

本应用笔记介绍了用于确定微控制器器件对 ESD 损坏的敏感性的过程。

1 参考文档

1.1 参考文档（内部 ST 参考）

- 0061692 “产品鉴定的可靠性测试规范”
- SOP2614 “产品鉴定的可靠性过程”

1.2 其它参考

- CDF-AEC-Q100-002 “人体模型 ESD 测试”
- CDF-AEC-Q100-003 “机器模型 ESD 测试”
- ESD 协会标准草案 DS5.3 - 1993 ESD 敏感性测试草案标准 - 充电设备模型 (CDM) 组件测试
- ESD 协会标准草案 DS5.3.1 - 1996 充电设备模型 (CDM) 非转接座模式
- JEDEC 标准 JESD22-C101 “电场诱导充电设备模型”
- JEDEC 标准 JESD22-A114A “人体模型”
- JEDEC 标准 JESD22-A115A “机器模型”
- ESD 协会标准草案 DS5.2 - 1996 “机器模型”
- ESD 协会标准 ESD STM 5.1 - 1998 “人体模型”
- EIAJ 临时标准 EDX-4702 “充电设备模型”

2 定义

- DUT（在测器件）：进行 ESD 敏感度评估的器件。
- ESD（静电放电）：处于不同静电电势的主体之间的静电电荷转移。
- 静电放电敏感度：导致部件故障的 ESD 电压。
- ESD 模拟器：用于模拟本规范描述的模型的仪器。
- 人体模型 (HBM) ESD：模拟人体向器件放电的 ESD 脉冲。
- 机器模型 (MM) ESD：近似于机器或机械设备脉冲的 ESD 脉冲。
- 最大耐压：产品通过第 4 节中指定的失效标准要求的最小 ESD 电压。
- PUT：在测引脚。
- 非电源引脚：除电源引脚和非连接引脚之外的所有输入引脚、输出引脚、双向引脚和时钟引脚。
- 电源引脚：所有电源引脚、外部电压源引脚和接地引脚。
- 相似命名的电源引脚：具有相似名称和功能的电源引脚。例如，VDD1 - VDD2、VCC1 - VCC2、GND1 - GND2。
- 振铃电流：通常在脉冲上升时间之后出现的阻尼高频电流振荡。

3 常规

- ESD 脉冲模拟器和 DUT
- 有关 HBM 的信息，请参见图 1
- 有关 MM 的信息，请参见图 2

3.1 测量设备

3.1.1 对于 HBM 和 MM

最小带宽为 350 MHz 的示波器和电流探头。

电流探头的最大电缆长度为 1 米。

- 评估负载：
 - a) 低电感、1000 V、500 Ω +/- 1% 喷镀薄膜电阻
 - b) 镀锡铜短接线

3.2 设备鉴定

必须在设备验收的首次测试期间以及可能影响波形的维修之后执行，并且每年至少执行一次，除非测试装置供应商有不同的建议。

对于 HBM 和 MM，在连接短路线或者 500 Ω 负载的最多引脚数测试插座上，测试装置都满足表 1 和表 2 中所有电源等级下的要求。

3.3 波形校验

必须至少每 6 个月执行一次。对于 CDM，允许使用 1 GHz 的示波器。

4 过程

- 必须按照适用的数据手册（静态参数和动态参数）测试所有单元。样本大小取决于 HBM 和 MM 的规范 0061692，最小样本大小为 3 个设备。
- 对于 HBM 和 MM，应使用表 3 中指定的所有引脚组合同一电压下对每个样本进行测试，对每个引脚组合施加 3 个正脉冲和 3 个负脉冲，除非详细规范中有不同的要求。两个脉冲之间的最小间隔为 1 秒。

注释 A: 对于相关产品组 Q&R 部门负责的 HBM 和 MM 测试，可以降低测试标准，以符合 ESD 协会标准 ESD STM5.1 1998（1998 年二月）和 JEDEC 标准 JESD22- A114A 以及 JEDEC 标准 JES22 - A 115 A，具体为对每个引脚组合施加一个正脉冲和一个负脉冲，除非详细规范中有不同的要求。如果要求使用多个脉冲，则脉冲之间的最小间隔为 500 毫秒。

注释 B: 对于 HBM 和 MM，如果需要，对于每个电压或引脚组合可使用 3 个新元件。这将消除任何步进应力硬化效应，并降低由于电源引脚上的累积应力而导致过早失效的可能性。但是，如果在每个电压都对独立的一组 3 个元件进行应力测试，那么为了避免漏掉可能的 ESD 漏洞窗口，建议不要忽略任何应力测试步骤。

- 失效标准：
 - 如果产品的所有单元都通过了在某个电压的应力测试，则该产品在该电压合格。
 - 如果某一单元在暴露于 ESD 脉冲后不再满足数据手册要求（静态参数和动态参数），则将该单元定义为失效。

注: 可通过在失效电压使用新样本进行重新测试，来消除累积损坏效应带来的影响。

表 1. 人体模型的波形规范

电压 (V)	短路电流峰值 I_{ps} (A)	500 Ω^* 电流峰值 I_{pr} (A)	短路上升时间 t_r (ns)	500 Ω^* 上升时间 t_{rr} (ns)	短路衰减时间 t_d (ns)	振铃电流 I_R (A)
1000.00	0.6-0.74	.375-.55	2-10	5-25	130-170	I_{ps} 和 I_{pr} 的 15%
2000.00	1.2-1.48	NA	2-10	NA	130-170	I_{ps} 和 I_{pr} 的 15%
4000.00	2.4-2.96	NA	2-10	NA	130-170	I_{ps} 和 I_{pr} 的 15%
8000.00	4.8-5.92	NA	2-10	NA	130-170	I_{ps} 和 I_{pr} 的 15%

* 500 Ω 负载仅在 第 3.2 节 中指定的设备鉴定期间使用

表 2. 机器模型的波形规范

电压 (V)	短路时的第一峰值正电流, I_{ps1} (A)	短路时的第二峰值正电流, I_{ps2} (A)	短路时的主要脉冲周期 t_{pm} (ns)	连接 500 Ω^* 时的第一峰值正电流 I_{pr} (A)	连接 500 Ω^* 时 100 ns 的电流 I_{100} (A)
200	2.8-3.8	I_{ps1} 的 67% 到 90%	66-90	NA	NA
400	5.8-8	I_{ps1} 的 67% 到 90%	66-90	0.85 到 1.2	0.29 $\pm$ 10%

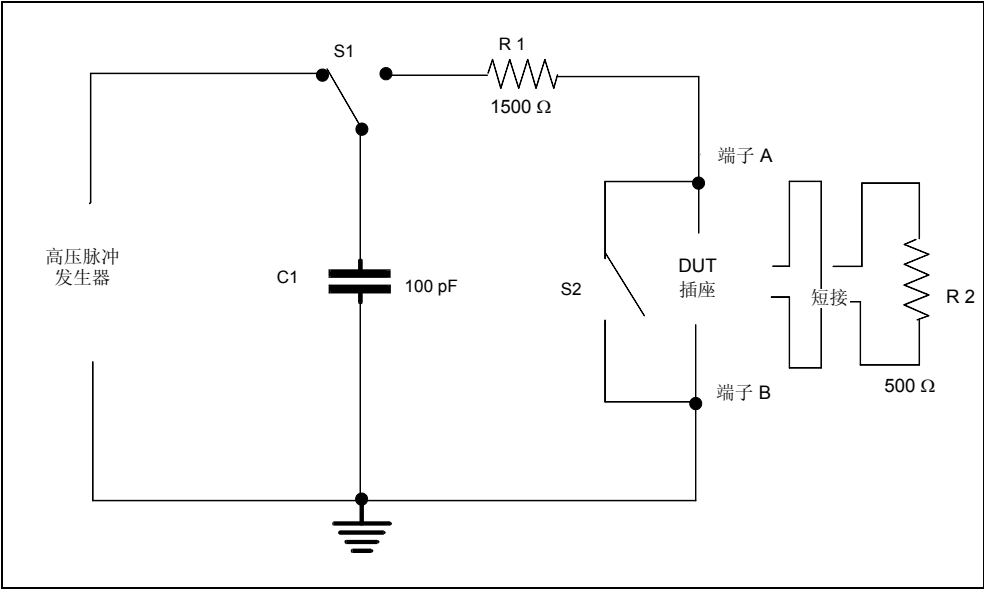
* 500 Ω 负载仅在 第 3.2 节 中指定的设备鉴定期间使用

表 3. 用于集成电路的引脚组合（HBM 和 MM）

引脚组合	单独连接到端子 A	单独连接到端子 B（地）	悬空引脚（未连接）
1	除了连接到端子 B 的引脚，所有引脚一次连接一个	第一个 / 组电源引脚	除了 PUT 和第一个 / 组电源引脚以外的所有引脚
2	除了连接到端子 B 的引脚，所有引脚一次连接一个	第二个 / 组电源引脚	除了 PUT 和第二个 / 组电源引脚以外的所有引脚
3	除了连接到端子 B 的引脚，所有引脚一次连接一个	第 N 个 / 组电源引脚	除了 PUT 和第 N 个 / 组电源引脚以外的所有引脚
4	每个非电源引脚	除了 PUT 以外的所有其它非电源引脚	所有电源引脚
5*	每个反相输入引脚	每个相应的非反相引脚	所有未在测试的引脚和所有电源引脚

* 用于带运算放大器功能的集成电路

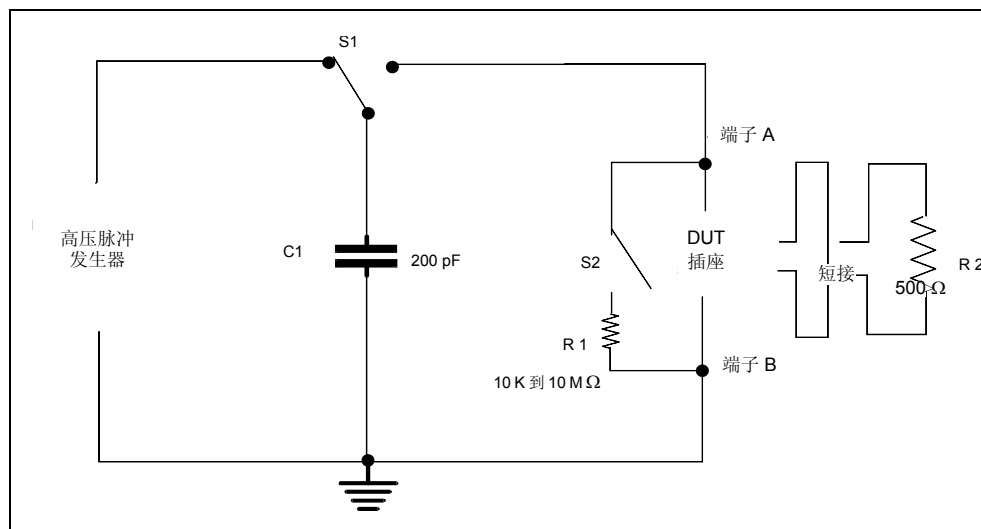
图 1. 典型的等效 HBM ESD 电路



注：

- 任何模拟器的性能都受到其寄生电容和电感的影响。
- 设计测试器时必须采取预防措施，以避免再充电瞬变和多脉冲。
- R2（用于第 3.2 节中指定的设备鉴定）应为低感抗、1000 V、容差为 ± 1% 的 500 Ω 电阻。
- 如果插座中的波形在规范限制范围内，则允许附加 DUT 插座。
- 不允许反转端子 A 和端子 B 来实现双极性。
- 脉冲传递周期之后应将 S2 关闭 10 到 100 毫秒，以确保 DUT 插座不处于充电状态。在传递下一个脉冲之前，应将 S2 打开至少 10 毫秒。

图 2. 典型的等效 MM ESD 电路



注：

- 任何模拟器的性能都受到其寄生电容和电感的影响。
- 电阻 **R1** 与开关 **S2** 串联，可确保设备缓慢放电。
- 设计测试器时必须采取预防措施，以避免再充电瞬变和多脉冲。
- **R2**（用于第 3.2 节中指定的设备鉴定）应为低感抗、1000 V、容差为 $\pm 1\%$ 的 500 Ω 电阻。
- 如果插座中的波形在规范限制范围内，则允许附加 **DUT** 插座。
- 不允许反转端子 **A** 和端子 **B** 来实现双极性。
- 脉冲传递周期之后应将 **S2** 关闭 10 到 100 毫秒，以确保 **DUT** 插座不处于充电状态。在传递下一个脉冲之前，应将 **S2** 打开至少 10 毫秒。

请仔细阅读：

中文翻译仅为方便阅读之目的。该翻译也许不是对本文档最新版本的翻译，如有任何不同，以最新版本的英文原本文档为准。

本档中信息的提供仅与ST产品有关。意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对本档及本文所述产品与服务进行变更、更正、修改或改进的权利，恕不另行通知。

所有ST产品均根据ST的销售条款出售。

买方自行负责对本文所述ST产品和服务的选择和使用，ST概不承担与选择或使用本文所述ST产品和服务相关的任何责任。

无论之前是否有过任何形式的表示，本档不以任何方式对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。如果本档任何部分涉及任何第三方产品或服务，不应被视为ST授权使用此类第三方产品或服务，或许可其中的任何知识产权，或者被视为涉及以任何方式使用任何此类第三方产品或服务或其中任何知识产权的保证。

除非在ST的销售条款中另有说明，否则，ST对ST产品的使用和/或销售不做任何明示或默示的保证，包括但不限于有关适销性、适合特定用途（及其依据任何司法管辖区的法律的对应情况），或侵犯任何专利、版权或其他知识产权的默示保证。

意法半导体的产品不得应用于武器。此外，意法半导体产品也不是为下列用途而设计并不得应用于下列用途：（A）对安全性有特别要求的应用，例如，生命支持、主动植入设备或对产品功能安全有要求的系统；（B）航空应用；（C）汽车应用或汽车环境，且/或（D）航天应用或航天环境。如果意法半导体产品不是为前述应用设计的，而采购商擅自将其用于前述应用，即使采购商向意法半导体发出了书面通知，采购商仍将独自承担因此而导致的任何风险，意法半导体的产品设计规格明确指定的汽车、汽车安全或医疗工业领域专用产品除外。根据相关政府主管部门的规定，ESCC、QML或JAN正式认证产品适用于航天应用。

经销的ST产品如有不同于本档中提出的声明和/或技术特点的规定，将立即导致ST针对本文所述ST产品或服务授予的任何保证失效，并且不应以任何形式造成或扩大ST的任何责任。

ST和ST徽标是ST在各个国家或地区的商标或注册商标。

本档中的信息取代之前提供的所有信息。

ST徽标是意法半导体公司的注册商标。其他所有名称是其各自所有者的财产。

© 2014 STMicroelectronics 保留所有权利

意法半导体集团公司

澳大利亚 - 比利时 - 巴西 - 加拿大 - 中国 - 捷克共和国 - 芬兰 - 法国 - 德国 - 中国香港 - 印度 - 以色列 - 意大利 - 日本 - 马来西亚 - 马耳他 - 摩洛哥 - 菲律宾 - 新加坡 - 西班牙 - 瑞典 - 瑞士 - 英国 - 美国

www.st.com

