1}{1}$$

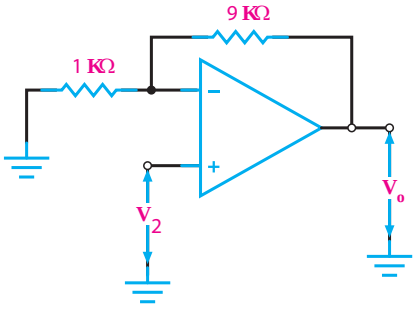
طرفین وسطین می کنیم :

$$10 \times 1 = (R_f + 1) \times 1$$

$$10 = R_f + 1 \rightarrow 10 - 1 = R_f$$

$$\boxed{R_f = 9k\Omega}$$

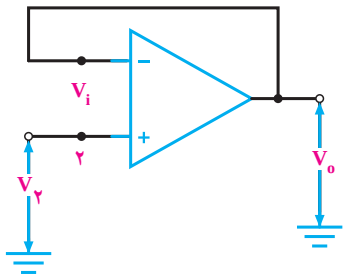
مدار نهایی به صورت شکل ۱۹-۵ در می‌آید :



شکل ۱۹- ۵ ترسیم مدار تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده

۱-۹-۵ بافر مثبت

مدار شکل ۲۰-۵ یک بافر مثبت است . سیگنال ورودی به ترمینال ۲ داده می‌شود. یک ولتاژ خروجی هم فاز با ورودی تولید می کند . خروجی هم مستقیماً به ترمینال ۱ متصل شده است، بنابراین در همان پتانسیل ترمینال ۱ قرار دارد و چون ترمینال ۱ تقریباً همیشه در همان پتانسیل ترمینال ۲ قرار دارد، مقدار $V_i = 0$ می‌شود. پس ولتاژ خروجی همان مقدار ولتاژ ورودی است، بنابراین بهره ولتاژ مدار برابر با یک می‌شود .



شکل ۲۰-۵ مدار بافر مثبت

دسترسی به دانش فنی هر موضوعی ، موجب حرکت به سوی خودکفایی و پیشرفت کشور می‌شود. سعی کنید نگاه فنی به گونه‌ای باشد که در آینده به دانش فنی مورد نیاز برسید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵-۱۰ آزمایش شماره‌ی ۳

مدار تقویت‌کننده‌ی عملیاتی غیر معکوس‌کننده

زمان اجرا : ۲ ساعت آموزشی

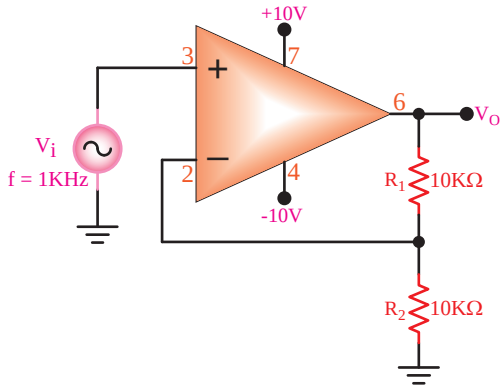
۵-۱۰-۱ هدف آزمایش : بررسی عملی مدار تقویت‌کننده عملیاتی غیر معکوس‌کننده (باضریب تقویت مثبت).

۵-۱۰-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات‌و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	سیگنال ژنراتورصوتی	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه DC	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A و ۳۰V-۰	یک دستگاه
۴	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۵	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۶	تقویت‌کننده‌ی عملیاتی ۷۴۱	یک عدد
۷	مقاومت‌های۱۰۰kΩو ۴۷kΩ، ۲۲kΩ ($\frac{1}{2}$) وات	از هر کدام یک عدد
۸	مقاومت ۱۰kΩ ($\frac{1}{2}$) وات	دو عدد
۹	بردبرد	یک قطعه
۱۰	سیم‌رابط‌دوسرگیره سوسماری	به اندازه کافی
۱۱	سیم‌رابط‌یک‌سرگیره سوسماری	به اندازه کافی
۱۲	سیم‌رابط‌معمولی	به اندازه کافی

۵-۱۰-۳ مراحل اجرای آزمایش :

■ مدار شکل ۵-۲۱ را روی برد آزمایشگاهی ببندید.



شکل ۵-۲۱ تقویت‌کننده عملیاتی با ضریب تقویت مثبت

■ مولتی متررا روی حالت ولت متر DC تنظیم کنید .

■ به وسیله مولتی متر DC، ولتاژ پایه های آی سی را نسبت به شاسی (زمین) در حالت بدون سیگنال ورودی اندازه بگیرید و در جدول ۵-۵ یادداشت کنید .

جدول ۵-۵

ولتاژ پایه V_2	V
ولتاژ پایه V_3	V
ولتاژ پایه V_4	V
ولتاژ پایه V_6	V
ولتاژ پایه V_7	V

■ سیگنال ژنراتور را روی سیگنال سینوسی با فرکانس ۱کیلو هرتز تنظیم کنید.

■ سیگنال سینوسی رابه ورودی مدار وصل کنید.

■ اسیلوسکوپ را طبق تنظیمات انجام شده در آزمایش اول تنظیم کنید.

■ دوکانال اسیلوسکوپ را به ورودی و خروجی مدار وصل کنید.

■ مقاومت R_1 را طبق جدول ۵-۶ تغییر دهید و هر بار

CarGeek.Live

CarGeek.Live

دامنه پیک تو پیک سیگنال های ورودی و خروجی مدار و اختلاف فاز ولتاژ های V_o و V_i را اندازه بگیرید و در جدول ۶-۵ یادداشت کنید .

جدول ۶-۵

R_1	۱۰k	۲۲k	۴۷k	۱۰۰k
V_O				
V_i				
$A_V = \frac{V_O}{V_i}$				
φ				

مقدار بهره ولتاژ را در هر مرحله محاسبه کنید و در جدول ۶-۵ بنویسید .

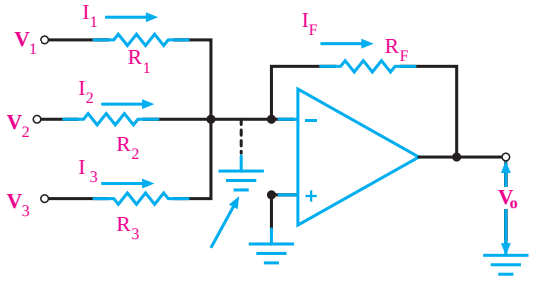
۵-۱۰-۴ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید .

۵-۱۱ مدار جمع کننده

یکی دیگر از کاربردهای مفید تقویت کننده عملیاتی ، مدار جمع کننده است، این مدار دارای دو یا چند ورودی و یک خروجی است. برای مثال مدار شکل ۵-۲۲ یک جمع کننده باسه ورودی را نشان می‌دهد. هر یک از ولتاژها V_1 ، V_2 و V_3 به ترتیب باعث عبور جریان هایی از داخل مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 می‌شوند .

طبق قانون کریشهف ، مجموع جریان های ورودی به یک اتصال باید مساوی جریان های دور شونده از آن باشد، بنابراین جریانی که از مقاومت R_f عبور می کند ، برابر با جمع جبری سه جریان ورودی است .



شکل ۵-۲۲ جمع کننده

همچنین ، ولتاژ خروجی برابر با جمع جبری سه ولتاژ ورودی با یک دیگر است زیرا :

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}, I_2 = \frac{V_2}{R_2}, I_3 = \frac{V_3}{R_3}$$

$$I_F = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_O = -R_F I_F$$

$$V_O = -R_F\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}\right)$$

در شرایط خاص ، چنان چه $R_F = R_1 = R_2 = R_3$ باشد داریم :

$$V_O = -(V_1 + V_2 + V_3)$$

مثال ۳: ولتاژ خروجی مدار شکل ۲۳ - ۵چه قدر است ؟

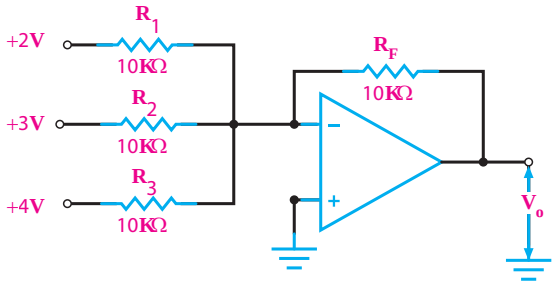
حل:

چون کلیه مقاومت ها برابرند بنابراین ولتاژ خروجی برابر با مجموع ولتاژ های ورودی خواهد بود:

$$V_O = -(۲ + ۳ + ۴) = -۹$$

CarGeek.Live

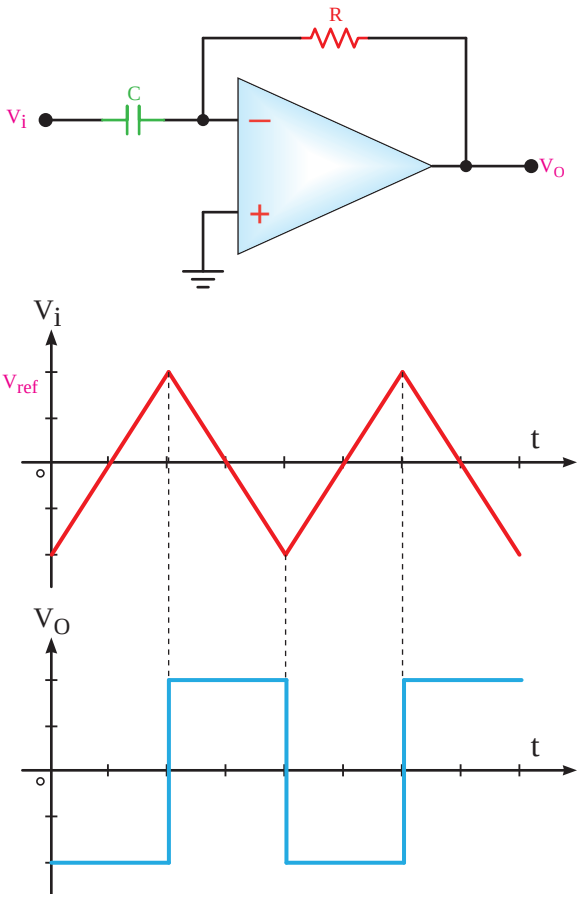
CarGeek.Live



شکل ۲۳-۵ جمع کننده ولتاژ برای مثال ۳

۱۲-۵ مدار مشتق گیر (تغییر دهنده‌ی شکل موج)

مدارهای مشتق گیر مدارهایی هستند که از شکل موج ورودی (تابع ورودی) مشتق می گیرند به عبارت دیگر شکل موج ورودی را تغییر شکل می‌دهند. برای مثال اگر به ورودی شکل ۲۴-۵ ولتاژ مثلثی داده شود در خروجی آن ولتاژ مربعی که همان مشتق ولتاژ ورودی است ظاهر می‌شود.



شکل ۲۴-۵ مدار مشتق گیر

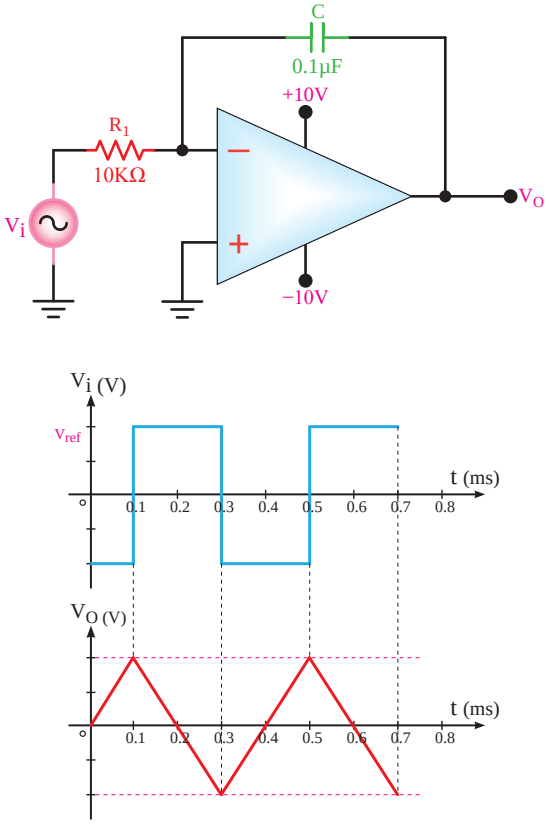
نکته مهم:

تغییر شکل موج توسط عملیات ریاضی مشتق انجام می‌شود و روابط خاصی را دارد که وارد بحث آن نمی‌شویم. مثلاً مشتق تابع $y = ax$ را با y' نشان می‌دهیم که برابر $y' = a$ می‌شود. مشتق تابع $y = a$ به صورت $y' = 0$ در می‌آید.

۱۳-۵ مدار انتگرال گیر یا تغییر دهنده شکل موج

عکس عمل مشتق گیری را عمل انتگرال گیری می‌نامند. یعنی اگر مشتق یک تابع داده می‌شود، برای تعیین اصل تابع باید از آن انتگرال بگیریم . عمل انتگرال گیری را می‌توان توسط مدارهای الکترونیکی انجام داد، شکل ۲۵-۵.

هنگامی که از موجی انتگرال یا مشتق می گیریم شکل آن تغییر می کند ، به این سبب به این گونه مدارها ، مدارهای تغییر دهنده شکل موج می گویند.



شکل ۲۵-۵ مدار انتگرال گیر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵-۱۴ آزمایش شماره ۴

مدار جمع کننده

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

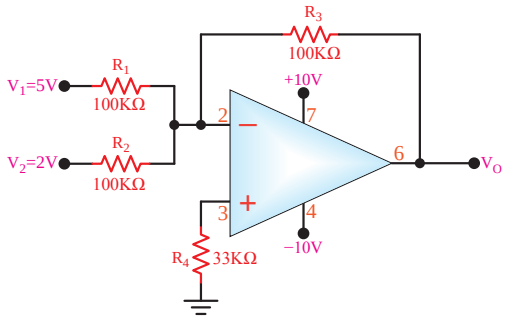
۵-۱۴-۱ هدف آزمایش : بستن مدار جمع کننده و بررسی عملی آن.

۵-۱۴-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه DC	یک دستگاه
۲	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	بردبرد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	مقاومت ۱۰۰kΩ ($\frac{۱}{۲}$ وات)	سه عدد
۵	مقاومت ۳۳kΩ ($\frac{۱}{۲}$ وات)	یک عدد
۶	پتانسیومتر ۵۰kΩ ($\frac{۱}{۲}$ وات)	دو عدد
۷	آی سی ۷۴۱	یک عدد
۸	سیم رابط دوسرگیره سوسماری	به مقدار کافی
۹	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	به مقدار کافی
۱۰	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	به مقدار کافی

۵-۱۴-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- مدار شکل ۵-۲۶ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.
- درصورت نداشتن وقت کافی، از برد آماده استفاده کنید.



شکل ۵-۲۶ جمع کننده با op - Amp

- با استفاده از دوپتانسیومتر ۵۰ کیلواهم، ولتاژهای $V_1 = ۵\ V$ و $V_2 = ۲\ V$ را از منبع تغذیه $V_{CC} = ۱۰\ V$ تهیه کنید و به ورودی V_1 و V_2 وصل کنید .
- مولتی متر دیجیتالی را روی رنج ولت متر DC تنظیم کنید.
- توسط ولت متر DC ، ولتاژ خروجی مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_O = ...V$

- با تغییر پتانسیومترهای ۵۰ کیلو اهم ، ولتاژ $V_1 = ۳V$ و $V_2 = ۴V$ انتخاب کنید.
- در این حالت ، توسط ولت متر DC ، ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

$V_O = ...V$

سوال ۴: آیا می توان نتیجه گرفت در هر مرحله ، مقدار ولتاژ خروجی از مجموع ولتاژهای ورودی به دست می آید؟ توضیح دهید.

سوال ۵ : چگونه می توان یک مدار جمع کننده را با دو ورودی به یک مدار تفریق کننده تبدیل کرد ؟ با رسم شکل شرح دهید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵-۱۴-۴ نتایج آزمایش

آن چـه را که درایـن آزمایش فرا گرفته ایـد به اختصار شرح دهید.

۵-۱۵ آزمایش شماره۵

مدار مشتق گیر

زمان اجرا: ۲ساعت آموزشی

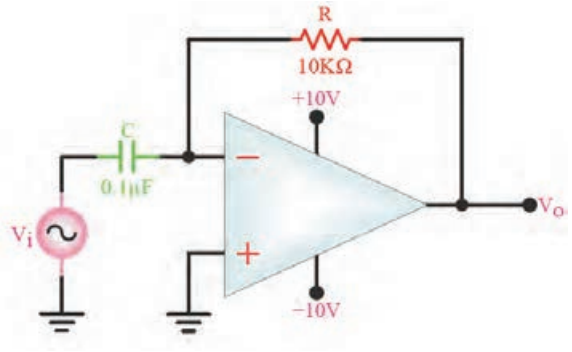
۵-۱۵-۱ هدف آزمایش: بررسی‌عملی مدار مشتق گیر

۵-۱۵-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات‌و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه دوبل	یک دستگاه
۲	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	بردبرد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۵	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۶	مقاومت $10k\Omega$ ($\frac{1}{2}$ وات)	یک عدد
۷	خازن $0/1\mu f$	یک عدد
۸	آی سی ۷۴۱	یک عدد
۹	سیم‌رابط‌دوسرگیره سوسماری	به مقدار کافی
۱۰	سیم‌رابط‌یک‌سرگیره سوسماری	به مقدار کافی
۱۱	سیم‌رابط‌معمولی ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی

۵-۱۵-۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل ۵-۲۷ را روی برد برد ببندید.



شکل ۵-۲۷ مدار عملی مشتق‌گیر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ سیگنال ژنراتور صوتی را روی شکل موج مثلثی تنظیم کنید.

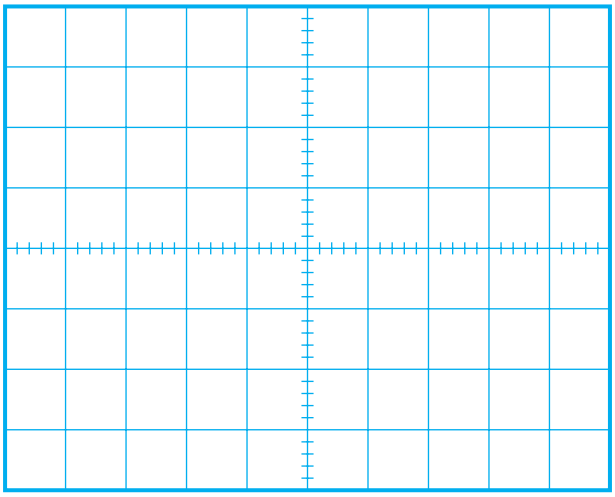
■ دامنه این موج ورودی را روی یک ولت تنظیم کنید.

■ فرکانس موج ورودی را روی یک کیلو هرتز تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را تنظیم کنید.

■ یک کانال اسیلوسکوپ را به ورودی مدار و یک کانال دیگر اسیلوسکوپ را به خروجی مدار وصل کنید.

■ شکل موج های ورودی و خروجی رابا مقیاس مناسب روی نمودار شکل ۲۸-۵ رسم کنید.



شکل ۲۸-۵ شکل موج ولتاژهای ورودی و خروجی مدار مشتق‌گیر

$Volt/Div = ۰/۲V$

■ دامنه ولتاژ ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{in} = ...V$

$V_O = ...V$

سوال ۶: دامنه سیگنال ورودی را دو برابر کنید ، در این حالت دامنه سیگنال خروجی چه تغییری می کند ؟ توضیح دهید.

۵-۱۵-۴ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

۵-۱۶ آزمایش شماره ۶

مدار انتگرال گیر

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۵-۱۶-۱ هدف آزمایش : بررسی عملی مدار انتگرال گیر

۵-۱۵-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

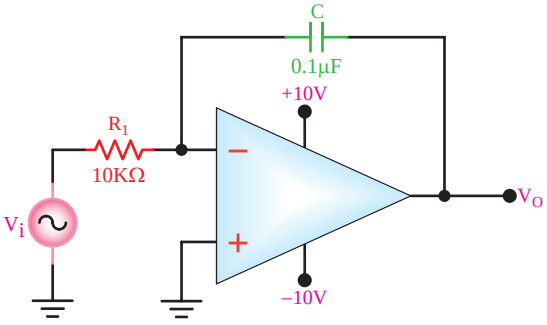
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه دوبل	یک دستگاه
۴	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۵	بردبرد آزمایشگاهی	یک قطعه
۶	تقویت کننده عملیاتی ۷۴۱	یک عدد
۷	مقاومت‌های ۱۰kΩ ، ۱MΩ (۱/۲ وات)	از هرکدام یک عدد
۸	خازن ۰/۱ µf	یک عدد
۹	سیم‌رابط دوسرگیره سوسماری	به مقدارکافی
۱۰	سیم‌رابط یک‌سرگیره سوسماری	به مقدارکافی
۱۱	سیم‌رابط معمولی ۵۰سانتی‌متری	به مقدارکافی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۱۶-۵ مراحل اجرای آزمایش

■مدار شکل ۲۹-۵ را روی برد برد ببندید.



شکل ۲۹-۵ مدار عملی انتگرال گیر

■مولتی متر دیجیتالی را روی رنج ولت متر DC تنظیم کنید .

■وقتی که $V_i = ۰$ است و سیگنال ژنراتور به آن وصل نیست ، به وسیله مولتی متر DC ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

$V_O = ...V$

سوال ۷: آیا تقویت‌کننده عملیاتی در ناحیه فعال است؟ توضیح دهید.

■یک مقاومت یک مگا اهم را با خازن موازی کنید.

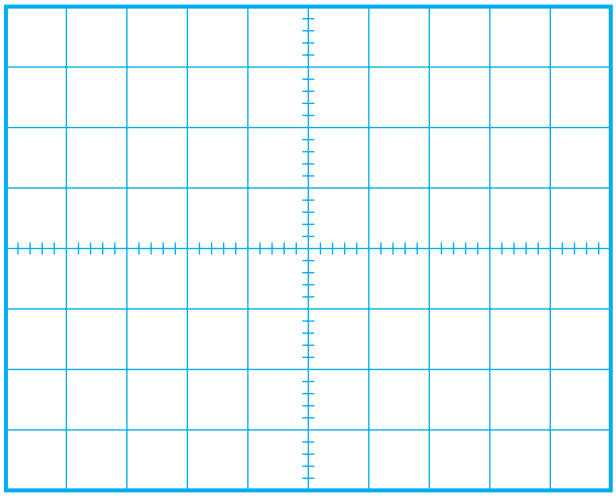
■سیگنال ژنراتور را روی موج مربعی با فرکانس ۱ کیلوهرتز و دامنه ۱ ولت تنظیم کنید.

■سیگنال ژنراتور را به ورودی مدار وصل کنید.

■تنظیمات اسیلوسکوپ را انجام دهید.

■کانال CH۱ اسیلوسکوپ را به ورودی مدار و کانال CH۲ اسیلوسکوپ را به خروجی مدار متصل کنید.

■شکل موج های ورودی و خروجی را باحفظ رابطه زمانی در نمودار شکل ۳۰-۵ با مقیاس مناسب رسم کنید .



شکل ۳۰-۵ شکل موج های ورودی و خروجی انتگرال گیر

$Volt / Div(CH_۱) = ...$

$Volt / Div(CH_۲) = ...$

■دامنه شکل موج های ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{in} = ...V$

$V_O = ...V$

■اختلاف فاز بین V_o و V_{in} را اندازه بگیرید ویادداشت کنید.

$\varphi = ...$ درجه

۴-۱۶-۵ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۵)

۱- مدار تقویت‌کننده تفاضلی را از نظر رفتار DC شرح دهید.

۲- چگونگی عملکرد تقویت‌کننده تفاضلی رادر AC به طور کامل و با رسم شکل موج ها شرح دهید.

۳- طبقه میانی یک تقویت کننده عملیاتی ، یک تقویت‌کننده ولتاژ است.

صحیح ❐ غلط ❐

۴- کدام یک از جملات زیر در مورد تقویت‌کننده عملیاتی ایده‌آل صحیح نیست؟

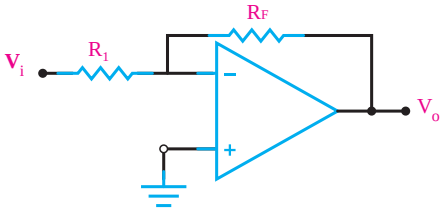
الف) مقاومت ورودی بی نهایت

ب) مقاومت خروجی بی نهایت

ج) بهره ولتاژ بی نهایت

د) بهره جریان بی نهایت

۵- بهره ولتاژ مدار شکل ۳۱-۵ چه قدر است؟



شکل ۳۱-۵

الف) $A_V = \frac{R_f}{R_1}$

ب) $A_V = \frac{-R_f}{R_1}$

ج) $A_V = \frac{R_f + R_1}{R_1}$

د) $A_V = 1$

۶- از مدار بافر منفی برای عمل تطبیق امپدانس استفاده می‌شود.

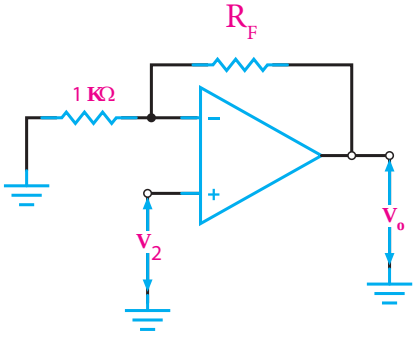
صحیح ❐ غلط ❐

۷- امپدانس ورودی تقویت‌کننده غیر معکوس کننده از تقویت‌کننده معکوس‌کننده بسیار زیادتر است.

صحیح ❐ غلط ❐

۸- بهره ولتاژ مدار بافر مثبت ، برابر..... است.

۹- در مدار شکل ۳۲-۵ در صورتی که بهره مدار ۲۰ باشد، مقدار مقاومت R_F را محاسبه کنید.



شکل ۳۲-۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۰- معمولاً به وسیله یک ..... می‌توان تقویت‌کننده تفاضلی را متعادل کرد.

الف) مقاومت متغیر

ب) سیم پیچ متغیر

ج) خازن متغیر

د) مقاومت ثابت

۱۱- تقویت‌کننده تفاضلی می‌تواند..... را تقویت کند.

الف) اختلاف بین دامنه سیگنال های ورودی

ب) اختلاف دامنه سیگنال های ورودی و زمین

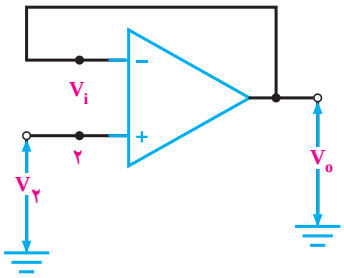
ج) اختلاف بین دامنه سیگنال های ورودی و ولتاژمبنا

د) مجموع دامنه سیگنال های ورودی و ولتاژ مبنا

۱۲- مدار مشتق گیر را رسم کنید و در صورتی که سیگنال مثلثی به ورودی آن اعمال شود ، شکل موج خروجی آن را رسم کنید.

۱۳- به مدارهای مشتق گیر و انتگرال گیر مدارهای..... شکل موج می گویند.

۱۴- بهره ولتاژ مدار شکل ۳۳-۵ زیر کدام است ؟



شکل ۳۳-۵

الف) AV = -۱

ب) AV = ۱

ج) AV = ∞

د) AV = ۰

۱۵- حذف سیگنال های مشترکی که به وسیله ی پارازیت به وجود می‌آید ، از مزایای این تقویت‌کننده است .

الف) تفاضلی

ب) عملیاتی

ج) بافر مثبت

د)مشتق گیر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بخش سوم

ساخت منبع تغذیه

هدف کلی :

بررسی عملکرد و نحوه‌ی ساخت منبع تغذیه

واحد کار	شماره توانایی	عنوان توانایی	زمان آموزش		
			نظری	عملی	جمع
U۶					
	۱۸	توانایی تجزیه و تحلیل و بررسی تنظیم‌کننده‌های ولتاژ	۶	۱۰	۱۶
	۲۱	توانایی کار برروی فیبرمدار چاپی	۳	۱۲	۱۵
		جمع کل	۹	۲۲	۳۱

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل ششم

تنظیم کننده های ولتاژ

هدف کلی :

بررسی عملکرد مدارهای تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ ترانزیستوری و مدار مجتمع

هدف های رفتاری : پس ازپایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۱- طرز کار مدار منبع تغذیه‌ی ساده را شرح دهد.

۲- طرز کار مدار تنظیم کننده‌ی ولتاژ ترانزیستوری را شرح دهد.

۳- کار برد مدار تنظیم کننده ولتاژ ترانزیستوری را عملاً مورد آزمایش قرار دهد.

۴- طرز کار مدار تنظیم کننده‌ی ولتاژ با استفاده از مدار مجتمع را شرح دهد.

۵- کاربرد مدار تنظیم کننده ولتاژ با استفاده از مدارهای مجتمع ۷۸۰۵ و ۷۹۰۵ را عملاً مورد آزمایش قرار دهد.

۶- برای درک بهتر مطلب از نرم افزارهای شبیه ساز استفاده کند.

۷- کلیه‌ی هدف‌های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که درفصل اول به‌آن‌ها اشاره شده است را در این فصل نیز اجرا کند.

توانایی شماره ۱۸	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	٦	١٠	١٦

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۶)

۱- دیود زنر معمولاً درباياس ..... کار می کند.

۲- طرز کار یک ترانزیستور PNP راشرح دهید.

۳- مشخصات کلی یک تقویت کننده را نام ببرید.

۴- رابطه‌ی مربوط به محاسبه‌ی توان تلف شده در یک ترانزیستور را بنویسید.

۵- تفاوت بین ترانزیستور BJT و JFET را شرح دهید.

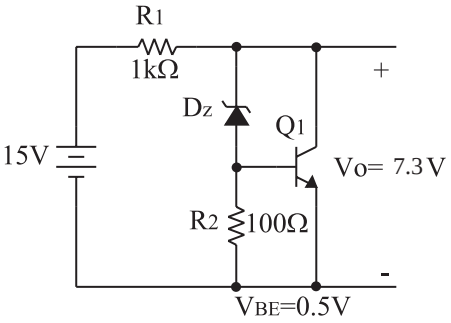
۶- در شکل زیر ولتاژ شکست دیود زنرچند ولت است؟

الف) ۶/۸

ب) ۷/۴

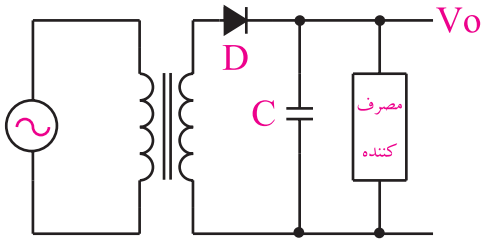
ج) ۸/۴

د) ۳/۹

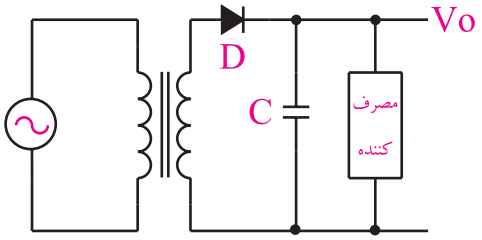


۷- مدار یک منبع تغذیه با استفاده از یک سوساز نیم موج و صافی خازنی را رسم کنید.

۸- در مدار منبع تغذیه ی شکل زیر وظیفه ی ترانسفورماتور، دیود و خازن را شرح دهید.



۹- معایب مدار منبع تغذیه شکل زیر را شرح دهید.



CarGeek.Live

CarGeek.Live

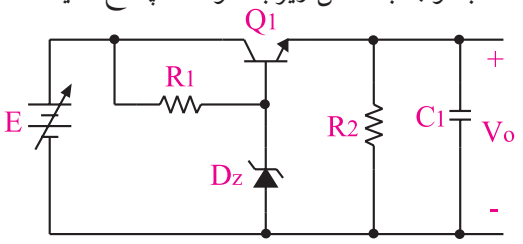
۱۰- ویژگی‌های یک منبع تغذیه‌ی ایده ال را توضیح دهید.

۱۱- آی سی رگولاتور ۷۸۰۵ یک رگولاتور ۵ ولتی از نوع منفی است.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۲- مدار یک نمونه تنظیم‌کننده ی ولتاژ از نوع سری را رسم کنید.

۱۳- با توجه به شکل زیر به سوالات پاسخ دهید .

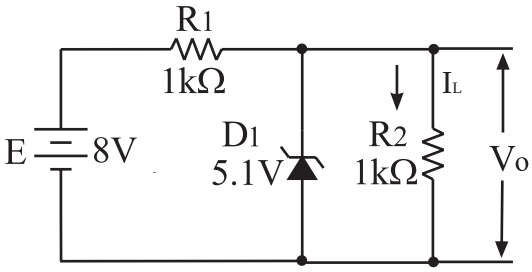


الف) نام مدار را بنویسید.

ب) وظیفه دیود زنر ، ترانزیستور ، مقاومت R_1 و خازن C_1 را شرح دهید .

ج) اگر به هر دلیلی ولتاژ خروجی کم شود ، عملکرد مدار را تشریح کنید.

۱۴- در شکل زیر ، مقدار V_o و I_L را محاسبه کنید.

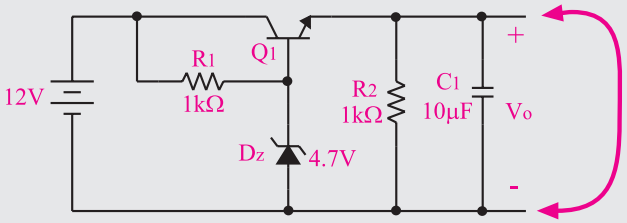


CarGeek.Live

CarGeek.Live

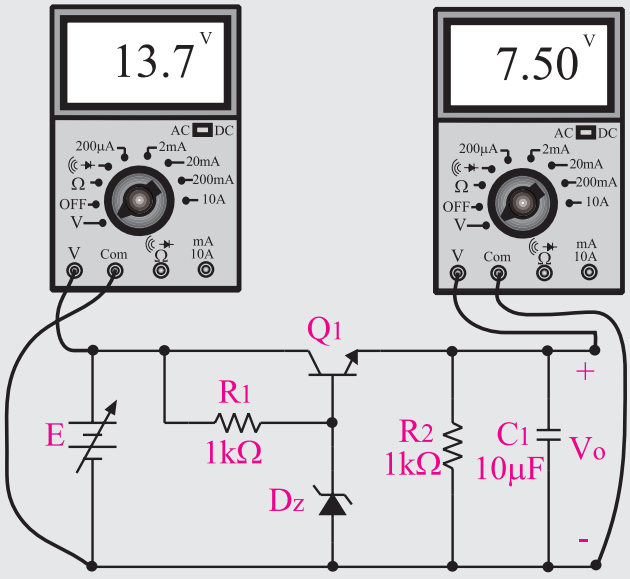
نکات ایمنی فصل (٦)

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



۲- هنگام بستن مدار ، پایه های ترانزیستور را به طورصحیح در مدار قرار دهید . برای این کار باید قبل از شروع کار پایه های ترانزیستور را شناسایی کنید.

۳- هنگام اندازه‌گیری ولتاژ خروجی تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ ، چنان چه مولتی‌متر یا ولت‌متر شما از نوع عقربه‌ای است هنگام اندازه‌گیری ولتاژ ، حوزه‌ی کارسلکتور ولتاژ ولت‌متر یا مولتی‌متر را درست انتخاب کنید و به ورودی ولت‌متر یا مولتی‌متر توجه داشته باشید تا عقربه پس نزند. اگر با مولتی‌متر دیجیتالی کار می‌کنید سعی کنید کلید ولت‌متر را در حوزه‌ی کار اتوماتیک (خودکار) قرار دهید.



CarGeek.Live

CarGeek.Live

۶-۱ منابع تغذیه

در اکثر مدارها و دستگاه‌های الکترونیکی برای تامین قدرت خروجی و توان مصرفی دستگاه ، به منابع تغذیه نیازمندیم.

این منابع می‌تواند از نوع منبع ولتاژ یا منابع جریان باشند.

منابع تغذیه ، ولتاژ AC مورد نیاز را از برق شهر دریافت می‌کنند و پس از تبدیل به ولتاژ DC بادامنه مورد نیاز ، آن را به بار می‌رسانند. چنان چه جریان بار (مصرف کننده) ، ولتاژ ورودی منبع تغذیه یا شرایط محیط (درجه حرارت) تغییر کند ولتاژ خروجی تغییرمی‌کند. اثر تغییر ولتاژ خروجی منبع تغذیه روی دستگاه هایی مانند وسایل آزمایشگاهی ، مدارهای کامپیوتر و سیستم‌های ناوبری پرواز هواپیما محسوس بوده وممکن است موجب بروز حوادث ناگوار شود.

برای رفع اشکالات ناشی از تغییر ولتاژ خروجی ، باید ولتاژ خروجی منابع تغذیه را تثبیت کنیم. برای این منظور از رگولاتورها یا تنظیم‌کننده‌های ولتاژ استفاده می‌کنیم.

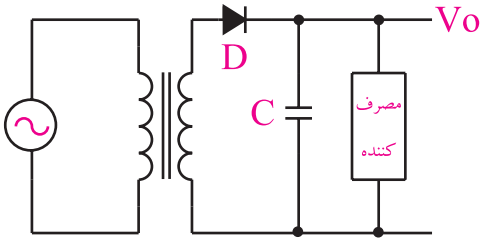
منبع تغذیه یکی از اساسی ترین قسمت هر دستگاه الکترونیکی است که وظیفه تامین ولتاژ مدارهای الکترونیکی را برعهده دارد.

رگولاتورهای اولیه ساخته شده، از نوع رگولاتور زنراست .درباره‌ی این رگولاتور در کتاب الکترونیک پایه بحث کرده‌ایم.

از ترکیب رگولاتور زنر با عناصری دیگری مانندترانزیستور و تقویت‌کننده‌های عملیاتی، مدارهای رگولاتور سری وموازی شکل می‌گیرد. هم چنین رگولاتورهای مدرن استفاده شده در منابع تغذیه سوئیچینگ امروزه در مدارهای الکترونیکی کاربرد فراوانی دارند که بیان آن از بحث کتاب خارج است.

۶-۲ تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ

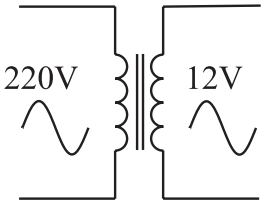
منبع تغذیه اساسی ترین قسمت هر دستگاه الکترونیکی است که وظیفه‌ی تامین ولتاژ مدارهای الکترونیکی را برعهده دارد. شکل ۶-۱ یک منبع تغذیه‌ی بسیار ساده را نشان می‌دهد.



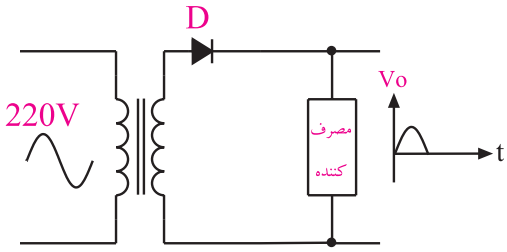
شکل ۶-۱ یک منبع تغذیه بسیار ساده

این منبع تغذیه از یک ترانسفورماتور ، یک دیود و یک خازن تشکیل شده است. وظیفه ترانسفورماتور تبدیل ولتاژ موجود مانند ولتاژ برق شهر به ولتاژ مورد نیاز دستگاه مثلاً ۱۲ ولت است. دیود ، نیم سیکل‌های منفی را حذف می کند وخازن عمل صاف کردن ولتاژ خروجی را برعهده دارد.

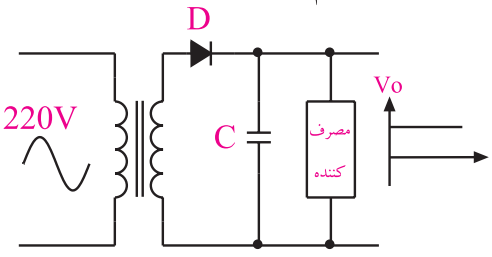
شکل ۶-۲ _الف ، ب و ج عملکرد هر قسمت را نشان می‌دهد.



الف – ترانسفورماتور ولتاژ موجود را به ولتاژ مورد نیاز تبدیل می کند



ب – دیود نیم سیکل های منفی را حذف می کند



ج – خازن ولتاژ خروجی را صاف می کند

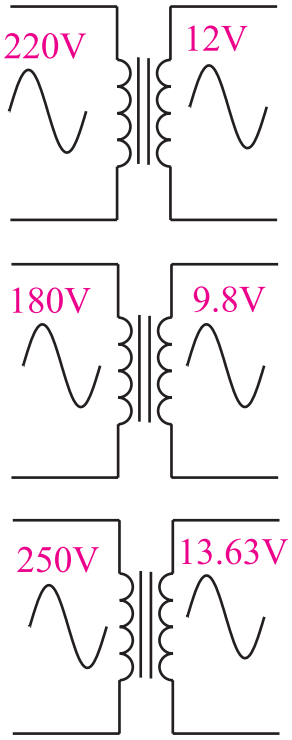
شکل ۶-۲ طرز کار قسمت‌های مختلف یک نمونه منبع تغذیه‌ی ساده

CarGeek.Live

CarGeek.Live

منبع تغذیه شـکل ۱-۶ با وجودی که ساده است هنوز در بعضی از مدارهای الکترونیکی کاربرد دارد. یکی از اشکالات منبع تغذیه شکل ۱-۶ این است که اگر ولتاژ ورودی کم شود ولتاژ خروجی V_O که در دو سـر مصرف‌کننده قرار می‌گیرد نیز کم می‌شـود. همچنیـن اگرولتاژ ورودی زیاد شـود ولتاژ خروجی نیز زیاد می‌شـود. بنابراین ولتـاژ خروجی تابع ولتاژ ورودی است و هر تغییری در ولتاژ ورودی ، ولتاژ خروجی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

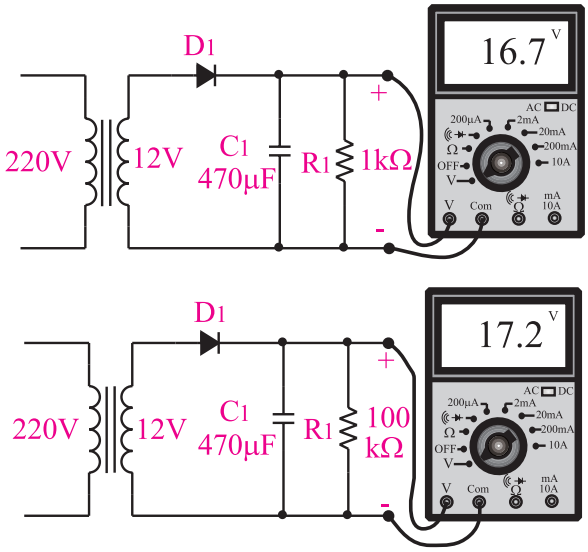
شـکل ۳-۶ اثر تغییرات ولتاژ ورودی را روی ولتاژ ثانویه یک ترانسفورماتور نشان می‌دهد .



شکل ۳-۶ اثر تغییر ولتاژ ورودی روی ولتاژ ثانویه ترانسفور ماتور

ولتاژ خروجی ترانسفورماتور بستگی به تعداد دور سـیم پیچ‌های اولیه و ثانویه آن دارد. هم چنین ولتاژ ثانویه به مقدار ولتاژ اولیه بستگی دارد .

از طرف دیگـر با وجود ثابت بودن ولتـاژ ورودی ،ولتاژ خروجی در اثر تغییر مقاومت بار(یعنی جریان مصرف کننده) نیز تغییـر قابل ملاحظه‌ای می کند. شـکل۴-۶ ولتاژ خروجی دوسردو نوع بار مختلف رابا ولتاژ ورودی ثابت نشان می‌دهد.



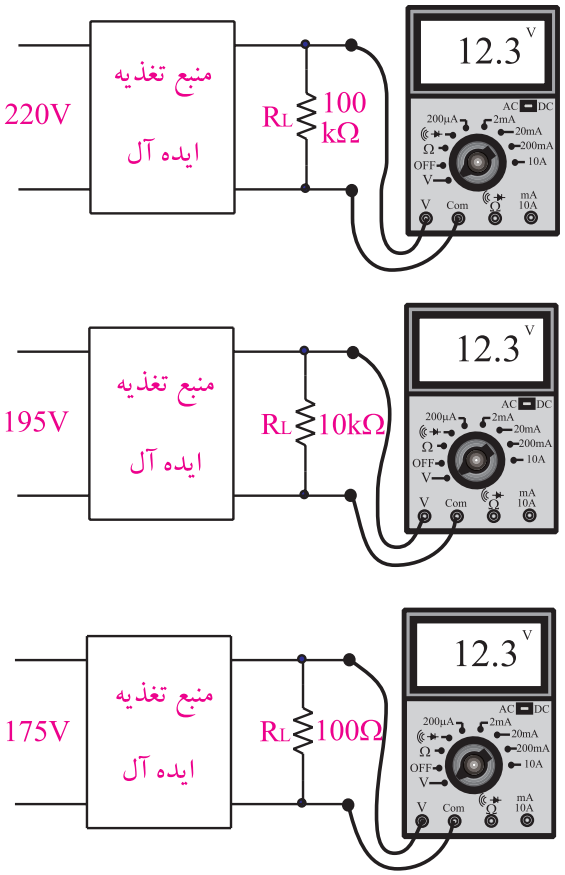
شکل ۴-۶ با زیاد شدن جریان مصرف کننده، ولتاژ دو سر بار کم تر می‌شود

ولتـاژ خروجی ترانسـفورماتور بسـتگی به جریان بـار دارد. هر قدر جریان بیشـتری از ثانویه ترانسـفور ماتور کشـیده شود، مقدار ولتاژ خروجی کم تر می‌شود.

همان طور که مشـاهده کردید ، بـا تغییر دو عامل جریان مصرف‌کننـده (مقاومت اهمی بار) و ولتـاژ ورودی ، ولتاژ خروجـی منبـع تغذیه تغییـر می‌کنـد. ولتـاژ خروجی یک منبـع تغذیه ایـده ال باید ثابت باشـد و با تغییـرات احتمالی ولتـاژ ورودی یا تغییرات جریان بار (مصـرف کننده) تغییر نکند. شـکل ۵-۶ عملکـرد یک منبع تغذیه ایده ال را نشـان می‌دهـد .در این مدارها ولتاژ ورودی و جریان بار تغییر کرده است ولی ولتاژ خروجی ثابت باقی مانده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۵-۶ اثر تغییر بار و تغییر ولتاژ ورودی درمنبع تغذیه ی ایده ال

درعمل منبع تغذیه کاملاً ایده ال 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. برای این منظور از رگولاتور استفاده می‌کنیم . تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ ، یک مدار الکترونیکی است که اگر به ورودی آن یک ولتاژ تنظیم نشده بدهیم، می‌توانیم از خروجی آن یک ولتاژ نسبتاً ثابت دریافت کنیم.

درمنبع تغذیه ایده ال ، تغییرات ولتاژ ورودی و جریان بار اثری روی ولتاژ خروجی ندارد یا تاثیر آن بسیار کم است.

استفاده از نرم افزار

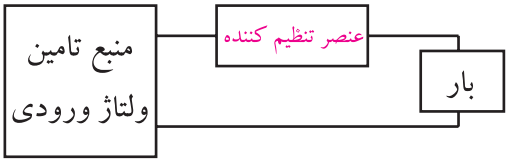
قابل توجه مربی محترم

با استفاده از نرم افزار مولتی سیم، مدار مربوط به منبع تغذیه را شبیه سازی کنید و برای هنرجویان به نمایش درآورید.

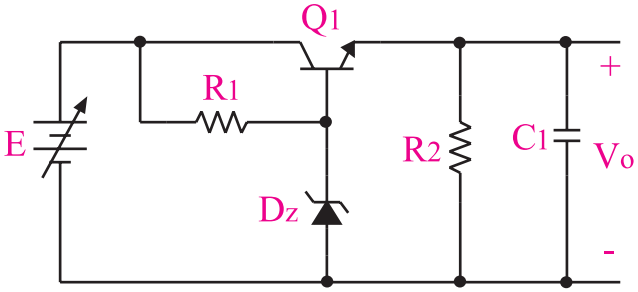
۶-۲-۱ تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سری

همان طور که در قسمت ۶-۱ گفته شد، تنظیم‌کننده‌های ولتاژ ، مدارهای الکترونیکی نسبتاً ساده‌ای هستند که با توجه به تغییرات ولتاژ ورودی، تغییرات جریان بار و تغییرات درجه حرارت، ولتاژ DC ثابتی تولید می کنند .

تنظیم‌کننده‌های ولتاژ ترانزیستوری ساده به دو نوع سری و موازی تقسیم می‌شوند . در این قسمت به بررسی نوع سری تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ ترانزیستوری می‌پردازیم . در شکل ۶-۶ بلوک دیاگرام و در شکل ۶-۷ مدار الکترونیکی تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سری نشان داده شده است .



شکل ۶-۶ بلوک دیاگرام تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سری



شکل ۶-۷ مدار یک نمونه تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سری

در این نوع تنظیم‌کننده‌ها ، عنصر کنترل جریان یا ولتاژ

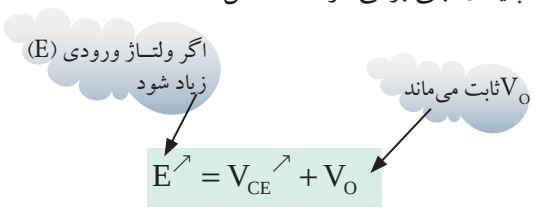
CarGeek.Live

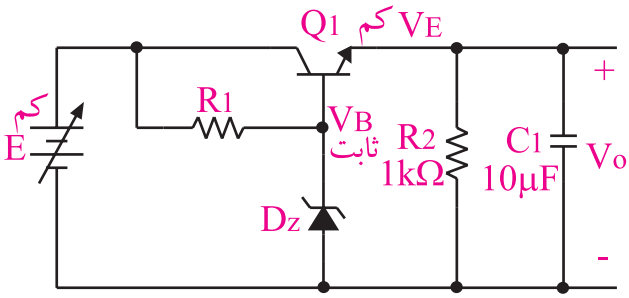
CarGeek.Live

به صورت سری با بار قرار می‌گیرد. در رگولاتور شکل ۶-۷ عنصر کنترل‌کننده ولتاژ خروجی (V_O) ترانزیستور است و دراین مدار ولتاژ خروجی از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$V_O = V_Z - V_{BE}$ ولتاژ خروجی

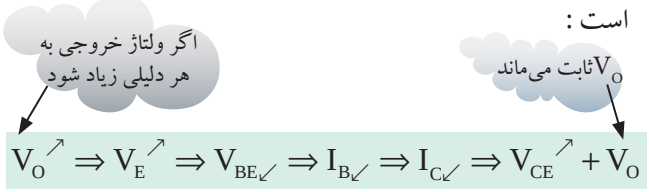
وظیفه دیود زنر ثابت نگه داشتن ولتاژ بیس ترانزیستور است. حال اگر ولتاژ خروجی بخواهد به دلایلی از قبیل افزایش ولتاژ ورودی ، زیاد شود ولتاژ امیتر (V_E) نیز زیاد می شود. دراین حالت V_{BE} که برابر با ($V_B - V_E$) است به دلیل ثابت بودن V_B ، کاهش می‌یابد. کاهش V_{BE} سبب کاهش I_B و $I_C = \beta I_B$ می‌شود و V_{CE} ترانزیستور را افزایش می‌دهد. به این ترتیب ولتاژ دو سر بار کاهش می‌یابد و به حالت پایدار قبلی برمی گردد، (شکل ۶-۸).





شکل ۶-۸ عملکرد رگولاتور سری هنگام افزایش ولتاژ ورودی

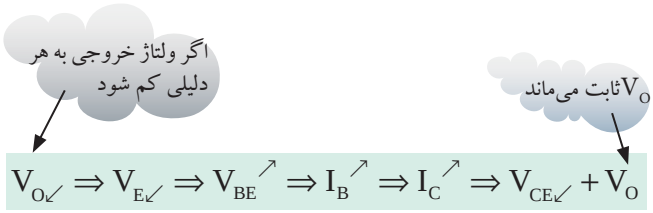
فرایند توضیحات داده شده به طور خلاصه به شرح زیر است :



برعکس ، اگر ولتاژ خروجی به هر دلیلی مانند کم شدن ولتاژ ورودی کم شود ، V_E کاهش می‌یابد و مقدار V_{BE} ، I_B زیاد می‌شود .در اثر افزایش $V_{BE} = (V_B - V_E)$ و $I_C = \beta I_B$ زیاد می‌شود و V_{CE} را کم می کند. با برقراری این شرایط V_O به حالت قبلی بر می گردد، شکل ۶-۹

شکل ۶-۹ عملکرد رگولاتور سری هنگام کاهش ولتاژ ورودی

فرایند توضیحات داده شده به طور خلاصه به شرح زیر است :



مقاومت در خروجی مدار شکل۶-۹ به منظور بسته شدن حلقه‌ی خروجی مدار الکتریکی رگولاتور و ایجادولتاژ ثابت در مدار قرار گرفته است. خازن $1\mu f$ ضمن کاهش دادن ولتاژ ریپل خروجی، میزان نویز را به شدت کم می کند.

۳

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۶-۳ آزمایش شماره ۱

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۶-۳-۱ هدف آزمایش :

بررسی عملی طرز کار یک تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ ترانزیستوری نوع سری.

قبل از شروع آزمایش، نکات ایمنی که در ابتدای فصل ۶ آمده است را مطالعه کنید و در جریان اجرای آزمایش ها عملاً آن ها را به کار ببرید.

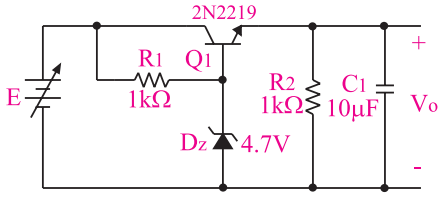
۶-۳-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات ومواد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A - ۰-۳۰ V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی یا عقربه‌ای	دودستگاه
۳	بردبرد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	ترانزیستور ۲N۲۲۱۹	یک عدد
۵	دیود زنر ۴/۷ V و ۶/۸ V	یک عدد
۶	مقاومت ۱kΩ	دو عدد
۷	مقاومت ۱۰۰Ω	یک عدد
۸	مقاومت ۴۷۰Ω	یک عدد
۹	خازن ۱۰μf ،۲۵V	یک عدد
۱۰	سیم های رابط	به‌اندازه کافی
۱۱	ابزارعمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

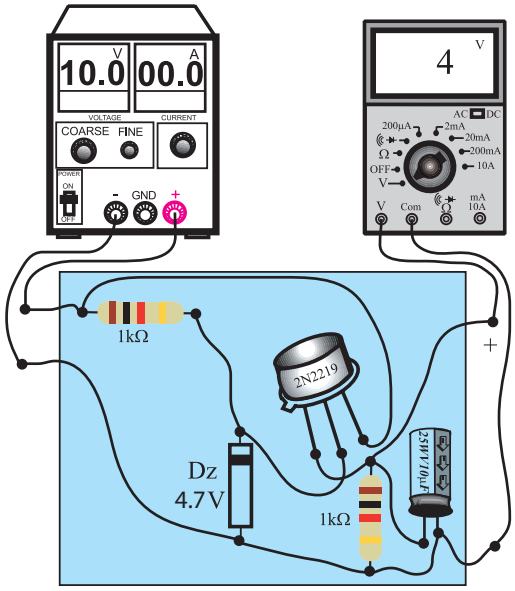
توجه داشته باشید که برای عیب یابی تنظیم کننده ولتاژسری، باید همین آزمایش را روی مدار معیوب انجام دهید. اندازه گیری ولتاژهای قسمت های مختلف تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ و تحلیل ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده می‌توانید شما را در پیدا کردن عیب، کمک کند.

۶-۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۱۰-۶ را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.



الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

شکل ۱۰-۶ مدار آزمایش تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ نوع سری

- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

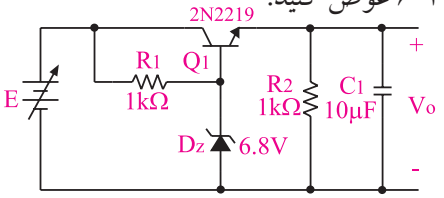
- ولتاژ خروجی را توسط ولت متر اندازه بگیریدومقادیر اندازه گیری شده را در جدول ۱-۶ یادداشت کنید.
- ولتاژ منبع تغذیه را در تقسیمات یک ولتی مطابق جدول ۱-۶ زیاد کنید.
- ولتاژ خروجی را توسط ولت متر اندازه بگیرید و در جدول ۱-۶ بنویسید.

جدول ۱-۶

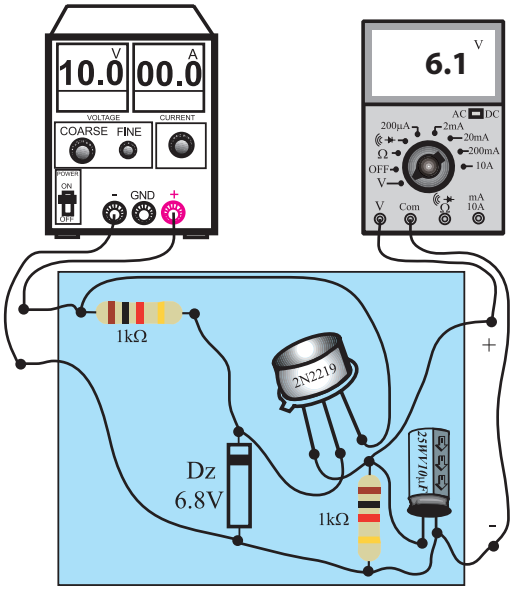
$V_i(v)$	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
$V_o(v)$						

سوال ۱: چه نتیجه ای از جدول ۱-۶ می گیرید ؟ توضیح دهید.

- در مدار شکل ۱۰-۶ ، ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.
- دیود زنر شکل ۱۰-۶ را با دیودزنر ۶/۸ ولتی مانند شکل ۱۱-۶ عوض کنید.



الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

شکل ۱۱-۶ مدار آزمایش

- ولتاژ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت قرار دهید .
- ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید.
- ولتاژ اندازه گیری شده را در جدول ۲-۶ یادداشت کنید.
- با افزایش ولتاژ ورودی در پله‌های یک ولتی ، مطابق جدول ۲-۶ ، ولتاژ های خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

سوال ۲: ولتاژ V_o بیش تر به کدام قطعه یا قطعات بستگی دارد ؟ توضیح دهید.

جدول ۲-۶

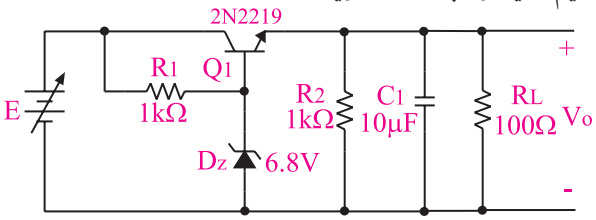
$V_i(v)$	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
$V_o(v)$						

سوال ۳: چه نتیجه ای از جدول ۲-۶ می گیرید؟ توضیح دهید.

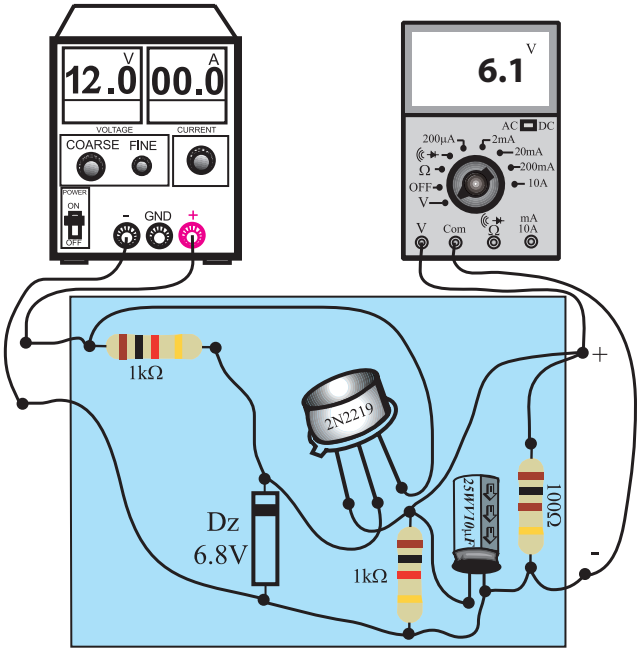
CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ در مدار شکل ۱۲-۶ ولتاژ ورودی را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید و ثابت نگه دارید.



الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

شکل ۱۲-۶ مدار آزمایش

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

■ ولتاژ اندازه‌گیری شده را در جدول ۳-۶ یادداشت کنید.

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

■ ولتاژ اندازه‌گیری شده را در جدول ۳-۶ یادداشت کنید.

جدول ۳-۶

$V_i(V)$	$R_L(\Omega)$	$V_o(V)$
۱۲	۱۰۰	
۱۲	۴۷۰	

سوال ٤: چه نتیجه ای از جدول ۳-۶ می گیرید ؟ توضیح دهید.

سوال ٥: آیا ولتاژ خروجی از رابطه $(V_Z - V_{BE})$ به‌دست می‌آید ؟ توضیح دهید.

۴-۳-۶ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از این آزمایش را به صورت خلاصه در ۴ سطر بنویسید.

زمان اجرا: ۱ ساعت آموزشی
استفاده از نرم افزار

قابل توجه مربی محترم

با استفاده از نرم افزار مولتی سیم و با مراجعه به کتاب آزمایشگاه مجازی جلد (۱) مدار یک تثبیت کننده ی ترانزیستوری را شبیه سازی کنید و عملکرد مدار را بررسی نمایید.

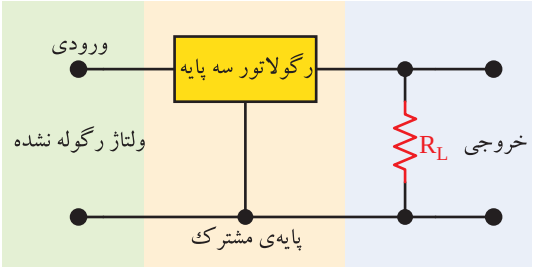
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۶-۴ تنظیم‌کننده‌های ولتاژ مجتمع سه سر

امروزه به ابعاد فیزیکی وبهای عناصر الکترونیکی بسیار اهمیت می‌دهند. رگولاتور سه پایه یک رگولاتور ولتاژ به صورت مدار مجتمع است.

مشخصات الکتریکی وفیزیکی این نوع رگولاتورها را می‌توان از کتاب‌های اطلاعات مربوط به کارخانه‌ی سازنده و Data sheet به‌دست آورد. اکثر رگولاتورهای سه پایه مطابق شکل ۶-۱۳ به مدار متصل می‌شوند. ولتاژ رگوله نشده (تثبیت نشده) را به پایه‌ی ورودی رگولاتور می‌دهیم و ولتاژ رگوله شده را از خروجی دریافت می‌کنیم. سیم مشترک آی‌سی رگولاتور به بدنه متصل می‌شود. در این رگولاتورها باید دامنه‌ی ولتاژ ورودی از دامنه‌ی ولتاژ تثبیت شده بیش‌تر باشد.



شکل ۶-۱۳ مدار رگولاتور سه پایه

اکثر رگولاتورهای سه پایه از نوع مثبت هستند ، یعنی قطب مثبت ولتاژ غیر رگوله به ورودی رگولاتور و قطب منفی نیز به پایه‌ی مشترک وارد می‌شود و ولتاژ تثبیت شده‌ی مثبت از رگولاتور خارج می‌شود. در مدارها گاهی لازم است از رگولاتورهای منفی استفاده کنیم. در رگولاتورهای سه پایه‌ی منفی ، برعکس رگولاتورهای مثبت ، قطب منفی ولتاژ غیررگوله را به ورودی رگولاتور متصل می‌کنیم. دراین حالت پایه‌ی مشترک به سیم مثبت متصل می‌شود و قطب منفی ولتاژ تثبیت شده را از خروجی رگولاتور می‌گیریم.

رگولاتورهای سه پایه با ولتاژها و جریان‌های مختلف ، ساخته می‌شوند که به بررسی چندنمونه از آن‌ها می‌پردازیم.

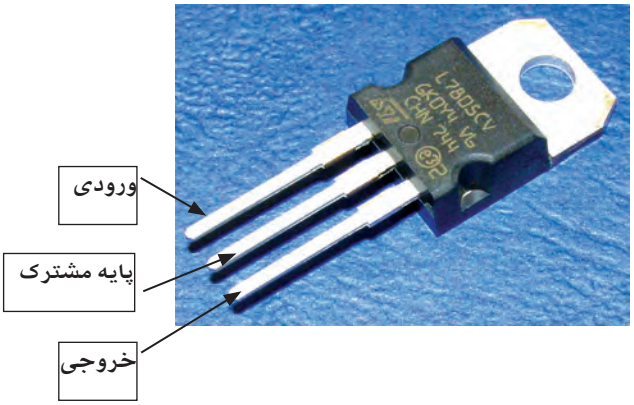
الف : رگولاتورهای سری ۷۸xx

ب : رگولاتورهای سری ۷۹ xx

ج : رگولاتورهای سری LMxxx

۶-۴-۱ رگولاتورهای سری ۷۸xx

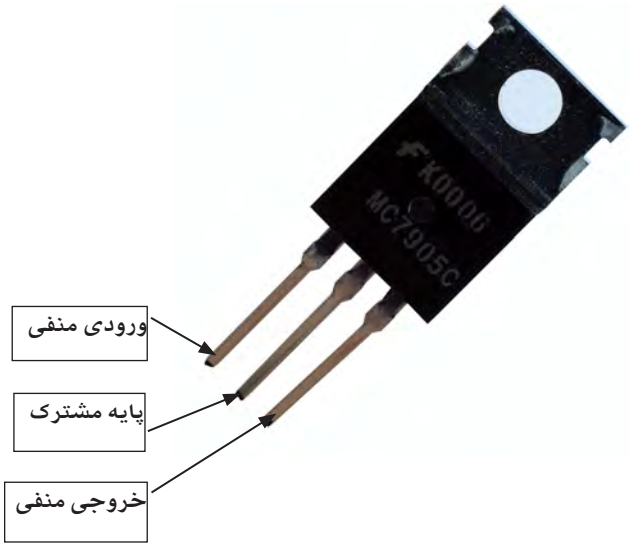
آی‌سی‌های سری ۷۸xx از نوع مثبت هستند. دراین نوع رگولاتورها عددی که بعد از ۷۸ می‌آید ، مقدار ولتاژ خروجی رگولاتور است. به عنوان مثال رگولاتور AN۷۸۰۵ می‌تواند ولتاژ ۵ ولتی با جریان یک آمپر را به مدار بدهد، شکل ۶-۱۴



شکل ۶-۱۴ رگولاتور ۷۸۰۵

۶-۴-۲ رگولاتورهای سری ۷۹ xx

آی‌سی‌های سری ۷۹ xx از نوع منفی هستند. یعنی قطب منفی ولتاژ رگوله نشده رابه ورودی رگولاتور متصل می‌کنیم و ولتاژ منفی تثبیت شده را از پایه‌ی خروجی آن می‌گیریم ، شکل ۶-۱۵.



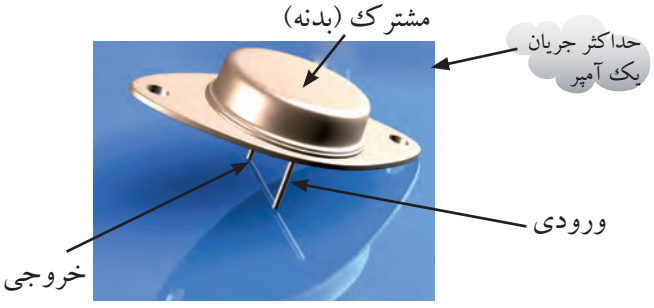
شکل ۶-۱۵ رگولاتور ۷۹۰۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۴-۶ رگولاتورهای سری LM xxx

آی‌سی‌های سری LM نیز از نوع رگولاتورهای سه پایه هستند. برای مثال رگولاتور LM ۳۰۹ در دو نوع با جریان دهی متفاوت ساخته می‌شود. در شکل ۱۶-۶ یک نمونه آی‌سی رگولاتور LM ۳۰۹ نشان داده شده است .



شکل ۱۶-۶ رگولاتور سه‌پایه از نوع سری LM۳۰۹

رگولاتور LM ۳۱۷ تنظیم کننده‌ی ولتاژ از نوع مثبت است ، این رگولاتورسه پایه دارد و می تواند جریان بار ۱/۵ آمپر را برای ولتاژهای خروجی ۱/۲۵ تا ۳۷ ولت تأمین کند.
رگولاتور LM ۳۲۰ نیز یک رگولاتور منفی با ولتاژ تثبیت شده ۵ - ولت و جریان خروجی حداکثر ۱/۵ آمپر است .

تمرین کلاسی ۱

مدار یک منبع تغذیه ۵ ولتی را با خازن صافی و آی سی رگولاتور رسم کنید.

۶-۵ آزمایش شماره ۲

زمان اجرا : ۴ ساعت آموزشی

۶-۵-۱ هدف آزمایش :

بررسی طرز کار تنظیم‌کننده‌های ولتاژ با استفاده از مدارهای مجتمع سه سر IC (آی سی) .

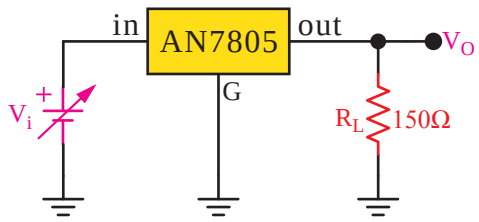
۶-۵-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد موردنیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه DC	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	برد برد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	آی‌سی AN۷۸۰۵	یک عدد
۵	آی‌سی AN۷۹۰۵	یک عدد
۶	مقاومت های ۴۷Ω ، ۱۵۰Ω ، ۱۰۰Ω و ۱۸۰Ω (نیم وات)	از هرکدام یک عدد
۷	سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۸	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۶-۵-۳ مراحل اجرای آزمایش:

الف : رگولاتور AN۷۸۰۵

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۱۷-۶ را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.



شکل ۱۷-۶ مدار آزمایش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ منبع تغذیه را روی ۱ ولت تنظیم کنید.

■ ولتاژ خروجی را توسط ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول ۴-۶ یادداشت کنید.

جدول ۴-۶

$V_i(V)$	۱	۵	۱۰	۱۲	۱۵
$V_O(V)$					

■ ولتاژ منبع تغذیه را مطابق جدول ۴-۶ زیاد کنید و در هر حالت V_O را اندازه بگیرید و مقادیر را در جدول ۴-۶ بنویسید.

■ کمترین ولتاژ ورودی که در آن تنظیم کننده به کار می افتد چند ولت است ؟ مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده را بنویسید.

ولت..... = V_i کم ترین ولتاژ ورودی

■ در شکل ۱۷-۶ولتاژ ورودی را روی ۱۵ ولت تنظیم کنید.

■ مقدار مقاومت R_L را مطابق جدول ۵-۶ تغییر دهید و در هر حالت ،ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و در جدول ۵-۶ بنویسید.

جدول ۵-۶

$V_i(v)$	$R_L(\Omega)$	$V_O(v)$
۱۵	۴۷	
۱۵	۱۰۰	
۱۵	۱۸۰	

■ با توجه به مقادیر ولتاژ خروجی اندازه گیری شده در مرحله ی قبل ،مقدار جریان خروجی را محاسبه کنید و در جدول ۶-۶ بنویسید.

$I_{Out} = \frac{V_O}{R_L} = \text{_____} A$ (جریان خروجی)

جدول ۶-۶

$R_L(\Omega)$	۴۷	۱۰۰	۱۸۰
I_{Out}			

سوال ۶ : چه نتیجه‌ای از مقادیر به دست آمده در جدول ۶-۶ می گیرید؟ توضیح دهید.

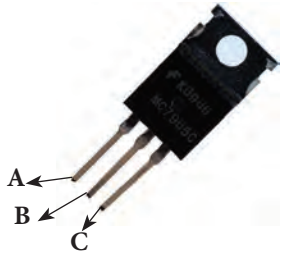
ب : رگولاتور ۷۹۰۵

■ مشخصات پایه‌های آی‌سی AN ۷۹۰۵ در شکل ۱۸-۶ را با استفاده از کتاب راهنمای آی‌سی رگولاتور استخراج کنید و نام پایه‌ها را بنویسید.

A= .....

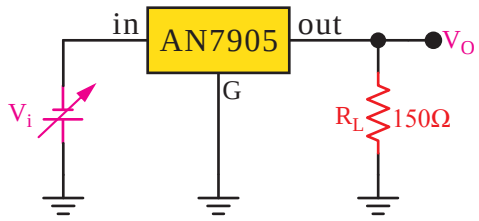
B = ...

C = ...



شکل ۱۸-۶ رگولاتور ۷۹۰۵

■ مدار شکل ۱۹-۶ را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید



شکل ۱۹-۶ مدار آزمایش

■ منبع تغذیه را روی (۱-) ولت تنظیم کنید.

توجه داشته باشید که برای اتصال ولتاژ منفی منبع تغذیه به مدار، قطب منفی را به ورودی آی‌سی و قطب مثبت را به پایه مشترک وصل کنید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ولتاژ خروجی را توسط ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول ۶-۷ یادداشت کنید.

جدول ۶-۷

$V_I(V)$	-۱	-۵	-۱۰	-۱۲	-۱۵
VO(V)					

■ ولتاژ منبع تغذیه را درطبق جدول ۶-۷ زیاد کنید و در هر حالت V_O را اندازه بگیرید و مقادیر را در جدول ۶-۷ بنویسید.

■ در این مرحله کم‌ترین ولتاژ ورودی که در آن تنظیم‌کننده‌ی سه پایه به کار می‌افتد چند ولت است ؟

ولت..... = V_i کم ترین ولتاژ ورودی

■ در شکل ۶-۱۹ ولتاژ ورودی را روی(۱۵-) ولت تنظیم کنید.

■ مقدار مقاومت R_L را مطابق جدول ۶-۸ تغییر دهید و در هر حالت ،ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و در جدول ۶-۸ بنویسید.

جدول ۶-۸

$V_i(v)$	$R_L(\Omega)$	$V_O(v)$
-۱۵	٤٧	
-۱۵	۱۰۰	
-۱۵	۱۸۰	

■ با توجه به مقادیر ولتاژ خروجی اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی‌قبل ،مقدار جریان خروجی را محاسبه کنید و در جدول ۶-۹ بنویسید .

(جریان خروجی) $I_{Out} = \frac{V_O}{R_L} = \text{———} A$

جدول ۶-۹

$R_L(\Omega)$	٤٧	۱۰۰	۱۸۰
I_{Out}			

سوال ۷: چه نتیجه‌ای از مقادیر جدول ۶-۹ می گیرید؟ توضیح دهید.

۶-۵-۴ نتایج آزمایش

CarGeek.Live

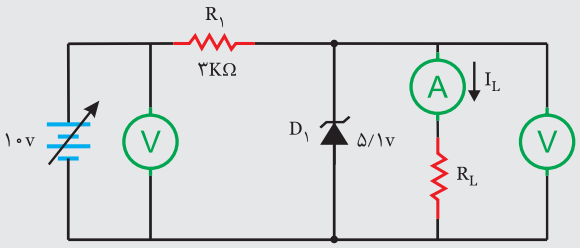
CarGeek.Live

استفاده از نرم افزار

قابل توجه مربی محترم

زمان اجرا : ۱ ساعت

با استفاده از نرم افزار مولتی سیم مدار تثبیت‌کننده‌ی ولتاژ زنری شکل ۲۰-۶ را شبیه سازی کنید.



شکل ۲۰-۶

مقاومت R_L را مطابق جدول ۱۰-۶ تغییر دهید سپس مقادیر جریان I_L و ولتاژ V_{R_L} را اندازه‌گیری کنید.

جدول ۱۰-۶

$R_L(k\Omega)$	۱۰kΩ	۴/۷kΩ	۲/۲kΩ	۱kΩ	۵۰۰Ω	۱۰۰Ω
I_L						
V_{R_L}						

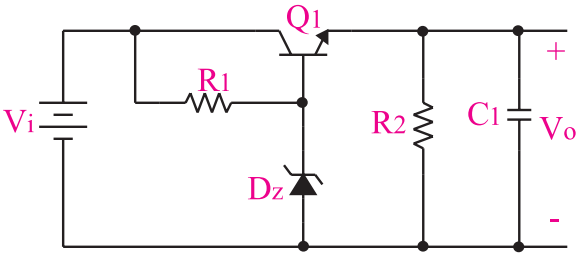
سوال ۸: در چه محدوده‌ای از مقاومت بار ، مدار رگولاتور عمل تثبیت ولتاژ را انجام می‌دهد ؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۶)

۱-برای تغییر ولتاژ تثبیت شـده ی خروجی در مدار تنظیم کننده ی ولتاژ شـکل ۲۱-۶، مقدار کـدام عنصر را باید تغییر دهیم ؟



شکل ۲۱-۶

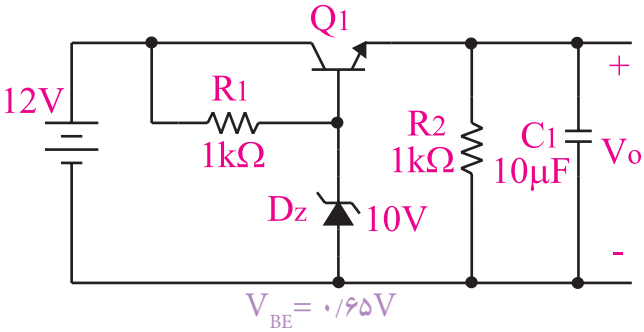
الف) منبع ولتاژ ورودی تنظیم‌کننده (V_i)

ب) مقدار مقاومت R_1

ج) مقدار مقاومت R۲

د) ولتاژ شکست دیودزنر

۲- در شکل ۲۲-۶ ولتاژ خروجی تقریباً چند ولت است؟



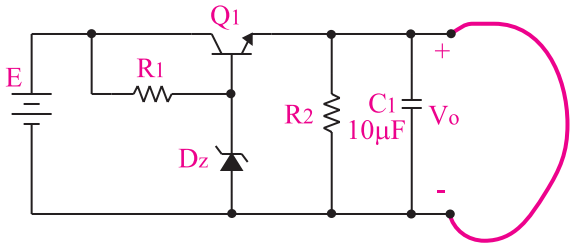
شکل ۲۲-۶

الف) ۱۰/۶۵ ب) ۹/۳۵

ج) ۱۲ د) ۱۰

۳- طـرز کار یـک تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ سـری را شـرح دهید.

۴- اگرولتاژ خروجی تنظیم کننده شـکل ۲۳-۶ را اتصال کوتاه کنیم ، کدام یک از قطعات زیر آسیب می بیند ؟



شکل ۲۳-۶

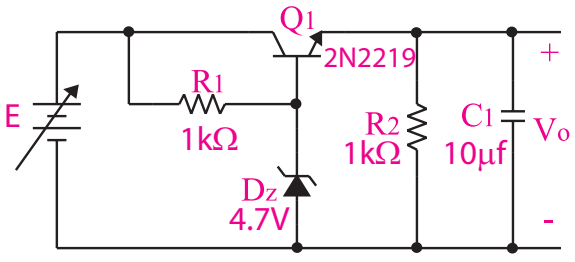
الف) ترانزیستور

ب) دیودزنر

ج) مقاومت R_1

د) مقاومت R_2

۵- در مدار شـکل ۲۴-۶ اگر به هر دلیلی ولتاژ خروجی زیاد شـود ، مـدار چگونه عمل می‌کند تـا ولتاژ خروجی را روی مقدار تعیین شده ثابت نگه دارد ، مراحل را بنویسید.



شکل ۲۴-۶

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۶- در مدار شکل ۲۳-۶ رابطه‌ی مربوط به محاسبه‌ی ولتاژ خروجی را بنویسید.

۷- مدار یک منبع تغذیه ۵ ولتی با یکسوساز تمام موج پل ، خازن صافی و رگولاتور را رسم کنید.

۸- برای طراحی مدار رگولاتوری که ولتاژ مثبت قابل تنظیم ، در خروجی می دهد از آی سی ..... استفاده می‌کنیم.

۹- آی سی رگولاتور ۷۹۰۵ یک رگولاتور ۵ ولتی از نوع منفی است .

صحیح ❐ غلط ❐

۱۰- با استفاده از کتاب راهنمای آی‌سی رگولاتور مشخصات پایه‌ها و شکل ظاهری آی‌سی‌های AN۷۹۰۵ ، AN۷۸۰۵ ، LM۳۰۹ و LM۳۱۷ را مشخص نمایید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل هفتم

هدف کلی :

آموزش روش‌های مختلف تهیه فیبر مدار چاپی و ساخت منبع تغذیه

هدف های رفتاری : پس ازپایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۱- انواع فیبر مدار چاپی را از یکدیگر تمیز دهد.
۲- استانداردهای نحوه طراحی‌مدارچاپی‌را شرح‌دهد.
۳- نقشه‌ی مدار چاپی را مطابق استاندارد تهیه کند.
۴- به روش‌های مختلف ، نقشه مدار چاپی را روی فیبر انتقال دهد.
۵- به روش‌های مختلف فیبر مدار چاپی راتهیه کند.
۶- به روش صحیح قطعات را روی فیبرمدارچاپی مونتاژ کند.
۷- نقشه‌ی مدارچاپی یک مدار منبع تغذیه تمام موج با مدار مجتمع را طراحی کند.
۸- قطعات مدار منبع تغذیه تمام موج را روی مدار چاپی تهیه شده مونتاژ کند.
۹- مدار منبع تغذیه تمام موج با استفاده از مدار مجتمع را عیب یابی کند .
۱۰- کلیه‌ی هدف‌های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که درفصل اول به‌آن‌ها اشاره شده است را در این فصل نیز اجرا کند.

توانایی شماره ۲۱	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۳	۱۲	۱۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۷)

۱- مقاومت فیبر فایبر گلاس بیش تر از فیبر فنولی است.

صحیح ❐ غلط ❐

۲- در روش طراحی با اسـتفاده از ..... نوردهی استفاده نمی شود .

۳- هـر چه ضخامت لایـه مس خطوط ارتباطـی درمدار چاپـی بیش تر باشـد ، جریان (کم تـری ❐ بیش تری ❐) را می تواند تحمل کند .

۴- قطعـات حرارتی نظیـر مقاومت‌ها و ترانزیسـتورهای پروات نباید درکنار المان‌های حساس به حرارت قرار گیرد.

صحیح ❐ غلط ❐

۵-بهترین انتخاب درطراحی مدار چاپی کدام است ؟

الف)

ب)

ج)

د)

۶-مواردی که باید در ترسـیم نقشـه الکترونیکی رعایت شود را بنویسید.

۷- فیبر فنولی در مقابل حرارت .....

الف) مقاوم است. ب) مقاومت زیادی ندارد.

ج) هادی است . د) کاملاً شکننده است.

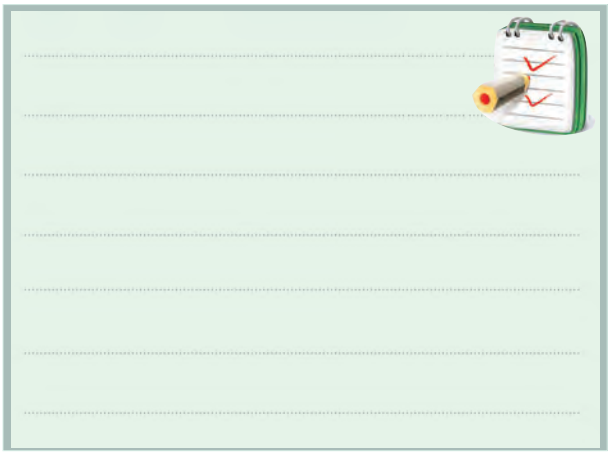
۸-کـدام روش طراحی، کیفیت بالا و دقت خوب دارد و در کارهای ظریف و دقیق و حرفه‌ای استفاده می‌شود؟

الف) روش چاپ سیلک ب) روش کار با لامینت

ج) روش پوزیتیو ۲۰ د) کار بالتراست و ماژیک

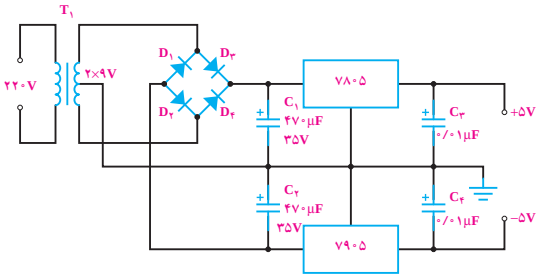
۹-درطراحـی مـدار چاپـی از اسـید ..... اسـتفاده می‌شود.

۱۰- مزایـای اسـتفاده از مـدار چاپـی را در مقایسـه با سیم کشی شرح دهید .

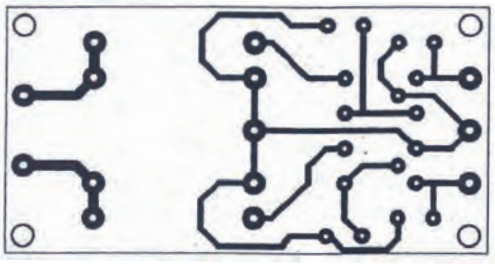


۱۱- شـکل (الف) مدار یک منبع تغذیه متقارن و شکل (ب) طراحـی مدار چاپی آن اسـت . جـای قطعات را روی طراحی مدار چاپی مشخص کنید.

الف) منبع تغذیه متقارن



ب) نقشه مدار چاپی برای منبع تغذیه متقارن



CarGeek.Live

CarGeek.Live

نکات ایمنی فصل (۷)

■ در هنـگام تهیه برد مدار چاپی حتمـاً از روپوش کار استفاده کنید .

■ در هنگام تهیه و کار با اسید مدار چاپی دقت لازم را به عمل آورید تا روپوش ، فضای کارگاه و قسمت‌های مختلف بدن شـما با اسید تماس پیدا نکند زیرا اسید خطرناک است و لکه آن به سختی پاک می‌شود .

■ هنگام حرارت دادن اسـید ، نکات ایمنی را به دقت به کاربرید ، توصیه می شـود از وان اسید استاندارد (ضد اسید) استفاده کنید.

■ بخار متصاعد شـده از اسـید مضر است لازم است از ماسک مناسـب استفاده کنید، نمونه‌ای از ماسک را در شکل زیر مشاهده می کنید.

■ هنگام مونتاژ قطعات روی برد از هویه با وات مناسـب اسـتفاده کنید و به زمان لحیم کاری مجـاز توجه کنید، زیرا قطعـات در اثـر حرارت زیاد آسـیب می‌بینند. در شـکل زیر ابزار مخصـوص لحیم‌کاری قطعات الکترونیکی را مشـاهده می کنید.

■ کارگاه مونتـاژ وطراحـی مـدار چاپی بایـد مجهز به هواکش قوی باشد.

■ پـس از عمل لحیم کاری روغـن اضافی در روی برد مدار چاپی را توسط الکل یا تینر فوری پاک کنید زیرا وجود روغن موجب آسیب رساندن به برد مدار چاپی می‌شود .

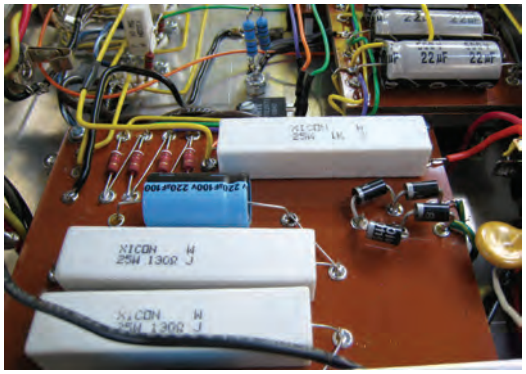
■ بردهای مدار چاپی بسیار حساس هستند و در اثر ضربه دچار شکسـتگی می‌شوند در نگهداری آن ها دقت لازم را به عمل‌آورید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

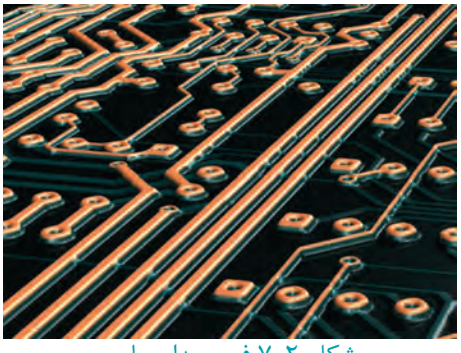
۱-۷ مقدمه

در گذشته برای ساختن یک مدار الکترونیکی ابتدا نقشه‌ی مدار راروی فیبرمخصوص قرار می‌دادند. سپس جای پایه‌های المان های الکترونیکی را روی فیبر سوراخ می کردند و پایه‌ها را طبق نقشه از زیر با دو سیم به هم اتصال می‌دادند. این عمل به علت اشغال جای زیاد ، وجود سیم های متعدد وعبور سیم‌ها از روی یکدیگر، پارازیت زیادی را در مدار به وجود می آورد. امروزه به علت پیشرفت علم الکترونیک و پیچیده‌تر شدن مدارات الکترونیکی این طریقه سیم کشی دیگر استفاده‌ای ندارد و از مدار چاپی استفاده می‌شود. در شکل ۱-۷ یک نمونه فیبر مدار چاپی که به روش قدیمی تهیه شده نشان داده شده است .



شکل ۱-۷ فیبر مدار چاپی به روش قدیمی

در یک مدار چاپی عناصر روی یک طرف فیبر قرار می گیرند و خطوط ارتباطی به وسیله لایه نازک مسی که در طرف دیگر فیبر وجود دارد برقرار می شود ، استفاده از مدار چاپی حجم مدار را کوچک می کند، علاوه بر این که دراین روش می‌توان ضخامت و فواصل خطوط عبور جریان رابه طور دقیق ترسیم کرد و مانع ایجاد ظرفیت خازنی پراکنده شد ، شکل ۲-۷.



شکل ۲-۷ فیبر مدار چاپی

به طور کلی مزایای مدار چاپی در مقایسه با مدارهای سیم کشی به شرح زیر است :

۱- از شلوغ شدن اتصالات و سیم کشی‌ها جلوگیری می‌شود.

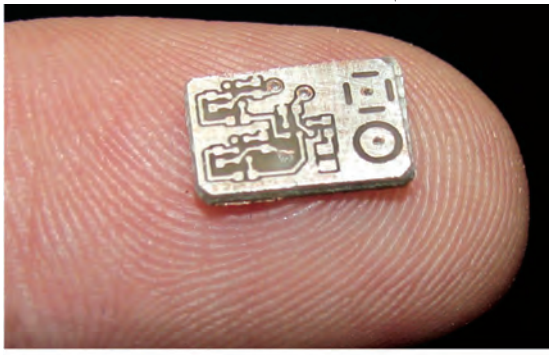
۲- اندازه‌ی مدارها کوچک می شود، شکل ۳-۷.

۳- به هنگام تعمیر مدار دنبال کردن خطوط به سهولت انجام می‌شود.

۴- مونتاژ مدار سریع و آسان و مقرون به صرفه است.

۵- تکثیر و تولید زیاد لوازم الکترونیکی آسان‌تر است.

مزایای فوق سبب شده است که تمام کارخانه‌های تولیدکننده‌ی لوازم الکترونیکی از مدار چاپی استفاده کنند .

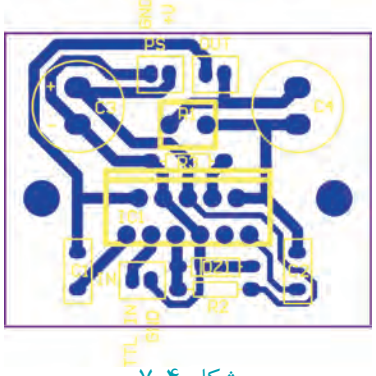


شکل ۳-۷ فیبر مدار چاپی با حجم کوچک

صرف نظر از روش های مختلف طراحی و تکثیر مدار چاپی اجرای مراحل زیر در تمام روش‌ها مشابه است :

۱- چسباندن ورقه نازک مس روی فیبر عایق (مرحله ساخت فیبر).

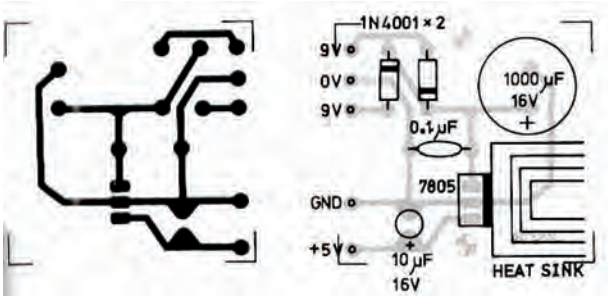
۲- طراحی مدار چاپی با در نظر گرفتن اندازه حقیقی و استانداردهای موجود، شکل ۴-۷ و شکل ۵-۷.



شکل ۴-۷

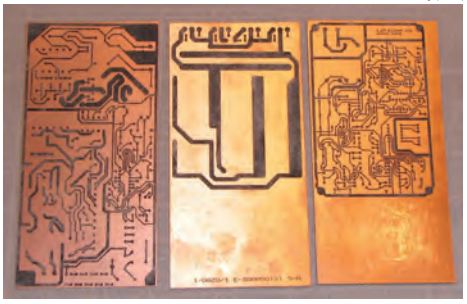
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۷-۵ طراحی مدار چاپی

۳- اســتفاده از روش‌های رایج در انتقال مدار روی فیبر ، شکل ۶-۷.



شکل ۷-۶ انتقال مدار چاپی روی فیبر

۴- قرار دادن فیبر در داخل اســید و از بین بردن مس‌های اضافی .

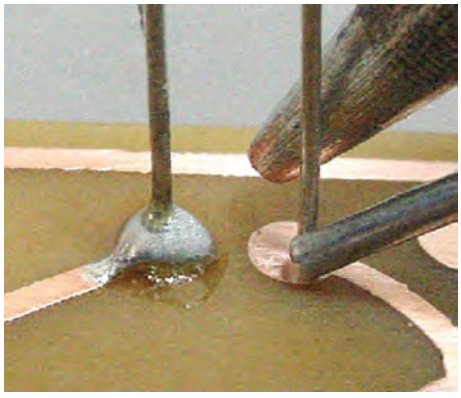
۵- تمیز کردن فیبر و ســوراخ کردن آن . شکل ۷-۷ یک نمونه دریل دســتی و شــکل ۷-۸ ســوراخ کاری فیبر با دریل برقی را نشان می‌دهد.

شکل ۷-۷ دریل دستی

شکل ۷-۸ سوراخ‌کاری با دریل برقی

۶-لحیم کاری و مونتاژ عناصر روی فیبر،شکل ۷-۹ و ۷-۱۰.

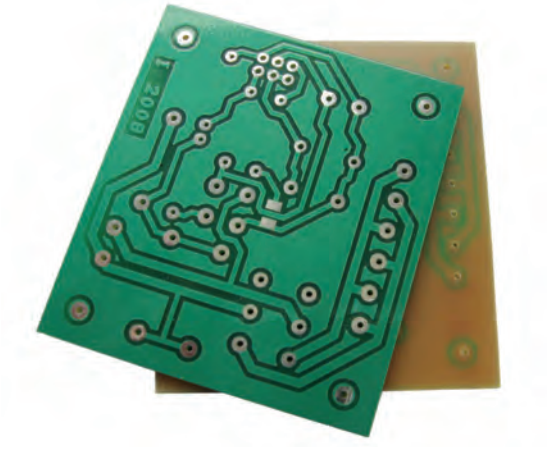
شکل ۷-۹ مونتاژ قطعات روی فیبر



شکل ۷-۱۰ مونتاژ قطعات روی فیبر

۷-۲ استانداردهای فیبر مدار چاپی

فیبــر مدار چاپی بــه دو صورت کلی یــک لایه و دولایه ســاخته می شــوند. در فیبر یک لایه فقط در یک طرف فیبر ، لایه مس وجود دارد. در این نوع فیبرها ، ارتباط بین پایه های قطعــات و هدایت جریان فقط در یک طرف انجام می‌شــود وقطعات در طرف دیگر قرار می گیرند، شکل ۷-۱۱.

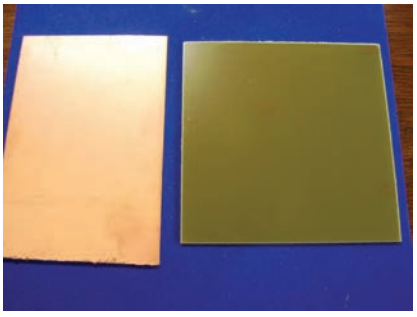


شکل ۷-۱۱ فیبر مدار چاپی یک لایه

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در فیبرهـای دو لایه ، در دو طرف فیبر لایه مسـی وجود دارد، بـرای ارتبـاط بین پایه هـای قطعـات از دو طرف فیبر اسـتفاده می شـود . فیبر دو لایـه ، برای مدارهایـی با ارتباط زیاد و حجم کم اسـتفاده می‌شود ، اخیراً در مدارهای پیچیده الکترونیکی از فیبر های چند لایه اسـتفاده می‌شود که دارای تکنولوژی پیش رفته‌ای است. جنس فیبرها از دو نوع فنولی و فایبرگلاس است. در شکل ۱۲-۷ دو نمونه فیبر مدار چاپی را ملاحظه می کنید.

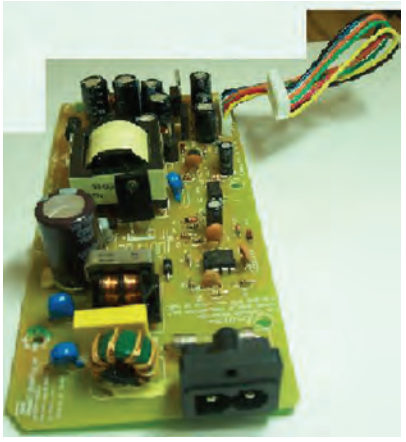


شکل ۱۲-۷ دو نمونه فیبر مدارچاپی

۳-۷ استاندارد طراحی مدار چاپی

تبدیل یک نقشه الکترونیکی به نقشه مدار چاپی باید طبق اسـتانداردهای موجود انجام پذیرد. مدارچاپی باید با رعایت فواصـل پایه‌ها ، حجـم المان‌ها و با انـدازه‌ی حقیقی قطعات طراحی شـود. علاوه بر رعایت انـدازه‌ی قطعات، نکات مهم زیر نیز در طراحی مدار چاپی باید رعایت شود :

۱- نقشه های الکترونیکی به صورتی به نقشه‌ی مدار چاپی تبدیل شـود کـه ورودی ها در یک طـرف و خروجی‌ها در طرف دیگر قرارگیرند ، شکل ۱۳-۷ .

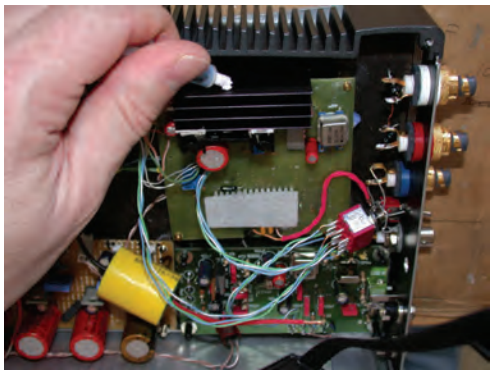


شکل ۱۳-۷ قرار گرفتن ورودی‌ها در یک طرف و خروجی‌ها در طرف دیگر

۲- قطعـات حرارتی نظیـر مقاومت‌ها و ترانزیسـتورهای پروات درکنارالمان‌های حسـاس به حـرارت مانند دیودها و ترانزیستورهای کوچک قرار نگیرد.

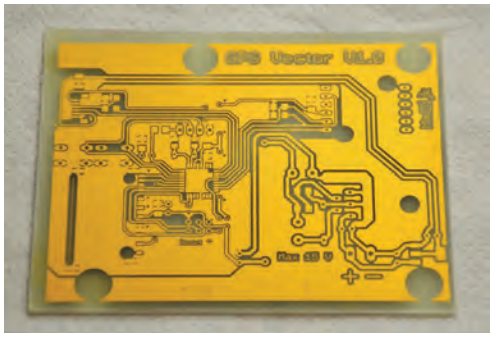
۳- قطعات در مدار بـه صورتی کنار یکدیگر قرار گیرند که هنگام تعمیر به راحتی بتوان آن‌ها را تعویض کرد.

۴- مکان هایی که در نقشه ی الکترونیکی دیده نمی‌شوند مانند رادیاتور، جای پیچ و غیره باید در نظر گرفته شود، شکل ۱۴-۷.



شکل ۱۴-۷ محل نصب هیت سینک

۵-پهنای خطوط باید متناسب با جریان عبوری و مقاومت ایجاد شده باشد ، شکل ۱۵-۷.



شکل ۱۵-۷ پهنای خطوط مدار چاپی متناسب باجریان عبوری از قطعات

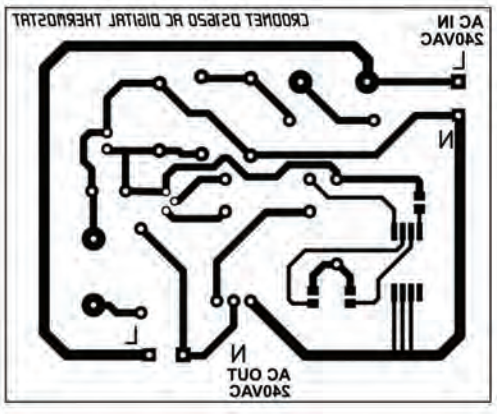
۴-۷ طرز تهیه طرح مدار چاپی

برای طرح مدار چاپی باید مراحل زیر اجرا شود:

۱- با استفاده از نقشـه‌ی مدار ، روی یک صفحه کاغذ با ابعاد مناسـب جای قطعات را مشخص می کنیم . جای قطعات نباید از ابعاد قطعات کوچک تر باشد. محل قطعات را می توان تغییر داد ، شکل ۱۶-۷.

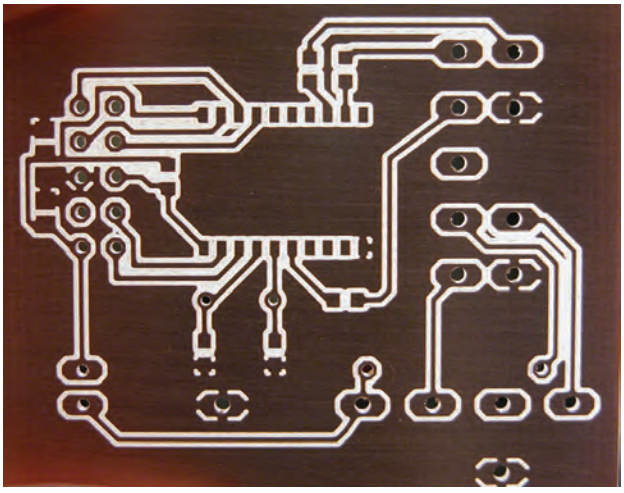
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۱۶-۷ مشخص نمودن جای قطعات روی صفحه کاغذ

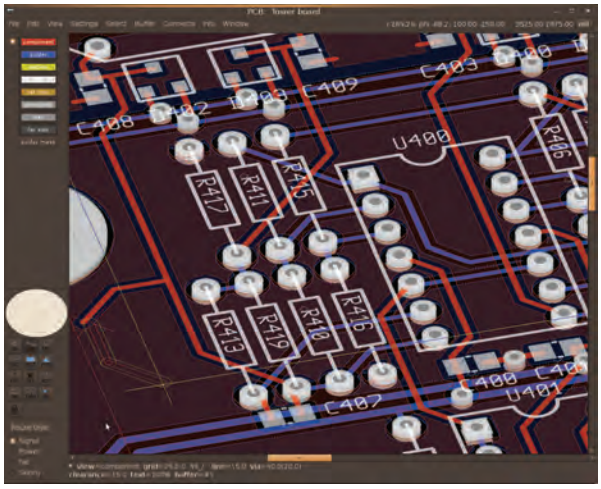
۲- بـرای پایه‌ی هر قطعه یـک دایره منظور می کنیم حتی اگر در یک منطقه چندین پایه نزدیک به یکدیگر قرار داشته باشند باید برای هر پایه یک دایره منظور شود، شکل ۱۷-۷.



شکل ۱۷-۷ پایه قطعات

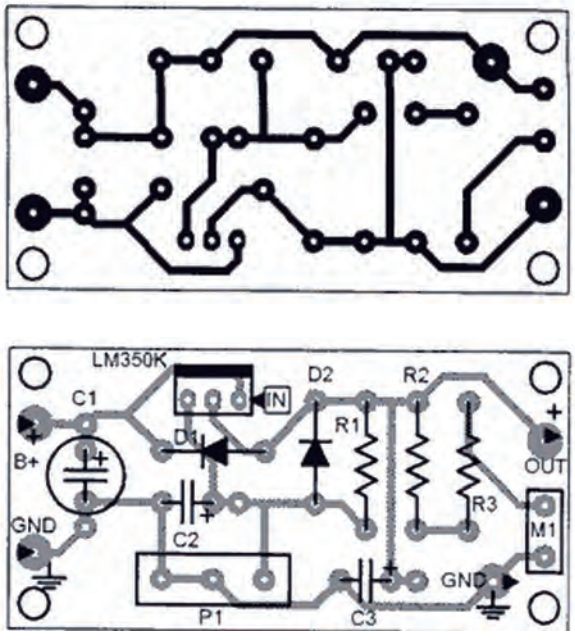
۳- فواصل پایه‌هـا باید با فواصل حقیقی مطابقت داشـته باشـد. مثلاً اگـر فاصله ی پایه‌های یـک مقاومت ۲ واتی که به طور افقـی روی فیبر قرار می گیرد ۱۷mm باشـد باید در طراحـی مدار چاپی نیز حداقل ۱۷mm فاصله بین دو پایه در نظر گرفته شود .

۴- پایه‌هایی را که بر روی نقشـه به یکدیگر متصل هستند با کوتاه‌ترین فاصله ممکن به هم وصل کنید. باید توجه داشته باشید که اگر دو سیم از روی یکدیگر عبور کنند ولی اتصال نداشـته باشـند این خطوط روی فیبر مدار چاپـی نباید به هم وصل شوند، شکل ۱۸-۷.



شکل ۱۸-۷ نحوه اتصال پایه ها

۵- چـون قطعات مدار در یک طرف فیبـر و مدار چاپی در طـرف دیگر فیبر قرار می گیرنـد باید طرح مدار چاپی که از روی نقشه به دسـت می‌آید معکوس شود در شکل ۱۹-۷ طرح اصلی و معکوس آن دیده می‌شود.



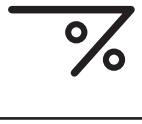
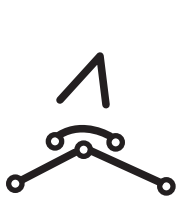
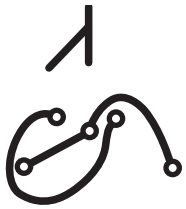
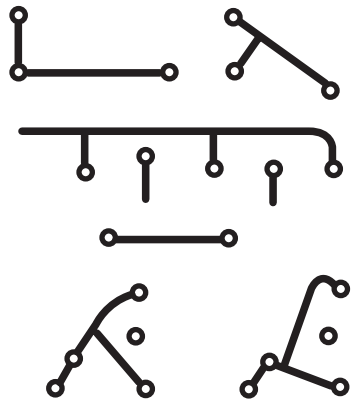
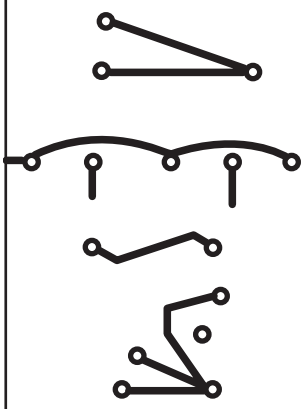
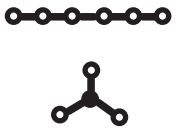
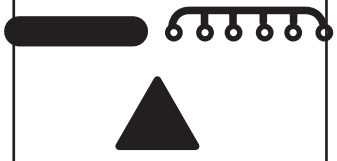
شکل ۱۹-۷ طرح اصلی ومعکوس

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۷-۵ نکته های مهم در طراحی مدار چاپی

نکاتی که باید در طراحی مدار چاپی و ارتباط پایه ها رعایت شود در شکل ۲۰-۷ آمده است:

	روش استاندارد	روش غیر استاندارد
از ایجاد زوایای تیز داخلی و خارجی خودداری کنید زیرا هنگام لحیم کاری باعث جداشدن مس از فیبرمی‌شود .		
		
همیشه از کوتاه‌ترین مسیر ارتباط استفاده کنید.		
فواصل خطوط کشیده شده را رعایت کنید.		
هرگز چند جای سوراخ را پی در پی کنار یکدیگر قرار ندهید زیرا باعث برجسته شدن لحیم می‌شود. در دوطرف سوراخ ارتباط را قرینه وصل کنید تا لحیم کاری طرفین یکی شود.		
از ارتباط دو نقطه با پهنای یکسان خودداری کنید زیرا باعث جاری شدن لحیم می‌شود.		

شکل ۲۰-۷ نکات مهم در طراحی مدار چاپی

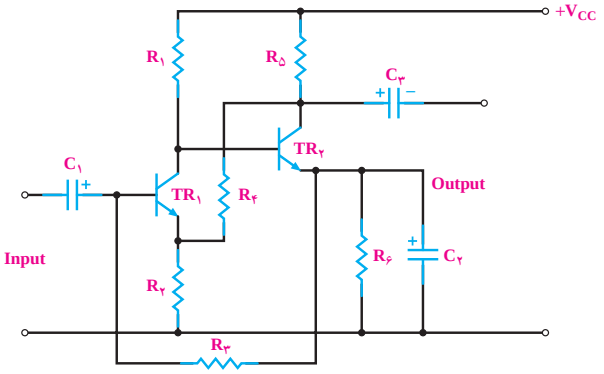
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۷-۶- چند نمونه طرح مدار چاپی

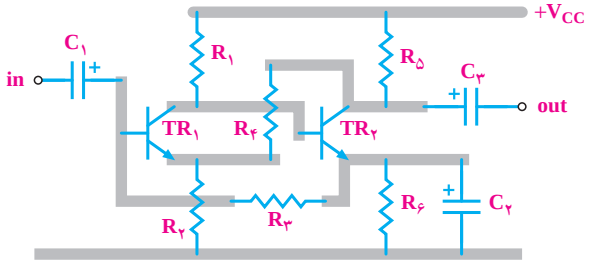
در زیر چند نمونه مدار الکتریکی وطرح مدار چاپی آن ها نشان داده شده است

۷-۶-۱ مثال ۱ : شکل ۷-۲۱ نقشه مدار الکتریکی یک تقویت کننده دوطبقه است .



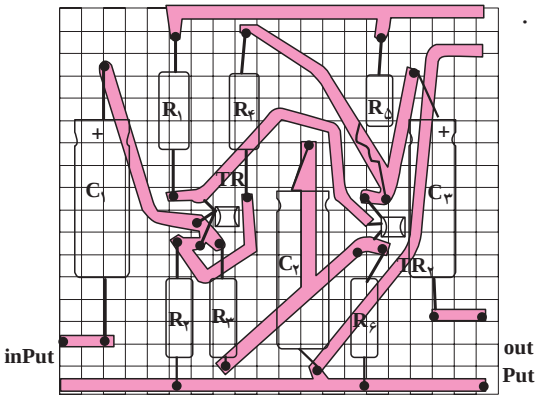
شکل ۷-۲۱ نقشه مدار الکتریکی یک تقویت کننده دو طبقه

در شکل ۷-۲۲ مدار کمی ساده‌تر شده و ارتباط عناصر با یکدیگر مشخص شده است .



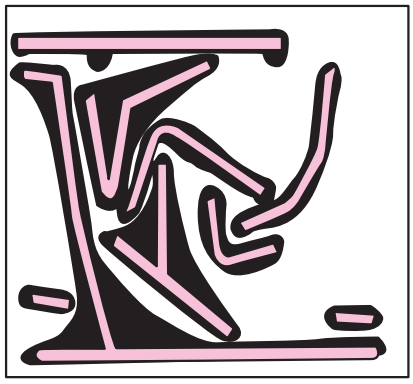
شکل ۷-۲۲ نقشه مدار تقویت کننده دو طبقه

شکل ۷-۲۳ با در نظر گرفتن اندازه حقیقی قطعات مدار چاپی طرح شده است .



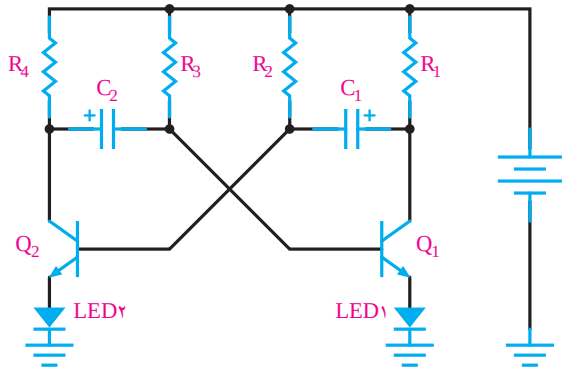
شکل ۷-۲۳ طرح مدار چاپی

در شکل ۷-۲۴ نقشه معکوس روی فیبر منتقل شده است.



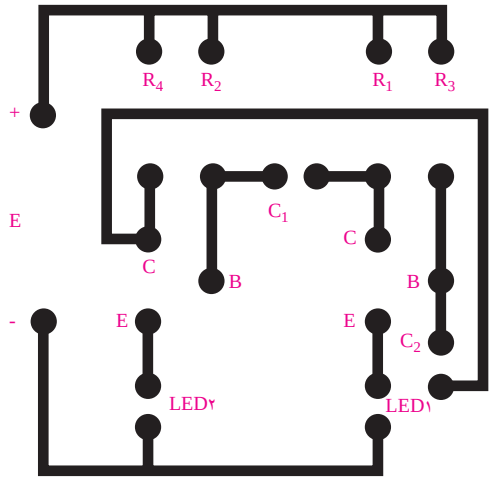
شکل ۷-۲۴ طرح معکوس شده مدار چاپی

۷-۶-۲ مثال ۲: در شکل ۷-۲۵ مدار یک مولتی ویبراتور بی‌ثبات (نوسان سازموج مربعی) نشان داده شده است .



شکل ۷-۲۵ مولتی ویبراتور بی ثابت

در شکل ۷-۲۶ طرح مدار چاپی آن رسم شده است .

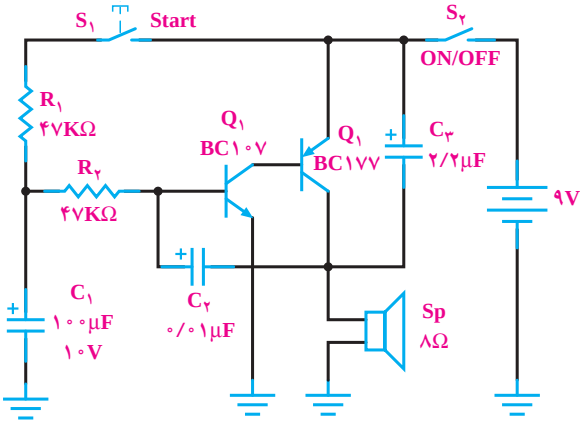


شکل ۷-۲۶ طرح مدار چاپی مولتی ویبراتور

CarGeek.Live

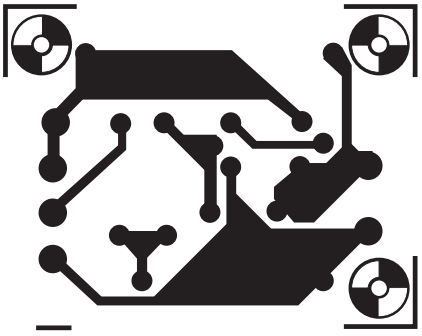
CarGeek.Live

۳-۶-۷ مثال ۳ : شکل ۲۷-۷ مدار یک آژیر است.



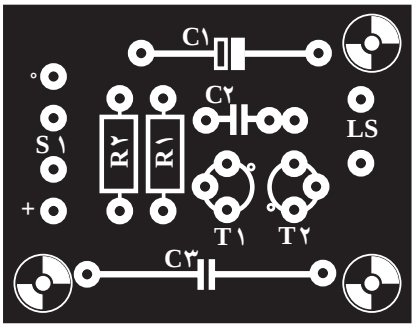
شکل ۲۷-۷ مدار آژیر

درشکل ۲۸-۷ طرح مدار چاپی آن رسم شده است .



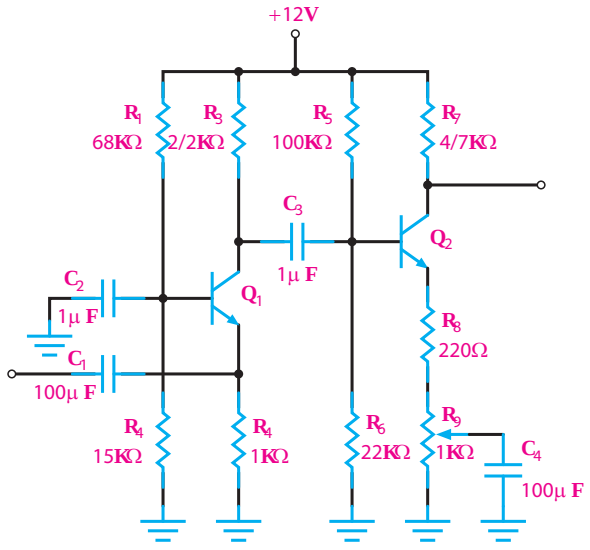
شکل ۲۸-۷ مدار چاپی

شـکل ۲۹-۷ جای قطعات را روی فیبر مدار چاپی نشـان می‌دهد .



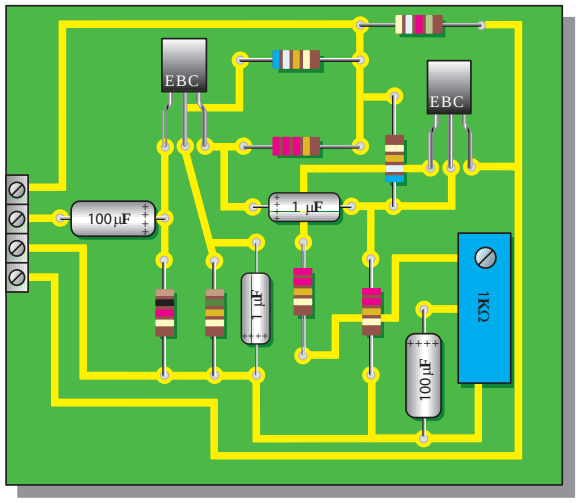
شکل ۲۹-۷ جای قطعات

۴-۶-۷ مثال ۴ : در شـکل ۳۰-۷ نقشـه الکترونیکی یک آمپلی فایر ترانزیستوری رسم شده است شماره‌ی هر دو ترانزیستور ۲N۳۹۰۴ می‌باشد.



شکل ۳۰-۷ نقشه ی الکترونیکی یک‌آمپلی فایر ترانزیستوری

در شـکل ۳۱-۷ برد مـدار چاپی و جـای قطعات آن در اندازه واقعی رسم شده است .



شکل ۳۱-۷- برد مدار چاپی و جای قطعات در اندازه‌های واقعی

۷-۷ طراحی مدار چاپی بااستفاده از رایانه

امروزه طراحی مدار چاپی با استفاده از رایانه و نرم افزارهای مربوطه انجام می‌شود. استفاده از رایانه و نرم افزارهای مرتبط با مدار چاپی، کار طراحی را بسیار ساده کرده است .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۷-۸ آزمایش شماره ۱

زمان اجرا: ۶ ساعت آموزشی

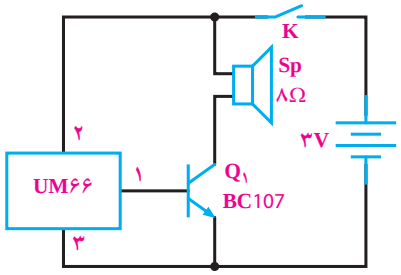
۷-۸-۱ هدف آزمایش: طراحی مدار چاپی

۷-۸-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

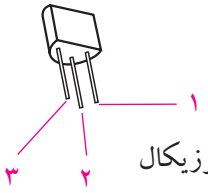
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	ابـزار طراحـی مـدار چاپی نظیـر: کاغذ، مـداد، پاک کن، خط کش، کاربن و	-

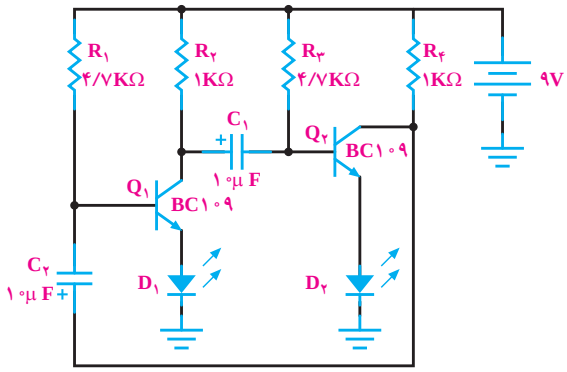
۷-۸-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- نقشه‌فنی یکی از مدارهای نشان داده شده در شکل ۷-۳۲ را انتخاب کنید و برای اجرای کار عملی به تأیید مربی کارگاه برسانید.

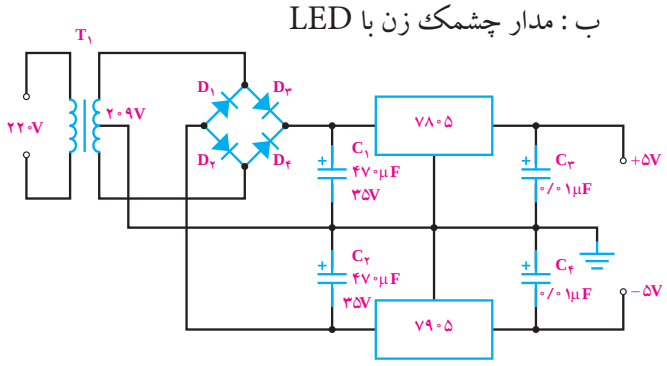


الف : مولد صدای موزیکال

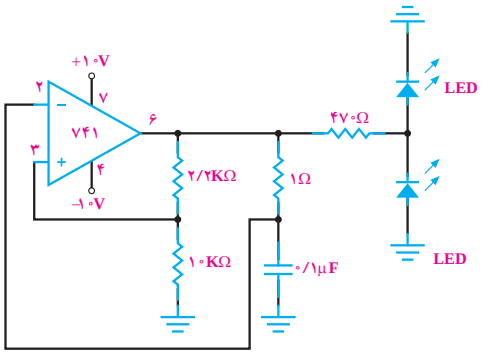




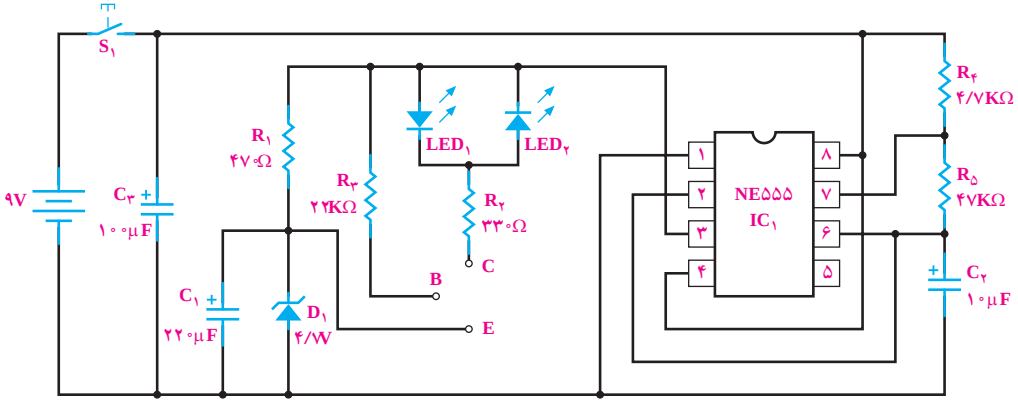
ب : مدار چشمک زن با LED



ج : مدار منبع تغذیه متقارن ۵ ± ولت



د : مدار چشمک زن با آی‌سی ۷۴۱



هـ : مدار تست کننده ترانزیستور

شکل ۷-۳۲ چند نمونه مدار به منظور طراحی مدار چاپی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ با اســتفاده از نقشه‌ی مدار ، روی یک صفحه کاغذ با ابعاد مناسب جای قطعات را مشخص کنید.

توجه

جــای قطعــات نبایــد از ابعــاد قطعــات کوچک‌تر باشــد. محل قطعات را می‌توان تغییر داد.

■ برای پایه هر قطعه یک دایره منظور کنید.

■ پایه‌هایی راکه بر روی نقشــه به یکدیگر متصل هستند با کوتاه‌ترین فاصله‌ی ممکن به هم وصل کنید .

■ طرح مدار چاپی نقشه را در ابعادی که مورد تایید مربی مربوطه است در محل تعیین شده در شکل ۳۳-۷ بچسبانید.

محل چسباندن طرح مدار چاپی

شکل ۳۳-۷ محل چسباندن طرح مدار چاپی

■ در صورت وجود امکانات ، طرح مدار چاپی موردنظر را توسط رایانه وبه کمک مربی خود اجرا کنید و تصویر طرح مدار چاپی را در شکل ۳۴-۷ بچسبانید.

محل چسباندن طرح مدار چاپی تهیه شده با نرم‌افزار

شکل ۳۴-۷ محل چسباندن طرح مدار چاپی تهیه شده با نرم‌افزار

۷-۸-۴ نتایج آزمایش:

نتایج حاصل ازآزمایش را به طور خلاصه بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۷-۹ روش‌های انتقال نقشه مدار چاپی روی فیبر

پس از تبدیل نقشه‌ی الکترونیکی به نقشه مدار چاپی باید آن را روی فیبر منتقل کرد . در زیر چند روش انتقال مدار چاپی روی فیبر توضیح داده می‌شود :

۷-۹-۱ روش ماژیک یا لتراست

ابتدا فیبر مدار چاپی را کاملاً تمیز کنید سپس نقشه مدار چاپی تهیه شده را معکوس کنید. به وسیله کاربن نقشه را روی فیبر مدار چاپی انتقال دهید. با کشیدن قلم روی خطوط و پایه های قطعات اثر طرح روی مس فیبر مدار چاپی منتقل می‌شود و با استفاده از ماژیک ضد اسید اثر به جا مانده از کاربن را پررنگ کنید .در این مرحله می‌توانید پایه عناصر رابا شابلون دایره و یا شابلون مورد نظر روی فیبر رسم کنید و با استفاده از خط کش پایه‌ها را به یکدیگر ارتباط دهید . هنگام کار با ماژیک باید دقت کنید که ماژیک چند بار روی فیبر در جهت عکس یکدیگر کشیده نشود.خطوط ترسیم شده باید پررنگ باشد زیر ا در صورت کم رنگ بودن، اسید روی آن ها اثر می کند و مس‌های خطوط ارتباطی را از بین می‌برد .

به جای ماژیک می‌توانید از لتراست استفاده کنید. در این روش لتراست قطعه مورد نظر را روی فیبر قرار دهید و قلم را روی علامت مورد نظر بکشید تا لتراست روی فیبر منتقل شود، باید توجه کنید که قلم فقط روی علامت مورد نظر کشیده شود و روی علایم اطراف آن کشیده نشود ، زیرا علایم جانبی روی فیبر اثر می گذارد و هنگام اسیدکاری مس قسمت هایی که مورد نظر نیست روی فیبر باقی می‌ماند .

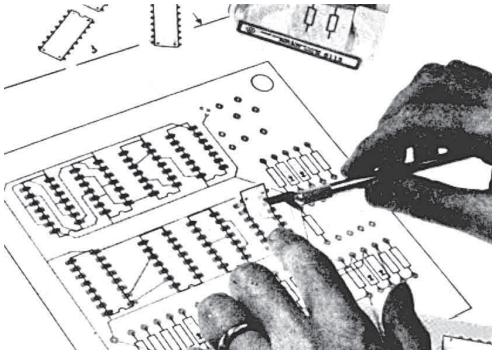
۷-۹-۲ روش پوزیتیو (positive ۲۰) :

از این روش برای تولید زیاد استفاده می‌شود و علاوه برتکثیر سریع می‌توان مدار را با دقت زیاد طراحی کرد .

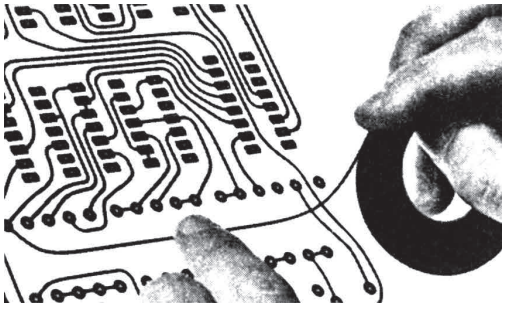
در این روش ابتدا باید نقشه مدار چاپی طراحی شده را روی کاغذ شفاف انتقال داد . برای این منظور ازکاغذ کالک و راپیدوگراف استفاده می‌شود . ابتدا کالک را روی نقشه بچسبانید وسپس با راپید و شابلون پایه قطعات را رسم کنید و در انتها خطوط ارتباطی را بکشید. به علت عدم استفاده از ماژیک در این روش ، می‌توان خطوط ارتباطی را نزدیک به هم ترسیم کرد و پس از آماده شدن کاغذ کالک ، برای اطمینان از پررنگ بودن نقشه وصحت اتصال قطعات نقشه را مقابل نور بگیرید و پر رنگی خطوط را کنترل کنید. به علت شفاف بودن کالک از پشت کاغذ کالک ، به عنوان نقشه معکوس شده استفاده می‌شود .

به جای انتقال نقشه روی کاغذ کالک می‌توانید نقشه را روی طلق شفاف منتقل کنید. برای انتقال نقشه روی طلق شفاف از لتراست مخصوص استفاده می‌شود . این لتراست در یک طرف دارای چسب است و به راحتی روی طلق می‌چسبد.

برای این منظور ابتدا پایه قطعات را روی طلق بچسبانید، سپس ارتباط بین پایه ها را توسط نوارهایی که برای این منظور ساخته شده است برقرار کنید.شکل۳۵-۷ و ۳۶-۷ نحوه‌ی چسباندن لتراست مربوط به پایه قطعات و اتصال نوار ها را نشان می‌دهد .



شکل ۳۵-۷ نحوه‌ی چسباندن لتراست مربوط به پایه قطعات



شکل ۳۶-۷ نحوه‌ی چسباندن نوار

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پـس از انتقال نقشـه روی طلق ، برای اسـتحکام بیش‌تر می‌توان روی تمام نقشـه را با طلق نازک دیگری پوشـاند تا لتراسـت های چسبانده شـده در جای خود محکم تر شده و جابه جا نشـوند. پس از این مرحله فیبـر مدار چاپی را که در ابعاد معین بریده شده است کاملاً تمیز کنید و در محل تاریک خانه (می توان تاریک خانه را با نور قرمز روشن کرد)، روی فیبر را با اسـپری مخصوص که نسـبت به نور حسـاس است بپوشانید. درابتدا اسپری به صورت قطرات ریز روی فیبر ظاهر می‌شود و پس از چند لحظه سراسر فیبر را می‌پوشاند . پس از خشـک شدن کامل اسپری نقشه آماده شده را روی فیبر قرار دهیـد و آن را جلوی نور بگیرید. زمـان تابش نور آفتاب ۱۵ دقیقه وبرای یک لامپ ۲۰۰ وات ۱۰دقیقه است .

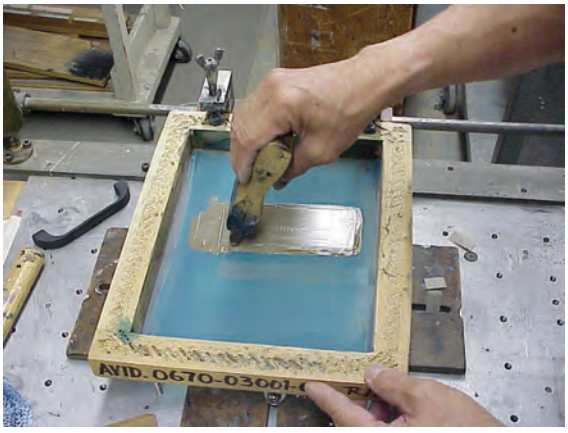
بعـد از این مرحله فیبر را در محلول سـود سـوزآور قرار دهید. بعد از چند لحظه به خاطرخاصیت اسـپری قسمت هایی از فیبر که زیر خطوط نقشه بوده وتحت تابش نور قرار نگرفته است، پررنگ می‌شود .

حال فیبر را با آب بشویید و آن را برای اسید کاری آماده کنید .

۳-۹-۷ روش چاپ سیلک (سیلک اسکرین)

از این روش در اغلب کارخانه هـا وکارگاه‌های تولیدی اسـتفاده می‌شـود. تولید وتکثیر مدارها با این روش سـریع‌تر انجام می‌گیرد . این روش نسـبت به دو روش قبل دارای دقت بیش‌تری اسـت. در ایـن روش ابتدا باید نقشـه مدار چاپی را روی کاغذ معمولی و یا طلق شـفاف طراحی کنید سـپس از طرح آماده شده عکس بگیرید و فیلم آن را آماده کنید .

پارچه‌ی سـیلک را که دارای استانداردهای ۶۸-۹۰-۱۱۰ سوراخ در سـانتی متر مربع اسـت به اندازه مورد نظر ببرید و پارچه را روی قاب چوبی به صورت کاملاً کشیده وصل کنید. در یـک تاریک خانه یادرمحلی با نـور قرمزرنگ باکاردک ماده‌ی مخصوص چاپ سـیلک را روی پارچه سیلک بمالید، سپس فیلم را از طرف بیرون قاب روی سیلک قراردهید . حال به وسیله یک لامپ ۱۰۰ وات از فاصله ۳۰سانتی متری به مدت ۱۵ دقیقه به فیلم نور بتابانید. بعد از این مرحله پارچه را بشویید. به خاطـر خاصیت ماده مخصوص سـوراخ‌هایی از پارچه که مورد تابش نور قرار نگرفته‌اند به وسـیله ماده مخصوص بسته نمی‌شوند . اما بقیه‌ی سوراخ که مورد تابش نور قرار گرفته‌اند به وسیله‌ی ماده مخصوص مسدود می‌شوند. پس از انجام این مرحله فیبر مسـی را پشـت قاب چوبی قرار دهید و با استفاده از قلم نقاشـی روی پارچه را جوهر ضد اسـید بمالید . جوهر از طریق سوراخ‌هایی بسته نشـده مطابق نقشه روی فیبر منتقل می‌شـود. از یک سیلک می‌توان تعداد زیادی فیبر مدار چاپی تهیه کرد. می توان پس از شسـتن سیلک به وسیله کلر یا آب ژاول نقشـه دیگـری را روی آن طرح کرد. در شـکل ۳۷-۷ روش چاپ سیلک نشان داده شده است .



شکل ۳۷-۷ چاپ سیلک

۴-۹-۷ روش کار با لامینت

لامینت ماده‌ای اسـت ژلاتینی و حساس به نور که معمولاً بین دو لایه‌ی ورق طلق پلاسـتیکی قرار داده می‌شود. به علت داشـتن کیفیت بالا و دقت خوب معمولاً درکارهای ظریف و دقیق و حرفه ای و چاپ به تعداد زیاد ، این روش بیش‌تر مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد. لامینت بایددر تاریکی مطلق ، دور از مجاورت هوا ودر دمای زیر C ۲۵° نگه داری شود.

کار با لامینت چهار مرحله دارد :

مرحله اول :حساس کردن فیبر به کمک لامینت

ابتدا فیبر مدار چاپی رابابد کاملاً تمیز و صاف نمود. سپس

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در تاریک خانه لامینت را به اندازه سطح فیبر مدار چاپی برش داد . چون لامینت بین دو ورق طلق قرار دارد یکی از این لایه طلق پلاستیکی نازک تر و نرم تر از دیگری است (لایه طرف داخل رول) ، طلق پلاستیکی روی لامینت را از این لایه به آرامی از یک گوشه برداشته ، در همین لحظه لامینت را روی سطح مسی ، فیبر مدار چاپی به آرامی بچسبانید .باید با دست روی لامینت را مالش داد تا هیچ حبابی زیر آن نماند ، در ضمن حرارت ایجاد شده توسط مالش سبب چسبیدن کامل لامینت به مس می شود . می توان برای اطمینان کار پارچه‌ای نخی را روی لامینت قرار داده و توسط اتو با حرارت کم ، روی لامینت چسبیده به فیبر را اتو کرد ، شکل ۳۸-۷.

شکل ۳۸-۷ مرحله‌ی اول کار با لامینت

مرحله دوم : نوردهی

از طرح مدار چاپی مورد نظر باید یک نسخه فیلم منفی (نگاتیو)تهیه نمود. این عمل از طریق عکاسی یا کامپیوتر انجام می گیرد . فیلم منفی طرح مدار چاپی را که قبلاً تهیه کرده‌اید بایددر تاریک خانه روی فیبر مدار چاپی حساس به لامینت قرار داده وسپس شیشه‌ای تمیز روی آن قرار دهید. حدود۲ تا ۵ دقیقه توسط نور مستقیم خورشید به سطح فیبر نور دهید . البته می‌توان توسط لامپ معمولی با وات زیاد یا چند لامپ فلورسنت نیز به سطح فیبر نور داد. میزان نور دهی بالامپ بسیار مهم است زیرا نور زیاد یا نور کم باعث پایین آمدن کیفیت یا ظاهر نشدن طرح می‌شود. (میزان نور و زمان دقیق نوردهی با لامپ بهتر است تجربه شود).

پس از نور دادن به فیبر شیشه و فیلم را از روی فیبر بردارید، سپس لایه دوم طلق را که روی لامینت قرار دارد بردارید (لایه‌ی دوم طلق ضخیم تر و شفاف‌تر ازلایه‌ی اول طلق است).

در شکل ۳۹-۷ میز نور جهت استفاده در مرحله‌ی نوردهی نشان داده شده است.

شکل ۳۹-۷ میزنور

مرحله سوم : ظاهر نمودن طرح

حدود ۱۰گرم پودر سفید رنگ مخصوص ظهور لامینت را در یک لیتر آب سرد ریخته ومحلول را خوب به هم بزنید. درتاریک خانه فیبر نور خورده را در محلول ظهور تهیه شده قرار داده و به آرامی آن را تکان دهید . به تدریج طرح روی فیبر ظاهر می‌شود. پس از ظاهر شدن کامل طرح و پاک شدن کامل لامینت در نقاط خارج از طرح ، فیبر را از محلول ظهور خارج نموده و بلافاصله آن را با آب شستشو دهید تا محلول ظهور کاملاً از روی سطح فیبر پاک شود . سپس فیبررا کاملاً خشک کنید تا هیچ قطره آب یا رطوبتی روی فیبر نماند. مرحله ظاهر نمودن طرح در شکل ۴۰-۷ نشان داده شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

شکل ۴۰-۷ ظاهر نمودن طرح

مرحله‌چهارم :اسیدکاری و پاک کردن لامینت

برای حل کردن مس‌های اضافی فیبر مدار چاپی ازاسید استفاده می‌کنیم. البته مس‌های اضافی فیبر مدار چاپی تهیه شده به روش های دیگر هم توسط اسید حل شده و فیبر مدار چاپی برای مونتاژ قطعات آماده می‌شود .

۷-۱۰ طرزتهیه‌محلول‌اسید وآماده نمودن‌فیبر برای مونتاژ

اسید مورد استفاده معمولاً پرکلرور دو فر است. هنگام درست کردن اسید باید به نکات زیر توجه کنید :

۱- حتماً از ظروف شیشه‌ای ،لعابی یا چینی استفاده کنید.

۲- در ظرف به اندازه‌ای آب بریزید تابا قراردادن فیبر در داخل آن ، محلول حدود ۲ میلی‌متر بالاتر از سطح فیبر قرارگیرد .

۳- حتماً آب را گرم کنید یا این‌که آب گرم در ظرف بریزید. اگر از ظرف پیرکس استفاده می‌کنید ظرف را روی حرارت خیلی کم نگه دارید.

۴- به پرکلروردوفر تا اندازه ای آب اضافه کنید که محلول تقریباً غلیظی به دست‌آید.

۵- فیبر مدار چاپی را در داخل محلول قراردهید و محلول را به آرامی تکان دهید.

۶- پس از خورده شدن مس اضافی فیبر ، فیبر را از محلول خارج کنید و آن را کاملاً بشویید.

در شکل ۴۱-۷ نحوه اسیدکاری نشان داده شده است.

شکل ۴۱-۷ اسید کاری

۷-۱۱ پاک کردن مواد لامینت

برای پاک کردن مواد لامینت روی سطح خطوط مسی فیبر مدار چاپی معمولاً از محلول غلیظ سود سوزآور استفاده می‌کنند. حدود ۲۰ گرم سود رادر یک لیتر آب سرد ریخته و پس از حل نمودن کامل سود در آب فیبر مدار چاپی تهیه شده را در محلول قرار می‌دهند. پس از گذشت حدود چند دقیقه کلیه‌ی مواد لامینت از روی فیبر مدار چاپی پاک می‌شود، البته هرچه محلول سود غلیظ تر باشد پاک شدن مواد لامینت سریع تر انجام می‌گیرد. پس از پاک شدن مواد لامینت باید فیبر مدار چاپی را با آب شست وشو داد، شکل ۴۲-۷.

شکل ۴۲-۷ پاک کردن سطح فیبر

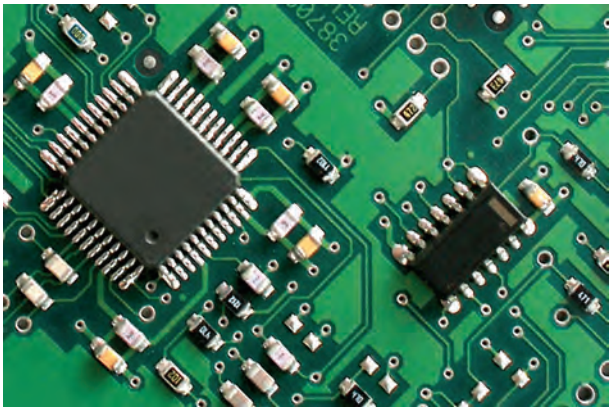
CarGeek.Live

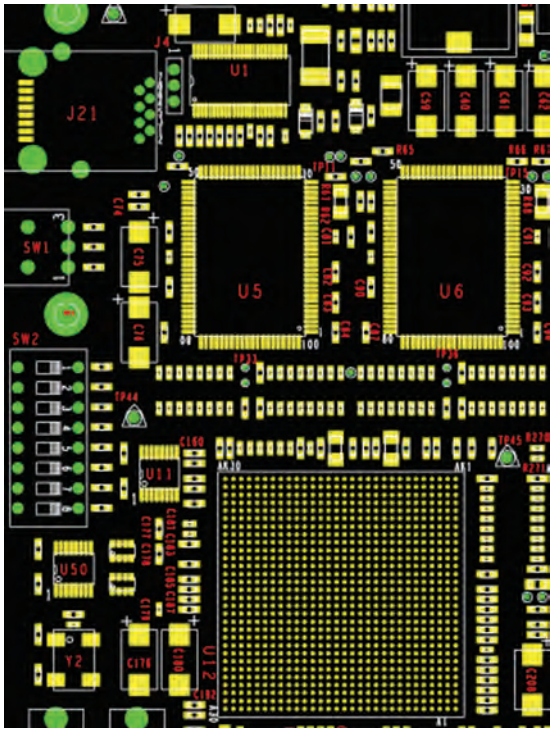
CarGeek.Live

۷-۱۲ سوراخ کاری و نصب قطعات

پس از آماده نمودن فیبر مدار چاپی بایدجای پایه‌ی قطعات رابه وسیله دریل ویا مته با قطر مناسب سوراخ نمود. مته ی مناسب برای پایه‌ی قطعاتی نظیر مقاومت ، خازن ، دیود و ترانزیستور و آی سی مته شماره یک است. پس از سوراخ نمودن فیبر قطعات را در جای مناسب آن قرار داده و پایه‌ی قطعات را روی سطح مس لحیم می‌نمایند .

شکل ۷-۴۳ چند برد مدارچاپی و قطعات مونتاژ شده روی آن ها را نشان می‌دهد .





شکل ۷-۴۳ قطعات مونتاژ شده روی برد مدار چاپی

۷-۱۳ آزمایش شماره۲

زمان اجرا : ۶ ساعت آموزشی

۷-۱۳-۱ هدف آزمایش : تهیه فیبر مدار چاپی و مونتاژ قطعات

۷-۱۳-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات‌و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	فیبر مدارچاپی	مطابق با طرح انتخاب شده و نظر مربی
۲	لتراست	مطابق با طرح انتخاب شده و نظر مربی
۳	مته میلی‌متری	یک عدد
۴	دریل دستی	یک دستگاه
۵	اسید	به مقدار لازم
۶	تجهیزات مورد نیاز اسیدکاری (ظرف پیرکس، هیتر ...)	یک سری
۷	لامینت	به مقدار لازم

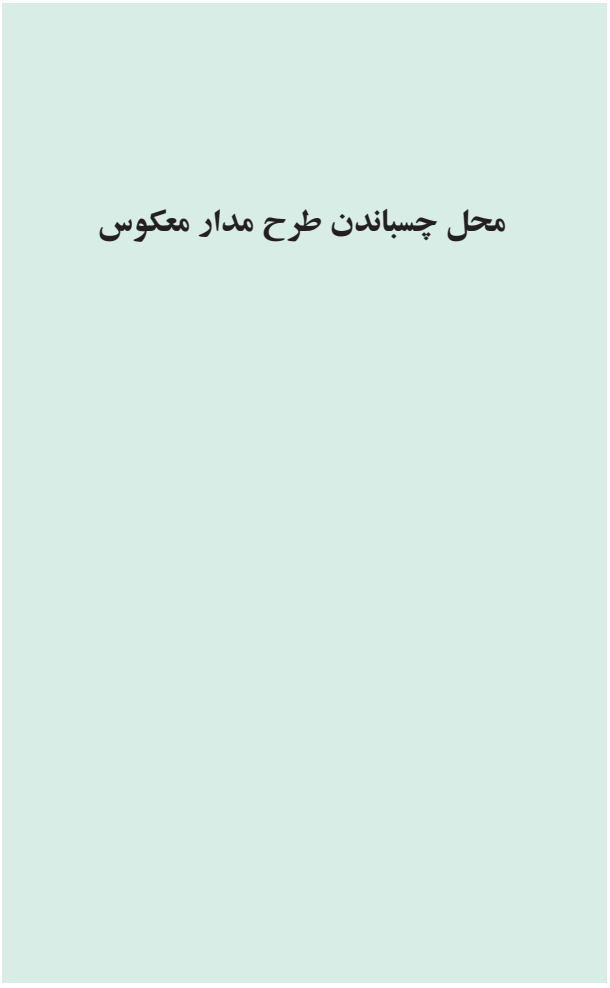
۷-۱۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ طرح مدار چاپی مربوط به منبع تغذیه که در آزمایش قبل آماده شد را به تأیید مربی کارگاه برسانید.

■ از طرح مدار چاپی (طرح رو) آماده شده طرح معکوس تهیه کنید و یک نمونه کپی از طرح معکوس را در شکل ۷-۴۴ بچسبانید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۴۴-۷ محل چسباندن طرح معکوس

■ فیبر مدار چاپی را در ابعاد مورد نظر تهیه کنید و سطح فیبر را توسط مواد پاک‌کننده تمیز نمایید.

■ طرح مدار چاپی (طرح معکوس) را روی فیبر انتقال دهید. (انتقال طرح با توجه به امکانات موجود در کارگاه از طریق لتراست ، لامینت یا هر روش دیگر انجام گیرد.)

■ با رعایت نکات ایمنی فیبر مورد نظر را برای انجام عمل اسید کاری آماده نمایید و در محلول اسید قرار دهید.

■ پس از خورده شدن مس اضافی فیبر ، فیبر را از محلول خارج کنید و آن را کاملاً شستشو دهید، (چنانچه از روش لامینت برای انتقال طرح استفاده نمودید ، مواد لامینت را از روی سطح خطوط مسی فیبر مدار چاپی پاک کنید).

■ قبل از انجام سوراخ کاری ، صحت کلیه اتصالات را توسط مولتی‌متری که در حالت تست اتصال کوتاه است ، مورد بررسی قرار دهید .

■ جای پایه‌ی قطعات را به وسیله‌ی دریل دستی یا دریل نصب شده بر روی میز کار ، با مته‌ای با قطر مناسب، سوراخ کنید.

■ قطعات را پس از تست صحت آن‌ها در جای مناسب قرار دهید و پایه‌ی قطعات را روی سطح مس لحیم نمایید .

نکته مهم:

با رعایت کلیه‌ی نکات ایمنی و با نظر مربی کارگاه، ورودی مدار آماده شده‌ی منبع تغذیه را به برق ۲۲۰ ولت وصل کنید،مدار را راه‌اندازی نمایید و صحت کار آن را مورد آزمایش قرار دهید.

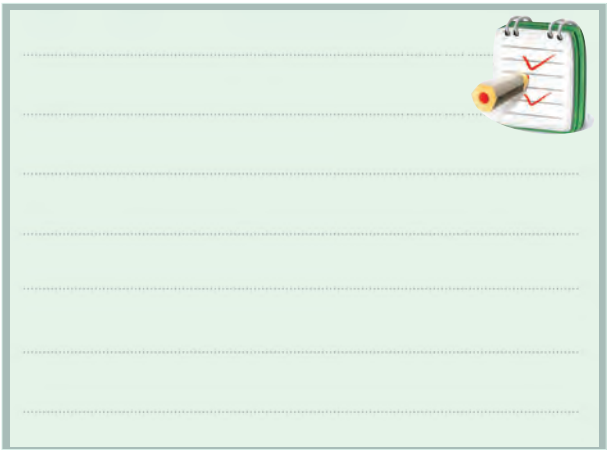
■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را اندازه‌گیری و مقدار آن را یادداشت کنید.

$V_{O_{DC}} = ...v$

■ در مورد نحوه‌ی عملکرد در مدار منبع تغذیه‌ی ساخته شده توضیح دهید .

۴-۱۳-۷ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش را در چند سطر به طور خلاصه بنویسید.



CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۷)

۱- زمـان لحیـم کاری روی فیبـر فنولی بیش‌تـر از فیبر فایبرگلاس است.

صحیح ❒ غلط ❒

۲- در روش‌هـای طراحـی پوزیتیـو ۲۰ و.... و ..... از نوردهی استفاده می‌شود .

۳- هر چه فاصله بین دوخط مسـی مجـاور هم روی فیبر مـــدار چاپی (کم‌تر ❒ بیش تر ❒) باشد ، ولتاژ بیش‌تری را می‌توان بین دولایه اتصال داد .

۴- کدام طراحی مدار چاپی صحیح است ؟

الف)

ب)

ج)

د)

۵- طرح مدار چاپی که از روی نقشه الکترونیکی به دست می آید ، مطابق با کدام گزینه است ؟

الف) مطابق نقشه ب) معکوس نقشه

۶- درتهیه مدار چاپی مزایای اسـتفاده از فیبر فایبرگلاس نسبت به فیبر فنولی کدام است ؟

الف) استحکام زیاد

ب) قدرت تحمل حرارت

ج) مونتاژو تعمیر آسان

د) همه موارد

۷- در کدام روش طراحی مدار چاپی از نوردهی استفاده نمی‌شود ؟

الف) پوزیتیو ۲۰

ب) چاپ سیلک

ج) لتراست و ماژیک

د) لامینت

۸- بـرای حـل کردن مس‌هـای اضافی فیبر مـدار چاپی معمولاً از اسید پرکلروردوفر استفاده می کنیم .

صحیح ❒ غلط ❒

۹- هرگز در لحیم کاری، چند سـوراخ پی درپی را کنار یـک دیگر ومماس بـر هم قرار ندهید ، زیرا با عث برجسـته شدن لحیم می‌شود.

صحیح ❒ غلط ❒

۱۰- بـرای ارتباط دونقطه در طراحی مدار چاپی همیشـه از(کوتاه‌ترین ☐ خط مستقیم ☐) مسیر ارتباط استفاده کنید.

۱۱- مراحلی که در تهیه‌ی طـرح مدار چاپی باید به اجرا درآوریم را شرح دهید.

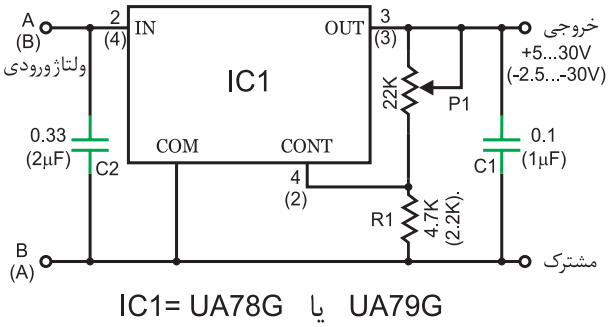
CarGeek.Live

CarGeek.Live

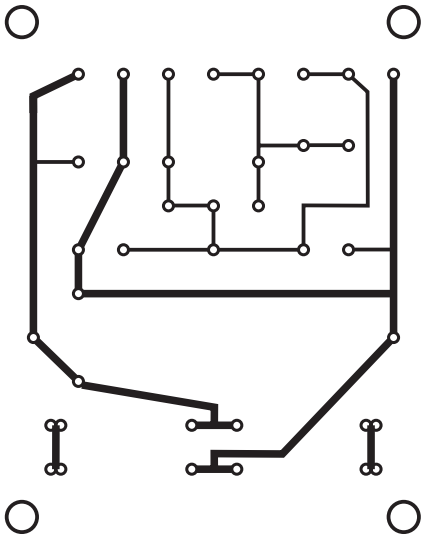
۱۲- مراحل تهیه طرح مدار چاپی را به روش لامینت ، به ترتیب اجرای کار شرح دهید.

۱۳- شکل ۷-۴۵ مداریک منبع تغذیه‌ی متغیرو شکل ۷-۴۶ نقشه مدار چاپی آن است .

جای قطعات را روی طرح مدار چاپی مشخص کنید.



شکل ۷-۴۵ منبع تغذیه‌ی متغیر



شکل ۷-۴۶ نقشه‌مدار چاپی برای منبع تغذیه‌ی متغیر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بخش چهارم

نوسان سازها

هدف کلی:

تحلیل نظری و عملی انواع نوسان سازهای سینوسی و غیرسینوسی

واحد کار	شماره توانایی	عنوان توانایی	زمان آموزش		
			نظری	عملی	جمع
U۷	۱۹	توانایی تجزیه و تحلیل و بررسی نوسان سازها	۱۵	۲۰	۳۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل هشتم

نوسان سازها

هدف کلی :

آموزش اصول کار نوسان سازهای سینوسی و غیرسینوسی

هدف های رفتاری : در پایان این آزمایش از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۱- نوسان ساز را تعریف کند.
۲- مشخصات یک نوسان ساز و شرط ادامه ی نوسان در یک نوسان ساز را شرح دهد.
۳- نقش شبکه ی فیدبک در یک نوسان ساز را شرح دهد .
۴- اصول نوسان ساز LC سری و موازی را شرح دهد.
۵- نوساز ساز هارتلی را از نوسان ساز کول پیتس تشخیص دهد.
۶- مدار نوسان ساز هارتلی و کول پیتس را ببندد وشکل موج خروجی آن ها را رسم کند.
۷- مزایای اسیلاتور کریستالی را شرح دهد.
۸- اسیلاتور کریستالی را عملاً ببندد و شکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
۹- اصول نوسان ساز آرمسترانگ و تانک را شرح دهد.
۱۰- نوسان ساز آرمسترانگ و تانک را عملاً ببندد وشکل موج خروجی هریک را رسم کند.
۱۱- مولتی ویبراتور را تعریف کند وبلوک دیاگرام مولتی ویبراتور را رسم کند.
۱۲- مولتی ویبراتورهای بی استابل ، مونواستابل و آاستابل را شرح دهد.
۱۳- شکل موج های خروجی مولتی ویبراتورهای بی استابل ، مونواستابل و آ استابل را رسم کند و فرکانس آن را اندازه بگیرد.
۱۴- تفاوت مولتی ویبراتور بی استابل ، مونواستابل و آاستابل را تشریح کند.
۱۵- پایه های IC تایمر ۵۵۵ را تشخیص دهد.
۱۶- مدار مولتی ویبراتور آ استابل و مونواستابل (تایمر) را با استفاده از IC تایمر ۵۵۵ شرح دهد.
۱۷- مدار مولتی ویبراتور آ استابل و مونواستابل را ببندد.
۱۸- شکل موج خروجی مدار های مولتی ویبراتور آاستابل و مونو استابل با استفاده از IC تایمر ۵۵۵ را رسم کند و فرکانس آن ها را اندازه بگیرد.
۱۹- ساختمان ترانزیستور UJT راشرح دهد.
۲۰- مدار نوسان ساز موج دندانه اره ای با استفاده از ترانزیستور UJT را عملاً مورد آزمایش قرار دهد .

این فصل در دو قسمت مجزا تنظیم شده است

توانایی شماره ۱۹	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۱۵	۲۰	۳۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۸)

پیش آزمون ۱-۸ نوسان سازهای سینوسی

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

۲- پارامترهای مهم یک ترانزیستور معمولی را شرح دهید.

۳- به چه دلیل در تقویت کننده‌های چند طبقه از فیدبک منفی استفاده می کنند؟

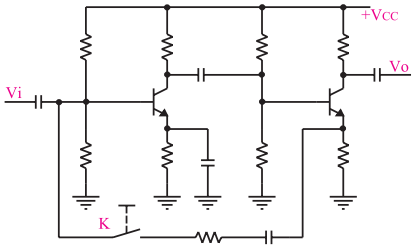
۴- در تقویت کننده‌ی فیدبک شده‌ی شکل زیر ، نوع فیدبک کدام است ؟(فرض کنید کلید k بسته است).

الف) ولتاژ موازی

ب) ولتاژ سری

ج) جریان موازی

د) جریان سری



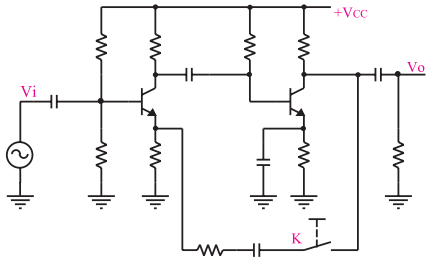
۵- در شکل زیراگر کلید k بسته شود، کدام اتفاق می‌افتد؟

الف) بهره ولتاژ کم می شود.

ب) بهره ولتاژ زیاد می شود.

ج) امپدانس خروجی به شدت زیاد می شود .

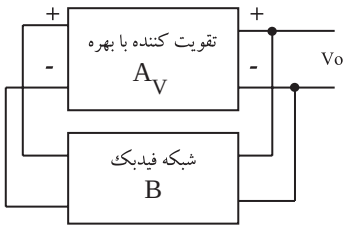
د) امپدانس ورودی به شدت کم می شود.



۶- تفاوت بین فیدبک مثبت ومنفی را شرح دهید.

۷- مدار هماهنگی نوسان ساز هارتلی را رسم کنید و رابطه محاسبه‌ی فرکانس نوسان ساز را بنویسید.

۸- با توجه به شکل زیر شرط ادامه نوسان در یک نوسان ساز کدام است ؟



الف) $B.A_V \leq 1$

ب) $B.A_V = 1$

ج) $B.A_V \geq 1$

د) $B.A_V < 1$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-کدام نوسان ساز موج سینوسی تولید می کند ؟

الف) کول پیتس ب) هارتلی

ج) آرمسترانگ د) هر سه مورد

۱۰- فرکانس نوسان در یک اسیلاتور LC وابسته به چه عناصری است ؟

۱۱- مشخصات مهم یک نوسان ساز را نام ببرید .

۱۲- نوسان در یک نوسان‌ساز چگونه شروع می شود؟

۱۳- چرا در مدارهای الکترونیکی از تنظیم کننده‌های ولتاژ استفاده می کنند ؟

۱۴- در نوسان سازها از کدام نوع فید بک استفاده می‌شود ؟

الف)فقط مثبت ب) فقط منفی

ج) مثبت ومنفی د) مثبت یا منفی

۱۵- در تقویت کننده‌ها از کدام نوع فیدبک استفاده می‌شود؟

الف)فقط مثبت ب) فقط منفی

ج) مثبت ومنفی د) مثبت یا منفی

۱۶- عناصر فیدبک در نوسان سازهای سینوسی را نام ببرید ؟

۱۷- مدار هماهنگ نوسان ساز کول پیتس از (یک – دو) خازن و (یک – دو) سلف تشکیل می‌شود.

۱۸- مدار هماهنگ نوسان ساز .....از یک خازن و یک ترانسفورماتور تشکیل شده است.

۱۹- نوسان سازهای سینوسی در چه مدارهایی به کار می‌رود؟

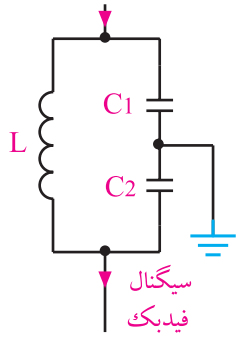
۲۰- مدارهای نوسان ساز سینوسی که در این فصل به آن‌ها اشاره شده است را نام ببرید .

۲۱- انواع نوسان ساز را از نظر شکل موج تولیدی نام ببرید .

۲۲- در مدار رزونانس موازی ،ضریب کیفیت مدار به مقدار مقاومت موازی بستگی‌دارد.

صحیح ❐ غلط ❐

۲۳- مدار تعیین کننده فرکانس شکل زیر مربوط به چه نوع نوسان سازی است ؟



CarGeek.Live

CarGeek.Live

بعد از مطالعه قسمت اول فصل (۸) به سؤالات پیش آزمون ۲-۸ پاسخ دهید .

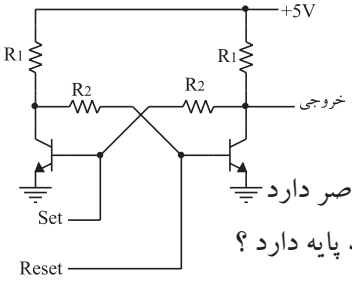
پیش آزمون ۲-۸ نوسان سازهای غیرسینوسی

۲۴- در یک مولتی ویبراتور ، مدار کوپلینگ معمولاً از کدام عناصر تشکیل می شود؟

الف) مقاومت اهمی　　ب) سلف

ج) خازن　　د) هر سه مورد

۲۵- آیا مولتی ویبراتور شکل زیر از نوع آستایل است؟



الف) بلی

ب) خیر

ج) بستگی به مقادیر عناصر دارد

۲۶- IC تایمر ۵۵۵ چند پایه دارد ؟

الف)۲۴　　ب) ۱۸　　ج) ۱۴　　د) ۸

۲۷- آیا با IC تایمر ۵۵۵ می توان موج مربعی تولید کرد؟

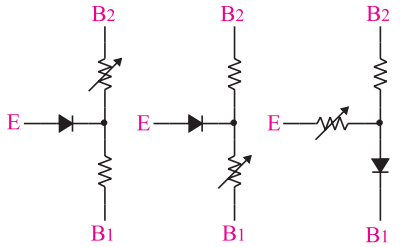
الف) بلی　　ب) خیر

ج) بستگی به مقادیر عناصر دارد.

د) بستگی به جریان عبوری از خروجی آی سی دارد.

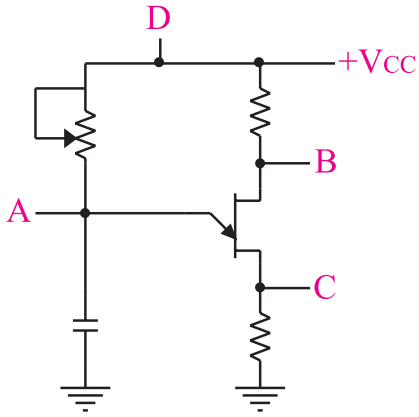
۲۸- کدام مدار معادل مربوط به یک ترانزیستور UJT است ؟

الف) ❐　　ب) ❐　　ج) ❐



۲۹- η در UJT طبق کدام رابطه تعریف می‌شود؟

۳۰- در شکل زیر ، پالس های سوزنی را از کدام نقطه دریافت می کنیم ؟



الف) A

ب) B

ج) C

د) D

۳۱- علامت قراردادی کریستال را رسم کنید .

۳۲- مزیت استفاده از کریستال در نوسان سازها را شرح دهید .

۳۳- مولتی ویبراتور بی‌استابل دارای دو حالت پایدار است .

صحیح ❐　　غلط ❐

۳۴-به نوسان ساز مونواستابل نوسان ساز موج مربعی هم می گویند.

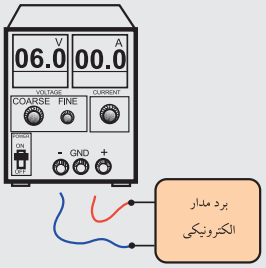
صحیح ❐　　غلط ❐

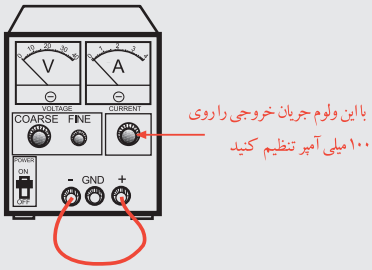
CarGeek.Live

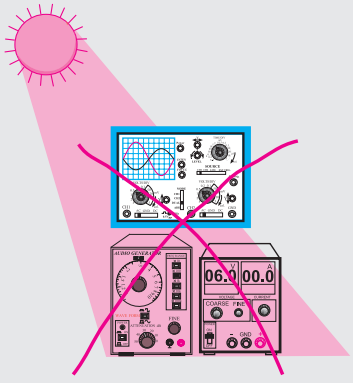
CarGeek.Live

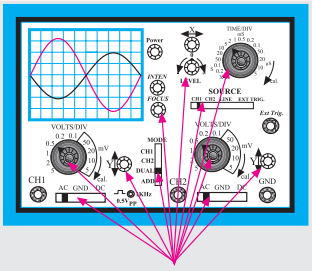
نکات ایمنی فصل (۸)

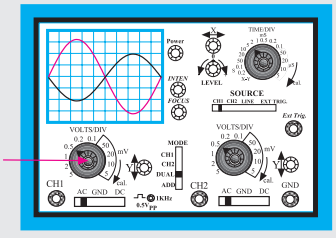
بـا توجه به تصاویر، درباره نکات ایمنی مورد نظر توضیح دهید.

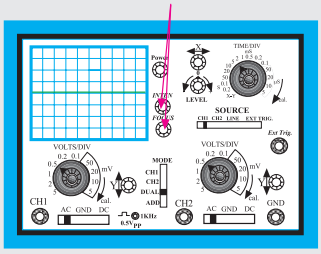


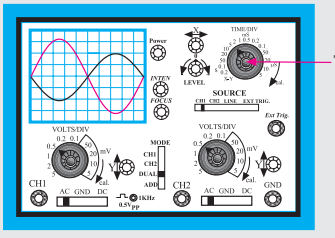












CarGeek.Live

CarGeek.Live

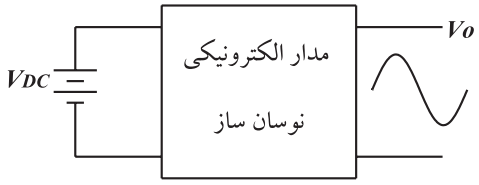
قبل از شروع قسمت اول فصل(۸)به سوالات پیش ازمون۱-۸ پاسخ دهید.

قسمت اول- نوسان‌سازهای سینوسی

۸-۱ تعریف نوسان ساز

یک نوسان ساز 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 نوسان ساز را سینوسی می نامند، شکل ۱-۸ .

مدارهای نوسان ساز سینوسی مهم ترین قسمت دستگاه‌های فرستنده و گیرنده رادیویی را تشکیل می دهند.



شکل ۱-۸ مدار الکترونیکی نوسان ساز

۸-۲ انواع نوسان‌ساز ازنظر شکل‌موج تولیدی

نوسان سازها می توانند انواع شکل موج ها را به وجود آورند. در شکل ۲-۸ چهار نمونه نوسان ساز به صورت بلوک دیاگرام و با توجه به شکل موج خروجی آن ها ترسیم شده است. این نوسان ساز ها می توانند امواج زیر را تولیدکنند.

شکل ۲-۸ انواع نوسان‌سازها با توجه به شکل موج تولیدی

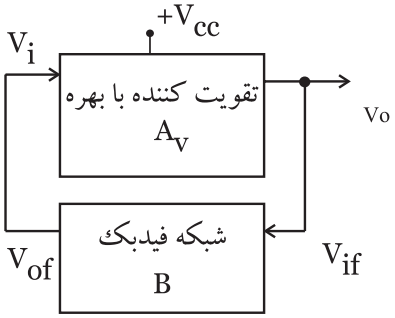
۸-۳ اصول کار مدارهای نوسان ساز

برای این که یک نوسان ساز به نوسان در آید ، باید عناصر و شرایط زیر وجود داشته باشد.

الف)تقویت کننده(مانند تقویت کننده‌ی امیتر مشترک)

ب) فیدبک مثبت

در نوسان ساز معمولاً سیگنال برگشتی از مدار فیدبک به ورودی مدار تقویت کننده داده می‌شود و از خروجی آن نوسان های تولید شده دریافت می‌شود. شکل ۳-۸ بلوک دیاگرام یک نوسان ساز را نشان می دهد.



شکل ۳-۸ بلوک دیاگرام یک اسیلاتور

معمولاً شبکه‌ی فیدبک سیگنال خروجی را تضعیف می کند. برای ادامه‌ی نوسان در یک نوسان ساز باید دو شرط زیر برقرار باشد.

الف)به میزانی که شبکه فیدبک سیگنال خروجی را تضعیف می کند، تقویت کننده نیز حداقل به همان میزان سیگنال را تقویت می کند. اگر میزان ضریب بهره‌ی شبکه فیدبک را B و بهره ی تقویت کننده را A_v بنامیم در یک نوسان ساز همواره باید شرط زیر برقرار باشد.

$$B.A_V = ۱$$

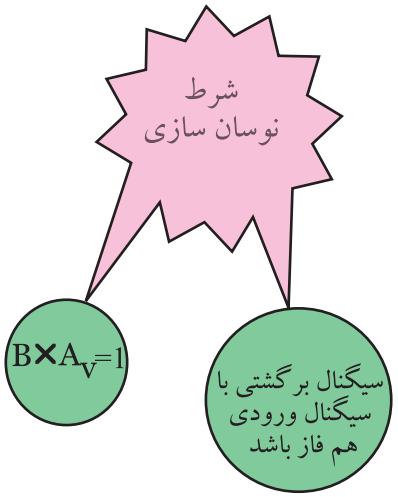
ب) به دلیل نیاز به فیدبک مثبت جهت نوسان سازی ، باید اختلاف فاز بین ورودی تقویت کننده و خروجی شبکه‌ی فیدبک صفر باشد، شکل ۴-۸ .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

توجه داشته باشید که در مدار فیدبک معمولاً از قطعات غیر فعال مانند L ،R وC استفاده می شود. لذا سیگنال خروجی شبکه‌ی برگشتی نسبت به ورودی آن ، دامنه‌ی کمتری دارد. یعنی سیگنال تضعیف می شود و ضریب تقویت آن کم‌تر از ۱ می‌شود.

B ضریب تقویت شبکه فیدبک $\frac{V_{of}}{V_{if}} < 1$



شکل ۴-۸ شرایط نوسان سازی

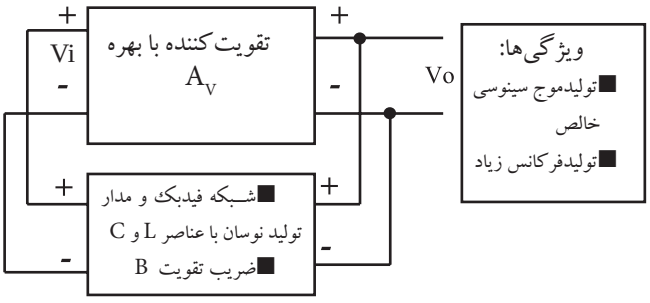
چگونگی تولید نوسان در نوسان ساز به این صورت است که ابتدا نویز و سیگنال های حالت های گذرای موجود در مدار توسط تقویت‌کننده تقویت می شود. سپس در مدار فیدبک تنها در یک فرکانس خاص اختلاف فاز بین خروجی و ورودی صفر یا ۱۸۰ درجه می شود. توجه داشته باشید که نویز، ترکیبی از تعدادی فرکانس است که با توجه به شرایط مدار ، فرکانس مورد نظر از بین آن ها انتخاب می شود و به ورودی می رسد . سیگنال برگشتی دوباره تقویت می شود و به ورودی برمی‌گردد. این رفت و برگشت سیگنال تا پایدار شدن مدار ادامه می‌یابد.

فیدبک مثبت زمانی اتفاق می افتد که اختلاف فاز بین ورودی و خروجی صفر باشد. به عبارت دیگر سیگنال های ورودی و خروجی هم فاز باشند .

۸-۴ اصول کار نوسان سازهای LCسینوسی

همان طورکه گفته شد یک نوسان ساز شامل یک تقویت‌کننده نسبتاً ساده است که در آن فیدبک مثبت به کار می رود . یعنی سیگنال خروجی که به ورودی برگشت داده می شود باید با ورودی هم فاز باشد.

برای ایجاد نوسان های سینوسی خالص با فرکانس زیاد، از نوسان ساز LC ، استفاده می کنیم، شکل ۵-۸ .

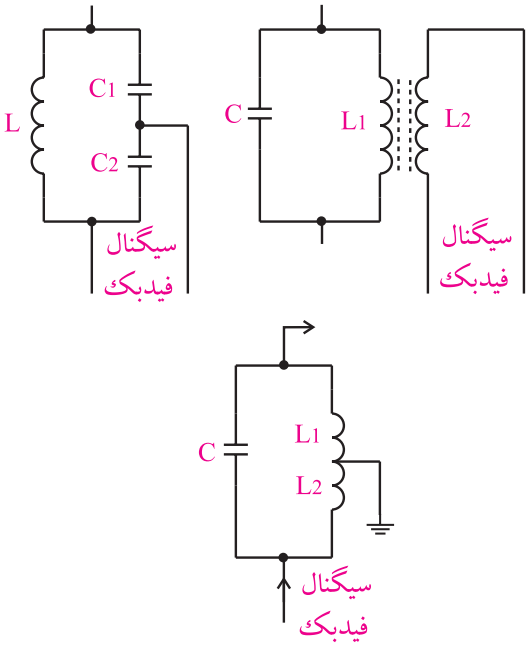


شکل ۵-۸ بلوک دیاگرام یک نوسان ساز سینوسی با فیدبک LC

در نوسان ساز LC در مسیر کلکتور یا امیتر ، یک مدار هماهنگی LC(موازی) قرار می دهند . در فرکانس رزونانس، دامنه‌ی ولتاژ دو سر مدار LC ، حداکثر مقدار را دارد وسیگنال برگشت داده شده به ورودی نیز از مدار LC موازی گرفته می‌شود. در شکل ۶-۸ انواع روش های دریافت سیگنال خروجی و انتقال آن به ورودی تقویت‌کننده نشان داده شده است. توجه داشته باشید که فیدبک باید مثبت باشد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۶-۸ انواع مدارهای فیدبک LC

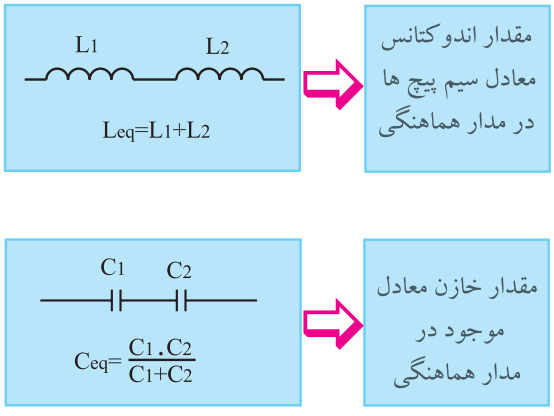
با توجه به چگونگی قرار گرفتن مدار هماهنگی LC در مدارهای تقویت‌کننده ، انواع نوسان ساز ها شکل می گیرند.

فرکانس این گونه نوسان سازها از رابطه‌ی زیر به دست می آید :

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

فرکانس رزونانس — مقدار اندوکتانس معادل — مقدار ظرفیت خازنی معادل

L_{eq} و C_{eq} به ترتیب مقادیر معادل سلف و خازنی هستند که در مدار هماهنگی قرار می گیرند ، شکل ۷-۸ .



شکل ۷-۸ مقادیر معادل سلف و خازن

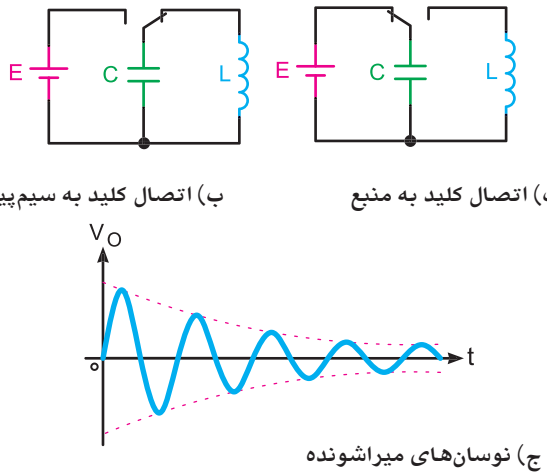
مطالب ۵-۸ و ۶-۸ در استاندارد الکترونیک کار صنعتی وجود ندارد و مربوط به سایر استانداردها است. چنان‌چه در استاندارد مورد آموزش این موضوع وجود دارد، آن را اجرا کنید.

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۵-۸ تولید نوسان در مدار تانک (رزونانس موازی)

می دانیم چنان چه یک سیم پیچ با یک خازن به صورت موازی بسته شود ، مدار تانک یا مدار رزونانس موازی شکل می گیرد . معمولاً با وارد کردن یک پالس به مدار تانک، انرژی در خازن ذخیره می شود. سپس انرژی ذخیره شده در خازن در داخل سیم پیچ تخلیه می شود ومیدانی را در اطراف آن به وجود می آورد. هنگامی که خازن کاملاً دشارژ شد، انرژی ذخیره شده در سیم پیچ ، خازن را دوباره شارژ می کند ونوسان تداوم می یابد. طبق شکل ۸-۸- الف، با اتصال کلید به منبع تغذیه ، خازن با پالس اولیه ی تولید شده توسط منبع تغذیه به اندازه ی ولتاژ منبع تغذیه شارژ می شود. حال اگر کلید را طبق شکل ۸-۸- ب تغییر حالت دهیم و آن را به سیم‌پیچ وصل کنیم ، ولتاژ خازن در داخل سیم پیچ تخلیه می شود و میدانی را در اطراف آن به وجود می آورد. پس از دشارژ کامل خازن ، انرژی ذخیره شده در سیم پیچ دوباره خازن را شارژ می کند. با شارژ و دشارژ پی‌درپی سلف و خازن ، نوسان های میرا شونده به وجود می آید .

این نوسان‌ها در شکل ۸-۸- ج نشان داده شده است .



الف) اتصال کلید به منبع — ب) اتصال کلید به سیم‌پیچ

ج) نوسان‌های میراشونده

شکل ۸-۸- نوسان‌های میراشونده

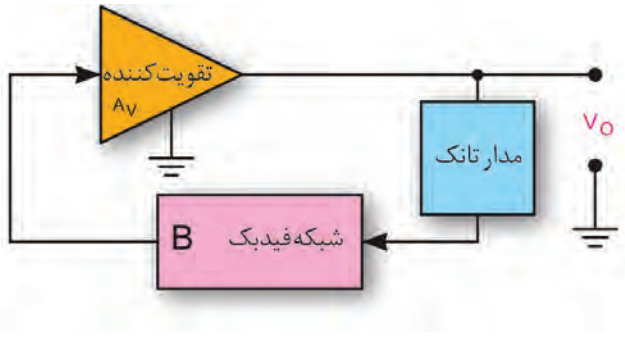
CarGeek.Live

CarGeek.Live

در صورتی که مقاومت اهمی سیم پیچ صفر و مقاومت عایق خازن (نشتی خازن) بی نهایت باشد ، نوسان های تولید شده پایدار می‌شوند. از آن جا که در عمل این مقادیر صفر و بی‌نهایت نیستند ، نوسان های تولید شده پایدار نیستند وبعد از مدت معینی که مقدار آن به مقاومت سیم پیچ بستگی دارد، میرا می شود. فرکانس نوسان های تولید شده از رابطه زیر قابل محاسبه است.

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

برای پایدار کردن نوسان میراشونده باید از مدار تقویت‌کننده ومدار فیدبک استفاده کنیم. در شکل ۹-۸ بلوک دیاگرام یک نوسان ساز رسم شده است.



شکل ۹-۸ بلوک دیاگرام نوسان ساز

عناصر مورد نیاز برای نوسان سازی

الف) مدار تقویت کننده

ب) مدار تولید کننده نوسان

ج) مدار فیدبک

شرایط نوسان سازی

الف) برقراری فیدبک مثبت

ب) $A_V \times B = 1$

۸-۶ آزمایش شماره ۱

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۸-۶-۱ هدف آزمایش :

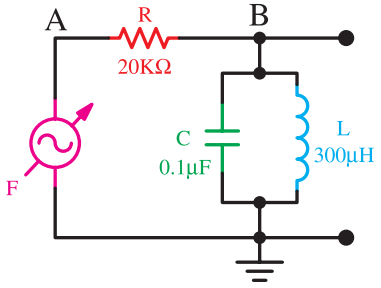
بررسی چگونگی نوسان‌های میرا شونده در مدار تانک

۸-۶-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۳۰v	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	برد برد	یک قطعه
۴	مقاومت ۲۰kΩ	یک عدد
۵	خازن ۰/۱ μF(سرامیکی)	یک عدد
۶	سلف یاسیم‌پیچ ۳۰۰ μH	یک عدد
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۸-۶-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۱۰-۸ را روی برد برد ببندید.



شکل ۱۰-۸ مدار آزمایش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

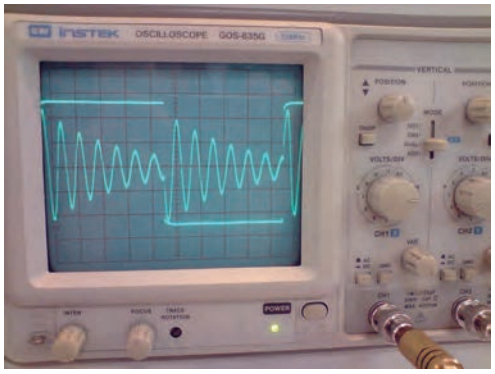
■ فانکشن ژنراتور را روشن کنید و روی سیگنال مربعی با فرکانس خروجی ۲kHz تنظیم کنید.

■ دامنه خروجی فانکشن ژنراتور را روی بیش ترین مقدار بگذارید.

■ پروب کانال یک اسیلوسکوپ (CH۱) را به نقطه‌ی A و پروب کانال دو اسیلوسکوپ (CH۲) را به نقطه B متصل کنید.

■ کلید AC-GND-DC اسیلوسکوپ را در وضعیت AC بگذارید.

■ شکل موج نقاط AوB را مشاهده کنید و آن ها را در نمودار شکل ۱۲-۸ و شکل ۱۳-۸ با مقیاس مناسب به طور دقیق بکشید.



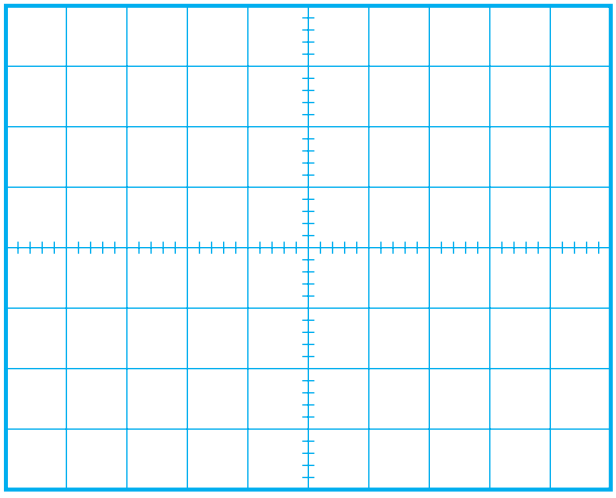
شکل ۱۱-۸ نوسان‌های میرا شونده

نکته مهم:

برای مشاهده موج بایددستگاه هارا با دقت کامل تنظیم کنید.

توجه

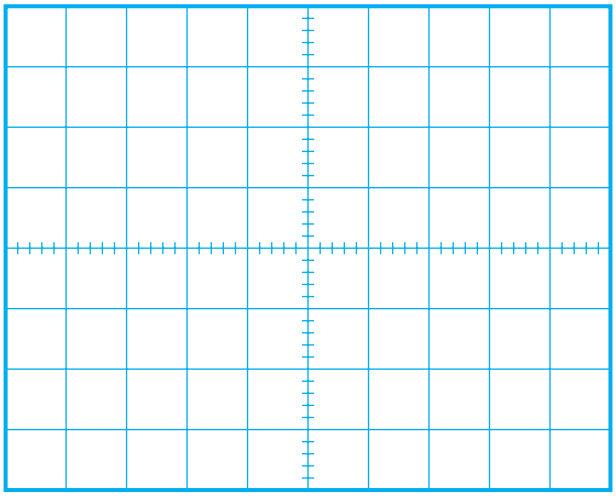
در لبه‌ی بالا رونده موج مربعی خازن شارژ می‌شود. سپس انرژی خازن در سلف تخلیه می‌شود وسلف را شارژ می کند. پس از شارژ کامل سلف انرژی سلف در خازن تخلیه می‌شود و آن را دوباره شارژ می کند. این فرآیند تا پایان یک نیم سیکل از موج مربعی ادامه می‌یابد . به دلیل وجود مقاومت سیم پیچ، نوسان‌ها میرا می‌شوند. این فرآیند در لبه‌ی نزولی موج مربعی نیز رخ می‌دهد. چنان‌چه نوسان میراشونده، به درستی روی صفحه ظاهر نشده است ، فرکانس موج مربعی راکمی تغییر دهید. به طور کلی شکل موج تولید شده باید مشابه شکل ۱۱-۸ باشد .



شکل ۱۲-۸ شکل موج در نقطه A

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۱۳-۸ شکل موج در نقطه B

سوال ۱- روی کدام یک از لبه های موج مربعی نوسان‌های میرا شونده ظاهر می شود ؟ توضیح دهید.

■ فرکانس نوسان های میرا شونده را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

T = ...

F = ... هرتز

سوال ۲- فرکانس اندازه‌گیری شده چند برابر فرکانس موج مربعی است ؟

■ مقدار فرکانس ورودی را یک بار روی ۵ کیلو هرتز وبار دیگر روی ۱۰۰ کیلو هرتز قرار دهیدو اثر آن را روی سیگنال نقاط A و B مشاهده کنید و درباره ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.

■ کلید AC-GND-DC در اسیلوسکوپ را روی DC بگذارید و اثر آن را روی شکل موج مشاهده کنید و درباره آن توضیح دهید.

■ خازن ۰/۱μF یا سیم پیچ موازی شده با آن را از مدار جداکنید. آیا باز هم نوسان‌های میراشونده ظاهر می شود؟ توضیح دهید.

۸-۶-۴ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش را در چند سطر به طور خلاصه بنویسید.

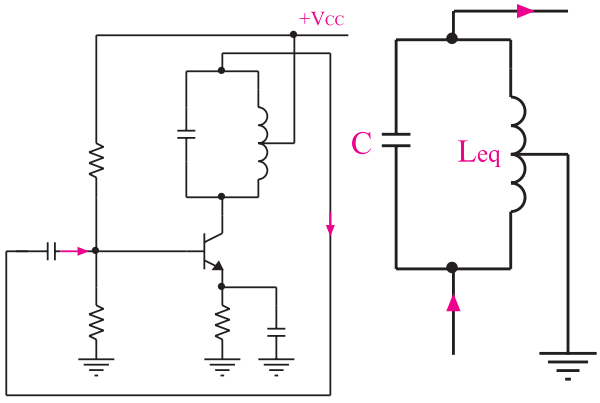
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸-۷ نوسان ساز هارتلی (Hartley)

اگر در یک نوسان ساز، مدار هماهنگی مانند شکل ۸-۱۴ – الف باشد، نوسان ساز را، نوسان ساز هارتلی (Hartley Oscillator) می نامند.

در شکل ۸-۱۴- ب یک اسیلاتور هارتلی که تقویت کننده‌ی آن به صورت امیتر مشترک بسته شده است را مشاهده می کنید.

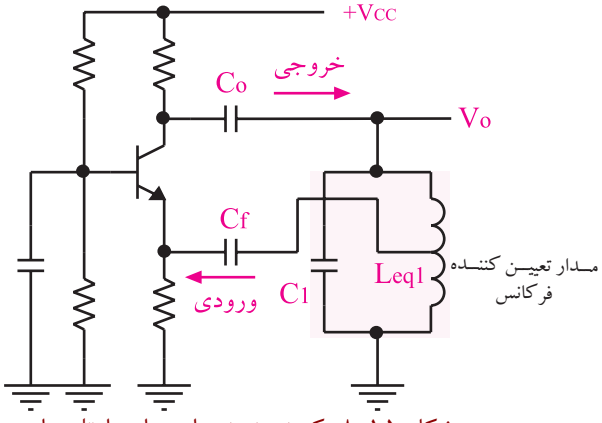


الف : مدار هماهنگی نوسان‌ساز هارتلی

ب : یک نمونه اسیلاتور هارتلی

شکل ۸-۱۴ نوسان‌ساز هارتلی

در شکل ۸-۱۵، نمونه‌ی دیگری از اسیلاتور هارتلی نشان داده شده است. این تقویت‌کننده از نوع بیس مشترک است.



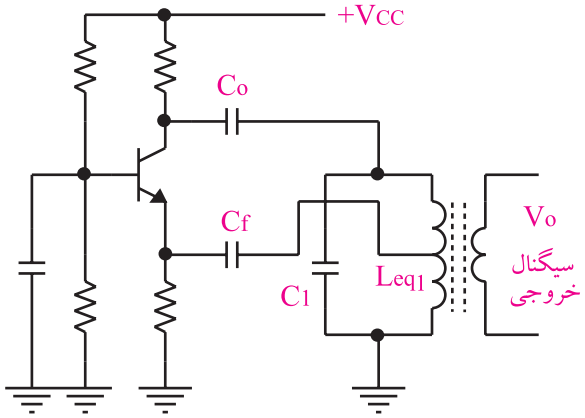
شکل ۸-۱۵ یک نمونه نوسان ساز هارتلی با تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

در نوسان ساز هارتلی فرکانس نوسان های تقویت شده از رابطه‌ی زیر به دست می آید :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq_1}.C_1}}$$

منظور از L_{eq_1}، سلف معادلی است که به طور موازی با خازن درمدار هماهنگی قرار می گیرد. برای دریافت سیگنال خروجی معمولاً مانند شکل ۸-۱۶ بر روی سلف L_{eq_1} ، چند دور سیم به عنوان ثانویه ترانسفورماتور می‌پیچند وولتاژ سینوسی القا شده در آن را دریافت می کنند . هم چنین می‌توان با قراردادن یک خازن مطابق شکل ۸-۱۵ سیگنال خروجی را دریافت کرد.

خازن های C_O و C_f خازن های کوپلاژ هستند. این خازن‌ها مانع زمین شدن ولتاژ DC کلکتور و امیتر ترانزیستور از طریق سیم پیچ (Leq_1) می شوند.



شکل ۸-۱۶

آشنایی با مخترعین و دانشمندان

آقای رالف وینتون لیون هارتلی

Ralf Vinton Lyon Hartley در سال ۱۸۸۶ در ایالت نوادای آمریکا به دنیا آمد. وی تحصیلات خود را در طی دوره های کاردانی در دانشگاه یوتا و کارشناسی را در دانشگاه آکسفورد گذراند و پس از بازگشت به آمریکا به عنوان محقق در کمپانی وسترن الکتریک شروع به کار کرد. وی در سال ۱۹۱۵ نوسان ساز هارتلی را اختراع کرد که باعث تغییرات اساسی در سیستم های رادیو تلفن شد او همکاری های خود را با شرکت بل ادامه داد. هارتلی درسال ۱۹۷۰ در گذشت.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸-۸ آزمایش شماره ۲

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۸-۸-۱ هدف آزمایش :

بستن مدار نوسان‌ساز هارتلی و بررسی شکل موج خروجی آن

۸-۸-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد موردنیاز:

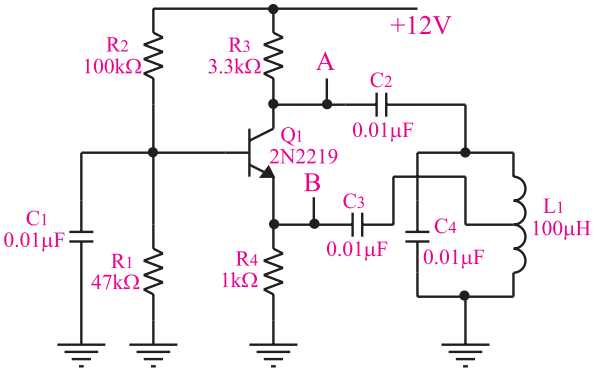
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۱A و ۳۰V-۰	یک دستگاه
۳	سیم رابط	به اندازه کافی
۴	برد مدار چاپی آماده مربوط به این آزمایش (برد دوم با سلف ۲۰۰μH است.)	یک قطعه
۵	ابزار عمومی کارگاه الکتریک	یک سری

توجه

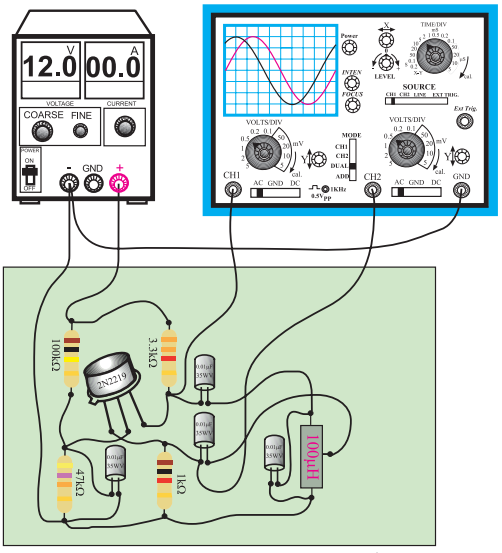
چنانچه ترانس با سروسط، وجود ندارد می‌توانیددوسلف راسری نموده و از سر مشترک به عنوان سروسط استفاده کنید.

۸-۸-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۸-۱۷ که روی مدار چاپی بسته شده است و به صورت آماده در اختیار شما قرار می گیرد را بررسی کنید.



الف-نقشه‌ی فنی مدار



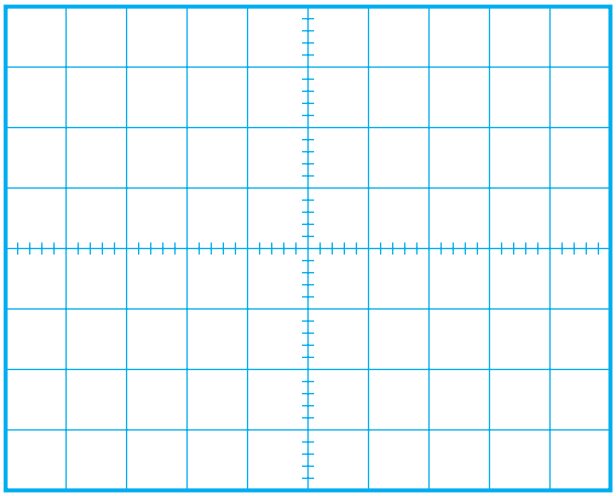
ب - مدار عملی

شکل ۸-۱۷ مدار آزمایش

- منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم های لازم را روی آن انجام دهید.
- پروب کانال CH۱ اسیلوسکوپ را به نقطه A وصل کنید.
- شکل موج نقطه A را در نمودار شکل ۸-۱۸ رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۱۸-۸ شکل موج ولتاژ در نقطه A

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

V_{Apeak} =.....(v)

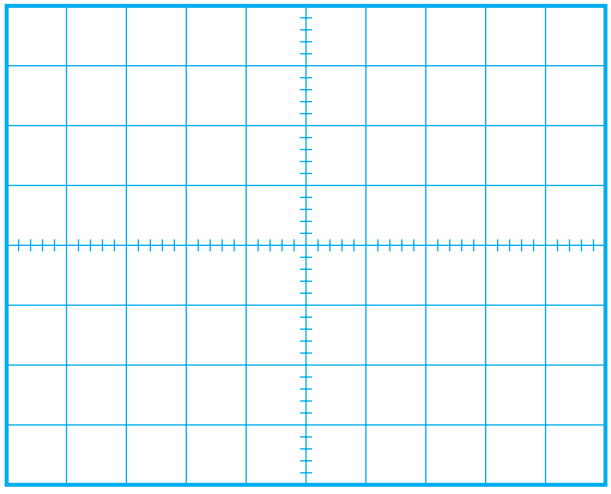
T = ... (ms)

■ فرکانس شکل موج نقطه A را محاسبه کنید.

$f_r = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{T(ms)}$ =.....Hz

■ در حالی که پروب کانال CH۱ به نقطه A وصل است، کلید Source اسیلوسکوپ را روی CH۱ قرار دهید و پروب کانال CH۲ را به نقطه B وصل کنید.

■ شکل موج نقاط A و B را با دو رنگ مختلف در شکل ۱۹-۸ رسم کنید.



شکل ۱۹-۸ شکل موج ولتاژ در نقاط A و B

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

V_{Bpeak} = ...(v)

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

$\varphi_{A,B}$= ..... درجه

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

سوال ۳ – بهره ولتاژ تقویت‌کننده چقدر است ؟

سوال ٤ – آیا فرکانس اندازه گیری شده با فرکانس محاسبه‌شده از رابطه‌ی $f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{L_{eq}.C}}$ مطابقت دارد ؟

سوال ۵ – آیا اختلاف فاز بین شکل موج های ورودی و خروجی ($\varphi_{A,B}$) دقیقاً صفر درجه است ؟ اگر دقیقاً صفر درجه نیست، دلیل آن را توضیح دهید .

توجه

این مرحله رادر صورت داشتن وقت کافی انجام دهید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در مدار آزمایش شکل ۸-۱۷ به جای سلف ۱۰۰μH، سلف ۲۰۰ μH قرار دهید. فرکانس جدید را از طریق اندازه‌گیری زمان تناوب از روی اسیلوسکوپ به دست آورید .

$$T = \qquad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\square} = \text{.....Hz}$$

سوال ٦ – با توجه به قراردادن سلف ۲۰۰ μH به جای سلف ۱۰۰ μH چه نتیجه ای حاصل شده است ؟ شرح دهید.

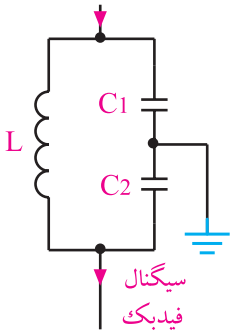
۸-۸-۴ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از این آزمایش رابه طور خلاصه شرح دهید.

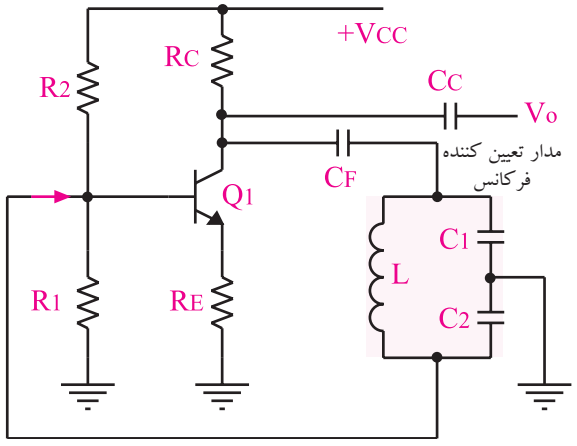
۸-۹ نوسان ساز کول پیتس (Colpitts Oscillator)

مدار فیدبک و تولید نوسان در نوسان ساز کول‌پیتس، مطابق مدار شکل ۸-۲۰-الف است. این مدار یک مدار هماهنگی LC است که در آن خازن (C_1 و C_2) و یک سلف وجود دارد.

اگر مدار هماهنگی شکل ۸-۲۰-الف در یک تقویت‌کننده بیس مشترک یا امیتر مشترک قرار گیرد ، یک مدار نوسان‌ساز کول پیتس شکل می گیرد .شکل ۸-۲۰-ب یک نمونه نوسان ساز کول پیتس با تقویت‌کننده امیتر مشترک را نشان می دهد .



الف) مدار هماهنگی نوسان ساز کول‌پیتس



ب)یک نمونه مدار نوسان ساز کول پیتس

شکل ۸-۲۰ نوسان ساز کول پیتس

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فرکانس نوسان های نوسـان ساز کول پیتس از رابطه زیر به دست می آید :

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

C_{eq} خازن معادل C_1 و C_2 اسـت و از رابطه زیر به دست می آید :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

۸-۱۰ آزمایش شماره ۳

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۸-۱۰-۱ هدف آزمایش :

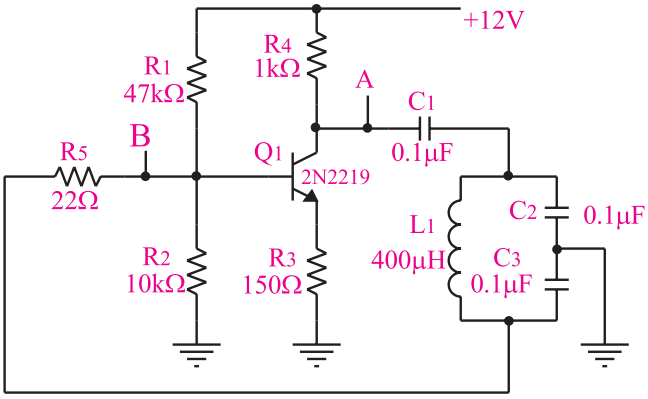
بسـتن مدار نوسان سـاز کول پیتس و بررسی شکل موج خروجی آن

۸-۱۰-۲ تجهیزات، ابزار،قطعاتو مواد موردنیاز:

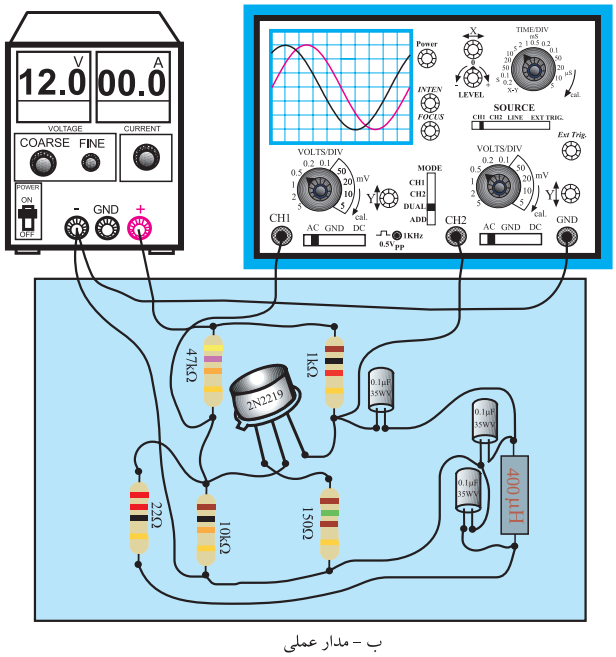
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۱A و ۳۰V-۰	یک دستگاه
۳	سیم رابط	به اندازه کافی
۴	برد مـدار چاپی آماده مربوط به نوسان‌ساز کول پیتس (بردودوم‌باخازن ۰/۰۴۷ μF است.)	یک قطعه
۵	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۸-۱۰-۳ مراحل اجرای آزمایش :

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید .
- مدار شـکل ۸-۲۱ - الف را کـه بـه صورت برد مدار چاپی ساخته شده،مورد بررسی قرار دهید و ورودی و خروجی آن را مشـخص کنید. در شـکل ۸-۲۱- ب برد مدار چاپی را مشاهده می کنید.



الف-نقشه فنی مدار اسیلاتور کول پیتس



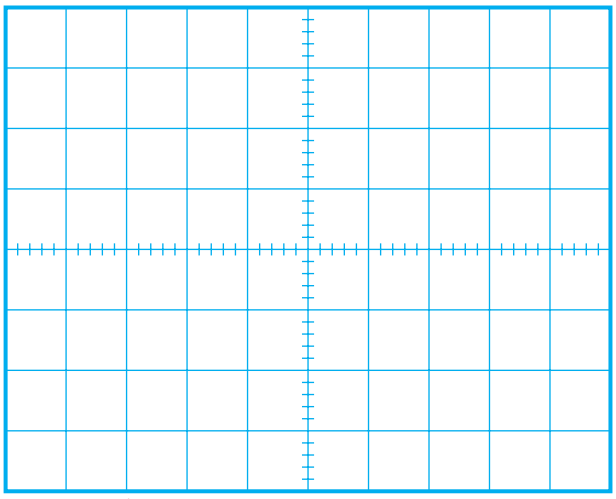
ب - مدار عملی

شکل ۸-۲۱ مدار آزمایش

- منبـع تغذیـه را روی ۱۲ ولت تنظیـم و آن را به مدار وصل کنید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم های لازم را روی آن انجام دهید.
- پروب متصل به کانال CH۱ اسیلوسـکوپ را به نقطه A وصل کنید.
- شـکل موج نقطه A را با مقیاس مناسـب در شـکل ۸-۲۲ رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۲۲-۸ شکل موج ولتاژ در نقطه A

■ دامنه و زمان تناوب شکل موج ترسیم شده در شکل ۲۲-۸ را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

V_{Apeak} =.....(V)

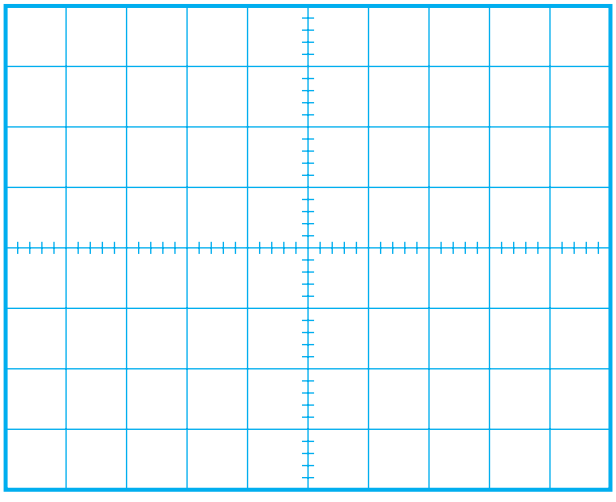
T ==.....

■ فرکانس شکل موج نقطه A را محاسبه کنید

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

■ در حالی که پروب کانال CH۱ به نقطه A وصل است پروب کانال CH۲ را به نقطه B وصل کنید. نقطه B ورودی نوسان ساز است.

■ شکل موج نقاط A و B را در شکل ۲۳-۸ با دو رنگ مختلف ترسیم کنید.



شکل ۲۳-۸ شکل موج ولتاژ در نقاط AوB

■ دامنه سیگنال نقطه B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید

V_{Bpeak} =.....(V)

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

$\varphi_{B,A}$ =.....

درجه

با توجه به مقادیر به دست آمده در مراحل فوق به سوالات پاسخ دهید.

سوال ۷- با توجه به مقادیر ولتاژ اندازه گیری شده بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده را به دست آورید ؟

سوال ۸ - آیا فرکانس اندازه گیری شده بامقدار $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$ برابر فرکانس به دست آمده از رابطه‌ی است؟ توضیح دهید .

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

سوال ۹ - آیا اختلاف فاز بین ورودی و خروجی دقیقاً ۱۸۰ درجه است ؟ چرا ؟ توضیح دهید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

توجه

این مرحله را درصورت داشتن وقت کافی انجام دهید.

■ در مدار آزمایش شماره ۸-۲۱ به جای خازن ۰/۱μF موجود در مدار تانک خازن های ۰/۰۴۷ میکروفاراد قرار دهید.

■ در این حالت زمان تناوب را اندازه بگیرید و مقدار فرکانس را محاسبه کنید.

$T = \boxed{\quad\quad} S$

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

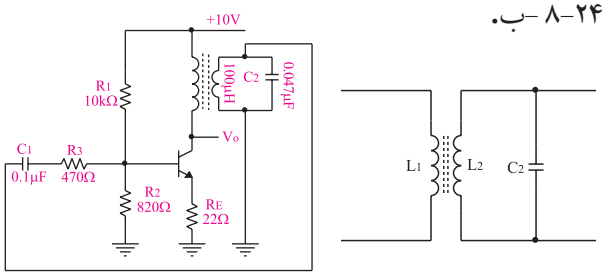
سوال ۱۰- پس از تغییر خازن به مقدار ۰/۰۴۷ μF چه تغییری در عملکرد مدار ایجاد شده است ؟

۸-۱۰-۴ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از این آزمایش رابه طور تیتروار بنویسید.

۸-۱۱ نوسان ساز آرمسترانگ

نوسان‌ساز آرمسترانگ ، یک نوسان ساز سینوسی است که مدار هماهنگی آن مطابق شکل ۸-۲۴- الف از یک خازن و یک ترانسفورماتور تشکیل می شود .اگر مدار هماهنگی شکل ۸-۲۴- الف در مسیر فیدبک همراه با تقویت کننده قرارگیرد، نوسان ساز آرمسترانگ را تشکیل می‌دهد، شکل ۸-۲۴ -ب.



ب- یک نمونه مدار نوسان ساز آرمسترانگ

الف - مدار هماهنگی نوسان ساز آرمسترانگ

شکل ۸-۲۴ نوسان ساز آرمسترانگ

فرکانس نوسان های نوسان ساز آرمسترانگ از رابطه زیر به دست می آید.

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

این آزمایش در استاندارد الکترونیک کارصنعتی وجود ندارد و مربوط به سایر استانداردها است. چنان‌چه در استاندارد مورد آموزش این موضوع وجود دارد آن را اجرا کند.

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۸-۱۲ آزمایش شماره ۴

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۸-۱۲-۱ هدف آزمایش : بستن مدار نوسان ساز آرمسترانگ و بررسی شکل موج خروجی آن.

CarGeek.Live

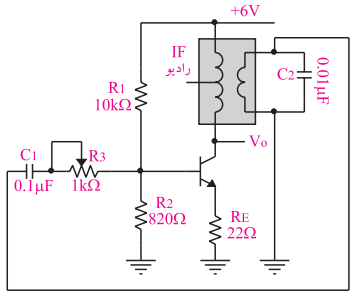
CarGeek.Live

۸-۱۲-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات‌و مواد موردنیاز:

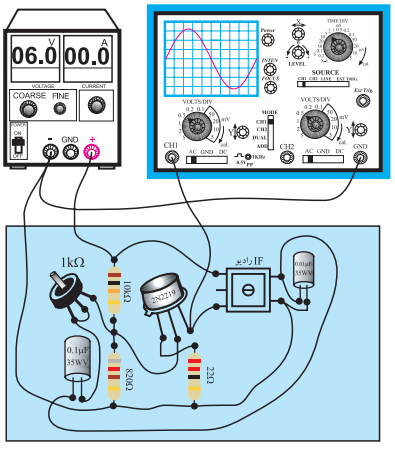
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۱A و ۰-۳۰V	یک دستگاه
۳	سیم رابط	به اندازه کافی
۴	برد مدار چاپی مربوط به نوسان‌ساز آرمسترانگ	یک قطعه
۵	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۸-۱۲-۳ مراحل اجرای آزمایش :

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید .
- مدار شکل ۸-۲۵-الف که به صورت مدار چاپی آماده در اختیار شما قرار دارد را مورد بررسی قرار دهید، ورودی وخروجی آن را شناسایی کنید. در شکل ۸-۲۵ -ب برد مدار چاپی را مشاهده می کنید.



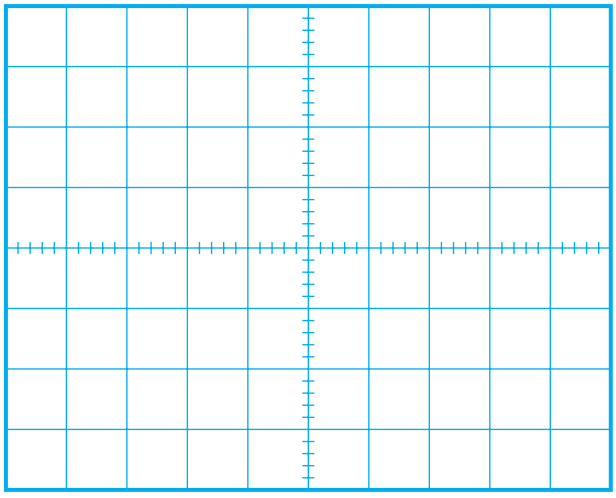
الف)نقشه فنی مدار نوسان ساز آرمسترانگ



ب- مدار عملی و برد مدار چاپی نوسان ساز آرمسترانگ

شکل ۸-۲۵ مدار آزمایش

- منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید و آن را به مدار اتصال دهید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم های لازم را روی آن انجام دهید.
- خروجی مدار را به کانال CH۱ اسیلوسکوپ وصل کنید.
- شکل موج مشاهده شده روی اسیلوسکوپ را در نمودار شکل ۸-۲۶ ترسیم کنید.



شکل ۸-۲۶ شکل موج خروجی نوسان ساز آرمسترانگ

- اگر نوسان ساز نوسان نکرد ، پتانسیومتر ۱kΩ را کمی تغییر دهید تا نوسان ساز به نوسان در آید.
- مقادیر زمان تناوب(T) ودامنه ولتاژ (V_{peak}) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

$T = ...(mA)$

$V_{peak} = ...(V)$

- فرکانس را محاسبه کنید.

$$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{T(ms)} = \frac{۱۰۰۰}{\square} = ...Hz$$

سوال ۱۱- برای تغییر فرکانس مدار نوسان ساز شکل ۸-۲۵ کدام عناصر را باید تغییر دهیم ؟ توضیح دهید.

.....

.....

CarGeek.Live

CarGeek.Live

سوال ۱۲ – نقش پتانسیومتر $1k\Omega$ را درمدار شکل ۸–۲۵ شرح دهید.

۸–۱۲–۴ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از این آزمایش رابه طور خلاصه توضیح دهید.

۸–۱۳ نوسان ساز کریستالی

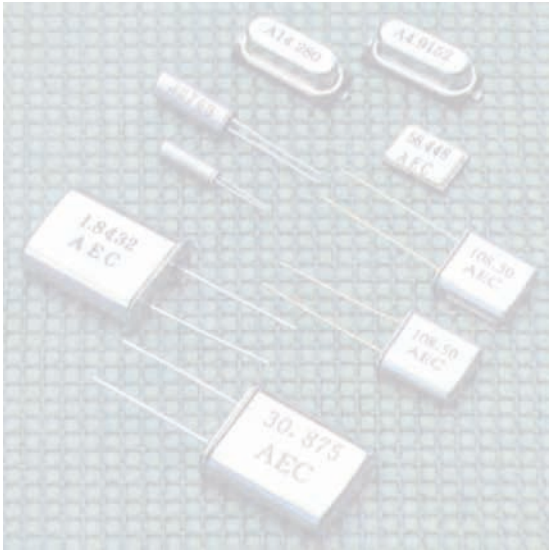
برای این که فرکانس نوسان ساز پایدار بماند ودر اثر تغییرات درجه‌ی حرارت و مشخصات سایر عناصر مدار تغییر نکند از نوسان ساز کریستالی استفاده می کنیم .کریستال یک ماده معدنی است که خواصی به شرح زیر دارد.

الف –اگر ضربه ای به آن وارد شود یا تحت فشار قرار گیرد در لحظه‌ی ورود ضربه وفشار، در دو سر آن ولتاژ به وجود می آید.

ب – اگر ولتاژی به آن اعمال شود می تواند به ارتعاش درآید.

ج – یک قطعه کریستال با توجه به برش و شکل مکانیکی آن می تواند در یک فرکانس کاملاً ثابت به رزونانس درآید.

شکل ظاهری چند قطعه کریستال در شکل ۸–۲۷ نشان داده شده است.



شکل ۸–۲۷ شکل ظاهری چند نمونه کریستال

علامت قراردادی یک قطعه کریستال در شکل ۸–۲۸– الف نشان داده شده است . از نظر الکتریکی یک کریستال می تواند مدار الکتریکی معادلی مطابق شکل ۸–۲۸ –ب داشته باشد .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸-۱۴ آزمایش شماره ۵

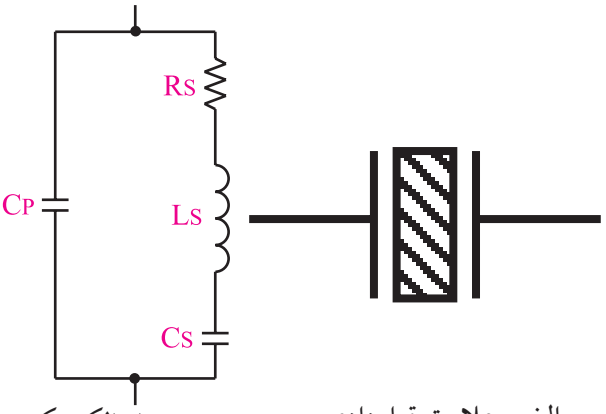
زمان اجرا: ۲ساعت آموزشی

۸-۱۴-۱ هدف آزمایش :

بررسی عملکرد نوسان ساز کریستالی واندازه گیری فرکانس آن

۸-۱۴-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	دستگاه کنترل از راه دور تلویزیون(هرنوع تلویزیون)	یک دستگاه
۳	ابزارعمومی کارگاه الکترونیک	یک سری
۴	سیم رابط	به اندازه کافی



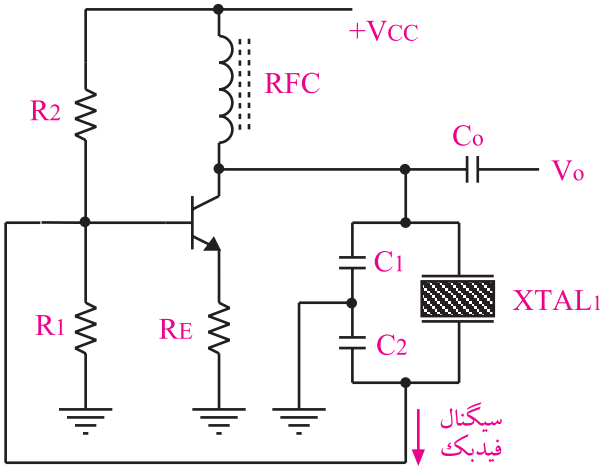
الف –علامت قراردادی کریستال

ب – مدار الکتریکی معادل یک قطعه کریستال

شکل ۸-۲۸ کریستال

در شکل ۸-۲۹ یک نوسان ساز کریستالی نشان داده شده است.

نوسان سازهای کریستالی را در رادیوهای دیجیتالی و در بعضی از فیلترهای IF در رایوهای جدید به کار می برند.



شکل ۸-۲۹ مدار یک نوسان ساز کریستالی

برای تعیین مشخصات کریستال لازم است به برگه‌ی اطلاعات (Data sheet) کریستال مراجعه کنید.

از مزایای کریستال می توان پایداری فرکانس و ضریب کیفیت بالای آن رانام برد .

RFC در اسیلاتورهای فرکانس بالا، جهت جداسازی ولتاژهای AC ، DC به‌کار گرفته می‌شود و تحت عنوان "چوک فرکانس رادیویی" است.

توجه

کریستال در مدار نوسان ساز LC سینوسی یا مربعی قرار می گیرد و برای پایداری فرکانس به کار می‌رود. این آزمایش برای آشنایی با یک مدار کاربردی واقعی و استفاده از کریستال در مدار نوسان ساز انتخاب شده است.

دراین مدار نوسان های ایجاد شده در خروجی ، مربعی هستند .

۸-۱۴-۳ مراحل اجرای آزمایش :

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

CarGeek.Live

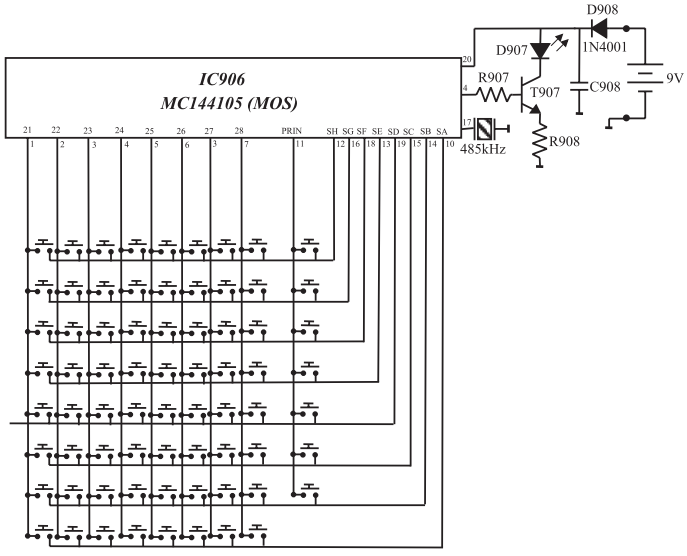
CarGeek.Live

■ کنتـرل از راه دور تلویزیونـی نظیـر گروندیک یا هر تلویزیون دیگری که در دسترس دارید را در اختیار بگیرید.

■ از روی مدار چاپی نقشـه ی فنی دستگاه کنترل از راه دور راکه در اختیار دارید، به صورت بلوکی رسم کنید.

محل ترسیم نقشه‌ی فنی کنترل از راه دور

در شـکل ۳۰-۸ نمای ظاهری و بخشـی از نقشـه ی فنی فرسـتنده کنترل از راه دور تلویزیون رنگی گروندیک نشـان داده شده است.



الف) نمای ظاهری فرستنده کنترل از راه دور

ب) مدار داخلی فرستنده کنترل از راه دور

شکل ۳۰-۸ یک نمونه فرستنده کنترل از راه دور تلویزیون رنگی

■ همان طور که مشـاهده می شـود ، برای پایدار کردن نوسـان‌های تولید شـده درداخل آی سـی از یک کریستال استفاده شده است.

■ شماره‌ی فنی آی سی را یادداشت کنید.

.....= شماره‌ی فنی‌آی سی

■ فرکانس کار کریستال را یادداشت کنید.

f = ...

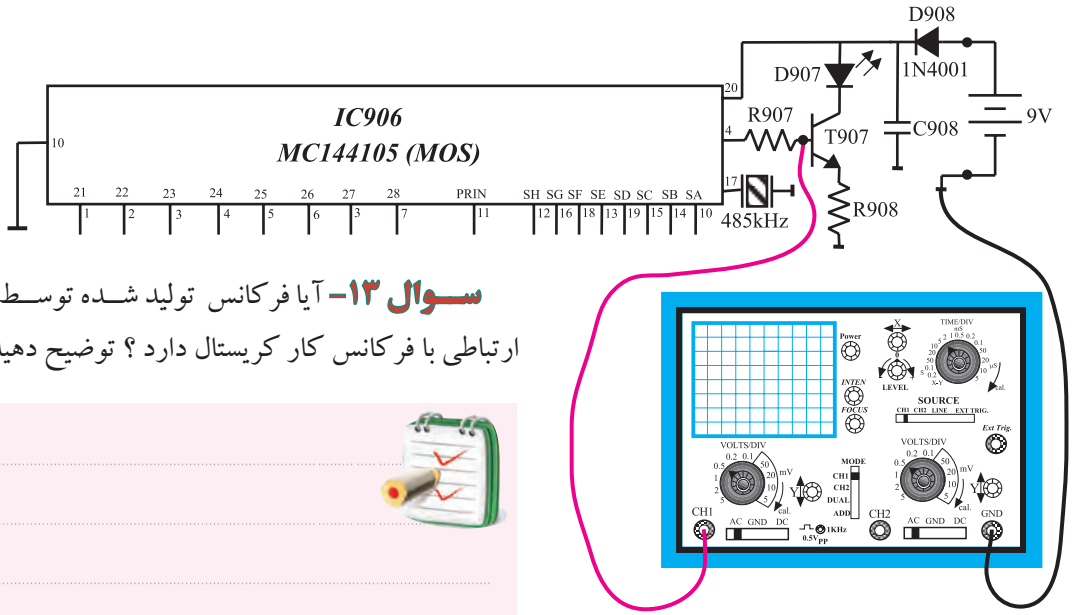
■ پایه‌ی خروجی آی سـی کنترل از راه دور را شناسایی و یادداشت کنید.

..... = شماره‌ی پایه‌ی خروجی آی سی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

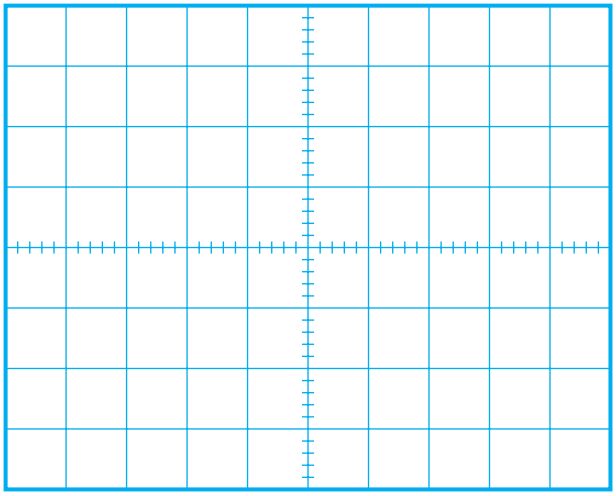
■ اسیلوسکوپ را مطابق شکل ۳۱-۸ به بیس ترانزیستور T۹۰۷ وصل کنید.



شکل ۳۱-۸ اتصال اسیلوسکوپ به بیس T۹۰۷

سوال ۱۳- آیا فرکانس تولید شده توسط آی سی ارتباطی با فرکانس کار کریستال دارد ؟ توضیح دهید؟

■ با فشار دادن یکی از دکمه های کنترل از راه دور و با تنظیم کلید سلکتور های اسیلوسکوپ ، شکل موج بیس ترانزیستور T۹۰۷ (خروجی آی‌سی) را مشاهده کنیدو شکل موج را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۳۲-۸ رسم کنید.



شکل ۳۲-۸ شکل موج پالس های تولید شده در دستگاه کنترل از راه دور

■ فرکانس پالس های تولید شده را محاسبه کنید

T = ...

F = ...

۸-۱۴-۴ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش را در چند سطر به طور خلاصه بنویسید.

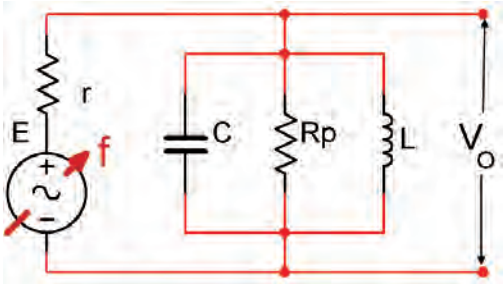
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸-۱۵ ضریب کیفیت مدار نوسان ساز

عواملی مانند درجه حرارت ، تغییرات ولتاژ و سایر کمیت‌ها می‌توانند روی فرکانس نوسان ساز اثر بگذارند.

هم چنین در صورتی که ضریب کیفیت مدار رزونانس LCبالا باشد، پایداری فرکانس بیش‌ترخواهد بود. مقدار ضریب کیفیت مدار رزونانس LC نشان داده شده در شکل ۸-۳۳ به مقاومت موازی مدار (R_p) بستگی دارد.



شکل ۸-۳۳ رزونانس موازی

ضریب کیفیت مدار (Q) از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Q = \frac{R_P}{X_L}$$

هر قدر مقدار مقاومت موازی (R_p) مدار رزونانس LC بیش‌تر باشد ، ضریب کیفیت مدار بیش‌تر است. برای افزایش ضریب کیفیت مدار از کریستال کوارتز استفاده می‌شود.

یادداشت کنید: نکات مهم فصل هشتم

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی (۱-۸) نوسان‌سازهای سینوسی

۱- نوسان‌ساز را تعریف کنید.

۲- مشخصات نوسان ساز را نام ببرید.

۳- اساس کار نوسان ساز را شرح دهید.

۴- نوسان ساز LC بر چه مبنایی کارمی کند توضیح دهید.

۵- سه نمونه مدار فیدبک در نوسان سازهای LC را رسم کنید .

۶- رابطه فرکانس نوسان ساز هارتلی را بنویسید.

۷- مدار معادل الکتریکی یک قطعه کریستال را رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸- در نوسان ساز هارتلی مورد آزمایش اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی تقویت‌کننده تقریباً چند درجه است ؟

الف) صفر　　ب) ۴۵

ج) ۱۸۰　　د) ۹۰

۹- به طور خلاصه طرز کار نوسان ساز هارتلی را توضیح دهید .

۱۰- تفاوت نوسان ساز هارتلی را با آرمسترانگ شرح دهید.

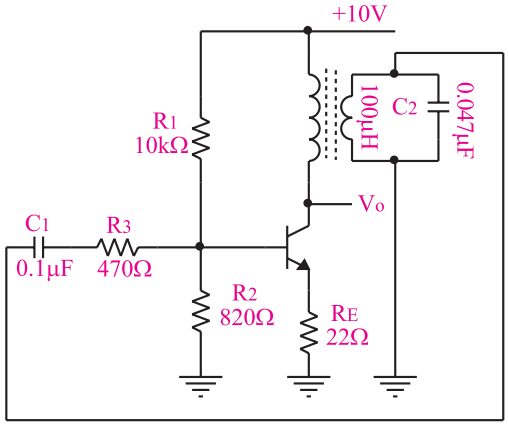
۱۱- در نوسان ساز کول پیتس باید اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی مدار فیدبک چند درجه باشد تا مدار نوسان کند؟

الف) صفر　　ب) ۹۰

ج) ۱۸۰　　د) ۴۵

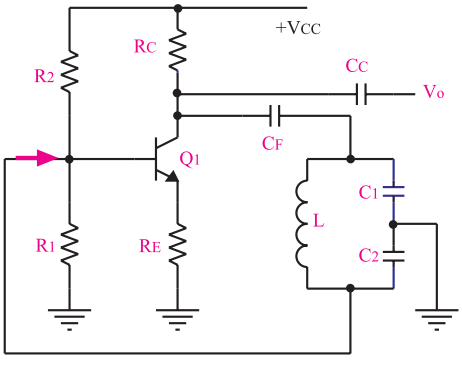
۱۲- طرز کار نوسان ساز کول پیتس را به طور خلاصه بنویسید.

۱۳- فرکانس سیگنال خروجی نوسان ساز شکل ۸-۳۴ تقریباً چند هرتز است ؟ (فرض بر این است که نوسان ساز نوسان می کند) .



شکل ۸-۳۴ نوسان ساز آرمسترانگ

۱۴- با توجه به مدار نوسان ساز شکل ۸-۳۵ به سوالات پاسخ دهید.



شکل ۸-۳۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

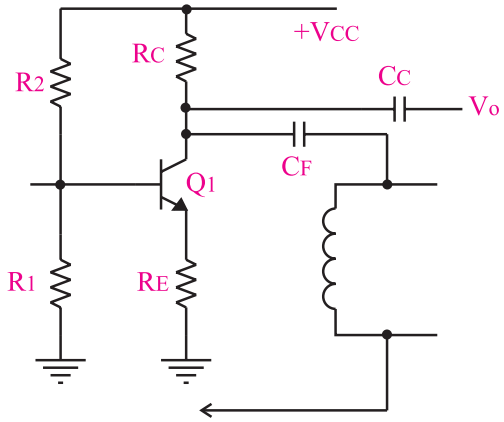
الف) نام مدار را بنویسید.

ب) قطعات مدار تعیین کننده فرکانس را مشخص کنید

ج) نوع آرایش ترانزیستور را بنویسید.

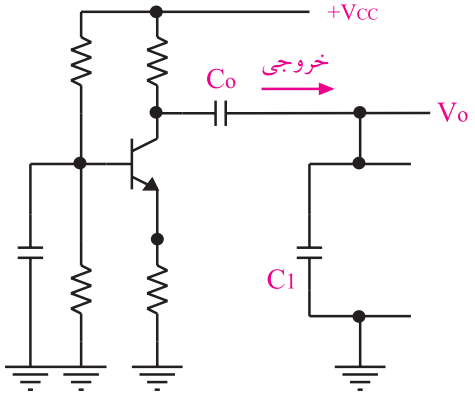
د) برای محاسبه‌ی فرکانس نوسان های خروجی نوسان ساز از چه رابطه‌ای استفاده می شود؟

۱۵- مدار نوسان ساز کول پیتس شکل ۳۶-۸ را کامل کنید.



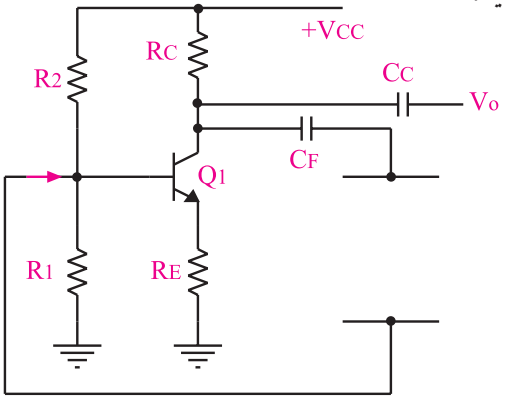
شکل ۳۶-۸ مدار یک نوسان ساز کول پیتس

۱۶- مدار نوسان ساز هارتلی شکل ۳۷-۸ را کامل کنید.



شکل ۳۷-۸ مدار یک نوسان ساز هارتلی

۱۷- مدار نوسان ساز کریستالی شکل ۳۸-۸ را کامل کنید.



شکل ۳۸-۸ مدار یک نوسان ساز کریستالی

CarGeek.Live

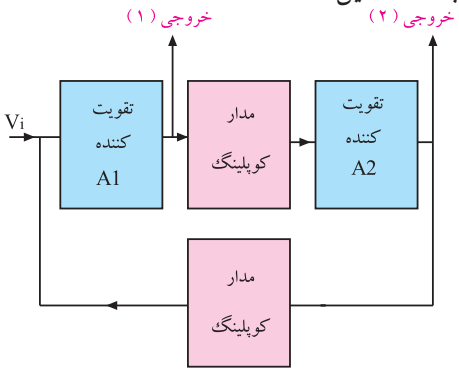
CarGeek.Live

قبل از شروع قسمت دوم فصل(۸)به سوالات پیش ازمون۲-۸ پاسخ دهید.

قسمت دوم: نوسان‌سازهای غیرسینوسی

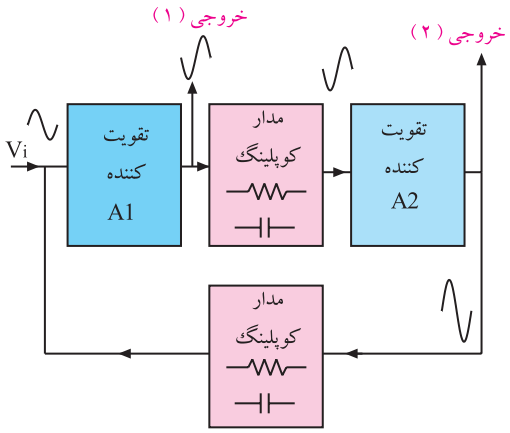
۸-۱۶ اصول کار مولتی ویبراتورها

هر تقویت کننده‌ای که در آن فیدبک مثبت به کار رود و دارای دو حالت ثابت باشد را مولتی ویبراتور می نامند. در شکل ۸-۳۹ بلوک دیاگرام یک مولتی ویبراتور در حالت کلی نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود یک مولتی ویبراتور از دو تقویت کننده A_1 و A_2 و دو مدار رابط (Coupling) که می تواند خازنی ، سلفی یا مستقیم (DC) باشد تشکیل شده است.



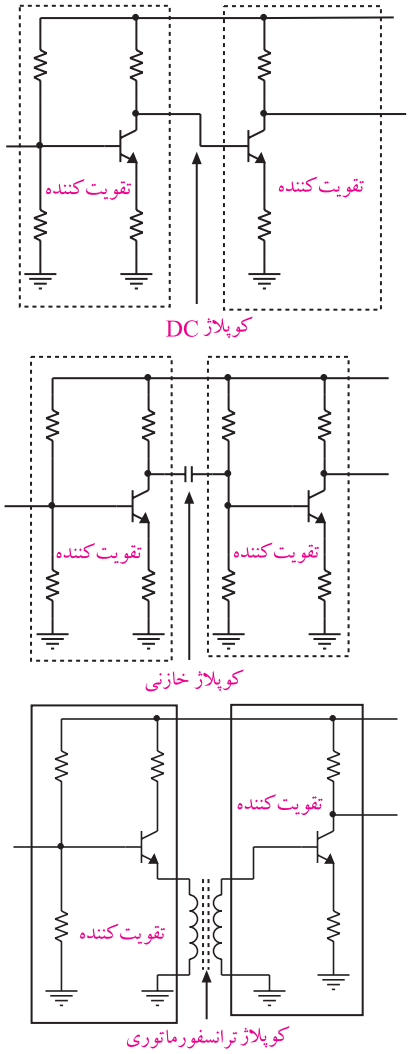
شکل ۸-۳۹ بلوک دیاگرام یک مولتی ویبراتور

در صورتی که از خارج یا داخل مدار سیگنالی را به عنوان فرمان به ورودی بدهیم ، مدار می تواند از یک حالت به حالت دیگر تغییر وضعیت دهد . در شکل ۸-۴۰این سیگنال در ورودی مدار توسط تقویت کننده های A_1 و A_2 تقویت می شود و دوباره به ورودی A۱ می رسد. چون سیگنال تقویت شده. با سیگنال ورودی هم فاز است، دوباره تقویت می شود. این عمل آن قدر ادامه می یابد تا دو تقویت کننده را به شرایط مرزی یعنی قطع و اشباع ببرد و از افزایش بیشتر دامنه جلوگیری کند، شکل ۸-۴۰.



شکل ۸-۴۰ فرایند فیدبک در مولتی ویبراتور

اگر نوع کوپلاژ، مستقیم باشد ، خروجی ها تا اعمال تحریک بعدی ثابت باقی می ماند. اگر کوپلاژ به صورت سلفی یا خازنی باشد، عمل فیدبک مثبت دوباره صورت می گیرد و تغییرات تکرار می شود، شکل ۸-۴۱



شکل ۸-۴۱ انواع کوپلاژ بین دو طبقه تقویت‌کننده

CarGeek.Live

CarGeek.Live

کوپلاژ ها به سه دسته تقسیم می شوند :

الف) در کوپـــلاژ Direct couple DC بین دو طبقـــه هیچ عنصریا قطعه الکترونیکی قرارندارد .

ب) در کوپلاژ خازنی بیـــن دو طبقه یک خازن قرار می‌گیرد.

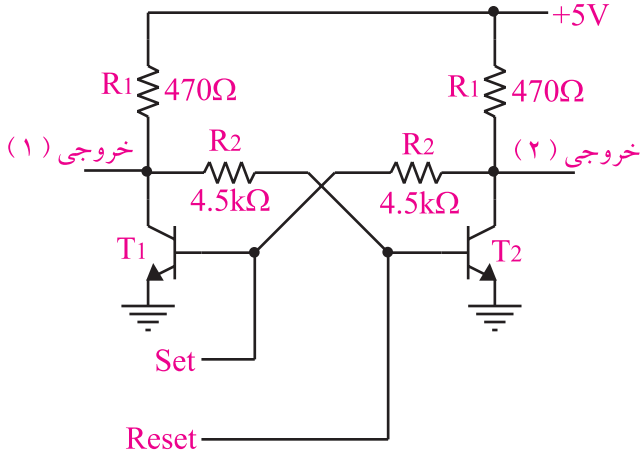
ج) در کوپلاژ ترانسفورماتوری بین دو طبقه یک ترانسفورماتور قرار می گیرد .

به طور کلی مولتی ویبراتورها به سه دسته به شرح زیر تقسیم می شوند:

بی اســـتابل (Bistable) ، مونواســـتابل (Monostable) ، آاستابل (Astable).

۸-۱۶-۱ مولتی ویبراتور بی استابل

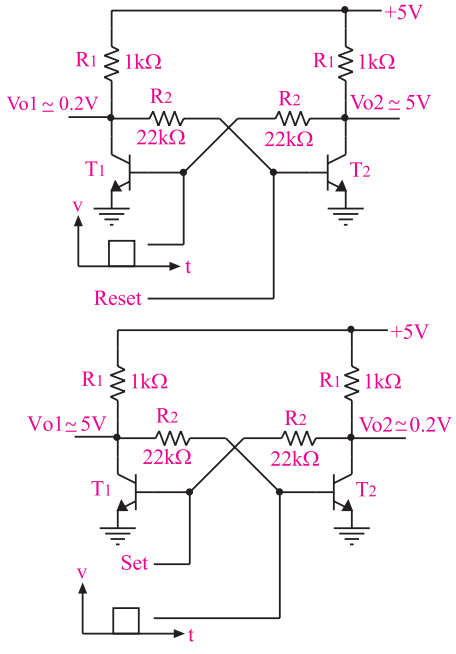
ایـن مولتی ویبراتور دارای دو حالت پایدار اسـت (Bi به معنی ۲) یعنی هنگامی کـه در یک حالت پایدار قرار گرفت در آن حالـت ثابت باقی می ماند تا تحریک خارجی بعدی به مدار وارد شـود . در شـکل ۸-۴۲ یک نمونه مولتی ویبراتور بی استابل با استفاده از ترانزیسـتورهای BJT نشان داده شده است .



شکل ۸-۴۲ یک نمونه مدار مولتی ویبراتور بی استابل

فرض کنید در لحظه شروع، هر دو ترانزیستور از هرجهت مشـابه و دارای شرایط یکسان باشند در این حالت هیچ اتفاقی نمی افتد اما چون در عمل به علت تولرانس های موجود چنین شـرایطی امکان پذیر نیسـت، عملاً جریان های ترانزیستورها یکسـان نخواهد بود. این موضوع ممکن است باعث افزایش ولتـاژ پایه T_1 در مقایسـه با T_2 به مقدار بسـیار جزیی شـود (عکـس این حالت نیز امکان پذیر اسـت).فـرض کنید این افزایش روی پایه‌ی T_1 ظاهر شود. دراین حالت ولتاژ پایه T_1 باعـث افزایش I_{C1} و در نتیجه کاهش V_{C1} و V_{B2} می شـود. کاهـش V_{B2} به نوبه خود کاهش I_{C2} و افزایش بیشـتر V_{C2} و درنهایت افزایش V_{B1} را به همراه دارد. در اثر ادامه این عمل، در مدت زمانی کوتاه T_1 به اشباع و T_2 به قطع کامل می‌رود. در این هنـگام خروجی T_2 در حـدود ۵ ولت (V_{CC}) و T_1 (ولتاژ روی کلکتور T_1) حدود ۰/۲ ولت باقی می‌ماند .

بیس ترانزیسـتور T_1 را پایـه ی Set و بیس T_2 را پایه‌ی Reset می نامیم . حال اگر پایه Reset را یک لحظه‌ی کوتاه به ولتاژ ۵V+ وصل کنیم خروجی T_1 برابر با ۵ ولت و خروجی T_2 برابر با صفر ولت می شـود. به این ترتیب این مدار دارای دو حالت پایدار است، شکل ۸-۴۳ .



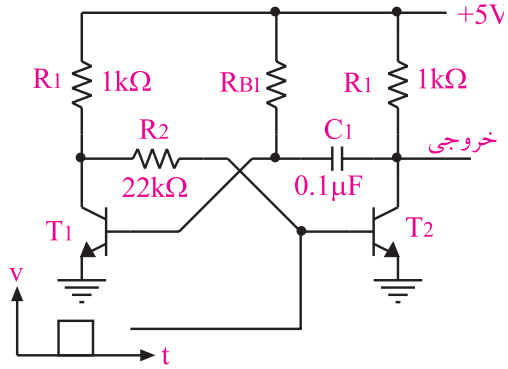
شکل ۸-۴۳ عملکرد مولتی ویبراتور بی استابل

CarGeek.Live

CarGeek.Live

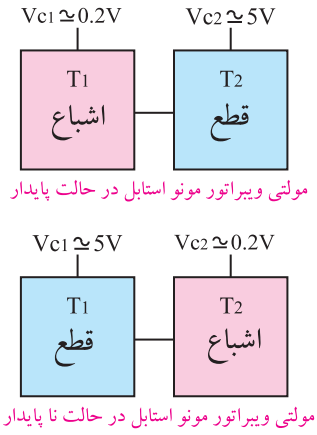
۸-۱۶-۲ مولتی ویبراتور مونواستابل

مولتی ویبراتور مونواستابل همان طور که از نامش پیداست دارای یک حالت پایدار است. چنانچه مولتی ویبراتور مونواستابل با تحریک خارجی به حالت ناپایدار برده شود ، پس از تاخیر زمانی معینی دوباره به حالت پایدار برمی گردد. شکل ۸-۴۴ یک نمونه مدار مونواستابل را نشان می دهد.



شکل ۸-۴۴ یک نمونه مدار مونواستابل

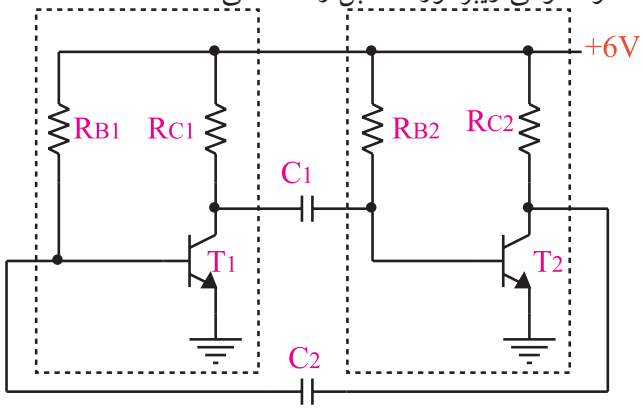
این شکل شبیه مدار بی استابل است با این تفاوت که یکی از مدارهای کوپلاژ آن مستقیم (DC) و دیگری خازنی (AC) است. در حالت پایدار T_1 اشباع و T_2 قطع است . زیرا بیس ترانزیستور T_1 از طریق مقاومت R_{B1} که به بیس وصل است به اشباع می رود و ولتاژ V_{C1} راتا حدود ۰/۲ ولت کاهش می دهد . در نتیجه V_{B2} همان حدود ۰/۲ ولت باقی می ماند و ترانزیستور T_2 را در حالت قطع نگه می دارد و ولتاژ خروجی آن را به ۵V + می رساند. حال اگر یک پالس مثبت به بیس T_2 اعمال کنیم، T_2 اشباع می شود و ولتاژ خروجی آن به ۰/۲ ولت می رسد. از طرف دیگر ولتاژ بیس T_1 نیز کم می شود زیرا خازن ، تغییرات ولتاژ را از یک صفحه به صفحه دیگرخود منتقل می کند. در این حالت T_1 خاموش می شود. پس از این مراحل خازن C1 از طریق R_{B1} شروع به شارژ شدن می کند 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 می رود. بنابراین ، این مدار دارای یک حالت پایدار و یک حالت ناپایدار است، شکل ۸-۴۵.



شکل ۸-۴۵ حالت پایدار و ناپایدار مولتی ویبراتور مونواستابل

۸-۱۶-۳ مولتی ویبراتور آاستابل

این نوع مولتی ویبراتور دارای حالت پایدار نیست ودائماً ازحالتی به حالت دیگر تغییر وضعیت می دهد . به همین دلیل به آن نوسان ساز موج مربعی هم می گویند. شکل ۸-۴۶ یک نمونه مولتي ویبراتور آاستابل را نشان می دهد.



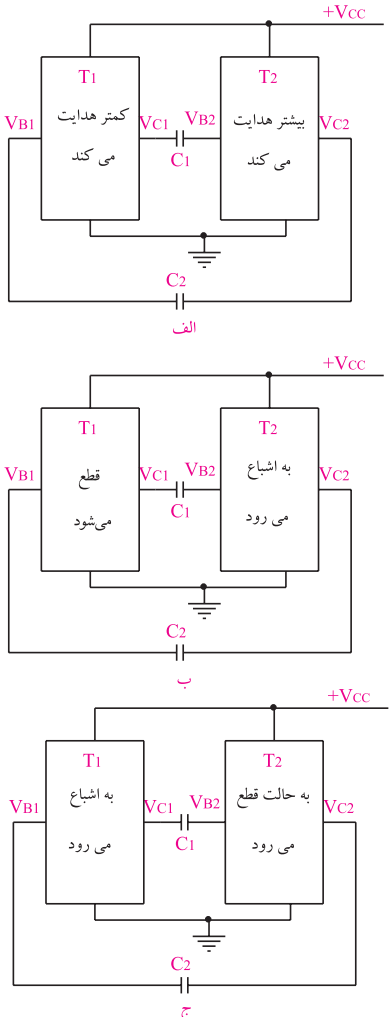
شکل ۸-۴۶ یک نمونه مدار آ استابل

طرز کار مدار شکل ۸-۴۶ به این صورت است که در ابتدا فرض می کنیم هر دو ترانزیستور به طور یکسان در ناحیه هدایت کار می کنند. اگر کلیه ی مشخصات و شرایط دو ترانزیستور یکسان باشد ، مدار به همین صورت بدون نوسان باقی می ماند . اما در عمل چنین چیزی امکان ندارد زیرا به علت تولرانس های مدار ، یکی از ترانزیستورها بیشتر از دیگری هدایت می کند وتعادل مدار را به هم می زند به عنوان مثال اگر ولتاژ V_{B2} مقدار خیلی جزیی بیشتر از V_{B1} شود افزایش جریان کلکتور T_2 بیش تر از T_1 خواهد بود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بنابرایـــن کاهش ولتاژ $V_{C۲}$ نیز بیش تر از کاهش $V_{C۱}$ می‌شـــود. این کاهش ولتاژ از طریق خازن $C_۲$ به $B_۱$ منتقل می شـــود، جریان کلکتور $T_۱$ را کاهـــش می دهد و باعث افزایش $V_{C۱}$ می‌شود در نتیجه ، افزایش $V_{B۲}$ تداوم می یابد و در زمانی کوتاه $T_۲$ را اشـــباع و $T_۱$ را به قطع می برد. در ایـــن حالت $V_{C۱}$ تقریباً برابر ($+V_{CC}$) و پتانســـیل $V_{B۱}$ ۰ و $V_{C۱} = ۰/۲V$ است. چنین حالتی پایدار نخواهد ماند، زیرا خازن $C_۲$ از طریق $R_{B۱}$ و ترانزیســـتور $T_۲$ شارژ می شود و ولتـــاژ $B_۱$ را زیـــاد می کند. به محض این کـــه $V_{B۱}$ به حدود ۰/۵۵v برســـد T۱ شـــروع به هدایت می کند و $T_۲$ را به سوی قطع می برد . این ســـیکل به طور مداوم تکرار می شود، شکل ۸-۴۷(الف – ب – ج).



شکل ۴۷- ۸ روند تغییر حالت ترانزیستور ها در مولتی ویبراتور آاستابل

۸-۱۷ آزمایش شماره ۶

زمان اجرا: ۶ ساعت آموزشی

۸-۱۷-۱ هدف آزمایش :

بســـتن مدارهای مولتی ویبراتور آ اســـتابل ، مونواستابل و بی استابل و ترسیم شکل موج و اندازه گیری فرکانس آن

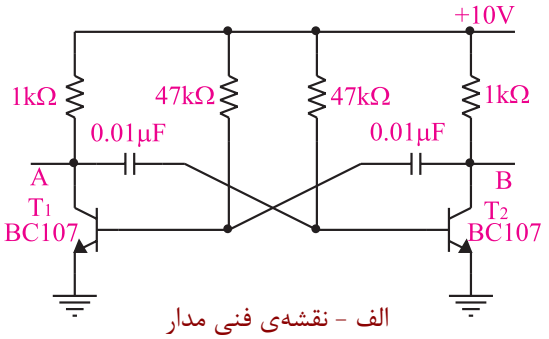
۸-۱۷-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات‌و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۱A و ۳۰V-۰	یک دستگاه
۳	برد برد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	سیم رابط	به اندازه کافی
۵	ترانزیستور ۲N۲۲۱۹ یا BC۱۰۷ یا BC۱۴۰	از هر کدام دوعدد
۶	مقاومت ۱kΩ ، ۴۷kΩ,۴ / ۷kΩ و ۱۰۰kΩ	از هر کدام دوعدد
۷	خازن ۰/۰۱ µf ، ۴۷µf و ۰/۰۲۲ µf	از هر کدام دوعدد
۸	دیود LED دو رنگ	۱ عدد
۹	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۸-۱۷-۳ مراحل اجرای آزمایش :

الف – بررسی مدار مولتی ویبراتور آاستابل

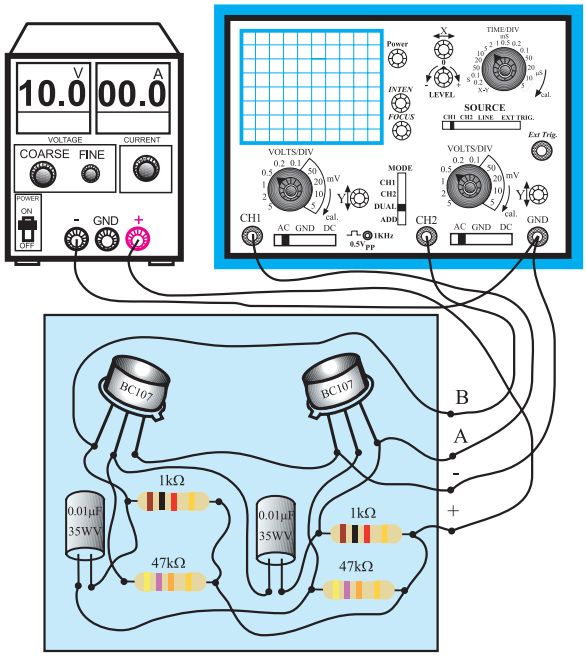
- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شـــکل ۸-۴۸را روی برد برد یا بردآزمایشگاهی ببندید.



الف - نقشه‌ی فنی مدار

CarGeek.Live

CarGeek.Live



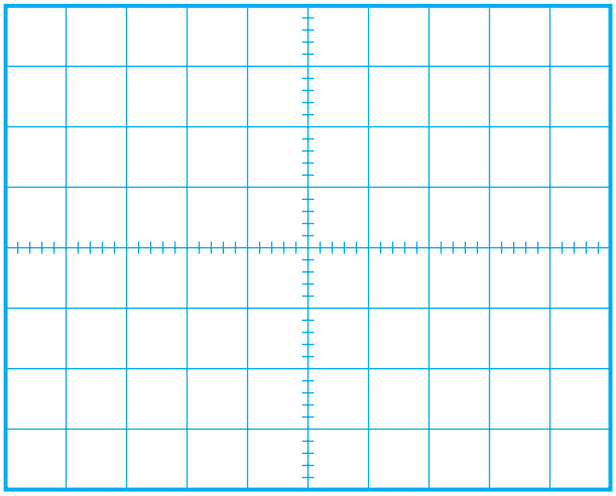
ب- مدار عملی

شکل ۴۸-۸ مدار آزمایش

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

■ نقاط A , B را به کانال های CH۱ و CH۲ اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ شکل موج های مشاهده شده را در روی نمودار شکل ۴۹-۸ رسم کنید.



شکل ۴۹-۸ شکل موج نقاط A و B روی صفحه اسیلوسکوپ

■ زمان تناوب شکل موج خروجی مولتی ویبراتور را اندازه بگیرید و آن را یادداشت کنید.

T=.....

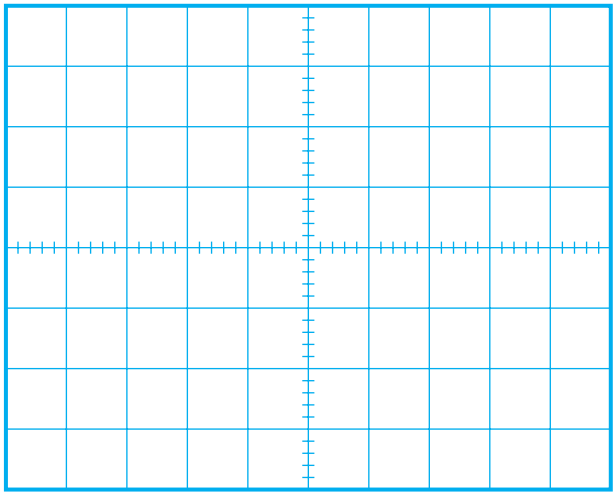
■ مقدار فرکانس اسیلاتور (مولتی ویبراتور) را محاسبه کنید.

$$T =$$

$$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{\square} = ...Hz$$

■ ظرفیت خازن ها را از ۰/۰۱ میکرو فاراد به۰/۰۲۲ میکرو فاراد تغییر دهید .

شکل موج ها را مشاهده و در شکل ۵۰-۸ رسم کنید.



شکل ۵۰-۸ شکل موج نقاط BوA با خازن های
C۱ =C۲ = ۰/۰۲۲

■ زمان تناوب را در این حالت اندازه بگیرید و یادداشت کنید

T == .....

■ فرکانس مولتی ویبراتور را محاسبه کنید.

$$T =$$

$$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{\square} = ...Hz$$

سوال ۱۴ – چرا با تغییر ظرفیت خازن ، فرکانس نوسان

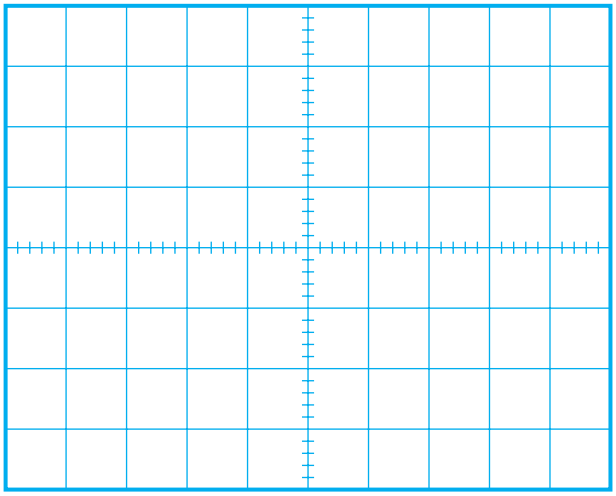
CarGeek.Live

CarGeek.Live

تغییر می کند ؟ توضیح دهید.

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

■ شکل موج نقاط A و B را به کمک اسیلوسکوپ دو کاناله درنمودار شکل ۵۱-۸ رسم کنید.



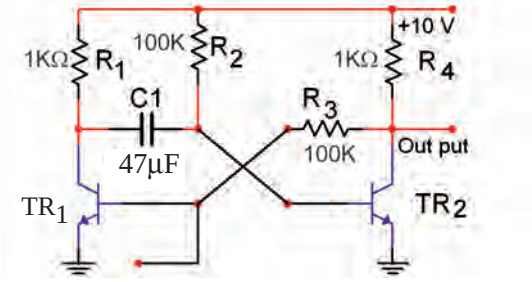
شکل ۵۱-۸ شکل‌موج نقاط A و B با خازن μf ۰/۰۱ و μf ۰/۰۲۲

سوال ۱۵- چرا شکل موج‌ها قرینه نیستند ؟توضیح دهید.

ب : بررسی مدار مولتی ویبراتور مونواستابل

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید .

■ مدار شکل ۵۲-۸ را روی برد برد یا بردآزمایشگاهی ببندید.



شکل ۵۲-۸ مدار مولتی ویبراتور مونواستابل

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

■ ولتاژ DC کلکتور - امیتر ترانزیستورهای $T_{R۱}$ و $T_{R۲}$ را اندازه بگیرید ویادداشت کنید.

$V_{CE_{TR_۱}}$ = ...

$V_{CE_{TR_۲}}$ = ...

■ با مقایسه مقادیر ولتاژ کلکتور ترانزیستورهای $T_{R۱}$ و $T_{R۲}$ ، کدام ترانزیستور قطع و کدام ترانزیستور اشباع است؟

وضعیت $T_{R۱}$ =.....

وضعیت $T_{R۲}$ = ...

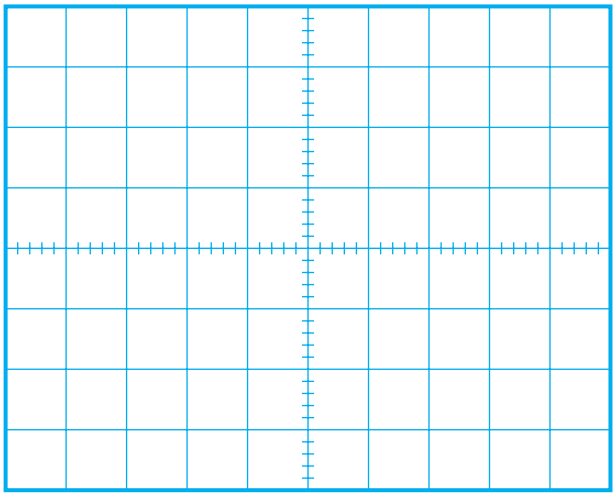
■ برای یک لحظه بیس ترانزیستور $T_{R۱}$ را تحریک کنید برای این منظور کافی است بیس را از طریق یک مقاومت ۱۰۰KΩ به منبع ولتاژ ۱۰+ ولت برای یک لحظه وصل وسپس قطع کنید.

■ کانال (۱) اسیلوسکوپ و(CH۱) را به کلکتور ترانزیستور $T_{R۲}$ وصل کنید و شکل موج کلکتور ترانزیستور $T_{R۲}$ را مشاهده کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ شکل موج خروجی ترانزیستور $T_{R۲}$ را با مقیاس مناسب درشکل ۸-۵۳ رسم کنید.

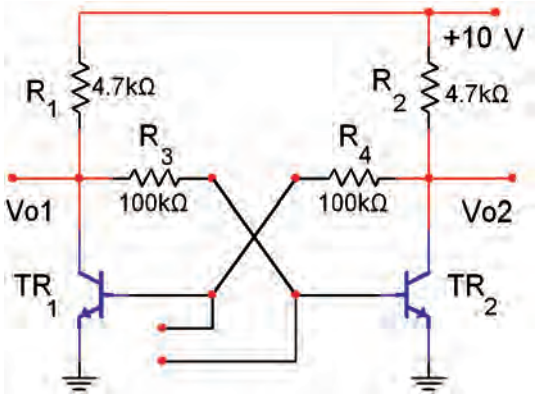


شکل ۸-۵۳ شکل موج مدار مولتی ویبراتور مونواستابل

ج: بررسی مدار مولتی ویبراتوری بی‌استابل

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ مدار شکل ۸-۵۴ را روی برد برد یا بردآزمایشگاهی ببندید.



شکل ۸-۵۴ مولتی ویبراتور بی استابل

■ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنیدو آن را به مدار اتصال دهید.

■ ولتاژ $V_{CE_{TR_۱}}$ و $V_{CE_{TR_۲}}$ را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{CE_{TR_۱}}$ = ...

$V_{CE_{TR_۲}}$ = ...

سوال ۱۶ – کدام ترانزیستور قطع و کدام ترانزیستور اشباع است ؟ توضیح دهید.

■ بیس ترانزیستوری که در ناحیه‌ی قطع قرار دارد را تحریک کنید.

برای این منظور کافی است بیس را از طریق یک مقاومت ۱۰۰KΩ به منبع ولتاژ ۱۰ + ولت وصل کنید.

■ ولتاژ کلکتور- امیتر ترانزیستورهای $T_{R۱}$ و $T_{R۲}$ را دوباره اندازه بگیرید.

$V_{CE_{TR_۱}}$ = ... ولت

$V_{CE_{TR_۲}}$ = ... ولت

سوال ۱۷ – آیا ترانزیستوری که قبلاً قطع بود به حالت اشباع رفته است ؟ آیا ترانزیستوری که اشباع بوده است به حالت قطع رفته است؟

■ ولتاژ تحریک بیس ترانزیستوری که در حالت قطع قرار داشت را بردارید (قطع کنید).

■ ولتاژهای $V_{CE_{TR_۱}}$ و $V_{CE_{TR_۲}}$ را دوباره اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{CE_{TR_۱}}$ = ... ولت

$V_{CE_{TR_۲}}$ = ... ولت

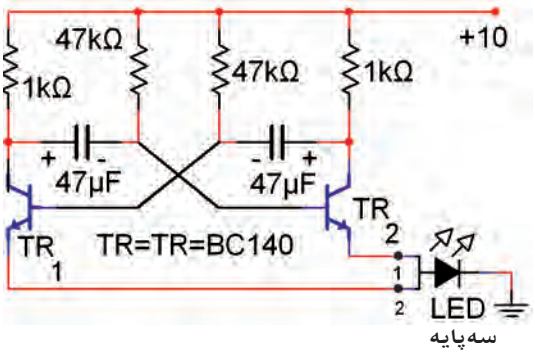
CarGeek.Live

CarGeek.Live

سوال ۱۸– آیا وضعیت اشباع و قطع ترانزیستورها عوض شده است ؟ توضیح دهید.

در صورت داشـــتن وقت کافی آزمایش زیر را اجرا کنید.

■ مدار شـــکل ۵۵–۸ را روی برد برد یا بردآزمایشگاهی ببندید.



شکل ۵۵–۸

■ منبع تغذیه را به مدار اتصال دهید ومدار را راه اندازی کنید.

■ به نحوه چشمک زدن LED توجه کنید.

■ برای تغییر فرکانس مدار، مقدار چه قطعاتی باید تغییر کند؟ نام ببرید.

نام قطعات =.....

سوال ۱۹– اگـــر فرکانس افزایش یابد ترکیب دو رنگ LED به چه رنگی رؤیت خواهد شد؟

۸–۱۷–۴ نتایج آزمایش

نتایـــج حاصل از آزمایش های الف ، ب ، ج و د رابه طور خلاصه شرح دهید .

الف)

ب)

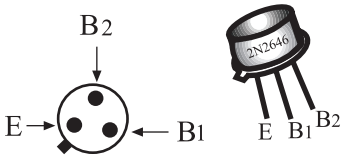
ج)

CarGeek.Live

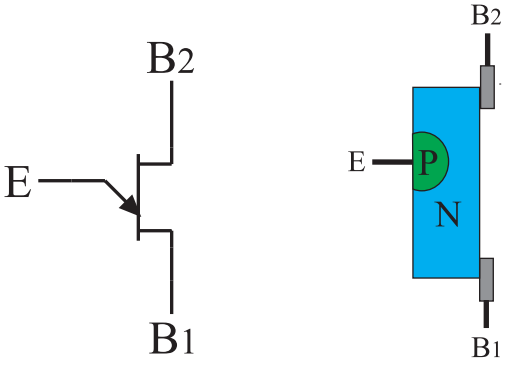
CarGeek.Live

۸-۱۸ ترانزیستور تک پیوندی (UJT)

ترانزیستور تک اتصالی یا UJT از یک قطعه نیمه هادی معمولاً نوع N و به ندرت نوع P با ناخالصی کم تشکیل می‌شود. در قسمتی از نیمه هادی نوع N یک نیمه هادی نوع P را نفوذ می دهند، به این ترتیب اصطلاح تک پیوندی تعریف می شود. شکل ۸-۵۶ الف ، ب و ج شکل ظاهری ، ساختمان داخلی ونماد یا علامت قراردادی این نوع ترانزیستور را نشان می دهد .



الف شکل ظاهری ترانزیستور UJT



ب - ساختمان داخلی UJT ج-نماد ترانزیستور UJT

شکل ۸-۵۶- ترانزیستور UJT

دواتصال انتهایی ناحیه N را پایه های B_1 (بیس یک) و B_2 (بیس دو) واتصال نیمه هادی نوع P را امیتر می گویند. مقاومت اهمی نیمه هادی نوع Nزیاد و در حدود ۴ تا ۱۰ کیلو اهم است .

ترانزیستور UJT را می توان به صورت مدار معادل شکل ۸-۵۷- الف نیز نشان داد . مقاومت های R_1وR_2 همان مقاومت نیمه هادی نوع N است . $R_1 + R_2$ مقاومت الکتریکی است که بین پایه های B_1 و B_2 وجود دارد. گاهی $R_1 + R_2$ را با R_{BB} نیز نشان می دهند .

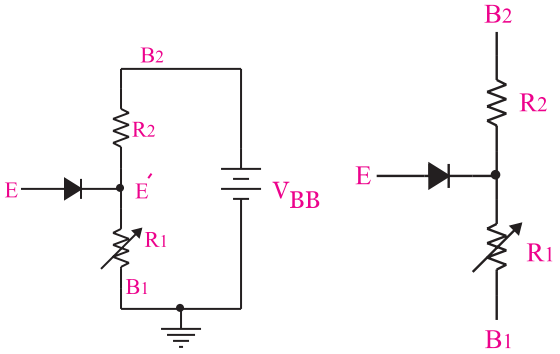
چنان چه پایه‌ی امیتر (E) را بازنگه داریم و اختلاف پتانسیل V_{BB} را در دو سر نیمه هادی نوع N برقرار کنیم در این حالت B_1 به زمین و B_2 به پتانسیل V_{BB} متصل شده است شکل ۸-۵۷ -ب.

جریان معادلی که از نیمه هادی نوع N عبور می کند ، از رابطه‌ی: $\frac{V_{BB}}{R_1 + R_2}$ محاسبه می‌شود . پتانسیل الکتریکی محل اتصال ناحیه P یعنی نقطه E' نسبت به زمین از رابطه‌ی زیر به دست می آید:

$$I = \frac{V_{BB}}{R_1 + R_2}$$

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

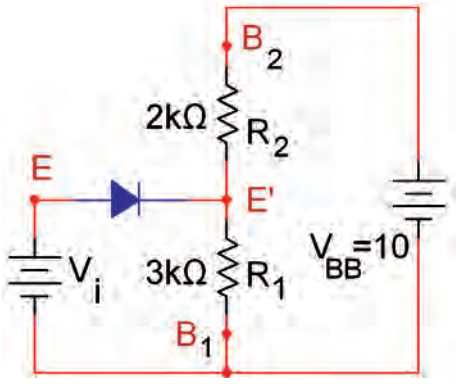
$$\eta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



الف-مدار معادل UJT ب- مدار مربوط به محاسبه ولتاژ E'

شکل ۸-۵۷ مدار معادل UJT و نحوه محاسبه ولتاژ E'

η را ضریب تقسیم UJT می نامند که مقدار آن به وسیله‌ی کارخانه سازنده مشخص می شود. در شکل ۸-۵۸ مدار معادل یک نمونه UJT رسم شده است.



شکل ۸-۵۸ مدار معادل یک نمونه UJT

CarGeek.Live

CarGeek.Live

همان طور که مشاهده می‌کنید طبق قانون تقسیم ولتاژ در محل اتصال R_1 و R_2 ولتاژ E' از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V_{E'} = ۱۰ \times \frac{۳k\Omega}{۳k\Omega + ۲k\Omega} = ۶ \text{ ولت}$$

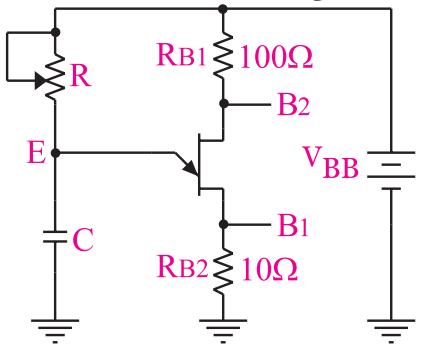
اگر ولتاژ V_i را لحظه به لحظه زیاد کنیم، تا زمانی که دیود قطع است جریانی از امیتر عبور نمی کند. اگر ولتاژ V_i به اندازه ی ۰/۶ ولت (ولتاژ هدایت دیود V_D) از ولتاژ E' ($V_{E'} = ۶V$) بیشتر شود، دیود اتصال PN را به حالت هدایت می برد و جریان در امیتر جاری می شود. به این ترتیب ولتاژ نقطه‌ی E' کاهش می یابد و هدایت دیود را تشدید می کند و به نوبه خود پتانسیل E' بازهم کم می شود .

مهم ترین کاربرد UJT، تولید شکل موج دندانه اره ای و پالس است. از ترانزیستور UJT به هیچ عنوان نمی توان در مدارهای تقویت‌کننده استفاده کرد.

ویژه‌ی دانش آموزان علاقه مند :

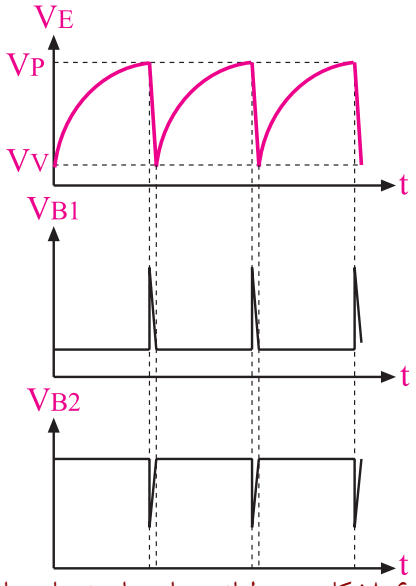
تحقیق کنید که چرا نمی توان از ترانزیستور UJT در مدارهای تقویت کننده استفاده کرد.

در شکل ۸-۵۹ یک نمونه مدار کاربردی با استفاده از UJT را ملاحظه می کنید.



شکل ۸-۵۹- یک نمونه مدارکاربردی UJT

در ترمینال E روی پایه امیتر، یک موج دندانه اره ای ودر ترمینال B_1، پالس سوزنی به وجود می‌آید که با توجه به نیاز می توان از هر کدام از این شکل موج ها استفاده کرد،شکل ۸-۶۰.



شکل ۸-۶۰شکل موج ولتاژ در پایه های نوسان ساز UJT

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 می شود. هنگامی که ولتاژ خازن به مقدار V_P می‌رسد، UJT را به حالت هدایت می برد. در این حالت جریان زیادی از مسیر EB_1 عبور می کند. هدایت UJT باعث دشارژ خازن می شود وولتاژ ترمینال E را به طور ناگهانی کاهش می دهد . ازآن 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:

$$F \quad \frac{}{۰/۷RC}(Hz)$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

این فرمول مربوط به حالت خاص $\eta = ۰/۵$ است. چنان چه $\eta = ۰/۵$ نباشد ، فرمول پیچیده‌تر می‌شود که به دلیل محدودیت های موجود از بیان آن صرف نظر می کنیم . با توجه به موارد بیان شده برای به دست آوردن مقدار فرکانس (F) عملاً لازم است از شکل موج مشاهده شده روی صفحه اسیلوسکوپ استفاده کنیم .

۸-۱۹ آزمایش شماره ۷

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۸-۱۹-۱ هدف آزمایش : بستن مدار نوسان ساز موج دندانه اره ای با استفاده از ترانزیستور UJT

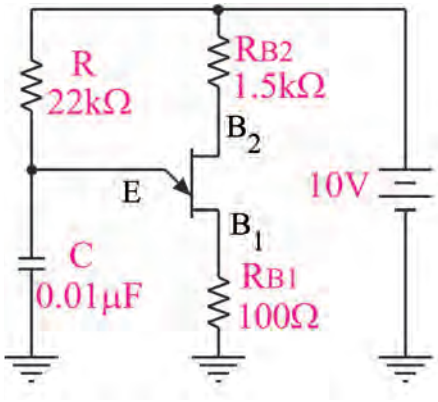
۸-۱۹-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۳۰V	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	بردبرد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	ترانزیستور ۲N۲۶۴۶	یک عدد
۵	خازن ۰/۰۱ µF	یک عدد
۶	مقاومت‌های ۲۲kΩ، ۱/۵kΩ، ۲۲۰kΩ، ۱۰۰Ω ۱/۴ وات	از هرکدام یک عدد
۷	سیم رابط	به اندازه کافی
۸	ابزارعمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

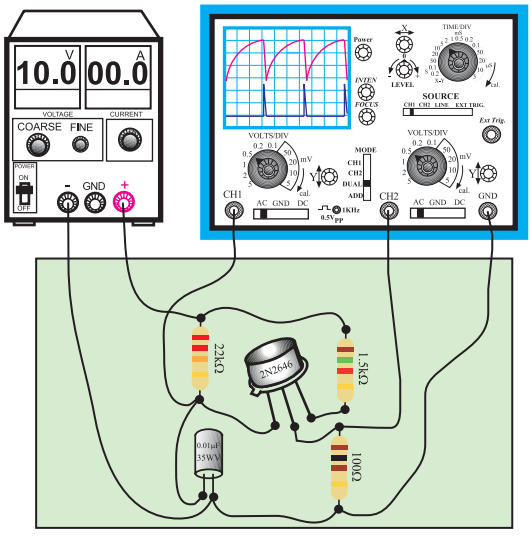
به یاد داشته باشید که برای تشخیص ترانزیستور UJT سالم از معیوب می توانید ازمراحل اجرای این آزمایش استفاده کنید.

۸-۱۹-۳ مراحل اجرای آزمایش :

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۸-۶۱را روی برد برد یا بردآزمایشگاهی ببندید.



الف – نقشه فنی مدار



ب – مدار عملی

شکل ۸-۶۱ مدار عملی نوساز ساز UJT

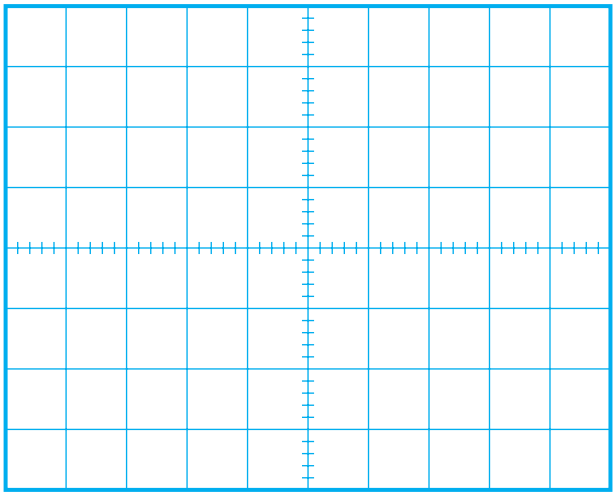
CarGeek.Live

CarGeek.Live

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

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

■ شکل موج مربوط به کانال CH۱ (E) وکانال CH۲ (B۱) اسیلوسکوپ را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۸-۶۲ با دو رنگ مختلف رسم کنید.



شکل ۸-۶۲ شکل ولتاژ نقاط B۱وE (دو سرخازن)

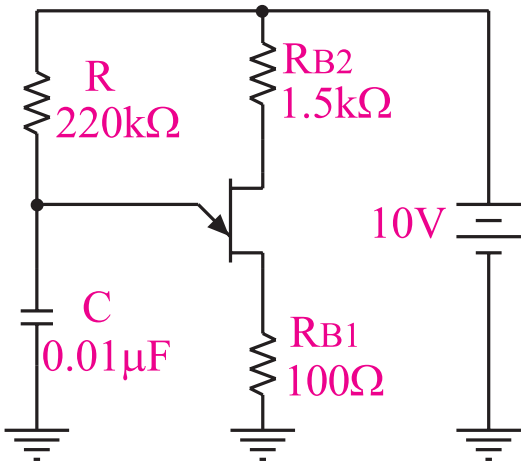
■ زمان تناوب شکل موج را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

$T = ...(ms)$

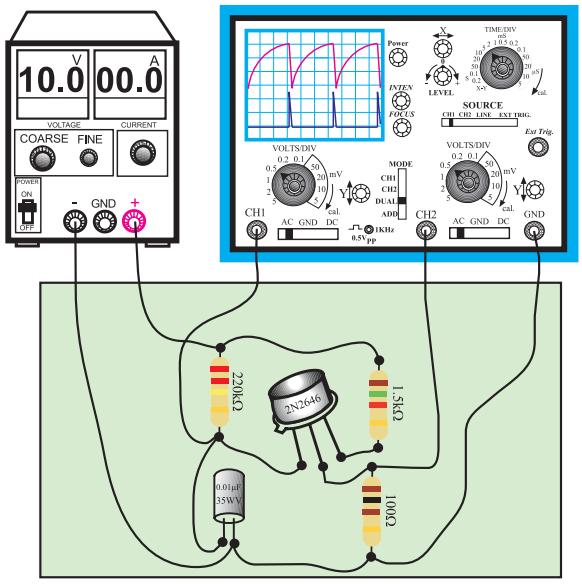
■ فرکانس را محاسبه کنید.

$$F = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{T(ms)} = \frac{۱}{\square} = ...Hz$$

در مدار شکل ۸-۶۱ ، به جای مقاومت ۲۲kΩ ، مقاومت ۲۲۰kΩ قرار دهید ، شکل ۸-۶۳



الف -نقشه فنی مدار



ب- مدار عملی

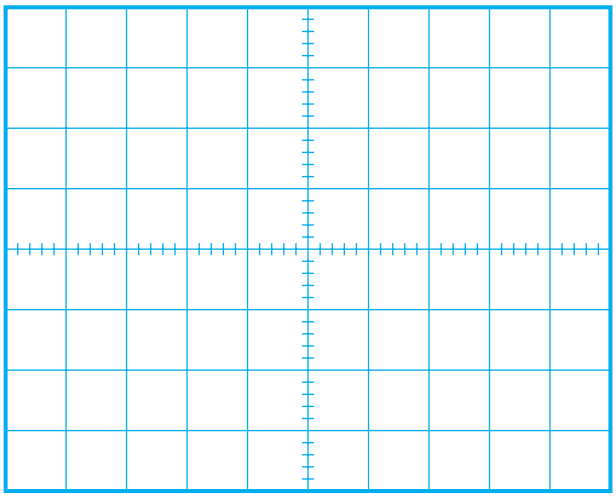
شکل ۸-۶۳ مدار آزمایش

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

■ شکل موج های مربوط به کانال های CH۱ (E) وکانال CH۲ ($B_۱$) را در شکل ۸-۶۴ با دو رنگ مختلف رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۸-۶۴ شکل موج های E و V_{B_1}
درحالتی که مقاومت امیتر $220\,k\Omega$ است

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

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

$T = \ldots\ldots\ldots(ms)$

■ فرکانس را محاسبه کنید.

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

سوال ۲۰ – فرکانس شکل موج نشان داده شده در شکل های ۸-۶۲ و ۸-۶۴ را با یک دیگر مقایسه کنید. چه تفاوتی بین شکل موج‌ها وجود دارد ؟ شرح دهید.

۸-۱۹-۴ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش را به صورت تیتر وار بنویسید.

۸-۲۰ مدار تایمر با استفاده از آی سی ۵۵۵ (Timer)

به کمک مدارهای الکترونیکی می توانید مدار زمان سنج یا تایمر ببندید. زمان سنج بعد از زمان مشخصی که قابل تنظیم است می تواند مدار یا رله ای را وصل یا قطع کند ، شکل ۸-۶۵ الف .

برای این منظور IC هایی با کاربردهای ویژه ساخته شده است. بعضی از این IC ها قادرند بعد از زمان های بسیار کم حتی چند میکروثانیه مدار دیگری را قطع یا وصل کنند. برخی دیگر از این IC ها چندان حساس نیستند. در زیر یک نمونه IC تایمر نسبتاً مشهور وپر کاربرد وساده مورد بررسی قرارمی گیرد.

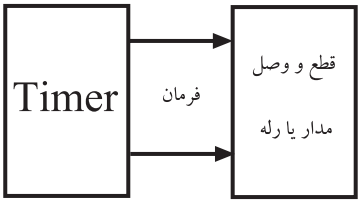
شماره این IC ، ۵۵۵ است و می تواند به عنوان یک مولتی ویبراتور آستابل یا مونواستابل عمل کند . تغذیه ی این IC

CarGeek.Live

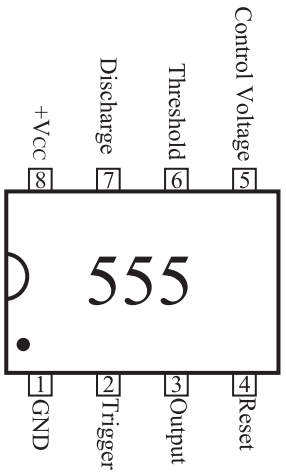
CarGeek.Live

حداقل ۴/۵ ولت و حداکثر ۱۸ ولت و تعداد پایه های آن ۸ پایه است .

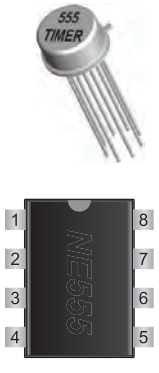
در شکل ۸-۶۵ – ب شکل بلوکی IC همراه با نام پایه‌ها و در شکل ۸-۶۵ -ج دو نوع محفظه‌ی آی سی ۵۵۵ نشان داده شده است.



الف - عملکرد تایمر

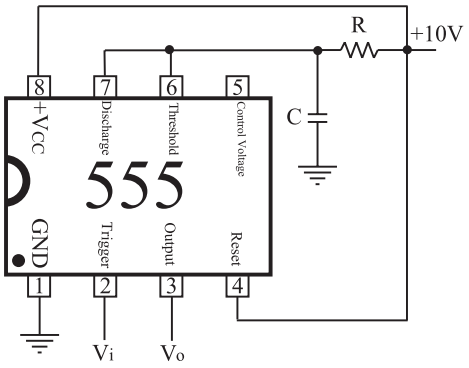


ب - پایه های آی سی ۵۵۵



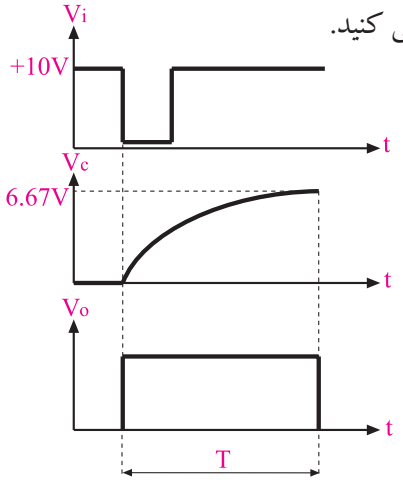
ج - دو نوع محفظه آی سی
شکل ۸-۶۵ آی‌سی‌تایمر ۵۵۵

در شکل ۸-۶۶ مولتی ویبراتور مونواستابل با استفاده از IC تایمر ۵۵۵ نشان داده شده است .



شکل ۸-۶۶ مولتی ویبراتور مونواستابل

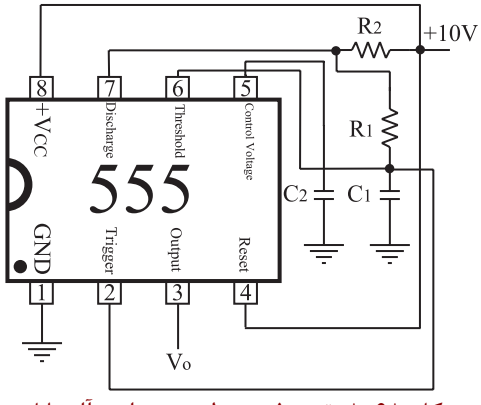
شکل موج های نقاط مختلف را نیز در شکل ۸-۶۷ مشاهده می کنید.



شکل ۸-۶۷ شکل موج های نقاط مختلف
مولتی ویبراتور مونو استابل

آی سی ۵۵۵ یکی از آی سی های پر کاربرد در مدارهای الکترونیکی است.

در شکل ۸-۶۸ مولتی ویبراتور آاستابل با استفاده از IC تایمر ۵۵۵ نشان داده شده است.

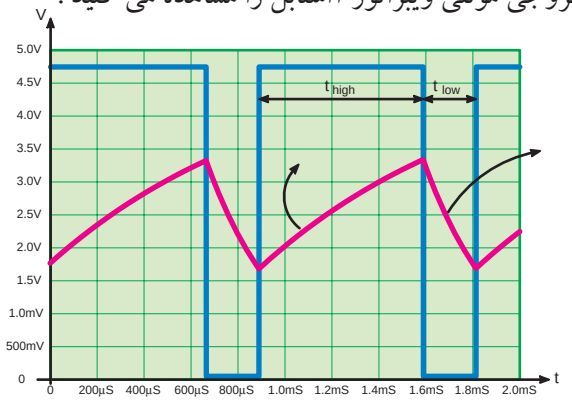


شکل ۸-۶۸ نقشه فنی مولتی ویبراتور آاستابل

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در شـکل ۸-۶۹ شکل موج ولتاژ دو سر خازن C_1 و ولتاژ خروجی مولتی ویبراتور آاستابل را مشاهده می کنید .



شکل ۸-۶۹

۸-۲۱ آزمایش شماره ۸

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۸-۲۱-۱ هدف آزمایش :

بسـتن مدار IC تایمـر ۵۵۵ به عنـوان مولتـی ویبراتور آ استابل و مونو استابل (تایمر)

۸-۲۱-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات‌و مواد موردنیاز:

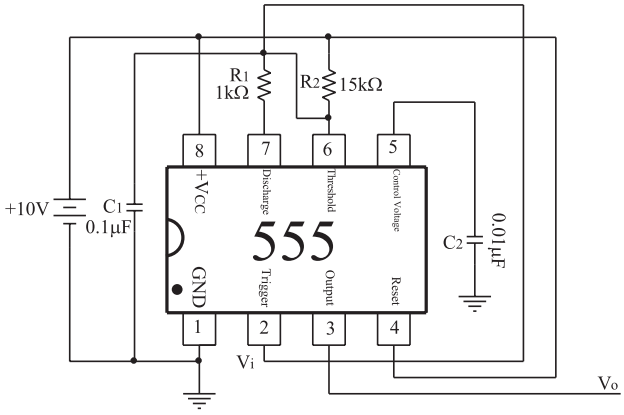
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۱A و ۰-۳۰V	یک دستگاه
۳	سیم رابط	یک دستگاه
۴	برد مـدار چاپی آماده مربوط به IC تایمر و مولتی‌ویبراتور (برد دوم با مقاومت ۱/۵ کیلو اهم)	یک قطعه
۵	ابزارعمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

چون مـدت زمان اختصاص داده شـده برای اجرای این آزمایش محدود اسـت لذا می‌بایسـتی این آزمایش حتمـاً روی مدار چاپی آماده شـده انجام شود. قبل از شروع کار، برد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع شدن پایه‌ها بررسی کنید.

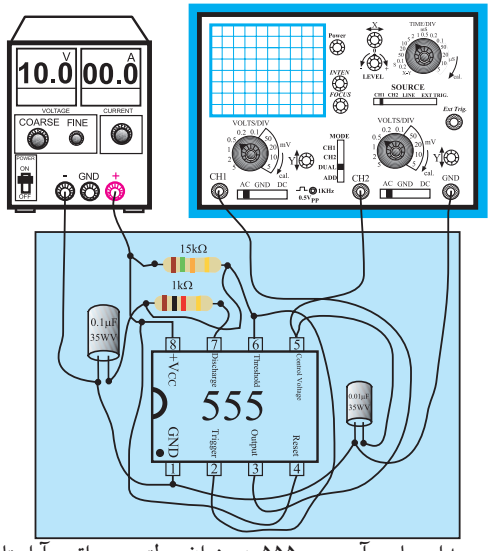
۸-۲۱-۳ مراحل اجرای آزمایش :

الـف : IC تایمر ۵۵۵ به عنـوان مولتی ویبراتور آ استابل

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شـکل ۸-۷۰ که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است را مورد بررسی قرار دهید.



الف – نقشه فنی مدار مولتی ویبراتور آ استابل



ب – مدار چاپی آی سی ۵۵۵ به عنوان مولتی ویبراتور آ استابل

شکل ۸-۷۰ مدار آزمایش

- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و آن را به مدار اتصال دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

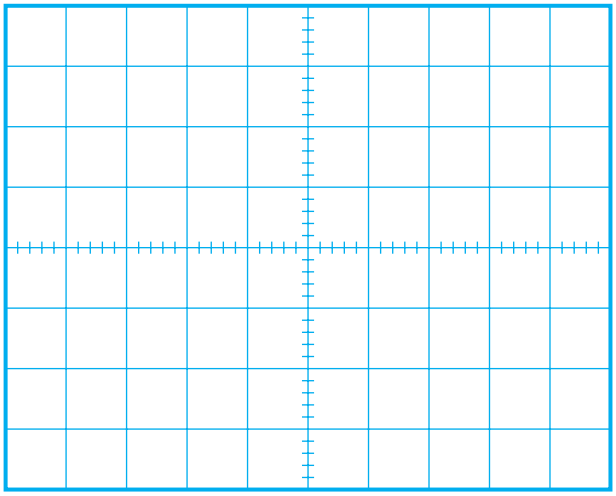
■ پایه‌ی شماره ۳ آی سی که خروجی IC است را به کانال CH۱ اسیلوسکوپ و پایه شماره ۵ آی سی که ولتاژ دو سر خازن C است را به CH۲ وصل کنید.

■ زمین مدار یعنی قطب منفی منبع تغذیه رابه زمین اسیلوسکوپ اتصال دهید.

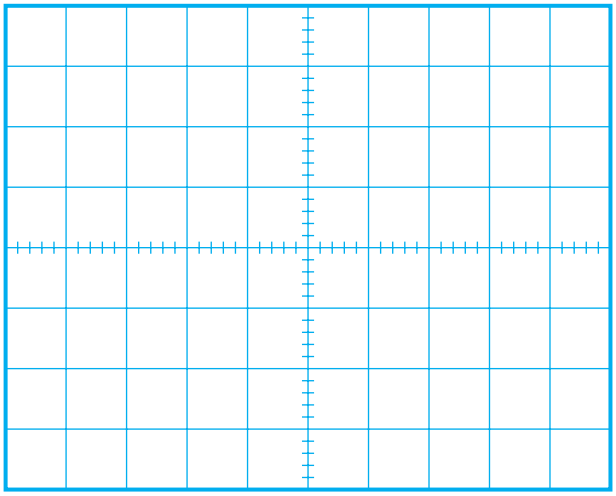
■ تنظیمات زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

FOCUS ، INTENSITY ، Time/Div، Volts/Div

■ شکل موج ولتاژ دو سر خازن (پایه شماره ۵ آی سی) را در شکل ۸–۷۱ و شکل موج ولتاژ خروجی (پایه ۳) را در نمودار های شکل ۸–۷۲ رسم کنید.

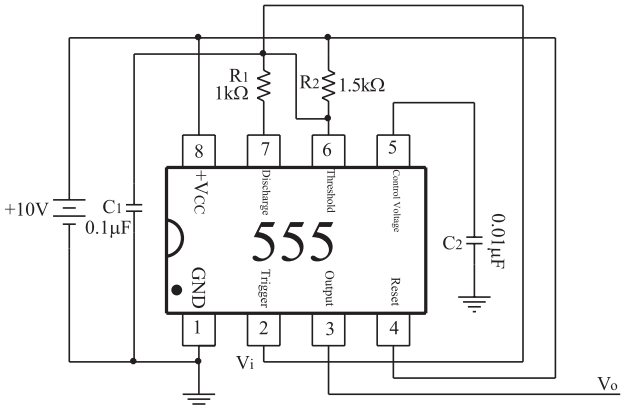


شکل ۸–۷۱ - شکل موج ولتاژ دو سرخازن (پایه ۵ آی‌سی)

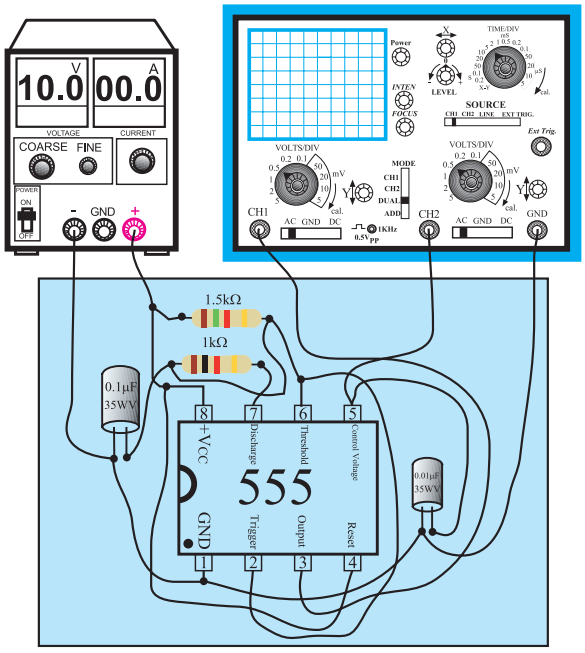


شکل ۸–۷۲ - شکل موج ولتاژ خروجی (پایه ۳ آی‌سی)

■ در شکل ۸–۷۰ به جای مقاومت ۱۵kΩ ، مقاومت ۱/۵ کیلواهم در مدار قرار دهید ویا از برد دیگری که مقدار فوق روی آن باشد استفاده کنید، شکل ۸–۷۳



الف– نقشه‌ی فنی مولتی ویبراتور آاستابل با مقاومت ۱/۵ کیلو اهم



ب– مدار چاپی آی‌سی ۵۵۵ به عنوان مولتی ویبراتور آاستابل

شکل ۸–۷۳- مدار آزمایش

■ تنظیم‌های FOCUS ، INTENSITY ، Time/Div، Volts/Div را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

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

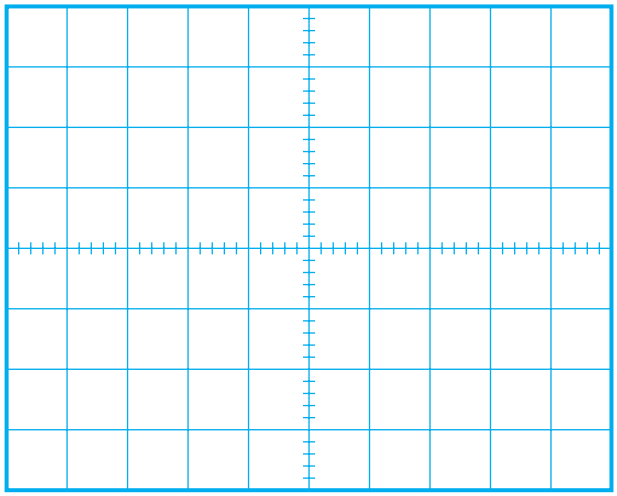
CarGeek.Live

CarGeek.Live

اتصال دهید.

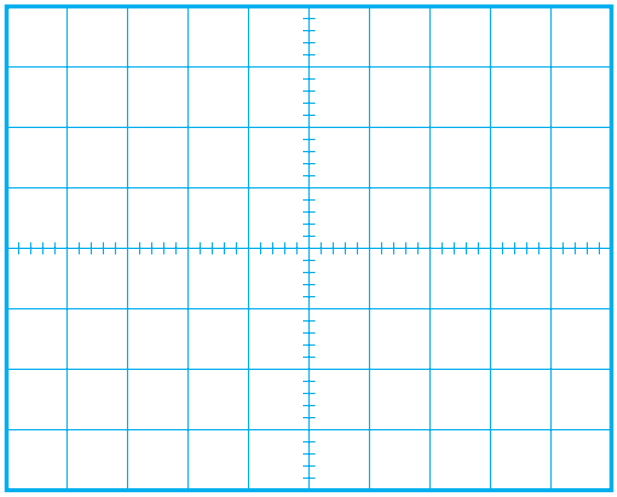
■ پایه‌ی شماره ۵ آی سی ۵۵۵ (ولتاژ دو سرخازن) را به کانال CH۲ و پایه‌ی شماره ۵ (V_{out}) را به کانال CH۱ اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ شکل موج پایه‌ی شماره۵ را در نمودار شکل ۸-۷۴ رسم کنید.



شکل ۸-۷۴ - شکل ولتاژ دو سرخازن (پایه ۵ آی‌سی)

■ شکل موج پایه‌ی شماره ۳ را در نمودار شکل ۸-۷۵ رسم کنید.



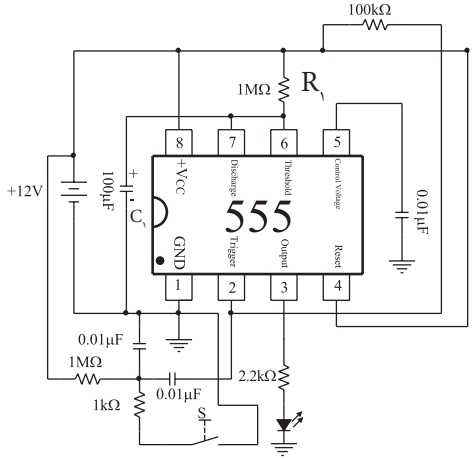
شکل ۸-۷۵ - شکل ولتاژ خروجی (پایه شماره۳ آی‌سی)

سوال ۲۱- با توجه به شکل های ۸-۷۲ و ۸-۷۵ آیا فرکانس های تقریبی خروجی از رابطه زیر به دست می آید؟ توضیح دهید .

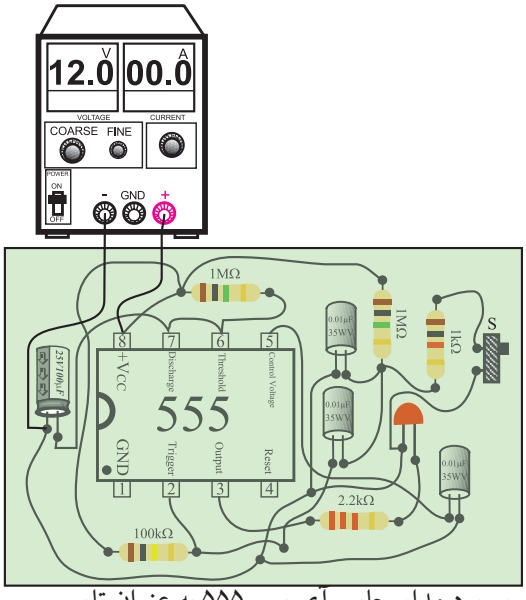
$$f \simeq \frac{1/44}{R_1 C_1}$$

ب : آی سی ۵۵۵ به عنوان تایمر

■ مدار شکل ۸-۷۶ را که به صورت مدار چاپی آماده شده است مورد بررسی قرار دهید.



الف- نقشه ی فنی آی سی به عنوان تایمر



ب- برد مدار چاپی آی سی ۵۵۵ به عنوان تایمر

شکل ۸-۷۶ مدار آزمایش

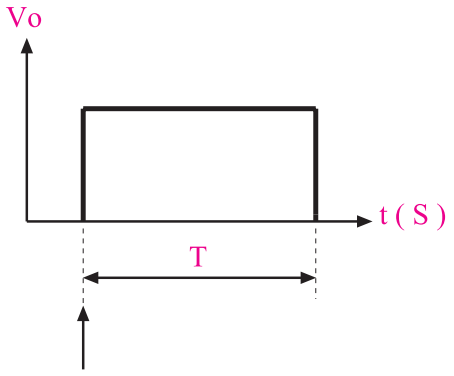
CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید و آن را به مدار اتصال دهید.

■ در حالت‌عادی دیـود نوردهنده LED باید خاموش باشد.

■ شستی S را فشار دهید دیود، LED مدتی روشن می شود وسپس به حالت اولیه (خاموش)برمی گردد، شکل ۷۷-۸ .



شکل ۷۷-۸ پالس خروجی آی سی به عنوان تایمر

■ مـدت زمان روشـن بودن دیود نور دهنده بسـتگی به مقدار R_1وC_1 دارد.

■ کرونومتـر را Reset کنیـد و آن را برای زمان گیری آماده نمایید.

■ شستی S را فشار دهید و کرونومتر را فعال کنید.

■ بـه محض خاموش شـدن دیـود LED کرونومتر را خاموش کنید (حالت Stop).

■ زمانی را که کرونومتر نشان می دهد، یادداشت کنید.

T = ...

سوال ۲۲ – آیا زمان روشن بودن دیود LED از رابطه $T = 1/1\ R_1C_1$ تبعیت می کند ؟ شرح دهید.

۸-۲۱-۴ نتایج آزمایش

نتایـج حاصـل از آزمایش های الـف و ب را به صورت تیتر وار بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی (۲-۸)
نوسان‌سازهای غیرسینوسی

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

۲- یک مورد از کاربرد مدار تایمر مونواستابل را بنویسید.

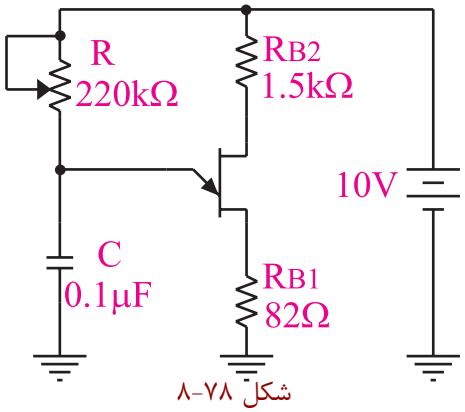
۳- ساختمان داخلی یک ترانزیستور UJT را رسم کنید.

۴- علامت قراردادی یا نماد ترانزیستور UJT را رسم کنید.

۵- η را در یک ترانزیستور UJT شرح دهید و رابطه‌ی آن را بنویسید.

۶- ترانزیستور UJT بیشتر در چه مواردی به کار می‌رود ؟

۷- طرز کار مدار شکل ۷۸-۸ را به طور خلاصه شرح دهید .



شکل ۷۸-۸

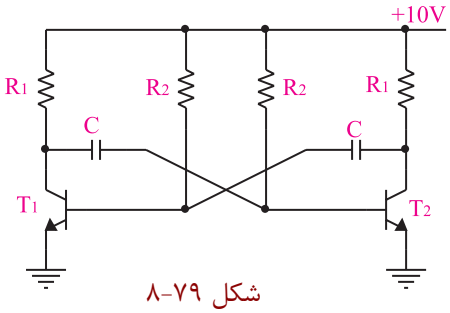
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸- در شـکل ۷۸-۸ با تغییر کدام عنصر می‌توان فرکانس را تغییر داد ؟

۹- تایمر یا زمان سنج چه نوع مداری است؟ شرح دهید.

۱۰- با توجه به شکل ۷۹-۸ به سوالات پاسخ دهید.



شکل ۷۹-۸

الف)عوامل تعیین کننده فرکانس نوسان ساز شکل ۷۹-۸ کدام عناصر هستند ؟

ب)چگونـه می‌توان شـکل مـوج خروجـی را نامتقارن کرد؟

ج) شـکل موج پایه های ترانزیسـتور را با توجه به شکل موج خروجی رسم کنید.

۱۱- طـرز کار یک مولتـی ویبراتور آاسـتابل را توضیح دهید.

۱۲- مختصری در مورد IC شماره ۵۵۵ توضیح دهید .

۱۳- عملکـرد مدار مولتی ویبراتور بی اسـتابل را شـرح دهید.

۱۴- فرق مولتی ویبراتور مونواسـتابل وبی استابل را شرح دهید.

۱۵- مولتی ویبراتور را تعریف کنید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بخش پنجم

دیجیتال و گیت‌های منطقی

هدف کلی :

تحلیل نظری و عملی مدارهای پایه در دیجیتال

واحد کار	شماره توانایی	عنوان توانایی	زمان آموزش		
			نظری	عملی	جمع
U۸	۲۰	توانایی بررسی سیستم‌های دیجیتال و کاربرد آن‌ها	۱۰	۱۲	۲۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل نهم

سیستم‌های دیجیتال و کاربرد آن‌ها

هدف کلی :

تحلیل نظری و عملی مدارهای ترکیبی و ترتیبی در دیجیتال

هدف های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۱- سیستم های دیجیتال و آنالوگ را از یکدیگر تشخیص دهد.

۲- مفهوم صفر و یک منطقی و سطوح آن را شرح دهد.

۳- نماد دروازه های منطقی AND، OR، NOT، NAND، NOR، XOR، XNOR را رسم کند.

۴- جدول صحت دروازه های منطقی را با استفاده از توابع و گیت ها به دست آورد.

۵- جدول صحت گیت های منطقی را از طریق آزمایش به دست آورد .

۶- توابع بولی را شرح دهد.

۷- عبارت بولی یک تابع منطقی ساده را بنویسد.

۸- اتحادهای اساسی جبر بول را شرح دهد.

۹- توابع بولی ساده را به کمک جدول کارنو به دست آورد.

۱۰ - فرق بین IC های TTL و CMOS را شرح دهد.

۱۱- سیستم‌های اعداد دهدهی و باینری را شرح دهد.

۱۲- روش تبدیل اعداد اعشاری به باینری را شرح دهد.

۱۳- عملکرد مدارهای ترکیبی ، رمز گشا (Decoder)، رمز گذار (Encoder) ، متمرکز کننده (مالتی‌پلکسر) ومنتشر کننده (دی‌مالتی پلکسر) را شرح دهد .

۱۴- عملکرد مدارهای ترتیبی فلیپ فلاپ های RS ، JK ، D و T را شرح دهد.

۱۵- اصول کار آی سی اشمیت تریگر را توضیح دهد.

۱۶- مدارهای Decoder ، مالتی پلکسر و فلیپ فلاپ‌ها را از طریق آزمایش به صورت عملی ببندد و رفتار آن را تحلیل کند.

توانایی شماره ۱۹	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۱۰	۱۲	۲۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون (۱-۹)

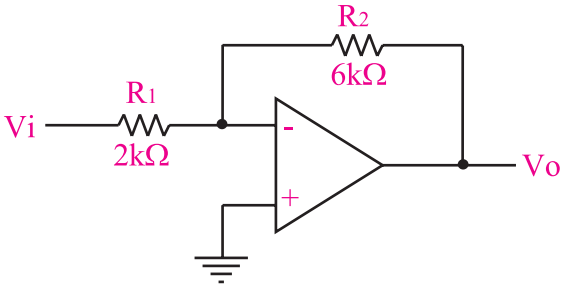
دروازه‌های منطقی

۱- IC ها چه مزایایی نسبت به مدار مجزا دارند ؟

۲- یک تقویت کننده عملیاتی چه مشخصاتی بایدداشته باشد؟

۳-چگونه می‌توان در یک تقویت‌کننده عملیاتی بهره تقویت را به دل خواه و با دقت تنظیم کرد؟

۴- در شکل زیر بهره ولتاژچه قدر است؟



الف) ۳ ب) ۲

ج) ٦ د)۰/۳۲

۵- با استفاده از چه مداری و چگونه می توان یک موج مربعی تولید کرد ؟ توضیح دهید.

۶- آی سی ۷۴۱ چند پایه دارد ؟

الف)٦

ب) ٨

ج) ١٤

د)١٦

۷- چهار مورد از نکات ایمنی مربوط به آی سی را بنویسید.

۸- یک نمونه سیگنال آنالوگ و یک نمونه سیگنال دیجیتالی را رسم کنید.

۹- فرق سیستم های آنالوگ و دیجیتال را شرح دهید .

۱۰-دروازه منطقی را تعریف کنید ؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۱- کدام جـــدول صحت مربوط به دروازه منطقی AND است ؟

الف)

A	B	F
۰	۰	۰
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۱

ب)

A	B	F
۰	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۰

ج)

A	B	F
۰	۰	۰
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۱	۱

د)

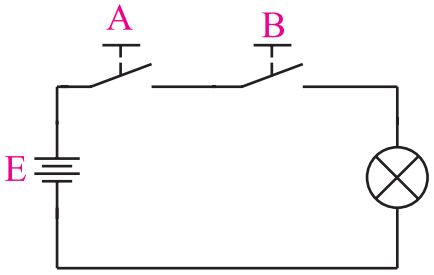
A	B	F
۰	۰	۱
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۰	۰

۱۲- رابطه منطقی خروجی دروازه منطقی XOR کدام است ؟

الف) $\overline{A}B+A\overline{B}$ ب) $\overline{A}\,\overline{B}+AB$

ج) $A+B$ د) $\overline{A+B}$

۱۳- مـــدار کلیدی زیر ، عملکرد کدام گیت را نشـــان می‌دهد؟



الف) OR ب) XOR

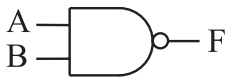
ج) AND د) NOT

۱۴- مفهوم صفر و یک منطقی را شرح دهید.

۱۵- ســطوح ولتاژ برای نشان دادن صفر و یک منطقی را رسم کنید.

۱۶- مدار کلیدی گیت OR و NOT را رسم کنید.

۱۷ - دروازه منطقی رسم شده در شکل زیر را می‌توان از کدام دروازه های منطقی پایه تشکیل داد ؟

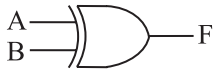
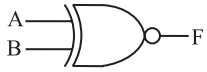
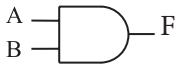
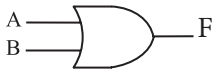
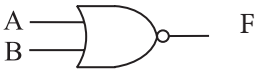
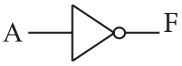


۱۸- برای این که نشان دهیم متغیر A و متغیر B بایکدیگر NORشده اند از چه رابطه منطقی استفاده می کنیم ؟ رابطه را بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۹- روابط منطقی نوشته شده در ستون سمت چپ را به دروازه منطقی آن در ستون سمت راست اتصال دهید.

$Y = A+B$	
$Y = A.B$	
$Y = \overline{A}$	
$Y = \overline{A}B + A\overline{B}$	
$Y = \overline{A \oplus B}$	
$Y = \overline{A+B}$	
$Y = \overline{A.B}$	

بعد از مطالعه قسمت اول فصل (۹) به سوالات پیش آزمون ۲ - ۹ پاسخ دهید

پیش آزمون (۲-۹)

جبربول وجدول کارنو

۲۰- جدول صحت مربوط به رابطه منطقی $F = A\overline{B} + \overline{A}B$ را رسم کنید .

۲۱- با استفاده از قوانین جبر بول طرف دوم روابط منطقی زیر را تکمیل کنید.

الف) $A+0$

ب) $A+1$

ج) $A+A$

د) $A+\overline{A}$

هـ) $A.1$

و) $A.0$

ز) AA

ح) $A\overline{A}$

ط) $A(B+C) =$

ی) $\overline{A+B}$

ک) $AB+C$

ل) $\overline{AB}$

۲۲- ساده شده تابع $f(A.B) = \overline{A}\,\overline{B} + \overline{A}B + A$ کدام است؟

الف) صفر ب) $\overline{A}(\overline{B}+B)$

ج) $A\overline{A}$ د) یک

۲۳- تابع $F = \overline{A}B + \overline{A}\,\overline{B} + \overline{A}$ را به کمک قوانین جبر بول ساده کنید؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۲۴- جدول کارنوی مربوط به رابطه منطق $F=\bar{A}\bar{B}+AB$ را به همراه جدول صحت تابع رسم کنید.

بعد از مطالعه قسمت دوم فصل ۹ به سوالات پیش آزمون ۳ - ۹ پاسخ دهید

پیش آزمون (۳-۹)

سیستم‌های اعداد

۲۵- عدد ۹۵ درمبنای دهدهی را به مبنای باینری تبدیل کنید.

۲۶- عدد $(۰۱۱۰۱۱۱۰۱)_۲$ را به مبنای دهدهی (دسیمال) تبدیل کنید .

۲۷- در یک عدد باینری کم ارزش‌ترین بیت و با ارزش‌ترین بیت کدام است ؟

۲۸- ارزش مکانی و ضرایب عدد باینری (۱۰۰۱) را بنویسید.

۲۹- عدد ۵ درمبنای اعشاری را در کد BCD نمایش دهید.

$(۵)_{۱۰} = (.....)_{BCD}$

۳۰- در سیستم اعداد باینری به هر .....بیت یک بایت (Byte) می‌گویند.

طعم شیرین موفقیت

برای این که طعم شیرین موفقیت را بچشید ، باید نسبت به کاری که انجام می دهید علاقه‌مند باشید و با استفاده از فنون و روش های مربوط به آن کار، آن را با مهارت کامل انجام دهید .

جهت هنرجویان علاقه مند

با جستجو در سایت های مرتبط جدیدترین تولیدات دیجیتالی را شناسایی کنید و در زمینه ی معرفی ، مزایا و امکانات این تجهیزات مطالبی را تهیه کنید و به کلاس ارائه دهید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بعد از مطالعه قسمت سوم فصل (۹) به سوالات پیش آزمون ٤-۹ پاسخ دهید

پیش آزمون (٤-۹)

مدارهای ترکیبی

۳۱- نـام دیگر مدار رمزگشـا و عملکرد آن را شـرح دهید.

۳۲- اگـر بخواهیم کلمه ای را در یک سـطر معین از حافظه آدرس دهی کنیم از مدار(رمزگشا ❐، رمز گذار ❐) استفاده می‌کنیم. توضیح دهید.

۳۳- مداری که اطلاعات را از حالت دهدهی به باینری تبدیل می کند رمزگشا نام دارد .

صحیح ❐ غلط ❐

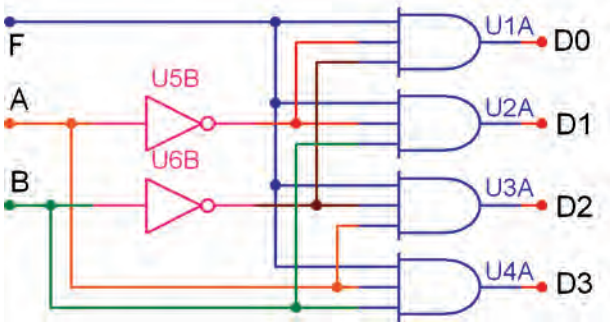
۳٤- هـر رمزگشـا بـا ۲ ورودی دارای(۲❐ ٤❐) خروجـی اسـت و در هـر لحظـه فقـط یکی از (ورودی‌ها❐ خروجی‌ها ❐) فعال است.

۳۵- یک رمزگشـا دارای ۳ ورودی اسـت. این رمزگشا حداکثر (٤❐ ۸❐) خط خروجی دارد.

۳٦- عملکرد مدار (مالتی پلکسر❐ رمزگشا❐) مانند یک کلید چند حالته است.

۳۷- تعـداد (ورودی ها❐ خروجی ها ❐) مدار مالتی پلکسر در هر لحظه فقط یکی‌است.

۳۸- در مدار دی‌مالتی پلکسـر شکل زیر اگر خروجی $D_۳ = ۱$ باشد آدرس A و B کدام است ؟



الف) $A = ۰$ ، $B = ۰$ ب) $A = ۰$ ، $B = ۱$

ج) $A = ۱$ ، $B = ۰$ د) $A = ۱$ ، $B = ۱$

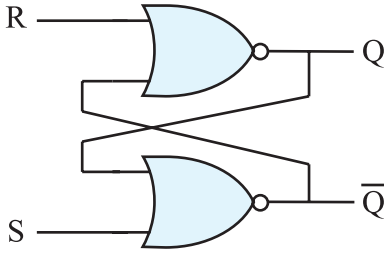
پیش آزمون (۵-۹)

انواع فلیپ فلاپ

۳۹- در فلیپ فلاپ S-R شکل زیر حالت غیرمجاز کدام حالت است ؟

الف) S=۰ R=۰ ب) S=۱ R=۱

ج) S=۰ R=۱ د) S=۱ R=۰



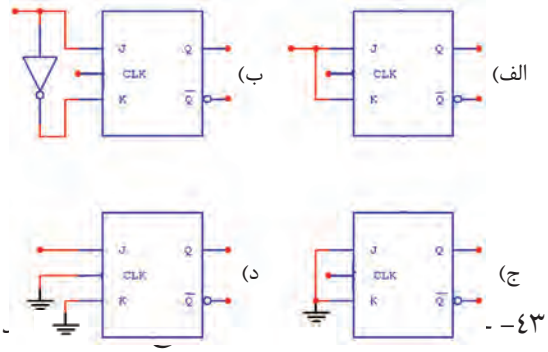
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۴۰- جدول صحت فلیپ فلاپ J-K را بنویسید. عیب این فلیپ فلاپ را شرح دهید.

۴۱- برای ثبت n بیت اطلاعات در حافظه به n سلول حافظه (فلیپ فلاپ) نیاز داریم. (صحیح ❐ غلط ❐)

۴۲- رفتار کدام فلیپ فلاپ از نوع فلیپ فلاپ T است؟



۴۳- و - کاربرد این فلیپ فلاپ را شرح دهید.

۴۴- جدول درستی فلیپ فلاپ S-R با گیت NAND و فلیپ فلاپ S-R با گیت NOR را بنویسید.

۴۵- نمای بلوکی فلیپ فلاپ S-R ساعتی را رسم کنید.

۴۶- نمای بلوکی فلیپ فلاپ نوع D را رسم کنید.

۴۷- عملکرد اشمیت تریگر را توضیح دهید.

۴۸- نماد گیت اشمیت تریگر را رسم کنید.

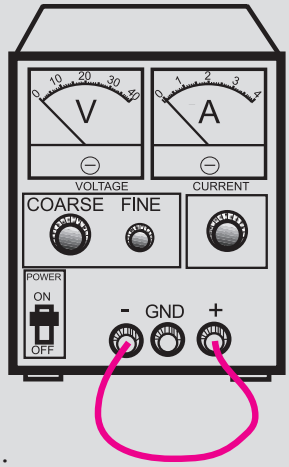
CarGeek.Live

CarGeek.Live

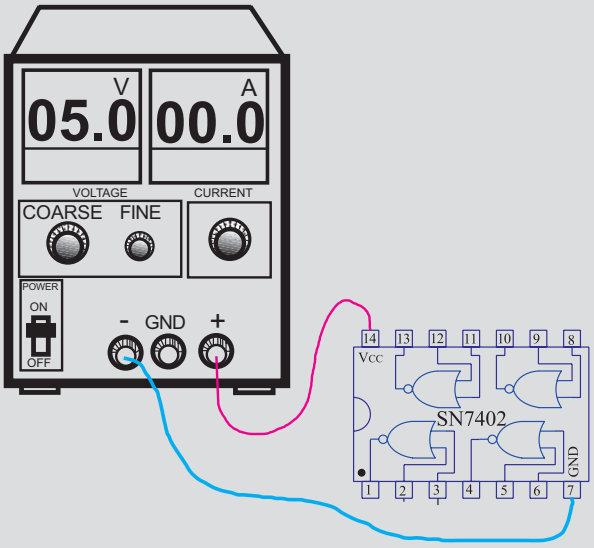
نکات ایمنی فصل (٤)

لطفاً قبل از شروع آزمایش نکات زیر را به خاطر بسپارید:

۱-در صورت امکان از منبع تغذیه‌ای استفاده کنید که در مقابل اتصال کوتاه محافظت شده باشد.



۲- IC های سری SN74XX در محدوده ولتاژ ۴/۷۵ تا ۵/۲۵ ولت کار می کند . اگر ولتاژ تغذیه این IC ها از ۵/۲۵ ولت بیشتر شود ممکن است بسوزد .لذا سعی کنید ولتاژ کار این نوع IC ها را دقیقاً در محدوده ۵ ولت قرار دهید.



۳-هنگام جا زدن IC در بردبرد یا درآوردن آن دقت کنید که پایه های IC کج نشود. در صورت امکان برای درآوردن IC ها ، از IC کش استفاده کنید .

۴-برخی از IC در مقابل الکتریسته ساکن حساس هستند و چنانچه پایه های آن با دست لمس شود آسیب می بیند. هنگام کار با این IC ها دقت کنید تا به آن ها شوک الکتریکی وارد نشود .

۵-در صورتی که از سوکت مخصوص آی سی برای برد آماده استفاده کنید ، احتمال آسیب رسیدن به آی سی کم‌تر می‌شود.

قابل توجه همکاران ارجمند

با توجه به این که مدت اختصاص داده شده به کار عملی در این فصل محدود می باشد. برای اجرای آزمایش های این فصل ، بر اساس هر آزمایش در هنرستان ها یک برد مدار چاپی‌آماده تهیه می‌شود و در اختیار هنرجویان قرار می‌گیرد، لذا هنرجویان بدون بستن تک تک اجزاء مدار می توانند همه‌ی آزمایش‌ها را انجام دهند .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

قبل از شروع قسمت اول (۹) به سوالات پیش آزمون ۹-۱ پاسخ دهید .

قسمت اول

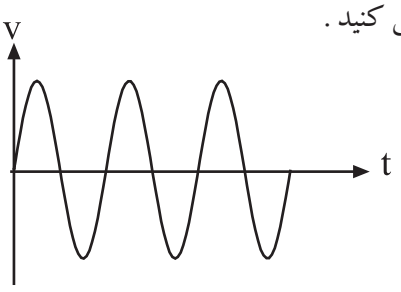
۹-۱ سیستم های آنالوگ و دیجیتال

سیستم های آنالوگ به سیستم هایی گفته می شود که در آن سیگنال ها همواره پیوسته هستند. به عبارت دیگر خروجی سیستم های آنالوگ تابعی پیوسته از ورودی آن است .

برای مثال در یک مولتی‌متر عقربه‌ای ، حرکت عقربه به صورت پیوسته و تدریجی است، یعنی عقربه به صورت پله‌ای حرکت نمی کند. شکل ۹-۱ یک نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای با آنالوگ را نشان می‌دهد. در این نوع مولتی‌متر ، عقربه متناسب با کمیت الکتریکی ورودی حرکت می کند و می‌تواند بی‌نهایت موقعیت داشته باشد.

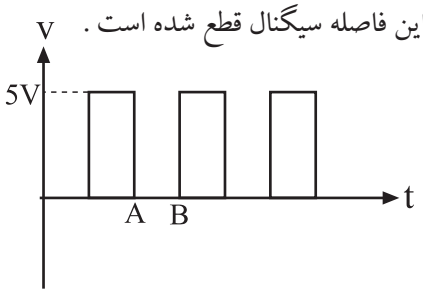
شکل ۹-۱ یک نمونه مولتی متر آنالوگ

در شکل ۹-۲ یک نمونه سیگنال پیوسته یا آنالوگ را مشاهده می کنید .



شکل ۹-۲ یک نمونه سیگنال پیوسته

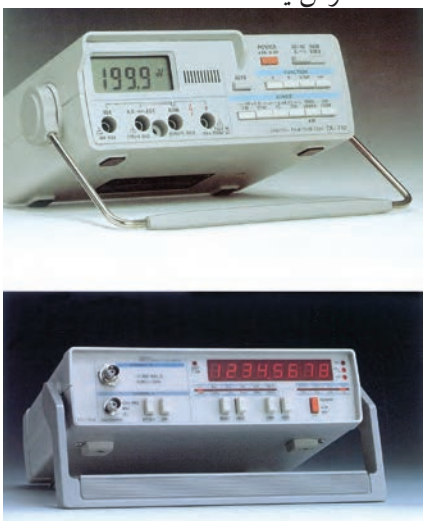
علاوه بر سیستم آنالوگ ، سیستم دیگری نیز وجود دارد که در آن سیگنال ها ، قطع و وصل می شوند. به این نوع سیستم ، سیستم دیجیتال می گویند . در شکل ۹-۳ یک نمونه سیگنال دیجیتال نشان داده شده است . همان طور که از شکل مشاهده می شود ، هنگامی که سیگنال در زمان A به صفر می‌رسد ، تا زمان B هم چنان درحالت صفر باقی می ماند ، یعنی در این فاصله سیگنال قطع شده است .



شکل ۹-۳ یک نمونه سیگنال دیجیتالی یا ناپیوسته

معمولاً صفحه‌ی نمایشگر (Display) دستگاه‌هایی که با سیستم دیجیتال کار می کنند ، مقدار زمان یا کمیت‌های الکتریکی را به صورت ارقام واعداد نشان می‌دهند.از این دستگاه‌ها می‌توان‌ساعت‌دیجیتالی‌یامولتی‌متردیجیتالی رانام‌برد.

شکل ۹-۴ دو نمونه دستگاه دیجیتالی را نشان می دهد. امروزه سیستم های دیجیتالی ، کاربردهای فراوانی دارند و در تمام زمینه ها گسترش یافته اند.



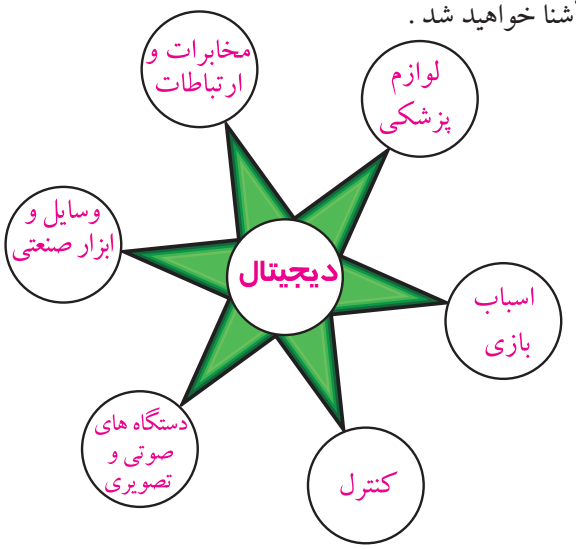
شکل ۹-۴ دو نمونه دستگاه دیجیتالی

توجه‌داشته‌باشید دستگاه‌های دیجیتالی مانند دستگاه های آنالوگ یا هر وسیله دیگری محدودیت دارند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

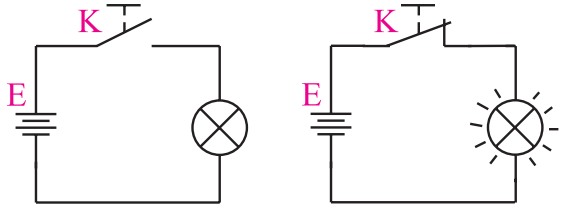
در شکل ۵-۹ بعضی از این کاربردهای دیجیتال نشان داده شـده اسـت . در ادامه بحث به اختصار با مدارهای دیجیتالی آشنا خواهید شد .

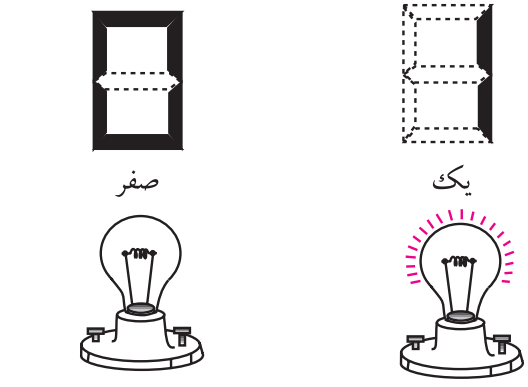


شکل ۵-۹ کاربردهای مدارهای دیجیتالی

۹-۲ اصول کار مدارهای دیجیتال

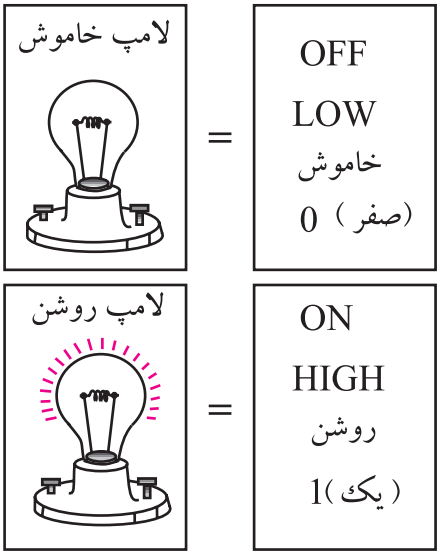
۹-۲-۱ مفهـــوم صفر ویک منطقی : به شـکل ۶-۹ توجه کنید .اگر کلید k بسته باشد لامپ روشن می شود واگر کلید k باز باشـد لامپ خاموش می شود. بنابراین برای لامپ دو حالت خاموش و روشن وجود دارد .





شکل ۶-۹ مفهوم صفر و یک

اکنـون می خواهیـم این دو حالـت لامپ یا باز و بسـته بـودن کلید را نام گـذاری کنیم. برای ایـن منظور می توانیم از واژه‌هایـی مانند off خاموش یا low برای لامپ در حالت خاموش یا کلید در حالت باز استفاده کنیم . همچنین واژه‌های on روشـن یا HIGH را برای لامپ در حالت روشن به کار می بریم، شکل ۷-۹.



شکل ۷-۹ نام گذاری لامپ در حالت روشن و خاموش

بـرای نام گذاری دو حالـت مختلف لامپ ، می توانیم از اعداد صفر (۰)و یک (۱) نیز استفاده کنیم :

۰ → لامپ در حالت خاموش

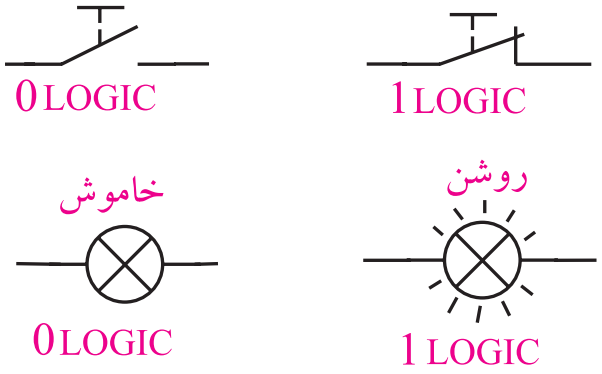
۱ →لامپ در حالت روشن

چون صفر و یک از نظر کلمه خیلی کوتاه و هم‌چنین سـاده هستند ،از این رو اعداد صفر و یک (۰ و ۱)را به عنوان نمادهایی برای نمایش دو وضعیت مختلف یک لامپ ، کلید یا هر سیسـتم دو وضعیتـی دیگر به کار می‌برند.

برای این که صفر و یک که در این جا به عنوان نماد به کار برده شـده‌اند با صفر و یک جبری اشتباه نشود، واژه ی Logic یـا منطقی را معمـولاً به دنبال صفر و یک می آورند. در این شرایط اعداد را به صورت صفر منطقی، یک منطقی ، Logic 0 یا Logic ۱ می‌خوانند. شکل ۸-۹ مفهوم صفر و یک منطقی را نشان می‌دهد .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

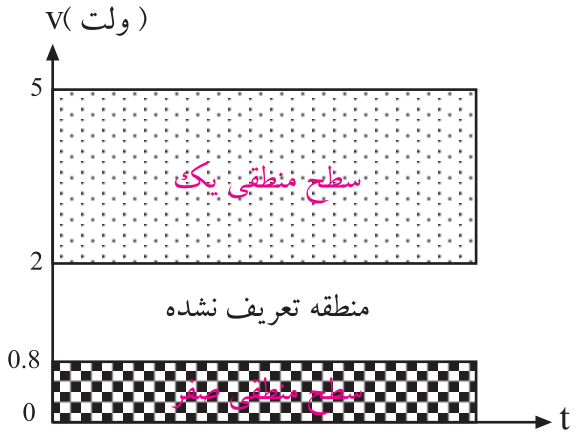


شکل ۸-۹ مفهوم صفر و یک منطقی

رایانه ، ماشین حساب ، ساعت دیجیتالی و سایر دستگاه های پیشرفته بر اساس صفر و یک منطقی کارمی کنند . در این گونه دستگاه ها مفهوم صفر و یک فقط روشن یا خاموش بودن لامپ نیست بلکه وجود یا عدم وجود ولتاژ است ، شکل ۹-۹ .

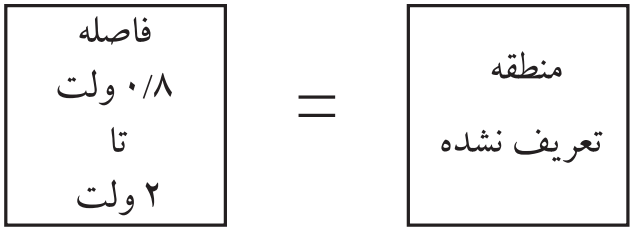
شکل ۹-۹ مفهوم صفر و یک منطقی

به عبارت دیگر ولتاژ حدود صفر تا ۰/۸ ولت را صفر منطقی و ولتاژ حدود ۲ تا بین ۵ ولت اندکی فاصله ایجاد شود را به عنوان یک منطقی در نظر می گیرند. در اصطلاح عمومی صفر ولت را به عنوان صفر منطقی و ۵ ولت را به عنوان یک منطقی می‌شناسند. ممکن است سطح ولتاژ یک منطقی در سیستم های مختلف با یکدیگر تفاوت داشته باشد، ولی سطح ۵ ولت به عنوان یک منطقی رایج‌ترین است. شکل ۱۰-۹ سطوح ولتاژ برای صفر منطقی و یک منطقی را نشان می دهد.



شکل ۱۰-۹ سطوح ولتاژ صفر و یک منطقی

اگر سطح ولتاژ بین اعداد ۰/۸ تا ۲ ولت قرار گیرد، نمی توان یقین کرد که عدد انتخاب شده صفر یا یک منطقی است . هم چنین عوامل مختلف مانند حرارت نیز تاثیر گذار خواهد بود . مثلاً اگر مقدار ولتاژ ۱/۵ ولت باشد ، ممکن است دستگاه آن را صفر منطقی یا یک منطقی بشناسد. از این رو منطقه ۰/۸ تا ۲ ولت را منطقه تعریف نشده می نامند تا دستگاه دچار اشتباه نشود، شکل ۱۱-۹.



شکل ۱۱-۹ منطقه تعریف نشده

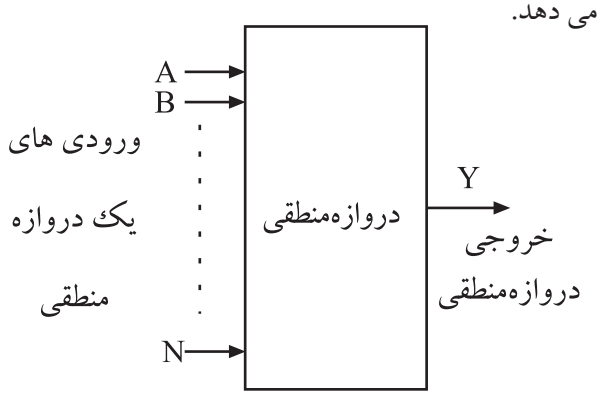
۹-۳ دروازه های منطقی پایه

دروازه های منطقی اساس کار سیستم های دیجیتالی را تشکیل می دهند. یک سیستم دیجیتالی از تعدادی دروازه منطقی ساخته شده است . یک دروازه منطقی در حقیقت یک مدار الکترونیکی است که با یک یا چند ورودی ، فقط یک خروجی دارد. شکل ۱۲-۹ بلوک یک دروازه منطقی را نشان

CarGeek.Live

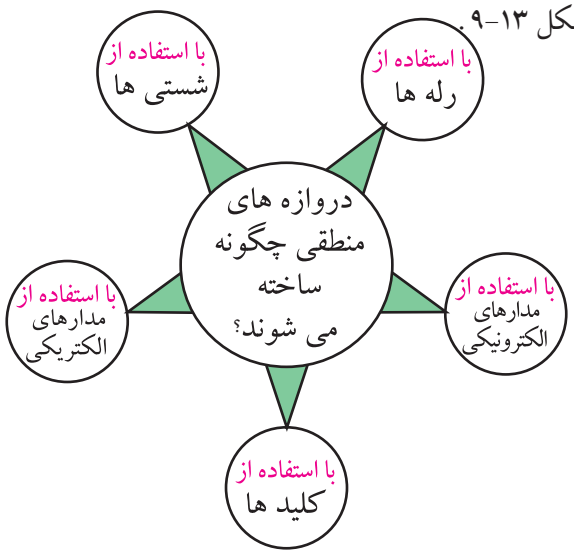
CarGeek.Live

می دهد.



شکل ۹-۱۲ بلوک یک دروازه منطقی

در مدارهای غیر کامپیوتری ، ساخت دروازه های منطقی با استفاده از کلیدها ، شستی ها ، رله ها امکان پذیر است، شکل ۹-۱۳.



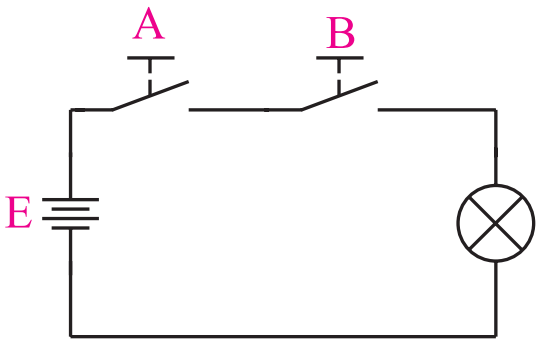
شکل ۹-۱۳ عناصر مورد استفاده در دروازه‌های منطقی

به طور خلاصه یک دروازه منطقی ، یک مدار الکتریکی یا الکترونیکی است که با توجه به حالت هایی که به ورودی آن داده می شود (صفر یا یک منطقی) خروجی آن نیز در وضعیت صفر یا یک منطقی قرار می گیرد . بدین ترتیب انواع دروازه های منطقی به وجود می آید که به شرح آن ها می پردازیم .

۹-۳-۱ دروازه منطقی AND:

دروازه منطقی AND ،دروازه‌ای است که اگر همه ورودی های آن در وضعیت یک منطقی قرار گیرند ، خروجی آن در وضعیت یک منطقی قرار می گیرد .

مدار الکتریکی شکل ۹-۱۴ را در نظر بگیرید ، اگر هر دو کلید A وB باز باشند (در وضعیت صفر منطقی قرار داشته باشند) لامپ خاموش است (لامپ به عنوان خروجی در نظر گرفته می شود)، به عبارت دیگر خروجی در وضعیت صفر منطقی قرار می گیرد . اگر فقط یکی از دو کلید A یا B بسته باشند (A=۱ و B=۰ یا A=۰ و B=۱) باز هم خروجی در وضعیت صفر قرار می گیرد . لذا هنگامی خروجی در وضعیت یک منطقی (لامپ روشن) قرار می گیرد که کلید A و کلید B بسته باشند .



شکل ۹-۱۴ مدار کلیدی دروازه منطقی AND

در جدول ۹-۱ تمامی حالت مختلف باز و بسته بودن کلید مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۹-۱

وضعیت نور لامپ	وضعیت کلید B	وضعیت کلید A
خاموش	قطع	قطع
خاموش	وصل	قطع
خاموش	قطع	وصل
روشن	وصل	وصل

اگر وصل بودن کلید را یک منطقی و قطع بودن کلید را صفر منطقی و روشن بودن لامپ را یک منطقی و خاموش بودن آن را صفر منطقی در نظر بگیریم ، جدول ۹-۱ به جدول ۹-۲ تبدیل می شود. این جدول را جدول صحت یا درستی گیت AND می نامند. هر دروازه منطقی یا مدار منطقی ، یک جدول صحت دارد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

جدول۲-۹

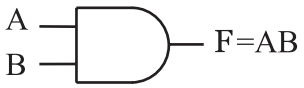
A	B	F
۰	۰	۰
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۱	۱

برای نشـان دادن این مفهوم که متغیر A ومتغیر B با یک دیگر AND شده اند، از رابطه زیر استفاده می کنیم.

$$F = A \cdot B$$

علامت AND

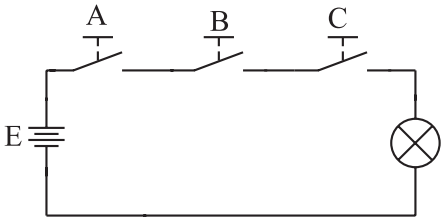
و می‌خوانیم F برابر است با A و B یا AاندB. برای ساده نویسی می توانیم علامت نقطه که در بین متغیرها قرار دارد را حذف کنیم . شـکل ۱۵-۹ ، نماد دروازه‌ی منطقی AND و رابطه‌ی ورودی و خروجی آن را نشان می دهد .



شکل ۱۵-۹ دروازه منطقی AND

یـک دروازه منطقی AND می تواند بیش از دو ورودی داشته باشد. در شکل ۱۶-۹ یک دروازه منطقی با سه ورودی همراه با مدار معادل کلیدی آن نشان داده شده است .

الف – نماد دروازه منطقیANDبا سه ورودی



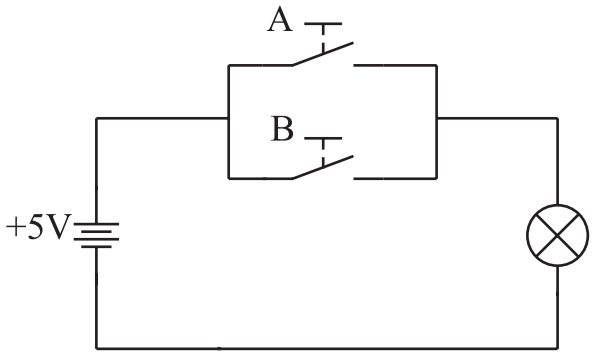
ب – مدارکلیدی دروازه منطقی AND با سه ورودی

شکل ۱۶-۹ نماد و مدار کلیدی دروازه منطقی AND با سه ورودی

۹-۳-۲ دروازه منطقی OR:

دروازه منطقی OR دروازه ای اسـت که اگر حداقل یکی از ورودی های آن در وضعیـت یک منطقی باشـد، خروجـی آن در وضعیت یک منطقی قرار می گیرد .

شـکل ۱۷-۹ مـدار کلیدی دروازه منطقی OR را نشـان می‌دهد. در شکل ۱۷-۹اگر فقط یکی از دو کلید A یا B یا هر دو در وضعیت یک منطقی(حالت بسته) قرار گیرند،خروجی (V_O)در وضعیت یک منطقی قرار خواهد گرفت .



شکل ۱۷-۹ مدار کلیدی دروازه منطقی OR با دو ورودی

برای بررسـی عملکـرد دروازه منطقـی OR ، با توجه به جدول ۳-۹ حالات مختلف باز و بسـته بودن کلیدها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

جدول ۳-۹.

وضعیت نور لامپ	وضعیت کلید B	وضعیت کلید A
خاموش	قطع	قطع
روشن	وصل	قطع
روشن	قطع	وصل
روشن	وصل	وصل

اگـر حالت باز بـودن کلید را صفر منطقی ، حالت بسـته بـودن کلید را یک منطقی ، ولتاژ صفـر ولت را صفر منطقی و ولتـاژ ۵ ولت را یک منطقی در نظـر بگیریم ، جدول ۳-۹ تبدیل به جدول ۴-۹ می شـود . جـدول ۴-۹ جدول صحت دروازه منطقی OR نامیده می شود .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

جدول ۹-۴

A	B	F
۰	۰	۰
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۱

برای این که نشـان دهیم متغیر A یا متغیر B با یک دیگر OR شده اند از رابطه زیر استفاده می کنیم.

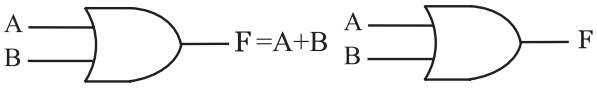
F=A یا B

یا ↑ ↓ علامت OR (نه جمع)

می خوانیم F برابر است با A یا B ، یا A اُر B.

مقـدار F زمانی یک اسـت که A یـا B یا هر دو یک باشد.

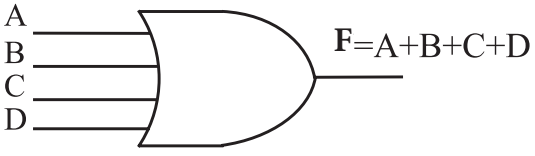
شـکل ۹-۱۸ -الـف نمـاد دروازه منطقی OR و شـکل ۹-۱۸ -ب رابطـه ورودی و خروجی در دروازه منطقی OR را نشان می دهد .



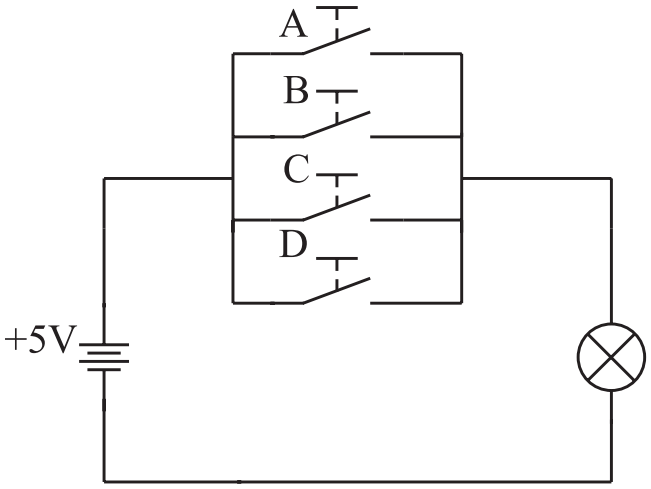
الف :نماد دروازه منطقی OR ب : رابطه خروجی دروازه منطقی OR

شکل ۹-۱۸ دروازه منطقی OR

یـک دروازه منطقـی OR می تواند بیـش از دو ورودی داشـته باشد. شکل ۹-۱۹ الف، نماد یک دروازه منطقی OR با چنـد ورودی و شـکل ۹-۱۹ ب، مدار کلیدی آن نشـان می‌دهد .



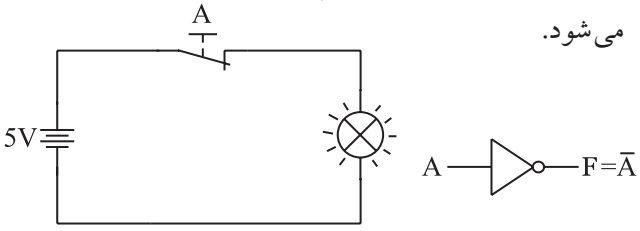
شکل ۹-۱۹ الف) نماد دروازه منطقی با چند ورودی



شکل ۹-۱۹ ب) مدار کلیدی دروازه منطقی OR

۹-۳-۳ دروازه منطقـــی NOT : دروازه منطقـی NOT دارای یک ورودی و یک خروجی اسـت. خروجی آن زمانـی در وضعیت یک منطقی قرار می گیرد که ورودی آن در وضعیـت صفر منطقی باشـد. شـکل ۹-۲۰ الف نماد دروازه منطقی NOT را نشان می دهد.

برای بررسـی عملکرد دروازه منطقی NOT به شـکل ۹-۲۰- ب توجـه کنیـد. اگر کلید در وضعیت عادی باشـد یعنـی ورودی صفر منطقی شـود ، لامپ روشـن می ماند و چنانچـه کلید را تحریک کنیم (یک منطقی) لامپ خاموش می‌شود.



الف :نماد دروازه منطقی NOT ب : مدار کلیدی دروازه منطقی NOT

شکل ۹-۲۰ دروازه منطقی NOT

در این مدار نیروی وارد بر کلید حالت یک منطقی و نبود نیرو حالت صفر منطقی است .

این نتایج در جدول ۹-۵ خلاصه شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

جدول ۵-۹

وضعیت نور لامپ	وضعیت کلید A
روشن	عادی
خاموش	تحریک شده

جدول ۵-۹ را می توان به صورت جدول ۶-۹ نیز نوشت جدول ۶-۹ جدول صحت دروازه منطقی NOT است.

جدول ۶-۹

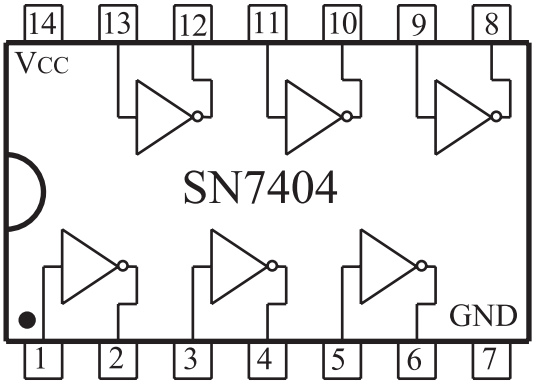
A	F
۰	۱
۱	۰

برای نشان دادن این که خروجی ، NOT ورودی است، از رابطه زیر استفاده می کنیم :

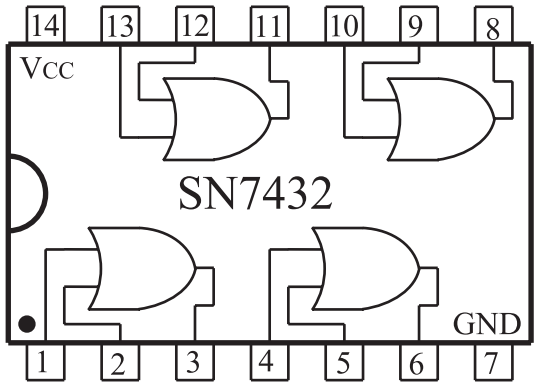
$$F = \overline{A}$$

$\overline{A}$ را A NOT (آنات) یا ناتِ A می‌خوانند .

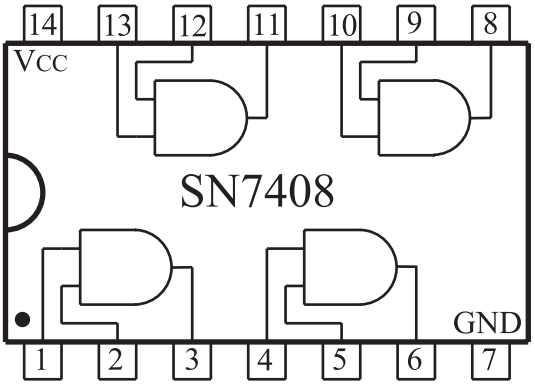
دروازه هـای منطقـی AND ، OR و NOT را بـه صـورت IC (مدار مجتمع)می سـازند و به بازار عرضه می‌کنند. ایـن ICها معمولاً ۱۴ یا ۱۶ پایه هسـتند و چند گیت در آن جای دارد . شـکل ۲۱-۹ ،سه نمونه IC شامل دروازه‌های منطقی فوق را نشان می‌دهد .



شکل ۲۱-۹- الف- نقشه داخلی دروازه های منطقی NOT به صورت آی سی



شکل ۲۱-۹-ب- نقشه داخلی دروازه های منطقی OR به صورت آی سی



شکل ۲۱-۹-ج- نقشه داخلی دروازه های منطقی AND به صورت آی سی

همان طور که از شـکل ۲۱-۹ مشخص است درهر IC تعـدادی حدود ٤ یا ٦ دروازه منطقی وجود دارد. هم چنین بـرای هر IC یک پایه GND بـرای اتصال زمین یا صفر ولـت و یک پایه V_{CC}+ برای ولتـاژ تغذیه ۵ ولت در نظر گرفته می‌شود .

۹-۴ دروازه‌های منطقی ترکیبی

بـا ترکیب برخی از دروازه های منطقی پایه با یکدیگر، دروازه های منطقی جدیدی ساخته می شوند که در مدارهای دیجیتالی و کامپیوتری کاربرد فراوانی دارند.

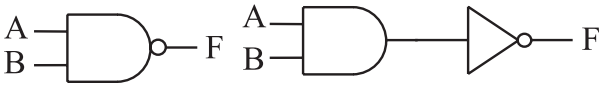
۹-۴-۱ دروازه‌منطقـی NAND: دروازه منطقـی NAND از ترکیـب دو دروازه منطقـی AND و دروازه منطقی NOT به وجود می آید. در دروازه منطقی NAND

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ابتدا متغیرهای ورودی با یکدیگر AND شده و حاصل به دست آمده NOT می شود. شکل ۹-۲۲ – الف ترکیب دروازه منطقی NAND را نشان می دهد .

نماد دروازه منطقی NAND در شکل ۹-۲۲ ب نشان داده شده است.



الف : ترکیب دروازه منطقی NAND ب : نماد دروازه منطقی NAND

شکل ۹-۲۲ دروازه منطقی NAND

برای این که نشان دهیم دو متغیر A و B با یکدیگر NAND شده اند از رابطه منطقی زیر استفاده می‌کنیم :

$$F=\overline{AB}$$

جدول صحت دروازه منطقی NAND را با استفاده از جدول ۹-۷ می توانیم به دست آوریم. برای این منظور ابتدا ورودی ها را با یکدیگر AND و حاصل به دست آمده را NOT می‌کنیم .

جدول ۹-۷

A	B	F= AB	$F=\overline{AB}$
۰	۰	۰	۱
۰	۱	۰	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۱	۱	۰

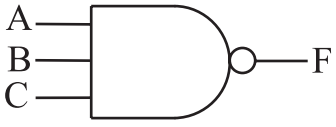
جدول ۹-۷ را می توانیم به صورت خلاصه تر به شکل جدول ۹-۸ بنویسیم .

جدول ۹-۸

A	B	$F=\overline{AB}$
۰	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۰

همان طور که از جدول صحت ۹-۸ پیداست ،خروجی دروازه منطقی NAND زمانی در وضعیت یک منطقی قرار می گیرد که حداقل یکی از ورودی های آن در وضعیت صفر منطقی باشد.

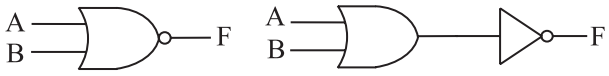
دروازه منطقی NAND نیز مانند دروازه منطقی OR یا AND می تواند بیش از دو ورودی داشته باشد . شکل ۹-۲۳ یک دروازه منطقی NAND رابا سه ورودی نشان می‌دهد.



شکل ۹-۲۳ دروازه منطقی NAND با سه ورودی

۹-۴-۲ دروازه منطقی NOR :

دروازه منطقی NOR از ترکیب دروازه منطقی OR و دروازه منطقی NOT به وجود می آید . در دروازه منطقی NOR ابتدا متغیرهای ورودی با یکدیگر OR شده و سپس حاصل به دست آمده NOT می شود . شکل ۹-۲۴ -الف عملکرد دروازه منطقی NOR وشکل ۹-۲۴ -ب نماد دروازه منطقی NOR را نشان می دهد.



الف : ترکیب دروازه منطقی NOR ب : نماد دروازه منطقی NOR

شکل ۹-۲۴ دروازه منطقی NOR با دو ورودی

برای این که نشان دهیم متغیر A و متغیر B با یکدیگر NOR شده اند ، از رابطه منطقی زیر استفاده می کنیم :

$$F=\overline{A+B}$$

جدول صحت دروازه منطقی NOR را می توانیم با استفاده از جدول ۹-۹ به دست آوریم . برای این منظور ابتدا ورودی ها را با یکدیگر OR وسپس حاصل را NOT می کنیم .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

جدول ۹-۹

A	B	F= A+B	$F=\overline{A+B}$
۰	۰	۰	۱
۰	۱	۱	۰
۱	۰	۱	۰
۱	۱	۱	۰

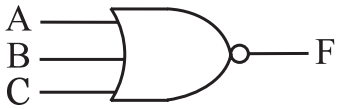
جدول ۹-۹ را می توانیم به صورت خلاصه تر طبق جدول ۹-۱۰ نشان دهیم .

جدول ۹-۱۰

A	B	$F=\overline{A+B}$
۰	۰	۱
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۱	۰

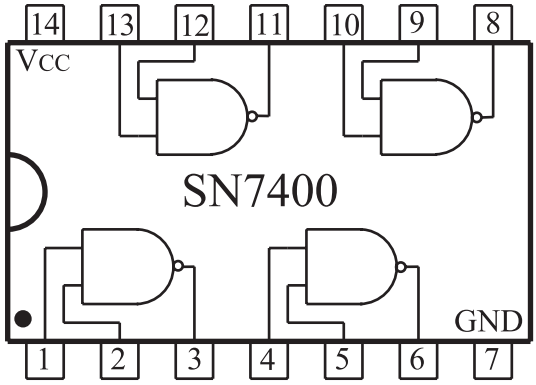
همان طور که از جدول ۹-۱۰ پیداست خروجی دروازه منطقی NOR زمانی در وضعیت یک منطقی است که همه ورودی های آن در وضعیت صفر منطقی باشند.

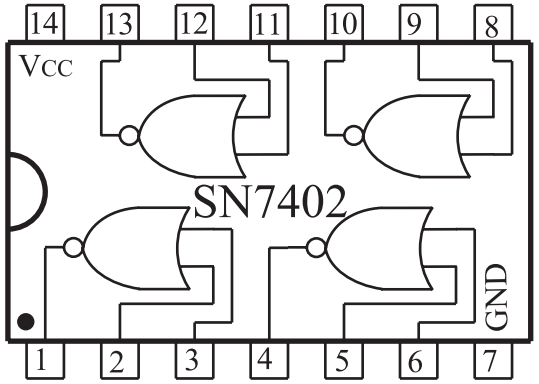
دروازه منطقی NOR نیز مانند بعضی از دروازه های منطقی می تواند بیش از دو ورودی داشته باشد. شکل ۹-۲۵ نماد یک دروازه منطقی با سه ورودی را نشان می دهد.



شکل ۹-۲۵ نماد دروازه منطقی NOR با سه ورودی

در شکل ۹-۲۶، IC های مربوط به دروازه های منطقی NAND و NOR نشان داده شده اند . این آی سی ها در بازار به فراوانی یافت می شوند . در قسمت های بعدی به دروازه های منطقی X-OR و X-NOR می پردازیم .





شکل ۹-۲۶ نمای داخلی آی سی هایی با دروازه منطقی NAND وNOR

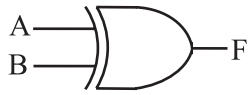
نقشه داخلی آی سی‌های مختلف را می‌توانید از برگه اطلاعات آی‌سی استخراج کنید. با وجود این که اطلاعات داده شده در Datasheet معمولاً به زبان انگلیسی است، باید بتوانید اطلاعات مورد نیاز را استخراج کنید. برای دسترسی به برگه‌ی اطلاعات آی‌سی‌ها به کتاب های مربوط یا به سایت‌های اینترنتی مراجعه کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-۴-۳- دروازه منطقی OR انحصاری یاXOR :

این دروازه منطقی فقط دارای دو ورودی است و خروجی این گیت زمانی در وضعیت یک منطقی قرار می گیرد که دو ورودی آن در سطح منطقی مشابه نباشند. نماد این دروازه منطقی در شکل ۲۷ - ۹نشان داده شده است.



شکل ۲۷ - ۹نماد دروازه منطقیXOR

جدول صحت دروازه منطقی XOR را در جدول ۱۱ -۹ مشاهده می کنید.

جدول ۱۱ -۹

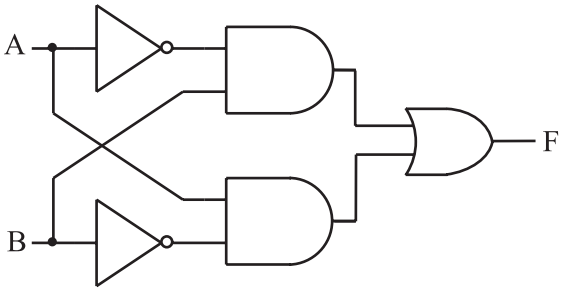
A	B	F =A⊕B
۰	۰	۰
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۰

برای این که نشان دهیم متغیر A و متغیر B با یکدیگر XOR شده اند، از رابطه منطقی زیر استفاده می کنیم :

$$F=A \oplus B$$

$$F=\bar{A}B + A\bar{B}$$

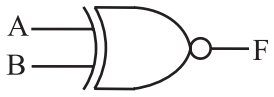
شکل ۲۸-۹ مدار دروازه منطقیXOR را با استفاده ازدروازه های منطقی پایه ای نشان می دهد .



شکل ۲۸-۹ ساختمان داخلی دروازه منطقی XOR

۹-۴-۴ دروازه منطقی NOR انحصاری یا XNOR:

این دروازه منطقی مانند XOR فقط دارای دو ورودی است و خروجی آن هنگامی در وضعیت یک منطقی قرار می گیرد که دو ورودی آن در یک سطح منطقی مشابه باشند (از یک نوع باشند). نماد این دروازه منطقی در شکل ۲۹-۹ نشان داده شده است. جدول صحت دروازه منطقی را درجدول ۱۲-۹ مشاهده می کنید .



شکل ۲۹-۹ نماد دروازه منطقی XNOR

جدول ۱۲-۹

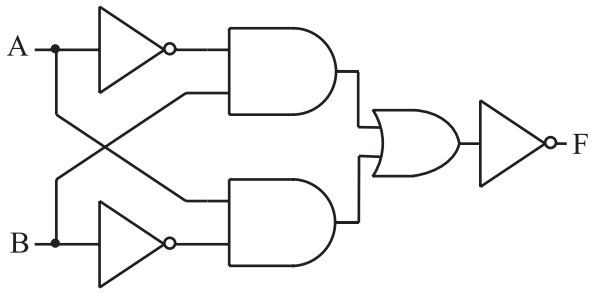
A	B	$F=\overline{A \oplus B}$
۰	۰	۱
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۱	۱

برای این که نشان دهیم متغیر A ومتغیر B با یک دیگر XNOR شده‌اند، از رابطه منطقی زیر استفاده می کنیم :

$$F=\overline{A \oplus B}$$

$$F=\bar{A}\bar{B} + AB$$

شکل ۳۰ - ۹دروازه منطقی XNOR را با استفاده از دروازه های منطقی پایه‌ای نشان می دهد.

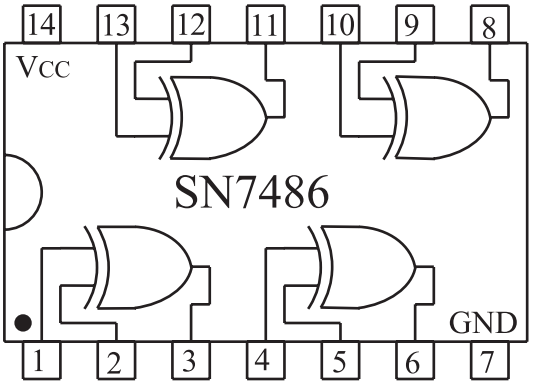


شکل ۳۰ - ۹ساختمان داخلی دروازه منطقیXNOR

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در شـــکل ۳۱ -۹، IC مربوط به دروازه منطقیXOR نشـــان داده شده اســـت . این IC در بازار به فراوانی یافت می‌شود.



شکل ۳۱ - ۹نمای داخلی IC با دروازه منطقیXOR

۵- ۹ساختمان داخلی دروازه های منطقی

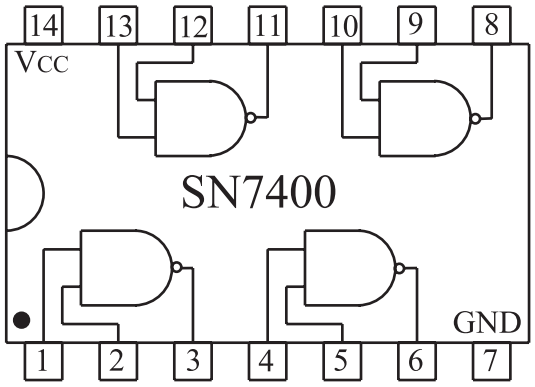
همان‌طور که در ابتدای این فصل گفته شـــد به طورکلی یک دروازه منطقی ، یک مدار الکترونیکی نسبتاً ساده است که با توجه به سطوح ولتاژ تعریف شده صفر یا یک منطقی که بـــه ورودی آن اعمال می‌کنیم خروجـــی آن نیز دارای یک سطح ولتاژ تعریف شـــده صفر یا یک منطقی می‌شود. مدار الکترونیکی دروازه های منطقی از یک ســـری قطعات الکترونیک تشکیل می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها ترانزیستورها هســـتند .تقســـیم بندی هایی که می توان برای دروازه‌های منطقی در نظر گرفت به نوع ترانزیستور و آرایش آن ها در مدارهای الکترونیکی بستگی دارد . بر این اساس یک سری تقسیم بندی‌هایی برای دروازه‌هایی منطقی در نظر می‌گیرند. دو نوع تقســـیم بندی برای دروازه‌های منطقی که در عمل به صورت IC ســـاخته شده و متداول و حائز اهمیت است عبارتند از:

۱-۵- ۹IC های ســـری TTL (Transistor Transistor Logic)

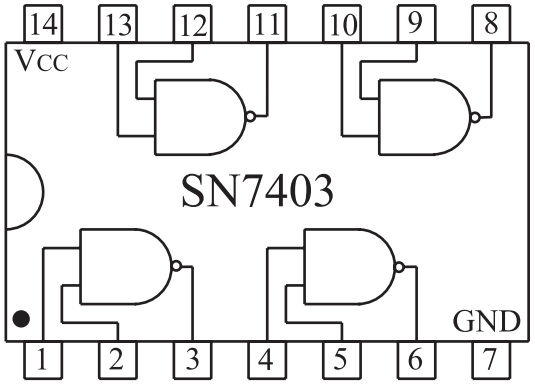
در این نوع IC ها ، دروازه های منطقی از ترانزیستورهای معمولی ســـاخته می شوند وIC های آن با پیش شماره ۷٤ شروع می شوند.

ولتاژ کار این آی سی ها از ۴/۷۵ تا ۵/۲۵ ولت است .

ICهـــای TTL در دو نوع معمولـــی (Totem pole) و کلکتور باز (Open Collector) ساخته می شوند . از نظر نماد و یا شکل پایه های IC، هیچ فرقی بین این دو نوع وجود ندارد و معمولاً به جای هم نمی توانند به‌کار روند . برای مثال IC به شـــماره ۷۴۰۰ شامل ۴ دروازه منطقی NAND از نوع معمولی است و IC شـــماره ۷۴۰۳ نیز شامل ۴ دروازه منطقی NAND از نوع کلکتور باز اســـت. شکل ظاهری IC ها در شکل ۳۲-۹ نشان داده شده است .



الف- دروازه منطقی NAND از نوع معمولی



ب- دروازه منطقی NAND از نوع کلکتور باز

شکل ۳۲-۹

برای مشـــخص شـــدن این که دروازه های منطقی یک ICاز کدام نوع اســـت باید به کتاب های مرجع برای مثال TTL Data Bookمراجعه شود.

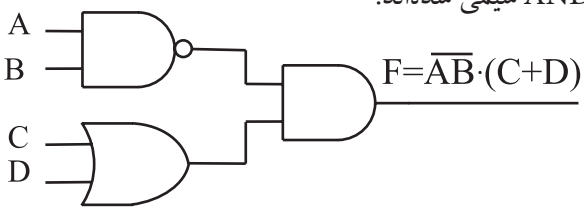
CarGeek.Live

CarGeek.Live

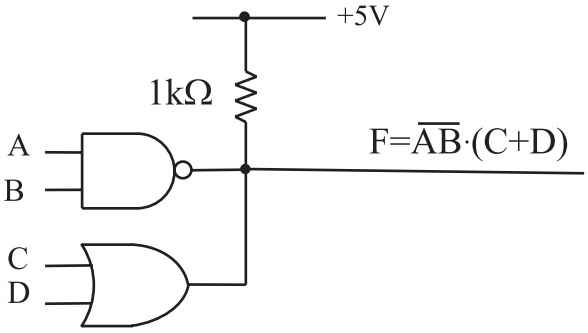
هنگام تعویض یک IC که شامل دروازه‌های منطقی یا سایر عناصر الکترونیکی است، IC جایگزین حتماً باید مشابه IC موجود در مدار باشد .

توجه داشته باشید که همیشه باید خروجی دروازه‌های منطقی از نوع کلکتور باز را با یک مقاومت ۱kΩ به V_{CC} + وصل کنید . از مزایای دروازه های منطقی از نوع کلکتور باز این است که می‌توان خروجی آن‌ها را به یکدیگر اتصال داد. در این صورت تمامی خروجی ها از نظر منطقی با یکدیگر AND می‌شوند. این نوع AND را AND سیمی می‌نامند.

در صورتی که در دروازه های منطقی معمولی مجاز به اتصال خروجی‌ها به یکدیگر نیستیم. در شکل ۳۳-۹ مزایای دروازه های منطقی از نوع کلکتور باز نشان داده شده است. توجه داشته باشد که در مدارهای شکل ۳۳-۹ الف وب با وجود این که در شکل ب یک گیت AND را حذف کردیم. خروجی های الف و ب مشابه است. به عبارت دیگر در شکل ۳۳-۹ب خروجی دو گیت NAND و OR با هم AND سیمی شده‌اند.



الف – دروازه های منطقی معمولی



ب – دروازه های منطقی از نوع کلکتورباز

شکل ۳۳-۹ خروجی دروازه های منطقی از نوع کلکتور باز را می توان با یک دیگر AND سیمی کرد .

برای گیت‌های ترکیبی باید خروجی هر گیت را مشخص کنید و در نهایت تابع خروجی نهایی را به دست آورید .

۹-۵-۲ IC‌های با تکنولوژی CMOS

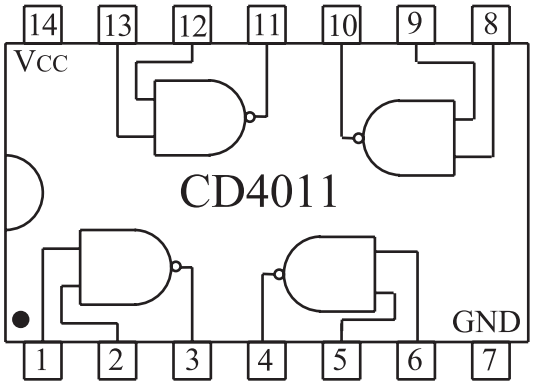
در این نوع IC‌ها ، دروازه های منطقی از ترانزیستورهای MOSFET ساخته شده اند . در داخل آی سی های مکمل (CMOS) هر دو نوع MOSFET با کانال P و N وجود دارد .

برای تشخیص پایه های آی سی باید از کاتالوگ یا کتاب اطلاعات آی سی استفاده کنید

شماره این نوع IC ها ، با پیش شماره ۴۰ شروع می شود. ولتاژ تغذیه این IC ها درمحدوده ۳ تا ۱۵ ولت قرار دارد . در این IC‌ها ولتاژی را که به تغذیه IC وصل می کنیم همان ولتاژ سطح یک منطقی است. توان مصرفی این IC‌ها نسبت به IC‌های TTL به مراتب کمتر است .در شکل ۳۴-۹ یک نمونه IC از نوع CMOS نشان داده شده است .

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۹-۳۴ یک نمونه IC شامل ۴ عدد دروازه منطقی NAND از نوع CMOS

۹-۶ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا :۲ ساعت آموزشی

۹-۶-۱ هدف های آزمایش : استفاده از راهنمای آی‌سی‌های سری TTL و COMS

۹-۶-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	کتابچه راهنمای آی سی های سری TTL و COMS	از هرکدام یک جلد

۹-۶-۳ شرح خلاصه آزمایش :

اغلب آی سی‌هایی که برای آزمایش‌ها استفاده می کنیم از نوع TTL معمولی هستند. این آی سی‌ها به سری ۷۴ مشهورند زیرا دو رقم سمت چپ شماره سریال آن ها با ۷۴ شروع می‌شود .

برای شماره گذاری آی سی معمولاً حداکثر تعداد ۹ حرف یا عدد می آید که هر یک مفهوم خاصی را دارد . دسته‌بندی اعداد و حروف به این ترتیب است که ابتدا دو عدد ، سپس دو حرف و در ادامه سه عدد و در نهایت یک یا دو حرف قرار می گیرد .

درشکل ۹-۳۵ مشخصات مربوط به شماره گذاری یک نمونه آی سی نشان داده شده است .

درشکل ۹-۳۵

یک یا دو حرف انتهایی ، نوع بسته بندی را مشخص می کند که مفهومی به شرح زیر دارد :

سرامیکی	DIP	J
پلاستیکی	DIP	N
سرامیکی مسطح		W

مفهوم حروفی که بعد از شماره ۷۴ قرار می گیرد را در جدول ۹-۱۳ آورده ایم .

جدول ۹-۱۳

۷۴۰۴	نوع استاندارد	بدون حروف
۷٤H۰٤	سریع	H(High-speed)
۷٤L۰٤	کم مصرف	L (Low Power)
۷٤S۰٤	شاتکی	S (Schottky)
۷٤LS۰٤	کم مصرف شاتکی	LS (Low Power Schottky)
۷٤AS۰٤	شاتکی اصلاح شده	AS (Advanced Schottky)
۷٤ALS۰٤	کم مصرف شاتکی اصلاح شده	ALS (Advanced Low Power Schottky)

نکته مهم:

توجه داشته باشید که به خاطر سپردن اعداد و حروف مربوط به IC ضرورتی ندارد ، بلکه برای یافتن اطلاعات مربوط به آی‌سی باید بتوانید از برگه‌های اطلاعات یا Data sheet، مشخصات IC را استخراج کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آی سی های سری TTL با ولتاژ تغذیه ۴/۷۵ تا ۵/۲۵ ولت کار می کنند. آی سی های سری CMOS با شماره سری ۴۰ شناخته می‌شوند و با ولتاژ ۳تا۱۵ ولت کار می کنند. در جدول۱۴-۹ برخی از اطلاعات مانند ولتاژ تغذیه (V_t)، قدرت، زمان تاخیر(t_d)، حداکثر جریان ورودی (I_{in} max) وحداکثر جریان خروجی (I_{out} (max)) مربوط به دو نوع آی سی سری TTL و CMOS را ملاحظه می کنید.

جدول ۱۴-۹

Family	Type	V_+(Volt)	V_-(volt)	Power	t_d(ns)	I_{in}(max)	I_{out}(max)
TTL	7400	5±5%	0	10mW	10	1.6mA	50mA
	74L00			1mW	33	180μA	15mA
	74H00			22mW	6	2mA	100mA
	74S00			19mW	3	2nA	100mA
CMOS	4011	3– 15	0	0.01μW	25– 50	10PA	1mA
		1.5 –7.5	–1.5 –7.5				

۴-۶- ۹مراحل اجرای آزمایش

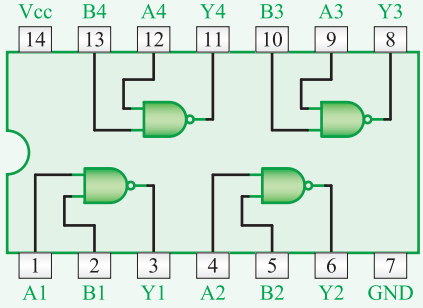
با توجه به قسمتی از برگه‌ی اطلاعات که در شکل ۳۶- ۹آمده است، اطلاعات فنی خواسته شده در مورد آی‌سی ۷۴۰۰را استخراج کنید.

DM74LS00
Quad 2-Input NAND Gate

- ***General Description***

This device contains four independent gates each of which performs the logic NAND function.

- ***Connection Diagram***



- ***Function Table***

$Y = \overline{AB}$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = High Logic Level
L = Low Logic Level

شکل ۹-۳۶

سوال ۱- شماره فنی آی سی را بنویسید.

سوال ۲- از شماره فنی آی سی چه اطلاعاتی را می توانید استخراج کنید ؟ توضیح دهید .

سوال ۳- در داخل آی سی چند گیت وجود دارد ؟

سوال ۴- گیت های داخل آی سی ازچه نوع هستند ؟ نام ببرید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

سوال ۵– شماره پایه‌ی مربوط Vcc+ و GND کدام است ؟

با توجه به قسمتی از برگه اطلاعات که در شکل ۳۷–۹ آمده است به سوال زیر پاسخ دهید .

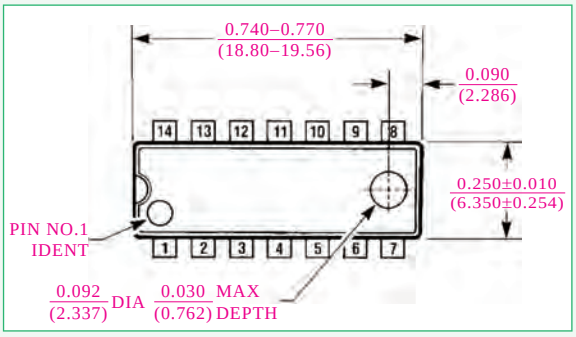
Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage	5.25	V
V_{IH}	High Level Input Voltage	2	V
V_{IL}	Low Level Input Voltage	0.8	V
I_{OH}	High Level Output Current	αα	mA
I_{OL}	Low Level Output Current	8	mA
T_A	Free Air Operating Temperature	70	°C

Physical Dimenssions inches (millimeteres) unless otherwise noted



شکل ۳۷–۹

سوال ۶– مقدار ماکزیمم ولتاژ تغذیه آی سی چند ولت است ؟

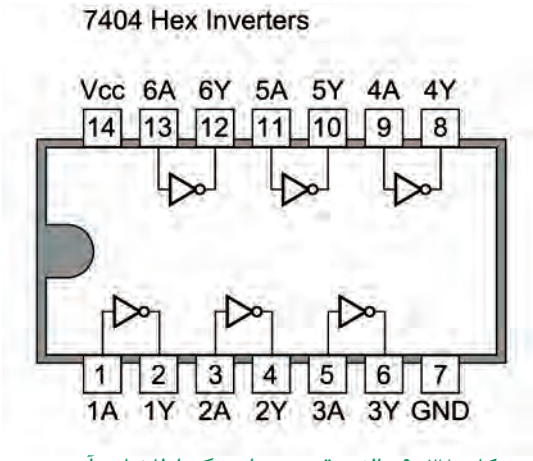
سوال ۷– درجه حرارت کار آی سی در چه محدوده‌ای قرار دارد ؟

سوال ۸– درجه حرارت ذخیره سازی آی سی در چه محدوده ای قرار دارد؟

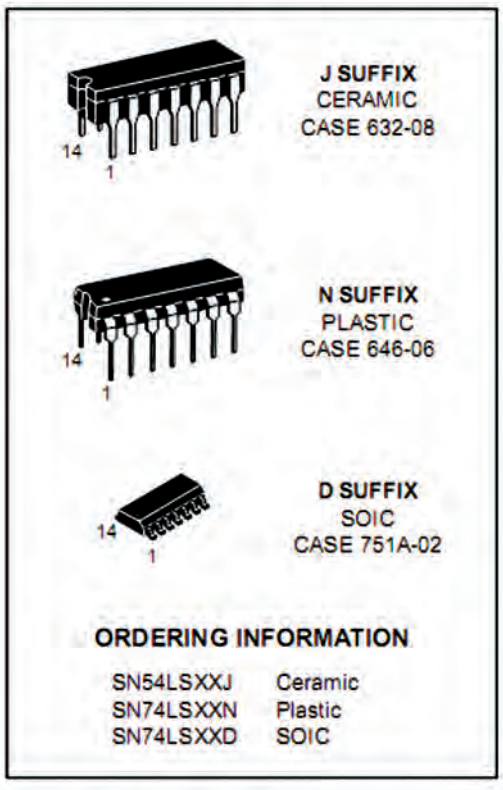
سوال ۹– ولتاژ ورودی در حالت سطح ولتاژ کم (low level) چندولت است؟

سوال ۱۰– جریان خروجی درسطح ولتاژ کم (low level) چند میلی آمپر است؟

با توجه به قسمتی از برگه اطلاعات که در شکل ۳۸–۹ –الف و ۳۸–۹–ب آمده است به سوال های زیر پاسخ دهید.



شکل ۳۸–۹– الف قسمتی از برگه اطلاعات آی سی



شکل ۳۸–۹– ب قسمتی از برگه اطلاعات آی سی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

سوال ۱۱– شماره فنی آی سی را بنویسید.

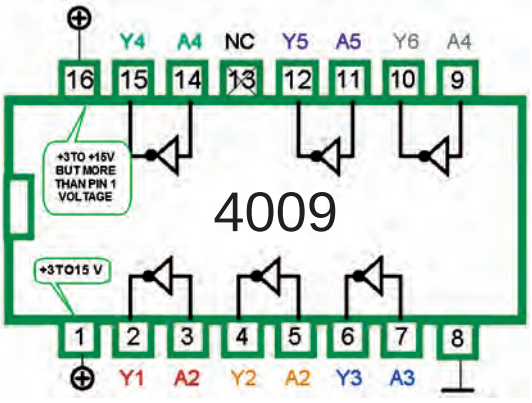
سوال ۱۲– از شماره فنی آی سی چه اطلاعاتی قابل دسترسی است ؟ توضیح دهید.

سوال ۱۳– در داخل آی سی چند گیت وجود دارد ؟ گیت ها از چه نوعی هستند؟

سوال ۱۴– آی سی چند پایه دارد ؟

سوال ۱۵– شماره پایه ی تغذیه Vcc+ و زمین آی سی کدام است ؟ شماره پایه های خروجی و ورودی دو عدد از گیت ها را مشخص کنید.

■ نمونه دیگری از قسمتی از برگه اطلاعات مربوط به یک نمونه آی سی که از کتاب اطلاعات (CMOS cook book) استخراج شده است را در شکل ۹-۳۹ ملاحظه می کنید با توجه به این برگه اطلاعات ، به سوالات پاسخ دهید.



Device is functionally equivalent to the 7404 (TTL) and 74C04 (CMOS) devices.

شکل ۹-۳۹

سوال ۱۶– شماره فنی آی سی را بنویسید.

سوال ۱۷– داخل آی سی چند گیت و جود دارد ؟

سوال ۱۸– نوع گیت را بنویسید.

سوال ۱۹– پایه تغذیه Vcc+ و زمین (GND) آی سی را بنویسید.

سوال ۲۰– مقدار ولتاژ تغذیه آی سی چند ولت است؟

سوال ۲۱– معادل این آی سی را در نوع TTL و نوع CMOS مشخص کنید .

■ با مراجعه به سایت ALLDATASHEET .COM مشخصات دو نمونه آی سی را پیدا کنید که درآن ها گیت‌های OR و AND باشد.

۹-۶-۵ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش را به طور خلاصه در چند سطر بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-۷ آزمایش شماره ۲

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۹-۷-۱ هدف آزمایش:

الف : به دست آوردن جدول صحت دروازه های منطقی AND ، OR ، NOT ،NAND وNOR با استفاده از آی‌سی .

۹-۷-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی یا عقربه‌ای	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۳۰-۰ ولت ۱A	یک دستگاه
۳	IC ۷۴۰۸	یک عدد
۴	IC ۷۴۳۲	یک عدد
۵	IC ۷۴۰۲	یک عدد
۶	IC ۷۴۰۰	یک عدد
۷	IC ۷۴۰۴	یک عدد
۸	IC ۷۴۸۶	یک عدد
۹	بردبرد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۱۰	دیود نوردهنده LED	یک عدد
۱۱	مقاومت ۱۰۰Ω	یک عدد
۱۲	کلید دوراهه (از نوع مینیاتوری)	دوعدد
۱۳	سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۱۴	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

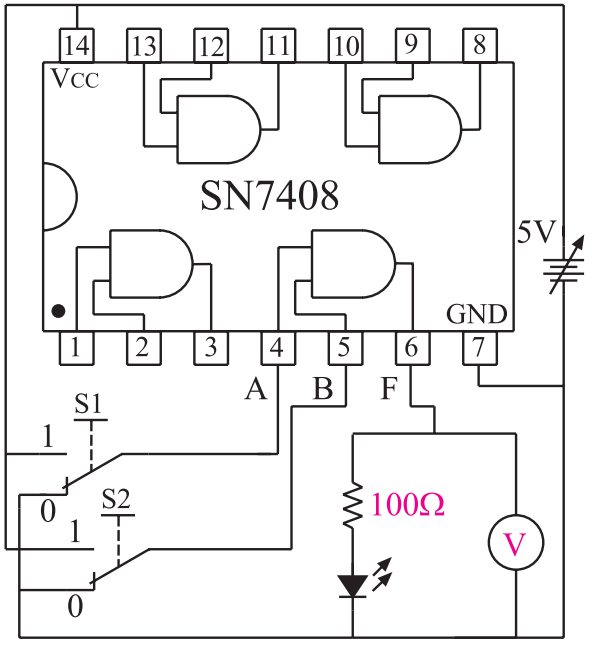
اگر کلید دو راهه در اختیار ندارید می توانید توسط یک تکه سیم، پایه آی سی را به زمین الکتریکی یا ۵+ ولت وصل کنید .

۹-۷-۳ مراحل اجرای آزمایش

الف : به دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی AND با استفاده از آی سی.

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۹-۴۰ را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

توجه در صورتی که برد آماده در اختیار دارید از آن استفاده نمایید.



شکل ۹-۴۰ مدار عملی دروازه منطقی AND

- اگرمنبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای ولتاژ ۵ ولت ثابت است از آن برای تغذیه مدار استفاده کنید.
- در صورتی که منبع تغذیه متغیر در اختیار دارید ابتدا ولتاژ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به مدار اتصال دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

با قرار دادن کلیدهـای S_1 و S_2 در حالات مختلف جدول ۱۵-۹ را تکمیل کنید.

توجه داشـته باشید که ولتاژ خط تغذیـه ICهـا (Vcc) همان سـطح ولتاژ یک منطقی اسـت و ولتاژی که به پایه GND (زمین) وصل می‌شود، صفر منطقی است. اگـر کلیدهـای S_1 و S_2 در حالت یک قـرار گیرنـد ولتـاژ ۵ ولت (یک منطقی) را به ورودی دروازه منطقـی اعمال می کنـد و اگر در حالت صفر قرار گیرند صفر ولت یا صفر منطقی را به ورودی دروازه منطقی اعمال می کند .

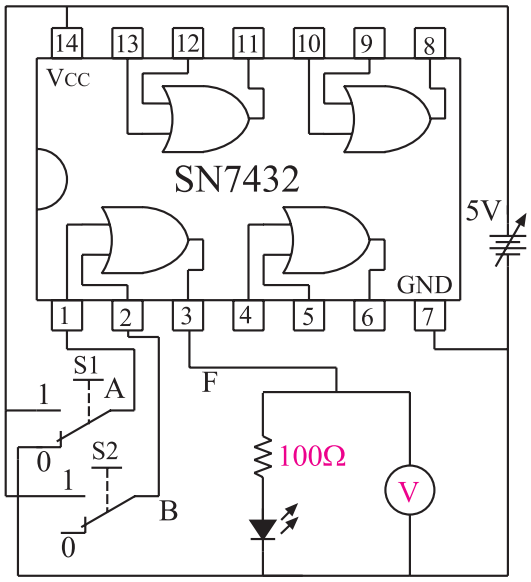
جدول ۱۵-۹

A	B	وضعیت نور LED	مقدار ولتاژی که ولت‌مترنشان می‌دهد	F =AB
۰	۰	خاموش		۰
۰	۱			
۱	۰			
۱	۱			

سـوال ۲۲- خروجی دروازه منطقی AND که دارای دو ورودی A و B می باشـد ، در چه حالتی برابر یک منطقی است ؟

ب : به دسـت آوردن جـدول صحت دروازه منطقی OR با استفاده از آی سی.

■مدار شـکل ۴۱-۹ را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.



شکل ۴۱-۹ مدار عملی دروازه منطقی OR

■منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم کنید و سپس آن را به IC اتصال دهید.

■اگرمنبع تغذیـه موجود در آزمایشـگاه دارای ولتاژ ۵ ولت ثابت است برای تغذیه IC از آن استفاده کنید.

■با اسـتفاده از کلیدهـای S_1 و S_2 بـه ورودی یکی از دروازه های منطقی OR ، سیگنال های صفر ویک منطقی را اعمال کنید وضعیت خروجی را در هر حالت مشاهده کنید و در جدول ۱۶-۹ درج نمایید.

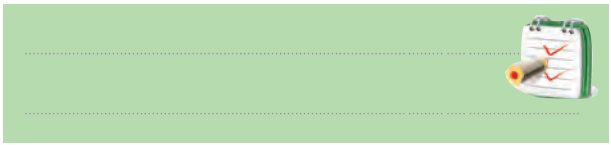
جدول ۱۶-۹

A	B	وضعیت نور LED	مقدار ولتاژی که ولت‌مترنشان می‌دهد	F =A+B
۰	۰			۰
۰	۱			
۱	۰			
۱	۱			

CarGeek.Live

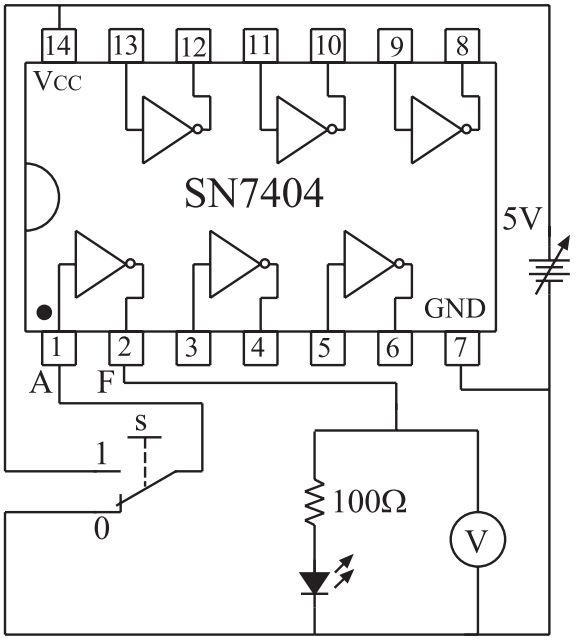
CarGeek.Live

سوال ۲۳- خروجی دروازه منطقی OR که دارای دو ورودی A و B می باشد در کدام حالت برابر با صفر منطقی است ؟



ج : به دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی NOT با استفاده از آی سی.

- مدار شکل ۴۲-۹ را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.



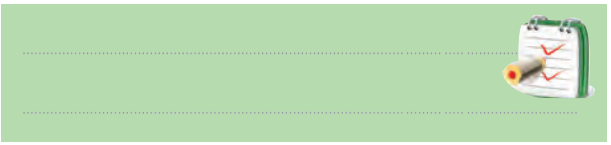
شکل ۴۲-۹ مدار عملی دروازه منطقی NOT

- منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به IC اتصال دهید .
- اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای خروجی ۵ ولت ثابت است برای تغذیه IC از آن استفاده کنید .
- با استفاده از یک کلید دو راهه ، صفر و یک منطقی را به ورودی دروازه منطقی NOT بدهید .
- در هر دو حالت وضعیت خروجی را در جدول ۱۷-۹ یادداشت کنید .

جدول ۱۷-۹

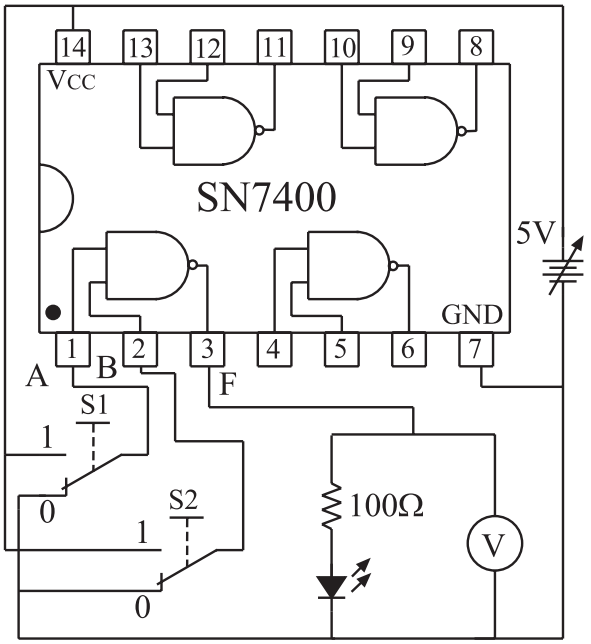
A	وضعیت نور LED	مقدار ولتاژی که ولت‌مترنشان می‌دهد	$F = \overline{A}$
۰			
۱			

سوال ۲۴- در یک گیت NOT آیا همواره سطح ولتاژ خروجی ، نفی (NOT) سطح ورودی می باشد یا خیر ؟



د : به دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی (گیت) NAND با استفاده از آی سی.

- وسایل و قطعات مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۴۳-۹ را که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است بررسی کنید.



شکل ۴۳-۹ مدار مربوط به دروازه منطقی NAND

- اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای ولتاژ ثابت ۵ ولت است از آن برای تغذیه IC استفاده کنید . در غیر این صورت ابتدا منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را

CarGeek.Live

CarGeek.Live

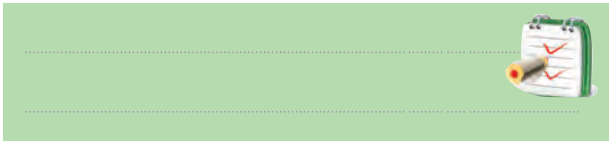
به مدار IC وصل کنید .

■با قـرار دادن کلیدهـای S_1 و S_2 در حالات مختلف، جدول ۱۸-۹ را تکمیل کنید.

جدول ۱۸-۹

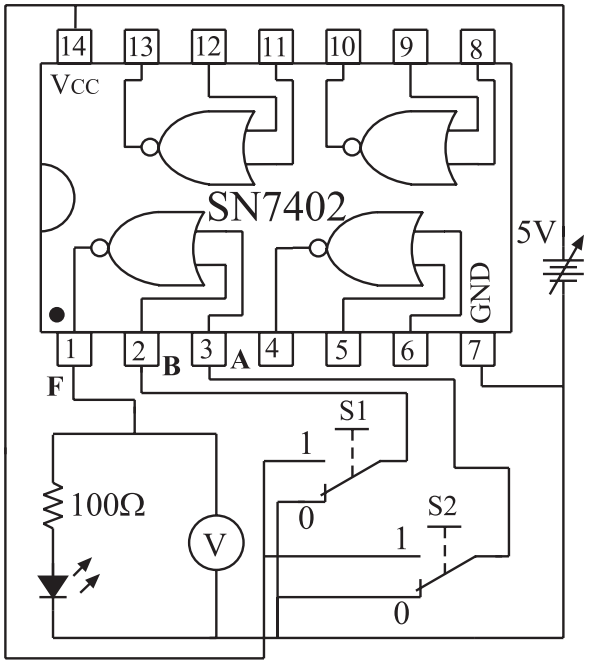
A	B	وضعیت نور LED	مقدار ولتاژی که ولت‌مترنشان می‌دهد	$F=\overline{AB}$
۰	۰			
۰	۱			
۱	۰			
۱	۱			

سوال ۲۵- در چه شرایطی خروجی گیت NAND در سطح منطقی صفر قرار دارد .



هـ : به دسـت آوردن جـدول صحت دروازه منطقی NOR با استفاده از آی سی

■مدار شکل ۴۴-۹ را که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید .



شکل ۴۴-۹ مدار مربوط به دروازه منطقی NOR

■منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم کنید و سپس آن را به پایه Vcc آی سی (IC ۷۴۰۲) اتصال دهید .

■اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای ولتاژ ثابت ۵ ولت است برای تغذیه IC ، از این ولتاژ ثابت استفاده کنید.

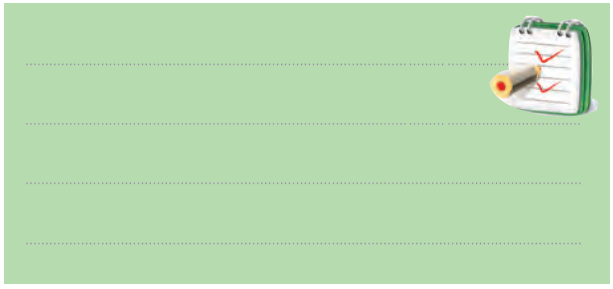
■با اسـتفاده از کلیدهای S_1 و S_2 کـه به ورودی های یکی از دروازه های منطقی IC به شـماره SN ۷۴۰۲ وصل شـده‌اند . صفر و یک منطقـی را مطابق جدول ۱۹-۹ به IC اعمال کنید.

■وضعیت خروجی دروازه مورد نظر را مشـاهده کنید و نتایج به دست آمده را در جدول ۱۹-۹ بنویسید .

جدول ۱۹-۹

A	B	وضعیت نور LED	مقدار ولتاژی که ولت‌مترنشان می‌دهد	$F=\overline{A+B}$
۰	۰			
۰	۱			
۱	۰			
۱	۱			

سوال ۲۶- در چـه شـرایطی خروجی گیت NOR در سطح منطقی یک قرار می گیرد؟

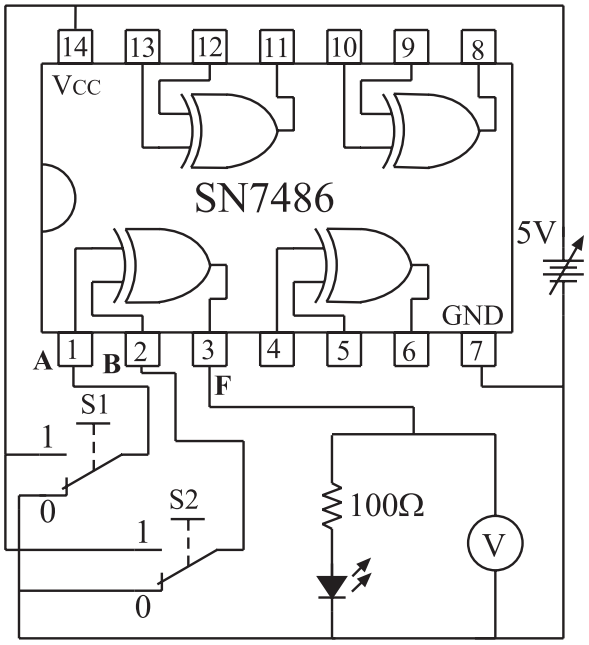


و : بـه دسـت آوردن جدول صحـت دروازه منطقی XOR با استفاده از آی سی

■مدار شکل ۴۵-۹ را که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۹-۴۵ مدار مربوط به دروازه منطقی XOR

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم کنید و سپس آن را به پایه Vcc آی سی (IC۷۴۸۶) اتصال دهید .

■ اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای تغذیه ثابت ۵ ولت است از آن برای تغذیه IC استفاده کنید .

■ با استفاده از کلیدهای S۱ و S۲ ، به ورودی یکی از دروازه های منطقی XOR مطابق جدول ۹-۲۰ صفر و یک منطقی را اعمال کنید .

■ وضعیت خروجی را در حالات مختلف مشاهده کنید و نتایج را در جدول ۹-۲۰ بنویسید.

جدول ۹-۲۰

A	B	وضعیت نور LED	مقدار ولتاژی که ولت‌مترنشان می‌دهد	$F = A \oplus B$
۰	۰			
۰	۱			
۱	۰			
۱	۱			

۹-۷-۴ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از این آزمایش ها را به طور خلاصه بیان کنید .

الف –

ب –

ج –

د –

هـ –

و –

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۱-۹)
دروازه‌های منطقی

۱- در یک دروازه منطقی اگر همه ورودی ها یک باشند خروجی آن دروازه منطقی نیز برابر با یک منطقی می شود این دروازه منطقی کدام است ؟

الف) AND ب) OR

ج) NOT د) مورد الف وب

۲- خروجی یک دروازه منطقی OR که دارای دو ورودی A و B است در کدام حالت برابر با صفر منطقی است ؟

الف) حداقل یکی از ورودی های آن برابر یک باشد.

ب) همه ورودی های آن برابر یک باشند.

ج) همه ورودهای آن صفر باشند.

د) حداقل یکی از ورودی های آن صفر باشد.

۳- در رابطه منطقی F=A+B ، در کدام حالت F=۰ می‌شود ؟

الف) $A=۰، B=۱$

ب) $A=۱، B=۰$

ج) $A=۱، B=۱$

د) $A=۰ ، B=۰$

۴- در رابطه منطقی F=AB ، درکدام حالت F=۱ می‌شود؟

الف) $A=۱، B=۰$

ب) $A=۰، B=۰$

ج) $A=۰، B=۱$

د) $A=۱، B=۱$

۵- خروجی دروازه منطقی NAND هنگامی در وضعیت یک منطقی قرار می گیرد که :

الف) همه ووردی های آن صفر باشند .

ب) حداقل یکی از ورودی های آن صفر باشد.

ج) همه ورودی های آن یک باشند.

د) حداقل یکی از ورودی های آن یک باشد.

۶- خروجی دروازه منطقی NOR ، در کدام حالت در وضعیت یک منطقی قرار می گیرد ؟

الف) حداقل یکی از ورودی های آن یک باشند.

ب) حداقل یکی از ورودی های آن صفر باشد.

ج) همه ورودی های آن یک باشد.

ج) همه ورودی های آن صفر باشد.

۷- در کدام حالت خروجی دروازه منطقی XOR برابر با یک می شود ؟

الف) دو ورودی آن در یک سطح منطقی نباشد .

ب) دو ورودی آن در یک سطح منطقی باشد.

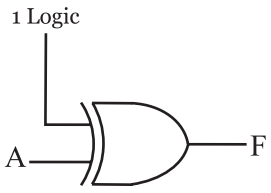
ج) همه ورودی های آن یک باشد .

د) همه ورودی های آن صفر باشد .

۸- در شکل ۹-۴۶ رابطه منطقی F کدام است ؟

الف)۱ ب) ۰

ج) A د) $\overline{A}$



شکل ۹-۴۶

۹- سطح ولتاژ یک منطقی درخروجی دروازه های منطقی بیش تردرکدام محدوده قرار نمی گیرد ؟

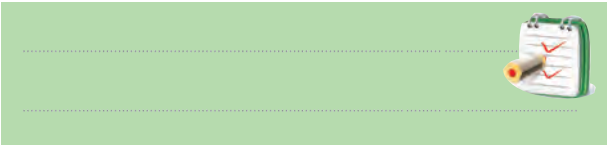
الف) ٤ تا ٥ ولت ب) ٣ تا ٤ ولت

ج) ٢ تا ٣ ولت د) ١ تا ٢ ولت

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۰- هنگام کار با IC های دروازه های منطقی با تکنولوژی CMOS چه نکاتی را باید مورد توجه قرار داد ؟

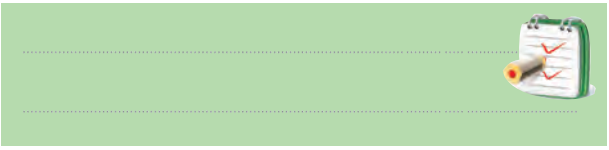


۱۱- محدوده تغذیه ICهای با تکنولوژی CMOS کدام گزینه است ؟

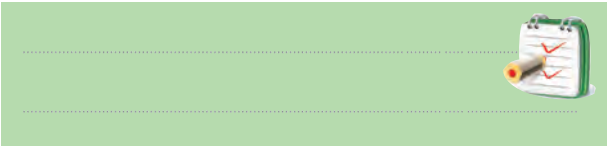
الف) ۳-۱۵ V ب) ۴/۷۵-۵/۲۵ V

ج) ۵-۱۰ V د) ۵-۱۵ V

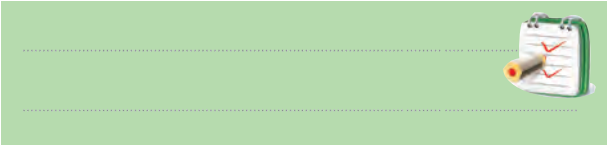
۱۲- فرق سیستم دیجیتال و آنالوگ را با ذکر مثال توضیح دهید.



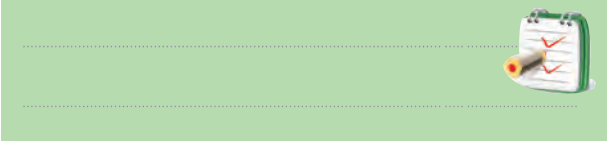
۱۳- فرق صفر و یک منطقی با صفر و یک جبری را شرح دهید .



۱۴- نماد دروازه های منطقی پایه را همراه با جدول صحت آن‌ها رسم کنید .

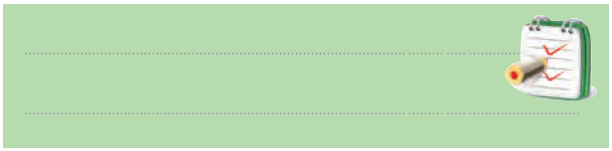


۱۵- دروازه های منطقی NAND و NOR از کدام دروازه‌های منطقی پایه تشکیل شده‌اند؟ با رسم شکل نشان دهید.

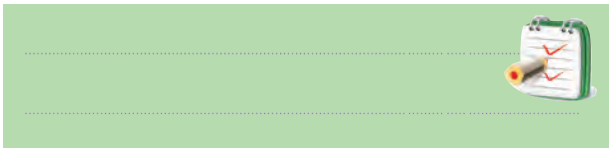


۱۶- فرق دروازه منطقی OR با OR انحصاری را شرح دهید .

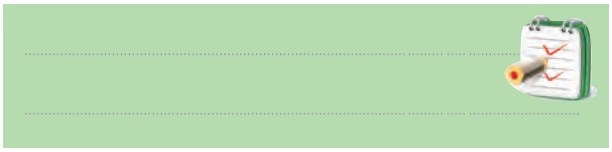
۱۷- نماد و مدار کلیدی دروازه منطقی NOT را رسم کنید.



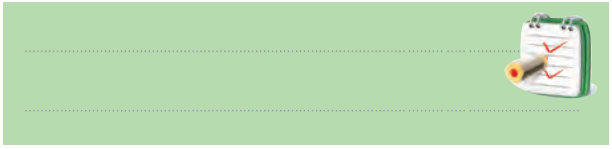
۱۸- رابطه منطقی که نشان می‌دهد دو متغیر A و B با یکدیگر NAND شده‌اند را بنویسید.



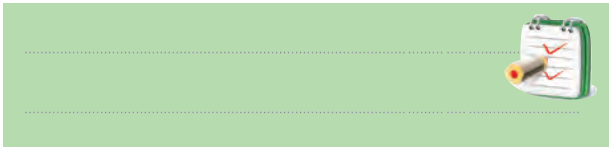
۱۹- فرق دروازه‌های منطقی معمولی بادروازه‌های منطقی کلکتور باز(Open Collector) را شرح دهید .



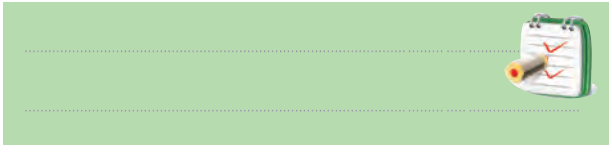
۲۰-موارد کاربرد دروازه‌های منطقی کلکتورباز را نام‌ببرید.



۲۱- آی سی های سری TTL در کدام محدوده ولتاژ کارمی کنند ؟



۲۲- آی سی های سری TTL و CMOS هر کدام با چه پیش شماره ای شروع می شود؟



۲۳- تابع منطقی OR انحصاری به صورت $F = \overline{A}\,\overline{B} + AB$ است. صحیح ❐ غلط ❐

CarGeek.Live

CarGeek.Live

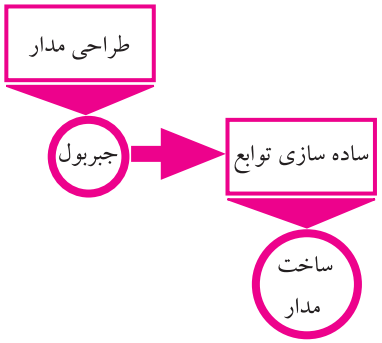
قسمت دوم

قبل از شروع قسمت دوم فصل ۹ به سوالات پیش آزمون۲-۹ پاسخ دهید .

۹-۸ جبر بول و ساده سازی توابع

۹-۸-۱ ساده سازی توابع بول بااستفاده از جبربول:

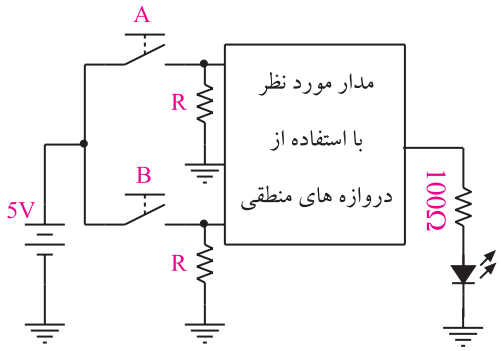
به کمک دروازه های منطقی می توانیم مدارهایی طراحی کنیم که بتوانند یک کار خاص را انجام دهند، شکل ۴۷-۹.



شکل ۴۷-۹ کاربرد جبر بول

فرض کنید می خواهیم با استفاده از دروازه های منطقی مداری طرح کنیم که دارای مشخصات زیر باشد :

۱- دو کلید در ورودی و یک خروجی متصل به یک دیود نوردهنده(LED) داشته باشد، شکل ۴۸-۹.



شکل ۴۸-۹ طرح مدار منطقی و نحوه ارتباط ورودی ها و خروجی آن

۲- اگر هر دو کلید A وB باز یعنی A=۰ و B=۰ باشد دیود نوردهنده روشن شود.

۳- اگر کلید A باز و کلید B بسته یعنی A=۰ و B=۱ باشد دیود نوردهنده روشن شود.

۴- اگر کلید A بسته و کلید B باز یعنی A=۱ و B=۰ باشد دیود نوردهنده خاموش شود .

۵- اگر هر دو کلید A وB بسته یعنی A=۱ و B=۱ باشد دیود نوردهنده روشن شود

به جای مطرح کردن بندهای دو تا پنج می توانیم صورت مسئله را به صورت جدول ۹-۲۱ بیان کنیم

جدول ۹-۲۱

وضعیت نور دیود LED	وضعیت کلید B	وضعیت کلید A
روشن	باز	باز
روشن	بسته	باز
خاموش	باز	بسته
روشن	بسته	بسته

اگر روشن بودن دیود نوردهنده را یک منطقی و خاموش بودن آن را صفر منطقی در نظر بگیریم و باز بودن کلید را صفر منطقی و بسته بودن آن را یک منطقی بنامیم جدول ۹-۲۱ به صورت جدول ۹-۲۲ در می آید .

جدول ۹-۲۲

A	B	F
۰	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۰	۰
۱	۱	۱

جدول صحت مسئله فوق را می توان به صورت یک عبارت جبری در آورد. عبارت جبری رابرای حالاتی از ورودی ها می نویسند که خروجی سیستم برابر یک می شود، جدول ۹-۲۳.

جدول ۹-۲۳

A	B	F	
۰	۰	۱	$\leftarrow \overline{A}\,\overline{B}=1$
۰	۱	۱	$\leftarrow \overline{A}B=1$
۱	۰	۰	
۱	۱	۱	$\leftarrow AB=1$

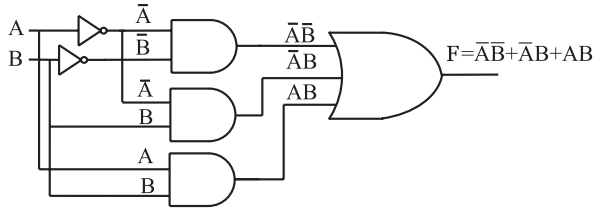
F	=	$\overline{A}\,\overline{B}$	+	$\overline{A}B$	+	AB
خروجی مدار مورد نظر		جمله اول		جمله دوم		جمله سوم

این عبارت خروجی را تابع بول و قوانین حاکم بر آن را جبر بول می نامند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مدار شکل ۴۹-۹ مداری است که از گیت‌های AND و OR و NOT تشکیل شده است و خروجی آن همان تابع مورد نظر است .



شکل ۴۹-۹ مدار منطقی مربوط به تابع $F=\bar{A}\bar{B}+\bar{A}B+AB$

به سادگی می‌توانیم با استفاده از یک جدول صحت مشخص ، رابطه منطقی یا بولی آن جدول را استخراج کنیم .

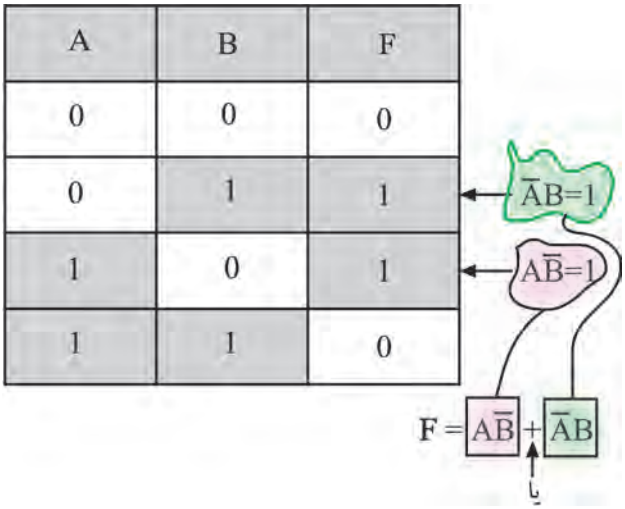
مثال ۱ : رابطه منطقی جدول صحت ۲۴-۹ با توجه به خروجی های F=۱ را بنویسید.

حل :

$F=\bar{A}B+A\bar{B}$

جدول ۲۴-۹

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



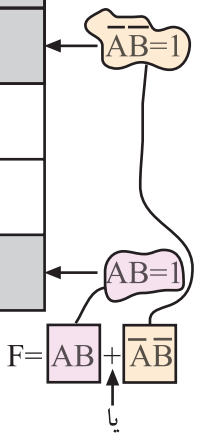
همچنین در صورتی که یک رابطه منطقی یا بولی داشته باشیم ، می توانیم جدول صحت مربوط به آن رابطه را رسم کنیم .

مثال ۲ : جدول صحت رابطه منطقی $F=\bar{A}\bar{B}+AB$ را بنویسید.

با توجه به رابطه منطقی F جدول صحت تابع به صورت جدول ۲۵-۹ است.

جدول ۲۵-۹

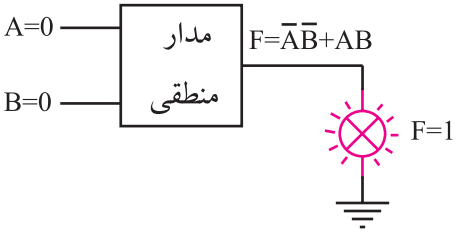
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

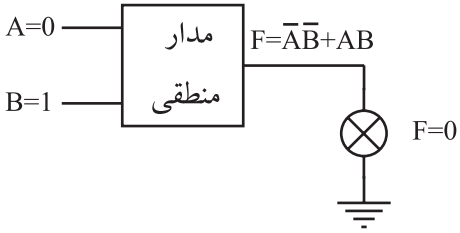


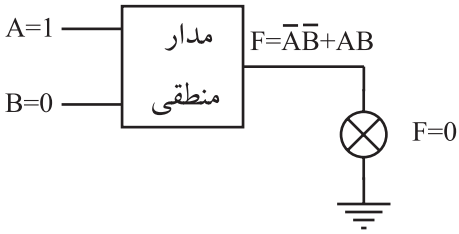
مفهوم رابطه منطقی $F=\bar{A}\bar{B}+AB$ این است که هنگامی F=۱ (F خروجی سیستم است) است که $\bar{A}\bar{B}$=۱ یا AB=۱ باشد در غیر این صورت F=۰ است و $\bar{A}\bar{B}$ هنگامی مساوی یک می شود که A=۰ و B=۰ باشد و همچنین AB هنگامی مساوی یک می شود که A=۱ و B=۱ شود، شکل ۵۰-۹.

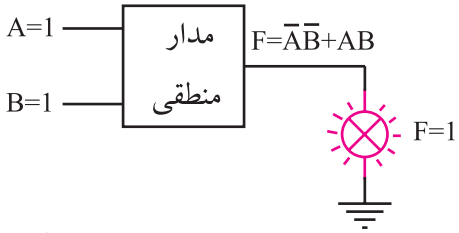
CarGeek.Live

CarGeek.Live









لامپ در حالت روشن

شکل ۵۰-۹- خروجی تابع $F=\bar{A}\bar{B}+AB$ هنگامی یک است که $A=B=0$ یا $A=B=1$ باشد .

تمرین کلاسی ۱

جدول صحت مربوط به رابطه منطقی $F=\bar{A}B+A\bar{B}+AB$ را رسم کنید .

برای نوشتن یک رابطه منطقی ، ابتدا سعی می کنیم تا حد ممکن تابع را ساده کنیم (البته ممکن است تابع ساده نشود) سپس اقدام به طراحی آن می کنیم تاهنگام طراحی و ساخت از دروازه های منطقی کمتری استفاده شود. در حقیقت تابع ساده شده با تابع ساده نشده از نظر منطقی معادل است .

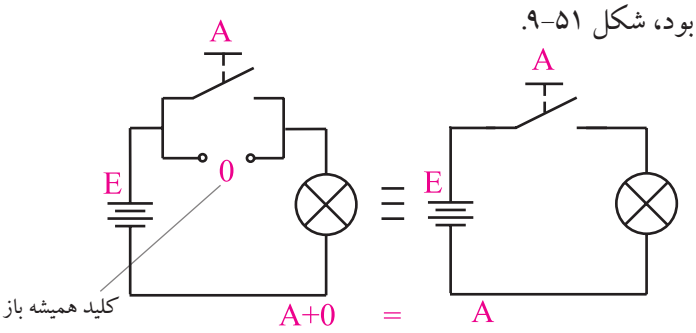
۹-۸-۲ قوانین جبر بول

به کمک پاره ای از قوانین حاکم بر جبر بول می توانیم توابع را ساده کنیم .

در ذیل این قوانین مورد بررسی قرار می گیرند :

قانون ۱ $A+0=A$

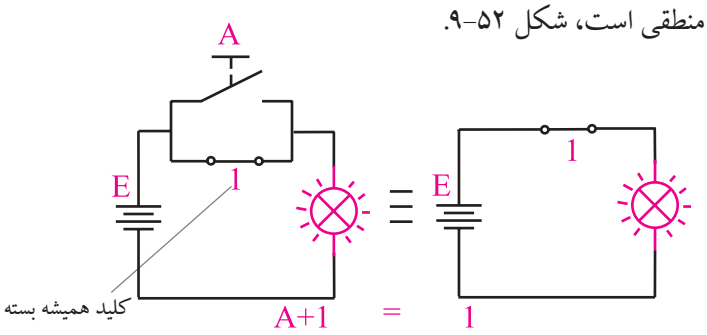
هر تابعی اگر با صفر OR شود ، حاصل همان تابع خواهد بود، شکل ۵۱-۹.



شکل ۵۱-۹ مدار کلیدی $A=A+0$

قانون ۲ $A+1=1$

هر تابعی اگر با یک منطقی OR شود ، حاصل همان یک منطقی است، شکل ۵۲-۹.



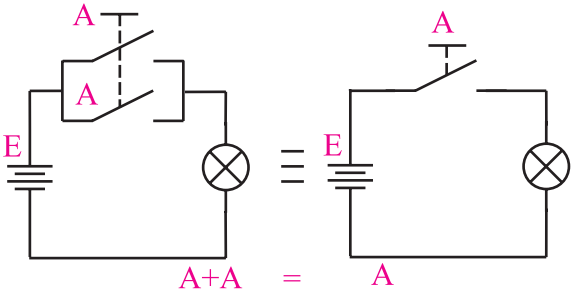
شکل ۵۲-۹ مدار کلیدی $A+1=1$

قانون ۳ $A+A=A$

هر تابعی با خودش OR شود ، حاصل همان تابع خواهد بود، شکل ۵۳-۹ .

CarGeek.Live

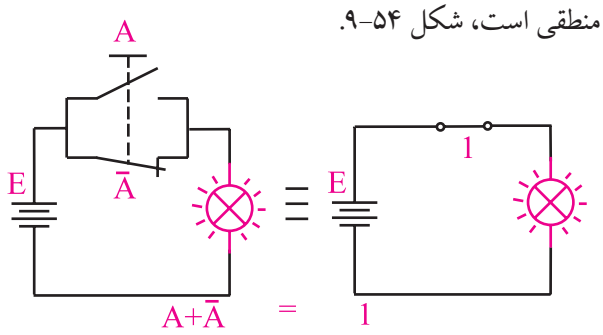
CarGeek.Live



شکل ۹-۵۳ مدار کلیدی A+A=A

قانون ٤ $A+\bar{A}=1$

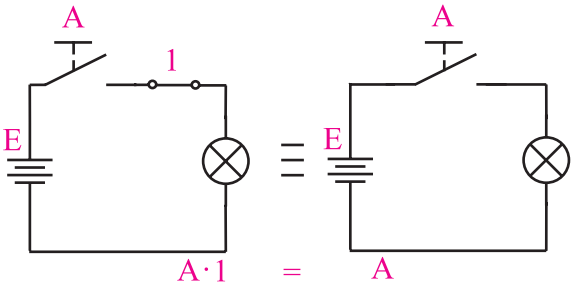
چنـان چه تابعـی با NOTخود ORشـود ، حاصل یک منطقی است، شکل ۹-۵۴.



شکل۹-۵۴ مدار کلیدی A+Ā=1

قانون ٥ $A.1=A$

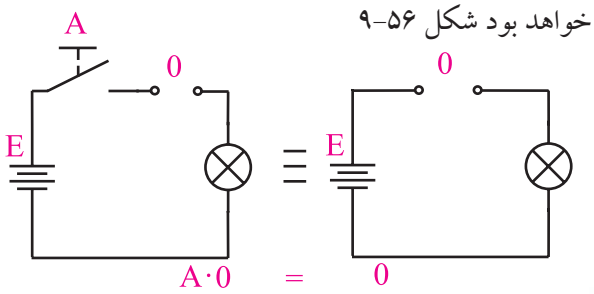
هر تابعی با یک AND شـود ، حاصل همان تابع خواهد بود ،شکل ۹-۵۵ .



شکل ۹-۵۵ مدار کلیدی A.1=A

قانون ٦ $A.0=0$

هـر تابعـی با صفر منطقـی AND شـود ، حاصل صفر خواهد بود شکل ۹-۵۶



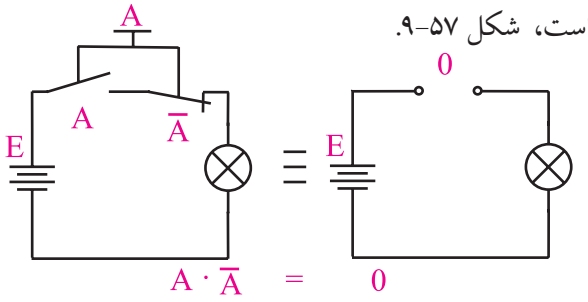
شکل ۹-۵۶ مدار کلیدی A.0=0

قانون ۷ $AA=A$

هر تابعـی با خودش AND شـود ، حاصـل همان تابع خواهد بود

قانون ۸ $A\bar{A}=0$

هـر تابعی با NOT خـود ANDشـود ، حاصل صفر است، شکل ۹-۵۷.



شکل ۹-۵۷ مدار کلیدی A.Ā=0

قوانیـن دیگری نیز وجود دارند که مشـابه قوانین ریاضی هستند و به طور خلاصه عبارتند از :

قانون ۹ $A(B+C)=AB+AC$

توزیع پذیری معادل فاکتورگیری در ریاضی

قانون ۱۰ توزیع پذیری $AB+C=(A+C)(B+C)$

قانون ۱۱ قضایای $\overline{A+B}=\bar{A}.\bar{B}$

قانون ۱۲ دمورگان $\overline{AB}=\bar{A}+\bar{B}$

اسـاس ساده سازی توابع جبر بول ، فاکتورگیری و حذف متغیر هاست.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مثال ۳ : تابع $F=\bar{A}\bar{B}+\bar{A}B$ را ساده کنید.

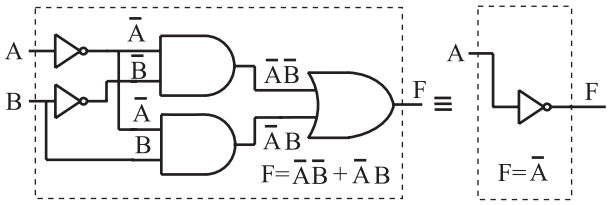
ابتدا از $\bar{A}$ که در هر دو جمله مشترک است فاکتور می‌گیریم .

$$F=\bar{A}(\bar{B}+B)$$

$$B+\bar{B}=1$$

$$F=\bar{A}.1=\bar{A}$$

در شکل ۵۸-۹ تابع ساده نشده و ساده شده رسم شده‌اند.



الف – مدار ساده نشده

ب – مدار ساده شده

شکل ۵۸-۹ مدار الف وب از نظر منطقی معادل یکدیگرند

علامت ≡ به معنی هم ارز بودن دو مدار از نظر منطقی است .

تمرین کلاسی ۲

تابع $F=AB+\bar{A}B+\bar{A}\bar{B}$ را به کمک روابط جبر بول ساده کنید .

تمرین کلاسی ۳

تابع خروجی مربوط به جدول ۲۶-۹ را بنویسید و آن را ساده نمایید .

جدول ۲۶-۹

A	B	F
۰	۰	۱
۰	۱	۰
۱	۰	۱
۱	۱	۱

شرح حال دانشمندان

جورج بول ۱۸۶٤-۱۸۱۵م

جورج بول از پدری کفاش و مادری خدمتکار در انگلستان به دنیا آمد. به منظور حمایت از خانواده و به دلیل مشکلات مالی، خیلی زود تحصیلات ابتدایی را ترک کرد. در سال های جوانی از طریق معلمی امرار معاش می کرد و در سال ۱۸۳۴ مدرسه ای را بنیان گذاشت. به تنهایی مطالعات ریاضیات پیشرفته را دنبال کرد و به واسطه ی انتشار مقالاتی در این زمینه به شهرت جهانی دست یافت. اولین مدال طلای ریاضیات را از انجمن سلطنتی لندن در سال ۱۸۴۴ دریافت کرد و به عنوان اولین پرفسور ریاضیات در کالج کوئین منصوب شد. او همچنین لقب **پدر منطق نمادین** و **بنیانگذار ریاضیات محض** را از آن خود ساخت.

برای کسب اطلاعات بیش تر در مورد زندگی نامه و فعالیت های این دانشمند، می توانید از طریق درج نام وی در یکی از موتورهای جستجو مانند Yahoo یا google اقدام کنید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۸-۹ ساده سازی توابع با استفاده از جدول کارنو

جـدول کارنو شـکل تغییر یافته ی جدول صحت اسـت که به وسـیله آن می توان ساده ترین حالت توابع منطقی را به دست آورد.

جدول کار نو دو متغیره

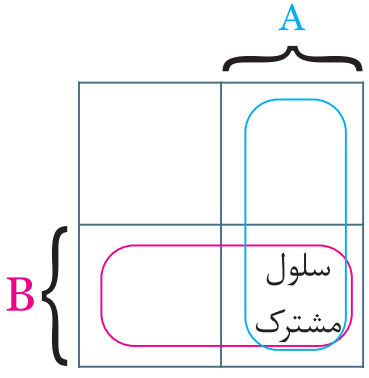
با داشـتن دو متغیر در جدول صحت ۴=$۲^۲$حالت خواهیم داشـت برای دو متغیر A و Bجدول صحت به صورت جدول ۲۷- ۹در می آید.

جدول۲۷ -۹

تابع منطقی هر سطر	B	A	عدد معادل دسی مال هرسطر
$\bar{A}\bar{B}$	۰	۰	۰
$\bar{A}B$	۱	۰	۱
$A\bar{B}$	۰	۱	۲
AB	۱	۱	۳

در جـدول کارنو چهار سـلول وجـود دارد. از این چهار سلول تعداد دو سلول به متغیر A و تعداد دو سلول به متغیر B اختصاص داده شده است .

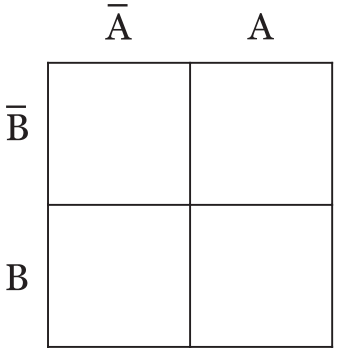
لذا جدول کارنوی دو متغیره مانند شکل ۵۹-۹ است .



شکل ۵۹-۹ جدول کارنوی دو متغیره

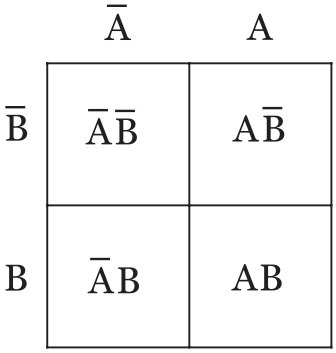
همان طور که مشـاهده می شود متغیرهای A و B در یک سلول مشترک هستند.

در شـکل ۶۰-۹ سلول هایی که به متغیر A تعلق ندارند به عبارتی مربوط به $\bar{A}$ هسـتند و نیز سلول های مربوط به متغیر $\bar{B}$ مشخص شده است .



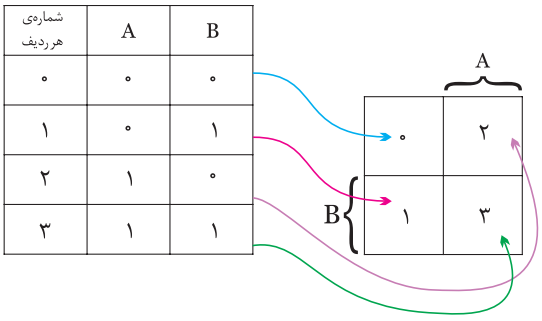
شکل ۶۰-۹ سلول های مربوط به متغیرهایA و B

در شـکل ۶۱-۹ تابـع منطقی مربوط به هر سـطر جدول صحت در سـلول مربوط به آن سـطر نوشته شده است. توجه داشـته باشـید که ردیف بالا به A و$\bar{A}$ و ستون سمت چپ به B و$\bar{B}$ اختصاص دارد .



شکل ۶۱-۹ جدول کارنوی دو متغیره

مـی توان جای هـر ردیف از جدول صحت را در نقشـه کارنو به صورت شکل ۶۲-۹ نیز نمایش داد.

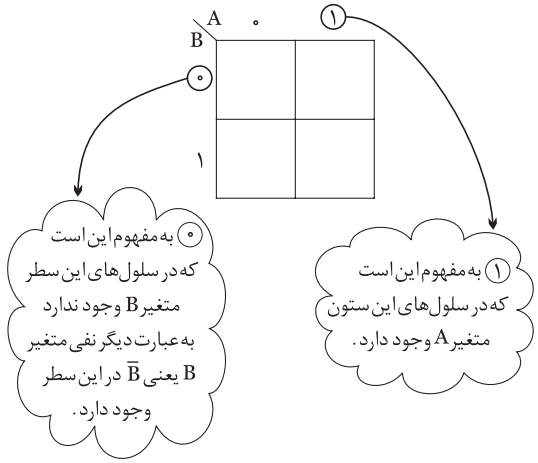


شکل ۶۲-۹ فرم تغییر یافته جدول صحت

CarGeek.Live

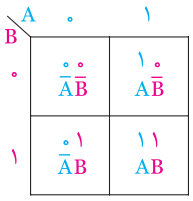
CarGeek.Live

با توجه به شکل ۶۲-۹ می توان فرم دیگری را برای نمایش جای سلول های متعلق به متغیرهای A و B در جدول کارنو انتخاب نمود، شکل ۶۳-۹.



شکل ۶۳-۹ نمایش جای سلول های متعلق به متغیرهای BوA

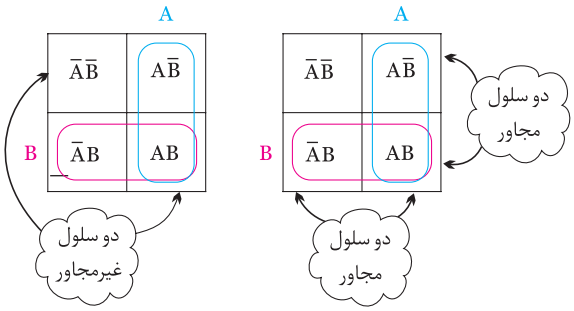
عدد مربوط به هر سلول و تابع منطقی آن را می توان مانند شکل ۶۴-۹ نمایش داد.



شکل ۶۴-۹ نمایش عدد مربوط به هر سلول در جدول کارنو

•سلول های مجاور

سلول هایی رامجاور گویند که وقتی تابع مربوط به آن سلول ها نوشته شوند، فقط در یکی از متغیرها (مانندAB و AC) یا یکی از حالت های متغیر (مانند AB ، $\bar{A}B$) با هم تفاوت داشته باشند و سایر قسمت ها مشابه باشند. در شکل ۶۵-۹- الف دو سلول مجاور و در شکل ۶۵-۹- ب دو سلول غیرمجاور نشان داده شده است .



الف : سلول مجاور ب : سلول غیر مجاور

شکل ۶۵-۹ سلول های مجاور و غیرمجاور

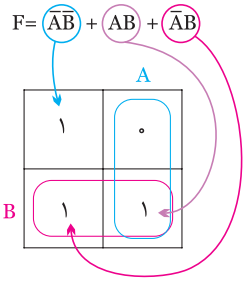
همان طور که مشاهده می شود سلول های کنارهم (غیرقطری) مجاور هستند و سلول های واقع در قطر مجاور نیستند.

•نمایش تابع در جدول کارنو

یکی از کاربردهای جدول کارنو ساده سازی توابع جبر بول می باشد. برای این منظور ابتدا تابع جبر بول را در جدول کارنو نمایش می دهیم و سپس آن تابع را ساده می کنیم .

مثال ٤ : $F=\bar{A}\bar{B}+AB+\bar{A}B$ را در جدول کارنو نمایش دهید .

حل : تابع دارای دو متغیر A وB است لذا نمایش هر عبارت از تابع در جدول کارنو به صورت شکل ۶۶-۹ در می آید .



شکل ۶۶-۹ نمایش تابع جبر بول در جدول کارنو

با استفاده از جدول کارنو می توانیم عبارت های مربوط به خانه هایی که در آن ها عدد یک قرار داد را بنویسیم مجموع این عبارت ها تابع موردنظر است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

تمرین کلاسی ٤ :

تابع $F=AB+\bar{A}B+\bar{A}\bar{B}$ را در جدول کارنو نمایش دهید

•ساده نمودن تابع توسط جدول کارنو

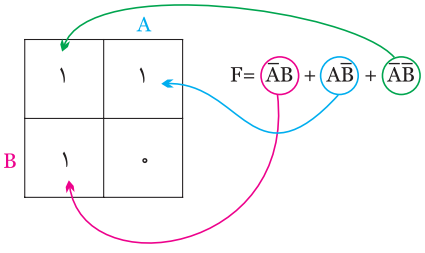
پس از نمایش تابع در جدول کارنو ، ابتدا سلول های مجاور را پیدا می کنیم ، سپس برای هر دو سلول مجاور از یک متغیر (حرف) و برای هرسلول غیر مجاور از دومتغیر (دو حرف) استفاده می کنیم .

مثال ٥ : تابع F را توسط جدول کارنو ساده کنید.

$F=\bar{A}B+A\bar{B}+\bar{A}\bar{B}$

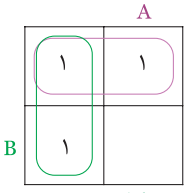
حل :

مرحله اول: نمایش تابع در جدول کارنو، شکل۶۷-۹.



شکل ۶۷-۹

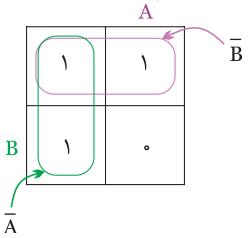
مرحله دوم: انتخاب سلول های مجاور،شکل ۶۸-۹.



شکل ۶۸-۹

مرحله سوم: نوشتن ساده ترین فرم تابع

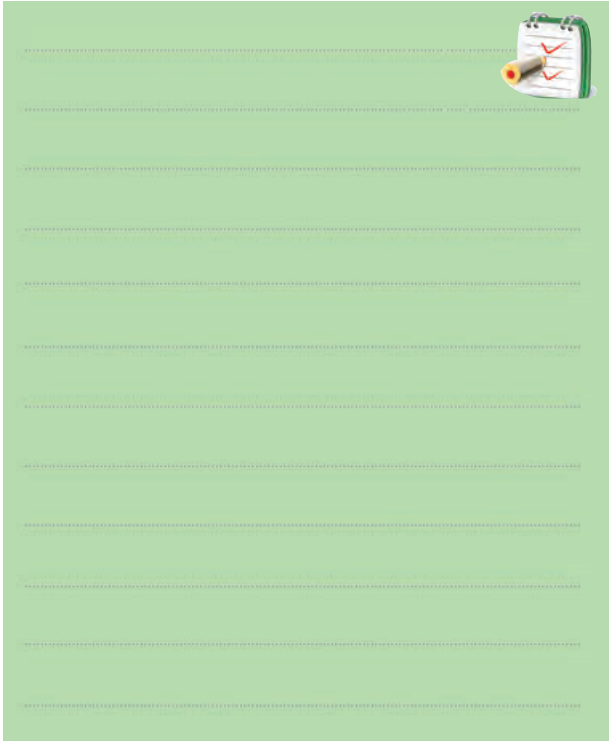
برای این منظور برای هردو سلول مجاور از یک متغیر (حرف) استفاده می کنیم، شکل ۶۹-۹ .



شکل ۶۹-۹ $F=\bar{A}+\bar{B}$

تمرین کلاسی ٥:

تابع $F=AB+A\bar{B}+\bar{A}\bar{B}$ را با استفاده از جدول کارنو ساده کنید .



توجه داشته باشید که جدول کارنو شیوه جدید ساده سازی را ارائه نمی دهد بلکه فقط جملاتی را که می توان از آن ها فاکتور گرفت برای ما مرتب می کند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

جدول کارنو برای توابع سه متغیره باید دارای ۸ خانه باشد به عبارت دیگر سه متغیر می توانند هشت حالت مختلف به خود بگیرند (۸=۲۳) ، جدول ۲۸-۹ جدول کارنو را برای سه متغیر (A،B،C) نشان می دهد اگر به جدول کارنو خوب دقت کنید مشاهده می کنید که از هر خانه به خانه مجاور در جهت افقی یا عمودی فقط یکی از متغیرهای جمله ها تغییر می کند .

جدول ۲۸-۹

AB / C	0 0	0 1	1 1	1 0
0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}B\bar{C}$	$AB\bar{C}$	$A\bar{B}\bar{C}$
1	$\bar{A}\bar{B}C$	$\bar{A}BC$	ABC	$A\bar{B}C$

می توانیم توابع با ۳ متغیر ، ۴ متغیر و ... را نیز توسط جدول کارنو ساده نماییم .ساده سازی این جداول از بحث ما خارج است .

شرح حال دانشمندان

موریس کارنو

متولد ۱۴اکتبر ۱۹۲۴ در شهر نیویورک، فیزیکدان آمریکایی که نقشه کارنوی او در جبر بول مشهور است.او مطالعات خود را با فیزیک و ریاضیات در کالج شهر نیویورک آغاز کرد. پس از رفتن به دانشگاه ییل در سال ۱۹۲۴، موفق به کسب درجه دکترا در رشته فیزیک در سال ۱۹۵۲ شد.

کارنو در آزمایشگاه های بل، جدول کارنو، کدگذاری PCM و نیز کدگذاری مدارهای مغناطیسی را گسترش داد. کارنو در سال ۱۹۷۶ به عنوان رئیس انجمن IEEE (انجمن بین المللی استانداردهای مهندسی الکترونیک) انتخاب شد.

برای کسب اطلاعات بیش تر در مورد زندگی نامه و فعالیت های این دانشمند می توانید از طریق درج نام وی در یکی از موتورهای جستجو مانندYahoo یا google اقدام کنید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی ۲-۹
جبر بول و جدول کارنو

۱- توابع زیر را به کمک روابط جبر بول ساده کنید.

$F = \bar{A}\bar{B}+A\bar{B}+AB$

$F= AB\bar{C}+ABC+A\bar{B}\bar{C}+A\bar{B}C+\bar{A}\bar{B}$

$F= \bar{A}\bar{B}\bar{C}+\bar{A}B\bar{C}+ABC+A\bar{B}C+\bar{A}C$

۲- توابع زیر را به کمک جدول کارنو ساده کنید.

$F = \bar{A}\bar{B}+\bar{A}B$

$F = AB+\bar{A}B$

۳- جدول کارنوی مربوط به رابطه منطقی $F=\bar{A}B+A\bar{B}+AB$ را به همراه جدول صحت تابع رسم کنید و در نهایت تابع را ساده کنید.

۴- ساده شده تابع $\bar{A}\bar{B}+AB+\bar{A}B$ کدام است ؟

الف: $A+\bar{B}$

ب : $\bar{A}+B$

ج : $A+B$

د : $\bar{A}+\bar{B}$

۵- تابع زیر را به کمک جدول کارنو ساده کنید؟

$F = \bar{A}\bar{B}+A\bar{B}+\bar{A}B$

۶- تابع ساده شده مربوط به جدول کارنوی ۲۹ - ۹را بنویسید.

جدول ۲۹-۹

B \ A		
	۱	۱
	۱	

F= .....

۷-تابع ساده شده مربوط به جدول کارنوی ۳۰-۹را بنویسید.

جدول ۳۰-۹

B \ A		
	۰	۱
	۱	۱

F= .....

۸- جدول صحت مربوط به رابطه منطقی $F=\bar{A}B+A\bar{B}$ را بنویسید.

۹- مدار منطقی مربوط به تابع $F=\bar{A}B+A\bar{B}$ را به کمک گیت های AND ، OR و NOT رسم کنید .

۱۰- جدول کارنو برای توابع سه متغیره دارای ۸ خانه است. صحیح ❐ غلط ❐

۱۱- چنان چه تابعی با NOT خود OR شود ، حاصل (صفر ❐ یک ❐) منطقی خواهد بود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

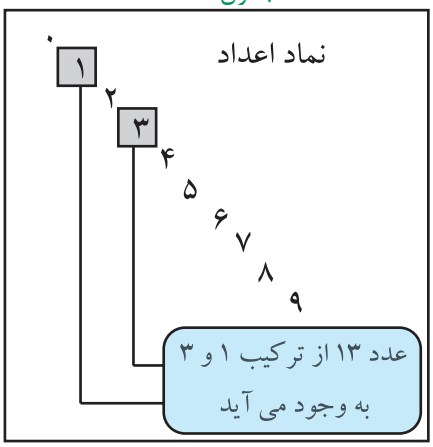
قبل از شروع قسمت سوم فصل (۹) به سوالات پیش آزمون ۳ -۹ پاسخ دهید.

قسمت سوم

۹-۹ سیستم های اعداد

۹-۹-۱ اعداد باینری : اعـــدادی که ما روزانه با آن ها سروکار داریم از ده عدد نماد ۰، ۱، ۲، ۳، ٤، ٥، ٦، ۷، ۸، ۹ تشکیل شده اند . برای شمارش از صفر تا نه از این نمادها به طور مستقیم استفاده می کنیم. برای اعداد بزرگ تر از نه نمادهای اعداد را با قواعد خاصی با هم ترکیب می‌کنیم مثلاً برای عدد۱۳ از نماد ۱ و۳ به صورت ۱۳ استفاده می‌کنیم .

جدول ۹-۳۱



نوشـــتن اعداد با تعداد نمادهای کم تر یا بیش تر از ده نیز به شـــرط این که تعداد نمادها دو و بیشـــتر از دو باشد امکان پذیر است .

بنابراین با دوعددنماد ۰ و ۱ نیز می توان اعداد را نوشت. به این سیستم اعداد که در آن از دو نماد استفاده شده است سیســـتم دودویی یا باینری می گویند. در این سیستم برای نمایـــش عدد صفر از نمـــاد ۰ و برای نمایش ۱ از نماد ۱ و بـــرای نمایش اعداد بزرگ تر از یـــک از ترکیب ۰ و ۱ طبق قواعد خاصی استفاده می کنیم . به عنوان مثال اعداد از صفر تا هشت به صورت جدول ۹-۳۲ نوشته می شوند .

جدول ۹-۳۲

صفر	0
یک	1
دو	10
سه	11
چهار	100
پنج	101
شش	110
هفت	111
هشت	1000

صفرهـــا و یک ها همانند اعداد اعشـــاری ، دارای ارزش مکانی هستند ، مثلاً در سیستم اعشاری یا دهدهی که عدد ۴۳ نمایش داده شده است، چون ۳ در مکان اول قرار دارد دارای ارزش مکانی ۳=$۱۰^{۰}$×۳و عـــدد ۴ که در مکان دوم قرار دارد دارای ارزش مکانی۴۰=$۱۰^{۱}$×۴ است، جدول ۹-۳۳.

جدول ۹-۳۳

۴	۳
$۴\times۱۰^{۱}=۴۰$	$۳\times۱۰^{۰}=۳$
ارزش مکانی ۴۰	ارزش مکانی ۳

در مورد اعداد باینری نیز رقم اول (از سمت راست به چـــپ)دارای ارزش۱=$۲^{۰}$×۱و رقم دوم دارای ارزش مکانی ۲=$۲^{۱}$×۱ و رقم سوم اگر یک باشد دارای ارزش مکانی ۴=$۲^{۲}$×۱ است، جدول ۹-۳٤.

جدول ۹-۳۴

۱	۱
$۱\times۲^{۱}=۲$	$۱\times۲^{۰}=۱$
ارزش مکانی ۲	ارزش مکانی ۱

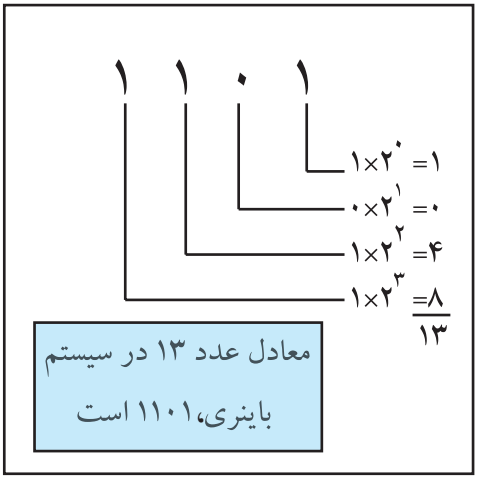
CarGeek.Live

CarGeek.Live

مثال ۶ : عـدد باینـری (۱۱۰۱) معادل چـه عددی در سیستم اعشاری است؟

حل : مطابـق جـدول ۳۵-۹ ارزش مکانی هـر رقم را مشخص می کنیم .

جدول ۳۵-۹



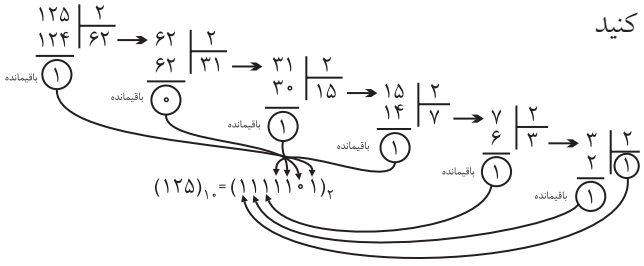
سیسـتم های اعداد که در کامپیوتر یا ماشین های محاسب به کار می روند باینری هستند. در اعداد باینری ، به هریک از صفر ها یا یک ها یک بیت (Bit) می گویند .

عدد۱۰۱ یک عدد سه بیتی است

۹-۹-۲ تبدیل اعداد اعشاری به اعداد باینری:

یکی از روش های تبدیل اعداد اعشاری به اعدادباینری استفاده از روش تقسـیم های متوالی است . در این روش عدد اعشاری را متوالیاً بر دو تقسیم می کنیم و این تقسیمات را آن قدر ادامه می دهیم تا آخرین خارج قسمت یک شود سپس در سمت چپ، آخرین خارج قسمت را می نویسیم و به ترتیب باقی مانده های به دسـت آمده را در جلوی آن قرار می دهیم .

مثال ۷ : عدد اعشـاری ۱۲۵ را به عدد باینری تبدیل کنید



تمرین کلاسی ۶:

عدد ۸۷ را به عدد باینری تبدیل کنید.

نکته مهم :

در اعداد باینری مثلاً (۱۱۰۱) بیت اول از سـمت راست کم ارزش‌ترین بیت اسـت و آخرین بیت در سمت چپ با ارزش ترین بیت اسـت توجه داشـته باشـید که ارزش ارقام دقیقاً مشابه سیستم اعشاری است .

۱۱۰۱
کم ارزش ترین — با ارزش ترین

۹-۹-۳ تبدیل اعداد باینری به اعداد اعشاری (دهدهی):

دراعداد باینری (سیسـتم دودویی) اعداد به کار رفته ۰ و ۱ هسـتند . در این سیستم هر عدد متناسب با مکانی که در آن قـرار می گیرد (یا موقعیت رقم) ارزش خاصی پیدا می‌کنـد به عنوان مثال عدد باینـری ۱۰۰۱۱ ، دارای ارزش مکانی و ضرایب به صورت زیر است:

$$۱۰۰۱۱=۱\times۲^{۴}+۰\times۲^{۳}+۰\times۲^{۲}+۱\times۲^{۱}+۱\times۲^{۰}$$

$$(۱۰۰۱۱)_{۲}=۱۶+۰+۰+۲+۱=(۱۹)_{۱۰}$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

تمرین کلاسی ۷ :

عدد باینری $(11001)_2$ را به مبنای اعشاری تبدیل کنید.

درجدول ۳۶-۹ معادل باینری اعداد اعشاری ۰ تا ۱۵ نشان داده شد است .

جدول ۳۶-۹

باینری	اعشاری
۰	۰
۱	۱
۱۰	۲
۱۱	۳
۱۰۰	۴
۱۰۱	۵
۱۱۰	۶
۱۱۱	۷
۱۰۰۰	۸
۱۰۰۱	۹
۱۰۱۰	۱۰
۱۰۱۱	۱۱
۱۱۰۰	۱۲
۱۱۰۱	۱۳
۱۱۱۰	۱۴
۱۱۱۱	۱۵

در سیستم اعداد باینری به هر هشت بیت یک بایت (Byte) می گویند. واحد بزرگ تر از بایت ، کیلوبایت معادل ۱۰۲۴ بایت است .

ویژه‌ی دانش آموزان علاقه‌مند:

۹-۹-۴ سیستم های دیگر اعداد

سیستم های اعداد اکتال و هگزادسی مال نیز وجود دارند که این جا به طور مختصر به شرح آن می پردازیم . درسیستم اکتال مبنای عددنویسی عدد۸ است ودارای۸علامت (۰،۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷) است . سیستم هگزادسی مال نیزمساوی ۱۶ تعریف می شود و در آن ۱۶ علامت (۰،۱،۲،۳،...،A،B،C،D،E،F) وجود دارد . در این سیستم برای نمایش اعداد بزرگتراز ۹ و کمتر از ۱۶ از علامت‌های (A،B،C،D،E و F) استفاده می کنیم .مثلاً عدد ۱۰ را نمی‌توانیم به همین صورت نشان دهیم ، چون یک عدد دو رقمی است که هم صفر و هم یک دارد و با صفر و یک اصلی اشتباه می شود. به همین دلیل از حروف به شرح زیر استفاده می کنیم F=۱۵، E=۱۴، D=۱۳، C=۱۲، B=۱۱ و A=۱۰ در جدول ۳۷-۹ سه سیستم اکتال ، هگزادسی مال و اعشاری با یکدیگر مقایسه شده‌اند .

جدول ۳۷-۹

هگزادسی مال(۱۶)	اکتال (۸)	اعشاری (۱۰)
۰	۰	۰
۱	۱	۱
۲	۲	۲
۳	۳	۳
۴	۴	۴
۵	۵	۵
۶	۶	۶
۷	۷	۷
۸	۱۰	۸
۹	۱۱	۹
A	۱۲	۱۰
B	۱۳	۱۱
C	۱۴	۱۲
D	۱۵	۱۳
E	۱۶	۱۴
F	۱۷	۱۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

برای تبدیل اعداد در مبنای اکتال و هگزا دسی مال به اعداد اعشاری همان روشی که در تبدیل اعدادباینری به اعداداعشاری استفاده شد را به کار می بریم. در این روش همان طور که قبلاً گفته شده است از ارزش مکانی ارقام استفاده می کنیم .

مثال ۸ : عدد اکتال ۷۲۳ را در سیستم اعشاری بنویسید.

حل : $(۷۲۳)_{۸}=۷\times۸^{۲}+۲\times۸^{۱}+۳\times۸^{۰}=(٤٦٧)_{۱۰}$

مثال ۹ : عدد هگزا دسی مال ۵A۱ را در سیستم اعشاری بنویسید.

حل :

$$(۵A۱)_{۱٦}=۵\times۱٦^{۲}+A\times۱٦^{۱}+۱\times۱٦^{۰}$$
$$=۵\times۲۵٦+۱۰\times۱٦+۱$$
$$=(۱٤٤۱)_{۱۰}$$

۵-۹-۹ کد BCD: بعضی از ماشین های محاسبه گر الکترونیکی عملیات ریاضی را در کد BCD (Binary Coded Decimal) انجام می دهند .

در کد BCD هر رقم دهدهی را با چهار بیت باینری معادل آن نشان می دهند .

مثال ۱۰ : معادل باینری و BCD اعداد اعشاری ۳،۹ و ۵ را بنویسید .

حل :

$(۳)_{۱۰}=(۱۱)_{۲}=(۰۰۱۱)_{BCD}$

$(۹)_{۱۰}=(۱۰۰۱)_{۲}=(۱۰۰۱)_{BCD}$

$(۵)_{۱۰}=(۱۰۱)_{۲}=(۰۱۰۱)_{BCD}$

در جدول ۳۸-۹ تفاوت نمایش ارقام دهدهی صفر تا ۹ به صورت باینری و BCD نشان داده شده است .

جدول ۳۸-۹

عدد BCD	عدد باینری	عدد دهدهی
۰۰۰۰	۰	۰
۰۰۰۱	۱	۱
۰۰۱۰	۱۰	۲
۰۰۱۱	۱۱	۳
۰۱۰۰	۱۰۰	۴
۰۱۰۱	۱۰۰	۵
۰۱۱۰	۱۰۱	۶
۰۱۱۱	۱۱۱	۷
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۸
۱۰۰۱	۱۰۰۱	۹

توجه :
در کد BCD وزن های مختلفی وجود دارد که در این کتاب فقط از وزن ۱ ، ۲ ، ۴ ، ۸ آن استفاده می شود .

ویژه‌ی دانش آموزان علاقه‌مند:

آیا می دانید برای کد کردن حروف الفبای فارسی به چند بیت نیاز است ؟ از چه رابطه ای تعداد بیت‌ها به دست می آید ؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی (۳-۹)
سیستم‌های اعداد

۱- معادل باینری اعداد اعشاری ۰ تا ۱۵ را در جدول ۳۹-۹ بنویسید.

جدول ۳۹-۹

باینری	اعشاری
	۰
	۱
	۲
	۳
	۴
	۵
	۶
	۷
	۸
	۹
	۱۰
	۱۱
	۱۲
	۱۳
	۱۴
	۱۵

۲- عدد ۱۶ در مبنای دهدهی معادل چه عددی در مبنای باینری است ؟

$(16)_{10}=(.....)_{2}$

۳- عدد $(۱۱۰۰۱۱)_{۲}$ در مبنای ۲ را به مبنای اعشاری تبدیل کنید .

$(۱۱۰۰۱۱)_{۲}=(.....)_{10}$

۴- در عدد باینری $(۱۱۰)_{۲}$ کم ارزش ترین بیت و با ارزش‌ترین بیت کدام است ؟

$(۱۱۰)_{۲}$

۵- ارزش مکانی و ضرایب اعداد نشان داده شده در عدد باینری $(۱۱۰۰۱۱)_{۲}$ را بنویسید

۱ ۱ ۰ ۰ ۱ ۱

۶- در کد BCD هر رقم دهدهی را با (چهار❐ ، دو❐) بیت باینری نشان می‌دهند.

۷- معادل کد BCD اعداد دهدهی $(۹)_{10}$ و $(۱۲)_{10}$ را بنویسید.

۸- در سیستم اعداد باینری یک کیلو بایت معادل چند بایت است؟

۹- عدد باینری ۱۱۰۱۱۰ را به عدد اعشاری تبدیل کنید.

۱۰- در سیستم اعداد باینری به هر هشت بیت یک بایت (Byte) می گویند.

صحیح❐ غلط❐

CarGeek.Live

CarGeek.Live

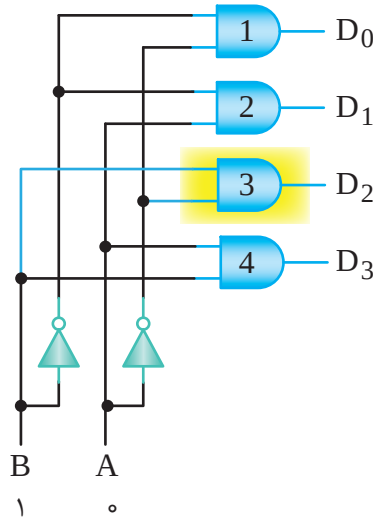
قبل از شروع قسمت چهارم فصل (۹) به سوالات پیش آزمون ۴-۹ پاسخ دهید.

قسمت چهارم

۹-۱۰ مدارهای ترکیبی (رمزگشا و رمزگذار)

۹-۱۰-۱ مدارهای رمزگشا (Decoder)

برای دریافت اطلاعات از دستگاه های محاسباتی دیجیتالی مداری مورد نیاز است که اطلاعات را از حالت دودویی به اعشاری تبدیل کند. خروجی این مدارها معمولاً به نمایشگرها متصل می شود. این تبدیل کننده ها را رمزگشا و عملی که انجام می دهند را رمز گشایی می نامند. در شکل ۹-۷۰ یک رمزگشایی ۴←۲ (بخوانید ۲ به ۴) و در جدول ۹-۴۰ جدول صحت آن نشان داده شده است .



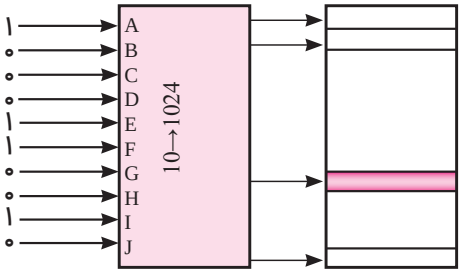
شکل ۹-۷۰ مدار رمزگشای ۴←۲

جدول ۹-۴۰ جدول صحت مدار رمزگشا

B	A	D_0	D_1	D_2	D_3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

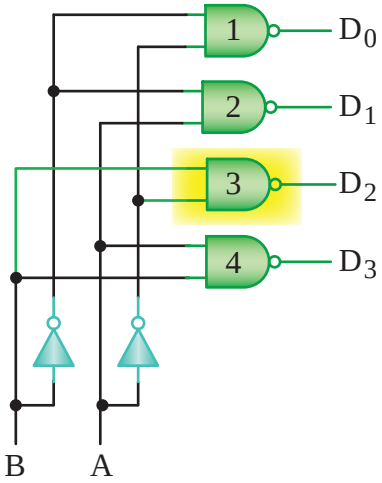
ورودی های A و B را ورودی های آدرس و خروجی های D_0 ، D_1، D_2، D_3 را خروجی های داده می نامیم. همان طور که در شکل دیده می شود ، خروجی دروازه شماره ۱ فقط به ازای ترکیب ورودی BA=۰۰ فعال می شود (۱ می شود) یعنی $D_0=\overline{A}\,\overline{B}$ به همین ترتیب می توانیم بنویسیم $D_1=A\overline{B}$، $D_2=\overline{A}B$، $D_3=AB$

از رمزگشا ها برای آدرس دهی اجزای مختلف یک سیستم (گیرنده یا فرستنده اطلاعات) نیز استفاده می شود، مثلاً اگر بخواهیم کلمه ای را در یک سطر معین حافظه بنویسیم یا آن را از سطر معینی از حافظه بخوانیم ، نخست باید محل سطر مورد نظر را مشخص کنیم در شکل ۹-۷۱ با استفاده از عدد باینری (۳۰۵)=(۰۱۰۰۱۱۰۰۰۱) ، سطر سیصد و پنجم از یک حافظه با ظرفیت ۱۰۲۴ کلمه آدرس دهی شده است .



شکل ۹-۷۱ آدرس دهی مکان یک کلمه معین از حافظه

ممکن است رمز گشا با دروازه‌های NAND ساخته شده باشد .در این صورت، حالت فعال خروجی ها «۰» خواهد بود. در شکل ۹-۷۲ یک رمزگشای ۴←۲ نشان داده شده است. جدول ۹-۴۱ جدول صحت دکودر ۴←۲ با حالت فعال Low را نشان می دهد.



شکل ۹-۷۲ رمزگشای ۴←۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

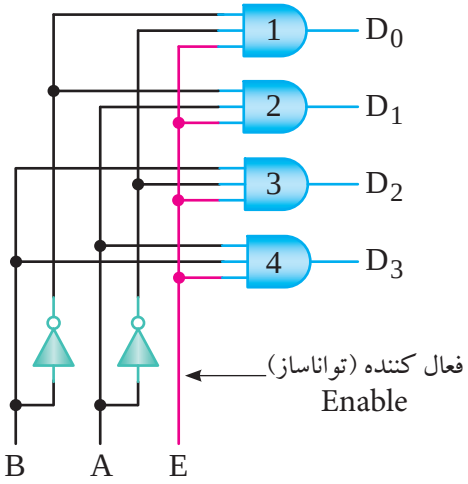
جدول ۴۱-۹ جدول صحت رمزگشای ۴-۲

B	A	D_0	D_1	D_2	D_3
۰	۰	۰	۱	۱	۱
۰	۱	۱	۰	۱	۱
۱	۰	۱	۱	۰	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۰

همان طور که در شکل نشان داده شد، دروازه‌ی شماره ۳ در حالت فعال است و ورودی های این دروازه از $\overline{A}$ و B گرفته شده است .

در بعضی از رمزگشاها علاوه بر ورودی های آدرس ، یک ورودی فعال کننده (Enable) (تواناساز) نیز پیش بینی شده است. اگراین ورودی در حالت غیر فعال نگه داشته شود، رمزگشایی انجام نخواهد شد .

درشکل ۷۳-۹ یک رمزگشا ۴←۲ باخط تواناساز را به همراه جدول صحت آن در جدول ۴۲-۹ مشاهده می کنید .



شکل ۷۳-۹ رمزگشا ۴←۲ با خط تواناساز

جدول ۴۲-۹ رمزگشا ۴←۲ با خط تواناساز

E	B	A	D_0	D_1	D_2	D_3
0	X	X	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1

نکته مهم:

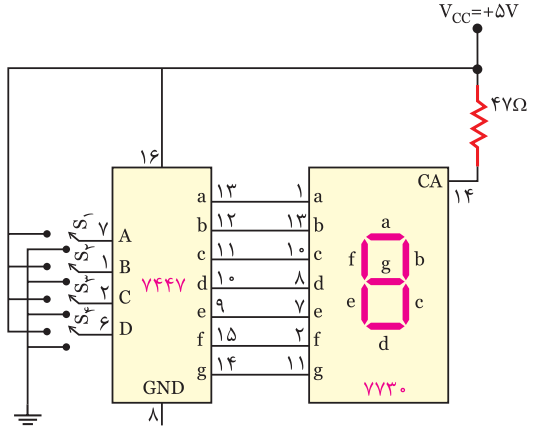
در آی سی ها از کلمات Enable و Disable استفاده می کنند. کلمه Enable به معنی فعال کننده و Disable به معنی غیر فعال کننده به کار می رود .

با توجه به جدول صحت ۴۲-۹ هر گاه یک ورودی را با X نشان دهند به معنای این است که اگر ارزش منطقی این ورودی صفر یا یک باشد برای خروجی مدار بی تفاوت است. در سطر اول جدول صحت چون ورودی E در صفر منطقی قرار گرفته است عمل رمزگشایی انجام نمی شود .

معرفی یک نمونه مدار رمزگشا (Decoder)

یک نمونه از مدارهای رمزگشا که در سیستم های دیجیتالی کاربرد دارد ، دیکو در BCD به هفت قطعه ای (7.Seg) است .

این رمز گشا عدد BCDداده شده را به کد هفت رقمی معادل آن برای راه اندازی هفت قطعه ای (7.Seg) تبدیل می کند .در شکل ۷۴-۹ مدار یک دیکو در BCD به 7.Seg نشان داده شده است . در این مدار آی سی ۷۴۴۷ یک آی سی دیکودر BCD به 7.Seg است .



شکل ۷۴-۹ مدار رمزگشای BCD به 7.Seg

CarGeek.Live

CarGeek.Live

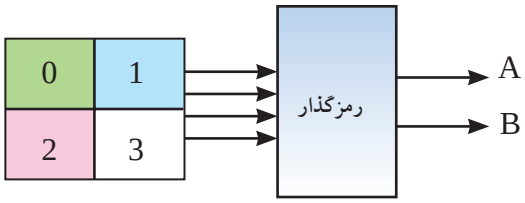
آی سی ۷۷۳۰ نمایشگر هفت قسمتی آند مشترک است. پایه ۱۴ آند مشترک (common anode) ورودی مشترک برای تمام LED هاست.

در این مدار کلیه کلیدها S۱،S۲،S۳،S۴ ورودی های آی سی هستند و پایه های a،b،c ، d،e،f،g خروجی های آی سی می باشند ، که به7.Seg اتصال می یابند.

تمرین کلاسی ۸ :

یک رمزگشا با ۸ خط خروجی دارای چند خط آدرس است؟

در شکل ۷۶-۹ بلوک دیاگرام یک رمزگذار ۲←۴ به همراه جدول صحت این رمزگذار نشان داده شده است.



شکل ۷۶-۹ بلوک دیاگرام رمزگذار ۲←۴

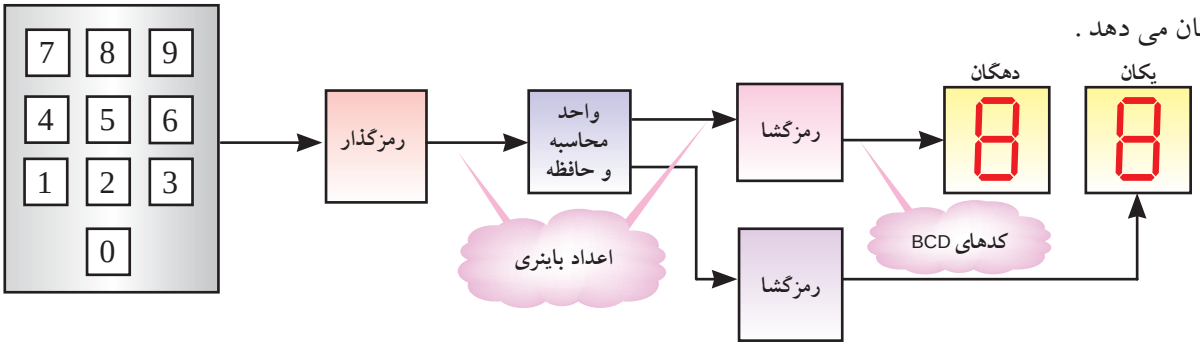
جدول ۴۳-۹ جدول صحت رمز گذار ۲←۴

I_3	I_2	I_1	I_0	B	A
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1

همان طور که مشاهده می کنید ، یک صفحه کلید با شماره‌های صفر تا سه را می توان به دو خط باینری، تبدیل کرد. در هر لحظه باید فقط یکی از ورودی های رمزگذار در حالت فعال قرار گیرد تا درست عمل کند. مدار رمزگذار ۲←۴ را می توان مطابق شکل ۷۷-۹ طراحی کرد. چنانچه کلید ۳ فشرده شود ورودی گیت های OR برابر «۱» منطقی می شود و عدد باینری سه «۱۱» را در خروجی رمز گذار ایجاد می کند .

۹-۱۰-۲ مدارهای رمزگذار (Encoder)

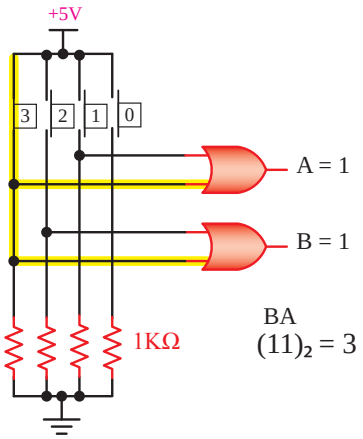
اعدادی که به کامپیوتر یا سامانه‌ی دیجیتالی داده می‌شود در سیستم دهدهی هستند. چون کامپیوتر با اعداد باینری کار می کند اعداد دهدهی باید به اعداد باینری تبدیل شوند. مداری که اطلاعات را از حالت دهدهی به باینری تبدیل می کند، رمزگذار نام دارد ، شکل ۷۵-۹ یک سامانه ی دیجیتالی را نشان می دهد .



شکل ۷۵-۹ یک سامانه دیجیتال

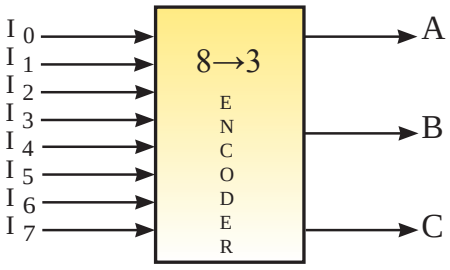
CarGeek.Live

CarGeek.Live



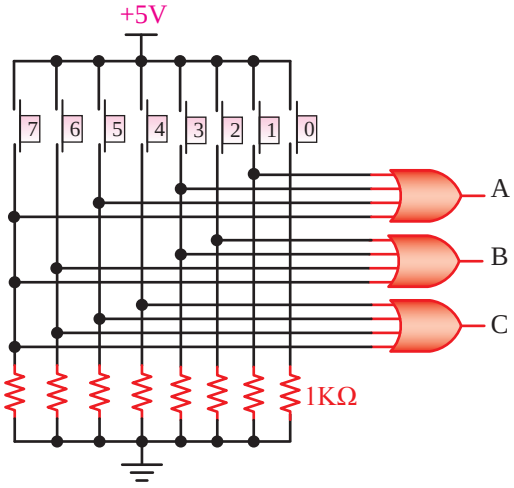
شکل ۹-۷۷ مدار رمزگذار ۲←۴

در شکل ۹-۷۸ دیاگرام یک رمزگذار ۳←۸ (بخوانید ۸ به ۳) نشان داده شده است .



شکل ۹-۷۸ بلوک دیاگرام رمز گذار ۳←۸

مدار این رمزگذار در شکل ۹-۷۹ رسم شده است .



شکل ۹-۷۹ مدار رمزگذار ۳←۸

همان گونه که در شکل ۹-۷۹ مشاهده می کنید ، با فشردن هر کلید ، افت ولتاژ دو سرمقاومت های ۱kΩ ، حدوداً ۵ ولت می شود و یکی از ورودی‌های گیت OR در سطح یک منطقی قرار می گیرد. در این وضعیت خروجی گیت OR نیز در وضعیت یک منطقی است .

۹-۱۱ آزمایش شماره ۳

زمان اجرا : ۲ ساعت آموزشی

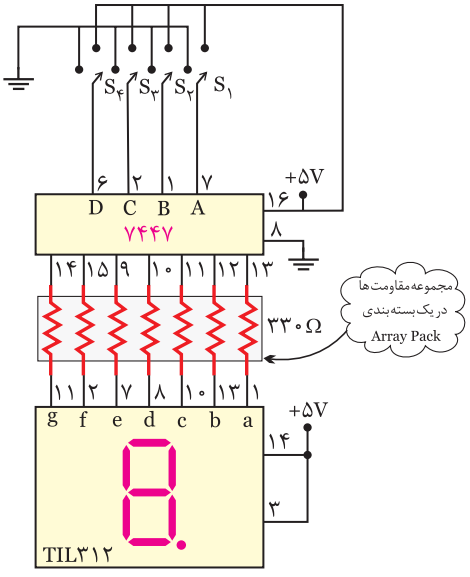
۹-۱۱-۱ هدف آزمایش : بررسی عملکرد مدار رمز گشا (BCD به 7.Seg)

۹-۱۱-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۳۰-۰ ولت ۱A	یک دستگاه
۲	دی کودر BCD به 7.Seg	یک عدد
۳	برد مدار چاپی آزمایش	یک قطعه
۴	سیم رابط	به مقدار لازم
۵	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه

۹-۱۱-۳ مراحل اجرای آزمایش

- وسایل و قطعات مورد نیاز را آماده کنید
- مدار شکل ۹-۸۰ را که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است ، بررسی کنید .



شکل ۹-۸۰ مدار آزمایش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ اگرمنبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای ولتاژ ثابت ۵ ولت اســت از آن برای تغذیه آی سی استفاده کنید در غیر ایــن صورت ابتدا منبــع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم وســپس آن‌را به مدار وصل کنید.

به یاد داشته باشید که :

ولتــاژ تغذیه IC، ولتاژ ســطح منطقی یک اســت و ولتاژ زمین (GND) ولتاژ سطح منطقی صفر است .

اگــر کلیدهای S_1 تــا S_4 در حالت ۱ قــرار گیرند ، ولتاژ ۵ ولــت به ورودی آی ســی ۷۴۴۷ می رســد . چنان چه این کلیدها در حالت صفر باشــند ، صفر ولت یــا صفر منطقی به ورودی آی ســی ۷۴۴۷ داده می شود . مثلاً برای نمایش عدد 5 بــر روی 7.Seg ، کلیدهــای S_1 و S_3 در وضعیــت یک و کلیدهــای S_2 و S_4 در وضعیت صفر قــرار می گیرند. عدد باینری ۰۱۰۱ معادل عدد دسیمال ۵ است .

■ با قراردادن کلیدهای S_1 تا S_4در حالت های مختلف، جدول ۹-۴۴ را تکمیل کنید و عدد نمایش داده شده بر روی هفت قطعه ای 7.Seg را در جدول یادداشت نمایید .

جدول ۹-۴۴

S_4	S_3	S_2	S_1	8
۰	۰	۰	۰	
۰	۰	۰	۱	
۰	۰	۱	۰	
۰	۰	۱	۱	
۰	۱	۰	۰	
۰	۱	۰	۱	5
۰	۱	۱	۰	
۰	۱	۱	۱	
۱	۰	۰	۰	
۱	۰	۰	۱	

سوال ۲۷ : برای نمایش عــدد 7 (هفت) کدام یــک از کلیدهای S_1 تا S_4در وضعیت یــک منطقی و کدام یک در وضعیت صفر قرار می گیرند؟ توضیح دهید .

سوال ۲۸ : در حالتی که وضعیت کلیدهــای S_1 تا S_4 مطابق جدول ۹-۴۵ باشند ، ورودی های a، b، c، d، e، f وg دارای چه سطح منطقی از ولتاژ هستید ؟

در جدول ۹-۴۵ یادداشت کنید

جدول ۹-۴۵

S_4	S_3	S_2	S_1	a	b	c	d	e	f	g
۱	۰	۰	۱							

۹-۱۱-۴ نتایج آزمایش

نتایــج حاصل از آزمایش را در ۴ ســطر بــه طور خلاصه بنویسید.

CarGeek.Live

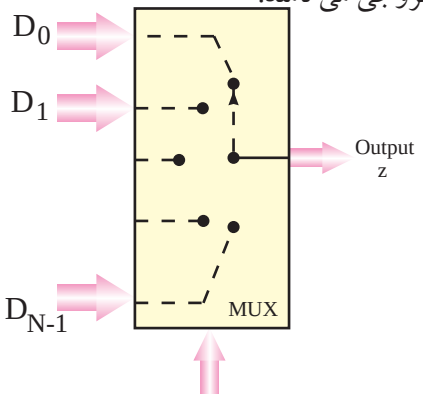
CarGeek.Live

بخش دوم

مدارهای ترکیبی(مالتی پلکسر و دی مالتی پلکسر)

۹-۱۲ مدارهـــای متمرکز کننده یا تســـهیم کننده (Multiplexer)

مالتی پلکســر یکــی از پرکاربردتریــن مدارهای ترکیبی اســت که مانند یــک انتخــاب کننــده (Selector) عمل مــی کند. این مدار با توجه به آدرســی که بــرای آن انتخاب می‌شود ، به یکی از ورودی ها اجازه عبور می دهد. به عبارت دیگر ، عملکرد آن شــبیه یک کلید چند حالته اســت با این تفاوت که حالت کلید به صورت دیجیتالی انتخاب می شــود. دیاگرام عملیاتی یک مالتی پلکســر در شــکل ۹-۸۱ نشــان داده شده اســت . ورودی های انتخاب حالت را ورودی های آدرس (Address input) و ورودی هــای اصلــی مالتــی پلکســر ورودی های داده (Data input) و خروجی مالتی پلکسر همان تابع خروجی است که آن را به اختصار خروجی تابع یا خروجی می نامند.



ورودی های آدرس یا انتخاب

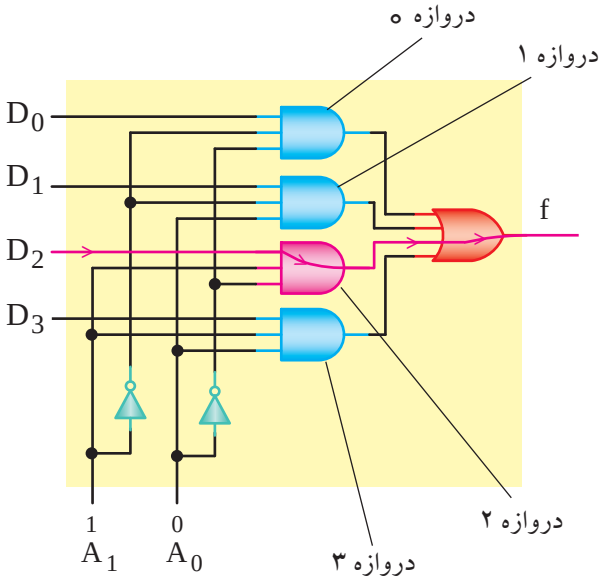
شکل ۹-۸۱ دیاگرام یک مالتی پلکسر

در شــکل ۹-۸۲ مدار یک مالتی پلکســر ۱←۴ (بخوانید ۴ به ۱) نشــان داده شده اســت . در این شکل **ورودی های اصلی مالتی پلکسر با D_0،D_1،D_2،D_3** ورودی های آدرس آن با A_0،A_1 و **خروجی مدار با F** مشخص شده است.

با توجه به شکل ۹-۸۲ معادله بولی تابع F را می نویسیم

$$F=\bar{A}_1\bar{A}_0D_0+\bar{A}_1A_0D_1+A_1\bar{A}_0D_2+A_0A_1D_3$$

مثال ۱۱ : به چه دلیــل برای عبور اطلاعــات مربوط به D_2رابطه خروجی به صورت $A_1\bar{A}_0D_2$ است توضیح دهید؟



شکل ۹-۸۲ مدار متمرکز کننده ۱←۴

در تابع F_1 بــرای مثال حالــت A_0=۰و A_1=۱ را انتخاب می کنیم. دراین حالت فقط جمله ی A_1A_0 برابر «۱» است لذا خواهیم داشت:

$$F=0\times D_0+0\times D_1+1\times D_2+0\times D_3=D_2$$

یعنــی F عیناً از D_2 تبعیت می کنــد به عبارت دیگر اگر آدرس A_1A_0=۱۰ داده شود ، فقط دروازه‌ی شماره ۲ را برای عبورD_2 بازمی کنــد ، بقیه ی حالت های تابع را نیز به همین ترتیب می توانیم مشخص کنیم .

تمرین کلاسی ۹

برای باز شدن دروازه منطقی شماره ۱ و عبور D_1 خطوط آدرس A_1A_0 چه حالتی دارند ؟

تمرین کلاسی ۱۰ :

اگــر ورودی هــای آدرس A_1=۱و A_0=۱باشــد، کــدام خروجی‌ها فعال می شود ؟ توضیح دهید.

CarGeek.Live

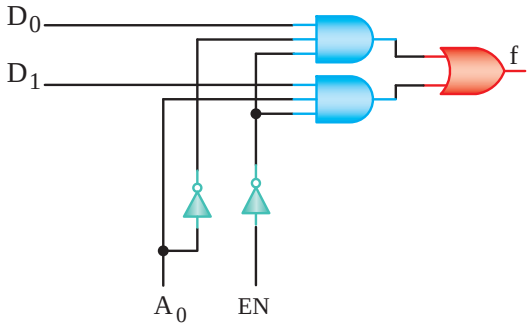
CarGeek.Live

دراغلب مالتی پلکسر ها علاوه بر ورودی های آدرس، یک خط کنترل اضافی نیز پیش بینی شده است. این ورودی اضافی رابا نام های فعال ساز(تواناساز) Enable مشخص می کنند.

چنان چه این ورودی در یک حالت از پیش تعریف شده «۰»یا «۱» باشد ، همه دروازه‌های AND را مسدود می سازد و از انتقال اطلاعات ورودی به خروجی مدار جلوگیری می کند. به عبارت دیگر این ورودی مقدم بر ورودی های آدرس است. در شکل ۸۳ - ۹یک مالتی پلکسر ۱ → ۲با ورودی تواناساز و در جدول۴۶ - ۹جدول صحت آن نشان داده شده است.

جدول۴۶ - ۹جدول صحت مالتی پلکسر ۱ → ۲

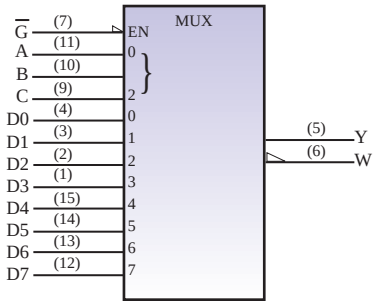
A_0	EN	F
×	۱	۰
۰	۰	D_0
۱	۰	D_1



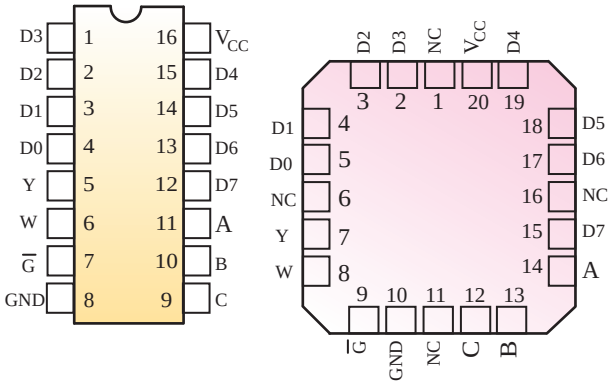
شکل ۸۳-۹ مدار یک مالتی پلکسر ۱ → ۲

در شکل ۸۴-۹ مدار یک مالتی پلکسر ۱ → ۸ که به شماره تجارتی ۷۴۱۵۱ به بازار عرضه می شود را مشاهده می کنید در شکل ۸۴-۹ -الف نماد واستاندارد آی سی ، در شکل ۸۴-۹ -ب تصویر IC از بالا و شماره پایه های آن نشان داده شده است. این آی سی در دو نوع Dual (موازی) و Flat (تخت) ساخته می شود .

در شکل ۸۵-۹ مدار داخلی آی سی مالتی پلکسر ۱ → ۸ نشان داده شده است .



الف- نماد استاندارد

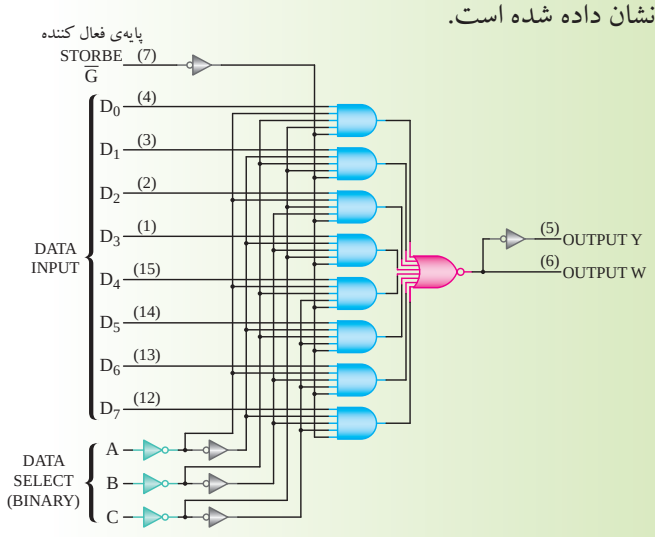


ب- تصویر از بالا و شماره پایه ها

شکل ۸۴-۹ آی سی مالتی پلکسر

ویژه هنرجویان علاقه مند:

در شکل ۸۵-۹ مدار داخلی آی سی مالتی پلکسر ۱ → ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸۵-۹ مدار داخلی مالتی پلکسر ۱ → ۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

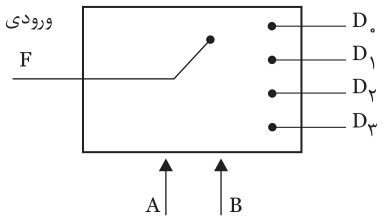
جدول صحت آی سی SN ۷۴۱۵۱ را در جدول ۹-۴۷ مشاهده می کنید. خروجی W معکوس خروجی Y است .

جدول ۹-۴۷ جدول صحت مالتی پلکسر SN ۷۴۱۵۱

Input				Output	
Select			Strobe		
C	B	A	$\overline{G}$	y	w
X	X	X	H	L	H
L	L	L	L	D_0	$\overline{D_0}$
L	L	H	L	D_1	$\overline{D_1}$
L	H	L	L	D_2	$\overline{D_2}$
L	H	H	L	D_3	$\overline{D_3}$
H	L	L	L	D_4	$\overline{D_4}$
H	L	H	L	D_5	$\overline{D_5}$
H	H	L	L	D_6	$\overline{D_6}$
H	H	H	L	D_7	$\overline{D_7}$

۹-۱۳ دی مالتی پلکسر یا پخش کننده (Demultiplexer)

دی مالتی پلکسر مداری است که اطلاعات را از یک خط در ورودی خود دریافت می کند و آن را به یکی از 2^n خط خروجی انتقال می دهد . انتخاب یک خط خروجی توسط m خط انتخاب کننده (Selector line) تعیین می شود . شکل ۹-۸۶ بلوک دیاگرام یک دی مالتی پلکسر را نشان می دهد . بلوک دیاگرام ، مدار را مانند کلیدی نشان می دهد که ورودی f را با فرمانی که از دو خط A و B می گیرد . به یکی از خروجی های D_0 تا D_3 انتقال می دهد .



m=۲ خط کنترل(انتخاب‌کننده‌ها)

شکل ۹-۸۶ بلوک دیاگرام دی مالتی پلکسر

با انتخاب AB=۰۰ اطلاعات ورودی F به خط خروجی D_0 انتقال می یابد . با انتخاب AB=۰۱ اطلاعات ورودی F به خط خروجی D۱ و با انتخاب AB=۱۰ به D۲ و با انتخاب AB=۱۱ به D۳ انتقال می یابد با توجه به نکات بیان شده می توان جدول صحت دی مالتی پلکسر فوق را به صورت جدول ۹-۴۸ نشان داد .

جدول ۹-۴۸

انتخاب گرها		خروجی ها			
A	B	D_0	D_1	D_2	D_3
۰	۰	F	۰	۰	۰
۰	۱	۰	F	۰	۰
۱	۰	۰	۰	F	۰
۱	۱	۰	۰	۰	F

با توجه به جدول، تابع منطقی هر خروجی به صورت زیر نوشته می شود

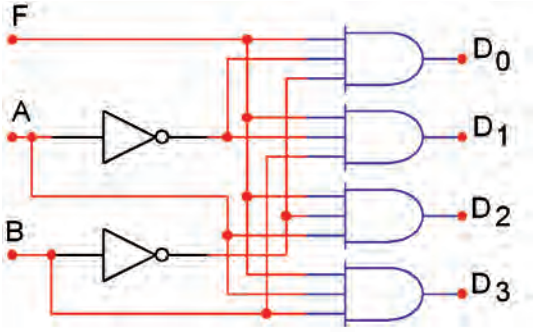
$D_0=\overline{A}\,\overline{B}F$

$D_1=\overline{A}BF$

$D_2=A\overline{B}F$

$D_3=ABF$

مدار این دی مالتی پلکسر با توجه به رابطه منطقی D_0 تا D_3 مانند شکل ۹-۸۷ است .

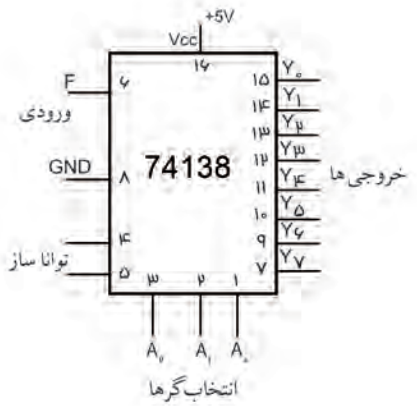


شکل ۹-۸۷ دی مالتی پلکسر ۴←۱

آی سی ۷۴۱۳۸ یک دی مالتی پلکسر ۸←۱ با سه خط انتخاب گر است. شکل ۹-۸۸ مدار این آی سی را نشان می دهد .

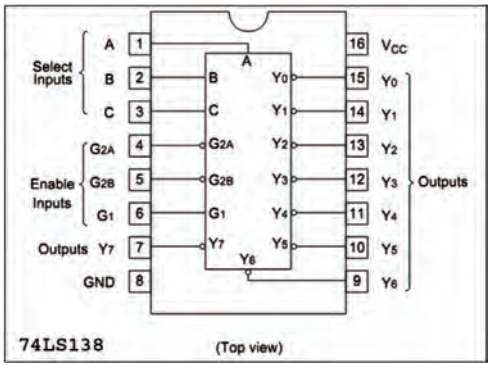
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۸۸-۹ مشخصات پایه های آی سی دی مالتی پلکسر

تصویر پایه‌های آی‌سی از بالا به صورت شکل ۸۹-۹ است.



شکل ۸۹-۹ تصویر از بالا و شماره پایه ها

به طور کلی دی مالتی پلکسر در مواردی که اطلاعات از یک منبع دریافت می شود و در چند منبع دیگر قرار می گیرد، بـه کار می رود. بـرای مثال می تـوان قـرار دادن اطلاعات خروجی از یک رایانه به چند ترمینال را ذکر کرد .

توجه

شماره آی سی بیان شده در این فصل جهت آشنایی با مدار داخلی آن هـا اسـت و نبایـد اطلاعات مربوط به شماره آی سی و شماره پایه های آن را به خاطرسپرد .

در صـورت نیاز بـه برگه های اطلاعات کـه در Data book وجـوددارد مراجعـه کنید . همچنیـن در آزمون ها با ارائه نقشه می توان مشخصات فنی را مورد سؤال قرار داد.

۹-۱۴ آزمایش شماره ۴

زمان انجام آزمایش : ۲ ساعت

۹-۱۴-۱ هدف آزمایش : بررسی عملکرد مدار مالتی پلکسر

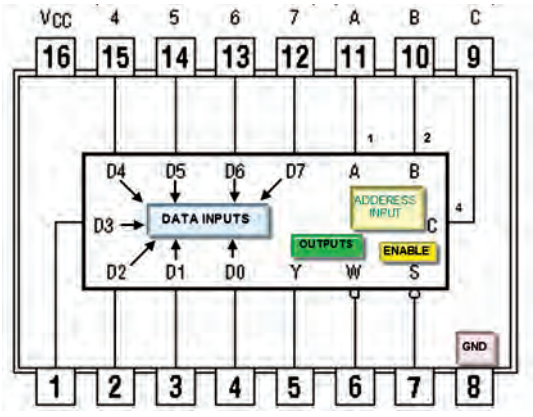
۹-۱۴-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۳۰-۰ ولت ۱A	یک دستگاه
۲	بردبرد یا برد آزمایشگاهی	یک عدد
۳	دیود نوردهنده LED	یک عدد
۴	مقاومت ۱۵۰Ω و ۴۷۰Ω/$\frac{۱}{۴}$ وات	از هر کدام یک عدد
۵	آی سی ۷۴۱۵۱	یک عدد
۶	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۹-۱۴-۳ مراحل اجرای آزمایش :

الف : شناسـایی پایه های آی سی مالتی پلکسر ۱←۸

- آی سـی ۷۴۱۵۱ ، مالتی پلکسـر ۱←۸ است. نماد و شماره پایه های آی سی مطابق شکل ۹۰-۹ است .



شکل ۹۰-۹ شماره ی پایه های آی سی

- آی سـی ۷۴۱۵۱ را در اختیار بگیرید و شـکل آن را رسم کنید

CarGeek.Live

CarGeek.Live

محل ترسیم :

■ اطلاعات روی آی سی را بنویسید.

■ پایه های آی سی را شناسایی کنید و کار هر پایه را به اختصار در جدول ۴۹-۹ شرح دهید .

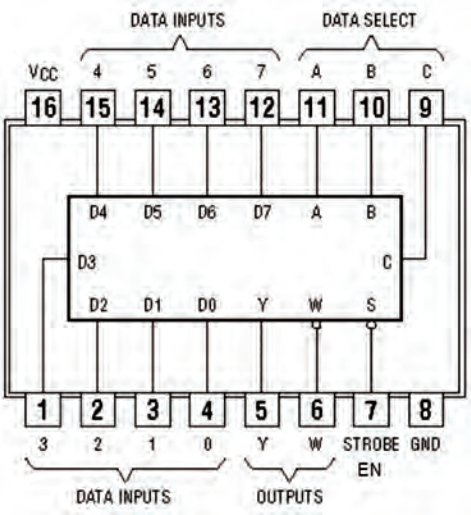
جدول ۴۹-۹

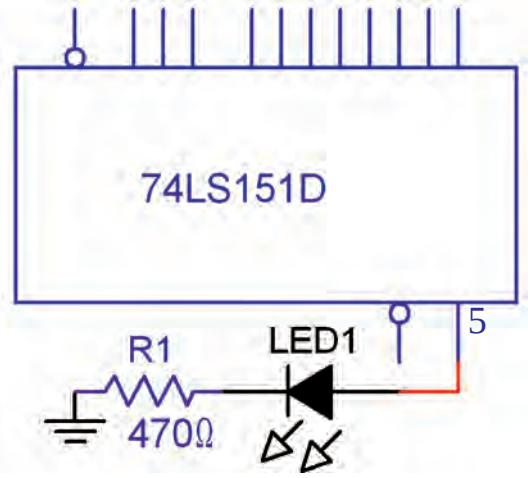
شماره پایه	کار هر پایه به اختصار
۱	
۲	
۳	
٤	
٥	
٦	
۷	
۸	
۹	
۱۰	
۱۱	
۱۲	
۱۳	
١٤	
١٥	
١٦	

ب : بررسی عملکرد آی سی مالتی پلکسر

■ مدار شکل ۹۱-۹ را روی برد برد ببندید.

Vcc=+ ٥volt





شکل ۹۱-۹ آی سی مالتی پلکسر

■ تغذیه ی مدار را به آی سی وصل کنید(پایه‌ی ۸ به زمین الکتریکی و پایه‌ی ۱۶به ٥+ ولت وصل شود).
پایه ی ۷ (EN) را آزاد قرار دهید و یا به ٥+ ولت وصل کنید.

■ آدرس A=۰ ، B=۰ و C=۰ را انتخاب کنید . برای این منظـور پایه های ۹ ، ۱۰ و ۱۱را به زمین الکتریکی وصل کنید در این حالت زمانی که EN=۰ شود اطلاعات ورودی Dبه

CarGeek.Live

CarGeek.Live

خروجی منتقل می شود.

■ D_0 را زمین کنید و EN=۰ قرار دهید در این حالت سطح ولتاژ پایه ۵ (خروجی) ۰ منطقی و LED خاموش است . این مطلب را تحقیق کنید و نتایج راياداشت نمائید .

■ D_0 را برابر (۱) منطقی قرار دهید. برای این منظور D_0 را ۵+ ولت وصل کنید. سطح ولتاژ پایه ی (۵) و وضعیت LED را مورد بررسی قرار دهید و نتایج را یادداشت کنید.

■ آدرس ABC را برابر ۱۰۱ انتخاب کنید.

اطلاعات کدام ورودی توسط آدرس فوق به خروجی انتقال پیدا می کند ؟

■ ورودی مورد نظر رادر سطح ولتاژ ۰ و۱ قرار دهید و در هر مرحله EN=۰ قرار دهید و سطح ولتاژ خروجی و وضعیت LED را مورد بررسی قرار داده و نتایج را یادداشت کنید .

سوال ۲۹ : اگر آدرس ABC =۱۱۰ باشد اطلاعات کدام ورودی به خروجی انتقال پیدا می کند ؟

سوال ۳۰ : اگر با اطلاعات پایه شماره ۱۲ به خروجی انتقال یابدآدرس ABC را بنویسید

۴-۱۴-۹ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از این آزمایش را به طور خلاصه در چند سطر بنویسید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۴-۹)
مدارهای ترکیبی

۱- یک دیکودر با سه خط آدرس در ورودی دارای چند خط خروجی است ؟

۲- یک 7.Segment با نقطه‌ی اعشار دارای چند LED است ؟

۳- اگر مدار رمز گشـــا از گیت های NAND ساخته شـــده باشند در این صورت حالت فعال خروجی ها (صفر ❐ ، یک ❐) خواهد بود.

٤- در مدارهای رمزگشـــایی کـــه دارای ورودی فعال کننده (enable) هســـتند ، اگر این ورودی غیرفعال باشد رمزگشایی انجام نخواهد شد.

صحیح ❐ غلط ❐

۵- مدار دیکودر اطلاعات (دهدهی ❐ باینری ❐) در ورودی رابه اطلاعات (دهدهی ❐ باینری ❐) در خروجی تبدیل می کند .

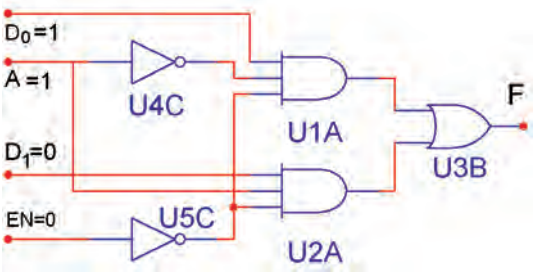
٦- در مدار رمزگذار درهر لحظه فقط یکی از ورودی‌های مدار در حالت فعال می باشد

صحیح ❐ غلط ❐

۷- مهـــم ترین کاربرد رمزگشـــا آدرس دهی به حافظه است.

(صحیح ❐ غلط ❐)

۸- نام مدار شکل ۹۲-۹ ..... است و مقدار خروجی مدار ۹۲-۹ برابر (صفر ❐ یک ❐) منطقی است .



شکل ۹۲-۹

۹- برای بردن اطلاعات ثبت شده از یک حافظه رایانه به چندین ترمینال خروجی از مدار (مالتی پلکسر ❐ دی‌مالتی پلکسر ❐)استفاده می‌کنیم.

۱۰- کلمات enable و disable در آی سی ها به چه معنا است ؟

۱۱- برای راه اندازی هفـــت قطعه ای 7.Segment از چه مداری استفاده می شود ؟

۱۲- بلو ک دیاگرام مربوط به دی مالتی پلکســـر ٤←۱ را رسم کنید.

۱۳- بلـــوک دیاگرام مربوط به مالتی پلکســـر ۱←٤ را رسم کنید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

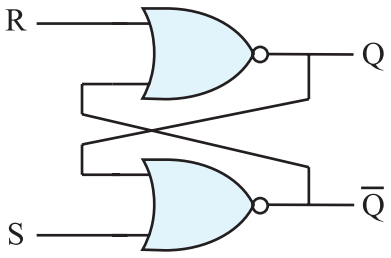
قبل از شروع قسمت پنجم فصل ۹ به سوالات پیش آزمون ۹-۵ پاسخ دهید.

قسمت پنجم - مدارهای ترتیبی

۹-۱۵ بررسی انواع مدارهای فلیپ فلاپ (Flip Flop)

۹-۱۵-۱ بررسی کلی : حفظ اطلاعات در سلول های حافظه توسط مدار فلیپ فلاپ انجام می شود. فلیپ فلاپ ها تـا مادامی که تغذیه مدار برقرار اسـت می توانند اطلاعات را که به صورت صفر یا یک هسـتند در خـود نگه دارند. فلیپ فـلاپ ها بایـد در هر زمان اطلاعات راکه بـه صورت ۰ یا ۱ منطقی اسـت بپذیرنـد و در خود نگه دارند . بدیهی اسـت با تغییر حالت در اطلاعات ورودی ، اطلاعات موجود در حافظه تغییر می کند .

۹-۱۵-۲ مدار پایـــه ای فلیپ فلاپ : مدار فلیپ فلاپ را می توان با اسـتفاده از دو گیت NOR مطابق شـکل ۹-۹۳ بـه وجـود آورد . در مـدار از خروجی یـک گیت به ورودی گیت دیگر اتصال داده شـده اسـت که مسیر فیدبک را ایجاد می کند .

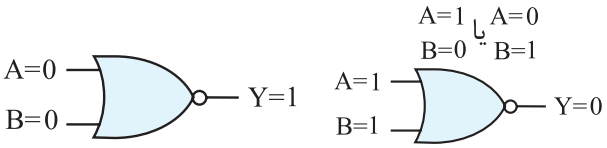


شکل ۹-۹۳ مدار فلیپ فلاپ

ایـن فلیپ فلاپ دارای دو خروجی اسـت که یکی Q و دیگـری نفی آن $\overline{Q}$ (کیونات) نـام دارد. دو ورودی آن S و R نـام دارند . S حرف اول کلمه Set و R حرف اول کلمه Reset (ری ست) است .

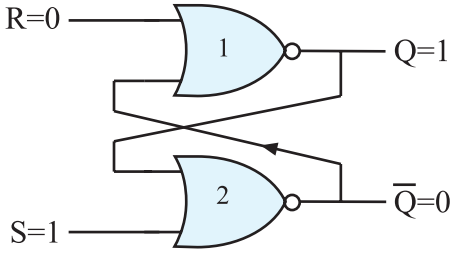
۹-۱۵-۳ طرز کار مدار فلیپ فلاپ S-R

همان طوری که قبلاً در مورد گیت NOR گفته شد اگر حداقل یکی از ورودی های گیت NOR یک باشد خروجی آن صفر است و تنها زمانی که تمام ورودی گیت NOR صفر باشـد خروجی آن ۱ می شود شکل ۹-۹۴ این دو وضعیت را نشان می دهد .



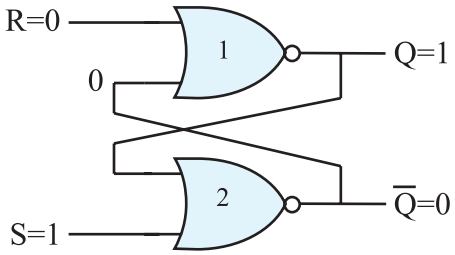
شکل ۹-۹۴ وضعیت ورودی های گیت NOR

فـرض کنیم در لحظه شـروع مطابق شـکل ۹-۹۵ S=۱، و R=۰ است .



شکل ۹-۹۵ فلیپ فلاپ RS

در این حالت چون یکی از ورودی های گیت شماره دو ، ۱ اسـت خروجی آن Q مساوی با صفر خواهد شد . از طرفی خروجـی Q=۰ به یکـی از ورودی های گیت شـماره یک فیدبک شـده است . این فیدبک هر دو ورودی گیت NOR شـماره یک را صفر می کند و Q=۱ می شود. این شرایط در خروجـی به صـورت پایدار باقی می ماند تـا ورودی ها تغییر حالت دهند. شـکل ۹-۹۶ وضعیت خروجی گیت ها را نشان می دهد .

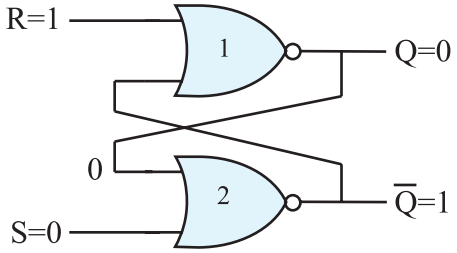


شکل ۹-۹۶ اگر S=۱ و R=۰ باشد Q=۱ و $\overline{Q}$=۰ می شود

CarGeek.Live

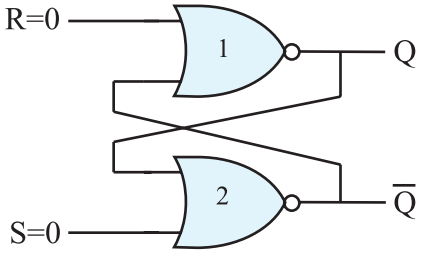
CarGeek.Live

اگرمطابق شـکل ۹-۹۷ ورودی ها بـه S=۰ و R=۱ تغییر حالت دهند ، چون یکی از ورودی های گیت NOR شماره یک برابر با یک اسـت خروجی آن یعنی Q=۰ می شـود. از طرفی Q=۰ به یکی از ورودی های گیت NOR شـماره دو فیدبک می شـود و هر دو ورودی این گیت را صفر می کند بنابراین $\overline{Q}$=۱ می شود .



شکل ۹-۹۷ حالتی که S=۰ و R=۱ است Q=۰ ، $\overline{Q}$=۱ می شود .

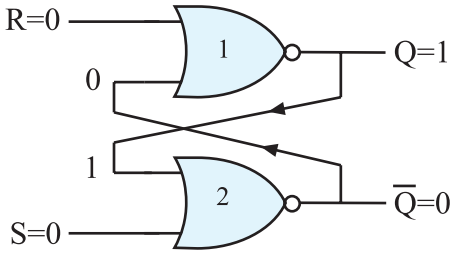
اگـر مطابق شـکل ۹-۹۸ S=۰ و R=۰ شـود چون هر دو ورودی صفر هسـتند نمی توانند وضعیت خروجی گیت هارا تعییـن کنند. وضعیت خروجی هـر گیت به ورودی دیگر آن یعنی به ورودی فیدبک شده بستگی دارد .



شکل ۹-۹۸ درحالتی که S=۰ و R=۰
خروجی ها به Q و $\overline{Q}$ بستگی دارند .

در این شرایط دو حالت پیش می آید .

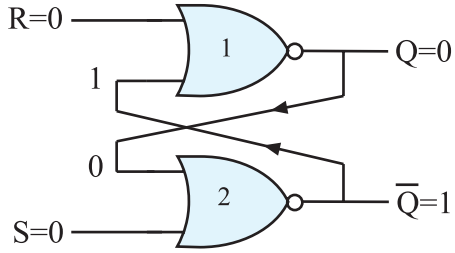
الف : اگر مطابق شـکل ۹-۹۹ ، $\overline{Q}$=۰ و Q=۱ باشـد در ایـن صورت خروجی درهمین حالت یعنی $\overline{Q}$=۰ ، Q=۱ باقی می ماند (چرا ؟)



شکل ۹-۹۹ Q=۰ ، Q=۱

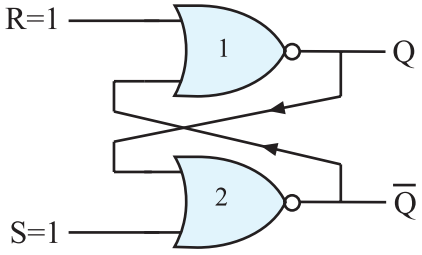
ب – ممکن اسـت مطابق شـکل ۹-۱۰۰ ، Q=۰ ، $\overline{Q}$=۱ باشد در این صورت Q=۰ و $\overline{Q}$=۱ باقی می ماند .

پـس در شـرایط S=۰ و R=۰ وضعیـت Q و $\overline{Q}$ تغییـر نمی کند ومشابه آخرین حالت قبل از این مرحله ، پایدار باقی می ماند.



شکل ۹-۱۰۰ Q=۰ ، $\overline{Q}$=۱ حافظه
در همین حالت باقی می ماند

در صورتی که مطابق شـکل ۹-۱۰۱ ، S=۱ و R=۱ شـود چون یکـی از ورودی هـای گیت های NOR یک اسـت خروجی آن ها یعنی Q و $\overline{Q}$ برابر باصفر می شود .



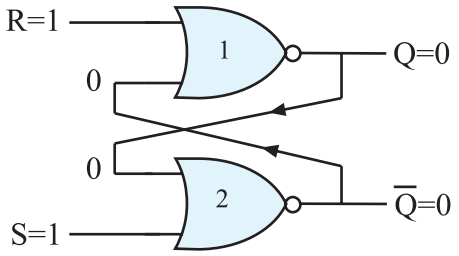
شکل ۹-۱۰۱ اگر S=۱ و R=۱ باشد Q و $\overline{Q}$
در چه حالتی باقی می ماند ؟

ایـن حالت یعنی Q=$\overline{Q}$ = ۰ تعریف نشـده اسـت و نباید ایجاد شود زیرا اگر بعد از مرحله R=S=۱ که Q= $\overline{Q}$=۰ شده است ورودی های S و R به صفر تغییر حالت دهند ، خروجی فلیـپ فلاپ بین ۰ و ۱ نوسـان می کند و بعـد از چند مرحله نوسـان ، Q به طـور تصادفی روی ۰ و یـا ۱ ثابت می ماند و

CarGeek.Live

CarGeek.Live

قفل می شـود . حالت R=S=۱ را حالت ممنوعه می گویند ، شکل ۹-۱۰۲



شکل ۹-۱۰۲ اگر S=۱ و R=۱ شود Q=۰ =$\overline{Q}$ خواهد شد این حالت را حالت ممنوعه می گویند .

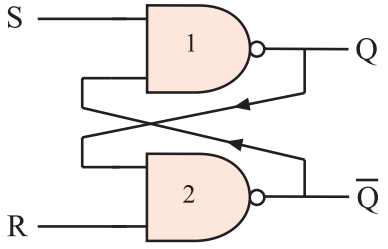
چهار حالت بررسـی شـده برای فلیپ فـلاپ در جدول درسـتی ۹-۵۰ نشـان داده شده اسـت. منظور از Q_t وضعیت حافظـه در لحظـه t و منظور از Q_{t-1} وضعیـت حافظه قبل از لحظه t(Q_t) است .

جدول ۹-۵۰ جدول درستی فلیپ فلاپ R-S با گیت NOR

S	R	Q_t
۰	۰	Q_{t-1}
۰	۱	۰
۱	۰	۱
۱	۱	حالت ممنوعه

۹-۱۵-۴ مدار فلیپ فلاپ S-R با گیت NAND

مدار فلیپ فلاپ رابا گیت NAND نیز می سازند .شکل ۹-۱۰۳ فلیپ فلاپ S-R را با گیت NAND نشان می دهد.



شکل ۹-۱۰۳ فلیپ فلاپ S-R یا NAND

چهار حالت ممکن بـرای حالت S-R وجود دارد. این ۴ حالت مشابه فلیپ فلاپ S-R با گیت NOR است.

در جدول درسـتی ۹-۵۱ چهار حالت ورودی و وضعیت خروجی Q و$\overline{Q}$ برای فلیپ فلاپ با گیت NAND مشخص شده است .

جدول ۹-۵۱ جدول درستی فلیپ فلاپ R-S با گیت NAND

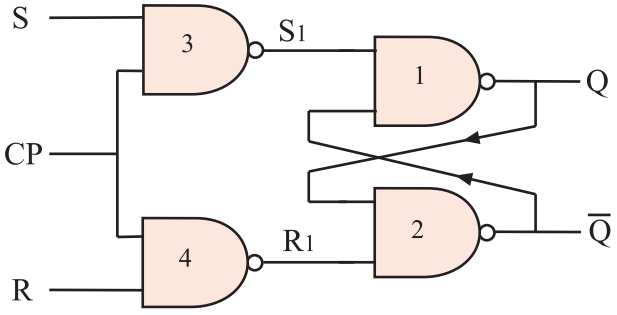
S	R	Q_t
۰	۰	حالت ممنوعه
۰	۱	۱
۱	۰	۰
۱	۱	Q_{t-1}

تفـاوت فلیپ فـلاپ با گیـت NAND و فلیپ فلاپ با گیت NOR در خروجی آن ها اسـت . جـداول ۹-۵۰ را با ۹-۵۱ مقایسه کنید .

۹-۱۵-۵ فلیپ فلاپ S-R با پالس سـاعت (CP- clock pulse)

فلیپ فلاپ S-R سـاعتی از یک مدار S-R سـاده و دو گیت NAND اضافی مطابق شکل ۹-۱۰۴ تشکیل می شود.

.

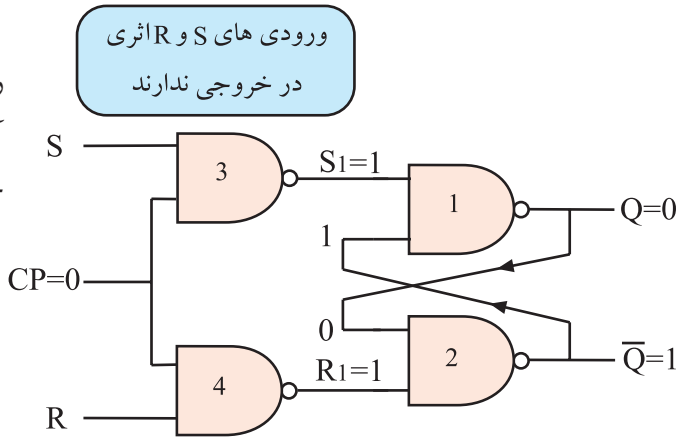


شکل ۹-۱۰۴ S-R ساعتی

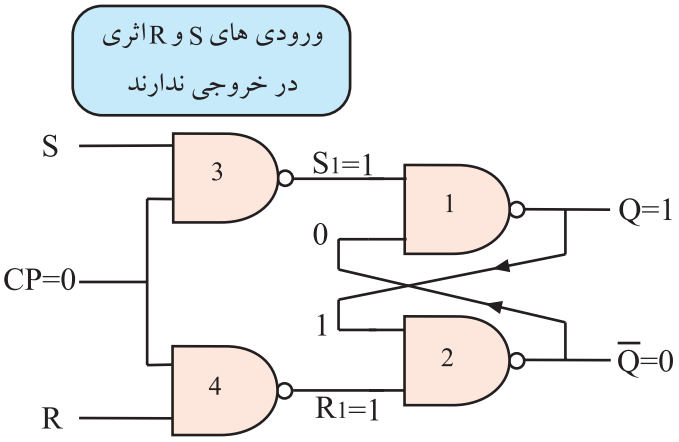
پالـس سـاعت ورودی (CP) بـه عنوان یک سـیگنال فعال سـاز عمل می کنـد. هنگامی که CP=۰ اسـت S_1وR_1 یک می شود در این شـرایط خروجی $\overline{Q}$و Q تغییر وضعیت نمی دهند و حالت قبل خودرا حفظ می کنند. شکل ۹-۱۰۵ و ۹-۱۰۶ این حالت ها را نشان می دهد .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

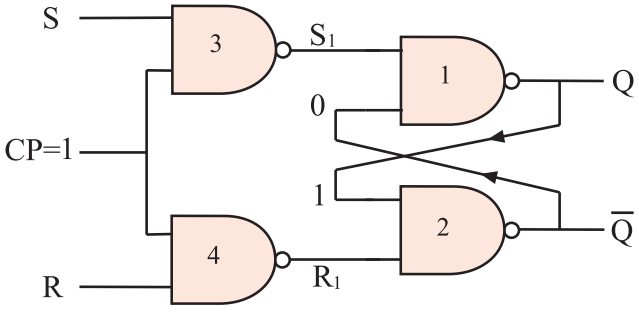


شکل ۹-۱۰۵ خروجی Q=۰ حالت قبل را حفظ می کند و ثابت می ماند



شکل ۹-۱۰۶ خروجی Q=۱ حالت قبل را حفظ می کند و ثابت می ماند

اگر CP=۱ شود خروجی گیت NAND شماره ۳ و ۴ بر اساس ورودی های S و R تغییر می کند و در این حالت خروجی Q و $\overline{Q}$ مطابق جدول درستی فلیپ فلاپ S-R می شود ، شکل ۹-۱۰۷



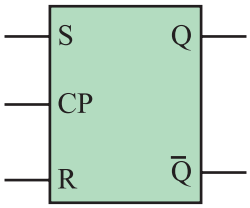
شکل ۹-۱۰۷ CP=۱ است Q و $\overline{Q}$ از مقادیر S و R تبعیت می کنند .

جدول ۹-۵۲ جدول درستی فلیپ فلاپ S-R ساعتی را نشان می دهد. نماد بلوکی S-R ساعتی در شکل ۹-۹۸ آمده است. عیب اساسی دو نوع فلیپ فلاپ SR و SR ساعتی حالت ممنوعه آن است .

جدول ۹-۵۲ جدول درستی S-R ساعتی

CP	S	R	Q_t (خروجی در لحظه t)
۰	۰	۰	Q_{t-1}
۰	۰	۱	Q_{t-1}
۰	۱	۰	Q_{t-1}
۰	۱	۱	Q_{t-1}
۱	۰	۰	Q_{t-1}
۱	۰	۱	۰
۱	۱	۰	۱
۱	۱	۱	حالت ممنوعه

(خروجی قبل از لحظه t)



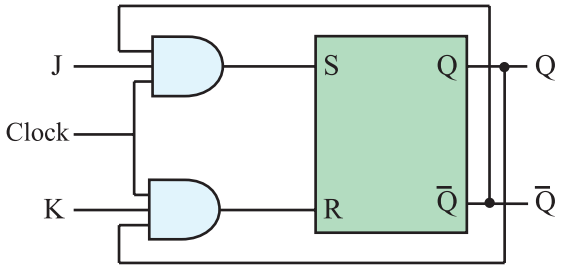
شکل ۹-۱۰۸ نمای بلوکی S-R ساعتی

۹-۱۵-۶ فلیپ فلاپ J-K

همان طور که قبلاً ذکر شده اشکال عمده فلیپ فلاپ S-R مربوط به حالت تعریف نشده آن یعنی وضعیت R=S=۱ است. برای اصلاح این حالت از فلیپ فلاپ J-K استفاده می شود . در شکل ۹-۱۰۹ مدار فلیپ فلاپ J-K رسم شده است .

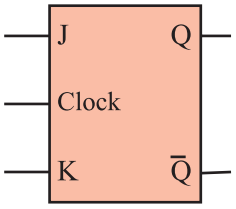
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۹-۱۰۹ فلیپ فلاپ J-K

نماد بلوکی فلیپ فلاپ J-K را در شکل ۹-۱۱۰ مشاهده می کنید.



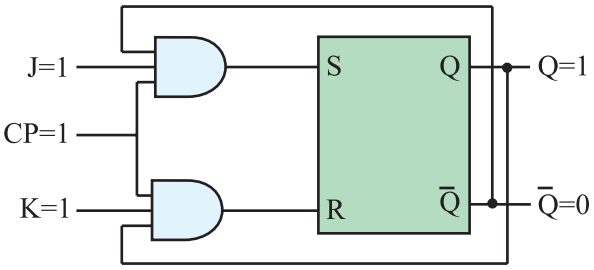
شکل ۹-۱۱۰ نماد بلوکی فلیپ فلاپ J-K

جدول درستی فلیپ فلاپ J-K در جدول ۹-۵۳ آمده است.

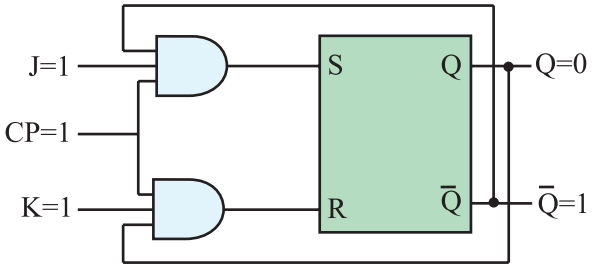
۹-۵۳ جدول درستی فلیپ فلاپ J-K

J	K	Q_t
۰	۰	Q_{t-1}
۰	۱	۰
۱	۰	۱
۱	۱	$\overline{Q_{t-1}}$

این جدول نشان می دهد حالت ممنوعه برطرف شده است یعنی هنگامی که J=K=۱ می شود اگر فلیپ فلاپ مطابق شکل ۹-۱۱۱ در حالت Set یعنی Q=۱ قرار داشته باشد ، وضعیت آن تغییر می کند و Reset می شود . بنابراین مطابق شکل ۹-۱۱۲ خروجی Q=۱ به حالت Q=۰ تغییر حالت می دهد.



شکل ۹-۱۱۱ J=۱ و K=۱ خروجی Q =۱ است.



شکل ۹-۱۱۲ در وضعیت J=۱ و K=۱، Q و $\bar{Q}$ برعکس حالت قبل شده است.

همچنین اگر فلیپ فلاپ در وضعیت Reset یعنی Q=۰ باشد با برقراری J=K=۱ به وضعیت Set می رود یعنی Q=۱ می شود، به عبارت دیگر حافظه به حالتی برعکس وضعیت قبلی خود تغییر حالت می دهد . این وضعیت را که شبیه قطع و وصل کردن یک کلید است حالت کلیدی(Toggle) می نامند.

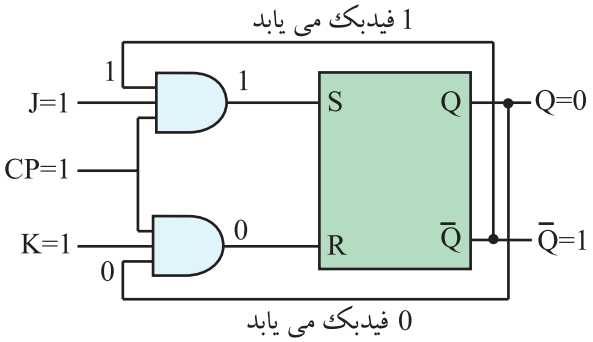
باید توجه داشت تغییر وضعیت Q و $\bar{Q}$ زمانی رخ می دهد که پالس ساعت فعال باشد ، (CP=۱) ، طبیعی است اگر پالس ساعت فعال نباشد یعنی CP=۰ شود Q و $\bar{Q}$ تغییر وضعیت نمی دهند و حالت اولیه خود را حفظ می کنند.

۹-۱۵-۷- عیب فلیپ فلاپ J-K

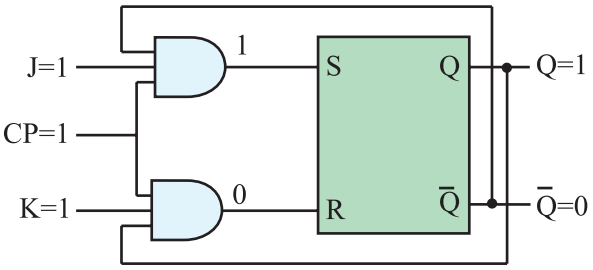
همان طور که مشاهده کردید فلیپ فلاپ J-K توانسته است حالت تعریف نشده ی فلیپ فلاپ S-R را برطرف کند. چون خروجی های $\bar{Q}$ و Q مستقیماً به ورودی ها فیدبک شده اند، اگر در حالت J=K=۱، پالس ساعت برابر با(۱) باقی بماند به دلیل وجود فیدبک ، مقادیر $\bar{Q}$ و Q مرتباً تغییر می کنند و خروجی فلیپ فلاپ دائماً بین صفر و یک نوسان می کند. در شکل ۹-۱۱۳ و ۹-۱۱۴ تغییر وضعیت $\bar{Q}$ و Q نشان داده شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

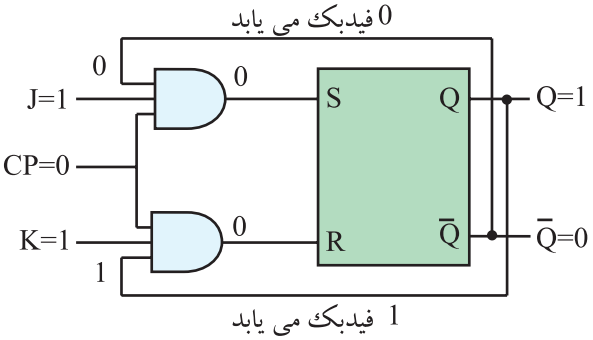


شکل۱۱۳ -۹ Q=۰وK=۱، J=۱



شکل۱۱۴ - ۹بافیدبک خروجیQ و $\overline{Q}$به ورودی وضعیت جدید Q=۱و $\overline{Q}$=۰ ظاهر شده است.

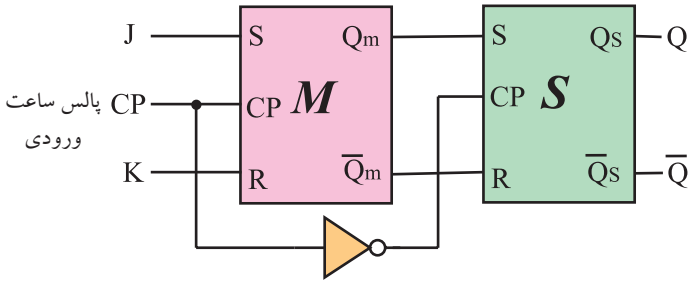
حـال اگر مطابق شـکل۱۱۵ -۹، CP=۰ شـود ، در این لحظه Q روی آخرین وضعیت خود ثابت می ماند . این حالت فلیپ فلاپ را پدیده دور خود چرخیدن(Race Around) می گوینـد. بـرای برطرف کـردن این عیـب از فلیپ فلاپ J-K-MSاستفاده می شود.



شکل۱۱۵-۹ Q و$\overline{Q}$فیدبک می شوند چون CP=۰ است خروجی تغییر نمی کند.

۹-۱۵-۸ فلیپ فلاپ JK-MS
(MS= Master Slave)

نوع دیگری از فلیپ فلاپ وجود دارد که آن راJK-MS مـی نامند . این فلیپ فـلاپ از دو فلیپ فلاپ S-R جداگانه درسـت شده است که یکی مستر (Master) ودیگری اسلیو (Slave)نام دارد . شکل۱۱۶ - ۹نقشه بلوکی فلیپ فلاپ را نشـان می دهد . توجه داشته باشید که در نقشه بلوکی خطوط فیدبک از Q و $\overline{Q}$ به ورودی ها رسم نشده است.



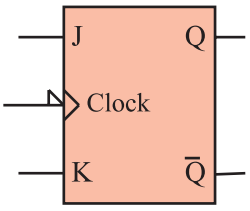
شکل۱۱۶ - ۹نقشه بلوکی فلیپ فلاپ JK-MSبدون رسم مسیر فیدبک

جدول درستی فلیپ فلاپJK-MS مانند جدول درستی فلیپ فلاپ JKاست . فقط در فلیپ فلاپ JK-MS اطلاعات در لبه نزولی پالس ساعت وارد حافظه می شوند.

جـدول۵۴ - ۹جدول درسـتی فلیپ فـلاپ JK-MS را نشـان می دهد. نماد بلوکی فلیپ فلاپ JK-MS را در شکل ۱۱۷- ۹ملاحظه می کنید.

جدول۵۴ - ۹جدول درستی فلیپ فلاپJK-MS

j	K	CP	Q_t
0	0	⊓↓	Q_{t-1} حالت قبلی را حفظ می کند.
0	1	⊓↓	0 Reset
1	0	⊓↓	1 Set
1	1	⊓↓	$\overline{Q_{t-1}}$ حالت قبلی عکس می شود.



شکل۱۱۷ - ۹نماد بلوکی فلیپ فلاپJK-MS

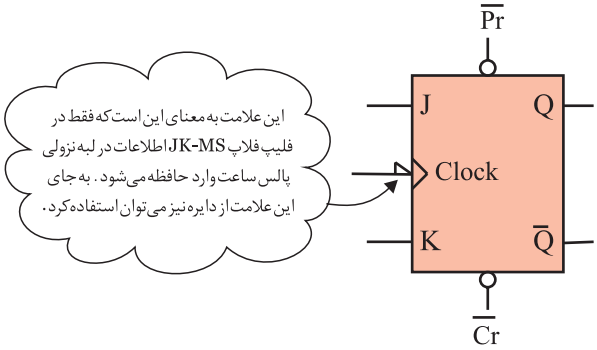
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-۱۵- ۹عملکـــرد ورودی های پیش تنظیمPre (Preset)و پاک کردن Clr (Clear)

در زمـان وصل تغذیه به مدار فلیپ فـلاپ ، وضعیتی که حافظـه درآن قـرار می گیرد یعنی حالـت Q در انواع فلیپ فلاپ ها کاملاً تصادفی اسـت. بـرای ایجاد یک حالت معین وتعریف شـده اولیه ، از ورودی Preset و Clear اسـتفاده می کنیم.

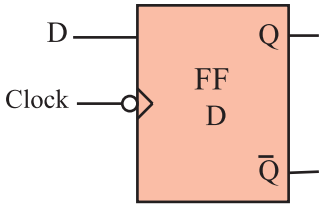
به عنوان مثال در یک ماشـین حساب برای انجام عملیات جدید ضروری اسـت کـه اطلاعـات قبلـی از حافظه پاک شود. گاهی نیز ممکن اسـت بخواهیم قبل از اجرای عملیات ،اطلاعـات جدید را در حافظه قرار دهیـم . در این حالت با اسـتفاده از ۲ خط Preset و ،Clear قبل از این که از طریق J و Kبخواهیـم اطلاعات را وارد حافظه کنیم حافظه را پاک (خالی) یاپر می کنیم . در خاتمه این دوخط را غیرفعال نموده وتوسـط ورودی های J و Kاطلاعات جدیـد را وارد حافظه می کنیم . در شـکل۱۱۸ - ۹نمـاد بلوکی فلیپ فلاپ J-K با خط Pr و Clr رسم شده است.



شکل۱۱۸ - ۹نماد بلوکی فلیپ فلاپ JK با Pr وClr

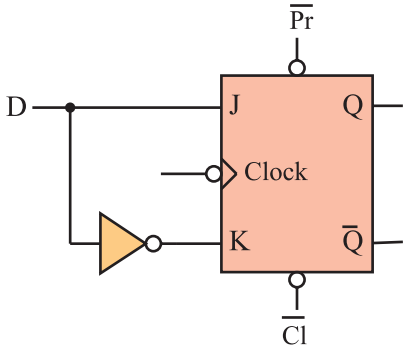
۱۰-۱۵- ۹فلیپ فلاپ نوع(Delay) D:

این فلیپ فلاپ تنها دارای یک ورودی است که ورودیD نام دارد ، شکل۱۱۹ -۹.



شکل ۱۱۹-۹ فلیپ فلاپ D

از این فلیپ فلاپ به عنوان یک سلول ثبات (ثبت کننده) اسـتفاده می کنند زیرا اطلاعات ورودی آن پس از هر پالس سـاعت وارد حافظه فلیپ فلاپ شده و تا پالس ساعت بعدی حفظ می شود . این فلیپ فلاپ را می توان به کمک هر یک از انواع فلیپ فلاپ JK ، SR یا JK-MSسـاخت . برای این منظـور باید ورودی S را نفی کنیم. سـپس آن را به R اتصال دهیـم. همچنین می توان ورودی J را نفی کرد وبه ورودیK اتصال داد. شـکل ۱۲۰ - ۹یک فلیپ فلاپ D را با استفاده از فلیپ فلاپ J-K نشان می دهد.



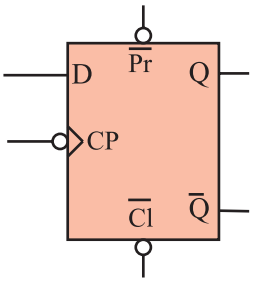
شکل ۱۲۰ - ۹فلیپ فلاپ D با استفاده از فلیپ فلاپJK

جدول درستی فلیپ فلاپ D مطابق جدول۵۵ - ۹است

جدول۵۵ - ۹جدول درستی فلیپ فلاپD

CP	D	Q
⎍	0	0
⎍	1	1

در شـکل ۱۲۱ - ۹نماد بلوکی فلیپ فلاپ نوع D رسـم شده است.



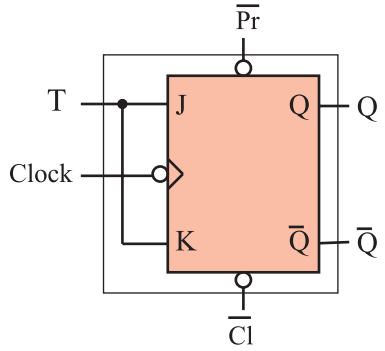
شکل ۱۲۱-۹ نماد مداری فلیپ فلاپD

CarGeek.Live

CarGeek.Live

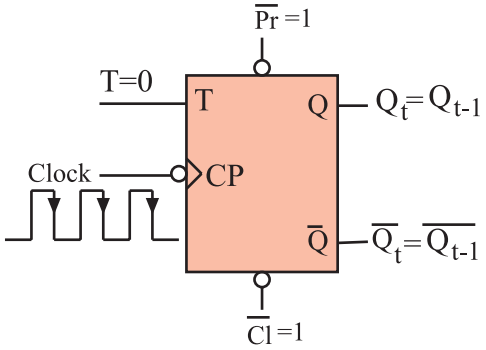
۱۱-۱۵- ۹فلیپ فلاپ نوع(Toggle) T:

اگـر دو ورودی فلیپ فلاپ JK را به هـم وصل کنیم و اتصال مشـترک را T بنامیـم . فلیپ فلاپ جدیدی سـاخته می‌شـود که به آن فلیپ فلاپ نوع T یا کلیدی گویند. شکل ۹-۱۲۲ نحوه تبدیل فلیپ فلاپ J-K را به T نشان می دهد.



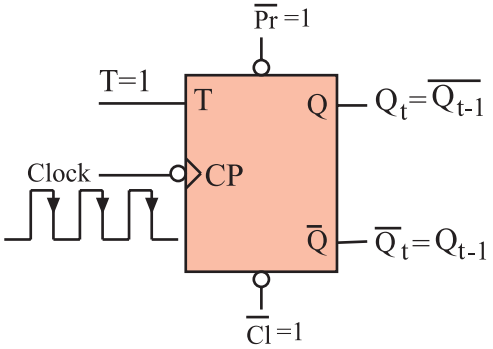
شکل۱۲۲ - ۹تبدیل فلیپ فلاپ J-K به T

با توجه به شـکل درمی یابیم که اطلاعات ورودی های J و Kبا هم برابرند. پس اگر T=۰ باشـد ، مطابق شکل۱۲۳ -۹ J=K=۰ است . دراین صورت حافظه بدون تغییر می ماند.



شکل۱۲۳-۹ T=۰است وQ و $\overline{Q}$تغییر نمی‌کند.

حال چنانچه T=۱ باشد J=K=۱ است. طبق شکل۱۲۴-۹ با هر پالس ساعت وضعیت حافظه برعکس حالت قبل می شود. یعنی اگر حافظه Set است به حالتReset واگرReset است به حالت Set می رود.



شکل۱۲۴-۹ T=۱است در لبه نزولی پالس ساعتQ_t برعکس می شود .

جدول ۹-۵۶ جدول درسـتی T-FF را براساس عملکرد JK-FF نشـان می دهد . این جدول را مـی توان به صورت جدول ۹-۵۷ خلاصه کرد .

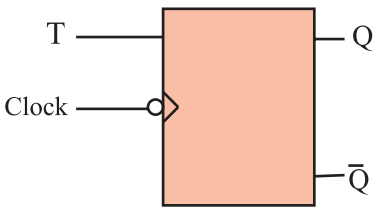
جدول ۹-۵۶ جدول درستی T-FF براساس عملکرد JK-FF

T	CLK	J	K	Q_{t-1}	Q_t
0	↓	0	0	0	→0
0	↓	0	0	1	→1
1	↓	1	1	۰	→1
1	↓	1	1	1	→۰

جدول ۹-۵۷ جدول درستی T-FF

T	CP	Q_t	
0	↓	Q_{t-1}	حالت قبلی را حفظ می کند.
1	↓	$\overline{Q}_{t-1}$	حالت قبلی عکس می شود.

نماد بلوکی فلیپ فلاپ T در شکل ۹-۱۲۵ آمده است .



شکل ۹-۱۲۵ نماد بلوکی T-FF

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-۱۶ آزمایش شماره ۵

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۹-۱۶-۱هدف آزمایش: بررسی رفتار انواع فلیپ فلاپ ها

۹-۱۶-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

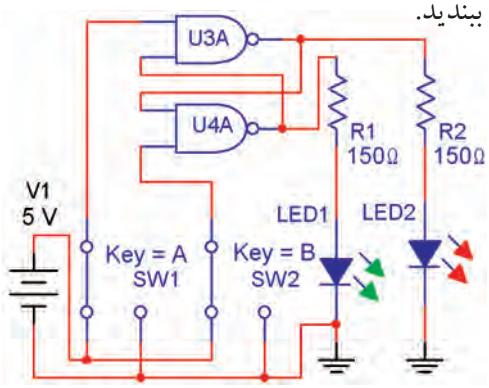
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۳۰-۰ ولت ۱A	یک دستگاه
۲	بردبرد یا برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۳	IC ۷۴۱۰	یک عدد
۴	IC ۷۴۱۱	یک عدد
۵	IC ۷۴۰۲	یک عدد
۶	IC ۷۴۰۰	دو عدد
۷	LED قرمز	یک عدد
۸	LED سبز	یک عدد
۹	سیم رابط	به مقدار لازم
۱۰	مقاومت ۱۵۰Ω	دو عدد
۱۱	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

در صورت موجـود بودن برد آماده ، از آن ها برای انجام آزمایش های زیر استفاده کنید .

۹-۱۶-۳ مراحل اجرای آزمایش:

الف- بررسی فلیپ فلاپ SR :

■ با استفاده از آی سی ۷۴۰۰ مدار شکل ۹-۱۲۶ را روی برد برد ببندید.



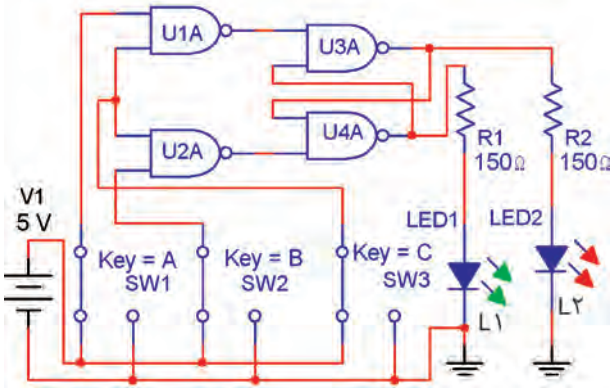
شکل ۹-۱۲۶ مدار آزمایش RS-FF

■ بـا تغییر وضعیـت کلیدها، حالت خاموش یا روشـن لامپ ها را مشاهده سپس جدول صحت ۹-۵۸را کامل کنید.

جدول ۹-۵۸

وضعیت خروجی‌ها بعد از تغییر وضعیت		وضعیت قبلی خروجی ها		وضعیت ورودی ها	
L_1	L_2	L_1	L_2	$SW_2=R$	$SW_1=S$

■ مدار RS-FF را مطابق شکل ۹-۱۲۷ اصلاح کنید و دوباره جدول صحت ۹-۵۹ را کامل کنید .



شکل ۹-۱۲۷

جدول ۹-۵۹

وضعیت خروجی ها بعد از تغییر وضعیت		وضعیت قبلی خروجی ها		وضعیت ورودی ها		
L_1	L_2	L_1	L_2	SW_2	SW_1	SW_3

CarGeek.Live

CarGeek.Live

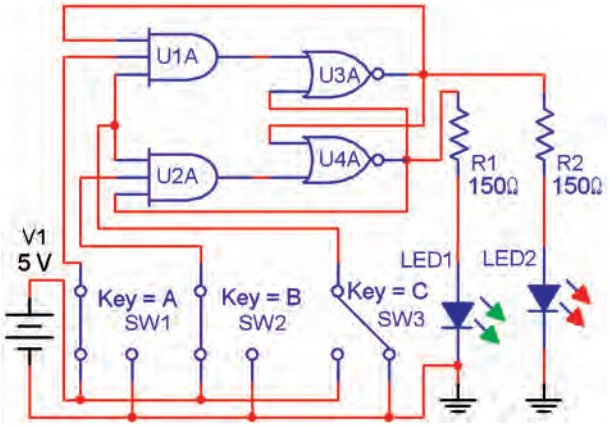
سوال ۳۱: آیا حالت غیر مجاز مدار شکل ۱۲۶-۹ برطرف شده است ؟

سوال ۳۲: مدار شکل ۱۲۷-۹ بر مدار شکل ۱۲۶-۹ چه برتری دارد ؟

توجه : در صورت داشتن وقت اضافی آزمایش های زیر را اجرا کنید

ب : بررسی فلیپ فلاپ JK

■ با استفاده از آی سی های ۷۴۰۲ ، ۷۴۱۱ ، ۷۴۰۴ مدار شکل ۱۲۸ - ۹را روی برد برد ببندید.



شکل ۱۲۸-۹

■ با تغییر وضعیت کلیدها وضعیت روشنایی لامپ های L_1 و L_2 را مشاهده نمود. سپس جدول صحت ۶۰-۹ را کامل کنید .

جدول ۶۰-۹

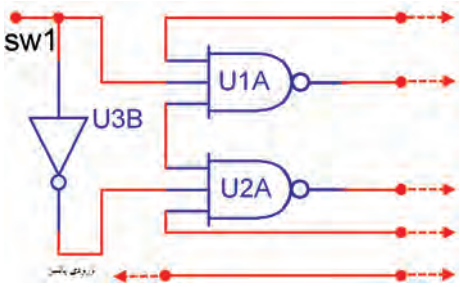
وضعیت خروجی ها بعد از تغییر وضعیت		وضعیت قبلی خروجی ها		وضعیت ورودی ها		
L_2	L_1	L_2	L_1	SW_1	SW_2	SW_3

■ وضعیت روشنایی لامپ های L_1و L_2 را در حالتی که هر سه کلید SW_1، SW_2و SW_3در حالت منطقی « ۱ » است به دقت مشاهده کنید .

سوال ۳۳: آیا در شدت نور آن ها نسبت به حالت هایی که حداقل یکی از کلیدها در حالت منطقی « ۰ » باشد تغییری مشاهده می کنید ؟ علت آن چیست ؟

ج : بررسی مدار فلیپ فلاپ D

■ اینک ورودی مدار را مانند شکل ۱۲۹-۹ تغییر دهید؛ سپس با تغییر وضعیت SW_1وضعیت روشنایی L_1و L_2پس از هر فرمان پالسر را مشاهده ونتیجه مشاهدات خود را بنویسید



شکل ۱۲۹-۹

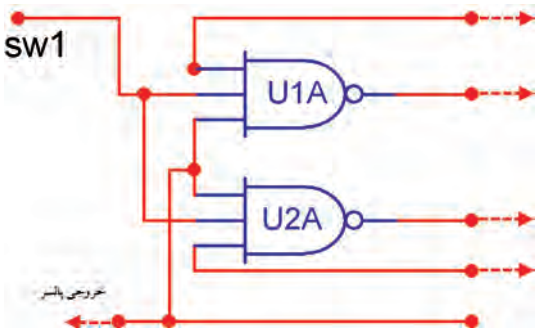
CarGeek.Live

CarGeek.Live

نتیجه مشاهدات

د : بررسی مدار فلیپ فلاپ T

- اکنـــون ورودی های مدار شـــکل ۱۲۸-۹ را مانند شکل ۱۳۰-۹ تغییر دهید.
- دوبـــاره پس از ایجاد حالت‌های مختلف برای کلید SW_1 هر بار با فشردن و رها کردن کلید پالسر – وضعیت روشنایی L_1 و L_2 را مشاهده کنید و نتیجه‌ی مشاهدات خود را بنویسید



شکل ۱۳۰-۹

نتیجه مشاهدات :

۴-۱۶-۹ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش های الف ، ب ، ج و د را به طور خلاصه بیان کنید.

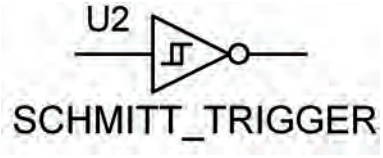
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-۱۷ اشمیت تریگر(Schmitt Trigger)

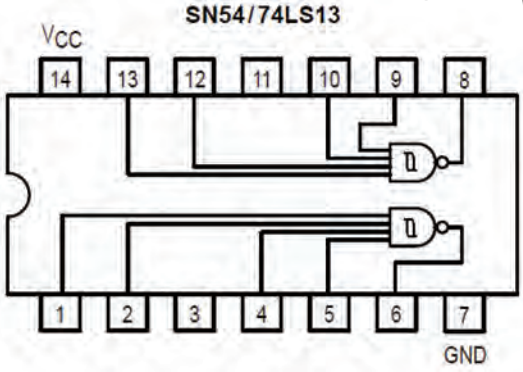
اشـمیت تریگرمداری است که می تواند موج های مثلثی یا سینوسـی رابه موج مربعـی (پالس) تبدیل کند. اشـمیت تریگـر به صورت گیت های دیجیتالی نیز سـاخته می‌شـود. ایـن گیت ها بـه علت داشـتن دو حالت پایـدار ، در ردیف مولتی ویبراتورها قرار دارند و دارای دو سـطح ولتاژ آسـتانه (Thre Shold) هسـتند. عمل کـردن آن ها به این صورت اسـت هرگاه ولتاژ ورودی از سـطح ولتاژ اول بیش تر شود، این گیت سـوئیچ نموده وتغییـر وضعیت می دهد و اگر ولتاژ ورودی از سطح ولتاژ دوم کم تر شد، وضعیت گیت به حالت اول خود برمی گردد. به این ترتیب می توان از موج سینوسـی یا مثلثی ، پالس‌های مربعی ساخت .

نماد گیت اشمیت تریگر به صورت شکل ۹-۱۳۱ است .



شکل ۹-۱۳۱ نماد اشمیت تریگر

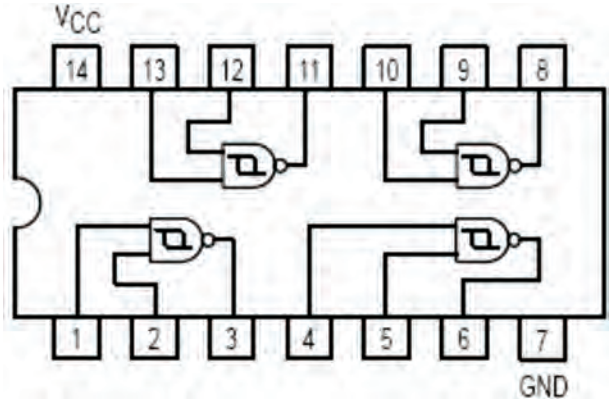
یک نمونه آی سی اشمیت تریگر آی سی ۷۴LS۱۳ است شـکل پایه ها و گیت های داخل آی سـی در شکل ۹-۱۳۲ رسم شده است.



شکل ۹-۱۳۲ آی سی اشمیت تریگر با NAND چهار ورودی

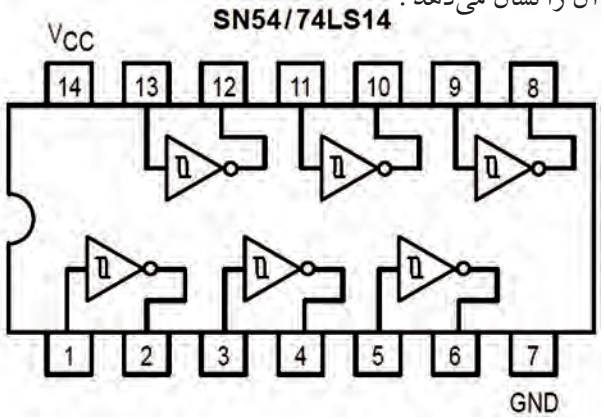
گیت های داخل آی‌سی دو سطح ولتاژ ۱/۷ ولت و ۰/۹ ولت دارنـد. وقتی ورودی گیت از ۱/۷ ولت بیش‌تـر شود خروجی به تـراز (۰) منطقی (L) می آیـد و اگر ورودی تا ۰/۹ ولت کاهش یابـد. خروجی به تراز (۱) منطقی (High) می‌رسد.

اگر یکـی از ورودی هـا (L) باشـد ، خروجی درتراز (H) باقی می ماند و گیت دیگرتحریک نمی شود . نوع دیگر آی سـی اشمیت تریگر آی سـی ۷۴LS۱۳۲است که شماره پایه‌ها و گیت های داخل آی سی را در شکل ۹-۱۳۳ مشاهده می کنید .



شکل ۹-۱۳۳

نمونه‌ی دیگر از آی سـی اشـمیت تریگر با شـماره فنی ۷۴۱۴ نیز وجود دارد که شـامل شـش گیت NOT اسـت. شـکل ۹-۱۳۴ گیت های داخل آی سی و شماره ی پایه های آن را نشان می‌دهد .



شکل ۹-۱۳۴ آی سی اشمیت تریگر NOT

ورودی Low هر گیت، خروجی را به تراز High می‌برد. دو سـطح ولتاژ این آی سـی نیز ۱/۷ ولت و ۰/۹ ولت است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی ۵–۹ انواع فلیپ فلاپ

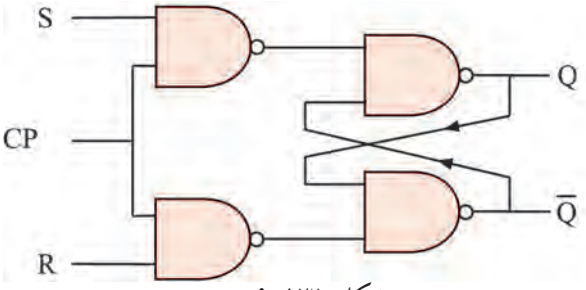
۱– حالـت غیر مجـاز در مدار فلیپ فلاپ S–R شـکل ۹–۱۳۵ با پالس ساعت کدام است ؟

الف) S=۰ ، R=۰

ب) S=۱ ، R=۱

ج) S=۰ ، R=۱

د) S=۱ ، R=۰



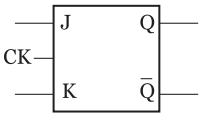
شکل ۹–۱۳۵

۲– اِشـکال مدار فلیپ فلاپ SR را شرح دهید، در کدام نوع فلیپ فلاپ این عیب برطرف شده است ؟

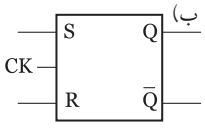
۳– برای ثبـت چهار بیت اطلاعات (۱۱۰۱) در حافظه به ..... سلول حافظه (فلیپ فلاپ) نیاز است .

۴– کدام نماد فلیپ فلاپ نوع (D) را نشان می دهد ؟

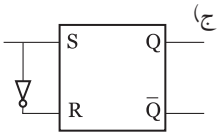
الف)



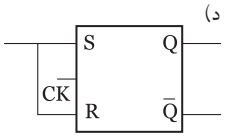
ب)



ج)



د)



۵– جدول صحت فلیپ فلاپ نوع T را بنویسید و کار برد آن را شرح دهید.

۶– جـدول صحت ۹–۶۱ مربوط به چـه نوع فلیپ فلاپی است؟

الف) R–S　　ب) J–K

ج) D　　د) T

جدول ۹–۶۱

A	B	Q_t
۰	۰	$Q_{t-۱}$
۰	۱	۰
۱	۰	۱
۱	۱	$Q_{t-۱}$

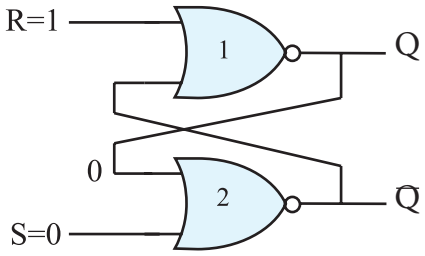
۷– جدول صحت ۹–۶۲ را کامل کنید ؟

جدول ۹–۶۲

CK	J	K	Q_t
۰	×	×	
۱	۰	۰	
۱	۰	۱	
۱	۱	۰	
۱	۱	۱	

۸– حفظ اطلاعات در سـلول های حافظه توسط مدار..... انجام می شود.

۹– در مدار شـکل ۹–۱۳۶ اگر ورودی های S=۰ و R=۱ باشد ، مقدار خروجی Q و $\overline{Q}$ را به دست آورید .



شکل ۹–۱۳۶

۱۰– نمای بلوکی فلیپ فلاپ J–K را رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۱- عیب فلیپ فلاپ J-K را شرح دهید .

۱۲- کاربـرد ورودی هـای Preset و Clear در فلیـپ فلاپ MS-JK با ذکرمثال شرح دهید.

۱۳-کاربرد مدار اشمیت تریگر را بیان کنید.

۱۴- در یک مدار اشـمیت تریگر اگر سطح ولتاژ ورودی از ۱/۷ ولت بیش تر شـود و یا سطح ولتاژ ورودی تا ۰/۹ ولت کاهش یابد خروجی در چه سطح منطقی قرار می گیرد ؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بخش ششم

قطعات الکترونیک صنعتی

هدف کلی:

آشنایی با ساختمان و کاربرد قطعات الکترونیک قدرت

واحدکار	توانایی شماره	عنوان توانایی	زمان آموزش		
			نظری	عملی	جمع
U_9	۲۲	توانایی بررسی عملکرد عناصر یک سو کننده قدرت	۱۵	۱۰	۲۵
U_9	۲٤	توانایی بررسی عملکرد سایر عناصرالکترونیک قدرت چند پایه	۵	٤	۹
		جمع کل	۲۰	۱٤	۳٤

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل دهم

عملکرد عناصر یکسوکننده قدرت

هدف کلی :

بررسی نظری و عملی تعدادی از قطعات الکترونیک صنعتی

هدف های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۱- کاربردهای الکترونیک قدرت را نام ببرد.
۲- انواع دیودهای قدرت را نام ببرد.
۳-تفاوت دیودهای قدرت با دیودهای معمولی را شرح دهد.
۴- مشخصات دیودهای با کاربرد معمولی را شرح دهد.
۵- کاربرد دیودهای بازیافت سریع را نام ببرد .
۶- مقادیر نامی دیودهای بازیافت سریع را بیان کند.
۷- ساختمان یک دیود شاتکی را توضیح دهد.
۸- محدوده‌ی فرکانس کار دیود شاتکی را شرح دهد.
۹- نحوه‌ی کار دیود شاتکی را بارسم یک شکل ساده شرح دهد .
۱۰- مزایا و معایب دیود شاتکی را به طور کامل شرح دهد .
۱۱- مقادیرمجاز دیود شاتکی را نام ببرد .
۱۲- دلیل سری کردن دیودها را با یکدیگر توضیح دهد .
۱۳- چگونگی محاسبه ولتاژ با یاس مخالف در دیودهای سری را توضیح هد.
۱۴- دلیل اتصال موازی بستن دیودها را شرح دهد .
۱۵- مشخصه های دیود شاکلی را توضیح دهد.
۱۶- ساختمان دیودشاکلی را با رسم شکل شرح دهد .
۱۷- عمل قفل ترانزیستوری را توضیح دهد.
۱۸- منحنی مشخصه ولت – آمپردیود شاکلی را با رسم شکل توضیح دهد .
۱۹- عملکرد تریستوریا SCR را با رسم شکل به طور کامل شرح دهد .
۲۰- مدارهای فرمان SCR را توضیح دهد .
۲۱- نقش دیود در مدار SCR را توضیح دهد .
۲۲- دلیل سری کردن تریستورها را شرح دهد.
۲۳- دلیل موازی کردن تریستورها را شرح دهد .
۲۴- کلیه ی هدف های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول به آن ها اشاره شده است را در این فصل نیز اجرا کند.

توانایی شماره ۲۲	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۱۵	۱۰	۲۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۱۰)

۱- الکترونیک قدرت ترکیبی از الکترونیک و قدرت است.

صحیح ❐ غلط ❐

۲- برخی از کاربردهای الکترونیک قدرت در منابع را نام ببرید .

۳- دیودهای نیمه هادی قدرت و دیودهای معمولی چه تفاوتی دارند ؟ توضیح دهید.

۴- کدام یک از دیودهای زیر از نوع دیودهای قدرت نیستند.

الف) بازیافت سریع ب)شاتکی

ج) استاندارد د) زنر

۵- در دیودهای ..... زمان بازیافت کم و معمولاً کم تر از $5\mu sec$ است .

۶- دیود ..... در فرکانس های بالا عمل یک سو سازی را به خوبی انجام می‌دهد .

۷- شکل زیر ، نماد کدام نوع دیود است ؟

الف) زنر ب) شاکلی

چ) شاتکی د) بازیافت سریع

۸- عیب دیود شاتکی نسبت به دیودهای معمولی ، پایین بودن ولتاژ معکوس آن است.

صحیح ❐ غلط ❐

۹- کدامیک از جملات زیر صحیح نیست ؟

الف) از مزایای دیود شاتکی ، پایین بودن ولتاژ زانو است.

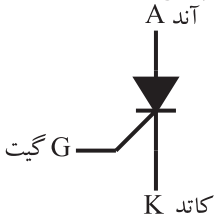
ب) زمان تغییر حالت از بایاس موافق به بایاس معکوس را زمان بازیابی معکوس می نامند.

ج) دیود شاتکی پس از اعمال ولتاژ بایاس معکوس به سرعت قطع می شود .

د)دیود شاتکی در فرکانس پایین کاربرد فراوان دارد .

۱۰- دیود شاکلی در بایاس موافق ، به مجرد این که ولتاژ ورودی از مقدار ولتاژ دیود بیش تر شود ..... می شود .

۱۱- شکل زیر نماد کدام نوع قطعه است ؟



الف) دیود شاکلی

ب) دیود شاتکی

ج)SCR

د) UJT

۱۲- روش های خاموش کردن SCR را شرح دهید .

برای کار در ولتاژ ..... می توانیم چند تریستور را با هم سری کنیم .

۱۳- هنگامی که تریستورها را با هم موازی می کنیم ، ..... بین تریستورها تقسیم می شود.

۱۴- مقادیر حد در تریستور کدام یک از موارد زیر است؟

الف)حداکثری ولتاژ سد تکراری

ب) جریان موثر در بایاس موافق

ج)جریان معدل در بایاس موافق

د) همه موارد

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۰-۱ ـ آشنایی با الکترونیک قدرت و کاربردهای آن

الکترونیک قدرت ، ترکیبی از قدرت ، الکترونیک و کنترل قدرت است که به تجهیزات مرتبط با تولید انرژی الکتریکی ،انتقال و توزیع آن می پردازد . الکترونیک با عناصرالکترونیکی سرو کار دارد و مدارهای پردازش سیگنال و کنترل انرژی الکتریکی را پوشش می دهد . الکترونیک قدرت ترکیبی از الکترونیک و قدرت است که «کاربردهای مدارهای الکترونیکی » را برای کنترل و تبدیل انرژی الکتریکی در بر می گیرد . **در منابع مختلف، الکترونیک قدرت نقش بسیار مهمی در تولید ، انتقال وتوزیع انرژی الکتریکی دارد** . برای مثال می توانیم دستگاه‌های کنترل گرما ، هشدار دهنده ، شارژ کننده‌های باتری ، دزدگیر، کنترل نور ، سیستم های محرک وسیله نقلیه، کنترل خودکار درب پارکینگ ، تولیدولتاژ زیاد مستقیم (HVDC)، تایمرها ، مدارهای تلویزیون و دستگاه‌های چاپ را نام برد .

۱۰-۲ آشنایی با دیودهای قدرت و انواع آن

یکی از انواع دیودها ، دیودهای نیمه هادی قدرت است که نقش بسیار مهمی را در الکترونیک قدرت دارند زیرا این دیود ها می توانند به عنوان کلید در مدارهایی مانند یک‌سوکننده‌ها ، رگولاتورهای کلید زنی (سوئیچینگ) ، شارژ معکوس خازن در انتقال انرژی و برگرداندن انرژی از بار به منبع مورد استفاده قرار گیرند. هنگام طراحی یک مدار در برخی از کاربردها ، دیودهای قدرت را به صورت کلیدهای ایده آل در نظر می گیرند ، در حالی که مشخصه های عملکرد دیودها در محیط واقعی با حالت ایده آل تفاوت دارد . دیودهای قدرت مشابه دیودهای PN معمولی هستند بااین تفاوت که ولتاژ و جریان (قدرت) بالاتری را می توانند تحمل کنند . هم چنین پاسخ فرکانسی یا سرعت کلید زنی آن ها نسبت به دیودهای معمولی کم تر است .

•انواع دیودهای قدرت

دیودهای قدرت را می توانیم به شرح زیر تقسیم کنیم :

الف : دیودهای استاندارد با کاربرد عمومی

ب : دیودهای بازیافت سریع

ج : دیودهای شاتکی

۱۰-۲-۱ دیودهای با کاربرد عمومی

اگر دیودی در شرایط بایاس معکوس باشد ، فقط جریان ناچیز نشتی که ناشی از حامل های اقلیت کریستال ها است در مدار جاری می شود . چنان چه ولتاژ مستقیم به دیود اعمال کنیم ، مدت زمانی طول می کشد تا دیود از بایاس مخالف به بایاس موافق برود و جریان از دیود عبور نماید. این زمان را «**زمان بازیافت مستقیم** » **یا** «**زمان روشن شدن** » می نامند. دیودهای یک سو کننده با کاربرد عمومی زمان بازیافت زیادی دارند به‌طور مثال یک نمونه از این دیودها دارای زمان بازیافت ۲۵میکروثانیه است. این دیودها با جریان موافق کم تر از ۱A تاچندهزار آمپر، ولتاژ PIV از ۵۰ ولت تا حدود ۵KV ساخته می شوند .

۱۰-۲-۲ دیودهای بازیافت سریع

در دیودهای بازیافت سریع ، زمان بازیافت کم و معمولاً کم‌تر از ۵ میکروثانیه است. این دیودها در مبدل‌های DC به DC و DC-Ac به کار می روند، زیرا سرعت بازیافت ، بیش‌ترین اهمیت را دارد.

این دیودها با مقادیر نامی جریان کم تر از ۱A تا صد آمپر و با ولتاژ نامی PIV از ۵۰V تا حدود ۳KV ساخته می شوند . در برخی دیودهای بازیافت سریع ، زمان بازیافت بسیار کم در حدود ۵۰ns (نانو ثانیه) است .

در شکل ۱۰-۱ چند نمونه از دیودهای بازیافت سریع را مشاهده می کنید .

CarGeek.Live

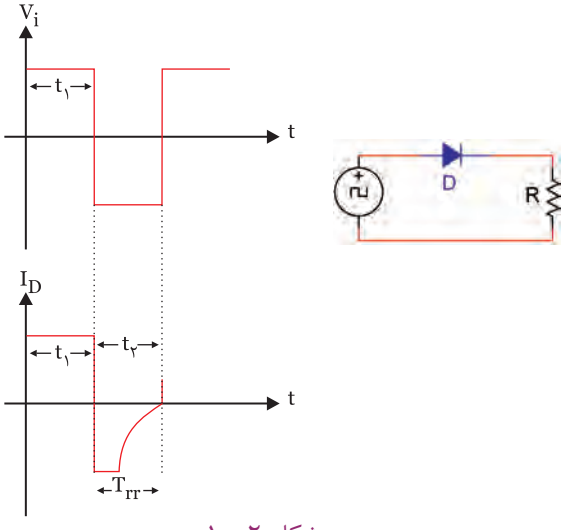
CarGeek.Live

شکل ۱-۱۰ چند نمونه دیودهای بازیافت سریع

۳-۲-۱۰ دیود شاتکی (Schottkey Diode)

در فرکانس های کم ، وقتی دیودهای معمولی در حالت هدایت قرار دارند ، با معکوس شدن ولتاژ دو سردیود ، می توانند به راحتی به حالت قطع بروند . چنان چه فرکانس زیاد شود ، دیود نمی تواند به سرعت از حالت هدایت (یا ازحالت قطع به حالت هدایت) برود. زیرا مدت زمانی طول می کشد تا جریان معکوس گذرنده ازدیود متوقف شود و جریان موافق عبور کند . این تاخیر زمانی سبب می شود تا نتوانیم از دیودهای معمولی در فرکانس بالا استفاده کنیم .

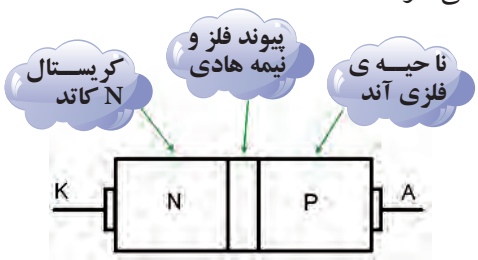
زمان تغییر حالت از بایاس موافق به بایاس مخالف را زمان"بازیابی معکوس" (Reverse Recovery Time) می نامند وآن را با Trr نشان می دهد به شکل ۲-۱۰ توجه کنید :



شکل ۲-۱۰

در مدت زمانی که سیگنال ورودی نیم سیکل مثبت را طی می کند (t_1) ، دیود در بایاس مستقیم قرار دارد و جریان از دیود عبور می کند. با معکوس شدن ولتاژ بایاس دیود ، انتظار می رود بلافاصله جریان دیودصفر شود اما مدتی طول می کشد تا جریان در بایاس معکوس به صفر برسد . این فاصله زمانی به صورت t_r در شکل ۲-۱۰ نشان داده شده است. یادآور می‌شود که حتی دیودهای سیگنال نیز نمی‌توانند در فرکانس های بالای حدود ۱۰MHz عمل کنند و عمل یک سو سازی را به درستی انجام دهند، مگر این که برای این منظور ساخته شده باشد .

برای رفع این اشکال در یک سو سازی فرکانس بالا ، از دیود خاصی به نام دیود شاتکی استفاده می کنند. این نوع دیود از اتصال یک فلز (معمولاً از جنس نقره ، پلاتین یا طلا) و یک نیمه هادی (معمولاً نوع N) مانند شکل ۳-۱۰ ساخته می شوند .



شکل ۳-۱۰ ساختمان دیود شاتکی

در دیود شاتکی به دلیل حداقل بودن حامل های اقلیت در مقایسه با دیودهای معمولی اتصال P-N ، این دیودها می‌توانند در فرکانس های بالا عمل یک سو سازی را به خوبی انجام دهند .

در واقع دیود شاتکی به دلیل نداشتن بار ذخیره شده‌در پیوند PN ، پس از اعمال ولتاژ با یاس مخالف به سرعت قطع می شود و می تواند در فرکانس های بالا حتی بالاتر از ۳۰۰MHz به خوبی عمل یک سوسازی را انجام دهد . نماد دیود شاتکی در شکل ۴-۱۰ رسم شده است.

شکل ۴-۱۰ نمادديود شاتکی

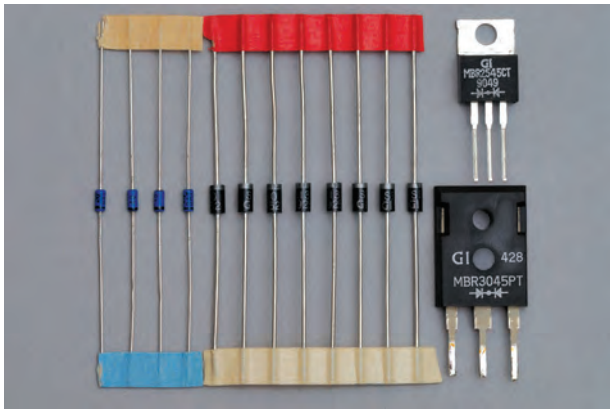
CarGeek.Live

CarGeek.Live

از مزایای دیود شاتکی پایین بودن ولتاژ وصل (ولتاژزانو) است . این ولتاژ حدود ۰/۲۵ ولت است که در مقایسه با ولتاژ ۰/۷ ولت دیود معمولی سیلیکونی ، خیلی کم تر است. بنابراین به دلیل کم بودن افت ولتاژ دو سر دیود شاتکی ،در حالت موافق در هنگام یک سو سازی ، می توانیم ولتاژ خروجی بیش تری را به دست آوریم .

عیب دیود شاتکی نسبت به دیودهای معمولی ، پایین بودن ولتاژ معکوس آن است. در عمل دیود شاتکی دارای PIV (حداکثر ولتاژ معکوس) قابل تحمل حدود ۵۰ ولت تا ۱۰۰ ولت است. میزان جریان مجاز عبوری از دیود محدودیت چندانی ندارد و دیودهای شاتکی تا حدود ۱۰۰ آمپر نیز ساخته شده‌اند . از دیود شاتکی در مدارهای دیجیتالی و در آی سی‌های سری TTL شاتکی در حد گسترده استفاده می‌شود .

این آی سی ها از آی سی‌های سری TTL معمولی خیلی سریع‌تر هستند و در منابع تغذیه کلیدی(سوئیچینگ) به کار می روند. شکل ۵-۱۰ چند دیود شاتکی که در یک بسته‌بندی قرار دارند را نشان می دهد .



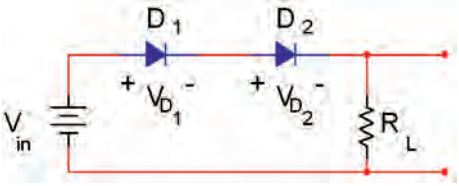
شکل ۵-۱۰- چند نمونه دیود شاتکی

۱۰-۳ آشنایی با دیودهای اتصال سری

یک دیود معمولی نمی‌توانددر ولتاژهای بالا (High Voltage DC= HVDC) مقدار ولتاژ معکوس را تحمل کند. از این رو برای افزایش ولتاژ معکوس، دیودها را با هم سری می کنیم .

۱۰-۳-۱-افت ولتاژ دیودهای سری

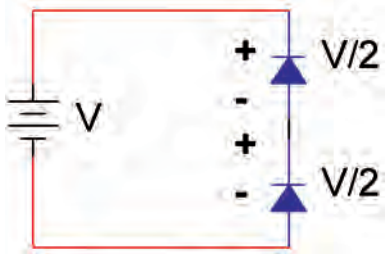
در بایاس موافق مانند شکل ۶-۱۰ ولتاژ دو سر دیودهابا هم جمع می شوند و ولتاژ خروجی (ولتاژ دو سربار) را کاهش می دهند.



شکل ۶-۱۰ دیودهای سری در بایاس موافق

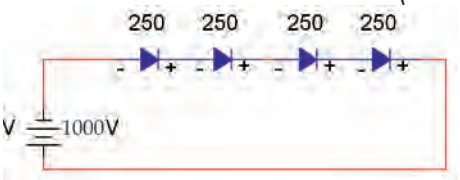
$$V_O = V_{in} - (V_{D_1} + V_{D_2})$$

در بایاس معکوس، ولتاژ بایاس مخالف مانند شکل ۷-۱۰ بین دیودهای سری تقسیم می شود . به این ترتیب مجموعه دیودهای سری می توانند ولتاژ معکوس بیش تری را تحمل کنند .



شکل ۷-۱۰ دو دیود سری در بایاس مخالف

به عنوان مثال اگر ولتاژ بایاس مخالف برابر ۱۰۰۰ ولت باشد و چهار دیود را مطابق شکل ۸-۱۰ با هم سری کنیم ، ولتاژ بایاس مخالف که در دو سر هر دیود قرار می گیرد برابر با $\frac{۱۰۰۰}{۴} = ۲۵۰$ ولت می‌شود .



شکل ۸-۱۰ دیودها در بایاس مخالف

ولتاژ بایاس مخالف که در دو سر هر دیود قرار می گیرد، $\frac{V}{۴}$ است.

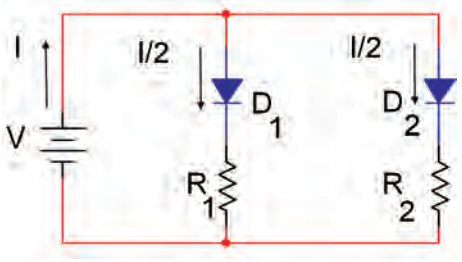
۱۰-۴ اتصال موازی دیودها

در مدارهایی که به قدرت بالایی نیاز دارند ، برای

CarGeek.Live

CarGeek.Live

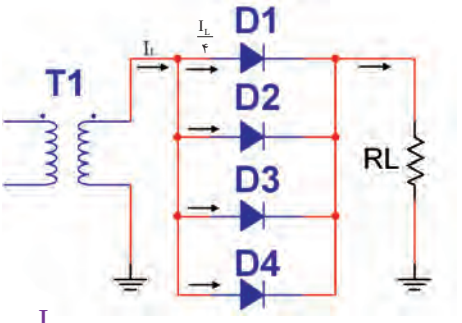
افزایش جریان و تأمین جریان مطلوب ، می توانیم دیودها را به صورت موازی با هم اتصال دهیم . در این حالت جریان بین دیودها بر اساس بار متصل شده به هر دیود تقسیم می‌شود. شکل ۹-۱۰ تقسیم جریان I را بین دو دیود D۱ و D۲ نشان می دهد .



شکل ۹-۱۰ تقسیم جریان I به دو قسمت

توجه داشته باشید که در این حالت دیودها ایده‌آل فرض می‌شوند و مقاومت های R_1 و R_2 مقدار جریان عبوری از هر دیود را معین می کند .

چنان چه طبق شکل ۱۰-۱۰ چند دیود را با هم موازی کنیم و خروجی آن را به یک بار مشخص مانند R_L اتصال دهیم ، در صورتی که دیودها کاملاً مشابه باشند ، جریان عبوری از بار به نسبت مساوی بین دیودها تقسیم می شود



شکل ۱۰-۱۰ جریان عبوری از هردیود برابر $\frac{I_L}{۴}$ است .

نکته مهم:

مجموعه دیودهای سری می‌توانند ولتاژ بیش‌تری را تحمل کنند.

۱۰-۵ آزمایش شماره ۱

عملکرد مدارهای دیودی سری وموازی

زمان اجرا : ۴ ساعت آموزشی

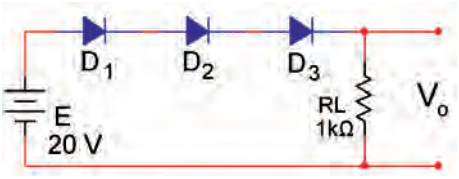
۱۰-۵-۱ هدف آزمایش : بررسی مدارهای دیودی سری وموازی

۱۰-۵-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۲۰V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	دیود ۱N۴۰۰۱	سه عدد
۴	مقاومت ۱kΩ ($\frac{۱}{۴}$ وات)	سه عدد
۵	مقاومت ۳/۳kΩ ($\frac{۱}{۴}$ وات)	سه عدد
۶	بردبرد	یک قطعه

۱۰-۵-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- مدار شکل ۱۰-۱۱ را روی برد برد ببندید.



شکل ۱۰-۱۱

- مولتی متر را روی حوزه کار ولت متر قرار دهید.
- افت ولتاژ دو سر هر دیود را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{D_1} = ...

V_{D_2} = ...

V_{D_3} = ...

- ولتاژ دو سر بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

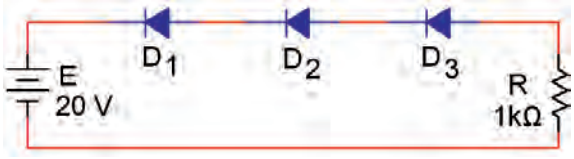
$V_{R_L} = ...V$

■ ولتاژ دو سر بار را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$V_{R_L} = V_{in} - (V_{D_1} + V_{D_2} + V_{D_3})$

$V_{R_L} = ... - (... + ... + ...)V$

■ دیودها را مطابق شکل ۱۲-۱۰ در بایاس مخالف قراردهید.



شکل ۱۲-۱۰

■ ولتاژ دو سر هر دیود را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

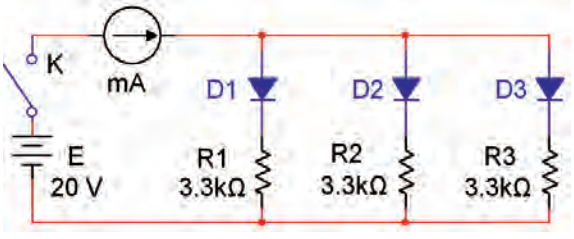
$V_{D_1} = ...$

$V_{D_2} = ...$

$V_{D_3} = ...$

سوال ۱: آیا ولتاژ دو سر هر دیود برابر با $V_D = \frac{E}{3}$ است یا خیر ؟ توضیح دهید.

■ مدار شکل ۱۳-۱۰ را روی برد برد ببندید.



شکل ۱۳-۱۰

■ مولتی متر را روی حوزه کار آمپرمتر تنظیم کنید .

■ میلی آمپر متر را روی رنج ۵۰mA/DC قرار دهید و مطابق شکل ۱۲-۱۰ با منبع به صورت سری ببندید و سپس کلید مدار را وصل کنید.

■ جریان کل مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$I = ...mA$

■ میلی آمپرمتر را به ترتیب در هر شاخه‌ی مدار قرار دهید و جریان هر شاخه را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

$I_1 = ...mA$

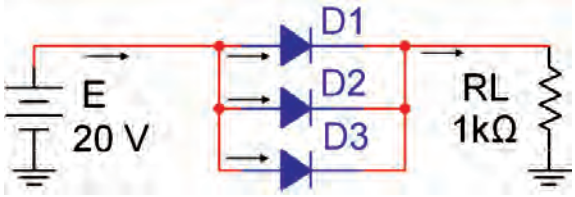
$I_2 = ...mA$

$I_3 = ...mA$

سوال ۲: آیا مقدار جریان کل در رابطه: $I = I_1 + I_2 + I_3$ صدق می کند ؟

سوال ۳: آیا جریان هر شاخه تقریباً برابر $\frac{I}{3}$ است ؟ توضیح دهید.

■ مدار شکل ۱۴-۱۰ را روی برد برد ببندید.



شکل ۱۴-۱۰

■ جریان عبوری از R_L رااندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$I_L = ...mA$

■ جریان عبوری از هریک از دیودها را اندازه بگیرید و

CarGeek.Live

CarGeek.Live

یادداشت کنید.

I_{D_1} = ...mA

I_{D_2} = ...mA

I_{D_3} = ...mA

سوال ٤: آیا مجموع جریان های I_{D_1} ، I_{D_2} ، I_{D_3} برابر با I_L است ؟ توضیح دهید.

سوال ٥: از موازی نمودن دیودها چه استفاده‌ای می‌شود ؟ شرح دهید.

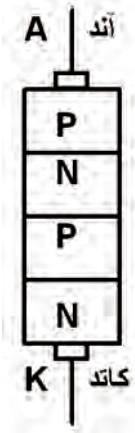
۱۰-۵-۴ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید .

۱۰-۶ دیود شاکلی (Schockley Diode)

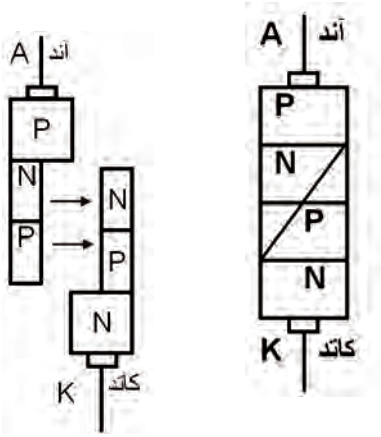
دیود شاکلی ، یک دیود چهار لایه PNPN است . پایه‌ی خارجی این دیود آند و کاتد نام دارد . دیودشاکلی در حالت قطع، ولتاژ زیاد و در حدود چند صد ولت را تحمل می کند هم‌چنین درحالتی که دیود شاکلی هادی است، می‌تواند جریان های زیاد تا چندصدآمپر را از خود عبورد هد. بنابراین می‌توانیم **از این دیود به عنوان کلید الکترونیکی در صنعت استفاده کنیم** .

ساختمان دیود شاکلی: ساختمان کریستالی این دیود از چهار قطعه کریستال P و N مانند شکل ۱۰-۱۵ تشکیل شده است .



شکل ۱۰-۱۵ساختمان داخلی دیود شاکلی

اگر کریستال‌ها را از وسط مانند شکل ۱۰-۱۶ برش دهیم، به دو نیمه‌ی جداگانه تقسیم می‌شود. نیمه‌ی چپ برش دیود شاکلی یک ترانزیستور PNP ونیمه راست یک ترانزیستور NPN را نشان می‌دهد .

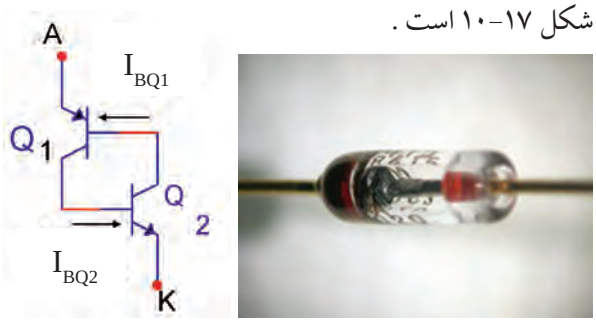


شکل ۱۰-۱۶- برش دیود شاکلی

CarGeek.Live

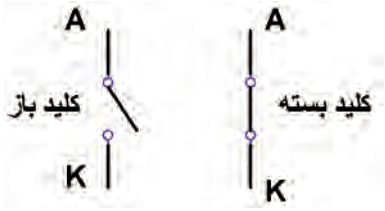
CarGeek.Live

این دو ترانزیستور به صورت مستقیم به یک دیگر کوپل شده‌اند. شکل واقعی و معادل ترانزیستوری دیود شاکلی مانند شکل ۱۷-۱۰ است .



شکل ۱۷-۱۰ شکل واقعی و معادل ترانزیستوری دیود شاکلی

این مجموعه به قفل ترانزیستوری (Transistor Latch) معروف است. وقتی هر دو ترانزیستور در حالت اشباع باشند، کلید وصل است و وقتی هر دو ترانزیستور در حالت قطع باشند کلید باز است. شکل ۱۸-۱۰ آندو کاتد را در حالت وصل و قطع مانند یک کلید نشان می‌دهد.

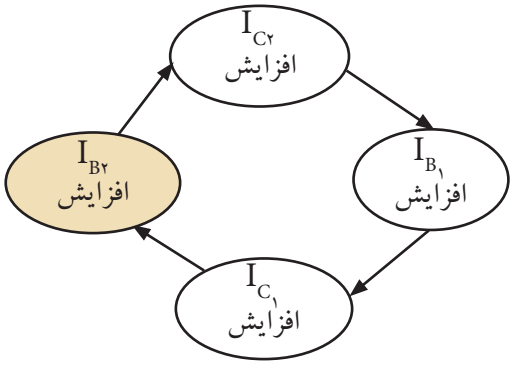


شکل ۱۸-۱۰ آند وکاتد مانند یک کلید عمل می کنند

۱-۶-۱۰ عمل قفل ترانزیستوری

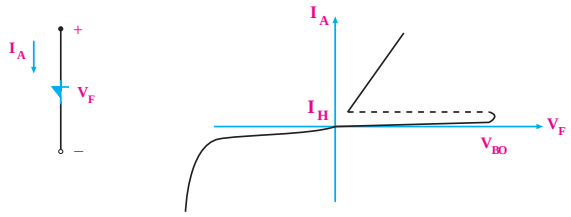
اتصال کلکتور به بیس دو ترانزیستور Q_1 و Q_2 نوعی فیدبک مثبت را ایجاد می کند . اگر I_{BQ2} افزایش یابد I_{CQ2} افزایش می یابد، I_{CQ2} همان جریان بیس Q_1 است بازیاد شدن جریان بیس Q_1 ، I_{CQ1} نیز زیاد می شود . جریان I_{CQ1} همان جریان بیس Q_2 است که سبب می شود جریان بیس Q_2 مجدداً افزایش یابد و سبب افزایش I_{C2} و I_{BQ1} می‌شود در نهایت دو ترانزیستور اشباع می شوند و مانند کلید بسته عمل می کنند .

می توان فرایند افزایش جریان در دو ترانزیستور رابه صورت زیرنشان داد.



۲-۶-۱۰ منحنی مشخصه ولت- آمپر دیود شاکلی

چنان چه دیود شاکلی را در بایاس موافق بایاس کنیم، به مجرد این که ولتاژ ورودی از مقدار ولتاژ (عبور از شکست) دیود بیش تر شود ، آن را هادی می کند. به این ترتیب دیود مانند کلید بسته شده عمل می کند . اگردیود شاکلی دربایاس مخالف قرار گیرد با افزایش مقدار V ، دیود در بایاس مخالف عمل می کند و مشخصه ولت- آمپر آن مانند مشخصه یک دیود معمولی در بایاس مخالف است . در شکل ۱۹-۱۰ منحنی مشخصه ولت -آمپر دیود شاکلی و نماد مداری آن رسم شده است .



شکل ۱۹-۱۰ منحنی مشخصه و نماد مداری دیود شاکلی

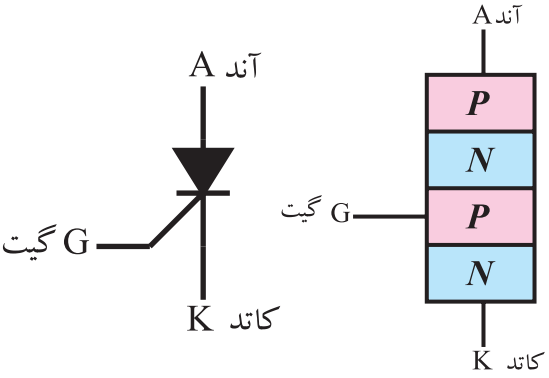
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۰-۷ یکسوسازی کنترل شده سیلیکونی یا تریستور

(Silicon Controlled Rectifier- SCR)

یک تریستور یا SCR از ۴ قطعه نیمه هادی نوع P و N تشکیل می شود ، شکل ۲۰-۱۰- الف.



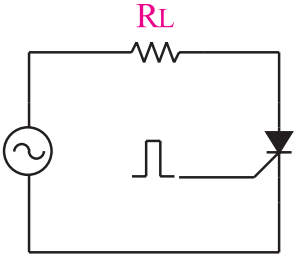
الف) ساختمان داخلی SCR ب : علامت قراردادی SCR

شکل ۲۰-۱۰ ساختمان داخلی و علامت قراردادی SCR

پایه های SCR را آند (A) ، گیت (G) و کاتد (K) نام گذاری می کنند .

علامت قراردادی یک SCR مانند شکل ۲۰-۱۰ - ب است . یک تریستور یا SCR، در حقیقت یک دیود قدرت یکسو کننده ی سیلیکونی قابل کنترل است .

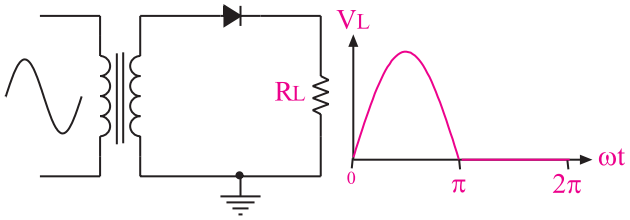
هنگامی تریستور هدایت می کند که علاوه بر مثبت بودن ولتاژ آند نسبت به کاتد و برقراری جریان راه اندازی کافی در سر آند و کاتد ، یک پالس مثبت نیز به گیت آن داده شود شکل ۲۱-۱۰.



شکل ۲۱-۱۰- پالس مثبت به گیت SCRجهت روشن شدن آن

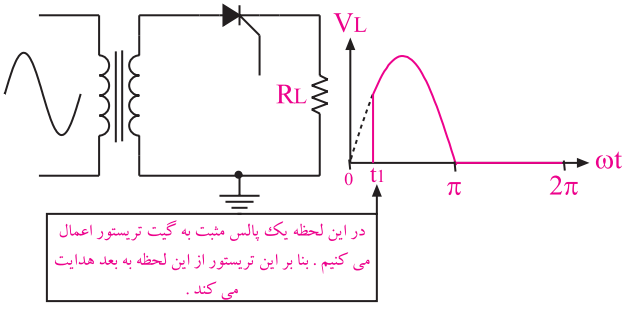
برای بررسی کاربرد یک SCR به شکل ۲۲-۱۰ توجه کنید.

در شکل ۲۲-۱۰ هنگامی که ولتاژ آند دیود حدود ۰/۷ ولت نسبت به کاتد مثبت تر شود دیود هدایت می کند و نیم سیکل مثبت ولتاژ ورودی را به خروجی می رساند .



شکل ۲۲-۱۰ دیود نیم سیکل منفی را حذف و نیم سیکل مثبت را از خود عبور می دهد

در شکل ۲۳-۱۰ تریستور در فاصله زمانی صفر تا t_1 قطع است زیرا هیچ پالس فرمانی به گیت آن اعمال نشده است. در این فاصله ولتاژ خروجی برابر صفر می شود . در لحظه t_1، یک پالس فرمان رابه گیت تریستور می دهیم. با دریافت این پالس فرمان تریستور به طور ناگهانی هادی (روشن) می‌شود. در فاصله t_1 تا π ولتاژ ورودی به خروجی می‌رسد.



شکل ۲۳-۱۰ تریستور می تواند تمام و یا قسمتی از یک سیکل را عبور دهد

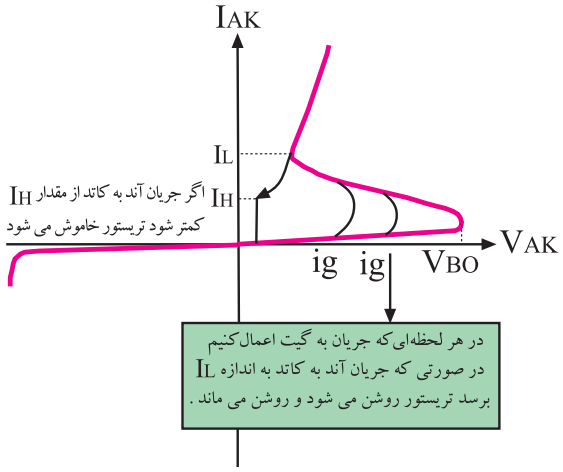
شکل موج خروجی مدار شکل ۲۳-۱۰ در مقایسه با شکل موج خروجی شکل ۲۲-۱۰ دارای ولتاژ موثر و متوسط کم تری است لذا توان تلف شده در مقاومت R_L نیز کم تر می‌شود. بنابراین با کنترل زاویه روشن شدن SCR (کنترل زاویه آتش) می‌توانیم میزان ولتاژ مصرف کننده ، جریان

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مصرف کننده یا توان مصرف کننده را تنظیم یا کنترل کنیم .

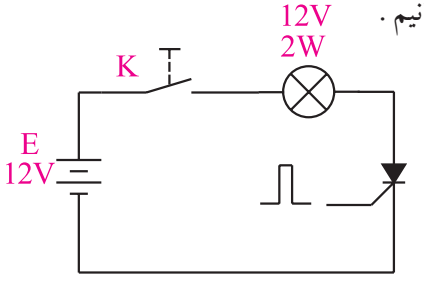
منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپریک SCR را در شکل ۱۰-۲۴ مشاهده می کنید .



شکل ۱۰-۲۴- منحنی مشخصه‌ی ولت - آمپرSCR

اگر ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه ولتاژ V_{BO} افزایش یابد ، تریستور بدون دادن پالس فرمان به گیت روشن می‌شود. معمولاً ولتاژ V_{BO}در SCRها خیلی زیاد است و گاهی از ۱۵۰۰ ولت نیز تجاوز می کند. چنان چه جریان I_{AK} حداقل برابر با جریان قفل کننده یعنی I_H شود ، با رسیدن پالس فرمان به گیت و برقراری جریان در آن، تریستور روشن می شود . یک تریستور روشن را نمی توانید با قطع پالس فرمان به گیت آن خاموش کنید . مگر آن که جریان گذرنده از آند به کاتد آن (I_{AK}) از جریان نگهدارنده I_H (معمولاً چند میلی‌آمپر) کم‌تر شود، یا مسیر جریان گذرنده از آندو کاتدبرای لحظه‌ای قطع شود.

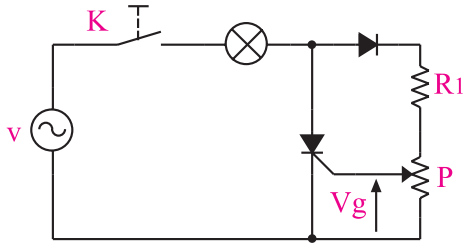
برای مثال اگر مانند شکل ۱۰-۲۵، SCR را به ولتاژ DC وصل کنیم . بعد از قطع در پالس فرمان ، SCR هم‌چنان روشن می ماند. برای خاموش کردن آن باید به هر طریق ممکن (مثلاً قطع مدار) مقدار I_{AK} را به صفر یا کم تر از I_H برسانیم .



شکل ۱۰-۲۵

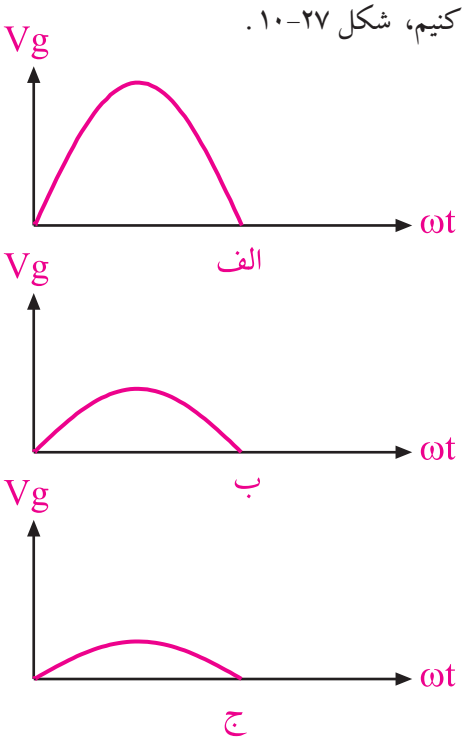
۱۰-۸ مدارهای فرمان SCR

برای ایجاد پالس فرمان جهت روشن کردن (هادی کردن) SCR ، از مدارهای الکترونیکی یا کامپیوتری استفاده می شود . در این قسمت یک نمونه مدارفرمان نسبتاً ساده را مورد بررسی قرار می دهیم. شکل ۱۰-۲۶ یک نمونه مدار فرمان SCR را نشان می دهد .در این مدار چنان چه Vg به حدود ۰/۷ ولت برسد ، جریانی از گیت SCR عبور می کند و تریستور را به حالت روشن می برد .



شکل ۱۰-۲۶

با تغییر پتانسیومتر P ، می توانیم دامنه Vgرا تغییر دهیم در این شرایط زمان رسیدن ولتاژ به ۰/۷ ولت تغییر می کند به این ترتیب قادر خواهیم بود که زمان روشن شدن SCR را کنترل کنیم، شکل ۱۰-۲۷ .

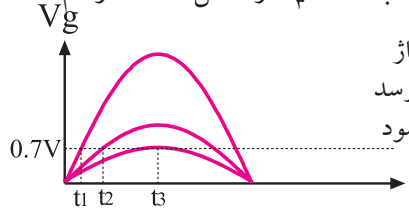


شکل ۱۰-۲۷ با تغییر پتانسیومتر P ، دامنه ولتاژ Vgتغییر می کند

CarGeek.Live

CarGeek.Live

حداکثر زاویه آتش این مدار فرمان ساده ، ۹۰درجه است زیرا لازم است تا ۹۰درجه، ولتاژ Vg حداقل به ۰/۷ ولت برسد تا SCR روشن شود . چنان چه مقدار ولتاژ Vg تا ۹۰ درجه به ۰/۷ ولت نرسد ، دیگر نمی‌تواند SCR را روشن کند . زیرا دامنه ولتاژ از ۹۰ تا ۱۸۰ درجه کم می شود. شکل موج مربوط به لحظه t_2 در شکل ۲۸-۱۰ رسم شده است .

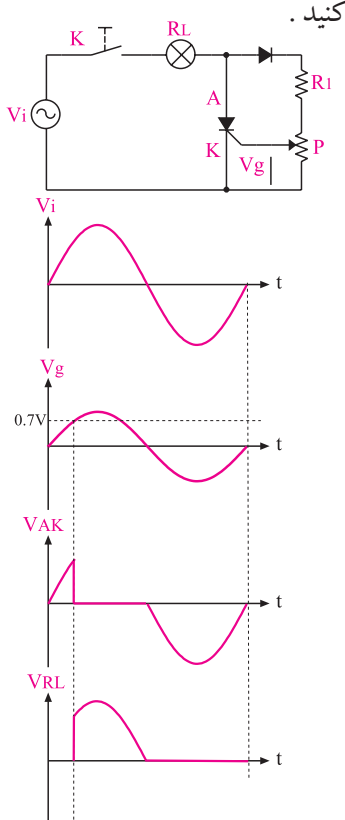


در لحظه‌ای که ولتاژ Vg به ۰/۷ ولت می‌رسد تریستور روشن می‌شود

شکل ۲۸-۱۰ تاثیر دامنه Vg در روشن شدن تریستور

نقش دیود در مدار شکل ۲۶-۱۰ این است که مانع رسیدن نیم سیکل های منفی به گیت SCR می شود . زیرا در نیم سیکل منفی دیود گیت -کاتد در بایاس مخالف قرار دارد و دیود هدایت نمی کند. حال اگر پالس فرمان به گیت بدهیم ، علاوه بر افزایش تلفات در تریستور ممکن است به دیود گیت کاتد آسیب برسد .

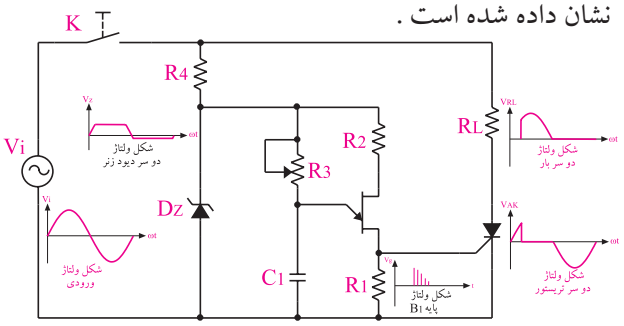
در شکل ۲۹-۱۰ شکل موج های مختلف مدار فرمان را مشاهده می کنید .



شکل ۲۹-۱۰شکل موج‌های مدارفرمان SCR

در شکل ۳۰-۱۰ نمونه دیگری از مدار فرمان تریستوری را که در آن از تریستور و UJT استفاده شده است را ملاحظه می کنید.

دراین مدار شکل موج ولتاژ در نقاط مختلف مدار نیز نشان داده شده است .



شکل ۳۰-۱۰

همان طور که مشاهده می شود ، پالس های سوزنی شکل که روی پایه B_1 ایجاد می شود. به گیت SCR می‌رسد و آن را هادی می کند . بعد از روشن شدن SCR ولتاژ دوسرآن شدیداً افت می کند. با تغییر مقاومت R_2 می‌توانیم زمان شارژ و دشارژ خازن را تغییر دهیم ومیزان تاخیر در ایجاد اولین پالس را به دلخواه تنظیم کنیم . به عبارت دیگر **به‌آسانی می توانیم زاویه آتش تریستور یعنی زمان هدایت تریستور را تنظیم کنیم.** با تنظیم زاویه آتش می توانیم ولتاژ ، جریان یا توان مصرف کننده را کنترل کنیم .

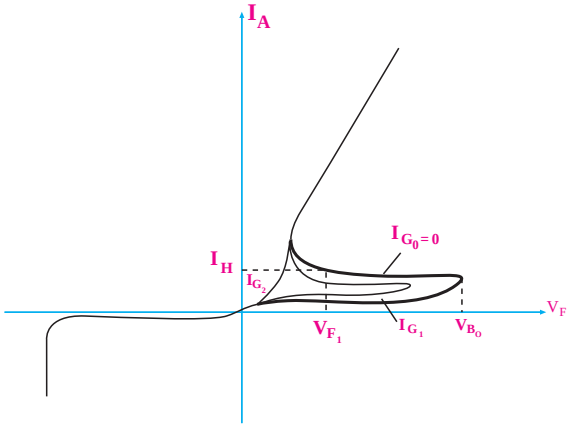
۹-۱۰ سری کردن تریستورها

برای کار در ولتاژ بالا می‌توانیم دو یا چند تریستوررا با هم سری کنیم. معمولاً منحنی مشخصه های تریستورها حتی از یک نوع شبیه به هم ، کاملاً با هم یکسان نیستند.

در شکل ۳۱-۱۰ منحنی مشخصه‌ی دونوع تریستور رسم شده است.

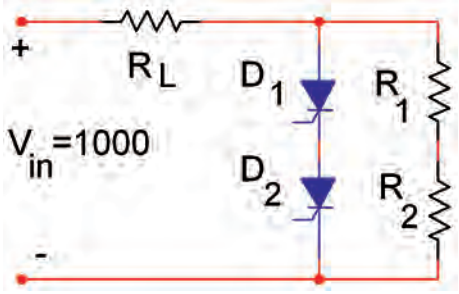
CarGeek.Live

CarGeek.Live



در شکل ۳۱-۱۰ منحنی مشخصه‌ی دونوع تریستور

همان طور که در شکل ۳۱-۱۰ مشاهده می شود ولتاژ شکست دو تریستور درباياس موافق با هم تفاوت دارد، ولی جریان حالت خاموش آن ها تقریباً با هم برابر است. همان طور که قبلاً گفته شده هدف از سری کردن دیودها ، تقسیم ولتاژ با یاس مخالف بین دیودها است ولی در تریستورها ، تقسیم ولتاژ هم در بایاس موافق و هم در بایاس مخالف (بین تریستورها) صورت می گیرد. در شکل ۳۲-۱۰ دو تریستور باهم سری شده‌اند.



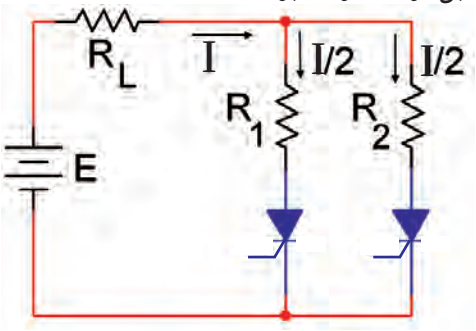
در شکل ۳۲-۱۰ دوتریستور با هم سری شده اند .

اگر V_{in} = ۱۰۰۰V ولت باشد ولتاژ بایاس موافق در دو سر هر تریستور برابر با ۵۰۰V است . وجود دو مقاومت مساوی R ، سبب تقسیم ولتاژ برابر در دو سر هر تریستور می‌شود. معمولاً مقدار مقاومت ها را بسیار زیاد در نظر می گیرند.

۱۰-۱۰ موازی کردن تریستورها

هنگامی که تریستورها را با هم موازی می کنیم ، جریان بار بین تریستورها تقسیم می شود . فرض می کنیم تریستوری می تواند حداکثر جریان ۴ آمپر را از خود عبور دهد . اگر بخواهیم جریان ۸ آمپر را ازبار عبور دهیم می توانیم از دو تریستور ۴ آمپری به صورت موازی استفاده کنیم. درعمل هنگامی که تریستورها با هم موازی می شوند به علت اختلافی که در مشخصه‌ی آن ها وجود دارد، جریان بار به طور مساوی بین آن ها تقسیم نمی شود . تریستوری که جریان بیش‌تری را از خود عبور می‌دهد تلفات توان بیش‌تری نیز دارد .

برای کاهش این تلفات توان می‌توانیم مطابق شکل ۳۳-۱۰ یک مقاومت کوچک رابه صورت سری با هریک از تریستورها قرار دهیم تا جریان به صورت برابر بین تریستورها تقسیم شود . بدیهی است که در این حالت تلفات مقاومت‌های سری قابل توجه خواهد بود .



شکل ۳۳-۱۰ تریستورها به طور موازی

۱۱-۱۰- آزمایش شماره ۲

کنترل زاویه آتش یک تریستور با استفاده از پالس های فرمان

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۱۱-۱۰ هدف آزمایش :

تشخیص SCR سالم از معیوب و کاربرد SCR در برش شکل موج (دیمر نیم‌موج)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

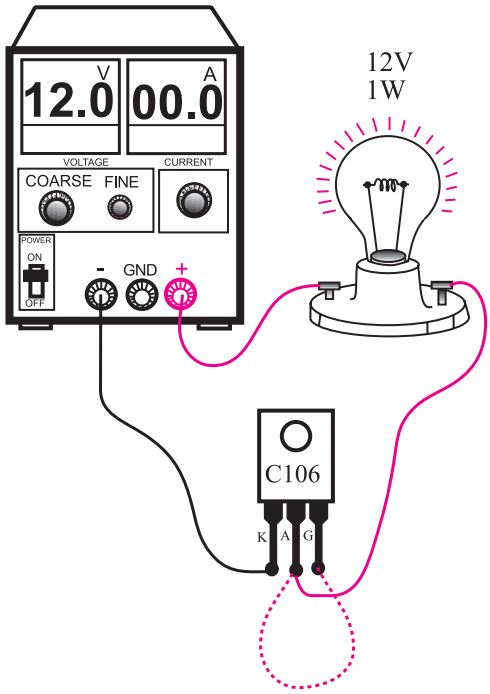
۲-۱۱-۱۰ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۱۵V	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله یا یک کاناله	یک دستگاه
۳	بردبرد	یک قطعه
۴	ترانسفورماتور ۲۲۰V/۱۲و۲A	یک عدد
۵	SCR به شماره C۱۰۶ یا مشابه	یک عدد
۶	دیود ۱N۴۰۰۱	یک عدد
۷	مقاومت ۱۰kΩ ($\frac{۱}{۴}$ وات)	سه عدد
۸	پتانسیومتر ۵۰۰kΩ	یک عدد
۹	خازن ۰/۱ µf	یک عدد
۱۰	لامپ ۱۲ ولت (حداقل ۰/۵ وات) همراه با سرپیچ	یک عدد
۱۱	سیم‌های رابط	به مقدار کافی
۱۲	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۱۱-۱۰ مراحل اجرای آزمایش :

الف :تشخیص SCR سالم از معیوب

- برای تشخیص سلامت یک تریستور می توانید آزمایش زیر را روی آن انجام دهید.
- وسایل موردنیاز را از آماده کنید.
- مدار شکل ۳۴-۱۰ را به کمک سیم های گیره‌دار ببندید.



شکل ۳۴-۱۰ مدار آزمایش تعیین سالم بودن SCR

- منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت DC تنظیم کنید و سپس آن را به مدار اتصال دهید .
- در حالت عادی لامپ باید خاموش باشد (مراقب باشید گیت را با دست لمس نکنید).
- در یک لحظه 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 .

سوال ٦ : چرا بعد از قطع گیت در یک SCR سالم باید لامپ هم چنان روشن باقی بماند ؟ توضیح دهید.

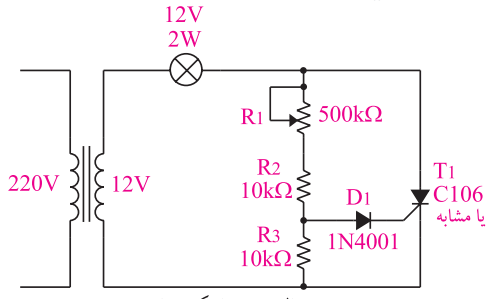
CarGeek.Live

CarGeek.Live

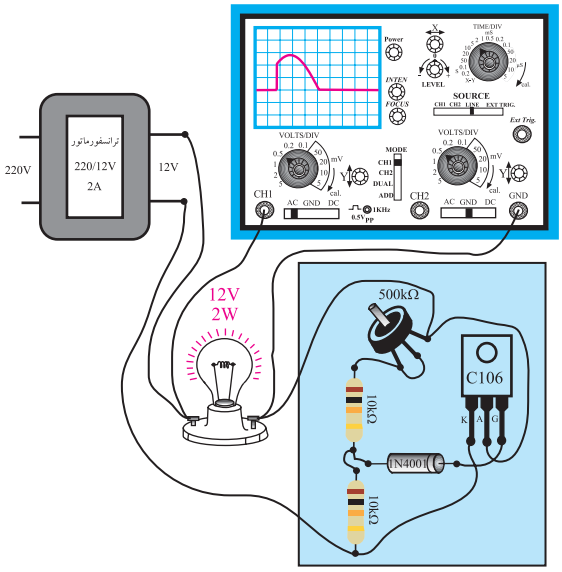
موضوع ب : کاربرد SCR در برش شکل موج

■ به کمک سیم های گیره دار مدار شکل ۳۵-۱۰ را ببندید

اگر مدار شکل ۳۵ - ۱۰ به صورت برد مدار چاپی آماده در اختیار شما قرارداده شده است، آن را مورد بررسی قرار دهید .



الف : نقشه فنی مدار



ب : مدارعملی

شکل ۳۵-۱۰ مدار آزمایش

■ دو سر لامپ را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ تنظیمات زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

Volts / Div = ۵V

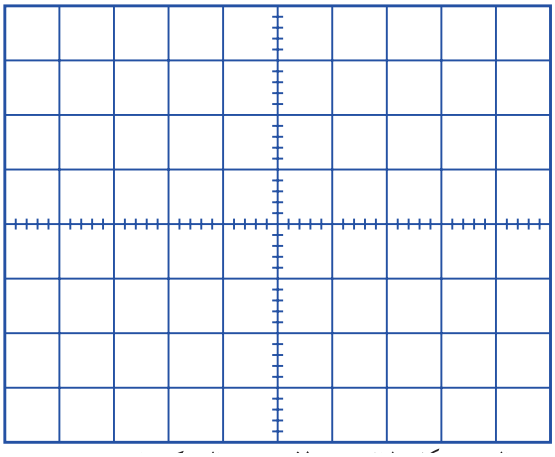
Time / Div = ۲۰ms

■ کلید Line Trig را فعال کنید تا بتوانید زاویه برش را کاملاً ببندید.

■ سایر تنظیمات لازم دیگر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

■ ولوم ۵۰۰k را در حداکثر مقدار خود قرار دهید.

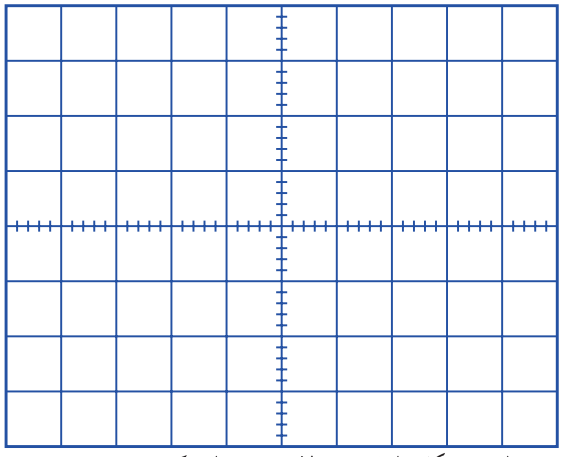
■ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ را که روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده می کنید در شکل ۳۶-۱۰ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۳۶-۱۰ شکل موج ولتاژ دوسرلامپ در حالتی که پتانسیومتر درحداکثر مقدارخود قرار دارد .

■ ولوم را دوباره تقریباً در وسط مقدار خود قرار دهید .

■ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ را مشاهده کنید و در شکل ۳۷-۱۰ با مقیاس مناسب ترسیم نمائید .



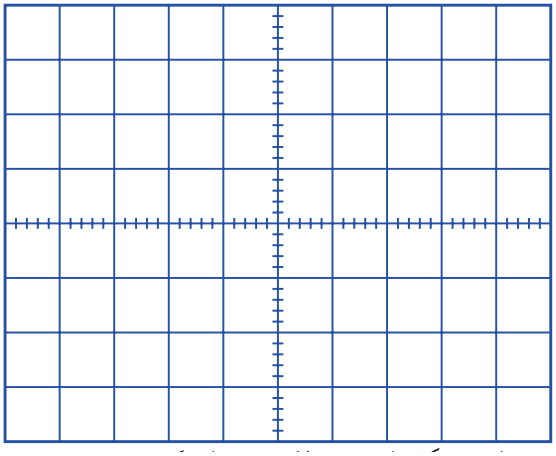
شکل ۳۷-۱۰ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ درحالتی که پتانسیومتر دروسط مقدار قرار دارد .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ ولوم را در حداقل مقدار خود قرار دهید.

■ شکل موج ولتاژ مشاهده شده روی صفحه حساس را در شکل ۳۸-۱۰ با مقیاس مناسب رسم کنید .

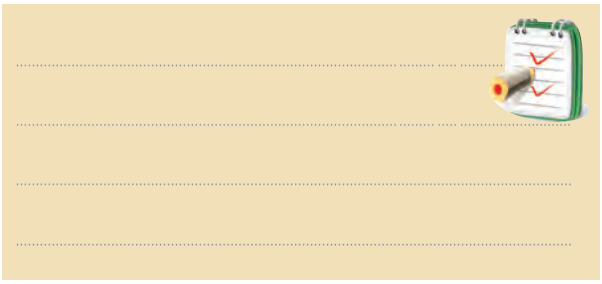


شکل ۳۸-۱۰ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ در حالتی که پتانسیومتر در حداقل مقدار قرار دارد.

شکل ۳۶-۱۰ ، ۳۷-۱۰ و ۳۸-۱۰ شکل ولتاژ دو سر لامپ در حالات مختلف ولوم ۵۰۰k را نشان می دهد .

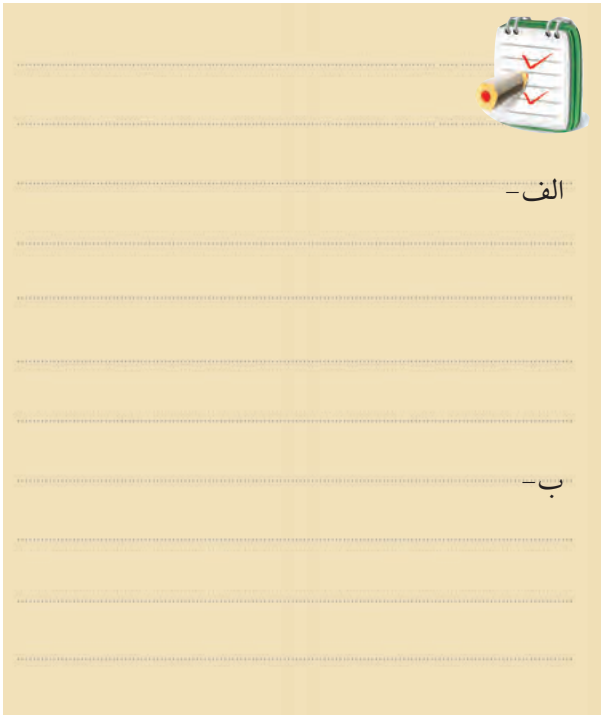
همان طور که در شکل ۳۵ - ۱۰ مشاهده می شود با تغییر پتانسیومتر می توانیم زاویه برش و نور لامپ راتغییردهیم. در این حالت مقدار متوسط و موثر ولتاژ دو سر لامپ یا بار نیز تغییر می کند .

سوال ۷: در شکل ۳۵-۱۰ نقش دیود را توضیح دهید؟



۴-۱۱-۱۰ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید .



۱۲-۱۰ مقادیر حد در تریستور

یکی از قطعات پر کاربرد در الکترونیک صنعتی ، تریستور (SCR) است. برایSCR نیز مانند سایر قطعات ، برگه اطلاعات وجود دارد. معمولاً در برگه اطلاعات ، مقادیر حد تریستورها تحت عنوان "Maximum Rating" نوشته می‌شود . برخی از این مقادیر که از اهمیت بیش تری برخوردار هستند عبارتند از :

۱- حداکثر ولتاژ سد تکراری در بایاس موافق و مخالف

Peak Repetitive Forward and Reverse Blocking Voltage

۲- جریان موثر در بایاس موافق

RMS Forward Current

۳- جریان معدل در بایاس موافق

Average Forward Current

۴- ماکزیمم جریان لحظه ای غیر تکراری

Peak Non repetitive surge Current

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵- قدرت ماکزیمم گیت

Peak Gate power

۶- حداکثر جریان بایاس موافق گیت

Peak Forward Gate Current

معرفی سایت :

همان طورکه قبلاً گفته شد،مقادیرحدبرای قطعات الکترونیکی را در برگه های اطلاعات یا دیتا شیت(Data sheet) درج می کنند. برای دسترسی به انواع برگه های اطلاعات می توانید به سایت: ALL Datasheet.com مراجعه کنید .

در ادامه درکارعملی برخی از مقادیر حد در برگه اطلاعات تریستور به زبان انگلیسی ارائه شده است .

۱۰-۱۳ آزمایش شماره ۳

برگه اطلاعات تریستور

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

۱۰-۱۳-۱ هدف آزمایش :

استخراج مقادیر حد تریستور از یک برگه اطلاعات

۱۰-۱۳-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد موردنیاز :

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	تریستور شماره c۱۰۶ و یا تریستور موجود در آزمایشگاه	یک عدد
۲	برگه اطلاعات تریستور	یک نسخه

۱۰-۱۳-۳ مراحل اجرای آزمایش :

در صفحات بعد برگه اطلاعات مربوط به SCR با شماره فنی C۱۰۶ را مشاهده می کنید . با توجه به این برگه اطلاعات به پرسش های زیر پاسخ دهید.

■ شکل ظاهری SCR به شماره C۱۰۶ را در نمودار شکل ۱۰-۳۹ رسم کنید و پایه‌های آن را مشخص کنید.

شکل ۱۰-۳۹ رسم شکل ظاهری SCR و پایه‌های آن

■ شکل ظاهری SCR موجود در آزمایشگاه رادر نمودار شکل ۱۰-۴۰ را رسم کنید و شماره فنی آن را بنویسید .

شکل ۱۰-۴۰ رسم شکل ظاهری SCR موجود در آزمایشگاه

■ حداکثر ولتاژ سد تکراری در بایاس معکوس (VRRM)در SCR با شماره فنی C۱۰۶ چند ولت است؟ یادداشت کنید.

V_{RRM} = ... ولت

■ جریان RMS در بایاس موافق تریستور C۱۰۶ چند آمپر است ؟

$I_{T(RMS)}$ = ...A

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ جریان معـدل (میانگیـن) دربایاس موافق تریسـتور C۱۰۶ چند آمپر است ؟

$I_{T(RMS)} = ...A$

■ ماکزیمم قدرت گیت چند وات است ؟

$P_{GM} = ...$ وات

■ معدل قدرت (توان) گیت چند وات است ؟

$P_{G(AVe)} = ...$

■ ماکزیمم جریان گیت موافق چند آمپر است ؟

$I_{GFM} = ...(A)$

۴-۱۳-۱۰ نتایج آزمایش

آن چـه را که در این آزمایش فرا گرفتـه اید به اختصار شرح دهید

همیشه قسمتی از زمان مفید خود رابرای برقراری ارتباط مؤثر سرمایه‌گذاری کنید.
ارتبـاط مؤثر و پایدار زمانی برقرار می‌شـود که از صمیم قلـب و با همت وتلاش مضاعف در طلب آن باشید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by C106/D

Silicon Controlled Rectifier
Reverse Blocking Triode Thyristors

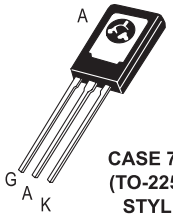
C106 Series*

*Motorola preferred devices

. . . Glassivated PNPN devices designed for high volume consumer applications such as temperature, light, and speed control; process and remote control, and warning systems where reliability of operation is important.

- Glassivated Surface for Reliability and Uniformity
- Power Rated at Economical Prices
- Practical Level Triggering and Holding Characteristics
- Flat, Rugged, Thermopad Construction for Low Thermal Resistance, High Heat Dissipation and Durability

SCRs
4 AMPERES RMS
50 thru 600 VOLTS



CASE 77-08
(TO-225AA)
STYLE 2

MAXIMUM RATINGS (T_J = 25°C unless otherwise noted.)

Rating		Symbol	Value	Unit
Peak Repetitive Forward and Reverse Blocking Voltage(1) (R_{GK} = 1 kΩ) (T_C = –40° to 110°C)	C106F C106A C106B C106D C106M	V_{DRM} or V_{RRM}	 50 100 200 400 600	Volts
RMS Forward Current (All Conduction Angles)		$I_{T(RMS)}$	4	Amps
Average Forward Current (T_A = 30°C)		$I_{T(AV)}$	2.55	Amps
Peak Non-repetitive Surge Current (1/2 Cycle, 60 Hz, T_J = –40 to +110°C)		I_{TSM}	20	Amps
Circuit Fusing (t = 8.3 ms)		I^2t	1.65	A^2s
Peak Gate Power		P_{GM}	0.5	Watt
Average Gate Power		$P_{G(AV)}$	0.1	Watt
Peak Forward Gate Current		I_{GFM}	0.2	Amp

1. V_{DRM} and V_{RRM} for all types can be applied on a continuous basis. Ratings apply for zero or negative gate voltage; however, positive gate voltage shall not be applied concurrent with negative potential on the anode. Blocking voltages shall not be tested with a constant current source such that the voltage ratings of the devices are exceeded. (cont.)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۱۰)

۱- انواع دیودهای قدرت را نام ببرید ؟

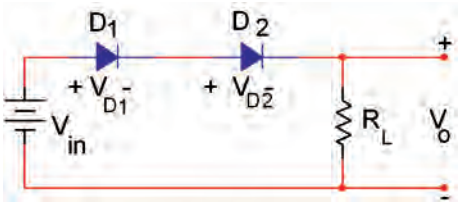
۲- دیودهای با کاربردهای عمومی دارای چه ویژگی‌هایی هستند ؟ شرح دهید.

۳- از دیودهای ..... در مبدل های DC به DC و DC-AC استفاده می‌شود .

۴- عملکرد دیود شاتکی را به طور کامل و با رسم یک شکل شرح دهید ؟

۵- مزایا و معایب دیود شاتکی را توضیح دهید.

۶- ولتاژ خروجی مدار شکل ۴۱-۱۰ از چه رابطه‌ای به دست می‌آید ؟



شکل ۴۱-۱۰

۷- برای افزایش ولتاژ معکوس ، دیودها را باهم سری می کنیم.

صحیح ❐ غلط ❐

۸- برای افزایش جریان و تأمین جریان بار می توانیم دیودها را به صورت موازی باهم اتصال دهیم .

صحیح ❐ غلط ❐

۹- کدام یک از جملات زیر در مورد دیود شاکلی صحیح نیست ؟

الف) در حالت قطع ولتاژ زیاد را تحمل می‌کند.

ب) در حالت هدایت ، جریان زیاد را عبور می‌دهد.

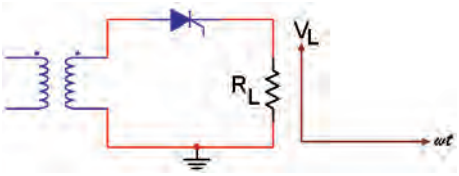
ج) یک دیود چهار لایه PNPN است .

د) پایه‌ی خارجی آن ، آندو گیت است.

۱۰- شکل موج خروجی شکل ۴۲-۱۰ را رسم کنید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۴۲-۱۰

۱۱- برای خاموش کردن SCR باید مقدار I_{AK} به صفر یا کم تر از I_H برسد.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۲- تریستور بدون دادن پالس فرمان به گیت روشن می‌شود ، اگر.....

الف) ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه V_{BO} کاهش یابد.

ب) ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه V_{BO} افزایش یابد.

ج) ولتاژ آند و کاتد یکسان شود.

د) مقدار ولتاژ Vg به کم تر از ۰/۷ ولت برسد .

۱۳- هدف از سری کردن دیودها ، ..... بایاس مخالف بین دیودها است .

۱۴- به چه دلیل تریستورها را باهم به صورت موازی اتصال می دهند ؟ شرح دهید.

۱۵- مقادیر حد تریستورها را توضیح دهید.

آیا می‌دانید هنگامی که با یک مشتری عصبانی برخورد می‌کنید چه رفتاری باید داشته باشید؟

♦ آرامش خود را حفظ کنید.

♦ از روش‌های مختلف ثابت شده و موفق مانند احترام گذاشتن و تعارف کردن به نوشیدن چای برای آرامش مشتری عصبانی استفاده کنید.

♦ سعی کنید با بیان آرام، شیوا و مستدل خود به فرد عصبانی کمک کنید تا از حالت پرخاشگرانه به وضعیت حل مشکل تغییر وضعیت دهد.

♦ پس از اتمام صحبت‌های مشتری حتماً تا حد امکان اقدام به حل مشکل نمایید و رضایت وی را بدست آورید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل یازدهم

ترانزیستور PUT

هدف کلی :

آموزش نظری و عملی تعداد دیگری از قطعات الکترونیک صنعتی

هدف های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۱- ساختمان تریستور PUT را شرح دهد.
۲- شرایط شروع به کار تریستور را با رسم شکل توضیح دهد.
۳-منحنی مشخصه ولت-آمپر PUT را رسم کند.
۴- مزایای PUT نسبت به UJT را بیان کند.
۵- طرز کار مدار عمومی PUT را برای ایجاد پالس‌های باریک و موج دندانه اره‌ای شرح دهد .
۶- تفاوت عملکرد SCR و GTO را شرح دهد.
۷- موارد کاربرد GTO را توضیح دهد.
۸- مقدار مجاز یک نمونه از قطعه‌ی GTO را بنویسد.
۹- ساختمان دایاک سه لایه را شرح دهد.
۱۰ - عملکرد دایاک را با رسم شکل شرح دهد.
۱۱- ساختمان دایاک ۵ لایه را شرح دهد.
۱۲- مدار عمومی یک اسیلاتور را با دایاک ترسیم کند.
۱۲-نحوه عملکرد ترایاک را شرح دهد .
۱۴-مدار معادل تریستوری ترایاک را رسم کند.
۱۵-شرایط روشن کردن ترایاک را رسم کند .
۱۶-اصول تست و تشخیص پایه های PUT و GTO و ترایاک را عملاً اجرا کند .
۱۷-کلیه‌ی هدف های رفتاری در حیطه عاطفی را که در فصل اول به آن‌ها اشاره شده است را در این فصل نیز اجرا کند .

توانایی شماره ۲۴	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۵	۴	۹

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۱۱)

۱- PUT یا UJT یک ترانزیستورقابل‌برنامه‌ریزی است.

صحیح ❐ غلط ❐

۲- کدامیک از جملات زیر صحیح نیست ؟

الف) PUT دارای ناحیه مقاومت منفی است.

ب) PUT زمانی روشن می شود که ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه ۰/۷ ولت مثبت تر باشد .

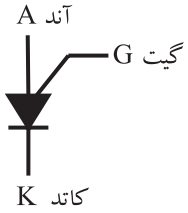
ج) در PUT ، V_G قابل تنظیم است.

د) PUT در حالت روشن، زمانی هادی باقی می‌ماند که جریان آند آن نسبت به کاتد صفر نباشد.

۳- منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپر PUT را رسم کنید .

۴- مزایای PUT را نسبت به UJT نام ببرید .

۵- شکل زیر ، نماد کدام نوع تریستور است ؟



الف) PUT

ب) GTO

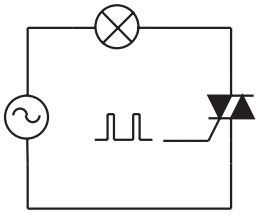
ج)دایاک

د) ترایاک

۶-تفاوت‌های SCR و GTO را شرح دهید.

۷- از ..... در مبدل ها یا هر موردی که به جریان لحظه ای زیاد و سرعت سوئیچینگ سریع نیاز است، استفاده‌می کنند .

۸- شکل موج دو سر لامپ مدار زیر را رسم کنید .



۹- ترایاک عنصری است مانند SCR که می‌تواند هم درنیم سیکل مثبت و هم درنیم سیکل منفی، ولتاژ را برش‌دهد.

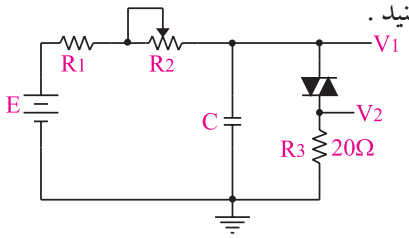
صحیح ❐ غلط ❐

۱۰- در هر شرایطی می توان ترایاک را روشن کرد.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۱- نحوه عملکرد دایاک سه لایه را شرح دهید.

۱۲- در مدار شکل زیر ، شکل موج خروجی V_1 و V_2 را رسم کنید .



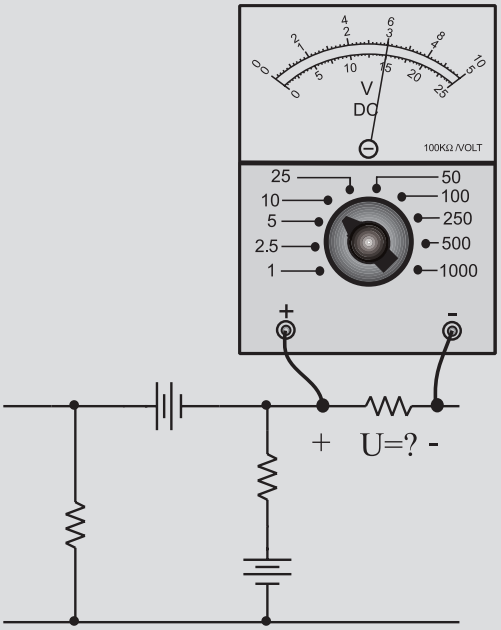
۱۳- ..... یک قطعه الکترونیکی نیمه هادی دو الکترودی یعنی دو پایه است .

CarGeek.Live

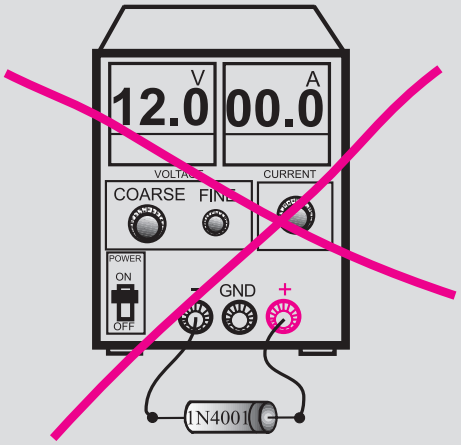
CarGeek.Live

نکات ایمنی فصل (۱۱)

۱- هنگام اندازه گیری ولتاژ ، ولت متر را به دو نقطه مورد نظر به صورت موازی ببندید.

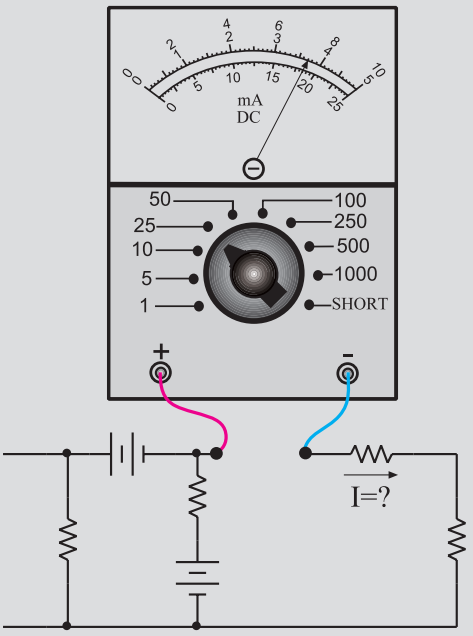


۲- هیـچ وقت یک قطعه نیمه هـادی مانند دیود را با منبع تغذیه به صورت موازی نبندید.

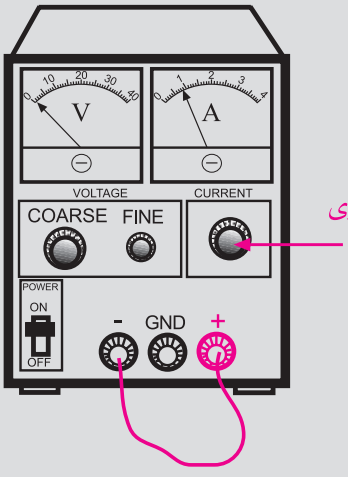


۳- قبـل از اتصال مدار به منبع تغذیه ، ابتدا ولتاژ خروجی را صفر کنید .

۴- هنگام اندازه گیری جریان در مدار ، آمپرمتر را با مدار به صورت سری ببندید.



۵- اگـر منبع تغذیـه که با آن کار می کنیـد دارای ولوم محدود کننده جریان است ، در آزمایش های این فصل جریان خروجـی را روی ۱۰۰ mA تنظیـم کنید . برای این کار ابتدا ولتاژ خروجی را روی صفر بگذارید. سپس دو سر خروجی را اتصال کوتاه کنید . ولتاژ خروجی را کمی زیاد کنید تا جریان از ۱۰۰ mA تجاوز کند. با استفاده از ولوم Current limit جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید.

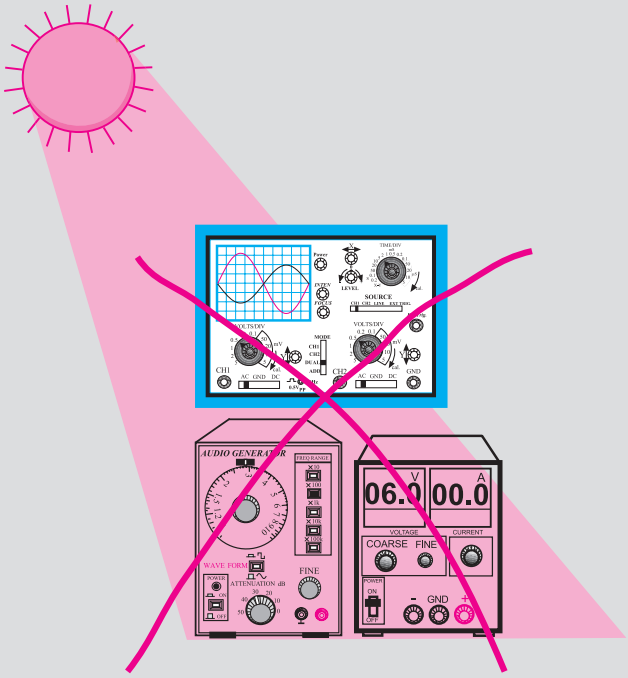


با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

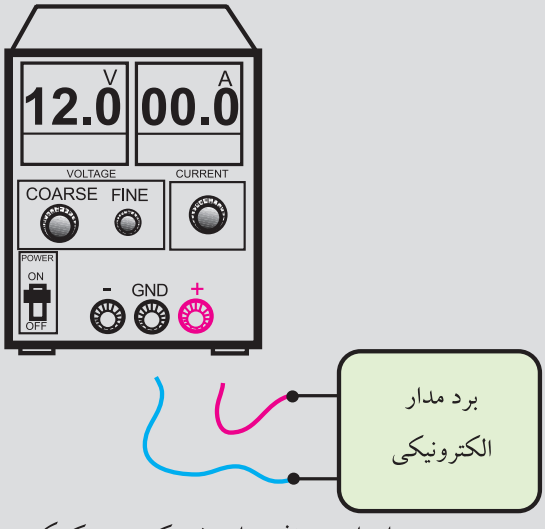
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۶- اسیلوسکوپ یا منبع تغذیه را در مجاورت وسایل گرمازا یا زیرنورآفتاب قرار ندهید.

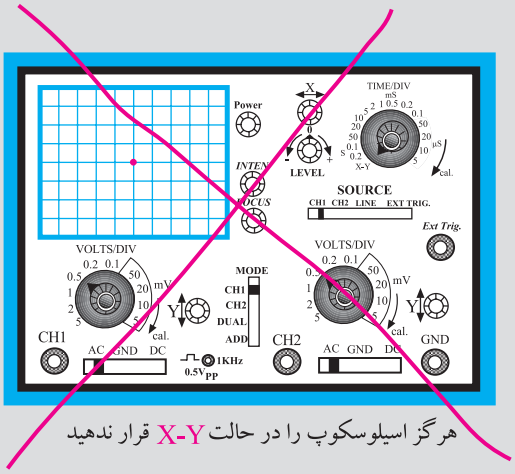


۷- قبل از وصل منبع تغذیه به مدارهای الکترونیکی ، ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را تنظیم کنید و سپس مدار را به منبع تغذیه وصل کنید.



ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و به کمک ولوم COARSE ولتاژ خروجی راتنظیم کنید سپس مدار را به آن اتصال دهید

۸- در اسیلوسکوپ کلید Y-X را برای کارهای معمولی هرگز فعال نکنید. زیرا در این حالت اشعه به صورت یک نقطه نورانی روی صفحه حساس ظاهر می شود و پوشش ماده فسفرسانس داخلی را در نقطه ای که تابیده شده است می سوزاند. در این حالت آن نقطه برای همیشه روی صفحه حساس به صورت یک لکه سیاه دیده می شود.



هرگز اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار ندهید

۹- هنگام تعویض حوزه کار کلیدها و ولوم های موجود در اسیلوسکوپ خیلی با احتیاط عمل کنید زیرا این کلیدها خیلی حساس هستند و زود خراب می‌شوند .

۱۰- هنگام حمل و نقل دستگاه های اندازه گیری مراقب باشید که به دستگاه ضربه وارد نشود.

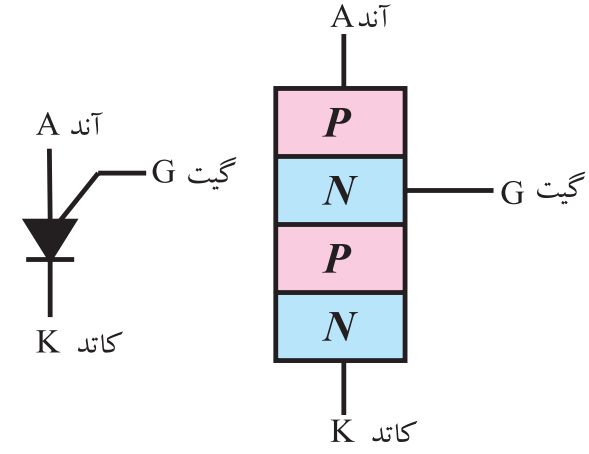
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱-۱۱ ساختمان ، طرزکار ، منحنی و کاربرد PUT

(Programmable Unijunction Transistor)

PUT یا UJT قابل برنامه‌ریزی، از چهار قطعه نیمه‌هادی نوع P و N تشکیل شده است ، شکل ۱-۱۱ - الف. پایه‌های یک PUT را ، آند ، گیت و کاتد می نامند و با حروف A و G و K نمایش می‌دهند .

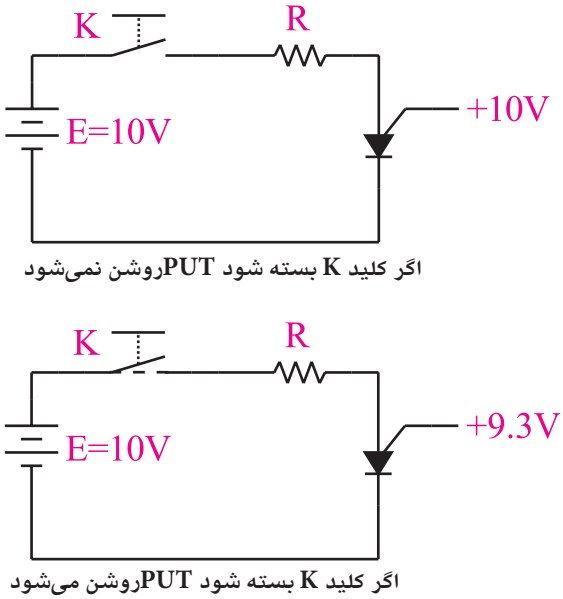


الف- ساختمان داخلی PUT ب- علامت قراردادی PUT

شکل ۱ - ۱۱ساختمان داخلی وعلامت قراردادی PUT

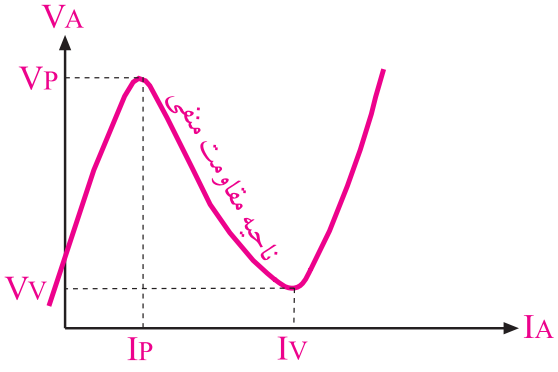
علامت قراردادی یا نماد این عنصر را درشکل ۱-۱۱-ب مشاهده می کنید. این عنصر نیز مانند UJT دارای ناحیه مقاومت منفی است . از این رو می توانیم آن را در اسیلاتورها یا مدارهای فرمان تریستور به کار ببریم.

در PUT هرگاه ولتاژ آند نسبت به کاتد مثبت‌تر شود و ولتاژ آند نسبت به گیت حدود ۰/۷ ولت مثبت‌تر باشد، PUT روشن می شود .در این شرایط ولتاژ آند سریعاً نسبت به کاتد کاهش می‌یابد وبه حدود ۱/۵ ولت می‌رسد . مادامی که جریان آند نسبت به کاتد(I_{AK}) تقریباً صفر نشود، PUT هم چنان روشن باقی می ماند،شکل ۲-۱۱.



شکل ۲-۱۱ نحوه روشن شدن PUT

منحنی مشخصه یک PUT شبیه منحنی مشخصه‌ی UJT است ، مطابق شکل ۳-۱۱.



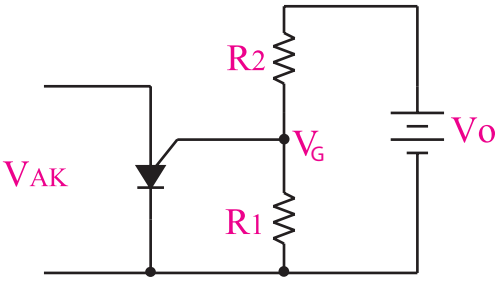
شکل ۳-۱۱ منحنی مشخصه‌ی ولت – آمپر PUT

منحنی مشخصه‌ی PUT را هنگامی که مدار الکتریکی آن طبق شکل ۴-۱۱ بسته شده باشد،می‌توان به دست آورد. روابط PUT مشابه UJT است با این تفاوت که V_G قابل تنظیم است .

$$V_G = \frac{V_O}{R_1 + R_2}.R_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} Vo = \eta Vo$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ٤-١١ مدار آزمایش برای به دست آوردن منحنی مشخصه ولت – آمپر PUT

در PUT ، V_Gقابل تنظیم است ، لذا برخلاف UJT که η آن قابل کنترل نیست، در PUT مقدار η را می‌توانیم کنترل کنیم . توجه داشته باشید مقاومت های R_1و R_2مقاومت‌هایی هستند که از بیرون به PUT متصل می‌شوند. انتخاب نام PUT، که به معنی UJT قابل برنامه ریزی است به دلیل قابل کنترل بودن مقدار η انتخاب شده است زیرا در PUT ، مقدار η را می توان به مقدار دلخواه برنامه‌ریزی یا تنظیم کرد. به طور کلی PUT نسبت به UJT دارای مزایایی به شرح زیر است :

الف- قابلیت برنامه ریزی R_{BB} برای کنترل مقدار η: R_{BB} و η به مقاومت های R_1و R_2 بستگی دارد. چون دو مقاومت R_1و R_2 از بیرون به PUT وصل می شوند و مقدار آن ها قابل کنترل است ، لذا می توانیم η را به مقدار دلخواه تنظیم کنیم .

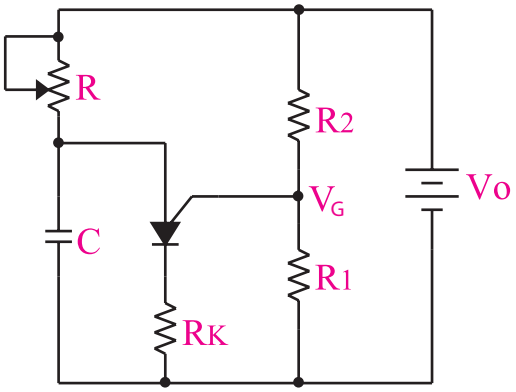
ب- افت ولتاژ کم دو سر PUT در حالتی که PUT هدایت می کند .

ج- جریان نشتی گیت – آند بسیار کم

د- دامنه‌ی پالس خروجی بزرگ.

هـ - پالس جریان حدود ۲A.

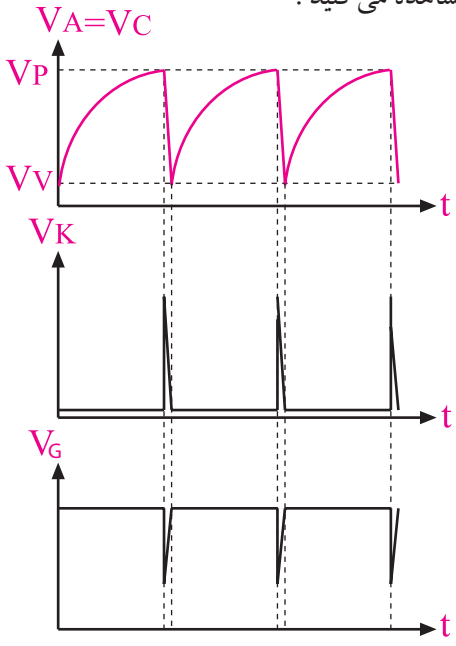
از عنصر PUT در مدارهایی مانند اسیلاتور ، تایمر به فراوانی استفاده می شود. در شکل ۵-۱۱ یک نمونه مدار کاربردی PUT را مشاهده می کنید. در این مدار برای تولید نوسان از مقاومت منفی PUT استفاده شده است .



شکل ۵-۱۱ مدار عمومی PUT برای ایجاد پالس های باریک و موج دندانه اره‌ای

طرز کار مدار به این صورت است که ابتدا خازن شارژ می‌شود و وقتی ولتاژ دو سر آن به اندازه V_Y+V_Gرسید PUT را روشن می کند . چون PUT در حال وصل (ON) مقاومت نسبتاً کوچکی از خود نشان می‌دهد و افت ولتاژ دو سر آن به حدود ۱/۵ ولت می رسد ، لذا خازن را به سرعت دشارژ می‌کند. هنگامی که ولتاژ دو سر خازن از V_vکمتر شد PUT به حالت قطع می رود . پس از این مرحله ، شارژ خازن دوباره شروع و مراحل تکرار می شود .

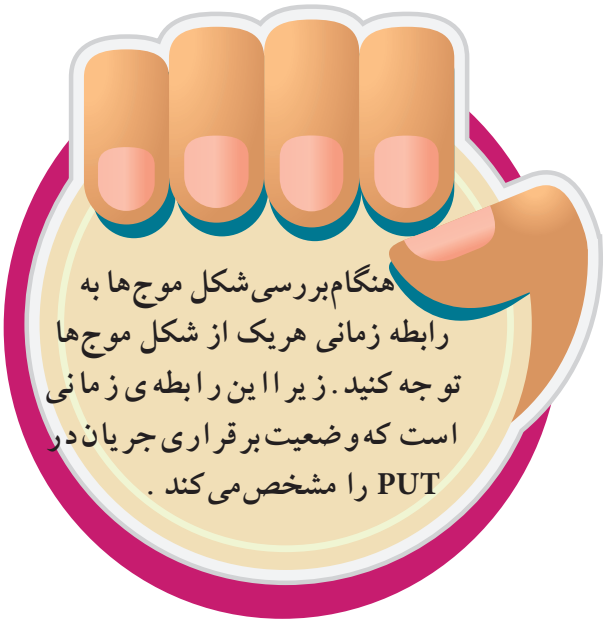
شکل موج ولتاژ نقاط مختلف نوسان ساز را در شکل ۶-۱۱ مشاهده می کنید .



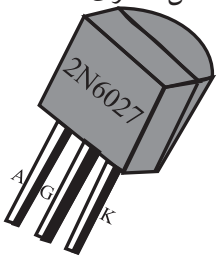
شکل ۶-۱۱ شکل ولتاژ نقاط مختلف نوسان ساز PUT

CarGeek.Live

CarGeek.Live



در شکل ۷-۱۱ شکل ظاهری PUT نشان داده شده است.

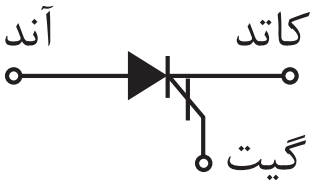


شکل ۷-۱۱ شکل ظاهری PUT به شماره ۲N۶۰۲۷

۱۱-۲ ترانزیستور GTO (Gate turn off thyristors)

درSCR گیت کاتدی ، هنگامی که آند نسبت به کاتد آن مثبت می شود ، با تحریک گیت نسبت به کاتد می توانیم SCR را روشن کنیم وپس از روشن شدن SCR و برداشتن ولتاژ گیت ، SCR در حالت روشن باقی می ماند و خاموش نمی‌شود.

برخلاف عملکرد SCR ، GTO تریستوری است که بادادن پالس به گیت آن تحریک می‌شود و با معکوس شدن پلاریته‌ی پالس داده شده به گیت ، تریستور از حالت هدایت خارج می شود و در شرایط خاموش قرار می گیرد . در شکل ۸-۱۱ نماد و شکل ظاهری نمونه ای از GTO نشان داده شده است .



شکل ۸-۱۱ شکل ظاهری و نماد GTO

از GTO در مدارهایی مانند مدار راه اندازی موتور ، منابع تغذیه‌ی سوئیچینگ (کلید زنی) ، انواع مبدل ها و مدارهایی که به جریان لحظه ای زیاد وسرعت سوئیچینگ سریع نیاز دارند ، استفاده می کنند. برخی مقادیر ماکزیمم و متعارف مجاز یک نمونه از این قطعه به شرح زیر است :

- ماکزیمم ولتاژ تکراری در حالت خاموش (OFF) برابر با ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ ولت.
- ماکزیمم ولتاژ معکوس تکراری گیت برابر با ۱۵ ولت
- جریان تحریک گیت، متعارف ۶۰mA و ماکزیمم آن ۳۰۰mA.
- ولتاژ تحریک گیت، متعارف ۰/۸ ولت و ماکزیمم آن ۱/۵ ولت.
- ماکزیمم جریان تکراری قابل کنترل در حالت ON برابر با ۵۰ A .

نکته:

امروزه به دلیل ورود قطعات جدید،ازGTO کم‌تر استفاده می‌شود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۱۱ ساختمان ، طرزکار ، منحنی مشخصه و کاربرد دایاک (DIAC)

۱-۳-۱۱ دایاک سه لایه : دایاک یک قطعه الکترونیکی نیمه هادی دو الکترودی یعنی دو پایه است. . نوع سه لایه دایاک ازسه لایه کریستال N،P و P تشکیل شده است . دایاک دارای دو حالت کار قطع و وصل می‌باشد . در شکل ۹-۱۱ الف و ب ساختمان داخلی و شکل ظاهری دایاک نشان داده شده است .

الف- شکل ظاهری دایاک

ب- ساختمان داخلی دایاک سه‌لایه

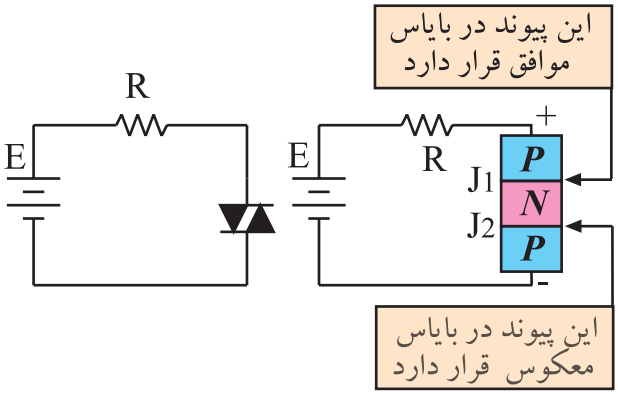
ج – علامت قراردادی دایاک

شکل ۹-۱۱ شکل ظاهری ، ساختمان داخلی و علامت قراردادی دایاک

همان طور که از شکل ۹-۱۱ مشخص است ساختمان دایاک شبیه به یک ترانزیستور PNP است با این تفاوت که الکترود بیس ندارد .

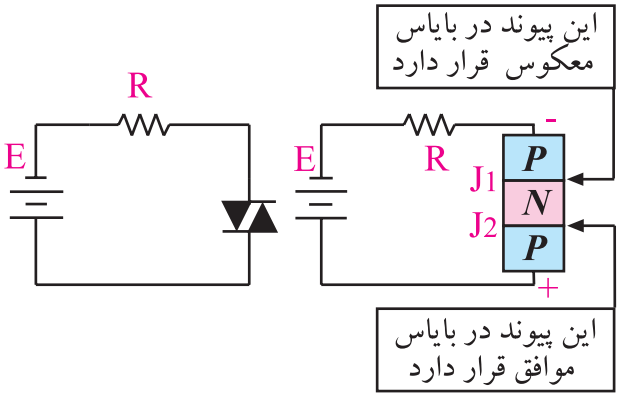
همچنین ناخالصی کریستال‌های P نیز یکسان است، به همین جهت دایاک خاصیت متفاوتی را از خود نشان می‌دهد. از این رو معمولاً پایه‌های دایاک را نام‌گذاری نمی‌کنند. در شکل ۹-۱۱ -ج علامت قراردادی دایاک نشان داده شده است.

در شکل ۱۰-۱۱ 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 ۱۰-۱۱ - بایاس دایاک

در شکل ۱۱-۱۱ قطب های منبع ولتاژ را عوض کرده‌ایم.



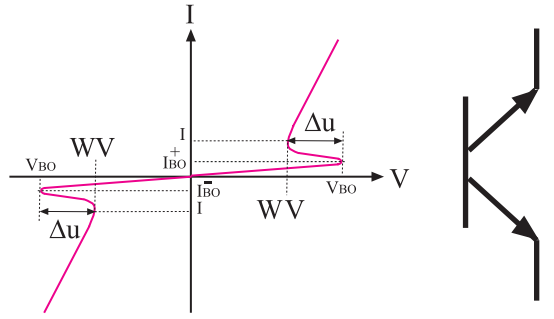
شکل ۱۱-۱۱بایاس دایاک

در شکل ۱۱-۱۱ پیوند J_2 در بایاس موافق و پیوند J_1 در بایاس مخالف است. بنابراین همواره در یک دایاک ، صرف‌نظر از قطب های ولتاژ ورودی ، یکی از پیوندها در بایاس موافق و دیگری در بایاس مخالف قرار می گیرد. حال اگر ولتاژ ورودی را افزایش دهیم به ازای ولتاژ معینی به نام ولتاژ عبور (Break Over) که آن را 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 . چنان چه ولتاژ دو سر دایاک از مقدار مشخصی کم تر شود دایاک قطع (خاموش) می‌شود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

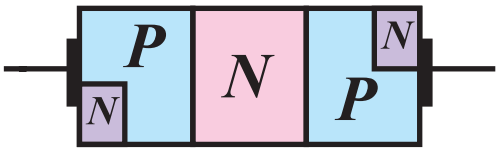
برای روشن شدن (ON) دایاک باید ولتاژ دو سر آن به V_{BO} که معمولاً ۳۵ ولت است برسد. در شکل ۱۲-۱۱- ب منحنی مشخصه‌ی ولت – آمپر دایاک نشان داده شده است. در این منحنی WV (WV =Working Voltage) ولتاژ دایاک را نشان می‌دهد .



الف – علامت قراردادی دایاک سه لایه ب – منحنی مشخصه

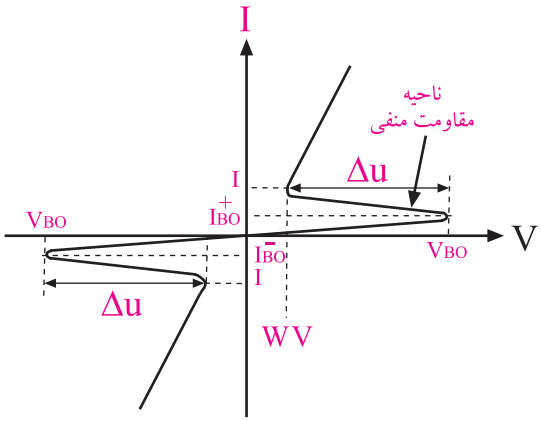
شکل ۱۲-۱۱ منحنی مشخصه و علامت قراردادی دایاک سه لایه ، منحنی در ربع اول و سوم کاملاً قرینه است .

۲-۳-۱۱ دایاک ۵ لایه : دایاک ۵ لایه از ۵ لایه نیمه‌هادی نوع P و n تشکیل شده است شکل ۱۳-۱۱ ساختمان داخلی دایاک ۵ لایه را نشان می دهد.



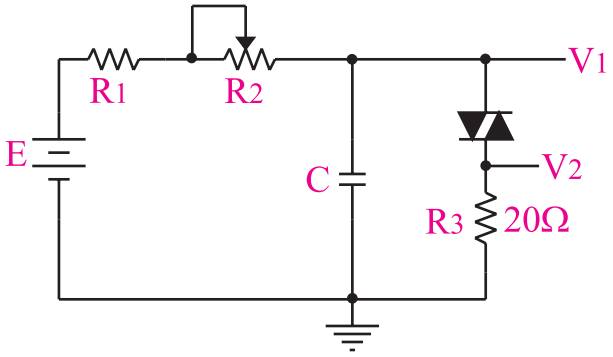
شکل ۱۳-۱۱ ساختمان داخلی دایاک ۵ لایه

علامت قراردادی دایاک ۵ لایه مانند دایاک سه لایه است ولی منحنی مشخصه آن کمی فرق می کند. در حقیقت وقتی یک دایاک سه لایه ۳۵ ولتی هادی می‌شود ولتاژ دو سر آن به حدود ۳۰ ولت می رسد ولی هنگامی که یک دایاک ۵ لایه ۳۵ ولتی هادی می شود ولتاژ دو سر آن تا ۵ ولت کاهش می‌یابد. این امر باعث می شود که بتوان پالس سوزنی با دامنه بزرگ تری تولید کرد . در شکل ۱۴-۱۱ منحنی مشخصه ولت – آمپر دایاک ۵ لایه نشان داده شده است .



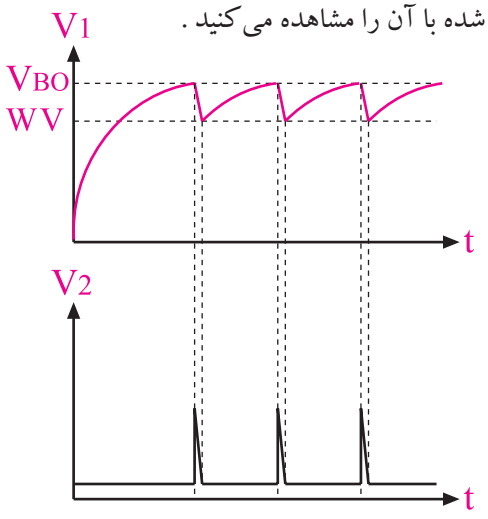
شکل ۱۴-۱۱ منحنی مشخصه ولت – آمپر دایاک ۵ لایه

چون دایاک های سه لایه و ۵ لایه دارای ناحیه مقاومت منفی هستند لذا می توان با استفاده از این عناصر مدار یک اسیلاتور را تشکیل داد. در شکل ۱۵-۱۱ مدار عمومی یک اسیلاتور با استفاده از دایاک نشان داده شده است .



شکل ۱۵-۱۱ اسیلاتور با استفاده از دایاک

در شکل ۱۶-۱۱ شکل ولتاژ دو سر دایاک و مقاومت سری شده با آن را مشاهده می کنید .



شکل ۱۶-۱۱

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در مـدار اسـیلاتور شـکل ۱۵-۱۱ ، پـس از وصل منبع تغذیه،ابتدا خازن توسط مقاومت R شارژ می شود. وقتی ولتاژ دو سرخازن به اندازه V_{BO} رسید ، خازن در آن دشارژ می‌شود. هنگامی که ولتاژ دو سـر 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 .

۱۱-۴- آزمایش شماره۱

دایاک به عنوان نوسان ساز

زمان اجرا: ۱/۵ ساعت آموزشی

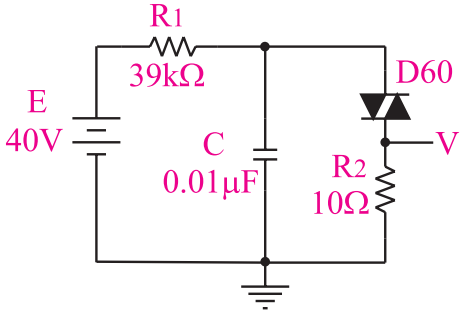
۱۱-۴-۱ هـــدف آزمایـــش : آزمایش یـک مدار نوسان‌ساز با استفاده از دایاک

۱۱-۴-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

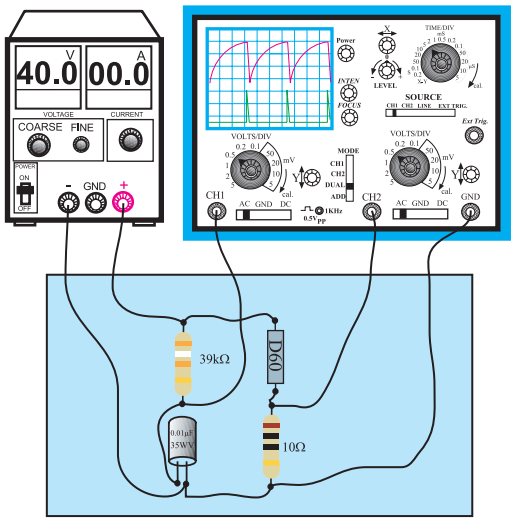
ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۱A و ۰-۳۰V	یک دستگاه
۳	سیم‌های رابط معمولی	به اندازه کافی
۴	برد مدار چاپی آمـاده مربوط به DIAC	یک قطعه

۱۱-۴-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل موردنیاز را آماده کنید .
- مدار شکل ۱۱-۱۷ را که به صورت مدار چاپی آماده و در اختیار شما قرارداده شده است مورد بررسی قرار دهید .



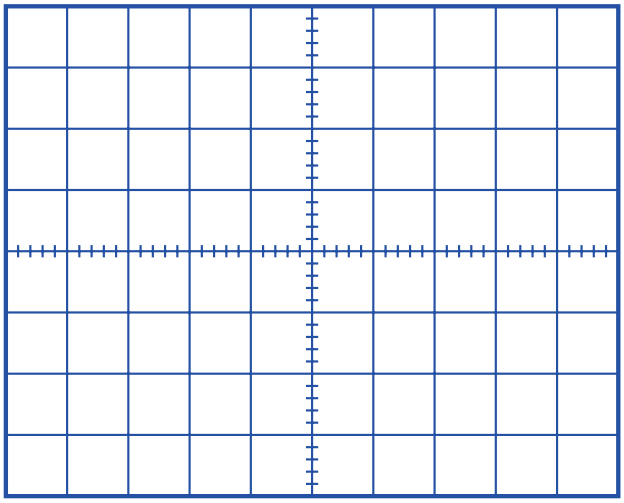
الف- نقشه‌ی فنی مدار



(ب) مدارعملی

شکل ۱۱-۱۷ مدار آزمایش

- منبـع تغذیه را روی ۴۰ ولت قرار دهید و آن را به مدار وصل کنید .
- حـوزه کار Volt /DiV را روی حداکثر مقدار خود یعنـی ۵ ولت و یا در صورت داشـتن رنج ۱۰ ولت ، روی ۱۰ ولت قرار دهید .
- سایر تنظیمات اسیلوسکوپ را نیز انجام دهید .
- شکل موج های مشاهده شـده روی کانال‌های CH۱ و CH۲ را با دو رنگ مختلف در شکل ۱۱-۱۸ رسم کنید.



شکل ۱۱-۱۸ شکل موج ولتاژ دو سر خازن و مقاومت سری شده با دایاک

CarGeek.Live

CarGeek.Live

سوال ۱ – با تغییر کدام عنصر (عناصر) می‌توانیم فرکانس موج تولیدی را تغییر دهیم ؟ توضیح دهید.

سوال ۲ – در مدار شکل ۱۸–۱۱ ولتاژ شکست دایاک چند ولت است ؟ چرا ؟

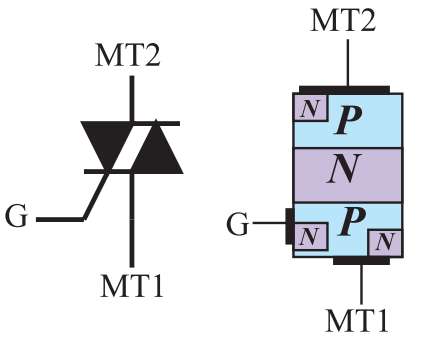
۱۱–۴–۴ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید .

۵– ۱۱ساختمان ، منحنی مشخصه ، طرزکار و کاربرد ترایاک(TRIAC)

ترایاک عنصری مانند SCR است ، با این تفاوت که می‌تواند ولتاژ را در هر دو نیم سیکل مثبت و منفی برش دهد و روی هر دو نیم سیکل مثبت و منفی کنترل داشته باشد.

درشکل۱۹–۱۱–الف ساختمان داخلی‌ودرشکل ۱۹–۱۱– ب علامت قراردادی ترایاک نشان داده شده است.

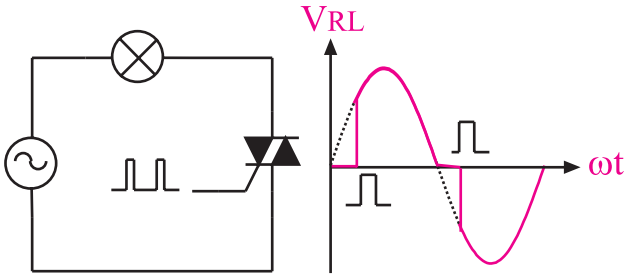


ب–علامت قراردادی ترایاک

الف–ساختمان داخلی ترایاک

شکل۱۹ – ۱۱ساختمان داخلی و علامت قراردادی ترایاک

در شکل ۲۰–۱۱ نحوه‌ی برش دادن یک موج سینوسی در نیم سیکل مثبت و نیم سیکل منفی را مشاهده می کنید، عملکرد ترایاک مانند دو عدد تریستوری است که با یکدیگر به صورت موازی و معکوس بسته شده‌اند .

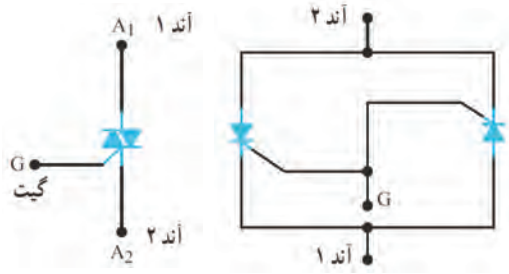


شکل۲۰ – ۱۱ترایاک می‌تواند در هر دو نیم سیکل مثبت و منفی عمل کند.

در عمل اگر هدف کنترل ولتاژ در نیم سیکل‌های مثبت و منفی باشد ، می‌توانیم از دو عدد تریستور که به طور موازی و معکوس بسته شده‌اند استفاده کنیم ، این روش در توان‌های خیلی زیاد به کار می‌رود، شکل ۲۱–۱۱.

CarGeek.Live

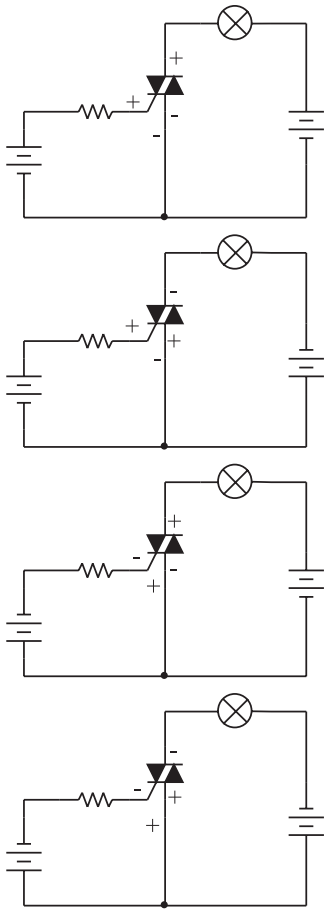
CarGeek.Live



شکل ۲۱ - ۱۱مدار معادل تریستوری ترایاک

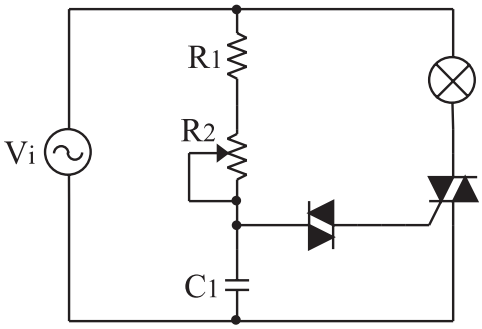
برای روشـــن کردن ترایاک ، نیـــاز به رعایت قطب‌های ولتاژ نیســـت . یعنی در هر شـــرایطی ترایـــاک را می توان روشن کرد .این امر ضریب اطمینان روشن شدن ترایاک را کاهـــش می دهد، از این رو این قطعه در مدارهایی که زیاد حساس نیستند اســـتفاده می شود. ترایاک با آمپرهای بسیار بالا نیز ساخته می‌شود.

شکل ۲۲ - ۱۱چهار حالت روشن شدن ترایاک را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲-۱۱- چهار حالت روشن شدن ترایاک

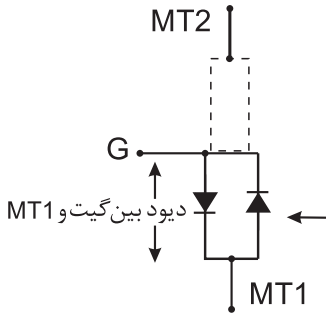
شکل ۲۳-۱۱ یک نمونه کنترل ولتاژ AC(کنترل نورلامپ یا مدار دیمر) با اســـتفاده از دایاک و ترایاک را نشان می‌دهد. در ایـــن مدار با تغییـــر مقاومت R_2 نور لامـــپ تغییر می کند.



شکل۲۳ - ۱۱مدار کنترل نور لامپ
با استفاده از دایاک و ترایاک

۱-۵-۱۱مقدمه‌ای بر کار عملی ترایاک(TRIAC)

ترایاک یک کلید دو طرف نیمه هادی اســـت و سه پایه دارد. پایـــه های آن را MT_1 (Main Terminal)، MT_2 و G (گیت) می‌نامند . معادل دیودی بین پایه گیت و MT_1 ترایاک به صورت شکل ۲۴-۱۱ است.



شکل ۲۴-۱۱ معادل دیودی ترایاک

با توجه به مدار معادل دیودی ترایاک ، چون بین گیت و MT_2 دولایه سد وجود دارد بنابراین با استفاده از مولتی‌متر فقـــط می‌توانیم پایه MT_2 را تشـــخیص دهیم . زیرا پایه‌ی گیت ترایاک نسبت به MT_1 از هر دوطرف، مقاومت کمی را با اهم متر نشان می‌دهد .

علت نشـــان دادن مقاومت کم بین این دو پایه ، مشابه بودن مـــدار معادل به صورت دودیود مـــوازی و معکوس اســـت . از سوی دیگر پایه‌ی MT_1 نسبت به پایه MT_2 و پایه‌ی گیت نسبت به پایه‌ی MT_2 از هر دو طرف با اهم‌متر مقاومت بی نهایت را نشان می‌دهد .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بنابراین تنهـا پایه‌ای را کـه می‌توانیم به وسـیله اهم‌متر تشـخیص‌دهیم ، پایه MT_2 اسـت که نسبت به دو پایه دیگر مقاومت زیاد (بی‌نهایت) را نشـان می‌دهد و پایه گیت (G) و MT_1 توسط اهم‌متر قابل تشخیص نیست.

برای تشـخیص پایه‌های ترایاک باید به کتاب اطلاعات قطعات الکترونیک صنعتی یـا به برگه اطلاعات مربوط به قطعه مورد نظر مراجعه کنید .

۱۱-۶ آزمایش شماره ۲

ترایاک ، PUT و GTO

زمان اجرا: ۵ / ۲ ساعت آموزشی

۱۱-۶-۱ هدف آزمایش: بررسی پایه ها و صحت کار تریستورهای ترایاک، PUT و GTO.

۱۱-۶-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد موردنیاز:

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۳۰V-۰	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	ترایاک	یک عدد
۴	PUT	یک عدد
۵	مقاومت‌های ۱۰۰Ω و ۲/۲kΩ ، ۳/۳ $\frac{1}{4}$ وات	از هر کدام یک عدد
۶	کلید	یک عدد
۷	لامپ ۶ ولتی و ۳ ولتی	از هر کدام یک عدد
۸	سیم‌رابط	به مقدار کافی
۹	ابزارعمومی کارگاه الکترونیک	–
۱۰	کتاب مشخصات قطعات الکترونیکی و برگه‌های مشخصات قطعات مورد آزمایش	یک جلد

۱۱-۶-۳ مراحل اجرای آزمایش

الف -ترایاک

■ شماره فنی ترایاک موجود در آزمایشگاه را بخوانید و یادداشت کنید.

شماره فنی ترایاک =.....

■ شـکل ظاهری ترایـاک موجود در آزمایشـگاه را در نمودار ۱۱-۲۵ رسم کنید .

شکل ۱۱-۲۵ شکل ظاهری ترایاک موجود در آزمایشگاه

■ با مراجعـه به منابع مختلف ، مشـخصات فنی ترایاک مورد آزمایش را بنویسید.

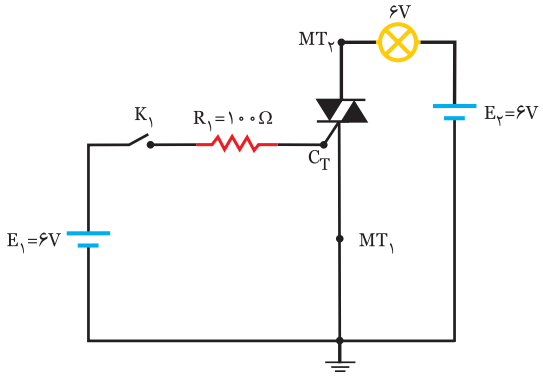
■ مولتی‌متر را درحوزه‌ی کار اهم‌متر قرار دهید.

■ با استفاده از مولتی‌متر، پایه MT_2 ترایاک موردآزمایش را مشخص کنید و در مورد نحوه تشخیص آن توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■برای تعیین صحت عملکرد ترایاک ، مدار شکل ۱۱-۲۶ را روی برد برد ببندید



شکل ۱۱-۲۶ مدار تست صحت ترایاک

■کلید K۱ را ببندید.

سوال ۳: آیا لامپ روشن می‌شود؟

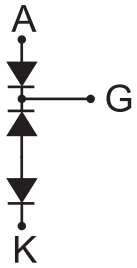
سوال ٤: در مورد صحت ترایاک مورد آزمایش توضیح دهید.

ب : PUT

یادآوری

PUT همان SCR گیت آندی است. مدارمعادل دیودی آن به صورت شکل ۱۱-۲۷ است .

آند نسبت به گیت مانند یک دیود عمل می کند . با مشخص شدن پایه آند و گیت ، پایه سوم که کاتد است مشخص می‌شود.



شکل ۱۱-۲۷ مدار معادل PUT

■شماره فنی ترانزیستور PUT موجود در آزمایشگاه را بخوانید و یادداشت کنید

شماره فنی PUT =.....

■شکل ظاهری PUT موجود در آزمایشگاه را در نمودار ۱۱-۲۸ رسم کنید .

شکل ۱۱-۲۸ شکل ظاهری PUT موجود در آزمایشگاه

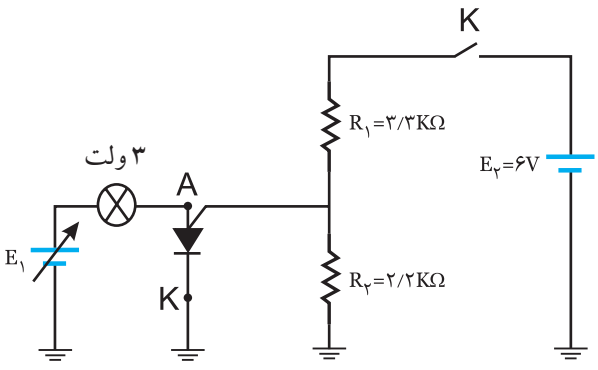
■با مراجعه به منابع مختلف، مشخصات قطعات الکترونیک صنعتی و سایر مشخصات برگه ی اطلاعات ، سایر مشخصات فنی و شماره پایه های PUT موجود در آزمایشگاه را یادداشت کنید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ به وسیله اهم متر ، پایه های PUT را تشخیص دهید و مراحل اجرای کار را تشریح کنید.

■ برای تعیین صحت کار PUT مدار شکل ۲۹-۱۱ را روی برد برد ببندید.



شکل ۲۹-۱۱ مدارعملی صحت کار PUT

■ منبع تغذیه E_1 را روی صفر ولت تنظیم کنید.
■ منبع تغذیه E_2 را روی ۶ ولت تنظیم کنید.
■ کلید K را وصل کنید.

■ منبع تغذیه E_1 را به تدریج تغییر دهید تا لامپ روشن شود.

سوال ۵ : ولتاژ منبع تغذیه E_1 را زمانی که لامپ روشن می شود بخوانید و یادداشت کنید .

V_{E_1} = ...v

در یک ولتاژ معین (مثلاً حدود ۳ ولت) PUT عمل می کند و لامپ روشن می‌شود.

■ درمورد عملکرد مدار، صحت PUT و علت روشن شدن لامپ توضیح دهید.

■ کلید K را قطع کنید.

سوال ٦ : آیا لامپ خاموش می‌شود یا روشن می‌ماند؟ توضیح دهید.

ج- GTO

معمولاً روی بدنه تریستور GTO؛ پایه های آند و کاتد و گیت مشخص شده است . در غیر این صورت باید برای تشخیص پایه‌ها به برگه‌ی مشخصات تریستور مراجعه کرد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

نکته:

چون تریستور GTO سال هاست که از بازار خارج شـده اسـت وموجود نیست ، از انجام کار عملی روی GTO صرف نظر می‌شود .

۴-۶-۱۱ نتایج آزمایش

آن چـه را کـه در این آزمایش فرا گرفتـه اید به اختصار شرح دهید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۱۱)

۱- ساختمان داخلی PUT را با رسم شکل توضیح دهید.

۲- چون PUT دارای ناحیه مقاومت منفی است به صورت یک اسیلاتور در مدار فرمان تریستور به کار می رود.

صحیح ❐ غلط ❐

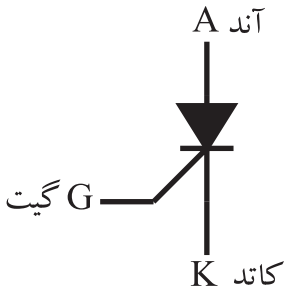
۳- شکل ۳۰-۱۱ نماد کدام قطعه است ؟

الف) تریستور (SCR)

ب) PUT

ج)ترایاک

د) دایاک



شکل ۳۰-۱۱

۴- عملکرد یک PUT رابه طور کامل با رسم شکل شرح دهید.

۵- کدامیک از جملات زیر در مورد PUT صحیح نیست ؟

الف) جریان نشتی گیت - آند بسیار کم است.

ب) پالس جریان حدود ۲A است .

ج) زمان وصل بسیار طولانی است .

د) دامنه‌ی پالس خروجی بزرگ است.

۶- ..... تریستوری است که با اعمال پالس به گیت آن تحریک می‌شود و با معکوس شدن پلاریته‌ی پالس گیت، از حالت هدایت خارج می‌شود.

۷- مقادیر مجاز GTO کدامند ؟ دو مورد را بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸- دراین قطعـه الکترونیکی اگرولتاژ ورودی را افزایش دهیم به ازای ولتاژ معینی پدیده بهمنی رخ می‌دهد.

الف) ترایاک

ب) دایاک

ج) PUT

د) GTO

۹- مدار عمومی یک اسیلاتور را با استفاده از دایاک رسم کنید.

۱۰- در عمـل اگر هدف کنترل ولتاژ در نیم سـیکل‌های مثبت و منفی باشـد می‌توانیم از تریسـتور ..... اسـتفاده کنیم.

۱۱- نحوه تشـخیص پایه‌های ترایـاک و صحت آن را به طور کامل شرح دهید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

منابع و مآخذ

ردیف	عنوان کتاب	کد	سال چاپ	مؤلفان	ناشر
۱	دیود و ترانزیستور	۶۰۵/۶	۱۳۸۹	فتح اله نظریان	شرکت صنایع آموزشی
۲	کاربـــرد قطعـــات در مدارهای الکتریکی	۶۰۵/۷	۱۳۸۹	فتح اله نظریان	شرکت صنایع آموزشی
۳	الکترونیک عمومی ۲	۴۹۰/۵	۱۳۸۹	یداله رضازاده - غلامحسین نصری	شرکت چاپ ونشرکتاب‌های درسی
۴	کارگاه الکترونیک عمومی	۴۸۸/۷	۱۳۸۹	شهرام نصیری سوادکوهی	شرکت چاپ ونشرکتاب‌های درسی
۵	الکترونیک عمومی ۱	۳۵۹/۴۲	۱۳۸۹	ابوالقاسم جاریانی - فتح اله نظریان -	شرکت چاپ ونشرکتاب‌های درسی
۶	مبانی مخابرات و رادیو	۴۸۹	۱۳۸۹	شـــهرام نصیـــری ســـوادکوهی - محمود شبانی -	شرکت چاپ ونشرکتاب‌های درسی
۷	آزمایشـــگاه مبانی مخابرات و رادیو	۴۷۲/۱	۱۳۸۹	یداله رضـــازاده - شـــهرام نصیری سوادکوهی -	شرکت چاپ ونشرکتاب‌های درسی
۸	کارگاه الکترونیک مقدماتی	۳۵۹/۶۲	۱۳۸۹	ســـید محمـــود صموتی - شـــهرام نصیری سوادکوهی	شرکت چاپ ونشرکتاب‌های درسی
۹	مبانی دیجیتال	۴۸۹/۸	۱۳۸۹	مهیـــن ظریفیان جولایی - رســـول ملک محمد و	شرکت چاپ ونشرکتاب‌های درسی
۱۰	آزمایشگاه مجازی جلد ۱	۴۵۸/۳	۱۳۸۹	سید علی صموتی - محمود شبانی و	انتشارات گویش نو
۱۱	ســـایت‌ها ومنابـــع اینترنتـــی معتبر				

CarGeek.Live