

上海大学出版社

2006年上海大学博士学位论文 54



# 平板显示器灰度控制的分形 方法研究及IP核实现

- 作者：徐美华
- 专业：控制理论与控制工程
- 导师：费敏锐 冉峰



上海大学出版社

2006年上海大学博士学



# 平板显示器灰度控制的分形 方法研究及IP核实现

- 作者：徐美华
- 专业：控制理论与控制工程
- 导师：费敏锐 冉峰



SEU 06672721

**图书在版编目(CIP)数据**

2006年上海大学博士学位论文.第2辑/博士学位论文编辑部编.—上海:上海大学出版社,2010.6

ISBN 978-7-81118-513-3

I. 2... II. 博... III. 博士—学位论文—汇编—上海市—2006 IV. G643.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第162510号

**2006年上海大学博士学位论文**

——第2辑

上海大学出版社出版发行

(上海市上大路99号 邮政编码200444)

(<http://www.shangdapress.com> 发行热线66135110)

出版人:姚铁军

\*

南京展望文化发展有限公司排版

上海华业装潢印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本 890×1240 1/32 印张 278 字数 7 760 千

2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷

印数:1—400

ISBN 978-7-81118-513-3/G·514 定价:880.00元(44册)

Shanghai University Doctoral Dissertation (2006)

# **Fractal Methodology Research and IP Core Implementation for FPD Grey Scale Controlling**

**Candidate:** Xu Meihua

**Major:** Control Theory and Control Engineering

**Supervisor:** Fei Minrui

Ran Feng

**Shanghai University Press**

• Shanghai •

# 上海大学

本论文经答辩委员会全体委员审查,确认符合上海大学博士学位论文质量要求。

答辩委员会名单:

主任:	赖宗声	教授,华东师范大学	200062
委员:	黄道	教授,华东理工大学	200237
	李斌	教授,上海大学	200072
	陈启军	教授,同济大学	200092
	赵建忠	教授,上海集成电路协会	200233
导师:	费敏锐	教授,上海大学	200072
	冉峰	教授,上海大学	200072

评阅人名单:

- |            |                     |        |
|------------|---------------------|--------|
| <b>赖宗声</b> | 教授, 华东师范大学          | 200062 |
| <b>李 斌</b> | 教授, 上海大学            | 200072 |
| <b>薛忠杰</b> | 教授, 中国电子科技集团第五十八研究所 | 200062 |

评议人名单:

- |            |                       |        |
|------------|-----------------------|--------|
| <b>任俊彦</b> | 教授, 复旦大学              | 201203 |
| <b>张兆扬</b> | 教授, 上海大学              | 200072 |
| <b>程兆年</b> | 研究员, 中科院上海微系统与信息技术研究所 | 200050 |
| <b>施文康</b> | 教授, 上海交通大学            | 200030 |

## 答辩委员会对论文的评语

高清晰度大屏幕平板显示技术是国家和上海地区“十一五”科技规划的重点研究领域之一,而灰度扫描的利用率和效率问题是当前 FPD 向高清晰度大屏幕发展的共性问题 and 瓶颈所在。论文利用分形理论对之进行深入研究,从理论和实际应用上提出了一种新的解决方法。选题属前沿性研究,具有重要的学术和应用价值。

论文在充分的文献调研基础上展开了深层次探索和研究,并获得了以下创新性成果:

1. 构建 FPD 灰度扫描的时空映射拓扑架构,提出了子空间的划分策略及其 FPD 灰度控制的最优扫描结构的数学模型,从而有效解决了扫描成像中的时间冗余问题,为获得最大可能的扫描利用率提供了新思路,特别是在 FPD 图像显示及其控制理论方面进行了原始创新。

2. 率先将分形几何学的理论用于研究 FPD 灰度成像的扫描结构,提出了自相似分形扫描模型及分形维数的控制策略,创立和导出了分形扫描的数学模型,并以此开发了相应的算法。

3. 设计和研发了具有自主知识产权的分形扫描 IP 核,并以 FPGA 方式实现用于灰度变换控制器中,为进一步开发相关的专用集成电路奠定了基础。

4. 将上述技术和理论应用于 LED 平板显示系统中,得到了实验的验证,为高清晰度 FPD 显示器件急需解决的传

递速度的瓶颈问题提供了理论和实验依据。

论文内容丰富、条理清晰、实验数据充实、分析严谨、创新性强,体现了作者具有坚实宽广的专业基础、系统深入的专门知识以及很强的独立研究能力。

答辩时论述清晰,回答问题正确,达到工学博士学位的水平。

## 答辩委员会表决结果

经答辩委员会表决,全票同意通过徐美华同学的博士学位论文答辩,建议授予工学博士学位。

答辩委员会主任: **赖宗声**

2006 年 6 月 10 日



## 摘 要

高清晰度大屏幕平板显示产品是我国科学研究的优先主题和国民经济发展的重点领域,灰度是平板显示器显示效果的重要评定参数,而目前平板显示器图像的灰度控制多采用脉宽调制的方法,顺序地扫描显示像素的点、行和帧,在写入显示像素点的重复次数中获得灰度调制,存在较多时间资源的浪费,使存贮空间到显示平面的传递速度成为多媒体数字存贮型平板显示器在高清晰度发展方向上的瓶颈问题。

针对平板显示器灰度控制中的时间冗余问题,本文利用分形理论对平板显示器灰度控制中的若干问题进行了深入的研究,论述了平板显示器的时空映射拓扑架构的构建、平板显示器灰度成像最优扫描结构的导出及论证、分形扫描模型的创立及自相似分形维数的推导;最后详细叙述了具有自主知识产权的分形扫描 IP(Intellective Property)核以及应用系统的设计与实现。主要工作和成果包括以下几个方面:

1. 从理论分析和实验验证的角度介绍了图像存贮区、显示介质及视觉空间信息传递机理与时间冗余分布特征,指出了多媒体数字存贮型平板显示器在向高清晰度发展时的主要瓶颈及其原因所在;阐述了将空间的灰度存贮矩阵平面映射到灰度扫描时空平面,以构建 FPD 灰度扫描的时空映射拓扑架构的过程和原理;通过研究灰度扫描时空平面的时间冗余的分布特

征,确定 FPD 时空映射拓扑架构的子空间划分策略,将全局平面分解为多个局部区域,从而突破通常逐行、逐点重复写入形成灰度等级的成像方法,并提出子空间按位扫描方法,为消除冗余、提高扫描效率、降低刷新频率提供一种新思路。

2. 根据子空间按位扫描方法消除时间冗余的思想构造并论证了可获得平板显示器最高扫描效率的最优扫描结构;根据灰度扫描时空拓扑结构的分形特征和最优扫描结构的自相似迭代过程,创立分形扫描的数学模型;研究目前有关的各种分形维数定义、性质及计算方法,推导 FPD 分形扫描中的 Hausdorff 分形维数及自相似分形维数。该理论模型及相应的维数控制策略是解决存贮空间到显示平面的传递速度瓶颈问题的关键所在,对平板显示器实现灰度成像的高压缩比(高速扫描)、实现最高扫描效率具有指导性意义。

3. 导出了理论模型到逻辑实现的通用算法,重点研究本文提出的分形模型在平板显示灰度控制中的关键技术。具体包括:建立分形扫描核心模块架构;研究每个扫描时间对应的子空间码和位码序列的生成及逻辑实现,其中采用格雷编码定位器优化策略生成子空间码序列,可简化硬件逻辑、提高系统的抗干扰能力;通过 ROM 表和纯逻辑两种方法完成硬件逻辑实现,并在此基础上设计了适合各种灰度等级的、具有自主知识产权的分形扫描软核;给出的仿真结果表明所设计的 IP 核达到预期目标;扫描性能的分析与比较表明与传统扫描方法比较,随着灰度级数的提高,分形扫描方法可显著地提高扫描效率。

4. 设计完成了基于分形 IP 核的 FPD 扫描控制系统,用 LED 平板显示器构建 FPD 样本验证平台和测试平台;整个系

统包括多媒体视频显示卡的选用,网络视频传送卡的设计,分形扫描控制器以及平板显示行列驱动面板的设计、验证与制作。使用高速以太网络的物理层协议技术取代传统的多芯差分长线数据传送,提高了数据发送和接收的可靠性;在 LED 扫描控制器中,实现了 FPGA 的硬件环境框架与 Verilog 描述的分形扫描 IP 核嵌入的控制方式,有效提高成像灰度等级和画面质量。在 LED 平板显示行列驱动面板部分,采用并行译码的列驱动技术取代传统的串行移位扫描模式,配合分形扫描技术,大幅提高了显示系统的帧频速度。通过系列应用验证,证明该系统不仅可以实现平板显示器的高清晰度、高分辨率的视频图像显示,更重要的是可以不采用高速 IC 器件,降低了平板显示器的驱动代价,同时获得了具有自主知识产权的创新性的平板显示器的灰度控制方法。

**关键词** 平板显示器,时间冗余,时空映射,子空间分割,自相似分形扫描方法,分形维数,IP 核

## Abstract

In our country the high articulation FPD's (Flat Panel Display) products are the preferential topic of scientific research and key domain of national economy development, and the gray scale is an important parameter to judge the display quality. The main method to control the FPD's gray scales nowadays is Pulse Width Modulation (PWM) one that orderly scans the display pixel by row, column and frame to obtain the gray scale display. The time waste produced in the scanning process results in the bottle problem of high articulation multimedia FPDs development.

Aiming at the time redundancy in the FPD imaging process, the thesis thoroughly studied the some problems for FPD gray scale controlling based on the fractal theory, dissertates the construction of the space-time mapping topology architecture, the proposition of optimal scanning structure for FPD's gray imaging, and the creation of the fractal theoretic model and its self-similar fractal dimension, then discusses detailedly the designing, implementation process and the application result of a fractal scanning IP (Intellective Property) core for the purpose of eliminating time redundancy and increasing the scanning availability. The main work and achievements are listed as follows:

1. The author introduces the transfer mechanism among digital memory, display media and visual space, the distributing characteristic of time redundancy in view of theoretical analysis and experimental verifying, indicates the bottle problem and its causation of high articulation multimedia FPDs development, then dissertates the construction of the space-time mapping topology architecture that cast gray scale matrix in space to a gray scale scanning space-time plane. The sub-space partition strategy was ascertained by the distributing characteristic research of time redundancy. A sub-space scanning method by bit was proposed to provide a novel approach of raising scanning efficiency, which broke through the traditional imaging method by decomposing one plane into muti-planes

2. The thesis studied the optimal scanning scheme of gray scale imaging based on the fractal geometry, proposed the mathematic model for fractal scanning by analyzing the fractal characteristic of space-time mapping topology, then deduced the Hausdorff fractal dimension and self-similar dimension of FPD's scanning structure by present definition, property and calculating method for fractal dimension. The theoretic model and its dimension control strategy have significant meaning to solve the bottle problem of transfer speed from memory space to display plane.

3. Studying the logic implementation of the theory model is also an important task which is the key technique of FPD's gray scale control IP core. The designing content included the

constitution of blockdiagram, creation and logic implementation of sub-space code sequences that can simplify hardware and raise anti-interference ability by applying Gray Code locator. There were two methods to complete the hardware realization of sub-space code and bit code, namely ROM table mode and logic mode. On the facts mentioned above, the author have designed the fractal scanning IP core which can adapt to all kinds of gray scales, and the simulation result indicates that the designed IP core accords with the prearrange objective. Compared with the traditional scanning method, the novel method can increase scanning availability apparently, especially in the case of high gray scales.

4. The LED display systems have been designed and accomplished to validate the fractal scanning IP core. The system is made up of the multimedia video card, the Ethernet video transmitter unit, the fractal scanning controller and the LED flat panel display. Using the fast Ethernet agreement technique to substitute the traditional difference data transfer method obtained the advantages such as fast speed, long distance data transmission and the high reliability of transceiving data. The novel control mode that the fractal scanning IP core described with Verilog language is embedded in the FPGA hardware frame can efficiently increase the imaging gray scales and quality in the LED scanning controller. Adopting parallel decoding joined with fractal scanning technique can speed up frame frequency of display system. Serial applications and tests indicate that there is no

need to using high-speed IC circuits in the system to realize the high articulation and resolution display of video image, and cost for driver is cut down also. The most important fact is that we have achieved the IP core of creationary control method for FPD's gray scale controlling.

**Key words** flat panel display, time redundancy, space-time mapping, subspace partition, self-Similar fractal scanning method, fractal dimension, IP core

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
1.1 研究背景 .....	2
1.2 研究内容及意义 .....	15
1.3 主要研究成果及创新点 .....	16
1.4 论文安排 .....	18
<b>第二章 基于时空映射拓扑架构的 FPD 扫描方法研究</b> .....	19
2.1 临界闪烁频率及视觉响应 .....	19
2.2 FPD 灰度扫描的时空映射拓扑架构 .....	25
2.3 基于时空映射拓扑架构的灰度扫描方法研究 .....	29
2.4 小结 .....	38
<b>第三章 最优扫描结构及分形模型</b> .....	40
3.1 FPD 灰度显示的最优扫描结构 .....	40
3.2 最优扫描结构的分形模型 .....	46
3.3 分形扫描模型的分形维数 .....	51
3.4 小结 .....	56
<b>第四章 分形扫描 IP 核的算法研究与实现</b> .....	58
4.1 分形扫描核心模块架构设计 .....	58
4.2 分形扫描核心模块的 ROM 表格实现方法 .....	63
4.3 分形扫描核心模块的纯逻辑算法推导及实现 .....	67
4.4 分形扫描方法的参数化 IP 核设计与仿真 .....	81
4.5 扫描性能分析及比较 .....	97



4.6 小结 .....	103
<b>第五章 基于分形扫描 IP 核的 FPD 系统设计与实现 .....</b>	<b>104</b>
5.1 LED 分形扫描控制显示系统结构框图 .....	104
5.2 以太网视频发送卡的设计 .....	106
5.3 基于分形 IP 核的扫描控制系统的设计 .....	111
5.4 基于分形扫描 IP 核的 FPD 系统的应用 .....	134
5.5 小结 .....	135
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>137</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>140</b>
<b>致谢 .....</b>	<b>150</b>