

TVSダイオードの回路構成オプション



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

はじめに

EMIやESDはシステムの動作に影響を与えたり、永久的な損傷を発生させたり、最終的に故障につながる潜在的な損傷を引き起こす可能性があるため、過渡電圧抑制(TVS)保護が重要です。サージ電圧から電気回路を保護するために、様々な回路構成でアバランシェTVSダイオードやダイオード・アレイを利用できます。本書では、アバランシェTVSおよびダイオード・アレイ保護ダイオードで形成された様々な回路構成の属性やトレードオフを解析します。

TVSダイオード保護オプション

Figure 1に、サージ保護を提供するアバランシェTVSダイオードおよびダイオード・アレイの回路図を示します。両タイプのダイオード・デバイスともサージ抑制に使用できますが、それぞれに独特の保護機能があります。Tables 1、2に、サージ保護を提供するアバランシェTVSダイオードおよびダイオード・アレイ保護回路の特徴をまとめています。

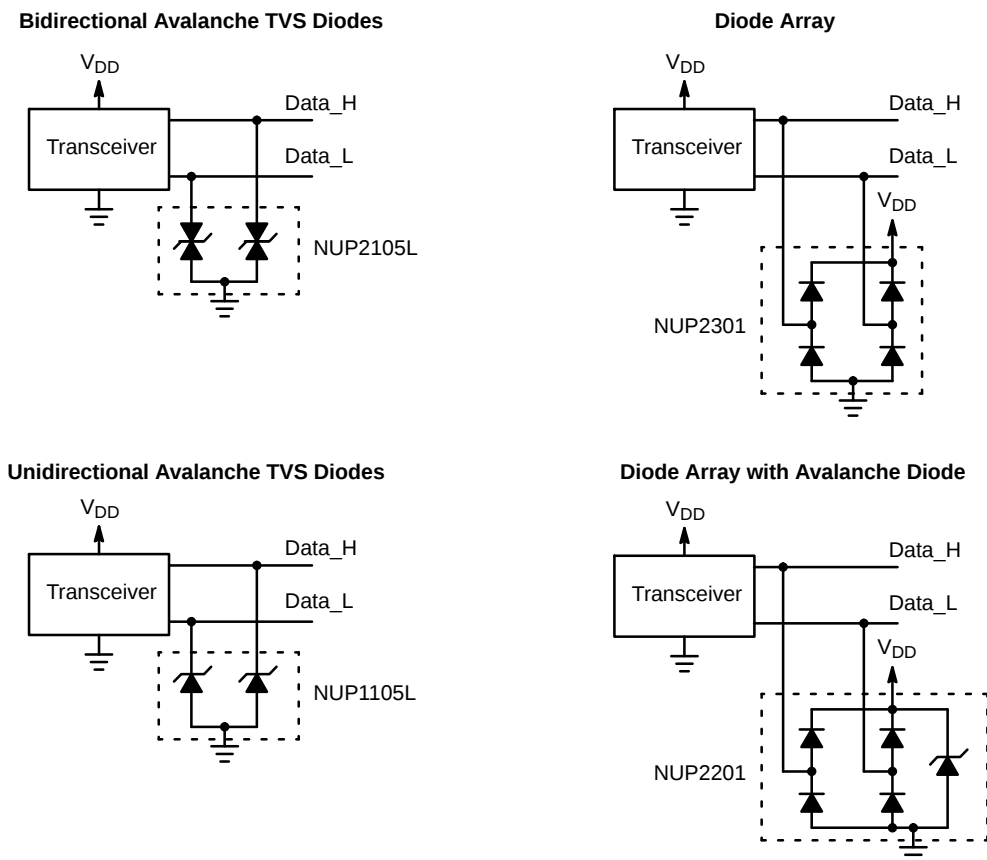


Figure 1. Schematic Representation of TVS Diode Protection Options

アバランシェTVSダイオード

アバランシェ・ダイオードは、電源ラインのサージ耐性とESD保護を必要とするアプリケーションに適したTVSデバイスで、サージ電圧を安全レベルにクランプすることによって保護を与えます。これらのデバイスは、サージ・エネルギーを直接吸収し、クランピング電圧を一定に維持する可変インピーダンスとして機能します。アバランシェTVSダイオードの電流・電圧特性はツェナ・ダイオードに似ていますが、デバイス間で大きな違いがあります。TVSダイオードは過渡イベントの高ピーク・エネルギーを吸収するように最適化された接合部を備えています。標準ツェナ・ダイオードは安定状態の電圧をクランプするように設計されています。

ダイオード・アレイ

ダイオード・アレイは一般に中程度の電力定格と低い静電容量を有しています。このためデータ・ラインのESD保護に多用されるTVSデバイスとなって

います。また、ダイオード・アレイはクランピング電圧が低いため、低電圧ICを保護するのに有利です。ダイオード・アレイの有効最小動作電圧は、ダイオードの順方向電圧降下によってのみ制限されます。ダイオード・アレイは、高速データ・ライン上のオーバシュートやリンギングを除去するためのライン終端抵抗としても使用できます。ダイオード・データライン終端回路は、テブナン回路とも呼ばれます。

Figure 2に示すとおり、ダイオード・アレイは電源レールに流れ込むサージ電流に対応します。正のサージ・パルスは電源電圧(V_{DD})に順方向ダイオード電圧降下を加えた電圧にクランプされます。通常 V_{SS} ピンはグラウンドに接続します。したがって、負のパルスはグラウンド電位よりダイオード1個の電圧降下分だけ低い電圧にクランプされます。正および負のサージ・パルスのエネルギーは、PCBの電源プレーンを通じて放散されます。

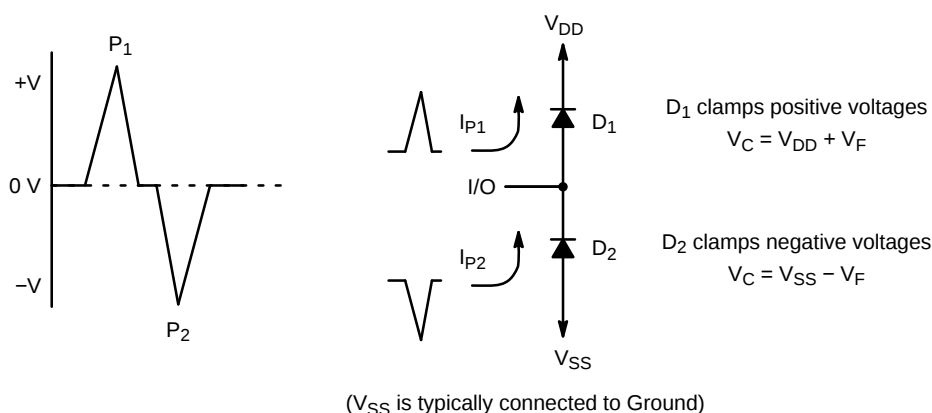


Figure 2. Diode Arrays Clamp the Surge Voltage to a Diode Drop above or below the Power Rails

ダイオード・アレイはスイッチング・ダイオード、アバランシェ・ダイオード、ショットキ・ダイオードを組み合わせで構築されます。大部分のダイオード・アレイは、スタック構造のスイッチング・ダイオードで構成されていますが、サージ定格を向上させるためにアバランシェ・ダイオードを含む多数の製品が市販されています。スイッチング・ダイオードはデータ・ラインに対して低静電容量の負荷を提供し、アバランシェ・ダイオードは電源ラインに対してエネルギー放散能力を提供します。公称電

源電圧よりもわずかに高いブレイクダウン電圧を有するアバランシェ・ダイオードが選択されます。電源ラインにアバランシェ・ダイオードの比較的大きな容量性負荷があり、データラインの周波数応答にほとんど影響を与えません。ダイオード・アレイで好まれる別のオプションは、ターンオン電圧が低いショットキ・ダイオードを使用して低電圧アプリケーション向けの有効なTVSデバイスを構築することです。

Table 1. AVALANCHE TVS DIODE SURGE PROTECTION CIRCUITS

	Bidirectional	Unidirectional	Low Capacitance Bidirectional	Low Capacitance Unidirectional
Schematic				
Clamping Voltage (V_C) Positive Surge Negative Surge	$V_{F_Z1} + V_{BR_Z2}$ $-(V_{BR_Z1} + V_{F_Z2})$	V_{BR_Z1} $-V_{F_Z1}$	$V_{F_D1} + V_{BR_Z1}$ $-(V_{F_D2} + V_{BR_Z2})$	$V_{F_D1} + V_{BR_Z1}$ $-V_{F_D2}$
Attributes	- Solves common mode offset issues - Direct replacement for varistors	Low negative clamping voltage	D_1 and D_2 lower the capacitance Z_1 and Z_2 increase power rating	D_1 lowers capacitance Z_1 increases power rating - Use with short cables
Trade-Offs	High capacitance compared to a diode array	High capacitance compared to a diode array	Requires four diodes	Requires three diodes
Applications	- Differential data lines - Use with long cables - DC power lines - High frequency applications	- Single-ended data lines - Use with short cables - DC power lines - Digital logic ICs	High-speed differential data lines	High-speed single ended data lines
ON Products	- NUP2105L - NUP4102	- NUP1105L - NZQA5V6	- SL05 - SL15	

Table 2. DIODE ARRAY SURGE PROTECTION CIRCUITS

	Diode Array		Diode Array Plus TVS		Schottky Diode Array	
Schematic						
Clamping Voltage (V_C) Positive Surge Negative Surge	I/O1	I/O2	I/O1	I/O2	I/O1	I/O2
	$V_{F_D1} + V_{DD}$ $-V_{F_D2}$	$V_{F_D3} + V_{DD}$ $-V_{F_D4}$	$V_{F_D1} + V_{DD} \leq V_C \leq V_{Z1_BR}$ $-V_{F_D2}$	$V_{F_D3} + V_{DD} \leq V_C \leq V_{Z1_BR}$ $-V_{F_D4}$	$V_{F_D1} + V_{DD}$ $-V_{F_D2}$	$V_{F_D3} + V_{DD}$ $-V_{F_D4}$
Attributes	- Low capacitance - Good capacitive matching (small ΔC I/O1-to-I/O2) - Low clamping voltage		- Low capacitance, with moderate power rating Z_1 increases power rating Z_1 has minor effect on I/O line capacitance Z_1 functions as a decoupling capacitor		- Low clamping voltage - Low V_F (≈ 0.3 V) - Low V_C ensures surge event is clamped by external protection circuit	
Trade-Offs	- Poor power rating compared to avalanche TVS diodes $V_F \approx 0.7$ V		Z_1 is large compared to diodes – which increases package size $V_F \approx 0.7$ V for $D_1 - D_4$		- Power rating is poor compared to a switching diode - Relatively poor reverse bias surge rating	
Applications	- Differential data lines - Use with short cables - ESD protection		- Use with single-ended data line - Use with short cables - ESD protection		- Differential data lines - Use with short cables - ESD protection - Low voltage ICs	
ON Products	- NUP1301 - NUP4301		- NUP2201 - NUP4201		NUP4302	

単方向保護と双方向保護

アバランシェTVSダイオードは、単方向構成または双方向構成で利用できます。他方、ダイオード・アレイは通常、単方向保護デバイスとしてのみ使用されます。単方向および双方向デバイスは両方とも、正・負のサージに対する保護を提供しますが、Figure 3に示すとおり、ブレークダウン電圧の大きさは異なります。単方向デバイスは、逆バイアス印加

時のブレークダウン電圧、順方向バイアス印加時の順ダイオード電圧降下に等しいクランプ電圧を有しています。双方向デバイスは通常、正・負両電圧に対して対照的な V_{BR} を備えています。ダイオード・アレイを正電源と負電源に接続して双方向デバイスを構築できますが、大部分のアプリケーションではボトム・ダイオードをグランドに接続して単方向デバイスを形成しています。

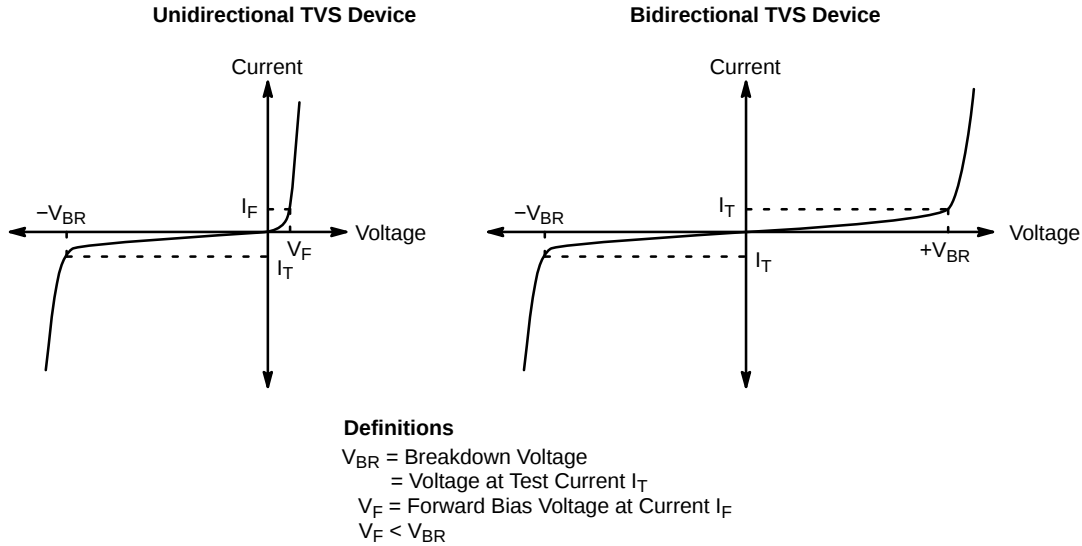


Figure 3. Definition of a Uni- and Bidirectional TVS Circuit

単方向デバイスと双方向デバイスが同一アプリケーションで混用されることもよくありますが、クランピング・オプションの1つが明らかに有利となる用途が多数存在します。DC電源やロジックIC保護などの用途では、単方向ダイオード・デバイスが負のサージ電圧に対して低いクランプ電圧(すなわち、 $-V_F$)を提供します。双方向TVSデバイスは、コモン

モード・オフセット電圧問題の解決など、いくつかの利点を提供します。単純に双方向の性質を持つ金属酸化バリスタ(MOV)を置き換えるという理由から、双方向TVSダイオードが選択される場合がよくあります。Figure 4に、単方向および双方向TVSデバイスの代表的なアプリケーションの概要を示します。

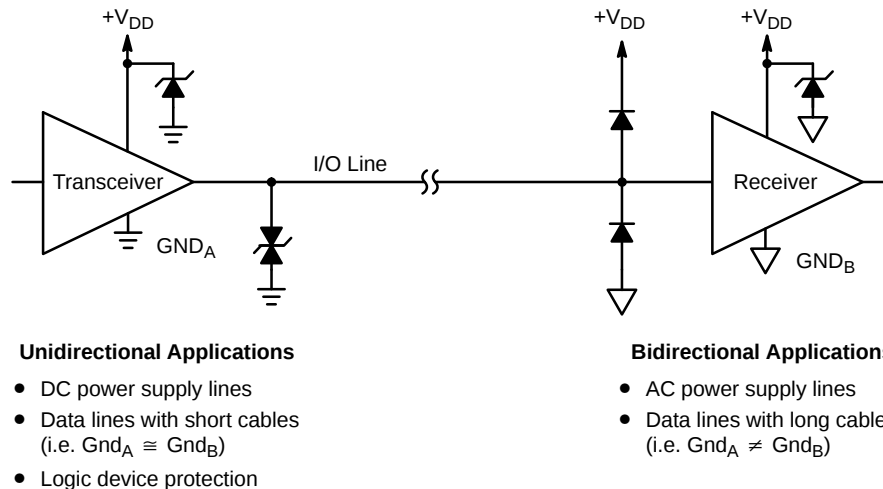


Figure 4. Typical Applications of Uni- and Bidirectional TVS Devices

双方向ダイオードの形成

TVSダイオードは本質的に単方向です。Figure 5に示すように、2個の単方向ダイオードを組み合わせ、1個の双方向デバイスを形成できます。共通カソード・デバイスと共通アノード・デバイスの電気的特性は一般に同等です。混成双方向デバイスのクランプ電圧(V_C)は、逆バイアスされたダイオードのブレイクダウン電圧(V_{BR})に順バイアスされた第2ダイオードのダイオード電圧降下分を加えた値に等しくなります。

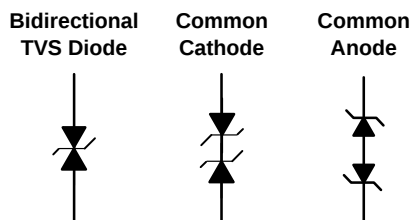


Figure 5. A Bidirectional TVS Diode is Created by Combining Two Unidirectional Diodes to Form a Common Cathode or Common Anode Device

一般的なTVSダイオード選択のガイドライン

TVSダイオードを選択する場合は、以下のガイドラインを使用できます。

1. 通常動作中にTVSデバイスがターンオンしないように、最大規定電圧よりも高いブレイクダウン電圧を持つデバイスを選択します。
2. コモンモード電圧要件が課される回路については、双方向TVSデバイスが必要になる場合があります。送信ノードと受信ノードのグランド基準の間に大きな電位差が存在する場合は、コモン電圧仕様が必要になります。
3. サージ・パルスのエネルギーを消費する能力のあるTVSデバイスを選択します。
4. 大部分のTVSデバイスの電力定格は温度上昇に伴って低下するので、TVSエネルギー仕様のディレーティングが必要になることがあります。

5. 高速回路では、信号歪みを低減するためにTVSデバイスの静電容量を最小化する必要があります。加えて、アンプ出力信号のパルス幅の完全性を維持するために、2つの差動信号の静電容量をマッチングさせなければなりません。
6. システムによっては、電源ラインとデータラインが同一ケーブルに収容されており、ユニットは電源ラインとデータラインの短絡に耐える必要があります。この要件はデータライン保護デバイスのブレイクダウン電圧が、電源電圧の最大値よりも高くなければならないことを意味します。

参考文献

- [1] –; “AP-209 – Design Considerations for ESD Protection Using ESD Protection Diode Arrays”, California Micro Devices, 1998.
- [2] –; “SI99-01 – PCB Design Guidelines for ESD Suppression”, Semtech, 2002.
- [3] Lepkowski, J., “[AND8232JP/D](#) – TVSダイオードの性能を最大限に高めるPCB設計ガイドライン”, ON Semiconductor, 2005.
- [4] Lepkowski, J., “[AND8230JP/D](#) – 過渡電圧抑制ダイオード回路に関するアプリケーションのヒント”, ON Semiconductor, 2005.

ON Semiconductor及びON SemiconductorのロゴはON Semiconductorという商号を使うSemiconductor Components Industries, LLC 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における商標です。ON Semiconductorは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。ON Semiconductorの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Markinq.pdf。ON Semiconductorは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。ON Semiconductorは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害など一切の損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。お客様は、ON Semiconductorによって提供されたサポートやアプリケーション情報の如何にかかわらず、すべての法令、規制、安全性の要求あるいは標準の遵守を含む、ON Semiconductor製品を使用したお客様の製品とアプリケーションについて一切の責任を負うものとします。ON Semiconductorデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。ON Semiconductorは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許しません。ON Semiconductor製品は、生命維持装置や、いかなるFDA(米国食品医薬品局)クラス3の医療機器、FDAが管轄しない地域において同一もしくは類似のものと分類される医療機器、あるいは、人体への移植を対象とした機器における重要部品などへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にON Semiconductor製品を購入または使用した場合、たとえ、ON Semiconductorがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、ON Semiconductorとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。ON Semiconductorは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative