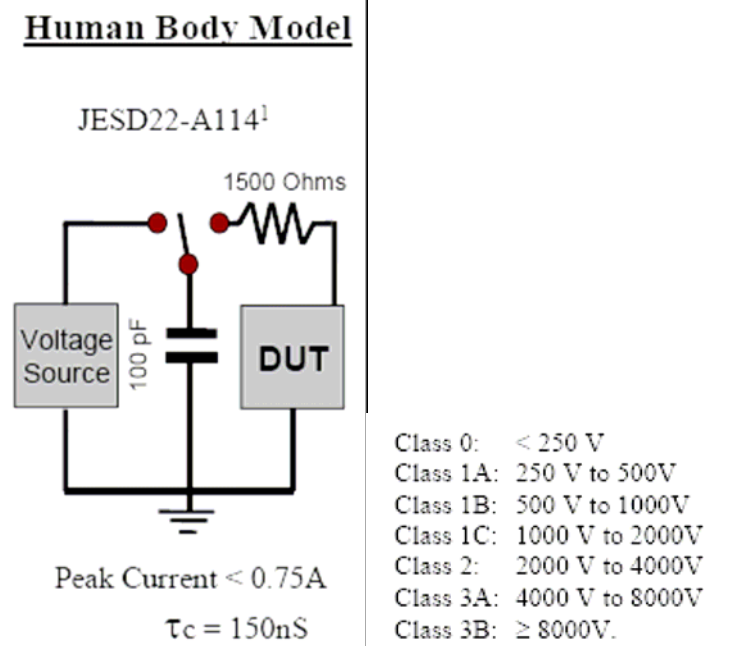


三种 ESD 模型及其防护设计

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。



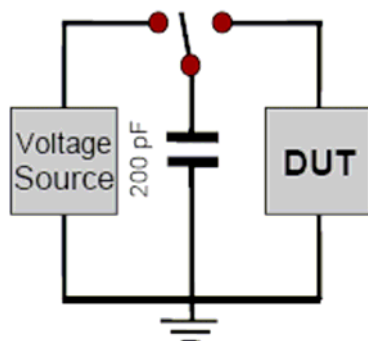
ESD人体模型等效电路图及其ESD等级

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-A115²



Peak Current < 8A

$\tau_c < 5\text{nS}$

Class A: < 200 V
Class B: 200 V to 400 V
Class C: ≥ 400 V.

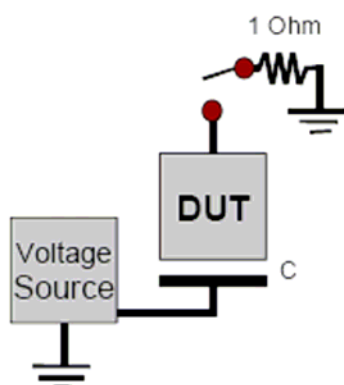
ESD机器模型等效电路图及其ESD等级

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-C101³



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: ≥ 1000 V.

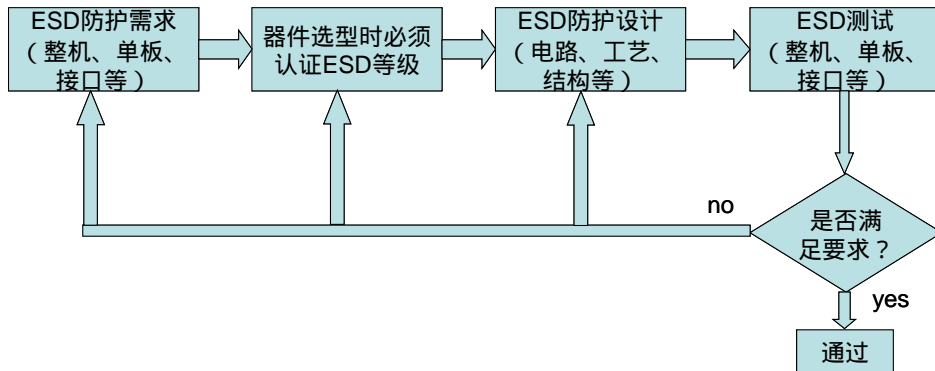
ESD充电器件模型等效电路图及其ESD等级

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。

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训推荐课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/tuijian/>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

手机天线设计培训视频课程

该套课程全面讲授了当前手机天线相关设计技术,内容涵盖了早期的外置螺旋手机天线设计,最常用的几种手机内置天线类型——如 monopole 天线、PIFA 天线、Loop 天线和 FICA 天线的设计,以及当前高端智能手机中较常用的金属边框和全金属外壳手机天线的设计;通过该套课程的学习,可以帮助您快速、全面、系统地学习、了解和掌握各种类型的手机天线设计,以及天线及其匹配电路的设计和调试...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/133.html>



WiFi 和蓝牙天线设计培训课程

该套课程是李明洋老师应邀给惠普 (HP)公司工程师讲授的 3 天员工内训课程录像,课程内容是李明洋老师十多年工作经验积累和总结,主要讲解了 WiFi 天线设计、HFSS 天线设计软件的使用,匹配电路设计调试、矢量网络分析仪的使用操作、WiFi 射频电路和 PCB Layout 知识,以及 EMC 问题的分析解决思路等内容。对于正在从事射频设计和天线设计领域工作的您,绝对值得拥有和学习! ...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/134.html>



CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>