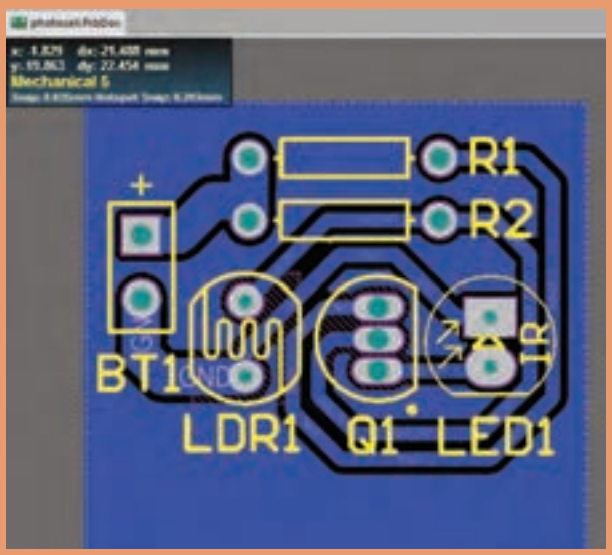
پودمان ۱

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

استاندارد عملکرد

نقشه‌کشی مدارهای الکترونیکی به کمک نرم‌افزار

- 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.

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 رادر 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

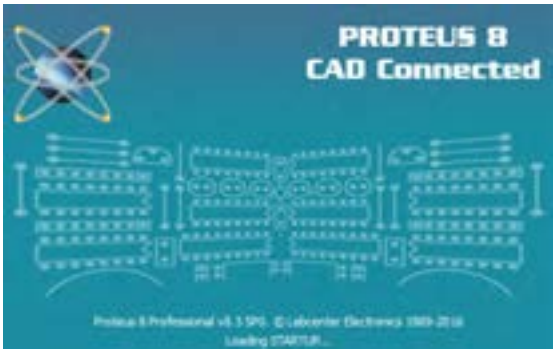
فیلم طراحی و ساخت فیبر مدار چاپی به روش صنعتی در کارخانجات را ببینید و درباره نرم‌افزار مورد استفاده در آن بحث کنید.

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.



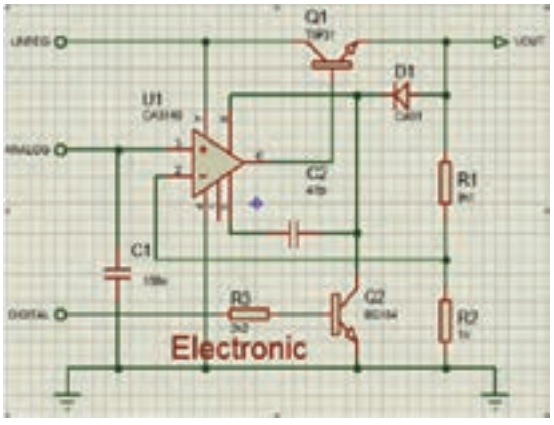
شکل ۱ـ۱ نرم‌افزار پروتئوس

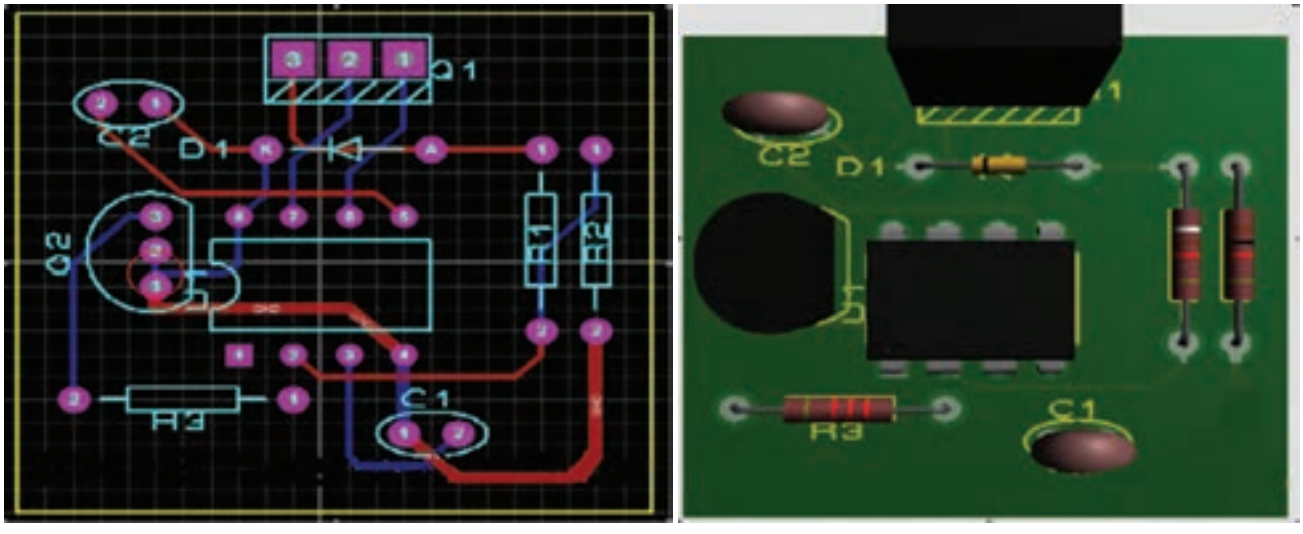
۳ـ۱ـ معرفی نرم‌افزارهای پیشرفته طراحی مدار چاپی

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 free PCB Design Softwares + film، Printed Circuit Board + 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 آنهارا 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

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

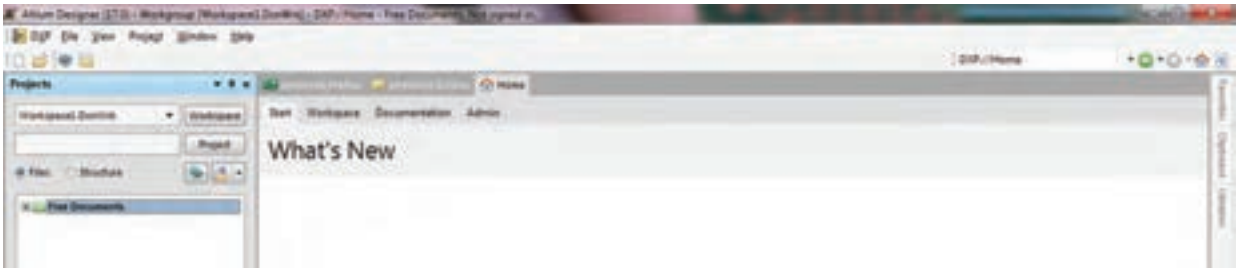
برای آموزش روش نصب نرم‌افزار آلتیوم، فیلم آموزش نصب را در کلاس ببینید، همچنین فیلم را برای چندین‌بار در خارج از ساعات درسی مشاهده کنید و درباره فعال کردن دائمی نرم‌افزار در خارج از کلاس درس با دوستان خود بحث کنید.

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.



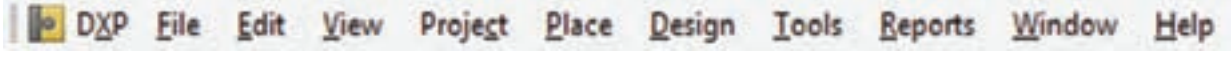
شکل ۴ـ۱ محیط نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر

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.

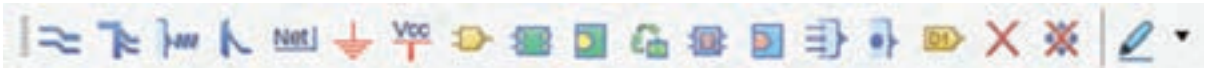


شکل ۶ـ۱ نوار منو

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.

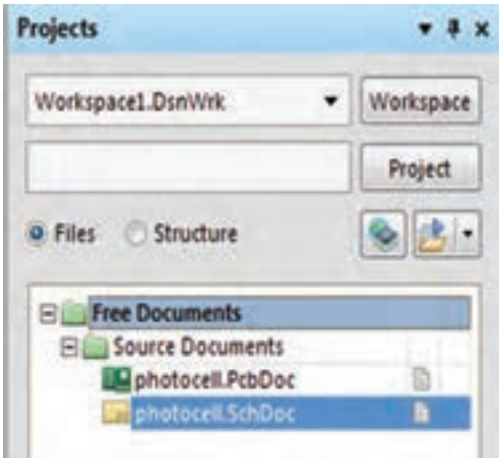


شکل ۸ـ۱ نوار ابزارهای سیم‌کشی

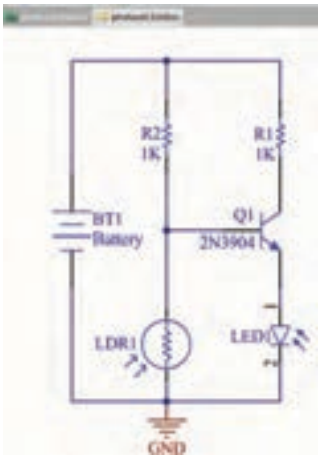
منوی پروژه‌ها: (Projects) در این قسمت تمام پروژه‌های جدید ایجاد شده اعم از پایگاه داده Design Work Space، پروژه شماتیک و پروژه PCB و کتابخانه‌های قطعات مورد استفاده در پروژه قابل مشاهده است، شکل ۹ـ۱.

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 التیوم دیزاینر را نام ببرید.

۲ـ در نوار عنوان در نرم‌افزار التیوم 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

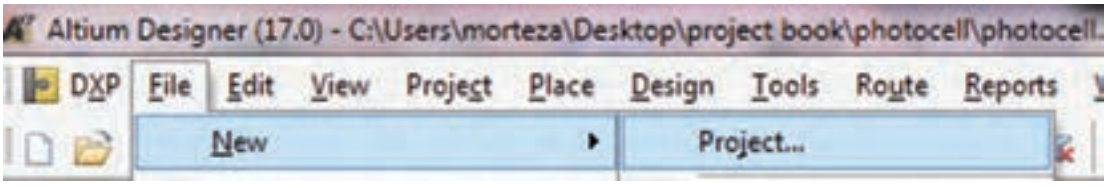
۶ـ۱ـ مراحل طراحی مدار چاپی با نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر

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

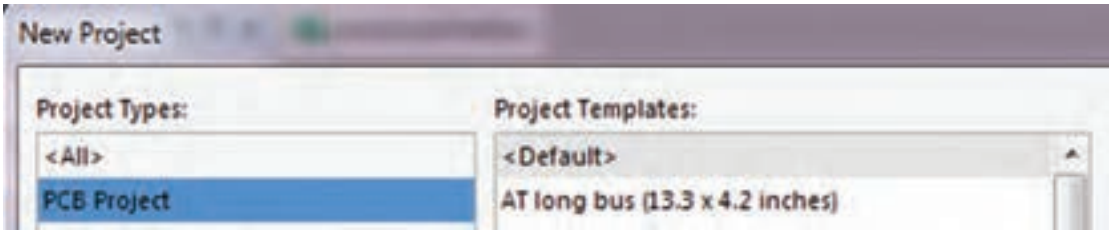
ایجاد پروژه PCB و ذخیره آن با نام دلخواه در رایانه

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



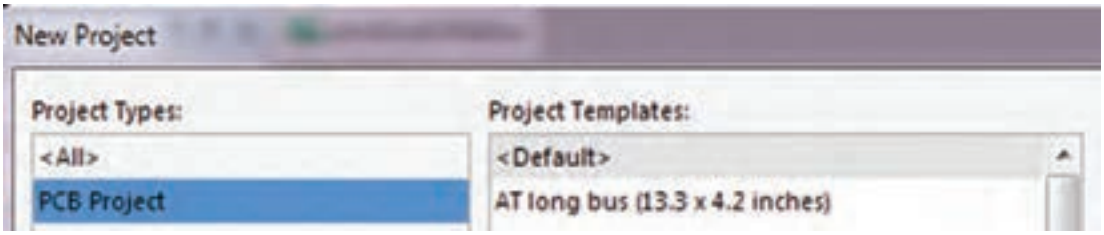
شکل ۱۲ـ۱ مسیر ایجاد پروژه

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.

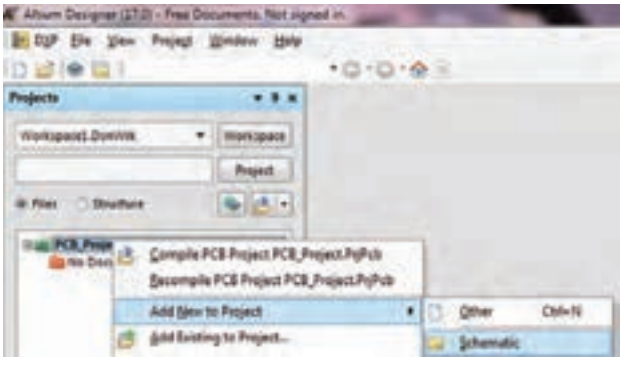


شکل ۱۴ـ۱ ایجاد پروژه جدید

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

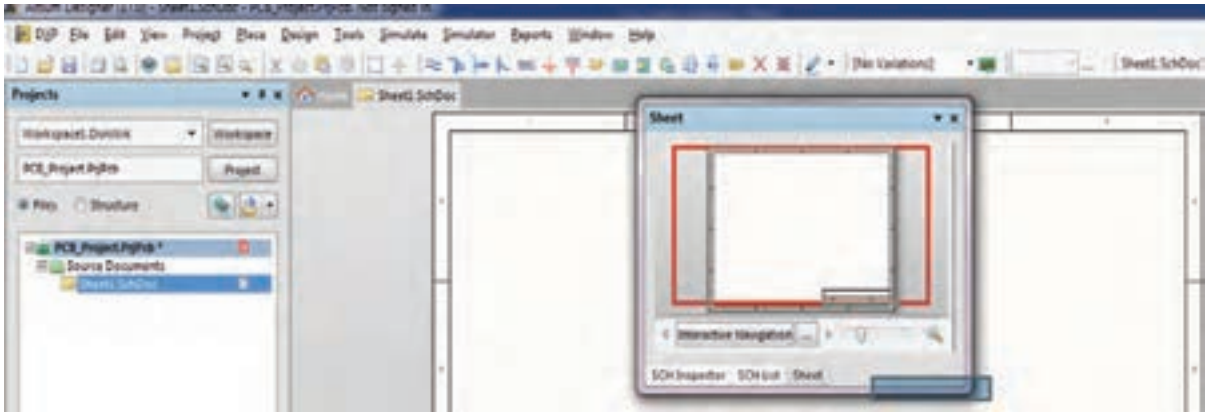
ایجاد سند شماتیک و ترسیم نقشه فنی



شکل ۱۶ـ۱ ایجاد سند شماتیک

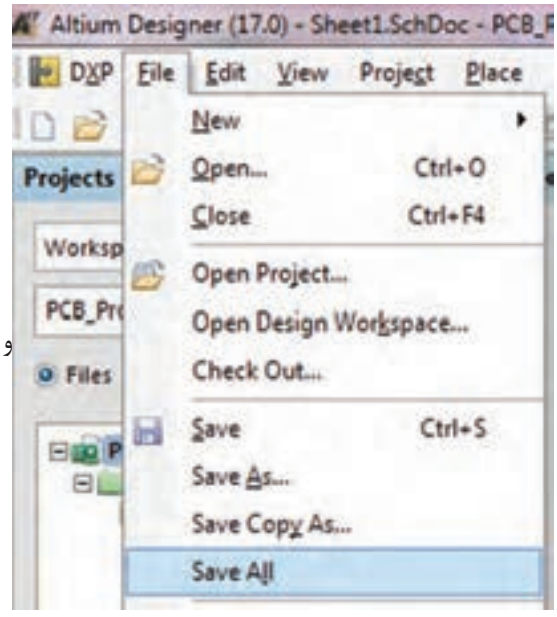
پس از ساخت پروژه جدید باید سند شماتیک مربوط به این پروژه را ایجاد کنیم. برای این منظور در قسمت Projects بر روی PCB Project.PrjPcb - کلیک راست کرده و مسیر ایجاد سند شماتیک را از Add new to project/schematic/ دنبال می‌کنیم تا یک سند جدید ساخته شود. پس از ساخت سند باید آن را با نامی یکسان با پروژه PCB در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

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.

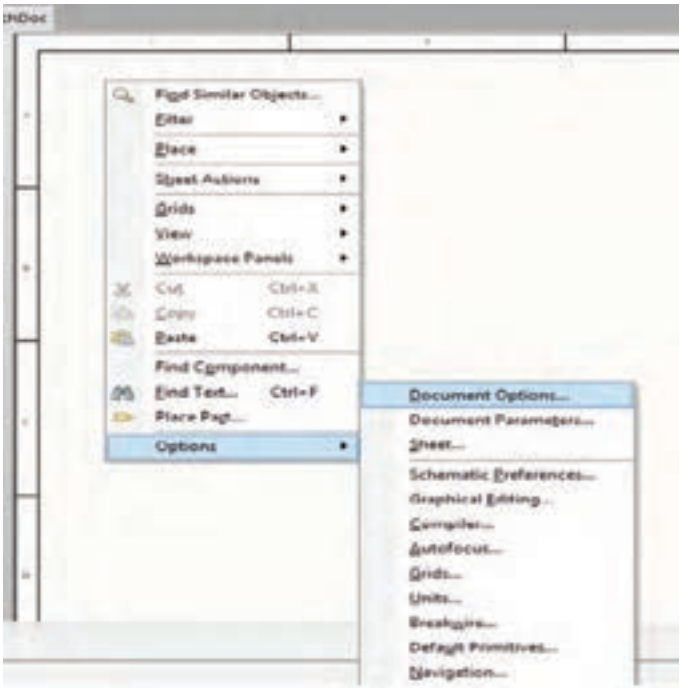


شکل ۱۸ـ۱ تغییر نام

نکته

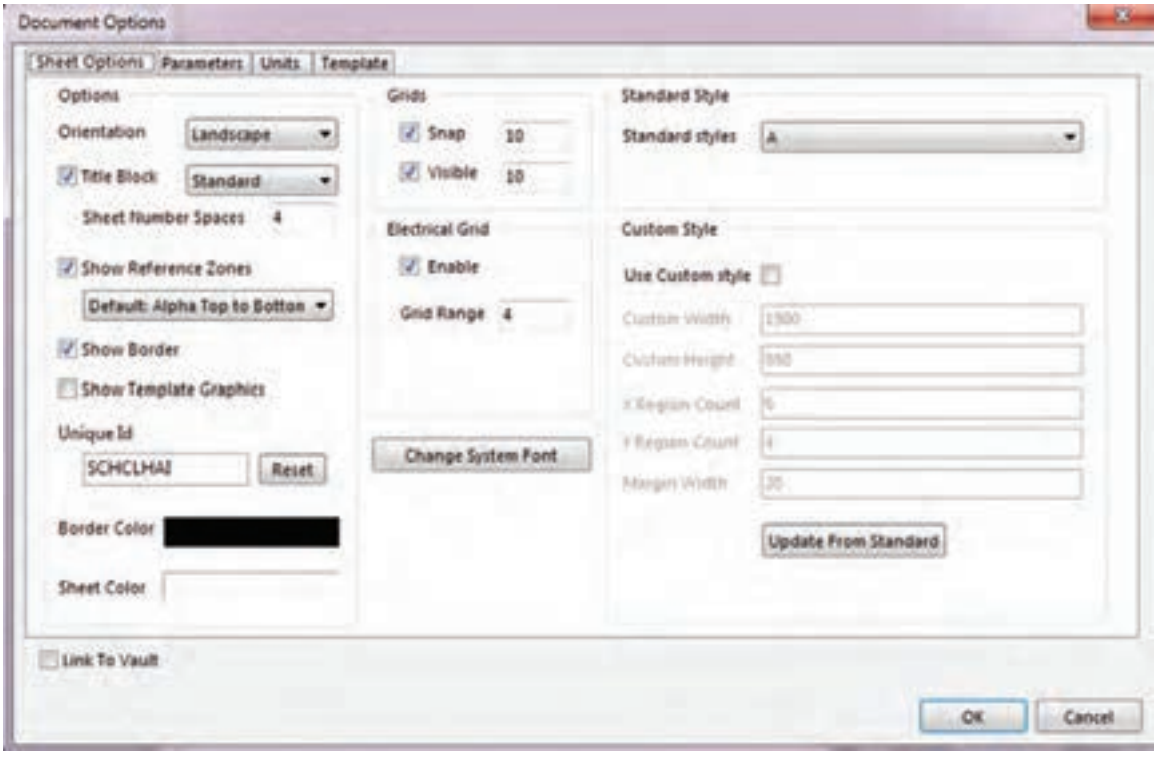
- بهتر است که تمام فایل‌های مربوط به پروژه را در یک پوشه و در مسیری مشترک ذخیره کنیم تا دستیابی به فایل‌ها به سادگی امکان‌پذیر باشد.
- همیشه به یاد داشته باشید که تمام مراحل اجرای کار را ذخیره کنید. در غیر این‌صورت Altium Designer تغییرات ایجاد شده توسط شما را در نظر نخواهد گرفت. ذخیره‌سازی کلی پروژه‌ها 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_4, A_3, A_2, A 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.

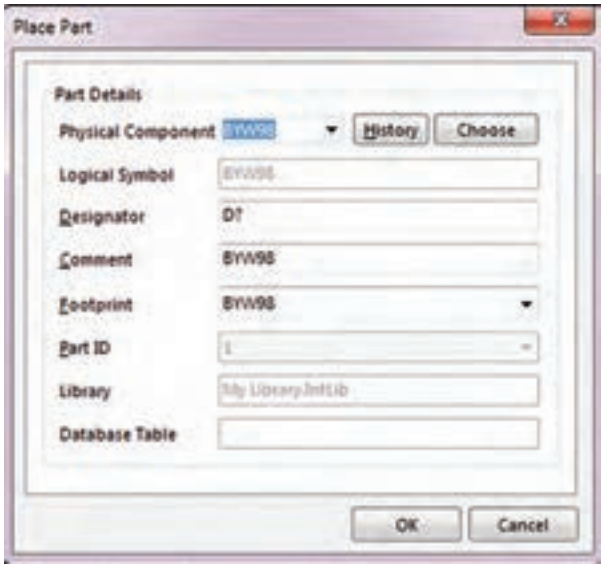
۷ـ۱ـ جاگذاری و وارد کردن قطعات و استفاده از کتابخانه

الف) جاگذاری و وارد کردن قطعات

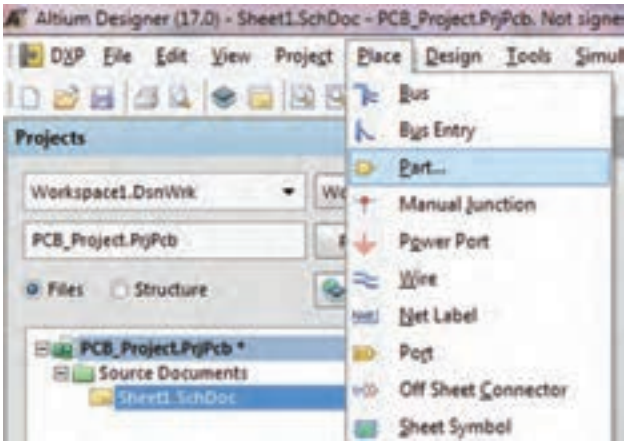
انتخاب و قرار دادن قطعات مورد نیاز، مطابق شکل ۲۲ـ۱، از منوی Place گزینه Part صورت می‌گیرد. با انتخاب گزینه part پنجره Place Part در سمت راست ظاهر خواهد شد، شکل۲۳ـ۱.

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 ۲۳ـ۱ آدرس وارد کردن قطعات



شکل ۲۲ـ۱ آدرس وارد کردن قطعات

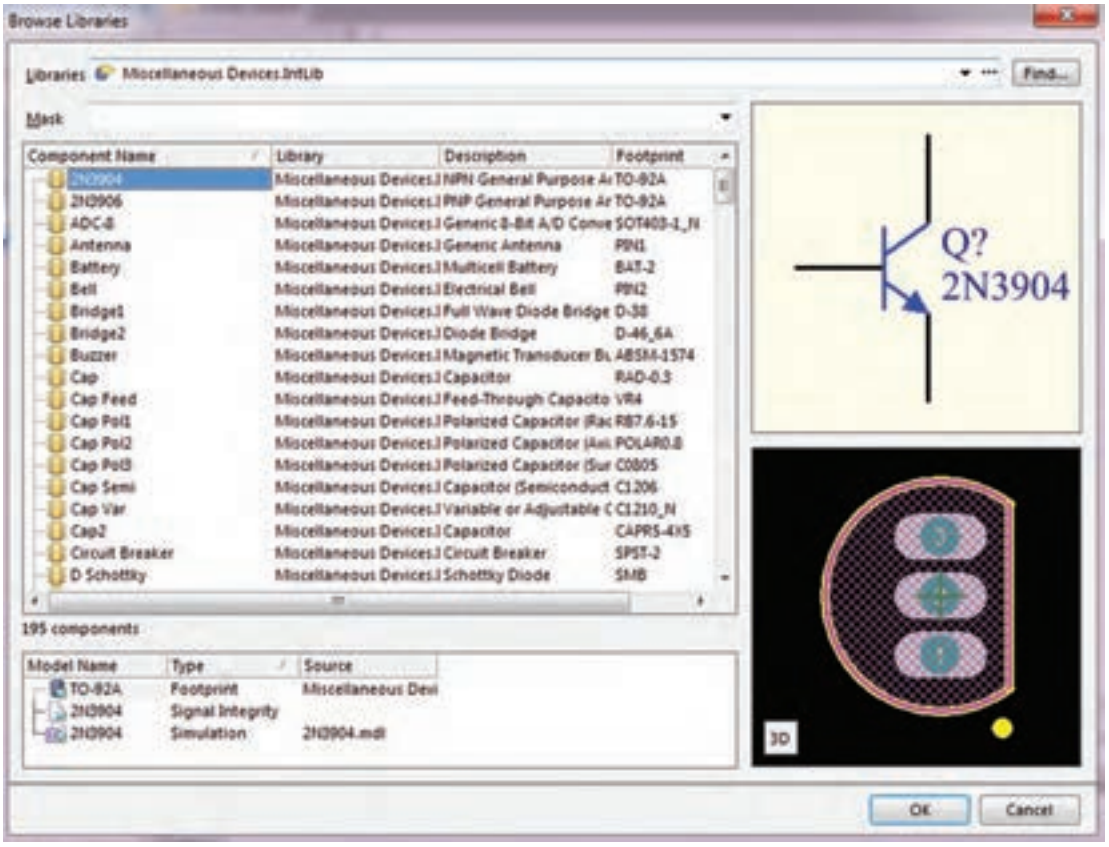
☑ با انتخاب نماد از نوار ابزارهای رسم نقشه فنی هم می‌توانیم به پنجره Place Part وارد شویم. شکل ۲۴ـ۱

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.

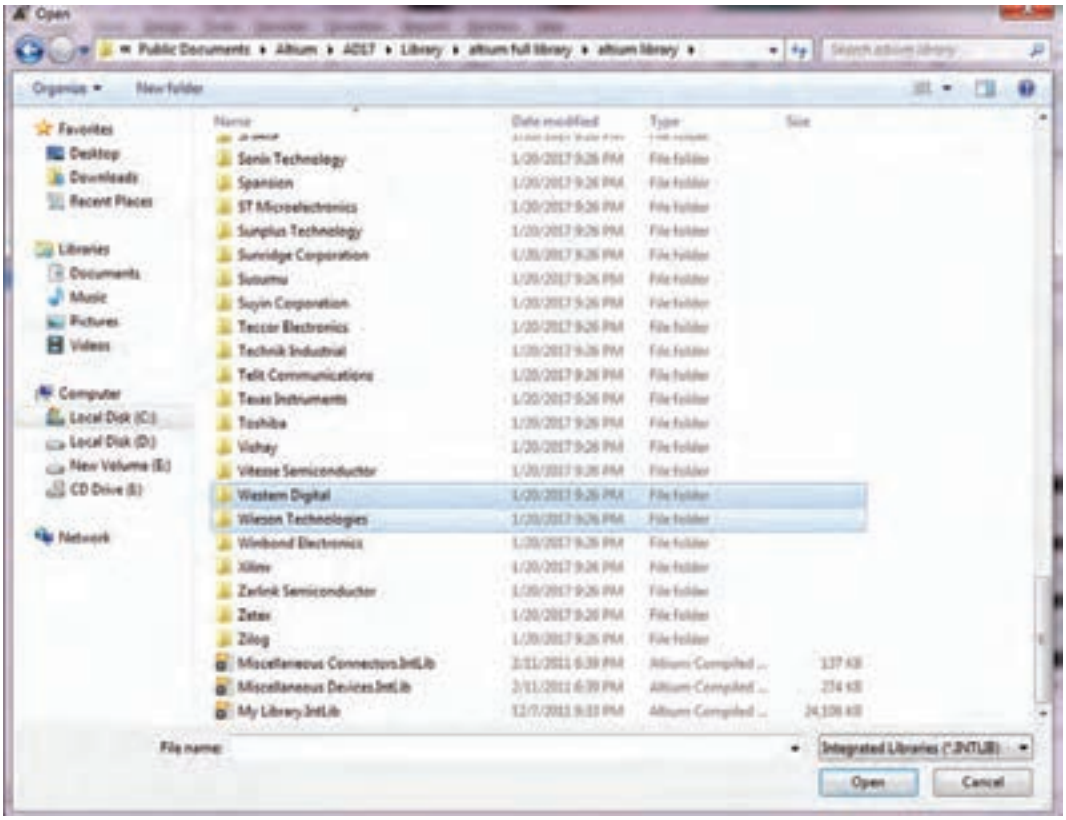
شکل ۲۶ـ۱ مسیر افزودن کتابخانه جدید

☑ 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.

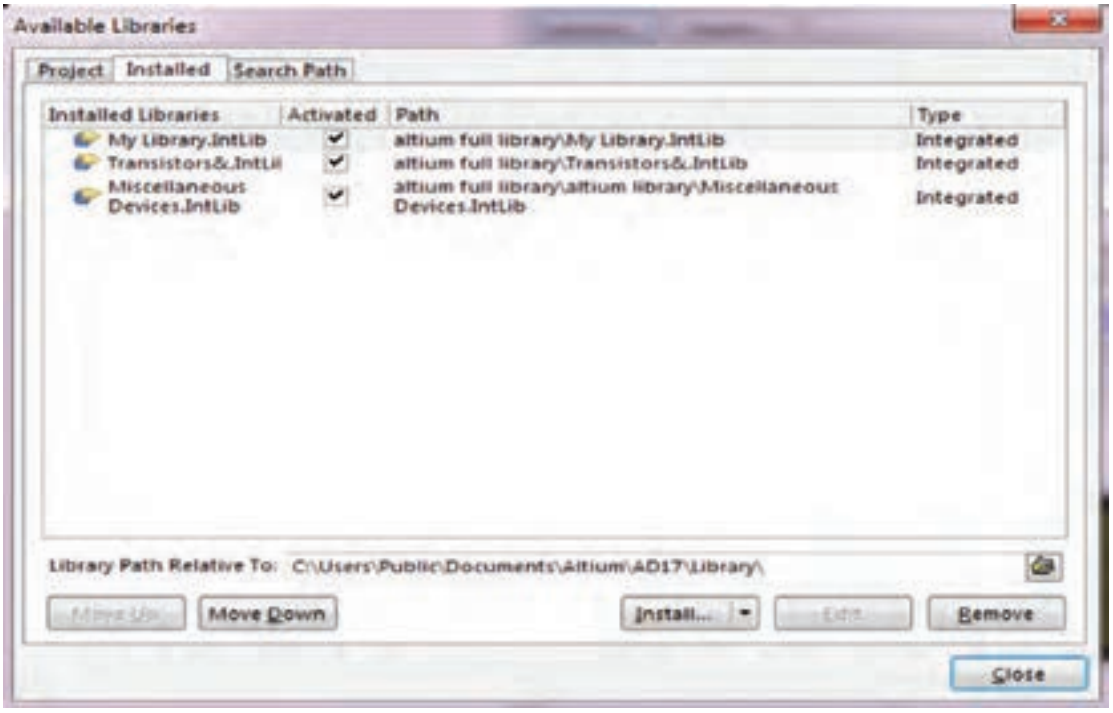
☑ برای مثال ما از فهرست کتابخانه‌ها، کتابخانه Miscellaneous Devises را انتخاب و به فهرست کتابخانه مورد نظر اضافه می‌کنیم. این کتابخانه دارای قطعاتی مانند مقاومت، خازن و ترانزیستور به‌صورت پیش فرض است.



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



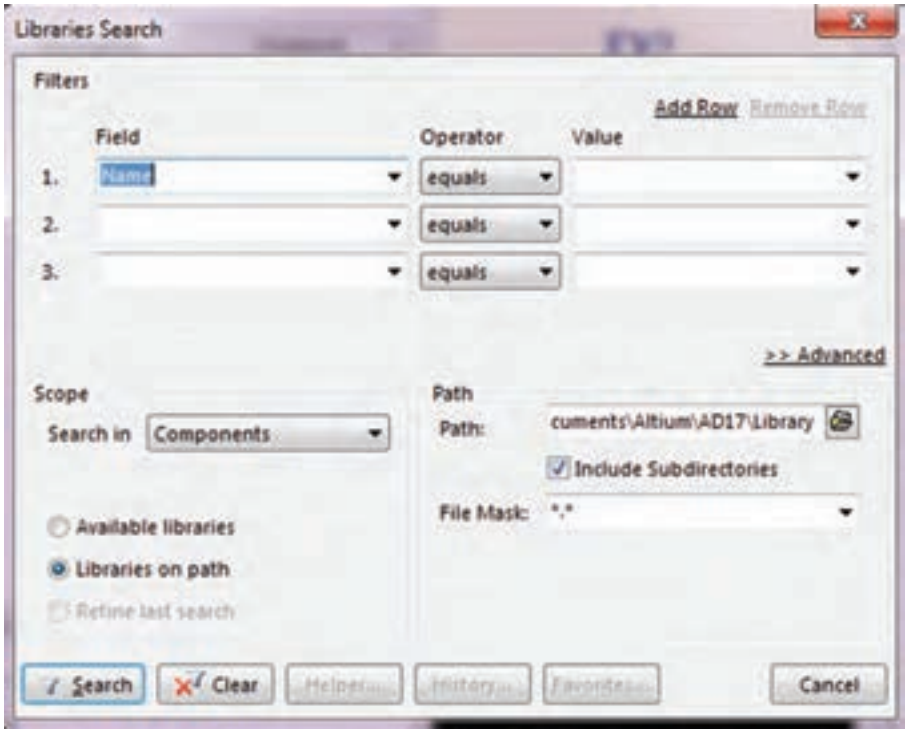
شکل ۲۹ـ۱

☑ 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.

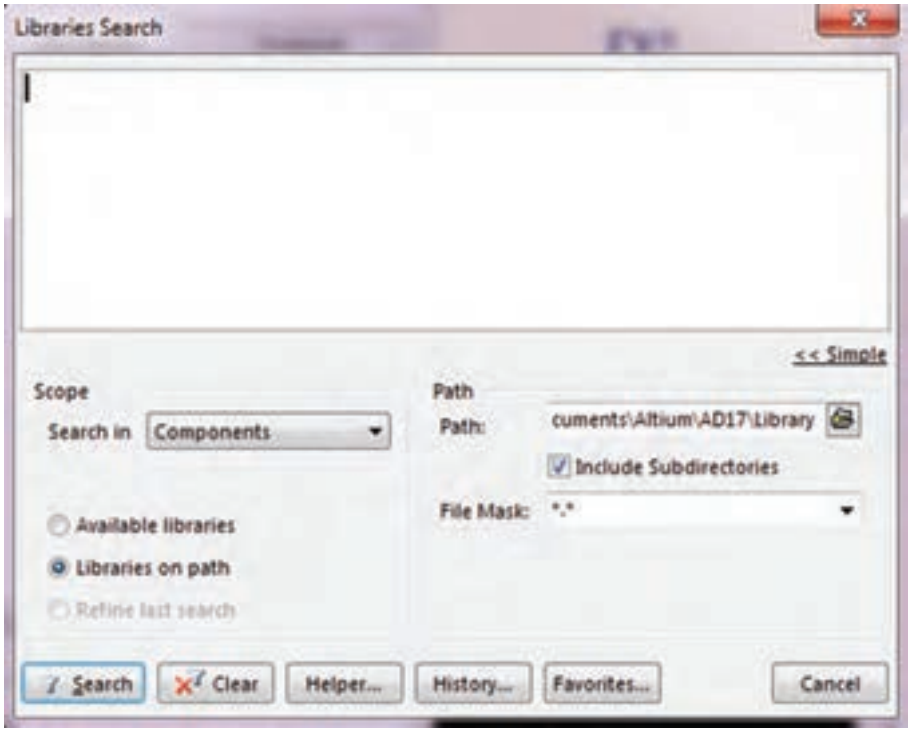
☑ پس از فعال کردن کلید Search، پنجره شکل ۳۱ـ۱ که مربوط به جست‌وجوی قطعات است باز می‌شود. در قسمت سفید رنگ پنجره نام قطعه مثلاً ۲N۲۲۲۲ را وارد می‌کنیم. سپس گزینه Libraries On Path را با روشن کردن دکمه دایره‌ای شکل کنار آن فعال می‌کنیم. با روشن کردن کلید search که در پایین و سمت چپ پنجره قرار دارد، نرم‌افزار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

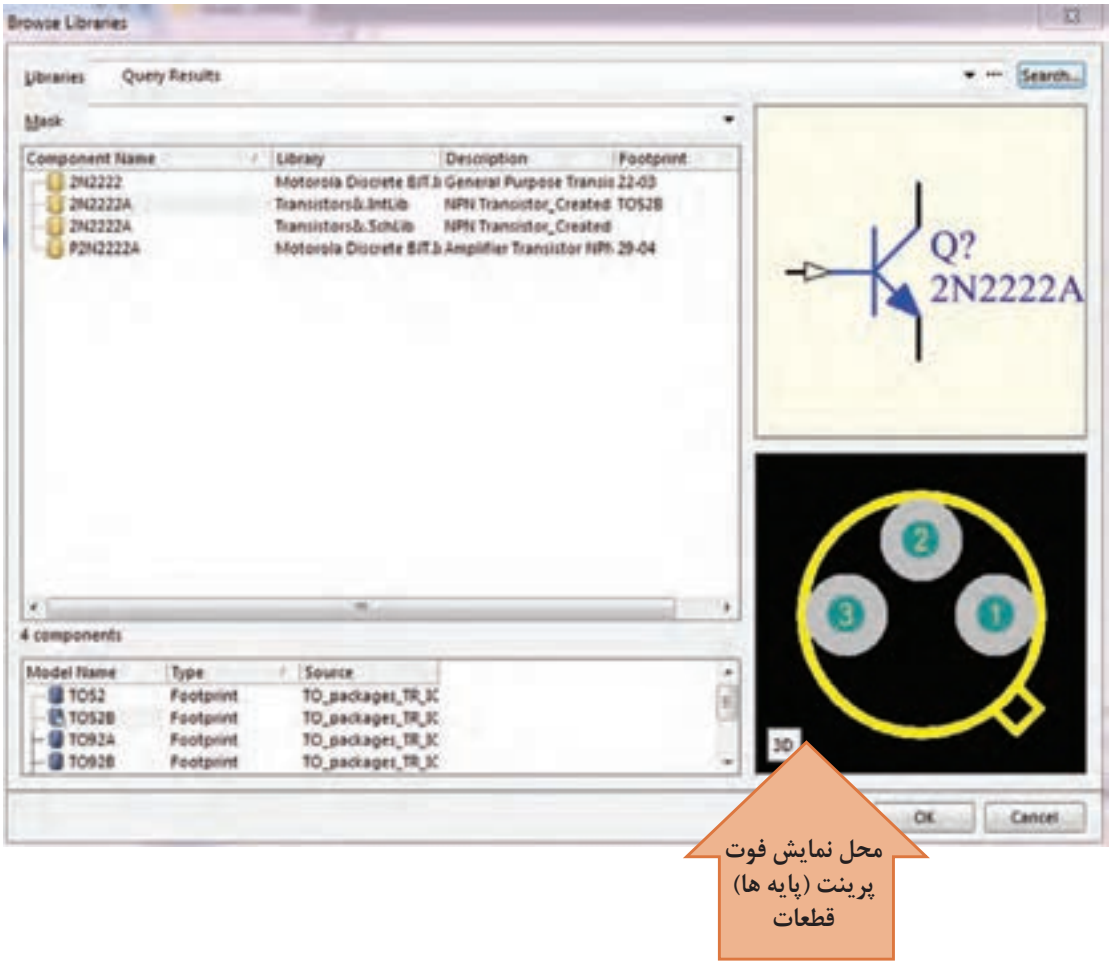


شکل ۳۰ـ۱ پنجره جست‌وجوی قطعات در کتابخانه



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:

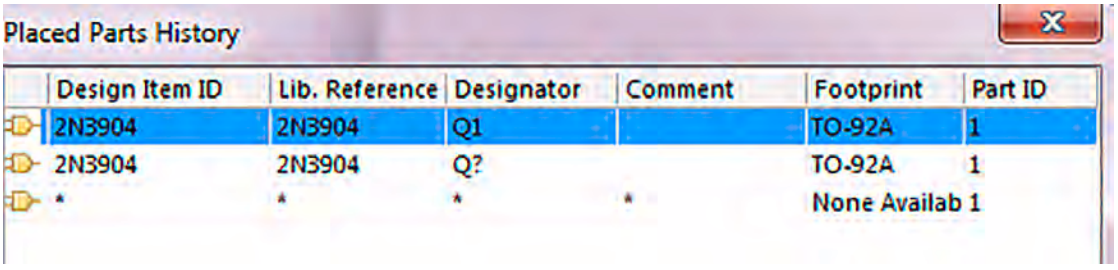
☑ گزینه Library نام کتابخانه‌ای را که قطعه در آن قرار دارد بیان می‌کند.

☑ 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، 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 Q_2, Q_3, Q_n 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؟

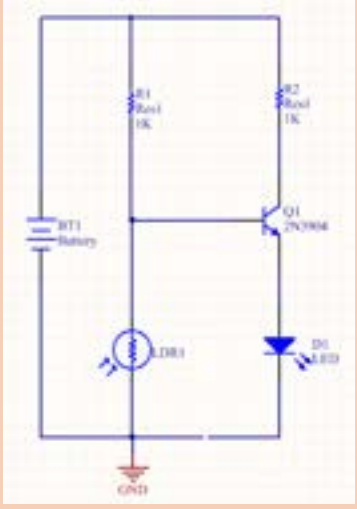
رسم نقشه فنی (شماتیک)

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.



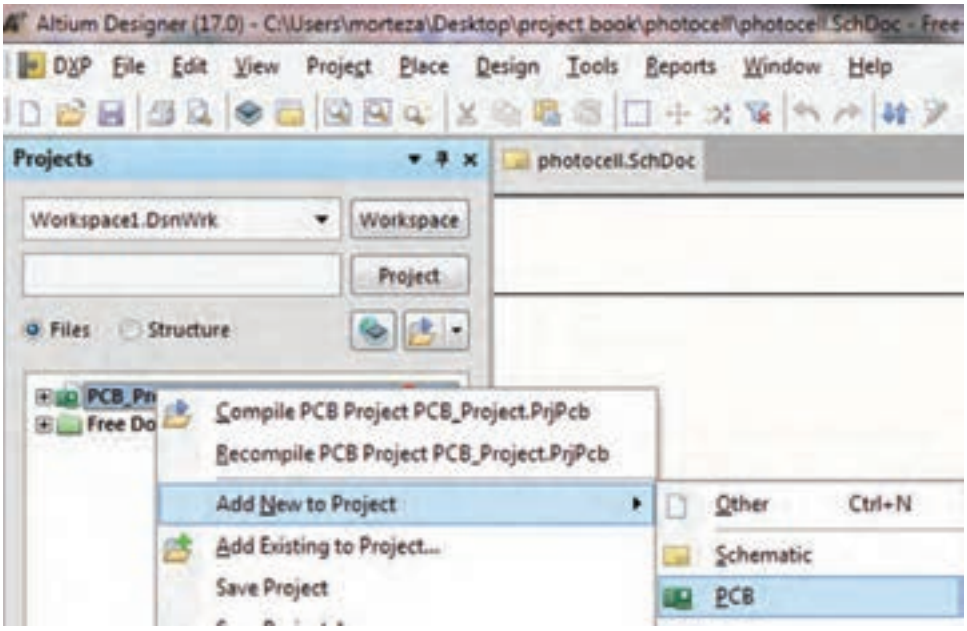
شکل ۳۵ـ۱ نقشه شماتیک ترسیم

بحث کنید

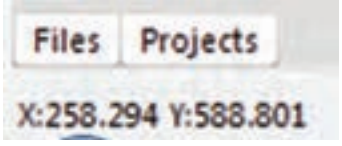
ترسیم شماتیک در نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر، چه تفاوتی با ترسیم نقشه فنی در نرم‌افزار مولتی سیم دارد؟ نتایج را جمع‌بندی کرده و به کارگاه ارائه دهید.

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.



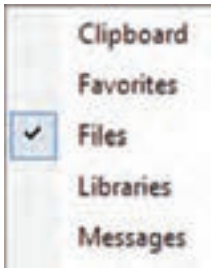
شکل ۳۶ـ۱ نقشه



شکل ۳۷ـ۱

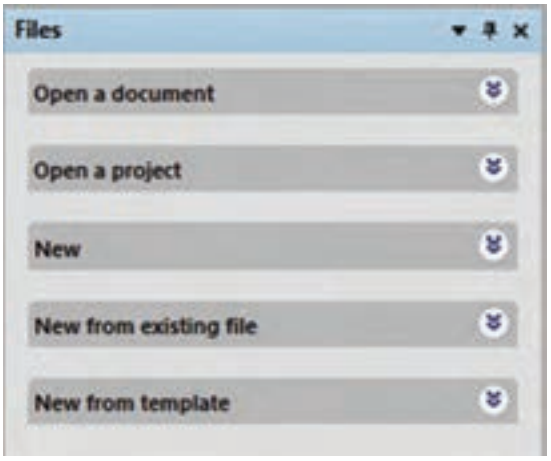
در مرحله بعد باید یک فیبر خام مدار چاپی با ابعاد مناسب ایجاد و قطعات را بر روی آن جای‌گذاری کنیم. برای این کار ابتدا طبق شکل۳۷ـ۱ در سمت پایین میزکار، گزینه فایل FILES را انتخاب می‌کنیم. اگر این گزینه موجود نبود مطابق شکل ۳۸ـ۱ در سمت راست پایین صفحه، بر روی گزینه سیستم System کلیک کنید و در پنجره ظاهر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

شکل ۳۸ـ۱

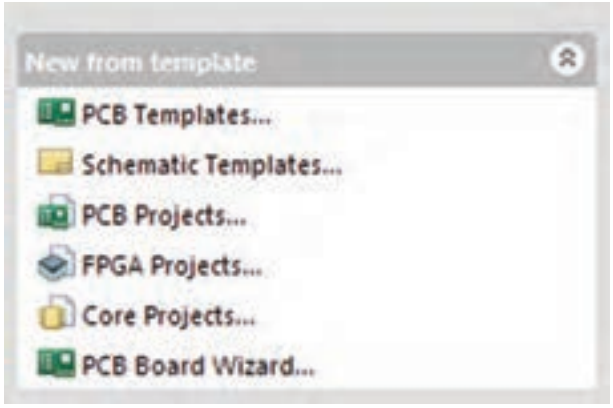


شکل ۳۹ـ۱

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.



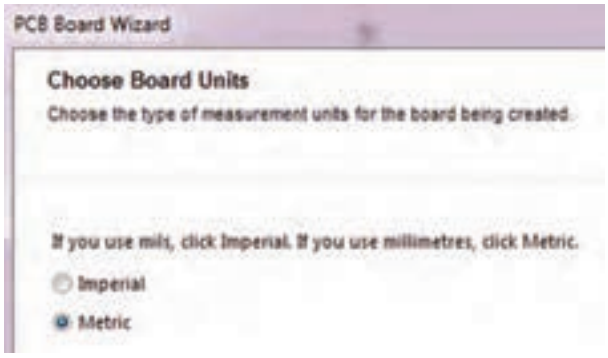
شکل ۴۰ـ۱ مجموعه FILES



شکل ۴۱ـ۱ افزودن منوی PCB

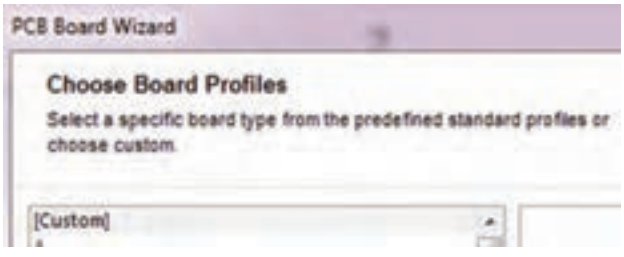
در پنجره شکل ۴۲ـ۱ گزینه Next را انتخاب کنید تا پنجره (PCB Board Wizard)شکل ۴۳ـ۱ ظاهر شود. در این پنجره امکان انتخاب واحد (Choose Board Units) وجود دارد. در این پنجره باید واحد اندازه‌گیری و اندازه‌گذاری خود را انتخاب کنیم که به دو صورت متریک (metric ـ میلی‌متری) و ایمپریال (اینچی) قابل انتخاب است. معمولاً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

شکل ۴۲ـ۱



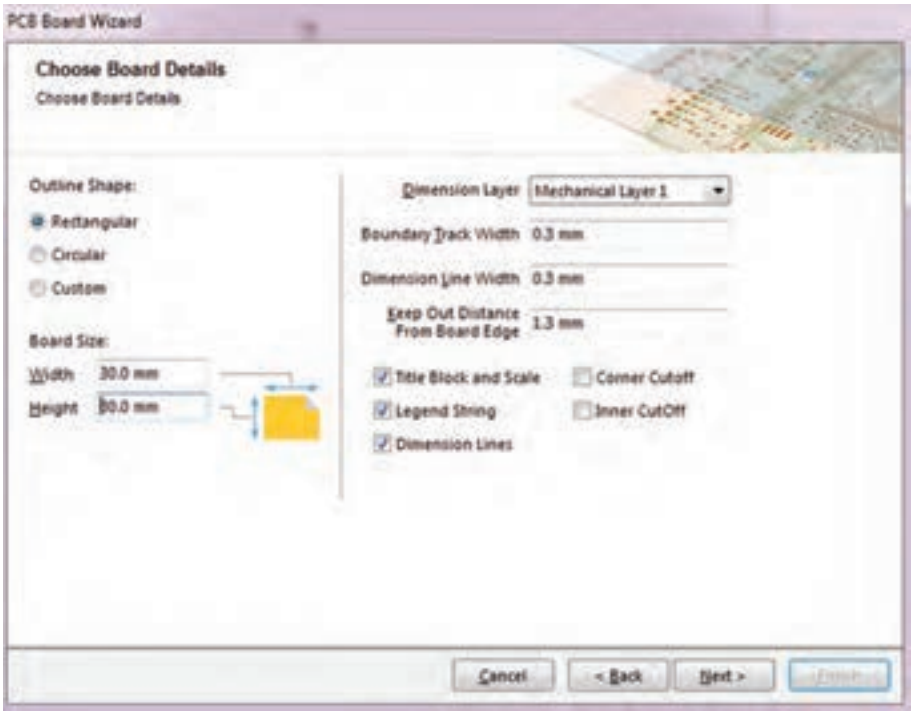
شکل ۴۳ـ۱

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.

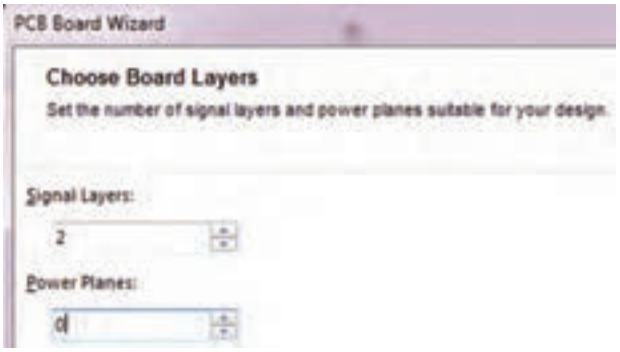
پژوهش

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.

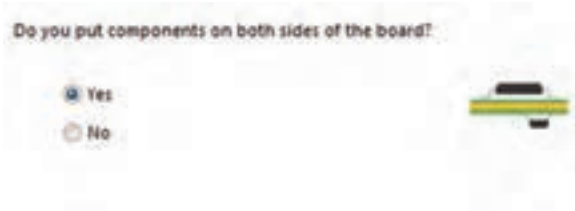


شکل ۴۶ـ۱

شکل ۴۷ـ۱

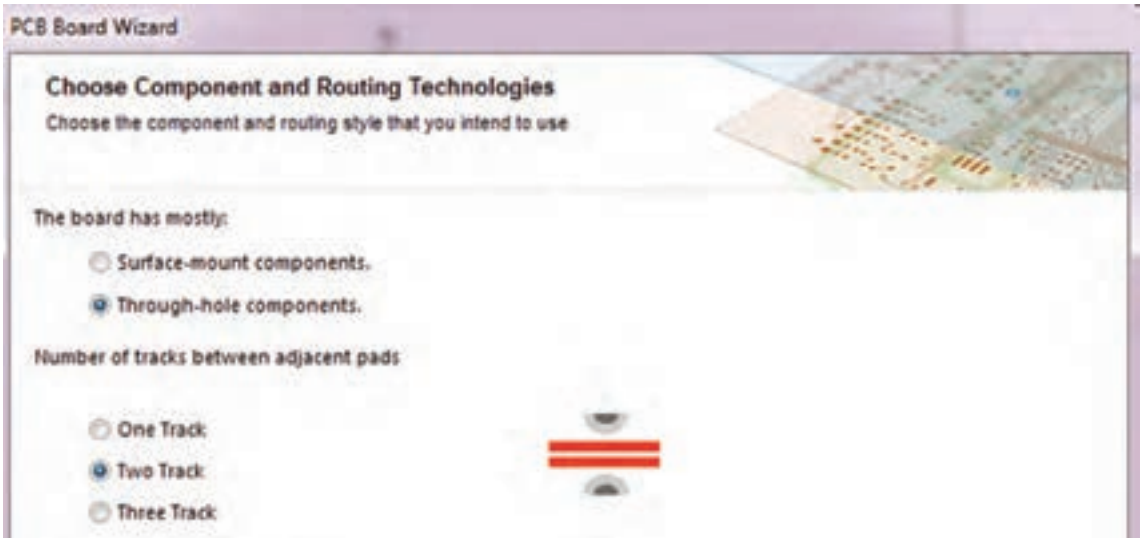
پس از ورود به این پنجره (شکل۴۷ـ۱) مجدداً تنظیمات پیش فرض را می‌پذیریم و کلید Next را انتخاب می‌کنیم تا به مرحله بعد برویم، شکل۴۸ـ۱. در این مرحله نرم‌افزار از کاربر می‌خواهد تا نوع قطعات مورد استفاده و چگونگی قرار گرفتن قطعات را انتخاب کند که می‌تواند به‌صورت یک‌طرفه یا دوطرفه روی فیبر باشد، شکل۴۹ـ۱.

شکل ۴۸ـ۱



شکل ۴۹ـ۱

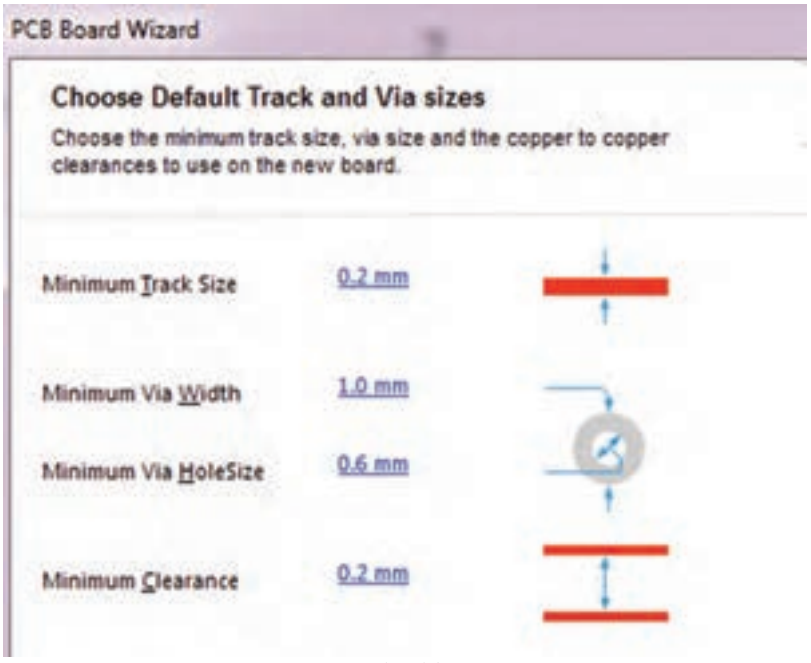
در قسمت The Board has mostly، گزینه surface ـ mount components قطعات نصب سطحی و گزینه Trough hole components قطعات معمولی را مشخص می‌کند. لذا گزینه دوم را انتخاب می‌کنیم. باید تعیین کنیم که قطعات در یک طرف یا در هر دو طرف برد قرار بگیرند. در حالت پیش فرض قطعات به‌صورت یک طرفه قرار دارند، اما اگر کلید 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

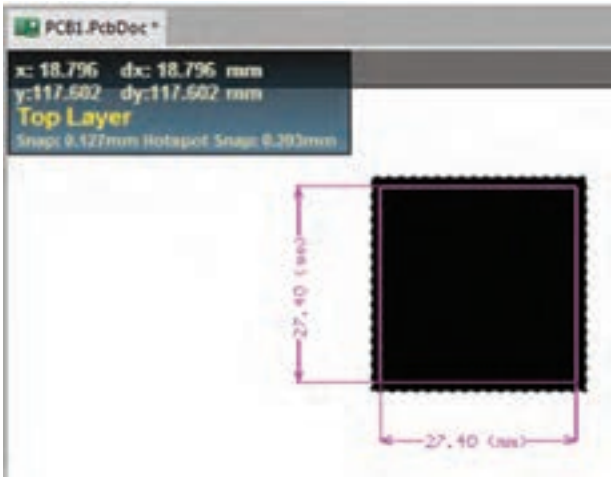
در پنجره شکل ۱ـ۵۱، گزینه‌های گوناگونی وجود دارد که به شرح آن می‌پردازیم:

☑ **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.

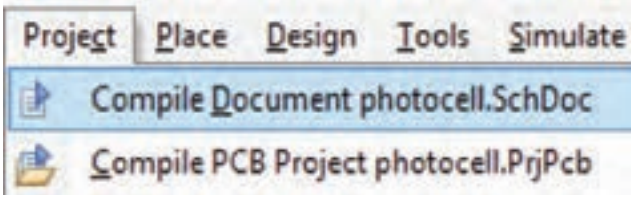
فعالیت

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.



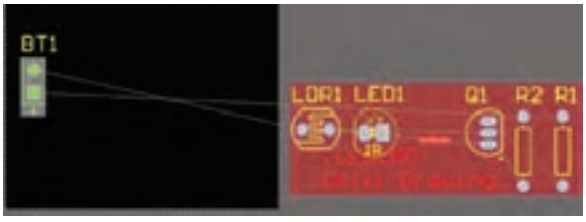
شکل ۱ـ۵۳

☑ 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

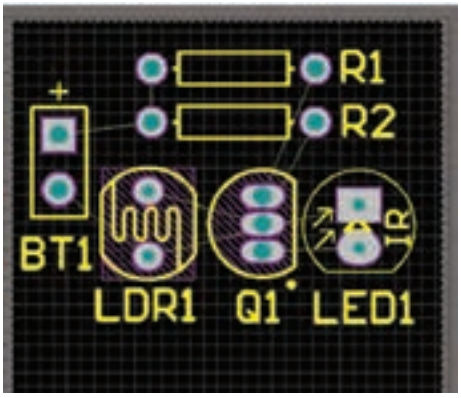
۹ـ۱ـ عملیات جای‌گذاری قطعات بر روی فیبر مدار چاپی

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.

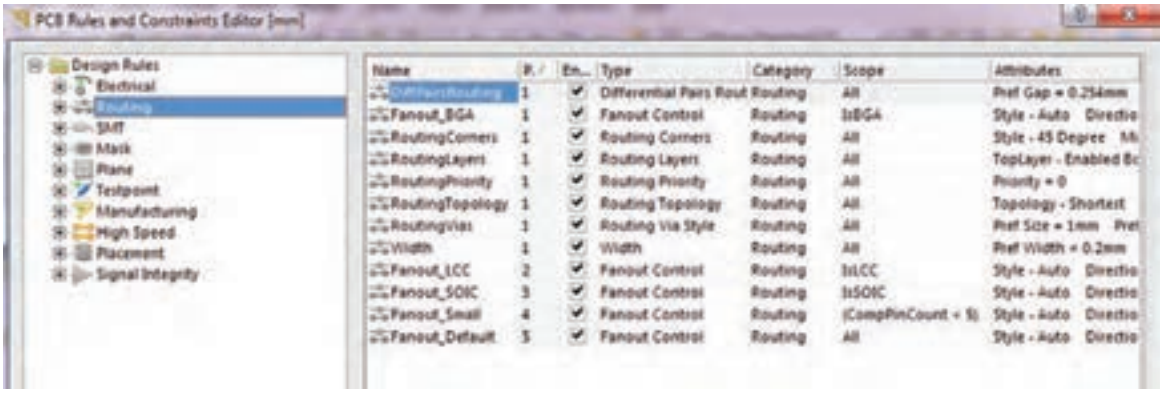
نکته

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



شکل ۱ـ۵۷

پس از اینکه قطعات را در محل خود قرار دادیم فیبر به‌صوت شکل ۱ـ۵۷ 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 ۱ـ۵۳) گزینه Ruls را انتخاب می‌کنیم تا پنجره PCB Ruls and Constraints Editor ظاهر شود، شکل ۱ـ۵۸.



شکل ۱ـ۵۸

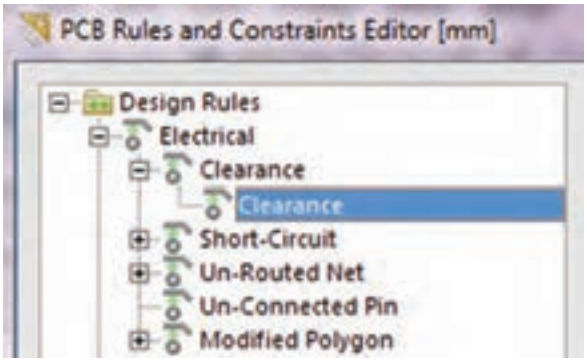
در این پنجره گزینه‌های گوناگونی وجود دارد.

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 ۱ـ۵۹ 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 ۶۱ـ۱

- 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 ۶۱ـ۱ 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.

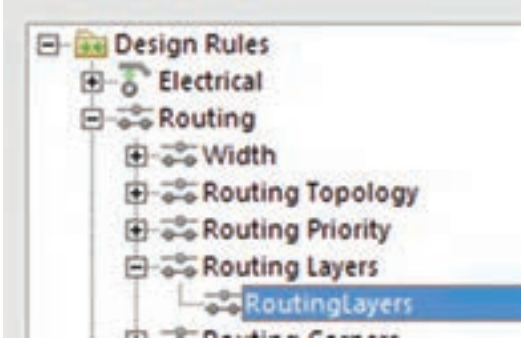
فعالیت

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

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

۱۰ـ۱ـ تنظیم لایه‌های برد مدار چاپی

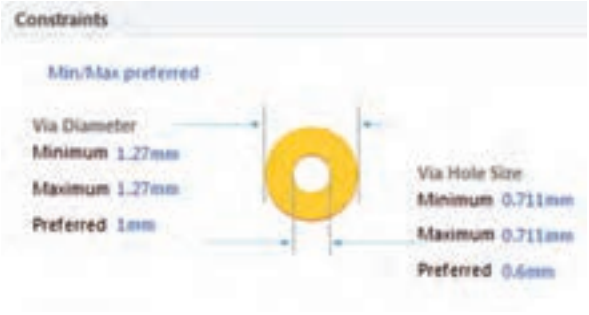
در مرحله بعدی کار باید تنظیمات لایه‌های برد مدار چاپی را انجام دهیم. برای این‌کار طبق شکل ۶۲ـ۱ گزینه Routing (مسیریابی) را انتخاب می‌کنیم. سپس بر روی زیر منوی Routing Layers (لایه‌های مسیریابی) کلیک می‌کنیم تا پنجره شکل ۶۳ـ۱ ظاهر شود.



شکل ۶۲ـ۱

شکل ۶۳ـ۱

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.

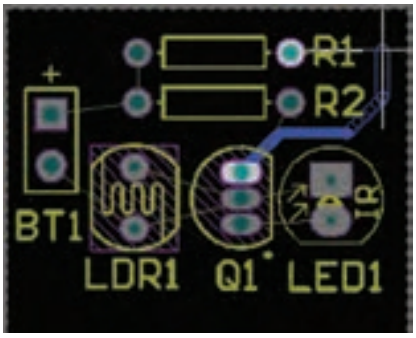
۱۱ـ۱ـ طراحی پدها و مسیرها روی فیبر خام مدار چاپی در نرم‌افزار

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

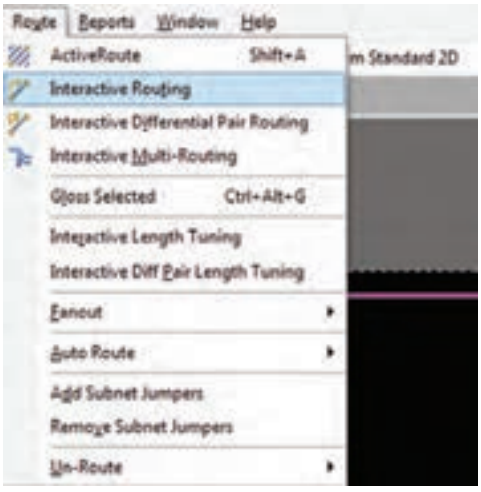


شکل ۶۶ـ۱

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

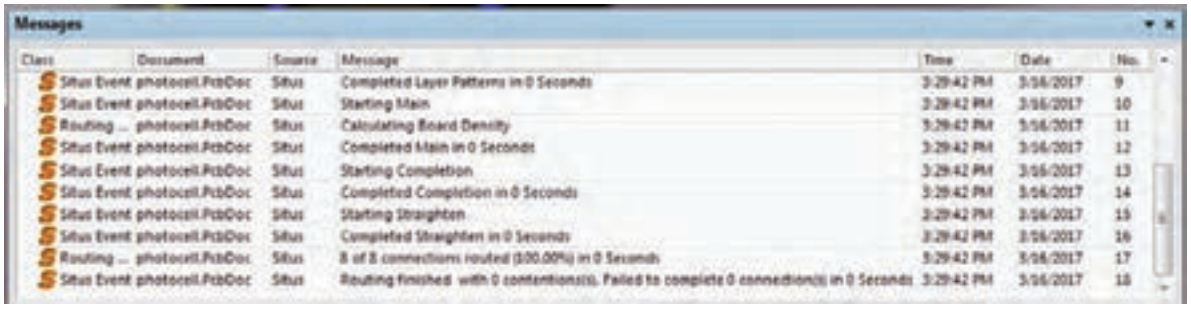
ب) مسیریابی خودکار: در این روش تمام عملیات مسیریابی به‌صورت خودکار توسط نرم‌افزار صورت می‌گیرد. برای انجام این کار کافی است از منوی Route گزینه Auto Route و بعد از آن عبارت All را انتخاب کنید. (شکل ۶۷ـ۱)

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.

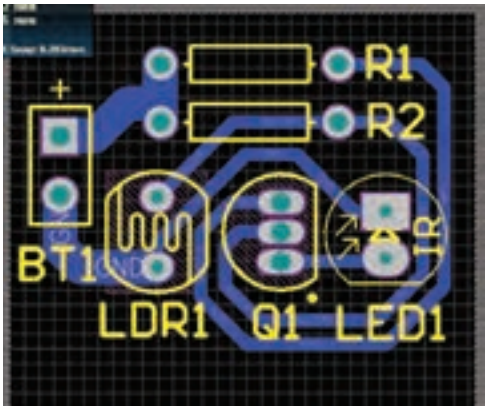


شکل ۶۷ـ۱

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

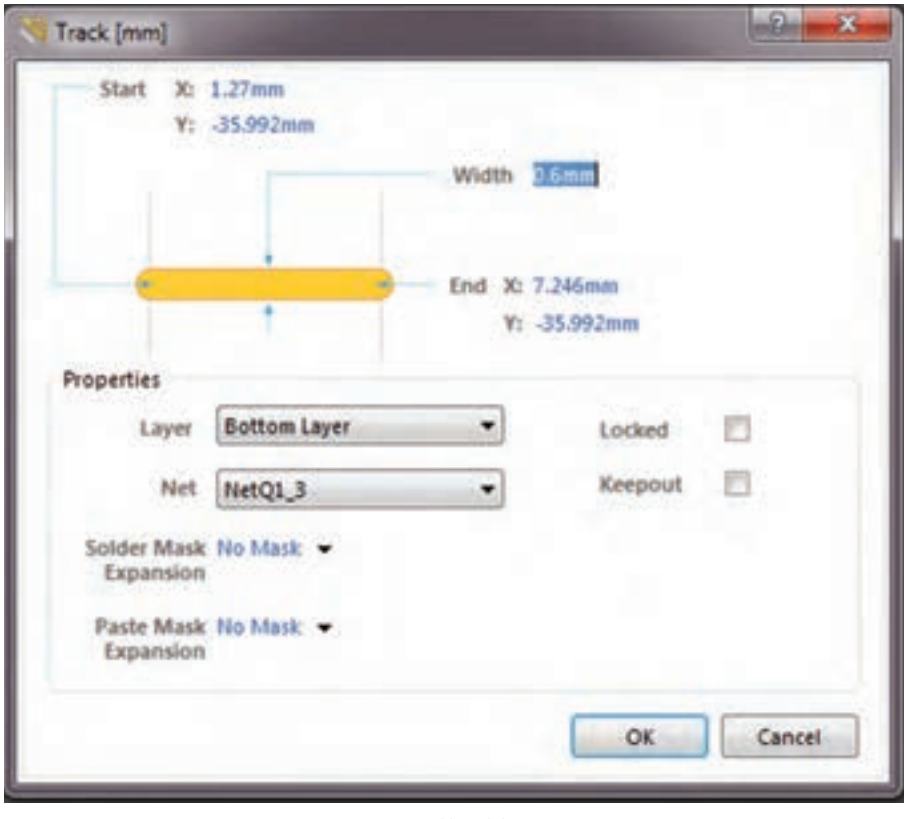


شکل ۶۸ـ۱



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 است. 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

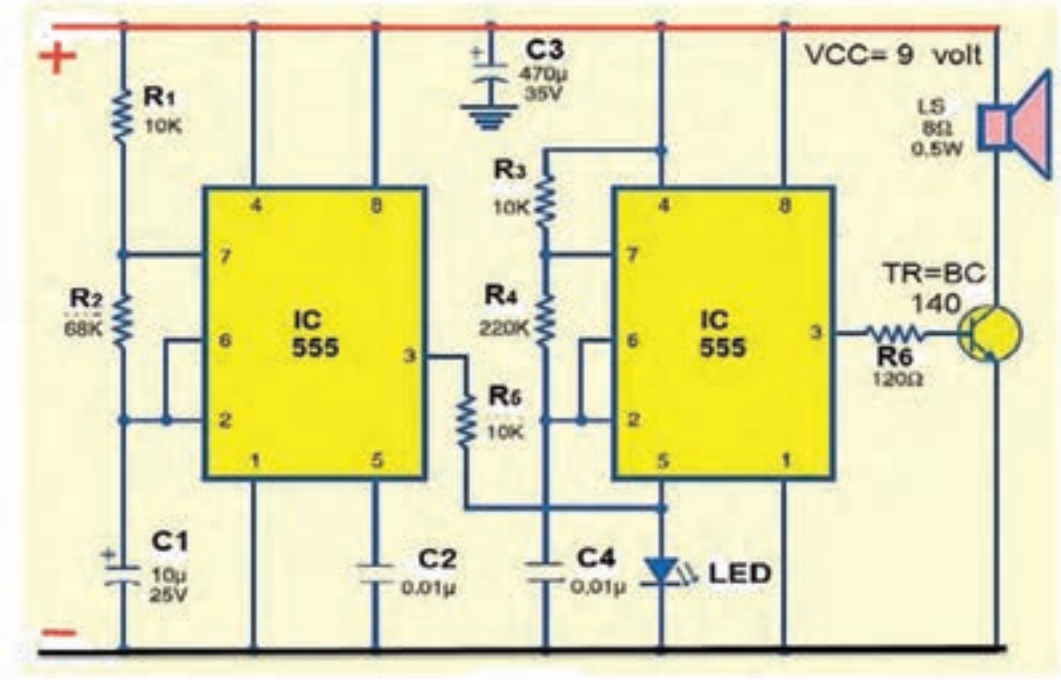
مراحل اجرای مسیریابی را تمرین کنید. برای تسلط بیشتر نقشه‌های تمرینی دیگری را نیز اجرا نمایید.

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 التیوم‌دیزاینر 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 ($18C^{\circ}$ ـ $27C^{\circ}$) 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.