



Innovation  
**ADI** 2006 University  
Design Competition

# ADI大学生创新设计竞赛

优秀论文选编

竞赛组委会 编

2006年度



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

# **2006 年度ADI**

## **大学生创新设计竞赛优秀论文选编**

竞赛组委会 编

**電子工業出版社**  
**Publishing House of Electronics Industry**  
北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本论文选编是对“2006 年度 ADI 中国大学生创新设计竞赛”设计作品的总结。在所有参赛作品的论文中,它们基于 ADI 的模拟和处理器产品,结合实际应用,并融入了设计者创新的思想方法和设计理念,是当代先进信号处理技术在多个领域中应用的范例的集合。本书介绍了每个参赛作品的设计思路、实验方法、实现过程和结果分析,并论述了各选题的工程实用性、创新点和实现难点。

本书适合电子工程技术人员,电子、通信与控制等相关专业的在校师生阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

2006 年度 ADI 大学生创新设计竞赛优秀论文选编 / 2006 年度 ADI 大学生创新设计竞赛组委会编.

北京:电子工业出版社,2007.5

ISBN 978-7-121-04233-1

I. 2… II. 2… III. 电子器件—设计—文集 IV. TN-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 054566 号

责任编辑:竺南直

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:29.25 字数:750 千字

印 次:2007 年 5 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线:(010) 88258888。

# 全国竞赛组织委员会成员名单

名誉主席：王越（两院院士，北京理工大学名誉校长）

主 席：Howard Cheng（ADI 大中国区总裁）

副 主 席：聂在平（电子科技大学副校长），

阮双琛（深圳大学副校长），

李 川（ADI 市场拓展与合作经理）

委 员：（按姓氏笔划排序）

石光明（西安电子科技大学）， 刘秀兰（北京工业大学），

闫达远（北京理工大学）， 张 扬（电子科技大学），

赵 莉（亿旗创新）， 殷福亮（大连理工大学），

徐昌庆（上海交通大学）， 曹治国（华中科技大学），

喻建平（深圳大学）， 景 霓（ADI），

薛 睿（ADI）

# 全国竞赛专家组成员名单

组 长：汪学刚（电子科技大学）

副 组 长：李大光（ADI），廖文帅（ADI），姜维（ADI）

专 家：（按姓氏笔划排序）

刘书明（西安电子科技大学）， 刘 玉（华中科技大学），

闫达远（北京理工大学）， 陈 喆（大连理工大学），

赵继敏（上海交通大学）， 钟 胜（华中科技大学），

郭万有（西安电子科技大学）， 蒙 山（深圳大学）

# 决赛获奖名单

| 参赛作品题目                         | 所属院校     |
|--------------------------------|----------|
| <b>特等奖</b>                     |          |
| 基于麦克风声源定位的动态视频监控系統             | 大连理工大学   |
| <b>一等奖</b>                     |          |
| 时间交替采样结构的 ADC 系統在中频数字接收机中的应用   | 电子科技大学   |
| 汽车智能仪表系統                       | 北京工业大学   |
| 十二导联便携式无线远程心电监护系統              | 东北大学     |
| <b>二等奖</b>                     |          |
| 塔吊安全监控系统                       | 西安理工大学   |
| 高精度、自主算法三相电能测试系統               | 上海交通大学   |
| 单目视觉车道偏离报警系統                   | 电子科技大学   |
| 基于 ADSP Blackfin532 的多功能存储系統设计 | 北京理工大学   |
| 基于 BF533 的智能车载终端               | 华中科技大学   |
| 触摸式地图导航系統                      | 华中科技大学   |
| <b>三等奖</b>                     |          |
| 汽车后视处理系統                       | 西安电子科技大学 |
| 基于过采样的生物信息采集系統                 | 天津大学     |
| MIMO 无线信道仿真器                   | 北京邮电大学   |
| 非接触式视觉鼠标                       | 华南理工大学   |
| 力矩电机控制系统                       | 哈尔滨工业大学  |
| 新型生命探测仪信号处理机                   | 西安电子科技大学 |
| 摩托车发动机供油及点火电子控制                | 北京工业大学   |
| 数字分频数字功放有源音箱                   | 北京航空航天大学 |
| 无线 USB 桥接系統                    | 电子科技大学   |
| <b>最佳创意奖</b>                   |          |
| 非接触式视觉鼠标                       | 华南理工大学   |

# 序

ADI 公司是一家先进微电子芯片生产厂商。公司的高等教育支持计划支持了一些高等院校的信息电子实验室建设和学生理论联系实际能力的培养提高, 效果明显。现在结合大学生芯片应用设计竞赛, 将得奖作品收集整理成书出版, 其内容涉及较宽应用领域, 这对于拓宽大学生利用数字技术和先进芯片进行设计的视野, 扩大交流都有益处, 同时也便于教师了解掌握大学生学以致用能力水平, 为后续的教育发展改革奠定基础!

**祝愿作品集出版成功, 善事地久天长地延续下去!**

中国科学院院士

中国工程院院士



2007.4.10

# 前 言

美国模拟器件公司（Analog Devices, Inc., 简称 ADI 公司）创立于 1965 年，总部位于美国马萨诸塞州波士顿。作为全球领先的高性能模拟集成电路（IC）和 DSP 制造商，ADI 公司创建四十多年以来，全球现有近一万名员工，开发了一万多种产品，是行业内最持久的高速增长企业之一。ADI 公司非常重视在中国的发展，目前在北京和上海均建立了设计中心和技术支持中心。秉承重视研发、鼓励创新的传统，ADI 公司更重视与中国大学的合作，其大学计划自开展五年来，已与国内二十多所知名高校建立了良好的合作关系，成立了一系列联合实验室，开展了多方面项目合作。ADI 公司专门为大学实验课程设计了实验及平台；每年召开一次大学教授研讨会，共同探讨对中国教育事业的支持与合作；定期在各大大学进行巡回宣讲，不断为广大学生提供宝贵的拓展视野的机会和优良的实践、实验平台。

ADI 创新设计竞赛（University Design Competition, 简称 UDC）是一个面向在校大学生的科技型竞赛活动，旨在培养大学生的创新能力、协作精神，提高其工程实践素质、理论结合实际能力，促进全面发展。竞赛为大学生了解世界最新的电子元器件、DSP 产品以及电子产品的设计理念和发展趋势，提供了良好的契机和平台，使他们能够更快地融入到现代信息产业设计中，培养并提高自身的就业能力。竞赛增强了学校、学生和业界之间的交流，加强了 ADI 公司与各高校的合作，从而极大推动了 ADI 公司与各高校的共同发展。竞赛围绕“创新”这一主题，紧扣当今社会电子产业的最新领域和发展方向，采取开放性命题原则，留给参赛者极大的设计空间。

UDC2006 历时近一年，在筹备、宣传、预赛、复赛和决赛阶段，很多人为此付出了艰辛的劳动。感谢组委会各位委员及秘书处的大力支持和帮助，感谢各高校在宣传和组织过程中的全力配合，感谢各参赛队的积极参与，感谢各位评委以认真负责的态度保证了竞赛“公平、公正、公开”的原则得以贯彻。在竞赛的过程中，我们也一直被同学们的热情所感染，被同学们的执着所感动，也被同学们幽默的语言所打动，更为同学们的创新精神而喝彩。经常在 BBS 上见到参赛同学发帖征同伴组队，探讨各类技术难题，交流参赛心得。还有几个本科参赛队，他们能在经验更丰富、时间更充裕的研究生参赛队之中脱颖而出杀入决赛，这本身就令人侧目。为了给这些优秀参赛队员提供良好的就业平台和机会，我们正在组建一个人才库，以向一些知名公司进行推荐。

回顾 UDC2006，展望 UDC2007，一方面我们提高了奖金额度，另一方面我们进一步扩大了赛事的影响力。我们联合了美国国家仪器等数家公司，使竞赛更加具有竞争性、全面性和趣味性。除了邀请中国内地各知名高校和科研院所参赛以外，我们还计划在今后的竞赛中邀请中国港澳台地区以及新加坡、印度、日本、韩国等国家和地区的代表队参赛，将竞赛扩大为亚太乃至世界范围的集成电路设计 and 应用人才的培养盛会。竞赛非常注重参赛作品的原创性与创新性，对参赛队提供开发平台、技术和资金支持，聘请业界和高校的专家、教授参与评奖，设立各级综合奖项和多种单项奖作为鼓励。我们真诚欢迎来自全国

各高校的同学踊跃报名，积极参与，并预祝取得理想的成绩！报名参赛网址为：  
<http://www.analog.com/udc>。

每届竞赛总有结束的时候，但创新的脚步永不停息！当前国家在大力倡导自主创新，提倡建立创新型国家，创新型社会。各高校也在积极进行教学改革，增强创造力，提高学生的实践能力和与工业界的合作水平。我衷心希望 ADI 公司能为中国的教育事业和自主创新略尽绵薄之力，与中国共腾飞！

值此 2006 年 ADI 创新设计竞赛圆满结束之际，我们荣幸与电子工业出版社合作，共同收集和出版获奖各队的设计方案，与大家共同分享竞赛中的精彩篇章。希望这本获奖论文集能够为广大读者拓展视野、启迪思维和开拓创新贡献积极的力量。

Analog Devices, Inc.  
合作与市场拓展经理  
UDC 组委会副主席  
李 川  
2007 年 4 月 16 日

# 目 录

|                                      |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| 基于麦克风阵列声源定位的动态视频监控系统.....            | 汪林 景源 曹颖鸿 (1)     |
| 摩托车发动机供油及点火电子控制.....                 | 侯中原 闫胤洲 何勇 (28)   |
| 非接触式视觉鼠标.....                        | 洪填义 计志超 陈梓楷 (49)  |
| 高精度、自主算法三相电能测量系统.....                | 林国营 朱莉 陈欣 (71)    |
| 单目视觉车道偏离报警系统.....                    | 黄斌 刘洁 官安全 (110)   |
| 基于 ADSP Blackfin 532 的多功能存储系统设计..... | 赵博 张栋 宋博 (139)    |
| 时间交替采样结构的 ADC 系统中频数字接收机中的应用.....     | 彭洪 黄争 黎黎 (166)    |
| 基于 BF533 的智能车载终端.....                | 萧奋洛 王贤辉 张小田 (204) |
| 汽车智能仪表系统.....                        | 高宇 白燕恭 姚明 (240)   |
| 新型生命探测仪信号处理机.....                    | 江辉 曹洁 刘林童 (275)   |
| 基于过采样的生物信息采集.....                    | 张丽君 解鑫 李娜 (296)   |
| 触摸式地图导航系统.....                       | 张众 王锦辉 谢莹 (312)   |
| 便携式十二导联无线远程心电监护系统.....               | 贾晓楠 尚帅 冯瑜 (337)   |
| 无线 USB 桥接系统.....                     | 甄少伟 白凡 张欣欣 (368)  |
| 力矩电机控制系统.....                        | 姚元鹏 徐国英 于宇 (387)  |
| 汽车后视系统.....                          | 田明华 吴晓光 周锦 (406)  |
| MIMO 无线信道仿真器.....                    | 冯宇 张定宇 高展宏 (424)  |
| 数字分频数字功放有源音箱 (自动设计平台) .....          | 陈培 王平 (440)       |

# 基于麦克风阵列声源定位的动态视频监控系统

汪林 景源 曹颖鸿

大连理工大学

**摘要:** 传统的视频监控系统只能对某一固定区域监控, 监控范围不能覆盖整个监控现场。本文在 Blackfin 平台上实现了一个结合声源定位技术的动态视频监控系统。系统使用麦克风阵列声源定位技术对声音进行定位, 然后驱动摄像头转动到声源位置监控, 同时开启活动物体检测、报警功能。系统对 CIF 大小视频监控图像以 MPEG-4 标准压缩并通过网络传输到远程监控终端。本文介绍了系统的软件、硬件的设计与实现, 并给出了实验结果。

**关键词:** 视频监控, Blackfin, MPEG-4, 检测, 麦克风阵列, 声源定位, 网络传输

## A Dynamic Video Surveillance System Based on Microphone Array Sound Source Localization

**Abstract:** Traditional video surveillance system can only monitor some small fixed area, which does not cover the full surveillance scene. A dynamic video surveillance system combined with sound source localization technique is realized on Blackfin platform in this report. The system localizes sound source with microphone array sound source localization algorithm, and drives the camera towards the sound source to monitor the area. Active object detection and alarming functions are also enabled in the system. The monitoring video images of CIF size are compressed by MPEG-4 encoder and transmitted to remote monitoring terminal via network. The software and hardware designs and implementations of the system are introduced in this report and experiment results are also given.

**Keywords:** video surveillance, Blackfin, MPEG-4, detection, microphone array, sound source localization, network transmission

### 1 作品介绍

视频监控系统是日常生产生活中的重要辅助设备, 它具有直观、方便、信息内容翔实等特点, 从而在生产管理、保安等许多场合得到了广泛的应用。随着计算机、网络技术及图像处理技术、传输技术的飞速发展, 对视频监控系统的需求也快速增长, 其应用范围不断扩展, 对性能要求也逐渐提高。近年来, 全程数字化、网络化的视频监控系统优势愈发明显, 其高度的开放性、集成性和灵活性, 为整个安全防护产业的发展提供了更加广阔的发展空间。智能化、数字化、网络化是视频监控发展的必然趋势, 智能视频监控的出现正是这一趋势的直接体现。采用智能视频监控系统可以极大地提高视频监控系统的能力, 并使视频资源能够发挥更大的作用。

Blackfin 系列嵌入式处理器是在 ADI 公司和 Intel 公司联合开发的“微信号结构”的基础上实现的,它不仅特别适合于完成视频、图像、音频、语音和数据通信的数字信号处理,同时还提供综合的控制能力。在本次竞赛中,我们将充分发挥 Blackfin 的强大功能,并结合先进的音、视频信号处理算法,实现一个稳定高效的智能动态音视频监控系统。该系统集成了麦克风阵列声源定位、视频运动检测识别、音视频压缩、多媒体及计算机网络通信等先进技术,可实现图像、声音的远程智能监控。

在现有的智能视频监控系统中,对可疑物的报警判决通常只是根据对监控画面的分析来做出的。而监控画面往往存在盲区,无法完全覆盖整个监控现场,从而可能引起漏报现象。针对这一问题,在我们的智能监控系统中将采用声音、画面联合判决的报警方式。系统采用先进的麦克风阵列声源定位技术,首先对可疑物进行声音定位,然后根据定位结果调整摄像头,使画面切换到声源方向,同时开启识别、检测、监控录像、报警等一系列动作。这种声音和画面相结合的报警判决方式能够更加有效地协助安全人员处理危机,最大限度地降低误报和漏报现象。此外,该监控系统还利用现有的网络,使视频监视图像在网络上进行传输,从而实现远程监控。系统将采用先进的 MPEG-4 视频压缩算法,使视频图像占用更小的带宽,从而可以实现多路视频监视图像的传输。

系统主要功能及特点如下:

- 集成视频录像、智能终端、远程监控等多种功能;
- 根据四路模拟音频输入信号,采用麦克风阵列声源定位算法进行声源定位;
- 云台镜头控制功能;
- 对监控图像进行识别、检测,报警联动触发跟踪录像功能;
- 采用先进的视频压缩算法对现场图像监控数据进行实时同步压缩并存储功能;
- 实时网络传输和播放功能。

该智能监控系统可广泛应用于办公楼视频监视、安防监控报警、油库视频监控周界报警、小区数字监视周界报警、银行网络视频监控报警等场合。

## 2 作品实现方案

基于麦克风定位的动态视频监控系统的实现,需要在单片处理器上高效、实时实现高质量的视频图像压缩算法、准确的麦克风阵列定位算法、实时图像采集、音频信号采集、网络通信协议、系统控制等。下面介绍以 ADI 公司的 ADSP-BF533 评估板为基础实现基于麦克风定位的动态视频监控系统的硬件及软件设计。

### 2.1 监控系统的硬件设计与实现

动态视频监控系统的硬件原理结构如图 1 所示。

ADSP-BF533 评估板提供给开发者一个方便实用的开发平台,能够跳过硬件设计阶段而快速地进入如音频、视频算法的评估,它包括评估板与扩展板,主要包含 BF533 芯片一枚、32MB SDRAM、2MB Flash,以及大量的音视频接口和通信接口。本项目能用到的外围接口主要有:一个 ADV7183 video decoder 视频输入接口、四个 AD1836 audio codec 音频输入接口、一个 RS-232 串口接口和一个以太网接口。视频输入接口同模拟摄像头相连,

主要用来接收从摄像头传来的视频采集信号，并通过视频解码器 ADV7183 转化为数字信号即 YUV 图像，再通过 PPI 以 DMA 方式传送到 SDRAM。音频输入接口连接四个麦克风，这四个麦克风组成一个麦克风阵列，音频输入接口将接收到的空间音频信号传送到音频编解码器 AD1836 转换成数字信号，再通过 SPORT 口以 DMA 方式传送到 SDRAM。以太网接口通过网线与主机相连，DSP 对采集的视频用 MPEG-4 压缩标准压缩以后，将码流通过以太网接口传输到主机存储，同时主机调用解码程序对码流解码并在显示终端显示。同时调用运动物体检测程序对采集到的图像处理。DSP 对空间音频信号调用麦克风定位算法处理以后，得到声源的位置。RS-232 串口接口同摄像头相连，由声源位置决定摄像头转动角度，通过 RS-232 发出信号，控制摄像头转动，如果检测到运动物体或异常情况，系统自动报警。

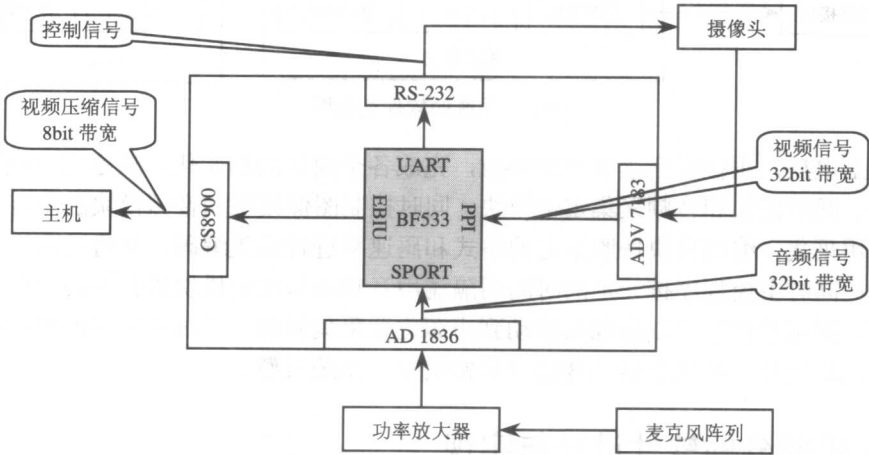


图 1 系统的硬件结构图

主机的作用是存储压缩码流，并调用解码程序在显示终端上显示实时监控录像。摄像头使用 Sony 公司的 EVI-D31 视频会议摄像头，EVI-D31 为 CCD 摄像头，能提供 PAL 制式的模拟信号，通过串口可以控制摄像头的转动。麦克风阵列一般需要四个麦克风形成一个平面，选取四个微型麦克风按一定位置摆放，形成一个麦克风阵列，由于麦克风收集到的信号比较微弱，为了提高定位的精确度，在麦克风和音频输入接口之间加入功率放大器放大接收到的音频信号。

## 2.2 监控系统的软件设计与实现

对应于硬件设备的结构，在处理器上运行的程序分为主控程序、视频采集模块、视频编码模块、图像识别模块、音频采集、音频定位模块、网络接口模块和其他各类设备驱动程序模块等部分，算法的核心部分为图像模块（视频采集、视频编码、图像识别）和音频模块（音频采集、定位）。主控程序主要控制各个程序之间的调度及摄像头的转动；视频采集模块主要完成视频采集工作，将 ADV 7183 的输出口的的视频以 4:2:0 的 YUV 格式传输到处理器的 SDRAM 中，以便于编码和图像识别；视频编码模块主要对采集到的视频按照 MPEG-4 压缩标准进行压缩编码，并将压缩码流放置到 SDRAM 中；图像识别模块根据采集到的图像判断是否有活动物体及异常情况，并计算位置；音频采集模块主要完成音频采

集工作，并将音频信号传输到 SDRAM 中；音频定位模块根据空间阵列音频信息，使用时延估计算法判断声源的位置；网络接口模块实现网络通信协议，以便于将压缩码流从处理器传到主机中存储播放。其体系结构如图 2 所示。其中视频压缩算法和声源定位算法的运算量较大，难以实时处理，是软件模块设计的两个重点。

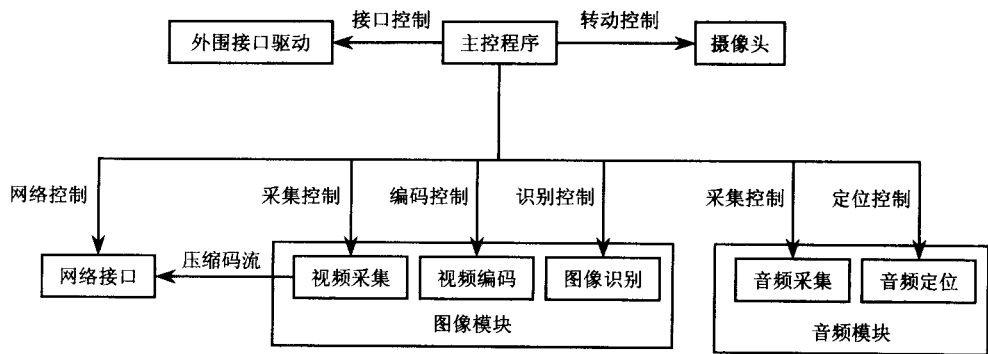


图 2 系统的软件结构图

系统上电后，主控程序读取启动参数，完成各个模块的初始化，顺序启动视频采集、视频编码、网络模块和音频采集定位模块，同时控制图像模块和音频模块的交替运行。主控程序调用采集、编码模块按照指定的格式和码速率进行采集编码，并通过网络接口发送编码码流；同时主控程序按一定的时间间隔调用音频采集定位模块进行声源定位，如果有声源存在，则主控程序控制摄像头转动到声源位置采集视频，同时调用图像识别模块，检测是否有活动物体，如果有活动物体或异常情况，系统报警。

### 2.3 主机部分的软件设计与实现

为了能够存储并实时监控摄像头拍摄到的视频，需要将视频压缩码流通过网络接口传输到主机存储，同时调用 MPEG-4 解码程序实时播放监控录像。主机的软件设计部分比较简单，包括网络模块和视频播放模块。网络模块实现网络协议，并接收从网络上传过来的数据保存到本地硬盘上。视频播放模块调用解码程序，对压缩码流解码，并在显示终端实时显示出来。主机部分的软件结构如图 3 所示。



图 3 主机的软件结构图

## 3 各模块的具体实现

系统在软件结构上可以分为主控程序、视频采集模块、视频压缩模块、音频采集、音频定位模块、图像识别模块、网络接口模块、主机模块和其他各类设备驱动程序模块等部分，下面对各个子模块的实现进行详细介绍。

### 3.1 视频采集模块

Blackfin 芯片的并行外部接口（PPI）支持通用输入输出方式也支持标准的 ITU-R 656

视频数据传输方式，为视频数据的采集提供了极大的方便。视频采集部分采用 ADV 7183 视频采集芯片将 PAL/NTSC 信号转换成标准的 CIF (352×288) 格式 YUV 数据。处理器通过 I<sup>2</sup>C 总线对 ADV 7183 进行初始化，并对亮度、对比度等视频参数动态设置。Blackfin 上没有内置 I<sup>2</sup>C 接口，本文采用 GPIO 口的两个 PF 引脚软件模拟 I<sup>2</sup>C 接口，将 ADV 7183 设置为默认的工作状态，可以自动识别 PAL/NTSC 制式的模拟信号，并以 CCIR656 8 比特数字格式输出。由于摄像头工作在 PAL 制式下，转换后的数字图像大小为 720×576，在采集驱动程序中，将 PPI 的 PPI\_FRAME 寄存器设置为 625，表示每帧包含的行数据为 625 行；设置 PPI 的控制寄存器 PPI\_CONTROL，使 PPI 传输模式符合 ITU-R 656，只接收有效的图像数据即 active field，图像的数据长度设为 8 比特。配置 PPI DMA 传输参数时，设置 PPI 的传输行数为 576 行，每行 720 个点，为了保证视频传输的连续性，本文采用乒乓缓冲区的方法传输图像，在内存中开辟两个行缓冲区，使用两个头尾相连的描述链表控制 PPI DMA 依次传输数据到两个缓冲区中。DMA 每采集一行后触发中断，在中断处理程序中启动 3 个连续 DMA 将数据搬移到片外 SDRAM，按照指定的格式存放，如图 4 所示。以 U 分量 DMA 为例，设置 DMA 源地址为片内缓冲区首地址，源计数器为 176，源步长为 8，目的计数器为 176，步长为 1，则可实现如图 4 所示的片内到片外的 1 行 U 分量数据搬移，每两个 U 数据中只取一个传输，可同时完成对数据的降采样操作。由于原始图像大小为 720×576，而编码器需要 CIF (352×288) 大小的图像，所以要在传输的同时对图像降采样，原始图像按照奇偶场的格式存放，在中断时只搬移奇数场的 YUV 数据，而对偶数场的数据不作处理，同时在偶数行中断时仅搬移全部 YUV 分量，在奇数行中断时仅搬移 Y 分量，则可将原始交错的 YUV422 数据存放为编码器需要的 CIF 大小的分块 YUV420 输入格式。图 5 所示为视频采集模块的数据流程图。PAL 制式的模拟图像经 ADV 7183 变换为数字图像后经过 PPI DMA 传输到片内行缓冲区，再由 Memory DMA 搬移到片外的帧缓冲区中，为了使处理器和 DMA 能并行工作，行缓冲区和帧缓冲区都使用了乒乓缓冲区。每帧图像采集并搬移到 SDRAM 中后触发中断信号，通知其他模块对采集到的图像处理。

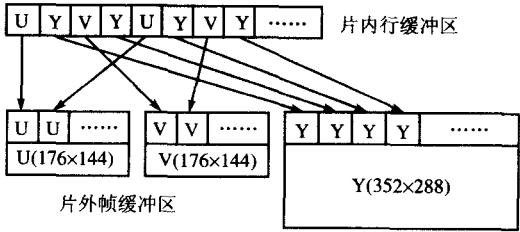


图 4 视频采集中的数据搬移

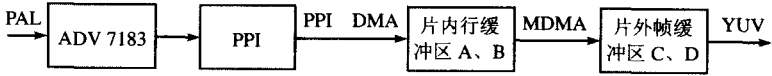


图 5 视频采集的数据流程图

## 3.2 视频压缩模块

### 3.2.1 MPEG-4 标准概述

采集到的数字图像必须经过压缩以利于保存和传输，本文采用先进的 MPEG-4 视频压

缩标准对视频数据编码。MPEG-4 是国际运动图像专家组于 2000 年提出的多媒体数据压缩标准，其主要内容包括系统流、视频流和音频流。本文以视频流数据作为编解码对象。MPEG-4 视频编解码基于 VOP，从类型上看，VOP 包括帧内 IVOP、帧间前向因果 PVOP、帧间双向非因果预测 BVOP 和全景灵影 SVOP；从内容上看，VOP 分形状信息、运动信息、纹理信息；从空间看，它由若干个  $16 \times 16$  的宏块 (MB) 组成，又可分成 4 个  $8 \times 8$  的亮度块 Y (Block) 和 2 个  $8 \times 8$  的色差块 UV。

MPEG-4 在编码前首先对视频序列进行分析，从原始图像中分割出一个或多个视频对象，然后再分别对各个视频对象的形状、运动和纹理信息分别编码，并对不同的对象采取不同的编码尺度，以达到高效压缩的目的。MPEG-4 视频编码可以粗略地分为模型编码和熵编码。模型是指运动图像，运动图像在时间和空间上都有冗余，可以被很好地压缩。在二维空间上，图像相邻像素之间存在相关性，人眼对图像的高频分量不敏感，因此可以利用频域变换，滤掉图像的高频分量进行压缩。运动图像在时间上具有相关性，可以通过运动估计和运动补偿来去除时间上的相关性。熵编码是与模型无关的纯计算机编码方法，MPEG-4 中采用游程编码和 Huffman 编码相结合的编码方法。MPEG-4 在编码时首先将图像分为 IVOP、PVOP 和 BVOP，然后分别对它们编码和解码。

(1) IVOP 编码：主要包括编码头、图像分割、块编码、生成码流几部分。帧内编码主要基于块进行：DCT 变换、量化、交直流预测等。最后进行一维扫描游程编码和 Huffman 编码。

(2) PVOP 编码：主要包括编码头、运动估计、PVOP 图像纹理编码、运动向量编码。运动估计主要实现图像搜索和图像的运动向量，以决定运动类型和运动方式。纹理编码则主要实现运动步长和残差编码。

(3) BVOP 编码：支持基于宏块的运动估计和交织的场运动估计。它的估计模式有：向前模式、向后模式、双向模式、直接模式。其纹理编码和运动向量编码与 PVOP 类似。

MPEG-4 编码的基本原理如图 6 所示。为了适应不同的应用场合，MPEG-4 提供了一系列的工具集，称之为 Profile。这些工具集决定了编码器所能完成的功能和计算复杂度。为达到实时编码传输效果，本文采用 MPEG-4 Simple Profile。MPEG-4 Simple Profile 提供较好的压缩效率，可使用 4 个运动向量、非限制运动估计模式和 AC/DC 预测等。

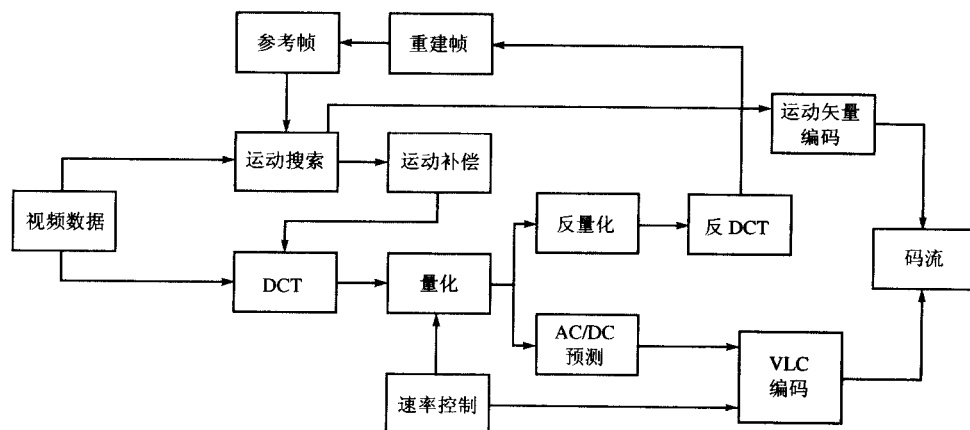


图 6 MPEG-4 编码原理框图

### 3.2.2 MPEG-4 编码在 Blackfin 上的实现

MPEG-4 是一种压缩效率很高、很适合于网络和无线传输的压缩方法。但 MPEG-4 编码需要大量复杂的计算，所以优化代码是编码器程序的重中之重。为达到实时编码传输的效果，降低编码复杂度，编码器完成了 Simple Profile 中所规定的一系列功能，对 CIF 格式图像编码。Blackfin 具备先进的高主频视频加法器及多媒体操作指令支持，很适合 MPEG-4 编码器的制作。本文以 XVID 开放源代码为基础在处理器上开发编码算法，程序在实际处理器中的应用，主要做以下几方面的工作：首先对整体程序进行结构优化；再按照处理器本身结构和指令，根据硬件结构的特点，对各个部分进行针对性的程序改进和优化，使系统资源能够极大地调动起来以节省大量的运算时间。

#### (1) 整体结构优化

根据视频的实时特性和处理器结构特点，以及应用场合的要求，对编码作限制如下：

- 将所有帧的编码类型设置为 IVOP；
- 帧率数据确定当前量化系数；
- 不使用 RVLC 编码，只使用 VLC 编码。

在程序优化过程中，首先从 C 语言上对程序的整体结构进行优化，主要方法有：

- 把常用的常量尽量设置成全局变量；
- 尽量精简条件判断；
- 除法转换成乘法执行，取模采用相与执行；
- 对于简单的过程尽量减少调用函数，而是直接书写；
- 对于某些需要判断才能得到的数据，采用数组形式写成常量，直接获取；
- 部分乘法操作采用移位相加来实现；
- 把数组改成指针形式，更有利于加快速度。

通过对 C 语言的优化，使编码时间大大缩短。所以在编码过程中对整个结构的把握和对算法结构上的优化相当重要。

#### (2) 硬件结构优化

编码算法要处理大量的视频数据，而 BF533 的片内数据存储器只有 64KB，绝大部分的数据要放在片外存储器上。虽然片外存储器容量大，但是处理器对其访问速度很慢，如果直接对片外空间进行访问，会严重影响处理速度，不能实现实时编码。为了提高外存使用效率，我们采取了以下几种方法。

一种方法是使用 Cache。Cache 的基本原理是将要使用的外存中的指令或数据先缓存到内存中的特定区域中，这样对外存数据的访问就可以在内存中进行，从而提高了外存使用的效率。BF533 提供了强大而灵活的 Cache 管理机制。BF533 的内存可以划分为指令区和数据区两部分，指令区的大小为 80KB，其中有 16KB 可以配置为指令 Cache。数据区一共有 64KB，其中有两个 16KB 的区间可以配置为数据 SRAM 或数据 Cache，将这两个区间都配置为数据 Cache。将外存中可以映射到 Cache 的区域配置好，启动 Cache，在程序运行时，外存的数据会事先调入 Cache 再使用，这样就提高了运行速度。

另一种方法是开辟专门的内存缓冲区。虽然 Cache 的使用提高了外存数据的使用效率，但程序的运行速度仍然没有使用内存数据时快。所以在一些内外存数据交换比较频繁的地方，专门开辟了一定大小的内存缓冲区，将要同外存交换的数据缓存在这些缓冲区中，等

运算结束后再一起拷到外存中去。这样大部分的数据交换都可以在内存中完成，不但减轻了 Cache 的压力，而且提高了运算速度。

第三种方法是使用 DMA 传输数据。DMA 是处理器中用于快速数据交换的重要技术，它可以在存储空间之间或存储空间和外设之间传递数据，并且 DMA 和 CPU 的工作是可以并行进行的。在实时图像处理系统中，由于大量数据需要频繁出入 CPU，因此是影响实时处理的瓶颈之一。利用 DMA 后台数据传输能力，在不影响或基本不影响 CPU 的处理能力的情况下对数据进行并行传输，可以有效地解决这个问题。DMA 一般比较适合在数据传输方式比较固定时使用。例如，A/D 转换后的图像是分上下场存放的 ITU-R 656 格式，图像中每行像素的 Y、Cr、Cb 参数是按 CrYCbY 的 4:2:2 格式存放的；而压缩算法所需的数据格式是 4:2:0 格式的 YUV 图像，每帧图像中的每个像素的 Y、Cr、Cb 参数都按顺序分别存放在不同的数据块中，所以在将解码数据输出之前先将数据重新排列成所需的格式。如果用 CPU 完成数据重排，将会浪费大量的读/写时间，而且 CPU 强大的计算优势不能得到充分利用，会造成处理器资源的极大浪费。所以用二维 DMA 来完成这个功能，只需将 DMA 链表的参数设置好，就能在 CPU 工作的同时后台完成数据的传输与重排功能，提高了处理器的效率。

此外，在传输数据时还使用了乒乓缓冲区的方法。采集到的图像通过从 PPI 口通过 DMA 搬移到 SDRAM 中，在大量数据搬移的情况下，如果直接将外存的数据搬移到 PPI，会引起 DMA 和 CPU 对总线资源的竞争，而在对外存资源的使用上 CPU 的优先级是高于 DMA 的优先级的，这样就有可能引起 PPI 传输中断，从而影响图像的显示效果。为避免这种情况，可以在内存中开辟两处乒乓缓冲区，先将图像从 PPI 搬移到行缓冲区，再使用 MDMA 将行数据搬移到 SDRAM 中存放。

### (3) 程序模块优化

程序结构优化是指针对每个程序子模块的特点优化。对于结构性不强，计算量不大的程序，采用 C 语言来实现。对于结构对称，计算量很大的程序，采用汇编结构优化。

例如图像压缩中的 DCT 和 IDCT 是 MPEG-4 的核心过程之一。该算法被频繁调用，占用整个解码过程的比重很大。在优化时，一般采用陈氏快速算法，该方法类似于 FFT，采用分步运算，基本单位为蝶形结。同时根据 Blackfin 处理器提供的矢量操作指令和循环缓冲技术，可以对算法进行汇编优化。Blackfin 处理器还提供了 IDCT 的汇编库函数，可以直接调用。下面对该算法的优化作一下详细介绍。

BF533 共有 4 组 DAG 寄存器：I0~I3、M0~M3、L0~L3、B0~B3。其中，I 寄存器用于间接寻址，M 寄存器用于改变 I 寄存器的值，而 L 寄存器和 B 寄存器则是专为循环缓冲而设计的。但某个 L（如 L1）寄存器不为 0 时，它和与其索引值相同的 B 寄存器（如 B1）共同规定了某个循环缓冲区。如果对应的 I 寄存器（如 I1）的值落在这个循环缓冲区范围之内，不通过赋值的方式改变这个 I 寄存器的值，则改变完之后其值仍然落在循环缓冲区范围之内，就好像循环缓冲区首尾相邻一样。循环缓冲区的好处是看起来线性改变的间接寻址寄存器一直在循环缓冲区内部寻址，在很多情况下省去了为该寄存器重新初始化的指令。例如，有一 16 次循环，每次循环都要用到 8 个 16 位的系数（这些系数构成数组），C 代码如下：

```
extern short coef[8];
int i;
```