

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

# دستور کار آزمایشگاه مدارهای منطقی

تهیه و تنظیم:

گروه مدرسین آزمایشگاه

مهر ۱۳۹۶

## قبل از شروع آزمایشها موارد زیر به دقت مطالعه شود:

۱- قبل از انجام هر آزمایش، مبحث تئوری مربوط به آن آزمایش بطور کامل مطالعه شود، چرا که در حین جلسه، وقت کافی برای توضیح و یادگیری قسمت تئوری وجود ندارد.

۲- در آزمایشهای آخر، لازم است موارد ذکر شده در آزمایشهای قبلی و ابتدایی را به خاطر داشته باشید، پس اگر آزمایشی را انجام می‌دهید، حتماً علاوه بر گزارش کاری که به مربی خود تحویل می‌دهید، برای خود نیز یادداشت بردارید تا بعداً به مشکل بر نخورید.

۳- هرگاه جایی در آزمایشها و نقشه‌های مدارها، اتصال خروجی تراشه‌ای مشخص نشده باشد، آن را آزاد رها کنید (به جایی وصل نکنید) ولی هیچگاه ورودی یک تراشه را نمی‌توان به جایی وصل نکرد چون این کار باعث تاثیرپذیری زیاد مدار نسبت به نویز می‌شود.

۴- هیچگاه خروجی یک تراشه را به خروجی تراشه‌ی دیگر یا  $V_{CC}$  و  $GND$  وصل نکنید. این کار به تراشه صدمه می‌رساند (با این توضیحات متوجه می‌شویم که مهم است بدانیم کدامیک از پایه‌ها مربوط به خروجی تراشه و کدامیک مربوط به ورودی آن می‌شوند و این هم بر می‌گردد به اینکه چقدر روی عملکرد مدار تسلط داشته باشید. در نتیجه باز هم اهمیت مطالعه‌ی قسمت تئوری جلوه‌گر می‌شود).

۵- هیچگاه LEDها (یا اصولاً هر قطعه‌ای که در آن LED به کار رفته مثل Seven Segment ها و Matrix LED ها) را مستقیماً به خروجی تراشه یا منبع تغذیه وصل نکنید، بلکه آن را با یک مقاومت بین ۱۰۰ تا ۳۳۰ اهمی سری نموده، وصل کنید.

۶- تراشه‌های TTL، نیاز به منبع تغذیه ۵ ولتی دارند ولی تراشه‌های CMOS می‌توانند با منبع تغذیه‌های ۳ تا ۱۵ ولتی کار کنند.

۷- قسمت مهم کار در این آزمایشگاه عیب‌یابی مدارها می‌باشد. صرفاً وصل کردن مدار چندان مهم نیست؛ بلکه مهم، عیب‌یابی آن است. معمولاً مداری که وصل می‌کنید، دارای عیب‌هایی می‌باشد و کمتر مداری بدون اشتباه وصل می‌شود. پس باید یاد بگیرید که بتوانید هر مداری را (حتی مداری که خودتان در بستن آن نقشی نداشته‌اید)، عیب‌یابی کنید. برای این کار لازم است هر آزمایشی را که انجام می‌دهید و با هر تراشه‌ای که آشنا می‌شوید، طرز کار آن را دقیقاً یاد بگیرید تا وقتی که در مدارهای بزرگتر، از این تراشه‌ها در کنار هم استفاده می‌شود، بتوانید با پی‌گیری ولتاژهای خروجی‌های قطعات مدار، به مشکل کار پی ببرید.

۸- دقت کنید باز کردن و دوباره بستن مداری که درست کار نمی‌کند، راه حل درستی نیست. سعی کنید خودتان مشکل کار را پیدا کنید.

۹- در آزمایشهای اول با سطوح ولتاژ آشنا می‌شوید. سعی کنید که محدوده‌ی ولتاژهای '۱' منطقی و '۰' منطقی درست را به خاطر بسپارید تا در عیب‌یابی مدارها وقتی به سطح ولتاژی غیر معمول برخوردید، بدانید که در آنجا ممکن است مشکلی وجود داشته باشد. وقتی می‌خواهید ولتاژ خروجی تراشه‌ای را بخوانید، اگر خروجی آن به LED متصل است، اول LED را جدا کنید و بعد ولتاژ را بخوانید.

۱۰- تا مطمئن نشدید که یک تراشه خراب است، اقدام به تعویض آن نکنید. حتماً اول به نحوی مطمئن شوید که تراشه مشکل دارد. بهترین راه برای اطمینان از خراب بودن تراشه، تست کردن جداگانه‌ی آن روی یک بردبرد سالم است. یادتان نرود که برای اطمینان بیشتر، ولتاژها را از روی پایه‌ی فلزی تراشه بخوانید.

۱۱- تراشه‌هایی که فکر می‌کنید دچار مشکل هستند را پس از اطمینان از خراب بودن به جعبه‌ی خود در آزمایشگاه برنگردانید تا بعداً همین تراشه‌های معیوب باعث اتلاف وقت دیگران یا خودتان نشوند.

۱۲- سعی کنید ولتاژهایی که با مالتی‌متر می‌خوانید، از روی پایه‌های فلزی تراشه‌ها باشد (یعنی ترمینال فلزی مالتی‌متر را با استفاده از یک تکه سیم که محکم به آن وصل کرده‌اید دقیقاً به پایه‌ای که می‌خواهید مقدارش را بخوانید تماس دهید نه به سوراخ‌های بردبرد)؛ چون احتمال خرابی بردبرد یا قطع بودن سیمها وجود دارد. حتماً می‌دانید که برای خواندن مقدار ولتاژ جایی توسط مالتی‌متر، یک سر (ترمینال) مالتی‌متر را باید به زمین وصل کرد و ترمینال دیگر آن را به جایی که می‌خواهید ولتاژ آن را اندازه بگیرید. پس برای راحتی کار می‌توانید اول کار یک ترمینال مالتی‌متر را بطور ثابت به زمین (GND) مدار وصل کنید.

۱۳- همیشه قبل از شروع کار، با مالتی‌متر چک کنید که اصولاً ولتاژ تغذیه به مدار و تراشه‌ها می‌رسد یا خیر. با چک کردن پایه‌های مربوط به تغذیه‌ی تراشه‌ها می‌توانید قطعی‌های احتمالی سیم‌ها یا خرابی بردبرد (در راه رساندن ولتاژ تغذیه) را چک کنید. گاهی اوقات مداری که می‌بندید دارای اشکالی است که روی ولتاژ تغذیه اثر می‌گذارد و آن را کم می‌کند و حتی گاهی این ولتاژ را به حدود صفر می‌رساند. در این صورت باید در مدار دنبال جایی بگردید که احتمالاً خط  $V_{CC}$  ناخواسته به زمین (GND) وصل شده باشد. اگر مدار پیچیده است و پیدا کردن چنین موقعیتی مشکل است کافست تک تک سیم‌های مدار (از سیم‌های تغذیه شروع کنید) را از جای خود جدا کنید و بعد به جای خود برگردانید تا اینکه به سیمی برسید که با جدا کردن آن، ولتاژ تغذیه به مقدار اصلی خود برگردد. با این کار متوجه می‌شوید که این سیم مشکل را بوجود آورده است و باید چک کنید که اشکال کار در وصل کردن این سیم چه بوده است.

۱۴- همیشه فقط دو سیم از منبع تغذیه به بردبرد مداری که می‌بندید بکشید و در مدار هر جایی نیاز به منبع تغذیه داشتید از ریل‌هایی که این سیمها به آنها متصل شده استفاده کنید (دقت کنید که در برخی بردبردها چهار ریل افقی بردبرد از وسط منقطع می‌باشند و در صورت نیاز باید آنها را با سیم به هم متصل کرد). کشیدن تعداد زیادی سیم از منبع تغذیه، مدار را شلوغ و کار را مشکل می‌کند.

۱۵- از روی تراشه‌ها، سیم (یا مقاومت، خازن یا مواردی شبیه این‌ها) را رد نکنید. چون در این صورت اگر آن تراشه خراب باشد جابجایی آن مشکل خواهد بود و همچنین رد کردن قطعات با پایه‌های لخت از روی تراشه‌ها یا از روی هم احتمال اتصال ناخواسته آنها را به هم و به تراشه افزایش می‌دهد.

۱۶- هیچ وقت مطمئن نباشید مداری که بسته‌اید عاری از خطاست و دلیل کار نکردن آن خرابی قطعات است. اشتباه ممکن است همه جا و توسط هر کسی (حتی ماهرترین افراد) بوجود آید. پس اشکالی ندارد که در مداری که بسته‌اید، اشتباه وجود داشته باشد؛ بلکه مهم این است که بتوانید از مدار جواب بگیرید. باز هم تذکر داده می‌شود که بستن مدار به تنهایی کافی نیست، باید بتوانید مداری که بسته‌اید (خودتان یا دیگران) را به بهترین نحو و در کوتاه‌ترین زمان

عیب‌یابی کنید و این کار جز با تمرین و ممارست زیاد ممکن نمی‌شود. سعی کنید در این آزمایشگاه عیب‌یابی را به بهترین نحو یاد بگیرید.

۱۷- مدار پیچیده‌ای که خود شامل قطعات مختلف می‌باشد را می‌توان این گونه اشکال‌زدایی کرد که بعد از دادن ورودی‌ها و دیدن خروجی‌های نهایی، اگر این خروجی‌ها، با خروجی‌هایی که مورد نظر ماست، متفاوت باشند می‌توان یک مرحله به عقب برگشت (مثلاً اگر خروجی‌ها از تراشه‌ای گرفته می‌شوند به ورودی‌های آن تراشه رجوع کرد) و آن خطوط را چک کرد، اگر این خطوط مقادیر درست مورد نظر را داشتند، متوجه می‌شویم اشکال در تراشه‌ی مذکور وجود دارد و باید آن تراشه یا قطعات متصل شده به آن با دقت بیشتری چک شوند تا دقیقاً به عامل خطا رسید. ولی اگر این خطوط هم نادرست باشند، باز هم باید به یک مرحله عقب‌تر برگشت و این کار را آنقدر تکرار کرد تا به قطعه یا قطعات یا مسیرها یا به طور کلی هر مورد (یا مواردی) که مشکل را ایجاد کرده‌اند رسید. به این نکته هم توجه داشته باشید که ممکن است مداری به ازاء یک یا چند ورودی خاص جواب بدهد ولی به ازاء یک یا چند ورودی دیگر جواب ندهد. بدیهی است که این مدار را نمی‌توان مدار سالمی فرض کرد. همچنین ممکن است به مشکلی از مدار پی ببرید و آن را مرتفع کنید ولی کماکان خروجی‌های مدار، خروجی‌های مورد نظر نباشند. از اینجا نتیجه می‌گیریم که باز هم در مدار مشکل وجود دارد که باید دوباره کارهای فوق‌الذکر را تکرار کرد تا مشکل(های) دیگر هم برطرف شوند.

## آزمایش ۱

### هدف: آشنایی با ابزارهای آزمایشگاه

در اینجا به ابزارهای اساسی مربوط به آزمایشگاه مدارهای منطقی که زیاد با آنها سروکار خواهید داشت اشاره می‌شود. در صورتی که در حین انجام برخی آزمایش‌ها به صورت استثنا به ابزار خاص دیگری نیاز داشته باشید، توضیحات تکمیلی در آزمایشگاه توسط مدرس داده خواهد شد.

### (الف) مالتی‌متر

مالتی‌مترهای مرسوم می‌توانند سه عمل اصلی اندازه‌گیری ولتاژ، اندازه‌گیری جریان و اندازه‌گیری مقاومت را انجام دهند. در ضمن بعضی از مالتی‌مترها توانایی‌های دیگری از جمله اندازه‌گیری خازن، فرکانس، بتای ترانزیستور، تست دیود و ... را هم دارند.

در شکل ۱ نمای ظاهری نمونه‌هایی از مالتی‌مترها را مشاهده می‌کنید. اگر چه ممکن است مالتی‌مترها شکل‌های متفاوتی داشته باشند، ولی با دانستن طرز کار یکی از آنها می‌توان تا حد زیادی به نحوه‌ی کار با دیگر مالتی‌مترها پی‌برد.



شکل ۱ نمونه‌هایی از مالتی‌مترهای مرسوم

همان‌طور که از شکل ۱ پیداست قسمت اصلی مالتی‌متر را یک کلید سلکتور چرخان و یک صفحه نمایش تشکیل می‌دهد. در آزمایشگاه مدارهای منطقی بیشتر با قسمت اندازه‌گیری ولتاژ مستقیم مالتی‌متر و گاهی هم خواندن مقدار مقاومت و تست اتصال (با بوق) سروکار داریم.

برای سنجش ولتاژ مستقیم دکمه سلکتور چرخان مالتی‌متر را روی ۲۰V که در شکل ۲ مشخص شده می‌گذاریم. در این حالت ولتاژ ۲۰ ولت حداکثر ولتاژی است که مالتی‌متر می‌تواند اندازه بگیرد (اصولاً در هر وضعیت، ولتاژ، جریان، مقاومت و بقیه‌ی موارد، عددی که سلکتور نشان می‌دهد، نشان‌دهنده‌ی بیشترین مقداری است که مالتی‌متر در آن وضعیت می‌تواند اندازه بگیرد). اینکه چرا عدد ۲۰ ولت انتخاب شده، باید گفت که دلیل آن این است که در آزمایشگاه مدارهای منطقی با ولتاژهای حدود ۵ ولت سروکار داریم و اگر ولتاژ کمتر از ۲۰ را روی سلکتور ملاحظه کنید می‌بینید که ۲ ولت است و برای اندازه‌گیری ۵ ولت مناسب نیست. ولتاژهای بیشتر از ۲۰ ولت هم به خاطر اینکه در آنها دقت کار پایین می‌آید معمولاً برای کار در این آزمایشگاه انتخاب نمی‌شوند.



شکل ۲ تنظیم سلکتور روی اندازه‌گیری ولتاژ مستقیم با مقدار حداکثر ۲۰ ولت

البته برای نوع دیگر مالتی‌متر که در شکل ۱ نشان داده شده است، فقط کافیست که سلکتور را روی علامت مشخص شده در شکل ۳ قرار دهیم و خود مالتی‌متر عمل تنظیم دقت و حداکثر ولتاژ را به صورت خودکار انجام می‌دهد. در برخی مالتی‌مترهای دیگر، کلیدی به نام RANGE (یا نامی مشابه) وجود دارد که با کمک آن می‌توان دقت و حداکثر ولتاژ را تنظیم کرد.



شکل ۳ تنظیم سلکتور روی اندازه‌گیری ولتاژ مستقیم برای برخی مالتی‌مترها

سپس باید کابل‌های اتصال یک سر فیشی یک سر سوزنی (شکل ۴) که عموماً برای راحتی کار به دو رنگ قرمز و مشکی می‌باشند (ولی از نظر عملکرد با هم فرقی ندارند) را به ترتیب به دو سوکت  $V\Omega Hz$  و COM متصل کنیم. طرف دیگر آنها را باید به جایی که می‌خواهیم اختلاف پتانسیل دو سرش را اندازه بگیریم، متصل کنیم. معمولاً بیشتر اوقات نیاز به خواندن ولتاژ نقاطی از مدار داریم. برای این منظور، ترمینال قرمز (سوکت  $V\Omega Hz$ ) را به نقطه‌ی مورد نظر از مدار وصل می‌کنیم. همچنین ترمینال مشکی (متصل شده به سوکت COM مالتی‌متر) را نیز به زمین مدار (قطب منفی منبع تغذیه) متصل می‌کنیم. در ضمن اگر جای ترمینال‌ها را جابه‌جا متصل کنید، اشکالی رخ نمی‌دهد و فقط منفی ولتاژ مورد نظر را به ما نشان می‌دهد. دقت نمایید که مالتی‌متر در حالت HOLD قرار نداشته باشد چرا که در اینصورت آخرین مقدار قبل از Hold کردن را نشان می‌دهد و تغییرات را دنبال نمی‌کند. حالت HOLD در صفحه نمایش نشان داده می‌شود و با دکمه HOLD (فشاری یا قطعی وصلی) می‌توان آن را انتخاب یا حذف کرد.

توجه داشته باشید که باید یک تکه سیم کوتاه به سرهایی که قرار است به مدار متصل شوند وصل کنید (یک سر آن را بیشتر لخت کنید و دور فلز سوزنی سر کابل بپیچید تا محکم شود) چون سرهای سوزنی به راحتی داخل سوراخ‌های بردبرد نمی‌روند و محکم نمی‌ایستند و در صورت فشار دادن بیش از حد به سوراخ بردبرد صدمه وارد می‌کنند.

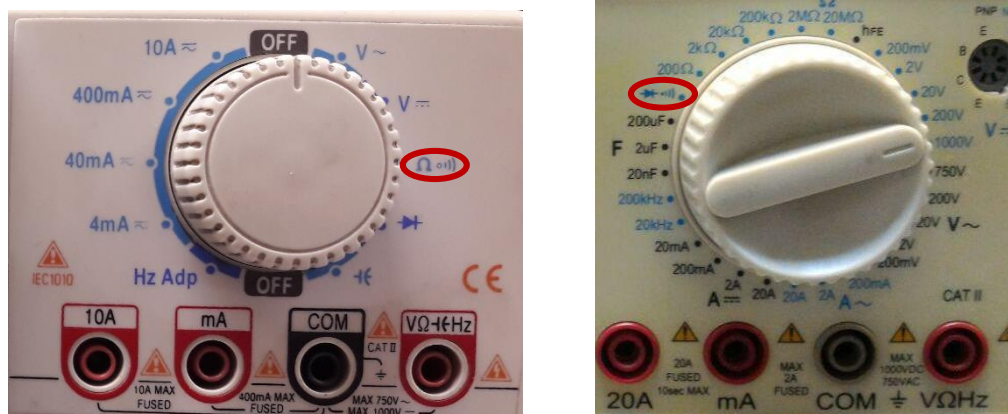


شکل ۴ کابل‌های اتصال یک سر فیشی یک سر سوزنی

حالت دیگری از مالتی‌متر که گاهی به آن نیاز پیدا می‌کنیم خواندن مقدار مقاومت است. در این حالت کلید سلکتور چرخان را روی یکی از حالت‌های مقاومت ( $\Omega$ ) قرار می‌دهیم و ترمینال‌ها هم به همان دو سوکت  $V\Omega Hz$  و COM وصل می‌شوند. در این حالت مقداری که در نمایشگر مشاهده می‌کنید، مقدار مقاومت است. توجه داشته باشید که نباید همزمان به دو سر کابل‌های مالتی‌متر (قسمت فلزی آن‌ها) دست بزنید چرا که در این حالت مقاومت بدن شما با مقاومت مورد اندازه‌گیری سری شده و عدد خوانده شده بسته به مورد ممکن است با واقعیت تفاوت زیادی پیدا کند.



حالت دیگر مورد نیاز، تست اتصال است که همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده سلکتور مالتی متر را روی علامت مشخص شده قرار می‌دهیم و ترمینال‌ها را به همان دو سوکت  $V\Omega Hz$  و COM وصل می‌کنیم. در این صورت اگر دو سر ترمینال به دو نقطه وصل شوند که توسط یک رسانا (یا با یک مقاومت کم) به هم متصل هستند، دستگاه بوق می‌زند. این حالت برای جاهایی که با چشم نمی‌توان اتصال بین آنها را چک کرد مثلاً سیم‌های دارای روکش یا بین سوراخ‌های بردبرد مناسب است.



شکل ۵ تنظیم سلکتور روی تست اتصال با بوق

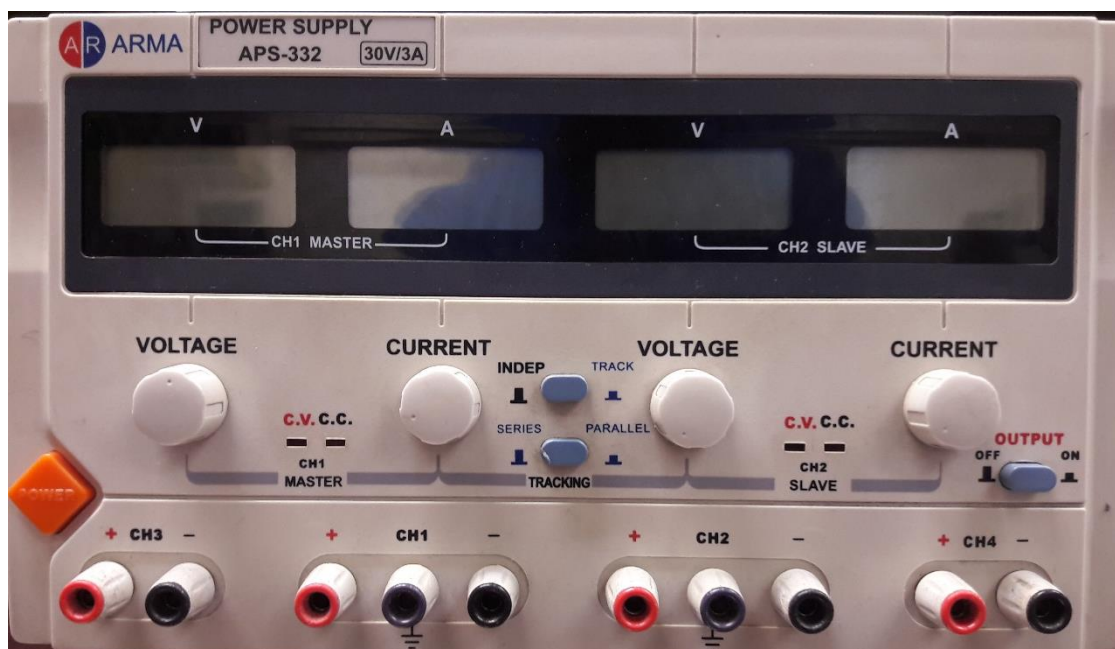
برای اندازه‌گیری جریان باید سلکتور را روی گزینه مناسب A قرار داد و ترمینال‌های قرمز و مشکی را هم به ترتیب به mA و COM متصل کرد (جابجایی آنها با هم فقط منفی جریان را نشان می‌دهد). دو ترمینال را باید به صورت سری در مسیر جریانی که قرار است اندازه‌گیری شود، قرار داد.

## (ب) منبع تغذیه

در شکل ۶ نمای ظاهری یک نمونه از منابع تغذیه را مشاهده می‌کنید. ممکن است منابع تغذیه ظاهرهای مختلفی داشته باشند ولی با دانستن طرز کار یکی، می‌توان از نوع‌های دیگر منابع ولتاژ نیز استفاده کرد.

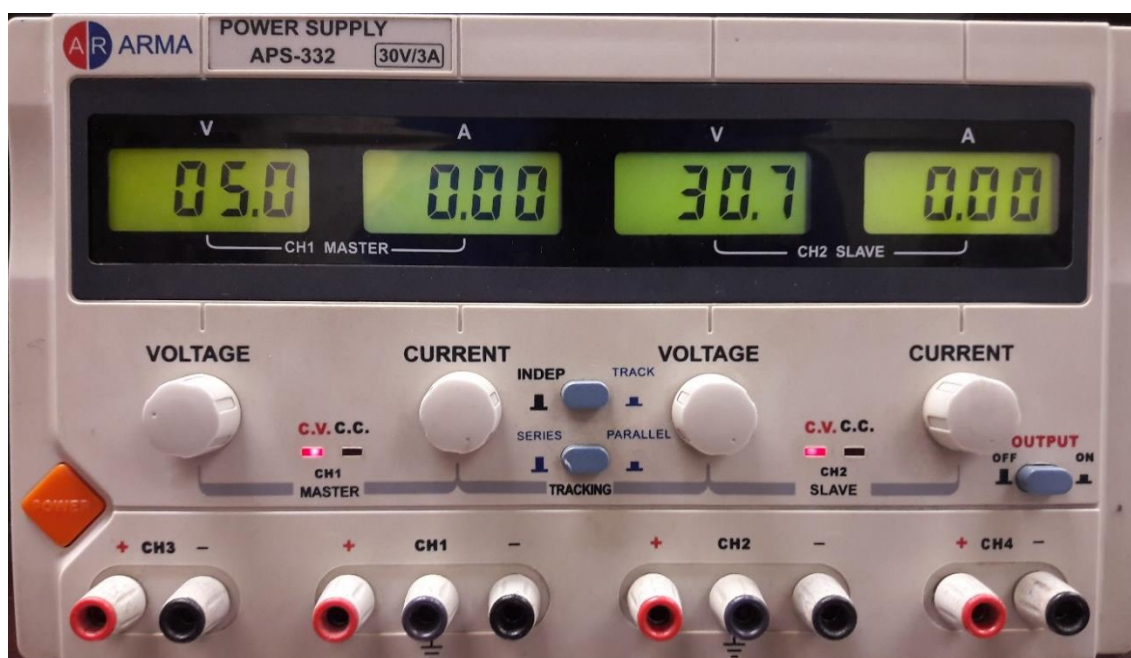
این منبع تغذیه دارای ۴ خروجی متمایز می‌باشد که با CH1، CH2، CH3 و CH4 نشان داده شده‌اند. دو خروجی CH1 و CH2 (که سوکت‌هایشان در وسط منبع تغذیه قرار دارد) قابل تنظیم هستند و با ولوم‌های پیچی VOLTAGE مربوطه می‌توان ولتاژشان را تنظیم کرد و همزمان در صفحات نمایش CH1 MASTER (V) و CH2 SLAVE (V) مقدارشان را مشاهده کرد (بهتر است زیاد به مقداری که می‌بینید اتکا نکنید و خود خروجی کانال را با مالتی‌متر به صورت دقیق‌تر اندازه بگیرید).





شکل ۶ یک منبع تغذیه‌ی نوعی

در شکل ۷، نشان داده شده که کانال ۱ روی ولتاژ ۵ ولت و کانال ۲ روی ولتاژ ۳۰٫۷ ولت تنظیم شده است. خروجی‌های CH4 و CH3 به ترتیب دارای ولتاژهای ثابت و غیر قابل تغییر ۵ ولت و ۱۲ ولت می‌باشند. به خاطر داشته برای آنکه خروجی‌های منبع تغذیه فعال باشند، باید کلید OUTPUT که در سمت راست قرار دارد فشرده شده باشد (حالت ON) در غیر این صورت ولتاژ تمامی خروجی‌ها صفر خواهد بود (این کلید برای نرساندن موقت ولتاژ به مداري که به منبع وصل کرده‌اید و معمولاً می‌خواهید مشکلاتش را برطرف نمایید مناسب است).



شکل ۷ تنظیم ولتاژ کانال‌های ۱ و ۲ روی ولتاژهای مورد نظر

توجه داشته باشید که کلید INDEP/TRACK که در وسط منبع قرار دارد بالا باشد (فشرده نشده باشد) «حالت INDEP» چون در غیر این صورت (حالت TRACK) دو کانال ۱ و ۲ با هم موازی (در صورتی که کلید پایینی آن که کلید SERIES/PARALLEL است فشرده شده باشد «حالت PARALLEL» یا سری (در صورتی که فشرده نشده باشد «حالت SERIES» خواهند شد که به ترتیب برای داشتن جریان بیشتر (حاصل جمع جریان‌های دو کانال) و ولتاژ بیشتر (حاصل جمع ولتاژهای دو کانال) به کار می‌آیند. در این آزمایشگاه هم ولتاژ و هم جریان هر یک از کانال‌ها به تنهایی برای آزمایش‌ها کفایت کرده و نیازی به این کار نیست. در نتیجه نیازی به فشردن کلید INDEP/TRACK و در دسر تنظیمات مربوطه نیست).

برای اتصال هر یک از کانال‌هایی که انتخاب کرده‌اید به مدار، می‌توانید از کابل‌های دو سر سوسماری استفاده کنید که در شکل ۸ نشان داده شده‌اند. معمولاً کابل قرمز را به سوکت + و کابل مشکی را به سوکت - وصل می‌کنیم (رنگ‌ها صرفاً جهت تسریع کار در نظر گرفته می‌شوند و فرقی با هم ندارند). خروجی وسطی کانال‌های ۱ و ۲ که با علامت زمین مشخص شده‌اند به جایی وصل نمی‌شوند. توجه داشته باشید که باید یک تکه سیم کوتاه به سرهایی که قرار است به مدار متصل شوند وصل کنید.



شکل ۸ کابل‌های دو سر سوسماری

دو ولوم CURRENT روی منبع، برای تنظیم حداکثر جریان تحویلی کانال‌های ۱ و ۲ هستند. همچنین برای اینکه به دلیل اتصال اشتباه به قطعات داخل مدار لطمه‌ای وارد نشود، می‌توان از آنها استفاده کرد. در صورتی که حداکثر جریانی که قرار است مدارتان از منبع بکشد را بدانید (در حد چند یا چندین میلی‌آمپر برای آزمایش‌های این آزمایشگاه)، می‌توانید ولوم مذکور را تنظیم کنید که منبع از آن جریان بیشتر تحویل ندهد. برای این منظور روی ولتاژ مورد نظرتان خروجی را اتصال کوتاه کنید (دو سر منفی و مثبت را به هم متصل کنید). اکنون ولوم CURRENT را آنقدر بچرخانید که صفحه نمایش مربوطه CH1 MASTER (A) و CH2 SLAVE (A) مقدار جریانی که مد نظرتان است (کمی بیشتر از حداکثر جریان مدار به خاطر احتیاط) را نشان دهد. بعد از اینکه خروجی مورد نظر را از حالت اتصال کوتاه در آوردید

منبع آماده استفاده است. اگر به هر دلیلی جریانی بیش از مقدار مشخص شده بخواهد کشیده بشود منبع، آن را محدود نموده و چراغ کوچک C.C. مربوطه را روشن می کند.

از این به بعد هر جا به علامت  $\leftarrow$  برخوردید یعنی باید کار خواسته شده را عملاً انجام دهید.

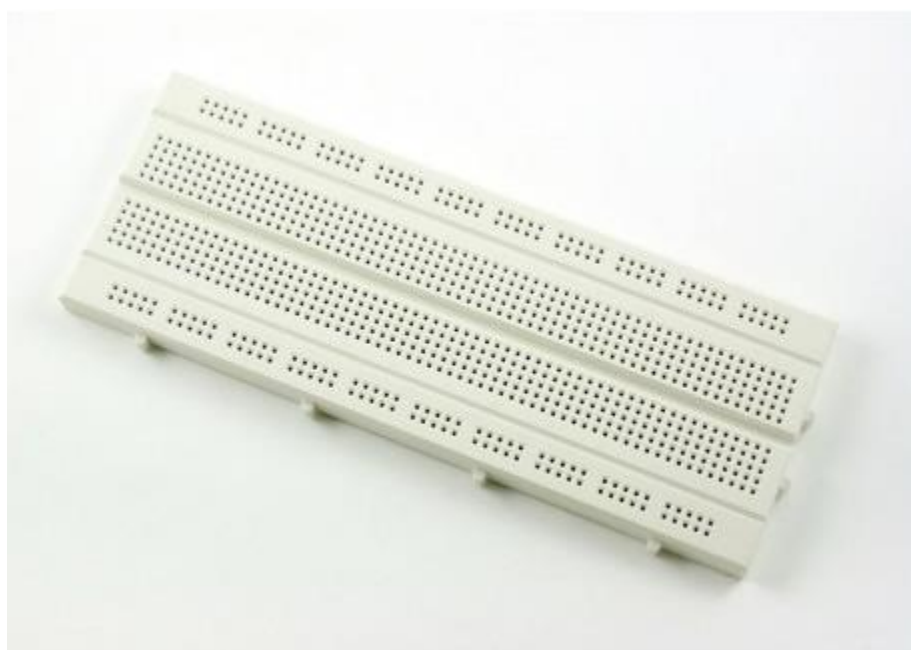
$\leftarrow$  با مالتی متر ولتاژ خروجی های ثابت ( $CH_3$  و  $CH_4$ ) و قابل تنظیم ( $CH_1$  و  $CH_2$ ) منبع تغذیه را اندازه بگیرید (گاهی اصطلاحاً می گوئیم بخوانید).

### (ج) بردبرد

برای بستن و امتحان کردن مدارها راه های مختلفی وجود دارد که از بین آنها بهترین گزینه برای کارهای آزمایشگاهی استفاده از بردبرد می باشد.

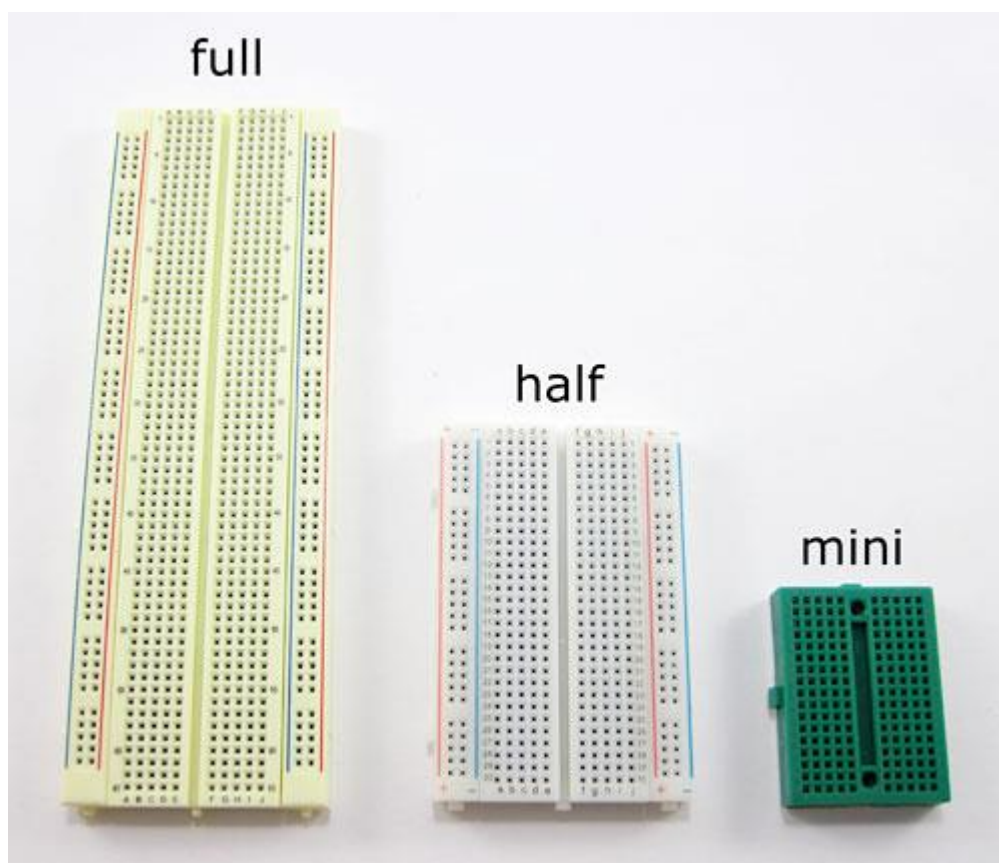
این وسیله بیشتر برای کارهای نمونه سازی (Prototyping) استفاده می شود که در آن از درستی عملکرد مداری که قرار است بعدها روی بوردهای مدار چاپی (PCB) ساخته شود اطمینان حاصل می شود و اگر بنا باشد تغییری در ساختار مدار برای بهبود آن داده شود در این مرحله به راحتی انجام می شود.

چون در بردبرد بر خلاف بوردهای مدار چاپی عمل لحیم کاری صورت نمی گیرد، این وسیله قابل استفاده ی مجدد می باشد. یک نمونه از بردبردهای مرسوم در آزمایشگاه را در شکل ۹ می توانید مشاهده کنید.



شکل ۹ بردبرد (مرجع: <http://rees52.com/202-breadboard.html>)

البته نمونه‌های دیگری هم از بردبورد وجود دارند که برخی از آنها را در شکل ۱۰ می‌بینید. اصول استفاده از همه‌ی آنها یکسان است و در ادامه شرح داده خواهد شد.

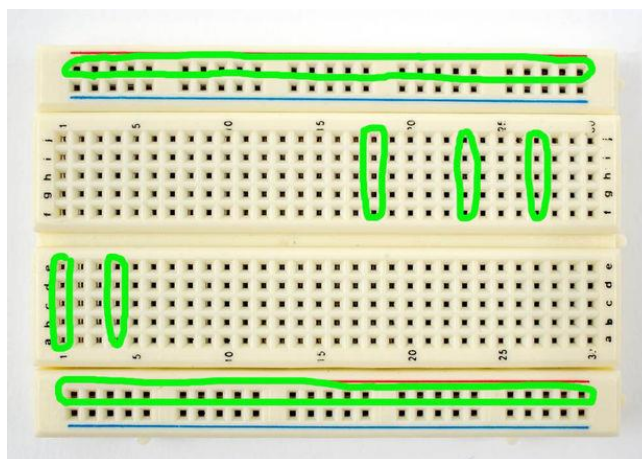


شکل ۱۰ انواع دیگری از بردبورد (مرجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

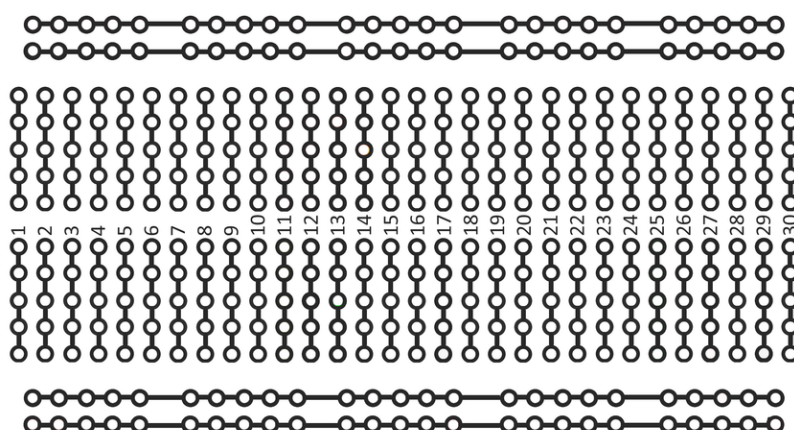
همانطور که در شکل‌ها مشاهده می‌کنید، روی بردبوردها تعدادی سوراخ وجود دارد که پایه‌های قطعات الکترونیکی و الکتریکی و همچنین سیم‌هایی که اتصالات آنها را به هم ایجاد می‌کنند در آنها قرار می‌گیرد. این سوراخ‌ها به طریقه‌ی خاصی که در ادامه به آن اشاره می‌شود در داخل بردبورد به هم متصل هستند.

بردبورد شامل یک تعداد (نوعاً ۳۰ و ۶۴ بطور مرسوم) ستون ۵ تایی از سوراخ‌ها است که در امتداد هم در دو ردیف چیده شده‌اند. فاصله‌ی این ستونها از هم به صورت استاندارد است. در شکل ۱۱ اتصال این ستون‌های ۵ تایی به یکدیگر را ملاحظه می‌کنید (این اتصالات در داخل بردبورد انجام شده است). در ضمن چهار ردیف از سوراخ‌ها (موسوم به ریل) در بالا و پایین بردبورد وجود دارند و سوراخ‌های هر کدام از این ردیف‌ها به هم متصل هستند. در شکل ۱۱ دو نمونه از این ردیف‌ها مشخص شده‌اند. دقت داشته باشید که با اینکه در این ردیف‌ها دسته‌های ۵ سوراخی با یک فاصله از هم جدا شده‌اند ولی از نظر الکتریکی جدا نیستند و به هم متصلند. در شکل ۱۲ هم کل اتصالات یک بردبورد ۳۰ ستونی (Half Size) نشان داده شده است.



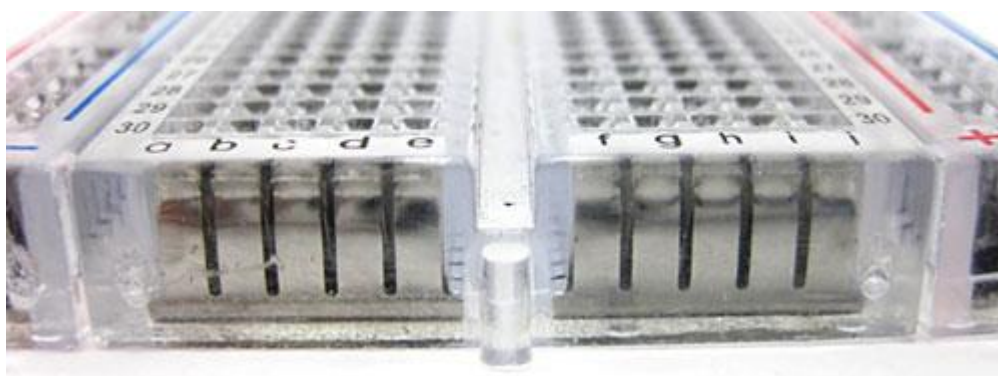
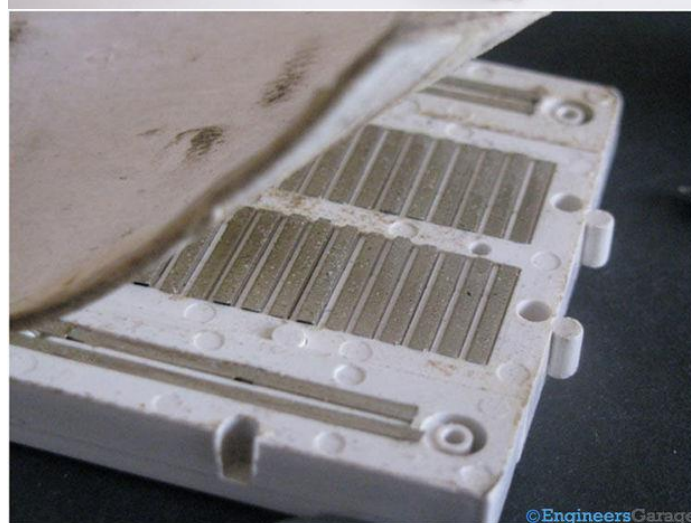


شکل ۱۱ نمونه‌هایی از سوراخ‌های به هم متصل در بردبورد (مرجع: <http://www.instructables.com/id/Building-Circuits-The-Bauty-of-Breadboards/>)



شکل ۱۲ کل اتصالات یک بردبورد ۳۰ ستونی (خطوط بین دایره‌ها که نمادی از سوراخ‌ها می‌باشند، اتصالات را نشان می‌دهند) (مرجع: <http://www.freestompboxes.org/viewtopic.php?f=22&t=5546>)

اگر پوشش پشتی بردبورد را باز کنید (عموماً با چسب محکمی چسبانده شده تا به راحتی و در حین کار جدا نگردد)، می‌توانید نحوه‌ی ایجاد اتصالات مذکور را ببینید. در شکل ۱۳ این اتصالات در چند مورد و با زوایای مختلف نشان داده شده است.



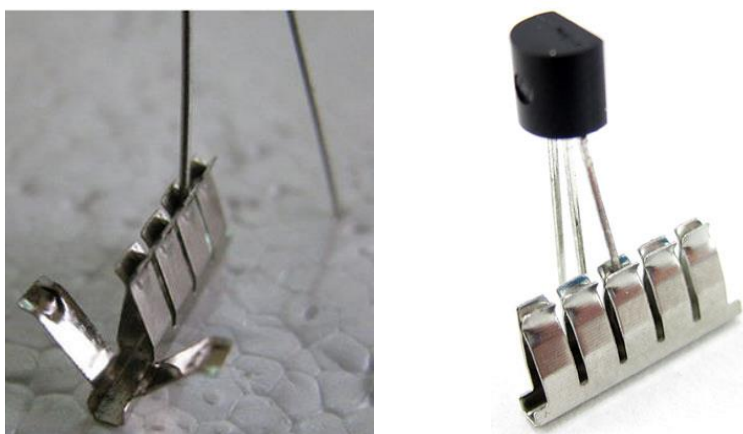
شکل ۱۳ نحوه‌ی ایجاد اتصالات برده‌برد (مراجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard/> و <http://www.instructables.com/id/How-to-use-a-breadboard/>)

اتصالات ستون‌های ۵ تایی سوراخ‌ها توسط قطعاتی فلزی که در شکل ۱۴ نمونه‌ای از آنها را مشاهده می‌کنید ایجاد می‌شوند. در حقیقت قسمت بالای این قطعات شامل ۵ جفت نوار فلزیست که اتصالات فنرگونه‌ای ایجاد می‌کنند و هر جفت دقیقاً در راستای یک سوراخ بردبرد قرار می‌گیرد که پایه‌های قطعات پس از وارد شدن در سوراخ بین دو نوار قرار گرفته و توسط آن جفت نوار محکم نگه داشته می‌شود و در ضمن به ۴ سوراخ دیگر از نظر الکتریکی متصل می‌شود.



شکل ۱۴ اتصال دهنده‌های ستون‌های ۵ تایی سوراخ‌ها (مراجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard> و <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-use-a-breadboard/anatomy-of-a-breadboard>)

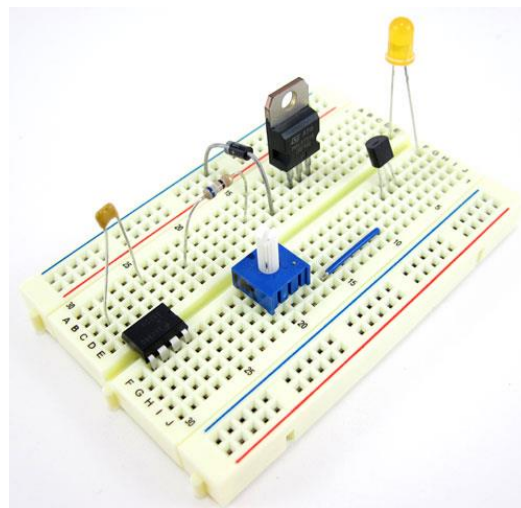
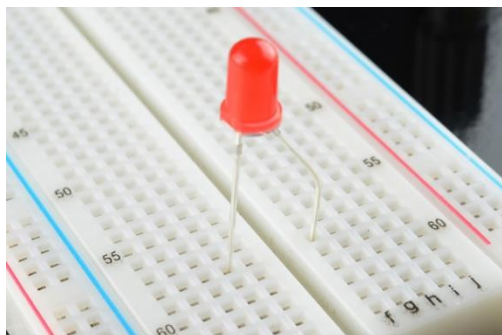
در شکل ۱۵ نمونه‌هایی آورده شده که در آنها می‌توانید ببینید که چگونه پایه‌ای از یک قطعه‌ی الکترونیکی بین دو نوار فلزی قرار گرفته شده و این دو نوار به علت خاصیت فنری که دارند آن پایه را محکم کرده‌اند تا به راحتی در حین انجام آزمایش تکان نخورد و اتصال الکتریکی آن با اجزاء دیگر برقرار بماند.



شکل ۱۵ نحوه‌ی قرار گرفتن یک پایه از قطعات در بین دو نوار با خاصیت فنری (مراجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard> و <http://www.instructables.com/id/How-to-use-a-breadboard/>)



در شکل ۱۶ هم نحوه‌ی قرار دادن تعدادی از قطعات در بردبرد را مشاهده می‌کنید. همانطور که مشاهده می‌شود پایه‌های قطعات باید در سوراخ‌های بردبرد فشار داده شوند تا توسط فنرهای مذکور محکم نگه داشته شوند.



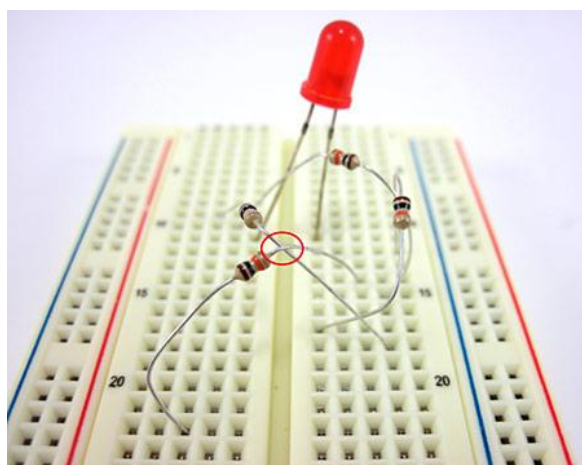
شکل ۱۶ نمونه‌هایی از قرار دادن قطعات در بردبرد (مرجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

باید توجه داشت که به دلیل اینکه ستون‌های ۵ تایی سوراخ‌ها از داخل به هم متصل می‌باشند، قرار دادن دو پایه یا بیشتر از یک قطعه‌ی الکترونیکی در یک ستون باعث می‌شود که عملاً از نظر الکتریکی به هم متصل شوند و در نتیجه آن قطعه‌ی مورد نظر کار خود را انجام ندهد. در نتیجه چینی‌شی شبیه به آنچه در شکل ۱۷ می‌بینید نادرست است.



شکل ۱۷ نمونه‌ای از قرار دادن نادرست قطعات روی بردبورد (مرجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

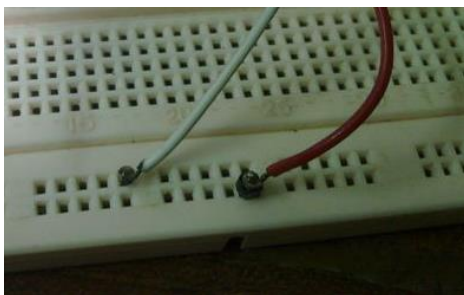
نکته‌ی دیگری که باید به هنگام قرار دادن قطعات دقت کنید آن است که پایه‌های قطعات، مخصوصاً آنهایی که بلند می‌باشند آنقدر به هم نزدیک نشوند که در حین کار سهواً به هم برخورد کنند، چرا که در این صورت به علت هادی بودن پایه‌ها، اتصالات ناخواسته به وجود می‌آید. مخصوصاً وقتی مدار شلوغ است و قرار است تعداد زیادی قطعه در یک جای کوچک در کنار هم قرار گیرند. شکل ۱۸ نمونه‌ای از این برخوردهای سهوی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ اتصال ناخواسته‌ی پایه‌ی قطعات به هم (مرجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

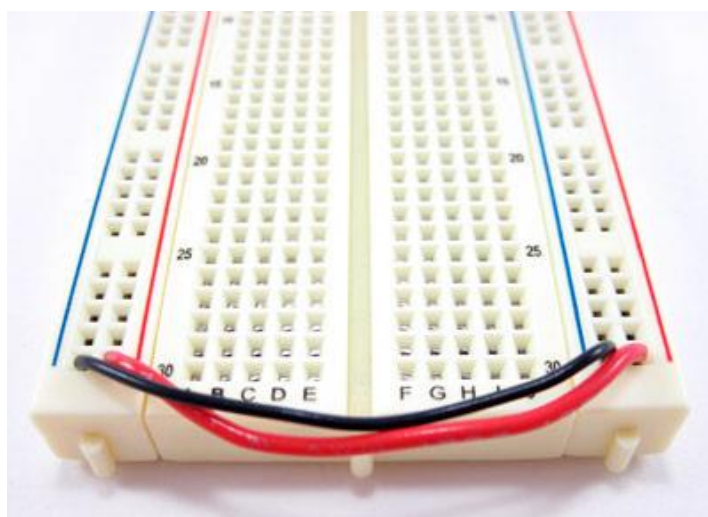
حال به نحوه‌ی استفاده از بردبورد برای پیاده‌سازی مدارات می‌پردازیم. معمولاً در همه‌ی مدارها نیاز به یک منبع تغذیه داریم. معمولاً از چهار ردیف بالا و پایین بردبورد برای اتصال تغذیه استفاده می‌کنیم چون آنها مناسب این کار هستند و کار رساندن تغذیه‌ی الکتریکی مورد نظر به قطعات را آسان می‌سازند. بدین منظور کفایست از دو قطب مثبت و منفی منبع تغذیه دو سیم به دو سطر از چهار سطر بردبورد که از این به بعد به آنها ریل گفته می‌شود (و نامگذاری مرسوم می‌شود)

هم هست) متصل کنیم. در شکل ۱۹ این مطلب نشان داده شده است. توجه داشته باشید که ریل‌ها از نظر الکتریکی به ریل‌های دیگر متصل نیستند (و اینطور هم نباید باشد چون عملاً داشتن چند ریل به کار خاصی نمی‌آید).



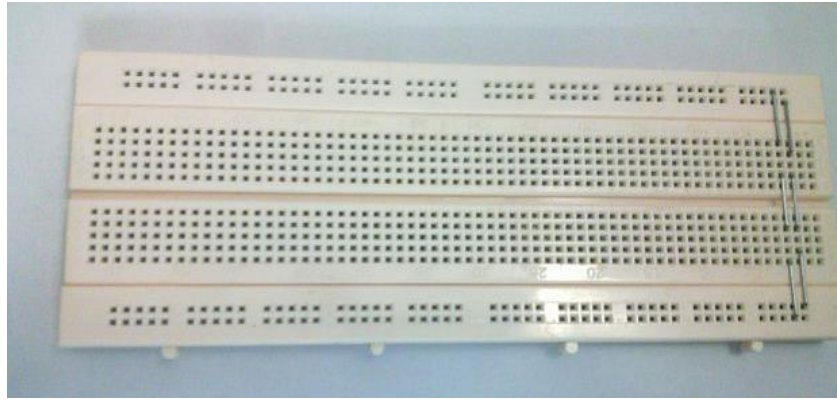
شکل ۱۹ اتصال تغذیه برای قطعات بردبورد (مرجع: <http://www.instructables.com/id/How-to-use-a-breadboard/>)

با توجه به مورد ذکر شده چنانچه بخواهیم هم از بالای بردبورد تغذیه داشته باشیم و هم از پایین آن باید ریل‌های بالا و پایین را (نظیر به نظیر) به هم وصل کنیم. این کار مطابق شکل ۲۰ انجام می‌شود. البته دقت کنید که ریل‌ها مشابه هم می‌باشند و اینکه از کدام ریل برای کدام ولتاژ (مثبت یا منفی) استفاده شود مهم نیست و فقط به قرارداد ما و اینکه به چه صورتی راحت هستیم بستگی دارد. البته در برخی بردبوردها از نوارهای رنگی قرمز و آبی (در بعضی مشکلی) در کنار ریل‌ها برای کمک به این قضیه استفاده شده است.



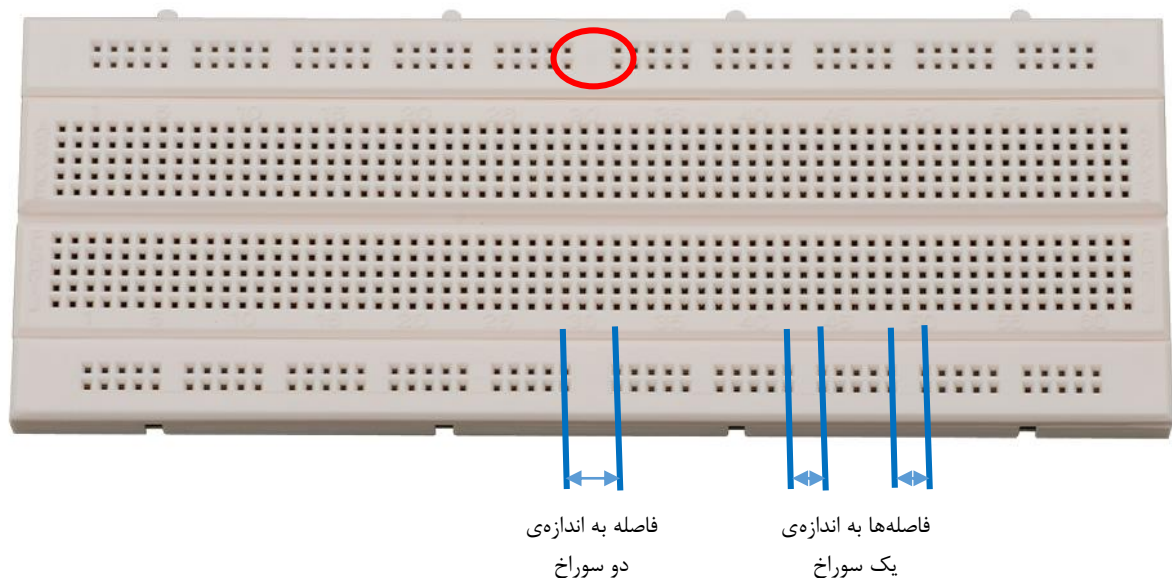
شکل ۲۰ اتصال ریل‌های بالا و پایین بردبورد به هم برای داشتن تغذیه‌ها از هر دو طرف آن (مرجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

راهکار دیگری که برای این منظور می‌توان انجام داد و کمی هم مطمئن‌تر و محکم‌تر است، استفاده از سوزن‌های ماشین دوخت (مطابق شکل ۲۱) است. قبل از این کار از رسانا بودن دو سر سوزن‌های مذکور و اینکه پوشش عایقی نداشته باشند اطمینان حاصل کنید (برای این کار می‌توان از تست بوق مالتی‌متر برای تشخیص رسانایی استفاده کرد).



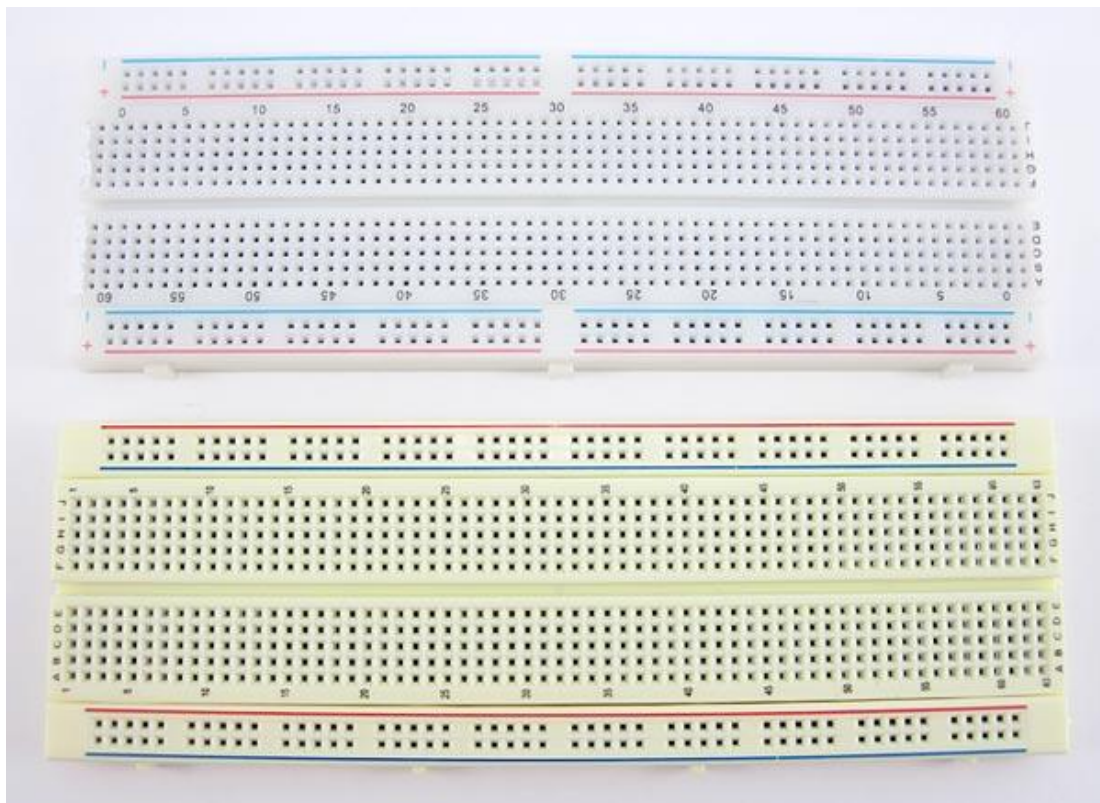
شکل ۲۱ راهی دیگر برای اتصال ریل‌های بالا و پایین تغذیه (مرجع: <http://www.instructables.com/id/How-to-use-a-breadboard/>)

دقت داشته باشید در برخی از بردبوردهای بزرگ (Full Size) ریل‌های تغذیه از وسط از هم جدا شده‌اند و به هم متصل نیستند. با نگاه کردن به شکل ظاهری بردبوردها می‌توان این نوع‌ها را تشخیص داد. عموماً فاصله‌ی بین سوراخ‌های وسط ریل‌ها در اینگونه بردبوردها بیشتر (به اندازه‌ی دو سوراخ) می‌باشد در صورتی که در بردبوردهای با ریل‌های متصل فاصله‌ی سوراخ‌های وسط با سوراخ‌های دیگر فرقی نمی‌کند و همه به اندازه‌ی یک سوراخ فاصله دارند. این مطلب در شکل ۲۲ نشان داده شده است. در بردبوردهایی که ریل‌ها با رنگ نشانه‌گذاری شده‌اند هم، برای نشان دادن این امر، خطوط رنگی در وسط منقطع شده‌اند (شکل ۲۳).



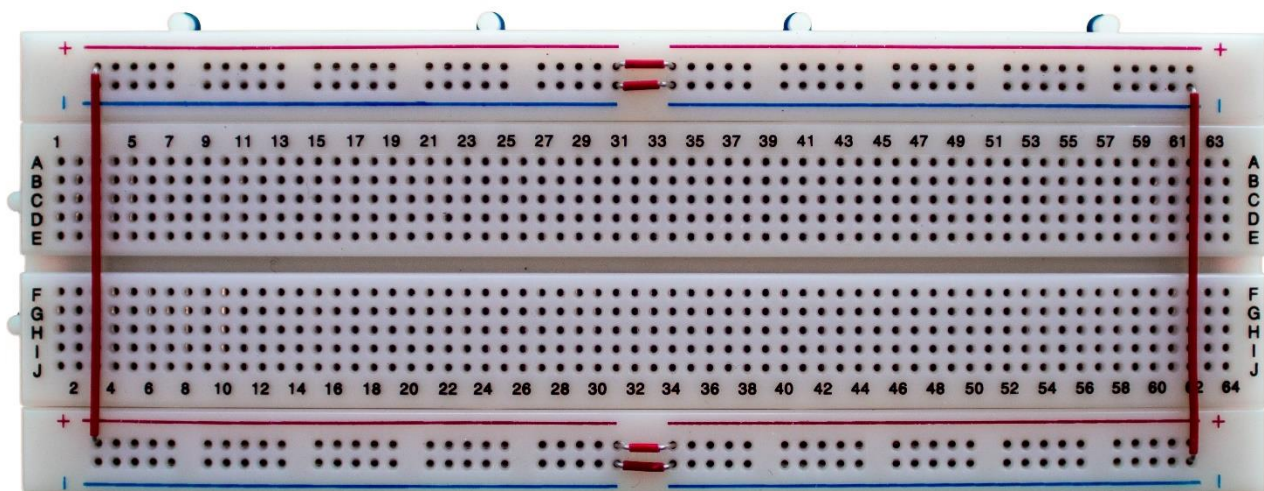
شکل ۲۲ بردبوردهایی که ریل‌های تغذیه‌ی از وسط منقطع دارند (مرجع شکل پایه بدون تغییرات: <https://www.parallax.com/product/700-00078>)





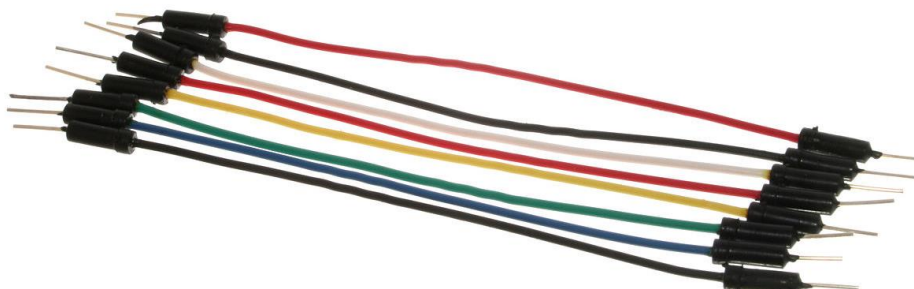
شکل ۲۳ دو نوع بردبورد با ریل‌های منقطع (بالا) و پیوسته (پایین) (مرجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

در اینگونه بردبوردها باید مطابق شکل ۲۴ از سیم‌های کوتاهی (یا سوزن ماشین دوخت) برای اتصال بین دو نیمه‌ی ریل‌ها استفاده کرد تا تغذیه را در کل امتداد بردبورد داشته باشیم (البته در صورتی که نیاز داشته باشیم).



شکل ۲۴ ایجاد اتصال در وسط ریل‌های تغذیه‌ی بردبوردهایی که ریل‌هایشان از وسط قطع می‌باشند (مرجع: <https://www.baldengineer.com/electronics-introduction-to-breadboards.html>)

اتصال بین قطعات را می‌توان با استفاده از سیم‌ها انجام داد. نمونه‌ای از سیم‌های مخصوص این کار در شکل ۲۵ نشان داده شده است. در صورت عدم وجود چنین سیم‌هایی می‌توان از سیم‌های معمولی (مفتولی نازک) روکش دار استفاده کرد. توجه داشته باشید که این سیم‌ها نه کلفت باشند که با چند بار استفاده خاصیت فنری بردبوردها را از بین ببرند و نه چندان نازک که اتصال برقرار نگردد یا مدام قطع شود. بهترین قطر برای این سیم‌ها به اندازه‌ی قطر پایه‌ی قطعات مرسوم الکترونیکی می‌باشد.



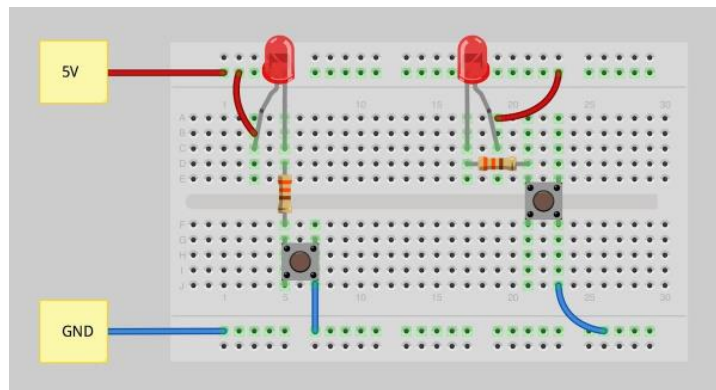
شکل ۲۵ سیم‌های آماده برای استفاده به منظور ایجاد اتصال بین قطعات (مرجع: [http://www.wikiwand.com/en/Jump\\_wire](http://www.wikiwand.com/en/Jump_wire))

می‌خواهیم مداری ببندیم که در آن یک LED (دیود نورانی) را روشن کنیم. این مدار در شکل ۲۶ نشان داده شده است. داشتن مقاومت الزامی است چون بدون آن LED خواهد سوخت. می‌توان از کلید استفاده نکرد و در این صورت LED به طور دائم روشن خواهد بود.

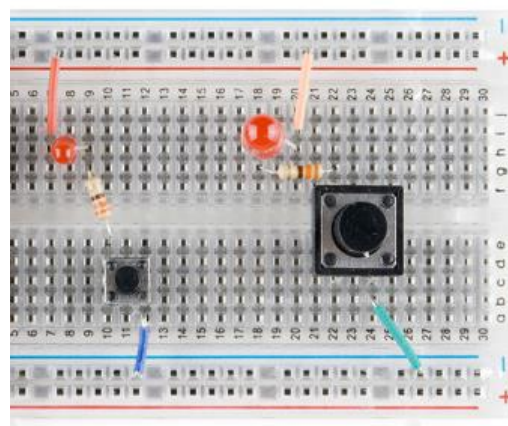


شکل ۲۶ مدار اتصال LED به منبع تغذیه (مرجع: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-use-a-breadboard/building-your-first-breadboard-circuit>)

این مدار را به روش‌های گوناگونی می‌توان روی بردبورد سوار کرد که در شکل ۲۷ دو طریقه‌ی اتصال نشان داده شده است که از نظر الکتریکی هر دو دقیقاً یک کار را انجام می‌دهند. در شکل ۲۸ هم یک عکس واقعی که از بسته شدن مدارهای فوق روی بردبورد گرفته شده نشان داده شده است.



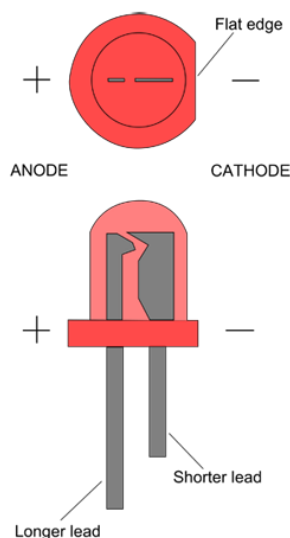
شکل ۲۷ دو طریقه اتصال مدار LED در بردبورد (مرجع: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-use-a-breadboard/building-your-first-breadboard-circuit>)



شکل ۲۸ یک عکس واقعی از بستن مدارهای LED (به دو طریقه) (مرجع: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-use-a-breadboard/building-your-first-breadboard-circuit>)

توجه داشته باشید که LED ها قطبی هستند، یعنی پایه‌هایشان با هم فرق می‌کند. در شکل ۲۶ سر بالایی LED سر آند (Anode) و سر پایینی آن سر کاتد (Cathode) می‌باشد. شکل ۲۹ سه طریقه‌ی شناسایی پایه‌های LED (که آند و کاتد نامیده می‌شوند) را از هم نشان می‌دهد. اگر پایه‌های LED سالم باشند و از قبل کوتاه نشده باشند، آن پایه که بلندتر است آند می‌باشد و دیگری کاتد. در غیر اینصورت به پایین بدنه‌ی آن نگاه کنید. طرفی که یک قسمت تخت روی آن ایجاد کرده‌اند کاتد می‌باشد و دیگری آند. راه دیگر نگاه کردن به داخل LED می‌باشد. طرفی که فلز بزرگتری (منظور با سطح مقطع بیشتر) دارد کاتد و آن دیگری آند می‌باشد.





شکل ۲۹ تشخیص پایه‌های LED از هم (مرجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

مقاومت به کار رفته در مدار فوق ۳۳۰ اهم می‌باشد که وظیفه‌ی ممانعت از عبور جریان بسیار زیاد و به تبع آن سوختن LED است (توجه داشته باشید که LED یک دیود است و در صورت وصل شدن به یک منبع جریان بزرگ‌تر از  $V_t$  به صورت ایده‌آل جریان بی‌نهایت را از خود عبور خواهد داد. البته LEDها ایده‌آل نیستند و یک مقاومت داخلی کوچک جریان را کنترل خواهد کرد ولی معمولاً آن مقاومت داخلی آنقدر بزرگ نیست که بتواند مانع سوختن LEDها که با ولتاژ ۵ ولت کار می‌کنند شود بنابراین قرار دادن یک مقاومت در رنج چند صد اهم می‌تواند جریان عبوری را محدود و مانع سوختن LEDها شود).

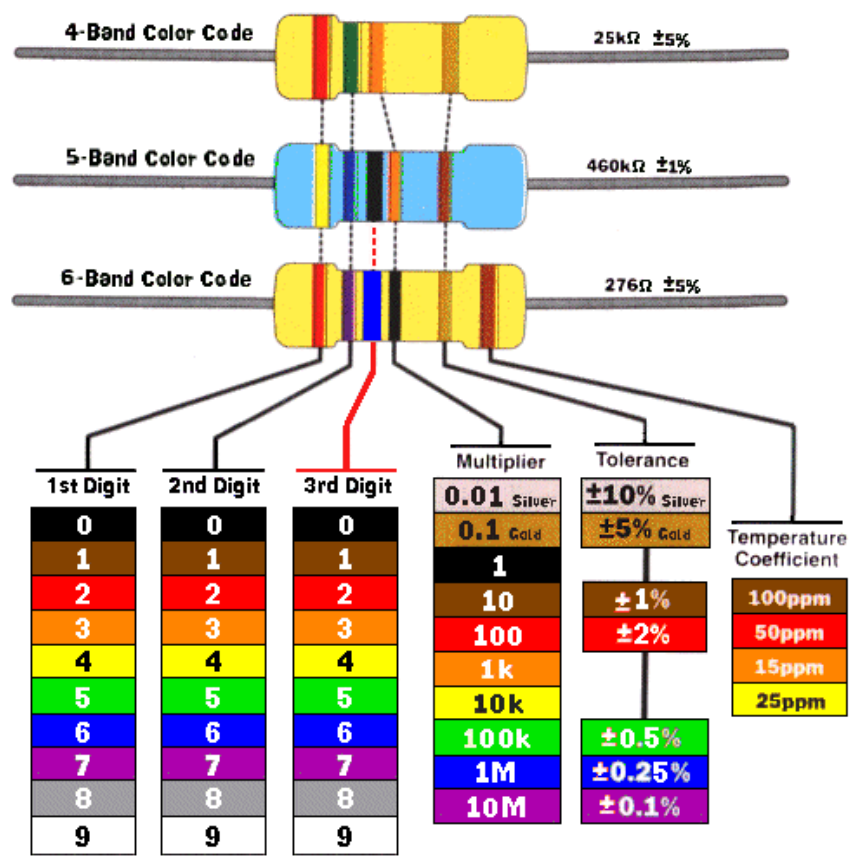
شکل ۳۰ (الف) و (ب) دو نحوه‌ی نمایش کدهای مقاومتی را نشان می‌دهند. اغلب مقاومت‌های استفاده شده در آزمایشگاه‌ها دارای ۴ نوار (۴ باند) می‌باشند (مقاومت بالایی شکل ۳۰ (الف)) و رنگ چهارم که با کمی فاصله از بقیه قرار گرفته (یک طریقه‌ی تشخیص ترتیب شماره‌ی رنگ‌ها) اغلب طلاییست (تولرانس ۰.۵٪).

اگر رقم متناظر رنگ اول یک مقاومت ۴ بانده را  $a$ ، رنگ دوم آن را  $b$  و رنگ سوم آن را  $c$  بنامیم، مقدار مقاومت بر حسب اهم از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

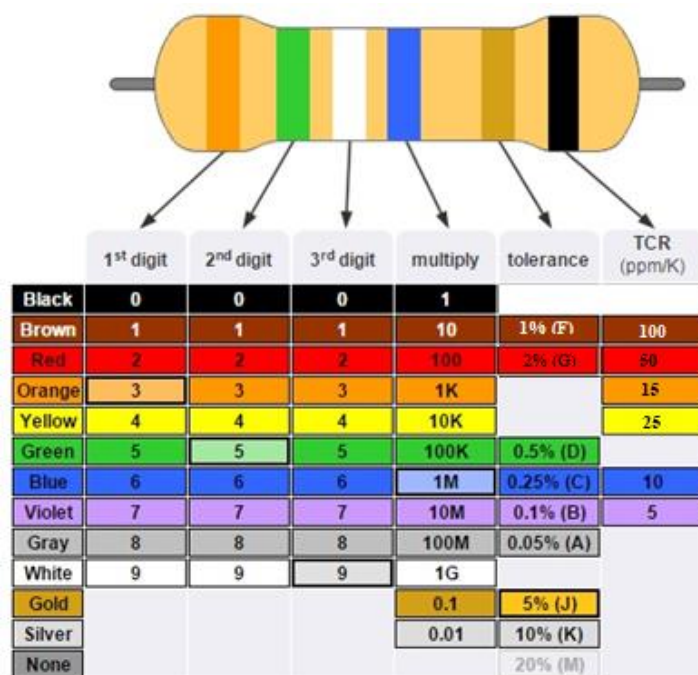
$$ab \times 10^c$$

که در آن  $ab$  به معنی در کنار هم قرار دادن دو رقم  $a$  و  $b$  می‌باشد. مثلاً زرد، بنفش، سبز مقدار  $4,7 \times 10^3 \Omega$  را می‌دهد.

مقاومت‌های استاندارد با ضرایب ۱، ۱٫۲، ۱٫۵، ۱٫۸، ۲٫۲، ۲٫۷، ۳٫۳، ۳٫۹، ۴٫۷، ۵٫۶، ۶٫۸ و ۸٫۲ می‌باشند.



(الف)



(ب)

شکل ۳۰ کدهای مقاومتی (مراجع: <http://www.instructables.com/id/Resistor-Color-Code-Guide/> و <http://www.electronicshub.org/resistor-color-code/> با اصلاحات اشتباهات)

۱. به جای کلید در شکل (۲۷)، دو ترمینال یک مالتی متر که در حالت آمپر متر قرار داده شده را قرار دهید و مقدار جریانی که از مدار می‌گذرد را حساب کنید. در صورتی که مالتی متر با قابلیت اندازه‌گیری جریان در اختیار ندارید یا در اختیار دارید ولی قسمت آمپر متر آن خراب است (معمولاً فیوزهای محافظ قسمت آمپر متر به دلیل حساسیت بالا و اتصال اشتباه می‌سوزند پس زیاد با این مورد مواجه می‌شوید)، کفایت برای اندازه‌گیری جریان عبوری از مدار، ولتاژ دو سر مقاومت را بخوانید و تقسیم بر مقدار مقاومت کنید (به جای کلید در این حالت یک سیم قرار دهید).
۲. مقدار ولتاژ روی مقاومت و ولتاژ روی LED را با مالتی متر که در حالت ولت متر قرار داده شده بخوانید و بنویسید.
۳. مقاومت را با مقادیر ۱۰۰ اهم، ۴۷۰ اهم و ۱۰ کیلو اهم عوض کنید و در هر حالت مراحل ۱ و ۲ را انجام دهید. در ضمن در هر حالت به شدت نور LED و اینکه خاموش یا روشن است هم توجه داشته باشید و مشاهدات و نتیجه‌گیری‌ها را یادداشت کنید.
۴. با مقاومت ۱ کیلو اهم، ولتاژ تغذیه را بالا و پایین ببرید و مقدار جریان مدار LED را بخوانید و در چند حالت ولتاژ تغذیه (۱، ۲، ۳، ۵ و ۱۰ ولت) یادداشت کنید. در ضمن در هر حالت به شدت نور LED و اینکه خاموش یا روشن است هم توجه داشته باشید و مشاهدات و نتیجه‌گیری‌ها را یادداشت کنید.

## آزمایش ۲

هدف: آشنایی با گیت‌های منطقی پایه

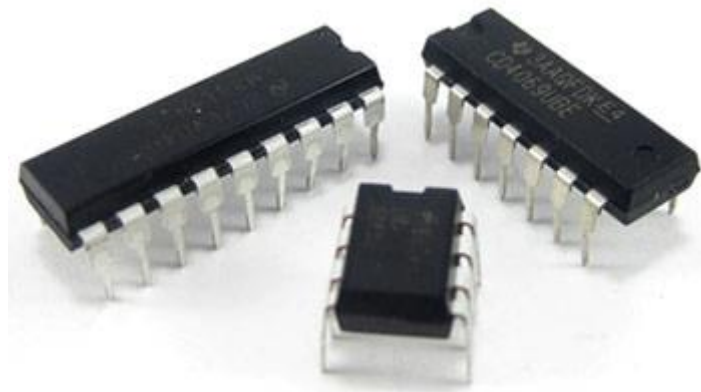
وسایل مورد نیاز:

منبع تغذیه، بردبرد، مالتی‌متر،

مقاومت ۱۵۰ اهمی، دیود نورانی (LED)،

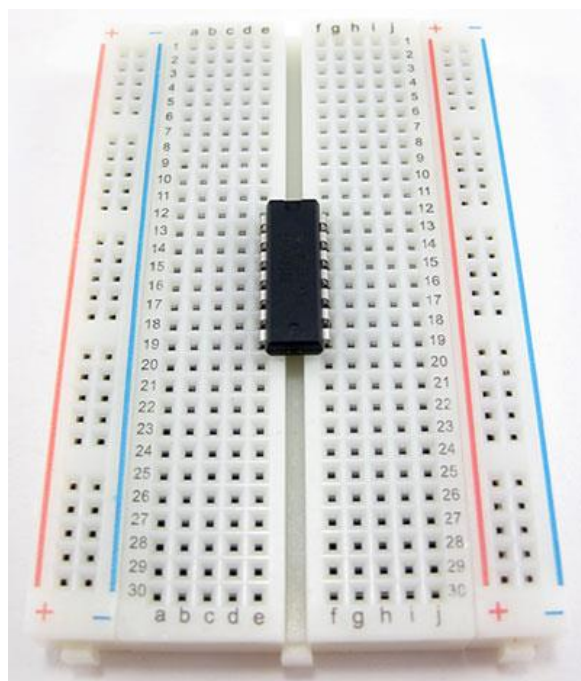
تراشه‌های ۷۴۰۰، ۷۴۰۴، ۷۴۰۸، ۷۴۳۲، ۷۴۸۶، ۷۴۱۱.

در شکل ۱ نمونه‌هایی از پکیج (بسته‌بندی) تراشه‌های مرسوم موجود در آزمایشگاه را مشاهده می‌کنید که به آنها DIP (Dual In-line Package) گفته می‌شود و دارای دو ردیف پایه به موازات هم می‌باشند.



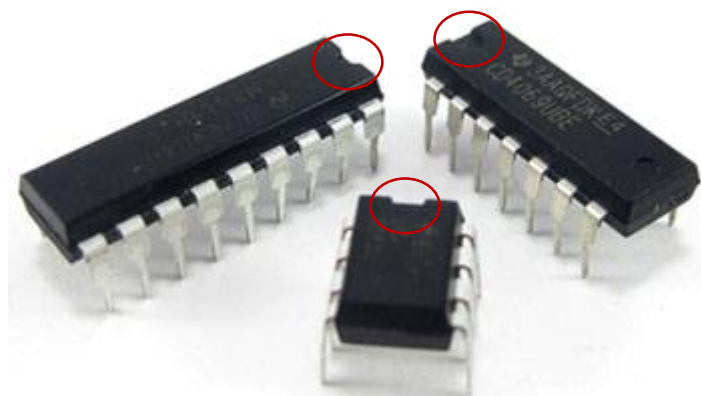
شکل ۱ نمونه‌هایی از تراشه‌های DIP (مرجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

برای قرار دادن این تراشه‌ها در بردبرد به طریقه‌ای که در شکل ۲ نشان داده شده عمل می‌کنیم. توجه داشته باشد که حتماً باید دو ردیف پایه‌ها در دو طرف شیار وسطی بردبرد قرار گیرند چرا که در غیر اینصورت همه‌ی جفت پایه‌های روبروی هم تراشه به علت اینکه ستون‌های ۵ تایی بردبرد در داخل آن به هم متصلند، نظیر به نظیر به هم وصل می‌شوند.

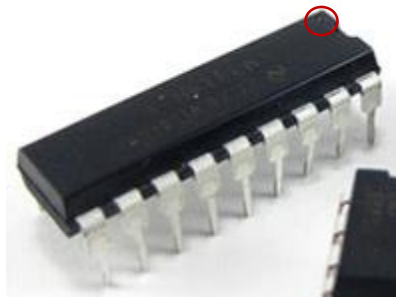


شکل ۲ نحوه‌ی اتصال تراشه‌های DIP به بردبورد (مرجع: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

هر پایه‌ی تراشه یک شماره به خود اختصاص داده و شماره‌گذاری پایه‌ها بدین صورت است که وقتی از بالا به تراشه نگاه کنید و طوری آن را در دست بگیرید که بریدگی نیم‌دایره‌ی آن (که در شکل ۳ نشان داده شده است) در سمت چپ واقع شود، پایه پایینی سمت چپی (که گاهی با یک نقطه فرورفتگی در بالای آن مشخص می‌شود و در شکل ۴ نشان داده شده است) پایه‌ی شماره‌ی ۱ شده و پایه‌ی کناری آن پایه‌ی شماره‌ی ۲ و به همین ترتیب تا پایه‌ی انتهای پایینی تراشه می‌شماریم و سپس از روبروی آن (انتهای سمت راست بالایی) ادامه می‌دهیم (شماره‌گذاری به شکل پاد ساعتگرد است). بدین صورت پایه‌ی آخر، پایه‌ی انتهای سمت چپ بالایی تراشه خواهد بود.



شکل ۳ بریدگی نیم‌دایره‌ای تراشه‌ها (مرجع شکل پایه: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)



شکل ۴ علامت فرورفتگی بالای پایه ی ۱ (مرجع شکل پایه: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>)

#### ۱. تراشه ی ۷۴۰۴ (که شامل شش گیت NOT می باشد) را آزمایش کنید.

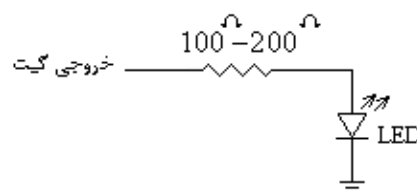
برای این کار این تراشه را روی بردبورد قرار دهید و پایه های زمین یا GND (پایه ی شماره ی ۷) و  $V_{CC}$  (پایه ی شماره ی ۱۴) آن را به یک منبع تغذیه با خروجی ۵V متصل کنید. (نقشه ی تراشه ها در انتها آمده است)

به ورودی یکی از گیت های NOT تراشه، به ترتیب ولتاژ ۰ و ۵V (یعنی ۰ و ۱ منطقی) وصل کنید و خروجی را در این دو حالت با مالتی متر اندازه بگیرید. ولتاژ خروجی در دو حالت صفر منطقی و یک منطقی چه مقداری می باشد؟ حدود سطح های ولتاژ صفر منطقی و یک منطقی را در این آزمایش یادداشت کنید تا در آزمایش های بعدی به هنگام خطایابی از آن استفاده کنید.

با باز نگه داشتن ورودی (وصل نکردن به هیچ منبعی) یا به اصطلاح N.C. (No Connection)، خروجی چه مقداری به خود می گیرد؟ صفر منطقی است یا یک منطقی؟ در این صورت، ورودی صفر منطقی تعبیر می شود یا یک منطقی؟ دست خود را در این حالت نزدیک تراشه کنید و از آن دور کنید. چه اتفاقی می افتد؟

همچنین خروجی تراشه ۷۴۰۴ را در دو حالت یک منطقی و صفر منطقی با استفاده از دیود نورانی (LED) مشاهده کنید. توجه کنید که LED را مستقیماً به خروجی وصل نکنید؛ چون ممکن است جریان زیادی کشیده شود و تراشه یا دیود بسوزد.

بدین منظور LED را معمولاً با یک مقاومت بین ۱۰۰ تا ۳۳۰ اهم به خروجی مورد نظر وصل می کنند. (شکل ۵)



شکل ۵ اتصال LED به خروجی تراشه ها

## ۲. تراشه‌های ۷۴۰۰، ۷۴۰۸، ۷۴۳۲، ۷۴۸۶ و ۴۰۱۱ را هم آزمایش کنید.

آنها را به ترتیب روی بردبورد قرار دهید و طبق جدول ۱ به پایه‌های ورودی، مقدار دهید و مقدار ولتاژ خروجی را در جدول یادداشت کنید.

همان طور که در درس الکترونیک دیجیتال آموزش داده خواهد شد، برای ساخت مدارات منطقی تکنولوژی ساخت متفاوتی وجود دارد و این تکنولوژی‌ها می‌توانند باعث تغییراتی در عملکرد تراشه نسبت به دیگری شوند برای مثال اگر ورودی یک تراشه را به هیچ ولتاژی وصل نکنیم چه خواهد شد و یا پایه‌های خروجی تراشه تا چه حد قادر به تولید جریان هستند. در ادامه ما دو خانواده از چیپ‌ها (TTL و CMOS) را آزمایش می‌کنیم.

تفاوت بین اندازه‌ی ولتاژهای خروجی در حالت‌های یک منطقی و صفر منطقی بین تراشه‌های TTL (سری ۷۴۰۰ یا تراشه‌هایی که عموماً شماره آنها با ۷۴ شروع می‌شود با حروف وسط S، LS، ALS، F، H، بدون حرف وسط) و CMOS (تراشه‌هایی که عموماً شماره آنها با ۴ شروع می‌شود یا شروع با ۷۴ و حرف وسط عموماً HC و آنهایی که C دارند) را با توجه به اعدادی که در جدول پر کرده‌اید بیان کنید. در سطر اول جدول هم حرف وسط تراشه را در جای خالی پر کنید (در صورتی که حرف وسط نداشت با یک علامت ضربدر در جای خالی این را نشان دهید). همچنین وقتی ورودی را NC می‌کنید چه تفاوتی در خروجی این دو نوع تراشه مشاهده می‌کنید؟

در صورتی که در آزمایشگاه گونه‌های متفاوتی (نه از نظر عملکرد بلکه از نظر نحوه‌ی ساخت) از تراشه‌ها (که حروف وسط متفاوتی دارند) موجود است آنها را هم آزمایش کنید و ولتاژهایشان را در ستون‌های خالی جدول با ذکر حرف وسط یادداشت کنید. لازم نیست این کار را برای همه‌ی گیت‌های مذکور و برای همه‌ی حالات ورودی امتحان کنید. بلکه از هر گیتی یک نمونه و برای آن هم دو حالت خروجی ۱ و ۰ منطقی را انجام دهید.

در طراحی مدارهای منطقی، هیچگاه نباید ورودی را باز (NC) نگه داشت؛ چون ممکن است باعث اختلال در عملکرد مدار شود.

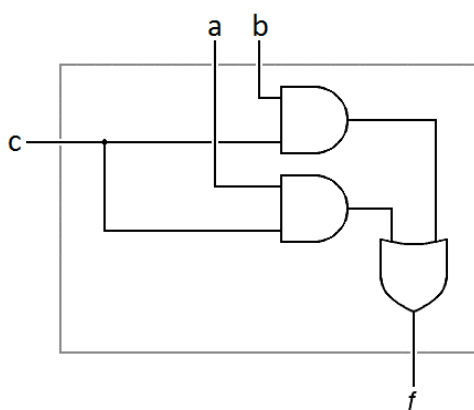
جدول ۱

| A   | B   | 74---00 | 74---08 | 74---32 | 74---86 | 4011 |  |  |  |  |  |  |
|-----|-----|---------|---------|---------|---------|------|--|--|--|--|--|--|
| 0   | 0   |         |         |         |         |      |  |  |  |  |  |  |
| 5   | 0   |         |         |         |         |      |  |  |  |  |  |  |
| 5   | 5   |         |         |         |         |      |  |  |  |  |  |  |
| N C | 0   |         |         |         |         |      |  |  |  |  |  |  |
| 5   | N C |         |         |         |         |      |  |  |  |  |  |  |
| N C | N C |         |         |         |         |      |  |  |  |  |  |  |



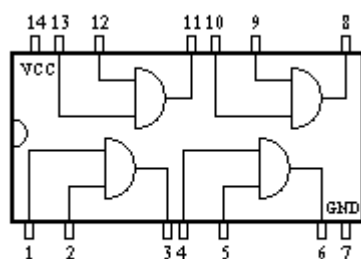
۳. مدار شکل ۶ را پیاده‌سازی کنید. و به ازای تمام ورودی‌های ممکن خروجی تولید شده در جدول زیر پر کنید.

| a | b | c | f |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰ | ۰ |   |
| ۰ | ۰ | ۱ |   |
| ۰ | ۱ | ۰ |   |
| ۰ | ۱ | ۱ |   |
| ۱ | ۰ | ۰ |   |
| ۱ | ۰ | ۱ |   |
| ۱ | ۱ | ۰ |   |
| ۱ | ۱ | ۱ |   |

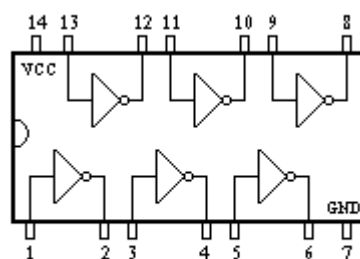


شکل ۶ یک نمونه مدار

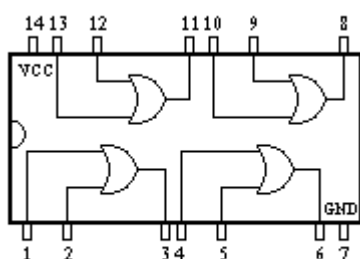
راهنمای پایه‌های تراشه‌های این آزمایش:



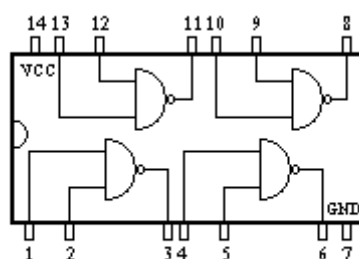
7408



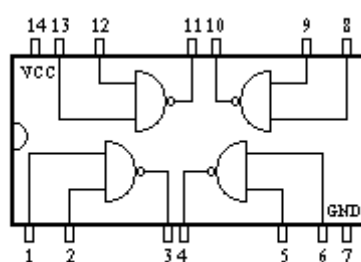
7404



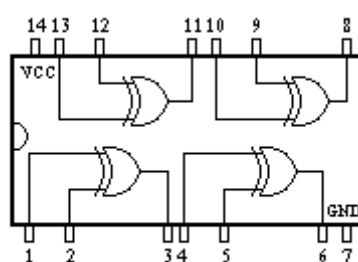
7432



7400



4011



7486