

高等学校通用教材

16位单片机 原理及应用

彭宣戈 主编

SHIJI 16WEI DANPIANJI
YUANLI JI YINGYONG



北京航空航天大学出版社

TP368.1

293

2006

高等学校通用教材

16 位单片机 原理及应用

彭宣戈 主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书共 11 章。第 1 章在叙述单片机发展概况的同时,介绍 16 位单片机 SPCE061A 的一些概况。第 2 章叙述 SPCE061A 的硬件结构及工作原理。第 3、4 章详细叙述指令系统和汇编程序设计方法。第 5 章介绍中断的基本知识和 SPCE061A 的中断系统及其应用。第 6 章介绍定时/计数器的结构与使用。第 7 章讲述并行输入/输出接口,并介绍键盘和显示器与 SPCE061A 的接口及应用。第 8 章讲的是串行通信技术的一般概念及 SPCE061A 串行口的使用方法。第 9 章介绍 A/D 和 D/A 转换技术。第 10 章介绍凌阳 16 位单片机所特有的语音播放、键控播放及语音识别技术和应用方法。第 11 章叙述单片机开发及应用技术。

本书内容全面、实用,通俗易懂,例题丰富,可读性强。可作为大学本科理工科学生以及中、高职等职业院校学生的教材,也可作为从事计算机应用工作的工程技术人员培训用书和自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

16 位单片机原理及应用/彭宣戈主编. — 北京:北京
航空航天大学出版社, 2006.9
ISBN 7-81077-884-6

I. 1… II. 彭… III. 单片微型计算机, SPCE061A
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 088065 号

16 位单片机原理及应用

彭宣戈 主编

责任编辑 宋淑娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:18.75 字数:420 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-884-6 定价:25.00 元

前言

“单片机原理与应用”是一门实用性很强的计算机课程,本书结合 SPCE061A 单片机全面介绍其结构原理和应用技术,旨在编成一本通俗易懂、条理性强、突出实用性的教材。为此,本书强调以能力为本位,从课程的前后衔接要求来安排章节内容,而不从计算机学科体系来安排教学内容。

本书共 11 章。第 1 章在叙述单片机发展概况的同时,介绍 SPCE061A 单片机的一些基本知识。第 2 章叙述 SPCE061A 的硬件结构及工作原理。第 3、4 章详细叙述指令系统和汇编程序设计方法。第 5 章介绍中断的基本知识和 SPCE061A 的中断系统及其应用。第 6 章介绍定时/计数器的结构与使用。第 7 章讲述并行输入/输出接口,并介绍键盘和显示器与 SPCE061A 单片机的接口及应用。第 8 章讲的是串行通信技术的一般概念及 SPCE061A 串行口的使用方法。第 9 章介绍 A/D 和 D/A 转换技术。第 10 章介绍凌阳单片机所特有的语音播放、键控播放及语音识别技术和应用方法。第 11 章叙述单片机开发及应用技术。

本书的编写力求循序渐进、清晰易懂。各章、节内容相互贯通,以学生能接受的方式讲述各种基本概念、基本理论及应用方法。书中列有大量例题,各章末还附有习题,附录中给出 SPCE061A 的指令周期表、编译相关错误信息以及端口地址表。书中提供了实用的电路和程序,帮助读者获得在检测和控制方面开展单片机应用的基本能力,以便读者根据实例举一反三,很快掌握单片机应用系统的开发技术。为了便于教学和自学,在本书编写时,注意理论和实践相结合,力求做到既有一定的理论基础,又能运用理论知识解决实际问题;既掌握一定的先进技术,又着眼于为当前的应用服务。

特别要指出的是,SPCE061A 单片机兼有 DSP 功能以及特有的语音处理功能。由于语音方面的理论知识太多太深,因此在第 10 章着重于语音播放的实用技术。

本书由井冈山学院及华东交通大学老师合作编写,其中井冈山学院的彭宣戈教授任主编,朱兵、张军为副主编,第 1 章由周旭艳编写,第 2 章由黄春英编写,第 3 章由王秋云编写,第 4 章由邹杰慧编写,第 5 章由张军编写,第 6、10 章及附录 B 由朱兵编写,第 7、8、9 章及附录 C 由彭宣戈编写,第 11 章和附录 A 由华东交通大学陈忠斌编写,全书由彭宣戈和朱兵负责统编。

本书在编写过程中参考了国内有关书籍资料,在此谨向有关作者表示感谢。

限于作者的水平,书中难免存在错误及不足之处,恳请读者给予指正。

编者

2006 年 5 月

目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 单片机的发展概况	1
1.1.1 单片机的基本概念	1
1.1.2 单片机的发展史	1
1.1.3 单片机的发展趋势	3
1.2 单片机的分类	4
1.3 凌阳 16 位单片机 SPCE061A 简介	5
1.3.1 SPCE061A 简介	5
1.3.2 SPCE061A 性能	6
1.3.3 SPCE061A 结构概览	7
1.4 SPCE061A 的最小系统	7
习 题	8
第 2 章 SPCE061A 硬件结构及工作原理	9
2.1 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的内部结构	9
2.1.1 算术逻辑运算单元(ALU)	10
2.1.2 寄存器组	10
2.1.3 数据总线和地址总线	12
2.2 SPCE061A 片内存储器结构	12
2.2.1 SRAM	13
2.2.2 堆 栈	13
2.2.3 闪存(FLASH)	13
2.3 SPCE061A 的时钟	15
2.3.1 SPCE061A 的时钟电路	15
2.3.2 PLL 锁相环振荡器	15
2.3.3 CPU 时钟	16
2.3.4 时间基准信号	17
2.4 监视定时器(看门狗 WatchDog)	19

2.5 SPCE061A 的引脚和说明	19
习 题	22
第 3 章 SPCE061A 指令系统	23
3.1 指令系统概述	23
3.1.1 汇编语言指令格式	23
3.1.2 SPCE061A 指令分类	24
3.1.3 寻址方式	25
3.1.4 SPCE061A 指令系统的符号及约定	27
3.2 数据传送类指令	28
3.3 算术运算类指令	31
3.3.1 不带进位的加法运算指令	32
3.3.2 不带进位的减法运算指令	34
3.3.3 带进位的加减运算指令	36
3.3.4 乘法指令	37
3.3.5 n 项内积运算指令	38
3.3.6 比较运算指令	39
3.4 逻辑运算指令	41
3.4.1 逻辑“与”指令	41
3.4.2 逻辑“或”指令	43
3.4.3 逻辑“异或”指令	44
3.4.4 测试(TEST)指令	46
3.4.5 移位操作指令	48
3.5 控制转移指令	49
3.6 其他指令	54
习 题	55
第 4 章 SPCE061A 汇编程序设计	57
4.1 伪指令	57
4.1.1 伪指令的语法格式及特点	57
4.1.2 伪指令符号约定	57
4.1.3 标准伪指令	57
4.1.4 伪指令的应用举例	67
4.2 SPCE061A 程序设计举例	72

4.2.1 简单程序设计	72
4.2.2 分支程序设计	77
4.2.3 循环程序设计	80
4.2.4 子程序设计	82
4.3 汇编语言程序调试	86
习 题	89
第 5 章 中断系统	91
5.1 中断的概述	91
5.2 SPCE061A 中断系统	92
5.2.1 中断源的中断请求方式	93
5.2.2 中断控制	96
5.2.3 中断响应	100
5.2.4 中断服务流程	101
5.3 中断系统的应用	102
5.3.1 单中断源的应用	103
5.3.2 多中断源的应用	109
习 题	117
第 6 章 SPCE061A 的定时/计数器及其应用	119
6.1 定时/计数器的结构与工作原理	119
6.1.1 定时/计数器结构	119
6.1.2 定时/计数器的控制寄存器 and 数据寄存器	122
6.1.3 PWM	126
6.2 定时/计数器的初始化以及计数初值的计算方法	127
6.2.1 初始化步骤	128
6.2.2 计数初值的计算	128
6.2.3 定时器初始化程序举例	129
6.3 定时器综合应用举例	130
习 题	134
第 7 章 SPCE061A 并行 I/O 口及其应用	135
7.1 并行 I/O 口结构	135
7.1.1 并行 I/O 口的工作方式	136

7.1.2 并行 I/O 口的组合控制	136
7.1.3 应用举例	141
7.2 键盘及 LED 数码管接口	146
7.2.1 键盘接口	146
7.2.2 LED 显示器接口	148
习 题	154
第 8 章 串行通信	155
8.1 串行通信基础知识	155
8.1.1 两种通信方式	155
8.1.2 异步串行通信和同步串行通信	155
8.1.3 波特率及时钟频率	156
8.1.4 串行通信操作模式	157
8.1.5 串行通信的校验	158
8.1.6 常用总线	158
8.2 SPCE061A 串行设备输入输出端口 SIO	160
8.2.1 SPCE061A 串行输入输出端口 SIO 的结构	160
8.2.2 SPCE061A 串行输入输出端口 SIO 的寄存器	161
8.2.3 串行口工作过程	163
8.2.4 应用举例	164
8.3 SPCE061A 通用异步串行接口 UART	165
8.3.1 SPCE061A 通用异步串行接口 UART 的结构	165
8.3.2 SPCE061A 通用异步串行接口 UART 的寄存器	166
8.3.3 应用举例	169
习 题	175
第 9 章 SPCE061A 的 D/A 与 A/D 转换	176
9.1 D/A 与 A/D 基本概念	176
9.2 D/A 转换	177
9.2.1 D/A 转换原理	177
9.2.2 D/A 转换的主要性能指标	179
9.2.3 SPCE061A 的 DAC 结构和工作原理	179
9.2.4 SPCE061A 的 DAC 应用	182
9.2.5 D/A 转换程序举例	182

9.3 A/D 转换.....	185
9.3.1 A/D 转换原理.....	185
9.3.2 SPCE061A 的 ADC 结构和工作原理	185
9.3.3 SPCE061A 的 ADC 应用	190
9.3.4 A/D 转换程序举例.....	192
习 题.....	195
第 10 章 音频压缩算法 SACM_A2000	196
10.1 SACM_A2000 音频压缩算法	196
10.1.1 SACM_A2000 算法简介	196
10.1.2 SACM_A2000 常用 API 函数	196
10.1.3 自动播放与手动播放的区别.....	202
10.1.4 语音压缩.....	204
10.1.5 自动播放方式.....	207
10.1.6 手动播放方式.....	216
10.2 键控放音.....	218
10.2.1 键盘 API 函数	219
10.2.2 键控播放应用.....	220
10.3 语音识别.....	223
10.3.1 语音识别 API 函数	223
10.3.2 语音识别应用举例.....	225
习 题.....	232
第 11 章 SPCE061A 单片机应用及开发技术	233
11.1 SPCE061A 的应用领域.....	233
11.1.1 用于数字信号处理.....	233
11.1.2 用于开发研制便携式移动终端.....	234
11.1.3 用于开发嵌入式计算机应用系统.....	234
11.2 单片机应用系统的设计过程	235
11.3 SPCE061A 的开发方式	235
11.4 SPCE061A 单片机的应用举例	237
11.4.1 单片机报时及作息时间控制电子钟.....	237
11.4.2 热敏电阻温度计.....	247
11.5 单片机控制步进电机接口技术	249

11.5.1 步进电机的功能	250
11.5.2 步进电机的工作原理.....	250
11.5.3 单片机控制步进电机系统.....	251
11.5.4 步进电机驱动程序设计.....	253
11.6 CRC 校验程序	259
11.6.1 CRC 简介	259
11.6.2 CRC 原理	259
习 题.....	262
附录 A SPCE061A 的指令周期表	263
附录 B $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 编译相关错误信息	274
附录 C 端口地址速查表	283
参考文献.....	285

第 1 章 概 述

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来,以其极高的性能价格比,受到人们的重视和关注,发展很快,应用很广。单片机体积小、质量轻、抗干扰能力强、对环境要求不高、可靠性好、易于开发、价格低廉。由于上述优点,单片机已被广泛应用于工业自动化控制、自动检测、智能仪器仪表、家用电器、电力电子和机电一体化设备等各个方面。本章在学习单片机的基本概念和了解发展概况之后,简单介绍 SPCE061A 单片机的性能和最小系统。

1.1 单片机的发展概况

1.1.1 单片机的基本概念

一个最基本的微型计算机通常由以下几部分组成:

- ◆ 微处理器(CPU) 包括 ALU、控制器和寄存器组;
- ◆ 存储器 包括 ROM 和 RAM;
- ◆ 输入/输出(I/O)接口 与外部输入/输出设备连接。

随着超大规模集成电路的发展和计算机微型化的需要,将微处理器(CPU)、存储器(ROM 和 RAM)和输入/输出接口(并行 I/O 口、串行口)、定时器/计数器、A/D 转换器以及脉宽调制器 PWM 等,集中在一块集成电路芯片上,称为单片微型计算机(简称单片机),它具有一台计算机的属性。

单片机主要应用于测控领域,用以实现各种测试和控制功能。为了强调其控制属性,在国际上,多把单片机称为微控制器 MCU(MicroController Unit);由于单片机在使用时,通常是处于测控系统的核心地位并被嵌入其中,所以,通常也把单片机称为嵌入式控制器 EMCU(Embedded MicroController Unit)。而在我国,大部分工程技术人员则比较习惯于使用“单片机”这一名称。

1.1.2 单片机的发展史

单片机根据其基本操作处理的位数可分为:1 位单片机、4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机和 32 位单片机。

继 1971 年微处理器研制成功不久就出现了单片机,但最早的单片机是 1 位的。

单片机的发展可分为以下四个阶段。

1. 第一阶段

这一阶段的目的是探索单片形态计算机的体系结构。起初,单片机采用双片的形式,而且功能比较简单。例如,仙童公司生产的 F8 单片机,实际上只包括了 8 位 CPU、64 B RAM 和 2 个并行口。因此,还需加 1 块 3851(由 1 KB 的 ROM、定时器/计数器和 2 个并行 I/O 口构成)才能组成 1 台完整的计算机。在计算机单芯片集成体系结构的探索中有以下两种模式。

① 通用 CPU 模式。采用通用 CPU 和通用外围单片电路的集成方式。这种方式以 MOTOROLA 的 MC6801 为代表。

② 专用 CPU 模式。采用专门为嵌入式系统要求设计的 CPU 与外围电路集成的方式。这种专用方式以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,其 CPU、存储器、定时器/计数器、中断系统、I/O 口、时钟以及指令系统都是按嵌入式系统要求专门设计的。

2. 第二阶段

这一阶段的任务是完善单片机的体系结构,充分体现嵌入式应用的特点。典型代表是 Intel 公司的由 MCS-48 迅速过渡的 MCS-51 单片机。MCS-51 是完全按照嵌入式应用而设计的单片机,在以下几个重要技术方面完善了单片机的体系结构。

- ① 面向对象、突出控制功能、满足嵌入式应用的专用 CPU 及外围电路体系结构。
- ② 寻址范围规范为 16 位和 8 位的寻址空间。
- ③ 规范的总线结构。有 8 位数据总线、16 位地址总线以及多功能的异步串行接口 UART(移位寄存器方式、串行通信方式以及多机通信方式)。
- ④ 特殊功能寄存器(SFR)的集中管理模式。
- ⑤ 设置位地址空间,提供位寻址及位操作功能。
- ⑥ 指令系统突出控制功能。

MCS-51 单片机的完善,奠定了它在单片机领域的经典地位。形成了事实上的单片机标准结构。时至今日,许多半导体厂家以 MCS-51 中的 8051 为核心,发展出许多新一代的 80C51 单片机系列,并一直有着旺盛的生命力。

3. 第三阶段

这一阶段是微处理器的形成阶段。面对测控对象,不仅要求单片机具有完善的计算机体系结构,还要求有许多面对测控对象的接口电路,这一阶段单片机的主要技术发展方向是满足测控对象要求的外围电路的增强,从而形成了不同于 Single chip Microcomputer(这是国际上对单片机的标准称呼)特点的微控制器 MCU。这阶段的代表系列为 80C51 系列。

在这阶段,微控制器技术发展的主要方面有:

- ① 外围功能集成。片内集成了满足模拟量输入的 ADC,满足伺服驱动的 PWM,满足高

速 I/O 控制的高速 I/O 口以及保证程序可靠运行的程序监视定时器 WDT。

② 出现了为满足串行外围扩展要求的串行扩展总线及接口,如 SPI, I²C, BUS 等。

③ 出现了为满足分布式系统、突出控制功能的现场总线接口,如 CAN BUS 等。

④ 在程序存储器方面迅速引进 OTP 供应状态,为单片机单片应用创造了良好的条件,随后 FLASH ROM 的推广,为最终取消外部程序存储器扩展奠定了良好的基础。

4. 第四阶段

这一阶段是 16 位单片机、32 位单片机的推出阶段。此阶段的主要特征是:一方面发展 16 位单片机、32 位单片机及专用型单片机;另一方面不断完善高档 8 位单片机,改善其结构,用以满足不同用户的需要。

16 位单片机的典型产品如 Intel 公司生产的 MCS-96 系列单片机,其集成度达 120 000 管子/片,主频为 12 MHz,片内 RAM 为 232 B,ROM 为 8 KB,中断处理为 8 级,而且片内带有多通道 10 位 A/D 转换器和高速 I/O 部件(HSI/HSO),实时处理的能力很强。台湾凌阳公司 2001 年推出的 SPCE061A 单片机,CPU 时钟为 0.32~49.152 MHz,内置 2 K 字 SRAM 和 32 K 字 FLASH,可编程音频处理,2 个 10 位 DAC 输出通道,32 位通用可编程 I/O 端口,14 个中断源,7 通道 10 位 ADC 和单通道声音 ADC,具有 WatchDog 功能。

32 位单片机除了具有更高的集成度外,数据处理速度比 16 位单片机提高许多,性能比 8 位、16 位单片机更加优越。

1.1.3 单片机的发展趋势

从各种新型单片机的性能可以看出,单片机正朝着多层次、多品种、多规格、高性能方向发展,各个公司将根据市场需要不失时机地研制并推出各种优秀的单片机。

1. 高档单片机性能不断提高

在实时控制系统、军工产品和一些高级家用电器等领域中,需要高性能单片机,主要表现在如下几个方面。

(1) CPU 功能加强

CPU 的能力主要体现在数据处理速度和精度的提高上。一般通过增加 CPU 字节、扩充硬件、提高总线速度、扩充指令系统和提高效率来实现。

(2) 内部资源增加

单片机内部除 CPU 外还包括各种类型的存储器、I/O 等部件。高档单片机存储器种类多、容量大,一般作为程序存储器的 ROM, EPROM, E²PROM 或 FLASH 达几十 KB,作为数据存储器的 RAM 达几 KB。I/O 包括并行口、串行口、串行扩展口、定时/计数器(具有定时输出、捕捉输入和监视器等功能)。有的还配置了 A/D 转换器、脉宽调制输出 PWM、正弦波发

生器、CRT 控制器、LED 和 LCD 驱动器等。

(3) 寻址范围增大

一些高性能单片机对外部存储器、I/O 口的寻址范围高达几兆字节,有的单片机还可以选择某些 I/O 口作为系统的扩展总线使用。

2. 小型、低耗、廉价

简单的家用电器、智能玩具、仪器仪表、智能 IC 卡等对功能要求并不高,因而在体积、价格和功耗上具有明显优势且市场需求量特大的兼容产品,有着广阔的应用前景。HCMOS 工艺出现后,HCMOS 器件得到了飞速的发展。目前,单片机正朝着全盘 CMOS 化方向发展,单片机 CMOS 化生产出的低耗能、廉价产品给单片机技术发展带来广阔的天地。

3. 单片机化

1992 年美国推出的 i80860 超级单片机轰动了整个计算机界。它的运算速度达 1.2 亿次/秒,可进行 32 位整数运算、64 位浮点运算,同时片内具有一个三维图形处理器,可构成超级图形工作点。这个成功的尝试使得巨型机单片机化成为现实。

1.2 单片机的分类

1. 按用途分类

单片机按用途可分为通用型和专用型两大类。

(1) 通用型单片机

通用型单片机具有比较丰富的内部资源,如 ROM, RAM, I/O 等全部提供给用户。用户可以根据实际需要,充分利用单片机的内部资源,设计一个以通用单片机芯片为核心、再配以外部接口电路及其他外围设备的各种测控系统。本书所介绍的单片机就是指通用型单片机。

(2) 专用单片机

专用单片机是专门针对某些产品特定用途而制作的单片机。例如,打印机、家用电器以及各种通信设备中的专用单片机等。单片机芯片制造商常与产品厂家合作,设计和生产针对性强、用量巨大的单片机芯片。在设计中,已经对系统结构的最简化、可靠性和成本的最佳化等方面做了全面的考虑。但是,无论专用单片机在用途上有多么“专”,其基本结构和工作原理都是以通用单片机为基础的。

2. 按存储结构分类

单片机按存储结构可分为二类:一类是哈佛结构,另一类是普林斯顿结构。

(1) 哈佛结构

所谓哈佛结构是指程序存储器地址空间与数据存储器地址空间分开的单片机结构,如 MCS-51 单片机采用哈佛结构,其程序存储器地址空间与数据存储器地址空间是分开的,各有 64 KB 存储空间。

(2) 普林斯顿结构

所谓普林斯顿结构是指程序存储器地址空间和数据空间与数据存储器地址空间合并的单片机结构,如 SPCE061A 单片机采用普林斯顿结构,其程序存储器地址空间和数据空间与数据存储器地址空间是合并的,共有 64KB 存储空间。

1.3 凌阳 16 位单片机 SPCE061A 简介

1.3.1 SPCE061A 简介

随着单片机功能集成化的发展,其应用领域也逐渐由传统控制扩展为控制处理、数据处理以及数字信号处理 DSP(Digital Signal Processing)等领域。凌阳的 16 位单片机就是为适应这种发展而设计的。它的 CPU 内核采用凌阳最新推出的 $\mu'nSP^{TM}$ (Microcontroller and Signal Processor) 16 位微处理器芯片(以下简称 $\mu'nSP^{TM}$)。围绕 $\mu'nSP^{TM}$ 所形成的 16 位 $\mu'nSP^{TM}$ 系列单片机(以下简称 $\mu'nSP^{TM}$ 家族)采用的是模块式集成结构,它以 $\mu'nSP^{TM}$ 内核为中心集成了不同规模的 ROM, RAM 和功能丰富的各种外设接口部件,如图 1-1 所示。

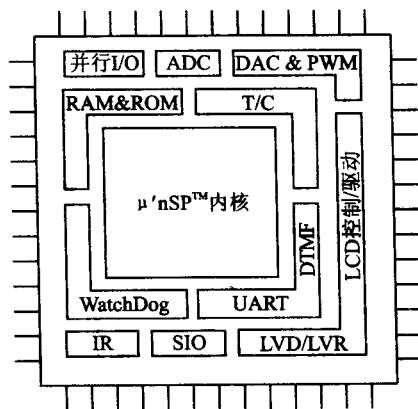


图 1-1 $\mu'nSP^{TM}$ 家族的模块式结构

$\mu'nSP^{TM}$ 内核是一个通用的核结构。除此之外的其他功能模块均为可选结构,亦即这种结构可大可小,某些功能模块可有可无。借助这种通用结构附加可选结构的积木式的构成,便

可形成各种不同系列派生产品,以适合不同的应用场合。这样做无疑会使每一种派生产品具有更强的功能和更低的成本。

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 位微控制器。与 SPCE500A 不同的是,在存储器资源方面考虑到用户对较少资源的需求以及便于程序调试等要求,SPCE061A 里只内嵌 32 K 字的闪存(FLASH)。较高的处理速度使 $\mu'nSP^{TM}$ 能够非常容易地而快速地处理复杂的数字信号。因此,与 SPCE500A 相比,以 $\mu'nSP^{TM}$ 为核心的 SPCE061A 微控制器是适用于开发数字语音识别应用领域产品的一种最经济的选择。

1.3.2 SPCE061A 性能

SPCE061A 微控制器的性能特点是:

- ◆ 16 位 $\mu'nSP^{TM}$ 微处理器;
- ◆ 工作电压(CPU) V_{DD} 为 2.4~3.6 V,(I/O) V_{DDH} 为 2.4~5.5 V;
- ◆ CPU 时钟为 0.32~49.152 MHz;
- ◆ 内置 2 K 字 SRAM;
- ◆ 内置 32 K 字 FLASH;
- ◆ 可编程音频处理;
- ◆ 晶体振荡器;
- ◆ 系统处于备用状态(时钟处于停止状态)时,耗电仅为 2 $\mu A@3.6 V$;
- ◆ 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(数模转换器)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(2.4 Kbps),能容纳 210 s 的语音数据;
- ◆ 锁相环 PLL 振荡器提供系统时钟信号;
- ◆ 32 768 Hz 实时时钟;
- ◆ 7 通道 10 位电压 ADC(模数转换器)和单通道声音 ADC;
- ◆ 声音 ADC 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。

1.3.3 SPCE061A 结构概览

SPCE061A 的结构如图 1-2 所示。

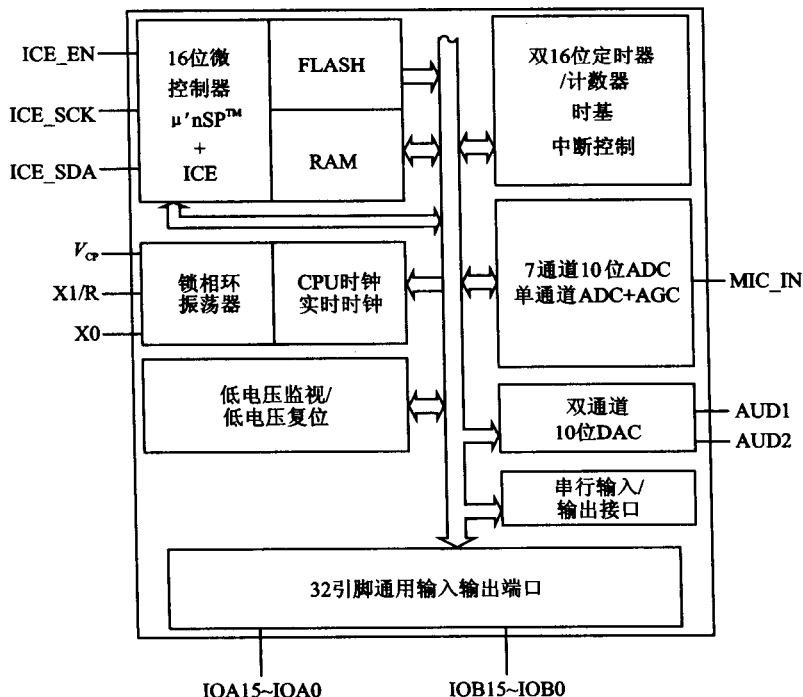


图 1-2 SPCE061A 的结构

1.4 SPCE061A 的最小系统

SPCE061A 的最小系统接线如图 1-3 所示,在 OSC0 和 OSC1 端接上晶振及谐振电容,然后在 V_{COIN} 端接上相应的电容和电阻后即可工作。在其他不用的 V_{DD} 电源端和 GND 端接上 $0.1 \mu\text{F}$ 的去藕电容用来提高抗干扰能力。