

基于FPGA的图像颜色空间变换设计

摘要

图像处理技术目前在很多领域中有着越来越广泛的应用。相对于基于上位机的图像处理系统，嵌入式的图像处理系统在空间可移动性和实时专用性上有非常明显的优势。嵌入式处理器的飞速发展，带来了新的可编程逻辑器件—

FPGA。这种新器件拥有上百万个门资源，为实现复杂的信号处理提供了丰富的逻辑资源。此外，由于FPGA的可编程性，用户可以根据自己的需求定制系统。

论文中详细介绍了一种基于FPGA的颜色空间转换设计，将目前进行图像信息处理中广泛采用的可编程逻辑器件设计技术与图像处理技术相结合，克服了长期在进行图像处理过程中对计算机的依赖且处理速度较慢的缺点，以及速度的提升空间有限和设计的灵活性较差的不足。系统以Altera公司的Cyclone II系列FPGA为核心控制器件，主要完成视频图像的颜色空间转换。在视频压缩、传输等应用中经常需要实现RGB与YCbCr颜色空间的相互变换。这里推导出一种适合在FPGA上实现从RGB到YCbCr颜色空间变换的新算法。硬件设计是整个设计的重要环节之一，硬件环节分为外围电路部分:EEPROM电路、SDRAM电路、晶振电路、电源电路等;主控芯片部分:FPGA芯片、VGA电路、JTAG电路。整个设计都在Altera公司的开发环境Quartus II上进行了逻辑综合与仿真。仿真结果表明，使用FPGA处理图像数据不仅能够获得很好的处理效果，达到较高的工作频率，处理速度也远远高于软件法处理图像，可满足实时图像处理的要求。

未来，新理论与算法的研究，处理算法更复杂、更智能，处理软件更加标准化和人性化。另外结合人和动物的视觉特性、心理学特性的研究进展和成果，近年来出现了一些研究热点，如小波分析、分形几何、遗传算法、模糊技术、人工神经网络等。处理器件向低成本、低电压、低功耗、微封装和环保型发展，处理系统向更快速度、更高密度、更大容量的系统级方向迈进。

关键字:FPGA;VHDL;RGB;YCbCr;空间变换;硬件电路;图像处理;

?

基于FPGA的图像颜色空间变换设计

The Design of Color Space Conversion Based On FPGA

Abstract

Image processing technology currently has more widely used in many fields. With respect to PC-based image processing system, embedded image processing system in space can have a very distinct advantage of mobility and real-time special on. The rapid development of embedded processors, bringing new programmable logic device - FPGA. This new device with millions of gates resources for the implementation of complex signal processing provides abundant logic resources.

The paper introduces the FPGA-based color space conversion design, the current image information processing is widely used in programmable logic device design and image processing technology, to overcome the long-term performing image processing on a computer dependent and the process slow shortcomings, and limited

headroom poor lack the speed and design flexibility. The system uses Altera's Cyclone II FPGA family as the core control device, mainly to complete the video image color space

conversion. In video compression, transmission and other applications often need to achieve mutual conversion RGB and YCbCr

color space. Here is derived a new algorithm for realization from RGB to YCbCr color space conversion in the FPGA. The hardware design is an important part of the over all design, hardware link into peripheral circuit section: EEPROM circuit, SDRAM circuit, crystal oscillator circuit, power supply circuit; the main chip parts: FPGA chip, VGA circuit, JTAG circuit.. The whole design is on Altera's Quartus II development environment was logic synthesis and simulation. Simulation results show that the use of FPGA processing the image data is not only able to get good treatment effect, achieve higher operating frequency, processing speed is much higher than the software method of processing images, can meet the requirements of real-time image processing.

In future, new theories and algorithms of research, processing algorithms are more complex, more intelligent, more standardized software and humane. Also combining human and animal visual characteristics, research progress and results of psychological characteristics, in recent years there have been some hot topic, such as wavelet analysis, fractal geometry, genetic algorithms, fuzzy technology, artificial neural networks. Processing devices to the system-level direction towards faster, higher density and a larger capacity to low-cost, low-voltage, micropower, micro-encapsulation and environmentally friendly development, and processing systems.

KeyWords: FPGA; VHDL; RGB; YCbCr; Image processing; The hardware circuit; Color

space conversion;

?

大学毕业设计(论文)

目 录

引言

.....

..... 1 第1章 绪论

.....

..... 2

1.1课题背景

.....

..... 21.2课题研究目的和意义

.....

... 3 1.3图像处理技术发展历史、现状及发展趋势

..... 3

1.4本文研究主要内容

.....

..... 5 第2章 系统设计选择及颜色空间算法

..... 6

2.1 Altera Cyclone II 系列 FPGA 介绍

..... 6

2.2颜色空间介绍及转换算法

.....

7 第3章 系统硬件设计

..... 11

3.1 外围电路

..... 11

3.2 主控芯片

..... 14 第4章 系统软件设计

..... 16 4.1 系统结构和模块划分

..... 16 4.2 VHDL硬件描述语言

..... 17 4.3 流水线结构设计

..... 17 4.4乘法器模块的实现

..... 18 4.5 主体模块的实现

..... 19 4.6 顶层模块设计

..... 20 4.7 FPGA 设计中的常见问题及注意事项

..... 22 第5章

系统仿真

..... 23 5.1 FPGA的开发环境与工具

23 5.2系统仿真

.....

..... 24 结论与展望

.....	
.....	26 结论
.....	
.....	26 展望
.....	
.....	26 致谢
.....	
.....	28 参考文献
.....	
.....	29
.....	
.....	?
.....	
.....	GA的图像颜色空间变换设计
.....	
.....	附录A: 硬件电路图
.....	
.....	30
.....	
.....	附录B: 颜色空间变换
.....	VHDL语言程序 31
.....	
.....	乘法器模块的外部接口实现VHDL语言
.....	31
.....	
.....	颜色空间转换主体模块外部接口VHDL语言
.....	31
.....	
.....	顶层模块结构VHDL语言
.....	
.....	... 40 附录C: 参考外文文献及其译文
.....	43
.....	
.....	附录D: 主要参考文献的题录及摘要
.....	54

插图清单:

图2-1 RGB坐标到YCbCr坐标之间的关系
..... 9

图3-1 系统硬件框架图
.....

.. 11 图3-2 EEPROM电路
.....

.... 12 图3-3 SDRAM电路
.....

..... 12 图3-4 50MHz晶振电路
.....

... 12 图3-5 复位电路
.....

..... 13 图3-6 电源电路
.....

..... 13 图3-7 12864LCD电路
.....

... 14 图3-8 FPGA部分引脚图
.....

. 14 图3-9 VGA电路
.....

..... 15 图3-10 JTAG电路
.....

..... 15

图4-1 RGB坐标到YCbCr坐标转换系统框图
..... 16

图4-2 二级同步流水线结构	18
图4-3 乘法器模块的外部接口	19
图4-4 颜色空间转换主体模块外部接口	20
图4-5 顶层模块结构图	21
图5-1 颜色空间转换流程图	25
图5-2 仿真结果	25

?

基于FPGA的图像颜色空间变换设计

表格清单:

表2-1 Cyclone II系列器件指标	7
-----------------------	---

?

程大学毕业设计(论文)

引言

随着多媒体和通信技术的发展，视频图像处理的实时性成为人们关注的热点。现场可编程门阵列(FPGA)运算的并行性和内嵌DSP核等特点，能够提高运算速度满足视频处理的实时性要求。在视频图像显示、处理时，采用的颜色空间主要有RGB，YCrCb两种。RGB基于三基色原理，颜色实现简单，在计算机、电视机显示系统中应用广泛，YCrCb将颜色的亮度信号与色度信号分离，易于实现压缩，方便传输和处理。在视频压缩、传输等应用中经常需要实现RGB与YCbCr颜色空间的相互变换。这里推导出一种适合在FPGA上实现从RGB到YCbCr颜色空间变换的新算法，采用单片FPGA完成电路设计，利用FPGA内嵌DSP核实现乘法运算，提高了转换算法的运行速度。

从最初仅有几个的门逻辑的简单数电路，到目前已出现的千万门以上的大规模集成电路，数字电路技术获得了突飞猛进的发展。现场可编程门阵列FPGA目前已逐渐成为数字信号处理系统的核心器件，应用在通信、网络、图形、视音频等多个领域。FPGA包含大量的逻辑资源可实现复杂数字系统的设计。搭建功能强大的多媒体处理系统，是定制ASIC技术的原型和可编程替代方案。对于不同的多媒体处理要求，设计者只需要用软件修改FPGA内部的逻辑功能即可满足。FPGA由逻辑功能块排列成阵列组成，并由可编程的内部连线连接这些逻辑功能块来实现不同的设计，具有更高密度、更大容量、更复杂的布线结构和逻辑实现。

Altera为配置Cyclone II

FPGA提供了低成本的串行配置器件。这些串行配置器件定价为批量应用，成本是相应Cyclone II

FPGA的10%。四个串行配置器件(1Mbit、4Mbit、16Mbit和64Mbit)提供了节省空间的8脚和16脚SOIC封装。器件中任何不用于配置的存储器可用于一般存储，进一步增强其价值。本课题正是基于提高图像处理速度和系统后续扩展性的考虑，对基于FPGA的图像处理算法进行研究，并采用FPGA来验证。在图像处理系统中，由于几乎所有像素都采用的是相同的操作，存在固有的并行性，完全切合FPGA的功能特点，所以把数据处理量大而运算相对简单的前端图像处理部分利用FPGA来完成，从而大大加快图像处理的速度，真正实现实时图像处理。

- 1 -

GA的图像颜色空间变换设计

第1章 绪论

1.1 课题背景

多媒体处理技术与人们的生活息息相关，是涉及算法、软件、系统的综合技术。目前常用的多媒体编程语言有C、C++、C#、MATLAB、Java等，编程工具有Visual Studio、MATLAB、AVS(Application Visualization System)、APIDER(Subroutine Package for Image

Data Enhancement and Recognition)、IUE(Image Understanding

Environment)等，进行音频、视频处理的工具有OpenCV、DirectShow等，进行多媒体处理的系统有计算机、DSP、FPGA、SOC、ASIC等构成的系统。

随着多媒体和通信技术的发展，视频图像处理的实时性成为人们关注的热点。视频图像处理一般都是用数字信号处理器(digital signal processor，

DSP)来完成的。为了满足实时性要求，往往采用多DSP或DSP阵列的方法，使系统在成本、重量、功耗等方面都会快速升高。现场可编程门阵列(FPGA)运算的并行性和内嵌DSP核等特点，能够提高运算速度满足视频处理的实时性要求。在视频图像显示、处理时，采用的颜色空间主要有RGB，YCrCb两种。RGB基于三基色原理，颜色实现简单，在计算机、电视机显示系统中应用广泛，YCrCb将颜色的亮度信号与色度信号分离，易于实现压缩，方便传输和处理。在视频压缩、传输等应用中经常需要实现RGB与YCbCr颜色空间的相互变换。这里推导出一种适合在FPGA上实现从RGB到YCbCr颜色空间变换的新算法，采用单片FPGA完成电路设计，利用FPGA内嵌DSP核实现乘法运算，提高了转换算法的运行速度。

。

从最初仅有几个的门逻辑的简单数电路，到目前已出现的千万门以上的大规模集成电路，数字电路技术获得了突飞猛进的发展。现场可编程门阵列FPGA目前已逐渐成为数字信号处理系统的核心器件，应用在通信、网络、图形、视音频等多个领域。FPGA包含大量的逻辑资源可实现复杂数字系统的设计。搭建功能强大的多媒体处理系统，是定制ASIC技术的原型和可编程替代方案。对于不同的多媒体处理要求，设计者只需要用软件修改FPGA内部的逻辑功能即可满足。FPGA由逻辑功能块排列成阵列组成，并由可编程的内部连线连接这些逻辑功能块来实现不同的设计，具有更高密度、更大容量、更复杂的布线结构和逻辑实现。

随着超大规模集成电路技术的迅速发展，为了进一步提高图像处理系统的实时性，一种新的方法是使用现场可编程门阵列FPGA (Field Programmable Gate Array)。Altera公司2004年推出了新款Cyclone II系列FPGA器件。Cyclone II FPGA的成本比第一代Cyclone器件低30%，逻辑容量大了三倍多，可满足低成本大批量应用需求。Cyclone II

器件系列也在电信、计算机外设、工业和汽车市场上获得了巨大的进步。Cyclone

II器件包含了许多新的特性，如嵌入存储器、嵌入乘法器、PLL和低成本的封装，这些都为诸如视频显示、数字电视(DTV)、机顶盒(STB)、DVD播放器、DSL调制解调器、家用网关和中低端路由器等批量应用进行了优化。Cyclone

II器件采用TSMC90nm低K绝缘材料工艺技术，这种技术结合Altera低成本的设计方式，使之能够在更低的成本下制造出更大容量的器件。这种新的器件比第一代Cyclone产品具有两倍多的I/O引脚，且对可编程逻辑，存储块和其它特性进行了最优的组合，具有许多新的增强特性。在Cyclone

II

FPGA中除了大幅度降低实现成本之外，还具有100DMIP的性能，Altera为配置

- 2 -

程大学毕业设计(论文)

Cyclone II

FPGA提供了低成本的串行配置器件。这些串行配置器件定价为批量应用，成本是相应Cyclone II

FPGA的10%。四个串行配置器件(1Mbit, 4Mbit, 16Mbit和64Mbit)提供了节省空间的8脚和16脚SOIC封装。器件中任何不用于配置的存储器可用于一般存储，进一步增强其价值。本课题正是基于提高图像处理速度和系统后续扩展性的考虑，对基于FPGA的图像处理算法进行研究，并采用FPGA来验证。在图像处理系统中，由于几乎所有像素都采用的是相同的操作，存在固有的并行性，完全切合FPGA的功能特点，所以把数据处理量大而运算相对简单的前端图像处理部分利用FPGA来完成，从而大大加快图像处理的速度，真正实现实时图像处理。

1.2课题研究目的和意义

嵌入式的图像处理系统主要也是由三大部分组成。包括图像采集模块—图像传感器，图像处理模块—各式的处理器芯片和存储器，结果输出模块—显示设备或是执行机构。它区别于传统的PC机图像处理系统，体积更小、价格也更低;同时在功能上更有针对性，实时性也更高。由于这些优点，使得对嵌入式图像处理系统的研究成为目前的一个热点之一。研究开发嵌入式的图像处理系统具有广阔的研究背景和很大的实际意义。FPGA和DSP是目前最常用的处理器芯片，也是我们图像处理器的主要选择来源。相比较来说，DSP更适合于串行算法，软件上更容易实现并且适合实现较复杂的算法，开发难度系数也比较低。而FPGA因其独特的内部结构，比较适合并行算法，硬件本身的更改更具有灵活性。DSP做为现在比较通用的数字信号处理器，在大规模的信号处理上因其善于做单指令周期的硬件乘法和累加的操作有独特的优势。同时，DSP在存储器上采用哈佛体系结构(数据存储器 and 程序存储器是分开的)，还有流水线形式的指令执行方式，这些都有效地提高了指令的执行效率。在

DSP

上进行的视频处理，相对于使用其他的嵌入式处理器芯片，拥有更大的开发自由度，可以进行更个性化的开发;此外，在开发周期上，由于 DSP 的开发通用性，开发时间也更短;DSP 还提供了很多视频专用功能，使得视频处理能力更强。以上这些优势使得 DSP 在进行视频图像处理领域上有了广泛的应用。FPGA 是基于数字系统设计的现场可编程门阵列，它填补了基于软件开发的微处理器的缺陷。对于像 51、ARM、DSP 等处理器，需要靠软件才能完成相应的开发;而且，比起定制芯片，它们的运行速度缓慢且功率消耗较大。当然，FPGA 也不是定制芯片，它无法达到定制芯片的处理速度并且功耗更大相对价格也比较昂贵。但是，相对于定制芯片 FPGA 也具有本身的优势。从完成设计到得到产品，FPGA 更加高效。把设计的程序烧进去就可以进行测试。其次，FPGA 可以作为制作样机的工具。虽然 FPGA 本身不是定制芯片，但是却可以完成定制芯片功能的设计。完成的逻辑设计可以很快地得到验证，并且通过流片可快速生产出专用功能的芯片。此外，FPGA 虽然作为标准器件，但是同一类型的 FPGA 却可以完成不同类型的设计，降低了库存费用。

1.3 图像处理技术发展历史、现状及发展趋势

图像的识别与分割是图像处理领域研究最多的课题之一，但它们依然是众多研究人员的研究重心，因为已经取得的成果远没有待解决的问题多。图像识别的发展经历了三个阶段:文字识别、数字图像处理与识别、物体识别。文字识别的研究是从1950年开始的，一般是识别字母、数字和符号，从印刷文字识别到手写文字识别，应用非常广泛，

并且已经研制了许多专用设备。数字图像处理和识别的研究开始于1965年。数字图像与模拟图像相比具有存储、传输方便可压缩、传输过程中不易失真、处理方便等巨大优势，这些都为图像识别技术的发展提供了强大的动力。物体的识别主要指的是对三维世界的客体及环境的感知和认识，属于高级的计算机视觉范畴。它是以数字图像处理与识别为基础的结合人工智能、系统学等学科的研究方向，其研究成果被广泛应用在各种工业及探测机器人上。现代图像识别技术的一个不足就是自适应性能差，一旦目标图像被较强的噪声污染或是目标图像有较大残缺往往就得出理想的结果。

图像识别问题的数学本质属于模式空间到类别空间的映射问题。目前，在图像识别的发展中，主要有三种识别方法:统计模式识别、结构模式识别、模糊模式识别。图像分割是图像处理中的一项关键技术，自20世纪70年代，其研究已经有几十年的历史，一直都受到人们的高度重视，至今借助于各种理论提出了数以千计的分割算法，而且这方面的研究仍然在积极地进行着。现有的图像分割的方法有许多种，有阈值分割方法，边缘检测方法，区域提取方法，结合特定理论工具的分割方法等。从图像的类型来分有:灰度图像分割、彩色图像分割和纹理图像分割等。早在1965年就有人提出了检测边缘算子，使得边缘检测产生了不少经典算法。但在近二十年间，随着基于直方图和小波变换的图像分割方法的研究计算技术、VLSI技术的迅速发展，有关图像处理方面的研究取得了很大的进展。图像分割方法结合了一些特定理论、方法和工具，如基于数学形态学的图像分割、基于小波变换的分割、基于遗传算法的分割等。国内的此类系统研究相对起步较晚，而且侧重点方面也更倾向于硬件电路的设计，现在真正应用的视频图像处理系统大部分都只能针对特定的工作环境，实现单一的处理功能，但对于一套系统能够自适应实现多种算法的研究较少。而且更多的是在摄像头采集信号后，经过远程通信送到计算机等大型处理器利用软件来实现对图像的处理。这不仅造成了资源的浪费，同时在远程传输通信过程中也增加了图像信号受干扰的程度降低了系统的实时性。

21世纪的多媒体处理要向高清晰、高质量化方面发展。高质量化内容包括6个方面，即高分辨率、高速度、立体化、多媒体化、智能化和标准化

。

1) 高分辨率

高分辨率即高清晰度，对提高图形图像质量至关重要。目前高清电视HD TV或显示屏幕分辨率一般为1024线，现在已经达到2000线以上，其图像质量随着技术的增长继续提高。

2) 高速度

高速度的最终目标是要实现图形图像的实时处理，这在动态目标的生成、识别和跟踪上有重要的意义。例如在军事和动画模拟方面的应用。目前一般的处理器处理速度有几百个或几千个MIPS。随着技术的提高，处理器处理速度将达到几百万MIPS，可按人脑的速度实时进行图形图像的生成和识别。

3) 立体化

立体化包括的信息最为完整和丰富多样。未来采用三维建模和数字全息技术将有利于达到这个目的，图形和图像将结合得越来越紧密。

4) 多媒体化

目前多媒体系统只限于处理声音、图像和文字，将来多媒体还将包括处理触觉和嗅觉信息，当然难度也会大大增加。

5) 智能化

最终目标是要实现图形图像等多媒体信息的智能生成、处理、识别和理解。

- 4 -

程大学毕业设计(论文)

6) 标准化

为了充分利用科学技术成果，实现资源共享，避免重复劳动，标准化、模块化、可扩展性是必不可少的。

新理论与算法的研究，处理算法更复杂、更智能，处理软件更加标准化和人性化。另外结合人和动物的视觉特性、心理学特性的研究进展和成果，近年来出现了一些研究热点，如小波分析、分形几何、遗传算法、模糊技术、人工神经网络等。处理器件向低成本、低电压、低功耗、微封装和环保型发展，处理系统向更快速度、更高密度、更大容量的系统级方向迈进。

1.4 本文研究主要内容

论文在分析图像处理系统研究现状的基础上，结合FPGA自身的结构特点，采用模块化设计的思路，选用Altera公司的Cyclone II系列EP2C35F484C6作为核心芯片，设计研究基于FPGA的实时图像处理系统平台。首先，该系统设计在合理配置系统硬件资源实现视频输入输出环路实验的基础上，利用VHDL硬件描述语言，编写FPGA的图像处理单元，以使系统能够实现自适应图像处理控制的功能。然后，在满足系统功能的情况上，充分利用FPGA的内部资源降低系统成本，增强系统的适应。

第一章，介绍系统的课题背景及国内外相关产品的发展现状，对基于FPGA的图像处理系统做简单介绍，本论文的研究内容。

第二章，综述FPGA芯片及选择理由；综述RGB空间和YCbCr空间及两种颜色空间转换算法。

第三章，设计颜色空间转换系统，构建硬件电路，完成系统要求。

第四章，在Quartus II上构建系统模块组件，利用VHDL语言实现颜色空间转换系统，最终完成本设计重要部分。

第五章，在硬件和软件的设计基础上，基于Quartus II软件完成设计的仿真，验证系统设计的正确性。

总结和展望。受各方面条件的影响，所设计系统难免有不足之处，该部分对整个系统的优势进行了总结，并对类似系统设计的下一步开发进行了相应地分析和展望。

- 5 -

GA的图像颜色空间变换设计

第2章 系统设计选择及颜色空间算法

针对本系统所要实现功能的需求，处理芯片可以选择Altera的低成本系列的FPGA Cyclone系列或Cyclone II系列。这两个系列的器件推出时间较早，产品和技术都比较成熟，考虑到Cyclone II系列FPGA是Cyclone系列的升级产品，在制造工艺、逻辑资源总量、嵌入式存储器大小和嵌入式乘法器数量等方面都要优于Cyclone系列，因此本系统选择了使用Cyclone II系列FPGA作为主处理芯片。

自然界中的任何一种颜色都可用这三种基本颜色按不同的比例混合得到，它们构成一个三维的RGB矢量空间。这即是色度学中最基本的原理——三原色原理。任一种颜色和这三种颜色之间的关系可用下面的式子来描述：

任一颜色 = R(红色光的百分比) + G(绿色光的百分比) + B(蓝色光的百分比)

在数字电视中一般采用YCbCr颜色坐标。该颜色坐标是在20世纪80年代由国际无线电咨询委员会CCIR(International Radio Consultative Committee)制定的彩色电视图像数字化准(称为CCIR 601标准，现改为ITU-RBT.601标准)规定的。Y、Cb和Cr分量是模拟YUV分享的伸缩和移位，这里引入的伸缩和移位运算产生的分量为无符号正整数。YCbCr坐标与RGB坐标之间的关系如下：

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ 0.148 & 0.291 & 0.439 \\ 0.439 & 0.368 & 0.071 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.063 \\ 0.500 \\ 0.500 \end{bmatrix}$$

= + (公式2-1)

在本设计根据设计要求，选择RGB坐标转换到YCbCr坐标。

2.1 Altera Cyclone II 系列 FPGA 介绍

继Altera 2002年成功推出第一代130nm的Cyclone FPGA系列大获成功之后，2004年，又推出了90-nm工艺的Cyclone II系列FPGA。Cyclone II系列FPGA是针对低成本进行设计的，其成本比第一代的Cyclone器件低了30%，逻辑容量大了三倍多，扩展了FPGA在成本敏感性、大批量应用领域的影响力，使其以低于ASIC的成本实现了高性能和低功耗。用户可以单独使用Cyclone II FPGA，另外，由于Cyclone II器件中增加了乘法器模块，大大增强了DSP处理的能力，因此，也可以把它作为数字信号处理器(DSP)解决方案来使用。除此之外，Cyclone II系列FPGA还提供了高性价比的嵌入式解决方案。由于Cyclone II器件有如上这些特性，使得该系列器件被各种终端产品所广泛使用，涉及的领域包括汽车、医疗、军事和航天、广播、计算机、存储和通信等。

FPGA由可编程逻辑单元 LE(Logic Element)有机的组合在一起，构成更大的功能单元—逻辑阵列模块 LAB (Logic Array Block)。这些功能模块可以用连线连接起来来实现不同的功能，而连接方式也是可编程的。它的结构可以分为三个部分:输入输出块 IOE (Input,Output Element)、逻辑阵列模块 LAB 和可编程连线资源 PIA (Programmable InterconnectArray)。器件主要由逻辑阵列块 LAB，锁相环 PLL，I/O 单元，内嵌存储器和内嵌乘法模块组成。且 Cyclone II 系列在逻辑单元的数量上有了明显提高。

Cyclone

II器件延续了第一代Cyclone器件系列的成功，采用全铜层、低K值、1.2V

SRAM工艺设计，采用300毫米晶圆，以TSMC成功的90nm工艺技术为基础进行制造。该系列器件提供了4608到68416个逻辑单元，并具有一整套最佳的功能，包括18bitX18bit嵌入式乘法器、专用外部存储器接口电路、4kbit嵌入式存储器块、锁相环(PLL)和高速差分I/O等。Cyclone II系列所有型号FPGA及性能指标如表2-1所示。

表2-1 Cyclone II系列器件指标

器件	EP2C5	EP2C8	EP2C15	EP2C20	EP2C35	EP2C50	EP2C70
逻辑单元	4608	8256	14448	18752	33216	50528	68416
M4K块	26	36	52	52	105	129	250
RAM总位数	119808	165888	239616	239616	483840	594432	1152000
嵌入式乘法器	13	18	26	26	35	86	150
PLL	2	2	4	4	4	4	4
最大用户引脚	158	182	315	315	475	450	622

Cyclone

II系列FPGA包含二维的行、列结构，用来实现定制逻辑，其内部提供了逻辑阵列、内嵌存储块和内嵌乘法器之间的信号连接。Cyclone II将16个逻辑单元(LE)有机的组合起来，构成更大功能的逻辑单元——逻辑阵列块(Logic Array Block, LAB)，LAB之间按行和列进行分组和互联，行之间的连线有R4和R24，列之间的连线有C4和C16。LAB、RAM等模块的内部还有局部互联线，这些丰富的连线资源使FPGA有了很强的灵活性。

综合考虑芯片的最大时钟频率、逻辑资源量、最大 I/O 引脚数以及价格等因素，本次设计采用 Cyclone II 系列 EP2C35F484C6芯片作为核心处理器，它是当前市场上性价比较高且价格较低的 FPGA

之一。它拥有33216个逻辑单元，105个M4K存储块，4个数字锁相环，35个嵌入式乘法器模块，484个最大通用I/O引脚，这些丰富的资源能够满足本系统对图像处理的需求。

2.2 颜色空间介绍及转换算法

现场可编程门阵列(FPGA)运算的并行性和内嵌DSP核等特点，能够提高运算速度满足视频处理的实时性要求。在视频图像显示、处理时，采用的颜色空间主要有RGB，YCrCb两种。RGB基于三基色原理，颜色实现简单，在计算机、电视机显示系统中应用广泛，YCrCb将颜色的亮度信号与色度信号分离，易于实现压缩，方便传输和处理。在视频压缩、传输等应用中经常需要实现RGB与YCbCr颜色空间的相互变换。

2.2.1 颜色空间介绍

要了解颜色空间的概念，首先得从人的视觉特性谈起。人们获取信息的70%来自视觉系统，颜色是视觉系统对可见光的感知结果。人眼对不同波长的红(R)、绿(G)、蓝(B)光的感知度是不同的，例如对蓝光的感知度最弱，自有0.1左右，对绿光的感知度最强，约为0.6。人眼对亮度的感知度较大，为0.8左右。

通常，我们看得的光不是单一波长的光，而是许多不同波长的光的组合。
不同波

长的光呈现出的颜色各不相同，依次为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，这些颜色会形成人的不同色彩感觉。人眼对色彩差异的分辨力远远高于对黑白灰度级差异的分辨力，于是产生了直接利用人眼的生理特性和对灰度图像细节信息色彩化处理的伪彩色技术，通过伪彩色处理，可以明显改善图像的识别性能，更利于人眼观察。自然界中的任何一种颜色都可用这三种基本颜色按不同的比例混合得到，它们构成一个三维的RGB矢量空间。

这即是色度学中最基本的原理——

三原色原理。任一种颜色和这三种颜色之间的关系可用下面的式子来描述：

任一颜色 = R(红色光的百分比) + G(绿色光的百分比) + B(蓝色光的百分比)

例如，彩色电视机和计算机的显示器的阴极射线管(CRT)。就是使用3个电子枪分别产生红、绿和蓝三种波长的光，并以各种不同相对强度综合起来产生颜色的。如果将R、G、B看成3个变量，那么就形成一个三维彩色空间。可以用一个三维的立方体来表示它们能组成的所有颜色。RGB色彩空间采用物理三原色表示，因而物理意义很清楚，适合彩色显像管工作。但是用RGB坐标系表示颜色也有不方便之处，因为不能直接得到亮度，所以在转换成黑白图像时稍有不便。

自从电视发明以来，为了更加有效地压缩图像的数据量以便充分利用传输通道的带宽或者节省存储空间，人们开发了许多颜色空间。例如，NTSC彩色模拟电视制式采用的YIQ颜色空间；PAL和SECAM彩色模拟电视制式采用的YUV颜色空间；数字电视系统则采用YCbCr或者Y'PbPr颜色空间。这些颜色空间都是要把用RGB颜色空间辨识的电视图像转换成其他颜色空间表示的图像。

在数字电视中一般采用YCbCr颜色坐标。该颜色坐标是在20世纪80年代由国际无线电准(称为CCIR 601标准，现改为ITU-RBT.601标准)规定的。Y、Cb和Cr分量是模拟YUV分享的伸缩和移位，这里引入的伸缩和移位运算产生的分量为无符号正整数。YCbCr坐标与RGB坐标之间的关系如公式2-2和公式2-3所示：

$$\begin{bmatrix} Y \\ \mathbf{Cb} \\ \mathbf{Cr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ 0.148 & 0.291 & 0.439 \\ 0.439 & 0.368 & 0.071 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{R} \\ G \\ B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.063 \\ 0.500 \\ 0.500 \end{bmatrix}$$

= + (公式2-2)

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

= (公式2-3)

这两个坐标之间的关系如图所示2-1:

- 8 -

程大学毕业设计(论文)

WhYe(1,1,1)(1,1,0)

MaRMa

(1,0,1)WhRYeB(1,0,0)BkCrYGCy(0,1,0)GCy(0,1,1)

BkCbB(0,0,0)(0,0,1)

图2-1 RGB坐标到YCbCr坐标之间的关系

2.2.2 颜色空间转换的定点运算实现

在可编程逻辑电路中定点运算比较容易实现，因此可用可编程逻辑器件实现颜色空间转换芯片一般都是采用定点运算。下面举一个从RGB颜色空间到YCbCr颜色空间转换的例子。其中转化公式如式2-

1所示。RGB颜色到YCbCr的转换矩阵的系数可以通过有限字长的定点无符号二进制数来表示。转换矩阵的系数原来都是范围从-

1到1的实数。采用宽度为n位的无符号二进制数来表示转换系数的绝对值。设转换矩阵的某个系

n数为c，则其定点表示为 $e \cdot 2^c$ 的四舍五入取整数。例如RGB颜色空间到YCbCr颜色空间的转换矩阵的第一行第一列为0.257，采用8位无符号二进制来表示，其系数应该为 $0.257 \cdot 256 = 65.792$ 的四舍五入后取整数，即为66。

若采用8位来表示转换矩阵系数，得到YCbCr坐标与RGB坐标之间的关系如下:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \mathbf{Cb} \\ \mathbf{Cr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix}$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/815022311123011221>