

凌阳单片机 系列丛书



凌阳8位通用单片机 原理及开发

凌阳科技 编著

 北京航空航天大学出版社

中国美术学院美术考级教材

素描分册

凌阳8位通用单片机 原理及开发

凌阳科技 编著

中国美术学院美术考级教材

凌阳 8 位通用单片机

原理及开发

凌阳科技 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

SPMC65 系列单片机是凌阳科技股份有限公司在 2005 年新推广的工业级 8 位通用单片机,具备优良的抗干扰能力、丰富的硬件资源以及非常高的性价比。全书共分为 10 章。内容主要包括:SPMC65 系列单片机、指令系统、I/O 端口、中断系统、定时器、串行接口、模拟外设、其他硬件功能模块、软件开发工具和 6 个具有参考意义的实例。

本书的读者对象可以是具备单片机基础知识的工程师,也可以是大专院校相关专业的教师或者是对单片机感兴趣的爱好者;本书既可作为从事单片机开发的工程技术人员的自学用书,也可作为高校相关专业的研究生、本科生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

凌阳 8 位通用单片机原理及开发/凌阳科技编著.

—北京:北京航空航天大学出版社,2006.4

ISBN 7-81077-820-X

I. 凌… II. 凌… III. 单片微型计算机,凌阳 SPM
C65 系列—基本知识 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 028717 号

© 2006,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。
侵权必究。

凌阳 8 位通用单片机原理及开发

凌阳科技 编著

责任编辑 张冀青

*

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: bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:18 字数:403 千字

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷 印数:4000 册

ISBN 7-81077-820-X

定价:28.00 元

前 言

通用单片机,泛指微控制器,对于芯片提供厂商而言,又指应用于通用领域的单片机产品。通用单片机广泛应用于家电产品、工业控制产品、仪器仪表设备及智能控制器等产品领域,早已渗透在人们的日常生活、生产活动当中。按照通用单片机的数据总线位数划分,可分为4位、8位、16位以及32位通用单片机,其中,8位通用单片机在通用领域市场中占据的份额最大;而且随着需求的增涨,全球8位通用单片机的发货量还在不断攀升。在8位通用单片机的供货厂商中,很多世界知名的芯片厂商都在提供各种规格的通用单片机产品,应用于各个领域。凌阳科技股份有限公司(Sunplus Technology Co., Ltd.)作为全球知名的芯片设计公司,在通用单片机产品上,提供了SPMC系列通用单片机。

从2000年开始,凌阳科技为了回馈教育,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”。到2005年为止,在国内已有三百多所大学与凌阳科技股份有限公司的“大学计划项目”进行合作,并且建立了一百多个凌阳16位单片机实验室,取得了令人瞩目的成绩。2005年,为了配合新一代凌阳通用单片机的推广,凌阳科技股份有限公司成立了凌阳单片机推广中心,负责凌阳通用单片机产品的推广、销售和技术支持等业务。2005年,成立不久的凌阳单片机推广中心,发布了新一代8位SPMC65系列通用单片机。该系列单片机以良好的抗干扰性能、高性价比、全面的技术支持服务等特点进入MCU领域。

SPMC65系列单片机采用凌阳的8位SPMC65内核,以SOC单片机的设计思想,提供了实用、可靠的单片机。该系列单片机在资源上拥有多通道10位ADC、CCP功能的定时器、驱动能力强的端口及多种串行通信接口等。不同规格的芯片适用于不同的设计产品,如SPMC65P2408A适用于开发定频空调及同等资源要求的产品;SPMC65P2204A适于开发电磁炉;SPMC65P2404A适于电机的伺服驱动器的开发。

结合凌阳单片机推广中心MCU技术支持部人员的开发应用经验,及凌阳公司各个部门在芯片设计、系统应用和软件开发等方面的经验,系统地介绍了凌阳SPMC65系列8位通用单片机的内核特点、指令系统、硬件结构、集成开发环境(Fortis IDE)、软硬件开发工具及多个应用实例。

全书共分10章。

第1章为凌阳SPMC65系列单片机的性能特点、内核结构及SPMC65P2408A单片机的资源特点、最小系统等。

第2章为SPMC65系列单片机指令系统,系统地介绍SPMC65内核的指令集、伪指令以

及常用软件设计。

第3章~第8章分别为 SPMC65 系列单片机的各种硬件功能模块,如 I/O 端口、中断系统、定时器、串行接口、模拟外设、复位和时钟源等。每一个功能模块的介绍均配有片段代码,以说明各个功能模块的使用方法。

第9章为 SPMC65 系列单片机的开发工具,分别介绍 Fortis 集成开发环境(IDE)、Q-Writer编程工具及 SPMC65 系列单片机在线仿真编程器。

第10章给出了利用 SPMC65 系列单片机实现红外遥控接收、智能电饭煲、定频空调等应用实例。

另外,为了保证全文体例上的统一,本书中的符号全部采用正体书写。

本书为凌阳单片机推广中心的职务著作,叶新华、张新强负责统稿,王涛、温元胜、姜海龙、安颖、刘学负责编写,由罗亚非、张向艳统一审稿。在编写过程中,得到了台湾(地区)凌阳科技 IP 开发处、系统应用中心的多位工程师的技术指导,在此致以诚挚的谢意。

在阅读本书时,可以登录凌阳单片机网站 [www. sunplusmcu. com](http://www.sunplusmcu.com),可以下载更多 SPMC65 系列单片机的资料,以便参考,也可以登录论坛进行在线讨论。

本书的编排和规划,汇聚了多位电子工程师的开发与使用经验,如果有谬误之处,还请各位读者赐予宝贵的建议。欢迎发邮件 [mcu@sunplus. com. cn](mailto:mcu@sunplus.com.cn) 与我们联系。

编 者

2005 年 12 月 7 日 于北京

目 录

第 1 章 凌阳 SPMC65 系列单片机

1.1 凌阳通用单片机简介	1
1.2 SPMC65 系列单片机简介	2
1.3 SPMC65 系列单片机特点	3
1.4 SPMC65 系列单片机 CPU 内核	6
1.4.1 SPMC65 系列单片机结构	6
1.4.2 SPMC65 系列单片机的寻址方式	9
1.5 SPMC65 系列单片机的存储器	10
1.5.1 程序存储器	11
1.5.2 数据存储器	11
1.5.3 芯片配置选项及用户信息	12
1.6 SPMC65P2408A 单片机	12

第 2 章 SPMC65 系列单片机指令系统

2.1 符号约定	16
2.2 寻址方式	18
2.2.1 立即数寻址	19
2.2.2 绝对寻址	19
2.2.3 零页寻址	19
2.2.4 绝对变址寻址	20
2.2.5 零页变址寻址	20
2.2.6 间接跳转寻址	21
2.2.7 变址间接寻址	21
2.2.8 间接变址寻址	21
2.2.9 隐含寻址	22
2.2.10 累加器寻址	22
2.2.11 相对寻址	23
2.3 指令系统	23

2.3.1 指令概述	23
2.3.2 数据传送指令	24
2.3.3 算术运算指令	32
2.3.4 逻辑运算指令	41
2.3.5 控制转移指令	49
2.3.6 位操作指令	52
2.3.7 处理器控制指令	55
2.4 常用伪指令	58
2.4.1 SPMC65 伪指令的语法格式及分类	58
2.4.2 存储类伪指令	59
2.4.3 定义类伪指令	63
2.4.4 条件类伪指令	69
2.4.5 汇编链接类伪指令	71
2.5 常用程序实例	73

第 3 章 I/O 端口原理及应用

3.1 I/O 端口概述	80
3.2 I/O 端口结构	81
3.3 I/O 端口寄存器	81
3.3.1 端口 A	82
3.3.2 其他端口	85
3.4 I/O 端口的特殊功能	86
3.5 I/O 端口应用	88

第 4 章 中断系统

4.1 SPMC65 系列单片机中断系统	93
4.2 中断控制寄存器	94
4.2.1 P_INT_Ctrl0(\$0D,R/W)	94
4.2.2 P_INT_Ctrl1(\$0F,R/W)	96
4.2.3 P_INT_Ctrl2(\$27,R/W)	97
4.2.4 P_INT_Flag0(\$0C,R/W)	97
4.2.5 P_INT_Flag1(\$0E,R/W)	98
4.2.6 P_INT_Flag2(\$26,R/W)	98
4.2.7 P_IRQ_Opt0(\$33,R/W)	99

4.2.8 P_IRQ_Opt1(\$34,R/W)	100
4.3 中断应用	102

第5章 定时/计数器原理及应用

5.1 SPMC65 系列单片机的定时/计数器	108
5.2 Timer 控制寄存器	109
5.2.1 Timer 相关寄存器简述	109
5.2.2 Timer 基本功能寄存器	110
5.3 定时/计数器	113
5.3.1 定时/计数器的结构	113
5.3.2 8 位定时/计数器	114
5.3.3 16 位定时/计数器	116
5.3.4 定时/计数器中断	118
5.4 捕获器	119
5.4.1 SPMC65 系列单片机的捕获器	119
5.4.2 控制寄存器	121
5.4.3 8 位捕获器工作模式	123
5.4.4 16 位捕获器工作模式	125
5.4.5 捕获中断	126
5.5 比较模式	127
5.5.1 SPMC65 系列单片机 Timer 的比较模式	127
5.5.2 比较模式控制寄存器	128
5.5.3 8 位比较模式	129
5.5.4 16 位比较模式	130
5.5.5 比较器中断	131
5.6 PWM 模式	131
5.6.1 SPMC65 系列单片机 Timer 的 PWM 模式	131
5.6.2 PWM 模式控制寄存器	132
5.6.3 8 位 PWM 工作模式	134
5.6.4 12 位 PWM 工作模式	136
5.6.5 16 位 PWM 工作模式	138
5.6.6 PWM 中断	140

第 6 章 串行接口原理及应用

6.1 SPMC65 系列单片机的串行接口	141
6.2 SPI 接口	141
6.2.1 SPI 接口简述	141
6.2.2 控制寄存器	143
6.2.3 工作机制	146
6.2.4 应用举例	148
6.3 UART 接口	150
6.3.1 UART 接口简述	150
6.3.2 控制寄存器	151
6.3.3 工作机制	155
6.4 I ² C 接口	157
6.4.1 I ² C 接口简述	157
6.4.2 控制寄存器	158
6.4.3 工作机制	161
6.4.4 应用举例	165

第 7 章 模拟外设

7.1 模数转换器	169
7.1.1 A/D 转换器工作原理	169
7.1.2 控制寄存器	170
7.1.3 A/D 转换器应用	174
7.2 数模转换器	177
7.2.1 D/A 转换器工作原理	177
7.2.2 控制寄存器	177
7.2.3 D/A 转换器应用	178
7.3 电压比较器	179
7.3.1 电压比较器工作原理	179
7.3.2 控制寄存器	180
7.3.3 电压比较器应用	182

第 8 章 其他硬件功能模块原理及应用

8.1 复位	183
--------------	-----

8.1.1 上电复位	184
8.1.2 外部复位	184
8.1.3 低电压复位	185
8.1.4 看门狗复位	186
8.1.5 非法地址复位	186
8.1.6 系统控制寄存器 P_SYS_Ctrl(\$30,R/W)	186
8.2 时钟源	187
8.3 低功耗工作模式	188
8.4 看门狗定时器	191
8.4.1 看门狗定时器结构	191
8.4.2 看门狗定时器控制寄存器	192
8.4.3 看门狗中断	193
8.5 时基与蜂鸣器输出	194

第9章 SPMC65 系列单片机开发工具

9.1 概 述	196
9.2 集成开发环境 Fortis IDE	196
9.2.1 软件开发工具的安装	196
9.2.2 SPMC65 系列单片机软件开发工具快速入门	197
9.2.3 工程中包含文件类型说明	197
9.3 Fortis IDE 用户编程界面	198
9.4 Fortis IDE 的使用	199
9.4.1 创建工程	199
9.4.2 设置工程	200
9.4.3 管理工程	202
9.4.4 编写程序	204
9.4.5 编译工程	207
9.4.6 运行工程	207
9.4.7 调试工程	207
9.4.8 Fortis IDE 工具栏常用图标对照表	209
9.5 SPMC65 系列单片机硬件开发工具	210
9.6 Q-Writer 的使用	213

第 10 章 SPMC65 系列单片机的应用实例

10.1	ADC 一线键盘输入应用	219
10.1.1	功能规格	219
10.1.2	硬件设计	219
10.1.3	软件设计	220
10.2	SPI 串行接口读写 E ² PROM	223
10.2.1	功能规格	223
10.2.2	硬件设计	223
10.2.3	软件设计	224
10.3	红外遥控接收应用实例	228
10.3.1	功能规格	228
10.3.2	硬件设计	229
10.3.3	软件设计	230
10.4	利用 PWM 实现音乐播放	233
10.4.1	功能规格	233
10.4.2	硬件设计	233
10.4.3	软件设计	234
10.5	SPMC65P2404A 在智能电饭煲中的应用	238
10.5.1	功能规格	238
10.5.2	硬件设计	238
10.5.3	软件设计	240
10.6	SPMC65P2408A 在定频空调中的应用	243
10.6.1	空调工作原理	243
10.6.2	功能规格	244
10.6.3	硬件设计	244
10.6.4	软件设计	248

附录 A SPMC65 指令速查表

附录 B SPMC65 系列单片机引脚分配表

附录 C SPMC65 系列单片机端口速查表

附录 D SPMC65 系列单片机硬件资源列表

附录 E SPMC65 系列单片机封装信息

第 1 章 凌阳 SPMC65 系列单片机

1.1 凌阳通用单片机简介

凌阳科技股份有限公司(Sunplus Technology Co., Ltd.)(以下简称凌阳科技)是全球知名的芯片设计公司,致力于开发高品质的集成电路芯片。凌阳科技的愿景是“科技落实生活”,以强大的 IC 设计与系统应用能力为客户提供满意的产品与服务。凌阳科技运用多媒体影音、单片微处理器、数字信号处理器(DSP)等核心技术,发展出多样化的产品线,包括液晶 IC、微控制器 IC、多媒体 IC、语音、音乐 IC 及各式 ASIC,并逐年扩增。

凌阳科技在单片微处理器的核心技术上,发展了从 8 位系列微控制器到 $\mu'nSP$ 系列 16 位微控制器、32 位微控制器的核心技术;同时,形成完整的 IC 产品线,应用在电子词典、计算机外设、智能家电控制器、数码相机、VCD、DVD 播放器和来电显示器等产品领域,在日常生活中无所不在。

凌阳科技的 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 $\mu'nSP$)。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,将单片机应用引伸到 SOC(System on Chip)领域。

凌阳科技的 $\mu'nSP$ 系列 16 位单片机的主要产品有: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。凌阳科技新近又推出了以 $\mu'nSP$ 为内核的 SPMC75F 系列单片机,用于变频发动机驱动控制,广泛应用于变频家电、工业变频器和工业控制等领域。

凌阳科技的 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,发货量排在全球半导体企业的前几位。凌阳科技 8 位单片机产品主要类别有:带 LCD 驱动的 SOC 芯片、多媒体应用芯片、语音芯片和通用单片机等。

凌阳科技最新推出的 SPMC65 系列单片机属于 8 位的通用单片机系列,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。

本书将重点介绍 SPMC65 系列单片机(带 ADC 或不带 ADC 的 I/O 控制型单片机系列)的全部资源及开发使用的方法;在 SPMC65 系列单片机中,具体型号的芯片会针对不同应用将片内资源进行一定的删减,保留的资源及端口等都与本书介绍的一样。通过对本书的学习,掌握 SPMC65 全系列单片机的原理及开发使用方法。当涉及具体型号芯片的设计时,建议结合具体型号芯片的数据手册(Data Sheet)进行设计。

1.2 SPMC65 系列单片机简介

SPMC65 系列单片机是由凌阳科技设计开发的 8 位通用单片机系列产品。该系列单片机具有高抗干扰能力、丰富易用的资源以及优良的结构,非常适合于家用电器、工业控制和仪器仪表等方面应用的工业级微控制器。

SPMC65 系列单片机采用 8 位的 SPMC65 CPU 内核^①,围绕这个通用的 SPMC65 核,集成了不同的片内资源,形成了从低档到高档一系列产品。在系列芯片中相同的片内硬件功能模块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。表 1.1 中列出了 SPMC65 系列单片机部分芯片的硬件资源。

表 1.1 SPMC65 系列单片机硬件资源列表

芯片名称		SPMC65P2104A	SPMC65P2204A	SPMC65P2404A	SPMC65P2408A
功 能					
内部存储器	OTP (ROM)/KB	4	4	4	8
	Data (RAM)/B	128	192	192	256
最大工作频率/MHz		8	8	8	8
指令集		182 条指令支持位操作(置 1,清零,取反,测试)			
I/O 端口		13	15/11	15/23	23/27
A/D 转换器		4 通道/10 位	9 通道/10 位	8 通道/10 位	8 通道/10 位

① SPMC65 CPU 内核是凌阳科技股份有限公司在 6502 的基础上改进后的 CPU 内核,支持 6502 的全部指令,故在本书中统称为 SPMC65 CPU 内核或 SPMC65 核,其指令系统称为 SPMC65 指令系统。

续表 1.1

芯片名称 功 能	SPMC65P2104A	SPMC65P2204A	SPMC65P2404A	SPMC65P2408A
SPI	无	无	1 个	1 个
UART	无	无	无	1 个
定时/计数器	1 个 16 位定时/计数器	1 个 8 位定时/计数器 1 个 16 位定时/计数器	2 个 8 位定时/计数器 2 个 16 位定时/计数器	2 个 8 位定时/计数器 2 个 16 位定时/计数器
时基	1 个	1 个	1 个	1 个
看门狗定时器	1 个	1 个	1 个	1 个
蜂鸣器输出	1 个 1 kHz~2 MHz	1 个 1 kHz~2 MHz	1 个 1 kHz~2 MHz	1 个 1 kHz~2 MHz
工作电压/V	3~5.5	3~5.5	3~5.5	3~5.5
引脚/封装	18 PIN PDIP/SOP	20/16 PIN PDIP/SOP	20/28 PIN PDIP/SOP	28/32 PIN PDIP/SOP

SPMC65 系列单片机根据片内资源的情况,划分了两大类芯片:第一类,不带 ADC 的通用单片机系列;第二类,带 ADC 的通用单片机系列。表 1.1 中列出的 SPMC65P2408A 单片机为资源较全的芯片,下面就以 SPMC65P2408A 为例说明凌阳 SPMC65 系列单片机的命名方法。

- SPMC65P2408A 的前六位字符“SPMC65”为凌阳 8 位 SPMC65 系列通用单片机的标志字头,代表凌阳科技有限公司设计、开发的 8 位通用型单片机系列。
- SPMC65P2408A 的第 7 位字符“P”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”,则代表掩膜(MASK)型芯片。
- SPMC65P2408A 的第 8 位“2”表示 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。
- SPMC65P2408A 的后两位数字表示该芯片的程序存储器大小。
- SPMC65P2408A 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。

SPMC65 全系列单片机中,硬件结构、寄存器的映射等都是相同的,不同的只是资源的删减情况。本书将从最全的 SPMC65 系列单片机进行介绍,具体型号的芯片请参考数据手册(DataSheet),也可在凌阳的单片机网站:www.sunplusmcu.com 上下载到 SPMC65 系列单片机中各型号芯片的数据。

1.3 SPMC65 系列单片机特点

SPMC65 系列单片机针对家用电器、工业控制应用,设计了工业级芯片,并为其应用领域

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、抗干扰能力;采用增强的复位系统提高系统的可靠性,提供可靠而且完整的 CCP 功能的定时器/计数器等。

目前 SPMC65 系列单片机提供了最大字节的 RAM(928 B)和 ROM(16 KB),同时还集成了 1 个时基、1 个看门狗定时器、6 个 16 位定时器/计数器、9 个通道的 ADC 等资源。SPMC65 系列单片机资源特性如下所述。

► 存储空间:

- 最大 16 KB 的程序空间(ROM);
- 最大 928 B 的数据空间(RAM)。

► SPMC65 CPU 内核:

- 支持 182 条指令;
- CPU 最高频率 8 MHz;
- 支持位操作指令。

► I/O 端口:

- 最多 6 组 8 位通用 I/O 端口;
- 可设置为上拉/下拉/悬浮输入口,或者输出口;
- 具有复用功能的双向 I/O 端口。

► 中断:

- 最多 6 通道外部中断(NMI 非屏蔽中断或 IRQ 可屏蔽中断);
- 内部中断。

► 复位:

- 增强的复位系统。

► 时钟管理(Clock):

- 3 种时钟源:RC 振荡器、晶体和外部时钟输入;
- 具备时钟频率输出能力。

► 省电模式:

- 2 种省电模式(STOP 和 HALT)。

► 模拟外设:

- 9 通道带一个内部参考电压的 10 位 ADC,或 8 通道带内/外部参考电压的 10 位 ADC;
- 4.0 V 或 2.5 V 可选的低电压复位系统;
- 1 通道 10 位 DAC,最大输出电流为 3.3 mA;
- 2 个模拟电压比较器。

► 3 个 16 位定时/计数器(类型 I,Timer0、Timer2 和 Timer4):

- 8 位/16 位定时、计数功能;
- 捕获功能(8 位脉宽/周期测量、16 位脉宽测量);

- 8 位/16 位比较输出;
- 8 位 PWM 输出。
- 2 个 16 位定时/计数器(类型 II, Timer1、Timer3):
 - 8 位/16 位定时/计数器, 事件计数模式;
 - 捕获功能(8 位脉宽/周期测量, 16 位脉宽测量);
 - 8 位/16 位比较输出;
 - 12 位 PWM 输出。
- 1 个 16 位定时/计数器(类型 III, Timer5):
 - 8 位/16 位定时/计数器, 事件计数模式;
 - 捕获功能(8 位脉宽/周期测量, 16 位脉宽/周期测量);
 - 8 位/16 位比较输出;
 - 16 位 PWM 输出。
- 时基:
 - 频率选择 1 Hz~62.5 kHz @8 MHz。
- 蜂鸣器输出:
 - 频率 1 kHz~2 MHz @8 MHz。
- 可编程看门狗定时器。
- 串行总线接口:
 - SPI 总线;
 - UART 总线;
 - I²C 总线。

应用领域:

① 小家电, 如微波炉、冰箱、洗衣机、空调、电饭煲、电磁炉和充电器等。

② 带有 I/O 控制和 A/D 转换功能的工控场合。

为了方便二次的开发, 凌阳科技有限公司还开发了一款仿真芯片 ECMC653, 专门用于 SPMC65 系列单片机的仿真。ECMC653 芯片内集成了 SPMC65 系列单片机全部的资源, 具有 928 B 的 RAM 和 16 KB 的 SRAM。同时还集成了 1 个时基、1 个看门狗定时/计数器、6 个 16 位定时/计数器和 9 个通道的 ADC 等。为了缩短开发周期, 便于发现程序中隐藏的错误, 芯片内部集成了专用的 1 KB 的 PC Trace 用于记录程序的运行路径, 这样就可以从中了解到程序是否正确执行。

一般可以通过 ECMC653 仿真, 学习 SPMC65 系列全部的芯片, 而且其硬件资源的应用与 SPMC65 系列单片机是完全一样的, 需要仿真不同的芯片时, 只需要在集成开发环境 Fortis IDE 上做出选择即可(详细内容请参考第 10 章中对 Fortis IDE 以及在线仿真编程器的介绍)。