

TVS 二极管在便携设备 ESD 保护中的应用

便携式设备的 ESD 保护十分重要，而 TVS 二极管是一种十分有效的保护器件，与其它器件相比有其独特的优势，但在应用时应当针对不同的保护对象来选用器件，因为不同的端口可能受到的静电冲击有所不同，不同器件要求的保护程度也有不同。要注意相应的参数鉴别以及各个生产商的不同设计，同时还要进行合理的 PCB 布局。本文介绍在便携式设备的 ESD 保护中如何应用 TVS 二极管器件。

便携式设备如笔记本电脑、手机、PDA、MP3 播放器等，由于频繁与人体接触极易受到静电放电(ESD)的冲击，如果没有选择合适的保护器件，可能会造成机器性能不稳定，或者损坏。更坏的情况是查不出确切的原因，使用户误认为是产品质量问题而损坏企业信誉。

一般情况下，对此类设备暴露在外面可能与人体接触的端口都要求进行防静电保护，如键盘、电源接口、数据口、I/O 口等等。现在比较通用的 ESD 标准是 IEC61000-4-2，应用人体静电模式，测试电压的范围为 2kV ~ 15kV(空气放电)，峰值电流最高为 20A/ns，整个脉冲持续时间不超过 60ns。在这样的脉冲下所产生的能量总共不超过几百个微焦耳，但却足以损坏敏感元器件。

便携式设备所采用的 IC 器件大多是高集成度、小体积产品，精密的加工工艺使硅晶氧化层非常薄，因而更易击穿，有的在 20V 左右就会受到损伤。传统的保护方法已不再普遍适用，有的甚至还会造成对设备性能的干扰。

TVS 二极管的特点

可用于便携式设备的 ESD 保护器件有很多，例如设计人员可用分立器件搭建保护回路，但由于便携设备对于空间的限定以及避免回路自感，这种方法已逐渐被更加集成化的器件所替代。多层金属氧化物器件、陶瓷电容还有二极管都可以有效地进行防护，它们的特性及表现各有不同，TVS 二极管在此类应用中的独特表现为其赢得了越来越大的市场。

TVS 二极管最显著的特点一是反应迅速，使瞬时脉冲在没有对线路或器件造成损伤之前就被有效地遏制，二是截止电压比较低，更适用于电池供电的低电压回路环境。另外对 TVS 二极管设计的改进使其具有更低的漏电流和结电容，因而在处理高速率传导回路的静电冲击时有更理想的性能表现(图 1)。

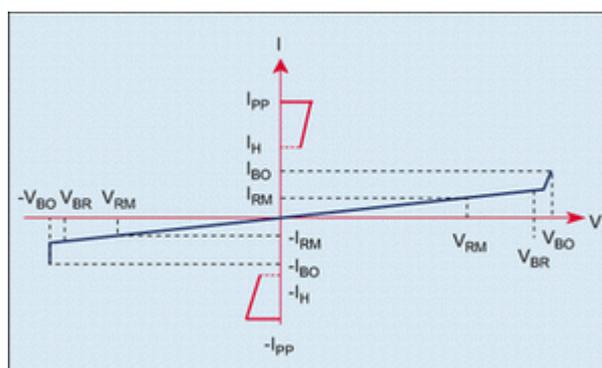


图 1：TVS 二极管的 I/V 特性

TVS 二极管的优势

TVS 与齐纳二极管：与传统的齐纳二极管相比，TVS 二极管 P/N 结面积更大，这一结构上的改进使 TVS 具有更强的高压承受能力，同时也降低了电压截止率，因而对于保护手持设备低工作电压回路的安全具有更好效果。

TVS 与陶瓷电容：很多设计人员愿意采用表面贴装的陶瓷电容作 ESD 保护，不但便宜而且设计简便，但这类器件对高压的承受力却比较弱。5kV 的冲击会造成约 10% 陶瓷电容失效，到 10kV 时，损坏率达到 60%，而 TVS 可以承受 15kV 电压。在手持设备的使用过程中，由于与人体频繁接触，各个端口必须至少能够承受 8kV 接触冲击(IEC61000-4-2 标准)，可见使用 TVS 可以有效保证最终产品的合格率。

TVS 与 MLV：多层金属氧化物结构器件(MLV)也可以进行有效的瞬时高压冲击抑制，此类器件具有非线性电压-电流(阻抗表现)关系，截止电压可达最初中止电压的 2~3 倍，这种特性适用于对电压不太敏感的线路和器件的保护，如电源回路。而 TVS 二极管具有更好的电压截止因子(图 2)，同时还具有较低的电容，这一点对于手持设备的高频端口非常重要，因为过高的电容会影响数据传输，造成失真或是降级。TVS 二极管的各种表面封装均适合流水线装配的要求，而且芯片结构便于集成其它的功能，如 EMI 和 RFI 过滤保护等，可有效降低器件成本，优化整体设计。

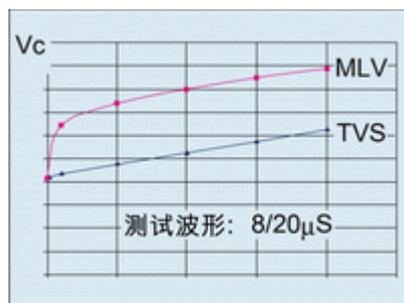


图 2：TVS 与 MLV 的 I_p/V_c 特性比较

另一个不能忽略的特点是二极管可以很方便地与其它器件集成在一个芯片上，现有很多将 EMI 过滤和 RFI 防护等功能与 TVS 集成在一起的器件，不但减少设计所采用的器件数目降低成本，而且也避免 PCB 板上布线时易诱发的伴生自感。

TVS 相关参数

处理瞬时脉冲对器件损害的最好办法是将瞬时电流从敏感器件引开。TVS 二极管在线路板上是与被保护线路并联的，当瞬时电压超过电路正常工作电压后，TVS 二极管便发生雪崩，提供给瞬时电流一个超低电阻通路，其结果是瞬时电流通过二极管被引开，避开被保护器件，并且在电压回复正常值之前使被保护回路一直保持截止电压。当瞬时脉冲结束以后，TVS 二极管自动回复高阻状态，整个回路进入正常电压。许多器件在承受多次冲击后，其参数及性能会发生降级变化，而只要工作在限定范围内，二极管是不会发生损坏或降级的。

从以上过程可以看出，在选择 TVS 二极管时，必须注意以下几个参数的选择(图 3)：

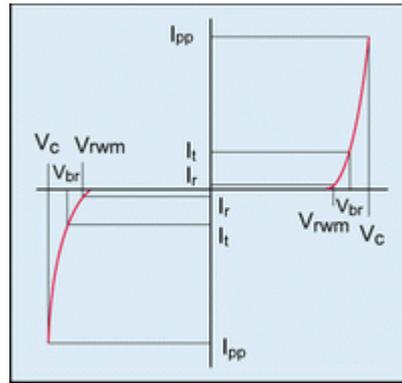


图 3：TVS 二极管的相关参数

1. 为了满足 IEC61000-4-2 国际标准，TVS 二极管必须达到可以处理最小 8kV(接触)和 15kV(空气)的 ESD 冲击，有的半导体生产厂商在自己的产品上使用了更高的抗冲击标准。对于某些有特殊要求的便携设备应用，设计者可以按需要挑选器件。

2. Vrwm 这是二极管在正常状态时可承受的电压，此电压应大于等于被保护电路的正常工作电压，否则二极管会不断截止回路电压；但它又需要尽量与被保护回路的正常工作电压接近，这样才不会在 TVS 工作以前使整个回路面对过压威胁。

3. Vc 这是二极管在截止状态提供的电压，也就是在 ESD 冲击状态时通过 TVS 的电压，它不能大于被保护回路的可承受极限电压，否则器件面临被损伤的危险。

4. Pppm 额定脉冲功率 这是基于最大截止电压和此时的峰值脉冲电流，对于手持设备，一般来说 500W 的 TVS 就足够了。

5. 电容对于数据/信号频率越高的回路，二极管的电容对电路的干扰越大，形成噪声或衰减信号强度，因此需要根据回路的特性来决定所选器件的电容范围。高频回路一般选择电容应尽量小(如 LCTVS、低电容 TVS，电容不大于 3pF)，而对电容要求不高的回路电容选择可高于 40pF。

下面分别介绍几种常见手持设备 ESD 保护对 TVS 的要求：

音频输入/输出：音频回路的信号速率比较低，对器件电容的要求不太高，100pF 左右都是可以接受的。有的设计中将耳机和麦克风合在一起，有的则是分立线路，前一种情况可以选择单路 TVS，而后一种情况如果两个回路是邻近的，则可选用多路 TVS 阵列，只用一个器件就能完成两个回路的保护。

按键/开关：这些回路的数据率很低，对器件的电容没有特殊要求，用普通的 TVS 阵列都可以胜任。

数据视频/USB2.0：数据率高达 480Mbps，有的视频数据率达到 1G 以上，因而要选择低电容 LCTVS，它通常是将一个低电容二极管与 TVS 二极管串联，以降低整个线路的电容(可低于 3pF)，达到高速率回路的要求。

SIM 卡/天线：有专门为此类端口设计的集 ESD(TVS)/EMI/RFI 防护于一个芯片的器件，充分体现了片式器件的无限集成方案。

电源/充电口：由于是直流回路，可选用高电容器件。此端口可能会受到高能量的冲击，可以选用集成了 TVS 和过流保护功能的器件。

在针对不同用途选择器件时，要避免使器件工作在其设计参数极限附近，还应根据被保护回路的特征及可能承受 ESD 冲击的特征选用反应速度足够快、敏感度足够高的器件，这对于有效发挥保护器件的作用十分关键，另外集成了其它功能的器件也应当首先考虑。

众多半导体厂商提供了多种不同的 TVS 二极管封装形式，尤其是像 SOT23 和 SC-70，以及与芯片同等大小的倒装芯片之类的微型封装，在板上只占约 4.8mm² 的位置，却可以同时保护多个线路。最近的许多新产品更是适应便携设备高集成度、小型化要求，将 EMI/RFI/ESD 保护集成在一个器件中，不但可以有效缩小空间，还大大减少了成本，降低了器件采购成本和加工成本，对于同时需要这几种保护功能的端口来说，可谓设计者的首选。

PCB 布局配合

对于便携式设备来说，各类集成电路的复杂性和精密度的提高使它们对 ESD 也更加敏感，以往的通用回路设计也不再适合。在使用 TVS 二极管保护 ESD 损害的同时，必须配合合理的 PCB 布局。

首先是要避免自感。对于 ESD 这样巨变突发的脉冲，很可能在回路中引起寄生自感，进而对回路形成强大的电压冲击，并可能超出 IC 的承受极限而造成损伤。负载产生的自感电压与电源变化强度成正比，ESD 冲击的瞬变特征易于诱发高强自感。减小寄生自感的基本原则是尽可能缩短分流回路，必须考虑到包括接地回路、TVS 和被保护线路之间的回路以及由接口到 TVS 的通路等所有因素。所以 TVS 器件应与接口尽量接近，与被保护线路尽量接近，这样才会减少自感耦合到其它邻近线路上的机会。

另外可应用下述原则对线路进行优化：

1. 避免在保护线路附近走比较关键的信号线；
2. 尽量将接口安排在同一边上；
3. 避免被保护回路和未实施保护的回路并联；
4. 各类信号线及其馈线所形成的回路所环绕面积要尽量小，必要时可考虑改变信号线或接地线的位置；
5. 将接口信号线路和接地线路直接接到保护器件上，然后再进入回路的其它部分；
6. 将复位、中断、控制信号远离输入/输出口，远离 PCB 的边缘；
7. 在可能的地方都加入接地点；
8. 采用高集成度器件，二极管阵列不但可以大大节约线路板上的空间，而且减少了由于回路复杂可能诱发的寄生性线路自感的影响。

本文结论

使用 TVS 二极管对便携设备实施 ESD 保护是一种方便、有效和可靠性高的途径，根据具体用途合理选择参数和集成度是成功应用的关键，另外优化的 PCB 设计也是必不可少的。