

شکل ۱-۲۹

✓ برای جست‌وجوی پیشرفته قطعات در پنجره Browse Library روی گزینه Find کلیک کنید، طبق شکل ۱-۳۰ 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.

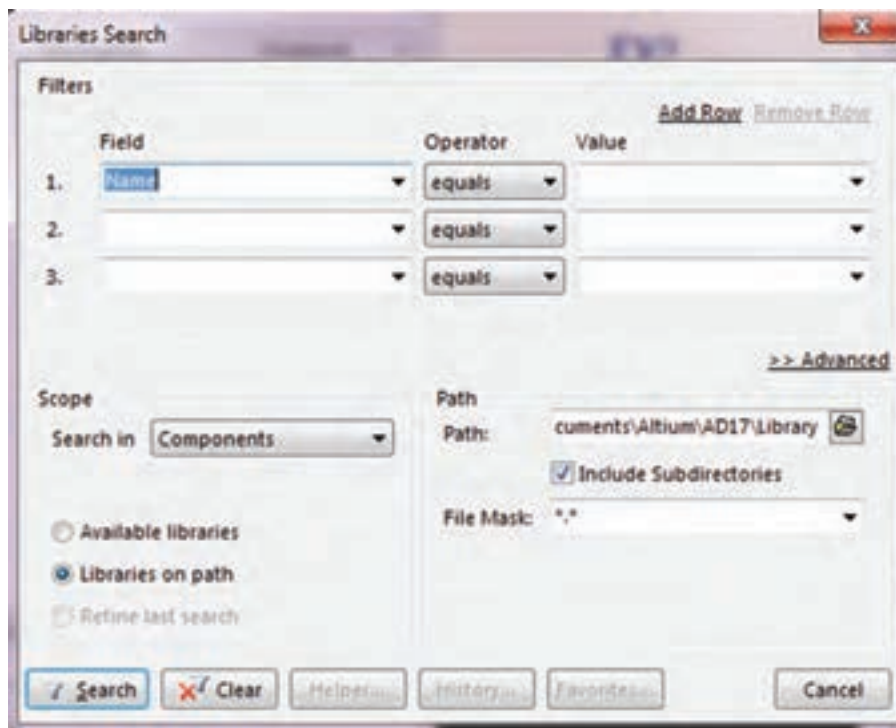
✓ پس از فعال کردن کلید Search، پنجره شکل ۱-۳۱ که مربوط به جست‌وجوی قطعات است باز می‌شود. در قسمت سفید رنگ پنجره نام قطعه مثلاً ۲N۲۲۲۲ را وارد می‌کنیم. سپس گزینه Libraries On Path را با روشن کردن دکمه دایره‌ای شکل کنار آن فعال می‌کنیم. با روشن کردن کلید search که در پایین سمت چپ پنجره قرار دارد، نرم‌افزار به جست‌وجوی خودکار قطعه مورد نظر در کتابخانه‌های موجود در آلتیوم می‌پردازد.

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 غیراین صورت ممکن است جست‌وجوی قطعه ناموفق باشد.

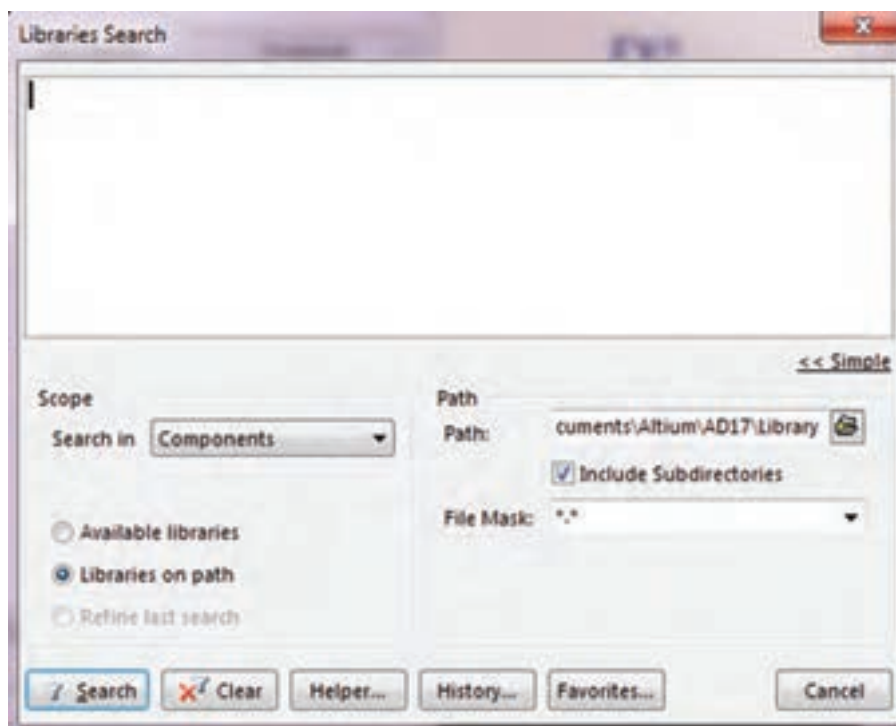
نکته



بودمان اول: کار با نرم افزار طراحی مدار چاپی

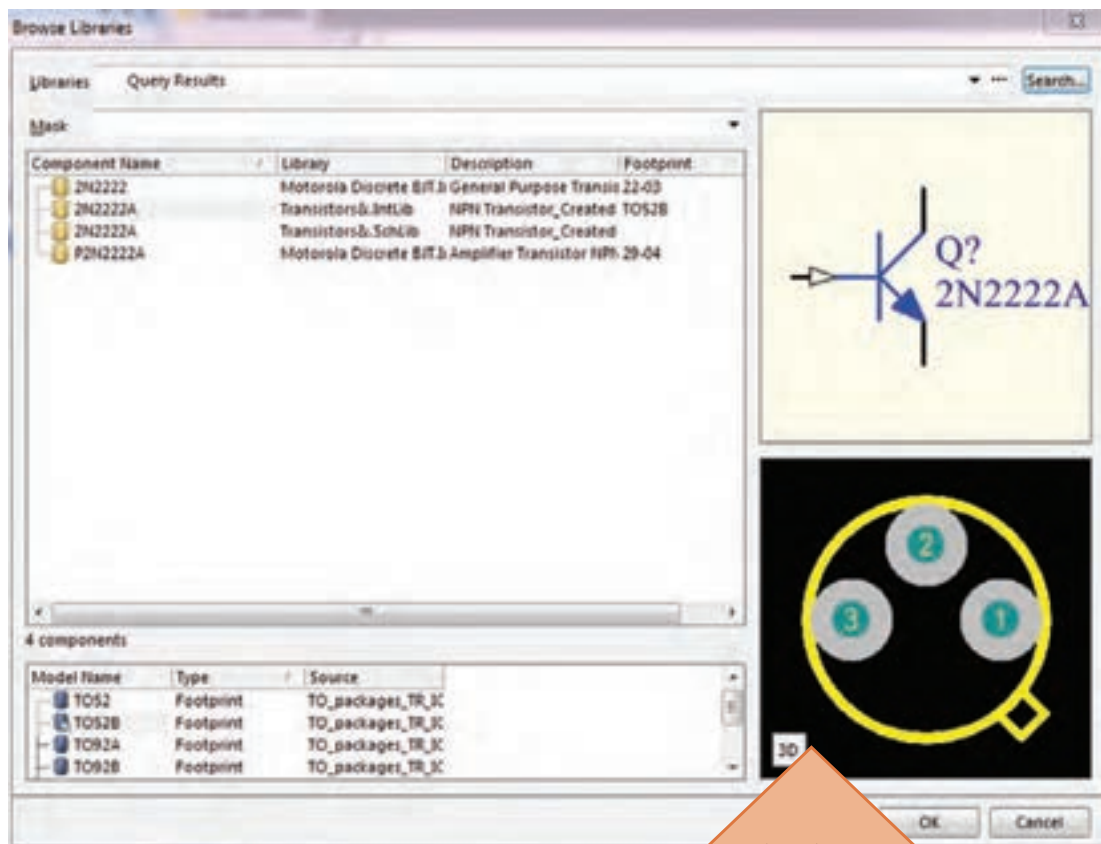


شکل ۱-۳۰ پنجره جست و جوی قطعات در کتابخانه



شکل ۱-۳۱ کادر درج نام قطعه

همان طور که مشاهده می کنید، پس از جست و جو، پنجره شکل ۱-۳۲ ظاهر می شود که در آن تعداد ۴ نمونه ترانزیستور ۲N۲۲۲۲ در بسته بندی های 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 می کنید.



محل نمایش فوت پرینت (پایه ها) قطعات

شکل ۱-۳۲ پیدا شدن قطعه پس از جست و جو

پس از ظاهر شدن قطعات، به شکل پایه های قطعه (فوت پرینت Foot print) توجه کنید تا بتوانید بسته بندی مطلوب خود را بیابید و آن را در پروژه وارد کنید. در کتابخانه دو نوع فوت پرینت مخصوص قطعات (معمولی) TH و SMD (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 برمی خورید.

نکته



**بارش فکری:** در مقابل نام قطعه، طبق شکل ۱-۳۲ 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 به صورت 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 ۱-۳۳ 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 ۱-۳۳

Design Item ID	Lib. Reference	Designator	Comment	Footprint	Part ID
2N3904	2N3904	Q1		TO-92A	1
2N3904	2N3904	Q?		TO-92A	1
				None Availab 1	

شکل ۱-۳۳ قرار گرفتن قطعات در فهرست History

طبق شکل ۱-۳۳ در پنجره Place Part history در قسمت Designator نام اختصاری قطعات به صورت پیش فرض با نماد «Q?» نام‌گذاری شده است. در این نماد علامت سؤال 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 اگر در نقشه فنی چندین ترانزیستور استفاده شده باشد، به صورت خودکار، سایر ترانزیستورها به صورت 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.

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.

کار گروهی



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 جای گذاری کنید. سپس از نوار ابزار افقی بالای صفحه شکل ۱-۳۴، 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.

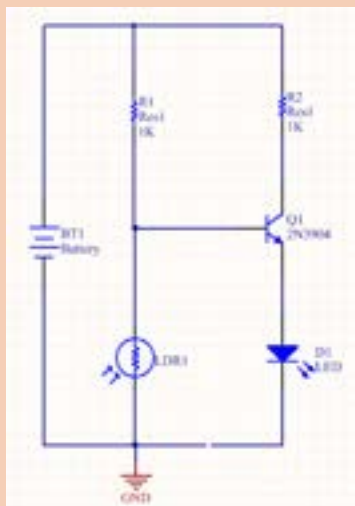


شکل ۱-۳۴ نوار ابزار



❑ 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 ۱-۳۵ یک نمونه نقشه مدار شماتیک رسم شده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۳۵ نقشه شماتیک ترسیم

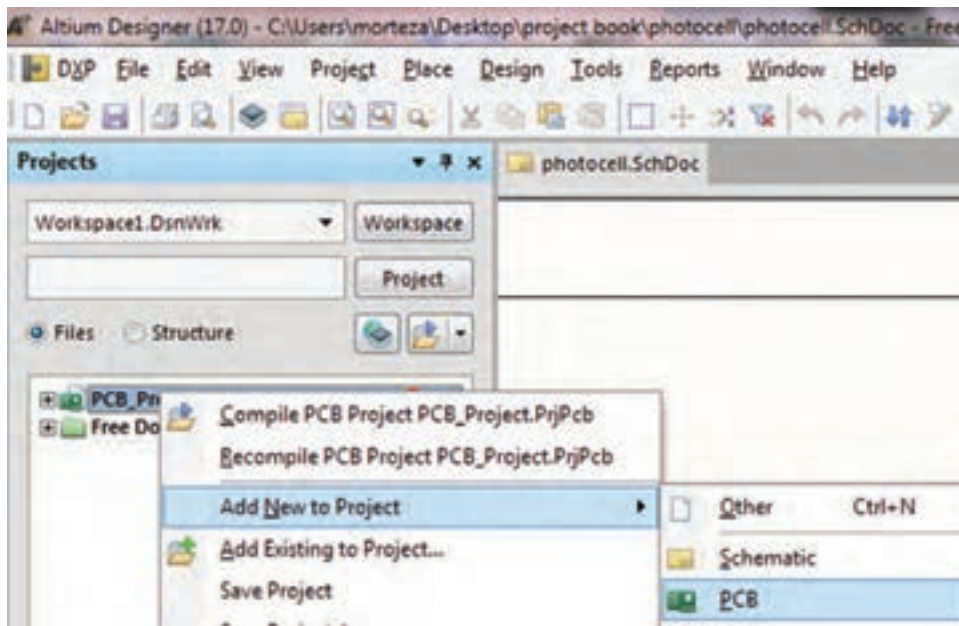
❑ همیشه به یاد داشته باشید که تمام مراحل کاری خود را ذخیره کنید. چون در غیراین صورت Altium Designer تغییرات ایجاد شده توسط شما را در نظر نخواهد گرفت. برای ذخیره‌سازی پروژه به صورت کلی به منوی فایل رفته و گزینه Save ALL را انتخاب کنید. سعی کنید نام پیش فرض آلتیوم را با نام دلخواه خود تغییر دهید.

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.

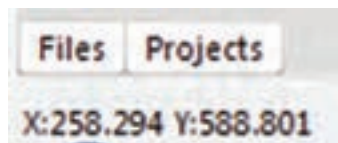


## ۱-۸- ایجاد پروژه PCB جدید

پس از ترسیم نقشه شماتیک باید یک پروژه PCB جدید ایجاد و به فایل های موجود اضافه کنیم. برای این کار طبق شکل ۱-۳۶ در سمت چپ محیط شماتیک قسمت Projects روی نام فایل پروژه کلیک راست کرده و گزینه PCB را انتخاب می کنیم. پس از این مرحله این فایل را در مسیر ذخیره سایر فایل های پروژه خود با همان نام انتخاب شده برای پروژه شماتیک ذخیره کنید.



شکل ۱-۳۶ نقشه

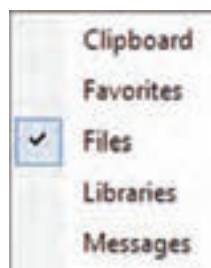


شکل ۱-۳۷

در مرحله بعد باید یک فیبر خام مدار چاپی با ابعاد مناسب ایجاد و قطعات را بر روی آن جای گذاری کنیم. برای این کار ابتدا طبق شکل ۱-۳۷ در سمت پایین میزکار، گزینه فایل FILES را انتخاب می کنیم. اگر این گزینه موجود نبود مطابق شکل ۱-۳۸ در سمت راست پایین صفحه، بر روی گزینه سیستم System کلیک کنید و در پنجره ظاهر شده مطابق شکل ۱-۳۹ گزینه فایل را انتخاب کنید.

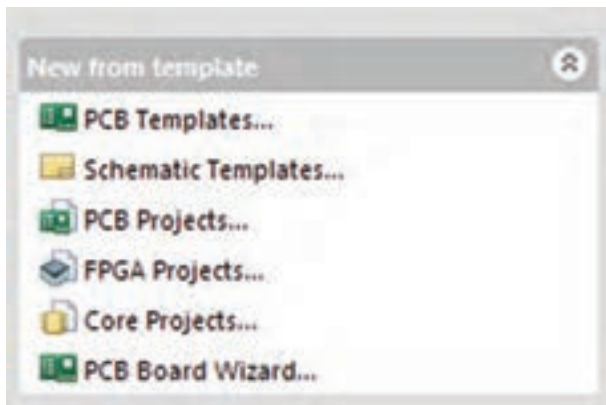


شکل ۱-۳۸

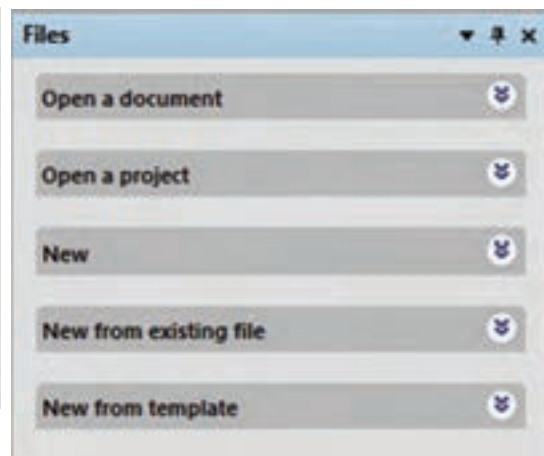


شکل ۱-۳۹

با انتخاب گزینه فایل مجموعه فایل ها مطابق شکل ۱-۴۰ ظاهر می شود. روی گزینه New from template کلیک کنید تا منوی شکل ۱-۴۱ ظاهر شود سپس گزینه PCB Board Wizard را انتخاب کنید، پنجره شکل ۱-۴۲ ظاهر می شود.

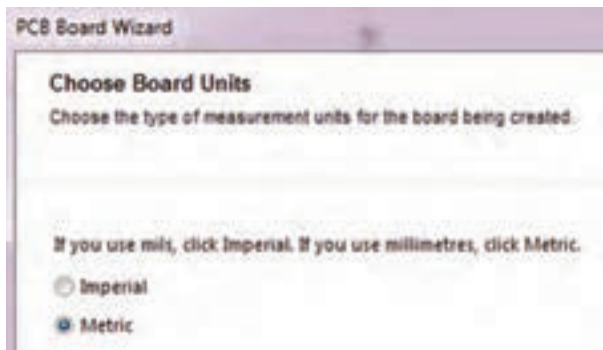


شکل ۱-۴۱ افزودن منوی PCB



شکل ۱-۴۰ مجموعه FILES

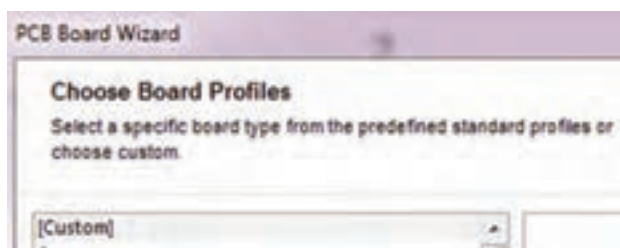
در پنجره شکل ۱-۴۲ گزینه Next را انتخاب کنید تا پنجره (PCB Board Wizard) شکل ۱-۴۳ ظاهر شود. در این پنجره امکان انتخاب واحد (Choose Board Units) وجود دارد. در این پنجره باید واحد اندازه گیری و اندازه گذاری خود را انتخاب کنیم که به دو صورت متریک (metric - میلی متری) و ایمپریال (اینچی) قابل انتخاب است. معمولاً در ایران با سیستم متریک کار می کنند.



شکل ۱-۴۳



شکل ۱-۴۲

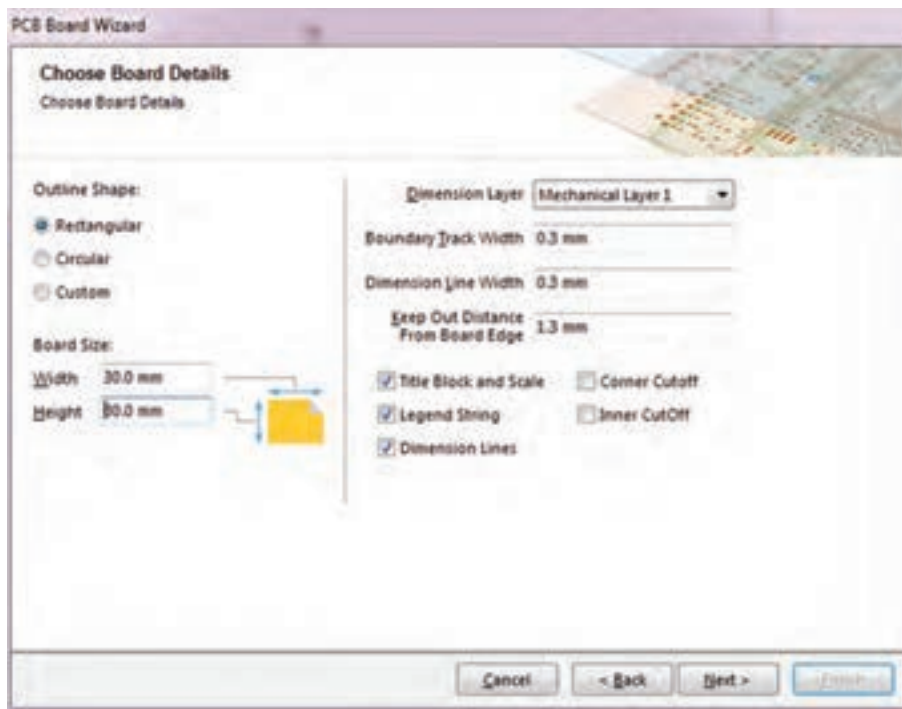


شکل ۱-۴۴

پس از انتخاب واحد اندازه گیری، دکمه Next را می زنیم تا وارد پنجره Choose Board Profile شویم، شکل ۱-۴۴. در این پنجره گزینه Custom سفارشی را انتخاب می کنیم تا بتوانیم ابعاد فیزیکی و مشخصات فیبر مدار چاپی را تعیین کنیم.

یودمان اول: کار با نرم افزار طراحی مدار چاپی

سپس کلید Next را انتخاب می‌کنیم تا به مرحله بعد رفته و وارد پنجره Choose Board Details شویم، شکل ۱-۴۵. در این مرحله می‌توانیم مشخصات ظاهری و ابعاد فیبر مورد نظر را در قسمت Outline Shape تعیین کنیم.



شکل ۱-۴۵ تنظیمات مشخصات ظاهری و ابعاد فیبر خام

اگر بخواهیم فیبر خود را به صورت چهار ضلعی طراحی کنیم گزینه Rectangular و اگر بخواهیم فیبر به صورت 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 به صورت پیش فرض انتخاب کرده و با فعال کردن دکمه Next به مرحله بعد شکل ۱-۴۶ می‌رویم. برای مثال فیبر پروژه فتوسل را با ابعاد ۲۰ mm در ۲۰ mm در نظر می‌گیریم.

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.

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

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

فیلم



پژوهش

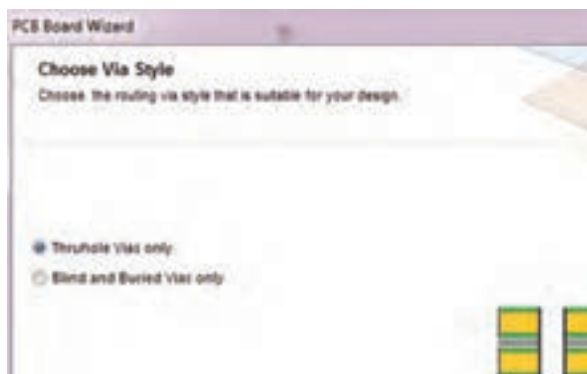


کار عملی

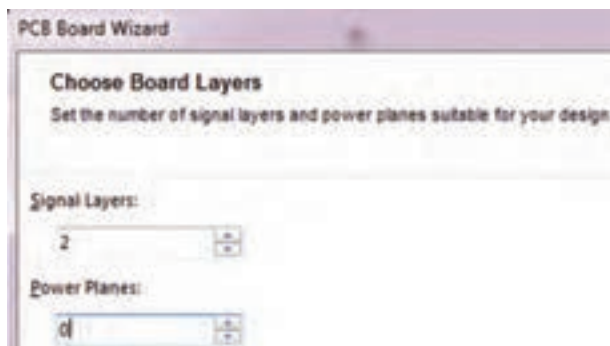




در این مرحله طبق شکل ۱-۴۶، Power Planes را روی صفر قرار می‌دهیم و Signal Layers را روی عدد دو می‌گذاریم و دکمه Next را می‌زنیم تا وارد مرحله بعدی، شکل ۱-۴۷ شویم.

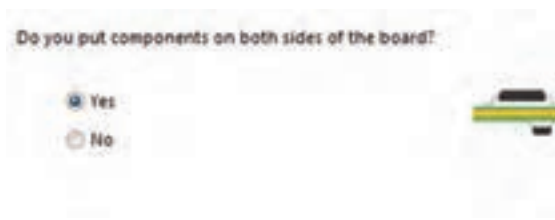


شکل ۱-۴۷



شکل ۱-۴۶

پس از ورود به این پنجره (شکل ۱-۴۷) مجدداً تنظیمات پیش فرض را می‌پذیریم و کلید Next را انتخاب می‌کنیم تا به مرحله بعد برویم، شکل ۱-۴۸. در این مرحله نرم‌افزار از کاربر می‌خواهد تا نوع قطعات مورد استفاده و چگونگی قرار گرفتن قطعات را انتخاب کند که می‌تواند به صورت یک طرفه یا دوطرفه روی فیبر باشد، شکل ۱-۴۹.



شکل ۱-۴۹



شکل ۱-۴۸

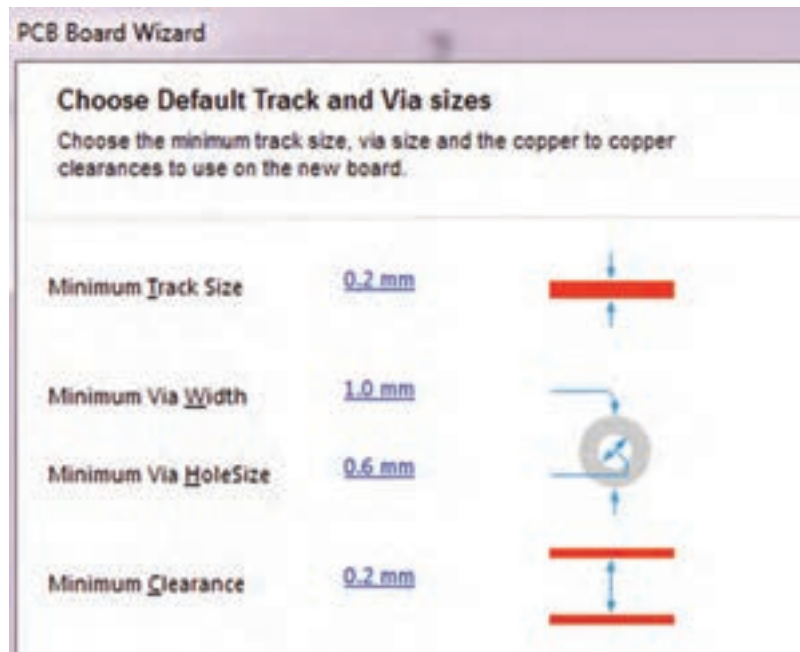
در قسمت The Board has mostly، گزینه، surface - mount components قطعات نصب سطحی و گزینه Trough hole components قطعات معمولی را مشخص می‌کند. لذا گزینه دوم را انتخاب می‌کنیم. باید تعیین کنیم که قطعات در یک طرف یا در هر دو طرف برد قرار بگیرند. در حالت پیش فرض قطعات به صورت یک طرفه قرار دارند، اما اگر کلید 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 ۱-۵۰.

بودمان اول: کار با نرم افزار طراحی مدار چاپی



شکل ۱-۵۰

اگر در پنجره شکل ۱-۵۰، گزینه Through - hole components را انتخاب کنیم، قطعات نصب سطحی انتخاب نمی شود و در مدار قطعات معمولی به کار می رود که از یک طرف روی فیبر قرار می گیرند و پایه های آن پس از عبور از سوراخ های سطح فیبر، در سمت دیگر لحیم می شوند. همچنین با انتخاب این گزینه نرم افزار از ما می خواهد 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 می توان ضخامت خطوط ارتباطی مسی و قطر سوراخ های روی برد را در حداقل قابل طراحی تعیین کنیم، شکل ۱-۵۱.



شکل ۱-۵۱

در پنجره شکل ۱-۵۱، 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 فاصله 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.

در این مرحله (شکل ۱-۵۲) با انتخاب کلید Finish کار تنظیمات فیبر مدار چاپی به اتمام می‌رسد و صفحه جدید PCB باز می‌شود، شکل ۱-۵۲. در صفحه جدید باز شده، فیبر مسی خامی که قرار است قطعات بر روی آن چیده و سیم‌کشی شوند ظاهر می‌شود. لازم

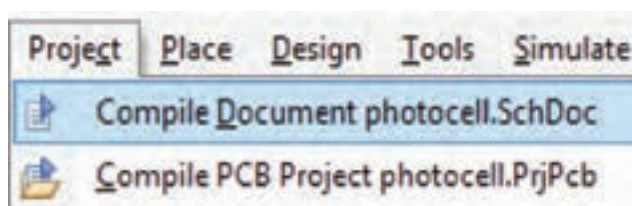
است این فایل را هم در مسیر ذخیره سایر فایل‌های پروژه خود ذخیره کنیم. برای این کار از منوی File گزینه Save As را انتخاب و پروژه PCB را در مسیر دلخواه با همان نام قبلی که برای پروژه ترسیم شماتیک انتخاب کرده بودیم، ذخیره می‌کنیم.

کلیه موارد ذکر شده در شکل‌های ۱-۴۵ تا ۱-۵۲ برای نمونه‌های مختلف تمرین کنید تا تسلط کامل در ارتباط با این منوها داشته باشید.

در صورتی که صندلی شما بلندتر یا کوتاه‌تر از حد استاندارد باشد، چه عوارضی را 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.

✓ به منوی Project بروید و از مسیر نشان داده شده در شکل ۱-۵۳ یک‌بار گزینه اول و در ادامه گزینه دوم را انتخاب کنید تا پروژه کامپایل (تجمیع - همگردان) شود.



شکل ۱-۵۳

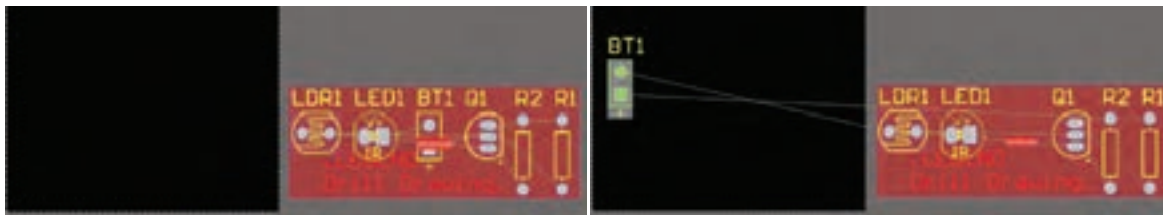
فعالیت

نکات ایمنی

در صورتی که 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 ۱-۵۴) 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 ۱-۵۵.



شکل ۱-۵۵

شکل ۱-۵۴

### الگوی پرسش

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

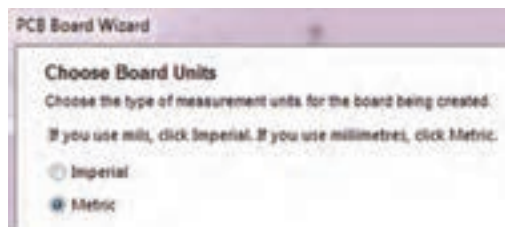
۲- سیستم اندازه‌گذاری در نرم‌افزار اتیوم‌دیزاینر به صورت ..... (  $\frac{1}{1000}$  اینچ) و ..... صورت می‌گیرد.

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

- ۱- Choose Board Layer
- ۲- Choose Via Style
- ۳- Choose Default Track and via sizes
- ۴- Choose Board Details

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

۵- در پنجره شکل ۱-۵۶ چه تنظیماتی انجام می‌شود؟ شرح دهید.



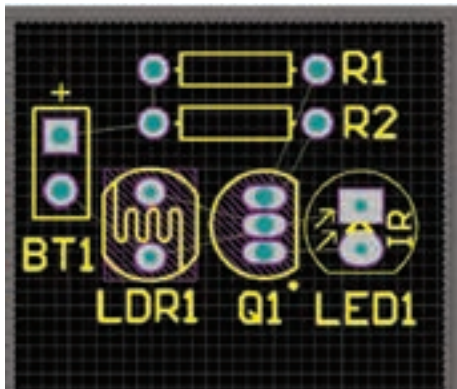
شکل ۱-۵۶

## ۹-۱- عملیات جای‌گذاری قطعات بر روی فیبر مدار چاپی

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 به درستی انجام نشده و عملیات ناقص به پایان برسد.

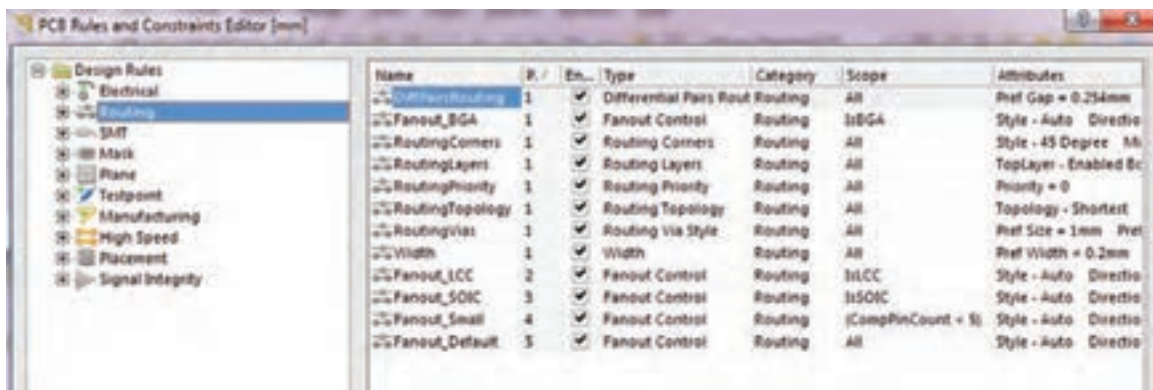


اگر در هنگام کشیدن و انداختن قطعات به روی فیبر خام نیاز به چرخاندن قطعه مورد نظر داشتیم کافی است دکمه خط فاصله صفحه کلید (Space Bar) را هم‌زمان با عملیات کشیدن قطعه فشار دهیم. بدین ترتیب قطعه می‌چرخد.



شکل ۱-۵۷

پس از اینکه قطعات را در محل خود قرار دادیم فیبر به صوت شکل ۱-۵۷ در می‌آید. در مرحله بعدی باید قوانین مسیریابی (Routing Rules) را تعیین کنیم تا بتوانیم عملیات مسیریابی را به درستی انجام دهیم. برای این کار ابتدا از منوی Design (شکل ۱-۵۳) گزینه Rules را انتخاب می‌کنیم تا پنجره PCB Rules and Constraints Editor ظاهر شود، شکل ۱-۵۸.



شکل ۱-۵۸

در این پنجره گزینه‌های گوناگونی وجود دارد. با انتخاب هر گزینه منوی درختی به صورت زیرمجموعه گزینه اصلی باز می‌شود. که هر کدام از این منوها قوانین و تنظیمات خاصی را به شرح زیر ارائه می‌کنند:

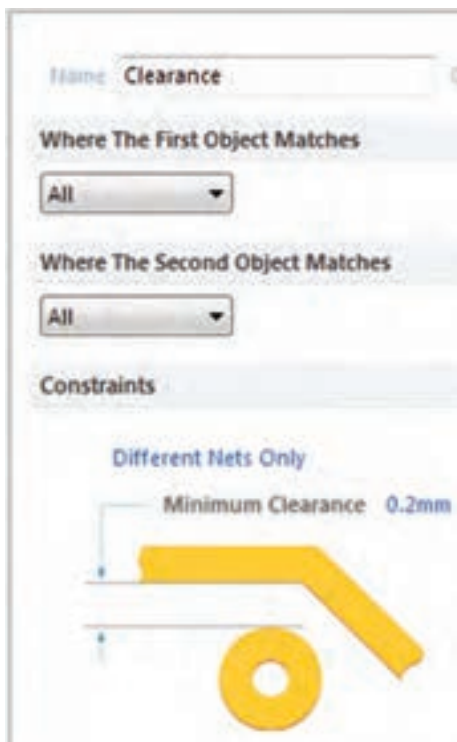
اگر بر روی گزینه Electrical کلیک کنیم پنجره زیر منوی درختی شکل ۱-۵۹ ظاهر می‌شود. در این زیر منو قوانینی در ارتباط با فاصله (Clearance) بین خطوط ارتباطی (Tracks) و سوراخ‌های مدار (pads)، رفتار نرم‌افزار در مقابله با اتصال کوتاه مدار (Short - Circuit)، خطوط مسیریابی نشده (Un - Routed Net)، پایه‌های متصل نشده (Un - 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.

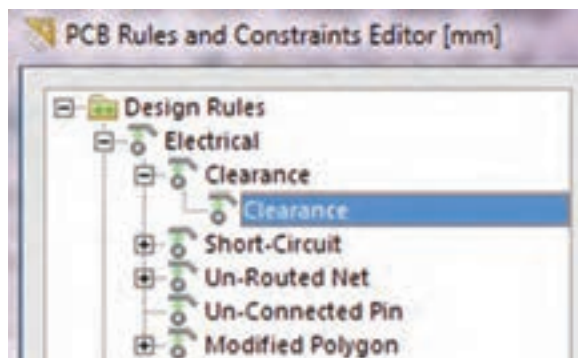


یودمان اول: کار با نرم افزار طراحی مدار چاپی

در قسمت Constraints (محدودیت‌ها)، شکل ۱-۶۰، 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 ۱-۶۰



شکل ۱-۵۹

برای مثال عدد پیش فرض  $0/3$  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 به صورت هوشمندانه به کاربر اطلاع می‌دهد.

اگر تیک عبارت Ignore Pad to Pad clearance within a footprint را بزنییم می‌توانیم از قطعاتی که فاصله پایه‌های آنها کمتر از  $0/3$  میلی‌متر است نیز استفاده کنیم در غیراین صورت سیستم پیغام خطا خواهد داد. سایر تنظیمات این صفحه را به صورت پیش فرض انتخاب می‌کنیم و پس از آن دکمه Apply را می‌زنیم تا تغییرات ثبت شود.

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

نکته





شکل ۱-۶۱

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 پنجره شکل ۱-۶۱ 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.
- ✓  Max Width حداکثر ضخامت خطوط ارتباطی (ترک‌ها) را تعیین می‌کند.

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

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

نکته

!

فعالیت

💡

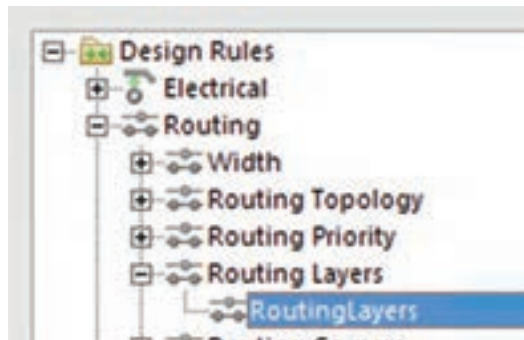
در صورتی که کاربر از این قوانین تبعیت نکند نرم‌افزار به صورت هوشمند پیام خطا خواهد داد و طرح به رنگ دیگری در خواهد آمد.

## ۱-۱۰- تنظیم لایه‌های برد مدار چاپی

در مرحله بعدی کار باید تنظیمات لایه‌های برد مدار چاپی را انجام دهیم. برای این کار طبق شکل ۱-۶۲ گزینه Routing (مسیریابی) را انتخاب می‌کنیم. سپس بر روی زیر منوی Routing Layers (لایه‌های مسیریابی) کلیک می‌کنیم تا پنجره شکل ۱-۶۳ ظاهر شود.



شکل ۱-۶۳



شکل ۱-۶۲

اگر در پنجره شکل ۱-۶۳ در قسمت Allow Routing فقط تیک مربوط به Bottom Layer را بزنییم عملیات مسیریابی و ترسیم خطوط ارتباطی (ترک کشی) فقط در لایه زیر انجام خواهد شد. اگر هر دو تیک مربوط به Bottom Layer و Top Layer را بزنییم 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 ۱-۶۴.



شکل ۱-۶۴

**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 داخلی (Via)ها تعیین می‌شود. Via به سوراخ‌هایی گفته می‌شود که روی فیبر ایجاد می‌شود و قادر

است لایه بالای فیبر مدار چاپی را به لایه پایین فیبر ارتباط دهد. در فناوری ساخت فیبرهای دو لایه به وسیله 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.



## ۱-۱۱- طراحی پدها و مسیرها روی فیبر خام مدار چاپی در نرم افزار

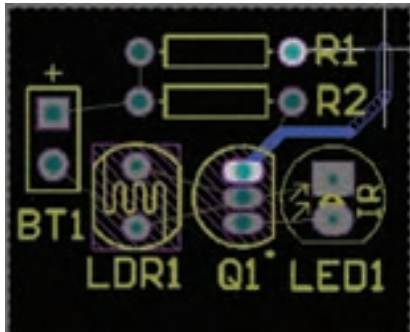
پس از تعیین تنظیمات مربوط به مسیریابی نوبت اجرای مسیریابی روی فیبر خام می‌رسد. این عمل به دو صورت امکان پذیر است.

الف) مسیریابی دستی (ب) مسیریابی خودکار

**الف) مسیریابی دستی:** در این روش طراح به وسیله ابزار Interactively Route Connection که در نوار ابزار موجود است (شکل ۱-۶۵) می‌توان مسیرهای مورد نظر را از مبدأ به مقصد متصل نمود. برای این کار کافی است بر روی ابزار کلیک کنیم. با این کار اشاره گر ماوس به صورت 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 یک بار کلیک



شکل ۱-۶۵

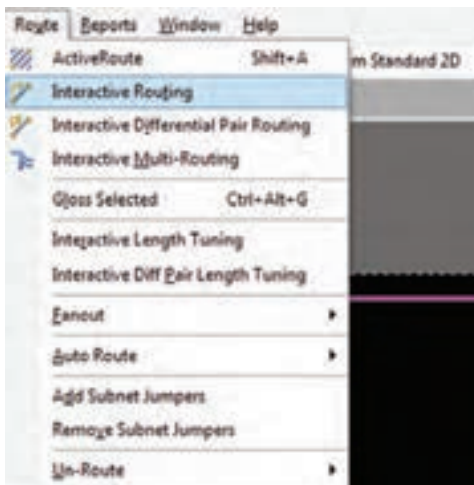


شکل ۱-۶۶

چپ می‌کنیم تا ابزار آماده مسیریابی بعدی شود. به این ترتیب می‌توانیم کار مسیریابی به صورت 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 ۱-۶۶

**ب) مسیریابی خودکار:** در این روش تمام عملیات مسیریابی به صورت 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 ۱-۶۷)

پس از آن پنجره مربوط به گزارش راهبردی (استراتژی) Situs Routing Strategies مسیریابی ظاهر می‌شود. در این



شکل ۱-۶۷

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.

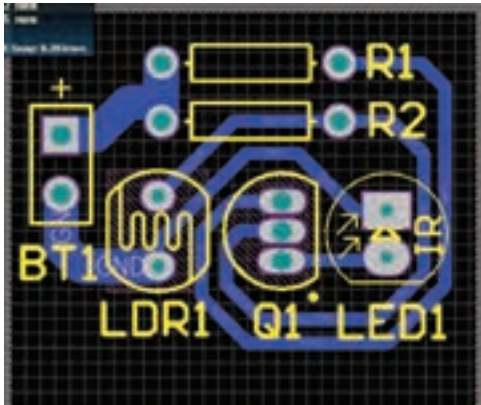
پس از اینکه عملیات مسیریابی خودکار شروع شد باید چند لحظه صبر کنیم تا عملیات به پایان برسد. در فرایند مسیریابی پیام‌هایی به صورت مرحله به مرحله، پیشرفت کار را به کاربر گزارش می‌دهد. چنانچه تمام مسیرها به درستی به مقصد مورد نظر متصل شده باشند پنجره شکل ۱-۶۸ نمایش داده خواهد شد. این مدت زمان بستگی به سرعت پردازنده مرکزی رایانه CPU و سرعت پردازنده گرافیکی

رایانه GPU و حافظه رم (RAM) رایانه شما دارد. هم‌زمان با انجام عملیات مسیریابی گزارش لحظه به لحظه‌ای از روند پیشرفت کار به کاربر ارائه می‌شود. اگر مسیریابی به طور کامل انجام شود پیام خط آخر به درستی ظاهر می‌شود، که درستی فرایند را تأیید می‌کند. در خط آخر شکل ۱-۶۸ پیام مسیریابی به صورت مسیریابی بدون هیچ اتصال انجام نشده‌ای به صورت ۱۰۰٪ کامل به پایان رسیده است ظاهر می‌شود. در قسمت Time زمان و در قسمت Date تاریخ انجام پروژه ثبت شده است. شکل ۱-۶۸

Class	Document	Course	Message	Time	Date	No.
Situs Event	photocell.PcbDoc	Situs	Completed Layer Patterns in 0 Seconds	3:29:42 PM	3/04/2017	9
Situs Event	photocell.PcbDoc	Situs	Starting Main	3:29:42 PM	3/04/2017	10
Routing ...	photocell.PcbDoc	Situs	Calculating Board Density	3:29:42 PM	3/04/2017	11
Situs Event	photocell.PcbDoc	Situs	Completed Main in 0 Seconds	3:29:42 PM	3/04/2017	12
Situs Event	photocell.PcbDoc	Situs	Starting Completion	3:29:42 PM	3/04/2017	13
Situs Event	photocell.PcbDoc	Situs	Completed Completion in 0 Seconds	3:29:42 PM	3/04/2017	14
Situs Event	photocell.PcbDoc	Situs	Starting Straighten	3:29:42 PM	3/04/2017	15
Situs Event	photocell.PcbDoc	Situs	Completed Straighten in 0 Seconds	3:29:42 PM	3/04/2017	16
Routing ...	photocell.PcbDoc	Situs	8 of 8 connections routed (100.00%) in 0 Seconds	3:29:42 PM	3/04/2017	17
Situs Event	photocell.PcbDoc	Situs	Routing finished with 0 contention(s). Failed to complete 0 connection(s) in 0 Seconds	3:29:42 PM	3/04/2017	18

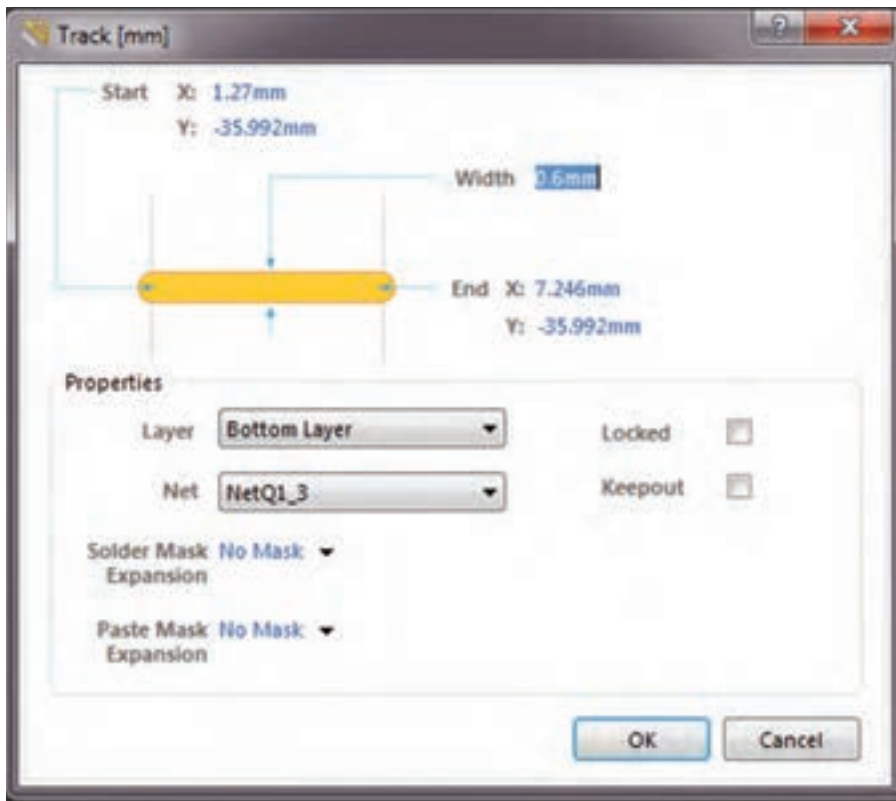
شکل ۱-۶۸

یودمان اول: کار با نرم افزار طراحی مدار چاپی



شکل ۱-۶۹

در شکل ۱-۶۹ 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 پنجره Track [mm] در قسمت Width ضخامت مورد نظرم را وارد کنیم. شکل ۱-۷۰



شکل ۱-۷۰

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

فعالیت عملی



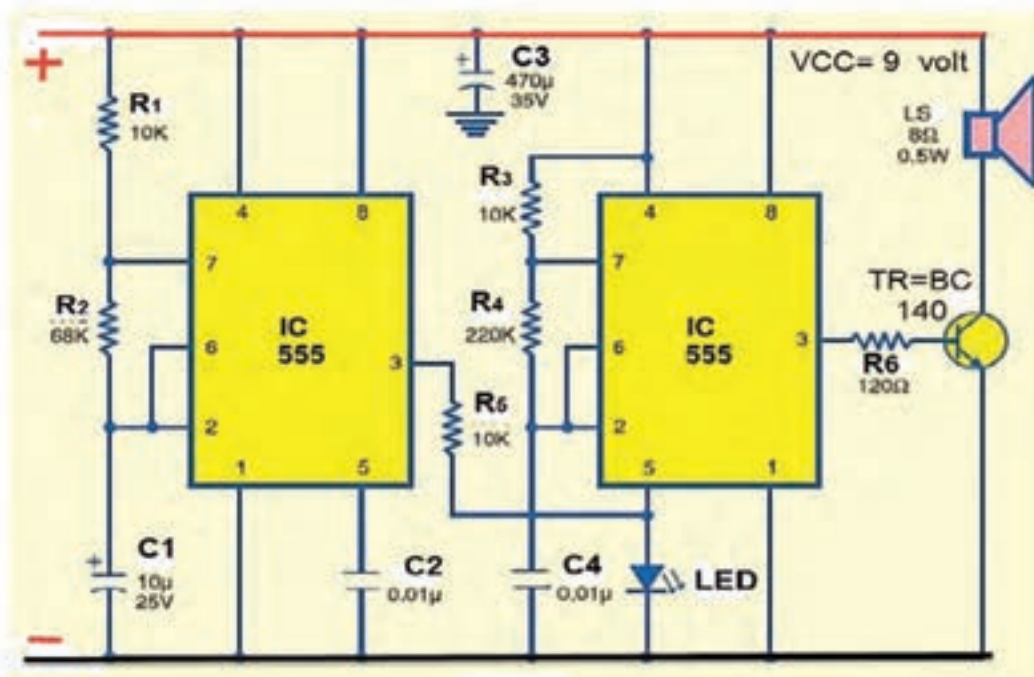
**کار عملی جامع:** نقشه پروژه فتوسل یا نقشه مشابه دیگری را از ابتدا تا انتها به صورت نقشه فنی و نقشه PCB در نرم‌افزار آلتیوم به اجرا در آورید و فایل نهایی را ذخیره کنید.



## نمونه آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری (۱)

### کار با نرم‌افزار تجاری طراحی مدار چاپی

- ۱- نرم‌افزار التیوم دیزاینر را فعال کنید.
- ۲- سندی برای پروژه و شماتیک ترسیم نقشه با نام مناسب ایجاد کنید.
- ۳- نقشه شماتیک شکل ۱-۷۱ را در محیط نرم‌افزار رسم کنید.
- ۴- در ابعاد  $100 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$  طرح مدار چاپی نقشه را ترسیم کنید.
- ۵- طرح را در فایل مربوطه ذخیره کنید.
- ۶- نتیجه را برای ارزشیابی به مربی خود ارائه دهید.



شکل ۱-۷۱

## ارزشیابی شایستگی کار با نرم افزار تجاری طراحی مدار چاپی

<p><b>شرح کار:</b></p> <p>۱- تحلیل نقشه انتخابی                  ۲- بررسی راه‌های دریافت نرم‌افزار                  ۳- انتخاب نرم‌افزار مناسب و بررسی قابلیت‌های آن                  ۴- نصب نرم‌افزار                  ۵- راه‌اندازی نرم‌افزار</p> <p>۶- بررسی قطعات نقشه و ابعاد ظاهری آنها                  ۷- بررسی قطعات موجود در منوهای نرم‌افزار و انطباق آن با نقشه                  ۸- مطالعه دقیق قوانین حاکم بر ترسیم نقشه استاندارد                  ۹- طراحی و ترسیم نقشه مدار چاپی پروژه با نرم‌افزار</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b> طراحی مدار چاپی نقشه الکترونیکی با نرم‌افزار تجاری بر اساس قوانین و استانداردهای تعریف شده</p> <p><b>شاخص‌ها:</b> ۱- انتخاب نرم‌افزار مناسب از بین نرم‌افزارهای تخصصی (۲۰ دقیقه)                  ۲- نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار به طور دقیق و کامل (۲۰ دقیقه)                  ۳- طراحی و ترسیم دقیق و صحیح نقشه مدار چاپی به کمک نرم‌افزار (۳۰ دقیقه)</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b> شرایط: نور مناسب برای انجام کارهای دقیق - ابعاد حداقل ۶ مترمربع - دمای طبیعی (۲۷C° - ۱۸C°) و میزکار استاندارد برای قراردادن رایانه با ابعاد ۸۸ cm * ۸۰ cm * ۱۸۰ cm - فرد با لباس کار - وجود امکانات اتصال به شبکه اینترنت - نرم‌افزارهای خاص (پروتل، دی ایکس پی، آلتیوم دیزاینر) - انجام کار در حال نشسته</p> <p><b>ابزار و تجهیزات:</b> رایانه - نقشه مدار الکترونیکی - لوازم‌التحریر</p>			
<b>معیار شایستگی:</b>			
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:	۲	
	۱- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها ۲- دقت و تمرکز در اجرای کار ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴- اخلاق حرفه‌ای		
	<b>میانگین نمرات</b>		*

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