
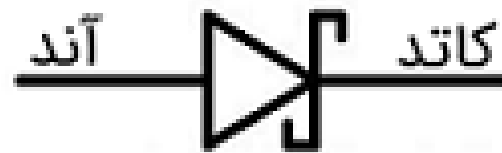


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دیود شاتکی چیست — معرفی ساختار و کاربرد

جلسه ۲۷



فهرست مطالب

۱. مقدمه

۲. نماد دیود شاتکی

۳. کدام ویژگی دیود شاتکی را از سایر دیودها متمایز می کند؟

۴. معایب دیود شاتکی

۵. دیودهای شاتکی در مقایسه با دیودهای معمولی

۶. ساختار دیود شاتکی

۷. مشخصه‌ی ولتاژ-جریان ($V-I$) دیود شاتکی

۸. برخی از پارامترهای مهم و مشترک دیودها

۹. کاربردهای دیود شاتکی

- دیود شاتکی که به نام فیزیکدان آلمانی والتر شاتکی (Walter H. Schottky) نام‌گذاری شده است یکی از انواع دیودهای نیمه‌هادی می‌باشد با این تفاوت که به جای پیوند P-N، از پیوند فلز-نیمه‌هادی در ساخت آن استفاده شده است. با این کار خازن دیود کوچکتر شده و سرعت کلیدزنی افزایش می‌یابد.
- سرعت کلیدزنی بالا یکی از مهم‌ترین نقاط تمایز این دیود با دیگر دیودهای نیمه‌هادی می‌باشد.
- دیود شاتکی را با اسامی دیگری همچون دیود مانع سطح، دیود سد شاتکی، دیود حامل داغ و دیود الکترون داغ نیز می‌شناسند.

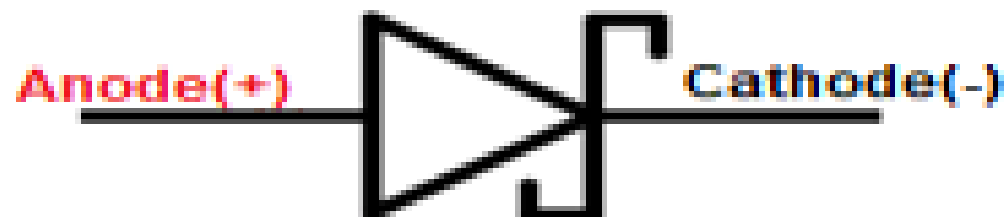
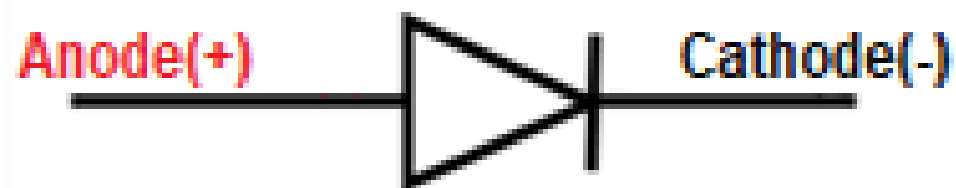
فیلم آموزشی «دیود شاتکی چیست؟»



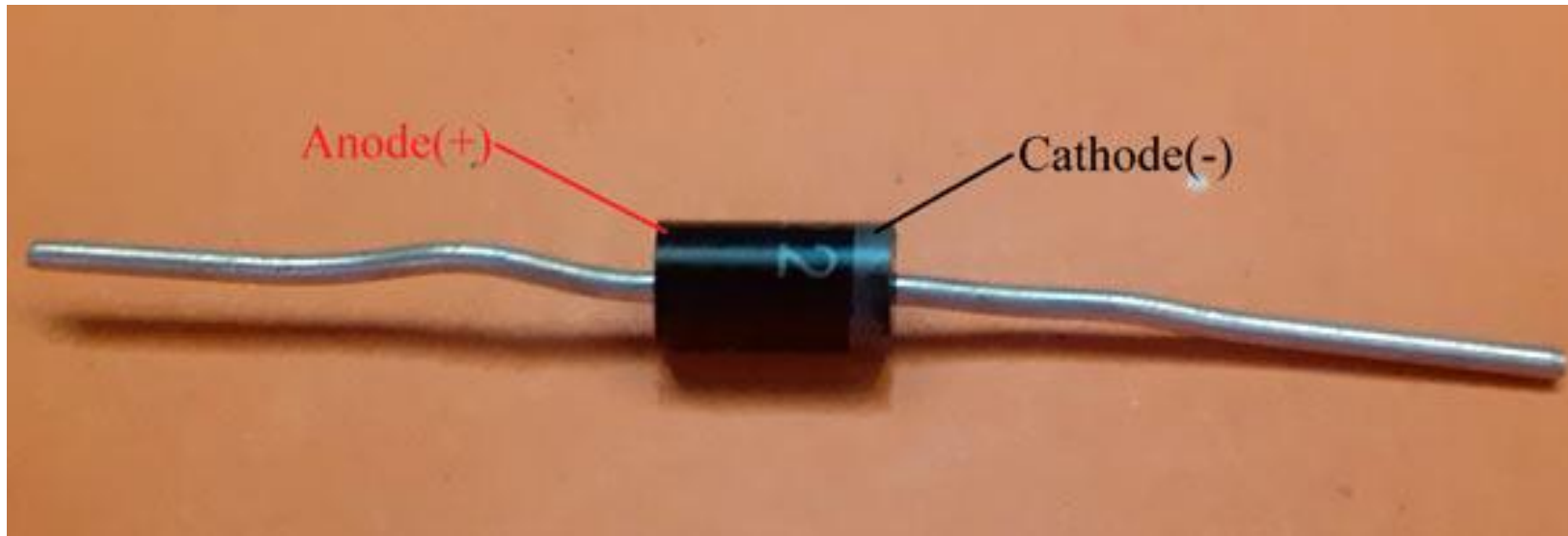
www.afrotechmods.com

نماد دیود شاتکی

- نماد دیود شاتکی شبیه به نماد عمومی دیودهاست با این تفاوت که به جای خط صاف، از خطی شبیه S در سر منفی آن (کاتد) استفاده شده است. با بهره‌گیری از این نماد شماتیکی، در یک طرح مدار دیود شاتکی از سایر دیودها به راحتی قابل تشخیص می‌باشد.

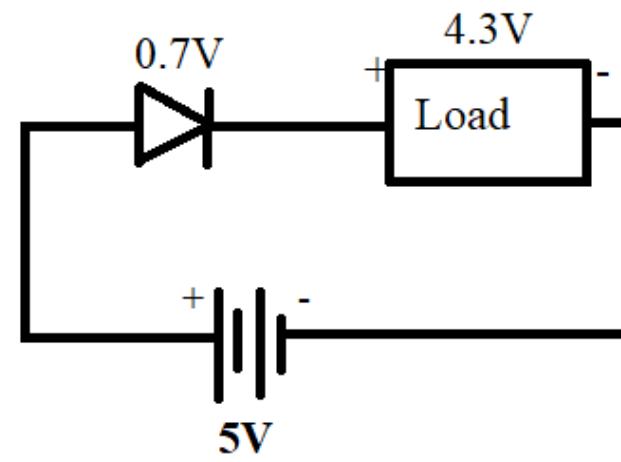
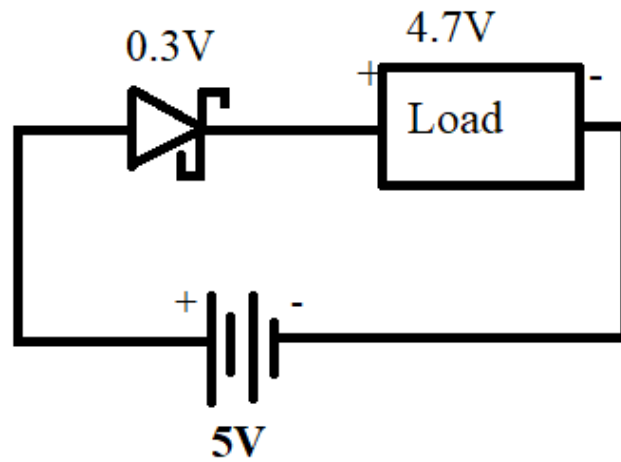


- مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی دیودهای شاتکی، سرعت سوئیچینگ بالا و افت ولتاژ کم آن‌ها است. پیوند فلز - نیمه‌های دیود شاتکی، ظرفیت ذخیره بار را ندارد. دلیل این امر، بسیار کوچک بودن لایه تهی یا تخلیه است.
- وقتی ولتاژ به دیود اعمال شود، جریان در جهت مستقیم از آن می‌گذرد. با عبور این جریان از دیود، یک افت ولتاژ مینیمم در دو سر دیود به وجود می‌آید.
- افت ولتاژ دیود شاتکی از دیودهای عادی، پیوند PN ، کمتر است و این ویژگی سبب بازدهی بهتر در خروجی می‌گردد.
- ظاهر فیزیکی دیود شاتکی بسیار شبیه به دیودهای معمولی است به طوری که در برخی موارد بدون خواندن عدد روی آن قابل تشخیص نمی‌باشد. البته بیشتر اوقات دیودهای شاتکی نسبت به دیودهای معمولی بزرگتر می‌باشند اما این مورد همواره صادق نیست.
- یک دیود شاتکی در شکل زیر قابل مشاهده می‌باشد. شکل ظاهری پایه‌ها یا $pin\ out$ دیود شاتکی در شکل زیر نمایش داده شده است.



کدام ویژگی دیود شاتکی را از سایر دیودها متمایز می کند؟

- همان طور که در قسمت های پیشین ذکر شد، دیود شاتکی به لحاظ ظاهر و عملکرد بسیار شبیه به دیودهای معمولی می باشد اما ویژگی منحصر به فرد این دیود افت ولتاژ پایین و سرعت کلیدزنی بسیار بالای آن است.
- برای مقایسه و فهم بیشتر این موضوع، دیود شاتکی و دیود معمولی را در یک مدار یکسان قرار داده و عملکرد آن ها را بررسی می نماییم.



- در شکل بالا ما دو مدار داریم که در یکی از آنها از دیود شاتکی (مدار سمت چپ) و در دیگری از دیود معمولی با پیوند P-N (سمت راست) استفاده شده و هر دو دیود به منبع ولتاژ ۵ ولتی متصل شده‌اند.
- هنگام برقراری جریان الکتریکی در مدار سمت چپ، افت ولتاژ دیود شاتکی 0.3 ولت بوده و در نتیجه 4.7 ولت در دو سر بار افت ولتاژ رخ می‌دهد.
- همچنین در مدار سمت راست افت ولتاژ دیود معمولی 0.7 ولت بوده در نتیجه افت ولتاژ دو سر بار 4.3 ولت خواهد بود.
- همان طور که مشاهده می‌شود، دیود شاتکی در مقایسه با دیود معمولی با پیوند P-N افت ولتاژ کمتری دارد.
- از دیگر مزایای دیود شاتکی نسبت به دیودهای معمولی می‌توان به نویز کمتر و بازدهی بهتر اشاره نمود.

معایب دیود شاتکی

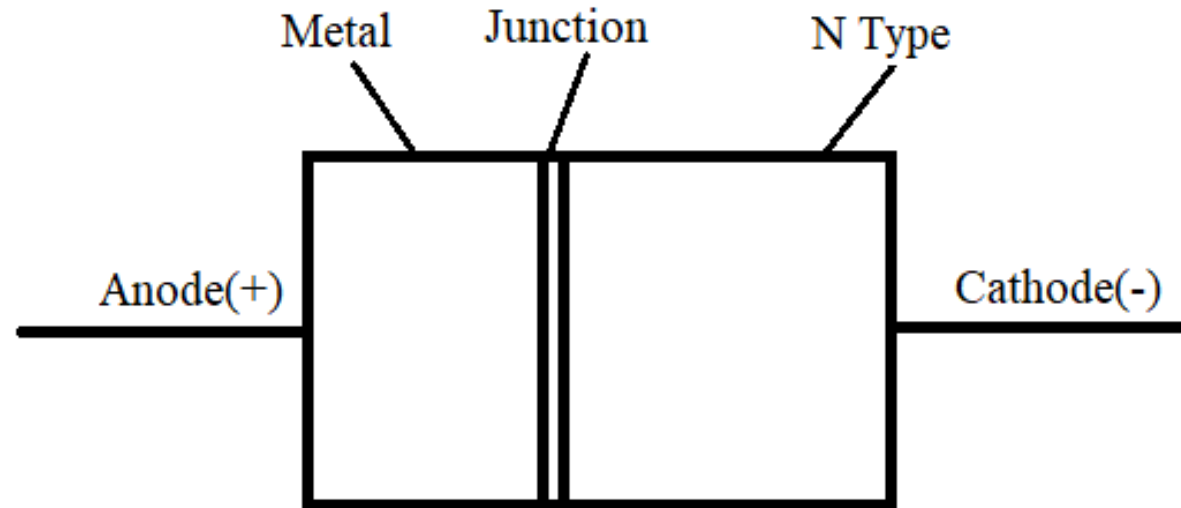
- در بخش قبل گفتیم که این دیود افت ولتاژ کمتر، سرعت کلیدزنی بالاتر و در نتیجه کارایی بیشتری دارد. پس چرا در مدارهای مختلف عموماً از دیود معمولی با پیوند P-N استفاده می‌شود؟
- برای پاسخ به این سوال لازم به ذکر است که دیود شاتکی در موارد مذکور از دیودهای معمولی بهتر بوده و استفاده از آن رواج بیشتری پیدا می‌کند با این وجود دو مانع بزرگ برای استفاده از این نوع دیودها وجود دارد.
- اول ولتاژ شکست معکوس کوچکتر و دوم جریان نشتی معکوس بیشتر. به همین دلیل این دیود برای کاربردهای کلیدزنی در ولتاژ بالا مناسب نیست. ضمناً دیودهای شاتکی در مقایسه با دیودهای معمولی مرسوم گران‌تر می‌باشند.

دیودهای شاتکی در مقایسه با دیودهای معمولی

دیود شاتکی	P-N دیود معمولی با پیوند
	
دیود معمولی با پیوند P-N یک عنصر دو قطبی است به این معنی که جریان در دو جهت متناسب با حامل‌های بار اقلیت و اکثریت هدایت می‌شود.	دیود شاتکی دارای یک پیوند فلز-نیمه هادی است. اکثریت هدایت می‌شود. تنها در یک جهت هدایت می‌شود.
دیود معمولی با پیوند P-N دارای یک پیوند نیمه هادی-نیمه هادی است.	دیود شاتکی دارای یک پیوند فلز-نیمه هادی است. هادی است.
دیود معمولی با پیوند P-N دارای افت ولتاژ بالایی است.	افت ولتاژ دیود شاتکی کم است.
تلفات این نوع دیود در زمان روشن بودن بالاست.	تلفات این نوع دیود در زمان روشن بودن کم است.
سرعت کلیدزنی این نوع دیود کم می‌باشد.	سرعت کلیدزنی این نوع دیود زیاد می‌باشد.
ولتاژ لازم برای روشن شدن ۰.۷ ولت است.	ولتاژ لازم برای روشن شدن ۰.۲ ولت است.
ولتاژ شکست معکوس بالا می‌باشد.	ولتاژ شکست معکوس پایین می‌باشد.
جریان نشتی معکوس کم است.	جریان نشتی معکوس زیاد است.

ساختار دیود شاتکی

- همان طور که در شکل زیر نمایش داده شده است، دیودهای شاتکی از پیوند فلز با نیمه‌هادی ساخته شده اند به این معنی که یک جزء فلزی در یک طرف و یک جزء سلیکونی در سمت دیگر دارند.
- دیودهای شاتکی برخلاف دیودهای معمولی که به عناصر دو قطبی معروفند، به عنوان عناصر تک قطبی شناخته می‌شوند.



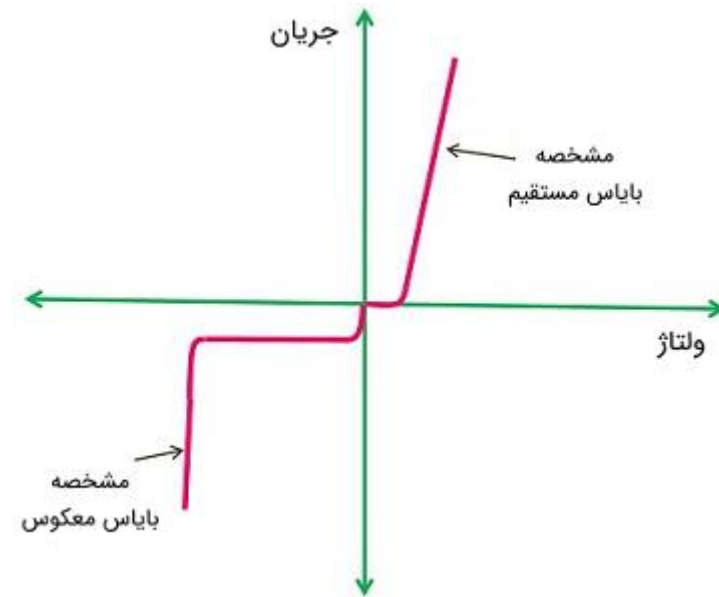
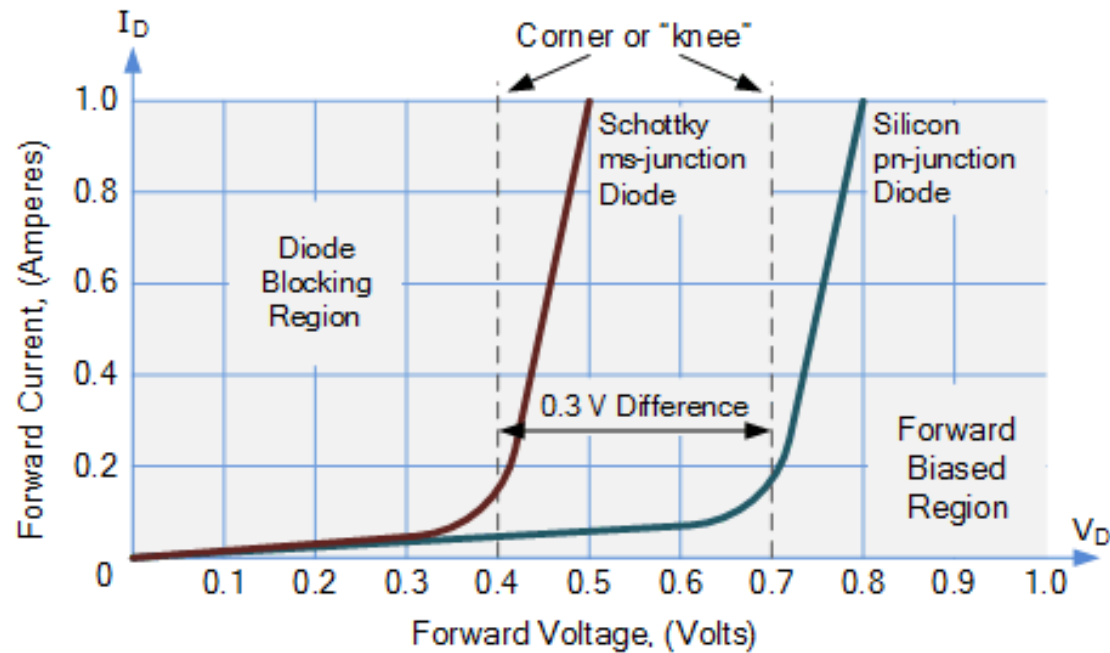
ناحیه تخلیه در این نوع دیودها هم وجود دارد. با این تفاوت که علامت قطبها در طرفین ناحیه تخلیه یکی است. در آدرس زیر موضوع از دیدگاه ساختار نواری برای سه حالت تعادلی، فوروارد و ریورس بایاس بحث و به موضوع ناحیه تخلیه نیز اشاره کرده است.

https://in.ncu.edu.tw/ncume_ee/SchottkyDiode.htm

- برای قسمت فلزی دیود می‌توان از پلاتین، تنگستن، طلا و مولیبدن و ... استفاده نمود.
- با اتصال جزء فلزی و نیمه هادی، یک اتصال فلز-نیمه‌هادی به وجود می‌آید که به آن سد شاتکی نیز گفته می‌شود.
- پهنای سد شاتکی به نوع فلز و نوع نیمه‌هادی استفاده شده در دیود وابسته است.
- سد شاتکی در حالت بایاس نشده، بایاس مستقیم و بایاس معکوس رفتار متفاوتی دارد.
- در حالت بایاس مستقیم، زمانی که پایه‌ی مثبت باتری به فلز و پایه‌ی منفی آن به نیمه‌هادی نوع N متصل شود، جریان در دیود شاتکی برقرار می‌شود.
- در حالت بایاس معکوس، زمانی که پایه‌ی مثبت باتری به نیمه هادی نوع N و پایه‌ی منفی به فلز متصل شود، دیود شاتکی مانع عبور جریان می‌شود.
- با این وجود اگر ولتاژ بایاس معکوس از سطح مشخصی بیشتر شود سد شاتکی شکسته و جریان در جهت معکوس برقرار شده و احتمال آسیب رسیدن به سایر اجزای مدار افزایش می‌یابد.

مشخصه‌ی ولتاژ-جریان (V-I) دیود شاتکی

- مشخصه ولتاژ - جریان دیود شاتکی، در شکل زیر نشان داده شده است. در نمودار شکل زیر، محور افقی، ولتاژ اعمالی به دیود و محور عمودی، جریان گذرنده از آن را نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینیم، این مشخصه، تقریباً شبیه مشخصه دیود پیوند PN است.



- دارا بودن افت ولتاژ کمتر نسبت به دیود معمولی، این امکان را به دیود شاتکی می‌دهد که با صرف ولتاژ کمتری نسبت به دیود عادی به درستی کار کند.

برخی از پارامترهای مهم و مشترک دیود ها

۱- افت ولتاژ مستقیم:

- ولتاژ لازم برای روشن نمودن دیود در بایاس مستقیم را افت ولتاژ مستقیم دیود می‌نامند که مقدار آن متناسب با دیودهای مختلف متفاوت است. این ولتاژ برای دیودهای شاتکی حدود 0.2 ولت در نظر گرفته می‌شود.

۲- ولتاژ شکست معکوس:

- مقدار مشخصی از ولتاژ بایاس معکوس بعد از شکست دیود و شروع هدایت در جهت معکوس را ولتاژ شکست دیود می‌نامند. مقدار این ولتاژ برای دیودهای شاتکی حدود 50 ولت در نظر گرفته می‌شود.

۳- زمان بازیابی دیود:

- به زمانی که طول میکشد تا دیود از حالت هدایت مستقیم (بایاس مستقیم) یا حالت روشن بودن (ON) به هدایت معکوس (بایاس معکوس) یا خاموش بودن (Off) تغییر حالت بدهد، زمان بازیابی دیود گفته می‌شود.
- مهمترین تفاوت بین یک دیود معمولی با پیوند P-N با دیود شاتکی در زمان بازیابی آن‌ها می‌باشد.
- در دیود معمولی زمان بازیابی از چند میکرو ثانیه تا ۱۰۰ نانو ثانیه متغیر است اما این زمان برای دیودهای شاتکی در حدود پیکو ثانیه بوده که می‌توان گفت دیودهای شاتکی زمان بازیابی ندارند زیرا بار ذخیره شده که منجر به ظهور پدیده خازنی (که بعنوان منبع تغذیه پس از قطع ولتاژ عمل خواهد کرد) در دیودهای شاتکی وجود ندارد.

۴- جریان نشتی معکوس:

- جریان عبوری از یک عنصر نیمه هادی در بایاس معکوس، جریان نشتی معکوس نامیده می‌شود.
- در دیودهای شاتکی با افزایش دما جریان نشتی معکوس به طور قابل ملاحظه ای افزایش می‌یابد.

کاربردهای دیود شاتکی

- با توجه به سرعت بسیار بالای سوئیچینگ دارای کاربرد در قطعات کلیدزنی است.
- به علت ولتاژ راه اندازی نسبتاً کم، تحمل فرکانسهای بالا و ظرفیت خازنی پایین، از آن‌ها در آشکارسازی‌های فرکانسهای رادیویی (RF) استفاده می‌شود.
- یکی از خصوصیات و کاربردهای خاص دیود شاتکی، مهارکننده بودن آن است. دیودهای شاتکی قادر هستند در نقش یک دیود مهارکننده (Clamp Diode) درون مدار ترانزیستوری زمانی که به عنوان سوئیچ کار می‌کنند، برای بالا بردن سرعت کارکرد، مورد استفاده قرار گیرند. در این نوع چیپ، دیود میان بیس ترانزیستور و کلکتور برای قفل کردن ولتاژ قرار داده می‌شود.
- دیودهای شاتکی به دلیل ویژگی‌هایی که دارند، در صنعت الکترونیک برای بسیاری از کاربردهای یکسوسازی دیودی به کار می‌روند