

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: X2013223009

UDC _____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

基于 FPGA 的汽车灯光及倒车雷达控制
系统

Automotive light and reversing radar control system based
on FPGA

陈苏菲

指导教师姓名: 陈伟 副教授

专 业 名 称: 控制工程

论文提交日期: 2016 年 月

论文答辩时间: 2016 年 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2016 年 月

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。

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

随着社会的发展及人们生活水平的提高,汽车已走入千家万户。五花八门的车载电子系统已成为汽车配置当中不可缺少的部分。在过去的二十年里,据统计平均每辆汽车的电子装置的成本从 15%提升至 35%,许多豪华车中,微型电子控制芯片更是达到五十个之多。在我们的行车过程中,车载电子系统不仅为我们的人生安全保驾护航,也为我们提供必要的导航及娱乐功能,从而大大的提高了我们在行驶过程中抑或是乘车过程中的舒适程度。所以说车载电子系统的开发应受到我们的重视,车载电子系统的开发具有很大的前景。

本文详细阐述了一种基于 FPGA 芯片的汽车灯光及倒车雷达控制系统的研究、设计和实现,主要包括:

首先,阐述了现代电子技术在汽车电子装置方面应用的背景及意义,分析了汽车灯控系统和倒车雷达系统自动化的研究现状,其中重点研究了基于 FPGA 芯片的汽车灯控系统和倒车雷达系统。

其次,简单介绍了 FPGA 芯片的基本原理、基本结构以及其开发流程,并对硬件描述语言 VHDL 语言做相关介绍,同时对本文所涉及的 FPGA 的开发平台 Quartus II 做了系统的阐明。

然后,详述了 FPGA 芯片的软件编写工作以及 FPGA 芯片对各个信号的处理逻辑,并将 FPGA 芯片分为四个处理模块:转向灯处理模块、光强处理模块、超声波模块控制及距离信号采集模块和超声波数据处理及显示模块,并用 Quartus II 自带的波形分析工具对每一个逻辑模块分析定位,完成各个模块的软件逻辑。随后,采用元件例化的方法,将四个处理模块组合合并,完成最终的 FPGA 大模块的软件逻辑部分。

最后,主要介绍本论文需要用到的传感器的使用方法,详细介绍了整个系统的硬件电路的设计,最终完成软件与硬件相结合的可用的汽车转向灯控制系统,智能前光灯亮度控制系统及倒车雷达系统。

关键词: FPGA 芯片; VHDL 语言; 汽车灯控系统; 倒车雷达

Abstract

With the development of society and the improvement of people's living standards, the car has entered every household. A wide variety of automotive electronic systems have become an indispensable auto configuration section. In the past two decades, according to statistics, the average cost of electronic devices per vehicle increased from 15% to 35%. Many luxury cars' micro-electronic control chip is to reach as many as fifty. When we use our cars, the escort vehicle electronic system not only for our personal safety, but also provide us with the necessary navigation and entertainment functions, thus greatly improving our driving process or ride comfort in the process. So we should pay more attention to automotive electronic systems, the development of vehicle electronic system has great prospects.

This paper expatiates on the research, design and realization of a kind of automobile light and reversing radar control system based on FPGA chip. The main contents include:

Firstly, the background and significance of the application of modern electronic technology in automotive electronic devices are expounded. The research status of automotive light control system and parking sensor system automation is analyzed. The automobile light control system and reversing radar system based on FPGA chip are studied emphatically.

Secondly, the basic principle, the basic structure and the development process of FPGA chip are introduced. The hardware description language VHDL language is introduced. At the same time, the development platform Quartus II of this paper is systematically expounded.

Then, the software programming of the FPGA chip and the processing logic of each chip are described in detail. The FPGA chip is divided into four processing modules: turn signal processing module, light intensity processing module, ultrasonic module control and distance signal acquisition module And ultrasonic data processing and display module, and with the Quartus II comes with a waveform analysis tool for

each logical module analysis and positioning, complete the software logic of each module. Subsequently, the four processing modules are merged by component instantiation to complete the software logic part of the final FPGA large module.

Finally, the paper introduces the use of the sensor in this paper, introduces the design of the hardware circuit of the whole system in detail, and finally completes the combination of the software and hardware, the intelligent control system of the headlamp and the brightness control system and reversing radar system.

Keywords: FPGA chips; VHDL language; Auto light control system; Reversing Radar

目 录

第一章 绪论	1
1.1 课题研究的背景及意义.....	1
1.2 研究现状和发展趋势.....	4
1.3 设计目标及实现.....	5
第二章 开发环境及技术介绍	6
2.1 FPGA 简介	6
2.1.1 FPGA 的基本原理	6
2.1.2 FPGA 的基本结构 ^[8]	6
2.1.3 FPGA 的开发流程	8
2.2 VHDL 语言简介.....	12
2.3 QUARTUS II 简介.....	17
第三章 总体构思	19
3.1 总体设计思路.....	19
3.2 总体设计框图.....	20
第四章 各模块设计	22
4.1 汽车控制.....	22
4.1.1 模块功能描述.....	22
4.1.2 模块功能实现.....	22
4.1.3 VHDL 语言描述.....	22
4.2 左转灯控制模块.....	24
4.2.1 模块功能描述.....	24
4.2.2 模块功能实现.....	24
4.2.3 VHDL 语言描述	25
4.2.4 左转灯模块波形仿真.....	27
4.3 右转灯控制模块.....	27
4.3.1 模块功能描述.....	27
4.3.2 模块功能实现.....	28
4.3.3 VHDL 语言描述.....	28
4.3.4 右转灯模块波形仿真.....	29
4.4 光强控制部分	30
4.4.1 模块功能描述.....	30
4.4.2 模块功能的实现.....	30
4.4.3 VHDL 语言描述.....	30

4.4.4 顶层模块的设计.....	33
4.4.5 模拟仿真图.....	33
4.5 倒车雷达控制模块.....	34
4.5.1 模块功能描述.....	34
4.5.2 模块功能实现.....	35
4.5.3 VHDL 语言描述.....	35
4.5.4 超声测距控制模块仿真.....	38
4.6 障碍距离显示模块.....	39
4.6.1 模块功能描述.....	39
4.6.2 模块功能的实现.....	39
4.6.3 VHDL 语言描述.....	39
4.6.4 显示模块仿真.....	41
第五章 综合过程及结果.....	43
5.1 波形图仿真方法.....	43
5.2 综合过程.....	43
5.2.1 图形法综合过程.....	43
5.2.2 例化语句法.....	44
5.3 综合结果.....	44
第六章 硬件电路实现.....	46
6.1 主要原器件介绍.....	46
6.1.1 HC-SR04 超声波模块.....	46
6.1.2 光敏电阻传感器模块.....	47
6.1.3 七段数码管显示.....	47
6.1.4 LM393 比较器.....	48
6.2 方向信号采集电路.....	49
6.3 总硬件电路图.....	50
工作总结与展望.....	52
1. 论文总结.....	52
2. 学习总结.....	52
参考文献.....	54
附 录.....	55
作者硕士期间发表的论文.....	73
致 谢.....	75

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Background and Significance	1
1.2 Research status and Development trend.....	4
1.3 Design goals and Implementation.....	5
Chapter 2 The development environment and technology Introduction.....	6
2.1 The FPGA chip and Development.....	6
2.1.1 Application Technique of FPGA.....	6
2.1.2 Fundamental Structure of FPGA.....	6
2.1.3 Development Process of FPGA	8
2.2 VHDL language description.....	12
2.3 QUARTUS II introduction.....	17
Chapter 3 General Conception.....	19
3.1 The overall design train of thought.....	19
3.2 The overall design diagram.....	20
Chaper 4 Each module design	22
4.1 Automotive Control module.....	22
4.1.1 Function Discribe of module	22
4.1.2 Function Implement of module.....	22
4.1.3 Language Discribe of VHDL.....	22
4.2 Left turn signal control module.....	24
4.2.1 Function Discribe of module	24
4.2.2 Function Implement of module.....	24
4.2.3 Language Discribe of VHDL.....	25
4.2.4 Left turn signal control module waveform simulation	27
4.3 Right turn signal control module.....	27
4.3.1 Function Discribe of module	27
4.3.2 Function Implement of module.....	28

4.3.3 Language Discribe of VHDL	28
4.3.4 Right turn signal control module waveform simulation	29
4.4 Light intensity control module.....	30
4.4.1 Function Discribe of module	30
4.4.2 Function Implement of module.....	30
4.4.3 Language Discribe of VHDL.....	30
4.4.4 Design of Top-level module.....	33
4.4.5 Simulation Diagram.....	33
4.5 Reversing radar control module.....	34
4.5.1 Function Discribe of module	34
4.5.2 Function Implement of module.....	35
4.5.3 Language Discribe of VHDL.....	35
4.5.4 Simulation of Ultrasonic ranging control module	38
4.6 Obstacle distance display module.....	39
4.6.1 Function Discribe of module	39
4.6.2 Function Implement of module.....	39
4.6.3 Language Discribe of VHDL.....	39
4.6.4 Simulation of Display module	41
Chapter 5 Integrated process and results.....	43
5.1 Wave simulation method	43
5.2 Comprehensive process	43
5.2.1 Graphic method of integrated process	43
5.2.2 Instantiated statement method.....	44
5.3 Comprehensive results.....	44
Chapter 6 The hardware circuit implementation.....	46
6.1 Introduction of The main components.....	46
6.1.1 HC-SR04 Ultrasonic module	46
6.2.2 Photosensitive resistance sensor module	47
6.3.3 Seven segment digital tube display.....	47

6.4.4 LM393 comparator	48
6.2 Direction of signal acquisition circuit.....	49
6.3 Total hardware circuit diagram.....	50
Conclusion and Prospect	52
1. Thesis summary	52
2. learning summary	52
Reference.....	54
Appendix.....	55
Published paper of author.....	73
Thanks.....	75

厦门大学博硕士学位论文摘要

第一章 绪论

1.1 课题研究的背景及意义

十九世纪八十年代，德国的卡尔·本茨设计了世界上的第一辆三轮式汽车。到今天为止，汽车的发展已经有了将近一百三十年的历史了，回顾一百多年的发展，传统的硬件设施，即机械设备和技術，在汽车这个领域中应用的已经相对比较成熟，甚至有一些装置和设备已经达到了他们自身的物理极限，因此，仅仅想要简单的通过依靠机械装置等硬件设施，来提高汽车本身的性能将变得更加困难。但随着我们现代社会的不断进步，以及人类的生活的水平不断的提高和丰富，我们人类对于汽车的安全性能、动力性、舒适性能以及环保性等等要求方面有了越来越高的向往，人们对汽车的需求不再是单单局限于代步的工具，大家更加看重行车过程中舒适程度，汽车的安全可靠性能以及驾驶的方便程度。这使得人们对汽车上的电子设备提出的要求更高，因此，这就需要借助现代的一些电子技术来满足人们日益提高的要求，提高车辆自身性能和总体性能。在过去 40 年来，电子技术在汽车方面的广泛应用，十分有利的证明了现代的电子技術被采用，是解决当前的汽车所面临的很多棘手问题的最好方案。因此随着电子技术的快速发展进步，汽车开始趋于向多媒体化、电子化和智能化方向全面发展^[1]，越来越多的电子技术在汽车系统当中得到大量的应用，因此说汽车技术发展进程中的一次里程碑就认为是汽车的电子化，汽车电子化程度的高度一度被人类看作是用来衡量现代的汽车水平的重大标志，也是研究设计许多新车型、改进很多的汽车性能的最最重要的技术措施^[2]。据不完整的统计，上个世纪大约八十年代的汽车的电子设备，大约只占到汽车整车的成本的 5%，但是经过将近 20 年的汽车应用于电子技术方面的技术的发展，汽车上的电子设备的成本占汽车整车总成本的比例已经提升到了 25%左右，在一些新型高档的轿车上竟然达到了百分之五十之多，而且超过 75%的汽车的创新技术来源于汽车电子技术^[3]。因此，未来的汽车电子市场必然将会有非常大的发展和前景。一套完整的汽车电子系统会带给驾驶人更好的行车体验，也会大大降低行车过程中的事故发生率。汽车电子这一技术是集汽车的电子控制系统和车载的电子系统两者结合为一身。在汽车上加入适当的微型

系统芯片及必要的传感器系统，在驾车过程中，微型系统芯片通过传感器及驾驶人发出的命令信号执行操作，达到舒适便捷安全的驾车体验。

现代电子技术在汽车中的应用可以归纳为以几个方面。

1、发动机控制系统:怠速控制系统(ISC); 电子控制喷油装置(EFI); 废气再循环(EGR); 电子点火装置(ESA)等等;

2、底盘电子控制: 驱动防滑系统(ASR)、电控自动变速器(ECAT)、胎压检测系统(TPMS)、自动巡航系统(CCS)、适时调节的自适应悬挂系统、转向控制系统(4WS)、防抱死制动系统(ABS)、驱动控制系统(4WD)等等;

3、车身电子控制系统: 安全气囊(SRS)、自动座椅的调节、车内的噪音控制、中央控制防盗门锁、自动空调、照明控制装置、自动雨刷、自动雨刷、电动门窗、自动防撞系统以及电源管理系统;

4、多媒体娱乐通讯系统:导航系统(GPS)、DVD、CD、MP3、蓝牙通讯设备、车载、倒车影像系统、收音机、智能交通系统(ITS)、驾驶员信息系统、计算机网络等等^[4]。

汽车电子设备大多数一般采用微控制器以及专用的集成电路来设计的,但是随着汽车电子系统的日益复杂,设备的数目越来越多,让人眼花缭乱,那么所需要的微控制器和专用集成电路的数量大幅度的增加,这就导致了电路的尺寸过大,稳定性能及可靠性能太低。随着汽车行业竞争日益剧烈,它的电子系统的生存周期越来越短,如果要想脱颖而出,提升自身竞争力,那么汽车设计的成本要低,价格要合理,并且风险也应该降到最低,这就需要一个产品的设计必须满足在很短时间内做出的改动来满足逐渐更新的功能需求。对于这些多样的需求,其就要求采用集成电路设计的电路系统需要重新对其进行设计、布线以及制版,而更高更多的性能以及各种其他功能是由 FPGA 来完成提供的,本身的成本非常低而且灵活性更高,风险更小,更重要的是在设计后期它非常容易变更,甚至对已经投入应用的产品也可以进行升级的这些特点,这些优点会即将成为未来汽车电子设计的这一领域的可能的最佳理想解决方案^[5]。

上个世纪后期,由于集成电路以及计算机科学技术的不断进步和一直不断地发展,电子技术这样就会面临着越来越严峻越来越残酷的诸多挑战。但是由于电子技术的发展的周期一直不断减小,专用的集成电路即 ASIC(Application

Specific Interated Circuit) 的设计面临着设计的难度不断的增加以及设计周期不断缩短的矛盾。因此,我们就必须来采用新型的新颖的设计方法以及利用更高层次的更先进的设计工具。在这样的情况之下 EDA 技术(Electronic Design Automation), 及电子设计的自动化技术这一就应运而生了。因此,以 EDA 开发软件作为开发的环境、以计算机作为其工作平台,用硬件描述语言作为它的程序设计语言,以 ASIC、SoC(System on Chip)等等芯片作为它的目标器件,用可编程逻辑器件作为其实验载体,以数字系统设计作为电子产品的应用方向方面的电子自动化设计的过程^[6]。EDA 技术有狭义和广义这两大分类。从广义这一方面来说,EDA 技术包括工艺设计自动化(半导体)、设计自动化(可编程器件)、电子系统设计的自动化、印制电路板设计的自动化、仿真与测试故障诊断的自动化等许多方面。从狭义这一方面来说,EDA 技术就是电子设计自动化,即通过相关的开发软件,自动完成的用软件方式所设计的电子系统和到硬件系统的化简、优化、分割、逻辑编译、综合,以及逻辑仿真、布局布线等工作,最终完成对特定目标芯片的适配编译、编程下载、逻辑映射,从而形成集成电子系统,不包含电子生产自动化。EDA 这一技术在电子系统的设计中具有以下特点:1,设计硬件是以用软件的方式;2,系统以用软件方式的设计的到硬件系统的这一转换是由相关软件的协助自动完成的;3,在设计的过程中各种仿真可以用软件进行,以便进行验证;4,现代 EDA 工具具有高层综合和优化功能,能够在系统级进行综合、优化和仿真,从而缩短设计周期,提高工作效率;5,系统可以在线升级,现场编程;6,整个系统功耗低、可靠性高、易集成且体积小;7,带有嵌入 IP 核的 ASIC 设计,软硬件协同设计提供;8,开放和标准化的操作环境的提供,容易实现资源共享和设计移植;9,支持并行设计,适合团队协作,分工设计。

发展迅速、有着非常广阔的应用前景的新型技术即为 EDA 技术,EDA 技术涉及的层面很广,内容较丰富,主要涉及如下四方面内容:1,可编程逻辑器件,也就是应用 EDA 设计完成的电子系统的这一载体;2,硬件描述语言,它这是用来描述系统的结构和功能,是 EDA 技术设计的主要的表达手段;3,集成开发环境,是 EDA 技术设计的开发环境;4,实验开发的系统,实现可编程的多种器件下载和验证的工具,包括编程器、开发板等。

FPGA 是当今主流的可编程门阵列，它高度的集成化、高速运行速度以及其灵活性深受硬件工程师们的喜爱。可以说大至 CPU 小至与非门电路，都可以对 FPGA 编写相应的程序来实现，所以其强大的性能是单片机等微型芯片无法企及的。而其在数字信号处理及控制系统中都有不可替代的作用。使用运用 FPGA 芯片可以大大的来提高这些系统的可靠性，来减少 PCB 的面积。FPGA 的这些十分突出的优点及性能使得 FPGA 技术在上世纪后期得到飞速的迅猛的发展和应用，同时也很大程度上用来推动了先进 EDA 技术的软件方面以及硬件描述语言方面的进步^[7]。本课题基于 FPGA 芯片设计汽车电子系统，正是利用了其以上优点来设计汽车电子系统。

1.2 研究现状和发展趋势

据统计，1980 年至今，汽车的电子装置，它在整个汽车制造的成本当中占的比例，由 13% 增至 25% 及甚至以上。电子产品占到了整车成本的百分之五十以上，在一些新型的高级豪华轿车上，有时甚至在一些普通轿车上，使用单片微型的计算机的数目就已经多达近五十个。汽车电子已形成是一个非常庞大的系统，它其中包括了发动机、车身、底盘等的电子控制还有类似导航系统、汽车信息系统、汽车音响、车载通信系统、上网设备以及电视娱乐系统等。其中的防抱死系统（ABS）、电控自动变速器（ECAT）、安全气囊系统、行驶动力学调节系统、安全带控制、防撞系统、照相监控等方面都已经大量使用了电子新技术。可以说汽车电子以渗入到我们汽车应用的方方面面。

当前阶段汽车电子的发展方向正朝着环保性、安全性以及连通通信车联网等方面继续发展。环保性是指降低汽车的碳排放量，燃料能源能得到充分的利用，减少尾气等的污染。安全性是指通过一系列手段来减少交通事故，尽最大努力保证乘车人及驾驶人的安全。连通通信即使以车为主题的物联网，实现汽车的零碰撞及 GPS 智能导航。

随着汽车电子应用的进一步加大，我们应当深入研究汽车电子的各个方面，为汽车的驾驶做出更大的贡献。

1.3 设计目标及实现

本课题利用 VHDL 语言及 QUARUS II 开发工具。本课题实现左右转灯的智能识别及控制、前照灯光强的智能控制以及倒车雷达的实现。

智能左右转向灯的认识将通过方向盘所转角度识别左右转向并控制左右转向灯。前照灯光强识别将利用光强传感器感应环境光强来变化前照灯光强的变化。倒车雷达将在倒车过程中启动，并感应障碍物远近并发出警报，提醒驾驶人安全倒车。

本课题用 VHDL 语言编程，并利用 Quartus II 的波形仿真功能来观察逻辑是否正确。采用层次化设计结构，设有汽车的控制模块、左转灯的控制模块、右转灯的控制模块、倒车测距模块、前照灯控制模块以及分频模块组成。先将各个模块调试观察时序波形图，再将各模块组合调试。

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