

范蟠果 主编

工控单片机

原理及应用

—— 凌阳SPMC75F24I3A

<http://www.tup.com.cn>



清华大学出版社

范蟠果 主编

工控单片机 原理及应用

凌阳SPMC75F2413A

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

SPMC75F 系列单片机是凌阳科技公司最新推出的 16 位适用于电机控制的工控单片机,由于采用整体有效的抗干扰加强设计和低温特性,使其成为符合工业控制等级的高性能单片机。本书详细介绍了凌阳 75F 工控单片机的工作原理、指令系统和程序设计。讲解过程由浅入深,通过实际的应用例程和大量实验举例,层次清楚、通俗易懂。本书可作为大专院校本科生、研究生单片机类课程教材,同时也是从事单片机工控设计和开发的科技工作者及工程技术人员的参考资料和手册。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

工控单片机原理及应用:凌阳 SPMC75F2413A/范蟠果主编. —北京:清华大学出版社, 2007.6

ISBN 978-7-302-14963-7

I. 工… II. 范… III. 单片微型计算机—基本知识 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 046518 号

责任编辑:王一玲

责任校对:时翠兰

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:26.5 字 数:639 千字

版 次:2007 年 6 月第 1 版 印 次:2007 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:025522-01

前

言

SPMC75F 系列单片机是凌阳科技公司最新推出的 16 位适用于电机控制的工控单片机,采用凌阳自主知识产权的 unSP™ 内核,具备 DSP 的特色和 SOC 的设计思想;由于整体有效的抗干扰加强设计,使其在抗干扰性能、中断系统、硬件模块资源、模拟数字信号处理及环境温度等方面,有很大的提升,适用于工业控制领域,是一款高性能的工控单片机。该系列单片机集成了能产生电机变频驱动的 SPWM 发生器、多功能捕获比较模块、BLDC 电机驱动专用 PDC、定时计数器等功能模块,利用这些模块可以方便地完成诸如家电用变频驱动器、标位置侦测接口、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、标准工业变频驱动器、工业逆变电源控制器、多环伺服驱动系统等复杂应用。

本书以 SPMC75F2413A 工控单片机原理和应用为主线,由浅入深,详细介绍了各个功能模块的基本原理及应用,并详细介绍了各个功能模块的具体应用,给出了大量的例程。本书提供的所有例程及程序均在 75F2413A 开发板上经过验证,为用户提供了良好的技术参考和开发支持。

本书共分 16 章,第 1、2 章介绍凌阳 SPMC75F 系列工业级单片机的主要特点、芯片结构、unSP 集成开发环境及工程开发过程及实例等;第 3 章介绍 75F2413A 最小系统的设计;第 4 章介绍 75F2413A 的内核结构及工作模式等;第 5 章介绍 75F 系列单片机的汇编指令、常用汇编伪指令等;第 6 章介绍输入输出端口及其应用;第 7 章介绍 75F2413A 的中断系统;第 8、9、10 章分别介绍电机控制专用定时器 PDC、TPM、MCP 模块,并给出了一些应用例程;第 11 章介绍通用的比较匹配定时器;第 12 章介绍 ADC 模块;第 13、14 章分别介绍 UART、SPI 串行通信接口及其使用;第 15 章结合 TPM 定时器,介绍基于 PWM 的高精度 DAC 的实现;第 16 章结合 4 个工程实例,介绍基于 75F2413A 工控单片机的应用系统开发。

本书由范蟠果主编,书中所有例程实验分别由李晖、李艳丽、甘敬松设计完成,在此特别致以谢意,同时感谢北京北阳电子提供的 SPMC75F2413A 资料和实验设备。

我们在编写过程中虽然花了许多精力,但书中仍难免有错误与不足之处,殷切期望广大读者批评指正。

作者

2007 年 1 月

目 录

第 1 章 SPMC75F 工控单片机功能简介	1
1.1 SPMC75F 工控单片机主要特点	1
1.2 SPMC75F 工控单片机内部资源	3
1.3 SPMC75F2413A 芯片封装及引脚描述	4
1.3.1 2413A 芯片封装	4
1.3.2 2413A 引脚功能	4
1.4 2413A 工程结构说明	8
1.5 外设寄存器的软件描述及访问方式	9
1.5.1 外设寄存器的软件描述	9
1.5.2 外设寄存器的访问方式	10
第 2 章 SPMC75F 工控单片机开发快速入门	11
2.1 凌阳 unSP 集成开发环境(IDE)介绍	11
2.2 凌阳 unSP 集成开发环境(IDE)安装	11
2.3 IDE 界面介绍	13
2.3.1 工作区(Workspace)窗口	14
2.3.2 输出(Output)窗口	14
2.3.3 编辑(Edit)窗口	15
2.4 工程开发过程	16
2.4.1 新建工程	16
2.4.2 新建源文件	17
2.4.3 分析程序	18
2.4.4 添加文件和资源到工程	19
2.4.5 编制工程	21
2.5 程序调试器常用调试技巧	23
2.5.1 软件延时时间计算方法 1——单步调试法	27
2.5.2 软件延时时间计算方法 2——断点调试法	29
2.5.3 变量观察方法 1——变量窗口法	29
2.5.4 变量观察方法 2——内存窗口法	33
2.6 工程属性的设置方法	35
2.6.1 设置 Link 标签页	35
2.6.2 设置 Hardware 标签页	35
2.6.3 设置 Directories 标签页	37



第3章 2413A 最小系统设计	38
3.1 2413A 最小系统简介	38
3.2 电源电路设计	38
3.3 Probe 调试器接口设计	40
3.4 时钟电路设计	40
3.5 复位电路设计	40
3.6 LED 显示电路设计	41
3.7 I/O 端口电路开放	42
3.8 单片机与 PC 的通信接口设计	42
3.8.1 RS-232C 标准接口介绍	43
3.8.2 单片机与 PC 间的电平转换电路	43
3.9 最小系统板连接端子设计	44
3.10 2413A 最小系统板原理图	44
第4章 2413A 单片机的系统结构	46
4.1 2413A 的内核结构	46
4.1.1 算术逻辑运算单元 ALU	46
4.1.2 CPU 寄存器组	48
4.2 CPU 寻址方式	51
4.3 2413A 存储空间分配	57
4.4 2413A 内部闪存 Flash	58
4.4.1 内部 Flash 编程操作	58
4.4.2 复位和中断入口地址	62
4.5 2413A 片内 SRAM	63
4.6 外设控制寄存器	63
4.7 时钟模块	66
4.7.1 片内 RC 振荡器	67
4.7.2 本地晶体振荡器	67
4.7.3 外部有源时钟输入	68
4.7.4 时钟监控	68
4.8 时基和蜂鸣器模块	69
4.9 复位管理	71
4.9.1 复位方式	71
4.9.2 复位状态寄存器	75
4.9.3 启动引导序列	76
4.10 2413A 工作模式	77
4.10.1 工作模式	77
4.10.2 唤醒源	79
4.10.3 控制寄存器	79
4.10.4 节电模式应用实例	81



第 5 章 编程软件	85
5.1 汇编指令系统约定	85
5.2 汇编指令系统	86
5.2.1 数据传送指令	86
5.2.2 算术运算指令	88
5.2.3 逻辑运算指令	93
5.2.4 控制转移指令	100
5.2.5 位操作指令	103
5.2.6 处理器控制指令	104
5.3 常用伪指令	106
5.3.1 unSP 伪指令的语法格式及分类	106
5.3.2 定义类伪指令	106
5.3.3 存储类伪指令	109
5.3.4 条件类伪指令	110
5.3.5 汇编链接类伪指令	112
5.4 汇编程序构架	112
5.5 汇编程序应用	114
5.5.1 数据处理	114
5.5.2 查表法	118
5.6 unSP C 语言编程	120
5.6.1 unSP C 语言简介	120
5.6.2 unSP C 与 ANSI C	121
5.6.3 unSP C 语言程序结构	123
5.7 C 与汇编混合编程	125
5.7.1 程序调用协议	125
5.7.2 C 语言程序调用汇编函数	127
5.7.3 汇编程序调用 C 语言函数	131
5.7.4 C 语言嵌入汇编	133
5.8 2413A C 语言编程应用实例	134
5.8.1 数据采集与数字信号处理	134
5.8.2 数字滤波程序设计	137
5.8.3 交流电压电流有效值计算	139
第 6 章 2413A 输入输出端口	142
6.1 I/O 端口概述	142
6.2 I/O 端口结构	142
6.3 I/O 端口寄存器	145
6.4 I/O 端口按键唤醒中断	155
6.5 I/O 端口应用实例	156
6.5.1 I/O 端口命令式输入输出的应用	156



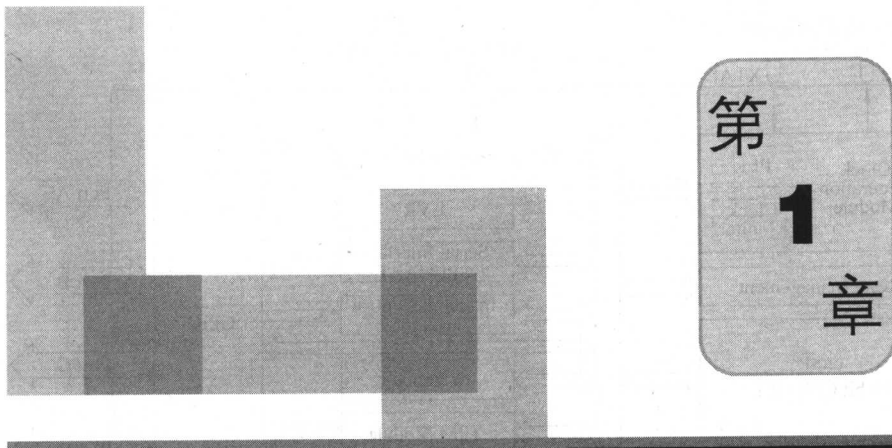
6.5.2	I/O 端口驱动 LED 跑马灯式点亮应用	159
6.5.3	I/O 口闪烁控制输出应用	161
6.5.4	独立式键盘输入编程应用	162
第 7 章	2413A 中断系统	164
7.1	中断系统结构	164
7.2	中断模式	165
7.3	中断向量分配	165
7.4	中断控制寄存器	167
7.5	中断过程分析	171
7.6	非中断嵌套模式	173
7.7	中断嵌套模式	174
7.8	中断嵌套编程应用实例	175
第 8 章	PDC 相位检测控制定时器	178
8.1	PDC 定时器模块概述	178
8.2	PDC 定时器控制寄存器	182
8.3	PDC 定时器的工作模式及应用	193
8.3.1	PDC 定时器的标准计数操作应用	194
8.3.2	PDC 定时器的 PWM 输出模式应用	196
8.3.3	PDC 定时器的输入捕获操作应用	202
8.3.4	PDC 定时器的检测位置改变模式操作应用	206
8.3.5	PDC 定时器的相位计数模式操作应用	209
第 9 章	TPM2 通用定时器	213
9.1	TPM2 定时器简介	213
9.2	TPM2 定时器功能和特殊功能引脚	214
9.3	TPM2 定时器控制寄存器	215
9.4	TPM2 定时器的计数操作模式	221
9.4.1	边沿 PWM 输出的连续递增计数模式	222
9.4.2	中心 PWM 输出的连续递增/递减计数模式	223
9.5	TPM2 定时器的操作	225
9.5.1	标准计数操作	225
9.5.2	PWM 比较匹配输出操作	226
9.5.3	输入捕获操作	226
9.6	TPM2 定时器应用实例	229
9.6.1	基于 TPM2 的方波信号发生器	229
9.6.2	基于 TPM2 的脉冲函数信号发生器	230
9.6.3	基于 TPM2 的脉冲捕获方式应用	231
第 10 章	MCP 电机控制 PWM 定时器	234
10.1	MCP 定时器简介	234
10.2	MCP 定时器功能和特殊功能引脚	236



10.3	MCP 定时器控制寄存器	237
10.4	MCP 定时器的计数操作模式	259
10.4.1	边沿 PWM 输出的连续递增计数模式	260
10.4.2	中心 PWM 输出的连续递增/递减计数模式	261
10.5	MCP 定时器的操作	262
10.5.1	标准计数的操作	262
10.5.2	PWM 比较匹配输出的操作	263
10.6	MCP 定时器应用实例	264
10.6.1	MCP 定时器周期中断应用	264
10.6.2	MCP 定时器控制直流无刷电机应用	265
10.6.3	MCP 定时器死区控制功能应用	268
10.6.4	MCP 定时器错误保护功能应用	269
10.6.5	基于 MCP 的 PWM 信号发生器	270
10.6.6	MCP 过载保护输入功能应用	273
第 11 章	比较匹配定时器 CMT	277
11.1	CMT 定时器简介	277
11.2	CMT 定时器控制寄存器	278
11.3	CMT 定时器比较匹配事件应用实例	281
11.3.1	基于 CMT 的定时器中断应用	281
11.3.2	基于 CMT 的彩灯控制及跑马灯效果应用	282
第 12 章	10 位模数转换器 ADC	286
12.1	ADC 模块概述	286
12.2	ADC 模块控制寄存器	288
12.3	ADC 转换时序及使用注意事项	292
12.4	ADC 转换应用实例	293
第 13 章	串行通信接口 UART	297
13.1	串行通信概述	297
13.1.1	同步通信和异步通信方式	297
13.1.2	串行通信的数据传送速率	298
13.1.3	串行通信的方式	298
13.2	2413A 串行口(UART)简介	299
13.2.1	UART 数据帧格式	299
13.2.2	UART 引脚配置	300
13.3	UART 控制寄存器	300
13.4	UART 的工作过程	305
13.4.1	数据发送	305
13.4.2	数据接收	305
13.5	UART 应用实例	307
13.5.1	单片机与 PC 间使用 UART 通信	307



13.5.2 基于 UART 的双机通信	309
第 14 章 SPI 标准同步串行外设接口	314
14.1 SPI 串行外设接口概述	314
14.2 串行外设接口控制寄存器	316
14.3 SPI 的操作	320
14.3.1 SPI 操作简介	320
14.3.2 SPI 时钟方式	321
14.3.3 SPI 工作模式	321
14.4 SPI 同步串行外设接口应用实例	323
第 15 章 基于 PWM 的高精度 DAC 实现	335
15.1 D/A 转换器简介	335
15.2 基于 PWM 的 D/A 原理	336
15.3 PWM 实现 D/A 转换电路	337
15.4 PWM 实现 10 位精度 D/A 应用实例	338
第 16 章 凌阳 SPMC75F2413A 应用实例	341
16.1 基于 SPMC75F2413A 的数字电压表设计	341
16.2 用普通 I/O 口模拟 I ² C 扩展 EEPROM	347
16.3 基于 DDS 的 SPWM 函数信号发生器	360
16.4 I ² C 串行日历时钟与 2413A 的接口及应用	373
16.4.1 PCF8563 时钟芯片应用	374
16.4.2 基于 PCF8563 的万年历开发	379
16.5 485 总线标准及接口电路设计	383
16.5.1 RS-485 总线标准	383
16.5.2 RS-485 总线接口电路设计	384
16.6 基于 SPMC75F2413A 的通用变频器设计	385
16.6.1 系统硬件设计	385
16.6.2 系统软件设计	388
附录 A unSP 指令速查表	400
附录 B SPMC75F2413A 端口寄存器速查表	405
附录 C 2413A 电气特性参数	409
参考文献	411



第 1 章

SPMC75F工控单片机功能简介

凌阳 75F 工控单片机(以下称 SPMC75F 系列单片机)是凌阳科技公司(Sunplus Technology Co., Ltd.)设计开发的高性能 16 位通用 MCU,具有很强的抗干扰能力、宽的温度工作范围、丰富易用的资源以及优良的结构。

1.1 SPMC75F 工控单片机主要特点

SPMC75F 系列单片机采用凌阳科技设计开发的 16 位单片机芯片,其内核采用凌阳科技自主知识产权的 unSP(Microcontroller and Signal Processor)微处理器,简称为 unSP(在软件界面上有时写作 u'nSP)。它是继 SPCE061A 之后,凌阳科技在 16 位单片机产品方面的最新产品,属于工业控制级单片机。

SPMC75F 系列单片机作为高性能的 16 位 MCU 平台,拥有多种功能模块,包括高性能的 CPU 内核、高效易用的中断系统、可编程的 I/O 口、模拟量测量用的 ADC、外部通信用的同步与异步串行接口、普通的定时计数器等常见硬件模块,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。同时,SPMC75F 系列单片机内部还集成了 32K Words 的 Flash 和 2K Words 的 SRAM。利用这些硬件,SPMC75F 系列单片机可以完成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应用。

SPMC75F 系列单片机功能框图如图 1.1 所示,归纳起来,该系列单片机有以下特点:

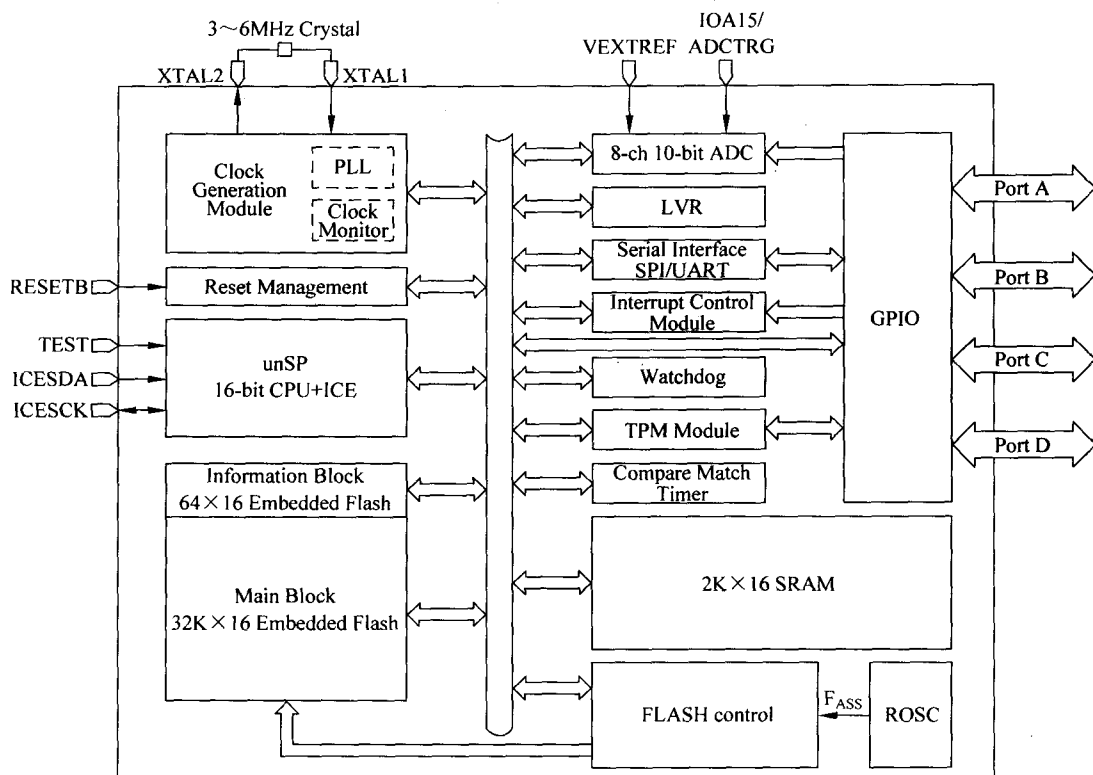


图 1.1 凌阳 75F 工控单片机功能框图

- 高性能的 16 位内核：
 - 凌阳 16 位 unSP™ 处理器 (ISA 1.2)；
 - 两种低功耗模式：Wait/Standby；
 - 片内低电压检测电路；
 - 片内基于锁相环的时钟发生模块；
 - 最高运行速度：24MHz。
- 芯片内部存储器：
 - 32K Words (32K×16) Flash；
 - 2K Words (2K×16) SRAM。
- 工作温度：-40℃~85℃。
- 10 位的 ADC 模块：
 - 可编程的转换速率，最大转换速率 100ks/s (s/s, 取样/s)；
 - 8 个外部输入通道；
 - 可与 PDC 或 MCP 等定时器联动，实现电机控制中的电参量测量。
- 串行通讯接口：
 - 通用异步串行通讯接口 (UART)；
 - 标准外设接口 (SPI)。

- 最多 64 个通用输入输出引脚。
- 可编程看门狗定时器。
- 内嵌在线仿真功能,可实现在线仿真、调试和下载。
- PDC 定时器(Phase Detection Control):
 - 两个 PDC 定时器: PDC0 和 PDC1;
 - 可同时处理 3 路捕获输入;
 - 可产生 3 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 4 倍频电路;
 - 普通的定时器功能。
- MCP 定时器(Motor Control PWM):
 - 两个 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;
 - 普通的定时器功能。
- TPM 定时器 2(Timer PWM Mode):
 - 可同时处理两路捕获输入;
 - 可产生两路 PWM 输出(中心对称或边沿方式);
 - 普通的定时器功能。
- 两个 CMT 定时器(Compare Match Timer):
 - 通用 16 位定时器。

1.2 SPMC75F 工控单片机内部资源

SPMC75F 系列单片机使用 CISC 架构,其内部存储空间分为 Flash、SRAM 和外设控制寄存器 3 部分,采用统一编址的冯·诺伊曼结构,也称普林斯顿结构,是一种将程序存储器和数据存储器合并在一起的存储器结构。

SPMC75F 系列单片机结构分为 CPU 内核和外围功能模块两部分。其中内核是芯片的基本部分,如 CPU、存储器等;外围包括定时/计数器、时钟系统、ADC 模块、UART 通信模块等。

SPMC75F 系列单片机包括 SPMC75F2313A 和 SPMC75F2413A 两种,它们的内部资源如表 1.1 所示。

表 1.1 SPMC75F 系列单片机内部资源

功 能		型 号	
		SPMC75F2313A	SPMC75F2413A
内部存储器	程序区(Flash)	32K words	32K words
	(SRAM)	2K words	2K words
工作时钟/MHz		12~24	12~24
工作电压/V		4.5~5.5	4.5~5.5
输入/输出口(最多可达)		33	64
定时器	PDC 定时器	16 bit×2	16 bit×2
	TPM 定时器	16 bit×1	16 bit×1
	MCP 定时器	16 bit×1	16 bit×2
	CMT 定时器	16 bit×2	16 bit×2
通用 PWM 输出		16 bit×8	16 bit×8
用于电机控制的 PWM 输出		16 bit×6	16 bit×12
捕获输入		8	8
位置检测		PDC1 定时器	PDC0,PDC1 定时器
相位计数模式		PDC1 定时器	PDC0,PDC1 定时器
模数转换		10 位	10 位
		6 通道	8 通道
SPI		有	有
UART		300~115200 波特率	300~115200 波特率
看门狗定时器/ms		5.46~699.05	5.46~699.05
蜂鸣器输出		无	1 通道
			1.465~11.718kHz
外部中断		无	2 通道
封装		42 pin/SDIP	64 pin/SDIP
		44 pin/LQFP	64 pin/QFP
			80 pin/QFP

容易看出,SPMC75F2413A(以下简称 2413A)包括了 SPMC75F2313A 的所有硬件资源,所以本书主要以 2413A 为对象进行讲解。

1.3 SPMC75F2413A 芯片封装及引脚描述

1.3.1 2413A 芯片封装

2413A 的封装为四侧引脚扁平封装 QFP(Quad Flat Package),其具体的封装形式有两种:QFP64、QFP80。如图 1.2 所示为 QFP64 封装图,管脚间距为 1.0mm;图 1.3 所示为 QFP80 封装图,管脚间距 0.8mm。

1.3.2 2413A 引脚功能

2413A 的引脚描述如表 1.2 所示。

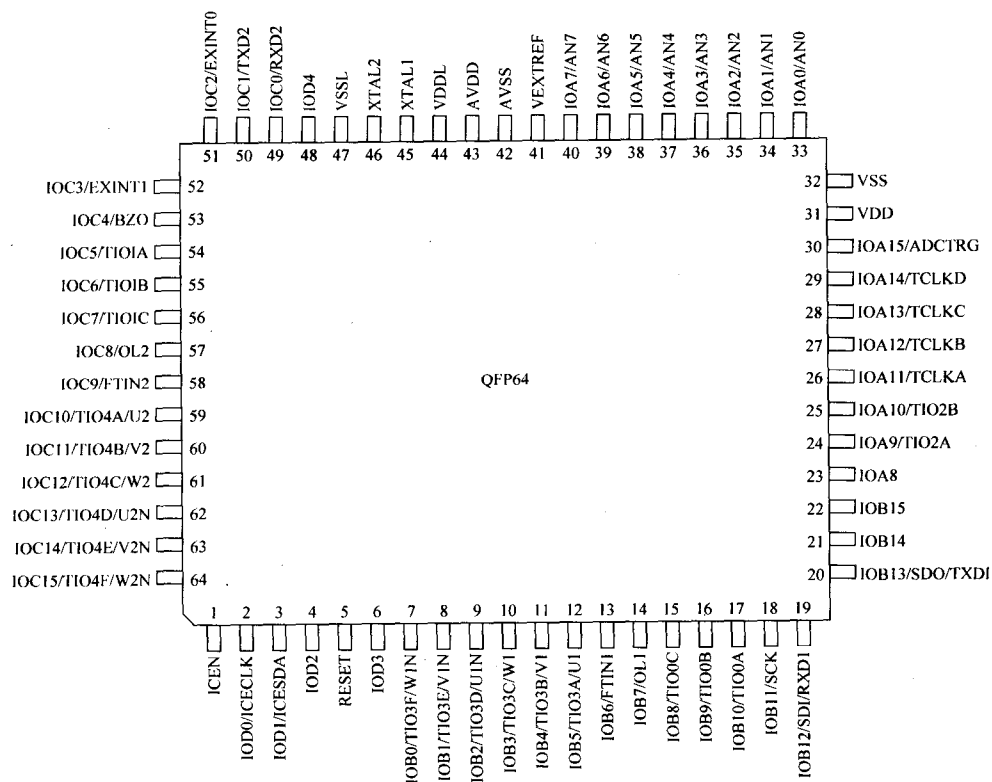


图 1.2 QFP64 封装图

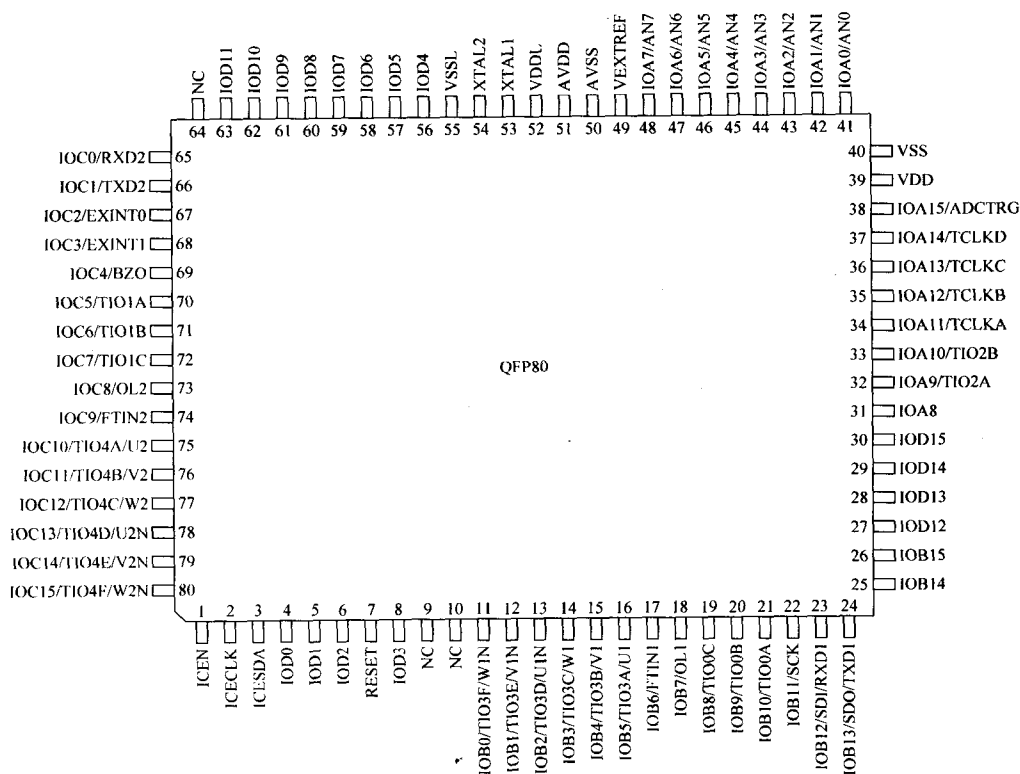


图 1.3 QFP80 封装图

表 1.2 SPMC75F2413A 80-Pin QFP/64-Pin QFP 封装信号描述

管脚名称	管脚号		类型	描述
	QFP80	QFP64		
ICEN	1	1	I(PL)	ICE 在线仿真/编程模式使能 0V: 普通模式 3.3V: 在线仿真/编程模式
ICECLK	2	—	I/O	在线仿真时钟输入(3.3V I/O)
ICESDA	3	—	I/O	在线仿真的地址/数据复用脚, 可用作输入或输出 (3.3V I/O)
IOD0/ICECLK	4	2	I/O	QFP64 封装为 IOD0/在线仿真时钟输入(3.3V I/O)功能复用; QFP80 封装为 IOD0
IOD1/ICESDA	5	3	I/O	QFP64 封装为 IOD1/在线仿真的地址/数据复用脚功能复用; QFP80 封装为 IOD1
IOD2	6	4	I/O	IOD2
RESET	7	5	I(PH)	外部复位脚
IOD3	8	6	I/O	IOD3
NC	9	—	—	空
NC	10	—	—	空
IOB0/TIO3F/W1N	11	7	I/O	IOB0/MCP3 定时器 PWM 输出 F 或电机驱动 W1N 相输出
IOB1/TIO3E/V1N	12	8	I/O	IOB1/MCP3 定时器 PWM 输出 E 或电机驱动 V1N 相输出
IOB2/TIO3D/U1N	13	9	I/O	IOB2/MCP3 定时器 PWM 输出 D 或电机驱动 U1N 相输出
IOB3/TIO3C/W1	14	10	I/O	IOB3/MCP3 定时器 PWM 输出 C 或电机驱动 W1 相输出
IOB4/TIO3B/V1	15	11	I/O	IOB4/MCP3 定时器 PWM 输出 B 或电机驱动 V1 相输出
IOB5/TIO3A/U1	16	12	I/O	IOB5/MCP3 定时器 PWM 输出 A 或电机驱动 U1 相输出
IOB6/FTIN1	17	13	I/O	IOB6/外部故障保护输入脚 1
IOB7/OL1	18	14	I/O	IOB7/过载保护输入脚 1
IOB8/TIO0C	19	15	I/O	IOB8/PDC0 定时器输入/输出 C
IOB9/TIO0B	20	16	I/O	IOB9/PDC0 定时器输入/输出 B
IOB10/TIO0A	21	17	I/O	IOB10/PDC0 定时器输入/输出 A
IOB11/SCK	22	18	I/O	IOB11/SPI 时钟输入
IOB12/SDI/RXD1	23	19	I/O	IOB12/SPI 数据输入/异步通讯串行数据接收口 1
IOB13/SDO/TXD1	24	20	I/O	IOB13/ SPI 数据输出/异步通讯串行数据发送口 1
IOB14	25	21	I/O	IOB14
IOB15	26	22	I/O	IOB15
IOD12	27	—	I/O	IOD12
IOD13	28	—	I/O	IOD13
IOD14	29	—	I/O	IOD14

续表

管脚名称	管脚号		类型	描述
	QFP80	QFP64		
IOD15	30	—	I/O	IOD15
IOA8	31	23	I/O	IOA8
IOA9/TIO2A	32	24	I/O	IOA9/TPM2 定时器输入/输出 A
IOA10/TIO2B	33	25	I/O	IOA10/TPM2 定时器输入/输出 B
IOA11/TCLKA	34	26	I/O	IOA11/定时器外部时钟输入脚/PDC0 相位计数模式信号 A 输入
IOA12/TCLKB	35	27	I/O	IOA12/定时器外部时钟输入脚/PDC0 相位计数模式信号 B 输入
IOA13/TCLKC	36	28	I/O	IOA13/PDC1 相位计数模式信号 C 输入
IOA14/TCLKD	37	29	I/O	IOA14/PDC1 相位计数模式信号 D 输入
IOA15/ADCTRG	38	30	I/O	IOA15/ADC 转换触发输入
VDD	39	31	P	电源端
VSS	40	32	P	接地端
IOA0/AN0	41	33	I/O	IOA0 或模数转换通道 0 的模拟量输入端
IOA1/AN1	42	34	I/O	IOA1 或模数转换通道 1 的模拟量输入端
IOA2/AN2	43	35	I/O	IOA2 或模数转换通道 2 的模拟量输入端
IOA3/AN3	44	36	I/O	IOA3 或模数转换通道 3 的模拟量输入端
IOA4/AN4	45	37	I/O	IOA4 或模数转换通道 4 的模拟量输入端
IOA5/AN5	46	38	I/O	IOA5 或模数转换通道 5 的模拟量输入端
IOA6/AN6	47	39	I/O	IOA6 或模数转换通道 6 的模拟量输入端
IOA7/AN7	48	40	I/O	IOA7 或模数转换通道 7 的模拟量输入端
VEXTREF	49	41	P	模数转换参考电源
AVSS	50	42	P	模拟地
AVDD	51	43	P	模拟电源
VDDL	52	44	P	内核电源滤波,接 10 μ F / 16V 电容
XTAL1	53	45	I	3~6MHz 晶振输入
XTAL2	54	46	I/O	3~6MHz 晶振输出/外部 Clock 输入
VSSL	55	47	P	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	49	I/O	IOC0/异步串行通讯数据接收口 2
IOC1/TXD2	66	50	I/O	IOC1/异步串行通讯数据发送口 2
IOC2/EXINT0	67	51	I/O	IOC2/外部中断输入 0
IOC3/EXINT1	68	52	I/O	IOC3/外部中断输入 1