

## Application Brief

## 针对 HDMI 应用的 ESD 保护



Matthew Xiong

高清多媒体接口 (HDMI) 自 2002 年问世以来，一直是用于传输视频和音频数据的常用接口之一。随着 HDMI 标准的每次更新，制造商都可以借助工艺技术的改进增加数据带宽，并在越来越小的芯片组中添加更多特性。不过，随着尺寸减小，HDMI 元件对静电放电等瞬态电压变得越来越敏感。这就需要实施 ESD 保护，以便在不影响高速信号完整性的情况下钳位在非常低的电压。

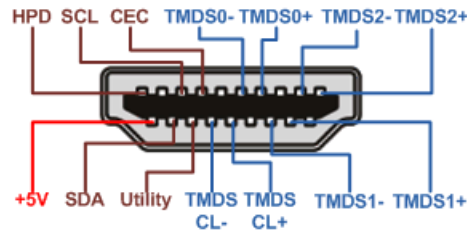


图 1. HDMI 插座的引脚排列

HDMI 连接器 (图 1) 中具有四对最小化传输差分数字信号 (TMDS) 通道。三个 TMDS 对 (TMDS0、TMDS1 和 TMDS2) 负责为 HDMI 2.0 每秒传输数百万像素的数据，而 TMDS CL 对提供时钟信号来同步此信息。

除了四个 TMDS 对之外，HDMI 连接器还有六个其他通道：热插拔检测 (HPD) 通道，可检测何时建立连接；消费类电子控制 (CEC) 通道，允许用户通过 HDMI 控制器件；实用通道，用于 HDMI 以太网或音频返回通道；SDA 和 SCL 通道，可提供 I2C 控制；以及最后一个通道，可提供 5V 电源。

为了防止 ESD 故障，可以通过 HDMI 连接器将 5V 工作电压、6 通道 TVS 二极管 (如 TPD6E05U06) 放置在非 TMDS 通道 (5V 电源、SDA、SCL、HPD、CEC 和实用) 上。5V 工作电压、单通道 TVS 二极管 (TPD1E05U06) 还提供了布局灵活性。更最大限度地减小二极管的电容通常不是问题，因为这些非 TMDS 通道不传输高速数据。

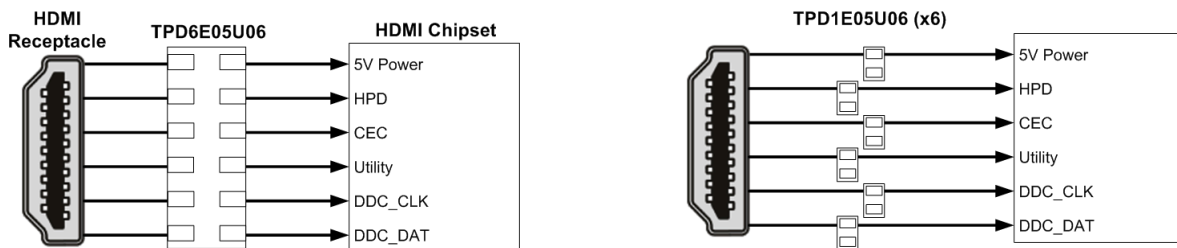


图 2. 用于实现非 TMDS 保护的 6 通道 TVS 二极管阵列 (左) 与单通道 TVS 二极管 (右)

另外，TMDS 通道传递的差分数据对于 HDMI 2.0 而言可达 18Gbps ( 每对 6Gbps )，每条差分线路上的最大单端工作电压为 3.3V。因此，放置在这些高速布线上的 ESD 保护二极管要求电容足够低，以保持信号完整性并满足 HDMI 合规标准。

由于 TMDS I/O 引脚的敏感性质，必须更大幅度地减小钳位电压以实现 TMDS ESD 保护。这种保护是通过选择一个具有超低动态电阻 ( $R_{DYN}$ ) 的 ESD 二极管来实现的。当出现 ESD 冲击时，该二极管提供一条低阻抗路径，以引导电流远离下游敏感电路。

ESD  $R_{DYN}$  与电容呈反比关系。增加二极管结面积会降低  $R_{DYN}$ ，但会增加二极管电容，这可能会降低信号完整性。因此，选择可保护 TMDS 通道但不影响数据传输的 TVS 二极管是一项挑战。不过，ESD224 是一款 4 通道 ESD 保护器件，通过采用 TI 专有的 ESD 工艺技术，能够将  $\pm 8kV$  IEC ESD 事件钳位到足够的电平，同时保持超低电容。由于有四对 TMDS 通道，因此在通过信号完整性眼图屏蔽测试 ( 图 3 ) 时，两个 ESD224 保护二极管可在 TMDS 布线上提供必要的保护。

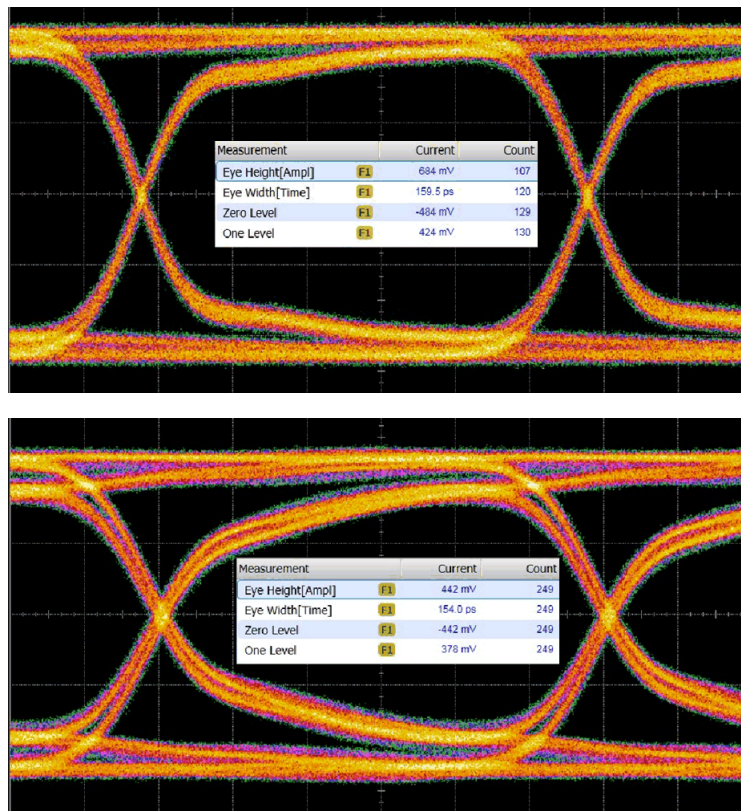


图 3. 不带 ( 上 ) 和带 ( 下 ) ESD224 保护的 6Gbps HDMI 2.0 眼图

ESD224 能够为敏感的 HDMI 2.0 转接驱动器、重定时器器和芯片组提供必要的 ESD 钳位保护。例如，BCM7250 是一款 Broadcom HDMI 2.0 SoC，在低瞬态电压下会出现故障：9.15V 和 -5.71V。在图 4 中，100ns 传输线路脉冲 (TLP) 用于确定 ESD 故障电压，因为 100ns 大概为 IEC ESD 脉冲的长度。

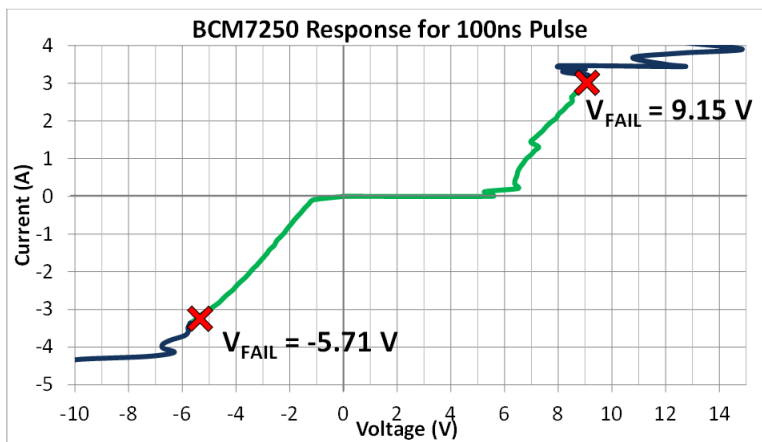


图 4. BCM7250 在 ESD 事件期间，在 9.15V 和 -5.71V 下出现故障

TVS 二极管可防止正钳位电压超过 9.15V，并防止负钳位电压超过 -5.71V，从而保护 BCM7250 等敏感 HDMI 2.0 SoC 免受 ESD 冲击。图 5 显示，ESD224 通过将 8kV IEC ESD 冲击钳位到 8.1V 并将 -8kV IEC ESD 冲击钳位到 -5V 来提供这种保护。

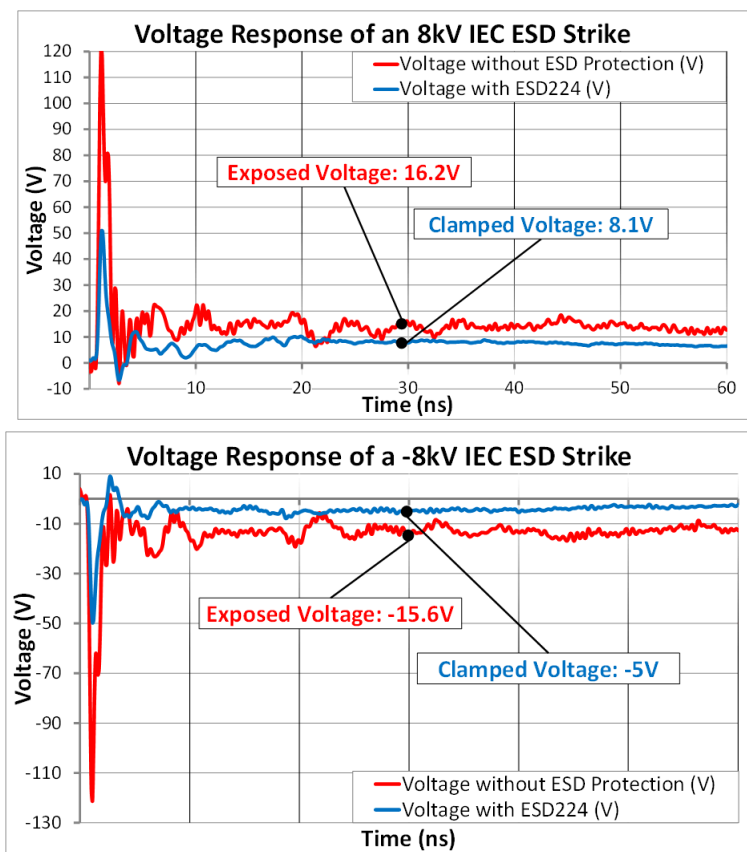


图 5. ESD224 将 +8kV ESD 电压钳位至 8.1V，并将 -8kV ESD 电压钳位至 -5V

对于完整的 HDMI 2.0 选项，2 个 ESD224 可以保护 TMDS 通道，6 个 TPD1E05U06 可以保护其他通道。如果不需要 ESD224 的超低钳位性能，则 TPD4E02B04 可以保护 TMDS 通道。

**表 1. 备选器件建议**

器件	优化参数	性能权衡
<a href="#">TPD4E02B04</a>	0.25pF 电容、直通式布线	钳位电压较高
<a href="#">TPD4E05U06</a>	5V 工作电压、直通式布线	钳位电压较高
<a href="#">ESD204</a>	30kV/30kV IEC 额定值、5.5A 浪涌保护、直通式布线	电容较高

**相关文档**

- [系统级 ESD 选择指南](#)
- [ESD224 HDMI 2.0 合规性](#)
- [ESD 要点视频系列](#)

## 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司