



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

## دستورکار آزمایشگاه طراحی سیستم‌های دیجیتال ۱

زمستان ۱۴۰۲

## موارد ایمنی آزمایشگاه :

- هیچ‌گاه خروجی IC را مستقیماً به زمین یا منبع ولتاژ وصل نکنید.
- به شماره پایه‌های IC دقت نمائید و مراقب باشید پایه‌های منبع تغذیه و زمین را جابجا وصل نکنید.
- حداکثر ولتاژ مورد استفاده در این آزمایشگاه ۵ ولت می‌باشد و استفاده از ولتاژ بیشتر سبب سوختن قطعات و صدمات احتمالی خواهد شد.
- پس از نصب تراشه بر روی برد مورد استفاده از قرار گرفتن تمامی پایه‌ها در درون برد اطمینان حاصل نموده و سپس اقدام به سیم‌کشی نمایید.
- پس از اتمام سیم‌کشی و اطمینان از صحت وصل بودن صحیح پایه‌های تغذیه تراشه‌ها اقدام به وصل نمودن تغذیه نمایید.
- پس از تمام شدن کار و تست مدار ابتدا منبع تغذیه را قطع سپس قطعات را از روی برد جدا نمایید.
- در خاتمه از خاموش بودن دستگاه‌ها و تجهیزات موجود بر روی میز کار اطمینان حاصل نموده و پس از مرتب کردن میز و قرار دادن قطعات و تجهیزات در محل تعیین شده نسبت به ترک آزمایشگاه اقدام نمایید.

## نکاتی در مورد عیب‌یابی مدار:

- عموماً دلیل کار نکردن مدار اتصال اشتباه پایه‌های آی‌سی می‌باشد. لذا اطلاعات مربوط به شماره پایه‌ها را با دقت بخوانید.
- اگر آی‌سی داغ می‌شود، تغذیه را از مدار قطع نمائید. در این صورت یکی از مشکلات زیر در مدار وجود دارد:
  - ✓ منبع تغذیه و زمین اشتباه وصل شده‌اند.
  - ✓ یک پایه خروجی به زمین یا  $V_{cc}$  وصل شده است.
  - ✓ خروجی دوگیت به طور مستقیم به هم متصل شده است.
- هر ورودی TTL که به جایی وصل نشده است احتمالاً در منطق، "۱" دیجیتال خواهد بود اما بهتر است این ورودی‌ها را نباشند.
- در مدارهای پیچیده با دقت در کارکرد قسمت‌های مجزای مدار می‌توان مکان عیب را مشخص نمود. در هر حال نمی‌توان انتظار داشت که همیشه پس از بستن مدار جواب گرفته شود و عیب‌یابی و رفع آن قسمتی از انجام آزمایش است.

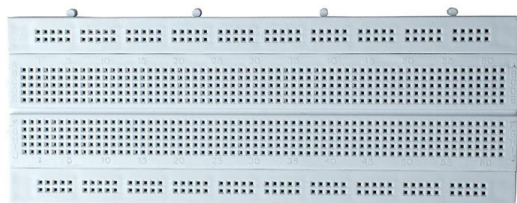
## دستور کار آزمایش ۱

### اهداف:

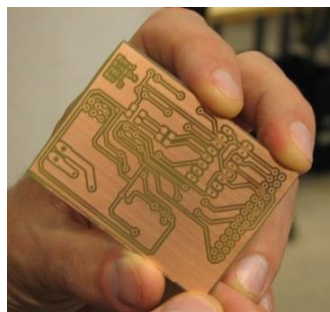
- آشنایی با بردبرد و LED، پتانسیومتر و فتوسل
- آشنایی با IC و LM324
- ساخت یک سیستم روشنایی خودکار

### آشنایی با برد برد (Bread Board):

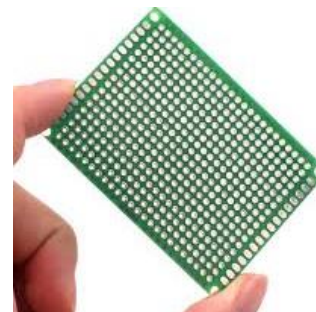
برای قرار دادن قطعات الکترونیکی در کنار یکدیگر و ساختن یک مدار، روشهایی مانند استفاده از فیبرهای سوراخ دار و یا طراحی PCB<sup>۱</sup> (فیبر مدار چاپی) و بصورت همزمان استفاده از هویه و لحیم کاری وجود دارد. این روشها مستلزم صرف هزینه و زمان می باشد و در ضمن مدارهای ساخته شده به این روشها به سادگی قابل بازکردن و یا تغییر نمی باشند. بنابراین از این تکنیکها معمولاً برای ساخت نسخه نهایی مدار استفاده می شود. بردبرد یک برد سوراخ دار است که بدون لحیم کاری و استفاده از ابزارهای دیگری، می توان قطعات الکترونیکی را برای ساخت مدار روی آن نصب کرده و اتصالات لازم را فراهم نمود. با استفاده از این وسیله عیب یابی و تغییر مدار ساخته شده بسیار ساده شده و علاوه بر این می توان به راحتی کل مدار را از روی آن جدا و از آن برای ساخت مدارهای دیگر استفاده نمود. این وسیله معمولاً برای ساخت نمونه های اولیه و آزمایشی از مدارها استفاده می شود. شکل ۱ نمونه هایی از روشهای ذکر شده برای ساختن یک مدار را نشان می دهد.



نمونه ای از یک بردبرد



نمونه ای از یک PCB

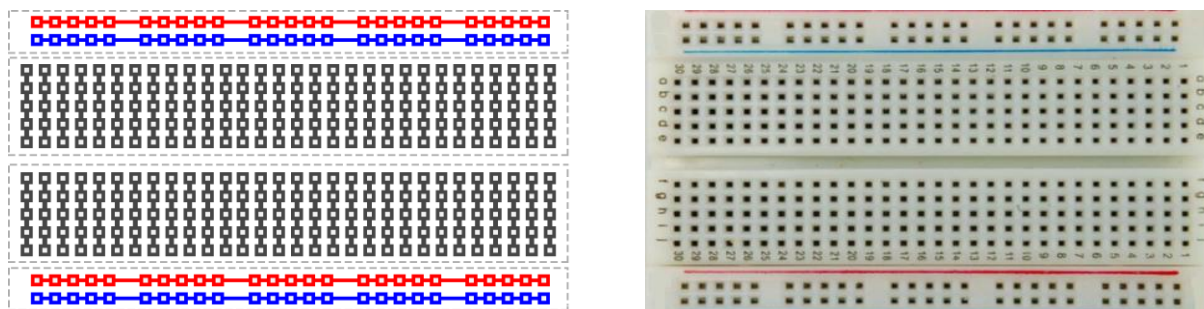


نمونه ای از یک فیبر سوراخ دار

شکل ۱: برخی از روش های ساختن یک مدار

<sup>۱</sup> Printed Circuit Board (PCB)

در بردبورد تعدادی از سوراخ ها از زیر به یکدیگر متصل هستند. در شکل ۲، تصویر سمت چپ نحوه اتصالات بردبورد تصویر سمت راست نشان می دهد. از مسیرهای افقی بالا و پایین بردبورد معمولا برای اتصال ولتاژ های تغذیه مدار (البته بصورت دلخواه) استفاده می شود.



شکل ۲: نحوه اتصالات یک بردبورد نمونه

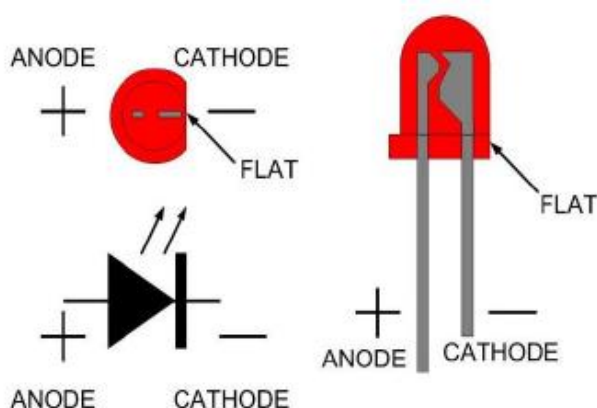
### آشنایی با دیود نورانی یا LED (Light Emitter Diode) :

دیودها قطعات الکترونیکی دو پایه ای هستند که جریان الکتریکی را فقط در یک جهت از خود عبور می دهند. این قطعات دارای انواع گوناگون و با کاربردهای مختلف می باشند. یکی از انواع دیودها، دیود نورانی است و زمانی که جریان در جهت درست از آنها عبور کند، از خود نور ساطع می کنند. امروزه LED ها در اندازه ها و رنگهای متفاوتی مانند قرمز، زرد، سبز، نارنجی، آبی و سفید تولید می شود. تقریبا در اکثر دستگاه های الکترونیکی برای نشان دادن وضعیت خاصی از دستگاه مثل روشن بودن و یا فعال بودن از LED ها استفاده میشود. نوع دیگری از LED نیز وجود دارد که برای تولید نور مادون قرمز استفاده می شود و در کنترل از راه دور دستگاه هایی مانند تلویزیون و یا ویدیو پروژکتور کاربرد دارد. در این آزمایشگاه از LED ها برای نشان دادن خروجی مدار و یا نمایش اعداد باینری استفاده خواهیم کرد.



شکل ۳: برخی از انواع LED

پایه‌های LED با نام‌های آند و کاتد نام‌گذاری می‌شوند و برای روشن شدن آن باید پایه آند به ولتاژ مثبت و پایه کاتد به زمین متصل شود (شکل ۴). برای تشخیص پایه‌های یک LED چندین روش وجود دارد. روش اول براساس شکل ظاهری می‌باشد. طول پایه‌های LED با یکدیگر متفاوت است و پایه کوتاه‌تر معمولاً نشان‌دهنده کاتد می‌باشد. در صورتیکه به داخل یک LED دقت کنید، پایه‌ای که به قسمت بزرگتر متصل است معمولاً کاتد می‌باشد. راه دیگر استفاده از مالتی متر است. در این حالت مالتی متر را در وضعیت اندازه‌گیری اهم و روی مقادیر کمتر از ۲ کیلو اهم (و یا وضعیت تست دیود) قرار می‌دهیم. دو پراب (Probe) را به دوسر LED وصل می‌کنیم در صورتی که LED سالم باشد در یک جهت عدد معتبری روی صفحه دستگاه نشان داده نشده (بسته به نوع مولتی متر معمولاً OL یا 1) و در جهت دیگر مقدار مقاومت کمی را نشان می‌دهد. در زمان نشان دادن مقاومت کم، Probe مثبت مالتی متر را به پایه آند LED متصل شده است. در صورتیکه در هر دو جهت عددی نشان داده نشود و یا در هر دو جهت مقاومت کم و یا صفر نشان داده شود، LED سوخته است.



شکل ۴: نام‌گذاری پایه‌ها در LED

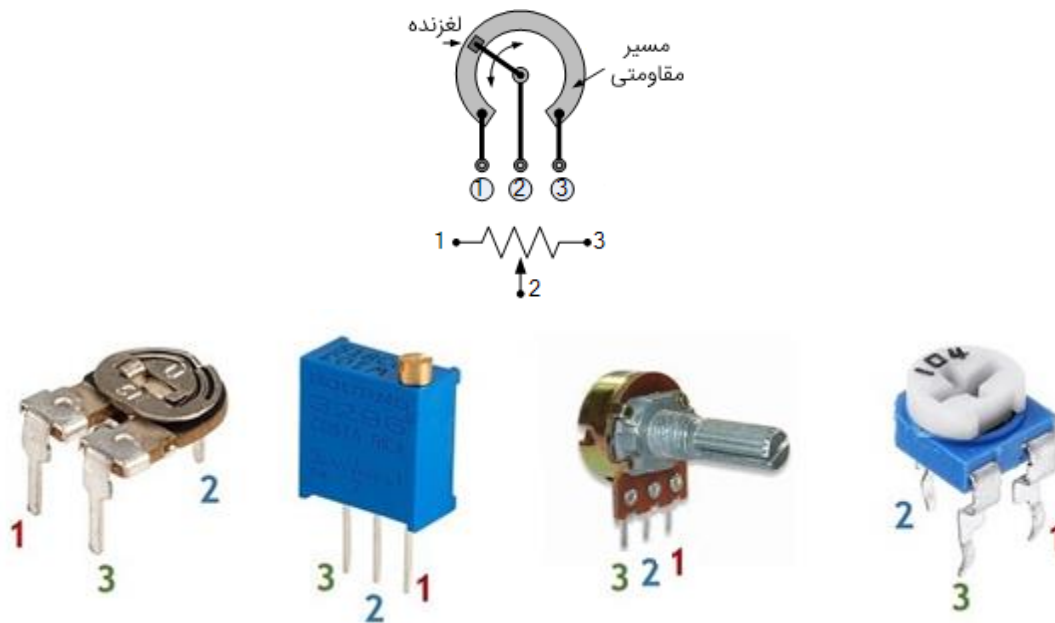
اختلاف پتانسیل مورد نیاز برای راه‌اندازی LED ها با توجه نوع آنها متفاوت بوده و معمولاً بین ۲ تا ۳ ولت می‌باشد. از سوی دیگر عبور جریان زیاد از آنها، سبب سوختنشان خواهد شد. بنابراین برای جلوگیری از سوختن LED ها هنگام روشن شدن، آن را با یک مقاومت سری می‌کنیم.

## آزمایش ۱

دو LED مختلف و دو مقاومت با اهم‌های متفاوت در اختیار شما قرار دارد. ولتاژ تغذیه را ۵ ولت در نظر بگیرید. هر بار یک مقاومت را با یک LED سری نموده و ولتاژ دو سر آن را اندازه‌گیری نمایید.

## آشنایی با پتانسیومتر (Potentiometer)

پتانسیومتر یا مقاومت متغیر یک قطعه آنالوگ و معمولاً سه سر است که از دو بخش اصلی تشکیل شده است. بخش اول یک مسیر مقاومتی با مقاومت ثابت است. این مقاومت ثابت، بین پایه های ۱ و ۳ (شکل ۵) قرار دارد. بخش دوم یک لغزنده یا کنتاکت متحرک است که با پیچاندن محور یا دسته پتانسیومتر می تواند در طول مسیر مقاومتی حرکت کرده و با تغییر موقعیت خود، مقدار مقاومت متفاوتی را ایجاد نماید. مقاومت متغیر ایجاد شده بین پایه ۲ و پایه های ۱ و ۳ قرار دارد. پتانسیومتر ها در انواع، ابعاد و اهم های متفاوتی در دسترس و قابل استفاده هستند.



شکل ۵: پتانسیومتر و برخی از انواع آن

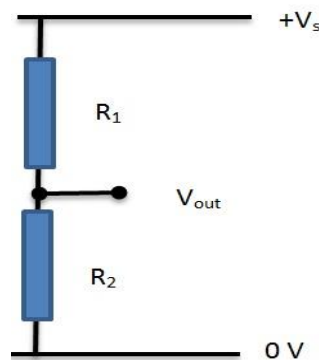
## آزمایش ۲

با استفاده از مالتی متر مقاومت دو سر پتانسیومتر و همچنین مقاومت متغیر آنرا با استفاده از پایانه وسط اندازه گیری نمائید. سپس پایه های ۱ و ۳ را به +5 و GND وصل نموده و تغییرات مقاومت را در مالتی متر مشاهده نمایید.

## یادآوری مدار تقسیم ولتاژ با استفاده از مقاومت

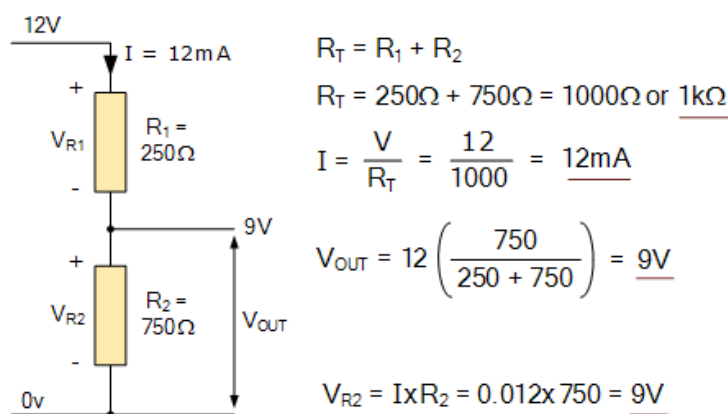
یک مدار مقسم ولتاژ شامل دو مقاومت  $R_1$  و  $R_2$  است که به صورت سری به منبع تغذیه وصل شده اند. ولتاژ خروجی  $V_{out}$  که ولتاژ دو سر مقاومت  $R_2$  نیز می باشد بصورت شکل ۶ محاسبه می شود.

$$V_{out} = \frac{V_s \times R_2}{R_1 + R_2}$$



شکل ۶: مدار مقسم ولتاژ و رابطه آن

مثال: یک مقاومت ۲۵۰ اهمی ( $R_1$ ) با یک مقاومت ۷۵۰ اهمی ( $R_2$ ) سری شده است بطوریکه یک سر مقاومت ۲۵۰ اهمی به خروجی مثبت منبع تغذیه ۱۲ ولتی و یک سر مقاومت ۷۵۰ اهمی نیز به زمین متصل است (شکل ۷). مقاومت سری کل، جریان گذرنده از مدار سری و افت ولتاژ مقاومت ۷۵۰ اهمی را محاسبه کنید.

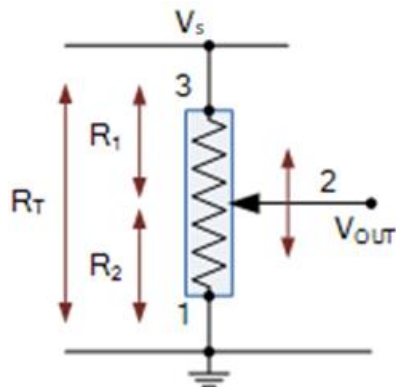


شکل ۷: مثال مدار تقسیم ولتاژ

در این مثال مقسم ولتاژ ساده، ولتاژ دو سر مقاومت  $R_2$  برابر با ۹ ولت به دست آمد. اما با تغییر مقدار هر یک از دو مقاومت، ولتاژ می‌تواند به صورت تئوری هر مقداری بین ۰ تا ۱۲ ولت داشته باشد.

### تولید ولتاژ متغیر با استفاده از پتانسیومتر

این موضوع که با تغییر هر یک از مقاومت‌ها در مثال قبل می‌توانیم مقدار ولتاژ خروجی متفاوتی داشته باشیم، مفهوم اصلی عملکرد پتانسیومتر است. بنابراین، با چرخاندن محور یا دسته پتانسیومتر و در نتیجه تغییر محل لغزنده آن، می‌توان ولتاژی بین صفر و  $V_s$  را در خروجی  $V_{out}$  ایجاد کرد (شکل ۸).



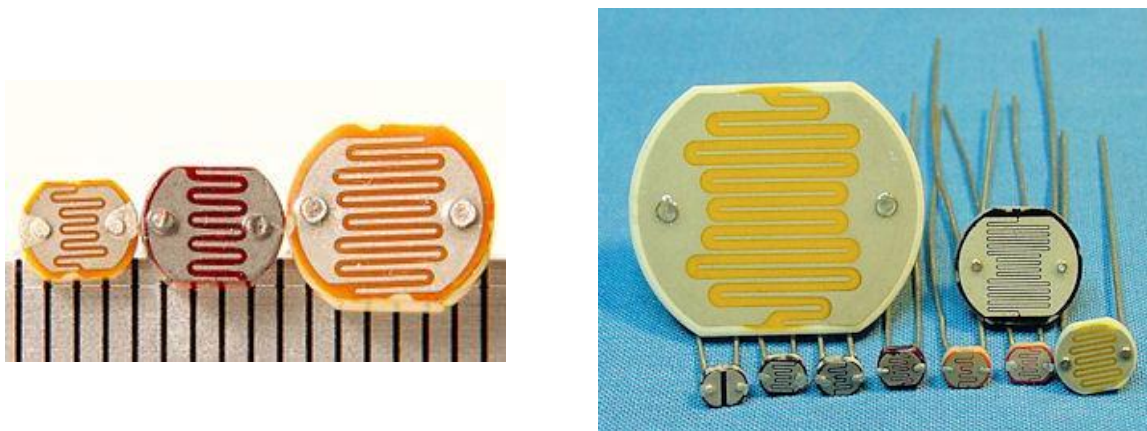
شکل ۸: تولید ولتاژ متغیر توسط پتانسیومتر

## آزمایش ۳

با استفاده از پتانسیومتری که در اختیار دارید، یک مدار تقسیم ولتاژ ببندید و خروجی ولتاژ ۰ تا ۵ را با تغییر مقاومت آن ایجاد کرده و اندازه گیری نمایید. ولتاژ تغذیه را ۵ ولت در نظر بگیرید.

## آشنایی با فتوسل (Photocell)

فتوسل یا مقاومت نوری<sup>۲</sup> یک مقاومت متغیر با شدت نور یا LDR<sup>۳</sup> می باشد. این المان دارای دو پایه است و مقاومت دوسر آن وابسته به مقدار نوری که در سطح آن دریافت می شود، متغیر است. بنابراین با استفاده مناسب از آن می توان مقدار نور یا روشنایی موجود در یک محیط را به مقاومت و یا ولتاژ متناسب با آن تبدیل نمود. شکل ۹ نمونه هایی از فتوسل ها با ابعاد مختلف را نشان می دهد.



شکل ۹: چند نمونه از فتوسل

<sup>۲</sup> Photoresistor

<sup>۳</sup> Light-Dependent Resistor

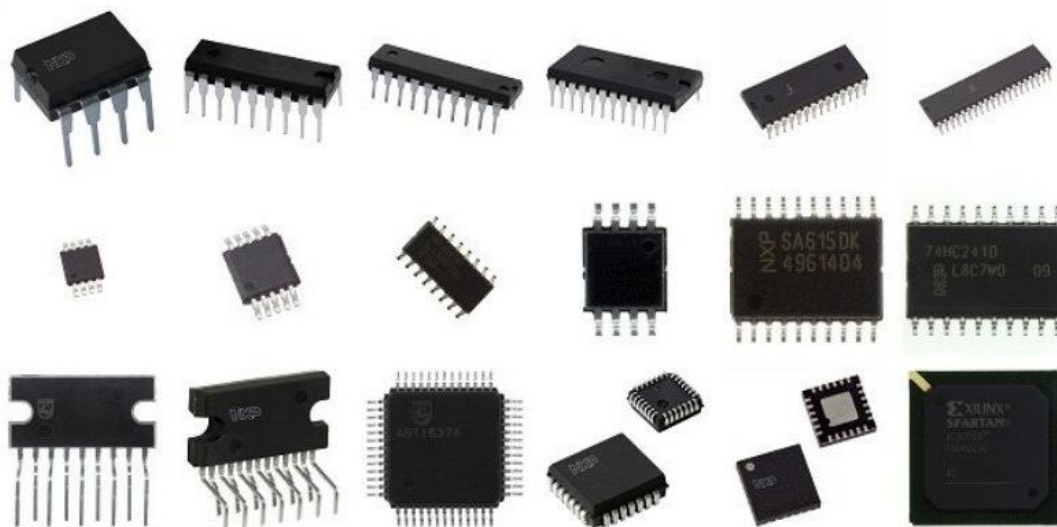


## آزمایش ۴

با استفاده از مالتی متر، مقاومت فتوسلی که در اختیار دارید را در حالت های مختلف تابش نور اندازه گیری نمائید. دامنه تغییر مقاومت این المان حدودا چقدر است؟ رابطه بین مقاومت و میزان نور دریافتی مستقیم است یا معکوس؟ مداری برای تبدیل مقدار نور دریافتی توسط فتوسل به ولتاژ پیشنهاد کنید سپس مدار آن را بسته و تست نمایید.

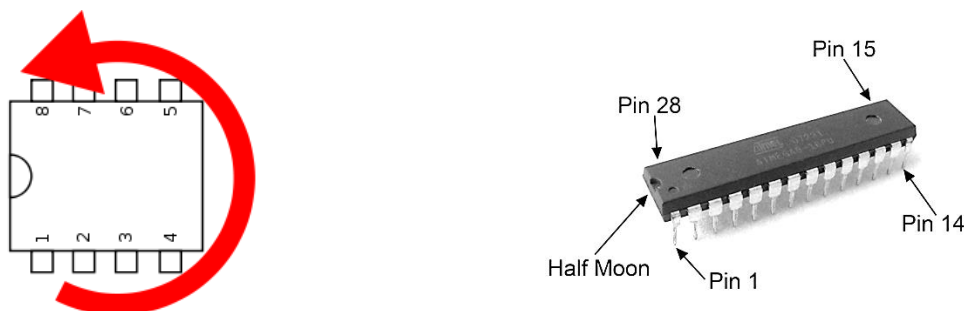
### آشنایی با مدار مجتمع یا IC :

IC یا Integrated Circuit یک مدار الکترونیکی است که در بسته بندی هایی معمولا با تعداد زوج پایه قرار گرفته است. هر نوع IC برای کاربرد خاصی تولید می شود و شماره منحصری نیز دارد. به ازای هر شماره IC، شرکت سازنده آن کاتالوگی را نیز تهیه می کند که به آن datasheet گفته می شود. در این کاتالوگ تمامی اطلاعات لازم در مورد کاربرد، نحوه استفاده، شرایط کاری و اطلاعاتی از این قبیل ارائه شده است. IC ها مانند هر وسیله الکترونیکی دیگری برای روشن شدن (کار کردن) نیاز به منبع تغذیه مناسب دارند که باید به بعضی از پایه های آن متصل شود. شماره این پایه ها و ولتاژ مورد نیاز آنها در datasheet مربوطه مشخص شده است. با توجه به نوع و کاربرد از روشهای متفاوتی برای قرار دادن پایه ها در اطراف IC استفاده شده است. یکی از رایجترین این موارد تعبیه پایه ها در راستای طولی و در دو طرف IC می باشد. IC های دو سطر اول شکل ۱۰ در این دسته بندی جای دارند. به این روش DIP (Dual In-line Pin) گفته می شود. همچنین تعداد پایه های IC را نیز معمولا به دنبال این عبارت ذکر می کنند. مثلا نوع پایه های اولین IC سمت چپ از شکل ۱۰ DIP8 و اولین IC سمت راست DIP40 می باشد.



شکل ۱۰: نمونه هایی از IC های مختلف

برای شناسایی پایه‌ها در یک IC به هر پایه یک شماره اختصاص می‌دهیم. نحوه‌ی شماره گذاری پایه‌ها به این صورت است که روی هر IC و فقط در یک طرف آن نشانه‌ای وجود دارد که معمولاً بصورت یک فرورفتگی نیم دایره‌ای و یا دایره‌ای کامل می‌باشد. با در نظر گرفتن این نشانه شماره گذاری پایه‌ها به صورت پادساعتگرد آغاز می‌شود. در شکل ۱۱ این موضوع نشان داده شده است.



شکل ۱۱: نحوه شماره گذاری پایه‌های IC

### آشنایی با مقایسه کننده آنالوگ

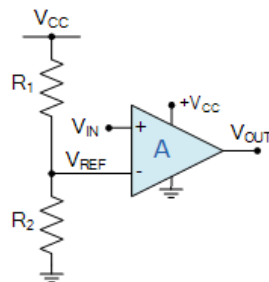
یکی از المانها پرکاربرد در مدارهای الکترونیکی، تقویت کننده عملیاتی و یا OP-Amp می‌باشد. این المان که شکل مداری و پایه‌های آن در شکل ۱۲ دیده می‌شود، کاربردهای متعددی داشته که یکی از آنها مقایسه بین دو ولتاژ آنالوگ است. برای استفاده از این المان بعنوان مقایسه کننده در این آزمایشگاه، لازم است تا ولتاژ تغذیه مثبت یا  $V_+$  را به مثبت پنج ولت و ولتاژ تغذیه منفی یا  $V_-$  را به زمین منبع تغذیه وصل نمود. در این حالت تقویت کننده عملیاتی دارای دو ورودی آنالوگ  $V_{REF}$  و  $V_{IN}$  و یک خروجی  $V_{OUT}$  خواهد بود. در صورتی که مقدار  $V_{IN}$  بزرگتر یا مساوی  $V_{REF}$  باشد، خروجی مدار یا  $V_{OUT}$  تقریباً برابر  $V_+$  و در غیر اینصورت خروجی تقریباً برابر  $V_-$  خواهد بود. تقویت کننده عملیاتی در IC‌های متنوعی با کاربردهای متعددی پیاده سازی شده است. یکی از آنها IC شماره LM324 می‌باشد. در این IC چهار عدد تقویت کننده عملیاتی با ولتاژهای تغذیه مشترک پیاده سازی شد و قابل استفاده است. شکل ۱۲ شماره پایه‌های این IC را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲: شکل مداری یک تقویت کننده عملیاتی، شکل و پایه‌های IC شماره LM324

## آزمایش ۵ (انفرادی) :

با استفاده از دو مقاومت یکسان (مثلا ۱ کیلو اهم) و منبع تغذیه ۵ ولتی، ولتاژ ثابت ۲.۵ ولت را تولید کنید و به عنوان  $V_{REF}$  استفاده نمایید. سپس با استفاده از پتانسیومتر ولتاژ متغیر صفر تا ۵ ولت را ایجاد نموده (آزمایش ۳) و به عنوان  $V_{IN}$  به مدار شکل ۱۳ اعمال نمایید. خروجی  $V_{OUT}$  را با استفاده از یک LED و یک مقاومت ۲۲۰ اهم مشاهده نمایید. با چرخش محور متحرک پتانسیومتر روشن و خاموش شدن LED را مشاهده نمایید. ولتاژ تغذیه را ۵ ولت در نظر بگیرید.



شکل ۱۳: مدار آزمایش ۵

## پیش گزارش ۱ (تکلیف) : طراحی سیستم روشنایی خودکار (انفرادی)

با توجه به این مورد، با استفاده از فتوسل و مقاومت‌های لازم مدار شکل ۱۳ را به طوری تغییر دهید که در اثر تاریک شدن هوا LED، روشن و با روشن شدن هوا، LED خاموش شود.

درجه حساسیت به نور یا میزان روشنایی لازم برای تغییر حالت LED را با پتانسیومتر تنظیم نمایید.

مدار طراحی شده را قبل از کلاس، روی کاغذ رسم کرده و هنگام ورود به کلاس، تحویل دهید. همچنین مدار طراحی شده را مرتب، سمت چپ بردبرد خود بسته و هنگام ورود به کلاس تحویل دهید.