

ELECTRONIC
ENGINEER

XIDIAN UNIVERSITY PRESS

High Performance DSP
and High Speed Real-time Signal Processing

高性能DSP 与高速实时信号处理

(第二版)

苏、涛 吴顺君 李真芳 宋万杰 编著

览室

3

图书馆

High Performance DSP
and High Speed Real-time Signal Processing



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

高性能DSP与高速实时信号处理

(第二版)

苏 涛 吴顺君 李真芳 宋万杰 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

以数字信号处理器(DSP)为基础的实时数字信号处理技术正在迅猛发展,现已广泛应用于图像处理技术、语音处理、智能化仪表、生物医学与工程、通信、自动控制系统等许多新技术领域。通用 DSP,特别是高性能通用 DSP 的处理能力正在迅速提高,可以完成 FIR 滤波、IIR 滤波、自适应滤波、FFT 及 DFT、各种通信体制下的信号编解码等大量常用数字信号处理任务。以 ADSP2106X、ADSP21160 系列并行 32 bit 浮点 DSP 构成的分布式并行系统和共享总线式并行系统,可以满足运算量日益增长的雷达、声纳、软件无线电等应用领域的需要。

本书取材于当今最新的 DSP 器件和外围设备技术,对各种类型 DSP 的性能和应用特点作了比较,以综合性能较高的 ADSP2106X、ADSP21160 为主,全面介绍了 DSP 及其外围设备接口的设计方法,帮助读者掌握各种实时处理算法的实现和 DSP 处理系统设计。

本书面向通信、雷达和电子工程类专业的科研和工程设计人员,可作为研究生和高年级本科生的教材,也可以兼作工程设计手册和 DSP 学习教程。

高性能 DSP 与高速实时信号处理/苏涛等编著. —2 版

责任编辑 杨宗周

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)8227828 邮编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西画报社印刷厂

版 次 1999 年 9 月第 1 版 2002 年 1 月第 2 版 2003 年 3 月第 4 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 25.75

字 数 604 千字

印 数 12 001~16 000 册

定 价 35.00 元

ISBN 7-5606-0742-X/TN·0133

XDUP 1013012-4

*** 如有印制问题可调换 ***

第二版前言

ADSP2106X 系列 DSP 以其优良的性能在浮点 DSP 应用领域占据着很大比例。本书第一版的推出促进了国内广大用户应用这种高性价比的 DSP, 深受相关领域广大读者的欢迎。近年来, DSP 技术发展的速度越来越快, 各个 DSP 厂商推出了更快更强的 DSP 产品, DSP 的开发软件也日趋完善, 广大 DSP 设计者急需采用更新的设计技术, 用更短的设计周期设计出高性能的实时数字信号处理系统。

AD 公司新推出了与 ADSP2106X 的指令、结构、设计方法高度兼容的 ADSP21160, 两者都具备特有的超级哈佛结构、片内大容量存储器、有效的寻址方式、单周期内三次运算能力、超长指令字、高速数据输入/输出能力, 使其各项处理性能大大高于同类型浮点 DSP。并且在 DSP 内部集成了多 DSP 并行工作的功能, 可以直接构成分布式并行系统和共享存储式并行系统, 获得了很高的并行处理能力和并行效率。其电路设计和软件编程规范易学, 是浮点 DSP 中的最佳产品。ADSP21160 比 ADSP2106X 的运算速度提高了 5 倍, 可达到每秒 6 亿次峰值浮点运算能力和更高的数据输入/输出速度, 解决了雷达、声纳、软件无线电等领域进行全数字化信号处理所遇到的巨大运算量和数据通信瓶颈。同时, AD 公司为 ADSP2106X、ADSP21160 系列 DSP 的开发提供了优良的集成设计环境 VisualDSP/VisualDSP++, 使软件编程和软硬件调试更加方便、高效。

为满足国内广大用户对最新 DSP 技术的急切需求, 同时也为了解决 ADSP 系列 DSP 中文资料匮乏、技术交流不足的问题, 作者在本书第一版的基础上, 在第二版增加了以下内容: ADSP2116X 的原理和指令系统; VisualDSP 的应用, 丰富和充实了 ADSP2106X 系列 DSP 的软硬件设计实例。同时对第一版有关内容进行了修订和补充。值得一提的是, 在 2001 年, AD 公司对国内用户大幅度下调了包括仿真器在内的开发工具的价格, 这对使用 DSP 的中小用户特别有意义, 必将大大促进这类浮点 DSP 在国内的普及。

本书适用于 ADSP2106X 的初学者, 也有助于已经掌握 ADSP2106X 的使用者更全面地利用这种 DSP 的各种功能, 同时也面向已经着手 ADSP21160 研制开发的设计者。本书的设计实例虽然是基于 ADSP2106X 系列的, 但其软硬件设计方法、算法程序基本适用于新推出的 ADSP21160。与本书相关的各种 DSP 资料、应用算法的源码程序和库支持文件以及典型的硬件设计说明汇集在网址 www.dsp.xust.sn.cn。可以通过下述方式从晨兴—安富利公司获取 DSP 的技术支持和产品信息: 0755—3320390, sunrise_adi@163.net, hpdsp68@hotmail.com。

本书第 1、2、7、8 章由吴顺君、苏涛编写, 第 3、4、5 章由苏涛编写, 第 9、10、11 章由李真芳编写, 第 6、12 章由宋万杰、苏涛编写。全书由苏涛统稿。

由于掌握的资料和编著者水平有限, 对书中的不当与错误之处, 请读者提出宝贵的意见。

作者

第一版前言

经过长期的理论研究与实践,在各种实时处理应用需求的推动下,数字信号处理的理论和实现技术日趋完善。随着超大规模集成电路技术水平的飞速发展,数字信号处理器的处理能力正以指数级的速度得到提高,在科学研究、军事及民用电子技术领域发挥着越来越重要的作用,其应用广度和深度正在不断地扩展和深化。

然而实际应用对处理速度的需求在不断增长,现有 DSP 并不能满足所有需求。同时,受 VLSI 器件开关速度的限制和 DSP 外围存储器吞吐能力的制约,仅靠单 DSP 系统性能的提高已经不能适应超大运算量的要求。专用 DSP 利用硬件运算方式和片内多运算部件并行处理能力,在 FFT、FIR 滤波等应用中可以取得很高的处理速度和数据吞吐率。但专用 DSP 灵活性差,不具备通用编程能力,不能适应实时处理所要求的可重构和软件化发展的要求。而并行通用浮点 DSP 将片间并行功能集成在单片 DSP 内部,可以获得很高的并行处理能力和并行效率。AD 公司的 ADSP2106X 具备了并行 DSP 的种种功能,可以直接构成分布式并行系统和共享存储式并行系统,而且 ADSP2106X 特有的超级哈佛结构、片内大容量存储器、有效的寻址能力、单周期内三次运算能力以及更长的指令字使其各项性能显著高于同类型浮点 DSP,并且与更高性能的 ADSP21160 在指令、结构、设计方法上的高度兼容性使它能更好地向未来 DSP 进行代码移植,因此 ADSP2106X 系列 DSP 有更广泛的应用前景。

同样,定点 DSP 的 ADSP218X 也具备远大于其它定点 DSP 的片内存储器,可以构成高性能、低成本、小体积、低功耗的处理系统,在通信和消费类电子产品领域有很好的应用价值。

本书以 ADSP2106X 为主讨论了实时信号处理的实现方法和技巧,用它实现了 FIR、IIR、FFT/DFT、自适应均衡、正交插值、脉冲压缩、多 DSP 并行处理、自适应波束合成等,并介绍了 DSP 与各种类型存储器、A/D、D/A、直接频率合成器(DDS)的接口实现。本书所举实例和程序具有代表性和很强的实用性,部分设计直接取自于编著者的科研和工程实践。本书介绍的各种类型 DSP 大都取自于各著名 DSP 厂商的最新产品。

本书第 1、2、7、8 章由吴顺君和苏涛共同编写,第 3、4、5、6 章由苏涛编写,第 9、10 章由廖晓群编写。全书由苏涛统稿。

本书的出版得到了西安电子科技大学研究生教材基金的资助和 AD 公司中国代理——深圳晨兴—安富利电子科技公司的支持与帮助。AD 公司为 DSP 设计提供了各种应用算法的源码程序和库支持文件。

由于掌握的资料和编著者水平有限,对书中的不当与错误之处,恳请读者批评指正。

编著者

1999 年 6 月于西安电子科技大学

欢迎选购西安电子科技大学出版社各类图书

USB 接口技术	25.00	信息网络理论基础 (21 世纪)	16.00
Verilog HDL 数字系统设计及其应用	25.00	《模拟电子技术基础》教学指导书 (21 世纪)	9.00
PC 计算机测控技术及应用	21.00	电子线路基础 (21 世纪)	19.00
Windows 声音应用程序开发指南	14.00	电磁场与电磁波学习指导 (21 世纪)	21.00
实用单片机数据通信技术	27.00	3D Studio VIZ R3 建筑装修效果图培训教程	38.00
智能建筑设备自动化技术	20.00	Windows NT 实用教程	20.00
MATLAB6.X 图形编程与图像处理	19.00	AutoCAD 实用教程	28.00
基于 MATLAB6.X 的系统分析与设计		VB 常用算法大全(含光盘)	45.00
——虚拟实现	22.00	PHP & Web 数据库 (含光盘)	30.00
——神经网络 (第二版)	20.00	PHP My SQL Apache 超强组合 (含光盘)	39.00
——时频分析	20.00	CAXA 电子图板实用绘图及二次开发	22.00
数字信号处理——时域离散随机信号处理		模拟电子技术基础 (21 世纪)	22.00
微波电路 CAA 与 CAD		数字信号处理 (第二版)	21.00
随机信号处理	13.00	自适应信号处理 (研究生系列)	16.00
中文版 Windows XP 实用教程	24.00	现代电视接收技术	18.00
计算机外部设备	15.00	通信基础电源 (第二版) (21 世纪)	20.00
最新计算机专业英语	14.00	计算机操作系统教程 (新世纪)	18.00
视景仿真技术及应用	30.00	数据结构——使用 C++ 语言 (新世纪)	22.00
军事通信技术及应用	18.00	VC++ 高级编程技巧与示例 (含光盘)	40.00
现代通信新技术	20.00	程序设计基础与 C 语言 (本科) (新世纪)	22.00
通信工程专业英语	12.00	微型计算机原理及接口技术 (新世纪)	25.00
信号与系统 (第二版)	29.00	Internet 操作实用教程	20.00
微型机应用系统设计	21.00	部级重点教材	
光纤通信	15.00	高级操作系统 (统编)	13.80
软件工程与数据库概论	14.00	数据库原理与应用 (大专) (修订版) (统编)	15.00
《数据结构》算法实现及解析——配合严蔚敏		微型计算机原理 (统编)	24.50
《数据结构》(C 语言版) (含光盘)	32.00	并行处理技术 (统编)	14.00
数据结构 (C 语言) 实践教程	15.00	模拟电子线路基础	16.00
电子商务系统及其设计		移动通信 (修订版) (统编)	23.00
电子商务基础与实务	15.00	智能控制理论和方法	18.00
VFP 程序设计简明教程	16.00	国家级重点教材	
DSP 实用技术	30.00	计算机系统结构 (第二版) (统编)	19.00
FPGA 设计及应用	30.00	计算机系统结构 (第三版) (统编)	22.00
电子线路 CAD 实用教程	22.00	离散数学 (大专) (第二版) (统编)	13.00
EDA 技术及应用	23.00	雷达对抗原理 (统编)	15.00
会计软件实务教程	32.00	高职教材(配送电子教案)	
计算机组成与接口技术	20.00	单片机及应用	20.00
电子电路 CAD 程序及其应用	16.00	工程制图	22.00
System View 动态系统分析及通信系统		计算机制图——CAXA 电子图版 V2 版	11.00
仿真设计	20.00	机械制图 (含习题集)	30.00
ASP 动态网站建设实例与技巧 (含盘)		电子技术基本技能实训教程	12.00
——ASP 与 Web 数据库的语言	30.00	信息系统分析与设计	14.00
一步一步学上网	16.00	计算机网络	20.00
Simulink 建模与仿真	25.00	互联网实用技术与网页制作	14.00
PC 汇编语言程序设计 (新世纪)	17.00	Internet/Intranet 应用与网页制作实训教材	15.00
计算机操作系统 (修订版) (汤)	24.00	计算机操作系统	14.00
操作系统实践教程 (新世纪)	12.00	计算机应用基础	18.00
Linux 下的 WEB 服务器技术	20.00	计算机文化基础	18.00
MATLAB 辅助模糊系统设计	22.00	PowerBuilder 技术教程	17.00
现代办公自动化设备	20.00	图形处理与 3D 动画制作	16.00
流行单片机实用子程序及应用实例	18.00	SYBASE 数据库实例教程	22.00
电子商务基础与应用 (第三版) (含盘)	35.00	Visual Basic 程序设计	21.00
MATLAB 辅助现代工程数学信号处理	24.00		

《Visual Basic 程序设计》习题解答	16.00	计算机网络(本科)	15.00
汇编语言程序设计	17.00	计算机网络	18.00
单片机应用技术	22.00	计算机网络——集成、管理与维护(中专)	22.00
数据结构	21.00	计算机网络与办公自动化	15.00
电子工程制图(含习题集)	25.00	计算机网络考试重点与训练	19.00
数字电子技术	17.00	深入体验 ASP.NET	34.00
信号与线性系统	20.00	Inernet 操作实用教程	20.00
高频电子线路	16.00	计算机网络实用培训教程	20.00
应用电路分析	14.00	操作系统类	
模拟电子技术	18.00	中文版 Windows 2000/XP 注册表从入门到精通	25.00
办公自动化设备的使用和维护	23.00	Windows 9X/XP/ME 注册表实例详解	22.00
电脑组装与维护	16.00	操作系统教程(第二版)	16.00
计算机网络——集成、管理与维护	26.00	计算机操作系统(第三版)(统编)	27.00
Internet基础与使用	14.00	Linux系统结构分析	40.00
电视技术	25.00	中文WindowXP实用教程	24.00
应用数学基础(上、下)	28.00	操作系统原理考试要点与训练	19.00
工程制图(含习题集)	13.00	计算机提高普及类	
数字电子技术	12.00	五笔字型快手教程	10.00
C 语言程序设计实例教程	18.00	电脑应用快手教程	18.00
电工基础	18.00	电脑组装与维护高手教程	24.00
电工技术基础	22.00	电脑常见故障急救手册	28.00
电工与工业电子学	18.00	计算机组装维护实用教程	20.00
电路分析	22.00	微机应用环境实用教程	26.00
考研辅导丛书		计算机基础培训教程(XP版)	22.00
数据结构辅导(第二版)	28.00	新编电脑应用综合培训教程	18.00
C 语言程序设计辅导	22.00	公务员电脑培训经典教程	
数据库系统原理辅导	21.00	21世纪电脑应用培训教程	24.00
自动控制原理辅导	24.00	学用电脑一册通——安装·配置·使用	32.00
电路、信号与系统辅导	37.00	英汉计算机安全词通	10.00
高频电子线路辅导	14.00	英汉计算机通信词通	10.00
微型计算机原理及应用辅导	17.00	计算机应用基础教程(梁)	23.00
微机原理程序设计辅导	10.00	计算机实验教程	16.00
高等数学辅导	35.00	中英文输入及排版技术实用教程	16.00
通信原理辅导	17.00	计算机软件技术基础教程(21世纪)	21.00
理论力学辅导	23.00	计算机文化基础(21世纪)	18.00
材料力学辅导	23.00	新编计算机应用基础	
电子线路辅导	24.00	(Windows 98& Office 2000)	23.00
操作系统辅导	13.00	《新编计算机应用基础》上机实习与指导	8.00
各类考研数学实考试题与解答	25.00	计算机应用基础教程(for windows)(第二版)	21.00
《微型计算机原理及应用》习题十试题分析与解答	22.00	《计算机应用基础教程》上机与实习指导	9.80
材料力学全真试题与解答	12.00	计算机结构组成与外部设备(中专)	13.00
机械原理考验全镇试题与解答	12.00	新编计算机应用培训教程	21.00
数据结构习题+试题分析与解答	20.00	新编计算机基础短期培训教程	17.00
计算机网络丛书		新世纪微机操作培训教程	25.00
网络安全实践	22.00	五笔字型双解学查练词典	15.00
Internet操作实用教程	16.00	电脑应用零点起步	20.00
Internet技术及其应用教程	15.00	电脑打字与桌面办公培训新教程	20.00
Flash MX网页动画设计基础与进阶教程	18.00	电脑应用三合一快捷教程	18.00
局域网实践DIY	20.00	电脑办公全面培训教程	20.00
ASP 3.0 网站编程与实例演练(含光盘)	35.00	Office办公实用教程(XP版)	20.00
Flash 5.0 动画制作——方法与技巧(含光盘)	30.00	全国计算机等级考试类	
Flash MX 网页动画制作教程	18.00	全国计算机等级考试一级教程	23.00
网页设计与制作(中专)	13.00	全国计算机等级考试教程数据库语言	
中文FortPage 2000快学通	20.00	FoxBASE+程序设计(二级)	17.50
		全国计算机等级考试(二级)Qbasic语应试教程	

(含基础知识)	26.00	Visual Basic 基础教程(中专)	13.00
全国计算机等级考试试题分析与应试指南		汇编语言程序设计教程(中专)	17.00
——基础部分和FoxBASE语言程序设计	27.00	汇编语言程序设计(修订版)(统编)	21.50
——(FoxBASE+)上机考试	20.00	《汇编语言程序设计》教学辅导与上机	
——基础部分和C语言程序设计	25.00	实验辅导(统编)	9.20
——(二级C语言程序设计)上机考试	25.00	基于MATLAB的系统分析与设计	
全国计算机等级考试模拟试题与解答		——小波分析	27.00
——(一级Windows环境)	17.00	——信号处理	24.00
——(二级——C语言)	19.00	——控制系统	18.50
——(二级——Quick BASIC)	25.00	——神经网络	17.50
——(二级 FoxBASE+)	18.00	——图像处理	16.00
全国计算机等级考试应试指导与强化练习		——模糊系统	14.00
——(一级 Windows)	21.00	现代通信系统分析与仿真	
——(二级 C 语言)	21.00	——MATLAB 通信工具箱	28.00
——(二级 QBASIC)	27.00	Visual Foxpro6.0 程序设计教程	20.00
——(二级 FoxBase/FoxPro)	28.00	Visual Basic 实用教程	18.00
等级考试冲关必备一笔试+上机考试		面向对象程序设计与C++语言	17.00
——三级 PC 技术考试辅导	24.00	汇编语言实践(新世纪本科)	14.00
——三级数据库技术考试辅导	21.00	Visual C++ .Net 深入编程与实例剖析	26.00
——三级网络技术考试辅导	22.00	高级程序设计考试要点与训练(C语言)	18.00
——真题解答(二级 QBASIC C 语言)	18.00	数据库原理(本科)	16.00
——一级 Window 环境	17.00	深入Java Servlets 网络编程	34.00
——二级 Foxbase	16.00	深入体验ASP NET	34.00
——二级 C 语言	16.00	深入C++Builder编程	36.00
全国计算机等级考试二级 C 上机试题分析	22.00	微机与控制类	
图形处理类		微型计算机原理与应用(第二版)(本科)	33.00
多媒体CAI课件制作实用教程	21.00	《微型原理及应用》(第二版)学习指导	18.00
Authorware 6多媒体设计基础与进阶教程	20.00	微型计算机原理及应用(统编)	22.00
3D Studio MAX实用教程	20.00	微型计算机原理(第四版)	29.00
中文版Photoshop 7.0图像特效处理实例教程	30.00	《微型计算机原理》(第四版)学习指导书	14.00
Photoshop 7.0图像处理精彩实例创作通		微型计算机原理与组成(中专)(统编)	17.00
(含光盘)	32.00	微型计算机安装调试与维护维修(中专)	12.00
Photoshop 7——完全解析与实例教程		微型计算机安装调试与维护维修	15.00
(含光盘)	30.00	微机结构组成与外部设备	15.00
中文版Corel DRAW 10从入门到精通	22.00	微型计算机原理与组成	20.00
MATLAB应用图象处理	22.00	单片机原理与应用(中专)	17.00
计算机图形图像制作技术(中专)	15.00	单片机原理及接口技术	15.00
3DMX4.0室外效果图精彩实例创作通(光盘)	28.00	单片机及其应用(中专)	18.00
3DMX4.0室内效果图精彩实例创作通(光盘)	28.00	在系统可编程技术及其器件原理与应用	26.00
3D Studio MAX实用教程	23.00	可编程序控制器原理及应用	23.50
Corcl DRAW 实用教程	25.00	可编程逻辑器件原理、开发与应用(21世纪)	22.00
中文版Corcl DRAW 10平面创意培训教程	22.00	计算机控制原理及其应用	25.00
中文版Photoshop6 CorDARW平面美术教程	20.00	微型计算机及接口技术考试要点训练	18.00
计算机语言类		计算机类	
《新编C语言程序设计教程》		电子商务核心技术——安全电子交易协议	
习题解答与实验指导	12.00	的理论与设计	36.00
QBASIC程序设计教程(第二版)	19.00	电子商务典型案例评析	17.00
Visual Basic NET编程基础与实例教程	22.00	电子商务(大专,高职)	15.00
Power Designer数据库建模技术	25.00	数据结构(C)	16.00
数据库原理与应用(第三版)	18.00	编译原理(新世纪本科)	16.00
FoxPro应用基础(中专)	22.00	编译原理实践教程(新世纪本科)	12.00
Access 2000 实用操作与技巧	30.00	离散数学(修订版)(统编)	17.80
数据库原理及应用	21.00	《离散数学》习题解答	16.00
C 程序设计(21世纪)	18.00	软件系统开发技术(第二版)(统编)	16.00
《C 程序设计》学习指导(21世纪)	14.00	软件工程	20.00

目 录

第 1 章 数字信号处理器技术综述	1
1.1 数字信号处理器的发展和特点	1
1.2 数字信号处理器的应用领域	3
第 2 章 数字信号处理器类型及应用概述	5
2.1 DSP 种类	5
2.2 各类型 DSP 介绍	6
2.2.1 专用 DSP	6
2.2.2 定点 DSP	14
2.2.3 浮点 DSP	22
2.2.4 并行浮点 DSP	28
2.2.5 其它超高性能 DSP	34
2.3 DSP 的应用和开发	39
2.3.1 DSP 的应用	39
2.3.2 DSP 的开发系统	41
2.3.3 模块化系统	43
第 3 章 ADSP2106X 功能与结构	46
3.1 ADSP2106X 处理器概述	46
3.2 ADSP2106X 运算控制单元	48
3.2.1 运算单元	48
3.2.2 程序控制器	50
3.2.3 地址产生器和总线	50
3.2.4 中断	50
3.2.5 寄存器组成	52
3.2.6 寄存器状态标志	53
3.2.7 ADSP2106X 管脚说明	56
3.3 存储器组织	61
3.3.1 存储器总线	61
3.3.2 存储器映射	61
3.3.3 多处理器存储共享	62
3.3.4 片内存储器	63
3.3.5 片外存储器	66
3.3.6 存储器控制与接口	66
3.4 DMA	66
3.4.1 DMA 建立	67

3.4.2	DMA 端口选择	68
3.4.3	DMA 状态寄存器和参数寄存器	68
3.4.4	DMA 通道优先权	69
3.4.5	链式 DMA	69
3.4.6	DMA 中断	69
3.4.7	DMA 的产生和终止	70
3.4.8	外部总线 DMA 的特别用法	70
3.4.9	DMA 传送速度	70
3.4.10	二维 DMA	71
3.5	多处理器共享存储总线	71
3.5.1	多处理器总线仲裁	73
3.5.2	总线仲裁规则	73
3.5.3	主处理器时间限制	73
3.5.4	核优先访问	74
3.5.5	复位后的总线同步	74
3.5.6	直接读写从处理器	74
3.5.7	通过 EPB 缓冲的数据传输	75
3.5.8	总线锁定和信号机	76
3.5.9	处理器间消息传递和矢量中断	77
3.6	主机接口	77
3.6.1	主机控制	78
3.6.2	异步传送	79
3.6.3	同步传送	80
3.6.4	利用SBTS解决主机接口死锁	80
3.6.5	直接读写从机	80
3.6.6	通过 EPB 的数据传送	81
3.6.7	处理器间消息传递和矢量中断	84
3.7	链路口	85
3.7.1	链路口功能和特点	85
3.7.2	链路口控制寄存器	86
3.7.3	握手信号	88
3.7.4	链路缓冲 LBUF	88
3.7.5	链路 DMA 通道	89
3.7.6	链路口中断	89
3.7.7	传送错误检测	90
3.7.8	令牌传递	91
3.7.9	链路传送信号线	92
3.8	串行口	92
3.8.1	串口控制寄存器和数据缓冲	93
3.8.2	数据字格式	96
3.8.3	时钟信号	97
3.8.4	帧同步信号	97
3.8.5	多通道操作	97

3.8.6 串口和存储器数据传送	98
3.8.7 串口自环	99
3.8.8 串口的应用	99
第4章 ADSP2106X 指令集	100
4.1 指令形式	100
4.2 计算类操作	106
4.2.1 ALU 运算	107
4.2.2 移位器操作	110
4.2.3 乘法器操作	111
4.2.4 多运算指令	114
4.3 其它类指令	115
4.4 指令编程举例	115
第5章 ADSP2106X 开发系统	122
5.1 定义结构文件	123
5.2 编写汇编程序	124
5.2.1 语法和符号	125
5.2.2 预处理伪指令	126
5.2.3 汇编伪指令	127
5.3 汇编器	128
5.4 链接器	128
5.4.1 链接器的作用	129
5.4.2 运行链接器	129
5.5 引导加载码生成	129
5.5.1 引导模式和引导码	129
5.5.2 运行 ldr21k	130
5.5.3 生成加载程序文件	131
5.6 模拟器	132
5.6.1 模拟器操作	133
5.6.2 模拟器运行步骤	133
5.6.3 I/O 口描述	134
5.7 库管理器	134
5.7.1 lib21k 命令形式	134
5.7.2 库管理器使用方法	135
5.7.3 软件包中的标准库函数	135
5.8 C 编译器	136
5.8.1 C 编译器的有关概念	136
5.8.2 C 调用汇编函数	140
5.8.3 行嵌入式汇编语句	142
5.8.4 联系 C 变量和汇编符号	144
5.8.5 汇编支持的宏	145
5.8.6 C 语言规范和扩展	145

5.8.7 C 编译器开关参数	146
5.8.8 C 源码调试器 CBUG	150
5.9 仿真器	154
5.9.1 多 DSP 的 JTAG 链	154
5.9.2 仿真多 DSP	155
5.10 ADSP2106X 开发板 EZ-LAB 和 EZ-KIT Lite	156
第 6 章 ADSP2106X 系统设计	157
6.1 电路设计	157
6.1.1 重要信号线的设计	157
6.1.2 印制板制作	157
6.1.3 混合电路印制板要求	158
6.2 多处理器并行系统设计	159
6.3 引导模式	160
6.3.1 Prom 引导	161
6.3.2 Host 引导	162
6.3.3 Link port 引导	162
6.3.4 生成加载文件	163
6.3.5 多处理器引导	169
6.4 ADSP2106X 处理系统的构成	174
6.4.1 外存储器组成	174
6.4.2 链路口使用	176
6.4.3 与其它设备接口	176
6.4.4 系统功耗	177
6.5 仿真接口 JTAG 设计	177
6.6 ADSP2106X 管脚与封装及型号	179
6.7 ADSP2106X 设计实例	181
6.7.1 用 C 语言设计程序	181
6.7.2 ADSP2106X 与 DRAM 接口	184
6.7.3 ADSP2106X 与 EDRAM 接口	185
6.7.4 ADSP2106X 与 Flash 存储器接口	186
6.7.5 ADSP2106X 与液晶接口	190
6.7.6 多片 DSP 加载	191
6.7.7 以 DMA 方式输入/输出数据	198
6.7.8 链路 DMA 与链路 buffer 的设置	200
6.7.9 二维 DMA 与链式 DMA	201
6.7.10 编程技巧	202
6.7.11 设计小结	206
第 7 章 ADSP2106X 应用实现	212
7.1 滤波器实现	213
7.1.1 N 阶有限冲击响应滤波器 FIR	213

7.1.2	基 2 FIR 滤波	215
7.1.3	实时抽取	218
7.1.4	实时内插	221
7.1.5	级联 IIR(直接型 II 或变换型 I)滤波器的二阶节实现	223
7.2	快速付立叶变换	225
7.2.1	基 2 复数 FFT	228
7.2.2	基 4 复数 FFT	228
7.2.3	基 2 实数 FFT	233
7.3	离散付立叶变换	234
7.4	正交插值	235
7.4.1	低通滤波法	236
7.4.2	希尔伯特滤波法	237
7.4.3	插值滤波法	237
7.4.4	频域方法	238
7.5	脉冲压缩	239
7.6	用 FFT 实现 FIR	240
7.6.1	线性卷积与时频域变换	240
7.6.2	通用 DSP 与专用 DSP	241
7.6.3	横向滤波器实现	242
7.7	自适应通道均衡	243
7.8	电机转速控制系统	246
7.9	浮点 DSP 用于消费类电子产品	248
第 8 章	多 DSP 并行处理系统设计	249
8.1	并行处理技术的现状和发展	249
8.2	各种实时信号处理领域对实时并行处理的要求	251
8.3	并行处理技术的内容	252
8.3.1	加速比和效率	253
8.3.2	处理单元的选择	254
8.3.3	并行处理网络的构成	257
8.3.4	并行处理任务的分配与调度	260
8.4	时空二维自适应处理机通道处理	261
8.5	自适应波束形成	263
8.5.1	最小二乘问题求解	263
8.5.2	脉动阵求解最小二乘问题	265
第 9 章	ADSP21160 功能与结构	267
9.1	ADSP21160 处理器概述	267
9.2	ADSP21160 的处理器核	267
9.2.1	运算核	269
9.2.2	程序控制器	271
9.2.3	地址产生器和总线	272
9.3	存储器组织	274

9.4 多处理器共享存储总线	276
9.4.1 多处理器总线仲裁	277
9.4.2 总线仲裁规则	278
9.4.3 处理器时间限制	278
9.4.4 优先级访问	278
9.4.5 复位后的总线同步	279
9.4.6 加载从处理器	279
9.4.7 直接读写从处理器	279
9.4.8 通过 EPB 缓冲的数据传输	280
9.4.9 总线锁定和信号机	281
9.4.10 处理器间消息传递和矢量中断	282
9.5 主机接口	283
9.5.1 主机控制	283
9.5.2 异步传送	284
9.5.3 同步传送	285
9.5.4 利用 $\overline{\text{SBTS}}$ 解决主机接口死锁	286
9.5.5 直接读写从机	286
9.5.6 通过 EPB 的数据传送	287
9.5.7 消息传递和矢量中断	288
9.6 链路口	289
9.6.1 链路口模式设置	290
9.6.2 链路口 DMA	292
9.6.3 握手信号	292
9.6.4 链路缓冲 LBUF	293
9.6.5 链路口中断	293
9.7 串行口	295
9.8 DMA	295
9.8.1 DMA 建立	296
9.8.2 DMA 通道优先权	298
9.8.3 链式 DMA	298
9.8.4 DMA 中断	298
9.8.5 DMA 的产生和终止	298
9.8.6 外部总线 DMA 的特别用法	299
9.8.7 二维 DMA	299
9.9 寄存器组成总结	300
9.9.1 控制与标志寄存器位说明	303
9.9.2 运算核寄存器	307
9.9.3 程序控制寄存器	307
9.9.4 DAG 寄存器	307
9.9.5 I/O 处理器寄存器	307
9.10 中断	311
9.11 ADSP21160 管脚说明	313

第 10 章 ADSP21160 指令集	319
10.1 ADSP2106X 代码向 ADSP21160 移植	319
10.2 计算类操作	321
10.2.1 ALU 运算	321
10.2.2 移位器操作	324
10.2.3 乘法器操作	327
10.2.4 多运算指令	330
10.3 指令形式	332
10.3.1 指令形式概述	332
10.3.2 指令形式说明	346
10.3.3 数据格式	347
10.3.4 条件码	348
 第 11 章 ADSP21160 的开发工具 VisualDSP	 350
11.1 开发工具概述	350
11.2 集成开发环境 IDE	352
11.2.1 创建一个新的工程文件	352
11.2.2 设置工程选项	353
11.2.3 添加或编辑工程源文件	354
11.2.4 定义工程编译链接选项	355
11.2.5 编译链接一个调试版的工程	358
11.2.6 调试一个工程	358
11.2.7 编译链接一个正式版的工程	359
11.3 Debugger 工具	359
11.3.1 Debugging Sessions	359
11.3.2 多处理器调试	360
11.3.3 程序执行操作	361
11.3.4 程序性能分析操作	362
11.3.5 设置 Watch Point	363
11.3.6 模拟硬件环境	363
11.3.7 寄存器窗口操作	365
11.3.8 存储器窗口操作	365
11.3.9 其它窗口操作	368
11.4 编写链接描述文件	368
11.5 一个简单例子	374
 第 12 章 ADSP21160 的设计与开发	 377
12.1 BGA 设计	377
12.2 信号线设计	379
 附录 A ADSP2106X 控制/状态寄存器	 381
A.1 寄存器分类	381

A.2 重要寄存器功能定义	384
附录 B def21060.h 文件和结构文件	386
B.1 头文件 def21060.h	386
B.2 C 编译器生成的文件头	386
附录 C ADSP2106X 时序图	387
参考文献	397

第1章

数字信号处理器技术综述

数字信号处理相对于模拟信号处理有很大的优越性,表现在精度高、灵活性大、可靠性好、易于大规模集成等方面。随着人们对实时信号处理要求的不断提高和大规模集成电路技术的迅速发展,数字信号处理技术也发生着日新月异的变革。

1.1 数字信号处理器的发展和特点

实时数字信号处理技术的核心和标志是数字信号处理器。自第一个微处理器问世以来,处理器技术水平得到了十分迅速的提高,而快速付立叶变换等实用算法的提出促进了专门实现数字信号处理的一类微处理器的分化和发展。数字信号处理有别于普通的科学计算与分析。它强调运算处理的实时性,因此 DSP 除了具备普通微处理器所强调的高速运算和控制功能外,针对实时数字信号处理,在处理器结构、指令系统、指令流程上做了很大的改动,其结构特点如下:

- DSP 普遍采用了数据总线和程序总线分离的哈佛结构及改进的哈佛结构,比传统处理器的冯·诺依曼结构有更高的指令执行速度;

- DSP 大多采用流水技术,即每条指令都由片内多个功能单元分别完成取指、译码、取数、执行等多个步骤,从而在不提高时钟频率的条件下减少了每条指令的执行时间;

- 片内有多条总线可以同时进行取指令和多个数据存取操作,并且有辅助寄存器用于寻址,它们可以在寻址访问前或访问后自动修改内容,以指向下一个要访问的地址;

- 针对滤波、相关、矩阵运算等需要大量乘法累加运算的特点, DSP 大都配有独立的乘法器和加法器,使得同一时钟周期内可以完成相乘、累加两个运算,最新出现的如 ADSP2106X、DSP96000 系列 DSP 可以同时进行乘、加、减运算,大大加快了 FFT 的蝶形运算速度;

- 许多 DSP 带有 DMA 通道控制器,以及串行通信口等,配合片内多总线结构,数据块传送速度大大提高;

- 配有中断处理器和定时控制器,可以很方便地构成一个小规模系统;

- 具有软、硬件等待功能,能与各种存储器接口。

数字信号处理器(DSP)、通用微处理器(MPU)、微控制器(MCU)三者的区别在于: DSP 面向高性能、重复性、数值运算密集型的实时处理; MPU 大量应用于计算机; MCU