

电路国产化可靠性管理

胡剑书¹, 刘锐², 唐万军²

(1. 空军驻重庆气压机械厂军事代表室, 重庆 400060;
2. 中国电子科技集团公司第二十四研究所, 重庆 400060)

摘要:按新产品研制的立项论证、方案设计、样品研制和设计定型4个主要阶段,结合国产化项目的自身特点,分析了各阶段的可靠性工作的主要内容及管理控制重点,研究结果有利于设计人员正确开展国产化项目可靠性工作,也有利于可靠性管理人员有效控制国产化项目的可靠性工作质量。

关键词:国产化;可靠性;鉴定

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2013)05-0073-03

Management of the Reliability for Circuits Localization

HU Jian-shu¹, LIU Rui², TANG Wan-jun²

(1. Air Force Representative Office for Air Pressure Machine Factory in Chongqing, Chongqing 400060, China;
2. No. 24 Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract: In this paper, according to the four main stages (demonstration, scheme design, sample development, and finalizing the design) for new product development, and combined the characteristics of the localization project, the main contents and management points for the reliability work were introduced, which is propitious for the designer to correctly carry it out, and also propitious for the manager to improve work efficiency.

Key words: localization; reliability; appraisal

自20世纪90年代以来,电子系统向高性能、高可靠和小型化发展方向快速发展,电子系统性能总体提升过程中,受国内电子元器件行业整体制造水平的限制,曾大比例地选用了从国外进口的集成电路,其中以高性能专用电路、大规模集成电路和混合集成电路为主,通常是性能远高于国内同类产品的高性能数据转换电路、大功率电机驱动控制电路和电源模块。

为了控制风险,避免受制于人,同时促进国内集成电路制造水平的快速提升,掌握核心设计技术和制造技术,国家提出了国产化率的控制要求,并对某些领域的重要设备、系统,特别是军用武器系统,明确规定了国产化率指标。为了满足以选用国产电路为基础的总体设计需求,国家组织不定期定向发布工程需求背景明确的国产化元器件需求清单,并从政策和经费上大力支持国内集成电路制造单位开展国产化项目研制。国产化项目既属于新品研制,但相对一般的新

品研制又有其特点,通常不但要求在性能上能代替国外对应型号,还要求质量可靠性满足具体型号工程的总体要求。

可靠性作为产品质量特性的一个重要属性,与产品设计、制造及使用过程密切相关。根据统计资料,影响可靠性的因素中40%与设计有关,30%与元件及材料有关,因此,加强研发过程的可靠性管理对于提高产品的固有可靠性显得极为重要。

本文将根据一般新产品研发的立项论证、方案设计、样品研制和设计定型4个阶段,结合国产化项目的自身特点,介绍各阶段的可靠性工作主要内容和管理控制要点。

1 立项阶段

确定可靠性设计指标是项目立项阶段的重要工作。为了保证可靠性指标确定的合理性,一般应从以下几方面的开

展工作。

1.1 信息收集

组织设计单位开展国产化项目市场和技术调研工作,收集与国产化产品可靠性相关的信息,通常应包括:

- 1) 国外对应型号产品质量等级,可靠性指标;
- 2) 对应型号在国内应用存在的主要失效模式或失效机理;
- 3) 国外产品采用的设计技术、工艺技术与研制单位技术能力差异性,是否属于新技术、新工艺;
- 4) 产品在寿命周期内的应力状况(环境条件和应力条件);
- 5) 其他制约研制的条件(如研制周期要求,成本控制要求等)。

1.2 用户需求分析

通过研制任务书、合同以及调研等方式,详细了解用户对国产化产品性能、特征及可靠性的要求和期望,包括国产化产品与国外对应产品的替换方式(如完全 pin-pin 互换、性能互换或功能替代)、用户以往使用国外对应型号产品存在的问题等,并对用户的要求进行总结与量化转换,确定产品的具体可靠性要求,用产品质量等级、工作温度范围、产品的使用环境(如低气压、电磁、辐照等)、ESD 等级、使用寿命、贮存寿命、任务可靠度等参数表征。

另外,要特别关注用户对环境适应性的要求以及用户明示必须避免的失效模式。

1.3 指标确定

在前述信息收集和用户需求分析的基础上,可确定国产化产品的可靠性指标,可靠性指标一般可按以下 4 个方面进行分类:

1) 产品参数稳定性指标

即时间、温度等因素对主要性能参数的影响特性,如时漂、温漂等,通常用 Δ 参数、温度系数表示,通常该项指标会与国外对应型号保持一致。

2) 产品所能适应的环境应力

产品所能适应的环境通常指工作温度范围、机械应力、气候应力和电磁(辐射)环境等,通常情况下用户会给出明示的环境试验项目及条件;对于用户未量化环境应力的情况,可以先查阅环境划分及环境试验相关标准,再与用户协商确定。

对于通用型国产化产品,其应用可能覆盖地面、航空、舰船等多领域,确定产品的环境适用能力时应进行综合考虑。

3) 失效率、平均寿命或质量等级

根据产品自身特性差异,可以采用失效率、寿命或质量等级中的一项或多项来表征产品的主要可靠性特性,可由用户通常直接给出量化要求,用户未要求的应参照国外对应型号产品可靠性指标确定。在立项阶段确定该类指标时,应根据产品专业总规范、行业现状及研制单位现有能力,充分论证满足用户要求的可行性。

4) 必须消除或控制的失效模式或机理

充分统计和分析国外对应型号产品在以往整机系统

中使用出现过失效模式、失效机理,是国产化项目可靠性工程中的一项重要内容,也是制定国产化产品可靠性技术评估方案的重要依据。应重点关注国外对应型号产品的主要失效模式,并结合用户的实际使用,确定哪些是国产化过程中必须消除或控制的失效模式。

1.4 管理重点

本阶段可靠性管理的重点是保证指标确定的合理性、完整性,在确定指标时要充分考虑约束条件(如国外对应产品可靠性水平、研制单位技术能力、研制经费和周期限制等)的影响以及与性能指标的协调性;避免可靠性指标要求过低、过高或不明确;要注意指标的量化和检测方式并与用户沟通达成一致。

2 方案设计阶段

方案设计阶段,应根据国外对应产品技术信息,国内历史使用状况,用户期望的替换方式和可靠性要求,结合研制单位技术能力,开展技术方案设计和可靠性设计工作。而本阶段可靠性工作的重点是技术方案设计和评审。

2.1 可靠性方案设计

可靠性方案设计包括了 2 个方面的内容,一是可靠性方案设计,二是可靠性验证设计。

1) 可靠性方案设计

可靠性设计是为满足可靠性指标而开展的工作,它是产品设计的重要组成部分。

可靠性作为产品的一项基本特性,其设计必须贯穿于产品设计的各个方面和全过程,在满足基本功能的同时,全面地考虑影响可靠性的各种因素,可靠性方案设计最终在产品设计方案中体现。

对于立项阶段已确定的可靠性指标应在方案设计时进行分解、分配,让每一个可靠性指标均在设计方案中得到落实、体现。为了最大限度地消除或控制产品在寿命周期内的可能失效模式,应针对失效机理针对性地开展设计;应在充分分析、总结国外产品技术途径的情况下,结合研制单位的技术能力,制定自己的设计方案,鼓励设计人员采用先进的设计原理、可靠性技术及成熟的新材料、新结构和新工艺;在满足预定功能、性能和可靠性的情况下,尽可能简化产品结构,避免复杂结构带来的可靠性问题。

2) 可靠性验证设计

开展可靠性验证的目的是验证产品是否已获得预定的可靠性而开展的工作,可用来证明产品与设计要求的符合性,也可用来寻找设计薄弱环节。可靠性验证方案的确定与可靠性指标、设计方案及设计方法有关,其输出应是一组或多组针对产品的试验方案,如机械应力试验、气候应力试验、电磁环境试验及其组合。

2.2 可靠性方案评审

可靠性方案评审可以与方案评审同时进行,也可以进行专题评审,主要是评审设计方案的合理性、理论上满足设计输入的程度和验证方案的有效性。原则上只有所有设计输

人要求均能得到满足的方案才是一个合格的方案,但实际上受进度、经费等约束条件限制,通常都存在少量的不确定指标成为方案评审遗留项,评审时应重点评审遗留项的风险,对遗留项必须要有具体的实施方案(包括专项试验方案)、后续进度安排和出现预期外结果时的应对措施。

2.3 管理重点

方案设计阶段可靠性管理主要内容为检查 GJB450 中规定的 300 系列可靠性工作项目执行情况,包括可靠性指标分配/分解、可靠性设计技术应用、可靠性设计准则(包括元器件选用指南)的制定与执行、可靠性分析等内容。

为提高管理有效性和效率,可制定可靠性工作及可靠性设计情况检查表,逐项检查工作执行情况及相关技术要点,避免工作遗漏和技术疏忽,同时检查表中可有效体现同类产品成功的设计经验和失败教训。

3 样品研制

样品研制阶段的主要工作是对设计方案进行物理实现,并验证样品的实际性能是否满足设计输入的要求,是否满足用户使用要求。本阶段的可靠性工作主要包括样品研制试验与分析、用户试用和改进。

3.1 样品研制试验与分析

按已通过评审的设计方案研制样品,对样品进行功能、电性能和可靠性验证,可靠性验证应严格执行方案设计评审时确定的验证技术方案。原则上可靠性验证应在功能、性能已满足设计输入要求的样品上进行,当可靠性验证结果不满足设计输入要求(可靠性指标)时,应进行必要的技术分析或进一步的验证,找到可靠性薄弱环节或影响可靠性的主要因素,并根据分析结果修正原来的设计方案(必要时,修正后的设计方案应重新评审)。

按修正后的设计方案重新研制样品,重新进行功能、电性能和可靠性验证,直到全面满足设计输入要求。

为降低用户要求转换风险,应将自我评价已满足设计输入要求的样品送用户试用,在工程样机上验证电特性和可靠性满足实际使用情况,并评价与国外产品的互换性。

3.2 方案改进

如果试用不满足要求或用户提出新的要求(经评审后可以接收的),应根据用户意见修改设计方案(包括验证方案),重新研制样品,重新验证,重新送样试用,遵循“方案设计—样品研制—验证(试用)—分析—改进—重新设计”的循环,直到满足要求。

3.3 管理重点

样品研制阶段可靠性管理的重点是研制试验管理和应

用工程验证跟踪。可靠性验证试验应严格执行方案评审时确定的验证方案,并对试验结果进行分析,特别关注用户工程验证方案是否能同时验证样品电性能与国外产品的可替换性和可靠性满足工程要求。当用户工程验证方案不完善时,应进行必要的补充验证试验或风险评估。

4 设计定型阶段

产品设计定型阶段的可靠性工作项目主要是可靠性鉴定试验,可靠性鉴定试验一般要求在第三方进行,通常情况下应按 GJB899《可靠性鉴定与验收试验》或其他有关标准规定的要求和方法进行可靠性鉴定试验。研制方应根据相关标准要求及产品的特点、寿命剖面 and 任务界面,制定可靠性鉴定试验方案(包括试验机理、试验模型、试验项目、试验判据和试验数据处理等),通过评审并获得用户方认可。

本阶段的可靠性管理重点是组织制定合理的可靠性鉴定试验方案并获得各方认可。

5 结束语

按新产品研发的立项论证、方案设计、样品研制和设计定型 4 个主要阶段,结合国产化项目的自身特点,依次分析了各阶段的可靠性工作流程、主要内容及管理控制重点,有利于设计人员正确开展可靠性工作,有利于可靠性管理人员有效控制可靠性工作质量。

参考文献:

- [1] 陈颖,康锐.高可靠元器件的使用环境、试验条件和失效机理[J].可靠性物理与失效分析技术,2007,25(6):23-30.
- [2] 朱旭光.越大规模集成电路可靠性评估综述[J].计算机工程应用技术,2012,8(1):204-206.
- [3] 刘宁致,丁国强.加强航空装备可靠性管理探讨[J].质量与可靠性,2010,150(6):47-50.
- [4] 祝贞凤,孙江河.电子产品研发过程中电子元器件的可靠性管理[J].电子元器件应用,2010,12(10):90-96.
- [5] 黄云,恩云飞,杨丹.混合电路存贮可靠性及评价方法[J].微电子学,2007,37(2):173-176.
- [6] 周浩,陈立翔,李吉浩.国产化微波元器件应用验证的方法及应用[J].雷达技术,2012,34(1):58-59.

(责任编辑 杨继森)