

航天型号 ASIC 开发过程研究

张 玮¹, 王 栋², 李丽华²

(1 探月与航天工程中心, 北京 100037; 2 北京京航计算通讯研究所, 北京 100074)

摘 要: 随着可编程逻辑器件, 特别是 ASIC 和 FPGA 在航天型号中的应用越来越广, 此类项目的设计质量对整个系统的影响越来越大, 而影响设计质量的重要因素是如何开展规范的开发. 目前, 国内一些重大工程对于 FPGA 的开发过程进行了规定, 但缺少对 ASIC 开发过程的要求定义. 本文结合航天工程实际, 充分借鉴欧洲航天局、美国航天局相关技术要求, 提出了一种适用于国内航天型号 ASIC 设计的开发过程.

关键词: ASIC; FPGA; 开发过程

中图分类号: TN402

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)03-0164-04

The Research of Aerospace ASIC Development

ZHANG Wei¹, WANG Dong², LI Li-hua²

(1 Lunar Exploration and Space Program Center of CNSA, Beijing 100037, China;

2 Beijing Jinghang Computation Institute, Beijing 100074, China)

Abstract: With programmable logic devices, especially the ASIC and FPGA, are applied in the aerospace more widely, the impact of such projects on the design quality of entire system is growing, and the important factor affecting the design quality is how to develop standardly. Currently, some domestic major projects have provided the FPGA development process, but no definition of the requirements of ASIC development process. In this paper, Combined with the actual situation of aerospace engineering, fully referenced to the European Space Agency and NASA-related technical requirements, we propose one kind development process for aerospace ASIC design.

Key words: ASIC; FPGA; Development process

1 引言

微电子技术的飞速发展, 带动数字系统向着高速度、大容量、小体积的集成化方向发展, FPGA (Field Programmable Gate Array) 和 ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 电路设计技术是实现系统集成化的重要方式. 航天型号的高质量、高性能、高可靠、抗恶劣环境等方面的能力越来越依赖于装备中的电子成分. 目前, 可编程逻辑器件由于具备集成度高、体积小、功耗低等特性, 已经广泛应用于航天产品, 在型号产品研制中发挥着越来越重要的作用. 如何规范 ASIC 开发过程, 提高管理效率, 成为航天型号管理中的一个需解决的问题.

2 国外标准对 ASIC 开发过程的定义

2.1 欧空局 ECSS-Q-ST-60-02C 对 ASIC 开发过程的定义

欧空局 ECSS-Q-ST-60-02C (空间产品质量保证-ASIC 与 FPGA 开发) 标准是欧空局空间工程应用产品质量保证系列标准中的一部分, 其中定义了用户在开发数字的、模拟的和模数混合的定制设计集成电路时的需求, 如专用集成电路 (ASIC) 和现场可编程门阵列 (FPGA). 用户开发过程包括从设定初始需求开始到验证并发布原型器件结束过程中的所有行为. 该标准对 ASIC 开发过程的定义如图 1 所示, 主要包括:

(1) 定义阶段: 主要任务是建立 ASIC 需求描述、可行性及风险分析报告、开发计划.

(2)结构设计:主要目标是定义、验证芯片的结构,记录芯片基本实现单元的预期作用,它们的接口及相互影响;确认芯片实现的重要要素。

(3)详细设计:将结构设计转换成基本单元级的结构描述。

(4)版图设计:版图产生的布局和布线信息需满足设计规则、时序以及其他的约束;在版图设计中应该使用再综合或者物理综合的网表优化项。版图提供的可靠信息包括:负载和耦合电容以及最后设

计的规则检查,以确保经过验证的网表文件能快速流片。

(5)原型实现:在此阶段中,涉及芯片制造和芯片封装,FPGA 测试和原型测试。

(6)设计确认和发布:设计确认包括确认功能,性能,接口和兼容性达到目标要求,后进行产品发布。

(7)验证:贯穿整个开发流程的过程,在每个开发过程完成后确认是否按要求完成。

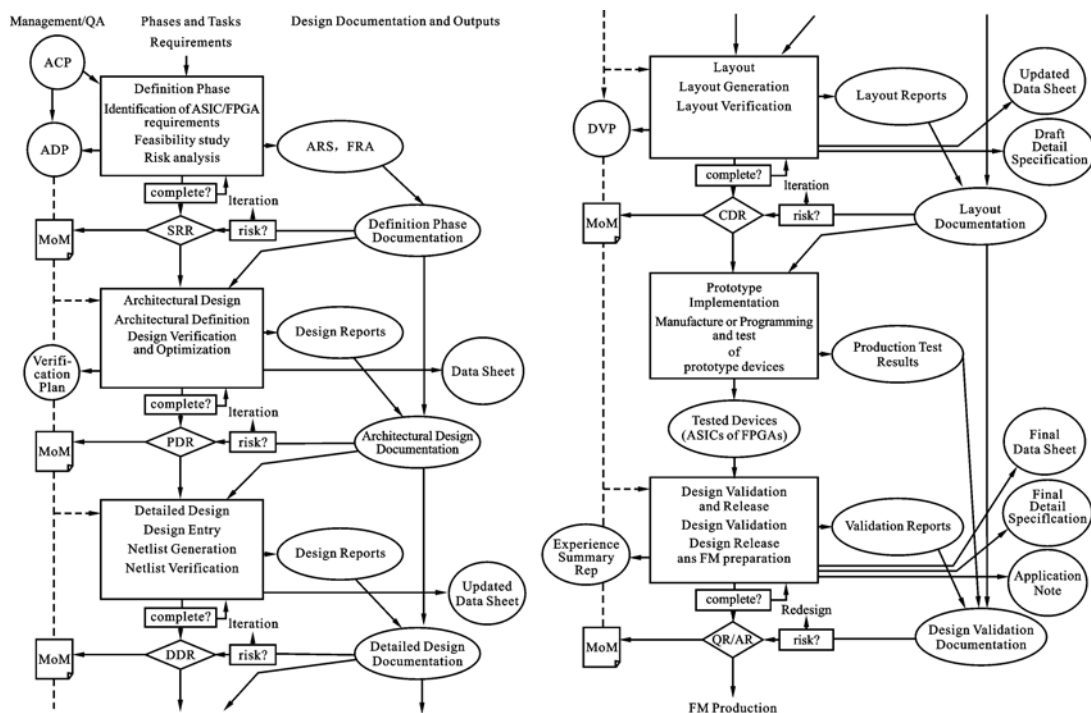


图1 欧空局定义的 ASIC 开发过程

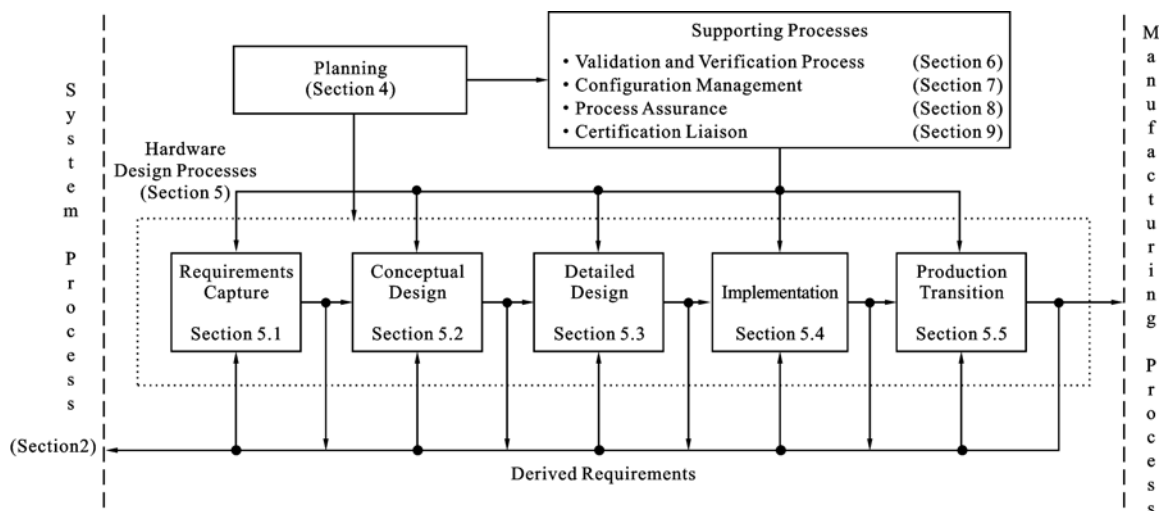


图2 RTCA/DO-254 定义的硬件开发过程

2.2 美国机载电子硬件的设计保证指南 RTCA/DO-254 对 ASIC 开发过程的定义

美国机载电子硬件的设计保证指南 RTCA/

DO-254,主要关注确保飞行安全的硬件设备的可靠性,定义了硬件设备供应商提供的应用在航空系统中的硬件必须达到的认证目标。该标准对 ASIC 开

发过程的定义如图 2 所示,主要包括:

(1)需求获取:定义并记录硬件需求,包括硬件系统结构、技术选择、基本或可选功能,环境及性能需求,该过程可能存在反复,因为某些需求只能在设计过程中获得.

(2)结构设计:主要目标是定义、验证芯片的结构,记录芯片基本实现单元的预期作用,它们的接口及相互影响;确认芯片实现的重要要素;实现要满足需求定义阶段输出的需求.开展评审.

(3)详细设计:本阶段将高级结构设计转换成基本单元级的结构描述.产生诸如版图约束、管脚布置、生产测试流程和详细的管脚描述等信息.

(4)实现:在此阶段中,涉及芯片制造和芯片封装,FPGA 测试和原型测试.

(5)产品发布:发布经过设计确认后的产品并进行流片.

(6)验证:贯穿整个开发流程的过程,在每个开发过程完成后确认是否按要求完成.

3 航天型号 ASIC 开发过程的提出

3.1 航天型号研制特点

航天型号研制要经历一个多阶段的研制周期,包括方案、模样、初样、试样、正样、定型等阶段,如图 3 所示.在这些阶段中,比较重要的是模样、初样、试样、正样,也比较具有代表性,其他的阶段可以参照这几个阶段的工作进行.型号软硬件的研制由于系统综合等多方面的情况和要求,应与型号的研制保持一致,也要经历模样、初样、试样、正样等阶段.在型号软硬件的研制全过程中,模样、初样、正样软件研制均是针对同一个软硬件开展的多个循环的研制工作,但侧重面有所不同^[5].在研制的初期,主要目的是弄清系统对软硬件的需求和接口关系,确定技术实现方案的可行性和有效性,然后在此基础上正式全面地开发,之后针对需求的更新要求对软硬件进行一次或多次的更新^[5].

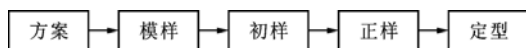


图 3 航天型号典型研制阶段

3.2 航天型号研制对 ASIC 开发过程提出的要求

对于专用集成电路 ASIC 来说,典型的设计流程如图 4 所示,其产品发布过程需要经过生产和测试后才能进行.产品发布后,设计也就定型,如果更改就会造成已发布产品的浪费,大大增加研制成本.

所以在型号研制初期如方案、模样、初样等技术

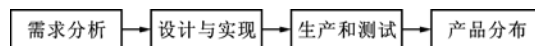


图 4 ASIC 设计流程

状态不稳定的时候,对于 ASIC 来说,存在设计更改的可能性较大,如果产品过早发布,势必造成研制成本的大量增加.这就要求在型号的不同研制阶段,ASIC 开发流程要有针对性的调整,以适应航天型号的特点,控制研制成本.

3.3 航天型号 ASIC 开发过程定义

结合航天型号研制阶段特点及高质量要求,本文提出了一种适用航天型号 ASIC 开发的典型流程(见图 5):

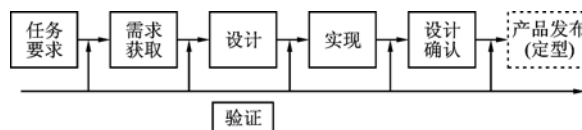


图 5 航天型号 ASIC 开发过程定义

(1)开发过程包括任务要求、需求分析、设计、实现、设计确认、产品发布和验证.

(2)对于状态不稳定的阶段,如方案、模样、初样、试样阶段,对于 ASIC 的设计流程不进行产品发布,开展产品的原型测试后即开展设计的确认,而在状态确定的阶段再进行产品发布.

(3)通过开展系统验证过程,丰富质量保证手段,有效适用航天型号高可靠性要求.

具体开发过程定义及各阶段技术要求如下:

(1)任务要求过程

任务要求过程应分析所在系统对 ASIC 的要求,对该要求进行可行性分析及风险分析,对 ASIC 任务要求进行定义,提出 ASIC 的功能、性能、可靠性和安全性等要求.过程输出包括研制任务书、可行性及风险分析报告.

(2)需求分析过程

需求分析过程包括标识和记录的需求、针对已确定的需求制定开发计划.需求分析应包含对 ASIC 体系结构,技术选择、功能、性能、接口、环境、可靠性和安全性需求等内容的描述.需求应是可识别的、详细定义的、可验证的.过程输出包括需求规格说明、开发计划、质量保证计划和配置管理计划.

(3)设计过程

设计与实现过程包括结构设计、详细设计和版图设计过程.

结构设计过程包括对设计结构的定义,设计基本功能模块预期作用的描述,基本功能模块间接口及相互影响的分析.本过程制定的结构定义和基线

选项应固定,并记录详细,能作为详细设计的依据.输出为结构设计报告.

详细设计过程是指将结构设计转换成基本单元级的结构描述的过程,包括对结构设计中产生的各模块进行详细设计,划分出各子模块,确定各子模块的设计方法并开展设计活动.输出包括详细设计报告、工程文件、需包含源代码和(或)原理图、综合后网表、综合约束文件和综合报告、验证测试计划、验证测试说明、验证测试报告.

版图设计过程是要将电路设计中的每一个元器件包括晶体管,电阻,电容,电感等以及它们之间的连线转换成集成电路制造所需要的版图信息.输出包括详细设计报告;工程文件(需包含源代码和(或)原理图、综合后网表、综合约束文件和综合报告)、版图设计约束文件、版图网表及标准延时文件;设计数据集,包含:掩膜的输入数据;验证测试计划(修订);验证测试说明(修订);验证测试报告(修订);测试向量集.

(4)实现过程

实现过程主要指芯片制造和芯片封装、样片原型测试.产品测试应该依据前一阶段的测试向量在原型上100%执行;测试参数和条件应依据详细设计;输出包括通过产品测试的器件;产品测试结果和报告;其他产品测试结果,说明书和样品.

(5)设计确认过程

开展设计确认,确认ASIC的功能、性能、接口及兼容性等满足任务要求.输出包括:确认计划、确认测试说明、确认测试报告等.

(6)产品发布过程

该过程主要指开展ASIC产品发布和流片.该过程应该由具备相应资质的厂商来完成.输出包括数据手册、产品报告等.

(7)验证过程

验证过程包含与ASIC相关的系统要求验证、需求分析验证、结构设计验证、详细设计验证、版图设计验证、第三方验证、设计确认验证.验证可使用测试、分析、评审等方式开展.在开发计划中应定义验证活动要求,并给出验证团队的人员和验证计划.在研制总结报告中应对验证活动进行总结.评审可分为联合评审、内部评审.

4 开发过程在实际过程中的应用效果

上述开发过程已成功应用于某航天型号中,该型号对设计的可靠性要求较高,目前处于正样研制阶段.该型号的方案、初样、模样阶段均应用本开发过程开展ASIC设计.通过对应用情况进行分析可明显得出,在采用了本文提出的开发过程后,有效避免了ASIC产品的反复发布,降低了ASIC成本30%左右,同时,通过采取系统的验证过程,关于开发过程中的设计等问题降低了20%左右,有效提升了设计的可靠性和安全性,对后续其他型号研制具有重要的借鉴意义.

5 结束语

本文结合航天型号管理需要,从ASIC开发流程的特点出发,结合欧洲航天局、美国航天局相应技术要求,提出了一种适用于国内航天型号ASIC开发的过程定义,该过程定义已经在国内某重大工程中开展应用并取得良好效果.

参考文献:

- [1] 孟李林. FPGA和ASIC设计特点及应用探讨[J]. 半导体技术, 2006, 31(7): 526-529.
- [2] 潘松, 黄继业. EDA技术实用教程[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [3] ECSS-Q-ST-60-02C Space product assurance - ASIC and FPGA development[S]. 2008.
- [4] RTCA/DO-254 Design assurance guidance for airborne electronic hardware[S]. 2008.
- [5] 汤铭端. 软件工程与软件可靠性第三讲 航天型号软件研制过程[J]. 质量与可靠性, 2001(3): 44-48.

作者简介:

张 玮 女, (1980—), 硕士, 工程师. 研究方向为星载软件研发、卫星总体技术研究.

王 栋 男, (1984—), 硕士, 工程师. 研究方向为可编程逻辑器件测试技术、可编程逻辑器件工程化技术等方面的研究.

李丽华 女, (1982—), 硕士, 工程师. 研究方向为可编程逻辑器件测试技术、可编程逻辑器件工程化技术等方面的研究.