

手机的 ESD 问题研究

摘要：介绍了手机的工作原理及存在的静电问题；从实现出发，重点阐述了手机的结构设计、PCB 设计、电路设计中的应注意的问题，提出了手机设计中静电防护和改进的措施。

关键词：静电 手机 ESD TVS

静电是人们非常熟悉的一种自然现象。静电的许多功能已经应用到军工或民用产品中，如静电除尘、静电喷涂、静电分离、静电复印等。然而，静电放电 ESD (Electro-Static Discharge) 却又成为电子产品和设备的一种危害，造成电子产品和设备的功能紊乱甚至部件损坏。现代半导体器件的规模越来越大，工作电压越来越低，导致了半导体器件对外界电磁骚扰敏感程度也大大提高。ESD 对于电路引起的干扰、对元器件、CMOS 电路及接口电路造成的破坏等问题越来越引起人位的重视。电子设备的 ESD 也开始作为 [电磁兼容性](#) 测试的一项重要内容写入国家标准和国际标准。本文就 ESD 的形成机理、对电子产品的危害，重点就手机设计中的 ESD 问题及防护和设备改善做了重点研究。

1 静电成因及其危害

静电是两种介电系数不同的物质摩擦时，正负极性的电荷分别积累在两个特体上而形成。当两个物体接触时，其中一个趋于从另一个吸引电子，因而二者会形成不同的充电电位。就人体而言，衣服与皮肤之间的摩擦发生的静电是人体带电的主要原因之一。

静电源与其它物体接触时，依据电荷中和的原则，存在着电荷流动，传送足够的电量以抵消电压。在高速电量的传送过程中，将产生潜在的破坏电压、电流以及电磁场，严重时将其中物体击毁。这就是静电放电。国家标准中定义：静电放电是具有不同静电电位的特体互相靠近或直接接触引起的电荷转移 (GB/T4365-1995)，一般用 ESD 表示。ESD 会导致电子设备严重损坏或操作失常。

静电对器件造成的损坏有显性和隐性两种。隐性损坏在当时看不出来，但器件变得更脆弱，在过压、高温等条件下极易损坏。

ESD 两种主要的破坏机制是：由 ESD 电流产生热量导致设备的热失效；由 ESD 感应出过高电压导致绝缘击穿。两种破坏可能在一个设备中同时发生，例如，绝缘击穿可能激发大的电流，这又进一步导致热失效。

除容易造成电路损害外，静电放电也极易对电子电路造成干扰。静电放电对电子电路的干扰有二种方式。一种是传导干扰，另一种是辐射干扰。

2 手机电路简介及其 ESD 问题

数字移动电话的电路由射频与基带两大部分组成。其中射频（RF）电路包括收发器、频率合成器和功放等，基带（Baseband）电路包括数字信息处理和控制器、存储器、电源管理和其他外设部分。手机的功能越来越强大，而电路板却越来越小，集成度越来越高。手机有几个部分用于人机交互，这样就存在着人体静电放电的 ESD 问题。手机电路中需要进行 ESD 防护的部位有：SIM 卡插座与 CPU 读卡电路、键盘电路、耳机、麦克风电路、电源接口、数据接口、USB 接口、彩屏 LCD 驱动接口。

ESD 可能会造成手机工作异常、死机，甚至损坏并引发其他的安全问题。所以在手机上市之前，我国都强行要求进行入网测试，而入网测试中明确要求进行 ESD 和其它浪涌冲击的测试。其中接触放电需要做到 $\pm 8\text{kV}$ 静电正常，空气放电需要做到 $\pm 15\text{kV}$ 静电正常，这就对 ESD 的设计提出了较高的要求。

3 手机中 ESD 问题解决与防护

3.1 壳体的设计

如果将释放的静电看成是洪水的话，那么主要的解决方法与治水类似，就是“堵”和“疏”。如果有一个理想的壳体是密不透风的，静电也就无从而入，当然不会有静电问题了。但实际的壳体在合盖处常有缝隙，而且许多还有金属的装饰片，所以一定要加以注意。

其一，用“堵”的方法。尽量增加壳体的厚离，即增加外壳到电路板之间的距离，或者通过一些等效方法增加壳体气隙的距离，这样可以避免或者大大减少 ESD 的能量强度。通过结构的改进，可以增大外壳到内部电路之间气隙的距离，从而使 ESD 的能量大大减弱。根据经验， 8kV 的 ESD 在经过 4mm 的距离后能量一般衰减为零。

其二，用“疏”的方法，可以用 EMI 油漆喷涂在壳体的内侧。EMI 油漆是导电的，可以看成是一个金属的屏蔽层，这样可以将静电导在壳体上；再将壳体与 PCB（Printed Circuit Board）的地连接，将静电从地导走。这样处理的方法除了可以防止静电，还能有效抑制 EMI 的干扰。如果有足够的空间，还可以用一个金属屏蔽罩将其中的电路保护起来，金属屏蔽罩再连接 PCB 的 GND。图 3 是用金属屏蔽罩将 LCD 模块保护起来的例子。

总之，ESD 设计壳体上需要注意很多地方，首先是尽量不让 ESD 进入壳体内部，最大限度地减弱其进入壳体的能量。对于进入壳体内部的 ESD 尽量将其从 GND 导走，不要让其危害电路的其它部分。壳体上的金属装饰物使用时一定要小心，因为很可能带来意想不到的结果，需要特别注意。

3. 2 手机 PCB 设计

手机 PCB (Printed Circuit Board) 都是高密度板，通常为 6 层板。随着密度的增加，趋势是使用 8 层板，其设计一直都需要考虑性能与面积的平衡。一方面，越大的空间可以有更多的空间摆放元器件，同时，走线的线宽和线距越宽，对于 EMI、音频、ESD 等各方面性能都有好处。另一方面，手机体积设计的小巧又是趋势与需要。所以，设计时需要找到平衡点。就 ESD 问题而言，设计上需要注意的地方很多，尤其是关于 GND 布线的设计以及线矩，很有讲究。有些手机中 ESD 存在很大的问题，一直找不到原因，通过反复研究与实验，发现是 PCB 设计中的出现的问题。为此，这里总结了 PCB 设计中应该注意的要点。

- (1) PCB 板边 (包括通孔 Via 边界) 与其它布线之间的距离应大于 0.3mm;
- (2) PCB 的板边最好全部用 GND 走线包围;
- (3) GND 与其它布线之间的距离保持在 0.2mm~0.3mm;
- (4) Vbat 与其它布线之间的距离保持在 0.2mm~0.3mm;
- (5) 重要的线如 Reset、Clock 等与其它布线之间的距离应大于 0.3mm;
- (6) 大功率的线如 PA 等与其它布线之间的距离保持在 0.2mm~0.3mm;
- (7) 不同层的 GND 之间应有尽可能多的通孔 (Via) 相连;
- (8) 在最后的铺地时应尽量避免尖角，有尖角应尽量使其平滑。

3. 3 手机电路设计

在壳体和 PCB 的设计中，对 ESD 问题加以注意之后，ESD 还会不可避免地进入到手机电路中，尤其是以下几个部件：SIM 卡的 CPU 读卡电路、键盘电路、耳机、麦克风电路、数据接口、电源接口、USB 接口、彩屏 LCD 驱动接口，这些部位很可能将人体的静电引入手机中。所以，需要在这些部分中使用 ESD 防护器件。ESD 防护器件主要有以下几种：

(1) 气体放电管 (GDT)。它是具有一定气密的玻璃或陶瓷外壳，中间充满稳定的气体，如氖或氩，并保持一定压力。GDT 通流量大、极间电容小，可自行恢复，其缺点是响应速度太慢，放电电压不够精确，寿命短，电性能会随时间变化。

(2) 压敏电阻 (MOV)。它是陶瓷元件，将氧化锌和添加剂在一定条件下“烧结”，电阻受电压的强烈影响，其电流随着电压的升高而急剧上升。压敏电阻内部发热量很大，其缺点是响应速度慢，性能会因多次使用而变差，极间电容大。

(3) 闸流二极管 (TSS)。它是半导体元件，闸流二极管开始时不会导通，处于“阻断”状态。当“过电压”上升到闸流管的“放电电压”时，导通并产生放电电流；当电流下降到最小值时，闸流管会重新“阻断”，并恢复到原来的“断路状态”。

(4) 瞬态电压抑制器 (TVS)。它是半导体器件，由于其最大特点是快速反应 (1ns~5ns)、非常低的极间电容 (1pf~3pf)，很小的漏电流 (1μA) 和很大的耐流量，尤其是其结合芯片的方式，非常适合各种接口的防护。因为 TVS 具有体积小、反应速度快等优点，现在的设计中使用 TVS 作为防护器件的比例越来越多。在使用时应注意放在需要保护的器件旁边，到地的连线尽可能短，器件的布线应成串联型，而不能布成并联型。

ESD 的问题是众多重要问题之一。在不同的电子设备中有不同的方式来避免对电路的危害。由于手机体积小、密度大，在 ESD 的防护上有独到的特点。手机的静电测试实验证明，采用本文的设计方法处理，将一个原本±2kV 放电就会死机的手机加以保护和改进，在±8kV 的静电放电情况下依然保持通话正常且工作稳定，起到了很好的静电防护效果。随着电子设备使用的日益广泛，ESD 设计是每一个结构设计工程师和电子设计工程师需要重点关心的问题，通过不断总结与学习，ESD 问题将不再是一个难题。

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>