

Cameron Phillips

I/O 模块

在大多数工业应用中，系统架构包含一个中央 PLC，用于控制遍布周围环境的外设（例如传感器、螺线管和阀）并与它们进行通信。PLC 通过 PLC 模块内集中分布的数字信号输出（称为“I/O 模块”）与这些外设进行通信，因此，确保 I/O 模块的可靠性对于维持安全高效的工业环境至关重要。

I/O 模块上的浪涌设计挑战

- 输出与输入保护（低阻抗与高阻抗）
- 设计时针对钳位电压随温度和器件变化的注意事项

什么是浪涌？

浪涌是一种瞬态事件，当大型能量源耦合到电气系统上时，会引起较大的电流和电压尖峰，这时便会发生所谓的浪涌。该事件在 IEC61000-4-5 中定义为上升时间为 $8\mu\text{s}$ 、半峰值时间为 $20\mu\text{s}$ 的一次短路电流脉冲。浪涌电流的大小随设备所处的环境以及耦合到线路上的能量源而变化。在使用 I/O 模块的工业应用中，即使该模块不直接接触遭受雷击的位置，也会引发电涌事件。有关浪涌起因的更多信息，请查看《揭秘浪涌保护》。

I/O 模块中需要保护什么？

输入/输出模块有各种各样与其线路靠近的电路。例如，模拟输入模块信号通常会输入到比较器中，有时具有会限制电流的串联电阻，在浪涌事件发生期间，这些电阻器将耗散大量热量，因此阻值更大。另一个类似的例子是模拟输出模块。这些输出端有时会出现较大的浪涌瞬变，使电阻较小的输出端受损，尤其是内部的小型 ESD 单元。

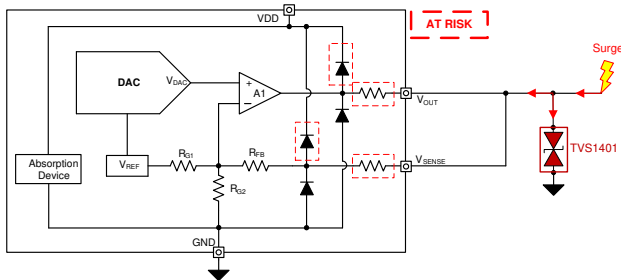


图 1. 模拟输出模块组件

数字输出模块的输出端通常具有非常低的阻抗，因此需要浪涌保护。数字输出模块可包含供电模块，例如低

R_{ON} 开关，这些开关可以导通和关断相对较高的电流。正因为有了这些低阻抗输出（通常是 MOSFET 的源极），当发生浪涌事件时，电流很容易通过器件，并且会破坏任何连接的元件。在下图中，浅红色框显示了在浪涌事件期间有可能损坏的元件。

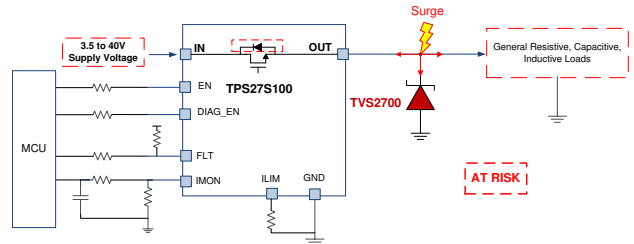


图 2. 数字输出模块元件

TI 的平缓钳位

这些模块需要保护，那么 TI 的平缓钳位器件可以提供哪些保护呢？TI 的平缓钳位器件系列在钳位电压、超低泄漏和封装尺寸方面具有优势。

许多 I/O 模块都具有接近工作电压的绝对最大额定电压。例如，ADS8689 的输入电压范围为 $\pm 12\text{V}$ ，绝对最大电压为 $\pm 20\text{V}$ 。如果使用 TI 的平缓钳位 TVS1401，在需要消耗 25A 电流的典型 1kV 浪涌事件期间，钳位电压将会是 19.4V。这对于确保输入/输出模块的可靠性至关重要。整个平缓钳位系列都是如此，因为该系列的所有器件都具有超低的钳位电压（相对于其击穿电压），因而可以在任何电压范围内保护敏感设备。

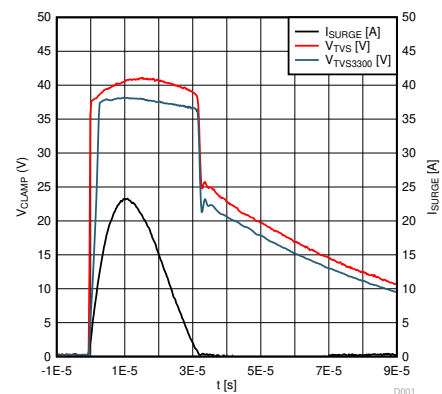


图 3. TVS3300 与传统 TVS 的浪涌波形

在模拟模块（输入或输出）中，泄漏非常重要。这些模块会测量某个引脚上的电压，该引脚上的任何泄漏会使引脚电压读数与实际值不同。TI 的平缓钳位器件（例如，模拟输入引脚上的 TVS0500）的漏电流为 0.07nA，而典型 SMA TVS 二极管的漏电流最大值为 1 至 10μA。相差高达 6 个数量级。

许多 I/O 模块对电路板的尺寸都有非常严格的限制，因此，使每个元件的尺寸都尽可能小则大有裨益。使用 TI 的平缓钳位技术，电路板设计人员可以将 TVS 器件的面积减少 70% 以上。下文所示为 DBV 和 DRB 封装与业界通用 SMA 和 SMB 封装的比较情况。采用这些小型封装可以将器件放置在更靠近连接器的位置。这意味着浪涌脉冲将立即在电路板上分流，不会穿过 PCB 布线而影响到脉冲本身。

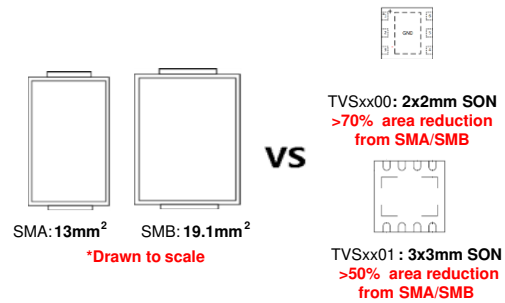


图 4. 平缓钳位封装尺寸比较

总之，包含 I/O 模块的环境很容易受到这些浪涌的影响，如果不进行适当处理，则会对系统造成严重损害。TI 的平缓钳位器件系列有助于保护大多数不同的模拟或数字输入和输出模块免受浪涌事件的影响。

表 1. 备选器件建议

器件	说明
TVS0500、TVS0701	用于对 5V I/O 模块进行浪涌保护的单向和双向器件
TVS1400、TVS1401	用于对 12V I/O 模块进行浪涌保护的单向和双向器件
TVS2700、TVS2701	用于对 24V I/O 模块进行浪涌保护的单向和双向器件

表 2. 相关资源

《TVS 浪涌额定值：功率与电流》	《揭秘浪涌保护》白皮书
《如何选择浪涌二极管》	《揭秘浪涌保护》视频系列
《采用 SMA/SMB 封装的平缓钳位 TVS 布局》	《用于高温环境的 TVS 浪涌保护》

重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据 (包括数据表)、设计资源 (包括参考设计)、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源, 不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保, 包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任: (1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品, (2) 设计、验证并测试您的应用, (3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。这些资源如有变更, 恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务, TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.ti.com) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司