استفاده از دیود TVS و نکات طراحی PCB آن

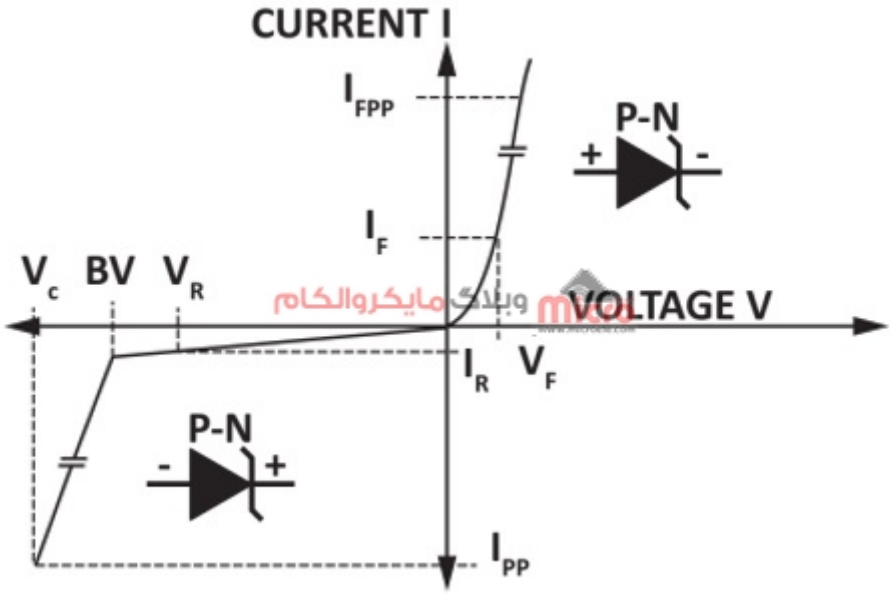
تاریخ انتشار ۱۰ آذر, ۱۴۰۱ توسط سید حسین سلطانی

سلام خدمت همه شما مایکروالکامی ها. در مطلب قبلی از نکات طراحی PCB در آلتیوم دیزاینر (Altium Designer) به Via در Pad پرداخته شد. در این مطلب به نکات طراحی PCB جهت استفاده از دیود TVS پرداخته خواهد شد. پس با من تا انتهای مطلب همراه باشید. همچنین شما میتونید سایر مطالب من رو از این لینک مطالعه و بررسی کنید.

دیود TVS

پیشتر در مطالب قبلی به معرفی دیود TVS و کلیات آن پرداخته شده است. دیود TVS مخفف Transient Voltage Suppression بوده و به معنی سرکوب کننده ولتاژ گذرا می‌باشد. معمولا از دیود TVS برای محافظت در برابر تخلیه الکترواستاتیک (ESD) استفاده می‌گردد. نکته مهم این است که نباید این دیود را با دیود های شاتکی و زنر برابر دانست.

دیود TVS از یک پیوند نیمه هادی نوع P-N تشکیل شده که در طی اسپایک ولتاژ گذرا، بصورت رسانا (هادی) عمل خواهد کرد. بصورت معمول و عادی، دیود TVS دارای امپدانس زیاد با جریان نشتی ناچیز بوده که بصورت مدار باز مدل می‌شود. هنگامی که ولتاژ حالت گذرا از ولتاژ آستانه دیود TVS بیشتر شود، پدیده بهمنی رخ داده و نیمه هادی P-N هادی شده و با ایجاد مسیر با امپدانس کم (اتصال کوتاه) باعث دور شدن نوسان شدید از قطعه شده و در نتیجه باعث محافظ از مدار خواهد شد. زمان پاسخ TVS بسیار سریع بوده و معمولا در حد پیکو ثانیه است. در نتیجه، قطعه مورد نظر خیلی سریع می‌تواند از طریق این دیود تاثیر پالس ESD ایجاد شده را حتی اگر ESD موجود دارای زمان صعود خیلی زیادی باشد، خنثی کند.



منحنی مشخصه دیود *TVS*

استفاده از دیود TVS

برای یک طراح سخت افزار حفاظت مدار در مقابل نوسانات گاها مهم تر از سایر شرایط دیگر می‌باشد. این نکته شامل قرار دادن استراتژیکی قطعات حفاظتی گذرا در PCB و استفاده از زمین گسترده می‌شود. دیود های TVS از جمله قطعات رایجی هستند که برای محافظت از مدار استفاده می‌شوند.

مثلا دیود TVS برروی خطوط دیتا قرار گرفته و با انحراف نوسان ایجاد شده مثلا در اثر ESD از قطعه در مقابل آن حفاظت می‌نماید. اطمینان از اینکه چیدمان PCB برای حفاظت در مقابل نوسان های گذرا بهینه و صحیح باشد به معنای تفاوت بین یک دستگاه کاربردی و معمولی می‌باشد.

انتخاب صحیح دیود TVS در طراحی

همه TVS ها اساسا دیود هستند. این بدان معنا است که اگر ولتاژ بایاس مستقیم یا معکوس کافی به آنها اعمال شود، بصورت هادی عمل خواهند کرد. البته باید گفت همه TVS ها بصورت یکسان ساخته نمی‌شوند. انتخاب اشتباه این دیود در طراحی می‌تواند باعث عدم تاثیر مثبت در محافظت شود. برخی از پارامتر ها برای انتخاب صحیح آن وجود دارد که در ادامه به آن اشاره شده است.

- **ولتاژ شکست بایاس معکوس (VB):**

این ولتاژ بایاس معکوسی است که TVS در آن شروع به هدایت می‌کند. هنگامی که TVS شروع به هدایت کند، باعث انحراف یا خنثی کردن پالس ESD شده و درنتیجه قطعه مورد نظر محافظت خواهد شد.

- **ولتاژ سرکوب (VC):**

ولتاژ Clamping Voltage حداقل ولتاژ ای است که TVS بطور قابل توجهی پس از تجاوز از ولتاژ بایاس معکوس هدایت می‌کند. مقدار این پارامتر در محدوده حداکثر جریان مشخص شده بیان می‌شود.

- **ولتاژ قطع نامی (VWM):**

VWM یا Rated Standoff Voltage بیانگر حد ولتاژ بایاس معکوس است که کمتر از آن TVS همچون عایق (غیر رسانا) عمل می‌کند. در محدوده این پارامتر، TVS بصورت High امپدانس با جریان نشتی کم می‌باشد.

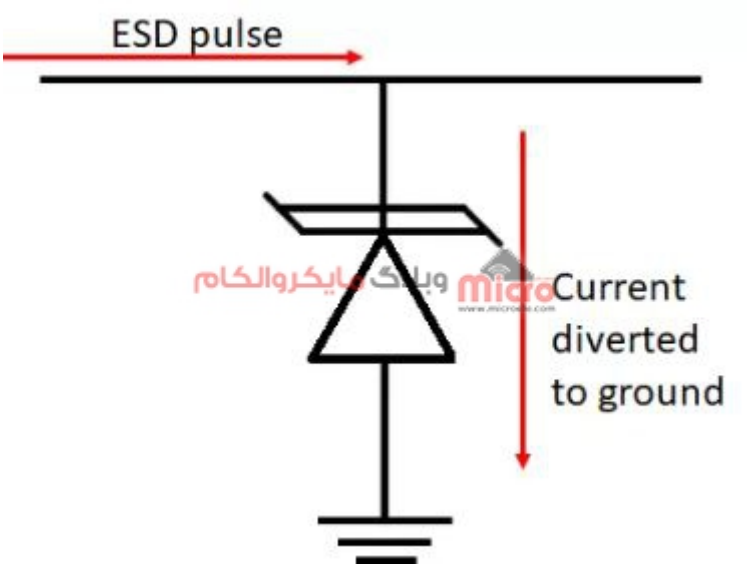
- **اوج اتلاف توان (PPP):**

PPP مخفف Peak Pulse Power Dissipation است. دیود TVS باید به نحوی فعال شود که جریان بیش از حد ناشی از نوسان ولتاژ گذرا را بصورت ایمن محدود و دفع نماید. این کار با پارامتر PPP (اوج اتلاف توان پالس) بیان می‌شود.

عملکرد دیود TVS

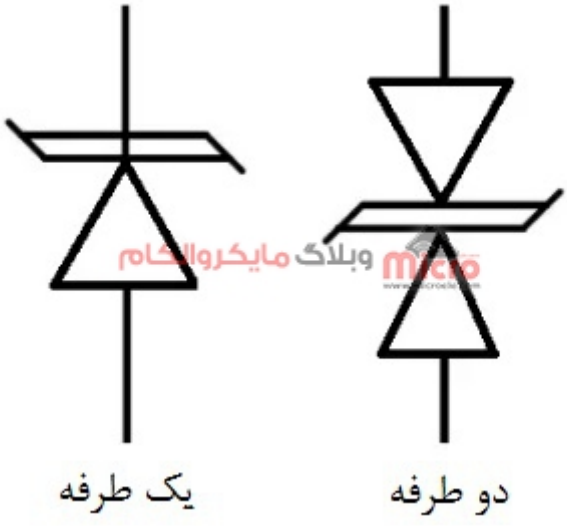
TVS ها بر مبنای یک اصل عمل می‌کنند. هنگامی که ولتاژ ESD در مدار وارد شود، این پالس می‌تواند خیلی سریع از ولتاژ شکست بایاس معکوس دیود فرا تر رود. دستگاه هایی که بخشی از آنها بیشتر در معرض محیط خارجی باشد ESD بیشتر روی آن تاثیر دارد و باید در مقابل آن تمهیدات لازم را اتخاذ کرد.

هنگام رسیدن ESD برروی خطوط سیگنال با وجود دیود محافظ TVS، دیود بصورت اتصال کوتاه عمل کرده و ولتاژ/جریان ESD از آن عبور خواهد کرد. در نتیجه باعث جلوگیری از آسیب به قطعه یا مدار می‌شود. قاعدتا تا زمانی که مسیر اتصال کوتاه ایجاد شده تا زمین وجود داشته باشد ESD به زمین منتقل خواهد شد.



عملکرد دیود *TVS* در مقابل *ESD*

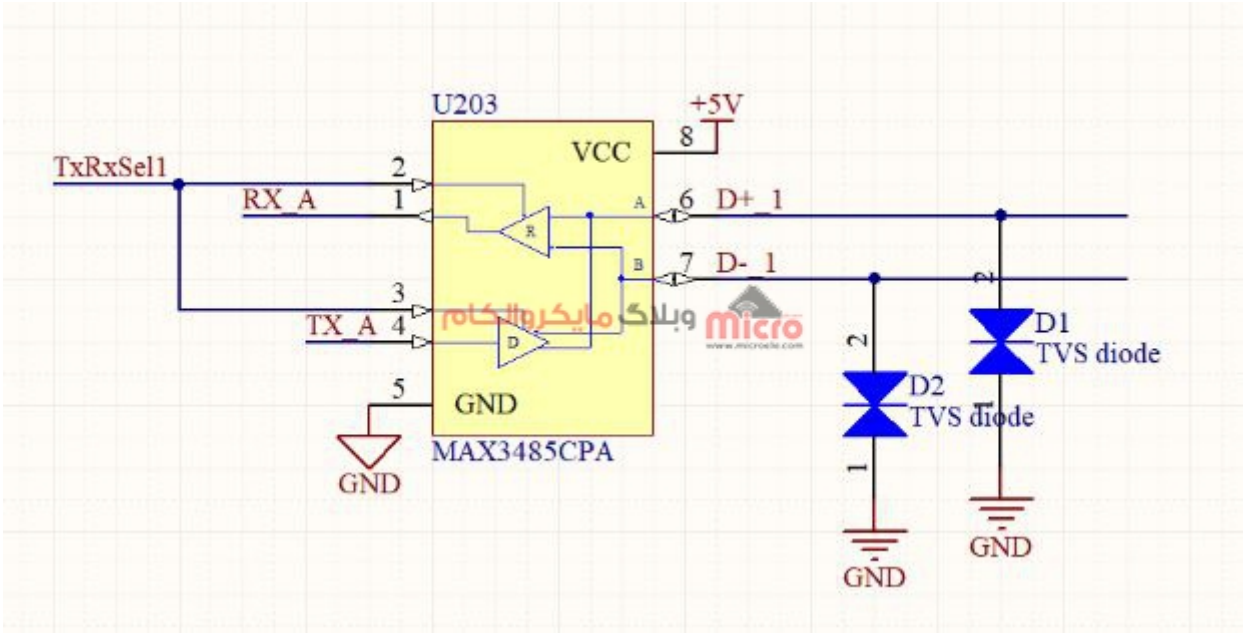
این دیود در 2 مدل یک طرفه و دو طرفه وجود دارد. شمای فنی هر کدام از این مدل در تصویر زیر مشخص شده است. هنگام خرید TVS باید دقت کنید که اصطلاح عمومی دیود TVS به نوع یک طرفه آن اشاره دارد. لذا حتما دقت شود برای نوع دو طرفه حتما در مشخصات آن ذکر شده باشد.



شمای فنی دیود *TVS*

نکات طراحی PCB برای دیود TVS

علاوه بر انتخاب صحیح TVS نحوه چیدمان و طراحی PCB نیز در محافظت اثر گذار است. بعنوان مثال در شماتیک زیر یک دیود TVS دو طرفه بصورت موازی با مسیر مشخص شده متصل شده است. مدار زیر اتصال معمول دیود TVS برای فرستنده/گیرنده MAX3485 می‌باشد.



اتصال دیود *TVS* برای محافظت

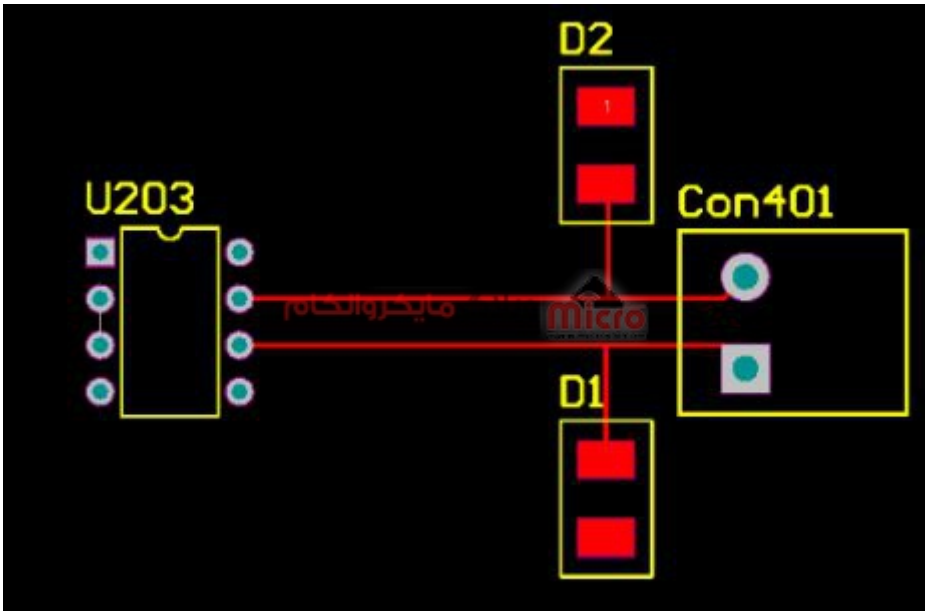
در این مدار در صورت اعمال ولتاژ ESD به پایه های +D و -D، دیود در اثر بالا بودن ولتاژ ESD از ولتاژ بایاس معکوس، قطعه هادی خواهد شد. در این حالت پالس اعمالی به زمین متصل خواهد شد و از قطعه محافظت به عمل خواهد آمد. در مواردی که ESD به زمین متصل می‌شود، TVS نوع دو طرفه ترجیح داده می‌شود. به این دلیل که محافظت بیشتری از خود نشان می‌دهد. در حالیکه اگر نوع یک طرفه باشد ممکن است باز هم مقداری از ESD روی قطعه تاثیر بگذارد.

برای عملکرد صحیح TVS در PCB باید برخی نکات مانند اتصال به زمین، چیدمان صحیح و استفاده از هر قطعه غیر فعال مانند مقاومت یا خازن برای شیلدینگ رعایت شود.

قرار گیری دیود TVS

بدلیل اینکه ESD بیشتر روی پایه های در معرض محیط خارجی ممکن است رخ دهد، بهتر است دیود نزدیک به همان محل در نزدیک فضای بیرون باشد. مثلا در طرح زیر دیود در نزدیک ترین محل به کانکتور مورد نظر قرار گرفته

است.



محل مناسب قرار گرفتن دیود *TVS*

مسیر های TVS باید در مقایسه با مسیر گیرنده کوتاه باشد تا امپدانس کاهش یافته و مطمئن شد از تلفات کاسته می‌شود. این کار باعث می‌شود که اندوکتانس انگلی (parasitic inductance) در مسیر منتهی به دیود به حداقل برسد.

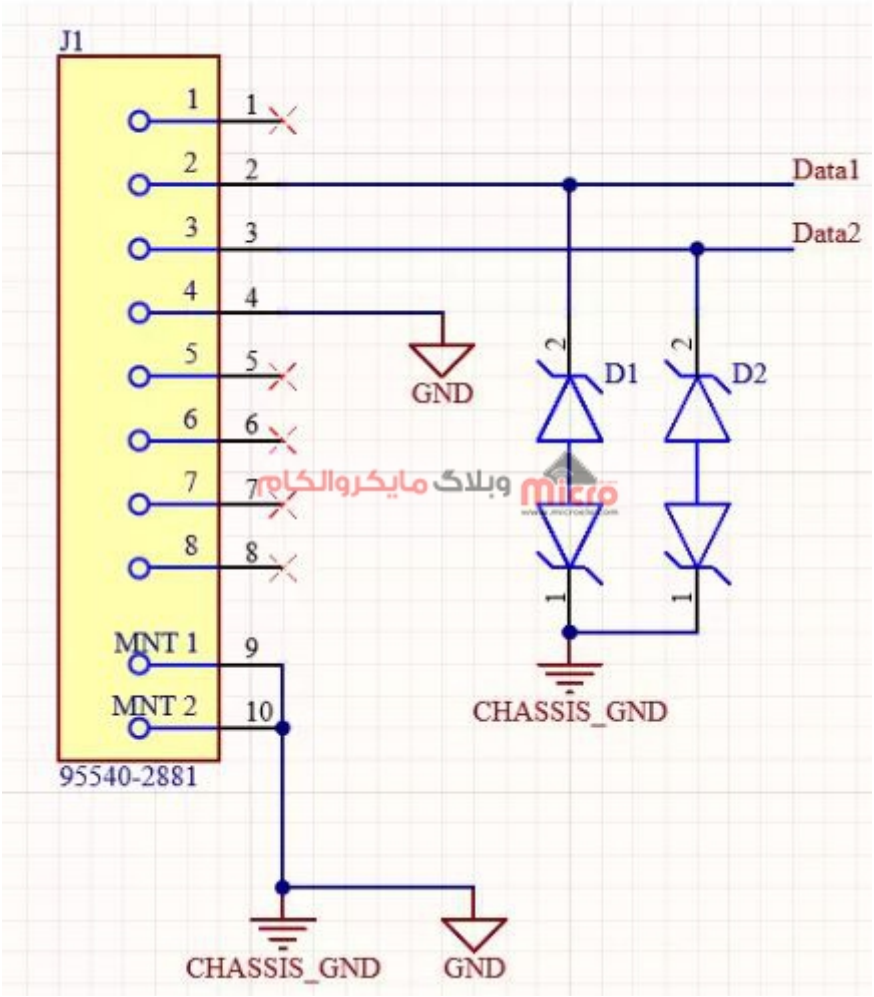
اتصال به زمین

در صورت امکان بهتر است دیود به GND دیگری غیر از قطعه مورد محافظت متصل شود. بهتر است در صورت وجود شیلد فلزی دیود را به آن وصل کرد. معمولا این اتصال به یک سوراخ برای اتصال پیچ برقرار می‌شود. در صورت عدم وجود چنین اتصالی می‌توان از پلن داخلی دیگری برای اتصال بهره برد. با این وجود در محل هایی که امکان تاثیر ESD خیلی زیاد است، دستگاه/قطعه باید در محفظه فلزی زمین شده و به دنبال آن متصل به ارت قرار گیرد.

حذف برخی جزئیات

برخی از قطعات مانند کانکتور های دارای شیلد یک بخش فلزی اضافه شیلد شده دارند که از هادی خارجی محافظت می‌کنند. دلیل آن حفاظت مکانیکی یا حرارتی نبوده و در واقع برای جلوگیری از تاثیر نویز و محافظت در مقابل ESD برروی آن می‌باشد. اگر خطر جدی ESD وجود داشته باشد می‌توان از کانکتور های شیلد دار در کنار TVS استفاده کرد.

به این صورت که دیود به مسیر های سیگنال متصل شده و محافظ روی کانکتور مستقیم به زمین متصل گردد.



اتصال بین دیود*TVS* در مسیر سیگنال

معمولا عرف است که این اتصال را در یک نقطه در سیستم قرار دهیم تا از زمین هم پتانسیل بهره مند شویم. اما هنوز جریان های برگشتی را منظم کنترل می‌کنیم تا از داخل شاسی (محفظه فلزی) عبور نکند.

در برخی از موارد ممکن است طراح شیلد یا محفظه را از طریق اسنابر یا مدار RC موازی با آن به زمین متصل کند.

هر دو روش مطرح شده هدف داشتن کانکتور شیلد شده را نقض می‌کند. بجای آن می‌توان اتصال مستقیم بین شیلد و محفظه زمین شده (در صورت وجود) یا به زمین برقرار کرد. به موجب این کار یک مسیر با امپدانس خیلی کم تا زمین ایجاد کرده که از تاثیر ناشی از ESD جلوگیری به عمل می‌آورد.

در برخی از موارد که کنترل جریان برگشتی (مانند زمین شناور) مشکل است، راهکار مناسب این است که یک خازن با ظرفیت بالا بین شیلد و زمین قرار دهیم. با این کار پالس های سریع ESD دفع شده و بدلیل آفست بین دو زمین نویز فرکانس بالا از سیستم ساطع نخواهد شد.

نتیجه گیری

در این مطلب به صورت اجمالی به معرفی و بررسی دیود TVS و نقش مهم آن در مدار های الکترونیکی جهت محافظت در برابر نوسانات ولتاژ و ESD پرداخته شد. همچنین نکاتی برای چینش درست آن در PCB ذکر گردید.

امیدوارم از این مطلب کمال بهره را برده باشید. در صورت داشتن هرگونه نظر یا سوال درباره این مطلب یا تجربه مشابه اون رو در انتهای همین صفحه در قسمت دیدگاه ها قرار بدید. در کوتاه ترین زمان ممکن به اون ها پاسخ خواهم داد. اگر این مطلب براتون مفید بود، اون رو به اشتراک بگذارید تا سایر دوستان هم بتوانند استفاده کنند. همینطور میتونید این مطلب را توی اینستاگرام با هشتگ #microelecom به اشتراک بگذارید و پیج مایکروالکام (@microelecom) رو هم منشن کنید.