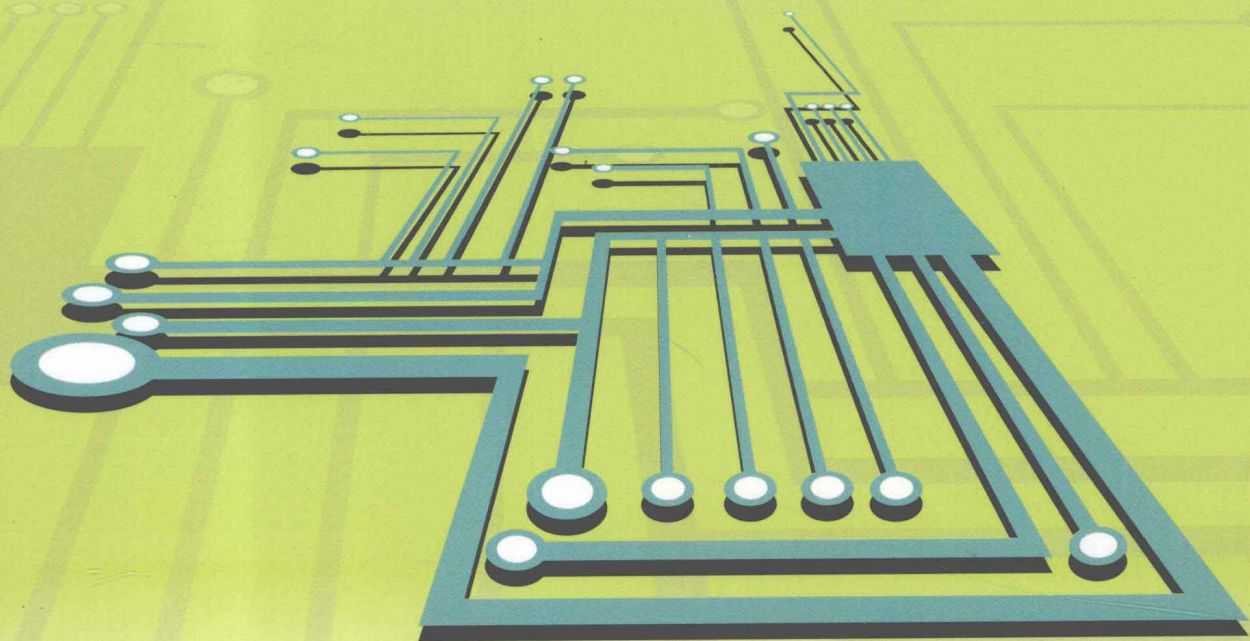




凌阳单片机 原理及其开发

咎宏洋 白云维 编著



科学出版社

内 容 简 介

本书主要阐述 16 位的凌阳 SPMC752413A 和具有语音功能的 SPEC061A 单片机的原理及其开发应用方法。全书共 10 章,分为两部分。第一部分包括 1~5 章,主要讲述凌阳单片机的内核结构、存储器、片上外设资源、指令系统、集成开发环境 (IDE)、原理和集成开发;第二部分包括 6~10 章,主要讲述凌阳单片机的开发方法及其实际应用,包括基于凌阳单片机的本科优秀毕业设计论文,基于凌阳单片机的大学生电子竞技优秀作品,以及凌阳单片机在物联网中的应用实例的开发和设计方法。本书附带光盘,其内容包括:多媒体课件,内容全面、易于接受、由浅入深、生动有趣; μ 'nSPIDE184 开发软件;凌阳压缩软件 wav_press;凌阳单片机实验,包括 15 个源程序。光盘中的程序可直接在 Sunplus 界面下运行。

本书可作为工科电子信息类相关专业本科生的教材,也可供有兴趣的读者自学与参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

凌阳单片机原理及其开发/侯媛彬等编著. —北京:科学出版社,2012
ISBN 978-7-03-033176-2

I. ①凌… II. ①侯… III. ①单片微型计算机-高等学校-教材
IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 275579 号

责任编辑:贾瑞娜 李岚峰 / 责任校对:赵桂芬
责任印制:张克忠 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012 年 1 月第一次印刷 印张:19 1/4

字数:490 000

定价:45.00 元 (含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着嵌入式系统的发展,各类单片机、DSP 及 ARM 芯片功能越来越完善。16 位的凌阳单片机于 21 世纪问世以来,由于既具有体积小、功耗低、性能好、可靠性高、易于开发等特点,又具有语音功能,且允许用户采用面向工业控制的 C 语言编程,因而得到广泛应用,成为测控领域最有应用价值的产品。凌阳单片机以其优异的品质,在我国单片机应用领域占有很重要的地位。例如, $\mu'nSP^{\text{TM}}$ (凌阳)模糊洗衣机、手机、相机、程控电话、电子词典、医疗用的耳温枪、语音教室的控制器;还有很多种玩具,如电子琴、小型机器狗、全自动玩具汽车、芭比娃娃等都是凌阳单片机的应用产品。由于凌阳单片机应用群体庞大、应用研究深入、可共享资源丰富,所以它成为大多数单片机学习和应用者首选的产品。为满足广大工程技术人员学习和高等院校有关专业课教材的需要,编者在 2006 年出版了《凌阳单片机原理及其毕业设计精选》,几次重印,供不应求。在多年从事单片机科研和教学工作的基础上,编者重新修订了此书。此次修订在保证内容系统性的前提下,突出实用性,以实际应用背景为准则,以若干个实际工程项目的设计和实现的全过程为主线。书中所提供的电路、例题与开发的训练程序与工程实际相融合,应用对象明确,理论深入浅出,并详细地介绍了凌阳公司所拥有的位于世界先进水平的凌阳音频技术,以便读者学习和运用。

本书共 10 章,分为两部分。第一部分包括 1~5 章,主要讲述凌阳单片机的原理和集成开发,详细阐述了 SPCE061A 和 SPMC752413A 的内核结构、存储器、片上外设资源、指令系统、集成开发环境(IDE)及设计实用方法;第二部分包括 6~10 章,主要讲述凌阳单片机系统的开发方法及其实际应用,包括西安科技大学侯媛彬教授/博导指导的基于凌阳单片机的本科优秀毕业设计论文(获陕西省自动化学会本科毕业设计大赛特等奖、一等奖等)、基于凌阳单片机的大学生电子竞赛优秀作品,以及凌阳单片机在物联网中的应用实例的开发与设计方法。其中第 1 章、第 2 章的 2.1~2.3 节、第 3~8 章由侯媛彬教授编著;第 2 章的 2.4~2.7 节、第 9 章由白云老师编写;第 10 章由咎宏洋老师编写。王维和侯媛彬教授制作了多媒体课件。书中提供了较多的既用汇编语言又用 C 语言编程的应用程序实例。本书附带光盘,其内容包括:①多媒体课件,内容全面、由浅入深、生动有趣、易于接受;② $\mu'nSPIDE184$ 开发软件;③凌阳压缩软件 wav_press;④凌阳单片机实验,包括 15 个源程序。光盘中的程序可直接在 Sunplus 界面下运行。本书可作为工科电子信息类相关专业本科生的教材,也可供有兴趣的读者自学与参考,特别适合有计算机基础者自学。

本书由侯媛彬教授统编。在该书编写过程中,西安交通大学的杨骁博士在开发程序方面作了多方指导;西安科技大学的郑英华、陈忠兴、高阳东、张明等同学做了大量的工作;在西安科技大学举行过的九届凌阳单片机竞赛中,郭建彪高工、郝迎吉教授、郭小平老师、李红岩老师、张旭东老师、刘晓荣高工、郭秀才教授、王建强老师、岳海华老师也做了大量的工作,在此一并致谢!本书还得到了西安交通大学、西安科技大学、陕西师范大学、西安石油大学等相关专业的支持,北京凌阳科技股份有限公司罗亚非经理、刘宏韬区域经理及技术人员元学庆、王靠文等给予了大力的支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者能力有限,书中不妥之处在所难免,欢迎读者批评指正并提出宝贵意见。

编 者

2011 年 9 月

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的特点及发展	1
1.1.1 单片机的特点	1
1.1.2 单片机的发展	1
1.2 单片机系统的应用	2
1.3 凌阳单片机简介	2
1.3.1 8 位单片机	2
1.3.2 16 位单片机	3
1.4 内容安排	5
第 2 章 凌阳单片机的硬件结构	6
2.1 SPCE061A 的硬件结构	6
2.1.1 寄存器组	6
2.1.2 数据总线和地址总线	10
2.1.3 算术逻辑运算单元 ALU	10
2.1.4 堆栈	11
2.1.5 中断	12
2.2 SPCE061A 的片内存储器	17
2.2.1 RAM	17
2.2.2 Flash 闪存	17
2.3 SPCE061A 的片内外设部件	18
2.3.1 并行 I/O 口及其功能扩展	18
2.3.2 时钟系统	23
2.3.3 定时/计数器	25
2.3.4 模/数转换器输入接口	30
2.3.5 DAC 方式音频输出	34
2.3.6 串行设备输入输出端口(SIO)	35
2.4 SPMC75 系列微处理器内核的硬件结构	38
2.4.1 SPMC75 系列微控制器的结构及其功能	38
2.4.2 SPMC75 的 CPU 寄存器	41
2.4.3 SPMC75 的中断	42
2.5 SPMC75 系列微处理器的片内存储器	46
2.5.1 SRAM 的功能	46
2.5.2 Flash 分区	46
2.5.3 外设控制寄存器	47

2.6	SPMC75 系列微处理器的片内外设部件	47
2.6.1	I/O 端口	47
2.6.2	时钟系统	50
2.6.3	定时器	52
2.6.4	模/数转换器	53
2.6.5	SPI 标准外设接口	54
2.7	SPMC75 系列与 SPCE061A 芯片性能参数的比较	55
2.8	本章小结	56
第 3 章	凌阳单片机的指令系统	57
3.1	指令的分类	57
3.1.1	符号约定	57
3.1.2	指令的分类	58
3.2	寻址方式	59
3.3	指令集及编程方法	59
3.3.1	数据传送类指令及其编程方法	60
3.3.2	算术运算类指令及其编程方法	63
3.3.3	逻辑运算类指令及其编程方法	69
3.3.4	控制转移类指令	75
3.3.5	其他控制类指令	77
3.3.6	伪指令	77
3.4	汇编程序设计举例	86
3.5	C 语言程序设计	91
3.5.1	$\mu'nSP^{TM}$ 支持的 C 语言算术逻辑操作符	92
3.5.2	C 语言支持的数据类型	92
3.5.3	程序调用协议	92
3.5.4	汇编程序中调用 C 函数	97
3.6	本章小结	98
第 4 章	集成开发环境 IDE	99
4.1	$\mu'nSP^{TM}$ IDE 窗口界面总览	99
4.1.1	$\mu'nSP^{TM}$ IDE 的安装	99
4.1.2	$\mu'nSP^{TM}$ IDE 窗口界面总览	100
4.2	$\mu'nSP^{TM}$ IDE 的项目	107
4.2.1	项目的文档操作	108
4.2.2	项目选项的设置	110
4.3	项目的编制	113
4.4	程序运行及调试	114
4.4.1	控制程序运行	114
4.4.2	Debug 窗口	115
4.4.3	代码剖视器功能	116
4.5	本章小结	117

第 5 章 精简开发板“61 板”	118
5.1 “61 板”的主要内容	118
5.1.1 “61 板”基本组成介绍	118
5.1.2 “61 板”开发	119
5.1.3 “61 板”自检方法	119
5.2 凌阳语音	122
5.2.1 凌阳音频压缩算法	122
5.2.2 凌阳音频简介	125
5.2.3 常用的应用程序接口 API	127
5.2.4 语音压缩方法	141
5.3 用“61 板”实现语音播放	143
5.3.1 WAVE 格式语音文件	143
5.3.2 语音压缩	143
5.3.3 语音播放	144
5.4 本章小结	148
第 6 章 凌阳单片机控制的街区霓虹灯管理系统	149
6.1 概论	149
6.1.1 任务书	149
6.1.2 毕业设计论文目录	150
6.1.3 摘要	151
6.2 系统的总体设计描述	151
6.3 显示电路的设计及与 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的连接方法	152
6.4 地灯的模拟控制	157
6.5 灯塔模拟控制和故障检测及其显示设计	159
6.6 语音设计	162
6.7 系统主程序设计	164
6.8 系统语音程序设计	167
6.9 系统其他子程序设计	170
6.10 系统软硬件联机调试	176
6.11 结论与展望	177
第 7 章 模糊全自动微机控制模拟洗衣机设计	179
7.1 摘要	179
7.2 绪论	179
7.2.1 国内外洗衣机发展现状和趋势	179
7.2.2 模糊全自动洗衣机概述	180
7.2.3 本课题研究的目的是意义	180
7.2.4 论文的主要工作	180
7.3 设计方案及主控芯片介绍	181
7.3.1 系统总体设计方案	181
7.3.2 系统的工作原理	181

7.3.3	SPMC75 主控芯片介绍	182
7.3.4	凌阳单片机应用领域	184
7.4	信号采集系统设计	185
7.4.1	模/数转换器	185
7.4.2	浑浊度检测及其软硬件设计	186
7.4.3	布质布量检测及其软硬件设计	188
7.4.4	水温检测及其软硬件设计	189
7.4.5	水位检测及其软硬件设计	192
7.5	模糊全自动洗衣机的设计	194
7.5.1	电源电路的设计	194
7.5.2	模糊控制系统	195
7.5.3	模糊控制器的设计	197
7.5.4	电机驱动电路的设计	200
7.5.5	控制软件编制	202
7.6	人机界面系统设计	206
7.6.1	语音报警	206
7.6.2	液晶显示模块	208
7.6.3	键盘输入	210
7.7	系统调试	211
7.7.1	硬件调试	211
7.7.2	软件调试	212
7.7.3	系统软硬件联机调试	212
7.7.4	调试经验	212
7.8	结论与展望	213
第 8 章	基于嵌入式煤矿浴室三维定位模拟系统的设计与制作	216
8.1	摘要	216
8.2	绪论	216
8.2.1	本课题研究的应用背景和意义	216
8.2.2	现代自动识别技术概述	218
8.2.3	非接触式 RFID 技术及物联网概述	219
8.2.4	论文的主要工作和章节安排	220
8.3	系统总体设计方案	220
8.3.1	系统总体设计方案的选择和分析	220
8.3.2	系统工作原理	222
8.3.3	系统控制芯片简介	224
8.4	系统硬件设计	226
8.4.1	系统机械结构的设计与物理建模	226
8.4.2	系统机械结构的实物搭建	229
8.4.3	电气控制系统的设计	232
8.4.4	液晶显示电路设计	237

8.4.5	三维运动电机的驱动电路设计	238
8.4.6	通风机驱动电路的设计	240
8.4.7	系统通信模块的硬件电路设计	240
8.5	系统软件设计	241
8.5.1	系统软件总体设计方案	241
8.5.2	系统软件模块化设计	242
8.6	系统调试	245
8.6.1	各功能模块单独调试	245
8.6.2	系统联合统调	246
8.6.3	调试过程中遇到的问题及解决方法	246
8.6.4	系统调试结果	247
8.7	结论与展望	250
第 9 章	凌阳单片机在全国大学生电子竞赛中的应用	252
9.1	正弦信号发生器	252
9.1.1	题目要求	252
9.1.2	获奖作品“正弦信号发生器”简介	253
9.2	电动车跷跷板	263
9.2.1	题目要求	263
9.2.2	获奖作品“电动车跷跷板”简介	265
9.2.3	系统方案	266
9.2.4	理论分析与计算	268
9.2.5	电路与程序设计	269
9.2.6	结果分析	270
9.3	结语	271
第 10 章	凌阳单片机 75 系列的应用	272
10.1	物联网智能温室控制实训系统	272
10.1.1	物联网简介	272
10.1.2	物联网技术架构和应用模式	273
10.1.3	物联网智能温室控制实训系统	274
10.2	智能车辆管理系统	278
10.2.1	智能车辆管理系统简介	278
10.2.2	智能车辆管理系统技术架构和应用模式	279
10.2.3	物联网 RFID 智能车辆管理系统	279
10.3	基于 SPMC75F2413A 的通用变频器	280
10.3.1	系统总体方案介绍	280
10.3.2	系统硬件设计	281
10.3.3	系统软件设计	282
10.3.4	小结	282
10.4	SPMC75F2413A 单片机在 AC 变频空调中的应用	283
10.4.1	系统总体方案介绍	283

10.4.2	系统硬件设计	284
10.4.3	系统软件设计	285
10.5	SPMC75F2413A 在直流变频洗衣机中的应用	286
10.5.1	系统总体方案介绍	286
10.5.2	系统硬件设计	287
10.5.3	系统软件设计	289
10.5.4	小结	292
10.6	基于 SPMC75F2313A 的直流伺服驱动器	292
10.6.1	系统总体方案介绍	292
10.6.2	系统硬件设计	293
10.6.3	系统软件设计	294
参考文献		295

第 1 章 概 述

嵌入式系统包括以单片机(Single Chip Microcontroller)、DSP(Digital Signal Processing)或 ARM (Advanced RISC Machine)芯片为核心的小系统。随着嵌入式系统、片上系统等概念的提出、普遍接受及应用,单片机的发展又进入了一个新的阶段,单片机的体积更小、功能更齐全、可靠性更高。由于其明显的优势,单片机在智能仪器仪表、家用电器、智能玩具、通信系统、机械加工等各个领域都获得了广泛的应用。可以这样认为,单片机技术已成为现代电子技术应用领域十分重要的技术之一,是电子技术应用领域工程技术人员必备的知识和技能,它能够使您设计的产品更具智能化和先进性。

1.1 单片机的特点及发展

1.1.1 单片机的特点

单片微型计算机,简称单片机,是微型计算机的一个分支。它是在一块芯片上集成(嵌入)了 CPU、一定容量的 RAM 和(或)ROM 存储器、I/O 接口等而构成的微型计算机。单片机问世以来所走的路与微处理器是不同的。微处理器向着高速运算、数据分析与处理能力、大规模容量存储等方向发展,以提高通用计算机的性能,其接口界面也是为了满足外设和网络接口而设计的。单片机则是从工业测控对象、环境、接口特点出发,向着增强控制功能、提高工业环境下的可靠性、灵活方便地构成应用计算机系统的界面接口的方向发展。因此,单片机有自己的特点,主要是:

(1)可靠性高。随着 IC 制造技术的发展,芯片的集成度越来越高,则其可靠性也随之大幅度提高。

(2)性价比高。总有一款能够既满足价格又满足性能要求。

(3)高度的选择灵活性。当前的单片机有 8 位、16 位和 32 位。尤其在微小系统使用的 8 位机,系列、种类、型号五花八门,应有尽有。从它们内部集成的部件来看,有不同大小的存储器和外围设备模块。

(4)完备的软硬件开发手段。目前国内的单片机已经拥有多种面向其软硬件开发的支持,如硬件的在线仿真器、软件的高级语言编译,以及交叉或驻留汇编等。

(5)专用性越来越强。IC 技术的发展推动了单片机的专用性发展,出现了很多针对语言、图像、通信、数据处理等的专用类单片机。

(6)体积小,易于构成嵌入式系统。

1.1.2 单片机的发展

自从美国仙童(Fairchild)公司研制的世界第一台单片微型机 F8 问世以来,单片机开始迅速发展,其功能不断增强和完善,应用领域也在不断扩大,现已成为微型计算机的重要分支。单片机的发展过程通常可以分为以下几个阶段。

(1)第一代单片机(1974~1976年)。这是单片机发展的起步阶段。这个时期生产的单片机的特点是:制造工艺落后,集成度低,而且采用双片形式。典型的代表产品有 Fairchild 公司的 F8 和 Mostek387 公司的 3870 等。

(2)第二代单片机(1976~1978年)。这是单片机发展的第二阶段。这个时代生产的单片机已能在单块芯片内集成 CPU、并行口、定时器、RAM 和 ROM 等功能部件,但其性能低、品种少、应用范围也不是很广,典型的产品有 Intel 公司的 MCS-48 系列机。

(3)第三代单片机(1979~1982年)。这是 8 位单片机成熟的阶段。这一代单片机与前两代相比,不仅存储容量和寻址范围大,而且中断源、并行 I/O 口和定时器/计数器个数都有了不同程度的增加,尤其是新集成了全双工串行通信接口电路。在指令系统方面,普遍增设了乘除法和比较指令。这一时期生产的单片机品种齐全,可以满足各种不同领域的需要。代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列机, Motorola 公司的 MC6801 系列机, TI 公司的 TMS7000 系列机。此外, Rockwell、NS、GI 和日本松下等公司也先后生产了自己的单片机系列。

(4)第四代单片机(1983 年以后)。这是 16 位单片机和 8 位高性能单片机并行发展的时代。16 位机的特点是:工艺先进、集成度高、内部功能强,加法运算速度可达到 $1\mu\text{s}$ 以上,而且允许用户采用面向工业控制的专用语言,如 PL/MPLUS C 和 Forth 语言等。代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列, TI 公司的 TMS9900, NEC 公司的 783 $\times\times$ 系列和 NS 公司的 HPC16040 等。

目前,单片机发展具体体现在 CPU 功能增强、内部资源增多、引脚的多功能化和低电压低功耗等方面。

1.2 单片机系统的应用

单片机的问世和飞速发展掀起了计算机工程应用的一场新革命,使计算机技术冲破了实验室和机房的界限,广泛地应用于工业控制系统、数据采集系统、自动测试系统、智能仪表和接口以及各类功能模块等广阔的领域。单片机应用系统已经成为实现许多控制系统的常规性方案。可以说,单片机开辟了计算机应用的一个新时代。单片机的发展历史虽然只有 30 余年,但由于计算机科学和微电子集成技术的飞速发展,单片机自身也在不断地向更高层次和更大规模发展。世界各大半导体厂商纷至沓来,争先挤入这一市场,激烈的市场竞争也促进了单片机迅速更新换代,带动了它们更为广泛的应用。由于单片机应用系统的高可靠性、软硬件的高利用系数,优异的性能价格比,使它的应用范围由开始传统的过程控制,逐步进入数值处理、数字信号处理及图像处理等高新技术领域。

1.3 凌阳单片机简介

1.3.1 8 位单片机

凌阳 8 位单片机的 CPU 内核均为 6502 兼容型。表 1.1 列出了凌阳的 8 位单片机系列中 IC 芯片类型、IC 芯片型号及其各自的用途。从表中可以看出凌阳 8 位单片机分为四种: SPL 系列、SPC 系列、SPF 系列及其他系列。SPC 系列是带有双声道发声功能的单片机,可用来制作各种高级电子玩具或电子宠物等; SPL 系列基本上都带有 LCD 驱动,并且有些 SPL 系列还带有发声功能,可用来制作各种款式的计算器、数据库及游戏机等; SPF 系列是凌阳研制出的带有多声

道发声功能的单片机。

由于凌阳的 8 位单片机普遍具有体积小、功耗低、性能好及可靠性高且易于开发等特点,故这些 8 位单片机均可用来研制开发具有特殊功能的各种嵌入式计算机系统。

表 1.1 凌阳 8 位单片机产品一览

IC 类型	IC 型号	用 途
LCD 驱动器/驱动器	SPL3X、SPL6X、SPL19X、SPLB 系列、SPDCX 系列	游戏机,高级游戏机,数据库
	SPL0X 系列、SPL128A、SPL13X 系列、SPLD8X 系列、SPLCX 系列、SPLG01A	游戏机,高级游戏机,文字图形编辑器
	SPL08、SPL09、SPL081、SPLXX	计算器,数据库
8 位微控制器	SPEF 系列(低速)、SPC 系列(高速)、SPDS 系列、SPCR0X 系列、SPMC 系列	高级电子玩具,嵌入式计算机系统
多媒体控制	SPCA 系列	数码相机,TV 编码器,MPEG1 解码器等
语音/音乐合成器	SPS 系列、SPES 系列、SPMA 系列、SPD 系列、SPF 系列、SPFA 系列	各种档次的电子琴,语音/音乐合成器等
其他	SPC08、SPR、SPRS、SPY0012、SPY0016	LED、ROM、SRAM、语音驱动,稳压器等

1.3.2 16 位单片机

随着单片机功能的增强,其应用领域不断扩展。凌阳的 16 位单片机为适应这种发展趋势,推出了它的带有数据处理功能的 $\mu'nSP^{TM}$ 16 位微处理器芯片。与凌阳 8 位机功能相比,16 位 $\mu'nSP^{TM}$ 系列单片机可以在较宽的电源电压范围(2.6~5.5V)及系统时钟频率范围(0.375~24.576MHz)内工作,除了数据总线增至 16 位从而提高了工作速度外, $\mu'nSP^{TM}$ 系列 16 位单片机内集成了更多的系统外围资源。其中有大容量 ROM 及静态 RAM、红外通讯接口、RS-232 通用异步全双工串行接口、10 位 A/D 及 D/A 转换、内置式带自动增益控制的扩音器输入通道、32768Hz 实时时钟以及低电压复位/低电压监测系统。另外, $\mu'nSP^{TM}$ 家族中有些系列嵌入了 LCD 控制、驱动和 DTMF 发生器等功能。

表 1.2 列出了 16 位单片机产品的简要介绍。

表 1.2 凌阳 16 位单片机产品一览

系列类型	型 号	用 途
SPCExxx	SPCE500A、SPCE060、SPCE061	主要应用于发声和语音识别领域
SPT660	SPT6601、SPT6602	主要应用于通信领域中带 LCD 驱动的来电辨识功能
SPMC903	SPMC701	一般用作控制器
SPMC75	SPMC752413A	一般用于运动控制

SPCE 系列的全双工异步通信串行接口,可实现多机通信,组成分布式控制系统。红外收发通信接口,可用于近距离的双机通信或制作红外遥控装置。A/D、D/A 转换接口可以方便地用于各种数据的采集、处理和控制输出,并且可以将它们与 $\mu'nSP^{TM}$ 的 DSP 运算功能结合在一起实现语音识别功能,使其方便地运用于语音识别应用领域。由此可见, $\mu'nSP^{TM}$ 家族在数字信号

处理和语音识别应用领域中还是很有特色的。

$\mu'nSP^{TM}$ 家族有以下特点:

(1)体积小、集成度高、可靠性好且易于扩展。 $\mu'nSP^{TM}$ 家族把各功能部件模块化地集成在一个芯片里,内部采用总线结构,减少了各功能部件之间的连线,提高了其可靠性和抗干扰能力。另外,模块化的结构易于系统扩展,以适应不同用户的需求。

(2)具有较强的中断处理能力。 $\mu'nSP^{TM}$ 家族的中断系统支持 10 个中断向量及 10 余个中断源,适用于实时应用领域。

(3)高性能价格比。 $\mu'nSP^{TM}$ 家族片内带有高寻址能力的 ROM、静态 RAM 和多功能的 I/O 口。另外, $\mu'nSP^{TM}$ 的指令系统提供具有较高运算速度的 16 位 $\times$ 16 位的乘法运算指令和内积运算指令,为其应用增添了 DSP 功能,使得 $\mu'nSP^{TM}$ 家族在复杂的数字信号处理方面既很便利,又比专用的 DSP 芯片廉价。

(4)功能强、效率高的指令系统。 $\mu'nSP^{TM}$ 的指令系统的指令格式紧凑,执行迅速,并且其指令结构提供了对高级语言的支持,这可以大大缩短产品的开发时间。

(5)低功耗、低电压。 $\mu'nSP^{TM}$ 家族采用 CMOS 制造工艺,同时增加了软件激发的弱振方式、空闲方式和掉电方式,极大地降低了其功耗。另外, $\mu'nSP^{TM}$ 家族的工作电压范围大,能在低电压供电时正常工作,且能用电池供电。这对于其在野外作业等领域中的应用具有特殊意义。

SPCE061A 是继 $\mu'nSP^{TM}$ 系列产品 SPCE500A 等之后凌阳科技推出的又一款 16 位结构的微控制器。与 SPCE500A 不同的是,考虑到用户较少的资源需求以及便于程序调试等性能,SPCE061A 在存储器资源方面只内嵌 32K 字的闪存(FLASH)。较高的处理速度使 $\mu'nSP^{TM}$ 能够非常容易地、快速地处理复杂的数字信号。比较丰富的片上外围功能模块,使得系统的功能更加强。因此,以 $\mu'nSP^{TM}$ 为核心的 SPCE061A 微控制器是适用于数字语音识别应用领域的一种最经济的选择,也可以作为控制核心使用。

SPMC75 系列微控制器是继 $\mu'nSP^{TM}$ 系列产品 SPCE061A 之后凌阳科技推出的又一款工业级的 16 位微控制器,与 SPCE061A 不同的是,其核心微处理器集成了多功能捕获比较模块、BLDC 电机驱动专用位置检测接口、两相增量编码器接口、能产生各种电机驱动波形的 PWM 发生器等特殊硬件模块。利用这些硬件模块支持,SPMC75 系列微控制器可以完成诸如家电用变频驱动器、标准工业变频驱动器、变频电源、多环伺服驱动系统等复杂应用。

其整体性能如下:

16 位 $\mu'nSP^{TM}$ 微处理器;

工作电压:VDD 为 2.6~3.6V(CPU), VDDH 为 VDD3.6~5.5V(I/O);

CPU 时钟:0.32~49.152MHz;

内置 2K 字 SRAM;

内置 32K 字 FLASH;

可编程音频处理;

晶体振荡器;

系统处于备用状态下(时钟处于停止状态),耗电小于 $2\mu A@3.6V$;

2 个 16 位可编程定时器/计数器(可自动预置初始计数值);

2 个 10 位 DAC(数/模转换)输出通道;

32 位通用可编程输入/输出端口;

14 个中断源可来自定时器 A/B,时基,2 个外部时钟源输入,键唤醒;

具备触键唤醒的功能；
使用凌阳音频编码 SACM_S240 方式(2.4kbit/s),能容纳 210s 的语音数据；
锁相环 PLL 振荡器提供系统时钟信号；
32768Hz 实时时钟；
7 通道 10 位电压模/数转换器(ADC)和单通道声音模/数转换器；
声音模/数转换器输入通道内置麦克风放大器和自动增益控制(AGC)功能；
具备串行设备接口；
具有低电压复位(LVR)功能和低电压监测(LVD)功能；
内置在线仿真电路 ICE(In-Circuit Emulator)接口；
具有保密能力；
具有 WatchDog 功能(由具体型号决定)。

1.4 内 容 安 排

本书共 10 章,分为两部分。第一部分包括 1~5 章,主要讲述凌阳单片机的原理和集成开发;第二部分包括 6~10 章,主要介绍凌阳单片机的应用。

第一部分分别介绍 SPCE061A 和 SPMC75 系列凌阳单片机的硬件结构、指令系统、集成开发环境 IDE 和精简开发板“61 板”。第二部分分别介绍以 SPMC75F2413A 单片机为核心的或以 SPCE061A 为核心的侯媛彬教授指导的三篇本科优秀毕业设计论文、凌阳单片机在大学生电子竞赛中的应用、凌阳单片机在电子产品中的应用实例。其中优秀毕业设计论文“模糊全自动微机控制模拟洗衣机设计”于 2008 年获陕西省自动化学会首届本科毕业设计大赛一等奖,另一篇“基于嵌入式煤矿浴室三维定位模拟系统设计与制作”于 2011 年获陕西省自动化学会第四届本科毕业设计大赛特等奖。

第 2 章 凌阳单片机的硬件结构

本章分别介绍 SPCE061A 和 SPMC75F2413A 的结构、片内存储器和外设。

2.1 SPCE061A 的硬件结构

围绕 SPCE 所形成的 16 位 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 系列单片机采用的是模块式集成结构, 共有 84 个引脚, 封装形式为 PLCC84, 它的实物外形和管脚排列如图 2.1 所示。在 84 个引脚中有空脚 15 个, 其余管脚功能说明如表 2.1 所示。它以 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 内核为中心集成不同规模的 ROM、RAM 和功能丰富的各种外设接口部件, 如图 2.2 所示。SPCE061A 的内部结构如图 2.3 所示。

SPCE061A 的内核主要由 CPU 掌管和操作, 如图 2.4 所示。其主要由总线、算术运算逻辑单元、寄存器组、中断系统和堆栈等部分组成。以下作详细介绍。

2.1.1 寄存器组

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的 CPU 寄存器组里有 8 个 16 位寄存器, 可分为通用型寄存器和专用型寄存器两大类。通用型寄存器包括 R1~R4, 作为算术逻辑运算的源及目标寄存器。专用型寄存器包括 SP、BP、SR、PC, 是与 CPU 特定用途相关的寄存器。

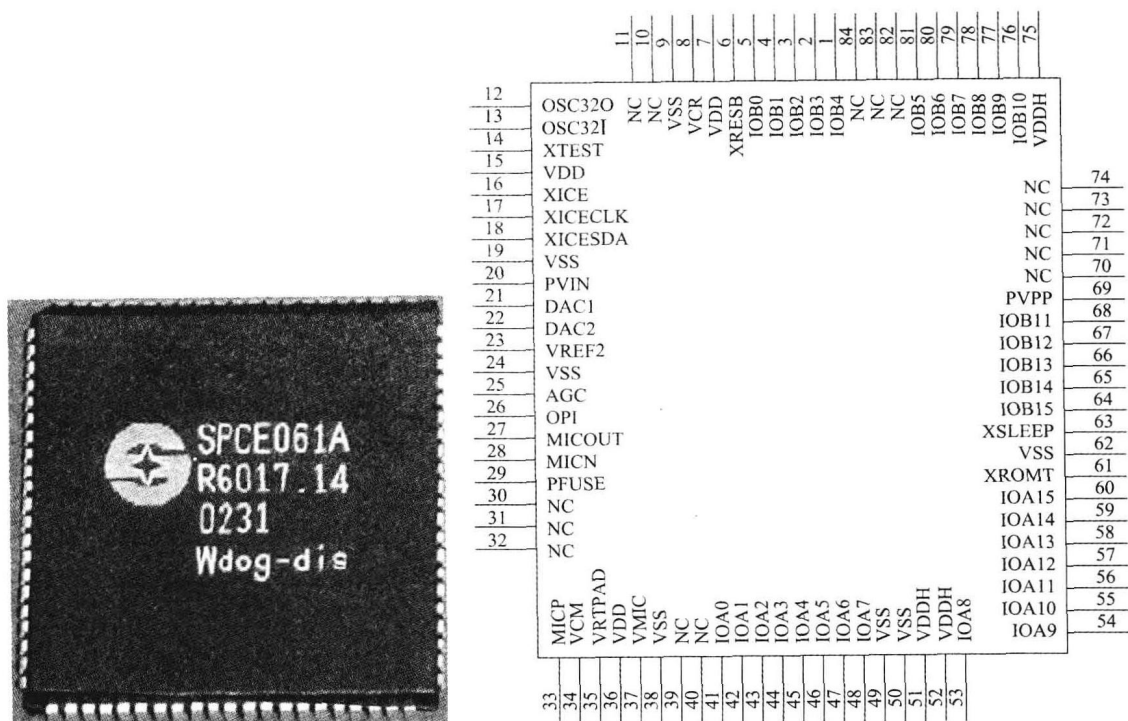
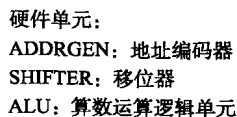
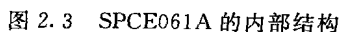
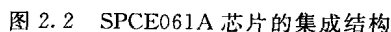


图 2.1 SPCE061A 的实物外形和管脚排列

表 2.1 SPCE061A 管脚功能表

管 脚	功能说明
IOA0~IOA15(41~48,53,54~60 脚)	IO 口 A,共 16 个
IOB0~IOB15(5~1,81~76,68~64 脚)	IO 口 B,共 16 个
OSC32I(13 脚)	振荡器输入,在石英晶振下,是石英元件的一个输入脚
OSC32O(12 脚)	振荡器输出,在石英晶振下,是石英元件的一个输出脚
RES_B(6 脚)	复位输入。若该脚输入低电平,会使控制器重置复位
ICE_EN(16 脚)	ICE 使能端,接在线调试器 PROBE 的使能脚 ICE_EN
ICE_SCK(17 脚)	ICE 时钟脚,接在线调试器 PROBE 的时钟脚 ICE_SCK
ICE_SDA(18 脚)	ICE 数据脚,接在线调试器 PROBE 的数据脚 ICE_SCK
PVIN(20 脚)	程序保密设定脚
PFUSE(29 脚)	程序保密设定脚
DAC1(21 脚)	音频输出通道 1
DAC(22 脚)	音频输出通道 2
VREF2(23 脚)	2V 参考电压输出脚
AGC(25 脚)	语音输入自动增益控制引脚
OPI(26 脚)	Microphone 的第二运放输入脚
MICOUT(27 脚)	Microphone 的第一运放输入脚
MICN(28 脚)	Microphone 的负向输入脚
MICP(33 脚)	Microphone 的正向输入脚
VRT(35 脚)	A/D 转换外部参考电压输入脚。它决定 A/D 转换输入电压上限值。例如该点输入一个 2.5V 的参考电压,则 A/D 转换电压输入范围为 0~2.5V(外部参考电压最高小于 3.3V)
VCM(34 脚)	ADC 参考电压输出脚
VMIC(37 脚)	Microphone 电源
SLEEP(63 脚)	睡眠状态指示脚。当 CPU 进入睡眠状态时,该脚输出一个高电平
VCR(8 脚)	锁相环压控振荡器的阻容输入
XROMT,PVPP,XTEST(61,69,14 脚)	出厂测试用管脚,悬空即可
VDDH(51,52,75 脚)	I/O 电平参考。该点输入一个 5V 的参考电压,则 I/O 输入输出高电平平均为 5V
VDD(7 脚)	PLL 锁相环电源
VSS(9 脚)	锁相环地
VSS(19,24 脚)	模拟地
VSS(38,49,50,62 脚)	数字地
VDD(15,36 脚)	数字电源



1)通用型寄存器 R1~R4

R1~R4 通常可分别用于数据运算或传送的源及目标寄存器。寄存器 R4、R3 配对使用还可组成一个 32 位的乘法结果寄存器 MR。其中 R4 为结果的高字组, R3 为结果的低字组, 用于