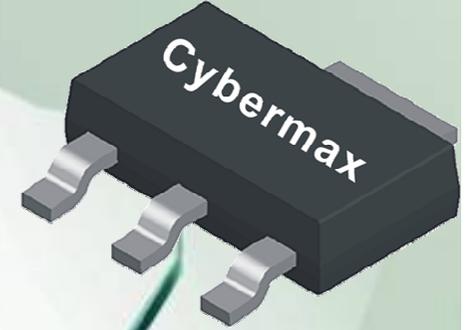


cybermax
cybermaxtech.com

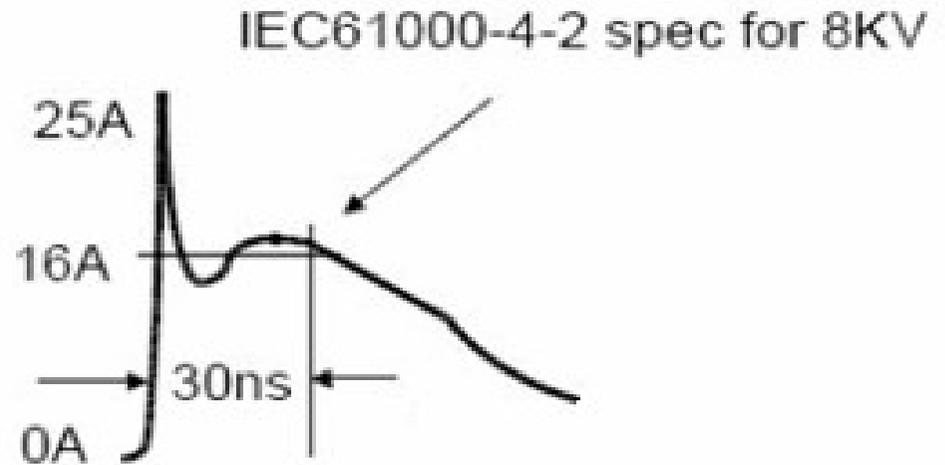
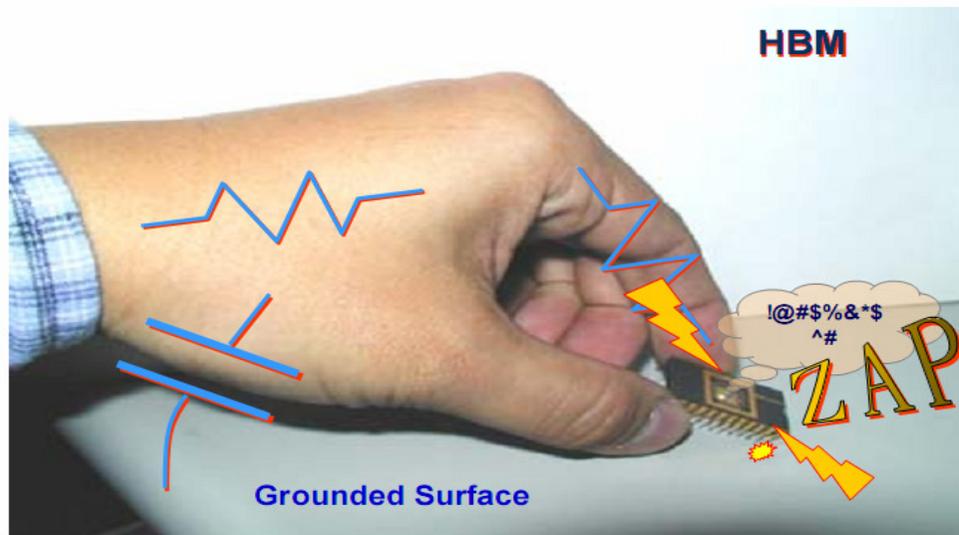


ESD solution

2011/08

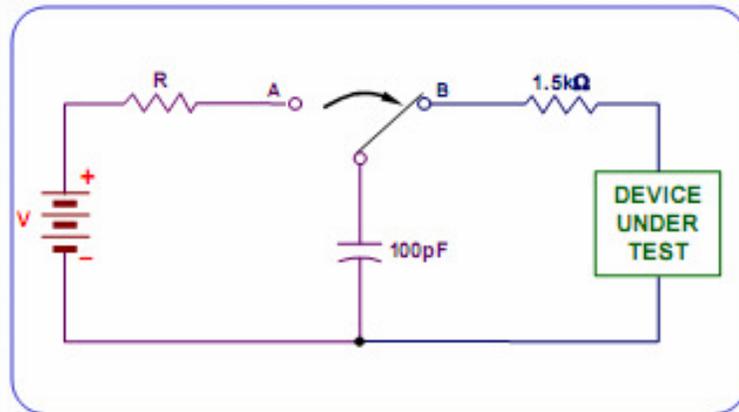
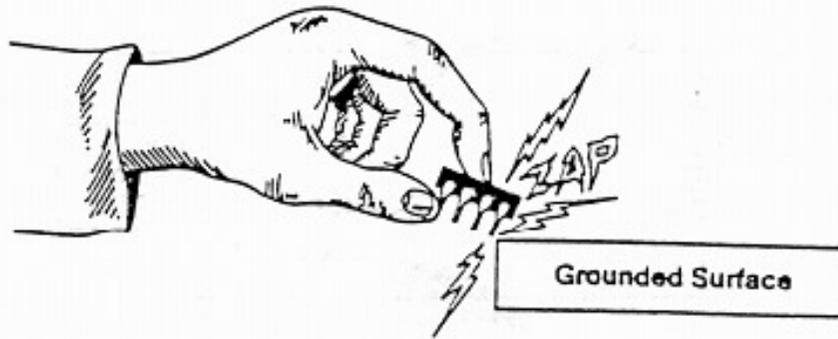
www.cybermaxtech.com

- ❖ Discharge event due to triboelectrically generated charges.
- ❖ ESD is a High Current (\sim Amps) and Short-duration(\sim ns) stress event.

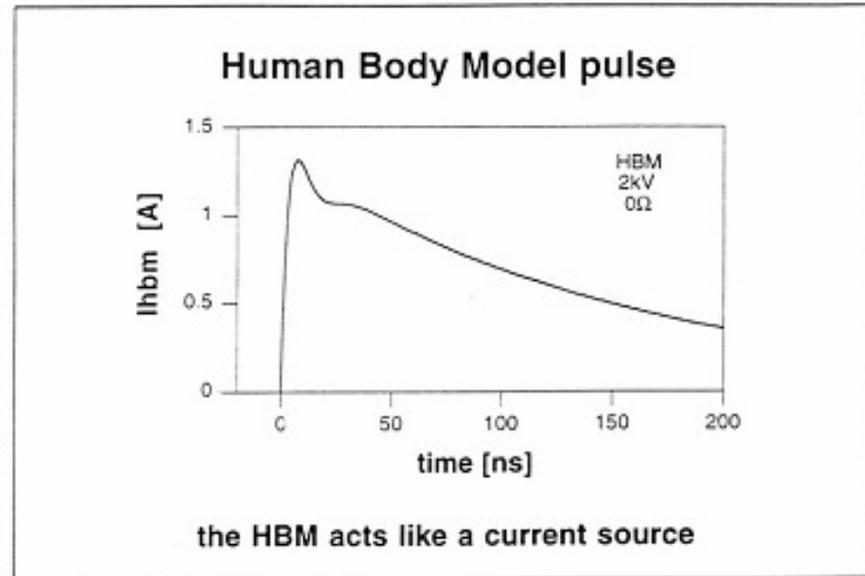


(1). Human Body Model (HBM)

Discharge to the Component

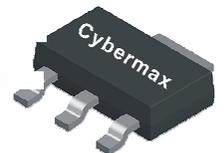


$C_{HBM} = 100pF$; $R_{HBM} = 1.5k\Omega$



$I_{peak} = \sim 1.3A$ (for 2000V HBM)
 $t_r = 2 \sim 10$ ns

大电压、小电流





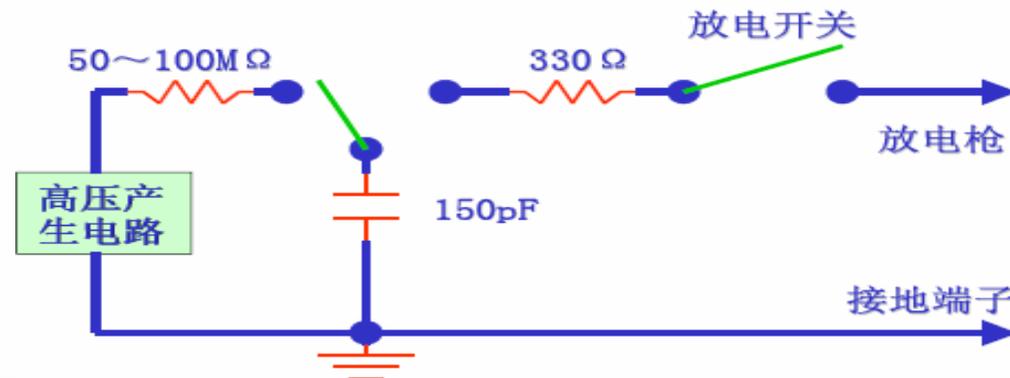
大电压、大电流



System-Level ESD Testing Standard

- ◆ **IEC 61000-4-2: Electromagnetic Compatibility (EMC)**
Part 4: Testing and measurement techniques
Session 2: **Electrostatic discharge immunity Test.**

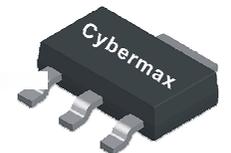
IEC 61000-4-2 ESD Model

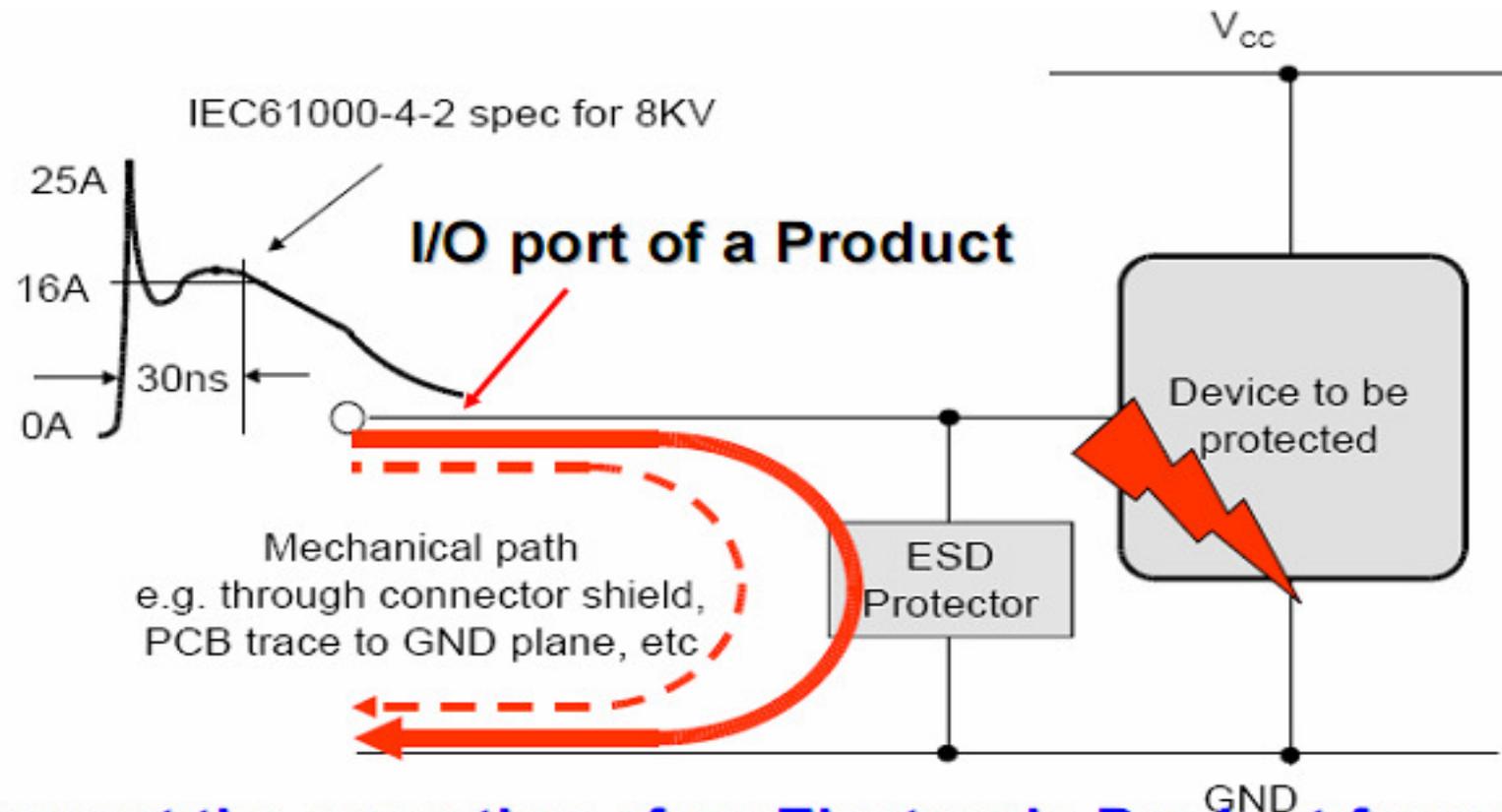


- Discharges from 150 pF through 330 ohm resistor
- Models 5X higher power human body than HBM

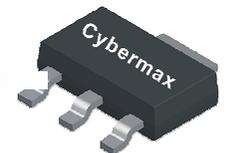


Class (等级)	Criterion (标准)	Result (结果)
Class A	No abnormal phenomenon occurs during ESD stress。 (ESD发生，产品无异常)	Pass (通过)
Class B	Abnormal phenomenon occurs during ESD stress, but will recover automatically。 (ESD发生，产品异常但能自动重启)	Pass (通过)
Class C	Abnormal phenomenon occurs after ESD stress, manual restart is needed。 (ESD发生，产品异常而且需要手动重启)	Pass/Fail (通过/失败)
Class D	Hardware damage。 (硬件损坏)	Fail (失败)





- ◆ Prevent the operation of an Electronic Product from the disturbance of ESD event. -> Bypass the ESD current and ★ **Clamp the voltage at a low value.**



TVS 二極體特性曲線：

V_{BR} ：崩潰電壓 → TVS 瞬間變為低阻抗

V_{RWM} ：維持電壓 → TVS 為高阻抗(不導通)

V_C ：箝制電壓 → 約等於 $1.3 * V_{BR}$

V_F ：順向導通電壓

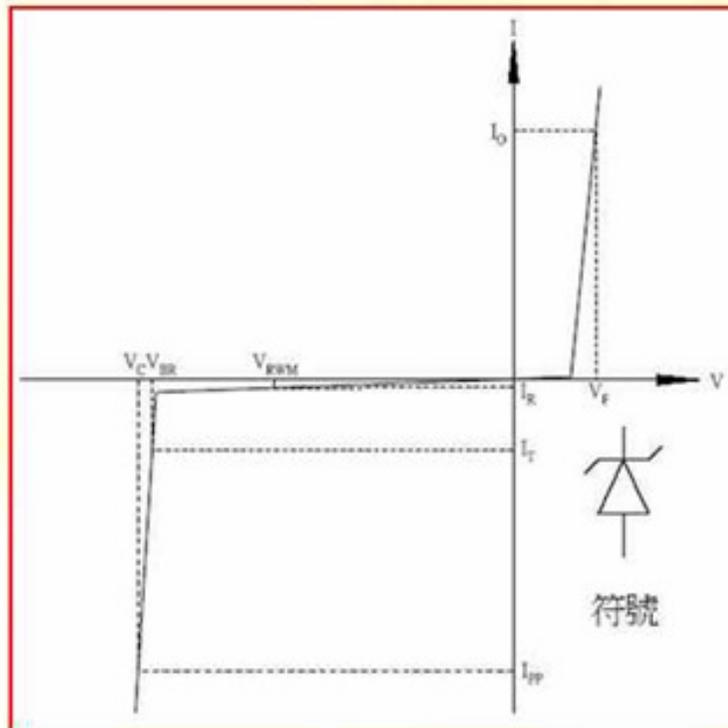
I_R ：逆向電流

I_T ：崩潰電壓之最小電流

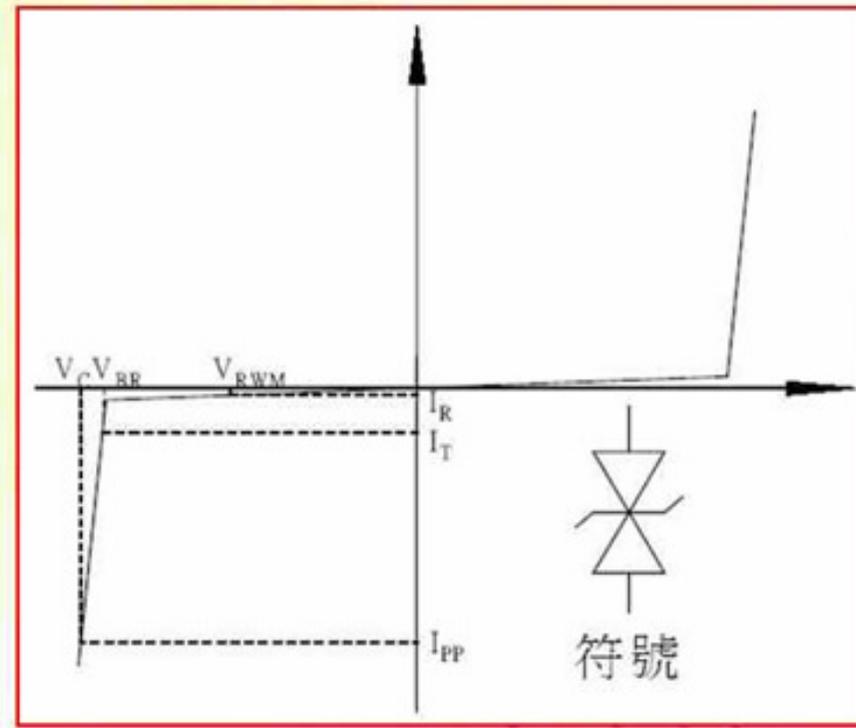
I_{PP} ：突波峰值電流

I_F ：順向導通電流

單向 TVS



雙向 TVS



1、 V_{DC} 直流工作电压

压敏电阻器在最高操作温度下使用时的最大持续直流工作电压，被用来作为测试漏电流的对应电压点。该电压总是比压敏电压小。

2、 V_{AC} 交流工作电压

压敏电阻器在最高操作温度下使用时的最大持续正弦交流工作电压。

3、 I_l 额定直流电压下的漏电流

压敏电阻器最大直流工作电压下处在高阻抗状态,表现出近似开路的状态,在该情况下测的电流为漏电流，其值非常低为uA级。



4、 V_B 压敏电压

压敏电阻器从开路状态切换至工作状态进入导通的阙口电压。该电压值通常在1mA电流时测量，具有最大值和最小值范围的限定。

5、 V_C 限制电压

在指定脉冲电流和8/20us波形条件或者ESD波形条件下，在压敏电阻器上承受的最大电压。要注意限制电压不一定是在最大峰值电流下测得。

6、 C_p 电容

这是压敏电阻在1MHz频率和0.5V电压（交流）下测试出来的电容值。

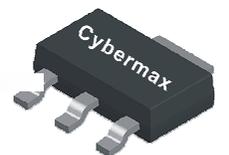


7、 I_p 通流容量

压敏电阻器在8/20us脉冲电流波冲击一次时不会导致设备损坏的最大峰值电流。一般以压敏电压的变化率在 $\pm 10\%$ 以内来限定。不同极性脉冲加载效果相同。

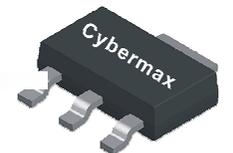
8、ET脉冲能量

压敏电阻器在10/1000us脉冲电流波冲击一次时不会导致设备损坏的最大瞬时额定能量。一般以压敏电压的变化率在 $\pm 10\%$ 以内来限定。



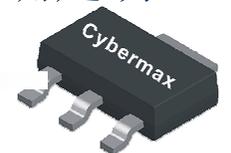
TVS（Transient Voltage Suppressor瞬态电压抑制器）二极管和MLV(Multi-Layer Varistor, 多层变阻器)等ESD保护器是近几年发展起来的一种固态二极管，专门用于ESD保护。TVS二极管是和被保护电路并联的，当瞬态电压超过电路的正常工作电压时，二极管发生雪崩，为瞬态电流提供通路，使内部电路免遭超额电压的击穿或超额电流的过热烧毁。由于TVS二极管的结面积较大，使得它具有泄放瞬态大电流的优点，具有理想的保护作用。改进后的TVS二极管还具有适应低压电路（ $<5\text{ V}$ ）的特点，且封装集成度高，适用于在印制电路板面积紧张的情况下使用。很低的箝位电压,经过多次ESD过程不会劣化.这些特点决定了它有广泛的适用范围，尤其在高档便携设备的接口电路中有很好的使用价值。

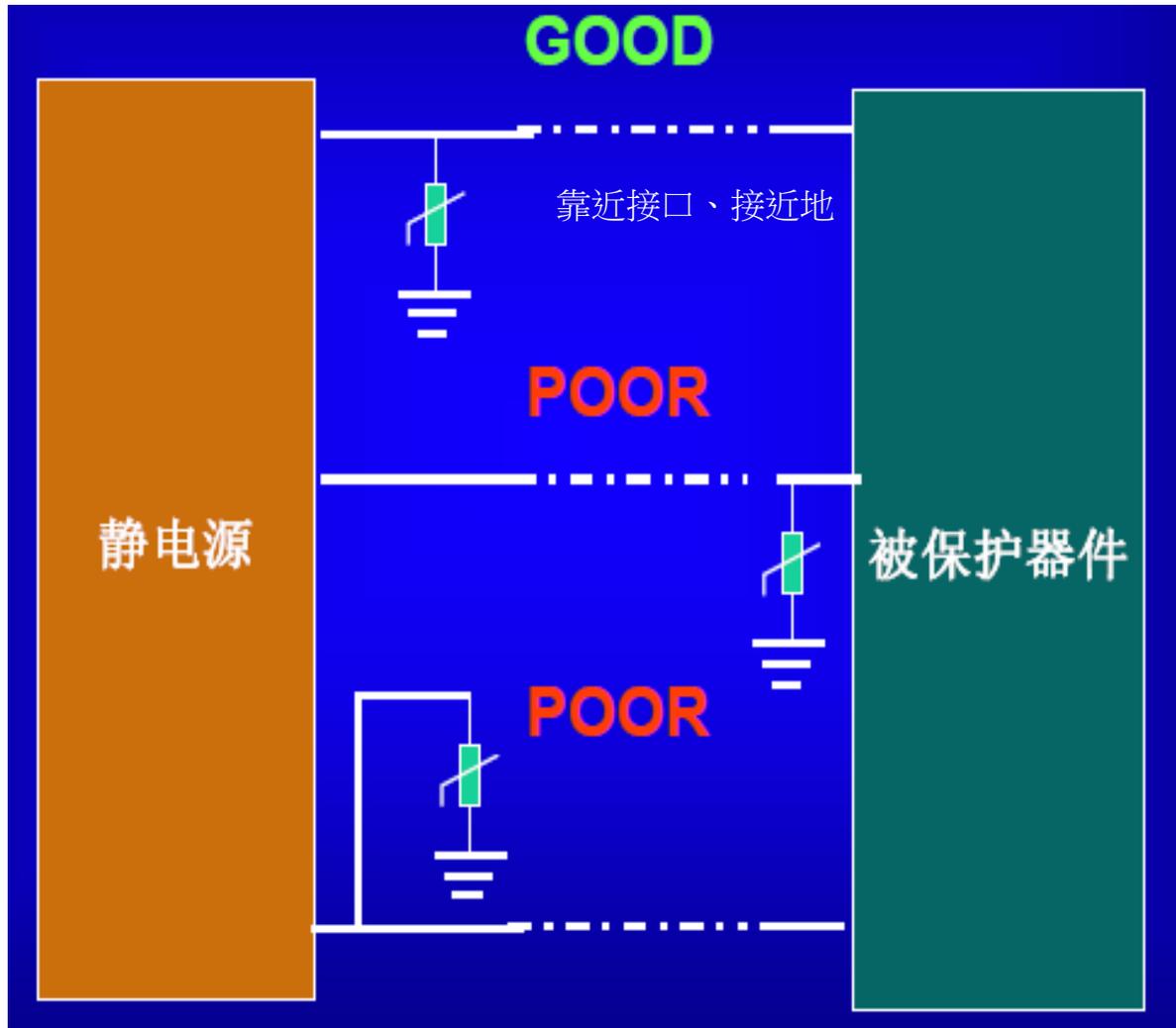
由于TVS响应时间远小于 1 ns ,能够迅速地将ESD故障电流放电到接地端，而且其漏电流和结电容都很低，要测量其响应就要用快速脉冲发生器-TLP 脉冲发生器。



选用TVS的步骤如下：

- 1.确定待保护电路的直流电压或持续工作电压。如果是交流电，应计算出最大值，即用有效值*1.414。
- 2.TVS的反向变位电压即工作电压（ V_{RWM} ）--选择TVS的 V_{RWM} 等于或大于上述步骤1所规定的操作电压。这就保证了在正常工作条件下TVS吸收的电流可忽略不计,如果步骤1所规定的电压高于TVS的 V_{RWM} ,TVS将吸收大量的漏电流而处于雪崩击穿状态，从而影响电路的工作。
- 3.最大峰值脉冲功率：确定电路的干扰脉冲情况,根据干扰脉冲的波形、脉冲持续时间,确定能够有效抑制该干扰的TVS峰值脉冲功率。
- 4.所选TVS的最大箝位电压（VC）应低于被保护电路所允许的最大承受电压。
- 5.单极性还是双极性-常常会出现这样的误解即双向TVS用来抑制反向浪涌脉冲，其实并非如此。双向TVS用于交流电或来自正负双向脉冲的场合。TVS有时也用于减少电容。如果电路只有正向电平信号，那么单向TVS就足够了。TVS操作方式如下：正向浪涌时,TVS处于反向雪崩击穿状态；反向浪涌时，TVS类似正向偏置二极管一样导通并吸收浪涌能量。在低电容电路里情况就不是这样了。应选用双向TVS以保护电路中的低电容器件免受反向浪涌的损害。
- 6.如果知道比较准确的浪涌电流 I_{pp} ，那么可以利用VC来确定其功率，如果无法确定功率的概范围，一般来说，选择功率大一些比较好。

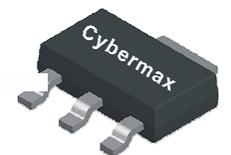




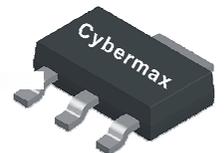
ESD Layout 注意问题：ESD 器件选择和摆放

位置同具体的产品相关，下面是一些通用规则：

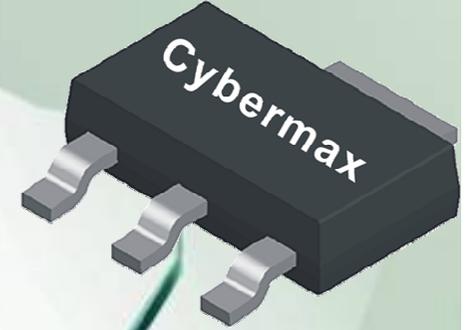
- 1、让元器件尽量远离板边
- 2、敏感线（Reset, PBINT）走板内层不要太靠近板边；
RTC部分电路不要靠近板边
- 3、可能的话，PCB四周保留一圈露铜的地线
- 4、ESD器件接地良好，直接（通过VIA）连接到地平面
- 5、受保护的信号线保证先通过ESD器件，路径尽量短



保护器件	信号传输速率/频率	上升时间	容值
HDMI/USB3.0	4.8Gbps/10.2Gbps	<0.5nS	<1pF
USB2.0/IEEE1394 数据端口	400~480Mbps	0.5~0.6nS	≅ 3pF
RS232	115.2K	1uS~8uS	10~200pF
Wireless device	1.5Mbps	75~300nS	5~50pF
音频设备	20~2KHz	0.05mS~50mS	10~360pF



cybermax
cybermaxtech.com



Thank You!

www.cybermaxtech.com