

## بخش ششم

### قطعات الکترونیک صنعتی

#### هدف کلی:

آشنایی با ساختمان و کاربرد قطعات الکترونیک قدرت

زمان آموزش			عنوان توانایی	توانایی شماره	واحدکار
جمع	عملی	نظری			
۲۵	۱۰	۱۵	توانایی بررسی عملکرد عناصر یک سو کننده قدرت	۲۲	U <sub>۹</sub>
۹	۴	۵	توانایی بررسی عملکرد سایر عناصر الکترونیک قدرت چند پایه	۲۴	U <sub>۹</sub>
۳۴	۱۴	۲۰	جمع کل		

## فصل دهم


### عملکرد عناصر یکسوکننده قدرت

#### هدف کلی:

بررسی نظری و عملی تعدادی از قطعات الکترونیک صنعتی

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

- ۱- کاربردهای الکترونیک قدرت را نام ببرد.
- ۲- انواع دیودهای قدرت را نام ببرد.
- ۳- تفاوت دیودهای قدرت با دیودهای معمولی را شرح دهد.
- ۴- مشخصات دیودهای با کاربرد معمولی را شرح دهد.
- ۵- کاربرد دیودهای بازیافت سریع را نام ببرد.
- ۶- مقادیر نامی دیودهای بازیافت سریع را بیان کند.
- ۷- ساختمان یک دیود شاتکی را توضیح دهد.
- ۸- محدوده‌ی فرکانس کار دیود شاتکی را شرح دهد.
- ۹- نحوه‌ی کار دیود شاتکی را با رسم یک شکل ساده شرح دهد.
- ۱۰- مزایا و معایب دیود شاتکی را به طور کامل شرح دهد.
- ۱۱- مقادیر مجاز دیود شاتکی را نام ببرد.
- ۱۲- دلیل سری کردن دیودها را با یکدیگر توضیح دهد.
- ۱۳- چگونگی محاسبه ولتاژ با یاس مخالف در دیودهای سری را توضیح دهد.
- ۱۴- دلیل اتصال موازی بستن دیودها را شرح دهد.
- ۱۵- مشخصه های دیود شاکلی را توضیح دهد.
- ۱۶- ساختمان دیودشاکلی را با رسم شکل شرح دهد.
- ۱۷- عمل قفل ترانزیستوری را توضیح دهد.
- ۱۸- منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود شاکلی را با رسم شکل توضیح دهد.
- ۱۹- عملکرد تریستور یا SCR را با رسم شکل به طور کامل شرح دهد.
- ۲۰- مدارهای فرمان SCR را توضیح دهد.
- ۲۱- نقش دیود در مدار SCR را توضیح دهد.
- ۲۲- دلیل سری کردن تریستورها را شرح دهد.
- ۲۳- دلیل موازی کردن تریستورها را شرح دهد.
- ۲۴- کلیه ی هدف های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول به آن ها اشاره شده است را در این فصل نیز اجرا کند.

			توانایی شماره ۲۲
جمع	عملی	نظری	
۲۵	۱۰	۱۵	



## پیش آزمون فصل (۱۰)

۸- عیب دیود شاتکی نسبت به دیودهای معمولی ، پایین بودن ولتاژ معکوس آن است.

صحيح  غلط

۹- کدامیک از جملات زیر صحيح نیست ؟  
الف) از مزایای دیود شاتکی ، پایین بودن ولتاژ زانو است.

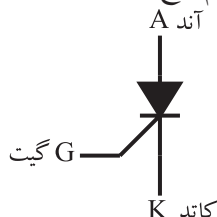
ب) ( زمان تغییر حالت از بایاس موافق به بایاس معکوس را زمان بازیابی معکوس می نامند.

ج) دیود شاتکی پس از اعمال ولتاژ بایاس معکوس به سرعت قطع می شود .

د) دیود شاتکی در فرکانس پایین کاربرد فراوان دارد .

۱۰- دیود شاکلی در بایاس موافق ، به مجرد این که ولتاژ ورودی از مقدار ولتاژ دیود بیش تر شود ..... می شود .

۱۱- شکل زیر نماد کدام نوع قطعه است ؟



الف) دیود شاکلی

ب) دیود شاتکی

ج) SCR

د) UJT

۱۲- روش های خاموش کردن SCR را شرح دهید .

برای کار در ولتاژ ..... می توانیم چند تریستور را با هم سری کنیم .

۱۳- هنگامی که تریستورها را با هم موازی می کنیم ، ..... بین تریستورها تقسیم می شود.

۱۴- مقادیر حد در تریستور کدام یک از موارد زیر است؟

الف) حداکثری ولتاژ سد تکراری

ب) جریان موثر در بایاس موافق

ج) جریان معدل در بایاس موافق

د) همه موارد

۱- الکترونیک قدرت ترکیبی از الکترونیک و قدرت است.

صحيح  غلط

۲- برخی از کاربردهای الکترونیک قدرت در منابع را نام ببرید .



۳- دیودهای نیمه هادی قدرت و دیودهای معمولی چه تفاوتی دارند ؟ توضیح دهید.



۴- کدام یک از دیودهای زیر از نوع دیودهای قدرت نیستند.

الف) بازیافت سریع

ب) شاتکی

ج) استاندارد

د) زنر

۵- در دیودهای ..... زمان بازیافت کم و معمولاً کم تر از  $5\mu\text{sec}$  است .

۶- دیود ..... در فرکانس های بالا عمل یک سو سازی را به خوبی انجام می دهد .

۷- شکل زیر ، نماد کدام نوع دیود است ؟



الف) زنر

ب) شاکلی

د) بازیافت سریع

ج) شاتکی

## ۱-۱- آشنایی با الکترونیک قدرت و

### کاربردهای آن

الکترونیک قدرت، ترکیبی از قدرت، الکترونیک و کنترل قدرت است که به تجهیزات مرتبط با تولید انرژی الکتریکی، انتقال و توزیع آن می پردازد. الکترونیک با عناصر الکترونیکی سرو کار دارد و مدارهای پردازش سیگنال و کنترل انرژی الکتریکی را پوشش می دهد. الکترونیک قدرت ترکیبی از الکترونیک و قدرت است که «کاربردهای مدارهای الکترونیکی» را برای کنترل و تبدیل انرژی الکتریکی در بر می گیرد. در منابع مختلف، الکترونیک قدرت نقش بسیار مهمی در تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی دارد. برای مثال می توانیم دستگاه های کنترل گرما، هشدار دهنده، شارژ کننده های باتری، دزدگیر، کنترل نور، سیستم های محرک وسیله نقلیه، کنترل خودکار درب پارکینگ، تولید ولتاژ زیاد مستقیم (HVDC)، تایمرها، مدارهای تلویزیون و دستگاه های چاپ را نام برد.

## ۱-۲- آشنایی با دیودهای قدرت و انواع آن

یکی از انواع دیودها، دیودهای نیمه هادی قدرت است که نقش بسیار مهمی را در الکترونیک قدرت دارند زیرا این دیودها می توانند به عنوان کلید در مدارهایی مانند یک سوکننده ها، رگولاتورهای کلید زنی (سوئیچینگ)، شارژر معکوس خازن در انتقال انرژی و برگرداندن انرژی از بار به منبع مورد استفاده قرار گیرند. هنگام طراحی یک مدار در برخی از کاربردها، دیودهای قدرت را به صورت کلیدهای ایده آل در نظر می گیرند، در حالی که مشخصه های عملکرد دیودها در محیط واقعی با حالت ایده آل تفاوت دارد. دیودهای قدرت مشابه دیودهای PN معمولی هستند با این تفاوت که ولتاژ و جریان (قدرت) بالاتری را می توانند تحمل کنند. هم چنین پاسخ فرکانسی یا سرعت کلید زنی آن ها نسبت به دیودهای معمولی کم تر است.

## • انواع دیودهای قدرت

دیودهای قدرت را می توانیم به شرح زیر تقسیم کنیم:

الف: دیودهای استاندارد با کاربرد عمومی

ب: دیودهای بازیافت سریع

ج: دیودهای شاتکی

### ۱-۲-۱ دیودهای با کاربرد عمومی

اگر دیودی در شرایط بایاس معکوس باشد، فقط جریان ناچیز نشتی که ناشی از حامل های اقلیت کریستال ها است در مدار جاری می شود. چنان چه ولتاژ مستقیم به دیود اعمال کنیم، مدت زمانی طول می کشد تا دیود از بایاس مخالف به بایاس موافق برود و جریان از دیود عبور نماید. این زمان را «زمان بازیافت مستقیم» یا «زمان روشن شدن» می نامند. دیودهای یک سو کننده با کاربرد عمومی زمان بازیافت زیادی دارند به طور مثال یک نمونه از این دیودها دارای زمان بازیافت ۲۵ میکروثانیه است. این دیودها با جریان موافق کم تر از ۱A تا چند هزار آمپر، ولتاژ PIV از ۵۰ ولت تا حدود ۵KV ساخته می شوند.

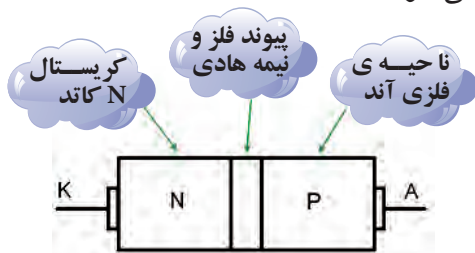
### ۱-۲-۲ دیودهای بازیافت سریع

در دیودهای بازیافت سریع، زمان بازیافت کم و معمولاً کم تر از ۵ میکروثانیه است. این دیودها در مبدل های DC به DC و DC-AC به کار می روند، زیرا سرعت بازیافت، بیشترین اهمیت را دارد.

این دیودها با مقادیر نامی جریان کم تر از ۱A تا صد آمپر و با ولتاژ نامی PIV از ۵۰V تا حدود ۳KV ساخته می شوند. در برخی دیودهای بازیافت سریع، زمان بازیافت بسیار کم در حدود ۵۰ns (نانو ثانیه) است.

در شکل ۱-۱ چند نمونه از دیودهای بازیافت سریع را مشاهده می کنید.

جریان از دیود عبور می کند. با معکوس شدن ولتاژ بایاس دیود، انتظار می رود بلافاصله جریان دیود صفر شود اما مدتی طول می کشد تا جریان در بایاس معکوس به صفر برسد. این فاصله زمانی به صورت  $t_p$  در شکل ۱۰-۲ نشان داده شده است. یادآور می شود که حتی دیودهای سیگنال نیز نمی توانند در فرکانس های بالای حدود  $10\text{MHz}$  عمل کنند و عمل یک سو سازی را به درستی انجام دهند، مگر این که برای این منظور ساخته شده باشد. برای رفع این اشکال در یک سو سازی فرکانس بالا، از دیود خاصی به نام دیود شاتکی استفاده می کنند. این نوع دیود از اتصال یک فلز (معمولاً از جنس نقره، پلاتین یا طلا) و یک نیمه هادی (معمولاً نوع N) مانند شکل ۱۰-۳ ساخته می شوند.



شکل ۱۰-۳ ساختمان دیود شاتکی

در دیود شاتکی به دلیل حداقل بودن حامل های اقلیت در مقایسه با دیودهای معمولی اتصال P-N، این دیودها می توانند در فرکانس های بالا عمل یک سو سازی را به خوبی انجام دهند.

در واقع دیود شاتکی به دلیل نداشتن بار ذخیره شده در پیوند PN، پس از اعمال ولتاژ بایاس مخالف به سرعت قطع می شود و می تواند در فرکانس های بالا حتی بالاتر از  $300\text{MHz}$  به خوبی عمل یک سو سازی را انجام دهد. نماد دیود شاتکی در شکل ۱۰-۴ رسم شده است.



شکل ۱۰-۴ نماد دیود شاتکی



شکل ۱۰-۱ چند نمونه دیودهای بازیافت سریع

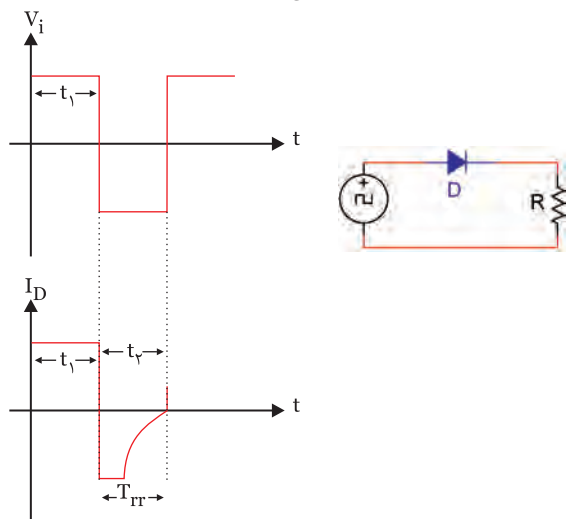
### ۱۰-۲-۳ دیود شاتکی (Schottky Diode)

در فرکانس های کم، وقتی دیودهای معمولی در حالت هدایت قرار دارند، با معکوس شدن ولتاژ دو سر دیود، می توانند به راحتی به حالت قطع بروند. چنانچه فرکانس زیاد شود، دیود نمی تواند به سرعت از حالت هدایت (یا از حالت قطع به حالت هدایت) برود. زیرا مدت زمانی طول می کشد تا جریان معکوس گذرنده از دیود متوقف شود و جریان موافق عبور کند. این تاخیر زمانی سبب می شود تا نتوانیم از دیودهای معمولی در فرکانس بالا استفاده کنیم.

**زمان تغییر حالت از بایاس موافق به بایاس مخالف را زمان "بازیابی معکوس"**

**(Reverse Recovery Time) می نامند و آن را با**

$T_{rr}$  نشان می دهد به شکل ۱۰-۲ توجه کنید:

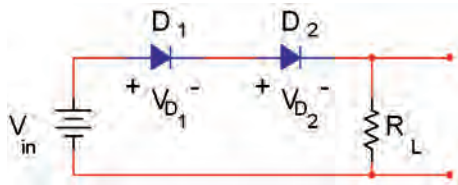


شکل ۱۰-۲

در مدت زمانی که سیگنال ورودی نیم سیکل مثبت را طی می کند ( $t_1$ )، دیود در بایاس مستقیم قرار دارد و

### ۱-۳-۱- افت ولتاژ دیودهای سری

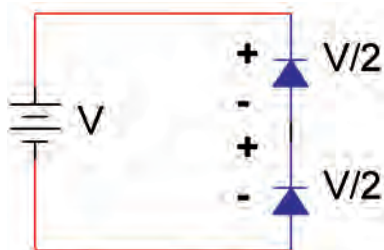
در بایاس موافق مانند شکل ۶-۱۰ ولتاژ دو سر دیودها با هم جمع می شوند و ولتاژ خروجی (ولتاژ دو سر بار) را کاهش می دهند.



شکل ۶-۱۰ دیودهای سری در بایاس موافق

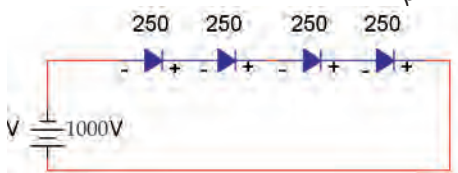
$$V_O = V_{in} - (V_{D1} + V_{D2})$$

در بایاس معکوس، ولتاژ بایاس مخالف مانند شکل ۷-۱۰ بین دیودهای سری تقسیم می شود. به این ترتیب مجموعه دیودهای سری می توانند ولتاژ معکوس بیش تری را تحمل کنند.



شکل ۷-۱۰ دو دیود سری در بایاس مخالف

به عنوان مثال اگر ولتاژ بایاس مخالف برابر ۱۰۰۰ ولت باشد و چهار دیود را مطابق شکل ۸-۱۰ با هم سری کنیم، ولتاژ بایاس مخالف که در دو سر هر دیود قرار می گیرد برابر با  $250 = \frac{1000}{4}$  ولت می شود.



شکل ۸-۱۰ دیودها در بایاس مخالف  $\frac{V}{4}$  ولتاژ بایاس مخالف که در دو سر هر دیود قرار می گیرد، است.

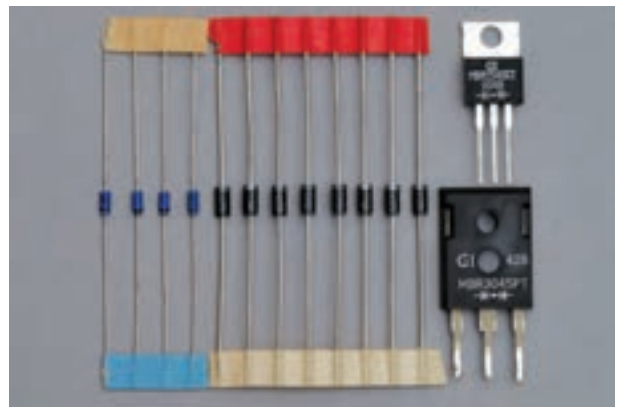
### ۱۰-۴ اتصال موازی دیودها

در مدارهایی که به قدرت بالایی نیاز دارند، برای

از مزایای دیود شاتکی پایین بودن ولتاژ وصل (ولتاژزانو) است. این ولتاژ حدود ۰/۲۵ ولت است که در مقایسه با ولتاژ ۰/۷ ولت دیود معمولی سیلیکونی، خیلی کم تر است. بنابراین به دلیل کم بودن افت ولتاژ دو سر دیود شاتکی، در حالت موافق در هنگام یک سو سازی، می توانیم ولتاژ خروجی بیش تری را به دست آوریم.

عیب دیود شاتکی نسبت به دیودهای معمولی، پایین بودن ولتاژ معکوس آن است. در عمل دیود شاتکی دارای PIV (حداکثر ولتاژ معکوس) قابل تحمل حدود ۵۰ ولت تا ۱۰۰ ولت است. میزان جریان مجاز عبوری از دیود محدودیت چندانی ندارد و دیودهای شاتکی تا حدود ۱۰۰ آمپر نیز ساخته شده اند. از دیود شاتکی در مدارهای دیجیتالی و در آی سی های سری TTL شاتکی در حد گسترده استفاده می شود.

این آی سی ها از آی سی های سری TTL معمولی خیلی سریع تر هستند و در منابع تغذیه کلیدی (سوئیچینگ) به کار می روند. شکل ۵-۱۰ چند دیود شاتکی که در یک بسته بندی قرار دارند را نشان می دهد.



شکل ۵-۱۰ چند نمونه دیود شاتکی

### ۱۰-۳ آشنایی با دیودهای اتصال سری

یک دیود معمولی نمی تواند در ولتاژهای بالا (High Voltage DC= HVDC) مقدار ولتاژ معکوس را تحمل کند. از این رو برای افزایش ولتاژ معکوس، دیودها را با هم سری می کنیم.

## ۵-۱۰ آزمایش شماره ۱

### عملکرد مدارهای دیودی سری و موازی

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

#### ۵-۱۰-۱ هدف آزمایش: بررسی مدارهای دیودی

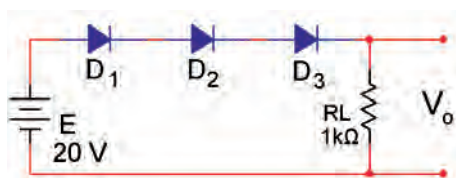
سری و موازی

#### ۵-۱۰-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۲۰V	یک دستگاه
۲	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	دیود ۱N۴۰۰۱	سه عدد
۴	مقاومت $1k\Omega$ ( $\frac{1}{4}$ وات)	سه عدد
۵	مقاومت $3/3k\Omega$ ( $\frac{1}{4}$ وات)	سه عدد
۶	بردبرد	یک قطعه

#### ۵-۱۰-۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل ۱۱-۱۰ را روی برد برد ببندید.



شکل ۱۱-۱۰

■ مولتی متر را روی حوزه کار ولت متر قرار دهید.

■ افت ولتاژ دو سر هر دیود را اندازه بگیرید و یادداشت

کنید.

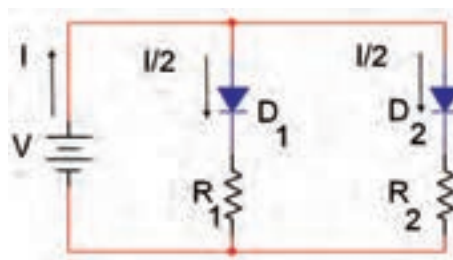
$$V_{D_1} = \dots\dots\dots$$

$$V_{D_2} = \dots\dots\dots$$

$$V_{D_3} = \dots\dots\dots$$

■ ولتاژ دو سر بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

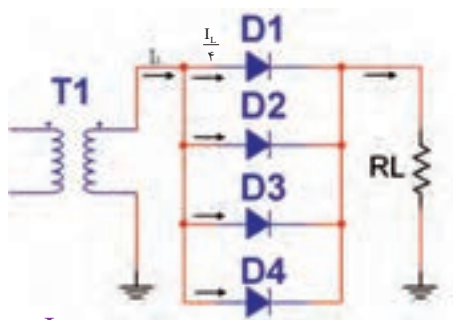
افزایش جریان و تأمین جریان مطلوب، می توانیم دیودها را به صورت موازی با هم اتصال دهیم. در این حالت جریان بین دیودها بر اساس بار متصل شده به هر دیود تقسیم می شود. شکل ۹-۱۰ تقسیم جریان I را بین دو دیود D1 و D2 نشان می دهد.



شکل ۹-۱۰ تقسیم جریان I به دو قسمت

توجه داشته باشید که در این حالت دیودها ایده آل فرض می شوند و مقاومت های  $R_1$  و  $R_2$  مقدار جریان عبوری از هر دیود را معین می کند.

چنان چه طبق شکل ۱۰-۱۰ چند دیود را با هم موازی کنیم و خروجی آن را به یک بار مشخص مانند  $R_L$  اتصال دهیم، در صورتی که دیودها کاملاً مشابه باشند، جریان عبوری از بار به نسبت مساوی بین دیودها تقسیم می شود



شکل ۱۰-۱۰ جریان عبوری از هر دیود برابر  $\frac{I_L}{4}$  است.

### نکته مهم:



مجموعه دیودهای سری می توانند

ولتاژ بیش تری را تحمل کنند.

$$V_{R_L} = \dots\dots V$$

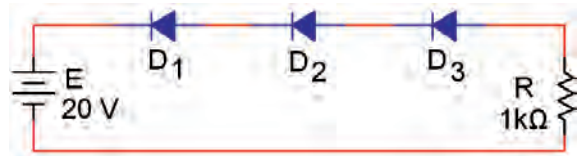
ولتاژ دو سر بار را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$V_{R_L} = V_{in} - (V_{D_1} + V_{D_r} + V_{D_r})$$

$$V_{R_L} = \dots - (\dots + \dots + \dots) V$$

دیودها را مطابق شکل ۱۰-۱۲ در بایاس مخالف

قرار دهید.



شکل ۱۰-۱۲

ولتاژ دو سر هر دیود را اندازه بگیرید و یادداشت

کنید.

$$V_{D_1} = \dots\dots\dots$$

$$V_{D_2} = \dots\dots\dots$$

$$V_{D_3} = \dots\dots\dots$$

**سوال ۱:** آیا ولتاژ دو سر هر دیود برابر با  $V_D = \frac{E}{3}$

است یا خیر؟ توضیح دهید.



- مولتی متر را روی حوزه کار آمپر متر تنظیم کنید .
- میلی آمپر متر را روی رنج ۵۰mA/DC قرار دهید و مطابق شکل ۱۰-۱۲ با منبع به صورت سری ببندید و سپس کلید مدار را وصل کنید.
- جریان کل مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I = \dots\dots mA$$

- میلی آمپر متر را به ترتیب در هر شاخه‌ی مدار قرار دهید و جریان هر شاخه را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

$$I_1 = \dots\dots mA$$

$$I_2 = \dots\dots mA$$

$$I_3 = \dots\dots mA$$

**سوال ۲:** آیا مقدار جریان کل در رابطه:  $I = I_1 + I_2 + I_3$

صدق می کند؟

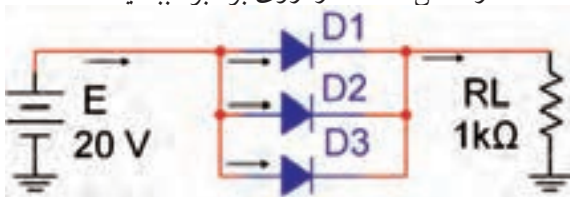


**سوال ۳:** آیا جریان هر شاخه تقریباً برابر  $\frac{I}{3}$  است؟

توضیح دهید.



■ مدار شکل ۱۰-۱۴ را روی برد برد ببندید.



شکل ۱۰-۱۴

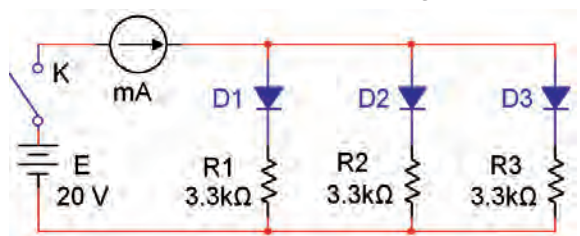
■ جریان عبوری از  $R_L$  را اندازه بگیرید و یادداشت

کنید.

$$I_L = \dots\dots mA$$

■ جریان عبوری از هر یک از دیودها را اندازه بگیرید و

■ مدار شکل ۱۰-۱۳ را روی برد برد ببندید.



شکل ۱۰-۱۳



یادداشت کنید.

$$I_{D_1} = \dots mA$$

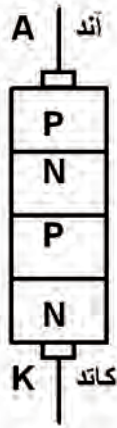
$$I_{D_2} = \dots mA$$

$$I_{D_3} = \dots mA$$

## ۶-۱۰ دیود شاکلی (Schockley Diode)

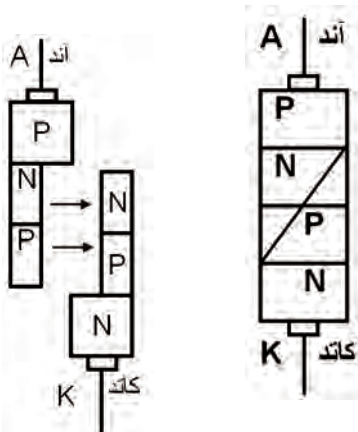
دیود شاکلی، یک دیود چهار لایه PNPN است. پایه‌ی خارجی این دیود آند و کاتد نام دارد. دیود شاکلی در حالت قطع، ولتاژ زیاد و در حدود چند صد ولت را تحمل می‌کند هم‌چنین درحالی که دیود شاکلی هادی است، می‌تواند جریان‌های زیاد تا چند صد آمپر را از خود عبوردهد. بنابراین می‌توانیم از این دیود به عنوان کلید الکترونیکی در صنعت استفاده کنیم.

**ساختمان دیود شاکلی:** ساختمان کریستالی این دیود از چهار قطعه کریستال P و N مانند شکل ۱۵-۱۰ تشکیل شده است.



شکل ۱۵-۱۰ ساختمان داخلی دیود شاکلی

اگر کریستال‌ها را از وسط مانند شکل ۱۶-۱۰ برش دهیم، به دو نیمه‌ی جداگانه تقسیم می‌شود. نیمه‌ی چپ برش دیود شاکلی یک ترانزیستور PNP و نیمه‌ی راست یک ترانزیستور NPN را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶-۱۰ برش دیود شاکلی

**سوال ۴:** آیا مجموع جریان‌های  $I_{D_1}$ ,  $I_{D_2}$ ,  $I_{D_3}$  برابر با  $I_L$  است؟ توضیح دهید.



**سوال ۵:** از موازی نمودن دیودها چه استفاده‌ای می‌شود؟ شرح دهید.

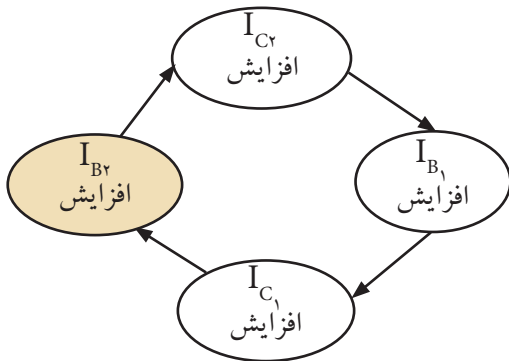


## ۴-۵-۱۰ نتایج آزمایش

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



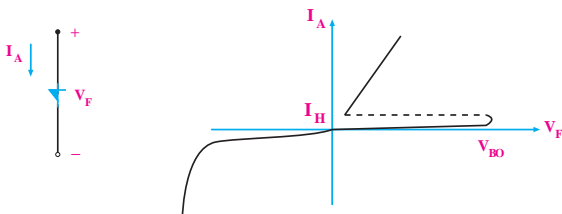
می توان فرایند افزایش جریان در دو ترانزیستور رابه صورت زیر نشان داد.



## ۲-۶-۱۰ منحنی مشخصه ولت- آمپر دیود

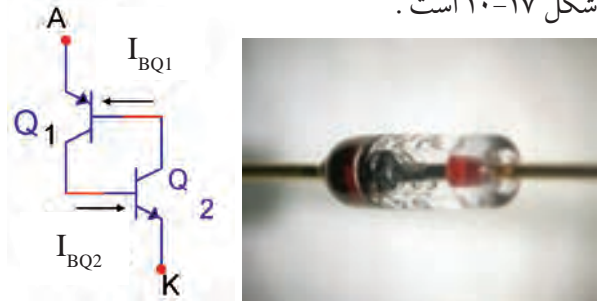
### شاکلی

چنان چه دیود شاکلی را در بایاس موافق بایاس کنیم، به مجرد این که ولتاژ ورودی از مقدار ولتاژ (عبور از شکست) دیود بیش تر شود، آن را هادی می کند. به این ترتیب دیود مانند کلید بسته شده عمل می کند. اگر دیود شاکلی در بایاس مخالف قرار گیرد با افزایش مقدار  $V$ ، دیود در بایاس مخالف عمل می کند و مشخصه ولت- آمپر آن مانند مشخصه یک دیود معمولی در بایاس مخالف است. در شکل ۱۰-۱۹ منحنی مشخصه ولت- آمپر دیود شاکلی و نماد مداری آن رسم شده است.



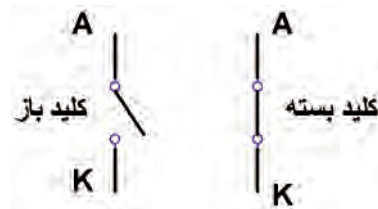
شکل ۱۰-۱۹ منحنی مشخصه و نماد مداری دیود شاکلی

این دو ترانزیستور به صورت مستقیم به یک دیگر کوپل شده اند. شکل واقعی و معادل ترانزیستوری دیود شاکلی مانند شکل ۱۰-۱۷ است.



شکل ۱۰-۱۷ شکل واقعی و معادل ترانزیستوری دیود شاکلی

این مجموعه به قفل ترانزیستوری (Transistor Latch) معروف است. وقتی هر دو ترانزیستور در حالت اشباع باشند، کلید وصل است و وقتی هر دو ترانزیستور در حالت قطع باشند کلید باز است. شکل ۱۰-۱۸ آند و کاتد را در حالت وصل و قطع مانند یک کلید نشان می دهد.



شکل ۱۰-۱۸ آند و کاتد مانند یک کلید عمل می کنند

## ۱-۶-۱۰ عمل قفل ترانزیستوری

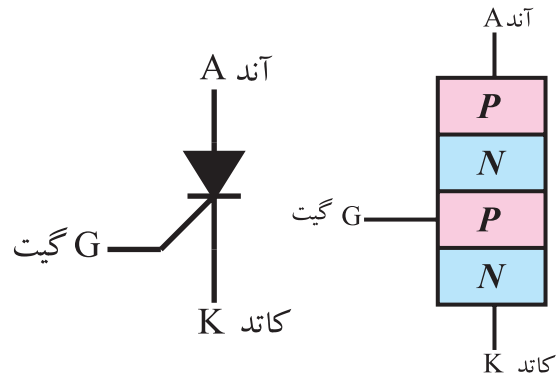
اتصال کلکتور به بیس دو ترانزیستور  $Q_1$  و  $Q_2$  نوعی فیدبک مثبت را ایجاد می کند. اگر  $I_{BQ2}$  افزایش یابد  $I_{CQ2}$  افزایش می یابد، همان جریان بیس  $Q_1$  است باز با زیاد شدن جریان بیس  $Q_1$ ،  $I_{CQ1}$  نیز زیاد می شود. جریان  $I_{CQ1}$  همان جریان بیس  $Q_2$  است که سبب می شود جریان بیس  $Q_2$  مجدداً افزایش یابد و سبب افزایش  $I_{CQ2}$  و  $I_{BQ1}$  می شود در نهایت دو ترانزیستور اشباع می شوند و مانند کلید بسته عمل می کنند.

## ۷-۱۰ یکسوسازی کنترل شده سیلیکونی یا

### تریستور

### (Silicon Controlled Rectifier- SCR)

یک تریستور یا SCR از ۴ قطعه نیمه هادی نوع P و N تشکیل می شود، شکل ۲۰-۱۰-الف.



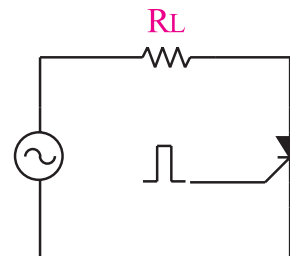
الف) ساختمان داخلی SCR ب) علامت قراردادی SCR

### شکل ۲۰-۱۰ ساختمان داخلی و علامت قراردادی SCR

پایه های SCR را آند (A)، گیت (G) و کاتد (K) نام گذاری می کنند.

علامت قراردادی یک SCR مانند شکل ۲۰-۱۰-ب است. یک تریستور یا SCR، در حقیقت یک دیود قدرت یکسو کننده ی سیلیکونی قابل کنترل است.

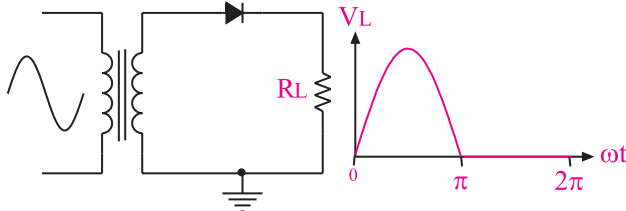
هنگامی تریستور هدایت می کند که علاوه بر مثبت بودن ولتاژ آند نسبت به کاتد و برقراری جریان راه اندازی کافی در سر آند و کاتد، یک پالس مثبت نیز به گیت آن داده شود شکل ۲۱-۱۰.



شکل ۲۱-۱۰-پالس مثبت به گیت SCR جهت روشن شدن آن

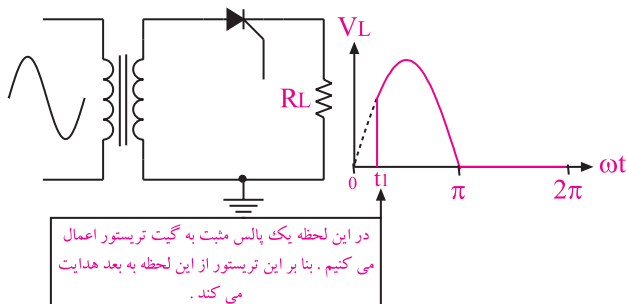
برای بررسی کاربرد یک SCR به شکل ۲۲-۱۰ توجه کنید.

در شکل ۲۲-۱۰ هنگامی که ولتاژ آند دیود حدود ۰/۷ ولت نسبت به کاتد مثبت تر شود دیود هدایت می کند و نیم سیکل مثبت ولتاژ ورودی را به خروجی می رساند.



شکل ۲۲-۱۰ دیود نیم سیکل منفی را حذف و نیم سیکل مثبت را از خود عبور می دهد

در شکل ۲۳-۱۰ تریستور در فاصله زمانی صفر تا  $t_f$  قطع است زیرا هیچ پالس فرمانی به گیت آن اعمال نشده است. در این فاصله ولتاژ خروجی برابر صفر می شود. در لحظه  $t_f$ ، یک پالس فرمان رابه گیت تریستور می دهیم. با دریافت این پالس فرمان تریستور به طور ناگهانی هادی (روشن) می شود. در فاصله  $t_f$  تا  $\pi$  ولتاژ ورودی به خروجی می رسد.

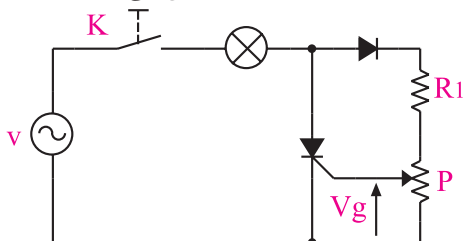


شکل ۲۳-۱۰ تریستور می تواند تمام و یا قسمتی از یک سیکل را عبور دهد

شکل موج خروجی مدار شکل ۲۳-۱۰ در مقایسه با شکل موج خروجی شکل ۲۲-۱۰ دارای ولتاژ موثر و متوسط کم تری است لذا توان تلف شده در مقاومت  $R_L$  نیز کم تر می شود. بنابراین با کنترل زاویه روشن شدن SCR (کنترل زاویه آتش) می توانیم میزان ولتاژ مصرف کننده، جریان

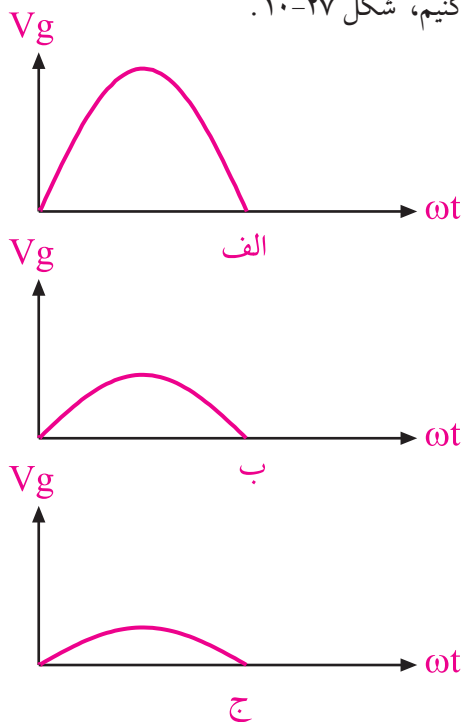
## ۸-۱۰ مدارهای فرمان SCR

برای ایجاد پالس فرمان جهت روشن کردن (هادی کردن) SCR، از مدارهای الکترونیکی یا کامپیوتری استفاده می شود. در این قسمت یک نمونه مدار فرمان نسبتاً ساده را مورد بررسی قرار می دهیم. شکل ۱۰-۲۶ یک نمونه مدار فرمان SCR را نشان می دهد. در این مدار چنانچه  $V_g$  به حدود  $0.7V$  ولت برسد، جریانی از گیت SCR عبور می کند و تریستور را به حالت روشن می برد.



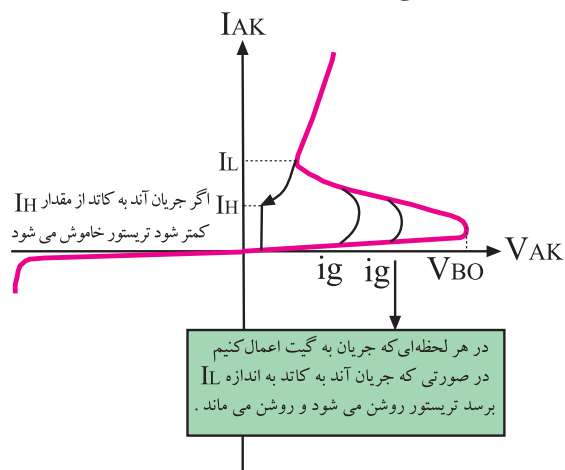
شکل ۱۰-۲۶

با تغییر پتانسیومتر  $P$ ، می توانیم دامنه  $V_g$  را تغییر دهیم. در این شرایط زمان رسیدن ولتاژ به  $0.7V$  ولت تغییر می کند به این ترتیب قادر خواهیم بود که زمان روشن شدن SCR را کنترل کنیم، شکل ۱۰-۲۷.



شکل ۱۰-۲۷ با تغییر پتانسیومتر  $P$ ، دامنه ولتاژ  $V_g$  تغییر می کند

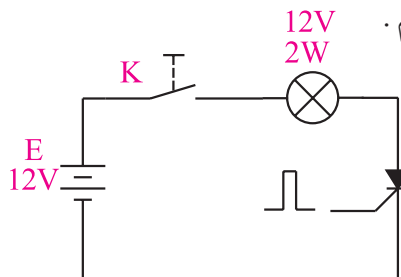
مصرف کننده یا توان مصرف کننده را تنظیم یا کنترل کنیم. منحنی مشخصه ولت-آمپر یک SCR را در شکل ۱۰-۲۴ مشاهده می کنید.



شکل ۱۰-۲۴- منحنی مشخصه ولت - آمپر SCR

اگر ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه ولتاژ  $V_{BO}$  افزایش یابد، تریستور بدون دادن پالس فرمان به گیت روشن می شود. معمولاً ولتاژ  $V_{BO}$  در SCRها خیلی زیاد است و گاهی از  $1500V$  ولت نیز تجاوز می کند. چنانچه جریان  $I_{AK}$  حداقل برابر با جریان قفل کننده یعنی  $I_H$  شود، با رسیدن پالس فرمان به گیت و برقراری جریان در آن، تریستور روشن می شود. یک تریستور روشن را نمی توانید با قطع پالس فرمان به گیت آن خاموش کنید. مگر آن که جریان گذرنده از آند به کاتد آن ( $I_{AK}$ ) از جریان نگهدارنده  $I_H$  (معمولاً چند میلی آمپر) کم تر شود، یا مسیر جریان گذرنده از آند و کاتد برای لحظه ای قطع شود.

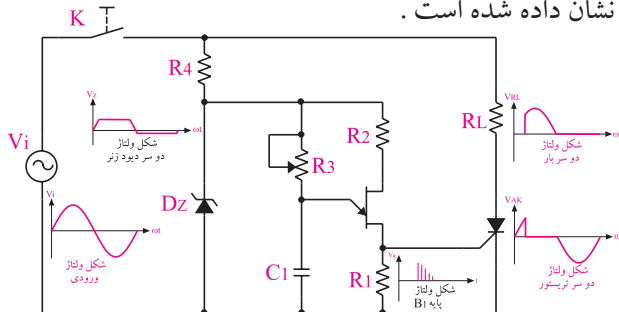
برای مثال اگر مانند شکل ۱۰-۲۵، SCR را به ولتاژ DC وصل کنیم. بعد از قطع در پالس فرمان، SCR هم چنان روشن می ماند. برای خاموش کردن آن باید به هر طریق ممکن (مثلاً قطع مدار) مقدار  $I_{AK}$  را به صفر یا کم تر از  $I_H$  برسانیم.



شکل ۱۰-۲۵

در شکل ۳۰-۱۰ نمونه دیگری از مدار فرمان تریستوری را که در آن از تریستور و UJT استفاده شده است را ملاحظه می کنید.

در این مدار شکل موج ولتاژ در نقاط مختلف مدار نیز نشان داده شده است.



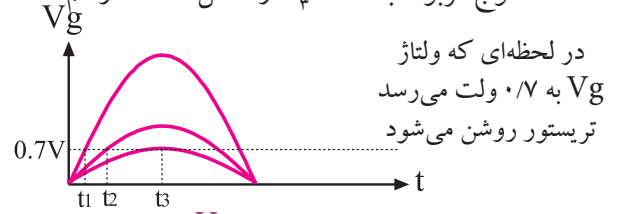
شکل ۳۰-۱۰

همان طور که مشاهده می شود، پالس های سوزنی شکل که روی پایه B<sub>۱</sub> ایجاد می شود. به گیت SCR می رسد و آن را هادی می کند. بعد از روشن شدن SCR ولتاژ دوسر آن شدیداً افت می کند. با تغییر مقاومت R<sub>p</sub> می توانیم زمان شارژ و دشارژ خازن را تغییر دهیم و میزان تاخیر در ایجاد اولین پالس را به دلخواه تنظیم کنیم. به عبارت دیگر **به آسانی می توانیم زاویه آتش تریستور یعنی زمان هدایت تریستور را تنظیم کنیم.** با تنظیم زاویه آتش می توانیم ولتاژ، جریان یا توان مصرف کننده را کنترل کنیم.

### ۹-۱۰ سری کردن تریستورها

برای کار در ولتاژ بالا می توانیم دو یا چند تریستور را با هم سری کنیم. معمولاً منحنی مشخصه های تریستورها حتی از یک نوع شبیه به هم، کاملاً با هم یکسان نیستند. در شکل ۳۱-۱۰ منحنی مشخصه ی دونوع تریستور رسم شده است.

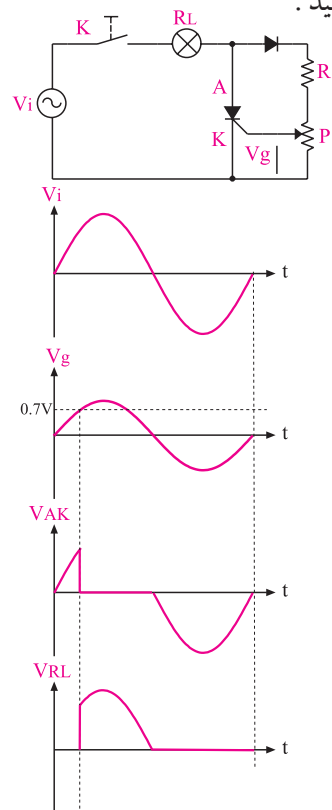
حداکثر زاویه آتش این مدار فرمان ساده، ۹۰ درجه است زیرا لازم است تا ۹۰ درجه، ولتاژ V<sub>g</sub> حداقل به ۰.۷ ولت برسد تا SCR روشن شود. چنان چه مقدار ولتاژ V<sub>g</sub> تا ۹۰ درجه به ۰.۷ ولت نرسد، دیگر نمی تواند SCR را روشن کند. زیرا دامنه ولتاژ از ۹۰ تا ۱۸۰ درجه کم می شود. شکل موج مربوط به لحظه t<sub>p</sub> در شکل ۲۸-۱۰ رسم شده است.



شکل ۲۸-۱۰ تاثیر دامنه V<sub>g</sub> در روشن شدن تریستور

نقش دیود در مدار شکل ۲۶-۱۰ این است که مانع رسیدن نیم سیکل های منفی به گیت SCR می شود. زیرا در نیم سیکل منفی دیود گیت - کاتد در بایاس مخالف قرار دارد و دیود هدایت نمی کند. حال اگر پالس فرمان به گیت بدهیم، علاوه بر افزایش تلفات در تریستور ممکن است به دیود گیت کاتد آسیب برسد.

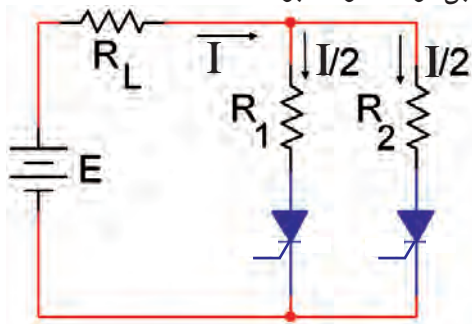
در شکل ۲۹-۱۰ شکل موج های مختلف مدار فرمان را مشاهده می کنید.



شکل ۲۹-۱۰ شکل موج های مدار فرمان SCR

می تواند حداکثر جریان ۴ آمپر را از خود عبور دهد. اگر بخواهیم جریان ۸ آمپر را از بار عبور دهیم می توانیم از دو تریستور ۴ آمپری به صورت موازی استفاده کنیم. در عمل هنگامی که تریستورها با هم موازی می شوند به علت اختلافی که در مشخصه‌ی آن‌ها وجود دارد، جریان بار به طور مساوی بین آن‌ها تقسیم نمی شود. تریستوری که جریان بیش تری را از خود عبور می دهد تلفات توان بیش تری نیز دارد.

برای کاهش این تلفات توان می توانیم مطابق شکل ۱۰-۳۳ یک مقاومت کوچک را به صورت سری با هر یک از تریستورها قرار دهیم تا جریان به صورت برابر بین تریستورها تقسیم شود. بدیهی است که در این حالت تلفات مقاومت‌های سری قابل توجه خواهد بود.



شکل ۱۰-۳۳ تریستورها به طور موازی

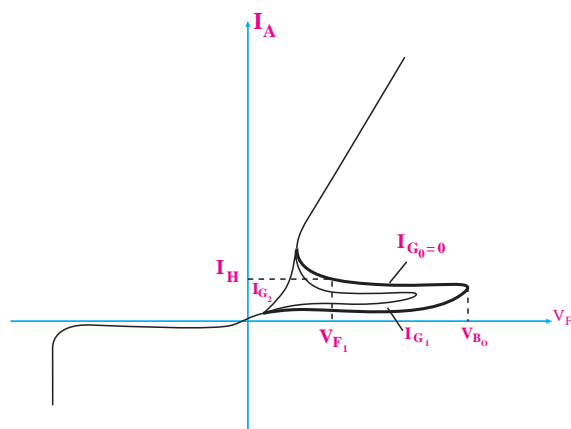
## ۱۰-۱۱- آزمایش شماره ۲

کنترل زاویه آتش یک تریستور با استفاده از پالس‌های فرمان

### زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

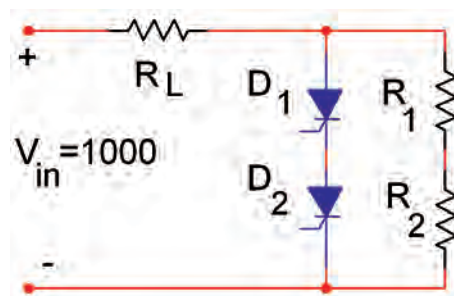
#### ۱-۱۱-۱۰ هدف آزمایش:

تشخیص SCR سالم از معیوب و کاربرد SCR در برش شکل موج (دیمر نیم موج)



در شکل ۱۰-۳۱ منحنی مشخصه‌ی دوتیستور

همان طور که در شکل ۱۰-۳۱ مشاهده می شود ولتاژ شکست دو تریستور در بایاس موافق با هم تفاوت دارد، ولی جریان خاموش آن‌ها تقریباً با هم برابر است. همان طور که قبلاً گفته شده هدف از سری کردن دیودها، تقسیم ولتاژ با یاس مخالف بین دیودها است ولی در تریستورها، تقسیم ولتاژ هم در بایاس موافق و هم در بایاس مخالف (بین تریستورها) صورت می گیرد. در شکل ۱۰-۳۲ دو تریستور باهم سری شده‌اند.

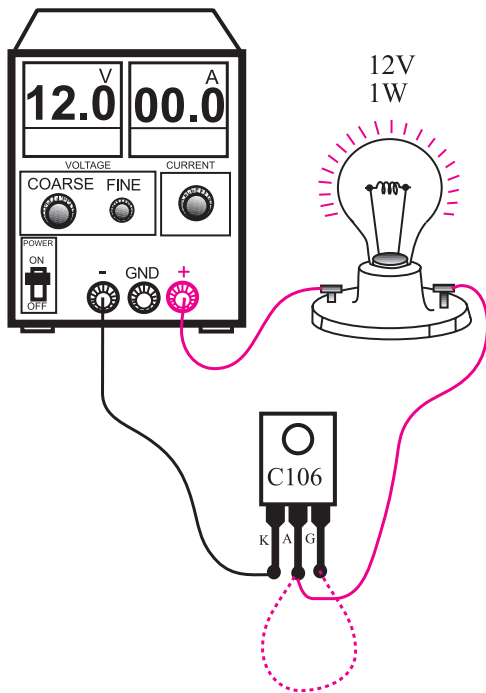


در شکل ۱۰-۳۲ دوتریستور با هم سری شده اند.

اگر  $V_{in} = 1000V$  ولت باشد ولتاژ بایاس موافق در دو سر هر تریستور برابر با  $500V$  است. وجود دو مقاومت مساوی  $R$ ، سبب تقسیم ولتاژ برابر در دو سر هر تریستور می شود. معمولاً مقدار مقاومت‌ها را بسیار زیاد در نظر می گیرند.

## ۱۰-۱۰ موازی کردن تریستورها

هنگامی که تریستورها را با هم موازی می کنیم، جریان بار بین تریستورها تقسیم می شود. فرض می کنیم تریستوری



شکل ۳۴-۱۰ مدار آزمایش تعیین سالم بودن SCR

- منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت DC تنظیم کنید و سپس آن را به مدار اتصال دهید.
- در حالت عادی لامپ باید خاموش باشد (مراقب باشید گیت را با دست لمس نکنید).
- در یک لحظه کوتاه گیت را به آند وصل کنید لامپ باید روشن شود.

■ گیت را از آند قطع کنید اگر بعد از قطع گیت لامپ همچنان روشن ماند SCR سالم و در غیر این صورت SCR سوخته است.

**سوال ۶:** چرا بعد از قطع گیت در یک SCR سالم باید لامپ هم چنان روشن باقی بماند؟ توضیح دهید.

۲-۱۱-۱۰ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۱۵V	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله یا یک کاناله	یک دستگاه
۳	بردبرد	یک قطعه
۴	ترانسفورماتور ۲A و ۱۲/۲۲۰V	یک عدد
۵	SCR به شماره C106 یا مشابه	یک عدد
۶	دیود 1N4001	یک عدد
۷	مقاومت $10k\Omega$ ( $\frac{1}{4}$ وات)	سه عدد
۸	پتانسیومتر $50k\Omega$	یک عدد
۹	خازن $1\mu f$	یک عدد
۱۰	لامپ ۱۲ ولت (حداقل ۰/۵ وات) همراه با سریچ	یک عدد
۱۱	سیم‌های رابط	به مقدار کافی
۱۲	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

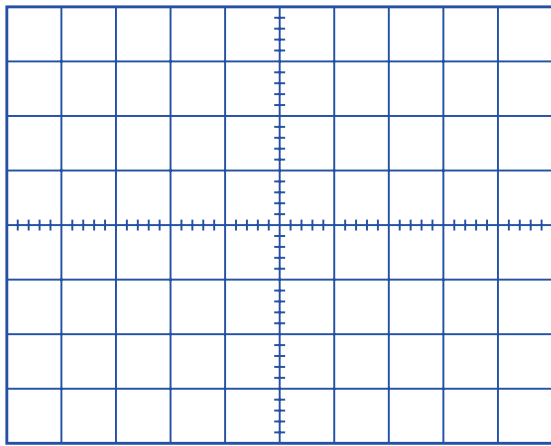
۳-۱۱-۱۰ مراحل اجرای آزمایش:

### الف: تشخیص SCR سالم از معیوب

- برای تشخیص سلامت یک تریستور می‌توانید آزمایش زیر را روی آن انجام دهید.
- وسایل مورد نیاز را از آماده کنید.
- مدار شکل ۳۴-۱۰ را به کمک سیم‌های گیره‌دار ببندید.

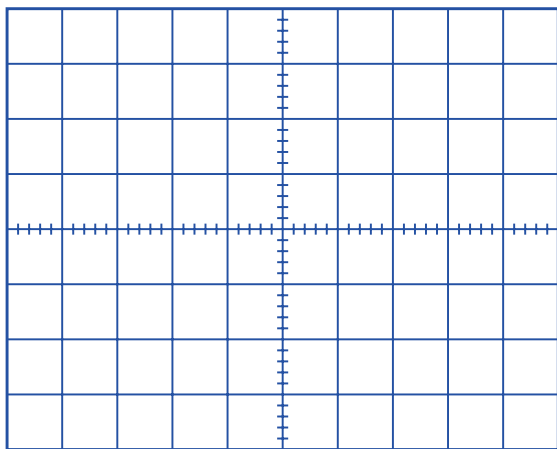
■ کلید Line Trig را فعال کنید تا بتوانید زاویه برش را کاملاً ببندید.  
 ■ سایر تنظیمات لازم دیگر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

■ ولوم  $500k$  را در حداکثر مقدار خود قرار دهید.  
 ■ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ را که روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده می کنید در شکل ۱۰-۳۶ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۱۰-۳۶ شکل موج ولتاژ دوسر لامپ در حالتی که پتانسیومتر در حداکثر مقدار خود قرار دارد.

■ ولوم را دوباره تقریباً در وسط مقدار خود قرار دهید.  
 ■ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ را مشاهده کنید و در شکل ۱۰-۳۷ با مقیاس مناسب ترسیم نمایید.



شکل ۱۰-۳۷ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ در حالتی که پتانسیومتر در وسط مقدار خود قرار دارد.

## موضوع ب: کاربرد SCR در برش شکل موج

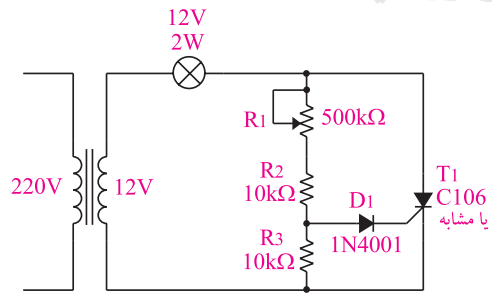
■ به کمک سیم های گیره دار مدار شکل ۱۰-۳۵ را

ببندید

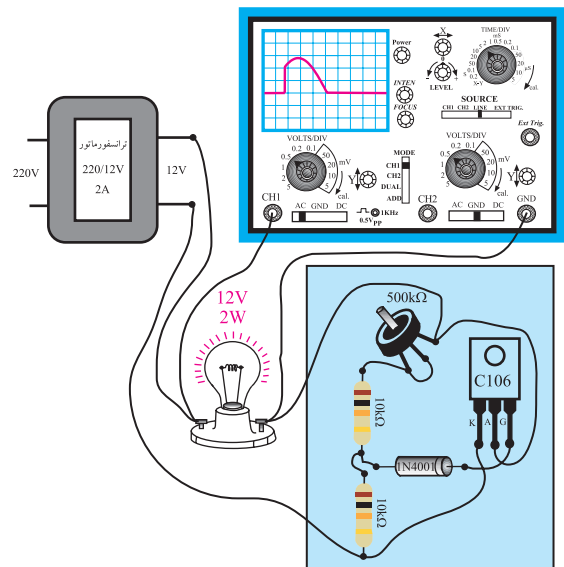
■ اگر مدار شکل ۱۰-۳۵ به صورت برد مدار چاپی

آماده در اختیار شما قرار داده شده است، آن را مورد

بررسی قرار دهید.



الف: نقشه فنی مدار



ب: مدار عملی

شکل ۱۰-۳۵ مدار آزمایش

■ دو سر لامپ را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

■ تنظیمات زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.


Volts / Div =  $5V$

Time / Div =  $20ms$



## ۴-۱۱-۱۰ نتایج آزمایش

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

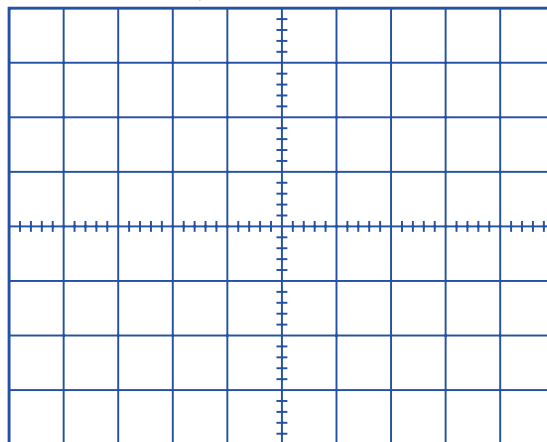


الف-

ب-

ولوم را در حداقل مقدار خود قرار دهید.

شکل موج ولتاژ مشاهده شده روی صفحه حساس را در شکل ۱۰-۳۸ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۱۰-۳۸ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ در حالتی که پتانسیومتر در حداقل مقدار قرار دارد.

شکل ۱۰-۳۶، ۱۰-۳۷، و ۱۰-۳۸ شکل ولتاژ دو سر لامپ در حالات مختلف ولوم  $500k$  را نشان می دهد.

همان طور که در شکل ۱۰-۳۵ مشاهده می شود با

تغییر پتانسیومتر می توانیم زاویه برش و نور لامپ

را تغییر دهیم. در این حالت مقدار متوسط و موثر

ولتاژ دو سر لامپ یا بار نیز تغییر می کند.

**سوال ۷:** در شکل ۱۰-۳۵ نقش دیود را توضیح

دهید؟

## ۱۲-۱۰ مقادیر حد در تریستور

یکی از قطعات پر کاربرد در الکترونیک صنعتی، تریستور (SCR) است. برای SCR نیز مانند سایر قطعات، بر گه اطلاعات وجود دارد. معمولاً در بر گه اطلاعات، مقادیر حد تریستورها تحت عنوان "Maximum Rating" نوشته می شود. برخی از این مقادیر که از اهمیت بیش تری برخوردار هستند عبارتند از:

۱- حداکثر ولتاژ سد تکراری در بایاس موافق و مخالف  
Peak Repetitive Forward and Reverse Blocking Voltage

۲- جریان موثر در بایاس موافق  
RMS Forward Current

۳- جریان معدل در بایاس موافق  
Average Forward Current

۴- ماکزیمم جریان لحظه ای غیر تکراری  
Peak Non repetitive surge Current

۵- قدرت ماکزیمم گیت

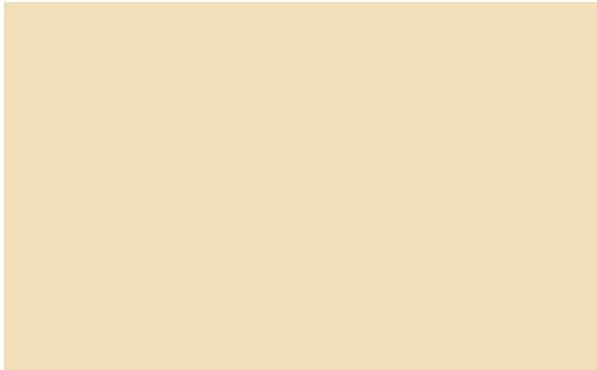
Peak Gate power

۶- حداکثر جریان بایاس موافق گیت

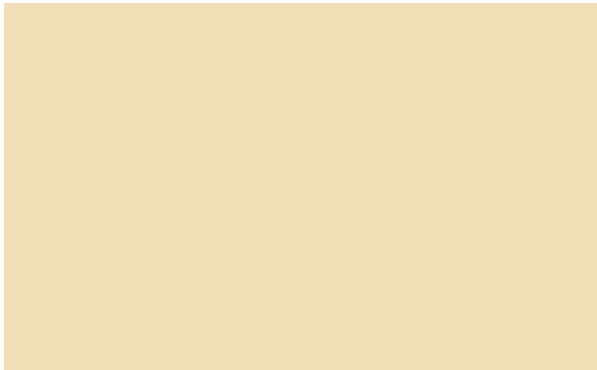
Peak Forward Gate Current

### ۳-۱۳-۱۰ مراحل اجرای آزمایش :

در صفحات بعد برگه اطلاعات مربوط به SCR با شماره فنی C106 را مشاهده می کنید. با توجه به این برگه اطلاعات به پرسش های زیر پاسخ دهید.  
■ شکل ظاهری SCR به شماره C106 را در نمودار شکل ۳۹-۱۰ رسم کنید و پایه های آن را مشخص کنید.



شکل ۳۹-۱۰ رسم شکل ظاهری SCR و پایه های آن  
■ شکل ظاهری SCR موجود در آزمایشگاه را در نمودار شکل ۴۰-۱۰ را رسم کنید و شماره فنی آن را بنویسید.



شکل ۴۰-۱۰ رسم شکل ظاهری SCR موجود در آزمایشگاه

■ حداکثر ولتاژ سد تکراری در بایاس معکوس (VRRM) در SCR با شماره فنی C106 چند ولت است؟ یادداشت کنید.

ولت  $V_{RRM} = \dots$

■ جریان RMS در بایاس موافق تریستور C106 چند آمپر است؟

$I_{T(RMS)} = \dots A$

### معرفی سایت :



همان طور که قبلاً گفته شد، مقادیر حد برای قطعات الکترونیکی را در برگه های اطلاعات یا دیتا شیت (Data sheet) درج می کنند. برای دسترسی به انواع برگه های اطلاعات می توانید به سایت: [ALL Datasheet.com](http://ALL Datasheet.com) مراجعه کنید.

در ادامه در کار عملی برخی از مقادیر حد در برگه اطلاعات تریستور به زبان انگلیسی ارائه شده است.

### ۳-۱۳-۱۰ آزمایش شماره ۳

#### برگه اطلاعات تریستور

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

#### ۱-۱۳-۱۰ هدف آزمایش :

استخراج مقادیر حد تریستور از یک برگه اطلاعات

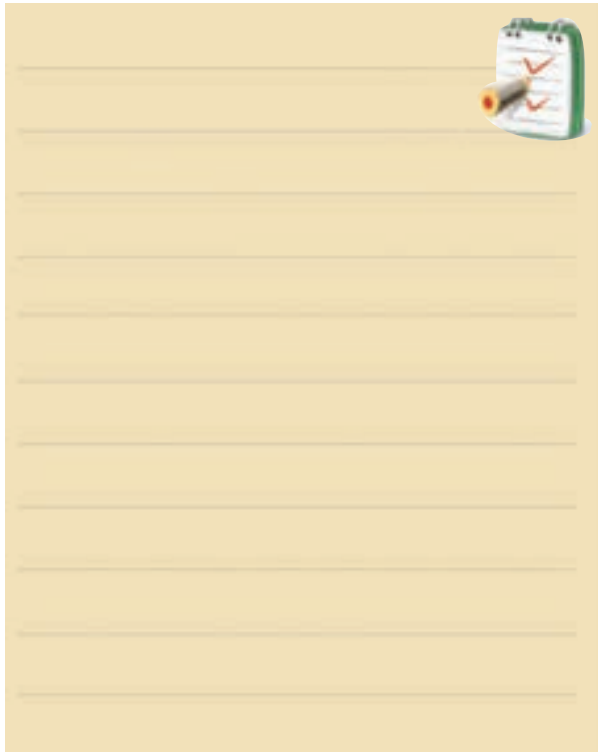
#### ۲-۱۳-۱۰ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد

مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	تریستور شماره C106 و یا تریستور موجود در آزمایشگاه	یک عدد
۲	برگه اطلاعات تریستور	یک نسخه

## ۴-۱۳-۱۰ نتایج آزمایش

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



■ جریان معدل (میانگین) در بایاس موافق تریستور

C1۰۶ چند آمپر است؟

$$I_{T(RMS)} = \dots\dots A$$

■ ماکزیمم قدرت گیت چند وات است؟

$$P_{GM} = \dots\dots \text{وات}$$

■ معدل قدرت (توان) گیت چند وات است؟

$$P_{G(AVe)} = \dots\dots$$

■ ماکزیمم جریان گیت موافق چند آمپر است؟

$$I_{GFM} = \dots\dots (A)$$

همیشه قسمتی از زمان مفید خود را برای برقراری ارتباط مؤثر سرمایه گذاری کنید.  
ارتباط مؤثر و پایدار زمانی برقرار می شود که از صمیم قلب و با همت و تلاش مضاعف در طلب آن باشید.

# Silicon Controlled Rectifier

## Reverse Blocking Triode Thyristors

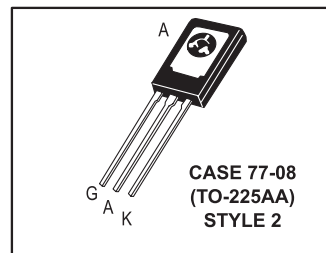
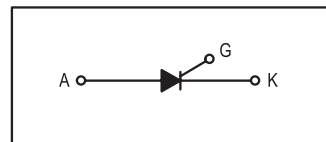
... Glassivated PNP devices designed for high volume consumer applications such as temperature, light, and speed control; process and remote control, and warning systems where reliability of operation is important.

- Glassivated Surface for Reliability and Uniformity
- Power Rated at Economical Prices
- Practical Level Triggering and Holding Characteristics
- Flat, Rugged, Thermopad Construction for Low Thermal Resistance, High Heat Dissipation and Durability

**C106  
Series\***

\*Motorola preferred devices

**SCRs  
4 AMPERES RMS  
50 thru 600 VOLTS**



**MAXIMUM RATINGS** ( $T_J = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Peak Repetitive Forward and Reverse Blocking Voltage <sup>(1)</sup> ( $R_{GK} = 1\text{ k}\Omega$ ) ( $T_C = -40^\circ$ to $110^\circ\text{C}$ )	$V_{DRM}$ or $V_{RRM}$	50 100 200 400 600	Volts
RMS Forward Current (All Conduction Angles)	$I_{T(RMS)}$	4	Amps
Average Forward Current ( $T_A = 30^\circ\text{C}$ )	$I_{T(AV)}$	2.55	Amps
Peak Non-repetitive Surge Current (1/2 Cycle, 60 Hz, $T_J = -40$ to $+110^\circ\text{C}$ )	$I_{TSM}$	20	Amps
Circuit Fusing ( $t = 8.3\text{ ms}$ )	$I^2t$	1.65	$A^2s$
Peak Gate Power	$P_{GM}$	0.5	Watt
Average Gate Power	$P_{G(AV)}$	0.1	Watt
Peak Forward Gate Current	$I_{GFM}$	0.2	Amp

1.  $V_{DRM}$  and  $V_{RRM}$  for all types can be applied on a continuous basis. Ratings apply for zero or negative gate voltage; however, (cont.) positive gate voltage shall not be applied concurrent with negative potential on the anode. Blocking voltages shall not be tested with a constant current source such that the voltage ratings of the devices are exceeded.

## آزمون پایانی فصل (۱۰)



۱- انواع دیودهای قدرت را نام ببرید؟



۲- دیودهای با کاربردهای عمومی دارای چه ویژگی‌هایی هستند؟ شرح دهید.



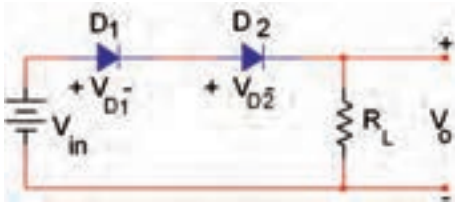
۳- از دیودهای ..... در مبدل‌های DC به DC و DC-AC استفاده می‌شود.

۴- عملکرد دیود شاتکی را به طور کامل و با رسم یک شکل شرح دهید؟



۵- مزایا و معایب دیود شاتکی را توضیح دهید.

۶- ولتاژ خروجی مدار شکل ۴۱-۱۰ از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟



شکل ۴۱-۱۰

۷- برای افزایش ولتاژ معکوس، دیودها را باهم سری می‌کنیم.

غلط  صحیح

۸- برای افزایش جریان و تأمین جریان بار می‌توانیم دیودها را به صورت موازی باهم اتصال دهیم.

غلط  صحیح

۹- کدام یک از جملات زیر در مورد دیود شاکلی صحیح نیست؟

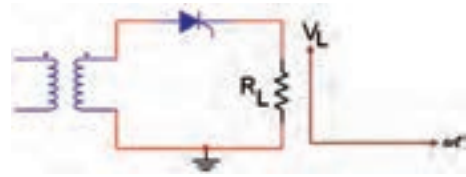
الف) در حالت قطع ولتاژ زیاد را تحمل می‌کند.

ب) در حالت هدایت، جریان زیاد را عبور می‌دهد.

ج) یک دیود چهار لایه PNPN است.

د) پایه‌ی خارجی آن، آندو گیت است.

۱۰- شکل موج خروجی شکل ۴۲-۱۰ را رسم کنید.



شکل ۴۲-۱۰

۱۱- برای خاموش کردن SCR باید مقدار  $I_{AK}$  به صفر یا کم تر از  $I_H$  برسد.

غلط  صحیح

۱۲- تریستور بدون دادن پالس فرمان به گیت روشن می شود، اگر.....

الف) ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه  $V_{BO}$  کاهش یابد.

ب) ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه  $V_{BO}$  افزایش یابد.

ج) ولتاژ آند و کاتد یکسان شود.

د) مقدار ولتاژ  $V_g$  به کم تر از  $0.7$  ولت برسد.

۱۳- هدف از سری کردن دیودها، ..... بایاس مخالف بین دیودها است.

۱۴- به چه دلیل تریستورها را باهم به صورت موازی اتصال می دهند؟ شرح دهید.

### آیا می دانید هنگامی که با یک مشتری عصبانی

### برخورد می کنید چه رفتاری باید داشته باشید؟

◆ آرامش خود را حفظ کنید.

◆ از روش های مختلف ثابت شده و موفق مانند احترام

گذاشتن و تعارف کردن به نوشیدن چای برای آرامش

مشتری عصبانی استفاده کنید.

◆ سعی کنید با بیان آرام، شیوا و مستدل خود به

فرد عصبانی کمک کنید تا از حالت پرخاشگرانه به

وضعیت حل مشکل تغییر وضعیت دهد.

◆ پس از اتمام صحبت های مشتری حتماً تا حد امکان

اقدام به حل مشکل نمایید و رضایت وی را بدست

آورید.



۱۵- مقادیر حد تریستورها را توضیح دهید.