

学校编码：10384

分类号__密级

学号：X2007224006

UDC__

廈門大學

工程硕士学位论文

基于 EP2C5T144C8 的 FPGA 实验平台设计

A Design of FPGA experiment platform

Based on EP2C5T144C8

赵海军

指导教师姓名：林聪仁 副教授

专业名称：通信与信息系统

论文提交日期：2012 年 月

论文答辩时间：2012 年 月

学位授予日期：2012 年 月

答辩委员会主席：_____

评阅人：_____

2012 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月

摘 要

基于 FPGA 器件的 EDA 技术经过近三十年的发展已经非常成熟，在各相关领域的应用也已非常普遍，FPGA 器件开发技术已经是电子工程师的必备知识。因此，国内许多高校都把 FPGA 器件开发的课程作为电子类专业的一门基础课程。然而，配套实验室的建设和设备的购置需要巨大的投入。如果能够实现实验设备的自制，各高校将可节省一大笔资金。

作者多年从事 FPGA 技术、PCB 技术及电子实训课程的理论及实验教学工作。最近一年，本人设计了一套 FPGA 实验教学平台以及七个配套实验。这套实验教学平台通用性好且性价比高，它除了能满足实验教学的需要，又可用于学生的电子设计竞赛，同时还可用于学生的毕业设计。通过对该项目的总结和整理，作者完成了这篇论文。

本文在分析现实需求的基础上，对众多的电路模块进行了合理的取舍并阐述了设计思路。本文的电路设计部分是由最小系统板和扩展板构成。作者利用 Altium Designer 软件绘制电路板原理图并制作 PCB 文件，通过加工电路板和焊接元件，完成了硬件的设计及制作。此外，本文还设计了六个基础实验和一个综合实验，所有实验都进行了软硬件验证，保证实验程序的正确性，同时也验证了硬件平台的正确性。

该实验平台经过学生近一年的使用，在实验教学、电子竞赛、毕业设计等方面都进行了实际应用，效果良好，证明该实验平台的设计是成功的，同时也总结了很多经验，可以进一步完善该平台的设计。

关键词：EP2C5T144C8；FPGA 最小系统板；扩展板；基础实验；综合实验

Abstract

After nearly thirty years of trials, the EDA technology based on the FPGA device is well developed and is widely applied in its correlative field. The technique on the development of the FPGA device has been necessary for electronic engineers. Therefore, many colleges in China regard the course of *The Development of FPGA Device* as a general course for the electronics major. However, the construction of ancillary laboratories and the acquisition of equipments require huge spending. If the self-made experimental equipments can be provided, colleges can save a large amount of capital.

For many years, the author has engaged in the teaching jobs over FPGA technology, PCB technology and the theoretical and experimental teaching on electronic practical course. The author has designed a system of FPGA experimental teaching platform and seven experiments since last year. The present designed platform is universal and cost-effective. Besides the fact that it can meet the demands of experimental teaching work, it can be also applied to students' electronic design contest as well as students' graduation design. The present article is accomplished through the summary and review of the above-mentioned project.

Based on the discussion of realistic needs, this paper makes a reasonable selection on various kinds of circuit modules and then presents the design proposal. The circuit design in this paper consists of the minimal system board and the expansion board. The author draws the circuit board schematics and generates PCB file with the help of Altium Designer Software, processing the circuit board and welding each components to finish the design and fabrication of the hardware. In addition, this paper has designed six basic experiments and one comprehensive experiment, with a complete validation of hardware and software in all experiments to ensure the correctness of the experimental procedure and the accuracy of the hardware platform.

After one a year operation by students, the present experimental platform has been well applied in the experimental teaching, electronic contest, and graduation design and so on. The effective application shows the success of the design of the experimental platform. Meanwhile, it summarizes a lot of some experience in an effort to further improve the design of the present platform.

Key words: EP2C5T144C8; FPGA minimal system board; expansion board; basic experiment; comprehensive experiment

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言.....	1
1.2 FPGA 实验教学现状	1
1.3 课题的提出	2
1.4 论文的主要工作	2
1.5 各章节安排	3
第二章 FPGA 实验平台简介	4
2.1 FPGA 及 EP2C5T144C8 芯片	4
2.2 FPGA 集成开发环境 Quartus II 9.0	6
2.3 VHDL 语言	7
第三章 实验平台硬件设计	9
3.1 FPGA 最小系统板设计	9
3.1.1 电源模块	9
3.1.2 时钟电路	11
3.1.3 编程下载、配置及复位电路	12
3.1.4 扩展接口电路	14
3.1.5 FLASH、SDRAM 存储电路	15
3.1.6 FPGA 最小系统板 PCB 图及实物图	17
3.2 扩展板设计	20
3.2.1 转接电路模块	20
3.2.2 电源模块	21
3.2.3 八个独立按键模块	22
3.2.4 八位数码管模块	22
3.2.5 AD/DA 模块	23
3.2.6 LED 灯、蜂鸣器模块	24
3.2.7 通信模块	25
3.2.8 其他模块	26
3.2.9 扩展板 PCB 图及实物图	26
第四章 基础实验和综合实验	29

4.1 基础实验	29
4.1.1 LED 流水灯实验	29
4.1.2 七段数码管译码器的设计实验	32
4.1.3 八位数码管扫描显示电路实验	34
4.1.4 信号发生器设计实验	37
4.1.5 ADC0809 芯片采样控制电路设计实验	41
4.1.6 等精度频率计设计实验	46
4.2 综合实验	51
第五章 总结与展望	58
参考文献	59
攻读硕士学位期间发表的论文	60
致 谢	61

Contents

Chapter 1 Prolegomenon.....	1
1.1 Introduction.....	1
1.2 The current situation of FPGAexperimental teaching.....	1
1.3 Issues raised	2
1.4 The main work of the paper	2
1.5 The arrangements of each chapter	3
Chapter 2 A brief introcution of FPGA experimental platform.....	4
2.1 FPGA and the chip of EP2C5T144C8	4
2.2 Quartus II 9.0 as the integrated development enviroment of FPGA	6
2.3 VHDL language	7
Chapter 3 The hardware design of the experimental platform.....	9
3.1 The design of FPGA minimal system board FPGA	9
3.1.1 Power module	9
3.1.2Clock circuit.....	11
3.1.3 The download and operations of the program and the reset circuit	12
3.1.4 expansion interface circuit.....	14
3.1.5 FLASH and SDRAM memory circuit.....	15
3.1.6 The PCB picture and the physical map of the controlling board	17
3.2 The design of the expansion board	20
3.2.1 The module of interface circuit.....	20
3.2.2 Power module	21
3.2.3 Eight independent button modules	22
3.2.4 Eight digital tubes module	22
3.2.5 AD/DA module	23
3.2.6 LED, buzzer module.....	24
3.2.7 The communication module	25
3.2.8 Other modules.....	26
3.2.9 The PCB picture and the physical map of the expansion board	26
Chapter 4 Basic experiments and comprehensive experiment.....	29
4.1Basic experiments.....	29

4.1.1 The experiment of LED lights	29
4.1.2 The design of the experiments on seven digital tube decoder	32
4.1.3The experiment of eight digital tube scan on the circuit	34
4.1.4 The experiment on signal generator desing	37
4.1.5 The controlling circuit design experiment on the sample for the chip of ADC0809	41
4.1.6 The experiment on the design of high precision and frequency counter	46
4.2 Comprehensive experiment	51
Chapter 5 Conclusion and expectation.....	58
References.....	59
Published papers during the Master's degree.....	60
Acknowledgements.....	61

第一章 绪论

1.1 引言

上世纪 80 年代中期,世界上第一片 FPGA (Field Programmable Gate Array) 器件在 Xilinx 公司诞生。近 30 年来,伴随着市场需求的增长、集成电路制造工艺水平及计算机自动设计技术的不断提高,目前 FPGA 器件的发展已经非常成熟并在众多行业进入了全面应用阶段。

掌握 FPGA 与电子设计自动化(EDA)紧密结合的现代 EDA 设计技术,已经成为 21 世纪电子工程师必备的基本技能之一。国外许多高校电子类专业在十几年前就把 FPGA 器件及编程技术作为学生的必修课之一,目前国内大部分高校也紧跟潮流,已经把这门课程作为电子类专业的专业基础课程。

由于 FPGA 器件及编程技术是一门实践性很强的课程,因此,它在实验教学所占的比重非常大,一般要在百分之五十左右。作者本人是一名承担该课程教学任务的高校教师,有责任和义务去认真研究该课程的教学方法和手段。所以,如果能设计一套有特色、符合教学实际、性价比高的实验教学设备将是一件非常有意义的事。

1.2 FPGA 实验教学现状

普通高校所用的教学平台都是集成度很高的实验箱,配置上一般比较丰富且电路复杂。作者工作所在单位福建师大福清分校的 FPGA 实验室所用的实验设备是 8 年前配置的杭州康芯公司的 GW48-PK 系列基于 EP1C6 芯片的试验箱,配置复杂并且造价昂贵。

由于该实验箱各电路模块的集成度较高,在电路板上很难看清各个模块与主芯片的连接关系,配套的文档电路图文件也很繁琐,学生往往很难看懂。同时,该试验箱的扩展性也非常差,几乎不能扩展。在多数实验中,学生只需按几个按键或配置几个引脚就能完成了,这不利于学生深刻理解实验原理,而且对学生实际动手能力的培养也不够;此外,该实验体系的针对性也相对比较欠缺。结果,学生做完实验后的收获离教学期望还有很大一段距离,教学后期如果想做一些自主设计的扩展性实验也很难在该平台上完成。另外,该型号的设备也已经过

时，接近淘汰状态，所以更新实验设备势在必行。

据作者了解，国内很多高校 FPGA 课程实验教学也都存在着类似的情况。

1.3 课题的提出

本人承担 FPGA 课程的理论及实验教学工作近 4 年时间，教学过程中总结了一些经验，对实验教学需要的设备及实验课程体系有一些新的想法，即：提高学生的实际动手能力是最重要的，教学过程中使用的实验设备和实验课程内容的安排都应符合该前提，比如实验使用的硬件设备电路模块要求清晰、结构简单、要有充分的扩展性，实验内容的安排除了有常规的教学实验还要有综合性强的设计实验；同时学生能够发挥想象，在此平台上完成多样的自主设计实验，提高学习兴趣。结合教学实际以及学校实验室设备需要更新的客观要求，同时考虑到 FPGA 可编程逻辑器件更新换代快、易被淘汰、浪费资源而不符合当前节约型社会的趋势，笔者认为，倘若能够针对 FPGA 课程实验教学的特点及目前常用实验平台的现状，设计出更符合教学实际且性价比高的硬件实验平台及更有针对性的实验课程体系将很有实际意义。

进一步而言，该平台的设计具有很强的通用性。学生利用这套硬件平台不但能够更深入地学习相关知识，而且能够在此基础上完成课程设计及本科生毕业设计的工作，甚至还可以将该平台应用到电子设计竞赛中。

另外，本人还承担学生的 PCB 设计及电子实训部分课程的教学任务，将 FPGA 硬件实验板的设计过程引入这两门课程，作为课程实训的内容，让学生从实验板的原理图设计到 PCB 的制作，再到原件的购买及焊接全程参与，用自己做的实验板来进一步学习 FPGA 课程。这既提高了学生的学习兴趣，也使各个课程的学习有了连续性，对大学课程教学改革有很好的示范意义。

1.4 论文的主要工作

- 1、设计并制作基于 ALTERA 公司 FPGA 芯片 EP2C5T144C8 的 FPGA 最小系统板。此最小系统板可直接用于电子设计、毕业设计作品中，也可以与扩展板连接组成完整的实验硬件平台。

- 2、针对实验需要，配置丰富的扩展模块，设计并制作扩展板。

3、设计一整套基础实验和综合实验，所设计的实验经学生在此平台上使用，实际效果良好，同时证明电路板设计正确。

4、总结课题经验，找出本系统的不足之处，明确改进思路。

1.5 各章节安排

第一章分析了 FPGA 实验教学的现状及本课题的意义，对本论文的主要工作及各章节内容作简单介绍。

第二章介绍了 FPGA 实验平台设计过程中需要的硬件和软件环境，包括主芯片 EP2C5T144C8、软件集成开发环境 QuartusII 和 VHDL 语言。

第三章是本文的核心部分，详细论述了实验硬件平台的设计及制作，该平台由最小系统板和扩展板两部分组成。

第四章是本文的另一个重点工作，在所述平台上设计了六个基础实验和一个综合实验应用于教学。

第五章总结了全文的主要内容及取得的成果，并探讨了不足之处和以后进一步改进的思路。

第二章 FPGA 实验平台简介

一个完整的实验平台通常需要由硬件和软件组成。硬件平台的关键在于核心芯片，本文所设计的 FPGA 实验平台选用的是型号为 EP2C5T144C8 的 FPGA 芯片；软件平台主要包括集成开发环境和所使用的开发语言。在集成开发环境上，本文选用的是 FPGA 开发领域最常用的 Quartus II 9.0 软件平台；至于开发语言，本文选用的是 VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) 语言，该语言也是 FPGA 开发最常用的一门硬件描述语言。由于这三部分知识的资料已很全面，所以本章对这些内容仅做简要介绍。

2.1 FPGA 及 EP2C5T144C8 芯片

大规模可编程逻辑器件主要有 CPLD (Complex Programmable Logic Device) 和 FPGA 两大类。

CPLD 器件是在简单可编程逻辑器件及 GAL (Generic Array Logic) 通用阵列逻辑器件基础上发展而来，采用基于乘积项的编程结构，即可编程的与阵列和固定的或阵列组成，其编程工艺一般采用 EEPROM 型即电可擦写编程器件，可用编程器直接将配置文件写入芯片并且掉电不会丢失。目前市场上常用的 CPLD 器件有 Altera 公司的 EPM7128S、MAX II 系列，Lattice 公司的 LC4128V，Xilinx 公司的 XC95108 等。

FPGA 器件采用可编程的查找表 (Look Up Table, LUT) 结构，其内部一般包括逻辑阵列块 LAB、嵌入式存储器块、I/O 单元、嵌入式硬件乘法器和锁相环 PLL 等模块等，各模块之间存在着丰富的互连线和时钟网络。目前大部分 FPGA 器件的编程工艺都是基于 SRAM (静态随机存储器) 的查找表逻辑结构。SRAM 工艺的特点是芯片在掉电后信息就会丢失，一定要外加一片专用配置芯片；在上电的时候，由这个专用配置芯片把配置信息加载到 FPGA 中才可以正常工作。目前市场上常用的 FPGA 器件有 Altera 公司的 Cyclone 系列、Stratix 系列、Xilinx 公司的 XC4000 系列、Spartan 系列等。这两家公司的 FPGA 芯片占据了全球 80% 的市场份额，其他 FPGA 厂家的产品主要针对某些特定的应用。FPGA 技术成本低、使用灵活，已经成为应用广泛的电路设计解决方案，应用范围遍及消费电子、汽车

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库