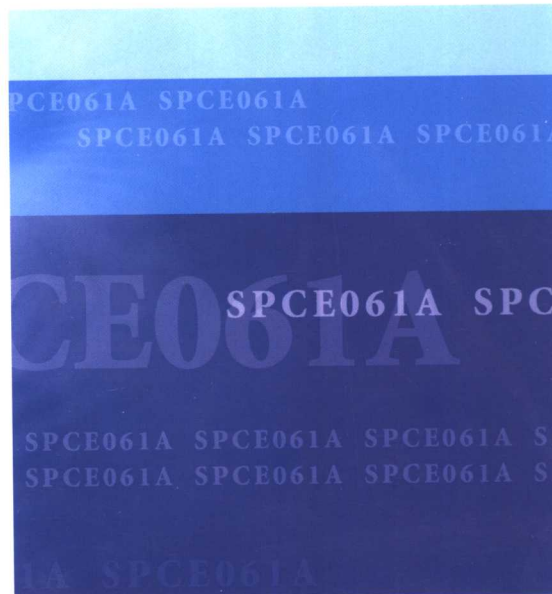
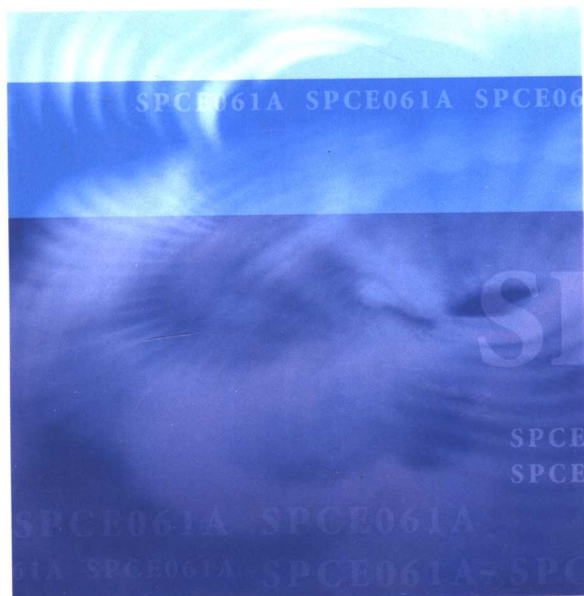


16位语音型单片机

SPCE061A

实用教程 —— 基础篇

李学海 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

16 位语音型单片机 SPCE061A 实用教程——基础篇

李学海 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

16 位语音型单片机 SPCE061A 实用教程. 基础篇/李学海编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.3

ISBN 978-7-115-13794-4

I. 1... II. 李... 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 144592 号

内 容 提 要

凌阳公司推出的带有 DSP 功能和语音特色的 16 位单片机 SPCE061A 具有很高的性能价格比, 并且具备丰富的配套资料、专门的大学计划、专职的技术支持工程师、专业和全面的信息网站, 很适合高等学校的实践教学以及初学者低成本边学边练的需要。本书将以 SPCE061A 为讲解模型, 并适当兼顾对于凌阳 μnSP 内核 16 位单片机系列共性的简介。本书共分 7 章, 主要包括概论、总体硬件结构、指令系统、汇编语言编程和汇编工具链、软件集成开发环境及软件模拟技术、硬件综合开发工具及硬件仿真技术、通用并行端口及其应用等。本书的突出特点: 思路新颖、语言流畅、通俗易懂、循序渐进、难点分散、内容细致、系统全面、学练结合、学用并重、注重实效、经验点拨。

最近几年作者为《电子世界》、《电子制作》和《无线电》撰写过数十期的单片机连载讲座, 也为电子和通信专业在校生面授过单片机课程, 还曾应几家世界著名单片机制造商之邀, 为其“中国大学计划”撰写了 9 本讲解不同风格单片机的大学教程, 其中有的已被多所高校选用, 还有 4 本被重点高校选定为研究生用书。本书正是在这些经历中所成功积累的丰富经验的基础上, 再通过对教学内容的反复筛选和讲解顺序的精心推敲后写成的, 适合用作高校相关专业本科生或研究生教材或参考书, 也可用作科研、生产和维修技术人员的培训用书或自学读本。

版权所有, 侵权必究!

16 位语音型单片机 SPCE061A 实用教程——基础篇

◆ 编 著 李学海

责任编辑 陈万寿

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

三河市海波印务有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.25

字数: 490 千字

印数: 1 - 4 500 册

2007 年 3 月第 1 版

2007 年 3 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-13794-4/TN · 2551

定价: 33.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

前 言

作者在 2000 年曾应一家出版社之邀,组织编写了一本介绍通信终端设备维修技术的专业图书《电话机 寻呼机 手机检修思路·技巧·实例》,受到了读者和出版社的充分肯定。后来,又陆续应几家国际著名微电子公司之邀,配合其推行的“中国大学计划”,针对这些公司近几年推出的几种不同流派的新型单片机系列撰写了多部科普图书、大学教程或技术专著。例如:《PIC 单片机实用教程——基础篇》;《PIC 单片机实用教程——提高篇》;《EM78 单片机实用教程——基础篇》;《EM78 单片机实用教程——扩展篇》;《PIC 单片机原理》;《PIC 单片机实践》;《凌阳 8 位单片机——基础篇》;《凌阳 8 位单片机——提高篇》;《标准 80C51 单片机基础教程——原理篇》等。其中,有的在短短的两年里被重印了 5 次;有的被出版社推荐参评优秀畅销教材奖项(有的已经获得了优秀畅销书一等奖);有的被高校确定为研究生考试指定参考书;有 4 本被重点大学选定为研究生教学用书;有的被北京邮电大学、西北师范大学、四川师范大学、辽宁工学院等多家高校选定为本科生的教学用书;还有的被电子产品研制单位选定为研发工程师的培训教材,受到了许多师生和技术人员的肯定和好评。例如,山东建工学院的于博士来函说:对于《PIC 单片机实用教程——基础篇》大家反映很好,都说老师选了一本好教材,下半年我们的“单片机综合技术”课选用的是《PIC 单片机实用教程——提高篇》。一位科普期刊《无线电》的资深编辑来函说:从近一段时间我的了解看,作为高校的教材,讲究语言的严谨与准确是必须的,我想您的书籍被选入高校教材肯定有这样的优势。

2005 年 7 月,作者曾经应凌阳公司之邀,配合该公司在我国大陆开展的“大学计划”,在其新产品 SPMC65 系列 8 位通用单片机在我国发布前夕,撰写了一套书名为《凌阳 8 位单片机——基础篇》和《凌阳 8 位单片机——提高篇》的技术专著。这套图书发行后得到了公司技术人员的充分肯定和好评,因此于 2006 年初凌阳公司再次邀请作者,为其 16 位语音型单片机 SPCE061A 撰写一套更加适合中国大学计划需要,更加适合高校老师课堂教学,也更加适合单片机初学者业余自学的教学用书、培训教材和自学读本,将广泛适用于初步具备电子技术和计算机知识基础的电子、电信、电脑、电器、机电、电力、电气、自动化、仪器仪表等涉电专业的在校学生和教师以及单片机爱好者、电子爱好者、电子产品开发者、电器维修人员以及工程技术人员阅读和参考。

本教程的特点:①内容叙述循序渐进、文字通俗、系统完整;②难点分散,适合自学和教学;③注重激发读者兴趣、知识与技能并举;④容易上手,开发手段经济实用,兼顾了技能实训、电子制作、课程设计、毕业设计和项目开发;⑤强调学用结合、边学边练、理论与实践无缝连接,改变了单片机学习的传统模式;⑥注重实效,突出实用性和资料性;⑦以读者的求知需要、认识规律和市场需求作为写作主线,以单片机的应用开发作为出发点和落脚点;⑧专门为本教程设计的实验范例丰富多彩,并且被调试通过;⑨不仅大幅降低了单片机入门的门槛,又适当兼顾了学习内容的深度和宽度;⑩将理论教科书和实验指导书的双重功能有机地融合为一体;⑪始终坚持“单片机原本姓单,也贵在姓单”这条基本原则,注意把握单片机向单片系统(SOC, system on a chip)的发展趋势,淡化不合时宜

的扩展技术；⑫思考题和练习题配置齐全，便于教学引导和读者自测；⑬力图帮助初学者尽快建立起完整的“三链条”概念，即全程知识链、软件工具链和硬件工具链。

本教程在写作手法上，力求循序渐进、通俗易懂、分散难点、趣味性强，使枯燥乏味的学习过程变得更加轻松有趣，力图引导读者享受到学习单片机的乐趣，在学习和实践过程中更多地品尝到成功的快乐，而尽量避免遭受挫折。尽可能使读者在阅读本教程的过程中，以花费尽可能少的时间和精力，掌握和了解尽可能全面的单片机理论知识和开发技术。采用以读者为中心的写作手法，来努力克服以产品手册为中心，或者以作者知识结构或兴趣范围为中心的传统写作模式，给读者所带来的种种不适和困惑。

本教程的编写思路是，充分发挥作者在为《无线电》、《电子制作》和《电子世界》等科技期刊撰写单片机技术连载讲座中，以及在面授教学过程中积累的现成经验，再通过精心编排讲述顺序和精选教学内容，来尽量减少对读者背景知识的要求，以便尽可能降低初学者通过了解 SPCE061A 单片机而进入单片机世界的门槛。书中以讲解 SPCE061A 单片机为主，并且酌情兼顾凌阳 16 位单片机家族中其他成员的个性和共性简介，以便使读者达到举一反三、触类旁通之功效。

本教程的编写目标是，努力追求“从入门到提高、从知识到技能”平滑上升的学习效果；不仅能“给人以鱼”，而且更能“授人以渔”；不仅传授单片机知识，而且更注重教会开发方法和应用技巧；不仅可以提高理论水平，而且更侧重强化将所学知识转化为实际工作的能力；力图实现将每一位有志于迈进单片机王国的外行人，培养成既懂单片机知识，又能掌握基于单片机的智能电子产品开发技能的内行人。为了达到这一目标，除了恰当地引导和授以正确的学习方法之外，当然也离不开读者自身的努力。“兴趣是最好的老师！”作者深信这个哲理。培养读者的学习兴趣比传授知识更重要。一旦帮助读者树立起浓厚的学习兴趣和强烈的求知欲望，就很可能达到令人受益终生的特殊效果，这也应该是每一位教育工作者追求的最高境界。

本教程在内容安排上充分注意了先进性、层次性、可读性、系统性和完整性，力求覆盖从单片机理论学习到开发应用的各个阶段，包括所有必不可少的硬件和软件知识、开发环境和开发工具的使用方法和技巧。力求做到不需要翻阅其他书籍就可以学习到从单片机入门到单片机开发制作的全程知识。书中讲出了其他同类书籍中没有讲出或者没有讲透的一些技术细节和背景知识。作者对于原文数据手册中的多处文字差错进行了考证，还对多处欠缺的示意图进行了补充，以便于教学和自学。对于一名初步具备电子技术和微机应用基础的初学者成长为一位单片机应用工程师，所需要学习的核心知识主要有：单片机硬件系统、指令系统、汇编程序设计基础以及汇编器用法、仿真器及其用法、烧录器及其用法。这些内容书中都有详尽的介绍。此外，为了突出实践性，在每个需要演练的章节后面都精心设计了几个针对性很强的并且是调试成功的实验范例。

凌阳科技股份有限公司创建于 1990 年，专门致力于研究、开发、设计、测试和销售高品质、高附加值的消费性集成电路。凌阳是全球知名的集成电路设计公司（世界排名位次分别是：集成电路设计能力排名第 12 位；单片机芯片销售排名第 6 位；消费集成电路销售排名第 1 位），一直在开发高品质的集成电路，并且把“科技落实生活”作为公司追求的目标，以强大的 IC 设计与系统应用能力为用户提供满意的产品与服务。凌阳科技运用多媒体影音、单片微控制器、数字信号处理器等核心技术，发展出多样化的产品线，包括液晶显示器驱动芯

片、微控制器芯片、多媒体芯片、语音处理芯片、音乐集成电路以及多种专用集成电路，并且还一直保持着强劲的增长势头。2004 年总产值 189 亿新台币。

凌阳从 2000 年开始为回馈教育，改善大专院校单片机教学条件，增进高校师生接触新技术、新器件的机会，推出具有长远战略意义的“凌阳科技大学计划”，并且为此专门开设了中文网站(<http://www.unsp.com.cn>)。据说这是目前第一家在大陆开设大学计划专门网站的公司。截止到 2004 年与凌阳科技的大学计划进行合作的大学，在中国大陆已有 300 多所，并且建立了 100 多所凌阳 16 位单片机实验室，取得了令人瞩目的成就。

凌阳在单片微处理器的核心技术上，发展了从 8 位的微控制器、16 位的 μnSP 系列微控制器到 32 位的微控制器。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、智能家用电器、数码相机、VCD 播放器、DVD 播放器、电话来电显示器等产品领域，在日常生活中几乎无所不在。凌阳秉承“为发展中国数字产业尽一份心力”的宗旨，针对“中国大学计划”大力推广的 16 位语音型微控制器产品——SPCE061A 单片机。该型号单片机具有高可靠性、高抗干扰性、高性价比、SOC 单片机设计思想等特点，主要应用于家电产品以及工业控制领域。SPCE061A 单片机将作为本教程的主要介绍对象。

国家积极倡导的素质教育和创新工程，旨在提高受教育者的素质，使其具有将所学知识转化为生产力、创造力和经济效益的能力。为了更好地适应发展潮流和就业需要，作者认为，单片机的学习和应用，可以为电子、电信、电脑、电器、机电，以及相关领域的爱好者、从业者和在校生，提供一个容易激发学习热情和创作欲望的、可操作性很强的学习途径和实践平台。至今，许多老一辈的工程师、专家、教授当年都是无线电爱好者。如果说从 50 年代起，无线电世界造就了几代电子英才，那么当今的单片机世界也必将会培育出更多的电子精英。

我们先后参加了多项全国性的单片机应用开发设计赛事，并且均从中获得了奖项。比如，在 1997 年由国家教育电视台、《无线电》杂志社和力源单片机技术研究所联合举办的共有 2300 余人参加的“第二届力源杯单片机开发制作大奖赛”中获奖；在 1999 年由 MOTOROLA 公司、中国计算机学会微机专业委员会、《电子产品世界》杂志社联合主办的，由清华大学、复旦大学、深圳大学承办的，有 1500 余名电子工程师报名参加的，“第三届 MOTOROLA 杯单片机应用设计大奖赛”中获奖；还曾获得过 4 项国家专利。自从 1983 年以来，作者在 31 种电子和通信类科技期刊、嵌入系统学术年会论文集等刊物上发表专业论文、译文、科普文章和科研成果 290 余篇，内容涉及电子、电信、电脑和电器等领域，受到了广大读者的普遍欢迎和热情鼓励。

本套教程全书共分两篇：基础篇和提高篇。两篇之间内容相对独立又相互补充，既可以相继使用又可以独立选用，以适应不同学习目标、不同教学要求的需要，也为读者和教师增加了一种可选方案。

基础篇。通过本篇的学习和实践，读者可以掌握 SPCE061A 单片机的基础硬件结构、指令系统、软件设计、开发工具及开发技术。可以利用 SPCE061A 片内常规硬件资源（包含 CPU 内核、程序存储器、数据存储器、输入/输出端口等）来设计和研制一些功能不太复杂的小型电子产品或制作项目。

提高篇。通过本篇的学习和实践，读者可以掌握 SPCE061A 片内配置的功能比较复杂的各种硬件资源及其开发应用技术，以及更加灵活高效的软硬件资源开发技巧、节电设计措施、系统优化配置、Flash 存储器在线烧写方法。利用这些资源和技术可以设计和研制智能性更强、

功能更复杂的电子产品系统，甚至带语音提示或语音识别的产品，以及网络产品。

在本教程写作过程中，得到了机械科学研究院刘治山高工、《无线电》资深编辑房桦女士、石家庄师慧公司宋庆国工程师、计科能源新技术公司叶东嵘总工、凌阳公司的李兆伟工程师等专家学者们的的大力支持和热情鼓励。除了提供最新资料和实验物品之外，还将他们在长期实践中积累的经验体会和开发技巧无私地奉献出来供广大读者分享。另外，为本教程撰写工作尽力的还有王友才、张拥军、于复生（博士）、孙群中、王国联、杨金祥（教授）、杨涛、贡雪梅、任志刚、张自宾、任胜利、赵鹏、池俭、王树生、李学英、范俊海、李学峰、蔡永泽、张磊、王友发（博士）、蔡永岗、李学凤、范淑玲、李伟、李青石、李建良、蒙洋、董丹、杨阳、马秀丽、王孝丽、张建春、李治存、邓振宾、李晶鑫、曹艳、芦小菊、董宁、王雪、柳艳明、何富、王培、霍兴、马士学、宋峰、赵志伟、赵飞、杜太琢、杨瑞琢、杜雪梅、杨琳、李晗羽、李子杨等等。在此一并深表诚挚的谢意！

单片机的学习、应用与开发是一个环节很多、实践性很强的循序渐进过程，在整个学习和实践过程中所用到的各种软件和硬件辅助工具种类也较多。如果读者在学习和实践过程中遇到什么困难，可以与我们联系，作者愿意在自己的能力范围之内帮助解决或者协调解决。由于凌阳 16 位单片机 SPCE061A 还属于新品，可查阅的中文资料尚不十分丰富，需要撰写的内容不仅量大而且新颖，加之作者的水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读友不吝赐教。

作 者

E-mail:lixuehai@tom.com 或 yanglin...@163.com

2006 年 11 月 1 日

目 录

第1章 概论	1
1.1 为什么“要我”学用单片机	1
1.2 为什么“我要”学用单片机	3
1.3 单片机究竟是什么	5
1.4 单片机有什么用途	7
1.5 单片机有什么特点	8
1.6 本教程的写作思路和目标	9
1.7 常用专业术语	10
1.7.1 硬件方面	11
1.7.2 软件方面	13
1.8 凌阳科技公司简介	15
1.9 凌阳单片机产品简介	15
1.9.1 凌阳 SPMC65 系列 8 位单片机简介	16
1.9.2 凌阳 μ nSP 系列 16 位单片机简介	17
1.10 μ nSP CPU 内核的特色	18
1.11 SPCE061A 单片机的性能特点	19
1.12 SPCE061A 开发方法	21
1.13 SPCE061A 的适用领域	22
思考与练习题	23
第2章 SPCE061A 硬件系统概况	24
2.1 SPCE061A 内部结构简介	24
2.2 μ nSP CPU 内核结构	26
2.3 核心区域的单元电路及其功能	26
2.3.1 核心区域单元电路	27
2.3.2 CPU 寄存器	28
2.4 系统模块及其功能	30
2.5 SPCE061A 最小应用系统	31
2.6 片内外设模块及其功能	33
2.7 SPCE061A 封装形式和引脚功能	34
2.8 存储器的空间布局	40
2.8.1 按工艺类型划分	41
2.8.2 按空间划分	42
2.8.3 按功能划分	42

2.9 存储器的功能分配	43
2.9.1 数据存储器 (RAM)	43
2.9.2 堆栈	43
2.9.2.1 堆栈的概念	43
2.9.2.2 堆栈的用途	43
2.9.2.3 堆栈的结构	44
2.9.2.4 堆栈的操作	44
2.9.2.5 注意事项	45
2.9.3 专用寄存器 (SFR)	45
2.9.4 程序存储器 (Flash-ROM)	47
2.9.5 用户矢量区	48
思考与练习题	48
第 3 章 指令系统和寻址方式	50
3.1 指令系统概述	50
3.1.1 指令的时空属性	51
3.1.2 指令的描述方法	51
3.1.3 指令影响标志位的情况	53
3.1.4 指令的使用频度	53
3.2 寻址方式	54
3.2.1 与字数据相关的寻址方式	55
3.2.1.1 6 位立即数寻址	55
3.2.1.2 16 位立即数寻址	55
3.2.1.3 6 位直接地址寻址	56
3.2.1.4 16 位直接地址寻址	56
3.2.1.5 寄存器寻址	57
3.2.1.6 寄存器间接寻址	58
3.2.1.7 寄存器间接增量寻址	59
3.2.1.8 寄存器基址变址寻址	59
3.2.1.9 多重间接寻址	60
3.2.2 与跳转地址有关的寻址方式	62
3.2.2.1 相对跳转寻址	62
3.2.2.2 直接跳转寻址	62
3.2.3 与位数据有关的寻址方式	62
3.3 指令系统分类解析	63
3.3.1 数据传送指令	63
3.3.2 算术运算指令	68
3.3.3 逻辑操作指令	72
3.3.4 控制跳转指令	78

3.3.5 CPU 控制指令	82
3.4 指令的应用技巧	83
3.4.1 位置 1 操作技巧	83
3.4.2 位清 0 操作技巧	84
3.4.3 位取反操作技巧	84
3.4.4 位测试操作技巧	85
3.5 “CPU—专用寄存器—模块”相互关系	86
思考与练习题	87
第 4 章 汇编程序设计基础和汇编语言工具链	88
4.1 概述	88
4.1.1 背景知识	88
4.1.2 汇编语言的语句格式	90
4.1.3 程序流程和整体结构	94
4.1.4 源程序文件的书写格式	95
4.2 常用伪指令	98
4.2.1 符号名定义类伪指令	99
4.2.2 存储器空间初始化类伪指令	101
4.2.3 控制类伪指令	103
4.3 四种基本程序结构	107
4.3.1 顺序程序结构	107
【例程 4.1】字节拆分	107
4.3.2 分支程序结构	109
【例程 4.2】数值比较	109
4.3.3 循环程序结构	111
【例程 4.3】RAM 区间填充	111
4.3.4 子程序结构	112
【例程 4.4】挑出最大数	113
4.4 几种个性化实用程序的设计方法	114
4.4.1 初始化程序段设计	115
4.4.2 延时程序设计	115
【例程 4.5】软件延时 100 ms	116
4.4.3 查表程序设计	117
【例程 4.6】阶乘函数查表程序	118
4.4.4 散转程序设计	120
4.4.4.1 利用 RETF 指令法	120
【例程 4.7】利用 RETF 的散转程序	121
4.4.4.2 利用 PC = [Rs] 指令法	122
【例程 4.8】利用 PC = [Rs] 的散转程序	122

4.4.5 条件长跳转程序设计	123
4.5 汇编语言工具链	124
4.5.1 工具链的构成和启动顺序	124
4.5.2 工具链的加工流程	126
4.6 输入文件的解读	127
4.6.1 解读包含文件 (Hardware.inc)	127
4.6.2 解读汇编语言模板文件 (_main.asm)	128
4.6.3 解读汇编语言子程序模板文件 (_isr.asm)	130
4.7 输出文件的解读	133
4.7.1 解读列表文件 (.LST)	133
4.7.2 解读最终目标文件 (.S37)	135
思考与练习题	136
第 5 章 软件集成开发环境及其软件模拟开发技术	137
5.1 概述	137
5.1.1 μ 'nSP IDE 功能简介	137
5.1.2 μ 'nSP IDE 如何获取	139
5.1.3 μ 'nSP IDE 如何安装	141
5.1.4 μ 'nSP IDE 如何拆除	149
5.2 μ 'nSP IDE 的启动和退出	150
5.2.1 μ 'nSP IDE 如何启动	150
5.2.2 μ 'nSP IDE 开发环境简介	151
5.2.3 μ 'nSP IDE 如何打开和关闭项目	153
5.2.4 μ 'nSP IDE 如何退出	154
5.3 μ 'nSP IDE 如何管理台面组件	154
5.3.1 μ 'nSP IDE 如何管理菜单栏和工具栏	155
5.3.1.1 如何布局	155
5.3.1.2 如何开启和关闭	156
5.3.2 μ 'nSP IDE 如何管理窗口	156
5.3.2.1 如何打开和查看文本文件	156
5.3.2.2 如何布局编辑窗口	158
5.3.2.3 如何设置“一文多窗”	160
5.3.2.4 如何布局项目窗口和输出窗口	160
5.3.2.5 如何关闭窗口	161
5.4 如何创建自己的项目和文件	162
5.4.1 如何创建和保存一个新项目 (.spj)	162
5.4.2 如何创建、保存和添加一个新源文件	164
5.4.2.1 方法之一 —— 改编现有文件	165
【范例程序 5.1】虚拟 LED 显示 16 位二进制累加计数器	166

5.4.2.2 方法之二 —— 先添加后编辑	168
5.4.2.3 方法之三 —— 先编辑后添加	169
5.4.2.4 如何删除文件	170
5.4.3 如何制作目标文件	171
5.5 如何管理文件和文件组	173
5.5.1 如何建立文件组	173
5.5.2 如何移动文件或文件组	174
5.5.3 如何在 μ nSP IDE 中查看文件存储位置	174
5.6 如何设置项目	175
5.6.1 设置通用选项 (General)	176
5.6.2 设置硬件选项 (Hardware)	176
5.6.3 设置 μ nSP IDE 的虚拟组件	177
5.6.3.1 虚拟组件 PortIO	178
5.6.3.2 虚拟组件 Input-Output	179
5.7 如何应用 μ nSP IDE 调试项目	180
5.7.1 切换到项目调试界面	182
5.7.2 开启 CPU 寄存器窗口 (Registers)	183
5.7.3 开启变量观察窗 (Watch)	184
5.7.4 连续运行	186
5.7.5 复位操作	187
5.7.6 单步运行	187
5.7.6.1 单步进入运行方式——步入	188
5.7.6.2 单步跳出运行方式——步出	188
5.7.6.3 单步跨越运行方式——步越	188
5.7.7 连续单步运行	189
5.7.8 设置断点运行	189
5.7.9 连续断点运行	191
5.7.10 运行到光标处	191
5.7.11 从指定地址开始运行	192
5.7.12 查看反汇编窗口	192
5.7.13 跟踪运行和查看轨迹	194
5.7.14 开启和设置存储器观察窗	195
5.7.15 开启和设置命令对话框	197
5.7.16 修改寄存器和存储器单元	199
5.7.16.1 修改 CPU 寄存器	199
5.7.16.2 修改存储器单元	199
5.7.17 启用虚拟端口模块	200
5.8 μ nSP IDE 系统命令汇总归纳	201
5.8.1 工具栏 (Tool bar)	201

5.8.2 菜单命令归纳	203
5.8.3 菜单命令功能的快速查验方法	205
思考与练习题	205
第 6 章 硬件综合开发工具及其硬件仿真开发技术	207
6.1 硬件工具链及其重要性	207
6.1.1 实时在线仿真器	208
6.1.2 程序烧写器	209
6.1.3 单片机目标板	209
6.1.4 简易型单片机综合开发实验仪——61 板	210
6.2 三合一型开发实验工具 61 板的特点	211
6.2.1 61 板能帮我们做什么	211
6.2.2 61 板的电路布局	212
6.2.3 61 板的广泛适用性	215
6.2.4 下载线和在线调试器	216
6.2.5 61 板功能分区描述	217
6.2.6 61 板的两种典型用法	223
6.3 61 板的安装方法	223
6.3.1 软件安装方法	223
6.3.2 硬件安装方法	224
6.4 如何应用 61 板与 μ nSP IDE 配合工作	225
6.4.1 μ nSP IDE 环境的选项设置	225
6.4.2 如何建立 μ nSP IDE 与 61 板的通信	226
6.4.3 如何在 61 板上实时运行用户程序	227
6.4.4 硬件仿真模式与软件模拟模式的差异	228
6.4.5 项目调试过程中需要关注的问题	229
6.5 如何应用 61 板进行项目开发	230
6.5.1 单片机应用项目开发流程	230
6.5.2 项目原型机开发示范	233
【实验示范 6.1】简易 3 键电子琴	233
6.6 61 板烧写器的安装方法	237
6.6.1 软件获取方法	237
6.6.2 软件安装方法	238
6.6.3 硬件安装方法	241
6.7 61 板烧写器的应用方法	241
6.7.1 μ nSP EzPro 如何启动	242
6.7.2 μ nSP EzPro 如何关闭	242
6.7.3 μ nSP EzPro 界面分布和功能	243
6.7.4 μ nSP EzPro 的菜单命令	243

6.7.4.1 文件类菜单命令	243
6.7.4.2 ICE 类操作命令	244
6.7.4.3 查看类操作命令	245
6.7.4.4 帮助类操作命令	246
思考与练习题	246
第 7 章 通用并行输入/输出端口及其应用	248
7.1 概述	248
7.2 并行端口相关的寄存器	249
7.2.1 端口数据寄存器 P_IOX_Data	250
7.2.2 端口缓冲寄存器 P_IOX_Buffer	250
7.2.3 端口方向寄存器 P_IOX_Dir	250
7.2.4 端口属性寄存器 P_IOX_Attrib	251
7.2.5 引脚配置位与引脚配置结构	251
7.3 并行端口的内部结构和工作原理	252
7.3.1 并行端口的基本结构	253
7.3.2 并行端口的工作原理	257
7.3.3 应用程序编写方法	260
7.4 两个并行端口的共性和个性	262
7.4.1 端口 IOA 的特殊功能	263
7.4.2 触键中断和唤醒功能	264
7.4.3 端口 IOB 的特殊功能	265
7.5 并行端口特性的应用设计	267
7.5.1 内部弱拉功能的妙用	267
7.5.1.1 连接开关	267
7.5.1.2 构成“线与”	268
7.5.1.3 构成“线或”	268
7.5.2 非对称驱动能力的用法	268
思考与练习题	269
附录 A ASCII 码表	270
附录 B SPCE061A 的指令表	276
附录 C 包含文件 hardware.inc	286
附录 D μ^nSP IDE 的保留字	292
附录 E μ^nSP 汇编器伪指令列表	293

附录 F $\mu'nSP$ 汇编器输出报错信息	295
附录 G $\mu'nSP$ 连接器输出报错信息	300
附录 H 库管理器输出报错信息	304
附录 I SPCE061A 单片机配套供应的实验开发设备和扩展模组	306
附录 J 两种封装形式 PLCC84 和 QFP80 的 SPCE061A 引脚功能对照表	307
参考文献	309

第1章 概 论

当前的市场上,出现了非常多的单片机产品,从普遍使用的8位单片机,到近几年来发展很快的16位单片机,以及近几年得到广泛应用的32位单片机,其种类繁多,使许多工程技术人员在进行单片机选型时,也感到难以定夺。本书将给读者介绍一款作为凌阳科技公司“中国大学计划”的主打型号——SPCE061A,这是一种具有DSP(数字信号处理器)能力和音频处理能力的高性能的SOC(System on Chip,单片系统或系统级芯片或片上系统)型单片机。

1.1 为什么“要我”学用单片机

对于一名单片机初学者或电子爱好者,一旦掌握了单片机的理论知识和开发应用技术,就进入了一个崭新而又广阔的创作天地,任由读者去自由发挥自己的想象力和创造灵感,使读者不仅能够充分享受到成功感,而且可以提高自己的业务素质,增强自己的创新能力,增加自己的就业机会,定会有相见恨晚之感。

与电子制作中常用的TTL或CMOS通用数字集成电路以及其他专用集成电路(ASIC)相比,单片机学习和掌握起来不太容易,问题在于单片机具有智能化功能,不光需要学习其硬件电路,还需要学习其特有的指令系统、配套的语言工具和开发环境软件、配套的硬件仿真器和程序烧写器等工具,而且软件设计需有一定的创造性。这虽然给学习单片机的人带来一定的难度,但这也正是它的迷人之处。创作者可以把单片机作为一种载体,将自己的知识和智慧嵌入和固化其中,不仅可以创造自己知识产权和专利技术,还能够使其数倍甚至数十倍地升值,来创造社会效益和经济效益。

到底初学者在没有太多专业基础知识的条件下,能否通过自学在短暂的时间内掌握单片机技术?事实表明是做得到的!如果在学习理论的同时再注意反复演练和动手实践,将自己培养成单片机开发应用工程师也是完全可能的!至今,许多老一辈的工程师、专家、教授当年都是无线电爱好者。如果说从50年代起,无线电世界造就了几代电子英才,那么当今的单片机世界将会造就出新一代电子精英!

国家积极倡导的素质教育和创新工程,旨在提高受教育者的素质,使其具有将所学知识转化为生产力、创造力和经济效益的能力。为了很好地适应社会潮流和响应国家号召,笔者认为:单片机的学习和应用,可以为电子、电信、电脑、电器、机电、电力、电气、自动化以及相关领域的爱好者、从业者和在校生,提供一个容易激发学习兴趣和创作欲望的、可操

作性很强的学习途径和实践平台。

今天，我们的生活和工作环境中有着越来越多称之为单片机的小电脑在为我们服役，可我们并没有意识到这些“小精灵”的存在。比如：当我们每天用遥控器操纵电视机或 VCD 享受其丰富功能的时候，正是单片机在接收我们的遥控命令；单片机在寻呼机和移动电话手机中也发挥着不可替代的重要作用；就连曾经一度令许多青少年朋友痴迷的电子宠物，亦是单片机在大显神威。而绝大多数的人对它的存在视而不见的原因，一是单片机几乎都是作为幕后英雄，嵌入到许许多多外观形态并不像计算机的装置或设备之中，也就是说，单片机技术往往应用于非计算机产品当中；二是人们对这些“小精灵”了解甚少，这或许是更重要的原因。时下，家用电器和办公设备的网络化、智能化、遥控化、模糊控制化已成为发展趋势，而这些高性能几乎无一不是靠单片机来实现的。如果我们不具备单片机方面的知识、不掌握单片机的应用技术，对这些电器设备的日常保养和故障维修都会形成很大的障碍，就更不用说设计和开发以单片机为控制核心的各种电子电路和电器产品了。

过去由于条件所限，五六十岁的电子爱好者用简陋的元件制作出只能用耳机听音的矿石收音机，曾令他们兴奋不已；三四十岁的电子爱好者用半导体分立元件制作再生来复式或超外差式晶体管收音机，也曾让他们享受一把成功的喜悦；而当今新生代的电子爱好者却拥有一个前所未有的大好时机和廉价丰富的物质条件，不仅可以用芯片制作集成电路收音机，还可以用单片机制作许多带智能的小电器，可以更容易地圆自己一个创新发明和创造专利的成功之梦。一只固化有专用软件的单片机芯片，配上一只液晶显示屏和几只小按钮，再装入一只小塑料壳，便可构成一只妙趣无穷的电子宠物（是一位日本女工程师发明的）。其成本只不过几元，但市场售价竟一度高达一二百元。理由在于它是具备高科技背景的产品，技术含量高，其中的软件凝聚着开发者的聪明和智慧。

近年来，随着微电子技术的迅猛发展，单片机技术的发展速度十分惊人。时至今日，单片机技术已经发展得相当完善，它已成为计算机技术的一个独特而又重要的分支。单片机的应用领域也日益广泛，特别是在电信、家用电器、工业控制、仪器仪表、汽车电子等领域的智能化方面，扮演着极其重要的角色。提到单片机的应用，有人这样说，“凡是能想到的地方，单片机都可以用得上”，这并不夸张。由于全世界单片机的年产量数以十亿计，使得其应用范围之广，花样之多，一时难以统计。

目前，单片机的产量正以每年 27% 的速度递增。据统计单片机的年产量 1995 年为 16 亿片，到了 2000 年这个数字就达到了 28 亿片。由此可见，单片机技术无疑将是 21 世纪最为活跃的新一代电子应用技术。因此，很多院校为研究生、大、中专生、中学生等不同层次的学生开设了单片机课程。原机械电子工业部 1991 年就已经将单片机列为工科电子类专业学生的必修课程。在职技术人员由于工作需要，也迫切希望掌握单片机的开发应用技术。为了满足广大读者业余自学这项“热门技术”的欲望，一些电子和电脑类期刊，纷纷开辟专栏，举办单片机知识讲座。随着微控制技术（以软件代替硬件的高性能控制技术）的日臻完善和发展，单片机的应用必将导致传统控制技术发生巨大变革。换言之，单片机的应用是对传统控制技术的一场革命。因此，学习单片机的原理，掌握单片机的应用技术，具有划时代的现实意义。

自从 1946 年世界出现了第一台数字电子计算机，至今电子计算机技术的发展大致经历了四代产品。这台电子计算机的性能指标为：字长 12 位；内存容量 17K 位；加法速度 5000 次/秒；由 18800 个电子管组成；重量达 30 吨；耗电达 150 千瓦；造价 40 万美元；占地 150