بخش ششم

قطعات الکترونیک صنعتی

هدف کلی:

آشنایی با ساختمان و کاربرد قطعات الکترونیک قدرت

واحدکار	توانایی شماره	عنوان توانایی	زمان آموزش		
			نظری	عملی	جمع
$U_{۹}$	۲۲	توانایی بررسی عملکرد عناصر یک سو کننده قدرت	۱۵	۱۰	۲۵
$U_{۹}$	۲٤	توانایی بررسی عملکرد سایر عناصرالکترونیک قدرت چند پایه	۵	٤	۹
		جمع کل	۲۰	۱٤	۳٤

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 می‌رود 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 بارسم یک شکل ساده شرح دهد .
۱۰- مزایا و معایب دیود شاتکی را به طور کامل شرح دهد .
۱۱- مقادیرمجاز 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 هد.
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 – آمپردیود شاکلی را با رسم شکل توضیح دهد .
۱۹- عملکرد تریستوریا 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	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۱۵	۱۰	۲۵

پیش آزمون فصل (۱۰)

۱- الکترونیک قدرت ترکیبی از الکترونیک و قدرت است.

صحیح ❐ 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 $5\mu sec$ است .

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

۷- شکل زیر ، نماد کدام نوع دیود است ؟

الف) زنر ب) شاکلی

چ) شاتکی د) بازیافت سریع

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

صحیح ❐ غلط ❐

۹- کدامیک از جملات زیر صحیح نیست ؟

الف) از مزایای دیود شاتکی ، پایین بودن ولتاژ زانو است.

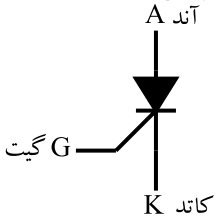
ب) زمان تغییر حالت از بایاس موافق به بایاس معکوس را زمان بازیابی معکوس می نامند.

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 .

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

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

۱۵- 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

۱-۱۰ ـ 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 عناصرالکترونیکی 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 وتوزیع انرژی الکتریکی دارد** . برای مثال می توانیم دستگاه‌های کنترل گرما ، هشدار دهنده ، شارژ کننده‌های باتری ، دزدگیر ، کنترل نور ، سیستم های محرک وسیله نقلیه، کنترل خودکار درب پارکینگ ، تولیدولتاژ زیاد مستقیم (HVDC) ، تایمرها ، مدارهای تلویزیون و دستگاه‌های چاپ را نام برد .

۲-۱۰ 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 دیود ها می توانند به عنوان کلید در مدارهایی مانند یک‌سوکننده‌ها ، رگولاتورهای کلید زنی (سوئیچینگ) ، شارژ 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 بااین 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

۱-۲-۱۰ 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 به‌طور مثال یک نمونه از این دیودها دارای زمان بازیافت ۲۵میکروثانیه است. این دیودها با جریان موافق کم تر از ۱A تاچندهزار آمپر، ولتاژ PIV از ۵۰ ولت تا حدود ۵KV ساخته می شوند .

۲-۲-۱۰ دیودهای بازیافت سریع

در دیودهای بازیافت سریع ، زمان بازیافت کم و معمولاً کم‌تر از ۵ میکروثانیه است. این دیودها در مبدل‌های 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 .

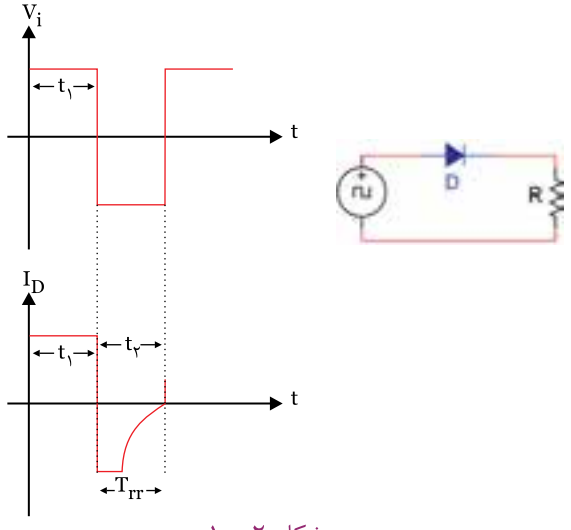
در شکل ۱-۱۰ چند نمونه از دیودهای بازیافت سریع را مشاهده می کنید .

شکل ۱-۱۰ چند نمونه دیودهای بازیافت سریع

۳-۲-۱۰ دیود شاتکی (Schottkey Diode)

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

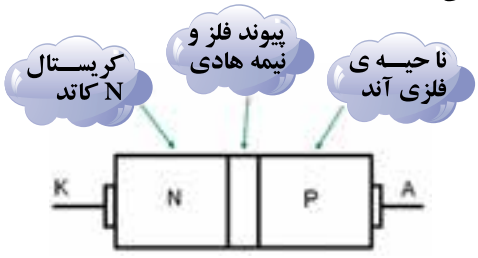
زمان تغییر حالت از بایاس موافق به بایاس مخالف را زمان "بازیابی معکوس" (Reverse Recovery Time) می نامند وآن را با Trr نشان می دهد به شکل ۲-۱۰ توجه کنید :



شکل ۲-۱۰

در مدت زمانی که سیگنال ورودی نیم سیکل مثبت را طی می کند (t_1) ، دیود در بایاس مستقیم قرار دارد و جریان از دیود عبور می کند. با معکوس شدن ولتاژ بایاس دیود ، انتظار می رود بلافاصله جریان دیودصفر شود اما مدتی طول می کشد تا جریان در بایاس معکوس به صفر برسد . این فاصله زمانی به صورت t_2 در شکل ۲-۱۰ نشان داده شده است. یادآور می‌شود که حتی دیودهای سیگنال نیز نمی‌توانند در فرکانس های بالای حدود ۱۰MHz 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 ۳-۱۰ ساخته می شوند .



شکل ۳-۱۰ ساختمان دیود شاتکی

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

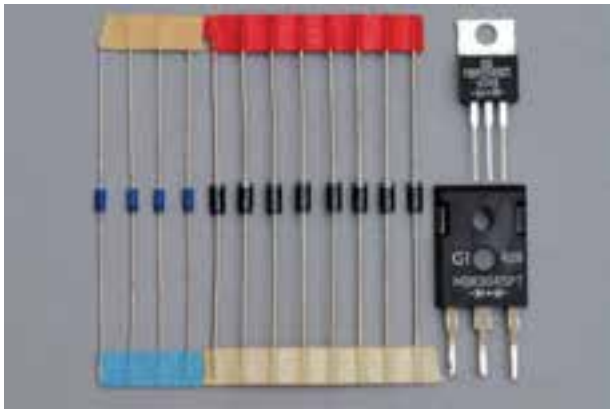
در واقع دیود شاتکی به دلیل نداشتن بار ذخیره شده‌در پیوند PN ، پس از اعمال ولتاژ با یاس مخالف به سرعت قطع می شود و می تواند در فرکانس های بالا حتی بالاتر از ۳۰۰MHz به خوبی عمل یک سوسازی را انجام دهد . نماد دیود شاتکی در شکل ۴-۱۰ رسم شده است.

شکل ۴-۱۰ نمادديود شاتکی

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 شده‌اند . از دیود شاتکی در مدارهای دیجیتالی و در آی سی‌های سری TTL شاتکی در حد گسترده استفاده می‌شود .

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



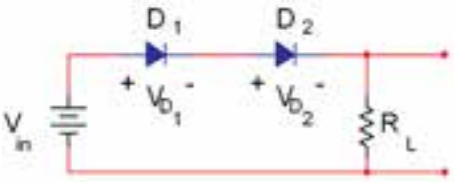
شکل ۵-۱۰- چند نمونه دیود شاتکی

۳-۱۰ آشنایی با دیودهای اتصال سری

یک دیود معمولی نمی‌تواند 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 .

۱-۳-۱۰-افت ولتاژ دیودهای سری

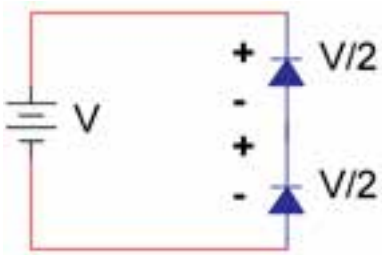
در بایاس موافق مانند شکل ۶-۱۰ ولتاژ دو سر دیودها با هم جمع می شوند و ولتاژ خروجی (ولتاژ دو سربار) را کاهش می دهند.



شکل ۶-۱۰ دیودهای سری در بایاس موافق

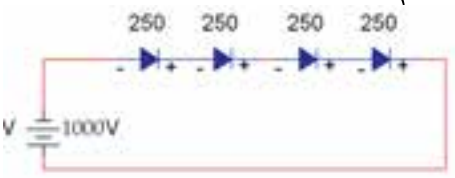
$$V_O = V_{in} - (V_{D_1} + V_{D_2})$$

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 $\frac{۱۰۰۰}{۴} = ۲۵۰$ ولت می‌شود .



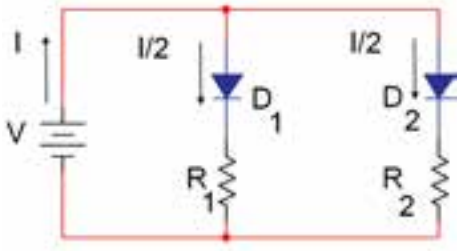
شکل ۸-۱۰ دیودها در بایاس مخالف

ولتاژ بایاس مخالف که در دو سر هر دیود قرار می گیرد، $\frac{V}{۴}$ است.

۴-۱۰ اتصال موازی دیودها

در مدارهایی که به قدرت بالایی نیاز دارند ، برای

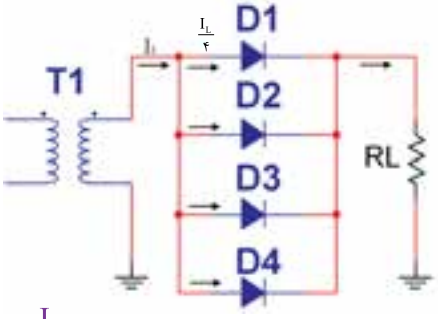
افزایش جریان و تأمین جریان مطلوب ، می توانیم دیودها را به صورت موازی با هم اتصال دهیم . در این حالت جریان بین دیودها بر اساس بار متصل شده به هر دیود تقسیم می‌شود. شکل ۹-۱۰ تقسیم جریان I را بین دو دیود D۱وD۲ نشان می دهد .



شکل ۹-۱۰ تقسیم جریان I به دو قسمت

توجه داشته باشید که در این حالت دیودها ایده‌آل فرض می‌شوند و مقاومت های R_1وR_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 هردیود برابر $\frac{I_L}{4}$ است .

نکته مهم:

مجموعه دیودهای سری می‌توانند ولتاژ بیش‌تری را تحمل کنند.

۵-۱۰ آزمایش شماره ۱

عملکرد مدارهای دیودی سری وموازی

زمان اجرا : ۴ ساعت آموزشی

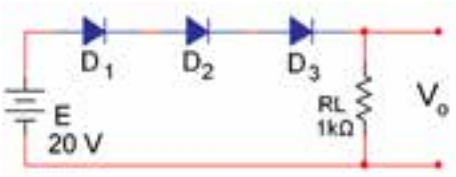
۱-۵-۱۰ هدف آزمایش : بررسی مدارهای دیودی سری وموازی

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

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۲۰V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	دیود ۱N۴۰۰۱	سه عدد
۴	مقاومت ۱kΩ ($\frac{۱}{۴}$ وات)	سه عدد
۵	مقاومت ۳/۳kΩ ($\frac{۱}{۴}$ وات)	سه عدد
۶	بردبرد	یک قطعه

۳-۵-۱۰ 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} = ...

V_{D_2} = ...

V_{D_3} = ...

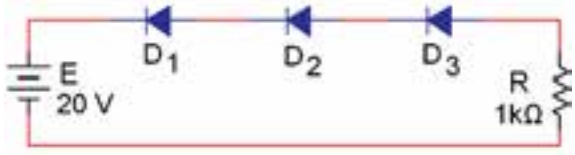
- ولتاژ دو سر بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

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

■ ولتاژ دو سر بار را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$V_{R_L} = V_{in} - (V_{D_1} + V_{D_2} + V_{D_3})$$
$$V_{R_L} = \ldots - (\ldots + \ldots + \ldots) V$$

■ دیودهـا را مطابق شـکل ۱۲-۱۰ در بایـاس مخالف قراردهید.



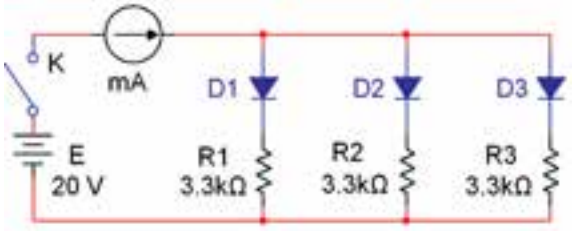
شکل ۱۲-۱۰

■ ولتاژ دو سـر هر دیـود را اندازه بگیرید و یادداشـت کنید.

$V_{D_1} = \ldots\ldots$
$V_{D_2} = \ldots\ldots$
$V_{D_3} = \ldots\ldots$

سـوال ۱ : آیا ولتاژ دو سر هر دیود برابر با $V_D = \frac{E}{3}$ است یا خیر ؟ توضیح دهید.

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



شکل ۱۳-۱۰

■ مولتی متر را روی حوزه کار آمپرمتر تنظیم کنید .

■ میلی آمپر متر را روی رنج ۵۰mA/DC قرار دهید و مطابق شـکل ۱۲-۱۰ با منبع به صورت سری ببندید و سپس کلید مدار را وصل کنید.

■ جریان کل مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$I = \ldots\ldots mA$

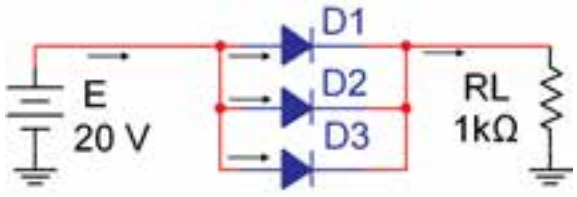
■ میلـی آمپرمتر را به ترتیب در هر شـاخه‌ی مدار قرار دهید و جریان هر شاخه را اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

$I_1 = \ldots\ldots mA$
$I_2 = \ldots\ldots mA$
$I_3 = \ldots\ldots mA$

سوال ۲: آیا مقدار جریان کل در رابطه: $I = I_1 + I_2 + I_3$ صدق می کند ؟

سوال ۳ : آیـا جریان هر شـاخه تقریباً برابر $\frac{I}{3}$ است ؟ توضیح دهید.

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



شکل ۱۴-۱۰

■ جریـان عبـوری از R_L رااندازه بگیرید و یادداشـت کنید.

$I_L = \ldots\ldots mA$

■ جریان عبوری از هریک از دیودها را اندازه بگیرید و

یادداشت کنید.

I_{D_1} = ...mA

I_{D_2} = ...mA

I_{D_3} = ...mA

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

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

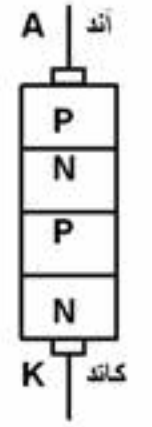
۱۰-۵-۴ نتایج آزمایش

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

۱۰-۶ دیود شاکلی (Schockley Diode)

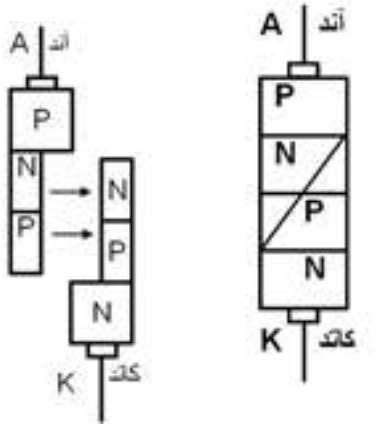
دیود شاکلی ، یک دیود چهار لایه PNPN است . پایه‌ی خارجی این دیود آند و کاتد نام دارد . دیودشاکلی در حالت قطع، ولتاژ زیاد و در حدود چند صد ولت را تحمل می کند هم‌چنین درحالتی که دیود شاکلی هادی است، می‌تواند جریان های زیاد تا چندصدآمپر را از خود عبورد هد. بنابراین می‌توانیم **از این دیود به عنوان کلید الکترونیکی در صنعت استفاده کنیم** .

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



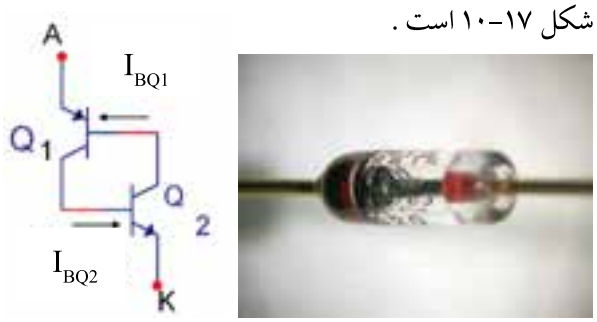
شکل ۱۰-۱۵ساختمان داخلی دیود شاکلی

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



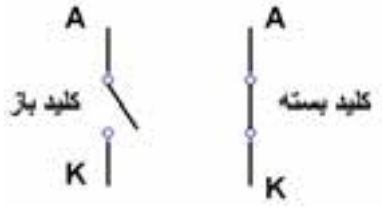
شکل ۱۰-۱۶- برش دیود شاکلی

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



شکل ۱۷-۱۰ 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 ۱۸-۱۰ آندو کاتد را در حالت وصل و قطع مانند یک کلید نشان می‌دهد.

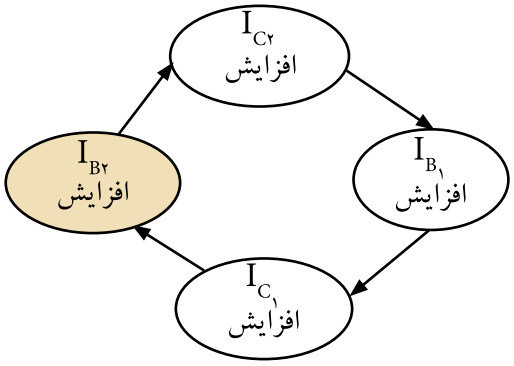


شکل ۱۸-۱۰ آند وکاتد مانند یک کلید عمل می کنند

۱-۶-۱۰ عمل قفل ترانزیستوری

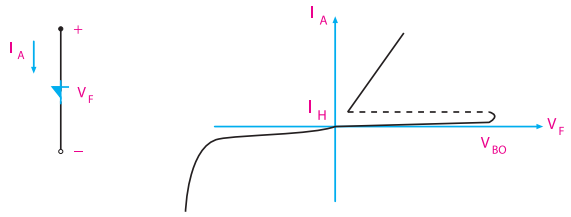
اتصال کلکتور به بیس دو ترانزیستور Q_1 و Q_2 نوعی فیدبک مثبت را ایجاد می کند . اگر I_{BQ2} افزایش یابد I_{CQ2} افزایش می یابد، I_{CQ2} همان جریان بیس Q_1 است بازیاد شدن جریان بیس Q_1 ، I_{CQ1} نیز زیاد می شود . جریان I_{CQ1} همان جریان بیس Q_2 است که سبب می شود جریان بیس Q_2 مجدداً افزایش یابد و سبب افزایش I_{C2} و I_{BQ1} می‌شود در نهایت دو ترانزیستور اشباع می شوند و مانند کلید بسته عمل می کنند .

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



۲-۶-۱۰ منحنی مشخصه ولت- آمپر دیود شاکلی

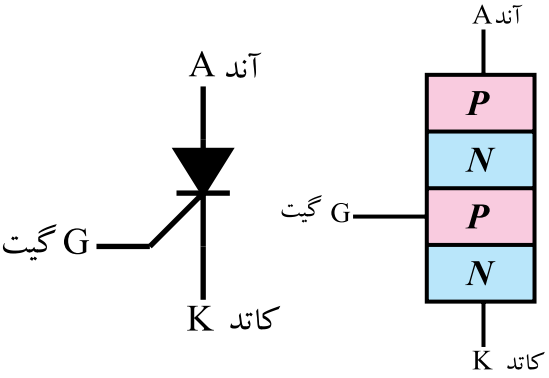
چنان چه دیود شاکلی را در بایاس موافق بایاس کنیم، به مجرد این که ولتاژ ورودی از مقدار ولتاژ (عبور از شکست) دیود بیش تر شود ، آن را هادی می کند. به این ترتیب دیود مانند کلید بسته شده عمل می کند . اگردیود شاکلی دربایاس مخالف قرار گیرد با افزایش مقدار V ، دیود در بایاس مخالف عمل می کند و مشخصه ولت- آمپر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



شکل ۱۹-۱۰ منحنی مشخصه و نماد مداری دیود شاکلی

۱۰-۷ 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.



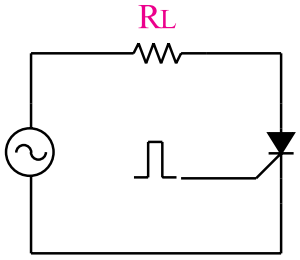
الف) ساختمان داخلی SCR ب : علامت قراردادی SCR

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 .

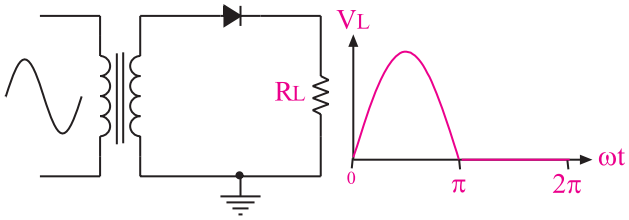
هنگامی تریستور هدایت می کند که علاوه بر مثبت بودن ولتاژ آند نسبت به کاتد و برقراری جریان راه اندازی کافی در سر آند و کاتد ، یک پالس مثبت نیز به گیت آن داده شود شکل ۲۱-۱۰.



شکل ۲۱-۱۰- پالس مثبت به گیت SCRجهت روشن شدن آن

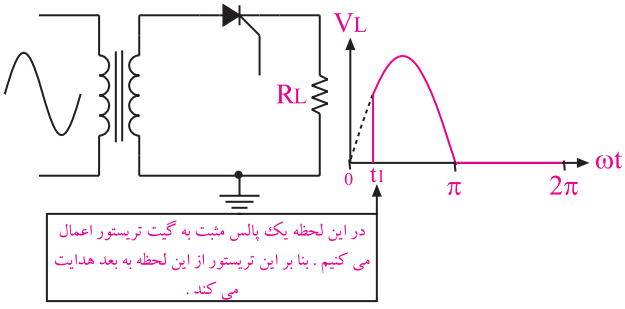
برای بررسی کاربرد یک SCR به شکل ۲۲-۱۰ توجه کنید.

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_1 قطع است زیرا هیچ پالس فرمانی به گیت آن اعمال نشده است. در این فاصله ولتاژ خروجی برابر صفر می شود . در لحظه t_1، یک پالس فرمان رابه گیت تریستور می دهیم. با دریافت این پالس فرمان تریستور به طور ناگهانی هادی (روشن) می‌شود. در فاصله t_1 تا π ولتاژ ورودی به خروجی می‌رسد.

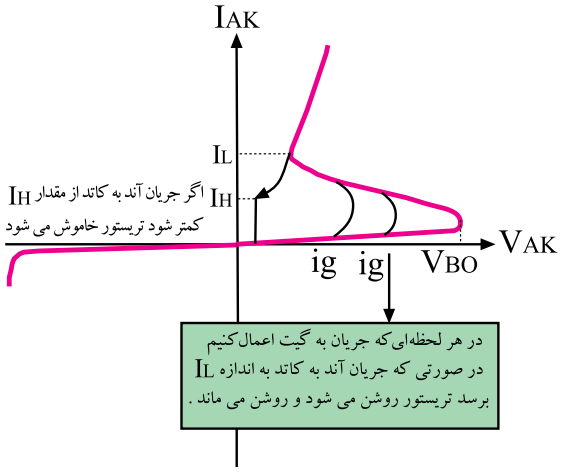


شکل ۲۳-۱۰ تریستور می تواند تمام و یا قسمتی از یک سیکل را عبور دهد

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 می‌شود. بنابراین با کنترل زاویه روشن شدن SCR (کنترل زاویه آتش) می‌توانیم میزان ولتاژ مصرف کننده ، جریان

مصرف کننده یا توان مصرف کننده را تنظیم یا کنترل کنیم .

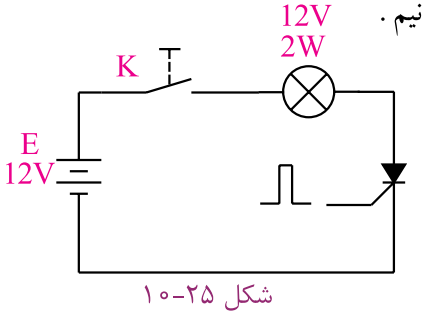
منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپریک SCR را در شکل ۱۰-۲۴ مشاهده می کنید .



شکل ۱۰-۲۴- منحنی مشخصه‌ی ولت - آمپرSCR

اگر ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه ولتاژ V_{BO} افزایش یابد ، تریستور بدون دادن پالس فرمان به گیت روشن می‌شود. معمولاً ولتاژ V_{BO}در SCRها خیلی زیاد است و گاهی از ۱۵۰۰ ولت نیز تجاوز می کند. چنان چه 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 میلی‌آمپر) کم‌تر شود، یا مسیر جریان گذرنده از آندو کاتدبرای لحظه‌ای قطع شود.

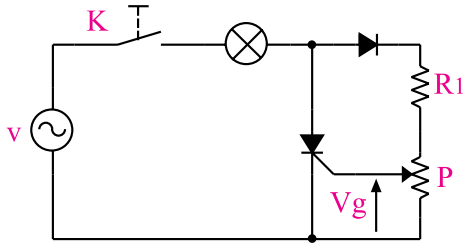
برای مثال اگر مانند شکل ۱۰-۲۵، SCR را به ولتاژ DC وصل کنیم . بعد از قطع در پالس فرمان ، SCR هم‌چنان روشن می ماند. برای خاموش کردن آن باید به هر طریق ممکن (مثلاً قطع مدار) مقدار I_{AK} را به صفر یا کم تر از I_H برسانیم .



شکل ۱۰-۲۵

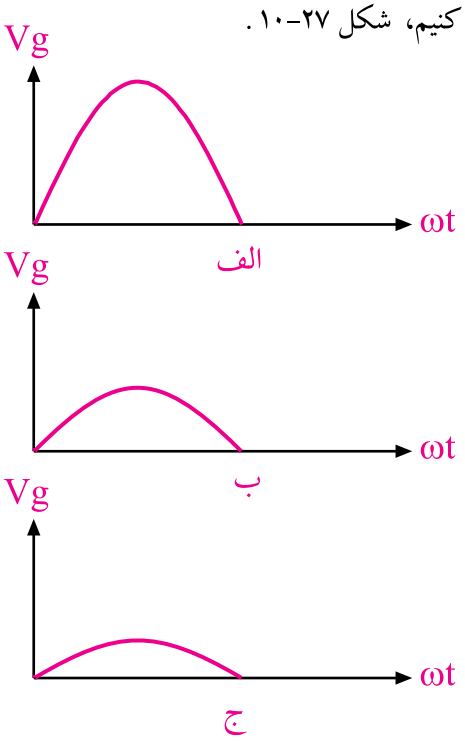
۱۰-۸ مدارهای فرمان SCR

برای ایجاد پالس فرمان جهت روشن کردن (هادی کردن) SCR ، از مدارهای الکترونیکی یا کامپیوتری استفاده می شود . در این قسمت یک نمونه مدارفرمان نسبتاً ساده را مورد بررسی قرار می دهیم. شکل ۱۰-۲۶ یک نمونه مدار فرمان SCR را نشان می دهد .در این مدار چنان چه Vg به حدود ۰/۷ ولت برسد ، جریانی از گیت SCR عبور می کند و تریستور را به حالت روشن می برد .



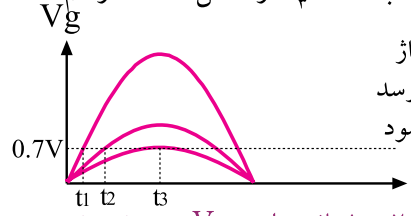
شکل ۱۰-۲۶

با تغییر پتانسیومتر P ، می توانیم دامنه Vgرا تغییر دهیم در این شرایط زمان رسیدن ولتاژ به ۰/۷ 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 Vgتغییر می کند

حداکثر زاویه آتش این مدار فرمان ساده ، ۹۰درجه است زیرا لازم اســت تــا ۹۰درجه، ولتاژ Vg حداقــل به ۰/۷ ولت برســد تا SCR روشن شود . چنان چه مقدار ولتاژ Vg تا ۹۰ درجه به ۰/۷ ولت نرســد ، دیگر نمی‌تواند SCR را روشــن کند . زیرا دامنه ولتاژ از ۹۰ تا ۱۸۰ درجه کم می شود. شکل موج مربوط به لحظه t_2 در شکل ۲۸-۱۰ رسم شده است .

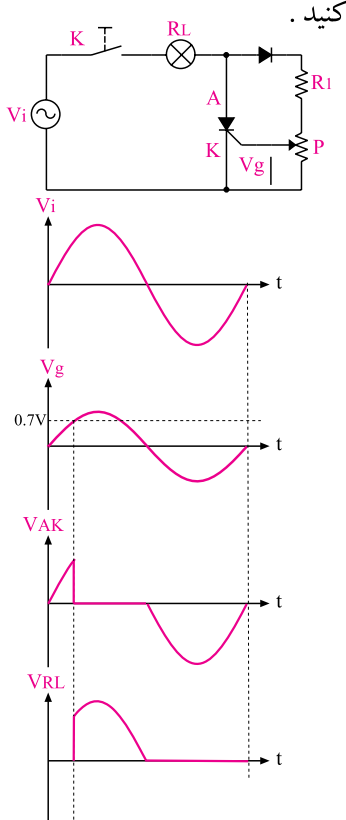


در لحظه‌ای که ولتاژ Vg به ۰/۷ ولت می‌رسد تریستور روشن می‌شود

شکل ۲۸-۱۰ تاثیر دامنه Vg در روشن شدن تریستور

نقــش دیــود در مدار شــکل ۲۶-۱۰ این اســت که مانع رســیدن نیم ســیکل های منفی به گیت SCR می شود . زیرا در نیم سیکل منفی دیود گیت -کاتد در بایاس مخالف قرار دارد و دیــود هدایت نمی کند. حال اگر پالس فرمان به گیت بدهیم ، علاوه بر افزایش تلفات در تریســتور ممکن است به دیود گیت کاتد آسیب برسد .

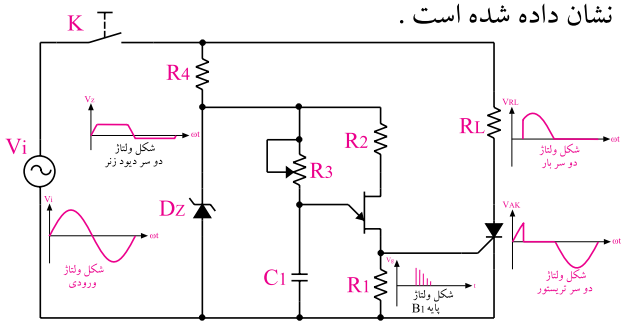
در شــکل ۲۹-۱۰ شکل موج های مختلف مدار فرمان را مشاهده می کنید .



شکل ۲۹-۱۰شکل موج‌های مدارفرمان SCR

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.

دراین مدار شــکل موج ولتاژ در نقــاط مختلف مدار نیز نشان داده شده است .



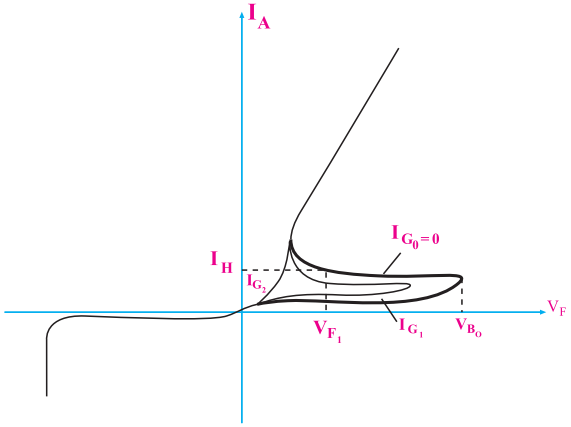
شکل ۳۰-۱۰

همان طور که مشــاهده می شــود ، پالس های ســوزنی شــکل که روی پایه B_1 ایجاد می شــود. بــه گیت SCR می رسد و آن را هادی می کند . بعد از روشن شدن SCR ولتاژ دوســر آن شدیداً افت می کند. با تغییر مقاومت R_2 می توانیم زمان شــارژ و دشــارژ خازن را تغییر دهیم ومیــزان تاخیر در ایجاد اولین پالــس را به دلخواه تنظیم کنیم . به عبارت دیگر **به‌آسانی 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

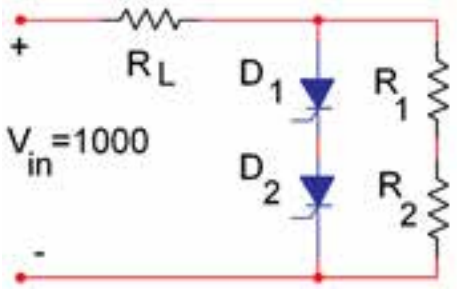
بــرای کار در ولتاژ بالا می‌توانیم دو یا چند تریســتوررا با هم سری کنیم. معمولاً منحنی مشخصه های تریستورها حتی از یک نوع شبیه به هم ، کاملاً با هم یکسان نیستند.

در شکل ۳۱-۱۰ منحنی مشخصه‌ی دونوع تریستور رسم شده است.



در شکل ۳۱-۱۰ منحنی مشخصه‌ی دونوع تریستور

همان طور که در شکل ۳۱-۱۰ مشاهده می شود ولتاژ شکست دو تریستور درباياس موافق با هم تفاوت دارد، ولی جریان حالت خاموش آن ها 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 ۳۲-۱۰ دو تریستور باهم سری شده‌اند.



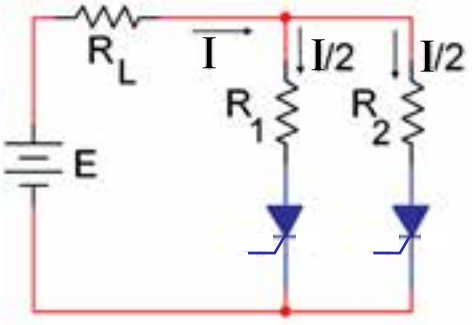
در شکل ۳۲-۱۰ دوتریستور با هم سری شده اند .

اگر $V_{in}=1000V$ ولت باشد ولتاژ بایاس موافق در دو سر هر تریستور برابر با ۵۰۰V است . وجود دو مقاومت مساوی R ، سبب تقسیم ولتاژ برابر در دو سر هر تریستور می‌شود. معمولاً مقدار مقاومت ها 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 می تواند حداکثر جریان ۴ آمپر را از خود عبور دهد . اگر بخواهیم جریان ۸ آمپر را ازبار عبور دهیم می توانیم از دو تریستور ۴ آمپری به صورت موازی استفاده کنیم. درعمل هنگامی که تریستورها با هم موازی می شوند به علت اختلافی که در مشخصه‌ی آن ها وجود دارد، جریان بار به طور مساوی بین آن ها تقسیم نمی شود . تریستوری که جریان بیش‌تری را از خود عبور می‌دهد تلفات توان بیش‌تری نیز دارد .

برای کاهش این تلفات توان می‌توانیم مطابق شکل ۳۳-۱۰ یک مقاومت کوچک رابه صورت سری با هریک 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 ۳۳-۱۰ تریستورها به طور موازی

۱۱-۱۰- آزمایش شماره ۲

کنترل زاویه آتش یک تریستور با استفاده از پالس های فرمان

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۱۱-۱۰ هدف آزمایش :

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

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

ردیف	نام ومشخصات	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 ۲۲۰V/۱۲و۲A	یک عدد
۵	SCR به شماره C۱۰۶ یا مشابه	یک عدد
۶	دیود ۱N۴۰۰۱	یک عدد
۷	مقاومت ۱۰kΩ ($\frac{۱}{۴}$ وات)	سه عدد
۸	پتانسیومتر ۵۰۰kΩ	یک عدد
۹	خازن ۰/۱ µf	یک عدد
۱۰	لامپ ۱۲ ولت (حداقل ۰/۵ وات) همراه با سرپیچ	یک عدد
۱۱	سیم‌های رابط	به مقدار کافی
۱۲	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

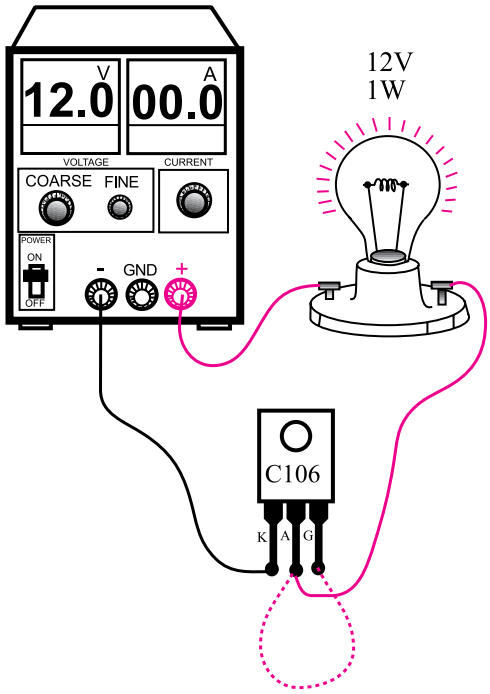
۳-۱۱-۱۰ مراحل اجرای آزمایش :

الف :تشخیص SCR سالم از معیوب

برای تشخیص سلامت یک تریستور می توانید آزمایش زیر را روی آن انجام دهید.

وسایل موردنیاز را از آماده کنید.

مدار شکل ۳۴-۱۰ را به کمک سیم های گیره‌دار ببندید.



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.

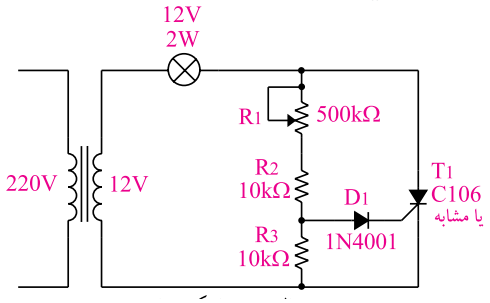
گیت را از آند قطع کنید اگر بعد از قطع گیت لامپ همچنان روشن ماند SCR سالم و در غیر این صورت SCR سوخته است .

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

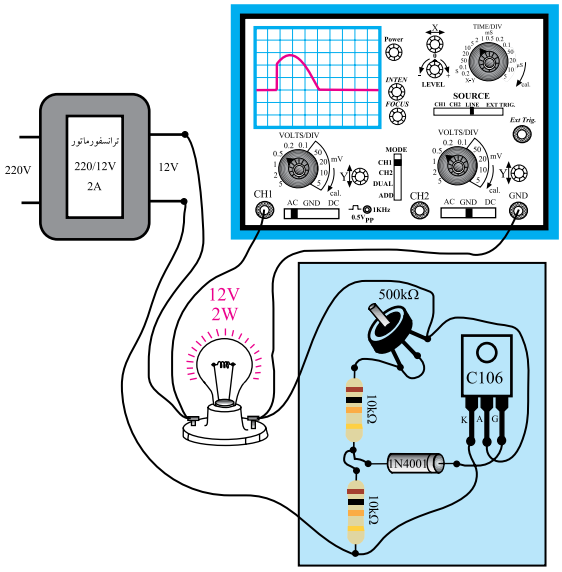
موضوع ب : کاربرد SCR در برش شکل موج

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

اگر مدار شکل ۳۵ - ۱۰ به صورت برد مدار چاپی آماده در اختیار شما قرارداده شده است، آن را مورد بررسی قرار دهید .



لف : نقشه فنی مدار



ب : مدارعملی

شکل ۳۵-۱۰ مدار آزمایش

دو سر لامپ را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

تنظیمات زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

Volts / Div = ۵V

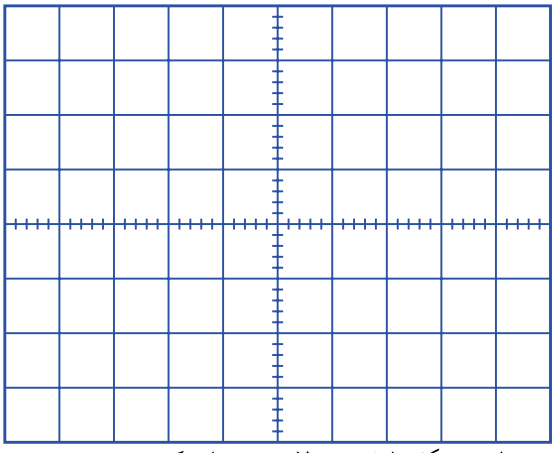
Time / Div = ۲ ۰ms

کلید Line Trig را فعال کنید تا بتوانید زاویه برش را کاملاً ببندید.

سایر تنظیمات لازم دیگر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

ولوم ۵۰۰k را در حداکثر مقدار خود قرار دهید.

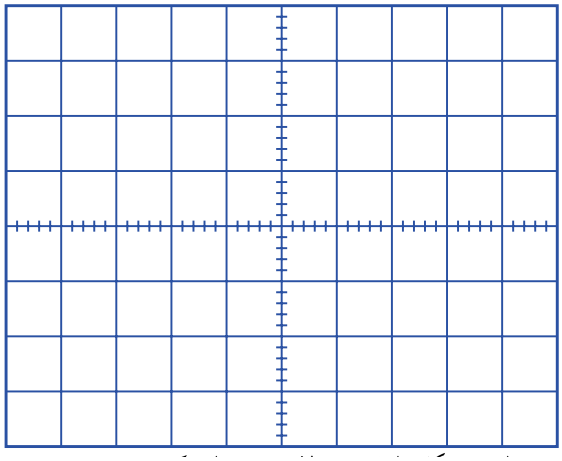
شکل موج ولتاژ دو سر لامپ را که روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده می کنید در شکل ۳۶-۱۰ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۳۶-۱۰ شکل موج ولتاژ دوسرلامپ در حالتی که پتانسیومتر درحداکثر مقدارخود قرار دارد .

ولوم را دوباره تقریباً در وسط مقدار خود قرار دهید .

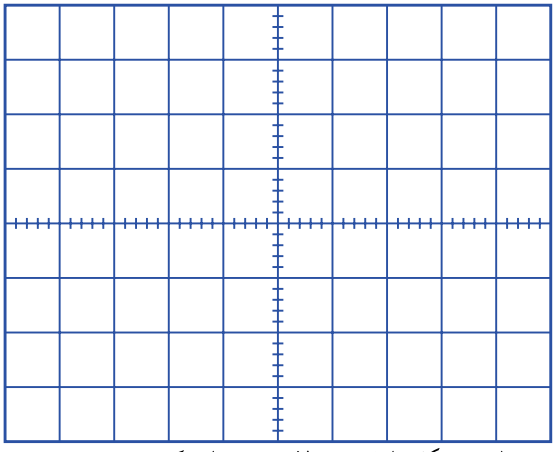
شکل موج ولتاژ دو سر لامپ را مشاهده کنید و در شکل ۳۷-۱۰ با مقیاس مناسب ترسیم نمائید .



شکل ۳۷-۱۰ شکل موج ولتاژ دو سر لامپ درحالتی که پتانسیومتر دروسط مقدار قرار دارد .

ولوم را در حداقل مقدار خود قرار دهید.

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



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

شکل ۳۶-۱۰ ، ۳۷-۱۰ و ۳۸-۱۰ شکل ولتاژ دو سر لامپ در حالات مختلف ولوم ۵۰۰k را نشان می دهد .

همان طور که در شکل ۳۵-۱۰ مشاهده می شود با تغییر پتانسیومتر می توانیم زاویه برش و نور لامپ راتغییردهیم. در این حالت مقدار متوسط و موثر ولتاژ دو سر لامپ یا بار نیز تغییر می کند .

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

۴-۹-۱۰ نتایج آزمایش

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

الف-

ب-

۱۲-۱۰ مقادیر حد در تریستور

یکی از قطعات پر کاربرد در الکترونیک صنعتی ، تریستور (SCR) است. برایSCR نیز مانند سایر قطعات ، برگه اطلاعات وجود دارد. معمولاً در برگه اطلاعات ، مقادیر حد تریستورها تحت عنوان "Maximum Rating" نوشته می‌شود . 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

معرفی سایت :

همان طورکه قبلاً گفته شد،مقادیرحدبرای 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 مراجعه کنید .

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

۱۰-۱۳ آزمایش شماره ۳

برگه اطلاعات تریستور

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

۱۰-۱۳-۱ هدف آزمایش :

استخراج مقادیر حد تریستور از یک برگه اطلاعات

۱۰-۱۳-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد موردنیاز :

ردیف	نام ومشخصات	تعداد/ مقدار
۱	تریستور شماره c۱۰۶ و یا تریستور موجود در آزمایشگاه	یک عدد
۲	برگه اطلاعات تریستور	یک نسخه

۱۰-۱۳-۳ مراحل اجرای آزمایش :

در صفحات بعد برگه اطلاعات مربوط به SCR با شماره فنی C۱۰۶ را مشاهده می کنید . با توجه به این برگه اطلاعات به پرسش های زیر پاسخ دهید.

■ شکل ظاهری SCR به شماره C۱۰۶ را در نمودار شکل ۱۰-۳۹ رسم کنید و پایه‌های آن را مشخص کنید.

شکل ۱۰-۳۹ رسم شکل ظاهری SCR و پایه‌های آن

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

شکل ۱۰-۴۰ رسم شکل ظاهری SCR موجود در آزمایشگاه

■ حداکثر ولتاژ سد تکراری در بایاس معکوس (VRRM)در SCR با شماره فنی C۱۰۶ چند ولت است؟ یادداشت کنید.

V_{RRM} = ... ولت

■ جریان RMS در بایاس موافق تریستور C۱۰۶ چند آمپر است ؟

$I_{T(RMS)}$ = ...A

■ جریان معـدل (میانگیـن) دربایاس موافق تریسـتور C۱۰۶ چند آمپر است ؟

$I_{T(RMS)} = ...A$

■ ماکزیمم قدرت گیت چند وات است ؟

$P_{GM} = ...$ وات

■ معدل قدرت (توان) گیت چند وات است ؟

$P_{G(AVe)} = ...$

■ ماکزیمم جریان گیت موافق چند آمپر است ؟

$I_{GFM} = ...(A)$

۴-۱۳-۱۰ نتایج آزمایش

آن چـه را که در این آزمایش فرا گرفتـه اید به اختصار شرح دهید

همیشه قسمتی از زمان مفید خود رابرای برقراری ارتباط مؤثر سرمایه‌گذاری کنید.
ارتبـاط مؤثر و پایدار زمانی برقرار می‌شـود که از صمیم قلـب و با همت وتلاش مضاعف در طلب آن باشید.

Silicon Controlled Rectifier
Reverse Blocking Triode Thyristors

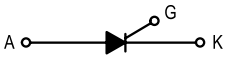
C106 Series*

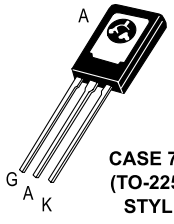
*Motorola preferred devices

. . . Glassivated PNPN 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

SCRs
4 AMPERES RMS
50 thru 600 VOLTS





CASE 77-08
(TO-225AA)
STYLE 2

MAXIMUM RATINGS (T_J = 25°C unless otherwise noted.)

Rating		Symbol	Value	Unit
Peak Repetitive Forward and Reverse Blocking Voltage(1) (R_{GK} = 1 kΩ) (T_C = –40° to 110°C)	C106F C106A C106B C106D C106M	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°C)		$I_{T(AV)}$	2.55	Amps
Peak Non-repetitive Surge Current (1/2 Cycle, 60 Hz, T_J = –40 to +110°C)		I_{TSM}	20	Amps
Circuit Fusing (t = 8.3 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, 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. (cont.)

آزمون پایانی فصل (۱۰)

۱- انواع دیودهای قدرت را نام ببرید ؟

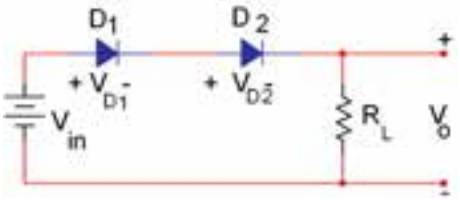
۲- دیودهای با کاربردهای عمومی دارای چه ویژگی‌هایی هستند ؟ شرح دهید.

۳- از دیودهای ..... در مبدل های 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 می کنیم.

صحیح ❐ غلط ❐

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

صحیح ❐ غلط ❐

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

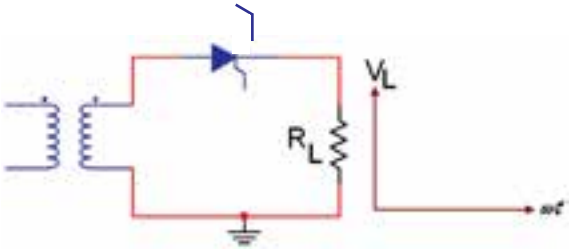
الف) در حالت قطع ولتاژ زیاد را تحمل می‌کند.

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.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۲- تریستور بدون دادن پالس فرمان به گیت روشن می‌شود ، 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 Vg به کم تر از ۰/۷ ولت برسد .

۱۱. هدف از سری کردن دیودها ، ..... بایاس مخالف بین دیودها است .

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

۱۴- مقادیر حد تریستورها را توضیح دهید.

آیا می‌دانید هنگامی که با یک مشتری عصبانی برخورد می‌کنید چه رفتاری باید داشته باشید؟

♦ آرامش خود را حفظ کنید.

♦ از روش‌های 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 صحبت‌های مشتری حتماً تا حد امکان اقدام به حل مشکل نمایید و رضایت وی را بدست آورید.