بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

ساخت پروژه
(برد الکترونیکی دستگاه)

رشتهٔ الکترونیک

گروه برق و رایانه

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه

دانلود سوالات آزمون

راهنمای کامل آزمون

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: ساخت پروژه (برد الکترونیکی دستگاه)ـ ۲۱۱۲۷۵
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: سید محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی، محمود شبانی، رسول ملک محمد، مهین ظریفیان جولایی ، فرشته داودی و سهیلا ذوالفقاری(اعضای شورای برنامه‌ریزی)
شهرام نصیری سوادکوهی(فصل‌های اول تا پنجم)، مرتضی کرمی(فصل‌های اول و دوم)، هادی بیدختی(پروژه‌های فصل سوم)، محمد مرسلی (پروژه واحد یادگیری۶ فصل چهارم) و اکبر نور محمدی (پروژه واحد یادگیری۷ فصل پنجم) (اعضای گروه تألیف)ـ رسول ملک محمد (ویراستار فنی)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) ـ نیما صابر (صفحه‌آرا) ـ شورای برنامه‌ریزی رشته الکترونیک (طرح روی جلد، عکاسی و رسامی)
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 :۵ ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ هشتم ۱۴۰۳

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 ۳- ۲۸۰۱ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 2801–3**

اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اولاً با هم متحد باشد و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن‌را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم، بلکه ان‌شاءالله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادت‌تان این است که کار بکنید. این عبادت است.

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

فهرست

پودمان اول: کار با نرم افزارطراحی مدار چاپی

واحد یادگیری ۱: شایستگی کار با نرم‌افزارهای پیشرفته طراحی مدار چاپی..... ۲

۱ـ۱ـ تجهیزات و ابزار مورد نیازکارگاه..... ۳

۱ـ۲ـ یادآوری طراحی مدار چاپی ۳

۱ـ۳ـ معرفی نرم‌افزارهای پیشرفته طراحی مدار چاپی ۴

۱ـ۴ـ نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر ۵

۱ـ۵ـ معرفی محیط نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر ۶

۱ـ۶ـ مراحل طراحی مدار چاپی با نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر..... ۸

۱ـ۷ـ جاگذاری و وارد کردن قطعات و استفاده از کتابخانه..... ۱۳

۱ـ۸ـ ایجاد پروژه **PCB** جدید..... ۲۱

۱ـ۹ـ عملیات جای‌گذاری قطعات بر روی فیبر مدار چاپی..... ۲۷

۱ـ۱۰ـ تنظیم لایه‌های برد مدار چاپی..... ۳۰

۱ـ۱۱ـ طراحی پدها و مسیرها روی فیبر خام مدار چاپی در نرم‌افزار..... ۳۱

نمونه آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری (۱) ۳۴

پودمان دوم: طراحی مدار چاپی با نرم‌افزار پیشرفته

واحد یادگیری ۲: شایستگی طراحی پروژه کاربردی با آی‌سی آنالوگ ۳۸

۲ـ۱ـ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز..... ۳۹

۲ـ۲ـ معرفی چند نمونه از آی‌سی‌های آنالوگ ۳۹

۲ـ۳ـ استخراج اطلاعات مهم از برگه اطلاعات (دیتاشیت) ۴۱

۲ـ۴ـ برخی کاربردهای متداول آی‌سی..... ۴۵

۲ـ۵ـ اجرای طرح مدار چاپی پروژه منبع تغذیه متغیر..... ۴۷

۲ـ۶ـ پروژه منبع تغذیه متقارن با ولتاژ خروجی قابل تنظیم..... ۴۹

۲ـ۷ـ آی‌سی زمان‌سنج NE۵۵۵ ..... ۵۳

۲ـ۸ـ مدار کاربردی با آی‌سی ۵۵۵..... ۵۷

آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۲) ۶۵

آزمون نظری نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری (۲) ۶۶

واحد یادگیری ۳: شایستگی چاپ و آماده‌سازی طرح رو و پشت برد مدار چاپی، مونتاژ و راه‌اندازی مدار..... ۶۸

۳ـ۱ـ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز..... ۶۹

۳ـ۲ـ روش‌های ساخت فیبر مدار چاپی ۶۹

۳ـ۳ـ لامینت‌کاری در صنعت ۷۳
۳ـ۴ـ انتقال طرح روی فیبر ۷۴
۳ـ۵ـ نوردهی و ظهور فیبر ۷۵
۳ـ۶ـ اسیدکاری فیبر ۷۶
۳ـ۷ـ سوراخ‌کاری فیبر ۷۶
الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۳) ۷۷
الگوی آزمون عملی پایان واحد یادگیری (۳) ۷۸

پودمان سوم: پروژهٔ کاربردی آنالوگ

واحد یادگیری ۴: مونتاژ پروژه کاربردی آنالوگ ۸۲
۴ـ۱ـ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز ۸۳
۴ـ۲ـ تقویت‌کننده‌های چند طبقه ۸۳
۴ـ۳ـ اتصال تقویت‌کننده‌ها به یکدیگر ۸۵
۴ـ۴ـ زوج دارلینگتون ۸۹
۴ـ۵ـ ترانزیستور اثر میدان FET ۹۳
۴ـ۶ـ ترانزیستور با اثر میدان پیوندی یا JFET (Junction Field Effect Transistor) ۹۴
۴ـ۷ـ مقادیر در حد FET ۹۵
۴ـ۸ـ تغذیه JFET ۱۰۰
۴ـ۹ـ موارد کاربرد ترانزیستورهای اثر میدان ۱۰۰
۴ـ۱۰ـ ترانزیستور اثر میدان با گیت عایق شده یا IGFET (Insulated Gate FET) ۱۰۳
۴ـ۱۱ـ عملکرد MOSFET به عنوان کلید (Mosfet Switching Operation) ۱۰۴
۴ـ۱۲ـ شکل ظاهری ترانزیستورهای FET ۱۰۶
۴ـ۱۳ـ تقویت‌کنندهٔ تفاضلی ۱۰۷
۴ـ۱۴ـ تقویت‌کنندهٔ عملیاتی ۱۰۹
۴ـ۱۵ـ بهرهٔ ولتاژ حلقهٔ باز ۱۱۲
۴ـ۱۶ـ کاربردهای تقویت‌کنندهٔ عملیاتی ۱۱۳
۴ـ۱۷ـ اجرای پروژه ۱۲۲
۴ـ۱۸ـ تقویت‌کنندهٔ صوتی ۱۰ وات ۱۲۳
۴ـ۱۹ـ طرح روی فیبر مدار چاپی (راهنمای نصب قطعات) ۱۲۶
۴ـ۲۰ـ آلاینده‌های برد ۱۲۹
۴ـ۲۱ـ معرفی چند پروژه کاربردی ۱۳۱

الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۴) ۱۳۹
الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری (۴) ۱۳۹
الگوی آزمون عملی با قطعات واقعی پایان واحد یادگیری (۴) ۱۳۹
واحد یادگیری ۵: راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه آنالوگ ۱۴۲
۱ـ۵ـ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز ۱۴۳
۲ـ۵ـ تغذیه مدارهای الکترونیکی ۱۴۳
۳ـ۵ـ تعیین ولتاژها و سیگنال‌های مدار ۱۴۴
۴ـ۵ـ عیب‌یابی مدار ۱۴۵
۵ـ۵ـ تشریح اصول کار مدار تقویت‌کننده صوتی ۱۴۷
۶ـ۵ـ آشنایی با بردهای پخش‌کننده فایل‌های MP۳ و رادیو ۱۴۸
۷ـ۵ـ تهیه جعبه برای پروژه ۱۵۰
۸ـ۵ـ آشنایی با ترمینال (جک) بلندگو ۱۵۲
۹ـ۵ـ آشنایی با مدارهای تغذیه پشتیبان(اضطراری) ساده ۱۵۴
الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۵) ۱۵۵

پودمان چهارم: پروژهٔ مخابراتی
واحد یادگیری۶: ساخت پروژه کاربردی مخابراتی ۱۵۸
۱ـ۶ـ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز ۱۵۹
۲ـ۶ـ اجزاء سامانه‌های مخابراتی و نحوهٔ ارتباط رادیویی ۱۵۹
۳ـ۶ـ دسته‌بندی فرکانس‌ها ۱۶۰
۴ـ۶ـ فیلترها ۱۶۲
۵ـ۶ـ نوسان سازها ۱۷۲
۶ـ۶ـ مدولاسیون ۱۸۵
۷ـ۶ـ اشاره‌ای به مدولاسیون فرکانس ۱۸۸
۸ـ۶ـ نوسان‌ساز VCO ۱۸۹
۹ـ۶ـ مدولاسیون فاز ۱۹۱
۱۰ـ۶ـ مدولاسیول‌های پالس و دیجیتال ۱۹۳
۱۱ـ۶ـ سیگنال منفصل ۱۹۳
۱۲ـ۶ـ مدولاسیون پالسی کد شده ۱۹۴
۱۳ـ۶ـ مدولاسیون‌های دیجیتال ۱۹۷
۱۴ـ۶ـ اجرای پروژه کاربردی ۲۰۰

الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۶) ۲۰۷
الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری (۶) ۲۰۷
الگوی آزمون عملی با قطعات واقعی پایان واحد یادگیری (۶) ۲۰۸

پودمان پنجم: پروژهٔ الکترونیک صنعتی
واحد یادگیری ۷: ساخت پروژه کاربردی الکترونیک صنعتی ۲۱۲
۱ـ۷ـ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز ۲۱۳
۲ـ۷ـ معرفی قطعات الکترونیک صنعتی ۲۱۳
۳ـ۷ـ دیود چهار لایه ۲۱۳
۴ـ۷ـ یکسوساز کنترل شده سیلیکونی ۲۱۵
۵ـ۷ـ کاربردهای SCR ۲۲۱
۶ـ۷ـ SCR نوری ۲۲۵
۷ـ۷ـ کلید قابل کنترل سیلیکونی ۲۲۵
۸ـ۷ـ دیاک DIAC ۲۲۷
۹ـ۷ـ ترایاک ۲۲۹
۱۰ـ۷ـ ترانزیستور تک اتصالی ۲۳۲
۱۱ـ۷ـ ترانزیستور تک قطبی قابل برنامه‌ریزی ۲۳۶
۱۲ـ۷ـ پروژه ساخت مدار رله جامد صنعتی ۲۳۹
الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۷) ۲۴۳
الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری (۷) ۲۴۴
الگوی آزمون عملی با قطعات واقعی پایان واحد یادگیری (۷) ۲۴۴
واحد یادگیری ۸: تنظیم گزارش کار و مستندسازی ۲۴۶
۱ـ۸ـ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز ۲۴۷
۲ـ۸ـ چارچوب تدوین گزارش کار ۲۴۷
۳ـ۸ـ تکمیل جداول و نمودارها ۲۵۱
۴ـ۸ـ تدوین فرایند پیشرفت کار، بررسی مشکلات و جمع‌بندی ۲۵۱
۵ـ۸ـ ثبت اطلاعات به‌صورت کتبی و رایانه‌ای ۲۵۲
۶ـ۸ـ ارزشیابی نهایی از پروژه ۲۵۵
آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۸) ۲۵۶
آزمون کار عملی پایان واحد یادگیری (۸) ۲۵۶

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱ـ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی طراحی و ساخت پروژه بردهای الکترونیکی

۲ـ شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳ـ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها

۴ـ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی‌وحرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی‌وحرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این کتاب سومین کتاب کارگاهی است که ویژه رشته الکترونیک تألیف شده است و شما در طول دو سال تحصیلی پیش رو چهار کتاب کارگاهی و با شایستگی‌های متفاوت را آموزش خواهید دید. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت در شغل و حرفه برای آینده بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی ساخت پروژه (برد الکترونیکی ساده) شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا دو واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.medu.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان عزیز

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته الکترونیک طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال یازدهم تدوین و تألیف گردیده است این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هریک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزاء بستهٔ آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «کار با نرم‌افزار طراحی مدار چاپی» است که در آن فرایند نصب راه‌اندازی و چگونگی استفاده از نرم‌افزار آموزش داده می‌شود و در پایان یک پروژه تمرینی نرم‌افزاری را اجرا می‌کنند.

پودمان دوم: با عنوان «طراحی مدار چاپی با نرم‌افزار پیشرفته» است که در آن طراحی مدار چاپی یک پروژه آنالوگ با آی سی اجرا می‌شود.

پودمان سوم: دارای عنوان «پروژه کاربردی آنالوگ» است که در آن مدار چاپی پروژه آنالوگ با آی سی، تبدیل به برد مدار چاپی شده و مونتاژ، عیب‌یابی و راه‌اندازی می‌شود.

پودمان چهارم: «پروژه مخابراتی» نام دارد که در آن مدار چاپی پروژه مخابراتی طراحی و تبدیل به برد مدار چاپی شده ودر نهایت مونتاژ، عیب‌یابی و راه‌اندازی می‌شود.

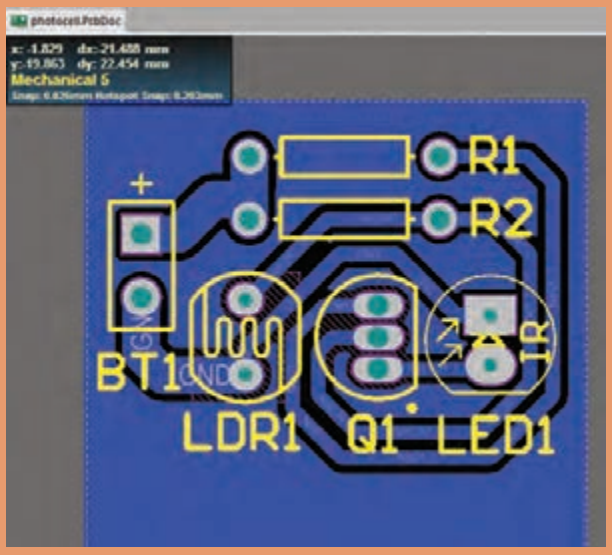
پودمان پنجم: با عنوان «پروژه الکترونیک صنعتی» که در آن مدار چاپی پروژه الکترونیک صنعتی طراحی و تبدیل به برد مدار چاپی شده و در نهایت مونتاژ، عیب‌یابی و راه‌اندازی می‌شود.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

کار با نرم‌افزار طراحی مدار چاپی



امروزه بردهای الکترونیکی دستگاه‌های مختلف مانند رایانه، تلفن همراه و تلویزیون از تعداد زیادی قطعه الکترونیکی تشکیل شده و ارتباط الکتریکی بین پایه‌های قطعات روی بردهای مدار چاپی که ابعاد کوچکی دارند صورت می‌گیرد. لذا ارتباط الکتریکی بین پایه‌های قطعات از پیچیدگی زیادی برخوردار است. از این‌رو استفاده از بردهای یک لایه و چند لایه بسیار متداول است. طراحی مدار چاپی این‌گونه بردها بسیار پیچیده بوده و نرم‌افزارهای نمونه آزمایشی آن (demo) یا نرم‌افزارهای نسخه قدیمی قادر به انجام این‌گونه کارها نیستند. در ضمن نرم‌افزارها باید قادر به شبیه‌سازی مدار نیز باشند. به‌طوری که بتوان طرح مدار چاپی را در فضای نرم‌افزار شبیه‌سازی و آزمایش کرد و از صحت عملکرد مدار اطمینان حاصل نمود. نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر Altium Designer یکی از قدرتمندترین نرم‌افزار تجاری و صنعتی طراحی مدار چاپی است که در این واحد یادگیری آموزش داده می‌شود. پس از آموزش چگونگی نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار در کتاب همراه هنرجو و طراحی مدار چاپی در کتاب درسی، هنرجو توانایی لازم را در طراحی مدار چاپی بردهای با قطعات زیاد را کسب خواهد کرد.

در تمام مراحل اجرای کارهای عملی، رعایت نکات ایمنی و بهداشتی، توجه به مهارت‌های غیرفنی مانند کار گروه، رعایت نظم و ترتیب، مدیریت منابع، کاربرد فناوری و توجه به نکات زیست‌محیطی ضروری است و باید در تمام مراحل کار به اجرا درآید.

واحد یادگیری ۱

شایستگی کار با نرم‌افزارهای پیشرفته طراحی مدار چاپی

- آیا تا به حال برد مدار چاپی دستگاه‌های مدرن الکترونیکی نظیر رایانه، دستگاه‌های صوتی تصویری و تلفن همراه را مشاهده نموده‌اید؟ چه نرم‌افزارهایی قادر به ترسیم طرح مدار چاپی پیچیده این‌گونه مدارها هستند؟
- چگونه طرح مدار چاپی دو رو و چند رو را می‌توان ترسیم نمود؟
- چگونه تعداد زیادی خطوط ارتباطی منظم (BUS) را در برد مدار چاپی طراحی می‌کنند؟
- آیا امکان تهیه مدار چاپی بردهایی که شامل تعداد زیادی قطعات است، توسط نرم‌افزارهای نمونهٔ نمایشی (Demo) امکان‌پذیر است؟
- یک نرم‌افزار مطلوب تجاری از چه ویژگی‌هایی باید برخوردار باشد؟

در صنعت الکترونیک نرم افزارهای متعددی وجود دارد که از آنها برای طراحی مدار چاپی استفاده می‌شود. از مشهورترین این نرم‌افزارها می‌توان Altium Designer, Proteus, Eagle را نام برد. در این واحد یادگیری به شرح نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر می‌پردازیم که در بازار کار و صنعت هم از آن استفاده می‌شود. پس از آموزش از فرا گیرنده انتظار می‌رود که بتواند نرم‌افزارهای مدار چاپی را شناخته و طریقه نصب و کار با نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر را دانسته و بتواند یک پروژه را در محیط شماتیک رسم کرده و آن را به محیط پی سی بی ببرد و فیبر مدار چاپی را بسازد. ضمناً رعایت نکات ایمنی و توجه به مهارت‌های غیرفنی نیز از مواردی است که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در تمام مراحل باید رعایت شود.

استاندارد عملکرد

نقشه‌کشی مدارهای الکترونیکی به کمک نرم‌افزار

دانلود سوالات آزمون

شبیه‌سازی مدار و ترسیم نقشه مدار چاپی با نرم‌افزار

۱ـ۱ـ تجهیزات و ابزار مورد نیاز کارگاه

رایانه رومیزی ـ پرینتر لیزری ـ نرم‌افزارهای مورد نیاز

فضای آموزش و تجهیزات مربوط به آن

سیستم تهویه ـ ویدئو پروژکتور ـ پرده نمایش (اسمارت برد به جای ویدئو پروژکتور و پرده نمایش) ـ رایانه ـ ماشین حساب و وایت برد. مشخصات فنی تجهیزات و فضا و تعداد آن در سند برنامه درسی آمده است.

۲ـ۱ـ یادآوری طراحی مدار چاپی

با توجه به آموخته‌های خود در درس طراحی و ساخت مدار چاپی در سال دهم، پیش آزمون زیر را در خارج از ساعات درسی اجرا کنید و به خود امتیاز دهید. در دادن امتیاز صادق باشید، زیرا دانسته‌های خود را ارزیابی می‌کنید. این آزمون در کلاس درس به وسیله معلم نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۱ـ آیا نرم‌افزارهای طراحی مدار چاپی را می‌شناسید؟

الف) خیر ب) بلی

۲ـ آیا در بازار از نرم‌افزار PCB Wizard برای طراحی مدارهای صنعتی استفاده می‌شود؟ شرح دهید.

۳ـ مفهوم نقشه شماتیک (فنی) کدام است؟

الف) نقشه‌ای که قطعات الکترونیک با نماد سمبلیک خود در آن رسم می‌شود؟

ب) نقشه‌ای که قطعات الکترونیک با شکل فیزیکی خود به‌صورت واقعی در آن قرار می‌گیرند؟

۴ـ کدام‌یک از روش‌های ساخت فیبر مدار چاپی به‌صورت تجاری استفاده می‌شود؟

الف) اُتو ب) سیلک اسکرین ج) اسپری پوزیتیو ۲۰ د) لامینت

۵ـ اسید مورد استفاده برای تهیه فیبر مدار چاپی چه نام دارد و در بازار چند نوع آن یافت می‌شود؟

فیلم

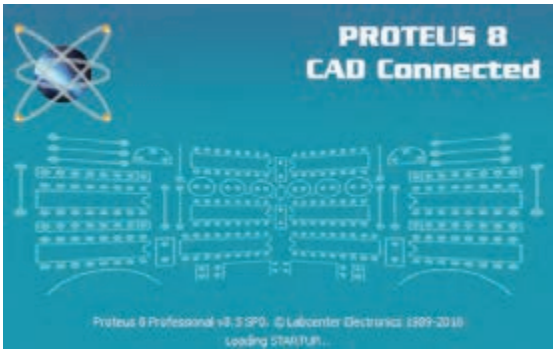
فیلم طراحی و ساخت فیبر مدار چاپی به روش صنعتی در کارخانجات را ببینید و درباره نرم‌افزار مورد استفاده در آن بحث کنید.

بحث کنید

با توجه به پیش آموخته‌های خود در سال گذشته، درباره نرم‌افزارهای موجود طراحی مدار چاپی در صنعت به‌صورت گروهی بحث کرده و به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ـ از نظر شما بهترین نرم‌افزار طراحی مدار چاپی کدام است؟ شرح دهید.

۲ـ بهترین روش ساخت مدار چاپی کدام است؟ علت را بیان کنید.



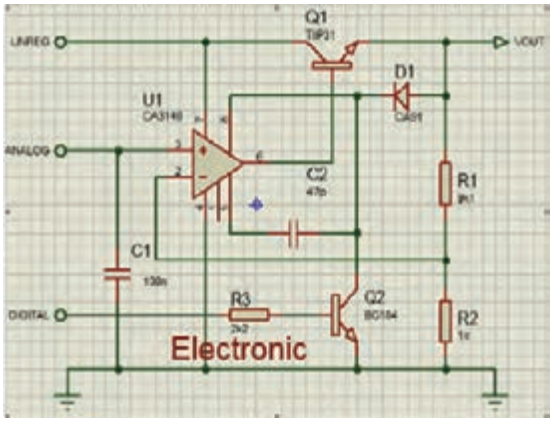
شکل ۱ـ۱ نرم‌افزار پروتئوس

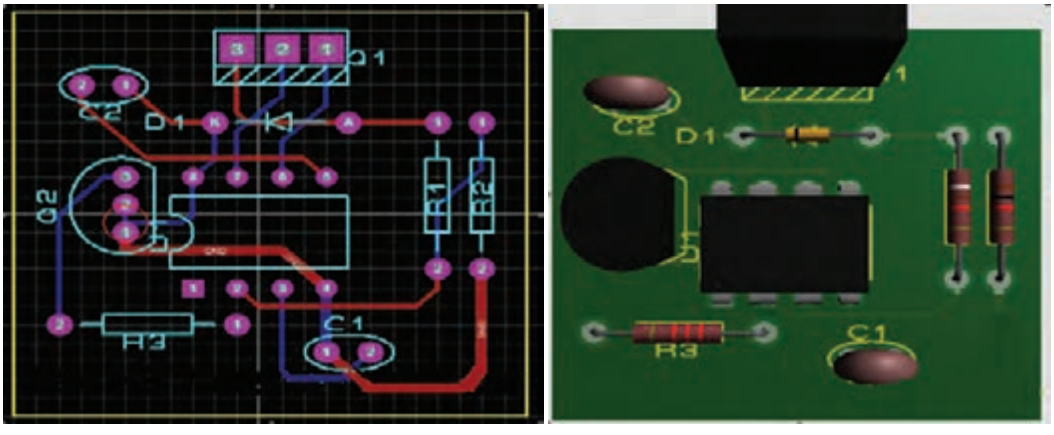
۳ـ۱ـ معرفی نرم‌افزارهای پیشرفته طراحی مدار چاپی

نرم‌افزار Proteus

یکی از بهترین نرم‌افزارهای طراحی نقشه فنی و مدار چاپی (PCB) مدارهای الکترونیکی نرم‌افزار Proteus است، شکل ۱ـ۱. در این نرم‌افزار به‌راحتی می‌توانید نقشه‌های مورد نظر خود را با استفاده از قطعات موجود در کتابخانه‌های غنی آن ترسیم کرده و پس از اتمام کار، مدار خود را شبیه‌سازی کنید و در صورت عملکرد صحیح آن را به نقشه PCB تبدیل کنید. در شکل ۲ـ۱ یک نمونه مدار طراحی شده به‌صورت شماتیک و تبدیل شده آن به PCB را مشاهده می‌کنید.

این نرم‌افزار از قدرت فوق‌العاده برخوردار است و جزء محبوب‌ترین نرم‌افزارهای مهندسین و دانشجویان رشته مهندسی الکترونیک به حساب می‌آید اما در بازار کار صنعتی از نرم‌افزار قدرتمند دیگری به نام Altium Designer استفاده می‌شود.





شکل ۲ـ۱ طراحی مدار چاپی با نرم‌افزار پروتئوس

فیلم

فیلم مراحل طراحی یک نمونه فیبر مدار چاپی ساده با استفاده از نرم‌افزار پروتئوس را ببینید و درباره مراحل کار و ویژگی‌های مثبت و منفی آن نسبت به نرم‌افزار PCB WIZARD که در پایه دهم آموختید بحث کنید.

پژوهش

در خارج از ساعات درسی و با نظارت اولیای خود، با مراجعه به سایت دانشنامه رشد وزارت آموزش و پرورش «http//:www. medu.roshd.ir» و فضای مجازی اندرویدی و جست‌وجوی کلمات Printed Circuit Board + film ،free PCB Design Softwares + film و PCB built tecnology فیلم‌هایی را بارگیری (download) کنید و پس از مشاهده آنها را به کلاس و معلم خود ارائه دهید. همچنین می‌توانید کتاب‌های سال گذشته را از طریق سایت http://www.chap.sch.ir بارگیری کنید. قبل از کار با رایانه با دوستان خود درباره نکات بهداشتی، ایمنی و ارگونومی که قبلاً آموخته‌اید بحث کنید و هنگام کار عملاً آنها را رعایت کنید.

معرفی نرم‌افزار طراحی مدار چاپی آلتیوم دیزاینر Altium Designer

در حال حاضر قدرتمندترین نرم‌افزار تجاری و صنعتی طراحی مدار چاپی در دنیا، نرم‌افزار Altium Designer نسخه ۱۷ (شکل ۳ـ۱) است که ویژگی‌های منحصربه‌فردی به شرح زیر دارد:

الف) کتابخانه‌های بسیار غنی با انبوهی از قطعات به‌روز الکترونیک

ب) قابلیت ایجاد و ساخت کتابخانه‌های سفارشی

ج) قابلیت ایجاد خروجی سه بعدی در قالب فایل پی دی اف (Pdf)

د) قابلیت طراحی بردهای چند لایه

نکته

چنانچه رایانهٔ شما قابلیت نصب این نسخه را ندارد، می‌توانید از نسخه‌های دیگر استفاده کنید.

۴ـ۱ـ نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر

پس از نصب نرم‌افزار آیکون آن بر روی صفحه ظاهر می‌شود. همانند تمام نرم‌افزارهای تحت ویندوز هنگامی که بر روی آیکون برنامه کلیک می‌کنیم برنامه اجرا می‌شود، شکل ۳ـ۱. برای آموزش روش نصب نرم‌افزار به کتاب همراه هنرجو مراجعه کنید.

شکل ۳ـ۱ اجرای برنامه نرم‌افزار

فیلم

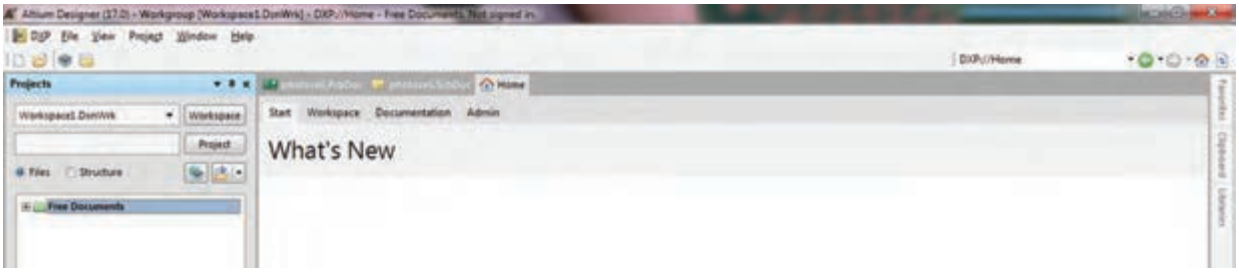
برای آموزش روش نصب نرم‌افزار آلتیوم، فیلم آموزش نصب را در کلاس ببینید، همچنین فیلم را برای چندین‌بار در خارج از ساعات درسی مشاهده کنید و درباره فعال کردن دائمی نرم‌افزار در خارج از کلاس درس با دوستان خود بحث کنید.

تحقیق

باهمکاری دوستان خود درباره ویژگی‌های یک نرم‌افزار مطلوب برای طراحی مدار چاپی بحث کنید و نتایج را به کلاس ارائه دهید.

۵ـ۱ـ معرفی محیط نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر

پس از دو بار کلیک کردن بر روی آیکون نرم‌افزار وارد محیط اصلی نرم‌افزار خواهیم شد که در شکل ۴ـ۱ نمایش داده شده است. مانند تمام نرم‌افزارهای تحت ویندوز این نرم‌افزار شامل نوارهایی مانند نوار عنوان، نوار منو، نوار ابزار و محیط کاری است که در شکل مشاهده می‌کنید.



شکل ۴ـ۱ محیط نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر

معرفی منوها و نوارها

نوارعنوان: در این نوار نام نرم‌افزار و نام پروژه ایجاد شده یا پروژهٔ اجرا شده جاری نوشته شده است. به شکل ۵ـ۱ نگاه کنید.

شکل ۵ـ۱ نوار عنوان

نوار منو: در این نوار منوهای کرکره‌ای گوناگونی قرار دارد که در هر کدام از آنها امکانات ویژه‌ای برای انجام کارهای به‌خصوصی قرار داده شده است، شکل ۶ـ۱.

شکل ۶ـ۱ نوار منو

نوار ابزارهای استاندارد: در این نوار، ابزارهای گوناگونی که به‌صورت عمومی در اکثر نرم افزارهای تخصصی وجود دارد قرار گرفته است و شامل امکاناتی مانند ایجاد صفحه کاری جدید، بازکردن فایل‌های موجود، ذخیره کردن پروژه‌ها، چاپ گرفتن از نقشه‌های ترسیم شده و بزرگ‌نمایی موجود است، شکل ۷ـ۱.

شکل ۷ـ۱

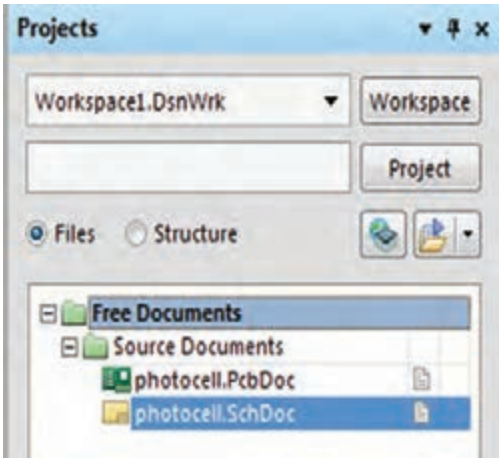
نوار ابزارهای سیم‌کشی در محیط شماتیک: در این نوار، ابزارهای مخصوص سیم‌کشی در محیط شماتیک در دسترس قرار دارد، شکل ۸ـ۱.

شکل ۸ـ۱ نوار ابزارهای سیم‌کشی

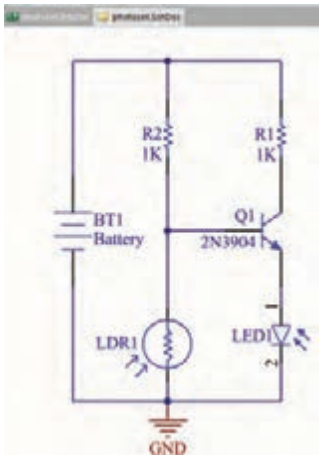
منوی پروژه‌ها: (Projects) در این قسمت تمام پروژه‌های جدید ایجاد شده اعم از پایگاه داده Design Work Space، پروژه شماتیک و پروژه PCB و کتابخانه‌های قطعات مورد استفاده در پروژه قابل مشاهده است، شکل ۹ـ۱.

محیط شماتیک: در این محیط نقشه شماتیک طراحی شده توسط کاربر نمایش داده می‌شود، شکل ۱۰ـ۱.

محیط PCB: در این محیط فیبر مدار چاپی طراحی شده توسط کاربر نمایش داده می‌شود، شکل ۱۱ـ۱.



شکل ۹ـ۱ انواع پروژه‌ها



شکل ۱۰ـ۱ محیط شماتیک

شکل ۱۱ـ۱ محیط PCB

کار عملی

با مراجعه به کتاب همراه هنرجو و مطالعه آموزش نصب نرم‌افزار آلتیوم به‌صورت عملی، نرم‌افزار را بر روی رایانه خود در کارگاه نصب و آن را اجرا کنید تا با محیط کلی نرم‌افزار، نوار منو، نوار عنوان و نوار ابزار آشنا شوید.

الگوی پرسش

۱ـ چهار مورد از ویژگی‌های نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر را نام ببرید.

۲ـ در نوار عنوان در نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر نام نرم‌افزار و نام پروژه نوشته شده است. صحیح ☐ غلط ☐

۳ـ در نوار ابزارهای استاندارد امکاناتی مانند .....، .....، ..... و..... وجود دارد.

۴ـ طراحی مدار چاپی از نقشه شماتیک طراحی‌شده در کدام نوار یا محیط نرم‌افزار قرار داده می‌شود؟

۱ـ محیط شماتیک ۲ـ محیط PCB ۳ـ منوی پروژه‌ها

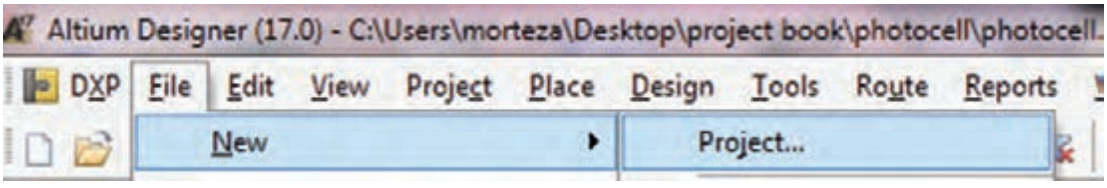
۶ـ۱ـ مراحل طراحی مدار چاپی با نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر

برای طراحی مدار چاپی باید مراحل زیر را طی کنیم تا به نتیجه نهایی برسیم:

- ایجاد پروژه PCB و ذخیره آن با نام دلخواه در رایانه
- ایجاد سند شماتیک و ترسیم نقشه شماتیک و ذخیره آن در رایانه با نامی مشابه پروژه PCB
- ایجاد سند PCB و ذخیره آن با نام یکسان با سند شماتیک و در مسیری که سند شماتیک را ذخیره کرده‌اید.
- ایجاد فیبر مدار چاپی خام در ابعاد مناسب برای پروژه
- انتقال قطعات موجود در فایل شماتیک به محیط PCB
- جاگذاری مناسب قطعات بر روی فیبر خام مدار چاپی
- تعیین قوانین طراحی و مسیریابی برای نرم‌افزار
- مسیریابی و کنترل مسیرهای ترسیم شده منطبق با سند شماتیک
- تنظیمات چاپ اسناد شماتیک و PCB بر روی کاغذ مناسب

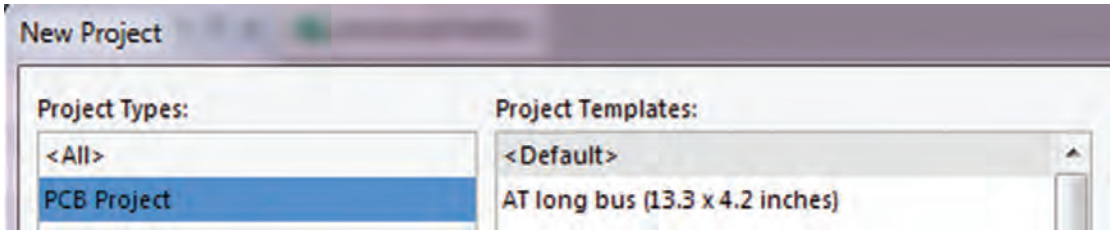
ایجاد پروژه PCB و ذخیره آن با نام دلخواه در رایانه

برای این منظور طبق شکل ۱۲ـ۱ از طریق نوار منو از آدرس File/New/Project/PCB Project/ گزینه project را انتخاب می‌کنیم.



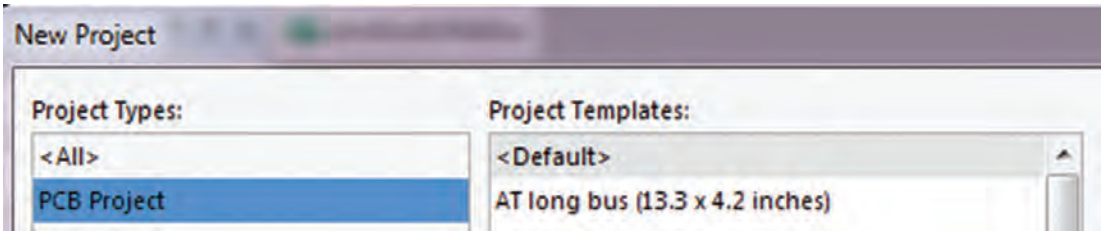
شکل ۱۲ـ۱ مسیر ایجاد پروژه

با انتخاب گزینه project صفحه جدیدی مانند شکل ۱۳ـ۱ باز خواهد شد.



شکل ۱۳ـ۱ صفحه ایجاد پروژه جدید

برای ساخت یک پروژه جدید طبق شکل ۱۴ـ۱، در پنجره New Project از سمت چپ گزینه Project Types گزینه Pcb project را انتخاب می‌کنیم و در پنجره سمت راست project templates گزینه Default را انتخاب می‌کنیم.



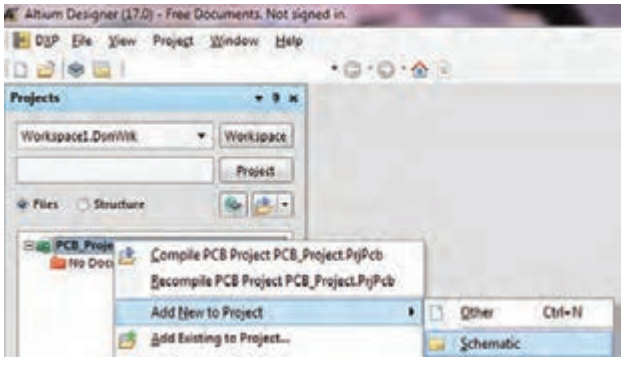
شکل ۱۴ـ۱ ایجاد پروژه جدید

حالا باید نامی را برای پروژه خود اختصاص دهیم، این نام را در قسمت Name می‌نویسیم. در مرحله بعد باید پروژه را در مسیری مناسب ذخیره کنیم. این مسیر را از طریق Browse Location پی می‌گیریم تا پنجره شکل ۱۴ـ۱ ظاهر شود.حالا پروژه را در مسیر دلخواه ذخیره می‌کنیم، شکل ۱۵ـ۱.

شکل ۱۵ـ۱ انتخاب نام پروژه

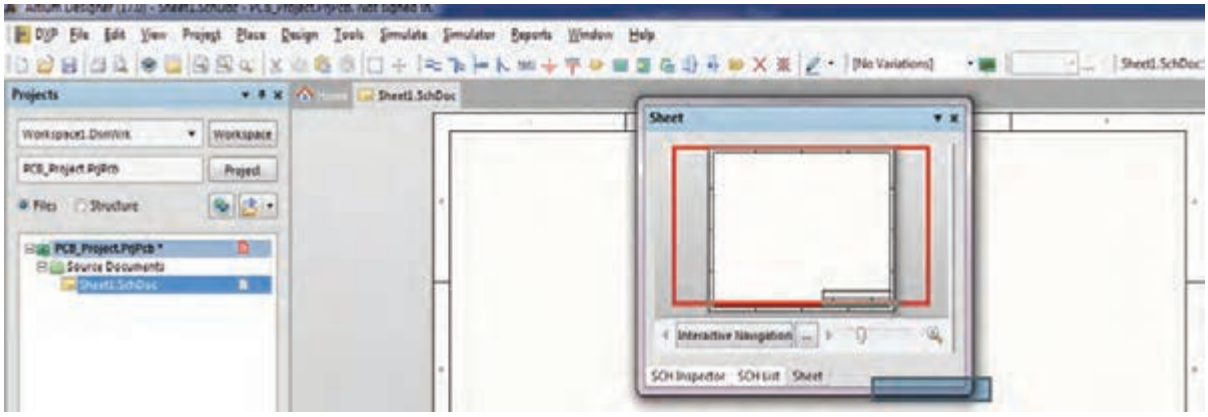
ایجاد سند شماتیک و ترسیم نقشه فنی

پس از ساخت پروژه جدید باید سند شماتیک مربوط به این پروژه را ایجاد کنیم. برای این منظور در قسمت Projects بر روی PCB - Project.PrjPcb کلیک راست کرده و مسیر ایجاد سند شماتیک را از دنبال Add new to project/schematic می‌کنیم تا یک سند جدید ساخته شود. پس از ساخت سند باید آن را با نامی یکسان با پروژه PCB در همان مسیر ذخیره کنیم. شکل۱۶ـ۱.



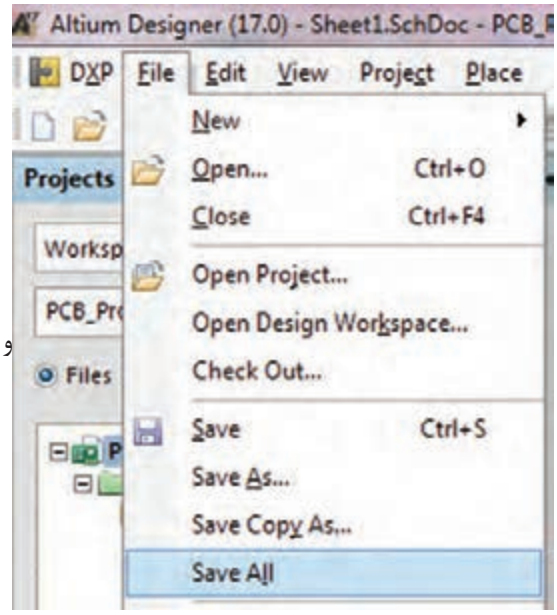
شکل ۱۶ـ۱ ایجاد سند شماتیک

پس از ایجاد سند شماتیک جدید، صفحه‌ای مانند شکل ۱۷ـ۱ در برنامه باز خواهد شد که می‌توانیم نقشه شماتیک خود را در آن ترسیم کنیم.



شکل ۱۷ـ۱ ایجاد سند شماتیک

ترسیم نقشه فنی (شماتیک): در صفحه شماتیک ایجاد شده می‌توان نقشه شماتیک مدار را ترسیم کرد. برای این کار طبق شکل ۱۷ـ۱ بر روی علامت ضرب‌در روی پنجره sheet کلیک می‌کنیم تا وارد محیط شماتیک شویم این پنجره به رنگ سفید در شکل ۱۷ـ۱ مشخص شده است. بعد از ایجاد فایل شماتیک می‌توانیم طبق شکل ۱۸ـ۱ از منوی FILE برای تغییر نام و ذخیره‌سازی آن، گزینه Save As را انتخاب کرده با دادن نام دلخواه آن را در مسیر دلخواه ذخیره کنیم.

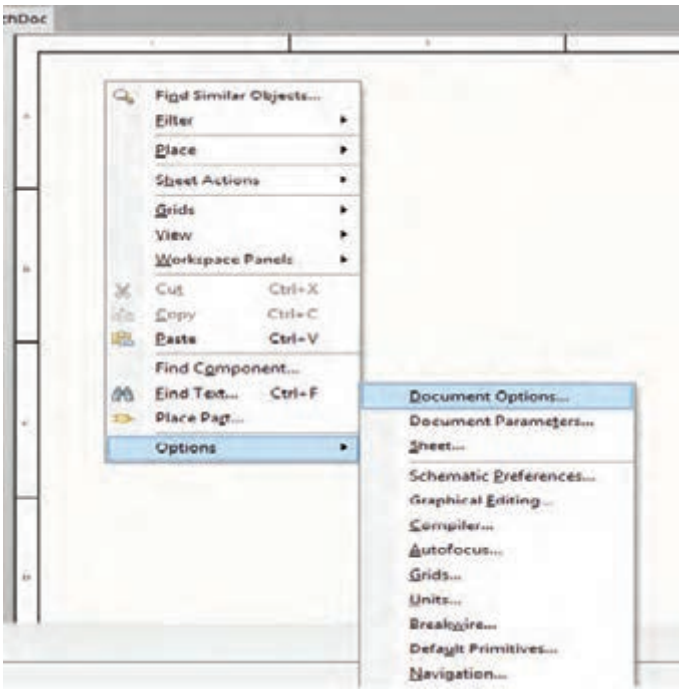


شکل ۱۸ـ۱ تغییر نام

نکته

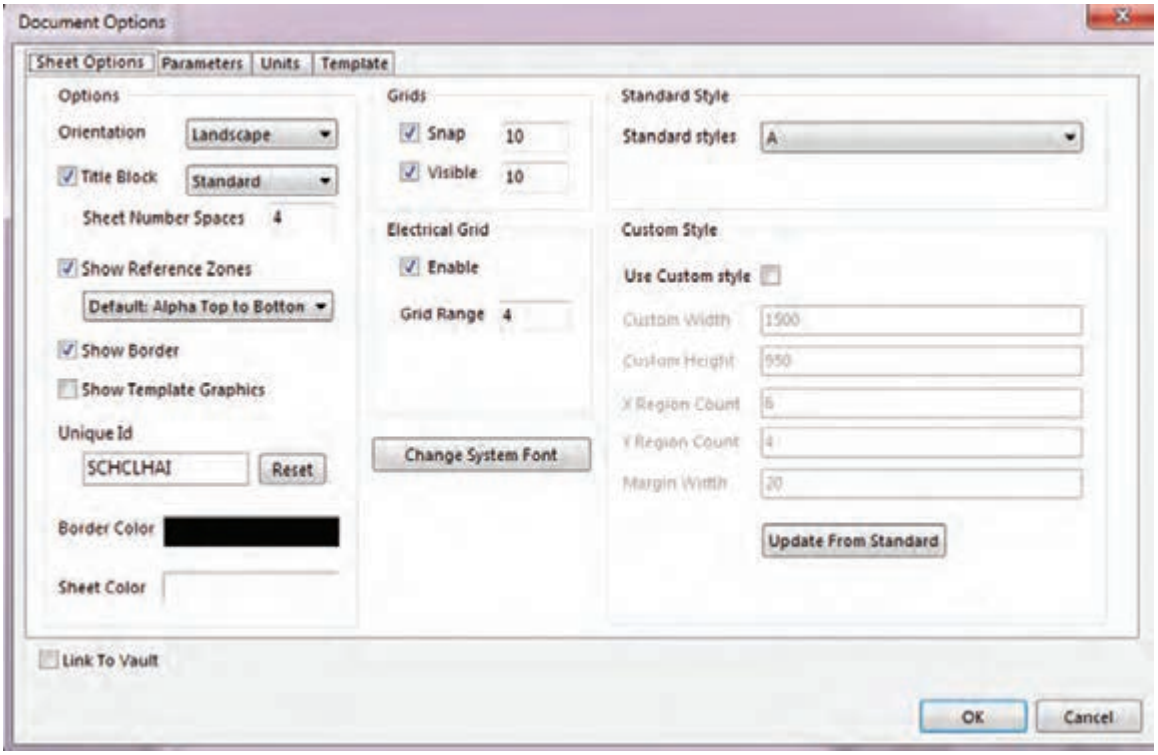
- بهتر است که تمام فایل‌های مربوط به پروژه را در یک پوشه و در مسیری مشترک ذخیره کنیم تا دستیابی به فایل‌ها به سادگی امکان‌پذیر باشد.
- همیشه به یاد داشته باشید که تمام مراحل اجرای کار را ذخیره کنید. در غیر این‌صورت Altium Designer تغییرات ایجاد شده توسط شما را در نظر نخواهد گرفت. ذخیره‌سازی کلی پروژه‌ها از طریق منوی FILE گزینه SAVE ALL قابل اجرا است.

سعی کنید همیشه نام پیش فرض خود آلتیوم را با نام دلخواه خود عوض کنید. پس از باز کردن شماتیک برای انجام تنظیماتی اختیاری مانند سایز صفحه، فونت، رنگ، روی صفحه سفید شکل ۱۹ـ۱ کلیک راست کرده و گزینه Document Option را انتخاب می‌کنیم.



شکل ۱۹ـ۱ گزینه Document option

با دوبار کلیک روی Document Option پنجره شکل ۲۰ـ۱ ظاهر می‌شود. در این پنجره منوهای زیر وجود دارد:



شکل ۲۰ـ۱ پنجره Document option

☑ File Name: برای تغییر نام فایل است. البته این تغییر نام قابل مشاهده نیست.

☑ Standard Style: برای تغییر نوع و ابعاد کاغذ برای ترسیم نقشه به‌کار می‌رود. در این نوار گزینه‌های A, A_2, A_3, A_4 وجود دارد. معمولاً برای ترسیم نقشه گزینه A۴ گزینه مناسبی است. اگر بخواهیم نقشه‌ای بزرگ‌تر ترسیم کنیم و صفحه‌ای بزرگ‌تر داشته باشیم و در چاپ نقشه دچار مشکل نشویم گزینه A_3 یا A_2 مناسب‌تر است.

☑ Orientation: برای چرخاندن کاغذ شماتیک به‌صورت عمودی (Portrait) یا افقی (Landscape) به کار می‌رود.

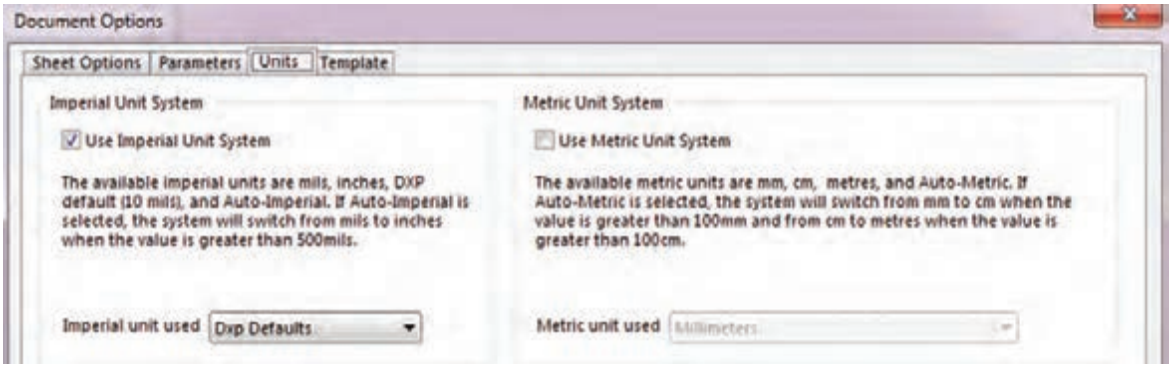
☑ Show Border: در نقشه شماتیک کادر را فعال یاغیر فعال می‌کند.

☑ Border Color: برای تنظیم رنگ کادر نقشه شماتیک به‌کار می‌رود.

☑ Sheet Color: برای تنظیم رنگ پس زمینه نقشه شماتیک به‌کار می‌رود.

☑ Snap: برای تنظیم پله حرکتی قطعات در محیط ترسیم شماتیک استفاده می‌شود. هر قدر عدد مربوط به این گزینه بیشتر شود قطعه وارد شده در شماتیک با پله‌های بزرگ‌تری حرکت می‌کند. منظور از «پله» تقسیم‌بندی‌های ماتریسی روی صفحه شماتیک است. در صورت حذف این گزینه قطعه به‌صورت آزاد و بدون حرکت پله‌ای در تمام نقاط صفحه حرکت می‌کند.

☑ Units: سیستم‌های اندازه‌گذاری مورد استفاده در نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر به‌صورت Imperial (mill ـ اینچی) و Metric که قابل انتخاب است. برای این کار طبق شکل ۲۱ـ ۱در سربرگ Units وارد می‌شویم و گزینه دلخواه را انتخاب می‌کنیم.اگر گزینه Imperial را انتخاب کنیم واحد اندازه‌گیری اینچی و درصورتی‌که گزینه Metric را انتخاب کنیم واحد اندازه‌گیری میلی‌متری انتخاب می‌شود. همچنین می‌توان با فشردن حرف Q بر روی صفحه کلید رایانه بین دو واحد متریک و ایمپریال جابه‌جا شد. هر یک میل برابر ۰/۰۲۵۴ میلی‌متر است و هر ۱۰۰۰ میل برابر یک اینچ است.



شکل ۲۱ـ۱ گزینه units

فعالیت

از نوار Document Option هریک از گزینه‌ها را انتخاب و برای کسب مهارت تمرین کنید. مثلاً با استفاده از گزینه Standard Style کاغذ A_2 را انتخاب کنید و خطوطی روی آن بکشید و سپس فایل را ذخیره کنید. این فعالیت را روی تمام گزینه‌ها اجرا کنید تا تسلط لازم را به‌دست آورید.

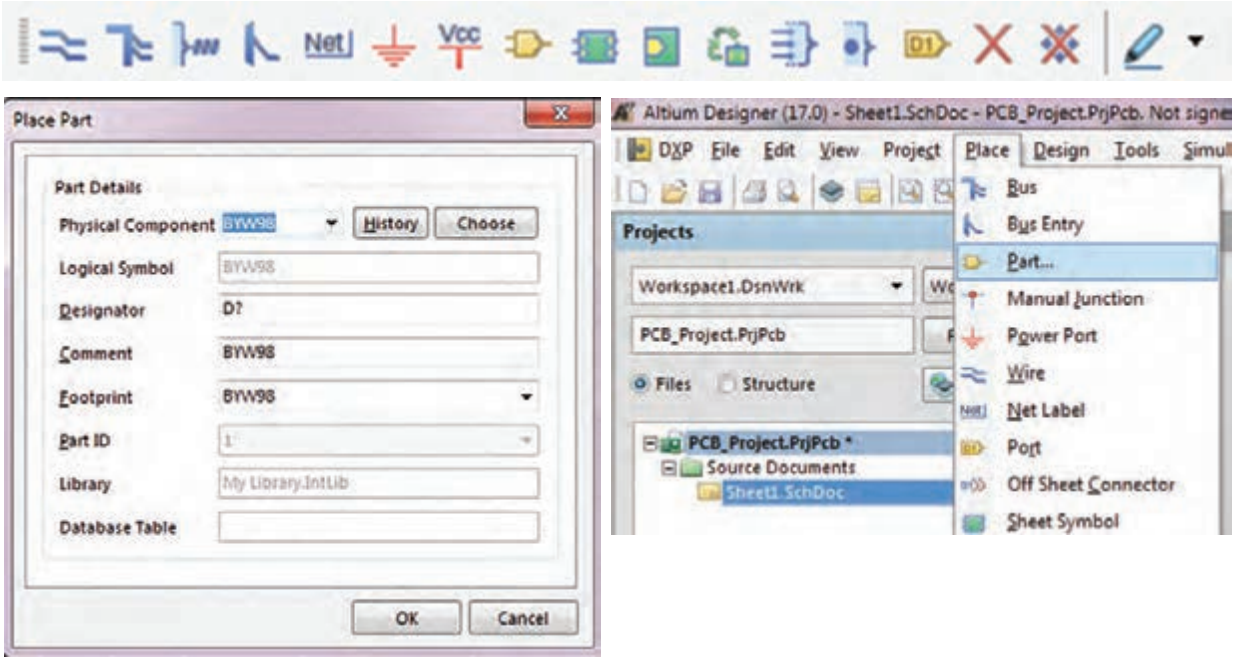
۷ـ۱ـ جاگذاری و وارد کردن قطعات و استفاده از کتابخانه

الف) جاگذاری و وارد کردن قطعات

انتخاب و قرار دادن قطعات مورد نیاز، مطابق شکل ۲۲ـ۱، از منوی Place گزینه Part صورت می‌گیرد. با انتخاب گزینه part پنجره Place Part در سمت راست ظاهر خواهد شد، شکل۲۳ـ۱.

فعالیت

با استفاده از نوارهای پیمایشی تعداد حداقل ۵ نمونه قطعه مانند باطری، ترانزیستور، مقاومت، خازن و آی سی را بیابید و آنها را انتخاب کنید. این مرحله را آن‌قدر تمرین کنید تا در کاربرد نوارهای پیمایشی و پیدا کردن قطعه کاملاً مسلط شوید.



شکل ۲۲ـ۱ آدرس وارد کردن قطعات

شکل ۲۳ـ۱ آدرس وارد کردن قطعات

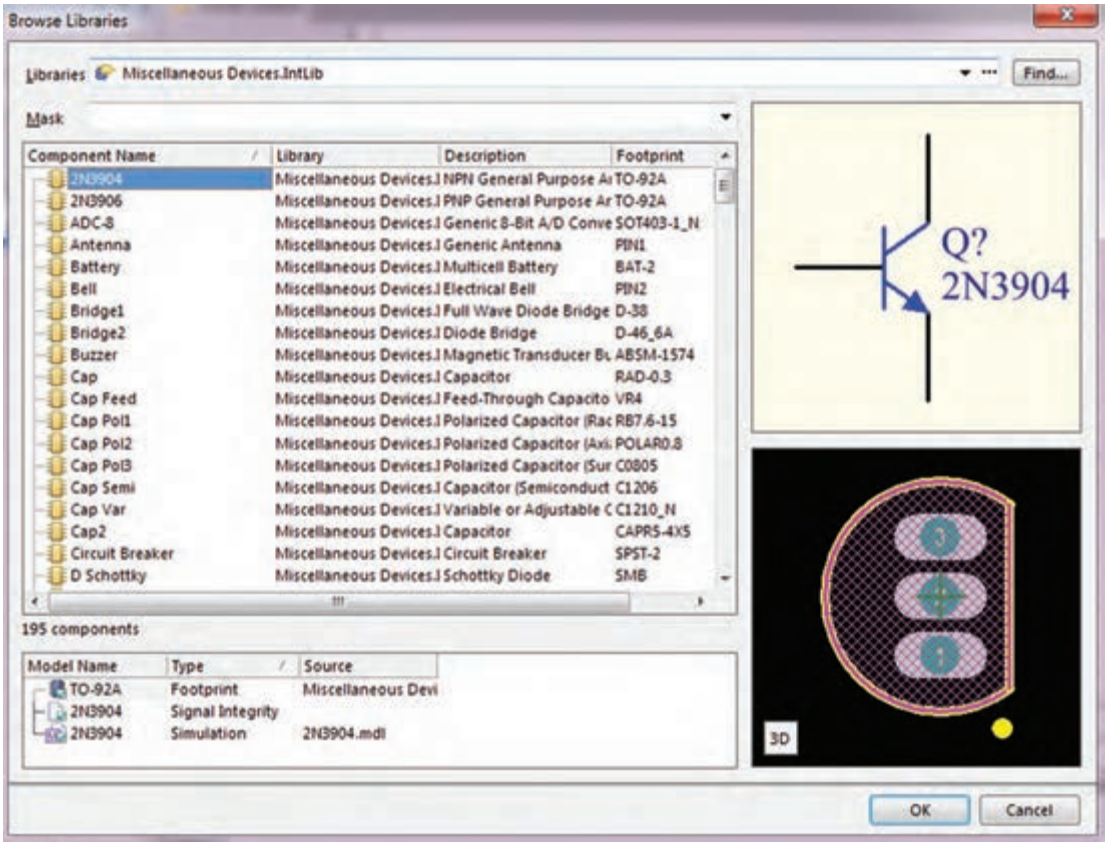
☑ با انتخاب نماد از نوار ابزارهای رسم نقشه فنی هم می‌توانیم به پنجره Place Part وارد شویم. شکل ۲۴ـ۱

شکل ۲۴ـ۱ نوار ابزارهای رسم

ب) استفاده از کتابخانه

☑ در پنجره Place Part بر روی گزینه Choose کلیک کنید تا پنجره Browse Libraries ظاهر شود. شکل۲۵ـ ۱

☑ **Browse Libraries**: در این قسمت کتابخانه قطعات قرار گرفته‌اند که به‌صورت پیش فرض در هنگام نصب نرم‌افزار، در رایانه کپی می‌شوند و کاربر می‌تواند به‌صورت اختیاری کتابخانه‌های جدیدی را به آنها اضافه کند. طبق شکل۲۵ـ ۱ در بخش‌های مختلف این پنجره قسمت‌هایی به شرح زیر وجود دارد:

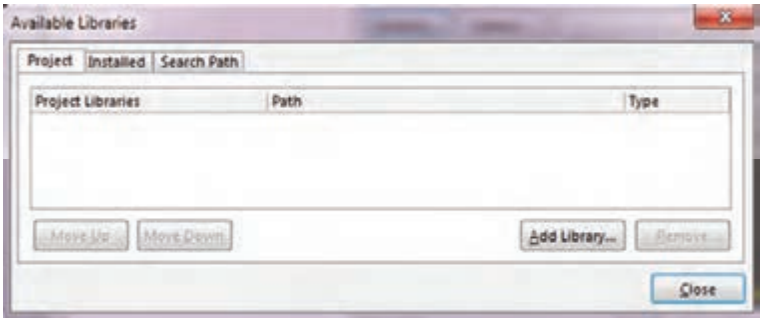


شکل ۲۵ـ۱ انتخاب قطعات

☑ Libraries که در آن نام کتابخانه مورد استفاده نوشته شده است

☑ گزینه Component Name که در آن فهرست قطعات موجود در کتابخانه انتخابی نشان داده شده است.

با استفاده از دکمه‌های پیمایشی بالا و پایین کنار آن در فهرست قطعات می‌توانیم به جست‌وجوی قطعه مورد نظر بپردازیم. همچنین با کلیک روی سه نقطه کنار گزینه Find می‌توانیم کتابخانه‌های جدید را به فهرست کتابخانه‌های جاری اضافه کنیم.



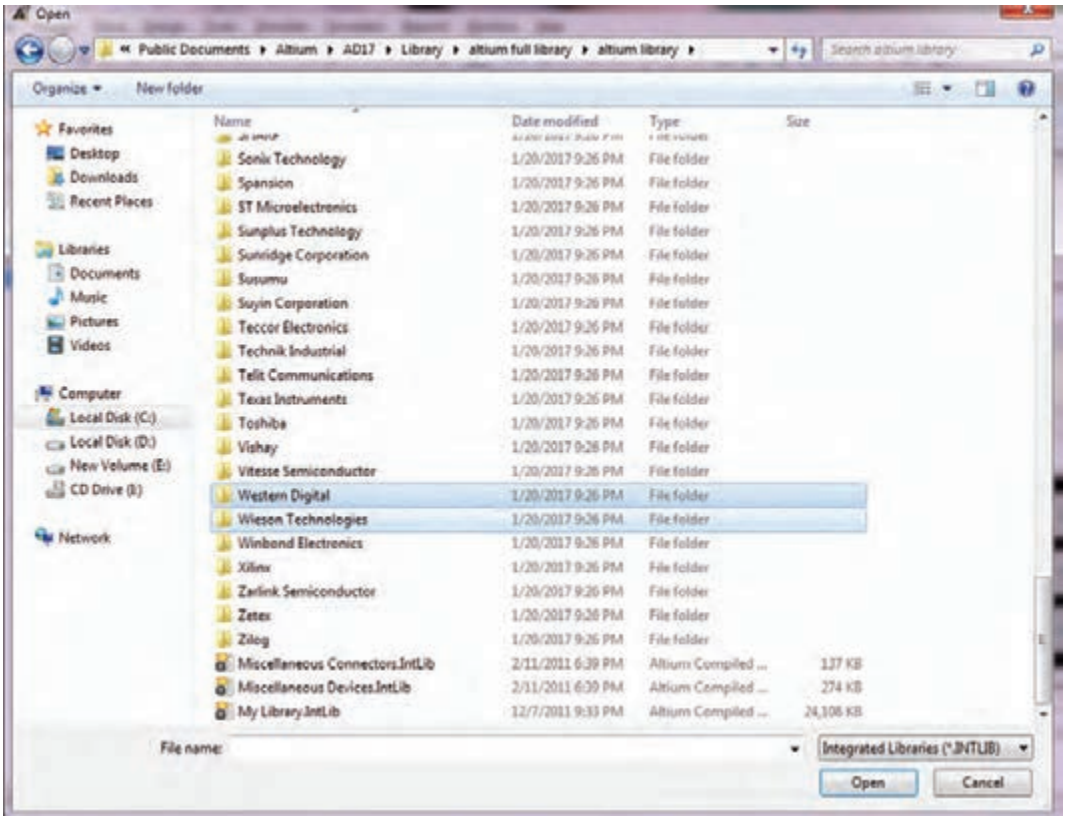
شکل ۲۶ـ۱ مسیر افزودن کتابخانه جدید

☑ با کلیک روی سه نقطه کنار دکمه Find پنجره شکل ۲۶ـ۱ ظاهر می‌شود.

☑ با کلیک بر روی گزینه Add Library پنجره Open ظاهر می‌شود که می‌توان از فهرست کتابخانه‌های موجود یکی را به دلخواه انتخاب کنید و به کتابخانه‌های جاری بیفزایید.

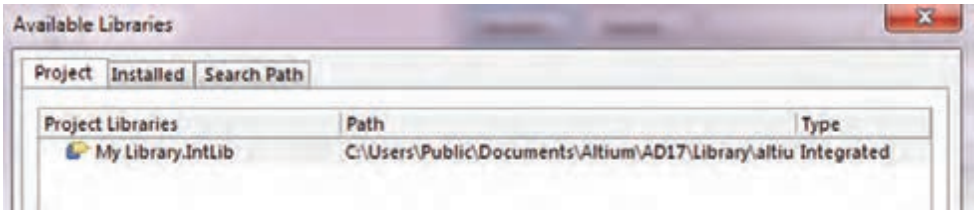
☑ با استفاده از کلیدهای پیمایشی می‌توانید کتابخانه مورد نظر خود را پیدا کرده و انتخاب کنید، شکل ۲۷ـ۱.

☑ برای مثال ما از فهرست کتابخانه‌ها، کتابخانه Miscellaneous Devises را انتخاب و به فهرست کتابخانه مورد نظر اضافه می‌کنیم. این کتابخانه دارای قطعاتی مانند مقاومت، خازن و ترانزیستور به‌صورت پیش فرض است.

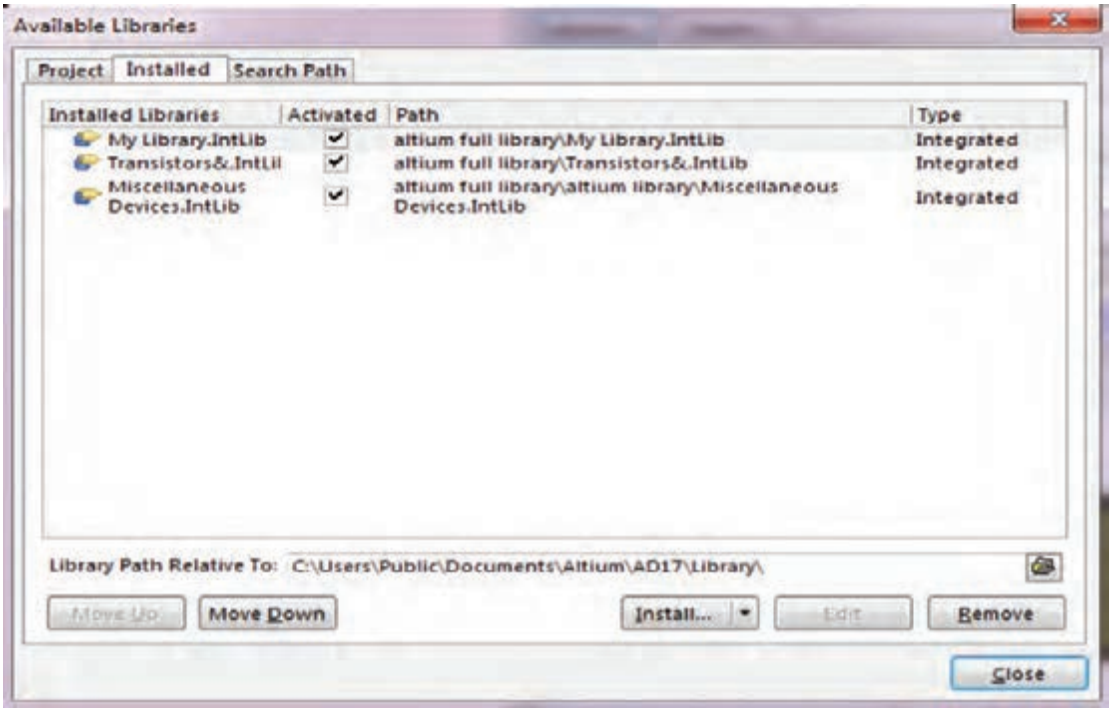


شکل ۲۷ـ۱ افزودن کتابخانه جدید

☑ برای انتخاب این کتابخانه کافیست روی پوشه مورد نظر برویم و روی کلید Open کلیک کنیم. با این کار کتابخانه مذکور طبق شکل ۲۸ـ۱ در پنجره کتابخانه‌های قابل دسترس (Available Library) قسمت Project library (کتابخانه مخصوص پروژه جاری) مشاهده خواهد شد. اگر بخواهیم تمام کتابخانه‌های موجود و نصب شده روی نرم‌افزار را ببینیم، کافیست درشکل ۲۹ـ۱ روی گزینه installed کلیک کنیم.



شکل ۲۸ـ۱



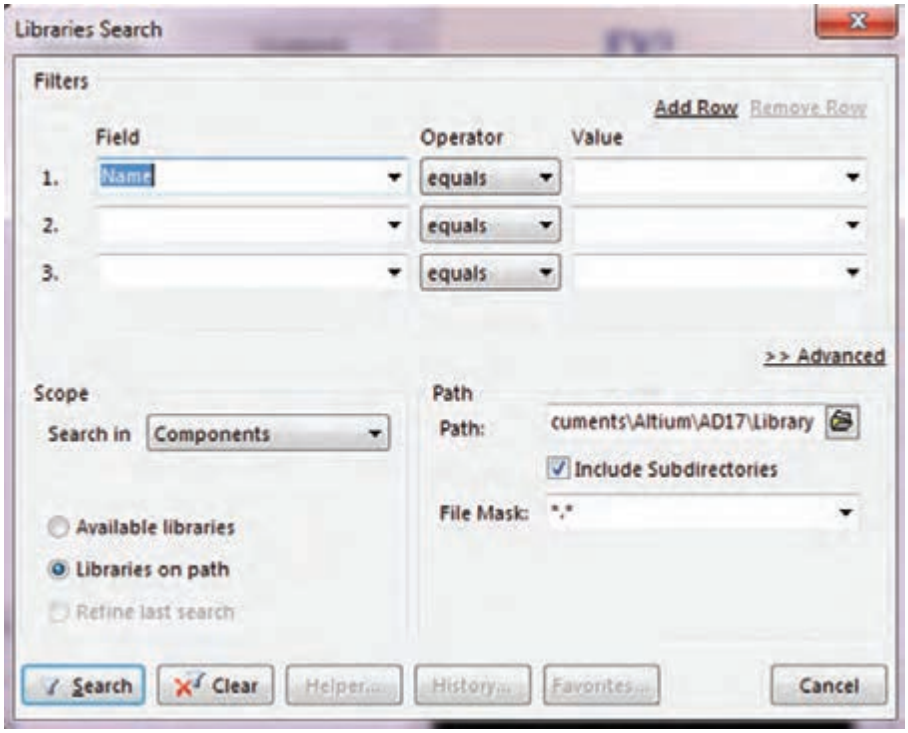
شکل ۲۹ـ۱

☑ برای جست‌وجوی پیشرفته قطعات در پنجره Browse Library روی گزینه Find کلیک کنید، طبق شکل ۳۰ـ۱ پنجره Library Search باز می‌شود.در این پنجره در قسمت advanced قسمت Scope، از روی نوار Search in گزینه مورد نظر مثلاً Component را انتخاب می‌کنیم. برای ورود به پنجره بعد باید در قسمت پایین صفحه، کلید Search فعال شود.

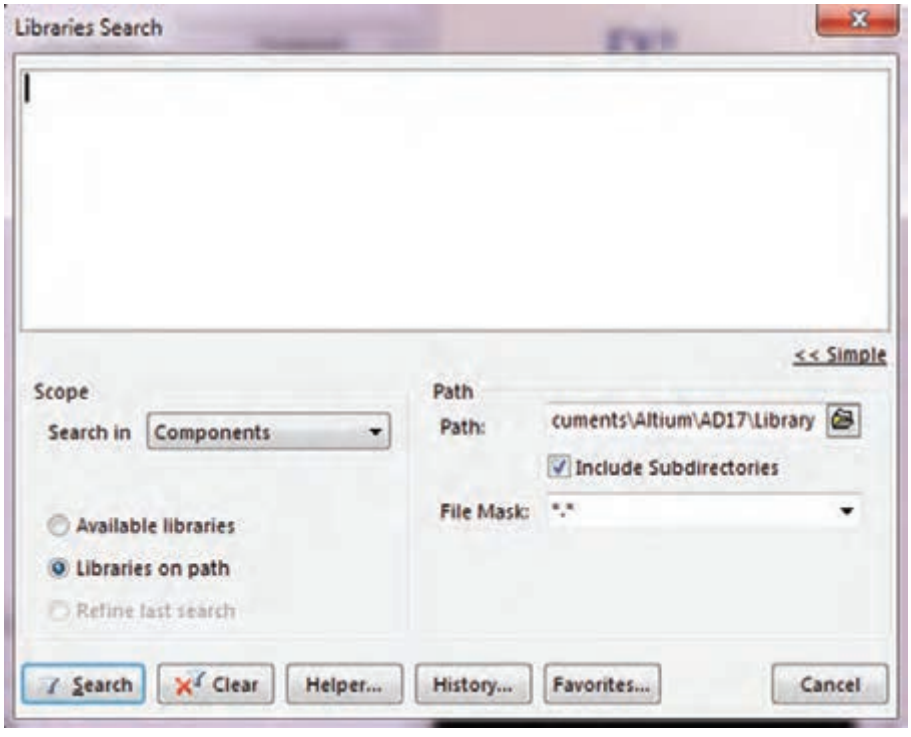
☑ پس از فعال کردن کلید Search، پنجره شکل ۳۱ـ۱ که مربوط به جست‌وجوی قطعات است باز می‌شود. در قسمت سفید رنگ پنجره نام قطعه مثلاً ۲N۲۲۲۲ را وارد می‌کنیم. سپس گزینه Libraries On Path را با روشن کردن دکمه دایره‌ای شکل کنار آن فعال می‌کنیم. با روشن کردن کلید search که در پایین و سمت چپ پنجره قرار دارد، نرم‌افزار به جست‌وجوی خودکار قطعه مورد نظر در کتابخانه‌های موجود در آلتیوم می‌پردازد.

نکته

حتماً باید در قسمت scope، ابتدا کلید کنار گزینه Libraries On Path را روشن کنید، سپس گزینه Search را انتخاب نمایید. تنها در این شرایط است که نرم‌افزار آلتیوم می‌تواند در تمام کتابخانه‌های موجود در نرم‌افزار به جست‌وجو بپردازد. در غیراین‌صورت ممکن است جست‌وجوی قطعه ناموفق باشد.

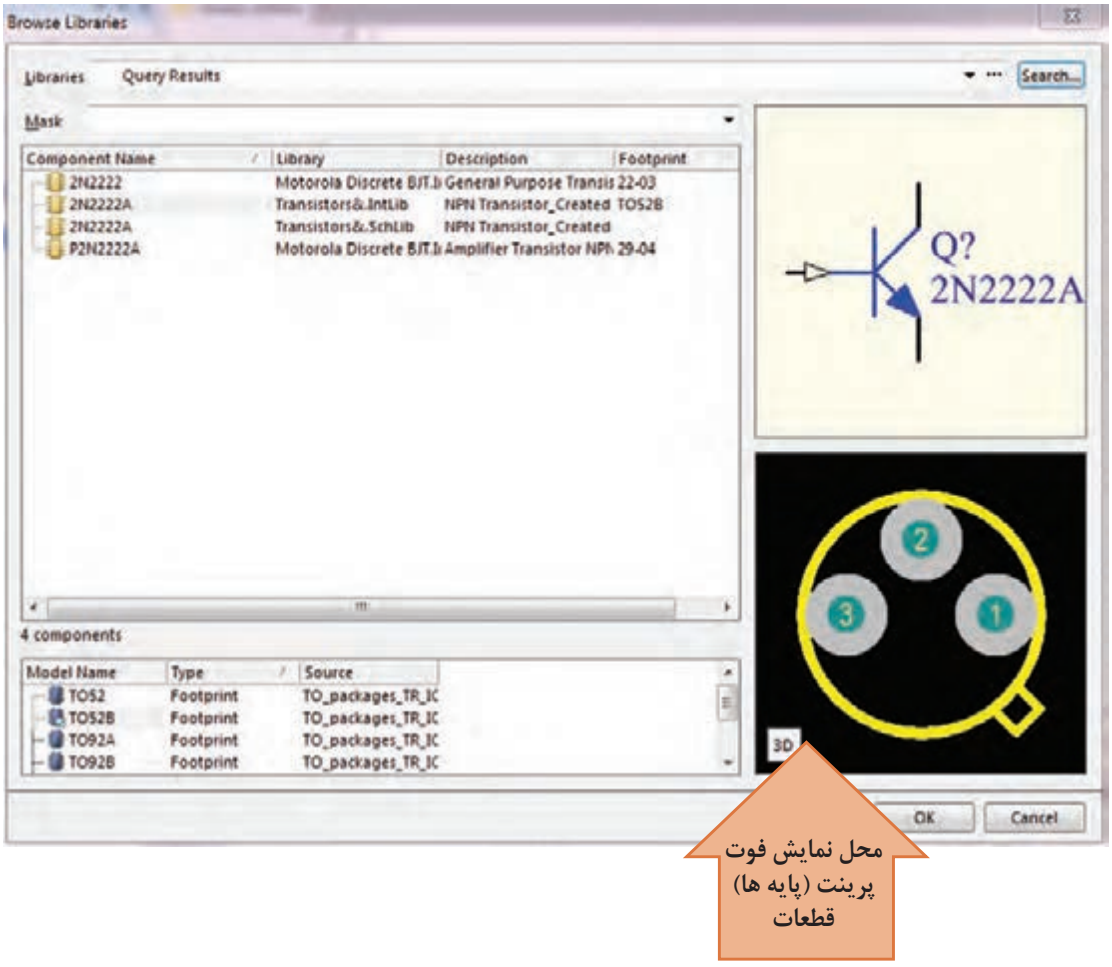


شکل ۳۰ـ۱ پنجره جست‌وجوی قطعات در کتابخانه



شکل ۳۱ـ۱ کادر درج نام قطعه

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، پس از جست‌وجو، پنجره شکل۳۲ـ۱ ظاهر می‌شود که در آن تعداد ۴ نمونه ترانزیستور ۲N۲۲۲۲ در بسته‌بندی‌های مختلف ارائه شده است. با کلیک بر روی نام هر یک از قطعات، در سمت راست پنجره، نقشه فنی و نقشه سه بعدی پایه های قطعات (فوت پرینت foot print) را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۲ـ۱ پیدا شدن قطعه پس از جست‌وجو

نکته

پس از ظاهر شدن قطعات، به شکل پایه‌های قطعه (فوت پرینت Foot print) توجه کنید تا بتوانید بسته‌بندی مطلوب خود را بیابید و آن را در پروژه وارد کنید. در کتابخانه دو نوع فوت پرینت مخصوص قطعات (معمولی) TH وSMD (نصب سطحی) وجود دارد. اگر به این نکته توجه نکنید در هنگام ترسیم شماتیک (نقشه فنی) مشکلی نخواهید داشت اما در مرحله طراحی PCB به مشکل جدی برمی‌خورید.

بارش فکری: در مقابل نام قطعه، طبق شکل ۳۲ـ۱ سه عبارت به شرح زیر نوشته شده است:

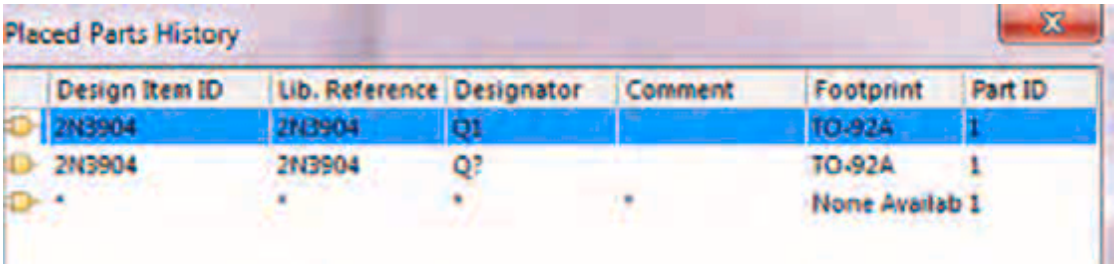
☑ گزینه Library نام کتابخانه‌ای را که قطعه در آن قرار دارد بیان می‌کند.

☑ Description توضیحات کلی درباره نکاتی مانند موارد استفاده و توان نامی قطعه مورد نظر را ارائه می‌دهد.

☑ Footprint اطلاعاتی درباره نوع بسته‌بندی، شکل ظاهری و فاصله بین پایه‌ها را ارائه می‌دهد.

این موارد را به‌صورت بارش فکری در گروه و کلاس به بحث بگذارید.

حال می‌توانید یکی از ترانزیستورهای موجود را انتخاب و گزینه Ok را فعال کنید تا قطعه وارد پنجره Place Part شود. با انتخاب مجدد گزینه Ok در پایین پنجره Place Part قطعه وارد محیط شماتیک می‌شود. در پنجره Place Part که در شکل ۳۳ـ۱ نشان داده شد، در قسمت Physical Component نام قطعه مورد نظری که انتخاب کرده بودیم اضافه می‌شود و در قسمت History، فهرستی از قطعاتی که تاکنون استفاده کرده‌ایم قرار می‌گیرد تا در صورت لزوم و برای افزایش سرعت کار بتوانیم به این فهرست مراجعه کرده و قطعه مورد نظر را بدون نیاز به جست‌وجوی مجدد انتخاب کنیم. شکل ۳۳ـ۱



شکل ۳۳ـ۱ قرار گرفتن قطعات در فهرست History

طبق شکل ۳۳ـ۱ در پنجره Place Part history در قسمت Designator نام اختصاری قطعات به‌صورت پیش فرض با نماد «Q?» نام‌گذاری شده است. در این نماد علامت سؤالی وجود دارد که نشان‌دهنده نوع و شماره قطعه مورد نظر در نقشه فنی است.

اگر علامت سؤال را به ۱ تغییر دهیم، Q۱ مشخص می‌شود که این اولین ترانزیستور مورد استفاده در این مدار است. پس از این مرحله اگردر نقشه فنی چندین ترانزیستور استفاده شده باشد، به‌صورت خودکار، سایر ترانزیستورها به‌صورت Q۲, Q۳, Qn نام‌گذاری خواهند شد. این کار کمک خواهد کرد تا نرم‌افزار در هنگام انتقال نقشه از محیط شماتیک به محیط PCB دچار مشکل نشود و تمام قطعات موجود در نقشه را شناسایی کند.

کار گروهی

با هم گروهی خود نرم‌افزار آلتیوم را نصب و اجرا کنید، سپس مراحل پیدا کردن آی سی رگولاتور LM۳۱۷ را به اجرا در آورید. در این فرایند به شکل فیزیکی قطعات ظاهر شده (فوت پرینت Foot print) توجه کنید و ببینید چند نوع بسته‌بندی در ارتباط با این قطعه وجود دارد. نام کتابخانه مربوطه را پیدا کنید و در برگه‌ای یادداشت نمائید تا بتوانید در فصل بعدی در پروژه‌های عملی طراحی مدار چاپی خود از آنها استفاده کنید.

بحث کنید

تفاوت اصلی بین قطعات نصب سطحی SMD و قطعات معمولی TH در چیست و هر کدام در چه نوع طراحی فیبر مدار چاپی مورد استفاده قرار می‌گیرند؟

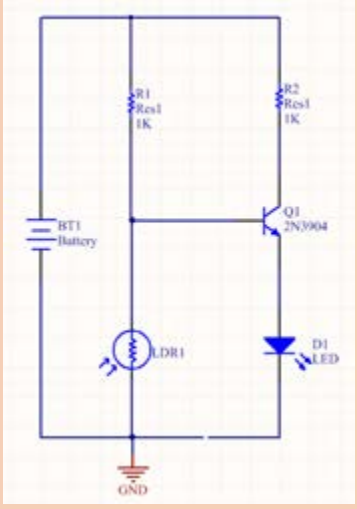
رسم نقشه فنی (شماتیک)

پس از وارد کردن قطعات، نوبت به ترسیم نقشه فنی (شماتیک) می‌رسد. برای ترسیم نقشه شماتیک، ابتدا قطعات مورد نظر خود را از کتابخانه‌ها پیدا کرده و در محل مناسب جای‌گذاری کنید. سپس از نوار ابزار افقی بالای صفحه شکل۳۴ـ۱، ابزار (Place Wire) را انتخاب نمایید. با قرار دادن اشاره‌گر ماوس بر روی پایه‌های قطعات یک علامت + ظاهر می‌شود که نشان دهنده نقطه آغاز ترسیم و روی پایه مورد نظر قرار گرفته است. با کشیدن آن به سمت پایه‌های سایر قطعات، آنها را به یک‌دیگر متصل می‌کنید. بدین ترتیب نقشه شماتیک ترسیم خواهد شد.

شکل ۳۴ـ۱ نوار ابزار

نکته

- دقت کنید که پس از کشیدن هر خط ارتباطی بین دو پایه مشخص، برای رسم خط ارتباطی جدید باید دوباره ابزار Place Wire را انتخاب کنید.
- اگر قرار است چند سیم به یک‌دیگر متصل شوند باید محل تقاطع این خطوط با یک دایره توپر مشخص شود. در شکل ۳۵ـ۱ یک نمونه نقشه مدار شماتیک رسم شده را مشاهده می‌کنید.
- همیشه به یاد داشته باشید که تمام مراحل کاری خود را ذخیره کنید. چون در غیراین‌صورت Altium Designer تغییرات ایجاد شده توسط شما را در نظر نخواهد گرفت. برای ذخیره‌سازی پروژه به‌صورت کلی به منوی فایل رفته و گزینه Save ALL را انتخاب کنید. سعی کنید نام پیش فرض آلتیوم را با نام دلخواه خود تغییر دهید.



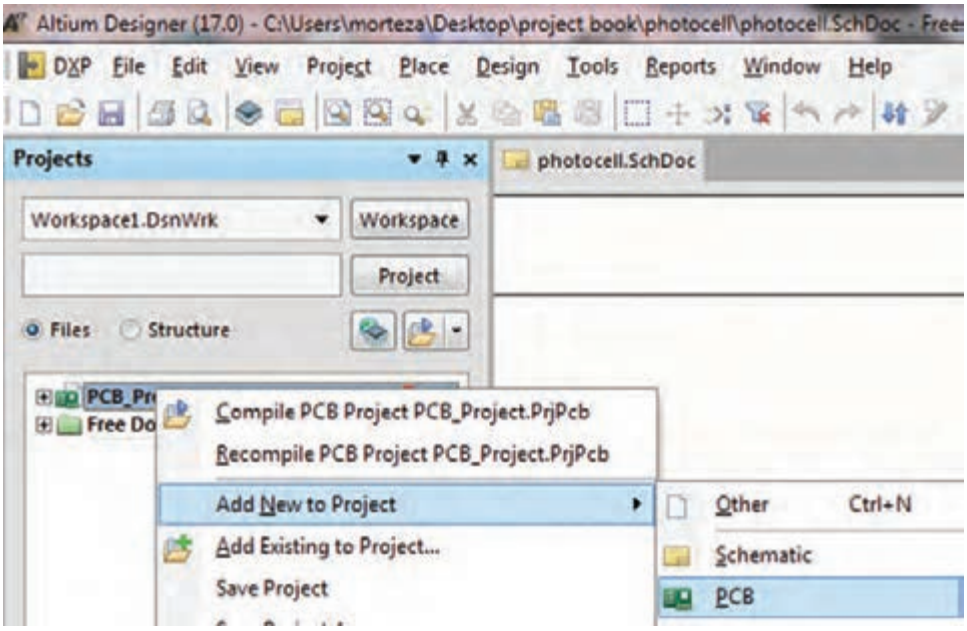
شکل ۳۵ـ۱ نقشه شماتیک ترسیم

بحث کنید

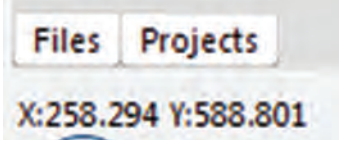
ترسیم شماتیک در نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر، چه تفاوتی با ترسیم نقشه فنی در نرم‌افزار مولتی سیم دارد؟ نتایج را جمع‌بندی کرده و به کارگاه ارائه دهید.

۸ـ۱ـ ایجاد پروژه PCB جدید

پس از ترسیم نقشه شماتیک باید یک پروژه PCB جدید ایجاد و به فایل‌های موجود اضافه کنیم. برای این کار طبق شکل ۳۶ـ۱ در سمت چپ محیط شماتیک قسمت Projects روی نام فایل پروژه کلیک راست کرده و گزینه PCB را انتخاب می‌کنیم. پس از این مرحله این فایل را در مسیر ذخیره سایر فایل‌های پروژه خود با همان نام انتخاب شده برای پروژه شماتیک ذخیره کنید.

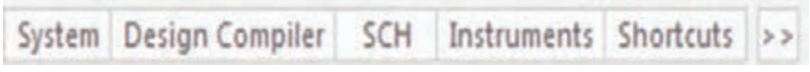


شکل ۳۶ـ۱ نقشه

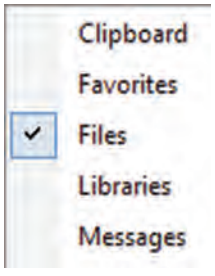


شکل ۳۷ـ۱

در مرحله بعد باید یک فیبر خام مدار چاپی با ابعاد مناسب ایجاد و قطعات را بر روی آن جای‌گذاری کنیم. برای این کار ابتدا طبق شکل۳۷ـ۱ در سمت پایین میزکار، گزینه فایل FILES را انتخاب می‌کنیم. اگر این گزینه موجود نبود مطابق شکل ۳۸ـ۱ در سمت راست پایین صفحه، بر روی گزینه سیستم System کلیک کنید و در پنجره ظاهر شده مطابق شکل ۳۹ـ۱ گزینه فایل را انتخاب کنید.

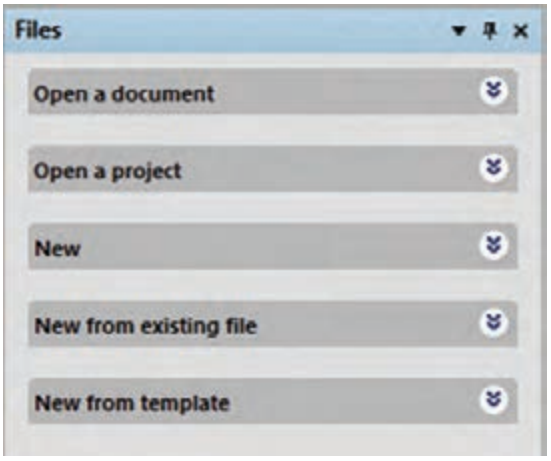


شکل ۳۸ـ۱

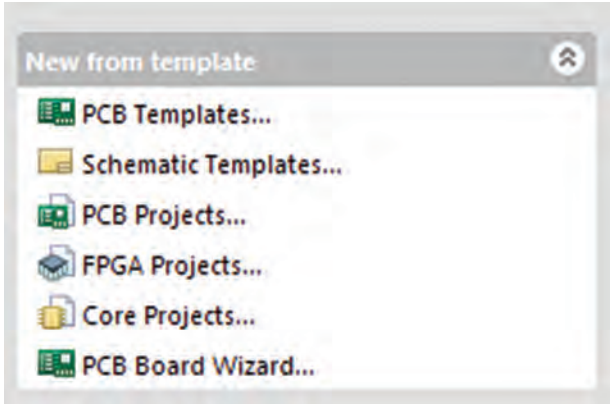


شکل ۳۹ـ۱

با انتخاب گزینه فایل مجموعه فایل‌ها مطابق شکل ۴۰ـ۱ ظاهر می‌شود. روی گزینه New from template کلیک کنید تا منوی شکل ۴۱ـ۱ ظاهر شود سپس گزینه PCB Board Wizard را انتخاب کنید، پنجره شکل ۴۲ـ۱ ظاهر می‌شود.



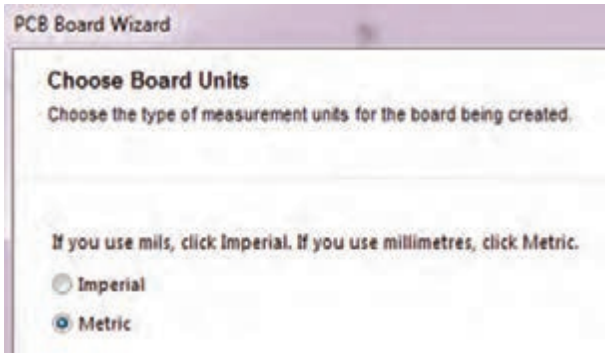
شکل ۴۰ـ۱ مجموعه FILES



شکل ۴۱ـ۱ افزودن منوی PCB

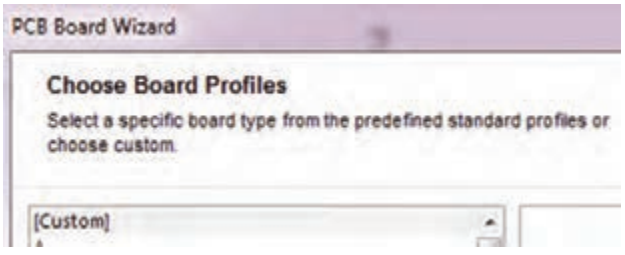
در پنجره شکل ۴۲ـ۱ گزینه Next را انتخاب کنید تا پنجره (PCB Board Wizard)شکل ۴۳ـ۱ ظاهر شود. در این پنجره امکان انتخاب واحد (Choose Board Units) وجود دارد. در این پنجره باید واحد اندازه‌گیری و اندازه‌گذاری خود را انتخاب کنیم که به دو صورت متریک (metric ـ میلی‌متری) و ایمپریال (اینچی) قابل انتخاب است. معمولاً در ایران با سیستم متریک کار می‌کنند.

شکل ۴۲ـ۱



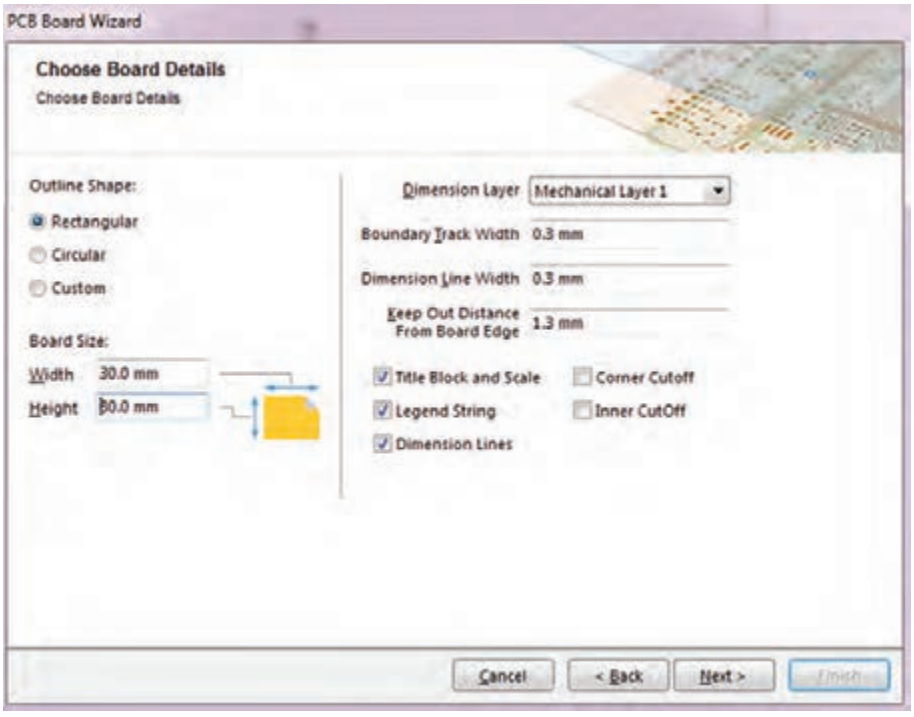
شکل ۴۳ـ۱

پس از انتخاب واحد اندازه‌گیری، دکمه Next را می‌زنیم تا وارد پنجره Choose Board Profile شویم، شکل ۴۴ـ۱. در این پنجره گزینه Custom سفارشی را انتخاب می‌کنیم تا بتوانیم ابعاد فیزیکی و مشخصات فیبر مدار چاپی را تعیین کنیم.



شکل ۴۴ـ۱

سپس کلید Next را انتخاب می‌کنیم تا به مرحله بعد رفته و وارد پنجره Choose Board Details شویم، شکل ۴۵ـ۱. در این مرحله می‌توانیم مشخصات ظاهری و ابعاد فیبر مورد نظر را در قسمت Outline Shape تعیین کنیم.



شکل ۴۵ـ۱ تنظیمات مشخصات ظاهری و ابعاد فیبر خام

اگر بخواهیم فیبر خود را به‌صورت چهار ضلعی طراحی کنیم گزینه Rectangular و اگر بخواهیم فیبر به‌صورت دایره‌ای یا بیضی باشد گزینه Circular را انتخاب و در قسمت Board Size ابعاد فیبر را وارد می‌کنیم. گزینه Width عرض فیبر و گزینه Height ارتفاع فیبر را مشخص می‌کند. سایر تنظیمات را به‌صورت پیش فرض انتخاب کرده و با فعال کردن دکمه Next به مرحله بعد شکل ۴۶ـ۱ می‌رویم. برای مثال فیبر پروژه فتوسل را با ابعاد ۲۰mm در ۲۰mm در نظر می‌گیریم.

فیلم

فیلم مراحل ایجاد پروژه PCB، شماتیک، سند PCB، فیبر خام و ترسیم نقشه شماتیک را ببینید.
فیلم ترسیم خطوط مورب و ترسیم باس BUS ENTRY را ببینید و درباره آن بحث کنید.

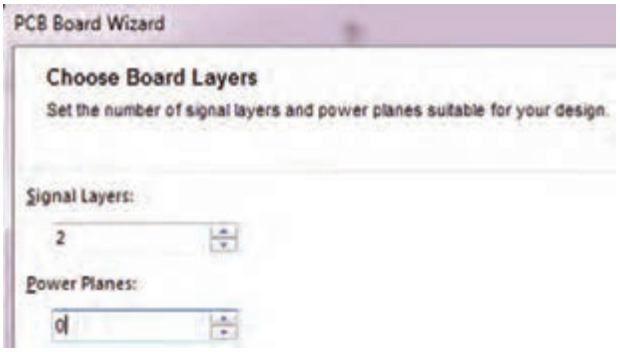
پژوهش

درباره فیبرهای مدار چاپی چند لایه پژوهش کرده و نتیجه را در قالب یک مقاله به کلاس ارائه دهید.

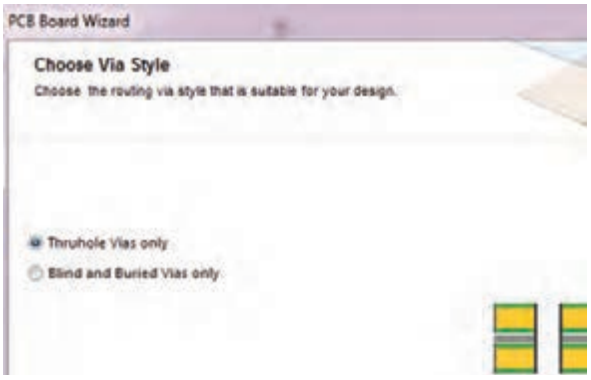
کار عملی

با توجه به آموخته‌های خود برد مدار چاپی به ابعاد ۶۰ میلی‌متر در ۶۰ میلی‌متر را به‌صورت عملی روی یک مدار دلخواه تمرین کنید.

در این مرحله طبق شکل ۴۶ـ۱، Power Planes را روی صفر قرار می‌دهیم و Signal Layers را روی عدد دو می‌گذاریم و دکمه Next را می‌زنیم تا وارد مرحله بعدی، شکل ۴۷ـ۱ شویم.



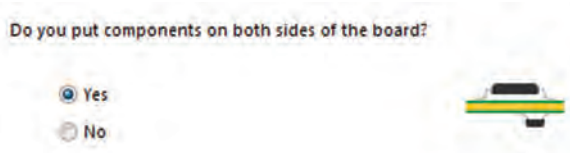
شکل ۴۶ـ۱



شکل ۴۷ـ۱

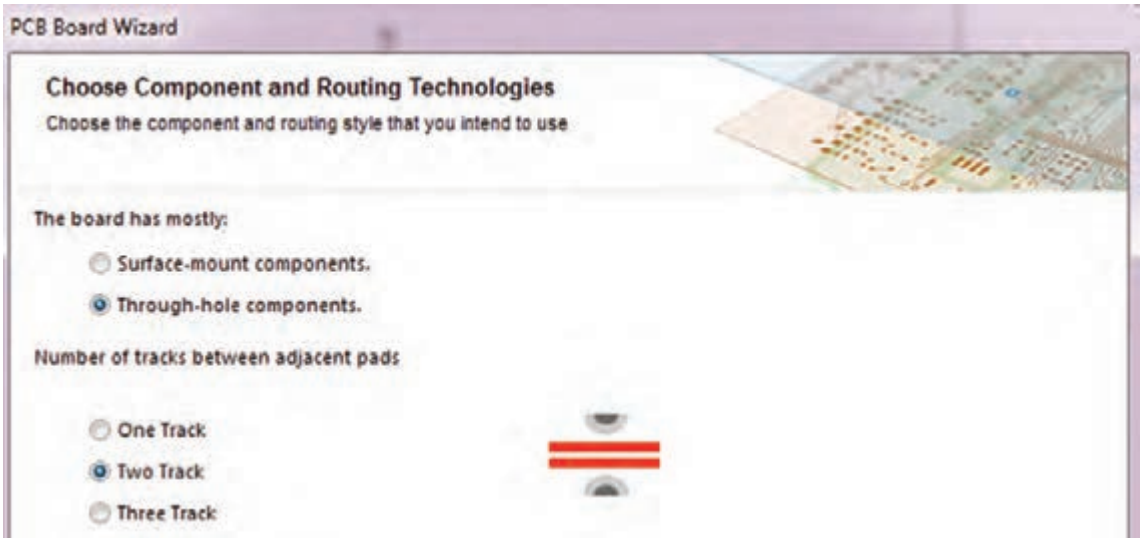
پس از ورود به این پنجره (شکل۴۷ـ۱) مجدداً تنظیمات پیش فرض را می‌پذیریم و کلید Next را انتخاب می‌کنیم تا به مرحله بعد برویم، شکل۴۸ـ۱. در این مرحله نرم‌افزار از کاربر می‌خواهد تا نوع قطعات مورد استفاده و چگونگی قرار گرفتن قطعات را انتخاب کند که می‌تواند به‌صورت یک‌طرفه یا دوطرفه روی فیبر باشد، شکل۴۹ـ۱.

شکل ۴۸ـ۱



شکل ۴۹ـ۱

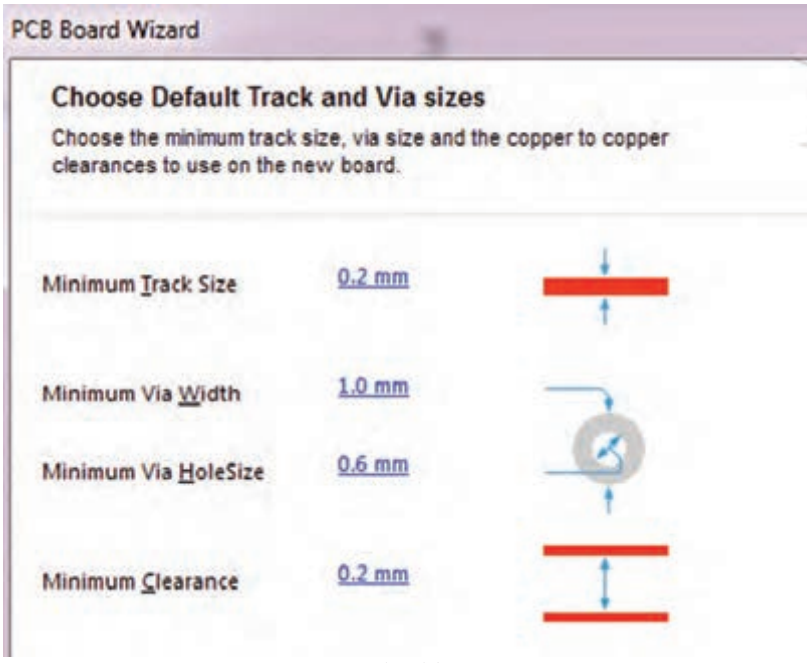
در قسمت The Board has mostly، گزینه surface ـ mount components قطعات نصب سطحی و گزینه Trough hole components قطعات معمولی را مشخص می‌کند. لذا گزینه دوم را انتخاب می‌کنیم. باید تعیین کنیم که قطعات در یک طرف یا در هر دو طرف برد قرار بگیرند. در حالت پیش فرض قطعات به‌صورت یک طرفه قرار دارند، اما اگر کلید Yes را فعال کنید قطعات در هر دو طرف برد قرار خواهند گرفت. با فعال کردن کلید NO (پیش فرض)، دکمه Next را فعال می‌کنیم و به پنجره بعدی می‌رویم، شکل ۵۰ـ۱.



شکل ۵۰ـ۱

اگر در پنجره شکل ۵۰ـ۱، گزینه Through ـ hole components را انتخاب کنیم، قطعات نصب سطحی انتخاب نمی‌شود و در مدار قطعات معمولی به‌کار می‌رود که از یک طرف روی فیبر قرار می‌گیرند و پایه‌های آن پس از عبور از سوراخ‌های سطح فیبر، در سمت دیگر لحیم می‌شوند. همچنین با انتخاب این گزینه نرم‌افزار از ما می‌خواهد که تعداد خطوط مجاز (track) جهت عبور از بین دو پایه را تعیین کنیم.

پس از تعیین تعداد خطوط، با انتخاب کلید Next وارد پنجره Choose Default Track and Via sizes خواهیم شد که در آن می‌توان ضخامت خطوط ارتباطی مسی و قطر سوراخ‌های روی برد را در حداقل قابل طراحی تعیین کنیم، شکل ۵۱ـ۱.



شکل ۵۱ـ۱

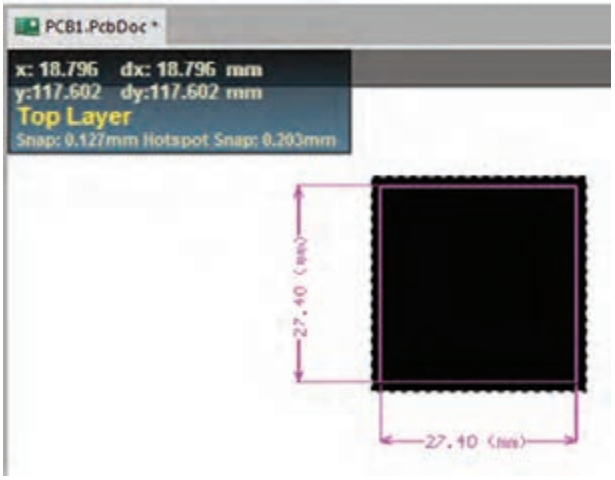
در پنجره شکل ۱ـ۵۱، گزینه‌های گوناگونی وجود دارد که به شرح آن می‌پردازیم:

☑ **Minimum Track Size**: با انتخاب این گزینه و وارد کردن عدد دلخواه خود می‌توانیم حداقل ضخامت خطوط مسی روی بُرد را تعیین کنیم.

☑ **Minimum Via Size**: با انتخاب این گزینه می‌توان حداقل قطر خارجی پد (pad) مربوط به سوراخ‌های (Vias) روی فیبر مدار چاپی را تعیین کرد.

☑ **Minimum Via Hole Size**: با انتخاب این گزینه می‌توان حداقل قطر داخلی سوراخ‌های روی فیبر مدار چاپی را تنظیم کرد.

☑ **Minimum Clearance**: با انتخاب این گزینه می‌توانیم حداقل فاصلهٔ مجاز بین دو خط ارتباطی (Track) را تعیین کنیم. پس از اینکه ضخامت خطوط و قطر سوراخ‌های روی فیبر را تعیین کردیم کلید Next را انتخاب می‌کنیم تا وارد مرحله پایانی شویم.



شکل ۱ـ۵۲

در این مرحله (شکل ۱ـ۵۲) با انتخاب کلید Finish کار تنظیمات فیبر مدار چاپی به اتمام می‌رسد و صفحه جدید PCB باز می شود، شکل ۱ـ۵۲. در صفحه جدید باز شده، فیبر مسی خامی که قرار است قطعات بر روی آن چیده و سیم‌کشی شوند ظاهر می‌شود. لازم است این فایل را هم در مسیر ذخیره سایر فایل‌های پروژه خود ذخیره کنیم. برای این کار از منوی File گزینه Save As را انتخاب و پروژه PCB را در مسیر دلخواه با همان نام قبلی که برای پروژه ترسیم شماتیک انتخاب کرده بودیم، ذخیره می‌کنیم.

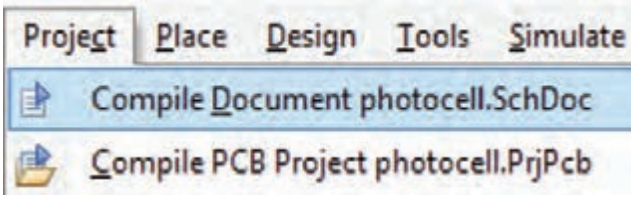
فعالیت

کلیه موارد ذکر شده در شکل‌های ۱ـ۴۵ تا ۱ـ۵۲ برای نمونه‌های مختلف تمرین کنید تا تسلط کامل در ارتباط با این منوها داشته باشید.

نکات ایمنی

در صورتی که صندلی شما بلندتر یا کوتاه‌تر از حد استاندارد باشد، چه عوارضی ر ا برای اعضاء بدن شما ایجاد می‌کند؟ بررسی کنید و نتایج را به کارگاه ارائه دهید.

پس از این مرحله به محیط شماتیک برمی‌گردیم و با انجام دادن مراحل زیر قطعات نقشه شماتیک را به صفحه PCB انتقال می‌دهیم.



شکل ۱ـ۵۳

☑ به منوی Project بروید و از مسیر نشان داده شده در شکل ۱ـ۵۳ یک‌بار گزینه اول و در ادامه گزینه دوم را انتخاب کنید تا پروژه کامپایل (تجمیع ـ همگردان) شود.

نکته

درصورتی‌که در کامپایل کردن برنامه با مشکلی مواجه شدید به مراجع مربوط و به کتاب‌های همراه هنرجو مراجعه کنید.

☑ از مسیر Design گزینه Update PCB Document را انتخاب می‌کنیم تا قطعات با توجه به فایل کامپایل شده از محیط شماتیک به محیط PCB منتقل شوند. در این مرحله با قرار دادن اشاره‌گر ماوس بر روی قطعات (شکل ۵۴ـ۱) و روش کشیدن و انداختن (Drag and Drop) قطعات را مبتنی بر استانداردهای طراحی که در درس طراحی مدار چاپی پایه دهم بیان شده بودند در محل‌های مناسب جاگذاری می‌کنیم، شکل ۵۵ـ۱.

شکل ۵۴ـ۱

شکل ۵۵ـ۱

الگوی پرسش

۱ـ با توجه به محتوای مندرج در کتاب، مسیر ایجاد یک سند شماتیک برای ترسیم نقشه فنی را به ترتیب اجرای کار بنویسید.

۲ـ سیستم اندازه‌گذاری در نرم‌افزار التیوم‌دیزاینر به‌صورت ..... ($\frac{۱}{۱۰۰۰}$ اینچ) و ..... صورت می‌گیرد.

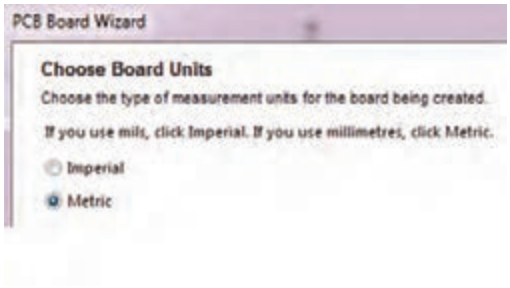
۳ـ در کدام پنجره حداقل ضخامت خطوط ارتباطی مسی را می‌توان تنظیم نمود؟

۱ـ Choose Board Layer　　۲ـ Choose Via Style

۳ـ Choose Default Track and via sizes　　۴ـ Choose Board Details

۴ـ با انتخاب گزینه ..... حداقل فاصله مجاز بین دو خط ارتباطی (Track) را تعیین می‌کنیم.

۵ـ در پنجره شکل ۵۶ـ۱ چه تنظیماتی انجام می‌شود؟ شرح دهید.



شکل ۵۶ـ۱

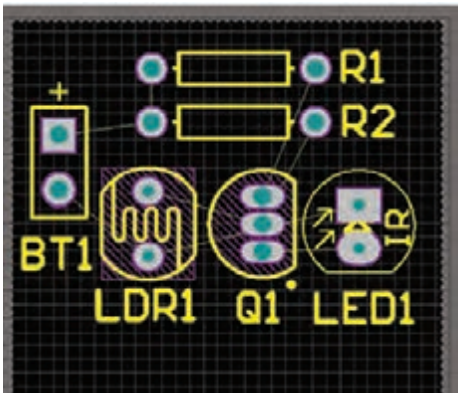
۹ـ۱ـ عملیات جای‌گذاری قطعات بر روی فیبر مدار چاپی

نکته

قرار دادن صحیح قطعات در جاهای مناسب در عملیات مسیریابی (Route) بسیار مؤثر است و اگر قطعات در جای مناسب قرار نگیرند ممکن است مسیریابی به‌درستی انجام نشده و عملیات ناقص به پایان برسد.

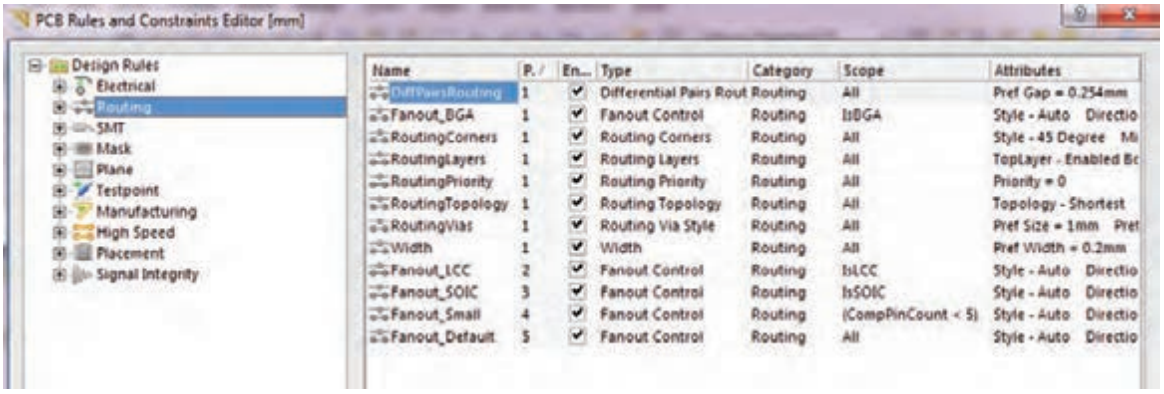
نکته

اگر در هنگام کشیدن و انداختن قطعات به روی فیبر خام نیاز به چرخاندن قطعه مورد نظر داشتیم کافی‌است دکمه خط فاصله صفحه کلید (Space Bar) را هم‌زمان با عملیات کشیدن قطعه فشار دهیم. بدین ترتیب قطعه می‌چرخد.



شکل ۵۷ـ۱

پس از اینکه قطعات را در محل خود قرار دادیم فیبر به‌صوت شکل ۵۷ـ۱ در می‌آید. در مرحله بعدی باید قوانین مسیریابی (Routing Ruls) را تعیین کنیم تا بتوانیم عملیات مسیریابی را به‌درستی انجام دهیم. برای این کار ابتدا از منوی Design (شکل ۵۳ـ۱) گزینه Ruls را انتخاب می‌کنیم تا پنجره PCB Ruls and Constraints Editor ظاهر شود، شکل ۵۸ـ۱.



شکل ۵۸ـ۱

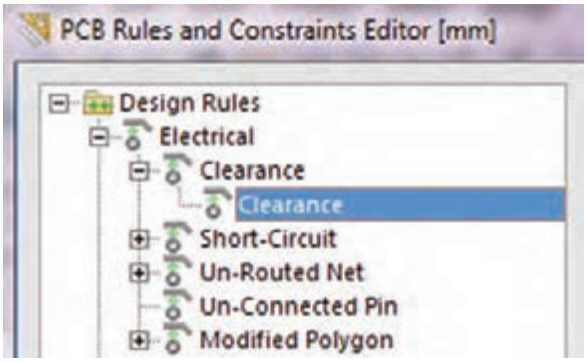
در این پنجره گزینه‌های گوناگونی وجود دارد.

با انتخاب هر گزینه منوی درختی به‌صورت زیرمجموعه گزینه اصلی باز می‌شود. که هر کدام از این منوها قوانین و تنظیمات خاصی را به شرح زیر ارائه می‌کنند:

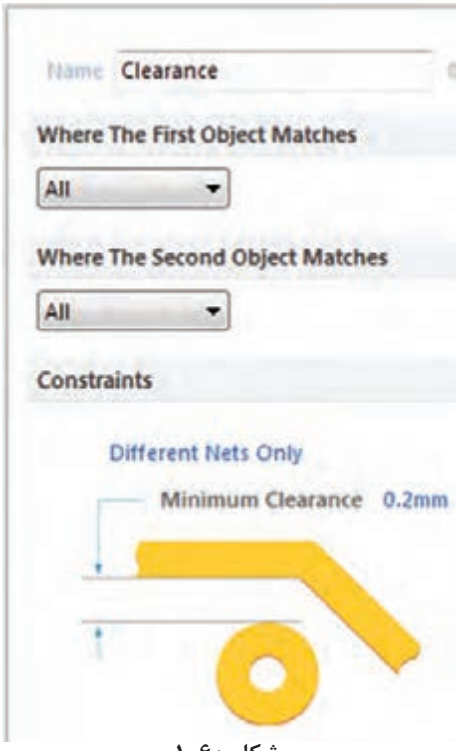
☑ اگر بر روی گزینه Electrical کلیک کنیم پنجره زیر منوی درختی شکل ۵۹ـ۱ ظاهر می‌شود. در این زیر منو قوانینی در ارتباط با فاصله (Clearance) بین خطوط ارتباطی (Tracks) و سوراخ‌های مدار (pads)، رفتار نرم‌افزار در مقابله با اتصال کوتاه مدار(Short ـ Circuit)، خطوط مسیریابی نشده (Un ـ Routed Net)، پایه‌های متصل نشده (Un ـ Connected Pin)، و پوشش مسی محافظ فیبر (Modified Polygon) وجود دارد که قابل تنظیم است.

☑ مهم‌ترین گزینه مورد نظر در این زیر منو گزینه Clearance است که با انتخاب آن می‌توان فاصله بین ترک‌ها و پدها را تعیین نمود.

☑ در قسمت Constraints (محدودیت‌ها)، شکل ۶۰ـ۱، عدد نشان داده شده مقابل گزینه Minimum Clearance حداقل فاصله بین خطوط رابط (ترک‌ها) و پدها، خطوط رابط و نوشته‌های مسی (Text)، خطوط رابط و سوراخ‌ها (Hole) را نشان می‌دهد که تصویر این فواصل در جدول انتهای همین پنجره نمایش داده می‌شود.



شکل ۵۹ـ۱



شکل ۶۰ـ۱

☑ برای مثال عدد پیش فرض ۰/۳ میلی‌متر است. اگر همین عدد انتخاب شود و در هنگام مسیریابی لازم باشد بین ترک و یک سوراخ روی فیبر به مقداری کمتر از این عدد انتخاب شده تغییر کند نرم‌افزار به‌صورت هوشمندانه به کاربر اطلاع می‌دهد.

☑ اگر تیک عبارت Ignore Pad to Pad clearance within a footprint را بزنیم می‌توانیم از قطعاتی که فاصله پایه‌های آنها کمتر از ۰/۳ میلی‌متر است نیز استفاده کنیم در غیراین‌صورت سیستم پیغام خطا خواهد داد. سایر تنظیمات این صفحه را به‌صورت پیش‌فرض انتخاب می‌کنیم و پس از آن دکمه Apply را می‌زنیم تا تغییرات ثبت شود.

نکته

اگر دکمه OK را بزنیم پنجره قوانین بسته خواهد شد. پیشنهاد می‌کنیم این دکمه را پس از انجام تمامی قوانین طراحی فعال کنید.

شکل ۱ـ۶۱

☑ یکی از مهم‌ترین تنظیمات طراحی تعیین حداقل و حداکثر ضخامت خطوط ارتباطی است. برای این کار از منوی درختی اصلی گزینه Routing را انتخاب کرده سپس گزینه Width را انتخاب می‌کنیم تا پنجرهٔ شکل ۱ـ۶۱ صفحه محدودیت‌ها (Constraints) باز شود. این پنجره گزینه‌های زیر را نشان می‌دهد:

☑ Min Width حداقل ضخامت خطوط رابط را تعیین می‌کند.

☑ Preferred Width ضخامت ترجیح داده شده توسط کاربر را تعیین می‌کند.

☑ گزینه Max Width حداکثر ضخامت خطوط ارتباطی (ترک‌ها) را تعیین می‌کند.

نکته

در مدارهایی مانند منابع تغذیه که قرار است جریان بسیار زیادی از ترک‌ها Traks (خطوط ارتباطی بین قطعات) عبور کند ضخامت حداکثر را عددی بزرگ در نظر می‌گیریم.

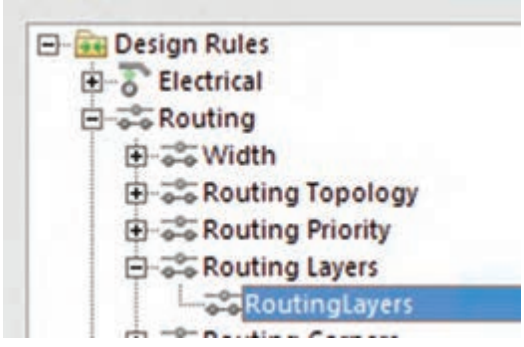
فعالیت

تنظیم روی فیبر خام را برای چند نمونه فیبر انجام دهید تا تسلط کامل کسب کنید.

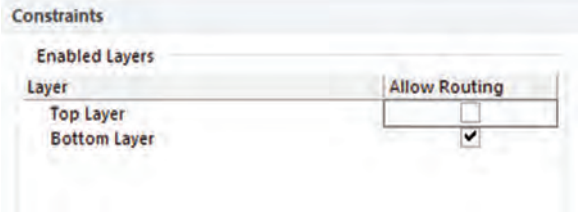
در صورتی که کاربر از این قوانین تبعیت نکند نرم‌افزار به‌صورت هوشمند پیام خطا خواهد داد و طرح به رنگ دیگری در خواهد آمد.

۱۰ـ۱ـ تنظیم لایه‌های برد مدار چاپی

در مرحله بعدی کار باید تنظیمات لایه‌های برد مدار چاپی را انجام دهیم. برای این‌کار طبق شکل ۱ـ۶۲ گزینه Routing (مسیریابی) را انتخاب می‌کنیم. سپس بر روی زیر منوی Routing Layers (لایه‌های مسیریابی) کلیک می‌کنیم تا پنجره شکل ۱ـ۶۳ ظاهر شود.

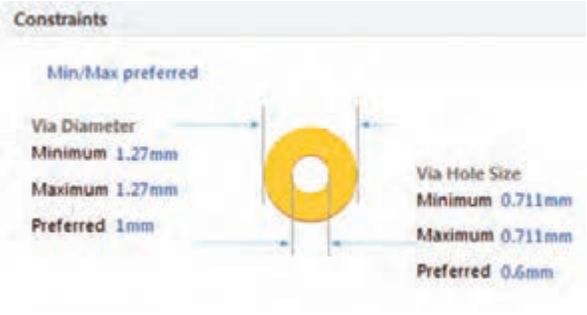


شکل ۱ـ۶۲



شکل ۱ـ۶۳

اگر در پنجره شکل ۶۳ـ۱ در قسمت Allow Routing فقط تیک مربوط به Bottom Layer را بزنیم عملیات مسیریابی و ترسیم خطوط ارتباطی (ترک‌کشی) فقط در لایه زیر انجام خواهد شد. اگر هر دو تیک مربوط به Top Layer و Bottom Layer را بزنیم عملیات مسیریابی و ترسیم خطوط ارتباطی در هر دو لایه بالا و پایین فیبر مدار چاپی انجام خواهد شد. از این حالت معمولاً در طراحی مدارهای پیچیده استفاده می‌شود. پس از انجام تنظیمات مورد نظر گزینه Apply را انتخاب می‌کنیم تا تنظیمات ذخیره شود.
در مرحله بعدی با انتخاب گزینه Routing Via Style و زیر منوی Routing Vias می‌توانیم محدودیت‌های مربوط به سوراخ‌های روی فیبر مدار چاپی را تعیین کنیم، شکل ۶۴ـ۱.



شکل ۶۴ـ۱

☑ **Via Diameter:** با این گزینه می‌توان حداکثر قطر سوراخ‌ها، حداقل قطر سوراخ‌ها و قطر ترجیح داده شده برای سوراخ‌های روی فیبر را تعیین کرد.

☑ **Via Hole Size:** با این گزینه حداقل قطر، حداکثر قطر، و قطر ترجیح داده شده برای سوراخ داخل(Via)ها تعیین می‌شود. Via به سوراخ‌هایی گفته می‌شود که روی فیبر ایجاد می‌شود و قادر است لایهٔ بالای فیبر مدار چاپی را به لایهٔ پایین فیبر ارتباط دهد. در فناوری ساخت فیبرهای دو لایه به‌وسیله این سوراخ‌ها (via) و قرار دادن لایه متالیزه (استوانه فلزی) داخل آنها عملیات ارتباط بین لایه بالا و پایین انجام می‌شود. این عمل در کارخانه‌های تولید فیبر مدار چاپی انجام می‌گیرد.
پس از انجام تنظیمات ذکر شده، تنظیمات را ذخیره می‌کنیم و از منوی مربوطه خارج می‌شویم.

فعالیت عملی

تنظیم لایه‌های برد و ابعاد خطوط ارتباطی و قطر خارجی سوراخ و قطر پد سوراخ را تمرین کنید، تا در کاربرد این منوها و گزینه‌های مربوط به آن تسلط لازم را کسب کنید.

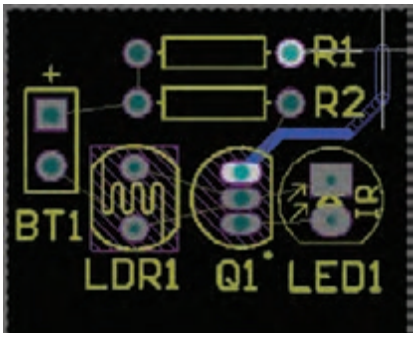
۱۱ـ۱ـ طراحی پدها و مسیرها روی فیبر خام مدار چاپی در نرم‌افزار

پس از تعیین تنظیم‌های مربوط به مسیریابی نوبت اجرای مسیریابی روی فیبر خام می‌رسد. این عمل به دو صورت امکان‌پذیر است.

الف) مسیریابی دستی ب) مسیریابی خودکار

الف) مسیریابی دستی: در این روش طراح به‌وسیله ابزار Interactively Route Connection که در نوار ابزار موجود است (شکل ۶۵ـ۱) می‌توان مسیرهای مورد نظر را از مبدأ به مقصد متصل نمود. برای این کار کافی است بر روی ابزار کلیک کنیم. با این کار اشاره‌گر ماوس به‌صورت علامت به علاوه (+) در می‌آید. حالا می‌توانیم با قرار دادن آن روی مبدأ، مسیر مناسب را پیدا کنیم و به مقصد متصل نماییم. پس از رسیدن به مقصد یک‌بار کلیک

شکل ۶۵ـ۱

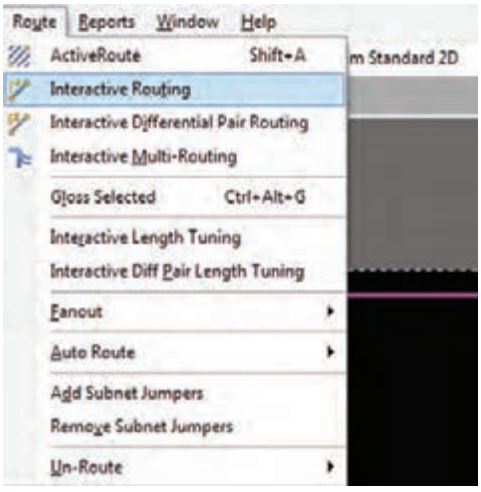


شکل ۶۶ـ۱

چپ می‌کنیم تا ابزار آماده مسیریابی بعدی شود. به این ترتیب می‌توانیم کار مسیریابی به‌صورت دستی را به پایان برسانیم. پس از اتمام مسیریابی می‌توانیم اصلاحات لازم مانند تغییر ضخامت خطوط ارتباطی و تغییر زاویه خطوط را انجام دهیم. شکل ۶۶ـ۱

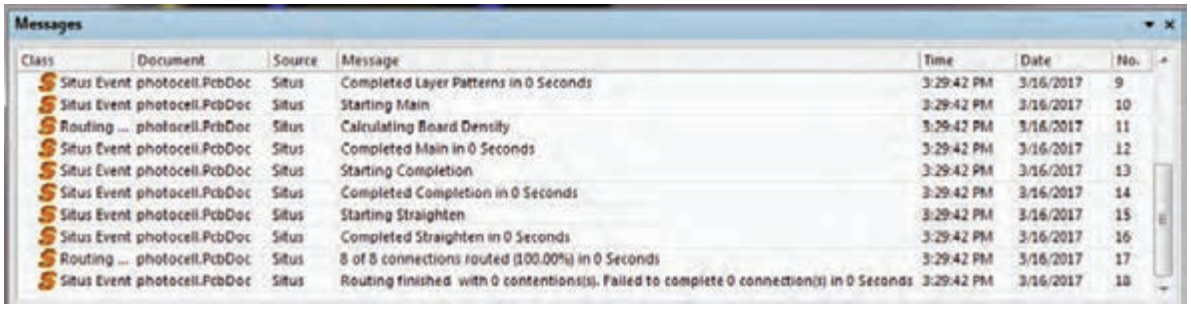
ب) مسیریابی خودکار: در این روش تمام عملیات مسیریابی به‌صورت خودکار توسط نرم‌افزار صورت می‌گیرد. برای انجام این کار کافی است از منوی Route گزینه Auto Route و بعد از آن عبارت All را انتخاب کنید. (شکل ۶۷ـ۱)

پس از آن پنجره مربوط به گزارش راهبردی (استراتژی) Situs Routing Strategies مسیریابی ظاهر می‌شود. در این پنجره اطلاعات کامل مربوط به تنظیم‌های تعیین شده برای مسیریابی، در اختیار طراح قرار می‌گیرد که با کلیک بر روی هر کدام از آنها می‌تواند آنها را مشاهده و یا ویرایش کند. در پایان کلید Route All را می‌زنیم تا عملیات مسیریابی خودکار آغاز شود.

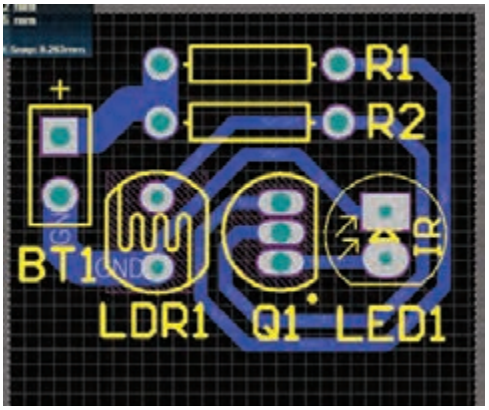


شکل ۶۷ـ۱

پس از اینکه عملیات مسیریابی خودکار شروع شد باید چند لحظه صبر کنیم تا عملیات به پایان برسد. در فرایند مسیریابی پیام‌هایی به‌صورت مرحله به مرحله، پیشرفت کار را به کاربر گزارش می‌دهد. چنانچه تمام مسیرها به‌درستی به مقصد مورد نظر متصل شده باشند پنجره شکل ۶۸ـ۱ نمایش داده خواهد شد. این مدت زمان بستگی به سرعت پردازنده مرکزی رایانه CPU و سرعت پردازنده گرافیکی رایانه GPU و حافظه رم (RAM) رایانه شما دارد. هم‌زمان با انجام عملیات مسیریابی گزارش لحظه‌به‌لحظه‌ای از روند پیشرفت کار به کاربر ارائه می‌شود. اگر مسیریابی به‌طور کامل انجام شود پیام خط آخر به‌درستی ظاهر می‌شود، که درستی فرایند را تأیید می‌کند. در خط آخر شکل ۶۸ـ۱ پیام مسیریابی به‌صورت مسیریابی بدون هیچ اتصال انجام نشده‌ای به‌صورت ۱۰۰٪ کامل به پایان رسیده است ظاهر می‌شود. در قسمت Time زمان و در قسمت Date تاریخ انجام پروژه ثبت شده است. شکل ۶۸ـ۱

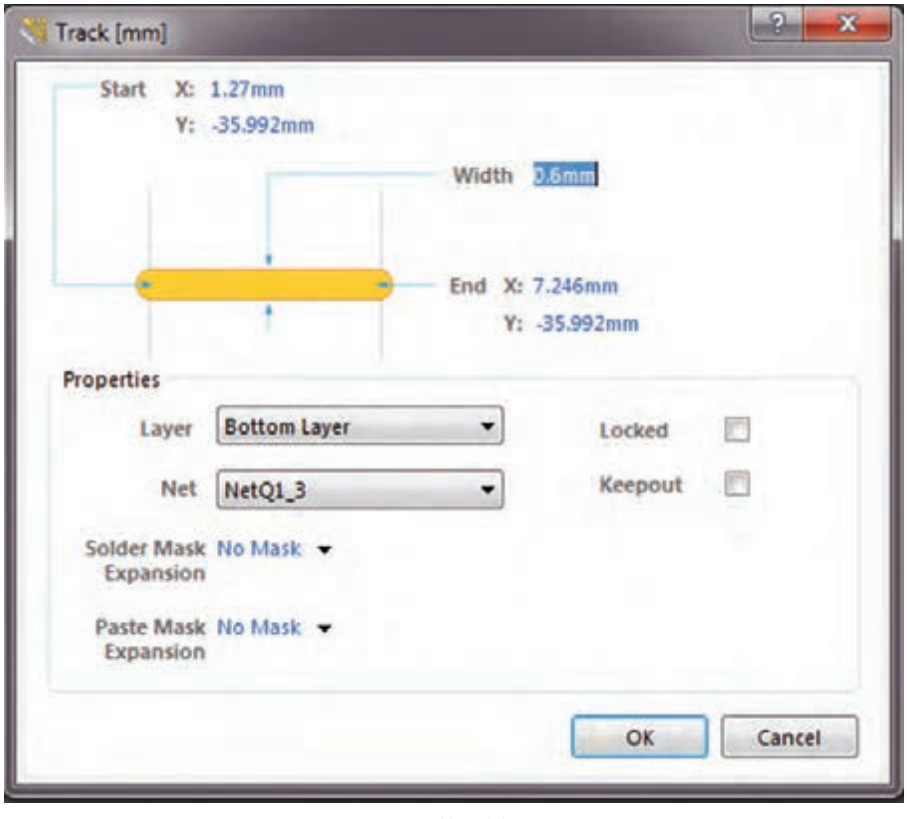


شکل ۶۸ـ۱



شکل ۶۹ـ۱

در شکل ۶۹ـ۱ پروژه فتوسل تکمیل شده را مشاهده می‌کنید. در اجرای این پروژه ما از مسیریابی خودکار استفاده کردیم.همان‌طور که مشاهده می‌کنید ضخامت خطوط تغذیه با سایر خطوط مدار یکسان نیست. برای اینکه بتوانیم ضخامت خطوط مورد نظر را تغییر دهیم کافیست بر روی خط مورد نظر دابل کلیک کرده و سپس در پنجرهٔ Track[mm] در قسمت Width ضخامت مورد نظرمان را وارد کنیم. شکل ۷۰ـ۱



شکل ۷۰ـ۱

فعالیت عملی

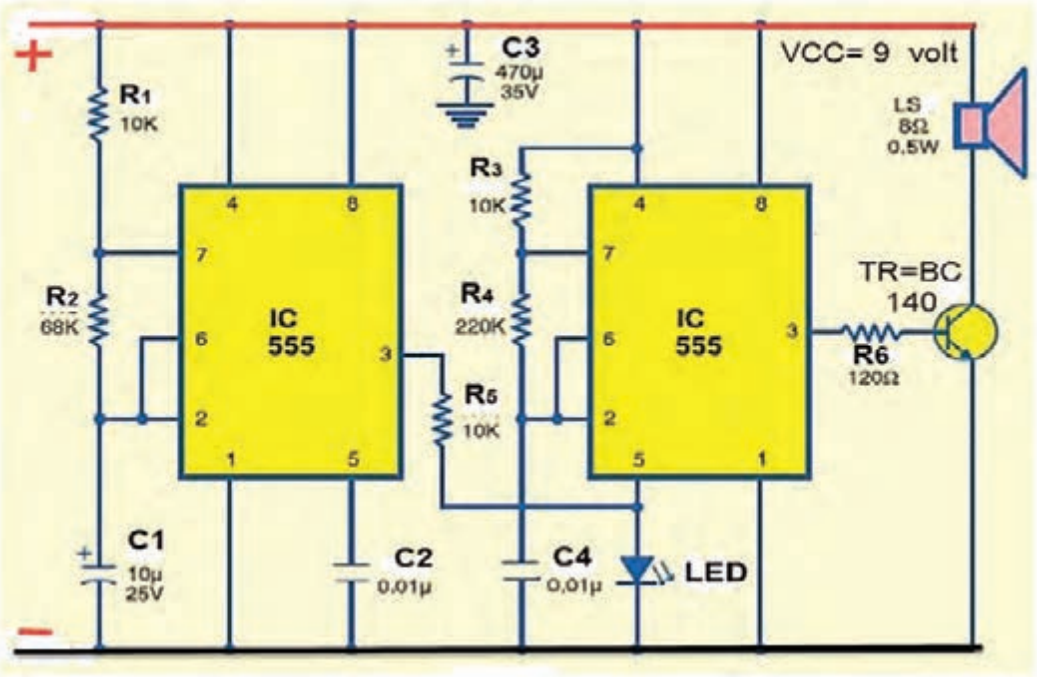
مراحل اجرای مسیریابی را تمرین کنید. برای تسلط بیشتر نقشه‌های تمرینی دیگری را نیز اجرا نمایید.

کار عملی جامع: نقشه پروژه فتوسل یا نقشه مشابه دیگری را از ابتدا تا انتها به‌صورت نقشه فنی و نقشه PCB در نرم‌افزار آلتیوم به اجرا در آورید و فایل نهایی را ذخیره کنید.

نمونه آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری (۱)

کار با نرم‌افزار تجاری طراحی مدار چاپی ۱

۱ـ نرم‌افزار آلتیوم‌دیزاینر را فعال کنید.
۲ـ سندی برای پروژه و شماتیک ترسیم نقشه با نام مناسب ایجاد کنید.
۳ـ نقشه شماتیک شکل ۷۱ـ۱ را در محیط نرم‌افزار رسم‌کنید.
۴ـ در ابعاد ۸۰ mm × ۱۰۰ mm طرح مدارچاپی نقشه را ترسیم‌کنید.
۵ـ طرح را در فایل مربوطه ذخیره‌کنید.
۶ـ نتیجه را برای ارزشیابی به مربی خود ارائه دهید.



شکل ۷۱ـ۱

ارزشیابی شایستگی کاربا نرم افزار تجاری طراحی مدار چاپی

شرح کار:
۱ـ تحلیل نقشه انتخابی
۲ـ بررسی راه‌های دریافت نرم‌افزار
۳ـ انتخاب نرم‌افزار مناسب و بررسی قابلیت‌های آن
۴ـ نصب نرم‌افزار
۵ـ راه‌اندازی نرم‌افزار
۶ـ بررسی قطعات نقشه و ابعاد ظاهری آنها
۷ـ بررسی قطعات موجود در منوهای نرم‌افزار و انطباق آن با نقشه
۸ـ مطالعه دقیق قوانین حاکم بر ترسیم نقشه استاندارد
۹ـ طراحی و ترسیم نقشه مدار چاپی پروژه با نرم‌افزار

استاندارد عملکرد: طراحی مدار چاپی نقشه الکترونیکی با نرم‌افزار تجاری بر اساس قوانین و استانداردهای تعریف شده
شاخص‌ها: ۱ـ انتخاب نرم‌افزار مناسب از بین نرم‌افزارهای تخصصی (۲۰ دقیقه)
۲ـ نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار به طور دقیق و کامل (۲۰ دقیقه)
۳ـ طراحی و ترسیم دقیق و صحیح نقشه مدار چاپی به کمک نرم‌افزار (۳۰ دقیقه)

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط: نور مناسب برای انجام کارهای دقیق ـ ابعاد حداقل ۶ مترمربع ـ دمای طبیعی (۱۸C° ـ ۲۷C°) و میزکار استاندارد برای قراردادن رایانه با ابعاد H۸۰ cm * D۸۰ * L۱۸۰ ـ فرد با لباس کار ـ وجود امکانات اتصال به شبکه اینترنت ـ نرم‌افزارهای خاص (پروتل، دی ایکس پی، آلتیوم دیزاینر) ـ انجام کار در حال نشسته
ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نقشه مدار الکترونیکی ـ لوازم‌التحریر

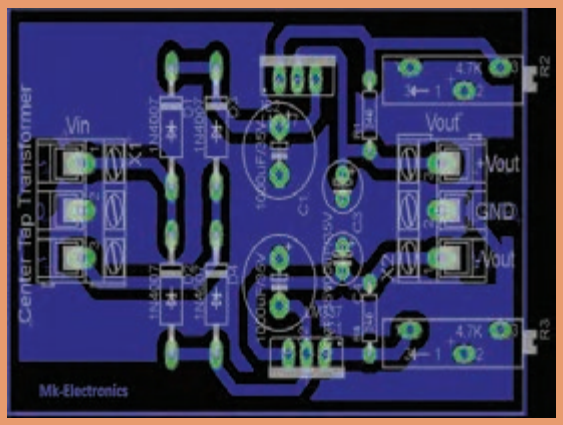
معیار شایستگی:

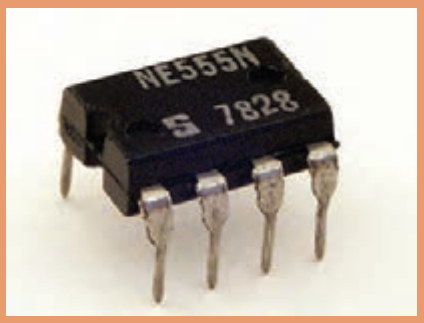
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	معرفی نرم‌افزارهای مرتبط	۱	
۲	انتخاب نرم‌افزار مناسب	۱	
۳	فهرست قطعات و ابزار مورد نیاز با توجه به نقشه	۲	
۴	نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار و کار با آن	۲	
۵	طراحی یک نمونه مدار چاپی (تمرینی)	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها ۲ـ دقت و تمرکز در اجرای کار ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ اخلاق حرفه‌ای	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

پودمان ۲

طراحی مدار چاپی با نرم‌افزار پیشرفته





امروزه در اکثر مدارهای الکترونیکی از آی‌سی‌ها استفاده می‌شود. قبل از اختراع این قطعات پرکاربرد و مفید، تمام مدارهای الکترونیکی از ترکیب قطعات گوناگون و مجزا از هم تشکیل شده بودند. استفاده از قطعات مجزا سبب افزایش حجم مدار و پیچیدگی‌های بسیار زیاد در ساخت و فرایند عیب‌یابی می‌شود. در مدارهای جدید که مبتنی بر کاربُرد آی‌سی‌های کم‌حجم هستند، پیچیدگی مدارها به مقدار قابل توجهی کاهش یافته و عیب‌یابی آنها را ساده کرده است. برخی آی‌سی‌های پُرکاربرد مصرف عمومی دارند. از این‌رو برای یک تعمیرکار ماهر شناخت مشخصات فنی و چگونگی کار با این آی‌سی‌ها امری ضروری بوده و باید مورد توجه قرارگیرد.

واحد یادگیری ۲

شایستگی طراحی پروژه کاربردی با آی‌سی آنالوگ

آیا تا به‌حال فکر کرده‌اید:

- چه تفاوت‌هایی بین سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال وجود دارد؟
- سیگنال‌های الکتریکی صوت و تصویر انسان از نوع آنالوگ است یا دیجیتال؟
- آی‌سی‌ها از نظر کلی به چند دسته تقسیم‌بندی می‌شوند؟
- آی‌سی‌های تقویت‌کننده صوت (مانند آی‌سی TDA۲۰۰۳) از نوع آنالوگ است یا دیجیتال؟
- آی‌سی مورد استفاده در منابع تغذیه مانند آی‌سی ۷۸۰۵ در رده کدام نوع آی‌سی‌ها قرار دارند؟
- آیا در یک بسته‌بندی می‌تواند ترکیبی از آی‌سی‌های آنالوگ و دیجیتال وجود داشته باشد؟

سیگنال آنالوگ به سیگنالی گفته می‌شود که در آن تغییرات به‌صورت پیوسته و مداوم است. سیگنال الکتریکی حاصل از صوت انسان یک نوع سیگنال آنالوگ است. گروه دیگری از سیگنال‌ها به صورت پله‌ای و مرحله‌ای تغییر می‌کنند. در این نوع سیگنال‌ها، دامنهٔ ولتاژ بین دو مقدار حداقل و حداکثر و به‌صورت گسسته تغییر می‌کند. سیستم‌هایی که با این نوع سیگنال‌ها کار می‌کنند سیستم‌های دیجیتالی نام دارند. آی‌سی‌ها نیز به دو دسته آنالوگ و دیجیتال تقسیم‌بندی می‌شوند. ممکن است در یک تراشه هر دو نوع آی‌سی آنالوگ و دیجیتال وجود داشته باشد. در یک آی‌سی دیجیتال در ابعاد چند میلی‌متر مربع هزاران تا میلیون‌ها دروازه منطقی خاص جای می‌گیرد. اندازه کوچک این مدارها سبب بالا رفتن سرعت عملیات، کم‌شدن توان مصرفی و کاهش هزینه تولید می‌شود. آی‌سی‌های آنالوگ مانند تایمرها، تقویت‌کننده‌های عملیاتی و تقویت‌کننده‌های صوتی، با داشتن ساختاری یک‌پارچه (ماژولار_modular) و طراحی حرفه‌ای، سبب کاهش حجم مدارهای آنالوگ، تلفات کم و عیب‌یابی آسان مدارها می‌شوند. در این واحد یادگیری چند نمونه آی‌سی آنالوگ و کاربرد آنها شرح داده می‌شود. پس از اتمام آموزش فراگیرنده باید بتواند عملکرد مدار ترکیبی با چند آی‌سی آنالوگ را تشریح کند. همچنین باید قادر باشد مدار چاپی انواع مدارهای کاربردی با آی‌سی آنالوگ را با نرم‌افزار پیشرفته طراحی کند. در تمام مراحل انجام کار، باید فراگیرنده نکات ایمنی، بهداشتی و توجه به مهارت‌های غیرفنی مانند کار گروهی، به‌کارگیری فناوری‌های نوین، توجه به محیط‌زیست، رعایت نظم و ترتیب و سایر مهارت‌های غیرفنی را رعایت‌کند و در خلال کار به‌اجرا در آورد.

استاندارد عملکرد

طراحی مدار چاپی پروژه کاربردی با آی‌سی آنالوگ به‌وسیله نرم‌افزار با رعایت استاندارد و قوانین مربوطه

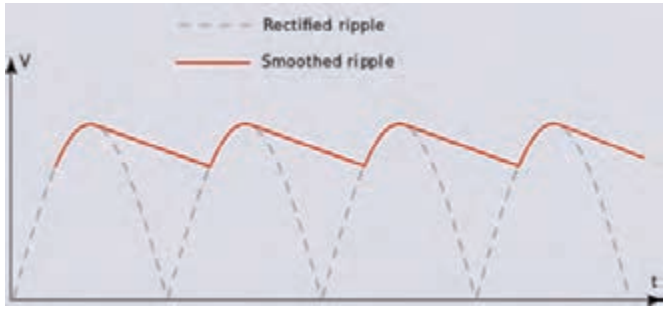
۱ـ۲ـ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

ابزار عمومی برق یا الکترونیک ـ لوازم‌التحریر ـ منبع تغذیه ـ مولتی‌متر ـ رایانه ـ نرم‌افزار پیشرفته طراحی مدار چاپی

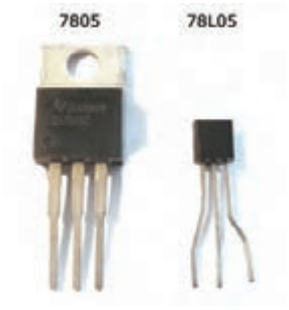
مشخصات فنی تجهیزات و تعداد آن در سند برنامه درسی آمده است.

۲ـ۲ ـ معرفی چند نمونه از آی‌سی‌های آنالوگ

در اکثر سیستم‌های الکترونیکی آنالوگ و دیجیتال توان الکتریکی مورد نیاز، به‌وسیله منابع تغذیه تنظیم شده (تثبیت‌شده)، تأمین می‌شود. در منابع تغذیه DC، ابتدا ولتاژ AC برق شهر را یکسو و سپس صاف می‌کنند. ولتاژ خروجی صافی ممکن است دارای ضربان (ریپل ـ Ripple) باشد. در شکل ۱ـ۲ ریپل شکل موج یکسو شده را مشاهده می‌کنید. از طرف دیگر دامنه ولتاژ سینوسی برق شهر نیز کاملاً ثابت نبوده و با نوساناتی در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد، باعث تغییر ولتاژ خروجی صافی می‌شود. اکثر سیستم‌های الکترونیکی تحمل



شکل ۱ـ۲ـ ریپل (Ripple)



شکل ۲ـ۲ـ دو نوع بسته‌بندی TO۹۲ و TO۲۲۰

تغییرات ولتاژ بیش از ۱ درصد را ندارند. برای حذف تغییرات ولتاژ، از مدارهای تنظیم‌کننده ولتاژ (Voltage Regulator) استفاده می‌شود. رگولاتور ولتاژ وسیله‌ای است که ولتاژ را تثبیت می‌کند. آی‌سی‌های رگولاتور در انواع بسته‌بندی‌ها ساخته می‌شوند. این آی‌سی‌ها به دلیل قیمت مناسب، سادگی عملکرد، حفاظت در برابر اتصال کوتاه، ضریب تثبیت ولتاژ مناسب و اطمینان در عملکرد به فراوانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین دارای حجم کم هستند و در دو گروه با ولتاژ خروجی مثبت و منفی ساخته می‌شوند. این آی‌سی‌ها به‌صورت رگولاتورهای با ولتاژ غیر قابل تغییر (ولتاژ ثابت) و آی‌سی‌های رگولاتور با ولتاژ خروجی متغیر (قابل تنظیم) تولید می‌شوند. شکل ۲ـ۲ یک نمونه آی‌سی رگولاتور با شماره فنی ۷۸۰۵ را در دو نوع بسته‌بندی نشان می‌دهد. با دو نوع از این آی‌سی‌ها که خروجی مثبت و منفی دارند و با شماره‌های فنی XX ۷۸ و XX ۷۹ تولید می‌شوند، در پایه دهم آشنا شده‌اید.

کار گروهی

با مراجعه به برگه اطلاعات (data sheet) با همکاری گروه خود در مورد حداکثر ولتاژ ورودی، حداکثر جریان خروجی و درصد خطای ولتاژ خروجی آی‌سی‌های سری XX ۷۸ و XX ۷۹ بحث کرده و نتیجه را جمع‌بندی کنید.

یکی از مشهورترین آی‌سی‌های آنالوگ، آی‌سی رگولاتور ولتاژ متغیر با شماره LM۳۳۸ است. این آی‌سی قادر است ولتاژ مثبت در محدوده ۱/۲+ تا ۳۲+ ولت با حداکثر جریان ۵ آمپر را در خروجی خود تولید کند. این آی‌سی‌ها سه پایه هستند و در بسته‌بندی TO۲۲۰ با بدنه پلاستیکی و آی‌سی با بدنه فلزی در بسته‌بندی TO۳ به بازار عرضه می‌شوند. در شکل‌های ۳ـ۲ و ۴ـ۲ این دو مدل آی‌سی را مشاهده می‌کنید. در بسته‌بندی TO۳، بدنه آی‌سی پایه خروجی است که از طریق پیچ و مهره به مدار و گرماگیر متصل می‌شود. بسته‌بندی نوع TO۲۲۰ هم به گرماگیر نیاز دارد.

شکل ۳ـ۲ـ آی‌سی رگولاتور TO۲۲۰ با بسته‌بندی سرامیکی

شکل ۴ـ۲ـ آی‌سی رگولاتور TO۳ با بسته‌بندی فلزی

کار گروهی

به دلیل تلفات حرارتی زیاد ایجاد شده، این آی‌سی‌ها حتماً باید بر روی هیت سینک (گرماگیر) آلومینیومی نصب شوند تا تبادل حرارتی لازم با محیط به‌طور کامل صورت گیرد.

فیلم

فیلم آموزشی چگونگی نصب آی‌سی‌های رگولاتور بر روی هیت سینک آلومینیومی را ببینید.

جست و جو

باجست‌وجو در اینترنت، انواع هیت سینک و چگونگی نصب صحیح آن را بیابید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

پژوهش

با استفاده از منابع قابل دسترس مانند کتاب‌ها و اینترنت، درباره موارد زیر تحقیق کنید و نتیجه تحقیق را به کلاس ارائه دهید.

- ☑ مقاومت حرارتی چه مفهومی دارد و چه نقشی را در انتقال حرارت به گرماگیر ایفا می‌کند؟ نتیجه این تحقیق را به‌صورت کنفرانس ارائه دهید.
- ☑ درباره انواع خمیر سیلیکون و چگونگی تاثیرگذاری آن بر بهبود انتقال حرارت مقاله‌ای ارائه کنید.
- ☑ چند نمونه خمیر سیلیکون در بازار وجود دارد؟ تصویر آنها را در فلش مموری خود ذخیره کنید و در کارگاه برای سایر دوستان خود نمایش دهید.
- ☑ چند نمونه هیت سینک در بازار وجود دارد و هرکدام در چه مدارهایی استفاده می‌شوند؟
- ☑ درباره آی‌سی رگولاتورهای نصب سطحی و انواع بسته‌بندی‌های آن تحقیق کرده و تصاویر آنها را ذخیره کنید و به کارگاه ارائه دهید.

فعالیت

با جست‌وجو در اینترنت، ترکیب خمیر سیلیکون را بیابید و یک نمونه از آن را بسازید و نتیجه را درکارگاه به سایر دوستان خود آموزش دهید.

۳ـ۲ـ استخراج اطلاعات مهم از برگه اطلاعات (دیتا شیت ـ datasheet)

یکی از توانایی‌هایی که هر فرد مرتبط با حرفه الکترونیک باید داشته باشد، استخراج اطلاعات قطعات الکترونیکی از روی برگه اطلاعات (دیتاشیت) است. تقریباً همهٔ شرکت‌های تولیدکننده قطعات الکترونیکی در جهان، برگه اطلاعات فنی محصول خود را منتشر می‌کنند. در برگه‌های اطلاعات، مشخصات فنی قطعه الکترونیکی مانند مشخصات الکتریکی، دمای کارکرد، ترتیب پایه‌ها، شکل ظاهری و مدارهای کاربردی پیشنهادی ارائه می‌شود. در شکل ۵ـ۲ یک نمونه برگه اطلاعات نشان داده شده است.

LM138/LM338
5-Amp Adjustable Regulators

General Description

The LM138 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 5A over a 1.2V to 32V output range. They are exceptionally easy to use and require only 2 resistors to set the output voltage. Careful circuit design has resulted in outstanding load and line regulation—comparable to many commercial power supplies. The LM138 family is supplied in a standard 3-lead transistor package.

A unique feature of the LM138 family is time-dependent current limiting. The current limit circuitry allows peak currents of up to 12A to be drawn from the regulator for short periods of time. This allows the LM138 to be used with heavy transient loads and speeds start-up under full-load conditions. Under sustained loading conditions, the current limit decreases to a safe value protecting the regulator. Also included on the chip are thermal overload protection and safe area protection for the power transistor. Overload protection remains functional even if the adjustment pin is accidentally disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An output capacitor can be added to improve transient response, while bypassing the adjustment pin will increase the regulator's ripple rejection.

Besides replacing fixed regulators or discrete designs, the LM138 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential voltage, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., do not short-circuit output to ground. The part numbers in the LM138 series which have a K suffix are packaged in a standard Steel TO-3 package, while those with a T suffix are packaged in a TO-220 plastic package. The LM138 is rated for $-55^{\circ}C \leq T_J \leq +150^{\circ}C$, and the LM338 is rated for $0^{\circ}C \leq T_J \leq +125^{\circ}C$.

Features

- Guaranteed 7A peak output current
- Guaranteed 5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Guaranteed thermal regulation
- Current limit constant with temperature
- P+ Product Enhancement tested
- Output is short-circuit protected

Applications

- Adjustable power supplies
- Constant current regulators
- Battery chargers

شکل ۵ـ۲ـ صفحه اول دیتاشیت

شرح عمومی General Description:

همان طور که در شکل ۵ـ۲ مشاهده می‌کنید، در این قسمت نام قطعه الکترونیکی و توصیف عمومی آن بیان شده است. در این قسمت اطلاعاتی از قبیل تعداد پایه‌ها، ولتاژ خروجی، جریان خروجی، عملکرد کلی و محدوده دمای کار قطعه مورد نظر بیان شده است.

فیلم

فیلم چگونگی و روش ترجمه برگه‌های اطلاعات (Data sheet) را ببینید. سعی کنید با تلفظ صحیح کلمات انگلیسی آشنا شوید.

ترجمه کنید

محتوای شکل ۵ـ۲ را به صورت گروهی و با روش بارش فکری ترجمه کنید و کلیه لغات آن را بیاموزید.

پس از ترجمه قسمت شرح عمومی (General description) آی‌سی LM۱۳۸/LM۳۳۸، اطلاعات مهم و کاربردی آن را یادداشت کنید.

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

Features

در این قسمت مشخصات مهم قطعه به‌صورت خلاصه آورده شده است.

پس از ترجمه مشخصات(Features) آی‌سی LM۱۳۸/LM۳۳۸، اطلاعات مهم آن را یادداشت کنید.

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

Applications

در این قسمت کاربردهای تخصصی قطعه الکترونیکی مورد نظر بیان شده است.

پس از ترجمه کاربرد(Application) آی‌سی LM۱۳۸/LM۳۳۸، اطلاعات مهم آن را یادداشت کنید.

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

فعالیت عملی

یک نمونه آی‌سی را در اختیار بگیرید و با مراجعه به رسانه‌های مختلف، برگه اطلاعات آن را بیابید و قسمت مربوط به General Description و Features و Applications آن را ترجمه کنید.

نقشه اتصال پایه‌ها Connection Diagram

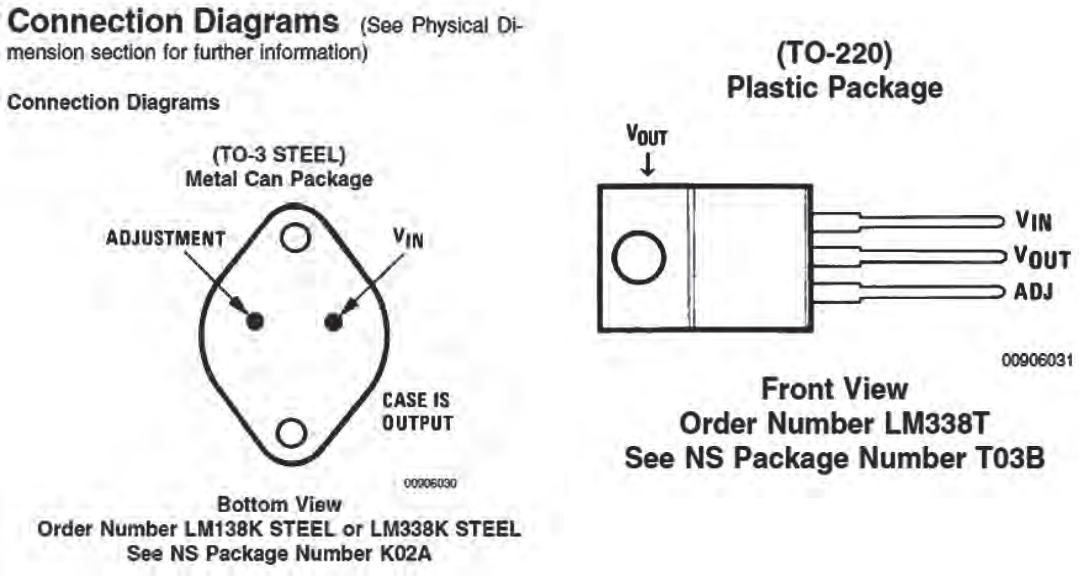
یکی از قسمت‌هایی که در دیتاشیت اهمیت ویژه‌ای دارد، نقشه اتصال پایه‌ها (Connection Diagram) یا

Pinout، قطعه است. این بخش یک نمای کلی از نام پایه‌ها، ترتیب پایه‌ها و عملکرد هر پایه را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر در این قسمت شکل ظاهری قطعه (پکیج ـ بسته‌بندی) نشان داده می‌شود. در بسته‌بندی آی‌سی، جای پایه‌ها را به‌طور دقیق مشخص می‌کنند. در شکل ۶ـ۲ دو نوع بسته‌بندی TO۳ و TO۲۲۰ که مربوط به آی‌سی رگولاتور LM۳۳۸ است را مشاهده می‌کنید. با توجه به برگه اطلاعات آی‌سی نوع TO۲۲۰ دارای پایه‌هایی به شرح زیر است.

☑ **پایه تنظیم (ADJ):** پایه یک این نوع آی‌سی ADJ نام دارد که مخفف کلمه Adjustment (تنظیم) است. هنگام اتصال به مدار این پایه را به یک مقاومت متغیر و یک مقاومت ثابت متصل می‌کنیم تا بتوانیم ولتاژ خروجی آی‌سی را روی مقدار دلخواه تنظیم کنیم.

☑ **خروجی (V_{OUT}):** پایه دوم V_{out} نام دارد. ولتاژ خروجی آی‌سی رگولاتور از این پایه گرفته می‌شود.

☑ **ورودی (V_{IN}) :** پایه سوم V_{IN} نام دارد که ولتاژ ورودی آی‌سی به آن متصل می‌شود.



شکل ۶ـ۲ـ ترتیب پایه‌های بسته‌بندی TO۳ و TO۲۲۰

نکته

یکی از نکات مهم در هنگام قرار دادن آی‌سی‌ها در مدار، دانستن شماره و ترتیب پایه‌های آن است. زیرا در صورت اشتباه قراردادن پایه‌ها در مدار، آی‌سی آسیب می‌بیند.

فعالیت عملی

☑ برگه اطلاعات یک نمونه آی‌سی دیگر را بیابید و اتصال پایه‌های آن را مشخص کنید. نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

☑ یک نمونه آی‌سی از طرف مربیان کارگاه در اختیار شما قرار می‌گیرد، مشخصات فنی این آی‌سی را با استفاده از برگه اطلاعات آن استخراج کنید و به کارگاه ارائه دهید.

سایر اطلاعات مهم آی‌سی

☑ **تلفات توان ـ Power Dissipation** میزان توانی است که IC هنگام کار به صورت حرارت تلف می‌کند.

☑ **درجه حرارت قابل تحمل پایه‌ها Lead Temperature Metal Package**

درجه حرارت قابل تحمل برای آی‌سی‌ها، حداکثر حرارت قابل تحمل پایه‌ها در هنگام لحیم‌کاری است. این نوع آی‌سی با بسته‌بندی فلزی می‌تواند ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد را به مدت ۱۰ ثانیه و با بسته‌بندی پلاستیکی ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد را به مدت ۴ ثانیه تحمل کند و آسیب نبیند.

☑ **ولتاژ تفاضلی ورودی و خروجی Input/Output Voltage Differential :** حداکثر تفاضل بین ولتاژ ورودی و خروجی آی‌سی بین ۴۰+ ولت و ۰/۳ - ولت قرار دارد.

☑ **درجه حرارت نگهداری در انبار Storage Temperature**

درجه حرارت مجاز برای نگهداری در انبار برابر ۱۵۰+ تا ۶۵- درجه سانتی‌گراد است.

☑ **درجه حرارت کار Operating Temperature Range**

دمای کار این آی‌سی در محدوده $0^{\circ}C \leq TJ \leq +125^{\circ}C$ قرار دارد.

مشخصات الکتریکی (Electrical Characteristics)

یکی دیگر از قسمت‌های مهم برگه اطلاعات، مشخصات الکتریکی قطعه است. در این قسمت اطلاعاتی مانند ولتاژ مبنا، درصد رگولاسیون، جریان پایه تنظیم‌کننده، حداقل جریان مصرف‌کننده و مقاومت حرارتی آی‌سی درج می‌شود.

کار گروهی

جدول ۱ـ۲ را بررسی کرده و در مورد هر یک از بندهای آن خلاصه‌ای در حد یک سطر بنویسید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

جدول ۱ـ۲ـ مشخصات الکتریکی

Symbol	Parameter	Conditions	LM136			Units
			Min	Typ	Max	
V_{REF}	Reference Voltage	$3V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35V$, $10\ mA \leq I_{OUT} \leq 5A$, $P \leq 50W$	1.19	1.24	1.29	V
V_{RLINE}	Line Regulation	$3V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35V$ (Note 3)		0.005	0.01	%/V
				0.02	0.04	%/V
V_{RLOAD}	Load Regulation	$10\ mA \leq I_{OUT} \leq 5A$ (Note 3)		0.1	0.3	%
				0.3	0.6	%
	Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.002	0.01	%/W
I_{ADJ}	Adjustment Pin Current			45	100	μA
ΔI_{ADJ}	Adjustment Pin Current Change	$10\ mA \leq I_{OUT} \leq 5A$, $3V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35V$		0.2	5	μA
ΔV_{RT}	Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1		%
I_{LOAD}(Min)	Minimum Load Current	$V_{IN} - V_{OUT} = 35V$		3.5	5	mA
I_{CL}	Current Limit	$V_{IN} - V_{OUT} \leq 10V$				
		DC	5	8		A
		0.5 ms Peak	7	12		A
		$V_{IN} - V_{OUT} = 30V$		1	1	A
V_N	RMS Output Noise, % of V_{OUT}	$10\ Hz \leq f \leq 10\ kHz$		0.003		%
$\frac{\Delta V_R}{\Delta V_{IN}}$	Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10V$, f = 120 Hz, $C_{ADJ} = 0\ \mu F$		60		dB
		$V_{OUT} = 10V$, f = 120 Hz, $C_{ADJ} = 10\ \mu F$	60	75		dB
	Long-Term Stability	$T_J = 125^{\circ}C$, 1000 Hrs		0.3	1	%
θ_{JC}	Thermal Resistance, Junction to Case	K Package			1	°C/W
θ_{JA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient (No Heat Sink)	K Package		35		°C/W

Electrical Characteristics

الگوی پرسش

با توجه به جدول ۱ـ۲ به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ـ ولتاژ مبنای آی‌سی در حالت کار طبیعی (متعارف ـ Typ) چند ولت است؟.....

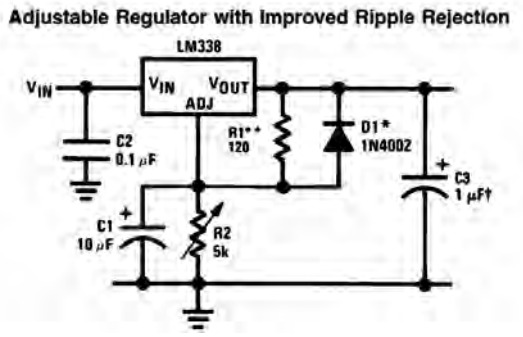
۲ـ ماکزیمم جریان عبوری از پایه تنظیم (Adjustment) آی‌سی چند میکرو آمپر است؟.....

۳ـ مقاومت حرارتی محل پیوند بدنه چند درجه سانتی‌گراد بر وات است؟.....

۴ـ با توجه به جدول ۱ـ۲ مفاهیم Line Regulation و Termal Resistance و Ripple Rejection Ratio را بنویسید.

۴ـ۲ـ برخی کاربردهای متداول آی‌سی (Typical Application)

معمولاً درصفحاتی از برگه‌اطلاعات نقشه فنی نمونه‌هایی از مدارهای کاربردی ترسیم می‌شود. در شکل‌های ۷ـ۲ تا ۹ـ۲ سه نمونه مدار کاربردی با آی‌سی LM۳۳۸ را ملاحظه می‌کنید. در ادامه به تشریح چگونگی عملکرد این مدارها با زبان ساده می‌پردازیم.



شکل ۷ـ۲ـ مدار تثبیت‌کننده ولتاژ با حذف‌کننده ریپل ولتاژ

رگولاتور ولتاژ قابل تنظیم

درشکل ۷ـ۲ یک مدار تثبیت‌کننده ولتاژ با حذف ضربان را مشاهده می‌کنید.

در این مدار خازن‌ها نقش صافی حذف‌کننده ریپل را دارند. مقاومت‌های R۱ و R۲ مقدار ولتاژ خروجی را کنترل می‌کنند.

دیود D۱ نقش حفاظتی در برابر تخلیه خازن C۱ را بر عهده دارد. ولتاژ خروجی مدار از رابطه زیر قابل محاسبه است. I_{ADJ} جریان عبوری از پایه تنظیم آی‌سی است. ۱/۲۵ ولت، ولتاژ ثابت دو سر مقاومت R۱ است.

$$V_{OUT} = ۱/۲۵V\left(۱+\frac{R۲}{R۱}\right)+I_{ADJ}R_{۲}$$

فعالیت در ساعات غیر درسی: با توجه به آموخته‌های خود و مراجعه به اسناد معتبر، روش به دست آوردن رابطه V_{OUT} را بیابید.

مدار کنترل‌کننده نور لامپ ۱۲ ولتی

در شکل ۸ـ۲ فتوترانزیستور به‌جای مقاومت متغیر در مدار قرارگرفته است و نقش مقاومت متغیر کنترل‌شونده با نور را بازی می‌کند. در حقیقت آی‌سی رگولاتور در این مدار نقش کنترل‌کننده توان لامپ (دیمر) را برعهده دارد. در صورت موجود نبودن فتوترانزیستور، می‌توانید از یک مقاومت تابع نور(LDR) استفاده کنید. در خروجی مدار یک لامپ ۱۲ ولتی قرارگرفته است.

فکر کنید و به سؤالات زیر پاسخ دهید:

☑ هنگامی‌که هوا تاریک است مقدار مقاومت کلکتور امیتر ترانزیستور در وضعیت خیلی کم ☐ خیلی زیاد ☐

قرار دارد؟ دلیل آن را شرح دهید.

☑ با توجه به رابطه ولتاژ خروجی در شرایط هوای تاریک ولتاژ خروجی در بیشترین ☐ کمترین ☐ مقدار خود قرار دارد.

☑ نور لامپ در شرایط هوای تاریک در بیشترین ☐ کمترین ☐ مقدار خود قرار دارد.

☑ در شرایطی که هوا روشن است مقاومت کلکتور امیتر ترانزیستور در بیشترین ☐ یا کمترین ☐ مقدار خود قرار دارد.

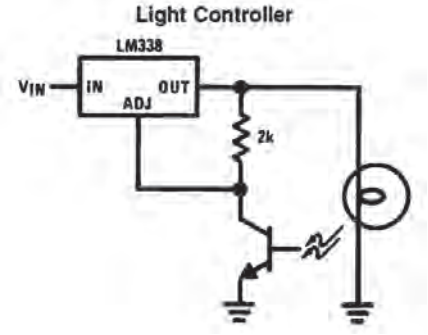
☑ ولتاژ خروجی و نور لامپ با مقدار نور محیط چه رابطه‌ای دارد؟ با ذکر دلیل شرح دهید.

مدار شارژ کننده باتری ۱۲ولتی با آی‌سی LM۳۳۸

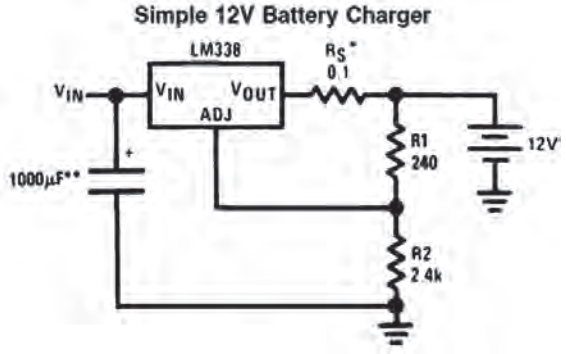
از آی‌سی LM۳۳۸ می‌توان در مدار شارژر باتری استفاده‌کرد. در مدار شکل ۹ـ۲ مقاومت Rs مقدار جریان باتری را در هنگام شارژ کنترل می‌کند.

فعالیت

با توجه به آموخته‌های خود و مراجعه به رسانه‌های مختلف چگونگی عملکرد مدار شکل ۹ـ۲ را بیابید و در قالب یک گزارش به کارگاه ارائه دهید.



شکل ۸ـ۲ـ مدار کنترل کننده نور لامپ ۱۲ ولتی



شکل ۹ـ۲ـ مدار شارژ باتری ۱۲ ولتی با آی سی LM۳۳۸

کار گروهی

با مراجعه به دیتاشیت یا سایر منابع، سه نمونه مدار دیگر که می‌توان با این آی‌سی‌ها طراحی کرد را بیابید سپس آن را با نرم‌افزار شبیه‌ساز مولتی‌سیم (یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر) ببندید و عملکرد هر یک را مشاهده کنید و نتیجه را به کارگاه گزارش دهید.

ایمنی

هنگام کار با آی‌سی‌ها، چه نکاتی را باید رعایت کنیم تا آی‌سی‌ها از نظر ظاهری و مدار داخلی آسیب نبینند؟ چرا هنگام کار با برخی آی‌سی‌ها، حتماً باید دستبند مخصوص حفاظت در مقابل بارهای الکترواستاتیک مانند شکل ۱۰ـ۲ داشته باشیم؟

شکل ۱۰ـ۲ـ دستبند الکترواستاتیک

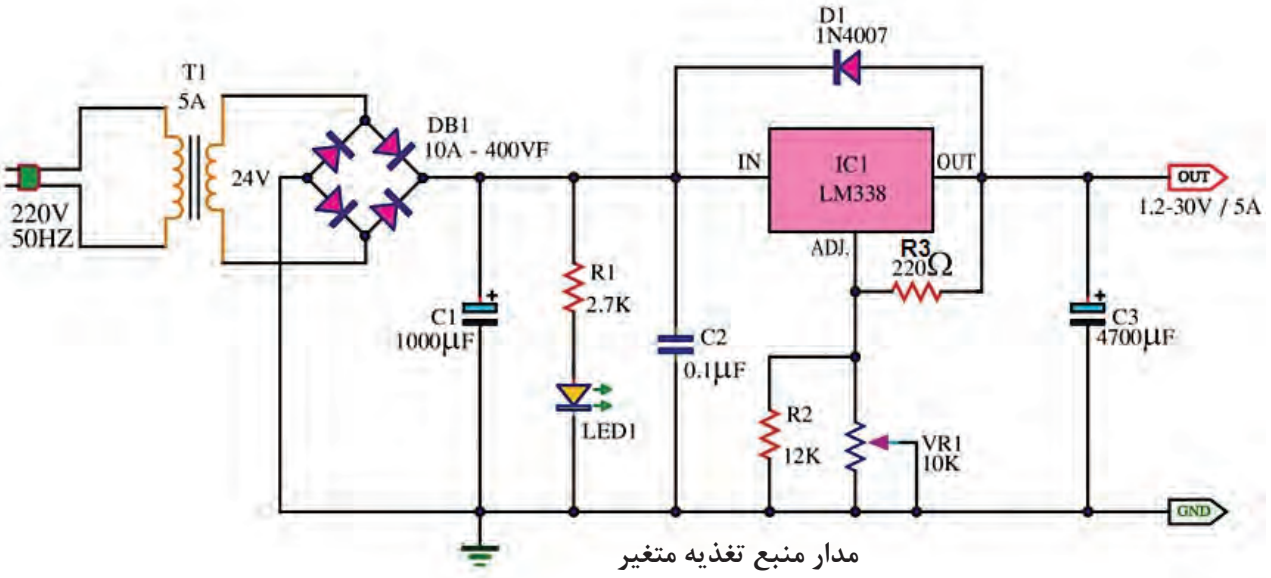
فیلم

فیلم مدارهای کاربردی انواع آی‌سی‌های رگولاتور را ببینید.

۵ـ۲ـ اجرای طرح مدار چاپی پروژه منبع تغذیه متغیر

نقشه مدار:

در شکل ۱۱ـ۲ یک مدار منبع تغذیه متغیر با استفاده از آی‌سی رگولاتور LM۳۳۸ را مشاهده می‌کنید. این مدار قادر است در خروجی خود ولتاژ مثبتی در محدوده ۱/۲ + ولت تا ۳۰+ ولت ایجاد کند. حداکثر جریان خروجی این آی‌سی می‌تواند تا ۵ آمپر باشد. این مدار از نظر کاربُردی قابل تولید بوده و در صورت نیاز می‌توانید آن را تولید نمایید و یک منبع تغذیه مناسب برای کارهای خود داشته باشید.



شکل ۱۱ـ۲ـ مدار عملی منبع تغذیه با ولتاژ متغیر با آی‌سی LM۳۳۸

فعالیت

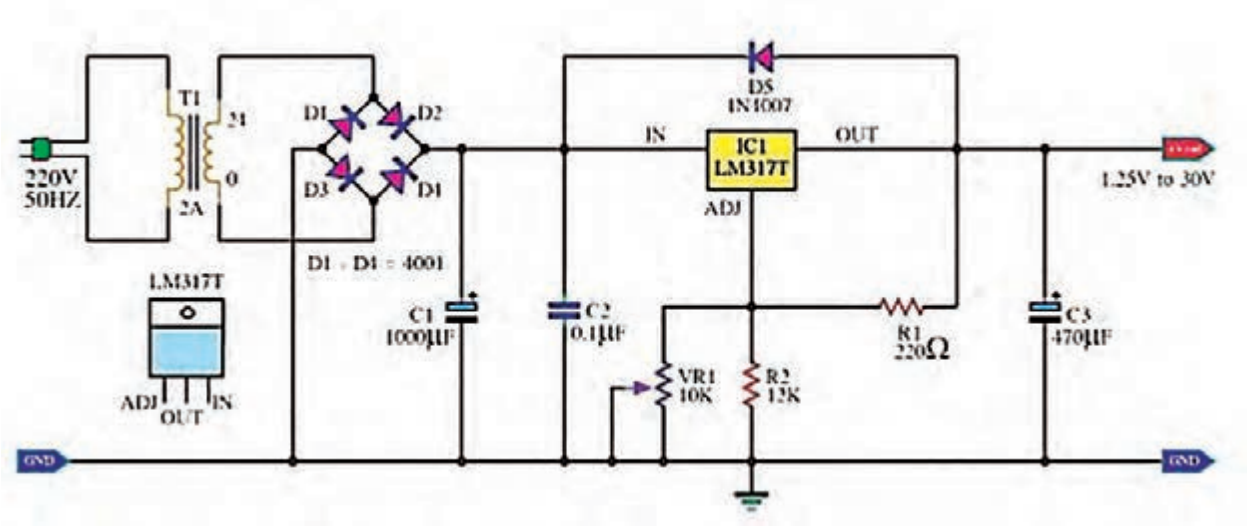
با توجه به شکل ۱۱ـ۲ نام قطعات، مشخصات فنی و کاربرد آنها را در جدول ۲ـ۲ بنویسید.

جدول ۲ـ۲ـ مشخصات قطعات

ردیف	شماره فنی قطعه	نام قطعه	مشخصات فنی	کاربرد
۱	T۱			
۲	C۱			
۳	R۱			
۴	LED			
۵	C۲			
۶	IC۱			
۷	D۱			
۸	R۳			
۹	R۲			
۱۰	VR۱			
۱۱	C۳			

چگونگی عملکرد مدار منبع تغذیه متغیر:

در مدار شکل ۱۱ـ۲، ابتدا ولتاژ ۲۲۰ ولت متناوب برق شهر به وسیله ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ (T۱) به ۲۴ ولت کاهش می‌یابد. سپس به وسیله پل دیود DB۱ به‌صورت تمام موج یکسو می‌شود. DB۱ یک پل دیود ۱۰ آمپری ۴۰۰ ولتی است که به راحتی در بازار یافت می‌شود. خازن C۱ خازن الکترولیتی است و نقش صافی و حذف ریپل‌های موج یکسو شده را بر عهده دارد. در اینجا ظرفیت خازن را ۱۰۰۰میکروفاراد در نظر گرفته‌ایم، زیرا هر قدر ظرفیت خازن صافی بزرگ‌تر باشد شکل موج صاف‌تری به آی‌سی رگولاتور می‌رسد. دیود D۱ با شماره فنی ۱N۴۰۰۷ برای حفاظت آی‌سی در برابر تخلیه خازن C۳ در نظر گرفته شده است. در حالت عادی و هنگامی که ولتاژ در ورودی آی‌سی وجود دارد، دیود در حالت قطع قرار می‌گیرد. هنگامی که ولتاژ ورودی قطع می‌شود دیود هدایت کرده و خازن C۳ از مسیر لامپ سیگنال دشارژ می‌شود. به این ترتیب از آسیب رساندن به آی‌سی رگولاتور جلوگیری می‌کند. در صورتی که آی‌سی LM۳۳۸ در دسترس نبود می‌توانید با کمی تغییر از آی‌سی LM۳۱۷ استفاده کنید و مدار شکل ۱۲ـ۲ را بسازید.



شکل ۱۲ـ۲ـ منبع تغذیه کاربردی با ولتاژ متغیر و با آی سی LM۳۱۷

در شکل‌های ۱۳ـ۲ و۱۴ـ۲ نمونه «منبع تغذیه» ساخته‌شده با آی‌سی LM۳۳۸ را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۳ـ۲ـ پنل منبع تغذیه ساخته‌شده با LM۳۳۸

شکل ۱۴ـ۲ـ مدار داخلی و قطعات منبع تغذیه ساخته‌شده با LM۳۳۸

تحقیق

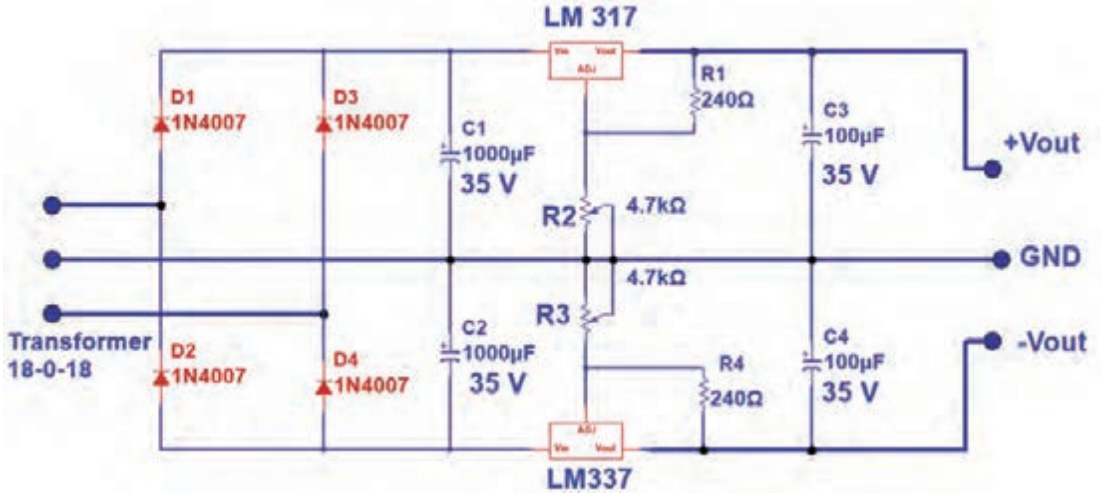
با مقایسه دو آی‌سی LM۳۱۷ و LM۳۳۸ تفاوت‌های این دو آی‌سی رگولاتور را از روی دیتاشیت بیابید و به عنوان تحقیق در کارگاه ارائه کنید.

۶ـ۲ـ پروژه منبع تغذیه متقارن با ولتاژ خروجی قابل تنظیم

نقشه مدار:

منبع تغذیه متقارن به منبع تغذیه‌ای گفته می‌شود که قادر است در خروجی خود دو نوع ولتاژ مساوی منفی و مثبت را به‌صورت هم‌زمان تولید کند. این منابع کاربرد زیادی در مدارهای کاربُردی با تقویت‌کننده‌های

عملیاتی دارند. با استفاده از دو نوع آی‌سی LM۳۱۷ و LM۳۳۷ می‌توانیم یک منبع تغذیه متقارن با حداکثر جریان خروجی ۱/۵ آمپر بسازیم. در شکل ۱۵ـ۲ نقشه فنی مدار این نوع منبع تغذیه را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۵ـ۲ـ منبع تغذیه با ولتاژ متقارن مثبت و منفی

فعالیت

با توجه به شکل ۱۵ـ۲ نام قطعات، مشخصات فنی و کاربرد آنها را در جدول ۳ـ۲ بنویسید.

جدول ۳ـ۲ـ مشخصات قطعات

ردیف	شماره فنی قطعه	نام قطعه	مشخصات فنی	کاربرد
۱	T۱			
۲	D۴ـD۳ـD۲ـD۱			
۳	C۴ـC۳ـC۲ـC۱			
۴	LM۳۱۷			
۵	LM۳۳۷			
۶	R۱			
۷	R۲			
۸	R۳			

چگونگی عملکرد منبع تغذیه دوبل:

ولتاژ ورودی توسط ترانسفورماتور دوبل نشان داده شده در شکل ۱۶ـ۲ به دو ولتاژ ۱۸ ولت با اختلاف فاز ۱۸۰° تبدیل می‌شود. این ولتاژها از طریق ترمینال ورودی به دیودهای یکسوساز پل می‌رسند. تنها تفاوت این مدار با مدارهای قبلی در این است که سر وسط ترانسفورماتور را به عنوان زمین مدار در نظر می‌گیریم.

نکته

آی‌سی‌های رگولاتور منفی با شماره فنی LM۳۳۷ از نظر ظاهری دقیقاً مشابه LM۳۳۸ است اما ترتیب پایه‌های ۲ و ۳ آنها با یکدیگر تفاوت دارد. شکل ۱۷ـ۲ ترتیب پایه‌های این آی‌سی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۶ـ۲ـ شکل ترانسفورماتور کاهنده ۲۲۰ به ۱۸ ولت دوبل

شکل ۱۷ـ۲ـ ترتیب پایه های آی‌سی رگولاتورLM۳۳۷

کار عملی۱

کار با نرم‌افزار طراحی مدارچاپی

هدف: آماده‌سازی طرح مدار چاپی منبع تغذیه متقارن با نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر

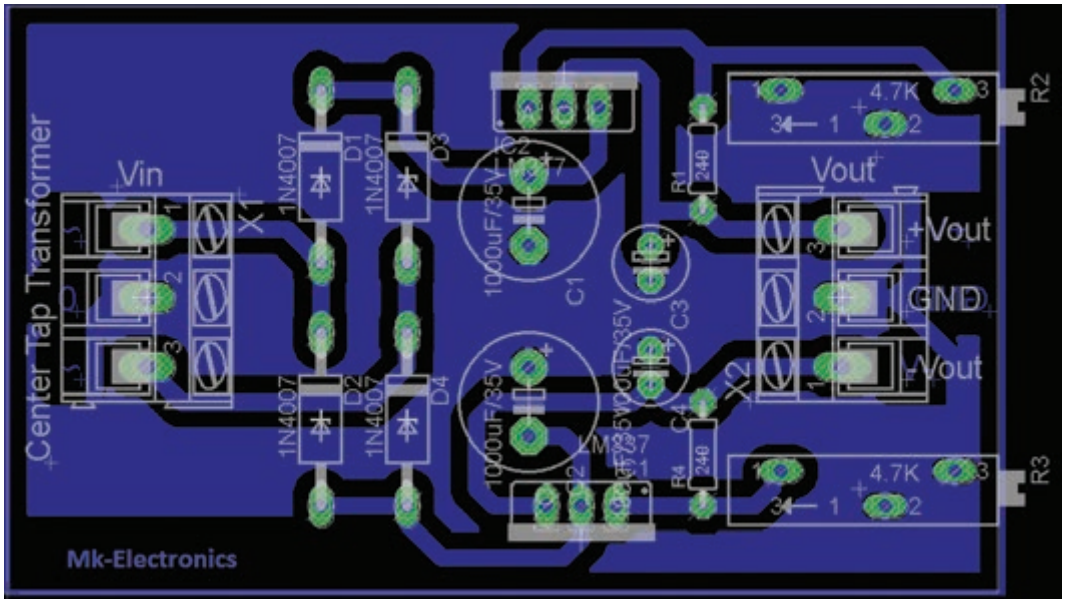
فیلم

قبل از شروع به کار فیلم آموزشی طراحی مدار چاپی منابع تغذیه با نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر را به‌صورت مرحله به مرحله ببینید و مراحل کار را خوب به خاطر بسپارید، سپس طراحی مدار چاپی پروژه منبع تغذیه را آغاز کنید.

ابزار، مواد و تجهیزات مورد نیاز: لوازم‌التحریر ـ رایانه ـ نرم‌افزار مناسب

۱ـ مدار منبع تغذیه متقارن را با نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر شبیه‌سازی کنید.
۲ـ فایل نرم‌افزاری را با نام دلخواه و در محل مناسب ذخیره‌کنید.
۳ـ نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر را فعال کنید.
۴ـ نقشه فنی (شماتیک) منبع تغذیه متقارن را در میز کار شماتیک نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر ترسیم کنید.
۵ـ با استفاده از آموخته‌های خود طرح مدارچاپی نقشه را در ابعاد مناسب و با استفاده از نرم‌افزار آماده‌کنید.

۶ـ بعد از اتمام طراحی مدار چاپی، نقشه PCB را ذخیره‌کنید و از آن پرینت بگیرید.
۷ـ فایل نقشه PCB را با نام خود ذخیره‌کنید.
در شکل ۱۸ـ۲ نمونه فیبر طراحی شده منبع تغذیه را مشاهده می‌کنید. با توجه به روشی که انتخاب می‌کنید، ممکن است مدار شما از نظر اتصال‌ها و مسیر عبور نوارهای مدار چاپی متفاوت باشد.



شکل ۱۸ـ۲ـ PCB پروژه منبع تغذیه متقارن با ولتاژ خروجی قابل تنظیم

الگوی پرسش

۱ـ با توجه به شکل ۷ـ۲ و فرمول محاسبه V_{out} ولتاژ دو سر R۱ ثابت و برابر ..... است.

۲ـ در فرمول $V_{OUT} = ۱/۲۵V\left(۱+\frac{R۲}{R۱}\right)+I_{ADJ}R_{۲}$ مقاومت‌های..... و ..... ولتاژ خروجی را کنترل می‌کنند.

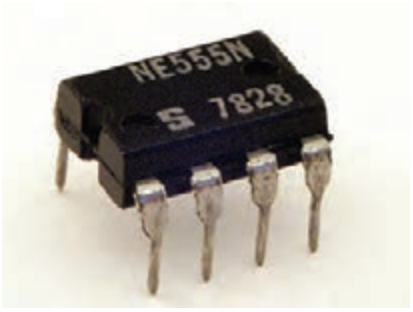
۳ـ اگر در فرمول V_O از جریان I_{ADJ} صرف‌نظر کنیم رابطه ولتاژ خروجی به صورت ..... نوشته می‌شود. اگر مقدار R۲ زیاد شود، مقدار V_O..... می‌یابد.

۴ـ در مورد شکل ۱۹ـ۲ و نکات ایمنی مرتبط شرح دهید.

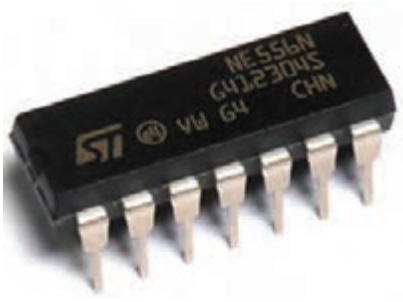
شکل ۱۹ـ۲

۷ـ۲ـ آی‌سی زمان سنج NE۵۵۵

تراشه زمان‌سنج ۵۵۵ به خاطر استفاده آسان و قیمت پایین آن در حد وسیعی در مدارهای الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آی‌سی در مدارهای اسیلاتور و تولید پالس به‌کار می‌رود. آی‌سی ۵۵۵ می‌تواند به‌عنوان تأخیردهنده زمانی در یک مدار زمان‌سنج و یا به عنوان یک مدار نوسانگر استفاده شود. در شکل ۲ـ۲۰ تصویر ظاهری آی‌سی NE۵۵۵ را مشاهده می‌کنید. انواع دیگر این آی‌سی با شماره ۵۵۶، ۵۵۸ و ۵۵۹ نیز در بازار موجود است. معمولاً در این آی‌سی‌ها ۲ یا ۴ عدد آی‌سی ۵۵۵ قرار دارد و بسته‌بندی آن ۱۴ پایه یا ۱۶ پایه است. شکل ۲ـ۲۱ تصویر ظاهری آی‌سی ۵۵۶ را نشان می‌دهد.



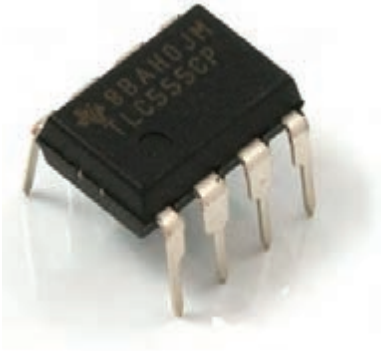
شکل ۲ـ۲۰ ـ آی‌سی تایمر NE۵۵۵



شکل ۲ـ۲۱ ـ آی‌سی NE۵۵۶

در شکل ۲ـ۲۲ یک نمونه آی‌سی ۵۵۸ را ملاحظه می‌کنید. قطعات NE۵۵۵ از نوع تجاری با درجه حرارت عملکرد بین صفر درجه تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد، و SE۵۵۵ برای استفاده نظامی در دمای کاری بین ۵۵- تا ۱۲۵+ درجه سانتی‌گراد ساخته شده‌اند. این آی‌سی‌ها در بسته فلزی با قابلیت اطمینان بالا (بسته‌بندی نوع T) و بسته‌های ارزان پلاستیک اپوکسی (بسته‌بندی نوع V) تولید می‌شوند. بنابراین نام این آی‌سی‌ها به‌صورت NE۵۵۵V، NE۵۵۵T و SE۵۵۵T نوشته می‌شود. انواع دیگری از آی‌سی‌های ۵۵۵ با شماره‌های ۷۵۵۵ و TLC۵۵۵ نیز ساخته شده‌اند که توان کمتری دارند، این قطعات در مقایسه با آی‌سی‌های ۵۵۵ قدیمی نویز کمتری به منبع تغذیه وارد می‌کنند. شکل ۲ـ۲۳ یک نمونه آی‌سی TLC۵۵۵ را نشان می‌دهد. نقشه بلوکی و ترتیب پایه‌ها و مشخصات پایه‌های آی‌سی ۵۵۵ در شکل ۲ـ۲۴ نشان داده شده است.

شکل۲ـ۲۲ـ دو آی‌سی NE۵۵۸



شکل ۲ـ۲۳ـ آی‌سی TLC۵۵۵

پژوهش

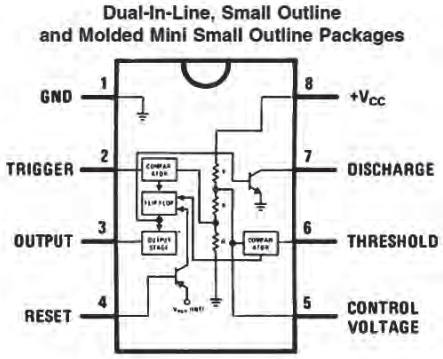
با مراجعه به رسانه‌های مختلف در ارتباط با حروف اول انواع آی‌سی، نوع و جنس بدنه، حروف T و V و مشخصات فنی آی‌سی ۵۵۸ تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت یک گزارش جامع در قالب پاورپوینت به کلاس ارائه دهید.

جست و جو

با مراجعه به سایت‌های اینترنتی مرتبط، پویانمایی و فیلم‌های کوتاهی را درباره چگونگی عملکرد مدار مولد موج مربعی با آی‌سی ۵۵۵ بیابید و بر روی فلش مموری خود ذخیره کرده و به کارگاه ارائه دهید.

نقشه بلوکی و ترتیب پایه‌ها و مشخصات پایه‌های آی‌سی ۵۵۵ در شکل ۲۴-۲ نشان داده شده است.

شرح عملکرد پایه‌های آی‌سی در کتاب همراه هنرجو آمده است.



شکل ۲۴ـ۲ـ پایه‌های آی‌سی

برگه اطلاعات:

قسمتی از برگه اطلاعات آی‌سی LM۵۵۵ در شکل ۲۵ـ۲ آمده است.

بارش فکری:

برگه اطلاعات IC تایمر ۵۵۵ را از طریق بارش فکری در کلاس ترجمه‌کنید و لغات آن را به‌طور دقیق بیاموزید.

نکته

یکی از شایستگی‌های مرتبط با این بخش، ترجمه برگه‌های اطلاعات است لذا در ارزیابی پایانی، ترجمه برگه اطلاعات نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

Semiconductor

LM555
Timer

General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200mA or drive TTL circuits.

Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8-pin MSOP package

Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

شکل ۲۵ـ۲ـ قسمتی از برگه اطلاعات آی‌سی ۵۵۵

همان طور که در دیتا شیت شکل ۲۵ـ۲ ملاحظه می‌کنید مشخصات مهم این آی‌سی عبارت‌اند از:

مشخصات مهم Features: در این قسمت مشخصات مهم قطعه به‌صورت خلاصه آورده شده است.

پس از ترجمه بخش مشخصات (Features) آی‌سی LM۵۵۵، اطلاعات مهم آن را یادداشت کنید.

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

کاربرد Applications: در این قسمت کاربردهای تخصصی قطعه الکترونیکی مورد نظر بیان شده‌است.

پس از ترجمه بخش کاربرد (Application) آی‌سی LM۵۵۵ اطلاعات مهم آن را یادداشت کنید.

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

مقادیر حداکثر مطلق Absolute Maximum Ratings: در شکل ۲۶ـ۲ مقادیر بیشینه (ماکزیمم) مطلق آی‌سی آورده شده است. این قسمت را به طور کامل ترجمه کنید و یاد بگیرید.

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

(T_A = 25°C, V_{CC} = +5V to +15V, unless othewise specified)

Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages	
(SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

شکل ۲۶ـ۲ـ مقادیر حداکثر مطلق آی‌سی NE۵۵۵

فعالیت

با توجه به شکل ۲۶ـ۲ مقادیر ماکزیمم مطلق، ولتاژ تغذیه، محدوده درجه حرارت کار، درجه حرارت ذخیره‌سازی آی‌سی ۵۵۵ را استخراج کرده و در برگه‌ای به‌صورت فارسی بنویسید تا بتوانید در پروژه‌های کاربُردی خود از آنها استفاده کنید.

همان‌طور که در شکل ۲۶ـ۲ مشاهده می‌کنید این آی‌سی با ولتاژ حداکثر ۱۸+ ولت کار می‌کند. تلفات حرارتی آن حداقل ۶۱۳ میلی‌وات و حداکثر ۱۱۸۰ میلی‌وات است که به مدل آی‌سی بستگی دارد. محدوده

دمای کاری آی‌سی بین صفر تا ۷۰+ درجه سانتی‌گراد است. این آی‌سی را می‌توان در دمای بین ۶۵- درجه سانتی‌گراد تا ۱۵۰+ درجه سانتی‌گراد در انبار نگهداری کرد.

مشخصات الکتریکی Electrical Characteristics : در جدول ۴ـ۲ مشخصات الکتریکی آی‌سی ۵۵۵ را مشاهده می‌کنید.

جدول ۴ـ۲ـ مشخصات الکتریکی دقیق آی‌سی ۵۵۵

Electrical Characteristics (Notes 1, 2)
(T_A = 25°C, V_{CC} = +5V to +15V, unless othewise specified)

Parameter	Conditions	Limits LM555C Min	Limits LM555C Typ	Limits LM555C Max	Units
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	V_{CC} = 5V, R_L = ∞ V_{CC} = 15V, R_L = ∞ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable					
Initial Accuracy			1		%
Drift with Temperature	R_A = 1k to 100kΩ, C = 0.1μF, (Note 5)		50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5		%
Drift with Supply			0.1		%/V
Timing Error, Astable					
Initial Accuracy			2.25		%
Drift with Temperature	R_A, R_B = 1k to 100kΩ, C = 0.1μF, (Note 5)		150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			3.0		%
Drift with Supply			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667		x V_{CC}
Trigger Voltage	V_{CC} = 15V V_{CC} = 5V		5 1.67		V V
Trigger Current			0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	V_{CC} = 15V V_{CC} = 5V	9 2.6	10 3.33	11 4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA

ترجمه کنید

جدول ۴ـ۲ را با توجه به اصطلاحات فنی آن به فارسی ترجمه کنید. این اصطلاحات فنی در هنگام طراحی و کاربُرد آی‌سی در مدار مورد نیاز است.

الگوی پرسش

با توجه به جدول ۴ـ۲ به سوالات زیر پاسخ دهید.

۱ـ کمترین و بیشترین ولتاژ تغذیه آی‌سی چند ولت است؟ .....

۲ـ ماکزیمم جریان تغذیه با ولتاژ V_{CC}= ۱۵V و بار بینهایت چند میلی آمپر است؟.....

۳ـ ولتاژ تحریک با ولتاژ تغذیه V_{CC}= ۱۵V چند ولت است؟.....

۴ـ معنی عبارت Trigger current ..... و معنی Supply current ..... است.

فعالیت

با استفاده از دیتاشیت آی‌سی ۵۵۵، موارد خواسته‌شده در جدول ۵ـ۲ را بیابید و در جدول بنویسید.

جدول ۵ـ۲ـ تعدادی از مشخصه‌های آی‌سی ۵۵۵

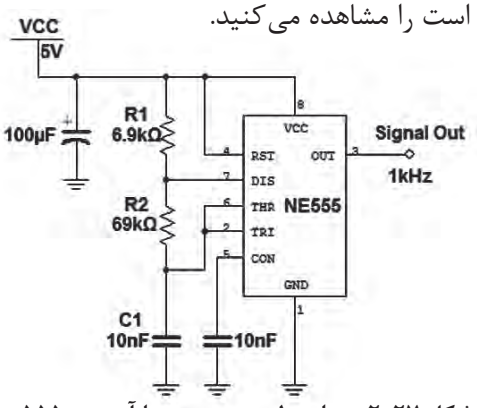
ردیف	مشخصه	شرح / مقدار	ردیف	مشخصه	شرح / مقدار
۱	کاربردها حداقل سه مورد	۱ـ مولد پالس ۲ـ ۳ـ ۴ـ	۴	تلفات توان ماکزیمم مطلق LM۵۵۵CM	
۲	قطعه دقیق جایگزین	۱ـ ۲ـ	۵	ولتاژ و جریان کار	
۳	ماکزیمم مطلق ولتاژ تغذیه		۶	ولتاژ تحریک	

فیلم

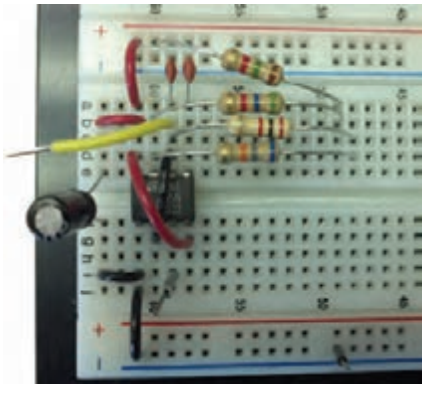
فیلم مربوط به کاربُردهای آی‌سی ۵۵۵ را ببینید و خلاصه‌ای از آن را به صورت یک گزارش کوتاه به کارگاه ارائه کنید.

۸ـ۲ـ مدار کاربردی با آی‌سی ۵۵۵

در شکل۲۷ـ۲ یک مدار مولد موج مربعی را مشاهده می‌کنید که می‌توانید در قالب یک پروژه آن را بسازید. فرکانس خروجی این مدار ثابت و برابر یک کیلوهرتز است. در شکل ۲۸ـ۲ این مدار که روی بِردبُرد بسته شده است را مشاهده می‌کنید.

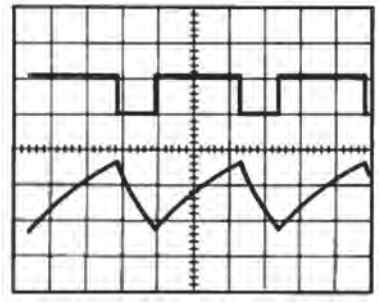


شکل ۲۷ـ۲ـ مدار مولد موج مربعی با آی سی ۵۵۵



شکل ۲۸ـ۲ـ مدار مولد موج مربعی بسته شده روی بِردبُرد

در شکل ۲۹ـ۲ شکل موج مربعی خروجی و شکل موج دندانه‌اره‌ای دو سر خازن C۱ رسم شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، از خروجی این مدار می‌توانیم موج مربعی و موج مثلثی یا دندانه‌اره‌ای دریافت کنیم.



شکل ۲۹ـ۲ـ شکل موج خروجی و شارژ و دشارژ خازن تریگر

تحقیق

در مدار شکل ۲۷ـ۲ مقدار فرکانس مدار، تابع چه عواملی است؟ نتیجه را در قالب یک گزارش به کارگاه ارائه نمایید.

کار عملی۲

کار با نرم‌افزار طراحی مدار چاپی

هدف: آماده سازی طرح مدار چاپی مولد موج مربعی با نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر

ابزار، مواد و تجهیزات مورد نیاز: لوازم‌التحریر ـ رایانه‌ـ نرم‌افزار مناسب

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم را فعال کنید.
۲ـ مدار مولد موج مربعی را در نرم‌افزار ببندید و راه‌اندازی کنید.
۳ـ فایل را ذخیره کنید و به مربی خود ارائه دهید.
۴ـ نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر را فعال کنید.
۵ـ نقشه شماتیک مولد موج مربعی را در نرم‌افزار ترسیم کنید.
۶ـ طرح مدار چاپی نقشه را در ابعاد مناسب در فضای نرم‌افزاری بکشید.
۷ـ بعد از اتمام طراحی مدار چاپی، فایل را ذخیره کنید و به مربی خود ارائه دهید.
۸ـ از نقشه PCB خود پرینت بگیرید.

الگوی پرسش

۱ـ با توجه به آموخته‌های خود دو نمونه کاربرد آی‌سی ۵۵۵ را بنویسید.
۲ـ معنی عبارت Adjustable Duty Cycle را به فارسی بنویسید.
۳ـ با توجه به شکل ۲۶ـ۲ حداکثر مطلق تلفات توان در آی‌سی LM۵۵۵CN ..... میلی‌وات و آی‌سی LM۵۵۵CMM ..... میلی‌وات است.
۴ـ با توجه به جدول ۴ـ۲ ماکزیمم جریان عبوری از آی‌سی LM۵۵۵C در V_{CC}=۱۵ V و $R_L=\infty$ چند میلی‌آمپر است؟

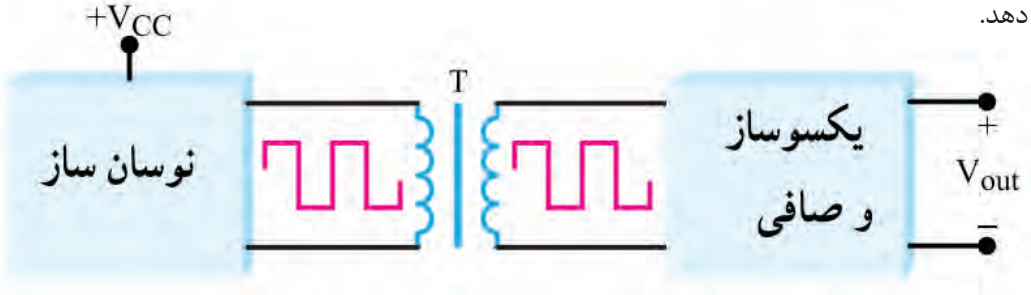
۱ـ ۳ ۲ـ ۶ ۳ـ ۱۰ ۴ـ ۱۵

۵ـ آی‌سی ۵۵۵ مولد موج ..... و ..... است.

۹ـ۲ـ مبدل DC به DC

همان‌طور که در قسمت‌های قبل ذکر شد برای تبدیل ولتاژ DC بیشتر به ولتاژ DC کمتر، از آی‌سی‌های رگولاتور ثابت یا متغیر استفاده می‌کنیم. گاهی نیاز داریم یک ولتاژ DC کمتر را به ولتاژ DC بیشتر تبدیل کنیم. برای مثال اگر دستگاهی با منبع تغذیه مثلاً مثبت ۵V+ داشته باشیم و بخواهیم آن‌را به ۱۵V+ تبدیل کنیم از یک مبدل DC به‌DC استفاده می‌کنیم. طرح‌های گوناگونی برای مبدل DC به DC وجود دارد.

ایده اولیه: در اکثر مبدل‌های DC به‌DC، ولتاژ DC ورودی به یک نوسان‌ساز موج مربعی داده می‌شود تا تبدیل به موج مربعی شود. سپس موج مربعی تولیدشده، سیم‌پیچ اولیه یک ترانسفورماتور را تحریک می‌کند و در ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ مربعی افزایش می‌یابد. شکل ۳۰ـ۲ بلوک‌دیاگرام مبدل DC به‌DC را نشان می‌دهد.

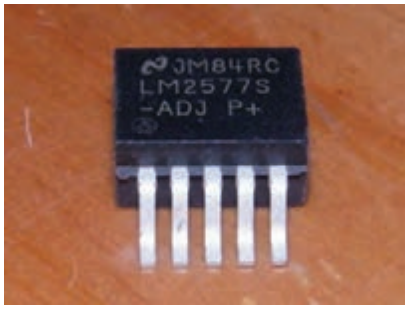


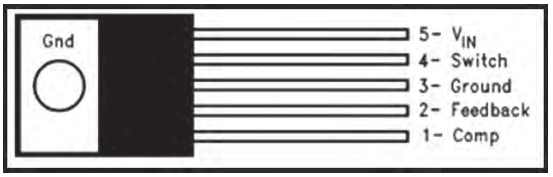
شکل ۳۰ـ۲ـ بلوک دیاگرام مبدل DC به DC

معمولاً مقدار فرکانس نوسان‌ساز بین ۱KHZ تا ۱۰۰KHZ است. هرچه فرکانس بیشتر باشد، ترانسفورماتور و اجزاء صافی آن کوچک می‌شوند. از سوی دیگر اگر فرکانس خیلی بالا باشد، تولید موج مربعی کامل دشوار می‌شود. تجربه نشان داده است که فرکانس ۲۰KHZ بهترین حالت برای تولید موج مربعی است. با انتخاب نسبت مناسب برای ترانسفورماتور، ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور می‌تواند کوچک‌تر یا بزرگ‌تر شود. برای بالا بردن کارآیی ترانسفورماتور، معمولاً از ترانسفورماتورهایی استفاده می‌شود که هسته چنبره‌ای دارد. با این روش ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور به شکل موج مربعی کامل در می‌آید. در این حالت ولتاژ مربعی ثانویه را یک‌سو و صاف می‌کنند و آن را به ولتاژ DC تبدیل می‌نمایند. شکل ۳۱ـ۲ یک نمونه مبدل DC به DC را نشان می‌دهد. یکی از متداول‌ترین انواع مبدل‌های DC به DC مبدل ۵V+ به ۱۵V+ است. ولتاژ ۵V+، ولتاژ منبع تغذیه استاندارد برای اکثر مدارهای مجتمع و سامانه‌های دیجیتالی است. تعدادی از مدارهای مجتمع، مانند تقویت‌کننده‌های عملیاتی نیز وجود دارند که ولتاژ تغذیه آنها ۱۵V+ است. برای تغذیه این نوع مدارها،

شکل ۳۱ـ۲ـ یک نمونه مدار مبدل DC به DC

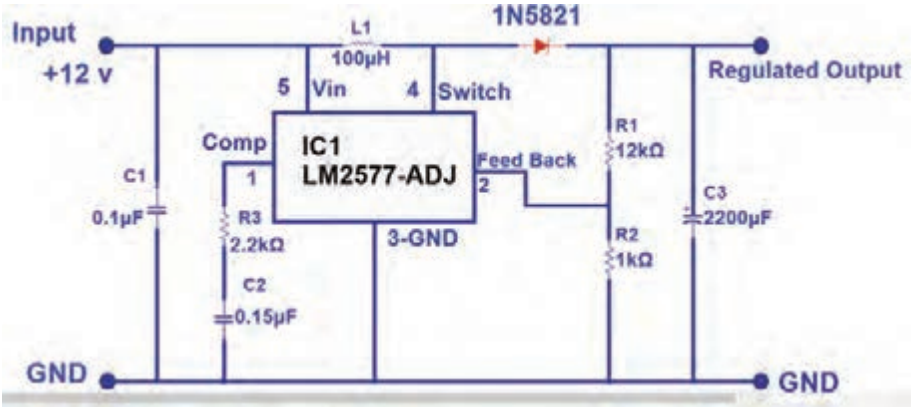
معمولاً از یک مبدل DC به DC با توان کم و با ولتاژ خروجی ۱۵V+ و ۱۵V- استفاده می‌کنند.
در شکل ۳۲ـ۲ یک نمونه آی‌سی مبدل DC به DC و مشخصات پایه‌های آن نشان داده‌شده است.





شکل ۳۲ـ۲ ـ یک نمونه آی‌سی مبدل DC به DC

در مدار شکل ۳۳ـ۲ از این آی‌سی برای تبدیل ولتاژ ۱۲ ولت به ولتاژ ۲۴ ولت استفاده شده است.



شکل ۳۳ـ۲ ـ مبدل DC به DC با آی‌سی LM۲۵۷۷

پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف درباره مدار داخلی آی‌سی LM۲۵۷۷ پژوهش کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

کار عملی ۳

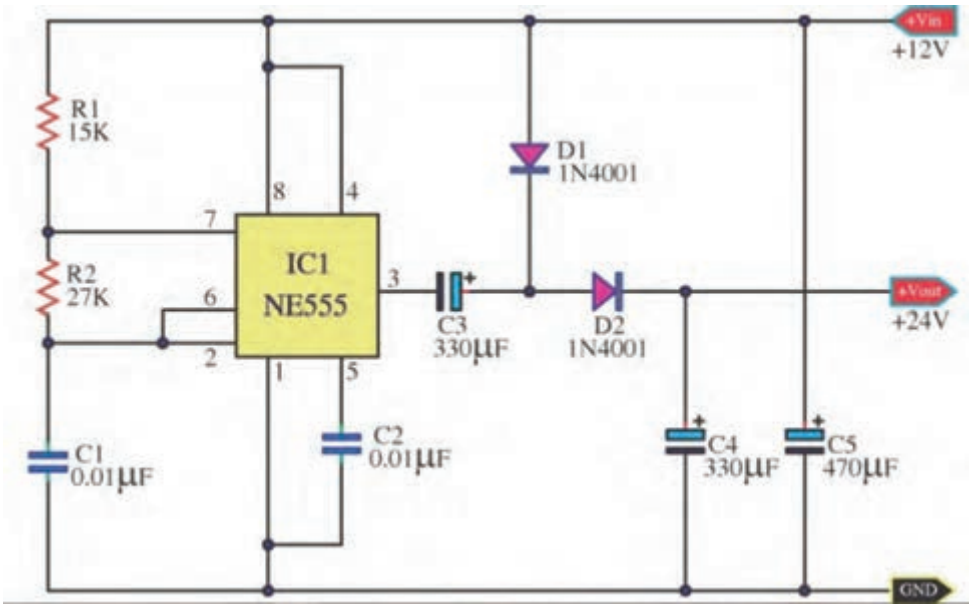
نرم‌افزاری: کار با نرم‌افزار شبیه‌ساز

هدف: بستن مدار مبدل DC به DC با نرم‌افزار و طراحی مدار چاپی آن بدون استفاده از سیم‌پیچ

ابزار، مواد و تجهیزات مورد نیاز: لوازم‌التحریر ـ رایانه ـ نرم‌افزار مناسب

۱ـ نرم‌افزار را فعال کنید.

۲ـ نقشه فنی مدار مبدل DC به DC شکل ۳۴ـ۲ را در نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگری ترسیم کنید.



شکل ۳۴ـ۲ـ مدار مبدل DC به DC

۳ـ منبع تغذیه ۱۲ ولت نرم‌افزار را به مدار اتصال دهید و مدار را راه‌اندازی کنید.
۴ـ ولتاژ خروجی مدار را با ولت‌متر اندازه بگیرید.
۵ـ فایل مدار را ذخیره کنید.
۶ـ مدار چاپی نقشه را با استفاده از نرم‌افزار مدار چاپی ترسیم کنید.
۷ـ فایل مدار چاپی را ذخیره کنید.
۸ـ پرینت مدار چاپی را آماده کنید.

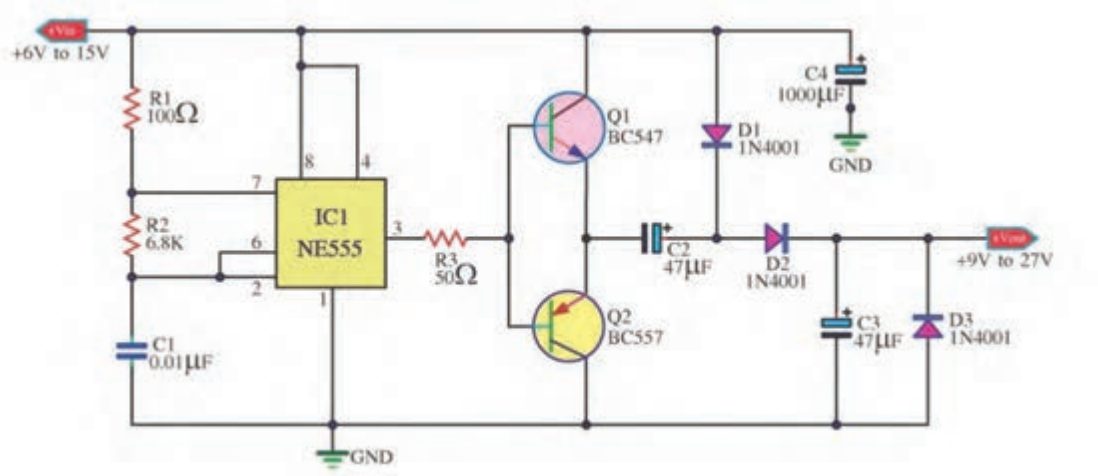
کار عملی ۴

(فعالیت در منزل)
کار با نرم‌افزار طراحی مدار چاپی

هدف: آماده سازی طرح مدار چاپی مبدل DC به DC با نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر

ابزار، مواد و تجهیزات مورد نیاز: لوازم‌التحریر ـ رایانه نرم‌افزار مناسب

۱ـ نرم‌افزار را فعال کنید.
۲ـ نقشه شماتیک مبدل DC به DC شکل ۳۵ـ۲ را در نرم‌افزار ترسیم کنید.
۳ـ طرح مدارچاپی نقشه را در ابعاد مناسب ترسیم کنید.
۴ـ بعد از اتمام طراحی مدار چاپی فایل را ذخیره کنید و از نقشه PCB پرینت بگیرید.



شکل ۳۵ـ۲ـ مدار مبدل DC به DC

فعالیت عملی

مشخصات ترانزیستورهای BC۵۴۷ و BC۵۵۷ را استخراج کنید و ترانزیستور مشابه آن را که در بازار موجود است بیابید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

الگوی پرسش

۱ـ بهترین فرکانس کار نوسان‌ساز در مدار مبدل DC به DC برابر ..... است.

۲ـ در مبدل DC به DC اغلب می‌خواهیم ولتاژ ..... را به ولتاژ ..... تبدیل کنیم.

۱ـ بیشتر ـ کمتر ۲ـ کمتر ـ بیشتر ۳ـ کمتر ـ دو برابر ۴ـ بیشتر ـ نصف

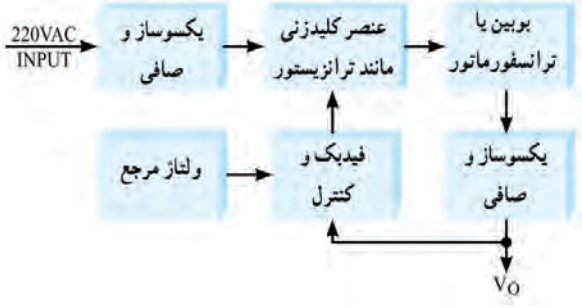
۳ـ معمولاً فرکانس نوسان‌ساز در مبدل DC به DC بین ۱KHZ تا ۱۰۰KHZ است. صحیح ☐ غلط ☐

۴ـ بلوک دیاگرام مبدل DC به DC را رسم‌کنید و در مورد هر قسمت بلوک دیاگرام شرح دهید.

۱۰ـ۲ـ اساس کار رگولاتورهای کلیدزنی (Switching Regulator)

در منابع تغذیه خطی (معمولی ـ متداول)، توان زیادی تلف می‌شود که درصد بالایی از این تلفات به‌صورت حرارت است. تلفات زیاد توان سبب کاهش راندمان در حدی کمتر از ۴۰ درصد می‌شود. با وجود اینکه این منابع تثبیت خوبی دارند و میزان نویز و ضربان ولتاژ خروجی آنها در حدی است که نیازهای معمولی ما را برآورده می‌کنند. راندمان پایین این نوع منابع تغذیه موجب شده است که علاوه بر مصرف انرژی الکتریکی زیاد، در توان‌های نسبتاً بالا نیاز به وسایل خنک‌کننده مانند رادیاتور و پروانه (فن) داشته باشند.

همچنین ابعاد و حجم ترانسفورماتور به‌کاررفته در این منابع تغذیه بزرگ است. بنابراین با توجه به



شکل ۳۶ـ۲ـ بلوک دیاگرام ساده یک نوع منبع تغذیه سوئیچینگ

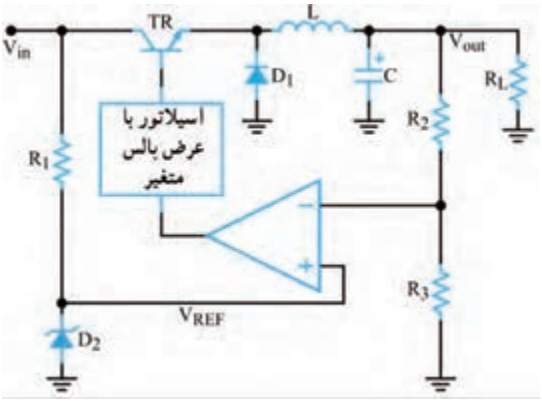
کوچک و فشرده‌شدن دستگاه‌های مدرن الکترونیکی در عصر حاضر، منابع تغذیه خطی نمی‌توانند مناسب باشند. جایگزین منابع تغذیه خطی، منابع تغذیه سوئیچینگ (کلیدزنی) هستند که تا حدود زیادی معایب منابع تغذیه خطی را برطرف می‌نمایند. در شکل ۲ـ۳۶ بلوک دیاگرام ساده یک نوع منبع تغذیه سوئیچینگ را ملاحظه می‌کنید.

در این بلوک دیاگرام، ابتدا ولتاژ متناوب ورودی یکسو و صاف می‌شود تا ولتاژ DC مورد نیاز را تولید کند. این ولتاژ به عنصر کلیدزنی (سوئیچینگ) داده می‌شود تا موج مربعی با فرکانس زیاد را به‌وجود آورد. موج مربعی از یک بوبین یا ترانسفورماتور کاهنده عبور می‌کند و پس از یکسوسازی و عبور از صافی، ولتاژ DC مورد نیاز را تهیه می‌نماید. برای کنترل و تثبیت ولتاژ خروجی، بخشی از این ولتاژ نمونه‌برداری و با ولتاژ مرجع مقایسه می‌شود. پس از مقایسه، سیگنال خطا تولید می‌شود. سیگنال خطا فرمان لازم را به مدار می‌دهد و زمان قطع و وصل سوئیچ را کنترل می‌کند. با توجه به اینکه سوئیچ به‌طور دائم در حال قطع و وصل است تلفات مدار بسیار کم می‌شود و به این ترتیب راندمان منبع تغذیه افزایش می‌یابد و به حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد می‌رسد. همچنین به‌سبب کار در فرکانس بالا (حدوداً ۲۰KHZ) حجم بوبین یا ترانسفورماتور کاهش می‌یابد.

ایده اصلی درباره چگونگی کار مدار منبع تغذیه سوئیچینگ

در شکل ۲ـ۳۷ بخش‌های اصلی یک منبع تغذیه سوئیچینگ رسم شده است. در شکل ۲ـ۳۸ مدار معادل ساده شده آن را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲ـ۳۸ـ مدار ساده شده منبع تغذیه سوئیچینگ



شکل ۲ـ۳۷ـ یک نمونه مدار منبع تغذیه سوئیچینگ

عملکرد مدار ساده‌شده منبع تغذیه سوئیچینگ: در مدار شکل ۲ـ۳۸ که مدار ساده منبع تغذیه است، یک نوسان‌ساز با عرض پالس متغیر، قطع و وصل ترانزیستور کلیدزنی را کنترل می‌کند. به این ترتیب رشته‌ای از پالس متغیر به بیس ترانزیستور وارد می‌شود. هرگاه دامنه پالس‌های ورودی، در تراز بالا باشد، ترانزیستور به اشباع می‌رود. همچنین هنگامی که ولتاژ پالس‌های ورودی به بیس، در تراز پایین قرار گیرد، ترانزیستور به حالت قطع می‌رود. ایده اصلی این است که ترانزیستور مانند کلید عمل می‌کند. در شرایط ایده‌آل، هنگامی‌که کلیدی بسته یا باز (وصل یا قطع) باشد، هیچگونه توانی تلف نمی‌شود. یادآور می‌شود که در عمل، کلید ترانزیستوری نمی‌تواند به طور کامل عمل کند. بنابراین همیشه مقداری توان تلف می‌شود. اما توان تلف شده خیلی کمتر از توانی است که یک منبع تغذیه خطی تلف می‌کند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود دیود D۱ بین امیتر و زمین قرار دارد. به دلیل ایجاد ولتاژ القایی معکوس توسط سیم پیچ L اتصال

این دیود ضروری است. بوبین L جریان مدار را ثابت نگه می‌دارد. هنگامی‌که ترانزیستور قطع می‌شود، دیود D۱ مسیری را برای عبور جریان القایی مخالف در بوبین، آماده می‌سازد. در مدار بدون دیود، ولتاژ معکوس آن قدر بالا می‌رود که می‌تواند به ترانزیستور آسیب برساند.

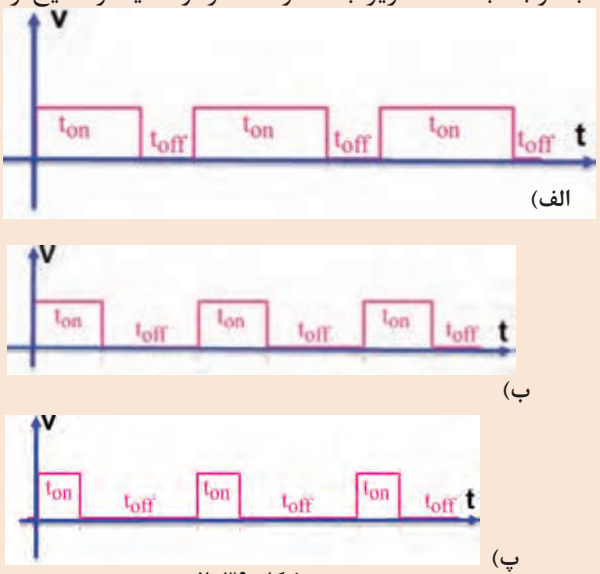
کار گروهی

در مورد پالس‌های شکل الف ـ ب ـ پ ۳۹ـ۲، با توجه به نکات زیر بحث و گفت‌وگو کنید و نتایج را جمع‌بندی نمایید.

اگر زمان تناوب موج‌ها یکسان باشد. با توجه به اینکه $T = t_{on} + t_{off}$ است، هرچه t_{on} بیشتر باشد t_{off} ..... است.

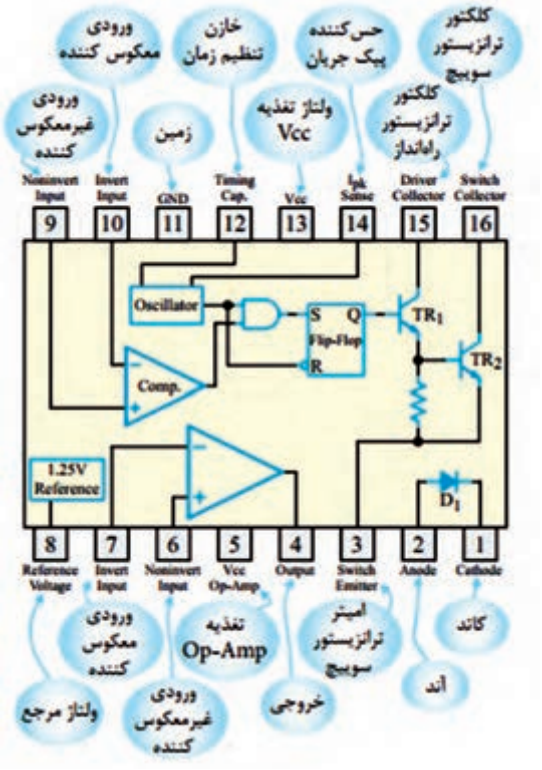
☑ نسبت $\frac{ton}{T}$ را سیکل وظیفه یا چرخه کار (Duty Cycle) می‌گویند و آن را با D نشان می‌دهند. کدام موج چرخه کار بزرگ‌تری دارد؟

اگر این سه موج را به‌وسیله صافی خازنی صاف کنیم، کدام موج ولتاژ DC بیشتری می‌دهد؟



شکل ۳۹ـ۲

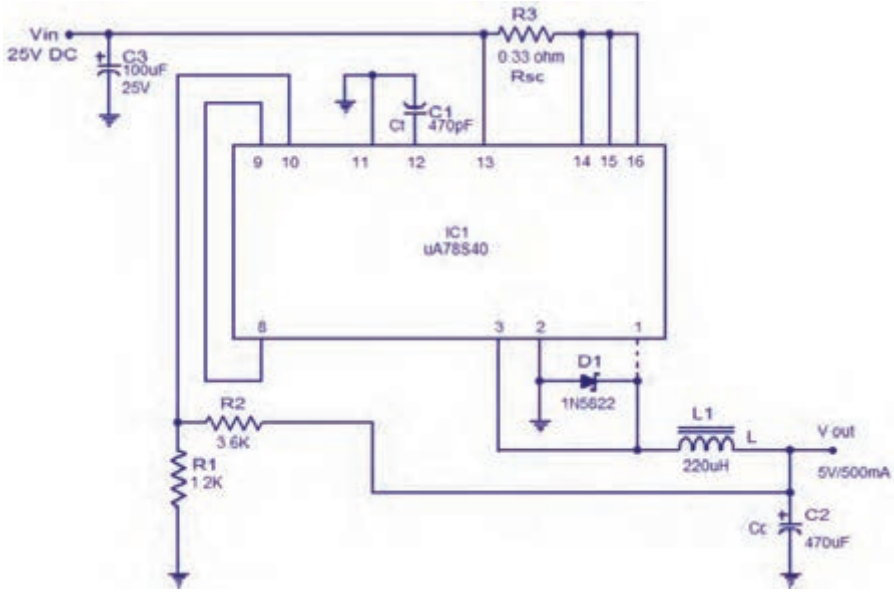
تنظیم‌کننده‌های کلیدزنی مجتمع: تنظیم‌کننده‌های سوئیچینگ کم‌توان را بر روی تراشه می‌سازند. نمونه خوبی از این تنظیم کننده، آی‌سی µA۷۸ S۴۰ است. این مدار مجتمع یک تنظیم‌کننده سوئیچینگ است که با کاربری عام شناخته می‌شود. در این آی‌سی مدار نوسان‌ساز، مدار مقایسه‌گر، یک ترانزیستور راه‌انداز، یک ترانزیستورسوئیچ، یک ولتاژ مرجع، دو تقویت‌کننده عملیاتی و تعدادی مدار دیگر وجود دارد. برای پی‌بردن به طرز کار این تنظیم‌کننده، باید تا اندازه‌ای با اصول کار مدارهای دیجیتال آشنا باشید، زیرا این تراشه شامل مدارهای منطقی از نوع دریچه AND و فلیپ فلاپ RS است. در شکل ۴۰ـ۲ ساختمان داخلی این تنظیم‌کننده کلیدزنی و شماره پایه‌ها و کار هریک از پایه‌های آن نشان داده شده است. توجه داشته باشید که کاربرد این آی‌سی در مدارهای سوئیچینگ است، لذا به تحلیل مدار IC نپرداخته‌ایم و فقط آن را معرفی کرده‌ایم. در شکل



شکل ۴۰ـ۲ ـ ساختمان داخلی یک نمونه تنظیم‌کننده کلیدزنی

الف ـ ب ۴۱ـ۲ شکل ظاهری آی‌سی و یک نمونه مدار تغذیه سوئیچینگ با استفاده از این آی‌سی را مشاهده می کنید.

الف) شکل ظاهری آی‌سی



ب) مدار با آی‌سی

شکل ۴۱ـ۲ ـ شکل ظاهری و مدار تغذیه با آی‌سی

آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۲)

۱ـ کدام گزینه از مزایای آی‌سی‌ها نسبت به مدارهای گسسته محسوب نمی‌شود؟

۱ـ مصرف توان بیشتر ۲ـ حجم کمتر ۳ـ سرعت عملکرد بالاتر ۴ـ طراحی مدار ساده‌تر

۲ـ کدام گزینه به عنوان آی‌سی آنالوگ محسوب نمی‌شود؟

۱ـ آی‌سی رگولاتور ۲ـ آی‌سی تایمر ۳ـ آی‌سی A/D ۴ـ گیت‌های منطقی

۳ـ آی‌سی‌های رگولاتور مثبت به صورت ۷۸XX نام گذاری می‌شوند. صحیح ☐ غلط ☐

۴ـ ترتیب پایه‌های آی‌سی رگولاتور LM۳۳۷ و LM ۳۱۷ مشابه یکدیگر است. صحیح ☐ غلط ☐

۵ـ آی‌سی‌های بسته‌بندی TO۳ دارای دو پایه هستند و بدنه آی‌سی پایه خروجی آن است.

صحیح ☐ غلط ☐

۶ـ برای تنظیم ولتاژ خروجی رگولاتور در منبع تغذیه متغیر نیاز به یک مقاومت..... و یک مقاومت..... داریم.

۷ـ با توجه به برگه اطلاعات، حداکثر جریان خروجی آی‌سی LM۳۳۸ برابر با..... آمپر است.

۸ ـ با توجه به برگه اطلاعات، محدوده ولتاژ خروجی آی‌سی LM۳۱۷ با آی‌سی LM۳۳۸ یکسان است؟

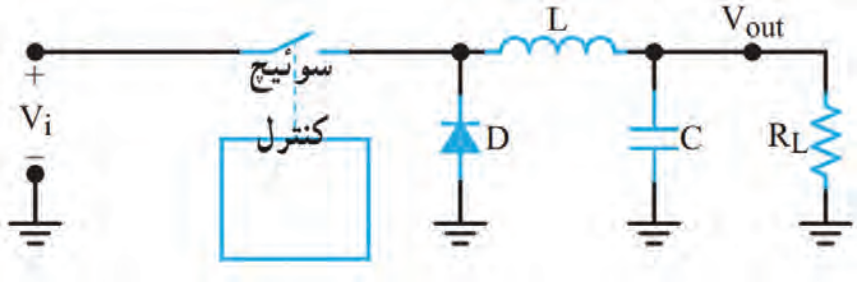
صحیح ☐ غلط ☐

۹ـ حداقل دو مورد از اِشکال اساسی رگولاتورهای خطی را نام ببرید.

۱۰ـ محدوده فرکانس نوسانسازهای رگولاتورهای سوئیچینگ چند کیلوهرتز است؟

۱۱ـ شکل ۴۲ـ۲ اساس کار یک رگولاتور سوئیچینگ را نشان می‌دهد، طرز کار مدار را به‌طور خلاصه شرح دهید.

۱۲ـ در شکل۴۲ـ۲ کار دیود D را شرح دهید.



شکل ۴۲ـ۲

آزمون نظری نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری(۲)

۱ـ نرم افزار آلتیوم دیزاینر را فعال کنید.

۲ـ نقشه شماتیک مدار شکل ۴۳ـ۲ را در میز کار شماتیک نرم‌افزار ترسیم کنید.

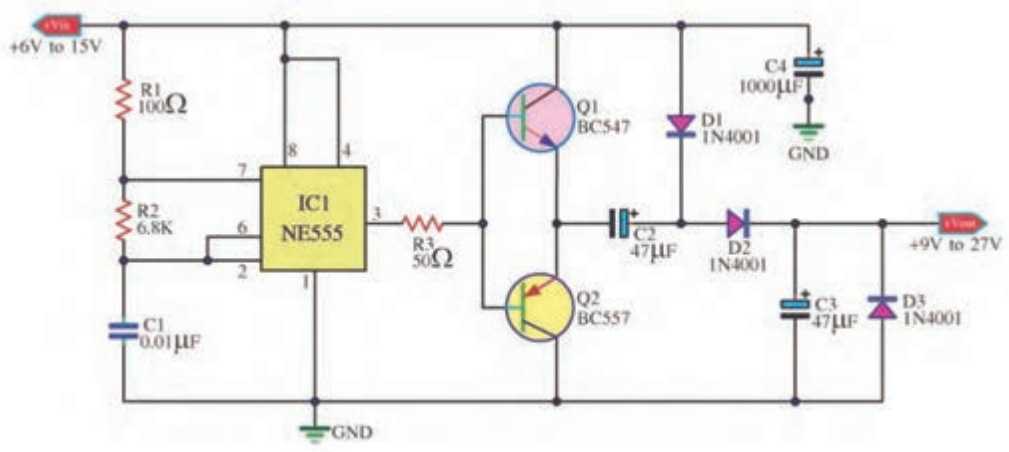
۳ـ با استفاده از آموخته‌های خود طرح مدار چاپی نقشه را در ابعاد مناسب و با استفاده از نرم‌افزار آماده کنید.

۴ـ بعد از به اتمام رسیدن طراحی مدار چاپی، فایل نقشه PCB را با نام خود ذخیره کنید.

۵ـ از نقشه PCB خود پرینت بگیرید.

نکته

آزمون عملی بر اساس استاندارد عملکرد صورت می‌گیرد. لازم است طراحی مدار چاپی یک نمونه نقشه کاربردی با استفاده از نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر به اجرا در آید.



شکل ۴۳ـ۲

ارزشیابی شایستگی طراحی مدار چاپی پروژه کاربردی با آی‌سی آنالوگ با نرم‌افزار

شرح کار:

۱ـ راه‌اندازی نرم‌افزار پیشرفته طراحی مدار چاپی
۲ـ تشریح و رسم نقشه فنی مدارهای الکترونیکی با آی‌سی آنالوگ
۳ـ تهیه طرح مدار چاپی نقشه فنی مدار الکترونیکی
۴ـ ذخیره فایل نقشه فنی مدار الکترونیکی و طرح PCB
۵ـ تهیه پرینت از طرح PCB

استاندارد عملکرد: طراحی مدار چاپی پروژه کاربردی با آی‌سی آنالوگ به‌وسیله نرم‌افزار با رعایت استاندارد

شاخص‌ها: ۱ـ راه‌اندازی نرم‌افزار پیشرفته طراحی مدار چاپی (۵ دقیقه) ۲ـ رسم نقشه فنی مدار الکترونیکی با آی‌سی آنالوگ (۲۰ دقیقه)
۳ـ تهیه طرح مدار چاپی نقشه فنی مدار الکترونیکی (۳۰ دقیقه) ۴ـ ذخیره فایل نقشه فنی مدار الکترونیکی و طرح PCB (۱۰دقیقه)
۵ـ تهیه پرینت از طرح PCB (۵ دقیقه)

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶مترمربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی (۱۸°C ـ ۲۷°C) و مجهز به وسایل اطفاء حریق ـ میزکار استاندارد با ابعاد H۸۰ cm * D۸۰ * L۱۸۰ ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس کار ـ انجام کار در حال نشسته یا ایستاده ـ رایانه ـ پرینتر ـ نرم‌افزارهای مناسب ـ برگه اطلاعاتی قطعات ـ لوازم‌التحریر ـ قطعات الکترونیکی مطابق پروژه‌ها

معیار شایستگی:

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	راه‌اندازی نرم‌افزار پیشرفته طراحی مدار چاپی	۱	
۲	تشریح و رسم نقشه فنی مدار الکترونیکی با آی‌سی آنالوگ	۲	
۳	تهیه طرح مدار چاپی نقشه فنی مدار الکترونیکی	۲	
۴	ذخیره فایل نقشه فنی مدار الکترونیکی و طرح PCB	۲	
۵	تهیه پرینت از طرح PCB	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ دقت و تمرکز در اجرای کار ۲ـ دقت و مسئولیت‌پذیری ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ اخلاق حرفه‌ای		۲	
میانگین نمرات * حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			*

واحد یادگیری ۳

شایستگی چاپ و آماده‌سازی طرح رو و پشت بُرد مدار چاپی، مونتاژ و راه‌اندازی مدار

آیا تا به‌حال فکر کرده‌اید:

- چه روش‌هایی برای انتقال طرح مدار چاپی به روی فیبر وجود دارد؟
- بهترین روش انتقال طرح روی فیبر، برای طرح‌های پیچیده و ظریف کدام است؟
- در تولید انبوه فیبر مدار چاپی چه روشی مقرون‌به‌صرفه است؟
- روش‌های انتقال طرح روی فیبر مدار چاپی چه شباهت‌هایی با روش‌های انتقال طرح روی پارچه دارد؟

برای پیاده‌سازی طرح مدار چاپی روی فیبر، روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از بهترین روش‌ها برای کاربران خانگی و استفاده در محیط‌های آموزشی، استفاده از روش پرینتر لیزری و اتو است. با این روش در پایه دهم آشنا شده‌اید. این شیوه انتقال طرح در مقایسه با استفاده از ماژیک ضد آب و یا لتراست به زمان کمتری نیاز دارد و دقت عملکرد آن بیشتر است. ولی در مقیاس بزرگ و تولید انبوه و صنعتی کاربُردی ندارد. در اغلب کارخانه‌ها و کارگاه‌های تولیدی از روش چاپ سیلک (سیلک‌اسکرین) استفاده می‌کنند. تولید و تکثیر مدارها با این روش سریع‌تر و با دقت عمل بیشتر انجام می‌گیرد. در تولید زیاد صنعتی، انتقال طرح بر روی بُرد، توسط دستگاه‌های مخصوص و به‌صورت خودکار اجرا می‌شود.

در این واحد یادگیری استفاده از لامینت شرح داده می‌شود. پس از اتمام آموزش فراگیرنده باید بتواند فرایند اجرای کار را با دقت و مطابق استاندارد انجام دهد. همچنین باید قادر باشد مدار چاپی انواع مدارهای کاربُردی با آی‌سی آنالوگ را که با نرم‌افزار پیشرفته طراحی نموده است روی فیبر انتقال دهد، فیبر را مونتاژ و راه‌اندازی کند. در تمام مراحل انجام کار، رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و توجه به مهارت‌های غیرفنی مانند کار گروهی، به‌کارگیری فناوری‌های نوین، توجه به محیط‌زیست، رعایت نظم و ترتیب و سایر مهارت‌های غیرفنی اهمیت ویژه‌ای دارد و باید در مراحل اجرای کار رعایت شود.

استاندارد عملکرد

انتقال طرح رو و پشت مدار چاپی و آماده‌سازی فیبر بر اساس استانداردهای تعریف شده

۱ـ۳ـ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

ابزار عمومی‌برق یا الکترونیک- لوازم‌التحریر- مولتی‌متر- رایانه- نرم‌افزار پیشرفته طراحی مدار چاپی- لامینت- اسید مدار چاپی- وان اسید- مواد پاک‌کننده- دریل- مته مناسب- بُرد مدار چاپی- قطعات پروژه آنالوگ

مشخصات فنی تجهیزات و تعداد آن در سند برنامه درسی آمده است.

۲ـ۳ـ روش‌های ساخت فیبر مدار چاپی

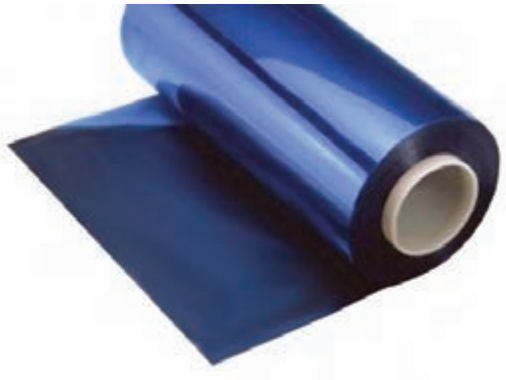
برای ساخت فیبر مدار چاپی روش‌های گوناگونی وجود دارد که در پایه دهم درکتاب طراحی و ساخت مدار چاپی با روش‌های ماژیک و استفاده از پرینتر لیزری و اتو آشنا شدید. در این واحد یادگیری با روشی جدید و بسیار دقیق به نام لمینت (Laminate) آشنا می‌شوید که در بازار هم از آن استفاده می‌شود. لمینت یا لامینت نیز می‌نامند.

فیلم

فیلم تهیه طرح مدار چاپی با لامینت را ببینید و مراحل اجرای کار را به خاطر بسپارید. نکات مهم را یادداشت کنید.

روش لامینت

لمینت یا لامینت ماده شیمیایی حساس به نور است که بین دو روکش پلاستیکی نازک قرار گرفته است. این ورق نازک پلاستیکی با تابش نور شدید در مدت کوتاهی تغییر رنگ داده و خواص شیمیایی آن تغییر می‌کند. توجه کنید که نرمی پلاستیک دو طرف لمینت با هم متفاوت است. یک طرف نرم بوده و خاصیت کشسانی دارد اما پلاستیک طرف دیگر خشک است. ورقه لمینت در بازار در رنگ‌های سبز و آبی موجود است. در شکل ۱ـ۳ لامینت را به صورت رول مشاهده می‌کنید.



شکل ۱ـ۳ـ ورقه لامینت

شکل ۲ـ۳ـ پودرظهور (بیکربنات سدیم)

چاپ نقشه روی فیبر مدار چاپی با روش لمینت

برای چاپ نقشه pcb با روش لامینت نیاز به مواد زیر داریم.

ـ فیبر مسی

ـ محفظه با نور UV یا چراغ مطالعه مجهز به لامپ کم مصرف CFL (Compact fluorescent lamp)
ـ طرح چاپ شده بر روی فیلم شفاف مخصوص (طلق ترنسپرنت)
ـ پودر ظهور (بیکربنات سدیم)، شکل ۲ـ۳
ـ پودر پاک‌کننده لمینت یا مایع لاک پاک‌کن
ـ اسید مدار چاپی مایع یا پودر اسید پرکلوردوفر

فیلم

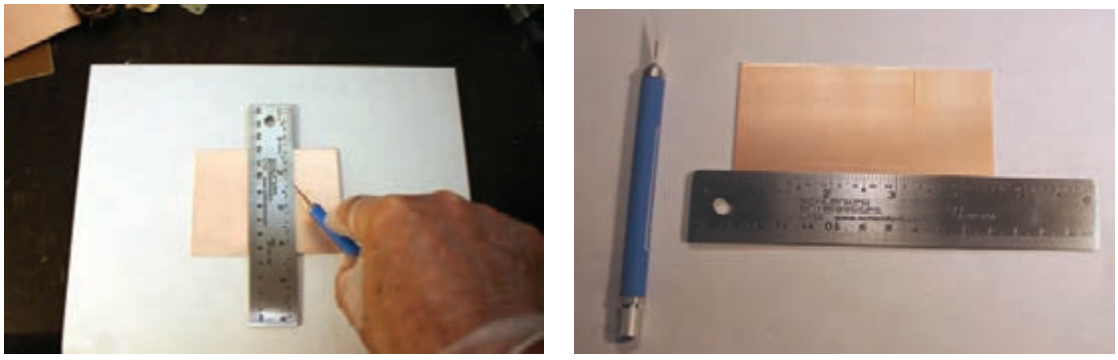
فیلم انتقال طرح مدار چاپی روی فیبر به صورت دستی و با استفاده از لامینت را ببینید.

برای انتقال طرح نقشه مدار چاپی با استفاده از لامینت باید مراحل زیر را اجرا کنیم:

☑ ابتدا فیبر مسی خام را به اندازه عرض فیبر مدار چاپی مورد نظر برش می‌زنیم. سپس لبهٔ بُرش‌خورده را صاف می‌کنیم. برای این کار ابتدا به‌وسیله خط‌کش فلزی و سوزن خط‌کش روی فیبر را اندازه‌گذاری می‌کنیم. در شکل ۳ـ۳ سوزن و خط‌کش و روش خط‌کشی را مشاهده می‌کنید.

ایمنی

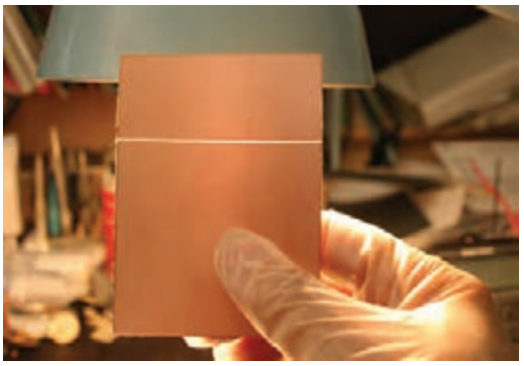
قبل از برش دادن فیبر ابتدا آن را بر روی میز کار محکم کنید. برای این کار می‌توانید چهار طرف فیبر را به میز پیچ کنید یا آن را روی گیره فلزی ببندید.



شکل ۳ـ۳ـ سوزن خط‌کش و روش استفاده از آن

☑ نقاط را با سوزن خط‌کش به یکدیگر متصل می‌کنیم تا خطی صاف روی فیبر ترسیم شود. چندین بار سوزن را روی فیبر می‌کشیم تا خط عمق پیدا کند. همان‌طور که در شکل ۴ـ۳ مشاهده می‌کنید پس از چندین بار کشیدن سوزن خط‌کش، خطی واضح و عمیق روی فیبر ترسیم می‌شود.

☑ پس از این مرحله فیبر را به گیره فلزی می‌بندیم، به‌طوری که خط مورد نظر با لبه فک‌های نگه‌دارندهٔ گیره مماس شود. متناسب با استقرار گیره در جهت افقی یا عمودی به فیبر نیرو وارد می‌کنیم تا فیبر از روی خط مورد نظر جدا شود. برای این کار کف دست خود را در لبه بالایی فیبر قرار داده و مطابق شکل ۵ـ۳ در جهت افقی به فیبر نیرو وارد می‌کنیم. ملاحظه خواهید کرد که فیبر دقیقاً از روی خط برش می‌خورد.



شکل ۴ـ۳ـ خط عمیق ایجاد شده بر روی فیبر

شکل ۵ـ۳ـ شکستن فیبر خام به وسیله گیره فلزی

☑ در مرحله بعدی لبه شکسته شده فیبر را با کاغذ سنباده‌ای که آن را بر روی یک تکه چوب چسبانده‌ایم پرداخت می‌کنیم تا صاف و یکنواخت شود (شکل ۶ ـ۳).

☑ می‌توانیم از تیغه اره آهن‌بُر یا اره مویی هم برای بُرش فیبر استفاده کنیم. برای این‌کار فیبر را به گیره بسته و شروع به بُرش می‌کنیم. برای این‌کار از اره مویی با تیغه و دندانه مستقیم استفاده می‌کنیم. مراحل بُرش در شکل ۷ـ۳ نشان داده شده است.

☑ با مینی‌فرز هم می‌توانیم فیبر را برش دهیم. این وسیله طبق شکل ۸ـ۳ دارای تیغه‌ای تیز و دایره‌ای شکل است که با سرعت بالا به راحتی فیبر را با کمترین میزان خطا برش می‌دهد. پس از برش عملیات پرداخت لبه فیبر انجام می‌شود.

شکل ۶ـ۳ـ پرداخت کردن لبه فیبر

شکل ۷ـ۳ـ بریدن فیبر با اره آهن‌بر

شکل ۸ـ۳ـ بریدن فیبر با مینی‌فرز

فعالیت عملی

چند قطعه فیبر مدار چاپی را با سوزن خط‌کش علامت‌گذاری کنید و در ابعاد مناسب و مورد نیاز برش دهید و لبه‌های آن را صاف کنید.

☑ فیبر مسی خام را با یک سمباده نرم (سست آب P۴۰۰) به آرامی و به‌صورت یکنواخت سنباده می‌زنیم. دانه‌های تشکیل‌دهنده این کاغذ سنباده بسیار نرم هستند و آسیبی به مس روی فیبر وارد نمی‌کنند و فقط کثیفی‌های روی فیبر را از بین می‌برند. این سنباده را می‌توانید از ابزار فروشی‌ها تهیه کنید.

☑ اگر سمباده در دسترس نباشد، طبق شکل ۹ـ۳ می‌توانید از آب گرم و مایع ظرفشویی و سیم ظرفشویی استفاده کنید. در این حالت باید فیبر مسی را با دقت بسیار زیادی بشویید تا کاملاً براق شود. پس از شستشو،

فیبر را با سشوار خشک کنید. شکل ۱۰ـ۳ فیبر تمیز شده را نشان‌می‌دهد.

شکل ۹ـ۳ـ تمیز کردن فیبر مسی

شکل ۱۰ـ۳ـ فیبر مسی تمیز شده

☑ پس از خشک شدن فیبر، طبق شکل ۱۱ـ۳ لمینت را به اندازه مورد نیاز برش دهید و روکش پلاستیکی طرفی که نرم‌تر است و حالت کشسانی دارد را تا نصف جدا کنید. جداسازی لامینت نیاز به تجربه و مهارت دارد.

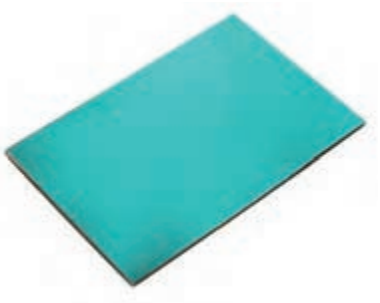
☑ لمینت را طبق شکل ۱۲ـ۳ روی فیبر قرار داده و همان‌طور که از قسمت زیر، روکش پلاستیکی را جدا می‌کنید از طرف دیگر لمینت را به‌وسیله یک تیغه پلاستیکی صاف بر روی فیبر بچسبانید. این عمل مانند چسباندن محافظ ضد خش روی صفحه نمایش تلفن همراه است.

☑ پس از چسباندن، ۱۰ دقیقه با دست روی لمینت بکشید تا خوب گرم شده و محکم به فیبر بچسبد. هر قدر این‌کار را دقیق‌تر انجام دهید احتمال جداشدن لمینت از فیبر کمتر می‌شود.

☑ پس از اتمام کار، فیبر را برعکس می‌کنید و به‌وسیله کاتر لمینت‌های اضافی را برش می‌دهید. شکل ۱۳ـ۳ فیبر لامینت شده را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱ـ۳ـ جداکردن روکش لمینت

شکل ۱۲ـ۳ـ چسباندن قسمتی از لمینت



شکل ۱۳ـ۳ـ فیبر لمینت شده

نکته

☑ کار با لمینت حتماً باید در اتاقی نیمه تاریک که با لامپ قرمز رنگ نورپردازی شده است صورت گیرد. لازم است عمل چسباندن لمینت روی فیبر نیز در این فضا انجام شود در غیر این‌صورت با برخورد نور خاصیت شیمیایی ورقه لمینت تغییر می‌کند و کارآیی خود را از دست می‌دهد.

☑ در فرایند چسباندن لمینت نباید زیر آن حباب هوا ایجاد شود به‌عبارت دیگر باید لمینت به‌صورت کامل به فیبر بچسبد. چنانچه در هنگام چسباندن لمینت حباب هوا ایجاد شد با یک سوزن هوای آن را تخلیه کنید.
☑ استفاده از اتو با درجه حرارت ملایم نیز بسیار مؤثر است. اتو را روی درجه کم قرار دهید، و روی فیبر لامینت شده را با پارچه‌ای نخی بپوشانید. سپس اتو را به آرامی بر روی آن بکشید تا لمینت خوب بچسبد.

فعالیت عملی

روی یکی از قطعات بریده شده طبق دستورالعمل ارائه شده، لمینت بچسبانید.

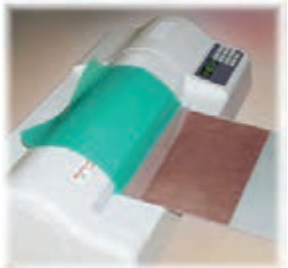
فیلم

فیلم تهیه طرح مدار چاپی و انتقال طرح روی فیبر را در روش صنعتی ببینید و مراحل اجرای کار را به خاطر بسپارید. نکات مهم را یادداشت کنید.

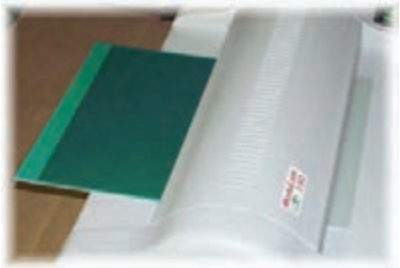
۳ـ۳ـ لامینت‌کاری در صنعت

☑ در صنعت از دستگاه لمینتور یا دستگاه پرس‌کارت برای این‌کار استفاده می‌کنند. در این روش مانند مراحل قبل، ابتدا قسمتی از لایه نرم لمینت را از آن جدا می‌کنند، سپس آن‌را مانند شکل ۱۴ـ۳ روی لبه اولیه فیبر مسی قرار می‌دهند.
☑ در مرحله بعدی با استفاده از تیغه لاستیک طبیعی که به آن تیغه اسکوئیجی(Squeegee) می‌گویند قسمتی از لمینت را به‌صورت دستی بر روی فیبر می‌چسبانند (شکل ۱۴ـ۳).
☑ دستگاه را بر روی دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌کنند. سپس فیبر مسی را در ورودی دستگاه لمینتور قرار می‌دهند و موتور انتقال دهنده دستگاه را روشن می‌کنند (شکل ۱۵ـ۳). دستگاه با سرعت بسیار آرام فیبر را به درون خود می‌کشد و پس از چند ثانیه طبق شکل ۱۶ـ۳ فیبر لمینت شده از سمت دیگر دستگاه خارج می‌شود. در حقیقت غلتک‌های گرم با عبور دادن فیبر، لمینت را با دقت فوق‌العاده بالا، بر روی فیبر مسی می‌چسبانند.
در شکل ۱۶ـ۳ فیبر لمینت شده را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۴ـ۳ـ قرار دادن فیبر در لمینتور



شکل ۱۵ـ۳ـ ورود فیبر به لمینتور



شکل ۱۶ـ۳ـ خروج فیبر از لمینتور

فعالیت

به صورت فردی از مراکزی که کارت شناسایی را پرس می‌کنند بازدید کنید و مراحل پرس‌کردن کارت را از نزدیک ببینید. بر مبنای مشاهدات خود گزارش تهیه و به کارگاه ارائه کنید.

الگوی پرسش

۱ـ سه روش متداول انتقال طرح به روی فیبر مدار چاپی را نام ببرید. کدام روش دقت بیشتری دارد؟

۲ـ در صنعت برای انتقال طرح به روی فیبر از روش چاپ سیلک استفاده می‌کنند. صحیح ☐ غلط ☐

۳ـ لامینت ماده‌ای ..... و حساس به ..... است که بین دو روکش پلاستیکی نازک قرار گرفته است.

۴ـ فرآیند انتقال طرح روی فیبر را با استفاده از لامینت به ترتیب اجرای کار بنویسید.

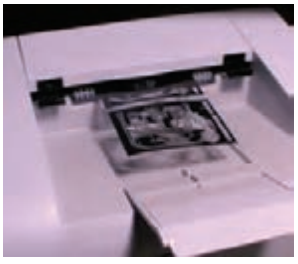
۵ـ چسباندن لامینت بر روی فیبر باید در اتاق ..... و یا با نور ..... انجام گیرد.

فعالیت

یکی از هنرجویان به‌صورت داوطلبانه مراحل برش فیبر و چسباندن لمینت روی آن را در یکی از جلسات کارگاهی برای سایر هنرجویان اجرا کند.

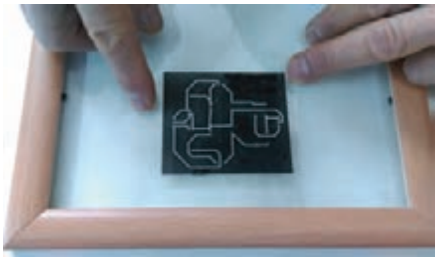
۴ـ۳ـ انتقال طرح روی فیبر

☑ در این مرحله نقشه طراحی شده توسط آلتیوم دیزاینر را طبق شکل ۱۷ـ۳ با چاپگر لیزری بر روی طلق شفاف (ترنسپرنت Transparent) به‌صورت فیلم منفی (نگاتیو) چاپ می‌کنیم. برای ایجاد نگاتیو از نرم‌افزار نقاشی ویندوز (PAINT)، فتوشاپ و نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر استفاده کنید.



شکل ۱۷ـ۳ـ چاپ فیلم منفی نقشه

شکل ۱۸ـ۳ـ فیلم نگاتیو چاپ شده



شکل ۱۹ـ۳ـ چسباندن یک نمونه نگاتیو روی شیشه

در شکل ۱۸ـ۳ نقشه چاپ شده روی طلق شفاف را مشاهده می‌کنید.

☑ برای ادامه به یک قاب عکس نیاز داریم. طبق شکل ۱۹ـ۳ پشت قاب عکس را باز می‌کنیم و نقشه را روی شیشه آن می‌چسبانیم.

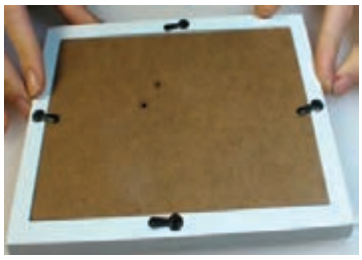
☑ روکش نازک سمت دیگر لامینت را مانند شکل ۲۰ـ۳ به آرامی جدا می‌کنیم.

☑ فیبر لامینت‌کاری‌شده را طبق شکل ۲۱ـ۳ روی نقشه می‌گذاریم.

☑ طبق شکل ۲۲ـ۳ پشت قاب عکس را می‌بندیم و آن را برعکس می‌کنیم.

شکل ۲۰ـ۳ـ جداسازی لایه نازک لمینت

شکل ۲۱ـ۳ـ قرار دادن فیبر روی نقشه



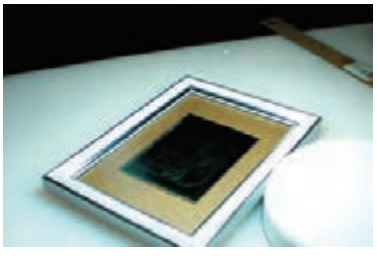
شکل ۲۲ـ۳ـ بستن در قاب عکس

۵ـ۳ـ نوردهی و ظهور فیبر

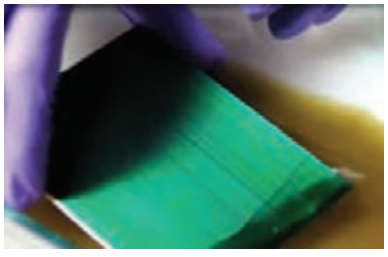
- ☑ پس از آماده‌سازی قاب باید به بُرد نور بدهیم. عملیات نوردهی به وسیله یک چراغ مطالعه مجهز به لامپ کم مصرف (CFL)صورت می‌گیرد. طبق شکل ۲۳ـ۳ به مدت ده دقیقه فیبر را نور می‌دهیم.
- ☑ برای ظهور و ثبوت نقشه روی فیبر، حدود یک قاشق غذاخوری (۱۰ گرم) پودر ظهور که همان بیکربنات سدیم (جوش شیرین) است را در مقدار کمی آب سرد بریزید و خوب هم بزنید.
- ☑ در محل تاریک‌خانه طبق شکل ۲۴ـ۳ فیبر را در محلول ظهور بگذارید.
- ☑ پس از ۵ الی ۷ دقیقه طبق شکل ۲۵ـ۳ به آرامی روی فیبر دست بکشید تا لامینت‌های نور ندیده جدا شوند.
- ☑ در نهایت فیبر را با آب بشویید تا کاملاً تمیز شود. این مرحله را خیلی سریع انجام دهید تا لامینت‌های تثبیت شده و نور دیده جدا نشوند.
- ☑ پس از شست‌وشو فیبر به صورت شکل ۲۶ـ۳ در می‌آید.

نکته

در عملیات نوردهی می‌توانید از نور خورشید هم استفاده کنید. زیرا نور خورشید اشعه ماوراء بنفش(UV) دارد. برای این کار کافی است فیبر را به مدت ۲ تا ۵ دقیقه زیر نور مستقیم خورشید قرار دهید.



شکل ۲۳ـ۳ـ عملیات نوردهی فیبر



شکل ۲۴ـ۳ـ قرار دادن فیبر در محلول ظهور

شکل ۲۵ـ۳ـ شست‌وشوی فیبر بعد از ظهور

ایمنی

هنگام اجرای این مراحل مراقب باشید محلول ظهور روی لباس شما نریزد. همچنین مراقب باشید این ماده با پوست بدن شما تماس پیدا نکند. در صورت ایجاد تماس، بلافاصله محل آلوده شده را با آب و صابون بشویید.

۶ـ۳ـ اسیدکاری فیبر

☑ در این مرحله فیبر را داخل محلول اسید پرکلرودوفر و آب قرار می‌دهیم تا طبق شکل ۳ـ۲۷ قسمت‌های مسی اضافی از بین برود و نقشه مورد نظر باقی بماند.

☑ پس از آماده شدن فیبر طبق شکل ۳ـ۲۸ آن را با یک پنس پلاستیکی خارج کنید و آن را با آب بشویید.

شکل ۳ـ۲۶ـ فیبر ظاهر شده پس از شست‌وشو

شکل ۳ـ۲۷ـ قرار دادن فیبر داخل اسید

شکل ۳ـ۲۸ـ خروج فیبر از اسید

یادآوری

مراحل اسید کاری در کتاب طراحی و ساخت مدار چاپی پایه دهم به‌صورت مفصل توضیح داده شده است.

فعالیت

مراحل نوردهی و ظاهر شدن نقشه روی فیبر را عملاً اجرا کنید.

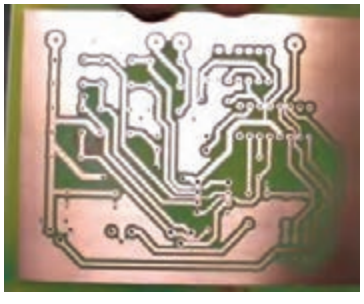
۷ـ۳ـ سوراخ کاری فیبر

فیبر آماده‌شده را طبق شکل ۳ـ۲۹ با مینی دریل ستونی یا دریل دستی با مته شماره ۱ یا ۲ میلی‌متر سوراخ کنید.

پس از سوراخ‌کاری باید لامینت‌های اضافی را پاک کنید. برای این کار از ماده استون (لاک پاک کن ـ Acetone) که در منازل یافت می‌شود استفاده کنید. طبق شکل ۳ـ۳۰ پارچه‌ای را به ماده آغشته کنید و بر روی فیبر بکشید تا لمینت‌های اضافی پاک شود. در نهایت طبق شکل ۳ـ۳۱ فیبر مدار چاپی آماده لحیم‌کاری است.

شکل ۳ـ۲۹ـ سوراخ‌کاری فیبر مدار چاپی

شکل ۳ـ۳۰ـ پاک کردن لمینت اضافی



شکل ۳ـ۳۱ـ فیبر آماده شده نهایی

فعالیت

مراحل سوراخ‌کاری یک نمونه فیبر توسط یکی از هنرجویان به اجرا درآید و به سؤالات سایر هنرجویان پاسخ داده شود.

جست و جو

برای پاک کردن لمینت اضافی روی سطح خطوط مسی فیبر مدار چاپی، پس از اسید کاری از چه ماده دیگری می‌توان استفاده کرد؟ آنها را بیابید و به کارگاه ارائه دهید.

ایمنی

سعی کنید در مراحل ظهور و اسیدکاری حتماً از دستکش لاستیکی استفاده کنید تا به پوست دست شما آسیبی نرسد. همچنین برای اسیدکاری ظروف پلاستیکی به‌کار ببرید تا در اثر اسید خورده نشود.

کار عملی

کار عملی ۱:
آماده‌سازی و مونتاژ فیبر مدار چاپی یک پروژه ساده آنالوگ
هدف: کسب مهارت در آماده‌سازی فیبر مدار چاپی با استفاده از لامینت و مونتاژ و راه‌اندازی آن

قطعات، مواد و تجهیزات مورد نیاز: فیبر در اندازه مورد نظر ـ لامینت ـ مواد ظهور ـ سنباده نرم ـ مواد پاک‌کننده ـ اسید مدار چاپی ـ دریل ـ مته با قطر مناسب ـ گیره ـ وسایل نوردهی
نکته: اگر لامینت در اختیار ندارید، از سایر شیوه‌ها برای آماده‌سازی فیبر استفاده کنید.

مراحل اجرای کار:

۱ـ طرح مدار چاپی منبع تغذیه متغیر با آی‌سی LM۳۳۸ یا هر طرح دیگر تأیید شده را که با نرم‌افزار ترسیم نموده‌اید، آماده کنید.
۲ـ فیبر مدار چاپی را در ابعاد مورد نظر ببُرید و فیبر را تمیز کنید.
۳ـ با استفاده از لامینت و اجرای مراحل کار با دقت لازم، طرح را به روی فیبر انتقال دهید.
۴ـ فیبر را برای سوراخ‌کاری آماده کنید.
۵ـ پس از سوراخ‌کاری بُرد را تمیز کنید.
۶ـ قطعات را روی بُرد مونتاژ کنید.
۷ـ بُرد مونتاژ شده را تمیز کنید.
۸ـ مدار را راه‌اندازی کرده و از صحت عملکرد مدار اطمینان حاصل کنید.

الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۳)

۱ـ برای ساخت مدارهای پیچیده روش اتو بهترین روش محسوب می‌شود. صحیح ☐ غلط ☐
۲ـ اگر لایه لمینت را زیر نور اتاق جدا کنیم تغییر خواص شیمیایی در آن رخ داده و خراب می‌شود.
صحیح ☐ غلط ☐

۳ـ برای انجام عملیات ثبوت لمینت به جای بیکربنات سدیم می‌توانیم از جوش شیرین هم استفاده کنیم.
صحیح ☐ غلط ☐
۴ـ در روش لمینت برای چاپ نقشه روی طلق شفاف از چاپگر ..... استفاده می‌شود.
۵ـ نام طلق مورد استفاده برای چاپ نقشه در روش لمینت به زبان انگلیسی ..... است.
۶ـ برای پاک کردن لمینت‌های اضافی در مرحله نهایی ساخت از ماده ..... استفاده می‌شود.
۷ـ مراحل اجرای پروژه را فهرست‌وار بنویسید.
۸ـ کدام‌یک از روش‌های زیر برای تولید انبوه فیبر مدار چاپی مناسب‌تر است؟
۱ـ روش اتو ۲ـ روش سیلک اسکرین ۳ـ روش لمینت ۴ـ روش اسپری پوزیتیو ۲۰
۹ـ در روش صنعتی لمینت برای چسباندن لمینت روی فیبر، از چه روشی استفاده می‌کنند؟
۱۰ـ چرا باید مراحل چسباندن لمینت زیر نور کم قرمز رنگ انجام شود؟ شرح دهید.

الگوی آزمون عملی پایان واحد یادگیری (۳)

۱ـ طرح مدار چاپی مبدل DC به DC یا هر طرح دیگر را که با نرم‌افزار ترسیم نموده‌اید، آماده کنید.
۲ـ فیبر مدار چاپی را در ابعاد مورد نظر ببُرید و فیبر را تمیز کنید.
۳ـ با استفاده از لامینت یا روش پرینتر لیزری و اتو، مراحل کار را با دقت لازم اجرا کنید و طرح را به روی فیبر انتقال دهید.
۴ـ فیبر را برای سوراخ‌کاری آماده کنید.
۵ـ پس از سوراخ‌کاری بُرد را تمیز کنید.
۶ـ قطعات را روی بُرد مونتاژ کنید.
۷ـ بُرد مونتاژ شده را تمیزکنید.
۸ـ مدار را راه اندازی کنید و بُرد را مورد استفاده قرار دهید.

ارزشیابی شایستگی چاپ و آماده‌سازی طرح رو و پشت بُرد مدار چاپی، مونتاژ و راه‌اندازی مدار

شرح کار: ۱ـ آماده‌سازی طرح مدار چاپی تهیه‌شده توسط نرم‌افزار ۲ـ آماده‌سازی فیبر خام ۳ـ انتقال طرح به روی فیبر ۴ـ سوراخ‌کاری فیبر ۵ـ مونتاژ قطعات روی فیبر ۶ـ تست صحت عملکرد بُرد مونتاژشده

استاندارد عملکرد: انتقال طرح رو و پشت مدار چاپی و آماده‌سازی فیبر براساس استانداردهای تعریف شده
شاخص‌ها: ۱ـ آماده‌سازی طرح مدار چاپی تهیه‌شده توسط نرم‌افزار (۵ دقیقه) ۲ـ آماده‌سازی فیبر خام (۱۰دقیقه) ۳ـ انتقال طرح به روی فیبر (۳۰ دقیقه) ۴ـ سوراخ‌کاری فیبر (۱۰ دقیقه) ۵ـ مونتاژ قطعات روی فیبر (۳۰ دقیقه)
۶ـ تست صحت عملکرد بُرد مونتاژ شده (۳۰ دقیقه)

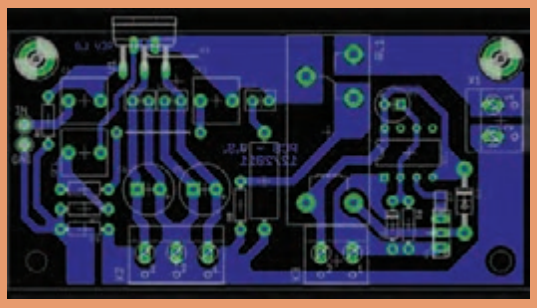
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶ مترمربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی (۱۸°C ـ ۲۷°C) و مجهز به وسایل اطفاء حریق ـ میزکار استاندارد با ابعاد L۱۸۰ *D۸۰*H۸۰ cm ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس کار ـ انجام کار در حال نشسته یا ایستاده ـ رایانه ـ پرینتر ـ نرم‌افزارهای مناسب ـ برگه اطلاعاتی قطعات ـ لوازم‌التحریر ـ وسایل تهیه مدار چاپی ـ وسایل اسیدکاری ـ وسایل سوراخ‌کاری فیبر ـ وسایل مونتاژ ـ قطعات پروژه

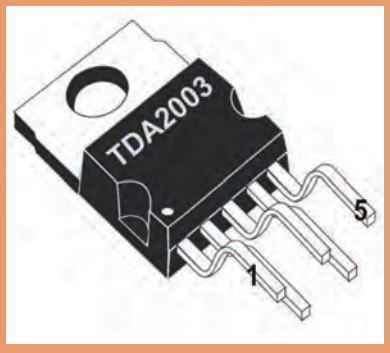
معیار شایستگی:

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی طرح مدار چاپی تهیه شده توسط نرم‌افزار	۱	
۲	آماده‌سازی فیبر خام	۱	
۳	انتقال طرح روی فیبر	۲	
۴	سوراخ‌کاری فیبر	۱	
۵	مونتاژ قطعات روی فیبر	۲	
۶	تست صحت عملکرد بُرد مونتاژ شده	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ محافظت از دستگاه‌ها ۲ـ دقت و مسئولیت‌پذیری ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ اخلاق حرفه‌ای ۵ـ رعایت نکات زیست‌محیطی	۲	
میانگین نمرات * حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			*

پودمان ۳

پروژه کاربردی آنالوگ





آیا تا به‌حال با خود اندیشیده‌اید در گذشته انتقال صوت به‌فواصل دور به چه صورت بوده است؟ سخنرانان چگونه صدای خود را به اشخاصی که در نقاط دورتر قرار داشتند می‌رساندند؟ در این رابطه معماران و طراحان ساختمان‌ها هم وارد این حیطه شدند و معماری مساجد و ساختمان‌ها را طوری طراحی کردند تا صدا با سهولت بیشتری پخش شود. اما این نمی‌توانست نیاز بشر را تأمین کند. از این رو دانشمندان و متخصصان الکترونیک به فکر ساخت تقویت‌کننده‌های صوتی افتادند. در حال حاضر انواع مختلفی از تقویت‌کننده‌ها در بازار ساخته می‌شوند که هر یک کاربرد خاص خود را دارد. در این فصل ضمن بیان مفاهیم مورد نیاز با تقویت‌کننده‌ها و چگونگی اتصال آنها به یکدیگر آشنا می‌شوید و همچنین برخی از مدارهای کاربردی را به‌صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری آزمایش می‌کنید، در نهایت نمونه‌هایی از پروژه کاربردی را به‌طورکامل به اجرا در می‌آورید.

واحد یادگیری ۴

مونتاژ پروژه کاربردی آنالوگ

آیا تا به‌حال فکر کرده‌اید:

- یک آمپلی‌فایر صوتی از چند طبقه تشکیل می‌شود؟
- اتصال طبقات تقویت‌کننده به‌یکدیگر با چند روش قابل اجرا است؟
- هنگام اتصال طبقات مختلف تقویت‌کننده به‌یکدیگر، چه نکاتی را باید رعایت کرد؟
- چند نمونه آی‌سی آمپلی فایر صوتی ساخته شده و عملاً مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
- ساخت مدارهای یک‌پارچه (Modular) آماده چه ضرورتی دارد؟

سیگنال الکتریکی حاصل از امواج صوتی مکانیکی انسان دارای دامنهٔ ولتاژ و جریان ضعیف است. این سیگنال‌ها باید به اندازه‌ای تقویت شود تا بتواند با توان مناسب بلندگو را راه‌اندازی کند. برای اجرای این فرایند به چند طبقه تقویت‌کننده صوتی نیاز داریم. اتصال طبقات مختلف تقویت‌کننده به‌یکدیگر را کوپلاژ می‌نامند. امروزه به‌جای استفاده از چند طبقه تقویت‌کننده با قطعات مجزا، از مدارهای مجتمع (آی‌سی) استفاده می‌کنند. در این واحد یادگیری ضمن آشنایی با شیوه‌های اتصال طبقات تقویت‌کننده به‌یکدیگر، اصول کار تقویت‌کننده‌ها و آی‌سی‌های آمپلی‌فایر را تشرح می‌کنیم. در ادامه یک مدار آمپلی‌فایر با آی‌سی را مونتاژ می‌کنید. در پایان چند ماژول آماده معرفی می‌شود. در تمام مراحل کار باید نکات ایمنی و بهداشتی و به‌کارگیری شایستگی‌های غیر فنی مانند کار گروهی، دقت و تمرکز در اجرای کار، یادگیری مادام‌العمر، مدیریت منابع و کاربرد فناوری مورد توجه قرار گیرد و عملاً رعایت شود.

استاندارد عملکرد

مونتاژ پروژه کاربردی آنالوگ با رعایت استانداردهای تعریف‌شده

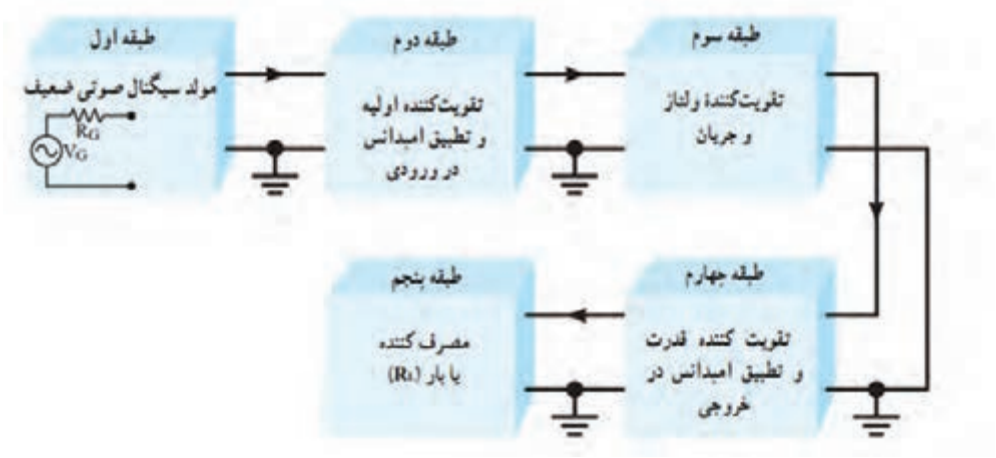
۱ـ۴ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

ابزار عمومی برق یا الکترونیک ـ لوازم‌التحریر ـ منبع تغذیه ـ مولتی‌متر ـ رایانه ـ نرم‌افزار پیشرفته طراحی مدارچاپی ـ ماژول‌های مورد نیاز و به‌روز موجود در بازار ـ اسید مدارچاپی ـ وان اسید ـ مواد پاک‌کننده ـ دریل ـ مته مناسب ـ قطعات مورد نیاز آزمایش آمپلی‌فایر

مشخصات فنی تجهیزات و تعداد آن در سند برنامه درسی آمده است.

۲ـ۴ تقویت‌کننده‌های چند طبقه

در درس‌های قبل با تقویت‌کننده آشنا شده‌اید. از آنجا که تقویت‌کننده‌های یک طبقه محدودیت‌هایی دارند نمی‌توانیم در سیستم‌های الکترونیکی تنها از یک طبقه تقویت‌کننده استفاده کنیم. در این شرایط برای به‌دست آوردن بهره موردنیاز، باید چند طبقه تقویت‌کننده را پشت سرهم ببندیم. به این ترتیب تقویت‌کننده‌های چندطبقه شکل می‌گیرد. در شکل ۱ـ۴ بلوک دیاگرام آمپلی‌فایر صوتی در ۵ طبقه نشان داده شده است.



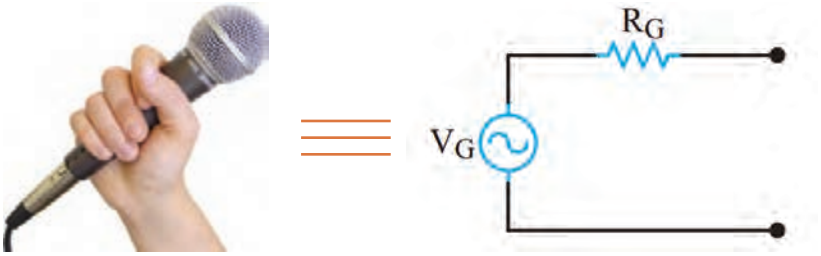
شکل ۱ـ۴ـ بلوک دیاگرام کامل یک آمپلی‌فایر صوتی

فیلم

فیلم تقویت‌کننده‌های چند طبقه را ببینید.

شرح خلاصه عملکرد هر طبقه

☑ **طبقه اول:** طبقه اول مولد سیگنال صوتی ضعیف مانند میکروفون است. مدار معادل الکتریکی میکروفون شامل یک منبع ولتاژ و یک مقاومت سری با آن (R_G) است که امپدانس خروجی این طبقه را تشکیل می‌دهد (شکل ۲ـ۴).



شکل ۲ـ۴ـ مدار الکتریکی معادل میکروفون

☑ **طبقه دوم:** برای آنکه حداکثر توان از طبقه اول به طبقه دوم انتقال داده شود، باید امپدانس خروجی طبقه اول (R_G) با امپدانس ورودی طبقه دوم برابر باشد. لذا در طبقه دوم از تقویت‌کننده‌هایی استفاده می‌شود که بتواند تطبیق امپدانس بین طبقه اول و دوم را به‌درستی برقرار کند. مثلاً میکروفون‌های کریستالی یا خازنی، امپدانس داخلی زیادی دارند. بنابراین برای تطبیق امپدانس، باید امپدانس ورودی طبقه دوم زیاد باشد.

☑ **طبقه سوم:** در طبقه سوم ولتاژ و جریان سیگنال صوتی درحدی تقویت می‌شود که بتواند طبقه تقویت‌کننده قدرت را راه‌اندازی کند. به‌این طبقه، مدار راه‌انداز یا درایور **(Driver)** می‌گویند. درطبقه راه‌انداز معمولاً یک یا چند طبقه تقویت‌کننده امیتر مشترک قرار می‌گیرد.

☑ **طبقه چهارم:** این طبقه، تقویت‌کننده قدرت نام دارد. در این طبقه معمولاً یک تقویت‌کننده جریان قرار می‌گیرد تا بتواند جریان کافی را برای تحریک و راه‌اندازی بلندگو فراهم کند.

☑ **طبقه پنجم:** در طبقه انتهایی تقویت‌کننده معمولاً بلندگو قرار می‌گیرد. بلندگو سیگنال الکتریکی صوت را به ارتعاشات مکانیکی صوت تبدیل می‌کند و امواج صوتی قابل شنیدن را با شدت و توان کافی مهیا می‌سازد.

دلایل استفاده از چند طبقه

عمل تقویت در چند طبقه به‌این دلیل انجام می‌شود که یک طبقه تقویت‌کننده معمولی نمی‌تواند بهره ولتاژ، بهره جریان و بهره توان بسیار بالا و درحد نیاز را تولید کند. همچنین استفاده از یک طبقه تقویت‌کننده نمی‌تواند تطابق لازم را بین مبدل‌های ورودی (میکروفون) و خروجی (بلندگو) برقرار نماید. هنگام پشت سرهم قراردادن تقویت‌کننده‌ها باید به دو نکته مهم زیر توجه کنید:

الف) تطبیق امپدانس بین طبقات و مبدل‌های ورودی و خروجی تقویت‌کننده.

ب) برقراری ارتباط بین دوطبقه تقویت‌کننده.

چگونگی ارتباط بین دو طبقه تقویت‌کننده را کوپلاژ **(Coupling)** می‌گویند. شکل ۳ـ۴ چندطبقه تقویت‌کننده را که به‌صورت بلوک دیاگرام به‌هم اتصال داده شده‌اند، نشان‌می‌دهد. شرط تطبیق امپدانس، برابر بودن امپدانس خروجی هر طبقه با ورودی طبقه بعدی است.

شکل ۳ـ۴ـ بلوک دیاگرام اتصال چند طبقه تقویت‌کننده به‌هم

پژوهش

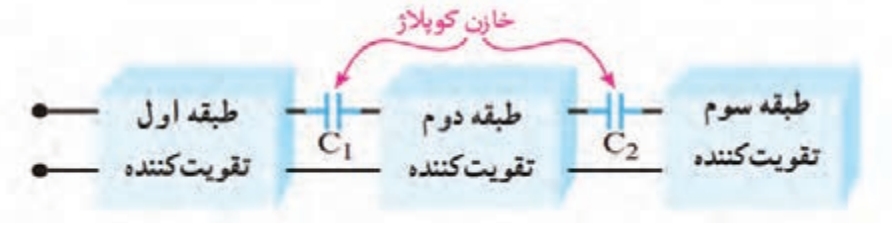
به‌مقدار امپدانس خروجی هر طبقه و امپدانس ورودی طبقه بعد توجه کنید. در صورتی که در طبقه اول به‌جای میکروفون خارنی از میکروفون الکترودینامیکی استفاده کنیم، چه اتفاقی برای مدار رخ می‌دهد؟ چرا؟ با مراجعه به رسانه‌های مختلف نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

۳ـ۴ اتصال تقویت‌کننده‌ها به‌یکدیگر

برای انتقال سیگنال از یک طبقه تقویت‌کننده به طبقه دیگر، باید دو طبقه را به‌یکدیگر اتصال دهیم. چگونگی اتصال دو طبقه تقویت‌کننده را به‌یکدیگر کوپلاژ (**Coupling**) می‌گویند. اتصال بین طبقات به‌وسیله خازن، ترانسفورماتور یا به‌طورمستقیم انجام می‌شود. از این‌رو سه نوع کوپلاژ خازنی، کوپلاژ ترانسفورماتوری و کوپلاژ مستقیم تعریف می‌شود.

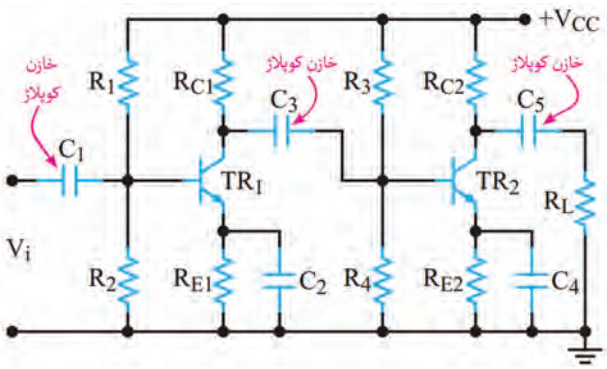
کوپلاژ خازنی

اگر دو یا چندطبقه تقویت‌کننده را به‌وسیله یک یا چند خازن به‌یکدیگر وصل کنیم، می‌گوییم کوپلاژ بین طبقات تقویت‌کننده به‌صورت خازنی است. در شکل ۴ ـ۴ بلوک دیاگرام سه طبقه تقویت‌کننده و خازن‌های کوپلاژ بین آنها نشان داده شده است.



شکل ۴ـ۴ـ بلوک دیاگرام سه طبقه تقویت‌کننده با کوپلاژ خازنی

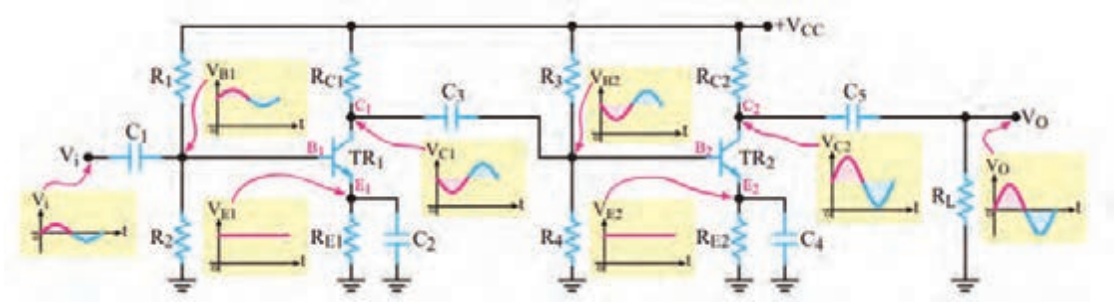
مدار تقویت‌کننده با کوپلاژ خازنی: به کوپلاژ خازنی، کوپلاژ RC نیز می‌گویند. دلیل این نام‌گذاری وجود خازن‌های کوپلاژ و مقاومت‌های موجود در کلکتور ترانزیستور است که در طبقات تقویت‌کننده وجود دارد و یک مدار RC را تشکیل می‌دهد. در شکل ۵ ـ۴ مدار یک تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ RC نشان داده شده است. خازن‌های C_1 و C_3 و C_5 خازن‌های کوپلاژ هستند. به‌علت وجود خازن‌ها، ارتباط DC از خروجی یک طبقه به ورودی طبقه بعدی تقویت‌کننده قطع می‌شود.



شکل ۵ـ۴ـ مدار یک تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ RC

فعالیت

در شکل ۶ ـ۴ تقویت‌کننده دو طبقه و شکل موج نقاط مختلف آن رسم شده است. در مورد عملکرد مدار و شکل موج نقاط مختلف گزارش کوتاهی بنویسید.



شکل ۶ـ۴ـ مدار یک تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ RC

☑ **مزایا و معایب کوپلاژ خازنی:** اتصال چند طبقه تقویت‌کننده از طریق کوپلاژ خازنی به‌یکدیگر، دارای مزایا و معایبی به‌شرح زیر است:

الف) یکی از مزایای این نوع کوپلاژ، در این است که طبقات از نظر مقادیر DC (نقطه کار ترانزیستورها) کاملاً مستقل از هم هستند و تغییر نقطه کار یک طبقه، روی سایر طبقات اثر نمی‌گذارد.

ب) اِشکال عمده کوپلاژ خازنی آن است که تقویت‌کننده، سیگنال‌های با فرکانس پایین را به‌درستی تقویت نمی‌کند.

پ) همچنین در این نوع تقویت‌کننده‌ها، به‌علت استفاده از تعداد زیاد مقاومت‌ها، تلفات توان افزایش می‌یابد و قدرت اعمال شده به بار کم می‌شود. در عمل، کوپلاژ خازنی در تقویت‌کننده‌های با قدرت کم به‌کار می‌رود.

جست و جو

الف) با مراجعه به رسانه‌های مختلف، علت کاهش پاسخ فرکانسی در کوپلاژ **RC** را بیابید و در قالب یک گزارش به کارگاه ارائه دهید.

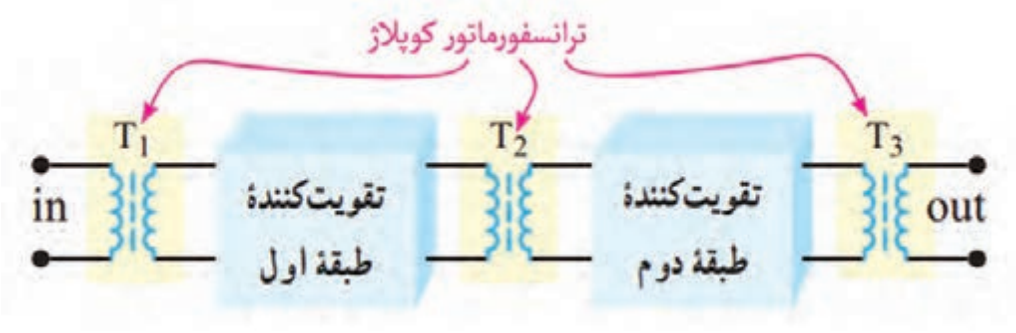
ب) جدولی مطابق جدول ۱ـ۴ تهیه کنید و مزایا و معایب تقویت‌کننده با کوپلاژ خازنی را به‌طور خلاصه و به‌تفکیک بنویسید.

جدول ۱ ـ۴ـ مزایا و معایب

ردیف	مزایا	معایب
۱		
۲		
۳		

تقویت‌کننده‌های با کوپلاژ ترانسفورماتوری

در کوپلاژ RC به‌دلیل اینکه در هر تقویت کننده باید بین کلکتور ترانزیستور و منبع تغذیه یک مقاومت R وجود داشته باشد، افت توان در مقاومت R به‌وجود می‌آید. به این ترتیب، قدرتی که به بار می‌رسد کم است. برای برطرف‌کردن این عیب، به‌ویژه در تقویت‌کننده‌های با قدرت زیاد، از کوپلاژ ترانسفورماتوری استفاده می‌کنند. به‌این ترتیب که اولیه یک ترانسفورماتور را به‌جای مقاومت R در کلکتور ترانزیستور قرار می‌دهند و موج خروجی را از ثانویه آن می‌گیرند و به ورودی طبقه بعدی می‌رسانند. ترانسفورماتورهای کوپلاژ ممکن است از نوع افزاینده یا کاهنده ولتاژ باشند. در واقع ترانسفورماتور جایگزین شبکه RC کوپلاژ می‌شود. ترانسفورماتور نیز مانند خازن مانع اثرگذاری ولتاژ DC طبقات روی یکدیگر می‌شود. شکل ۷ ـ۴ چگونگی اتصال دو طبقه تقویت‌کننده را به‌صورت بلوک دیاگرام و با کوپلاژ ترانسفورماتوری نشان می‌دهد.



شکل ۷ـ۴ـ بلوک دیاگرام دو طبقه تقویت‌کننده با کوپلاژ ترانسفورماتوری

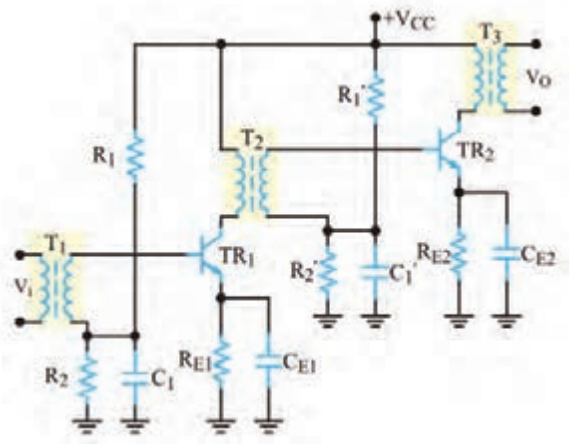
نکته

هر ترانسفورماتور علاوه برکوپلاژ، نقش تطبیق امپدانس بین طبقات را نیز به‌عهده دارد.

☑ **مدار تقویت‌کننده با کوپلاژترانسفورماتوری:** در شکل ۸ـ۴ مدار یک نمونه تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری را مشاهده می‌کنید.

تحقیق

به چه دلیل کوپلاژ ترانسفورماتوری در فرکانس‌های بالا و پایین به‌خوبی عمل نمی‌کند؟ بررسی کنید و نتایج را به کارگاه ارائه دهید.



شکل ۸ـ۴ـ مدار تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری

مزایا و معایب کوپلاژ ترانسفورماتوری

تقویت‌کننده با کوپلاژ ترانسفورماتوری دارای مزایا و معایبی به‌شرح زیر است:

الف) از مزایای ترانسفورماتور کاهش تلفات تقویت‌کننده و افزایش راندمان مدار است.

ب) تطبیق امپدانس بین طبقات به‌راحتی انجام می‌شود.

پ) ابعاد این نوع تقویت‌کننده‌ها به‌علت وجود ترانسفورماتور، بزرگ می‌شود.

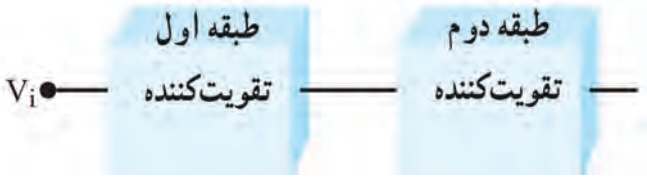
ت) در فرکانس‌های پایین به‌علت استفاده از بار سلفی پاسخ فرکانسی بدی دارند.

ث) قیمت این تقویت‌کننده‌ها به‌علت استفاده از ترانسفورماتور افزایش می‌یابد. امروزه به‌دلیل وجود عیوب یادشده، در دستگاه‌های صوتی و تصویری به‌ندرت از تقویت‌کننده‌های با کوپلاژ ترانسفورماتوری استفاده می‌شود.

فعالیت

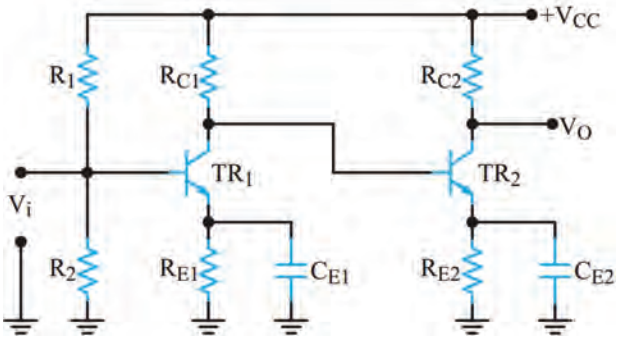
مزایا و معایب تقویت‌کننده با کوپلاژ ترانسفورماتوری را در جدولی به‌طور خلاصه به‌تفکیک بنویسید.

☑ **کوپلاژ مستقیم**: در این نوع کوپلاژ، دوطبقه تقویت‌کننده به‌صورت مستقیم به‌یکدیگر وصل می‌شوند. شکل ۹ـ۴ بلوک دیاگرام دو طبقه تقویت‌کننده را که به‌صورت کوپلاژ مستقیم به‌هم وصل شده‌اند، نشان می‌دهد.



شکل ۹ـ۴ـ بلوک دیاگرام دو طبقه تقویت‌کننده با کوپلاژ مستقیم

☑ **مدار تقویت‌کننده با کوپلاژ مستقیم**: در شکل ۱۰ـ۴ مدار یک تقویت‌کننده دوطبقه با کوپلاژ مستقیم نشان داده شده است. در این مدار هر دو طبقه تقویت‌کننده از نوع امیتر مشترک هستند. در این نوع کوپلاژ، طبقات تقویت‌کننده از نظر ولتاژ و جریان DC از یکدیگر مستقل نیستند.



شکل ۱۰ـ۴ـ مدار تقویت‌کننده دو طبقه با کوپلاژ مستقیم

☑ **مزایا و معایب کوپلاژ مستقیم**: مزایا و معایب تقویت‌کننده با کوپلاژ مستقیم به شرح زیر است:

الف) از مزایای کوپلاژ مستقیم صرفه‌جویی در قطعات و مقرون به صرفه‌بودن آن از نظر اقتصادی است.

ب) در این نوع تقویت‌کننده، فرکانس‌های خیلی کم حتی DC نیز به‌خوبی تقویت می‌شوند.

پ) تغییرات نقطه کار یک طبقه روی نقطه کار سایر طبقات تأثیر می‌گذارد.

ت) مدار به‌شدت نسبت به حرارت حساس است.
ث) در صورت بروز عیب در یکی ازطبقات به سایرطبقه‌ها نیز آسیب وارد می‌سازد. بنابراین هنگام تعمیر دستگاه‌هایی که در آن تقویت‌کننده‌های با کوپلاژ مستقیم به‌کار رفته است، باید توجه داشته باشید که درصورت سوختن یکی از ترانزیستورها، کلیه ترانزیستورها را مورد آزمایش قرار دهید و از صحت آنها اطمینان حاصل کنید.

فعالیت

الف) حداقل مدار دو نمونه تقویت‌کننده را از نظر کوپلاژ بررسی کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.
ب) جدولی تهیه کنید و مزایا و معایب تقویت‌کننده با کوپلاژ مستقیم را به‌تفکیک بنویسید.

الگوی پرسش

۱ـ برای انتقال حداکثر توان از یک طبقه تقویت‌کننده به طبقه دیگر باید امپدانس ..... طبقه اول با امپدانس ..... طبقه دوم برابر باشد.

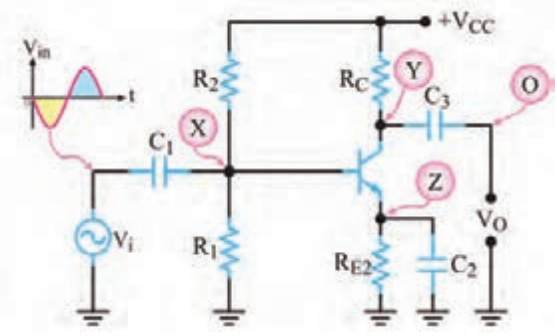
۲ـ با قطع خازن کوپلاژ نقطه کار DC تقویت‌کننده تغییر می‌کند. صحیح ☐ غلط ☐

۳ـ کوپلاژ را تعریف کنید و انواع آن را نام ببرید.

۴ـ مزایا و معایب کوپلاژ ترانسفورماتوری را شرح دهید.

۵ـ برای کوپلاژ دوتقویت‌کننده که در فرکانس‌های خیلی کم کار می‌کنند کدام نوع کوپلاژ مناسب‌تر است؟

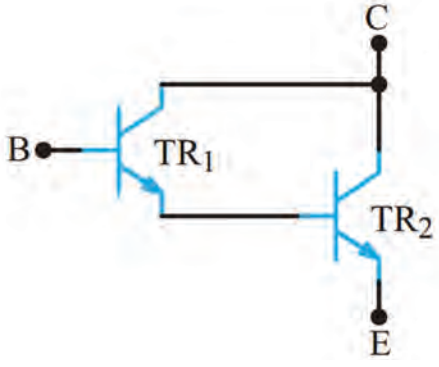
۶ـ با توجه به شکل موج ورودی تقویت‌کننده شکل ۱۱ـ۴ شکل موج نقاط X،Y،Z و O را رسم کنید.



شکل ۱۱ـ۴ـ مدار تقویت‌کننده

۴ـ۴ زوج دارلینگتون (Darlington Pair)

یک‌نمونه از تقویت‌کننده‌های دوطبقه با کوپلاژ مستقیم، زوج دارلینگتون است که در شکل ۱۲ـ۴ نشان داده شده است. از آنجا که ترانزیستورهای قدرت اغلب دارای ضریب تقویت جریان (β) کمی هستند، برای به‌دست آوردن ضریب تقویت جریان بزرگ‌تر از ترانزیستورهای زوج دارلینگتون استفاده می‌شود. مدار تقویت‌کننده زوج دارلینگتون دارای مقاومت ورودی زیاد است. اگر ضریب تقویت جریان ترانزیستور TR_1 را β_1 و ضریب تقویت جریان ترانزیستور TR_2 را β_2 فرض کنیم،



شکل ۱۲ـ۴ـ تقویت‌کننده زوج دارلینگتون

می‌توان ثابت کرد که ضریب تقویت جریان زوج دارلینگتون از رابطه $\beta_T \approx \beta_1 \beta_2$ به‌دست می‌آید.

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، روش اثبات رابطه $\beta_T \approx \beta_1 \beta_2$ را بیابید و در قالب یک گزارش ارائه کنید.

جست‌وجو

آشنایی با مخترعین و دانشمندان

آقای سیدنی دارلینگتون مهندس برق بود و در سال ۱۹۰۶در آمریکا متولد شد. وی در سال ۱۹۵۳توانست ترانزیستور ترکیبی زوج دارلینگتون را اختراع کند. چند سال بعد یک دانشمند مجارستانی به نام جورج کلیفورد زیکلای اختراع ایشان را کامل کرد و ترانزیستور مکمل دارلینگتون را بااستفاده از یک ترانزیستور PNP و یک ترانزیستور NPN اختراع نمود. دارلینگتون مکمل (Complementary) به نام ایشان (زوج زیکلای ـ Sziklai Pair) نامیده شد. سیدنی دارلینگتون درسال ۱۹۹۷چشم از جهان بربست.

زوج دارلینگتون در یک بسته‌بندی

کارخانه‌های سازنده قطعات نیمه‌هادی، زوج دارلینگتون را در یک بسته‌بندی و مشابه ترانزیستورهای ساده نیز به بازار عرضه می‌کنند. برای نمونه سری ترانزیستورهای ۲N ۶۳۸۴، ۲N ۶۳۸۵ و ۲N ۶۳۸۶ به‌صورت ترکیب دارلینگتون هستند. این ترانزیستورها به‌صورت NPN با β نزدیک به ۳۰۰۰ و قدرتی برابر ۱۰۰ وات ساخته می‌شوند. در شکل ۱۳ـ۴ ترانزیستور زوج دارلینگتون در یک بسته‌بندی نشان داده شده است.

شکل ۱۳ـ۴ـ زوج دارلینگتون در یک بسته‌بندی و در یک آرایه

فعالیت

با مراجعه به رسانه‌های مختلف برگه اطلاعات یک نمونه زوج دارلینگتون ساده و آرایه‌ای را بیابید و مشخصات آن‌را در یک جدول ارائه کنید.

الگوی پرسش

۱ـ زوج دارلینگتون دارای بهره جریان..... و مقاومت ورودی..... است.

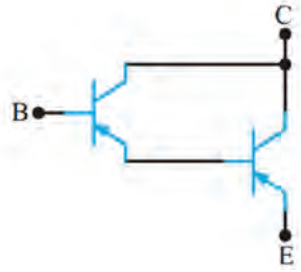
۲ـ مدار شکل ۱۴ـ۴ زوج دارلینگتون NPN یا PNP است؟ β_T کدام است؟

۱) NPN ، $\beta_T \approx \beta_1 \beta_2$ ۲) PNP ، $\beta_T \approx \beta_1 \beta_2$

۳) PNP ، $\beta_T \approx \beta_1 + \beta_2$ ۴) NPN ، $\beta_T \approx \beta_1 + \beta_2$

۳ـ در زوج دارلینگتون، کوپلاژ بین دو ترانزیستور از نوع مستقیم است.

صحیح ☐ غلط ☐



شکل ۱۴ـ۴ـ زوج دارلینگتون

کار عملی۱

بستن مدار تقویت‌کننده دو طبقه در نرم‌افزار

هدف: بستن مدار تقویت‌کننده دو طبقه در نرم‌افزار و به‌دست آوردن نقطه کار DC و بهره ولتاژ مدار

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

نکته

ترانزیستوری که برای بستن مدار انتخاب می‌کنید باید دارای بتای (β) ۷۵ تا ۱۰۰ باشد. ترانزیستورهای ۲N۲۲۱۹، BC۱۰۷، ۲SC۸۲۹ یا هر نوع ترانزیستور عمومی دیگرکه دارای بتای بین ۷۵ تا ۱۰۰ هستند را می‌توانید به‌کار ببرید.

مراحل اجرای کار

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

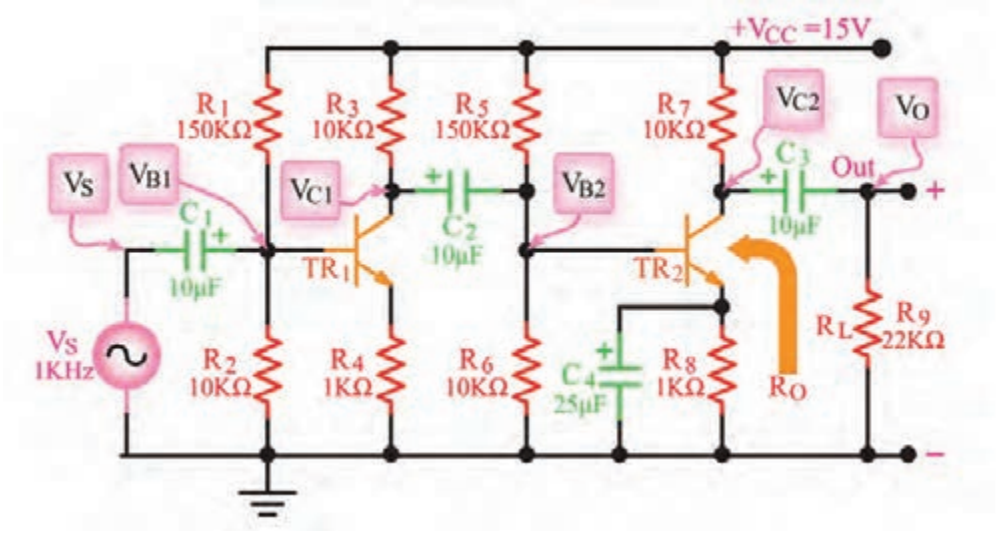
۲ـ مدار شکل ۱۵ـ۴ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ منبع تغذیه ۱۵ ولت را به مدار وصل کنید.

۴ـ در حالی که سیگنال ژنراتور خاموش است به‌وسیله ولت‌متر DC ولتاژ هر یک از پایه‌های ترانزیستور را نسبت به نقطهٔ مبنا (زمین) اندازه بگیرید و مقادیر را در جدول ۲ـ۴ بنویسید.

جدول ۲ ـ۴

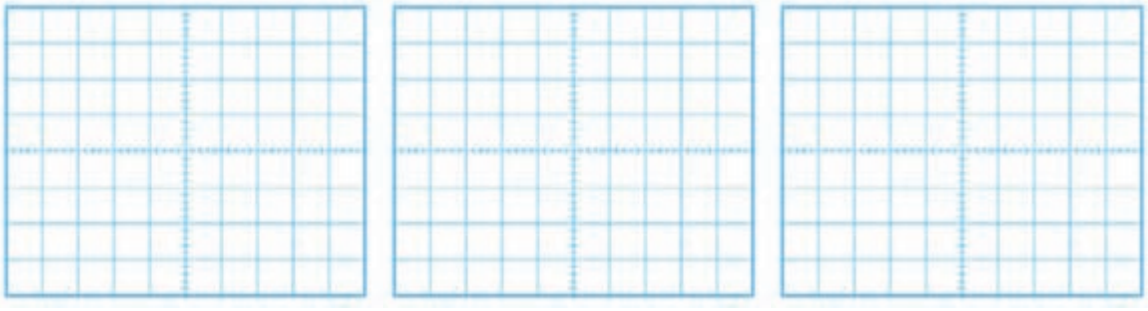
ردیف	کمیت مورد اندازه‌گیری	مقدار	واحد
۱	V_{B1}		
۲	V_{BE1}		
۳	V_{C1}		
۴	V_{B2}		
۵	V_{BE2}		
۶	V_{C2}		



شکل ۱۵ـ۴ـ مدار تقویت‌کننده دو طبقه

۵ـ سیگنال ژنراتور را روشن کنید، فرکانس را روی ۱KHz موج سینوسی قرار دهید و دامنهٔ ولتاژ ورودی را طوری تنظیم کنید که دامنهٔ سیگنال خروجی (V_O) بدون تغییر شکل (اعوجاج) برابر با ۶ ولت پیک‌تاپیک شود.

۶ ـ به‌وسیله اسیلوسکوپ شکل موج‌های V_{B1} ، V_{B2} و V_O را با مقیاس و فاز صحیح در نمودارهای شکل ۱۶ـ۴ رسم کنید. روی محورهای افقی مقدار Time/Div و روی محورهای قائم مقدار Volt/Div را مشخص کنید.



شکل موج V_{B1} | شکل موج V_{B2} | شکل موج V_O

شکل ۱۶ـ۴ـ شکل موج نقاط مختلف مدار

۷ـ آیا فرایند تقویت در هر طبقه انجام شده است؟ آیا در هر طبقهٔ تقویت‌کننده اختلاف فاز ۱۸۰درجه وجود دارد؟ توضیح دهید. همچنین ولتاژ V_{C2} و V_O را از نظر DC مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید و عملکرد خازن کوپلاژ را بررسی کنید. نتیجه را به‌اختصار بنویسید. .....

.....

.....

۸ ـ مقدار پیک‌تاپیک هر یک از سیگنال‌ها را اندازه‌گیری کنید و نتایج را در جدول ۳ ـ۴ بنویسید.

۹ـ با استفاده از رابطه $A_V = \frac{V_O}{V_{in}}$ و مقادیر اندازه‌گیری شده، مقدار بهرهٔ ولتاژ را در هر یک از طبقات و بهرهٔ کل را با استفاده از جدول ۳ـ۴ محاسبه کنید.

۱۰ـ مقدار A_V کل مدار را از رابطه $A_V = \frac{V_O}{V_{in}}$ محاسبه کنید.

جدول ۳ ـ۴

ردیف	کمیت مورد اندازه‌گیری	مقدار	واحد
۱	$V_{B۱(PP)}$		
۲	$V_{C۱(PP)}$		
۳	$A_{V۱} = \frac{V_{C۱(PP)}}{V_{B۱(PP)}}$		
۴	$V_{B۲(PP)}$		
۵	$V_{C۲(PP)}$		
۶	$A_{V۲} = \frac{V_{C۲(PP)}}{V_{B۲(PP)}}$		
۷	$V_{O(PP)}$		
۸	کل $A_V = \frac{V_{O(PP)}}{V_{B۱(PP)}}$		

پژوهش

بررسی کنید آیا $A_{VT} = A_{V۱} \times A_{V۲}$ است؟ چرا؟ نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

۵ـ۴ ترانزیستور اثر میدان FET (Field Effect Transistor)

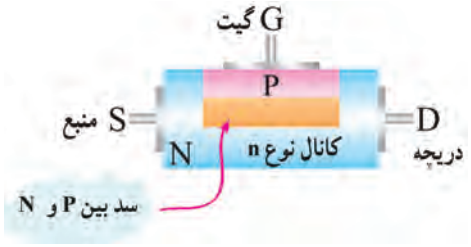
ترانزیستورهای معمولی به‌دلیل ساختار فیزیکی خاصی که دارند ترانزیستورهای دوپیوندی یا BJT نامیده می‌شوند.این ترانزیستورها قطعاتی هستند که جریان را کنترل می‌کنند. به‌زبانی دیگر جریان عبوری بیس ترانزیستور جریان کلکتور را کنترل می‌کند. همچنین مقاومت ورودی ترانزیستور BJT کم است. از سوی دیگر در دستگاه‌های اندازه‌گیری مانند ولت‌متر و اسیلوسکوپ باید مقاومت ورودی زیاد باشد تا باعث بارگذاری روی مدار نشود و جریان نکشد. بنابراین استفاده از ترانزیستورهای BJT در این‌گونه دستگاه‌ها، کارایی لازم را ندارند. قطعه دیگری به‌نام ترانزیستور اثر میدان یا FET وجود دارد که جایگزین BJT می‌شود. ساختمان داخلی ترانزیستورهای اثر میدان یا FET در مقایسه با ترانزیستورهای BJT ساده‌تر است و مقاومت ورودی بسیار زیاد در حدود ۱۰MΩ تا ۱۰۰۰MΩ دارند. ترانزیستورهای اثرمیدان با ولتاژ کنترل می‌شوند و در ساختمان داخلی آنها فقط دو نوع نیمه‌هادی به‌کار می‌رود، به‌همین علت این ترانزیستورها را یک قطبی (Unijunction Transistor) یا تک‌پیوندی می‌گویند. ترانزیستورهای اثر میدان را در دو نوع JFET و MOSFET می‌سازند. MOS از اول کلمات Metal Oxide Semiconductor و به‌معنی نیمه‌هادی اکسیدفلز گرفته شده است.

۶ـ۴ ترانزیستور با اثر میدان پیوندی یا JFET (Junction Field Effect Transistor)

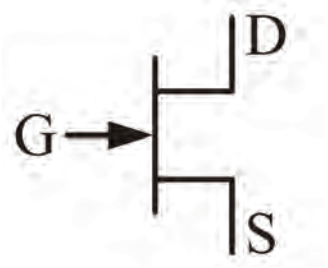
این ترانزیستور در دو نوع با کانال N و P تولید می‌شود. درنوع کانال N، یک میله با ناخالصی کم از نوع N را در نظر می‌گیرند، این میله مانند یک مقاومت عمل می‌کند. اگر یک باتری، مطابق شکل ۱۷ـ۴ به دو سر این میله وصل کنیم، جریانی متناسب با ولتاژ دوسر باتری از آن عبور می‌کند. یک انتهای میله را که الکترون‌ها از آن خارج می‌شوند دریچه یا درین (Drain) و انتهای دیگر میله را، که الکترون‌ها به آن وارد می‌شوند منبع یا سورس (Source) نام‌گذاری می‌کنند. اگر در قسمتی از این میله یک فلز سه ظرفیتی نفوذ دهیم، لایه P شکل می‌گیرد و یک پیوند pn به‌وجود می‌آید. در این حالت ناحیه n را کانال و نیمه‌هادی نوع p را دروازه یا گیت (Gate) می‌نامند. با اتصال دو سیم به دو طرف لایه N و یک سیم به لایه P یک عنصر سه‌پایه حاصل می‌شود که به ترانزیستور با اثر میدان‌پیوندی معروف است.

شکل ۱۸ ـ۴ ساختمان JFET با کانال N و پایه‌های آن را نشان می‌دهد. علامت اختصاری JFET با کانال N را در شکل ۱۹ ـ۴ ملاحظه می‌کنید. توجه داشته باشید که نوک پیکان به‌سمت داخل معرف گیت از نوع P است.

شکل ۱۷ـ۴ـ نیمه‌هادی با ناخالصی N به عنوان کانال



شکل ۱۸ـ۴ـ ساختمان JFET با کانال N



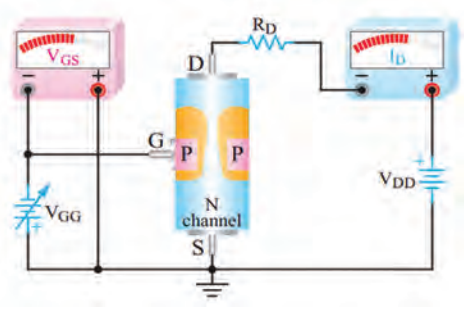
شکل ۱۹ـ۴ـ علامت اختصاری JFET با کانال N

فیلم

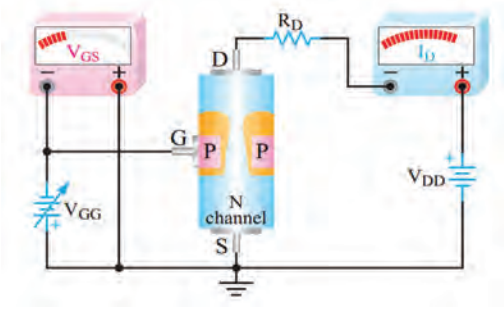
فیلم رفتار JFET را در مدار ملاحظه کنید.

رفتار JFET در مدار

چنانچه مطابق شکل ۲۰ـ۴ گیت سورس را در گرایش معکوس قرار دهیم، موجب افزایش مقاومت کانال و کاهش جریان درین می‌شود. شکل ۲۱ـ۴ نشان می‌دهد که با کاهش V_{GG}، عرض کانال بیشتر می‌شود و مقاومت کانال را کاهش می‌دهد. در این شرایط جریان درین بیشتری از مدار می‌گذرد. در شکل ۲۲ـ۴ مقدار V_{GS} را منفی‌تر کرده‌ایم. در این حالت، کانال باریک‌تر می‌شود و مقاومت کانال را افزایش می‌دهد. لذا جریان درین (I_D) کمتری از مدار می‌گذرد.



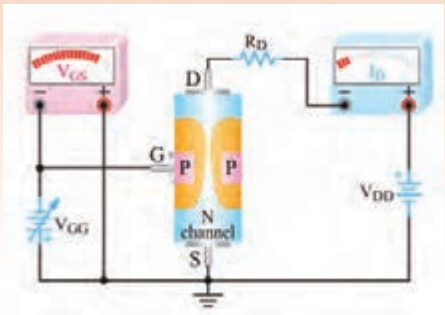
شکل ۲۰ـ۴ـ V_{GG} پیوند PN را به بایاس مخالف می‌برد.



شکل ۲۱ـ۴ـ با V_{GG} کمتر ID بیشتر است.

فکر کنید

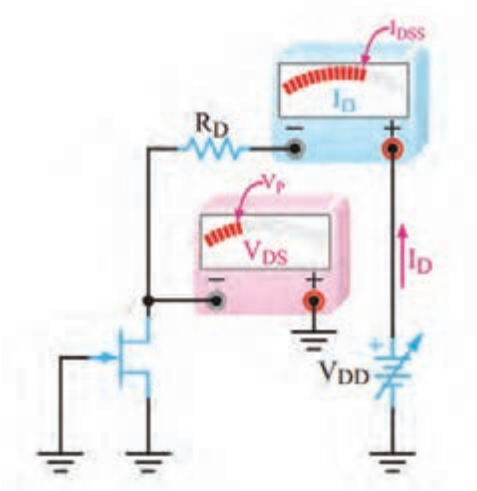
شباهت‌های بین عبور جریان آب در یک شیر مانند شکل ۲۳ـ۴ و عبور جریان درین از یک ترانزیستور JFET را بیابید. آیا بسته‌شدن شیر با منفی‌تر شدن ولتاژ V_{GG} قابل مقایسه است؟



شکل ۲۲ـ۴ـ با V_{GG} بیشتر ID کم شده است.

شکل ۲۳ـ۴

۴ـ۷ مقادیر حد در FET



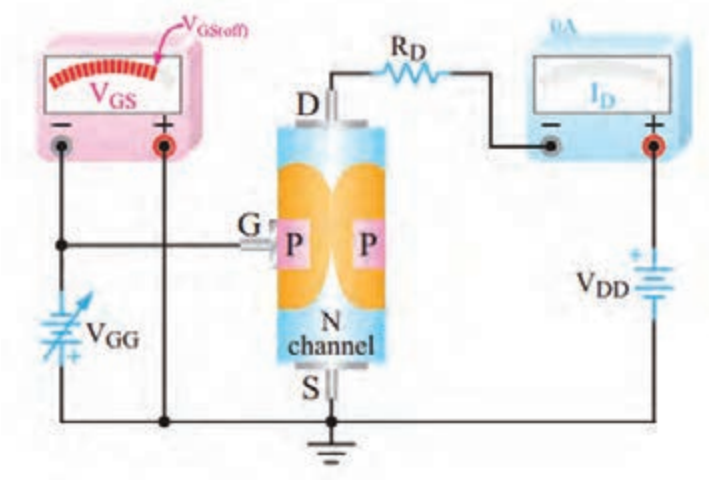
شکل ۲۴ـ۴ـ I_D , $V_{DS} = V_P$ ثابت و برابر I_{DSS} است.

☑ **ولتاژ بحرانی V_P (Pinch off Voltage)**: اگر $V_{GS} = 0$ باشد به مقدار V_{DS} که به بسته‌شدن حداکثری کانال منجر می‌شود، ولتاژ بحرانی (V_P) می‌گویند. در این حالت جریان درین (I_D) ثابت می‌ماند. برای یک FET با شماره فنی معین، مقدار V_P در برگه اطلاعات آن داده می‌شود.

☑ **جریان درین سورس اشباع I_{DSS} (I_{DS} Saturation)**: اگر V_{DS} به مقدار V_P و بیشتر از آن برسد، I_D ثابت می‌ماند. این جریان را جریان درین‌سورس اشباع می‌نامند و آن‌را با (I_{DSS}) نمایش می‌دهند. I_{DSS} ماکزیمم جریانی است که JFET می‌تواند از خود عبور دهد. این جریان در برگه اطلاعات نوشته می‌شود. شکل ۲۴ـ۴ مداری از

JFET را نشان می‌دهد که در آن $V_{DS} = V_P$ است و جریان درین برابر با I_{DSS} شده است.

☑ **ولتاژ شکست درین سورس (V_{Br}) (Break down voltage)**: اگر V_{DS} را بیش از اندازه مجاز افزایش دهیم، در محل اتصال PN بایاس مخالف، پدیده شکست بهمنی رخ می‌دهد و جریان درین به‌سرعت افزایش می‌یابد. در این شرایط معمولاً JFET آسیب می‌بینـد. ولتـاژ شکست در JFETهای معمولی حدود ۲۰ تا ۳۰ ولت است.



شکل ۲۵ـ۴ـ JFET در ناحیه قطع قرار دارد.

☑ **ولتاژ قطع گیت سورس ($V_{GS\,off}$)**: هرقدر V_{GS} منفی‌تر شود، I_D کاهش می‌یابد، مقدار V_{GS} که بتواند I_D را تقریباً به صفر برساند، ولتاژ قطع گیت سورس (V_{GSoff}) نام دارد. معمولاً مقدار عددی ولتاژ قطع گیت سورس با مقدار عددی ولتاژ V_P برابر است. شکل ۲۵ـ۴ JFET را در حالت قطع (cut off) نشان می‌دهد.

☑ **برگهٔ اطلاعات**: همان‌طور که قبلاً گفته شد، مشخصات فنی ترانزیستورهای اثر میدان در برگه‌های اطلاعات (data sheet) داده می‌شود.برای دسترسی به اطلاعات کامل می‌توانید به سایت Alldatasheet.Com مراجعه نمایید. در شکل ۲۶ ـ۴ بخشی از مشخصات یک نمونه JFET باکانال N با شماره LS ۸۴۶ آمده است.

نکته مهم

درصورت طرح سؤال جهت آزمون، جداول مربوط به data sheet به زبان اصلی حتماً در اختیار هنرجویان قرار داده شود.

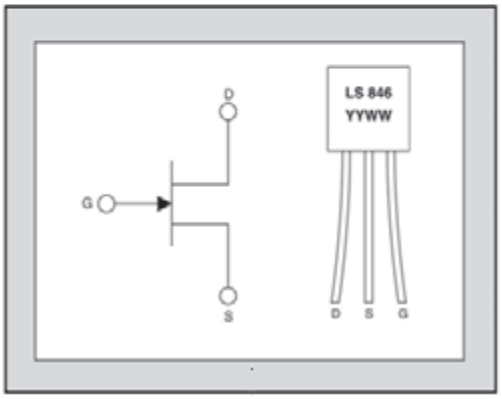
LINEAR SYSTEMS سیستم خطی

Linear Integrated Systems سیستم‌های مجتمع خطی

LS846

LOW NOISE, LOW LEAKAGE SINGLE N-CHANNEL JFET

JFET، کانال N ، نویز و جریان نشتی کم



توان تلف شده در بار دائمی در ۱۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد

FEATURES	مشخصه‌ها	
ULTRA LOW NOISE	نویز فوق‌العاده کم	e_n = 3nV/Hz
LOW GATE LEAKAGE	جریان نشتی گیت بسیار کم	I_G = 15pA
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS[1] @ 25 °C (unless otherwise stated)	مقادیر ماکزیمم مطلق در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد	
Maximum Temperatures	حداکثر درجه حرارت	
Storage Temperature	درجه حرارت نگهداری	-65 to +150 °C
Operating Junction Temperature	درجه حرارت پیوند	-55 to +135 °C
Maximum Power Dissipation	حداکثر توان قابل تحمل	
Continuous Power Dissipation @ +125 °C		350mW
Maximum Currents	جریان ماکزیمم	
Gate Forward Current	جریان موافق گیت	$I_{G(F)}$ = 50mA
Maximum Voltages	ماکزیمم ولتاژ	
Drain to Source	درین سورس	V_{DSO} = 60V
Gate to Source	گیت سورس	V_{GSS} = 60V
Gate to Drain	گیت درین	V_{GDS} = 60V

مشخصه‌های الکتریکی در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد
(در غیر این صورت قید شده است.)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS @ 25 °C (unless otherwise stated)

SYMBOL	CHARACTERISTIC مشخصه‌ها	MIN	TYP	MAX	UNITS	CONDITIONS
BV_{GSS}	Gate to Source Breakdown Voltage	60			V	V_{DS} = 0, I_D = 1nA
$V_{GS(OFF)}$	Gate to Source Pinch-off Voltage	1		3.5	V	V_{DS} = 15V, I_D = 1nA
V_{GS}	Gate to Source Operating Voltage	0.5		3.5	V	V_{DS} = 15V, I_D = 500µA
I_{DSS}	Drain to Source Saturation Current	1.5	5	15	mA	V_{DG} = 15V, V_{GS} = 0
I_G	Gate Operating Current		15	50	pA	V_{DG} = 15V, I_D = 500µA
I_G	Gate Operating Current Reduced V_{DG}		5	30	pA	V_{DG} = 3V, I_D = 500µA
I_{GSS}	Gate to Source Leakage Current			100	pA	V_{DG} = 15V, V_{DS} = 0
Y_{os}	Typical Output Conductance		0.2	2	µmho	V_{DG} = 15V, I_D = 500µA
NF	Noise Figure			0.5	dB	V_{DS} = 15V, V_{GS} = 0, R_G = 10MΩ, f = 100Hz, NBW = 6Hz
e_n	Noise Voltage			11	nV/√Hz	V_{DS} = 15V, I_D = 500µA, f = 10Hz, NBW = 1Hz
C_{ISS}	Common Source Input Capacitance			8	pF	V_{DS} = 15V, I_D = 500µA

شکل ۲۶ـ۴ـ قسمتی از برگه اطلاعات یک نمونه JFET

فعالیت عملی

یک عدد ترانزیستور JFET را در اختیار بگیرید و با توجه به شماره آن، برگه اطلاعات آن‌را پیدا کنید و پایه‌های آن‌را با استفاده از Data Sheet مشخص نمایید.

پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف بررسی کنید آیا با استفاده از اهم‌متر می‌توان پایه‌های ترانزیستور JFET را مشخص کرد؟ چگونه؟ نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

الگوی پرسش

۱ـ ترانزیستورهای BJT عناصری کنترل شده با..... و ترانزیستورهای FET عناصری کنترل شده با..... هستند.

۲ـ مقاومت ورودی ترانزیستورهای BJT به‌علت وجود..... نسبتاً..... است.

۳ـ مقاومت ورودی ترانزیستورهای اثر میدان بسیار زیاد است. ☐ صحیح ☐ غلط

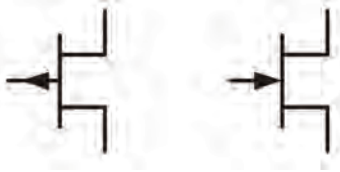
۴ـ FET یک ترانزیستور تک قطبی (unipolar) است. ☐ صحیح ☐ غلط

۵ـ I_{DSS} کدام است؟

۱) جریان درین وقتی سورس اتصال کوتاه است. ۲) جریان درین در حالتی که مدار قطع است.

۳) حد متوسط (میانگین) جریان درین ۴) حداکثر جریان ممکن درین

۶ـ نام پایه‌های JFET در شکل ۲۷ـ۴ را روی هر پایه بنویسید و سپس نوع کانال (P یا N) را مشخص کنید.



شکل ۲۷ـ۴ـ دو نوع JFET

۷ـ شکل ۲۸ـ۴ بخشی از برگه اطلاعات ترانزیستور JFET با شماره فنی ۲N۳۸۱۹ است. آن را به فارسی ترجمه کنید.

2N3819

N-Channel RF Amplifier

- This device is designed for RF amplifier and mixer applications operating up to 450MHz, and for analog switching requiring low capacitance.
- Sourced from process 50.

شکل ۲۸ـ۴ـ قسمتی از برگه اطلاعات JFET

۸ـ با توجه به برگه اطلاعات شکل ۲۹ـ۴ که مربوط به ترانزیستور۲N۳۸۱۹ است. مقادیر ماکزیمم مطلق را بنویسید.

V_{DG} ■ ..... V_{GS} ■ ..... I_D ■ ..... I_{GF} ■ ..... T_{STG} ■

Epitaxial Silicon Transistor:

►Absolute Maximum Ratings* $T_C = 25°C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Ratings	Units
V_{DG}	Drain-Gate Voltage	25	V
V_{GS}	Gate-Source Voltage	−25	V
I_D	Drain Current	50	mA
I_{GF}	Forward Gate Current	10	mA
T_{STG}	Storage Temperature Range	−55 to 150	°C

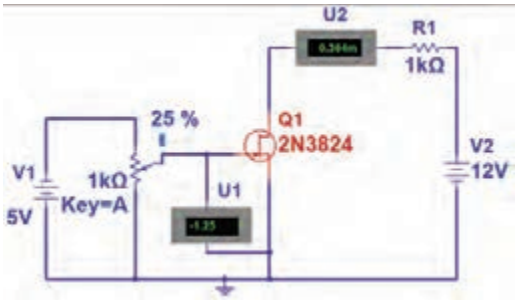
شکل ۲۹ـ۴ـ قسمتی از برگه اطلاعات JFET

کارعملی ۲

آزمایش JFET در نرم‌افزار

هدف: بررسی تأثیر تغییر V_{GS} بر روی جریان درین

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر



شکل ۳۰ـ۴ـ مدار کار عملی نرم‌افزاری

مراحل اجرای کار:

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگری را راه‌اندازی کنید.
۲ـ مدار شکل ۳۰ ـ۴ را در فضای نرم‌افزار ببندید.
۳ـ منبع تغذیه ۱۲ولت را به مدار وصل کنید.
۴ـ با تغییر مقدار مقاومت پتانسیومتر، مقدار V_{GS} و I_D را اندازه بگیرید و جدول ۴ـ۴ را کامل کنید.
۵ـ بیشترین جریان درین با چه مقداری از V_{GS} به‌وجود می‌آید؟
۶ـ جریان درین به‌ازای چه مقدار از V_{GS} برابر با صفر می‌شود؟

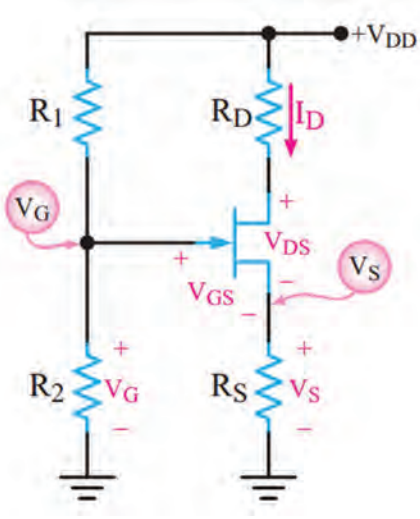
جدول ۴ ـ۴

ردیف	درصد مقدار پتانسیومتر	V_{GS}	واحد	I_D	واحد
۱	۰				
۲	۱۰				
۳	۲۰				
۴	۳۰				
۵	۴۰				
۶	۴۵				
۷	۵۰				

۸ـ۴ تغذیه JFET

برای ایجاد یک نقطه کار مناسب، باید ترانزیستور FET را نیز مانند ترانزیستور BJT بایاس کنیم. روش‌های بایاس FET با روش‌های بایاس BJT تفاوت اساسی ندارند، فقط باید توجه داشته باشیم که مقاومت ورودی FET خیلی زیاد است، از این‌رو جریان بسیار کمی درحدود چند نانوآمپر یا پیکوآمپر از گیت عبور می‌کند. بنابراین معمولاً در محاسبات، I_G را مساوی صفر در نظر می‌گیرند.

ترانزیستور FET نیز با روش‌های مختلف بایاس می‌شود که یک نوع آن شرح داده شده است.



شکل ۳۱ـ۴ـ مدار بایاس با تقسیم‌کننده ولتاژ

بایاس تقسیم‌کننده ولتاژ (Voltage Divider Bias):

در این روش ازمدار مقاومتی مطابق شکل ۳۱ـ۴ استفاده می‌کنیم. ولتاژ گیت از طریق مدار تقسیم ولتاژ R_1 و R_2 و ولتاژ سورس به‌وسیله مقاومت R_S تأمین می‌شود. به‌دلیل استفاده از دو مسیر مختلف برای تأمین V_{GS} این نوع تغذیه را، تغذیهٔ مرکب نیز می‌گویند. با توجه به اینکه از گیت ترانزیستور جریانی نمی‌گذرد، ولتاژ گیت برابر افت پتانسیل در دو سر مقاومت R_2 است و پتانسیل سورس از رابطه $R_S \times I_D$ به‌دست می‌آید. مقدار V_{GS} از رابطه $V_{GS}=V_G - V_S$ قابل محاسبه است.

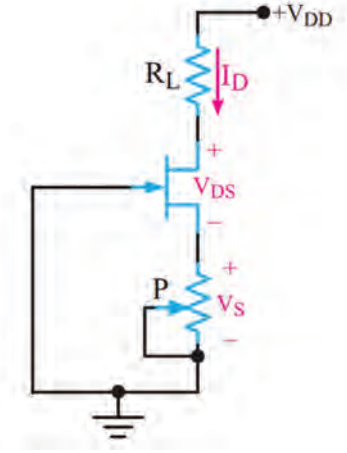
فیلم

فیلم مربوط به کاربُرد ترانزیستور FET را ببینید.

۹ـ۴ موارد کاربرد ترانزیستورهای اثر میدان

استفاده از FET درساختن منابع جریان

منبع جریان مداری است که بتواند به بارهای مختلف جریان ثابت بدهد. اگر یک ترانزیستور FET مطابق شکل ۳۲ـ۴ تغذیه شود، در صورتی که V_{DS} آن بیش از V_P باشد، با تغییر R_L در بازه مشخص می‌تواند جریان ثابت I_D را ایجاد کند.



شکل ۳۲ـ۴ـ مدار منبع جریان با FET

کارعملی ۳

آزمایش منبع جریان با JFET در نرم‌افزار

هدف: بررسی تأثیر تغییر بار بر روی جریان درین

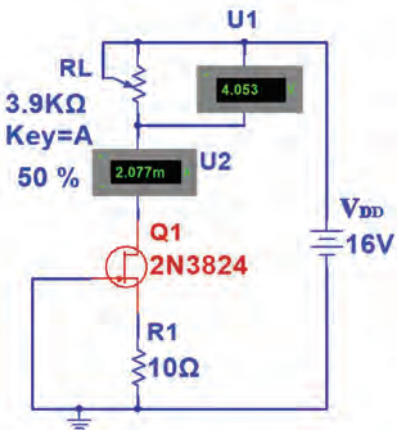
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار:

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۳۳ ـ۴ رادر فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ منبع تغذیه ۱۶ ولت را به مدار وصل کنید.



شکل ۳۳ـ۴ـ مدار منبع جریان با FET

نکته

پتانسیومتر به‌عنوان بار متغیر در مدار قرار دارد. با تغییر بار ولتاژ دو سر آن تغییرکرده و جریان عبوری از آن تقریباً ثابت می‌ماند.

۴ـ با تغییر مقدار مقاومت پتانسیومتر، مقدار I_D را مشاهده کنید. آیا I_D تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

.....

جست‌وجو

بررسی کنید به‌چه دلیل جریان در مقاومت R_L ثابت می‌ماند. نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

۵ـ با تغییر پتانسیومتر از صفر درصد تا صددرصد، جریان درین چقدر تغییر نموده است؟

۶ ـ مطابق جدول ۵ ـ۴ در سه مرحله مقادیر خواسته شده را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

جدول ۵ ـ۴

ردیف	درصد مقدار پتانسیومتر	$I_{RL} - I_D$	واحد	V_{RL}	واحد
۱	۰				
۲	۵۰				
۳	۱۰۰				

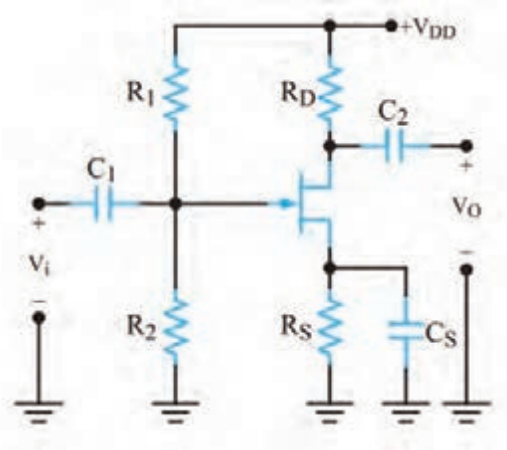
استفاده از FET به‌عنوان تقویت‌کنندهٔ اولیه با امپدانس ورودی زیاد

چون تقویت‌کننده FET امپدانس ورودی زیادی دارد، می‌توان به عنوان تقویت‌کننده اولیه برای اتصال به منابعی مانند میکروفون‌های خازنی که مقاومت خروجی زیادی دارند، استفاده شود.

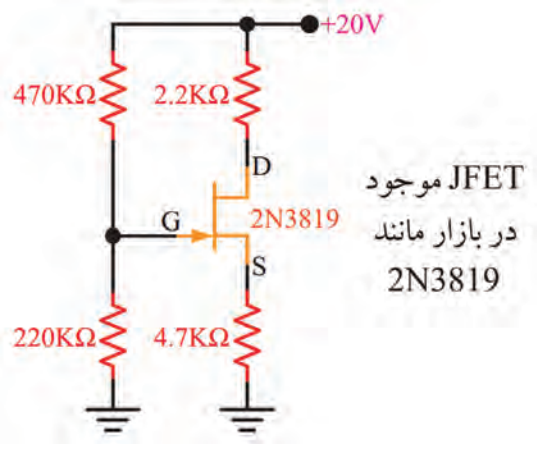
☑ **تقویت‌کننده‌های سیگنال کوچک FET:** یکی از کاربردهای مهم ترانزیستور FET در مدارهای تقویت‌کننده ولتاژ است. یک FET ممکن است به‌صورت تقویت‌کننده‌های سورس مشترک،گیت مشترک یا درین مشترک استفاده شود. هر یک از این سه آرایش، مشابه آرایش‌های ترانزیستورBJT است که مشخصات ورودی و خروجی خاص خود را دارد.

☑ **مدار تقویت‌کنندهٔ سورس مشترک (Common Source=CS):** در شکل ۳۴ـ۴ مدار تقویت‌کننده سورس مشترک با ترانزیستور JFET با کانال N را مشاهده می‌کنید.

در شکل ۳۵ ـ۴ مدار با مقادیر مقاومت‌های بایاس رسم شده است.



شکل ۳۴ـ۴ـ مدار تقویت‌کننده سورس‌مشترک



شکل ۳۵ـ۴ـ یک نمونه مقادیر مقاومت‌های بایاس

کارعملی ۴

آزمایش تقویت‌کننده سورس‌مشترک در نرم‌افزار

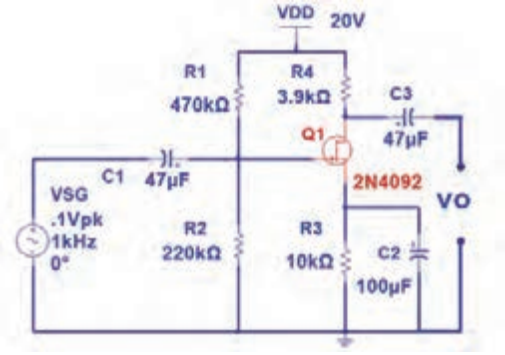
هدف: به‌دست آوردن بهره ولتاژ و اختلاف فاز در تقویت‌کننده سورس مشترک

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار:

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۳۶ ـ۴ را در فضای نرم‌افزار ببندید.



شکل ۳۶ـ۴ـ مدار تقویت‌کننده با FET

۳ـ منبـــع تغذیه ۲۰ ولـــت را به مدار وصل کنیـــد.
۴ـ قبل از اعمال ولتاژ متناوب به مدار، به‌وسیله ولت‌متر موجود در نرم‌افزار V_{GS} و V_{DS} را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{GS} = V_{DS} =

۵ـ سیگنال سینوسی با دامنهٔ ۰/۱ ولت پیک و فرکانس ۱۰۰۰ هرتز را به مدار اعمال کنید.
۶ـ موج ورودی و خروجی مدار را روی صفحهٔ اسیلوسکوپ نرم‌افزار به‌صورت پایدار ظاهر کنید.
۷ـ دامنهٔ پیک تا پیک موج ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.
۸ـ بهره ولتاژ مدار را محاسبه کنید.
۹ـ اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی مدار را اندازه بگیرید.

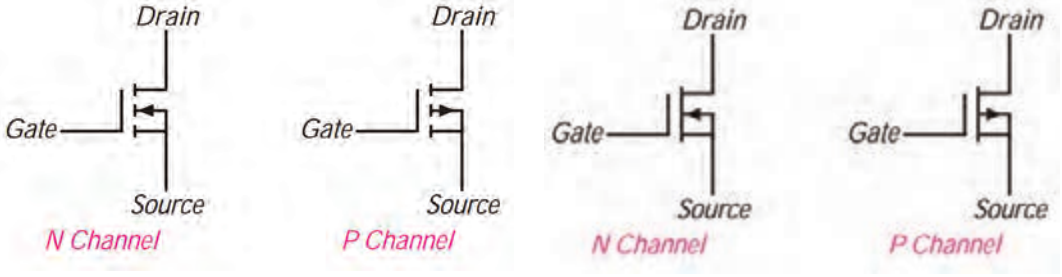
$V_{IN(PP)}$=.....ولت $V_{O(PP)}$=.....ولت A_V=.....مرتبه Φ=..... درجه

فیلم

فیلم ترانزیستورهای IGFET (MOSFET) و MOSFETهای قدرت را ببینید.

۱۰ـ۴ ترانزیستور اثر میدان با گیت عایق شده یا IGFET (Insulated Gate FET)

در این ترانزیستور، گیت با لایه اکسید سیلیکون از کانال جدا می‌شود و هیچ جریانی ازگیت عبور نمی‌کند. لذا مقاومت ورودی آن فوق‌العاده افزایش می‌یابد. این ترانزیستور را بیشتر به‌نام MOSFET می‌شناسند. نامی که از ساختار فیزیکی آن برگرفته شده است و اول کلمات Metal Oxide Semiconductor FET به مفهوم ترانزیستور اثر میدان با نیمه‌هادی اکسید فلز است. MOSFETها در دو نوع با کانال تهی‌شونده و کانال تشکیل‌شونده ساخته می‌شوند. نماد این نوع ترانزیستورها در شکل ۳۷ ـ۴ نشان‌داده شده است.



الف) MOSFET با کانال تهی‌شونده ب) MOSFET با کانال تشکیل‌شونده

شکل ۳۷ـ۴ـ علامت اختصاری MOSFETها

MOSFETهای قدرت (POWER MOSFET)

در MOSFETهای با کانال تشکیل‌شونده متداول فقط لایه نازکی از کانال به‌صورت افقی قرار دارد. این لایه مقاومت نسبتاً بالایی را بین درین و سورس ایجاد می‌کند. لذا این نوع MOSFETها برای کار در قدرت‌های پایین مورد استفاده

قرار می‌گیرند. اما MOSFETهای قدرت که LD MOSFET (Laterally Diffused MOSFET) نام‌گذاری شده‌اند ساختاری با کانال عرضی متفاوت با MOSFETهای با کانال تشکیل‌شونده دارند و از نوع بهبود یافته هستند و برای کاربرد درقدرت‌های بالا طراحی شده‌اند. کانال در این قطعه نسبت به MOSFETهای متداول، کوتاه‌تر است در نتیجه مقاومت کمتری ایجاد می‌کند. این خاصیت سبب تحمل ولتاژ بالاتر و عبور جریان بیشتر می‌شود.

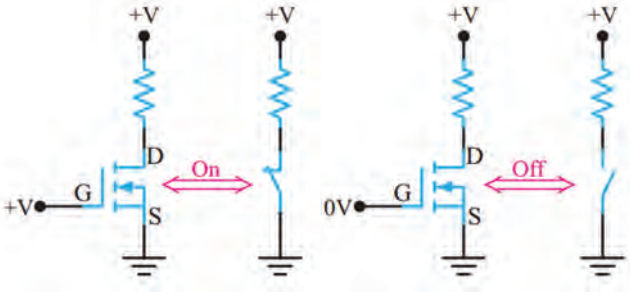
VMOSFET

مثال دیگری از MOSFETهای قدرت، VMOSFETها هستند که برای قدرت بالاتر طراحی شده‌اند. در این نوع MOSFETها، کانال کوتاه‌تر و عریض‌تر است، لذا مقاومت کمتری را بین درین و سورس ایجاد می‌کند. در نهایت جریان بیشتری می‌تواند از کانال عبور نماید. به‌این ترتیب VMOSFETها توان بیشتری دارند و پاسخ فرکانسی آنها مطلوب‌تر است. شکل ۳۸ـ۴ تصویر ظاهری یک نمونه MOSFET قدرت را نشان می‌دهد.

شکل ۳۸ـ۴ـ یک نمونه MOSFET قدرت

۱۱ـ۴ عملکرد MOSFET به‌عنوان کلید (MOSFET Switching Operation)

MOSFETهای با کانال تشکیل‌شونده علاوه بر تقویت‌کنندگی، به‌عنوان کلید نیز به‌کار می‌روند. شکل ۳۹ـ۴ مدار MOSFET را به‌عنوان کلید نشان می‌دهد.



شکل ۳۹ـ۴ـ MOSFET به عنوان کلید

فعالیت در منزل

کارعملی ۵

آزمایش MOSFET به‌عنوان کلید در نرم‌افزار

هدف: بررسی عملکرد MOSFET به‌عنوان کلید

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار:

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۴۰ ـ۴ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ منبع تغذیه V_1 را روی ۱۰ ولت و V_2 را روی ۱۲ولت تنظیم کنید. سپس مدار را راه‌اندازی کنید.

۴ ـ منبع ولتاژ متغیر (V_1) را به‌تدریج از صفر ولت افزایش دهید. کمترین ولتاژ V_{GS} که به‌ازای آن

جریان در مدار برقرار و کلید ترانزیستوری وصل می‌شود، چند ولت است؟

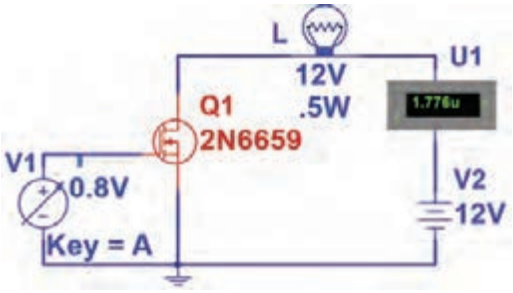
.....V = ولتاژ وصل کلید

.....V = ولتاژ آستانه روشن شدن

۵ـ پس از وصل کلید جریان عبوری از مدار چند آمپر است؟

I_D =..... A

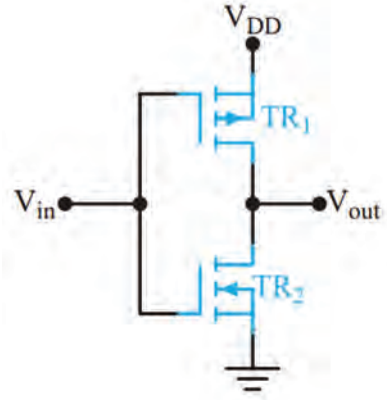
نتایج به‌دست آمده را در قالب یک گزارش ارائه دهید.



شکل ۴۰ـ۴ـ MOSFET به عنوان کلید

(ComplementaryMOSFET): CMOS

با سری کردن دو نوع MOSFET با کانال N و P مانند شکل ۴۱ـ۴ CMOS ساخته می‌شود. از مزایای CMOS تلفات توان بسیارکم آن است. زیرا با سری شدن دو نوع MOSFET یکی از MOSFETها همواره قطع است و اساساً از منبع جریانی کشیده نمی‌شود. این مدار مانندگیت NOT در دیجیتال عمل می‌کند. وقتی ورودی صفر یا LOW است، مقدار ولتاژ خروجی برابر با «V_{DD}» یا «High» است. وقتی ولتاژ ورودی برابر V_{DD} یا High باشد ولتاژ خروجی صفر یا «LOW» است.



شکل ۴۱ـ۴ـ CMOS

کار عملی ۶

آزمایش CMOS به‌عنوان گیت NOT در نرم‌افزار

هدف: ترکیب MOSFET با کانال NوP و ساختن مدار CMOS

مواد ، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم التحریر

مراحل اجرای کار:

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۴۲ـ۴ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ کلید S1 را در وضعیت صفر (۰) منطقی (اتصال به زمین) و یک (۱) منطقی (اتصال به ۵+) قرار دهید و عملکرد گیت NOT را بررسی کنید.

شکل ۴۲ـ۴

۱۲ـ۴ شکل ظاهری ترانزیستورهای FET

در شکل ۴۳ـ۴ نمای ظاهری چند نمونه JFET و MOSFET را مشاهده می‌کنید.

شکل ۴۳-۴ نمای ظاهری چند نمونه MOSFET

بیشتر بدانید

امروزه ترانزیستورهای خاص با نام (Insulated - Gate - Bipolar - Transisor IGBT) ساخته‌شده‌است. ساختار این ترانزیستورها مشابه BJT است با این تفاوت که پایه بیس آن با نام گیت مشخص می‌شود و مشابه گیت MOSFET عمل می‌کند. بنابراین ورودی این قطعه شبیه FET و خروجی آن مشابه ترانزیستور دو قطبی (BJT) است. درشکل۴۴ـ۴ نماد و چند نمونه از شکل ظاهری IGBT نشان داده شده است.

شکل ۴۴ـ۴ـ نماد و شکل نمای ظاهری چند نمونه IGBT

از این قطعه می‌توان جریان بسیار زیاد (حدود صدها آمپر) را عبور داد. همچنین ولتاژ کار آن بالا بوده و می‌تواند به‌حدود ۶۰۰۰ ولت برسد. به این ترتیب IGBT قادر است توان صدها کیلووات را تحمل کند. این قطعه به‌دلیل داشتن راندمان بالا و سوئیچینگ سریع، در دستگاه‌های مدرن مانند اتومبیل‌ها و قطارهای برقی، یخچال‌ها با توانایی سرمایش سریع، سیستم هواساز با راندمان بالا، آمپلی‌فایرهای سوئیچینگ، منابع تغذیه و خطوط تولیدی صنعتی کاربرددارد.

فیلم

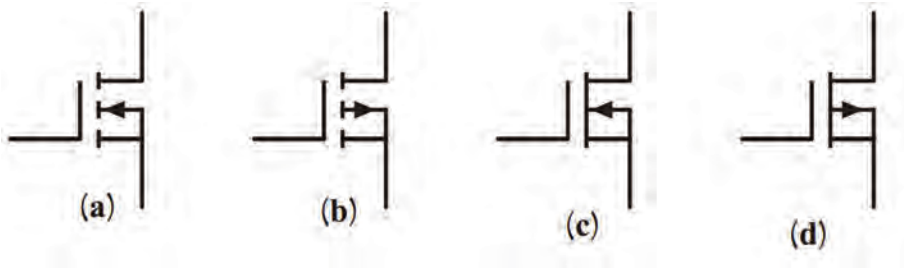
فیلم مربوط به IGBTها و کاربرد آن را ببینید.

الگوی پرسش

۱ـ انواع MOSFET را نام ببرید.

۲ـ MOS اول کلمات انگلیسی..... و به معنی..... است.

۳ـ با مراجعه به منابع مختلف، نام پایه‌های قطعات نشان داده شده در شکل ۴۵ـ۴ (a, b, c, d) را بنویسید. نوع کانال N یا P و از نظر ساخت (تشکیل‌شونده یا تهی‌شونده) را تعیین کنید.



شکل ۴۵ـ۴

۴ـ عملکرد MOSFET با کانال N تشکیل‌شونده را به‌عنوان سوئیچ شرح دهید.

۱۳ـ۴ تقویت‌کنندهٔ تفاضلی (Differential Amplifier)

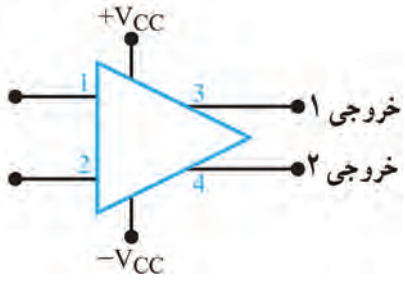
در تقویت‌کننده‌های معمولی مانند امیتر مشترک می‌توان به‌ضریب تقویت کافی و پایداری حرارتی مناسب دست یافت. ولی به‌دلیل وجود خازن، در این نوع تقویت‌کننده‌ها فرکانس‌های کم و سیگنال DC به درستی تقویت نمی‌شوند و ضریب تقویت کاهش می‌یابد. برای تقویت سیگنال‌های با فرکانس پایین و DC از تقویت‌کننده تفاضلی (differential amp ـ دیفرانسیلی) استفاده می‌کنیم. یکی از مشکلات تقویت‌کننده‌هایی که تاکنون آنها را بررسی کرده‌ایم ناتوانی در تفکیک سیگنال از نویز است. این تقویت‌کننده‌ها سیگنال و نویز را به یک اندازه تقویت می‌کنند. درصورتی‌که تقویت‌کننده تفاضلی دارای قابلیت جداسازی سیگنال از نویز است و می‌تواند هرکدام را با ضریب تقویت متفاوتی به‌خروجی مدار منتقل کند.

فیلم

فیلم تقویت‌کننده تفاضلی را ببینید.

نقشهٔ فنی تقویت‌کنندهٔ تفاضلی

در شکل ۴۶ـ۴ نقشه فنی تقویت‌کننده تفاضلی نشان داده‌شده است. همان‌طور که می‌بینید، در این شکل دو ترمینال ورودی مثبت و منفی و دو ترمینال خروجی وجود دارد. به‌منظور استفاده ازاین تقویت‌کننده‌ها، ابتدا باید ارتباط این ترمینال‌ها را با هم بدانیم تا بتوانیم تقویت‌کننده را به‌کار ببریم. به شکل ۴۶ ـ۴دقت کنید، در این شکل علاوه بر ترمینال‌های ورودی و خروجی، دو ترمینال دیگر نیز برای



شکل ۴۶ـ۴ـ نقشه فنی تقویت‌کننده تفاضلی

اتصال به خط تغذیه متقارن وجود دارد. چگونگی ایجاد خط تغذیه متقارن در شکل ۴ـ۴۷ نشان داده شده است. ولتاژهای ورودی را می‌توان به یک یا هر دو ترمینال ورودی اعمال کرد. ولتاژ خروجی نیز در هر دو ترمینال خروجی ظاهر می‌شود. البته از نظر زاویه فاز، بین ترمینال‌های ورودی و خروجی، قطب‌های متفاوتی وجود دارد.

آرایه‌های تقویت‌کننده‌های تفاضلی

در شکل‌های ۴ـ۴۸ تقویت‌کننده تفاضلی را به‌صورت نقشه بلوکی مشاهده می‌کنید. این تقویت‌کننده درحالت یک ورودی و دو خروجی بسته شده است. به‌شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار توجه کنید. در این مدار با اعمال یک ورودی، دو سیگنال با ۱۸۰ درجه اختلاف فاز و دامنه برابر در خروجی به‌وجود آمده است. در این حالت مدار به‌عنوان جداکننده فاز استفاده شده است.

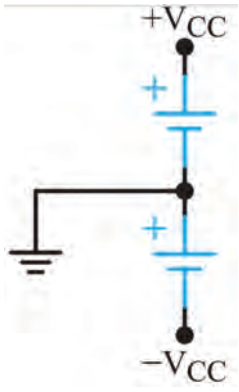
از مدار تقویت‌کننده تفاضلی با یک ورودی و دو خروجی می‌توان به‌عنوان مدار ایجادکننده دو موج با دامنهٔ مساوی و فاز مخالف (جداکننده فاز) استفاده کرد.

در شکل ۴ـ۴۹ دو ورودی هم فاز و با دامنه مساوی به ورودی تقویت‌کننده داده شده است. در این حالت دامنه هر دو خروجی صفر است. این حالت را حالت سیگنال مشترک یا common mode می‌گویند.

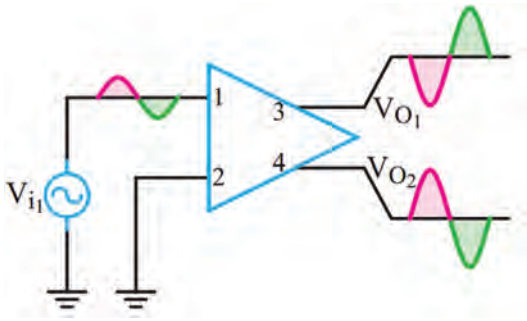
در شکل ۴ـ۵۰ همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با دادن دو سیگنال با فاز مخالف به ورودی‌ها، دو سیگنال تقویت شده به اندازه دو برابر شرایط معمولی در خروجی به‌دست می‌آید.

بارش فکری:

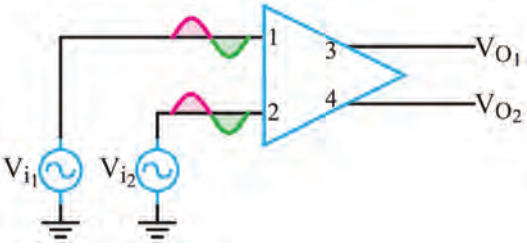
اگر به دو ورودی تقویت‌کنندهٔ تفاضلی دو موج با دامنهٔ مساوی و فاز برابر طبق شکل ۴ـ۵۱ بدهیم، این حالت سیگنال‌مشترک (Common Mode Input) نام دارد. در این حالت دامنهٔ V_{O1} و V_{O2} چقدر است؟ این مدار چه کاربُردی دارد؟



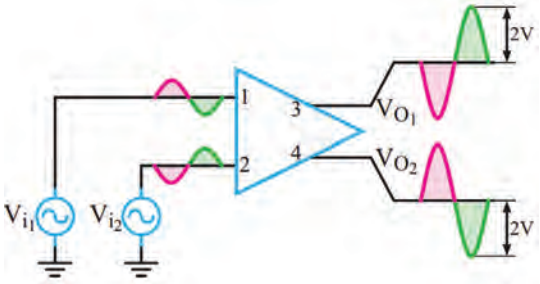
شکل ۴ـ۴۷ـ چگونگی ایجاد تغذیه متقارن



شکل ۴ـ۴۸ـ تقویت‌کننده تفاضلی با یک ورودی و دو خروجی



شکل ۴ـ۴۹ـ تقویت‌کننده با دو ورودی مساوی و هم‌فاز و دو خروجی

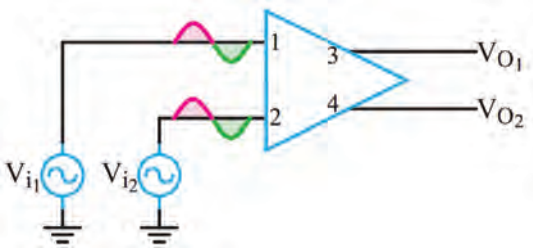


شکل ۴ـ۵۰ـ تقویت‌کننده تفاضلی با عملکرد دو ورودی تفاضلی و دو خروجی

الگوی پرسش

تحقیق

با مراجعه به رسانه‌های مختلف بررسی کنید به‌چه دلیل سیگنال‌های خروجی تعریف شده در شکل ۴ـ۴۸ تا ۴ـ۵۰ به‌وجود می‌آید.



شکل ۴ـ۵۱ـ تقویت‌کننده تفاضلی در حالت سیگنال مشترک

۱ـ تقویت‌کننده تفاضلی می‌تواند سیگنال‌های بافرکانس..... و..... را تقویت کند.

۲ـ با توجه به شکل ۴ـ۵۱ درصورتی که دامنه هردو سیگنال ورودی هم‌زمان کاهش یا افزایش یابد چه تغییری در خروجی ایجاد می‌شود؟

۳ـ تقویت‌کننده تفاضلی در حالت یک ورودی و دو خروجی، دو سیگنال تقویت شده با دامنهٔ برابر و ۱۸۰ درجه اختلاف فاز تولید می‌کند. صحیح ☐ غلط ☐

۴ـ۱۴ تقویت‌کنندهٔ عملیاتی (Operational Amplifier - op -Amp)

در تقویت‌کننده‌های عملیاتی از تقویت‌کننده‌های تفاضلی استفاده شده است. تقویت‌کننده‌های عملیاتی که به اختصار Op ـ Amp نامیده می‌شوند تقویت‌کننده‌هایی با کوپلاژ مستقیم هستند که ضریب تقویت ولتاژ بسیار بزرگی دارند. بنابراین اگر به ورودی‌های Op ـ Amp اختلاف پتانسیل بسیار کوچکی اعمال شود، در خروجی آن ولتاژ بسیار بزرگی به وجود می‌آید و در عمل، تقویت‌کننده وارد ناحیه اشباع می شود. ولی ضریب تقویت Op_Amp به روش‌های مختلف قابل کنترل است. تقویت‌کننده‌های عملیاتی در سیستم‌های الکترونیکی کاربردهای متنوعی دارند. از نظر اقتصادی نیز ارزان قیمت‌اند و از مزایایی چون ابعاد کوچک، قابلیت اطمینان بالا و پایداری حرارتی خوب برخوردارند. امروزه تقریباً تقویت‌کننده‌های عملیاتی جایگزین قطعات مجزا شده‌اند.

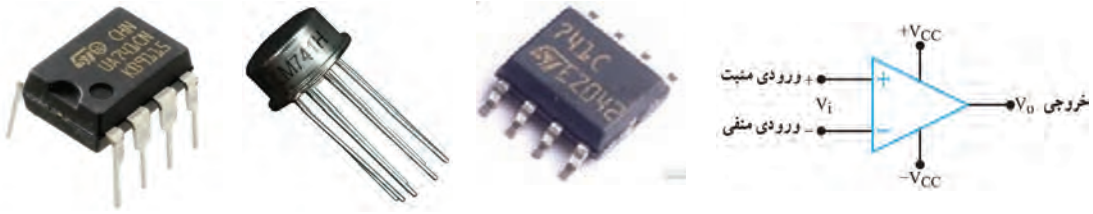
نماد و شکل ظاهری تقویت‌کننده عملیاتی

برای نخستین بار نام تقویت‌کننده عملیاتی به تقویت‌کننده‌هایی اختصاص داده شد که دارای ضریب تقویت بسیار زیاد بودند. این تقویت‌کننده‌ها نیاز به ولتاژ بالایی داشتند و برای انجام عملیات ریاضی مانند جمع، تفریق، ضرب و تقسیم مورد استفاده قرار می‌گرفتند. با مرور زمان و پیشرفت فناوری، نوع پیشرفته و جدید تقویت‌کننده‌های عملیاتی با مشخصات:

- ولتاژ کار کم
- قیمت ارزان
- دسترسی آسان

طراحی و ساخته شدند و به بازار عرضه گردیدند. این تقویت‌کننده‌ها در زمینه‌های مختلف مانند کامپیوتر، سیستم‌های کنترل، ارتباطات، منابع تغذیه، مولدسیگنال، نمایشگر و دستگاه‌های اندازه‌گیری به‌کار می‌روند.

نماد (نشانه فنی) استاندارد و شکل چند نمونه تقویت‌کننده عملیاتی (Op ـ Amp) در شکل الف و ب ۵۲ـ ۴ نشان داده شده است.



الف) نماد تقویت‌کننده عملیاتی

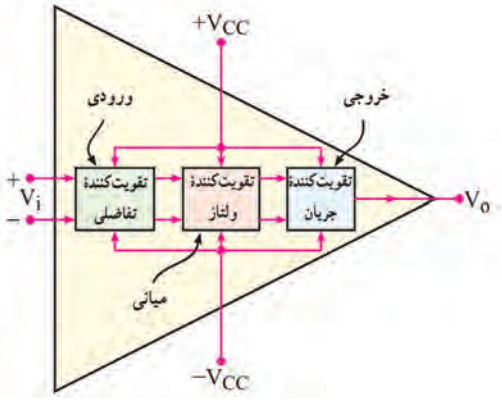
ب) چند نمونه شکل ظاهری تقویت‌کننده عملیاتی

شکل ۵۲ـ۴ـ نماد و شکل ظاهری تقویت‌کننده عملیاتی

بلوک دیاگرام مدار داخلی تقویت‌کنندهٔ عملیاتی

در شکل ۵۳ـ۴ بلوک دیاگرام مدار داخلی یک تقویت‌کننده عملیاتی نشان داده شده است. تقویت‌کننده‌های عملیاتی تعداد قطعات الکترونیکی زیادی دارند و به‌صورت‌های مختلف و پیچیده ساخته می‌شوند. در مجموع بلوک دیاگرام یک تقویت‌کننده عملیاتی از سه قسمت اصلی تشکیل شده است.

الف) طبقه ورودی (تفاضلی) ب) طبقه میانی (ولتاژ) پ) طبقه خروجی (تقویت توان)



شکل ۵۳ـ۴ـ بلوک‌دیاگرام داخلی تقویت‌کننده عملیاتی

درشکل ۵۴ـ۴ مدار ساخته‌شده با قطعات مجزا را مشاهده می‌کنید.

پژوهش

با مراجعه به سامانه‌های مختلف، نقشه فنی مدار داخلی تقویت کننده Op ـ Amp با شماره فنی ۷۴۱ را بیابید و در مورد تعداد قطعات موجود در آن گزارشی تهیه کنید و ارائه دهید.

تقویت‌کنندهٔ عملیاتی ایده‌آل

یک تقویت‌کننده عملیاتی ایده‌آل باید دارای مشخصاتی به شرح زیر باشد:

۱ـ مقاومت ورودی بی‌نهایت ۲ـ مقاومت خروجی صفر

۳ـ بهره ولتاژ بی‌نهایت ۴ـ بهره جریان بی‌نهایت.

مشخصات تقویت‌کنندهٔ عملیاتی واقعی

تقویت‌کننده عملیاتی ایده‌آل، درعمل وجود ندارد ولی کارخانه‌های سازنده سعی می‌کنند تا حد امکان به این

شکل ۵۴ـ۴ـ مدار داخلی آی‌سی ۷۴۱ با قطعات مجزا

ضرایب نزدیک شوند. تقویت‌کننده‌های عملیاتی به‌صورت مدارهای مجتمع یک پارچه (IC) ساخته می‌شوند که معمول‌ترین آنها، آی‌سی XX۷۴۱ است.

نکته

به جای XX معمولاً دو یا چندحرف قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال آی‌سی‌های LM ۷۴۱ و µA ۷۴۱ نمونه‌هایی از این موارد است. تقویت‌کننده‌های سری ۷۴۱ غالباً دارای مشخصات تقریبی به شرح زیر هستند:

Z_I = مقاومت ورودی =۲MΩ Z_O = مقاومت خروجی= ۵۰Ω

A_I = بهره جریان = ۵×۱۰^۹ A_V = بهره ولتاژ =۲×۱۰^۵

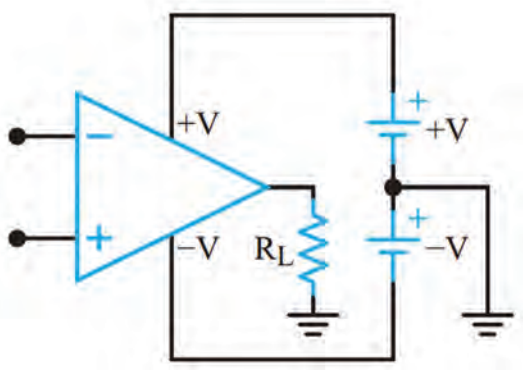
تحقیق

با مراجعه به سایت‌های اینترنتی مانند Datasheet.com مشخصات چند نمونه آی‌سی تقویت‌کننده عملیاتی را استخراج کنید.

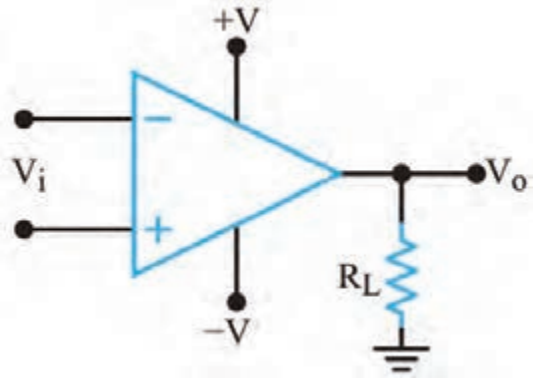
پایه‌های تقویت‌کنندهٔ عملیاتی و کمیت‌های مربوط به آن

☑ **پایه‌های تغذیه**: در Op_Ampها پایه‌هایی که با علامت V+ و V- مشخص شده‌اند به‌منبع تغذیه متقارن وصل می‌شوند. منبع تغذیه متقارن دارای سه پایه مثبت، منفی و مشترک (زمین) است. مقدار ولتاژ تغذیه Op_Ampها معمولاً درمحدوده ۶± ولت، ۱۲± ولت، ۱۵± ولت و ۱۸± ولت قرار دارد. شکل ۵۵ـ۴ چگونگی اتصال منبع تغذیه و بار را به پایه‌های Op_Amp نشان می‌دهد. حداکثر ولتاژی که می‌توان بین پایه‌های V+و V– اعمال کرد معمولاً ۳۶ولت یا ۱۸± ولت است که این ولتاژ در برگه اطلاعات Op_Amp مشخص می‌شود.

☑ **پایهٔ خروجی**: پایه خروجی Op_Amp به‌یک طرف مقاومت بار (R_L) وصل می‌شود و طرف دیگر R_L به‌نقطه زمین اتصال می‌یابد. مقدار V_O (ولتاژ خروجی) همیشه نسبت به زمین اندازه‌گیری می‌شود. در شکل ۵۶ـ۴ مقاومت بار به Op_Amp متصل شده است.



شکل ۵۵-۴- اتصال تغذیه به پایه‌های Op-Amp



شکل ۵۶-۴- نحوه اتصال مقاومت بار به Op-Amp

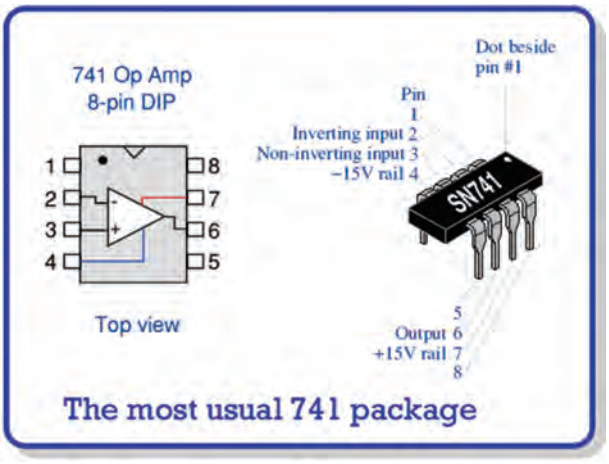
☑ **پایه‌های ورودی Op_Amp:** Op_Amp دارای دو ورودی است که آنها را با علامت‌های + و − مشخص می‌کنند. این دو ورودی را پایه‌های ورودی تفاضلی (Differential Input Terminals) نیز می‌نامند. زیرا درصورت اعمال ولتاژ به ورودی، مقدار ولتاژ خروجی (V_O) تابعی از اختلاف ولتاژ بین دو پایه ورودی (Vd) و ضریب بهره ولتاژ تقویت‌کننده است. اگر فقط سیگنال را به ورودی منفی Op_Amp بدهیم، در خروجی Op_Amp، سیگنال تقویت می‌شود و ولتاژهای با فاز مخالف ورودی به‌وجود می‌آید. اگر فقط سیگنال را به ورودی مثبت بدهیم، در خروجی Op_Amp تقویت‌شده و سیگنالی هم فاز با ورودی به‌وجود می‌آید.

فعالیت

با توجه به شکل ۴ـ۵۷، جدول ۶ـ۴ را کامل کنید.

جدول ۶ـ۴

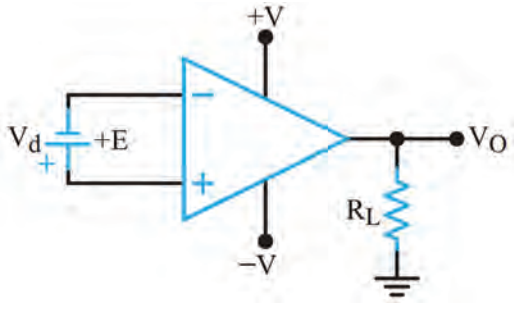
ردیف	شماره پایه	نام پایه به زبان انگلیسی	معنی فارسی
۱	۲		
۲	۳		
۳	۴		
۴	۶		
۵	۷		



شکل ۴ـ۵۷ـ شماره پایه‌ها

۱۵ ـ۴ بهرهٔ ولتاژ حلقهٔ باز (Open Loop Voltage Gain ـ OL)

اگر هیچ‌گونه اتصال فیدبک (بازخورد) بین خروجی و ورودی Op_Amp وجود نداشته باشد، در این حالت Op_Amp به‌صورت حلقه باز استفاده شده است. بهره ولتاژ را در این شرایط، بهره حلقه باز می‌نامند. همان‌طور که قبلاً اشاره شد بهره حلقه باز را با A_{OL} نشان می‌دهند. شکل ۵۸ ـ۴ Op_Amp را درحالت حلقه باز (بدون فیدبک) نشان می‌دهد. در این حالت بهره ولتاژ خیلی زیاد است و خروجی تقریباً در حد ولتاژ تغذیه به اشباع می‌رود.



شکل ۴ـ۵۸ـ تقویت‌کننده عملیاتی به‌صورت حلقه باز

فیلم

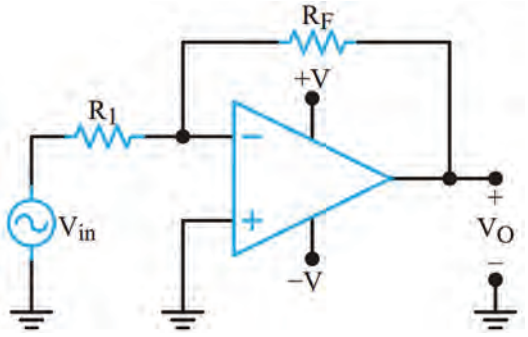
فیلم مربوط به مدارهای کاربردی تقویت‌کننده‌های عملیاتی را ببینید.

۱۶ـ۴ کاربردهای تقویت‌کنندهٔ عملیاتی

تقویت‌کننده‌های عملیاتی کاربردهای متنوعی دارند. در این قسمت، چند کاربرد مهم آنها را بررسی می‌کنیم.

تقویت‌کنندهٔ معکوس‌کننده (وارونگر ـ Inverting Amplifier):

مدار شکل ۴ـ۵۹ یک تقویت‌کننده معکوس‌کننده را نشان می‌دهد. در این حالت سیگنال خروجی به‌اندازهٔ ۱۸۰ درجه با ورودی اختلاف فاز دارد. بهره ولتاژ این تقویت‌کننده از رابطه $Av = -\frac{R_F}{R_1}$ محاسبه می‌شود. اگر R_F با R_1 برابر باشد، ضریب تقویت مدار (۱-) می‌شود. این مدار را بافر (Buffer) منفی می‌نامند.



شکل ۴ـ۵۹ـ تقویت‌کننده معکوس‌کننده

کارعملی ۷

تقویت‌کننده معکوس‌کننده در نرم‌افزار

هدف: بررسی عملکرد تقویت‌کننده عملیاتی به صورت حلقه باز در نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار ـ لوازم‌التحریر

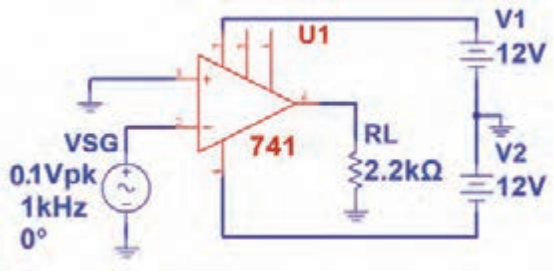
مراحل اجرای کار

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۴ـ۶۰ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

۳ـ مدار را راه‌اندازی کنید.

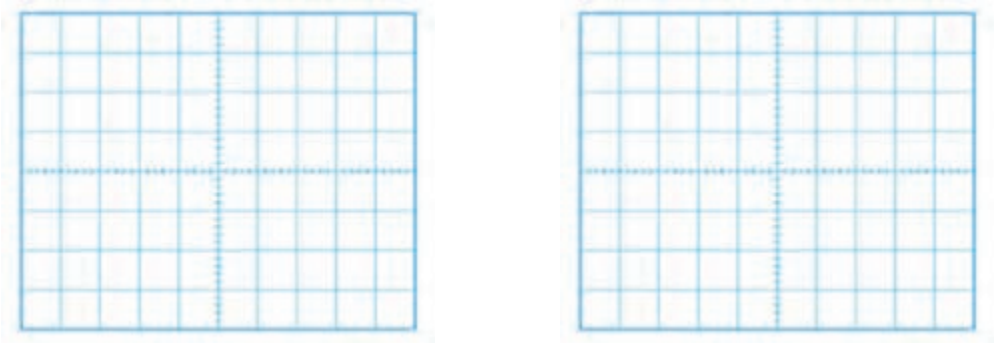
۴ـ شکل موج ورودی و خروجی مدار را روی صفحه اسیلوسکوپ نرم‌افزار به‌صورت پایدار ظاهر کنید. سپس شکل موج‌ها را در نمودار شکل ۴ـ۶۱ رسم کنید.



شکل ۴ـ۶۰

۵ ـ چرا موج خروجی به‌صورت مربعی درآمده است؟ شرح دهید.

.....



الف) شکل موج ورودی ب) شکل موج خروجی

شکل۶۱ـ۴ـ شکل موج ورودی و خروجی

کارعملی ۸

تقویت‌کننده معکوس‌کننده با قطعات واقعی

هدف: بررسی عملکرد تقویت‌کننده معکوس‌کننده و محاسبه بهره ولتاژ مدار در آزمایشگاه

مواد، ابزار و تجهیزات: بِرد بُرد یک قطعه ـ اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ منبع تغذیه یک دستگاه ـ سیگنال ژنراتور یک دستگاه ـ مقاومت ۱۰ KΩ دو عدد ـ مقاومت ۲۲ KΩ یک عدد ـ آی‌سی ۷۴۱ یک عدد ـ سیم‌های رابط

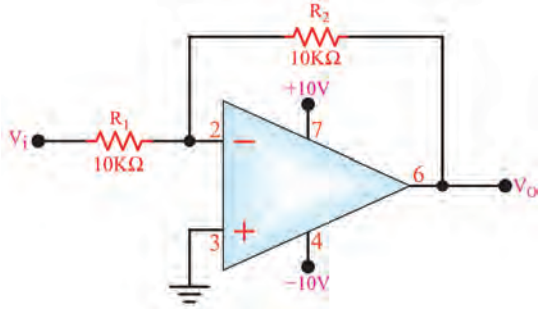
نکته

در صورتی که دستگاه منبع تغذیه متقارن در اختیار ندارید از پروژه پیشنهادی در کتاب طراحی و ساخت مدار چاپی یا منابع دیگر استفاده کنید.

۱ـ مدار شکل ۶۲ ـ۴ را روی بردبُرد ببندید.

۲ـ منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

۳ـ به ورودی مدار یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز وصل کنید. دامنهٔ پیک‌تاپیک و اختلاف فاز ولتاژهای V_O و V_i را با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه بگیرید، سپس بهره ولتاژ مدار را به‌دست‌آورید و یادداشت کنید.



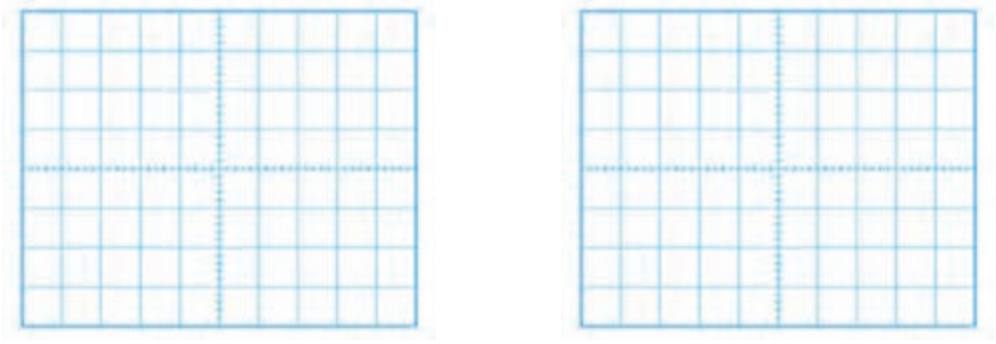
شکل۶۲ـ۴

نکته مهم

سیگنال خروجی باید دارای بیشترین دامنه و بدون تغییر شکل (اعوجاج) باشد.

$V_{IN(PP)}$ = ...ولت $V_{O(PP)}$= ..... ولت A_V= ..... مرتبه Φ=..... درجه

۴ـ شکل موج سیگنال‌های ورودی و خروجی را هنگامی که $R_F=22K\Omega$ است و خروجی بیشترین دامنه بدون تغییر شکل را دارد، در نمودار شکل ۶۳ـ۴ با مقیاس مناسب رسم کنید T/D و V/D را روی محورهای مختصات مشخص کنید.



الف) شکل موج ورودی ب) شکل موج خروجی

شکل ۶۳ـ۴ـ شکل موج ورودی و خروجی

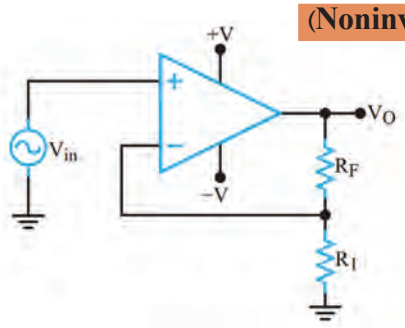
۵ـ با توجه به مقادیر V_O و V_i، مقدار بهره ولتاژ و اختلاف فاز ولتاژهای V_O و V_i را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

درجه .....=Φ ، مرتبه .....=A_V ، ولت .....=$V_{O(PP)}$، ولت.....= $V_{IN(PP)}$

۶ـ با توجه به مقادیر V_O و V_i درکدام حالت تقویت‌کننده به بافر منفی تبدیل می‌شود؟ در این‌حالت A_V چقدر است؟ شرح دهید.

تقویت‌کنندهٔ غیرمعکوس‌کننده (وارونگر ـ Noninveting Amplifier)

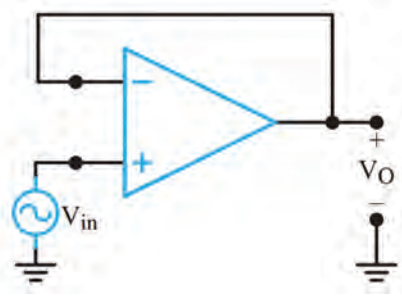
مدار تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده در شکل ۶۴ـ۴ رسم شده است. سیگنال ورودی Vin به ورودی مثبت Op_Amp اتصال دارد. در این مدار سیگنال خروجی با سیگنال ورودی هم‌فاز است. بهره ولتاژ این تقویت‌کننده از رابطه $A_V = 1+\frac{R_F}{R_1}$ محاسبه می‌شود.



شکل ۶۴ـ۴ـ تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده

مدار بافر مثبت

بافر مثبت نوع خاصی‌از تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده است. در این مدار مطابق شکل ۶۵ـ۴ تمام سیگنال خروجی به ورودی منفی برگشت داده شده است.



شکل ۶۵ـ۴ـ مدار بافر مثبت

نکته

این مدار دارای بهره ولتاژ ۱+ است و ولتاژ خروجی از لحاظ دامنه و فاز عیناً برابر با ولتاژ ورودی است. این مدار را دنباله‌رو ولتاژ (Voltage follower) یا بافر (Buffer) نیز می‌گویند.

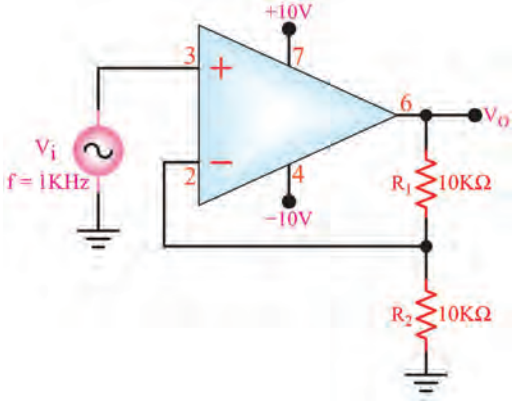
یکی از مشخصات مهم بافر مثبت، ایجاد تطبیق بین امپدانس بسیار زیاد با امپدانس کم است. زیرا عملاً امپدانس ورودی مدار بافر بسیار زیاد و امپدانس خروجی آن بسیار کم است.

کار عملی ۹

تقویت‌کننده غیر معکوس‌کننده با قطعات واقعی

هدف: بررسی عملکرد تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده و محاسبه بهره ولتاژ مدار

مواد، ابزار و تجهیزات: بِرد بُرد یک قطعه ـ اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ منبع تغذیه یک دستگاه ـ سیگنال ژنراتور یک دستگاه ـ مقاومت ۱۰KΩ دو عدد ـ مقاومت ۲۲KΩ یک عدد ـ آی‌سی ۷۴۱ یک عدد ـ سیم‌های رابط



شکل ۶۶ـ۴ـ تقویت‌کننده غیر معکوس‌کننده

مراحل کار عملی:

۱ـ مدار شکل ۶۶ ـ۴ را روی بردبُرد ببندید.

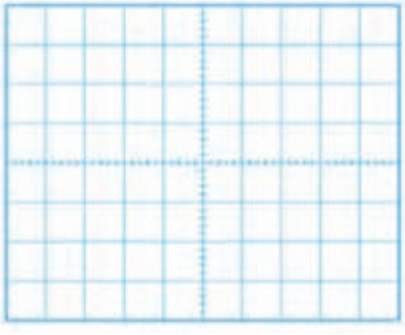
۲ـ منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

۳ـ به ورودی مدار یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱کیلوهرتز وصل کنید. دامنه سیگنال ورودی را طوری تغییر دهید که سیگنال خروجی دارای بیشترین دامنه و بدون تغییر شکل (اعوجاج) باشد.

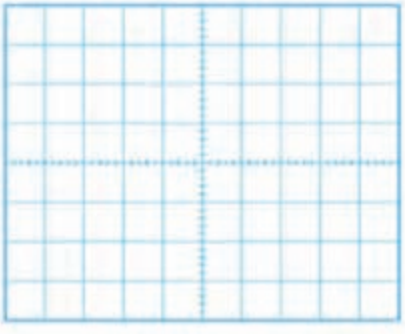
۴ـ دامنهٔ پیک‌تاپیک و اختلاف فاز ولتاژهای V_O و V_i را با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه بگیرید سپس بهره ولتاژ مدار را به‌دست آورید و یادداشت کنید.

درجه .....Φ= ، مرتبه.....A_V= ، ولت .....$V_{O(PP)}$= ، ولت.....$V_{IN(PP)}$ =

۵ـ شکل موج سیگنال‌های ورودی و خروجی را هنگامی که R_1=۲۲KΩ است و خروجی بیشترین دامنه بدون تغییر شکل را دارد، در نمودار شکل ۶۷ ـ۴ با مقیاس مناسب رسم کنید. مقادیر T/D و V/D را روی محورها مشخص کنید.



ب) شکل موج خروجی



الف) شکل موج ورودی

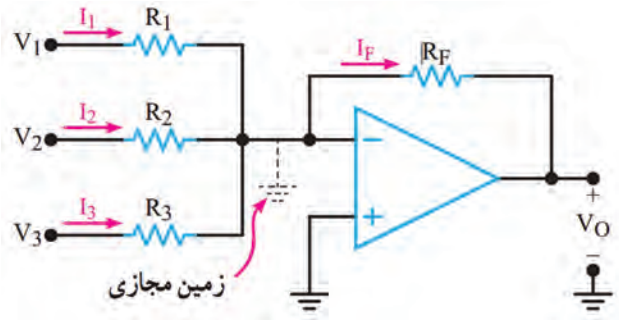
شکل ۶۷ـ۴ـ شکل موج ورودی و خروجی

۶ـ با توجه به مقادیر V_O و V_i مقدار بهره ولتاژ و اختلاف فاز ولتاژهای V_O و V_i را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

درجه ..... =Φ، مرتبه ..... =A_V، ولت ..... =$V_{O(PP)}$، ولت ..... = $V_{IN(PP)}$

مدار جمع‌کننده

یکی از مدارهای مفید دیگری که با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی ساخته می‌شود، مدار جمع‌کننده است. این مدار دارای دو یا چند ورودی و یک خروجی است. شکل ۶۸ـ۴ یک جمع‌کننده با سه ورودی را نشان می‌دهد.

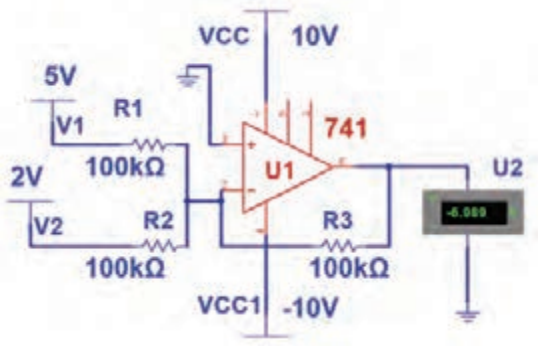


شکل ۶۸ـ۴ـ جمع‌کننده

ولتاژ خروجی از رابطهٔ $V_O = -R_F(\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}+\frac{V_3}{R_3})$ محاسبه می‌شود. تحت شرایط خاص چنانچه $R_1=R_2=R_3=R_F$ باشد خواهیم داشت. $V_O = -(V_1 + V_2 + V_3)$

کار عملی ۱۰

جمع‌کننده در نرم‌افزار



شکل ۶۹ـ۴ـ جمع‌کننده

هدف: بررسی عملکرد مدار جمع‌کننده در نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار ـ لوازم‌التحریر

مراحل کار عملی:

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۶۹ ـ۴ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

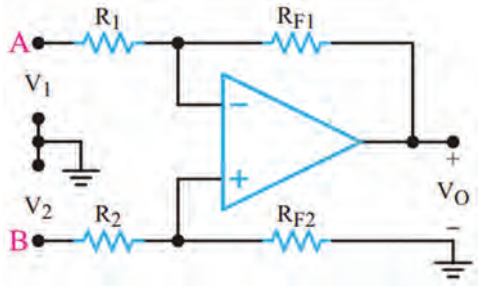
۳ـ مدار را راه‌اندازی کنید.

۴ـ ولت‌متر نرم‌افزار را به خروجی مدار وصل کنید.

۵ـ آیا مقدار ولتاژ خروجی مجموع ولتاژهای ورودی است؟ شرح دهید.

تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی

تاکنون تقویت‌کننده‌های عملیاتی را با اعمال یک سیگنال ورودی مورد بحث قرار دادیم. بسیاری از اوقات به تقویت‌کننده‌های با ورودی تفاضلی نیازمندیم زیرا یک تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی میزان نویز را به حداقل می‌رساند. به‌عنوان مثال باید در طبقه ورودی یک دستگاه الکتروکاردیوگراف میزان نویز مربوط به ۵۰ هرتز برق شهر را به‌شدت کاهش داد. در این دستگاه دو الکترود به نقاط مختلف بدن یک انسان متصل می‌شوند و ضربان‌های کوچک قلب را دریافت می‌کنند. سپس این ضربان‌ها، تقویت می‌شود و به بلندگو، اسیلوسکوپ یا نوار ثبت‌کننده می‌رسد. نتیجه به‌دست آمده برای مطالعه و بررسی در اختیار پزشک قرار می‌گیرد. متأسفانه علاوه بر جذب ضربان‌های قلب مقداری نویز ۵۰ هرتز نیز جذب می‌شود. با به‌کار بردن یک تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی می‌توان مقدار این نویز را به حداقل رساند. در شکل ۷۰ـ۴ تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی نشان داده شده است.



شکل ۷۰ـ۴ـ تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی

تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی اصولاً ترکیبی از تقویت‌کننده‌های معکوس‌کننده و غیرمعکوس‌کننده است. اگر $R_۲=R_۱=R$ و $R_{F۲}=R_{F۱}=R_F$ باشد، ولتاژ خروجی تقویت‌کننده با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$V_O=\frac{R_F}{R}(V_۲-V_۱)$$

به‌خاطر داشته باشید که خروجی تقویت‌کننده می‌تواند نسبت به زمین، مثبت یا منفی باشد. بنابراین، V_O ممکن است متناسب با مقدار و جهت $V_۱$ و $V_۲$ مثبت یا منفی شود. وقتی ورودی‌ها به‌صورت تفاضلی استفاده می‌شوند، اگر دو سیم A و B به یکدیگر نزدیک باشند، هیچ اتصال زمینی‌مورد نیاز نیست. در هر صورت، در الکتروکاردیوگرافی گاهی ضرورت دارد که توسط سیم سومی زمین دستگاه را به بدن بیمار متصل کنند. این سیم زمین بر روی نقاط مختلف بدن تغییر داده می‌شود تا ۵۰ هرتز جذب شده در هر دو سیم مشابه شوند. به این ترتیب با جابه‌جایی سیم‌ها، سیگنال خروجی مربوط به ۵۰ هرتز صفر می‌شود. به محض اینکه نویز به صفر رسید، تقویت‌کننده می‌تواند سیگنال‌های ضعیف ضربان قلب را آشکار کند.

کار عملی ۱۱

تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی در نرم‌افزار

هدف: بررسی عملکرد تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی در نرم‌افزار

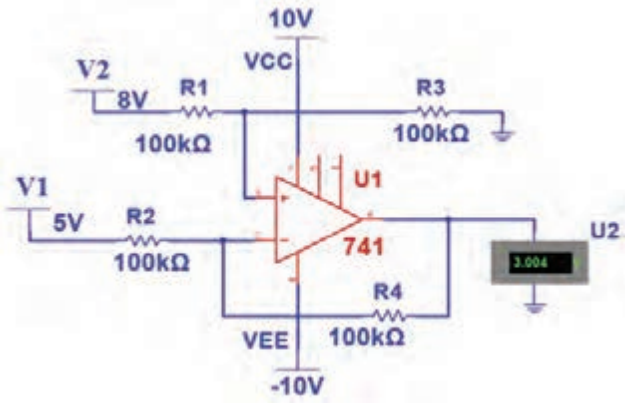
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار ـ لوازم‌التحریر

مراحل کار عملی:

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۷۱ـ۴ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

۳ـ اگر کلیه مقاومت‌ها در مدار تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی با هم برابر باشند، فرمول روبه‌رو چه‌تغییری می‌کند؟ در این حالت فرمول را بنویسید.



شکل ۷۱ـ۴ـ تقویت‌کننده با ورودی تفاضلی

$$V_O = \frac{R_F}{R}(V_2 - V_1)$$

۴ـ مدار را راه‌اندازی کنید.

۵ـ ولت‌متر نرم‌افزار را به خروجی مدار وصل کنید. ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۶ـ آیا مقدار ولتاژ خروجی تفاضل ولتاژهای ورودی است؟ شرح دهید.

۷ـ اگر به‌جای دو باتری V_1 و V_2، دو موج سینوسی با دامنه، فرکانس و فاز برابر به مدار بدهیم، شکل موج خروجی چگونه است؟ این موضوع را تجربه کنید. در این حالت مدار چه کاربردی دارد؟ شرح دهید.

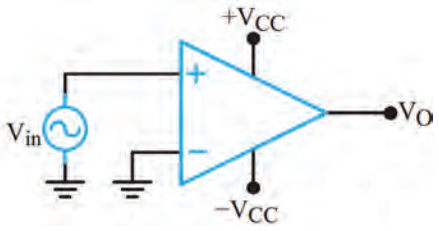
مقایسه‌کننده (Comparator)

مقایسه‌کننده به مداری گفته می‌شود که ولتاژ یکی از ورودی‌های خود را با ولتاژ مبنا در ورودی دیگر مقایسه می‌کند. ولتاژ مبنا می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد. در Op_Amp متناسب با مقدار ولتاژ مثبت یا منفی ورودی، خروجی شکل می‌گیرد. درصورتی که مقدار ولتاژ ورودی مثبت بیشتر از ولتاژ ورودی منفی باشد، خروجی به ولتاژ اشباع مثبت و اگر مقدار ولتاژ ورودی منفی بیشتر از ولتاژ ورودی مثبت باشد، خروجی به اشباع منفی می‌رود. این نوع مدار را مدار مقایسه‌کننده می‌نامند.

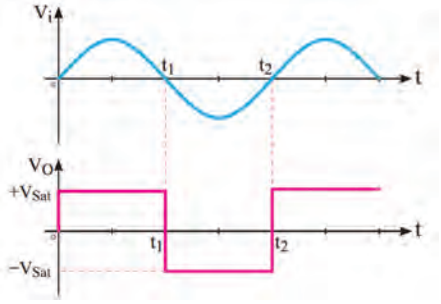
مقایسه‌کننده در مدارهای زیر کاربرد دارد

- **اشمیت تریگر (Schmitt Trigger) یا مدار چهارگوش‌کننده (Squaring Circuit)**: اشمیت‌تریگر مداری است که یک شکل موج نامنظم را به شکل موج مربعی یا پالس تبدیل می‌کند.
- **آشکارساز عبور از صفر(مبنا)**: این مدار زمان و جهت عبور سیگنال ورودی را از ولتاژ صفر (مبنا) مشخص می‌کند.
- **آشکارساز سطح ولتاژ**: مداری است که شرایط مساوی شدن ولتاژ ورودی بایک ولتاژ مبنا را مشخص می‌کند.
- **نوسان‌ساز** : مداری است که شکل موج سینوسی یا مربعی یا مثلثی تولید می‌کند.
- **آشکارسازعبورازصفر (Zero Crossing Detector)**: درشکل ۷۲ـ۴ مدار مقایسه‌کننده با ولتاژ مبنای صفر (زمین) و در شکل ۷۳ـ۴ شکل موج ورودی و خروجی مدار رسم شده است. در این مدار زمین یا پتانسیل صفر به ورودی منفی (-) اعمال شده است. ولتاژی که باید با مبنا مقایسه شود (V_i) به ورودی

(+) داده می‌شود. مدار، ولتاژ V_i را با ولتاژ مبنای صفر ولت مقایسه می‌کند و با توجه به قطب ولتاژ ورودی و نبودن شبکه فیدبک، خروجی آی‌سی به اشباع (حدود ولتاژ منبع تغذیه) می‌رود. از این مدار برای تولید موج مربعی از موج سینوسی نیز استفاده می‌کنند.

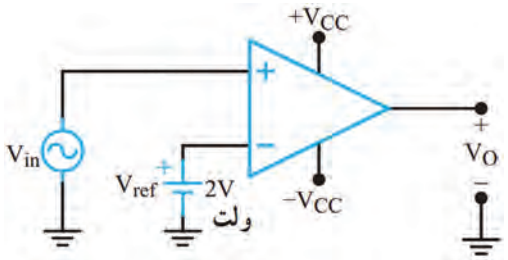


شکل ۷۲ـ۴ـ مقایسه‌گر با ولتاژ مبنای صفر

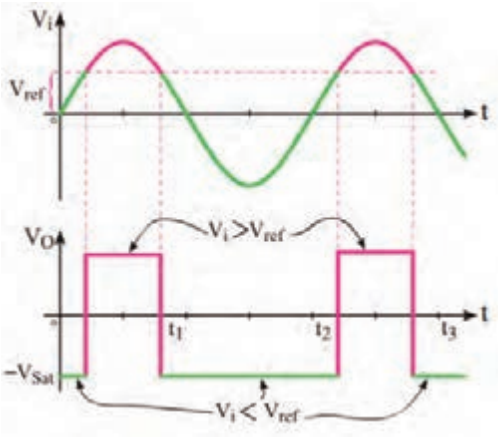


شکل ۷۳ـ۴ـ شکل موج ورودی و خروجی مدار

آشکار ساز سطوح ولتاژ غیر صفر (Nonzero Level detector): مدار آشکار ساز سطوح صفر ولت را می‌توان به آشکارساز ولتاژ غیر صفر ولت تبدیل نمود. برای این منظور به‌جای زمین‌کردن ورودی مثبت یا منفی، ولتاژی را به‌عنوان ولتاژ مقایسه (مبنا) انتخاب می‌کنیم. مثلاً در شکل ۷۴ـ۴ ولتاژ مبنا را ۲ + ولت درنظرمی‌گیریم و به ورودی منفی می‌دهیم. این ولتاژ را ولتاژ مقایسه (مبنا یا refrence =V_{ref}) می‌نامیم. تا زمانی که ولتاژ ورودی مثبت از ولتاژ مبنا (V_{ref}) کمتر است، خروجی op_Amp در اشباع منفی قرار می‌گیرد. در حالتی که V_i از V_{ref} بیشتر شود ورودی مثبت op_Amp نسبت به ورودی منفی آن مثبت‌تر می‌شود وخروجیop_Amp به اشباع مثبت می‌رود. در شکل ۷۵ـ۴ شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار رسم شده است.



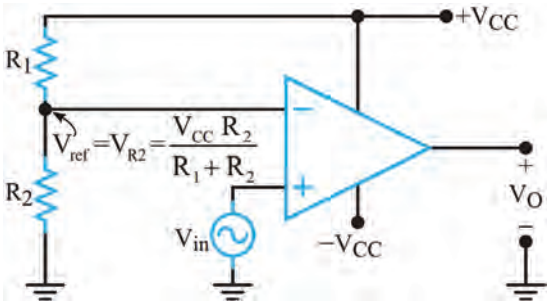
شکل ۷۴ـ۴ـ مدار آشکارساز سطح ولتاژ



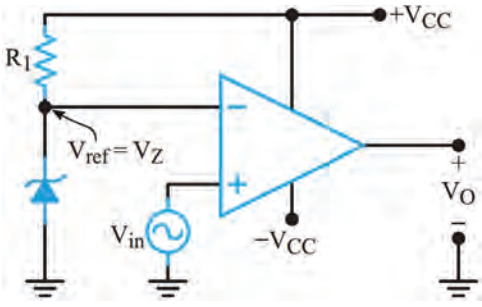
شکل ۷۵ـ۴ـ شکل موج ورودی و خروجی مدار

روش عملی تأمین ولتاژ مبنا

ولتاژ مبنای مقایسه را می‌توان از طریق دو مقاومت تقسیم‌کننده ولتاژ یا به‌وسیله یک دیود زنر و یک مقاومت تأمین کرد. شکل‌های الف و ب ۷۶ـ۴ مدارهای تأمین ولتاژ مبنا را نشان می‌دهد.



الف) تقسیم ولتاژ مقاومتی



ب) استفاده از دیود زنر

شکل ۷۶ـ۴ـ روش عملی ولتاژ مبنا

الگوی پرسش

۱ـ در مدار شکل ۷۷ـ۴ ولتاژ ورودی با ولتاژ صفر ولت مقایسه می‌شود. صحیح ☐ غلط ☐

۲ـ یک مدار آشکار ساز عبور از صفر می‌تواند موج سینوسی را به موج.....تبدیل کند.

صحیح ☐ غلط ☐

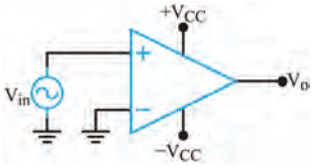
۳ـ در شکل ۷۸ـ۴ ولتاژ خروجی در حالت ایده‌آل صفر است.

صحیح ☐ غلط ☐

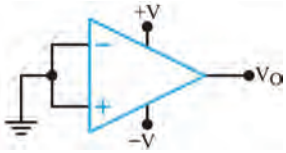
۴ـ در مدار شکل ۷۹ـ۴ کدام‌یک از مقادیر داده شده، مقدار ولتاژسطح مقایسه (V_{REF}) است ؟

۱ـ صفر ۲ـ ۲ ۳ـ ۸ ۴ـ ۱۰

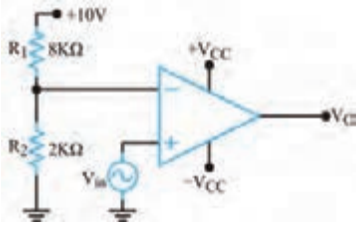
۵ـ کاربردهای مقایسه‌کننده را نام‌ببرید.



شکل ۷۷ـ۴



شکل ۷۸ـ۴



شکل ۷۹ـ۴

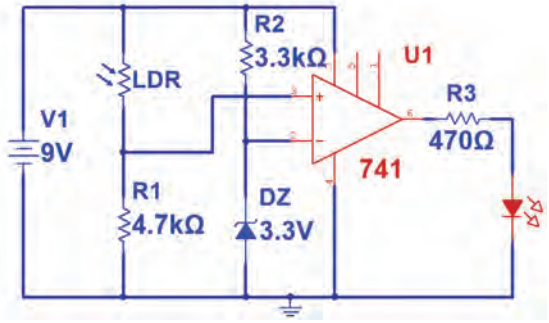
کار عملی ۱۲

مقایسه‌گر با قطعات واقعی

هدف: بررسی عملکرد مقایسه‌گر در آزمایشگاه

مواد، ابزار و تجهیزات: بِردبُرد یک قطعه ـ منبع تغذیه یک دستگاه ـ مقاومت ۳/۳KΩ ـ ۴/۷KΩ ـ ۴۷۰ Ω از هر کدام یک عدد ـ مقاومت LDR یک عدد ـ دیود زنر ۳/۳ ولت $\frac{۱}{۴}$ وات یک عدد ـ آی‌سی ۷۴۱ یک عدد ـ LED یک عدد ـ سیم‌های رابط

۱ـ مدار شکل ۸۰ ـ۴ را روی بردبُرد ببندید.
۲ـ منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.
۳ـ ولتاژ مبنا چند ولت است؟.....
۴ـ افت ولتاژ کدام قطعه با ولتاژ مبنا مقایسه می‌شود؟
.....



شکل ۸۰ـ۴

۵ـ در چه حالت LED روشن می‌شود؟
الف) در حالت تابش نور به LDR ب) در حالت تاریکی
۶ـ نور تابانده شده به LDR را قطع کنید. وضعیت نور LED را بررسی کنید.....
۷ـ کاربرد مدار را شرح دهید.....
.....

فیلم

فیلم مونتاژ پروژه را ببینید.

۱۷ـ۴ اجرای پروژه

لزوم ساخت مدارهای مختلف، زمانی که به صورت آماده در بازار برای فروش وجود دارند، چیست؟

وقتی با به‌کارگیری ابزار شروع به ساخت پروژه‌ای می‌کنیم، اتفاقات مثبتی رخ می‌دهد. نخست با ساخت یک پروژه (هرچقدر ساده) ذوق و شوق شدیدی در ما برای ساخت پروژه‌های سطح بالاتر به وجود می‌آید. در مرحله بعد با تشویق خانواده روبه‌رو شده و به این ترتیب آنها توانایی‌های ما را باور می‌کنند. این موضوع باعث اعتماد به نفس بیشتر شده و سبب می‌شود به خودمان اتکا کنیم. در نهایت در فرایند ساخت یک پروژه با اتفاقات و مشکلات متعددی روبه‌رو می‌شویم و برای رفع مشکلات راه‌حل می‌اندیشیم و کمک می‌گیریم. این امر ما را صاحب تجربه می‌کند.

با پول می‌توان محصولی آماده را خرید، اما تجربه را نه. تجربهٔ ساخت، عیب‌یابی و راه‌اندازی یک پروژه بسیار ارزشمند است.

۱۸ـ۴ تقویت‌کننده صوتی ۱۰ وات

آی‌سی‌های متعددی به عنوان تقویت‌کننده صوتی وجود دارند. یکی از پُرکاربردترین آی‌سی‌ها، آی‌سی تقویت‌کننده با شماره فنی TDA۲۰۰۳ است. این آی‌سی پنج پایه دارد. سیگنال ورودی به پایه شماره ۱ اعمال می‌شود و سیگنال تقویت‌شده را از پایه شماره ۴ دریافت می‌کنند. برای راه‌اندازی، به‌قطعات جانبی کمی نیاز است. جریان‌های بالا (بیشتر از ۳/۵ آمپر) را با کمترین اغتشاش (Noise) در خروجی ارائه می‌دهد و دارای حفاظت داخلی اتصال کوتاه پایه‌ها به یکدیگر و به زمین است. لازم به ذکر است که TDA۲۰۰۳ یک تقویت‌کننده مونو (Mono) است. تصویر این آی‌سی را در شکل ۸۱ ـ۴ مشاهده می‌کنید. همچنین قسمتی از برگه اطلاعات (Data Sheet) این تراشه در شکل ۸۲ ـ۴ نمایش داده شده است.

شکل ۸۱ ـ ۴

شکل ظاهری تقویت‌کننده TDA۲۰۰۳

نکته

به نوع بسته‌بندی آی‌سی TDA۲۰۰۳ پنتاوات (PENTAWATT) می‌گویند.

تحقیق

تفاوت تقویت‌کننده‌های مونو و استریو (Sterio) و کاربردهای هر یک را بیابید. نتایج را به کارگاه ارائه دهید.

برگه اطلاعات: در شکل ۸۲ـ۴ قسمتی از برگه اطلاعات آی‌سی TDA۲۰۰۳ نشان داده‌شده است.

DESCRIPTION

The TDA 2003 has improved performance with the same pin configuration as the TDA 2002.

The additional features of TDA 2002, very low number of external components, ease of assembly, space and cost saving, are maintained.

The device provides a high output current capability (up to 3.5A) very low harmonic and cross-over distortion.

Completely safe operation is guaranteed due to protection against DC and AC short circuit between all pins and ground, thermal over-range, load dump voltage surge up to 40V and fortuitous open ground.

PENTAWATT

ORDERING NUMBERS : TDA 2003H
TDA 2003V

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Peak supply voltage (50ms)	40	V
V_S	DC supply voltage	28	V
V_S	Operating supply voltage	18	V
I_O	Output peak current (repetitive)	3.5	A
I_O	Output peak current (non repetitive)	4.5	A
Ptot	Power dissipation at Tcase = 90°C	20	W
T_{stg}, T_j	Storage and junction temeperature	-40 to 150	°C

شکل ۸۲ـ۴ـ قسمتی از برگه اطلاعات تقویت‌کننده TDA۲۰۰۳

پرسش

با توجه به برگه اطلاعات TDA۲۰۰۳ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

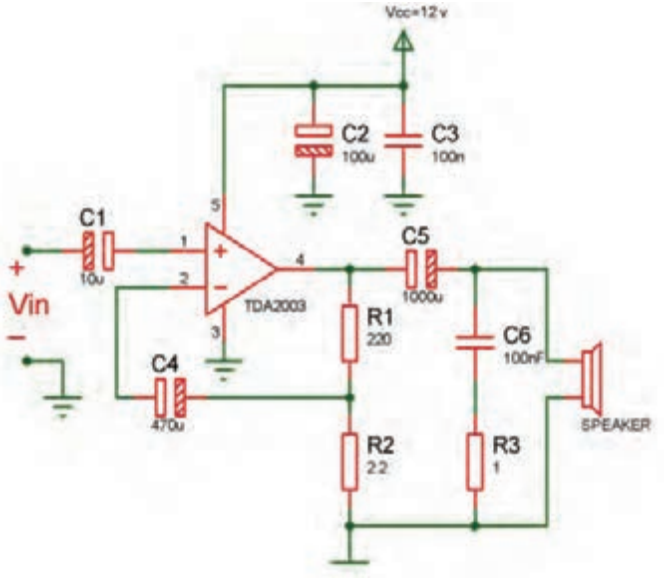
۱ـ حداکثر ولتاژ تغذیه‌ای که می‌توان به این قطعه وصل کرد چند ولت است؟.....

۲ـ حداکثر جریان خروجی چند آمپر است؟.....

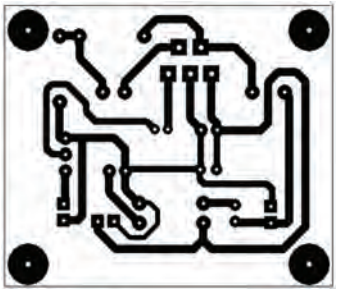
۳ـ توان تلفاتی آی‌سی در دمای بدنهٔ ۹۰ درجه سانتی‌گراد چند وات است؟

نقشه فنی (شماتیک) تقویت‌کننده صوتی ۱۰ وات

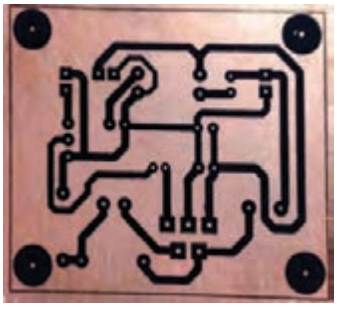
در شکل ۸۳ـ۴ نقشه فنی پروژه را مشاهده می‌کنید. طرح مدارچاپی نقشه و طرح منتقل‌شده روی فیبر در شکل‌های ۸۴ـ۴ و ۸۵ـ۴ نشان‌داده‌شده است. V_{in}، سیگنال صوتی ورودی است که از طریق خازن کوپلاژ C_1 به ورودی آی‌سی داده می‌شود. سیگنال تقویت‌شده خروجی از طریق R_1 و R_2 و C_4 به ورودی منفی آی‌سی بازخورد (Feedback) داده می‌شود.



شکل ۸۳ـ۴ـ نقشه شماتیک پروژه



شکل ۸۴ـ۴ـ طرح مدارچاپی پروژه



شکل ۸۵ـ۴ـ طرح منتقل شده روی بُرد

کار عملی ۱۳

طراحی پشت فیبر مدار چاپی، انتقال طرح روی فیبر و اسید کاری آن

هدف: آماده‌سازی فیبر جهت مونتاژ برد

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ فیبر مسی، کاغذ گلاسه، پرینتر

مراحل اجرای کار:

۱ـ نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ نقشه فنی مدار را در نرم‌افزار رسم کنید.
۳ـ طرح مدار چاپی نقشه را در ابعاد ۵cm× cm ۶ آماده کنید.
۴ـ طرح pcb و نقشه شماتیک را ذخیره کنید.
۵ـ از طرح pcb پرینتی تهیه کنید.
۶ـ با رعایت کلیه نکات ایمنی، طرح pcb را با روش مناسب به روی فیبر انتقال دهید.
۷ـ برد آماده شده را اسیدکاری کنید. پس از پایان اسیدکاری، با احتیاط برد را از اسید بیرون کشیده و با استفاده از مواد پاک‌کننده اقدام به تمیز کردن خطوط مشکی نمایید تا مس زیر آن ظاهر شود.

نکات مهم هنگام اسید کاری

- ☑ استفاده از دستکش را فراموش نکنید.
- ☑ چنانچه اسید با پوست‌تان برخورد کرد فوراً محل را با آب بشویید.
- ☑ هنگامی که آب داغ را روی پودر اسید می‌ریزید صورت‌تان را دور نگه داشته و بخار تولید شده را تنفس نکنید.
- ☑ چون حرارت سرعت عمل اسیدکاری را افزایش می‌دهد، می‌توانید در داخل ظرفی آب‌گرم بریزید و سپس مانند شکل ۸۶ ـ۴ ظرف اسید را در داخل آن قرار دهید.

شکل ۸۶ـ۴ـ آماده‌سازی اسید

نکته

به یاد داشته باشید لکه‌های اسید بر روی موزاییک و سرامیک باقی می‌مانند. پس قبل از شروع عملیات اسیدکاری به این موضوع دقت داشته باشید و مکان مناسب را انتخاب کنید. با یک ورقه کارتون یا پلاستیک محل کار را پوشش دهید.

فکر کنید

اگر پس از قراردادن فیبر مسی در اسید آن را تکان ندهید لایه مس از بین نمی‌رود. چرا؟ از مربی خود کمک بگیرید.

کار عملی ۱۴

سوراخ‌کاری فیبر مدار چاپی تقویت‌کننده ۱۰ وات

مواد، ابزار و تجهیزات: مینی‌دریل، یونولیت یا هر مورد مشابه آن ـ مته با اندازه مناسب

مراحل اجرای کار:

همان‌طور که قبلاً اشاره شده بود، برای سوراخ‌کاری بُرد باید از دریل(Drill) استفاده‌کنید. همچنین درصورت‌امکان می‌توانید مینی‌دریل (Mini ـ Drill) آماده را مورد استفاده

شکل ۸۷ـ۴ـ یک نمونه مینی دریل

قرار دهید. شکل ۸۷ ـ۴ نمونه‌ای از مینی دریل موجود در بازار را نشان می‌دهد.

در سوراخ‌کاری به نکات زیر دقت نمایید:

- ☑ یک صفحه یونولیت یا هر صفحه‌ای شبیه آن را زیر فیبر قرار دهید تا پس از سوراخ شدن فیبر و خروج مته از آن، سطح زیر آن آسیب نبیند.
- ☑ از مته‌های کند استفاده نکنید. چنانچه مته کُند باشد باید فشار بیشتری برای سوراخ‌کاری به دریل اعمال نمایید. در این شرایط پس از سوراخ شدن فیبر، روی فیبر کمی برجسته می‌شود. این موضوع علاوه بر زشت‌شدن ظاهر فیبر، انتقال طرح را روی فیبر مشکل می‌کند.
- ☑ برای پایه‌های قطعاتی مانند خازن، مقاومت و ترانزیستورهای معمولی، از مته ۰/۸ یا یک و برای قطعاتی مانند رله، ترانزیستورهای قدرت، رگولاتورهای ولتاژ با جریان بالا، از مته‌های بالاتر از یک و مناسب با قطر پایه استفاده کنید.
- ☑ ابتدا دریل را کاملاً عمودی روی فیبر نگه‌دارید، سپس سوراخ‌کاری کنید.

پرسش :

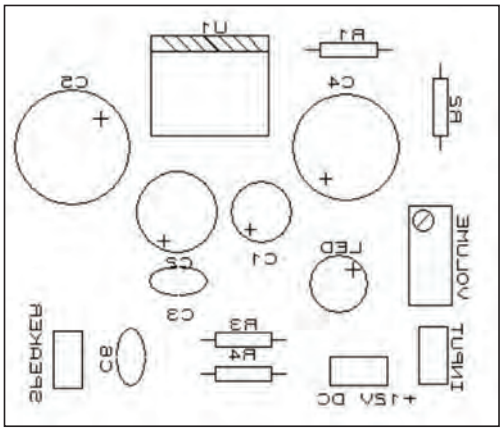
در کارخانه‌ها و کارگاه‌های طراحی و ساخت مدارچاپی، سوراخ‌کاری فیبر مدارچاپی چگونه انجام می‌شود؟

ایمنی

در حین سوراخ‌کاری، براده‌های فیبر به اطراف می‌ریزند. دقت داشته باشید که برای اجرای پروژه باید مکان مشخص و مخصوص را در نظر بگیریم. هرگز در اتاق و روی فرش اقدام به اسیدکاری و سوراخ‌کاری نکنید. خود را ملزم کنید تا از همین امروز (و نه فردا) قوانین هر کار را رعایت کنید و منظم عمل کنید. نظم یکی از رموز موفقیت در کار است.

۱۹ـ۴ طرح روی فیبر مدارچاپی (راهنمای نصب قطعات)

پس‌از اتمام سوراخ‌کاری، باید طرح روی فیبر را منتقل کنید. طرح روی فیبر برای نشان‌دادن محل قرارگرفتن قطعات است. با چاپ این طرح به‌راحتی می‌توانید محل قرارگرفتن قطعات مختلف را روی فیبر پیدا کنید. نقشه روی فیبر را با اتو بر روی فیبر منتقل کنید. انجام این مرحله مانند منتقل‌کردن نقشه پشت فیبر است. در این قسمت نهایت دقت را به خرج دهید تا نقشه در محل صحیح خود قرار گیرد. گذاشتن نقشه روی فیبر و گرفتن آن جلوی نور کمک زیادی در این امر به شما می‌کند. شکل ۸۸ ـ۴ طرح روی فیبر مدار چاپی تقویت‌کننده را نشان می‌دهد. در



شکل ۸۸ـ۴ـ طرح روی فیبر مدار چاپی

این طرح از ولوم برای کنترل شدت صدا و از LED برای نشان دادن اتصال برق به منبع تغذیه استفاده شده است.

فیلم

فیلم مونتاژ قطعات را ببینید.

جدول ۷ ـ۴ ـ قطعات مورد نیاز پروژه تقویت‌کننده صوتی

مونتاژ قطعات

با توجه به نقشه شماتیک پروژه فهرستی از قطعات مورد نیاز تهیه کنید. قطعات مورد نیاز برای این پروژه در جدول ۷ـ۴ آورده شده‌اند.

قطعه		تعداد
آی سی	TDA۲۰۰۳	۱
خازن	۱۰۰nF	۲
	۱۰۰۰µF	۱
	۱۰۰µF	۱
	۴۷۰µF	۱
	۱۰µF	۱
بلندگو	۴ اهم	۱
ولوم (درصورت استفاده)	۱۰KΩ	۱
مقاومت ثابت	۱Ω	۱
	۲۲۰Ω	۱
	۲/۲ Ω	۱

فکر کنید

چنانچه در محیطی کار می‌کنید که قطعات و وسایل مختلفی در اختیار شما است، به این نکته دقت داشته باشید که امانت‌داری را رعایت نمایید. این اصل مهم را همیشه در زندگی به یاد داشته باشید که هر عملی عکس‌العملی دارد. یعنی هر کاری کنیم نتیجه آن دیر یا زود به سمت خودمان بر می‌گردد. یکی از محیط‌ها در حال حاضر همین هنرستان شما است. در نگهداری فضا، تجهیزات و اموال هنرستان کوشا باشید.

نکات مهم هنگام مونتاژ قطعات

- به ولتاژ کار خازن‌ها دقت کنید. استفاده از خازنی با ولتاژ کار پایین‌تر از مقادیر ذکر شده سبب آسیب دیدن آن می‌شود. همچنین چون خازن‌های با ولتاژ کار بالاتر دارای ابعاد بزرگ‌تری هستند استفاده از آنها ممکن است مشکل ایجاد کند. بنابراین باید از خازن مناسب از نظر ولتاژ و ابعاد استفاده کنید.
- به پلاریته (مثبت و منفی) قطعات هنگام قرار دادن آنها در سوراخ‌های فیبر مدارچاپی دقت کنید. این

یکی از اشتباهات متداول هنگام مونتاژ توسط افراد تازه‌کار است. طرح روی فیبر این امکان را به شما می‌دهد تا به راحتی پلاریته قطعات را بیابید.

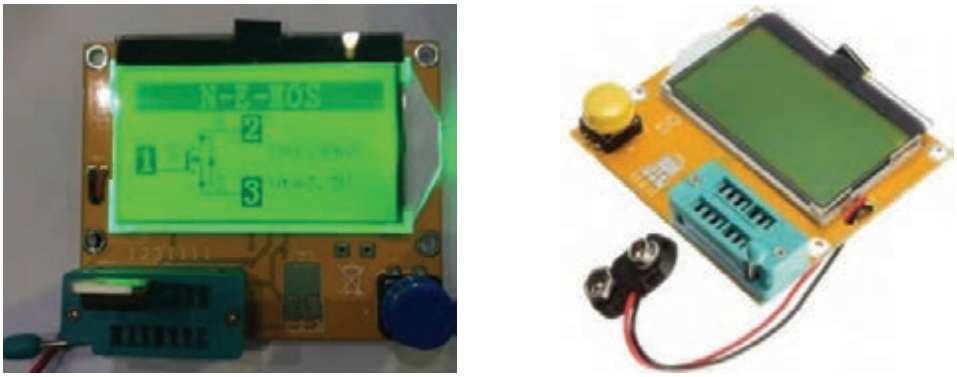
☑ سعی کنید ابتدا هر قطعه را در جایگاه خود قرار دهید و لحیم کنید سپس اقدام به مونتاژ قطعه بعدی نمایید. در این شرایط فرایند مونتاژ با دقت بیشتری صورت می‌گیرد.

بررسی صحت قطعات

این مهم را به خاطر داشته باشید، که اگر در فرایند ساخت یک پروژه از قطعات مستعمل و قدیمی استفاده می‌کنید، حتماً قبل از مونتاژ، آن را آزمایش کنید. چنانچه قطعات مورد نظر مقاومت، خازن، سیم‌پیچ، دیود یا ترانزیستور باشد، می‌توانید با استفاده از مولتی‌متر به صحت آنها پی‌ببرید. قطعات الکترونیک صنعتی را نیز می‌توانید با همین روش آزمایش کنید. اما دقت داشته باشید که چنانچه این قطعات جریان بالا باشند، نمی‌توان آنها را توسط مولتی‌متر آزمایش کرد. چرا؟

توجه: سلامت آی‌سی‌ها را نمی‌توان با مولتی متر مورد بررسی قرار داد. برای مثال صحت کار آی‌سی تقویت‌کننده صوتی در این پروژه فقط در مدار امکان‌پذیر است.

نکته: لازم به ذکر است که برای آزمایش قطعات، مدارها و دستگاه‌هایی در بازار موجود است. شکل ۸۹ـ۴ نمونه‌هایی از این نوع دستگاه‌ها را نشان می‌دهد که برای آزمایش قطعات دو و سه پایه به‌کار می‌رود.



شکل ۸۹ـ۴ـ آزمایش کننده قطعات

چگونگی فرم‌دهی و نصب قطعات

قبل از قراردادن قطعات در سوراخ‌های برد، باید پایه‌های آنها را خم کنید و فرم دهید. مثلاً اگر می‌خواهید مقاومت را مونتاژ کنید، ابتدا پایه‌ها را به‌سمت پایین خم کنید، سپس داخل سوراخ‌های بُرد قرار دهید. از پشت فیبر (سمت مس)کمی پایه‌های آن را خم کرده و لحیم‌کاری را انجام دهید. پس از آن با سیم‌چین قسمت اضافی پایه‌ها را قطع کنید.

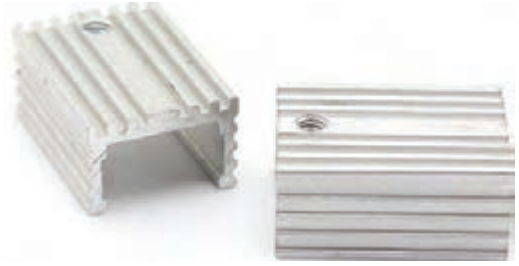
فکر کنید

آیا از ناخن‌گیر می‌توان به جای سیم‌چین استفاده کرد. چرا؟

☑ اگر همه قطعات را در جای خود قرار دهید و سپس اقدام به لحیم‌کاری هم‌زمان قطعات کنید، چه مشکلاتی پیش می‌آید؟

پس از اتمام لحیم‌کاری قطعات، سیم‌های مربوط به تغذیه، ورودی و خروجی صدا را نیز در جای خود لحیم کنید. نکته‌ای که باید به آن توجه داشته باشید، استفاده از سیم با دو رنگ متفاوت برای تغذیه (مثبت ومنفی) و ورودی (مثبت و منفی) و خروجی است. مثلاً در تمام پروژه خود سیم با رنگ مشکی را برای منفی در نظر بگیرید. در شکل ۹۰ـ۴ مدار مونتاژ شده پروژه را مشاهده می‌نمایید. به‌علت عبور جریان از آی‌سی TDA۲۰۰۳ حرارت تولید می‌شود، به همین دلیل باید بر روی آن گرماگیر (Heat-sink) نصب کرد. شکل ۹۱ـ۴ نمونه‌ای از یک هیت سینک را نشان می‌دهد که برای این آی‌سی مناسب است. در بازار، این مدل را گرماگیر تراشه‌ای می‌نامند.

شکل ۹۰ـ۴ـ مدار مونتاژ شده تقویت‌کننده



شکل ۹۱ـ ۴ـ گرماگیر

نکته

هنگام طراحی مدار چاپی در نرم‌افزار، به این نکته توجه کنید که اگر قرار است گرماگیر روی قطعه‌ای نصب شود، باید فضای مورد نیاز را برای آن درنظر بگیرید.

بارش فکری:

به سؤالات زیر به صورت بارش فکری پاسخ دهید سپس نتایج را جمع‌بندی کنید.

اگر از گرماگیر استفاده نشود چه مشکلی در مدار به وجود خواهد آمد؟

گرماگیرها عموماً از چه موادی ساخته می‌شوند؟ دلیل انتخاب این مواد چیست؟

۲۰ـ۴ آلاینده‌های برد

پس از اتمام مونتاژ کاری به علت استفاده از روغن لحیم، مقداری مواد روغنی پشت برد باقی می‌ماند. این مواد علاوه بر نازیباکردن کار، در بسیاری از مدارها باعث ایجاد اشکال در عملکرد صحیح مدار نیز می‌شوند. همچنین وجود گرد و غبار در دستگاه‌های الکترونیکی نیز یکی از مواردی است که باید به آن توجه نمود.

تمیزکاری بُرد مونتاژ شده

همان‌طور که اشاره شد پس از پایان مونتاژکاری برد و نصب قطعات، به دلیل استفاده از هویه، لحیم و روغن لحیم، سطح کار آلوده می‌شود. این آلودگی‌ها کیفیت عملکرد مدار را کاهش داده و حتی ممکن است عیب

اساسی در عملکرد مدار ایجاد کند. مثلاً در ساخت یک ساعت اگر پشت فیبر مدار چاپی تمیز نباشد ممکن است ساعت کندتر یا تندتر بشمارد، یا در یک تقویت‌کننده صوتی سبب اغتشاش در خروجی شود. بنابراین پس از اتمام کار مونتاژ، حتماً باید با استفاده از مواد مخصوص فیبر را پاک کنیم. اسپری‌های مختلفی در بازار برای این کار موجود است. در شکل ۹۲ـ۴ نمونه‌ای از اسپری‌های موجود را مشاهده می‌کنید که در دو نوع خشک و چرب عرضه می‌شوند. نوع خشک برای تمیز کردن فیبر مدار چاپی که روغنی شده‌اند مناسب است. نوع چرب برای روان‌کاری و از بین بردن اکسیدها در کلیدها، رله‌ها و این قبیل قطعات به‌کار می‌رود. پس‌از مونتاژکاری، به مقدار کافی پشت فیبر را اسپری بپاشید. سپس آن را با برس یا مسواک پاک کنید. برای این کار می‌توانید از یک مسواک مستعمل استفاده نمایید و آن را برای همین کار در جعبه ابزار خود قرار دهید. برس زنی را آن‌قدر ادامه دهید تا سطح کار تمیز و کاملاً خشک شود.

شکل ۹۲ـ ۴ـ دونوع اسپری موجود در بازار

ایمنی

به علت وجود مواد شیمیایی در ترکیبات اسپری‌ها، هنگام استفاده، از تنفس آنها خودداری کنید، برای این منظور از ماسک مناسب استفاده نمایید.

پژوهش

در الکترونیک از چه نوع اسپری‌هایی استفاده می‌کنند؟ در این زمینه تحقیق کرده و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

ردیف	نام اسپری	حدود قیمت	کاربرد
۱			جلوگیری از اکسید شدن مسیرها در فیبر مدار چاپی
۲			
۳			
۴			

الگوی پرسش

۱ـ استفاده از هویه کم‌وات یا پُروات (نا مناسب) برای مونتاژ قطعات الکترونیکی سبب لحیم سرد یا سوختن قطعات می‌شود. صحیح ☐ غلط ☐

۲ـ چه مته‌هایی برای سوراخ‌کاری بردهای الکترونیکی مناسب هستند؟ هر کدام برای پایه‌های چه قطعاتی مناسب‌اند؟

۳ـ اسیدهای مدارچاپی در چند نوع عرضه می‌شود؟ چگونگی استفاده از هرکدام را شرح دهید.
۴ـ آی‌سی TDA۲۰۰۳ از چه مدل بسته‌بندی استفاده می‌کند؟ مشخصات این قطعه را نام ببرید.
۵ـ مراحل ساخت یک مدار، از طراحی پشت فیبر توسط نرم‌افزار تا پایان مونتاژکاری را به‌ترتیب در یک روندنما (Flowchart) نشان دهید.
۶ـ معنی لغات زیر را به فارسی بنویسید.

Feedback		Pre Amplifier	
Speaker		Mono	

۷ـ تقویت‌کننده‌ای که دارای یک ورودی و یک خروجی جداگانه برای تقویت سیگنال صوتی است..... نام دارد.
۸ـ تقویت‌کننده‌ای که دارای دو ورودی و دو خروجی جداگانه برای تقویت سیگنال صوتی است..... نام دارد.
۹ـ آیا از روی ظاهر مقاومت و خازن می‌توان به سالم بودن تقریبی آن پی برد؟ چگونه؟
۱۰ـ برای پی بردن به سالم یا معیوب بودن یک آی‌سی چه باید کرد؟
۱۱ـ برای تمیز کردن داخل یک ولوم که گرد و غبار گرفته است از چه اسپری باید استفاده کرد؟

۲۱ـ۴ معرفی چند پروژه کاربردی

ساخت مدار کلید الکترونیکی

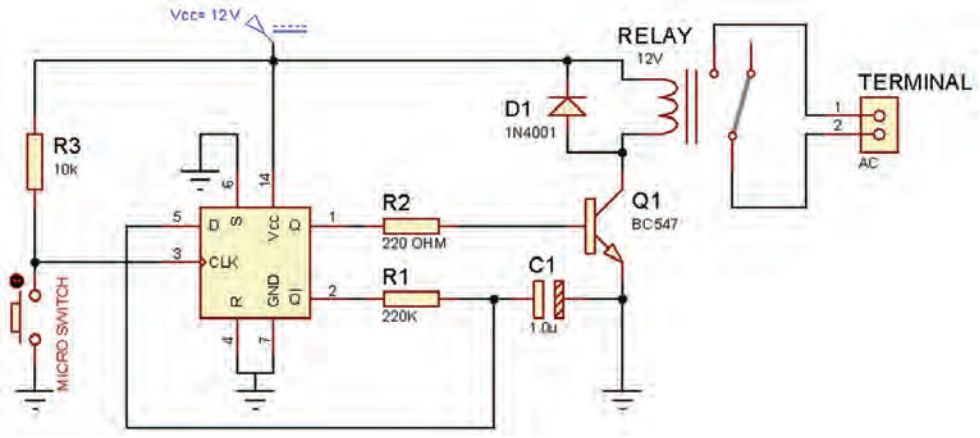
برای قطع و وصل وسایل الکترونیکی و الکتریکی از قطعه‌ای به نام کلید (Switch) استفاده می‌شود که قطعاً با آنها آشنا هستید. برای روشن و خاموش کردن پروژه‌هایی که می‌سازید باید از کلیدهای قطع و وصل (OFF-ON) مختلفی که در بازار وجود دارند استفاده کنید. در شکل ۴ـ۹۳ دو نمونه کلید را مشاهده می‌کنید.

شکل ۴ـ۹۳ـ کلید قطع و وصل مدار

اگر به کنترل تلویزیون دقت کرده باشید می‌بینید که با فشار دکمه روشن و خاموش (POWER)، دستگاه روشن‌شده و با فشار مجدد آن خاموش می‌شود. چنانچه مداری بسازیم که به این‌صورت عمل کند، به آن کلید قطع‌و وصل الکترونیکی می‌گویند. در این پروژه با یک سوئیچ الکترونیکی آشنا خواهید شد که کاربردهای فراوانی دارد.

نقشه فنی مدار

در شکل ۴ـ۹۴ مدار مورد نظر را مشاهده می‌کنید. در این پروژه آی‌سی CD۴۰۱۳ استفاده شده است. با این آی‌سی می‌توان دو سوییچ دیجیتال ساخت و به‌طور جداگانه به هر کدام فرمان لازم را برای انجام کاری داد. قسمتی از مدار که با نام پایانه (Terminal) مشخص شده است، به عنوان کنتاکت‌های کلید هستند که



شکل ۹۴ـ۴ـ نقشه شماتیک مدار کلید الکترونیکی

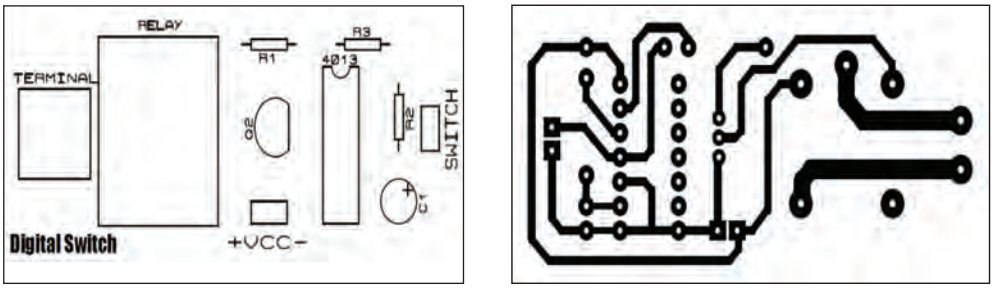
در مدار قرار می‌گیرند و وسیله‌ای را قطع و وصل می‌کنند. این کنتاکت‌ها می‌توانند به وسایل مختلف با ولتاژ کم یا ولتاژ زیاد متصل شوند (با مراجعه به برگه اطلاعات رله می‌توانید جریان و ولتاژ قابل تحمل کنتاکت‌های رله و بوبین را پیدا کنید). جدول ۸ـ۴ فهرست قطعات مورد نیاز این مدار را نشان می‌دهد.

جدول ۸ـ۴ قطعات مورد نیاز برای ساخت مدار کلید الکترونیکی

قطعه	تعداد	توضیحات	قطعه	تعداد
آی‌سی CD۴۰۱۳	۱		مقاومت ۲۲۰Ω	۱
رله	۱	۱۲ ولتی	مقاومت ۲۲۰kΩ	۱
ترانزیستور معمولیNPN	۱	مثل C۹۴۵:,BC۱۰۷	خازن ۱µf	۱
مقاومت ۱۰kΩ	۱		کلید فشاری برای نصب روی جعبه	۱

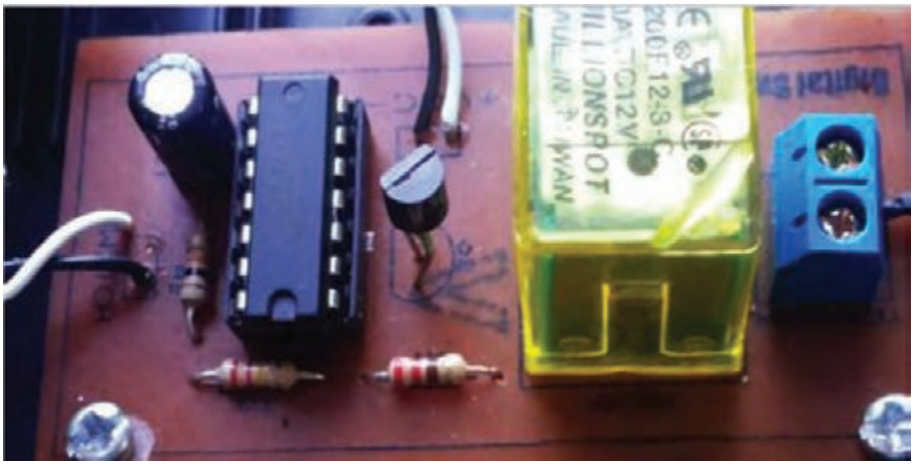
طراحی پشت و روی فیبر مدار چاپی

نمونه‌ای از طرح پشت و روی فیبر مدار چاپی را در شکل ۹۵ـ۴ ملاحظه می‌نمایید.



شکل ۹۵ـ۴ـ طرح پشت و روی فیبر مدار چاپی کلید الکترونیکی

کلید فشاری به قسمت switch روی فیبر متصل می‌شود. کانکتور (terminal) هم برای اتصال به وسیله‌ای است که قصد قطع و وصل آن را دارید. شکل ۹۶ـ۴ مدار مونتاژ شده را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۹۶ـ۴ـ مدار مونتاژ شده کلید الکترونیکی

پروژه تشخیص ورود افراد ناشناس

شما با چگونگی عملکرد دزدگیر اتومبیل تا حدود زیادی آشنایی دارید. در دزدگیرهای ساده خودرو، با بازشدن در، کلید نصب شده روی در عمل می‌کند و آژیر(Siren) را به صدا درمی‌آورد. در پروژه‌ای که قصد انجام آن را داریم می‌خواهیم با استفاده از سنسور(Sensor) تشخیص حرکت انسان، اقدام به ساخت سیستم ورود افراد ناشناس کنیم.

☑ **سنسور چیست؟** سنسور قطعه‌ای است که کمیتی فیزیکی را حس می‌کند و آن را به کمیتی الکتریکی تبدیل می‌کند. مثلاً سنسور دما، حرارت محیط را حس کرده و آن را به ولتاژ یا به هر کمیت دیگر الکتریکی مانند فرکانس یا مقاومت تبدیل می‌کند.

شکل۹۷ـ۴ چند مدل سنسور دما را نشان می‌دهد. این سنسورها، در ورودی کمیت دما را حس نموده و آن را درخروجی به تغییر مقاومت، تغییر ولتاژ یا تغییر فرکانس تبدیل می‌کنند.

در جدول ۹ـ۴ تعدادی سنسور پرکاربرد معرفی شده‌اند.

پ) SMT۱۶ خروجی فرکانس

ب) LM۳۵ خروجی ولتاژ

الف) NTC خروجی مقاومت

شکل ۹۷ـ۴ـ چند نمونه سنسور

جدول ۹ـ۴ تعدادی سنسور پر کاربرد

نام سنسور	کاربرد	شکل ظاهری	مشخصات
SHT۱۱	سنسور رطوبت		ولتاژ کاری: ۲/۴ تا ۵/۵ ولت (ولتاژ پیشنهادی:۳/۳ ولت) خروجی دیجیتال
MQ_۴	سنسور گاز (آشکار ساز گاز متان)		ولتاژ هیتر: ۵ ولت AC یا DC توان مصرفی: ۷۵۰ میلی وات
TSL۲۳۰	سنسور تشخیص رنگ (نوعی مبدل نور به فرکانس)		قابلیت اتصال مستقیم به میروکنترلرها قابلیت کارکرد با ولتاژهای پایین از ۲/۷ ولت

جست و جو

با جست‌وجو در اینترنت ۵ نوع سنسور مختلف را که در جدول ۹ـ۴ نیامده است، شناسایی کرده و مشخصات آنها را بیابید. سپس جدول ۱۰ـ۴ را تکمیل کرده و ارائه دهید.

جدول ۱۰ـ۴

ردیف	نام سنسور	کاربرد	نوع خروجی
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			

در این پروژه از یک ماژول (Module) استفاده می‌کنیم که یک سنسور تشخیص حرکت انسان روی آن نصب است و کار را برای کاربر راحت کرده است. ماژول در واقع یک مدار یک‌پارچه و آماده است که کار خاصی را

فعالیت

با مراجعه به برگه اطلاعات یک نمونه ماژول سنسور رطوبت یا گاز، مشخصات آن را استخراج کنید و در قالب یک گزارش ارائه دهید.

انجام می‌دهد. با ترکیب ماژول‌ها می‌توانیم یک سامانه کامل بسازیم و یک فعالیت کامل را اجرا کنیم.

☑ **اجزای یک نمونه ماژول (Module):** معمولاً ماژولی که پدیدهٔ فیزیکی را کنترل می‌کند، یک سنسور دارد که می‌تواند کمیتی را حس کند، سپس با استفاده از مدارهای مختلف، کمیت حس شده را به سیگنالی آنالوگ یا دیجیتال تبدیل می‌کند. مثلاً ماژول تشخیص گاز خانگی که با استفاده از سنسور MQ۵ ساخته شده است می‌تواند گاز طبیعی، گازمایع یا گاز شهری را حس کند. با حس کردن گاز ولتاژ آنالوگ پایه خروجی افزایش می‌یابد. این ماژول را در شکل ۹۸ـ۴ مشاهده می‌نمایید. ماژول‌های بسیاری در بازار با قیمت‌های پایین وجود دارند که کار را برای کاربران بسیار آسان کرده‌اند. در جدول ۱۱ـ۴ تعدادی ماژول موجود در بازار معرفی شده‌اند.

شکل ۹۸ـ۴ـ ماژول تشخیص گاز خانگی

جدول ۱۱ـ۴ تعدادی ماژول متداول در بازار

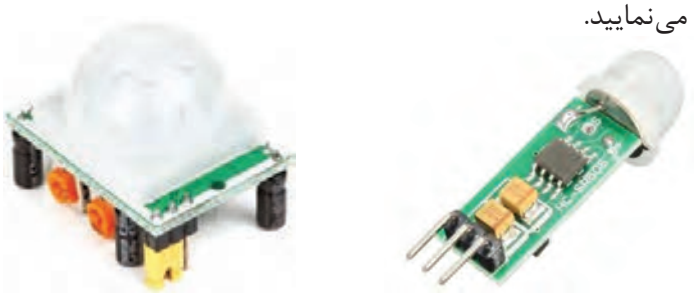
نام ماژول	شکل ظاهری
تشخیص اثر انگشت (اسکنر انگشت)	
ماژول تشخیص سطح آب	
ماژول تشخیص رطوبت HR۲۰۲	
ماژول WiFi	

پژوهش

با جست‌وجو در اینترنت و سایت‌هایی که فروش اینترنتی قطعات الکترونیکی را انجام می‌دهند، نام حداقل ۵ ماژول را پیدا کرده و در کارگاه مطرح نمایید. سپس در مورد کاربردهای هر کدام با مربی و هم‌کلاسی‌های خود گفت‌وگو کنید.

ماژول تشخیص حرکت انسان

ماژول‌های مختلفی در بازار برای این کاربرد یافت می‌شوند. به‌عنوان مثال در شکل ۹۹ـ۴ دو مورد از این ماژول‌ها را مشاهده می‌نمایید.

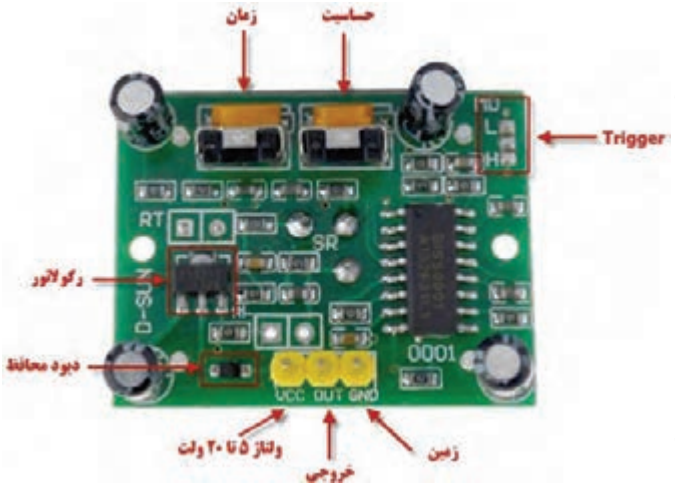


شکل ۹۹ـ۴ـ دو مورد از ماژول‌های تشخیص حرکت انسان HC-SR ۵۰۵ - HC-SR ۵۰۱)

معرفی ماژول HC_SR۵۰۱

HC_SR۵۰۱ یک ماژول تشخیص حرکت انسان است.

سنسور PIR مخفف شده کلمات Pyroelectric ("Passive") InfraRed است. بدن انسان حرارت دارد. این حرارت تولید امواج مادون‌قرمز (Infra Red) می‌کند و سنسور تعبیه شده روی این ماژول امواج مادون قرمز را تشخیص می‌دهد. با تشخیص حضور یک انسان توسط این سنسور، پایه خروجی این ماژول برای مدت زمانی خاصی ولتاژ ۳/۳ ولت را خواهد داشت و سپس صفر می‌شود. زمان توسط پتانسیومتری که روی ماژول قرار دارد قابل تنظیم است.



شکل ۱۰۰ـ۴ـ ماژول HC-SR ۵۰۱

☑ برخی کاربرد این ماژول

الف) سیستم‌های حفاظتی، امنیتی و تشخیص ورود افراد

ب) روشنایی خودکار محیط

پ) در اتوماتیک فروشگاه‌ها، بانک‌ها

☑ مشخصات ماژول

- **ولتاژ کار:** ۵ تا ۲۰ ولت
- **ابعاد:** ۲۴×۳۲ میلی‌متر
- **زاویه تشخیص:** حدود ۱۱۰ درجه
- **مسافت قابل تشخیص:** حدود ۳ متر تا ۷متر (که توسط پتانسیومتر روی ماژول قابل تنظیم است.)

قابلیت تنظیم زمان فعال بودن خروجی توسط پتانسیومتر روی ماژول شکل ۱۰۰ـ۴ این ماژول را نشان می‌دهد.

فعالیت

با مراجعه به برگه اطلاعات ماژول، سایر مشخصات آن را استخراج کنید و در قالب یک گزارش ارائه دهید.

تنظیم ماژول: با چرخاندن پتانسیومتر حساسیت به سمت راست، حساسیت ماژول کم می‌شود. با تنظیم این پتانسیومتر می‌توان قابلیت تشخیص را از ۳ متر تا حداکثر ۷ متر تغییر داد. همچنین با تنظیم پتانسیومتر زمان، می‌توان زمان خروجی را برای مدت زمان‌های مختلفی در وضعیت ۳/۳ ولت نگه‌داشت. چنانچه این پتانسیومتر در کمترین مقدار قرار گیرد (به‌سمت راست) پس از تشخیص انسان حدود ۳ ثانیه پایه خروجی ماژول در ولتاژ ۳/۳ ولت قرار می‌گیرد سپس صفر می‌شود. اما اگر این پتانسیومتر به سمت چپ چرخانده شود این زمان تا چند دقیقه قابل افزایش است (حدود ۵ دقیقه).

اگر در قسمت Trigger پایه وسط را به پایه H وصل کنید، خروجی ماژول پس از تشخیص انسان، وصل شده و همواره در ۳/۳ ولت باقی می‌ماند.

الگوی پرسش

۱ـ نقش دیود محافظ که در ورودی ماژول SR۵۰۱ ـ HC به‌صورت سری نصب شده چیست؟

۲ـ به چه دلیل در ماژول SR۵۰۱ ـ HC از رگولاتور استفاده شده است؟

۳ـ در صورت تشخیص انسان توسط ماژول معرفی شده، پایه خروجی..... ولت می‌شود.

۴ـ زاویه تشخیص ماژول معرفی شده حدود..... درجه است.

پژوهش

درمورد تفاوت ماژول HC-SR۵۰۱ و HC-SR۵۰۵ تحقیق کنید و نتیجه را در قالب یک‌گزارش ارائه دهید.

پروژه ساخت مدار تشخیص ورود افراد ناشناس

مواد، ابزار و تجهیزات: ماژول SR۵۰۵، آی‌سی ۵۵۵، بلندگو، مقاومت و خازن‌های موجود مدار، پین‌هدر (PinHeader)

در شکل ۴ـ۱۰۲ مدار تشخیص ورود افراد ناشناس رسم شده است. با ورود شخص به محل نصب ماژول خروجی آن ۳/۳ ولت خواهد شد. این ولتاژ باعث فعال شدن آی‌سی ۵۵۵ می‌شود که در مدار به‌عنوان آژیر (Siren) به‌کار رفته است و فرکانسی در محدوده شنوایی گوش انسان تولید می‌کند.

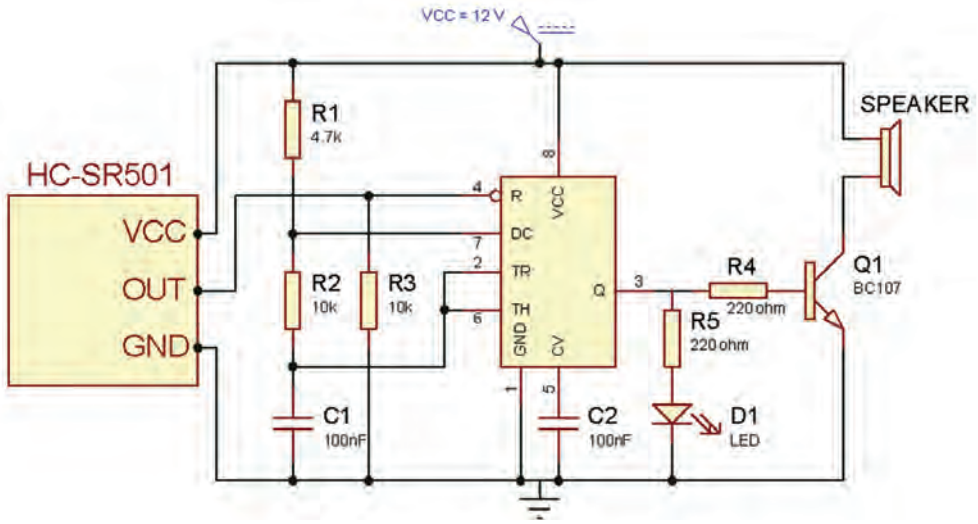
نکته

زمان فعال بودن آژیر، به تنظیم ولوم زمان روی ماژول بستگی دارد.

هنگام طراحی مدار چاپی این پروژه، از پین هدر (Pin Header) که نوعی مادگی سه پایه است استفاده کنید تا پس از مونتاژ، ماژول به‌راحتی روی آن نصب یا جدا شود. شکل ۴ـ۱۰۱ پین‌هدر نری و مادگی را نشان می‌دهد.

نری مادگی

شکل ۴ـ۱۰۱ـ پین هدر



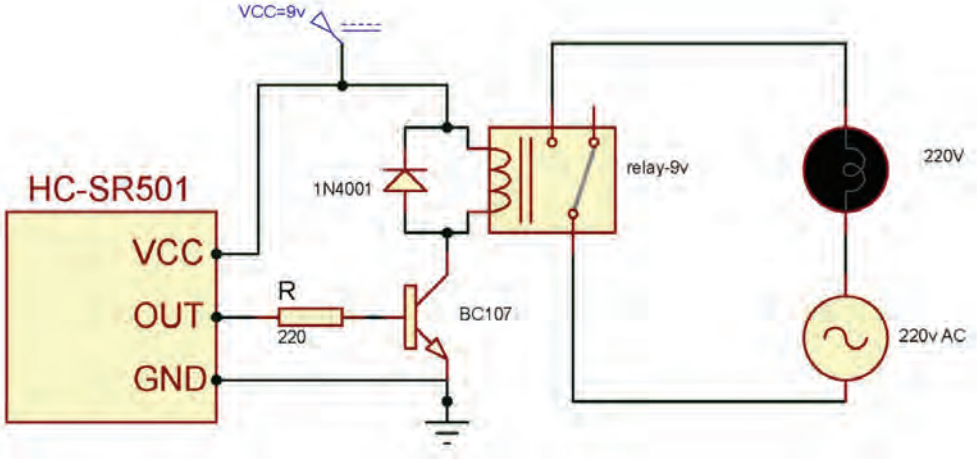
شکل ۱۰۲ـ۴ـ مدار تشخیص ورود افراد

نکات مهم

برای کالیبره کردن ماژول، لازم است پس از اتصال تغذیه، حدود یک دقیقه شخصی در محدوده دید آن قرار نداشته باشد. برای این کار می‌توانید یک کارتن روی آن قرار دهید.

۱ـ با اتصال تغذیه، آژیر به صدا در خواهد آمد حتی اگر شخصی هم در محدوده دید ماژول قرار نگرفته باشد.

۲ـ با استفاده از این ماژول به صورت شکل ۱۰۳ـ۴ می‌توان مدار روشنایی هوشمند نیز ساخت با ورود شخص به اتاق لامپ به‌طور خودکار روشن خواهد شد.



شکل ۱۰۳ـ۴ـ مدار روشنایی خودکار محیط (اتاق، راهرو، راه‌پله آپارتمان‌ها و ...)

ایمنی

چون ولتاژ ۲۲۰ ولت خطرناک است، ولتاژ تغذیه مدار روشنایی را ۱۲ولت درنظر گرفته‌ایم و به‌جای لامپ ۲۲۰ ولت از لامپ ۱۲ ولت خودرو استفاده کرده‌ایم.

الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری(۴)

۱ـ در یک آمپلی‌فایر صوتی ورودی معمولاً میکروفون و خروجی بلندگو است. صحیح ☐ غلط ☐

۲ـ انواع کوپلاژ را نام ببرید.کدام نوع کوپلاژ سیگنال DC را به راحتی عبور می‌دهد؟

۳ـ در کوپلاژ خازنی به علت وجود..... تلفات توان کم ☐ زیاد ☐ است.

۴ـ علامت اختصاری JFET با کانال N و P را رسم کنید و نام پایه‌های آن را بنویسید.

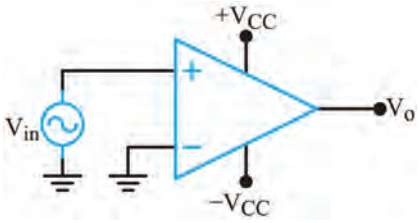
۵ـ در JFET ولتاژ بحرانی را تعریف کنید.

۶ـ شکل موج خروجی را در شکل ۴ـ۱۰۴ رسم کنید. نام مدار را بنویسید.

۷ـ مشخصات تقویت‌کننده عملیاتی ایده‌آل را بنویسید.

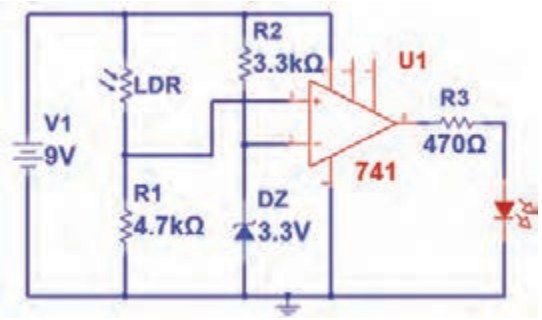
۸ـ در مدار مقایسه‌کننده سطح ولتاژ، ولتاژ مبنا معمولاً توسط .....و یا توسط ..... ایجاد می‌شود.

۹ـ ماژول SR۵۰۵ در تشخیص چه موردی به‌کار می‌رود؟ شرح دهید.



شکل ۴ـ۱۰۴

الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری(۴)



شکل ۴ـ۱۰۵

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۴ـ۱۰۵ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

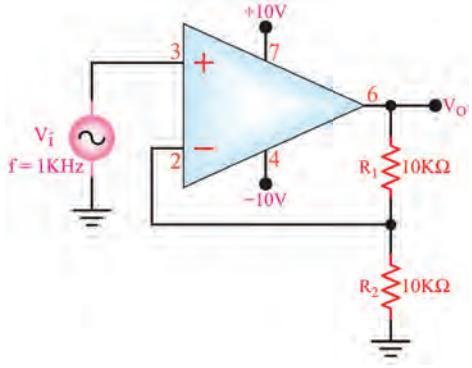
۳ـ مدار را راه‌اندازی کنید.

۴ـ با ولت‌متر نرم‌افزار ولتاژ مبنای مقایسه را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۵ـ در نور معمولی محیط آیا LED روشن است یا خاموش؟

۶ـ در چه شرایطی LED روشن می‌شود؟ این حالت را به اجرا درآورید.

الگوی آزمون عملی با قطعات واقعی پایان واحد یادگیری(۴)



شکل ۴ـ۱۰۶ـ تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده

۱ـ مدار شکل ۴ـ۱۰۶را روی بردبُرد ببندید.

۲ـ منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

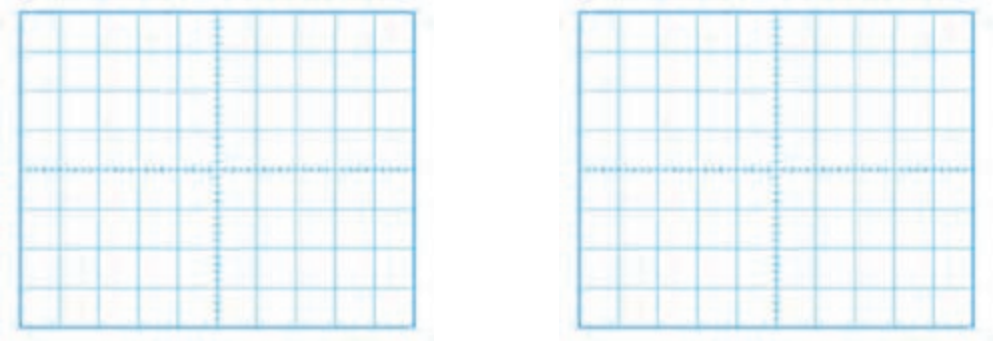
۳ـ به ورودی مدار یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱کیلوهرتز وصل کنید. دامنه سیگنال ورودی را طوری تغییر دهید که سیگنال خروجی دارای دامنهٔ ۵ ولت پیک‌تاپیک شود.

۴ـ دامنهٔ پیک‌تاپیک و اختلاف فاز ولتاژهای V_o و V_i

را با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه بگیرید سپس بهره ولتاژ مدار را به‌دست آورید و یادداشت کنید.

درجه ..... =Φ ، مرتبه ..... =A_V ، ولت.....=$V_{O(PP)}$ ، ولت ..... = $V_{IN(PP)}$

۵ـ شکل موج سیگنال‌های ورودی و خروجی را هنگامی که R_1=۴۷KΩ است و خروجی دارای دامنه ۵ولت پیک‌تاپیک است، در نمودار شکل ۱۰۷ـ۴ با مقیاس مناسب رسم کنید. T/Vو T/D را روی محورها مشخص کنید.



الف) شکل موج ورودی **ب) شکل موج خروجی**

شکل۱۰۷ـ۴

۶ـ دامنهٔ پیک‌تاپیک و اختلاف فاز ولتاژهایV_Oو V_i را با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه بگیرید سپس بهره ولتاژ مدار را به‌دست آورید و یادداشت کنید.

درجه ..... =Φ ، مرتبه ..... =A_V ، ولت.....=$V_{O(PP)}$ ، ولت ..... = $V_{IN(PP)}$

ارزشیابی شایستگی پروژه کاربردی آنالوگ

شرح کار: ۱ـ تشریح انواع کوپلاژ، تقویت‌کننده با FET ، عملکرد تقویت‌کننده تفاضلی و عملیاتی ۲ـ بستن مدار با FET ، تقویت کننده عملیاتی در نرم‌افزار و اندازه‌گیری کمیت‌ها ۳ـ بستن مدار تقویت‌کننده عملیاتی با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها ۴ـ آماده‌سازی طرح مدارچاپی پروژه ۵ـ مونتاژ قطعات روی فیبر ۶ـ تست صحت عملکرد بُرد مونتاژ شده

استاندارد عملکرد: شاخص‌ها: ۱ـ تشریح انواع کوپلاژ، تقویت‌کننده با FET ، عملکرد تقویت‌کننده تفاضلی و عملیاتی (۱۵دقیقه) ۲ـ بستن مدار با FET ، تقویت‌کننده عملیاتی در نرم‌افزار و اندازه‌گیری کمیت‌ها (۱۵دقیقه) ۳ـ بستن مدار تقویت کننده عملیاتی با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها (۳۰ دقیقه) ۴ـ آماده سازی طرح مدارچاپی پروژه (۱۰ دقیقه) ۵ـ مونتاژ قطعات روی فیبر (۳۰دقیقه) ۶ـ تست صحت عملکرد بُرد مونتاژشده (۳۰ دقیقه)

شرایط انجام‌کار و ابزارو تجهیزات: مکان مناسب انجام‌کار با کف عایق یا آنتی استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶ مترمربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی ($18^{\circ}c$ـ$27^{\circ}c$) و مجهز به وسایل اطفای حریق ـ میزکار استاندارد با ابعاد $L180 \times D80 \times H80\,cm$ ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس‌کار ـ انجام کار در حال نشسته یا ایستاده ـ رایانه ـ پرینتر ـ نرم‌افزارهای مناسب ـ برگه اطلاعات قطعات ـ لوازم‌التحریر ـ وسایل تهیه مدارچاپی ـ وسایل اسیدکاری ـ وسایل سوراخ‌کاری فیبر ـ وسایل مونتاژ ـ قطعات پروژه

معیار شایستگی:

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشریح انواع کوپلاژ، تقویت‌کننده با FET ، عملکرد تقویت‌کننده تفاضلی و عملیاتی	۱	
۲	بستن مدار با FET، تقویت کننده عملیاتی در نرم‌افزار و اندازه‌گیری کمیت‌ها	۲	
۳	بستن مدار تقویت‌کننده عملیاتی با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها	۲	
۴	آماده سازی طرح مدارچاپی پروژه	۱	
۵	مونتاژ قطعات روی فیبر	۲	
۶	تست صحت عملکرد بُرد مونتاژشده	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ محافظت از دستگاه‌ها ۲ـ دقت و مسئولیت‌پذیری ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ اخلاق حرفه‌ای ۵ـ رعایت نکات زیست‌محیطی		۲	
میانگین نمرات * حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.			*

واحد یادگیری۵

راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه آنالوگ

آیا تا به حال فکر کرده‌اید؟

- چه روش‌هایی برای عیب‌یابی مدارهای الکترونیکی وجود دارد؟
- اتصال اشتباه تغذیه چه معایبی را در مدار ایجاد می‌کند؟
- چه دستگاه‌هایی برای عیب‌یابی مدارهای الکترونیکی مورد نیاز است؟
- استفاده از جعبه مناسب برای یک دستگاه چه اهمیتی دارد؟

در مراحل مونتاژ هر بُرد الکترونیکی ممکن است به‌دلیل اشتباهاتی که رخ می‌دهد، بُرد به‌درستی کار نکند. در این حالت عیب‌یابی بُرد اهمیت زیادی دارد. اگر فراگیران، اصول عیب‌یابی را به‌خوبی فراگیرند به‌آسانی می‌توانند روش آموزش داده شده برای عیب‌یابی را به سایر دستگاه‌های الکترونیکی نیز تعمیم دهند. همچنین لازم است بعد از مونتاژ هر بُرد، به‌منظور محافظت آن از عوامل محیطی و اتصال قطعات جانبی به آن، بُرد را در جعبه مناسب قرار دهند. در این واحد یادگیری، مدار تقویت‌کننده کامل صوتی را مورد بررسی قرار می‌دهید. سپس تقویت‌کننده را آزمایش و راه‌اندازی می‌کنید. در ادامه مدار پروژه را با اضافه کردن یک بُرد پخش صوت MP۳ تکمیل و جعبه مناسبی را برای آن انتخاب می‌نمایید. در تمام مراحل اجرای کار، رعایت نکات ایمنی و بهداشتی و شایستگی‌های غیرفنی مانند کارگروهی، رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، دقت و تمرکز در اجرای کار باید مورد توجه قرار گیرد.

استاندارد عملکرد

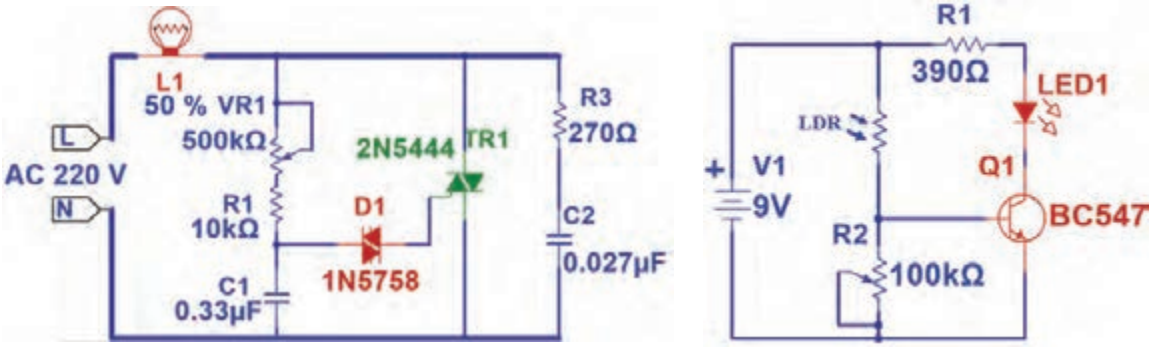
راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه کاربردی آنالوگ با رعایت استانداردهای تعریف شده

۱ـ۵ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

ابزار عمومی برق یا الکترونیک ـ لوازم‌التحریر ـ منبع تغذیه ـ مولتی‌متر ـ اسیلوسکوپ - سیگنال‌ژنراتور ـ بُرد مونتاژ شده پروژه ـ وسایل لحیم‌کاری ـ مواد پاک‌کننده ـ دریل ـ مته مناسب ـ قطعات الکترونیکی مورد نیاز (متناسب با نوع پروژه)

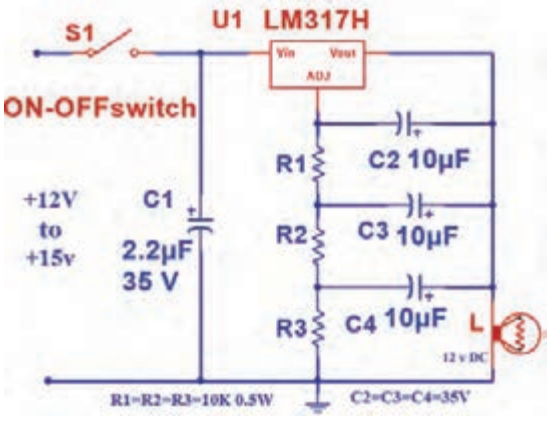
۲ـ۵ تغذیه مدارهای الکترونیکی

سامانه تغذیه یک مدار الکترونیکی از اجزای بسیار مهم آن است. به مدارهای شکل ۱ـ۵ دقت کنید. ولتاژهای تغذیه این مدارها از چه طریق تأمین می‌شود؟



شکل ۱ـ۵ـ دو نمونه نقشه مدار با تغذیه‌های متفاوت

در مدار «الف» از یک باتری به‌عنوان تغذیه استفاده شده است. باتری یکی از منابع تولید جریان مستقیم (DC) است. حتی اگر نماد مداری باتری هم وجود نداشت، باز هم از روی علامت + می‌توانستیم به ولتاژ DC تغذیه پی‌ببریم. در مدار «ب» دو ترمینال با نام‌های L و N وجود دارد. منظور از L فاز و N نول است. وجود فاز و نول نشانهٔ وجود ولتاژ AC است. علاوه بر این مورد مابین این دو ترمینال عبارت «AC ۲۲۰ v» را می‌توان دید که مشخص می‌کند ولتاژ تغذیه متناوب بوده و مدار با ولتاژ ۲۲۰ ولت راه‌اندازی می‌شود. گاهی در مدارها به جای یک ولتاژ، یک محدوده ولتاژ نوشته می‌شود. به مدار شکل ۲ـ۵ دقت کنید. این مدار می‌تواند با ولتاژی بین ۱۲ تا ۱۵ ولت کار کند.



شکل ۲ـ۵ـ تغذیه مدار در یک محدوده ۱۲ تا ۱۵ ولتی

نکته: توجه داشته باشید که همه ولتاژها به‌راحتی در دسترس نیستند. مثلاً کمتر ترانسفورماتوری یافت می‌شود که خروجی آن ۱۳ ولت باشد. اما ترانسفورماتور با ولتاژ خروجی ۱۲ ولت متداول است.

جست‌وجو در اینترنت

با جست‌وجو در سایت‌های معتبر، چند مدار الکترونیکی بیابید که دارای محدوده ولتاژی وسیع مثلاً از ۹ تا ۲۰ ولت باشند.

تغذیه مدار تقویت‌کننده

مدار تقویت‌کننده ۱۰ واتی ساخته‌شده در واحد یادگیری ۴ با ولتاژ ۱۲ ولت مستقیم کارمی‌کند.
پس از ساخت یک منبع تغذیه ۱۲ ولتی، ولتاژ خروجی آن را به وسیله ولت‌متر اندازه بگیرید، سپس منبع تغذیه را به مدار تقویت‌کننده وصل کنید.

نکته

برای تغذیه مدار از دو سیم با رنگ‌های متفاوت استفاده کنید. معمولاً از رنگ مشکی برای منفی و از رنگ سفید یا قرمز برای مثبت استفاده می‌شود.

۳ـ۵ تعیین ولتاژها و سیگنال‌های مدار

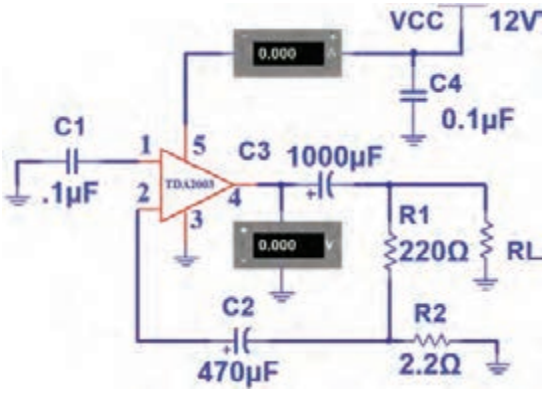
برای اطمینان از عملکرد صحیح مدار، اندازه‌گیری ولتاژها و سیگنال‌های قسمت‌های مختلف مدار، لازم است.
برای مشاهده سیگنال قسمتی از مدار باید از اسیلوسکوپ استفاده شود.

نکته

برای تعمیر مدارهای الکترونیکی، معمولاً ولتاژ نقاط مختلف مدار را نسبت به زمین(GND) اندازه‌گیری می‌کنند. اما گاهی لازم است ولتاژ دو نقطه (غیر از زمین) نسبت به‌هم اندازه‌گیری شوند. یکی از موارد متداول اندازه‌گیری ولتاژ بین کلکتور امیتر ترانزیستورها در مدارهای آنالوگ است.

اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مدار تقویت‌کننده ۱۰ وات

با استفاده از ولت‌متر و آمپرمتر می‌توانید به بررسی ولتاژ و جریان مدار بپردازید. برای این منظور می‌توانید با توجه به شکل ۳ـ۵ وسایل اندازه‌گیری را در مدار قرار دهید و ولتاژهای نقاط مختلف مدار را نسبت به زمین و جریان مدار را اندازه‌بگیرید. سپس مقادیر اندازه‌گیری شده را با مقادیر داده‌شده در جدول ۱ـ۵ مقایسه کنید. در جدول ۱ـ۵ ولتاژ تغذیه و جریان مدار مشخص شده است. اگر ولتاژ و جریان با مقادیر جدول هم‌خوانی داشته‌باشد مدار سالم است. اما اگر تفاوت زیاد باشد به معنی وجود عیب در مدار است.



شکل ۳ـ۵ـ مدار با دستگاه‌های اندازه‌گیری

تمرین: جدول ۱ـ۵ را ترجمه کرده و در جدول ۲ـ۵ یادداشت نمایید. از موارد مهم در رشته الکترونیک آشنا بودن با زبان انگلیسی و استفاده ازمحتویات ارائه شده در برگه‌های اطلاعات و فهم متون سایت‌های علمی و مقالات انگلیسی است.

جدول ۱ـ۵ مقادیر کمیت‌های DC مدار

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_s	Supply voltage		8		18	V
V_o	Quiescent output voltage (pin 4)		6.1	6.9	7.7	V
I_d	Quiescent drain current (pin 5)			44	50	mA

جدول ۲ـ۵

کار عملی۱

اندازه‌گیری ولتاژ و جریان تقویت‌کننده ۱۰ وات

مواد، ابزار و تجهیزات: آمپرمتر، ولت‌متر ـ بُرد مونتاژ شده ـ منبع تغذیه ـ سیم‌های رابط

هدف: اندازه‌گیری ولتاژ و جریان DC مدار

مراحل اجرای کار:

۱ـ ولتاژ تغذیه را به بُرد مونتاژشده آمپلی‌فایر وصل کنید.

۲ـ با استفاده از مدار شکل ۳ـ۵ ولتاژ DC خروجی و جریان مصرفی مدار (جریان خط تغذیه) را اندازه بگیرید و یادداشت نمایید.

Vout =.....V Id =.....mA

۳ـ آیا مقادیر اندازه‌گیری‌شده با مقادیر داده‌شده در جدول تطابق دارد؟

۴ـ۵ عیب‌یابی مدار

چنانچه مقادیر اندازه‌گیری‌شده با مقادیر جدول تفاوت زیادی داشته‌باشد، مدار معیوب است و باید عیب‌یابی شود. برای عیب‌یابی ابتدا از صحت دوشاخه یا پریز اطمینان حاصل کنید. این کار را می‌توانید با استفاده از ولت‌متر و با رعایت نکات ایمنی کامل انجام دهید. مراحل عیب‌یابی را به‌صورت زیر پی‌گیری کنید. در هر مرحله خروجی وجود نداشت عیب در همان قسمت است.

☑ بررسی پریز، دو شاخه (با نظارت مربی کارگاه)

- بررسی سیم رابط تا ورودی ترانسفورماتور (با نظارت مربی کارگاه)
- بررسی ولتاژ خروجی ترانسفورماتور
- بررسی ولتاژ بعد از یک‌سوکننده
- اندازه‌گیری ولتاژ نقاط مختلف مدار

شکل ۴ـ۵ـ رفع عیب اتصال کوتاه در فیبر مدار چاپی پس از مونتاژ

لازم به ذکر است که در عیب‌یابی دستگاهی مانند تلویزیون، نقشه‌هایی توسط کارخانه تولیدکننده در اختیار سرویس‌کاران قرار می‌گیرد که با استفاده از آنها، ولتاژها و شکل موج‌های نقاط مختلف مدار اندازه‌گیری شده و با مقایسه با مقادیر داده‌شده در نقشه، نقطه عیب مشخص می‌شود. با بررسی کامل قسمت‌های مختلف مدار می‌توانید به عیب مدار پی‌ببرید. در بسیاری از موارد طرح پشت فیبر دارای عیب‌هایی مانند قطع‌شدگی خطوط (Track) است. ممکن است پس از انجام لحیم‌کاری، به‌علت نزدیک بودن خطوط به‌هم، اتصال کوتاه رخ دهد. به تمامی این موارد توجه کنید. شکل ۴ـ۵ فیبر مدار چاپی را نشان می‌دهد که در اثر لحیم‌کاری اتصال کوتاه شده و با برداشتن لحیم و مس اضافی به‌وسیله یک شیء نوک‌تیز، مشکل برطرف شده است.

روش‌های عیب‌یابی

در تعمیر مدارهای الکترونیکی سه روش وجود دارد. این سه روش عبارت‌اند از:

- ولتاژگیری
- اهم‌گیری
- ردیابی سیگنال(Signal tracing)

شکل ۵ـ۵ـ ولتاژگیری در مدار

سه وسیله مولتی‌متر، اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور برای عیب‌یابی مدارهای عمومی، به‌کار می‌روند. در روش ولتاژگیری باید مانند شکل ۵ـ۵ با استفاده از نقشهٔ مدار، نسبت به اندازه‌گیری ولتاژ نقاط آزمایش مدار اقدام کنید. این کار را باید تا مرحله‌ای ادامه دهید تا ولتاژ اندازه‌گیری شده با ولتاژ نوشته شده روی نقشه‌ها یکسان نباشد. به‌این ترتیب بلوک معیوب مشخص می‌شود.با ادامه اندازه‌گیری‌ها در آن منطقه، نقطه معیوب را پیدا می‌کنیم. پس از رسیدن به این مرحله می‌توانید آزمایش سلامت قطعه را شروع کنید. برای مثال اگر بخواهید یک ترانزیستور

را در مدار مورد آزمایش قرار دهید با حالت‌های زیر مواجه خواهید شد:
الف) چنانچه ترانزیستور در حالت تقویت‌کنندگی باشد، V_{CE} نباید صفر و یا به اندازه ولتاژ تغذیه باشد.
ب) چنانچه ترانزیستور در حالت سوئیچینگ باشد، V_{CE} می‌تواند صفر یا به اندازه ولتاژ تغذیه باشد.
در روش اهم‌گیری باید قطعه را خارج از مدار آزمایش کنیم. هرچند بسیاری از تعمیرکاران خُبره به‌دلیل تجربه‌ای که دارند (مانند تعمیرکاران تلویزیون) به‌شرط تخلیه بودن خازن‌ها، بعضی قطعات را در مدار آزمایش می‌کنند و نتیجه هم می‌گیرند.
در روش ردیابی سیگنال، یک سیگنال ضعیف (درحد میلی ولت) به ورودی مدار داده می‌شود و تقویت شده آن از خروجی دریافت می‌گردد. درصورتی‌که مدار معیوب باشد، سیگنال تقویت نمی‌شود. برای یک مثال کاربردی در تقویت‌کننده چند طبقه ترانزیستوری، ابتدا سیگنال ضعیف را به آخرین طبقه اعمال می‌کنند و با استفاده از اسیلوسکوپ، سیگنال خروجی را می‌بینند. چنانچه شکل موج و دامنهٔ خروجی مناسب باشد، این طبقه سالم است. سپس این مرحله را برای طبقه قبل از تقویت‌کننده خروجی تکرار می‌کنیم. چنانچه در این طبقه هم سیگنال خروجی وجود داشته باشد این طبقه نیز سالم است. به همین ترتیب کار را ادامه می‌دهیم تا به طبقه‌ای می‌رسیم که سیگنال خروجی مناسب نیست. در این حالت درمی‌یابیم که عیب مربوط به این طبقه است. به‌عبارت دیگر عیب‌یابی از طبقه آخر به سمت طبقه اول انجام می‌گیرد. اگر برای تقویت‌کنندگی از آی‌سی استفاده شده باشد تنها چاره کار، تعویض آی‌سی است.

تحقیق

با جست‌وجو در اینترنت، در مورد روش تعمیر بُردهای الکترونیکی، مثلاً گیرنده‌های دیجیتال، نکاتی را یادداشت کنید و به کلاس ارائه دهید.

۵ـ۵ تشریح اصول کار مدار تقویت‌کننده صوتی

در واحد یادگیری قبل با تقویت‌کننده صوتی آشنا شده‌اید، این مدارها معمولاً یک آی‌سی تقویت‌کننده دارند که سیگنال ضعیف ورودی را دریافت می‌کند و پس از تقویت به خروجی تحویل می‌دهد. برای اتصال میکروفون به‌مدار، باید یک مدار پیش‌تقویت‌کننده (Preamplifier) نیز قرار دهید. در ادامه با این نوع تقویت‌کننده‌ها و چگونگی ساخت آنها برای راه‌اندازی یک سیستم صوتی کوچک آشنا خواهید شد.

کار عملی ۲

اتصال سیگنال متناوب به مدار تقویت‌کننده صوتی

هدف: راه‌اندازی مدار تقویت‌کننده و اندازه‌گیری بهره ولتاژ
مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه، سیگنال ژنراتور AF، اسیلوسکوپ، بلندگو، بُرد مونتاژشده و سیم‌های رابط
مراحل اجرای کار:
۱ـ ولتاژ ۱۲ ولت مستقیم را به تغذیه مدار وصل کنید.

نکته

برای آزمایش مدار دو روش وجود دارد که به آن اشاره خواهد شد.

۲ـ سیگنالی سینوسی با دامنه‌ای در حدود چند میلی ولت و فرکانس ۱KHz را به ورودی مدار وصل کنید. اسیلوسکوپ را به خروجی اتصال دهید. در این مرحله به قطب‌های مثبت و منفی خروجی و ورودی مدار توجه داشته‌باشید. هم‌زمان سیگنال‌های ورودی و خروجی مدار را روی اسیلوسکوپ ببینید. دامنهٔ ورودی را طوری تنظیم کنید که شکل موج خروجی اعوجاج نداشته باشد.

V_{in}= ..... mV V_{out}=..... mV

$AV = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ = ——— =

۳ـ دامنهٔ پیک‌تاپیک سیگنال ورودی و خروجی و بهره ولتاژ مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۴ـ سیگنال صوتی ضعیف (مثلاً خروجی رایانه شخصی، یا خروجی هدفون گوشی تلفن همراه) را به ورودی و بلندگو را به خروجی مدار وصل کنید. صدا باید با کیفیت خوب از بلندگو پخش شود.

۶ـ۵ آشنایی با بُردهای پخش‌کننده فایل‌های MP۳ و رادیو

در این بخش با بُرد پخش صوت MP۳ آشنا خواهید شد. نمونه‌ای از این بُردها در شکل ۶ـ۵ آورده شده است.

شکل ۶ـ۵ـ برد پخش‌کننده MP۳

تحقیق

تاریخچه و مخفف کلمات MP و تفاوت MP۳ و MP۴ را بیابید و در قالب یک گزارش ارائه دهید.

انواع بُردهای MP۳

بُردهای پخش MP۳ در انواع مختلف طراحی و تولید می‌شوند که برخی از آن‌ها به شرح زیر است.

- بُرد بدون رگولاتور ولتاژ با تغذیه ۵ ولت دارای ورودی صدا (AUX) یا بدون آن، شکل ۷ـ۵.
- بُرد با رگولاتور داخلی ۷۸۰۵ دارای ورودی صدا (AUX) یا بدون آن. تغذیه این بُردها می‌تواند بیشتر از ۵ ولت باشد. معمولاً از ۱۲ ولت استفاده می‌شود.
- بُردهای دارای بلوتوث، این مدل قابلیت اتصال به وسایل دارای بلوتوث مانند گوشی تلفن همراه را دارد. در این حالت می‌توان فایل صوتی را از طریق بلوتوث و بدون اتصال سیم به بُرد منتقل و پخش کرد، شکل ۷ـ۵.
- بُرد با قابلیت ضبط، در این مدل قابلیت ضبط صدا نیز وجود دارد.

شکل ۷ـ۵ـ بُرد دارای بلوتوث و ورودی صدا

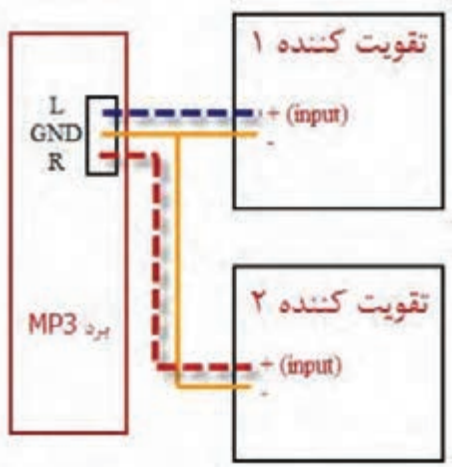
شکل ۸ـ۵ نمونه‌ای از برد دارای رگولاتور ۷۸۰۵ را نشان می‌دهد. در این حالت نیاز به استفاده از رگولاتور بیرونی نیست. در شرایط معمولی چنانچه از بُرد ۵ ولتی استفاده می‌کنید باید با استفاده از رگولاتور ۵ ولتی، مقدار ولتاژ منبع ۱۲ ولت (یا ۹ولت) را به ۵ ولت برسانید، سپس به مدار تقویت‌کننده وصل کنید. به این ترتیب ولتاژ تغذیه بُردMP۳ تأمین می‌شود.

شکل ۸ـ۵ـ برد MP۳ با رگولاتور ۷۸۰۵ داخلی

اتصال خروجی بُرد پخش‌کننده MP۳ به ورودی مدار

برای تکمیل پروژه تقویت‌کننده صوتی، باید خروجی بُرد پخش‌کننده MP۳ را به ورودی مدار تقویت‌کننده متصل کنید. چون خروجی بُرد MP۳، استریو و مدار تقویت‌کننده مونو است برای اتصال این‌دو مدار به هم می‌توانید اتصال‌های وسط و کنار سوکت خروجی بُرد را به ورودی تقویت‌کننده ارتباط دهید. هنگام اتصال، به سیم زمین (GND) در هر دو مدار دقت کنید.

درصورتی‌که قصد استفاده از مدار به صورت استریو را دارید، کافی است دو مدار تقویت‌کننده صوتی بسازید و پایه‌های خروجی سوکت را به این مدار متصل کنید. شکل ۹ـ۵ چگونگی این ارتباط را نشان می‌دهد.



شکل ۹ـ۵ـ چگونگی اتصال استریو

پژوهش

به چه‌دلیل درسیستم‌های استریو از فیلترهای مختلف برای صداهای زیر، بم و معمولی استفاده می‌کنند؟ آیا تقویت‌کننده استریو شما واقعاً یک تقویت‌کننده استریو است؟ چرا؟ با مراجعه به منابع مختلف، پاسخ سؤال را بیابید و نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

فیلم

فیلم چگونگی راه‌اندازی پروژه را مشاهده نمایید.

۵ـ۷ تهیه جعبه برای پروژه

انتخاب جعبه مناسب

یکی از نکات مهمی که در ساخت یک پروژه اهمیت دارد استفاده از یک جعبه مناسب برای قرار دادن بُرد مدارچاپی در داخل آن است. برای انتخاب جعبه باید به نکات زیر توجه کنید.

☑ چنانچه قرار است منبع تغذیه بیرون از جعبه قرار گیرد و با یک فیش به آن اتصال یابد، نیاز به جعبه کوچک‌تری دارید.

☑ اگر منبع تغذیه که شامل ترانسفورماتور، یک‌سو کننده، صافی و احتمالاً رگولاتور ولتاژ است، درون جعبه قرار می‌گیرد و مدار مستقیماً توسط سیم به برق شهر وصل می‌شود، نیاز به‌جعبه بزرگ‌تری‌خواهد بود. جنس جعبه‌ها نیز متفاوت‌اند. می‌توانید جنس فلزی یا پلاستیکی را انتخاب کنید. شکل ۱۰ـ۵ تعدادی جعبه موجود در بازار برای پروژه را نشان می‌دهد.

پرسش

یک مدار تقویت‌کننده صوتی پرقدرت را درنظر بگیرد که دارای آی‌سی و ترانزیستورهای توان بالایی است که به شدت داغ می‌شوند و بر روی گرماگیر بسته شده اند. چنانچه بخواهید برای این مدار یک جعبه تهیه نمایید، چه جنسی را انتخاب خواهید کرد؟ دلیل انتخاب خود را بنویسید.

.....

.....

شکل ۱۰ـ۵ـ جعبه‌های پلاستیکی و فلزی

پرسش

اگر بخواهید یک مدار محافظ یخچال بسازید، نیاز به جعبه خواهید داشت؟ شما چه راه‌هایی برای انتخاب جعبه در نظر می‌گیرید؟

شکل ۱۱ـ۵ نمونه‌ای از جعبه‌های موجود در بازار را نشان می‌دهد که در ساخت این پروژه از آن استفاده شده است.

شکل ۱۱ـ۵ـ جعبه پلاستیکی انتخاب شده برای پروژه

پژوهش

با جست‌وجو در اینترنت، چند سایت فروش جعبه برای بُردهای الکترونیکی را پیدا کنید. سپس بررسی نمایید آیا برای آمپلی‌فایر ۱۰ واتی که ساخته‌اید (دارای ابعاد حدوداً ۷ در ۵ سانتی‌متر است) چه جعبه‌هایی و با چه قیمت‌هایی وجود دارد ؟

چگونگی کنار هم قراردادن بخش‌های مختلف پروژه در داخل جعبه

چیدمان و قراردادن بُردها و قطعات در داخل جعبه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اگر به این موضوع توجه نکنید ممکن است با انتخاب جعبه نامناسب هزینه بالا برود و شکل ظاهری پروژه نیز مطلوب نباشد. رعایت مراحل زیر می‌تواند در این ارتباط مفید باشد.

شکل ۱۲ـ۵ـ منبع تغذیه

- ☑ منبع تغذیه به همراه یک‌سوکننده را درگوشه جعبه قراردهید و آن را با پیچ مهار کنید یا مانند شکل ۱۲ـ۵ از منبع تغذیه سوئیچینگ آماده استفاده کنید.
- ☑ بُرد MP۳ را با برش دادن و جایابی در جعبه در محل مناسبی قرار دهید.
- ☑ کلید فشاری برای روشن و خاموش کردن دستگاه را در کنار آن نصب کنید و طراحی پنل (Panel) قسمت جلوی پروژه را طبق شکل ۱۳ـ۵ کامل کنید.

شکل ۱۳ـ۵ـ پنل جلوی پروژه

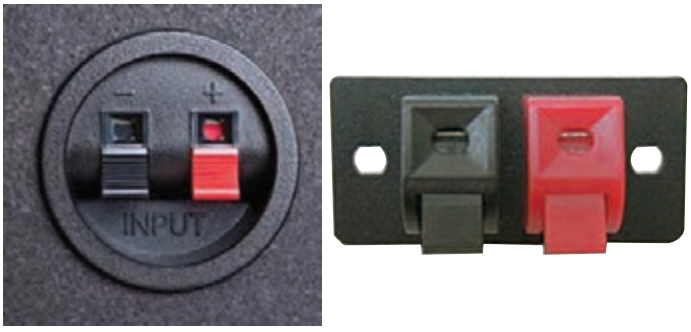
پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف بررسی کنید به چه دلیل در برخی از دستگاه‌ها برای اتصال مدارها به یکدیگر از سوکت نر و ماده استفاده نمی‌کنند؟ نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

☑ مدار تقویت‌کننده صوتی را در قسمت مناسبی از جعبه پیچ کنید. اتصالات مربوط به ورودی صدا و تغذیه را برقرار کنید. سپس مدار کلید الکترونیکی را با پیچ در فضای جعبه محکم کنید. اتصالات مربوط به رله و کلید فشاری را برقرار نمایید. شکل ۱۴ـ۵ نمای بیرون و درون پروژه را نشان می‌دهد.

شکل ۱۴ـ۵ـ نمای بیرون و درون

۸ـ۵ آشنایی با ترمینال (جک) بلندگو



شکل ۱۵ـ۵ـ ترمینال بلندگو

شکل ۱۶ـ۵ـ جک بلندگو

در سیستم‌های صوتی معمولاً برای اتصال سیم‌های بلندگو به دستگاه اصلی از ترمینال‌های فشاری استفاده می‌شود. سیم به راحتی بدون استفاده از ابزار خاصی در این ترمینال‌ها قرار می‌گیرد. این مدل از ترمینال‌ها را در شکل ۱۵ـ۵ مشاهده می‌کنید. در این ترمینال‌ها از ورودی به رنگ قرمز برای اتصال سیم مثبت و رنگ مشکی برای سیم منفی استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از جک بلندگو مانند شکل ۱۶ـ۵ استفاده کرد. این جک‌ها در انواع مونو و استریو ساخته می‌شوند. چون این پروژه دارای خروجی مونو است باید از جک مونو استفاده کنید. البته از این مدل بیشتر برای هدفون استفاده می‌شود. شکل ۱۷ـ۵ استفاده از ترمینال بلندگو را در این پروژه نشان می‌دهد.

شکل ۱۷ـ۵ـ استفاده از ترمینال بلندگو در پروژه (پشت جعبه)

فعالیت

چند نمونه جعبه دستگاه‌های الکترونیکی را باز کنید و چیدمان داخل آنها را به طور دقیق بررسی و مشاهده کنید. در ارتباط با کیفیت چیدمان، اتصال‌ها و نصب بُردها گزارش تهیه کنید و در قالب بیان مزایا و معایب هر دستگاه، از بُعد تعمیرات به کارگاه ارائه دهید.

کار عملی ۳

تکمیل پروژه تقویت‌کننده صوتی

هدف: آماده‌سازی نهایی پروژه

مواد، ابزار و تجهیزات: جعبه مناسب، مدار تقویت‌کننده، مدار کلید الکترونیکی یا کلید قطع و وصل معمولی، منبع تغذیه، سیم و دوشاخه، جک بلندگو، بُرد پخش MP۳، سیم، پیچ برای محکم کردن قسمت‌های مختلف درون جعبه و چند نمونه دستگاه الکترونیکی مستعمل نصب‌شده در داخل جعبه.

۱ـ منبع تغذیه، تقویت‌کننده و مدار کلید الکترونیکی (درصورت موجود بودن) را با استفاده از پیچ مناسب در درون جعبه محکم کنید.

۲ـ بُرد MP۳ و کلید را در روی جعبه و جک بلندگو را پشت آن نصب کنید. به این ترتیب پروژه را به اتمام برسانید.

۳ـ سیم‌کشی‌های نهایی را انجام دهید و در جعبه را ببندید.

الگوی پرسش

۱ـ تغذیه مدارهای مختلف الکترونیکی همواره به صورت DC است. صحیح ☐ غلط ☐

۲ـ اگر مداری معیوب است اولین گام در فرایند عیب‌یابی بررسی.....مدار است.

۳ـ در روش ردیابی سیگنال از چه دستگاه‌هایی استفاده می‌شود؟ نام ببرید.

پیشنهاد برای هنرجویان علاقه‌مند

یکی دیگر از کاربُردهای تقویت‌کننده صوتی که ساخته‌اید، استفاده از آن به عنوان یک اسپیکر رایانه است. برای این‌کار باید جعبه بلندگو بسازید و بلندگو را داخل آن قرار دهید. چنانچه به این کار علاقه‌مند هستید می‌توانید با مراجعه به اینترنت به ساخت جعبه بلندگو بپردازید.

پژوهش

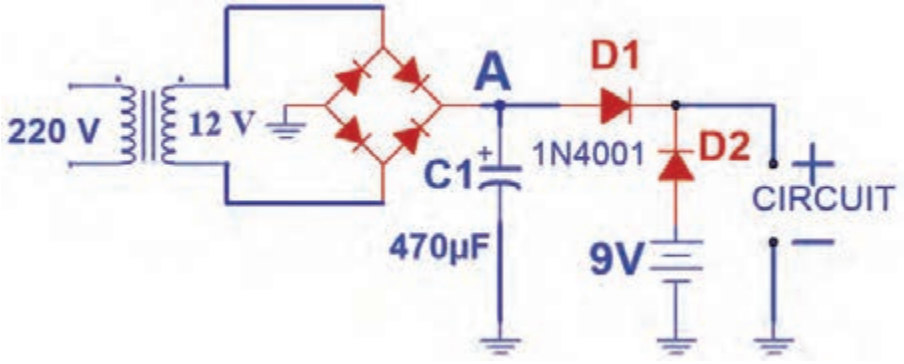
نرم‌افزارهایی وجود دارند که کار محاسبات مربوط به جعبه بلندگو را انجام می‌دهند. با جستجو در اینترنت آنها را بیابید و به کارگاه ارائه دهید.

۹ـ۵ آشنایی با مدارهای تغذیه پشتیبان (اضطراری) ساده

ممکن است در ساخت یک پروژه خاص، نیاز به منبع تغذیه اضطراری داشته باشید. دو روش ساده برای تولید و ساخت منبع تغذیه پشتیبان یا اضطراری پیشنهاد می‌شود.

استفاده از دیود

مدار برق اضطراری با استفاده از دیود در شکل ۱۸ـ۵ رسم شده است. زمانی که برق شهر برقرار است، نقطه A دارای ولتاژ بوده و دیود D_1 وصل و دیود D_2 قطع است. دلیل قطع بودن D_2 این است که آند آن دارای ولتاژ بیشتری نسبت به کاتد آن است (آند حدود حداکثر ۱۶ ولت، کاتد ۹ ولت). به‌این‌ترتیب ولتاژ خروجی صافی به مدار مورد نظر(Circuit) می‌رسد. در صورت قطع شدن برق شهر، ولتاژ در نقطه A صفر می‌شود. در این حالت D_1 قطع و D_2 وصل است زیرا آند آن دارای ولتاژ ۹ ولت و کاتد آن صفر ولت است. در این شرایط ولتاژ ۹ ولت باتری (که تغذیه پشتیبان است) به‌مدار داده می‌شود. به این ترتیب با قطع برق شهر و صفر شدن ولتاژ خروجی ترانسفورماتور، به‌طور خودکار باتری تغذیه مدار را تأمین می‌کند.

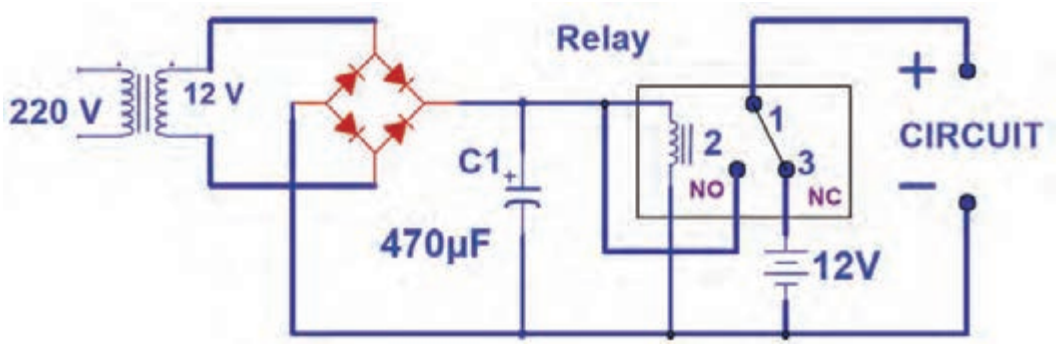


شکل ۱۸ـ۵ـ تغذیه اضطراری با دیود

بارش‌فکری: از طریق بارش فکری مزایا و معایب این مدار را بیابید و جمع‌بندی کنید.

استفاده از رله

در مدار شکل ۱۹ـ۵ تغذیه اضطراری با استفاده از رله تأمین می‌شود. در هنگام وجود برق شهر، رله عمل می‌کند. کنتاکت‌های NO (پایه ۲ـ Normally Open) و کنتاکت مشترک (پایه ۱) متصل می‌شود و ولتاژ خروجی صافی به‌مدار مورد نظر می‌رسد. درصورت قطع برق شهر، رله هم خاموش شده و کنتاکت‌های NC (پایه ۳ـ Normally Close) و مشترک (پایه ۱) به هم متصل می‌شوند. در این حالت باتری ولتاژ ۱۲ ولت مدار را تأمین می‌کند. برای قطع و وصل باتری به مدار باید از کلید جداگانه استفاده شود. زیرا در لحظاتی که برق شهر وجود ندارد ولتاژ تغذیه باتری همواره به مدار وصل است.



شکل ۱۹ـ۵ـ تغذیه اضطراری با رله

الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری(۵)

۱ـ روش‌های عیب‌یابی مدارها را نام برده و هرکدام را به‌طور مختصر توضیح دهید.
۲ـ چه ملاک‌هایی برای انتخاب یک جعبه برای پروژه به ذهن‌تان می‌رسد؟ شرح دهید.
۳ـ از بدنه فلزی جعبه می‌توان به‌عنوان گرماگیر قطعات پُر وات استفاده کرد.
صحیح ☐ غلط ☐
۴ـ بُردهای پخش صوت MP۳ چه امکاناتی دارند؟
۵ـ چه کاربردهای دیگری برای بُردهای پخش‌کننده صوت MP۳ به ذهن‌تان می‌رسد؟ شرح دهید.
۶ـ دو مدل ترمینال بلندگو در این مبحث بررسی شدند. تفاوت هر کدام را ذکر نمایید.
۷ـ دو مدار تغذیه پشتیبان برای مدارهای الکترونیکی در این مبحث معرفی شدند. مزایا و معایب هرکدام را نام ببرید.
۸ـ در صورتی‌که یک آمپلی‌فایر در خروجی صدا ندارد ولی نویز وجود دارد، اشکال در چیست؟ برای این عیب، روندنمای عیب‌یابی تدوین کنید.

ارزشیابی شایستگی راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه آنالوگ

شرح کار: ۱ـ تشریح تغذیه مدارهای الکترونیکی ۲ـ اتصال تغذیه به بُرد پروژه و اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مدار ۳ـ شرح روش‌های عیب‌یابی و دستگاه‌های مورد نیاز برای عیب‌یابی ۴ـ رفع عیب در صورت بروز عیب ۵ـ آماده‌سازی جعبه مناسب و اتصال قطعات و ابزار جانبی ۶ـ راه‌اندازی نهایی پروژه

استاندارد عملکرد: شاخص‌ها: ۱ـ تشریح تغذیه مدارهای الکترونیکی (۵ دقیقه) ۲ـ اتصال تغذیه به بُرد پروژه و اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مدار (۱۰دقیقه) ۳ـ شرح روش‌های عیب‌یابی و دستگاه‌های مورد نیاز برای عیب‌یابی (۱۰ دقیقه) ۴ـ رفع عیب در صورت بروز عیب (۱۵ دقیقه)۵ـ آماده‌سازی جعبه مناسب و اتصال قطعات و ابزار جانبی (۳۰دقیقه) ۶ـ راه‌اندازی نهایی پروژه (۱۰دقیقه)

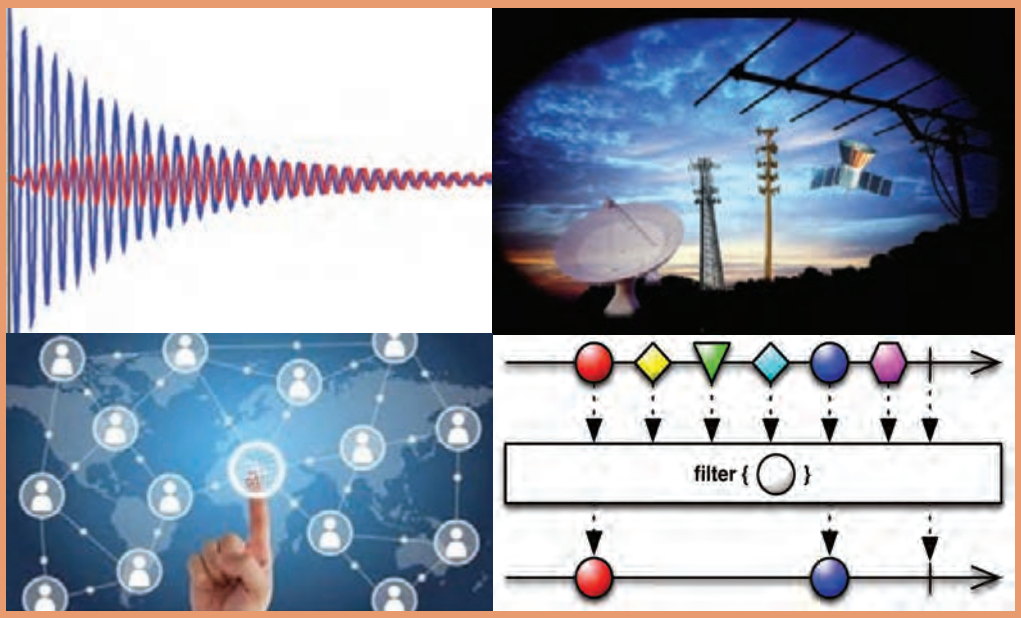
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶ مترمربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی ($18^{\circ}c$ـ$27^{\circ}c$) و مجهز به وسایل اطفای حریق ـ میزکار استاندارد با ابعاد $L180\times D80\times H80\,cm$ ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس کار ـ انجام کار در حال نشسته یا ایستاده ـ رایانه ـ برگه اطلاعات قطعات ـ لوازم‌التحریر ـ وسایل سوراخ‌کاری فیبر ـ وسایل مونتاژ ـ قطعات پروژه ـ اسیلوسکوپ ـ سیگنال‌ژنراتور ـ منبع تغذیه

معیار شایستگی:

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشریح تغذیه مدارهای الکترونیکی	۱	
۲	اتصال تغذیه به بُرد پروژه و اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مدار	۲	
۳	شرح روش‌های عیب‌یابی، تنظیم روندنما و دستگاه‌های موردنیاز برای عیب‌یابی	۱	
۴	رفع عیب در صورت بروز عیب	۲	
۵	آماده‌سازی جعبه مناسب و اتصال قطعات و ابزار جانبی	۲	
۶	راه‌اندازی نهایی پروژه	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ محافظت از دستگاه‌ها ۲ـ دقت و مسئولیت‌پذیری ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ کار گروهی ۵ـ رعایت نکات زیست‌محیطی		۲	
میانگین نمرات * حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.			*

پودمان ۴

پروژه مخابراتی



عصر حاضر را عصر مخابرات و ارتباطات نامیده‌اند، ارتباطات و مخابره اطلاعات، ابزاری مهم برای تصمیم‌گیری به‌شمار می‌آید، همچنین تعامل بین انسان‌ها و انتقال دانش و رشد فناوری و استفاده از آن فراگیر شده است. همه مردم با توجه به مزیت‌های سامانه‌های مخابراتی از آن برای انجام کارهای روزمره خود استفاده می‌کنند. سامانه‌های مخابراتی از تلگراف و تلفن شروع شده و به‌سمت اینترنت و شبکه‌های تلویزیونی و موبایل سوق پیدا کرده است. تأثیر این ابزار در زندگی روزمره افراد کاملاً مشهود و قابل ملاحظه است. استفاده از سامانه‌های مخابراتی در کنار سایر سامانه‌ها به‌عنوان سامانه انتقال اطلاعات و کنترل، از پیامدهای پیشرفت‌های صنعتی است. یکی از موارد استفاده از ارتباطات و مخابرات در مدیریت هوشمند ساختمان (BMS) می‌باشد. بنابراین کسب دانش در مورد مبانی مخابرات و آزمایش روی مدارهای کاربُردی مخابراتی و اجرای پروژه‌های مرتبط با آن از ضروریات داشته‌های دانش‌آموختگان رشته الکترونیک است.

واحد یادگیری ۶

ساخت پروژه کاربردی مخابراتی

آیا تا به حال فکر کرده‌اید

- فرکانس‌ها چگونه دسته‌بندی می‌شوند و هر محدوده فرکانسی چه کاربردی دارد؟
- چه مدارهایی فرکانس‌های مختلف را از یکدیگر جدا می‌کنند؟
- چگونه می‌توانیم با منبع DC، موج متناوب تولید کنیم؟
- پیام‌های صوتی و تصویری چگونه در فضا پخش و ارسال می‌شوند؟
- آیا با عملکرد سامانه‌های مخابراتی مانند تلفن و موبایل آشنا هستید؟
- انتقال داده‌ها از طریق تلفن جهت کنترل دستگاه‌ها چگونه انجام می‌شود؟
- سامانه‌های مخابراتی چه کاربردی در کنترل دستگاه‌ها دارند؟
- چه ضرورتی برای هوشمندسازی ساختمان‌ها وجود دارد؟
- سامانه‌های کنترلی در ساختمان هوشمند چگونه عمل می‌کنند؟

یکی از مهم‌ترین امواجی که در زندگی روزمره با آن سروکار داریم، امواج صوتی و تصویری است. از طریق این امواج با هم گفت‌وگو و تبادل اطلاعات می‌کنیم. در مخابرات دسته‌بندی امواج، کاربرد آنها و چگونگی ارسال و دریافت پیام از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در این واحد یادگیری، در مورد انواع فرکانس‌ها، کاربرد آنها، چگونگی جداسازی فرکانس‌ها از یکدیگر، اصول نوسان‌سازی و شناخت انواع مدولاسیون بحث می‌کنیم و به انجام برخی آزمایش‌های مرتبط به‌صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری می‌پردازیم و در نهایت یک پروژه مخابراتی را دربارهٔ ساختمان‌های هوشمند به‌اجرا در می‌آوریم. یادآور می‌شود درباره مدارهای ساختمان‌های هوشمند مانند سامانه اعلام حریق، دوربین مدار بسته و آنتن مرکزی در پایه دوازدهم بحث خواهد شد. پروژه مخابراتی ارائه شده در این کتاب نیمه‌تجویزی بوده و با توجه به نیاز به امکانات و علاقه هنرآموزان و هنرجویان قابل تغییراست، به‌عبارت دیگر می‌توانید با توجه به محیطی که در آن کار می‌کنید یک پروژه را انتخاب کرده و اجرا نمایید. در تمام مراحل یادگیری، توجه به شایستگی‌های غیرفنی، مانند کار گروهی، رعایت نظم و ترتیب، توجه به فناوری‌های نوین و رعایت نکات ایمنی و زیست‌محیطی مهم بوده و باید در مراحل انجام کار به آنها توجه شود.

استاندارد عملکرد

راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه کاربُردی مخابراتی با رعایت استانداردهای تعریف شده

۱ـ۶ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

ابزار عمومی برق یا الکترونیک ـ لوازم‌التحریر ـ منبع تغذیه ـ مولتی‌متر ـ اسیلوسکوپ ـ سیگنال‌ژنراتور ـ رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ وسایل لحیم‌کاری ـ مواد پاک‌کننده ـ دریل ـ مته مناسب ـ قطعات الکترونیکی مورد نیاز پروژه

مشخصات فنی تجهیزات و تعداد آن در سند برنامه درسی آمده است.

۲ـ۶ اجزاءِ سامانه‌های مخابراتی و نحوهٔ ارتباط رادیویی

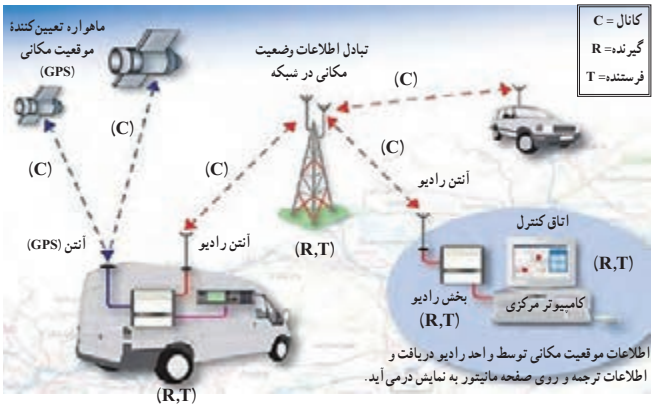
فیلم

فیلم سامانه‌های مخابراتی و طبقه‌بندی فرکانس‌ها را ببینید.

هر سامانه مخابراتی شامل بخش‌های فرستنده (Transmitter)، کانال ارتباطی (Channel) و گیرنده (Receiver) است.

در یک سامانه مخابراتی ساده، دهان انسان نقش فرستنده، هوا نقش کانال ارتباطی و گوش نقش گیرنده را دارد.

در شکل ۱ـ۶ یک سامانه ارتباطی رادیویی ترسیم شده است. در این سامانه فرستنده رادیویی از طریق آنتن (Antenna) امواج را در فضا پخش می‌کند. آنتن گیرنده، امواج رادیویی منتشر شده از فرستنده را از فضا دریافت می‌کند. کانال ارتباطی در این سامانه، فضای بین فرستنده و گیرنده است. یادآور می‌شود که امواج ارسالی از آنتن فرستنده از نوع امواجی است که رفتاری مشابه امواج نورانی دارد و با سرعتی تقریباً برابر با سرعت نور در فضا حرکت می‌کند.



شکل ۱ـ۶ سامانه ارتباط رادیویی

فکر کنید

اجزاءِ سامانه‌های مخابراتی (فرستنده، کانال و گیرنده) را در تلویزیون و تلفن همراه نام ببرید و تفاوت آنها را شرح دهید. .....

.....

.....

۳ـ۶ دسته‌بندی فرکانس‌ها

☑ **علل دسته‌بندی فرکانس و واحدهای آن:** فرکانس‌های مختلف در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند. همین رفتار متفاوت است که برای هر مورد کاربرد ویژه‌ای را فراهم می‌کند. بدین سبب، فرکانس‌ها را در دسته‌بندی‌های مختلف طبقه‌بندی می‌کنند.

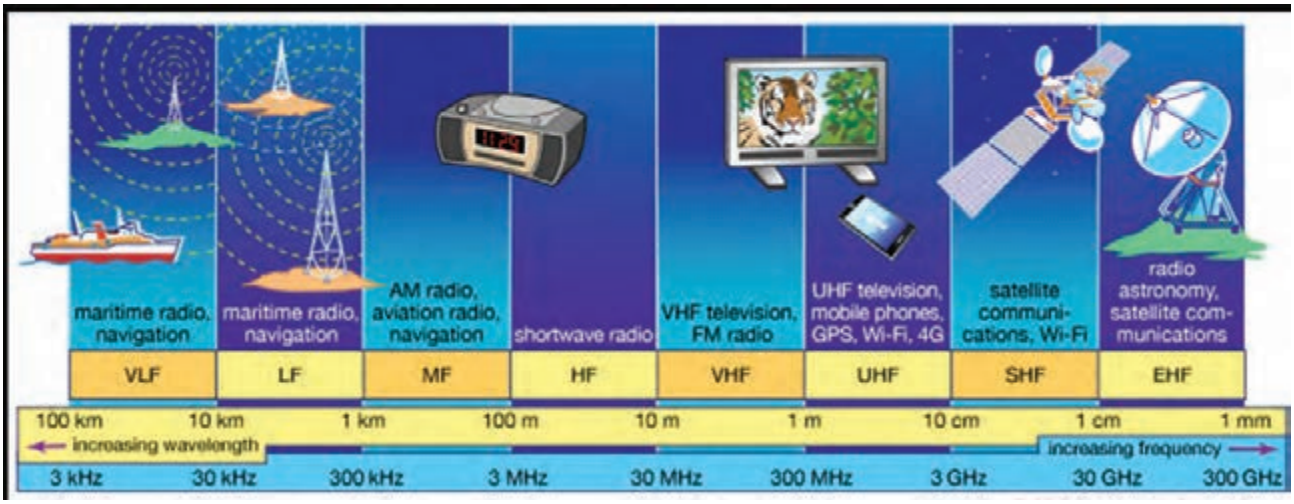
☑ **دسته‌بندی عمومی فرکانس‌ها:** تنوع تقسیم‌بندی فرکانس بسیار زیاد است. در این واحد یادگیری بیشتر به تقسیم‌بندی کلی فرکانس‌ها با تأکید روی فرکانس‌های رادیویی می‌پردازیم. فرکانس‌های کم و فرکانس‌های رادیویی را به محدوده‌های کوچک‌تری نیز تقسیم می‌کنند که حالت عمومی دارد. در این روش هر محدوده را باند فرکانسی (Frequency Band) می‌نامند. در جدول ۱ـ۶ این نوع تقسیم‌بندی را آورده‌ایم. توجه داشته باشید که این روش تقسیم‌بندی فرکانس‌ها با حاصل‌ضرب عدد ۳ در توان‌های صحیح عدد ۱۰ انجام شده است.

جدول ۱ـ۶ تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی

ردیف	محدودهٔ فرکانسی	نام باند	نماد (علامت)	نام باند به زبان اصلی	
۱	۳ ـ ۳۰ Hz	بی‌نهایت کم	ELF	Extremely Low Frequency	
۲	۳۰ ـ ۳۰۰ Hz	فوق‌العاده کم	SLF	Supper Low Frequency	
۳	۳۰۰ ـ ۳۰۰۰ Hz	خیلی خیلی کم	ULF	Ultra Low Frequency	
۴	۳ ـ ۳۰ KHz	خیلی کم	VLF	Very Low Frequency	
۵	۳۰ ـ ۳۰۰ KHz	کم	LF	Low Frequency	فرکانس‌های رادیویی
۶	۳۰۰ KHz ـ ۳ MHz	متوسط	MF	Medium Frequency	
۷	۳ ـ ۳۰ MHz	زیاد	HF	High Frequency	
۸	۳۰ ـ ۳۰۰ MHz	خیلی زیاد	VHF	Very High Frequency	
۹	۳۰۰ MHz ـ ۳ GHz	خیلی خیلی زیاد	UHF	Ultra High Frequency	
۱۰	۳ GHz ـ ۳۰ GHz	فوق‌العاده زیاد	SHF	Supper High Frequency	
۱۱	۳۰ ـ ۳۰۰ GHz	بی‌نهایت زیاد	EHF	Extra High Frequency	

فعالیت گروهی

با توجه به شکل ۲ـ۶ جدول ۲ـ۶ را کامل کنید.



شکل ۲ـ۶ باندهای فرکانسی و کاربُرد آنها

جدول ۲ـ۶

ردیف	باند	فاصله فرکانسی	کاربُرد
۱	VLF		
۲	LF		
۳	MF		
۴	HF		
۵	VHF		
۶	UHF		
۷	SHF		
۸	EHF		

پژوهش

در مورد محدوده فرکانس تصویر (ویدئو) و سایر باندهای فرکانس که در این دسته‌بندی نیامده است، تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت یک گزارش ارائه دهید.

الگوی پرسش

۱ـ درگفت‌وگوی بین دو انسان، دهان انسان به‌عنوان..... و گوش انسان دیگر به عنوان ..... عمل می‌کند.

۲ـ ساده‌ترین سامانه مخابراتی را در دو سطر شرح دهید.

۳ـ کانال ارتباطی را تعریف کنید و برای آن چند مثال بزنید.

۴ـ به چه دلیل فرکانس‌ها را طبقه‌بندی می‌کنند؟ شرح دهید.

۵ـ موج کوتاه رادیو در فاصله ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز قرار دارد (با مراجعه به جدول ۱ـ۶).

صحیح ☐ غلط ☐

۶ـ فرکانس‌های محدوده ۳۰ GHz تا ۳۰۰ GHz کدام است؟

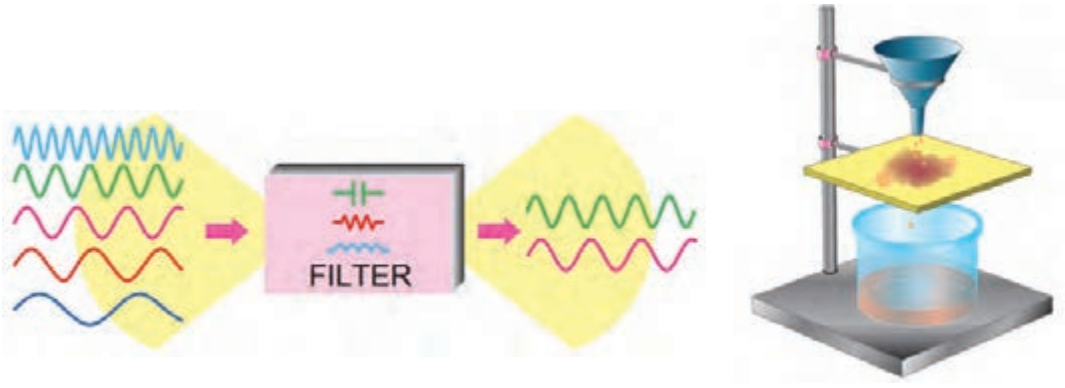
۱) VHF ۲) UHF ۳) SHF ۴) EHF

۴ـ۶ فیلترها (Filters)

فیلم

فیلم فیلترها و کاربرد آنها را ببینید.

فیلترها مدارهایی هستند که فرکانس یا باند فرکانسی معینی را از میان سایر فرکانس‌ها انتخاب می‌کنند. فیلترهای الکترونیکی از نظر نوع کار مشابه فیلتر هوای اتومبیل یا فیلتر آب هستند. در شکل ۳ـ۶ مقایسه فیلترهای الکترونیکی با فیلترهای معمولی آمده است. در فیلترهای معمولی مکانیکی برای صاف‌کردن مایعات از یک لایه نازک کاغذی، پارچه‌ای یا پلاستیکی استفاده می‌کنند. در فیلترهای الکترونیکی برای جداسازی فرکانس‌ها از یکدیگر، ترکیب اجزای الکترونیکی مانند سلف، خازن و مقاومت به‌کار می‌رود. در شکل الف‌ـ۳ـ۶ یک فیلتر مکانیکی ترسیم شده است. در این فیلتر یک لایه پارچهٔ منفذدار نقش فیلترکردن را بر عهده دارد. در شکل ب‌ـ۳ـ۶ به ورودی فیلتر الکترونیکی، پنج فرکانس مختلف وارد می‌شود و از میان این پنج فرکانس دو فرکانس انتخاب و جدا شده است. همان‌طورکه در شکل نشان داده شده است عمل فیلتر کردن با ترکیب عناصری مانند خازن، سیم‌پیچ و مقاومت صورت می‌گیرد.



الف) فیلتر مایعات ب) فیلتر الکترونیکی

شکل ۳ـ۶ مقایسه فیلتر مکانیکی و الکترونیکی

فعالیت

با مراجعه به منابع مختلف اطلاعات مورد نیاز برای پاسخ دادن به سؤالات زیر را به‌دست آورید. سپس به سؤالات پاسخ دهید.

- چند نمونه فیلتر مکانیکی را نام ببرید و درباره عملکرد و کاربرد آنها توضیح دهید.
- از نظر جداسازی فرکانس‌ها، چند نوع فیلتر وجود دارد، فقط نام ببرید. آیا فیلترهای الکترونیکی قابل مقایسه با فیلترهای مکانیکی هستند؟ با ذکر مثال شرح دهید.

محدودهٔ فرکانسی فیلتر (Filter Band Width)

محدوده فرکانسی فیلتر عبارت است از مجموعه فرکانس‌هایی که فیلتر می‌تواند از خود عبور دهد. این محدوده فرکانسی را پهنای باند یا پاسخ فرکانسی فیلتر می‌نامند. شکل ۴ـ۶ این محدوده را نشان می‌دهد.

فیلتر ایده‌آل

فیلتر ایده‌آل فیلتری است که در خروجی آن دقیقاً فرکانس‌های معین و از پیش تعیین شده ظاهر می‌شود. مثلاً اگر قرار است فرکانس‌هایی را که در محدوده باند فرکانسی ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۱۵۰کیلوهرتز قرار دارد در خروجی داشته باشیم، دقیقاً باید فقط این فرکانس‌ها را در خروجی داشته باشیم. در شکل ۵ ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر ایده‌آل آمده است.

شکل ۴ـ۶ محدوده فرکانسی فیلتر

شکل ۵ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر ایده‌آل

فیلتر واقعی (Real Filter)

به‌علت استفاده از مقاومت، سلف و خازن در فیلترها، نمی‌توانیم پاسخ فرکانسی ایده‌آل داشته باشیم، زیرا این عناصر نمی‌توانند مانند یک کلید عمل کنند و فرکانس‌های ناخواسته را در لحظه تعیین شده حذف کنند. در این حالت دامنه فرکانس‌های ناخواسته به‌تدریج کم می‌شود تا به صفر می‌رسد. در شکل الف‌ـ۶ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر واقعی ترسیم شده است.

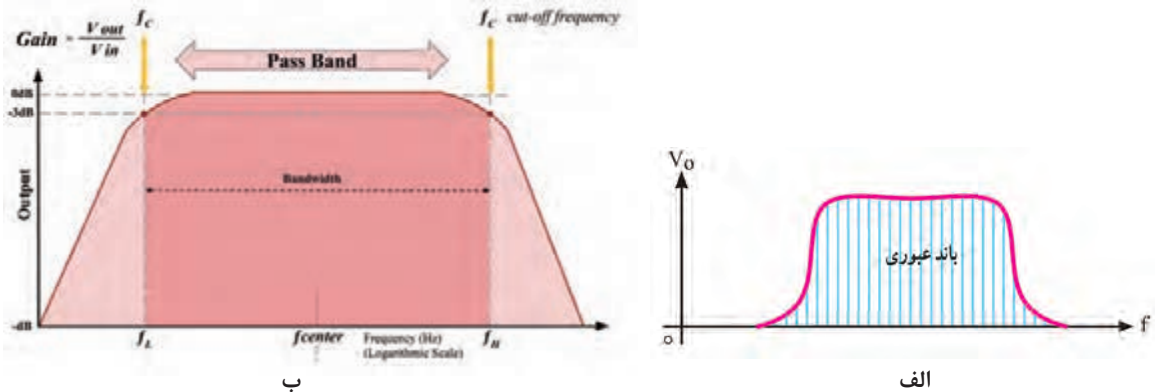
فرکانس قطع فیلتر (Cut Off Frequency)

فیلم

فیلم انواع فیلترها را از نظر فرکانس قطع ببینید.

حد فرکانس قابل قبول در خروجی فیلتر را فرکانس قطع فیلتر می‌نامند. فیلترها با توجه به‌کاربرد و ساختمان می‌توانند دارای یک، دو یا چند فرکانس قطع باشند. در فیلترهای ایده‌آل فرکانس قطع دقیقاً روی فرکانس موردنظر قرارمی‌گیرد. در شکل ۴ـ۶ فرکانس‌های قطع فیلتر ایده‌آل برابر با f_1 و f_2 است. در فیلترهای واقعی

ولتاژ خروجی به‌تدریج به حداکثر ولتاژ ورودی، یا صفر می‌رسد، از این‌رو نقاط متعددی وجود دارد که می‌تواند به‌عنوان فرکانس قطع فیلتر انتخاب شود. طبق تعریف در فیلترهای واقعی، فرکانس قطع فیلتر (f_c) عبارت است از فرکانسی که در آن فرکانس، تطابق توان صورت می‌گیرد و نیمی از توان ورودی به خروجی منتقل می‌شود. در این نقطه معمولاً ۷۰/۷ درصد ولتاژ ورودی در خروجی ظاهر می‌شود. این نقطه را نقطه نصف قدرت نیز می‌نامند. در شکل ب ـ۶ـ۶ فرکانس قطع فیلتر واقعی نشان داده شده است.



ب الف

شکل ۶ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی و فرکانس قطع فیلتر واقعی

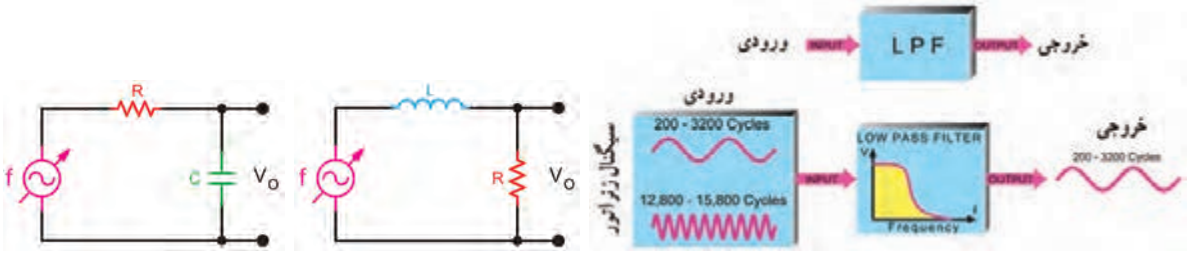
پژوهش

در شکل ب‌ـ۶ ـ۶ فرکانس‌های قطع فیلتر روی منحنی مشخصه پاسخ فرکانسی نشان داده شده است. محور عمودی برحسب دسی‌بل (dB) مدرج شده است. نقطه تقاطع خط ۳dB- با منحنی، فرکانس قطع (f_L) و (f_H) را نشان می‌دهد. با استفاده از آموخته‌های خود در زمینه لگاریتم و از منابع معتبر در مورد دسی‌بل و نقطه ۳dB- پژوهش کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

انواع فیلترها از نظرکاربرد

فیلترها از نظرکاربرد به چهار گروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

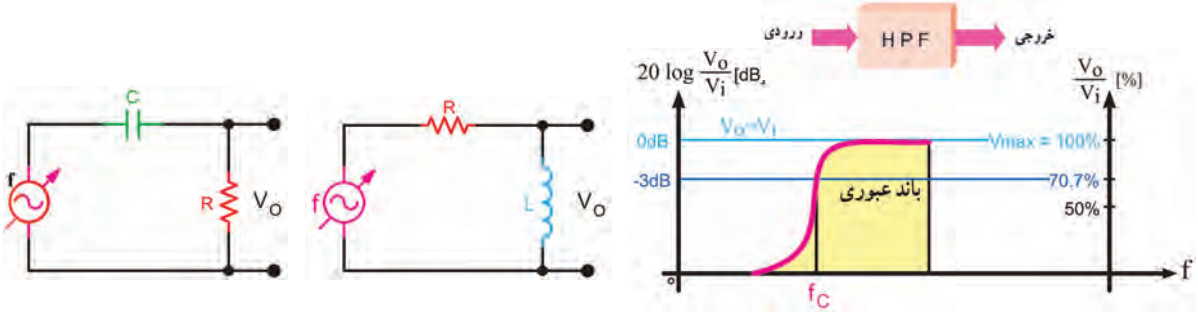
☑ **فیلتر پایین‌گذر LPF (Low Pass Filter):** فیلتر پایین‌گذر فیلتری است که اجازه می‌دهد فرکانس‌هایی را از حد صفر تا مقدار معینی، که به عنوان فرکانس قطع مطرح می‌شود، از خود عبور دهد. در شکل الف ـ۶ـ۷ پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر را مشاهده می‌کنید. در شکل ب و پ‌ـ۶ـ۷ دو نوع مدار فیلتر پایین گذر RL و RC ترسیم شده است.



پ) فیلتر RC ب) فیلتر RL الف) پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر

شکل ۶ـ۷ پاسخ فرکانسی و مدار فیلتر پایین‌گذر

☑ **فیلتر بالاگذر HPF (High Pass Filter)**: این فیلترها از یک فرکانس معینی به بالا را از خود عبور می‌دهند. اصول کار و ساختمان فیلترهای بالاگذر مشابه فیلترهای پایین‌گذر است، با این تفاوت که خروجی فیلتر بالاگذر، از نقطه مشخصی شروع به افزایش می‌کند. در شکل الف ـ ۸ ـ۶ پاسخ فرکانسی این فیلتر را مشاهده می‌کنید. در شکل ب ـ ۸ ـ۶ فیلتر RL بالاگذر را ملاحظه می‌کنید. خروجی این مدار از دو سر سلف (دو سر L) گرفته شده است. در شکل پ ـ ۸ ـ۶ فیلتر بالاگذر RC ترسیم شده است. خروجی این مدار برخلاف فیلتر پایین‌گذر از دو سر مقاومت R گرفته شده است.



الف) پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر

ب) فیلتر RL

پ) فیلتر RC

شکل ۸ ـ۶ پاسخ فرکانسی و مدار فیلتر بالاگذر

نکته

برای محاسبه فرکانس قطع فیلترهای بالا گذر و پایین‌گذر RL و RC از فرمول‌های زیر استفاده کنید.

فرکانس قطع فیلترRL: $F_C = \frac{R}{2\pi L}$ فرکانس قطع فیلترRC: $F_C = \frac{1}{2\pi RC}$

کار عملی۱

بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر به‌صورت نرم‌افزاری

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس قطع و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر

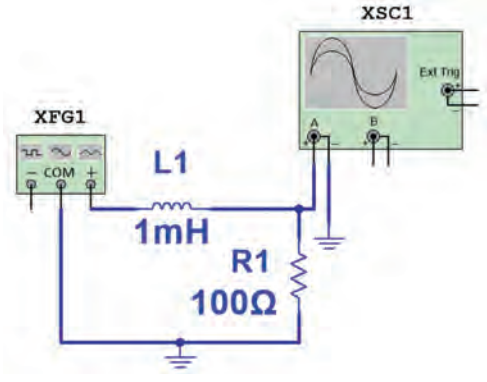
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۹ـ۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۱۰ولت پیک ($10V_{PK}$) تنظیم کنید.



شکل ۹ـ۶ مدار فیلتر پایین‌گذر

۴ـ فرکانس قطع فیلتر را با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه و یادداشت نمایید.

$f_C =$ ..... HZ

۵ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۳ـ۶ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به کمک اسیلوسکوپ موجود در نرم‌افزار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

نکته

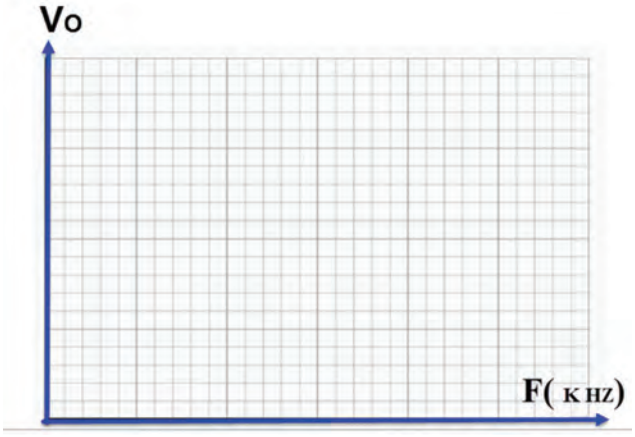
برای اندازه‌گیری دقیق دامنه ولتاژ پیک تا پیک خروجی مدار فیلتر به‌ازای فرکانس‌های مختلف می‌توانید از پروب اندازه‌گیری (Measurement Probe) استفاده کنید. با اتصال این پروب به هر نقطه از مدار می‌توانید انواع ولتاژ و جریان را اندازه‌گیری کنید. این پروب در نوار ابزار نرم‌افزار وجود دارد.

۶ـ در فرکانس قطع دامنهٔ موج خروجی فیلتر چند درصد دامنهٔ موج ورودی است؟ .....

۷ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۰ـ۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس قطع را مشخص کنید.

جدول ۳ـ۶

ردیف	فرکانس (KHZ)	V_{opp}(V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۱۰	
۴	f_C	
۵	۲۵	
۶	۵۰	



شکل ۱۰ـ۶

کار عملی ۲

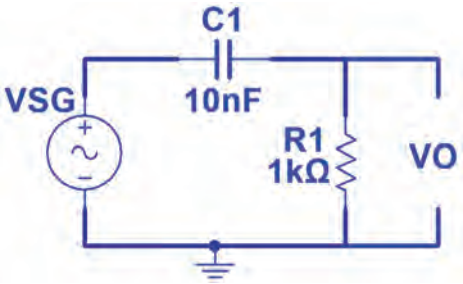
بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر با قطعات واقعی (سخت‌افزاری)

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس قطع و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر

مواد، ابزار و تجهیزات: سیگنال ژنراتور یک دستگاه ـ اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ برد بُرد یک قطعه ـ مقاومت ۱۰۰۰ اهم $\frac{۱}{۴}$ وات یک عدد ـ خازن ۱۰nF یک عدد ـ سیم برد بُرد ـ سیم‌های رابط ـ لوازم التحریر

مراحل اجرای کار

۱ـ مدار شکل ۱۱ـ۶ را روی برد بُرد ببندید.



شکل ۱۱ـ۶

۲ـ سیگنال‌ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۴ ولت پیک‌تاپیک ($4V_{PP}$) تنظیم کنید.

۳ـ فرکانس قطع فیلتر را با استفاده از رابطه $F_C = \frac{1}{2\pi R_C}$ محاسبه و یادداشت کنید.

f_C= ..... HZ

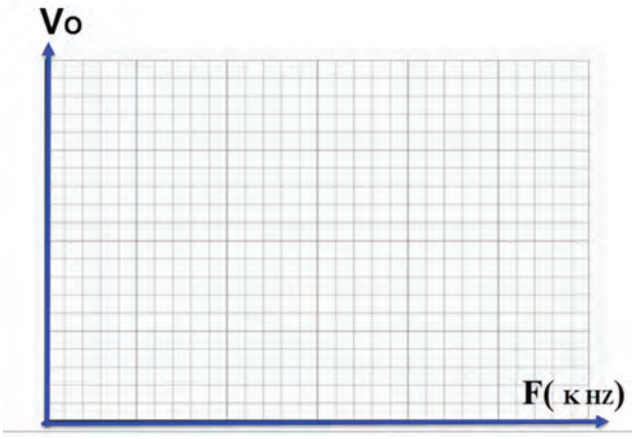
۴ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول۴ـ۶ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به‌کمک اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۵ـ در فرکانس قطع دامنهٔ موج خروجی فیلتر چند درصد دامنهٔ موج ورودی است؟ .....

نکته

درهر مرحله که فرکانس را تغییر می‌دهید دامنه سیگنال ورودی حتماً باید روی $4V_{PP}$ ثابت باشد.

۶ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۲ـ۶ رسم کنید. محل فرکانس قطع را روی منحنی با ترسیم مشخص کنید.



شکل ۱۲ـ۶

جدول ۴ـ۶

ردیف	فرکانس (KHZ)	V_{opp}(V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۱۰	
۴	f_C	
۵	۲۵	
۶	۵۰	

الگوی پرسش

۱ـ فیلتر مکانیکی را با فیلتر الکترونیکی مقایسه کنید.

۲ـ فیلتر ایده‌آل و فیلتر واقعی را تعریف کنید و منحنی پاسخ فرکانسی آنها را با هم مقایسه کنید.

۳ـ فرکانس قطع فیلتر را تعریف کنید و فرمول محاسبه آن را برای فیلتر RC و RL بنویسید.

۴ـ در فرکانس قطع دامنهٔ ولتاژ خروجی فیلتر برابر ($\frac{1}{\sqrt{2}}$ یا ۰/۷۰۷) دامنهٔ ولتاژ ورودی فیلتر است.

☐ صحیح ☐ غلط

فیلم

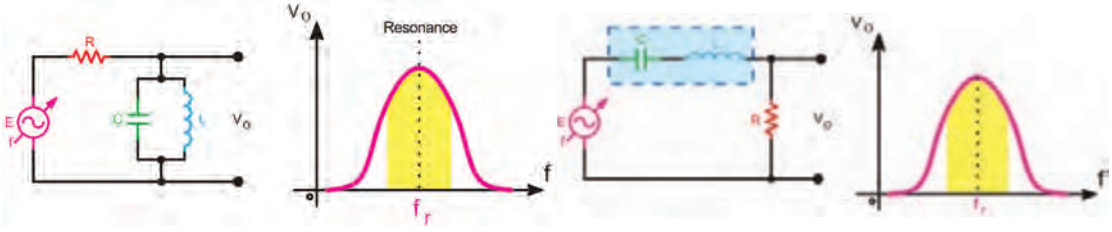
فیلم عملکرد فیلترهای میان‌گذر و حذف باند را ببینید و نکات مهم آن‌را یادداشت کنید.

فیلترهای میان‌گذر: BPF (Band Pass Filters)

فیلترهای میان‌گذر فیلترهایی هستندکه اجازه عبور باند فرکانسی معینی را می‌دهند. این فیلترها را فیلترهای عبور باند نیز می‌نامند. درفیلترهای میان‌گذر از مدارهای ترکیبی مقاومت، سلف و خازن به‌صورت سری و موازی استفاده می‌شود.

☑ **فیلتر حذف باند BRF (Band Reject Filter = Notch filter):** فیلترهای حذف باند فیلترهایی هستند که باند معینی از فرکانس را حذف می‌کنند. این فیلترها از نظر چگونگی عملکرد، مشابه فیلترهای میان گذرند. با این تفاوت که باند خروجی آنها با هم متفاوت است.

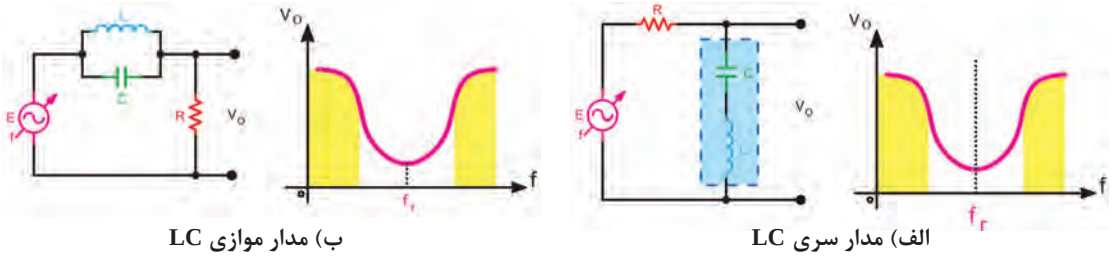
☑ **انواع فیلترهای میان‌گذر و حذف‌باند:** همان‌طور که اشاره شد فیلترهای میان‌گذر از نظر قطعاتی که در مدار وجود دارد با هم مشابه هستند، یعنی در هر دو نوع فیلتر از مقاومت، سلف و خازن استفاده می‌شود. در شکل ۱۳ـ۶ دو نوع فیلتر میان‌گذر را ملاحظه می‌کنید که در آنها از مدارهای LC سری و LC موازی استفاده شده است.



الف) مدار سری LC　　ب) مدار موازی LC

شکل ۱۳ـ۶ فیلتر میان گذر

در شکل ۱۴ـ۶ دو نمونه فیلتر حذف‌باند (میان‌گذر) را مشاهده می‌کنید که از مدارهای LC سری و LC موازی در آنها استفاده شده است.



الف) مدار سری LC　　ب) مدار موازی LC

شکل ۱۴ـ۶ فیلترحذف باند

بارش فکری: عملکرد فیلترهای داده شده در شکل‌های ۱۳ـ۶ و ۱۴ـ۶ را از طریق بارش فکری مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید. از روش حالت‌های کلیدی X_L و X_C در فرکانس‌های کم و زیاد استفاده کنید.

مدارهای ترکیبی LC سری و موازی را مدارهای رزونانس یا تشدید می‌نامند.

فیلم

مدارهای رزونانس سری و موازی را ببینید.

پژوهش

با مراجعه به منابع مختلف بررسی کنید به چه دلیل فرکانس رزونانس مدارهای LC سری و موازی از رابطه $F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ محاسبه می‌شود.

مشخصه‌های فیلتر میان‌گذر

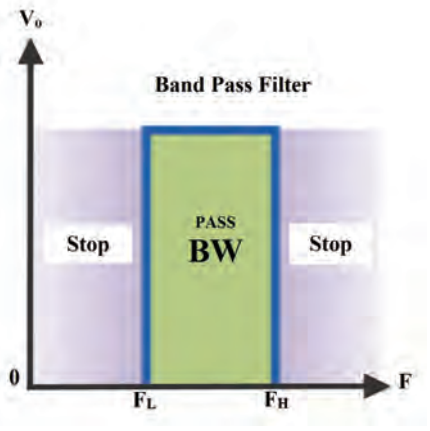
به‌طور کلی برای فیلترهای میان‌گذر سه مشخصه فرکانس رزونانس F_r، پهنای باند BW و ضریب کیفیت Q تعریف می‌شود.

الف) فرکانس رزونانس (Resonance Frequency): فرکانس رزونانس فیلترهای میان‌گذر از رابطه $F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ قابل محاسبه است. در این فرکانس دامنهٔ ولتاژ خروجی به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

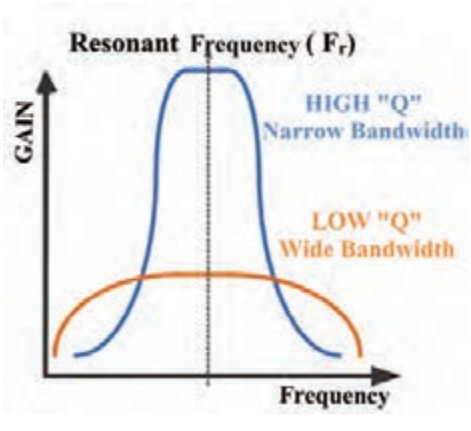
ب) پهنای باند (Band Width = BW): پهنای باند فیلتر میان‌گذر فاصله بین فرکانس‌های قطع بالا و قطع پایین است.

پهنای باند از رابطهٔ $BW = F_H - F_L$ به‌دست می‌آید (شکل ۱۵ـ۶).

پ) ضریب کیفیت Q (Quality Factor): این ضریب میزان تیزی منحنی مشخصه و پهنای باند را تعیین می‌کند و مقدار آن از رابطهٔ $Q = \frac{F_r}{BW}$ به‌دست می‌آید. هر قدر ضریب کیفیت (Q) کمتر شود پهنای باند بیشتر می‌شود. در شکل ۱۶ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی مدار رزونانس موازی با یک فرکانس رزونانس و دو مقدار Q متفاوت رسم شده است. مقدار Q مدار رزونانس بستگی به مقدار مقاومت اهمی مدار دارد. در این شکل محور افقی برحسب فرکانس و محور قائم بر حسب بهره ولتاژ درجه‌بندی شده است.



شکل ۱۵ـ۶ پهنای باند فیلتر میان‌گذر



شکل ۱۶ـ۶ پهنای باند فیلتر میان‌گذر با دو مقدار Q متفاوت

پژوهش

در مورد رابطهٔ ضریب کیفیت (Q) در مدارهای رزونانس سری و موازی و نقش مقدار مقاومت R در پهنای باند تحقیق کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

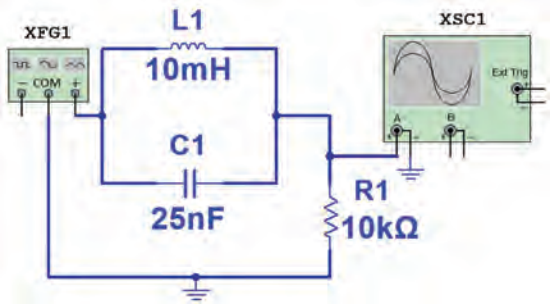
کار عملی ۳

بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر حذف باند به صورت نرم‌افزاری

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس رزونانس و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر حذف باند

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار



شکل ۱۷ـ۶ مدارفیلترحذف باند

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۱۷ـ۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۵ ولت پیک ($5\ V_{PK}$) تنظیم کنید.

۴ـ فرکانس رزونانس فیلتر را با استفاده از رابطه $F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ محاسبه و یادداشت کنید.

$f_r =$ ..... HZ

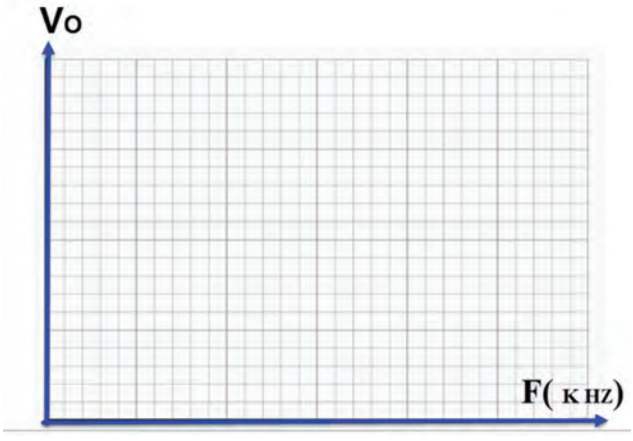
۵ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۵ـ۶ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به کمک اسیلوسکوپ نرم‌افزار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۶ـ آیا در فرکانس رزونانس دامنهٔ موج خروجی فیلتر کمترین مقدار را دارد؟ .....

۷ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۸ـ۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس رزونانس و فرکانس‌های قطع را مشخص کنید.

جدول ۵ـ۶

ردیف	فرکانس (KHZ)	V_{opp}(V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۸	
۴	f_r	
۵	۱۵	
۶	۲۰	



شکل ۱۸ـ۶

کار عملی ۴

بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌گذر با قطعات واقعی

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس رزونانس و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌گذر

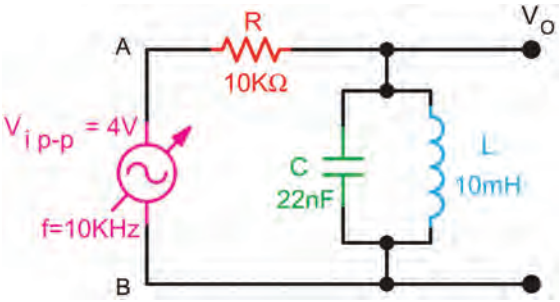
مواد، ابزار و تجهیزات: سیگنال‌ژنراتور یک دستگاه ـ اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ بِرِد بُرد یک قطعه ـ مقاومت ۱۰ کیلواهم $\frac{۱}{۴}$ وات یک عدد ـ خازن ۲۲nF یک عدد ـ سلف ۱۰mH یک عدد ـ سیم بِرِد بُرد ـ سیم‌های رابط ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

۱ـ مدار شکل ۱۹ـ۶ را روی بِرِد بُرد ببندید.

۲ـ سیگنال‌ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۴ ولت پیک تا پیک (۴ Vpp) تنظیم کنید.

۳ـ فرکانس رزونانس فیلتر را با استفاده از رابطه $F_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ محاسبه و یادداشت کنید.



شکل ۱۹ـ۶

f_r = ... HZ

۴ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۶ـ۶ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به کمک اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

نکته

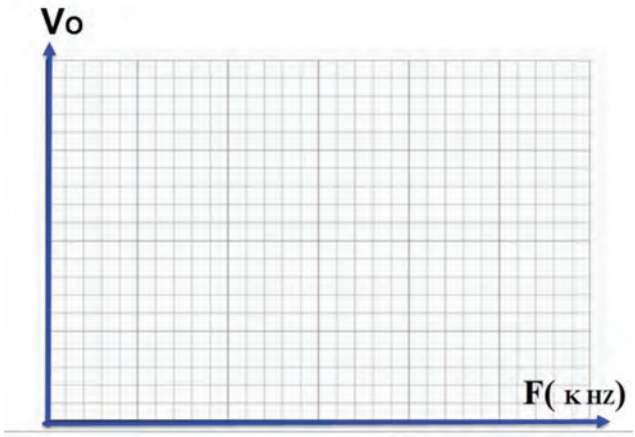
درهر مرحله که فرکانس را تغییر می‌دهید دامنه سیگنال ورودی باید روی ۴ Vpp ثابت باشد.

۵ـ آیا در فرکانس رزونانس،دامنهٔ موج خروجی فیلتر بیش‌ترین مقدار را دارد ؟ .....

۶ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۲۰ـ۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس رزونانس و فرکانس‌های قطع را مشخص کنید.

جدول ۶ـ۶

ردیف	فرکانس (KHZ)	V_{opp}(V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۸	
۴	f_r	
۵	۱۵	
۶	۲۵	



شکل ۲۰ـ۶

الگوی پرسش

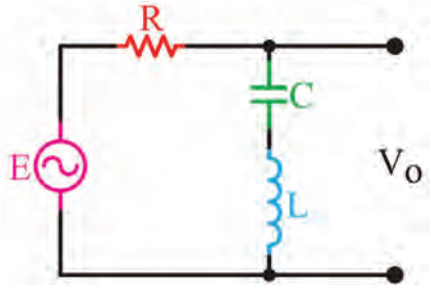
۱ـ فیلتر شکل ۲۱ ـ۶ از نوع ..... باند با مدار رزونانس ..... است.

۱) عبور ـ موازی ۲) حذف ـ سری ۳) حذف ـ موازی ۴) عبور ـ سری

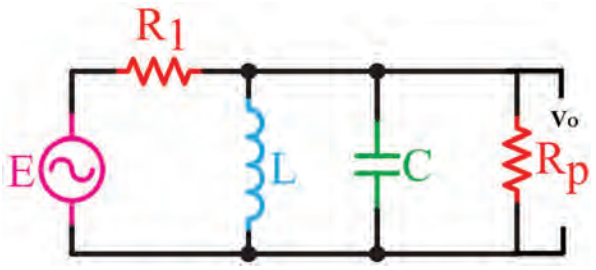
۲ـ فیلتر شکل ۲۲ ـ۶ از نوع ..... باند با مدار رزونانس ..... است.

۱) عبور ـ موازی ۲) حذف ـ سری ۳) حذف ـ موازی ۴) عبور ـ سری

۳ـ دو نمونه فیلتر با مدار رزونانس سری رسم کنید و طرز کار هر یک را بنویسید.



شکل ۲۱ـ۶



شکل ۲۲ـ۶

۴ـ دو نمونه فیلتر با مدار رزونانس موازی رسم کنید و عملکرد آنها را شرح دهید.

بارش فکری: درباره چگونگی ارسال و دریافت امواج رادیویی، از طریق بارش فکری بحث کنید و نتیجه را در قالب یک گزارش دو صفحه‌ای جمع‌بندی کنید.

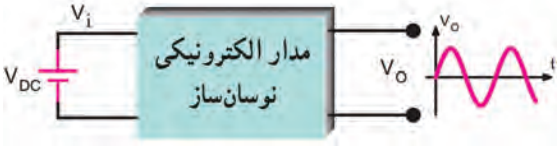
۶ـ۵ نوسان‌سازها (Oscillator)

فیلم

فیلم مدارهای فیدبک و چگونگی نوسان‌سازی در نوسان‌سازها را ببینید.

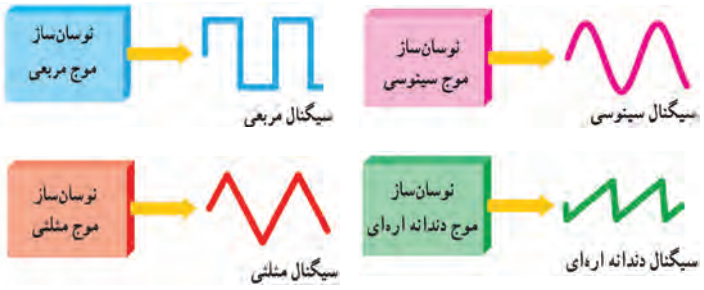
نوسان‌سازها مدارهای ویژه‌ای هستند که کاربرد نسبتاً گسترده‌ای در مدارهای مخابراتی دارند. بدون نوسان‌سازها ارسال و دریافت پیام‌های رادیویی امکان‌پذیر نیست. نوسان‌سازها یا مولدهای شکل موج، در دستگاه‌هایی نظیر مولتی‌مترهای دیجیتالی، اسیلوسکوپ، گیرنده و فرستنده‌های رادیویی، رایانه‌ها ،تایمرها و ماشین‌حساب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا می‌توان گفت نوسان‌ساز یکی از اجزاءِ اساسی دستگاه‌های الکترونیکی است.

تعریف نوسان‌ساز: نوسان‌ساز، مداری است که بدون اعمال سیگنال متناوب به ورودی آن، در خروجی، سیگنال متناوب تولید کند. شکل ۲۳ـ۶ نقشه بلوکی (بلوک دیاگرام) نوسان‌ساز سینوسی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید به مدار الکترونیکی نوسان‌ساز، ولتاژ DC داده می‌شود و مدار نوسان‌ساز ولتاژ DC را به ولتاژ متناوب سینوسی تبدیل می‌کند. نوسان‌ساز ترجمه کلمه Oscillator است که



شکل ۲۳ـ۶ نقشه بلوکی نوسان‌ساز سینوسی

در متون فنی و محاوره عمومی آن را اسیلاتور نیز می‌نامند.



شکل ۲۴ـ۶ انواع نوسان‌ساز با توجه به شکل موج تولیدی

شکل ۲۵ـ۶ بلوک دیاگرام کلی نوسان‌ساز

انواع نوسان‌ساز از نظر شکل موج تولیدی

نوسان‌سازها می‌توانند انواع شکل موج‌ها را به‌وجود آورند. درشکل۲۴ـ۶ چهارنمونه نوسان‌ساز و شکل موج خروجی آنها به صورت بلوک دیاگرام ترسیم شده است. این نوسان‌سازها شامل نوسان‌سازهای موج سینوسی، مربعی، دندانه اره‌ای و مثلثی است.

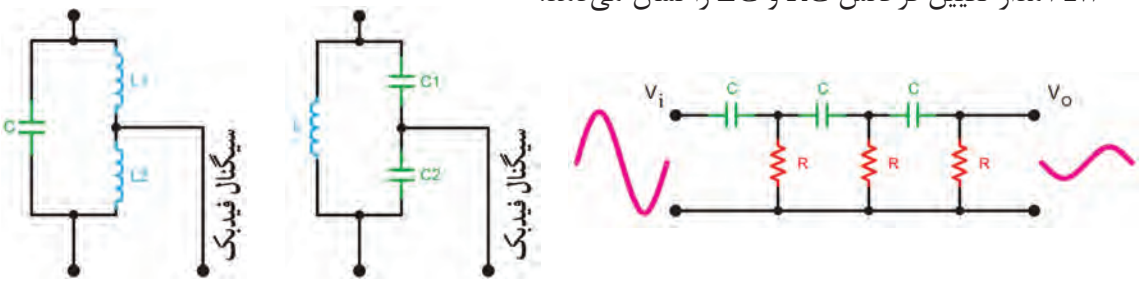
اصول کار مدارهای نوسان‌ساز

نوسان‌سازها از یک طبقه تقویت‌کننده و طبقه‌ای به نام شبکه برگشتی یا فیدبک (Feed Back) تشکیل شده‌اند. شبکه برگشتی معمولاً بخشی از سیگنال خروجی تقویت‌کننده را به ورودی تقویت‌کننده برگشت می‌دهد. شکل ۲۵ـ۶ بلوک‌دیاگرام کلی نوسان‌ساز را نشان می‌دهد. هر مدار نوسان‌ساز نیاز به مدار تولید نوسان دارد که غالباً در شبکه برگشتی یا فیدبک گنجانده می‌شود.

نیازهای اولیه برای نوسان‌سازی

در کلیه نوسان‌سازها باید شرایط و عوامل زیر وجود داشته باشد تا مدار به نوسان درآید.

- **منبع انرژی:** منبع انرژی می‌تواند منبع تغذیه، باتری شیمیایی یا باتری نوری باشد.
- **مدار تعیین‌کننده فرکانس:** این مدار معمولاً یک مدار رزونانس LC، مدار RC یا مدارهایی با مشخصات ویژه است. نوسان‌های اولیه برای شروع نوسان‌سازی، در این مدارها تولید می‌شود. شکل‌های الف، ب وپ ۲۶ـ۶ مدار تعیین فرکانس RC و LC را نشان می‌دهد.



الف) مدار رزونانس RC

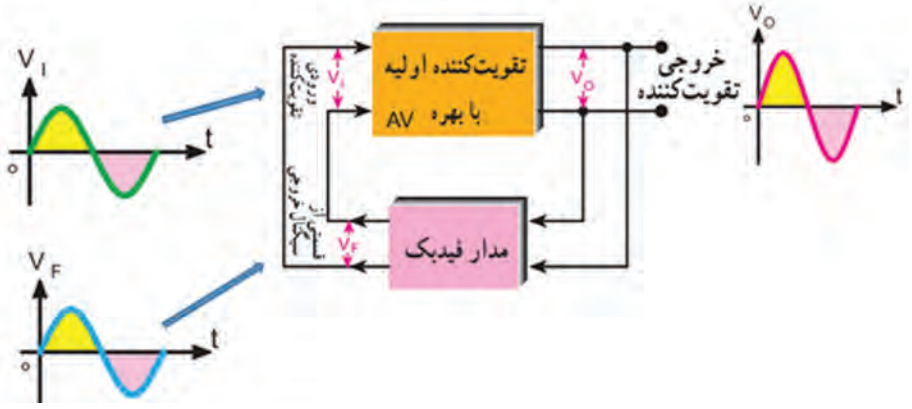
ب) مدار رزونانس LC

پ) مدار رزونانس LC

شکل ۲۶ـ۶ مدارهای رزونانس RC و LC

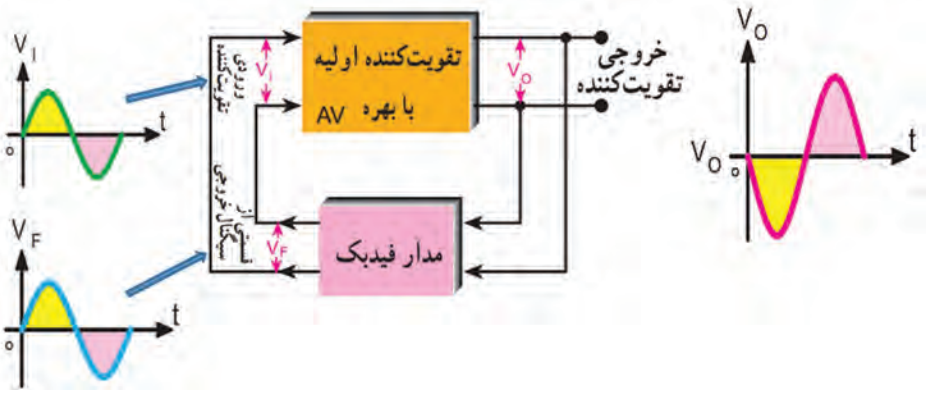
☑ **تقویت‌کننده:** مدار تقویت‌کننده معمولاً یکی از انواع تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری یا IC است. سیگنال‌های اولیه تولید شده توسط مدار تعیین‌کننده فرکانس به وسیله مدار تقویت‌کننده تقویت می‌شود.

☑ **مدار فیدبک یا بازخورد (Feed Back):** فیدبک به مفهوم انتقال بخشی از سیگنال خروجی به ورودی مدار است. در نوسان‌سازها قسمتی از سیگنال خروجی طوری به ورودی منتقل می‌شود که با آن هم فاز باشد. در این حالت فیدبک را مثبت یا Positive Feed Back می‌نامند. درصورتی‌که سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی ۱۸۰درجه اختلاف فاز داشته باشد به آن فیدبک منفی یا Negative Feed Back گویند. شکل ۶ـ۲۷ فیدبک مثبت را نشان می‌دهد.



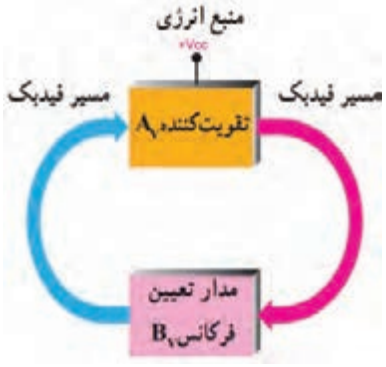
شکل ۶ـ۲۷ ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی

در این‌حالت سیگنال خروجی مدار فیدبک با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز است. در شکل ۶ـ۲۷ بین ورودی وخروجی تقویت‌کننده هیچ اختلاف فازی وجود ندارد. مدار فیدبک سیگنال خروجی را بدون اختلاف فاز به ورودی تقویت‌کننده برگشت می‌دهد. در شکل ۶ـ۲۸ سیگنال ورودی با ۱۸۰درجه اختلاف فاز در خروجی و به صورت تقویت شده ظاهر می‌شود. در این حالت مدار فیدبک در سیگنال خروجی ۱۸۰درجه اختلاف فاز ایجاد می‌کند تا سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز شود.



شکل ۶ـ۲۸ ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی

نوسان‌های اولیه برای نوسان‌سازی به وسیله مدار تعیین‌کننده فرکانس تولید می‌شود. این نوسان‌ها توسط مدار تقویت‌کننده تقویت می‌شود و سپس از طریق مدار فیدبک به ورودی انتقال می‌یابد. اگر فیدبک مثبت باشد نوسان‌ها تداوم می‌یابد و پایدار می‌شود. در شکل ۲۹ـ۶ بخش‌های مورد نیاز جهت نوسان‌سازی به صورت بلوک دیاگرام ترسیم شده است.



شکل ۲۹ـ۶ بخش‌های مورد نیاز برای نوسان‌سازی

اصل بارک‌هاوزن (Barkhausen Criterion):

بنابر اصل بارک‌هاوزن، زمانی نوسان‌های یک نوسان‌ساز پایدار می‌شود که حاصل ضرب بهره ولتاژ تقویت‌کننده(A_v) در ضریب بهره ولتاژ مدار فیدبک (B_v) برابر یک شود. تنها در این شرایط است که مدار دارای نوسان‌های پایدار می‌شود. در شکل ۳۰ـ۶ مفهوم اصل بارک‌هاوزن نشان داده شده است. با توجه به این اصل همواره باید بهره کل سامانه برابر با یک باشد تا نوسان‌های مدار تداوم یابد.

$A_V.B_V=1$

بهره تقویت‌کننده = A_V

بهره مدار فیدبک = B_V

شکل ۳۰ـ۶ بررسی اصل بارک‌هاوزن

نکته

معمولاً مدار فیدبک سیگنال را ضعیف می‌کند، در واقع ضریب بهره مدار فیدبک عددی کوچک‌تر از یک مثلاً $B_V = \frac{1}{10}A_V$ است. اصل بارک‌هاوزن زمانی برقرار می‌شود که A_V برابر ۱۰ و $A_V \times B_V = \frac{1}{10} \times 10 = 1$ شود.

برای تولید نوسان پایدار در مدار باید سه شرط $A_V.B_V=1$، فیدبک مثبت و مدار تولیدکننده نوسان وجود داشته باشد.

فعالیت

در صورتی که ضریب تقویت مدار تقویت‌کننده به کار رفته در یک نوسان‌ساز برابر با ۲۵ باشد، مقدار بهره مدار فیدبک را طوری به‌دست آورید که مدار دارای نوسان‌های پایدار باشد. .....

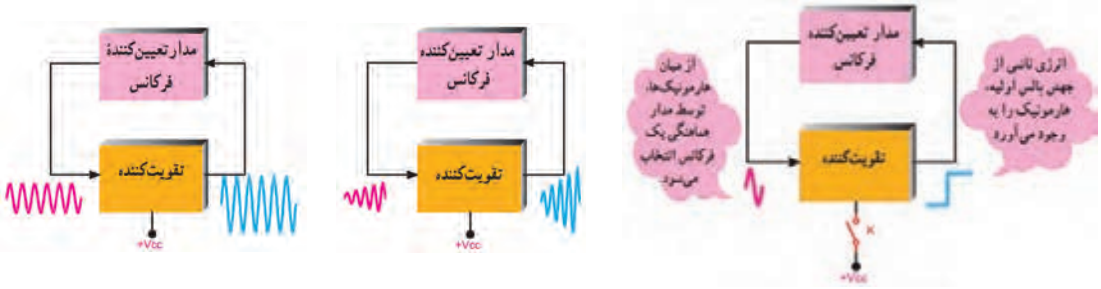
.....

☑ **یک اسیلاتور چگونه به نوسان درمی‌آید؟** در شکل ۶ـ۳۱ سه مرحله از تولید نوسان‌ها در نوسان‌ساز نشان داده شده است. این سه مرحله به ترتیب عبارت‌اند از:

الف) مرحله شروع کار یعنی روشن کردن دستگاه از طریق فعال کردن کلید

ب) تولید سیگنال اولیه

پ) مرحله پایدار شدن نوسان‌ها



الف) با فعال کردن کلید دستگاه روشن می‌شود **ب) سیگنال اولیه ساخته می‌شود** **پ) نوسان‌ها پایدار می‌شود**

شکل ۶ـ۳۱ مراحل تولید نوسان

نکته

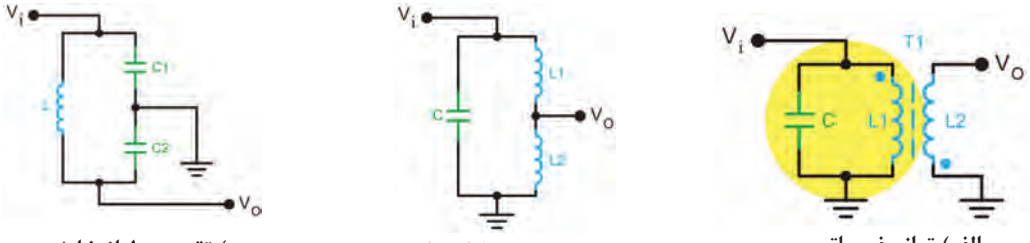
در مورد هارمونیک‌های یک موج در کتاب همراه هنرجو بحث شده است.

انواع نوسان‌سازهای سینوسی

فیلم

فیلم انواع نوسان‌سازهای سینوسی را ببینید.

همان‌طور که اشاره شده مدارهای نوسان‌ساز را از نظر نوع مدار تعیین‌کننده فرکانس و چگونگی انجام فیدبک، به دو دسته RC و LC تقسیم‌بندی می‌کنند. در مدارهای LC مدار تعیین‌کننده فرکانس، یک مدار هماهنگی موازی LC است. چون این مدار انرژی را در خود ذخیره می‌کند، آن را مدار تانک می‌نامند. در مدارهایRC، مدار تعیین‌کننده فرکانس یک مدار ترکیبی RC است. چون نوسان‌ساز LC بیشتر در فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی به‌کار می‌رود، در این فصل، به تشریح نوسان‌ساز با شبکه تولید فرکانس LC می‌پردازیم و سپس یک یا چند نمونه مدار نوسان‌ساز RC را تشریح می‌نماییم. در شکل‌های ۶ـ۳۲ الف ـ ب ـ پ انواع شبکه‌های تعیین فرکانس و فیدبک LC نشان‌داده‌شده است.



الف) ترانسفورماتوری **ب) تقسیم ولتاژ سلفی** **پ) تقسیم ولتاژ خازنی**

شکل ۶ـ۳۲ شبکه‌های تعیین فرکانس LC

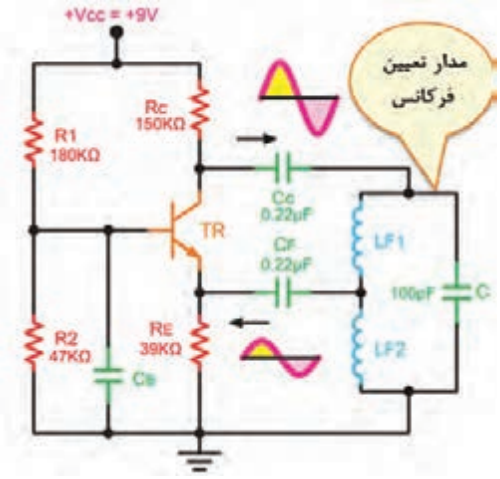
بحث‌گروهی

درباره هریک از مدارهای شکل ۶ـ۳۲ بحث کنید و ارتباط بین ولتاژ ورودی و خروجی را از نظر دامنه و اختلاف فاز تعیین کنید، نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

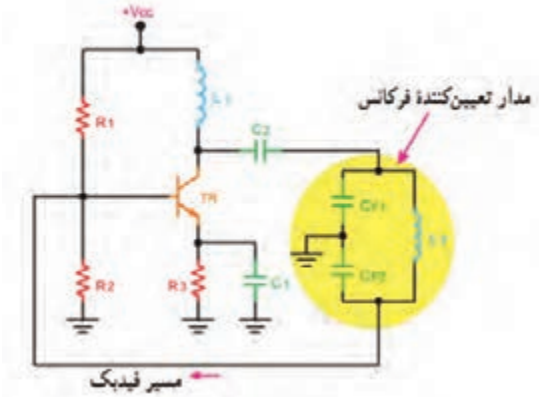
مدار چند نمونه نوسان‌ساز LC

درشکل ۶ـ۳۳ مدار چهار نمونه نوسان‌ساز را مشاهده می‌کنید. در همهٔ این مدارها تقویت‌کننده به‌صورت بایاس سرخود رسم شده است. تفاوت مدارها در نوع آرایش ترانزیستور (امیترمشترک یا بیس‌مشترک) و مدار تعیین فرکانس است.

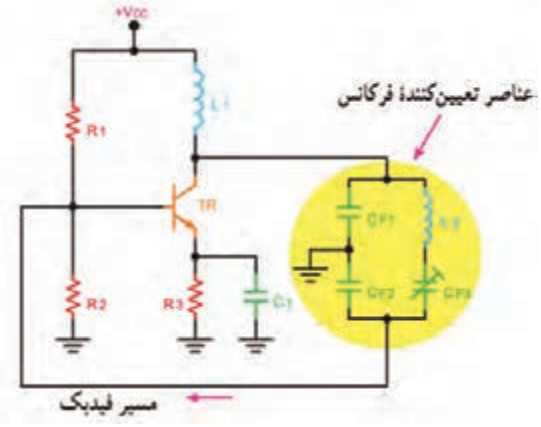
الف) نوسان‌ساز آرمسترانگ



ب) نوسان‌ساز هارتلی



پ) نوسان‌ساز کول‌پیتس



ت) نوسان‌ساز کلاپ

شکل ۶ـ۳۳ انواع نوسان‌ساز LC و نام آنها

فعالیت‌گروهی

با توجه به شکل ۶ـ۳۳ با هم‌گروهی خود بحث کنید سپس اطلاعات خواسته شده در جدول‌های ۶ـ۷ و ۶ـ۸ را کامل کنید.

جدول ۶ـ۷

ردیف	نام نوسان‌ساز	شماره فنی قطعات تعیین‌کننده فرکانس
۱	آرمسترانگ	
۲	هارتلی	
۳	کول‌پیتس	
۴	کلاپ	

جدول ۶ـ۸

ردیف	مشخصهٔ ویژه نوسان‌ساز	نام نوسان‌ساز	نوع آرایش ترانزیستور
۱	استفاده از تقسیم‌کننده ولتاژ خازنی در مدار فیدبک		
۲	استفاده از تقسیم‌کننده ولتاژ سلفی در مدار فیدبک		
۳	استفاده از ترانسفورماتور در مدار فیدبک		
۴	استفاده از تقسیم‌کننده ولتاژ خازنی با خازن سری با سیم‌پیچ در مدار تانک		

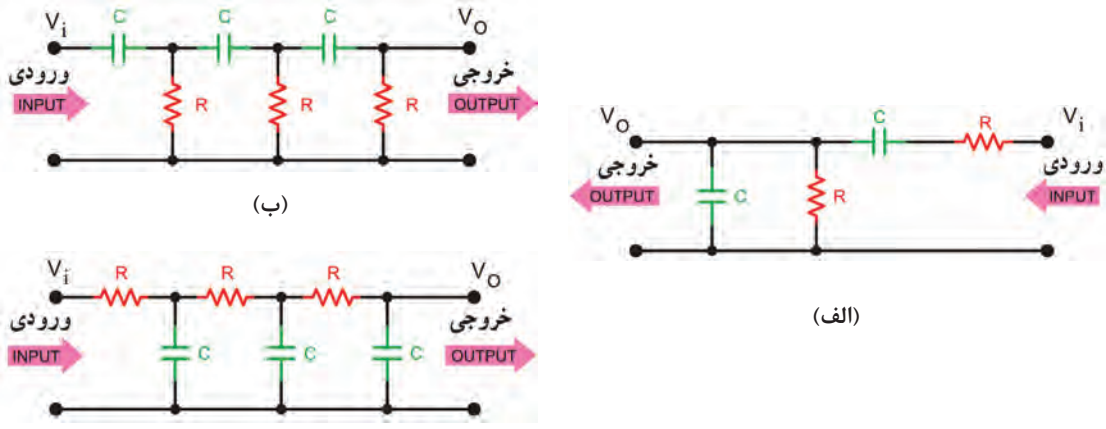
نکته

رابطهٔ محاسبه فرکانس نوسان ایجاد شده در کلیه نوسان‌سازهای $F_R = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ است.

در مدار هارتلی از L معادل (سلف‌های سری) و در مدارهای کول‌پیتس و کلاپ از C معادل (خازن‌های سری) در رابطه استفاده شود.

نوسان ساز RC

دراین نوسان‌سازها مانند نوسان‌سازهای LC حداقل دو جزء تقویت‌کننده و مدار برگشتی وجـود دارد. در این نوسان‌سازها مـدار بـرگشتی معمولاً از R و C تشکیل می‌شود. در نوسان‌ساز RC مانند سایر نوسان‌سازها لازم است دو شرط اصلی ایجاد نوسان یعنی اصل بارک‌هاوزن و فیدبک مثبت برقرارشود تا مدار بتواند نوسان‌های پایداری را ایجاد کند. شکل‌های۶ـ۳۴ الف، ب و پ آرایش‌های مختلف شبکه RC را نشان می‌دهد. این نوسان‌سازها برای تولید فرکانس‌های تا حدود ۱۰۰ KHz مناسب هستند.



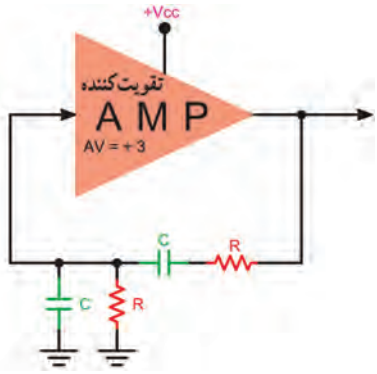
شکل ۳۴ـ۶ چند نمونه شبکه فیدبک نوسان‌ساز RC

پژوهش

درباره انواع شبکه‌های نشان داده شده در شکل ۳۴ـ۶ تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت یک گزارش ارائه دهید.

نوسان‌ساز پل وین (Wein Bridge Oscillator)

نوسان‌ساز پل وین یک مولد سیگنال سینوسی با اعوجاج کم است. مدار این نوسان‌ساز از یک تقویت‌کننده و شبکه برگشتی RC تشکیل می‌شود. شکل ۳۵ـ۶ نقشه بلوکی تقویت‌کننده و شبکه برگشتی نوسان‌ساز و رابطه محاسبه فرکانس آن را نشان می‌دهد.



شکل ۳۵ـ۶ نوسان‌ساز RC پُل وین

فعالیت

با توجه به شکل ۳۵ـ۶، در نوسان‌ساز پُل‌وین، بین ورودی و خروجی شبکه برگشتی چند درجه اختلاف فاز وجود دارد و شبکه برگشتی چند مرتبه سیگنال ورودی خود را تضعیف می‌کند؟

.....

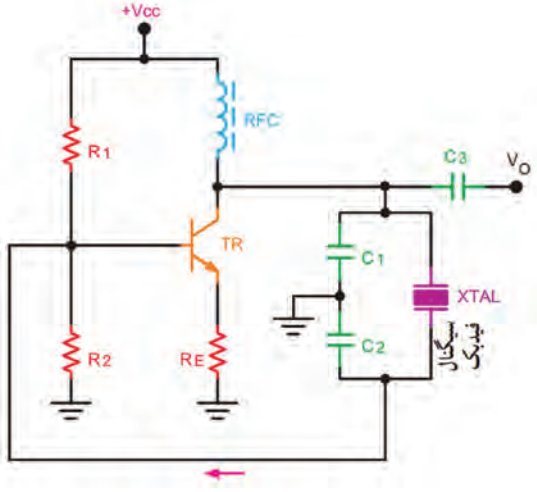
.....

.....

نوسان‌ساز کریستالی (Crystal Oscillator)

عواملی نظیر درجه حرارت، تغییرات ولتاژ و سایر کمیت‌ها می‌تواند فرکانس نوسان را در یک نوسان‌ساز تغییر دهد. برای پایداری فرکانس از نوسان‌ساز کریستالی استفاده می‌کنند. هر قطعه کریستال با توجه به برش و شکل مکانیکی آن می‌تواند در یک فرکانس کاملاً ثابت به ارتعاش درآید. در نوسان‌ساز کریستالی، کریستال در مدار تعیین فرکانس یا در مسیر فیدبک قرار می‌گیرد و فقط به فرکانس رزونانس خود اجازه

عبور می‌دهد. شکل ۶ـ۳۶ یک نوسان‌ساز کریستالی که کریستال در مدار تعیین فرکانس قرار گرفته است را نشان می‌دهد.



شکل ۶ـ۳۶ نوسان‌ساز کریستالی

کار عملی ۵

بررسی مدار نوسان‌ساز RC به‌صورت نرم‌افزاری

هدف: راه‌اندازی مدار نوسان‌ساز RC و به‌دست‌آوردن فرکانس آن

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

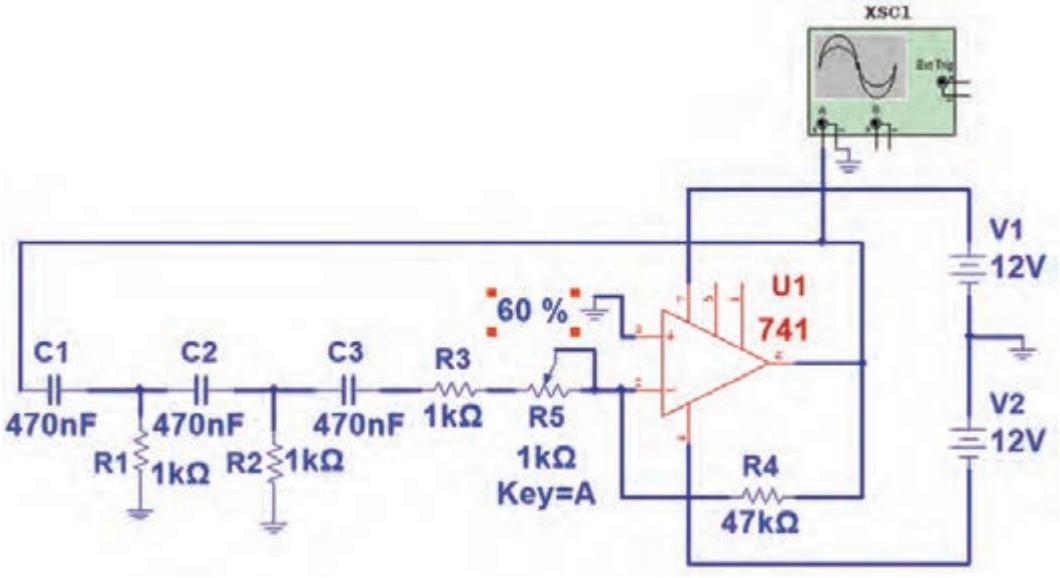
۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۶ـ۳۷ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ تغذیه متقارن را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

۴ـ با تغییر سر متغیر پتانسیومتر، بهره ولتاژ تقویت‌کننده را تنظیم کنید تا مدار به نوسان درآید.

توجه: اسیلوسکوپ نرم‌افزار را فعال کنید و تا ایجاد نوسان پایدار دقایقی صبر کنید . مقادیر $\frac{\text{Time}}{\text{Div}}$ و $\frac{\text{Volt}}{\text{Div}}$ را به درستی تنظیم کنید تا حدود ۲ تا ۳ سیکل از موج به صورت پایدار روی صفحهٔ آن ظاهر شود.



شکل ۶ـ۳۷ نوسان‌ساز RC

۵ـ شکل موج تولیدشده را در نمودار شکل ۶ـ۳۸ رسم‌کنید. $\frac{\text{Time}}{\text{Div}}$ و $\frac{\text{Volt}}{\text{Div}}$ را روی محورها مشخص کنید.

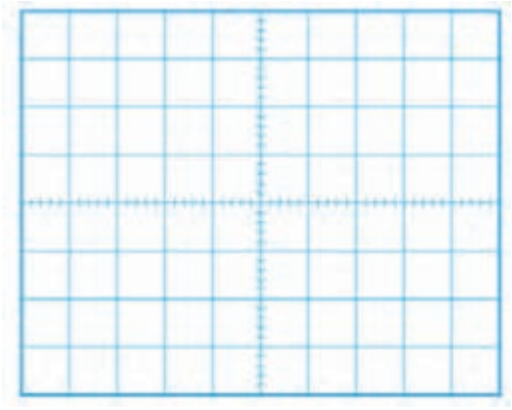
۶ـ زمان تناوب موج را اندازه بگیرید و فرکانس آن را محاسبه و یادداشت کنید.

۷ـ سر متغیر پتانسیومتر را تغییر دهید. آیا مدار از نوسان می‌ایستد؟ شرح دهید.

.....

.....

.....



شکل ۶ـ۳۸

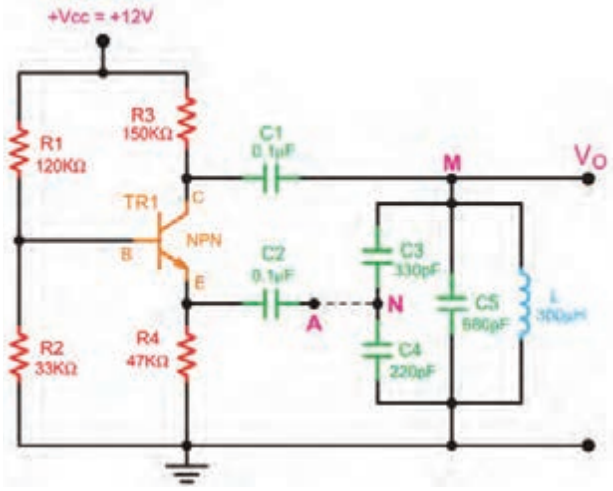
کار عملی ۶

بررسی مدار نوسان‌ساز LC با قطعات واقعی

Time/ Div =
Volt/ Div =
T =
F =

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس مدار نوسان‌ساز LC

مواد، ابزار و تجهیزات: اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ منبع تغذیه یک دستگاه ـ بِرِد بُرد یک قطعه ـ مقاومت ۱۵۰ KΩ ـ ۴۷ KΩ ـ ۳۳ KΩ ـ ۱۲۰ KΩ، $\frac{۱}{۴}$ وات از هر کدام یک عدد ـ خازن ۱۰۰ nF دو عدد ـ خازن ۳۳۰ PF یک عدد ـ خازن ۲۲۰ PF یک عدد ـ خازن ۶۸۰ PF یک عدد ـ سلف ۳۰۰ μH یک عدد ـ ترانزیستور معمولی برای کاربرد عمومی (General purpose) با بتای ۷۵ تا ۱۲۰ مانند BC۳۳۷، ۲SC۹۴۵ (نوعی که β آن بالای ۱۲۰ باشد) یا هر نوع ترانزیستور عمومی دیگر ـ سیم بِرِد بُرد ـ سیم‌های رابط ـ لوازم‌التحریر



شکل ۶ـ۳۹

نکته

هنگام اتصال خازن‌های $C_۳$، $C_۴$ و $C_۵$ و سلف‌ها به مدار مراقب باشید که از طریق اتصال‌های داخلی بِردبُرد اتصال کوتاه نشود. یکی از موارد مهمی که سبب ایجاد اشکال و عدم راه‌اندازی می‌شود همین موارد است. درصورت امکان مجموعه قطعات را روی بُرد هزار سوراخ و اتصال "پین هدر" به‌صورت یک‌پارچه نصب کنید و یک ماژول آماده فراهم کنید.

مراحل اجرای کار

۱ـ مدار شکل ۳۹ـ۶ را روی بِرِد بُرد ببندید.

۲ـ قبل از اتصال A و N، منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و ولتاژ پایه‌های ترانزیستور را اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

$V_B =$ $V_{BE} =$

$V_E =$ $V_C =$

توجه: ترانزیستور باید در حالت فعال باشد.

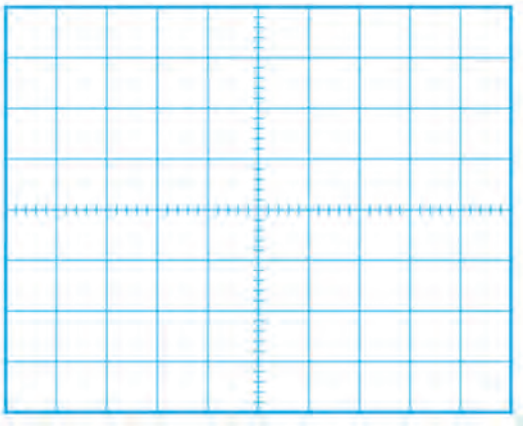
۳ـ اتصال بین A و N را برقرار کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

۴ـ به وسیله اسیلوسکوپ شکل موج نقاط M و N را با توجه به فاز آنها در نمودارهای شکل ۴۰ـ۶ رسم کنید.

۵ـ آیا ولتاژ ورودی و خروجی مدار تعیین فرکانس با هم هم‌فاز هستند؟ شرح دهید.

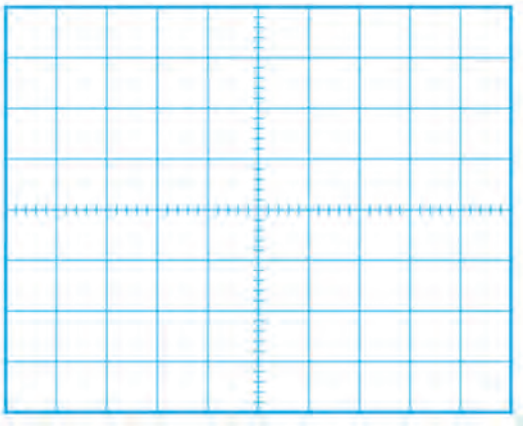
.....

۶ـ مقدار فرکانس و دامنهٔ پیک‌تاپیک سیگنال ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



الف) شکل موج نقطه M

Time/ Div =
Volt/ Div =
T = **F =**
V_{pp} =



ب) شکل موج نقطه N

Time/ Div =
Volt/ Div =
T = **F =**
V_{pp} =

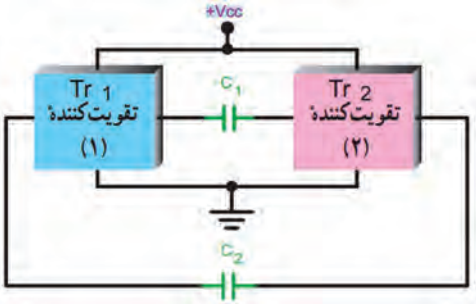
شکل ۴۰ـ۶

نوسان‌ساز مربعی

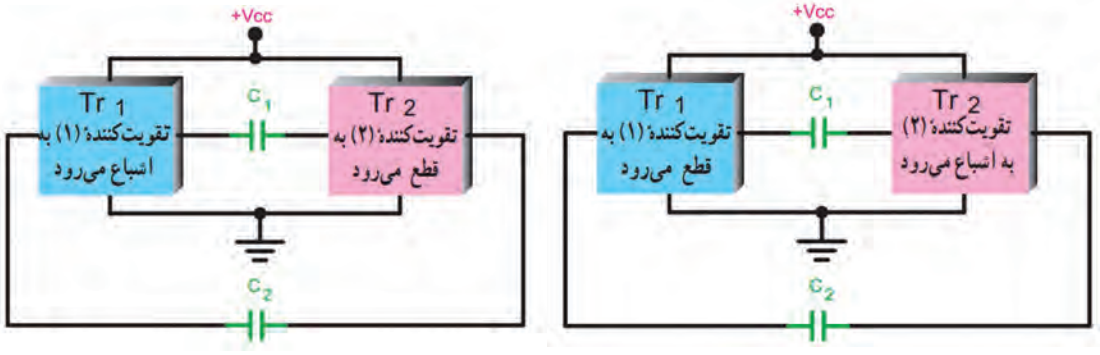
در بحث‌های گذشته با آی‌سی ۵۵۵ به عنوان مولد موج مربعی آشنا شده‌اید.

نمونه دیگر نوسان‌ساز موج مربعی، مولتی‌ویبراتور آاِستابل نام دارد. این نوسان‌ساز شامل دو طبقه تقویت‌کننده

است که خروجی هریک به ورودی دیگری با کوپلاژ خازنی متصل‌شده است. در شکل ۴۱ـ۶ این نوسان‌ساز به‌صورت بلوکی نشان‌داده شده است. هنگامی که یک تقویت‌کننده در حالت اشباع قرار دارد تقویت‌کننده دیگر به قطع می‌رود. وضعیت قطع و اشباع تقویت‌کننده‌ها دوام چندانی ندارد و پس از مدتی، وضعیت عوض می‌شود. شکل‌های الف و ب ۴۲ـ۶ این دو حالت را نشان می‌دهد.



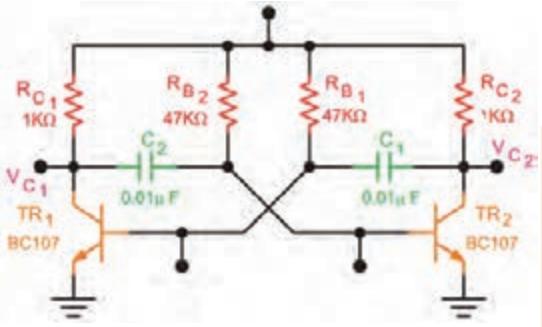
شکل ۴۱ـ۶ بلوک دیاگرام مدار نوسان‌ساز



(ب) (الف)

شکل ۴۲ـ۶ وضعیت تقویت‌کننده‌ها در حالت قطع و اشباع

در شکل ۴۳ـ۶ مدار یک نمونه مولتی‌ویبراتور آاستابل رسم شده است.



شکل ۴۳ـ۶ مدار مولتی‌ویبراتور آاستابل

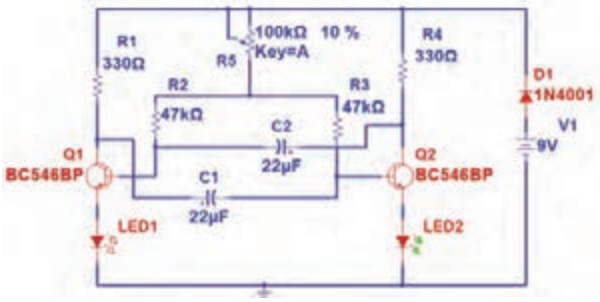
کار عملی ۷

فعالیت در ساعات غیردرسی

بررسی مدار مولتی‌ویبراتور به‌عنوان چشمک‌زن با قطعات واقعی

هدف: اجرای پروژه مدار چشمک‌زن

مواد، ابزار و تجهیزات: مقاومت ۳۳۰ Ω دو عدد ـ مقاومت ۴۷ KΩ دو عدد ـ پتانسیومتر ۱۰۰ KΩ یک عدد ـ خازن ۲۲ μF ـ ۱۵ ولت دو عدد ـ LED دو عدد ـ دیود ۱N۴۰۰۱ یک عدد ـ ترانزیستور BC۵۴۶ یا هر نوع ترانزیستور عمومی دیگر ـ بُرد مدارچاپی ـ وسایل اسیدکاری و لحیم‌کاری



شکل ۴۴ـ۶ مدار مولتی‌ویبراتور آاستابل

مراحل اجرای کار

۱ـ طرح مدارچاپی شکل ۴۴ـ۶ را در ابعاد ۵cm × ۴cm آماده کنید.
۲ـ طرح را به روی فیبر مدارچاپی انتقال دهید.
۳ـ فیبر را برای مونتاژ قطعات آماده کنید.
۴ـ قطعات را روی فیبر مونتاژ کنید.
۵ـ منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی نمایید.
۶ـ پتانسیومتر را تغییر دهید و اثر تغییر را روی مدار ببینید.

کار عملی۸

مولد موج مربعی در نرم‌افزار

هدف: راه‌اندازی مدار نوسان‌ساز موج مربعی و به‌دست‌آوردن فرکانس آن

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

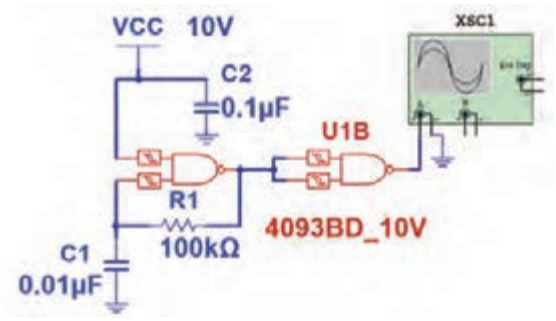
۲ـ با استفاده از دو گیت NAND اشمیت‌تریگر آی‌سی شماره ۴۰۹۳ ، مدار شکل ۴۵ـ۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ تغذیه مدار را وصل کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

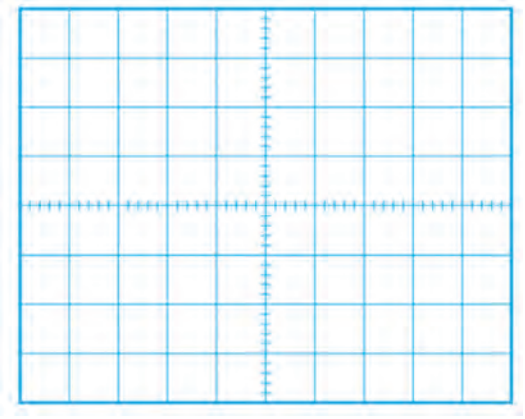
۴ـ اسیلوسکوپ نرم‌افزار را فعال کنید. محدوده مقادیر $\frac{\text{Time}}{\text{Div}}$ و $\frac{\text{Volt}}{\text{Div}}$ را به درستی تنظیم کنید تا حدود ۲ تا ۳ سیکل از موج به صورت پایدار روی صفحهٔ آن ظاهر شود.

۵ـ شکل موج تولید شده را در نمودار شکل ۴۶ـ۶ رسم کنید.

۶ـ زمان تناوب موج را اندازه بگیرید و فرکانس آن را محاسبه و یادداشت کنید.



شکل ۴۵ـ۶



شکل ۴۶ـ۶

Time / Div =

Volt/ Div =

T =

F =

الگوی پرسش

۱ـ اسیلاتور در مدارهای مخابراتی چه نقشی بر عهده دارد؟ شرح دهید.
۲ـ نیازهای اولیه برای نوسان‌سازی را نام ببرید و تشریح کنید.
۳ـ اصل بارک‌هاوزن را شرح دهید.
۴ـ سه مرحله از تولید نوسان را در نوسان‌ساز شرح دهید.
۵ـ شرط تولید موج مربعی را در نوسان‌ساز شرح دهید.
۶ـ در نوسان‌سازهـا نـوع فیدبک ..... است.
۷ـ اگر تقویت‌کننده مربوط به مدار نوسان‌ساز در حالت قطع و اشباع کار کند، چه نوع سیگنالی تولید می‌شود؟ چرا؟
۸ـ انواع نوسان‌سازها را از نظر شبکه تعیین‌کننده فرکانس نام ببرید.
۹ـ انواع نوسان‌سازها را از نظر نوع فیدبک نام ببرید.
۱۰ـ در صورتی که در یک نوسان‌ساز مقدار A_V=۲۵ و $B_V = \frac{۱}{۱۰}$ باشد، چه تأثیری بر عملکرد مدار می‌گذارد؟

۶ـ۶ مدولاسیون

برای انتقال سیگنال‌های صوتی یا تصویری به فواصل دور باید این امواج را به امواج الکترومغناطیس تبدیل و آن را از طریق آنتن انتشار دهیم. شکل ۶ـ۴۷ تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیس و انتشار آن را نشان می‌دهد.

شکل ۶ـ۴۷ تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیس

پژوهش

آیا می‌توان امواج صوتی را به‌طور مستقیم در فضا پخش کرد؟ در صورتی که این امر امکان‌پذیر باشد، چه معایبی دارد؟ نتیجه پژوهش را به صورت یک گزارش ارائه دهید.

فیلم

فیلم ارسال و دریافت امواج و انواع مدولاسیون AM، FM و PM را ببینید.

تعریف مدولاسیون

اگر سیگنال صوتی (سیگنال پیام) را روی سیگنال دیگری که دارای فرکانس بالا است سوار کنیم، می‌توانیم آن را به‌صورت امواج الکترومغناطیس در فضا پخش کنیم. به این عمل در اصطلاح عمومی، مدولاسیون (Modulation) می‌گویند. سیگنال پیام را سیگنال مدوله‌کننده (Modulating Signal) می‌نامند. سیگنالی که پیام روی آن سوار می‌شود، سیگنال حامل (Carrier) یا سیگنال مدوله‌شونده (Modulation Signal) نام دارد. به مدار یا دستگاهی

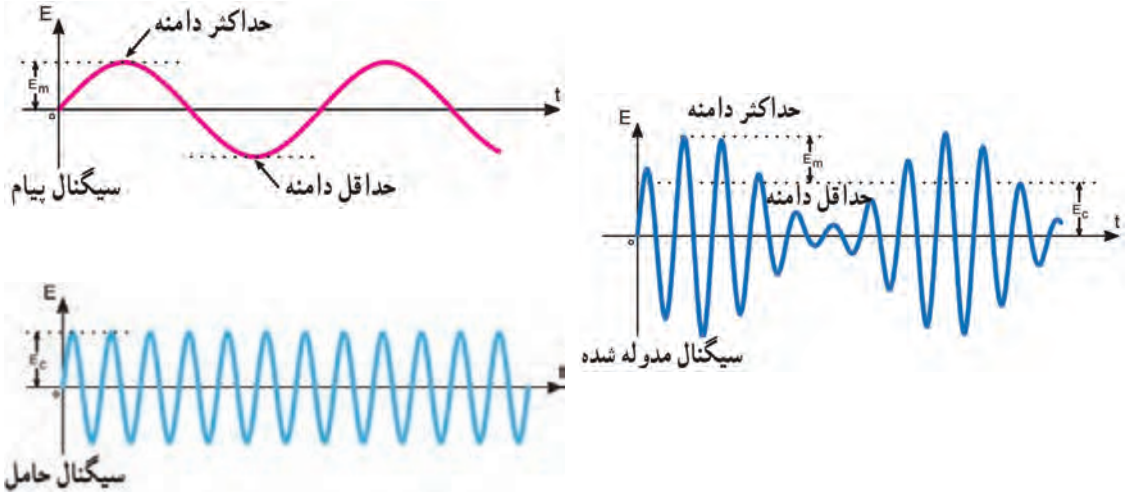
که عمل مدولاسیون را انجام‌می‌دهد، مدولاتور (Modulator) می‌گویند. شکل ۴۸ـ۶ چگونگی انجام مدولاسیون را به‌صورت بلوکی نشان می‌دهد.

شکل ۴۸ـ ۶ بلوک دیاگرام نحوه انجام مدولاسیون

انواع مدولاسیون

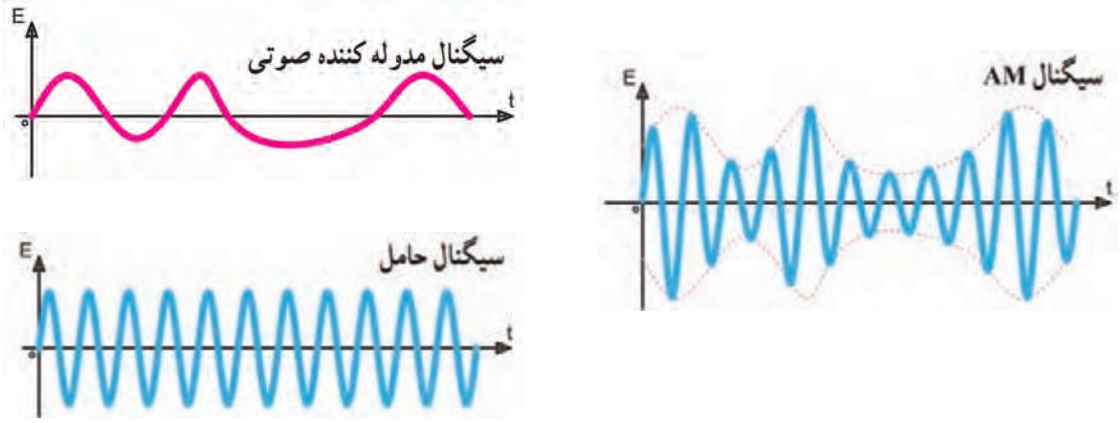
در مدولاسیون یکی از مشخصه‌های اصلی موج حامل که یک سیگنال سینوسی با فرکانس بالا است، توسط پیام کنترل می‌شود. این عمل باید به‌گونه‌ای به اجرا درآید که گیرنده بتواند اطلاعات ارسال‌شده از قبیل صوت، موسیقی یا تصویر را مجدداً بازسازی کند .چون موج حامل تنها سه مشخصهٔ دامنه، فرکانس و فاز را دارد بنابراین تنها می‌توان یکی از این سه مشخصه سیگنال حامل را با سیگنال پیام کنترل کرد و به‌این ترتیب سه نوع مدولاسیون، دامنه، فرکانس و فاز شکل‌می‌گیرد.

☑ **مدولاسیون دامنه (Amplitude Modulation)**: در مدولاسیون دامنه، فرکانس موج حامل (کاریر) ثابت است و دامنه حامل متناسب با دامنه پیام (موج مدوله‌کننده) تغییر می‌کند. در این‌حالت سرعت تکرار تغییرات دامنه حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون دامنه را به اختصار به صورت AM می‌نویسند. در شکل ۴۹ـ۶ سیگنال پیام سینوسی، سیگنال حامل سینوسی و سیگنال مدوله شده AM را مشاهده می‌کنید.

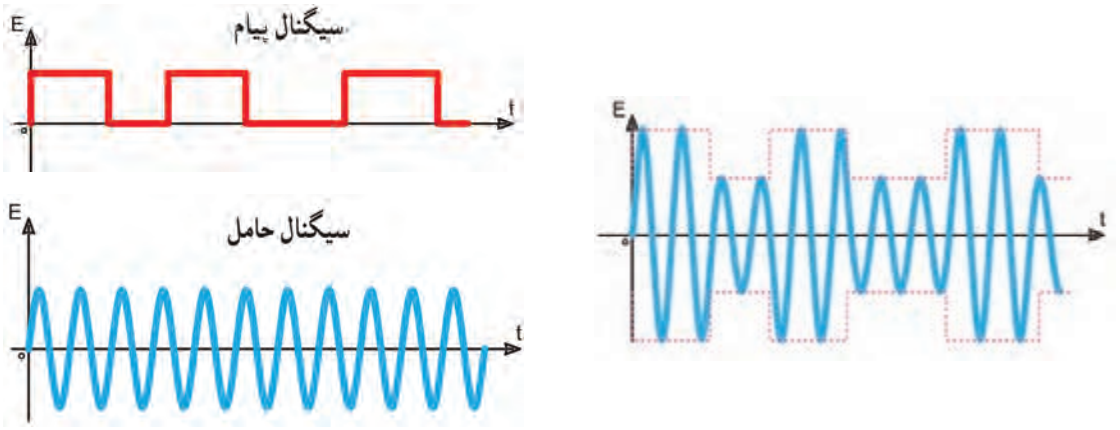


شکل ۴۹ـ۶ سیگنال مدوله‌شده AM

درشکل‌های ۶ـ۵۰ و ۶ـ۵۱ دو نوع پیام غیرسینوسی و حامل سینوسی و موج مدوله شده AM مربوط به آنها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۶ـ۵۰ سیگنال مدوله‌شده AM با سیگنال غیر سینوسی



شکل ۶ـ۵۱ سیگنال مدوله‌شده AM با پیام مربعی

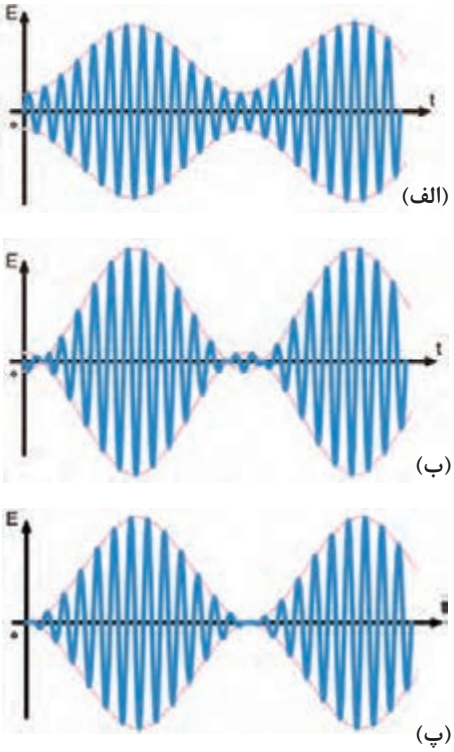
☑ **درصد مدولاسیون (Percent of Modulation):** میزان درصد نسبت دامنه سیگنال پیام به دامنه سیگنال حامل را درصد مدولاسیون می‌گویند و آن را با M یا m_p نشان می‌دهند.

$$\text{درصد مدولاسیون} = M = m_p = \frac{\text{دامنهٔ پیام}}{\text{دامنهٔ حامل}} \times ۱۰۰٪ = \frac{E_m}{E_c} \times ۱۰۰٪$$

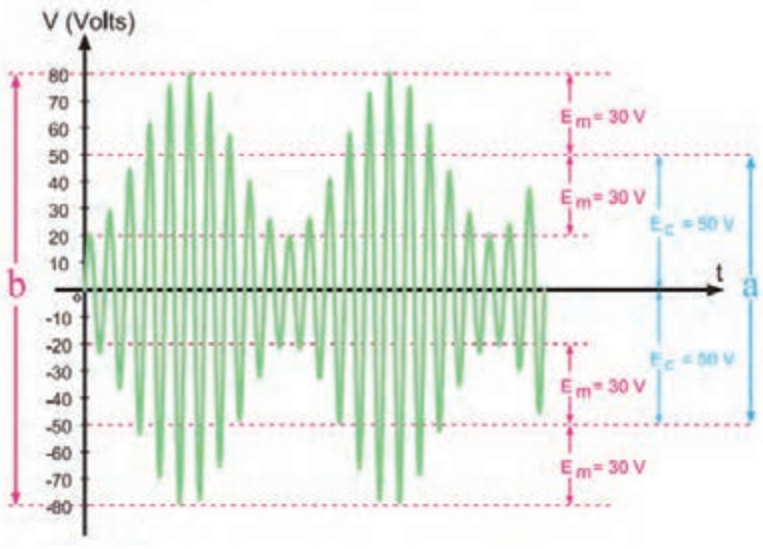
مثال: درصد مدولاسیون را در شکل ۶ـ۵۲ به‌دست آورید.

حل: با توجه به شکل دامنهٔ حامل ۵۰ ولت و دامنهٔ پیام ۳۰ ولت است.

$$\text{شاخص مدولاسیون} = m = \frac{\text{دامنهٔ پیام}}{\text{دامنهٔ حامل}} = \frac{E_m}{E_c} = \frac{۳۰}{۵۰} = ۰/۶ \qquad Mp = \frac{۳۰}{۵۰} \times ۱۰۰٪ = ۶۰٪$$



شکل ۵۳ـ۶



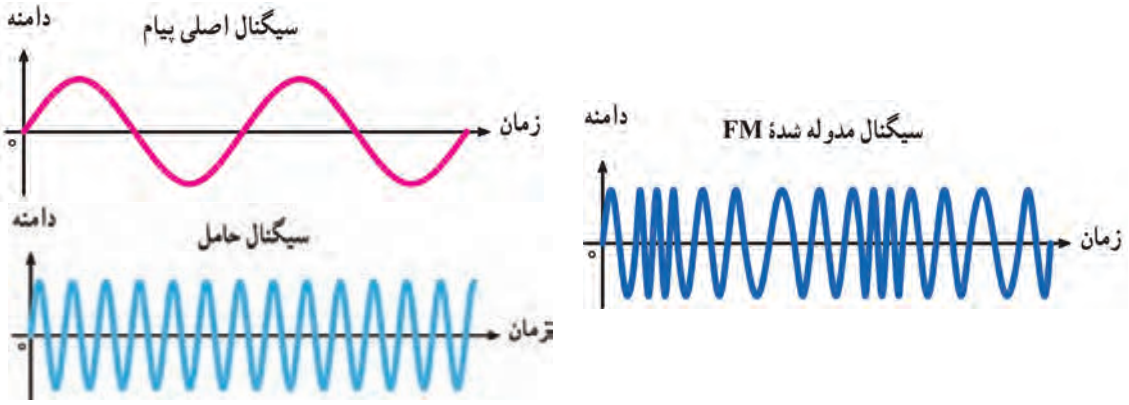
شکل ۵۲ـ۶ موج AM

بحث‌گروهی

در مورد درصد مدولاسیون، شکل‌های۵۳ـ۶ الف ـ ب ـ پ با هم‌گروهی خود بحث کنید و نتیجه را یادداشت کنید.

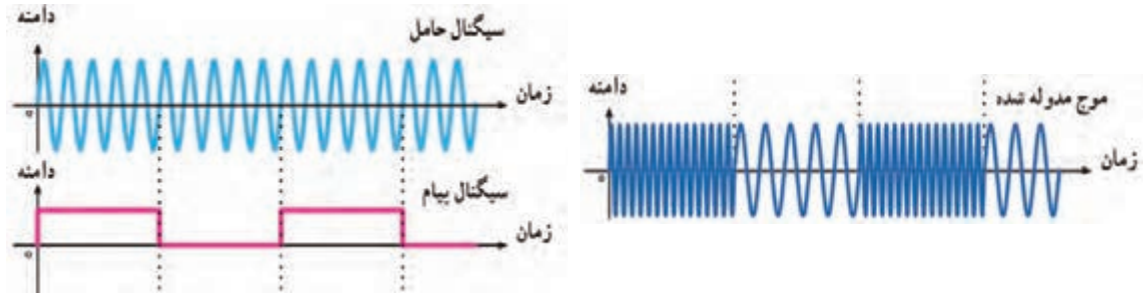
۷ـ۶ اشاره‌ای به مدولاسیون فرکانس (Frequency Modulation)

درصورتی‌که فرکانس سیگنال حامل، متناسب با تغییرات دامنه پیام تغییر کند مدولاسیون فرکانس ایجاد می‌شود. در این‌حالت سرعت تکرار تغییرات فرکانس موج حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون فرکانس را با FM نشان می‌دهند. درشکل۵۴ـ۶ مدولاسیون FM با پیام سینوسی نشان داده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، هنگامی‌که دامنه پیام صفر است، فرکانس موج مدوله شده برابر با موج حامل می‌شود. با افزایش دامنه سیگنال پیام، فرکانس حامل افزایش می‌یابد (فشرده می‌شود) و با کاهش دامنه پیام، فرکانس حامل کم می‌شود.



شکل ۵۴ـ۶ سیگنال مدوله‌شده FM با پیام سینوسی

شکل ۵۵ـ۶ پیام مربعی که روی سیگنال حامل سینوسی به صورت FM مدوله شده است را نشان می‌دهد.



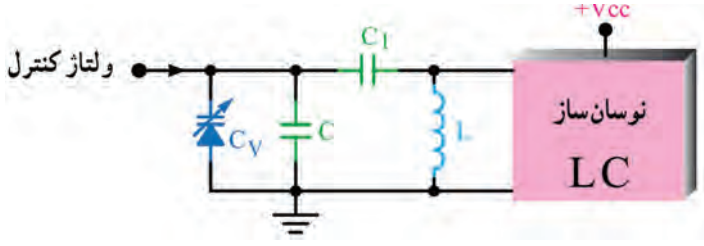
شکل ۵۵ـ۶ سیگنال مدوله‌شده FM با پیام مربعی

پژوهش

باند FM چه محدوده فرکانسی را اشغال می‌کند؟ در FM تجاری در اثر عمل مدولاسیون فرکانس حامل نسبت به مقدار طبیعی خود چقدر تغییر (انحراف) پیدا می‌کند؟ نتیجه را به صورت یک گزارش ارائه دهید.

۸ـ۶ نوسان ساز VCO (Voltage Controlled Oscillator)

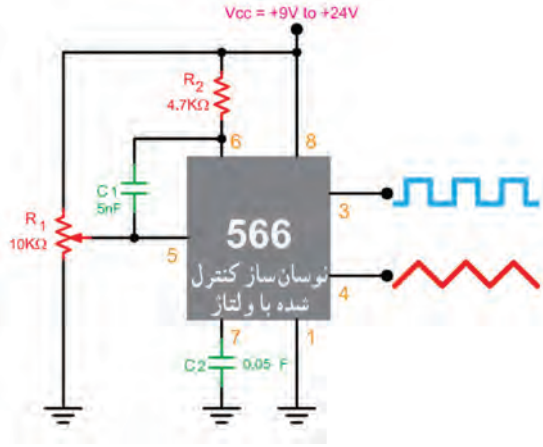
اسیلاتور VCO یک نوع نوسان‌ساز است که فرکانس آن را می‌توان با استفاده از ولتاژِ DC ورودی تغییر داد. در فرکانس‌های بالا برای کنترل فرکانس معمولاً دیود وركتور (Varactor) به‌کار می‌رود. این دیود بخشی از مدار هماهنگ اسیلاتور LC را تشکیل می‌دهد. در شکل ۵۶ـ۶ بلوک نوسان‌ساز LC را همراه با مدار رزونانس آن و دیود خازنی مشاهده می‌کنید.با تغییر ولتاژ DC، ظرفیت دیود خازنی تغییر می‌کند و در نهایت ظرفیت خازنی معادل مدار تانک را تغییر می‌دهد. با تغییر ظرفیت خازنی فرکانس نوسان‌ساز تغییر می‌کند.



شکل ۵۶ـ۶ نوسان‌ساز VCO با دیود خازنی

پژوهش

با مراجعه به منابع مختلف چگونگی بایاس کردن دیود خازنی، عملکرد و منحنی مشخصه آن را بررسی کنید و نتیجه را در قالب گزارش ارائه دهید.



شکل ۵۷ـ۶ نوسان‌ساز با فرکانس قابل کنترل با ولتاژ

شکل ۵۷ـ۶ یک نوسان ساز VCO را نشان می‌دهد که به‌وسیله آی سی ۵۶۶ دو نوع موج مربعی و مثلثی را تولید می‌کند.ولتاژ DC کنترل‌کننده فرکانس از طریق پتانسیومتر R_1 به پایهٔ شماره ۵ آی‌سی می‌رسد. آی‌سی ۵۶۶ یک نوع مدار خاص است که با استفاده از آن می‌توانید فرکانس خروجی نوسان‌ساز موج مربعی و دندان‌اره‌ای را تغییر دهید.

با توجه به توضیحات داده شده، مشاهده می‌شود که با تغییر ولتاژ توانسته‌ایم فرکانس را تغییر دهیم، به عبارت دیگر نوعی موج FM به‌وجود آورده‌ایم. بنابراین تولید مدولاسیون FM و مدولاسیون پالس با استفاده از این نوع مدارها امکان‌پذیر است.

بحث‌گروهی

برگه دیتاشیت آی‌سی ۵۶۶ را تهیه کنید و محتوای آن را به بحث بگذارید. سپس نتایج را در قالب یک گزارش کوتاه ارائه دهید.

کار عملی۹

بستن مدار نوسان‌ساز VCO در فضای نرم‌افزار

هدف: بررسی عملکرد نوسان‌ساز کنترل شده با ولتاژ(VCO)

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

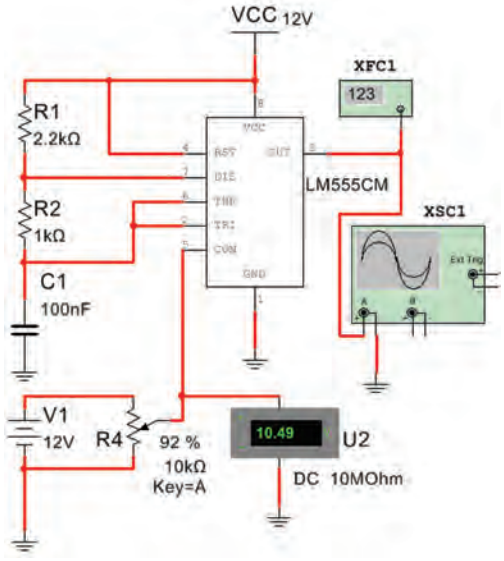
مراحل اجرای کار

۱ـ نرم‌افزار مولتی سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۵۸ـ۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ فرکانس متر را به خروجی اتصال دهید وطبق شکل ۵۹ـ۶ آن را تنظیم کنید.

۴ـ شکل موج خروجی مدار را روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده کنید. آیا با تغییر پتانسیومتر فرکانس شکل موج تغییر می‌کند؟

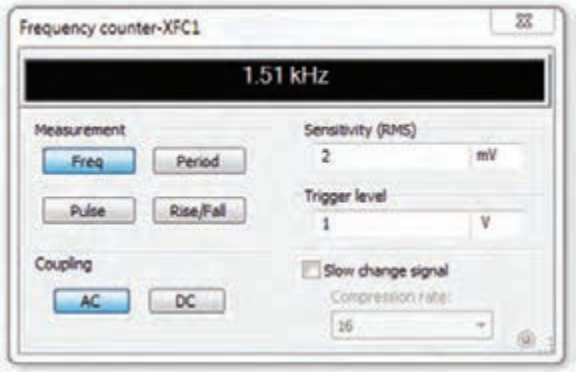


شکل ۵۸ـ۶ مدار نوسان‌ساز VCO

۵ـ ولتاژ DC ورودی مدار را مطابق جدول ۹ـ۶ به وسیله پتانسیومتر تغییر دهید. فرکانس خروجی را به کمک فرکانس‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

جدول ۹ـ۶

ردیف	ولتاژ ورودی DC (V)	فرکانس KHZ
۱	۲	
۲	۴	
۳	۶	
۴	۸	
۵	۱۰	



شکل ۵۹ـ۶ تنظیم فرکانس‌متر

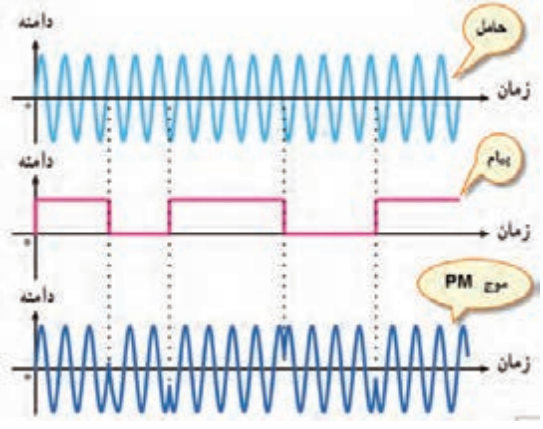
۶ـ نتایج حاصل شده از جدول ۹ـ۶ را جمع‌بندی کنید.

.....

.....

۹ـ۶ مدولاسیون فاز (Phase Modulation)

اگر فاز سیگنال حامل متناسب با دامنه سیگنال پیام تغییر کند مدولاسیون فاز به وجود می‌آید. در این حالت سرعت تکرارتغییرات فاز برابر با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون فاز از پاره‌ای جهات مشابه مدولاسیون FM است. مدولاسیون فاز را با PM نشان می‌دهند (شکل ۶۰ـ۶).



شکل ۶۰ـ۶ سیگنال مدوله‌شده PM با پیام مربعی

فیلم

فیلم انواع مدولاسیون‌های AM، FM و PM را دوباره ببینید و در ارتباط با آن گزارش کوتاهی بنویسید.

کار عملی ۱۰

مشاهده شکل موج AM به‌وسیله فانکشن‌ژنراتور یا مولد RF

هدف: مشاهده موج مدوله‌شده AM

مواد، ابزار و تجهیزات: اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ فانکشن ژنراتور ـ سیم‌های رابط

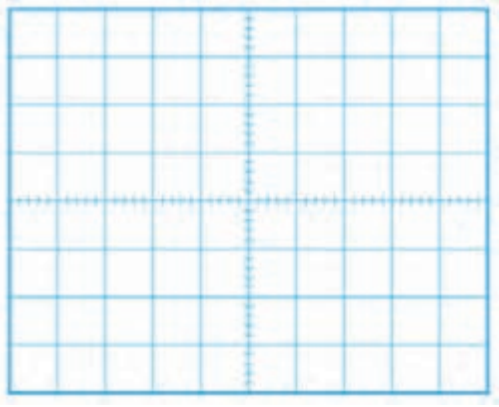
مراحل اجرای کار

۱ـ با استفاده از راهنمای کاربرد فانکشن‌ژنراتوری که سیگنال AM دارد یا مولد RF، طرز کار دستگاه را بیاموزید.

۲ـ فانکشن ژنراتور یا سیگنال ژنراتور RF را روی فرکانس ۵۰۰ KHZ با مدولاسیون AM داخلی قرار دهید.

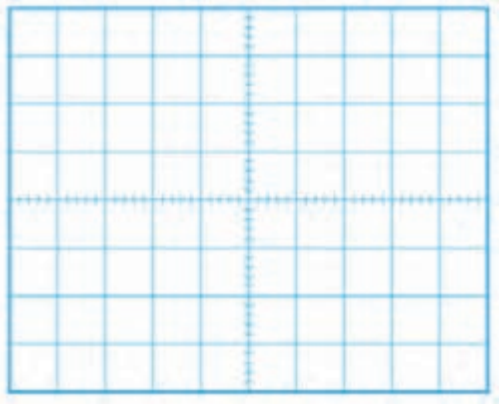
۳ـ دامنهٔ درصد مدولاسیون سیگنال ژنراتور را آن‌قدر افزایش دهید تا دامنهٔ پیام نصف دامنهٔ حامل شود، ($E_m = \frac{E_C}{۲}$). در این حالت مدولاسیون ۵۰ درصد به‌وجود می‌آید.

۴ـ شکل موج خروجی مدار را در نمودار شکل ۶ـ۶۱ رسم کنید.



شکل ۶ـ۶۱

۵ـ سیگنال ژنراتور را روی موج مربعی و فرکانس ۱KHZ قرار دهید و درصد مدولاسیون را روی ۵۰ درصد تنظیم کنید و شکل موج خروجی مدار را در نمودار شکل ۶ـ۶۲ رسم کنید.



شکل ۶ـ۶۲

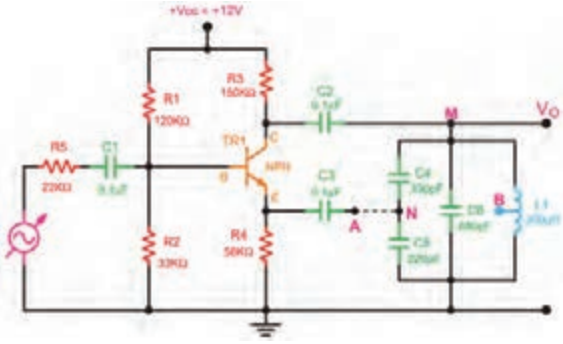
فعالیت

فعالیت در ساعات غیردرسی

درصورت داشتن وقت اضافی، در ساعات غیردرسی می‌توانید مدار مدولاتور را با اسیلاتور شکل ۶ـ۶۳ ببندید و شکل موج مدوله‌شده را مشاهده کنید. همچنین می‌توانید با استفاده از مدولاسیون خارجی و یک سیگنال ژنراتور AF تغییرات درصد مدولاسیون را ملاحظه نمایید.

پژوهش

با وجود اینکه تقریباً مدولاسیون AM درحال منسوخ شدن است، ولی هنوز در سطح دنیا به‌کار می‌رود و طرفداران زیادی دارد. با مراجعه به منابع و رسانه‌های معتبر، مشخص کنید برای فرستنده‌ها و گیرنده‌های تجاری میزان درصد مدولاسیون چقدر است و به چه دلیل انتخاب می‌شود. نتیجه را در قالب گزارش ارائه دهید.



شکل ۶ـ۶۳ مدار مدولاتور AM

الگوی پرسش نظری

۱ـ فرمول درصد مدولاسیون را بنویسید و برای آن مثالی طراحی کنید.

۲ـ در مورد مدولاسیون AM کدام گزینه صحیح است؟

۱) دامنهٔ کریر متناسب با فرکانس پیام تغییر می‌کند. ۲) سرعت تغییر فرکانس کریر متناسب با دامنهٔ پیام است.

۳) دامنهٔ کریر متناسب با دامنهٔ پیام تغییر می‌کند. ۴) سرعت تغییر دامنهٔ کریر متناسب با دامنهٔ پیام است.

۳ـ در مدولاسیون فرکانس، دامنهٔ کریر ..... است و فرکانس کریر متناسب با ..... پیام تغییر می‌کند.

۴ـ در مدولاسیون فاز، دامنه و فرکانس کریر ثابت است و فاز کریر متناسب با دامنهٔ پیام تغییر می‌کند.

صحیح ☐ غلط ☐

۶ـ۱۰ مدولاسیون‌های پالس و دیجیتال (Pulse and Digital modulation)

فیلم

فیلم انواع مدولاسیون پالس و دیجیتال و کاربرد آن را ببینید.

در روش‌های جدید مدولاسیون از مدولاسیون پالس و مدولاسیون دیجیتال استفاده می‌شود. در این نوع مدولاسیون‌ها، سیگنال‌های آنالوگ پیام به نوعی از سیگنال‌های پالسی یا دیجیتالی که منشأ آن موج‌های حامل یا کریر است تبدیل می‌شود. این نوع مدولاسیون‌ها انواع متنوع و گسترده‌ای دارد که در این قسمت به تشریح اختصاری و اجمالی آن می‌پردازیم.

اگر سیگنال کریر (حامل) به صورت پالس (به صورت منفصل) باشد، در این صورت مدولاسیون‌های پالسی شکل می‌گیرد. مدولاسیون‌های پالسی به دو دسته تقسیم می‌شوند.

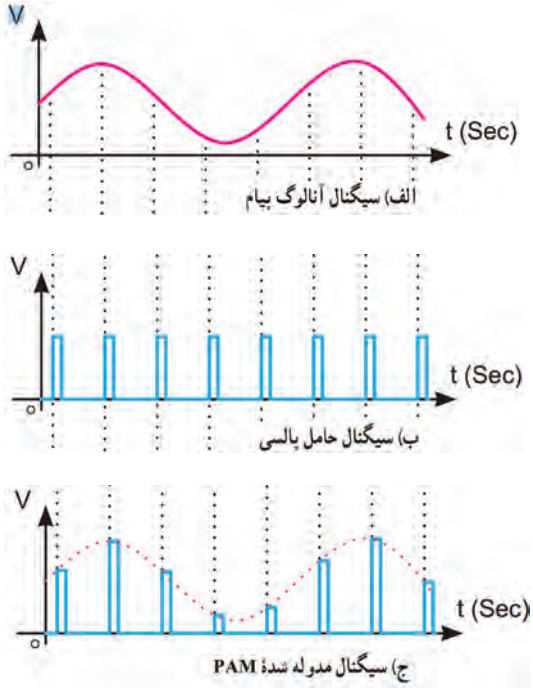
الف) مدولاسیون‌های منفصل: این نوع مدولاسیون‌ها به‌صورت PPM، PAM و PWM (PDM)تولید می‌شوند که کاربردهای مخابراتی و صنعتی دارند، از کاربردهای مخابراتی می‌توان کاربرد PPM را در اندازه‌گیری‌های رادار نام برد. از کاربردهای صنعتی این نوع مدولاسیون می‌توان کنترل دور و سرعت موتور را با روش‌های PWM نام برد.

ب) مدولاسیون‌های دیجیتال: این نوع مدولاسیون بسیار متداول است مثلاً PCM که در سیستم‌های مخابره دیجیتال (مانند تلفنی، تصویری) به کار می‌رود. در PCM پیام به کدهای دیجیتالی تبدیل و منتقل می‌شود. برای مسافت‌های طولانی‌تر از انواع دیگر مدولاسیون‌های دیجیتال مانند FSK، ASK و PSK استفاده می‌شود.

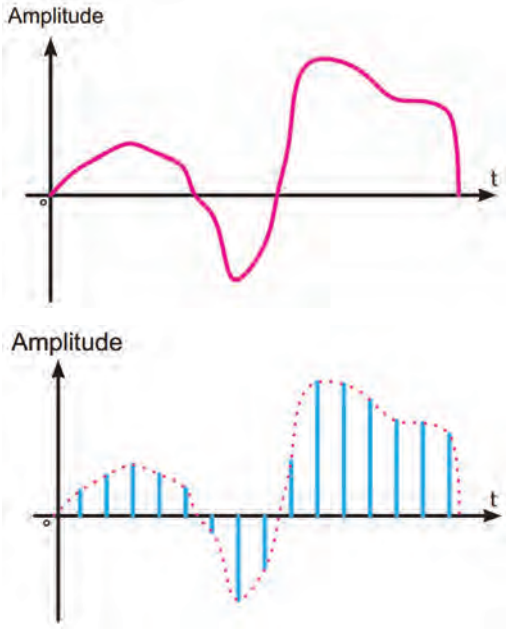
۶ـ۱۱ سیگنال منفصل (گسسته ـ Discrete)

یکی‌دیگر از روش‌های مدولاسیون معمولاً استفاده از نمونه‌برداری است. اگر از سیگنال آنالوگ به‌صورت پالسی نمونه‌برداری (Sampling) کنیم، سیگنال منفصل به‌دست می‌آید. این نمونه‌برداری مطابق شکل ۶ـ۶۴ در فواصل زمانی معین که زمان تناوب نمونه‌برداری (Sampling Period) نامیده می‌شود، صورت می‌گیرد. عمل

نمونه برداری به‌وسیله پالس‌های سیگنال حامل صورت می‌گیرد. در این حالت دامنه سیگنال حامل (Ac) تحت تأثیر سیگنال پیام قرار می‌گیرد و متناسب با آن تغییر می‌کند.سیگنال منفصل حاصل شده را سیگنال مدوله شده دامنه پالس(PAM یا Pulse Amplitude Modulation) می‌نامند. در شکل ۶ـ۶۴ یک نمونه سیگنال پیام آنالوگ، حامل پالسی و سیگنال مدوله شده PAM را مشاهده می‌کنید. در شکل ۶ـ۶۵ نوع دیگری از پیام را ملاحظه می‌کنید که به صورت PAM در آمده است. در این شکل پهنای پالس‌های حامل بسیار کم است که به آن پالس‌های سوزنی (Impulse) می‌گویند.



شکل ۶ـ۶۴ سیگنال پیام، حامل و سیگنال مدوله شده



شکل ۶ـ۶۵ نمونه دیگری از پیام و سیگنال PAM

بحث گروهی

به چه دلیل به مدولاسیون PAM مدولاسیون منفصل می‌گویند. درباره این موضوع بحث کنید و نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

۶ـ۱۲ مدولاسیون پالسی کد شده PCM (Pulse Code Modulation)

اگر سیگنال منفصل (PAM) را با یک درجه‌بندی مشخص و تعریف شده به کدهای باینری تبدیل کنیم مدولاسیون PCM شکل می‌گیرد. این روش راکوآنتیزه کردن (Quantization) می‌نامند.
در شکل ۶ـ۶۶ سیگنال آنالوگ را مشاهده می‌کنید که ابتدا به سیگنال PAM تبدیل شده است. در مرحله بعد سیگنال PAM را درجه‌بندی کرده‌ایم و کد معادل آن را به‌دست آورده‌ایم. در این مرحله سیگنال PAM

به PCM تبدیل شده است. کد استفاده شده در این تبدیل سه بیتی است.

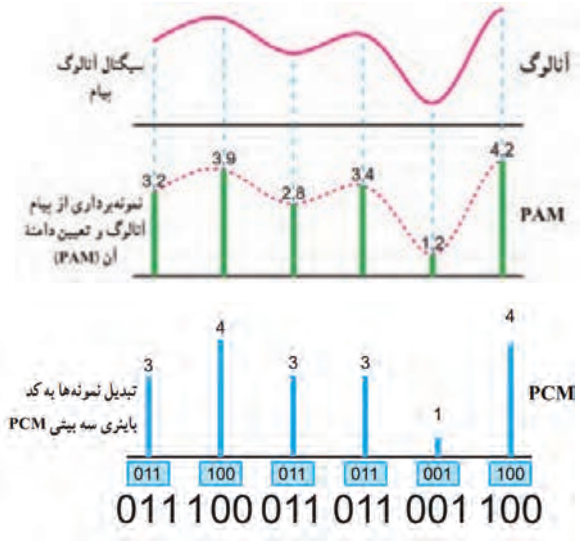
پرسش: تفاوت سیگنال PAM و PCM را در یک جمله شرح دهید.

کار گروهی

برای تسلط بر این موضوع نمونه‌های دیگری را مطرح و به‌صورت گروهی اجرا کنید.

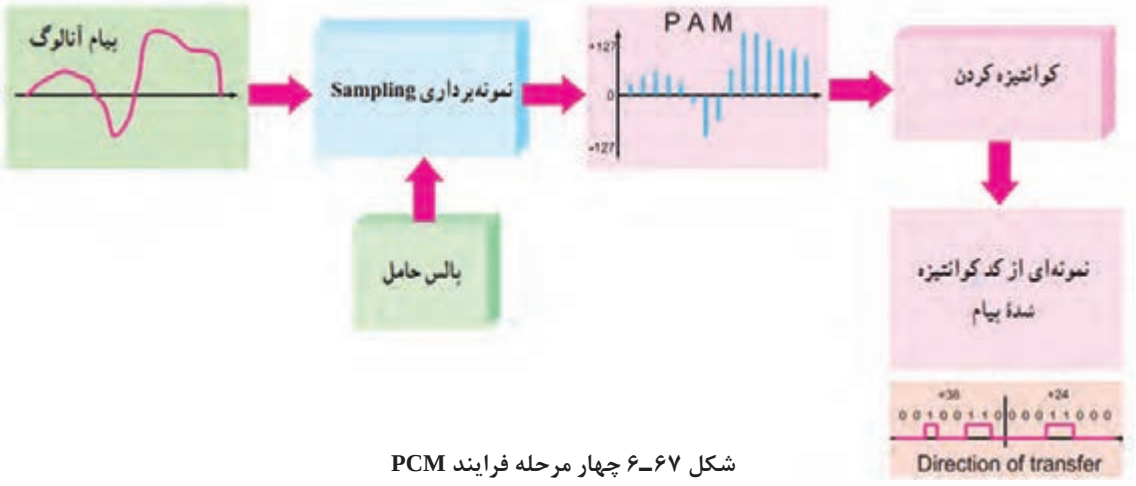
فیلم

فیلم چگونگی اجرای فرایند PAM را ببینید.



شکل ۶۶ـ۶ سیگنال آنالوگ و سیگنال PAM و PCM حاصل از آن

در شکل ۶۷ـ۶ چهار فرایند PCM که شامل PAM، کوآنتیزه کردن، کدبندی باینری و کدبندی دیجیتال به دیجیتال است، نشان داده شده است.

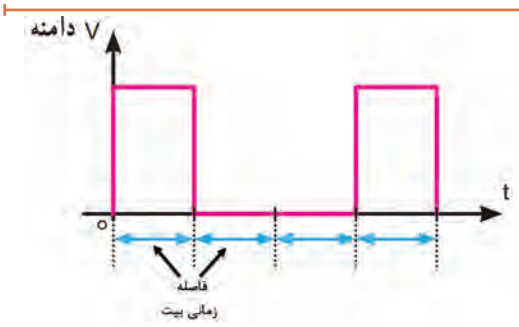


شکل ۶۷ـ۶ چهار مرحله فرایند PCM

برخی از تعاریف مهم

فاصله زمانی بیت Bit Interval

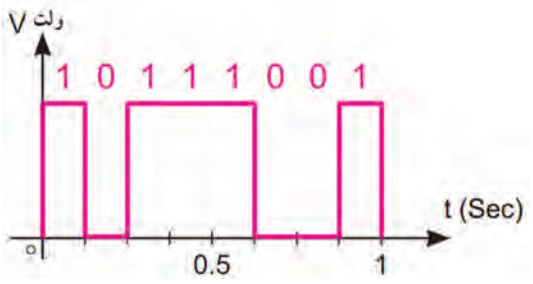
فاصله زمانی بیت، زمان لازم برای ارسال یک بیت است. شکل ۶۸ـ۶ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و فاصله زمانی یک بیت را نشان می‌دهد.



شکل ۶۸ـ۶ فاصله زمانی یک بیت

نرخ بیت Bit Rate

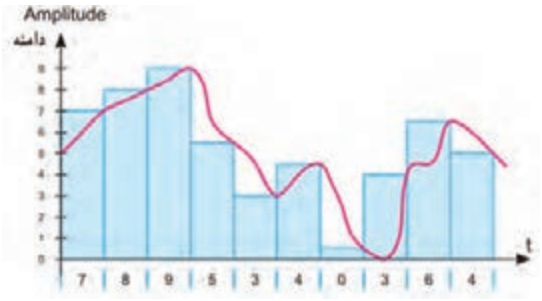
سرعت انتشار بیت‌ها را نرخ بیت می‌نامند. نرخ بیت برحسب بیت در ثانیه BPS (Bit Per Second) می‌باشد. در شکل ۶ـ۶۹ یک سیگنال دیجیتالی با BPS برابر ۸ رسم شده است. نرخ بیت در واقع تعیین‌کننده سرعت انتشار و انتقال اطلاعات است.



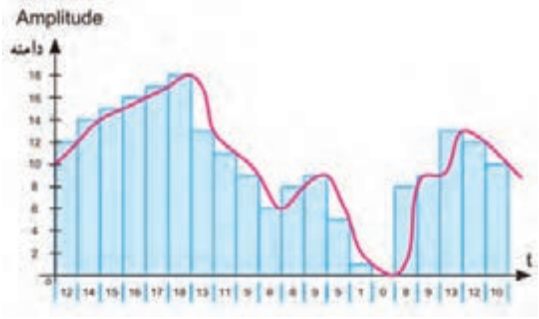
شکل ۶ـ۶۹ سیگنال دیجیتالی با هشت BPS

فرکانس نمونه‌برداری (Sampling Rate)

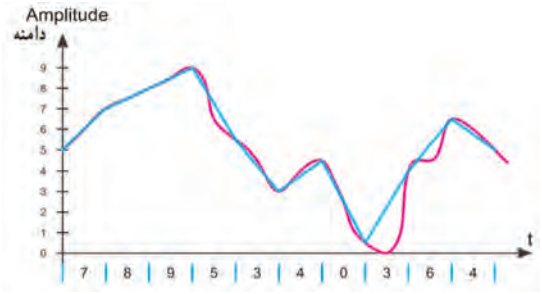
☑ **نرخ نمونه‌برداری Sampling Frequency:** سرعت نمونه‌برداری عبارت از تعداد نمونه‌هایی است که در یک ثانیه از پیام برداشته می‌شود. هر قدر تعداد نمونه‌ها در ثانیه بیشتر شود، هنگام تبدیل و بازسازی نمونه‌ها (سیگنال منفصل یا PAM) به سیگنال آنالوگ با تغییر شکل موج کمتری روبه‌رو می‌شویم. درشکل ۶ـ۷۰ نمونه‌برداری از سیگنال آنالوگ و موج بازسازی‌شده آن را در شکل ۶ـ۷۱ مشاهده می‌کنید.



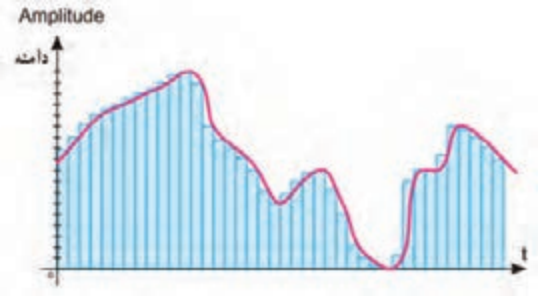
شکل ۶ـ۷۰ نمونه‌برداری از سیگنال آنالوگ



شکل ۶ـ۷۲ سرعت و دقت نمونه‌برداری دو برابر



شکل ۶ـ۷۱ موج بازسازی شده



شکل ۶ـ۷۳ سرعت و دقت نمونه‌برداری چهار برابر

فعالیت گروهی

در شکل‌های ۶ـ۷۲ و ۶ـ۷۳ نمونه‌های برداشته‌شده در یک ثانیه (سرعت نمونه‌برداری) و تعداد مقادیر که به هر نمونه اختصاص داده‌شده (دقت نمونه‌برداری) متفاوت است. پیام در کدام مورد دقیق‌تر بازسازی می‌شود؟ نتیجه را در قالب گزارش ارائه دهید.

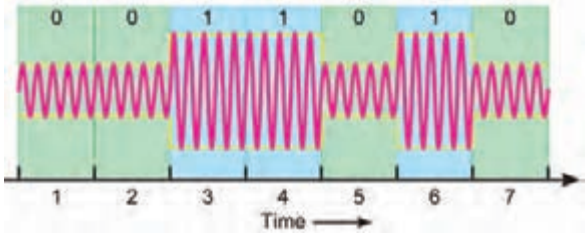
۱۳ـ۶ مدولاسیون‌های دیجیتال

برای ارسال علائم صفر و یک منطقی (PCM) به‌منظور کاهش پهنای باند بهتر است از سیگنال سینوسی استفاده کنیم. در ادامه به شرح مدولاسیون‌های PSK، ASK و FSK می‌پردازیم. سیگنال مورد استفاده در این نوع مدولاسیون‌ها را سیگنال حامل اولیه می‌نامند.

مدولاسیون ASK (Amplitude Shift Keying)

در مدولاسیون ASK برای نمایش ۰یا ۱ باینری دامنه سیگنال حامل تغییر می‌کند و فرکانس و فاز حامل ثابت می‌ماند. مقدار دامنه کاریر در مقادیر صفر و یک باینری به عهده طراحان سیستم است.

شکل ۶ـ۷۴ یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را نشان می‌دهد. ASK بسیار نویزپذیر است زیرا نویز می‌تواند روی دامنه قرار گیرد و ۰ را به ۱و ۱ را به ۰ تبدیل کند.



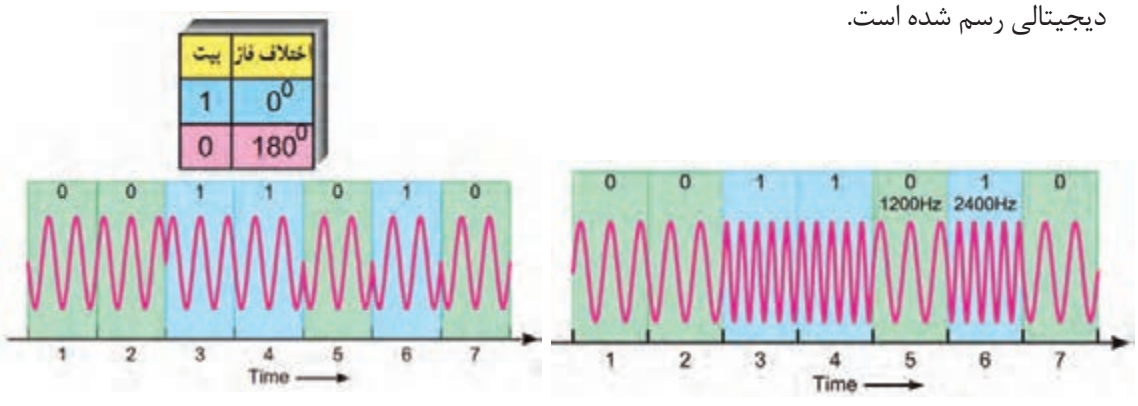
شکل ۶ـ۷۴ یک نمونه سیگنال مدوله‌شده ASK

مدولاسیون FSK (Frequency Shift Keying)

در مدولاسیون FSK برای نمایش ۰ یا ۱ باینری، فرکانس سیگنال حامل تغییر داده می‌شود و دامنه و فاز حامل ثابت باقی می‌ماند. فرکانس حامل در فاصله زمانی هر بیت مقدار ثابتی است. شکل ۶ـ۷۵ مدولاسیون FSK را نشان می‌دهد. FSK نسبت به نویز مقاوم‌تر از ASK است.

مدولاسیون PSK (Phase Shift Keying)

در مدولاسیون PSK فاز سیگنال سینوسی را برای نمایش باینری «۱» و «۰» تغییر می‌دهند. در این حالت دامنه و فرکانس حامل ثابت است. به عنوان مثال اگر برای نمایش عدد باینری (۱)، سیگنال حامل با فاز صفردرجه شروع شود، می‌توان فاز سیگنال حامل را ۱۸۰ درجه تغییر داد تا عدد باینری (۰) را ارسال نمود. فاز سیگنال حامل در طول هربیت باینری ثابت است.در شکل ۶ـ۷۶ مدولاسیون PSK برای یک نمونه سیگنال دیجیتالی رسم شده است.



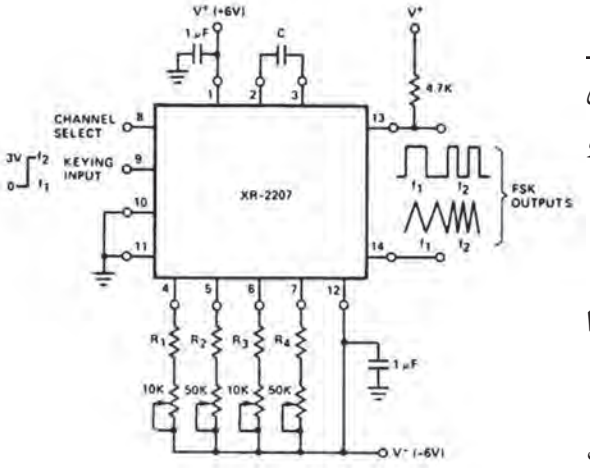
شکل ۶ـ۷۵ یک نمونه سیگنال مدوله‌شده FSK

شکل ۶ـ۷۶ یک نمونه سیگنال مدوله‌شده PSK

مدولاسیون FSK با قطعات واقعی

هدف: تولید مدولاسیون FSK

مواد، ابزار و تجهیزات: اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ آی سی XR-۲۲۰۷ یک عدد ـ منبع تغذیه یک دستگاه ـ بِرد بُرد یک قطعه ـ مقاومت ۱KΩ چهار عدد ـ مقاومت ۴/۷KΩ یک عدد (مقاومت‌ها $\frac{۱}{۴}$ وات) ـ پتانسیومتر ۱۰ KΩ سه عدد ـ پتانسیومتر ۵۰ KΩ یک عدد ـ خازن ۲۲ nF یک عدد ـ خازن ۱ µF دو عدد ـ سیم بِرد بُرد ـ سیم‌های رابط ـ لوازم التحریر



شکل ۶ـ۷۷

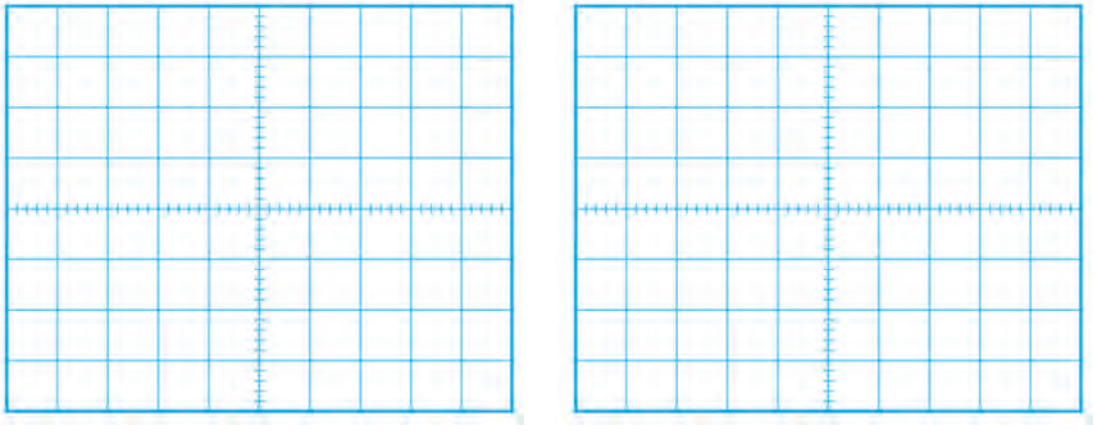
مراحل اجرای کار

۱ـ مدار شکل ۶ـ۷۷ را روی بِردبُرد ببندید.

۲ـ تغذیه متقارن را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی نمایید.

۳ـ پایه شماره ۸ را به V+ یا زمین وصل کنید.

۴ـ پایه ۹ را یک‌بار به زمین و بار دیگر به ولتاژ ۳ ولت وصل کنید و هر بار شکل موج خروجی (پایه ۱۳) را مشاهده و در نمودارهای شکل ۶ـ۷۸ رسم کنید. به ورودی آی سی، موج مربعی با دامنه ۳ ولت و فرکانس ۱HZ بدهید و شکل موج خروجی را مشاهده کنید.



شکل ۶ـ۷۸

۵ـ با تغییر سر متغیر پتانسیومترها، به شکل موج خروجی توجه کنید و اثر آن را بنویسید.

.....

.....

الگوی پرسش

۱ـ شکل یک نمونه سیگنال آنالوگ و دیجیتال را رسم کنید.
۲ـ مدولاسیون ASK را شرح دهید. یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را رسم کنید.
۳ـ مدولاسیون FSK را شرح دهید. یک نمونه سیگنال مدوله شده FSK را رسم کنید .
۴ـ مدولاسیون PSK را شرح دهید.

فریب امواج مخابراتی در جنگ تحمیلی

خلاقیت در ساخت سازه منحرف کننده موشک

هواپیماهای سوپراتاندارد، از پیشرفته‌ترین و مدرن‌ترین هواپیماهای اروپایی است که به دلیل کارایی و قدرت بالای آن در اختیار نیروهای ناتو بود و بیشترین شهرت آن درغرق کردن چند رزمناو در جنگ آرژانتین و انگلیس است . همچنین دقت در هدف‌گیری و قدرت انهدام بالای آن با استفاده از موشک‌های اگزوست (برگرفته از کلمه فرانسوی به‌معنای ماهی پرنده) در شهرت این جنگ افزار بی‌تأثیر نبوده است. اگزوست با برد ۱۱ کیلومتری خود به خلبان اجازه می‌داد بدون کمترین خطری شناور و کشتی‌ها را هدف قرار دهد. همچنین پس از شلیک بر روی هدف قفل می‌کند و آن‌را تعقیب و منهدم می‌سازد. دشمنان ایران با تبلیغات فراوان این سلاح را در اختیار صدام قرار می‌دهند تا ایران را وادار به پذیرش خواسته‌های نامعقول خود نمایند.در این مقطع هوش و ذکاوت رزمندگان به نبرد با فناوری‌های نوین و پیشرفته غرب می‌رود در بین طرح‌های ارائه شده، ایده شهید حسین قاسمی با توجه به هزینه کم و سادگی آن پذیرفته شد. در این طرح به منظور فریب امواج رادیویی منتشره از رادار موشک، با استفاده از مقدار زیادی میل‌گرد، صفحات بزرگ فلزی و یونالیت شناوری را طراحی و با نام خارپشت در نزدیکی کشتی‌ها و شناورهای ایرانی به آب انداختند. در اولین آزمایش، امواج فریب می‌خورند و موشک به یکی از همین خارپشت‌های شناور اصابت می‌کند. مهندسان جهاد با تکمیل طرح برای منحرف کردن رادارِ این موشک‌ها صفحه‌های عمود بر هم فلزی نیز طراحی کردند که امواج فرستاده شده ازطرف موشک را به سمت خود موشک بازتاب می‌داد و موشک را در انتخاب هدف به اشتباه می‌انداخت و به‌جای کشتی‌ها به این صفحات اصابت می‌کرد. این طرح در گستره وسیعی به‌کارگرفته شد و سوپراتاندارد فرانسوی در مواجه با نبوغ و ابتکار ایرانی در عرصه جنگ دریایی اعتبار خود را ازدست داد و ناکام شد.

برگرفته و تلخیص شده از اسناد اداره کل
امور ایثارگران وزارت جهاد کشاورزی

۱۴ـ۶ اجرای پروژه کاربُردی

مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)

در قرن حاضر ساختمان‌ها با فناورهای روز همگام شده و از آنها در راستای بهره‌وری مناسب و مهیا ساختن محیطی امن و راحت استفاده می‌کنند. در یک ساختمان هوشمند از ابداعات و فناورهای جدید براساس مدیریتی هوشمند استفاده می‌شود که در راستای افزایش کارایی و آسایش و رفاه ساکنین به‌اجرا درمی‌آید. در ساختمان هوشمند منابع نور مانند روشنایی سقفی، دیواری، رومیزی، رنگی و تزیینی، فلورسنت و لامپ‌های LED به‌صورت مجزا یا گروهی قابل کنترل هستند. بنابراین با این روش می‌توان بدون نیاز به سرکشی به تمامی چراغ‌ها، از وضعیت هریک از آنها مطلع شد و آنها را با توجه به نیاز «روشن ـ خاموش» کرد. بنابر تعریف: «ساختمان هوشمند ساختمانی است که در آن از آخرین فناوری‌ها در راستای بیشترین کارایی و رفاه استفاده شده است».

فیلم

فیلم ساختمان هوشمند را مشاهده کنید.

جست و جو

جست‌وجو در اینترنت: در مورد ساختمان‌های هوشمند و فناوری مورد استفاده در آنها تحقیق کنید. و نتیجه را در قالب یک گزارش‌کار ارائه دهید.

توضیح عملکرد پروژه

یکی از سامانه‌های مورد استفاده در ساختمان هوشمند «شبیه‌ساز حضور در منزل» است، که در این قسمت به‌طور اجمالی به آن پرداخته می‌شود. این مدار از طریق خط تلفن قابلیت کنترل چراغ‌ها و لامپ‌های منزل را دارد و برای روشن/ خاموش کردن آنها استفاده می‌شود. در این مدار با شماره‌گیری و تماس تلفنی، بعد از چندبار زنگ خوردن، دستگاه فعال می‌شود و خط تلفن در حالت مکالمه قرار می‌گیرد و دستگاه منتظر دریافت کد دستور می‌شود. بعد از ارسال کد توسط کاربر با توجه به دستور اقدام می‌کند و فرایند اجرا به پایان می‌رسد. لازم به‌ذکر است که این دستگاه، علاوه بر کنترل روشنایی می‌تواند کاربردهای دیگری مانند کنترل وسایل الکتریکی در منزل را نیز داشته باشد.

توجه: استفاده از وسایل رفاهی و امنیتی مانند سامانه کنترل روشنایی، کنترل دما، دوربین مداربسته، آنتن مرکزی و روشنایی اضطراری از مواردی است که در هوشمندسازی ساختمان نقشی اساسی دارد. این تنوع سبب می‌شود که هوشمندسازی ساختمان‌ها از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار باشد. در دروس نصب و راه‌اندازی سامانه‌های الکتریکی خانگی، اداری، تجاری و صنعتی که در پایه دوازدهم ارائه می‌شود، به‌طور مفصل درباره ساختمان‌های هوشمند بحث خواهیم کرد. این بخش از کتاب صرفاً جهت آشنایی و ورود به این زمینه است.

نکته مهم

پروژه انتخاب‌شده برای سامانه‌های مخابراتی در این بخش تا حدودی پیچیده است. اما ازآنجا که انتخاب پروژه‌ها به‌صورت نیمه‌تجویزی می‌باشد، مربی محترم می‌تواند با توجه به نیاز با انتخاب پروژه‌های دیگری مانند سامانه‌های فرستنده ـ گیرنده‌های نوری موضوع ساده‌تری را انتخاب کند. همچنین می‌توانید برای گروه‌های مختلف در کلاس چند پروژه را انتخاب و اجرا نمایید. این موضوع به‌طور کامل در اختیار هنرآموز محترم قرار دارد. یادآور می‌شود که پروژه‌ها باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که اهداف آموزشی مبتنی بر شایستگی را پوشش دهد.

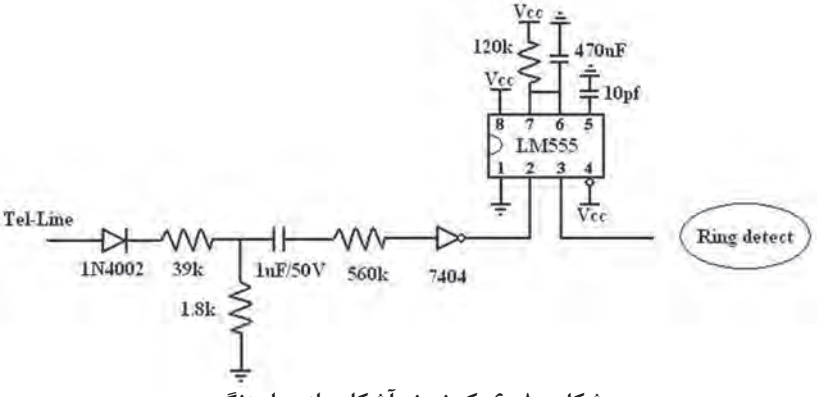
بلوک دیاگرام مدار

بلوک دیاگرام کلی مدار «شبیه‌ساز حضور در منزل» در شکل ۶ـ۷۹ نشان داده شده است که دارای چهار قسمت اصلی است.

شکل ۶ـ۷۹ بلوک دیاگرام مدار

بلوک تشخیص و آشکارسازی زنگ

وضعیت Ring یا حالت زنگ، یک ولتاژ AC سینوسی سوار بر ولتاژ DC (On Hook) است. ولتاژ زنگ یک موج سینوسی با دامنه ۸۰ تا ۱۳۰ ولت و فرکانس ۲۵ هرتز می‌باشد که برای آشکارسازی آن روش‌های متفاوتی وجود دارد. در شکل ۶ـ۸۰ یک نمونه مدار آشکارساز زنگ نمایش داده شده است. در این مدار از آی‌سی LM۵۵۵ به‌عنوان تایمر استفاده کرده‌ایم که مدت زمان مشخصی را در اختیار تلفن می‌گذارد و پس از خوردن چند زنگ درصورتی که گوشی برداشته نشود دستگاه به‌طور خودکار وارد عمل شود.



شکل ۶ـ۸۰ یک نمونه آشکارساز مدار زنگ

کار عملی ۱۲

اجرای پروژه کاربردی مخابراتی

هدف: فرمان به یک دستگاه از طریق خط تلفن

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم افزار تهیه طرح مدار چاپی ـ اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ منبع تغذیه یک دستگاه ـ بِرد بُرد یک قطعه ـ مولتی‌متر یک دستگاه ـ وسایل لحیم‌کاری ـ وسایل تهیه طرح مدارچاپی ـ وسایل سوراخ‌کاری برد مدارچاپی ـ قطعات پروژه مطابق جدول ۱۰ـ۶

مراحل اجرای کار

۱ـ در آزمایشگاه مدار بلوک تشخیص و آشکارسازی زنگ مدار شکل ۸۰ـ۶ را روی بِرد بُرد ببندید و برای مشاهده عملکرد خروجی از یک LED استفاده کنید. خروجی مدار را هم‌زمان به اسیلوسکوپ وصل کنید و با شماره‌گیری خط تلفن، تغییرات شکل موج خروجی را مشاهده و بررسی نمایید.

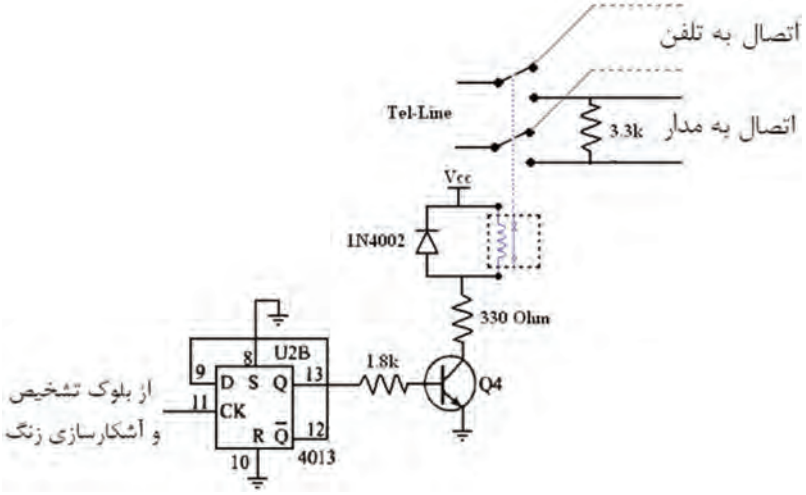
نکته

فهرست کلی قطعات در انتهای همین واحدیادگیری آمده است.

بلوک ارتباطی بین خط، تلفن و دستگاه

در حالت عادی خط به تلفن وصل است. بعد از فعال شدن مدار زنگ و تعدادی زنگ خوردن، این بلوک خط را از تلفن جدا کرده و به دستگاه وصل می‌کند. در این حالت شرایطی مشابه هنگام استفاده از تلفن با Off Hook (زمانی که گوشی از روی تلفن برداشته می‌شود) به‌وجود می‌آید. در این شرایط ولتاژ DC خط به حدود ۱۲ ولت افت می‌کند. برای استفاده از این تغییر حالت از رله استفاده می‌شود.

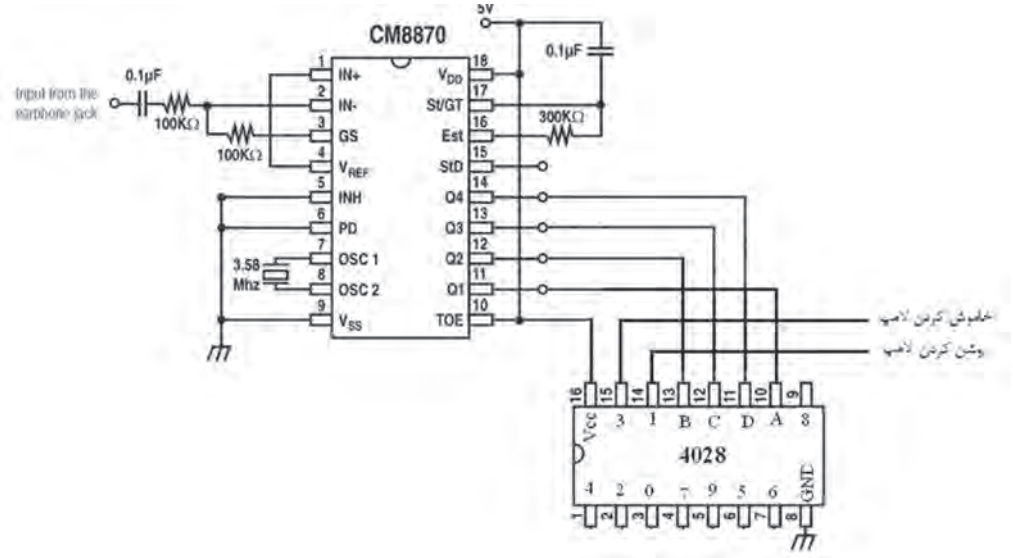
۲ـ در آزمایشگاه مدار بلوک ارتباطی بین خط، تلفن و دستگاه شکل ۸۱ـ۶ را به مدار مرحله ۱ اضافه کنید و برای تشخیص صحت عملکرد از یک گوشی تلفن متصل به سمت دیگر رله استفاده کنید. با شماره‌گیری خط حالت زنگ خوردن گوشی تلفن را بررسی نمایید.



شکل ۸۱ـ۶ مدار ارتباط بین خط تلفن و دستگاه

بلوک دریافت شماره کد فرمان

بلوک دریافت شماره کد فرمان امکان کنترل متنوعی را برای دستگاه‌ها را فراهم می کند. این بلوک متناسب با نوع سیستم شماره‌گیری مورد استفاده (پالس یا تن) تقسیم‌بندی می‌شود. مدار شکل ۸۲ـ۶ به‌عنوان تبدیل‌کننده شماره‌گیری‌های تن به عدد دیجیتالی یا باینری (Binary) استفاده می‌شود. عدد باینری توسط آی سی ۴۰۲۸ با فعال شدن یکی از پایه‌ها رمزگشایی می‌شود.



شکل ۸۲ـ۶ مدار دریافت شماره کد فرمان

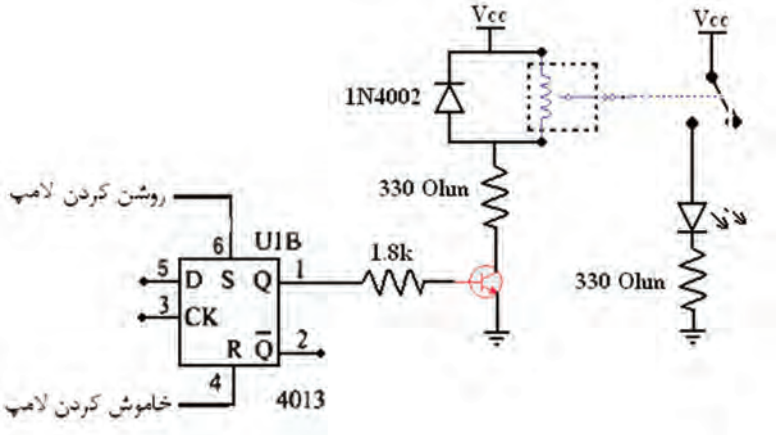
پرسش: رمزگشا یا دیکدرها چه عملکردی دارند؟ با توجه به آموخته‌های خود شرح دهید.

تحقیق

با مراجعه به کتاب مشخصات آی‌سی‌ها، چگونگی عملکرد آی‌سی ۴۰۲۸ را بررسی کنید.

۳ـ برای تشخیص صحت عملکرد مدار، بلوک دریافت شماره کد فرمان را در آزمایشگاه ببندید و با شماره‌گیری کلیدهای تلفن، خروجی پایه متناسب با آن را با ولت‌متر اندازه‌گیری کنید.

بلوک کنترل کننده دستگاه



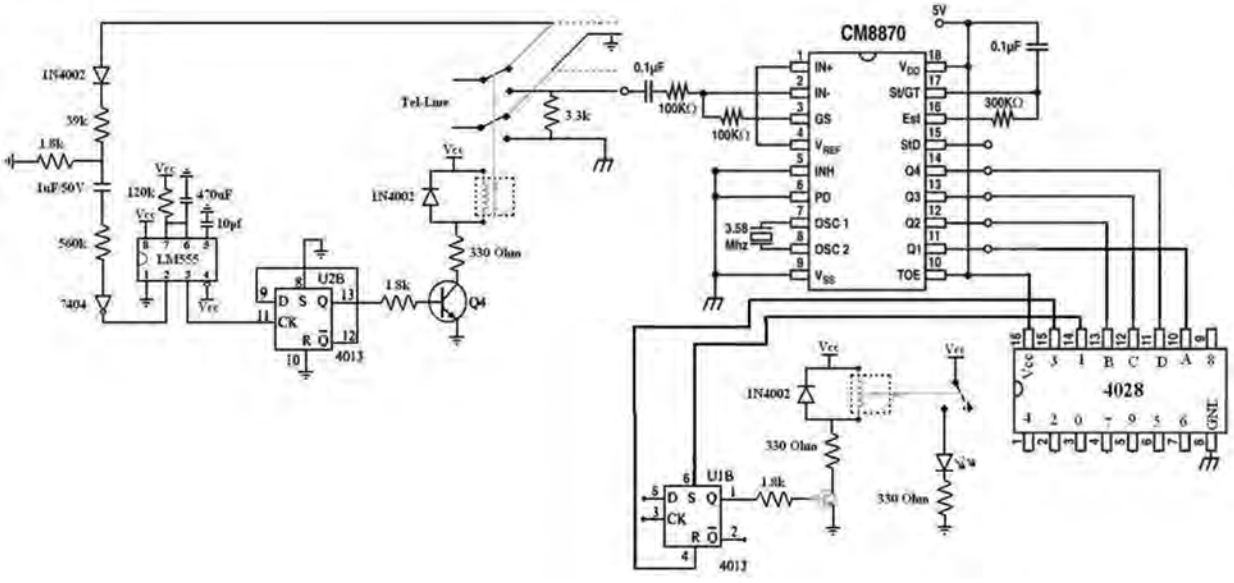
شکل ۸۳ـ۶ مدار کنترل‌کننده دستگاه

در بلوک کنترل‌کننده دستگاه، از یک ترانزیستور BC۱۰۷ به‌عنوان سوئیچ الکترونیکی استفاده شده است. این بلوک دستور لازم جهت فعال شدن را از فلیپ فلاپ دوم آی سی ۴۰۱۳ دریافت می‌کند. این سوئیچ می‌تواند رله‌ای را که با ولتاژ ۲۲۰ کار می‌کند فعال کرده و دستگاه دیگری را راه‌اندازی کند. طبق شکل ۸۳ـ۶ جهت رعایت نکات ایمنی در آزمایشگاه، هنگام تست مدار، به‌جای دستگاه ۲۲۰ ولت از یک عدد LED استفاده کنید.

۴ـ بلوک کنترل‌کننده دستگاه را به‌طور کامل در آزمایشگاه ببندید و با شماره‌گیری تلفن، خروجی پایه متناسب با آن را با ولت‌متر اندازه‌گیری کنید.

☑ نقشه‌فنی کلی مدار

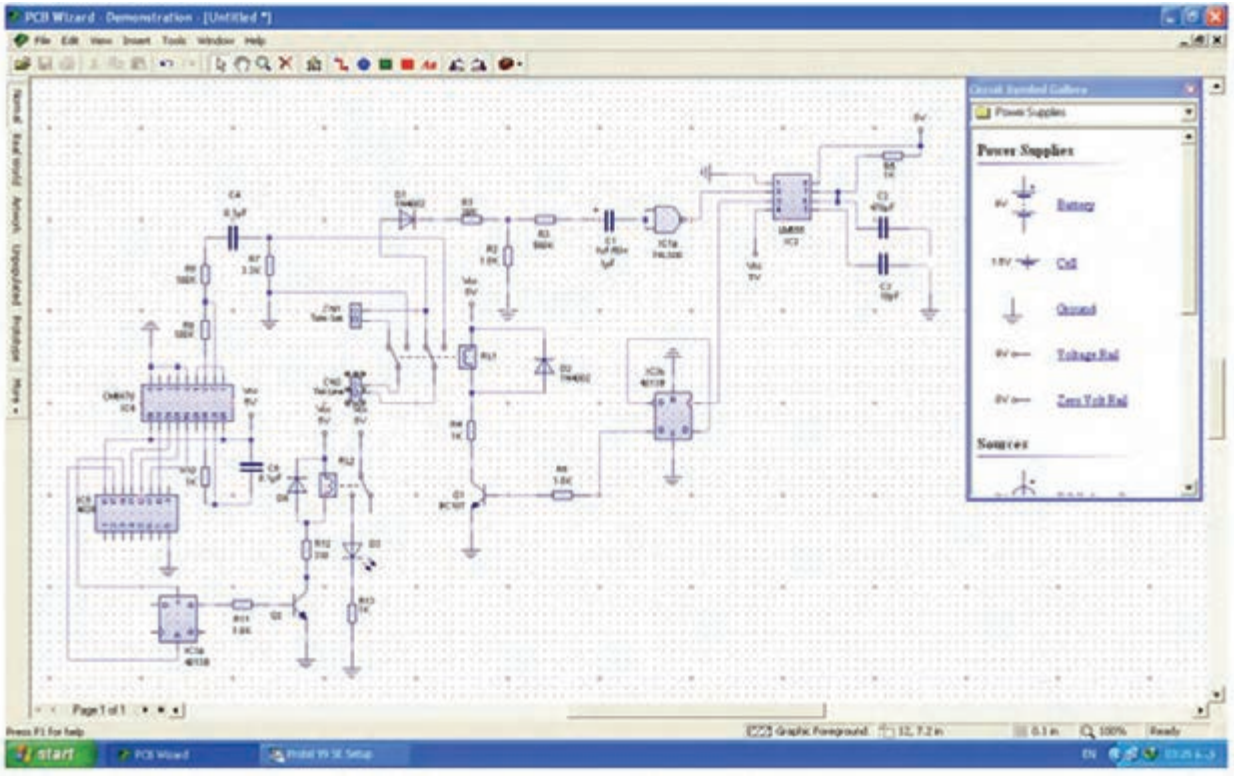
در شکل ۸۴ـ۶ نقشه فنی کلی مدار رسم‌شده‌است.



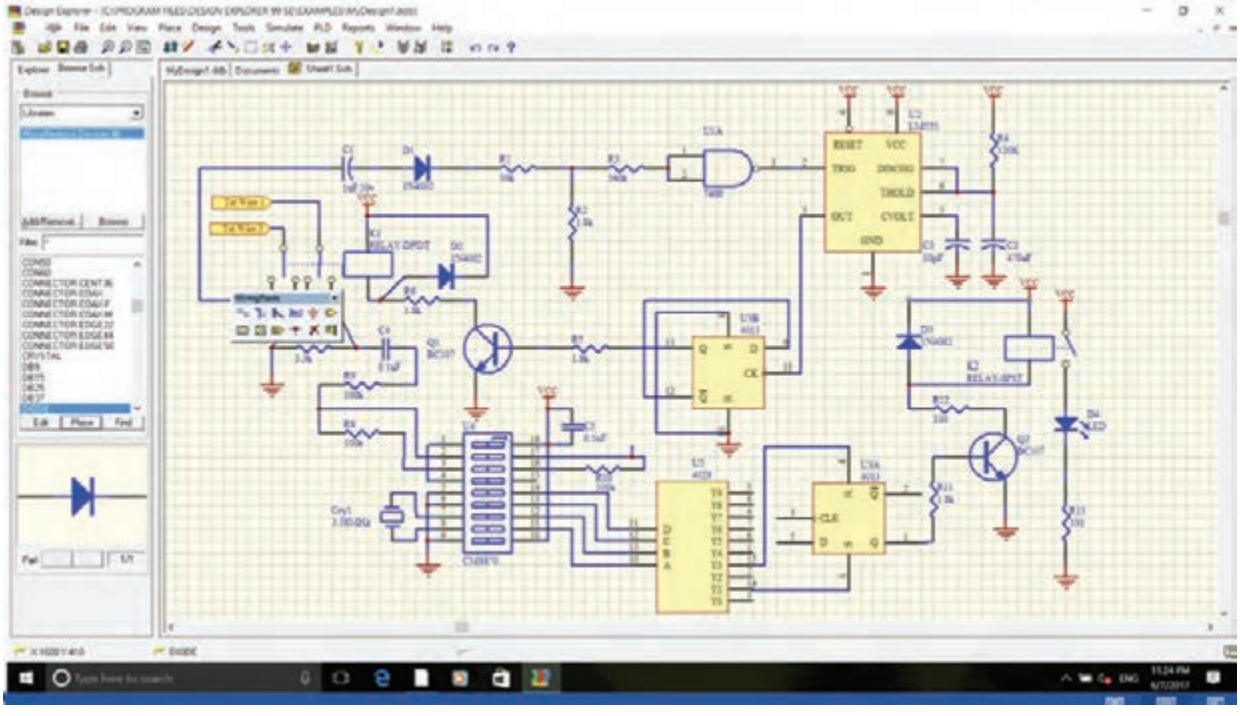
شکل ۸۴ـ۶ نقشه کلی مدار

۵ ـ مدارهای بخش‌های مختلف را با استفاده از یکی از نرم‌افزارهای طراحی مدار چاپی کنار هم رسم کنید. توجه داشته باشید که از نام‌گذاری‌ها و علائم مناسب الکترونیکی استفاده نمایید.

در شکل‌های ۸۵ـ۶ و ۸۶ـ۶ این مدار با استفاده از نرم افزار PCB Wizard و Protel ۹۹ SE به‌طور کامل رسم شده است. شما می‌توانید از نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر نیز استفاده کنید.



شکل ۸۵ـ۶ مدار داخلی با نرم افزار PCB Wizard



شکل ۸۶ـ۶ مدار داخلی با نرم افزار Protel ۹۹ SE

۶ـ مدار چاپی شکل ۸۶ـ۶ را با نرم افزار طراحی مدار چاپی انجام دهید. به‌دلیل متنوع بودن مدارهای چاپی طراحی شده با استفاده از نرم افزار، نتایج نهایی را با مربی کارگاه بررسی کنید، سپس اقدام به تهیه و ساخت آن نمایید.

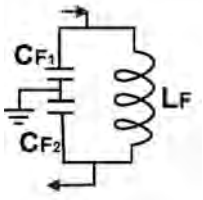
● **فهرست قطعات مورد نیاز**

کلیه قطعات مورد نیاز برای این پروژه در جدول ۱۰ـ۶ آمده است.

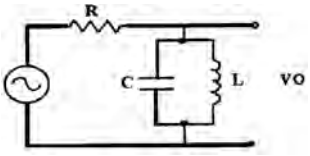
جدول ۱۰ـ۶ فهرست قطعات پروژه

نوع	شماره	مقدار	شماره	مقدار
مقاومت	R_1	۳۹k	R_8	۱۰۰k
	R_2	۱/۸k	R_9	۱۰۰k
	R_3	۵۶۰k	R_{10}	۳۰۰k
	R_4	۱۲۰k	R_{11}	۱/۸k
	R_5	۱/۸k	R_{12}	۳۳۰
	R_6	۱/۸k	R_{13}	۳۳۰
	R_7	۳/۳k		
خازن	C_1	۱uF/۵۰v	C_4	۰/۱uF
	C_2	۴۷۰uF	C_5	۰/۱uF
	C_3	۱۰pF		
دیود	D_1	۱N۴۰۰۲	D_3	۱N۴۰
	D_2	۱N۴۰۰۲	D_4	LED
ترانزیستور	Q_1	BC۱۰۷	Q_2	BC۱۰۷
آی سی	U_1	۷۴۰۰	U_4	CM۸۸۷۰
	U_2	LM۵۵۵	U_5	۴۰۲۸
	U_3	۴۰۱۳		
رله	K_1	DPDT	K_2	SPST

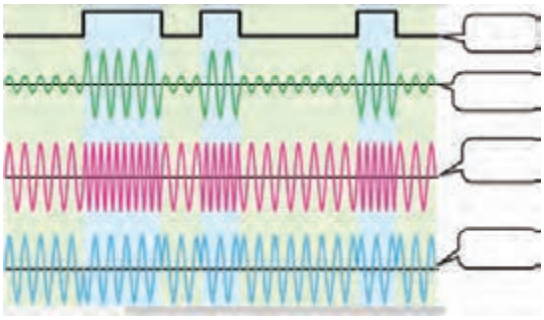
الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری(۶)



شکل ۶ـ۸۷



شکل ۶ـ۸۸



شکل ۶ـ۸۹

۱ـ اجزای سامانه‌های مخابراتی را نام ببرید و نام هر بخش را به انگلیسی بنویسید.

۲ـ محدوده فرکانسی ..... تا ..... کیلوهرتز LF نام دارد.

۳ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر را رسم کنید و روی منحنی فرکانس قطع را مشخص کنید.

۴ـ در فیلتر حذف باند، در فرکانس تشدید(رزونانس) دامنهٔ ولتاژ خروجی کمترین مقدار خود را دارد.
صحیح ☐ غلط ☐

۵ـ در فیلتر عبور باند با ..... مقدار Q پهنای باند فیلتر کمتر می‌شود.

۶ـ نیازهای اولیه برای نوسان‌سازی را نام فقط ببرید.

۷ـ مدار تعیین فرکانس شکل ۶ـ۸۷ مربوط به کدام نوع نوسان‌ساز است ؟

۱) پل وین ۲) کول‌پیتس ۳) هارتلی ۴) آرمسترانگ

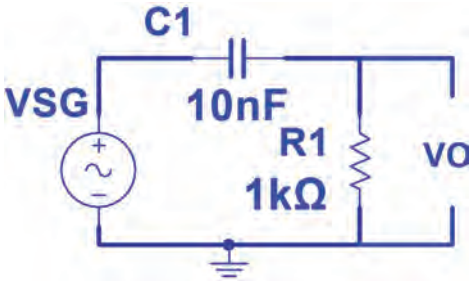
۸ـ نام فیلتر شکل ۶ـ۸۸ را بنویسید و منحنی پاسخ‌فرکانسی آن‌را رسم‌کنید.

۹ـ VCO اول چه کلمات انگلیسی است؟ کلمات انگلیسی را بنویسید و به فارسی معنی کنید. با مراجعه به اسناد مختلف، شماره فنی یک نمونه آی‌سی VCO را بنویسید.

۱۰ـ نام هر سیگنال در شکل ۶ـ۸۹ را در محل تعیین شده بنویسید.

۱۱ـ BMS اول کلمات انگلیسی Building Management System و به معنی ..... است.

الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری(۶)



شکل ۶ـ۹۰

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۶ـ۹۰ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ سیگنال‌ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۸ ولت پیک ($8V_{PK}$) تنظیم کنید.

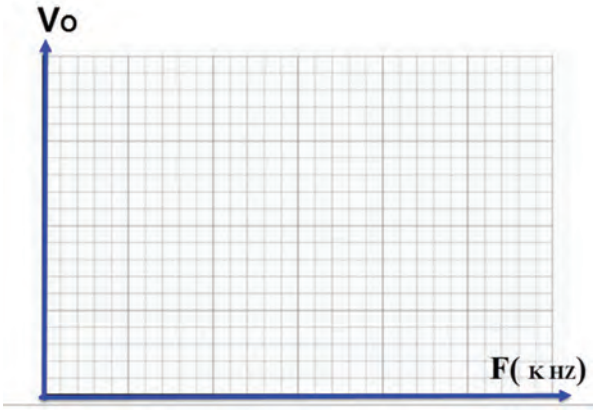
۴ـ فرکانس قطع فیلتر را با فرمول محاسبه و یادداشت نمایید.

۵ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۶ـ۱۱ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به کمک

اسیلوسکوپ نرم‌افزار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

جدول ۱۱ـ۶

ردیف	فرکانس KHZ	ولت V_{opp}
۱	۱	
۲	۵	
۳	۱۰	
۴	f_c	
۵	۲۵	
۶	۵۰	



شکل ۹۱ـ۶

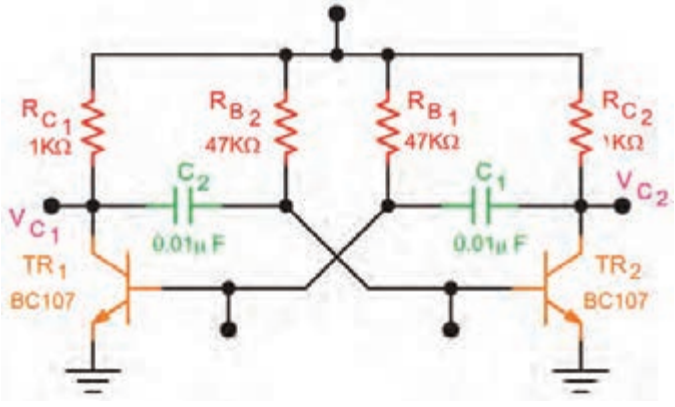
۶ـ در فرکانس قطع دامنهٔ موج خروجی فیلتر چند درصد دامنهٔ موج ورودی است؟ .....

۷ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۹۱ـ۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس قطع را مشخص کنید.

الگوی آزمون عملی با قطعات واقعی پایان واحد یادگیری(۶)

الف) کار آزمایشگاهی

۱ـ مدار شکل ۹۲ـ۶ را روی بِردبُرد ببندید.

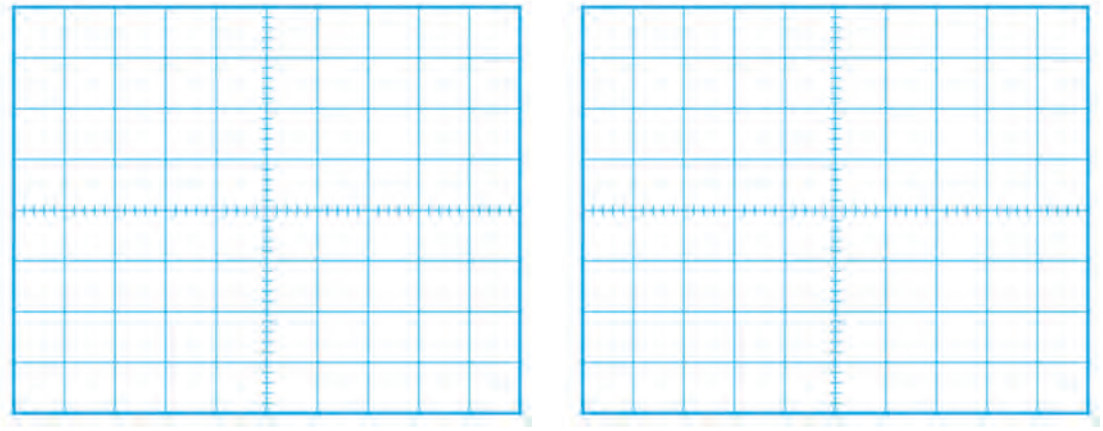


شکل ۹۲ـ۶

۲ـ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم‌کنید و به مدار وصل نمایید.

۳ـ مدار را راه‌اندازی کنید.

۴ـ شکل موج کلکتور TR_2 و بیس TR_1 را در نمودارهای شکل۹۳ـ۶ رسم کنید.
۵ـ زمان تناوب موج‌ها را اندازه بگیرید و فرکانس موج‌ها را محاسبه و یادداشت کنید.



شکل ۹۳ـ۶

ب) ارزشیابی یک پروژه کاربردی مخابراتی اجرا شده در طول دوره

ارزشیابی شایستگی ساخت پروژه مخابراتی

شرح کار: ۱ـ تشریح انواع باند فرکانسی و کاربرد آنها ۲ـ شرح انواع فیلترها و بستن مدار در نرم‌افزار و با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها ۳ـ شرح انواع نوسان‌سازها و بستن مدار در نرم‌افزار و با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها ۴ـ شرح انواع مدولاسیون و بستن مدار مدولاتور با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها ۵ـ آماده‌سازی طرح مدارچاپی پروژه ۶ـ مونتاژ قطعات روی فیبر ۷ـ آزمایش صحت عملکرد بُرد مونتاژشده

استاندارد عملکرد: راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه کاربردی مخابراتی با رعایت استانداردهای تعریف‌شده

شاخص‌ها: ۱ـ تشریح انواع باند فرکانسی و کاربرد آنها (۵ دقیقه) ۲ـ تشخیص انواع فیلتر و بستن مدار آن در نرم‌افزار و یا با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها (۲۰دقیقه) ۳ـ بستن مدار نوسان‌ساز در نرم‌افزار یا با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها (۳۰دقیقه) ۴ـ شرح انواع مدولاتور و بستن یک نمونه مدار مدولاتور با قطعات واقعی و نرم‌افزاری (۳۰ دقیقه) ۵ـ آماده سازی طرح مدارچاپی پروژه (۲۰ دقیقه) ۶ـ مونتاژ قطعات روی فیبر (۳۰دقیقه) ۷ـ تست صحت عملکرد بُرد مونتاژشده(۱۵ دقیقه)

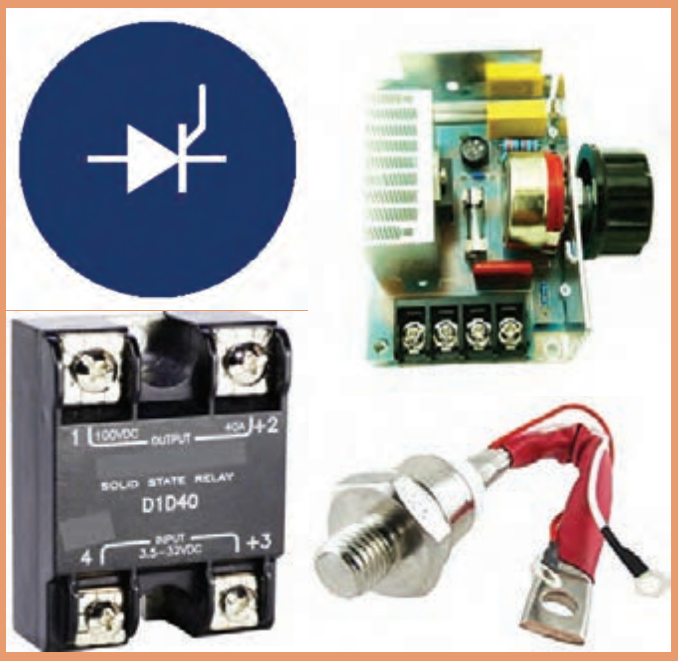
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶ مترمربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی (۱۸°c ـ ۲۷°c) و مجهز به وسایل اطفاء حریق ـ میزکار استاندارد با ابعاد H۸۰ cm * D۸۰ * L۱۸۰ ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس کار ـ انجام کار در حال نشسته یا ایستاده ـ رایانه ـ پرینتر ـ نرم‌افزارهای مناسب ـ اسیلوسکوپ ـ منبع تغذیه ـ ابزار عمومی کارگاه الکترونیک ـ لوازم‌التحریر ـ وسایل تهیه مدارچاپی ـ وسایل اسیدکاری ـ وسایل سوراخ‌کاری فیبرـ وسایل مونتاژ ـ قطعات پروژه

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشریح انواع باند فرکانسی و کاربرد آنها	۱	
۲	تشخیص انواع فیلتر و بستن مدار آن در نرم‌افزار و با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌های آن	۲	
۳	بستن مدار نوسان‌ساز در نرم‌افزار یا با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها	۲	
۴	شرح انواع مدولاسیون و بستن مدار مدولاتور با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها	۲	
۵	اجرای کامل پروژه کاربردی مخابراتی	۲	
۶	آزمایش صحت عملکرد بُرد مونتاژشده	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ محافظت از دستگاه‌ها ۲ـ دقت و مسئولیت‌پذیری۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ اخلاق حرفه‌ای ۵ـ رعایت نکات زیست‌محیطی۶ـ به‌کارگیری فناوری نوین	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

پودمان ۵

پروژه الکترونیک صنعتی



الکترونیک صنعتی تلفیقی از الکترونیک، قدرت و کنترل است که زیر شاخه‌ای از علم الکترونیک محسوب می‌شود. این صنعت جایگاه بسیار مهمی در فناوری‌های نوین دارد. موضوع آن کاربرد قطعات نیمه‌هادی برای کنترل و تبدیل انرژی الکتریکی است. این فرایند براساس خاصیت کلیدزنی عناصر نیمه‌هادی قدرت پایه‌گذاری‌شده است. برای مثال در کنترل‌کننده‌های دما، روشنایی، دور موتور الکتریکی و سیستم‌های حفاظتی از مدارهای الکترونیک صنعتی استفاده می‌شود. در این فصل درباره ساختمان قطعات مورد استفاده در الکترونیک صنعتی، مشخصات فنی و چگونگی به‌دست آوردن آن از برگه‌های اطلاعات بحث می‌کنیم. همچنین چند مدار کاربردی را به‌صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مورد آزمایش قرار می‌دهیم. در نهایت یک پروژه کاربردی الکترونیک صنعتی را اجرا خواهیم کرد.

واحد یادگیری ۷

ساخت پروژه کاربُردی الکترونیک صنعتی

آیا تا به حال فکر کرده‌اید:

- چه روش‌هایی برای کم یا زیاد کردن روشنایی یک لامپ وجود دارد؟
- چگونه دور موتور جاروبرقی و ماشین لباسشویی تغییر می‌کند؟
- شارژرهای اتوماتیک بر چه اساسی کار می‌کنند؟
- جایگزین کنتاکتورها کدام قطعات الکترونیکی هستند؟
- دمای بالای کوره‌های صنعتی چگونه کنترل می‌شود؟

قطعات الکترونیک صنعتی، معادل کلید عمل می‌کنند. کلیدی که حرکت مکانیکی ندارد، در نتیجه عمر آنها طولانی است. برخی از این قطعات قادر هستند ولتاژهای زیاد تا حدود چند هزار ولت و جریان‌های زیاد تا حدود چند هزار آمپر را با سرعت زیاد قطع و وصل کنند. لذا این قطعات به جای رله‌های الکترومغناطیسی و کنتاکتورها در صنایع کاربرد وسیعی دارند. در این واحد یادگیری، ساختمان داخلی، نمادفنی، نقشه مداری و کاربُرد قطعات متداول الکترونیک صنعتی شرح داده می‌شود. همچنین برخی از مدارهای کاربُردی با این قطعات رابه‌صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری آزمایش می‌کنیم. در ادامه چند پروژه کاربُردی با قطعات الکترونیک صنعتی را اجرا می‌کنیم. در تمام مراحل انجام کار، رعایت نکات ایمنی و بهداشتی و شایستگی‌های غیر فنی مانند کار گروهی، رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، دقت و تمرکز در اجرای کار باید مورد توجه قرار گیرد.

استاندارد عملکرد

راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه کاربُردی الکترونیک صنعتی با رعایت استانداردهای تعریف شده

۱ـ۷ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

ابزار عمومی برق یا الکترونیک ـ لوازم‌التحریر ـ منبع تغذیه ـ مولتی‌متر ـ اسیلوسکوپ ـ سیگنال‌ژنراتور ـ رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ وسایل لحیم‌کاری ـ مواد پاک‌کننده ـ دریل ـ مته مناسب ـ قطعات الکترونیکی مورد نیاز پروژه

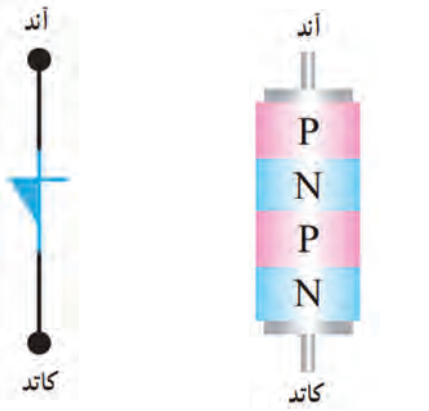
مشخصات فنی تجهیزات و تعداد آن در سند برنامه درسی آمده است.

۲ـ۷ معرفی قطعات الکترونیک صنعتی

تریستور (Thyristor) یک کلمه یونانی به مفهوم در است. تریستورها به مجموعه‌ای از عناصر الکترونیکی نیمه‌هادی گفته می‌شود که در مدارهای کنترل قدرت به‌کار می‌روند و مانند یک کلید الکترونیکی عمل می‌کنند. برخی از این عناصر قادر هستند ولتاژهای زیاد تا حدود هزار ولت و جریان‌های زیاد تا حدود چند صد آمپر را با سرعت زیاد قطع و وصل کنند. این موضوع سبب شده است که تریستورها به‌جای کنتاکتورها و رله‌های الکترومکانیکی در صنعت به‌کار برده شوند. این عناصر برای کنترل دور موتورهای الکتریکی، کنترل دمای المان‌های حرارتی پرقدرت، سیستم‌های روشنایی و وسایلی از این نوع در حد گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این فصل به‌شرح قطعاتی مانند دیود چهارلایه (FLD)، یکسوساز کنترل‌شده سیلیکونی (SCR)، SCR قابل کنترل با نور (LA SCR)، ترایاک یا عنصر سه قطبی قابل کنترل با جریان متناوب (TRIAC)، دیاک یا دیود جریان متناوب (DIAC)، ترانزیستور تک اتصالی (UJT) و ترانزیستور تک اتصالی قابل برنامه‌ریزی (PUT) می‌پردازیم.

۳ـ۷ دیود چهارلایه Four Layer Diode یا FLD

دیود چهارلایه را اغلب به نام دیود شاکلی (Shockley Diode) یا SuS (Silicon universal Switch) می‌شناسند. این قطعه نوعی تریستور است که با استفاده از چهار لایه نیمه‌هادی PNPN ساخته می‌شود. دیودهای چهارلایه مانند دیودهای معمولی دارای یک آند و یک کاتد هستند. در شکل الف ۱ـ۷ ساختمان کریستالی و در شکل ب ـ۱ـ۷ نماد دیود شاکلی نشان داده شده است.

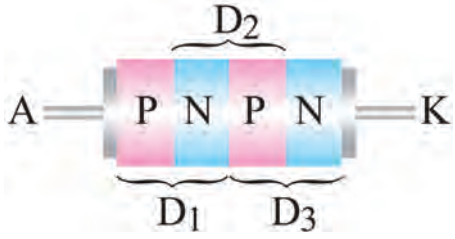


الف) ساختمان کریستالی ب) نماد FLD

شکل ۱ـ۷ ساختمان کریستالی و نماد FLD

مدارمعادل دیودی FLD

در دیود چهارلایه (FLD) می‌توان هر اتصال PN را معادل یک دیود در نظرگرفت، لذا دیود چهارلایه مطابق شکل ۲ـ۷ به سه اتصال PN تقسیم می‌شود. به این ترتیب مدار معادل دیودی FLD با استفاده از سه دیود به‌صورت شکل ۳ـ۷ در می‌آید.



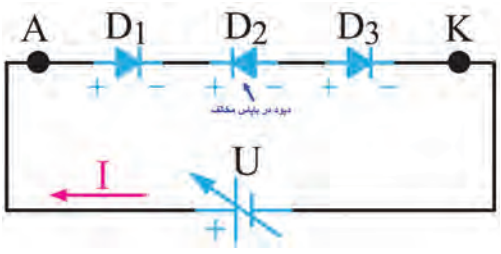
شکل ۲ـ۷ هر اتصال PN معادل یک دیود

شکل ۳ـ۷ مدار معادل دیودی FLD

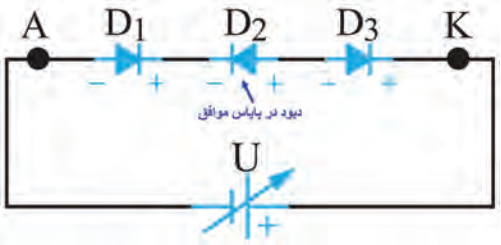
چگونگی بایاس کردن دیود چهارلایه

اتصال ولتاژ به دو سر دیود چهارلایه به‌دو صورت امکان‌پذیر است. الف) آند به قطب مثبت و کاتد آن به قطب منفی باتری وصل شود، در این شرایط اصطلاحاً می‌گویند دیود چهارلایه در بایاس موافق قرار دارد، زیرا با توجه به شکل ۴ـ۷ دو دیود D۱ و D۳ در بایاس موافق و تنها دیود D۲ در بایاس مخالف قرار می‌گیرد. در این حالت فقط جریان نشتی از دیود عبور می‌کند.

ب) اگر آند به قطب منفی و کاتد به قطب مثبت باتری وصل شود، در این حالت اصطلاحاً می‌گویند دیود چهار لایه در بایاس مخالف قرار دارد، زیرا با توجه به شکل ۵ـ۷ در این شرایط، دو دیود D۱ و D۳ در بایاس مخالف و تنها دیود D۲ در بایاس موافق است. در این حالت تنها جریان نشتی از دیود عبور می‌کند.



شکل ۴ـ۷ دیود چهار لایه در بایاس موافق



شکل ۵ـ۷ دیود چهار لایه در بایاس مخالف

بحث کنید

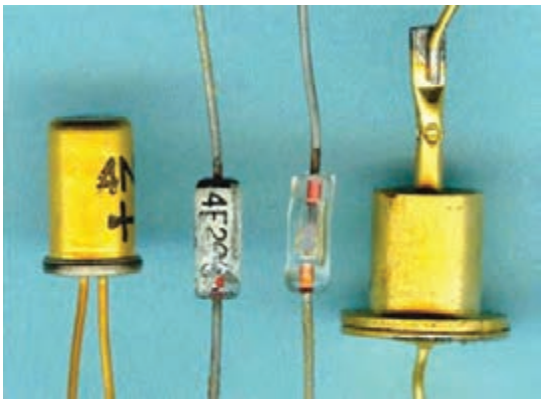
به‌چه دلیل در شکل ۴ـ۷ و ۵ـ۷ فقط جریان نشتی از مدار عبور می‌کند؟

نکته

توجه داشته باشید که اصطلاح بایاس موافق و بایاس مخالف برای دیود چهارلایه مشابه دیود معمولی نیست و تنها تعداد دیودهایی که در بایاس موافق یا مخالف قرار دارند شرایط مدار را تعیین می‌کند.

هدایت در دیود چهارلایه (دیود FLD): دیود زمانی مانند کلید وصل عمل می‌کند که ولتاژ دوسر آن به ولتاژ شکست موافق (V_{BRF}=Forward Breakover Voltage) برسد. همچنین برای اینکه FLD در حالت هدایت موافق بماند باید جریان عبوری از آن از جریان نگهدارنده (I_H=Holding Current)

کمتر نباشد. مقدار V_{BRF} و I_H را در برگه اطلاعات می‌نویسند. این اطلاعات توسط کارخانهٔ سازنده داده می‌شود. در بایاس مخالف، FLD مانند یک کلید باز عمل می‌کند. در شکل ۶ـ۷ چند نمونه دیود شاکلی نشان داده شده است.



شکل ۶ـ۷ چند نمونه دیود شاکلی

فعالیت

در ساعت‌های غیر درسی با مراجعه به رسانه‌های مختلف، یک نمونه برگه اطلاعات FLD را پیدا کنید و مقادیر ولتاژ شکست موافق (V_{BRF}) و جریان نگهدارنده (I_H) آن‌را به‌دست آورید. نتیجه را در قالب یک گزارش کوتاه ارائه دهید.

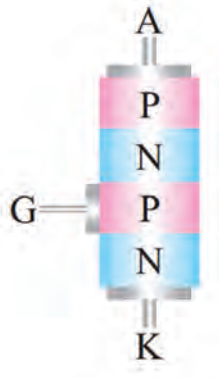
۴ـ۷ یکسوساز کنترل شده سیلیکونی SCR (Silicon Controlled Rectifier)

در بین قطعات چهارلایه، یکسوساز کنترل شده سیلیکونی یکی از پرمصرف‌ترین قطعات است. از موارد کاربردهای SCR می‌توان مدارهای کنترل رله، تأخیر زمان، منبع تغذیه تثبیت شده، کلید استاتیک و کنترل‌کننده فاز را نام برد. درسال‌های اخیر، SCRهایی طراحی و ساخته شده‌اند که قادرند جریان و توان بسیار بالایی را کنترل کنند.

ساختمان SCR

SCRیک قطعه چهارلایه PNPN شبیه دیود چهارلایه است با این تفاوت که علاوه‌بر دو پایانه آند و کاتد یک پایانه گیت نیز دارد. درشکل الف و ب ۷ـ۷ ساختمان کریستالی و نماد SCR نشان داده شده است. نحوه بسته‌بندی (Typical package) و شکل ظاهری چند نمونه SCR را در شکل ۸ـ۷ مشاهده می‌کنید.

ب) نماد SCR



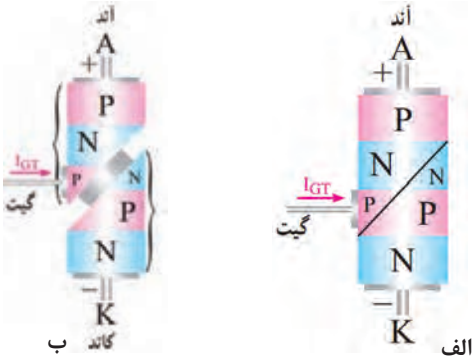
الف) ساختمان کریستالی

شکل ۷ـ۷ ساختمان کریستالی و نماد SCR

شکل ۸ـ۷ بسته‌بندی چند نمونه SCR

مدار معادل SCR (SCR Equivalent Circuit) و عملکرد آن

برای درک بهتر عملکرد SCR لازم است با مدار داخلی آن تا حدودی آشنایی داشته باشید. برای این منظور می‌توان ساختمان کریستالی آن را مطابق شکل الف ۹ـ۷ برش داد و آن را به دو نیمه جداگانه مانند شکل ب ۹ـ۷ تقسیم کرد.



شکل ۹ـ۷ ساختمان کریستالی برش‌خورده SCR

فعالیت

با توجه به شکل ب ۹ـ۷ مدار معادل ترانزیستوری SCR را در شکل ۱۰ـ۷ رسم کنید و در مورد چگونگی روشن‌شدن ترانزیستورها (معادل SCR) با هم‌گروهی خود بحث کنید و نتیجه را به‌طور خلاصه بنویسید.

پاسخ: .....

.....

.....

.....

.....

.....

شکل ۱۰ـ۷ محل ترسیم مدار معادل ترانزیستوری SCR

فیلم

فیلم روش‌های روشن‌کردن SCR را ببینید و نکات مهم آن را یادداشت کنید.

روشن کردن SCR

برای روشن کردن SCR باید آند آن را نسبت به کاتد در بایاس موافق قرار دهیم و به‌طور هم‌زمان یک سیگنال راه‌انداز به پایه گیت آن متصل کنیم. به‌منظور تشریح بهتر عملکرد SCR چند حالت مختلف را در قالب کار عملی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهیم.

کار عملی ۱

روشن کردن SCR در نرم‌افزار

هدف: چگونگی تحریک گیت SCR و راه‌اندازی آن

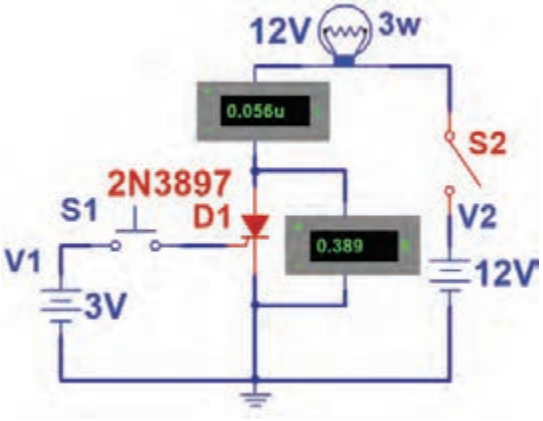
مواد، ابزار و تجهیزات: نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر ـ رایانه ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار:

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۱۱ـ۷ را در محیط نرم‌افزار ببندید. ازکلیدهای (PB ـNO وSPST) در نرم‌افزار استفاده کنید.

۳ـ کلید S۲ را وصل کنید. در این حالت پایه‌های آند و کاتد SCR بایاس شده است. آیا لامپ روشن می‌شود؟ جریان عبوری از لامپ و ولتاژ دو سر SCR (ولتاژ آند نسبت به کاتد) چقدر است؟ شرح دهید.



شکل ۱۱ـ۷ مدار آزمایش

I_A= ..... mA V_{AK}= V

.....

.....

۴ـ کلید S۱ را برای لحظه‌ای وصل و سپس قطع کنید. آیا لامپ روشن می‌شود و همواره روشن باقی می‌ماند؟ جریان عبوری از لامپ و ولتاژ دو سر SCR چقدر است؟ شرح دهید.

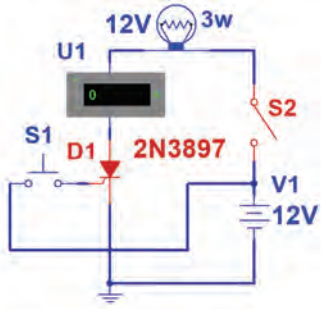
I_A= ..... mA V_{AK}= V

.....

.....

نکته

برای تحریک گیت می‌توانید به‌جای استفاده از یک باتری جداگانه از همان باتری ۱۲ ولت مطابق شکل ۱۲ـ۷ استفاده کنید.



شکل ۱۲ـ۷ مدار آزمایش

۵ـ آیا پس از تحریک گیت و وصل‌شدن SCR، اتصال بین آند و کاتد آن در حالت ایده‌آل مانند یک کلید بسته (کلید s در شکل ۱۳ـ۷) عمل می‌کند؟ شرح دهید.

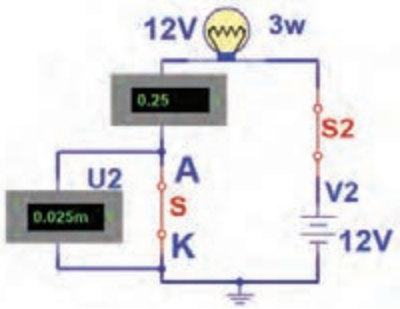
.....

.....

.....

.....

.....



شکل ۱۳ـ۷ مدار معادل

۶ـ با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، چگونگی روشن‌کردن SCR را به طور خلاصه بنویسید.

.....

.....

فعالیت

با توجه به بخشی از برگه اطلاعات تریستور C۱۰۶D در شکل ۱۴ـ۷، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

Thyristors logic level **C106D**

GENERAL DESCRIPTION

Passivated, sensitive gate thyristor in a plastic envelope, intended for use in general purpose switching and phase control applications. This device is intended to be interfaced directly to microcontrollers, logic integrated circuits and other low power gate trigger circuits.

QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	UNIT
V_{DRM} V_{RRM}	Repetitive peak off-state voltages	400	V
$I_{T(AV)}$	Average on-state current	2.5	A
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	4	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	38	A

شکل ۱۴ـ۷ قسمتی از برگه اطلاعات

۱ـ ولتاژ قابل تحمل در حالت قطع چند ولت است؟.....

۲ـ معدل جریان قابل تحمل در حالت وصل چند آمپر است؟.....

۳ـ جریان لحظه‌ای قابل تحمل در حالت وصل چند آمپر است؟.....

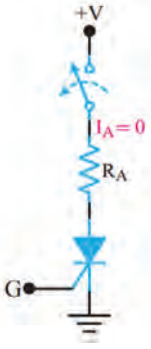
فیلم

فیلم روش‌های خاموش‌کردن SCR روشن را ببینید و نکات مهم آن را یادداشت کنید.

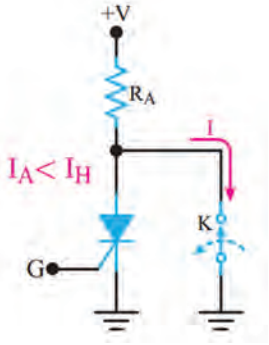
روش‌های خاموش کردن SCR

در یک SCR روشن، اگر ولتاژ و جریان تحریک گیت SCR را قطع کنیم، SCR خاموش نمی‌شود و هم‌چنان در ناحیه هدایت موافق، باقی می‌ماند. زمانی می‌توانیم SCR را خاموش کنیم که جریان آند را به مقداری کمتر از جریان نگهدارنده (I_H) برسانیم. لذا برای خاموش کردن SCR، ابتدا ولتاژ و جریان تحریک گیت را قطع می‌کنیم. سپس با استفاده از یکی از روش‌های زیر SCR را خاموش می‌کنیم.

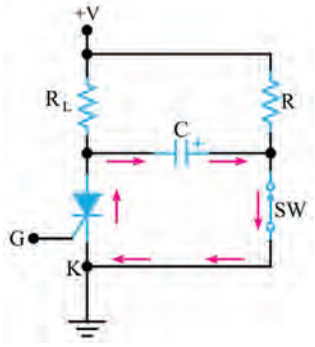
☑ در زمانی که V_G قطع است ولتاژ آند را برای لحظه‌ای به صفر می‌رسانیم. برای این منظور مطابق شکل ۱۵ـ۷ کلیدی را با آند SCR به‌صورت سری می‌بندیم. با باز نمودن کلید، جریان آند را برای لحظه‌ای به صفر می‌رسانیم. در این حالت باید V_G قطع باشد.



شکل ۱۵ـ۷ صفر شدن جریان آند



شکل ۱۶ـ۷ صفر شدن ولتاژ آند کاتد



شکل ۱۷ـ۷ ایجاد جریان بر خلاف جریان اصلی

☑ مطابق شکل ۱۶ـ۷ پس از قطع ولتاژ V_G کلید K را بین آند و کاتد SCR به صورت موازی قرار می‌دهیم. با وصل کردن کلید، آند SCR به کاتد آن اتصال کوتاه می‌شود و I_A را به صفر می‌رساند. با صفر شدن I_A، SCR خاموش می‌شود.

☑ راه دیگر برای خاموش کردن SCR، ایجاد جریانی بر خلاف جریان اصلی عبوری از SCR است. این جریان سبب می‌شود، جریان آند (I_A) به مقداری کمتر از جریان نگه‌دارنده (I_H) برسد. در شکل ۱۷ـ۷ مدار مربوط به این روش رسم شده است.

با توجه به شکل ۱۷ـ۷ هنگامی که SCR روشن است کلید SW که معمولاً یک کلید ترانزیستوری است در حالت قطع قرار دارد. در این شرایط خازن C از طریق R تا ولتاژ منبع V+ شارژ می‌شود. با بسته شدن کلید SW ولتاژ دو سر خازن C مطابق شکل ۱۷ـ۷ در دوسر SCR قرار می‌گیرد و جریانی بر خلاف جریان اصلی در SCR ایجاد می‌کند.

کار عملی ۲

خاموش کردن SCR روشن در نرم‌افزار

هدف: اجرای نرم‌افزاری روش‌های خاموش کردن SCR روشن

مواد، ابزار و تجهیزات: نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر ـ رایانه ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار:

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۱۸ـ۷ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

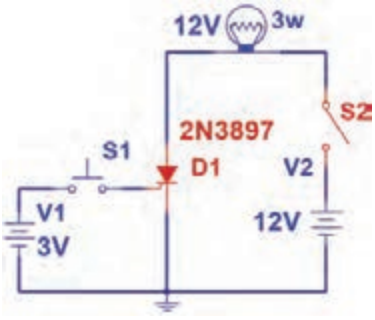
۳ـ SCR را روشن کنید. برای خاموش کردن SCR ابتدا ولتاژ تحریک گیت را قطع کنید، سپس با قطع کلید S۲ جریان آند صفر می‌شود و SCR به‌حالت خاموش می‌رود. این موضوع را تجربه کنید.

۴ـ مدار شکل ۱۹ـ۷ را در محیط نرم افزار ببندید. سپس SCR را روشن کنید.
۵ـ اگر کلید S۴ را برای لحظه‌ای وصل و سپس قطع کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟ این موضوع را تجربه کنید سپس نتایج را یادداشت کنید. .....

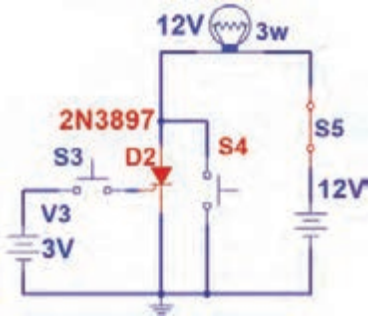
.....

۶ـ مدار شکل ۲۰ـ۷ را در محیط نرم‌افزار ببندید. سپس SCR را روشن کنید.
۷ـ اگر کلید S را وصل کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟ این موضوع را تجربه کنید سپس نتایج را یادداشت کنید. .....

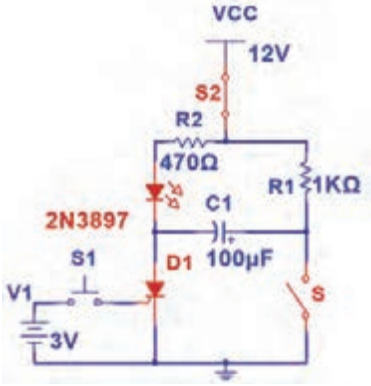
.....



شکل ۱۸ـ۷ مدار آزمایش



شکل ۱۹ـ۷ مدار آزمایش



شکل ۲۰ـ۷ مدار آزمایش

کار عملی ۳

روشن وخاموش کردن SCR با قطعات واقعی

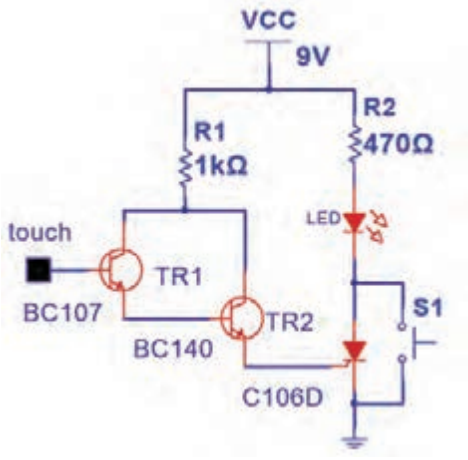
هدف: روشن‌کردن SCR به‌صورت لمسی

مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه ـ بِردبُرد ـ ترانزیستور BC۱۰۷ و BC۱۴۰ از هر کدام یک عدد ـ SCR با شماره فنی C۱۰۶ یک عدد ـ مقاومت ۱KΩ و ۴۷۰Ω

$\frac{۱}{۴}$ وات از هر کدام یک عدد ـ LED یک عدد ـ سیم‌های رابط ـ کلید NO_ PB یک عدد

مراحل اجرای کار:

۱ـ مدار شکل ۲۱ـ۷ را روی بِردبُرد ببندید.
۲ـ منبع تغذیه ۹ ولت را به مدار وصل کنید.
۳ـ بیس ترانزیستور $TR_۱$ را لمس کنید. در این حالت گیت SCR تحریک، SCR وصل و LED روشن می‌شود.



شکل ۲۱ـ۷ مدار آزمایش

سؤال: کلید S۱ را برای لحظه‌ای وصل و سپس قطع کنید. چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ شرح دهید.

.....

نکته

می‌توانید یک موتور DC یا رله را با این مدار و به‌صورت لمسی راه‌اندازی کنید.

الگوی پرسش

۱ـ تریستور به مفهوم ..... است.

۲ـ ساختمان کریستالی و نماد فنی FLD را رسم کنید.

۳ـ با اتصال پالس منفی به گیت SCR روشن می‌توان آن را خاموش نمود. درست☐ نادرست☐

۴ـ اگر ولتاژ تحریک گیت SCR روشن را قطع کنیم و آند آن‌را برای یک لحظه به کاتد، اتصال کوتاه کنیم، SCR خاموش می‌شود. درست☐ نادرست☐

۵ـ۷ کاربردهای SCR

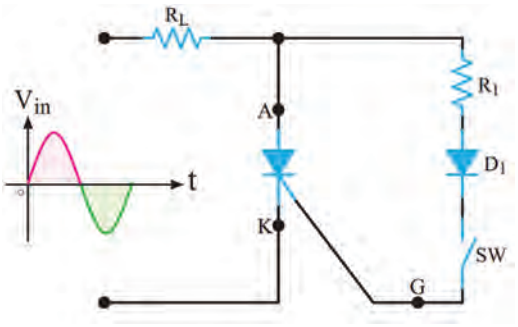
SCR در مدارهای DC و AC کاربردهای زیادی دارد. در این بخش چند کاربرد مهم آن را معرفی می‌کنیم.

فیلم

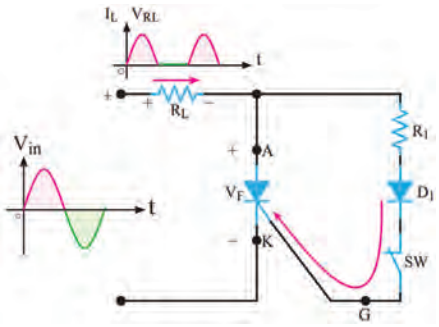
فیلم کاربردهای SCR را ببینید و نکات مهم آن‌را یادداشت کنید.

کلید استاتیکی

در شکل ۲۲ـ۷ یک کلید استاتیک سری نیم موج نشان داده شده است. اگر طبق شکل ۲۲ـ۷ کلید SW را ببندیم جریان گیت از طریق R_1 و دیود D_1 در نیم سیکل مثبت سیگنال ورودی جاری می‌شود و SCR را روشن می‌کند. مقاومت R_1 جریان گیت را محدود می‌سازد. وقتی که SCR روشن می‌شود، مانند یک کلید وصل عمل می‌کند وجریان بار که همان جریان عبوری از SCR است افزایش می‌یابد. برای قسمت منفی سیگنال ورودی، SCR خاموش خواهد شد. زیرا آند نسبت به کاتد منفی است. دیود D_1 مانع اعمال ولتاژ منفی به گیت می‌شود. در شکل ۲۳ـ۷ موج‌های ولتاژ و جریان بار نشان داده شده است.



شکل ۲۲ـ۷ مدارکلید استاتیکی سری نیم‌موج



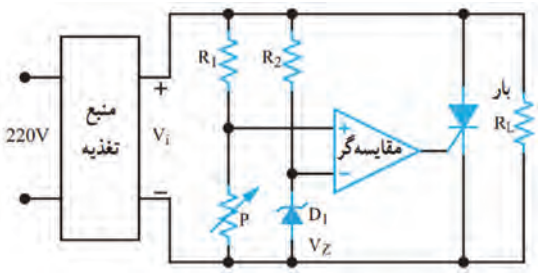
شکل ۲۳ـ۷ شکل موج ولتاژ و جریان دوسر بار

تحقیق

به چه دلیل وقتی نیم‌سیکل منفی ولتاژ متناوب به SCR می‌رسد، SCR به‌حالت خاموش می‌رود؟ با مراجعه به رسانه‌های مختلف موارد کاربرد این مدار را بیابید و در قالب یک گزارش ارائه دهید.

محافظ بار در مقابل اضافه ولتاژ: (Load protector)

اکثر مدارهای مجتمع دیجیتالی قادر به تحمل افزایش ولتاژتغذیه نیستند. برای جلوگیری از خراب شدن این نوع مدارهای مجتمع، که اغلب گران‌قیمت نیز هستند، می‌توانیم از محافظ SCR استفاده کنیم. در شکل ۷ـ۲۴ یک نمونه مدار محافظ بار با استفاده از مدار مقایسه‌گر و SCR نشان داده شده است. این مدار دارای سرعت عمل نسبتاً بالایی است. در این مدار با استفاده از دیود زنر D_1 و مقاومت R_2، ولتاژ مرجع V_Z برای ورودی منفی مقایسه‌کننده تأمین می‌شود. پتانسیومتر P و مقاومت R_1 نیز ولتاژ ورودی مثبت مقایسه‌کننده را تأمین می‌کنند. به کمک پتانسیومتر P می‌توان سطح ولتاژ ورودی مثبت مقایسه‌گر را تغییر داد. اگر ولتاژ ورودی مثبت مقایسه‌کننده از V_Z بیشتر باشد، خروجی آن مثبت می‌شود و گیت SCR را تحریک می‌کند. در حالت عادی SCR قطع است. زیرا به‌وسیله پتانسیومتر ولتاژ ورودی مثبت مقایسه‌کننده روی مقداری کمتر از ولتاژ V_Z تنظیم شده است. لذا خروجی مقایسه کننده نمی‌تواند SCR را به‌کار اندازد. اگر به هر دلیلی ولتاژ خروجی منبع تغذیه (Vi) افزایش یابد، ولتاژ ورودی مثبت مقایسه‌کننده از V_Z بیشتر می‌شود. ولتاژ خروجی تقویت‌کننده عملیاتی (مقایسه‌گر) به حدود ولتاژ تغذیه (ولتاژ اشباع) می‌رسد و SCR هادی می‌شود. با هادی شدن SCR، دو سر بار اتصال کوتاه می‌شود و منبع تغذیه را خاموش می‌کند. منابع تغذیه مجهز به محافظ SCR به نوعی محدودکننده جریان نیاز دارند تا در هنگام هدایت SCR، جریان به مقدار بیش ازحد افزایش نیابد.



شکل ۷ـ۲۴ مدار محافظ بار با SCR

پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، بررسی کنید آیا مدار شکل ۷ـ۲۴ کاربرد عملی دارد؟ موارد را بیابید و در قالب یک گزارش ارائه دهید.

فکر کنید

چگونه دور یک موتور مثلاً دور یک ماشین لباسشویی و یا نور چراغ مانند شکل ۷ـ۲۵ را کم و زیاد می‌کنند؟

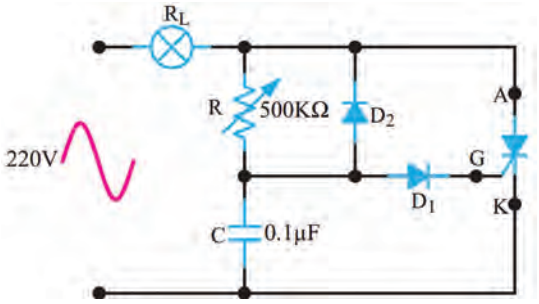
فیلم

فیلم دیمر و کاربرد آن‌را ببینید.

مدار دیمر یا تاریک‌کننده (Dimmer)

به مدارهایی که می‌توانند نور لامپ را کنترل کنند، تاریک‌کننده یا دیمر می‌گویند. در شکل ۲۶ـ۷ مدار دیمر نشان داده شده است. در این مدار با تغییر پتانسیومتر R می‌توان لحظه روشن شدن SCR را کنترل کرد. به این ترتیب میزان توان داده شده به لامپ کنترل می‌شود. ولتاژ ورودی مدار، ولتاژ ۲۲۰ ولت برق شهر است که یک لامپ ۶۰ وات را تغذیه می‌کند.

شکل ۲۵ـ۷



شکل ۲۶ـ۷ مدار دیمر

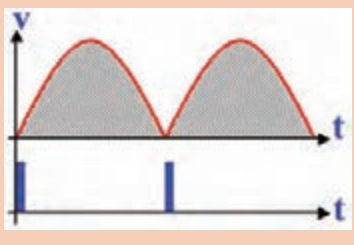
در نیم‌سیکل منفی موج سینوسی برق شهر، SCR قطع است و جریانی از لامپ عبور نمی‌کند. بنابراین فقط می‌توانیم در نیم‌سیکل مثبت موج سینوسی، جریان لامپ را کنترل کنیم. در نیم سیکل مثبت، خازن C از طریق پتانسیومتر R و لامپ R_L شارژ می‌شود. وقتی ولتاژ دوسر خازن به ۱/۴ولت می‌رسد، دیود D_1 در ولتاژ موافق قرار می‌گیرد و جریان در مسیر گیت SCR برقرار می‌شود. از این لحظه به بعد SCR به صورت کلید بسته عمل کرده و در حالت روشن باقی می‌ماند.

سؤال: چرا وقتی ولتاژ خازن به ۱/۴ ولت می‌رسد، SCR وصل می‌شود؟

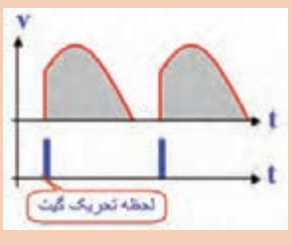
.....

نکته

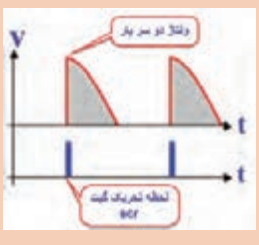
اگر موج یکسوشده شکل الف ـ۲۷ـ۷ را به ورودی مدار شکل ۲۶ـ۷ بدهیم و در لحظات نشان داده شده در شکل ۲۷ـ۷ گیت SCR را تحریک کنیم، در لحظات تحریک SCR روشن شده، جریان از بار می‌گذرد. اگر به زمان‌های تحریک در شکل‌های ۲۷ـ۷ الف، ب و پ دقت کنیم درمی‌یابیم که در حالت الف قدرت بیشتری در مقایسه با حالت ب به بار می‌رسد. همچنین کمترین قدرت در حالت پ در دو سر بار قرار می‌گیرد. لحظه وصل یا روشن شدن SCR را زاویه آتش SCR (زاویه بُرش) می‌نامند.



الف ـ بیشترین توان



ب ـ توان کمتر در مقایسه با الف



پ ـ کمترین توان

شکل ۲۷ـ۷ لحظه تحریک گیت SCR

زمان رسیدن ولتاژ خازن به ۱/۴ولت (زاویه بُرش ولتاژ) به مقدار مقاومت پتانسیومتر (R) و ظرفیت خازن (C) بستگی دارد. پس ازگذشت ۱۸۰ درجه (پایان نیم سیکل مثبت)، ولتاژ دوسر SCR ابتدا صفر می‌شود. در شروع نیم‌سیکل منفی، ولتاژ دو سر مدار در جهت عکس افزایش می‌یابد. لازم به یادآوری است که درست در لحظه صفر شدن ولتاژ در نیم پریود مثبت، SCR قطع می‌شود، بنابراین در نیم پریود منفی SCR خاموش است و جریانی از بار (لامپ ۶۰ واتی) عبور نمی‌کند. در شروع نیم سیکل منفی خازن C ازطریق دیود D_2 در جهت عکس شارژ می‌شود. به این ترتیب در نیم پریود مثبت می‌توانیم با استفاده از مقاومت R، مقدار شارژ خازن را در محدوده وسیعی کنترل کنیم و زاویه برش‌های بزرگ‌تری داشته باشیم. دیود D_1 مانع اتصال ولتاژ منفی به گیت SCR می‌شود. این مدار می‌تواند جریان عبوری از بار را تقریباً بین صفر تا ۱۸۰ درجه کنترل کند.

جست و جو

به چه دلیل ولتاژ منفی شارژ شده در خازن در نیم‌سیکل منفی سبب بزرگ‌تر شدن زاویه برش می‌شود؟

سؤال: در شکل ۲۷ـ۷ در کدام‌یک از حالات، زاویه برش بزرگ است؟ شرح دهید.

کار عملی ۴

عملکرد دیمر در نرم‌افزار

هدف: بررسی زاویه بُرش در مدار دیمر

مواد، ابزار و تجهیزات: نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر ـ رایانه ـ لوازم‌التحریر

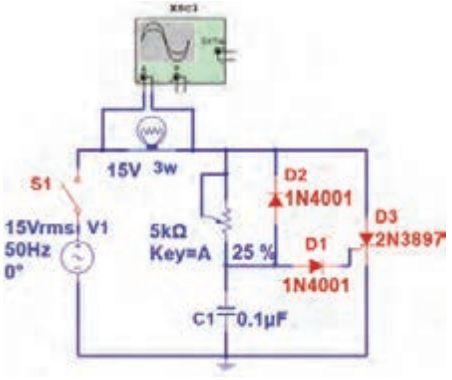
۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۲۸ـ۷ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

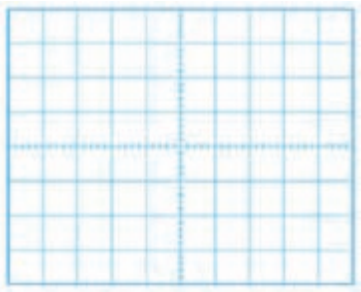
۳ـ کلید مدار را وصل کنید. شکل موج دو سر لامپ را توسط اسیلوسکوپ نرم‌افزار به صورت پایدار ظاهر کنید.

۴ـ سر متغیر پتانسیومتر نرم‌افزار را تغییر دهید و تغییر زاویه بُرش سیگنال دو سر بار را مشاهده کنید.

۵ـ مقدار پتانسیومتر را در حالت ۵۰ درصد بگذارید و شکل موج دو سر بار را در این حالت با مقیاس مناسب و تعیین T/D و V/D روی محورها در نمودار شکل ۲۹ـ۷ رسم کنید.



شکل ۲۸ـ۷ مدار دیمر



شکل ۲۹ـ۷ شکل موج دو سر بار

۶ـ وات‌متر نرم‌افزار را به دوسر لامپ وصل کنید و با تغییر سر متغیر پتانسیومتر نرم‌افزار، کمترین و بیشترین توان بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .....

فیلم

فیلم انواع قطعات الکترونیک صنعتی را ببینید.

۷ـ۶ SCR نوری (Light Activated SCR = LASCR)

شکل ۷ـ۳۰ نماد LASCR

SCR نوری یک نیمه هادی چهار لایه (تریستور) است که مانند یک SCR معمولی عمل می‌کند، با این تفاوت که توسط نور تحریک می‌شود. در صورتی که SCR نوری به طور صحیح بایاس شده باشد و نور کافی به آن بتابد، به حالت روشن می‌رود و جریان را در یک جهت از خود عبور می‌دهد. هدایت LASCR تا زمانی که جریان آن به حدی کمتر از مقدار تعریف شده در برگه اطلاعات برسد، ادامه می‌یابد. درشکل ۷ـ۳۰ نماد LASCR نشان داده شده است.

پژوهش

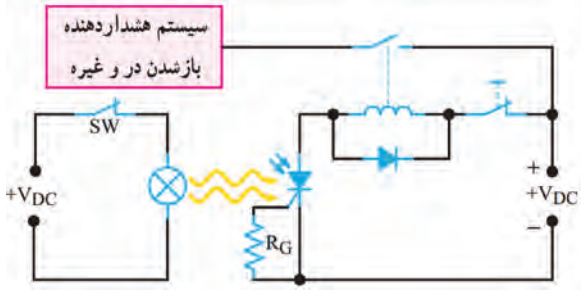
با مراجعه به رسانه‌های مختلف جست‌وجو کنید و ببینید آیا در نرم‌افزارهایی که تا کنون با آن کار کرده‌اید، امکان اجرای آزمایش با LASCR وجود دارد؟ نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

یک نمونه کاربرد LASCR

شکل ۷ـ۳۱ مدار LASCR را برای راه‌اندازی یک رله نشان می‌دهد. با وصل کلیدSW، لامپ روشن می‌شود. نور لامپ سبب تحریک LASCR می‌شود و آن را وصل می‌کند. با روشن شدن LASCR، جریان I_A برقرار می‌شود و جریان مورد نیاز سیم‌پیچ رله را تأمین می‌کند و سبب تحریک آن می‌شود. با تحریک رله، کنتاکت‌های آن وصل شده و مدار دیگری را به‌کار می‌اندازد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این مدار، ولتاژ تحریک ورودی، با سایر قسمت‌های مدار ارتباط الکتریکی ندارد.

۷ـ۷ کلید قابل کنترل سیلیکونی SCS (Silicon controlled Switch)

SCS تریستوری است که چهار پایه دارد. دو پایه SCS را گیت می‌نامند. با تحریک یکی از گیت‌ها می‌توان SCS را وصل یا قطع کرد. نماد این قطعه و نام پایه‌های آن در شکل الف ۷ـ۳۲ نشان داده شده است. در شکل ب ۷ـ۳۲ شکل ظاهری یک نمونه SCS را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷ـ۳۱ مدار کاربُردی با LASCR

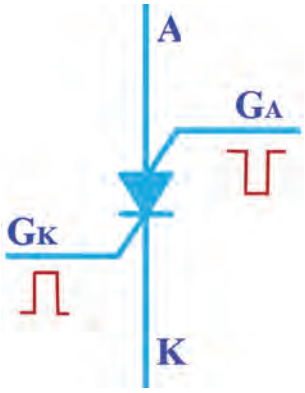
الف) نماد SCS

ب) یک نمونه SCS

شکل ۷ـ۳۲ SCS و نماد آن

چگونگی روشن‌نمودن SCS

هرگاه به گیت کاتدی SCS(G_K) ولتاژی مثبت نسبت به کاتد آن اعمال کنیم، SCS روشن می‌شود. توسط گیت آندی SCS(G_A) نیز می‌توان SCS را روشن کرد. برای این منظور لازم است پالسی منفی به گیت آندی (G_A) بدهیم. شکل ۳۳ـ۷ روشن کردن SCS را با پالس‌های مثبت و منفی نشان می‌دهد.



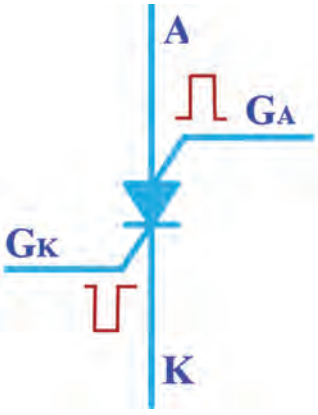
شکل ۳۳ـ۷ روشن کردن SCS

بارش فکری: به چه دلیل باید به G_K ولتاژ مثبت و به G_A ولتاژ منفی بدهیم تا SCS روشن شود؟ نتیجه را از طریق بارش فکری جمع‌بندی کنید.

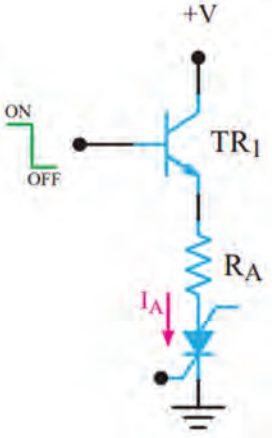
روش‌های خاموش کردن SCS

SCR را پس از روشن‌کردن نمی‌توانیم از طریق گیت آن خاموش کنیم ولی امکان خاموش کردن SCS از طریق گیت وجود دارد. خاموش کردن SCS با دو روش به شرح زیر امکان‌پذیر است:

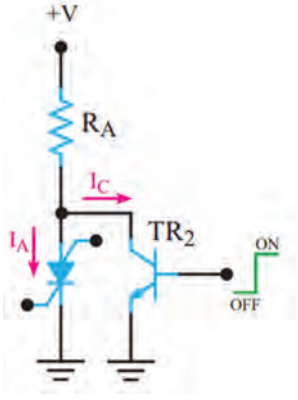
- ☑ می‌توان پالس مثبتی را به گیت آندی (G_A) متصل کرد. این پالس SCS را خاموش می‌کند.
- ☑ همچنین می‌توان با اعمال پالسی منفی به گیت کاتدی (G_K) SCS را به حالت خاموش بُرد. شکل ۳۴ـ۷ روش‌های خاموش‌کردن SCS روشن را نشان می‌دهد.
- ☑ می‌توان مطابق شکل الف و ب ۳۵ـ۷، از یک ترانزیستور به‌عنوان کلید، به‌صورت سری یا موازی با SCS استفاده کرد.



شکل ۳۴ـ۷ خاموش‌کردن SCS روشن



الف) ترانزیستور به عنوان کلید سری



ب) ترانزیستور به عنوان کلید موازی

شکل ۳۵ـ۷ خاموش‌کردن SCS روشن با استفاده از کلید الکترونیکی

بارش فکری: چگونگی خاموش‌شدن SCS را در مدارهای شکل ۳۵ـ۷ تشریح کنید و در قالب یک گزارش کوتاه بنویسید.

.....

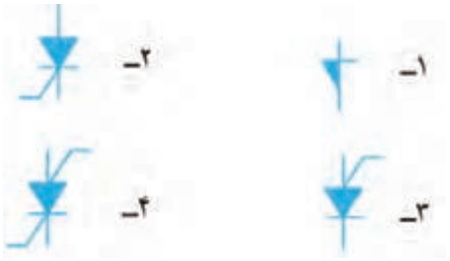
.....

الگوی پرسش:

۱ـ SCS روشن را می‌توان با اتصال پالس مناسب به گیت آن خاموش نمود. صحیح ☐ غلط ☐

۲ـ نماد مربوط به ساختمان کریستالی شکل ۳۶ـ۷ کدام است؟

شکل ۳۶ـ۷



۳ـ نماد مربوط به کدام قطعه است؟

۱ـ دیود شاکلی ۲ـ SCR ۳ـ SCS ۴ـ LASCR

۴ـ نماد SCS را رسم کنید و پایه‌های آن را نام‌گذاری نمایید.

۵ـ روش‌های خاموش کردن SCS روشن را شرح دهید.

۶ـ متن انگلیسی زیر مربوط به SCR نشان داده شده در شکل ۳۷ـ۷ است. متن را به فارسی ترجمه کنید.

An SCR rated about ۱۰۰ amperes, ۱۲۰۰ volts mounted on a heat sink – the two small wires are the gate trigger lead

.....

.....

فیلم

فیلم دیاک و کاربرد آن را ببینید.

۸ـ۷ دیاک DIAC (Diode Alternating Current)

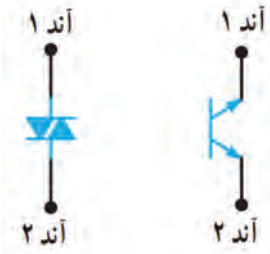
شکل ۳۷ـ۷

دیاک یک قطعه نیمه هادی چهارلایه است که دو پایه دارد. این قطعه در هر دو جهت تحریک می‌شود و حالت روشن به خود می‌گیرد. بزرگ‌ترین مزیت کاربرد دیاک، هدایت آن در هر دو نیم‌سیکل مثبت و منفی است. در شکل الف ـ۳۸ـ۷ ساختمان کریستالی و در شکل ب ـ۳۸ـ۷ نمادهای آن نشان داده شده است. در شکل ۳۹ـ۷ شکل ظاهری دو نمونه دیاک را مشاهده می‌کنید. در دیاک پایه‌ای به نام کاتد وجود ندارد و پایه‌های آن با آند شماره۱ (الکترود ۱) و آند شماره ۲ (الکترود ۲) شناخته می‌شود.

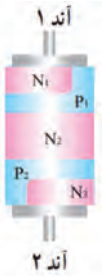
نکته

ولتاژ شکست دیاک‌های متداول ۳۰ تا ۴۰ ولت است.

شکل ۳۹ـ۷ شکل ظاهری دیاک



ب ـ نماد فنی



الف ـ ساختمان کریستالی

شکل ۳۸ـ۷ ساختمان کریستالی و نماد های مداری دیاک

فعالیت

با توجه به ساختمان کریستالی شکل الف ـ ۳۸ـ۷، دیاک معادل دو دیود چهارلایه است. مدار معادل آن را در شکل ۴۰ـ۷ رسم کنید و در مورد چگونگی روشن‌شدن دیاک با هم‌گروهی خود بحث کرده و نتیجه را یادداشت کنید.

شکل ۴۰ـ۷ مدار معادل دیاک

پاسخ:

.....

فعالیت

با توجه به بخشی از برگه اطلاعات دیاک در شکل ۴۱ـ۷ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱ـ ولتاژ شکست دیاک با شماره فنی DB۳ چند ولت است؟.....

۲ـ ماکزیمم جریان تکراری در حالت وصل و در نوع نصب سطحی آن چند آمپر است؟.....

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (limiting values)

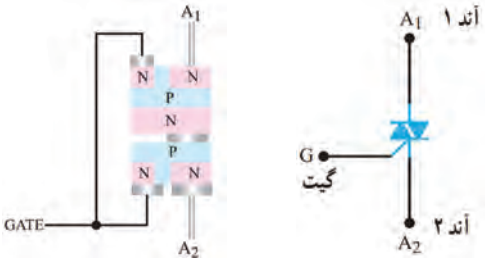
Symbol	Parameter		Value	Unit
I_{TRM}	Repetitive peak on-state current tp = 20 µs F= 120 Hz	SMDB3	1.00	A
		DB3 / DB4	2.00	
Tstg Tj	Storage temperature range Operating junction temperature range		-40 to + 125	°C

SM DB 3
Surface Mount Version
Diac Series
Breakover voltage
3: V_{BO} typ = 32V
4: V_{BO} typ = 40V

شکل۴۱ـ۷ بخشی از برگه اطلاعات یک نوع دیاک

۹ـ۷ ترایاک TRIAC (Triode Alternating current)

ساختمان کریستالی ترایاک مانند دیاک است با این تفاوت که پایه سومی نیز به نام گیت دارد. نماد ترایاک همراه با نام پایه‌های آن و ساختمان کریستالی ترایاک در شکل الف و ب ۷ـ۴۲ نشان داده شده است. در شکل ۷ـ۴۳ چند نمونه ترایاک را مشاهده می‌کنید.



ب) ساختمان کریستالی　　الف) نماد مداری

شکل ۷ـ۴۲ ساختمان کریستالی و نماد مداری ترایاک

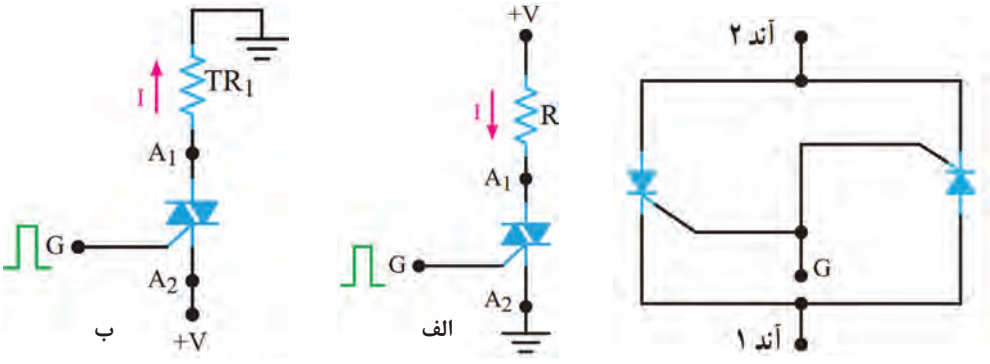
شکل ۷ـ۴۳ چند نمونه ترایاک

مدار معادل ترایاک

ترایاک را می‌توانیم معادل دو SCR که به‌طور موازی و در جهت مخالف به هم وصل شده‌اند و گیت‌های آنها نیز مشترک است درنظر بگیریم. شکل ۷ـ۴۴ ترایاک را به‌صورت معادل دو SCR نشان می‌دهد.

چگونگی تحریک ترایاک

برای راه‌اندازی ترایاک طبق شکل الف ـ ۷ـ۴۵ باید شرایط زیر حاکم باشد. ولتاژ به‌گونه‌ای به مدار اتصال داده شود که پتانسیل A_1 نسبت به A_2 مثبت شود و گیت نسبت به A_2 با پالس مثبت تحریک شود، با برقراری این شرایط ترایاک روشن می‌شود و جریان را در مدار برقرار می‌کند. همچنین می‌توان مطابق شکل ب ـ ۷ـ۴۵، A_2 را نسبت به A_1 بایاس مثبت کرد و گیت را نسبت به A_1 با پالس مثبتی تحریک نمود. در این حالت نیز ترایاک وصل شده و جریان در مدار برقرار می‌شود. بنابراین نتیجه می‌گیریم ترایاک در هر دو جهت هدایت می‌کند.



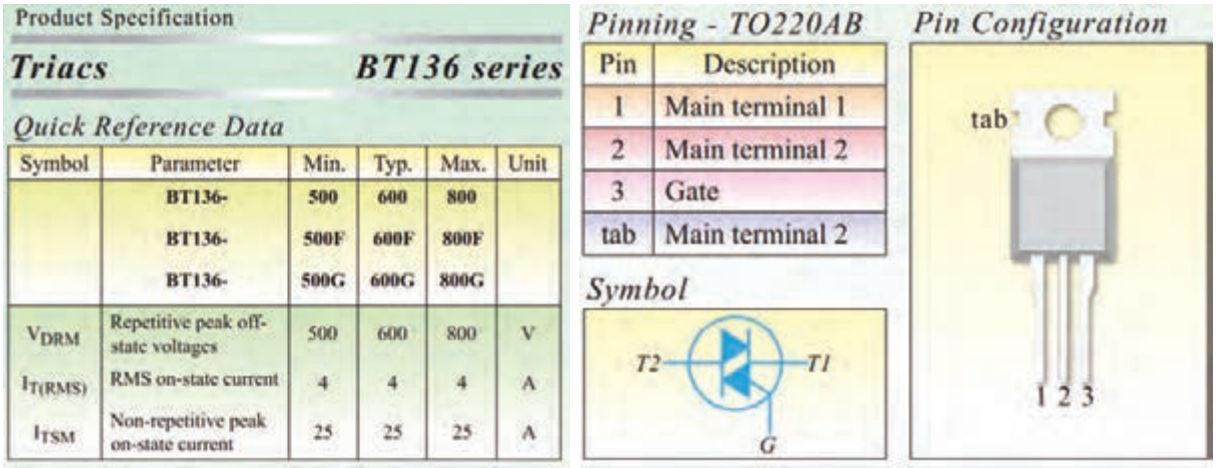
شکل ۷ـ۴۴ معادل ترایاک　　شکل ۷ـ۴۵ شیوه‌های تحریک ترایاک

پژوهش

کوادراک (Quadrac) ترکیبی از دیاک و ترایاک در یک بسته‌بندی است. در مورد آن تحقیق کنید و نتایج را به کارگاه ارائه دهید.

فعالیت

برگه اطلاعات شکل ۴۶ـ۷ را مطالعه کنید و برخی از اطلاعات مربوط به ترایاک سری BT۱۳۶ را استخراج کنید و در جدول ۱ـ۷ بنویسید.



Product Specification

Triacs **BT136 series**

Quick Reference Data

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
	BT136-	500	600	800	
	BT136-	500F	600F	800F	
	BT136-	500G	600G	800G	
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages	500	600	800	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	4	4	4	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	25	25	25	A

Pinning - TO220AB

Pin	Description
1	Main terminal 1
2	Main terminal 2
3	Gate
tab	Main terminal 2

Symbol

Pin Configuration

شکل ۴۶ـ۷ قسمتی از برگه اطلاعات ترایاک

جدول ۱ـ۷

ردیف	کمیت مورد نظر	معنی فارسی	مقدار	واحد
۱	V_{DRM}			
۲	$I_{T(RMS)}$			
۳	I_{TSM}			

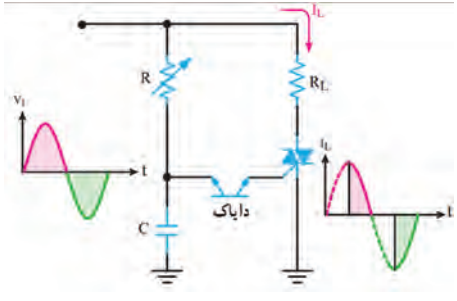
فیلم

فیلم عملکرد دیمر را ببینید و نکات مهم آن‌را یادداشت کنید.

مدار کنترل فاز (توان) توسط دیاک و ترایاک

در شکل ۴۷ـ۷ مدار کنترل فاز توسط دیاک و ترایاک رسم شده است.

در نیم سیکل مثبت، خازن C از طریق مقاومت R شارژ می‌شود. وقتی ولتاژ شارژ خازن به‌اندازه ولتاژ شکست دیاک رسید، دیاک روشن شده و گیت ترایاک را تحریک می‌کند. با تحریک گیت،



شکل ۴۷ـ۷ مدار کنترل فاز توسط دیاک و ترایاک

ترایاک روشن می‌شود و جریان از بار عبور می‌نماید. در فاصله نیم سیکل منفی سیگنال ورودی، خازن در جهت منفی شارژ می شود و مانند قبل دیاک را روشن کرده و ترایاک را در مسیر معکوس فعال می کند. شکل موج ورودی و شکل موج جریان عبوری از بار R_L را در شکل ۷ـ۴۷ مشاهده می‌کنید. زاویه هدایت SCR با تغییر مقاومت R، قابل کنترل است.

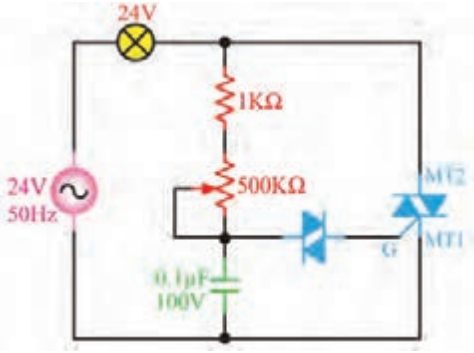
کار عملی ۵

مدار دیمر با قطعات واقعی

هدف: اجرای مدار کنترل فاز توسط دیاک و ترایاک با قطعات واقعی

مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه یک دستگاه ـ اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ بِردبُرد یک قطعه ـ دیاک یک عدد ـ ترایاک شماره BT ۱۳۶ یک عدد ـ مقاومت ۱KΩ، $\frac{۱}{۴}$ وات یک عدد ـ لامپ ۲۴ ولت ۳ وات یک عدد ـ پتانسیومتر ۵۰۰KΩ یک عدد ـ ترانسفورماتور ۲۴ـ۲۲۰ ولت یک عدد ـ سیم‌های رابط به مقدار کافی

نکته بسیار مهم ایمنی: برای جلوگیری از خطر برق گرفتگی، آزمایش مدار دیمر را با ولتاژ ۲۴ ولت انجام دهید.این ولتاژ به‌وسیله ترانسفورماتور ۲۲۰/۲۴ ولت تأمین می‌شود. هنگام اتصال ترانسفورماتور به برق شهر، کلیه نکات ایمنی را رعایت کنید.



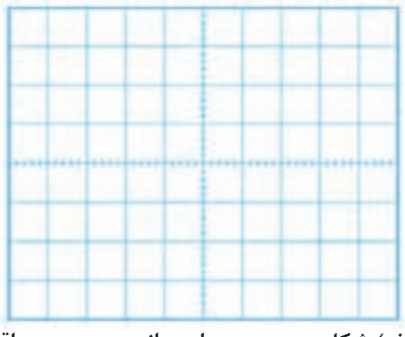
۷ـ۴۸ مدار کنترل فاز توسط دیاک و ترایاک

۱ـ مدار شکل ۷ـ۴۸ را روی بِردبُرد ببندید.

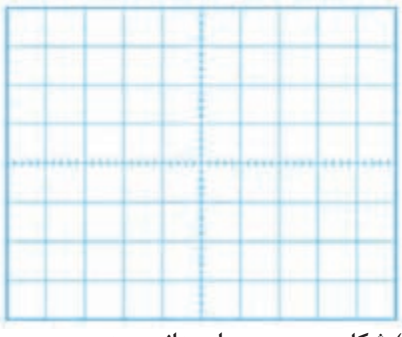
۲ـ ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور را به مدار وصل کنید.

۳ـ سر متغیر پتانسیومتر را تغییر دهید. در نور لامپ چه تغییری ایجاد می‌شود؟ شرح دهید .....

۴ـ شکل موج دو سر بار را به‌وسیلهٔ اسیلوسکوپ در دو حالت، مقدار اهم پتانسیومتر در حداقل و مقدار اهم پتانسیومتر در حد وسط ببینید. شکل موج‌ها را با مقیاس مناسب (T/D و V/D روی محورها مشخص شود) در نمودارهای شکل ۷ـ۴۹ ترسیم کنید.



الف) شکل موج دو سر بار، پتانسیومتر در حداقل



ب) شکل موج دو سر بار، پتانسیومتر در حد وسط

شکل ۷ـ۴۹ شکل موج دو سر بار

الگوی پرسش

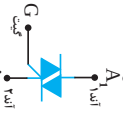
۱ـ DIAC اول کلمات انگلیسی .....و به‌معنی..... است.

۲ـ هنگام تحلیل عملکرد می‌توان ترایاک را معادل ..... که به طور موازی و در جهت ..... به هم وصل شده‌اند درنظر گرفت.

۳ـ قطعات ستون الف را با خط به نماد آنها درستون ب اتصال دهید.

الف	ب
دایاک	
ترایاک	

۴ـ دایاک یک قطعه سه پایه است. صحیح ☐ غلط ☐

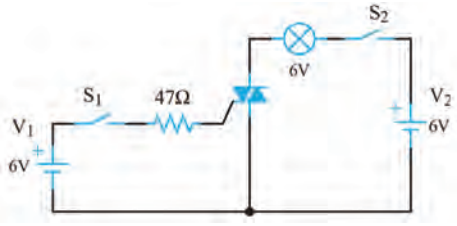
۵ـ نماد  مربوط به ترایاک است. صحیح ☐ غلط ☐

۶ـ در شکل ۷ـ۵۰ مدار تحریک یک ترایاک نشان داده شده است.

الف) اگر کلید S_1 را ببندیم و کلید S_2 را لحظه‌ای فشار دهیم، آیا لامپ روشن می‌شود؟

ب) کلید S_2 را باز کنید آیا لامپ خاموش می‌شود؟

پ) اگر پلاریته V_1 و V_2 هردو معکوس شوند، چند حالت برای روشن کردن لامپ وجود دارد؟ شرح دهید.



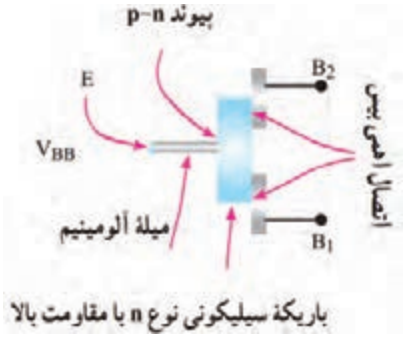
شکل ۷ـ۵۰

فعالیت

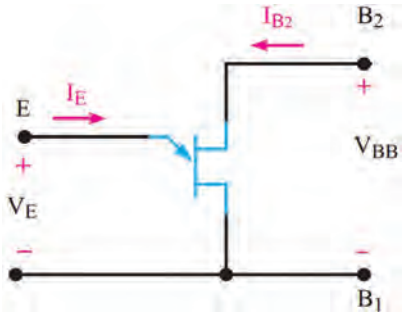
در ساعات غیر درسی مدار نرم‌افزاری دیاک و ترایاک را ببندید و نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

۷ـ۱۰ ترانزیستور تک اتصالی UJT (Uni Junction Transistor)

ترانزیستور تک اتصالی یا تک پیوندی (UJT) یک قطعه سه پایه است. در شکل ب و الف ۷ـ۵۱ ساختمانی کریستالی و نماد UJT و در شکل ۷ـ۵۲ شکل ظاهری UJT نشان داده شده است. ترمینال‌های UJT را امیتر (E)، بیس یک (B_1) و بیس دو (B_2) نام‌گذاری کرده‌اند.



الف) ساختمان کریستالی

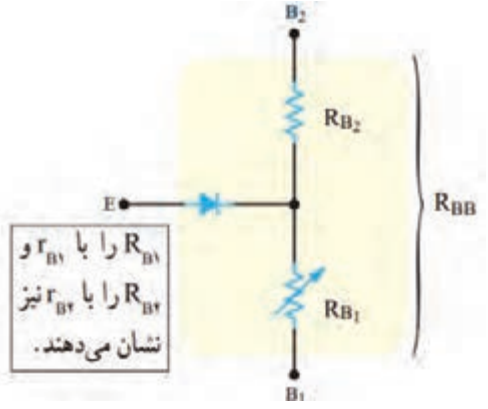


ب) علامت اختصاری

شکل ۷ـ۵۱ ساختمان کریستالی و علامت اختصاری UJT

شکل ۷ـ۵۲ یک نمونه UJT

همان‌طور که در شکل ۷ـ۵۱ مشاهده می‌کنید، میله‌ای از کریستال سیلیکونی با ناخالصی کم و مقاومت زیاد، ساختار اصلی UJT را تشکیل می‌دهد. به دوطرف این میله، دومیله آلومینیومی اتصال دارد که پایه‌های بیس یک (B_1) و بیس دو (B_2) را تشکیل می‌دهد. در قسمت وسط یک میله آلومینیومی متصل است که آن را امیتر (E) می‌نامند. به این ترتیب، یک پیوند PN در محل اتصال میله آلومینیومی و میله سیلیکونی نوع N به وجود می‌آید. وجود همین پیوند PN دلیل نام‌گذاری این قطعه به‌عنوان ترانزیستور تک پیوندی (UJT) است.



شکل ۷ـ۵۳ مدارمعادل UJT

درشکل ۷ـ۵۳ مدار معادل UJT نشان داده شده است. یک مقاومت ثابت، یک مقاومت متغیر و یک دیود مدار معادل آن را تشکیل می‌دهد. متناسب با مقدار I_E مقدار R_{B1} و R_{B2} (مقاومت بین امیتر (E) و بیس دو (B_2) تغییر می‌کند. مقاومت کل بین دو بیس از مجموع R_{B1} و R_{B2} به‌دست می‌آید. مقاومت بین دو بیس را $R_{BB}= R_{B2}+ R_{B1}$ (Inter Base Resistance) می‌نامند. مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.

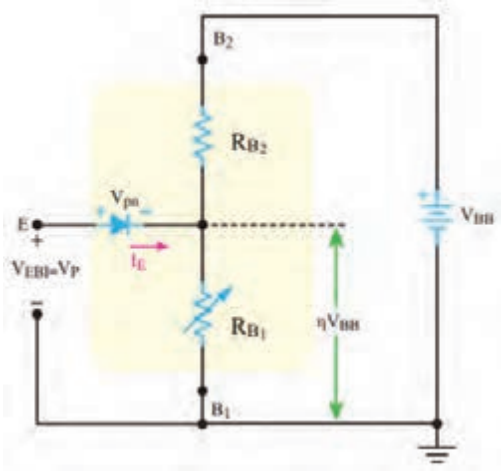
فعالیت عملی

یک عدد UJT را در اختیار بگیرید. با استفاده از مولتی‌متر، پایه‌های آن را تشخیص دهید. مقدار مقاومت R_{B1} و R_{B2} را اندازه بگیرید و یادداشت کنید. سپس از برگه اطلاعات (Data Sheet) کمیت‌های ذکر شده را استخراج کنید و با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه نمایید. نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

بایاس کردن UJT

هرگاه مطابق شکل ۷ـ۵۴ منبع ولتاژ V_{BB} را بین دو بیس اتصال دهیم، ولتاژ V_{BB} بین دو مقاومت R_{B1} و R_{B2} تقسیم ولتاژ می‌شود و در دو سر مقاومت R_{B1} ولتاژی افت می‌کند که مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$V_{PB1} = \frac{V_{BB} \times R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{V_{BB} \times R_{B1}}{R_{BB}}$$



شکل ۷ـ۵۴ چگونگی بایاس نمودن UJT

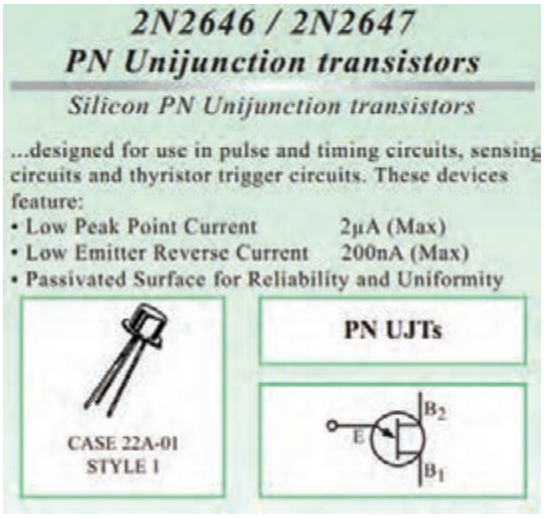
اگر به شکل ۷ـ۵۴ توجه کنیم، در مسیر امیتر و B_1 افت ولتاژهای دوسر R_{B1} و ولتاژ پتانسیل سد دیود (V_{pn}) EB وجود دارد. اگر این ولتاژ را با V_p نشان دهیم، مقدار ولتاژ مورد نیاز برای هدایت دیود EB از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$V_P = VR_{B1} + V_{PN}$$

V_p ولتاژ هدایت دیود EB است. این ولتاژ را ولتاژ نقطه اوج نیز می‌نامند. وقتی ولتاژ امیتر بیس یک (V_{EB1}) به V_p می‌رسد، اتصال PN هادی شده و جریان امیتر (I_E)برقرار می‌شود و هدایت بین امیتر و بیس یک افزایش می‌یابد و مقاومت R_{B1} را کاهش می‌دهد.

فعالیت

برگه اطلاعات شکل ۷ـ۵۵ را مطالعه کنید و برخی از اطلاعات مربوط به UJT با شماره سری ۲N۲۶۴۶/۲N۲۶۴۷ را استخراج کنید و در جدول ۲ـ۷ بنویسید.



*Maximum Ratings (TA=25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Dissipation	P_D	300	mW
RMS Emitter Current	$I_{E(RMS)}$	60	mA
Peak Pulse Emitter Current	I_E	2	Amps
Emitter Reverse Voltage	V_{B2E}	30	Volts
Interbase Voltage	V_{B2B1}	35	Volts
Operating Junction Temperature Range	T_J	-65 to +125	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	°C

*Indicates JEDEC Registered Data.

شکل ۷ـ۵۵ قسمتی از برگه اطلاعات UJT

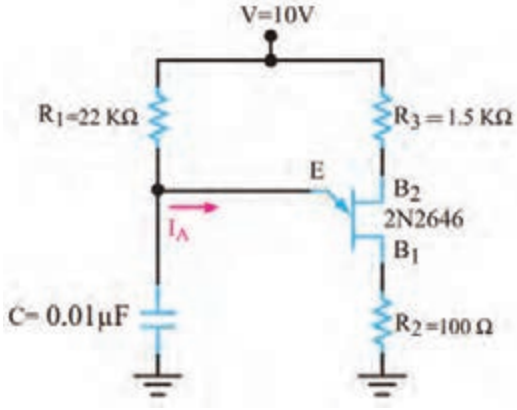
جدول ۲ـ۷

ردیف	کمیت مورد نظر	معنی فارسی	مقدار	واحد
۱	P_D			
۲	$I_{E(RMS)}$			
۳	I_E			
۴	V_{B2E}			
۵	V_{B2B1}			

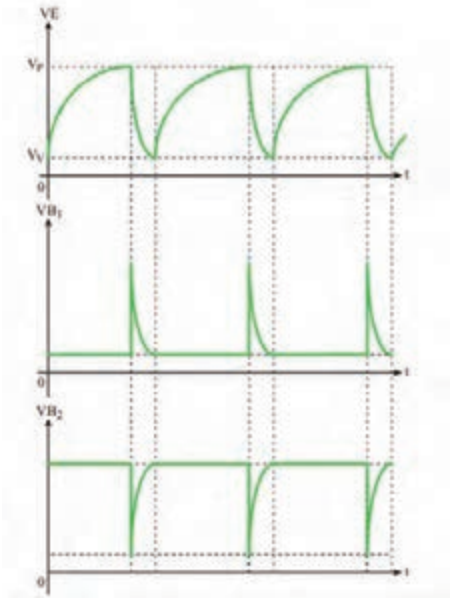
کاربردهای UJT

از ترانزیستور UJT در نوسان‌سازها، مدارهای تریگر، کنترل‌کننده‌های فاز و مدارهای تایمر استفاده می‌شود، در این قسمت یک مورد از کاربردهای مهم UJT را توضیح می‌دهیم.

☑ **نوسان‌ساز UJT:** در شکل ۷ـ۵۶ مدار یک نوسان‌ساز با ترانزیستور UJT نشان داده شده است . طرز کار مدار به این شرح است:



شکل ۵۶ـ۷ مدار نوسان‌ساز با UJT



شکل ۵۷ـ۷ شکل موج پایه‌های UJT

- با وصل شدن خط تغذیه V، جریان از طریق مقاومت R_1، خازن C را به آهستگی شارژ می‌کند.
- با شارژ خازن، ولتاژ امیتر UJT (ولتاژدوسر خازن) افزایش می‌یابد.
- به محض اینکه V_E به حدی می‌رسد که بتواند UJT را هادی کند، خازن C از طریق EB_1 و مقاومت R_2 به‌سرعت خالی می‌شود.
- این جریان ممکن است ترانزیستور را بسوزاند لذا مقاومت R_2 جریان ناشی از خالی شدن خازن را محدود می‌کند.
- شکل موج پایه‌های E، B_1 و B_2 در شکل ۵۷ـ۷ نشان داده شده است.
- مقاومت R_2 در تغییر فرکانس نقش کمی دارد، لذا به علت کم بودن این نقش، از آن صرف‌نظر شده است.

بحث کنید

فرکانس موج‌های مدار نوسان‌ساز به چه عواملی بستگی دارد؟ با همکار گروه خود بحث کنید و نتیجه را یادداشت کنید.

.....

.....

.....

.....

.....

پژوهش

از شکل موج‌های ایجادشده در چه مدارهایی استفاده‌می‌شود؟ تحقیق کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

کار عملی ۶

مدار نوسان‌ساز UJT با قطعات واقعی

هدف: بررسی شکل موج‌های تولیدی توسط نوسان‌ساز UJT

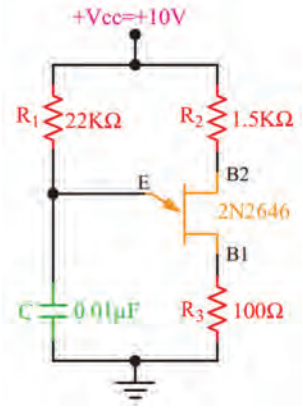
مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه ـ اسیلوسکوپ ـ بِردبُرد ـ UJT با شماره ۲N۲۶۴۶ یک عدد ـ مقاومت‌های ۲۲KΩ، ۱/۵KΩ، ۱۰۰Ω، $\frac{۱}{۴}$ وات از هر کدام یک عدد ـ خازن ۱۰nf یک عدد ـ سیم‌های رابط

۱ـ مدار شکل ۵۸ـ۷ را روی بِردبُرد ببندید.

۲ـ ولتاژ تغذیه را به مدار وصل کنید.

۳ـ به‌وسیله اسیلوسکوپ، شکل موج ولتاژ پایه‌های E، $B_۱$ و $B_۲$ را با مقیاس مناسب و درج T/D و V/D روی محورهای مختصات در نمودارهای شکل ۵۹ـ۷ ترسیم کنید.

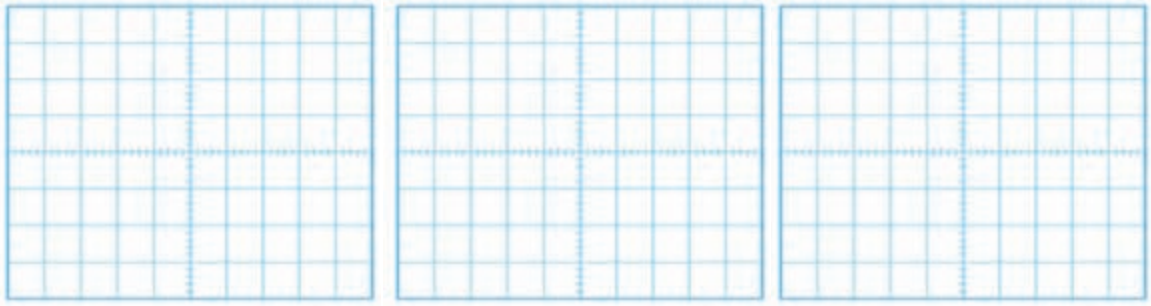
۴ـ زمان تناوب موج‌ها را اندازه بگیرید و فرکانس موج‌ها را محاسبه و یادداشت کنید.



شکل ۵۸ـ۷ مدار نوسان‌ساز

T_E= $TB_۱$= $TB_۲$=

F_E= $FB_۱$= $FB_۲$=



الف) شکل موج E ب) شکل موج $B_۱$ پ) شکل موج $B_۲$

شکل ۵۹ـ۷ شکل موج پایه‌های UJT

الگوی پرسش

۱ـ UJT اول کلمات انگلیسی..... و به معنی.....است.

۲ـ UJT را می‌توان معادل یک ..... و دو مقاومت درنظر گرفت.

۳ـ ساختمان کریستالی و معادل دیودی UJT را رسم کنید.

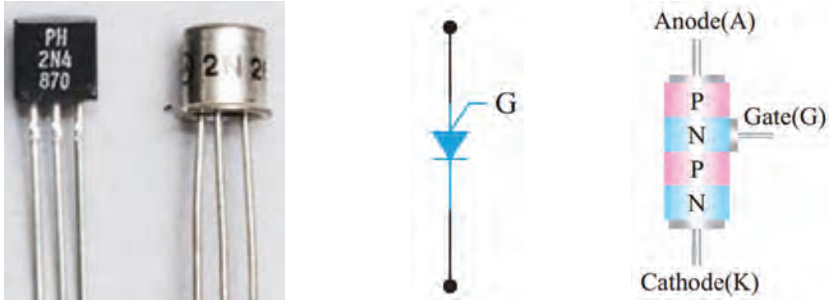
۱۱ـ۷ ترانزیستور تک قطبی قابل برنامه‌ریزی (Programmable UniJunction Transistor) PUT

PUT یک ترانزیستورتک قطبی قابل برنامه‌ریزی است. ساختمان داخلی آن از چهارلایه نیمه‌هادی نوع P و N تشکیل شده است. برخلاف تشابه اسمی که بین PUT و UJT وجود دارد، ساختمان داخلی و شیوه کار آنها کاملاً متفاوت و تا حدودی مشابه دیودهای چهارلایه است. در شکل الف ـ ۶۰ـ۷ ساختمان کریستالی PUT

نشان داده شده است. در شکل ب ـ ۶۰ـ۷ نماد (علامت اختصاری) PUT را مشاهده می‌کنید. دو نمونه PUT را در شکل پ ـ ۶۰ـ۷ مشاهده می‌کنید.

جست و جو

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، علت نام‌گذاری این ترانزیستور تحت عنوان قابل برنامه‌ریزی را بیابید و در قالب یک گزارش ارائه دهید.



الف) ساختمان کریستالی ب) علامت اختصاری پ) دو نمونه PUT

شکل ۶۰ـ۷ ساختمان کریستالی، علامت اختصاری و دو نمونه PUT

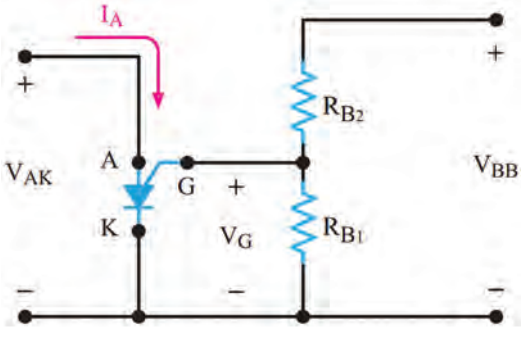
همان‌طوری که در شکل الف ۶۰ـ۷ مشاهده می‌شود، این قطعه چهارلایه PNPN و یک گیت دارد که گیت به لایه N میانی متصل است. این قطعه در واقع نوعی SCR از نوع گیت آندی است.

بایاس کردن PUT

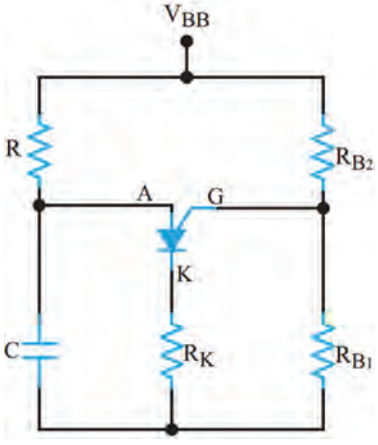
نحوه بایاس کردن PUT در شکل ۶۱ـ۷ نشان داده شده است. ولتاژ V_{BB} بین دو مقاومت R_{B1} و R_{B2} تقسیم می‌شود و پتانسیل گیت را نسبت به کاتد همواره مثبت می‌کند. وقتی ولتاژ آند حدود ۰/۷ ولت بیشتر از پتانسیل گیت شود، اتصال PN موجود بین آند و گیت هادی می‌شود و PUT را روشن می‌کند.

نوسان‌ساز PUT

در شکل ۶۲ـ۷ نوسان‌ساز PUT را مشاهده می‌کنید. با وصل کردن منبع تغذیه، خازن C از طریق R شروع به شارژ شدن می‌کند. وقتی ولتاژ دوسر خازن به ولتاژ وصل PUT برسد آن را روشن می‌کند. با روشن شدن PUT، خازن به سرعت از طریق PUT و R_K تخلیه می‌شود. وقتی ولتاژ خازن به یک سطح پایین نزول کرد، PUT بار دیگر خاموش می‌شود و سیکل شارژ دوباره تکرار می‌گردد. شکل موج پایه‌های آند، کاتد و گیت این نوسان‌ساز شبیه نوسان‌ساز UJT است.



شکل ۶۱ـ۷ چگونگی بایاس نمودن PUT



شکل ۶۲ـ۷ مدار نوسان‌ساز با PUT

فعالیت

با مراجعه به رسانه‌های مختلف مشخصات یک نمونه ترانزیستور UJT و PUT را از برگه اطلاعات آنها استخراج کنید و سپس عملکرد آنها را در یک جدول با هم مقایسه کنید. نتیجه را در قالب گزارش ارائه دهید.

بحث کنید

فرکانس موج‌های مدار نوسان‌ساز به چه عواملی بستگی دارد؟ با همکار گروه خود بحث کنید و نتیجه را یادداشت کنید.

.....

.....

کار عملی ۷

مدار نوسان‌ساز PUT در نرم‌افزار

هدف: بررسی شکل موج‌های تولیدی توسط نوسان‌ساز PUT

مواد، ابزار و تجهیزات: نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر ـ رایانه ـ لوازم‌التحریر

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

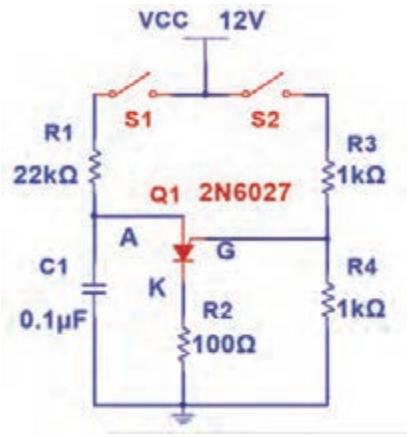
۲ـ مدار شکل ۶۳ـ۷ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

۳ـ کلید $S_۲$ را وصل کنید و با ولت‌متر نرم‌افزار، ولتاژ گیت نسبت به زمین را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

ولت = ... V_G

۴ـ کلید S۱ را وصل کنید ولتاژ آند (ولتاژ دو سر خازن) به حدود چند ولت برسد، PUT هدایت می‌کند؟

.....



شکل ۶۳ـ۷ مدار آزمایش

۵ـ به وسیله اسیلوسکوپ نرم‌افزار، شکل موج ولتاژ پایه‌های آند (دو سر خازن $C_۱$)، گیت و کاتد نسبت به زمین را مشاهده کنید سپس در نمودارهای شکل ۶۴ـ۷ ترسیم کنید.

۶ـ زمان تناوب موج‌ها را اندازه بگیرید و فرکانس موج‌ها را محاسبه و یادداشت کنید. .....=T

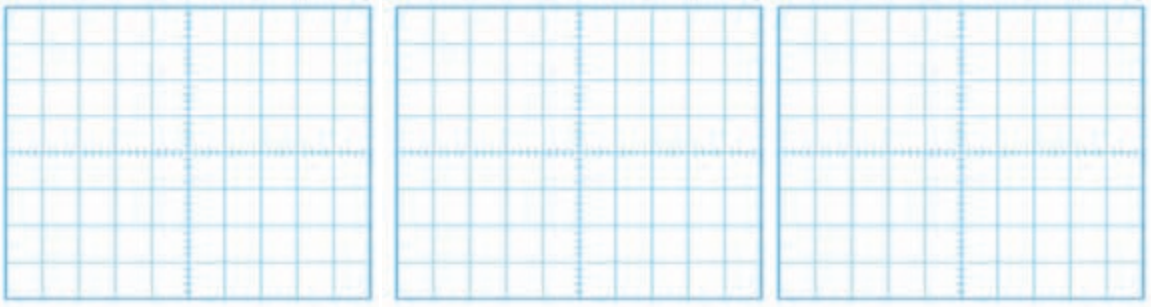
F = ...

فعالیت گروهی

چگونگی عملکرد مدار شکل ۶۳ـ۷ را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید، سپس نحوه تولید شکل موج در این نوسان‌ساز را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

پژوهش

با جست‌وجو در فضای مجازی، موارد کاربرد PUT را بیابید.



الف) شکل موج آند　　ب) شکل موج گیت　　پ) شکل موج کاتد

شکل ۶۴ـ۷ شکل موج پایه‌های PUT

الگوی پرسش

۱ـ PUT اول کلمات انگلیسی ..... و به معنی ..... است.

۲ـ PUT همان SCR از نوع گیت آندی است.　　صحیح ☐　　غلط ☐

۳ـ ساختمان کریستالی و نماد مداری PUT را رسم کنید.

مدار نوسان‌ساز شکل ۶۳ـ۷ چه کاربردی دارد؟

۱۲ـ۷ پروژه ساخت مدار رله جامد صنعتی

ساختار و مدار داخلی

رله جامد یا SSR (Solid State Relay) مجموعه‌ای از قطعات الکترونیکی است که به‌جای رله‌های الکترومکانیکی استفاده می‌شود. با این تفاوت که هیچ قطعه مکانیکی یا متحرکی ندارد. از رله جامد در مدارهای صنعتی برای عمل سوئیچ زنی استفاده می کنند. با اعمال ولتاژ کم به پایه‌های کنترل رله جامد، می‌توان یک ولتاژ و جریان بالا را از طریق پایه‌های خروجی قطع و وصل کرد. چون رله جامد هیچ قطعه مکانیکی متحرکی ندارد، در آنها خوردگی و فرسودگی مکانیکی ایجاد نمی‌شود. به‌همین دلیل طول عمر بیشتری در مقایسه با رله‌های الکترومکانیکی دارند.

شکل ۶۵ـ۷ یک نمونه رله جامد صنعتی

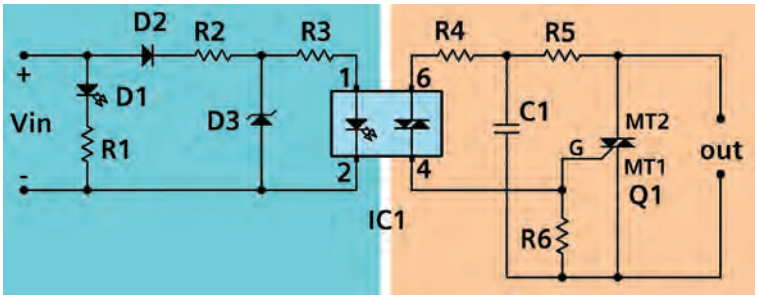
همچنین سرعت قطع و وصل در رله‌های جامد بسیار بالاتر از رله‌های الکترومکانیکی بوده و در زمان قطع و وصل، صدا و جرقه الکتریکی ایجاد نمی‌کند. در شکل ۶۵ـ۷ یک نمونه از رله جامد صنعتی را مشاهده می‌کنید.

☑ **شرح پروژه:** نقشه فنی مدار رله درشکل ۶۶ـ۷ رسم‌شده است. به ورودی مدار ولتاژ DC اعمال می‌شود و از طریق خروجی می‌توان به مدارهای مورد نظر فرمان داد. اگر به ورودی کنترل سوئیچ یک ولتاژ مستقیم از ۵ تا ۱۲ ولت بدهیم، ترایاک موجود در خروجی رله روشن می‌شود. ترایاک می‌تواند ولتاژ متناوب تا حدود ۶۰۰ ولت با حداکثر جریان ۵ آمپر را قطع و وصل کند. از آنجایی که از اپتوکوپلر (Opto Coupler) برای جداسازی بین ورودی و خروجی مدار بخش کلیدزنی، استفاده شده است، این دو بخش هیچ‌گونه ارتباط الکتریکی با یکدیگر ندارند.

این قطعه از طریق کوپلاژ نوری دستورات ورودی مدار کنترل را به سوئیچ خروجی منتقل می‌کند. در شکل ۶۷ـ۷ چند نمونه از مدارهای مجتمع اپتوکوپلری را مشاهده می‌کنید. با اعمال ولتاژ به ورودی اپتوکوپلر یک دیود نوری در داخل آن روشن می‌شود و نور را به محل پیوند یک قطعه الکترونیکی مانند ترانزیستور می‌تاباند. تابش نور باعث روشن شدن و هدایت ترانزیستور می‌شود. یعنی ورودی و خروجی اپتوکوپلر از نظر الکتریکی از هم جدا هستند و ارتباط آنها توسط پرتو نور انجام می‌گیرد.

نکته

برای راه اندازی رله جامد باید حتماً تغذیه AC و بار خروجی به رله وصل باشد تا رله عمل کند. چرا؟



شکل ۶۶ـ۷ نقشه شماتیک رله جامد

شکل ۶۷ـ۷ چند نمونه اپتوکوپلر

☑ **شرح مدار داخلی رله جامد:** با اتصال صحیح ولتاژ به ورودی رله دیود D_1 (LED) روشن می‌شود. اگر ولتاژ ورودی با پلاریته معکوس وصل شود، دیود D_2 مانع آسیب رسیدن به اپتوکوپلر در اثر ولتاژ معکوس می‌شود. مقاومت R_2 و دیود زنر D_3 مدار تثبیت‌کننده ولتاژ است. این مدار ولتاژ ورودی ۵ الی ۱۲ ولت را به ولتاژ ثابت ۳/۳ ولت تبدیل می‌کند. درصورتی که به ورودی اپتوکوپلر ولتاژی حدود ۱/۲ ولت با جریان بیشتر از ۵ میلی‌آمپر وصل شود باعث هدایت دیاک داخلی اپتوکوپلر در پایه‌های خروجی (۴ و ۶) اپتوکوپلر می‌شود. با هدایت دیاک داخل اپتوکوپلر، ولتاژ پایه MT۲ ترایاک از طریق مقاومت‌های R_4 و R_5 به گیت G ترایاک

می‌رسد و آن را روشن می‌کند . مقاومت $R_۶$ برای جلوگیری از روشن شدن خود به خود ترایاک است. خازن پلی استر $C_۱$ نیز برای از بین بردن و جلوگیری از تأثیر نویز بر روی گیت ترایاک به‌کار رفته است. ترایاک به‌عنوان قطعه کلید زنی اصلی بوده و مانند یک کلید، ترمینال‌های خروجی را به هم وصل می‌کند. می‌توان به جای MOC۳۰۲۱ از اپتوکوپلرهای MOC۳۰۲۲ یا MOC۳۰۲۳ نیز استفاده کرد.

بحث کنید

با اعضای گروه خود دربارهٔ نقش سایر قطعات موجود در مدار بحث کنید و نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

☑ **فهرست قطعات مورد نیاز مدار:** قطعات مورد نیاز پروژه در جدول ۳ـ۷ آورده شده است.

جدول ۳ـ۷

مشخصات	قطعه	مشخصات	قطعه
دیود LED قرمز ۵ میلی‌متری	$D_۱$	۲/۲KΩ ـ ۱/۴W	$R_۱$, $R_۵$
۱N۴۰۰۷	$D_۲$	۱۲۰Ω ـ ۱W	$R_۲$
دیود زنر ۳/۳V با توان ۱/۴W	$D_۳$	۲۴۰Ω ـ ۱/۴W	$R_۳$
ترایاک BT ۱۳۸	$Q_۱$	۱۸۰Ω ـ ۱/۴W	$R_۴$
اپتوکوپلر MOC۳۰۲۱	$IC_۱$	۱۰KΩ ـ ۱/۴W	$R_۶$
ترمینال ۵mm	$TB_۱$, $TB_۲$	۱۰۰nF ـ ۴۰۰V	$C_۱$

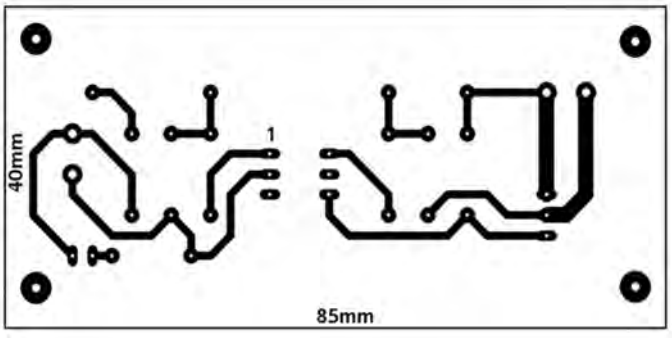
نکته

در صورتی که بخواهید از رله جهت قطع و وصل جریان‌های بیشتر از ۲ آمپر استفاده کنید، باید ترایاک را مانند شکل ۶۸ـ۷ روی گرماگیر نصب کنید. توجه داشته باشید که بدنه فلزی ترایاک BT۱۳۸ از داخل قطعه به پایه $MT_۲$ متصل است. لذا باید قسمت فلزی قطعه با بدنه گرماگیر(Heatsink) توسط طلق مخصوص وخمیر سیلیکونی از نظر الکتریکی عایق شود.

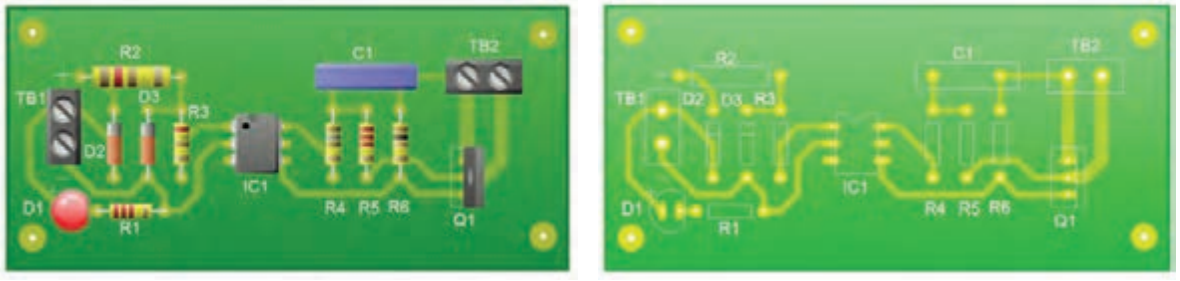
طرح مدارچاپی و نقشه چیدمان قطعات

طرح نمونه فیبر مدار چاپی در ابعاد ۸۵ میلی‌متر در ۴۰ میلی‌متر در شکل ۶۹ـ۷ آورده شده است. در شکل ۷۰ـ۷ چگونگی چیدمان قطعات بر روی فیبر مدارچاپی را مشاهده کنید.

شکل ۶۸ـ۷ ترایاک متصل‌شده به گرماگیر



شکل ۶۹ـ۷ طرح مدار چاپی پروژه

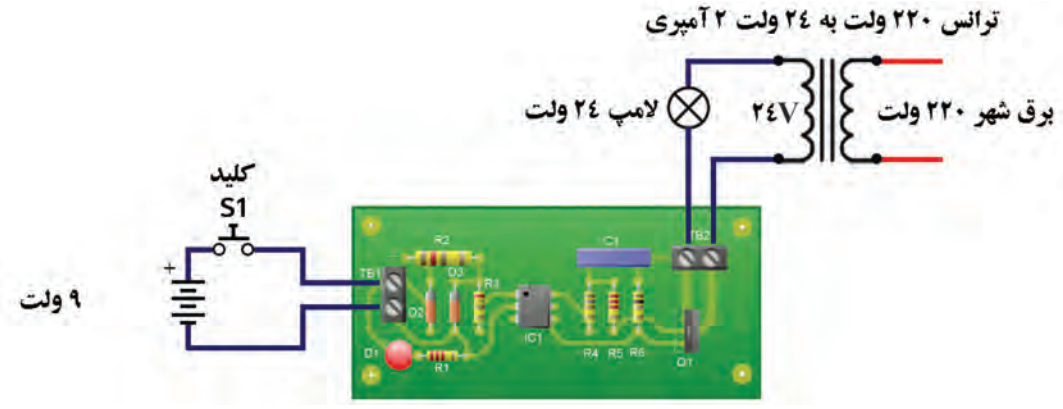


شکل ۷۰ـ۷ راهنمای چیدمان قطعات روی برد

تست پروژه

بعد از مونتاژ مدار و اتمام لحیم‌کاری، فیبر را توسط اسپری خشک تمیز کنید تا فیبر از هرگونه روغن‌لحیم پاک شود سپس اقدام به تست مدار کنید. برای تست مدار از ترانسفورماتور ۲۲۰ ولت به ۲۴ ولت با جریان‌دهی ۲ آمپر و یک لامپ ۲۴ ولت استفاده کنید. مطابق شکل ۷۱ـ۷ با استفاده از باتری ۹ ولتی و یک کلید، مدار ورودی را فعال کنید. با وصل کردن کلید S_1 لامپ متصل شده به خروجی رله جامد در خروجی روشن و با قطع کردن کلید لامپ خاموش می‌شود. قطع و وصل کلید را چند بار تکرار کنید تا از عملکرد صحیح مدار اطمینان حاصل نمایید. قرار دادن پروژه در داخل یک جعبه عایق مناسب، می‌تواند ایمنی بیشتری را فراهم کند و باعث بالا رفتن طول عمر آن شود.

توجه: مدارهای داده شده صرفاً به خاطر آموزش فرایند اجرای پروژه رسم شده است. برای اجرای پروژه لازم است با توجه به کار عملی شماره ۸، طراحی مدار چاپی را با ابعاد تعریف شده، خودتان انجام دهید.



شکل ۷۱ـ۷ تست صحت عملکرد مدار

کار عملی ۸

آماده‌سازی پروژه

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ فیبر مسی ـ کاغذ گلاسه ـ پرینتر ـ ابزار اسیدکاری ـ ابزار لحیم‌کاری ـ قطعات مطابق نقشه پروژه ـ منبع تغذیه ـ مولتی‌متر ـ جعبه مناسب

مراحل اجرای کار:

۱ـ نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.
۲ـ نقشه فنی مدار شکل ۶۶ـ۷ را در نرم‌افزار رسم کنید.
۳ـ طرح مدار چاپی نقشه را در ابعاد ۵ cm × ۶ cm آماده کنید.
۴ـ طرح pcb و نقشه شماتیک را ذخیره کنید.
۵ـ از طرح pcb پرینتی تهیه کنید.
۶ـ با رعایت کلیه نکات ایمنی ، طرح pcb را با روش مناسب به روی فیبر انتقال دهید.
۷ـ بُرد آماده شده را اسیدکاری کنید. پس از پایان اسیدکاری، با احتیاط برد را از اسید بیرون کشیده و آن را تمیز کنید.
۸ـ با ابزار مناسب، فیبر را سوراخ‌کاری کنید.
۹ـ قطعات را از نظر صحت عملکرد آزمایش کنید، سپس با رعایت تمام قوانین و مقررات استاندارد، قطعات را مونتاژ کنید.
۱۰ـ مدار مونتاژ شده را با نظارت مربی کارگاه، مورد آزمایش قرار دهید.
۱۱ـ دستگاه را در جعبه مناسب بگذارید.

الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری(۷)

۱ـ نماد (علامت اختصاری) قطعات زیر را رسم کنید و نام پایه‌های هر قطعه را مشخص کنید.
الف) دیود چهار لایه ب) ترایاک پ) PUT ت) UJT

۲ـ ساختمان کریستالی و علامت اختصاری SCR را رسم کنید و روش روشن کردن آن را شرح دهید.

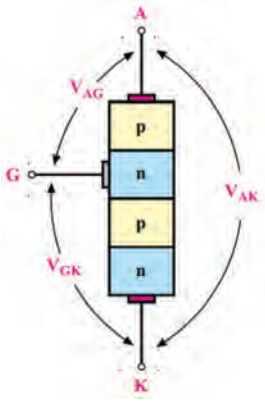
۳ـ ساختمان کریستالی شکل ۷۲ـ۷ مربوط به کدام قطعه است؟
۱) دیاک ۲) ترایاک ۳) SCR ۴) PUT

۴ـ مدار معادل ترایاک را با دو SCR رسم کنید و روش‌های روشن کردن آن‌را شرح دهید.

۵ـ SCR فقط در نیم‌سیکل مثبت و ترایاک در هر دو نیم‌سیکل مثبت و منفی وصل می‌شود. صحیح ☐ غلط ☐

۶ـ PUT همان SCR گیت آندی است. صحیح ☐ غلط ☐

۷ـ در PUT هرگاه پتانسیل آند ۰/۷ ولت بیشتر از پتانسیل گیت شود PUT



شکل ۷۲ـ۷

وصل می‌کند. صحیح ☐ غلط ☐

۸ـ SSR اول کلمات انگلیسی ..... و به معنی ..... است.

الگوی آزمون نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری(۷)

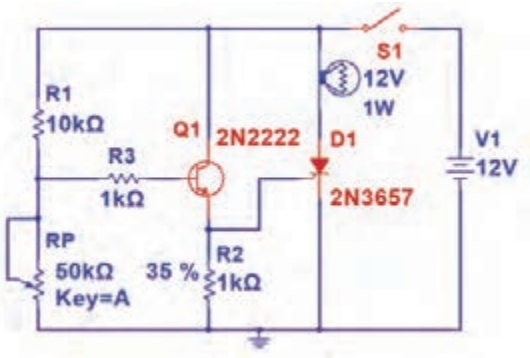
۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را راه‌اندازی کنید.

۲ـ مدار شکل ۷ـ۷۳ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

۳ـ R_P را در صفر درصد قرار دهید سپس کلید S_1 را وصل کنید. آیا لامپ روشن می‌شود؟ علت را شرح دهید.

۴ـ به تدریج سر متغیر پتانسیومتر را تغییر دهید. در مرحله‌ای لامپ روشن می‌شود. علت را شرح دهید.

۵ـ بعد از روشن شدن لامپ، آیا می‌توان با تغییر مقاومت پتانسیومتر، لامپ را خاموش نمود؟ این موضوع را تجربه کنید و علت را شرح دهید.



شکل ۷ـ۷۳

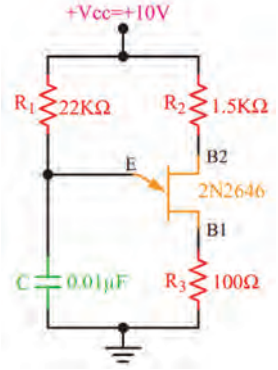
الگوی آزمون با قطعات واقعی پایان واحد یادگیری(۷)

۱ـ مدار شکل ۷ـ۷۴ را روی بِردبُرد ببندید.

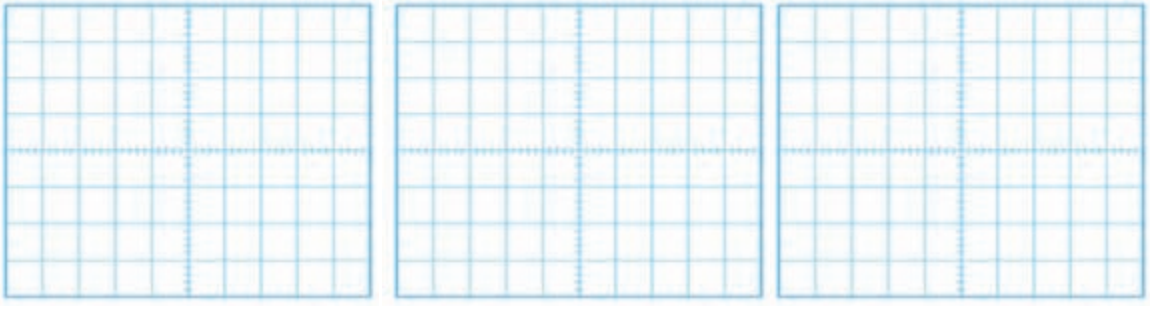
۲ـ ولتاژ تغذیه را به مدار وصل کنید.

۳ـ به وسیله اسیلوسکوپ، شکل موج ولتاژ پایه‌های E، B_1 و B_2 را در نمودارهای شکل ۷ـ۷۵ ترسیم کنید.

۴ـ زمان تناوب موج‌ها را اندازه بگیرید و فرکانس موج‌ها را محاسبه و یادداشت کنید.



شکل ۷ـ۷۴



الف) شکل موج آند ب) شکل موج گیت پ) شکل موج کاتد

شکل ۷ـ۷۵

ارزشیابی شایستگی ساخت پروژه کاربُردی الکترونیک صنعتی

شرح کار:

۱ـ تشریح ساختمان مداری و ترسیم نماد فنی قطعات الکترونیک صنعتی ۲ـ تشریح عملکرد مدارهای با قطعات الکترونیک صنعتی ۳ـ آزمایش مدارهای کاربُردی با قطعات الکترونیک صنعتی در محیط نرم‌افزار ۴ـ آزمایش مدارهای کاربُردی با قطعات واقعی الکترونیک صنعتی ۵ـ ساخت پروژه کاربُردی الکترونیک صنعتی ۶ـ راه‌اندازی نهایی پروژه

استاندارد عملکرد:شاخص‌ها:

تشریح ساختمان مداری و ترسیم نماد فنی قطعات الکترونیک صنعتی (۵ دقیقه) ۲ـ تشریح عملکرد مدارهای با قطعات الکترونیک صنعتی (۱۰ دقیقه) ۳ـ آزمایش مدارهای کاربُردی با قطعات الکترونیک صنعتی در محیط نرم‌افزار (۲۰ دقیقه) ۴ـ آزمایش مدارهای کاربُردی با قطعات واقعی الکترونیک صنعتی (۳۰ دقیقه) ۵ـ ساخت پروژه کاربُردی الکترونیک صنعتی (۵۰ دقیقه) ۶ـ راه‌اندازی نهایی پروژه (۲۰ دقیقه)

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶ مترمربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی (۱۸°c ـ ۲۷°c) و مجهز به وسایل اطفای حریق ـ میزکار استاندارد با ابعاد H۸۰ cm * D۸۰ * L۱۸۰ ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس کار ـ انجام کار در حال نشسته یا ایستاده ـ رایانه ـ برگه اطلاعاتی قطعات ـ لوازم‌التحریر ـ وسایل سوراخ‌کاری فیبر ـ وسایل مونتاژ ـ قطعات پروژه ـ اسیلوسکوپ ـ سیگنال‌ژنراتور ـ منبع تغذیه

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشریح ساختمان و ترسیم نماد فنی قطعات الکترونیک صنعتی	۱	
۲	تشریح عملکرد مدارهای با قطعات الکترونیک صنعتی	۲	
۳	آزمایش مدارهای کاربردی با قطعات الکترونیک صنعتی در محیط نرم‌افزار	۲	
۴	آزمایش مدارهای کاربردی با قطعات واقعی الکترونیک صنعتی	۲	
۵	ساخت پروژه کاربردی الکترونیک صنعتی	۲	
۶	راه‌اندازی نهایی پروژه	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ محافظت از دستگاه‌ها ۲ـ دقت و مسئولیت‌پذیری ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ کار گروهی ۵ـ رعایت نکات ایمنی و زیست‌محیطی		۲	
میانگین نمرات* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			*

واحد یادگیری ۸

تنظیم گزارش کار و مستندسازی

آیا تا به حال فکر کرده‌اید:

- مفهوم تنظیم گزارش کار و مستندسازی چیست و چه کاربردی دارد؟
- چگونه می‌توانیم گزارش کار مرتبط با فعالیت‌های آزمایشگاهی را بنویسیم؟
- چگونه می‌توانیم گزارش کار مرتبط با اجرای پروژه را تنظیم کنیم؟
- گزارش کارهای آزمایشگاهی، کارگاهی و پروژه‌ای تا چه مدت اعتبار دارد؟
- ساختار گزارش فعالیت‌های عملی کارگاهی و آزمایشگاهی چه اجزایی دارد؟
- مخاطبان و کاربران گزارش کارهای فعالیت‌های عملی چه کسانی هستند؟
- یک گزارش کار فعالیت‌های عملی چگونه مستندسازی و به‌روز می‌شود؟
- برای تنظیم گزارش کار فعالیت‌های عملی با چه مشکلاتی مواجه می‌شوید؟

معمولاً هنگامی که می‌خواهند موضوعی را به ما آموزش دهند، اولین سؤالی که مطرح می‌شود این است که این موضوع چه کاربردی دارد. هنگامی که شما برای تعمیر یک دستگاه مراجعه می‌کنید، اولین سؤالی که می‌پرسید این است که آیا این دستگاه از نظر تعمیرات سابقه‌ای دارد یا خیر؟ در این پرسش، مفهوم داشتن گزارش کار و مستندسازی وجود دارد. یعنی از صاحب دستگاه می‌خواهید اطلاعاتی را در اختیار شما قرار دهد تا برمبنای آن بتوانید در اجرای مطلوب تعمیرات از آن استفاده کنید. همچنین هنگامی که می‌خواهید در یک کلاس درس برای اولین روز شروع به تدریس کنید، از هنرجویان می‌پرسید تا به‌حال چه مباحثی را در ارتباط با موضوع تدریس فراگرفته‌اید و از آنها می‌خواهید از پیشینه آموزش خود گزارشی ارائه دهند تا بتوانید بر مبنای آن تدریس را آغاز کنید. این نوع گزارش‌ها می‌تواند به‌صورت شفاهی، کتبی یا اینترنتی باشد. در این واحد یادگیری ابتدا به انواع گزارش‌ها و چارچوب ویژگی‌ها و روش تدوین آنها می‌پردازیم. در ادامه، چگونگی تکمیل جداول و نمودارها را آموزش می‌دهیم. همچنین نحوه تنظیم فرایند پیشرفت کار، مشکلات، چالش‌ها و جمع‌بندی، یکی دیگر از مواردی است که مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت مستندسازی را خواهیم آموخت. مانند سایر واحدهای یادگیری، فراگیرنده علاوه‌بر کسب مهارت در تنظیم و تدوین گزارش کار باید شایستگی‌های غیر فنی مانند رعایت نکات ایمنی و بهداشتی، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، رعایت نظم و ترتیب، و اخلاق حرفه‌ای را که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است یاد بگیرد و در تمام مراحل کار باید رعایت کند.

استاندارد عملکرد

تنظیم کلیه مستندات مربوط به اجرای فعالیت‌های عملی و نرم‌افزاری مانند انتخاب چارچوب مناسب، تکمیل جداول، رسم نمودارها، خلاصه گزارش کار و جداول

۱ـ۸ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

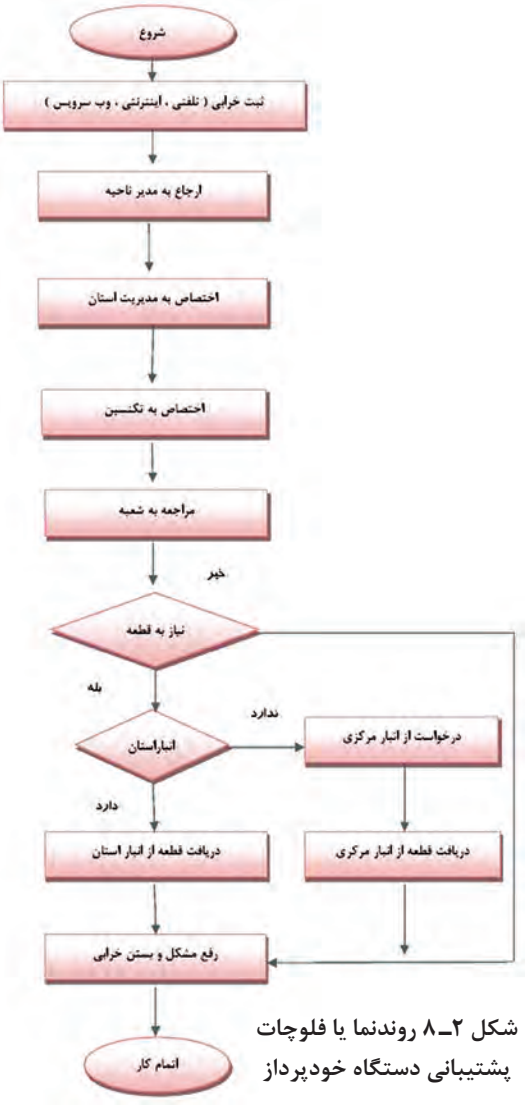
لوازم‌التحریر ـ رایانه ـ نمون برگ‌های مرتبط ـ فضای آموزشی و تجهیزات مرتبط با آن
مشخصات فنی تجهیزات و تعداد آن در سند برنامه درسی آمده است.

۲ـ۸ چارچوب تدوین گزارش کار

ضرورت تدوین گزارش کار

یکی از فرایندهای اجرای هر نوع فعالیتی، تنظیم گزارش کار است. همیشه برای افراد این سؤال مطرح است که اصولاً گزارش کار چه ساختار و ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟ چگونه متناسب با نوع کاری که انجام می‌دهیم گزارش کاری ویژه آن فعالیت را تدوین کنیم؟ از آنجا که در این درس بیشتر به فعالیت‌های کارگاهی، آزمایشگاهی و پروژه‌ای پرداخته‌ایم، باید بتوانیم برای هر موضوع گزارش کار نیز تهیه کنیم. همان‌طور که می‌دانید در کتاب درسی ساخت پروژه (بردهای الکترونیکی دستگاه) تعدادی پروژه کاربردی به‌اجرا درمی‌آید. همچنین برای اجرای مفاهیم مرتبط با پروژه ضرورت دارد تعدادی فعالیت آزمایشگاهی، کارگاهی و نرم‌افزاری نیز اجرا شود. ازاین‌رو چارچوب ما در این واحد یادگیری، آموزش چگونگی تدوین گزارش کار مطلوب و نزدیک به استاندارد در زمینه‌های مرتبط با موضوع درسی است. از سوی دیگر شما در فرایند اجرای کار، تاکنون گزارش‌هایی را به‌صورت فعالیت مستقل یا درهم تنیده برای برخی از فعالیت‌های مرتبط با پروژه‌ها تهیه کرده‌اید. یادآوری می‌شود که مبحث تنظیم گزارش کار یکی از مباحث مرتبط با شایستگی‌های غیرفنی است که در زندگی روزمره به آن نیاز دارید. مثلاً اگر بخواهید درخواستی برای شروع به‌کار در یک مرکز دولتی یا خصوصی بدهید، از شما رزومه یا مجموعه سوابق آموزشی و کاری را که داشته‌اید می‌خواهند. در این شرایط شما باید بتوانید آن را در قالب یک گزارش تدوین و ارائه دهید شکل ۱-۸.

شکل ۱ـ۸



شکل ۲ـ۸ روندنما یا فلوچات پشتیبانی دستگاه خودپرداز

ویژگی‌های پروژه، کار عملی و آزمایش

برای درک چگونگی تنظیم یک گزارش کار لازم است

ابتدا شرح وظایف را داشته باشیم. به‌عبارت دیگر روندنما یا فرایند اجرای کار باید از پیش تعریف شود تا بر مبنای آن بتوانیم گزارش کار مربوطه را تدوین کنیم، شکل ۲ـ۸.

☑ **تعریف پروژه و فرایند اجرای آن:** همان‌طور که اشاره کردیم، این واحد یادگیری تأکید بر گزارش کار پروژه دارد. ازاین‌رو چارچوب و ملاک را بر تدوین گزارش کار پروژه قرار می‌دهیم. پروژه دارای ویژگی‌هایی است که بر اساس نیاز و ضرورت تعریف می‌شود. تمام پروژه‌ها دارای چارچوب کلی مشترک هستند. در جدول ۱ـ۸ چارچوب و ساختار کلی پروژه آمده است.

بارش فکری: از طریق بارش فکری با توجه به شکل ۲ـ۸ برای فرایند اجرای یکی از پروژه‌ها، فلوچارت تهیه کنید.

جدول ۱ـ۸ چارچوب و ساختار پروژه

ردیف	عنوان	مثال
۱	نام پروژه	ساخت برد الکترونیک صنعتی
۲	تاریخ اجرای پروژه	از ۹۶/۰۷/۰۱ الی ۹۶/۰۸/۰۱
۳	هدف کلی پروژه	تأمین نیازهای صنعتی کارخانه، کارگاه یا محیط آموزشی
۴	هدف جزئی پروژه	ساخت برد کنترل با استفاده از رله جامد برای دستگاه ×××××××
۵	نقشه فنی پروژه	نقشه فنی مدار کنترل با استفاده از رله جامد به‌صورت استاندارد
۶	نقشه مدار چاپی	نقشه مدار چاپی شامل نقشه رو، پشت و مدار چاپی طبق استاندارد تعریف شده
۷	دریافت تأییدیه برای اجرای پروژه	نسخه تأیید شده و به امضا رسیده توسط مسئول مربوطه
۸	تشریح عملکرد مدار پروژه	نسخه تایپ شدهٔ تشریح عملکرد پروژه به‌صورت کلی و خلاصه شده
۹	فهرست قطعات مورد نیاز	فهرست قطعات مورد نیاز با مشخصات فنی دقیق و قطعات معادل برای اجزایی که امکان چند انتخاب وجود دارد
۱۰	برآورد هزینه پروژه و انطباق با بازار	فهرست کاملی از قیمت تک‌تک قطعات و مواد مورد نیاز و جمع کلی هزینه پروژه
۱۱	طرح مدار چاپی	فایل الکترونیکی مدار چاپی که قابل ارائه برای چاپ به بازار باشد
۱۲	مشخصات عوامل اجرایی پروژه	نام، نام خانوادگی، سمت و موارد مشابه دیگر از عوامل اجرای پروژه و عوامل سفارش دهنده
۱۳	قرارداد اجرای پروژه	قرارداد بر مبنای مقررات قانونی، معمولاً در سه نسخه تنظیم می‌شود

کار عملی ۱

جدولی مشابه جدول ۱ـ۸ در قالب Word برای یکی از پروژه‌هایی که تا کنون اجرا کرده‌اید تدوین کنید و با ذکر جزئیات و ضمائم (شامل مواردی مانند فهرست قطعات و برآورد هزینه) تهیه کنید و برای ارزیابی به معلم خود ارائه دهید.

☑ **مثال:** تعریف کار عملی و آزمایشگاهی و فرایند اجرای آن: در طی آموزش مباحث مختلف این کتاب، تعدادی فعالیت‌های آزمایشگاهی و عملی را در قالب فعالیت‌های کوچک انجام داده‌اید. ساختار، چارچوب و ویژگی‌های فعالیت آزمایشگاهی و کار عملی در قالب یک مثال در جدول ۲ـ۸ آمده است.

جدول ۲ـ۸ ساختار، چارچوب و ویژگی‌های فعالیت آزمایشگاهی

ردیف	عنوان	مثال
۱	شماره و نام آزمایش یا کار عملی	آزمایش شماره ۱ـ نوسان‌ساز PUT
۲	هدف کلی آزمایش	اجرای مدار نوسان‌ساز PUT با نرم‌افزار و سخت‌افزار
۳	پاسخ سؤالات مربوط به مراحل اجرای آزمایش	سؤالات نظری و مبتنی بر عملی در این قسمت باید پاسخ داده شود.
۴	نمودارها و شکل موج‌ها	محلی برای ترسیم نمودارها و شکل موج‌ها با توجه به نیاز با مقیاس مناسب و با درنظر گرفتن T/D و V/D برای محورهای مختصات در نظر گرفته شود.
۵	نتایج حاصل از آزمایش	محلی برای درج خلاصه جمع‌بندی اجرای آزمایش عملی مشخص شود.

کار عملی ۲

دو نمونه از آزمایش یا کار عملی را که تاکنون انجام داده‌اید انتخاب کنید و برای آنها جدولی مشابه جدول ۲ـ۸ در قالب Word تنظیم نمایید.

ویژگی‌های گزارش کار

گزارش کار باید در راستای تعریف موضوع و فرایند اجرایی آن تنظیم شود. یک گزارش کار نباید حاوی مطالب اضافی غیر مفید باشد. از سوی دیگر از نظر محتوا باید جامع و کامل باشد و تمام فرایند اجرایی را پوشش دهد.

مثال: جدول ۳ـ۸ ویژگی‌های گزارش کار پروژه را در قالب یک مثال نشان می‌دهد.

جدول ۳ـ۸ ویژگی‌های گزارش کار پروژه

ردیف	عنوان	مثال
۱	مشخصات پروژه	شامل نام پروژه، تاریخ اجرای پروژه و هدف کلی پروژه است که براساس فرایند اجرای پروژه تنظیم می‌شود.
۲	ترسیم نقشه	نقشه باید به‌طور کامل با استفاده از نرم‌افزار ترسیم و به‌صورت فایل و پرینت ارائه شود.
۳	تصاویر و فیلم از مراحل اجرای پروژه	در فرایند اجرای پروژه لازم است تصاویر و فیلم‌هایی از مراحل کار، طراحی مدار چاپی، نصب قطعات و مونتاژ آنها و راه‌اندازی مدار تهیه و به‌صورت پرینت و فایل ارائه گردد.
۴	شرح چگونگی عملکرد مدار	چگونگی عملکرد مدار به‌طور خلاصه تشریح شود. در قالب پرینت و فایل Word ارائه گردد.
۵	پاورپوینت جهت ارائه و دفاع از پروژه	یک پاورپوینت با حداکثر ۱۵ اسلاید برای ارائه پروژه تنظیم شود. در این PP تمام مراحل اجرای پروژه به‌طور خلاصه می‌آید.
۶	تهیه بروشور	یک بروشور شامل چگونگی استفاده از محصول پروژه برای کاربر می‌باشد. این بروشور به‌صورت طرح پالتویی(سه لایه در طول) و در یک صفحه A_4 دو رو تنظیم شود. بروشور حتماً باید مصور و رنگی باشد و در قالب فایل کامپیوتری ارائه شود.
۷	پاسخ به سؤالات و پرسش‌ها	در گزارش کار پروژه باید به تمام سؤالات مرتبط با پروژه پاسخ داده شود.
۸	جمع‌بندی نتایج پروژه	بیان فرایند اجرای پروژه به‌طور خلاصه و مشکلات و نتایج حاصل شده.

کار عملی ۳

برای یکی از پروژه‌های انجام شده گزارش کامل و جامع را در قالب فایل ورد، پاورپوینت تهیه کنید و جهت ارزیابی به مربی خود ارائه دهید.

کار عملی ۴

طبق جدول ۳ـ۸ برای ویژگی‌های گزارش کار آزمایشگاهی جدولی تهیه کنید و جهت ارزیابی به مربی خود ارائه دهید.

کار عملی ۵

بر اساس یکی از آزمایش‌های انجام شده از یکی از پروژه‌ها و نتایج حاصل از کار عملی ۴، گزارش کار برای فعالیت آزمایشگاهی تدوین کنید و جهت ارزیابی به مربی خود ارائه دهید، شکل ۳ـ۸.

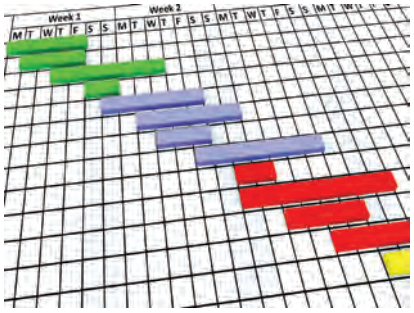
۳ـ۸ تکمیل جداول و نمودارها

در تمام فرایندهای اجرایی فعالیت‌های آزمایشگاهی، کار عملی و پروژه باید جداول و نمودارها به‌طور دقیق تکمیل و راستی‌آزمایی شود. به‌عبارت دیگر پس از تکمیل جداول لازم است یک بار دیگر جداول مربوط را بازبینی و اصلاح نمایید و نهایتاً آن‌را به تأیید مربی یا مسئول مربوطه برسانید. فرایند تکمیل نمودارها و جداول در فصل‌های ۱ تا ۵ آمده است، شکل ۳ـ۸.

شکل ۳ـ۸

۸ـ۴ تدوین فرایند پیشرفت کار، بررسی مشکلات و جمع‌بندی

در طی اجرای پروژه لازم است فرایند اجرای کار و پیشرفت آن تنظیم شود. برای اجرای هر پروژه لازم است CPM (Critical Project Management) داشته باشید. CPM به‌معنی مدیریت پروژه در بحرانی‌ترین و دقیق‌ترین شرایط است. CPM یک برنامه از پیش تعیین شده است که بر اساس آن فرایند اجرای کار پیش‌بینی می‌شود. CPM دارای بازه زمانی روزانه، هفتگی، ماهانه یا سالانه یا ترکیبی از آنها بوده و موارد مرتبط با انجام کار دقیقاً در CPM قید می‌شود، شکل ۴ـ۸.



شکل ۴ـ۸

فعالیت

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، در ارتباط با CPM اطلاعات جامع‌تری را به‌دست آورید و چگونگی تنظیم CPM را در قالب یک گزارش به کارگاه ارائه دهید.

کار عملی ۶

برای یکی از پروژه‌ها با توجه به بازه زمانی که توسط مربی در اختیار شما قرار می‌گیرد، یک CPM در قالب فایل کامپیوتری تهیه کنید و جهت ارزیابی به مربی خود ارائه دهید.

پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، جست‌وجو کنید که آیا برای تدوین CPM، نرم‌افزاری وجود دارد که به وسیله آن بتوان فرایند اجرای پروژه را پیگیری کرد.

☑ در تدوین فرایند پیشرفت کار لازم است مشکلات به‌وجود آمده مانند راه‌اندازی نشدن مدار، پیدا نکردن قطعه و مشکلات غیر مترقبه که باعث تأخیر در اجرای کار شده است، با عنوان «نتیجه‌گیری و جمع‌بندی» به‌طور خلاصه ذکر شود.

فعالیت

برای هر یک از پروژه‌هایی که انجام داده‌اید، یک نتیجه‌گیری و جمع‌بندی بنویسید و آن‌را برای ارزیابی به مربی کارگاه ارائه دهید.

۵ــ۸ ثبت اطلاعات به‌صورت کتبی و رایانه‌ای

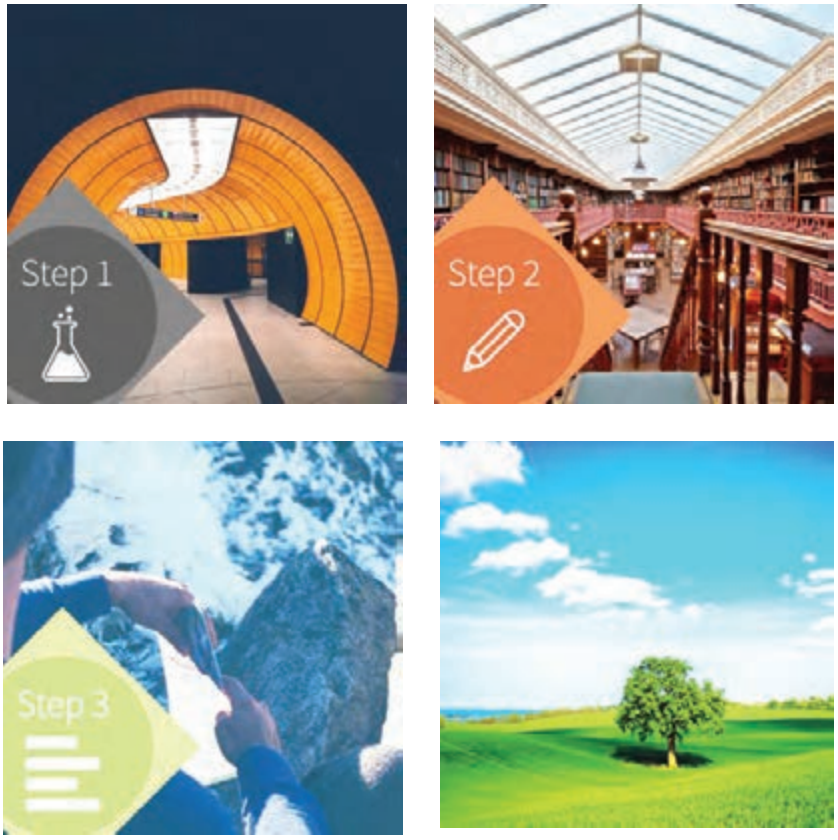
یکی از موارد بسیار مهم در تدوین گزارش کار برای هر فعالیتی، مستندسازی آن است. مستندات باید کامل و قابل دسترسی باشد همچنین باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که امکان ویرایش و تدوین نسخه‌های بعدی در آن مهیا شود. مستندسازی به‌صورت نسخه چاپی یا نسخه دستی تهیه می‌شود. امروزه به‌دلیل صرفه‌جویی در کاغذ و حفاظت از محیط زیست، نسخه الکترونیکی آن ترجیح داده می‌شود.

چهارگام اساسی برای مستندسازی

☑ **گام اول:** حتماً خودتان در ارتباط با محصول یا خدماتی که ارائه می‌کنید آموزش ببینید و از جزئیات آن مطلع شوید.

☑ **گام دوم:** تصمیم بگیریم چه محتوایی را می‌خواهیم در مستندات بگنجانیم. برای این‌منظور برای دریافت اطلاعات باید از کاربران و حامیان پرسش کنیم و درمورد رقبای خود تحقیق کنیم.

☑ **گام سوم:** الگوی مناسب و قابل‌قبولی را انتخاب کنیم، این موضوع باعث می‌شود که استفاده‌کننده‌ها احساس خوبی درارتباط با مستندات داشته باشند.



شکل ۵ــ۸

الگوی انتخابی باید موارد زیر را حتماً داشته باشد:

۱ـ فهرست

۲ـ راهنمای کاربرد به‌صورت گام‌به‌گام

۳ـ استفاده از جملات کوتاه و آسان

۴ـ صفحه‌آرایی خوب و مناسب (درنظر گرفتن فضای سفید)

۵ـ موضوع‌ها در چند بخش و فصل توزیع شود.

☑ **گام چهارم:** مستندسازی به‌گونه‌ای تنظیم شود که کاربرپسند باشد. یکی از مواردی که مستندات را کاربرپسند می‌کند این است که در یک نگاه کلی از محتوای کل مستندات اطلاع حاصل کند.

فکر کنید

به شکل ۵ـ۸ نگاه کنید و ارتباط آن را با گام‌های تشریح شده بیابید و نتیجه را در کارگاه به بحث بگذارید.

مستندسازی برای چه کسانی مفید است و کاربرد دارد

۱ـ کاربران ـ با مراجعه به مستندات آسان‌تر می‌توانند از محصول استفاده کنند و قابلیت اعتماد آنها بالا می‌رود.

۲ـ تیم‌های حمایت‌کننده، تعمیرکنندگان، نصابان و سرویس‌دهندگان با استفاده از مستندات می‌توانند سرویس بهتر و آسان‌تری را ارائه کنند.

۳ـ تولید کنندگان ـ وجود مستندات مانع ایجاد کارها و پرسش‌های اضافی از طرف کاربران و حمایت‌کنندگان می‌شود.

شکل ۶ـ۸

نکته

لازم است برای هر نوع فعالیتی مستندسازی انجام شود. در این فرایند، اندیشیدن به همه جوانب ضرورت دارد، شکل ۶ـ۸.

کار عملی ۷

گزارش کارهایی را که در کارهای عملی قبلی تهیه کرده‌اید به‌صورت فایل رایانه‌ای مستندسازی کنید و جهت ارزیابی به مربی خود ارائه دهید.

۶ـ۸ ارزشیابی نهایی از پروژه

اجرای هر کار عملی یا اجرای پروژه باید توسط مربی کارگاه مورد ارزشیابی قرار گیرد. ارزشیابی پروژه تلفیقی از اجرای فرایند و محصول نهایی است. ملاک‌های نمره‌دهی متفاوت است. یک نمونه، نمون‌برگ ارزشیابی را در جدول ۴ـ۸ مشاهده می‌کنید.

جدول ۴ـ۸ نمون‌برگ ارزشیابی پروژه

ردیف	عنوان	نمرهٔ پیشنهادی	نمرهٔ کسب شده	تاریخ بررسی و امضای مربی
۱	رعایت نظم و مقررات در آزمایشگاه	۱		
۲	مدار پروژه و توضیحات تئوری آن	۲		
۳	طراحی فیبر مدار چاپی	۲		
۴	چیدمان قطعات روی فیبر	۱		
۵	لحیم‌کاری	۲		
۶	راه‌اندازی پروژه	۳		
۷	رعایت نکات ایمنی	۱		
۸	نظافت و تمیزکاری	۱		
۹	انتخاب جعبه مناسب	۱		
۱۰	انطباق پروژهٔ مورد نظر با نیازهای روز	۱		
۱۱	استحکام قطعات مونتاژ شده	۱		
۱۲	اجرای پروژه به‌صورت نرم‌افزاری	۱		
۱۳	رعایت اصول اقتصادی و ارزان بودن مدار	۱		
۱۴	مشارکت در کار گروهی	۱		
۱۵	اجرای صحیح مراحل کار مدار	۱		
۱۶	نمره نهایی ارزشیابی پروژه شماره ...	۲۰		

فعالیت

نمون برگ جدول ۴ـ۸ را با اعضای گروه خود بررسی کنید و چگونگی تکمیل کردن آن را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

آزمون نظری پایانی واحد یادگیری(۸)

۱ـ ضرورت تدوین گزارش کار را در دو سطر به‌طور خلاصه بنویسید.
۲ـ چهار عنوان از مواردی را که در چارچوب کلی اجرای پروژه باید به آن توجه کرد بنویسید.
۳ـ یک گزارش کار می‌تواند حاوی برخی مطالب اضافی باشد. درست ☐ نادرست ☐
۴ـ CPM اول کلمات انگلیسی ..... و به مفهوم ..... است.
۵ـ در تدوین گزارش کار و مستندسازی آن، مستندات باید غیرقابل دسترسی باشد. درست ☐ نادرست ☐
۶ـ در تهیه گزارش کار به‌دلیل ..... و ..... نسخه الکترونیکی آن ترجیح داده می‌شود.

آزمون کار عملی پایانی واحد یادگیری(۸)

۱ـ CPM فرایند اجرای یکی از پروژه‌های خود را تدوین کنید.
۲ـ براساس یکی از پروژه‌هایی که انجام داده‌اید، جدولی تنظیم کنید که در آن حداقل ۸ مورد از چارچوب و ساختار یک پروژه را داشته باشد و برای هر ردیف یک مثال منطقی را بنویسید.

ارزشیابی شایستگی تنظیم گزارش کار و مستندسازی

شرح کار:

۱ـ تدوین چارچوب گزارش کار فعالیت‌های عملی ۲ـ تکمیل جداول و ترسیم نمودارها
۳ـ تنظیم فرایند پیشرفت کار، بررسی مشکلات و جمع‌بندی ۴ـ ثبت اطلاعات به‌صورت کتبی یا رایانه‌ای

استاندارد عملکرد

شاخص‌ها:۱ـ تدوین چارچوب گزارش کار فعالیت‌های عملی (۵ دقیقه) ۲ـ تکمیل جداول و ترسیم نمودارها (۱۰ دقیقه)
۳ـ تنظیم فرایند پیشرفت کار، بررسی مشکلات و جمع‌بندی (۱۰ دقیقه) ۴ـ ثبت اطلاعات به‌صورت کتبی یا رایانه‌ای (۱۵ دقیقه)

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶ مترمربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی (۲۷°c ـ ۱۸°c) و مجهز به وسایل اطفای حریق ـ میزکار استاندارد با ابعاد L۱۸۰*D۸۰* H۸۰cm ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس کار ـ انجام کار در حال نشسته یا ایستاده ـ رایانه ـ اینترنت ـ لوازم‌التحریر ـ نقشه فنی پروژه‌ها

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تدوین چارچوب گزارش کار فعالیت‌های عملی	۱	
۲	تکمیل جداول و ترسیم نمودارها	۲	
۳	تنظیم فرایند پیشرفت کار، بررسی مشکلات و جمع‌بندی	۲	
۴	ثبت اطلاعات به‌صورت کتبی یا رایانه‌ای	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ دقت و مسئولیت‌پذیری ۲ ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۳ـ کار گروهی ۴ـ رعایت نکات ایمنی و زیست‌محیطی ۵ـ کاربرد فناوری ۶ـ رعایت ارگونومی	۲	
	میانگین نمرات * حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.		*

فهرست منابع و مآخذ

۱ـ برنامه درسی ساخت پروژه (برد الکترونیک دستگاه) پایه یازدهم رشته الکترونیک شورای برنامه‌ریزی رشته الکترونیک.

۲ـ استاندارد ارزشیابی درس پروژه ساخت (برد الکترونیک دستگاه) پایه یازدهم رشته الکترونیک ـ شورای برنامه‌ریزی الکترونیک.

۳ـ سنجش فرایند و فراورده‌های یادگیری ـ علی اکبر سیف ـ چاپ ۱۳۸۷ ـ نشر دوران.

۴ـ شیوه‌نامه ارزشیابی دروس شایستگی‌های فنی و غیرفنی شاخه‌های فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش شماره ۴۰۰/۲۱۱/۴۸۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۳۰.

۵ـ سایت‌های اینترنتی مجاز علمی داخلی و خارجی.

۶ـ راهنمای نصب راه‌اندازی و کاربرد نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر (Altium Designer) به زبان اصلی.

۷ـ کتاب الکترونیک عمومی پایهٔ سوم هنرستان، شاخه فنی‌وحرفه‌ای، تألیف یداله رضازاده، غلام‌حسین نصری، فتح اله نظریان و... چاپ ۱۳۹۴ ـ شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۸ـ کتاب مبانی مخابرات و رادیو پایهٔ سوم هنرستان شاخه فنی‌وحرفه‌ای ـ سید محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی و... ـ چاپ ۱۳۹۴ ـ شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران.

۹ـ کتاب‌های پروژه الکترونیک به زبان اصلی موجود در سایت‌های مختلف.

۱۰ـ انواع Datasheetها و راهنماهای کاربرد قطعات و دستگاه‌های الکترونیکی.

11- Fun Project for the experiment or by newton C Braga - prompt publication 2012.

12- Electronic project book by varun Bansal self publisher 2014.

13- Mini Electronic Project with circuit Diagram - Suman bebnalh - self publishing - 2015.

دانلود سوالات آزمون

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان دربارهٔ کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانهٔ راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را برعهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائهٔ نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

کتاب ساخت پروژه (برد الکترونیکی دستگاه) ـ کد ۲۱۱۲۷۵

ردیف	نام و نام‌خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام‌خانوادگی	استان محل خدمت
۱	محمود اطلسی‌مقدم	خراسان جنوبی	۱۲	سید محمد کاظم نجفی	فارس
۲	منیره کاکویی	مازندران	۱۳	اکبر نورمحمدی	زنجان
۳	مرتضی کرمی	شهرستان‌های تهران	۱۴	کاظم صباغیان	یزد
۴	علی‌اکبر دنکوب	گلستان	۱۵	محمد بخشی	شهر تهران
۵	محمدرضا شکوهی‌نیا	خراسان رضوی	۱۶	امیر شایان	آذربایجان غربی
۶	محمد شعوری	آذربایجان شرقی	۱۷	انیس فاریابی	کرمان
۷	محمدمهدی احمدی	همدان	۱۸	محمدعلی نقاش‌نژاد	یزد
۸	ابراهیم عزتی	اردبیل	۱۹	مهدی شهروز	خوزستان
۹	عباس شهبا	کرمان	۲۰	حمید علی‌رضایی	هرمزگان
۱۰	بهنام کرمی	کردستان	۲۱	مصطفی کاوانلویی	خراسان شمالی
۱۱	سید محمد شمسی‌پور	سمنان			

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar.roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران ـ صندوق پستی ۴۸۷۴ ـ ۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی