



微电子器件可靠性

Reliability of Microelectronic Devices

西安电子科技大学 XIDIDIAN UNIVERSITY

V2.0 © 2007 韩孝勇 Han XiaoYong

xyhan5151@yahoo.com.cn www.dianzichan.com

第七次课 可靠性设计



第七次课 可靠性设计

本次课主要内容：

微电路可靠性设计

整机可靠性设计

补充材料

版图设计应注意的问题

本次课要点：

- 通过对微电路的可靠性设计和整机的可靠性设计的介绍，加深了解可靠性设计的主要内容。



微电路可靠性设计的概念

- 可靠性设计：
 - 依据带研产品的功能，工作条件，寿命要求，针对预计的失效模式和失效机理制定材料选择、工艺途径、检验和考核方案的全过程。



微电路设计到实用的四个阶段

- 初样
- 正样
- 设计定型
- 生产定型



微电路可靠性设计的地位和作用

- 可靠性设计基本确定了产品固有可靠性的期望值，也就是最高值。
- 可靠性管理、工艺控制、筛选等的最高目标是产品的可靠性达到期望值



微电路的可靠性设计技术

1. 线路

- 在明确产品的技术指标及使用环境的前提下，在满足功能的基础上，尽可能针对失效模式考虑线路
尽可能简单 VS 裕度设计
这二者是矛盾统一的

2. 版图

- 由电参数及工艺水平确定版图尺寸，结构，散热及寄生效应。
- 散热，越大越好；频率和经济效益，越小越好。

3. 工艺

- 一方面是工艺材料、工艺参数的正确设计，另一方面是工艺方法的稳定与可控，保证工艺参数的实现。

4. 结构

- 针对主要失效模式，考虑封装、热、电、力等。



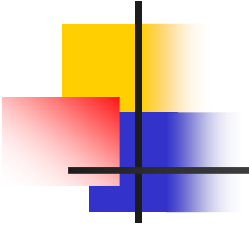
(1) 抗力学应力

- 主要失效模式：
 - 断裂、变形
- 考虑的方面：
 - 材料的强度选择（塑料陶瓷金属）
 - 结合体——一体化
 - 强度结构设计：结合部强度（筋板，管脚）
 - 减小质量（冲击、加速应力）
 - 减小悬空结构（梁式引线，TAB）



(2) 抗热学应力

- 主要失效模式：
 - 温升、参数漂移、过热烧毁变形
- 考虑的方面：
 - 选用物理化学稳定性好的材料和部件。
 - 减小元器件热产生：功率大小
 - 降低热阻：导热好的材料
 - 热分布合理（不一定均匀好：比如分散，易散热，远离热敏元件）



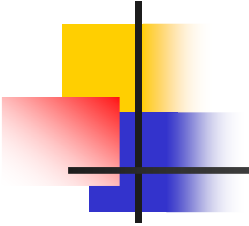
(3) 抗电学应力

- 主要失效模式：
 - 高压击穿
 - 大电流烧毁
 - 热电击穿
 - 长期电应力下物理化学变化：参数飘移，原电池
- 考虑的方面：
 - 过电应力防护设计（IO保护）
 - 自修复设计（开路修复，短路修复）
 - 减小电应力



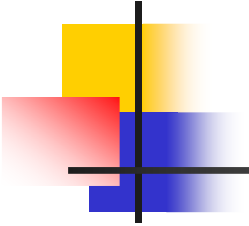
(4) 三防设计

- 主要失效模式：
 - 潮湿、盐雾、霉菌
 - 化学变化：锈蚀
 - 物理变化：绝缘电阻下降等
- 考虑的方面：
 - 表面金属化学稳定性（镀金）
 - 涂层的化学稳定性（疏水，灭菌）



(5) 针对低气压失效的设计

- 主要失效模式：
 - 变形、化学变化、热阻增大、离子导电通道
- 考虑的方面：
 - 材料选择
 - 附加热沉
 - 增大电极距离
 - 高真空封装



(6) 抗辐射设计

- 主要失效模式：
 - 质子中子电子Y射线等结构损伤，电荷堆积
- 考虑的方面：
 - 内部：抗辐照材料结构
 - 外部：阻挡层，封装厚度



(7) 冗余设计

- 主要失效模式：
 - 针对局部易失效部分
- 考虑的方面：
 - 对开路：并联（双引线）
 - 对短路：串联（如二极管串联）



(8) 简化结构设计

- 主要失效模式：
 - 结构越简单，由结构引起的失效概率减小
- 考虑的方面：
 - 原则



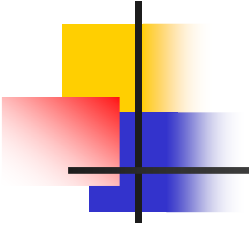
(9) 采用标准化结构

- 主要失效模式：
- 考虑的方面：
 - 受过多次实践检验
 - 有标准工艺和设备保证质量



(10) 采用新结构

- 主要失效模式:
- 考虑的方面:
 - 原则（新结构，如新杀毒软件）



(11) 防误操作结构

- 主要失效模式：
 - 使用可靠性
- 考虑的方面：
 - 内部结构：误操作后不损坏（如电源地）
 - 引出电极形状方位标识清楚
 - 防误操作管脚插座（CPU）



(12) 消除寄生元件和潜在通路

- 主要失效模式：
 - 寄生效应
- 考虑的方面：
 - 寄生电容，可控硅，三极管等



整机可靠性设计——意义

- ①可靠性贯穿于电子产品的整个寿命周期，从产品的设计、制造到安装、使用、维护的各个阶段都有一个可靠性问题。
- ②随着科学技术的进步和经济技术发展的需要，电子产品日益向多功能、小型化、高可靠方向发展。功能的复杂化，使设备应用的元器件、零部件越来越多，对可靠性要求也越来越高。
- ③电子设备或系统广泛应用于各种场所，会遇到各种复杂的环境因素，如：高温、高湿、低气压、有害气体、霉菌、冲击、振动、辐射、电磁干扰……。这些环境因素的存在，都将大大影响电子产品的可靠性。
- ④在设计阶段采取提高可靠性的措施，比起以后各阶段采取措施耗资最少，收效也最显著。



整机可靠性设计——基本任务

- 在现有元器件水平的基础上，从设备或系统的总体设计、元器件选用、降额设计、热设计、稳定性设计、电磁兼容设计、耐环境设计、工艺设计以及维修性设计等各方面，采取各种措施，在重量、体积、性能、费用、研制时间等因素的综合权衡下，实现设备或系统既定的可靠性指标。



(1) 元器件选用与降额设计a

选用元器件一般有二条原则：

- ①尽量选用经过质量认证或认定，并经现场使用证明质量良好，可靠性高的通用元器件。对于新研制的新型元器件则必须经过严格的质量和可靠性试验后方能使用。
- ②必须根据不同电路的工作参数和整机的使用环境条件，选用能满足这些要求的相应元器件，以充分发挥元器件应有的功能提高元器件的使用可靠性。各种电子元器由于它们的材料、结构、设计和制造工艺等方面的原因，对外应力（包括电应力、热应力等）都有一定的耐受强度。当外应力超过元器件本身的应力承受强度（即额定应力）时，元器件就会损坏。



(1) 元器件选用与降额设计b

- 降额就是使元器件在低于其额定的应力条件下工作。
- 降额能提高元器件和设备的可靠性。这是因为绝大部分元器件的失效率随着所施加的热应力和电应力的降低而下降。
- 降额要适当，既不能使降额不足，对某些元件（如电解电容等）也不能让降额过了头，且要与体积、重量、成本综合考虑。



(2) 热设计

- 当环境温度升高时，会使晶体管内部材料的物理和化学反应的速率加快：
 - 晶体管的性能参数（电流放大系数 h_{fe} 、反向饱和电流 I_s 和噪声系数 N_f 等）随温的升高而产生漂移；
 - 额定功率降低；
 - 热击穿概率上升；
 - 当使用温度超过电容器的额定温度时，温度每提高 10°C 电容器的使用寿命将下降一半；
 - 过高的温度还会使设备内的塑料件变形、变硬、变脆、老化，使材料的绝缘性能下降等；



(2) 热设计——基本准则

- ①降低热源 电子产品所消耗的功率绝大部分被转化为热能，故为了降低设备的温升就应在保证设备完成规定功能的前提下，尽量降低设备的功耗。
- ②各元件均匀地分散于各个部位，防止设备内部出现局部过热。
- ③采取有效的散热措施。
 - 充分利用传导散热。应充分利用设备的各个部分（如结构件，印制板和引线等）作为传导通路，对发热量较高的大中功率管，可装在散热器上，让发热体的热量先传导至散热器，再通过对流、辐射把热量从散热器传至周围环境。
 - 加强对流。合理设计通风孔，进风口和出风口应开在温差最大的两处。对自然通风的设备，进风口应开在设备的底部，出风口应尽量高，以形成较强的拔风效应。对功率较大的设备还应采用强迫风冷措施，以加强对流效果。
 - 减小辐射热阻。要扩大辐射面积，提高发热体黑度。
 - 对热敏元件隔热。热敏元件对温度变化非常敏感，如晶体管、铁氧体磁性元件参数急剧变化使设备出现性能失效。



(3) 电磁兼容性设计

- 电子设备或系统总是处在电磁环境中工作，
- 一是自然界造成的电磁环境，如雷电、宇宙射线、地磁辐射等；
- 二是周围其他电子设备造成的电磁环境，如家用电器、工业电器、仪器设备、雷达、发射台、输电网等；
- 三是自身造成的电磁环境，如变压器、扬声器、电路的非线性失真、本振辐射、自激振荡及各种信号馈线等形成的电场、磁场、电磁场环境等。设备处在这些电磁环境中，将会受到电的、磁的或电磁的干扰。因此，能否适应这种公共的电磁环境，使其仍然能正常工作，就成为可靠性设计必须考虑的问题。如果所设计的设备缺少电磁兼容能力，就会在电磁干扰下，不断发生暂时的或永久的故障，降低了设备的可靠性。



(3) 电磁兼容性设计

- 电磁干扰通常分为外来干扰和自身干扰两大类：
 - 常见的外来干扰有：电吹风、手电钻、汽车发动机、电焊机等启动时，由于电机电刷的接触，汽车发动机点火系统的放电，及注塑机继电器触点的接触而产生的电火花等。这些电火花频率高，高次谐波多，脉宽窄，幅度大，由此而产生的高频辐射会使电子设备的正常工作受到影响。
 - 常见的自身干扰有：变压器的漏磁、电路的自激振荡、电路的非线性失真或高速开关电路所产生的高次谐波的辐射等。



(3) 电磁兼容性设计

- 电磁干扰的途径一般有传导、近场感应和远场辐射三种方式。
- 干扰通过于扰源和被干扰电路之间的公共阻抗而引入被干扰电路的方式称为传导干扰。
- 当干扰源和被干扰物相距较近时（小于 $\lambda / 2 \pi$ ，其中 λ 为干扰波的波长），干扰通过电容或电感性耦合而引入被干扰电路的方式称为近场感应。
- 当干扰源和被干扰物相距较远（大于 $\lambda / 2 \pi$ ）时，干扰由电磁辐射方式引入被干扰电路就称为远场辐射。
 - 近场感应和远场辐射的区别取决于干扰源和被干扰电路间的距离和干扰源的频率。低频时波长较长，故各种干扰大多属于近场感应。而高频则波长较短，尤其在特高频段多属远场辐射。设备自身产生的干扰也有不少是远场辐射，如本振辐射，非线性失真，自激振荡等。



(3) 电磁兼容性设计

- 电磁兼容性设计的基本技术和方法是：
 - ①抑制干扰源具体做法为减少变压器漏磁、减少无用辐射、减少非线性失真、抑制自激等。
 - ②切断传递途径具体做法为合理、良好接地，屏蔽及加滤波措施等。
- 对于变压器的漏磁和高频电路的辐射干扰，多采用屏蔽的方法以切断干扰的传递。对容易受外来电、磁干扰的仪器设备，也可采用机壳屏蔽。



(4) 漂移设计

- 电子元器件的性能参数在应力作用下或在贮存条件下将随时间而发生缓慢的变化，如果参数变化到一定程度，使设备或系统不能完成规定的功能，则发生漂移失效。
- 在设计阶段就要考虑到参数的漂移，要分析哪些元器件对设备性能的影响最敏感，并要了解各种元器件的参数漂移特性。设计电路时，选取怎样的参数组合能使电路性能最稳定，要考虑在设备的任务周期内应取怎样的允许差才不致于出现漂移失效，而又最为经济合理等。
- 漂移设计的常用设计技术和方法有：
 - 均方根偏差设计法、
 - 最坏情况设计法、
 - 蒙特卡罗法
 - 正交优化法等。



(5) 三防设计

- 三防指的是防潮湿、防盐雾、防霉菌。
- 潮湿、盐雾和霉菌对电子设备有很大影响，它们会使机内凝聚水汽，降低绝缘电阻，元件的介电常数和介质损耗增大，塑料变形，金属腐蚀，材料变质，使所有有机材料和部分无机材料受到霉菌的侵蚀而降低强度，从而使设备的寿命和可靠性受到影响。



(5) 三防设计

- 三防设计的主要途径和方法分列于下：
- ①防潮其方法包括：憎水处理；浸渍处理；灌封处理；塑料封装；金属封装。
- ②防盐雾其方法包括：电镀；表面涂敷；降低不同金属接触点间的电位差。
- ③防霉菌其方法包括：密封；放置干燥剂；控制大气条件，降低环境相对湿度；选用不易长霉的材料；紫外线辐照；表面涂敷防霉剂、防霉漆；在密封设备中充以高浓度臭氧灭菌。



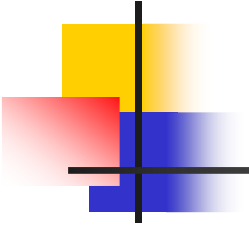
(6) 冗余设计

- 冗余设计，就是为完成规定的功能而额外附加所需的装置或手段，即使其中某一部分出现了故障，但作为整体仍能正常工作的一种设计。
- 冗余设计虽能大幅度提高系统的可靠性、但要增加设备的体积、重量、费用和复杂度。因此，除了重要的关键设备，对于一般产品不轻易采用冗余技术。
- 冗余的方法很多，最简单的是并联装置，此外，冗余的方法尚有串并联或并串联混合装置、多数表决装置、等待装置等。



(7) 维修性设计

- 电子系统或设备一般都是可修复产品。对这类产品不但要求少出故障，而且要求一旦出了故障时能很快修复。只有故障少、修复快，才能有效地提高设备的利用率。维修性设计一般从以下几个方面考虑：
 - 维修时易装易拆；
 - 维修工具可靠；
 - 易检查易校正易恢复；
 - 互换性好；安全、经济、快速等。



(7) 维修性设计——12条设计准则

- (1) 结构简单，零、部、整件采用快速解脱装置，如采用抽屉式结构等，易拆、易装、易换。
- (2) 有分机故障隔离措施。
- (3) 尽量采用标准件、通用件。
- (4) 采用模块化设计以利故障检查和拆换。
- (5) 推行故障诊断设计，使设备便于迅速、准确地判断出故障的结构特征。
- (6) 需要经常检查、维修、拆装、调换之处需设计成便于操作者接近和操作。
- (7) 应使维修人员能见到全部零件。
- (8) 应使设计的产品尽量减少维修工具。
- (9) 插头、插脚、连接线等都应有明显标记，容易辨别。
- (10) 宁用少量大的紧固件，不用多量小的紧固件。
- (11) 以快锁构件代替螺钉、螺母。
- (12) 对维修人员要能保证人身安全。



(8) 人一机工程设计

- 机器需要由人来操作，所以人与机器构成了人一机系统。
- 人一机工程设计的基本任务，就是根据人体特性和人一机系统的关系，确定需要完成的操作，并恰当地分配给人和机器，使两者协调地工作，达到高效、经济、安全、省力和操作方便而可靠的目的。
- 人和机器各有所长，一般来说，凡是笨重的、快速的、精细的、单调的、操作复杂的、环境恶劣的工作都适合机器承担。凡是需要不断地调整、修正，处理突发性。推理性、创造性等工作都适合人来承担。
- 由于人和机器交往的主要媒介物是显示器、控制器及它们的标记。因此必须按照人体的特性合理地设计显示器、控制器和标记。



(9) 计算机辅助设计

- 保证可靠性设计在制造过程中不出现较大的退化。
- 现在已经几乎没有不用计算机辅助设计的行业了



本次课完

- 回顾讲过的内容。

补充材料：

版图设计应注意的问题