

 面向21世纪高等院校课程规划教材

凌阳16位 单片机原理与应用

主审 顾 滨

主编 孔祥洪 孟 健 王令群



北京航空航天大学出版社





面向 21 世纪高等院校课程规划教材

凌阳 16 位单片机 原理与应用

主审 顾 滨

主编 孔祥洪 孟 健 王令群

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍凌阳 16 位微控制器芯片 SPMC75 的结构、工作原理及接口应用。全书共分 11 章,主要介绍单片机结构、原理及指令系统、程序设计、多功能 I/O 口、时钟与中断、模/数转换器、同步及异步串行接口、开发系统简介、开发板的使用。其中,重点介绍了多功能捕获比较模块、BLDC(电机驱动专用位置侦测接口)、两相增量编码器接口、能产生各种电机驱动波形的 PWM 发生器等特殊硬件模块。

本书可以作为高等院校单片机课程实训教材,也可供从事电子技术、计算机应用与开发的科研人员和工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

凌阳 16 位单片机原理与应用/孔祥洪,孟健,王令群
主编. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.2
ISBN 978-7-81124-258-4

I. 凌… II. ①孔…②孟…③王… III. 单片微型计算机
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 023440 号

©2008,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 16 位单片机原理与应用

主 审 顾 滨

主 编 孔祥洪 孟 健 王令群

责任编辑 杨 波 史海文

*

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

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787mm×1 092mm 1/16 印张:21.5 字数:550 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-258-4 定价:39.00 元(含光盘 1 张)

前言

单片机技术课程是目前各大专院校计算机应用专业及计算机相关专业开设的一门重要课程。同时,单片机技术也是一个电子类工程师应该掌握的三大技术之一。编者根据自己多年的教学经验,精心组织并编写了本教材。本书讨论了单片机设计的原理及应用,书中包含原理、设计范例和开发工具,可以使学生很快掌握单片机应用的系统设计技巧。

SPMC75F2413A 是由凌阳科技公司设计开发的工业级 16 位微控制器芯片,其核心采用自主知识产权的 $\mu'nSP^{TM}$ (micro - n - Sunplus) 微处理器,集成了多功能 I/O 口、同步和异步串行接口、模/数转换器 (Analog-Digital Converter, 简称 ADC)、定时计数器 (T/C) 等功能模块,以及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、能产生各种电机驱动波形的 PWM 发生器等特殊硬件模块。SPMC75F2413A 可以应用于诸如家电用变频驱动器、标准工业变频驱动器、变频电源、多环伺服驱动系统等复杂设计。实际应用用在冰箱、空调、洗衣机等家用电器上。

本书的设计程序及开发软件均可在由凌阳公司开发的 SPMC75 的 EVM 硬件开发板上运行。EVM 是 SPMC75 系列芯片的功能评估板,它是一个 SPMC75F2413A 的最小应用系统。开发板上配有 RS-232 接口、8 个 LED 指示灯、4 位数码管显示、6 个按键、EEPROM 存储器和外部电位器等基本硬件,以方便 SPMC75 系列芯片的开发之用。

本书还提供了部分软件资源,其中包括:基于 SPMC75F2413A 交流感应电机驱动函数库;基于 SPMC75F2413A 无刷直流电机驱动函数库;DMC Toolkit 调试环境 MCU 部分的驱动函数库;实用应用实例(包括源码和详细的设计说明);交流感应电机驱动应用实例(使用交流感应电机驱动函数库);无刷直流电机驱动应用实例(使用无刷直流电机驱动函数库);DMC Toolkit 调试环境 MCU 部分的驱动库应用实例。

本书由孔祥洪、孟健、王令群主编,张慕蓉、陈明、华健、孙玉强、黄勇、高静霞参编,顾滨为主审,孔祥洪和王令群负责了全书的统稿。本书共 11 章,孔祥洪编写第 4、5、10 章,孟健编写第 9、11 章,王令群编写第 3、7、8 章,张慕蓉、华健编写第 1 章,陈明、黄勇编写第 2 章,孙玉强、高静霞编写第 6 章。

另外,在资料收集、整理方面,还得到高镜霞、诸杭、李吉鹏、杨明霞、张彦之、江瑞煌、陶佳元、王贤娉、赵红霄、金殿、苏孙国、金鑫、沈敏、马琰、韩鹏等同学的帮助,在此谨致以诚挚的感谢!

本书在编写、出版过程中得到了上海市教委高职高专嵌入式教学指导委员会和台湾凌阳科技股份有限公司的指导和帮助,以及黄冬梅教授、邹国良教授等人的指导,在此一并表示衷心的感谢。计算机技术发展迅速,加之编者水平有限、时间仓促,书中难免有疏漏之处,敬请批评指正。

编 者

2009 年 1 月

目 录

第 1 章 凌阳 SPMC75F2413A 概述

1.1 简 述	1
1.2 特 性	1
1.3 80 - Pin QFP 封装	2
1.4 80 - Pin QFP 封装引脚描述	2
1.5 SPMC75F2413A 功能描述	6
1.6 SPMC75F2413A 的应用	7

第 2 章 SPMC75 结构概述

2.1 芯片结构	8
2.1.1 SPMC75F2413A 内部结构图	8
2.1.2 硬件设备资源表	9
2.2 外围功能模块	9
2.2.1 时钟发生模块	9
2.2.2 省电模式	10
2.2.3 中 断	10
2.2.4 复位管理	10
2.2.5 通用 I/O 端口	10
2.2.6 定时器/PWM 模块	11
2.2.7 PDC0 和 PDC1	11
2.2.8 TPM2 模块	12
2.2.9 MCP3 和 MCP4 模块	12
2.2.10 比较匹配定时器	12
2.2.11 时基模块	12
2.2.12 串行通信接口	12
2.2.13 模/数转换	12
2.3 存储器结构	13
2.3.1 SPMC75 系列存储器结构	13
2.3.2 SRAM	13
2.3.3 外设控制寄存器	13
2.3.4 复位和中断入口地址	16
2.4 Flash 的存储和控制	17
2.4.1 控制寄存器	17

2.4.2	Flash 访问控制寄存器	18
2.4.3	Flash 控制命令寄存器	18
2.4.4	系统选项寄存器	19
2.4.5	Flash 写保护	21

第 3 章 指令系统

3.1	SPMC75 系列微控制器内核结构简介	22
3.2	SPMC75 系列微控制器内部寄存器	23
3.2.1	SPMC75 系列微控制器内部寄存器简述	23
3.2.2	程序计数器 PC	23
3.2.3	堆栈指针寄存器 SP	23
3.2.4	状态标志寄存器 SR	23
3.2.5	CPU 状态标志寄存器 FR	24
3.2.6	基址指针寄存器 BP	25
3.2.7	通用寄存器 R1~R4	25
3.2.8	辅助通用寄存器 SR1~SR4	25
3.3	CPU 寻址方式	25
3.3.1	立即数寻址	26
3.3.2	直接寻址	26
3.3.3	寄存器寻址	27
3.3.4	寄存器间接寻址	28
3.3.5	寄存器间接增量寻址	29
3.3.6	基址变址寻址	29
3.3.7	多重间接寻址	30
3.4	SPMC75F2413A 指令系统	32
3.4.1	简介	32
3.4.2	算术逻辑单元操作	33
3.4.3	条件分支跳转	34
3.4.4	指令集	35

第 4 章 程序设计

4.1	$\mu'nSP^{\text{TM}}$ IDE 的项目组织结构	56
4.2	汇编语言程序设计	58
4.2.1	代码流动结构	58
4.2.2	汇编代码	58
4.2.3	汇编语法格式	59
4.2.4	汇编语言的程序结构	62
4.2.5	嵌套与递归	72
4.3	C 语言程序设计	74

4.3.1	$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 支持的C语言算术逻辑操作符	75
4.3.2	C语言支持的数据类型	75
4.3.3	程序调用协议	75
4.3.4	C语言的嵌入式汇编	82
4.3.5	利用嵌入式汇编实现对端口寄存器的操作	85
4.4	应用程序设计	87
4.4.1	查表程序	87
4.4.2	数制转换程序	91

第5章 I/O 端口

5.1	通用I/O端口简介	95
5.2	I/O口结构与功能	95
5.2.1	I/O口结构	95
5.2.2	按键唤醒中断	97
5.3	I/O端口A	98
5.4	I/O端口B	102
5.5	I/O端口C	105
5.6	I/O端口D	109
5.7	I/O端口编程注意事项	111
5.8	I/O初始化	111

第6章 时钟与中断

6.1	时钟模块	113
6.1.1	RC振荡器	113
6.1.2	外部时钟输入	113
6.1.3	晶体振荡器	114
6.1.4	时钟监控	114
6.1.5	控制寄存器	114
6.1.6	应用电路	115
6.1.7	OSF中断设计示例	115
6.2	中 断	116
6.2.1	IRQ中断向量分配	116
6.2.2	控制寄存器	118
6.2.3	中断模型	121
6.2.4	中断程序设计	125

第7章 定时器及应用

7.1	PDC定时器模块	127
7.1.1	PDC定时器的功能	128

7.1.2	PDC 定时器输入/输出特殊功能引脚	129
7.1.3	PDC 定时器的工作模式	130
7.1.4	PDC 定时器控制寄存器	133
7.1.5	PDC 定时器的标准计数操作	143
7.1.6	PDC 定时器的 PWM 比较匹配输出操作	143
7.1.7	PDC 定时器的输入捕获操作	143
7.1.8	PDC 定时器的侦测位置改变模式操作	146
7.1.9	PDC 定时器的相位计数模式操作	147
7.1.10	设计参考	151
7.2	TPM 定时器模块	154
7.2.1	TPM2 的功能	155
7.2.2	定时器 TPM2 的输入/输出特殊功能引脚	156
7.2.3	定时器 TPM2 的计数操作	156
7.2.4	比较匹配定时器寄存器	159
7.2.5	TPM2 的操作	166
7.2.6	程序设计	169
7.3	MCP 定时器模块简介	171
7.3.1	MCP3 和 MCP4 的特性	173
7.3.2	MCP3 和 MCP4 输入/输出特殊功能引脚	174
7.3.3	MCP 定时器的计数操作	175
7.3.4	MCP 定时器控制寄存器	177
7.3.5	MCP 定时器的操作	198
7.3.6	设计参考	199
7.4	比较匹配定时器	208
7.4.1	比较匹配定时器寄存器	209
7.4.2	比较匹配定时器程序设计	211
7.5	时基模块和蜂鸣器模块	212
7.5.1	控制寄存器	212
7.5.2	程序设计	214
7.6	复位	214
7.6.1	复位方式	214
7.6.2	复位源列表	217
7.6.3	控制寄存器	217
7.6.4	程序设计	218
7.7	节电模式和唤醒功能	219
7.7.1	唤醒源	221
7.7.2	控制寄存器	221
7.7.3	设计参考	223
7.8	看门狗	223

7.8.1 控制寄存器	223
7.8.2 程序设计	225

第 8 章 模/数转换器

8.1 比较匹配定时器寄存器	226
8.2 ADC 转换时序	229
8.3 使用注意事项	229
8.4 程序设计	231

第 9 章 通信接口

9.1 SPI 标准外设接口	233
9.1.1 SPI 控制引脚配置	234
9.1.2 比较匹配定时器寄存器	234
9.1.3 SPI 运行模式	237
9.1.4 程序设计	238
9.2 通用异步串行通信 UART	239
9.2.1 控制寄存器	240
9.2.2 UART 的操作	244
9.2.3 程序设计	246

第 10 章 SPMC75 开发系统

10.1 开发系统连接示意图	248
10.2 凌阳 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 集成开发环境	248
10.2.1 菜 单	248
10.2.2 工具栏	256
10.2.3 窗 口	258
10.2.4 项 目	268
10.2.5 代码剖视器使用及功能	277
10.3 DMC 工具介绍	279
10.3.1 DMC 工具介绍	280
10.3.2 监视窗口	284
10.3.3 应用举例	284
10.3.4 使用 DMC 工具	286
10.3.5 快捷方式	288
10.4 SPMC75F2413A EVM 开发板	288
10.4.1 系统概述	288
10.4.2 硬件模块介绍	290
10.4.3 连接端子和操作说明	295

第 11 章 SPMC75F2413A 变频控制技术应用

11.1 三相带霍尔传感器的 BLDC 电机控制	299
11.1.1 工作原理	299
11.1.2 硬件设计	302
11.1.3 PID 控制	306
11.1.4 软件说明	308
11.1.5 参考程序	310
11.1.6 MCU 使用资源说明	312
11.1.7 实验测试	313
11.2 用 SPMC75 的 MCP 定时器产生 BLDC 电机控制波形	317
11.2.1 工作原理	317
11.2.2 SPMC75F2413A	319
11.2.3 软件说明	325
11.2.4 参考程序	326
11.2.5 硬件及信号测试	328

参考文献

第 1 章

凌阳 SPMC75F2413A 概述

1.1 简 述

SPMC75 系列微控制器是由凌阳科技公司设计开发的工业级 16 位微控制器芯片,其核心采用凌阳公司自主知识产权的 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 微处理器,集成了多功能 I/O 口、同步和异步串行接口、ADC、定时计数器等功能模块,以及多功能捕获比较模块、BLDC 电机驱动专用位置侦测接口、两相增量编码器接口、能产生各种电机驱动波形的 PWM 发生器等特殊硬件模块。

1.2 特 性

- ① 高性能 16 位内核。
 - 凌阳 16 位 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 处理器;
 - 2 种低功耗模式: Wait/Stand-by;
 - 片内低电压检测电路;
 - 片内基于锁相环的时钟发生模块;
 - 最高运行频率为 24 MHz。
- ② 芯片内存储器。
 - 32 kW (32K $\times$ 16) Flash;
 - 2 kW (2K $\times$ 16) SRAM。
- ③ 工作温度为 $-40\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- ④ 10 位 ADC 模块。
 - 可编程的转换速率,最大转换速率为 100 ksp/s;
 - 8 个外部输入通道;
 - 可与 PDC(Phase Detection Control)或 MCP(Motor Control PWM)等定时器联动,实现电机控制中的电参量测量。
- ⑤ 串行通信接口。
 - 通用异步串行通信接口(UART);
 - 标准外围接口(SPI)。
- ⑥ 最多 64 个通用输入/输出引脚。

⑦ 可编程看门狗定时器。

⑧ 内嵌在线仿真功能,可实现在线仿真、调试和下载。

⑨ PDC 定时器。

➤ 2 个 PDC 定时器(PDC0 和 PDC1);

➤ 可同时处理三路捕获输入;

➤ 可产生三路 PWM 输出(中心对称或边沿方式);

➤ BLDC 驱动的专用位置检测接口;

➤ 两相增量码盘接口,支持 4 种工作模式,拥有四倍频电路;

➤ 定时器功能。

⑩ MCP 定时器。

➤ 2 个 MCP 定时器(MCP3 和 MCP4);

➤ 能够产生三相六路可编程 PWM 波形(中心对称或边沿方式),如三相 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;

➤ 可编程硬件死区插入功能,死区时间可设定;

➤ 可编程错误和过载保护逻辑;

➤ 定时器功能。

⑪ TPM 定时器 2。

➤ 可同时处理二路捕获输入;

➤ 可产生二路 PWM 输出(中心对称或边沿方式);

➤ 定时器功能。

⑫ 2 个 CMT 定时器。CMT 定时器是通用 16 位定时器。

1.3 80 - Pin QFP 封装

SPMC75F2413A QFP80 封装如图 1-3-1 所示。

1.4 80 - Pin QFP 封装引脚描述

SPMC75F2413A QFP80 封装引脚描述如表 1-4-1 所列。其中 I 表示输入, O 表示输出, P 表示电源, PL 表示下拉, PH 表示上拉。

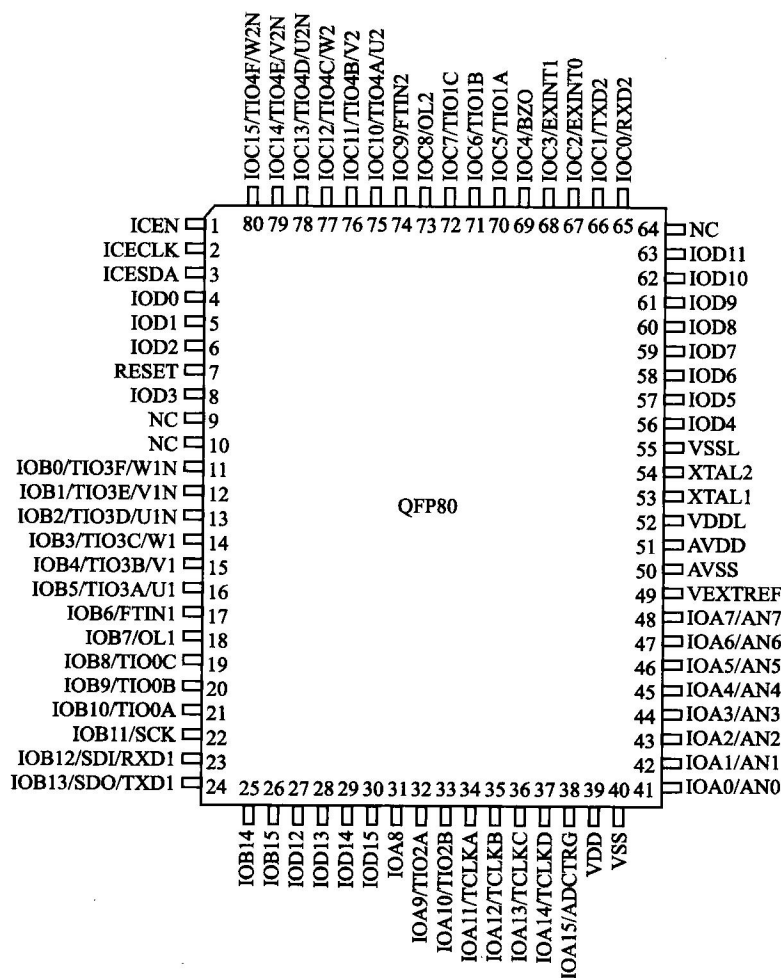


图 1-3-1 SPMC75F2413A QFP80 封装

表 1-4-1 SPMC75F2413A QFP80 封装引脚描述

引脚名称	引脚号	类 型	描 述
ICEN	1	I (PL)	ICE 仿真/编程模式使能 0 V: 普通模式 3.3 V: 在线仿真/编程模式
ICECLK	2	I/O	在线仿真时钟输入(3.3 V IO)
ICESDA	3	I/O	在线仿真的地址/数据输入或输出复用脚(3.3V IO)
IOD0	4	I/O	IOD0
IOD1	5	I/O	IOD1
IOD2	6	I/O	IOD2
RESET	7	I (PH)	外部复位脚

续表 1-4-1

引脚名称	引脚号	类 型	描 述
IOD3	8	I/O	IOD3
NC	9	—	空
NC	10	—	空
IOB0/TIO3F/W1N	11	I/O	IOB0/定时器 MCP3 的输入/输出 F 或电机驱动 W1N 相输出
IOB1/TIO3E/V1N	12	I/O	IOB1/定时器 MCP3 的输入/输出 E 或电机驱动 V1N 相输出
IOB2/TIO3D/U1N	13	I/O	IOB2/定时器 MCP3 的输入/输出 D 或电机驱动 U1N 相输出
IOB3/TIO3C/W1	14	I/O	IOB3/定时器 MCP3 的输入/输出 C 或电机驱动 W1 相输出
IOB4/TIO3B/V1	15	I/O	IOB4/定时器 MCP3 的输入/输出 B 或电机驱动 V1 相输出
IOB5/TIO3A/U1	16	I/O	IOB5/定时器 MCP3 的输入/输出 A 或电机驱动 U1 相输出
IOB6/FTIN1	17	I/O	IOB6/外部故障保护输入脚 1
IOB7/OL1	18	I/O	IOB7/过载保护输入脚 1
IOB8/TIO0C	19	I/O	IOB8 或定时器 PDC0 输入/输出 C
IOB9/TIO0B	20	I/O	IOB9 或定时器 PDC0 输入/输出 B
IOB10/TIO0A	21	I/O	IOB10 或定时器 PDC0 输入/输出 A
IOB11/SCK	22	I/O	IOB11/SPI 时钟输入/输出
IOB12/SDI/RXD1	23	I/O	IOB12/SPI 数据输入/异步通信串行数据接收口 1
IOB13/SDO/TXD1	24	I/O	IOB13/SPI 数据输出/异步通信串行数据发送口 1
IOB14	25	I/O	IOB14
IOB15	26	I/O	IOB15
IOD12	27	I/O	IOD12
IOD13	28	I/O	IOD13
IOD14	29	I/O	IOD14
IOD15	30	I/O	IOD15
IOA8	31	I/O	IOA8
IOA9/TIO2A	32	I/O	IOA9/定时器 TPM2 输入/输出 A
IOA10/TIO2B	33	I/O	IOA10/定时器 TPM2 输入/输出 B
IOA11/TCLKA	34	I/O	IOA11/外部时钟 A 输入脚
IOA12/TCLKB	35	I/O	IOA11/外部时钟 B 输入脚
IOA13/TCLKC	36	I/O	IOA13/外部时钟 C 输入
IOA14/TCLKD	37	I/O	IOA14 外部时钟 D 输入

续表 1-4-1

引脚名称	引脚号	类 型	描 述
IOA15/ADCTRG	38	I/O	IOA15/ A/D 转换触发输入
VDD	39	I	电源端
VSS	40	I	接地端
IOA0/AN0	41	I/O	IOA0 或模/数转换通道 0 的模拟量输入端
IOA1/AN1	42	I/O	IOA1 或模/数转换通道 1 的模拟量输入端
IOA2/AN2	43	I/O	IOA2 或模/数转换通道 2 的模拟量输入端
IOA3/AN3	44	I/O	IOA3 或模/数转换通道 3 的模拟量输入端
IOA4/AN4	45	I/O	IOA4 或模/数转换通道 4 的模拟量输入端
IOA5/AN5	46	I/O	IOA5 或模/数转换通道 5 的模拟量输入端
IOA6/AN6	47	I/O	IOA6 或模/数转换通道 6 的模拟量输入端
IOA7/AN7	48	I/O	IOA7 或模/数转换通道 7 的模拟量输入端
VEXTREF	49	I	模/数转换参考电源输入端
AVSS	50	I	模拟地
AVDD	51	I	模拟电源
VDDL	52	O	内核电源滤波,外接 10 μ F - 16 V 电容
XTAL1	53	I	3~6 MHz 晶体输入
XTAL2	54	I/O	3~6 MHz 晶体输出/外部 Clock 输入/晶体振荡器输入
VSSL	55	I	内核地
IOD4	56	I/O	IOD4
IOD5	57	I/O	IOD5
IOD6	58	I/O	IOD6
IOD7	59	I/O	IOD7
IOD8	60	I/O	IOD8
IOD9	61	I/O	IOD9
IOD10	62	I/O	IOD10
IOD11	63	I/O	IOD11
NC	64	—	空
IOC0/RXD2	65	I/O	IOC0/异步通信串行数据接收口 2
IOC1/TXD2	66	I/O	IOC1/异步通信串行数据发送口 2
IOC2/EXINT0	67	I/O	IOC2/外部中断输入 0
IOC3/EXINT1	68	I/O	IOC3/外部中断输入 1
IOC4/BZO	69	I/O	IOC4/蜂鸣器输出
IOC5/TIO1A	70	I/O	IOC5/定时器 PDC1 输入/输出 A
IOC6/TIO1B	71	I/O	IOC6/定时器 PDC1 输入/输出 B
IOC7/TIO1C	72	I/O	IOC7/定时器 PDC1 输入/输出 C

续表 1-4-1

引脚名称	引脚号	类 型	描 述
IOC8/OL2	73	I/O	IOC8/过载保护输入脚 2
IOC9/FTIN2	74	I/O	IOC9/外部故障保护输入脚 2
IOC10/TIO4A/U2	75	I/O	IOC10/定时器 MCP 4 输入/输出 A 或电机驱动 U2 相输出
IOC11/TIO4B/V2	76	I/O	IOC11/定时器 MCP 4 输入/输出 B 或电机驱动 V2 相输出
IOC12/TIO4C/W2	77	I/O	IOC12/定时器 MCP 4 输入/输出 C 或电机驱动 W2 相输出
IOC13/TIO4D/U2N	78	I/O	IOC13/定时器 MCP 4 输入/输出 D 或电机驱动 U2N 相输出
IOC14/TIO4E/V2N	79	I/O	IOC14/定时器 MCP 4 输入/输出 E 或电机驱动 V2N 相输出
IOC15/TIO4F/W2N	80	I/O	IOC15/定时器 MCP 4 输入/输出 F 或电机驱动 W2N 相输出

1.5 SPMC75F2413A 功能描述

SPMC75F2413A 使用 16 位微处理器 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 为内核,具有如下特性:

- ① 16 位数据总线/22 位地址总线。
 - 4M 字寻址空间(8 MB);
 - 64 页,每页 64K 字。
- ② 13 个 16 位寄存器。
 - 5 个通用寄存器(R1~R5);
 - 4 个二级寄存器(SR1~SR4);
 - 3 个系统寄存器(SP、SR、PC);
 - 寄存器(FR)。
- ③ 10 个中断向量。
 - 1 个 FIQ(快速中断请求)中断向量;
 - 8 个 IRQ(普通中断请求)中断向量;
 - 1 个软件中断向量;
 - 支持中断嵌套模式。
- ④ 6 种寻址方式。
 - 立即数寻址(I6/I16);
 - 直接寻址;
 - 寄存器寻址;

- 寄存器间接寻址；
- 寄存器间接增量寻址；
- 变址寻址；
- 多重间接寻址(入栈/出栈)。
- ⑤ 16×16 乘法与多达 16 级内积操作。
 - 3 种乘法模式：有符号数×有符号数，有符号数×无符号数，无符号数×无符号数；
 - 有 4 位内积保护位，防止出现计算溢出；
 - Fraction On/Off 模式。
- ⑥ 1 位除法。
 - 需要进行 16 次连续除(DIVS、DIVQ)操作产生商数；
 - 32 位除以 16 位数。
- ⑦ 位操作。
位操作是面向所有存储单元、寄存器的位测试/设置/清除/取反操作。
- ⑧ 数据规格化操作(EXP)。
- ⑨ 32 位移位操作。
用两次移位指令实现 32 位移位操作。
- ⑩ 利用 MR 寄存器执行长跳转指令。
- ⑪ 利用 MR 寄存器执行长调用指令。
- ⑫ 空操作。
- ⑬ DS 段地址访问指令。
- ⑭ CPU 内部标志访问指令。

1.6 SPMC75F2413A 的应用

SPMC75F2413A 可应用于家电用变频驱动器、标准工业变频驱动器、各种变频电源、多环伺服驱动系统等。

应用领域包括：

- 变频家电；
- 工业变频器；
- 变频电源；
- 不间断电源 UPS；
- 消防应急电源 EPS；
- 风扇控制。