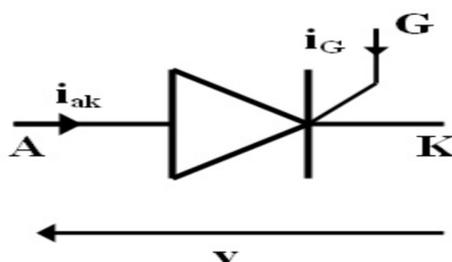


## تریستور (SCR) چیست؟

این قطعه به عنوان کلید به کار میرود. کلیدی که حرکت مکانیکی ندارد در نتیجه عمر آن طولانی تر است.

تریستور که از خانواده نیمه هادی هاست در سال ۱۹۶۰ به بازار آمد و از آن زمان تا کنون در حال تکمیل شدن است. مسایل اصلی در تریستور که همواره در حال تکمیل و توسعه بوده است، عبارتند از تحمل ولتاژ معکوس زیاد، سرعت کموتاسیون (سرعت روشن و خاموش شدن) و تحمل عبور جریان های قوی می باشد.

تریستور ها عناصر نیمه هادی و حالتی هستند که فقط در یکی از دو حالت قطع و وصل می توانند قرار گیرند. نام دیگر تریستور S.C.R یا یکسو کننده کنترل شده سیلکونی می باشد که در واقع از چهار لایه نیمه هادی PNPN تشکیل یافته است و سه الکتروود با نام های آنند و کاتد و گیت دارد.



پایه های آنند و کاتد در واقع دو سر یک کلید هستند و پایه ی گیت هم نقش شستی کلید را دارد که با زدن آن جریان الکتریکی قطع و وصل می شود.

تریستور فقط از یک سو میتواند جریان الکتریکی را هدایت کند. یعنی آنند همیشه باید به طرف مثبت و کاتد به طرف منفی باشد.

تریستور ۲۰۰۰ V، 300A بطور نمونه دارای یک برش سیلیکونی به قطر 30 mm و ضخامت ۰,۷ mm است

تریستور را در این شرایط می توان به صورت اتصال سری سه دیود در نظر گرفت که مانع هدایت جریان در هر دو جهت می شوند . مشخصه معکوس یعنی حالتی که کاتد ، مثبت است

ولتاژ اعمال شده :

از ولتاژ شکست پیوند کنترل مرکزی بیشتر نشود ، فقط جریان نشتی عبور خواهد کرد . ولتاژهای شکست مستقیم و معکوس از نظر اندازه مساوی هستند .

چون در حالت انسداد معکوس تقریباً همه ولتاژ روی پیوند P-N آنود ظاهر می شود ، پیوند P-N کاتود در ولتاژی حدوده ۱V می شکنند . هنگامی در جهت مستقیم شکست اتفاق می افتد ، جریان لایه مرکزی P توسط الکترون های کاتود خشی می شود و قطعه مانند یک دیود در حال رسانایی عمل می کند که دارای دو پیوند با افت ولتاژ مستقیم دو برابر یک دیود است . برای این که تریستور به حالت روشن رفته و در آن حالت باقی بماند ، جریان آنود باید به سطح جریان تثبیت کننده برسد و از جریان نگهدارنده کمتر نشود . معمولاً جریان نگهدارنده است ، اما هر دو جریان نگهدارنده کمتر نشود . معمولاً جریان تثبیت کننده دو برابر جریان نگهدارنده است ، اما هر دو جریان مقدار کمی دارند و کمتر از یک درصد مقدار نامی در بار کامل می باشند .

### مشخصه بایاس معکوس تریستور:

مشخصه معکوس یعنی حالتی که کاتود ، مثبت است ، تا زمانی که ولتاژ اعمال شده از ولتاژ شکست پیوند کنترل مرکزی بیشتر نشود ، فقط جریان نشتی عبور خواهد کرد . ولتاژهای شکست مستقیم و معکوس از نظر اندازه مساوی هستند . چون در حالت انسداد معکوس تقریباً همه ولتاژ روی پیوند P-N آنود ظاهر می شود ، پیوند P-N کاتود در ولتاژی حدوده ۱V می شکنند . هنگامی در جهت مستقیم شکست اتفاق می افتد ، جریان لایه مرکزی P توسط الکترون های کاتود خشی می شود و قطعه مانند یک دیود در حال رسانایی عمل می کند که

دارای دو پیوند با افت ولتاژ مستقیم دو برابر یک دیود است . برای این که تریستور به حالت روشن رفته و در آن حالت باقی بماند ، جریان آنود باید به سطح جریان تثبیت کننده برسد و از جریان نگهدارنده کمتر نشود  
معمولاً جریان تثبیت کننده دو برابر جریان نگهدارنده است ، اما هر دو جریان مقدار کمی دارند و کمتر از یک درصد مقدار نامی در بار کامل می باشند .

باید به این نکته توجه کرد که اگر تریستور در ولتاژ AC به کار برده شود فقط نیم سیکل را عبور میدهد.

#### مشخصه بایاس مستقیم تریستور:

در حالت بایاس مستقیم ( هنگامی آنود مثبت است ) تریستور را می توان با تزریق جریان به گیت نسبت به کاتود منفی به حالت روشن برد .

#### تریستور در جریان DC:

این قطعه در واقع کلیدی است که فقط در جریان DC دقیقاً مثل کلید معمولی عمل میکند و در جریان های AC مثل کلید معمولی عمل نمیکند.  
ما در اینجا تریستور را در جریان DC در نظر میگیریم.

#### روشن کردن تریستور:

برای روشن کردن تریستور (بسته شدن کلید) باید پایه ی گیت را حداقل یک لحظه مثبت کنیم. برای این کار میتوانیم یک پالس مثبت به پایه ی گیت بدهیم.

اگر پایه ی گیت را با یک مقاومت یک لحظه به پایه ی آند وصل کنیم تریستور مثل کلید بسته عمل میکند (روشن می شود) و بعد از جدا کردن پایه ی گیت از مقاومتی که طرف دیگر آن به آند خورده بود تریستور همچنان روشن خواهد ماند.

### خاموش کردن تریستور:

اگر پایه ی گیت منفی شود تریستور خاموش می شود. برای این کار میتوانیم یک پالس منفی به آن بدهیم. اگر پایه ی گیت را با یک مقاومت به پایه ی کاتد وصل کنیم تریستور خاموش خواهد شد. در ضمن تریستور حداقل جریانی دارد و اگر جریان از آن حداقل کمتر شود آنگاه نیز تریستور خاموش میشود.

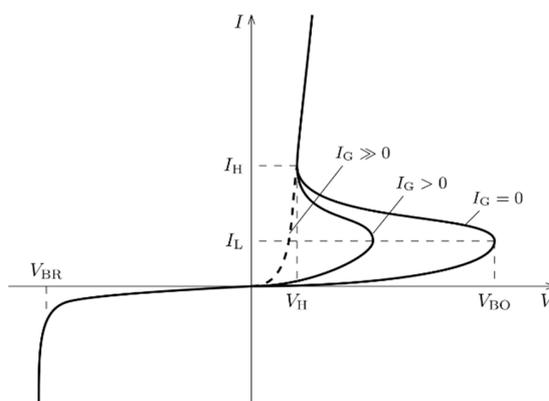
پس اگر تریستور را با دادن پالس مثبت به گیت آن روشن کردیم و سپس پایه ی گیت را جدا کردیم (به هیچ جا وصل نبود) تا زمانی که گیت را منفی نکردیم یا جریان عبوری از تریستور (آند\_ کاتد تریستور) از حداقل کمتر نشده تریستور خاموش نمیشود.

### هشدار:

- ۱- هیچگاه نباید ولتاژی که تریستور در آن کار میکند بیش از ولتاژ تعریف شده ی آن (آند- کاتد) باشد.
- ۲- نباید بیش از جریان تعریف شده ی تریستور از آن جریان عبور داد.
- ۳- جریان گیت نباید از حد مجاز بیشتر شود.

### تشخیص پایه های تریستور:

گیت به کاتد در گرایش مستقیم راه می دهد . و در گرایش معکوس راه نمی دهد و در حالت معمولی آند به کاتد راه نمی دهد . از همین روش برای تشخیص پایه های آن می توان استفاده کرد .  
یعنی دنبال پایه ای می گردیم که مانند یک دیود در حالت گرایش مستقیم عمل کند . در این حالت ترمینال قرمز مولتی متر کاتد و ترمینال مشکی G را نشان می دهد . و پایه باقیمانده آند است .



### ناحیه های تریستور:

۱) ناحیه وصل: در این قسمت تریستور همانند یک نیمه هادی معمولی که در حالت مستقیم تغذیه شده عمل می کند. یعنی ولتاژ نسبتاً کوچکی حدود ۱ ولت بین دو ترمینال آند و کاتد افت می کند و جریان آند و کاتد بوسیله مقاومت مدار خارجی محدود می شود.

۲) حالت قطع مستقیم: متفاوت از دیود های معمولی بوده و در مشخصه دیودهای نیمه هادی مشاهده نمی شود. در این ناحیه با وجود اینکه ولتاژ آند نسبت به کاتد مثبت است ولی جریان بسیار کوچکی (حدود میکرو آمپر) از دیود عبور می کند و دیود در حالت قطع قرار دارد. حال اگر آند را مثبتتر کنیم، بحالتی می رسیم که دفعتاً جریان زیادی بین آند و کاتد برقرار می شود. یعنی تریستور به حالت وصل می رود. این ولتاژ به ولتاژ عبور ( $V_{BO}$ ) موسوم است. البته این مربوط به حالتی است که گیت باز باشد.

۳) این ناحیه مثل ناحیه کار معکوس دیود است. یعنی جریان کوچکی که در اکثر موارد قابل صرف نظر است، بین دو ترمینال آند و کاتد برقرار می شود و تمام ولتاژ خارجی بر روی این دو ترمینال قرار می گیرد. اگر ولتاژ معکوس را افزایش دهیم بحالتی می رسیم که چپوند های نیمه هادی های تشکیل دهنده شکسته می شود و جریان زیادی برقرار شده و دیود می شوزد و این به ولتاژ شکست ( $V_{BR}$ ) موسوم است. اگر ترمینال گیت را با ولتاژ مثبت کوچکی نسبت به کاتد تغذیه کنیم جریانی بین گیت و کاتد برقرار شده و با افزایش ولتاژ مستقیم آند و کاتد این بار ملاحظه می کنیم که تریستور با ولتاژ مستقیم کوچکتری بحالت

وصل خواهد رفت. یعنی ولتاژ Break Over کاهش می یابد. افزایش بیشتر جریان گیت باعث کاهش بیشتر ولتاژ BREAK OVER می شود تا جائیکه تریستور بصورت یک دیود معمولی در آید، یعنی با ولتاژ حدود چند ولت بحالت مستقیم برود.

انواع تریستورها در الکترونیک صنعتی:  
هنوز هم در الکترونیک صنعتی در کاربردهای ولتاژ بالا و جریان بالا از تریستورها استفاده میکنیم. انواع جدیدی از تریستورها ساخته شده که عبارتند از:

- ۱- (Phase Control Thyristors (SCR)
- ۲- (Fast Switching Thyristors (SCR)
- ۳- (Gate Turn-off Thyristors (GTO)
- ۴- (Bidirectional Triode Thyristors (TRIAC)
- ۵- (Reverse Conducting Thyristors (RCT)
- ۶- (Static Induction Thyristors (SITH)
- ۷- (Light Activated Silicon Controlled Rectifiers (LASCR)
- ۸- (FET Controlled Thyristors (FET-CTH)
- ۹- (MOS Controlled Thyristors (MCT)

### تریستورهای کنترل فاز (SCR):

این نوع تریستورها عموماً در فرکانس خط کار میکنند و به وسیله کموتاسیون طبیعی خاموش می شوند. زمان خاموش شدن، در محدوده ۵۰ تا ۱۰۰ میکرو ثانیه می باشد. این تریستور بیشتر برای کلید زنی در سرعت های کم مناسب است. نام دیگر این تریستورها تریستور مبدل میباشد. از آنجا که تریستور اصولاً یک وسیله کنترل شده از جنس سیلیکون است

، این دسته از تریستورها با نام یکسو کننده های کنترل شده سیلیکونی نیز شناخته میشوند.

### تریستورهای کلید زنی سریع (SCR):

در این نوع از تریستورها سرعت سوئیچ از ۵ تا ۵۰ میکرو ثانیه است و کموتاسیون اجباری دارند. هر جایی که نیاز به سرعت بالا در قطع و وصل باشد مثل اینورترها و یکسوکننده های دو جهته میتوان از آنها استفاده کرد . افت ولتاژ مستقیم تریستور در حالت روشن ، تقریبا تابع معکوسی از زمان خاموش شدن می باشد. این تریستور را تحت عنوان تریستور اینورتر نیز میشناسند .

### تریستور خاموش شونده با گیت (Gate-turn-off thyristor):

تریستور معمولی که بررسی شد ، در سال های اخیر تکامل یافته و امروزه دو قطعه جدید از خانواده تریستورها یعنی تریستور نا متقارن و تریستور خاموش شونده با گیت در دسترس می باشد .

تریستور معمولی دارای دو پیوند P-N است که می تواند ولتاژ زیاد را در یک جهت یا جهت مقابل ، سد نماید . این نکته لازمه اساسی برای کاربرد در مدارهای یکسو ساز است . البته در مدارهای متناوب ساز به قابلیت سد کردن معکوس نیازی نیست ، نیز استفاده می شوند .

برای کاهش زمان بازیابی حالت سد کردن تریستور پس از خاموش شدن ، سیلیکون می تواند نازکتر ساخته شود ، اما در این صورت قابلیت سد کردن ولتاژ معکوس آن از بین می رود . این قطعه را با نام تریستور نا متقارن می شناسد . در مدارهای متناوب ساز یک دیود بصورت موازی با تریستور متصل

می شود بنابراین از دست رفتن توانایی سد کردن ولتاژ معکوس اهمیتی ندارد ، اما زمان کلیدزنی در قیاس با چند ده میکرو ثانیه در مورد تریستور معمولی به چند میکرو ثانیه کاهش می یابد .

تریستور معمولی را فقط می توان با صفر کردن جریان آنود خاموش کرد اما تریستور خاموش شونده با گیت همان طور که نامش پیداست ، با حذف جریان گیت خاموش می شود و مانند تریستور معمولی با تزریق جریان به گیت روشن می شود نماد مداری تریستور خاموش شونده با گیت ، گسترشی از نماد تریستور معمولی است که نقش دو گانه پایه گیت در آن به نمایش در آمده است .

در ترایستور خاموش شونده با گیت ، هنگامی که جریان گیت وجود ندارد ، مانند ترایستور معمولی پیوند  $p - N$  مرکزی در مقابل ولتاژ مثبت آنود نسبت به کاتود مقاومت می کند اما مثل ترایستور نامتقارن با ولتاژ معکوس کم با کاتود مثبت دچار شکست می شود . GTO های سد کننده ولتاژ معکوس نیز در دسترس هستند اما این ویژگی به قیمت از دست دادن مقادیر نامی دیگر تمام می شود. مثالی از کاربرد آن ها ، بار تشدید می است . در یک بار تشدید می ، GTO مانند ترایستور معمولی اما با سرعت خاموشی بسیار زیاد مورد استفاده قرار می گیرد .

شرایط روشن شدن ترایستور خاموش شونده با گیت مانند ترایستور معمولی است اما بعلاوه تفاوت ساختمان ، جریان تثبیت کننده آن بیشتر است . حالت یک در میان گیت منجر به رسانایی سریع در سیلیکون می شود ، اما لازم است که جریان گیت مدت طولانی تری در سطح بالا نگه داشته شود تا عمل تثبیت بطور اطمینان بخش انجام شود . برای پایین نگه داشتن افت ولتاژ آنود - کاتود هنگام رسانایی ، کمینه کردن جریان گیت مفید است . در غیر اینصورت و ولتاژ حالت روشن و در نتیجه تلفات رسانایی کمی بیشتر از حد معمول است . بعلاوه سازوکار داخلی تکثیر حامل ها که خود نگهدار است و جریان آنود را در سطحی بالاتر از جریان تثبیت کننده نگه می دارد ، ترایستور پس از قطع جریان گیت در حالت روشن باقی می ماند . در ترایستور خاموش شونده با گیت امکان متوقف کردن تکثیر حامل ها با برداشتن حفره ها از ناحیه P وجود دارد . این کار باعث می شود که ناحیه رسانایی به طرف تناوب آنود N در زیر ناحیه ای که الکتروود کاتود در دورترین فاصله از الکتروود گیت قرار دارد فشرده شود ، تا این که تمام مسیرهای رسانایی قطع شوند . هنگامی که جریان کاتود قطع شد ، جریان گیت - آنود برای مدت کوتاهی برقرار می شود تا قطعه حالت انسداد خود را به دست آورد . میزان جریان لازم گیت برای خاموش شدن در حدود یک پنجم تا یک سوم جریان آنود است که به مقدار چشمگیری بیشتر از جریان روشن شدن است . زمان قطع در مقایسه با سایر ترایستور ها کوتاه تر است .

هنگام روشن شدن ، جریانی به گیت تزریق می شود و هنگام خاموش شدن ، یک ولتاژ منفی در حدود  $V_{10}$  - روی گیت - کاتود می افتد که باعث حذف جریان گیت می شود . این ولتاژ باید کمتر از ولتاژ شکست معکوس گیت - کاتود باشد و در ضمن به اندازه ای باشد که بار لازم برای خاموش شدن را بیرون بکشد . خاموش شدن قطعه از نظر فیزیکی پیچیده است ، اما اساس کار بر خارج کردن سریع بارها به وسیله یک جریان گیت بالا ، نزدیک به جریان آنود ، استوار است . این جریان در زمانی کمتر از یک میکرو ثانیه برقرار می شود . برای محدود کردن آهنگ افزایش ولتاژ آنود هنگام خاموش شدن یک خازن اسنابر با تریستور موازی می شود .

### تریستورهای دوجتهه یا تریاک (TRIAC)

تریاک وسیله ای است که میتواند در هر دوجتهه هدایت کند وغالبا در کنترل فاز ac استفاده می شود . هر تریاک را میتوان همانطور که در شکل زیر نمایش داده شده به صورت اتصال موازی - معکوس دو SCR که دارای گیت مشترک هستند ، در نظر گرفت . از انجایی که تریاک یک وسیله دوجتهه است ، پایه های ان نامی تحت عنوان کاتد یا آنود ندارند اگر ترمینال MT2 نسبت به ترمینال MT1 مثبت باشد ، می توان با اعمال سیگنال مثبت به گیت بین پایه های گیت G و ترمینال MT1 تریاک را روشن نمود . برای روشن کردن تریاک نیاز نیست که دو سیگنال مثبت و منفی برای گیت داشته باشیم و وجود یک سیگنال مثبت یا منفی کفایت میکند .

### تریستورها هدایت معکوس (RCT)

در بسیاری از مدارهای چاپر و اینورتر یک دیود بصورت موازی و معکوس به یک تریستور متصل میشود تا نیاز خاموشی مدار کوتاسیون را بهبود بخشیده وامکان برقراری جریان معکوس ناشی از بار سلفی را فراهم کند . دیود ، سطح ولتاژ ممانعت کننده معکوس تریستور را به یک تا دو ولت زیر مقدار حالت پایدار می آورد . گرچه در شرایط گذرا ممکن است ولتاژ معکوس به خاطر ولتاژ القا شده در اندوکتانس پراکندگی مدار در قطعه به  $30$  ولت برسد .

RCT قطعه ای است که مشخصه های عنصر را با نیاز مدار تطبیق می دهد و میتوان آنرا همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است ، مشابه یک تریستور با یک دیود موازی معکوس در داخل آن در نظر گرفت. RCT تریستور نا متقارن نیز نامیده میشود. ولتاژ ممانعت کننده مستقیم بین ۴۰۰ تا ۲۰۰۰ ولت تغییر کرده و جریان میتواند تا ۵۰۰ آمپر افزایش یابد. مقدار ولتاژ ممانعت کننده معکوس معمولاً بین ۳۰ تا ۴۰ ولت است. از آنجایی که نسبت جریان مستقیم گذرنده از تریستور به جریان معکوس دیود برای یک قطعه مقدار ثابتی است، کاربردهای آنها به طراحی مدار های خاص محدود میشود .

### تریستورهای القا استاتیک

این المان جدید که SITH نام دارد با اعمال یک پالس مثبت به گیتش روشن شده و با اعمال یک پالس مثبت به گیتش خاموش میشود. سرعت این المان در حد ۱ تا ۵ میکرو ثانیه است که از بقیه انواع تریستورها سریعتر است. همچنین دارای  $dv/dt$  و  $di/dt$  قابل توجهی است.

### یکسو کننده های کنترل شده سیلیکونی فعال شونده با نور:

این تریستور با تابش مستقیم نور به تراشه سیلیکونی روشن میشود. زوجهای حفره الکترونی که در اثر تابش نور ایجاد شده اند ، تحت تاثیر میدان الکتریکی جریان تریگر را تولید می کنند. ساختمان گیت طوری طراحی شده که به حد کافی گیت حساس باشد تا توسط منابع نور عملی تریگر شود. LASCR ها در کاربردهای جریان و ولتاژ بالا مورد استفاده قرار میگیرند.

برخی از این کاربردها عبارتند از : خط انتقال ولتاژ بالا و تصحیح توان راکتیو استاتیک در LASCR میان منبع نوری محرک و قطعه کلید زنی مبدل توان ، ایزولاسیون کامل الکتریکی

وجود دارد . ولتاژ نامی این ترایستورها میتواند تا ۴ کیلو ولت در ۱۵۰۰ آمپر در شرایطی که توان منبع تریگر نوری کمتر از ۱۰۰ میلی وات باشد ، بالا رود .

### ترایستورهای کنترل شونده FET:

یک عنصر FET – CTH از ترکیب موازی یک MOSFET و یک ترایستور همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است ، پدید می آید. اگر ولتاژ کافی به گیت MOSFET اعمال شود (معمولاً ۳ ولت) یک جریان تحریک بطور داخلی برای ترایستور تولید می شود . این عنصر سرعت کلید زنی  $di/dt$  و  $dv/dt$  بالایی دارد . این عنصر می تواند مانند ترایستورهای معمولی روشن گردد ، اما نمی توان آن را با کنترل گیت خاموش کرد . کاربردهای این وسیله

در مواردی است که باید از آتش کردن به وسیله نور استفاده شود تا عایق سازی الکتریکی بین ورودی یا سیگنال کنترل و عنصر کلید زنی مبدل قدرت فراهم گردد

### ترایستور کنترل شونده MOS

ترایستور کنترل شونده MCT (MOS) خواص ترایستور چهار لایه نوزا و یک ساختار گیت MOS را ترکیب می کند . شمای یک MCT در شکل زیر نشان داده شده است . ساختار NPN را می توان بایک ترانزیستور Q1، NPN و یک ترانزیستور Q2، PNP نمایش داد .

ساختار گیت MOS را میتوان با یک MOSFET کانال M1، P و یک MOSFET کانال M2، n نمایش داد .

### مشخصات خوب این المان عبارتند از:

سرعت سوئیچ بالا، تلفات توان کم، مقدار افت ولتاژ کم در حین هدایت و امپدانس ورودی بالاست...