



Innovation
ADI 2007 University
Design Competition

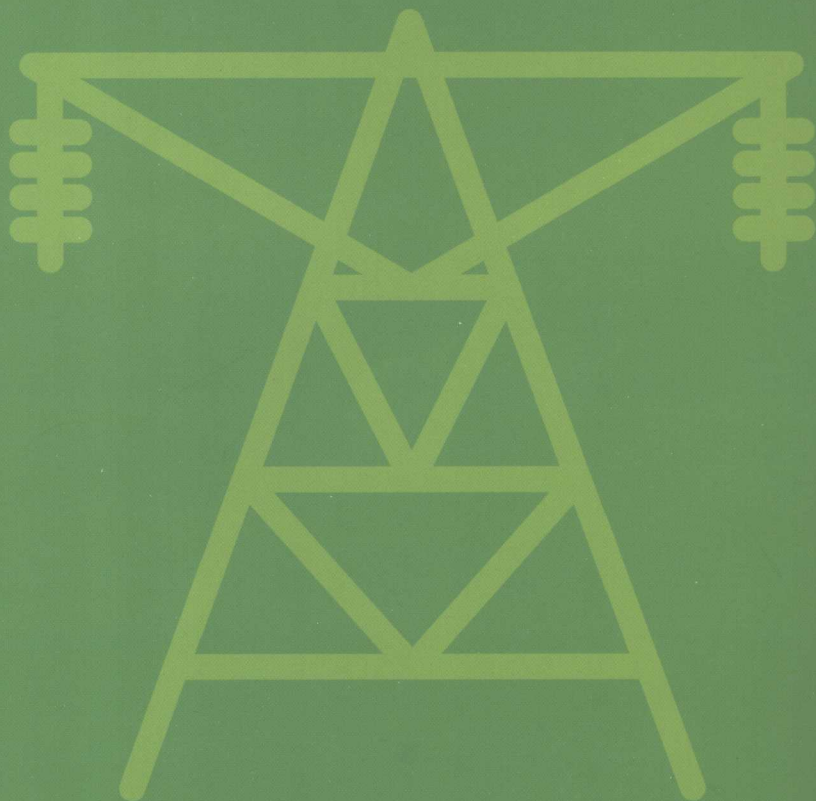
ADI中国大学创新设计竞赛

优秀论文选编

竞赛组委会 编

年度

2007



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

2007 年度 ADI 中国 大学创新设计竞赛优秀论文选编

竞赛组委会 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本论文选编是对“2007 年度 ADI 中国大学创新设计竞赛”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

2007 年度 ADI 中国大学创新设计竞赛优秀论文选编 / 竞赛组委会编. —北京: 电子工业出版社, 2008.4
ISBN 978-7-121-06269-8

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 (2008) 第 040103 号

责任编辑: 竺南直 特约编辑: 熊小芸

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

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: 787×1 092 1/16 印张: 23.75 字数: 600 千字 彩插: 1

印 次: 2008 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 39.80 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 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。





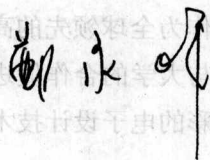
序

ADI 中国大学创新设计竞赛 (ADI “Future Innovators” University Design Competition, 简称 UDC) 在中国已成功举办两届。2 年来, 参赛的学生人数从首届的几百人增加到几千人, 参加院校也增至上百所学校。竞赛围绕着“创新”主题, 通过鼓励在校大学生动手实践, 理论联系实际, 为企业和学校教育提供了一个良好的交流平台。作为 ADI 亚洲区总裁, 我深知, 一个高科技公司的成就很大程度上依赖于其员工的优秀个人素质和技术水平。通过连续参加二届竞赛, 我欣喜地看到了众多未来优秀的工程师和拔尖的设计作品, 并为现代学生们积极进取, 求知若渴的拼搏精神所感动。我们将这样的活动一如既往地继续下去, 为中国的在校学生以及老师提供机会和支持, 培养未来的创新者。

我还要代表 ADI 公司, 感谢各学校以及老师和同学对我们的竞赛活动的大力支持。并感谢 ADI 的合作伙伴, 客户及合作媒体对本次活动的支持与关注。

为了与更多的人分享精彩的竞赛内容, 我们收录了 2007 年度竞赛获奖作品成书出版, 内容涉及了工业, 医疗, 消费多媒体等应用领域。希望本书能够为广大读者拓展视野, 启迪思维。我们也希望通过本书的出版, 让更多的人增进对 ADI 公司, ADI 公司的产品以及竞赛成果的了解。

作为世界顶尖的 IC 设计公司及产品应用方案提供商, ADI 一如既往地增加着对中国市场的投资, 并且非常重视对中国教育的投入, 在进入中国市场开始就设立了大学计划, 开展和大学之间的交流与合作。其中包括与大学建立以教学和科研为目的的联合实验室, 在学校开展科技活动, 为在校老师与学生提供教学与学习资源等。我衷心希望 ADI 能够为中国教育事业和自主创新的永续开展略尽绵薄之力, 也希望 ADI 能与中国的教育事业和信息产业共同进步, 一起腾飞。



ADI 公司亚太区副总裁郑永辉



ADI University Program (China)

ADI 在中国的大学计划是一项长期的战略性计划，致力于促进 ADI 与中国教育与研究领域交流与合作，包括：

- 资助模拟信号设计、混合信号设计以及数字信号设计领域的前沿研究
- 协助大学/研究机构建立 ADI 联合实验室
- 与大学研究机构/老师合作联合项目，协助高校研究成果产业化
- 以优惠的价格提供软、硬件开发工具
- 以优惠的价格参加 ADI 处理器短训班
- 向大学教授、研究人员和学生提供研发用样片、技术资料 and 最新开发工具的信息等
- 举办所有在校大学生的 ADI 大学创新设计竞赛（UDC）
- 举办巡回大专院校的免费技术研讨会
- 举办大学老师年会，为授课教师提供相关专业知识、教学方法、讲课技能的培训
- 建立 ADI 优秀人才系统，为在校大学生提供实习以及毕业设计机会
- 资助并协助大学教授撰写相关书籍以及技术文档
- 资助/推荐学生优秀应用文章发表

ADI 一直非常关注中国的教育事业，从 2002 年开始，我们就致力于建立与大学机构的沟通交流的桥梁，先后在北京、上海、天津、深圳、哈尔滨等地与大学合作，建立联合实验室，开展前沿的电子设计应用技术与课程整合的研究与实验。目前，在全国共有几十所大学与 ADI 建立了联合实验室，ADI 提供了资金资助及技术服务，推广 ADI 的模拟，MEMS，ADuC，嵌入式处理器系列及 DSP 产品的大力应用，积累了大量丰富的工程经验，同时也培养出一批富有创新能力的教师及学生。

ADI 公司作为全球领先的高性能模拟集成电路（IC）制造商，其影响力及创造力还将继续扩大，加强与大学的合作促进了理论与实际的结合，激发学生的学习兴趣，引导他们进一步探索丰富多彩的电子设计技术。

ADI 中国大学计划（University Program Contact）

Website: <http://www.adiuniv.com>

E-mail: Univ.program.china@analog.com



前言

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, 已与国内三十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 大学创新设计竞赛 (University Design Competition, 简称 UDC) 是一个面向高校在校学生的科技型竞赛活动。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 trends, 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。

UDC2007 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。为了给这些优秀参赛队员提供良好的就业平台和机会, AD 已经组建了一个人才库系统 (www.adiuniv.com) 用以征募优秀的技术人才, 并同时向一些知名公司进行人才推荐。

回顾 UDC2007, 展望 UDC2008, 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。除了邀请中国内地各知名高校和科研院所参赛以外, 我们还在竞赛中邀请中国港澳台地区以及新加坡、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们踊跃报名, 积极参与, 并预祝取得理想的成绩! 报名参赛网址为: www.adiuniv.com。同时, ADI 还将与《电子技术应用》杂志社联合举办第一届 ADI 应用技术文章征文比赛 (Paper Prize Contest), 获奖者将与 UDC 获胜者一起参加 2008 年 11 月在西安举行的颁奖典礼和获奖成果展览。

竞赛组委会

2008 年 3 月

决赛获奖名单

参赛作品名称	所属院校
特等奖	
基于 Linux 系统的 PMP 平台开发及动作感应游戏设计	清华大学
一等奖	
基于 3D 加速度传感器的运动检测系统	华南理工大学
基于 DSP 控制的微型移动式迷宫机器人	北京工业大学
基于 ADI 系列芯片的姿态和方位测量多功能应用系统	深圳大学
多功能吉他音效处理系统	华南理工大学
声波雷达	西安电子科技大学
二等奖	
基于 DSP 的先心病心音/心电采集分析仪	云南大学
司机疲劳状况监控系统	电子科技大学
基于 BF533 的智能家居保姆	北京工业大学
三等奖	
基于 ADSP-BF561 的桌面增强现实系统	北京理工大学
基于 DSP-BF533 两自由度并联实验台数控系统开发	河北工业大学
多通道脑电信号采集分析仪	南京大学
基于 SIP 协议的网络电话	东南大学
基于全景视频技术的车载智能驾驶安全系统	浙江大学
无线供电系统	电子科技大学
ADSP-BF54X 年度特别奖	
低成本高速信号采样与回放系统	西安电子科技大学

目 录

基于 DSP 的先心病心音/心电采集分析仪	苗晟 樊耘 (1)
基于 Linux 系统的 PMP 平台开发及动作感应游戏设计	米海鹏 赖剑平 王涵峰 (30)
司机疲劳状况监控系统	牛杰 秦爽 高晓晶 (55)
低成本高速信号采样与回放系统	王庆龙 江辉 袁毅 (84)
基于 ADSP-BF561 的桌面增强现实系统	王淳 张闻洲 张杨 (113)
远程胎心监护系统	刘志强 刘锐锐 马悦 (134)
基于 DSP 控制的微型移动式迷宫机器人	邢雪涛 许晓明 耿世松 (159)
声波雷达	戴淦镔 林伊 张凡 (179)
基于 DSP-BF533 两自由度并联实验台数控系统开发	庄岩 石光 靳迎波 (189)
基于 3D 加速度传感器的运动检测系统	刘志斌 丁凯 郑文杰 (223)
多通道脑电信号采集分析仪	霍铨宇 吴旭辉 范爱华 (244)
基于 ADI 系列芯片的姿态和方位测量多功能应用系统	赵汝聪 罗栋成 王勇 (248)
基于 SIP 协议的网络电话	田有东 尤灿 龚亚欢 (267)
基于全景视频技术的车载智能驾驶安全系统	肖潇 张阳 薛峰 (318)
无线供电系统	甄少伟 白凡 王宏杰 (335)
附录 A ADI 中国大学创新设计竞赛章程	(366)
附录 B 竞赛公约	(369)

基于 DSP 的先心病心音/心电采集分析仪

苗晟 樊耘

指导教师 王威廉

云南大学信息学院

摘要: 近年来先天性心脏病(先心病)在我国呈上升趋势,尤其是西部,每年约有十多万新生儿患先心病。早期诊断对先心病的治疗至关重要。心音含有心功能、心脏各房、室、瓣膜的生理、病理信息,对先心病临床诊断有很高的参考价值。本系统在前期研究的基础上,采用嵌入式 DSP 技术,实时地对先心病的心音信号(PCG)进行时频分析、特征提取、模式识别,探索一种更便捷有效、低成本的、基于心脏听诊并借助现代信号处理手段的先心病临床辅助诊断仪器,帮助医生正确快速地对先心病进行早期诊断。

The analyzer for PCG & ECG of the Congenital Heart Disease using DSP

Sheng Miao Yun Fan

Yunnan university information school

Abstract: Recently, the congenital heart disease (CHD) has been rising year by year, especially in West of China. More than 100 thousand children suffered the CHD each year. It made a disaster for the family in which child suffered CHD and society. The CHD had become the most menace to children's health. It is more important that diagnosing CHD early. The heart sound contains lots of heart information about auricle, ventricles and valvular, so it has high value in CHD clinical diagnosing. Heart auscultation is an important method for CHD early diagnosis for a long time. But it is more professional for using it. In order to diagnose CHD early, we developed a system which bases on the embeded ADSP-BF533. It can be used to process and analyse phonocardiogram (PCG) of CHD. At the same time, we have extracted pathological characteristics, and show doctors quantitative data by spectrum which include abundant information besides acoustical part. The system has more features such as portable, more convenient, low-cost etc. In the course of the diagnosis of CHD, the system can help doctors to diagnose state of the CHD illness rapidly and correctly.

1 立题依据、科学意义及创新特色

1.1 立题依据及意义

随着社会的发展,心脏疾病已成为多发病和常见病,严重危害着人们的健康。根据最新

的资料统计, 新生儿自然死亡的首要病因是先天性心脏病。我国的先心病发病率有明显上升趋势, 1996 年为 6.15/万人, 2000 年为 11.40/万人, 目前中国的先天性心脏病患儿中约有 1/3 得不到及时治疗而死亡。

患先心病的婴儿若不经治疗, 到一岁时其死亡率达二分之一, 到两岁时其死亡率达三分之二。并且畸形越复杂, 病情越重死亡率越高。先心病最佳治疗期为 5~12 岁, 早期诊断对先心病的治疗有着十分重要的意义。婴幼儿期病情进展快, 如室间隔缺损等左向右分流的病例, 易并发肺动脉高压。并发轻到中度肺动脉高压时, 尚可争取手术治疗, 但当发展到重度肺动脉高压时, 则失去了手术机会, 不能进行手术治疗。有些先天性心脏病必须早期手术, 否则失掉良好的手术机会, 如大的室间隔缺损、动脉导管未闭, 由于大量左向右分流, 婴儿期反复肺部感染伴心力衰竭, 单纯药物治疗难以控制, 往往伴重度肺动脉高压, 因此应及早进行手术治疗。

心脏听诊是初步诊断先天性心脏病和其他心脏病最古老、最基本、最简单、最快速的方法, 但这需要医生凭借个人积累的丰富的临床经验来进行判断。这对临床经验较少的医生来说, 具有相当大的难度。目前, 超声心动图及彩色多普勒的应用, 加上医生体检及其他资料的综合分析, 使先天性心脏病的诊断错误率大大降低, 但这些设备由于资金、医院规模等原因在乡村医院甚至县级医院根本无法配备。

本项目旨在研发一种介于心脏听诊和大型诊断设备之间、基于心脏听诊并借助现代信号处理手段的先心病临床辅助诊断技术和设备, 实时地对先心病的心音进行分析处理, 使得对先心病的临床诊断更方便、快捷、有效和低成本。目前我国城市医疗保险开支费用居高不下, 农村缺医少药还很严重, 尤其是在云南这样的西部欠发达地区问题更为突出, 这就是本项目的依据及社会意义。

1.2 系统创新点及特色

随着计算机技术和数字信号处理技术的发展, 多种分析方法被用于心音信号分析, 国内和国外的生物医学工作者已经取得了一些成就。但由于心音信号是一种时变的、非平稳的、由多种成分组成的复杂信号, 传统的分析方法难以达到令人满意的效果。居于此, 本项目在传统的方法上做出了一系列改进和创新。

本项目的创新点在于:

- 首次针对先天性心脏病的心音信号进行现代数字信号处理 (目前尚未见有类似的报道)。
- 首次对先天性心脏病的心音信号进行实时分析处理 (目前尚未见有类似的报道)。
- 首次用嵌入式 DSP 芯片将数字信号处理的方式用于心音信号的分析, 将传统的靠听觉诊断心脏病的方式变为视觉的方式。医生可以在听诊的同时结合本系统来观察心音在时频上的特征, 让传统的经验结合科学的分析, 有助于先天性心脏病的早期临床诊断, 使诊断更加准确、方便。

本项目的特点主要体现在以下几方面:

- 有效性。由于采用现代数字信号处理技术, 并使用先进的算法, 对先天性心脏病心音、心电信号的分析、处理及特征提取、识别, 将有助于先心病的临床早期诊断。
- 实时性。由于采用 DSP 芯片技术, 使心音、心电信号的分析可实现实时处理, 这对心血管疾病的临床诊断十分有意义。

- 经济性。基于嵌入式 DSP 的实时心音/心电信号分析仪的成本低，能为基层医疗机构，及家庭医生所接受，便于普及。
- 方便性。基于嵌入式 DSP 的实时心音/心电信号分析仪将是便携式的，十分轻巧且界面友好，易学易用。

2 系统结构

本系统由心音/心电传感器、模拟信号处理部分、数字信号处理部分、通信接口和 LCD 显示五部分组成。系统结构框图见图 1。

系统通过心音、心电传感器采集实时信号，送入模拟板进行预处理。包括放大、滤波等，使其达到 AD7685 输入要求，再通过 SPI 控制读取 AD7685 转换后的数字信号，送入 DSP 中处理，处理过程包括算法分析、特征提取等。最后通过 PPI 接口将计算处理结果送到 LCD 屏上显示。

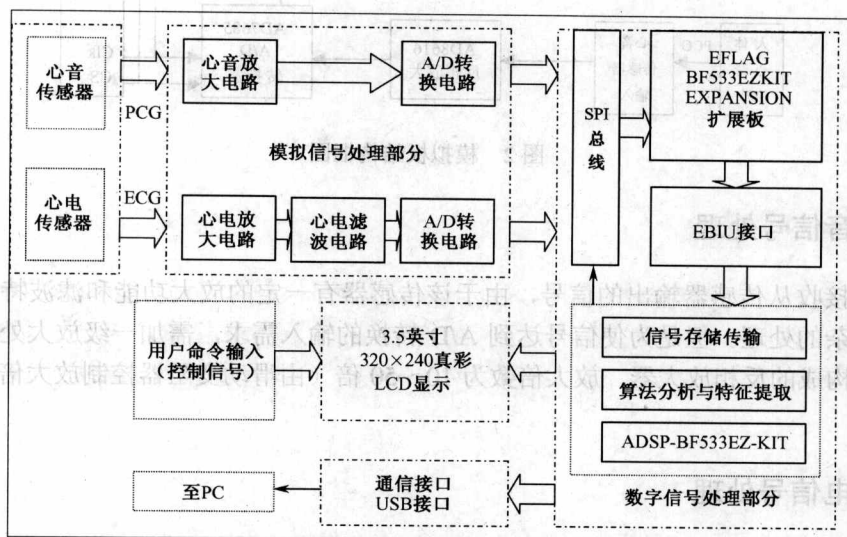


图 1 系统结构框图

2.1 心音/心电传感器

由于人体自身产生的心音、心电信号十分微弱，采集需要专用传感器。

本系统中心音信号的采集器采用合肥华科电子技术研究所 HKY-06 系列心音传感器。该传感器采用新型高分子聚合材料微音传感元件，采集心脏搏动和其他体表动脉搏动信号，再经过高度集成化信号处理电路处理。具有高保真输出，稳定性、一致性良好等特性。心电信号采用电极片、导联进行采集。

2.2 前端模拟信号处理电路

模拟信号的处理由自行设计的电路板完成,电路框图见图 2。由于人体自身产生的心音/心电信号十分微弱(直接采集只有 $1\sim 4\text{mV}$),经传感器采集放大至 $1\sim 4\text{V}$,而且在进入 A/D 采样前还需要进行预处理,包括信号滤波和信号调理。模拟部分采用 ADI 公司的高性能模拟芯片设计,接收从传感器送过来的心音/心电信号,进行滤波、放大和 A/D 采样处理。

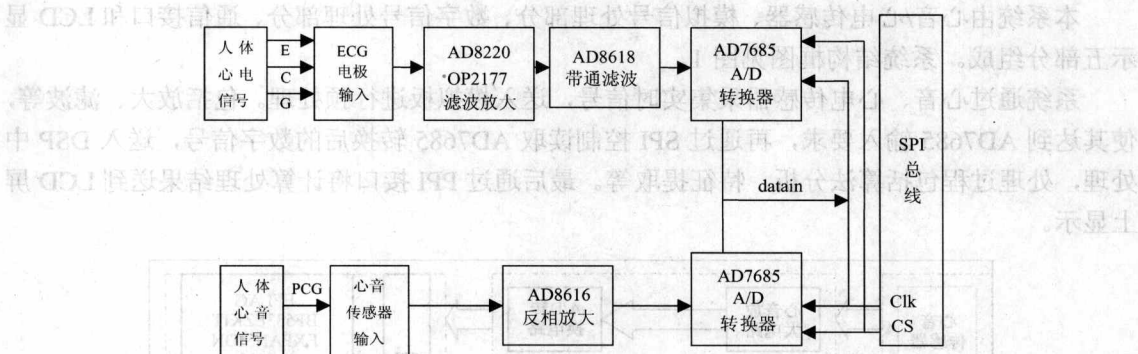


图 2 模拟板结构框图

2.2.1 心音信号处理

模拟板接收从传感器输出的信号,由于该传感器有一定的放大功能和滤波特性,不需要再进行很复杂的处理。但是为使信号达到 A/D 转换的输入需求,需加一级放大处理。放大器用 AD8616 构成的反相放大器,放大倍数为 $10\sim 50$ 倍(由滑动变阻器控制放大倍数,可在面板上调节)。

2.2.2 心电信号处理

心电信号由三导联直接采集,从端子排输入到模拟板(心电有三路信号,其中一路接参考地)。首先进入由 AD8220 和 OP2177 组成的同相放大电路进行滤波放大,随后通过由 AD8618 组成的带通滤波器进行滤波,其通带频率范围为 $0.03\sim 160\text{Hz}$,整个心电处理部分电路的增益为 40dB 。

心音/心电信号采集模拟板原理图和 PCB 图见附录 A。

2.2.3 A/D 采样部分与 SPI 采集过程

模拟板在模拟信号处理结束后采用 AD7685 进行模数转换。心音/心电分别进入两片 AD7685 同步采样,采样精度为 16bit,采样率为 2500Hz ,A/D 转换后的心音/心电信号数据交替通过 SPI 总线进入 DSP 处理器处理。采样通过 SPI 总线控制。

之所以这样处理有以下原因:

- 目前心音的定位问题在业界还没有合适的方法,所以要借助心电信号进行定位。保证心音/心电信号的同步是定位准确与否的关键,因此采用心音/心电信号同步采样。

- SPI 总线在同一时刻只能传送一路信号，为了保证同步又适合 SPI 总线传输，所以交替采集心音/心电信号，消除同步误差。

SPI 接口和外部与 AD7685 连接如图 3 所示。

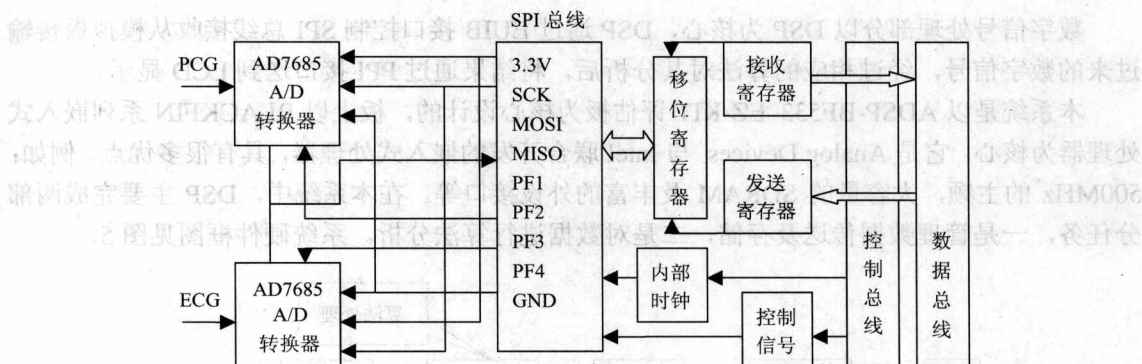


图 3 SPI 接口和外部与 AD7685 连接示意图

注：图中 PF1、PF2 分别为片选 1、片选 2，PF3 为 A/D 转换信号，MISO 为主入、从出，MOSI 为主出、从入。

SPI 接口采集数据过程如下：

当一个定时器中断来临后，在中断服务程序中，DSP 首先同时给两片 AD7685 发出转换信号，然后延时一段时间（大约在 2ns）。在这段时间内 AD7685 采集当前模拟信号，然后将其转换为数字信号，等待 DSP 读取。

延时后，DSP 首先使能片选 1，同时发出时钟信号。选中的 AD7685 将转换后的 16 位数据发送到 DSP 的接收寄存器，每个时钟的上升沿到来发送一位。

DSP 在接收完第一片 AD7685 发送的数据后，必须将存在接收寄存器中的数据读走。使其为空，以便接受第二片 AD7685 的数据。

当第一个数据读完后，DSP 将片选信号置 1，将接收寄存器中的值读到内存中。之后，再使能片选 2，同时发出时钟信号，开始读取第二个数据。当数据读完后，同样将片选信号置 1，读取接收寄存器的值到内存。最后将转换信号清零，说明一次数据读取结束，等待下一次中断产生。

在中断产生后，由于 DSP 给两片 AD785 同时发出转换信号，两片 AD7685 将同时采集当前模拟数据进行转换，所以保证了心音/心电信号采集的同步。只不过在读取数据的时候是先后进行的。采集时序图见图 4。

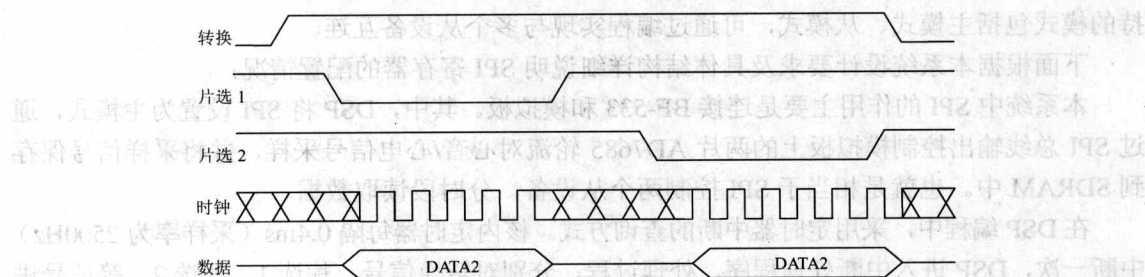


图 4 SPI 接口采集时序图

2.3 数字信号处理部分

数字信号处理部分以 DSP 为核心，DSP 通过 EUIB 接口控制 SPI 总线接收从模拟板传输过来的数字信号，经过相应的算法对其分析后，将结果通过 PPI 接口送到 LCD 显示。

本系统是以 ADSP-BF533 EZ-KIT 评估板为核心设计的，板上以 BLACKFIN 系列嵌入式处理器为核心。它是 Analog Devices 与 Intel 联合开发的嵌入式处理器，具有很多优点，例如：500MHz 的主频，大容量的 SDRAM 及丰富的外设接口等。在本系统中，DSP 主要完成两部分任务，一是管理数据传送及存储，二是对数据进行算法分析。系统硬件框图见图 5。

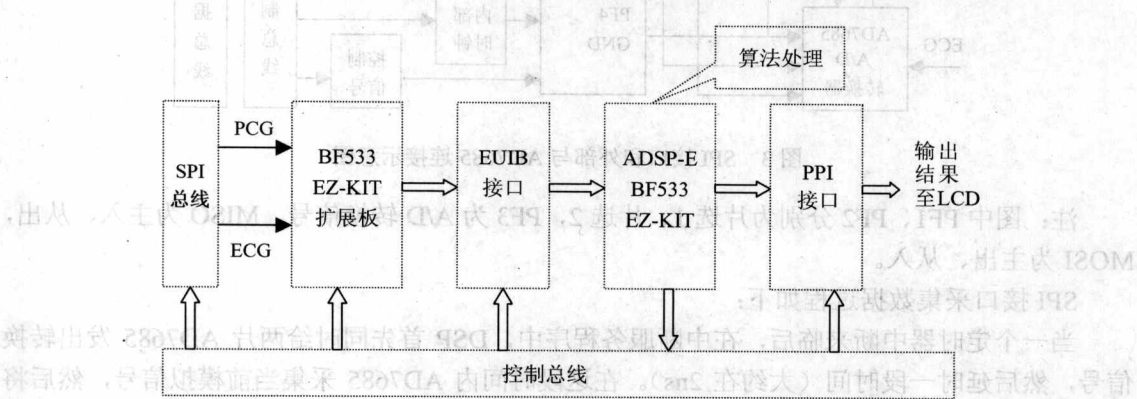


图 5 数字信号处理系统硬件框图

在本系统设计中，数字部分功能主要通过编程实现。

由于 C 语言的通用性和针对硬件操作的方便，所以本次编程采用 C 语言。编程部分涉及系统各寄存器配置，SPI 初始化，EUIB 初始化，PPI 初始化，SDRAM 初始化，DMA 初始化，中断服务程序，短时傅里叶变换，特征提取，模式分类，数据的传输、存储以及对 LCD 的操作等。

下面分别具体介绍各个部分情况。

2.3.1 SPI 总线接口

SPI (Serial Peripheral Interface) 全称为串行总线接口，它为多个外设提供 I/O 接口。在 ADSP 中，SPI 有四条引线，包含两条数据线（数据入和数据出），片选信号和时钟信号。支持的模式包括主模式、从模式，可通过编程实现与多个从设备互连。

下面根据本系统设计要求及具体结构详细说明 SPI 寄存器的配置情况：

本系统中 SPI 的作用主要是连接 BF-533 和模拟板。其中，DSP 将 SPI 设置为主模式，通过 SPI 总线输出控制模拟板上的两片 AD7685 轮流对心音/心电信号采样，并将采样信号保存到 SDRAM 中。也就是相当于 SPI 控制两个从设备，分时段读取数据。

在 DSP 编程中，采用定时器中断的查询方式。核内定时器每隔 0.4ms（采样率为 2500Hz）中断一次，DSP 进入中断处理程序，处理过程，分别对转换信号，片选 1，片选 2，等信号进行设置，时序详见后面 SPI 接口测试部分，下面说明 SPI 接口各寄存器设置情况及原因：

*pSPI_CTL = 0x0000;

清空 SPI 主寄存器

*pSPI_BAUD = 16;

设置传输波特率

*pSPI_FLG = 0x0206; //FLG2 | FLS1 | FLS2;

使能片选信号 PF1, PF2

*pSPI_CTL = TIMOD_DMA_TX | SIZE | MSTR | 0x4000;

设置 SPI 各信号, 传输字节 16bit, 大端等

*pSPI_CTL = 0x7539;

使能 SPI 接口

2.3.2 核内定时器 (core timer)

核内定时器主要用来产生定时中断以供 SPI 采样使用, 其中断产生间隔为 0.4ms。核内寄存器将循环产生中断。

以下是核内寄存器的初试设置:

*pTCNTL = 0x0007;

*pTCOUNT = 0x00002AAA;

*pTPERIOD = 0x00002AAA;

寄存器初始化包括设置定时器使能, 循环使能, 中断使能, 计数长度等。

2.3.3 通用异步接口 (EBIU 接口)

EBIU 接口称为外部总线接口, 是一种扩展的外围接口。由于在 BF-533EZ——KIT 评估板上没有 SPI 接口, 所以必须通过扩展子板接入 SPI 总线, 而子板和母板之间就是要通过 EBIU 接口相连。

由于要使用 SDRAM 存储信号, 采用标准配置对 EBIU 接口初始化, 各寄存器初始化配置如下 (后附说明):

*pEBIU_AMBCTL0 = 0x7bb07bb0;

*pEBIU_AMBCTL1 = 0x7bb07bb0;

*pEBIU_AMGCTL = 0x00ff;

*pEBIU_SDRRC = 0x00000817;

*pEBIU_SDBCTL = 0x00000013;

*pEBIU_SDGCTL = 0x0091998d;

EBIU_AMGCTL 对控制器做全局设置, 包括对各个 BANK 的使能和对 CLKOUT (外部时钟输出) 的使能。在本设计中考虑到对资源的充分利用, 所以将四个 BANK 全使能。

综合考虑后, 本寄存器值设为 0x00ff。

EBIU 提供了对每个 BANK 的具体操作, 包括设置时间 (Setup), 读取时间 (Read Access), 写入时间 (Write Access), 保持时间 (Hold)。每个 bank 设置需要占用 16 位寄存器的值, 因此 4 个 bank 需要两个寄存器, 这就是 EBIU_AMGCTL1 和 EBIU_AMGCTL2。

在本系统设计中, 在初始化中将两寄存器值均设为 0x7bb07bb0。

剩下的三个寄存器是针对 SDRAM 的初试化。

EBIU_SDGCTL (SDRAM 全局控制寄存器):

它设置了所有 SDRAM 可编程设置的相关时间参数。在本系统中, 该寄存器设置为 0x0091998d。