

图4: 简单的限压电压可以提供过压保护, 但可能导致浪涌电流问题。浪涌电流应该被限制, 而信号应该保持相对局部地的稳定性

如前所述, HBM和MM之间的性能区别是非常大的。在许多情况下, 在TVS器件之前增加一些串联电阻有助于限制电流浪涌, 并减少地线反弹。与HBM一样, 最终结果是减少系统应力。

通常带宽限制本身不会解决ESD问题。低通滤波器对小型ESD的衰减也要求60dB至150dB才能消除瞬态电压, 这对简单的无源滤波器来说是很难做到的。TVS限压器可以将信号下拉到电源轨之间。

然后一阶RC电路可以用来保持信号的完整性(图4)。电容也可以稳定相对于局部地的输入电压。这种方法可以很好地保护数量很多的低带宽输入, 包括“设置并忘记的”控制线、传感器输入和类似对象。

虽然我们讨论的大部分内容是保护PCB的输入端口, 但输出端口保护也是类似的。TVS限压器和附加电阻在这里也很合适。限制电压有助于防止半导体损坏, 并保护具有电压限制的其它部件。

串联电阻也有助于地的稳定。此外, 让ESD浪涌电流远离数字芯片的I/O单元可以防止芯片内部出现地线反弹, 从而允许处理器在外部限压器吸收浪涌电流冲击时保持正常工作。

芯片内部的ESD

基于多种原因, IC内部的ESD保护功能有些折衷。硅片和金属都针对IC的核心功能作了优化, 不适合用于大电流工作。专门的TVS器件使用针对大电流电路优化过的硅片, 具有比普通CMOS中的PN结更高的性能。

另外, 具有大电流ESD保护功能的I/O单元会占用相当大的空间, 从而推升IC成本。而且IC上的高频引脚通常没办法附加大尺寸的ESD保护电路, 因为它会产生容性负载。

作为一般经验, 芯片内部的ESD保护程度只是足以完成IC生产并焊接到PCB上, 但缺少应用环境通常需要的鲁棒性保护性能。如果连接需要离开PCB, 通常需要利用外部装置进行进一步的保护。

数据通信端口

正确设计的通信端口会使用鲁棒性的协议, 协议中包含了通用使用循环冗余检查(CRC)编码来测试数据的完整性。以太网、USB和CAN总线都开发了CRC编码并随数据一起传送。设计正确的接收器将检查CRC编码是否匹配所发送的数据。如果不匹配, 表示要么

数据要么CRC编码发生了错误, 将发出重新发送数据的请求。

由于ESD事件持续时间不到100ns, 因此CRC检查、验证和重新发送过程通常以不可见的方式处理ESD。最终用户一般从未意识到损坏的信息得到了纠正。其它一些协议的结构中没有保护措施。

I2C、串行外设接口(SPI)和系统管理总线(SMBus)通信设计在PCB上工作, 无法验证和纠正数据。如果有些数据要离开电路板, 确保你有方法验证数据的有效性。

大多数现代通信路径采用差分方式, 即使用某种形式的低压差分信号(LVDS)。每个LVDS连接需要像所有其它信号一样受到TVS保护。磁场隔离(以太网常用)和共模扼流圈有助于解决由于ESD事件中的地线反弹产生的共模变化问题。在输入信号与PCB不共享同一个地时, 应该采取光学隔离或磁场隔离措施。

要求完善的数据完整性但不包含误码检查的高速数据流在防止ESD冲击方面难度特别大。理解器件如何提供高于1GB/s的串行数据速率和完整的通信协议保护可以避免这个问题。

模拟信号与数字智能

离开或进入电路板的任何模拟信号都需要基本的TVS保护。需要考虑连接通道的带宽以判断下一步应采取其它什么措施。大多数模拟控制信号、运动控制系统、音频和指示灯不需要更多的措施, 因为所用器件的响应时间较长。射频前端是通信通道的物理层, 由作为协议一部分的检错机制提供自我纠正。

硬件只能提供这么多保护。如果系统中心的某个处理器需要完成监听和控制, 那么还需要一些选项。这里介绍的技术能使你的处理器不再丢失, 或需要经过复位周期。在这个主机控制下到底发生了什么则是需要考虑的另外一回事。

一般来说, 你需要在处理器代码中编入一些智能, 以便它能识别错误的信息并进行正确的处理。通过时分轮询端口可以方便地解决慢速检测和控制线问题。由于ESD事件非常短暂, 如果对几个毫秒内的多个样本来说端口上的数据保持稳定, 那么系统就不存在ESD这种灾难性事件。

此外, 作为再现过程的一部分, 输出可以被刷新。如果处理器是存储器单元这一步是不需要的, 但如果数据是通过远程锁定的, 那就需要用刷新例程来管理破坏事件。