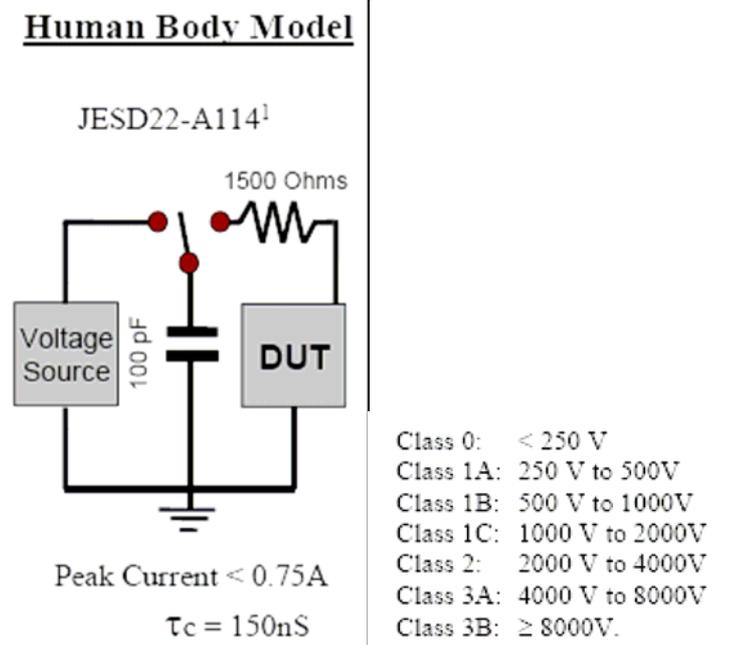


## 三种 ESD 模型及其防护设计

ESD : Electrostatic Discharge ,即是静电放电 ,每个从事硬件设计和生产的工程师都必须掌握 ESD 的相关知识。为了定量表征 ESD 特性 ,一般将 ESD 转化成模型表达方式 ,ESD 的模型有很多种 ,下面介绍最常用的三种 :

1 . HBM : Human Body Model , 人体模型 :

该模型表征人体带电接触器件放电 , $R_b$  为等效人体电阻 , $C_b$  为等效人体电容。等效电路如下图。图中同时给出了器件 HBM 模型的 ESD 等级。



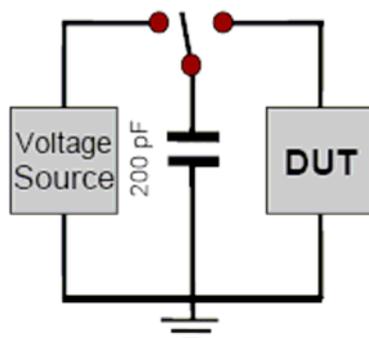
ESD人体模型等效电路图及其ESD等级

2 . MM : Machine Model , 机器模型 :

机器模型的等效电路与人体模型相似 ,但等效电容 ( $C_b$ ) 是 200pF ,等效电阻为 0 ,机器模型与人体模型的差异较大 ,实际上机器的储电电容变化较大 ,但为了描述的统一 ,取 200pF。由于机器模型放电时没有电阻 ,且储电电容大于人体模式 ,同等电压对器件的损害 ,机器模式远大于人体模型。

### Machine Model

JESD22-A115<sup>2</sup>



Peak Current < 8A

$\tau_c < 5\text{nS}$

Class A: < 200 V  
Class B: 200 V to 400 V  
Class C:  $\geq 400$  V.

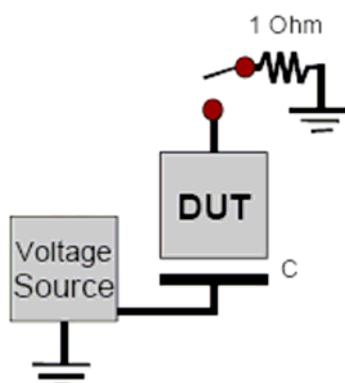
ESD机器模型等效电路图及其ESD等级

### 3. CDM : Charged Device Model , 充电器件模型 :

半导体器件主要采用三种封装型式（金属、陶瓷、塑料）。它们在装配、传递、试验、测试、运输及存贮过程中，由于管壳与其它绝缘材料（如包装用的塑料袋、传递用的塑料容器等）相互磨擦，就会使管壳带电。器件本身作为电容器的一个极板而存贮电荷。CDM 模型就是基于已带电的器件通过管脚与地接触时，发生对地放电引起器件失效而建立的，器件带电模型如下：

### Charged Device Model

JESD22-C101<sup>3</sup>



Peak Current 5-15Amps

$\tau_c < 1\text{nS}$

Class I: < 200 V  
Class II: 200 V to 500 V  
Class III: 500 V to 1000 V  
Class IV:  $\geq 1000$  V.

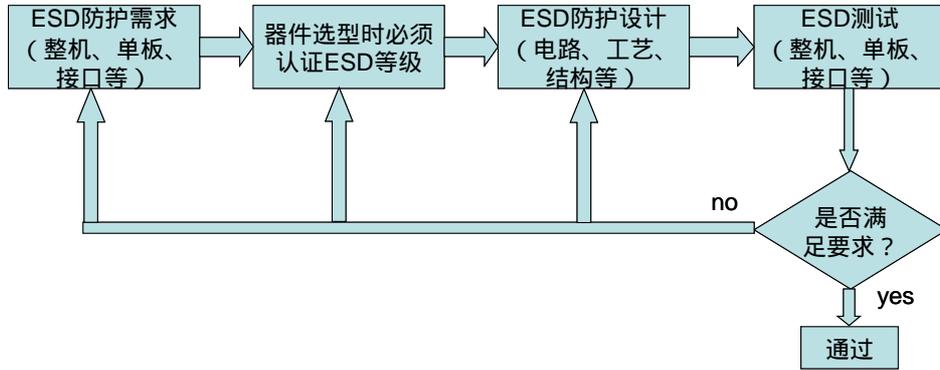
ESD充电器件模型等效电路图及其ESD等级

器件的 ESD 等级一般按以上三种模型测试，大部分 ESD 敏感器件手册上都有器件的 ESD

数据，一般给出的是 HBM 和 MM。

通过器件的 ESD 数据可以了解器件的 ESD 特性，但要注意，器件的每个管脚的 ESD 特性差异较大，某些管脚的 ESD 电压会特别低，一般来说，高速端口，高阻输入端口，模拟端口 ESD 电压会比较低。

ESD 防护是一项系统工程，需要各个环节实施全面的控制。下图是一个 ESD 防护的流程图：



ESD 防护设计流程图

ESD 防护设计可分为单板防护设计、系统防护设计、加工环境设计和应用环境防护设计，单板防护设计可以提高单板 ESD 水平，降低系统设计难度和系统组装的静电防护要求。当系统设计还不能满足要求时，需要进行应用环境设计防护设计。ESD 敏感器件在装联和整机组装时，环境的 ESD 直接加载到器件，所以加工环境的 ESD 防护是至关重要的。

一般整机、单板、接口的接触放电应达到  $\pm 2000V$  (HBM) 以上的防护要求。器件的 ESD 防护设计是在器件不能满足 ESD 环境要求的情况下，通过衰减加到器件上的 ESD 能量达到保护器件的目的。ESD 是电荷放电，具有电压高，持续时间短的特点，根据这些特点，ESD 能量衰减可通过电压限制、电流限制、高通滤波、带通滤波等方式实现，所以防护电路的形式多种多样，这里就不一一列举。



作者：殷志文，深圳电子学会电子可靠性专业委员会主任兼深圳易瑞来科技开发有限公司技术总监。华中理工大学工学硕士，1999 年至 2005 年就职于华为技术公司。精通 PSPICE 电路仿真、高速数字电路 SI 和时序仿真、以及热仿真等各种仿真技术。