

《深入浅出 Cortex M0——LPC1100 系列》

TM01010101 V0.99 Date: 2010/04/16

配套教材

广州周立功

修订历史

版本	日期	原因
V0.99	2010-04-16	创建文档

若对教材有任何疑问或建议，请联系 NXPARM@zlgmcu.com。

销售与服务网络（一）

广州周立功单片机发展有限公司

地址：广州市天河区北路 689 号光大银行大厦 12 楼 F4

邮编：510630

电话：(020)38730916 38730917 38730972 38730976 38730977

传真：(020)38730925

网址：www.zlgmcu.com



广州专卖店

地址：广州市天河区新赛格电子城 203-204 室

电话：(020)87578634 87569917

传真：(020)87578842

南京周立功

地址：南京市珠江路 280 号珠江大厦 2006 室

电话：(025)83613221 83613271 83603500

传真：(025)83613271

北京周立功

地址：北京市海淀区知春路 113 号银网中心 A 座
1207-1208 室（中发电子市场斜对面）

电话：(010)62536178 62536179 82628073

传真：(010)82614433

重庆周立功

地址：重庆市石桥铺科技园一路二号大西洋国际大厦（赛格电子市场）1611 室

电话：(023)68796438 68796439

传真：(023)68796439

杭州周立功

地址：杭州市天目山路 217 号江南电子大厦 502 室

电话：(0571)89719480 89719481 89719482

89719483 89719484 89719485

传真：(0571)89719494

成都周立功

地址：成都市一环路南二段 1 号数码同人港 401 室（磨子桥立交西北角）

电话：(028)85439836 85437446

传真：(028)85437896

深圳周立功

地址：深圳市深南中路 2070 号电子科技大厦 C 座 4 楼
D 室

电话：(0755)83781788（5 线）

传真：(0755)83793285

武汉周立功

地址：武汉市洪山区广埠屯珞瑜路 158 号 12128 室（华中电脑数码市场）

电话：(027)87168497 87168297 87168397

传真：(027)87163755

上海周立功

地址：上海市北京东路 668 号科技京城东座 7E 室

电话：(021)53083452 53083453 53083496

传真：(021)53083491

西安办事处

地址：西安市长安北路 54 号太平洋大厦 1201 室

电话：(029)87881296 83063000 87881295

传真：(029)87880865

销售与服务网络（二）

广州致远电子有限公司

地址：广州市天河区车陂路黄洲工业区3栋2楼

邮编：510660

传真：(020)38601859

网址：www.embedtools.com （嵌入式系统事业部）

www.embedcontrol.com （工控网络事业部）

www.ecardsys.com （楼宇自动化事业部）



技术支持：

CAN-bus：

电话：(020)22644381 22644382 22644253

邮箱：can.support@embedcontrol.com

MiniARM：

电话：(020)28872684 28872347

邮箱：miniarm.support@embedtools.com

无线通讯：

电话：(020) 22644386

邮箱：wireless@embedcontrol.com

编程器：

电话：(020)22644371

邮箱：programmer@embedtools.com

ARM 嵌入式系统：

电话：(020) 22644383 22644384 28267813

邮箱：NXPARM@zlgmcu.com

TIARM@zlgmcu.com

iCAN 及数据采集：

电话：(020)28872344 22644373

邮箱：ican@embedcontrol.com

以太网：

电话：(020)22644380 22644385

邮箱：ethernet.support@embedcontrol.com

串行通讯：

电话：(020)28267800 22644385

邮箱：serial@embedcontrol.com

分析仪器：

电话：(020)22644375 28872624 28872345

邮箱：tools@embedtools.com

楼宇自动化：

电话：(020)22644376 22644389 28267806

邮箱：mjs.support@ecardsys.com

mifare.support@zlgmcu.com

销售：

电话：(020)22644249 22644399 22644372 22644261 28872524

28872342 28872349 28872569 28872573 38601786

维修：

电话：(020)22644245

目 录

第 4 章 接口技术与可靠性设计	1
4.1 ESD 应用指南	1
4.1.1 概述	1
4.1.2 ESD 基础知识	1
1. ESD 简介	1
2. 静电的危害	1
3. ESD 的发生原理	2
4. ESD 危害的产生和作用机理	2
5. ESD 保护器件的意义	2
4.1.3 ESD 保护器件介绍	3
1. 器件分类	3
2. ESD 保护器件的重要参数	6
3. NXP 半导体的 ESD 保护器件	9
4.1.4 ESD 保护器件选型	11
1. 选型方法	11
2. 选型举例	12

第3章 接口技术与可靠性设计

3.1 ESD应用指南

3.1.1 概述

本文介绍了 ESD 的基础知识及其危害，并且提出了使用 ESD 保护器件的解决方案。为了便于用户学习使用 ESD 保护器件，本文对 ESD 保护器件的重要参数、分类、选型方法和应用都作了全面介绍。

3.1.2 ESD基础知识

1. ESD简介

静电是一种自然现象，产生的方式有多种，如接触、摩擦等。静电的特点是高电压、低电量、小电流和作用时间短。

静电在日常生活中是无处不在的。人体自身的动作或与其它物体的接触、分离、摩擦或感应等因素，可以让人体上产生几千伏甚至上万伏的静电。例如，当我们走过化纤的地毯，可产生大约 35000 伏的静电；翻阅塑料说明书则可产生大约 7000 伏的静电。

ESD是Electro-Static discharge 的缩写，即“静电放电”的意思。在干燥的天气里，当我们去接触另外一个人的时候，有时会有触电的感觉；当在黑暗处脱下身上穿的化纤毛衣时，有时会看到耀眼的电火花。这些都是静电放电现象，见图 3.1。ESD冲击脉冲的带宽很宽、上升时间很短且峰值能量很大。



图 3.1 ESD 现象

国际上还习惯将用于静电防护的器材统称为“ESD”，这类器件在国内常被称呼为 ESD 电路保护器件或静电阻抗器等。

2. 静电的危害

静电会对一些敏感仪器造成致命破坏，并在多个领域造成严重危害：

- 许多开发人员都遇到过这样的情况：在实验室开发好的产品，测试完全通过，但到了客户手里用了一段时间之后就出现异常现象甚至是彻底失效，故障率却往往不高（1%以下）。以上问题，其实就可能是由于器件被静电损坏了；
- 静电还可在不经意间将昂贵的电子器件击穿，造成电子工业年损失达上百亿美元；
- 在宇航工业，静电放电造成火箭和卫星发射失败，干扰宇航飞行器的运行；
- 1967 年 7 月 29 日，美国 Forrestal 航空母舰上发生严重事故，一架 A4 飞机上的导弹突然点火，造成了 7200 万美元的损失，并损伤了 134 人，调查结果是导弹屏蔽接头不合格，静电引起了点火；
- 1969 年底，在不到一个月的时间内，荷兰、挪威、英国三艘 20 万吨超级油轮洗舱时产生的静电引起相继发生爆炸；
- 我国近年来在石化企业也曾发生 30 多起因静电造成的严重火灾爆炸事故；
- 在各种电子器件中，超过 25%的半导体芯片损坏归咎于 ESD。

鉴于静电的巨大危害性，各国都非常重视静电防护工作，许多工业发达国家都建立了静电研究机构。静电防护工作是一项长期的系统工程，任何环节的失误或疏漏，都将导致静电防护工作的失败，工程师们需要对其有足够的重视和认识。

3. ESD的发生原理

(1) ESD 的实质

ESD实质就是静电荷在不同电位的物体间快速转移，请见图 3.2。由图中可以看到，电子从电位为 -5kV 的物体快速转移到 -2kV 的物体或大地，完成了静电放电过程。

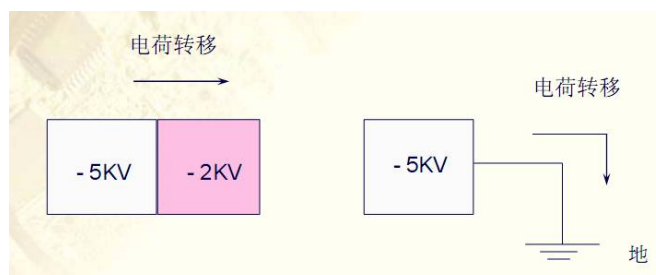


图 3.2 ESD 的实质

(2) ESD 的产生

ESD 的产生机理可概括为：电荷积累 $\rightarrow$ 快速放电。

摩擦、接触、感应、传导等引起物体获得或失去电子，从而带电；当物体的电荷积累到足够强度时，电荷将可能泄放，从而得到新的电平衡，这就完成了一次静电放电。



图 3.3 人体对电子设备的静电放电

4. ESD危害的产生和作用机理

在对电子设备的静电放电过程中，将产生潜在的破坏电压、电流和电磁场：

- 产生瞬时大电流。由于放电速率快，放电电阻小，静电放电时往往会造成瞬时大电流，这种大电流如果经过集成电路，往往会导致相关元器件烧毁；
- 产生高频干扰。ESD 产生的尖峰脉冲电流内包含丰富的高频成分，其最高频率甚至可能超过 1GHz ，这些高频脉冲使得 PCB 板上的走线变成非常有效的接收天线而感应出高电平噪声；
- 产生电磁干扰。ESD 电流产生的场可直接穿透设备，或通过孔洞、缝隙、输入输出电缆等耦合到敏感电路。ESD 电流在系统中流动时，激发路径中所经过的天线，导致产生波长从几厘米到数百米的辐射波，这些辐射能量产生的电磁噪声将损坏电子设备或骚扰它们的运行；
- 若 ESD 感应的电压超过电路的电平信号，将可能导致电路误动作；甚至于导致电子设备的绝缘击穿，激发更大的电流最终成电子设备的相关元器件烧毁。

5. ESD保护器件的意义

用 ESD 保护器件，可以把数千伏电压的 ESD 输入电压降低到所保护的 IC 所能承受的安全电压，并能把电流从 IC 旁路，大大降低器件或产品的故障率；但是有许多用户还是并没有积极使用 ESD 保护器件来增强自己的产品的可靠性。

(1) 半导体芯片自身对 ESD 保护器件的要求越来越高

随着半导体芯片的几何尺寸日益缩小，IC 制造商越来越难以维持合理的片上 ESD 保护等级。例如，随着半导体工艺向 65nm 以下转移，原来在 $1.5\mu\text{m}$ 工艺的芯片面积上只占几分之一（获得 2kV ESD 保护）的 ESD 保护的面积已经无法容纳于现在只有几个纳米的芯片之中了；在 65nm

工艺下, ESD 保护的面积甚至超出了整个芯片的面积。半导体芯片的工艺越精细, 对 ESD 保护的要求就越高。据 ESD 协会估计, 未来的集成电路可能将无法承受目前片上 ESD 保护的电压水平(2kV), 事实上已有人提议将片上 ESD 的目标承受水平降低一半以上。因此真正有效的 ESD 保护是不能完全集成到 CMOS 芯片之中的。

如果降低了半导体芯片片上 ESD 保护的标准, 那么从系统级来说, 芯片就会对电缆放电(CDE)和人体静电放电(ESD)等瞬态现象更加敏感。于是, 随着当前和今后集成电路 ESD 敏感性的增加, 就更有必要采用更加强健的片外瞬态电压抑制措施来保护系统。如今的电子系统大都要求至少可抵抗 3 级或 4 级 ESD 电压。以第 4 级为例, 最大 ESD 电流可达 30A, 是芯片级 ESD 电流的 20 多倍。如果仍按片上 ESD 保护标准设计, 很明显, 哪怕只出现一次放电, IC 都会面临灾难性损坏。

(2) 提高产品稳定性和可靠性的需要

由于以下的原因, 部分用户往往不会真正重视“ESD 保护”, 造成了产品的“质次价廉”:

- 静电的产生和积累要一定的条件和过程, 所以不加保护也不见得件件产品都会受到 ESD 伤害, 这就让人产生侥幸心理;
- 多数情况下 ESD 能量都较小, 所以受到 ESD 伤害的也并不表现为立即报废, 而可能仅表现为工作不稳定;
- 很多时候在出厂测试中无法检测出来, 以后发现问题也容易归咎为材料不良, 这就使人无法真正认识 ESD 的危害;
- 怕麻烦, 想节省成本, 对 ESD 保护器件能不用就不用, 没有意识到如果没有合理使用 ESD 保护器件, 将会带来更多的麻烦、浪费更多的成本。

图 3.4 为国际上对保护器件市场情况的一个统计, 可以看出保护器件在电子产品中扮演越来越重要的角色。

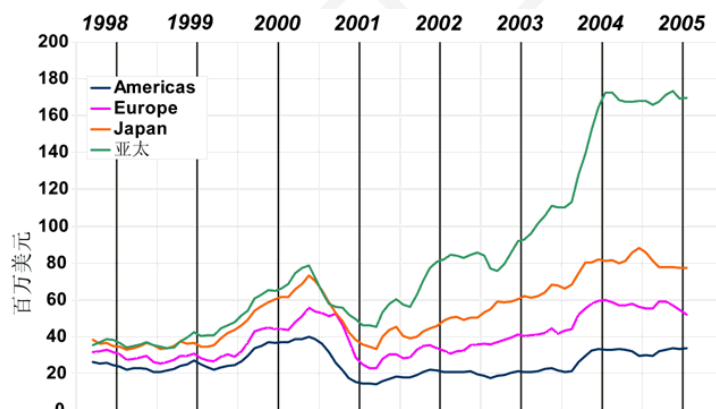


图 3.4 ESD 保护器件的发展趋势

3.1.3 ESD保护器件介绍

1. 器件分类

(1) 概述

从广义上来说, 能直接用于ESD保护的器件, 都可以称作为是ESD保护器件, 包括压敏电阻、ESD保护二极管、TVS管、晶闸管保护器件、气体电子管、聚合物 ESD 器件等。这里重点就压敏电阻、TVS、ESD保护二极管等ESD保护器件进行论述, 相关信息见表 3.1。

表 3.1 ESD 保护器件简介

器件名称	器件简介	优点	缺点
压敏电阻	一种特殊电阻，也被称为变阻器；压敏电阻在承受的电压超过额定值时，其电阻会急剧下降到近似短路的状态，将静电电压引入变阻器并以热能的形式释放出来	体积小 成本低 使用方便	不适用于小型产品 ^[1] ； 经受的 ESD 冲击越多， 器件越老化 ^[2] ，漏电会越来越严重； 对 ESD 脉冲的反应慢； 不能给高速数据线路提供保护
TVS (Transient Voltage Suppressor, 瞬态电压抑制器)	TVS 是一种二极管形式的高效保护器件；TVS 和被保护电路并联，当瞬态电压超过电路的正常工作电压时，TVS 二极管发生雪崩击穿，为瞬态电流提供通路，瞬间将能量传递出去，瞬态电流对器件本身并无影响，泄放能量之后 TVS 又转入反向截止状态；TVS 有单向和双向两种，单向和稳压二极管特性相似，双向 TVS 的特性相当于两个稳压二极管反向串联	结面积较大，可泄放瞬态大电流； 小型化的封装； 较低的箝位电压； 响应时间快，远小于 1ns； 漏电流低； 基本不会因为经受 ESD 冲击而老化	传统 TVS 的电容相对较大，无法满足高速数据应用领域的 ESD 保护需求，否则会引起高频失真
ESD 保护 IC	由专用于 ESD 保护的二极管构成的集成电路	体积小、便于使用； 可集成不同数目、各种类型的二极管，灵活满足各种 ESD 保护需求	价格相对较贵

[1] 要达到更好的吸收效果，压敏电阻需要使用更多的材料，这就使压敏电阻体积增加，不利于压敏电阻在小型产品中的应用。

[2] 瞬态电压抑制器被用于抑制瞬态电压，传统用法是防雷、防浪涌；但是，瞬态电压除了是来自雷击、大容量的负载切换、也有可能来自于静电放电；所以 TVS 也可被用于 ESD 保护，甚至于被集成到 ESD 保护 IC 中。

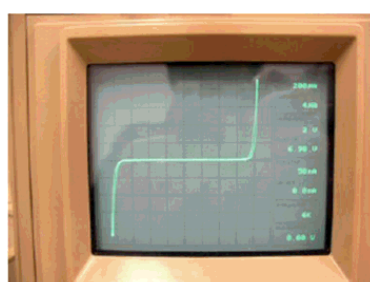
(2) 特性比较

TVS 和压敏电阻：

现在很多 TVS 产品已经被集成电路化，集成到了 ESD 保护 IC 中。例如安森美半导体推出的五款超小型 ESD 保护 IC 在 $1.6 \times 1.6 \times 0.6 \text{ mm}$ 的 SOT553 或 SOT563 单封装内集成了多个 TVS 元件，使得电路板空间占用更少、电路板布线被简化、所需元件数量减少。下面是这种类型的 TVS 产品和压敏电阻的一个比较。

特性变化：ESD 脉冲通过压敏电阻后，压敏电阻的特性会发生变化，如图 3.5 所示，受到冲击后，I-V 曲线明显变化；而 TVS 经受 ESD 脉冲冲击后不会改变特性，如图 3.6 所示，脉冲信号经过 TVS 后，信号的 I-V 曲线没有改变。

ESD 脉冲通过压敏电阻之前



ESD 脉冲通过压敏电阻之后



图 3.5 脉冲信号通过压敏电阻后，I-V 曲线的变化

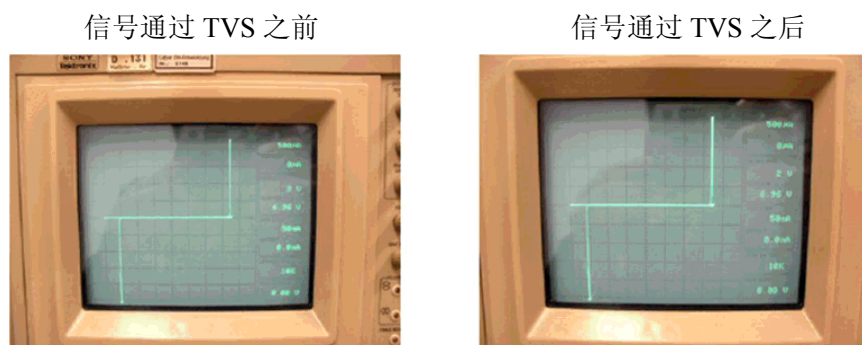


图 3.6 脉冲信号通过 TVS 后, I-V 曲线的变化

体积: 压敏电阻的性能完全由其内部材质决定, 因此很难在减小尺寸的同时保持或提高性能, 封装尺寸从 0402 到 1206。而 TVS 采用硅芯片技术, 可以得到比压敏电阻更小的元件封装尺寸。

性能: TVS 有更低的箝制电压、更低的漏电以及更快的响应速度, 见图 3.7。

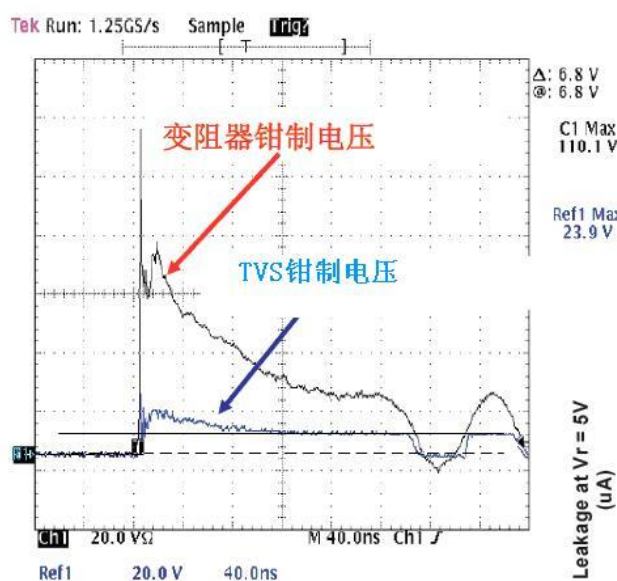


图 3.7 TVS 和变阻器

分立 TVS 器件和 ESD 保护 IC:

传统 TVS 一般都是分立器件, 此处所作的比较是针对分立 TVS 器件和 ESD 保护 IC 进行。

分立 TVS 一般用于初级保护, 更多地用于承受大部分的大电流或大电压; 并且它主要被用于泄放瞬态电压而非 ESD 尖峰脉冲, 瞬态电压的持续时间比 ESD 尖峰脉冲要长得多、峰值也低得多。随着技术与工艺的进步, TVS 被不断改良, 现在也开始逐渐应用到便携产品领域, 例如安森美半导体已经研发成功了针对高速 USB2.0 的超高速 TVS 器件, 其电容可以 $<5\text{pF}$ 。

ESD 保护 IC 主要是基于各种不同类型的二极管 (例如齐纳二极管) 组成的; ESD 保护 IC 中集成的二极管和普通二极管不同, 这些二极管是专为泄放 ESD 高频高压脉冲而设计, 可响应极高频的脉冲和极高的电平, 经过几万次 ESD 放电也不会改变性能, 而普通二极管是做不到的。ESD 保护 IC 被广泛用于板级保护, 直接靠近电路板上敏感的电路元件或线路, 对元件或线路提供保护。相对于分立 TVS, ESD 保护 IC 所能承受的功率一般较小, 其结电容也低得多。ESD 保护 IC 和分立 TVS 的对比见表 3.2 所列, 仅供参考。

表 3.2 ESD 保护 IC 和分立 TVS 的区别

比较项目	ESD 保护 IC	TVS
抗击能量	小	大
抗击电压	>10kV 或更高	>4kV
响应时间	极快	稍慢
抑制脉冲	极高速	中高速
对线路的容性影响	极低	一般
对高速通信的影响	极低	较高
线路中可使用数量	多个	少量
应用场合	抑制静电放电 (ESD) 脉冲	主要用于防雷击或开关电源时产生的浪涌电流

2. ESD保护器件的重要参数

(1) ESD 标准

选择 ESD 保护器件时需要学会解读 ESD 保护器件的关键参数。由于各半导体公司的 ESD 器件数据手册是参考不同的国际 ESD 标准来撰写，所以还需要简单了解该公司的 ESD 器件的数据手册是参考何种国际标准来撰写：

- IEC61000-4-2 (ESD 静电放电)；
- HBM MIL-Std.883 (ESD 静电放电)；
- IEC61000-4-4 (EFT 快速瞬变脉冲群)；
- IEC61000-4-5 (浪涌抗扰度)。

例如，今天国际公认的系统级 ESD 标准是 IEC 61000-4-2。制造商广泛采用该标准模拟人体接触所产生的 ESD。它不但对保证产品可靠性十分重要，而且通常产品要想进入国际市场就必须达到该标准。

(2) 峰值电流 I_{PP}

当 ESD 保护器件承受瞬态高能量冲击时，ESD 保护器件中流过的电流的峰值为 I_{PP} 。超过这个电流，将导致 ESD 保护器件的永久性损坏。

(3) 反向最大工作电压 V_{RWM}

V_{RWM} 反向最大工作电压 (Reverse work Max voltage)，ESD 保护器件在标称的 V_{RWM} 电压范围内能够正常对数据线进行保护，如果线上电压超过 V_{RWM} ，ESD 保护器件将处于高阻状态。ESD 保护器件的反向最大工作电压应大于被保护线路工作电压，如图 3.8 所示。

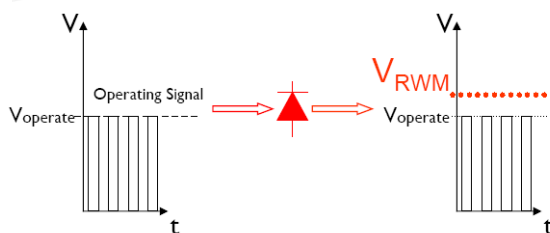
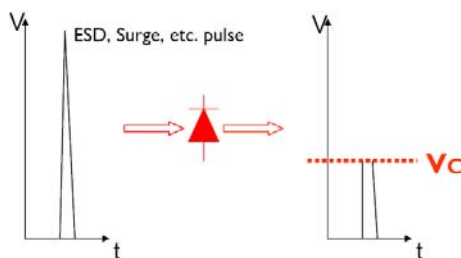


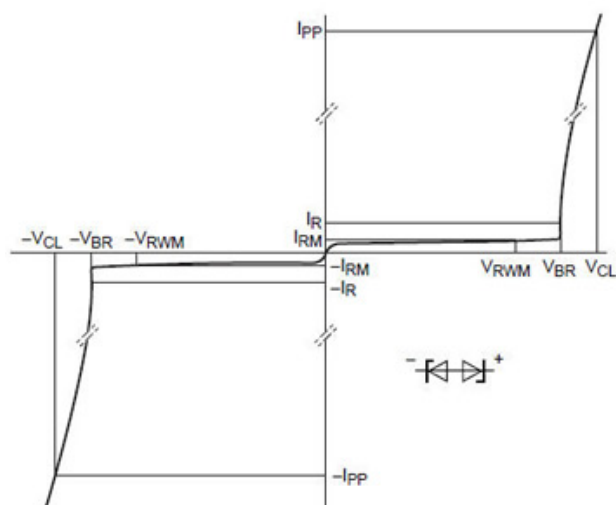
图 3.8 ESD 保护器件的反向最大工作电压

(4) V_C 箝位电压

所谓箝位电压，就是当出现 ESD 现象时器件两端维持的电压。因此，这也是当时被保护电路所承受的电压。箝位电压过高会导致被保护器件承受的电压过高，从而增大故障概率。例如，12V 的脉冲信号，经过 NXP 半导体的 ESD 保护器件 PESD5V0L2BT 后，电压被箝位在 5V。

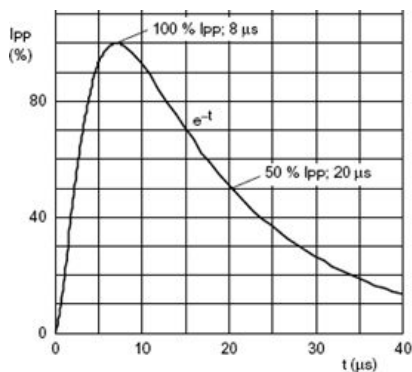
图 3.9 V_C 箝位电压示意图(5) V_{BR}

V_{BR} 是 TVS 最小的击穿电压，在 25°C 时，低于这个电压 TVS 是不会发生雪崩击穿的。这也是当 TVS 流过规定的反向电流 I_R 时 TVS 两极所测量到的电压，此时 TVS 处于低阻抗导通状态。一般情况下 V_{BR} 高于 V_{RWM} 。

图 3.10 V_{BR} 示意(6) P_{PP} 峰值脉冲功率

P_{PP} 峰值脉冲功率 (Peak Pulse Power)，描述了 TVS 或其它被用于 ESD 保护的二极管瞬间所能通过的最大功率值。在给定的最大箝位电压下，峰值脉冲功率越大，其浪涌电流的承受能力越大。如图 3.11 所示，NUP2105 的峰值功率为 $350\text{W}@8/20\mu\text{s}^{[1]}$ ，意指 NUP2105 在通过 $8/20\mu\text{s}$ 脉冲波时，所能承受的最大功率为 350W 。

[1] $8/20\mu\text{s}$ 脉冲波是这样的一种 ESD 脉冲： $8\mu\text{s}$ 电压升到 $100\% I_{pp}$ ， $20\mu\text{s}$ 后降到 $50\% I_{pp}$ 的脉冲，这个脉冲的定义是来自于国际上的 ESD 标准 IEC61000-4-5 (浪涌抗扰度)。见图 3.11。

图 3.11 $8/20\mu\text{s}$ 脉冲波的定义

(7) 结电容

C_d 为ESD保护器件引脚的寄生电容。当考虑在通信线路上连接ESD保护器件时，需要考虑ESD保护器件的结电容；线上的通信速率越高，线路上使用的ESD保护器件的结电容就要越低，否则ESD保护器件本身就将影响数据信号。例如，在一些射频(RF)应用里，外加结电容较高的ESD防护二极管后，其接收灵敏度会受到影响。如图 3.12所示，可以看出，当保护的通信线路的通信频率 $>100\text{MHz}$ 时， C_d 必须 $<10\text{pF}$ 。NXP半导体的PRTR5V0U2X的 C_d 远低于 1pF ，非常适合用于USB2.0 等高速通信场合。

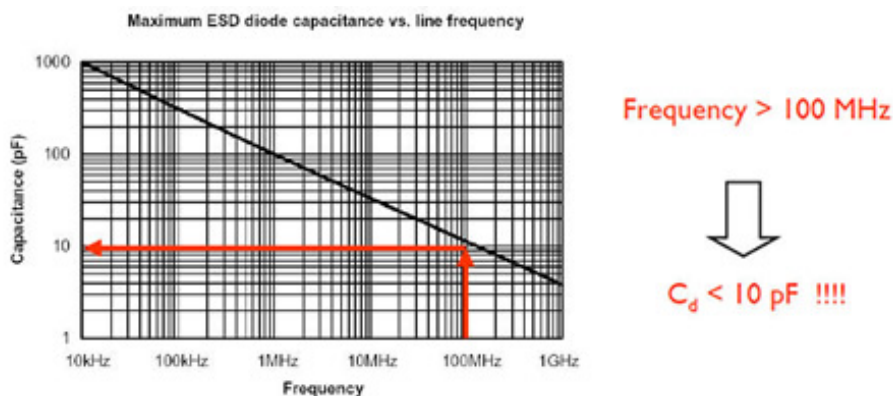


图 3.12 ESD 保护通道通信速率与结电容的关系

结电容也常被称呼为线电容，符号是 C_{line} ，在一些半导体公司的数据手册里很常见。

(8) $I_R@V_{RWM}$ 最大反向漏电流

$I_R@V_{RWM}$ ，Max Reverse Leakage Current。在最大反向电压的作用下，ESD 保护器件中流过的电流，其值越小 ESD 保护器件对被保护电路影响越小；此外，漏电流的严格控制也可以有效地降低整个电子、电器产品的功耗。

(9) 响应时间

ESD 保护器件将输入的大电压钳制到预定电压的时间。ESD 器件必须快速动作，这样才能使上升时间低于纳秒的 ESD 冲击上升时间。

(10) 保护线路数目

ESD保护IC有单通道和多通道的，应用方面有些不同。例如，NXP半导体的PESD5V0S1BL是单通道的双向保护器件，每个只能保护一路，用法见图 3.13。

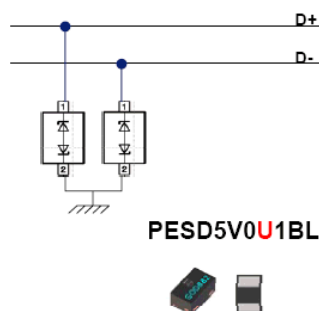


图 3.13 单通道 ESD 保护器件应用示意图

多通道的ESD保护IC，可以同时用于多路线路的保护，减少芯片数量，降低成本。如手机中的SIM卡的保护，见图 3.14。

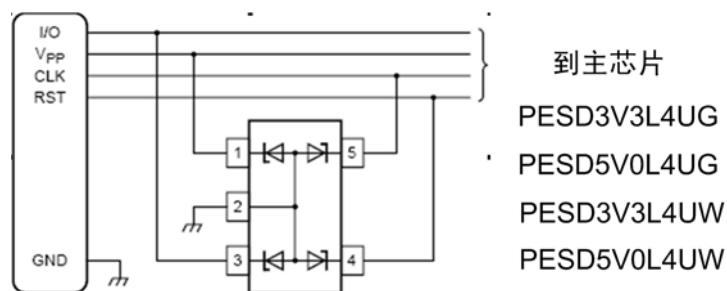


图 3.14 多通道 ESD 保护器件应用示意图

3. NXP 半导体的 ESD 保护器件

以 NXP 半导体公司的产品为例来介绍一些常见的 ESD 保护器件。

(1) NXP 半导体公司：PESD 系列

简介：

PESD 系列是基于齐纳二极管的 ESD 保护 IC，高压脉冲通过反向导通释放掉，图 3.15 展示了本系列器件的保护功能。

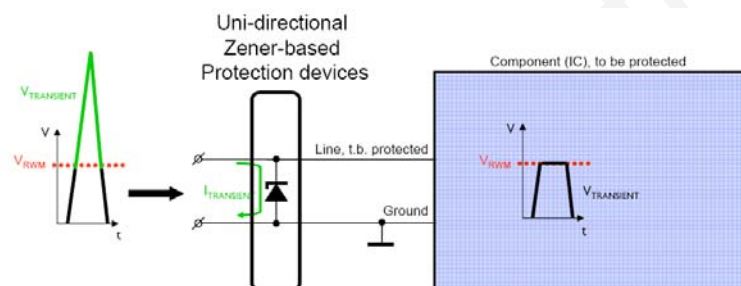


图 3.15 基于齐纳二极管的 ESD 保护功能示意

特性与应用：

- 按其结电容大小，PESD 系列可划分为：标准（ $>50\text{pF}$ ）、低（ $\leq 50\text{pF}$ ）、很低（ $\leq 20\text{pF}$ ）、极低（ $\leq 5\text{pF}$ ）等多个档次；
- 其工作电压不可编程，只能按照固定的电压档来选择，且只需要一个参考电压（一般是 V_{SS} ）；价格便宜，可用于保护 I/O 线路；
- 本器件还分为单向和双向两种极性，下面分别叙述单向器件和双向器件的使用方法。

a. 单向系列

单向系列的器件，反向端接被保护的线路、正向端接地，可以释放反向端输入的超过 V_{RWM} 的正 ESD 脉冲，使得脉冲高压不能进入到 IC，从而起到保护 IC 的作用；但是单向 PESD 系列按上面的接法不能保护从正向端输入的负 ESD 脉冲，如果要释放负 ESD 脉冲，那么需要反接，其反向端接地，正向端接被保护线路，如图 3.16 所示。

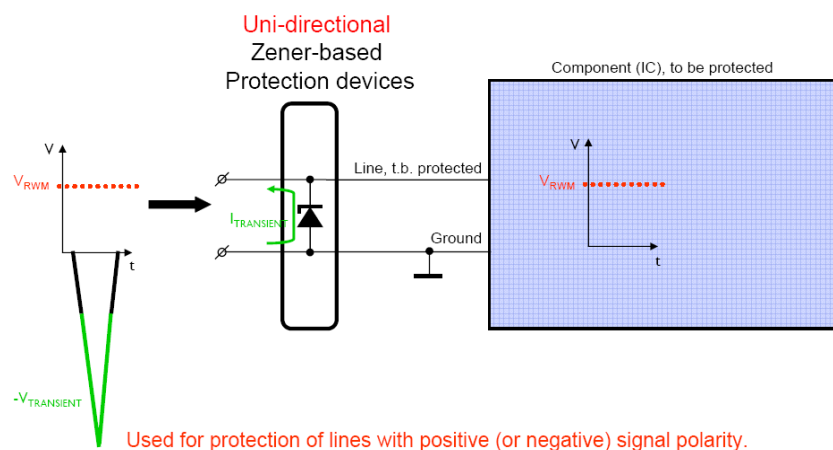


图 3.16 PESD 单向保护器件反接示意图

b. 双向系列

双向系列的ESD保护器件，一端接须保护的线路、另一端接地。这样，无论来自反向还是来自正向的ESD脉冲均被释放，更有效地保护了IC。图 3.17为双向PESD器件释放正向ESD脉冲的示意图，图 3.18为双向PESD器件反向保护示意图。

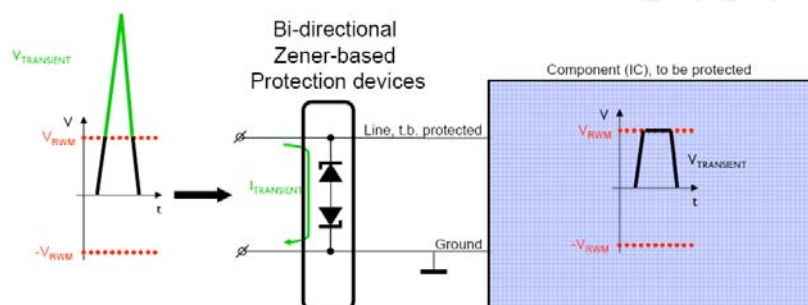


图 3.17 基于齐纳二极管的双向 ESD 保护器件正向保护示意图

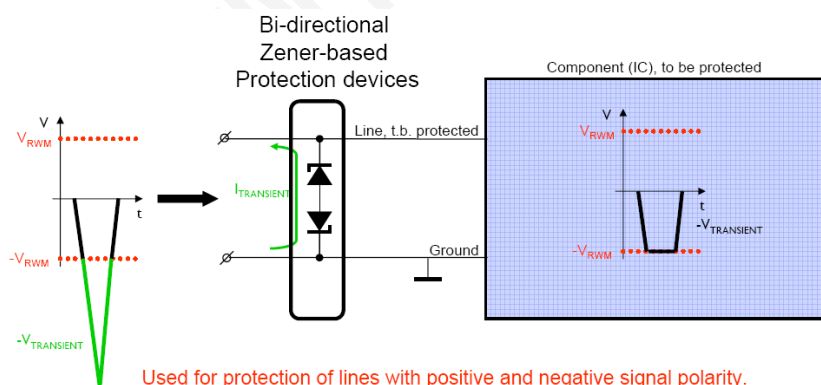


图 3.18 基于齐纳二极管的双向 ESD 保护器件反向保护示意图

c. 单向系列和双向系列的选择

选择单向还是双向的依据是什么呢？

- 单向系列应用于对单极性信号，所谓的单极性信号对地是正向（或者负向）；
- 双向系列应用于双极性的信号，双极性的信号既高于又低于地，即双极性的信号，如 RS-232C、运放等。

(2) NXP 半导体：PRTR 系列

简介：

NXP 半导体的 PRTR 系列 ESD 保护 IC 是 RTR 器件，RTR 即 Rail-to-Rail，可翻译成“轨到

轨”。

这种器件，是用两个开关二极管串联，两个开关二极管之间和两个开关二极管的另外两端都被引出。两个开关二极管之间的一端接入被保护的线路；另外两端，一端 V_{REF1} 接正参考源（一般接电源），一端 V_{REF2} 接负参考源（一般接地）。因二极管导通压降 $0.7V$ ，故信号电压范围被限制在 $V_{REF1}+0.7V \sim V_{REF2}-0.7V$ 之间。当被保护的线路上有ESD脉冲进入，正向ESD脉冲会将脉冲释放到正参考源，负向ESD脉冲会释放到负参考源，RTR型器件连接方法如图3.19所示。

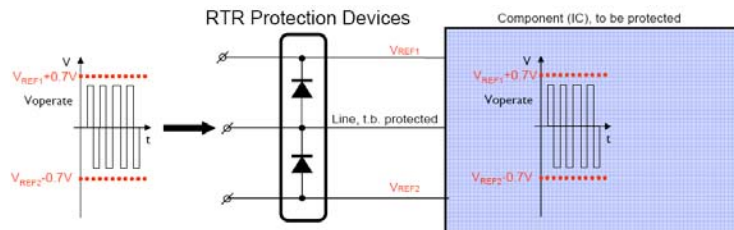
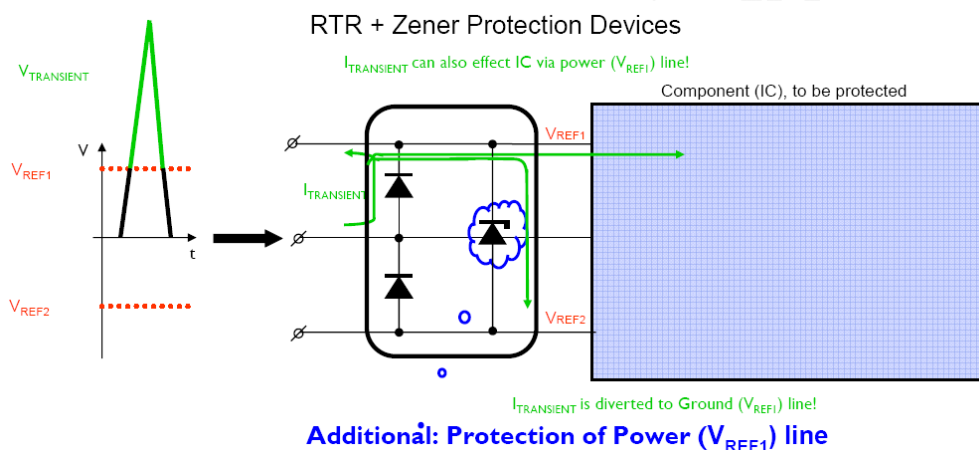


图 3.19 RTR 型器件连接方法

但是光“轨到轨”的保护还不够安全，释放到正参考源上的高压还可能进入到被保护线路，可能对被保护线路造成损坏，因此NXP推出的PRTR系列在轨到轨开关二极管的基础上，在正参考源到负参考源之间增加了一个齐纳二极管，使得超过电源的瞬时脉冲电压能快速释放到地，从而更有效地保护了电路，其内部结构如图3.20所示。



Additional: Protection of Power (V_{REF1}) line

图 3.20 PRTR 器件内部结构图

特性和应用：

- 其结电容一般 $<10pF$ ；
- 其工作电压可以编程，需要两个参考源；
- 价格稍贵，一般用于正负电平的数据通讯场合或高速通讯场合。

(3) NXP 半导体：IP 系列

IP 系列是 NXP 为手持电子设备和消费类电子产品保护高速通讯端口而推出的 ESD 保护 IC，它不但包含 ESD 保护功能，还集成了 EMI 滤波、电平切换、缓冲等功能，使之满足对成本和电路板空间都有苛刻要求的应用，如：手机、VGA、LCD TV、HDMI、USB、音频、视频、TCP/IP、STB、LVDS 等。IP 系列的专用性比较强，此处不作统一介绍。

3.1.4 ESD保护器件选型

本小节主要是说明 ESD 保护 IC 的选型，不涉及其它 ESD 保护器件。

1. 选型方法

(1) 根据传输速率进行选择

首先，需要根据按照 ESD 保护器件的电容是否满足应用中传输速率的要求来进行选择：

- 标准 ESD 保护, 满足大功率(高于 100 瓦)、最低钳位电压要求, 适用于键区、按钮、电池接头、充电器接口等的保护, 电容在 1,000 pF 至 100 pF 之间;
- 高速 ESD 保护, 要求数据传输率更快、低电容, 应用于 USB1.1、USB2.0 FS、FM 天线、SIM 卡和音频线路等, 电容在 40 pF 至 5 pF;
- 超高速 ESD 保护, 如 USB2.0HS (低于 1 pF)、HDMI、RF 天线等, TVS 电容在 5 pF 以下, 要求电容值小。

以NXP半导体为例, 请看图 3.21, 图中标明了不同应用领域对应的传输速率和需求的结电容值, 以及相应的产品系列。

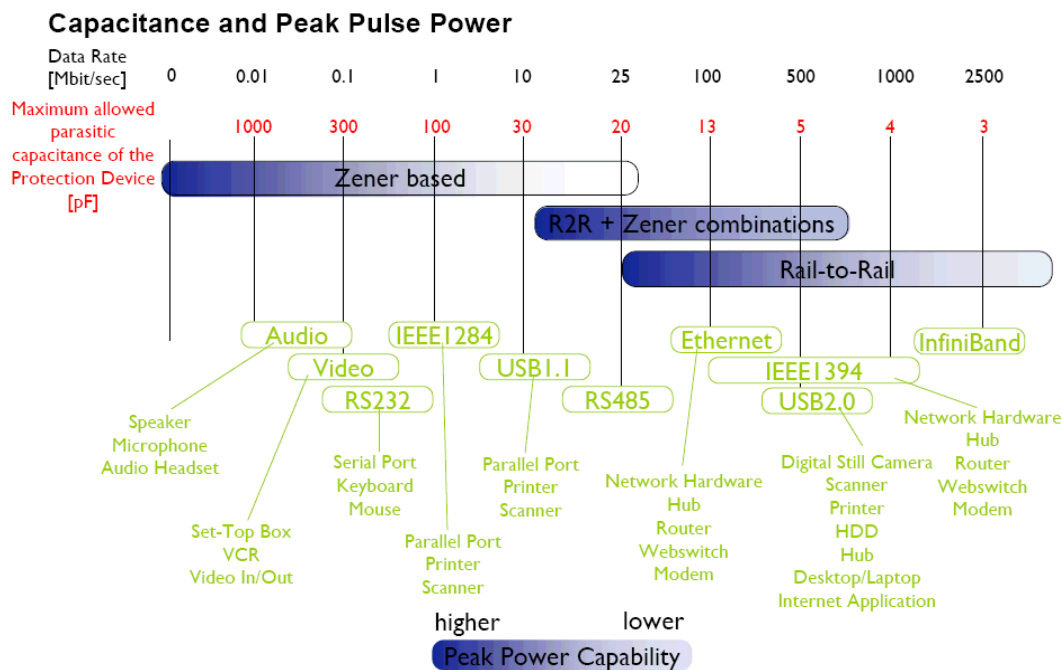


图 3.21 ESD 保护器件选型参考图

(2) 根据其它参数综合考虑

- 根据被保护电路的工作信号电压选择合适的 V_{RWM} ;
- 再根据保护极性选择单向或双向 ESD 保护器件;
- 考虑 ESD 保护器件是否满足应用中所需要的 ESD 等级, 例如该器件的 ESD 防护等级是否满足 IEC61000-4-2 (ESD 静电放电标准);
- 考虑 P_{pp} 峰值功率, 判断该 ESD 保护器件是否能承受应用中的 ESD 脉冲或瞬压;
- 根据需保护的管脚(线路)数量, 选择单路或多路的 ESD 保护器件。若需要保护多路信号并且布线方便, 可以考虑使用多路 ESD 保护器件; 若布线复杂, 则可以组合使用多个单路 ESD 保护器件, 以便更接近被保护管脚。

注: ESD 保护器件放置在连接器或端口处最为有效, 这样能够使得 ESD 脉冲在进入电路板之前就被有效抑制; 若错误地放置 ESD 保护器件, ESD 保护器件将无法发挥作用。

2. 选型举例

(1) 在底部连接器应用中选型

底部连接器设计广泛应用在移动消费类产品上, 目前市场上应用底部连接器的产品主要为移动电话、PDA、数码相机以及 MP3 等便携产品。此端口可能会受到高能量的冲击, 又由于是直流回路, 可选用高电容的 ESD 保护 IC 或 TVS。

(2) 在普通数据线路应用中选型

在嵌入式系统应用中, 普通数据线路极易受到 ESD 冲击, 导致数据紊乱, 所以采用 ESD 保护器件保护普通数据线路十分必要。以 NXP 半导体公司的 PESDxS2UT 为例, 其典型应用电路如图 3.22 所示。

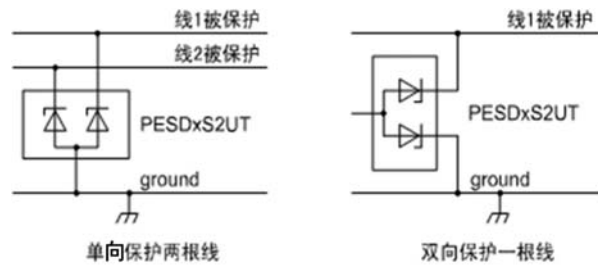


图 3.22 ESD 在普通数据线上的应用

下文列出几种常用的保护普通数据线路的ESD保护器件，具体信息见表 3.3。

表 3.3 普通数据线路保护 ESD 保护器件

生产厂商	型号	保护线路数目	最大反向漏电流 和最大反向工作电压		结电容 典型值	最大值
			I_R	V_{RWM}	Typ	V_{ESD}
			μA	(V)	(pF)	(kV)
NXP	PESD3V3S2UT	2	2	3.3	207	30
	PESD3V3L1BA	1	2	3.3	101	30
	PESD24VS1UB	1	0.05	24	23	23
ON	NP0080TA	2	0.5	8	4	8
	NUP412VP5	4	0.5	9	6.5	30

注：详细的ESD保护器件资料，请到网站<http://www.zlgmcu.com>“ESD/TVS”专栏下载。

(3) 在 USB 系统应用中选择

USB 端口是热插拔系统，极易受到由用户或空气放电造成的 ESD 影响：用户在插拔任何 USB 外设时都有可能产生 ESD，在距离 USB 端口导电面的几英寸的位置也可能产生空气放电。静电放电会损害 USB 接口，造成 USB 集成电路的“硬性损伤”或元件损坏。

全新低电容瞬态抑制二极管阵列可用于USB2.0 或者USB1.1 元件的ESD防护，这些产品还具有良好的滤波功能。以安森美半导体的ESD芯片NUP4114UPXV6 为例，其典型应用电路如图 3.23 所示。

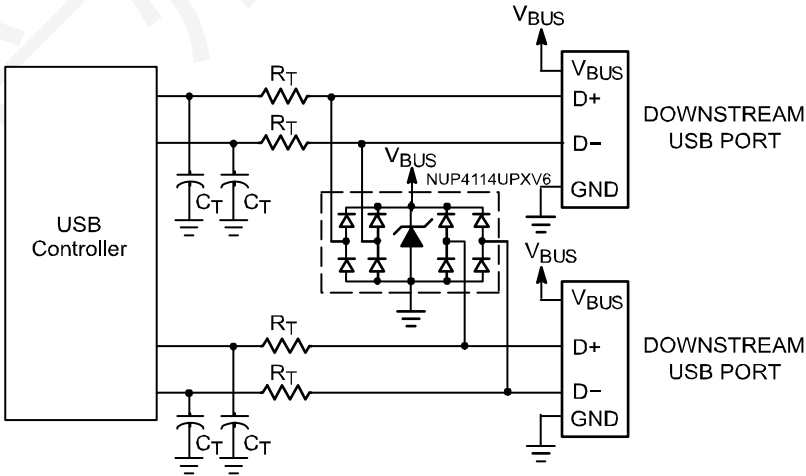


图 3.23 NUP4114UPXV6 在 USB 系统中的典型应用电路

以NXP半导体的ESD芯片PRTP5V0U2X为例，其典型应用电路如图 3.24所示。

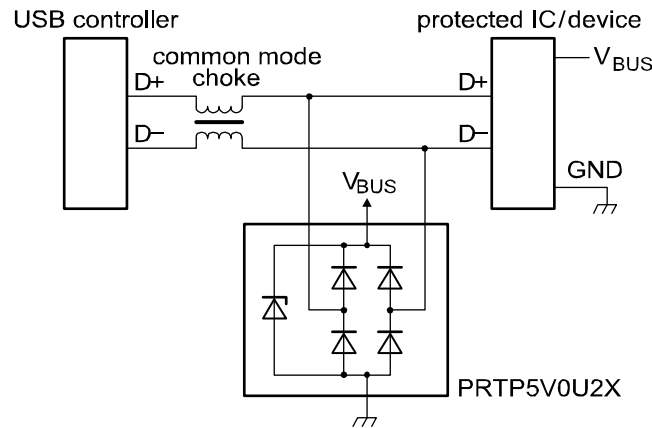


图 3.24 P RTP5V0U2X 在 USB 系统中的典型应用电路

下面列出几种常用的保护USB系统的ESD保护器件，具体信息见表 3.4。

表 3.4 USB 电路保护 ESD 保护器件

生产厂商	型号	保护线路数目	最大反向漏电流		结电容典型值	最大值
			I_R	V_{RWM}	Typ	V_{ESD}
			μA	(V)	(pF)	(kV)
NXP	P RTP5V0U2X	2	0.1	3	1	8
	P RTP5V0U2AX	2	0.1	3	1.8	12
	PRTR5V0U4D	4	0.1	3	1	8
ON	NUP4114UPXV6	4	1.0	5.0	0.8	8
	NUP4202W1	4	5.0	5.0	3.0	8
	NUP2202W1	2	5.0	5.0	3.0	8

注：详细的ESD保护器件资料，请到网站<http://www.zlgmcu.com>“ESD/TVS”专栏下载。

(4) 在 CAN 总线应用中选型

CAN 总线初期主要应用于汽车电子中，目前已经广泛应用于各种短距离的总线场所。ESD 脉冲是影响网络通讯、损坏设备的主要原因之一。设计 CAN-bus 电路时，可以选择微型封装的 CAN 专用 ESD 保护元件，以对抗 ESD 及其他破坏性电压突变脉冲，大大增强系统的可靠性。

CAN-bus专用的ESD保护器件，如NXP PESD1CAN或安森美半导体的NUP2105L，均可满足8kV接触放电、16kV空气放电的ESD测试指标。以NXP半导体的芯片PESD1CAN为例，其典型应用电路如图 3.25所示。

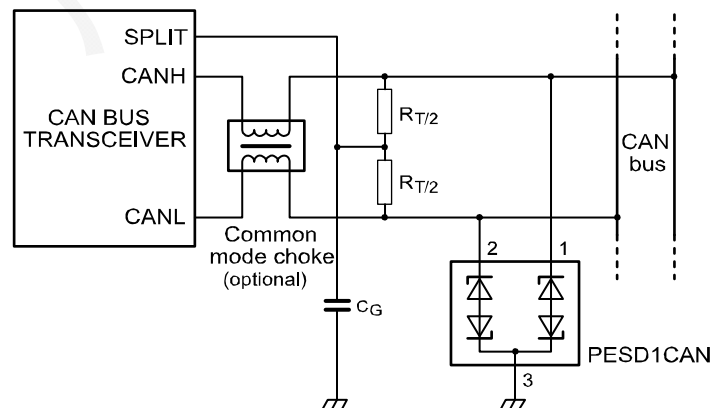


图 3.25 ESD 保护器件在 CAN 总线中的典型应用电路

下文列出几种常用的保护CAN总线的ESD保护器件，具体信息见表 3.5。

表 3.5 CAN 总线保护 ESD 保护器件

生产厂商	型号	保护线路数目	最大反向漏电流		结电容典型值	最大值
			I_R	V_{RWM}	Typ	V_{ESD}
			μA	(V)	(pF)	(kV)
NXP	PESD1CAN	2	0.05	24	11	23
ON	NUP2105L	2	0.1	24	30	30
	NUP1105L	2	0.1	24	30	30

注：详细的ESD保护器件资料，请到网站<http://www.zlgmcu.com>“ESD/TVS”专栏下载。

(5) 在音频电路应用中选型

在音频数据线路保护方面，由于音频回路的信号速率比较低，对器件结电容的要求不高，100pF 左右也是可以接受的。在手机设计中，有的手机是耳机和麦克风组合在一起，有的则是耳机线路与麦克风线路分隔开来。对于前一种情况，可以选择单路 ESD 保护器件；对于后一种情况，如果两个回路是邻近的，则可以选择一个多路 ESD 保护器件完成两个回路的保护。

以NXP半导体的芯片PESD5V0L5UV为例，其典型应用电路如图 3.26所示。

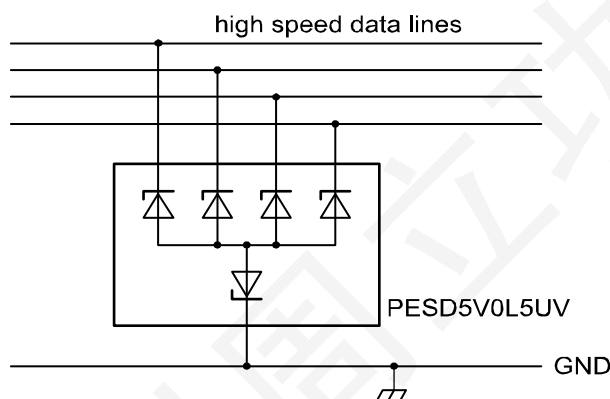


图 3.26 ESD 保护器件在音频电路中的典型应用电路

下文列出几种常用的保护音频电路的ESD保护器件，具体信息见表 3.6。

表 3.6 音频电路 ESD 保护器件

生产厂商	型号	保护线路数目	最大反向漏电流		结电容典型值	最大值
			I_R	V_{RWM}	Typ	V_{ESD}
			μA	(V)	(pF)	(kV)
NXP	PESD5V0L5UV	5	0.025	5	16	20
	PESD5V3L5UV	5	0.3	3.3	16	20
	BZA418A	4	0.075	14	37	8
ON	NUP4202W1	4	5.0	5.0	3.0	8
	ESD9X12ST5G	1	1.0	12	30	30
	ESD9X5.0ST5G	1	1.0	5	65	30

注：详细的ESD保护器件资料，请到网站<http://www.zlgmcu.com>“ESD/TVS”专栏下载。

(6) 在 SD 卡电路应用中选型

SD卡作为需要频繁插拔的设备，在操作过程中很容易受到人体静电的冲击而受到破坏。若在电路中加入ESD保护器件，可有效地防止ESD冲击对电路的损坏，大大提高SD卡读写操作的稳定性。以NXP半导体的PESD5V0L6UAS为例，其典型的应用电路如图 3.27所示。

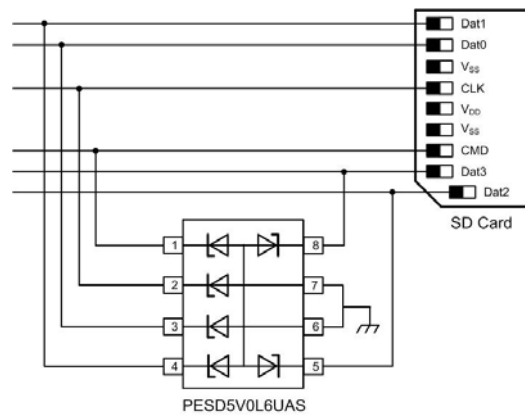


图 3.27 ESD 保护器件在 SD 卡电路中的典型应用

下文列出几种常用的保护SD卡电路的ESD保护器件，具体信息见表 3.7。

表 3.7 SD 卡电路 ESD 保护器件

生产厂商	型号	保护线路数目	最大反向漏电流		结电容 典型值	最大值
			I_R	V_{RWM}	Typ	V_{ESD}
			μA	(V)	(pF)	(kV)
NXP	PESD5V0L6UAS	6	0.025	5	16	20
	PESD3V3L4UG	4	0.3	3.3	22	20
	PESD5V0L4UW	4	0.025	5	16	20

注：详细的ESD保护器件资料，请到网站<http://www.zlgmcu.com>“ESD/TVS”专栏下载。