

## فصل دوازدهم

### کار با دیودهای خاص

**هدف کلی:** آشنایی با دیودهای خاص و ترانزیستور و مدار عملی تثبیت کننده ولتاژ با دیود زener

هدف های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:



- ۱- ساختمان دیود زener را شرح دهد.
- ۲- منحنی مشخصه «ولت-آمپر» دیود زener رادر بایاس موافق و بایاس مخالف رسم کند.
- ۳- طرز کار دیود زener را شرح دهد.
- ۴- مدار ساده‌ی یک تنظیم کننده ولتاژ به کمک دیود زener را رسم کند.
- ۵- خصوصیات دیود اتصال نقطه‌ای را شرح دهد.
- ۶- عملکرد دیود خازنی را توضیح دهد.
- ۷- علامت قرار دادی دیود خازنی را رسم کند.
- ۸- خصوصیات دیود شاتکی را توضیح دهد.
- ۹- نحوه‌ی عملکرد دیود نور دهنده (LED) را توضیح دهد.
- ۱۰- اساس کار زوج نوری یا پتوکوپلر را با رسم مدار توضیح دهد.
- ۱۱- منحنی مشخصه دیود تونلی را رسم کند.
- ۱۲- خاصیت مقاومت منفی را شرح دهد.
- ۱۳- مدارهای کاربردی دیود تونلی را تشریح کند.
- ۱۴- چگونگی کار دیود وریستور را شرح دهد.
- ۱۵- چند روش مختلف نام گذاری دیودها را به اختصار توضیح دهد.
- ۱۶- مشخصات یک نوع دیود را از برگه‌ی (داده‌ها) استخراج کند.
- ۱۷- یک مدار تنظیم کننده ولتاژ را با استفاده از یک دیود زener به طور عملی مورد آزمایش قرار دهد.
- ۱۸- ساختمان یک ترانزیستور معمولی را شرح دهد.
- ۱۹- نحوه‌ی تشخیص پایه‌های یک ترانزیستور را به کمک یک مولتی متر دیجیتالی به طور عملی اجرا کند.
- ۲۰- اهداف رفتاری در حیطه‌ی عاطفی را که در فصل اول بخش اول کتاب به آنها اشاره شده است، در این بخش نیز اجرا کند.

ساعت آموزش			توانایی شماره ۱۲ و بخشی از ۱۳
نظری	عملی	جمع	
۶	۶	۱۲	



## پیش آزمون فصل (۱۲)

الف) خازنی      ب) شاتکی

ج) LED      د) تونلی

۷- کدام جمله در مورد دیود اپتوکوپلر صحیح است؟

الف) وقتی ولتاژ ورودی را تغییر دهیم، میزان نور LED و جریان خروجی تغییر می کند.

ب) مزیت اصلی این دیود در ایزوله کردن مدار خروجی از مدار ورودی است.

ج) زوج نوری یک جفت دیود نوردهنده و دیود نوری است.

د) همه ی موارد

۸- در دیود ..... افزایش ولتاژ مستقیم باعث کاهش جریان دیود می شود.

۹- دیود **AB312** ..... از جنس ..... است.

الف) زنر - سیلیکون

ب) واراکتور - ژرمانیوم

ج) یکسو کننده ی قدرت - سیلیکون

د) معمولی - ژرمانیوم

۱۰- رابطه ی بین جریان پایه ها در ترانزیستور کدام است؟

الف)  $I_E = I_C + I_B$       ب)  $I_C = I_E + I_B$

ج)  $I_B = I_C + I_E$       د) بستگی به نوع ترانزیستور دارد

۱۱- اتصال کلکتور به بیس نسبت به امیتر - بیس در

ولتاژ موافق، مقاومت کم تری دارد.

صحیح ☐ غلط ☐

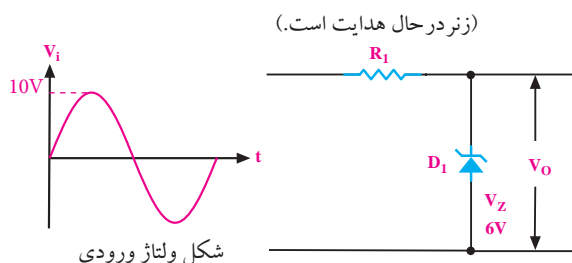
۱- دیود زنر در بایاس موافق مانند یک دیود معمولی یکسو کننده عمل می کند.

صحیح ☐ غلط ☐

۲- توان مجاز یک دیود زنر، ۵ وات و ولتاژ شکست آن ۵ ولت است، ماکزیمم جریان مجاز دیود زنر چند آمپر است؟

الف) ۲۵      ب) ۱۰      ج) ۱      د) ۰/۱

۳- ولتاژ خروجی مدار شکل زیر را رسم کنید.



۴- کدام دیود برای یکسوسازی ولتاژ متناوب در

فرکانس های خیلی زیاد به کار می رود؟

الف) یکسو کننده ی معمولی

ب) اتصال نقطه ای

ج) خازنی

د) زنر

۵- دیود ..... یک اتصال PN است که در حالت معکوس

به کار می رود.

۶- شکل زیر، علامت قرار دادی کدام دیود است؟



## ۱۲-۱ دیود زنر

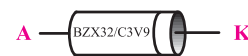
### ۱۲-۱-۱ ساختمان دیود زنر

دیود زنر یک اتصال PN است که در بایاس موافق مانند یک دیود معمولی یکسوکننده عمل می‌کند. در بایاس مخالف تحت ولتاژ خاصی که آن را ولتاژ زنر می‌نامند دیود ناگهان هادی می‌شود و جریان را از خود عبور می‌دهد. در این حالت ولتاژ دو سر آن تقریباً ثابت می‌ماند. در شکل ۱۲-۱ ساختمان داخلی دیود زنر را مشاهده می‌کنید.



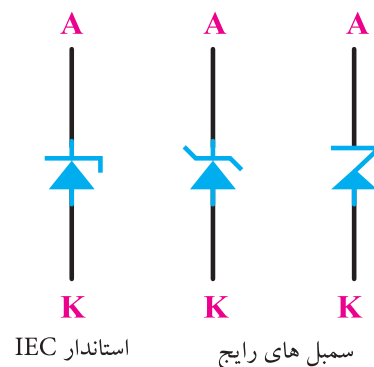
شکل ۱۲-۱ ساختمان داخلی دیود زنر

در شکل ۱۲-۲ یک نمونه دیود زنر را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲-۲ یک نمونه دیود زنر

زنر (Zener) نام دانشمندی است که اولین بار در سال ۱۹۳۴ این پدیده‌ی جالب را اختراع کرد. با تغییر میزان ناخالصی در نیمه‌های نوع P و N می‌توان ولتاژ هادی شدن دیود زنر را در بایاس معکوس تعیین کرد. نیمه‌های به کار برده شده در دیود زنر سیلیکون است. دیود زنر را با علامت قراردادی شکل ۱۲-۳ نشان می‌دهد.



استاندارد IEC

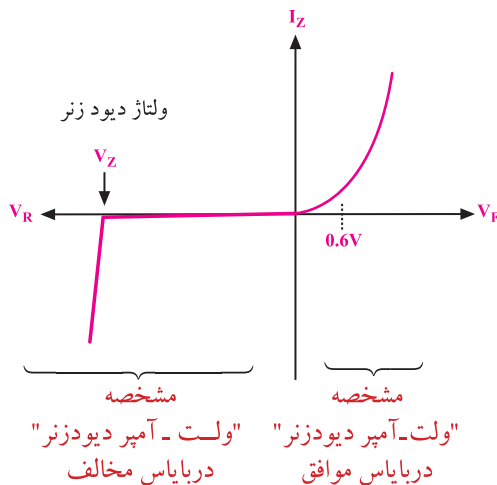
سمبل های رایج

شکل ۱۲-۳ علامت‌های قراردادی دیود زنر

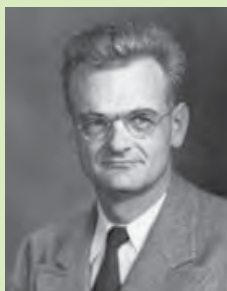
## ۱۲-۱-۲ منحنی مشخصه «ولت-آمپر» دیود زنر

دیود زنر در بایاس موافق مانند یک دیود معمولی یکسوکننده عمل می‌کند، بنابراین منحنی مشخصه «ولت - آمپر» دیود زنر در بایاس موافق مانند یک دیود معمولی است.

در بایاس مخالف، دیود زنر در ولتاژ معینی هادی می‌شود که آن را **ولتاژ زنر** می‌نامند. پس از هادی شدن دیود زنر، ولتاژ دو سر آن ثابت باقی می‌ماند. بنابراین منحنی مشخصه ولت-آمپر دیود زنر مانند شکل ۱۲-۴ است.



شکل ۱۲-۴ منحنی مشخصه «ولت-آمپر» دیود زنر



۱۲-۵

دکتر کلارنس ملوین زنر:  
دکترای فیزیک، استاد دانشگاه.  
متولد ۱۹۰۵، مخترع خاصیت  
زنر و شکست دیود زنر است.  
اودر سن ۸۷ سالگی در سال  
۱۹۹۳ دیده از جهان فروبست.

### ۳-۱-۱۲ ولتاژ و توان دیود زنر

$$P_Z = 5W$$

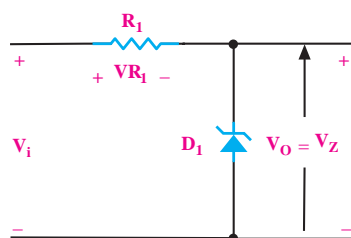
$$V_Z = 6/2V$$

$$I_Z = \frac{P_Z}{V_Z} = \frac{5W}{6/2} = 0/806A \Rightarrow 806mA$$

ماکزیمم جریان مجاز دیود زنر برابر ۸۰۶ میلی آمپر است.

### ۲-۱۲ تنظیم کننده ولتاژ با استفاده از دیود زنر

وقتی دیود زنر در بایاس معکوس به کار می رود و ولتاژ بایاس معکوس آن از ولتاژ زنر بیشتر می شود، دیود زنر هدایت می کند و ولتاژ دو سر آن تقریباً ثابت باقی می ماند. از این خاصیت دیود زنر برای تنظیم ولتاژ و ثابت نگه داشتن ولتاژ استفاده می شود. شکل ۶-۱۲ یک نمونه تنظیم کننده ولتاژ ساده را به کمک دیود زنر نشان می دهد.



شکل ۶-۱۲- یک تنظیم کننده ولتاژ نسبتاً ساده

در مدار شکل ۶-۱۲، رابطه ی زیر همواره برقرار است.

$$V_i = V_R + V_Z$$

در رابطه ی بالا مقدار  $V_Z$  تقریباً ثابت است. حال اگر

$V_i$  افزایش یابد  $V_R$  نیز زیاد می شود و اگر  $V_i$  کم شود  $V_R$  نیز کم می شود. بنابراین تغییرات ولتاژ ورودی به  $V_R$  منتقل می شود، شکل ۷-۱۲.

$$\begin{aligned} V_i \uparrow &= V_R \uparrow + V_Z \\ V_i \downarrow &= V_R \downarrow + V_Z \end{aligned}$$

معمولاً ولتاژ شکست دیودهای زنر را با استاندارد E24

می سازند. هم چنین هر دیود زنر دارای توان معینی است. در جدول ۱-۱۲ رایج ترین توان های دیود زنر (۵W، ۰/۳W، ۱W و ۵W)، با توجه به ولتاژهای متناسب با این توان ها مشخص شده اند. یادآور می شود دیودهایی با توان ۱W و ۲W و ۱۰W نیز ساخته می شوند.

جدول ۱-۱۲

ولتاژ زنر		توان زنر								
		۵W			۱/۳W			۰/۵W		
		۵/۱V	۱۰۰V	۴/۷V	۱۱V	۲۷V	۶۲V	۲/۷V	۶/۲V	۱۵V
		۵/۶V	۲۰۰V	۵/۱V	۱۲V	۳۰V	۶۸V	۳/۰۷V	۶/۸V	۱۶V
		۶/۲V		۵/۶V	۱۳V	۳۳V	۷۵V	۳/۳V	۷/۵V	۱۸V
		۶/۸V		۶/۲V	۱۵V	۳۶V	۱۰۰V	۳/۶V	۸/۲V	۲۰V
		۱۰V		۳/۹V	۱۶V	۳۹V	۲۰۰V	۳/۹V	۹/۱V	۲۴V
		۱۱V		۴/۳V	۱۸V	۴۳V		۴/۳V	۱۰V	۲۷V
		۱۲V		۴/۷V	۲۰V	۴۷V		۴/۷V	۱۱V	۳۰V
		۱۵V		۵/۱V	۲۲V	۵۱V		۵/۱V	۱۲V	
		۲۰V		۵/۶V	۲۴V	۵۶V		۵/۶V	۱۳V	

در مدارهای الکتریکی دیودهای زنر ۵/۰ وات بیشترین

کاربرد را دارند. امروزه دیودهای زنر با توان های زیاد مثلاً بالای یک وات، کاربرد کمتری دارند. به جای دیودهای زنر توان بالا، قطعات ترکیبی الکترونیکی دیگری ساخته شده اند که عملکرد بسیار بهتری از دیودهای زنر دارند. در یک دیود زنر رابطه ی زیر همیشه برقرار است.

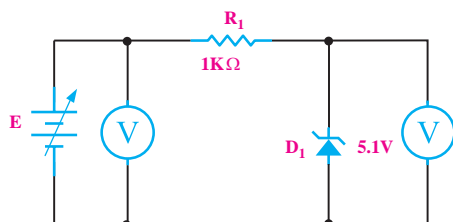
$$P_Z = V_Z \cdot I_Z \quad \text{و} \quad I_Z = \frac{P_Z}{V_Z}$$

بنابراین با توجه به این توان دیود زنر و ولتاژ زنر، ماکزیمم

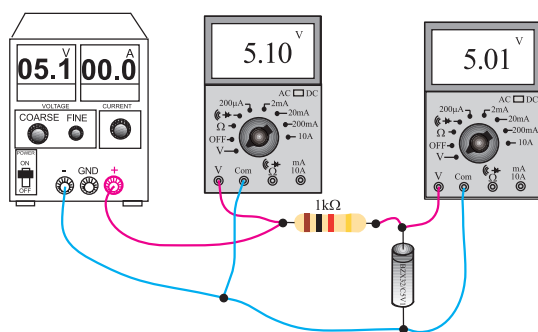
جریان مجاز دیود زنر قابل محاسبه است. در مدار الکترونیکی باید به این مسئله توجه کرد.

### ۳-۱۲ مراحل اجرای آزمایش:

- منبع تغذیه را روشن کنید.
- ولتاژ خروجی را روی ۵ ولت تنظیم کنید
- مدار شکل ۸-۱۲ را ببندید.



الف - شماتیک مدار



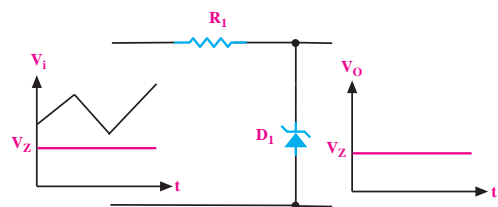
ب - مدار علمی

شکل ۸-۱۲ مدار آزمایش

- رنج ولت‌مترها را روی AUTO یا ۲۰V قرار دهید.
- ولتاژ خروجی را (به ازای  $V_i = 5V$ ) بخوانید و در جدول ۲-۱۲ یادداشت کنید.

جدول ۲-۱۲

ولتاژ ورودی $V_i (V)$	ولتاژ خروجی $V_o (V)$
۵	
۶	
۹	
۱۱	
۱۳	
۱۵	



شکل ولتاژ ورودی

شکل ولتاژ خروجی

شکل ۷-۱۲- تغییرات ولتاژ ورودی به مقدار خیلی کم به خروجی منتقل می شود.

مقدار  $R$  یعنی مقاومت سری شده با دیود زنر را باید طوری محاسبه کنیم که در بدترین حالت که ماکزیمم ولتاژ ورودی وجود دارد. جریان دیود زنر از مقدار  $I_Z = \frac{P_Z}{V_Z}$  بیشتر نشود.

مدار تنظیم کننده‌ی ولتاژ را رگولاتور Regulator نیز می‌نامند.

### ۳-۱۲ آزمایش شماره‌ی (۱) تنظیم کننده‌ی ولتاژ

مدت زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

#### ۱-۳-۱۲ هدف آزمایش:

بررسی و آزمایش مدار تنظیم کننده‌ی ولتاژ (رگولاتور) ساده با استفاده از دیود زنر

#### ۲-۳-۱۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

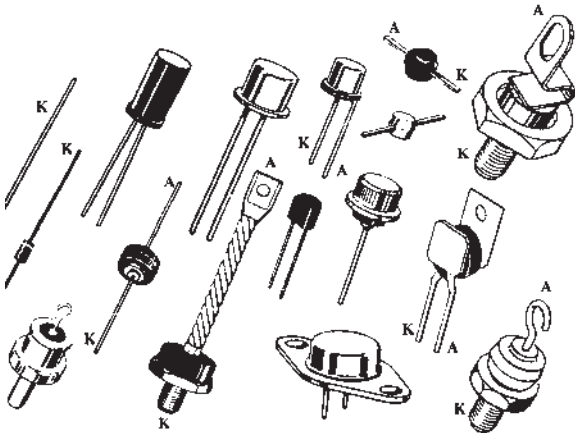
ردیف	نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۱۵V/۰-۱A	یک دستگاه
۳	مقاومت $1K\Omega$	یک عدد
۴	دیود زنر ۵V/۱A	یک عدد
۵	سیم رابط دو سر گیره سوسماری	چهار رشته
۶	سیم رابط یک سر گیره سوسماری	چهار رشته

#### ۴-۱۲ انواع دیودها

به کمک نیمه هادی‌های نوع N و P انواع دیود را با کاربردهای ویژه نیز می‌سازند. در ادامه‌ی بحث تعدادی از انواع این دیودها را به اختصار مورد بررسی قرار می‌دهیم. تاکنون دیود معمولی و دیود زener را بررسی کردیم.

##### ۱-۴-۱۲ دیود یکسوساز معمولی: این دیود را در

مباحث قبلی مورد بررسی قرار دادیم و یادآور می‌شود که دیودهای یکسوساز معمولی برای جریان‌های متوسط ( $I_F$ ) حدود  $50\text{ mA}$  تا چند صد آمپر ساخته می‌شوند و در محدوده فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز کار می‌کنند. برای یکسوسازی در فرکانس‌های بالا باید از دیودهای سریع استفاده کنیم. دیودهای سریع گران قیمت هستند و در بازار به سادگی یافت نمی‌شوند. در شکل ۹-۱۲ نمونه‌هایی از دیودهای یکسوکننده‌ی معمولی نشان داده شده‌اند.



شکل ۹-۱۲ نمونه‌هایی از دیودهای معمولی یکسوساز

##### ۲-۴-۱۲ دیود اتصال نقطه‌ای

این دیود برای یکسوسازی ولتاژ متناوب در فرکانس‌های خیلی زیاد ساخته می‌شود، جنس این دیود ممکن است ژرمانیوم یا سیلیسیوم باشد. دیود اتصال نقطه‌ای برای آشکار سازی امواج دریافت شده در رادیو و تلویزیون به کار می‌رود.

■ ولتاژ ورودی را کمی افزایش دهید تا ولت متر ( $V_i$ )

مقدار ۶ ولت را نشان دهد. در این حالت ولتاژ  $V_o$  را با استفاده از ولت متر اندازه بگیرید و در جدول ۲-۱۲ مقابل  $V_i=6V$  یادداشت کنید.

■ ولتاژ ورودی را مطابق جدول ۲-۱۲ افزایش دهید

و ولتاژهای خروجی را در هر مرحله اندازه بگیرید و در جدول ۲-۱۲ بنویسید تا جدول تکمیل شود.

■ با بررسی جدول ۲-۱۲ در می‌یابیم که در برابر تغییرات

زیاد ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی تغییر محسوسی نکرده است، لذا می‌توان گفت که ولتاژ خروجی تقریباً ثابت باقی مانده است.



معمولاً به خروجی رگولاتوری که فقط از یک دیود زener تشکیل شده باشد بار متغیر وصل نمی‌کنند. با توجه به مقدار مقاومت ثابت ( $R_L$ ) سری شده، دیود زener را طوری محاسبه می‌کنند که شرایط زیر برقرار باشد.

■ ولتاژ ورودی بیشتر از ولتاژ دیود زener شود تا دیود هدایت کند و ولتاژ خروجی را ثابت نگه دارد.

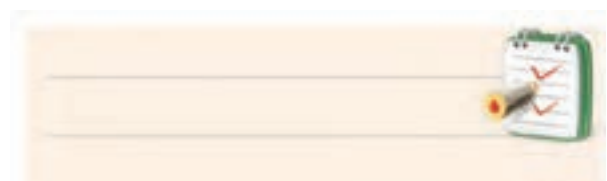
■ توان تلف شده در دیود زener از مقدار توان مجاز بیشتر نشود.

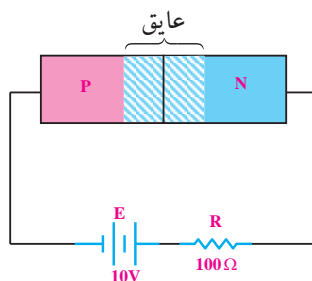
■ از رگولاتورهای زener معمولاً در جریان‌های مصرفی کمتر از  $100\text{ mA}$  استفاده می‌شود.

#### ۴-۳-۱۲ نتایج آزمایش:

آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح

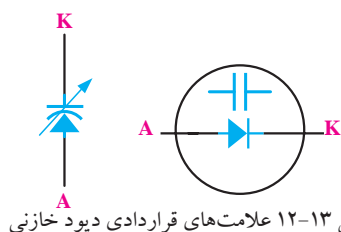
دهید.





شکل ۱۲-۱۲ لایه‌ی سد به عنوان خازن متغیر

چنانچه دیود را با این شرایط به کار ببریم، دیود خازنی یا واراکتور و یا واری کپ شکل می‌گیرد. با تغییر ولتاژ معکوس دوسر این نوع دیود، ظرفیت خازنی آن تغییر می‌کند. ظرفیت دیودهای خازنی در محدوده‌ی پیکوفاراد (PF) است و آن را با نماد شکل ۱۲-۱۳ نمایش می‌دهند.



شکل ۱۲-۱۳ علامت‌های قراردادی دیود خازنی

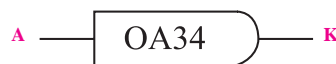
#### ۱۲-۴-۴ دیود شاتکی

دیودهای معمولی اتصال PN نمی‌توانند خیلی سریع قطع و وصل شوند. برای بالا بردن سرعت قطع و وصل در یک دیود، مثلاً چند میلیارد بار در ثانیه، از دیودهای شاتکی استفاده می‌کنند. دیودهای شاتکی از نیمه هادی و فلز تشکیل می‌شود و زمان تاخیر این نوع دیودها بسیار کم است. علامت قرار دادی این دیود در شکل ۱۲-۱۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۱۴ علامت قراردادی دیود شاتکی

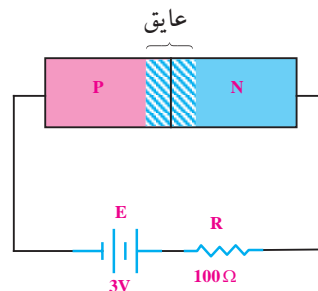
شکل ظاهری این دیود با سایر دیودها تفاوت چندانی ندارد ولی برخی از آنها دارای بدنه‌ی شیشه‌ای هستند. ماکزیمم جریان مجاز و توان دیود اتصال نقطه‌ای بسیار کم است. در شکل ۱۲-۱۰ یک نمونه دیود اتصال نقطه‌ای را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲-۱۰ یک دیود اتصال نقطه‌ای

#### ۱۲-۴-۳ دیود خازنی

وقتی یک اتصال PN (دیود) در بایاس معکوس قرار می‌گیرد، لایه‌ی سد یعنی لایه‌ای که هیچ بار الکتریکی و یا الکترون در آن وجود ندارد، می‌تواند به عنوان خازن عمل کند، شکل ۱۲-۱۱.



شکل ۱۲-۱۱ اتصال PN در بایاس معکوس

با افزایش ولتاژ معکوس، عرض لایه‌ی سد، بیشتر می‌شود، شکل ۱۲-۱۲.

بنابراین با تغییر ولتاژ، دیود را می‌توان به عنوان یک خازن متغیر در نظر گرفت. در این حالت هادی نوع P و N به عنوان دو جوشن خازن و لایه‌ی سد به عنوان دی‌الکتریک خازن عمل می‌کنند.

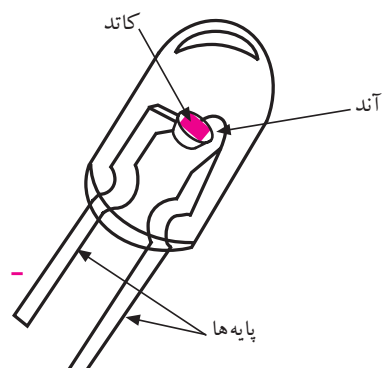
### ۵-۴-۱۲ دیود نور دهنده (LED)

LED ها، دیودهای مخصوصی هستند که اگر در بایاس موافق (مستقیم) قرار گیرند، از خود نور ساطع می کنند. در شکل ۱۵-۱۲ یک نمونه دیود LED نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۱۲ یک نمونه LED

ساختمان داخلی یک LED، از یک اتصال ویک انعکاس دهنده ی نور تشکیل شده است. در شکل ۱۶-۱۲ ساختمان داخلی یک LED را مشاهده می کنید.



شکل ۱۶-۱۲ ساختمان داخلی یک LED

نور ساطع شده از LED ها به رنگ قرمز، زرد، سبز و آبی است. شکل فیزیکی قسمت نور دهنده ی این دیودها را به صورت نیم کروی، مربعی و مثلثی می سازند. از دیودهای LED به عنوان لامپ سیگنال در مدارها و دستگاه های الکترونیکی استفاده می شود. در شکل ۱۷-۱۲ نمونه هایی از انواع LED نشان داده شده اند.



شکل ۱۷-۱۲ نمونه هایی از انواع LED

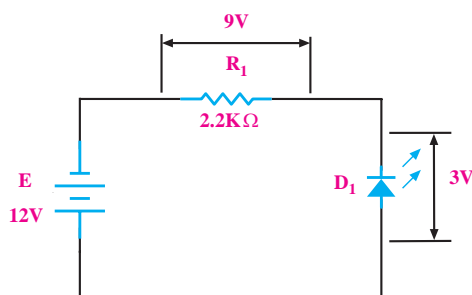
دیود نور دهنده را با علامت قرار دادی شکل ۱۸-۱۲ نشان

می دهند.



شکل ۱۸-۱۲ علامت قراردادی دیود نور دهنده

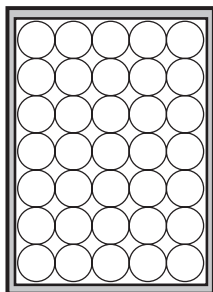
هنگام عبور جریان از LED، ولتاژی معادل  $1/7$  تا  $3/3$  ولت در دوسر LED افت می کند. مقدار دقیق افت ولتاژ بستگی به مقدار جریانی دارد که از دیود عبور می کند، شکل ۱۹-۱۲.



شکل ۱۹-۱۲ نمایش افت ولتاژ در دوسر LED

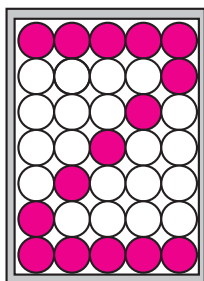


قطعه‌ی دیگری نیز شامل ۳۵ عدد دیود نور دهنده ساخته شده است که به صفحه‌ی نمایش ماتریسی معروف است. با این نمایشگر ماتریسی می‌توان اعداد و حروف الفبا را نشان داد. در شکل ۱۲-۲۲ این نمایشگر را مشاهده می‌کنید.



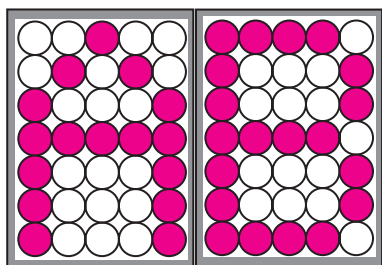
شکل ۱۲-۲۲

در شکل ۱۲-۲۳ چگونگی نمایش Z نشان داده شده است.



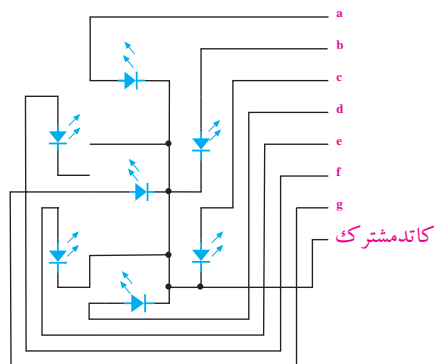
شکل ۱۲-۲۳ نمایش حرف Z

با قرار دادن چند عدد صفحه‌ی نمایش ماتریسی کنار یکدیگر می‌توان متنی را نشان داد. در شکل ۱۲-۲۴ حروف AB به کمک صفحه نمایش ماتریسی نشان داده شده اند.



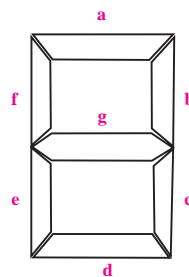
شکل ۱۲-۲۴ صفحه نمایش ماتریسی

یکی دیگر از موارد کاربرد دیود نوردهنده، نمایش اعداد از صفر تا نه است. برای این منظور یک قطعه الکترونیکی متشکل از هفت عدد دیود نور دهنده رامطابق شکل ۱۲-۲۰ می‌سازند. با خاموش و روشن کردن قطعات مختلف به سادگی می‌توان اعداد صفر تا نه را روی نمایشگر به وجود آورد. به این قطعه الکترونیکی **سون- سگمنت** یا هفت قطعه‌ای می‌گویند.



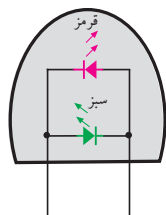
شکل ۱۲-۲۰ ساختمان داخلی سون- سگمنت (کاتد مشترک)

در شکل ۱۲-۲۱ شکل ظاهری یک قطعه سون- سگمنت نشان داده شده است. در شکل ۱۲-۲۱ اگر فقط دیودهای b و c روشن شوند عدد ۱ و اگر قطعات a, b, g, d روشن شوند عدد ۲ نمایش داده می‌شود. سون- سگمنت ها را به صورت آند مشترک و کاتد مشترک می‌سازند.



شکل ۱۲-۲۱ شکل ظاهری سون- سگمنت

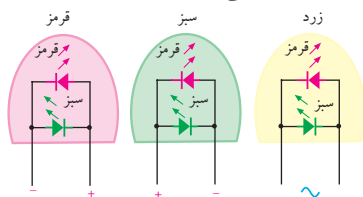
نوع دیگری از LED ها وجود دارند که دو پایه هستند و سه رنگ مختلف تولید می کنند. شکل ۱۲-۲۷ ساختمان داخلی این دیود را نشان می دهد.



شکل ۱۲-۲۷ ساختمان داخلی LED دوپایه‌ی سه رنگ

در شکل ۱۲-۲۸ نحوه‌ی تولید نور به رنگ های قرمز،

سبز و نارنجی را مشاهده می کنید.



شکل ۱۲-۲۸ نحوه‌ی روشن شدن LED به رنگ های قرمز، سبز و زرد

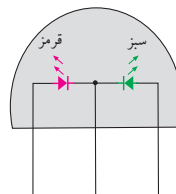
به تازگی دیودهای دیگری به نام UltraBright

LED ساخته شده اند که میزان نور دهی آنها فوق العاده زیاد و ده ها برابر یک LED معمولی است. این دیودها فعلاً به رنگ های آبی، سبز، قرمز و سفید در بازار یافت می شوند. در شکل ۱۲-۲۹ یک نمونه از این دیودها نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۲۹ یک نمونه LED با نور فوق العاده زیاد

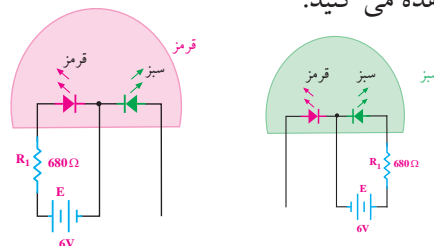
به تازگی LED های دو رنگ نیز به بازار عرضه شده اند. این نوع LED ها، در حقیقت، دو عدد LED مجزا معمولاً به رنگ سبز و قرمز است که مانند شکل ۱۲-۲۵ در داخل یک قطعه معمولی جاسازی شده اند. این دیودها دارای سه پایه هستند که یکی از پایه ها مشترک بوده و دو پایه ی دیگر، هر کدام مربوط به یکی از دیودهاست.



شکل ۱۲-۲۵ LED دو رنگ

در شکل ۱۲-۲۶ نحوه‌ی روشن شدن LED به رنگ قرمز

و سبز را مشاهده می کنید.



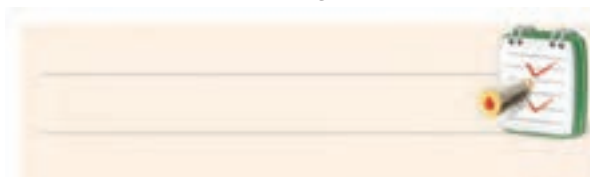
شکل ۱۲-۲۶ نحوه‌ی روشن شدن LED به رنگ قرمز و سبز

اگر هر دو دیود را همزمان روشن کنیم از ترکیب نور سبز و قرمز، نور نارنجی به وجود می آید.

**تمرین کلاسی ۱:** مداری رسم کنید که

توسط آن بتوانید نور نارنجی تولید کنید.

راهنمایی: از شکل ۱۲-۲۶ کمک بگیرید.



از این دیودها اگر جریان  $20\text{mA}$  بگذرد، نور بسیار زیادی از خود تولید می کنند. در جدول ۳-۱۲ افت ولتاژ دو سر دیودها به ازای عبور جریان  $20\text{mA}$  آورده شده است.

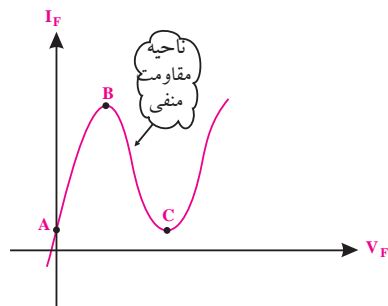
جدول ۳-۱۲

شرایط	$I_F=۲۰\text{mA}$	
رنگ نور منتشر شده	$V_f$ ولتاژ DC موافق	
	نامی	حداکثر
آبی	۳/۵	۴
سبز	۳/۵	۴
قرمز	۲	۲/۵

بنابراین با تغییر ولتاژ ورودی ( $V_F$ ) میزان نور LED تغییر می کند و جریان  $I_D$  را تغییر می دهد. با تغییر جریان  $I_D$  ولتاژ دو سر  $R_F$  تغییر می کند. به این ترتیب، بدون این که ارتباط مستقیمی با ولتاژ ورودی داشته باشیم، یک ولتاژ متغیر که دقیقاً از تغییرات ورودی تبعیت می کند، در اختیار کاربر قرار می گیرد. بنابراین مزیت اصلی زوج نوری در ایزوله شدن مدار خروجی از مدار ورودی است، زیرا تنها ارتباط بین دو مدار، مقدار نوری است که از دیود نور دهنده ورودی به دیود نوری خروجی می تابد. این جداسازی بین دو مدار باعث می شود که بتوانیم ارتباط بین دو مداری که ولتاژهای آنها با هم متفاوت است را برقرار کنیم. مثلاً با یک ولتاژ کم (۶ ولت) ولتاژ زیاد (۲۲۰ ولت) را کنترل کنیم.

#### ۷-۴-۱۲ دیود تونلی

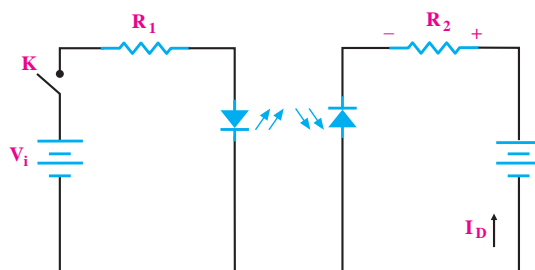
با افزایش میزان ناخالصی، نوع دیگری دیود ساخته می شود که ولتاژ شکست آن صفر است. این نوع دیود را **دیود تونلی** (Tunnel Diode) گویند. دیود تونلی دارای خاصیت مقاومت منفی (Resistance negative) است. به این معنی که در منطقه خاصی از منحنی چنانچه ولتاژ مستقیم را در حالت موافق زیاد کنیم، جریان دیود کم می شود. شکل ۳۱-۱۲ منحنی مشخصه دیود را نشان می دهد.



شکل ۳۱-۱۲ منحنی مشخصه دیود تونلی

#### ۶-۴-۱۲ زوج نوری یا اپتوکوپلر (optocoupler)

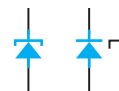
یک جفت دیود نورانی (LED) و دیود نوری است که در یک محفظه قرار می گیرند. در شکل ۳۰-۱۲ اساس کار زوج نوری نشان داده شده است.



در شکل ۳۰-۱۲، اساس کار زوج نوری نشان داده شده است.

در سمتی دیود نور دهنده و در مقابل آن دیود نوری (فتودیود) قرار دارد. با وصل کردن کلید  $K$ ، از دیود نور دهنده جریان عبور می کند و روشن می شود. نور دیود نور دهنده روی فتودیود اثر می گذارد و جریان معکوس عبوری از آن، افت ولتاژی را در دوسر  $R_F$  ایجاد می کند.

نماد فنی دیود تونلی را در شکل ۳۲-۱۲ مشاهده می کنید.



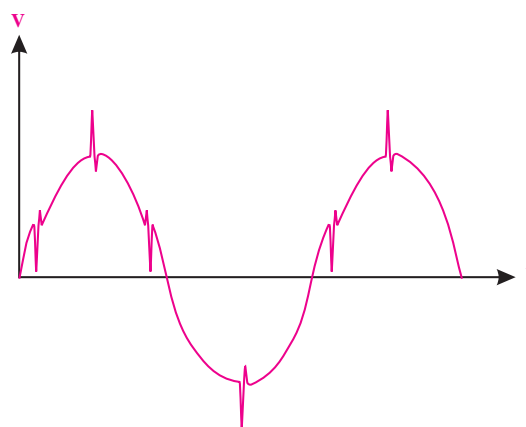
شکل ۳۲-۱۲ نمادهای فنی دیود تونلی

از خاصیت مقاومت منفی دیود تونلی در مدار نوسان ساز فرکانس بالا استفاده می شود. نوسان ساز مداری است که انرژی DC را به سیگنال AC تبدیل می کند.

#### ۸-۴-۱۲ وریستور (Varistor)

برخی از عوامل طبیعی مانند رعد و برق یا پدید آمدن معایبی در شبکه ی برق، سبب تداخل امواجی روی برق شهر می شود. این تداخل از طریق پالس های سوزنی شکل که روی سیگنال سوار می شوند رخ می دهد. شکل ۳۳-۱۲ نمونه هایی از پالس های سوزنی (SPIKE و DIP) را که روی موج برق شهر نشسته (سوار شده) است نشان می دهد.

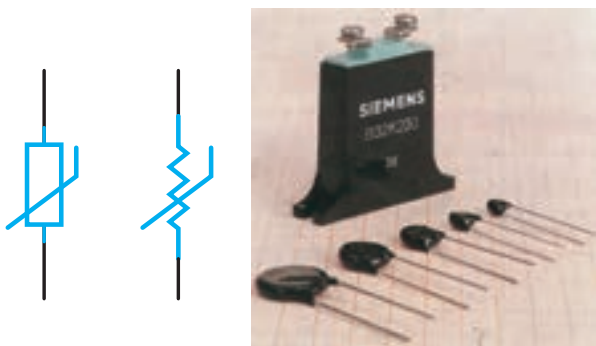
وریستور را در فصل دوم معرفی کرده ایم. در این فصل به دلیل بیان دوباره ی آن در استاندارد به تشریح تفصیلی آن پرداخته ایم.



شکل ۳۳-۱۲ پالس های سوزنی روی برق شهر

پالس های بالا رونده را **اسپایک** و پالس های پایین رونده را **دییپ** می گویند. دامنه های این پالس ها ممکن است تا چند هزار ولت برسد. اگر چه دامنه ی این پالس ها زیاد

است ولی معمولاً انرژی زیادی ندارند. در عمل پالس های سوزنی شکل موجود در ورودی مدارها را توسط فیلترهای مخصوصی حذف می کنند. گاهی ممکن است انرژی این پالس ها زیاد باشد و از فیلترهای ورودی مدار عبور کند. در اثر وارد شدن این پالس ها به مدار، ممکن است به قطعاتی مانند ترانزیستور یا مدارهای مجتمع آسیب برسد. لذا در بعضی از دستگاه ها از قطعه ای بنام (حذف کننده ی اسپایک Suppressor SPIKE) یا (وریستور) استفاده می کنند. این قطعه شبیه دو دیود زنر پشت به پشت (Back to Back) با ولتاژ شکست بالا است. در شکل ۳۴-۱۲ نمادهای فنی و شکل ظاهری وریستور (VDR) نشان داده شده است.



شکل ۳۴-۱۲ شکل ظاهری و نمادهای مداری

در مدارهای با ولتاژ برق شهر (۲۲۰V) معمولاً از وریستور ۴۰۰ ولتی استفاده می کنند. این قطعه در شرایط معمولی کار مدار، عملاً نقشی ندارد و مانند مدار باز عمل می کند. چنانچه ولتاژ ورودی از ۴۰۰ ولت بیش تر شود، وریستور به حالت فعال در می آید و با عبور جریان از خود دامنه ی ولتاژ را در مقدار ۴۰۰ ولت محدود می کند. وریستور معمولاً در ورودی دستگاه، بعد از فیوز به صورت موازی در مدار قرار می گیرد. وریستورها معمولاً قابلیت تحمل جریان های لحظه ای تا چند صد آمپر را دارند.

## ۵-۱۲ نام گذاری دیود ها

برای نام گذاری دیودها سه روش مهم وجود دارد. ممکن است بعضی از کارخانه ها از این سه روش تبعیت نکنند و نام گذاری مخصوص خود داشته باشد. این سه روش عمومی عبارتند از:

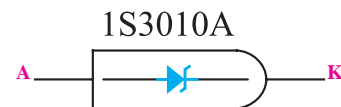
الف) روش ژاپنی

ب) روش اروپایی

ج) روش آمریکایی

**الف- روش ژاپنی:** در این روش از پیشوند 1S

تعدادی شماره که به دنبال آن می آید استفاده می شود، شکل ۱۲-۳۵. در این شیوه نام گذاری نوع دیود، جنس دیود و سایر مشخصات آن را نمی توان از شماره دیود به دست آورد. برای این منظور با مراجعه به کاتالوگ های مربوطه امکان دسترسی به مشخصات دیود وجود دارد.

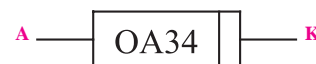


شکل ۱۲-۳۵ نام گذاری دیود، به روش ژاپنی

**ب- روش اروپایی:** در روش اروپایی، ابتدا تمامی

دیود ها را با پیشوند OA و تعدادی شماره مشخص می کردند

مانند OA۳۴ شکل ۱۲-۳۶



شکل ۱۲-۳۶ نام گذاری دیودها به روش اروپایی

بعدها روش نام گذاری در اروپا تغییر کرد. به این ترتیب

که دیود هایی را که بیش تر در مدارهای رادیو تلویزیون به کار می روند با دو حرف و سه شماره دیودهای خاص را با سه حرف و دو شماره نام گذاری کردند. سیستم دوحرفی و سه

شماره ای که امروز نیز استفاده می شود به شرح زیر است.

**حرف اول:** جنس نیمه هادی به کار رفته در دیود را مشخص

می کند. اگر حرف اول A باشد جنس دیود ژرمانیوم و اگر B باشد سیلیکون است.

**حرف دوم:** یکی از حروف زیر است که نوع دیود را

مشخص می کند.

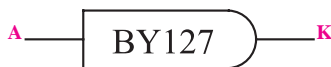
A: دیود معمولی یکسوکننده

B: دیود واراكتور

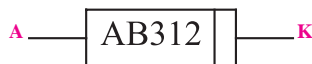
Y: دیود یکسوکننده ی قدرت

Z: دیود زنر

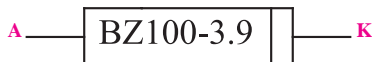
بعد از این دو حرف، سه شماره می آید که با مراجعه به جدول می توان سایر مشخصات الکتریکی دیود را از روی کاتالوگ کارخانه ی سازنده به دست آورد. شکل های ۱۲-۳۷ و ۱۲-۳۸ و ۱۲-۳۹.



شکل ۱۲-۳۷ نام گذاری دیودها، به روش جدید



شکل ۱۲-۳۸ دیود واراكتور از جنس ژرمانیوم



شکل ۱۲-۳۹ دیود زنر از جنس سیلیسیم ۳/۹ ولتی

### نکته ی مهم



هنگام آزمون جدول مربوط به اطلاعات حروف اختصاری دیود را در اختیار فراگیر قرار دهید.

## ۶-۱۲ نحوه‌ی استخراج مشخصات دیودها از

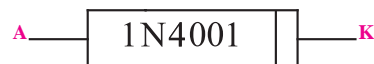
### کتاب‌های مرجع:

کتاب‌های مختلفی در زمینه‌ی ارائه‌ی مشخصات دیودها چاپ شده است. این کتاب‌ها در بازار به فراوانی یافت می‌شوند. با توجه به شماره‌ی دیود و مراجعه به کتاب می‌توانید اطلاعات مربوط به دیود را به دست آورید. در جدول ۵-۱۲ یک نمونه از این جدول مشخصات دیودها آمده است.

در این مرحله هنر جو باید بتواند با داشتن شماره‌ی دیود، با استفاده از کتاب اطلاعات مشخصه‌های دیود (Data book)، تعدادی دیود در اختیار بگیرد و مشخصات مربوط به جنس دیود، ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز، ولتاژ معکوس شکست، حداکثر جریان مستقیم و ..... را استخراج کند.

## ج-روش امریکایی: در این روش از پیش وند ۱N استفاده

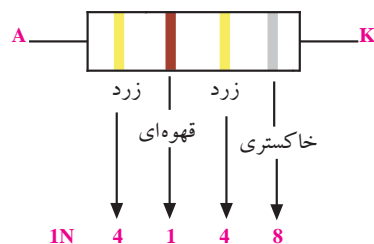
می‌شود و به دنبال آن معمولاً یک شماره‌ی چهار رقمی می‌آید. با مراجعه به جدول مشخصات دیودها می‌توان از روی شماره‌ی چهار رقمی به نوع دیود و مشخصات آن پی برد، شکل ۴۰-۱۲.



شکل ۴۰-۱۲ نحوه‌ی نام‌گذاری دیودها به روش امریکایی

در بعضی از دیودها، به جای شماره‌ی چهار رقمی، از چهار نوار رنگی استفاده می‌شود. در این صورت دیگر پیشوند ۱N را روی دیودها نمی‌نویسند. ارقام مربوط به نوارهای رنگی به شرح جدول ۴-۱۲ و مشابه کد رنگی مقاومت‌ها است.

رنگ	شماره	رنگ	شماره
مشکی	۰	آبی	۶
قهوه‌ای	۱	بنفش	۷
قرمز	۲	خاکستری	۸
نارنجی	۳	سفید	۹
زرد	۴		
سبز	۵		



شکل ۴۱-۱۲ نحوه‌ی شماره‌گذاری دیودها با استفاده از نوارهای رنگی

جدول ۵-۱۲

TYPE	Manufacturer	Germanium Silicon	$V_R$	$I_F$	$I_{FRM}$	$T_j$	$R_{thj-a}$	$I_{F\ at}$	$V_{F\ at}$	$C_{D\ at}$	$V_R$	$t_{rr}$	$I_F$ from	$V_R$ to	$R_L$ at	USE	CASE
			V	mA	mA	°C	°C/W	mA	V	PF	V	sec	mA	V	$\Omega$		<p>شکل ظاهری و ابعاد دیود که در ذیل همین صفحات با توجه به شماره ای که قید شده است، رسم شده اند.</p> <p>کاربرد مراجعه به جدول ۶-۱۲</p> <p>مقاومت بار ↑</p> <p>ولتاژ معکوس ↑</p> <p>جریان عبوری از مدار به ازای ↑</p> <p>زمان بازیابی دیود ↑</p> <p>این مقدار ولتاژ معکوس</p> <p>ظرفیت خازن محل اتصال PN به ازای</p>
شماره دیود	نام کارخانه سازنده	جنس دیود S سیلیسیم G ژرمانیم															
		ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز															
		مقدار متوسط جریان مجاز															
		مقدار ماکزیمم جریان مجاز تکراری															
		ماکزیمم درجه حرارت قابل تحمل محل پیوند PN															
		مقاومت حرارتی دیود از محل پیوند PN به محیط															
		به ازای عبور این جریان از دیود															
		افت ولتاژ دو سر دیود به وجود می آید															

جدول ۶-۱۲

شرح	کاربرد ستون use در جدول ۵-۱۲
آشکار کننده ی نسبی (FM)	1
کاربرد در مدارات لاجیک	2
آشکار کننده ی ویدئو	3
تثبیت کننده	4
کاربرد در سوئیچ (کلید)	5
کاربرد در سیگنال های ضعیف	6
کاربرد در سوئیچ با سرعت زیاد	7
یک سو کننده ی معمولی	8
ولتاژ زیاد	9
کاربرد در تلویزیون	10
کاربرد در فرکانس های زیاد	11

## استفاده از برگه‌ی داده‌ها (اطلاعات)

پارامترهای مختلفی در برگه‌ی اطلاعات دیود آورده می‌شود که می‌توان در طراحی‌ها از آنها استفاده نمود. در این بخش، پارامترهای مهمی که استفاده عملی دارند مورد بررسی قرار می‌گیرند.

### ۱-۶-۱۲ حداکثر جریان مستقیم

یکی از مشخصه‌های مجاز دیود، متوسط جریان قابل تحمل دیود است که در برگه‌ی اطلاعات به صورت زیر مشخص می‌کنند. Average Rectified Forward current. این جریان را با  $I_O$  نشان می‌دهند. مثلاً دیود ۱N۴۰۰۱ متوسط جریانی که می‌تواند تحمل کند ۱A است. جریانی عبوری از این قطعه نباید از ۱A بیش‌تر شود. در طراحی‌ها بهتر است ضریب اطمینانی را در نظر بگیریم. مثلاً برای دیود ۱N۴۰۰۱، جریان عبوری از دیود ۵۰ درصد جریان ماکزیمم یعنی نیم آمپر پیش‌بینی می‌کنیم. با در نظر گرفتن ضریب اطمینان مناسب، احتمال خرابی قطعات کاهش می‌یابد.

### ۲-۶-۱۲ افت ولتاژ مستقیم (Forward Voltage Drop)

این پارامتر حداکثر افت ولتاژ لحظه‌ای دیود در حالت موافق است. مثلاً اگر از ۱N۴۰۰۱ جریان ۱A در دمای اتصال  $25^{\circ}\text{C}$  عبور کند، در دوسر آن ولتاژی برابر با ۰/۹ تا ۱/۱ ولت افت می‌کند.

### ۳-۶-۱۲ ولتاژ معکوس شکست

#### (Reverse Breakdown Voltage)

سه پارامتر برای ولتاژ معکوس شکست در کتاب اطلاعات نوشته می‌شود.

**الف)**  $V_{RRM}$  ولتاژ معکوسی است به صورت متناوب

می‌توان به دیود اعمال کرد.

**ب)**  $V_{RWM}$  ولتاژ معکوس قابل تحمل در شرایط کار عادی

**ج)**  $V_R$  حداکثر ولتاژ dc است که در حالتی که دیود در

بایاس مخالف قرار دارد، می‌تواند تحمل کند.

اگر ولتاژ معکوس دوسر دیود، از مقادیر حدی که

کارخانه سازنده‌ی آن اعلام می‌کند بیش‌تر شود، دیود در

ناحیه‌ی شکست قرار می‌گیرد و آسیب می‌بیند. برای دیود

۱N۴۰۰۱ مقادیر  $V_{RRM}$  و  $V_{RWM}$  و  $V_R$  برابر ۵۰ ولت است.

### ۴-۶-۱۲ حداکثر جریان معکوس

#### (Reverse Current Maximum)

یکی دیگر از مشخصات الکتریکی که در برگه‌ی اطلاعات

آورده می‌شود حداکثر جریان معکوس است که آن را با  $I_R$

مشخص می‌کنند. این جریان در حالتی اندازه‌گیری می‌شود

که ولتاژ DC معکوس اعمال شده به دیود برابر با حداکثر

مقدار مجاز باشد. مثلاً برای دیود ۱N۴۰۰۱ که حداکثر ولتاژ

معکوس آن (۵۰V) در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  است، جریان  $I_R$  در حالت

معمول برابر  $1\mu\text{A}$  و حداکثر  $10\mu\text{A}$  است. اگر دمای محل

پیوند  $T_j$  به  $100^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی گراد برسد در این شرایط جریان

معکوس به  $50\mu\text{A}$  می‌رسد.

برای دست‌یابی به اطلاعات فوق باید به کتاب

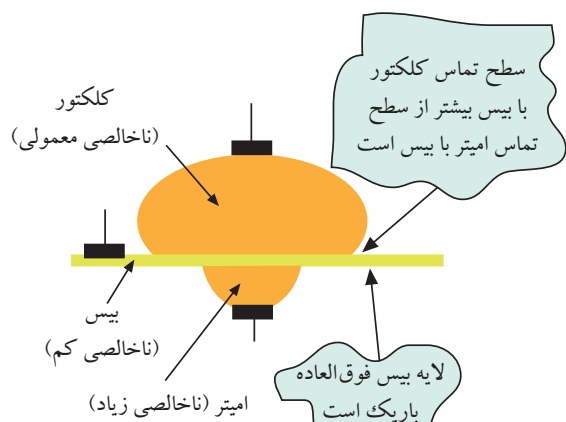
اطلاعات Data book مراجعه کنید. به خاطر سپردن

اعداد هیچ ضرورتی ندارد.



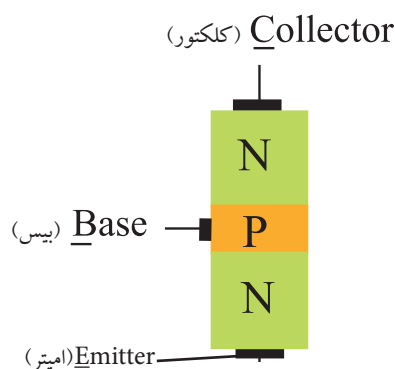
## ۷-۱۲ ساختمان و طرز کار ترانزیستور معمولی

(BJT)



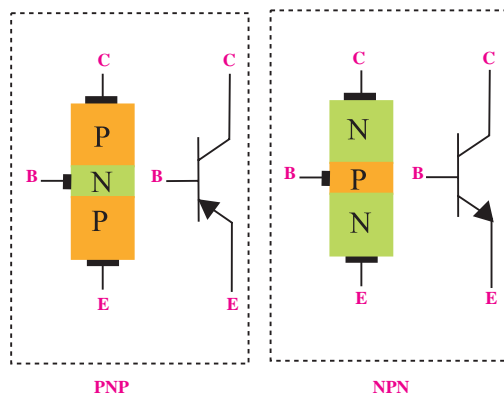
شکل ۴۳-۱۲ مقایسه‌ی ابعاد تقریبی یک ترانزیستور معمولی

پایه‌ی کلکتور را با حرف C، پایه‌ی بیس را با حرف B و پایه‌ی امیتر را با حرف E نشان می‌دهند، شکل ۴۴-۱۲.



شکل ۴۴-۱۲ نام پایه‌های ترانزیستور

در شکل ۴۵-۱۲، علامت‌های قرار دادی ترانزیستور PNP و NPN نشان داده شده است.



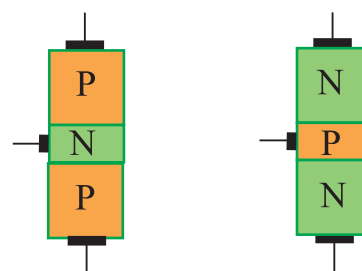
شکل ۴۵-۱۲ علامت قرار دادی ترانزیستورهای PNP و NPN

یک ترانزیستور معمولی، از سه قطعه نیمه هادی نوع P و N تشکیل شده است. نحوه‌ی قرار گرفتن نیمه هادی‌های نوع P و N در کنار یکدیگر به دو صورت زیر می‌تواند باشد. هر دو نوع ترانزیستور در عمل ساخته می‌شوند.

الف: یک قطعه نیمه هادی نوع N در وسط و دو قطعه نیمه هادی نوع P در دو طرف آن

ب: یک قطعه نیمه هادی نوع P در وسط و دو قطعه نیمه هادی نوع N در دو طرف آن

در شکل ۴۲-۱۲ ساختمان داخلی هر دو نوع ترانزیستور نشان داده شده است.



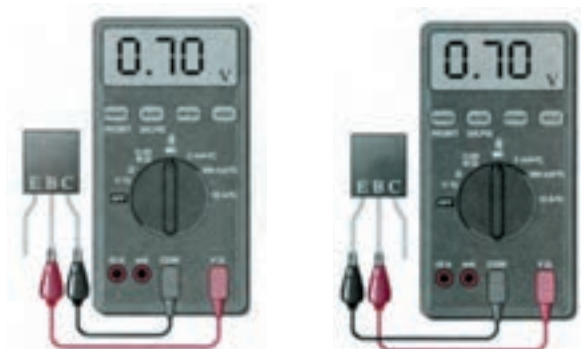
شکل ۴۲-۱۲ نحوه‌ی قرار گرفتن نیمه هادی‌های نوع P و N در ترانزیستور

ترانزیستوری که از دو قطعه نیمه هادی نوع P و یک قطعه نیمه هادی نوع N ساخته شده باشد ترانزیستور PNP و ترانزیستوری که دو قطعه نیمه هادی نوع N و یک قطعه نیمه هادی نوع P دارد، ترانزیستور NPN نامیده می‌شود. پایه‌های ترانزیستور را امیتر، بیس و کلکتور می‌نامند. از نظر ناخالصی، لایه‌ی امیتر بیشترین ناخالصی و لایه‌ی بیس کمترین ناخالصی را دارد. از نظر ابعاد فیزیکی کلکتور دارای بیشترین ابعاد و لایه‌ی بیس کمترین ابعاد را دارد. در شکل ۴۳-۱۲ ابعاد تقریبی یک ترانزیستور معمولی نشان داده شده است.

پایه‌ی دیگر در بایاس موافق قرار دارد، نشان می‌دهد.

در شکل ۴۶-۱۲، نمونه‌هایی از انواع ترانزیستور ها را

مشاهده می‌کنید.



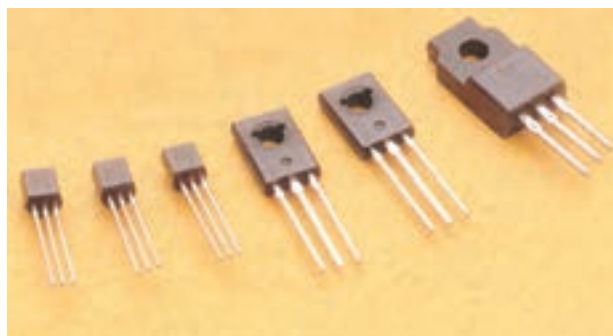
ب- پیوند بیس کلکتور

الف - پیوند بیس امیتر

در بایاس موافق

در بایاس موافق

شکل ۴۷-۱۲



شکل ۴۶-۱۲- نمونه هایی از انواع ترانزیستور

با استفاده از این آزمایش نوع ترانزیستور را نیز می‌توانید

مشخص کنید. در صورتی که در حالت ولتاژ موافق برای

دیودهای بیس امیتر و بیس کلکتور، ترمینال مثبت مولتی

متر به بیس متصل باشد (شکل ۴۷-۱۲)، ترانزیستور از نوع

NPN و اگر ترمینال منفی مولتی متر به پایه‌ی بیس متصل

باشد، ترانزیستور از نوع PNP است.

## ۸-۱۲ تعیین پایه‌ها و نوع ترانزیستور توسط مولتی متر

### دیجیتالی

از مولتی متر دیجیتالی نیز می‌توان برای تست صحت

ترانزیستور و تعیین پایه‌ها و نوع آن استفاده نمود. اغلب

مولتی مترهای دیجیتالی وضعیت تست دیود دارند. مانند حالت

آزمایش دیود، وقتی دیود بیس - امیتر یا دیود بیس - کلکتور

در بایاس موافق قرار می‌گیرند، ولتاژ بایاس موافق روی

صفحه‌ی نمایش نشان داده خواهد شد. این ولتاژ حدود

۰/۵ تا ۰/۷ ولت است. اگر دیود بیس امیتر یا دیود بیس

کلکتور در بایاس مخالف قرار گیرد، ولتاژ بایاس مخالف

دو سر دیود (حدود ۱/۵ تا ۳ ولت) روی صفحه‌ی نمایش

مولتی متر نشان داده خواهد شد.

### ۱-۸-۱۲ تعیین پایه‌ی بیس ترانزیستور

مولتی متر دیجیتالی را روی حالت آزمایش دیود قرار

می‌دهیم. با اتصال پروب مولتی متر به پایه‌ها، پایه‌ای را پیدا

می‌کنیم که نسبت به پایه‌های دیگر در ولتاژ موافق قرار گرفته

باشد. در صورت سالم بودن ترانزیستور، این پایه بیس است.

شکل ۴۷-۱۲ الف، ب پایه‌ی بیس را که نسبت به دو

### ۲-۸-۱۲ تعیین پایه‌های کلکتور و امیتر :

می‌دانیم سطح تماس کلکتور به بیس از سطح تماس امیتر

به بیس بیش تر است. بنابراین محل پیوند کلکتور به بیس در

ولتاژ موافق در مقایسه با پیوند امیتر بیس مقاومت کم‌تری

دارد. در حالت بایاس موافق، ولتاژ بیس کلکتور را کمی

کمتر از ولتاژ بیس امیتر نشان می‌دهد. تفاوت ولتاژها بسیار

کم و در حدود هزارم ولت است. شکل ۴۸-۱۲ الف و ب

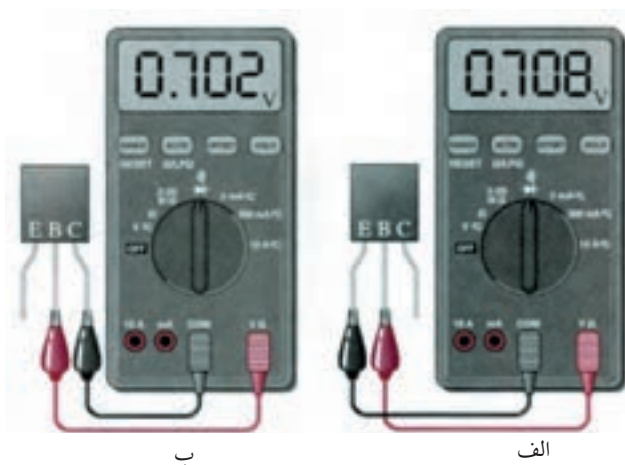
ولتاژ موافق کلکتور بیس را کم تر از ولتاژ موافق امیتر بیس

نشان می‌دهد.

اگر ترانزیستور معیوب اتصال کوتاه شده باشد، در تست دیود بیس امیتر یا بیس کلکتور، مولتی متر ولتاژ صفر ولت را مطابق شکل ۵۰-۱۲ نشان می‌دهد.



شکل ۵۰-۱۲ ترانزیستور معیوب (اتصال کوتاه)



شکل ۴۸-۱۲

به این ترتیب پایه‌ای که دارای ولتاژ موافق کم‌تری است کلکتور و پایه‌ای که ولتاژ موافق بیشتری دارد، امیتر است.

### ۳-۸-۱۲ ترانزیستور معیوب

ترانزیستور زمانی سالم است که بین بیس امیتر و بیس کلکتور در یک جهت ولتاژ موافق و در جهت دیگر تقریباً حالت باز را نشان دهد. برخی مولتی مترهای دیجیتالی حالت باز را با حرف OL که اول کلمات Open Load است نشان می‌دهند. برخی دیگر افت ولتاژ دوسر دیود را که توسط مولتی متر به دوسر آن داده می‌شود، نشان می‌دهند، این ولتاژ معمولاً از ۱/۵ تا ۳ ولت است.

شکل ۴۹-۱۲ ترانزیستور معیوب (قطع) را نشان می‌دهد.



شکل ۴۹-۱۲ ترانزیستور معیوب (قطع)

## ۹-۱۲ آزمایش شماره (۲):

تشخیص پایه‌های ترانزیستور

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

### ۹-۱۲-۱ هدف آزمایش:

تشخیص نوع PNP یا NPN ترانزیستور و مشخص کردن

پایه‌ها با استفاده از مولتی متر دیجیتالی.

### ۹-۱۲-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	ترانزیستور NPN	یک عدد
۳	ترانزیستور PNP	یک عدد
۴	سیم رابط یک سر گیره سوسماری	چهار رشته

### ۹-۱۲-۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ یک عدد ترانزیستور NPN و یک عدد ترانزیستور

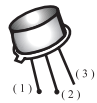
PNP را انتخاب کنید.

■ شکل ظاهری این دو ترانزیستور را در جدول ۶-۱۲

رسم کنید.

■ پایه‌های این دو ترانزیستور را به دلخواه شماره گذاری کنید.

جدول ۶-۱۲

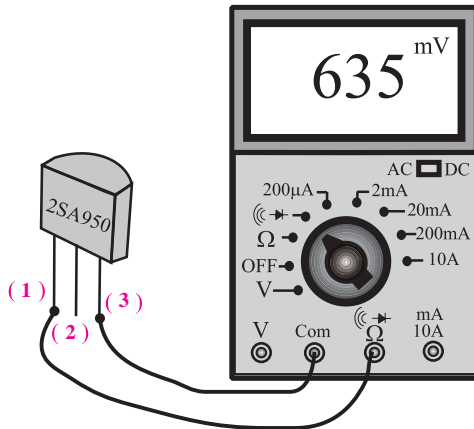
ردیف	شماره ترانزیستور	شکل ظاهری
۱	BC۱۴۰	
۲		
۳		

■ کلید سلکتور مولتی متر دیجیتالی را روی حالت  $\Omega$

قرار دهید.

■ ترانزیستور را مطابق شکل ۵۱-۱۲ به مولتی متر اتصال

دهید.



شکل ۵۱-۱۲ مدار آزمایش هنگام اندازه گیری  $V_{be}$

■ مراقب باشید هنگام اندازه گیری ولتاژ دست‌های شما با

قسمت فلزی پروب تماس نداشته باشد.

■ ولتاژهای خواسته شده را هنگام اتصال ترانزیستور به

مولتی متر، از روی صفحه نمایش مولتی متر بخوانید و در

جدول ۷-۱۲ یادداشت کنید.

■ مقادیر ولتاژها را تا ۳ رقم اعشار بنویسید.

جدول ۷-۱۲

شماره ترانزیستور	
$V_{be}$	ولت
$V_{bc}$	ولت
$V_{ce}$	ولت
$V_{cb}$	ولت
$V_{eb}$	ولت
$V_{ec}$	ولت

جدول ۸-۱۲ یادداشت کنید.

■ مقادیر ولتاژ را تا سه رقم اعشار بنویسید.

جدول ۸-۱۲

شماره ترانزیستور	
$V_{12} =$	ولت
$V_{13} =$	ولت
$V_{23} =$	ولت
$V_{31} =$	ولت
$V_{32} =$	ولت

**سؤال ۲:** با توجه به مقادیر بدست آمده برای ولتاژ بین

پایه ها، نوع ترانزیستور و پایه های آن را مشخص کنید. جدول

۸-۱۲

⇒ نوع ترانزیستور

⇒ پایه ها

(۱):

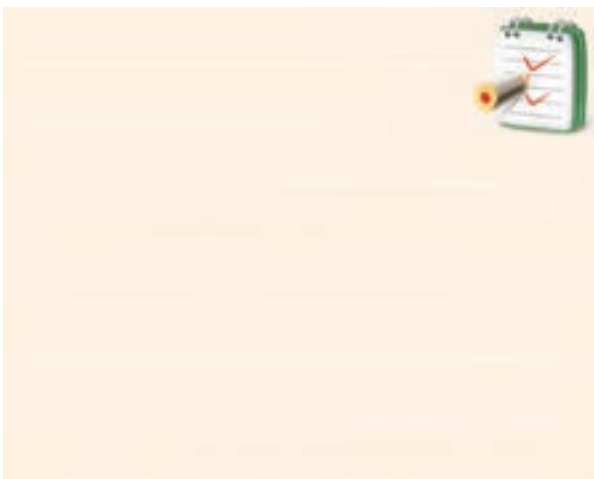
(۲):

(۳):

■ در صورت امکان، دو عدد ترانزیستور معیوب را در

اختیار بگیرید و نوع عیب آن ها را توسط مولتی متر مشخص

نموده و یادداشت کنید.



توجه داشته باشید که منظور از ولتاژ  $V_{12}$  اختلاف

پتانسیل پایه ۱ و پایه ۲ است. به عبارت دیگر باید پایه ۱ را به ترمینال خروجی  $\text{hfe}$  و پایه ۲ را باید به مشترک یا ترمینال Com وصل کنید. منظور از ولتاژ  $V_{11}$  این است که پایه ۲ به ترمینال خروجی  $\text{hfe}$  و پایه های ۱ به پایه مشترک وصل شود.

**سؤال ۱:** با توجه به مقادیر ولتاژ به دست آمده بین پایه ها

نوع ترانزیستور و پایه های آن را مشخص کنید.

⇒ نوع ترانزیستور

⇒ پایه ها

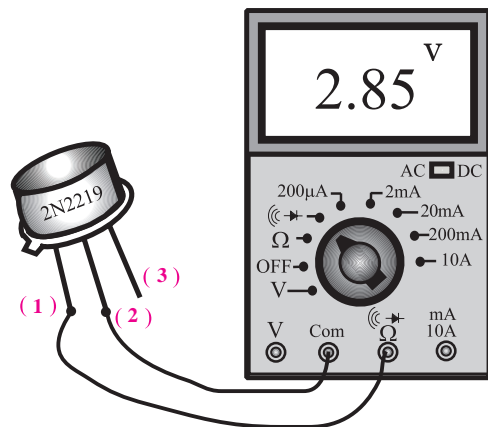
(۱):

(۲):

(۳):

■ ترانزیستور را طبق شکل ۵۲-۱۲ به مولتی متر دیجیتالی

اتصال دهید.



شکل ۵۲-۱۲ اندازه گیری ولتاژ بین پایه ها

■ ولتاژهای خواسته شده را هنگام اتصال ترانزیستور به

مولتی متر از روی صفحه نمایش مولتی متر بخوانید و در

## ۱۰-۱۲ آزمایش شماره (۳)

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

### ۱۰-۱۲ هدف آزمایش:

استخراج مشخصه‌های دیود با استفاده از کتاب اطلاعات  
مشخصه‌های دیود

### ۱۰-۱۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	دیود ۱N۴۱۴۸	یک عدد
۲	دیود ۱N۴۰۰۱	یک عدد
۳	دیود ۱N۴۰۰۷	یک عدد
۴	دیودهای موجود در کارگاه	از هر یک، یک عدد
۵	کتاب مشخصه‌های دیود	یک جلد

### ۱۰-۱۲-۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ یک دیود را در اختیار بگیرید.

■ با استفاده از کتاب اطلاعات (Data book)

مشخصه‌های دیودها را استخراج کنید و در جدول ۹-۱۲  
یادداشت کنید.

نکته:



پایه‌های کلکتور و امیتر در هیچ جهتی از خود جریان قابل ملاحظه‌ای عبور نمی‌دهند. بنابراین در یک ترانزیستور، ابتدا دو پایه‌ای را که در هیچ جهتی از خود جریان عبور نمی‌دهند تشخیص می‌دهیم. این دو پایه یکی کلکتور و دیگری امیتر است و پایه سوم نیز با فرض سالم بودن ترانزیستور قطعاً بیس است.

### ۹-۱۲ نتایج آزمایش:

آن چه در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.



جدول ۹-۱۲

TYPE	Manufacturer	Germanium Silicon	$V_R$	$I_F$	$I_{FRM}$	$T_j$	$R_{thj-a}$	$I_F$ at	$V_F$	$C_D$ at	$V_R$	$t_{rr}$ from to	$I_F$	$V_R$	$R_L$ at	USE	CASE
1N4148	Ph	S	75	150	450	200		10	1	2	0	4n	10	6	100	7	27
شماره دیود																	شکل ظاهری و ابعاد
نام کارخانه سازنده																	دیود که در ذیل
جنس دیود																	همین صفحات با
S سیلیسیم																	توجه به شماره ای
G ژرمانیم																	که قید شده است،
																	رسم شده اند.
ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز																	کاربرد مراجعه به
مقدار متوسط جریان مجاز																	جدول ۶-۱۲
مقدار ماکزیمم جریان مجاز تکراری																	مقاومت بار ↑
ماکزیمم درجه حرارت قابل تحمل محل پیوند PN																	ولتاژ معکوس ↑
مقاومت حرارتی دیود از محل پیوند PN به محیط																	جریان عبوری از مدار به ازای ↑
به ازای عبور این جریان از دیود																	زمان بازیابی دیود ↑
افت ولتاژ دو سر دیود به وجود می آید																	این مقدار ولتاژ معکوس
																	ظرفیت خازن محل اتصال PN به ازای



## آزمون پایانی فصل (۱۲)

۱- شرط هدایت یک دیود زبر کدام است؟

- الف) ولتاژ کاتد به اندازه‌ی  $V_z$  از آند بیش تر باشد.  
 ب) ولتاژ آند به اندازه‌ی  $V_z$  از کاتد بیش تر باشد.  
 ج) جریان در مدار حداکثر به اندازه  $10\text{ mA}$  باشد.  
 د) ولتاژ آند به اندازه‌ی  $0/6$  ولت از کاتد بیشتر باشد.

۲- شکل ۱۲-۵۳ نماد کدام نوع دیود است؟

- الف) LED ☐ ☐ خازنی  
 ج) اتصال نقطه ای ☐ ☐ زبر



شکل ۱۲-۵۳

۳- یک دیود زبر  $10$  ولتی با توان  $0/5$  وات حداکثر چند

میلی آمپر را می تواند تحمل کند؟

- الف) ۵ ☐ ☐ ۵۰  
 ج) ۱۰۰ ☐ ☐ ۲۰۰

۴- در مدارهای مختلف، دیود زبر در بایاس ..... و دیود

نور دهنده (LED) در بایاس ..... به کار می رود.

- الف) مستقیم - معکوس ☐  
 ب) معکوس - مستقیم ☐  
 ج) معکوس - معکوس ☐  
 د) مستقیم - مستقیم ☐

۵- در دیود ..... با تغییر ولتاژ معکوس دو سر آن، ظرفیت

خازنی آن تغییر می کند.

- الف) اتصال نقطه ای ☐ ☐ شاتکی

- ج) خازنی ☐ ☐ وریستور

۶- به علت قابلیت هدایت الکتریکی زیاد فلز، زمان تاخیر

در دیود ..... بسیار کم است.

۷- دیود تونلی دارای خاصیت مقاومت منفی است.

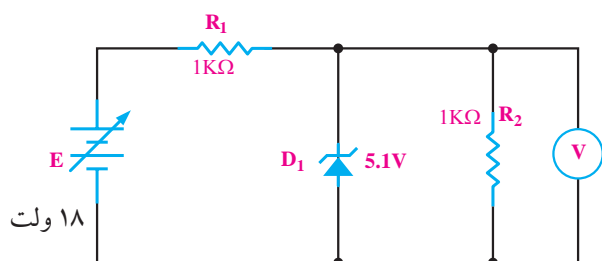
- صحيح ☐ ☐ غلط

۸- ولتاژ  $V_{RRM}$ ، ولتاژ معکوسی است که به صورت

متناوب می توان به دیود اعمال کرد.

- صحيح ☐ ☐ غلط

۹- ولتاژ خروجی مدار شکل ۱۲-۵۴ چند ولت است؟



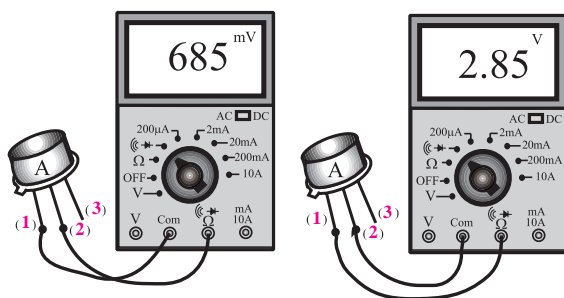
شکل ۱۲-۵۴

- الف) ۸ ☐ ☐ ۱۳/۱  
 ج) ۳/۱ ☐ ☐ ۵/۱

۱۰- در شکل ۱۲-۵۵ نوع ترانزیستور A کدام است؟

الف) PNP ☐ ☐ NPN

ج - با این دو آزمایش نمی توان تشخیص داد.



شکل ۱۲-۵۵



۱۱- منحنی مشخصه‌ی "ولت - آمپر" دیود زنر را رسم

کنید.



۱۵- چگونگی تعیین پایه‌های کلکتور و امیتریک

ترانزیستور را شرح دهید.



۱۲- توان دیود زنری ۱۰ وات و ولتاژ شکست دو سر

آن ۱۰ ولت می‌باشد، جریان ماکزیمم مجاز دیود زنر چند میلی‌آمپر است؟



۱۶- یک دیود در اختیار بگیرید و با استفاده از کتاب

اطلاعات و مشخصه‌ی دیود (Data book) مشخصه‌های

مهم دیود را استخراج کنید.



۱۳- مداری رسم کنید که توسط آن بتوانید نور سبز تولید

کنید.



۱۴- عملکرد زوج نوری یا اپتو کوپلر را با رسم شکل

شرح دهید.



محتوای کتاب «الکترونیک پایه» و کتاب «مدارهای پایه در الکترونیک» استانداردهای مهارتی الکترونیک کار صنعتی ۵۲/۵۳/۱/۵ - ۸، تعمیر کار رادیو ضبط صوت ۵۴/۲۵/۱/۴ - ۸ را به طور کامل پوشش می دهد.

از آن جا که استانداردهای مهارتی تعمیر کار ابزار دقیق ۴۲/۳۲/۱/۲ - ۸، تعمیر کار ماشین حساب ۵۴/۴۹/۱/۳ - ۸، طراح و تحلیلگر مدارات دیجیتال ۳۲/۹۰/۱/۳ - ۰، تعمیر دستگاه های پزشکی بیمارستانی ۵۲/۳۲/۱/۲ - ۸ محتوای کمتری در مقایسه با دو استاندارد ذکر شده دارند، هنگام تدریس مباحث الکترونیک عمومی به توانایی های مندرج در استاندارد مورد تدریس توجه کنید و مباحث اضافی بیان شده در این دو جلد کتاب را حذف نمایید.

## فهرست منابع و مآخذ

- ۱- مدارهای الکتریکی ۴۸۷/۸ علی عراقی و فریدون علومی
- ۲- مقاومت سلف خازن در جریان متناوب ۶۰۵/۵ فتح‌اله نظریان
- ۳- مقاومت سلف خازن در جریان مستقیم ۶۰۵/۴ فتح‌اله نظریان
- ۴- مبانی الکتريسيته ۶۰۴/۷ شهرام خدادادی
- ۵- الکترونیک کاربردی ۴۸۸/۳ شهرام نصیری سوادکوهی
- ۶- ابزار مقدماتی ۶۰۵/۳ فتح‌اله نظریان
- ۷- کارگاه الکترونیک عمومی ۴۸۸/۷ سید محمود صموتی - شهرام نصیری  
سوادکوهی - یداله رضازاده و غلامحسین نصری
- ۸- الکترونیک عمومی (۱) ۳۵۹/۴۲ سید محمود صموتی - شهرام نصیری  
سوادکوهی - ابوالقاسم جاریانی - فتح‌اله نظریان و محمود همتایی
- ۹- مبانی برق ۳۵۸/۱۸ فریدون قیطرانی و دیگران
- ۱۰- اصول الکترونیک (۱) مجتمع فنی سعید خرازی‌زاده  
تهران
- ۱۱- دیود و ترانزیستور ۶۰۵/۶ فتح‌اله نظریان
- ۱۲- آزمایشگاه مبانی مخابرات و رادیو ۴۷۲/۱ یداله رضازاده - سید محمود صموتی - شهرام نصیری سوادکوهی و محمود شبانی

