

普通高等教育“十一五”规划教材

16 位单片机原理及应用

(凌阳系列)

杜 刚 主编



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

普通高等教育“十一五”规划教材

TP368.1

320

2007

16 位单片机原理及应用

杜刚 主编

袁文菊 陈海明 钟伟 金志伟 弭寒光 编著



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

内容提要

本书综合作者多年的教学实践经验,系统介绍凌阳 16 位单片机 (SPCE061A) 原理及实用技术,主要讲述该单片机的内部结构、指令系统、开发工具、语音控制及单片机常用接口电路的原理和系统设计的基本方法,每章都给出了大量的实例和习题,以加深对理论的理解和运用。

本书内容循序渐进、通俗易懂、系统完整、实用性强,适合作为高等院校电子、自动化、通信、测控等专业的教材或教学参考书,也可作为全国大学生电子设计竞赛的培训教程和电子科技活动的参考资料,还非常适合广大单片机爱好者自学使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

16 位单片机原理及应用 / 杜刚主编. —北京: 中国电力出版社, 2007.1

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-4691-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 150353 号

丛 书 名: 普通高等教育“十一五”规划教材

书 名: 16 位单片机原理及应用

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) 68362602

传 真: (010) 68316497, 88383619

本书如有印装质量问题, 我社负责退换

服务电话: (010) 88515918 (总机)

传 真: (010) 88518169

E-mail: infopower@cepp.com.cn

印 刷: 汇鑫印务有限公司

开本尺寸: 185×260

印 张: 21.75

字 数: 536 千字

书 号: ISBN 978-7-5083-4691-5

版 次: 2007 年 1 月北京第 1 版

印 次: 2007 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 0001—4000 册

定 价: 29.80 元

版权所有, 翻印必究

前 言

SPCE061A 是台湾凌阳公司 2001 年推出的新一代 16 位单片机, 具有速度快、价格低、体积小、功耗低、可靠实用、简单易学等特点。该单片机采用现代电子技术——SoC (System on Chip) 设计而成, 其内部集成有 ADC、DAC、PLL、AGC、DTMF 和 LCD DRIVER 等电路。它采用精简指令集 (RISC), 指令周期以 CPU 时钟数为单位。另外, 凌阳 16 位单片机兼有 DSP 芯片的功能, 内置 16 位硬件乘法器和加法器, 并配有 DSP 拥有的特殊指令, 大大加快了各种演算法的运行速度。近几年, 凌阳单片机技术的应用日益广泛, 特别是在我国高校单片机教学中得到了迅速普及, 本教材的编写正可以满足高校 16 位单片机教学的迫切需求。

本书的编写思路综合了作者多年的教学实践经验, 内容精挑细选, 充分体现了当今单片机技术的最新发展。章节顺序安排符合教学规律, 内容由浅入深、循序渐进; 编写过程注重激发读者兴趣、知识和技能并举; 全书难点分散、系统完整、适合于自学和教学使用; 本书从实用的角度出发, 强调学用结合、理论与实践无缝链接; 书中范例丰富, 每章均配有小结和适量习题, 便于读者学习巩固。

本书共分为 10 章 (括号中给出的是本书作为教材使用时, 各章的建议学时数)。

第 1 章为 SPCE061A 单片机简介, 介绍凌阳 16 位单片机的性能特点、分类、开发工具和应用领域。(2 学时)

第 2 章为 SPCE061A 单片机基本硬件结构的详细描述, 重点介绍 μ^n SPTM 的内核结构、片内存储器结构、I/O 接口和看门狗计数器的功能和使用方法。(4 学时)

第 3 章为 SPCE061A 单片机指令系统, 介绍 SPCE061A 单片机的指令集、寻址方式、伪指令等。(4 学时)

第 4 章为程序设计, 介绍如何进行程序设计, 详细描述了编程方法、步骤以及 C 语言与汇编语言混合使用的方法, 并配有大量实例。(4 学时)

第 5 章为 IDE 集成开发环境, 针对凌阳最新的集成开发环境 IDE 2.0.0, 介绍了 IDE 2.0.0 的使用方法, 以及在开发环境中如何建立工程、在线编程和软硬件仿真等。(2 学时)

第 6 章为时钟与定时/计数器, 介绍实时时钟电路和设计时钟电路时需要注意的事项, 给出了系统时钟、时间基准信号的概念, 并详细描述了定时/计数器的功能和应用。(4 学时)

第 7 章为 SPCE061A 单片机的中断系统, 介绍了 SPCE061A 单片机丰富的中断源和中断使用方法, 并给出了大量的实例。(4 学时)

第 8 章为 SPCE061A 单片机的其他片内资源, 介绍了 SPCE061A 的串行通信、ADC 和 DAC、低电压监测/复位、睡眠与唤醒和保密设定等原理和运用。(4 学时)

第 9 章为 SPCE061A 单片机音频概述, 介绍了凌阳独具特色、自成体系的凌阳音频, 并配有大量的实例。(4 学时)

第 10 章为 SPCE061A 单片机接口电路与设计。通过凌阳开发的一些典型电路模组, 从人机交互、机电控制、传感器测量和高速通信等多个方面, 介绍 SPCE061A 单片机的一些典型的

接口电路的原理与应用。最后给出了一个较为综合的应用示例。(4学时)

另外,读者一定要注重理论与实践相结合,在各章的学习中要完成相关内容的实验。实验可以根据具体情况,在凌阳的实验箱、实验仪或 61 板上完成,凌阳都在其上设计了相关的实验题目并配有实验指导书。

本书由中国地质大学(北京)杜刚副教授主编,第1章、第2章由袁文菊编写,第3章、第4章、第6章、第10章由杜刚编写,第5章由金志伟编写,第7章由陈海明编写,第8章由弥寒光编写,第9章由钟伟编写。本书在编写过程还得到了北京北阳电子有限公司袁军、王涛、刘学等工程师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

2006年12月

目 录

前 言

第 1 章 SPCE061A 单片机简介	1
1.1 单片机的发展	1
1.2 凌阳系列单片机简介	1
1.3 SPCE061A 简介	3
1.4 本章小结	11
习题	11
第 2 章 SPCE061A 单片机硬件结构	12
2.1 μ^n SP TM 的内核结构	12
2.2 SPCE061A 片内存储器结构	16
2.3 SPCE061A 输入/输出接口	20
2.4 看门狗计数器	28
2.5 本章小结	30
习题	31
第 3 章 指令系统	32
3.1 指令系统的概述及符号约定	32
3.2 寻址方式	33
3.3 SPCE061A 指令系统	35
3.4 伪指令	50
3.5 宏定义与调用	61
3.6 本章小结	65
习题	65
第 4 章 程序设计	67
4.1 汇编语言程序设计	67
4.2 C 语言程序设计	80
4.3 C 语言和汇编语言混合编程	82
4.4 应用程序设计	92
4.5 本章小结	99
习题	99
第 5 章 集成开发环境 IDE	101
5.1 安装 IDE 2.0.0	101
5.2 菜单	105
5.3 工具栏	108
5.4 窗口	111
5.5 项目	124
5.6 代码剖析器 (Profiler) 的使用及功能	132
5.7 实例	134
5.8 本章小结	137

习题	137
第6章 时钟与定时/计数器	138
6.1 时钟电路	138
6.2 PLL 锁相环 (Phase Lock Loop)	138
6.3 系统时钟	139
6.4 时间基准信号	143
6.5 定时/计数器	145
6.6 本章小结	156
习题	156
第7章 中断系统	157
7.1 中断概述	157
7.2 SPCE061A 中断系统	158
7.3 中断服务函数的设计	167
7.4 本章小结	191
习题	191
第8章 SPCE061A 的其他片内资源	193
8.1 串行通信	193
8.2 模拟数字转换器 ADC	208
8.3 DAC 方式音频输出	218
8.4 低电压监测/低电压复位 (LVD/LVR)	221
8.5 睡眠与唤醒	223
8.6 保密设定	226
8.7 本章小结	226
习题	227
第9章 凌阳语音技术	228
9.1 背景	228
9.2 凌阳音频简介	233
9.3 常用应用程序接口 API 及其应用	235
9.4 语音压缩方法	261
9.5 键控录音程序的设计	264
9.6 语音识别	270
9.7 本章小结	280
习题	283
第10章 SPCE061A 单片机接口电路与设计	284
10.1 $\mu'nSP^{TM}$ 的应用领域	284
10.2 61 板——SPCE061A 的精简开发系统	286
10.3 61 板的配套模组	295
10.4 综合应用举例——音控小车	317
10.5 本章小结	325
习题	326
附录 A C-Lib 中的函数集	327
附录 B $\mu'nSP^{TM}$ 汇编器伪指令集	337
附录 C 端口速查表	339
参考文献	341

第 1 章 SPCE061A 单片机简介

1.1 单片机的发展

单片机又称单片微控制器，它不是完成某一个逻辑功能的芯片，而是把一个计算机系统集成到一个芯片上。它有自己的中央处理单元 CPU、寄存器、存储器（RAM 和 ROM）、定时/计数器和多种标准 I/O 口等必备的硬件资源。概括地说，这块芯片就相当于一台有一定规模的、功能独特的微型计算机，只是它的集成度高、体积小、质量轻、价格便宜。

单片机的发展历史并不长，从 1975 年美国 TI 公司发表 TMS1000 系列 4 位单片机开始，在短短的 30 年内，单片机的种类就发展到了几百种。从 8 位到 16 位，再到 32 位，集成度越来越高，功能也越来越强。

单片机可大致分为专用和通用两类。一种是针对专门用途的芯片，即专用单片机，如 TI 公司 TMS320 系列的 DSP 专用信号处理的单片机。它们以指令执行周期短、运算速度快、精度高而被广泛用于数字信号实时处理中。另外一种是当前流行的通用单片机。主要有 8 位的 MCS-51 系列、16 位的 MCS-96 系列以及本书介绍的 16 位 SPCE061A 单片机和 32 位的 AT91 系列的 ARM 微型控制器。另外，在这些系列之上还扩展衍生了很多其他类型，比如 51 系列升级版本的单片机：AVR 系列单片机。虽然单片机的种类繁多，但是其功能设计等方面是基本一致的，只是片内资源和扩展资源不一样而已。

作为微型机发展中的一个分支，单片机以其规模不大、功能较全的优点，已经渗透到各个领域：导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制、计算机的网络通信与数据传输、工业自动化过程的实时控制和数据处理、手机控制、程控玩具以及电子宠物等。因此，单片机的学习、开发与应用能造就一批计算机应用与智能化控制的科学家和工程师。

1.2 凌阳系列单片机简介

1.2.1 凌阳单片机家族

凌阳科技公司（Sunplus Technology Co., Ltd.）是全球知名的芯片设计公司，在单片微处理器上，发展了从 8 位系列微控制器到 $\mu'nSP^TM$ 系列 16 位微控制器和 32 位微控制器的核心技术。同时，形成了完整的 IC 产品线，应用在电子词典、计算机外围设备，智能家电控制器、数码相机、VCD 和 DVD 播放器等产品领域，在日常生活中无所不在。另外，随着单片机功能集成化的发展，其应用领域也逐渐地由传统的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 16 位单片机就是为适应这种发展而设计的。其主要产品有：带语音功能的 SPCE 通用单片机系列，工业级控制型的 SPMC 通用单片机系列，

应用于视频游戏类产品的 SPG 系列单片机，带有 LCD 显示驱动的 SPL16 系列单片机，专用于通信产品的 SPT 系列单片机，应用于高档电子乐器、和弦发声的 SPF 系列单片机等。其家族如图 1-1 所示。

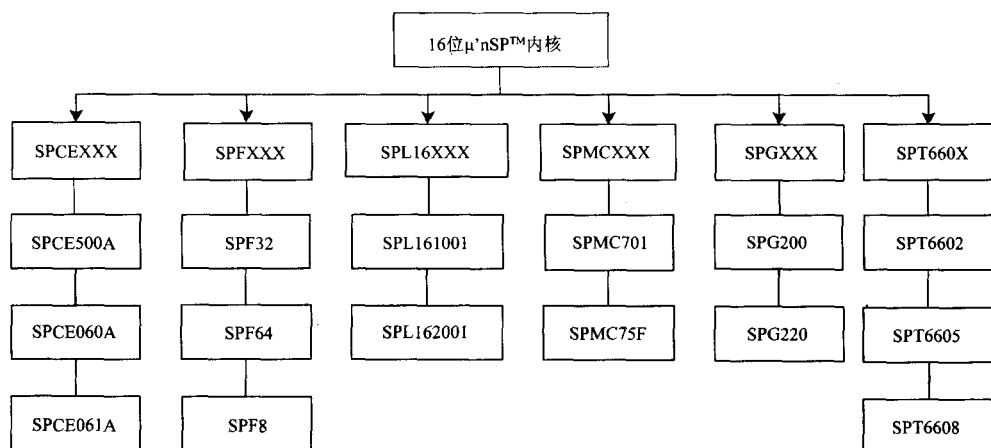


图 1-1 凌阳 16 位单片机家族图

凌阳 8 位系列单片机产品的主要类别有：带 LCD 驱动的 SOC 芯片、多媒体应用芯片、语音芯片、通用单片机等。其中，SPMC65 系列和 SPMC75F 系列单片机是新推出的产品，下面分别介绍这两个系列的单片机。

SPMC65 系列是一个 8 位工业级通用型单片机，广泛应用于家用电器、工业控制、仪器仪表等控制领域。它采用 8 位 SPMC65 CPU 内核，并围绕这个内核集成不同的片内资源，形成了从低档到高档的一系列产品。尤其为其应用领域做了具有针对性的增强设计。如，加强 I/O 端口以提高 I/O 端口的驱动能力和抗干扰能力，采用增强的复位系统以提高系统的可靠性，提供可靠而完整的 CCP 功能的定时/计数器等。

SPMC75F 系列则以 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 为内核，它集成了能产生变频电机驱动的 PWM 发生器、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等硬件模块，以及多功能 I/O 口、同步和异步串行口、ADC、定时/计数器等功能模块。利用这些硬件模块支持，SPMC75 系列可以完成诸如家电变频驱动器、标准工业变频驱动器、多环伺服驱动系统等复杂应用。

1.2.2 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 家族的特点

围绕 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 16 位微处理器芯片所形成的 16 位 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 系列单片机，采用的是模块式集成结构，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，比如 AD/DA，具体如图 1-2 所示。

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 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，也就是这种结构可大可小或可有可无。借助这种通用结构附加可选结构的积木式的构

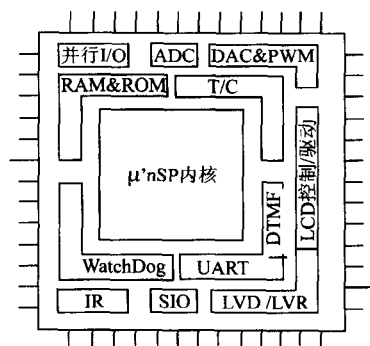


图 1-2 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 家族的模块式结构图

成,便可形成各种不同系列的派生产品,以适用于不同的应用场合。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。

$\mu'nSP^{TM}$ 家族具有以下特点:

(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,因而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,适合实时应用领域。

(3) 高性能价格比。

$\mu'nSP^{TM}$ 家族芯片内带有高寻址能力的 ROM、静态 RAM 和多功能的 I/O 口。另外, $\mu'nSP^{TM}$ 的指令系统提供了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 $\mu'nSP^{TM}$ 家族运用在复杂的数字信号处理方面既很便利,又比用专用的 DSP 芯片廉价。

(4) 功能强、效率高的指令系统。

$\mu'nSP^{TM}$ 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。这对其在野外作业等领域中的应用具有特殊的意义。

1.3 SPCE061A 简介

1.3.1 综述

SPCE061A 是凌阳家族单片机里的一种,它是伴随着“凌阳大学”计划推出的,具备了现代单片机的大部分特点,本书中的所有例子都将以它为核心进行讲解。SPCE061A 整合了多个常用的功能模块,在进行系统开发的时候不用外加过多的硬件就可方便地完成一个系统的设计,这也是人们常说的 SoC (System on Chip) 技术。在存储器资源方面,考虑到用户较少资源的需求以及便于程序调试等功能,SPCE061A 只内嵌了 32K 字的闪存 (Flash),而其较高的处理速度使 $\mu'nSP^{TM}$ 能够非常容易地、快速地对处理复杂的数字信号。因此,与其他系列相比,它是适用于数字语音识别应用领域产品的一种比较经济的选择。

另外,SPCE061A 也有升级的即将上市的工业级单片机 SPCE062A。后者采用高性能 $\mu'nSP$ 内核,具有 4 级流水线结构,内置的专用 MIC 接口和双路 16 位 DAC 使之非常适合于开发具备语音功能的产品,可方便灵活地实现高品质语音录制、语音播放等功能。此外,它也可作为通用微控制器。与 SPCE061A 相比,它具有更加优秀的语音处理功能,着重提高了芯片的可靠性和抗干扰能力,并把温度范围提升到工业级 ($-40\sim 85^{\circ}\text{C}$),在运算度和芯片资源等方面也有较大幅度的增强。

1.3.2 性能

SPCE061A 性能的具体参数和部分功能如下:

- 16 位 $\mu'nSP^TM$ 微处理器;
- 工作电压 (CPU) V_{DD} 为 2.4~3.6V, (I/O) V_{DDH} 为 2.4~5.5V;
- CPU 时钟为 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), 耗电仅为 2 μ A/3.6V;
- 两个 16 位可编程定时/计数器 (可自动预置初始计数值);
- 两个 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, 两个外部时钟源输入, 键唤醒;
- 具备触键唤醒的功能;
- 使用凌阳音频编码 SACM_S240 方式 (2.4kb/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。

对应的 SPCE061A 系统的特性参数如表 1-1 所示。

表 1-1 系统特性参数表

特 性 参 数	SPCE061A
工作电压	2.6~3.6V
最大工作速率	49.152MHz
CPU	16 位 $\mu'nSP^TM$
SRAM 容量	2K 字
ROM 容量	32K 字闪存 ROM
并行 I/O 端口 A	IOA15~IOA0
并行 I/O 端口 B	IOB15~IOB0
音频输出方式	DACx2
中断源	TimerA/B、时基信号发生器、外部中断、触键唤醒
唤醒源	IOA7~IOA0、其他中断源

续表

特 性 参 数	SPCE061A
定时/计数器	双 16 位加计数定时/计数器、双通道 PWM 输出
UART	具备
ADC	7 通道 10 位电压模/数转换器 (ADC) 和单通道声音模/数转换器 (ADC)
串行 SRAM 接口	具备 (凌阳格式)
晶振	具备
低电压复位	具备
低电压监测	具备
内置 ICE 接口	具备
上电复位	具备
麦克风放大器和自动增益控制	单通道
节电功能	具备
中断控制功能	具备
触键唤醒功能	具备

1.3.3 结构概览

与一般单片机相比, SPCE061A 主要也由微控制器、时钟、RAM、定时/计数器等构成, 只是片内资源多了 Flash 和 AD/DA, 其具体结构如图 1-3 所示。

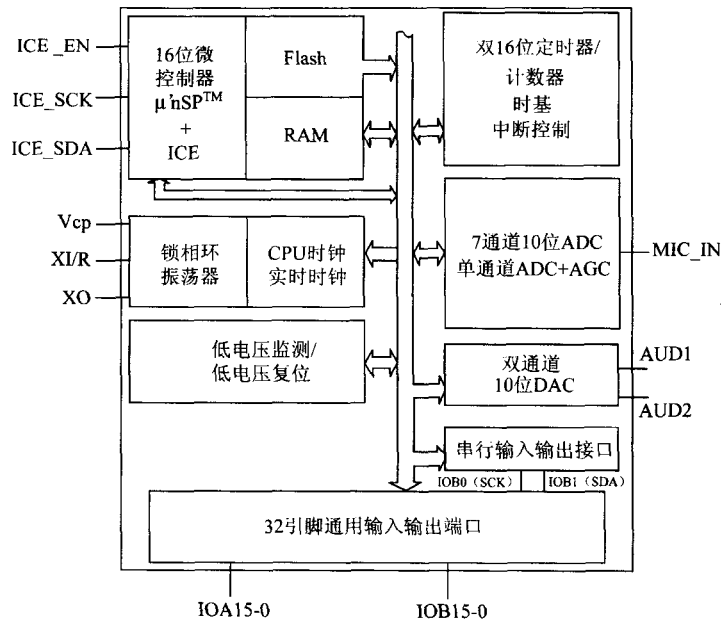


图 1-3 SPCE061A 的结构图

1.3.4 芯片的引脚排列和说明

SPCE061A 有两种封装片, 一种为 84 个引脚, PLCC84 封装形式, 它的排列如图 1-4 所示;

另一种为 80 个引脚，LQFP80 封装，它的排列如图 1-5 所示。实物如图 1-6 所示。

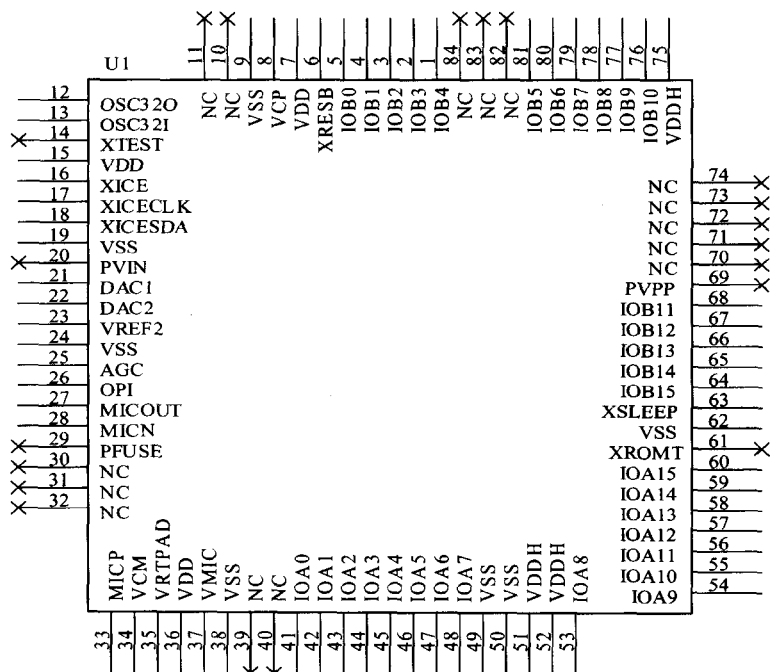


图 1-4 SPCE061A PLCC84 封装排列图

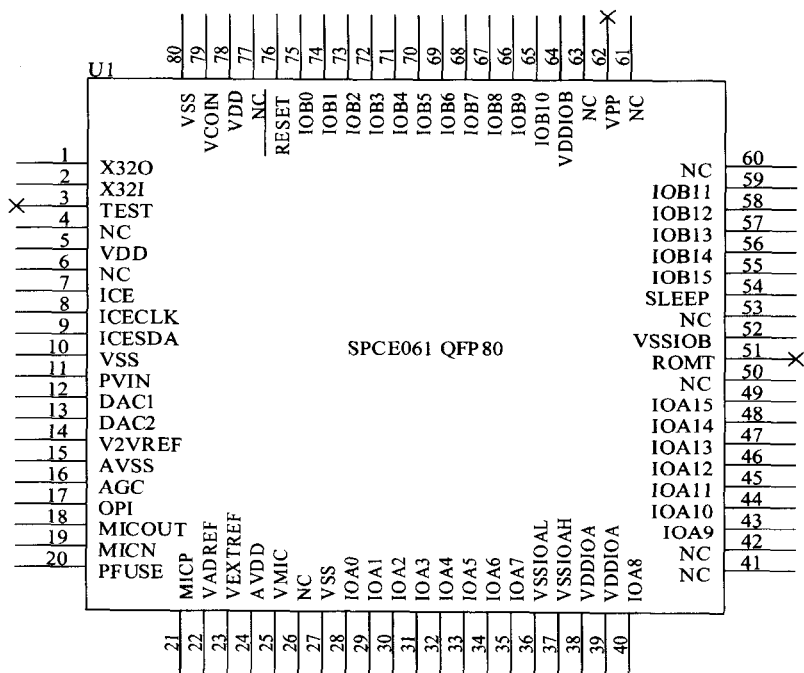


图 1-5 SPCE061A LQFP80 封装引脚排列图



图 1-6 SPCE061A PLCC84 实物图

在 PLCC84 封装中, 有 15 个空余引脚, 用户使用时这 15 个空余引脚时要悬浮。在 LQFP80 封装中有 9 个空余引脚, 用户使用时这 9 个空余引脚要接地。此处以 PLCC84 封装引脚功能介绍各个引脚, 具体如表 1-2 所示。

表 1-2 引脚描述表

引脚名称	引脚编号	类 型	描 述
IOA[15:8]	60~53	输入/输出	IOA[15:8]: 双向 I/O 口
IOA[7:0]	48~41	输入/输出	IOA[7:0]: 通过编程, 可设置成唤醒引脚 IOA[6:0]: 与 ADC Line_In 输入共享
IOB[15:11]	64~68	输入/输出	IOB[15:11]: 双向 I/O 端口
IOB10	76	输入/输出	IOB[10:0]: 除用作普通的 I/O 端口, 并有其复用功能
IOB9	77	输入/输出	IOB10: 通用异步串行数据发送端 Tx
IOB8	78	输入/输出	IOB9: TimerB 脉宽调制输出引脚 BPWMO
IOB7	79	输入/输出	IOB8: TimerA 脉宽调制输出引脚 APWMO
IOB6	80	输入/输出	IOB7: 通用异步串行数据接收引脚 Rx
IOB5	81	输入/输出	IOB6: 双向 I/O 端口
IOB4	1	输入/输出	IOB5: 外部中断源 EXT2 的反馈引脚
IOB3	2	输入/输出	IOB4: 外部中断源 EXT1 的反馈引脚
IOB2	3	输入/输出	IOB3: 外部中断源 EXT2
IOB1	4	输入/输出	IOB2: 外部中断源 EXT1
IOB0	5	输入/输出	IOB1: 串行接口的数据传送信号 SDA IOB0: 串行接口的时钟信号 SCK
DAC1	21	输 出	DAC1 数据输出引脚
DAC2	22	输 出	DAC2 数据输出引脚
OSC32O	13	输 入	32 768Hz 晶振输入引脚
OSC32I	12	输 出	32 768Hz 晶振输出引脚
VCOIN	8	输 入	PLL 的 RC 滤波器连接引脚
AGC	25	输 入	AGC 的控制引脚
MICN	28	输 入	麦克风负向输入引脚
MICP	33	输 入	麦克风正向输入引脚

续表

引脚名称	引脚编号	类 型	描 述
VREFZ	23	输 出	电压源 2.0V 产生 5mA 的驱动电流, 可用作外部 ADC Line_In 通道的最高参考输入电压, 不可作为电压源使用
MICOUT	27	输 出	麦克风 1 阶放大器输出引脚, 引脚外接电阻决定 AGC 的增益倍数
OPI	26	输 入	麦克风 2 阶放大器输入引脚
VEXTREF	35	输 入	ADC Line_In 通道的最高参考输入电压引脚
VMIC	37	输 出	麦克风电源
VADREF	34	输 出	AD 参考电压 (由内部 ADC 产生)
VDD	7, 15	输 入	逻辑电源的正向电压
VSS	9, 19, 38	输 入	逻辑电源和 IO 口的参考地
VDDIO	51, 52, 75	输 入	IO 端口的正向电压引脚
VSSIO	49, 50, 62	输 入	IO 端口的参考地
AVDD	36	输 入	模拟电路 (A/D、D/A 和 2V 稳压源) 正向电压
AVSS	24	输 入	模拟电路 (A/D、D/A 和 2V 稳压源) 参考地
RESET	6	输 入	低电平有效的复位引脚
XSLEEP	63	输 出	睡眠模式 (高电平激活)
XICE	16	输 入	激活 ICE (高电平激活)
XICECLK	17	输 入	ICE 串行接口时钟引脚
XICESDA	18	输入/输出	ICE 串行接口数据引脚
XTEST	14	输 入	测试模式时接高电平, 正常模式时接地 GND 或悬浮
PFUSE,PVIN ^[1]	29, 20	输 入	程序保密设定引脚, 用户应慎重使用

[1] 可将 P_{FUSE} 接 5V, P_{VIN} 接 GND 并持续 1s 以上即可将内部保险丝熔化, 此后就无法再读取和向闪存加载数据了。

1.3.5 SPCE061A 最小系统

在主芯片的 OSC0、OSC1 端接上晶振及谐振电容, 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, 即可构成 SPCE061A 最小系统, 其硬件电路连接如图 1-7 所示。其中, 将不用的电源端和地端接上 0.1μF 的去耦电容以提高抗干扰能力。

1.3.6 SPCE061A 的开发

传统的单片机学习硬件方案采用的是“编程器+开发系统+仿真器”的方式, 由于这些设备相互之间各自独立, 用户在学习或开发项目时, 需要反复不停地拔插电缆、芯片、电源等, 其繁琐的连线和复杂的操作, 极大地降低了学习和开发的效率, 如稍有不慎还可能造成器件和设备的损坏, 给用户带来不必要的麻烦或损失。而且备齐这些设备往往需要一笔昂贵的费用, 这也大大提高了单片机学习的门槛。

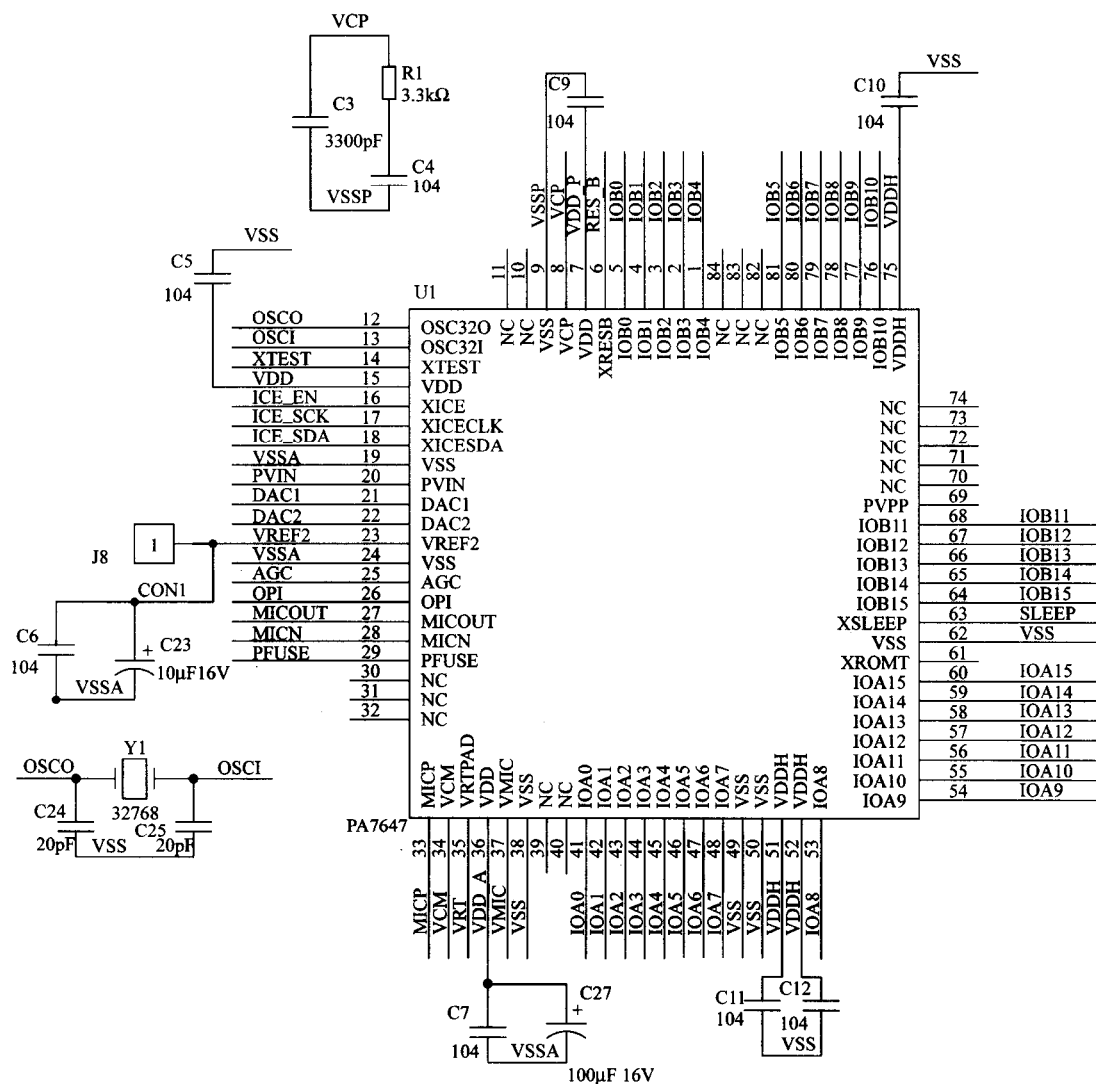


图 1-7 SPCE061A 最小系统原理图

SPCE061A 单片机学习开发系统则将开发软件、单片机开发系统（或称“实验板”）、下载线、编程器和仿真器进行了完美的结合。SPCE061A 单片机整合了在线编程控制的功能模块，在试验过程中无需拔插任何电缆和芯片，也无需切换电源，只需配合下载线，就可轻松地将编译好的代码下载到开发系统上进行验证或演示，整个过程操作简单。同时也可以使用配套的开发环境直接对实验板上的资源进行在线仿真。

SPCE061A 的开发是通过在线调试器 PROBE 实现的。它既是一个编程器(即程序烧写器), 又是一个实时在线调试器。用它可以替代在单片机应用项目开发过程中常用的软件工具——硬件在线实时仿真器和程序烧写器。它利用的是 SPCE061A 芯片内置的在线仿真电路 ICE (In-Circuit Emulator) 接口和凌阳公司的在线串行编程技术。PROBE 工作于凌阳 IDE 集成开发环境软件包下, 其 5 芯的仿真头直接连接到 SPCE061A 相应的引脚上, 直接在 SPCE061A 上调

试、运行用户编制的程序。它的另一头是标准 25 针打印机接口，直接连接到计算机打印口与上位机通信，在计算机的 IDE 集成开发环境软件包下，完成在线调试功能。图 1-8 是计算机、PROBE、用户目标板三者之间的连接示意图，图 1-9 是实物连接图。

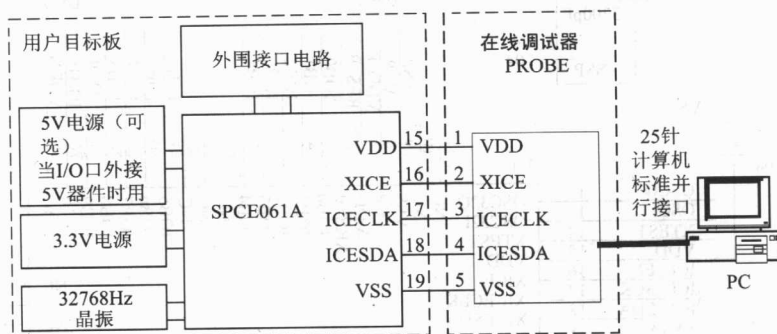


图 1-8 用户目标板、PROBE、计算机三者之间的连接图

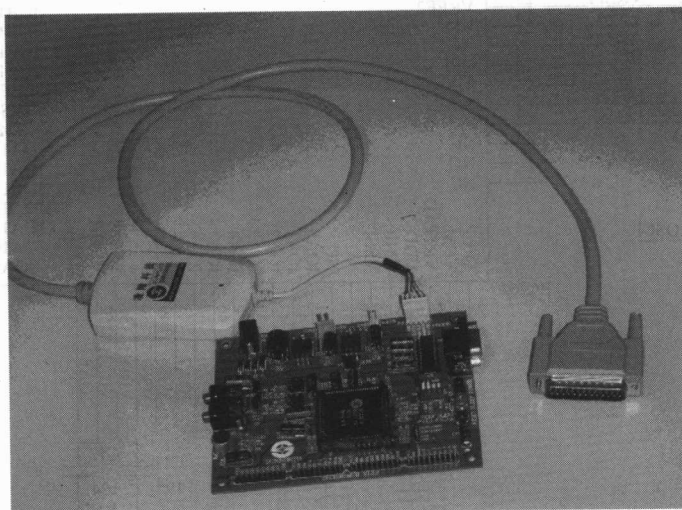


图 1-9 实物连接图

总之，采用 SPCE061A 单片机进行开发比采用传统单片机进行开发的过程要简化很多，而且开发方便，开发周期短。

1.3.7 应用领域

SPCE061A 单片机的通用性很强，应用范围也非常广泛，主要如下：

- 家用电器控制器：冰箱、空调、洗衣机等白色家电；
- 仪器仪表：数字仪表（有语音提示功能）；
- 电表、水表、煤气表、暖气表；
- 工业控制；
- 智能家居控制器；
- 通信产品：多功能录音电话、自动总机、语音信箱、数字录音系统产品；