

兰州大学

硕士学位论文

DLP投影显示系统无缝拼接的研究

姓名：柴海峰

申请学位级别：硕士

专业：光学

指导教师：张福甲;熊绍珍

20070501

摘 要

随着时代的发展和经济的进步，计算机网络已在各行业得到广泛应用，多媒体技术对显示设备的功能和性能提出了更高的要求，因此大屏幕投影无缝拼接系统已成为最重要的显示设备之一。大屏幕显示系统广泛应用于交通管理中心、指挥中心、电视台、工业监控等场合，可实现对视频监控信号、计算机图形监控系统、GPS 等计算机图像信息的综合显示，形成一个信息准确、查询便捷、管理高效、美观实用的信息显示管理控制系统。

本课题设计并制作了一个 DLP 投影系统边缘融合拼接处理器的实验板，实现了将一个高分辨率的图像分为两个分图像，按两部分在边缘交叠的方式分别投影。在投影之前，先对相重叠部分的图像信号，按融合函数关系进行淡入淡出的边缘融合处理，叠加后在重叠部分可以消除重叠痕迹，实现了无缝拼接的目标。

本文介绍了大屏幕投影显示系统的一般构成，并分析了 DLP 的投影显示的工作原理；详细阐述了边缘融合技术和 Gamma 校正的原理；陈述了硬件系统中器件的选取及 PCB 板的设计、制作过程；通过 MATLAB 模拟融合结果，使用带有 DVI 接口的 LCD 显示器显示实验结果，并对使用 PR650 光谱光度/色度计对显示结果进行测量；分析了模拟、显示和测量的结果。

DLP 的无缝拼接投影显示系统具有良好的市场前景，是目前十分重要的一种投影技术，所以在南开大学光电子所所承接的国家科技部 863 平板显示项目的支持下，作为兰州大学和南开大学联合培养学生，我选择 DLP 的无缝拼接投影显示系统的研究作为我的论文课题。

关键词：大屏幕显示 无缝拼接 DLP 边缘融合 Gamma 校正 FPGA

Abstract

With the development of the times and economic progress, the computer network in the industry has been widely used, Multimedia technology to the display device and the function of the higher performance requirements. Therefore larger-screen projection system seamless tiling has become the most important one of the display device. Larger-screen display system is widely used in traffic control centers, command centers, television stations, industrial control, and so on. Video can be realized right signal monitoring, computer graphics control system, GPS and other computer images of integrated information, forming an accurate information, inquiries convenient, efficient management, aesthetics and practical information indicating management control system.

The topic of the design and production of an edge-blending processor of a DLP projection system, to achieve a high resolution of the images is divided into two sub-images, in part by two overlapping edges of the projection respectively. The first part of the overlapping image signal by integration function relationships Fade out of the edge of integration, superposed in partially overlapping traces can eliminate duplication and achieve seamless tiling of the goal.

This paper presents a larger-screen projection system shows the general structure, and analysis of the DLP Projection Display of physics; elaborate on the edge-blending Technology and Gamma correction principle; stated hardware system and device selection for PCB design, production process; plate MATLAB simulation through the integration of the results, the use of DVI interface with the LCD display shows the experimental results, PR650 against the use of spectral photometric / colorimeter to show results measurement; Analysis of the simulation, display and measuring results.

The seamless tiling DLP projection display system has good market prospects, is a projection of the importance of technology. In Nankai University photoelectron undertaken by the Ministry of Science and Technology 863 flat panel display support for the project, Lanzhou University, as joint training and Nankai University students I chose the seamless tiling DLP Projection Display System Study as my thesis topic.

Key words: Larger- Screen Display, Seamless tiling, DLP, Edge-blending, Gamma Correction, FPGA

原创性声明

本人郑重声明：本人所呈交的学位论文，是在导师的指导下独立进行研究所取得的成果。学位论文中凡引用他人已经发表或未发表的成果、数据、观点等，均已明确注明出处。除文中已经注明引用的内容外，不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究成果做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。

本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名： 柴海洋 日 期： 2017.5.20

关于学位论文使用授权的声明

本人在导师指导下所完成的论文及相关的职务作品，知识产权归属兰州大学。本人完全了解兰州大学有关保存、使用学位论文的规定，同意学校保存或向国家有关部门或机构送交论文的纸质版和电子版，允许论文被查阅和借阅；本人授权兰州大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用任何复制手段保存和汇编本学位论文。本人离校后发表、使用学位论文或与该论文直接相关的学术论文或成果时，第一署名单位仍然为兰州大学。

保密论文在解密后应遵守此规定。

论文作者签名：崔海峰 导师签名：张福甲 日期：2007.5.20

第一章 绪论

1.1 选题的意义

随着投影显示技术的不断发展,人们欣赏水平逐渐提高,超大画面、超高亮度、以及更高分辨率的显示便成为显示系统的迫切需求,如增加整幅画面显示尺寸、增加显示亮度、提高显示分辨率、缩短投影距离等等。大到指挥监控中心、网管中心的建立,小到视频会议、学术报告、技术讲座和多功能会议的进行,这方面的渴望越来越强烈。在诸多方法中,通过拼接达到大面积的目的,是最为有效而又不易造成图像失真的最佳选择方案^{[1][2]}。多屏拼接系统是大屏幕投影显示系统的灵魂,只有通过多屏拼接,大屏幕投影显示才能显示出其超高分辨率的优越性。但是传统的电视墙、硬拼接投影屏和箱体拼接墙等很难满足人们在这方面的要求。目前迅速崛起的边缘融合大屏幕“无缝”拼接投影显示技术,正在逐步成为适应这一需求的有效途径^[3]。其特点是能有效消除拼接缝隙,使得更大幅面的图像具有很强的整体感和现实感。

近几年来,随着投影显示技术的不断发展,大面积拼接技术已广泛应用于指挥控制、虚拟仿真培训、工业制造设计、科学研究和复杂决策等过程,并且在展览展示、广告、娱乐领域的应用越来越流行。能够实现无缝拼接的关键是边沿融合技术,但该技术国外也仅在上世纪 90 年代才开始,鉴于保密缘故少有文章报道。而目前国内公司以代理国外产品为主,能够独立自主开发的更是微乎其微。为此,在南开大学光电所承接的 863 项目支持下,我依据南开大学光电子所研究融合技术的初步结果,设计制作拼接系统的核心部分——边缘融合拼接处理器。这对发展大面积高画质平板显示技术,开发拥有自主知识产权的产品并实现产业化,是具有现实意义的。

1.2 大屏幕投影显示系统介绍

1.2.1 大屏幕投影显示系统的一般概念

通常的大屏幕拼接投影显示系统,是由多台投影机、多个投影屏幕以及图像控

制器構成。一般用於单个畫面的超大屏幕顯示或特技顯示以及在同一屏幕上的多窗口顯示。此時所有輸入信號全部通過圖像控制器處理之後再分配輸出到各台子投影機上，每個顯示畫面可以跨越投影屏邊界，並要求盡量保證圖像單元之間的縫隙越小越好^[4]。

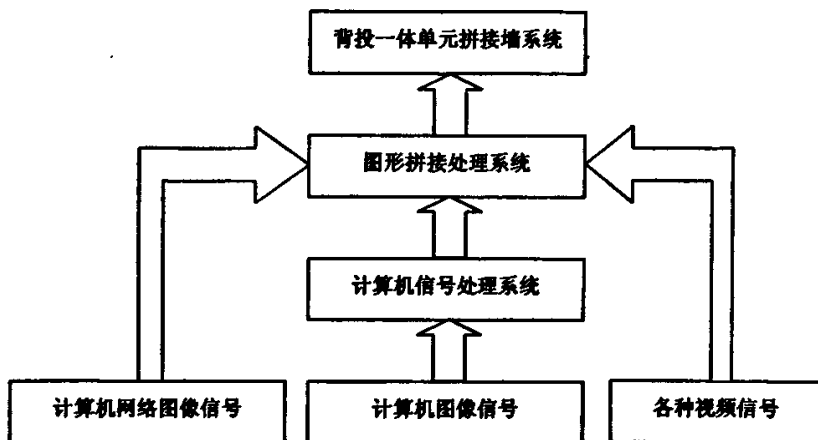


圖 1.1 拼接系統框圖

圖 1.1 示出當前硬拼接投影系統構造示意框圖，它描述不同的信號源的合成與投影的控制過程。其中，圖像拼接處理器是拼接式投影顯示系統的核心，各種需要顯示的信號送到圖像拼接控制器，經處理後，由它再將圖像信號送到相應的投影單元；每個投影單元只顯示整個圖像的一個部分，全部投影單元加在一起就構成了一幅完整的大畫面，大畫面的像素數是各個投影單元分辨率的倍數。

早期的拼接系統主要是以 CRT 拼接牆為主，但 CRT 的拼接牆不僅成本高、顯示效果也很差。採用 LCD 的投影機拼接，因 LCD 投影機存在著若干致命缺陷，如對比度低、光柵效應明顯、單台投影機的颜色一致性差、長時間使用後色彩衰變快等等，使得 LCD 投影技術難於占據拼接顯示領域的主流位置。美國 TI 公司主導的以數字微鏡器件（DMD——Digital Micro-mirror Devices）為基本元件的數字光處理（DLP——Digital Light Processing）技術近年來得到長足發展，DLP 投影機的市场迅速展開來，以其為主的背投式拼接系統亦受到普遍關注。DLP 投影技術應是未來 3—5 年拼接牆系統的主流^{[5][6]}。但是因為硬拼接常導致邊沿縫隙，影響觀瞻，因此無縫拼接技術伴隨著投影顯示需求迅速發展起來。

1.2.2 DLP 投影机原理及其优势

数字光处理器(DLP——Digital Light Processing)是近几年光电子显示技术中的一支突起的异军,是高技术创新领域里的一颗光彩夺目的新星。随着光电子技术和大规模集成电路制作术的发展,一种被称之为数字微镜器件(DMD——Digital Micro-mirror Devices)应运而生,数字光处理器(DLP)便在此基础上,使新一代的光电子显示投影产业迅速发展起来。

数字光处理器(DLP)是 1993 年由美国德克萨斯仪器公司 Larry Hornbeck 博士将他在 1987 年发明的数字微镜器件 DMD 的基础上,通过不断地探索和试验而应用到商用投影显示中推出的一种新一代的光电子显示产品。在 1993 年的国际信息显示学会(SID——Society for Information Display)研讨会上, Larry Hornbeck 小范围内展示了一台基于他发明的 DMD 技术的投影仪。

1.2.2.1 数字微镜器件(DMD)的基本结构和工作原理

DMD 是用大规模集成电路的技术,在半导体硅的基底上通过半导体微细加工技术巧妙设计、精密制作,在硅衬底基片上制出一个个微存储器。图 1.2 详细示出 DMD 以及投影系统的结构^[7]。DMD 晶片包含成千上万个微存储器,每个微存储器上各有一个微小的反射镜,每个微反射镜代表一个像素,有序控制各个像素的开或关的状态就可创建一幅图像。每一个微存储器上刻蚀出两个寻址电极和两个搭接电极;在紧靠基底电极的上方用涂覆、光刻、溅射、镀膜等大规模集成电路制作工艺制作成正方形微型反射镜;通过扭臂樑铰链在正方形微型反射镜的对角线方向上,把它固定在两个支柱上而形成一个“跷跷板”式的结构。由于在微反射镜和寻址电极之间存在差动电压,可以构成使微反射镜绕扭臂梁旋转的力矩,在旋转的力矩的作用下,微反射镜将一直被锁定在某一位置上,当复位信号出现时微反射镜便可回到正常位置;也可以把它们看成是一个由大约 50 万至 130 万(848×600)个正方形微反射镜一个挨一个排列成的“微反射镜阵列”。每一个微反射镜皆可以依所加电压而倾斜,于是照射在上面的光线也就会出现直射和“斜射”两种状态;若把一幅图像也分为 848×600 个像素,再根据其明暗转化为数字脉冲,于是控制那个“微反射镜阵列”中每个微反射镜的倾斜状态,就可以产生一幅再现原图明暗状况的图像了。

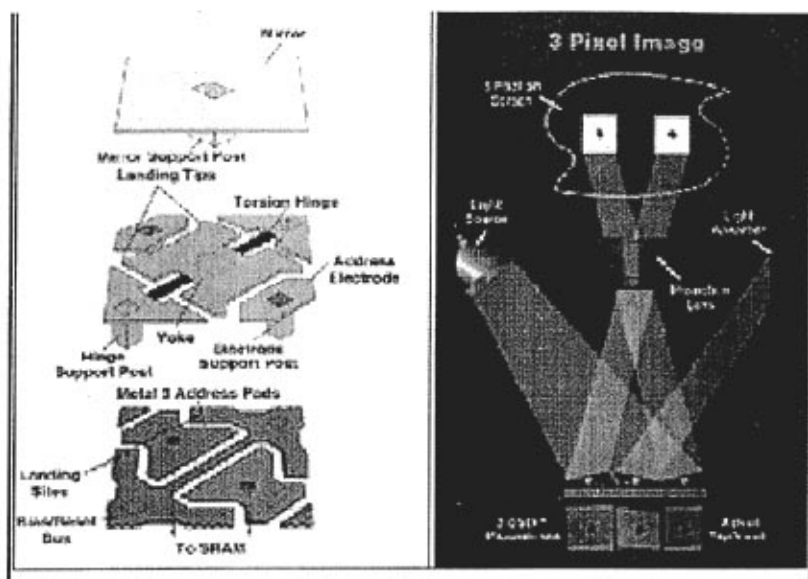


图 1.2 DMD 的结构（左）和三个像素的显示图像（右）

DLP 投影机可分为：单片 DMD 机(主要应用在小型投影机产品)；两片 DMD 机(应用于大型拼接显示墙)；三片 DMD 机(应用于超高亮度投影机)。目前的 DLP 投影机最常见的是单片式 DLP 投影机^{[6] [9]}。

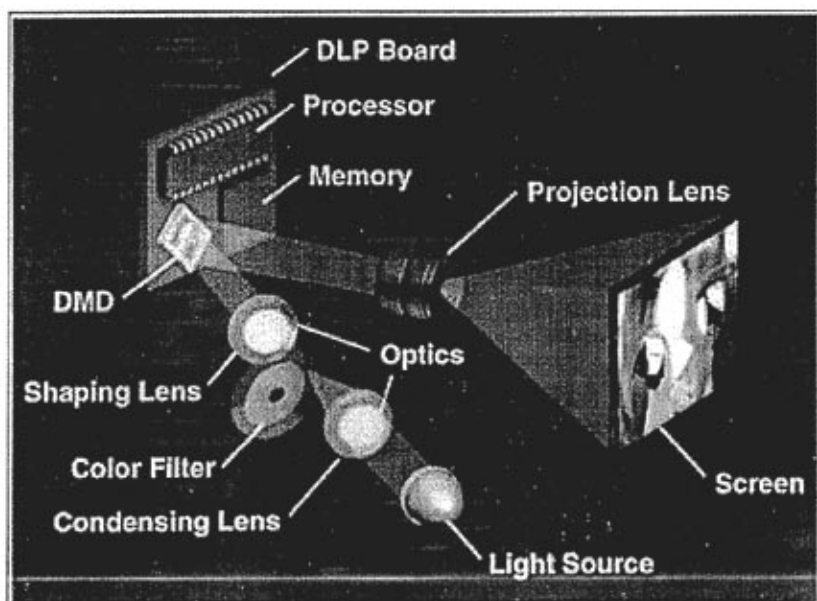


图 1.3 单片 DMD 的 DLP 投影原理

单片式 DLP 投影机的基本原理：如图 1.3 所示，光源射出的白色光，经光源路径上的色轮，交替地透射出 RGB 的三基色光照射到 DMD 上，同时控制电路可根据当前的色轮旋转位置，把相应色彩的图像信号传递给 DMD 器件，通过微镜反射出按输入信号灰度级要求的反射信号。再经适宜的光学系统，把这些各种色彩的图像以很高的速率投影在屏幕上，交替显示在投影屏幕上的红、绿、蓝单色图像就组合成一幅色彩丰富的画面，并在观察者的眼睛中组合成为一幅完整的彩色画面。由于每种颜色的灰度阶是 8bit，即 256 种，那么三原色总共就可产生 $256 \times 256 \times 256$ 大约 1600 万种不同的颜色。单片式 DLP 投影机的体积非常小，重量轻，最适合于使用者便携使用。单片式 DLP 投影机的彩色化是通过高速旋转的色轮实现的。

1.2.2.2 DLP 投影机的优势

以数字微镜器件(DMD)为核心的数字光处理器(DLP)是一项全新的投影显示技术，实现了数字信息显示。当前主流的大屏幕显示墙中最具代表性及领先性的就是 DLP 背投拼接技术。与其他投影机相比，DLP 投影机具有以下优势：

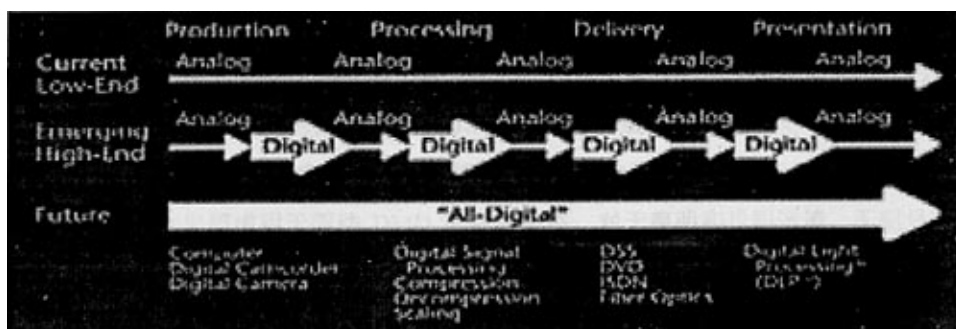


图 1.4 视频底层结构。DLP 为一个完全数字视频底层结构提供了最后环节。

数字优势：早在十年前音频世界已开始数字技术的流行趋势。目前，大量的新的数字视频技术已经进入娱乐及通信市场。今天，我们已经捕捉、编辑、广播、接收数字信息的能力，不过必须先把它转换成模拟信号后才能显示。DLP 具有完成数字视频底层结构的最后环节的能力，并且为开发数字可视通信环境提供一个平台。信号每次由数字转换为模拟（D/A）或从模拟转换为数字（A/D），信号噪音都会进入数据通道。转换越少噪音越降，并且当（A/D）、（D/A）转换器减少时成本随之降低。

DLP 提供了一个可以达到的显示数字信号的投影方法，这样就完成了全数字底层结构。DLP 的另一个数字优势是它的精确的灰度等级与颜色水平的再生，并且因为每个视频或图像帧是由数字产生，每种颜色 8 位到 10 位的灰度等级，精确的数字图像可以一次又一次地重新再现。

反射优势：因为 DMD 是一种反射器件，它有超过 60% 的光效率，使得 DLP 系统比 LCD 投影显示更有效率。这一效率是反射率、填充因子、衍射效率和实际镜片“开”时间产生的结果。LCD 依赖于偏振，所以其中一个偏振光没有用。这意味着 50% 的灯光甚至从来都不进入 LCD，因为这些光被偏振片滤掉了。剩下的光被 LCD 单元中的晶体管、门、以及信号源的线所阻挡。除了这些光损失外，液晶材料本身吸收了一部分光，结果是只有一少部分入射光透过 LCD 面板照到屏幕上。最近，LCD 在光学孔径和光传输上有经验上的进展，但它的性能仍然有局限，因为它们依赖于偏振光。

无缝图像优势：DMD 上的小方镜面积为 $16\mu\text{m}$ 平方，每个间隔 $1\mu\text{m}$ ，给出大于 90% 的填充因子。换言之，90% 的像素/镜片面积可以有效地反射光而形成投影图像。整个阵列保持了像素尺寸及间隔的均匀性，并且不依赖于分辨率。LCD 最好也只有 70% 的填充因子。越高的 DMD 填充因子给予出越高的可见分辨率，这样，加上逐行扫描，创造出比普通投影机更加真实自然的活生生的投影图像。

可靠性：DLP 系统成功地完成了一系列规定的、环境的及操作的测试。选择已证明可靠的标准元件来组成用于驱动 DMD 的数字电路。对于照明和投影透镜，无明显的可靠性降低的现象。绝大部分可靠性测试集中在 DMD 上，因为它依赖于移动铰链结构。为测试铰链失灵，大约 100 个不同的 DMD 被用于模拟一年的操作。一些 DMD 已经被测试了超过 1G 次循环，相当于 20 年的操作。在这些测试以后检查这些器件，发现在任何器件上均无铰链折断现象。铰链失灵不是 DMD 可靠性的一个因素。

1.2.3 边缘融合拼接处理器

大屏幕无缝拼接的应用，使得系统中必然会使用到多台投影机，因此处理器是整个无缝拼接系统中一个很重要的组成，处理器协调各投影机的信号分配，并对投影机起到一定的控制作用。无缝拼接融合处理器最基本的要求就是能对重叠区域的

图像的亮度和颜色进行调整,我们通过边缘融合处理器可以很容易从独立屏幕的演示过渡到采用多个投影机生成的无缝宽屏幕^[10]。

无缝边缘融合处理器有外置与两内置两种,专用的外置融合处理器一般都带操作系统和应用软件,功能较强,较复杂,它对所有的投影机都适用,而投影机内置的融合处理器都是由投影机厂家根据投影机的软件而设计的,只对厂家自己的投影机适用。整个大屏幕投影系统中最重要的、最核心部分就是拼接处理器,如果把大屏幕投影系统比喻成一台计算机的话,显示单元拼接而成的显示墙就相当于一个超大面积、超高分辨率的显示器,而拼接墙处理器则相当于主机,主机性能的好坏、处理速度的快慢、控制软件的操作是否简便以及如何完美发挥投影机的性能,将直接影响到显示的效果^{[11][12]}。

经过处理器进行屏幕拼接处理及边缘融合处理后,整个系统可实现下列功能:

1. 多个信号输入: 根据要求,系统可配置为多个信号源输入,每个输入均可在高分辨下被处理。对于多屏安装,每个信号源输入安装使用的屏幕的数量被复制。

2. 多个通道输出

3. 各种的效果控制,如:

➤ 视窗控制

可以像素精度定义视窗的位置和大小,由此来显示窗口的输入。

➤ 数字放大

在每一视窗内,均可对图像进行所需的缩放。

➤ 特效控制

选择产生奇特形状的重叠、镜像效果、阴影三维立体效果、淡入淡出、飞进飞出等。

➤ 次序控制

所叠加的窗口可以动态方式存在,用户可决定任意窗口放置的前后次序。

➤ 边缘融合

内置的边缘融合功能和羽化特性可产生光滑的全景重叠。

➤ 直观、简洁的控制软件

控制软件通过友好的管理界面,数字化的处理方式,方便用户进行信号选择、显示布局、画面处理的多种管理功能。

拼接处理器支持多种视频设备的同时接入，如：DVD、摄像机、卫星接收机、机顶盒、标准计算机信号等。电视墙处理器可以实现多个物理输出组合成一个分辨率叠加后的超高分辨率显示输出，使屏幕墙构成一个超高分辨率、超高亮度、超大显示尺寸的逻辑显示屏、完成多个信号源在屏幕墙上的开窗、移动、缩放等各种方式的显示功能。拼接墙控制器的主要核心在于多屏图像处理卡及其多屏显示驱动软件。超大规模的显示系统要实现灵活应用(用户可随意定义应用区域分布)、实时显示(包含视频、RGB、网络各种信号)、数十个不同种类窗口同时操作，实现真正意义上的信息集中显示，对系统的图像处理器要求是非常高的。

多屏图像处理器的性能千差万别。一块功能强大的多屏处理卡本身就是一台具有专用处理芯片的超级计算机，可以处理多路视频任意开窗口甚至叠加显示。目前，拼接显示控制器形成了国际产品和国内产品并存的状态。但是，国内生产的拼接控制器主要还是采用国外的显示卡，国内组装的主机，显示输出最大为 24 路，并且控制软件也没有国际拼接产品的软件那样完善。

通常来说，在拼接显示墙比较大(通常大于 15 面以上)，采用国际品牌的拼接控制器，可以确保显示的可靠性和软件控制的稳定性。对于拼接墙箱体数量不是很多，采用价格相对便宜的国内品牌的拼接控制器，还是可以的。但是，要看到的是，目前的拼接控制器，在屏幕数量很多、显示整屏幕的实时信息的速度还是不能令人满意的情况下，如何获得良好的控制能力，是摆在拼接控制器研发厂家面前的一个课题。

拼接控制器将向系列齐全、功能强大的方向发展，在系统结构、图像处理算法、板卡技术等方面力争取得突破，应该能够满足不同行业的应用需求以及方便简易的操作。管理软件方面，在功能设计上将更符合用户的个性化应用需求，突破通用性产品在个性化服务上的限制，达到最大程度与用户系统的兼容性，方便用户将来业务系统扩展时相应的拼接显示系统能简单、顺利地扩展。

另外为了满足多媒体实时显示和同时显示更多屏幕图像，达到处理速度更快、控制更简便的目标，拼接墙显示器生产厂商采取多种办法：一方面采取分散式结构设计，在图形卡上增加独立的运算系统；另一方面则采用并行处理结构；有些采用高带宽总线结构和先进的交换结构，有些则采用双总线结构处理器和处理能力更强的 CPU。能对图形进行单像素几何校正、自动色彩校正、无痕边缘融合等综合处理，

构建无缝、连续、均匀的整体画面、完美实现大视场显示应用。

1.3 大屏幕投影显示系统的市场前景

早期的国外市场主要是以 CRT 拼接墙为主,但由于 CRT 的拼接墙的成本很高、显示效果也很差,当以 CRT 技术为主的背投拼接系统进入中国市场时,并不为国内客户所接受。直至美国 TI 公司主导的 DLP 数字光处理技术得到长足发展,以 DLP 投影机为主的背投拼接系统由于具有价格低、显示及拼接效果明显优于 CRT 拼接墙的特点而为国内广大用户所接受;同时,国内大屏幕背投拼接显示行业得以快速发展;据统计,目前国外市场的增长速度每年在 10%以内,而国内市场的增长速度已经达到 30%以上,预计 2010 年,国内市场的需求量将接近 10 万台^{[13] [14]}。

近年来,随着综合国力的不断提高,公安、电信、电力、交通等领域对于终端显示系统的要求朝着大型化、高清晰化的方向发展。2002 年以前,国内各个行业对于终端显示设备的需求一般在单系统 24 个显示屏以内;到了 2003 年,市场需求已经到了单系统 45 个屏;2004 年,更是出现了单系统 81 个屏或以上的市场需求。国内经济快速发展,各种资讯的快速增长,使得各领域用户需要显示、监控的信息量越来越大,这也是终端显示系统朝着大型化、高清晰化发展的主要原因。

1.4 本课题的工作

本课题将设计并制作一个边缘融合拼接处理器的实验板,实现将一个高分辨率的图像分为两个分图像,按两部分在边缘交叠的方式分别投影,在投影之前,先对相重叠部分的图像信号,按融合函数关系进行淡入淡出的边缘融合处理,叠加后在重叠部分可以消除重叠痕迹。最后,对处理后边缘处淡入淡出的结果进行模拟、测量和分析。

主要工作有以下几点:

1. 总体设计

在本组已有的研究成果基础上,确定具体的实现方案,主要是硬件的设计。

2. 硬件的研制

根据硬件设计,选定相应的器件;设计制作 PCB 板;电路板焊接。

3. 系统调试和优化

硬件系统研制完成后，将硬件和软件进行联合调试。调试后，发现存在的问题，进一步系统对系统优化。

系统优化分为程序优化和硬件优化两部分。硬件优化主要针对硬件系统的稳定性。这部分工作可在程序优化后进行。

第二章 边缘融合技术的研究

边缘融合技术是实现无缝拼接的核心技术。这种技术解决了传统的硬拼接的最大困难——拼接缝隙问题，真正实现了全景一体化显示，使显示图像更加完整、美观。

2.1 边缘融合技术的提出

传统的大屏幕拼接墙的工作原理是将投影光学引擎(Optical Engine)封闭在一体化的背投箱体(Cube)内，位于光学屏幕的后部，将图像直接或一次反射投射到屏幕上，大屏幕拼接墙面向观众的一面只是一组光学屏幕(Optical Screen)。每个大屏幕拼接墙都需要一套图像拼接处理器(Contraller)来完成将完整的图像分割成若干部分，并且每一部分都经过一定的倍率放大成全屏图像，把加工后的信号输送给相应位置的显示单元。

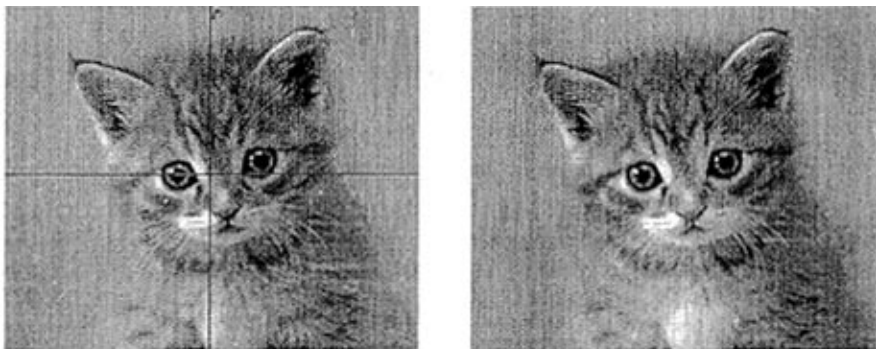


图 2.1 有缝拼接(左)和无缝拼接(右)的结果比较示意图

硬拼接的最大问题是直接将若干个屏幕(硬件)通过并、串排列一起构成一个大幅屏幕，是采用尽量减小各个屏之间的缝隙(如小于 $1mm$)来达到所谓的“无缝”拼接的目的。因总会存在实际屏幕之间的物理缝隙，如图 2.1(左)所示，很难消除割裂感，影响观赏性。如果能采用无缝拼接技术，消除物理缝隙，如图 2.1(右)所示一种理想的图像，清晰可见其整体感。要达到此目的，最好的办法是将图像合成、投影在一个自身无缝的大屏幕上。显然需要解决两个问题：一个是特大屏幕，

这在电影屏幕中已经得到解决；另一个的关键则是在投影合成之前，对需合成的多幅图像，在各边沿部分予以重叠。但是，如果对重叠部分不进行处理，这种合成的结果也会产生如图 2.2（左）所示的，在重叠部分出现光学“亮带现象”的另一种硬拼接效果。所以对此相互重叠部分，必须按照进行适当的图像数据处理，以便消除重叠痕迹、达到无缝的目的，这种技术就是边缘融合技术^{[15][16]}。

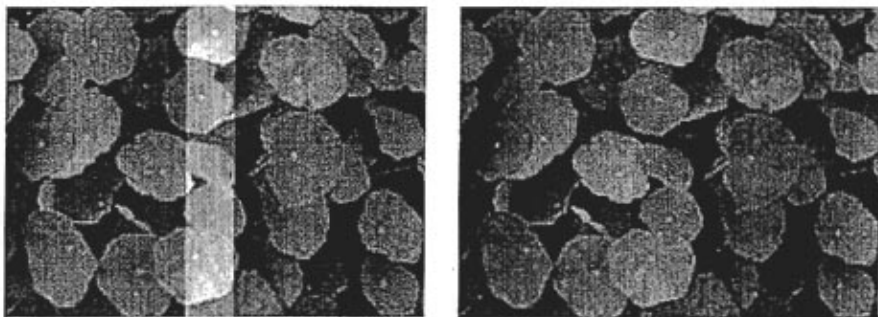


图 2.2 边缘融合处理前后图像对比

2.2 边缘融合技术的优点

边缘融合技术就是将一组投影机投射出的画面进行边缘重叠，并通过融合技术显示出一个没有缝隙、更加明亮、超大、高分辨率的整幅画面，画面的效果就好像是一台投影机投射的画质。当两台或多台投影机组合投射一幅两面时，会有一部分影像灯光重叠，边缘融合的最主要功能就是把两台投影机重叠部分的灯光亮度逐渐调低，使整幅画面的亮度一致^{[17][18][19]}。

边缘融合拼接系统和传统拼接相比较，主要有以下优点：

1. 在传统拼接系统中，由于采用多块单独投影屏幕组成一个屏幕显示体，各个投影幕之间虽然采用同一材料，但是由于制作时间、制作环境上的不同，使得不同屏幕的热胀冷缩存在客观差异，这就导致整个系统在使用一段时间后会有一些小的物理变化，进而影响整个系统的稳定和效果。而融合拼接由于采用了一整块投影幕，制作时间、材料、工艺水平完全一致，从而消除了上述隐患。

2. 在融合拼接中，由于采用整幅屏幕，所以消除了传统拼接存在的屏幕间的物理缝隙，从而使得投影屏幕显示图象整幅保持完整，无人为分割。而采用融合处理

技术后,更消除了光学缝隙,这样和普通硬拼接系统相比,在技术水平和显示效果上,就有了质的差异和提高,从而使显示的图像完全一致,无任何物理或光学分割,保证了显示图像的完整性和美观性。这在显示地图、图纸等图像信息时,更为重要,因为在图纸、地图上存在大量的线条或路线等,而屏幕缝隙和光学缝隙就会造成图像显示污染,容易使观察人员把显示的图像线条和拼接系统本身的线条误为一体,从而导致决策和研究失误。而通过融合处理,就可以避免出现这种情况。

3. 在融合拼接系统中,所有图像都经过融合处理器进行了校正和统一,这样在大屏幕上显示和切换时,无论切换什么格式的图像,整个屏幕的亮度、色彩、鲜艳度、均匀度都比较一致,不会出现传统拼接系统中经常出现的由于信号更换而导致系统显示质量的变化。

4. 在融合拼接系统中,由于在处理器中对投影机所投影显示图像进行了处理,可以对不同投影信号间的色差、亮差、均匀度进行调整,这也使得该系统显示的图像质量优于传统拼接系统。

5. 边缘融合图像处理器除了具有边缘融合和图像多画面处理功能外,还具有图像存储和调用功能,可以把本身存储的高分辨率图像直接作为大屏幕系统的背景进行显示,这在实际使用中非常有实用价值。

2.3 利用边缘融合技术实现无缝拼接

我们在进行边缘融合时,采用以下三步法^[20]:

1. 图像分割

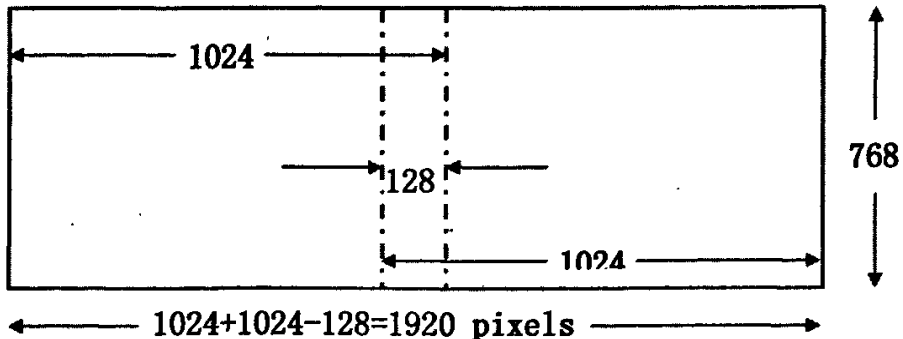


图 2.3 1×2 拼接图像边缘叠加的示意图

如图 2.3 所示, 首先将待显示的一个高分辨率的图像, 分割成几个显示部分(注: 在本示例中分割成两个部分), 这些部分只在各个显示的边沿区域选用若干列的像素用来重叠, 我们称之为重叠区。重叠区的像素列数, 由单台投影机的分辨率和拼接后图像的分辨率综合决定。在我们选用的每个分显示区域的像素数为 1024×768 的屏, 为了观察重叠效果, 我们先拟选重叠的像素列数为 128。图像分割是进行拼接的第一步, 目前市场上有此类产品销售, 如 AV2061 系列等。在此我们不予赘述。

2. 重叠像素的处理

对拟重叠的图像信号进行融合处理是本文的核心内容之一。所谓融合就是将一个图像中位于重叠区中的每个像素都乘以某个值, 从而使得当它被迭加到另一个图像中其对应的像素上时, 能得到期望的像素值。该值利用一个取值范围介于 0 和 1 之间的函数 $f(x)$, 我们可以选用简单的线性函数 $y=kx$ 作为融合函数(参见图 2.4 所示)。在左边的重叠区, 信号从左至右, 逐渐按 $1-kx$ 的线性关系从 1 平滑减小至 0 (即图 4 中重叠区的虚线部分), 而右边的重叠区图像信号从右至左, 按照 kx 是从 0 逐渐增至 1 (见图 2.4 中重叠区的实线部分)。这样重合的结果, 重叠区各像素点的信号均为能保持为“1”(即有: $kx+1-kx=1$, 此处的“1”是指与输入信号之比为“1”的意思, 即表示维持原先图像信号不变), 如是希望可以获得既无亮线又无拼接痕迹的、面积加大的漂亮图像。

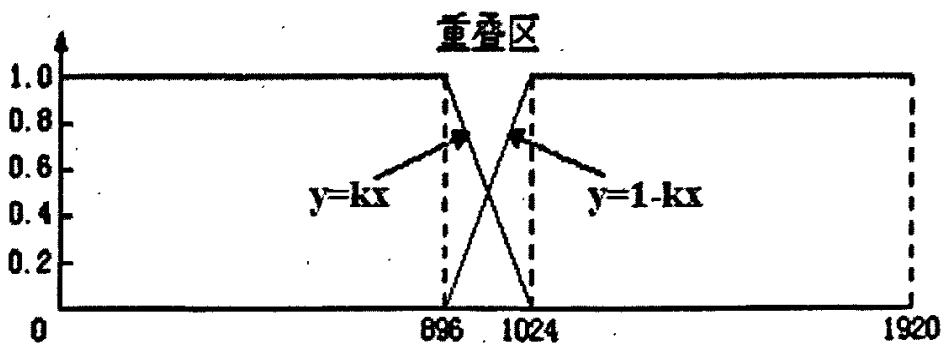


图 2.4 线性融合函数示意图

但经分析发现, 重叠函数 $f(x)$ 的取法, 如要令人满意, 除需取值范围应介于 0 和 1(归一化)并单调变化外; 更必须满足在重叠和非重叠的连接点处, 非重叠区像素函数曲线的斜率和选用融合函数曲线的斜率要匹配。鉴于非重叠区的“融合函数

$f(x)$ ”就是 1 (不变)，而若选用线性的融合函数 ($f(x) = kx$)， k 总是小于 1 而不可能等于 1，如是难于达到平滑融合的要求。经考察多个函数，发现余弦函数在区间 $[0, \pi]$ 是单调变化的，其取值的范围是 $[-1, 1]$ ，且在其两端点处的斜率是 0，和非重叠区像素函数曲线的斜率相等 (亦为 0)。为将其取值范围限定为 $[0, 1]$ 或 $[1, 0]$ ，只需对余弦函数适当改造，即可完全满足上述条件。式 (1)、(2) 分别示出左、右子机对像素进行拼接所选用的融合曲线。

$$f_{\text{左}} = \frac{1}{2}(\cos x + 1) \quad (1)$$

$$f_{\text{右}} = 1 - \frac{1}{2}(\cos x + 1) \quad (2)$$

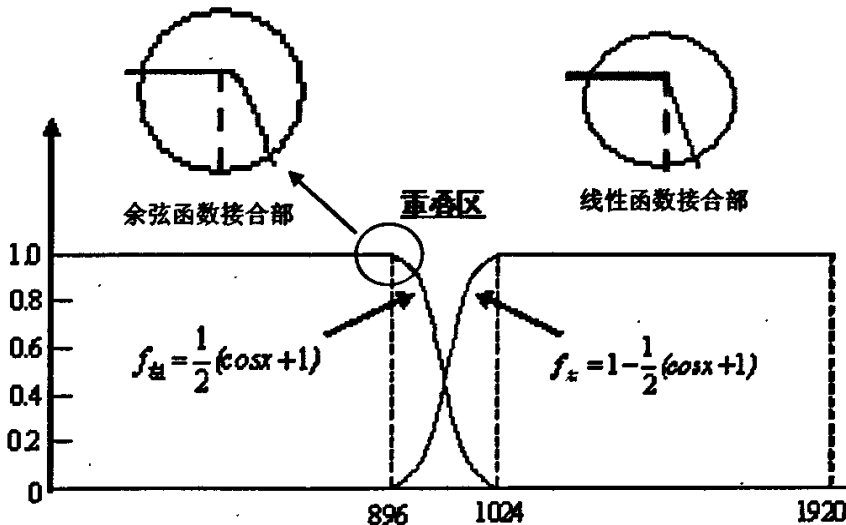


图 2.5 以余弦函数作模拟融合的示意图

插图示出选用不同融合函数在结合部的衔接情况

3. 拼接显示

拼接显示在此指的是投影机输出的光信号在大屏幕上的各分投影图像的叠加合成。在我们研制初期，此部分借用显示屏来完成。即将两个计算机的屏幕作为分图像信号的显示屏。按照要将此屏幕的边沿进行叠加合成的要求，对各重叠区图像信号分别进行融合处理。对只有两个屏幕予以拼接的控制电路而言，只需分别对各个屏的左或右进行处理即可，但为了使我们的控制电路具有对延伸拼接的灵活性，我们决定将每个屏幕的两边都进行融合处理。在实际应用时，采用选择开关，可方便地对拟选单边或双边进行选择。

2.4 Gamma 校正

2.4.1 顯示器的 Gamma 校正

對於 CRT 顯示器，輸入電壓信號將在屏幕上產生亮度輸出，但是顯示器的亮度與輸入的電壓信號並不成正比，存在一種失真，如果輸入的是黑白圖像信號，這種失真將使被顯示的圖像的中间條偏暗，從而使圖像的整體比原始場景偏暗。如果輸入的是彩色圖像信號，這種失真除了使顯示的圖像偏暗以外，還會使顯示的圖像的色調發生偏移。Gamma 就是這種失真的度量參數。對於 CRT 顯示器，無論什麼品牌的，由於其物理原理的一致性，其 Gamma 值幾乎是一個常量，為 2.5。（注意，Gamma = 1.0 時不存在失真），由於存在 Gamma 失真，輸入電壓信號所代表的圖像，在屏幕上顯示時比原始圖像暗^[21]。如圖 2.6 所示。

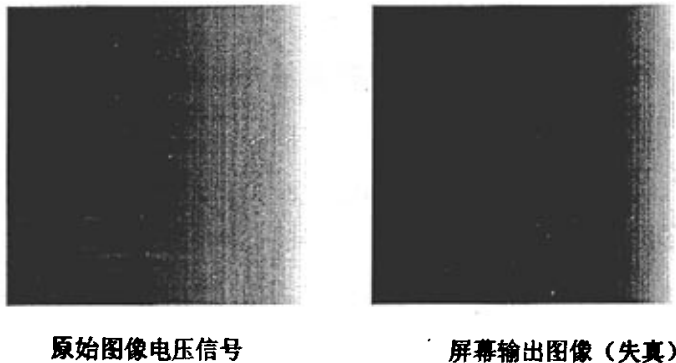


圖 2.6 原始圖像與輸出圖像的對比

由於僅用圖像信號值來驅動顯示，則會存在顯示失真，這樣的圖像不宜實際應用，所以需要校正這種失真。對於任一顯示器來說，Gamma 值是常量，不可改變，所以校正過程就只能針對輸入的圖像電壓信號進行了。這種校正就是將正常的圖像電壓信號向顯示器失真的相反方向去調整，既然失真使圖像的中间條變暗，那麼在圖像電壓信號輸入到顯示器之前，先將該電壓信號的中间條調亮，然後再輸入到顯示器，這樣就可以抵消顯示器的失真了，如圖 2.7 所示。

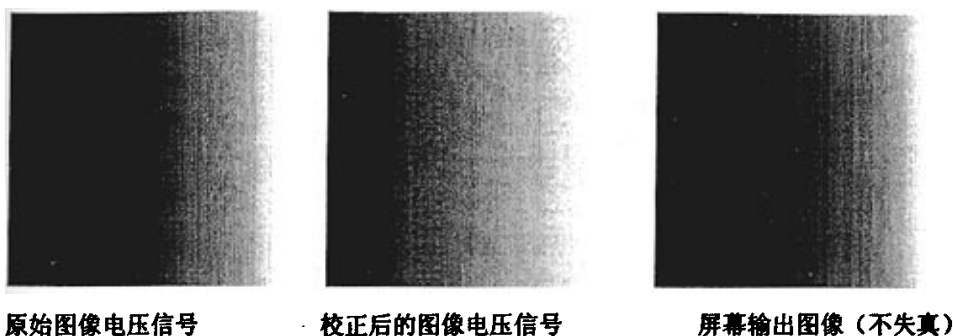


图 2.7 原始图像、校正后的图像和输出图像对比

由于显示器的 Gamma 值是常量，所以这种校正的幅度也是相对固定的，这种校正幅度的度量参数也叫 Gamma，为了区别这两种不同的概念，此处的 Gamma 又叫做系统 Gamma（因为对图像电压信号的校正过程发生在电脑系统中），显示器的固有的 Gamma 又叫做显示器 Gamma。

2.4.2 DLP 投影仪 Gamma 校正

目前许多 DLP 投影仪都可进行 Gamma 追踪的数据测试，也就是投影仪的输出亮度和输入信号之间的对比关系，如果投影仪的 Gamma 追踪功能被关闭了，那么影像中的细节就会损失掉。

这样看来，在对融合部分的处理中，仅仅使用上述融合函数是不够准确的，拼接的图像中间会出现一条灰色条带。因为到目前为止只是改变像素值，而真正需要做的是，还应该增加图像的亮度级。鉴于人的视觉系统对于亮度，或者说对于 RGB 三基色的感觉，大致成对数关系，而并非是线性关系，所以显示的像素要映射成亮度的主函数，就是所谓的显示器或投影的 Gamma 函数（其典型值介于 1.5 到 2.8 之间）。因此拼接处理时，除要对像素值处理之外，还应该进行与亮度相关的 Gamma 校正。Gamma 校正描述的是像素值与输出亮度的关系；如果用符号 γ 来表示伽玛函数，则输出亮度就是像素值（被归一化为介于 0 到 1 之间）的 γ 次幂。

$$\text{亮度} = \text{像素值}^{\gamma}$$

可见 Gamma 校正，正是为了克服这种视觉与像素值之间的非线性而引入的一种传输函数^[22]。

2.4.3 如何进行 Gamma 校正

人的视觉能够适应亮度从暗到亮的对比度的常规值为100:1。在这个范围内,视觉对于亮度的反应大致呈对数关系^[23]。由RGB 三色信号构成的亮度(Y),可简单表达如下:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

由上式可知,如要对亮度进行伽玛校正,则需要对每个 R、G、B 值分别进行才行。我们可以应用采用 Gamma 的倒数次幂很容易地分别予以校正。所以,图像像素的完整变换是函数 $f(x)^{1/\gamma}$ 和 $f(1-x)^{1/\gamma}$ 。

第三章 系统硬件的设计与实现

确定了实验的目标与要点后，就应该按系统要求选择器件、设计制作 PCB、焊接器件并调试系统。以下简要阐述本文在器件选取、PCB 的设计和系统调试中的一些体会。

3.1 系统结构框图

采用边缘融合技术进行无缝图像拼接时，其过程大致为：首先要有信号接受部分，鉴于 DLP 为数字显示屏，故需有数字接口芯片接收信号，并将接受来的增幅图画信号先进行编码。然后按照子屏（sub-screen）的个数，将图像信号进行拆分。再将拆分的信号，按照融合函数分别进行处理，之后将各个对应子屏的信号同时送到合成屏上，达到大面积、边缘融合式（指子图像的边缘）的无缝拼接显示效果。本文所设计的系统主要由图 3.1 所示的系统框图所描述。它分为三个部分：对输入信号的解码部分、数据处理部分和编码输出部分。

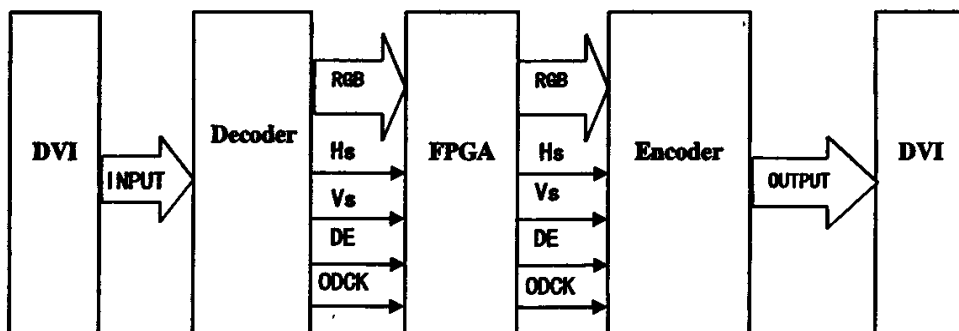


图 3.1 系统框图

1. 解码器部分：在所设计的控制电路系统中，解码器主要完成的任务是将输入的 DVI 格式的信号分解为 24 位的 RGB 像素数字信号、同步信号及控制信号。此项工作的意义在于如何选得所需满足性能要求的器件、具有普适性、易于升级以及如何更好地能为后续信号的编码提供方便。

因为系统的输入信号是由 DVI 来的 TMDS 格式, 因而需要一个解码器来接收 TMDS 格式并解调回到原本的数字信号。Silicon Image 公司是 TMDS 的发明者, 也是业界领先的企业, 在此选用的是 Silicon Image 公司的解码芯片。

2. 控制处理部分: 由它实现主控功能。借用 FPGA 能够提供设计、按预期目标实现多功能电路的能力, 在此通过对它的设计、仿真与校验, 来完成边缘融合的功能, 这部分的工作是本文的重点。实现的方法是在 FPGA 内通过编程将解码后的 RGB 像素信号及控制信号进行处理, 先分解为非重叠区像素数据和重叠区像素数据, 并对重叠区的像素数据按函数调变法进行处理, 经处理后的像素数据应按亮度如函数关系衰减或相应增加。

3. 输出编码器部分: 鉴于合成显示屏我们选用的是 DLP。而 DLP 为数字屏, 它的接口都是通过 DVI 接口接入, 所以处理好的信号又要进行编码, 以便送到 DLP 投影屏的 DVI 接口去。编码器主要完成的任务是将经 FPGA 进行边缘融合处理后的像素信号、同步信号及控制信号进行 TMDS 编码, 产生符合 DVI 接口标准的信号输出, 并送到合成屏上去合成。这部分的解码器同样选用 Silicon Image 公司的产品。

3.2 系统硬件中主要器件的选取

3.2.1 DVI 接口

DLP 为数字屏, 所以系统硬件采用的输入、输出接口均为 DVI 接口。DVI 接口一共有两种, 一种是 DVI—Integrated (DVI—I) 是兼容模拟和数字的连接, 共有 29 个引脚的连接器, 另一种是 DVI—Digital (DVI—D), 仅支持数字的连接, 共 24 个引脚。实验中采用的是 DVI—D 的接口。

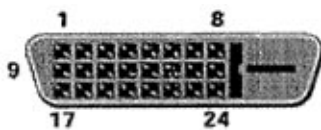


图 3.2 DVI—D 接口

3.2.1.1 DVI 接口标准

DVI 标准是由 Silicon Image、Intel (英特尔)、Compaq (康柏)、IBM、HP (惠普)、NEC、Fujitsu (富士通) 等公司共同组成的 DDWG (Digital Display Working Group,

数字显示工作组)于1994年4月正式推出的。它是以 Silicon Image 公司的 PanalLink 接口技术为基础,基于 TMDS (Transition Minimized Differential Signaling, 最小化传输差分信号) 电子协议作为基本电气连接,通过将图像信号保持为数字信号的状态传送到显示器一侧,就可以得到极高的图像质量,传输距离也可以延伸到 10—20 米。最初的目的是用于电脑,数字信号由发送器按照 TMDS 协议编码后通过 TMDS 通道发送给接收器,经过解码送给数字显示设备。一个 DVI 显示系统包括一个发送器和一个接收器。发送器是信号的来源,可以内建在显卡芯片中,也可以以附加芯片的形式出现在显卡 PCB 上;而接收器则是显示器上的一块电路,它可以接受数字信号,将其解码并传递到数字显示电路中,通过这两者,显卡发出的信号成为显示器上的图像,实现计算机主机和显示器或其他显示设备之间的数字可视信号的高速传输。同时此接口技术可被应用到高清晰度视频领域^[24]。

3.2.1.2 DVI 传输协议

DVI 接口的先进性体现在它可以将海量的现实信息高速地传送到显示器中去, TMDS 先进的编码算法是其强大能力得以实现的根本^[25]。

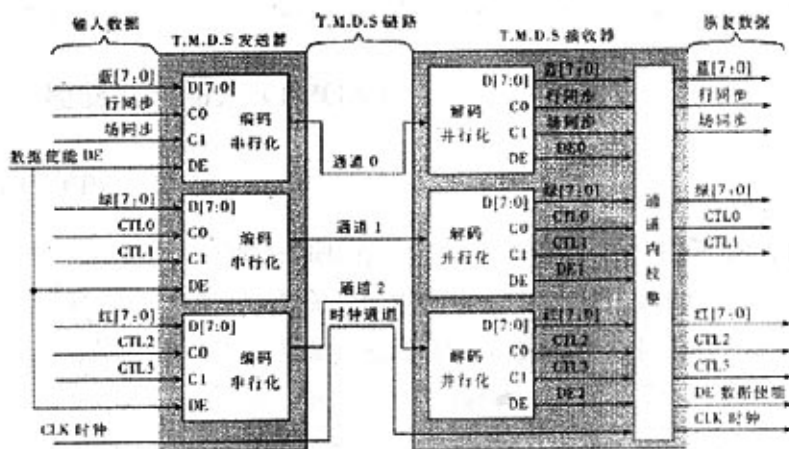


图 3.3 单链路 TMDS 结构

单链路 TMDS 链路结构见图 3.3 所示,每个链路的发送器 (Transmitter) 中包含三个完全相同的编码器 (Encoder),每个编码器驱动一条串行 TMDS 通道 (Channel)。输入到每个编码器的数据包包含 8bit 像素数据和 2bit 控制信号。在 DE (Data Enable)

“使能”信号的控制下，编码器在任何合法时钟驱动下，分别将像素数据和控制数据予以编码，并由发送器将编码后的码元串行发送到 TMDS 链路上。在 DE 有效期间 (DE=1) 对像素数据进行编码发送，在 DE 无效期间 (DE=0) 对控制数据进行编码发送。无论是对二者中的哪一项进行编码，由编码器输出的都是串行的 10 bit 码元，并且以最低有效位优先送出。

3.2.2 解码器部分

在本系统中，解码器主要是将输入的 DVI 格式的信号分解为 24 位的 RGB 象素数字信号、同步信号及控制信号。因为系统的输入信号是由 DVI 来的 TMDS 格式，因而需要一个解码器来接收并解调回到原本的数字信号。对于本课题来说，分辨率是 1024×768 ，因而不需要使用高分辨率的 TMDS 解码芯片。Silicon Image 公司是 TMDS 的发明者，也是业界领先的企业，因而选用 Silicon Image 公司的 Si1141B 解码芯片是合适的。该芯片支持从 VGA 到 XGA(25-86M)，并支持 24 位真彩色 (24bit/pixel, 16.7M 颜色)^[26]。需要指出的是，该芯片在设计定义上与更高级的芯片并没有什么明显的不同，只是在传输速率上的区别。将来在更高分辨率的场合，也可以方便地进行升级。所以，也可以说这样的选择具有向上的兼容性。

3.2.3 控制处理部分 (FPGA)

3.2.3.1 FPGA 介绍

在数字电路设计中，FPGA(Field Programmable Gate Array, 现场可编程门阵列)发挥着越来越重要的作用。FPGA是一种半定制专用集成电路(ASIC)，它的出现既解决了全定制ASIC的不足，又克服了原有PLD电路数有限的缺点，使用FPGA设计电路还可缩短产品上市的时间。FPGA采用了逻辑单元阵列(LCA-Logic Cell Array)这样一个新概念，内部包括可配置逻辑模块(CLB-Configurable Logic Block)、输出输入模块(IOB- Input Output Block)和内部连线(Interconnect)三个部分^[27]。

使用 FPGA，设计者可以在流片之前通过硬件验证自己的系统。如果设计有错，可以立即修改，每次修改只花时间和人力，没有额外的花费。有的设计还利用 FPGA 的现场可编程能力，设计成可以自己更换电路以适应环境变化的系统。FPGA 还可

以与软件配合做成集成的科学计算系统, 由于 FPGA 编程很快, 可以现场写入不同的算法, 成为灵活性很高的数字协处理器。采用 FPGA 的设计方式可以将以前需要多块集成芯片的电路设计到一块大规模可编程逻辑器件中, 大大减少了电路板的尺寸, 增强了系统的可靠性和设计的灵活性。

由于 FPGA 是整个系统的核心, 而其型号众多, 所以。考虑到所需引脚数目和系统消耗的资源, 选用的是 Altera 公司的 EP1K50TC144-1。

ACEX 1K 系列器件是 Altera 公司 2000 年推出的新型 CPLD 产品。该器件基于 SRAM 工艺, 结合查找表 (LUT) 和嵌入式阵列块 (EAB) 提供了高密度结构, 部分型号还附带锁相环 (PLL), 主要型号有 1K10, 1K30, 1K50, 1K100 等。ACEX 是专门为通信 (如调制解调器、路由器等)、音频处理以及其他一些场合的应用而推出的系列芯片^[20]。

ACEX 1K 器件的工作电压为 2.5V 或 1.8V, 芯片的功耗较低, 集成度在 3 万门到几十万门之间, 采用查找表 (LUT) 和 EAB 结合的结构。基于 LUT 的结构适用于实现高效的数据传输、增强型寄存器、数学运算及数字信号处理, 而 EAB 可实现 RAM/ROM、双口 RAM 和先入先出(FIFO)等功能。由于采用了这些电路, ACEX1K 器件适用于实现复杂逻辑功能和存储器功能。器件的结构如图 3.4 所示。

每个 ACEX1K 器件都包含一个嵌入式阵列和一个逻辑阵列。嵌入式阵列用来实现存储功能和复杂的逻辑功能, 如数字信号处理功能、多通道数据处理、微控制器和数据传输等。可提供 10 000 到 100 000 可用门, 每个嵌入式阵列块增加到 16 位宽可实现双端口, RAM 位增加到 49125 个。其多电压引脚可以驱动 2.5V、3.3V、5.0V 器件, 也可以被这些电压所驱动; 具有低的功耗; 双向 I/O 引脚执行速度可达 250MHz。该器件还应用 Altera 专利技术进行了重要的生产改进, 进一步降低了器件的成本, 提高了产品的性能价格比, 并且具有宽的操作温度, 因此, ACEX 1K 器件可用来实现许多逻辑复杂、信息量大的系统。

我借用 FPGA 能够提供设计、按预期目标实现多功能电路的能力, 在此以对它的设计、仿真与校验, 来完成边缘融合的功能, 这部分的工作是本文的重点。开发工具以 Altera 推出的新版本的 PLD 设计软件 QuartusII 为主。实现的方法是在 FPGA 内通过编程将解码后的 RGB 像素信号及控制信号进行处理, 先分解为非重叠区像素数据和重叠区像素数据, 并对重叠区的像素数据按函数调变法进行处理, 经处理后

的像素数据其亮度按函数衰减或亮度对应增加。

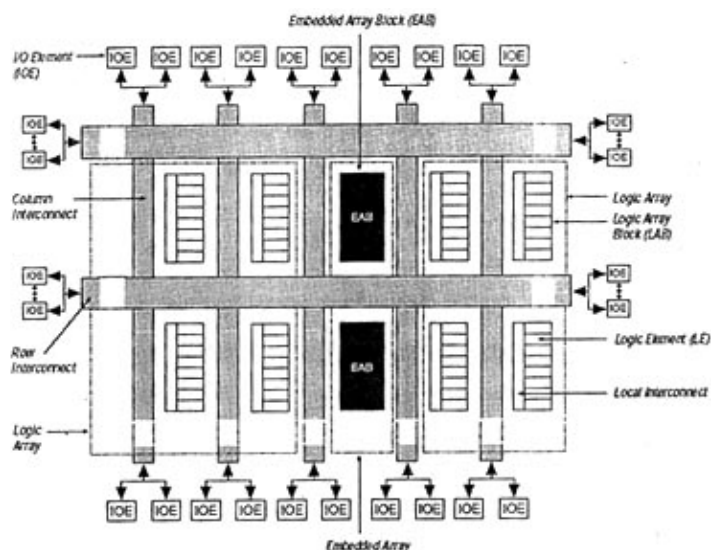


图 3.4 ACEX1K 系列 FPGA 结构示意图

3.2.3.2 FPGA 设计流程

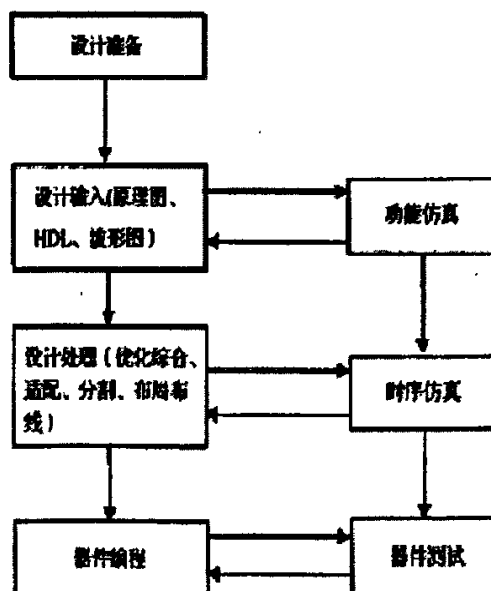


图 3.5 FPGA 设计流程图

FPGA设计是指利用开发软件和编程工具对器件进行开发的过程,其设计流程如图3.5所示,它主要包括五个过程^{[29] [30]}:

1. 设计准备

在进行设计之前,首先要进行方案论证、系统设计和器件选择等设计准备工作。设计者首先要根据任务要求,如系统所完成的功能和复杂程度,对工作速度和器件本身的资源和成本、连线的可布性等方面进行权衡,选择合适的方案和合适的器件类型。

2. 设计输入

设计者将所设计的系统或电路以开发软件要求的某种形式表示出来,并输入到计算机的过程称为设计输入。常用的有三种方式,即原理图、硬件描述语言(HDL)、波形输入。

3. 设计处理

这是设计的核心环节,在设计处理过程中,编译软件将对设计输入的文件进行逻辑化简、综合优化,并且适当地用一片或多片器件自动地进行适配,最后产生编辑用的编程文件。设计处理应当包括以下五个过程:语法检查 and 设计规则检查、逻辑优化和综合、适配和分割、布局布线、生成编程数据文件。

4. 设计验证

设计验证包括功能仿真和时序仿真,这两项工作是在设计处理过程中同时进行的。功能仿真是在设计输入完成之后,在选择具体的器件进行编译之前进行的逻辑功能验证,因此又称为前仿真,此仿真无延时信息,对于系统初步的功能检测非常方便。仿真前首先要利用波形编辑器或硬件描述语言建立测试向量,仿真结果以报告或波形的形式输出,从中可以看出各个节点的结果,如果有错误,则返回设计输入中修改逻辑设计。时序仿真是在选择了具体器件并完成布局布线之后进行的时序关系仿真,因此也称为后仿真,由于不同的器件内部的延时不一样,不同的布局、布线方案也能引起不同的延时,因此在设计处理以后,对系统和各模块进行时序仿真、分析其时序关系,估计设计的性能以及检查和消除竞争冒险是非常有必要的,实际上这也是与实际器件工作情况基本相同的仿真。

5. 器件编程

编程是将编程数据写到可编程器件中去。器件编程要满足一定的条件,如编程

电压、编程时序和算法等。器件编程完毕之后，可以用编译时产生的文件进行检验、加密等工作。对于具有边界扫描测试能力和在系统编程能力的器件来说，测试起来就更加方便。

3.2.3.3 FPGA 的配置器件

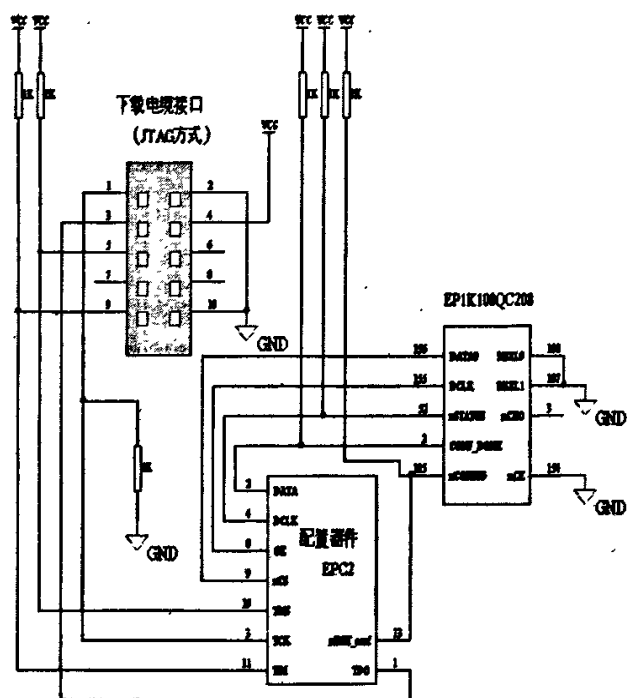


图 3.6 JTAG 与 PS 方式接合的配置示意图

Altera 公司的 ACEX 系列由于其内部采用 SRAM 工艺，它的配置数据存储在 SRAM 中。由于 SRAM 的易失性，每次系统上电时，必须重新配置数据，即 ICR (In-Circuit Reconfigurability)，只有在数据配置正确的情况下系统才能正常工作。FPGA 的配置方式可分为 PS（被动串行）、PPS（被动并行同步）、PPA（被动并行异步）、PSA（被动串行异步）和 JTAG（Joint Test Action Group）等五种方式。PS 方式因电路简单，对配置时钟的要求相对较低，所以本实例采用 PS 与 JTAG 结合的配置方式，如图 3.6 所示。即用下载电缆通过 JTAG 方式把数据下载到配置芯片 EPC2 中，然后在每次上电时，EPC2 再通过 PS 方式配置 FPGA。此处需要注意两个问题：

- ①：图中的 VCC 必须和 EPC2 的供电相同；
- ②：如果使用了 EPC2 内部的上拉电阻

的话，那么就不用外加上拉电阻。

有关被动串行（PS）的工作过程是：当 nconfig 产生下降沿的脉冲时即开始启动配置过程；而在 DCLK 上升沿，则将数据移入目标芯片。在配置过程中，系统需要实时监测，一旦出现错误，nSTATUS 将被拉低，系统识别到这个信号后，立即重新启动配置过程。配置数据全部正确地移入目标芯片内部后，CONF_DONE 信号跳变为高，此后，DCLK 必须提供几个周期的时钟（具体周期数与 DCLK 的频率有关），确保目标芯片被正确地初始化，进入用户指定的工作模式^[9]。

3.2.5 输出编码器部分

编码器主要完成的任务是将经FPGA进行边缘融合处理后的像素信号、同步信号及控制信号进行TMDS编码，产生符合DVI接口标准的信号^[20]。基于前面所属解码器的选取原则，编码同样选用Silicon Image公司的产品——Sil164。

3.3 PCB 设计与实验板制作

3.3.1 PCB 设计

可以说，PCB 是实验者设计思想的承载和体现，PCB 设计的好坏直接决定实验的成功与否。在实际电路设计中，所采用的软件是 Protel 99SE。采用此软件进行 PCB 设计的主要步骤如图 3.7。

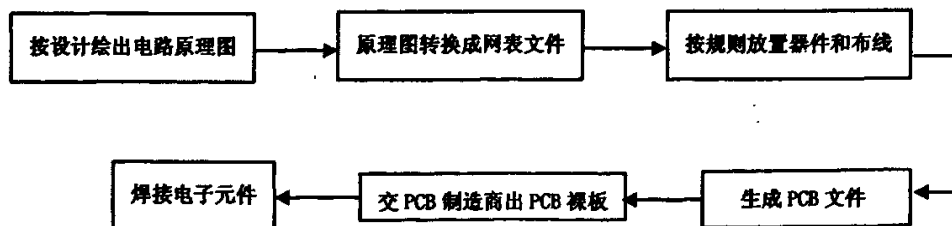


图 3.7 采用 Protel 99SE 设计 PCB 的流程

在 PCB 的设计与制作过程中，遇到了许多问题，通过学习和不断摸索，主要有以下几点体会：

- 元器件布局注意事项：

(1) 布局的首要原则是保证布线的布通率，移动器件时注意飞线的连接，把有连线关系的器件放在一起。

(2) 数字器件和模拟器件要分开，尽量远离；去耦电容尽量靠近器件的 VCC。

(3) 对于引脚比较少的芯片，最好每个芯片都布置一个 0.01PF 的瓷片电容，最好同时再放置一个大电容，且电容的位置离芯片的电源引脚越近越好，如果遇到电路板的空隙不够，可每 4—8 个芯片布置一个 1—10uf 的钽电解电容。

(4) 放置器件时要考虑以后的焊接，不要太密集

➤ 布线注意事项：

(1) 电源线和地线尽量加粗。

(2) 去耦电容尽量与 VCC 直接连接。

(3) 布线时，应避免锐角，且在允许的条件下，信号线越短、越粗越好，尽量加宽电源、地线宽度，最好是地线比电源线宽，它们的关系是：地线>电源线>信号线，通常信号线宽取作：0.2~0.3mm，最小宽度可达 0.05~0.07mm，具体还要看加工厂的制备精度，电源线为 1.2~2.5 mm。

(4) 在一些主要信号线上要预设一些测试孔，并在旁边标上信号的名称，一方面便于使用探针测试该点的信号，另一方面，如果需要“飞线”的话，也比较方便；但是测试孔不能太多，以免引入不必要的噪声干扰。

(5) 对于 FPGA 和上述解码芯片，每一个 VCC 和 GND 引脚都应直接连接到电源和地平面上。理论上，每一对 VCC 和 GND 之间都应该接一个去耦电容，不过由于这些芯片的电源与地引脚太多，那样的话所接的电容太多，既不方便，电路板外观也不好看，所以可以考虑共用电容，不过离器件还是应该越近越好。实验中，一般把这些电容都放在芯片对应位置的板子的背面，一方面起到了良好的去耦效果，另一方面，也不至于太浪费 PCB 的面积。

➤ 检查：

检查的项目有间距 (Clearance)、连接性 (Connectivity)、高速规则 (High Speed) 和电源层 (Plane)，这些项目可以选择 Tools->Verify Design 进行。如果设置了高速规则，必须检查，否则可以跳过这一项。检查出错误，必须修改布局和布线。

有些错误可以忽略，例如有些接插件的 Outline 的一部分放在了板框外，检查间距时会出错；另外每次修改过走线和过孔之后，都要重新覆铜一次。

► 复查：

复查根据“PCB 检查表”，内容包括设计规则，层定义、线宽、间距、焊盘、过孔设置；还要重点复查器件布局的合理性，电源、地线网络的走线，高速时钟网络的走线与屏蔽，去耦电容的摆放和连接等。

图 3.8 是在本实验中所设计的电路的 PCB 版图，为了能看清楚各个器件的摆放，截图时把覆的铜都给去掉了，所以会看到有一些地之间没有布线。

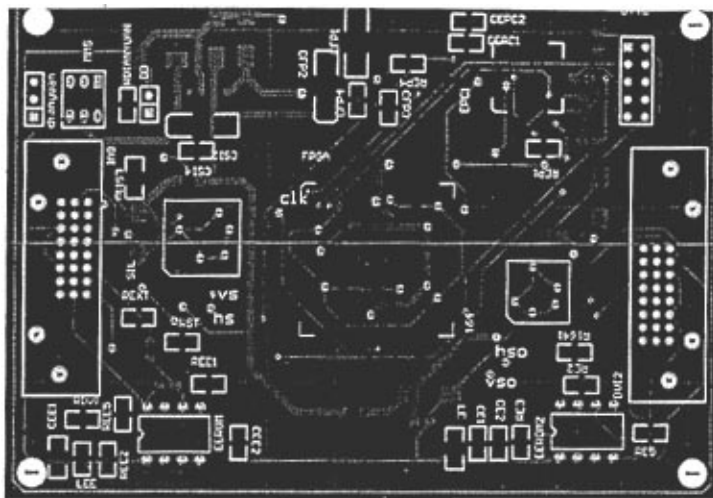


图 3.8 电路的 PCB 版图

3.3.2 元器件焊接

元器件的焊接是电路板制作的重要环节，焊接元件时除了要小心细致之外，在焊接器件时，最好焊一个，测试一个，检查是否有虚焊，短路，以及电源和地是否正确无误，尤其是对于有极性的电容，更要小心不要把电极搞反了。

元器件焊接一般分四步骤进行：

(1) 准备焊接：清洁被焊元件处的积尘及油污，再将被焊元器件周围的元器件左右掰一掰，让电烙铁头可以触到被焊元器件的焊锡处，以免烙铁头伸向焊接处时烫坏其他元器件。焊接新的元器件时，应对元器件的引线镀锡。

(2) 加热焊接：将沾有少许焊锡和松香的电烙铁头接触被焊元器件约几秒钟。若是要拆下印刷板上的元器件，则待烙铁头加热后，用手或银子轻轻拉动元器件，看

是否可以取下。

(3) 清理焊接面：若所焊部位焊锡过多，可将烙铁头上的焊锡甩掉(注意不要烫伤皮肤，也不要甩到印刷电路板上)，用光烙锡头“沾”些焊锡出来。若焊点焊锡过少、不圆滑时，可以用电烙铁头“蘸”些焊锡对焊点进行补焊。

(4) 检查焊点：焊点是否圆润、光亮、牢固，是否有与周围元器件连焊的现象。

图 3.9 显示的就是我制作的拼接处理器的试验板。

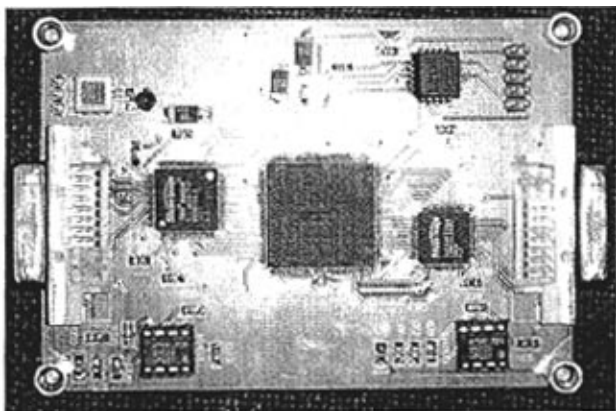


图 3.9 拼接处理器试验板

3.3.3 系统调试

一个系统在完成电路图设计，做好印刷电路板（PCB）并焊接好元器件后，接下来更重要的工作就是电路的调试。限于条件，本实验中仅使用了示波器和万用表进行调试。

电路板的调试是一个非常艰巨而繁琐的工作，有时候调试所花的时间比设计电路本身所花的时间还要多。调试的主要目的是验证电路是否能按照预期的设计正常工作；如果遇到问题，就要求返回来检查设计本身，有些显而易见的问题可能很容易解决，而有些问题对于缺乏经验的新手来说可能不知所措。此时就要求向有经验的人求教或是到相关的网站查看一些解决相关问题的事例。鉴于经验有限，所以无论在设计电路中，还是在系统调试中都遇到了很多问题，经过多方请教以及认真自学与深入理解，最终问题还是一个一个被解决，从细致的调试中也得到了很多宝贵的经验，以下是调试过程相应遇到的问题、心得及解决对策：

► FPGA 是本电路的中心,无论是软件还是硬件设计都是围绕着 FPGA 展开。所以在设计 FPGA 应该特别注意。不要占用完所有 FPGA 的 I/O 引脚,每个 FPGA 都应该留有恰当数量的未使用的 I/O 引脚,以便在调试时,把 FPGA 内部需要测试的中间信号通过这些引脚引出来测试,同时若有布错线的引脚,则可以把它“飞线”到没有使用的引脚;同时 FPGA 的内部资源要留有一定的余量,最好最后的设计所使用逻辑单元不超过 FPGA 总逻辑单元的百分之八十,因为以后可能修改逻辑,如果修改以后占用的资源超过了 FPGA 的总资源而导致芯片放不下逻辑,只有重新更换 FPGA,或者重新设计电路,造成返工;

► 对于新手来说, FPGA 的配置极易出现问题,本实验中也遇到了类似的问题。一般出现的问题可能包括:

(1) EPC2 引脚有虚焊的地方,经仔细检查即可解决;

(2) 没有安装驱动,不同的操作系统下安装的方法不太相同;

(3) 注意上拉电阻或下拉电阻是否连接正确;

(4) 上电后,检查 FPGA 的 I/O 引脚的电平,若为高电平,说明没有配置成功;若为低电平(保证 FPGA 连接无误),说明配置成功或者测试 EPC2 的第 8、9、13 引脚,若均为高电平,说明配置成功。此外,工作电压不稳也可能造成无法配置;

► 调试电路时,应该按照数据流动的方向,在调试出前一级电路后,再调试紧跟其后的电路;例如,根据本电路的特征,先调试的是解码芯片,在测得解码芯片能正确输出解码数据后,再调试 FPGA;检验 FPGA 是否对解码出来的数据进行了正确的处理,检查无误后,检测编码芯片,看是否对处理后的数据进行编码;最后,检测 DVI 的输出;

► 调试过程中,有时不可避免地会对电路进行一些修改,比如更换电阻、电容,“飞线”以及割线等,无论做完什么修改,当在再次上电调试前,为避免电路烧毁,一定要确保电源和地之间没有短路,因为有时候不小心划破地时很容易造成短路;

► 有时候由于环境干燥,电路板在放置过程中可能产生有静电(ESD),此时若突然上电调试可能会击穿芯片,所以调试前最好先释放电路板的静电;在调试完成断电后,电路板上还会残留一些静电,注意不要用手直接接触电路上的电子元件。

完成了电路板的设计、制作和调试工作后,就可以将已有的程序下载到硬件系统进行试验操作了。

第四章 边缘融合处理结果的测试及分析

4.1 使用 MATLAB 模拟融合处理结果

4.1.1 MATLAB 概述

MATLAB 是一套功能十分强大的工程计算及数据分析软件,其应用范围涵盖了数学、工业技术、电子科学、医疗卫生、建筑、金融、数字图像处理等各个领域。许多工程师和研究人员发现, MATLAB能迅速测试其构思, 综合评测系统性能, 并能借此快速设计出更多的解决方案, 达到更高的技术要求。MATLAB 的图像处理工具箱, 功能十分强大, 支持的图像文件格式丰富, 如*.BMP , *.JPG, *.JPEG, *.GIF , *.TIF, *.TIFF, *.PNG, *.PCX, *.XWD, *.HDF, *.ICO , *.CUR 等。利用MATLAB 所提供的图像处理与分析工具, 结合其强大的数据处理能力, 研究人员可利用前人已取得的研究成果, 可以把精力集中在新技术理论的研究上, 而不必关心图像文件的格式、读写、显示和已有成果的技术细节, 并快速测试其图像处理与分析的新方案。对结果进行测试既可方便地得到统计数据, 同时又可得到直观图示^[30]。

对于本课题, 由于要对图像和视频进行处理, MATLAB 7.0以上版本正好同时具备图像和视频的处理工具箱, 可以充分满足我们的试验要求。

本课题使用的是MATLAB 7.0。利用MATLAB, 我们可以很容易地模拟出通过使用不同融合函数处理过的图像, 并加以对比。同时还可以对处理后的图像进行模拟拼接, 即时观察拼接效果, 既便于及时修正又节省了实验时间和经费。

4.1.2 使用 MATLAB 模拟边缘融合处理

首先, 我将一幅 1920×768 的图像 a 分割为 2 个 1024×768 的图像 b 和 c, 2 个图像有横向 128 个像素宽度是相同的。如图 4.1 所示:

**a****b****c**

图 4.1 一幅 1920×768 的图像 **a** 分割为 2 个 1024×768 的图像 **b** 和 **c**

第二，进行 MATLAB 编程，我使用的处理函数是如第二章所述的余弦函数，为了便于观察和结果分析，分别对 **b**、**c** 两幅图像的左右两边 128 个像素宽度的部分进行处理。

MATLAB 的程序如下：

```
a=imread('荷花.jpg');  
a1=a(1:768,1:128,:);  
%imshow(a1)  
for m=1:128  
    i=((1-cos((pi/127)*(m-1)))/2)^(1))*255;  
    for n=1:256  
        a1(n,m,1)=i;  
    end  
end
```

```

for n=257:512
    a1(n,m,2)=i;
end
    for n=513:768
        a1(n,m,3)=i;
    end

end
figure;
imshow(a1)

```

用以上程序对 b、c 两幅图像分别处理，得到以下结果。如图 4.2 所示：

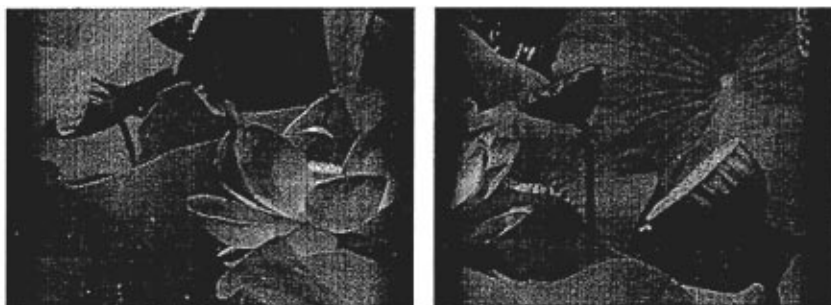


图 4.2 仅使用余弦函数的处理结果

将图 4.2 中的两幅图像进行拼接，就是将中部相同的 128 个像素重叠，得到如图 4.3 所示：

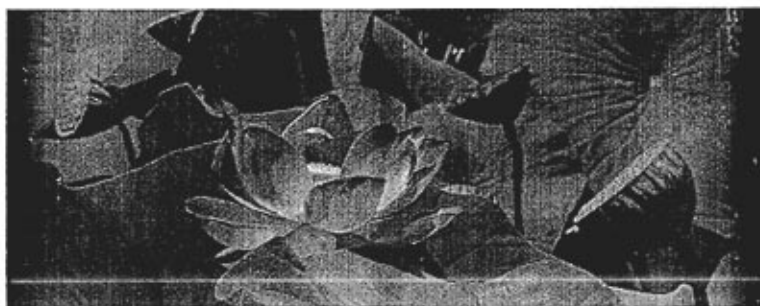


图 4.3 将图 4.2 的图像拼接后的图像

可以看出,在拼接图像的中部存在一条灰色条带,形成的原因正如第二章所述,人的视觉系统对于亮度,或者说对于 RGB 三基色的感觉,大致成对数关系,而并非线性关系,证明了在融合过程中必须进行 Gamma 校正。

第三,在使用余弦函数作为融合处理函数的基础上,分别对 R、G、B 分别进行 Gamma 校正。R、G、B 的 Gamma 值范围在 1.5—2.5 之间,对每一种基色每间隔 0.1 共选取了 11 组 Gamma 值进行处理,最后选定 R、G、B 的 Gamma 值分别为 1.5、1.5 和 1.9。

MATLAB 的程序如下:

```
a=imread('荷花.jpg');
%a1=a(:,1:128,:);
%a2=a(:,897:1024,:);
%a3=a(:,129:896,:);
%imshow(a1)
for m=1:128
    for n=1:768
        i1=(((1-cos((pi/127)*(m-1)))/2)^(2/3))*double(a(n,m,1));
        a(n,m,1)=i1;
    end
end
for s=897:1024
    for t=1:768
        i2=(((1+cos((pi/127)*(s-897)))/2)^(2/3))*double(a(t,s,1));
        a(t,s,1)=i2;
    end
end
for m=1:128
    for n=1:768
        i1=(((1-cos((pi/127)*(m-1)))/2)^(2/3))*double(a(n,m,2));
        a(n,m,2)=i1;
```



```

        end
    end
    for s=897:1024
        for t=1:768
            i2=(((1+cos((pi/127)*(s-897)))/2)^(2/3))*double(a(t,s,2));
            a(t,s,2)=i2;
        end
    end
    for m=1:128
        for n=1:768
            i1=(((1-cos((pi/127)*(m-1)))/2)^(10/19))*double(a(n,m,3));
            a(n,m,3)=i1;
        end
    end
    for s=897:1024
        for t=1:768
            i2=(((1+cos((pi/127)*(s-897)))/2)^(10/19))*double(a(t,s,3));
            a(t,s,3)=i2;
        end
    end
    figure;
    imshow(a)

```

使用以上程序处理后的图像如图 4.4 所示:

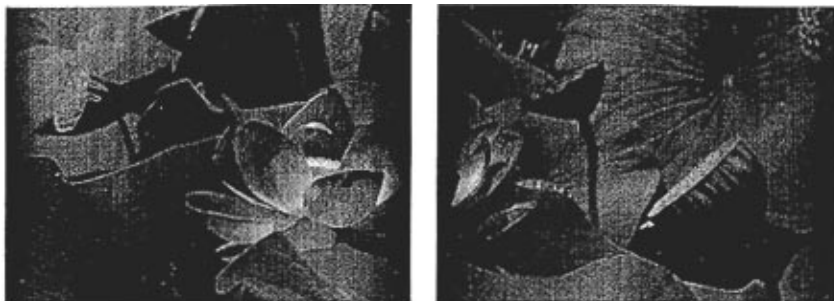


图 4.4 左右两幅分图像经 Gamma 校正处理后的图像

从图中可以看出，图像两边处理过的部分的亮度比图 4.2 中对应部分的亮度有了明显的提高。经对 R、G、B 分别进行 Gamma 校正后的拼接结果如图 4.5(a) 所示。融合区域的灰色条带消除了，拼接效果明显改善，基本实现了试验目标，得到了令人满意的结果。为进行处理前后的比较，图 4.5(b) 示出原来图 4.1 图像的再现，可见两者几乎没有差别，说明我们这样处理的结果是正确的，基本达到无缝拼接的要求。



图 4.5 (a) 经 Gamma 校正后的拼接图像

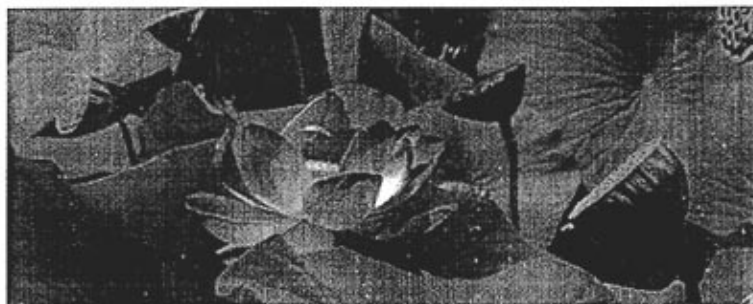


图 4.5 (b) 原展现在图 4.1 中的一幅 1920×768 的图像的再现

4.2 使用液晶显示器显示融合处理结果

使用 MATLAB 模拟边缘融合处理结果, 仅仅是验证了融合函数和 Gamma 校正的可行性, 对检测硬件系统却无能为力。由于条件有限, 我们通过带有 DVI 接口的液晶显示器模拟 DLP 投影显示, 实际观察到了融合处理效果。如图 4.6 所示, 是用液晶显示器分别显示图 4.1 中的图 b 和图 c, 可以看出, 这与图 4.4 显示的 MATLAB 模拟结果是完全相同的。

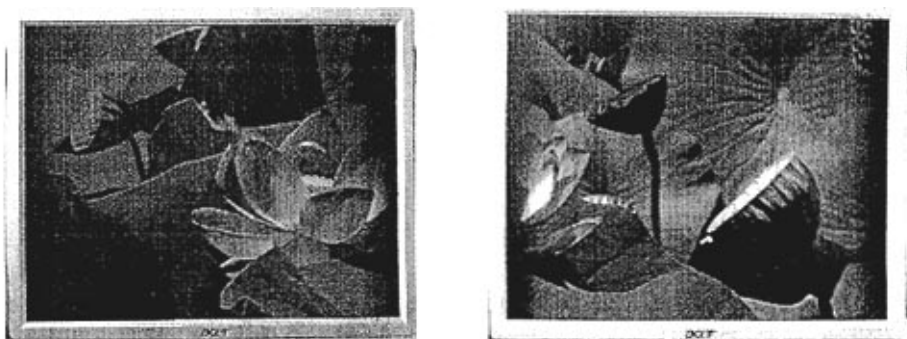


图 4.6 使用带有 DVI 接口的液晶显示器的显示结果

显然, 仅仅能够处理单帧图像是不够的。系统是针对 DLP 投影设计的, 应该具备良好的处理视频的能力。所以, 还要检测系统的处理视频信号的能力和稳定性。图 4.7 显示的就是使用液晶显示器显示经处理后的视频截图。可以看出, 经处理器处理后的视频画质没有损失, 而且连续性很好, 没有出现丢帧和变形。系统连续工作 2 小时以上, 除芯片发热外, 没有出现任何故障。这说明, 本系统具备了较好的



图 4.7 系统处理视频的截图

处理视频的能力和稳定性, 实现了预期的设计目标。

4.3 PR650 光谱光度/色度计的测量结果及分析

4.3.1 PR650 光谱光度/色度计简介

PR650 光谱光度/色度计是 Photo Research 家族光谱快速扫描设备中最新的一种。它是仅有的一种便携、且基于非接触式测试光谱光亮度的光度/色度计。它能够完全实现追溯美国 NIST 标准的、分光式地光度/色度测量, 解决了使用滤光片式的同类产品导致的误差。重量低于 5 磅(2.15 公斤), 可由电池供电, 且使用特殊的 Pritchard 型观测光路、一个凹面全息衍射光栅、一个可自扫描且带有线阵二极管阵列的光谱仪, 所有这些特点可以使你获取 380-780nm 间的完整可见光波段, 同时 CMOS 微处理器几乎可进行实时控制。PR-650 同时也是测量窄波段光谱发射和脉冲光源(40-250Hz, 例如 CRT) 诸如此类较难测量的理想设备, 这是因为 PR650 独特的自动同步功能可以锁在光源的频率进行测量, 确保精确的测量结果。LED 指示灯安装在观测光路中, 易于操作, ICM 卡可存储所有的操作程序和 150 次的测量文件。所有这些部件全部集中在轻便的一体, 并可达到最高的色度测量精度。

4.3.2 PR650 测量结果及分析

为了直观地观察到淡入淡出的效果, 我们使用 PR-650 光谱扫描色度计去测量处理区域的亮度。因为测量仪器的最小孔径尺寸为 F 0.511mm (大致可覆盖所使用液晶屏上的 2 个像素), 其灵敏度为大于 10.3cd/m^2 , 所以可以测出被处理区域内 96 个点的亮度值分布(所测点占据的面积大约为被处理区面积的 75%, 因此认为能正确描述处理结果)。由于被测点与像素点并非一一对应, 故所测各亮度值不能完全表述对应像素点的亮度, 但是仍能准确描述被处理区域内经处理后各点亮度的变化情况。为了便于检测结果, 我们先对一个 1024×768 屏上白色图像的左右两边均进行了融合处理, 结果如图 4.8 所示。

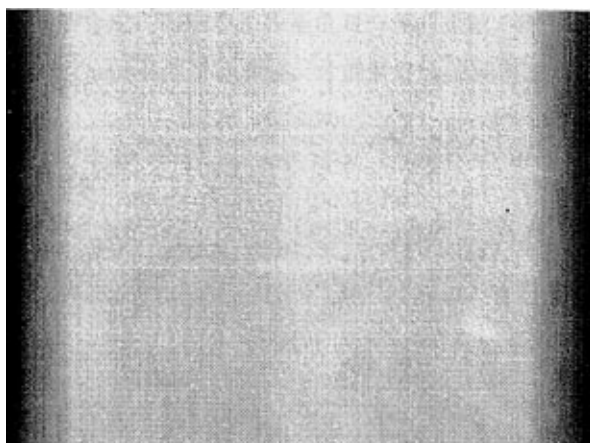


图 4.8 融合处理后的 1024×768 白色图像

右端融合区内各点亮度的“淡出”（指逐渐变暗）变化曲线如图 4.9 所示。实际检测到左端区内的亮度数据与右端相似，只是变化趋势相反（指逐渐变亮的淡入模式），所以将其省略。

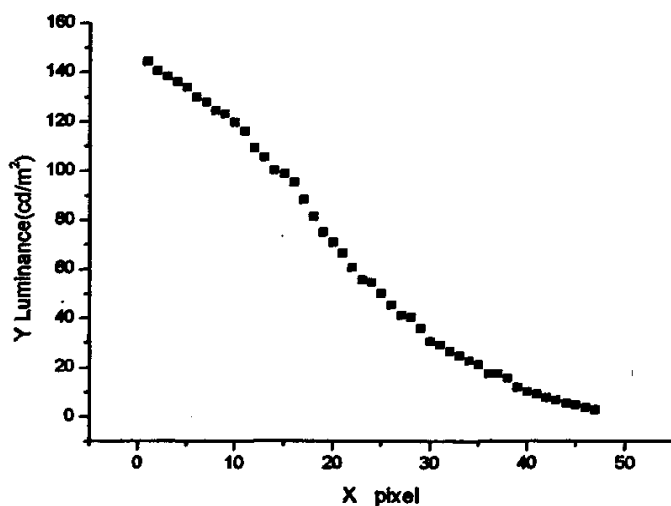


图 4.9 融合区内实测亮度的变化曲线

将上述处理后的图像进行拼接，如图 4.10 所示，在图像的重叠区域出现了一个暗灰色的条带。灰色条带亮度分布的测试值如图 4.11 所示。可看出在重叠区域的中间，其亮度值分别从两端逐渐变低。该结果说明，在重叠区，仅仅处理像素值是不够的。鉴于边缘融合技术主要特征仅是对图像的黑白平衡进行了融合调整，但白色

是 RGB 三基色滿度值的合成，而這涉及各基色對白色的貢獻。對於彩色圖像而言，還需對融合圖像數據的 Gamma 值進行調整，才能最終達到預期效果。

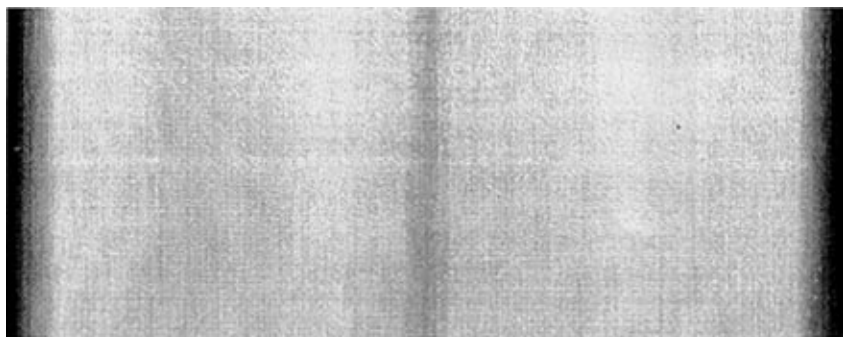


圖 4.9 拼接圖像的重疊區域出現了暗灰色的條帶

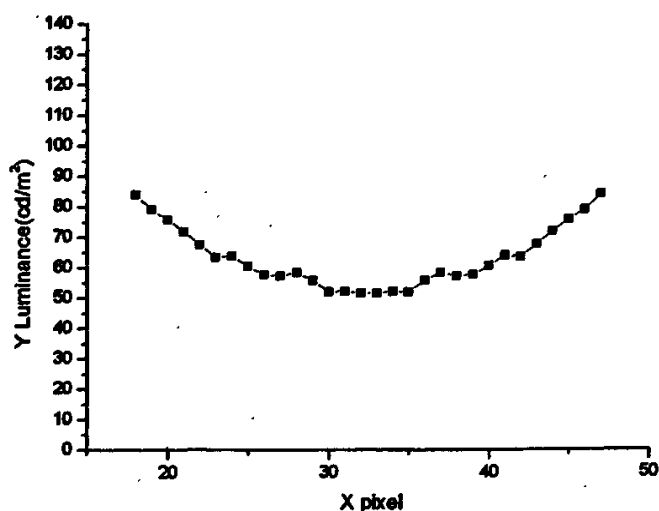


圖 4.10 重疊區實測亮度分布

如本文第二章第三节所述，如果要对亮度进行 Gamma 校正，则需要对每个 R、G、B 值分别进行才成。经过对上述未进行 Gamma 校正之前结果的模拟和计算，最后选定 R、G、B 的 Gamma 值分别为 1.5、1.5 和 1.9。将上述的白色图像经 Gamma 校正后的融合处理的结果，如图 4.11 所示：

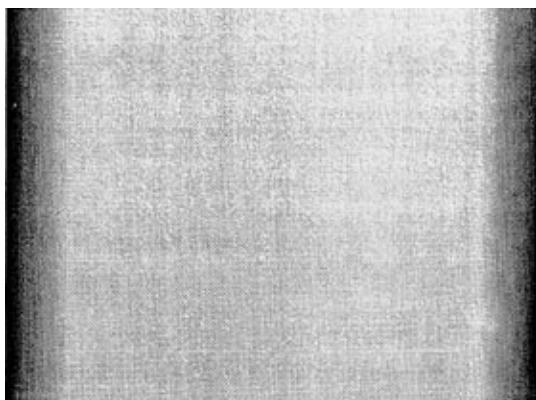


图 4.11 Gamma 校正后的融合处理的结果

同样，对图像右边的处理部分进行测量，得到了如图 4.12 所示的亮度分布曲线（空心圆点）。为便于比较，图中同时示出图 4.9 中的亮度曲线（黑色方块）。从这两条曲线的对比可以看出，经 Gamma 校正过的处理区域的中部，其亮度比 Gamma 校正前有明显凸起。

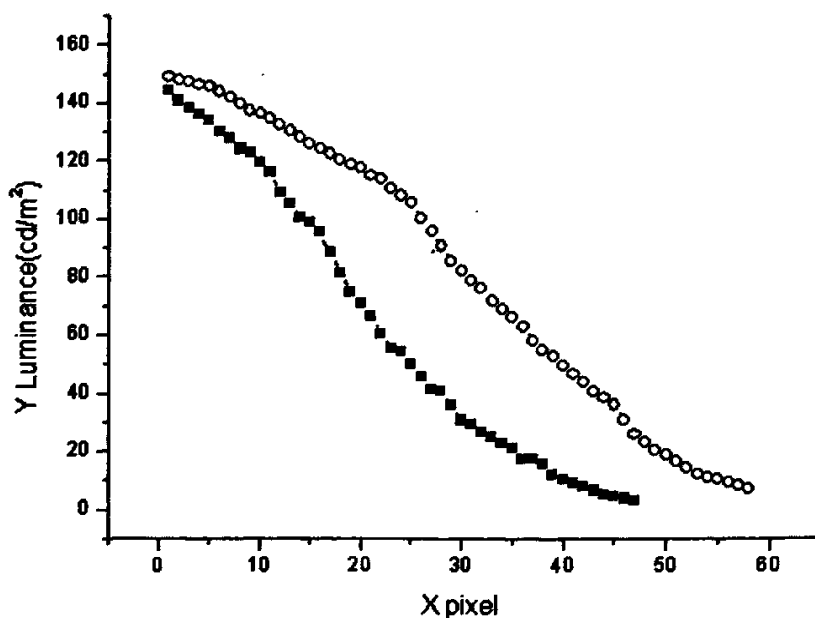


图 4.12 Gamma 校正前后的处理对比

图 4.13 显示的是经 Gamma 校正后的两处理部分拼接的图像。可以看出，灰色条带已经消失，融合效果较以前有了很大的提高。

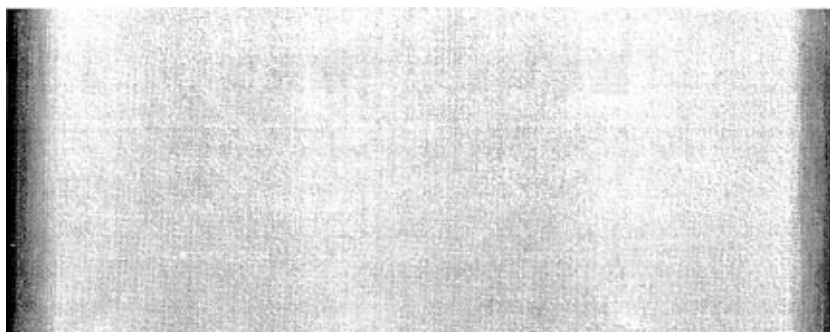


图 4.13 Gamma 校正后的两处理部分拼接的图像

图 4.14 是重叠区域内亮度的位置分布曲线，由图可见，融合部分白色的亮度均匀性得到很大改善。在考虑到测量时存在系统误差和偶然误差，测量曲线可以近似为一条直线，结果是令人满意的。

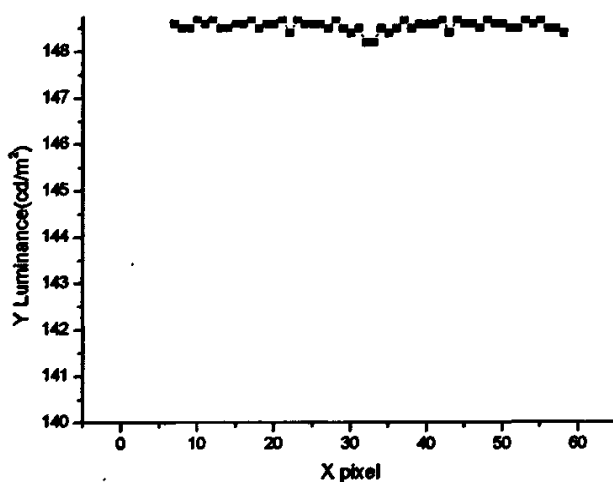


图 4.14 Gamma 校正后重叠区域内亮度的分布曲线

第五章 总结和展望

5.1 实验总结

追求亮丽的超大画面、纯真的色彩、高分辨率的显示效果，历来是人们对视觉感受的一种潜在要求。传统的电视墙、投影硬拼接屏和箱体拼接墙等很难满足人们在这方面的要求。而迅速崛起的边缘融合技术是近年来兴起的一个新的无缝拼接技术，它更好的改善了拼接图像的视觉效果。无缝拼接系统是目前大屏幕投影系统的发展方向，设计一个无缝的拼接系统是一项具有探索性、实用性的工作。

本文设计制作了大屏幕投影无缝拼接系统的核心部分——边缘融合拼接处理器的实验板，在图像经过分割后，通过解码器进行 TMDS 解码，FPGA 进行边缘融合处理，最后由编码器编码，输出 DVI 信号至投影机进行拼接后，可以达到无缝显示的目标，初步实现显示图象大屏幕、高分辨率显示的要求。

本文的设计是针对目前大多数的无内嵌无缝拼接功能的投影机，通过外接本无缝拼接系统后，通过拼接实现无缝显示。本文所设计的系统无需对拼接控制器和投影机进行更改，是一个独立于原投影系统之外的单独系统，具有模块化的结构，系统调整灵活，方便使用。同时实现本系统的主要器件采用的是高性能的数字器件，可以减小电路设计的复杂性，提高了所设计电路的稳定性，实现代价也低。通过对系统的测试，证明了本课题设计的合理性和硬件的稳定性。

无缝拼接系统的核心是对重叠的像素数据作边缘融合处理，本文选用余弦函数曲线作为进行融合处理的曲线，实现起来简捷方便。同时，考虑到投影机的 Gamma 校正问题，通过 MATLAB 模拟可以较为方便地确定 R、G、B 的 Gamma 值。通过液晶显示器显示和使用 PR650 进行测量，即观察到了令人满意的结果，又证明了使用边缘融合技术实现无缝拼接的可行性。

以上的研究终究是在计算机显示屏的拼接合成，并非实际投影拼接效果。为此，在实验后期，采用实际投影机的拼接来检验所设计机顶盒系统以及编写软件的正确性与否，结果如图 5.1—5.4 所示。其中图 5.1 为原始投影，图 5.2、图 5.3 分别显示左、右两侧融合处理之后的投影图像。图 5.4 即为整体合成的实际投影图像。鉴于

用于投影的两台投影机质量的差异，合成后在色彩上显示有不同。如果对比原来的左右投影的图像则可见差异来自投影仪自身，实际投影验证融合结果，表明我所研制的系统，在实际投影屏幕合成上效果是不错的。

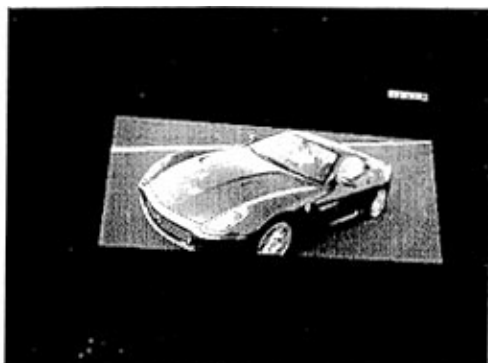


图 5.1 原始图像投影画面

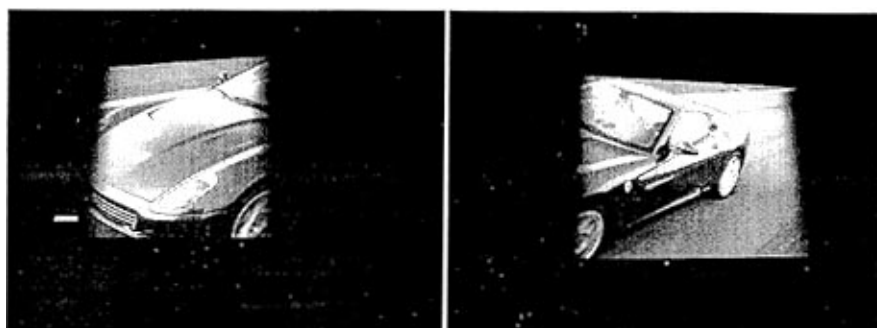


图 5.2 左侧融合处理后的投影图像

图 5.5 右侧融合处理后的投影图像

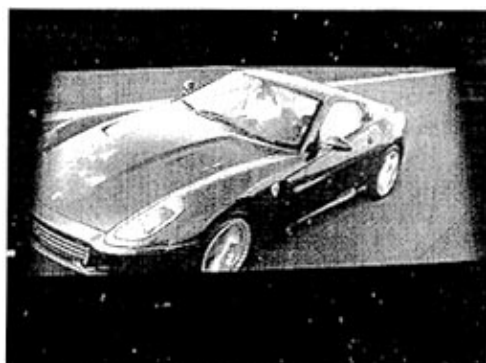


图 5.4 融合处理后整幅的投影图像

本系统由于时间、实验条件和本人知识水平的限制，还存在一些不足之处，有待于进一步的改进：

1. 本系统的输入限定为 DVI 信号, 若在前端增加模拟信号处理部分, 可方便其它类输入信号的接入。
2. 由于本人在 PCB 板的设计和制作上的经验有限, 所以硬件系统还存在一些问题, 从而影响了最终的实验结果, 这方面还有待于改进。
3. 对于 Gamma 值的选取, 目前还不能进行连续调节, 只能选取一些设定值。

5.2 课题展望

通过边缘融合实现无缝拼接大致分以下几个步骤: 1、确定大概尺寸。2、确定投影机的数量。3、选择投影机(确定投影机亮度、分辨率、镜头)。4、选择屏幕(考虑屏幕增益、均匀度、平整度)。5、选择融合处理器。6、预设软边融合的区域值。7、安装及校准屏幕和投影机。8、调试系统及测试。本课题完成了其核心步骤融合处理器的设计与实现, 如果要想实现实用化、产业化, 仍有许多工作需要去做。

第一, 本课题实现了 DLP 投影无缝拼接系统中的边缘融合处理器的设计与实现。使用融合处理器实验板可以实现水平方向的无限多屏的拼接。但要想带给人们没有任何割裂感觉的整幅画面和完美的视觉享受, 无缝拼接系统必须支持水平、垂直双方向的任意扩展, 所以需要采用多通道系统。当多通道系统用于显示同一场景时, 各通道画面应彼此衔接, 形成浑然一体的显示效果, 给予观察者一种宽视场角的效果; 因此, 多通道系统的底层支持软件必须提供通道自动配置功能, 实现各通道视场角的无缝连接。采用多通道系统的主要目的就是扩展视场角, 增加观察视野, 不同的用户希望扩展的范围和方向可能是不同的, 因此多通道系统必须支持水平、垂直双方向的任意扩展。对于垂直方向的拼接, 系统硬件无须改动, 只要将系统程序稍加变化就可以实现。只是当同时需要水平、垂直双方向扩展时, 角拼接部分的数据处理还需要进一步的研究。

第二, 多通道系统在显示运动场景时, 各通道画面的运动必须彼此同步, 以实现统一一致的显示效果, 为此, 多通道系统的底层支持软件必须提供各通道运行的画面同步机制。尽管多通道系统是由若干对立通道拼接而成, 但对用户来讲, 应当感觉不到这种拼接的存在, 即无论是多通道还是单通道, 用户使用是都是一样的,

只有这样的实现技术，才是成功的；因此，多通道系统的底层支持软件必须提供各通道数据的实时映射功能。所以，底层支持软件的编写与调试是下一步的一项重要工作。

第三，边缘融合处理器除了具有边缘融合和图像多画面处理功能外，还应该具有图像存储和调用功能，可以把本身存储的高分辨率图像直接作为大屏幕系统的背景进行显示，这在实际使用中非常有实用价值。

第四，在视景仿真系统，科学可视化应用，虚拟展览，三维游戏娱乐等场合，为了使系统更具冲击力和沉浸感的视觉效果，往往采用多个投影机拼接成一个多通道投影显示系统，它可以显示更多的内容、达到更高的显示分辨率，看到更宽的视野。如果投影屏幕不是平面幕、或投影机的投影方向不正确，将导致在幕上的图像变形；多通道间的图像的拼接产生的白边或黑缝；另外各个投影机的投影亮度色彩等参数不一定一致，这些问题最终影响了该投影显示系统的沉浸感。为了解决这些问题，当前往往采用的几何校正工控机，对各通道的输出图像进行非线性几何校正，边缘融合以及颜色校准。但是，几何校正工控机成本较高，而且对计算机的输出视频的分辨率和刷新率有一定限制。我们可以采用一种新的方法（投影校正软件系统），完全使用软件的方法，在 3D 图像输出前对图像进行校正预处理，完全实现上述功能。在投影显示下，如果投影机的光轴与屏幕不垂直，投影图像发生梯度变形；当投影屏幕为曲面时，例如球面、柱面，甚至直角平面，即使投影机的光轴与屏幕垂直，曲面屏幕上的投影图像也会发生非线性形变。可以使用二次绘制技术，对原来 3D 图像进行预先变形，使得显卡输出的图像投影到屏幕时，得到正常的图像。

随着研究的不断深入，我相信一定可以改变目前以代理国外知名品牌为主的现状，实现拥有自主知识产权的无缝拼接系统，并将其产业化、规模化。

参考文献

- [1] 唐宝石. 大屏幕拼接技术纵观. 计算机世界, 1999, 5
- [2] 张建辉. 大屏幕投影组合显示系统. 有线通信技术, 2002, 1
- [3] 王琨. 边缘融合大屏幕拼接系统之应用. InfoAV China'05, 12
- [4] Moriya T, Beniyama F, Utsugi K, et al. "Multi-camera and multi-projector based seamless live image display system", <Multimedia Modeling Conference, 2004. Proceedings 10th International>, 5-7 Jan 2004
- [5] M R Douglass, C Malemes, "Reliability of displays using Digital light processing" <SID' 96>
- [6] Jeroen van Baar, Thomas Willwacher, Srinivas Rao, "Seamless Multi-Projector Display on Curved Screen", <Proceedings of the Workshop on virtual environments 2003>
- [7] 德克萨斯仪器股份有限公司. DMD 显示系统. 中国专利, 94119304.7, 1996-03-27
- [8] J M Youse, "Mirrors on A Chip" <IEEE Spectrum>, November 1993
- [9] L J Hornbeck, "Digital light processing for high-brightness, high-resolution applications", <Proc. SPIE >
- [10] 巨安丽. 边缘融合组合屏图像显示技术与系统研究. 计算机仿真 2006 年 2 月
- [11] Pasko G, Pasko A, Ikeda M, "Bounded blending operations", <Shape Modeling International. 2002 Proceedings >
- [12] Mark Hereld, Ivan R. Judson, Rick L Stevens, "Introduction to Building Projection-based Tiled Display Systems", <IEEE Computer Graphics and Applications August 2002>
- [13] 卢如西, 白宝国. 大屏幕背投拼接显示系统的技术现状和产业发展. InfoAV China'06, 3
- [14] In Gyu Park, "Development of a network/multimedia Projector system", <Consumer Electronics.IEEE Transaction on>
- [15] R Raskar, G Welch, H Fuchs, "Seamless Projection Overlaps using Image

- Warping and Intensity Blending”, <Proceedings of the 4th International conference on virtual systems and multimedia>, Gifu, Japan, Nov 1998
- [16] A Majumder , et al. “Using a camera to capture and correct spatial photometric variation in Multi-Projector Display ” , <IEEE International Workshop on Projector-Camera System>, October 12, 2003
- [17] Aditi Majumder, Zhu He Herman, Towles Greg Welch, “Achieving Color Uniformity Across Multi-Projector Displays”, <IEEE Visualization 2000.>
- [18] R L Hornbeck, “Challenges of a Digital Micro-mirror Device: Modeling and Design”, <SPIE Europe Proceedings, (June 1996)>
- [19] Ramesh Raskar, Jeroen van Baar, “Low-Cost Multi-Projector Curved Screen Displays”, SID 2005. 884-887
- [20] Aditi Majumder. , “Luminance Management for Seamless Multi-Projector Displays”, SID 2005. 1056-1057
- [21] 彭国福 图像处理中 Gamma 校正的研究和实现 电子工程师 Vol. 32 No. 2
- [22] Mishra A K. “Gamma Correction and Percep tual Coding of Video” STMicro-eletronics, 2005. 1~5
- [23] Rafael C. Gonzalez, “Digital image processing” 阮秋琦 等译 第二版 电子工业出版社 2004
- [24] 蒋兆林 DVI 数字显示接口标准 平板显示器 电子产品世界 2001.4 A
- [25] Digital Visual Interface (DVI)white paper November 2001
- [26] SiL 141B PanelLink Digital Receiver June 2001
- [27] Altera Configuration Handbook
- [28] Altera Programmable Logic Device Family ACEX 1K
- [29] 徐志军. CPLD/ FPGA 的开发与应用[M]. 电子工业出版社, 2002. 1 – 17.
- [30] 曾祥萍, 杨涛 基于 FPGA 的浮点算法在图像处理中的应用 光电技术应用 Vol. 21 ,No. 1
- [31] 王玉花 郭书军 葛勿秋 FPGA 器件的在线配置方法 单片机与嵌入式系统应用 2004 No.3 P.8-9
- [32] SiI 164 PanelLink Transmitter September 2002

- [33] 何希平. 基于 MATLAB 的图像处理与分析. 重庆工商大学学报 Vol. 20 No. 2
- [34] 孙兆林. MATLAB 6. x 图像处理[M]. 北京:清华大学出版社,2002
- [35] 崔屹. 图像处理与分析——数学形态学方法及其应用[M]. 北京:科学出版社,2000
- [36] 张远鹏,董海,周文灵. 计算机图像处理技术基础[M]. 北京:北京大学出版社,1996
- [37] Rogers D F. 计算机图形学的算法基础. 石教英, 彭群生,等译. 北京:机械工业出版社, 2002
- [38]高国保 大屏幕投影显示系统的无缝拼接研究. 2005 年南开大学硕士生毕业论文.
- [39] 王晓丹. 基于 MATLAB 的系统分析与设计 西安电子科技大学出版社 2000
- [40] 张威. MATLAB 外部接口编程 西安电子科技大学出版社 2004
- [41] 何强, 何英. MATLAB 扩展编程 清华大学出版社 2002

在学期间发表的学术论文

- [1] 柴海峰, 高国保 等 “边缘融合 DLP 无缝拼接投影系统的设计与实现”
大屏幕投影及新型显示技术论坛论文集 2006. 10
- [2] 高国保, 柴海峰 等 “拼接投影的边缘融合处理问题”
现代显示, 2007, 第 3 期,
- [3] 柴海峰, 高国保 等 “大屏幕投影拼接系统的设计考虑”
液晶与显示 2007 年第 3 期

致 谢

本课题是在兰州大学张福甲教授和南开大学熊绍珍教授的悉心指导下完成的。在课题的研究过程中，熊绍珍教授倾注了大量心血，以其渊博的学识，对科学孜孜以求的精神，严谨的科学态度，一丝不苟的科研作风，正直的为人之道给我留下了深刻的印象，使我受益终身！在此向熊老师致以崇高的敬意和衷心的感谢！

同时，在研究生学习和课题研究期间，张福甲教授一直给我各方面的照顾和帮助。更重要的是，张教授能够言传身教，在他的教导和熏陶下，我学到许多专业知识、做人的道理和优秀品质。这些宝贵的财富必将伴随我今后的学习和工作。在此向张福甲教授致以最诚挚的谢意！

感谢南开大学孟志国教授和吴春亚教授，给与我学习和生活上的帮助，并时刻关注课题的进展，提出许多宝贵的建议，使我受益匪浅。

感谢李娟老师、李阳博士、高国保和刘建平同学，在程序和 PCB 设计上给与我的帮助，并提供了大量的资料。感谢李学东、王忠、刘召军、郝大收、杭力、孙鹏飞同学，和大家在一起共同学习、工作十分愉快！

最后也要感谢我的父母和妻子，感谢他们对我的鼓励，感谢他们对我学业的支持。感谢所有支持、帮助和关心过我的老师、亲人和朋友们！

作者：[柴海峰](#)
学位授予单位：[兰州大学](#)

相似文献(10条)

1. 学位论文 [陈亮](#) 基于摄像头校正的多投影仪拼接研究与实现 2008

高分辨率、高亮度的大屏幕显示广泛地应用于科学计算可视化, 工业设计, 虚拟制造, 军事仿真, 娱乐等领域。采用大屏幕显示墙或高分辨率投影仪实现的大屏幕显示系统成本十分昂贵, 研究采用多个投影仪拼接实现高分辨率大屏幕显示系统有较好的实用价值和现实意义。

多投影仪拼接的研究, 主要分为几何校正、颜色校正、亮度混合。由于投影仪摆放的随意性, 要在投影并集中找出一个合适的区域作为最终显示, 需要进行几何校正; 由于多投影仪之间, 尤其是不同类型投影仪之间颜色的差异, 为了获得最后拼接图像颜色的一致性, 需要进行颜色校正; 由于投影的重叠区域亮度高于周围, 为了实现整体亮度均匀, 需要进行亮度混合, 最终实现无缝拼接。

本文在前人研究基础上, 研究实现一种基于摄像头校正的多投影仪拼接方法, 下面是本文的工作:

(1) 使用一个普通摄像头作为图像采集和校准设备, 由于摄像头可能会有失真, 故使用张正友相机标定方法对其进行标定, 然后对其拍摄的照片进行校正, 这保证了后续的对对应性计算在理论上的正确性。

(2) 投影仪在平面显示屏幕上投影黑白棋盘方格, 利用计算机视觉技术抽取投影图像和摄像图像上的棋盘特征点, 通过计算投影图像和摄像图像之间的对应性实现了多投影仪的几何校正。

(3) 使用非线性最优化方法进行颜色校正。颜色校正依赖于投影颜色和标准颜色的对应性。为了获得对应性, 每个投影仪在空白的平面上投影带颜色的棋盘模式, 用摄像头记录各个投影仪投影颜色值, 然后计算投影颜色和标准颜色的对应性。

(4) 使用二次函数计算像素在亮度混合中的权值, 使其权值尽可能均匀分布。根据像素点在投影仪投影交集集中的位置, 求出它到最近边的距离, 二次函数以距离为变量计算权值, 并以此修正像素的亮度值。

系统除了投影仪和计算机外, 使用一个普通的摄像头作为校准工具, 对于摄像头没有特定的要求, 有失真也不会影响最终的结果。随着摄像头的普及, 校准用的设备随处可得, 极大的降低了本文多投影仪拼接方法的成本, 实施起来也比较方便, 该方法可有效用于学校、商场甚至办公室的大屏幕显示, 从而让我们更多的感受大屏幕显示在信息交互以及数字娱乐方面的魅力。

2. 学位论文 [高国保](#) 大屏幕投影显示系统无缝拼接研究 2005

大屏幕投影显示系统以其高亮度、高分辨率等优点, 在指挥控制、过程监控、教育培训以及消费娱乐等领域, 越来越受到人们的青睐。不断研究大屏幕投影显示的新技术, 开发符合市场需求的新产品, 已成为目前大屏幕显示领域的热点。大屏幕投影显示系统的无缝拼接技术能够消除拼接时的物理拼接和光学拼接, 提供整体感更强、更完美的显示图像, 已成为大屏幕投影拼接显示系统的首选技术, 代表着大屏幕显示系统的发展方向。

本课题设计了一个实现无缝拼接系统的示例: 将一个高分辨率的图像分割为两个分图像, 按两部分在边缘交叠的方式分别投影。在投影之前, 先对相重叠的图像部分分别进行淡出淡入的边缘融合处理。这样, 经叠加后的重叠部分则可消除重叠痕迹。将处理过的两个分图像用投影机投影叠加显示时, 就可以得到一幅完整的高分辨率的无缝图像, 达到无缝拼接的目标。

文中介绍了大屏幕投影显示系统的一般构成, 对四种投影显示的技术进行了比较, 并具体分析了DLP投影显示的工作原理; 详细阐述了无缝拼接时边缘融合的原理及实现框图, 结合DVI信号和FPGA器件的特点, 设计了无缝拼接淡出淡入处理(边缘融合)的实现方案, 编写了有关程序, 并给出了仿真波形图(Max+plus II)。

鉴于DLP的无缝拼接的投影显示系统具有很好的市场前景, 被认为是可与PDP、LCD投影、LCOS投影相媲美、并更有特色的重要投影技术, 故在光电子所承接的国家科技部863平板显示项目的支持下, 我选择DLP投影的无缝拼接大屏幕显示技术的研究作为我的论文课题。它属于是对大面积高画质平板显示技术领域的探索性研究, 预期有鲜明的发展前景和经济效益。

3. 学位论文 [李斌](#) 低成本多投影仪拼接方法研究 2005

高分辨率, 高亮度的大屏幕显示越来越广泛地应用于科学计算可视化, 工业设计, 虚拟制造, 军事仿真, 娱乐等领域。目前广泛使用的大屏幕显示系统或者采用大的大屏幕显示墙, 或者采用高性能的投影仪, 成本十分昂贵。因此, 采用多个投影仪阵列无缝拼接的高分辨率大屏幕显示系统, 也就越来越受欢迎。

多投影仪拼接大屏幕显示系统的研究, 国内外非常活跃。与此相关研究主要分为几何校正、颜色校正、亮度混合等。由于多投影仪阵列排列的随意性, 所以要进行几何校正; 由于多投影仪之间, 尤其是不同类型投影仪之间颜色的差异, 为了获得最后拼接图像颜色的一致性, 所以要对投影仪进行颜色校正; 由于投影的重叠区域亮度特别高, 所以要进行亮度混合, 从而获得无缝拼接。

著名的大屏幕显示系统, 像普林斯顿大学的大屏幕显示墙, 需要对投影仪阵列精确排列, 而且占用区大的建筑空间, 安装和操作这样的大屏幕显示系统成本仍然十分昂贵。

Raskar等人提出的低成本多投影仪拼接系统, 采用一个摄像头, 大大降低了拼接的成本, 并且具有较大的灵活性。但是, 没有对投影仪进行颜色校正, 没有考虑摄像头几何曲解模型的参数, 这些使低成本多投影仪拼接可以很好的改善。本文将在国内外这些研究基础之上, 改善并实现一种低成本的大屏幕投影拼接方法:

(1) 使用一个未曾校正的摄像头, 通过计算投影图像和摄像图像之间的对应性实现了多投影仪的自动几何校正。为了获得对应性, 投影仪在平面显示屏幕上投影棋盘模式, 利用计算机视觉技术抽取投影图像和摄像图像上的棋盘特征点。

(2) 是提出了一种用非线性最优化方法进行颜色校正的方法。颜色校正依赖于投影颜色和标准颜色的对应性。为了获得对应性, 每个投影仪在空白的平面上投影带颜色的棋盘模式, 用摄像头记录各个投影仪投影颜色值, 然后计算投影颜色和标准颜色的对应性。

(3) 改善了亮度混合中的混合系数。

(4) 设计与开发一套低成本多投影仪大屏幕拼接系统, 给出了部分关键技术模块的实现。

本文的多投影仪拼接方法是低成本本, 是因为系统的成本除了投影仪和计算机外, 增加了一个不昂贵的摄像头, 其他成本都用软件实现。本文的多投影仪拼接方法简单灵活, 可有效用于学校、商场甚至办公室的大屏幕显示, 从而让我们更多的感受大屏幕显示在信息交互和数字娱乐方面的魅力。

4. 期刊论文 [李杰](#) [胡可为](#) [孙静怡](#) [LI Jie](#) [HU Ke-wei](#) [SUN Jing-yi](#) MPDP无缝拼接大屏幕显示系统在电网调度中的应用 -吉林电力2009, 37(3)

以吉林省电网调度中心无缝拼接等离子显示屏MPDP大屏幕显示系统项目为例, 介绍了MPDP大屏幕显示系统的结构、特点及其主要功能, 通过采用专用设备和UNIX模拟器, 解决了项目实施过程中存在的图像模糊、闪烁、拖尾以及视频信号网络传输等主要技术问题。

5. 学位论文 [陈槐](#) 大屏幕拼接显示系统的研究与应用 2006

随着社会信息化的高速增长, 信息的可视化需求也急剧扩大, 同时高端可视化的实现难度也越来越高。单台显示设备所能显示的信息量已经远远不能满足市场需求, 特别是一些监控中心、指挥中心、调度中心等重要场所, 大屏幕背投拼接显示系统已经成为信息可视化不可或缺的核心基础系统。

本文基于这种现状, 作者先对大屏幕显示系统的功能性能, 以及国内外的发展现状进行了介绍。然后, 作者对大屏幕显示系统的硬件系统进行了剖析, 选择了DLP投影机 and DATAPATH的采集、显示硬件作为本系统的载体。最后, 对基于一系列特殊硬件的大屏幕显示系统的软件系统进行了深入的分析和研究。

这套软件分为图像拼接软件和拼接控制软件, 其核心就是通过拼接控制软件驱动图像拼接处理器以及其它一系列硬件协调工作, 共同完成图像拼接显示任务。

作者深入研究了三个“无缝”要求, 即: 单屏信号源无缝切换、整屏无缝切换以及投影区域无缝拼接。本文详细阐述了流程运行的过程, 使它成为

了本系统的一大特色。为了增加系统的可用性和稳定性，本系统设计了一整套应急措施。

6. 学位论文 [冯景华 多投影的高清晰画面自动拼接技术](#) 2008

高分辨率的、亮度的显示系统在科学计算的可视化、工业设计、虚拟制造、军事仿真等领域得到了越来越多的应用。现在的大屏幕显示系统使用大的屏幕墙或使用高性能的投影机，成本非常昂贵，多投影的高清晰画面自动无缝拼接技术因为其方便灵活，低成本越来越受欢迎。

多投影系统在摄像机的辅助下，通过调整投影仪的几何输出和颜色输出，达到投影画面的自动无缝拼接，这主要涉及到二个关键的技术：几何校正、颜色校正。

我们提出了一种新的适应各种屏幕类型的几何校正算法，算法只需一个普通的摄像机，通过摄像机采集数据，我们可以求得要投影图像和屏幕上被摄像机拍摄的图像的对应关系，然后调整要投影图像到一个标准的位置，预处理标定这些几何关系，最后在绘制过程实时对几何进行校正，实现多投影区间的无缝拼接。

我们也提出了颜色校正的方法，通过摄像机记录每台投影仪的颜色变化曲线，调整每台投影仪的颜色曲线到标准颜色曲线。预处理标定这些颜色关系，然后再绘制过程实时对颜色进行校正，最终实现多投影画面的颜色一致。基于几何标定的结果，我们定义出一块重叠区域，对重叠区域的像素点亮度赋予一个权重系数，重叠区域的最终颜色由它的颜色和权重决定的。结合了几何标定和颜色标定的结果，我们消除重叠区域的亮度太亮问题。

我们的多投影的高清晰画面自动拼接技术已经在好几个商用系统中得到了应用，反映良好。我相信我们的系统因为其自动，方便灵活，低成本的特点，会有更好的应用前景。

7. 学位论文 [高文轩 基于集群的大屏幕立体拼接显示系统的实现](#) 2006

随着投影技术的发展，建立高分辨率，大屏幕显示画面的拼接显示系统(又称拼接显示墙)成为虚拟现实和可视化技术发展的迫切需求。为了更好的满足我中心科学可视化方面的需求，我们以中心现有的曙光PC集群为平台，开发了自己的大屏幕立体拼接显示系统。本文围绕搭建拼接显示系统的科研实践展开，详细介绍了在硬件和软件上遇到的一系列问题，经过分析后给出了我们的解决方案。

应用Chromium系统只能实现对OpenGL程序的并行分布绘制，在其基础之上，我们将校正工作和DMX相结合，应用于拼接显示系统，实现了一般程序在拼接显示系统上的展示。

利用多个投影仪建立大屏幕投影墙的过程中面临的两个最大的难题就是如何实现几何上的对准和如何解决颜色不均匀的问题，解决好这两个问题，才能真正的实现无缝拼接。本文在对分布式并行图形绘制技术进行阐述后，分别对几何校正和颜色校正问题进行了深入的分析和探讨。以往的几何校正算法都需要对每台投影仪单独进行拍照，投影墙规模增大时十分不便，我们的算法只要通过一张照片就可实现对所有投影仪的校正工作(立体显示需两张)。在颜色校正上，我们在简化了MAJUMDER的颜色校正算法后与边缘融合技术结合，实现了多投影仪拼接处的平滑过渡。

本文还介绍了立体显示的原理，在比较了几种典型的立体投影显示系统后结合本中心的硬件情况提出了自己的解决方案，并在就如何应用OpenGL进行3D绘制进行分析之后，给出了生成左右眼视图的算法实现。

此外，本文还就搭建立体投影墙过程中可能碰到的硬件选择问题进行了比较分析，给出我们在构建这一高分辨率立体投影墙过程中的一些经验和体会。

8. 学位论文 [何逸越 拼接式等离子显示系统音视频获取处理和网络传输系统的研制](#) 2007

拼接式等离子显示板(Title Screen Plasma Display Panel，简称TSPDP)以其数字化驱动、大视角、高对比度、无缝拼接、无X射线辐射、显示面积易于扩展等诸多优势脱颖而出，成为实现高清晰、高画质的超大屏幕显示终端的最佳选择之一。但传统的拼接式等离子显示系统中存在着信号源单一、信道传输距离短、可操作性差、与用户交互不够等缺点。本文在系统的分析了传统的拼接式等离子显示系统的问题后，提出并实现了一种基于PC机软件、TCP/IP协议网络信道和ARM9嵌入式系统的新型TSPDP整机系统的架构，克服了以上的缺点并取得了良好的效果。

系统以运行着音视频采集处理和网络传输软件的PC系统和运行着音视频接收处理和回放软件的嵌入式子系统为硬件平台。在系统设计中引入并实现了多线程、并行算法、流水线、socket控制等几项新技术，构建了音视频信号采集、处理、传输的并行运行的结构，提高了程序的性能和网络发送的效率。本文分别对这两个子系统设计的流程、方法和采用的新技术和方法做了详细的论述。

所设计的两个子系统已经过联合调试，工作稳定，并且取得了良好的显示和播放效果。本文最后对系统设计和调试中遇到的问题以及解决方法也作了相应的归纳和总结。

9. 期刊论文 [孙刚. A. B. Davey. W. A. Crossland 一种基于PL-LCD体系结构的新型图像拼接技术的研究](#) -现代显示

2004, "" (3)

“像移法”是一种基于光致发光-液晶显示器(PL-LCD)体系结构的新型显示器图像拼接设计,它增强了用无缝拼接的办法制作大屏幕显示器的基本概念. 这项专利技术利用了光学透明棱镜的折射现象[1]. 如果把两个完全相同的直角棱镜的斜面相对,那么,来自第一棱镜的入射光线将偏移一定距离从另一面出射时,但仍与入射光线保持平行. 通过对棱镜的精确取向和适当选择,可以通过组合这些棱镜结构使光线向中间移动,从而达到无缝拼接的目的(图1)[2].

10. 学位论文 [何跃明 多投影大屏幕系统的自动构建方法](#) 2007

多投影大屏幕系统是使用多台投影机协同工作构建高分辨率、大可视范围的展示设备。多投影系统构建技术主要解决由于投影机姿态、投影幕形状等造成的显示效果和目的效果不一致的问题；相邻投影机画面的错位问题，使多投影系统在几何上实现“无缝”拼接；投影机画面在投影幕上显示的色彩差异问题，色彩差异将大屏幕画面分成了多个部分，方法中的全局色彩一致性校正能够解决这个问题。

多投影大屏幕系统构建方法的一个重要指标是自动化程度的高低和方法的适用范围。本文的研究工作主要集中在研究一种适用范围广、自动化程度高的构建方法。多投影大屏幕系统构建首先获取多投影仪和摄像头的定标数据，然后分析定标数据得到构建数据，最后利用构建数据搭建多投影大屏幕显示设备。

本文研究了一种新颖的定标数据获取方法，在获取过程中就能够得到多投影系统构建中的多投影仪对齐数据，这种方法具有适应范围广、计算速度快块的特点。同时在定标数据获取过程中，在亮度自适应的拍摄方法和投影机照射区域自动提取方法等方面进行了研究，新的方法极大的减少了人的参与，很大程度上提高了方法的自动化程度。

目前，本文的多投影大屏幕系统已经利用在文物数字化展示领域中，用于大场景的沉浸式展示。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y1090031.aspx

授权使用: 北京信息职业技术学院(xxzyjs), 授权号: 3161c9da-3a5b-4252-9adc-9e380151438a

下载时间: 2010年11月24日