

大规模FPGA设计中的军事效能因素

引言

技术和需求的变化促使FPGA在国防电子设计中扮演了越来越重要的角色，既有机遇同时也面临着风险。机遇包括系统向体积更小、功效更高的方向发展，而风险则有设计时间、新的国防部特殊规定、复杂的集成，以及设计组织对技能的需求变化等。本白皮书介绍和效能相关的风险因素，评估这些因素对设计的影响，量化说明风险因素对设计组织效能的作用。对这些风险进行评估和定义后，初步调查了成本，以找到系统和FPGA开发使用的效能工具需要多大的设计投入成本。

确定效能风险

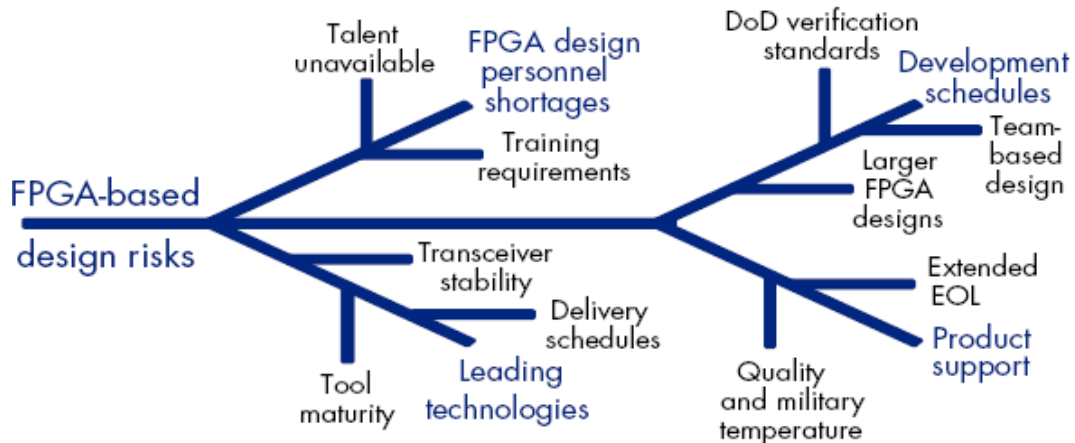
有几种不同的效能风险因素影响了采用FPGA的国防电子设计，包括基于个人和团队的计划、知识产权(IP)重用和集成、DO-254和其他认证，以及系统验证等。

基于个人和团队的计划

业界一直是以个人的形式开始FPGA设计并进行管理，确定需求和接口定义后交给一个开发人员去处理，在FPGA中实现。然而，由于复杂度、密度和第三方IP使用等原因，FPGA设计和开发逐步成为基于团队的活动。

在利用基于团队的设计建立国防电子组织时，这会带来几种成本风险，如图1所示。第一也是最重要的是缺乏受过训练的设计人员，这些人员应通过必须的安全审查。另一风险是较长的开发进度，特别是在基于FPGA的设计中增加了新的验证和安全认证之后。新技术的产品支持和技术成熟度是可以衡量的风险因素，必须在大规模国防项目中进行跟踪。

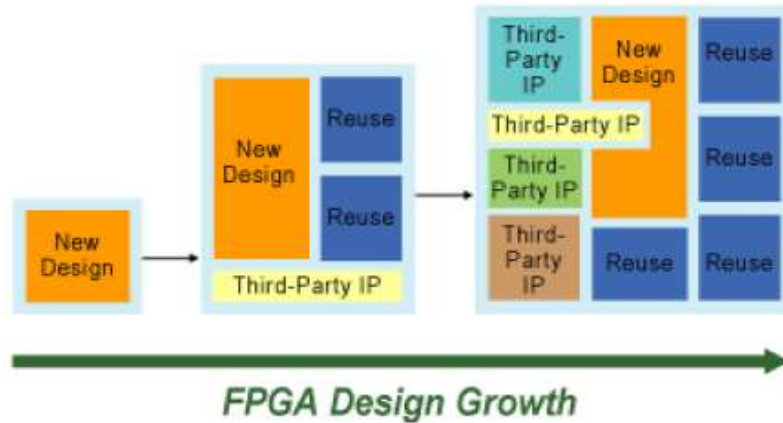
图1. FPGA设计中的主要风险，最重要的是个人和团队的进度风险。



IP重用和集成

依靠第三方专业IP以及重新使用其他项目的公共IP内核是降低成本明智的办法，但是提高了FPGA设计的集成度，如图2所示。在FPGA设计中，这是公认的风险和机遇，使用自动完成设计模块互联的软件工具时，是可以控制这些风险和机遇的。

图2. 随着FPGA设计规模的增长，集成的作用越来越重要。



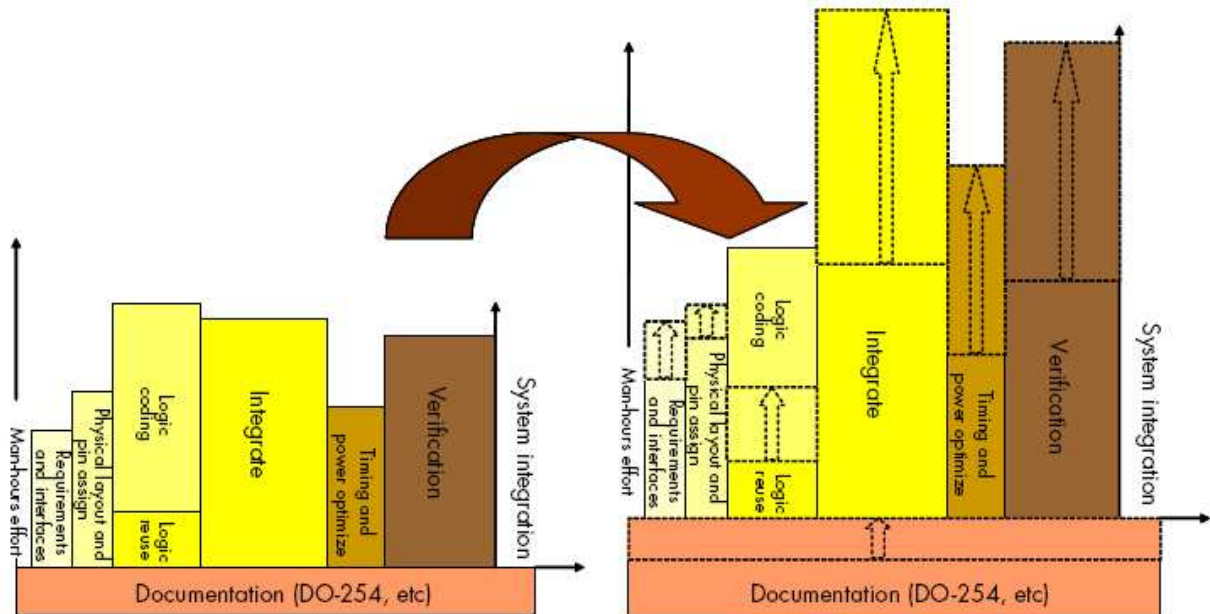
DO-254和其他认证

除了正常的商业设计和工具链之外，国防设计还有特殊的要求。目前对国防设计影响最大的是航空安全的设计担保指南DO-254。其他的包括公共标准验证、故障安全设计，以及某些情况下的“可信任集成电路”认证或验证，所有这些都对设计效能有影响。在设计和开发之前必须规划好认证和相关文档，只有这样才能估算和控制认证活动的影响。

系统验证

随着设计的发展，验证是另一带有很大成本风险的系统设计组成。随着互联和模块IP的增加，验证的步骤越来越多。如图3所示，如果不能明智的进行定义并控制，需要进行的测试会呈指数增长。当发现问题后，或者在验证中重新定义需求时，应采用渐进式方法来重新设计和重新编译设计。否则，繁重的编译任务会给项目进度和资源带来很大的风险。

图3. 随着设计密度的增大，国防电子设计组成在增加。



Quartus II软件和特性

Quartus® II设计包的以下特性有助于实现FPGA在国防设计中的优势。Quartus II设计包捆绑了FPGA设计、测试、验证、仿真、时序、功耗估算和布局布线软件，这些软件是Altera为设计开发Altera® FPGA而提供的。

此处定义了这些特性，本白皮书最后的参考部分列出了更详细的信息。

PowerPlay和早期功耗估算器

利用Quartus II软件的PowerPlay功能，设计人员可以估算并控制设计中的静态功耗。早期功耗估算器是一组参数化表格，使设计人员能够对预计的设计功耗预算一目了然。

LogicLock和渐进式编译

渐进式编译是一种软件系统，设计人员利用它在任务开始时对FPGA设计进行划分，分成不同的模块。LogicLock功能对这些分区分别进行编译，当其他分区单独进行重新编译时，保持未编译分区的时序不变。在体系结构设计阶段把设计划分成底层模块的过程一般被称为“自下而上的设计”。

SOPC Builder和Avalon总线

SOPC Builder是捆绑在Quartus II软件中的工具，支持在FPGA设计中进行简单的IP模块集成。这通过使用Altera的Avalon®公共总线标准来实现，例化互联以匹配数据速率和时序标准。

高级DSP Builder

DSP Builder工具现在也捆绑在Quartus II软件中，设计人员利用它很容易把基于MATLAB和Simulink的设计流程传送给FPGA例化。最高版本的DSP Builder工具支持用户提供的时序约束和延迟约束。

军用设计实例

为说明在优化后的设计流程中能够大大提高设计效能，采用第三方设计估算工具开发并测试了基于FPGA的设计实例。这一设计实例是与Galorath工程师共同开发的，该公司开发了SEER-SW、SEER-H和SEER-IC软件。利用这些工具，用户可以输入设备设计参数描述，针对开发和资源规划来估算成本和进度。估算基于Galorath开发的知识数据库和SEER系列软件工具的各方用户。

表1中所示的军用设计实例采用了Altera公司新的40-nm Stratix®FPGA。成本估算集中在FPGA设计上，包括设计、验证、布局布线和仿真，不包括电路板设计。SEER-IC仿真工具支持用户输入最低和最高要求以及参数限制来衡量成本和进度风险。这一设计实例是规模较大的多通道传感器设计。Stratix IV FPGA需要考虑逻辑单元(LE)成本。有数量较多的I/O引脚和新设计(50%)。接口(前端)和处理(后端)都比较复杂。假设目前的开发工具和开发工作属一般水平，设计人员的(平均)能力在正常范围内。军用项目需求的不稳定性也假设在正常范围内。

表1. 军用FPGA参考设计的参数

产品	低	50%	高
工作引脚	675	800	850
时钟速率	420 MHz	500 MHz	600 MHz
工作逻辑单元	250K	320K	420K
新设计	20%	50%	80%
前端复杂度	普通+	高+	非常高-
后端复杂度	高+	非常高+	极高-
认证等级	普通-	普通	普通+
器件容量/exp	低	普通	高
开发工具/工作	非常低+	低-	低
需求量	普通-	普通	普通+
小时费率	\$200	\$200	\$200
价格/费用	6%	6%	6%

使用这样的军用FPGA设计实例，用户可以估算其项目成本和进度，控制成本，如图4所示。此外，用户在选择供应商时，还可以利用它来确定作为独立变量的软件效能的影响。

图4. Galorath的设计估算工具是系统级成本控制的一部分



军用参考设计成本

借助上面的假设，表2列出了军用参考设计的人工小时总成本，分别以小时和美元表示。这可以作为成本基础，用于估算软件对项目成本的影响，以及其他项目可以节省多少成本等。

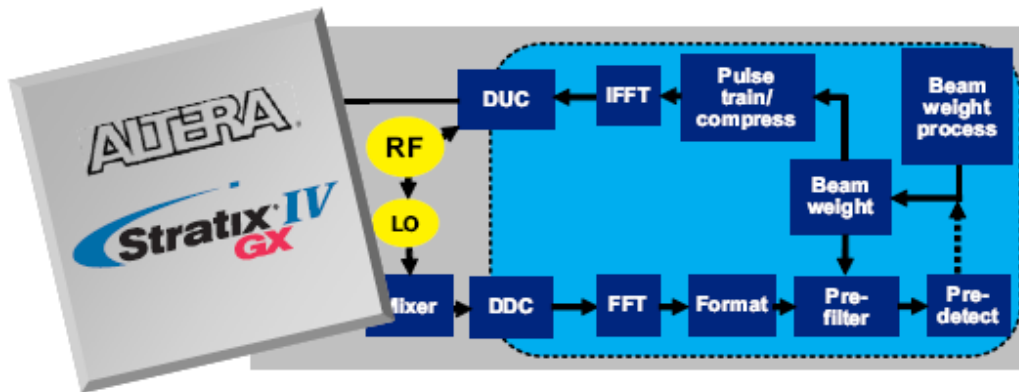
表2. 军用FPGA参考设计成本

开发	小时	成本
体系结构设计	1886.9	\$378,660
详细设计	4745.1	\$952,210
仿真、验证和实施	5376.3	\$1,078,870
布局布线	1809.2	\$363,050
总计	13,817.7	\$2,772,800

Galorath的SEER-IC工具把成本分成体系结构设计、详细设计、仿真、验证和实施，以及布局布线等几类。这一应用的人工总投入为13,800小时，额定成本为270万美元。

由于大部分军事项目的批量并不大，从这个例子很容易看出，NRE或者FPGA设计的开发部分(图5所示)在国防电子设计中占的比例最大，是主要的成本和进度因素。在进行选择时，考虑软件效能显得前所未有的重要。

图5. 军用传感器项目基于Stratix IV GX的设计实例



软件效能带来的成本差异

以该设计作为例子，设计人员利用Galorath SEER-IC工具，在“开发工具和工作”输入参数中，把所有其他参数设置的一致，但是输入“质量低”和“质量非常高”，以隔离软件对FPGA设计的影响。软件效能会导致以下的成本差异：

质量较低的开发工具和工作	\$3,199,279
质量非常高的开发工具和工作	\$2,132,852

这等于项目开发总成本有\$1,066,427的差异，即开发成本的33%。出于该设计实例目的考虑，采用效能更高的工具包和设计工作，一个项目可以通过提高效率而最大程度的节省成本。

节省的设计总成本

设计实例中的下一步是确定哪些军用FPGA设计特性可以借助效能工具最大程度的节省成本，从Quartus II软件的高级特性中能够提高哪些效能。参考业务案例对此有详细介绍(可以从Altera销售代表那里获得)，这里重点对分析进行总结。

体系结构设计(需要)

对军用设计的评价包括它与其他系统FPGA的相互关系怎样，在团队设计中，组织怎样把多个FPGA设计划分成功能模块等。通过Quartus II软件中的团队设计方法可以大大提高效能。在设计的第一阶段，这能够节省10%到40%的成本。

详细设计

节省设计成本与设计组织中的IP重用、设计IP封装方法以及设计深度有很大关系。在这一设计阶段，自动完成互联任务以及数据布线可以节省10%到25%的成本。

仿真/验证

军用设计中的单级测试和使用验证方法通过缩短编译时间能够自动提高效率。对降低成本有影响的设计因素包括需求的不稳定性、高级认证(DO-254)，以及忽视验证等。这一阶段节省的总成本在10%到25%。

基于关系密切的多个FPGA设计、数量合适的重用IP以及严格的验证要求，通过Quartus II软件，该参考设计实例能够节省的成本如下。

参考设计成本估算	\$2,772,801
改动后的成本	\$2,161,173
从Quartus II特性中节省的成本	\$611,627

结论

现代的军用设计需要采用先进的FPGA设计工具。编译时间等设计参数成为影响成本和进度的主要因素，它们对FPGA设计和系统设计总预算的影响非常大。设计一个现代军用系统时，在衡量项目成本以及选择供应商标准上都需要考虑开发成本因素。从Altera代表那里申请获得军用设计参考业务案例，可以帮助您确定怎样控制FPGA设计进度成本，衡量FPGA设计效能对您下一国防项目的影响程度。

详细信息

- Altera的军事风险和效能管理：
www.altera.com/products/devices/stratix-fpgas/stratix-iv/end-markets-applications/stxiv-military.html
- 40-nm FPGA和国防电子设计组织：
www.altera.com/literature/wp/wp-01064-40nm-fpgas-and-defense-electronic-design-organization.pdf
- 采用Quartus II渐进式编译提高效能：
www.altera.com/literature/wp/wp-01062-quartus-ii-increasing-productivity-incremental-compilation.pdf
- 对比实现FPGA的IP集成方法：
www.altera.com/literature/wp/wp-01032.pdf
- Quartus II设计软件：
www.altera.com/products/software/sfw-index.jsp
- 利用SOPC Builder提高效能：
www.altera.com/products/software/products/sopc/sop-index.html
- 向Altera代表申请军用设计参考业务案例：
www.altera.com/corporate/contact/con-index.html
- Altera的40-nm产品组合：
www.altera.com/b/40-nm-devices.html

致谢

- J. Ryan Kenny，技术市场经理，军事和航空航天事业部，Altera公司。



101 Innovation Drive
San Jose, CA 95134
www.altera.com

Copyright © 2008 Altera Corporation. All rights reserved. Altera, The Programmable Solutions Company, the stylized Altera logo, specific device designations, and all other words and logos that are identified as trademarks and/or service marks are, unless noted otherwise, the trademarks and service marks of Altera Corporation in the U.S. and other countries. All other product or service names are the property of their respective holders. Altera products are protected under numerous U.S. and foreign patents and pending applications, maskwork rights, and copyrights. Altera warrants performance of its semiconductor products to current specifications in accordance with Altera's standard warranty, but reserves the right to make changes to any products and services at any time without notice. Altera assumes no responsibility or liability arising out of the application or use of any information, product, or service described herein except as expressly agreed to in writing by Altera Corporation. Altera customers are advised to obtain the latest version of device specifications before relying on any published information and before placing orders for products or services.