

凌阳16位DSP型微控制器

电机控制型单片机 SPMC75应用基础

李学海 编著

SPMC75



中国电力出版社
www.infopower.com.cn

凌阳16位DSP型微控制器

电机控制型单片机 SPMC75应用基础

李学海 编著

SPMC75



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

内 容 简 介

凌阳公司大力推广的、带有DSP功能和电机控制特性的16位单片机SPMC75系列,具有很高的性能价格比。本书将以SPMC75F2413A型号为讲解模型,并适当兼顾对于凌阳 μ nSP内核16位单片机系列共性的简介。全书共分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、通用并口及其应用等。

本书通俗易懂、语言流畅、难点分散、内容细致、系统全面、学练结合、注重实效,适合作为高校相关专业本科生教材或研究生参考书,也可作为科研、生产和维修技术人员的培训用书或自学读本。

图书在版编目(CIP)数据

电机控制型单片机SPMC75应用基础 / 李学海编著. —北京: 中国电力出版社, 2007.1

ISBN 978-7-5083-4688-5

I.电... II.李... III.单片微型计算机, 凌阳SPMC7-应用 IV.TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第148750号

版权声明

本书由中国电力出版社独家出版。未经出版者书面许可,任何单位和个人均不得以任何形式复制或传播本书的部分或全部内容。

版权所有,侵权必究!

责任编辑: 李富颖

责任校对: 崔燕菊

责任印制: 李文志

书 名: 电机控制型单片机SPMC75应用基础

编 著: 李学海

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

印 刷: 汇鑫印务有限公司

开本尺寸: 185×260

印 张: 22

字 数: 537千字

书 号: ISBN 978-7-5083-4688-5

版 次: 2007年3月北京第1版

印 次: 2007年3月第1次印刷

印 数: 0001—5000

定 价: 35.00元

序 言

时值冬季用电高峰和全国电力供应紧张之际,李学海老师《电机控制型单片机 SPMC75 应用基础》的付梓出版无疑有着深远意义。我谨代表凌阳公司对作者和出版社的各位同仁,为本书出版而付出的辛勤劳动表示感谢!同时,也向广大用户多年来对凌阳单片机的厚爱表示诚挚的谢意!

随着中国经济的腾飞,自动化、机电一体化技术的普及应用,耗能大王的电机得到广泛的应用。目前,我国约有 10 亿台电机在运营,耗电约占电网总负荷的 60%,约占整个工业用电的 70%。据有关部门分析,如果节能电机和电机调速控制技术能普及使用,仅此两项就可帮助中国节省 10% 能耗。在我国电力供应紧张的形势下,研发、应用电机节能技术,便成为我国当前推进节能型社会的着力点,也是目前中国节能市场上最具商业潜力的领域。

近些年,节能电机和电机调速控制理论方面有了飞速发展,尤其是后者,好的电机控制方法层出不穷,经历了从模拟控制到单片机(MCU)为主的模数混合控制再到全数字控制的演变。随着半导体技术的发展,国外各大公司还纷纷推出专用的电机控制芯片,使电机控制应用领域更加广泛和深入。目前市场上电机控制芯片主要有以下 3 类:8 位单片机、16 位单片机和 DSP 芯片。因其各具特色,被应用到不同领域。

凌阳公司作为一家全球知名的 IC 设计公司也非常重视这个市场,从 2001 年就投入大量的人力物力进行电机控制单片机的研发。经过 4 年多的努力,于 2005 年凌阳公司推出 16 位内核 SPMC75 系列电机控制单片机。它类似于目前许多高校单片机教学中广泛选用的凌阳 SPCE061A 单片机,也以凌阳自主知识产权的 16 位单片机内核 μ nSP (Microcontroller and Signal Processor) 为核心,采用 SOC (System On Chip) 的设计理念,配以丰富的硬件资源,加上电机控制所需的 DSP 运算功能,使得用一颗芯片就可以完成对电机的控制。SPMC75 系列单片机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 SPMC75 系列单片机可以完成诸如变频冰箱、变频洗衣机、变频空调、跑步机,甚至真空吸尘器等家电用器的控制,同时适合水泵、风机、工业缝纫机、工业变频器、电梯、EPS 电源、多环伺服驱动系统等复杂控制。

SPMC75 系列单片机经过一年多的市场运营,吸引了大批工程师和老师的关注。为了更好地满足客户需求,以及更好地帮助客户提高开发速度、提升企业竞争力,同时为高校师生接触新技术、新器件服务,凌阳公司特邀“凌阳大学计划”合作伙伴、“凌阳大学计划”教育推广系列图书的特邀作者李学海老师主笔(已经编写并出版了两本讲解凌阳 8 位单片机 SPMC65 系列的专著),为我们编著一套 SPMC75 系列单片机书籍。

李学海老师多年从事单片机研发和教学工作,对许多世界顶级 IC 公司的单片机都有涉猎,具有丰富的开发实践经验。同时有丰富的教学经验和编写教材的经验。近几年,先后为微芯、义隆、凌阳等多家公司的“中国大学计划”编写了 10 余部讲解不同风格单片机的大

学教程，其中有的已被多所高校和科研单位选作本科教材或培训教程，有1本还被部分学校选定为考研参考书，另有4本被重点大学选定为研究生用书，还有两本获得“第七届全国高校出版社优秀畅销书一等奖”。李学海老师长期为科技期刊供稿，并在面授教学过程中积累了丰富的经验。他了解读者的心理，熟知读者的认识规律，善用清晰明确的逻辑、形象生动的语言打开读者的心扉。循序渐进、通俗易懂、趣味性强，能够用通俗易懂的文字说明复杂的概念是李学海老师的风格。

本SPMC75系列单片机书籍正是在李学海老师积累的丰富经验基础上，通过反复筛选书籍内容，精心推敲讲解顺序而完成的。本书追求“从入门到提高，从知识到技能”平滑上升的学习效果，既传授单片机知识，又教会开发方法和应用技巧，且更侧重将知识转化为实际工作的能力。在写作手法上，力求概念清楚、循序渐进、分散难点、突出重点，达到通俗易懂、引人入盛的目的，力图将每一位有志于从事单片机开发的人员，培养成既懂单片机知识，又能掌握基于单片机的电机控制产品开发的电子工程师。本系列书籍内容细致、科学性强、语言流畅、实用性强，满足读者和市场的需求，能为方兴未艾的电机电子控制市场提供更多技术资源，帮助读者尽快掌握基于单片机的电机控制产品的研发。

相信该书籍的付梓出版也将为今后凌阳公司在全国更深入地开展“凌阳大学计划”，给更多师生接触新技术、新器件带来巨大帮助。

最后，我衷心祝愿本书能在全世界范围内的节能浪潮中有所贡献。

“凌阳大学计划”负责人 罗亚非

2007年1月16日于北京

前 言

2005 年 7 月,我曾应凌阳科技股份有限公司(简称凌阳公司)之邀,为配合“凌阳大学计划”,在其新产品 SPMC65 系列 8 位通用单片机发布前夕,编写了一套书名为《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 2006 年初凌阳公司再次邀请我,为其新产品——16 位 SPMC75 系列电机控制型单片机编写这套图书。

本书在写作手法上,力求难点分散、通俗易懂、循序渐进、趣味性强,使枯燥乏味的学习过程变得更加轻松有趣,引导读者享受学习单片机的乐趣,更多地品尝到成功感,而尽量避免挫折感。读者通过阅读本书可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。本书采用以读者为中心的写作手法,摒弃了以产品手册为中心,或者以作者知识结构或兴趣范围为中心的传统写作模式,避免了可能给读者带来的种种不适和困惑。

本书的编写思路是,充分发挥作者在为《无线电》、《电子制作》和《电子世界》等科技期刊编写单片机技术的连载讲座,以及在面授教学过程中积累的现成经验,然后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。书中以讲解 SPMC75 系列单片机中功能最强的 SPMC75F2413A 型号为主,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。

本书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,及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。尽可能做到使读者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。此外作者还对原文数据手册中的多处文字差错进行了考证,对多处欠缺的示意图进行了补充,以更便于教学和自学。对于一名初步具备电子技术和微机应用基础的初学者,要想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。本书对这些内容都进行了详尽的介绍。而且,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针对性很强的实验范例,并且都调试成功。

凌阳公司创建于 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。凌阳公司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),一直致力于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,推出多样化的产品线,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,并且一直保持着强劲的增长势头。

凌阳公司从 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,推出了具有长远战略意义的“凌阳大学计划”,并为此专门开设了中文网站(<http://www.unsp.com.cn>)。这是目前第一家在大陆开设大学计划专门网站的公司。与凌阳科技的大学计划进行合作的大学,在中国大陆已有好几百所,并且其中有相当一部分院校还建立了凌阳 16 位单片机实验室,取得了令人瞩目的成就。

凌阳公司在单片微处理器的核心技术上,经历了从 8 位的微控制器到 16 位的 μnSP 系列微控制器,再到 32 位的微控制器的发展。同时形成了完整的 IC 产品线,广泛应用于电子词典、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处不在。凌阳公司秉承“为发展中国数字产业尽一份心力”的宗旨,目前配合“中国大学计划”正在大力推广的 16 位电机控制型微控制器产品——SPMC75 系列单片机。该系列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。

在本书写作过程中,得到了中国电力出版社编辑、机械科学研究院刘治山高工、河北通信职业技术学院孙群中讲师、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大力支持和热情鼓励。除了提供最新资料和实验物品之外,他们还将自己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,为本书编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、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,在此一并表示诚挚的谢意!

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的过程,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 SPMC75 系列还属于新品,可查阅的中文资料尚不十分丰富,需要编写的内容不仅量大而且新颖,加之作者的水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者不吝赐教。

作者

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

2006 年 10 月 1 日

目 录

序 言 前 言

第 1 章 概论	1
1.1 凌阳科技公司简介	1
1.2 凌阳单片机产品简介	2
1.3 凌阳 8 位单片机 SPMC65 系列简介	2
1.4 凌阳 16 位单片机 μ nSP 系列简介	3
1.5 SPMC75 系列单片机的特色	4
1.6 SPMC75 系列单片机用于电机控制	7
第 2 章 SPMC75F2413A 硬件系统概况	9
2.1 SPMC75F2413A 内部结构简介	9
2.2 新版 μ nSP CPU 内核结构	11
2.3 核心区域的单元电路及其功能	11
2.3.1 核心区域单元电路	12
2.3.2 CPU 寄存器	13
2.4 系统模块及其功能	17
2.5 SPMC75 系列单片机的最小应用系统	18
2.6 片内外设模块及其功能	20
2.7 SPMC75 封装形式和引脚功能	20
2.8 存储器的空间布局	27
2.8.1 如果按工艺类型划分	28
2.8.2 如果按空间划分	28
2.8.3 如果按功能划分	29
2.9 存储器的功能分配	30
2.9.1 数据存储器 (RAM)	30
2.9.2 堆栈	30
2.9.3 专用寄存器 (SFR)	32
2.9.4 程序存储器 (Flash-ROM)	36
2.9.5 用户矢量区	37
第 3 章 指令系统和寻址方式	39
3.1 指令系统概述	39
3.1.1 SPMC75 指令的时空属性	40
3.1.2 SPMC75 指令的描述方法	40
3.1.3 SPMC75 指令影响标志位的情况	41
3.2 寻址方式	42

3.2.1	与字数据相关的寻址方式	43
3.2.2	与跳转地址有关的寻址方式	48
3.2.3	与位数据有关的寻址方式	50
3.3	指令系统分类解析	51
3.3.1	数据传送指令	51
3.3.2	算术运算指令	56
3.3.3	逻辑操作指令	61
3.3.4	控制跳转指令	68
3.3.5	位操作指令	72
3.3.6	CPU 控制指令	73
第 4 章	汇编程序设计基础和汇编语言工具链	77
4.1	概述	77
4.1.1	背景知识	77
4.1.2	汇编语言的语句格式	79
4.1.3	程序流程和整体结构	83
4.1.4	源程序文件的书写格式	84
4.2	常用伪指令	86
4.2.1	符号名定义类伪指令	87
4.2.2	存储器空间初始化类伪指令	90
4.2.3	控制类伪指令	91
4.3	4 种基本程序结构	95
4.3.1	顺序程序结构	96
4.3.2	分支程序结构	97
4.3.3	循环程序结构	99
4.3.4	子程序结构	100
4.4	几种个性化实用程序的设计方法	102
4.4.1	初始化程序段设计	103
4.4.2	延时程序设计	104
4.4.3	查表程序设计	106
4.4.4	散转程序设计	108
4.4.5	条件长跳转程序设计	112
4.5	汇编语言工具链	113
4.5.1	工具链的构成和启动顺序	113
4.5.2	工具链的加工流程	115
4.6	输入文件的解读	117
4.6.1	解读包含文件 (SPMC75F2413A.inc)	117
4.6.2	解读汇编语言主程序模板文件 (Spmc75_main.asm)	118
4.6.3	解读汇编语言子程序模板文件 (Spmc75_isr.asm)	119
4.7	输出文件的解读	122
4.7.1	解读列表文件 (.LST)	122

4.7.2 解读最终目标文件 (.S37)	123
第5章 软件集成开发环境及其软件模拟开发技术	125
5.1 概述	125
5.1.1 μ nSP IDE 功能简介	125
5.1.2 μ nSP IDE 如何获取	127
5.1.3 μ nSP IDE 如何安装	129
5.1.4 μ nSP IDE 如何删除	138
5.2 μ nSP IDE 的启动和退出	139
5.2.1 μ nSP IDE 如何启动	139
5.2.2 μ nSP IDE 开发环境简介	140
5.2.3 μ nSP IDE 如何打开和关闭项目	141
5.2.4 μ nSP IDE 如何退出	143
5.3 μ nSP IDE 如何管理台面组件	143
5.3.1 μ nSP IDE 如何管理菜单栏和工具栏	144
5.3.2 μ nSP IDE 如何管理窗口	145
5.4 如何创建自己的项目和文件	152
5.4.1 如何创建和保存一个新项目 (.spj)	152
5.4.2 如何创建、保存和添加一个新源文件	154
5.4.3 如何制作目标文件	160
5.5 如何管理文件和文件组	162
5.5.1 如何建立文件组	162
5.5.2 如何移动文件或文件组	163
5.5.3 如何在 μ nSP IDE 中查看文件存储位置	163
5.6 如何设置项目	164
5.6.1 设置通用选项 (General)	165
5.6.2 设置硬件选项 (Hardware)	165
5.6.3 设置 μ nSP IDE 的虚拟组件	166
5.7 如何应用 μ nSP IDE 调试项目	169
5.7.1 切换到项目调试界面	171
5.7.2 开启 CPU 寄存器窗口 (Registers)	172
5.7.3 开启变量观察窗 (Watch)	173
5.7.4 连续运行	175
5.7.5 复位操作	175
5.7.6 单步运行	176
5.7.7 连续单步运行	177
5.7.8 设置断点运行	177
5.7.9 连续断点运行	179
5.7.10 运行到光标处	179
5.7.11 从指定行开始运行	180
5.7.12 查看反汇编窗口	181

5.7.13	跟踪运行和查看轨迹	182
5.7.14	开启和设置存储器观察窗	184
5.7.15	开启和设置命令对话框	185
5.7.16	修改寄存器和存储器单元	187
5.7.17	启用虚拟端口模块	188
5.8	μ 'nSP IDE 系统命令汇总归纳	189
5.8.1	工具栏 (Tool bar)	189
5.8.2	菜单命令归纳	191
5.8.3	菜单命令功能的快速查验方法	193
第 6 章	硬件综合开发工具及其硬件仿真开发技术	195
6.1	硬件工具链及其重要性	195
6.1.1	实时在线仿真器	196
6.1.2	程序烧写器	197
6.1.3	单片机目标板	197
6.1.4	简易型 SPMC75 单片机综合开发实验仪——EVM 板	198
6.2	三合一型开发实验工具 EVM 板的特点	199
6.2.1	EVM 板能帮我们做什么	199
6.2.2	EVM 板的电路布局和接线方法	199
6.2.3	EVM 板的配套资源	202
6.2.4	在线调试器	203
6.2.5	EVM 板功能模块描述	203
6.2.6	EVM 板的两种典型用法	209
6.3	EVM 板的安装方法	209
6.3.1	软件安装方法	210
6.3.2	硬件安装方法	210
6.4	如何应用 EVM 板与 μ 'nSP IDE 配合工作	210
6.4.1	μ 'nSP IDE 环境的选项设置	212
6.4.2	如何建立 μ 'nSP IDE 与 EVM 板的通信	213
6.4.3	如何在 EVM 板上实时运行用户程序	214
6.4.4	在 EVM 板上调试用户程序的方法	215
6.5	如何应用 EVM 板进行项目开发	215
6.5.1	单片机应用项目开发流程	216
6.5.2	项目调试过程中的需要关注的问题	218
6.5.3	硬件仿真模式与软件模拟模式的差异	219
6.6	EVM 板烧写器的安装方法	219
6.6.1	软件获取方法	220
6.6.2	软件安装方法	220
6.6.3	硬件安装方法	224
6.7	EVM 板烧写器的应用方法	224
6.7.1	μ 'nSP EzPro 如何启动	224

6.7.2	μ'nSP EzPro 如何关闭	225
6.7.3	μ'nSP EzPro 界面分布和功能	225
6.7.4	μ'nSP EzPro 的菜单命令	226
第 7 章	通用并行输入/输出端口及其应用	231
7.1	概述	231
7.2	并行端口相关的寄存器	232
7.2.1	端口数据寄存器 P_IOX_Data	233
7.2.2	端口缓冲寄存器 P_IOX_Buffer	234
7.2.3	端口方向寄存器 P_IOX_Dir	234
7.2.4	端口属性寄存器 P_IOX_Attrib	234
7.2.5	引脚配置位与引脚结构配置	235
7.3	并行端口的内部结构和工作原理	236
7.3.1	并行端口的基本结构	236
7.3.2	并行端口的工作原理	240
7.4	各个并行端口的共性和个性	245
7.4.1	端口 IOA 的特殊功能	246
7.4.2	端口 IOB 的特殊功能	250
7.4.3	端口 IOC 的特殊功能	252
7.5	并行端口特性的应用设计	254
7.5.1	内部弱拉功能的妙用	254
7.5.2	非对称驱动能力的用法	256
附录 A	SPMC75F2413A 专用寄存器列表	257
附录 B	ASCII 码表	261
附录 C	包含文件 SPMC75F2413A.INC	265
附录 D	μ'nSP (V1.2) 指令集速查表	309
附录 E	SPMC75F2413A 的指令周期表	313
附录 F	μ'nSP IDE 的保留字	321
附录 G	μ'nSP 英文指令分类列表 (划分为 4 类 49 种)	323
附录 H	汇编器报错信息和警告信息列表	325
附录 I	连接器报错信息和警告信息列表	333
附录 J	库管理器报错信息和警告信息列表	337
参考文献		339

概 论

当前市场上出现了许多单片机产品,从普遍使用的 8 位单片机到前几年发展很快的 16 位单片机,再到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把握。应用于工业控制、家电控制,或者定义在电机控制应用的单片机产品也为数不少,既有 8 位单片机,也有 16 位的单片机,还有 32 位的单片机,而且也有一些公司专门提供专用于电机控制方面应用的 DSP 产品。从某种角度上来说,真正使用在工业控制领域、电机控制应用的单片机/微控制器(包含了嵌入式微处理器以及 DSP 产品),对芯片的抗干扰能力、芯片的端口驱动能力、可靠性等,有着非常严格的要求,所以就当前看来,市场上能够被广大工程技术人员认可的工控单片机几乎都是美、欧、日的产品,专用的电机控制单片机/微控制器产品更是为数不多。本书将给读者介绍一款凌阳科技公司最新的 16 位工业控制等级单片机——SPMC75 系列单片机。

1.1 凌阳科技公司简介

凌阳科技股份有限公司(Sunplus Technology Co.,Ltd.)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。凌阳公司是全球知名的集成电路(IC)设计公司,一直在开发高品质的集成电路,并且把“科技落实生活”作为公司的发展愿景,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(DSP)等核心技术,发展了多样化的产品线,包括液晶显示器驱动芯片、微控器芯片、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(ASIC),并且还一直保持着强劲的增长势头。2004 年其总产值约 189 亿新台币(NTS)。

凌阳公司秉承“为发展中国数字产业尽一份心力”的宗旨,最近特别推出了 8 位通用微控制器系列产品——SPMC 系列单片机。该系列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。SOC(System On a Chip),称为系统级芯片或片上系统或单片系统,即把整个产品系统的所有电路功能全部在一个芯片上得到解决,已经被业界公认是集成电路的重要发展方向。SPMC 系列单片机包含 SPMC65 和 SPMC75 两大系列,SPMC65 系列单片机主要应用于家电产品以及工业控制领域。SPMC75 系列单片机主要用于变频马达驱动控制,广泛应用于变频家电、变频器等控制领域。

凌阳公司从 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,推出了具有长远战略意义的“凌阳公司大学计划”,并为此专门开设

了中文网站(<http://www.unsp.com.cn>)。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 2005 年,与凌阳公司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。更值得关注的是在 2005 年,为了配合新一代凌阳通用单片机的推广,凌阳公司成立了“凌阳单片机推广中心”,负责凌阳工业级通用单片机产品的推广、销售、技术支持等业务。成立不久的凌阳单片机推广中心,就在 2005 年 10 月发布了新一代的 8 位 SPMC65 系列通用单片机,并以强抗干扰性能、高性价比、全面的技术支持服务等特点挺进了竞争激烈的单片机市场。此后其又在 2005 年下半年发布了新一代的 16 位的、具有 DSP 功能的、适用于电机控制的 SPMC75 系列单片机,并以优良的抗干扰性能、高性价比、全面的技术支持服务等特点进入到了 MCU 领域。

1.2 凌阳单片机产品简介

凌阳公司在单片微处理器的核心技术上,经历了从 8 位 SPMC65 系列微控制器到 16 位 $\mu'nSP$ 系列微控制器,再到 32 位微控制器的核心技术的发展。同时,形成了完整的 IC 产品线,广泛应用于电子词典、计算机外围、智能家电控制器、数码相机、VCD、DVD 播放器、来电显示器等产品领域,在日常生活中几乎无所不在。

凌阳公司 16 位单片机的 CPU 内核采用凌阳自主知识产权的 $\mu'nSP$ (Microcontroller and Signal Processor) 16 位微处理器(以下简称 $\mu'nSP$, 发音为 micro-n-SP; 有时也记作 u'nSP, 理由是“ μ ”属于希腊语字符,在英文环境中不太方便处理,就利用一个形状相似的“u”来冒充,并且不会产生歧义)。而围绕 $\mu'nSP$ 所形成的 16 位 $\mu'nSP$ 系列单片机采用的是模块化集成结构,以 $\mu'nSP$ 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,将单片机应用引领到 SOC (System on Chip) 领域。

凌阳公司的 8 位系列单片机产品拥有完整的产品线,以其高性价比、全面的技术支持服务、方便的工具支持为广大客户所接受,出货量排在全球半导体企业的前几位。凌阳公司 8 位单片机产品的主要类别有 LCD 驱动控制芯片、多媒体应用芯片、语音芯片、工业级通用单片机等。

凌阳公司推出的以 $\mu'nSP$ 为内核的 SPMC75 系列单片机,用于变频马达驱动控制,广泛应用于变频家电、工业变频器、工业控制等领域,是针对家电产品以及工业控制领域高抗干扰性、高性价比的工业级芯片。

1.3 凌阳 8 位单片机 SPMC65 系列简介

凌阳公司的 8 位系列单片机产品拥有完整的产品线,以其高性价比、全面的技术支持服务、方便的工具支持为广大客户所接受,出货量排在全球半导体企业的前几位;凌阳公司 8 位单片机产品主要的类别有带 LCD 驱动的 SoC 芯片、多媒体应用芯片、语音芯片、通用单片机等。

凌阳公司花费了 5 年的研发时间,成功地推出了适用于家电、工控、仪器仪表、安防报警、计算机外围等各大领域的通用 8 位单片机。该系列单片机具有很强的抗干扰能力,安全指标已通过“中国计量科学研究院无线电处 EMC (电磁兼容性) 检测实验室”的测试认证(具体指标——EFT: 正负 4kV; ESD (静电放电): 接触放电 8kV; 空气放电 15kV), 已经完全达

到欧美芯片的等级。

凌阳公司最新推出的SPMC65系列单片机属于8位通用单片机系列,是针对家电产品以及工业控制领域的高抗干扰性、高性价比的工业级芯片。SPMC65系列单片机提供了从低档到高档的一系列产品,以满足客户的不同需求,包括不带ADC的I/O控制型单片机、带ADC的I/O控制型单片机等。

SPMC65系列单片机采用8位的SPMC65 CPU内核,并围绕这个通用的CPU内核,集成了不同的片内资源,形成了从低档到高档的一系列产品。在该系列芯片中配置了相同的片内硬件功能模块,并且具有相同的资源特点,不同型号的芯片只是对片内资源进行删减。

SPMC65 CPU内核是凌阳公司在6502的基础上改进后的CPU内核(称为65B02),除了支持6502的全部指令之外,还扩充了一些位操作指令。

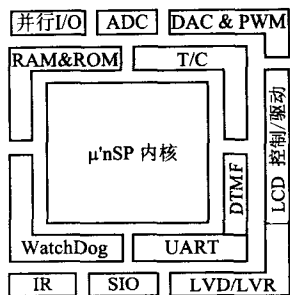
早期许多流行的微机系统中广泛应用的CPU就是6502,例如,大名鼎鼎的美国苹果公司研制的苹果系列微机、我国南京生产的紫金系列微机、当年电子工业部主持定型的中华学习机等。另外,还有一些电视游戏机(如任天堂系列)当中应用的CPU也是6502的兼容型号。

整个SPMC65系列的所有单片机型号,其硬件结构、寄存器的映射关系等都是相同的,不同的只是硬件模块的删减。SPMC65系列单片机根据片内资源的情况,目前划分了两大类芯片:①不带ADC的通用单片机系列;②带ADC的通用单片机系列。SPMC65P2408A单片机为资源较全的一颗芯片,下面就以SPMC65P2408A来说明凌阳SPMC65系列单片机的命名方法,同时也可以了解SPMC65系列单片机的一些情况。其中:

- “SPMC65”为凌阳8位SPMC65系列通用单片机的标志字头,代表凌阳公司设计开发的8位的通用型单片机系列。
- “P”是指该芯片为一次性编程(OTP, One Time Program)型芯片,该位表示芯片的程序存储器类型,如果该位字符为“F”,则表示为闪速存储器(Flash)型芯片,如果为“C”则代表掩模(MASK)型芯片。
- “2”表示为SPMC65系列单片机中的“2”系列芯片,即带ADC的通用单片机系列,如果为“1”则表示为“1”系列芯片,即不带ADC的通用单片机系列。
- “08”两位数字表示该芯片的程序存储器大小。
- 最后的一个字母代表该芯片的版本号,如“A”则代表A版的芯片。

1.4 凌阳 16 位单片机 μ nSP 系列简介

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。凌阳公司的16位单片机就是为适应这种发展而设计的,它的中央处理器(CPU)内核采用凌阳自主知识产权的 μ nSP(Microcontroller and Signal Processor) 16位微处理器(以下简称 μ nSP)。而围绕这个通用的核心所形成的16位 μ nSP系列单片机采用的是模块化集成结构,以 μ nSP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,将单片机应用引领到SOC(System On Chip)领域。 μ nSP系列的模块化集成结构如图1.1所示。

图 1.1 基于 $\mu'nSP$ 内核的系列单片机模块化结构

$\mu'nSP$ 内核是一个高性能的通用核，结合模块化的单片机结构，它不但可以充分体现 SOC 的理念，还可以在 $\mu'nSP$ 内核的结构当中拥有一些 DSP 才具备的特征，如硬件乘法器、除法的硬件支持、内积运算以及带移位的算术运算操作等。这使得 $\mu'nSP$ 系列单片机具有很高的性价比，可以广泛应用于各种类型的电子产品设计当中。

凌阳公司的 $\mu'nSP$ 系列16位单片机主要产品有带语音功能的SPCE通用单片机系列、工业控制级控制型的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系列单片机等等。

$\mu'nSP$ 系列单片机当中，有目前在“凌阳大学计划”中得到广泛应用的 SPCE061A 单片机，SPCE061A 单片机属于独具特色的、带语音功能的通用单片机。SPMC75 系列单片机是继 SPCE061A 之后，凌阳公司在 16 位单片机产品方面的最新产品，属于工业控制级的通用单片机产品。SPMC75 系列单片机采用更新、更高效的新版本 $\mu'nSP$ 内核，采用了整体的、有效的抗干扰加强设计，使其成为符合工业控制等级的高性能单片机，在抗干扰能力、可靠性方面有着优异的表现。而且它在控制方面，加强了 I/O 端口的驱动、控制能力，加入了完整功能的定时器等，都使其在控制方面表现非常突出，特别是在电机驱动控制、变频应用方面。

1.5 SPMC75 系列单片机的特色

SPMC75 系列单片机采用凌阳自主知识产权的 16 位 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 内核 (ISA1.2)；与凌阳大学计划在国内众多大专院校所推广的 SPCE061A 单片机同属 $\mu'nSP$ 系列单片机，同样具有 DSP 特色的内核以及 SOC 单片机的设计思想。但在抗干扰性能、中断系统、硬件模块资源等方面，相比于 SPCE061A 单片机有了很大的提升，这点读者可从书用的内容得到考证。SPMC75 系列单片机集成了能产生变频电机驱动的 PWM（脉宽调制信号）发生器、多功能捕捉比较模块、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 可以完成诸如家电用变频驱动器、标准工业变频驱动器、多环伺服驱动系统等复杂应用。当然也可以应用于其他方面，因为其丰富的硬件资源在一般的工业控制单片机看来也是难得的。本书将围绕该系列单片机的内核结构、指令系统、外围模块、开发环境、开发工具、应用范例等方面进行详尽的叙述，给读者展现这一系列单片机的原理、开发以及应用。

SPMC75 系列单片机与 μ nSP 的其他系列单片机相比,最显著的特点在于两方面:以工业控制等级作为基本的标准,拥有优良的抗干扰能力;在芯片的硬件资源方面,SPMC75 系列单片机强调控制的特性,特别是对各种电机控制的硬件支持。SPMC75 系列单片机的特性如下:

- 内置在线仿真(ICE)功能接口逻辑,可实现在线仿真、调试和下载,这是一个很突出的特色,特别适合初学者当作经济实用的学习和演练工具,也特别适合电子工程师作为廉价工具套件用于前期项目评估和产品开发。
- 高性能的CPU内核。
 - 凌阳16位 μ nSP处理器(ISA1.2),支持位操作;
 - 具备DSP(数字信号处理器)的指令特色;
 - 两种低功耗模式:Wait和Standby;
 - 片内欠压(或掉电或低电压)检测电路;
 - 片内基于锁相环的时钟发生模块;
 - 最高内部时钟频率:24MHz。
- 芯片内存储器。
 - 32K字(32K $\times$ 16)Flash(快闪存储器,主要固化程序代码);
 - 2K字(2K $\times$ 16)SRAM(静态随机读写存储器,寄存临时数据);
 - 256字EEPROM(以Flash充当)。
- ADC模块。
 - 8个外部输入通道;
 - 10位的分辨率;
 - 转换速率可编程,最大转换速率:100Ksps;
 - 可与PDC或MCP等定时器联动,实现电机控制中的电参量测量。
- 串行通信接口。
 - 通用异步收发器接口(UART);
 - 串行外设接口(SPI)。
- 两个用于电机控制的PWM定时器(MCP定时器:MCP3和MCP4)。
 - 能够产生三相六路可编程的PWM波形(中心对称或边沿方式),如三相的SPWM、SVPWM等;
 - 提供PWM占空比值同步载入逻辑;
 - 可选择与PDC的位置检测变化同步;
 - 可编程的硬件死区插入功能,死区时间可设定;
 - 可编程的错误和过载保护逻辑;
 - 具备普通的16位定时器功能。
- 两个相位捕捉定时器(PDC定时器:PDC0和PDC1)。
 - 可同时处理三路捕捉输入;
 - BLDC(无刷直流电动机)驱动的专用位置检测接口;
 - 两相增量式编码盘接口,支持4种工作模式,内置4倍频电路;
 - 可产生三路PWM输出(中心对称或边沿方式);