

消费类连接功能让汽车信息娱乐系统设计更具挑战性

□作者：安森美半导体 Deres Eshete

当今带连接功能的汽车正在使用通用串行总线 (USB) 作为高速数据接口。其实，USB 在消费领域已经非常普及且获得证明，是使消费者能够在汽车中使用的多种通信及信息娱乐系统设备。

只不过在几年前，汽车购买者可能会惊讶地看到新的汽车中配有新颖的单个 USB 端口；而如今，他们越来越有可能问他们新购买的车中会有多少个端口。

然而，汽车中的电气环境跟非汽车应用场景大不相同，因为很可能存在静电放电 (ESD) 危害极大的瞬态事件。此外，12 V 汽车蓄电池电压会使 USB 数据线路遭受风险。汽车的 USB 端口要求有效保护，免受这些风险，以维持信号完整性，确保长期可靠性 (提高感知的品质水准，降低退料审查 (RMA)/ 召回次数)。

连接功能至关重要

领先的汽车品牌越来越仰重电子部件创新，以帮助创造新功能，促进汽车销售及构建客户忠诚度。与这个趋势紧密相伴的是，汽车正日益成为当今数字消费生活方式的组成部分。当今的汽车购买者希望不仅将智能手机、平板电脑、MP3 播放器、USB/SD 存储及其它设备带到汽车中，还想将这些设备与车载信息娱乐系统连接，以在行车过程中欣赏设备中的内容并获取服务。

为了符合这些需求，同时配合增强远程信息系统、车间通信及先进驾驶员辅助系统 (ADAS)，此功能的控制单元正在从简单的汽车音响，演变为复杂的计算平台。功能强大的微控制器 (MCU) 正进入汽车应用，用于实现下一代的汽车音响本体 (head unit) 应用。这些设备包含复杂的多内核处理、片外存储器接口，以及丰富的

连接功能 (通常包括 CAN、MOST、以太网、视频摄像输入，及无线连接接口和 USB 2.0 和 / 或 USB 3.0 端口)。高端微控制器可能还能够提供输出至多个高清显示屏，同时预计支援 HDMI 连接未来也会变得普及。

如今，USB 连接至关重要，为汽车用户提供灵活性，让他们能够连接自有设备及存储，并根据需求来获取内容和服务。同时，汽车中也更加需要多个 USB 端口，使前排和后排乘客以及司机能够基于各种可能不同的目的来连接自己设备。

汽车中的 USB

为了提供令人满意的车中 USB 连接，需要恰当考虑 USB 电源电压及电流调节问题，还要保护所有 USB 数据及电源连接，免受各种电气危害损伤。

USB 电源连接 (Vbus) 可以采用主控制器或外部源 (设备) 供电。Vbus 电压范围介于 4.75 V 至 5.25 V，同时电流范围为 500 mA 至 2.1 A，而平板电脑及更新的移动设备的电流范围可能更宽。这可能会因各个设备的连接及快速充电要求不同而有差异。

可能遇到的电气危害包括 ESD 及瞬态事件，这些危害可能出现在制造及组装期间，或者也可能因汽车乘客或汽车中其它电气电路而导致。探讨跟道路车辆相关的 ESD 及瞬态事件的主要文档是介绍 ESD 测试方法的

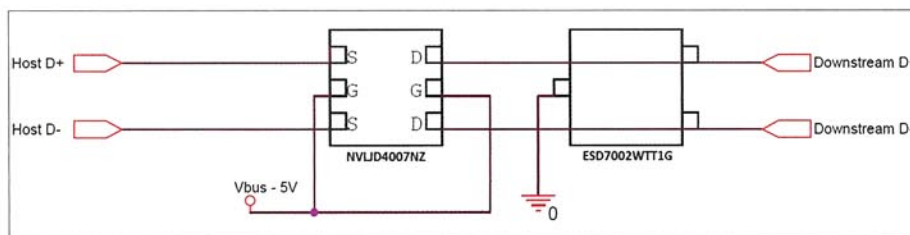


图 1. 使用 ESD7002 和 NVLJD4007 双 FET 为 USB 2.0 端口数据线路提供分立 ESD 瞬态及对电池短路保护

ISO 10605(道路车辆——静电放电电气干扰之测试方法), 以及介绍汽车中其它电子电路导致后果的 ISO 7637(道路车辆——导电及耦合电气干扰)。ISO 10605 基于规定不同等级 ESD 信号特性的 IEC 61000-4-2 行业标准, 但也包括其它汽车专门要求。此外, 原设备制造商(OEM) 专门测试要求通常也强制要求供应商遵循。

此外, USB 2.0 全速 / 高速或多通道 USB 3.0 超速接口中的所有数据信号, 以及 Vbus 和接地线路, 要求提供保护, 免受对电池短路(16 V DC) 及对地电路故障的影响。

适合的保护方案必须满足常见的限制条件, 如为信号线路提供低电容性负载以将信号衰减降至最低, 以及以低钳位电压迅速回应浪涌或瞬态事件。此外, 小封装尺寸也帮助将电路板空间需求减至最小, 同时能够以最小的弯曲实现信号走线的布线, 以维持信号完整性。

灵活的保护

可以构想一种两段式保护方案, 如图 1 所示。此方案包含能够在对电池短路条件下存续的 ESD 保护二极管, 以及预防电池级直流信号损伤保护电路的双场效

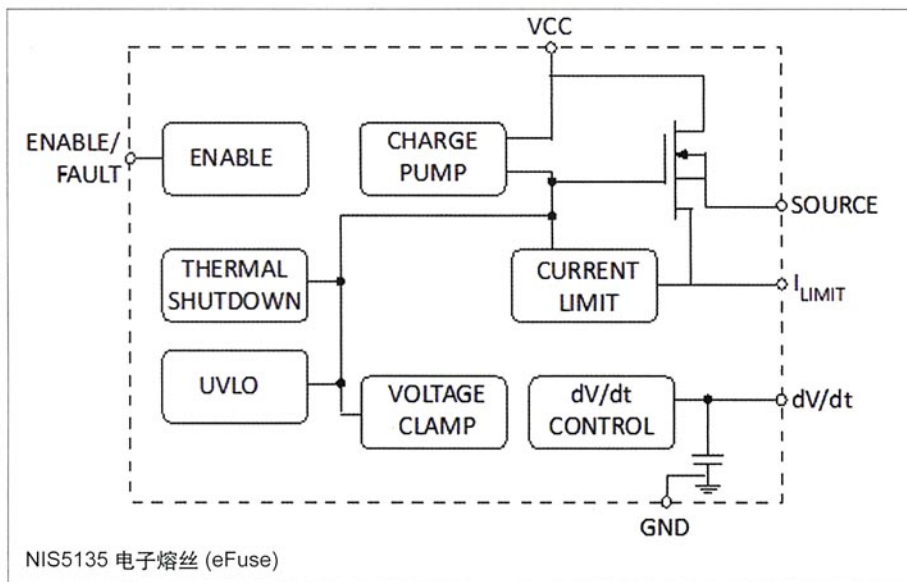


图 2. 使用电容熔丝为 5 V 接口提供过流保护

晶体管(FET)。电子熔丝 IC 用于保护 Vbus 连接, 使其免受过流状况影响。这种使用分立元件的应用方案, 能够选择针对保护 USB Vbus 及高速数据线路而优化的器件。

其中, ESD 保护器件的设计提供符合 IEC61000-4-2 Level 4 标准的高 ESD 保护等级, 也通过 AEC-Q101 认证及符合生产器件批准程序(PPAP)。每个 ESD 保护器件的两个内置二极管各为一个 D+/D-

对提供保护, 拥有典型值 0.3 pF 的低 I/O 至地电容。电容密切匹配, 以维持信号完整性。低动态阻抗帮助提供极低钳位电压, 18 V 的击穿电压使器件能够在对电池短路条件下(通常为 9 V 至 16 V)存续, 不会击穿。

双 FET 的设计提供极低导通阻抗(RDS(ON)), 其内部布线支持穿越型设计, 以维持高速信号完整性。1.0 V 的阈值电压支持在跟 USB 电平信号一致的低门极

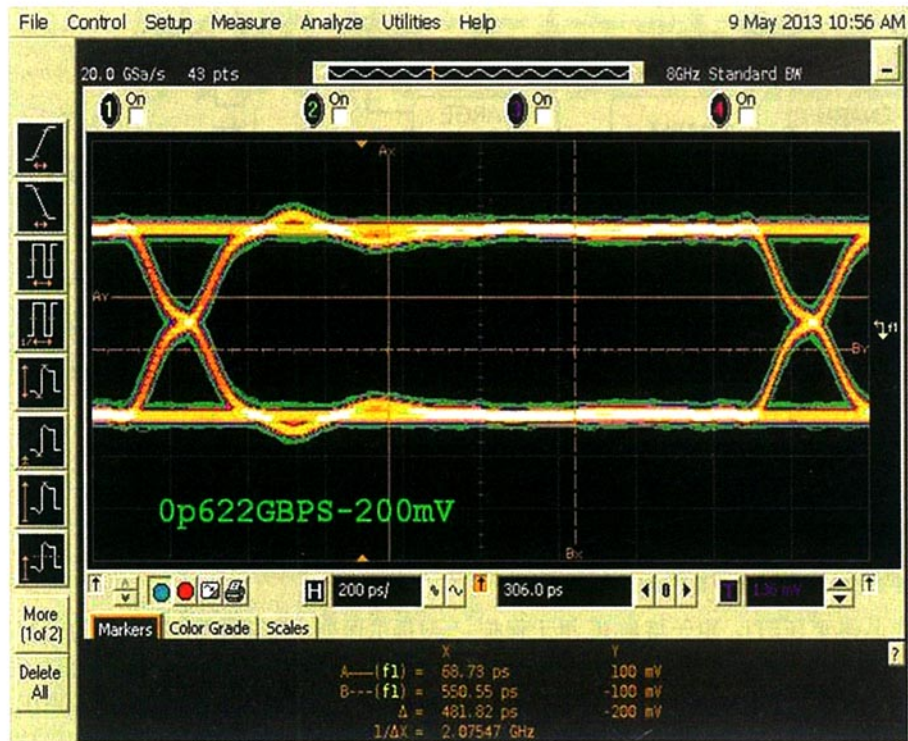


图 3. 施加在保护网络上的 USB 2.0 眼图测试结果。

驱动电压条件下工作。

Vbus 过流保护是由电子熔丝 (eFuse) 提供的, 即图 2 中的 NIS5135。这 3.6 A/5 V 器件的设计旨在保护 Vbus 线路, 在过载或短路条件下免受电流消耗过大的影响, 同时使连接的 USB 器件能够持续以正常条件工作。电子熔丝还保护 USB 器件 (或任何下游 IC), 免受电源电压尖峰的影响, 方式是将输出电压钳位至预先确定的值。

结合图 1 和图 2 中的电路, 即提供完整的 USB 保护方案, 其中包括针对数字线路、Vbus 及接地连接的 USB 2.0 ESD 保护, 以及针对对汽车电池短路或对地短路等故障的保护。这种使用分立元件的途径提供多种技术及经济优势。首先, 通过提供应用带或不带对电池短路保护的 ESD 保护的灵活性, 使 OEM 能够配置符合终端客户规格的恰当方案。此外, 所选择 FET 的穿通型连接简化了增添对电池短路保护, 后者的布线与通过汽车认证的

ESD 器件兼容。

此外，设计人员能够临近连接器自由地布设 ESD 保护器件从而将效用提升至最高，同时还能在方便的位置布设对电池短路保护电路。提供对电池短路连接的双 NFET 适合用于跟多种不同接口一起使用，包括 USB 2.0、高清多媒体接口 (HDMI) 及低压差分信令 (LVDS)。这就促进了设计再利用，使 OEM 能够高性价比发针对不同现有市场以及新兴市场。

性能验证

我们使用 USB 2.0 通信协定以眼图信号完整性测试进行了测试及验证。我们使用最小眼图张开度的 USB 协定定义作为指引，以确定方案总体性能。图 3 显示了图 1 中方案使用 480 Mbps USB 2.0 信号、运用眼图信号完整性测试的令人满意的测试结果。

在此数据线路上运行眼图测试之前，还对数据线路施加了额外的对电池短路及对地短路测试，时长 10 分钟。使用带 50 欧姆探针的示波器所观测到的信号显示了纯净的眼图。当此数据线路连接至地时，信号品质大幅下降。10 分钟后消除短路时，信号恢复至正常的眼图。当输出对电池 (+16 V) 短路时，输入线路保持在 Vcc(+5 V) 电源等级。如果存在电压尖峰高于 +5 V 的输入信号，当输出对 +16 V 短路后此电压电平被维持。当消除对电池短路条件后，信号图案恢复正常。

测试	D+	D-
ESD IEC61000-4-2 +4kV 接触放电	合格	合格
ESD IEC61000-4-2 -4kV 接触放电	合格	合格
ESD IEC61000-4-2 +6kV 接触放电	合格	合格
ESD IEC61000-4-2 -6kV 接触放电	合格	合格
ESD IEC61000-4-2 +8kV 接触放电	合格	合格
ESD IEC61000-4-2 -8kV 接触放电	合格	合格
USB 2.0 眼图	合格	合格

表 1. 测试结果小结

结论

由于当今汽车购买者期望能够在

汽车中跟像在家中一样简单地连接设备，汽车 OEM 面临的问题不再是是否提供 USB 连接，而是需要提供多少个端口。

诸如 ISO 7637 及 ISO 10605 等文件中已经规定适用于模块及整车的测试方法。信息娱乐系统设备——特别是音响本体及 ADAS 的设计人员需要有效的方法

来保护 USB 电源、接地及数据线路。由分立 ESD 保护二极管、短路保护 FET 及提供 Vbus 过流保护功能的电子熔丝组成的网络提供所要求的性能，同时为设计人员提供灵活性，使其能够为不同汽车市场分类和应用提供最具性价比的保护。