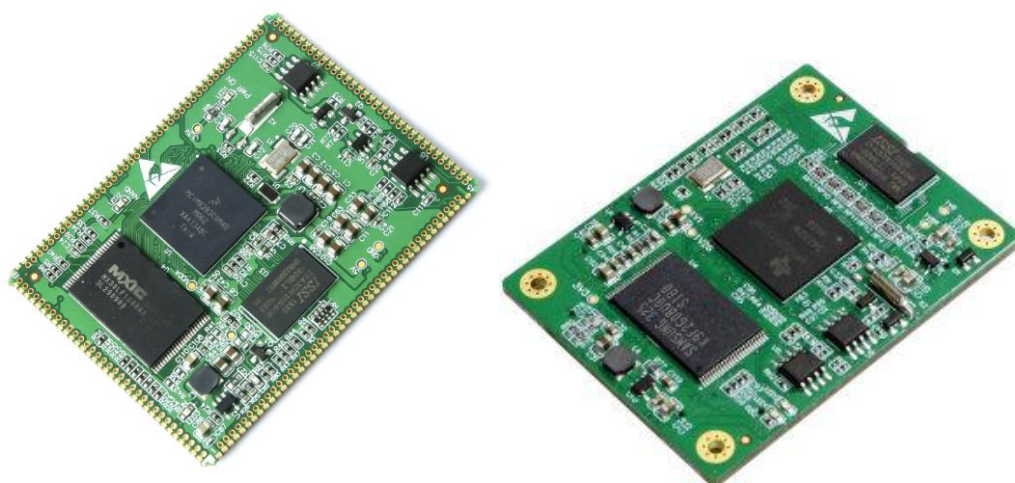


在前面的文章《MiniARM工控核心板浅谈ESD(上)-什么是ESD》中，我们认识到什么是ESD以及ESD带来的危害。产品在开发过程中若不注意ESD危害，将会导致在实验室开发并测试通过的产品，但客户使用一段时间后，就出现异常现象，甚至是产品失效需要返修，进而导致客户对产品的信任度下降。

一般来说选择优质的器件是可以降低故障率，但是如果在设计阶段没有认真思考对电路进行必要的保护，采用必要的操作来应对未来复杂的应用环境，类似故障还是可能发生。只有从思想上对“保护”重视起来，才能真正提高我们产品的品质。

针对ESD的危害，MiniARM工控核心板选用ESD器件作为保护器件，主要是针对静电放电时保护板上电路而设计的，ESD保护器件有效地降低静电对电子产品的损坏，为生产者和消费者的利益提供一层可靠地保护。典型的运用如：工业级ARM9核心板和工业级Cortex-A8核心板，这些板子电路设计均采用ESD器件来增强ESD的保护，进而使得板子的电磁兼容工业达到4级。



有人可能说，电路保护我有很多种方法，为什么一定要用ESD保护器件呢？下面来进行对比，您就明白了

- 1.普通二极管，只能起到钳制电压的作用，不能响应高达几百兆频率的 ESD 脉冲。
- 2.压敏电阻/热敏电阻/PTC，压敏电阻抗一次 ESD 脉冲后特性就会改变，而 ESD 保护器件抗几万次也不会改变特性
- 3.很多芯片带有 ESD 保护，但耐压一般不很高，只是对芯片内部起到基本保护，面对外界动辄 10KV/25KV 的 ESD 脉冲，就力不从心了。
- 4.TVS，TVS 和 ESD 都可以用在芯片的 I/O 口保护上，有些 TVS 也带 ESD 保护功能，但两者之间还是有区别的。

	ESD	TVS
抗击能量	小	大
抗击电压	>10KV	>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	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	用于防雷击或开关电时产生的浪涌
------	---------------	-----------------

1.1 国际 ESD 标准

国际和国内 ESD 标准有很多，ESD 芯片一般参考以下几个标准

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）

1.2 ESD 参数名词解释

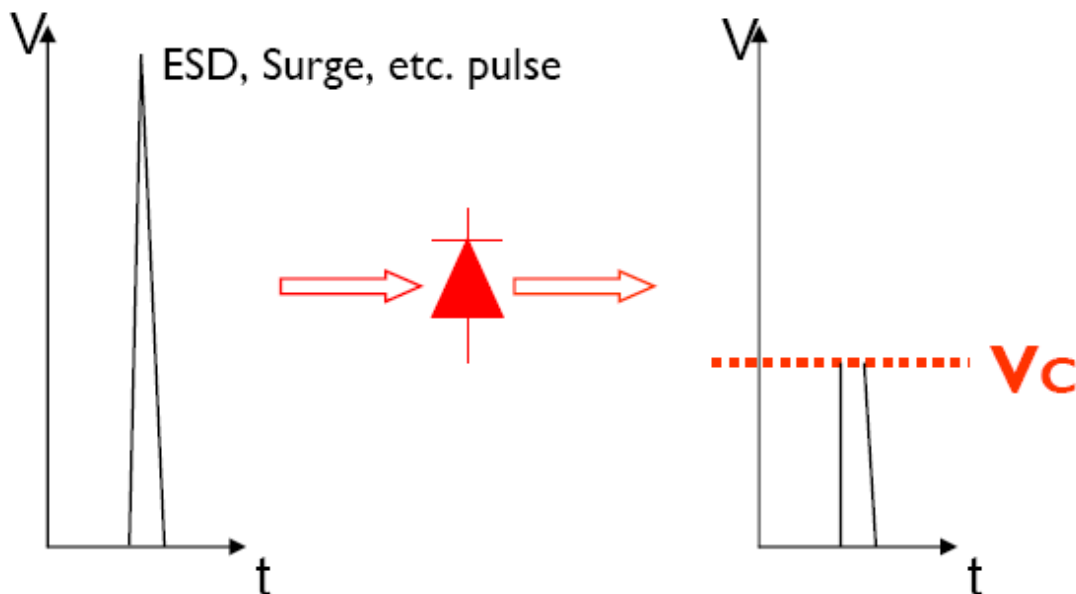
ESD 器件应用时需要注意几个关键参数，如下表所示。

表 1.2 ESD 器件关键参数表

符号	中文名称	解释
V_C	钳位电压	脉冲电压通过 ESD 器件后，所达到的电压值
V_{RWM}	反向关断电压	应大于或等于被保护线路的操作电压
$I_R @ V_{RWM}$	反向漏电流	应小于电路允许的最大漏电流
P_{PP}	峰值脉冲功率	保护器件能吸收瞬时脉冲的能量，典型值取自 300W 8/20 μs 脉冲
C_D	结电容	是保护器的寄生电容，数据率或操作频率越高的线路上使用的 ESD 保护器件的结电容要越低，否则将破坏数据信号

1.2.1 V_C 钳位电压

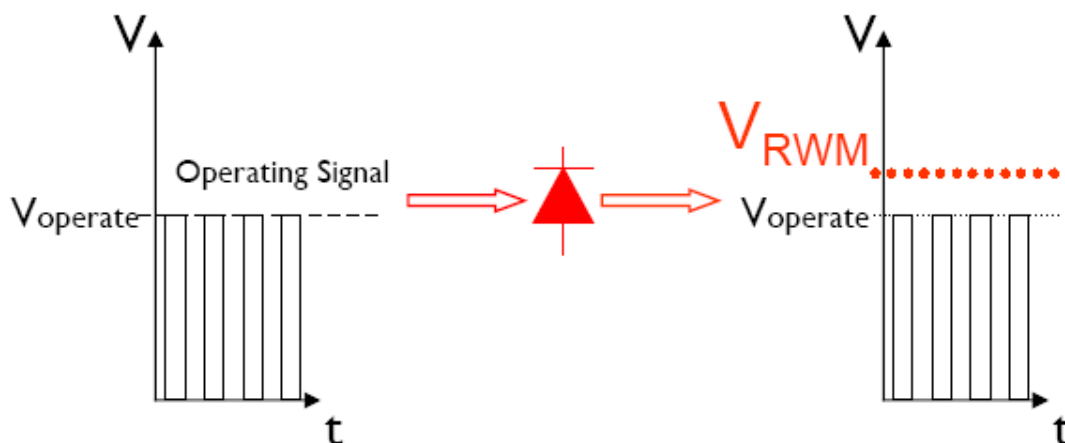
V_C 钳位电压指脉冲电压通过 ESD 保护器件后，所被钳位的电压。



V_C 钳位电压示意图

1.2.2 V_{RWM} 反向关断电压

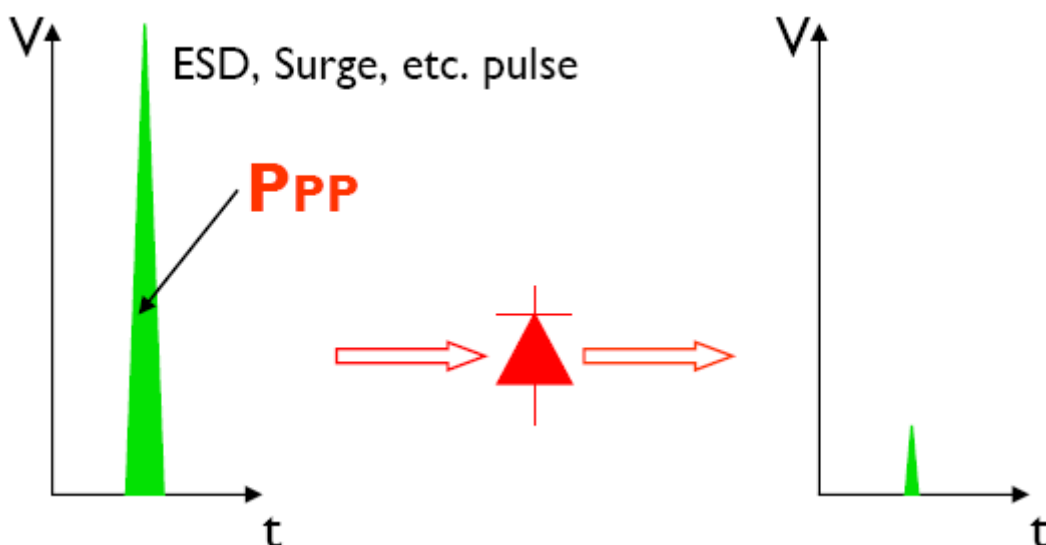
ESD 保护器件的反向关断电压应大于被保护线路工作电压，如下图所示



ESD 保护器件的反向关断电压

1.2.3 P_{PP} 峰值脉冲功率

P_{PP}峰值脉冲功率为ESD器件上瞬间通过的功率值，如300W@8/20 μs，在此功率范围内，ESD保护器件能够正常工作。



P_{PP} 峰值脉冲功率

1.2.4 选型方面

一般来说，主要根据被保护线路的信号速度来考虑，速度越高，需要选择C_D越小的器件。再根据信号电压选择合适的V_{RWM}，根据极性选择单向还是双向，然后考虑需要抗多高的静电和P_{PP}峰值功率。将这些参数结合需要保护的管脚（线路）数量，选择单路或多路的ESD型号。

对于多路信号需要保护，如果布线方便，可以使用多路ESD，如果布线复杂，则组合使用多个，以便更接近被保护管脚。

同时还应注意被保护器件的通信速率，峰值电流等问题，如果被保护器件通信速率很高，则应当选择容抗小的ESD保护器件。

1.3 ESD 保护器件的分类及原理

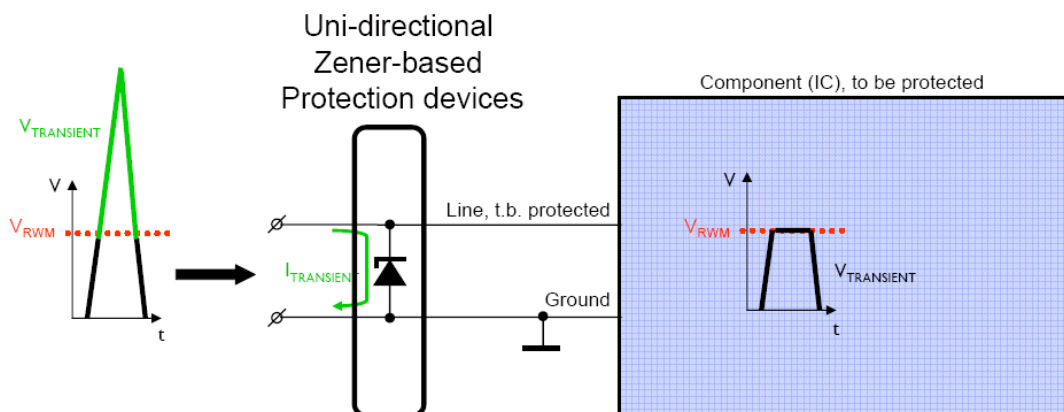
ESD保护器件分3类:

- ◆ 基于齐纳二极管（Zener Basic）的 PESD 系列
- ◆ 轨与轨（RTR+Zener 混合）的 PRTR 系列，此系列不是上图的“Rail-to-Rail 系列”；
- ◆ 混合了 EMI 滤波器，缓冲器，电平转换等功能的 IP 系列。

1.3.1 PESD 系列

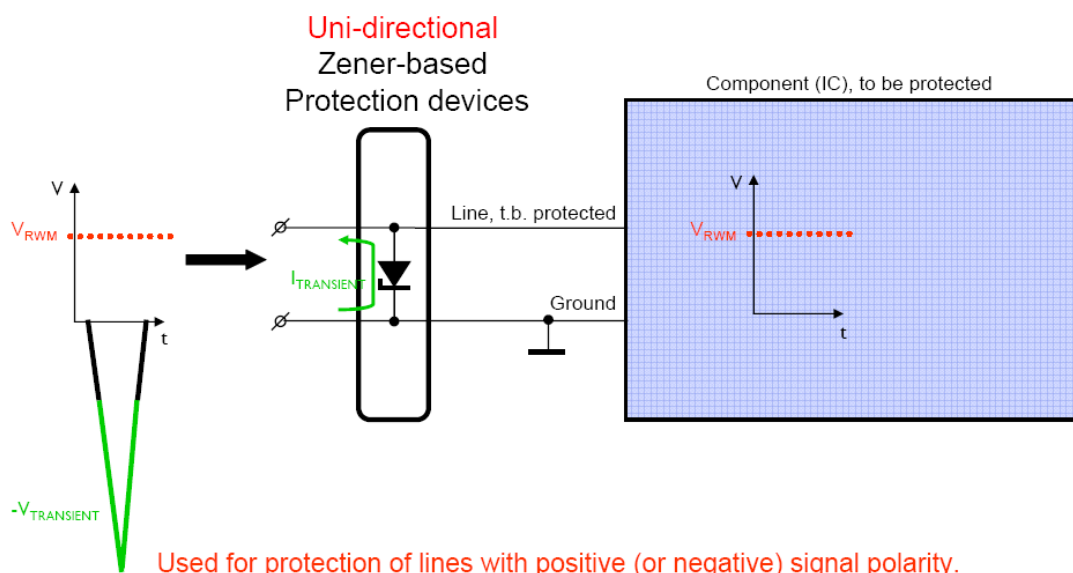
PESD系列是基于齐纳二极管的ESD保护器件，反向起作用。ESD脉冲反向通过时，超过VRWM的电压被释放掉。PESD系列分单向和双向两种极性，对线路如何起到保护作用 and 接法图例说明。

下图为PESD系列单向保护示意图，当干扰脉冲信号超过VRWM时，超过的部分被释放掉。



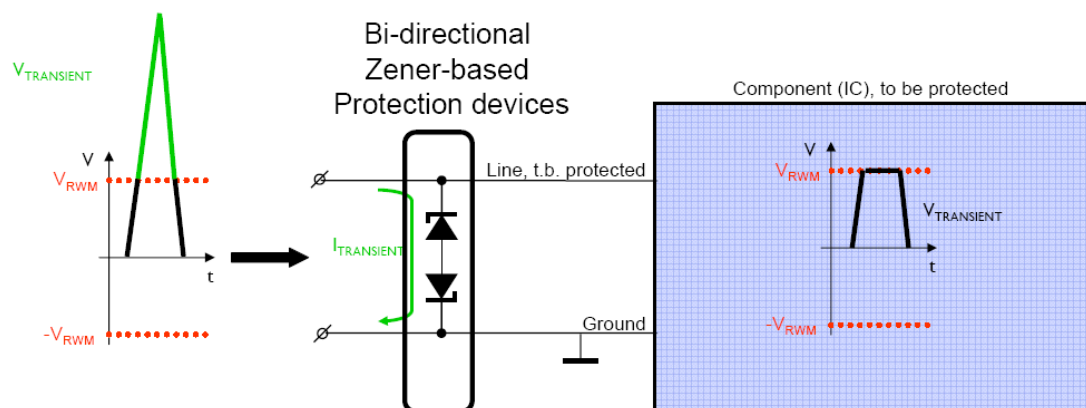
PESD 器件单向保护示意图

单向PESD系列的反向端接被保护的线路，正向端接地。能释放掉反向端输入的超过VRWM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，正向端被保护线路，如下图所示。



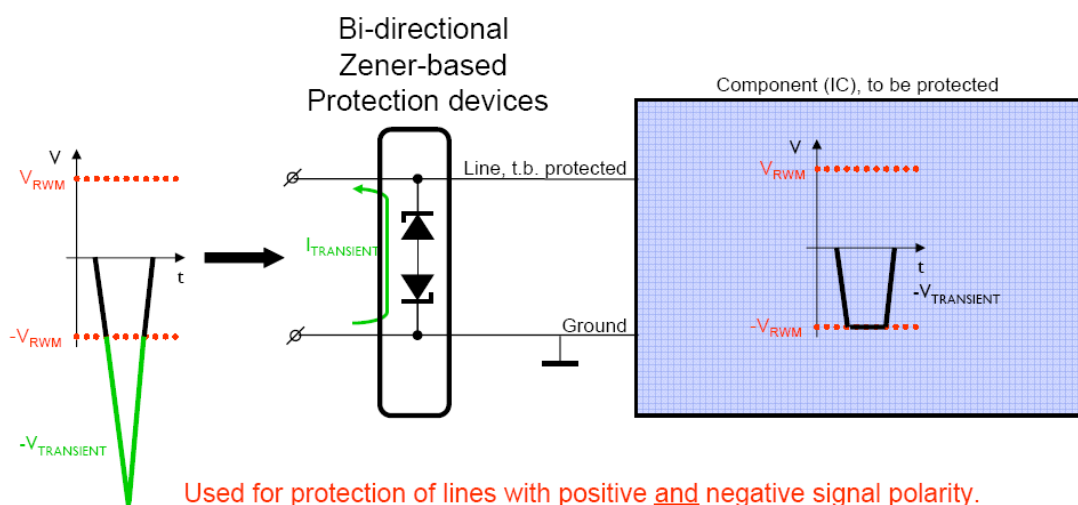
PESD 单向保护器件反接示意图

双向PESD系列一端接要保护的线路，一端接地，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。下图为双向PESD器件正向保护示意图。



PESD 器件正向保护示意图

下图为双向 PESD 器件反向保护示意图



Used for protection of lines with positive and negative signal polarity.

PESD 器件反向保护示意图

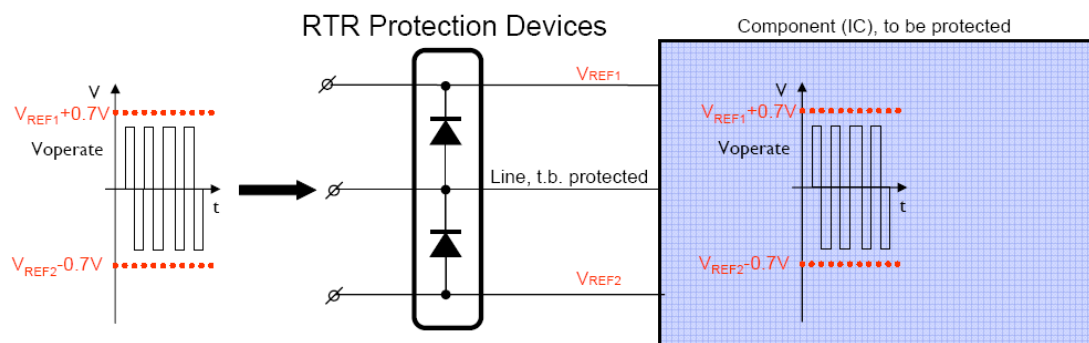
那么选择单向还是双向的依据是什么呢？

- ◆ 单向 PESD 系列应用于信号对地是正向（或者负向），即单极性的信号；
- ◆ 双向 PESD 系列应用于信号既高于又低于地，即双极性的信号。如 RS232、运放等。

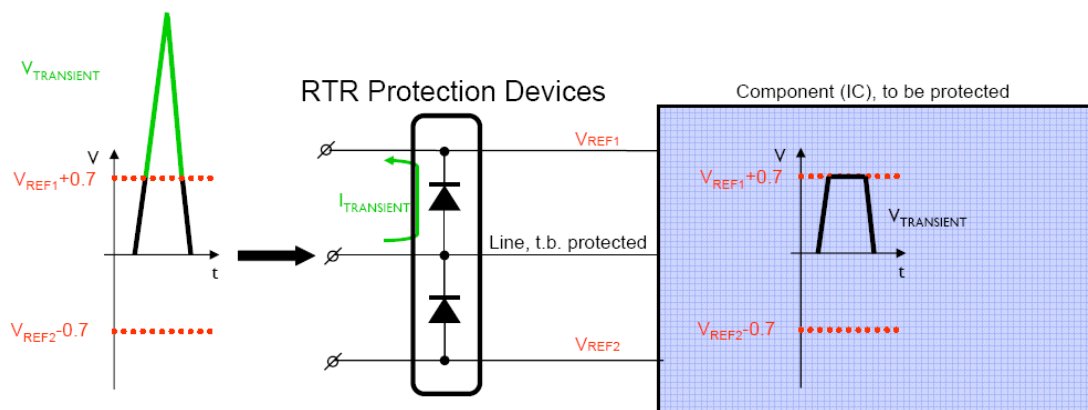
1.3.2 PRTR 系列

Rail-to-Rail (RTR) 翻译成“轨到轨”，用两个开关二极管串联，被保护的线路接中间，两端一头接正参考源（如电源），一头接负参考源（如地）。因开关二极管的正向起作用，当被保护的线路上有瞬时高压脉冲进入，正向脉冲会通过接正参考源的二极管释放，负向脉冲会通过接到负参考源的二极管释放。

轨到轨保护器件的接法：中间接被保护线路，VREF1接正参考源（一般接电源），VREF2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。RTR型器件连接方法如下图所示。

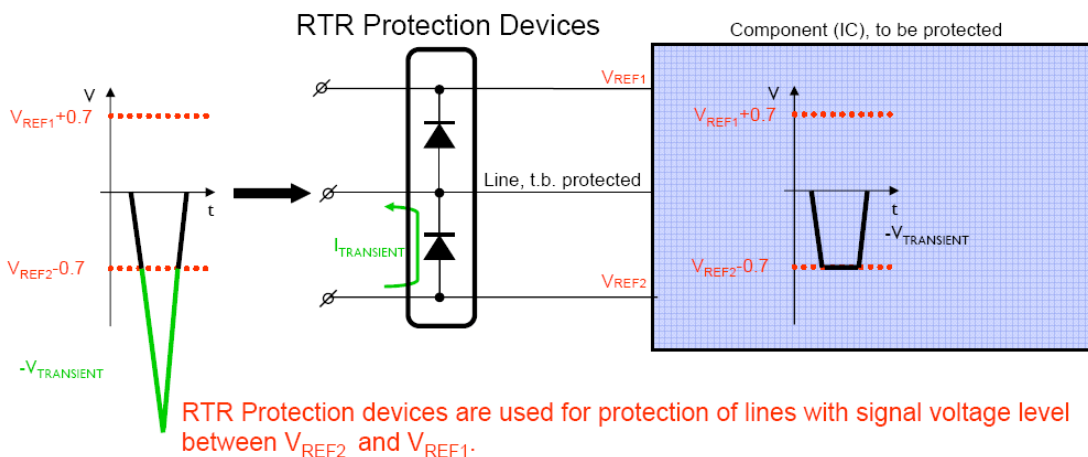


当有正向瞬时脉冲通过被保护线路时，通过接到正参考源的开关二极管将高压释放，使得从线路进入到 IC 的电压在安全范围之内，如下图所示。



RTR 器件正向保护示意图

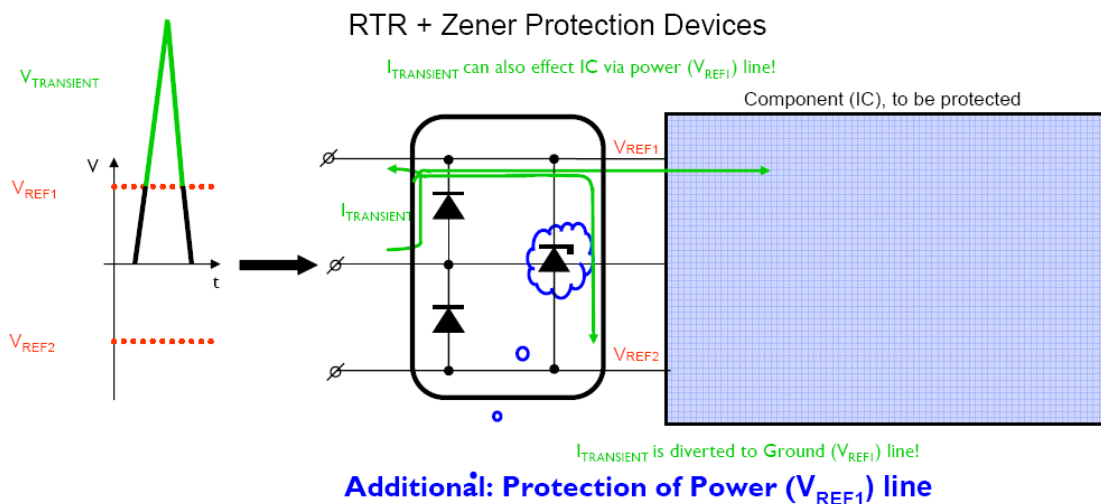
当有负向瞬时脉冲通过被保护线路时，通过接到负参考源的开关二极管将高压释放，使得从线路进入到 IC 的电压在安全范围之内，如下图所示。



RTR Protection devices are used for protection of lines with signal voltage level between V_{REF2} and V_{REF1} .

RTR 器件反向保护示意图

但是光“轨到轨”的保护还不完全，释放到正参考源上得高压还能进入到IC，可能对IC造成损坏，而PRTR系列在轨到轨开光二极管的基础上，在正向参考源到负向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IC。PRTR系列就是“轨到轨”加齐纳二极管的组合保护器件，其内部结构如下图所示。



PRTR 器件内部结构图

1.3.3 IP 系列

IP系列是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，不但包含ESD保护功能，还集成了EWI滤波、电平切换、缓冲等功能。使之满足成本和电路板空间都有苛刻要求的应用。

1.3.4 小结

综上所述，PESD系列是基于齐纳二极管的，高压脉冲通过方向导通释放掉，从而保护了IC，电信号速度越高需要的结电容越小。其工作电压不可编程，只能按照固定的电压档来选择，只需要一个参考电压（一般是VSS），价格便宜。通常用于保护I/O线路。

PRTR系列中有成对的开关二极管，还集成了一个齐纳二极管，是“轨到轨”加上“齐纳二极管”的组合。其结电容一般 $<10\text{PF}$ ，用于高速通讯场合。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。

IP系列集成了ESD、EMI滤波、缓冲和电平切换等功能，应用于消费电子和手持设备中，有较强的专业性。虽然ESD保护器件中集成的是二极管，但是这些二极管和普通二极管不同，是专门为静电放电的高频高压脉冲而设计的，可相应极高频的脉冲和极高的电平，经过几次ESD放电也不会改变性能，这是普通二极管做不到的。