

## دیود

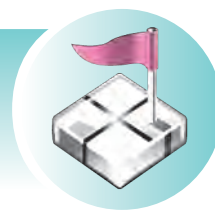
### پیش آزمون



- ۱- پیش از اختراع قطعات نیمه‌هادی در الکترونیک، از چه قطعاتی استفاده می‌گردید و در این رابطه چه مشکلاتی وجود داشت؟
- ۲- پنج قطعه الکترونیکی که می‌شناسید نام ببرید.
- ۳- دیودها در برق صنعتی، چه کاربردهایی دارند؟
- ۴- چند نوع دیود را می‌شناسید؟
- ۵- دیودها را چگونه به مدارهای برق صنعتی، متصل می‌نمایند؟
- ۶- دیودهای معیوب را چگونه می‌توان تشخیص داد؟
- ۷- تفاوت جریان AC و DC را توضیح دهید.
- ۸- آیا جریان‌های AC و DC به یک‌دیگر قابل تبدیل می‌باشند؟
- ۹- چرا در مدارات برقی مخصوصاً مدارات الکترونیک DC، ثابت نگاه داشتن ولتاژ مهم می‌باشد؟
- ۱۰- چه عواملی در تغییرات ولتاژ خروجی تغذیه مدارات الکتریکی تاثیر دارند؟
  - الف) نوسانات ولتاژ ورودی تغذیه
  - ب) مدت زمان استفاده از مدارات
  - ج) تغییرات مقدار بار در خروجی تغذیه
  - د) موارد الف و ج
- ۱۱- آیا قطعات الکترونیک با یک کاربرد، ولی با ظاهرهای متفاوت وجود دارند؟
- ۱۲- نمادهای فنی قطعات به چه منظوری طراحی گردیده‌اند؟

## هدف کلی فصل:

### شناخت و بررسی عملکرد دیود



#### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- ساختمان اتمی عناصر را تشریح کند.
- ۲- نیمه‌هادی‌های خالص را شرح دهد.
- ۳- نحوه‌ی به‌وجود آمدن نیمه‌هادی‌های نوع N و P را شرح دهد.
- ۴- نماد مدار دیود را نشان دهد.
- ۵- قراردادن دیود در بایاس مستقیم را شرح بدهد و به‌صورت عملی نشان دهد.
- ۶- قراردادن دیود در بایاس معکوس دیود را شرح بدهد و به‌صورت عملی نشان دهد.
- ۷- ناحیه شکست دیود را نشان داده و نحوه‌ی به‌وجود آمدن آن را شرح دهد.
- ۸- دیود ایده‌آل را شرح دهد.
- ۹- مدار یکسوساز نیم‌موج را شناسایی نموده و شرح دهد.
- ۱۰- مدار یکسوساز تمام‌موج با ترانس سر وسط را شناسایی نموده و شرح دهد.
- ۱۱- مدار یکسوساز پل را شناسایی نموده و شرح دهد.
- ۱۲- دلیل استفاده از صافی خازنی را شرح دهد و نحوه‌ی انتخاب آن را توضیح دهد.
- ۱۳- نحوه‌ی انتخاب دیودهای یکسوساز را در مدارات شرح دهد.
- ۱۴- دیود زبر و کاربرد آن را شرح دهد.
- ۱۵- دلیل و نحوه‌ی استفاده از آی‌سی‌های رگولاتور را شرح دهد.
- ۱۶- دیود نوری (LED) (Light Emitting Diode) را شرح دهد.
- ۱۷- تست و آزمایش سلامت دیود را انجام دهد.
- ۱۸- مدار تثبیت ولتاژ با دیود زبر و آی‌سی رگولاتور را طراحی و ایجاد نماید.

## مدت زمان آموزش بر حسب ساعت



زمان کل	زمان عملی	زمان تئوری
۲۰	۱۲	۸

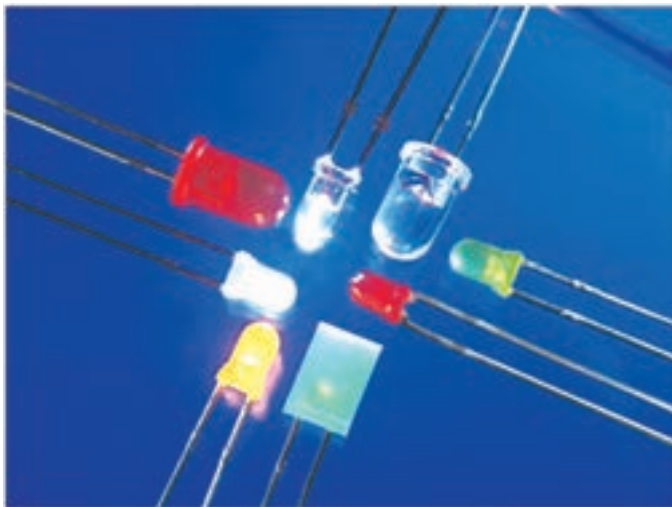
### مقدمه

امروزه در اطراف خود دستگاه‌های الکترونیکی فراوانی را مانند دستگاه‌های صوتی، تصویری، خانگی و صنعتی می‌توان یافت که در آن‌ها از قطعاتی با ساختار نیمه‌هادی استفاده شده و قابل مشاهده است. این قطعات تحول عظیمی را در دانش الکترونیک به وجود آورده‌اند.

پیش از اختراع نیمه‌هادی‌ها برای انجام عملیات کنترلی در مدارات الکترونیک از قطعاتی به نام لامپ‌های خلأ استفاده می‌شد. این قطعات که به شکل یک حباب شیشه‌ای بوده و ساختمان آن با گرم شدن فیلامان داخل آن صورت می‌پذیرفت بسیار گرم‌زا و دارای تلفات زیادی بوده و همیشه وجود آن‌ها، با توجه به معایب نام‌برده بر روی بردهای الکترونیکی مشکل‌ساز بوده است. بنابراین مخترعین همواره به دنبال راهی بودند که قطعه‌ای جایگزین برای آن در نظر بگیرند تا بتوانند عملیات کنترل عبور جریان را در مدارها به‌وسیله آن انجام دهند.

دانشمندان با بررسی وضعیت مواد از نظر هدایت الکتریکی به موادی دست یافتند که نه مانند هادی‌ها جریان الکتریکی را هدایت می‌نمود و نه به اندازه عایق‌ها از عبور جریان الکتریکی جلوگیری می‌کرد که آن را نیمه‌هادی نامیدند. با توجه به این که دانشمندان این رشته توانستند امکانات تولید نیمه‌هادی‌ها را به‌وجود آورند، اقدام به تولید انواع نیمه‌هادی‌ها نمودند، به‌گونه‌ای که بتوان از آن‌ها در ساختمان قطعاتی مانند دیود، ترانزیستور، قطعات چند لایه و حتی IC‌ها استفاده نمود.

با استفاده از قطعات نام‌برده مدارات الکترونیکی به راحتی برای حجم‌ها و کاربردهای مختلف ساخته شدند که یکی از پرکاربردترین این مدارات، مدارات الکترونیک صنعتی می‌باشد. در این فصل ما ضمن معرفی روش شکل‌گیری

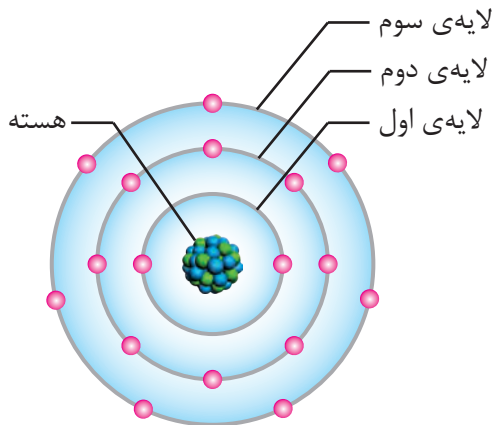


ساختار نیمه‌هادی‌ها، روش به‌وجود آمدن دیودها و انواع آن را تشریح کرده و پس از معرفی شکل و نمادهای فنی آن به شما نشان می‌دهیم که چه‌گونه از دیودها در مدارات الکترونیک استفاده می‌گردد و در نهایت با کاربردی دیگر برای این قطعه در ساخت مدارهایی برای تبدیل جریان متناوب (AC) به مستقیم (DC) به‌منظور مصرف‌کننده‌هایی که احتیاج به جریان مستقیم دارند آشنا می‌گردیم.

## ۱-۱ نیمه‌های خالص

### ۱-۱-۱ ساختمان اتم

همه‌ی عناصری که در طبیعت یافت می‌شوند از مجموعه‌ای از اتم‌ها تشکیل گردیده‌اند که اگر ساختمان هر یک از اتم‌های آن‌ها را مورد بررسی قرار دهیم، خواهیم دید از مجموعه الکترون‌ها و هسته ساخته شده‌اند که خود هسته نیز شامل ذرات پروتون و نوترون می‌باشد. (شکل ۱-۱)



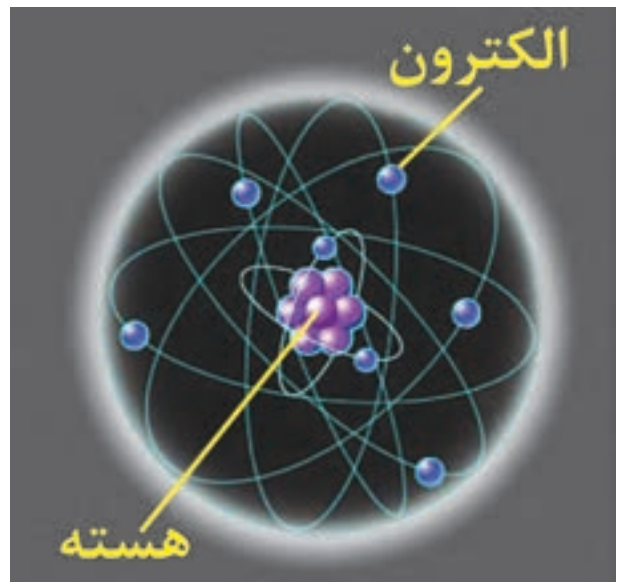
شکل ۱-۲

### ۱-۱-۲ اجسام از نظر هدایت الکتریکی

تعداد الکترون‌های لایه‌ی والانس که عامل وابستگی آن‌ها نسبت به هسته می‌باشد، توانایی‌های متفاوتی را در اجسام از نظر ایجاد الکترون آزاد به وجود آورده است. این امر اجسام را از نظر هدایت الکتریکی به سه دسته کلی هادی‌ها، عایق‌ها و نیمه‌هادی‌ها تقسیم نموده است.

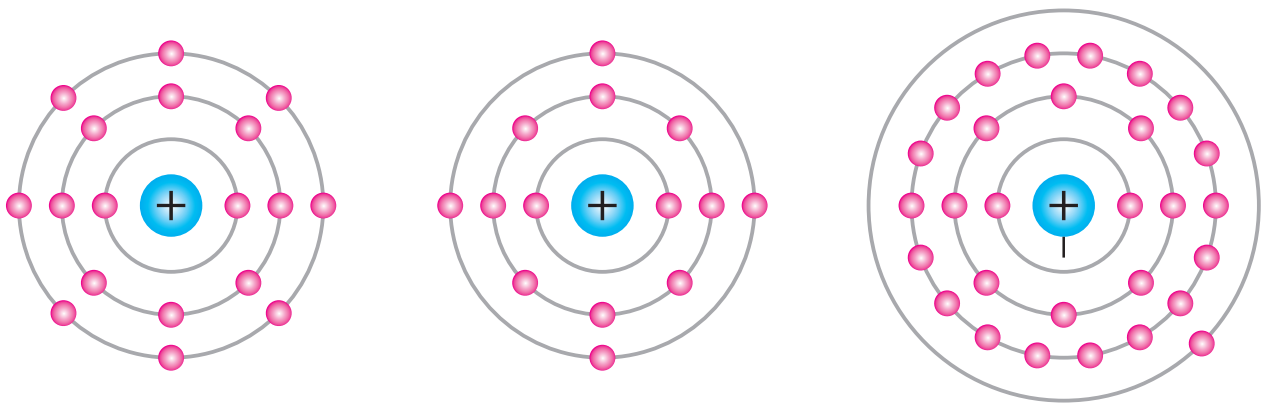
به نحوی که هادی‌ها به خوبی جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهند، عایق‌ها جریان الکتریکی را از خود عبور نمی‌دهند و نیمه‌هادی‌ها، تحت شرایط خاصی جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهند. علت آن است که این مواد از نظر لایه والانس نیز بایکدیگر، تفاوت‌هایی دارند که در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.

هادی‌ها که اغلب فلزات را شامل می‌شوند، در لایه آخر آن‌ها معمولاً سه الکترون وجود دارد و با توجه به



شکل ۱-۱- داخل یک اتم

نحوی قرارگیری این مجموعه به گونه‌ای است که الکترون‌ها در مدارهای منظم به دور هسته در حال گردش می‌باشند و نیروی گریز از مرکز، باعث فاصله به وجود آمده الکترون‌ها از هسته و نیروی جاذبه هسته مانع دور شدن آن‌ها از هسته خواهد شد. به آخرین مدار یا لایه‌ی الکترون‌هایی که به دور هسته می‌چرخند لایه والانس یا ظرفیت و الکترون‌های آن را الکترون‌های والانس یا ظرفیت می‌گویند. بنابراین در شکل ۱-۲ لایه سوم لایه والانس می‌باشد. (شکل ۱-۴)



۳- توزیع الکترون‌ها در عایق یا نارسانا (اتم آرگن)

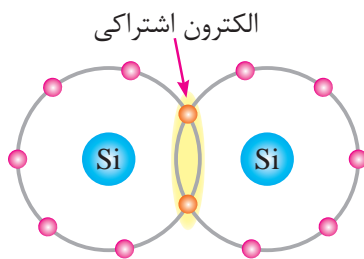
۲- توزیع الکترون‌ها در نیمه‌هادی اتم سیلیسیم

۱- توزیع الکترون‌ها در لایه‌های اتم مس (هادی یا رسانا)

شکل ۱-۳

خواهد کرد.

این که به راحتی الکترون‌های والانس آن از مدار آخر آزاد می‌گردند، رساناهای خوبی به شمار می‌آیند و در نقطه‌ی مقابل آن‌ها، عایق‌ها مانند پلاستیک، شیشه و سرامیک، که در لایه آخر معمولاً از چهار الکترون بیش‌تر و حداکثر هشت الکترون را دارا می‌باشند و با توجه به نداشتن الکترون آزاد جریان برق را از خود عبور نمی‌دهند.



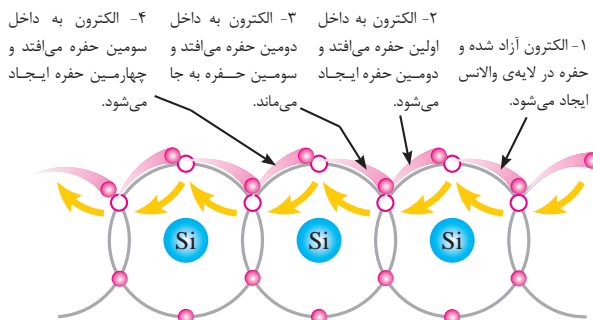
شکل ۱-۴

اکنون اگر دمای محیط از صفر مطلق ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) افزایش یابد، یک الکترون از این پیوند رها گردیده و الکترون آزادی به وجود خواهد آمد و مکان خالی شده آن که حفره نام دارد، می‌تواند از اتم پیوند مجاور خود توسط یک الکترون آزاد دیگر پر شود و این حرکت به‌طور نامنظم در سرتاسر نیمه‌هادی، برای اتم‌های مجاور ادامه یابد. شکل ۱-۵ این وضعیت را نشان داده است.

در لایه آخر نیمه‌هادی‌های خالص مانند سیلیسیم و ژرمانیم تنها چهار الکترون والانس یافت می‌گردد. ویژگی این عناصر به گونه‌ای است که در دمای صفر مطلق ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) عایق هستند، ولی در دمای معمولی ( $+25^{\circ}\text{C}$ )، دمای محیط منجر به آزاد شدن الکترون در آن‌ها می‌گردد و اندکی هدایت الکتریکی در آن به وجود می‌آید.

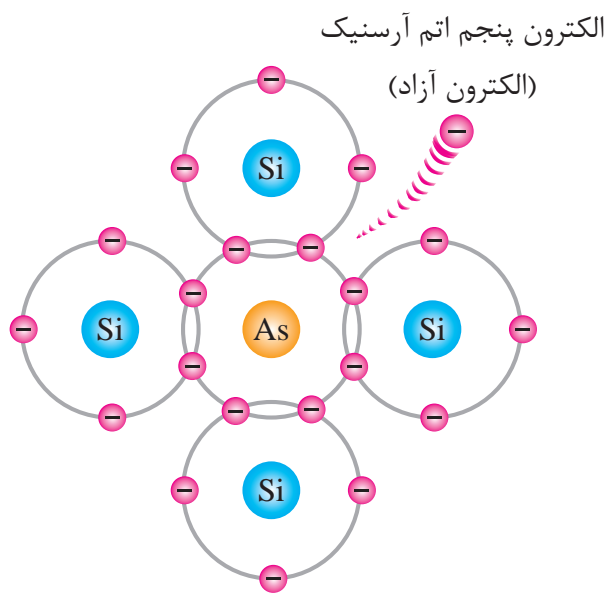
### ۱-۱-۳ پیوند کووالانسی

چهار الکترون موجود در لایه آخر ساختمان اتم نیمه‌هادی‌هایی مانند سیلیسیم و ژرمانیم با الکترون‌های لایه آخر اتم‌های مجاور خود پیوندی اشتراکی را به وجود می‌آورند که به آن پیوند کووالانسی می‌گویند و منجر به ایجاد ساختمان کریستالی عنصر خواهد شد، لذا با توجه به این پیوند در لایه آخر هر اتم هشت الکترون به وجود می‌آید که تکمیل این لایه، پیوند مستحکمی را ایجاد



۱- الکترون آزاد شده و اولین حفره می‌افتد و دومین حفره ایجاد می‌شود.  
 ۲- الکترون به داخل اولین حفره می‌افتد و دومین حفره ایجاد می‌شود.  
 ۳- الکترون به داخل دومین حفره می‌افتد و سومین حفره به جا می‌ماند.  
 ۴- الکترون به داخل سومین حفره می‌افتد و چهارمین حفره ایجاد می‌شود.

مدام از مدار والانس یک اتم به اتم دیگر، حرکت نامنظمی را به وجود می‌آورد و هرگز در سراسر عنصر پایدار نمی‌گردد. بنابراین در کل این نیمه‌هادی، جریان ضعیفی از الکترون‌ها به وجود خواهد آمد. با توجه به این که تعداد الکترون‌ها از حفره‌ها در این نیمه‌هادی بیشتر است، می‌توانیم بگوییم: الکترون‌ها حامل‌های اکثریت و حفره‌ها حامل‌های اقلیت می‌باشند و کریستال به وجود آمده از نوع نیمه‌هادی نوع  $N$  می‌باشد.



شکل ۷-۱- ایجاد نیمه‌هادی نوع  $N$

#### ۱-۲-۴ نیمه‌هادی نوع $P$

ولی با توجه به شکل ۸-۱ اگر ایجاد این ناخالصی توسط یک عنصر با اتم‌های سه ظرفیتی مانند آلومینیم صورت پذیرد، این بار در پیوند کووالانسی آن، از چهار پیوند موجود، یکی از پیوندها ناقص بوده و حفره‌ای به وجود خواهد آمد که در سراسر عنصر الکترون‌های لایه‌های والانس اتم‌های مجاور سعی می‌کنند آن‌ها را پر کنند و هرگز پایداری به وجود نخواهد آمد؛ این امر نیز باعث به وجود آمدن جریان ضعیفی خواهد شد که حفره‌ها باعث آن بوده‌اند. بنابراین با توجه به این که

این وضعیت را با اعمال پتانسیل الکتریکی به دو سر کریستال نیمه‌هادی مربوطه نیز می‌توانیم به وجود آوریم و جریان الکترون‌ها و حفره‌ها را بین دو قطب پتانسیل الکتریکی مشاهده کنیم.

## ۱-۲ نیمه‌هادی‌های نوع $N$ و $P$

### ۱-۲-۱ ناخالص کردن نیمه‌هادی‌ها

با توجه به این که برای به کارگیری نیمه‌هادی‌ها در ساخت قطعات الکترونیک، نمی‌توان منتظر تغییرات دما گردید و حتی جریان به وجود آمده در نیمه‌هادی زیاد قوی نمی‌باشد، لازم است برای ساخت یک نیمه‌هادی خوب آن‌ها را ناخالص نمود، که این کار در کارخانه‌های ساخت نیمه‌هادی با تزریق اتم پنج ظرفیتی که در لایه‌ی والانس آن پنج الکترون و سه ظرفیتی که در لایه‌ی والانس آن سه الکترون وجود دارد صورت می‌پذیرد.



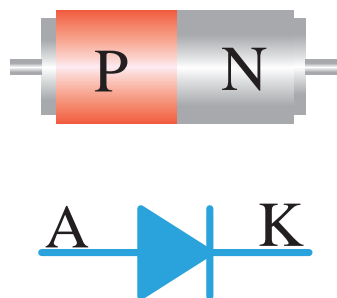
شکل ۶-۱- کارخانجات تولید نیمه‌هادی

### ۱-۲-۳ نیمه‌هادی نوع $N$

همان‌گونه که در شکل ۷-۱ نشان داده شده است اگر نیمه‌هادی‌های خالصی را با عناصری که دارای اتم‌های پنج ظرفیتی می‌باشد، مانند آرسنیک ناخالص کنند، مشاهده می‌شود که از پیوند کووالانسی آن یک الکترون اضافه به وجود خواهد آمد، که این الکترون

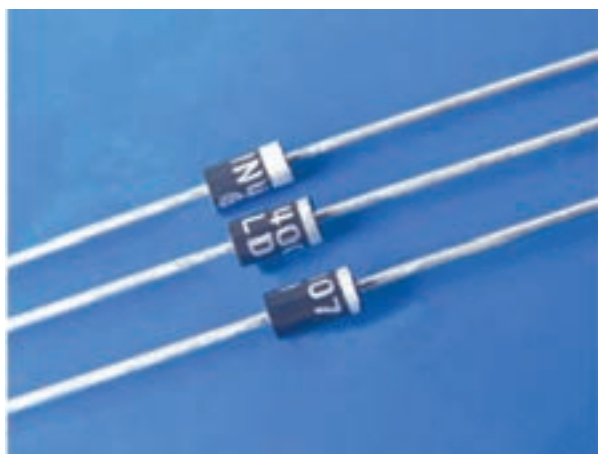


اتصال این دو کریستال نیمه‌هادی با توجه به شرایطی که به‌وجود می‌آورد، منجر به قطعه‌ای پرکاربرد خواهد شد که به آن دیود (Diode) می‌گویند و آن را با نماد (شکل ۱-۱۰) در نقشه‌های فنی مشخص می‌نمایند.



شکل ۱-۱۰- پایه‌های دیود

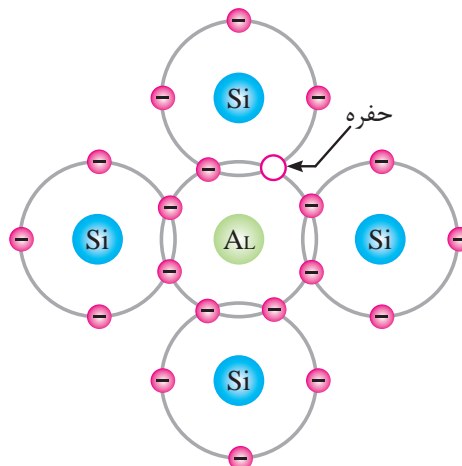
اتصال به‌وجود آمده در محفظه‌ای قرار گرفته و به شکل ۱-۱۱ به عنوان دیود در اختیار مصرف‌کنندگان آن قرار می‌گیرد.



شکل ۱-۱۱- چند نوع دیود

با توجه به شرایط عایقی که در ناحیه تخلیه به‌وجود آمده است و وجود بارهای مثبت و منفی در دو طرف این ناحیه، پتانسیل سد نیز به‌وجود خواهد آمد که برای نیمه‌هادی سیلیسیم ۰/۷ ولت و ژرمانیم ۰/۲ ولت می‌باشد.

تعداد حفره‌ها از الکترون‌ها در این نیمه‌هادی بیشتر است می‌توانیم بگوییم: حفره‌ها حامل‌های اکثریت و الکترون‌ها، حامل‌های اقلیت می‌باشند و کریستال به‌وجود آمده، از نیمه‌هادی نوع P می‌باشد.



شکل ۱-۸- ایجاد نیمه‌هادی نوع P

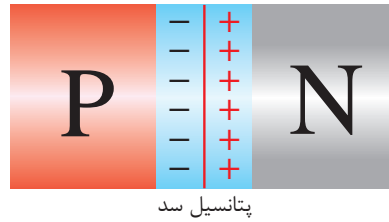
### ۱-۳- ساختمان و نماد مداری دیود

#### ۱-۳-۱ اتصال نیمه‌هادی‌های N و P

هرگاه دو کریستال نیمه‌هادی P و N را به یک‌دیگر اتصال بدهند، در محل اتصال الکترون‌های آزاد نیمه‌هادی N به سرعت جذب حفره‌های نیمه‌هادی P خواهند شد و در محل اتصال مربوطه با توجه به توازن به‌وجود آمده، ناحیه تخلیه ایجاد خواهد گردید که عرض آن چند دهم میکرون است که در این ناحیه هیچ‌گونه الکترون آزاد و یا حفره وجود ندارد، ولی در نواحی دیگر نیمه‌هادی‌ها، شرایط به همان شکلی که بوده است باقی می‌ماند. (شکل ۱-۹)

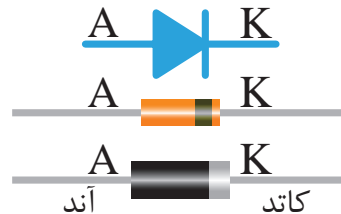


شکل ۱-۹- ایجاد ناحیه تخلیه



شکل ۱۲-۱- پتانسیل سد دیود

دیودها با اشکال و ابعاد مختلفی توسط کارخانه‌های تولید قطعات الکترونیکی تولید می‌شوند که نمونه‌هایی از آن در شکل ۱۳-۱ نشان داده شده است و متناسب با نوع کاربرد، کارخانه‌های مربوطه با ارائه برگه‌ی داده و کاتالوگ‌های لازم محصولات خود را به طراحان مدارات الکترونیکی معرفی می‌نمایند.



شکل ۱۳-۱- انواع دیود و پایه‌های آن

ابعاد دیود و نحوه قرار گرفتن آن برای تولید کنندگان این قطعه که می‌تواند شرایط کاربرد مربوطه را تغییر دهد بسیار مهم می‌باشد و چه بسا این موضوع در قیمت تمام شده‌ی آن نیز تاثیر می‌گذارد.

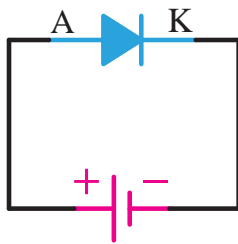
امروزه دیودهای SMD با ابعادی بسیار کوچک به بازار ارائه می‌گردد.

همان‌گونه که در شکل ۱۰-۱ مشخص شده است پایه‌ای از دیود که به نیمه‌هادی نوع P متصل می‌گردد آند و پایه‌ای که به نیمه‌هادی نوع N متصل است کاتد نامیده می‌شود. این قطعه در مدارات می‌تواند در دو وضعیت بایاس مستقیم و بایاس معکوس به کار گرفته شود.

#### ۴-۱ بایاس مستقیم دیود

با اتصال یک منبع ولتاژ به یک دیود، اصطلاحاً آن را بایاس نموده‌اند. حال اگر این اتصال به نحوی باشد که قطب مثبت به آند و قطب منفی به کاتد وصل شده باشد بایاس مربوطه را بایاس مستقیم گویند. (شکل ۱۴-۱)

در این صورت الکترون‌ها از قطب منفی به نیمه‌هادی N وارد گردیده و سپس به طرف حفره‌های نیمه‌هادی P رانده می‌شوند و پس از آن جذب قطب مثبت منبع خواهند شد و در مدار جریان الکتریکی به وجود خواهد آمد.



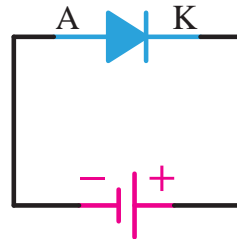
شکل ۱۴-۱- دیود در بایاس موافق

توجه داشته باشید که شرط به وجود آمدن جریان الکتریکی در مدار بایاس مستقیم دیود، افزایش ولتاژ منبع، از پتانسیل سد می‌باشد تا ناحیه تخلیه از بین برود. (برای نیمه‌هادی سیلیسیم ۰/۷ ولت و ژرمانیم ۰/۲ ولت)



## ۵-۱ بایاس معکوس دیود

مخالف شرایط فوق را در بایاس معکوس دیود می‌توانیم بیابیم. یعنی وضعیتی که قطب مثبت به کاتد و قطب منفی به آند وصل گردیده است. (شکل ۱۵-۱)



شکل ۱۵-۱- دیود در بایاس مخالف

در این وضعیت با توجه به این که الکترون‌های آزاد نیمه‌هادی N جذب قطب مثبت و الکترون‌های قطب منفی حفره‌های نیمه‌هادی نوع P را پُر می‌کنند، مشاهده می‌شود که عرض ناحیه‌ی تخلیه افزایش یافته و هر چه ولتاژ منبع افزایش یابد جریانی در مدار برقرار نخواهد شد و حتی افزایش ولتاژ منجر به سوختن دیود خواهد شد.

## ۶-۱ تست و آزمایش دیود

با توجه به این که در ساخت دیودها از پیوند نیمه‌هادی‌های P و N استفاده می‌گردد این پیوند در بعضی شرایط برای دیود می‌تواند در دسر آفرین باشد.

یکی از این موارد، باز شدن این پیوند می‌تواند باشد؛ در این شرایط کارآیی دیود از بین خواهد رفت که اصطلاحاً می‌گویند دیود سوخته است.

یکی از عواملی که می‌توان این مورد را پدید آورد عبور جریان بیش از حد مجاز در بایاس موافق و یا مخالف از دیود می‌باشد که حرارت محیط اطراف قطعه نیز می‌تواند در تسریع آن موثر باشد.

علائم معیوب شدن یک دیود بجز مواردی که در ظاهر دیود تاثیر می‌گذارد، اغلب با چشم قابل تشخیص نیست.

دیودهایی که وضعیت ظاهری آن‌ها تغییر کرده است اغلب آتش گرفته، سیاه شده‌اند و یا از وسط به دو نیم تقسیم می‌شوند. پس همان‌طور که بیان شد تحت این شرایط دیگر قابل استفاده نیستند. چرا که هیچ‌گونه جریانی را از خود عبور نمی‌دهند. ولی همان‌گونه که گفته شد برای دیودهایی از داخل معیوب شده‌اند و این عیب با چشم قابل تشخیص نیست، استفاده از اهم‌متر پیشنهاد می‌گردد. ضمن آن که تجهیزاتی برای این کار نیز ساخته شده است. در صورتی که از سلامت دیود مطمئن نباشیم، استفاده از آن دیود در مدارات کار عاقلانه‌ای نیست.

### ۱-۶-۱ آزمایش توسط اهم متر عقربه‌ای

برای تست یا آزمایش دیود توسط مولتی‌متر عقربه‌ای، سلکتور مولتی‌متر عقربه‌ای را بر روی  $\times 100$  اهم قرار دهید تا مولتی‌متر شما به یک اهم‌متر دقیق تبدیل گردد، سپس سر سیم‌های اهم‌متر را به دو سر دیود وصل نمایید. بار دیگر سر سیم‌های قرمز و مشکی اهم‌متر را جابه‌جا کرده و در این حالت بدون آن که سرهای دیود را جابه‌جا کنید، آن را به دو سر دیود متصل نمایید. با توجه به شکل ۱۶-۱ مشاهده خواهید کرد که در یک وضعیت اهم‌متر مقاومت کم و در هنگامی که سیم‌ها را جابه‌جا می‌کنید، مقاومت بسیار زیادی را اهم‌متر نشان می‌دهد. تحت این شرایط مطمئن خواهیم بود که دیود در این تست سالم می‌باشد و به غیر از شرایطی که مشاهده کردید، دیود سوخته و غیر قابل استفاده می‌باشد. مثلاً در هر دو جهت یک مقدار نشان داده شود. و یا در هر دو جهت اتصال کوتاه باشد و یا هیچ‌گونه اتصالی وجود نداشته باشد.

می‌شود می‌توانیم وضعیت تست دیود را نیز که با علامت فنی دیود بر روی یکی از حالات مختلف کلید سلکتور وجود دارد مشاهده کنیم. طبیعی است که کاربران در استفاده از این قبیل اهم‌مترها به سادگی می‌توانند عملیات تست و تشخیص پایه‌های دیود را انجام دهند.

## ۲-۶-۱ آزمایش توسط اهم‌متر دیجیتالی

مولتی‌مترهای دیجیتالی نیز دستگاه‌های جدیدتری می‌باشند که از طریق بخش اهم‌متر و یا تست دیود آن‌ها، می‌توان دیودها را تست نموده و پایه‌های آن‌ها را تشخیص داد.

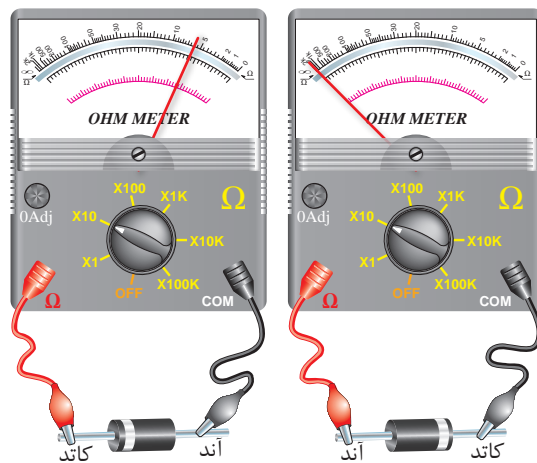
در مولتی‌مترهای دیجیتالی، وضعیتی را در سلکتور برای تست دیود در نظر گرفته‌اند. در این حالت برای تست دیود توسط مولتی‌متر دیجیتالی کافی است سلکتور انتخاب وضعیت آن را در وضعیت تست دیود قرار داده (شکل ۱۷-۱) و سیم‌های قرمز و مشکی را در دو جهت مختلف به ترتیب به دو سر دیود مربوطه ارتباط دهید.



شکل ۱۷-۱- وضعیت آزمایش دیود با مولتی‌متر دیجیتالی

همان‌گونه که در شکل ۱۸-۱ مشاهده می‌گردد، در یکی از وضعیت‌های ارتباط مولتی‌متر مقاومت کم و پس از جابه‌جایی دو سر سیم مقاومت بسیار زیادی مشاهده می‌گردد.

اکنون می‌دانید که تحت شرایطی که مقدار مقاومت



شکل ۱۶-۱- تست دیود با اهم‌متر عقربه‌ای

با توجه به شکل ۱۶-۱، باطری داخلی اهم‌متر می‌تواند دیود را در بایاس موافق یا مخالف قرار دهد. در مدار داخلی اهم‌متر باطری و سیم‌های قرمز و مشکی اهم‌متر باطری با دیود سری خواهد شد. در این شرایط می‌توان توضیح داد که در وضعیتی که اهم‌متر مقاومت کمی را نشان داده است، دیود در بایاس موافق قرار گرفته و در این ارتباط سیم مشکی اهم‌متر به پایه آند دیود و سیم قرمز به پایه کاتد دیود اشاره می‌نماید. بنابراین به این وسیله پایه‌های دیود را به وسیله اهم‌متر عقربه‌ای نیز علاوه بر مشاهده خط کمربندی دور دیود که به کاتد اشاره نموده است تشخیص داده‌ایم.

در اهم‌مترهای عقربه‌ای که امروزه در بازار یافت

## آزمایش شماره ۱ رفتار دیود در بایاس مستقیم

زمان: ۶۰ دقیقه



**هدف از آزمایش:** مشاهده رفتار دیود در بایاس مستقیم به وسیله‌ی یک لامپ ۱۲ ولت.

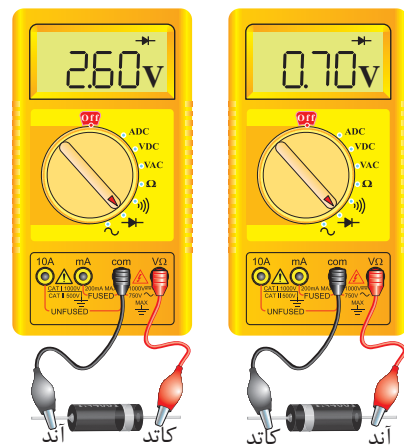
**شرح آزمایش:** در این آزمایش با قرار دادن یک دیود به صورت بایاس مستقیم در مسیر لامپ ۱۲ ولت در حالی که توسط یک منبع جریان مستقیم (DC) متغیر تغذیه می‌شود مشاهده می‌کنید که لامپ مربوطه در ولتاژهای نزدیک ۱۲ ولت روشن شده و در اندازه‌گیری ولتاژ دو سر لامپ، ولتاژ به دست آمده ۰/۷ ولت نسبت به ولتاژ اعمال شده به مدار، توسط منبع تغذیه کم‌تر است. این موضوع می‌تواند شرایطی را که خروجی یک جریان متناوب در نیم‌سیکل مثبت به وجود می‌آورد را نشان دهد.

**تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:**

نام و مشخصات تجهیزات و قطعات	تعداد / مقدار
منبع تغذیه جریان مستقیم (DC) متغیر صفر تا ۱۵ ولت	۱ دستگاه
سیم رابط با گیره سوسماری	۲ رشته
لامپ ۱۲ ولت اتومبیل	۱ عدد
دیود ۱N۴۰۰۱	۱ عدد
مولتی متر دیجیتالی	۱ دستگاه

**توجه:** در تمامی مراحل تغییرات ولتاژ برای آزمایش از ولوم تغییر ولتاژ Fine نیز در منبع تغذیه استفاده گردد تا تغییرات ولتاژ بسیار جزئی بوده و فرصت مشاهده نتیجه امکان‌پذیر باشد.

نشان داده شده مقدار کمتری می‌باشد، دیود در بایاس موافق و در شرایط برعکس که مقاومت بیش‌تری مشاهده گردیده است دیود در بایاس معکوس قرار گرفته است. ولی در تست انجام شده، نکته مهمی به چشم می‌خورد و آن این‌که برخلاف مولتی‌متر عقربه‌ای زمانی که دیود در بایاس موافق می‌باشد، سیم قرمز به آند و سیم مشکی به کاتد دیود اشاره می‌نماید و این به دلیل اصلاح مدار داخلی مولتی‌متر در اتصال سری باطری آن با دیود می‌باشد تا کاربر بتواند نتیجه را در شرایط بهتری مشاهده نماید و کمتر دچار شک و ابهام گردد. در عملیات تست دیود اگر مشاهده گردد که در هر دو وضعیت اتصال کوتاه نشان داده می‌شود و یا مقاومت یکسان و زیادی به چشم می‌خورد قطعاً دیود سوخته و آسیب دیده است و دیگر قابل استفاده نمی‌باشد.



شکل ۱۸-۱- تست دیود با مولتی‌متر دیجیتالی

### مراحل اجرای آزمایش:

۱- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

۲- مداری مطابق شکل ۱۹-۱ ببندید.

۳- منبع تغذیه‌ی DC را بر روی صفر ولت قرار دهید.

۴- منبع را روشن کرده و ولتاژ را به آرامی تا ۱۲ ولت افزایش دهید و به نور لامپ و مقدار ولتاژ بر روی ولت‌متر نگاه کنید.

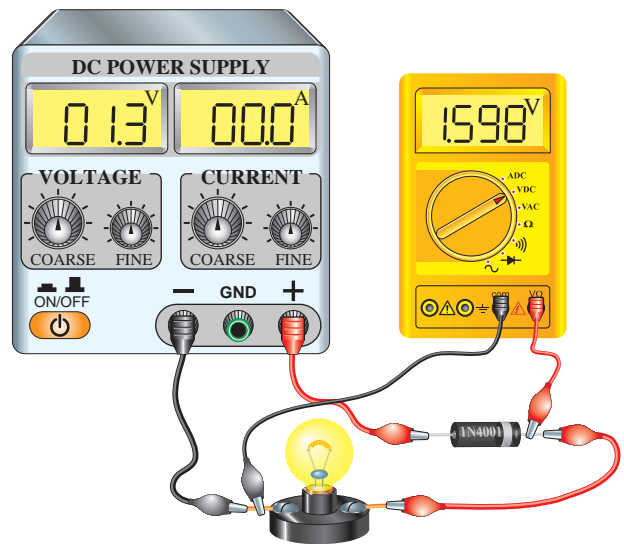
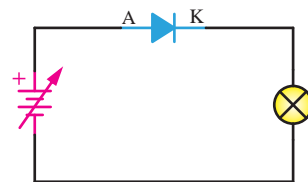
لامپ روشن نشود؟

سوال (۴)- خلاصه عملیاتی که در این آزمایش انجام داده‌اید شرح دهید.

سوال (۵)- نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه توضیح دهید.

- شرح تئوری و عملی آزمایش را در دفتر گزارش کار خود بنویسید.

- ولتاژهای دو سر لامپ و دیود را اندازه‌گیری کرده و یادداشت نمایید.



شکل ۱۹-۱- مدار آزمایش شماره ۱ بایاس موافق دیود

سوال (۱)- به چه دلیل ولتاژ نشان داده شده دو سر لامپ قبل از ۰/۷ ولت بسیار ناچیز است؟

سوال (۲)- چرا ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر لامپ در تمامی مقادیر ۰/۷ ولت نسبت به مقدار منبع تغذیه کم‌تر است؟

سوال (۳)- آیا می‌توانید این مدار را تحت شرایطی به‌طور کامل ببندید که حتی با اعمال ۱۲ ولت هرگز

### آزمایش شماره ۲ رفتار دیود در بایاس معکوس

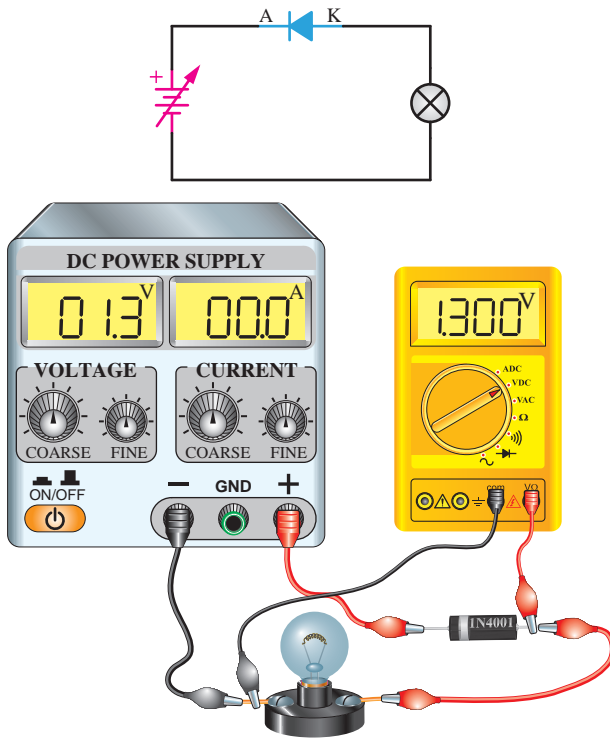
زمان: ۶۰ دقیقه

هدف از آزمایش: مشاهده رفتار دیود در بایاس معکوس به‌وسیله یک لامپ ۱۲ ولت و ولت‌متر.

شرح آزمایش: در این آزمایش با به‌کارگیری یک لامپ ۱۲ ولت که توسط یک منبع جریان مستقیم (DC) تغذیه می‌شود در حالی که در مسیر آن یک دیود در بایاس معکوس قرار گرفته است، مشاهده می‌کنید که به ازای هیچ یک از مقادیر ولتاژ خروجی منبع، هرگز لامپ روشن نخواهد شد. همچنین در ولتاژهای بالای ۰/۷ ولت یا کم‌تر از آن ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر لامپ نیز مقدار قابل ملاحظه‌ای نخواهد بود که این موضوع می‌تواند شرایطی را که خروجی یک جریان متناوب در نیم‌سیکل منفی به‌وجود می‌آورد را نشان دهد.

## تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات تجهیزات و قطعات	تعداد / مقدار
منبع تغذیه جریان مستقیم (DC) متغیر صفر تا ۱۵ ولت	۱ دستگاه
سیم رابط با گیره سوسماری	۳ رشته
لامپ ۱۲ ولت اتومبیل	۱ عدد
دیود ۱N4001	۱ عدد
مولتی متر دیجیتالی	۱ دستگاه



شکل ۲۰-۱- مدار آزمایش شماره ۲ با یاس معکوس دیود

سوال (۴) - خلاصه عملیاتی که در این آزمایش انجام داده‌اید شرح دهید.

سوال (۵) - نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه توضیح دهید.

- شرح تئوری و عملی را در دفتر گزارش کار خود نوشته و ولتاژهای دو سر لامپ و دیود را اندازه‌گیری نموده و یادداشت کنید.

## ۱-۷ شکست دیود

می‌توان با استفاده از یک مقاومت و دیود مداری مانند شکل ۲۱-۱ را ایجاد نمود به نحوی که دیود در بایاس موافق قرار گیرد. پس از آن ولتاژ را از صفر تا ۱۲ ولت افزایش می‌دهیم و در این حالت تغییرات ولتاژ را توسط یک ولت‌متر و تغییرات جریان را توسط یک آمپر متر اندازه‌گیری می‌کنیم. این تغییرات ولتاژ و جریان به ازاء هر نیم ولت افزایش در یک جدول

توجه: در تمامی مراحل تغییرات ولتاژ برای آزمایش از ولوم تغییر ولتاژ Fine نیز در منبع تغذیه استفاده گردد تا تغییرات ولتاژ بسیار جزئی بوده و فرصت مشاهده نتیجه امکان‌پذیر باشد.

## مراحل اجرای آزمایش:

۱- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

۲- مداری مطابق شکل ۲۰-۱ ببندید.

۳- منبع تغذیه‌ی DC را بر روی صفر ولت قرار دهید و ولت‌متر را دو سر لامپ قرار دهید.

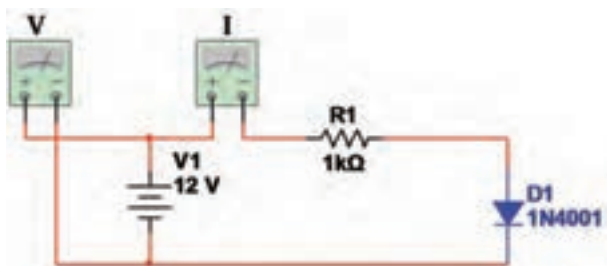
۴- منبع را روشن کرده و ولتاژ را به آرامی تا ۱۲ ولت افزایش دهید و به نور لامپ و مقدار ولتاژ بر روی ولت‌متر نگاه کنید.

سوال (۱) - به چه دلیل لامپ روشن نمی‌شود؟

سوال (۲) - چرا به ازای مقادیر مختلف ولتاژ منبع تغذیه، همواره ولت‌متر مقدار قابل ملاحظه‌ای را اندازه‌گیری نمی‌نماید؟

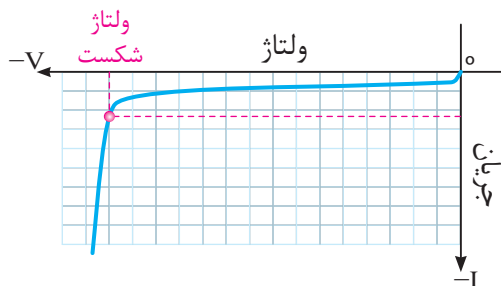
سوال (۳) - آیا می‌توانید این مدار را تحت شرایطی به‌طور کامل ببندید، ولی لامپ روشن شود؟

حال اگر مانند شکل ۲۳-۱ تغییرات ولتاژ را تحت شرایطی ایجاد نماییم که دیود در بایاس مخالف قرار گرفته است، یعنی منبع را در جهت عکس حالت قبل قرار دهیم، در این حالت مشاهده خواهد شد که افزایش ولتاژ به میزان قابل توجهی افزایش جریان را به دنبال نخواهد داشت؛ ولی با رسیدن ولتاژ به مقداری مشخص که به آن ولتاژ شکست می‌گویند جریان به مقدار قابل توجهی به یکباره در جهت منفی افزایش می‌یابد.



شکل ۲۳-۱- مدار دیود در بایاس مخالف

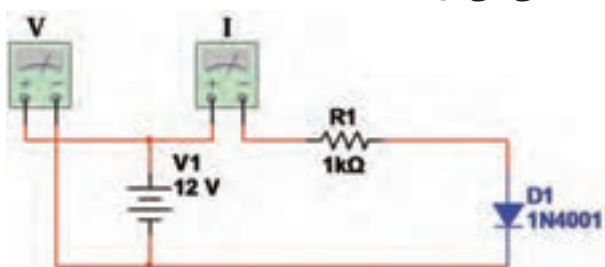
ثبت تغییرات ولتاژ و جریان و انتقال آن بر روی محور مختصات منحنی مشخصه ولت آمپر شکل ۲۴-۱ را به وجود می‌آورد که دلیل منفی بودن ولتاژ و جریان، در بایاس معکوس قرار گرفتن دیود بوده و شرایط با توجه به منحنی مشخصه بایاس مستقیم به این شکل ترسیم خواهد شد.



شکل ۲۴-۱- منحنی ولت آمپر دیود در بایاس مخالف

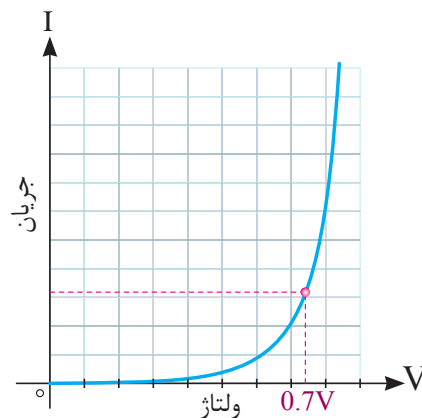
به این منحنی، منحنی شکست دیود نیز می‌گویند که توسط کارخانه‌های سازنده نیز به بازار مصرف دیود ارائه می‌گردد.

ثبت می‌گردد و پس از آن تغییرات ولتاژ بر روی محور افقی و تغییرات جریان بر روی محور عمودی یک نمودار نقطه‌یابی می‌گردد.



شکل ۲۱-۱- مدار دیود در بایاس موافق

مشاهده خواهیم کرد که افزایش جریان تا قبل از رسیدن به ولتاژ سد بسیار کم بوده و پس از آن به ناگهان افزایش می‌یابد. نمودار به دست آمده این تغییرات را بر روی محور مختصات، منحنی ولت آمپر دیود گویند که در شکل ۲۲-۱ نشان داده شده است.



شکل ۲۲-۱- منحنی ولت آمپر دیود در بایاس موافق

در این منحنی مشاهده می‌گردد که افزایش جریان در مقابل تغییرات صعودی ولتاژ عمدتاً پس از رسیدن ولتاژ به ۰/۷ ولت به وجود آمده است که این افزایش برای دیودهای از جنس ژرمانیم بر روی ۰/۲ ولت صورت می‌پذیرد.

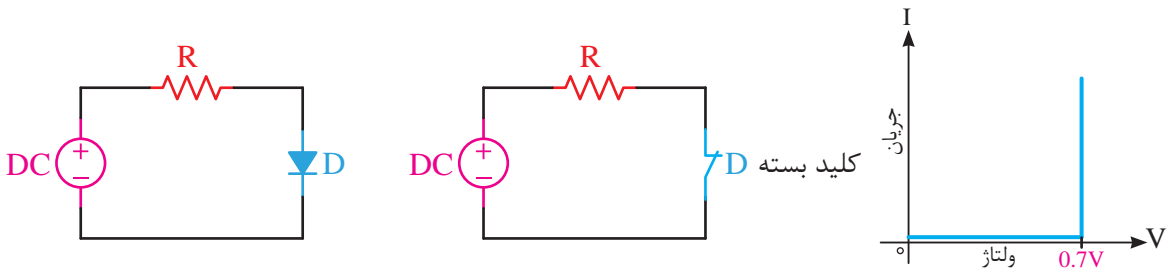
منحنی‌های ولت آمپر دیودها برای بررسی وضعیت آن در شرایط مختلف توسط کارخانه‌های سازنده نیز ارائه می‌گردد.



## ۱-۸ دیود ایده‌آل

با توجه به این واکنش دیود، اگر از حالت نمایی افزایش جریان صرف نظر کنیم، افزایش جریان را می‌توانیم به شکل یک خط عمودی در نظر بگیریم و تحت شرایطی که تصمیم به برقراری جریان در مدار داریم از این امکان دیود استفاده گردد.

اکنون با توجه به بررسی عملکرد دیود به خوبی می‌دانیم که دیودها در بایاس موافق پس از گذشتن از مرز ولتاژ سد به خوبی جریان را از خود عبور خواهند داد و مانند یک کلید بسته عمل می‌کنند. (شکل ۱-۲۵)



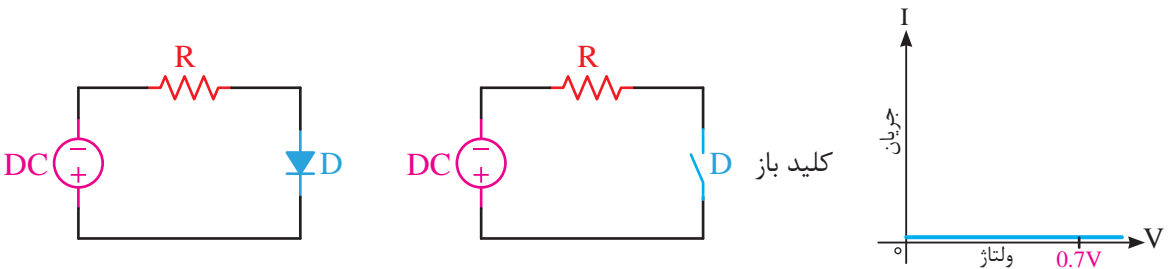
شکل ۱-۲۵- دیود ایده‌آل در بایاس موافق یا وصل

نمودار ولت آمپر نشان داده شده است.

این شرایط فقط به صورت ایده‌آل در نظر گرفته شده است، در حالی که در عمل هرگز نمودارهای مربوطه به این شکل نخواهد بود و قصد معرفی در این وضعیت صرفاً به منظور آشنایی با نحوه‌ی قطع و وصل دیود می‌باشد.

این وضعیت را در شکل ۱-۲۶ بایاس مخالف، یعنی زمانی که آند به قطب منفی منبع و کاتد به قطب مثبت منبع متصل گردیده است، به صورت یک کلید باز مشاهده خواهیم کرد و در این وضعیت عبور جریان در مدار صورت نمی‌پذیرد.

همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، عدم عبور جریان در این مدار به صورت یک خط افقی در



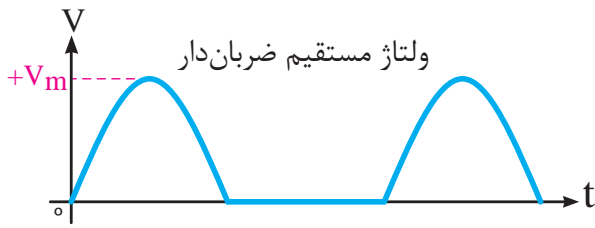
شکل ۱-۲۶- دیود ایده‌آل در بایاس مخالف یا قطع دیود

گردد، دیود در بایاس مخالف قرار خواهد گرفت. این کاربرد را در طراحی‌های مدارات دیجیتال می‌توان یافت.

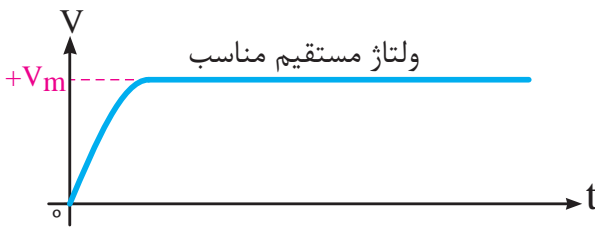
این موضوع مصرف دیودها را در کاربردهای کلیدی بسیار حائز اهمیت می‌نماید، به نحوی که با یک طراحی مناسب اگر آند نسبت به کاتد مثبت‌تر گردد، در بایاس موافق و در صورتی که کاتد نسبت به آند مثبت‌تر

## ۹-۱ یکسوساز نیم موج

DC مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۲۸-۱ الف - حذف نیم سیکل منفی

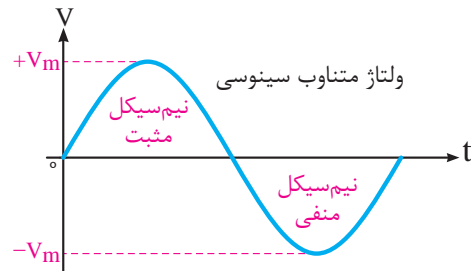


شکل ۲۸-۱ ب - ولتاژ DC

در قدم اول، به دلیل آن که دیودها در بایاس مخالف هدایت نمی کنند، قطعه‌ی مناسبی هستند که بتوانیم توسط آن‌ها نیم سیکل‌های منفی را حذف کنیم، چرا که یک منبع متناوب مانند یک منبع مستقیم است که مرتب قطب‌های مثبت و منفی آن تغییر می کند و با ایجاد مداری مانند شکل ۲۹-۱ که به آن یکسوساز نیم موج می گویند، می توان نیم سیکل‌های منفی را حذف و خروجی مستقیم ضربان دار تولید نمود.

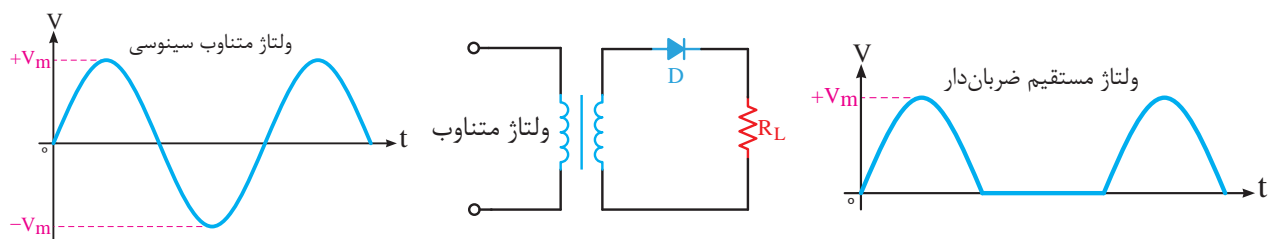
این خروجی مانند شکل ۲۸-۱ الف می باشد. در خروجی این مدار دیگر قطب‌های مثبت و منفی تغییر نمی کند و همواره خروجی کاتد دیود قطب مثبت و سر دیگر ترانس قطب منفی خواهد بود.

خوب می دانیم که ولتاژ متناوب (AC) و ولتاژ مستقیم (DC) دو روش تولید در منابع تولید کننده‌ی ولتاژ می باشند. ولی با توجه به این که تغذیه مورد نیاز مدارات الکترونیک عموماً ولتاژ مستقیم می باشد و انتقال این انرژی از جایی به جای دیگر دارای تلفات زیادی می باشد و مقرون به صرفه نیست. بنابراین همواره انرژی متناوب را از جایی به جای دیگر منتقل می نمایند (برق شهر) و در محل مصرف برای تبدیل آن از ولتاژ متناوب به ولتاژ مستقیم عمل می گردد.



شکل ۲۷-۱ - ولتاژ AC

همان گونه که در شکل ۲۷-۱ مشاهده می گردد، ولتاژ تولید شده توسط منابع متناوب، دارای دونیم سیکل مثبت و منفی می باشند. در حالی که در منابع تولید ولتاژ مستقیم ما انتظار داریم، مانند شکل ۲۸-۱ الف نیم سیکل منفی حذف گردیده و در مرحله بعدی تا حد امکان، مانند شکل ۲۸-۱ ب نوسانات مثبت نیز حذف گردد و به شکل خط صاف تبدیل گردد. تحت این شرایط خروجی DC خواهیم داشت که برای مصرف کنندگان

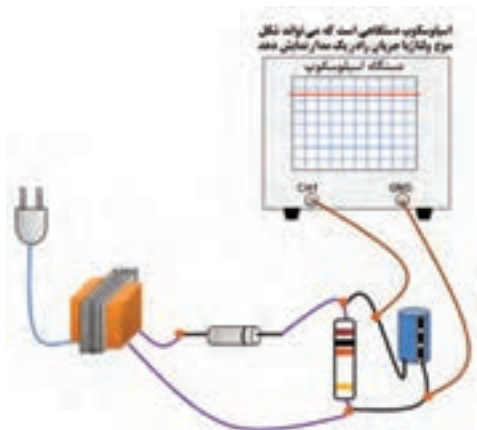
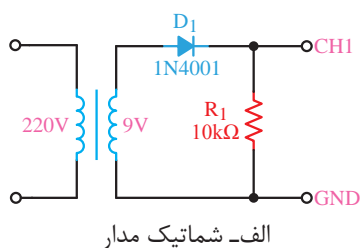


شکل ۲۹-۱ - یکسوساز نیم موج



هدف از آزمایش: مشاهده و اندازه‌گیری نتایج خروجی یک مدار یکسوساز نیم‌موج دیودی با صافی خازنی.

شرح آزمایش: در این آزمایش با اتصال یک دیود به ثانویه، یک ترانس کاهنده مشاهده خواهیم کرد. در حالی که قبلاً در ثانویه ترانس جریان متناوب دریافت می‌کردیم، اکنون با قرار گرفتن دیود در خروجی آن جریان مستقیم دریافت می‌کنیم. وجود یک خازن ظرفیت بالا در خروجی می‌تواند کیفیت بهتری را همان‌گونه که در شکل ۱-۲۸ نشان داده شده است ایجاد نماید. برای مشاهده دقیق خروج از دستگاہی به نام اسیلوسکوپ که در شکل نشان داده شده است استفاده می‌گردد که در این شکل خط صافی که مبین جریان DC می‌باشد نشان داده شده است.



شکل ۳۰-۱- شکل موج خروجی یکسوساز نیم‌موج بر روی اسیلوسکوپ

برای جابه‌جا نمودن قطب‌های خروجی DC این مدار لازم است جهت قرار گرفتن دیود در مدار را تغییر دهیم. در این حالت خروجی آند دیود قطب منفی و سر دیگر ترانس قطب مثبت خواهد بود. رعایت این قطب‌ها در مصرف‌کننده‌ها، بسیار مهم بوده و عدم رعایت آن به مصرف‌کننده آسیب خواهد رساند.

با توجه به این‌که در این مدار خروجی به صورت نیم‌موج یکسو شده است، اگر خروجی این مدار توسط یک ولت‌متر DC اندازه‌گیری شود، ولت‌متر مقدار متوسط را نشان خواهد داد و اگر مقدار ماکزیمم دامنه ولتاژ خروجی ترانس را بدانیم، با تقسیم آن به  $\pi$  مقدار DC و یا متوسط به دست خواهد آمد.

$$V_{\text{ave}} = V_{\text{dc}} = \frac{V_m}{\pi}$$

### ۱-۹-۱ معایب مدار یکسوساز نیم‌موج

از آنجایی که مدار به کار گرفته شده در شکل ۱-۲۹ دارای خروجی ضربان‌دار می‌باشد و فاصله بین دو قله نیم‌سیکل‌های مثبت به اندازه‌ی یک نیم‌سیکل منفی خالی می‌باشد، در این روش کیفیت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌شود و به کارگیری خروجی این تغذیه برای سیستم‌های الکترونیکی متداول نیست؛ بنابراین با حذف این فاصله می‌توان کیفیت خروجی مدار یکسوساز را بهینه نمود.

به کارگیری چنین خروجی DC در سیستم‌های صوتی و مخابراتی مانند تلویزیون و رادیو ایجاد پارازیت خواهد نمود و در سیستم‌های دیجیتال منجر به ایجاد پالس‌های خطا می‌گردد هم‌چنین در سیستم‌هایی که با تولید امواج سر و کار دارند، تغییرات فرکانس را به دنبال خواهد داشت. بنابراین این خروجی فقط برای مدارات ساده و آسیب‌ناپذیر مانند شارژر باتری می‌تواند کاربرد داشته باشد.

۶- ولت‌متر را در همان شرایط به دو سر مقاومت وصل کرده و مقدار را اندازه‌گیری کرده و یادداشت نمایید.

توجه داشته باشید که ولت‌مترهای AC مقدار موثر ولتاژ متناوب را اندازه‌گیری می‌کنند و برای به‌دست آوردن  $V_m$  باید مقدار به‌دست آمده را تقسیم بر  $0.707$  نمود. در صورتی که بخواهیم مقدار  $V_{dc}$  را به‌دست آوریم می‌توانیم از فرمول  $V_{ave} = V_{dc} = \frac{V_m}{\pi}$  استفاده کنیم.

سوال (۱) - به چه دلیل نتیجه ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر مقاومت، تحت شرایطی که ولت‌متر را در وضعیت DC و AC قرار می‌دهیم متفاوت است؟

سوال (۲) - آیا با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده در وضعیت‌های مختلف، می‌توانید مقدار  $3/54$  ولت را از طریق فرمول تحقیق نمایید؟

سوال (۳) - به چه دلیل نتیجه ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر ترانس تحت شرایطی که ولت‌متر را در وضعیت DC و AC قرار می‌دهیم متفاوت است؟

سوال (۴) - خلاصه عملیاتی که در این آزمایش انجام داده‌اید شرح دهید.

سوال (۵) - نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه توضیح دهید.

- شرح تئوری و عملی آزمایش را در گزارش کار خود بنویسید.

- ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر مقاومت را در دو وضعیت AC و DC در گزارش کار خود یادداشت نمایید.

- مقادیر اندازه‌گیری شده در عملیات ۶ و ۷ آزمایش را در گزارش کار یادداشت نمایید.

در این آزمایش ولت‌متر دیجیتالی را در وضعیت DC قرار داده و خروجی را اندازه‌گیری می‌کنیم، با اندازه‌گیری ولتاژ قبل از دیود ولت‌متر AC مقدار ولتاژ را نشان خواهد داد. ولی با قرار دادن ولت‌متر در وضعیت DC مقدار قابل توجهی اندازه‌گیری نخواهد شد که این موضوع دال بر وجود جریان AC قبل از دیود می‌باشد. ولی اگر این آزمایش پس از دیود صورت پذیرد فقط در وضعیت DC ولت‌متر، مقدار DC قابل اندازه‌گیری می‌باشد.

### تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات تجهیزات و قطعات	تعداد / مقدار
دیود 1N4001	۱ عدد
مولتی‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
سیم رابط با گیره سوسماری	۳ رشته
مقاومت $10K\Omega$	۱ عدد
خازن $470\mu F / 25V$	۱ عدد
ترانسفورماتور $220V-9V / 300mA$	۱ عدد

### مراحل اجرای آزمایش:

۱- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

۲- مدار شکل ۳۰-۱ را ببینید.

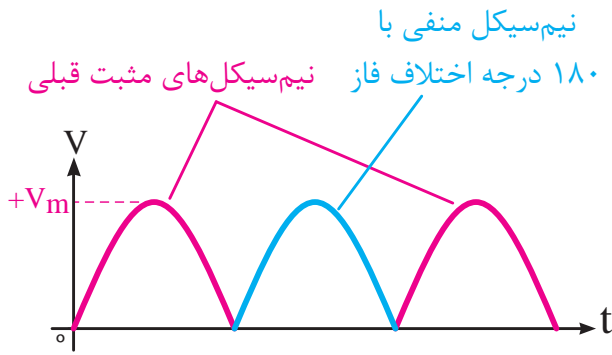
۳- ولت‌متر را بر روی تنظیم اندازه‌گیری ولتاژ DC قرار داده و ولتاژ دو سر مقاومت  $10$  کیلو اهم را اندازه‌گیری کنید و مقدار آن را یادداشت نمایید.

۴- ولت‌متر را در همان شرایط به دو سر خروجی ترانس وصل کرده و مقدار را اندازه‌گیری کنید و آن را یادداشت نمایید.

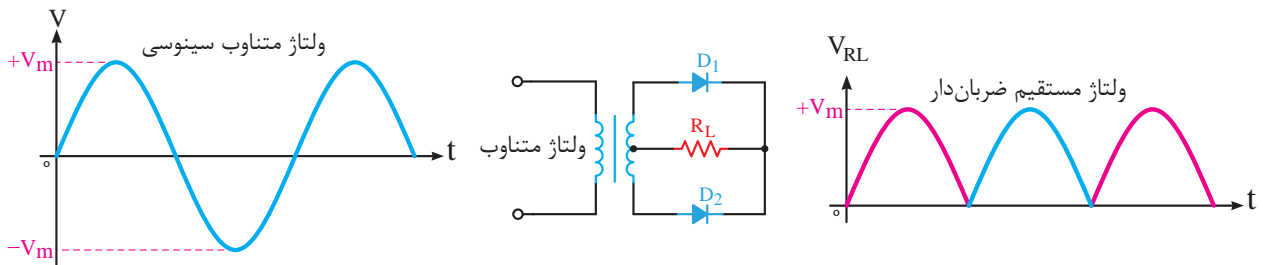
۵- ولت‌متر را در شرایط اندازه‌گیری ولتاژ AC قرار داده و مقدار خروجی ترانس را اندازه‌گیری کنید و یادداشت نمایید.

## ۱-۱۰ یکسوساز تمام موج با ترانس سروسط

به منظور رفع مشکلات مدار یکسوساز نیم موج باید تغییرات لازم را به نحوی ایجاد نمود که نیم سیکل منفی حذف شده در خروجی را با ایجاد  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز در بخش مثبت قرار دهیم، تا به عنوان یک نیم سیکل مثبت ما بین دو نیم سیکل مثبت قبلی مانند شکل ۱-۳۱ قرار گیرد و بتوان ضربان های متوالی را مشاهده نمود. تحت این شرایط، از خروجی استفاده کاملاً مفید گردیده است و تا حدودی معایب مدار قبل برطرف خواهد گردید.



شکل ۱-۳۱- نحوه اصلاح DC خروجی



شکل ۱-۳۲- یکسوساز نیم موج با ترانس سر وسط

مقدار DC اندازه گیری شده در مدار یکسوساز نیم موج می باشد:

$$V_{ave} = V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

### ۱-۱۰-۱-۱ معایب مدار یکسوساز تمام موج

در مدار یکسوساز نیم موج شکل ۱-۳۲ مشاهده گردید که وجود ترانس سه سر، امری است الزامی و این خود به عنوان نقطه ضعف برای این مدار تلقی می گردد که می تواند در برخی موارد یا امکان تهیه ترانس سه سر میسر نگردد و یا مقرون به صرفه نباشد.

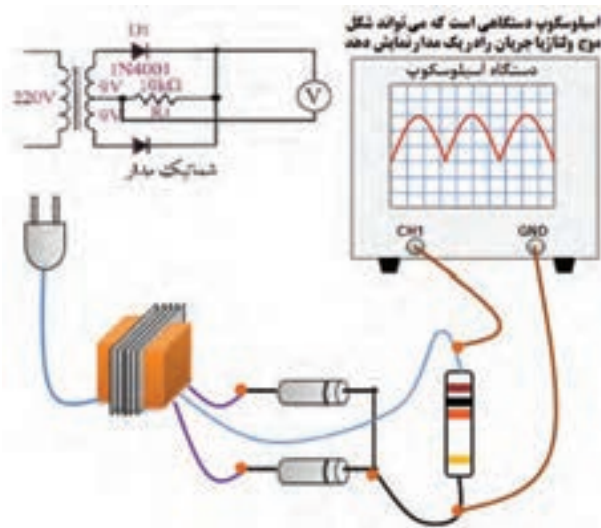
در این روش حتی نحوه بستن سرهای ترانس به مدار بسیار حائز اهمیت می باشد و در صورت اشتباه استفاده کننده، می تواند در درس ساز باشد. بنابراین باید

براساس این نیاز قطعه ای که در الکترونیک می تواند این اختلاف فاز را ایجاد کند یک ترانس دارای سر وسط می باشد که هر یک از خروجی های دو سر آن در ابتدا و یا انتهایی آن نسبت به سر وسط  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز دارد.

در مدار شکل ۱-۳۲ محل اتصال کاتدهای دیودها قطب مثبت مدار و سر وسط ترانس به عنوان سر منفی خواهد بود و در صورتی که بخواهیم جای قطبها عکس این حالت باشد، باید جهت دیودها را عوض کنیم و فراموش نکنیم استفاده از ترانس سه سر در این مدار الزامی است.

با توجه به این که یکسوسازی انجام شده در این مدار به صورت تمام موج است، مقدار DC یا متوسط اندازه گیری شده توسط ولت متر DC همواره دو برابر

به دنبال راه‌حلی گشت که بدون نیاز به ترانس سه‌سر بتوان عمل یکسوسازی را در خروجی با همین کیفیت به‌وجود آورد.



شکل ۳۳-۱- شکل موج خروجی یکسوساز تمام‌موج روی اسیلوسکوپ

تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات تجهیزات و قطعات	تعداد / مقدار
دیود 1N4001	۲ عدد
مولتی‌متر دیجیتال	۱ دستگاه
سیم رابط با گیره سوسماری	۴ رشته
مقاومت $10K\Omega$	۱ عدد
خازن $470\mu F / 25V$	۱ عدد
ترانسفورماتور 220V-9+9V/300mA	۱ عدد

مراحل اجرای آزمایش:

۱- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

۲- مدار شکل ۳۴-۱ را ببندید.

۳- ولت‌متر را بر روی تنظیم اندازه‌گیری ولتاژ DC قرار داده و ولتاژ دو سر مقاومت  $10\text{ کیلو اهم}$  را اندازه‌گیری کنید و مقدار آن را یادداشت نمایید.

۴- ولت‌متر را در همان شرایط به دو سر خروجی ترانس وصل کرده و مقدار را اندازه‌گیری کنید و آن را یادداشت نمایید. (سر وسط و سر کناری)

آزمایش شماره ۴

مدار یکسوساز تمام‌موج

زمان: ۱۲۰ دقیقه



هدف از آزمایش: مشاهده و اندازه‌گیری نتایج خروجی یک مدار یکسوساز تمام‌موج دیودی با صافی خازنی.

شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش با اتصال دو دیود به ثانویه یک ترانس کاهنده جریان مستقیم دریافت می‌کنیم، این درحالی بود که قبل از اتصال دیودها به ترانس جریان AC قابل دریافت بود. با توجه به شکل ۳۳-۱ وجود یک خازن ظرفیت بالا در دو سر خروجی مدار می‌تواند کیفیت بهتری را ایجاد نماید.

برای مشاهده دقیق خروجی از دستگاهی به نام اسیلوسکوپ که در شکل ۳۳-۱ نشان داده شده است استفاده می‌گردد که در این شکل خروجی DC ضربان‌دار که هنوز به آن خازن متصل نگردیده است نشان داده شده است و در صورتی که در خروجی، خازن قرار گیرد یک خط صاف حاصل می‌گردد. برای به‌دست آوردن مقدار خروجی DC در این آزمایش ولت‌متر را در وضعیت DC قرار داده و خروجی را اندازه‌گیری می‌کنیم، با اندازه‌گیری ولتاژ قبل از دیود ولت‌متر DC مقداری را نشان نخواهد داد ولی ولت‌متر AC نشان می‌دهد.



**سوال (۳)** - به چه دلیل نتیجه ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر ترانس، تحت شرایطی که ولت‌متر را در وضعیت DC و AC قرار می‌دهیم متفاوت است؟

**سوال (۴)** - خلاصه عملیاتی که در این آزمایش انجام داده‌اید شرح دهید.

**سوال (۵)** - نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه توضیح دهید.

- شرح تئوری و عملی آزمایش را در گزارش کار خود یادداشت کنید.

- ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر مقاومت را در دو وضعیت AC و DC در گزارش کار خود یادداشت نمایید.

- مقادیر اندازه‌گیری شده در عملیات ۴ و ۵ آزمایش را در گزارش کار یادداشت نمایید.

### ۱-۱۱ یکسوساز پل

برای رفع مشکل مدار یکسوساز تمام‌موج با بستن چهار دیود به صورت شکل ۳۵-۱ که اصطلاحاً به آن پل می‌گویند می‌توان از ترانس دو سر بهره گرفت.

در این روش استفاده کننده دیگر به جهت اشتباه سرهای ترانس نگرانی ندارد و می‌تواند آن را به راحتی به مدار متصل نماید. البته در این مدار تعداد دیودها افزایش یافته است.

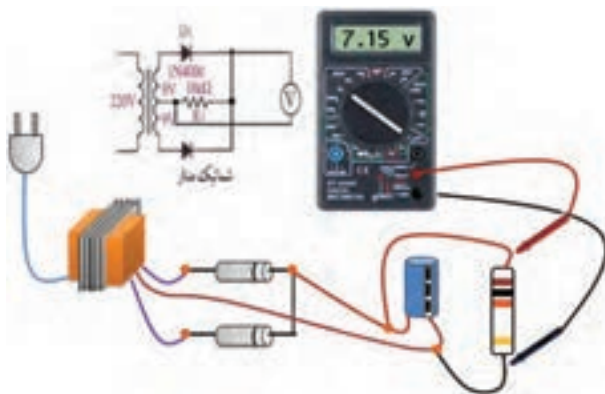
در این مدار نیز یکسوسازی به‌صورت تمام‌موج انجام می‌شود و قطب‌های مثبت و منفی در شکل ۳۵-۱ نشان داده شده است. خروجی مدار نیز به‌صورت DC ضربان‌دار می‌باشد و با استفاده از ولت‌متر DC مقدار اندازه‌گیری شده مقدار متوسط دامنه ماکزیمم ولتاژ خروجی ترانس می‌باشد و می‌توان مقدار آن را از فرمول زیر محاسبه نمود.

$$V_{ave} = V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

۵- ولت‌متر را در شرایط اندازه‌گیری ولتاژ AC قرار داده و مقدار خروجی ترانس را اندازه‌گیری کنید و یادداشت نمایید.

۶- ولت‌متر را در همان شرایط به دو سر مقاومت وصل کرده و مقدار را اندازه‌گیری کرده و یادداشت نمایید.

۷- جهت دیودها را برعکس نموده و تغییر حالت خروجی را مشاهده کنید.

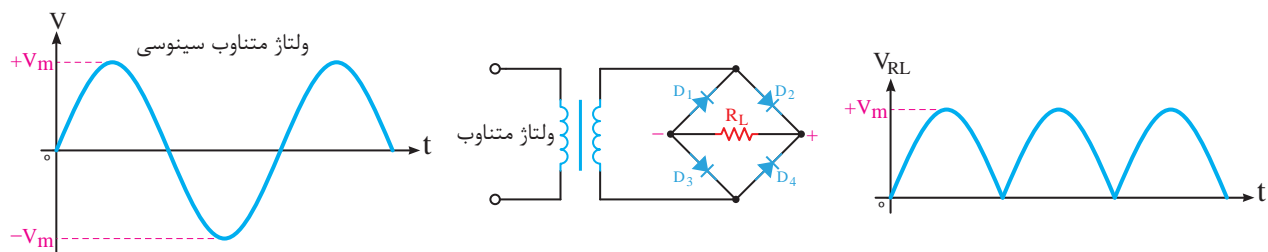


شکل ۳۴-۱- طریقه بستن مدار یکسوساز تمام‌موج

توجه داشته باشید که ولت‌مترهای AC مقدار موثر ولتاژ متناوب را اندازه‌گیری می‌کنند و برای به‌دست آوردن  $V_m$  باید مقدار به‌دست آمده را تقسیم بر  $0.707$  نمود. در صورتی که بخواهیم مقدار  $V_{dc}$  را به‌دست آوریم، می‌توانیم از فرمول  $V_{ave} = V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$  استفاده کنیم.

**سوال (۱)** - به چه دلیل نتیجه ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر مقاومت، تحت شرایطی که ولت‌متر را در وضعیت DC و AC قرار می‌دهیم متفاوت است؟

**سوال (۲)** - آیا با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده در وضعیت‌های مختلف، می‌توانید مقدار  $7/51$  ولت را از طریق فرمول تحقیق نمایید؟



شکل ۱-۳۵- یکسوساز پل

گرفته و قطع خواهند بود.

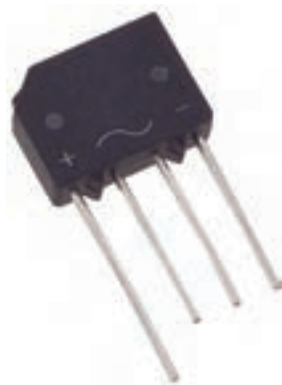
### ۱-۱۱-۱ نحوه عملکرد مدار یکسوساز پل

در مدار دیودی شکل ۱-۳۵ در یک نیم سیکل اول دیودهای  $D_2$  و  $D_3$  (شکل ۱-۳۶-الف در بایاس موافق قرار گرفته و مثل دو کلید بسته عمل خواهد کرد و دیودهای  $D_1$  و  $D_4$  در بایاس مخالف قرار خواهند گرفت و مثل دو کلید باز خواهد بود و در نیم سیکل دوم شرایط عکس خواهد شد.

### ۱-۱۲ پل دیود

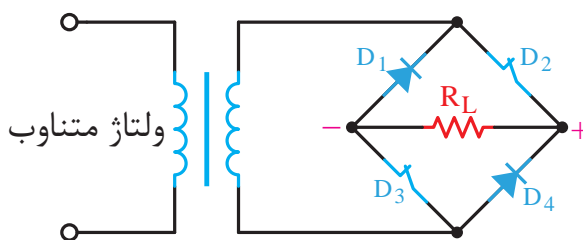
در مدارهای تغذیه مدار یکسوساز پل بسیار رایج است و کاربردهای فراوانی دارد، بنابراین با توجه به این موضوع سازندگان قطعات الکترونیک قطعه کاملی را در یک بسته که در آن چهار دیود جاسازی شده است، ارائه داده‌اند که اصطلاحاً به آن پل دیود می‌گویند. (شکل

۱-۳۷)

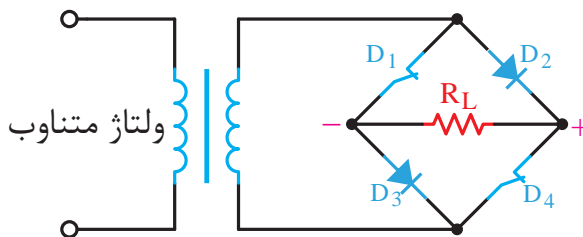


شکل ۱-۳۷- شمای ظاهری پل دیود

این قطعه دارای چهار پایه می‌باشد که دو تا از آن‌ها با علامت (~) مشخص شده است و این دو پایه بدون جهت به سر ثانویه ترانس متصل می‌گردند و دو پایه دیگر که یکی با علامت (+) مشخص شده است خروجی مثبت مدار یکسوساز و دیگری که با علامت (-) مشخص شده است خروجی منفی یکسوساز می‌باشد.



شکل ۱-۳۶-الف



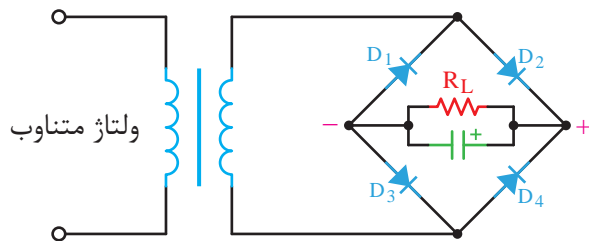
شکل ۱-۳۶-ب

در نیم سیکل دوم دیودهای  $D_1$  و  $D_4$  (شکل ۱-۳۶-ب) در بایاس موافق قرار گرفته و مثل دو کلید بسته عمل خواهد کرد یعنی دیودهای هادی خواهند شد و دو دیود  $D_2$  و  $D_3$  در بایاس مخالف قرار

## ۱-۱۳ صافی خازنی

خازن‌های الکترولیتی دارای قطب می‌باشند، نحوه قرار گرفتن خازن باید به گونه‌ای باشد که در اتصال آن به خروجی مدار یکسوساز قطب‌های آن رعایت گردد. در غیر این صورت منجر به ترکیدن خازن خواهد شد.

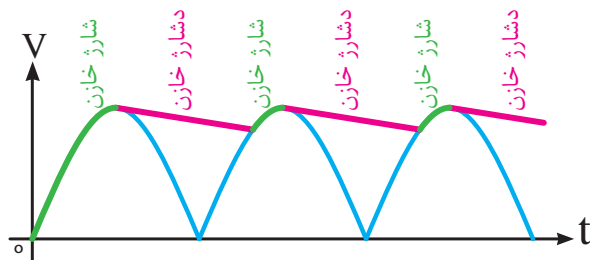
خازن صافی برای خروجی کلیه مدارات یکسوساز نیز قابل استفاده می‌باشد.



شکل ۴۰-۱- نحوه اتصال خازن صافی

### ۱-۱۳-۱ عملکرد خازن صافی

عملکرد خازن صافی در خروجی مدارات یکسوساز تمام‌موج و یا پل مانند یک جبران کننده می‌باشد که در شرایط نزول دامنه ولتاژ اقدام به جبران نموده، از نزول ناگهانی جلوگیری می‌نماید. بنابراین همان گونه که در شکل ۴۱-۱ نشان داده شده است با افزایش ولتاژ در روند صعودی نیم‌سیکل اول خازن شارژ شده و در سیر نزولی آن خازن دشارژ می‌گردد و تحت هیچ شرایطی در هر یک از شیب‌های نزولی شکل موج اجازه نمی‌دهد تغییرات نزولی ولتاژ در خروجی تاثیر بگذارد.

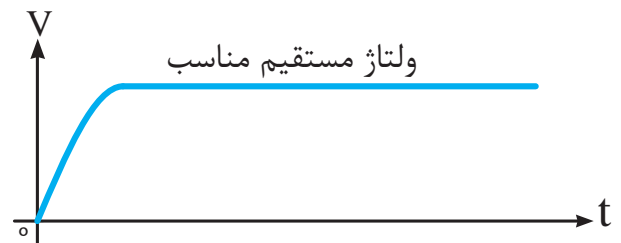


شکل ۴۱-۱- عملکرد خازن صافی بر روی DC ضربان‌دار خروجی یکسوساز

تا کنون در خروجی مدارات یکسوسازی که مورد بررسی قرار گرفت مشاهده گردید که در بهترین حالت، موفق به دریافت ولتاژ DC ضربان‌دار شدیم که وجود ضربان‌های مذکور نیز می‌تواند برای بسیاری از مدارات الکترونیک در درس‌ساز باشد. بنابراین لازم است با استفاده از یک خازن ظرفیت بالا که معمولاً خازن‌های الکترولیتی مانند شکل ۳۸-۱ می‌باشند، ضربان‌های مربوطه را حتی‌المقدور حذف و شکل خروجی را به یک خط صاف همانند شکل ۳۹-۱ نزدیک نماییم.



شکل ۳۸-۱- خازن‌های الکترولیتی با ظرفیت بالا



شکل ۳۹-۱- تبدیل مورد نیاز DC ضربان‌دار به DC کاملاً صاف

همان گونه که در شکل ۴۰-۱ نشان داده شده است برای به کارگیری خازن صافی لازم است آن را در خروجی مدار یکسوساز قرار دهیم. با توجه به این که

## ۲-۱۳-۱ ریپل‌های خروجی

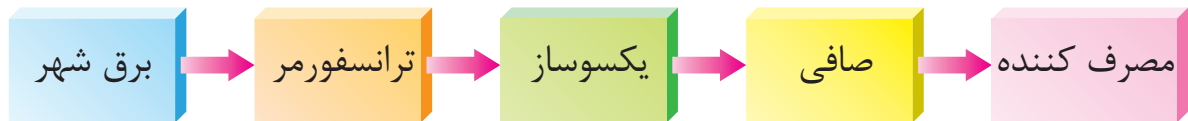
می‌باشد که این کار از نظر فنی زیاد معقول نمی‌باشد زیرا تحت این شرایط ولتاژ لحظه‌ای دیود افزایش خواهد یافت و حتی این موضوع می‌تواند باعث سوختن دیود شود بنابراین باید مقدار خازن با دقت متناسب با بار به‌کار گرفته شده محاسبه گردد.

به این منظور اگر مقدار ولتاژ پیک‌توپیک ( $V_{p-p}$ ) ریپل اندازه‌گیری شود (شکل ۴۲-۱)، می‌توان با استفاده از فرمول مقابل مقدار خازن مورد نیاز برحسب فاراد به‌طور دقیق محاسبه کرد.

$$C = \frac{\text{جریان خروجی}}{V_{p-p} \times \text{فرکانس موج یکسو شده}}$$

اکنون با نگاه به شکل ۴۳-۱ توالی و مراحل تبدیل AC به DC را به خوبی می‌توانید ببینید.

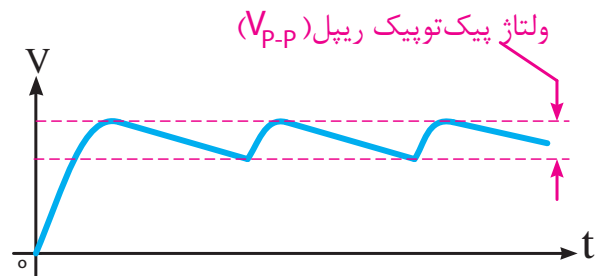
در این روند تبدیل بخش‌های مورد نیاز، از برق شهر تا مصرف کننده به خوبی مشاهده می‌گردد.



شکل ۴۳-۱ تبدیل AC به DC

خواهیم کرد. وجود یک خازن ظرفیت بالا در خروجی می‌تواند کیفیت بهتری را ایجاد نماید. برای مشاهده دقیق خروجی از دستگاہی به نام اسیلوسکوپ که در شکل نشان داده شده است، استفاده می‌گردد که در این شکل خط صافی که مبین جریان DC می‌باشد نشان داده شده است. مقاومت ۱۰ کیلو اهمی به عنوان مصرف کننده در نظر گرفته شده است و کاهش مقدار این مقاومت به منزله افزایش مصرف، در مصرف کننده می‌باشد که این امر منجر به افزایش ریپل‌های خروجی گردیده و لازم است مقدار ظرفیت خازن صافی مطابق

با حذف شیب‌های صعودی و نزولی خروجی ضربان دار یکسوساز نتیجه حاصله ریپل‌های شکل ۴۲-۱ به دست خواهد آمد که ریپل‌های بوجود آمده با توجه به کاهش مقاومت بار دارای پیک‌توپیک بیش‌تر و افزایش مقاومت بار پیک‌توپیک کم‌تری به دست خواهد آمد. یعنی مقدار پیک‌توپیک ریپل وابسته به مقدار جریان خروجی خواهد بود، زیرا در شارژ و دشارژ خازن تاثیر خواهد گذاشت.



شکل ۴۲-۱ ریپل‌های خروجی صافی

راه‌حل از بین بردن ریپل‌ها و صاف کردن خروجی یکسوساز DC استفاده از خازنی با ظرفیت خیلی بالا

**آزمایش شماره ۵**

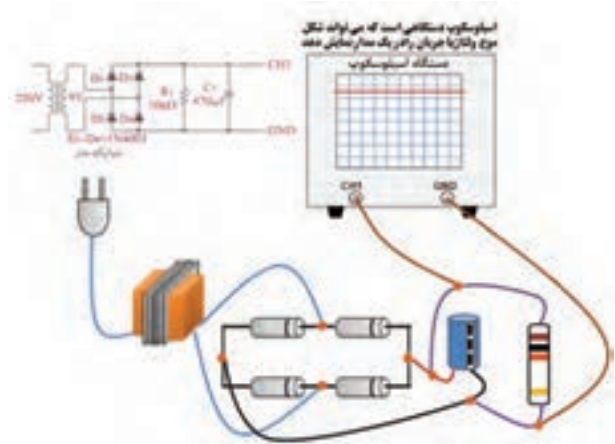
**آزمایش مدار یکسوساز پل**

**زمان: ۱۲۰ دقیقه**

**هدف:** مشاهده و اندازه‌گیری نتایج خروجی یک مدار یکسوساز پل با صافی خازنی.

**شرح آزمایش:** در این آزمایش با اتصال چهار دیود به شکل پل مطابق شکل ۴۴-۱ به دو سر ثانویه یک ترانس کاهنده جریان DC ضربان داری را مشاهده

فرمول محاسبه مقدار خازن حذف ریپل افزایش یابد.



شکل ۴۴-۱- شکل موج خروجی یکسوساز پل با صافی خازنی روی اسیلوسکوپ

برای به دست آوردن مقدار خروجی DC در این آزمایش ولت متر را در وضعیت DC قرار داده و خروجی را اندازه گیری می کنیم، با اندازه گیری ولتاژ قبل از دیود ولت متر DC مقداری را نشان نخواهد داد ولی ولت متر AC نشان خواهد داد.

تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات تجهیزات و قطعات	تعداد / مقدار
دیود 1N4001	۴ عدد
مولتی متر دیجیتال	۱ دستگاه
سیم رابط با گیره سوسماری	۴ رشته
مقاومت 10KΩ	۱ عدد
خازن 470µF / 25V	۱ عدد
ترانسفورماتور 220V-9V / 300mA	۱ عدد

مراحل اجرای آزمایش:

۱- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

۲- مدار شکل ۴۵-۱ را ببندید.

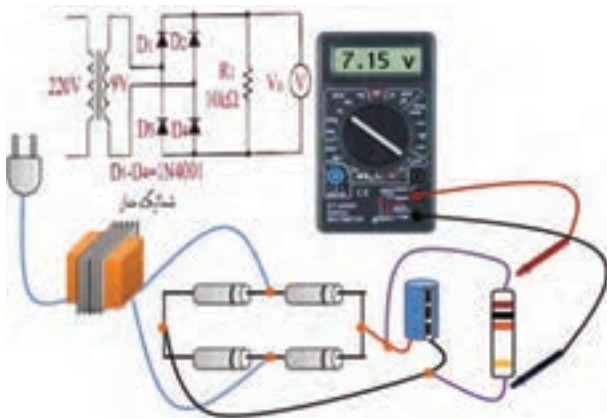
۳- ولت متر را بر روی تنظیم اندازه گیری ولتاژ

DC قرار داده و ولتاژ دو سر مقاومت ۱۰ کیلو اهم را اندازه گیری کنید و مقدار آن را یادداشت نمایید.

۴- ولت متر را در همان شرایط به دو سر ثانویه ترانس وصل کرده و مقدار را اندازه گیری کنید و آن را یادداشت نمایید.

۵- ولت متر را در شرایط اندازه گیری ولتاژ AC قرار داده و مقدار خروجی ترانس را اندازه گیری کنید و یادداشت نمایید.

۶- ولت متر را در همان شرایط به دوسر مقاومت وصل کرده و مقدار را اندازه گیری کرده و یادداشت نمایید.



شکل ۴۵-۱- طریقه بستن مدار یکسوساز پل

توجه داشته باشید که ولت مترهای AC مقدار موثر ولتاژ متناوب را اندازه گیری می کنند و برای به دست آوردن  $V_m$  باید مقدار به دست آمده را تقسیم بر  $0.707$  نمود. در صورتی که بخواهیم مقدار  $V_{dc}$  را به دست آوریم می توانیم از فرمول  $V_{ave} = V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$  استفاده کنیم.

سوال (۱)- به چه دلیل نتیجه ولتاژ اندازه گیری شده دو سر مقاومت تحت شرایطی که ولت متر را در وضعیت DC و AC قرار می دهیم متفاوت است؟

### الف- مشخصه‌های جریان

• جریان متوسط: این جریان در کتاب‌های فنی با  $I_F$  مشخص می‌گردد و توسط یک آمپر متر DC قابل اندازه‌گیری می‌باشد، و به مقدار مجاز جریانی اشاره می‌نماید که برای دیود در بایاس موافق آسیب جدی را به وجود نخواهد آورد.

• جریان ماکزیمم: این جریان در کتاب‌های فنی با  $I_M$  مشخص گردیده است و به استفاده کننده یادآوری می‌کند که این مقدار جریان با فواصل ۱۰ میلی ثانیه قطع و مجدداً وصل، برای دیود قابل تحمل است و بیش از آن امکان آسیب دیدن دیود امکان پذیر است. و می‌توان آن را ماکزیمم جریان تکراری نیز نامید.

• ماکزیمم جریان لحظه‌ای غیر تکراری: این جریان در کتاب‌های فنی با  $I_{FSM}^1$  معرفی می‌گردد و به جریانی اشاره می‌کند که دیود فقط برای یک بار در فاصله زمانی خیلی کوتاه می‌تواند تحمل کند و بیش از آن این جریان دیود را معیوب خواهد کرد.

### ب- مشخصه‌های ولتاژ

• ماکزیمم ولتاژ معکوس تکراری: این ولتاژ با  $V_{RRM}$  در کتاب‌های فنی معرفی گردیده است و با توجه به این که در بایاس معکوس، ولتاژی معکوس به دیود اعمال می‌گردد، این مقدار به حداکثر ولتاژی اشاره می‌کند که در این بایاس معکوس موجبات آسیب دیود را فراهم نخواهد آورد.

• ماکزیمم ولتاژ معکوس غیر تکراری: این ولتاژ در کتب فنی با  $V_{RSM}^2$  مشخص شده است و به حداکثر ولتاژ قابل تحمل دیود در بایاس معکوس برای یک لحظه کوتاه اشاره می‌کند.

سوال (۲) - آیا با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده در وضعیت های مختلف می‌توانید مقدار  $7/51$  ولت را از طریق فرمول تحقیق نمایید؟

سوال (۳) - به چه دلیل نتیجه ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر ترانس تحت شرایطی که ولت متر را در وضعیت DC و AC قرار می‌دهیم متفاوت است؟

سوال (۴) - خلاصه عملیاتی که در این آزمایش انجام داده‌اید شرح دهید.

سوال (۵) - نتایج حاصل از این آزمایش را به طور خلاصه توضیح دهید.

- ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر مقاومت رادر دو وضعیت AC و DC در گزارش کار خود یادداشت نمایید.

- مقادیر اندازه‌گیری شده در عملیات ۴ و ۵ آزمایش را در گزارش کار یادداشت نمایید.

## ۱۴-۱ نحوه انتخاب دیودهای یکسوساز

دیودهای به کار گرفته شده در یکسوسازها باید با توجه به مقادیر حد آنها برای استفاده در مدارات مورد نظر انتخاب گردند تا عمر بیش‌تری داشته باشند و آسیب نبینند.



شکل ۴۶-۱ دیود معمولی

مقادیر حد به دو دسته کلی مشخصه‌های جریان و مشخصه‌های ولتاژ تقسیم می‌گردند که به شرح هر یک می‌پردازیم.

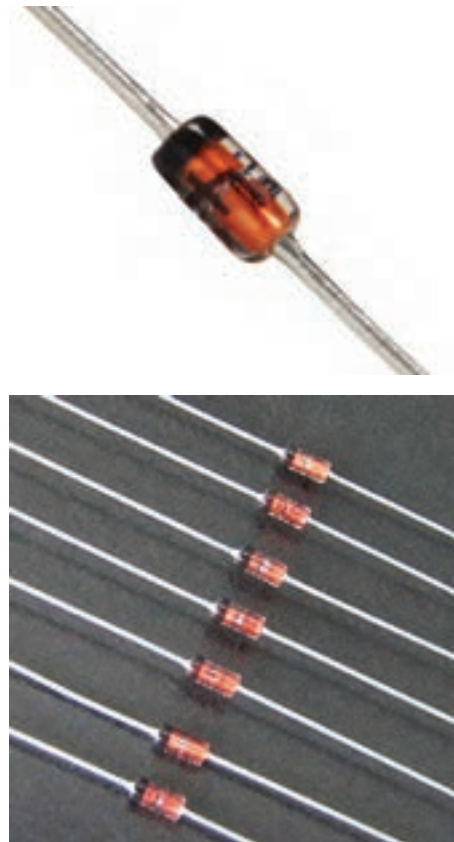
۱. جریان ضربه‌ای مستقیم  $I_{FSM}$ : Forward Surge Current

۲. ماکزیمم ولتاژ معکوس ضربه‌ای  $V_{RSM}$ : Voltage Reverse Surge Maximum



## ۱-۱۵ دیود زنر

اگر به منحنی ولت-آمپر دیود در بایاس مخالف که در شکل ۱-۲۴ نشان داده شده است دقت نمایید، به نکته قابل توجهی خواهیم رسید و آن این که دیود با رسیدن ولتاژ دو سر آن به مقدار ولتاژ شکست، ناگهان هادی می‌گردد و ولتاژ همواره ثابت خواهد ماند. این امر موجب گردید که سازندگان دیود اقدام به ساخت دیودی کنند که در بایاس مخالف با رسیدن به ولتاژ شکست، آسیب ندیده بتوان از آن در بایاس معکوس برای ثابت نگاه داشتن ولتاژ در مدارات استفاده نمود. در این نوع دیود، به مقدار ولتاژ شکست دیود، ولتاژ زنری نام نهادند که براساس نام مخترع آن می‌باشد.



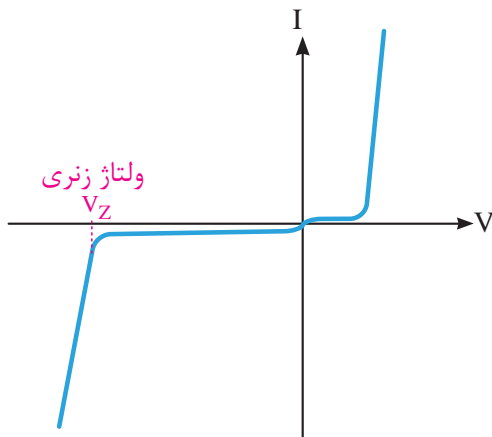
شکل ۱-۴۷- شمای ظاهری دیود زنر

این دیود که از همان اتصال P و N ساخته شده

است در بایاس موافق مانند یک دیود معمولی رفتار خواهد کرد. در شکل ۱-۴۷ دیودهای زنر با قابلیت جریان پایین مشاهده می‌گردد. این دیود را می‌توان در انواع جریان‌های بالاتر نیز که برحسب وات معرفی می‌گردند یافت.

## ۱-۱۶ وظیفه دیود زنر

با توجه به شکل منحنی ولت-آمپر (شکل ۱-۴۸) مشاهده می‌گردد که دیود در بایاس موافق پس از  $0.7$  ولت برای سیلیسیم و  $0.2$  ولت برای ژرمانیم هادی گردیده است و در بایاس مخالف در ناحیه ولتاژ زنری ولتاژ ثابت گردیده است. بنابراین دیود زنر همواره در بایاس مخالف کاربرد دارد و وظیفه آن ثابت نگاه داشتن ولتاژ می‌باشد.



شکل ۱-۴۸- منحنی ولت آمپر دیود زنر

سازندگان این دیود براساس استانداردهای مشخص، دیودهای مربوطه را با ولتاژهای زنری مختلفی ساخته به بازار ارائه می‌دهند.

کاربرد خاص دیود زنر منجر به طراحی مدار شکل ۱-۴۹ گردیده است. واضح است که از این دیود در این مدار برای ثابت نگاه داشتن ولتاژ دو سر بار یا مصرف‌کننده در مقابل تغییرات مصرف یا جریان بار

در جدول ۱-۱ تعدادی از این دیودهای زنر براساس ولتاژ و توان آن که از سری استاندارد E24 می‌باشد نشان داده شده است.

**توجه:** دیودهای زنر معمولاً از ولتاژ ۲/۴ تا ۲۰۰ ولت تولید می‌گردد که همگی تابعی از استانداردهای E12 و E24 می‌باشند. سری E12 دارای ۱۰ درصد تولرانس و سری E24 دارای ۵ درصد تولرانس می‌باشد.

جدول ۱-۲- استانداردهای دیودی

توان زنر	ولتاژهای مختلف استاندارد E24
۰/۵ وات	5.1v - 5.4v - 6.2v - 6.8v - 10v 11v - 12v - 15v - 20v - 100v 200v
۱/۳ وات	4.7v - 5.1v - 6.2v - 6.8v - 7.5v 8.2v - 9.1v - 10v - 11v - 12v 13v - 15v - 18v - 20v - 22v 24v - 27v - 30v - 33v - 36v 39v - 43v - 47v - 51v - 56v - 62v 68v - 75v - 100v - 200v
۵ وات	2.7v - 3v - 3.3v - 3.6v - 3.9v 4.3v - 4.7v - 5.1v - 5.6v - 6.2v 6.8v - 7.5v - 8.2v - 9.1v - 10v 11v - 12v - 13v - 15v - 16v

آزمایش شماره ۶

آزمایش مدار رگولاتور ولتاژ دیود زنر

زمان: ۱۵۰ دقیقه

هدف: مشاهده رفتار خروجی مدار رگولاتور ولتاژ با استفاده از دیود زنر تحت شرایطی که ولتاژ ورودی مدار در حال تغییرات باشد.

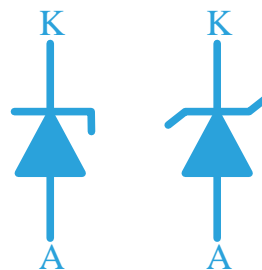
و یا حتی نوسانات ولتاژ ورودی استفاده می‌شود. برای استفاده از این قطعه به منظور مصرف کننده‌های مختلف که مورد استفاده قرار می‌گیرد کارخانه‌های سازنده اقدام به ساخت دیودهای زنر با توان‌های مختلف نموده‌اند که ابعاد و جثه دیود نیز خود به توان قابل تحمل دیود اشاره می‌کند.



شکل ۴۹-۱- مدار رگولاتور ولتاژ با دیود زنر

### ۱-۱۶-۱ نماد فنی دیود زنر

با توجه به تفاوت‌های دیود زنر با دیود معمولی و کاربرد آن شکل فنی این دیود در مدارات که تا حدودی برگرفته از منحنی ولت-آمپر آن می‌باشد به شکل ۵۰-۱ می‌باشد. این علامت در کشورهای مختلف اروپایی، آمریکایی و ژاپنی نیز با اندکی اختلاف ترسیم می‌گردد و همه‌ی آن‌ها اشاره به دیود زنر می‌نمایند.

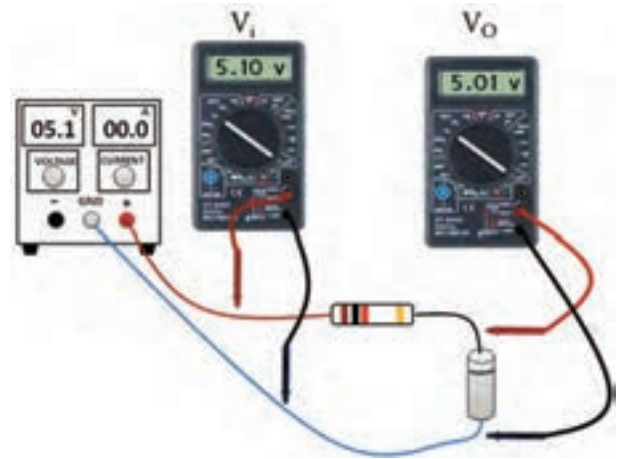


شکل ۵۰-۱- نمادهای فنی دیود زنر

ساخت دیودهای زنر دارای استانداردهای مختلفی می‌باشد که می‌تواند به سری‌های مقادیر آن اشاره نمود که برای توان‌های مختلف برحسب وات متفاوت می‌باشد.

### مراحل اجرای آزمایش:

- ۱- وسایل مورد نیاز آزمایش را از انبار تحویل بگیرید.
- ۲- مداری مطابق شکل ۵۲-۱ ببندید.
- ۳- منبع تغذیه را روشن کنید.
- ۴- ولت‌مترها را بر روی اندازه‌گیری ولتاژ DC و اتوماتیک قرار دهید و آن‌ها را روشن کنید.



### شکل ۵۱-۱- مدار رگولاتور ولتاژ با استفاده از دیود زنر

همان‌گونه که در شکل ۵۱-۱ نشان داده شده است توسط دو ولت‌متر در ورودی و خروجی مدار پس از تغییرات ولتاژ ورودی مشاهده می‌کنیم که چگونه ولتاژ خروجی همواره ثابت باقی می‌ماند.

در این آزمایش با توجه به این که تصمیم داشته‌ایم که ولتاژ خروجی بر روی پنج ولت ثابت بماند دیود زنر را  $5/1$  ولت در نظر گرفته‌ایم و مقاومت یک کیلو اهم به منظور محدود کردن جریان و جلوگیری از سوختن دیود زنر در نظر گرفته شده است. در این مدار مصرف‌کننده یا بار مورد نظر به دو سر دیود زنر وصل می‌گردد و با توجه به ثابت بودن ولتاژ دوسر دیود زنر ولتاژ دو سر بار نیز همواره ثابت خواهد ماند.

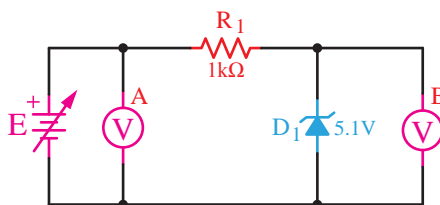
### تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات تجهیزات و قطعات	تعداد / مقدار
منبع تغذیه DC با ولتاژ صفر تا ۱۵ ولت ۱A	۱ دستگاه
مولتی‌متر دیجیتال	۲ دستگاه
سیم رابط با گیره سوسماری	۴ رشته
مقاومت $1K\Omega$	۱ عدد
دیود زنر 5.1V	۱ عدد

- ۵- ولتاژ ورودی را بر اساس  $V_i$  در جدول ۱-۱ تغییر داده و ولتاژ ولت‌متر B را خوانده و به ازای ورودی مربوطه در ستون  $V_o$  یادداشت کنید.

### نکات مهم در انجام آزمایش:

- در طول مدت اندازه‌گیری برای خواندن مقدار ولتاژ ورودی یا  $V_i$  از ولت‌متر A و ولتاژ خروجی  $V_o$  از ولت‌متر B استفاده نمایید.
- از این رگولاتور ولتاژ برای جریان‌های زیر  $100\text{mA}$  استفاده می‌گردد.
- از این رگولاتور برای مصرف‌کننده‌های با جریان متغیر استفاده نمی‌شود.
- توان دیود زنر باید متناسب با توان مصرف‌کننده در نظر گرفته شود.
- افت ولتاژ دوسر مقاومت باید طوری تنظیم گردد که ولتاژ بعد از آن که به دیود زنر می‌رسد، بیش‌تر از ولتاژ نامی دیود زنر باشد.



شکل ۵۲-۱- شماتیک مدار رگولاتور ولتاژ با دیود زنر

## جدول ۱-۲

ولتاژ ورودی Vi	ولتاژ خروجی Vo
۵۷	
۶۷	
۷۷	
۸۷	
۹۷	
۱۰۷	
۱۱۷	
۱۲۷	
۱۳۷	
۱۴۷	
۱۵۷	

- جدول ۱-۲ را به گزارش کار خود انتقال دهید.

### ۱-۱۷ آی‌سی‌های رگولاتور<sup>۱</sup>

#### ۱-۲۱-۱ عمل تثبیت ولتاژ

استفاده از دیود زنر به منظور تثبیت ولتاژ نیازمند یک محاسبه خاص بر اساس نوسانات جریان خروجی و ولتاژ ورودی می‌باشد که طراحان مدارات تثبیت کننده، با توجه به فرمول‌های طراحی مقادیر توان دیود زنر و مقاومت سری شده با آن محاسبات آن را انجام می‌دهند.

پس از محاسبه مقادیر قطعات و بستن مدار ۱-۵۲ مشاهده خواهد شد که ضمن دشواری این محاسبات، این مدار فقط برای جریان‌های پایین قابل استفاده خواهد بود و تولرانس‌های موجود نیز در دیود زنر و مقاومت از دقت این محاسبه خواهد کاست.

بنابراین لازم است به منظور افزایش دوام و کیفیت مدار از مدارات پیچیده‌تری که در آن‌ها ترانزیستور تقویت جریان به کار رفته است استفاده نماییم. به منظور تثبیت ولتاژ و جریان نیز بهترین مدارات تثبیت کننده مدارات تثبیت کننده‌ی دارای فیدبک و نمونه‌گیر می‌باشد که توسط یک مدار مقایسه‌کننده و ولتاژ مبنا<sup>۲</sup> که با استفاده از همان دیود زنر ساخته شده است طراحی می‌گردد. این گونه مدارات دارای پیچیدگی خاصی است که باید توسط یک طراح خوب الکترونیک و با استفاده از فرمول‌های رایج محاسبه گردد.

بنابراین با توجه به شکل ۱-۵۳ خط تولید خروجی DC با مدار تثبیت کننده ولتاژ یا رگولاتور تکمیل می‌گردد و می‌توان خروجی DC مناسب و قابل استفاده‌ای را در اختیار مصرف کننده قرار داد.

سوال (۱) - چگونه می‌توانیم ولتاژ خروجی رگولاتور را تغییر دهیم؟

سوال (۲) - چگونه می‌توانیم از این رگولاتور برای جریان‌های بیش‌تر استفاده کنیم؟

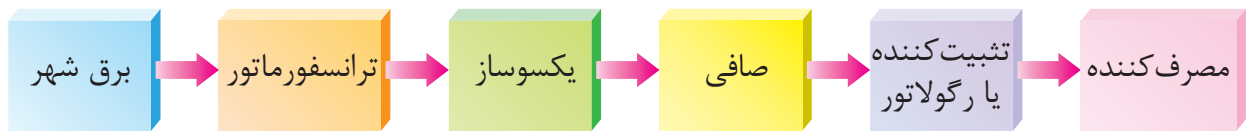
سوال (۳) - خلاصه عملیاتی که در این آزمایش انجام داده‌اید شرح دهید.

سوال (۴) - نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه توضیح دهید.

- شرح تئوری و عملی آزمایش را در گزارش کار خود بنویسید.

۲. Reference (مبنا)

۱. Regulator (تثبیت کننده)

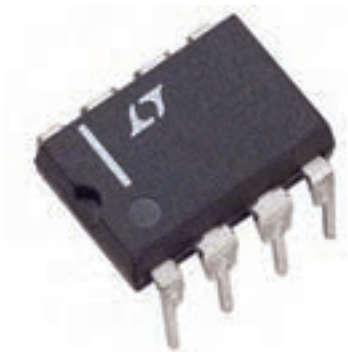


شکل ۵۳-۱- خط تولید تبدیل AC به DC

خروجی منفی می‌باشد و دو رقم بعدی که در شکل به صورت xx نشان داده شده است به ولتاژ خروجی آی‌سی اشاره می‌نماید. مثلاً آی‌سی 7812 یک آی‌سی رگولاتور تخت ثابت با خروجی مثبت ۱۲ ولت می‌باشد ولی 7905 یک آی‌سی تخت ثابت با خروجی منفی ۵ ولت می‌باشد.



شکل ۵۵-۱- آی‌سی رگولاتور قابلمه‌ای



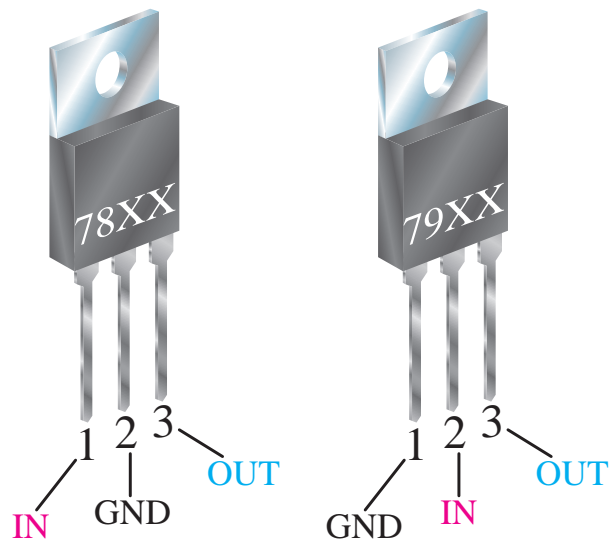
شکل ۵۶-۱- آی‌سی رگولاتور نوع DIP

پایه های ورودی و خروجی آی‌سی رگولاتور در شکل ۵۴-۱ مشخص گردیده است و با توجه به شکل ۵۷-۱ مشاهده می‌گردد که همواره یک پایه بین ورودی و خروجی مشترک می‌باشد. در مدار آی‌سی رگولاتور شکل ۵۷-۱- خروجی مثبت ۹ ولت را ارائه می‌گردد. در این شکل نوسانات ولتاژ ورودی بین ۱۲ تا ۳۵

## ۱-۱۷-۲ استفاده از آی‌سی‌های رگولاتور

با توجه به دشواری‌هایی که در خصوص طراحی تثبیت کننده کامل ولتاژ خروجی ذکر گردید تولید کنندگان قطعات الکترونیک، یک مدار کامل تثبیت کننده را درون جعبه‌ای جا داده و نام آی‌سی رگولاتور را برای آن در نظر گرفتند.

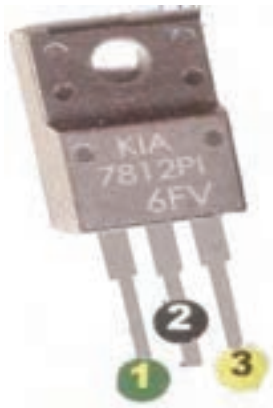
این آی‌سی‌های به صورت تخت (شکل ۵۴-۱)، قابلمه‌ای یا بدنه فلزی (شکل ۵۵-۱) و یا به صورت آی‌سی‌های متداول DIP (شکل ۵۶-۱) در دو نوع ثابت و متغیر به بازار ارائه گردید که در (شکل ۵۴-۱) نوع تخت ثابت آن مشاهده می‌گردد.



شکل ۵۴-۱- آی‌سی رگولاتور تخت ثابت

همان گونه که در شکل ۵۴-۱ مشاهده می‌گردد شماره این آی‌سی‌ها با عدد 78 و 79 آغاز می‌گردند که سری 78 مربوط به آی‌سی‌های رگولاتور با خروجی مثبت و سری 79 مربوط به آی‌سی‌های رگولاتور با

با شماره‌هایی مشخص گردیده‌اند که نام هر یک در زیر آمده است.

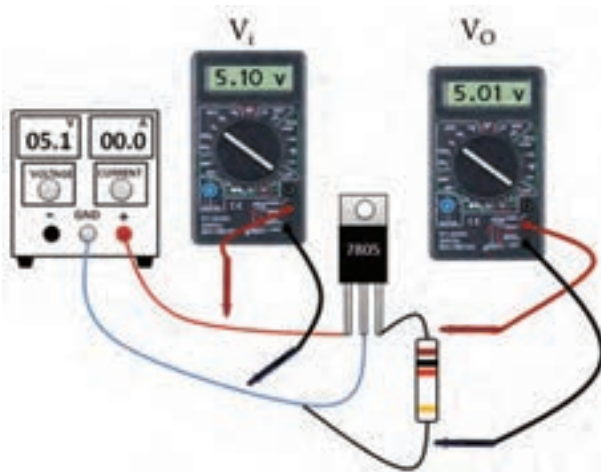


- ۱- ورودی IN
- ۲- مشترک GND
- ۳- خروجی OUT

شکل ۵۸-۱- پایه‌های آی‌سی رگولاتور ۱۲ ولت

در این آزمایش مشاهده خواهیم کرد که ولتاژ خروجی به‌غیر از زمانی که ولتاژ ورودی کمتر از ولتاژ آی‌سی رگولاتور می‌باشد همواره ثابت است.

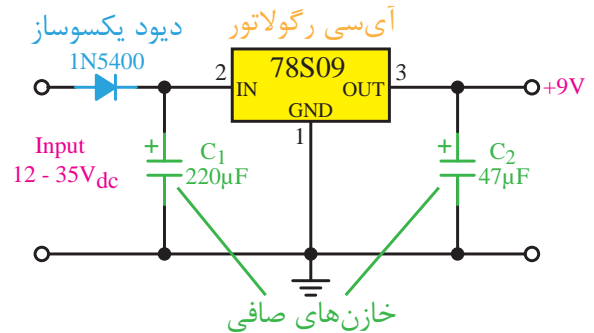
ولتاژ خروجی آی‌سی‌های رگولاتور از دو رقم سمت راست عدد چهار رقمی روی آی‌سی مشخص می‌گردد (7805).



شکل ۵۹-۱- مدار آی‌سی رگولاتور

ولت پیش‌بینی گردیده است و به منظور افزایش کیفیت خروجی و سلامت آی‌سی در ورودی و خروجی آی‌سی، خازن‌های صافی نیز به‌کار برده شده است.

آی‌سی‌های رگولاتور متغیر توسط یکی از پایه‌های آن که 'ADJ' نامیده می‌شود به‌وسیله یک مقاومت متغیر برای ولتاژهای مختلف قابل تنظیم می‌باشد. شماره این آی‌سی‌ها اغلب با حروف LM آغاز می‌گردد و در مدارات الکترونیک دارای کاربرد فراوانی می‌باشد.



شکل ۵۷-۱- مدار آی‌سی رگولاتور

### آزمایش شماره ۷

آزمایش مدار تثبیت ولتاژ با آی‌سی رگولاتور

زمان: ۱۵۰ دقیقه

هدف: مشاهده رفتار خروجی مدار تثبیت‌کننده ولتاژ با استفاده از آی‌سی رگولاتور تحت شرایطی که ولتاژ ورودی مدار در حال تغییرات باشد.

شرح آزمایش: همان‌گونه که در شکل ۵۹-۱ نشان داده شده است توسط ولت‌متر در ورودی تغییرات ولتاژ در ورودی و یک ولت‌متر تغییرات ولتاژ در خروجی را مشاهده خواهیم کرد. از طریق شکل ۵۸-۱ پایه‌های آی‌سی رگولاتور قابل مشاهده می‌باشد که پایه‌های آن



### تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات تجهیزات و قطعات	تعداد / مقدار
منبع تغذیه DC با ولتاژ صفر تا ۱۵ ولت ۱A	۱ دستگاه
مولتی متر دیجیتال	۲ دستگاه
سیم رابط با گیره سوسماری	۴ رشته
مقاومت $1K\Omega$	۱ عدد
آی سی رگولاتور 7805	۱ عدد

### مراحل اجرای آزمایش:

- ۱- وسایل مورد نیاز آزمایش را از انبار تحویل بگیرید.
  - ۲- مدار شکل ۵۹-۱ را ببندید.
  - ۳- منبع تغذیه را روشن کنید.
  - ۴- ولت‌مترها را بر روی اندازه‌گیری ولتاژ DC و اتوماتیک قرار دهید و آن‌ها را روشن کنید.
- ولتاژ ورودی را بر اساس  $V_i$  در جدول ۳-۱ تغییر داده و ولتاژ ولت‌متر خروجی را خوانده و به ازای ورودی مربوطه در ستون  $V_o$  یادداشت کنید.

جدول ۳-۱

ولتاژ خروجی $V_o$	ولتاژ ورودی $V_i$
	۴۷
	۵۷
	۶۷
	۷۷
	۸۷
	۹۷

۱۰۷	
۱۱۷	
۱۲۷	
۱۳۷	
۱۴۷	

### توجه:

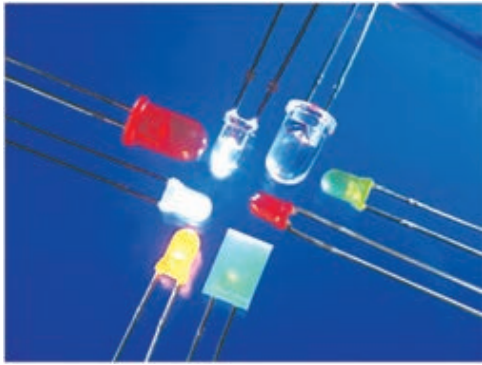
- در طول مدت اندازه‌گیری برای خواندن مقدار ولتاژ  $V_i$  از ولت‌متر ورودی استفاده نمایید.
- برای استفاده از این مدار، ولتاژ ورودی مدار باید بیش‌تر از ولتاژ آی سی رگولاتور باشد.
- از این رگولاتور ولتاژ برای جریان‌های تا ۱A استفاده می‌گردد.
- از این رگولاتور برای مصرف‌کننده‌های با جریان متغیر نیز استفاده می‌شود.
- توان آی سی رگولاتور باید متناسب با توان مصرف کننده در نظر گرفته شود.
- مقاومت یک کیلو اهم به عنوان مصرف‌کننده در نظر گرفته شده است.

**سوال (۱)** - چگونه می‌توانیم ولتاژ خروجی رگولاتور را تغییر دهیم؟

**سوال (۲)** - چگونه می‌توانیم از این رگولاتور برای جریان‌های بیش‌تر استفاده کنیم؟

**سوال (۳)** - چگونه می‌توان از این آی سی رگولاتور خروجی متفاوت با مقداری که بر روی آن نوشته است به دست آورد؟

**سوال (۴)** - خلاصه عملیاتی که در این آزمایش انجام داده‌اید شرح دهید.



شکل ۱-۶۱- انواع دیود LED

یکی از کاربردهای جالب دیود LED در ساخت ماتریس‌های LED می‌باشد که توسط آن امکانات نوشتاری نیز فراهم گردیده است و اغلب برای معرفی به صورت تابلو و یا تبلیغات مورد استفاده قرار می‌گیرد. دیودهای نوری با توجه به شدت نور آن‌ها نیز از نظر قیمت متفاوت می‌باشند (شکل ۱-۶۲) و در نوع دیگری از آن‌ها نور ساطع شده مادون قرمز بوده و به‌طور کلی مرئی نیست که در چشم‌های الکترونیکی کاربرد دارند.



شکل ۱-۶۲- نور LED

برای استفاده از دیودهای LED باید آن‌ها را در بایاس موافق قرار داد. شکل ظاهری و پایه‌های این قطعه در شکل ۱-۶۳ نشان داده شده است. بنابراین برای راه‌اندازی آن‌ها لازم است پایه‌های کاتد (-) و آند (+) آن‌ها به منبع تغذیه DC صحیح متصل گردد تا بتوان نور آن را مشاهده نمود. در شکل ۱-۶۳ مشاهده می‌گردد

سوال (۵)- نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه توضیح دهید.

- شرح تئوری و عملی آزمایش را در گزارش کار خود بنویسید.

- جدول ۲-۳ رابه گزارش کار خود انتقال دهید.

## ۱-۱۸ دیود نوری LED

این دیودها دارای همان اتصال P و N می‌باشند. ولی با این تفاوت که با قرار دادن آن‌ها در بایاس موافق توسط یک منبع DC در حدود ۲ولت می‌توان نور زیبایی را از آن مشاهده کرد. در ساختمان این دیودها از عناصری مانند فسفر، آرسنیک و گالیم استفاده می‌گردد که با ترکیب این عناصر می‌توان نورهای مختلفی مانند سبز قرمز و یا زرد را مشاهده نمود.



شکل ۱-۶۰- ساختمان دیود LED

جریان مصرفی این دیودها حدود ۲ تا ۲۰ میلی‌آمپر می‌باشد و به اشکال مختلفی مانند شکل ۱-۶۱ انواع این دیود را به‌صورت گرد، مربعی، مثلثی و نیم‌کره که با ابعاد مختلف ساخته می‌شود را نشان می‌دهد و با توجه به نور ساطع شده از آن کاربردهای مختلفی مانند نشان دهنده، هشدار دهنده و یا روشنایی دهنده را دارا می‌باشد.

عوض کردن پلاریته منبع نورها با رنگ های مختلف دریافت کرد. با استفاده از هفت دیود LED می توان اعداد را به صورت انگلیسی نمایش داد. همان گونه که در شکل ۱-۶۵ مشاهده می شود هر یک از این LEDها با نام های a تا g مشخص گردیده اند و با قرار گرفتن کنار هم اعداد صفر تا ۹ را نمایش می دهند. به این هفت قطعه سون سگمنت گفته می شود. در جدول نشان داده شده در شکل ۱-۶۵ می توانید LEDهایی را که لازم است برای نشان دادن هر یک از ارقام روشن شود مشاهده نمایید. با قراردادن چند سون سگمنت در کنار یکدیگر می توان اعداد دو، سه و یا چند رقمی را نمایش داد، هم چنین اگر محل قرار گرفتن LEDها را تغییر دهیم حروف لاتین را می توان نمایش داد.

Outputs from the 4026 counter and display driver IC							
Sequence	a	b	c	d	e	f	g
0	●	●	●	●	●	●	
1		●	●				
2	●	●		●	●		●
3	●		●	●		●	●
4	●	●	●	●	●		●
5	●		●	●	●	●	●
6	●	●	●	●	●	●	●
7	●	●					
8	●	●	●	●	●	●	●
9	●	●	●		●	●	●

7-segment display

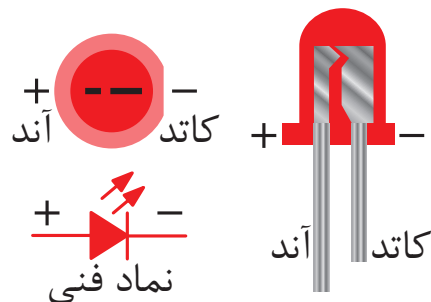
● = LED on. The labels a-g refer to the segments of a display; output h is used to drive other counters.

شکل ۱-۶۵- سون سگمنت

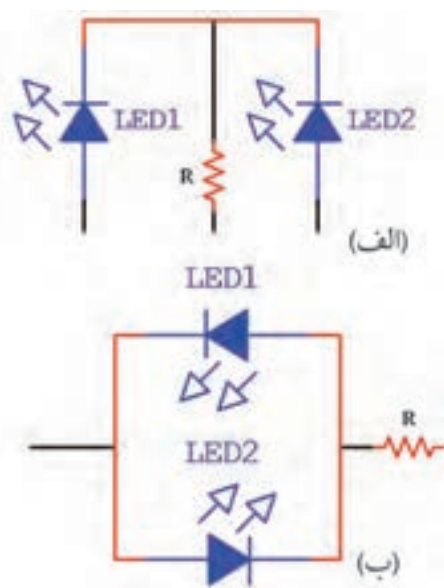


شکل ۱-۶۶- انواع سون سگمنت

که پایه آند نسبت به کاتد بلندتر می باشد و بر روی بدنه دیود کنار پایه کاتد برش پخمانندی به منظور تشخیص سریع پایه کاتد دیود پیش بینی شده است.



شکل ۱-۶۳- پایه های دیود LED



شکل ۱-۶۴- ساختن LEDهای دورنگ

علامت فنی این دیود نیز که در شکل ۱-۶۳ نشان داده شده است که برای نقشه های فنی مورد استفاده قرار می گیرد. با قرار دادن دو دیود در یک محفظه نیز می توان مطابق شکل ۱-۶۴ (الف) سه پایه خارج کرده و هر بار با تحریک LED ۱ یا LED ۲ دو نور با رنگ های مختلف ایجاد کرد یا در شکل ۱-۶۴ (ب) با اتصال دو دیود در جهت مخالف همدیگر با اتصال منبع DC و

## آزمون پایانی



- ۱- نیمه‌هادی‌های نوع N و P چگونه ساخته می‌شوند؟ شرح دهید.
- ۲- به منظور هدایت الکتریکی دیود باید پایه ..... نسبت به ..... دیود مثبت‌تر گردد.
- ۳- پتانسیل سد برای نیمه‌هادی‌های سیلیسیم ..... ولت و برای نیمه‌هادی‌های ژرمانیم ..... ولت می‌باشد.
- ۴- تفاوت دیود ایده‌آل و دیود غیر ایده‌آل را بیان کنید.
- ۵- کدامیک از دیودهای زیر در بایاس مخالف به کار می‌رود؟  
(الف) دیود سیلیسیم (ب) دیود ژرمانیم (ج) دیود زنر (د) دیود LED
- ۶- در عملیات تشخیص پایه‌های دیود توسط مولتی‌مترهای عقربه‌ای سیم قرمز به ..... و سیم مشکی به ..... اشاره می‌نماید.
- ۷- در کدامیک از روش‌های یکسوسازی، نیم‌سیکل منفی در خروجی مثبت می‌شود؟  
(الف) نیم موج (ب) تمام موج (ج) پل (د) روش‌های ب و ج
- ۸- در کدامیک از روش‌های یکسوسازی، باید حتماً از ترانس سه سر استفاده نمود؟  
(الف) نیم موج (ب) تمام موج (ج) پل (د) روش‌های ب و ج
- ۹- وظیفه خازن صافی را شرح دهید.
- ۱۰- در به‌کارگیری خازن به عنوان صافی از چه نوع خازنی استفاده می‌گردد؟  
(الف) ظرفیت کم (ب) ظرفیت متوسط (ج) ظرفیت بالا (د) از هر نوع خازنی که بتوان
- ۱۱- به منظور انتخاب دیود متناسب با کاربرد مورد نظر، جریان متوسط را تعریف کنید.
- ۱۲- اندازه دیودهای زنر بر چه مشخصه‌ای از دیود دلالت می‌کند؟
- ۱۳- اشکال استفاده از مدارات رگولاتور ساده با دیود زنر چیست؟
- ۱۴- دو رقم اول از سمت چپ در آی‌سی‌های رگولاتور به چه مشخصه‌ای اشاره می‌نماید؟
- ۱۵- دو رقم اول از سمت راست در آی‌سی‌های رگولاتور به چه مشخصه‌ای اشاره می‌نماید؟