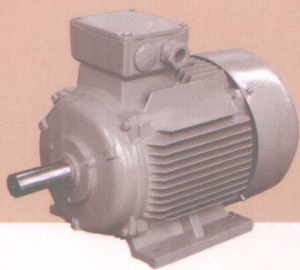


电动机的嵌入式控制丛书

电动机的DSC控制

——微芯公司dsPIC[®]应用



刘 瑶

周青山

李光旭

王晓明
董玉林

编著



北京航空航天大学出版社



电动机的嵌入式控制丛书

电动机的 DSC 控制 ——微芯公司 dsPIC[®] 应用

王晓明

刘 瑶 周青山 李光旭 董玉林 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

电动机的数字控制为工业控制中一项最重要的内容。世界上各大处理器制造商都努力打造出具有各自特点的专用处理器,来满足电动机数字控制市场的要求。本书介绍微芯公司最新推出的专用于电动机控制的 dsPIC,注重讲述这种 dsPIC 对常用的直流电动机、交流异步电动机、交流永磁同步电动机、步进电动机、无刷直流电动机和开关磁阻电动机的控制方法和编程方法。书中给出了大量的编程实例,全部经过调试验证,并给出了非常详细的注释,使读者很容易看懂和掌握。所附光盘包含书中全部汇编程序代码以及微芯公司的 dsPIC 器件和开发工具手册、电动控制方案资料。

本书适合于对电动机数字控制感兴趣的初学者使用,可作为从事电动机控制和电气传动研究的工程技术人员、高校教师、研究生和本科生自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电动机的 DSC 控制:微芯公司 dsPIC 应用/王晓明等编
著. —北京:北京航空航天大学出版社,2009.4

ISBN 978-7-81124-501-1

I. 电… II. 王… III. 电动机—控制系统 IV. TM320.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 038970 号

© 2009,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本书及其所附光盘内容。侵权必究。

电动机的 DSC 控制——微芯公司 dsPIC® 应用

王晓明 刘 瑶 周青山 李光旭 董玉林 编著

责任编辑 董云凤 张金伟 张 淳

*

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(100191) 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:787×960 1/16 印张:32.5 字数:728 千字

2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-501-1 定价:56.00 元(含光盘 1 张)

版 权 声 明

本书引用以下资料已得到其版权所有 者 Microchip Technology Inc. (美国微芯科技公司) 的授权。

- [1] DS00896F_CN
- [2] DS70178C_CN, DS80391A, DS70165D _ CN, DS70265A _ CN, DS70283F _ CN, DS70287A _ CN, DS70291B_CN, DS80307E_CN, DS80328D, DS80338D, DS80372B
- [3] DS70152C_CN, DS70284B_CN
- [4] DS70157B_CN
- [5] dsPIC33F Family Reference Manual(Section01 – 39)
- [6] dsPIC30F Family Reference Manual(Section01 – 37)
- [7] DS70046E_CN
- [8] DS70119E
- [9] DS70157C
- [10] DS70094C_CN
- [11] DS51519A_CN
- [12] DS51456D_CN
- [13] DS01078A

再版上述资料须经过其版权所有 者 Microchip Technology Inc. 的许可。
所有权保留。未得到该公司的书面许可, 不得再版或复制。

商 标 声 明

以下图案是 Microchip Technology Inc. 在美国及其他国家的注册商标:



以下文字是 Microchip Technology Inc. 的注册商标(状态:®):

FilterLab, Linear Active Thermistor, MXDEV, MXLAB, SEEVAL, SmartSensor, and The Embedded Control Solutions Company.

以下文字是 Microchip Technology Inc. 的商标(状态:TM):

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, CodeGuard, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, dsSPEAK, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, ICEPIC, ICSP, In-Circuit Serial Programming, Mindi, MiWi, MPASM, MPLAB Certified logo, MPLIB, MPLINK, mTouch, PICDEM, PICDEM.net, PICkit, PICtail, PIC32 logo, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, REAL ICE, rfLAB, Select Mode, Total Endurance, UNI/O, WiperLock, and ZENA.

以下文字是 Microchip Technology Inc. 的服务标记(状态:SM):

SQTP

以下所有其他商标的版权归各自公司所有:

PICC, PICC Lite, PICC-18, CWPIC, EWPIC, ooPIC, OOPIC

序

王晓明教授一直从事着电动机控制领域的教学和研究工作,是国内知名的学者和深受尊敬的专家。悉闻王教授新作《电动机的 DSC 控制——微芯公司 dsPIC® 应用》即将付梓出版,并受邀为该书作序,我在欣喜之余更甚感荣幸。

此前,顺应混合控制和全数字控制逐渐取代模拟控制的技术发展趋势,王教授曾先后编写了多本专著,为国内广大的工程技术人员以及高校教师和学生适时提供了最新的理论知识和详尽的编程实例。其中《电动机的单片机控制》一书,在出版之后反响热烈,在业内产生了很大的影响,更被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

为了进一步普及电动机控制的先进技术知识,王教授又专门编写了《电动机的 DSC 控制——微芯公司 dsPIC® 应用》一书,着重介绍美国微芯科技公司(Microchip Technology Incorporated)最新推出的专用于电动机控制的 dsPIC 数字信号控制器(DSC)系列的特点和功能,以及其对直流电动机、交流异步电动机、交流永磁同步电动机、步进电动机、无刷直流电动机和开关磁阻电动机等常用电动机的控制方法和编程方法。本书提供了大量的编程实例和非常详细的注释,通俗易懂,读者一看就能轻松掌握。

Microchip 公司的 dsPIC 数字信号控制器充分迎合了市场对低成本、高性能解决方案的需求。这一系列产品提供了功能强大的 16 位单片机所具备的所有功能:快速和灵活的中断处理能力,丰富的数字和模拟外设,电源管理,可灵活选择多种时钟模式,上电复位,欠压保护,看门狗定时器,代码加密,全速实时仿真及全速在线调试解决方案。同时,通过在功能强大的 16 位单片机内巧妙添加可管理高速计算活动的 DSP 功能,使 Microchip 数字信号控制器成为单片机和 DSP 领域的首选芯片,为嵌入式控制开创了一个新的纪元。

此外,专用于电动机控制的 dsPIC30F 系列还配有用于支持多种电机控制而设计的外设,适用于不间断电源(UPS)、逆变器、开关电源和功率因数校正、控制

服务器、电信以及其他工业设备中的电源管理模块。

Microchip 公司作为全球领先的单片机和模拟半导体厂商,一直致力于通过与中国各大高校开展合作实验室和奖学金计划,挖掘和培养更多优秀的中国青年工程师。王教授任教的辽宁工业大学于 2000 年参加了 Microchip 公司的中国大学计划,是该计划的第一批 50 所院校之一,现在仍然为本科生讲授 Microchip 的 PIC 单片机课程。

本书所有的编程实例均经过王教授亲自调试验证,其严谨的作风和敬业精神让我深深折服。相信这一实用参考书将令读者受益匪浅,帮助他们迅速熟悉和掌握电动机的数字控制。在此,谨代表 Microchip 公司对新书的成功出版表示衷心的祝贺!

G. H. CHEN

陈永豊

大中华区销售总经理

美国微芯科技公司

2008 年 11 月 1 日

前 言

专用于工业控制的 DSP 已成为 DSP 的一个重要分支,在电动机的数字控制、传感器信号采集与处理、工业过程状态控制与监测等方面得到非常广泛的应用,成为一个新的热点。

专用于工业控制的 DSP 的发展呈现两种趋势:一种趋势是在 DSP 基础上融合了单片机的控制功能,使其成为既有高速运算能力又有强大控制功能的处理器,例如 TI 公司的 2000 系列 DSP;另一种趋势是在单片机的基础上加入 DSP 内核,增强其快速运算能力和控制能力,例如微芯公司的 dsPIC DSC 系列产品,该公司称其为数字信号控制器 DSC(Digital Signal Controllers)。而后者一个非常显著的特点是价格低廉,因此具有很强的竞争性。

本书把 Microchip 公司的 DSC 推荐给读者,不仅仅是因为这种 DSC 拥有很好的性价比,还因为 Microchip 公司 PIC 单片机的应用在全国乃至全世界都有很好的群众基础。这种 DSC 无论在结构、指令系统方面,还是在开发工具方面都与 PIC 单片机有很强的兼容性。只要有 PIC 单片机基础的读者,都能很容易地通过自学本书顺利地掌握电动机 DSC 控制的编程方法和要领,轻松地成为一名电动机数字控制大师。

全书共有 8 章和 2 个附录:第 1 章介绍了 Microchip 公司 dsPIC30F6010 DSC 的结构原理和用于电动机控制的基本外设。第 2~8 章分别介绍了直流电动机、交流异步电动机、交流永磁同步电动机、步进电动机、无刷直流电动机和开关磁阻电动机的结构特点、驱动方法、调速控制原理、用 DSC 实现调速的方法及编程例子。全部程序例子均通过调试验证。附录 A 给出了 dsPIC30F 系列 DSC 指令说明及举例,使读者能够快速地掌握指令系统。附录 B 给出了书中所附光盘内容说明。

全书由王晓明编写。刘瑶负责第 3 章和第 4 章程序的设计与调试;周青山负责第 3 章和第 7 章程序的设计和调试;李光旭负责第 2 章和第 5 章程序的设计和

调试;董玉林负责第2章和第6章程序的设计和调试;倪鹏负责第8章程序的设计和调试。此外,佟绍成、李卫民、王天利、卫绍元、鲁宝春、常国威、李成英、李国义、齐世武、李铁军、何勍、张波、潘静、王晓磊、马宇、庄喜润、杨秀艳、陈研、谭微、李海龙、张桐、冯准、郑军、张涛也参与了硬件设计和程序调试工作,并对我工作所给予了各种支持和精神鼓励。

感谢 Microchip 公司大学计划部刘晖经理所给予的各方面支持,沈阳办事处的孙运鹏工程师给予的技术指导;也感谢北京航空航天大学出版社为本书的出版所给予的支持。

由于作者水平有限,书中难免有错误和不完善之处,敬请读者批评指正。作者联系电子信箱:motor-nc@126.com 和 motor-nc@sohu.com。

辽宁工业大学 王小明

2008 年 10 月

目 录

第 1 章 dsPIC30F6010 DSC

1.1 dsPIC30F 系列 DSC 概述	1
1.1.1 dsPIC30F 系列 DSC 的功能	1
1.1.2 dsPIC30F 的产品系列和封装	2
1.1.3 dsPIC30F 系列 DSC 的开发工具	4
1.2 dsPIC30F6010 DSC 的特点及引脚功能	6
1.2.1 dsPIC30F6010 DSC 的特点	6
1.2.2 dsPIC30F6010 DSC 的引脚功能	7
1.3 dsPIC30F6010 DSC 的组成及结构	11
1.3.1 总体结构	11
1.3.2 内 核	13
1.3.3 存储器的结构	21
1.3.4 I/O 口	30
1.3.5 振荡器、复位、看门狗及器件配置	33
1.4 中断系统	43
1.4.1 中断源	43
1.4.2 中断优先级	46
1.4.3 中断控制及状态寄存器	47
1.5 定时器	53
1.5.1 定时器分类	53
1.5.2 定时器控制寄存器	55
1.5.3 定时器工作模式	57
1.5.4 32 位定时器	58
1.6 电动机控制模块	60
1.6.1 模块结构	60
1.6.2 模块控制寄存器	61

1.6.3	PWM 时基	66
1.6.4	PWM 占空比较单元	69
1.6.5	死区时间控制	73
1.6.6	PWM 输出控制	75
1.6.7	故障引脚	79
1.7	增量式编码器接口	81
1.7.1	编码器接口结构	81
1.7.2	编码器的控制和状态寄存器	81
1.7.3	位置计数器寄存器的使用	84
1.8	A/D 转换器	86
1.8.1	A/D 转换器结构	87
1.8.2	A/D 转换器的寄存器	88
1.8.3	采样与转换	92
1.8.4	A/D 转换结果缓冲器	98
1.8.5	转换举例	100
1.9	输出比较模块	106
1.9.1	比较模块工作原理	106
1.9.2	寄存器	107
1.9.3	工作模式	108

第 2 章 直流电动机的 DSC 控制

2.1	直流电动机的控制原理	113
2.2	直流电动机单极性驱动可逆 PWM 系统	116
2.3	直流电动机双极性驱动可逆 PWM 系统	118
2.4	直流电动机的 DSC 控制方法及编程例子	120
2.4.1	数字 PI 调节器的 DSC 实现方法	120
2.4.2	定点 DSC 的数据 Q 格式表示方法	124
2.4.3	单极性可逆 PWM 系统 DSC 控制方法及编程例子	125
2.4.4	双极性可逆 PWM 系统 DSC 控制方法及编程例子	137

第 3 章 交流电动机的 SPWM 与 SVPWM 技术以及 DSC 控制的实现

3.1	交流异步感应电动机变频调速原理	148
3.1.1	变频调速原理	148
3.1.2	变频与变压	148
3.1.3	变频与变压的实现——SPWM 调制波	151
3.2	三相采样型电压 SPWM 波生成原理与控制算法	155

3.2.1 自然采样法	156
3.2.2 对称规则采样法	157
3.2.3 不对称规则采样法	158
3.2.4 不对称规则采样法的 DSC 编程	160
3.3 电压空间矢量 SVPWM 技术	176
3.3.1 电压空间矢量 SVPWM 技术基本原理	177
3.3.2 电压空间矢量 SVPWM 技术的 DSC 实现方法	183
第 4 章 交流异步电动机的 DSC 矢量控制	
4.1 交流异步电动机的矢量控制基本原理	200
4.2 矢量控制的坐标变换	204
4.2.1 Clarke 变换	205
4.2.2 Park 变换	210
4.3 转子磁链位置的计算	214
4.4 交流异步电动机的 DSC 矢量控制	215
4.4.1 三相异步电动机的 DSC 控制系统	215
4.4.2 三相异步电动机的 DSC 控制编程例子	216
第 5 章 三相永磁同步伺服电动机的 DSC 控制	
5.1 三相永磁同步伺服电动机的结构和工作原理	265
5.2 转子磁场定向矢量控制与弱磁控制	266
5.3 三相永磁同步伺服电动机的 DSC 控制	267
5.3.1 三相永磁同步伺服电动机的 DSC 控制系统	267
5.3.2 三相永磁同步伺服电动机的 DSC 控制编程例子	268
第 6 章 步进电动机的 DSC 控制	
6.1 步进电动机的工作原理	301
6.1.1 步进电动机的结构	301
6.1.2 步进电动机的工作方式	303
6.2 步进电动机的 DSC 控制方法	307
6.2.1 步进电动机的脉冲分配	308
6.2.2 步进电动机的速度控制(双轴联动举例)	311
6.3 步进电动机的驱动	321
6.3.1 双电压驱动	321
6.3.2 高低压驱动	321
6.3.3 斩波驱动	322
6.3.4 集成电路驱动	323

6.4 步进电动机的运行控制	324
6.4.1 步进电动机的位置控制	324
6.4.2 步进电动机的加减速控制	326
第 7 章 无刷直流电动机的 DSC 控制	
7.1 无刷直流电动机的结构和原理	331
7.1.1 结 构	331
7.1.2 无刷直流电动机的工作原理	332
7.2 三相无刷直流电动机星形联结全桥驱动原理	334
7.3 三相无刷直流电动机的 DSC 控制	336
7.3.1 三相无刷直流电动机的 DSC 控制策略	337
7.3.2 电流的检测和计算	338
7.3.3 位置检测和速度计算	339
7.3.4 无刷直流电动机的 DSC 控制编程例子	341
7.4 无位置传感器的无刷直流电动机 DSC 控制	354
7.4.1 利用感应电动势检测转子位置原理	354
7.4.2 用 DSC 实现无位置传感器无刷直流电动机控制的方法	355
7.4.3 DSC 控制编程例子	358
第 8 章 开关磁阻电动机的 DSC 控制	
8.1 开关磁阻电动机的结构、工作原理和特点	377
8.2 开关磁阻电动机的功率驱动电路	380
8.3 开关磁阻电动机的线性模式分析	382
8.3.1 开关磁阻电动机理想的相电感线性分析	382
8.3.2 开关磁阻电动机转矩的定性分析	383
8.4 开关磁阻电动机的控制方法	384
8.5 开关磁阻电动机的 DSC 控制及编程例子	386
附录 A dsPIC30F 系列指令说明及举例	398
附录 B 光盘内容说明	505
参考文献	507

第 1 章

dsPIC30F6010 DSC

1.1 dsPIC30F 系列 DSC 概述

dsPIC30F 系列 DSC 是美国微芯公司(Microchip)于 2004 年最新正式推出的,微芯公司称其为数字信号控制器(DSC),因为它实质上是一个集成了单片机的控制功能和 DSP 的快速计算功能的芯片。

dsPIC30F 系列 DSC 除了提供足够的性能外,其价格是一大优势。图 1-1 给出了微芯公司的单片机和 dsPIC30F 的性能与价格对比。从图中可以看出,dsPIC30F 的性价比很高。

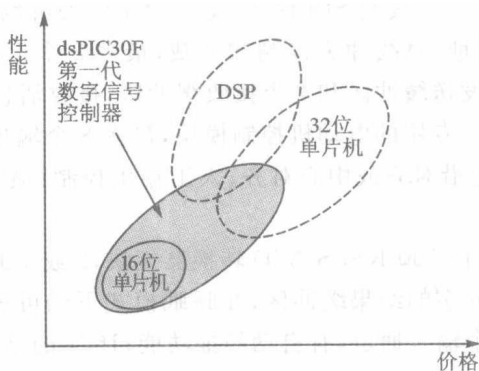


图 1-1 微芯公司的单片机和 dsPIC30F 的性价比

1.1.1 dsPIC30F 系列 DSC 的功能

(1) 工作范围。最高速度为 30 MIPS;工作电压为 2.5~5.5 V;温度范围为-40~85℃,可扩展为-40~125℃。

(2) 高性能的 CPU。改进的哈佛结构;C 编译器优化的指令集;16 位宽的数据总线;24 位

宽的指令代码;84 条基本指令,多数为单字单周期指令;16 个 16 位通用寄存器;2 个 40 位累加器,可选择舍入和饱和模式;灵活和强大的寻址能力,可实现间接、循环和位反序寻址;软件堆栈;16×16 小数/整数乘法器;32/16 和 16/16 位除法;单指令周期乘加运算;40 位移位器。

(3) 中断控制器。中断响应延迟时间为 5 个周期;最多 45 个中断源,其中 5 个外中断;7 个可编程中断优先级;4 个处理器异常和软件陷阱。

(4) 数字 I/O 口。最多可提供 54 个可编程数字 I/O 引脚;最多可提供 24 个引脚的电平中断和唤醒;所有 I/O 引脚的驱动能力为 25 mA。

(5) 片内存储器。最多 144 KB FLASH 程序存储器,可擦写 10 万次;最多 4 KB EEPROM 数据存储器,可擦写 100 万次;最多 8 KB SRAM 数据存储器。

(6) 系统管理。可选择多种时钟模式,包括外部时钟、晶振、内部 RC 振荡器、内部锁相环倍频;可编程上电延迟定时器;振荡器起振定时器/稳频器;自带 RC 振荡器的看门狗定时器;时钟切换/故障保护时钟监视器。

(7) 电源管理。实时切换时钟源;可编程低电压监测;可编程欠压复位;快速唤醒的空闲和睡眠模式。

(8) 定时器/捕捉/比较/PWM。最多 5 个 16 位定时/计数器,可组合成 32 位定时器;其中一个定时器可使用外部 32 kHz 振荡器作为实时时钟运行。最多 8 个通道的输入捕捉,可设置为上升沿、下降沿、上升/下降沿捕捉;每个捕捉的 FIFO 缓冲区为 4 级深。最多 8 个通道的输出比较,1 个或 2 个 16 位比较模式,16 位光滑的 PWM 模式。

(9) 通信模块。最多 2 个 3 线制 SPI 模块,支持简单的编解码器 I/O 接口;I²C 模块支持多主从模式,7 位和 10 位寻址,总线冲突检测和仲裁;最多 2 个 UART 模块;最多 2 个 CAN 模块,支持 CAN2.0B,3 个发送缓冲区和 2 个接收缓冲区,接收消息可唤醒 DSC。

(10) 电动机控制模块。专用的电动机控制模块,最多 8 个输出;4 个占空比发生器;独立或互补模式;可编程死区;边沿对齐或中心对齐;人工输出控制;最多 2 个故障输入;增量式编码器接口。

(11) A/D 转换器。10 位 500 KSPS A/D 转换器模块,2 或 4 通道同时采样;最多 16 个输入通道,有自动扫描功能;16 字的结果缓冲区;在睡眠模式下仍可进行转换。12 位 100 KSPS A/D 转换器模块;最多 16 个输入通道,有自动扫描功能;16 字的结果缓冲区;在睡眠模式下仍可进行转换。

1.1.2 dsPIC30F 的产品系列和封装

1. 通用系列

通用系列 dsPIC30F 如表 1-1 所列。

表 1-1 通用系列 dsPIC30F

名 称	引脚数	程序存储器 (KB)	SRAM (字节)	E ² PROM (字节)	16 位定时器	捕捉通道数	比较/PWM 通道数	编解码器接口	12 位 A/D 通道数	UART	SPI	I ² C	CAN	I/O 引脚数	封 装
dsPIC30F3014	40/ 44	24	2048	1024	3	2	2	无	13	2	1	1	无	30	P、PT、ML
dsPIC30F4013	40/ 44	48	2048	1024	5	4	4	AC97I ² S	13	2	1	1	1	30	P、PT、ML
dsPIC30F5011	64	66	4096	1024	5	8	8	AC97I ² S	16	2	2	1	2	52	PTG
dsPIC30F6011	64	132	6144	2048	5	8	8	无	16	2	2	1	2	52	PF
dsPIC30F6012	64	144	8192	4096	5	8	8	AC97I ² S	16	2	2	1	2	52	PF
dsPIC30F5013	80	66	4096	1024	5	8	8	AC97I ² S	16	2	2	1	2	68	PT
dsPIC30F6013	80	132	6144	2048	5	8	8	无	16	2	2	1	2	68	PF
dsPIC30F6014	80	144	8192	4096	5	8	8	AC97I ² S	16	2	2	1	2	68	PF

2. 电动机控制和电源变换系列

电动机系列 dsPIC30F 见表 1-2。

表 1-2 电动机系列 dsPIC30F

名 称	引脚数	程序存储器 (KB)	SRAM (字节)	E ² PROM (字节)	16 位定时器	捕捉通道数	比较/PWM 通道数	电机控制通道数	编解码器接口	10 位 A/D 通道数	UART	SPI	I ² C	CAN	I/O 引脚数	封 装
dsPIC30F2010	28	12	512	1024	3	4	2	6	有	6	1	1	1	无	20	SPG、SOG、MMG
dsPIC30F3010	28	24	1024	1024	5	4	2	6	有	6	1	1	1	无	20	SP、SO
dsPIC30F4012	28	28	2048	1024	5	4	2	6	有	6	1	1	1	1	20	SP、SO
dsPIC30F3011	40/ 44	24	1024	1024	5	4	4	6	有	9	2	1	1	无	30	P、PT、ML
dsPIC30F4011	40/ 44	48	2048	1024	5	4	4	6	有	9	2	1	1	1	30	P、PT、ML
dsPIC30F5015	64	66	2048	1024	5	4	4	8	有	16	1	2	1	1	52	PT
dsPIC30F6010	80	144	8192	4096	5	8	8	8	有	16	2	2	1	2	68	PF

3. 传感器系列

传感器系列 dsPIC30F 见表 1-3。

表 1-3 传感器系列 dsPIC30F

名 称	引 脚 数	程序 存储 器 (KB)	SRAM (字节)	E ² PROM (字节)	16 位 定时 器	捕捉 通道 数	比较/ PWM 通道 数	12 位 A/D 通道 数	UART	SPI	I ² C	I/O 引脚 数	封 装
dsPIC30F2011	18	12	1024	无	3	2	2	8	1	1	1	12	P,SO
dsPIC30F3012	18	24	2048	1024	3	2	2	8	1	1	1	12	P,SO
dsPIC30F2012	28	12	1024	无	3	2	2	10	1	1	1	20	SP,ML
dsPIC30F3013	28	24	2048	1024	3	2	2	10	2	1	1	20	SP,SO,ML

表 1-1、表 1-2 和表 1-3 中,封装符号分别表示如下:

- P 18、40 引脚 PDIP;
- SO(G) 18、28 引脚 SOIC;
- MM(G) 28 引脚 QFN(6 mm×6 mm);
- ML 44 引脚 QFN(8 mm×8 mm);
- SP(G) 28 引脚 SPDIP;
- PT 44、64 引脚 TQFP(10 mm×10 mm);
- PT(G) 80 引脚 TQFP(12 mm×12 mm);
- PF 64、80 引脚 TQFP(14 mm×14 mm)。

1.1.3 dsPIC30F 系列 DSC 的开发工具

1. MPLAB ICD2 在线调制器

这是一个 PIC 单片机使用者都熟悉的开发工具,它 also 支持 dsPIC30F 系列 DSC。它的价格很低,只需 400 元,是一个廉价而功能强大的开发工具。它在 MPLAB IDE 环境下运行,通过 USB 或串行口连接到 PC 机,可以在线调试汇编或 C 代码,支持 dsPIC30F 系列 DSC 的全部电源电压范围,智能查看变量窗口和修改变量,单步运行、全速运行和设置断点,可作为廉价编程器。

2. MPLAB PM3 在线调制器

这是一款功能齐全、烧写质量高的通用编程器。通过使用转接插座模块,它几乎可以完成 Microchip 公司所有可编程器件的烧写工作。MPLAB PM3 加快了许多器件的编程时间,并且拥有功能强大的在线串行接口(In-Circuit Serial Programming)。

3. MPLAB ICE4000 在线仿真器

MPLAB ICE4000 在线仿真器是功能强大的实时仿真器,它可以调试要求最为苛刻的实时系统。它可以实现全速实时仿真,支持 dsPIC30F 系列 DSC 的全部电源电压范围;64K 深度、216 位宽的跟踪存储器;断点数没有限制,复杂的断点、跟踪和触发逻辑;多级触发器,48 位时间标记,秒表计时功能;采用 USB 或并行口连接到 PC 机。

4. 电动机控制开发系统

电动机的开发系统包括电动机控制开发板 dsPIC MC1、三相高电压功率模块 dsPICDEM MC1H、三相低电压功率模块 dsPICDEM MC1L。

电动机控制开发板包含一块 dsPIC30F6010 芯片。该开发板与功率电路隔离,可选择多种电动机反馈信号输入,支持 MPLAB ICD2 和 MPLAB ICE4000 仿真器;三相高电压功率模块可用于交流供电应用;三相低电压功率模块则支持直流供电(最大电压 48 V)。这些功率模块都有全自动保护功能。

电动机控制开发系统可以帮助对无刷直流电动机、开关磁阻电动机、交流永磁同步电动机、交流感应电动机和不间断电源的应用进行快速地开发。

5. 微芯公司免费软件工具和软件库

微芯公司免费软件工具和软件库见表 1-4。

表 1-4 微芯公司免费软件工具和软件库

名 称	描 述	产品编号
MPLAB® IDE	集成开发环境	SW007002
MPLAB® ASM30	汇编器(包含在 MPLAB IDE 内)	SW007002
MPLAB® SIM	软件模拟器(包含在 MPLAB IDE 内)	SW007002
MPLAB® VDI	dsPIC30F 可视化器件初始化程序	SW007010
dsPIC30F 数学库	基本和浮点库(汇编和 C 编码)	SW300020
dsPIC30F 外设库	外设初始化、控制和实用例程(C 编码)	SW300021
dsPIC30FDSP 库	基本 DSP 算法工具包(滤波器、FFT)	SW300022
dsPIC30F Works™	数据分析和 DSP 软件	SW300023
CMX Scheduler™	用于 dsPIC30F 的多任务、抢占式调度程序	SW300030
软调制解调器库	V2.2bis/V2.2 软调制解调器库	SW300002

6. 第三方软件 IAR 公司编辑器

IAR Embedded Workbench 是 IAR 公司开发的软件系统。它支持 30 余种 8/16/32 位微处理器,也包括微芯公司的 PIC16/17/18 系列单片机和 dsPIC。它集成了 IAR C/嵌入式 C++ 编辑器、汇编器、连接器、函数库、文本编辑器、项目管理器和 C-SRY 调试器。由于有独特的