

Principle and Application of MCU

单片机原理及实用技术

—— 凌阳16位单片机原理及应用

雷思孝 李伯成 雷向莉 编著

*Specially Designed
for Engineers and Technicians of Electronics*



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

单片机原理及实用技术

——凌阳 16 位单片机原理及应用

雷思孝 李伯成 雷向莉 编著

西安电子科技大学出版社

2004

内 容 简 介

本书系统介绍了凌阳 SPCE061A 单片机原理及实用技术,重点说明了该单片机在语音处理方面的特点及应用。本书共分 10 章:单片机系统概述、SPCE061A 单片机简介、SPCE061A 指令系统、SPCE061A 硬件系统、中断系统及应用、语音处理技术及应用、实用 C 语言程序设计、单片机应用系统设计、SPCE061A 实用技术、集成开发环境等。书中附录给出了 SPCE061A 单片机编程的基本函数,以便读者查阅。

本书力求简洁实用,注重设计方法介绍,侧重实际应用,可作为工科院校电子信息、计算机科学与技术、仪器仪表、工业自动化等相关专业本科生教材,也可作为高职相关专业学生的教材,并可作为学生科协及参加各类电子设计大赛的实用培训教材,也是工程技术人员及广大单片机爱好者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及实用技术:凌阳 16 位单片机原理及应用 / 雷思孝等编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2004.1

ISBN 7-5606-1321-7

I. 单... II. 雷... III. 单片微型计算机,凌阳 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 105077 号

策 划 陈宇光

责任编辑 曹华 陈宇光

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)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 西安兰翔印刷厂

版 次 2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 20.5

字 数 485 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 30.00 元

ISBN 7 - 5606 - 1321-7/TP · 0699

XDUP 1592001-1

*****如有印装问题可调换*****

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

近几年来,“后 PC 时代”的提法不时见诸报端。863 计算机首席专家高文教授曾经说过:所谓后 PC 时代,是英文 Pervasive Computing 的中文意译, Pervasive 的原意是普遍的、蔓延的、渗透的,所以 Pervasive Computing 应译为渗透到各个方面的计算。因此,后 PC 时代是指计算机无处不在,将渗透到我们生活的方方面面。后 PC 时代的绝大多数计算机会以非计算机的形式出现。例如,电视机、电冰箱、机器人、数控设备等,其中心控制部件是计算机,但它几乎都是以嵌入式系统的形式存在的,而不是像 PC 机一样摆放在计算机工作台上的。作为嵌入式系统主要部件的单片机已成为一个重要的研究领域。

单片机作为计算机技术的一个重要分支、嵌入式系统的先头兵,广泛应用于工业控制、智能仪器、机电一体化产品、家用电器、智能产品、个人数字处理器等领域。随着微电子技术的迅速发展,电子系统设计已进入了片上系统(SOC, System On Chip)时代,单片机的功能也越来越强,使其真正成为系统单片机。随着社会需求和单片机应用领域的不断扩展,学生在校期间参加的各类电子设计大赛、遇到的各种开发应用课题,都是以单片机技术为基础的。各种应用系统开发研制更是离不开单片机应用技术。单片机应用技术已经成为理工院校电子类专业学生的必备技术,大多数工院校已将“单片机原理及应用”作为一门重要的专业技术课。所以,如何使学生在有限的时间内掌握最新的单片机应用技术,就成为单片机教学的一个重要课题。经过比较和教学实践,我们认为凌阳科技公司最新研制的 SPCE061A 型 16 位单片机不但具有单片机的基本功能,而且在语音识别和处理方面有其独到之处,开发环境简单,便于学生学习和实践,应用十分广泛。因此,我们选用该单片机为对象,结合教学实际,系统介绍其原理与应用,重在掌握系统设计方法和开发技能,力求使学生尽快掌握单片机的应用技能和设计方法,配合相关实验,设计出有特色的智能产品,并能在实际中得到应用。

2002 年,为了及时推广凌阳公司最新研制的基于 SOC 的单片机,在凌阳公司和北阳公司提供资料的基础上,我们编写了《SPCE061A 16 位单片机原理及应用》讲义,经过教学实践,学生能够在有限的课时内掌握系统设计方法,设计出有特色的应用产品,反映良好。为了进一步提高学生的学习积极性,也能为工程技术人员提供一本介绍凌阳单片机及其在语音处理应用方面的参考书,作者结合多年来的教学、科研经验,在原讲义的基础上,增强了系统设计方法和应用实例方面的内容,编写了本教材。本书可作为工院校电子信息、计算机、仪器仪表、工业自动化等相关专业本科学生的教材,也可作为高职相关专业学生的教材,是学生科协及参加各类电子设计大赛的实用培训教材,也是工程技术人员及单片机爱好者的一本实用参考书。相信随着“凌阳大学”计划的不断深入,本书一定能够在推广单片机应用领域展现出其特有的风采。

本书共分 10 章:单片机系统概述、SPCE061A 单片机简介、SPCE061A 指令系统、SPCE061A 硬件系统、中断系统及应用、语音处理技术及应用、实用 C 语言程序设计、单

片机应用系统设计、SPCE061A 实用技术、集成开发环境等。

本书在编写过程中，得到了台湾凌阳科技公司同仁的大力支持；得到了北京北阳电子公司罗亚非、刘宏韬老师及工程技术人员的支持和帮助，张向艳、李华丽、魏广远、刘新颜、袁军等工程师参与了书稿的审校；受到了西安电子科技大学计算机学院副院长武波教授的热情关怀和大力支持；西安电子科技大学出版社总编助理陈宇光、副编审云立实、编辑曹华为本书的及时出版提供了帮助；任家鲁、谈宗玮同学参与了程序的整理和校对，在此一并表示真诚的感谢。同时，本书还借鉴了现有许多教材的宝贵经验，在此也对各位作者表示衷心的感谢。

李伯成老教授不辞辛苦，指导和审阅了全书并提出了许多非常有益的意见，在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，对于相关技术掌握不精，加之时间仓促，书中难免存在不妥和错误之处，敬请各位老师、读者不吝指正。

编 者
2003 年 8 月

目 录

第 1 章 单片机系统概述	1	3.4 逻辑运算指令	25
1.1 单片机系统的特点.....	1	3.4.1 逻辑与指令.....	25
1.2 单片机技术的发展.....	1	3.4.2 逻辑或指令.....	27
1.2.1 发展过程.....	1	3.4.3 逻辑异或指令.....	28
1.2.2 技术发展.....	2	3.4.4 测试指令.....	30
1.3 单片机系统应用.....	3	3.4.5 位移操作指令.....	32
第 2 章 SPCE061A 单片机简介	5	3.5 控制转移类指令	35
2.1 SPCE061A 概述.....	5	3.6 常用伪指令	38
2.1.1 主要性能.....	5	3.6.1 伪指令的语法格式及特点.....	38
2.1.2 SPCE061A 模块结构.....	5	3.6.2 伪指令符号约定.....	39
2.1.3 芯片管脚排列及功能.....	6	3.6.3 标准伪指令.....	39
2.1.4 最小应用系统.....	7	3.6.4 宏定义与调用.....	40
2.1.5 开发应用方式.....	8	3.6.5 段定义与调用.....	41
2.2 μ^n SP™ 内核结构.....	8	3.6.6 结构定义与调用.....	42
2.2.1 算术逻辑运算单元.....	9	3.6.7 过程定义与调用.....	43
2.2.2 寄存器组.....	10	思考题.....	44
2.2.3 总线结构.....	10	第 4 章 SPCE061A 硬件系统	45
2.3 SPCE061A 单片机存储器.....	11	4.1 并行输入/输出端口.....	45
2.3.1 RAM.....	11	4.1.1 I/O 端口结构.....	45
2.3.2 堆栈.....	11	4.1.2 端口设置寄存器.....	46
2.3.3 闪存 FLASH (闪速存储器).....	12	4.1.3 工作方式设置.....	47
思考题.....	13	4.1.4 B 口的特殊功能.....	50
第 3 章 SPCE061A 指令系统	14	4.2 系统时钟与复位电路.....	52
3.1 概述.....	14	4.2.1 时钟电路.....	52
3.1.1 指令分类.....	14	4.2.2 锁相环 PLL(Phase Lock Loop) 振荡器.....	52
3.1.2 寻址方式.....	14	4.2.3 系统时钟.....	52
3.2 数据传送指令.....	16	4.2.4 时间基准信号.....	53
3.3 算术运算指令.....	19	4.2.5 复位电路.....	54
3.3.1 加法运算指令.....	19	4.3 定时器/计数器.....	55
3.3.2 减法运算指令.....	21	4.3.1 工作原理.....	55
3.3.3 带进位的加减法运算指令.....	23	4.3.2 工作寄存器设置.....	56
3.3.4 乘法运算指令.....	23	4.3.3 定时器/计数器应用.....	60
3.3.5 内积运算指令.....	24	4.4 A/D(模/数)转换器.....	60
3.3.6 比较指令.....	25	4.4.1 A/D 转换.....	60

4.4.2	A/D 转换器设置.....	62	6.2	凌阳音频技术简介.....	115
4.4.3	A/D 转换器的物理性能.....	63	6.2.1	压缩算法的编码标准.....	115
4.5	DAC 音频输出.....	66	6.2.2	压缩分类.....	115
4.5.1	硬件组成.....	66	6.2.3	常用的音频形式和压缩算法.....	116
4.5.2	寄存器设置.....	67	6.3	常用应用程序接口.....	116
4.6	串行设备输入/输出端口 SIO.....	68	6.3.1	程序接口概述.....	116
4.6.1	寄存器设置.....	69	6.3.2	SACM_A2000.....	117
4.6.2	应用举例.....	70	6.3.3	SACM_S480.....	123
4.7	通用异步串行通信口 UART.....	72	6.3.4	SACM_S240.....	126
4.7.1	UART 数据帧格式.....	72	6.3.5	SACM_MS01.....	130
4.7.2	工作寄存器设置.....	72	6.3.6	SACM_DVR.....	135
4.8	工作方式.....	76	6.4	语音压缩方法.....	136
4.8.1	睡眠方式.....	76	6.4.1	DOS环境下压缩.....	136
4.8.2	低电压监测/低电压复位 (LVD/LVR).....	77	6.4.2	Windows环境下压缩.....	136
4.8.3	看门狗监视器.....	77	6.5	键控放音程序.....	137
4.8.4	保密设定.....	78	6.5.1	常用的键盘API函数.....	138
4.8.5	语音编码类型.....	78	6.5.2	系统资源模块.....	138
思考题.....		78	6.5.3	应用实例.....	139
第5章	中断系统及应用.....	80	6.6	语音识别技术.....	143
5.1	概述.....	80	6.6.1	设置.....	143
5.2	SPCE061A中断系统.....	81	6.6.2	应用实例.....	145
5.2.1	中断类型.....	81	第7章	实用C语言程序设计.....	153
5.2.2	中断源.....	82	7.1	基本数据类型.....	153
5.2.3	中断控制.....	84	7.2	流程控制语句.....	154
5.2.4	中断向量及优先级.....	87	7.3	构造数据类型.....	157
5.2.5	中断响应.....	88	7.4	C语言与汇编相互调用.....	166
5.3	中断系统应用.....	90	7.5	I/O端口的C语言程序设计.....	169
5.3.1	单中断源应用.....	90	7.6	系统设置的C语言程序设计.....	171
5.3.2	多中断源应用.....	103	7.6.1	系统设置的C函数.....	171
思考题.....		110	7.6.2	应用实例.....	173
第6章	语音处理技术及应用.....	111	7.7	定时器/计数器设置的C函数.....	174
6.1	概述.....	111	7.7.1	库中提供的API函数.....	174
6.1.1	音频信号.....	111	7.7.2	定时器/计数器应用实例.....	176
6.1.2	音频信号的抽样和量化.....	111	7.8	中断系统的C语言程序设计.....	178
6.1.3	音频格式.....	111	7.8.1	中断控制的相关C函数.....	178
6.1.4	语音压缩编码基础.....	113	7.8.2	中断系统应用实例.....	180
6.1.5	语音合成和识别技术.....	114	7.9	A/D、D/A转换的C语言程序设计.....	187
			7.9.1	相关C函数.....	187
			7.9.2	应用实例.....	191

7.10 SIO 和 UART 的 C 语言程序设计	193	9.2.4 学习机	250
7.10.1 相关 C 函数	193	9.2.5 多功能信号发生器	252
7.10.2 应用实例	197	9.2.6 语音识别	255
第 8 章 单片机应用系统设计	200	思考题	259
8.1 系统设计内容	200	第 10 章 集成开发环境	266
8.1.1 系统硬件组成	200	10.1 调试菜单	266
8.1.2 系统设计内容	202	10.2 工具栏	267
8.2 系统开发过程	203	10.3 窗口使用	269
8.3 系统设计方法	204	10.4 项目管理	278
8.3.1 确定系统功能	204	10.4.1 建立项目	278
8.3.2 确定系统结构	205	10.4.2 在项目中新建 C 文件(.C)	279
8.3.3 系统设计原则	206	10.4.3 在项目中新建汇编文件(.asm)	280
8.3.4 系统硬件设计	207	10.4.4 在项目中新建头文件(.H)	281
8.3.5 系统软件设计	208	10.4.5 在项目中新建文本文件(.txt)	281
8.3.6 资源分配	209	10.4.6 在项目中新建二进制文件	282
8.4 系统调试	209	10.4.7 在项目中添加/删除文件	282
8.4.1 常用工具	210	10.4.8 在项目中使用资源	283
8.4.2 调试方法	211	10.4.9 项目选项的设置	283
8.5 SPCE061A 系统设计举例	215	10.4.10 项目的编译	286
8.5.1 市场调研与功能确定	215	10.5 代码剖视器	286
8.5.2 硬件设计	215	10.5.1 激活Profile的方法	286
8.5.3 软件设计	219	10.5.2 使用Profile的步骤	287
第9章 SPCE061A实用技术	239	附录	290
9.1 应用领域	239	附录A 端口功能总述	290
9.1.1 数字信号处理	239	附录B SPCE061A 指令集	291
9.1.2 便携式终端	240	附录C C_LIB 函数集	299
9.1.3 嵌入式系统	240	附录D 常用伪指令表	309
9.1.4 凌阳单片机应用	241	附录E SPCE061A 编译相关错误信息	310
9.2 应用举例	241	参考文献	319
9.2.1 作息时间控制	241		
9.2.2 温度计设计	245		
9.2.3 红外遥控器	247		

第1章 单片机系统概述

随着嵌入式系统开发技术的快速发展及其在各个领域的广泛应用,人们对电子产品的小型化和智能化要求越来越高,作为高新技术之一的单片机以其体积小、功能强、价格低、使用灵活等特点,显示出其明显的优势和广泛的应用前景。在航空航天、机械加工、智能仪器仪表、家用电器、通信系统、智能玩具等领域,单片机都发挥了很大的作用。可以认为,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。本章将重点介绍单片机应用系统的特点及发展概况。

1.1 单片机系统的特点

所谓单片机(Single Chip Microcomputer),是指在一块芯片中集成有中央处理器(CPU)、存储器(RAM 和 ROM)、基本 I/O 接口以及定时器/计数器等部件,并具有独立指令系统的智能器件,即在一块芯片上实现一台微型计算机的基本功能。如果是简单控制对象,只需利用单片机作为控制核心,不需另外增加外部设备就能完成。对于较复杂的系统,只需对单片机进行适当扩展即可,十分方便。归纳起来,单片机及应用系统有以下特点:

- (1) 单片机具有独立的指令系统,可以将我们的设计思想充分体现出来。
- (2) 系统配置以满足控制对象的要求为出发点,使得系统具有较高的性能价格比。
- (3) 应用系统通常将程序驻留在片内(外)ROM 中,抗干扰能力强,可靠性高,使用方便。
- (4) 由于系统规模较小,其本身不具有自我开发能力,一般需借助专用的开发工具进行系统开发和调试,而实际应用系统简单实用,成本低,效益好。
- (5) 应用系统所用存储器芯片可选用 EPROM、E²PROM、OTP 芯片或利用掩膜形式生产,便于批量开发和应用。许多单片机(如 80C51 系列)的开发芯片和扩展应用芯片相互配套,降低了系统成本。
- (6) 由于系统小巧玲珑,控制功能强、体积小,便于嵌入被控设备之内,大大推动了产品的智能化。如数控机床、机器人、智能仪器仪表、洗衣机、电冰箱、电视机等都是典型的机电一体化设备和产品。

1.2 单片机技术的发展

1.2.1 发展过程

单片机是随着微型计算机、单板机的发展及其在智能测控系统中的应用而发展起来的。

以 8 位单片机为例，其发展过程大致可归纳为四个阶段。

第一阶段：低性能单片机阶段(1976~1980 年)。该阶段是以较简单的 8 位低档单片机为主，将原有的单板机功能集成在一块芯片上，是该芯片具有原来单板机的功能。其主要代表芯片为 Intel 公司的 MCS-48 系列，该芯片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 端口和 8 位定时器/计数器，寻址范围为 4 KB，没有串行通信接口。

第二阶段：高性能单片机阶段(1980~1983 年)。该阶段仍以 8 位机为主，主要增加了串行口、多级中断处理系统和 16 位定时器/计数器，除片内 RAM、ROM 容量加大外，片外寻址可达 64 KB，有的片内还集成有 A/D、D/A 转换器。这一阶段单片机以 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6801 系列和 Zilog 公司的 Z8 系列为代表。上述机型由于功能强，使用方便，目前仍在广泛应用。

第三阶段：高性能的 16 位单片机(1983~80 年代末)。该单片机性能更加完善，主频速率提高，运算速度加快，具有很强的实时处理能力，更加适用于速度快、精度高、响应及时的应用场合。其主要代表为 Intel 公司的 MCS-96 系列等。

第四阶段：该阶段(90 年代)单片机在集成度、速率、功能、可靠性、应用领域等全方位向更高水平发展。该阶段 CPU 数据线有 8 位、16 位、32 位，采用双 CPU 结构或内部流水线结构，以提高数据处理能力和运算速度；采用内部锁相环技术，时钟频率已高达 50 MHz，指令执行加快；提供了运算能力较强的乘法指令和内积运算指令，具有较强的数据处理能力；设置了新型的串行总线结构，为系统扩展提供了方便；增加了常用的特殊功能部件(如系统看门狗 WDT、通信控制器、调制解调器、脉宽调制输出 PWM 等)。随着微电子技术和半导体工艺的不断改进，芯片正在向着高集成化、低功耗的方向发展。随着应用范围的不断扩大，一些专用单片机也迅速发展壮大。

1.2.2 技术发展

随着微电子技术的迅速发展，目前各个公司研制出了适用于各种应用领域的单片机。高性能单片机芯片市场也异常活跃，不断采用新技术，使单片机的种类、性能不断提高，应用领域不断扩大。如 ATMEL 公司开发的 89C51 芯片，片内含有 4 KB E²PROM；89C51FA 芯片，片内有 8 KB E²PROM；89C51FB 芯片，片内含 16 KB E²PROM；凌阳公司最新推出的 SPCE061A 芯片，片内有 32 KB FLASH 和 2 KB RAM，使得片内可储存量增加，控制能力增强。这些性能的提高和改进归纳起来，有以下四个方面。

1. CPU 的改进

CPU 的改进体现在以下几个方面：

- (1) 采用双 CPU 结构，提高芯片的处理能力。如 Rockwell 公司的单片机 R6500/21 和 R65C29 均采用双 CPU 结构，大大提高了系统的处理能力。
- (2) 增加数据总线宽度，提高处理速度，从 8 位、16 位到 32 位。
- (3) 采用流水线结构，类似于高性能的微处理器，提高了运算速度，能够实现简单的 DSP 功能，适合于做数字信号处理。
- (4) 串行总线结构，将外部数据总线改为串行传送方式，提高了系统可靠性。

2. 存储器的发展

存储器的发展体现在以下几个方面:

- (1) 增大片内存储器容量, 有利于提高系统的可靠性。
- (2) 片内采用 E²PROM 和 FLASH 技术, 不需紫外线擦除, 读写方便, 可对某些需要保留的数据和参数长期保存, 提高了单片机的可靠性和实用性, 如 89C51、SPCE061A 等单片机。
- (3) 编程加密技术。为保护知识产权, 开发者希望软件不被复制、破译, 而增加了编程加密位或 ROM 加锁方式, 达到了程序保密的目的。

3. 片内 I/O 接口

片内 I/O 接口的特点有以下几个方面:

- (1) 增加驱动能力, 减少了外围驱动芯片的使用, 可直接驱动 LED、LCD 显示器等, 简化了系统设计, 降低了系统成本。
- (2) 增加了异步串行通信口, 提高了单片机系统的灵活性。
- (3) 增加了逻辑操作功能, 具有位寻址操作, 增强了操作和控制的灵活性。
- (4) 带有 A/D、D/A 转换器, 直接对模拟量信号输入和输出。
- (5) 并行 I/O 端口设置灵活, 可以利用指令将端口的任一位设置为输入、输出、上拉、下拉和悬浮等状态。
- (6) 带有 PWM 输出, 可直接驱动控制小型直流电机调速, 大大方便了使用。

4. 制造工艺

随着微电子技术的不断发展, 单片机正朝着高集成度、低能耗、低电压、多功能的方向发展。

1.3 单片机系统应用

由于单片机体积小、价格低、可靠性高、适用范围大以及有其本身的指令系统等诸多优势, 在各个领域、各个行业都得到了广泛应用。目前不仅有常用的 8 位单片机, 而且 16 位机已得到了广泛的应用。

1. 机电一体化

机电一体化是机械设备发展的方向。用单片机代替常规的逻辑顺序控制, 简化了结构设计, 提高了控制性能。当前的许多产品, 如数控车床等都是采用这种方式。最典型的机电产品是机器人, 每个关节或动作部位都是由一个单片机系统控制。

2. 集散数据采集系统

在实时控制系统中, 要求数据采集具有较好的同步性和实时性, 若采用单个计算机顺序采集, 存在不能同时采集、实时性不强等缺点, 以致会造成计算、处理上的误差而引起分析统计困难。使用单片机作为系统的前端采集单元, 由主控计算机发出同时采集命令, 当采集完成后, 将采集到的数据再逐一传送到主机中进行处理, 保证了同步数据采集。如

气象部门、供电系统、自来水管网、过程控制等均可采用集散数据采集系统。

3. 分布式控制系统

通常分布式控制系统采用模块化设计，而单片机正是某些模块的控制中心。如生产线、过程控制、遥测遥控系统等等。

4. 智能仪器仪表

单片机的应用使自动化仪器仪表的智能化程度越来越高，如自动计费电度表、燃气表，许多工业仪表中的智能流量计、气体分析仪、成分分析仪等，各种检测仪器仪表中的多功能信号发生器、智能电压电流测试仪、医疗器械、检测仪器等都使用了单片机。

5. 家用电器

在洗衣机、空调器、汽车控制系统、保安系统、电视机、录像机、VCD 机、音响设备、电子秤、IC 卡、手机、智能玩具等系统及设备中使用了大量各种各样的单片机，使其性能大大提高，实现了智能化和最优化控制。

6. 终端及外部设备控制

在计算机网络终端设备(如银行终端、商业 POS(自动收款机)、GPS 电子地图、复印机等)和计算机外部设备(如打印机、绘图仪、键盘和通信终端等)中都使用了单片机。单片机的使用使这些设备既具有计算、存储、显示和数据处理等功能，又具有和计算机连接的端口，使计算机的应用能力和范围大大提高，更好地发挥了计算机的性能。

第2章 SPCE061A 单片机简介

2.1 SPCE061A 概述

SPCE061A 型单片机是凌阳科技公司最新推出的一款 16 位微处理器,具有体积小、集成度高、易扩展、可靠性高、功耗低、结构简单、中断处理能力强等特点,内嵌 32 K 字闪存 FLASH,处理速度快,能够很方便地完成普通单片机的功能,尤其适应于数字语音播报和识别等应用领域,是数字语音识别与语音信号处理的理想产品,得到了广泛的应用。

2.1.1 主要性能

SPCE061A 单片机的主要性能有:

- 内核采用 16 位 $\mu'nSPTM$ 微处理器。
- 工作电压 VDD 为 2.6~3.6 V(CPU), I/O 端口高电平 VDDH 为 VDD~5.5 V。
- CPU 时钟频率为 0.320~49.152 MHz。
- 内置 2 K 字 SRAM。
- 内置 32 K 字闪存 FLASH。
- 具有可编程音频处理功能。
- 低功耗,系统处于备用状态下(时钟处于停止状态)耗电小于 $2\ \mu A@3.6\ V$ 。
- 两个 16 位可编程定时器/计数器(可自动预置初值)。
- 两路 10 位数/模转换(DAC)输出通道。
- 32 位通用可编程输入/输出端 A 口和 B 口。
- 14 个中断源(定时器 A、B, 时基信号, 两个外部时钟源, 触键唤醒等)。
- 具有触键唤醒功能。
- 使用凌阳音频编码 SACM_S240 方式(2.4 kb/s), 能容纳 210 s 语音数据。
- 实时时钟频率为 32 768 Hz, 由锁相环 PLL 振荡器提供系统时钟信号。
- 7 通道 10 位电压模/数转换器(ADC)和单通道声音模/数转换器。
- 语音模/数转换器输入通道, 内置麦克风放大器和自动增益控制(AGC)电路。
- 具有串行设备通信接口 SIO。
- 具有低电压复位(LVR)和低电压监测(LVD)功能。
- 内置看门狗监视器。
- 内置在线仿真(ICE, In-Circuit Emulator)接口。

2.1.2 SPCE061A 模块结构

SPCE061A 单片机内部结构和组成如图 2.1 和图 2.2 所示。其主要功能模块有并行 I/O 端口、模/数转换 ADC、数/模转换 DAC、存储器 RAM & FLASH、定时器/计数器 T/C(脉

表 2.1 SPCE061A 管脚功能表

管脚名称	管脚功能
IOA0~IOA15 (41~48,53~60)	I/OA 口, 16 个
IOB0~IOB15 (5~1,81~76,68~64)	I/OB 口, 16 个
OSCI 13	振荡器输入, 采用石英晶振时, 接晶振
OSCO 12	振荡器输出, 采用石英晶振时, 接晶振
RES_B 6	复位信号输入端, 低电平有效
ICE_EN 16	ICE 使能端, 接在线调试器 PROBE 的使能脚 ICE_EN
ICE_CLK 17	ICE 时钟脚, 接在线调试器 PROBE 的时钟脚 ICE_CLK
ICE_SDA 18	ICE 数据脚, 接在线调试器 PROBE 的数据脚 ICE_SDA
PVIN 20	程序保密设定电源输入脚
PFUSE 29	程序保密设定输入脚
DAC1 21	音频输出通道 1
DAC2 22	音频输出通道 2
VREF2 23	2 V 参考电压输出脚
AGC 25	语音输入自动增益控制引脚
OPI 26	Microphone 第二级运放输入脚
MICOUT 27	Microphone 第一级运放输出脚
MICN 28	Microphone 正向输入脚
MICP 33	Microphone 负向输入脚
VRT 35	A/D 转换参考电压输入脚
VCM 34	ADC 参考电压输出脚
VMIC 37	Microphone 电源
SLEEP 63	睡眠状态指示, 当 CPU 进入睡眠状态时, 输出高电平
VCP 8	锁相环压控振荡器阻容输入端
XROMT PVPP XTEST (61. 69.14)	出厂测试用管脚, 使用时悬空即可
VDDH 51. 52. 75	I/O 电平参考电压输入端, 当输入参考电压为 5 V/3.3 V 时, I/O 输入、输出高电平为 5 V/3.3 V
VDD 7	锁相环 PLL 电源
VSS 9	锁相环 PLL 地
VSS 19. 24	模拟信号地
VSS 38. 49. 50. 62	数字信号地
VDD 15. 36	数字信号电源

2.1.4 最小应用系统

SPCE061A 单片机的最小应用系统构成非常方便, 只需在 OSCO、OSCI 端接石英晶体振荡器及谐振电容, 在复位端接复位电路, 在锁相环压控振荡器的阻容输入 VCP 端接上相应的电容、电阻后即可工作, 其它不用的电源端和接地端可接上 104 小电容或 100 μ F 的去耦电容, 以提高抗干扰能力, 如图 2.4 所示。

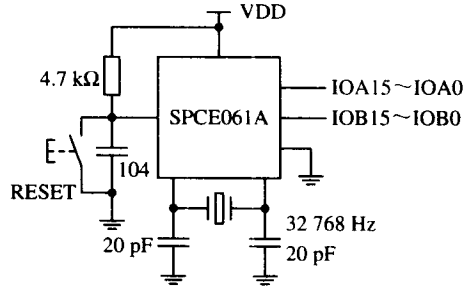


图 2.4 SPCE061A 最小系统原理图

2.1.5 开发应用方式

SPCE061A 单片机开发系统由 PC 机、在线调试器 PROBE 和用户目标板构成。在线调试器 PROBE 实现目标板与 PC 机之间的信息转换和传输，它既是一个编程器(完成程序烧写功能)，又是一个实时在线调试器，用它可以替代传统单片机应用项目开发过程中常用的两种工具——实时仿真器和程序烧写器。PROBE 是利用 SPCE061A 内置的在线仿真电路 ICE(In-Circuit Emulator)和凌阳公司的在线串行编程技术实现仿真和编程的。PROBE 工作于凌阳 IDE 集成开发环境下，其 5 芯仿真头连接到目标电路板上的 SPCE061A 相应管脚，直接在目标电路板的 SPCE061A 单片机上调试和运行用户程序，PROBE 的另一头是标准的 25 针并行接口，与计算机并行端口(打印机接口)相连，实现与上机通信。在 IDE 集成开发环境下，完成在线调试、下载功能(详见第 10 章“集成开发环境”)。图 2.5 是计算机、PROBE 和用户目标板三者之间的连接示意图。

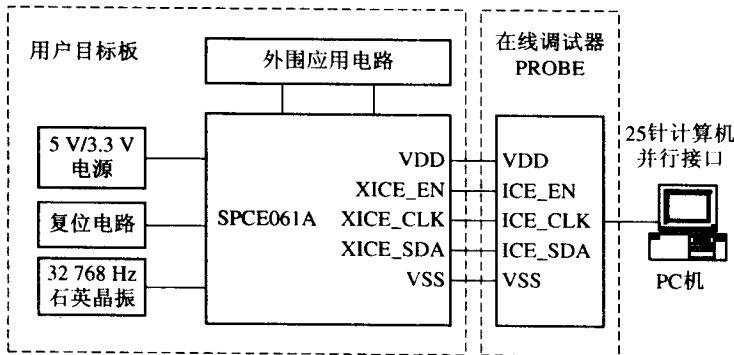
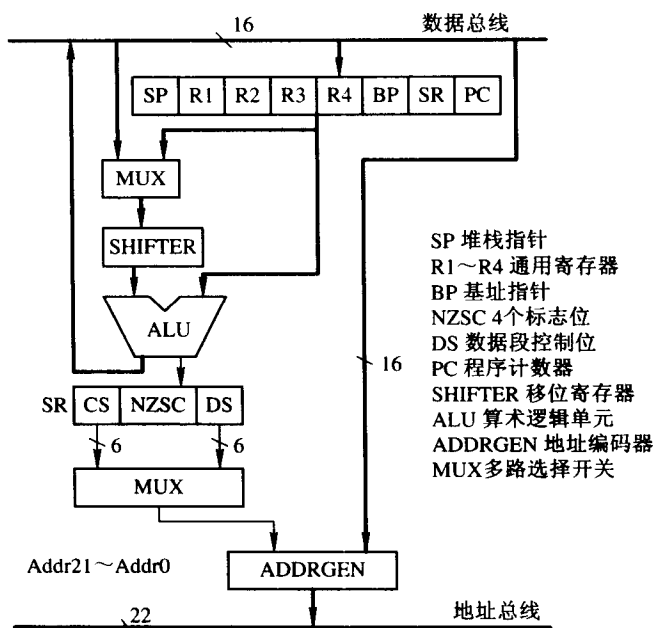


图 2.5 计算机、PROBE 和用户目标板连接示意图

2.2 $\mu'nSP^{TM}$ 内核结构

SPCE061A 单片机采用凌阳 $\mu'nSP^{TM}$ 内核，为了使读者对 SPCE061A 单片机有一个总体了解，首先我们对 $\mu'nSP^{TM}$ 内核结构作一简单介绍。

$\mu'nSP^{TM}$ 内核主要由总线、算术逻辑运算单元、寄存器组、中断系统及堆栈等部分组成，如图 2.6 所示。

图 2.6 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 内核结构示意图

2.2.1 算术逻辑运算单元

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的算术逻辑运算单元 ALU 能够完成 16 位基本的算术逻辑运算和带移位操作的 16 位算术逻辑运算以及用于数字信号处理的 16 位乘法运算、内积运算等。

1. 16 位算术逻辑运算

与大多数 CPU 类似， $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 提供了基本的 16 位算术逻辑运算及数据传送指令，如加、减、乘、比较、取补、异或、或、与、测试等。

2. 带移位操作的 16 位算术逻辑运算

由图 2.6 可以看出， $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 内核的 ALU 前面串接有一个移位寄存器 SHIFTER，也就是说，操作数在经过 ALU 运算操作前可先进行移位处理，然后再由 ALU 完成相应的运算操作。移位包括算术右移、逻辑左移、逻辑右移、循环左移及循环右移等，所以 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的指令系统里有一组复合的移位算术逻辑操作指令，即一条指令能够完成移位和算术逻辑操作两项功能，指令功能很强。程序设计者可利用这些复合指令编写出更精简的程序，进而增加程序代码密集度(Code Density)，减少程序代码对 ROM 或 FLASH 的需求，降低系统成本，提高执行效率。

3. 16 位 \times 16 位的乘法运算和内积运算

除了普通的 16 位算术逻辑运算指令外， $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 指令系统还提供了处理速度较高的 16 位 \times 16 位乘法运算指令(Mul)和内积运算指令(Muls)，这两种指令都可以用于两个有符号数或一个有符号数与一个无符号数的运算，Mul 指令只需花费 12 个时钟周期，Muls 指令需花费 $10n+8$ 个时钟周期，其中 n 为乘积求和的项数。