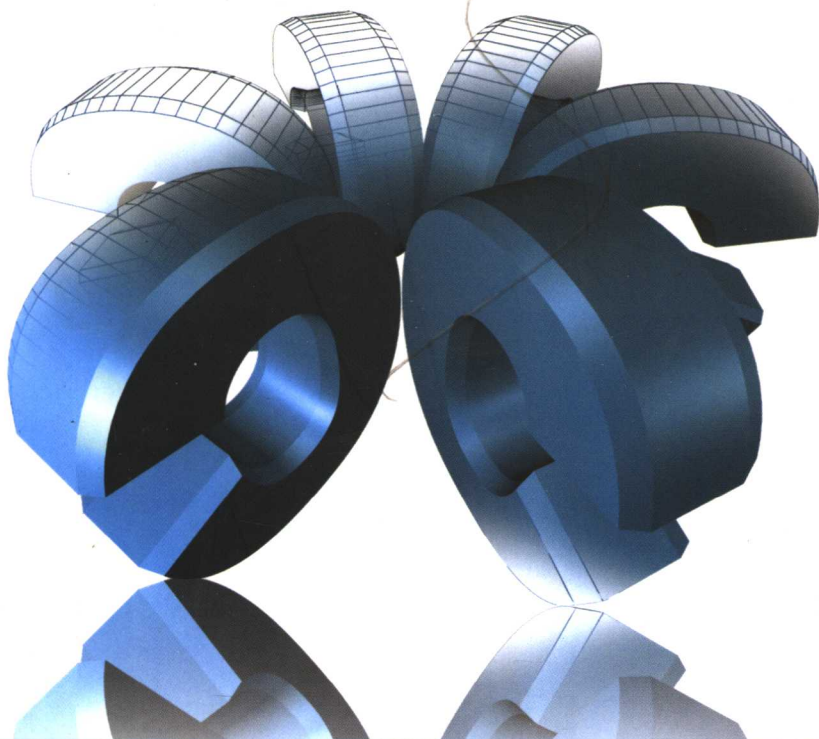




dsPIC 数字信号控制器

C 程序开发及应用



梁海浪 编著



北京航空航天大学出版社

TM571.6
73D

dsPIC 数字信号控制器 C 程序开发及应用

梁海浪 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

主要介绍 dsPIC30F 系列数字信号控制器的接口电路设计和编程方法等实用技术。书中介绍了大量的应用例程和与编程相关的知识,几乎涉及到 dsPIC30F 系列数字信号控制器所有功能模块的编程应用,并给出典型应用实例的电路原理图和源程序清单,所有程序均在实验板上调试通过。本书含光盘 1 张,内含书中各章节源程序。

本书适合于从事嵌入式开发的技术人员阅读,可作为 dsPIC30F 系列数字信号控制器开发者和初学者设计与编程的自学参考书,也可作为高等院校相关专业研究生和高年级本科生学习有关数字信号控制器原理及应用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

dsPIC 数字信号控制器 C 程序开发及应用/梁海浪编著.

北京:北京航空航天大学出版社,2006.6

ISBN 7-81077-772-6

I. d… II. 梁… III. ①可编程序数字控制器②C
语言—程序设计 IV. ①TM571.6②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 052395 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及其所附光盘内容。

侵权必究。

dsPIC 数字信号控制器

C 程序开发及应用

梁海浪 编著

责任编辑 王 鹏

责任校对 陈 坤 牛孝连

*

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

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:20 字数:448 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-772-6 定价:36.00 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。

Chinese Version:

- [1] DS51456B_CN
- [2] DS51284C_CN
- [3] DS70046C_CN
- [4] DS00992A_CN
- [5] DS00962A_CN

English Version:

- [1] DS70099C
- [2] DS70097A

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:®):

Accuron, AmpLab, dsPIC, ENVOY, FilterLab, KEELoq, KEELoq Logo, Microchip Logo, Microchip Name and Logo, microID, Migratable Memory, MPLAB, MXDEV, MXLAB, PIC, PICmicro, PICMASTER, PICSTART, PowerSmart, PRO MATE, rfPIC, SEEVAL, SmartSensor, SmartShunt, *The Embedded Control Solutions Company*, TrueGauge

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

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, ICEPIC, ICSP or In-Circuit Serial Programming, Linear Active Thermistor, MPASM, MPLAB Certified Logo, MPLIB, MPLINK, MPSIM, Now Design It, PICDEM, PICDEM.net, PICKit, PICLAB, PICtail, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, QuickASIC, Real ICE, rfLAB, rfPICDEM, Select Mode, Smart Serial, SmartTeal, The Emerging World Standard, Total Endurance, UNI/O, WiperLock, 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

前言

在 16 位数字信号控制器(MCU+DSP)领域,美国微芯科技公司(Microchip Technology)推出的 dsPIC 系列数字信号控制器(DSC)具有很高的性价比,其运算速度可达 20 或 30 MIPS,配备自编程闪存,并能在工业级温度和扩展级温度范围内工作。这些卓越的性能使数字信号控制器成为需要更高精确度、更高转速的无传感器控制的电机控制应用领域的理想解决方案。除了电机控制外,dsPIC 系列数字信号控制器还可以应用在网络连接、语音和音响、电源变换和监视、传感器控制及汽车电子等领域。

Microchip 的 dsPIC 数字信号控制器既拥有 16 位闪存单片机的高性能,又兼有数字信号处理器(DSP)的计算能力和数据吞吐能力。以 16 位单片机为核心的 dsPIC 数字信号控制器,不仅具有功能强大的外围设备和快速的中断处理能力,而且融合了可管理高速计算活动的数字信号处理器功能,堪称嵌入式系统设计的最佳单芯片解决方案,也是 16 位单片机和 DSP 领域的最佳选择。

本书主要介绍微芯公司采用 24 位宽指令的通用产品 dsPIC30F6014。由于该芯片内含 12 位 A/D、内部 EEPROM 存储器、内部 RAM、比较输出、捕捉输入、正交编码(QEI)接口、编解码器(DCI)接口、I²C 和 SPI(SPI1 和 SPI2)接口、异步串行通信(UART1 和 UART2)接口、CAN(CAN1 和 CAN2)接口及 Flash 程序存储器读/写等许多功能,因此对初学者来说有一定的难度。同时,这方面的参考资料也很少,更没有介绍应用实例和应用程

序库的书,这也给广大的使用者带来了困难,

针对 dsPIC30F 系列数字信号处理器,微芯公司提供的 C 语言开发工具为 MPLAB C30,另外还有第三方的 C 语言开发工具,如 HI-TECH PICC 和 IAR 的 C 编译器。本书以微芯公司的 MPLAB C30 为基础,介绍 dsPIC30F 系列产品 C 语言基本知识、软件开发环境、C 语言函数库和 C 语言编程实例。

本书以微芯公司开发板 dsPICDEM1.1 为对象,以数字信号处理器的各种功能模块为线索,通过给出开发板的硬件连接方式和 C 语言编程实例进行讲解,从易到难,循序渐进,逐步深入。

全书共分 10 章。第 1 章,dsPIC30F 数字信号控制器简介;第 2 章,MPLAB C30 C 语言基础和特点;第 3 章,dsPIC C30 的使用;第 4 章,dsPIC30F6014 数字信号控制器实验板介绍;第 5 章,dsPIC30F6014 基础应用;第 6 章,用正交编码器接口(QEI)模块测量速度和位置;第 7 章,在 dsPIC30F 器件上实现自动波特率检测;第 8 章,无传感器无刷直流电机控制系统;第 9 章,基于无线广播的语音时钟;第 10 章,语音处理。

其中,第 6 和第 8 章与本书介绍的开发板联系不太紧密;其余章节都是在开发板的基础上开发出来的,所有程序都可以直接在微芯公司的 dsPICDEM1.1 开发板上调试和运行。

本书给出了大量的程序实例,涉及到 dsPIC30F 数字信号处理器各个功能模块的编程应用;给出了多个应用实例的电路原理图和源程序清单,所有程序均在开发板上调试通过。

本书可作为大学本科生或研究生“数字信号处理器原理及应用课程”的实验指导书;对 dsPIC 数字信号处理器开发者来说,也是一本很好的软件开发参考书。

在成书过程中,得到了机器人自动控制中心蔡李隆博士等老师的大力协助和支持,在此表示感谢。

在这里还要感谢微芯公司提供的大力支持。

限于编者的水平,书中难免存在错误和不当之处,恳请读者批评指正。

作 者

2006 年 5 月

于香港科技大学

目 录

第 1 章 dsPIC30F 数字信号控制器简介

1.1	什么是数字信号控制器	1
1.2	dsPIC30F 结构特性和方框图	2
1.3	dsPIC30F 功能概述	3
1.4	dsPIC30F 产品系列	5
1.5	dsPIC30F6014 引脚图和引脚功能说明	6
1.5.1	dsPIC30F6014 引脚图	6
1.5.2	dsPIC30F6014 方块图	6
1.5.3	dsPIC30F6014 各引脚说明	9

第 2 章 MPLAB C30 C 语言基础和特点

2.1	dsPIC C30 与 ANSI C 的区别	12
2.1.1	关键字差别	12
2.1.2	语句差别	26
2.1.3	表达式差别	27
2.2	支持的处理器	28
2.3	支持的数据类型	28
2.4	器件支持文件	30
2.4.1	处理器头文件	30
2.4.2	寄存器定义文件	31
2.4.3	使用特殊功能寄存器	32
2.4.4	使用宏	33
2.4.5	从 C 代码访问 EEDATA	35
2.5	C 的中断处理	36
2.5.1	编写中断服务程序	37
2.5.2	写中断向量	39
2.5.3	中断服务程序现场保护	42
2.5.4	中断响应时间	42
2.5.5	中断嵌套	43

2.5.6 使能/禁止中断	43
2.5.7 实时中断处理实例	44

第 3 章 dsPIC C30 的使用

3.1 创建项目	62
3.1.1 创建文件	62
3.1.2 使用项目向导	63
3.1.3 使用项目窗口	66
3.1.4 设置编译选项	66
3.1.5 编译项目	68
3.1.6 编译错误疑难解答	68
3.1.7 使用 MPLAB SIM 软件模拟器进行调试	70
3.1.8 生成映射文件	73
3.1.9 汇编代码的调试	74
3.1.10 深入学习	77
3.2 C 语言和汇编语言的混合编程	77
3.2.1 在汇编语言中使用 C 变量和 C 函数	77
3.2.2 使用行内汇编	79
3.2.3 操作实例	83

第 4 章 dsPIC30F6014 数字信号控制器实验板介绍

4.1 dsPIC30F6014 数字信号控制器实验板简介	92
4.2 dsPICDEM 1.1 开发板的主要特征	93
4.3 dsPICDEM 1.1 开发板功能介绍	94
4.3.1 语音处理功能	94
4.3.2 A/D 转换功能	94
4.3.3 键 盘	95
4.3.4 LCD 显示器显示	95
4.3.5 数据通信	95
4.3.6 主从数字信号处理器多机并行通信	96
4.3.7 其他功能	96
4.4 dsPICDEM 1.1 开发板电路原理图	96
4.5 dsPICDEM 1.1 开发板的硬件布局	101

第 5 章 dsPIC30F6014 基础应用

5.1 使用定时器 1 延时控制发光二极管	105
-----------------------------	-----

5.1.1	功能说明	105
5.1.2	输入/输出端口	105
5.1.3	定时器 1 的控制寄存器 TICON	107
5.1.4	程序清单	108
5.2	使用外部中断 1 和外部中断 2 控制发光二极管	110
5.2.1	功能说明	110
5.2.2	程序清单	110
5.3	使用定时器 1 和定时器 2 控制发光二极管	112
5.3.1	功能说明	112
5.3.2	程序清单	113
5.4	配置并使用 UART1 传送数据	115
5.4.1	UART 功能简介	115
5.4.2	硬件电路	119
5.4.3	程序清单	119
5.5	从 ADC 模块读值并通过 UART1 显示	123
5.5.1	功能简介	123
5.5.2	硬件电路	132
5.5.3	程序清单	132
5.6	内部 EEPROM 的读/写	138
5.6.1	功能简介	138
5.6.2	控制寄存器	139
5.6.3	程序设计	143
5.6.4	程序清单	145

第 6 章 用正交编码器接口(QEI)模块测量速度和位置

6.1	QEI 模块功能简介	148
6.2	控制和状态寄存器	150
6.3	设计要求	153
6.4	硬件原理	154
6.4.1	初始化 QEI 模块	154
6.4.2	计算 QEI 模块角位置	156
6.4.3	计算 QEI 模块角速度	156
6.5	程序框图	157
6.6	程序清单	158

第 7 章 在 dsPIC30F 器件上实现自动波特率检测

7.1 自动波特率检测方法	161
7.1.1 方法一:回归计算	161
7.1.2 方法二:简化计算	163
7.2 程序框图	164
7.3 程序清单	166

第 8 章 无传感器无刷直流电机控制系统

8.1 无刷直流电机的工作原理	173
8.2 控制系统硬件设计	175
8.3 控制系统软件设计	179
8.3.1 对 dsPIC30F2010 编程	179
8.3.2 用户接口	179
8.3.3 串行用户接口的使用	181
8.3.4 控制程序设计	186
8.3.5 C 语言程序清单	195

第 9 章 基于无线广播的语音时钟

9.1 电路原理	231
9.2 系统工作原理	232
9.2.1 SI3000 编码解码器	232
9.2.2 数据转换器接口 DCI 模块	239
9.2.3 操作过程和工作原理	246
9.3 程序流程图	259
9.4 程序清单	262

第 10 章 语音处理

10.1 电路原理	291
10.2 系统工作原理	292
10.3 操作实例	293
10.4 程序流程图	296
10.5 程序清单	299

参考文献	310
------------	-----

1.2 dsPIC30F 结构特性和方框图

dsPIC30F 有以下结构特性：

- 改进的哈佛结构；
- 单内核无缝集成 MCU 和 DSP；
- 16 位宽度数据通道；
- 24 位宽度指令；
- 线性程序存储器容量达 $4\text{M} \times 24$ 位；
- 线性随机存储器(RAM)容量达 $32\text{K} \times 16$ 位；
- 16×16 工作寄存器阵列；
- 软件堆栈；
- 快速、稳定的中断响应；
- 支持 3 操作数指令 $A + B = C$ ；
- 扩展的寻址模式；
- DSP 性能。

dsPIC30F 结构方框图如图 1.2 所示。

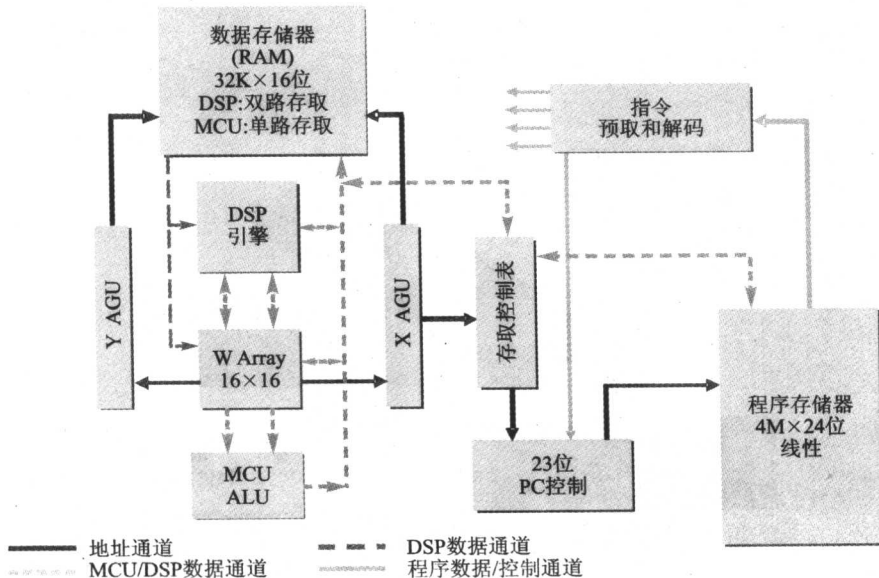


图 1.2 dsPIC30F 结构方框图

1.3 dsPIC30F 功能概述

(1) 工作范围

- 最高频率:4.5~5.5 V, $-40\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,为 30 MIPS。
- V_{DD} 范围:2.5~5.5 V。
- 温度范围:工业级 $-40\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$,扩展级 $-40\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 高性能 DSC CPU

- 改进的哈佛结构;
- C 编译器优化的指令集;
- 16 位宽数据总线;
- 24 位宽指令;
- 84 个基本指令(大多数指令为 1 个字/1 个指令周期);
- 16 个 16 位通用寄存器;
- 2 个 40 位累加器(有四舍五入和饱和逻辑可供选择);
- 灵活、强大的寻址方式(间接、循环和位反序寻址);
- 软件堆栈;
- 16×16 分数/整数乘法器;
- 32/16 和 16/16 除法;
- 单指令周期乘加;
- 40 级柱式移位器。

(3) 中断控制器

- 中断等待时间为 5 个周期;
- 45 个中断源,5 个外部中断;
- 7 个可编程优先级;
- 4 个处理器异常和软件陷阱。

(4) 数字 I/O 口

- 54 个可编程数字 I/O 引脚;
- 24 个引脚的唤醒/电平变化中断;
- 所有 I/O 引脚可提供 25 mA 的电流。

(5) 片内闪存程序存储器、数据 EEPROM 和 SRAM

- 闪存程序存储器可达 144 KB,可耐 10 万次(典型值)擦写;
- 数据 EEPROM 可达 4 KB,可耐 100 万次(典型值)擦写;

- 数据 SRAM 为 8 KB。

(6) 系统管理

- 可灵活选择多种时钟模式,包括外部振荡器、晶振、谐振器和内部 RC 振荡器,内部集成锁相环(4x、8x、16x),超低抖动锁相环;
- 可编程上电定时器;
- 振荡器起振定时器/稳频器;
- 自带 RC 振荡器;
- 故障保护时钟监视器。

(7) 电源管理

- 实时切换时钟源;
- 通过外围管理电源;
- 可编程低电压检测;
- 可编程掉电复位;
- 可快速唤醒的空闲和睡眠模式。

(8) 定时器/捕捉/比较

- 定时器/计数器:5 个 16 位定时器,可以配对作 32 位定时器使用,使用外部的 32 kHz 振荡器,Timer1 可以作为实时时钟运行。
- 输入捕捉:共 8 个通道,上升沿捕捉、下降沿捕捉或上升/下降沿捕捉,而且 FIFO 缓冲区每个捕捉通道有 4 级深度。
- 输出比较:8 个通道,1 个或 2 个 16 位比较模式,16 位无毛刺 PWM。

(9) 通信模块

- SPI 模块:2 个 3 线 SPI 模块;帧传送支持对简单编码器的 I/O 接口。
- I²C 模块:完全支持 I²C 多个主从模式;7 位和 10 位寻址;总线冲突和仲裁。
- UART 模块:2 个 UART 模块;检测到地址位发生中断;检测到 START 位,从睡眠模式唤醒;4 字深度发送和接收 FIFO 缓冲区。
- 接口模块:DCI 编码器(DCI CODEC)支持 I²S 和 AC97 协议。
- CAN 模块:2 个 CAN2.0 模块;3 个发送缓冲区和 2 个接收缓冲区;收到 CAN 消息唤醒。

(10) 电机控制外围

- 电机控制 PWM:8 个通道,4 个占空比发生器,独立或补偿模式,可编程死区,边沿对齐或中心对齐,人工输出重叠控制,2 个故障输入。
- 正交编码器接口模块:相 A、相 B 和序列脉冲输入。

(11) 模/数转换器

- 10 位 500 ksp/s A/D 转换器模块:2 或 4 通道同时采样,16 个输入通道带有自动扫描功能,16 字深度结果缓冲区,在睡眠模式下可以进行转换。

- 12 位 100 ksp/s A/D 转换器模块;16 个输入通道带自动扫描功能,16 字深度结果缓冲区,在睡眠模式下可以进行转换。

1.4 dsPIC30F 产品系列

(1) 通用系列

dsPIC30F 通用系列是多种使用 16 位单片机在嵌入式应用中的理想选择。而且,某些型号还具有编解码器接口,很适合于音响方面的应用。dsPIC30F 通用系列一览表如表 1.1 所列。

表 1.1 dsPIC30F 通用系列

产 品	引脚数	程序存储器 /KB	SRAM /B	EEPROM /KB	16 位定时器	输入捕捉通道数	输出比较/标准 PWM 通道数	12 位 100 ksp/s A/D 转换器通道数	UART	SPI	I ² C	CAN	编解码器接口
30F3014	40	24	2 048	1 024	3	2	2	14	2	1	1	—	—
30F4013	40	48	2 048	1 024	5	4	4	14	2	1	1	1	AC97, I ² S
30F5011	64	66	4 096	1 024	5	8	8	16	2	2	1	2	AC97, I ² S
30F5012*	64	96	4 096	1 024	5	8	8	16	2	2	1	2	AC97, I ² S
30F6011	64	132	6 144	2 048	5	8	8	16	2	2	1	2	—
30F6012	64	144	8 192	4 096	5	8	8	16	2	2	1	2	AC97, I ² S
30F5013	80	66	4 096	1 024	5	8	8	16	2	2	1	2	AC97, I ² S
30F5014*	80	96	4 096	2 048	5	8	8	16	2	2	1	2	AC97, I ² S
30F6013	80	132	6 144	2 048	5	8	8	16	2	2	1	2	—
30F6014	80	144	8 192	4 096	5	8	8	16	2	2	1	2	AC97, I ² S

(2) 电机控制和电源变换系列

设计此系列 dsPIC30F 控制器的目的是支持多种电机控制应用,如无刷直流电机、单相和三相感应电机及开关磁阻电机。这些产品也很适合于不间断电源(UPS)、逆变器、开关电源和功率因数校正,以及服务器、电信设备和其他工业设备中电源管理模块的控制。电机控制和电源变换系列一览表如表 1.2 所列。

(3) 传感器系列

dsPIC30F 传感器系列产品设计具有支持高性能、低成本嵌入式控制应用的功能。18 和 28 引脚的封装形式适合于对空间有严格要求的应用。传感器系列一览表如表 1.3 所列。

表 1.2 电机控制和电源变换系列

产品	引脚数	程序存储器 /KB	SRAM /B	EEPROM /B	16 位定时器	输入捕捉通道数	输出比较/标准 PWM 通道数	电机控制通道数	10 位 500 ksp/s A/D 转换器通道数	正交编码器接口	UART	SPI	I ² C	CAN
30F2010	28	12	512	1 024	3	4	2	6	6	Yes	1	1	1	—
30F3010	28	24	1 024	1 024	5	4	2	6	6	Yes	1	1	1	—
30F4012	28	48	2 048	1 024	5	4	2	6	6	Yes	1	1	1	1
30F3011	40	24	1 024	1 024	5	4	4	6	9	Yes	2	1	1	—
30F4011	40	48	2 048	1 024	5	4	4	6	9	Yes	2	1	1	1
30F5010*	64	96	4 096	2 048	5	8	8	8	16	Yes	2	2	1	2
30F5015	64	66	2 048	1 024	5	4	4	8	16	Yes	1	2	1	1
30F6010	80	144	8 192	4 096	5	8	8	8	16	Yes	2	2	1	2

表 1.3 传感器系列

产品	引脚数	程序存储器 /KB	SRAM /KB	EEPROM /KB	16 位定时器	输入捕捉通道数	输出比较/标准 PWM 通道数	12 位 100 ksp/s A/D 转换器通道数	UART	SPI	I ² C
30F2011	18	12	1 024	—	3	2	2	8	1	1	1
30F3012	18	24	2 048	1 024	3	2	2	8	1	1	1
30F2012	28	12	1 024	—	3	2	2	10	1	1	1
30F3013	28	24	2 048	1024	3	2	2	10	2	1	1

在这三个系列中,dsPIC30F6014 很具有代表性,本书将以 dsPIC30F6014 作为基础进行介绍。由于 dsPIC30F 系列产品具有相同的结构,其他产品开发和应用在其基础上稍做修改即可。

1.5 dsPIC30F6014 引脚图和引脚功能说明

1.5.1 dsPIC30F6014 引脚图

dsPIC30F6014 引脚图如图 1.3 所示。

1.5.2 dsPIC30F6014 方块图

dsPIC30F6014 方块图如图 1.4 所示。

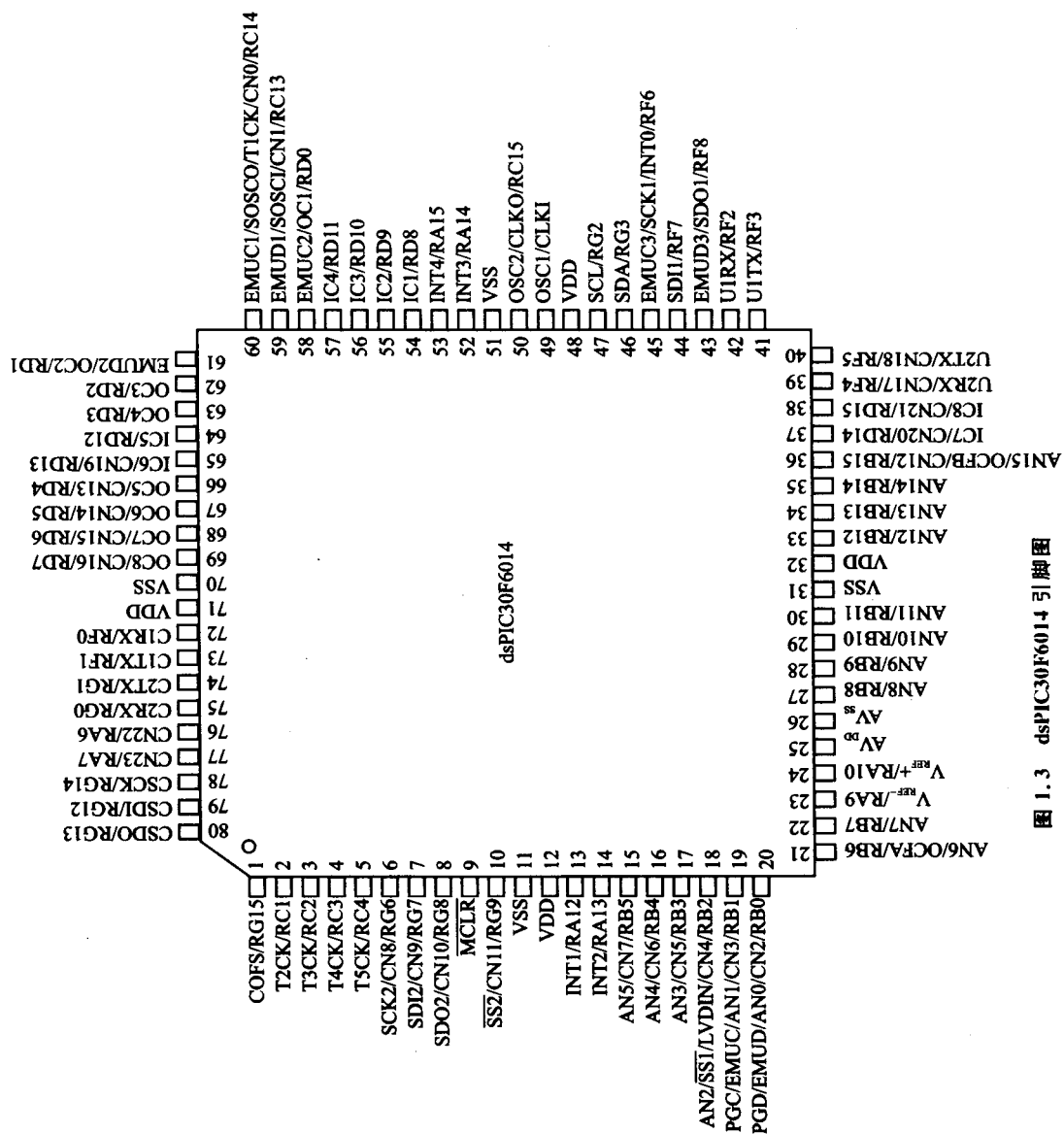


图 1.3 dsPIC30F6014 引脚图