

小谈芯片的 ESD

作者: Frederic Lee

本文概要

本文将简要介绍什么是 ESD, 常见产生 ESD 的环境, 和 ESD 问题的解决途径, 并着重介绍 TVS 管重要参数对 ESD 防护的影响。

一、什么是 ESD 及其影响

a) ESD (Electro-Static Discharge) 称之为静电放电, 其现象是在集成电路的制造、运输、使用过程中, 芯片的外部环境和内部结构会积累一定量的电荷, 并会通过芯片的管脚进入芯片的内部。瞬间通过芯片的电流可达到数安培, 这个瞬态的电流足以将芯片烧毁。

b) 根据统计调查, 超过 37% 的元器件失效, 都是由 ESD 引起的, 所以其越发的成为了集成电路失效的最主要的可靠性问题。我们也更有必要投入时间和精力, 探讨其相关问题。

二、ESD 可以产生多高的电压

a) ESD 电压非常容易到达 5,000V 上下, 在极端的环境下, 例如空气中的湿度非常的低, 甚至可以超过 20,000V。

b) 下表是一些常见的 ESD 在不同的湿度下, 产生的 ESD 的电压:

三、ESD 的解决途径

a) 避免 ESD 的产生:

i. 通过穿隔离服, 进行包围隔离, 防止静电进入敏感的电子器件;

ii. 良好的接地, 是产生的 ESD 能量可以很好的泄放出来;

iii. 调整湿度, 增加湿度可以降低 ESD 电压, 在之前的图中已经很明确的显示出湿度的 ESD 的影响。

b) ESD 的防护

虽然上述的避免 ESD 的产生方式, 可以很好的解决 ESD 问题, 但是, 我们不可能将产品交付给客户之后, 还要要

求按照工厂的方式进行 ESD 的保护, 由此 ESD 的防护将变得非常重要;

i. 常见的 ESD 防护, 有片上防护 (On-Chip) 和片外防护 (Off-Chip);

ii. 片上防护 (On-Chip) 主要涉及到片上的 ESD 防护单元设计, 随着工艺的进步, 栅极氧化层的厚度越来越薄, 使 IC 的自身防护能力降低, 具体问题, 我们不在这里进行讨论;

iii. 片外防护 (Off-Chip) 这要涉及到外围防护器件的选择和设计, 我们将在下一节中进行详细说明。

四、ESD 的片外防护

谈到 ESD 的防护, ESD 保护器件会首先反映到我们的大脑中, 例如: 陶瓷电容、齐纳二极管、肖特基二极管、MLV (Multi-Layer Varistor, 多层变阻器) 和 TVS (Transient Voltage Suppressor, 瞬态电压抑制器)

a) 由于当今 TVS (Transient Voltage Suppressor, 瞬态电压抑制器) 被广泛的应用在 ESD 防护领域, 所以我们着重讨论一下:

b) TVS 的核心参数:

i. 反向关断电压 (Reverse Stand-off Voltage): 如果你的信号是 0~3V 这样的范围, 那么此参数的选取应该至少高于这个范围, 否则的话, 有用的信号也会受到影响;

ii. 击穿电压 (Breakdown Voltage): 击穿电压最好略高于反向电压, 这样可以使 ESD 的防护尽早的开始;

iii. 钳位电压 (Clamping Voltage): 系统高压瞬变期间, 能够看到的较低的电压;

iv. 电容量 (Capacitance): 此参数将影响系统的传输速率, 下表是一个参考:

c) 关于变阻器防护, 齐纳管防护和 TVS 管的防护的对比, 请参考下图, 我们可以看出来 TVS 是最好的选择, 我们将在下一节探讨具体选用 TVS 时应注意的问题。

五、TVS 的选择需要注意的问题

a) 下图为一个我们非常常见的 TVS 的接入方法, V1 可

以理解为 ESD 能量，R1 则是我们要保护的芯片；

b) 根据上图，从设计目的角度来分析，ESD 的能量将从 TVS 管 D1 的通路被释放掉，但是，更加贴近真实的电路应该是下图：

c) 由此图不难看出，如果 R3 过大，则该电路并不能起到真正的保护的作用，ESD 的能量还会通过芯片内部的 ESD 防护泄放掉，有很大的风险摧毁芯片；

d) 为了应对上述问题，我们通常有三种方法：第一，引入电阻 R2，使由 TVS 提供的通路，成为低阻通路，ESD 能量由 TVS 提供的通路泄放掉；第二，我们可以选择钳位电压较小的 TVS 管，这样，会造成当有 ESD 能量冲击的时候，TVS 首先工作；第三，我们还可以选择导通电阻很小的 TVS，使 TVS 的通路呈现相对低的电阻回路；

e) 我们来具体分析一下三种方法的优缺点：第一种，虽然比较简单，操作性也很强，但是对于需求效率的系统，

并不合适，额外的电阻 R2 会增加额外的功耗；第二种，TVS 的工作电压不能无限低，需要在系统的工作电压之上，否则系统将无法正常工作；第三种，是比较好的解决方法；

f) 综上所述，在系统中选取 TVS 管的时候，我们应该遵循：TVS 管的导通电压略高于系统的最大工作电压，并且 TVS 的导通电阻越小越好的原则。

六、总结

由于 ESD 的问题是集成电路失效的最主要的可靠性问题，加之工艺的升级使片内 ESD 保护越来越受到限制，片外的 ESD 保护应该受到更多的关注，而在片外的 ESD 防护中，TVS 管的使用占有重要的地位。本文旨在给出 ESD 的基本概念和基本解决方法以及选择 TVS 要参考的方法，对于更加深入的话题，请参考相关的专业资料。

 **3PEAK and the 3PEAK logo are registered trademarks of 3PEAK INCORPORATED. All other trademarks are the property of their respective owners.**