

“十五”重点计算机普及出版物规划项目



嵌入式应用系统开发典型实例系列

DSP嵌入式

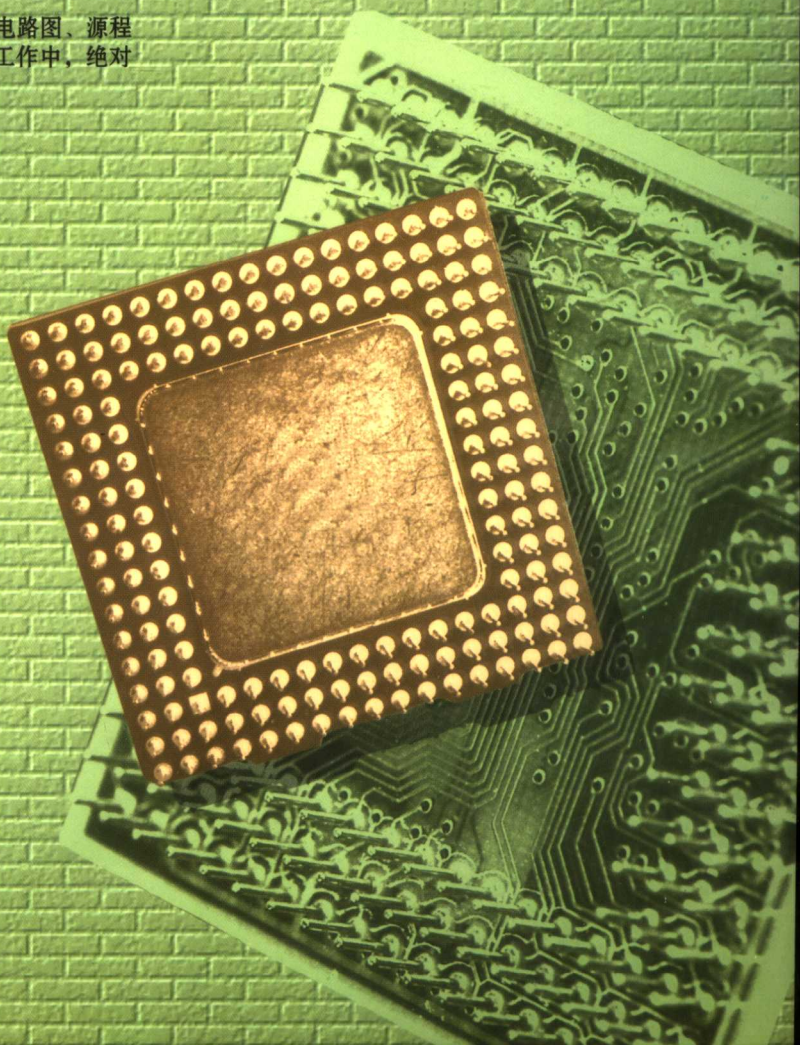
应用系统开发典型实例

季昱 林俊超 余本喜 编著



随书赠送1CD，内含书中所有实例的电路图、源程序等，读者稍加修改便可用于自己的工作中，绝对物超所值！

- 软件无线电接收机设计实例
- 实时语音信号处理系统设计实例
- 实时在线仿真系统设计实例
- 图像采集处理系统设计实例
- 便捷的系统升级模块实例
- 移动视频电话设计实例



中国电力出版社
www.infopower.com.cn

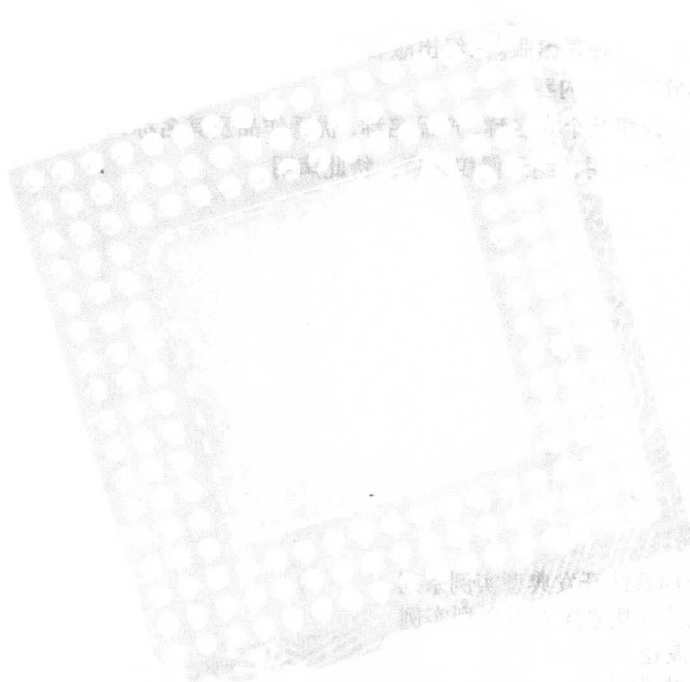
“十五”重点计算机普及出版物规划项目

嵌入式应用系统开发典型实例系列

DSP嵌入式

应用系统开发典型实例

季 昱 林俊超 余本喜 编著



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

内 容 简 介

本书是优秀的DSP应用系统开发实践指导书。全书针对目前最通用、最流行的德州仪器的TMS320C6000系列芯片,介绍了其基本原理、硬件结构和软件资源,及大量的应用系统实际开发案例。全书共分为10章,前3章介绍了TMS320C6000系列芯片的特点、最小系统设计和CSS代码设计,第4~10章详细介绍了7个TMS320C6000系列芯片的设计实例,内容涉及语音处理、通信、图像处理、无线电等各个方面。

本书实例典型、内容丰富,所有实例都具有很强的实用性和指导性,特别适合于电子及硬件相关专业的在校大学生以及从事DSP开发的设计人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

DSP嵌入式应用系统开发典型实例/季昱,林俊超,余本喜编著. —北京:中国电力出版社,2005.9
(嵌入式应用系统开发典型实例系列)
ISBN 7-5083-3845-6

I.D... II.①季...②林...③余... III.数字信号-信号处理-系统设计 IV.TN911.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第104136号

版权声明

本书由中国电力出版社独家出版。未经出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式复制或传播本书的部分或全部内容。

本书内容所提及的公司及个人名称、产品名称、优秀作品及其名称,均为所属公司或者个人所有,本书引用仅为宣传之用,绝无侵权之意,特此声明。

策 划: 裴红义
姚贵胜
责任编辑: 夏华香
责任校对: 崔燕菊
责任印制: 李志强

丛 书 名: 嵌入式应用系统开发典型实例系列

书 名: DSP嵌入式应用系统开发典型实例

编 著: 季昱 林俊超 余本喜

出版发行: 中国电力出版社

地址: 北京市三里河路6号 邮政编码: 100044

电话: (010) 88515918 传真: (010) 88518169

印 刷: 北京同江印刷厂

开本尺寸: 185 × 260 印 张: 23.75

书 号: ISBN 7-5083-3845-6

版 次: 2005年11月北京第1版

印 次: 2005年11月第1次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 42.00元(含1CD)

丛 书 序

中国加入 WTO 之后,越来越多的国际著名 IT 企业都将其生产部门转到中国,部分企业将研究、开发部门也逐步转到中国。同时,中国的企业也正越来越多地参与全球市场竞争。经济全球化越加剧,产品的竞争就越激烈,而产品的竞争最终是人才的竞争。中国能否培养出更多的优秀工程师,已经成为中国电子行业能否迅猛发展的一个必不可少的决定因素了。

市场决定技术的发展。在这样的环境下,电子类产品的开发已经成为当今的热点。本套丛书就是在这种条件下为满足广大读者的需要应运而生的。

首先声明一点:下面的意见仅仅是我个人对该套图书的内容与质量的理解和看法,读者完全可以在阅读本套丛书之后,提出不同的意见。

1. 丛书覆盖范围

本套丛书覆盖了 ARM 编程、FPGA 开发、DSP 开发、单片机编程、USB 接口等多种技术。

2. 基本形式

(1) 内容结构:首先简要介绍基础知识(例如硬件基本内部结构、开发工具和方法、基本指令、开发流程等),然后对应用系统项目开发实例进行详细的讲解。

(2) 表现形式:以技术性强的热门实例介绍为主线,全书基本遵照电子系统开发的基本步骤和思路进行详细讲解,讲解中穿插了经验、小技巧与注意事项。

3. 实例的安排

在本套丛书中,每本书都以案例为核心向读者介绍和传递相关的技术,所选用的大多数案例都具有代表性、技术领先性以及应用广泛性,是每一位作者多年开发经验的推广与总结。

每本书附带一张光盘,内容包括书上所介绍的案例的源程序和电路图。这样安排的目的是方便读者在实际工作中充分借鉴并进一步加深对该项电子技术的理解,提高读者应用开发的能力。

4. 本书作者的优势

本套丛书的作者全部都具有多年的电子产品开发和编程经验,有的在全国电子设计大赛中获过奖,在公司中为项目开发部经理或技术骨干;有的是大学实验室的指导老师,从事过许多科研项目的设计、开发,在专业报刊上发表过许多学术论文,在学术和实际开发中都积累了很多经验。正是这些作者高水平的实际开发能力与丰富的经验积累,保证了本套丛书的质量。

5. 读者对象

本套丛书面向高校计算机、电子、自动化及相关硬件专业的在校大学生以及从事电子开发的科研人员。

科研人员通过学习本书，可以提高工作中的开发能力，解决和完善实际工作方案；对于在校大学生，光盘上附有丰富的实例硬件原图文件和程序源代码，只要稍加修改，便可应用于自己的学习中，或者完成自己的课题（毕业设计），物超所值。

6. 个人对本套丛书的期望和评价

本套丛书偏重于实用性，具有很强的工程实践指导性。所有的例子都是作者本人独自或主要负责完成调试通过，并且大部分已进入商品化。衷心地希望本套丛书能够使广大读者有所获益，并受到广大科研人员以及相关专业大学生的青睐。

韦 岗
2005 年 4 月

韦岗简历：

1963 年 1 月出生，现任华南理工大学电子与信息学院院长。历任副教授、教授、博士生导师，享受国务院政府特殊津贴。

他长期从事电子信息领域的教学与研究。研究领域包括：数字无线通信、多媒体信息处理等。先后主持过国家部委、广东省、广州市及企业各级科研项目等 30 多项。获得国家专利 9 项，在国内外著名刊物上发表论文 50 多篇，包括 4 篇 IEEE 汇刊全文论文，被三大索引收录 30 多篇次。获得国家教委、广东省及广州市各级科研多项奖励。1999 年获广东省“五一”劳动奖章及首届广东省“五四”青年奖章。

担任职务：被聘为国家自然科学基金电子与信息学科评委、国际学术刊物“Real Time Systems”（美国）、国家一级学报《电子学报》、《通信学报》、“Control Theory and Applications”及《控制理论与应用》编委、中国电子学会集成电路系统设计委员会副主任等。被聘为广东省电子政务专家组成员、广东省产业政策咨询委员会委员、广东省电子类正高级职称评审委员会委员、广州市发展信息产业专家组组长、广州市天河软件园（国家火炬计划软件产业基地）专家组组长、广州市电子行业协会副会长。

前 言

1982年美国德州仪器公司(TI公司)生产出了第一代数字信号处理器(DSP)TMS320C10,这种数字信号处理器一面世就在语音合成和编码解码器中得到了广泛应用。随着CMOS技术的进步与发展,DSP芯片也得到了飞速发展,目前的DSP属于第五代产品。与以前的相比,第五代DSP系统集成度更高,它已经成功地将DSP核及外围组件综合集成在单一芯片上。这种高集成度的DSP芯片在通信、计算机领域被广泛应用,近年来已经逐渐渗透到人们的日常消费领域,前景十分看好。

TI公司于1997年推出了用于高端应用的TMS320C6000系列的DSP芯片。该系列DSP芯片具有高速并行处理能力,以及出色的对外接口能力。目前该系列DSP芯片广泛应用在无线通信、雷达技术、声纳技术、医学仪器以及多媒体等领域。

TMS320C6000系列DSP芯片具有8个并行处理单元,采用超长指令字(VLIW)结构。芯片内部设置了专门的指令分配模块,可以将每个256位的指令包同时分配到8个处理单元,并由8个处理单元同时运行。当芯片内部8个处理单元同时运行时,其最大处理能力可以达到2400MIPS。Code Composer Studio™是TI公司推出的软件集成开发环境,适用于TI全系列DSP芯片的软件开发。集成的C编译器的编译效率达到80%以上,同时提供了新的线性汇编语言和汇编优化器,使得代码效率达到95%以上,并且加速了项目的研发进度。

本书主要以案例的形式,向读者介绍TI公司的TMS320C6000系列DSP的芯片结构及其特点,同时介绍该系列芯片的硬件设计和软件编程等内容。本书共分为9章。第1章介绍TMS320C6000系统的基本概念和结构;第2章阐述如何构建和调试一个最简单的TMS320C6000系统;第3章介绍TMS320C6000的外设以及如何用CSL来初始化和访问每个外设;第4~9章,详细介绍了6个TMS320C6000系列芯片的设计实例,内容涉及语音处理、通信、图像处理、无线电等各个方面,这些实例都具有代表性,技术领先,应用广泛,是作者多年开发经验的推广与总结。在讲解方面,侧重于实例产品的设计思路和实现方法,有利于读者举一反三。

本书附带一张光盘,内容包括以下文件和程序:

- (1) TI的TMS320C6000系列DSP芯片的使用手册和应用资料。
- (2) 本书各章节案例的电路图和源代码。

本书由季昱组织编写,季昱、林俊超、陆迎光、余本喜、宋飞执笔编写,另外,查俊杰、姜俊杰、刘卓、徐桂生、穆雍、孟庆慈、李潇、王宁、张纪奎、麻晓波、黄华、屈秋林、唐清善、邱宝良、周克足、刘斌、李亚捷、李永怀、周卫东在资料收集、整理和程序调试方面做了很多工作。全书由余本喜负责审核。本书得到了中国科学院声学研究所上海实验室的王锦柏教授和周宏生高级工程师以及华南理工大学季飞副教授的大力帮助,在此一并表示衷心地感谢!

作 者

2005年6月

目 录

丛书序

前 言

第 1 章 DSP 概述	1
--------------------	---

1.1 概述	1
1.2 DSP 应用领域及选型	2
1.3 C6000 的特点及应用	5
1.3.1 硬件结构特点	5
1.3.2 软件设计特点	19
1.3.3 应用领域	30
1.4 本章小结	30

第 2 章 最小硬件系统设计及调试	31
-------------------------	----

2.1 BOOT 介绍	31
2.1.1 BOOT 概述	31
2.1.2 BOOT 加载方式	36
2.1.3 如何选择最合适的 BOOT 方式	41
2.2 最小硬件系统设计	41
2.2.1 电源电路设计	41
2.2.2 RESET 电路设计	43
2.2.3 时钟等电路设计	45
2.2.4 EMIF 总线接口设计	46
2.2.5 JTAG 接口设计	48
2.3 硬件调试及其问题	50
2.3.1 板级设计	51
2.3.2 硬件调试方法	52
2.4 软件调试及常遇到的问题	53
2.4.1 软件调试环境介绍	53
2.4.2 一个 DSP 程序例子	59
2.4.3 程序调试的基本方法	65
2.5 本章小结	67

第 3 章 CSS 工具及代码优化	69
-------------------------	----

3.1 CCS 的特点及其安装	69
3.1.1 CCS 功能简介	69
3.1.2 为 CCS 安装设备驱动程序	70

3.2	CSS 基本功能介绍	75
3.2.1	存储器/变量的查看与修改	76
3.2.2	断点工具的使用	81
3.2.3	探针点工具的使用	83
3.2.4	图形工具的使用	86
3.3	GEL 语言	92
3.3.1	GEL 语法	93
3.3.2	GEL 函数定义	93
3.3.3	GEL 函数参数	94
3.3.4	调用 GEL 函数和语句	94
3.3.5	加载/卸载 GEL 函数	95
3.3.6	添加 GEL 菜单	95
3.3.7	访问输出窗口	96
3.3.8	启动时自动执行 GEL 函数	96
3.3.9	查看表达式队列	97
3.3.10	内建 GEL 函数	97
3.4	线性汇编	97
3.4.1	线性汇编语句的基本结构	97
3.4.2	线性汇编中的伪指令	98
3.4.3	汇编优化器选项	100
3.5	代码优化	101
3.5.1	程序剖析工具	101
3.6	通过线性汇编优化汇编代码	107
3.6.1	写并行代码	107
3.6.2	使用字访问短型数据和使用双字访问字（数据打包处理）	111
3.6.3	软件流水	114
3.6.4	多周期循环的模编排	122
3.6.5	循环传递路径	133
3.6.6	循环中的 If-Then-Else 语句	138
3.6.7	循环展开	142
3.6.8	生命太长问题（Live-Too-long）	146
3.6.9	消除冗余取	151
3.6.10	避免存储体（Bank）访问冲突	157
3.6.11	软件流水外环	165
3.6.12	同内环一起条件地执行外环	168
3.7	本章小结	175

第 4 章 集成外设及 DSP/BIOS 应用实例 177

4.1	集成外设资源概述	177
-----	----------	-----

4.2	DSP/BIOS	179
4.2.1	DSP/BIOS 概述	179
4.2.2	DSP/BIOS GUI 配置	180
4.2.3	DSP/BIOS 编程实例	181
4.3	TMS320C6000 的 HPI 接口设计	184
4.3.1	HPI 硬件介绍	184
4.3.2	HPI 接口及其应用	186
4.3.3	BIOS 中 HPI 设置实例	192
4.4	TMS320C6000 的 McBSP 接口设计	192
4.4.1	McBSP 硬件介绍	192
4.4.2	McBSP 接口及应用	193
4.4.3	BIOS 中 McBSP 设置实例	199
4.5	TMS320C6000 的 DMA 控制器设计	202
4.5.1	DMA 硬件介绍	202
4.5.2	DMA 控制器设计及应用	204
4.5.3	BIOS 中 DMA 设置实例	210
4.6	本章小结	216

第 5 章 软件无线电接收机设计实例.....217

5.1	软件无线电概述	217
5.2	软件无线电结构	218
5.2.1	理想的软件无线电结构	219
5.2.2	实际可行的软件无线电接收机结构	219
5.3	软件无线电接收机硬件设计	220
5.3.1	高速 A/D 部分设计	220
5.3.2	数字下变频部分设计	221
5.3.3	DSP 部分设计	222
5.3.4	软件无线电接收机系统设计	224
5.4	软件无线电接收机软件设计	225
5.4.1	TMS320C6713 McBSP 和 AD6620 接口程序设计	225
5.4.2	软件无线电接收机中解调算法及其 DSP 程序设计	231
5.4.3	DSP/BIOS 构建软件无线电接收机信号传输和处理软件流程	236
5.4.4	软件无线电接收机中的高效数字滤波及其实现	238
5.5	系统调试及结果分析	239
5.5.1	系统设置及要求	240
5.5.2	AD6620 内部参数软件设置	240
5.5.3	CCS 中实时分析 AM 信号解调后时域及频域特征	240
5.5.4	实验结果分析	241
5.6	本章小结	242

第6章 实时语音信号处理系统设计实例243

6.1 语音信号处理概述.....	243
6.1.1 语音编码.....	243
6.1.2 语音识别.....	245
6.1.3 回声消除.....	247
6.2 实时语音信号处理系统设计.....	249
6.2.1 视频会议系统中的实时语音处理.....	249
6.2.2 TMS320C6701 DSP.....	250
6.2.3 Codec TLC320AD535.....	251
6.2.4 系统硬件设计.....	254
6.3 DSP/BIOS I/O 口设备驱动.....	255
6.3.1 LIO 接口.....	256
6.3.2 LIO 适配器.....	259
6.3.3 LIO 设备控制器.....	260
6.4 基于软件中断和 PIP 实现的实时语音处理.....	263
6.4.1 实时语音处理系统中 DSP/BIOS 对象配置.....	264
6.4.2 软件流程.....	264
6.5 基于任务和 SIO 实现的实时语音处理.....	266
6.5.1 实时语音处理系统中 DSP/BIOS 对象创建.....	266
6.5.2 软件流程.....	267
6.6 本章小结.....	267

第7章 实时在线仿真系统设计实例269

7.1 实时在线仿真系统概述.....	269
7.2 RTDX 配置.....	270
7.3 程序设计流程.....	273
7.4 RTDX 函数.....	274
7.4.1 主机函数.....	274
7.4.2 目标机函数.....	280
7.5 系统设计实例.....	282
7.5.1 从目标机接受整数数据实例.....	282
7.5.2 向目标机发送整数数据实例.....	285
7.6 本章小结.....	288

第8章 图像采集处理系统设计实例289

8.1 图像采集处理系统的应用.....	289
8.2 图像采集系统的基本结构.....	291
8.2.1 系统基本结构和工作流程.....	291

8.2.2 系统技术指标.....	292
8.3 硬件电路设计.....	293
8.3.1 图像采集时序分析.....	293
8.3.2 系统硬件接口设计.....	296
8.4 软件设计.....	302
8.4.1 FLASH 访问读写程序.....	302
8.4.2 图像采集程序.....	307
8.4.3 Image Library 使用.....	309
8.5 本章小结.....	313
第 9 章 便捷的系统升级模块实例.....	315
9.1 便于升级对于产品设计的重要性.....	315
9.2 模块设计思路.....	315
9.2.1 BOOTLOADER 分析.....	315
9.2.2 设计思路.....	317
9.3 TI 的 HPI Boot 设计.....	318
9.3.1 方案设计.....	319
9.3.2 硬件设计.....	320
9.3.3 软件设计.....	322
9.4 升级模块设计.....	325
9.4.1 方案设计.....	325
9.4.2 硬件设计.....	327
9.4.3 软件设计.....	329
9.5 本章小结.....	337
第 10 章 移动视频电话设计实例.....	339
10.1 移动视频电话.....	339
10.2 移动视频电话的技术及其结构.....	340
10.3 硬件设计方案.....	342
10.3.1 TMS320C6701 EVM 开发板.....	342
10.3.2 视频部分设计.....	346
10.3.3 音频部分设计.....	349
10.3.4 通信部分的设计.....	351
10.4 软件设计.....	352
10.4.1 TMS320C6701 软件支持库.....	352
10.4.2 TMS320C6701 软件设计.....	354
10.4.3 CPLD 软件设计.....	364
10.5 本章小结.....	368

第 1 章 DSP 概述

本章主要介绍 DSP 的概念以及 TMS320C6000 系列 DSP 的特点。其中，第一节为 DSP 概述；第二节为 DSP 的应用领域及选型；最后介绍 TMS320C6000 系列 DSP 的特点和应用。

1.1 概述

DSP 芯片，也称数字信号处理器，是一种具有特殊结构的微处理器。DSP 芯片的内部采用程序和数据分开的哈佛结构，具有专门的硬件乘法器，广泛采用流水线操作，提供特殊的 DSP 指令，可以用来快速实现各种数字信号处理算法。根据数字信号处理的要求，DSP 芯片一般具有如下的一些主要特点：

- 在一个指令周期内可完成一次乘法和一次加法。
- 程序和数据空间分开，可以同时访问指令和数据。
- 片内具有快速 RAM，通常可通过独立的数据总线在两块芯片中同时访问。
- 具有低开销或无开销循环及跳转的硬件支持。
- 快速的中断处理和硬件 I/O 支持。
- 具有在单周期内操作的多个硬件地址产生器。
- 可以并行执行多个操作。
- 支持流水线操作，使取指、译码和执行等操作可以重叠执行。
- 与通用微处理器相比，DSP 芯片的其他通用功能相对较弱。

DSP 最突出的两大特色是强大的数据处理能力和高运行速度，加上具有可编程性，实时运行速度可达每秒数以千万条复杂指令程序，远远超过通用微处理器，有业内人士预言，DSP 将是未来集成电路中发展最快的电子产品，并成为电子产品更新换代的决定因素。

在 DSP 出现之前，MPU（微处理器）承担着数字信号处理的任务，但它的处理速度较低，无法满足高速实时的要求。20 世纪 70 年代时，DSP 的理论和算法基础被提出。但当时 DSP 仅仅局限于教科书，即使是研制出来的 DSP 系统也是由分立组件组成的，其应用领域仅限于军事、航空航天部门。

到了 20 世纪 80 年代，计算机和信息技术的飞速发展给 DSP 提供了长足发展的机会。1982 年美国德州仪器公司（TI 公司）生产出了第一代数字信号处理器（DSP）TMS320C10，这种 DSP 器件采用微米工艺 NMOS 技术制作，虽功耗和尺寸稍大，但运算速度却是 MPU 的几十倍，这种数字信号处理器一面世就在语音合成和编码解码器中得到了广泛应用。

接下来，随着 CMOS 技术的进步与发展，第二代基于 CMOS 工艺的 DSP 芯片应运而生，其存储容量和运算速度成倍提高，成为语音处理、图像硬件处理技术的基础。20 世纪 80 年代后期，第三代 DSP 芯片问世，运算速度得到进一步提高，这使其应用范围逐步扩大到了通信和计算机领域。

20 世纪 90 年代是 DSP 发展的重要时期,在这段时间第四代和第五代 DSP 器件相继出现。目前的 DSP 属于第五代产品。与第四代相比,第五代 DSP 系统集成度更高,它已经成功地将 DSP 芯核及外围组件综合集成在单一芯片上。这种高集成度的 DSP 芯片在通信、计算机领域中被广泛应用,近年来已经逐渐渗透到人们的日常消费领域,前景十分看好。

DSP 芯片可以按照下列 3 种方式进行分类。

1. 按基础特性分

这是根据 DSP 芯片的工作时钟和指令类型来分类的。如果在某时钟频率范围内的任何时钟频率上,DSP 芯片都能正常工作,除计算速度有变化外,性能没有下降,这类 DSP 芯片一般被称为静态 DSP 芯片。例如,日本 OKI 电气公司的 DSP 芯片、TI 公司的 TMS320C2xx 系列芯片属于这一类。

如果有两种或两种以上的 DSP 芯片,它们的指令集和相应的机器代码机管脚结构相互兼容,则这类 DSP 芯片称为一致性 DSP 芯片。例如,美国 TI 公司的 TMS320C54x 就属于这一类。

2. 按数据格式分

这是根据 DSP 芯片工作的数据格式来分类的。数据以定点格式工作的 DSP 芯片称为定点 DSP 芯片,如 TI 公司的 TMS320C1x/C2x、TMS320C2xx/C5x、TMS320C54x/C62xx 系列,AD 公司的 ADSP21xx 系列,AT&T 公司的 DSP16/16A, Motorola 公司的 MC56000 等。以浮点格式工作的称为浮点 DSP 芯片,如 TI 公司的 TMS320C3x/C4x/C8x、AD 公司的 ADSP21xxx 系列、AT&T 公司的 DSP32/32C、Motorola 公司的 MC96002 等。

不同浮点 DSP 芯片所采用的浮点格式不完全一样,有的 DSP 芯片采用自定义的浮点格式,如 TMS320C3x,而有的 DSP 芯片则采用 IEEE 的标准浮点格式,如 Motorola 公司的 MC96002、FUJITSU 公司的 MB86232 和 ZORAN 公司的 ZR35325 等。

3. 按用途分

按照 DSP 的用途来分,可分为通用型 DSP 芯片和专用型 DSP 芯片。通用型 DSP 芯片适合普通的 DSP 应用,如 TI 公司的一系列 DSP 芯片属于通用型 DSP 芯片。专用 DSP 芯片是为特定的 DSP 运算而设计的,更适合特殊的运算,如数字滤波、卷积和 FFT,如 Motorola 公司的 DSP56200、Zoran 公司的 ZR34881、Inmos 公司的 IMSA100 等就属于专用型 DSP 芯片。

1.2 DSP 应用领域及选型

自从 20 世纪 70 年代末 80 年代初 DSP 芯片诞生以来,DSP 芯片得到了飞速的发展。DSP 芯片的高速发展,一方面得益于集成电路技术的发展;另一方面也得益于巨大的市场。在近 20 年的时间里,DSP 芯片已经在信号处理、通信、雷达等许多领域得到了广泛的应用。目前,DSP 芯片的价格越来越低,性价比日益提高,具有巨大的应用潜力。DSP 芯片的应用主要有

如下一些方面。

(1) 信号处理: 如数字滤波、自适应滤波、快速傅立叶变换、相关运算、谱分析、卷积、模式匹配、加窗、波形产生等。

(2) 通信: 如调制解调器、自适应均衡、数据加密、数据压缩、回波抵消、多路复用、传真、扩频通信、纠错编码、可视电话等。

(3) 语音: 如语音编码、语音合成、语音识别、语音增强、说话人辨认、说话人确认、语音邮件、语音存储等。

(4) 图形/图像: 如二维和三维图形处理、图像压缩与传输、图像增强、动画、机器人视觉等。

(5) 军事: 如保密通信、雷达处理、声纳处理、导航、导弹制导等。

(6) 仪器仪表: 如频谱分析、函数发生、锁相环、地震处理等。

(7) 自动控制: 如引擎控制、声控、自动驾驶、机器人控制、磁盘控制等。

(8) 医疗: 如助听、超声设备、诊断工具、病人监护等。

(9) 家用电器: 如高保真音响、音乐合成、音调控制、玩具与游戏、数字电话/电视等。

随着 DSP 芯片性价比的不断提高, 可以预见 DSP 芯片将会在更多的领域内得到更广泛的应用。

设计 DSP 应用系统, 选择 DSP 芯片是非常重要的一个环节。只有选定了 DSP 芯片才能进一步设计外围电路及系统的其他电路。总的来说, DSP 芯片的选择应根据实际的应用系统需要而确定。一般来说, 选择 DSP 芯片时需要考虑如下诸多因素。

(1) DSP 芯片的运算速度。运算速度是 DSP 芯片的一个最重要的性能指标, 也是选择 DSP 芯片时所需要考虑的一个主要因素。DSP 芯片的运算速度可以用以下几种性能指标来衡量。

- 指令周期: 就是执行一条指令所需要的时间, 通常以 ns 为单位。
- MAC 时间: 即一次乘法加上一次加法的时间。
- FFT 执行时间: 即运行一个 N 点 FFT 程序所需的时间。
- MIPS: 即每秒执行百万条指令。
- MOPS: 即每秒执行百万次操作。
- MFLOPS: 即每秒执行百万次浮点操作。
- BOPS: 即每秒执行 10 亿次操作。

(2) DSP 芯片的价格。根据一个价格实际的应用情况, 确定一个价格适中的 DSP 芯片。

(3) DSP 芯片的硬件资源。

(4) DSP 芯片的运算速度。

(5) DSP 芯片的开发工具。

(6) DSP 芯片的功耗。

(7) 其他的因素, 如封装的形式、质量标准、生命周期等。

DSP 应用系统的运算量是确定选用处理能力多大的 DSP 芯片的基础。那么, 如何确定

DSP 系统的运算量以选择 DSP 芯片呢?

1. 按样点处理

按样点处理就是 DSP 算法对每一个输入样点循环一次。例如:一个采用 LMS 算法的 256 抽头的自适应 FIR 滤波器,假定每个抽头的计算需要 3 个 MAC 周期,则 256 抽头计算需要 $256 \times 3 = 768$ 个 MAC 周期。如果采样频率为 8kHz,即样点之间的间隔为 $125\mu\text{s}$ 的时间, DSP 芯片的 MAC 周期为 $200\mu\text{s}$,则 768 个周期需要 $153.6\mu\text{s}$ 的时间,显然无法实时处理,需要选用速度更快的芯片。

2. 按帧处理

有些数字信号处理算法不是每个输入样点循环一次,而是每隔一定的时间间隔(通常称为帧)循环一次,所以选择 DSP 芯片应该比较一帧内 DSP 芯片的处理能力和 DSP 算法的运算量。假设 DSP 芯片的指令周期为 P (ns),一帧的时间为 $\Delta\tau$ (ns),则该 DSP 芯片在一帧内所提供的最大运算量为 $\Delta\tau/P$ 条指令。

目前世界上较为著名的 DSP 芯片生产厂家和主要的芯片型号有以下几种:

(1) TI 公司为 TMS320 系列 TMS320C1x,定点处理器,型号有 TMS320C10、TMS320C11、TMS320C15、TMS320C17 等。TMS320C2x,定点处理器,型号有 TMS320C20、TMS320C25、TMS320C26 及 TMS320C28 等。TMS320C5x,定点处理器,型号有 TMS320C50 等。TMS320C2xx,定点处理器,型号有 TMS320C203、TMS320C204、TMS320C205、TMS320C206、TMS320C207、TMS320C209 等。TMS320F24x,定点处理器,型号有 TMS320F240、TMS320F2402、TMS320F2406、TMS320F2407 等。TMS320F28x,定点处理器,型号有 TMS320F2810、TMS320F2812。TMS320C54x,定点处理器,型号有 TMS320LC541、TMS320LC542、TMS320LC543、TMS320VC5402、TMS320VC5409 等。TMS320C55x,定点处理器,型号有 TMS320C5510 等。TMS320C3x,浮点处理器,型号有 TMS320VC33。TMS320C4x,浮点处理器,型号有 TMS320C40、TMS320C44 等。TMS320C62x,定点处理器,型号有 TMS320C6201、TMS320C6202、TMS320C6203、TMS320C6204、TMS320C6205 等。TMS320C64x,定点处理器,型号有 TMS320C6414、TMS320C6415、TMS320C6416 等。TMS320C67x,浮点处理器,型号有 TMS320C6701、TMS320C6711、TMS320C6712 等。TMS320C8x,多处理器,型号有 TMS320C80。

(2) AD 公司的产品 ADSP21xx 为定点处理器,如 ADSP2101/2103/2105、ADSP2111/2115、ADSP2161/2162/2163/2164/2165/2166、ADSP2171/2173/2181 等。

ADSP21xxx 为浮点处理器,如 ADSP21020、ADSP21060、ADSP21062。

(3) AT&T 公司的产品 AT&T 公司比较有代表性的定点处理器有 DSP16、DSP16A、DSP16C、DSP1610、DSP1616 等。

AT&T 公司比较有代表性的浮点处理器有 DSP32、DSP32C、DSP3210 等。

(4) Motorola 公司的产品 Motorola 公司比较有代表性的定点处理器有 MC56000、MC56001、MC56002。

Motorola 公司比较有代表性的浮点处理器有 MC96002 等。

(5) NEC 公司的产品 NEC 公司比较有代表性的定点处理器有 μ PD77C25、 μ PD77220 等。NEC 公司比较有代表性的浮点处理器有 μ PD77240 等。

现在中国市面上比较流行的是 TI、AD 和 Motorola 公司的产品。寻求技术支持和开发工具相对都比较容易。下面为上述公司的网址,感兴趣的读者可到各个公司的网站查询不同芯片的资料。

TI: www.ti.com

AD: www.ad.com

Motorola: www.motorola.com

NEC: www.nec.com

1.3 C6000 的特点及应用

C6000 是美国 TI 公司于 1997 年推出的 DSP 芯片。该 DSP 系列芯片定点、浮点兼容,其中,定点系列是 TMS320C62xx,浮点系列是 TMS320C67xx。定点 C62xx 系列目前有 C6201、C6202、C6211、C6203、C6204 和 C6205 等 6 个品种,浮点 C67xx 系列目前有 C6701、C6711 和 C6713 等 3 个品种。2000 年 3 月, TI 又发布了新的 C64xx 内核,其主频为 1.1GHz,处理速度达到 9000MIPS,在数字图像处理领域和流媒体应用领域得到了广泛的应用。C64xx 的发布,对 DSP 业界再次产生新的冲击。

C6000 片内有 8 个并行的处理单元,分为相同的两组。DSP 的体系结构采用超长指令字(VLIW)结构,单指令字长为 32 位,指令包里有 8 个指令,总字长达到 256 位。执行指令的功能单元已经在编译时分配好,程序运行时通过专门的指令分配模块,可以将每个 256 位的指令包同时分配到 8 个处理单元,并由 8 个单元同时运行。芯片的最高时钟频率为 200MHz 且内部 8 个处理单元并行运行时,其最大处理能力可以达到 1600MIPS。

1.3.1 硬件结构特点

TMS320C6000 是 TMS320 系列产品中的新一代高性能 DSP 芯片。该类芯片具有出色的 VLIW 结构、8 个并行运行的执行单元以及流水线结构。在该节主要介绍 TMS320C6000 的硬件结构特点。

1. CPU 结构

图 1-1 是 TMS320C62xx/C67xx 结构框图,C62xx/C67xx 芯片内部集成了一定大小的片内程序存储器,有些芯片将这些存储器作为程序高速缓冲存储器,同样也包括不等的数据存储器,也可以作为数据高速缓冲存储器。外设包括直接存储器访问(DMA)、低功耗逻辑、外部存储器接口(EMIF)、多通道缓冲串口、扩展总线、主机口和定时器等。不同型号的芯片有不同的外设配置,使用时请查有关的数据手册。图 1-1 的阴影部分为 C62xx/C67xx 的 CPU,它对所有的 C62xx/C67xx 芯片是公用的。C62xx/C67xx CPU 包括:

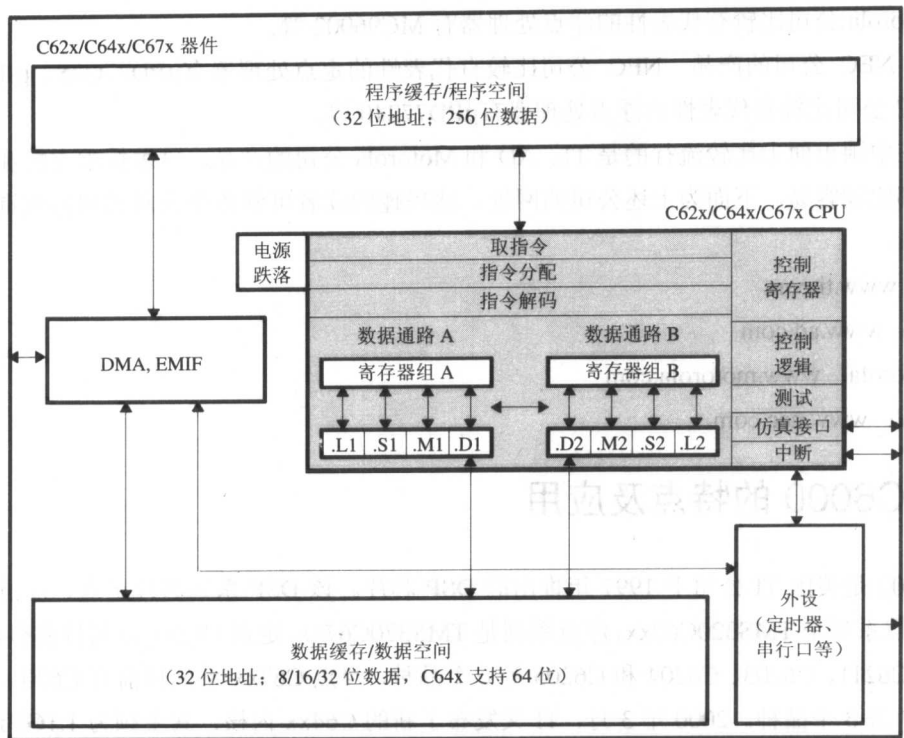


图 1-1 C62xx/C67xx 方框图

- 程序取指单元。
- 指令分配单元，先进指令包（只有 C64 具有）。
- 指令译码单元。
- 两个数据通路，每个数据通路有 4 个功能单元。
- 32 个 32 位寄存器，C64 有 64 个 32 位寄存器。
- 控制寄存器。
- 控制逻辑。
- 测试、仿真和中断逻辑。

每个 CPU 时钟周期里，通过取指、指令分配和指令译码，最多可把 8 条指令传送到指定功能单元执行。所有的数据处理都在两个数据通路 A 和 B 中执行，每个通路有 4 个功能单元（.L, .S, .M 和 .D）和一个包括 16 个 32 位寄存器的寄存器组，C64x 芯片有 32 个 32 位寄存器的寄存器组。

C6000 DSP 系列芯片有一个 32 位，可以字节寻址的地址空间。内部集成的存储器具有独立的地址和数据总线访问，程序和数据空间是独立的。所有片外存储器可以通过外部存储器接口（EMIF）访问。

在 C6000 DSP 平台上，集成了多种存储空间和外设，包括：

- 片内 RAM，最大达到 7M 位。
- 程序高速缓存。
- 二级缓存处理。