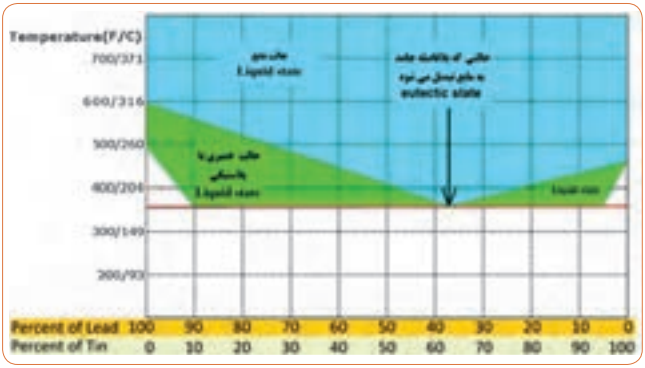
بخش دوم

طراحی و ساخت مدار چاپی

فصل ۱

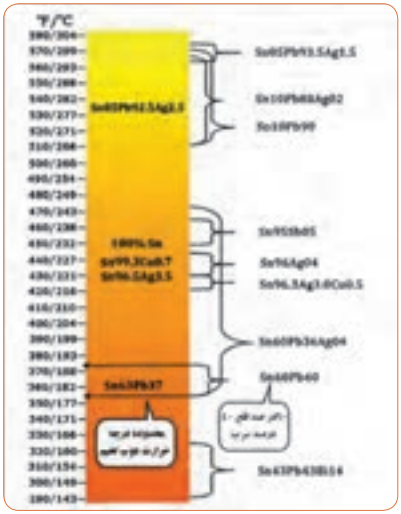
لحیم کاری قطعات گسسته

- **منحنی درصد قلع و سرب در لحیم و ارتباط آن با فرایند ذوب و درجه حرارت:** با توجه به شکل ۱، ملاحظه می‌شود که بهترین شرایط برای ذوب لحیم، ۶۳ درصد قلع و ۳۷ درصد سرب است. زیرا در این شرایط حالت خمیری وجود ندارد و بلافاصله لحیم از حالت جامد به حالت مایع تبدیل می‌شود.



شکل ۱

- در شکل ۲ نمودار درصد قلع و سرب در لحیم و ارتباط آن با فرایند ذوب و درجه حرارت به صورت دسته‌بندی شده آمده است. این نمودار برداشت ساده‌تر و کاربردی‌تری از منحنی شکل ۱ است.



شکل ۲

● در لحیم‌کاری‌های طولانی استفاده از ماسک‌های مخصوص الزامی است. ماسک باید از نوع استاندارد انتخاب شود. در شکل ۳ یک نمونه ماسک استاندارد مخصوص جوشکاری و لحیم‌کاری را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۳

چگونه از روکش حرارتی استفاده کنیم؟

روکش حرارتی کاربرد زیادی دارد. مثلاً از آن می‌توانید برای محافظت سیم و کابل در مقابل سایش، مواد شیمیایی، آب و هوا، یا برای بسته‌بندی و دسته‌بندی استفاده کنید. با کمی حرارت روکش حرارتی جمع شده و جسم را کاملاً پوشش می‌دهد. برای این کار نیاز به یک منبع حرارت مانند تفنگ گرمایی(سشوار صنعتی) یا یک شعله کوچک اجاق کوچک دارید، شکل۴.

◆ **اول ایمنی:** به‌یاد داشته باشید کار با حرارت و آتش خطرناک است ممکن است باعث آسیب به‌خود یا آتش‌سوزی بزرگ شود. برای جلوگیری از این اتفاقات ناگوار حتماً باید از عینک محافظ، ماسک، دستکش و لباس مناسب استفاده کنید.

شکل ۴

◆ **مرحله اول: انتخاب قطر (سایز ـ size) روکش**

روکش حرارتی زمانی جمع (منقبض) می‌شود که به سطح روکش حرارت ملایم وارد شود. همچنین انتخاب قطر سایز روکش حرارتی

بسیار مهم است تا عایق‌بندی به خوبی انجام شود. همیشه قطر روکش باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که پس از حرارت دیدن کوچک‌تر از قطر منطقه مورد عایق‌بندی (قطر سیم با عایق) نباشد و پیش از حرارت دیدن به راحتی در منطقه مورد عایق‌بندی قرار گیرد، شکل۵.

شکل ۵

◆ **مرحله دوم: بریدن روکش**

پس از انتخاب روکش حرارتی متناسب با قطر سیم یا کابل روکش حرارتی را به اندازه مورد نیاز ببرید. با توجه به قطر سیم، لازم است طول روکش کمی بزرگ‌تر باشد تا دو طرف سیم یا کابل به‌طور مناسب عایق‌بندی شود. به‌خاطر داشته باشید که طول روکش حرارتی در طی فرایند حرارت‌دهی، با توجه به جنس آن در حدود ۵ تا ۷ درصد کاهش می‌یابد. توجه داشته باشید که روکش حرارتی به آسانی با قیچی بریده می‌شود، شکل۶.

شکل ۶

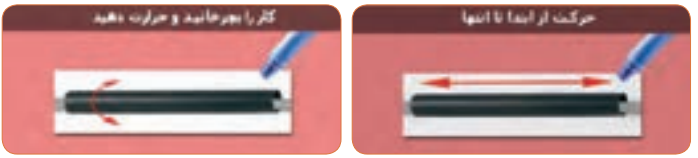
◆ **مرحله سوم: قرار دادن روکش در محل عایق‌بندی و حرارت دادن آن**

پس از بریدن روکش، آن را به‌گونه‌ای در محل قرار دهید که دو طرف محل عایق‌بندی را بپوشاند. هنگام حرارت دادن باید میزان حرارت با توجه با ابعاد سیم یا کابل مناسب باشد بنابراین نوع تفنگ حرارتی که استفاده می‌کنید بسیار اهمیت دارد. استفاده از شعله به

دلیل عدم یکنواختی و ایجاد آسیب‌های احتمالی، اصلاً توصیه نمی‌شود، شکل ۷.

شکل ۷

برای حرارت دادن از ابتدای کار شروع به حرارت دادن کنید و مطمئن شوید هیچ‌گونه حبابی به وجود نمی‌آید. به عبارت دیگر کل کار را به طور یکنواخت حرارت دهید. پس از حرارت دادن روکش و انقباض آن، به روکش اجازه دهید تا به‌خوبی خنک شود، شکل ۸.



شکل ۸

مزایای مدار چاپی

به طورکلی مزایای مدار چاپی در مقایسه با مدارهای سیم‌کشی به شرح زیر است:

- از شلوغ شدن اتصالات و سیم‌کشی‌ها جلوگیری می‌شود.
- اندازهٔ مدارها کوچک می‌شود.
- به‌هنگام تعمیر مدار دنبال کردن خطوط به سهولت انجام می‌شود.
- مونتاژ مدار سریع و آسان و مقرون به صرفه است.
- تکثیر و تولید زیاد لوازم الکترونیکی آسان‌تر است.

مزایای فوق سبب شده است که تمام کارخانه‌های تولیدکنندهٔ لوازم الکترونیکی از مدار چاپی استفاده کنند.

صرف‌نظر از روش‌های مختلف طراحی و تکثیر مدار چاپی اجرای مراحل زیر در تمام روش‌ها مشابه است:

- چسباندن ورقهٔ نازک مس روی فیبر عایق (مرحلهٔ ساخت فیبر).
- طراحی مدار چاپی با در نظر گرفتن اندازهٔ حقیقی و استانداردهای موجود.
- استفاده از روش‌های رایج در انتقال مدار روی فیبر.
- قرار دادن فیبر در داخل اسید و از بین بردن مس‌های اضافی.

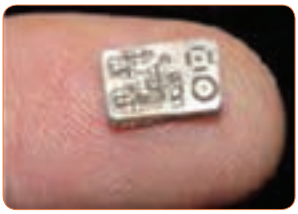
- تمیز کردن فیبر و سوراخ کردن آن.
- لحیم‌کاری و مونتاژ عناصر روی فیبر.

در شکل‌های ۹ تا ۱۴، پنج مرحله از مراحل فوق نشان داده شده است.

شکل ۹ــ فیبر خام

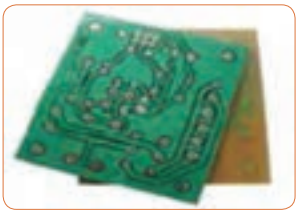
شکل ۱۰ــ تمیز کردن

شکل ۱۱ــ انتقال طرح روی فیبر



شکل ۱۲ــ فیبر آمادهٔ سوراخ‌کاری

شکل ۱۳ــ فیبر آمادهٔ سوراخ‌کاری



شکل ۱۴ــ فیبر آمادهٔ مونتاژ

ضخامت لایه‌های مس روی فیبر

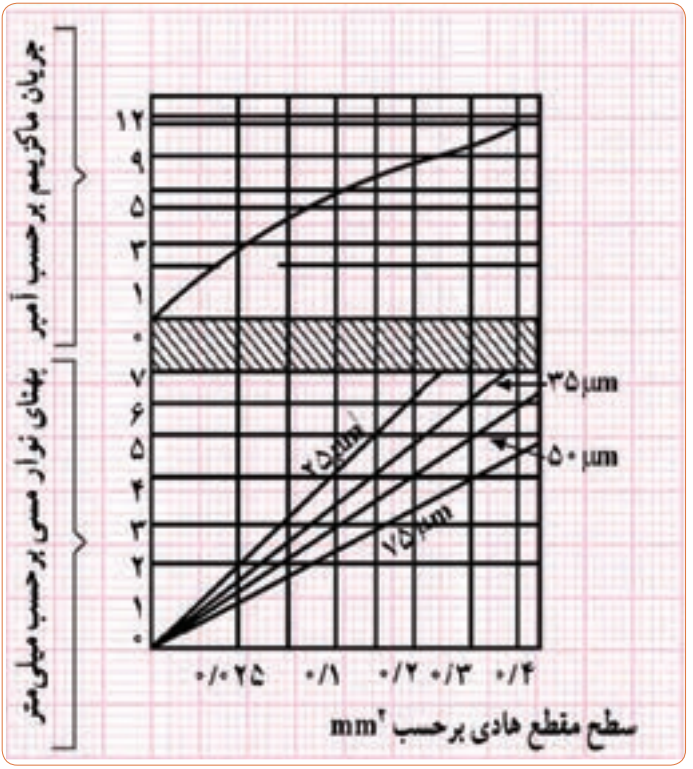
لایه‌های مس چسبانده‌شده روی فیبر مدار چاپی نیز دارای استانداردهای مشخص است. ضخامت لایهٔ مس چسبانده‌شده بر روی فیبر معمولاً ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میکرومتر است. به‌علت نازک بودن لایهٔ مس، ارتباط پایه‌های عناصر دارای محدودیت‌هایی است. این محدودیت‌ها شامل حداکثر جریان عبوری از خطوط ارتباطی و ماکزیمم مقاومت ایجاد شده در محل اتصالات است. همچنین ولتاژی هم که می‌توان بین دو نقطه اتصال داد، دارای محدودیت است. در طراحی برای فرکانس بالا خاصیت خازنی باید در نظر گرفته شود. برای در نظر گرفتن محدودیت‌های فوق جداول و استانداردهایی وجود دارد که می‌توان با استفاده از آنها مدار چاپی را بدون اشکال طراحی کرد.

محاسبهٔ ماکزیمم جریان عبوری از لایهٔ مس

برای محاسبهٔ ماکزیمم جریان عبوری از لایه‌های مس با پهنای مختلف از نمودار شکل ۱۵ استفاده می‌شود. در این شکل ابتدا با داشتن پهنای خطوط ارتباطی از منحنی پایین، سطح مقطع محل عبور جریان به دست می‌آید. سپس با استفاده از منحنی بالایی ماکزیمم جریان عبوری مجاز تعیین می‌شود. به عنوان مثال خطی با پهنای ۴ mm روی فیبر با لایهٔ مسی به ضخامت ۷۵ میکرومتر(μm) دارای سطح مقطعی برابر ۰/۳ میلی‌مترمربع (mm^2) است. ماکزیمم جریان قابل عبور از این سطح مقطع با توجه به نمودار برابر ۱۰A خواهد بود.

تمرین

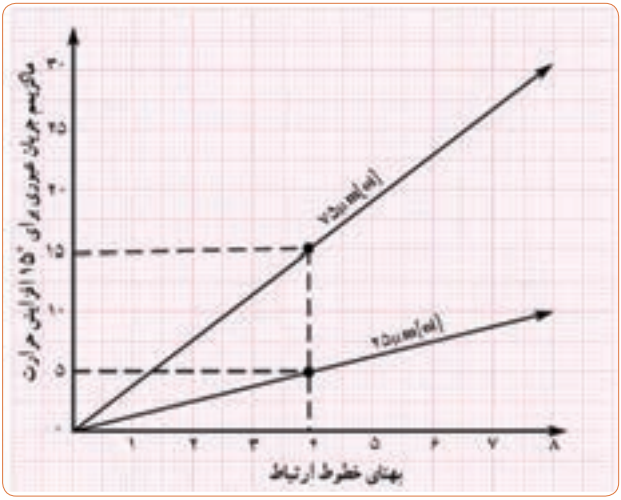
اگر جریان عبوری از نوار مسی ۳ آمپر و ضخامت نوار ۲۵ میکرومتر باشد، با استفاده از نمودار شکل ۱۵، ضخامت نوار را محاسبه کنید. توجه داشته باشید که عبور جریان از نوار مسی موجب گرم شدن آن می‌شود. مثلاً عبور جریان ۱۰ آمپر از این نوار مسی، به اندازهٔ ۱۰ درجه، حرارت مس را بالا می‌برد.



شکل ۱۵ــ محاسبات فیبر مدار چاپی

نمودار محاسبهٔ مستقیم جریان عبوری یا ضخامت نوار با توجه به درجه حرارت

منحنی‌های دیگری نیز برای محاسبه مستقیم جریان عبوری یا ضخامت نوار با توجه به درجه حرارت وجود دارد. در شکل۱۶ماکزیمم جریان عبوری با توجه به افزایش ۱۵ درجه حرارت ترسیم شده است. در این نمودار مقدار ضخامت نوار با توجه به جریان عبوری به طور مستقیم قابل محاسبه است.



شکل ۱۶

محاسبهٔ مقاومت خطوط ارتباطی

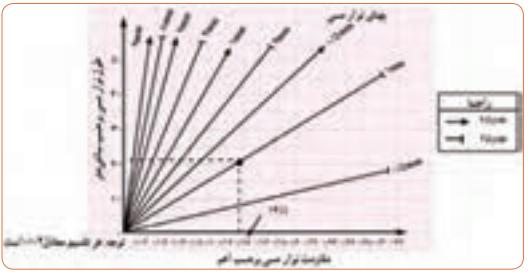
مقاومت ایجادشده بر روی فیبر مدار چاپی در اثر خطوط ارتباطی، بستگی به ضخامت لایهٔ مس و پهنای خطوط ارتباط دارد. مقاومت ایجادشده باید طوری درنظر گرفته شود که باعث افت ولتاژ در طول مسیر و نیز تلفات قدرت بیش از حد نشود. با داشتن سطح مقطع و طول یک هادی می‌توان مقاومت آن را محاسبه کرد. منحنی شکل ۱۷ مقاومت خطوط ارتباطی را با پهنا و طول‌های مختلف نشان می‌دهد.

به‌عنوان مثال مقاومت خطی به طول ۲۰ سانتی‌متر و پهنای یک میلی‌متر بر روی فیبری با ضخامت لایهٔ ۰/۲۵ میکرومتر حدود ۰/۱۴ اهم است.

اگر از این خط ارتباطی، جریانی برابر ۲ آمپر عبور کند افت ولتاژی برابر با ۰/۲۸ ولت ایجاد می‌شود.

در بعضی مدارها که به مقاومت کم با وات بالا نیاز است، می‌توان

از لایهٔ مسی روی فیبر به عنوان مقاومت استفاده کرد.
با اضافه نمودن فواصل پایهٔ المان‌ها می‌توان طول لایهٔ مسی را اضافه نمود و مقاومت مورد نظر را به دست آورد.



شکل ۱۷ــ مقاومت نوار مسی برحسب اهم

فاصلهٔ خطوط ارتباطی

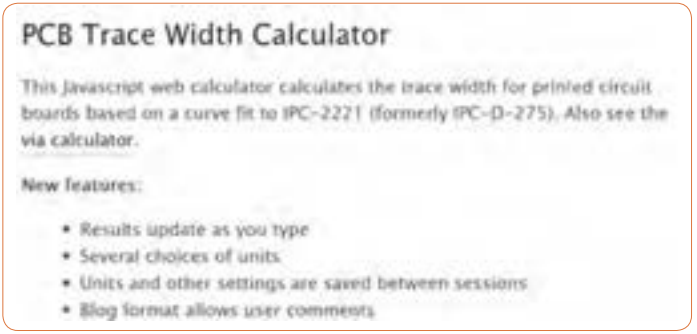
حداقل فاصلهٔ بین دو خط ارتباطی با توجه به ولتاژ مدار محاسبه می‌شود. اگر فاصلهٔ خطوط با در نظرگرفتن ولتاژ مدار از حد مجاز کمتر شود باعث ایجاد جرقه و یا ارتباط بین دو خط می‌شود. در جدول ۱ حداقل فاصلهٔ بین دو نقطه متناسب با ولتاژ مدار آورده شده است.

جدول ۱

ولتاژ DC یا ماکزیمم ولتاژAC (ولت)	۰- ۵۰	۵۱-۱۰۰	۱۰۱-۱۷۰	۲۵۰ -۱۷۱	۲۵۱- ۵۰۰
حداقل فاصله (میلی‌متر– mm)	۰/۵	۰/۷	۱	۱/۲	۳

◆ Pcb trace width calculator

در رسانه‌های مختلف علمی، محاسبه‌گرهای پهنای نوار چاپی وجود دارد که با مراجعه به آن می‌توانید پهنای نوار را محاسبه کنید. در ادامه نمونه‌ای از محاسبه‌گرها را مشاهده می‌کنید.



Current	10	Amps
Thickness	4	mm ▾

Optional Inputs:

Temperature Rise	10	Deg C ▾
Ambient Temperature	25	Deg C ▾
Trace Length	1	inch ▾

Results for Internal Layers:

Required Trace Width	0.164	mm ▾
Resistance	0.000685	Ohms
Voltage Drop	0.00685	Volts
Power Loss	0.0685	Watts

Results for External Layers in Air:

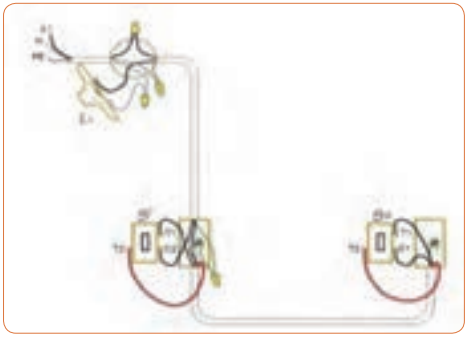
Required Trace Width	2.48	mil ▾
Resistance	0.00178	Ohms
Voltage Drop	0.0178	Volts
Power Loss	0.178	Watts

فصل ۲

مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

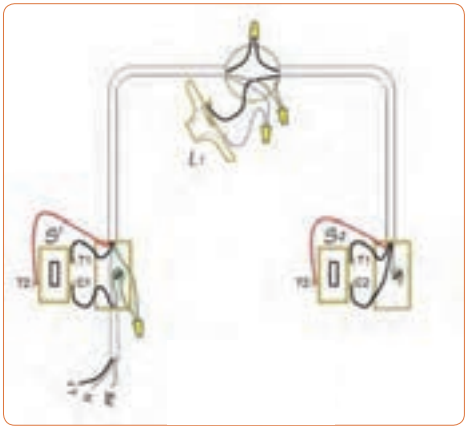
◆ **مدار تبدیل(دو راهه):**

این کلید قادر به کنترل یک روشنایی از دو نقطه است. از نظر شکل ظاهری شبیه کلید یک پل است. در شکل ۱۸ اتصال کلید تبدیل شبیه‌سازی شده روی دیوار با دریافت برق از لامپ را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۱۸ــ مدار کلید تبدیل (برق از چراغ)

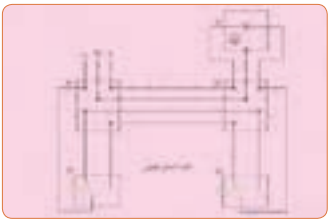
در شکل ۱۹چگونگی سیم‌کشی مدار روشنایی با کلید دوراهه (تبدیل) از سمت کلید آورده شده است.



شکل ۱۹ــ مدار کلید تبدیل (برق از کلید) چراغ بین دو کلید

● موارد کاربرد این کلید در راهروها، سالن پذیرایی و اتاق‌های دو در است. ترکیب این کلید با کلید یک پل (یک‌راهه) در اتاق‌خواب

استفاده می‌شود. ظاهر این کلید شبیه کلید یک پل است ولی به‌جای دو کنتاکت شامل سه کنتاکت، یکی مشترک (پیچ قرمز) و دو غیرمشترک (پیچ سفید) است. در شکل‌های ۲۰ و ۲۱ نقشه مدار سیم‌کشی و نمادهای کلید تبدیل را ملاحظه می‌کنید.



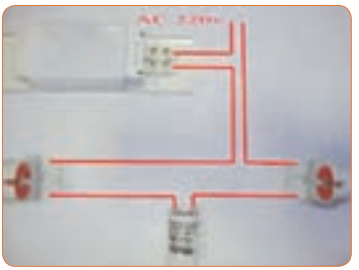
الف) شمای حقیقی ب) شمای فنی

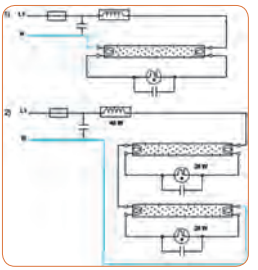
شکل ۲۰

شکل ۲۱

مدار لامپ فلورسنت معمولی

در شکل ۲۲ نقشه‌فنی و مدار عملی لامپ فلورسنت و اجزاءِ آن آمده است.





شکل ۲۲

◆ معایب بالاست مغناطیسی:

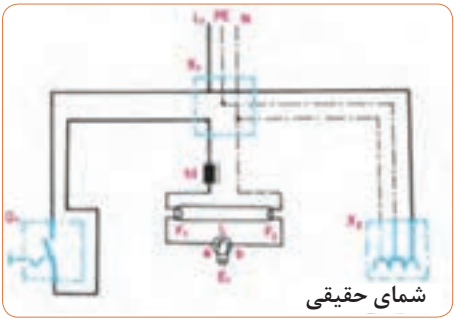
- گرمای بسیار زیادی تولید می‌کنند، در نتیجه تلفات انرژی زیادی دارند.
- روشن شدن مهتابی همراه با دو سه ثانیه تأخیر اتفاق می‌افتد و مهتابی قبل از روشن شدن چند بار چشمک می‌زند تا کاملاً روشن شود.
- این بالاست‌ها در هنگام کار دارای یک سروصدای «ویزویز» هستند که شاید این صدا برای خیلی‌ها قابل تحمل نباشد.
- طول عمر لامپ مهتابی در این مدل کمتر است.
- استفاده از این بالاست‌ها باعث می‌شود که لامپ مهتابی در هر ثانیه ۱۰۰ بار خاموش و روشن شود، شاید چشم ما قادر به مشاهده آن نباشد. ولی این قضیه باعث خستگی چشم می‌شود.
- نیاز به وجود قطعه‌ای به نام استارت است.
- وزن این بالاست‌ها بیش از پنج برابر بالاست‌های الکترونیکی است.

در مدار مهتابی با بالاست الکترونیکی، برعکس بالاست‌های مغناطیسی، شش ترمینال وجود دارد. سیم فاز و نول وارد دو تا از ترمینال‌های آن شده و از چهار ترمینال بعدی بالاست، به لامپ مهتابی وصل می‌شود.

◆ طرز کار لامپ فلورسنت با بالاست مغناطیسی

در شکل ۲۳ مدار لامپ فلورسنت که با کلید یک پل کار می‌کند را ملاحظه می‌کنید. طرز کار آن به شرح زیر است:

زمانی که کلید Q۱ را وصل می‌کنیم بین دو الکترود استارتر (a , b)، اختلاف سطحی برابر با ۲۲۰ ولت به وجود می‌آید، این اختلاف سطح گاز نئون داخل استارتر را یونیزه کرده و سبب می‌شود از آن جریان عبور کند. در اثر عبور جریان، تیغه بی‌متال L ضمن گرم شدن خم می‌شود و به الکترود دیگر می‌چسبد. در این حالت در رشته‌های فلزی لامپ که آن را فیلامان می‌نامند (F۱ , F۲) و در مسیر استارتر و چک قرار گرفته‌اند، جریان برقرار می‌شود و آنها را سرخ می‌کند. در اثر سرخ شدن فیلامان‌ها، الکترون‌های سطحی فیلامان، ضمن پرتاب شدن از آن باعث یونیزه شدن گازهای اطراف خود می‌شوند.

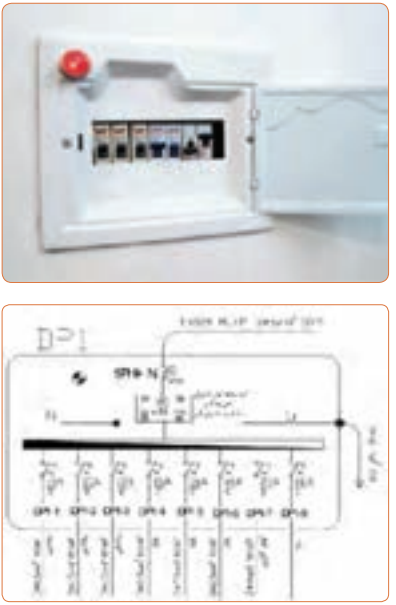


شکل ۲۳

همچنین به‌علت چسبیدن تیغه‌های بی‌متال استارتر، در دو سر آن، افت ولتاژ وجود ندارد و این ولتاژ به صفر نزدیک می‌شود. در این حالت، گاز نئون داخل استارتر دیگر یونیزه نمی‌شود. در لحظه قطع استارتر، به‌علت خاصیت خودالقائی سلف (چک لامپ مهتابی M) ولتاژ لحظه‌ای زیادی (حدود ۷۵۰ تا ۱۶۰۰ ولت) تولید می‌شود که این ولتاژ، بخار جیوه داخل لامپ را یونیزه می‌کند و جریان از داخل لامپ سبب برخورد الکترون‌ها به جدار داخلی لامپ می‌شود. چون داخل لامپ از مواد فلورسانس پوشیده شده است، برخورد الکترون‌ها به آن باعث تولید نور می‌شود. در این حالت جریان لامپ زیاد می‌شود و ولتاژ اضافی آن در دو سر چک افت می‌کند. چون ولتاژ دو سر استارتر کم می‌شود گاز داخل آن یونیزه نمی‌شود و جریانی از بی‌متال عبور نمی‌کند. در نتیجه، از این لحظه به بعد بی‌متال نقشی در مدار نخواهد داشت.

تابلو توزیع برق واحد مسکونی

تابلو توزیع برق واحد مسکونی شامل محلی برای نصب کلیدهای حفاظتی و دارای (شین) نول و ارت می‌باشد. لوله برق ورودی واحد مسکونی از تابلو کنتور به سوی آن هدایت می‌شود و پس از توزیع برق بین کلیدهای حفاظتی در مسیرهای مستقل توسط لوله برق به سوی مدارهای مختلف مانند مدارهای روشنایی و پریز هدایت می‌شود. تابلو توزیع برق دارای دو نوع توکار و روکار است، شکل ۲۴.



شکل ۲۴

برای تابلوهای توزیع نقشه الکتریکی ترسیم می‌شود و آن را با حروف اختصاری DP نشان می‌دهند.
در نقشه الکتریکی تابلو توزیع واحد مسکونی DP، مشخصات کلیدهای حفاظتی MCB هر مسیر و تعداد مسیرهای توزیع به همراه اندازه لوله و تعداد سیم‌ها و اندازه سیم نشان داده می‌شود.

◆ ارتفاع نصب تجهیزات برقی

ارتفاع نصب تجهیزات برقی از کف تمام شده در سیم‌کشی برق ساختمان در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. لذا پس از جانمایی با توجه به ارتفاع مجاز محل نصب هریک مشخص می‌شود.

جدول ۲

ارتفاع نصب استاندارد از کف تمام‌شده (اندازه‌ها به سانتی‌متر)					
	کلیدها	پریزها	چراغ‌ها	تابلو و آیفون	توضیحات
پذیرایی و نشیمن	۱۱۰	۳۰	۲۲۰	۱۴۰	کلید کولر در ارتفاع ۱۴۰
اتاق‌خواب	۱۱۰	۳۰	۲۲۰	-	
آشپزخانه	۱۱۰	۱۱۰	۲۲۰	-	فاصله پریزها از نقطه آبریز شیرها ۶۰ سانتی‌متر
حمام	ممنوع	ممنوع	۲۲۵	-	در جهت افقی دوش نباید هیچ‌گونه وسیله برقی نصب شود.
سرویس بهداشتی(توالت)	۱۱۰	۱۱۰	۲۲۰	-	
تراس	۱۱۰	۱۱۰	۲۲۰	-	
ورودی واحد آپارتمان	۱۱۰	۳۰	۲۲۰	۱۴۰	فاصله مجاز از لوله آب و گاز رعایت شود.
پیلوت ـ پارکینگ ـ حیاط	۱۱۰	۱۱۰	۲۲۰	-	

◆ محدوده‌های مجاز

- فاصله لبه تابلو توزیع برق از لوله آب ۶۰ سانتی‌متر و از لوله گاز ۹۰ سانتی‌متر است.
- حداقل فاصله پریزهای برق از نقطه آبریز شیر و پکیج دیواری ۶۰ سانتی‌متر است.

- حداقل فاصله لوله برق از تأسیسات آب و گاز و بخار و امثال آن باید ۳۰ سانتی‌متر باشد.
- در جهت افقی دوش حمام نباید هیچ‌گونه وسیله برقی نصب شود.
- فاصله کلید از چهارچوب «در» می‌تواند بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر انتخاب گردد.
- در آشپزخانه پریز از مرز بیرونی سینک ظرفشویی و در سرویس بهداشتی از روشویی ۶۰ سانتی‌متر فاصله داشته باشد.
- ارتفاع پریز برای هود ۱۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

◆ **مشخصات داکت‌های پلاستیکی** (ابعاد بر حسب میلی‌متر)، جدول ۳

جدول ۳

ساده	۱۰×۱۰	۲۰×۲۰	۲۵×۲۰	۱۵×۳۰	۳۰×۳۰	۳۵×۴۰	۳۰×۵۰	۴۰×۴۰	۴۰×۵۰	۶۰×۶۰	۴۰×۶۰	۴۰×۳۵	۴۰×۹۰
شیاردار	۹۰×۴۰	۶۰×۶۰	۴۰×۶۰	۴۰×۳۵									

◆ **مشخصات طول رولپلاک** (ابعاد بر حسب میلی‌متر)، جدول ۴

جدول ۴

قطر سوراخ‌کاری	۱۰	۸	۶	۶
طول رولپلاک	۶۰	۵۰	۵۰	۳۵
حداقل عمق سوراخ‌کاری	۷۵	۶۰	۶۰	۴۵
اندازه پیچ مناسب	۸	۶	۵	۵

◆ **مشخصات چند نمونه سشوار صنعتی**، جدول ۵

جدول ۵

ولتاژ تغذیه (ولت)	۲۲۰	۲۲۰	۲۲۰
توان (وات)	۱۸۰۰ وات	۱۸۰۰ وات	۲۰۰۰ وات
دمای هوای خروجی(سانتی‌گراد)	۵۰ تا ۶۰۰	۵۰ تا ۵۷۰	۵۰ تا ۶۵۰
وزن (کیلوگرم)	۸۰۰ گرم	۸۰۰ گرم	۷۹۰ گرم

◆ **مشخصات چند نمونه دریل**، جدول ۶

جدول ۶

قدرت (وات)	۸۰۰	۱۱۰۰	۱۳۵۰
سرعت آزاد	۰ ـ ۹۰۰ دور		
قطر مته‌کاری(میلی‌متر)	۴ تا ۲۶	۱۲ تا ۴۰	۱۲ تا ۴۵
وزن (کیلوگرم)	۲/۷	۲/۶	۷/۹

◆ **مشخصات چند نمونه مته**، جدول ۷

جدول ۷

طول مته (سانتی‌متر)	قطر مته (میلی‌متر)				
۱۱	ـ	۸	۷	۶	۵
۱۶	۱۲	۱۰	۸	۷	۶
۴۶	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰
۶۰	ـ	ـ	۲۲	۲۰	۱۸

◆ **مشخصات سیم‌های مفتولی**، جدول ۸

جدول ۸

وزن تقریبی	حداکثر مقاومت هادی در ۲۰°C	حداقل مقاومت عایقی در ۷۰°C	میانگین قطر خارجی		ضخامت عایق	گروه هادی	سطح مقطع نامی هادی
Kg/Km	Ω/Km	MΩ/Km	حد بالا mm	حد پایین mm	mm		mm۲
۸	۳۶	۰/۰۱۵۰	۲/۳	۱/۹	۰/۶	۱	۰/۵
۱۱	۲۴/۵	۰/۰۱۲۰	۲/۵	۲/۱	۰/۶	۱	۰/۷۵
۱۴	۱۲/۱	۰/۰۱۱۰	۲/۷	۲/۲	۰/۶	۱	۱
۲۰	۱۲/۱	۰/۰۱۱۰	۳/۲	۲/۶	۰/۷	۱	۱/۵
۲۲	۷/۴۱	۰/۰۱۰۰	۳/۴	۲/۸	۰/۷	۲	۱/۵
۳۱	۷/۴۱	۰/۰۱۰۰	۳/۹	۳/۲	۰/۸	۱	۲/۵
۳۳	۷/۴۱	۰/۰۰۹۰	۴/۰	۳/۳	۰/۸	۲	۲/۵
۴۶	۴/۶۱	۰/۰۰۸۵	۴/۴	۳/۶	۰/۸	۱	۴
۴۸	۴/۶۱	۰/۰۰۷۷	۴/۶	۳/۸	۰/۸	۲	۴
۶۶	۳/۰۸	۰/۰۰۷۰	۵/۰	۴/۱	۰/۸	۱	۶
۶۹	۳/۰۸	۰/۰۰۶۵	۵/۲	۴/۳	۰/۸	۲	۶
۱۰۵	۱/۸۳	۰/۰۰۷۰	۶/۴	۵/۳	۱/۰	۱	۱۰
۱۱۰	۱/۸۳	۰/۰۰۶۵	۶/۸	۵/۷	۱/۰	۲	۱۰

◆ **مشخصات سیم‌های افشان**، جدول ۹

جدول ۹

وزن تقریبی	حداکثر مقاومت هادی در ۲۰°C	حداقل مقاومت عایقی در ۷۰°C	میانگین قطر خارجی		ضخامت عایق	سطح مقطع نامی هادی
Kg/Km	Ω/Km	MΩ/Km	حد بالا mm	حد پایین mm	mm	mm^2
۹	۳۹	۰/۰۱۳۰	۲/۵	۲/۱	۰/۶	۰/۵
۱۱	۲۶	۰/۰۱۱۰	۲/۷	۲/۲	۰/۶	۰/۷۵
۱۴	۱۹/۵	۰/۰۱۰۰	۲/۸	۲/۴	۰/۶	۱
۲۰	۱۳/۳	۰/۰۱۰۰	۳/۴	۲/۸	۰/۷	۱/۵
۳۲	۷/۹۸	۰/۰۰۹۰	۴/۱	۳/۴	۰/۸	۲/۵
۴۷	۴/۹۵	۰/۰۰۷۰	۴/۸	۳/۹	۰/۸	۴
۶۷	۳/۳۰	۰/۰۰۶۰	۵/۳	۴/۴	۰/۸	۶
۱۱۳	۱/۹۱	۰/۰۰۵۶	۶/۸	۵/۷	۱/۰	۱۰

◆ **مشخصات سیم‌های افشان**، جدول ۱۰

جدول ۱۰

وزن تقریبی	حداقل نیروی پارگی	حداکثر مقاومت هادی در ۷۰°C	میانگین قطر خارجی	تعداد و قطر هادی	سطح مقطع نامی هادی
Kg/Km	kN	Ω/Km	mm	mm	mm^2
۱۴۴	۱/۲۱	۰/۱۳۸۵	۵/۱	۷×۱/۷۰	۱۶
۲۲۹	۰/۷۸۰	۰/۷۴۶۱	۶/۳	۷×۲/۱۴	۲۵
۳۱۷	۰/۵۵۴	۰/۵۲۶۴	۷/۵	۷×۲/۵۲	۳۵
۴۲۶	۰/۳۸۶	۰/۳۶۵۶	۸/۹	۷×۲/۹۲	۵۰
۴۲۹	۰/۳۸۶	۰/۳۷۵۹	۹/۰	۱۹×۱/۷۸	۵۰
۶۲۰	۰/۲۷۲	۰/۲۷۶۲	۱۰/۵	۱۹×۲/۱۴	۷۰
۸۵۹	۰/۲۰۶	۰/۱۹۴۹	۱۲/۵	۱۹×۲/۲۵	۹۵
۱۰۸۰	۰/۱۶۱	۰/۱۵۵۴	۱۴/۱	۱۹×۲/۸۰	۱۲۰

◆ تعیین سطح مقطع سیم

در طراحی سیم‌کشی برق ساختمان نیاز به انتخاب سیم با سطح مقطع مشخصی می‌باشد. هر سیم با سطح مقطع مشخص قادر به انتقال جریان معینی است که اگر جریان سیم از آن تجاوز کند سبب تلفات انرژی الکتریکی، کوتاهی عمر سیم و یا سوختن آن می‌شود. لذا در انتخاب سطح سیم سه اصل زیر را باید در نظر گرفت:

الف) جریان از حد مجاز جریان سیم بیشتر نشود.

ب) افت ولتاژ از حد مجاز بیشتر نشود.

ج) محاسبات اقتصادی در مورد سطح مقطع انتخابی از نظر افت توان انجام شود.

حداکثر جریان مجاز سیم براساس سطح مقطع و محل استفاده در جدول ۱۱ آمده است.

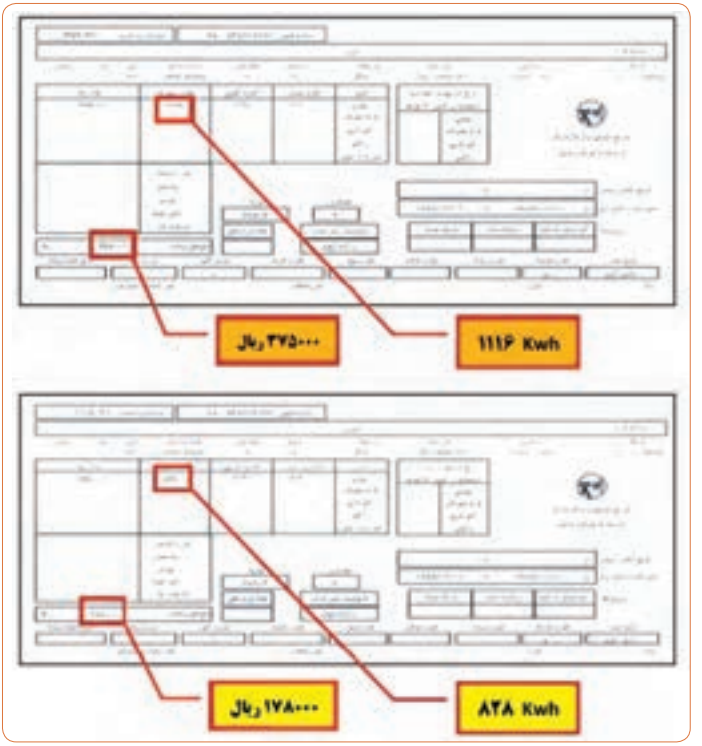
جدول ۱۱

مقطع سیم به میلی‌متر مربع	شدت جریان مجاز سیم بر حسب آمپر		
	سیم‌های با عایق تا حداکثر ۳ سیم در هر لوله	کابل‌های روکار	سیم‌های هوایی
۰/۷۵	۴	۶	۱
۱	۶	۱	۱۵
۱/۵	۱	۱۵	۲
۲/۵	۱۵	۲	۲۵
۴	۲	۲۵	۲۵
۶	۲۵	۲۵	۵
۱	۲۵	۵	۶
۱۶	۵	۶	۸
۲۵	۶	۸	۱
۲۵	۸	۱	۱۲۵
۵	۱	۱۲۵	۱۶
۷	ـ	۱۶	۲
۹۵	ـ	۲	۲۲۵
۱۲	ـ	۲۲۵	۲۶
۱۵	ـ	۲۶	۲
۱۸۵	ـ	۲	۲۵
۲۴	ـ	۲۵	۴۲
۲	ـ	۴۲	۵

نکات ایمنی و صرفه‌جویی در مصرف برق

سؤال۱ـ برای جمع‌آوری قطعات شکسته یک لامپ کم‌مصرف چه موارد ایمنی باید رعایت شود؟ مراحل و نحوه جمع‌آوری قطعات لامپ را تشریح کنید. آیا در ایران، مرکزی برای بازیافت این نوع لامپ‌ها وجود دارد؟

سؤال۲ـ شکل ۲۴ مربوط به قبض برق یک آپارتمان در دو بازه دوماهه است. روشنایی این آپارتمان در یک فاصله دوماهه از لامپ ۱۰۰ وات رشته‌ای و دو ماه بعدی از لامپ ۲۰ وات کم‌مصرف استفاده کرده است. میزان مصرف انرژی و برق‌بها در این دو زمان چه تفاوتی دارد؟ چرا؟



شکل ۲۵

ارزشیابی

با توجه به جداول ۱۲ و ۱۳ پس از اجرای هر مرحله آموزش و انجام فعالیت‌های عملی از فرایند کار شما ارزشیابی به عمل می‌آید. شاخص‌ها و معیارهای ارزشیابی و امتیازدهی مطابق الگوی ارائه شده در

جـداول مربوطـه اسـت. توجـه کنیـد ایـن معیارهـا تعیین‌کننـده میـزان شایسـتگی شـما در انجـام کار اسـت. شایسـتگی‌های غیرفنـی (NT= Non Technical) شـامل مـواردی نظیـر ایمنـی، بهداشـت، توجهـات زیسـت‌محیطی و نگـرش اسـت کـه بایـد در هنـگام اجـرای کار مـورد توجـه قرار گیرد.

جدول‌های ۱۲و ۱۳ شاخص‌های ارزشیابی، ایمنی، بهداشت و شایستگی‌های غیرفنی (NT) و فنی

جدول ۱۲ـ شاخص‌های امتیازدهی ایمنی، بهداشت و شایستگی‌های غیرفنی (NT)

ردیف	معیارهای ارزشیابی	امتیاز	امتیاز کسب‌شده
۱	بهداشت فردی شامل لباس کار تمیز و داشتن اتیکت نام	۲۰	
۲	مراقبت انگشتان دست هنگام روکش‌برداری (استفاده از دستکش)	۲۰	
۳	مسئولیت‌پذیری در حفظ و مراقبت از میکرومتر و سایر لوازم	۱۵	
۴	کار ایمن با میکرومتر با توجه به راهنمای کاربرد	۱۵	
۵	مشارکت فعال در گروه جهت اجرای مراحل اندازه‌گیری	۱۵	
۶	توجه به بازیافت مواد دورریز مانند سیم مسی	۱۵	

جدول ۱۳ـ نمون‌برگ ارزشیابی شایستگی‌های فنی

ردیف	شاخص‌های امتیازدهی	امتیاز	امتیاز کسب‌شده
۱	استفاده از دفترچه راهنمای دستگاه	۱۰	
۲	تشریح عملکرد	۱۰	
۳	اجرای صحیح فرایند کار (مشاهده)	۱۵	
۴	روکش‌برداری صحیح (مشاهده)	۱۵	
۵	اندازه‌گیری صحیح قطر سیم‌ها (مشاهده)	۲۰	
۶	مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده با جدول	۱۵	
۷	تنظیم گزارش کار (مشاهده)	۱۵	
۸	جمع امتیازها	۱۰۰	
۹	ایمنی و بهداشتی و NT	۱۰۰	

جدول ۱۴ــ نمون‌برگ ارزشیابی شایستگی‌های فنی

ردیف	شاخص‌ها	امتیاز پیشنهادی	امتیاز
۱	داشتن نقشه کار	۲۰	
۲	اجرای صحیح فرایند کار (مشاهده)	۲۰	
۳	ابعاد صحیح (مشاهده محصول)	۲۰	
۴	تمیزی کار (مشاهده محصول)	۱۵	
۵	استحکام (مشاهده محصول)	۲۵	
۶	جمع امتیازها	۱۰۰	
۷	ایمنی و بهداشت و NT	۱۰۰	

ارزشیابی نهایی

ارزشیابی مشابه موارد گذشته بر اساس استاندارد عملکرد کار انجام می‌شود. این نمون‌برگ‌های ارزشیابی را بررسی کنید و بر اساس موارد خواسته‌شده خود را آماده کنید.

فصل ۳

مدارهای الکترونیکی ساده

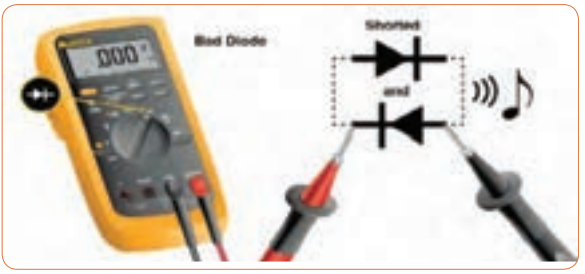
◆ **تشخیص پایه‌ها و سالم‌بودن دیود با مولتی‌متر دیجیتالی**

اغلب مولتی‌مترهای دیجیتالی دارای وضعیت آزمایش دیود هستند. شکل ۲۶ وضعیت آزمایش دیود را نشان می‌دهد.

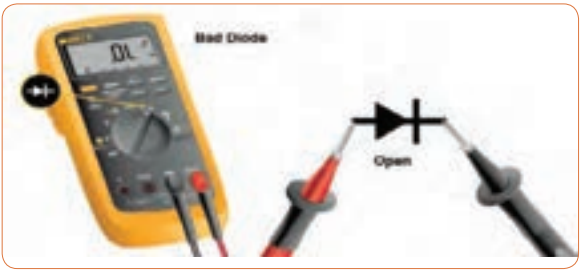
شکل ۲۶

در مورد تعیین آند و کاتد دیود و صحت دیود در کتاب درسی توضیح لازم داده شد. با مولتی‌متر دیجیتالی می‌توان دیود معیوب را از دیود سالم تشخیص داد. در صورتی‌که سیم منفی (سیم مشترک یا Com) مولتی‌متر به کاتد و سیم مثبت آن به آند دیود وصل شود، اگر علامت OL روی صفحه نمایش مولتی‌متر ظاهر شود، دیود معیوب و قطع است و اگر عدد صفر (۰) نشان داده شود، دیود اتصال کوتاه است. شکل‌های ۲۷ تا ۲۹ دیودهای معیوب را نشان می‌دهد.

شکل ۲۷ــ تست دیود ناسالم و اتصال کوتاه



شکل ۲۸ــ دیود معیوب و اتصال کوتاه



شکل ۲۹ــ دیود معیوب و قطع است

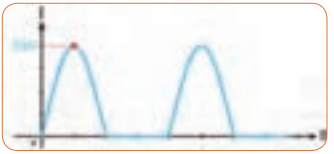
● **مقادیر حد در دیود:** هر دیود برای جریان عبوری مستقیم و ولتاژ معکوس مشخصی ساخته می‌شود. کارخانه‌های سازنده، مشخصات زیادی از دیودها را در اختیار قرار می‌دهند که بسته به نوع طراحی، می‌توان از آنها استفاده نمود. در ادامه به برخی از مشخصه‌های الکتریکی دیودها، که معمولاً در طراحی یکسوکننده‌ها به کار می‌رود، اشاره می‌کنیم.

الف) مشخصه‌های جریان

● **ماکزیمم جریان مستقیم یا متوسط دیود (I_F) :** مقدار ماکزیمم جریان DC یا متوسط جریان که مجاز هستیم از دیود عبور دهیم بدون اینکه دیود آسیب ببیند «جریان ماکزیمم مستقیم» یا متوسط جریان، نام دارد. در صورتی که در اثر عبور این جریان، حرارت ایجادشده در اتصال PN در هوای آزاد به‌خوبی نتواند دفع شود، باید دیود را روی گرماگیر نصب نمود. در شکل ۳۰، ماکزیمم جریان مستقیم و ماکزیمم متوسط جریان (I_F) برای سه نوع سیگنال نشان داده شده است.

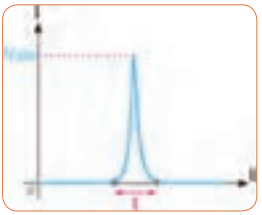
شکل ۳۰

• **ماکزیمم جریان تکراری دیود (I_{FRM})**: حداکثر دامنهٔ جریانی که به صورت تکرار سیکل‌ها در دیود جاری می‌گردد، ماکزیمم جریان تکراری دیود نام دارد. شکل ۳۱ دامنهٔ ماکزیمم جریان تکراری (I_{FRM}) را نشان می‌دهد.



شکل ۳۱

• **ماکزیمم جریان لحظه‌ای دیود (I_{FSM})**: حداکثر جریان غیرتکراری که دیود می‌تواند در لحظه‌ای بسیار کوتاه (حدود چند میکروثانیه یا میلی‌ثانیه) تحمل کند، جریان لحظه‌ای دیود نام دارد. اگر این جریان چند بار پشت سرهم به دیود اعمال شود دیود ممکن است بسوزد. شکل ۳۲ این جریان را نشان می‌دهد.



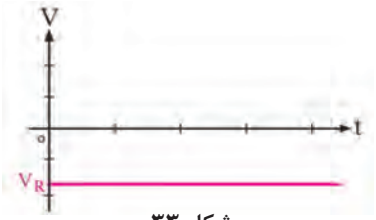
I_F = Forward Current
I_{FRM} = Maximume Repetitive Current
I_{FSM} = Maximume Surge Forward Current

شکل ۳۲

ب) مشخصه‌های ولتاژ

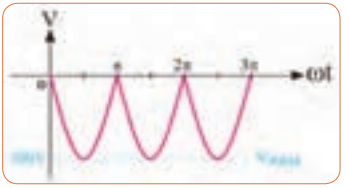
مشخصه‌های ولتاژ مقادیری از انواع ولتاژ هستند که در بایاس معکوس در دو سر دیود افت می‌کند. کارخانه‌های سازنده حداکثر مقدار مجاز این ولتاژها را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهند. مهم‌ترین مشخصه‌های ولتاژ عبارت‌اند از:

• **ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز ثابت (V_R)**: حداکثر ولتاژی است که در بایاس معکوس، دو سر دیود قرار می‌گیرد و دیود آسیب نمی‌بیند. شکل ۳۳ ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز ثابت را نشان می‌دهد.



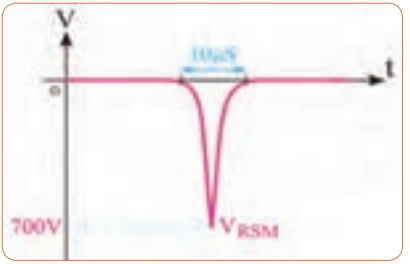
شکل ۳۳

● **ماکزیمم ولتاژ معکوس تکراری (V_{RRM}):** حداکثر ولتاژ معکوس که به صورت تکرار سیکل‌ها در دو سر دیود قرار می‌گیرد و دیود آسیب نمی‌بیند، V_{RRM} نام دارد. در شکل ۳۴ ماکزیمم ولتاژ معکوس تکراری نشان داده شده است.



شکل ۳۴

● **ماکزیمم ولتاژ معکوس لحظه‌ای (V_{RSM}):** حداکثر ولتاژی است که دیود می‌تواند در بایاس معکوس در لحظه بسیار کوتاه تحمل کند. شکل ۳۵، V_{RSM} را نشان می‌دهد.

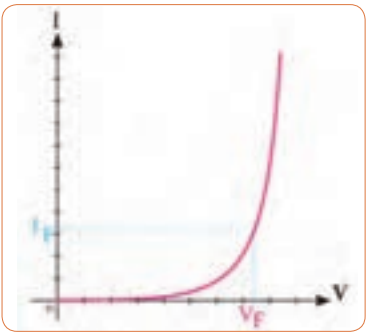


V_R =Reverse Voltage
V_{RRM} = Maximume Repetitive Reverse Voltage
I_{RSM} = Maximume Repetitive Surge Voltage

شکل ۳۵

مقاومت استاتیکی و دینامیکی دیود

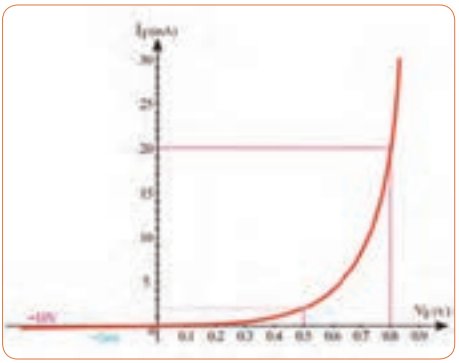
مقاومت اهمی در یک دیود از تقسیم افت ولتاژ دو سر دیود بر جریان عبوری از آن به دست می‌آید. مقاومت دیود در مقابل عبور جریان مستقیم و متناوب فرق می‌کند. مقاومت دیود در مقابل عبور جریان مستقیم را مقاومت استاتیکی می‌نامند و مقدار آن را از رابطه صفحه بعد به دست می‌آورند. مقدار مقاومت استاتیکی یک دیود مشخص، به ازای جریان مستقیم عبوری از آن ثابت است، شکل ۳۶.



$$r_{dc} = \frac{V_F}{I_F}$$

شکل ۳۶ـ نمایش مقاومت استاتیکی

مثـــال: بـــرای مشـــخصه شـــکل ۳۷ مقاومـــت اســـتاتیکی (DC) را در جریان‌های ۲۰ mA، ۲ mA و ۲- µA به دست آورید.



شکل ۳۷

حل:

$$I_F = ۲۰\,mA \xrightarrow{\text{منحنی}} V_F = ۰/۸V$$
$$r_{dc} = \frac{V_F}{I_F} = \frac{۰/۸V}{۲۰mA} = ۴۰\,\Omega$$

$$I_F = ۲\,mA \xrightarrow{\text{منحنی}} V_F = ۰/۵V$$
$$r_{dc} = \frac{V_F}{I_F} = \frac{۰/۵V}{۲\,mA} = ۲۵۰\,\Omega$$

$$I_F = -۲\,\mu A \xrightarrow{\text{منحنی}} V_F = -۱۰V$$
$$r_{dc} = \frac{V_F}{I_F} = \frac{-۱۰V}{-۲\mu A} = ۵\,M\Omega$$

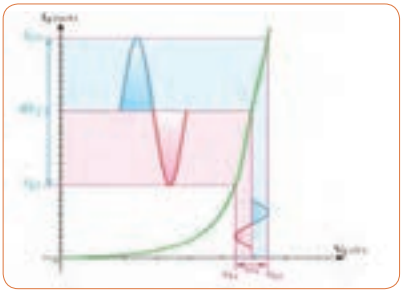
همان‌طور که مشاهده می‌شود دیود در بایاس موافق مقاومت کم و در بایاس مخالف مقاومت زیاد دارد.

- **مقاومت دینامیکی:** مقاومت دیود در مقابل جریان متناوب را مقاومت دینامیکی می‌نامند و آن را از رابطه زیر به‌دست می‌آورند.

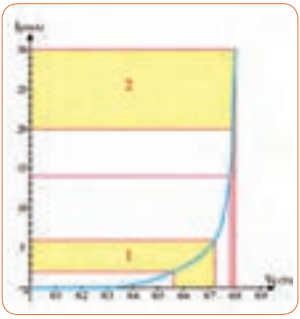
$$r_{ac} = r_d = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}$$

r_d مقاومت دینامیکی (d=dynamic)

تغییرات ولتاژ یا جریان را با دلتا (Δ) نشان می‌دهند. مقاومت دینامیکی در اثر تغییر مقاومت لایه سد به‌دلیل تغییرات حاصل از جریان متناوب به وجود می‌آید و مقدار آن در اثر افزایش ولتاژ خارجی کم می‌شود، شکل ۳۸.



شکل ۳۸



شکل ۳۹

مثال: برای منحنی شکل ۳۹ مطلوب است
الف) مقاومت AC برای ناحیه ۱
ب) مقاومت AC برای ناحیه ۲
ج) مقایسه مقاومت نواحی ۱ و ۲

حل:
الف) برای ناحیه ۱

$$\Delta V_F = ۰/۷۲ - ۰/۵۷ = ۰/۱۵V$$
$$\Delta I_F = ۶ - ۲ = ۴mA$$
$$r_{ac_۱} = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} = \frac{۰/۱۵}{۴} = ۳۷/۵\,\Omega$$

ب) برای ناحیه ۲

$$\Delta V_F = ۰/۸ - ۰/۷۸ = ۰/۰۲V$$
$$\Delta I_F = ۳۰ - ۲۰ = ۱۰\ mA$$
$$r_{ac_۲} = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} = \frac{۰/۰۲}{۱۰} = ۲\Omega$$

ج) مقایسه مقاومت دینامیکی نواحی ۱ و ۲

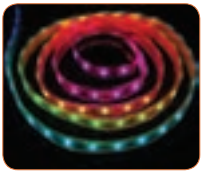
$$\text{نسبت مقاومت‌ها} = \frac{۳۷/۵}{۲} \cong ۱۹$$

• کاربردهای دیگر LED

در کتاب درسی با برخی از کاربردهای دیود آشنا شده‌اید. شکل‌های الف، ب و پ ۴۰ برخی دیگر از کاربردهای LED را نشان می‌دهد.

پ) تابلوی روان با LED

ب) تلویزیون با LED



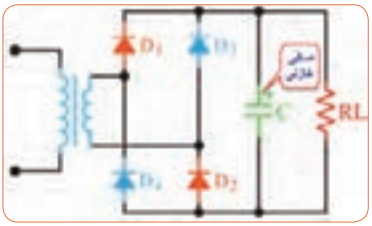
الف) ریسه با LED

شکل ۴۰

• ضربان در ولتاژ خروجی یکسوساز و چگونگی اندازه‌گیری آن

توسط مدارهای یکسوساز ولتاژ متناوب را به ولتاژ یک‌طرفه تبدیل می‌کنند. ولتاژ یکسوشده دارای نوسان‌هایی با فرکانس ۵۰ هرتز یا ۱۰۰ هرتز است. برای اینکه بتوانیم ولتاژ نوسان‌دار را به یک ولتاژ ثابت تبدیل کنیم، باید از صافی (فیلتر) استفاده کنیم. برای این منظور در توان‌های کم از خازن و در توان‌های زیاد از سلف استفاده می‌شود.

صافی خازنی: زمانی که خازن به صورت صافی به‌کار می‌رود، با بار به‌طور موازی قرار می‌گیرد. شکل ۴۱ مدار یکسوساز با صافی خازنی را نشان می‌دهد.



شکل ۴۱

خـازن ابتـدا از مقـدار صفـر تـا ماکزیمـم ولتـاژ نیم‌سـیکل مثبـت شـارژ می‌شـود. زمانـی کـه ولتـاژ خروجـی از نقطـه V_M شـروع بـه کاهـش می‌کنـد، دیودهـای یکسـوکننده در بایـاس معکـوس قـرار می‌گیرنـد و ولتـاژ دو سـر بـار از طریـق تخلیـه خـازن تأمیـن می‌شـود، بـه عبـارت دیگـر خـازن از طریـق بـار دشـارژ می‌شـود. شـکل‌های ۴۲ و ۴۳ شـارژ و دشارژ خازن صافی را نشان می‌دهد.

شکل ۴۲

شکل ۴۳

هـر قـدر ظرفیـت خـازن بزرگ‌تـر باشـد، زمـان دشـارژ آن در بـار بیشـتر و ضربـان یـا ریپـل(Ripple) کمتـر اسـت. شـکل‌های ۴۴ و ۴۵ منحنـی دشـارژ دو نـوع خـازن بـا ظرفیـت کـم و زیـاد را در بـار مسـاوی نشـان می‌دهد.

شکل ۴۴

شکل ۴۵

اگـر ظرفیـت خـازن ثابـت باشـد و بـار تغییـر کنـد، ضربـان تغییـر می‌کنـد. شـکل‌های ۴۶ و ۴۷ منحنـی ولتـاژ خروجـی را بـه ازای دو بـار متفاوت نشان می‌دهد.

شکل ۴۶

شکل ۴۷

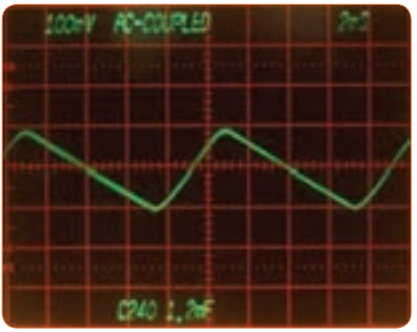
اگـر بـه خروجـی یکسـوکننده بـا صافـی خازنـی، هیـچ بـاری وصـل نشـود (بی‌بـاری) خروجـی کامـلاً صـاف اسـت. شـکل ۴۸ شـکل مـوج خروجی صافی را در حالت بی‌باری نشان می‌دهد.

شکل ۴۸

• محاسبه مقدار پیک تا پیک ضربان:

برای محاسبه ضربان در مدار یکسوساز با صافی، چون دامنه ضربان کم و میلی‌ولت (mv) است و روی موج DC یکسوشده سوار است، به وضوح قابل رؤیت نیست. لذا باید ابتدا اسیلوسکوپ را در وضعیت AC قرار داد. سپس با کلید سلکتور $\frac{VOLT}{DIV}$ دامنه ضربان را افزایش داد تا رؤیت و قابل اندازه‌گیری شود. شکل ۴۹ ضربان را در این حالت نشان می‌دهد. با اندازه‌گیری تعداد خانه‌های عمودی موج و ضرب آن در عدد $\frac{VOLT}{DIV}$ مقدار پیک تا پیک ضربان به‌دست می‌آید.

یادآور می‌شود که بهترین شرایط برای هر دستگاه الکترونیکی اعمال ولتاژ DC بدون ضربان است که با استفاده از رگولاتور ولتاژ و منابع تغذیه سوئیچینگ به‌دست می‌آید.



شکل ۴۹

• برگه اطلاعات آی‌سی رگولاتور

در ادامه قسمتی از یک نمونه برگه اطلاعات آی‌سی رگولاتور را ملاحظه می‌کنید. برای مشاهده سایر اطلاعات می‌توانید به سایت all datasheet.Com مراجعه کنید.

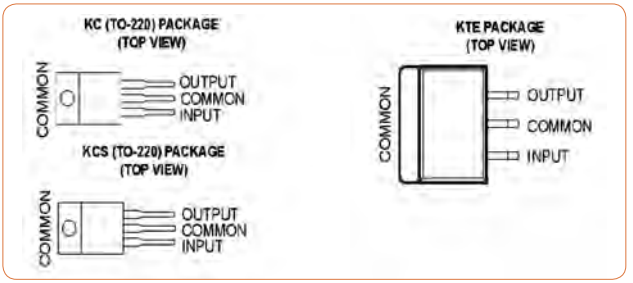
μA۷۸۰۰ SERIES

POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVS۰۵۶J – MAY ۱۹۷۶ – REVISED MAY ۲۰۰۳

POST OFFICE BOX ۶۵۵۳۰۳ • DALLAS, TEXAS ۷۵۲۶۵ ۱

- **۳-Terminal Regulators**
- **Output Current up to ۱.۵ A**
- **Internal Thermal-Overload Protection**
- **High Power-Dissipation Capability**
- **Internal Short-Circuit Current Limiting**
- **Output Transistor Safe-Area Compensation**



description/ordering information

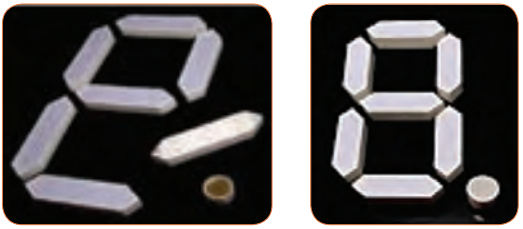
This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications.

These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to ۱/۵ A of output current. The internal current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload.

In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents, and also can be used as the power-pass element in precision regulators.

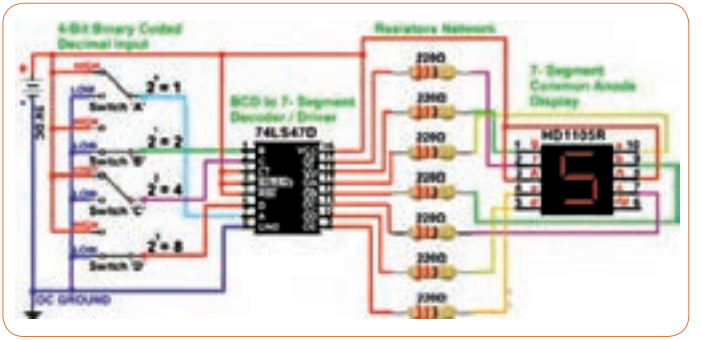
- **نقش مقاومت R در مدارهای هفت‌قطعه‌ای (Seg-۷)**

هر دیود در بایاس موافق جریان معینی را تحمل می‌کند. هفت قطعه‌ای، حداقل از ۷ عدد دیود تشکیل شده است. شکل ۵۰ هفت قطعه‌ای را نشان می‌دهد.

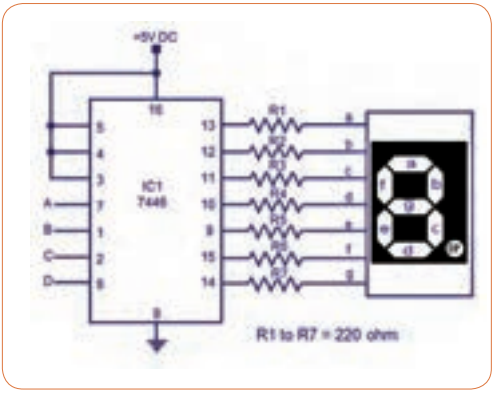


شکل ۵۰

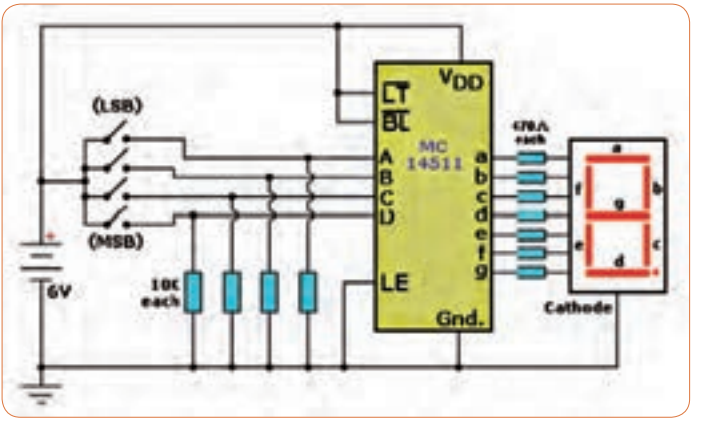
برای محدود کردن جریان هر LED، باید مقاومتی را با آن سری کنید. محاسبه مقدار مقاومت هر LED در کتاب درسی توضیح داده شد. شکل‌های ۵۱، ۵۲ و ۵۳ سه مدار با Seg-۷ و مقاومت سری با هر LED را نشان می‌دهد.



شکل ۵۱



شکل ۵۲



شکل ۵۳

استفاده از مولتی‌متر برای آزمایش صحت ترانزیستور: در کتاب درسی چگونگی تعیین پایه‌های ترانزیستور و صحت آن شرح داده شد. اگر به مولتی‌متر دیجیتالی توجه کنید، روی پانل آن ترمینالی وجود دارد که می‌توان پایه‌های ترانزیستور را مطابق شکل۵۴ به آن اتصال داد. ابتدا باید کلید سلکتور در وضعیت hfe قرار داده شود. چنانچه اتصال پایه‌های ترانزیستور به درستی انجام گیرد یعنی بیس به ترمینال B و امیتر به ترمینال E و کلکتور به ترمینال C اتصال داده شود و ترانزیستور سالم باشد، روی صفحه نمایش عدد hfe نشان داده می‌شود. hfe نسبت تغییرات جریان کلکتور(I_C) به جریان بیس(I_B) است. دستگاه مولتی‌متر ترانزیستور را در نقطه‌ای بایاس و نسبت $\frac{I_C}{I_B}$ را در آن نقطه نشان می‌دهد.

شکل ۵۴

شکل ۵۵ محل ترمینال hfe را در دو نوع مولتی‌متر نشان می‌دهد.

شکل ۵۵

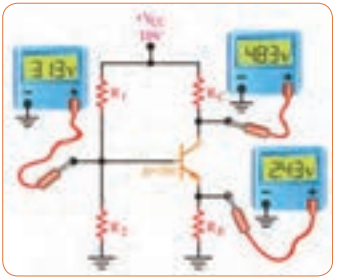
• حل چند مثال برای بایاس سرخود

مثال ۱ـ در شکل ۵۶، مطلوب است محاسبه V_{BE}، V_{CE}

حل: با توجه به شکل $V_B = ۳/۱۳V$ $V_E = ۲/۴۳\ V$ $V_C = ۴/۸۳\ V$

لذا $V_{BE} = V_B - V_E = ۳/۱۳ - ۲/۴۳ = ۰/۷\ V$

$V_{CE} = V_C - V_E = ۴/۸۳ - ۲/۴۳ = ۲/۴\ V$



شکل ۵۶

مثال ۲ـ در شکل ۵۷، مطلوب است محاسبه V_{BE}، V_{CB}

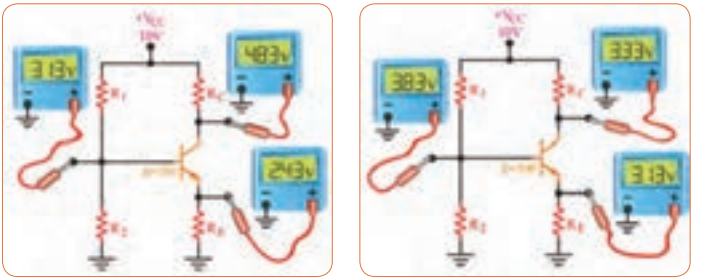
حل: با توجه به شکل $V_B = ۳/۸۳\ V$

$V_C = ۳/۳۳\ V$ $V_E = ۳/۱۳\ V$

لذا $V_{BE} = V_B - V_E = ۳/۸۳ - ۳/۱۳ = ۰/۷\ V$

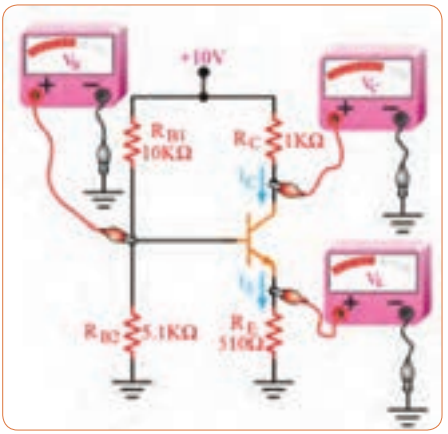
$V_{CE} = V_C - V_E = ۳/۳۳ - ۳/۱۳ = ۰/۲\ V$

لذا $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = ۰/۲ - ۰/۷ = -۰/۵\ V$



شکل ۵۷

هرگاه ولتاژ کلکتور- بیس در ترانزیستور NPN منفی شود، دیود بیس- کلکتور در بایاس موافق قرار می‌گیرد. چون هر دو دیود، دیود بیس- کلکتور و دیود بیس- امیتر در بایاس موافق قرار دارند، ترانزیستور در اشباع کار می‌کند. در ناحیه اشباع، جریان پایه‌های ترانزیستور ماکزیمم و V_{CE} تقریباً صفر ولت است.



شکل ۵۸

مثـال ۳ـ در شـکل ۵۸، مطلـوب اسـت محاسـبه ولتـاژ پایه‌هـای ترانزیسـتور $(V_B، V_E، V_C)$، V_{BE} = ۰/۷ V.

حل:

محاسبهٔ V_B

$$V_B = \frac{V_{CC} R_۲}{R_۱ + R_۲}$$

$$V_B = \frac{۱۰ \times ۵/۱}{۵/۱ + ۱۰} = ۳/۳۷ \text{ V}$$

محاسبهٔ I_E

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{۲/۶۷}{۵۱۰ \Omega}$$

I_E= ۵/۲۳ mA

$I_C = I_E$= ۵/۲۳ mA

محاسبهٔ V_E

$V_E = V_B - V_{BE}$

V_E=۳/۳۷-۰/۷=۲/۶۷ V

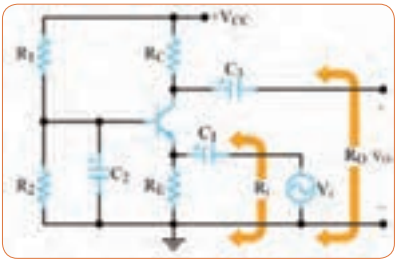
محاسبهٔ V_C

$V_C = V_{CC} - R_C I_C$

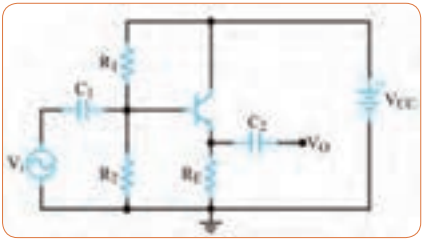
V_C=۱۰-(۵/۲۳×۱)=۴/۷۷ V

• سایر آرایش‌های ترانزیستور:

در شـکل‌های ۵۹ و ۶۰ شـکل مـدار تقویت‌کننـده در آرایـش بیـس مشترک و کلکتور مشترک رسم شده است.



شکل۵۹ـ ترانزیستور در آرایش بیس مشترک



شکل ۶۰ـ ترانزیستور در آرایش کلکتور مشترک

مشخصات سه نوع آرایش برای یک نوع ترانزیستور که از نظر بایاس تا حد امکان با هم مشابه هستند در جدول ۱۵ آورده شده است.

جدول ۱۵

	امیتر مشترک (CE)	بیس مشترک (CB)	کلکتور مشترک (CC)
بهرهٔ جریان	متوسط	کم و کوچک‌تر از واحد	زیاد
بهرهٔ ولتاژ	متوسط	زیاد	کم و کوچک‌تر از واحد
بهرهٔ توان	خیلی زیاد	زیاد و تقریباً برابر بهرهٔ ولتاژ	زیاد و تقریباً برابر بهرهٔ جریان
مقاومت ورودی	متوسط	کم	زیاد
مقاومت خروجی	متوسط	زیاد	کم
اختلاف فاز	۱۸۰°	۰°	۰°

فصل ۴

طراحی مدار چاپی و شبیه‌سازی

کلیه اطلاعات مورد نیاز برای طراحی مدار چاپی و شبیه‌سازی آن در نرم‌افزار، در کتاب درسی آمده است. موارد مرتبط با جداول مورد نیاز و اطلاعات اضافی نرم‌افزاری، از طریق سایت‌های فنی مرتبط قابل دریافت است. همچنین در لوح فشرده ضمیمه کتاب فیلم‌های مختلف مرتبط با موضوع طراحی مدار چاپی گنجانده شده است.

نکات مربوط به واحد یادگیری ۵: شایستگی ترسیم نقشه مدار چاپی با دست (مدارهای الکترونیکی‌ساده)

نکات مربوط به واحد یادگیری ۶: شایستگی شبیه‌سازی و ترسیم مدار چاپی با نرم‌افزار

◆ **فرایند ترسیم نقشه مدار چاپی**

مدارهای الکترونیکی ساده با دست، با ذکر تمرین‌های کافی در کتاب‌های درسی آمده است. برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید به رسانه‌های مختلف از جمله سایت‌های اینترنتی و فیلم‌های مرتبط مراجعه کنید.

همچنین چگونگی شبیه‌سازی مدارهای الکترونیکی و ترسیم مدار چاپی آن با نرم‌افزار به‌صورت سفارشی و خودکار به‌طور جامع در کتاب درسی وجود دارد.

در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر به منابع و رسانه‌های مختلف از جمله فیلم‌های تدوین شده در این ارتباط مراجعه کنید.

فصل ۵

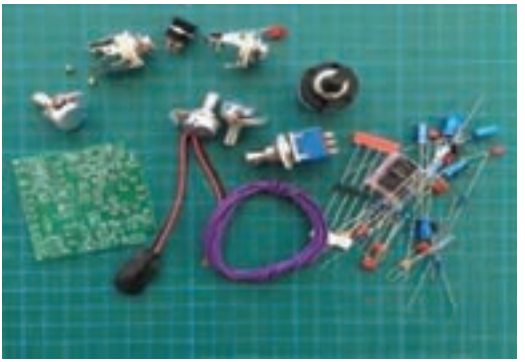
ساخت پروژه ساده

یک نمونه فهرست وارسی قطعات برای مونتاژ یک برد الکترونیکی را در جدول ۱۶ مشاهده می‌کنید.

ردیف Row	نام قطعه Part	نماد فنی Symbol	شکل ظاهری قطعه Package	تعداد Quantity
۱	مقاومت اهمی ۲۲۰Ω	R 220Ω		۲ عدد
۲	مقاومت اهمی ۳۳۰KΩ	R 33kΩ		۱ عدد
۳	دیود نورانی LED رنگ قرمز	LED		۱ عدد
۴	دیود نورانی LED رنگ سبز	LED		۱ عدد
۵	خازن الکترولیتی ۱۰μF/۱۶V	C +		۱ عدد
۶	آی‌سی ۵۵۵	IC1 NE555		۱ عدد

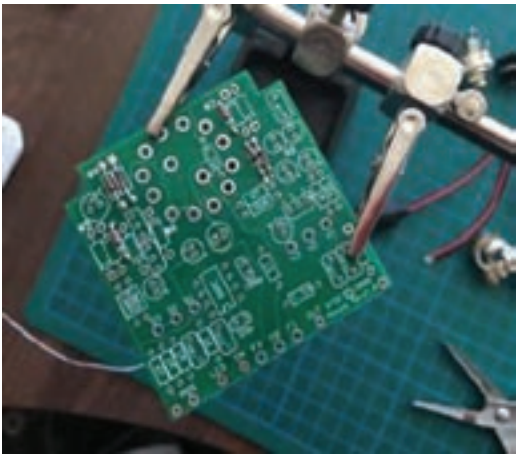
برای مونتاژ حرفه‌ای قطعات الکترونیکی روی یک برد از کوچک‌ترین قطعه شروع می‌کنند تا بزرگ‌ترین قطعه، و مراحل زیر را انجام می‌دهند.

۱ تمام قطعات را قبل از مونتاژ آماده کنید، شکل ۶۱.



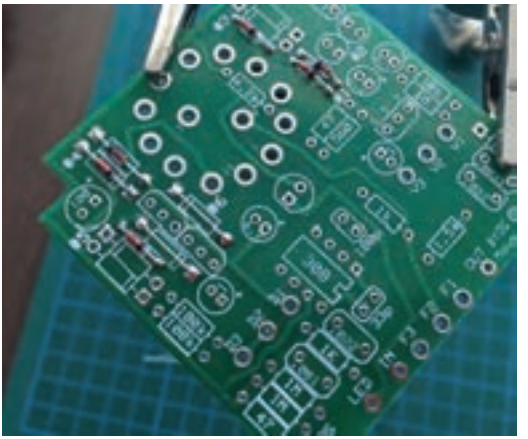
شکل ۶۱

۲ دیودهـای کوچـک شیشـه‌ای ماننـد ۱N۴۱۴۸ اولیـن قطعـه بـرای مونتاژ روی برد هستند، شکل ۶۲.



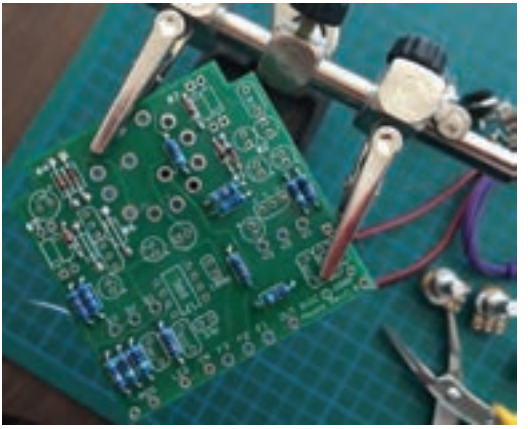
شکل ۶۲ــ مونتاژ قطعه دیود ۱N ۴۱۴۸

۳ قـراردادن پین‌هـای سـوزنی (جامپـر Jumper) و آنهـا را از پشـت بـرد لحیم کنید، شکل ۶۳
After the diodes were in, I used some of the snipped off pins for the two jumper links.



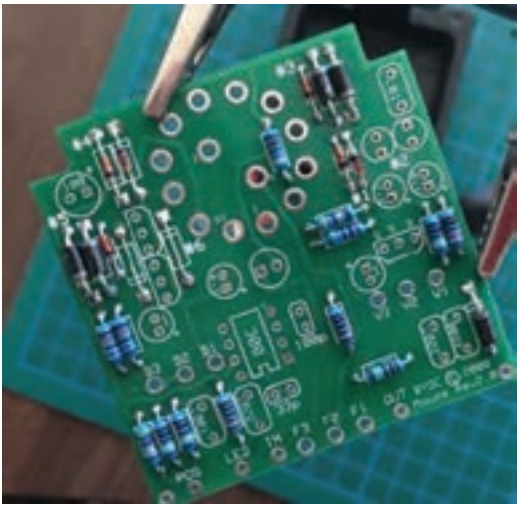
شکل ۶۳

۴ در مرحله چهارم مونتاژ مقاومت‌ها را انجام دهید، شکل ۶۴.
The resistors were in next.



شکل ۶۴

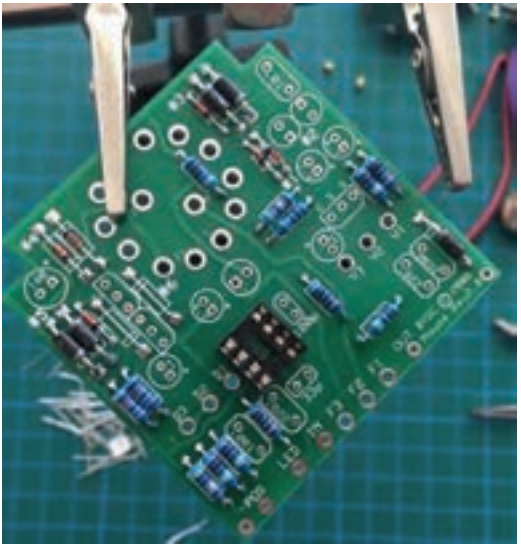
۵ قـراردادن دیودهـای ۱N۴۰۰۱ تـا ۱N۴۰۰۲ و لحیـم پایه‌هـای آن صورت می‌گیرد، شکل ۶۶.
The ۱N۴۰۰۱ and ۱N۴۰۰۲ diodes were soldered in place afterwards.



شکل ۶۵

۶ سوکت پایه آی‌سی بعد از دیودها در برد قرار گرفته و پایه‌های آن لحیم می‌شود، شکل ۶۶.

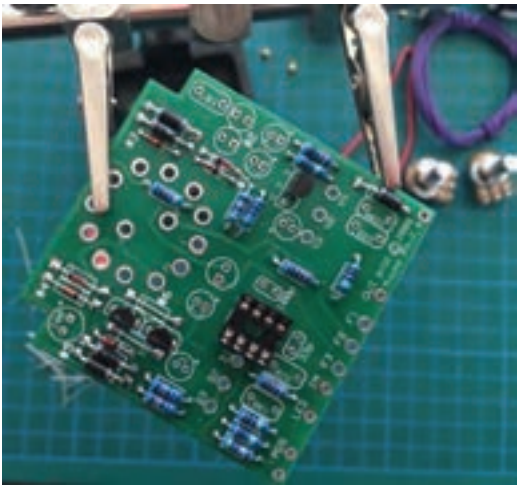
The IC socket went in next.



شکل ۶۶

۷ بعد از سوکت آی‌سی نوبت به قراردادن ترانزیستورها و لحیم پایه‌های آن است، شکل ۶۷.

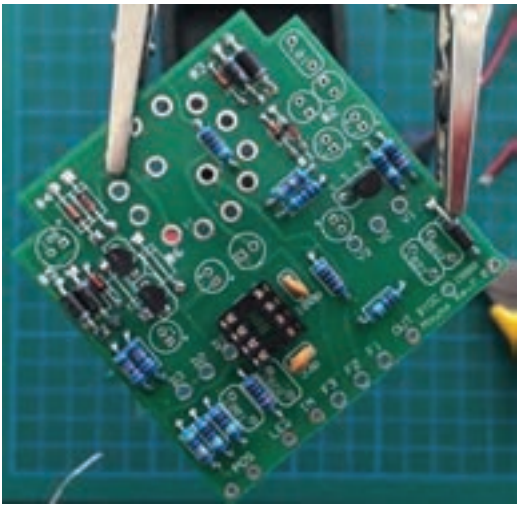
After the IC socket, the transistors were put in.



شکل ۶۷

۸ قـراردادن خازن‌هـای سـرامیکی و لحیـم پایه‌هـای آن در ایـن مرحلـه صورت می‌گیرد، شکل ۶۸.

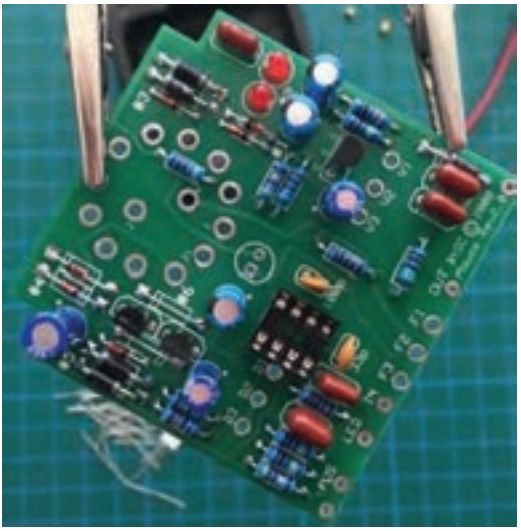
Ceramic capacitors were soldered on next.



شکل ۶۸

۹ در ایـن مرحلـه خازن‌هـای لایـه فلـزی (متـال فیلـم) در محل‌هـای خود قرار می‌گیرند، شکل ۶۹.

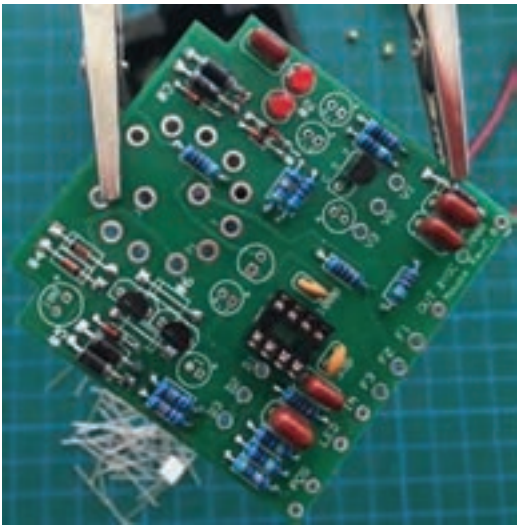
After the ceramics, the metal film capacitors went in.



شکل ۶۹

۱۰ چنانچه برد دارای دیودهای نورانی (LED) باشد، در این مرحله مونتاژ می‌گردد، شکل ۷۰.

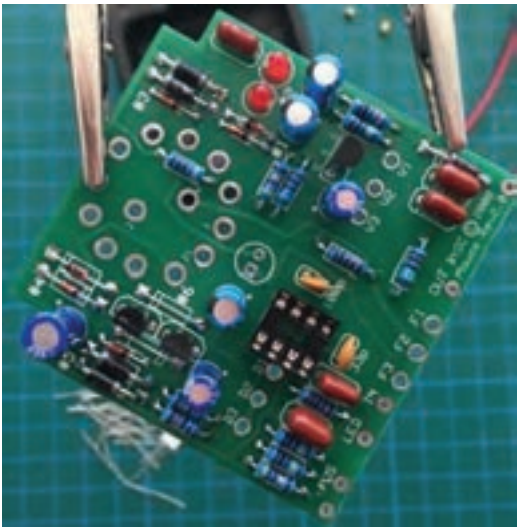
The two red LED were in next.



شکل ۷۰

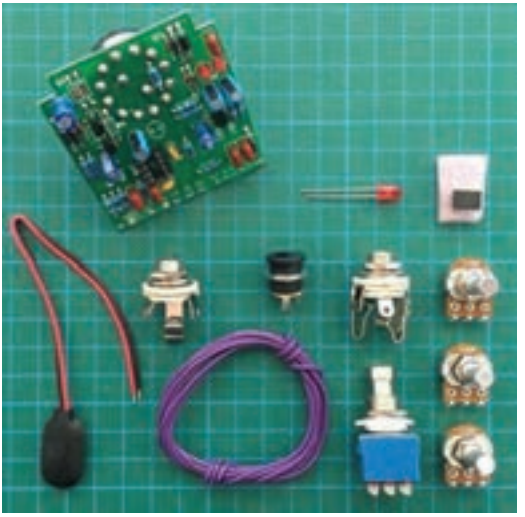
۱۱ در مرحله بعد، مونتاژ خازن‌های الکترولیتی صورت می‌گیرد، شکل ۷۱.

The electrolytic capacitors were in afterwards.



شکل ۷۱

۱۲ آخریـــن مرحلـــه نصـــب (مونتـــاژ) قطعاتـــی ماننـــد کلیـــد، ولـــوم، سـوکت‌های گوشـی و میکروفـن و سـیم اتصـال باتـری اسـت کـه روی بدنـه دسـتگاه الکترونیکـی قـرار می‌گیرنـد و پایه‌هـای آنهـا بـا سـیم بـه برد لحیم می‌شوند، شکل ۷۲.



شکل ۷۲

ردیف	واژه و نماد (حروف اختصاری) زبان اصلی	واژه به زبان فارسی
۱	brown	قهوه‌ای
۲	Bilayer design	طراحی دولایه
۳	cable ferrules	بست کابل
۴	cable shoe	کابلشو ـ کفشک کابل
۵	CE = Common Emitter	آرایش امیتر مشترک
۶	Change Origin	تغییر مبدأ
۷	Circuit Board	برد مدار
۸	cold air	هوای سرد
۹	cold joint	اتصال سرد
۱۰	convert	تبدیل
۱۱	copy = ctrl+c	کپی (استفاده هم‌زمان) ctrl+c دکمه‌های ctrl+c
۱۲	corrosive	ماده کروسیو (خورنده)
۱۳	crimp type	چین چین و موج‌دار کردن
۱۴	adjustment	قابل تنظیم
۱۵	air	هوا
۱۶	AMP = Amplifier	تقویت کننده
۱۷	arrange	مرتب
۱۸	artwork	کار هنری
۱۹	automatic	خودکار
۲۰	Automatic Routing	اتوماتیک
۲۱	Voltage Divider Bias	بایاس با مدار تقسیم‌کننده و ولتاژ مقاومتی
۲۲	blower	دمنده

ردیف	واژه و نماد (حروف اختصاری) زبان اصلی	واژه به زبان فارسی
۲۳	bolt _ diameter	قطر پیچ
۲۴	bolt _ length	طول رزوه و بدنه
۲۵	brazing	لحیم‌کاری سخت
۲۶	Bridge Rectifier	یکسوساز پُل
۲۷	evoporative pad	پد تبخیری
۲۸	extract	استخراج کردن
۲۹	fast	تند
۳۰	features	امکانات
۳۱	female	مادگی
۳۲	fiberglass	فایبرگلاس
۳۳	file	پرونده
۳۴	flux	روغن لحیم
۳۵	footprint	ردپا
۳۶	Full Wave Rectifier with two diode	یکسوساز تمام‌موج با دو دیود
۳۷	gallery	آلبوم
۳۸	gap	شکاف
۳۹	Grid/Snap, Origin	شبکه/ ضربه ناگهانی، مبدأ
۴۰	Half Wave Rectifier	یکسوساز نیم‌موج
۴۱	hard soldering	لحیم‌کاری سخت یا خشن
۴۲	head	سرپیچ
۴۳	crimping tools	دستگاه پرس کابل
۴۴	Cut Off	قطع ـ کلید باز
۴۵	delete	حذف
۴۶	demountage	دمونتاژ

ردیف	واژه و نماد (حروف اختصاری) زبان اصلی	واژه به زبان فارسی
۴۷	desoldering braid	فتیله لحیم
۴۸	dual in line pakage = DIP	بسته‌بندی در دو ردیف
۴۹	Discrete Semiconductors	نیمه‌هادی‌های گسسته
۵۰	drag	کشیدن
۵۱	drill	ماشین مته
۵۲	drill bit	مته
۵۳	dtrand wire	سیم افشان
۵۴	duct	داکت
۵۵	duct into home	مجرای به خانه
۵۶	electric conductivity	هدایت الکتریکی
۵۷	electric wire terminal	ترمینال‌های پیچی
۵۸	Electronic Assistance	نرم‌افزار دستیار الکترونیکی
۵۹	ISIRI = Institute of Standard and Industrial Research of Iran	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی‌ایران
۶۰	layer	لایه
۶۱	Light Depended Resistor = LDR	مقاومت تابع نور
۶۲	leakage	نشت
۶۳	line	فاز
۶۴	List Report	لیست گزارش
۶۵	Loop Open= OL	اتصال باز
۶۶	low	دور کند
۶۷	male	نری
۶۸	manually	دستی
۶۹	minimum design specs	حداقل مشخصات طراحی
۷۰	models	مدل

ردیف	واژه و نماد (حروف اختصاری) زبان اصلی	واژه به زبان فارسی
۷۱	modular	یک‌پارچه
۷۲	motor	موتور
۷۳	height	ارتفاع
۷۴	help	کمک
۷۵	high	دور تند
۷۶	High Brightness	پُر نور
۷۷	hole	سوراخ
۷۸	international electronic committee = IEC	استاندارد کمیته بین‌المللی الکترونیک
۷۹	Forward Average = I_{FAVE}	جریان معدل ماکزیمم
۸۰	indicator	شاخص
۸۱	input	ورودی
۸۲	Input Components	قطعات ورودی
۸۳	Insert of Materials Report	قرار دادن مواد را گزارش دهید
۸۴	Insert parts	درج قطعات
۸۵	insufficient wetting	خیس کافی
۸۶	iron	آهن
۸۷	phenolic	فنولی
۸۸	philips	چهارسو
۸۹	philips	فیلیپس
۹۰	pin header	پین هدر
۹۱	Place Mixed	محل‌های مختلف
۹۲	Placement	چیدمان
۹۳	plier	انبردست
۹۴	plier	دم‌باریک

ردیف	واژه و نماد (حروف اختصاری) زبان اصلی	واژه به زبان فارسی
۹۵	Positive	مثبت
۹۶	prototype	نمونه اولیه ساخت
۹۷	pump	پمپ
۹۸	push type socket	سوکت فشاری
۹۹	Real wolrd	دنیای واقعی
۱۰۰	Report	گزارش
۱۰۱	Resistor	مقاومت
۱۰۲	Rotate Right (Ctrl+R)	چرخش به راست
۱۰۳	modular plug terminal	ترمینال دوشاخه یک‌پارچه
۱۰۴	mountage	مونتاژ
۱۰۵	Multi Color LED	ال‌ای‌دی‌های چند رنگ
۱۰۶	Multisim	مولتی سیم
۱۰۷	Student Name	نام دانش‌آموز
۱۰۸	New	جدید
۱۰۹	Next	بعدی
۱۱۰	Normal	طبیعی
۱۱۱	NTC= Negative Temperature Coefficient	مقاومت تابع حرارتی(ضریب دما منفی)
۱۱۲	Origin	نقطه مبدأ
۱۱۳	Out put	خروجی
۱۱۴	pad2pad	پدتوپد
۱۱۵	Pads	پَدهای اتصال
۱۱۶	Passive Component	قطعات الکتریکی غیرفعال
۱۱۷	Paste	چسباندن
۱۱۸	PCB Design	پی‌سی‌بی دیزاین (طراحی PCB)

ردیف	واژه و نماد (حروف اختصاری) زبان اصلی	واژه به زبان فارسی
۱۱۹	Rotate Left (Ctrl+L)	چرخش به چپ
۱۲۰	Saturation	اشباع
۱۲۱	screw	پیچ
۱۲۲	screw driver	آچار پیچ‌گوشتی
۱۲۳	sealing _ joint	آب‌بندی
۱۲۴	SevenSegment= ۷Seg	هفت قطعه‌ای
۱۲۵	Self Bias	بایاس سرخود
۱۲۶	slide type terminal	ترمینال کشویی
۱۲۷	slot _ blade_ flat	دو سو
۱۲۸	slot _ flat	تخت
۱۲۹	slow	کند
۱۳۰	soft	نرم
۱۳۱	soft soldering	لحیم‌کاری نرم یا سست
۱۳۷	Solar Energy	انرژی خورشیدی
۱۳۸	Solder	لحیم
۱۳۹	solder type	نوع قابل لحیم‌کاری
۱۴۰	soldering	لحیم‌کاری
۱۴۱	solid wire	سیم مفتولی
۱۴۲	solid/strand wire	سیم رشته‌ای مفتولی
۱۴۳	solidity _ rigidity	استحکام
۱۴۴	standard	استاندارد
۱۴۵	Surge capability	قابلیت افزایش توان
۱۴۶	thermal conductivity	هدایت حرارتی
۱۴۷	thread _ lengtht	طول رزوه
۱۴۸	thread _ pitch	نوع دنده و گام

ردیف	واژه و نماد (حروف اختصاری) زبان اصلی	واژه به زبان فارسی
۱۴۹	too much solder	لحیم خیلی زیاد
۱۵۰	Tools	ابزار
۱۵۱	tools desoldering	ساختمان قلع‌کش
۱۵۲	Track	مسیر
۱۵۳	Transistor Configuration	آرایش‌های ترانزیستور
۱۵۴	Unlimited	نامحدود
۱۵۵	Unpopulated	جای‌گذاری قطعات
۱۵۶	veroboard	وروبُرد (برد هزارسوراخ)
۱۵۷	View	چشم‌انداز
۱۵۸	violet	بنفش
۱۵۹	Voltage drop	افت ولتاژ
۱۶۰	V_{RMS}	حداکثر ولتاژ مؤثر
۱۶۱	water flows down pods	آب به سمت پایین جریان می‌یابد
۱۶۲	water is pumped to top	آب به سمت بالا پمپ می‌شود
۱۶۳	water reservoir	مخزن آب
۱۶۴	Width	پهنای خطوط
۱۶۵	wire adaptor terminal	تطبیق‌دهنده
۱۶۶	wire connector	اتصال‌دهنده سیم
۱۶۷	wire cutter	سیم‌چین
۱۶۸	wire nut connector	اتصال مهره سیم
۱۶۹	wire shoes	کفشک سیم
۱۷۰	wire striper	سیم لخت‌کن
۱۷۱	four way Trafic lights	چراغ‌های ترافیک چهارراه
۱۷۲	yellow	زرد