



dsPIC30F

系列概述

dsPIC[®] 高性能 16 位
数字信号控制器

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中更安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案（Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Accuron、dsPIC、KEELOQ、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、PowerSmart、rfPIC 和 SmartShunt 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

Amplab、FilterLab、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、SEEVAL、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Linear Active Thermistor、Mindi、MiWi、MPASM、MPLIB、MPLINK、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICKtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rfLAB、rfPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance、UNI/O、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2006, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe、位于俄勒冈州 Gresham 及位于加利福尼亚州 Mountain View 的全球总部、设计中心和晶圆生产厂均于通过了 ISO/TS-16949:2002 认证。公司在 PICmicro® 8 位单片机、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

dsPIC® 高性能 16 位 数字信号控制器系列概述

运行范围:

- DC—30 MIPS (30 MIPS @ 4.5V 至 5.5V, -40°C 至 85°C)
- 宽 VDD 范围: 2.5V 至 5.5V
- 工业级 (-40°C 至 85°C) 和扩展级 (-40°C 至 125°C) 温度范围

高性能 DSC CPU:

- 改进型哈佛架构
- C 编译器优化的指令集
- 16 位宽数据总线
- 24 位宽指令
- 寻址范围为最大 4M 指令字的线性程序存储空间
- 寻址范围为最大 64 KB 的线性数据存储空间
- 84 条基本指令: 大多数为单字 / 单周期指令
- 16 个 16 位通用寄存器 (General Purpose Register, GPR)
- 2 个 40 位累加器:
 - 带有舍入和饱和选择
- 灵活和强大的寻址方式:
 - 直接寻址、模寻址和位反转寻址
- 软件堆栈
- 16 x 16 位小数 / 整数乘法运算
- 32/16 位和 16/16 位除法运算
- 单指令周期乘累加:
 - DSP 的累加器回写操作
 - 双数据取
- 40 位桶形移位寄存器

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, 5 个外部中断
- 7 个可编程优先级
- 4 个处理器异常

数字 I/O:

- 最多 54 个可编程数字 I/O 引脚
- 最多 24 个引脚的电平变化中断 / 唤醒
- 所有 I/O 引脚的灌拉电流能力为 25mA

片内闪存程序存储器、数据 EEPROM 和 SRAM:

- 闪存程序存储器: 最多 144 KB
 - 可承受至少 1 万次擦 / 写 (-40°C 至 85°C)
 - 可承受 10 万次擦 / 写 (典型值)
- 数据 EEPROM: 最多 4KB:
 - 可承受至少 10 万次擦 / 写 (-40°C 至 85°C)
 - 可承受 100 万次擦 / 写 (典型值)
 - 数据 EEPROM 的数据保存时间 >20 年
- 数据 SRAM: 最多 8 KB

系统管理:

- 灵活的时钟选择:
 - 外部振荡器、晶振、谐振器和内部 RC 振荡器
 - 完全集成的锁相环 (4X、8X 和 16X)
 - 超低抖动锁相环
- 可编程上电延时定时器
- 振荡器起振定时器 / 稳定器
- 自带 RC 振荡器的看门狗定时器
- 故障保护时钟监视器
- 多个复位源

功耗管理:

- 实时切换时钟源
- 可编程低压检测
- 可编程欠压复位
- 可快速唤醒的空闲和休眠模式

定时器 / 捕捉 / 比较 / PWM:

- 定时器 / 计数器: 最多 5 个 16 位定时器:
 - 可以配对作为 32 位定时器使用
 - Timer1 可依靠外部 32 KHz 振荡器作为实时时钟使用
 - 可编程预分频器
- 输入捕捉: 最多 8 个通道:
 - 上升沿捕捉、下降沿捕捉或上升沿 / 下降沿捕捉
 - 16 位捕捉输入功能
 - 每个捕捉都有 4 字符深的 FIFO 缓冲区
- 输出比较: 最多 8 个通道:
 - 1 个或 2 个 16 位比较模式
 - 16 位无毛刺 PWM 模式

通信模块:

- 3 线 SPI: 最多 2 个模块:
 - 帧支持简单编解码器的 I/O 接口
 - 支持 8 位和 16 位数据
 - 支持所有串行时钟格式和采样模式
- 完全支持 I²C™ 多主机从模式
 - 7 位和 10 位寻址
 - 总线冲突检测和仲裁
- UART: 最多 2 个模块:
 - 检测到地址位时产生中断
 - 检测到启动位时将单片机从休眠模式唤醒
 - 4 字符深度的发送和接收 FIFO 缓冲区
- 数据转换接口 (Data Conversion Interface, DCI) 模块
 - 编解码器接口
 - 支持 I²S 和 AC'97 协议
 - 最多 16 位数据字, 每帧最多 16 字
 - 4 字深度的发送和接收缓冲区
- CAN 2.0B active 版本: 最多 2 个模块:
 - 3 个发送缓冲区和 2 个接收缓冲区
 - 6 个接收过滤器和 2 个屏蔽寄存器
 - 用于诊断和总线监视的环回模式、监听模式和监听所有报文模式
 - 收到 CAN 报文时唤醒单片机

电机控制外设:

- 电机控制 PWM: 最多 8 个通道:
 - 4 个占空比发生器
 - 独立或互补模式
 - 可编程死区时间和输出极性
 - 边沿对齐或中心对齐
 - 手工输出改写控制
 - 最多 2 个故障输入
 - A/D 转换触发器
- 16 位分辨率的 PWM 频率 (@ 30 MIPS):
边沿对齐模式下为 915Hz, 中心对齐模式下为 457.5 Hz
- 11 位分辨率的 PWM 频率 (@ 30 MIPS):
边沿对齐模式下为 29.3KHz, 中心对齐模式下为 14.65KHz

- 正交编码器接口模块:
 - 相位 A、相位 B 和索引脉冲输入
 - 16 位向上 / 向下位置计数器
 - 计数方向状态
 - 位置测量 (x2 和 x4) 模式
 - 输入端上的可编程数字噪声滤波器
 - 备用 16 位定时器 / 计数器模式
 - 位置计数器计满返回 / 下溢时产生中断

模数转换器:

- 10 位 1 Msps A/D 转换器模块:
 - 2 或 4 路同步采样
 - 最多 16 路带有自动扫描功能的输入通道
 - 16 字深度的结果缓冲区
 - 可手动启动转换或与 4 个触发源中的一个同步
 - 休眠模式下仍可进行转换
 - 积分非线性误差最大为 ± 1 LSB
 - 微分非线性误差最大为 ± 1 LSB
- 12 位 200 Ksps A/D 转换器模块:
 - 最多 16 路带有自动扫描功能的输入通道
 - 16 字深度的结果缓冲区
 - 可手动启动转换或与 3 个触发源中的一个同步
 - 休眠模式下仍可进行转换
 - 积分非线性误差最大为 ± 1 LSB
 - 微分非线性误差最大为 ± 1 LSB

CMOS 闪存技术:

- 低功耗及高速的闪存技术
- 全静态设计
- 宽工作电压范围 (2.5V 至 5.5V)
- 工业级和扩展级温度范围
- 低功耗

封装:

- 80 引脚 TQFP (12x12x1 mm 或 14x14x1 mm)
- 64 引脚 TQFP (10x10x1 mm 或 14x14x1 mm)
- 40 引脚 DIP 和 44 引脚 TQFP
- 28 引脚 DIP (300 mil) 和 28 引脚 SOIC
- 28 引脚 QFN
- 18 引脚 DIP (300 mil) 和 18 引脚 SOIC

注: 关于每个器件的具体外设特性, 请参见表 1-1, 表 1-2 和表 1-3。

1.0 dsPIC30F 产品系列

1.1 通用系列

dsPIC30F 通用系列（表 1-1）是各种 16 位 MCU 嵌入式应用的理想选择。某些具有编解码器接口的器件很适合音频应用。

表 1-1: dsPIC30F 通用系列器件

器件	引脚数	程序存储器		SRAM (字节)	EEPROM (字节)	16 位定时器	输入捕捉	输出比较 标准 PWM	编解码器 接口	12 位 A/D 200kps	UART	SPI	I ² C™	CAN	最大 I/O 引脚数 ⁽¹⁾	封装形式 ⁽²⁾
		字节数	指令字数													
dsPIC30F3014	40/44	24K	8K	2048	1024	3	2	2	—	13 ch	2	1	1	—	30	PG, PT
dsPIC30F4013	40/44	48K	16K	2048	1024	5	4	4	AC'97, I2S	13 ch	2	1	1	1	30	PG, PT
dsPIC30F5011	64	66K	22K	4096	1024	5	8	8	AC'97, I2S	16 ch	2	2	1	2	52	PT
dsPIC30F6011 ⁽³⁾ dsPIC30F6011A	64	132K	44K	6144	2048	5	8	8	—	16 ch	2	2	1	2	52	PF, PT
dsPIC30F6012 ⁽³⁾ dsPIC30F6012A	64	144K	48K	8192	4096	5	8	8	AC'97, I2S	16 ch	2	2	1	2	52	PF, PT
dsPIC30F5013	80	66K	22K	4096	1024	5	8	8	AC'97, I2S	16 ch	2	2	1	2	68	PT
dsPIC30F6013 ⁽³⁾ dsPIC30F6013A	80	132K	44K	6144	2048	5	8	8	—	16 ch	2	2	1	2	68	PF, PT
dsPIC30F6014 ⁽³⁾ dsPIC30F6014A	80	144K	48K	8192	4096	5	8	8	AC'97, I2S	16 ch	2	2	1	2	68	PF, PT

- 注 1: 最大 I/O 引脚数包括与外设功能复用的引脚。
 2: 根据裸片尺寸，将来所有的 28 和 40 引脚器件都可能以 ML 封装形式提供。
 3: 建议不要将此器件用于新的设计。

1.2 电机控制和电源转换系列

dsPIC30F 控制器（表 1-2）系列支持多种电机控制应用，如无刷直流电机、单相和三相交流感应电机及开关磁阻电机。它们也适用于不间断电源（Uninterrupted

Power Supply, UPS）、逆变器、开关电源和功率因数校正，并且还适用于控制服务器、电信和其他工业设备中的电源管理模块。

表 1-2: dsPIC30F 电机控制和电源转换系列器件

器件	引脚数	程序存储器		SRAM (字节)	EEPROM (字节)	16 位定时器	输入捕捉	输出比较 / 标准 PWM	电机控制 PWM	10 位 A/D 1 Msps	正交编码器	UART	SPI	I ² C™	CAN	最大 I/O 引脚数 ⁽¹⁾	封装形式 ⁽²⁾
		字节数	指令字数														
dsPIC30F2010	28	12K	4K	512	1024	3	4	2	6 ch	6 ch	1	1	1	1	—	20	SOG, PG, ML
dsPIC30F3010	28	24K	8K	1024	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	1	1	1	1	—	20	SOG, PG
dsPIC30F4012	28	48K	16K	2048	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	1	1	1	1	1	20	SOG, PG
dsPIC30F3011	40/44	24K	8K	1024	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	1	2	1	1	—	30	PG, PT
dsPIC30F4011	40/44	48K	16K	2048	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	1	2	1	1	1	30	PG, PT
dsPIC30F5015	64	66K	22K	2048	1024	5	4	4	8 ch	16 ch	1	1	2	1	1	52	PT
dsPIC30F6015	64	144K	48K	8192	4096	5	8	8	8 ch	16 ch	1	2	2	1	2	52	PT
dsPIC30F6010 ⁽³⁾ dsPIC30F6010A	80	144K	48K	8192	4096	5	8	8	8 ch	16 ch	1	2	2	1	2	68	PF, PT

- 注 1: 最大 I/O 引脚数包括与外设功能复用的引脚。
 2: 根据裸片尺寸，将来所有的 28 和 40 引脚器件都可能以 ML 封装形式提供。
 3: 建议不要将此器件用于新的设计。

1.3 传感器系列

dsPIC30F 传感器系列产品（表 1-3）支持高性能和低成本的嵌入式控制应用。18 和 28 引脚的封装形式适合对尺寸有严格要求的应用。

表 1-3: dsPIC30F 传感器系列器件

器件	引脚数	程序存储器		SRAM (字节)	EEPROM (字节)	16 位定时器	输入捕捉	输出比较 标准 PWM	12 位 A/D 200Ksps	UART	SPI	I ² C™	最大 I/O 引脚数 ⁽¹⁾	封装形式 ⁽²⁾
		字数	指令字数											
dsPIC30F2011	18	12K	4K	1024	0	3	2	2	8 ch	1	1	1	12	SOG, PG
dsPIC30F3012	18	24K	8K	2048	1024	3	2	2	8 ch	1	1	1	12	SOG, PG
dsPIC30F2012	28	12K	4K	1024	0	3	2	2	10 ch	1	1	1	20	SOG, PG
dsPIC30F3013	28	24K	8K	2048	1024	3	2	2	10 ch	2	1	1	20	SOG, PG

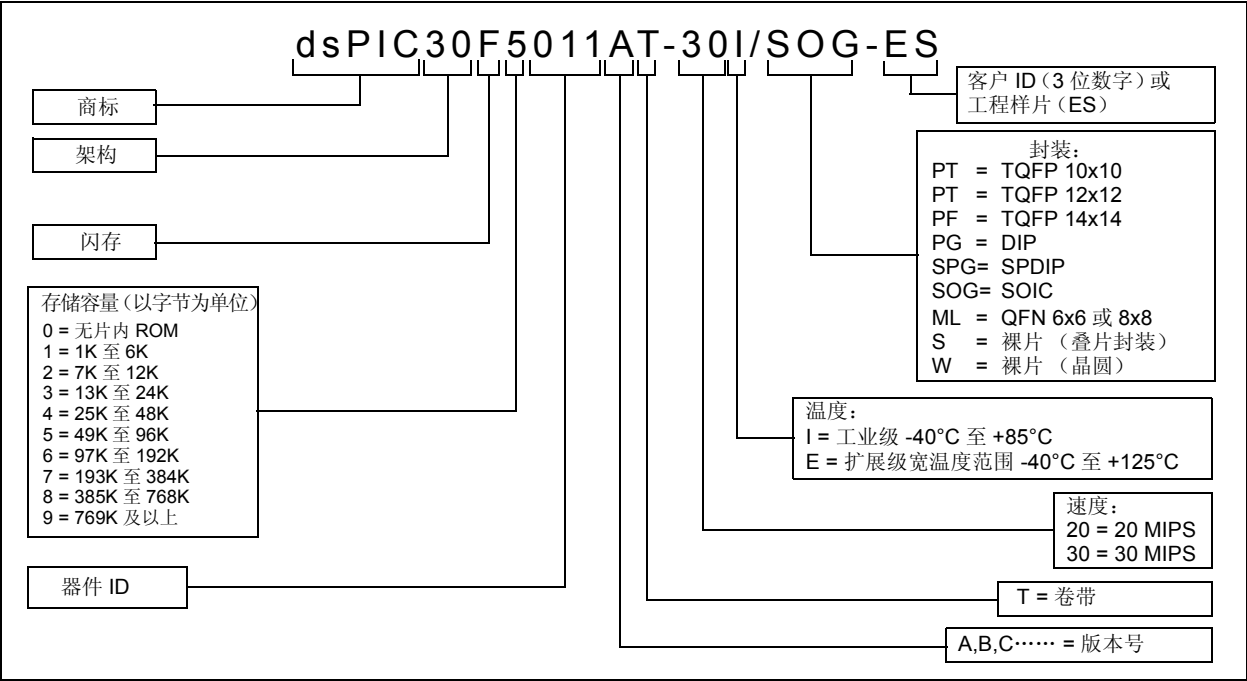
注 1: 最大 I/O 引脚数包括与外设功能复用的引脚。
2: 根据裸片尺寸，将来所有的 28 和 40 引脚器件都可能以 ML 封装形式提供。

1.4 产品标识体系

图 1-1 说明了器件编号的结构。

欲订货或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或销售办事处联系（销售办事处及其地址在本文档最后列出）。

图 1-1: 器件编号结构



2.0 dsPIC30F 系列器件概述

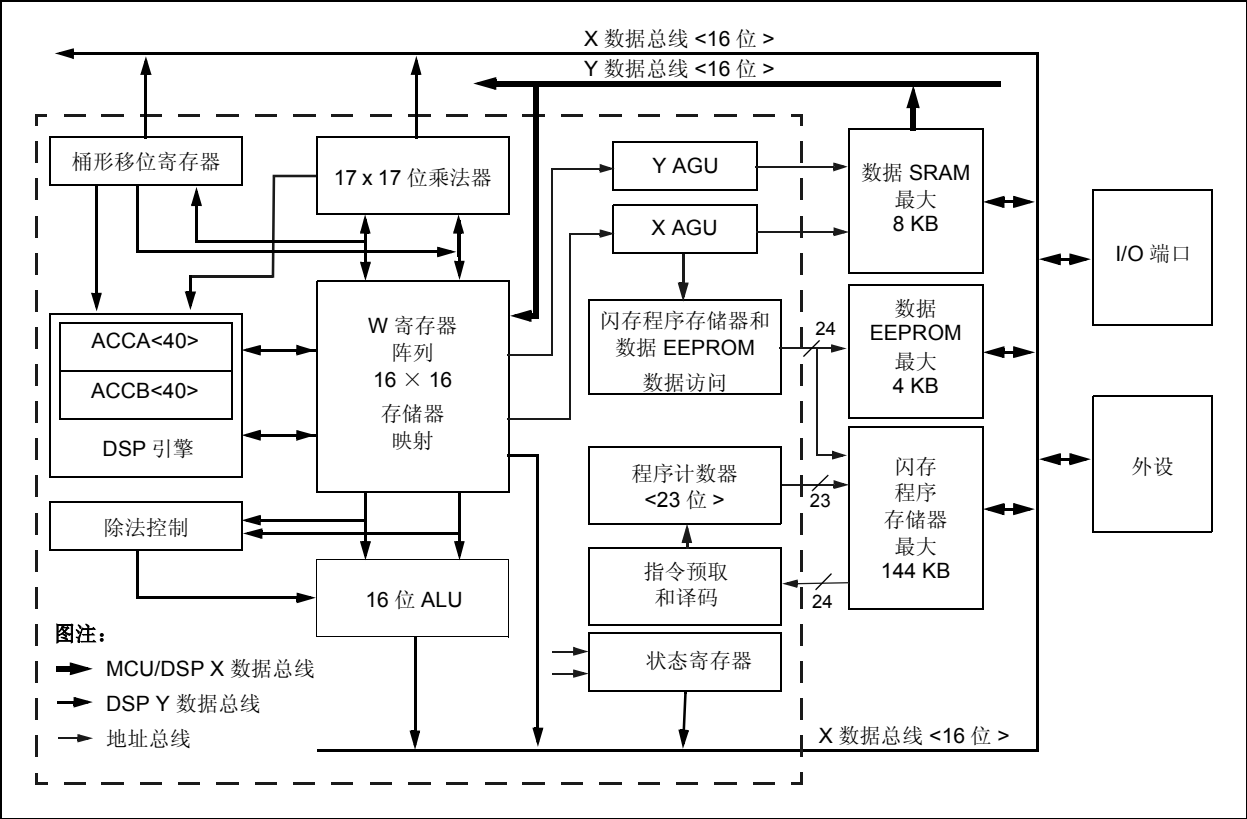
dsPIC30F 系列器件采用功能强大的 16 位架构，无缝集成了单片机（MCU）的控制功能和数字信号处理器的计算能力。因此是以高速、重复计算和控制为基础的应用的理想选择。

DSP 引擎、2 个 40 位累加器、支持除法运算的硬件、桶形移位寄存器、17 x 17 位乘法器、大的 16 位工作寄存器阵列和多种数据寻址模式，使得 dsPIC30F CPU 具

有极强的数学处理能力。灵活和确定性的中断处理机制与功能强大的外设使得 dsPIC30F 器件适用于控制应用。可靠的现场可编程闪存程序存储器和数据 EEPROM 确保能够对使用 dsPIC30F 器件的应用进行扩展。

图 2-1 给出了 dsPIC30F 系列器件的典型示例框图。

图 2-1： dsPIC30F 系列框图

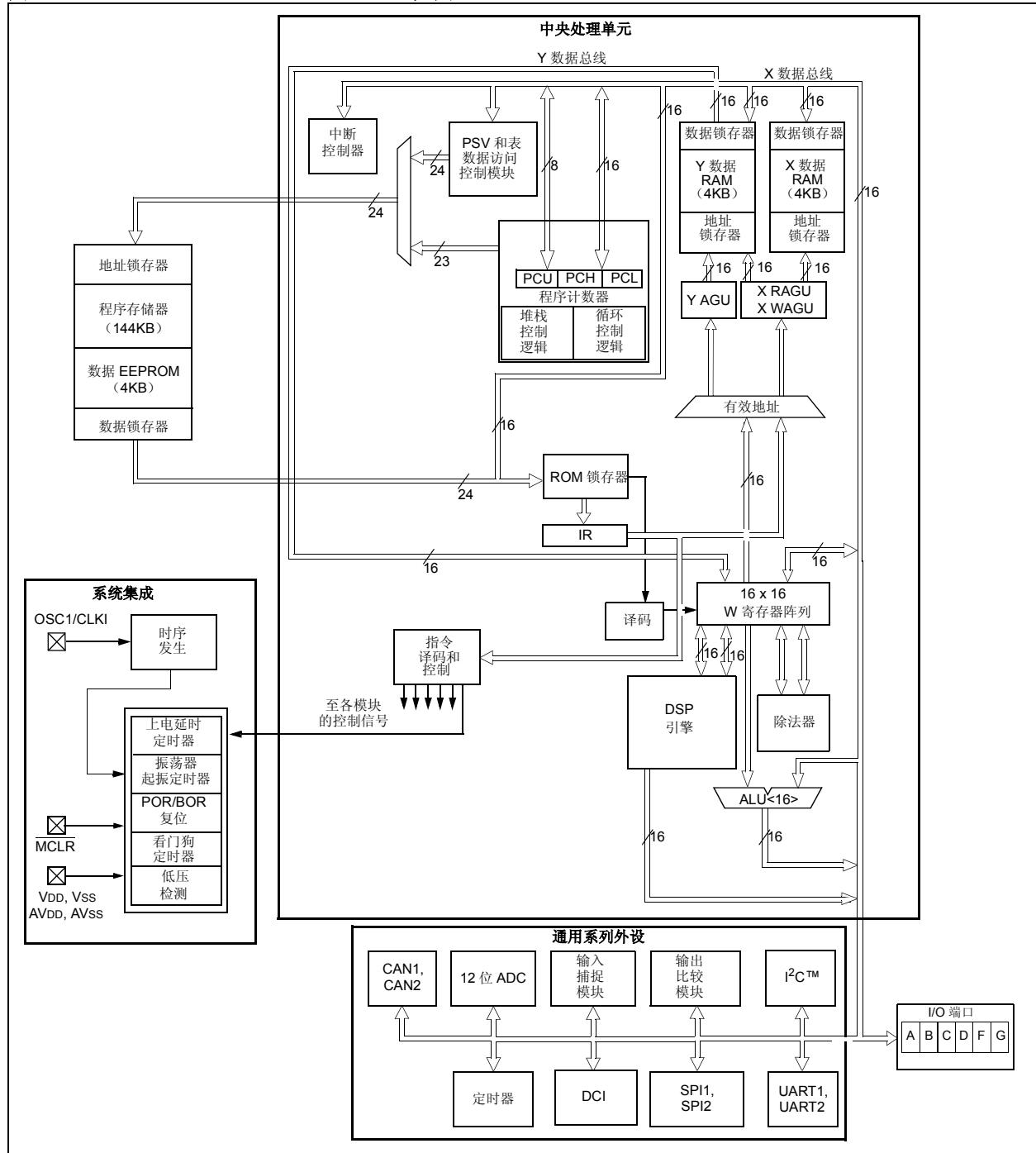


3.0 通用和传感器系列器件概述

图 3-1 给出了 dsPIC30F 通用产品系列器件的典型示例框图。附录 A 给出了此系列的引脚功能和引脚配置。

注： 图 3-1 中所描述的器件是这个系列的代表器件。同一系列其他器件的引脚数和引脚功能的复用情况可能有所不同。通常，该系列中较小的器件内部仅包含下图所示的一部分外设。

图 3-1: dsPIC30F5013/6013A/6014A 框图

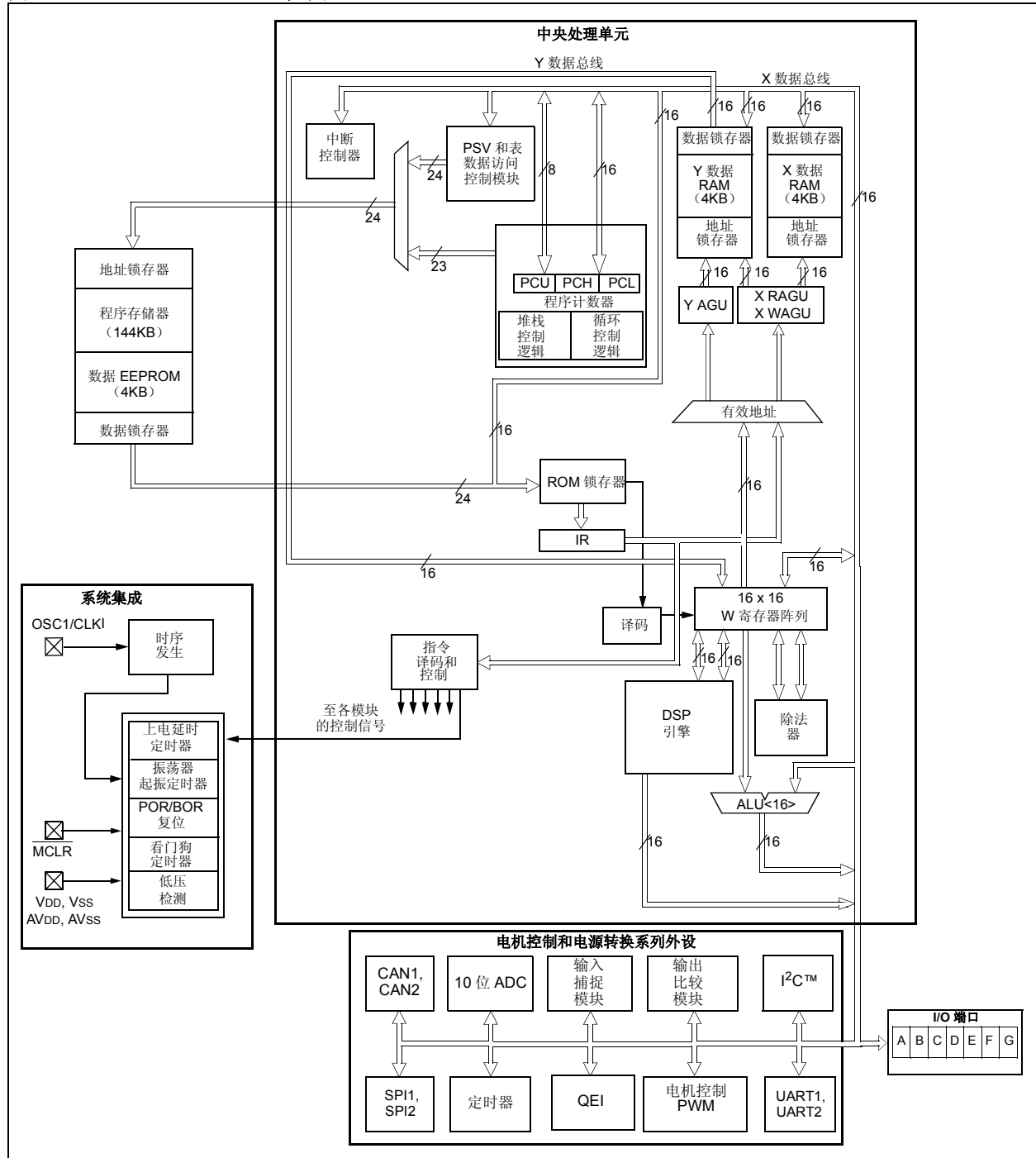


4.0 电机控制和电源转换系列产品概述

图 4-1 给出了 dsPIC30F 电机控制产品系列器件的典型示例框图。附录 B 给出了此系列的引脚功能和引脚配置。

注： 图 4-1 中所描述的器件是这个系列的代表器件。同一系列其他器件的引脚数和引脚功能的复用情况可能有所不同。通常，该系列中较小的器件内部仅包含下图所示的一部分外设。

图 4-1: dsPIC30F6010A 框图



5.0 CPU 架构

5.1 概述

dsPIC30F CPU 模块采用 16 位（数据）的改进哈佛架构，具有增强指令集，其中包含对 DSP 的强大支持。CPU 拥有 24 位指令字，指令字带有长度可变的操作码字段。程序计数器（PC）为 23 位宽，可以寻址高达 4M × 24 位的用户程序存储空间。实际实现的程序存储容量在不同的器件上各不相同，如图 5-1 所示。单周期指令预取机制用来帮助维持吞吐量并提供可预测的执行。除了改变程序流的指令、双字传送（MOV.D）指令和表指令以外，其他所有指令都在单个周期内执行。使用 DO 和 REPEAT 指令支持无开销的程序循环结构，这两个指令在任何时间都可被中断。

dsPIC30F 器件在编程模型中有 16 个 16 位工作寄存器。每个工作寄存器都可以充当数据、地址或地址偏移量寄存器。第 16 个工作寄存器（W15）作为软件堆栈指针，用于中断和调用。

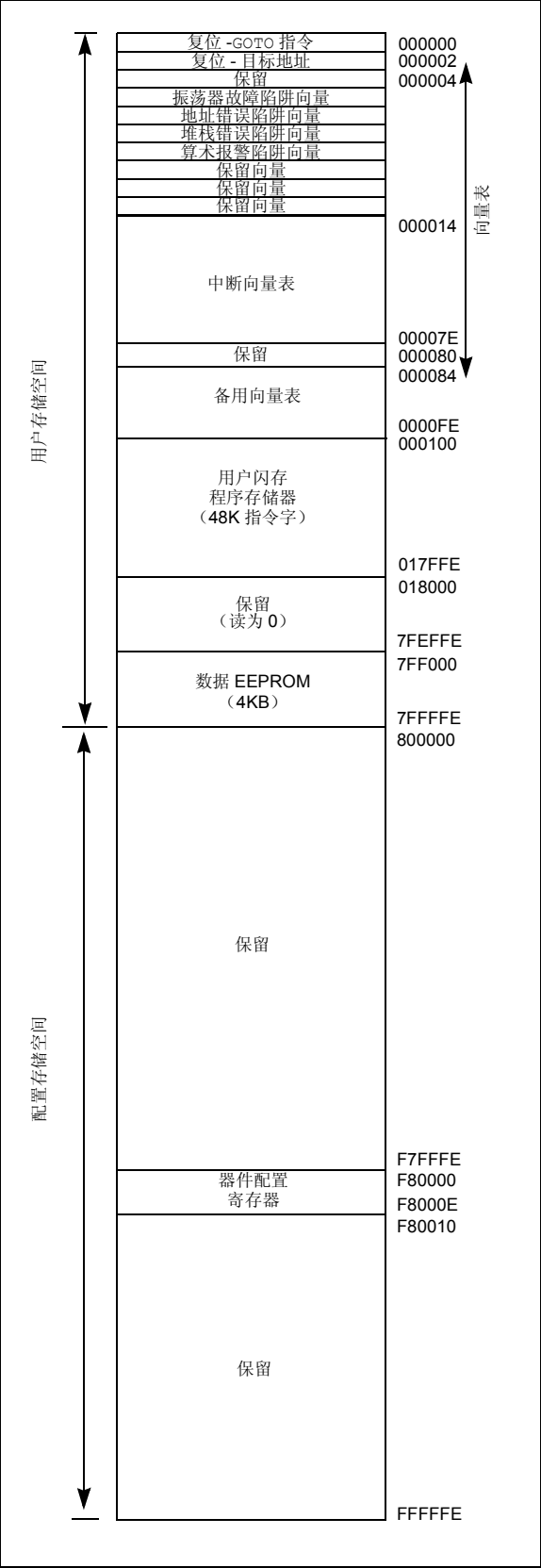
dsPIC30F 指令集有两类指令：MCU 类指令和 DSP 类指令。这两类指令无缝地集成到架构中并从同一个执行单元执行。指令集包括很多寻址模式，指令的设计可使 C 编译器的效率达到最优。

5.1.1 数据存储概述

数据空间可以作为 32K 字或 64K 字节寻址，并被分成两块，称为 X 和 Y 数据存储空间。每个存储块有各自独立的地址发生单元（Address Generation Unit, AGU）。MCU 类指令只通过 X 存储空间 AGU 进行操作，可将整个存储映射空间作为一个线性数据空间访问。某些 DSP 指令通过 X 和 Y 数据存储空间的 AGU 进行操作以支持双操作数读操作，这将数据地址空间分成两个部分。X 和 Y 数据空间的边界视具体器件而定。

可以选择将数据存储空间映射的高 32 KB 映射到由 8 位程序空间可视性页（Program Space Visibility Page, PSVPAG）寄存器定义的任何 16K 程序字边界内的程序空间内。程序空间到数据空间的映射功能让任何指令都能象访问数据空间一样访问程序空间。

图 5-1: 程序存储空间映射



5.1.2 寻址模式概述

X 和 Y 地址空间都支持无开销循环缓冲区（模寻址）。模寻址省去了 DSP 算法的软件边界检查开销。此外，X AGU 的循环寻址可以用于任何 MCU 类指令。X AGU 还支持位反转寻址，大幅简化了基 2 FFT 算法对输入或输出数据的重新排序。

CPU 支持固有（无操作数）寻址、相对寻址、立即数寻址、存储器直接寻址、寄存器直接寻址和寄存器间接寻址模式。每条指令根据其功能要求，与一组预定义的寻址模式相关。每条指令最多支持 6 种寻址模式。

对于大多数指令，在每个指令周期中 dsPIC30F 能执行一次数据（或程序数据）存储器读操作、一次工作寄存器（数据）读操作、一次数据存储器写操作和一次程序（指令）存储器读操作。因此可以支持 3 个操作数的指令，使 $A + B = C$ 操作能在单周期内执行。

5.1.3 DSP 引擎概述

DSP 引擎具备一个高速 17 位 $\times$ 17 位乘法器、一个 40 位 ALU、两个 40 位饱和累加器和一个 40 位双向桶形移位寄存器。该桶形移位寄存器能在单个周期内将一个 40 位的值右移或左移最多 16 位。DSP 指令可以无缝地与其他指令一起操作，其设计可实现最佳的实时性能。MAC 指令和其他相关指令可以在同一个周期内，同时完成从存储器中取出两个数据操作数，将两个 W 寄存器相乘并累加，且可选择使结果饱和。这要求 RAM 数据存储空间对于这些指令拆分为两块，但对所有其他指令保持线性。这是通过将某些工作寄存器专用于每个地址空间，以透明和灵活的方式实现的。

5.1.4 MCU 的特殊性能

dsPIC30F 具备一个由 MCU ALU 和 DSP 引擎共用的 17 位 $\times$ 17 位的乘法器。此乘法器可以进行有符号、无符号和混合符号的乘法运算。使用 17 位 $\times$ 17 位乘法器进行 16 位 $\times$ 16 位乘法运算不仅允许您执行混合符号的乘法运算，也可以得到像 $(-1.0) \times (-1.0)$ 这样的特殊运算的准确结果。

dsPIC30F 支持小数和整数的 16/16 位和 32/16 位除法运算。所有的除法指令都是迭代操作且必须在一个 REPEAT 循环中执行，总执行时间为 19 个指令周期。在这 19 个周期的任一周期内可以中断除法操作而不会丢失数据。

一个 40 位的桶形移位寄存器用于在单个周期内将数据右移或左移最多 16 位。MCU 和 DSP 指令可使用该桶形移位器。

5.1.5 中断概述

dsPIC30F 具有向量异常机制，具有最多 8 个不可屏蔽陷阱源和 54 个中断源。可以为每个中断源分配 7 个优先级之一。

5.1.6 提高编译器效率的特性

除了强大的 DSP 性能外，CPU 架构还具有几个特性可提高 C 编译器的效率（代码大小和执行速度）。

1. 支持 3 操作数指令，允许在单个周期内执行 $A + B = C$ 操作。
2. 指令寻址模式极其灵活可满足编译器的需求。
3. 工作寄存器阵列由 16 $\times$ 16 位寄存器组成，每个寄存器都可作为数据、地址或偏移量寄存器。工作寄存器 W15 用作中断和调用时的软件堆栈指针。
4. 允许对所有数据空间进行线性间接访问，且存储器直接寻址范围最高可达 8 KB。该功能与以直接寻址为基础的 16 位 MOV 指令结合使用可提供连续的线性寻址空间。
5. 允许使用工作寄存器通过新的表读和表写指令对程序空间内的 32K 字（64 KB）页进行线性间接访问。
6. 部分数据空间可以被映射到程序空间中，从而允许对程序空间中的常数进行访问，犹如其在数据空间中一样。

5.2 编程模型

图 5-2 所示为 dsPIC30F 的编程模型。它由 16x16 位工作寄存器 (W0 至 W15)、2 个 40 位累加器 (ACCA 和 ACCB)、状态寄存器 (SR)、数据表页寄存器 (TBLPAG)、程序空间可视页寄存器 (PSVPAG)、DO 和 REPEAT 寄存器 (DOSTART、DOEND、DCOUNT 和 RCOUNT) 以及程序计数器 (PC) 组成。工作寄存器可作为数据、地址或偏移量寄存器。所有的寄存器都是存储器映射的。W0 是所有指令用来执行文件寄存器寻址的工作寄存器。

其中一些寄存器有与之相关联的影子寄存器 (见图 5-2)。影子寄存器用作一个临时保存寄存器,它能够当一个周期内发生某些事件时将其主寄存器的内容送入其中或将其自身内容送回主寄存器。影子寄存器都是不可直接访问的。

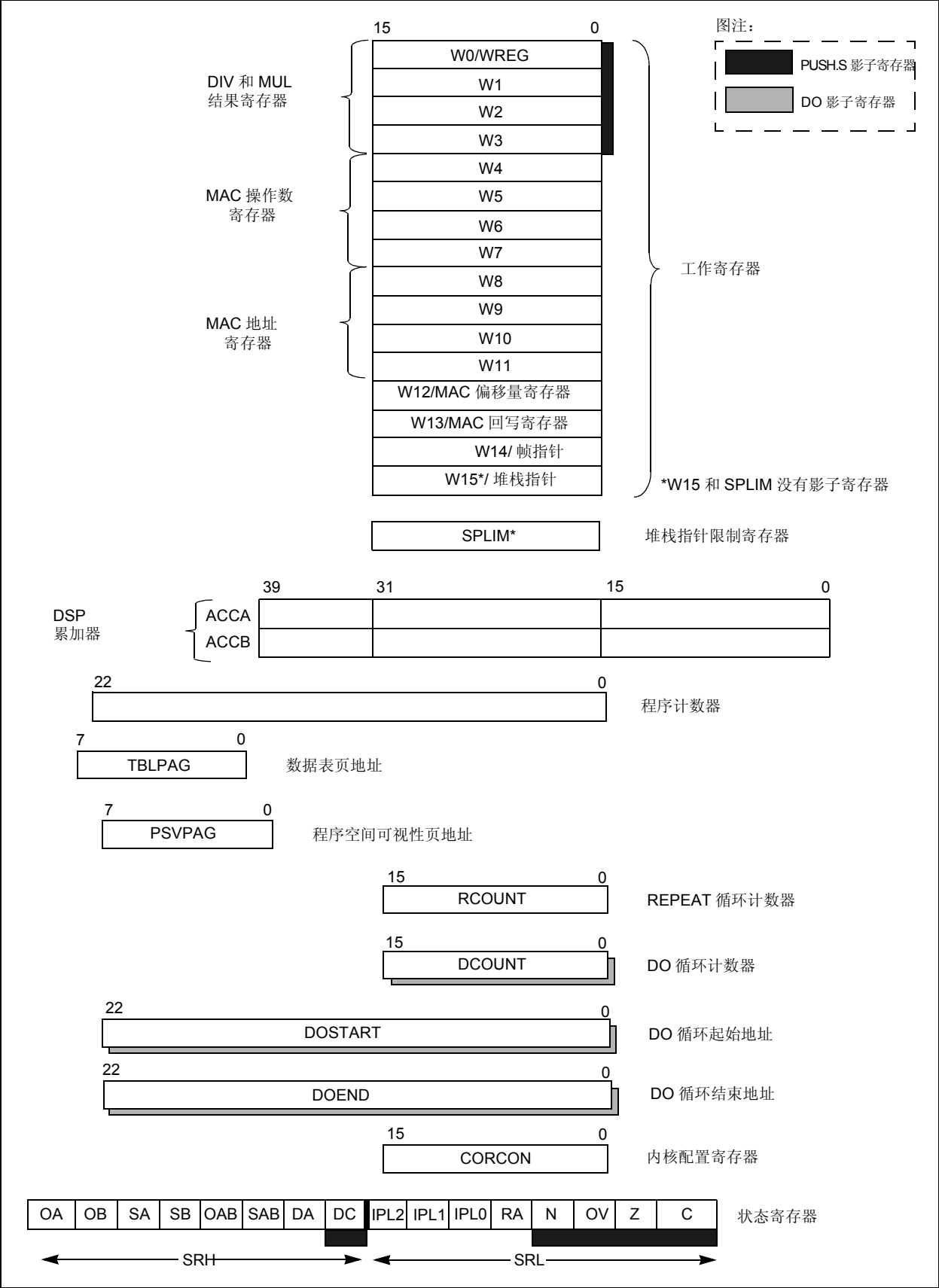
当对一个工作寄存器执行字节操作时,仅目标寄存器的低字节会受到影响。但是对于存储器映射的工作寄存器来说,可以通过对数据存储空间进行字节宽度的访问来对工作寄存器的低字节和高字节进行操作,这一点是有益的。

W15 是专用的软件堆栈指针 (SP)。它可被异常处理、子程序调用和返回自动修改,并且也能够被任何指令引用 (方式与引用所有其他工作寄存器相同)。这样就简化了对堆栈指针的读、写和操作 (例如,创建堆栈帧)。

W14 是专用的堆栈帧指针,由 LNK 和 ULNK 指令定义。它能够被任何指令引用 (方式与引用所有其他工作寄存器相同)。

堆栈指针总是指向第一个可用的字并从低地址到高地址生长。出栈 (读操作) 时,堆栈指针预递减;压栈 (写操作) 时,堆栈指针后递增。

图 5-2: 编程模型



5.3 数据地址空间

内核有两个数据空间 X 和 Y。可单独访问这些数据空间（对于一些 DSP 指令）或作为一个统一的线性地址范围来访问（对于 MCU 指令）。使用两个地址发生单元（AGU）和独立的数据总线来访问这两个数据空间。此特性允许某些指令同时从 RAM 中取两个字，因此提高了某些 DSP 算法的执行效率，如有限冲激响应（Finite Impulse Response, FIR）滤波算法和快速傅立叶变换（Fast Fourier Transform, FFT）。

5.3.1 X 和 Y 数据空间

X 数据空间可以被所有指令使用并支持所有寻址模式。X 数据空间的读 / 写数据总线相互独立。所有将 X 和 Y 数据空间看作一个组合的 X 和 Y 地址空间的指令均将 X 读数据总线作为读数据路径。X 数据空间也可作为双操作数 DSP 指令（MAC 类）的 X 数据预取路径。

MAC 类指令（CLR、ED、EDAC、MAC、MOVSAC、MPY、MPY.N 和 MSC）将 Y 数据空间和与 X 数据空间一起使用，从而提供两条可同时对数据进行读操作的路径。

依据寻址模式的限制，X 和 Y 数据空间都支持所有指令的模寻址，而位反转寻址只可用于 X 数据空间的写操作。

DSP 指令中所有的数据存储器写操作均把数据空间视为组合的 X 和 Y 地址空间。X 和 Y 数据空间的分界取决于具体的器件（图 5-3 中给出了一个示例）且不能由用户编程。

所有有效的地址均为 16 位宽并且指向数据空间内的字节。因此，数据空间地址范围为 64KB 或 32 KW，尽管不同器件上实际实现的存储单元互不相同。

5.3.2 数据空间宽度

内核数据宽度为 16 位。所有内部寄存器都是 16 位宽的。数据存储空间组织为可字节寻址的 16 位宽的块。图 5-3 给出了 dsPIC30F 系列数据存储空间映射的示例。

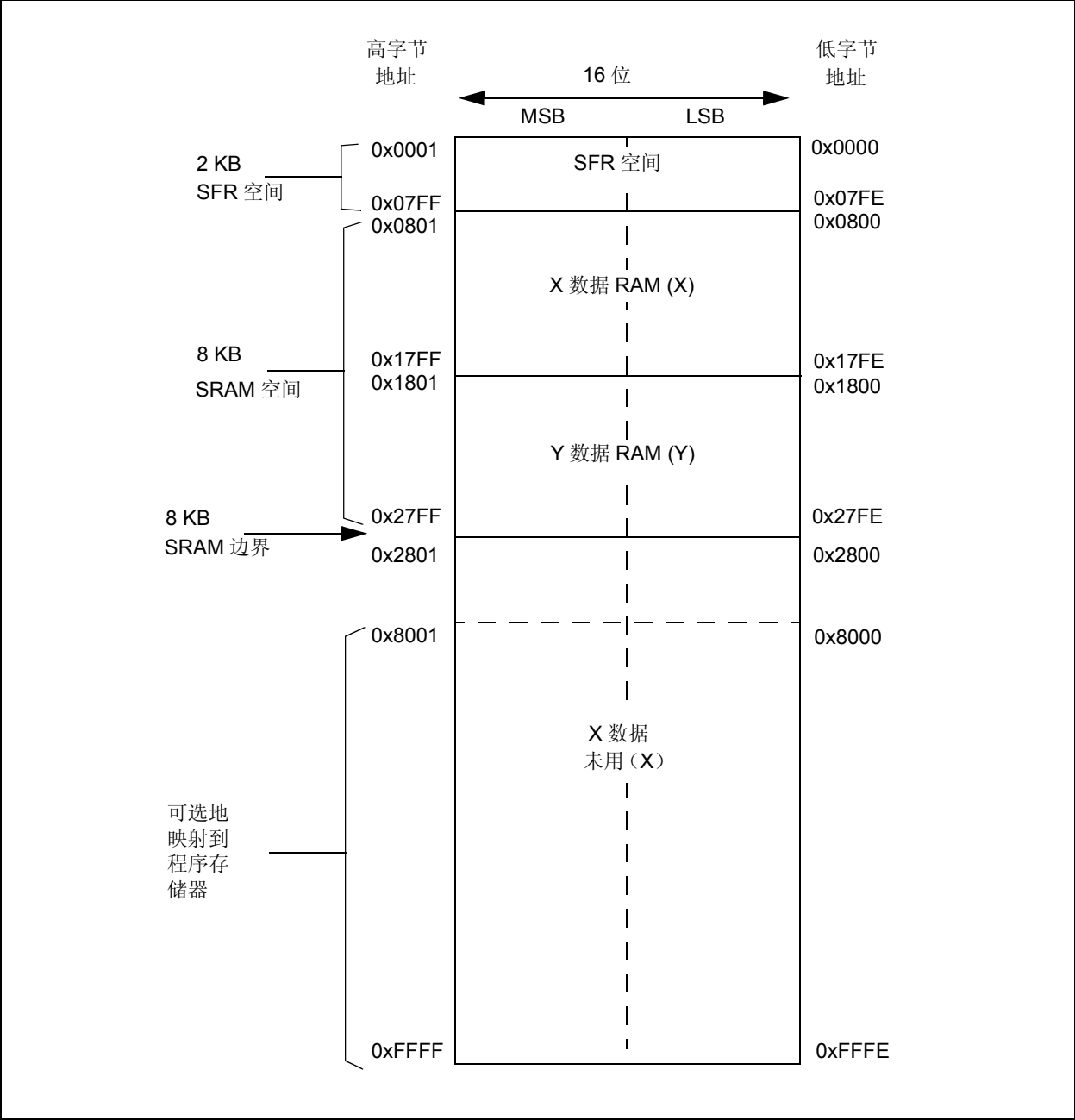
5.3.3 数据对齐方式

为了与将来的 PICmicro® 器件向后兼容和提高数据存储空间的使用效率，dsPIC30F 指令集同时支持字和字节操作。在数据存储器 and 寄存器中的数据是以字为单位对齐的，但所有数据空间的有效地址（Effective address, EA）都被解析为字节。使用有效地址的最低位（LSb）决定要选择哪个字节，读数据字节的操作将读取包含此字节的整个字。

字节访问会在内部对所有有效地址的计算进行调整。例如，对于字节操作内核认为执行后修改寄存器间接寻址模式[Ws++]的结果是Ws+1，而对于字操作则是Ws+2。

所有字访问必须与一个偶地址对齐。不支持不对齐的字数据取操作。若试图进行这种不对齐的读或写操作，则会产生陷阱，使系统和 / 或用户能在执行错误地址之前检查机器状态。

图 5-3: 数据存储空间映射示例



5.4 DSP 引擎

DSP 引擎由一个高速的单周期 17 位 x17 位乘法器、一个桶形移位寄存器、一个带有两个目标累加器的 40 位加法器 / 减法器以及舍入和饱和逻辑组成。以上这些均提高了 DSP 计算密集的算法的执行效率。17 位 x17 位乘法器也用于基于 MCU 的乘法指令。

DSP 引擎能够执行固有的“累加器—累加器”的操作，而无需额外数据。这些指令为 ADD、SUB 和 NEG。此特性极大地简化了 32 位或 40 位数据的基本算术运算。

图 5-4 所示为 DSP 引擎的框图。

5.4.1 17 位 X17 位乘法器

17 位 x 17 位乘法器可进行有符号或无符号运算。对输出进行适当调整可以支持 1.31 小数 (Q31) 或 32 位整数结果，因此无需在运算后手工处理小数乘法运算的结果。

5.4.2 40 位累加器

数据累加器具有一个带有自动符号扩展逻辑的 40 位加法器 / 减法器。它可以选择两个累加器 (A 或 B) 之一作为它累加前的源和累加后的目标。对于 ADD 和 LAC 指令，可选择通过桶形移位器在累加之前对将被累加或装入的数据进行调整。

加法器 / 减法器产生溢出状态位 SA/SB 和 OA/OB，这些位在状态寄存器中，它也可以选择性地产生算术错误陷阱：

- 从 bit 39 溢出。这是一种灾难性的溢出，因为它破坏了累加器的符号位。
- 溢出到警戒位 bit 32 至 bit 39。这是一种可恢复的溢出。这些警戒位不完全相同时，该位 (OA/OB) 置 1。

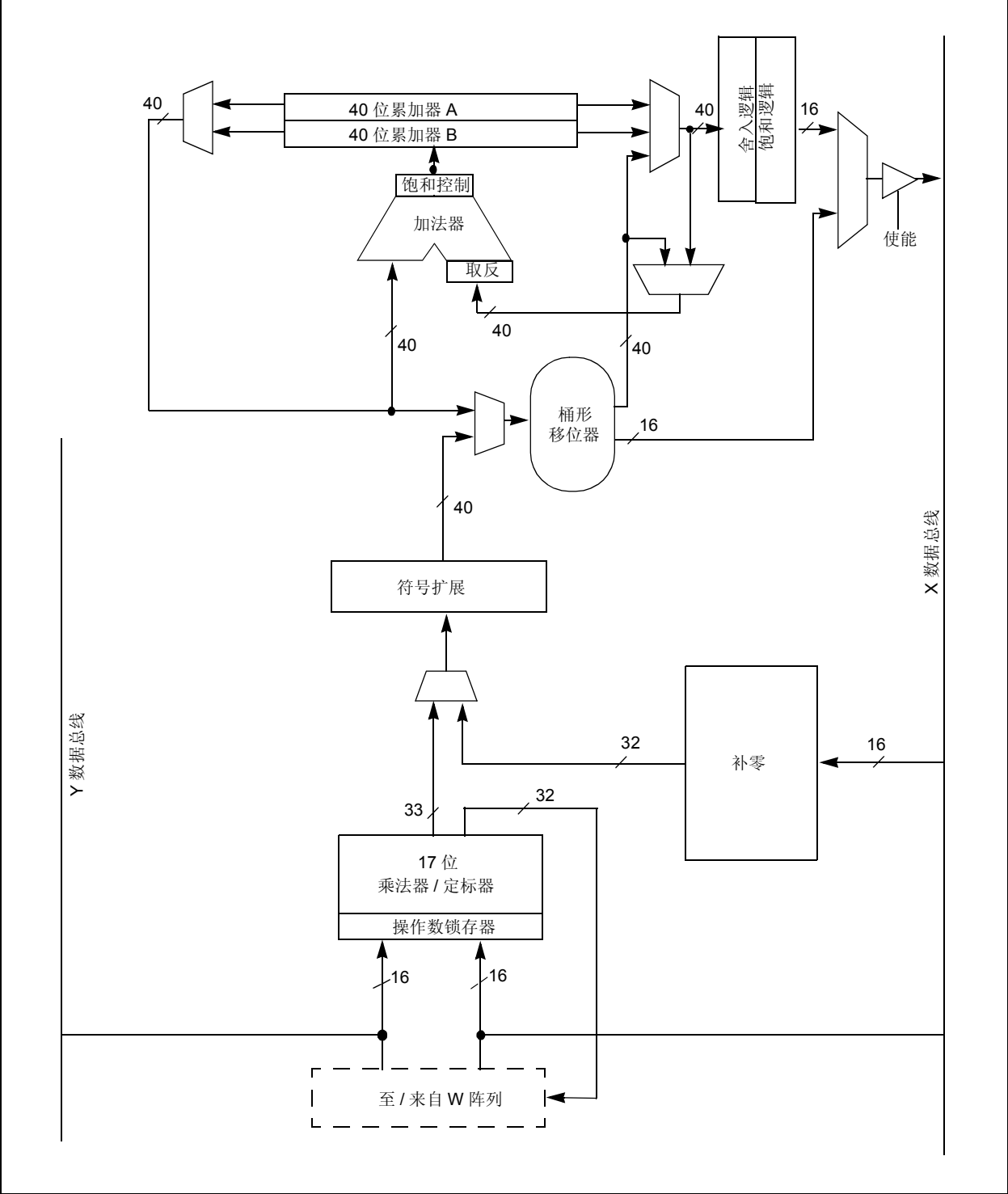
5.4.3 饱和和溢出

加法器有一个额外的饱和模块，如果选用该模块将控制累加器的数据饱和。饱和模块使用加法器的结果、上一节所述的状态位和用户配置的控制位来决定是否饱和以及什么值时饱和 (40 位值或 32 位值)。

除了加法器 / 减法器饱和，对数据空间进行写操作也会饱和，但不会影响源累加器的内容。

舍入逻辑在累加器写 (存储) 过程中可以执行传统的 (有偏) 或收敛的 (无偏) 数据舍入功能。舍入模式可由用户选择。舍入操作会产生一个 16 位的 1.15 数据值，它被送到数据空间写饱和逻辑。数据空间写饱和能够确保即使在执行舍入操作的情况下累加器中的数据仍会被准确地回写。如果指令没有明确指定舍入，那么将会存储一个截取的 1.15 数据值而只舍弃低位字 (lsw)。

图 5-4: DSP 引擎框图



6.0 异常处理

dsPIC30F 有四个处理器异常（陷阱）和必须依据优先级机制进行处理的最多 45 个中断源。

外处理器内核负责读取中断向量表（Interrupt Vector Table, IVT）并将中断向量中的地址传递给程序计数器。

中断向量表（IVT）和备用中断向量表（Alternate Interrupt Vector Table, AIVT）放置在靠近程序存储器开头的地方（0x000004）以便于调试。

中断控制器硬件在将中断提交给 CPU 之前预处理中断。使用集中的特殊功能寄存器来允许和控制中断及陷阱并为它们设置优先级。

每个中断源都有自己的向量地址，并且可在用户软件中单独地允许和设置优先级。每个中断源也有自己的状态标志。独立的中断控制和监视功能使得不需查询各个状态标志来决定其中断源。

表 6-1 包含中断向量的信息。

某些中断具有专用的控制位来控制边沿触发中断、电平触发中断和电平变化中断等特性。在产生中断的外设模块中控制这些特性。

特殊的 DISI 指令可用于在几个周期内禁止对优先级小于等于 6 的中断进行处理，在此期间 DISI 位置 1。

表 6-1: 中断向量

向量编号	IVT 地址	AIVT 地址	中断源
8	0x000014	0x000094	INT0——外部中断 0
9	0x000016	0x000096	IC1——输入捕捉 1
10	0x000018	0x000098	OC1——输出比较 1
11	0x00001A	0x00009A	T1——Timer1
12	0x00001C	0x00009C	IC2——输入捕捉 2
13	0x00001E	0x00009E	OC2——输出比较 2
14	0x000020	0x0000A0	T2——Timer2
15	0x000022	0x0000A2	T3——Timer3
16	0x000024	0x0000A4	SPI1
17	0x000026	0x0000A6	U1RX——UART1 接收器
18	0x000028	0x0000A8	U1TX——UART1 发送器
19	0x00002A	0x0000AA	ADC——ADC 转换完成
20	0x00002C	0x0000AC	NVM——NVM 写完成
21	0x00002E	0x0000AE	I2C 从操作——报文检测
22	0x000030	0x0000B0	I2C 主操作——报文事件完成
23	0x000032	0x0000B2	电平变化通知中断
24	0x000034	0x0000B4	INT1——外部中断 1
25	0x000036	0x0000B6	IC7——输入捕捉 7
26	0x000038	0x0000B8	IC8——输入捕捉 8
27	0x00003A	0x0000BA	OC3——输出比较 3
28	0x00003C	0x0000BC	OC4——输出比较 4
29	0x00003E	0x0000BE	T4——Timer4
30	0x000040	0x0000C0	T5——Timer5
31	0x000042	0x0000C2	INT2——外部中断 2
32	0x000044	0x0000C4	U2RX——UART2 接收器
33	0x000046	0x0000C6	U2TX——UART2 发送器
34	0x000048	0x0000C8	SPI2
35	0x00004A	0x0000CA	CAN1

表 6-1: 中断向量

向量编号	IVT 地址	AIVT 地址	中断源
36	0x00004C	0x0000CC	IC3——输入捕捉 3
37	0x00004E	0x0000CE	IC4——输入捕捉 4
38	0x000050	0x0000D0	IC5——输入捕捉 5
39	0x000052	0x0000D2	IC6——输入捕捉 6
40	0x000054	0x0000D4	OC5——输出比较 5
41	0x000056	0x0000D6	OC6——输出比较 6
42	0x000058	0x0000D8	OC7——输出比较 7
43	0x00005A	0x0000DA	OC8——输出比较 8
44	0x00005C	0x0000DC	INT3——外部中断 3
45	0x00005E	0x0000DE	INT4——外部中断 4
46	0x000060	0x0000E0	CAN2
47	0x000062	0x0000E2	PWM——PWM 周期匹配
48	0x000064	0x0000E4	QE1——位置计数器比较
49	0x000066	0x0000E6	DCI——编解码器传输完成
50	0x000068	0x0000E8	LVD——低压检测
51	0x00006A	0x0000EA	FLTA——MCPWM 故障 A
52	0x00006C	0x0000EC	FLTB——MCPWM 故障 B
53-61	0x00006E-0x00007E	0x00006E-0x00007E	保留

6.1 中断优先级

每个中断源都可由用户分配 8 个优先级之 1（从 0 到 7）。第 7 级和第 1 级分别为最高和最低的可屏蔽优先级而优先级 0 则禁止中断。

由于特定的优先级会被分配给一个以上的中断请求源，所以提供了一种解决给定级别下优先级分配的方法称为“自然顺序优先级”。

中断的自然顺序优先级在数字上与其向量编号相同。自然顺序优先级机制以 0 作为最高优先级，以 53 作为最低优先级。

用户可以为每个中断源分配 8 个优先级之一表示用户可以给低自然顺序优先级的中断分配非常高的总优先级，因此在设计使用大量外设的应用中提供了非常大的灵活性。

6.2 中断嵌套

在默认情况下中断是可嵌套的。任何正在被处理的 ISR 都可以被另一个具有更高用户分配优先级的中断源中断。可以选择通过将 NSTDIS 控制位 (INTCON1<15>) 置 1 禁止中断嵌套。当 NSTDIS 控制位被置 1 时，所有处理中的中断将通过设置 IPL<2:0> = 111 强制 CPU 的优先级为 7。这将有效屏蔽其他所有中断源，直到执行 RETFIE 指令。当中断嵌套被禁止时，用户分配的中断优先级无效，除非是为了解决同时等待处理的中断之间的冲突。

当禁止中断嵌套时，IPL<2:0> 位变成只读。这将防止用户软件将 IPL<2:0> 设置为一个较低的值，从而防止其有效地重新使能中断嵌套。

6.3 陷阱

可以将陷阱看作不可屏蔽的可嵌套中断，它遵循固定的优先级结构。陷阱旨在为用户提供一种方法改正调试过程中和在应用中工作时的错误操作。如果用户不想对陷阱错误条件事件采取纠正措施，那么必须在陷阱向量中装入将使器件复位的软件程序地址。否则，陷阱向量将装入纠正陷阱条件的服务程序地址。

dsPIC30F 有四个不可屏蔽的陷阱源：

- 振荡器故障陷阱
- 地址错误陷阱
- 堆栈错误陷阱
- 算术错误陷阱

很多陷阱条件只有在发生的时候才能检测到。因此，允许引起陷阱的指令在异常处理开始之前完成。所以，用户必须改正会引起陷阱的指令的操作。

每个陷阱源均具有固定的优先级，与在 IVT 中定义的位置一致。振荡器故障陷阱具有最高的优先级，而算术错误陷阱具有最低的优先级。

表 6-2 中包含陷阱向量的信息。

6.4 产生一个软件中断

任何中断都可简单地通过在用户软件中允许中断并在需要的时候将中断标志位置 1 手动产生（即使相应的外设为禁止状态）。

表 6-2: 陷阱向量

向量编号	IVT 地址	AIVT 地址	陷阱源
0	0x000004	0x000084	保留
1	0x000006	0x000086	振荡器故障
2	0x000008	0x000088	地址错误
3	0x00000A	0x00008A	堆栈错误
4	0x00000C	0x00008C	算术错误
5	0x00000E	0x00008E	保留
6	0x000010	0x000090	保留
7	0x000012	0x000092	保留

7.0 系统集成

dsPIC30F 系列器件提供以下系统管理服务：

- 时钟选择和振荡器控制
- 上电复位
- 可编程欠压复位
- 上电延时定时器的程序控制
- 振荡器起振定时器 / 稳定器
- 带有 RC 振荡器的看门狗定时器
- 故障保护时钟监视器
- 多个复位源

7.1 时钟选择和振荡器

有三种主时钟振荡器：XTL、XT 和 HS。XTL 振荡器使用频率范围从 200 kHz 到 4 MHz 之间的晶振或陶瓷谐振器。XT 振荡器使用频率范围从 4 MHz 到 10 MHz 之间的晶振或陶瓷谐振器。HS（高速）振荡器使用频率范围从 10 MHz 到 25 MHz 之间的晶振。这些振荡器使用 OSC1 引脚和 OSC2 引脚。

辅助振荡器（LP）是为低功耗运行而设计的，它使用 32 kHz 晶振或陶瓷谐振器。LP 振荡器使用 SOSC1 引脚和 SOSC2 引脚。

FRC（快速 RC）内部振荡器的工作频率为标称值 7.37 MHz $\pm 2\%$ 。用户软件可以调节 FRC 频率。LPRC（低功耗 RC）内部振荡器连接到看门狗定时器，工作频率为标称值 512 KHz。外部 RC（ERC）振荡器使用连接到 OSC1 引脚的外部电阻和电容。工作频率最高可为 4 MHz。

OSC1 引脚也可用做外部时钟源的输入引脚；此模式称为“EC”。

dsPIC30F 振荡器系统提供：

- 可选择多种外部和内部振荡器作为时钟源
- 可使内部工作频率提高 4、8 或 16 倍的片上 PLL
- 在一些器件中，FRC 振荡器也可和 PLL 一起使用
- 不同时钟源之间的时钟切换
- 可节省系统功耗的可编程时钟后分频器
- 故障保护时钟监视器（FSCM）可检测时钟故障并采取故障保护措施
- 一个时钟控制寄存器（OSCCON）
- 用于主振荡器选择的非易失性配置位

图 7-1 所示为振荡器系统的简化框图。

7.2 上电复位

当给器件施加供电电压时会产生上电复位。如果供电电压降至器件门限电压（VPOR）以下，则将产生一个新的上电复位事件。当供电电压上升超过 POR 电路的门限电压时，将产生一个内部 POR 脉冲。

7.3 可编程欠压复位

BOR（欠压复位）模块依靠内部参考电压电路工作。BOR 模块的主要用途是在发生欠压条件时产生器件复位。欠压条件通常由交流电源线故障（即由于不良的电源传输线路产生的交流信号波形部分丢失或由于当接入过大的电感负载时电流过大而导致电压下降）产生。

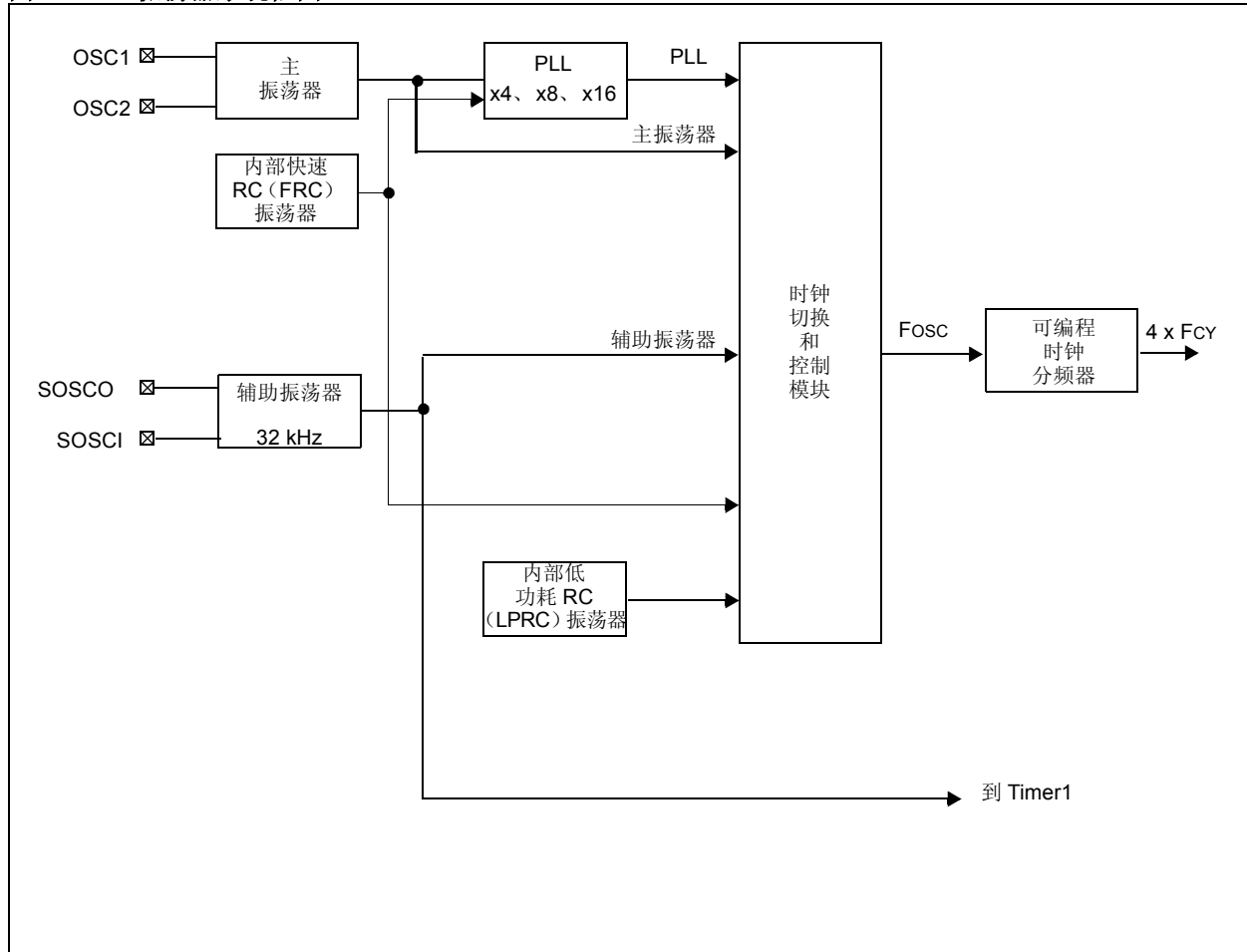
BOR 模块可选择下面电压跳变点中的一个：

- 2.0V
- 2.7V
- 4.2V
- 4.5V

注： 这里所述的 BOR 电压跳变点都是标称值，仅供设计参考。欲知 BOR 电压限制规范请参见特定器件数据手册的“电气规范”一章。

BOR 产生一个复位脉冲复位器件。

图 7-1: 振荡器系统框图



7.4 可编程上电延时定时器 (PWRT)

有两个内部定时器可在上电时提供必要的延时。一个是上电延时定时器 (Power-up Timer, PWRT)，仅在上电时提供延时。在供电电源稳定过程中，PWRT 使器件保持复位。另一个是振荡器起振定时器 (Oscillator Start-up Timer, OST)，它保持芯片复位直到晶振稳定。由于片上有这两个定时器，大多数应用将不需要外部复位电路。

7.5 振荡器起振定时器 / 稳定器 (OST)

振荡器起振定时器 (OST) 确保晶振 (或陶瓷谐振器) 已起振并达到稳定。OST 是一个简单的 10 位计数器，在将振荡器时钟释放给系统的其他部分之前计数 1024 个 TOSC 周期。超时周期由 TOSC 表示。每次振荡器必须重启时 (即上电复位 (POR)、欠压复位 (BOR) 和从休眠模式唤醒时) 都会经过 TOSC 时间。振荡器起振定时器适用于 LP 振荡器以及主振荡器的 XT、XTL 和 HS 模式 (从休眠模式唤醒、POR 和 BOR 时)。

7.6 看门狗定时器 (WDT)

看门狗定时器 (WDT) 的主要功能是在出现软件故障事件时复位处理器。WDT 是一个独立运行的定时器，它无需依赖片内 RC 振荡器并且不需要外部元件。即使系统时钟（例如晶振）出现故障，WDT 定时器仍然会继续工作。

WDT 可通过配置寄存器的配置位 (FWDTEN) 或通过 SFR 位 (SWDTEN) 来“使能”或“禁止”。

任何可对 dsPIC 器件进行编程的器件编程器（如 Microchip 的 PRO MATE® II 编程器）都可将 WDT 和其他配置位编程为所需的状态。如果使能 WDT，它将递增直到溢出或“超时”。WDT 超时会强制器件复位（休眠模式下除外）。

7.7 故障保护时钟监视器 (FSCM)

故障保护时钟监视器 (FSCM) 允许器件在振荡器发生故障时继续运行。通过编程使能 FSCM 功能。如果使能 FSCM 功能，LPRC 内部振荡器将始终处于运行状态（休眠模式下除外）并且不受看门狗定时器控制。

在发生振荡器故障时，FSCM 会产生时钟故障陷阱事件并将系统时钟切换到 FRC 振荡器。应用程序可选择尝试重新启动振荡器或执行受控的关闭。只需将复位地址装入振荡器故障陷阱向量中，就可将陷阱视为热复位。

7.8 复位系统

复位系统结合了所有复位源并控制器件的主复位信号。

器件的复位源包括：

- POR: 上电复位
- SWR: RESET 指令
- EXTR: $\overline{\text{MCLR}}$ 复位
- WDTR: 看门狗定时器超时复位
- BOR: 欠压复位
- TRAPR: 陷阱冲突复位
- IOPUWR: 试图执行非法操作码或使用未初始化的 W 寄存器进行间接寻址

8.0 器件的功耗管理

dsPIC30F 器件提供以下功耗管理服务：

- 实时时钟源切换
- 可编程低压检测
- 可快速唤醒的空闲和休眠模式

8.1 实时时钟源切换

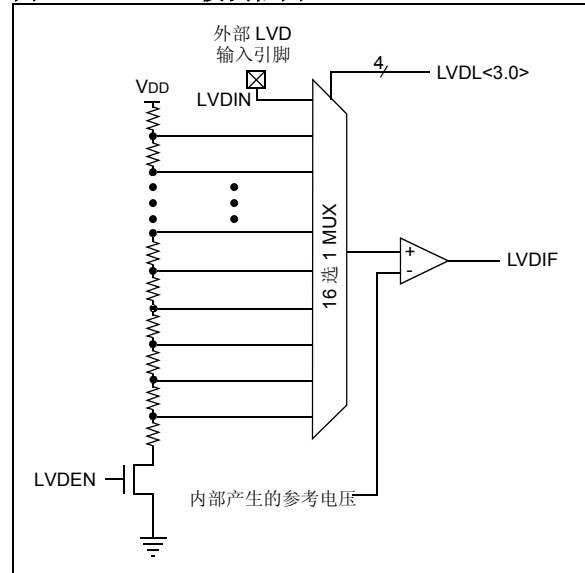
配置位决定上电复位（POR）和欠压复位（BOR）时的时钟源。其后可在允许的时钟源之间切换。OSCCON 寄存器控制时钟切换并包含与系统时钟相关的状态位。用户可切换到运行速度较慢的时钟源以减少功耗。

8.2 低压检测（LVD）

LVD 模块用于电池供电的应用场合以检测电池电压（器件的 VDD）何时下降到门限值以下，即接近电池使用寿命的终点。LVD 使应用在电池电压不足时有足够的时间关闭。

只有某些器件具有此特性。图 8-1 是 LVD 模块的框图。比较器使用内部产生的参考电压作为参考点。当器件电压的所选抽头输出电压低于参考电压时，LVD 中断标志将置 1。电阻分压器的每个节点代表一个“跳变点”电压。此电压可被软件编程为 16 个值中的任何一个或从外部引脚（LVDIN）获得。

图 8-1: LVD 模块框图



8.3 低功耗模式

dsPIC30F 器件有两个可降低功耗的模式，可以通过执行 PWRSAV 指令进入：

- 休眠模式：CPU、系统时钟源和任何依靠系统时钟源工作的外设都被禁止。这是器件功耗最低的模式。
- 空闲模式：CPU 被禁止，但是系统时钟源继续工作。外设继续工作，但可选择将其禁止。

当不使用 CPU 期间，这些模式是降低功耗的有效方式。

8.3.1 休眠模式

当器件进入休眠模式时：

- 系统时钟源关闭。如果使用了片上振荡器，就将其关闭。
- 在没有 I/O 引脚消耗电流的前提下，器件电流消耗最小。
- 由于系统时钟源被禁止，所以故障保护时钟监视器（FSCM）在休眠模式下不工作。
- 如果 WDT 被使能，LPRC 时钟将继续在休眠模式下运行。
- 低压检测电路如果被使能，则继续在休眠模式下保持工作。
- BOR 电路如果被使能，则继续在休眠模式下工作。
- WDT 如果被使能，则在进入休眠模式之前自动清零。
- 某些外设可能会继续在休眠模式运行。这些外设包括检测输入信号电平变化的 I/O 引脚，或使用外部时钟输入的外设。任何依靠系统时钟源工作的外设都会在休眠模式禁止。

发生下列事件之一时，处理器将从休眠模式退出或被唤醒：

- 任何单独允许的中断源
- 任何形式的器件复位
- WDT 超时

8.3.2 空闲模式

当器件进入空闲模式时：

- CPU 停止执行指令。
- WDT 自动清零。
- 系统时钟源保持有效。
- 默认情况下，外设模块依靠系统时钟源继续正常工作。
- 可以选择在空闲模式下使用“stop-in-idle”（在空闲模式停止）控制位关闭外设。
- 如果 WDT 或 FSCM 被使能，LPRC 也将保持有效。

在发生以下事件时，处理器将从空闲模式唤醒：

- 任何单独允许的中断。
- 任何器件复位源。
- WDT 超时。

在从空闲模式唤醒时，时钟再次供 CPU 使用且指令立即从 PWRSAV 指令之后的指令或中断服务程序（ISR）中的第一条指令开始执行。

9.0 dsPIC30F 外设

16 位 MCU 器件中的数字信号控制器 (DSC) 系列集成了很多外设功能。具体外设功能包括：

- 模数转换器：
 - 10 位高速 A/D 转换器
 - 12 位高分辨率 A/D 转换器
- 通用 16 位定时器
- 电机控制 PWM 模块
- 正交编码器模块
- 输入捕捉模块
- 输出比较 /PWM 模块
- 数据转换器接口
- 串行外设接口 (Serial Peripheral Interface, SPI) 模块
- UART 模块
- I²C™ 模块
- 控制器局域网 (Controller Area Network, CAN) 模块
- I/O 引脚

9.1 模数转换器

模数 (Analog-to-Digital, A/D) 转换器提供带有单端和差分输入的最多 16 路模拟输入通道。这些模块提供片内采样保持电路。

为尽可能减少由更新时间 (转换与计算) 引起的控制环误差, 需要一个高速短延时的 ADC。

另外, 外设接口中包含的几个硬件特性可提高典型 DSP 应用的实时性能。

- 结果对齐方式选择
- 自动采样
- 自动通道扫描
- 双端口数据缓冲器
- 外部转换启动控制

dsPIC30F 系列器件有两个 A/D 转换器可供使用：

- 10 位高速 A/D 模块
- 12 位高分辨率 A/D 模块

9.1.1 10 位高速 A/D 模块

- 10 位分辨率
- 单极差分采样 / 保持放大器
- 最多 16 路输入通道
- 可选择参考电压输入：
 - 可使用外部 VREF+ 和 VREF- 引脚
- 微分非线性误差 (Differential Non-Linearity, DNL) 最大为 ± 1 LSB (5V $\pm 10\%$)
- 积分非线性误差 (Integral Non-Linearity, INL) 最大为 ± 1 LSB (5V $\pm 10\%$)
- 四个片内采样保持放大器：
 - 允许同时对 2 路或 4 路模拟输入通道进行采样
- 自动通道扫描
- 单电源供电：2.7-5.5V
- 5V 时采样速率为 1 Msps
- CPU 在休眠和空闲模式下时仍可进行 A/D 转换
- 可手动启动转换或由 4 个触发源 (自动、Timer3、外部中断和 PWM 周期匹配) 中的一个触发转换
- 16 字深的存储器映射结果缓冲器：
 - 在交替转换时会分别填充缓冲器的上半部分和下半部分。

9.1.2 12 位高分辨率 A/D 模块

- 12 位分辨率
- 单极差分采样 / 保持放大器
- 最多 16 路输入通道：
 - 可使用外部 VREF+ 和 VREF- 引脚
- 可选择参考电压输入
- 微分非线性误差 (DNL) 最大为 ± 1 LSB (5V $\pm 10\%$)
- 积分非线性误差 (INL) 最大为 ± 1 LSB (5V $\pm 10\%$)
- 四个片内采样保持放大器
- 自动通道扫描
- 单电源供电：2.7-5.5V
- 5V 时采样速率为 200 Ksps
- CPU 在休眠和空闲模式下时仍可进行 A/D 转换
- 可以手动启动转换或由 3 个触发源 (自动、Timer3 和外部中断) 中的一个触发转换
- 16 字深的存储器映射结果缓冲器：
 - 在交替转换时会分别填充缓冲器的上半部分和下半部分。

9.2.2 TIMER 2/3

Timer2/3模块是一个工作模式可选的32位定时器（可配置成两个16位定时器）。这些定时器可用于其他外设模块，如：

- 输入捕捉
- 输出比较 / 简单 PWM

Timer2/3 具有以下工作模式：

- 具有定时器和同步计数器模式的两个独立的 16 位定时器（Timer2 和 Timer3）
- 单个 32 位定时器
- 单个 32 位同步计数器

此外，可支持以下工作特性：

- ADC 转换启动触发器
- 外部脉冲门控的 32 位定时器
- 可选择的预分频比设置
- 在空闲和休眠模式下的定时器 / 计数器的工作
- 32 位周期寄存器匹配时产生中断

9.2.3 TIMER 4/5

Timer4/5模块的工作方式与Timer2/3模块类似。不同之处包括：

- Timer4/5 模块不能触发 ADC 事件
- 其他外设模块（如输入捕捉和输出比较）不能使用 Timer4/5。

9.3 电机控制 PWM 模块

电机控制 PWM（Motor Control PWM，MCPWM）模块简化了产生多个同步脉宽调制输出的任务。特别是它还能支持以下电源和电机控制应用：

- 三相交流感应电机
- 开关磁阻（Switched Reluctance，SR）电机
- 无刷直流（Brushless DC，BLDC）电机
- 不间断电源（UPS）

PWM 模块具有如下特性：

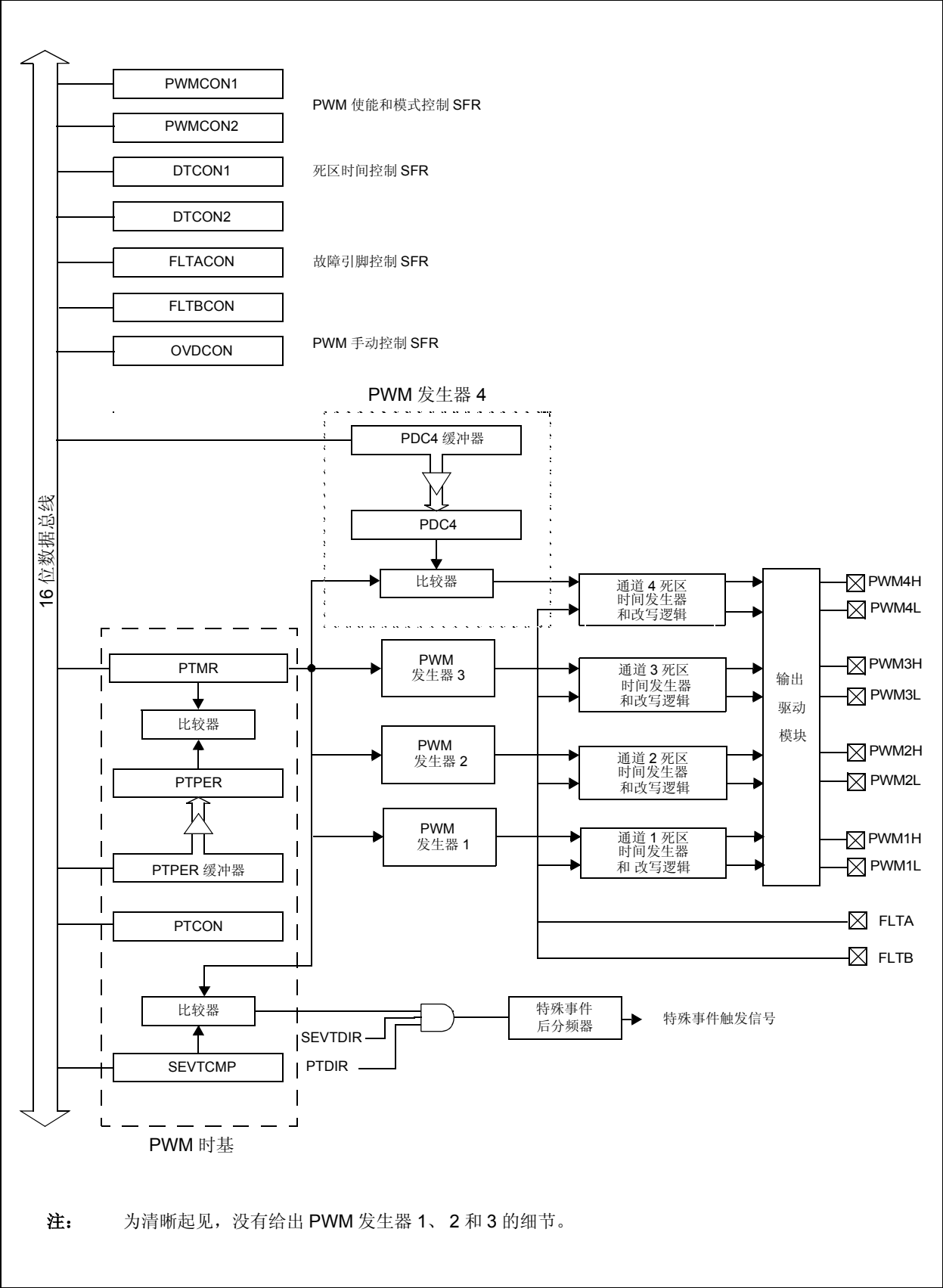
- 专用的时基支持 $T_{cy}/2$ 的 PWM 边沿分辨率
- 每个 PWM 发生器都有两个输出引脚（对）
- 每对输出引脚均可输出互补或独立的 PWM 信号
- 用于互补模式的硬件死区时间发生器
- 由非易失性器件配置位定义的输出引脚极性
- 多种输出模式：
 - 边沿对齐模式
 - 中心对齐模式
 - 带双重更新的中心对齐模式
 - 单事件模式
- PWM 输出引脚的手动改写寄存器
- 有可编程功能的硬件故障输入引脚
- 用于使 A/D 采样和转换与 PWM 时序同步的触发器
- 每个与 PWM 相关的输出引脚都可以被单独使能

9.3.1 多种 MCPWM 模块

根据所选的 dsPIC30F 器件的不同，有两种 MCPWM 模块。一种是 8 输出模块，常见于引脚数大于等于 64 的器件上。另一种是 6 输出的 MCPWM 模块，常见于引脚数少于 64 的较小器件上。

6 输出的 MCPWM 模块可用于单相或三相电源或功率应用，而 8 输出的 MCPWM 能支持 4 相电机应用。8 输出 MCPWM（图 9-2）为应用提供了更高的灵活性，因为它支持两个故障引脚和两个可编程死区时间。

图 9-2: 8 输出 PWM 模块框图



9.3.2 PWM 时基

PWM 时基由一个带有预分频器和后分频器的 15 位定时器提供。可以将 PWM 时基配置为以下四种不同的工作模式：

- 自由运行模式
- 单事件模式
- 连续向上 / 向下计数模式
- 带双重更新中断的连续向上 / 向下计数模式

向上 / 向下计数模式支持产生中心对齐的 PWM。单事件模式允许 PWM 模块支持对某些电子换相电机（Electronically Commutated Motor，ECM）进行脉冲控制。

表 9-1 列出了 PWM 信号的频率和分辨率随 dsPIC30F 器件指令周期频率变化的情况。

表 9-1: PWM 频率和分辨率（预分频比为 1:1）示例

Tcy (Fcy)	PTPER 值	PWM 分辨率	PWM 频率 *
33 ns (30 MHz)	0x7FFF	16 位	915 Hz
33 ns (30 MHz)	0x03FF	11 位	29.3 KHz
50 ns (20 MHz)	0x7FFF	16 位	610 Hz
50 ns (20 MHz)	0x01FF	10 位	39.1 KHz
100 ns (10 MHz)	0x7FFF	16 位	305 Hz
100 ns (10 MHz)	0x00FF	9 位	39.1 KHz
200 ns (5 MHz)	0x7FFF	16 位	153 Hz
200 ns (5 MHz)	0x007F	8 位	39.1 KHz

* 对于中心对齐的工作模式，PWM 频率将为表中显示的值的 1/2。

9.4 QEI 模块

正交编码器（又名增量式编码器或光电式编码器）用于检测旋转运动系统的位置和速度。正交编码器可以对多种电机控制应用实现闭环控制，诸如开关磁阻（SR）电机和交流感应电机（AC Induction Motor，ACIM）。

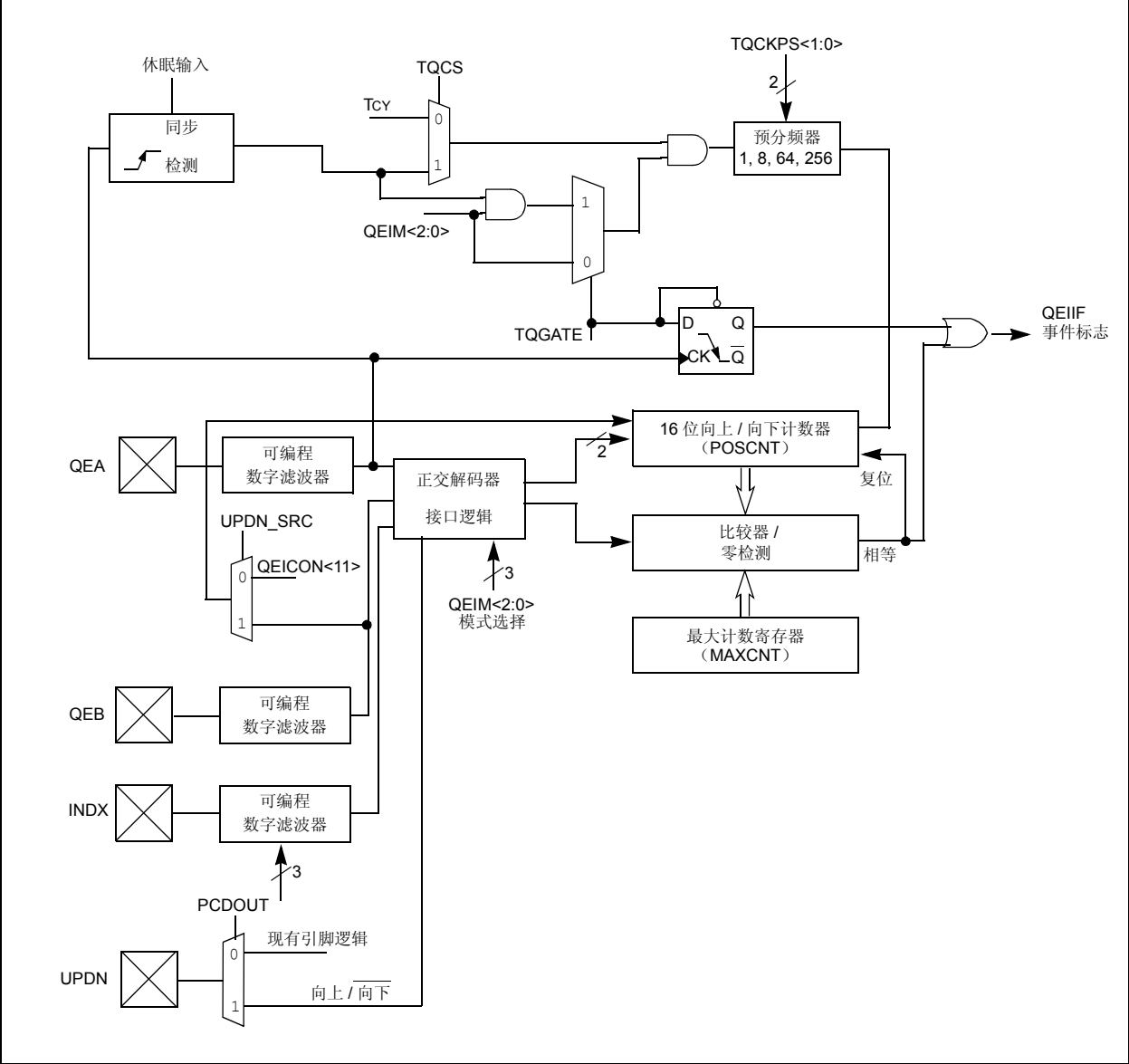
典型的正交编码器有三个输出：相位 A、相位 B 和索引（INDEX），它们提供的信息可被解码用以提供有关电机轴的运动信息，包括距离和方向。

正交解码器捕捉相位信号和索引脉冲，并将信息转换为位置脉冲的数字计数值。通常，当传动轴向某一个方向旋转时，该计数值将递增计数；而当传动轴向另一个方向旋转时，则递减计数。

QEI 模块（图 9-3）包括：

- 三个输入引脚，即两个相位信号和一个索引脉冲
- 输入端上的可编程数字噪声滤波器
- 提供计数器脉冲和计数方向的正交解码器
- 16 位向上 / 向下位置计数器
- 计数方向状态
- X2 和 X4 计数分辨率
- 两种位置计数器复位模式
- 通用 16 位定时器 / 计数器模式
- 由 QEI 或计数器事件产生的中断

图 9-3: 正交编码器接口框图



9.5 输入捕捉模块

输入捕捉模块在需要频率（周期）和脉冲测量的应用中很有用。dsPIC30F 器件支持最多 8 路输入捕捉通道。

当 ICx 引脚上有事件发生时，输入捕捉模块捕捉选定定时器寄存器的 16 位值。导致发生捕捉的事件分为以下三类：

1. 简单捕捉事件模式：
 - 每当 ICx 引脚上的输入电平出现下降沿时捕捉定时器值
 - 每当 ICx 引脚上的输入电平出现上升沿时捕捉定时器值
2. 每个边沿（上升沿和下降沿）都捕捉定时器值
3. 预分频捕捉事件模式：
 - ICx 引脚上的输入电平每出现 4 个上升沿捕捉一次定时器值
 - ICx 引脚上的输入电平每出现 16 个上升沿捕捉一次定时器值

每个输入捕捉通道都可以选择两个 16 位定时器（Timer2 或 Timer3）之一作为时基。选定定时器可以使用内部或外部时钟。

其他工作特性包括：

- 当 CPU 在休眠和空闲模式时通过捕捉引脚上的信号将器件唤醒
- 输入捕捉事件中断
- 用于存储捕捉值的 4 字 FIFO 缓冲器
 - 在填充完 1、2、3 或 4 个缓冲单元后可选择产生中断

输入捕捉也可来提供额外的外部中断源。

9.6 输出比较 /PWM 模块

输出比较模块在需要控制时序脉冲或 PWM 调制脉冲流的应用中十分有用。

输出比较模块具有把选定时基的值与一个或两个比较寄存器的值（取决于选定的工作模式）作比较的功能。此外，它在比较匹配事件发生时能产生单个输出脉冲或一连串输出脉冲。如同大多数 dsPIC30F 外设一样，它在比较匹配事件发生时也能产生中断。

dsPIC30F 器件有最多 8 路输出比较通道，以符号 OC1 至 OC8 表示。欲知某个具体器件的可用通道数，请参见特定器件的数据手册。所有输出比较通道在功能上都是相同的。

每个输出比较通道均可使用两个可选时基中的一个。使用 OCTSEL 位（OCxCON<3>）选择时基。本文中引脚、寄存器或位名称中的“x”指代特定的输出比较通道。欲了解可以供各个编号的输出比较通道使用的特定定时器，请参见器件数据手册。

每个输出比较模块均有以下工作模式：

- 单比较匹配模式
- 双比较匹配模式产生：
 - 单个输出脉冲
 - 连续输出脉冲
- 简单脉宽调制模式：
 - 带有故障保护输入
 - 不带故障保护输入

9.7 数据转换器接口模块

dsPIC30F 数据转换器接口（DCI）模块允许与一些器件（例如，音频编码器 / 解码器（编解码器）、A/D 转换器和 D/A 转换器）进行简单接口。

支持以下接口：

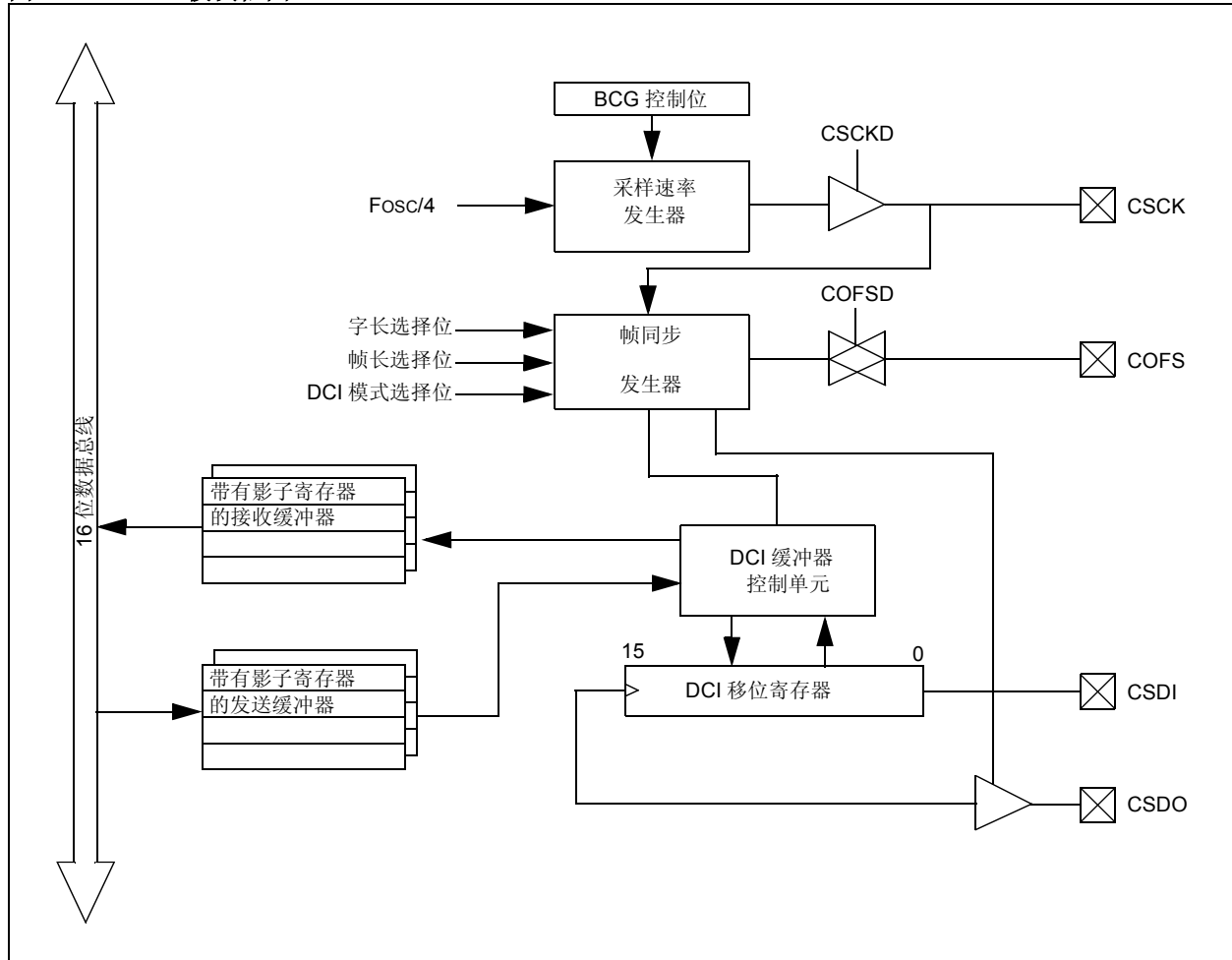
- 帧同步串行传输（单通道或多通道）
- Inter-IC Sound（I²S）接口
- AC-Link（AC'97）兼容模式

很多用于音频应用的编解码器支持 8 kHz 到 48 kHz 的采样速率并使用上述接口协议之一。DCI 会自动处理与这些编解码器相关的接口时序。在 DCI 发送和 / 或接收请求的数据量前，无需 CPU 开销。在 CPU 中断之间最多可以传输 4 个数据字。

要符合 dsPIC30F CPU 的数据长度要求，DCI 数据字的长度只能编程为最大 16 位。然而，很多编解码器都有大于 16 位的数据字。DCI 能够支持长数据字。DCI 可配置为在多个 16 位时隙中发送 / 接收长字。这种操作对用户而言是透明的，并且长字储存在连续的寄存器单元中。

图 9-4 是 DCI 模块的框图。DCI 能在一个数据帧内最多支持 16 个时隙，即帧长度最大为 256 位。数据帧中的每个时隙均有控制位决定 DCI 在该时隙内是进行发送还是进行接收。

图 9-4: DCI 模块框图



9.8 SPI 模块

串行外设接口 (SPI) 模块是一个同步串行接口，可用于与其他外设或者单片机进行通信。这些外设可以是串行 EEPROM、移位寄存器、显示驱动器和 A/D 转换器等。SPI 模块与 Motorola 的 SPI 和 SIOP 接口兼容。

该 SPI 模块包含所有 SPI 模式。也包括帧同步模式以支持音频编码。

该串行接口由以下 4 个引脚组成：串行数据输入 SDI、串行数据输出 SDO、移位时钟输入或输出 SCK 和低电平有效从动选择 SS，其中 SS 引脚也可用作帧同步脉冲输入引脚 FSYNC。被设置为 SPI 主器件的器件通过 SCK 引脚提供串行通信时钟信号。

8 或 16 个串行时钟脉冲（取决于具体模式）移出 8 或 16 位数据（取决于正在传输的是字节还是字），同时从 SDI 引脚移入 8 或 16 位数据。当传输完成后产生一个中断。

发送和接收是双重缓冲的，这就允许在移位寄存器移出或移入数据的同时使用缓冲器。从动选择同步允许有选择性地使能 SPI 从器件，这在一个主器件连接到多个从器件的情况下特别有用。

9.9 UART 模块

UART 是可以和外设（如个人电脑、RS-232 和 RS-485 接口）通信的全双工异步系统。

dsPIC30F 器件具有一个或多个 UART 模块。

UART 模块的主要特性有：

- 8 位或 9 位全双工数据传输
- 偶校验、奇校验或无奇偶校验选择（对于 8 位数据）
- 一个或两个停止位
- 完全集成的带 16 位预分频器的波特率发生器
- 当工作在 30 个 MIPS 下时波特率范围为 38Hz 至 2.5 Mbps。
- 4 字符深度发送数据缓冲器
- 4 字符深度接收数据缓冲器
- 奇偶校验、帧和缓冲溢出错误检测
- 支持 IrDA® 的 16x 波特率时钟输出
- 支持地址检测中断（第 9 位 = 1）
- 相互独立的发送和接收中断：
 - 发送 1 或 4 字符产生中断
 - 接收 1、3 和 4 字符产生中断
- 用于诊断的环回模式
- 引脚较少的器件上 TX 与 RX 引脚复用以有效利用引脚。

9.10 I²C™ 模块

I²C 模块是一个用来与其他外设或单片机通信的同步串行接口。这些外设可以是串行 EEPROM、移位寄存器、显示驱动器和 A/D 转换器等。

I²C 模块的硬件完全支持从动和多主机工作模式。

I²C 模块的主要特性包括：

- I²C 从动工作支持 7 位和 10 位寻址模式。
- I²C 主控工作支持 7 位和 10 位寻址模式。
- I²C 端口允许主器件和从器件间的双向传输。
- I²C 端口的串行时钟同步能用作握手机制，暂停和恢复串行传输（串行时钟延长）。
- I²C 支持多主机工作模式。能检测到总线冲突并进行相应的仲裁。
- 信号变化率控制以符合 100 kHz 到 400 kHz 的总线速率规范。

在 I²C 模式中，SCL 是时钟引脚而 SDA 是数据引脚。模块可以改写这些引脚的数据方向位。

9.11 控制器局域网（CAN）模块

控制器局域网（CAN）模块是一个串行接口，可用于与其他 CAN 模块或者单片机进行通信。此接口/协议是针对噪声环境下的通信而设计。

CAN 模块是实现 BOSCH 规范中定义的 CAN 2.0A/B 协议的通信控制器。该模块支持协议的 CAN 1.2、CAN 2.0A、CAN 2.0B Passive 和 CAN 2.0B Active 版本。这些协议的详细信息请参见 BOSCH CAN 规范。

CAN 模块特性包括：

- 实现 CAN 协议：CAN 1.2、CAN 2.0A 和 CAN 2.0B
- 标准和扩展的数据帧
- 数据长度可为 0 到 8 字节
- 可编程比特率最高可达 1 Mb/s
- 支持远程帧
- 双重缓冲的接收器，带两个区分优先级的接收报文存储缓冲器（每个缓冲器最多可容纳 8 字节数据）
- 6 个完全（标准 / 扩展标识符）接收过滤器，其中 2 个与高优先级的接收缓冲器相关联，4 个与低优先级接收缓冲器相关联
- 2 个完全接收过滤屏蔽寄存器，其中的一个与高优先级接收缓冲器相关联，另一个与低优先级接收缓冲器相关联
- 3 个发送缓冲器，由应用指定优先级并具有中止功能（每个缓冲器最多可容纳 8 字节数据）
- 集成低通滤波器的可编程唤醒功能
- 支持自检操作的可编程环回模式
- 通过中断功能通知用户所有 CAN 接收器和发送器的错误状态
- 可编程时钟源
- 可编程的定时器模块链接，以设置时间标记并同步网络
- 低功耗休眠和空闲模式

CAN 总线模块由一个协议引擎与报文缓冲 / 控制组成。CAN 协议引擎处理 CAN 总线上接收和发送报文的所有功能。首先通过装载相应数据寄存器来发送报文。可以通过读取相应的寄存器来检查状态和错误。检查在 CAN 总线上检测到的任何报文中的错误，然后与过滤器进行匹配，以确定该报文是否应被接收并存储到两个接收寄存器之一。

9.12 I/O 引脚

一些作为 I/O 功能的引脚与器件外设功能复用。一般来说，当相应的外设使能时，其对应的引脚将不再作为普通 I/O 引脚使用。

所有 I/O 端口引脚都有三个与该端口引脚的工作直接相关的寄存器。数据方向寄存器决定引脚是作为输入引脚还是作为输出引脚。端口数据锁存寄存器提供相应 I/O 引脚的锁存输出数据。端口寄存器提供 I/O 引脚的逻辑电平状态。读端口寄存器获取 I/O 引脚的逻辑电平状态，而写端口寄存器则是将数据值写入端口数据锁存器。

I/O 端口引脚具有锁存位（端口锁存寄存器）。当读该寄存器时获取锁存的 I/O 内容而写该寄存器则修改锁存的 I/O 内容，因此如果相应的数据方向寄存器位被配置为输出则会修改将在引脚上输出的值。这可用于读 - 修改 - 写指令中，该指令允许用户修改锁存寄存器的内容，而不受相应引脚状态的影响。

I/O 引脚的特性包括：

- 施密特触发器输入
- CMOS 输出驱动器
- 内部弱上拉功能

输入电平变化通知模块使 dsPIC30F 器件能够向处理器发出中断请求，以响应所选定输入引脚上的电平状态变化。该模块能检测输入电平状态的变化，即使在时钟被禁止的休眠模式下也是如此。共有 24 个外部信号（CN0 到 CN23）可产生电平状态变化中断请求。每个 CN 引脚还具有可选的弱上拉功能。

10.0 dsPIC30F 指令集

10.1 简介

dsPIC30F 指令集提供了一整套支持传统单片机应用的指令，以及一类支持数学密集型应用的指令。由于保留了几乎所有 PICmicro 指令集的功能，因此该混合指令集使得已熟悉 PICmicro® 单片机的用户可以很容易地将指令移植到 DSP 器件。

10.2 指令集综述

dsPIC30F 指令集包含 84 条指令，如表 10-1 所示可分为十个不同的功能组。表 10-2 对表 10-3 至表 10-12 指令汇总表中使用的符号进行了定义。指令汇总表定义了每一条指令的语法、说明、存储要求以及执行要求。存储要求以 24 位指令字数表示，而执行要求以指令周期数表示。大多数指令具有多种不同的寻址模式和执行流程，从而需要不同的指令形式。例如，共有 6 种不同的加法指令，而每一种指令形式都具有其自身的指令编码。

表 10-1: dsPIC30F 指令组

功能组	汇总表
传送指令	表 10-3
数学指令	表 10-4
逻辑指令	表 10-5
循环 / 移位指令	表 10-6
位指令	表 10-7
比较 / 跳过指令	表 10-8
程序流指令	表 10-9
影子寄存器 / 堆栈指令	表 10-10
控制指令	表 10-11
DSP 指令	表 10-12

10.2.1 多周期指令

如指令汇总表所示，大多数指令的执行时间为一个指令周期，但存在以下例外情况：

- 指令 DO、MOV.D、POP.D、PUSH.D、TBLRDH、TBLRDL、TBLWTH 和 TBLWTL 的执行时间为 2 个指令周期。
- 指令 DIVF、DIV.S 和 DIV.U 为单周期指令，它们应该作为 REPEAT 指令的目标被连续执行 18 次。
- 改变程序计数器的指令的执行时间需要 2 个指令周期，其中一个指令周期执行一条 NOP 指令。跳过双字指令的跳转指令需要执行 3 个指令周期，其中 2 个周期执行 NOP 指令。
- RETFIE、RETLW 和 RETURN 是改变程序计数器的特殊指令。这些指令的执行时间为 3 个指令周期。如果有异常等待处理时，将执行 2 个周期。

注： 当指令使用程序空间可视性以访问数据空间的方式访问程序存储空间时将额外花费一定的指令周期。请参见《dsPIC30F 系列参考手册》(DS70046D_CN)了解详细信息。

10.2.2 多字指令

如指令集汇总表所示，几乎所有的指令都占用一个指令字（24 位），但表 10-9 中所列的程序流指令 CALL、DO 和 GOTO 例外。因为这些指令的操作码中包含较大的立即数操作数，因此这些指令需要两个字的存储空间。

表 10-2: 汇总表中使用的符号

符号	说明
#	立即数操作数指示符
Acc	累加器 A 或累加器 B
AWB	累加器回写
bit4	4 位宽的位位置 (bit position) (0:15)
Expr	绝对地址、标号或表达式 (由链接器解析)
f	文件寄存器地址
lit1	1 位立即数 (0:1)
lit4	4 位立即数 (0:15)
lit5	5 位立即数 (0:31)
lit8	8 位立即数 (0:255)
lit10	10 位立即数 (字节模式 0:255, 字模式 0:1023)
lit14	14 位立即数 (0:16383)
lit16	16 位立即数 (0:65535)
lit23	23 位立即数 (0:8388607)
Slit4	有符号 4 位立即数 (-8:7)
Slit6	有符号 6 位立即数 (-16:16)
Slit10	有符号 10 位立即数 (-512:511)
Slit16	有符号 16 位立即数 (-32768:32767)
TOS	栈顶
Wb	基准工作寄存器
Wd	目标工作寄存器 (直接或间接寻址)
Wm, Wn	除法工作寄存器对 (被除数, 除数)
Wm*Wm	乘法工作寄存器对 (相同源寄存器)
Wm*Wn	乘法工作寄存器对 (不同源寄存器)
Wn	既是源工作寄存器又是目标工作寄存器 (直接寻址)
Wnd	目标工作寄存器 (直接寻址)
Wns	源工作寄存器 (直接寻址)
WREG	默认工作寄存器
Ws	源工作寄存器 (直接和间接寻址)
Wx	源寻址模式和用于 X 数据总线预取操作的工作寄存器
Wxd	用于 X 数据总线预取操作的目标工作寄存器
Wy	源寻址模式和用于 Y 数据总线预取操作的工作寄存器
Wyd	用于 Y 数据总线预取操作的目标工作寄存器

表 10-3: 传送指令

汇编语法	说明	字数	周期数
EXCH Wns, Wnd	将 Wns 和 Wnd 中的内容交换	1	1
MOV f {, WREG}	将 f 中内容传送到目标寄存器	1	1
MOV WREG, f	将 WREG 中内容传送到 f	1	1
MOV f, Wnd	将 f 中内容传送到 Wnd	1	1
MOV Wns, f	将 Wns 中内容传送到 f	1	1
MOV.b #lit8, Wnd	将 8 位立即数传送到 Wnd	1	1
MOV #lit16, Wnd	将 16 位立即数传送到 Wnd	1	1
MOV [Ws+Slit10], Wnd	将 [Ws + 有符号 10 位偏移量] 中的内容传送到 Wnd	1	1
MOV Wns, [Wd+Slit10]	将 Wns 中的内容传送到 [Wd + 有符号 10 位偏移量]	1	1
MOV Ws, Wd	将 Ws 中的内容传送到 Wd	1	1
MOV.D Ws, Wnd	将 Ws 中的双字内容传送到 Wnd:Wnd+1	1	2
MOV.D Wns, Wd	将 Wns:Wns+1 中的双字内容传送到 Wd	1	2
SWAP Wn	对 Wn 进行字节或半字节交换	1	1
TBLRDH Ws, Wd	将高程序字读入 Wd	1	2
TBLRDL Ws, Wd	将低程序字读入 Wd	1	2
TBLWTH Ws, Wd	将 Ws 中的内容写入高程序字	1	2
TBLWTL Ws, Wd	将 Ws 中的内容写入低程序字	1	2

注: 当指定了可选的操作数 {,WREG} 时, 指令的目标寄存器为 WREG。当未指定 {,WREG} 时, 指令的目标寄存器为文件寄存器 f。

注: 表 10-3 到表 10-12 代表 dsPIC30F 的基本指令语法。这些指令不包括所有可用的寻址模式。例如, 有些指令具有字节寻址模式而有些没有。请参见《dsPIC30F/33F 程序员参考手册》(DS70157B_CN) 了解每个指令的详细信息。

表 10-4: 数学指令

汇编语法	说明	字数	周期数
ADD f {,WREG}	目标寄存器 = f + WREG	1	1
ADD #lit10,Wn	$Wn = lit10 + Wn$	1	1
ADD Wb,#lit5,Wd	$Wd = Wb + lit5$	1	1
ADD Wb,Ws,Wd	$Wd = Wb + Ws$	1	1
ADDC f {,WREG}	目标寄存器 = f + WREG + (C)	1	1
ADDC #lit10,Wn	$Wn = lit10 + Wn + (C)$	1	1
ADDC Wb,#lit5,Wd	$Wd = Wb + lit5 + (C)$	1	1
ADDC Wb,Ws,Wd	$Wd = Wb + Ws + (C)$	1	1
DAW.B Wn	Wn = 十进制调整 Wn	1	1
DEC f {,WREG}	目标寄存器 = f - 1	1	1
DEC Ws,Wd	$Wd = Ws - 1$	1	1
DEC2 f {,WREG}	目标寄存器 = f - 2	1	1
DEC2 Ws,Wd	$Wd = Ws - 2$	1	1
DIV.S Wm,Wn	有符号 16/16 位整数除法 *	1	18
DIV.SD Wm,Wn	有符号 32/16 位整数除法 *	1	18
DIV.U Wm,Wn	无符号 16/16 位整数除法 *	1	18
DIV.UD Wm,Wn	无符号 32/16 位整数除法 *	1	18
DIVF Wm,Wn	有符号 16/16 位小数除法 *	1	18
INC f {,WREG}	目标寄存器 = f + 1	1	1
INC Ws,Wd	$Wd = Ws + 1$	1	1
INC2 f {,WREG}	目标寄存器 = f + 2	1	1
INC2 Ws,Wd	$Wd = Ws + 2$	1	1
MUL f	$W3:W2 = f * WREG$	1	1
MUL.SS Wb,Ws,Wnd	$\{Wnd+1,Wnd\} = sign(Wb) * sign(Ws)$	1	1
MUL.SU Wb,#lit5,Wnd	$\{Wnd+1,Wnd\} = sign(Wb) * unsign(lit5)$	1	1
MUL.SU Wb,Ws,Wnd	$\{Wnd+1,Wnd\} = sign(Wb) * unsign(Ws)$	1	1
MUL.US Wb,Ws,Wnd	$\{Wnd+1,Wnd\} = unsign(Wb) * sign(Ws)$	1	1
MUL.UU Wb,#lit5,Wnd	$\{Wnd+1,Wnd\} = unsign(Wb) * unsign(lit5)$	1	1
MUL.UU Wb,Ws,Wnd	$\{Wnd+1,Wnd\} = unsign(Wb) * unsign(Ws)$	1	1
SE Ws,Wnd	Wnd = 符号扩展 Ws	1	1
SUB f {,WREG}	目标寄存器 = f - WREG	1	1
SUB #lit10,Wn	$Wn = Wn - lit10$	1	1
SUB Wb,#lit5,Wd	$Wd = Wb - lit5$	1	1
SUB Wb,Ws,Wd	$Wd = Wb - Ws$	1	1
SUBB f {,WREG}	目标寄存器 = f - WREG - (C)	1	1
SUBB #lit10,Wn	$Wn = Wn - lit10 - (C)$	1	1
SUBB Wb,#lit5,Wd	$Wd = Wb - lit5 - (C)$	1	1
SUBB Wb,Ws,Wd	$Wd = Wb - Ws - (C)$	1	1
SUBBR f {,WREG}	目标寄存器 = WREG - f - (C)	1	1
SUBBR Wb,#lit5,Wd	$Wd = lit5 - Wb - (C)$	1	1
SUBBR Wb,Ws,Wd	$Wd = Ws - Wb - (C)$	1	1
SUBR f {,WREG}	目标寄存器 = WREG - f	1	1
SUBR Wb,#lit5,Wd	$Wd = lit5 - Wb$	1	1
SUBR Wb,Ws,Wd	$Wd = Ws - Wb$	1	1
ZE Ws,Wnd	Wnd = 零扩展 Ws	1	1

* 除法指令可在每个指令周期的边界被中断。除法指令必须与 REPEAT 指令（额外添加了一个周期）一起使用。

表 10-5: 逻辑指令

汇编语法	说明	字数	周期数
AND $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = f .AND. WREG	1	1
AND $\#lit10, Wn$	$Wn = lit10$.AND. Wn	1	1
AND $Wb, \#lit5, Wd$	$Wd = Wb$.AND. $lit5$	1	1
AND Wb, Ws, Wd	$Wd = Wb$.AND. Ws	1	1
CLR f	$f = 0x0000$	1	1
CLR WREG	WREG = 0x0000	1	1
CLR Wd	$Wd = 0x0000$	1	1
COM $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = $\overline{f}$	1	1
COM Ws, Wd	$Wd = \overline{Ws}$	1	1
IOR $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = f .IOR. WREG	1	1
IOR $\#lit10, Wn$	$Wn = lit10$.IOR. Wn	1	1
IOR $Wb, \#lit5, Wd$	$Wd = Wb$.IOR. $lit5$	1	1
IOR Wb, Ws, Wd	$Wd = Wb$.IOR. Ws	1	1
NEG $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = $\overline{f} + 1$	1	1
NEG Ws, Wd	$Wd = \overline{Ws} + 1$	1	1
SETM f	$f = 0xFFFF$	1	1
SETM WREG	WREG = 0xFFFF	1	1
SETM Wd	$Wd = 0xFFFF$	1	1
XOR $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = f .XOR. WREG	1	1
XOR $\#lit10, Wn$	$Wn = lit10$.XOR. Wn	1	1
XOR $Wb, \#lit5, Wd$	$Wd = Wb$.XOR. $lit5$	1	1
XOR Wb, Ws, Wd	$Wd = Wb$.XOR. Ws	1	1

注: 当指定了可选的操作数 $\{, WREG\}$ 时, 指令的目标寄存器为 WREG。当未指定 $\{, WREG\}$ 时, 指令的目标寄存器为文件寄存器 f 。

表 10-6: 循环 / 移位指令

汇编语法	说明	字数	周期数
ASR $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = 算术右移 f	1	1
ASR Ws, Wd	Wd = 算术右移 Ws	1	1
ASR $Wb, \#lit4, Wnd$	Wnd = 算术右移 Wb $lit4$ 位	1	1
ASR Wb, Wns, Wnd	Wnd = 算术右移 Wb Wns 位	1	1
LSR $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = 逻辑右移 f	1	1
LSR Ws, Wd	Wd = 逻辑右移 Ws	1	1
LSR $Wb, \#lit4, Wnd$	Wnd = 逻辑右移 Wb $lit4$ 位	1	1
LSR Wb, Wns, Wnd	Wnd = 逻辑右移 Wb Wns 位	1	1
RLC $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = 带进位位循环左移 f	1	1
RLC Ws, Wd	Wd = 带进位位循环左移 Ws	1	1
RLNC $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = 不带进位位循环左移 f	1	1
RLNC Ws, Wd	Wd = 左移 (不带进位位) Ws	1	1
RRC $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = 带进位位循环右移 f	1	1
RRC Ws, Wd	Wd = 带进位位循环右移 Ws	1	1
RRNC $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = 循环右移 (不带进位位) f	1	1
RRNC Ws, Wd	Wd = 右移 (不带进位位) Ws	1	1
SL $f \{, WREG\}$	目标寄存器 = 左移 f	1	1
SL Ws, Wd	Wd = 左移 Ws	1	1
SL $Wb, \#lit4, Wnd$	Wnd = 将 Wb 左移 $lit4$ 位	1	1
SL Wb, Wns, Wnd	Wnd = 将 Wb 左移 Wns 位	1	1

注: 当指定了可选的操作数 $\{, WREG\}$ 时, 指令的目标寄存器为 $WREG$ 。当未指定 $\{, WREG\}$ 时, 指令的目标寄存器为文件寄存器 f 。

表 10-7: 位指令

汇编语法	说明	字数	周期数
BCLR $f, \#bit4$	将 f 中的某位清零	1	1
BCLR $Ws, \#bit4$	将 Ws 中的某位清零	1	1
BSET $f, \#bit4$	将 f 中的某位置 1	1	1
BSET $Ws, \#bit4$	将 Ws 中的某位置 1	1	1
BSW.C Ws, Wb	将 C 位写入 $Ws<Wb>$	1	1
BSW.Z Ws, Wb	将 SZ 位写入 $Ws<Wb>$	1	1
BTG $f, \#bit4$	将 f 中的某位翻转	1	1
BTG $Ws, \#bit4$	将 Ws 中的某位翻转	1	1
BTST $f, \#bit4$	对 f 中的某位进行测试	1	1
BTST.C $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的某位进行测试, 并将被测试位的值存储到进位标志位 C 中	1	1
BTST.Z $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的某位进行测试, 并将被测试位的反码存储到全零标志位 Z 中	1	1
BTST.C Ws, Wb	对 $Ws<Wb>$ 位进行测试, 并将被测试位的值存储到进位标志位 C 中	1	1
BTST.Z Ws, Wb	对 $Ws<Wb>$ 位进行测试, 并将被测试位的反码存储到全零标志位 Z 中	1	1
BTSTS $f, \#bit4$	对 f 中的某位进行测试, 然后将 f 中的该位置 1	1	1
BTSTS.C $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的某位进行测试, 并将被测试位的值存储到进位标志位 C 中, 然后将 Ws 中的该位置 1	1	1
BTSTS.Z $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的某位进行测试, 并将被测试位的反码存储到全零标志位 Z 中, 然后将 Ws 中的该位置 1	1	1
FBCL Ws, Wnd	从左边 (MSb) 查找位变化	1	1
FF1L Ws, Wnd	从左边 (MSb) 查找第一个 1	1	1
FF1R Ws, Wnd	从右边 (LSb) 查找第一个 1	1	1

注: 对于字操作, 位位置由 $bit4$ (0:15) 指定。

表 10-8: 比较 / 跳过指令

汇编语法	说明	字数	周期数
BTSC $f, \#bit4$	对 f 中的某位进行测试, 如果清零则跳过	1	1 (2 或 3)
BTSC $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的某位进行测试, 如果清零则跳过	1	1 (2 或 3)
BTSS $f, \#bit4$	对 f 中的某位进行测试, 如果置 1 则跳过	1	1 (2 或 3)
BTSS $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的某位进行测试, 如果置 1 则跳过	1	1 (2 或 3)
CP f	比较 ($f - WREG$)	1	1
CP $Wb, \#lit5$	比较 ($Wb - lit5$)	1	1
CP Wb, Ws	比较 ($Wb - Ws$)	1	1
CP0 f	比较 ($f - 0x0000$)	1	1
CP0 Ws	比较 ($Ws - 0x0000$)	1	1
CPB f	带借位比较 ($f - WREG - \overline{C}$)	1	1
CPB $Wb, \#lit5$	带借位比较 ($Wb - lit5 - \overline{C}$)	1	1
CPB Wb, Ws	带借位比较 ($Wb - Ws - \overline{C}$)	1	1
CPSEQ Wb, Wn	比较 Wb 和 Wn , 如果相等 ($Wb = Wn$) 则跳过	1	1 (2 或 3)
CPSGT Wb, Wn	有符号比较 Wb 和 Wn , 如果大于 ($Wb > Wn$) 则跳过	1	1 (2 或 3)
CPSLT Wb, Wn	有符号比较 Wb 和 Wn , 如果小于 ($Wb < Wn$) 则跳过	1	1 (2 或 3)
CPSNE Wb, Wn	有符号比较 Wb 和 Wn , 如果不等 ($Wb \neq Wn$) 则跳过	1	1 (2 或 3)

注 1: 对于字操作, 位位置由 $bit4$ (0:15) 指定。

2: 如果未发生跳过, 则条件跳过指令的执行时间为 1 个周期。如果跳过了单字指令, 则执行时间为 2 个周期, 如果跳过了双字指令, 则执行时间为 3 个周期。

表 10-9: 程序流指令

汇编语法	说明	字数	周期数
BRA Expr	无条件跳转	1	2
BRA Wn	计算跳转	1	2
BRA C, Expr	如果进位（无借位）则跳转	1	1 (2)
BRA GE, Expr	如果大于或等于则跳转	1	1 (2)
BRA GEU, Expr	如果无符号大于或等于则跳转	1	1 (2)
BRA GT, Expr	如果大于则跳转	1	1 (2)
BRA GTU, Expr	如果无符号大于则跳转	1	1 (2)
BRA LE, Expr	如果小于或等于则跳转	1	1 (2)
BRA LEU, Expr	如果无符号小于或等于则跳转	1	1 (2)
BRA LT, Expr	如果小于则跳转	1	1 (2)
BRA LTU, Expr	如果无符号小于则跳转	1	1 (2)
BRA N, Expr	如果为负则跳转	1	1 (2)
BRA NC, Expr	如果无进位（有借位）则跳转	1	1 (2)
BRA NN, Expr	如果非负则跳转	1	1 (2)
BRA NOV, Expr	如果未溢出则跳转	1	1 (2)
BRA NZ, Expr	如果非全零则跳转	1	1 (2)
BRA OA, Expr	如果累加器 A 溢出则跳转	1	1 (2)
BRA OB, Expr	如果累加器 B 溢出则跳转	1	1 (2)
BRA OV, Expr	如果溢出则跳转	1	1 (2)
BRA SA, Expr	如果累加器 A 饱和则跳转	1	1 (2)
BRA SB, Expr	如果累加器 B 饱和则跳转	1	1 (2)
BRA Z, Expr	如果为零则跳转	1	1 (2)
CALL Expr	调用子程序	2	2
CALL Wn	间接调用子程序	1	2
DO #lit14, Expr	循环执行自下一条指令起到 PC+Expr 之间的代码 (lit14+1) 次	2	2
DO Wn, Expr	循环执行自下一条指令起到 PC+Expr 之间的代码 (Wn + 1) 次	2	2
GOTO Expr	跳转到地址	2	2
GOTO Wn	间接跳转到地址	1	2
RCALL Expr	相对调用	1	2
RCALL Wn	计算调用	1	2
REPEAT #lit14	重复执行下一条指令 (lit14 + 1) 次	1	1
REPEAT Wn	重复执行下一条指令 (Wn + 1) 次	1	1
RETFIE	从中断返回	1	3 (2)
RETLW #lit10, Wn	从子程序返回，并将 lit10 存储到 Wn 中	1	3 (2)
RETURN	从子程序返回	1	3 (2)

- 注 1: 如果未发生跳转，则条件跳转指令执行时间为 1 个周期；而若发生跳转，则为 2 个周期。
- 2: RETURN 指令通常执行时间为 3 个周期。但如果有一个中断等待处理，则执行时间为 2 个周期。

表 10-10: 影子寄存器 / 堆栈指令

汇编语法	说明	字数	周期数
LNK #lit14	分配堆栈帧	1	1
POP f	栈顶内容弹出到 f	1	1
POP Wd	栈顶内容弹出到 Wd	1	1
POP.D Wnd	从栈顶弹出双字到 Wnd:Wnd + 1	1	2
POP.S	将影子寄存器的内容弹出到主寄存器	1	1
PUSH f	将 f 内容压入栈顶	1	1
PUSH Ws	将 Ws 内容压入栈顶	1	1
PUSH.D Wns	将 Wns:Wns+1 中的内容压入栈顶	1	2
PUSH.S	将主寄存器的内容压入影子寄存器	1	1
ULNK	释放堆栈帧	1	1

表 10-11: 控制指令

汇编语法	说明	字数	周期数
CLRWDT	将看门狗定时器清零	1	1
DISI #lit14	在 (lit14+1) 个指令周期内禁止中断	1	1
NOP	空操作	1	1
NOPR	空操作	1	1
PWRSABV #lit1	进入低功耗模式 lit1	1	1
RESET	软件器件复位	1	1

表 10-12: DSP 指令

汇编语法	说明	字数	周期数
ADD Acc	累加器相加	1	1
ADD Ws, #Slit4, Acc	将 16 位有符号数加到累加器	1	1
CLR Acc, Wx, Wxd, Wy, Wyd, AWB	清零累加器	1	1
ED Wm*Wm, Acc, Wx, Wy, Wxd	欧几里德距离 (无累加)	1	1
EDAC Wm*Wm, Acc, Wx, Wy, Wxd	欧几里德距离	1	1
LAC Ws, #Slit4, Acc	装载累加器	1	1
MAC Wm*Wn, Acc, Wx, Wxd, Wy, Wyd, AWB	相乘并累加	1	1
MAC Wm*Wm, Acc, Wx, Wxd, Wy, Wyd	平方并累加	1	1
MOVSAC Acc, Wx, Wxd, Wy, Wyd, AWB	将 Wx 中内容传送到 Wxd, 并将 Wy 中内容传送到 Wyd	1	1
MPY Wm*Wn, Acc, Wx, Wxd, Wy, Wyd	Wn 和 Wm 相乘, 结果存入累加器	1	1
MPY Wm*Wm, Acc, Wx, Wxd, Wy, Wyd	平方, 结果存入累加器	1	1
MPY.N Wm*Wn, Acc, Wx, Wxd, Wy, Wyd	Wn 与 Wm 相乘, 结果取反后存入累加器	1	1
MSC Wm*Wn, Acc, Wx, Wxd, Wy, Wyd, AWB	Wn 与 Wm 相乘, 并将结果从累加器中减去	1	1
NEG Acc	累加器内容取反	1	1
SAC Acc, #Slit4, Wd	存储累加器内容	1	1
SAC.R Acc, #Slit4, Wd	存储舍入后的累加器内容	1	1
SFTAC Acc, #Slit6	对累加器算术移位 Slit6 次	1	1
SFTAC Acc, Wn	对累加器进行算术移位 (Wn) 次	1	1
SUB Acc	累加器相减	1	1

11.0 MICROCHIP 开发工具支持

Microchip 提供了一整套支持 dsPIC30F 架构的开发工具和库。此外，本公司还与许多提供其他 dsPIC30F 器件支持的第三方工具制造商合作。表 11-1 列出了支持 dsPIC30F 系列的开发工具。后面的章节详细说明了每个工具。

表 11-1: dsPIC30F 开发工具

	开发工具	说明	部件编号	厂商	报价 *
重要 软件工具	MPLAB® IDE (见 11.1)	集成开发环境	—	Microchip	免费
	MPLAB ASM30 (见 11.2)	汇编器 (包含在 MPLAB IDE 中)	—	Microchip	免费
	MPLAB SIM30 (见 11.3)	软件模拟器 (包含在 MPLAB IDE 中)	—	Microchip	免费
	MPLAB VDI (见 11.4)	dsPIC30F 可视化器件初始化程序 (包含在 MPLAB IDE 中)	—	Microchip	免费
	MPLAB C30 (见 11.5)	ANSI C 编译器、汇编器、链接器和库管理器	SW006012	Microchip	\$895
重要 硬件工具	MPLAB ICD 2 (见 11.6)	在线调试器和器件编程器	DV164005	Microchip	\$159
		带 dsPIC30F “入门” 开发板的 在线调试器和器件编程器	DV164030	Microchip	\$209
	MPLAB ICE 4000 (见 11.7)	在线仿真器主机	ICE4000	Microchip	\$2560
		dsPIC30F 处理器模块	PMF30XA1	Microchip	\$595
		80L TQFP 器件适配器	DAF30-2	Microchip	\$295
		64L TQFP 器件适配器	DAF30-2	Microchip	\$295
		44L TQFP 器件适配器	DAF30-3	Microchip	\$295
		18L/28L/40L DIP 器件适配器	DAF30-4	Microchip	\$295
	MPLAB PRO MATE® II (见 11.8)	全功能器件编程器，基本单元	DV007003	Microchip	\$695
		ICSP 插座模块	AC004004	Microchip	\$349
		18L DIP/SOIC 器件插座模块	AC30F005	Microchip	\$189
		28L DIP/SOIC 器件插座模块	AC30F004	Microchip	\$189
		40L DIP 器件插座模块	AC30F003	Microchip	\$159
		44L TQFP 器件插座模块	AC30F006	Microchip	\$159
		64L TQFP 器件插座模块 (14 mm x 14 mm)	AC30F002	Microchip	\$159
		80L TQFP 器件插座模块 (14 mm x 14 mm)	AC30F001	Microchip	\$159
	MPLAB PM3 (见 11.9)	全功能器件编程器，基本单元	DV007004	Microchip	\$895
		18/28/40L DIP 器件插座模块	AC164301	Microchip	\$189
		18L SOIC 器件插座模块	AC164302	Microchip	\$189
		28L SOIC 器件插座模块	AC164302	Microchip	\$189
		44L TQFP 器件插座模块	AC164305	Microchip	\$189
		64L TQFP 器件插座模块 (14 mm x 14 mm)	AC164313	Microchip	\$189
		80L TQFP 器件插座模块 (14 mm x 14 mm)	AC164314	Microchip	\$189

* 报价如有改变，不另行通知。请访问 www.microchip.com 获取最新信息。

11.1 MPLAB® 集成开发环境软件

MPLAB 集成开发环境 (Integrated Development Environment, IDE) 可免费使用。如图 11-1 所示, MPLAB IDE 允许用户通过同一个用户界面进行编辑、编译和仿真。您可以在与设计 PICmicro 单片机所使用的相同环境中为 dsPIC 器件设计和开发代码。MPLAB IDE 是一款 32 位 Windows® 应用程序, 它通过一个现代、便利的界面为工程师们提供了许多高级的功能。MPLAB IDE 集成了:

- 功能齐全的用颜色区分代码功能的文本编辑器
- 带可视化显示的易于使用的项目管理器
- 源代码调试功能
- 增强的源代码调试功能, 可用于调试 C 语言 (结构和自动变量等)
- 可定制的工具栏和键映射
- 动态显示处理器状态的状态栏
- 上下文关联的互动在线帮助

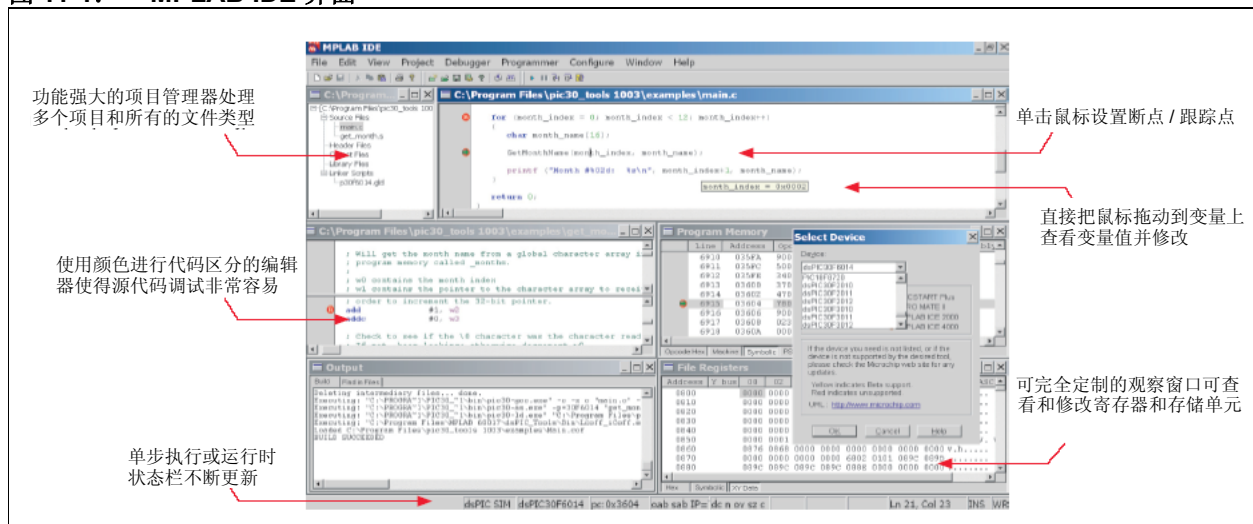
- 集成的 MPLAB SIM30 指令模拟器
- PRO MATE II 和 PICSTART Plus 器件编程器 (单独销售) 的用户界面
- MPLAB ICE 4000 在线仿真器 (单独销售) 的用户界面
- MPLAB ICD 2 在线调试器 (单独销售) 的用户界面

MPLAB IDE 可以让工程师:

- 用汇编语言或 C 语言编辑源文件
- 点击鼠标一次即可编译代码并将其下载到 dsPIC 仿真器或模拟器中。
- 使用以下各项进行调试:
 - 源文件
 - 机器码
 - 混合的源代码和机器代码

由于 MPLAB IDE 能与多个开发和调试目标配合使用, 使用户只需最少的再培训即可从低成本的软件模拟器转而使用 MPLAB ICD 2 或全功能的仿真器。

图 11-1: MPLAB IDE 界面



11.2 MPLAB ASM30 汇编器 / 链接器 / 库管理器

MPLAB ASM30 是一个功能齐全的宏汇编器。用户定义的宏、条件汇编和多种汇编器伪指令使 MPLAB ASM30 成为强大的代码生成工具。

附带的 MPLAB LINK30 链接器和 MPLAB LIB30 库管理器模块允许高效地进行链接以及创建和维护库。

汇编器的重要特性包括：

- 支持整个 dsPIC 指令集
- 支持定点和浮点数据
- 可在 Windows 下使用
- 命令行接口
- 丰富的伪指令集
- 灵活的宏语言
- 与 MPLAB IDE 兼容

链接器的显著特性包括：

- 自动或用户定义的栈分配
- 支持 dsPIC 程序空间可视性 (PSV) 窗口
- 可在 Windows 下使用
- 命令行接口
- 所有 dsPIC 器件的链接描述文件
- 与 MPLAB IDE 兼容

11.3 MPLAB SIM30 软件模拟器

MPLAB SIM30 软件模拟器通过在指令级模拟 dsPIC30F 器件，在 PC 主机环境中为 dsPIC30F 系列开发代码。对于任意指令都可以对数据区域进行检查和更改，并通过文件或按下用户定义的键给任何引脚施加激励。

指令的执行方式包括“单步”、“执行到断点”或“跟踪”模式。MPLAB SIM30 软件模拟器完全支持使用 MPLAB C30 编译器和汇编器进行符号调试。软件模拟器为实验室环境外开发和调试代码提供了灵活性，使其成为一款优秀的多项目软件开发工具。可以通过文件、同步时钟或用户定义键施加复杂激励。输出文件记录寄存器的变化以备后期分析。

除了模拟 CPU 的行为外，MPLAB SIM 30 还支持下列外设：

- 定时器
- 输入捕捉
- 12 位 ADC
- 10 位 ADC

- 电机控制 PWM
- UART
- I/O 端口
- 闪存程序存储器和数据 EEPROM

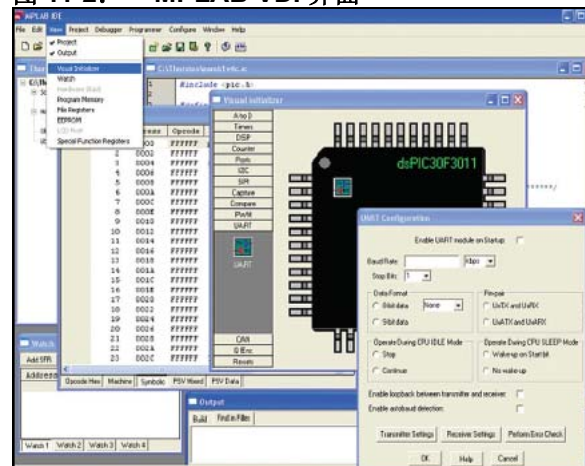
11.4 MPLAB 可视化器件初始化程序

MPLAB 可视化器件初始化程序 (Visual Device Initializer, VDI) 简化了配置 dsPIC30F 的任务。MPLAB VDI 软件能让您使用图形方式配置整个处理器 (见图 11-2)。当配置完成后，单击鼠标即生成汇编或 C 代码。MPLAB VDI 对引脚、存储器和中断的分配、冲突情况，以及工作状态的选择执行全面的错误检查。通过 MPLAB 项目，生成的代码文件能够与其余的应用代码无缝地集成在一起。

有关资源分配和配置的详细报告简化了项目文档。MPLAB VDI 的主要特性包括：

- 拖放式功能选择
- 单击鼠标进行配置
- 全面的错误检查
- 生成 C 可调用的汇编函数形式的初始化代码
- 无缝地集成到 MPLAB 项目中
- 可打印的报告简化了项目文档
- MPLAB 可视化器件初始化程序是一个 MPLAB 插件，可独立安装。

图 11-2: MPLAB VDI 界面



11.5 MPLAB C30 编译器 / 链接器 / 库管理器

Microchip Technology 的 MPLAB C30 支持用 C 语言编程 dsPIC30F 系列器件。此 C 编译器是一款完全符合 ANSI 标准并带有标准库的产品。它已针对 dsPIC30F 系列进行了高度优化，充分地利用了 dsPIC30F 架构的特性，能帮助您生成非常高效的软件代码。图 11-3 给出了其相对于一些竞争厂家在代码大小方面的优势。

MPLAB C30 还提供了能使硬件（例如，中断和外设）得到极佳支持的扩展功能。它完全集成在 MPLAB IDE 中，可进行高级语言的源代码调试。

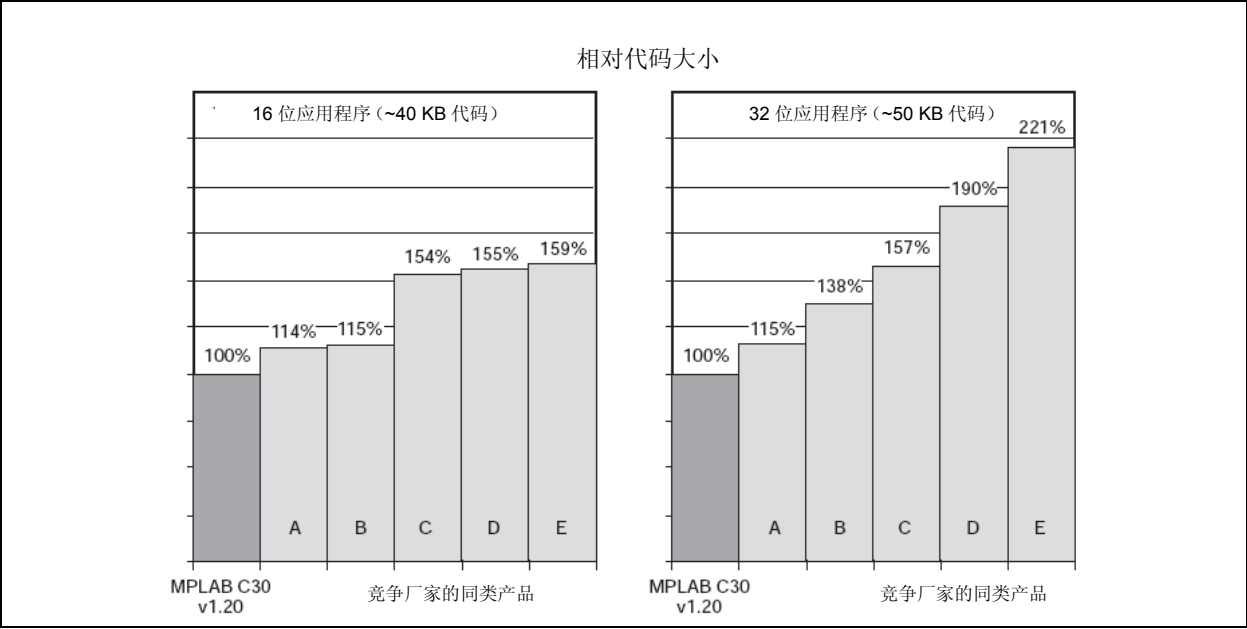
MPLAB C30 具有以下特性：

- 16 位原始数据类型
- 高效使用寄存器的 3 操作数指令
- 复杂的寻址模式
- 高效的多位移位操作
- 高效的有符号 / 无符号比较

MPLAB C30 自带汇编器、链接器和库管理器。这使得它能够编译混合使用 C 和汇编的程序，并将生成的目标文件链接成单个可执行文件。编译器是单独销售的。汇编器、链接器和库管理器是免费的，它们随 MPLAB C30 一起提供。

MPLAB C30 还包括数学函数库、外设函数库、DSP 函数库和标准 C 函数库。

图 11-3： 相对代码大小（以字节表示）



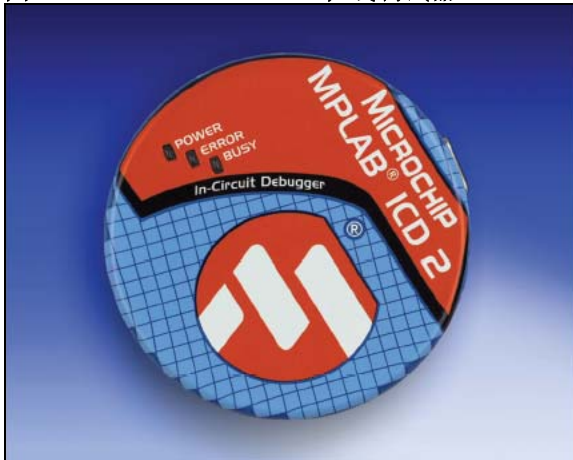
11.6 MPLAB ICD 2 在线调试器

MPLAB ICD 2 在线调试器是一款功能强大的低成本运行时开发工具，它使用 dsPIC30F 闪存器件内建的调试功能工作。此功能和 Microchip 的在线串行编程（In-Circuit Serial Programming™，ICSP™）协议一起，可通过 MPLAB IDE 的图形用户界面提供低成本的在线调试。这将使设计者通过观察变量、单步运行和设置断点来开发和调试源代码。其全速运行使测试硬件得以实时进行。

MPLAB ICD 2 包含以下特性：

- 可在器件允许的范围内全速运行
- 通过串口或 USB 口与 PC 连接
- 可通过 PC 的 USB 口供电
- 低噪声电源（VPP 和 VDD）可用于模拟和其他噪声敏感应用
- 工作电压低至 2.0V
- 可用作调试器和廉价串行编程器
- 需要一些器件资源（RAM 和 2 个引脚）

图 11-4: MPLAB ICD 2 在线调试器



11.7 MPLAB ICE 4000 在线仿真器

MPLAB ICE 4000 在线仿真器为您提供了完整的 dsPIC 器件的硬件设计工具。MPLAB IDE 提供该仿真器的软件控制，使您能在同一个环境中编辑、编译、下载和调试源代码。MPLAB ICE 4000 具有增强的跟踪、触发和数据监视功能，是一款全功能仿真器系统。可更换的处理器模块使您能很容易地重新配置系统，仿真不同的处理器。除了 dsPIC30F 系列数字信号控制器外，MPLAB ICE 4000 还支持扩展的、高端 PICmicro 单片机 PIC18CXXX 和 PIC18FXXX 器件。MPLAB ICE 在线仿真器的模块架构能扩展支持新的器件。

MPLAB ICE 在线仿真器系统已被设计成一种实时仿真系统，并具有以往较昂贵的开发工具才有的高级功能。

- 全速仿真，高达 50 MHz 的总线速度或 200 MHz 的外部时钟速率
- 低压仿真，最低可至 1.8V
- 配置了 2 Mb 程序仿真存储器和高达 16 Mb 的额外模块化存储器
- 64K x 216 位宽的跟踪存储器
- 软件断点数无限制
- 复杂的断点、跟踪和触发逻辑
- 多级触发（最多可达 4 级）
- 跟踪特定事件的筛选触发功能
- 用于顺序事件触发的 16 位计数器
- 16 位延时计数器
- 48 位时间标记
- 跑表功能
- 事件之间的时间间隔
- 可与 PC 连接的 USB 端口和并行打印机端口

图 11-5: MPLAB ICE 4000 在线仿真器



11.8 PRO MATE® II 通用器件编程器

PRO MATE II 通用器件编程器是一款功能齐全、符合 CE 的编程工具，能够在单机模式和 PC 主控模式下运行。PRO MATE II 通用器件编程器具有可编程的 VDD 和 VPP 电源，允许在 VDDMIN 和 VDDMAX 下校验编程了的存储器以最大限度地提高可靠性。具有显示指令和错误消息的 LCD，输入命令用的按键和适用于所有封装类型的可更换插座模块。在单机运行模式下，PRO MATE II 通用器件编程器能读、校验或编程 PICmicro 单片机和 dsPIC30F 器件。在该模式下还可以设置代码保护。PRO MATE II 包括以下特性：

- 可在 MPLAB IDE 环境下运行
- 可现场升级的固件
- 主控、安全和单机操作
- 自动下载目标文件
- SQTPSM 序列号编程功能为每个编程的器件添加唯一的序列号
- 在线串行编程工具包（单独销售）
- 可更换的插座模块支持所有封装选择（单独销售）

如果你已有 PRO MATE II 通用器件编程器，通过一组新的插座模块可完全支持 dsPIC30F 系列。

11.9 MPLAB PM3 通用器件编程器

MPLAB PM3 通用器件编程器能很容易地同 PC 一起使用或作为独立单元对 Microchip 的全部 PICmicro 器件和最新的 dsPIC30F DSC 器件进行编程。MPLAB PM3 具有大面积、高亮度 LCD 单元（128x64 像素），能显示便捷菜单、编程统计数据 and 状态信息。

MPLAB PM3 编程器具有极高的编程速度，从而允许大批量生产。它对大型存储器件尤其重要。该编程器还具有一个安全数字 / 多媒体卡插槽，能方便安全地存储和传送数据。

MPLAB PM3 编程器具有 40 个可编程插座引脚，允许配置每个插座模块以支持许多不同器件。这样就可以用较少的插座模块来支持 Microchip 的全部器件。插座模块使用可靠性高且能快速更换的多引脚连接器。适配器允许使用当前的 PROMATE® II 插座模块。

当连接到 PC 主机系统时，MPLAB PM3 编程器能与 MPLAB 集成开放环境（IDE）无缝集成，并提供用户友好的编程界面。

MPLAB PM3 编程器的主要特性包括：

- RS-232 或 USB 接口
- 集成在线串行编程（ICSPTM）接口
- 快速编程时间
- 3 种工作模式：
 - 进行完全控制的 PC 主控模式
 - 保护数据的安全模式
 - 脱离 PC 编程的单机模式
- 完整的可更换插座模块系列，支持全部 Microchip 器件和封装类型（单独销售）
- SQTPSM 序列号编程功能可以在 PC 主控模式下为器件编程唯一的序列号。
- 用于批处理控制的备用 DOS 命令行接口
- 通过适配器支持 PROMATE II 插座模块（单独销售）
- 大面积易读显示器
- 现场可升级固件可快速支持新器件
- 支持安全数字（SD）和多媒体卡（MMC）外部存储器
- 噪声环境蜂鸣提醒

图 11-6: MPLAB PM3 器件编程器



12.0 dsPIC30F 开发工具和应用程序库

Microchip 提供了一整套工具和函数库，有助于快速开发基于 dsPIC30F 的应用程序。同时，Microchip 与主要的第三方工具制造商合作开发高质量的硬件和软件工具，以支持 dsPIC30F 产品系列。

表 12-1 汇总了现有的和规划中的 dsPIC30F 软件工具和函数库。Microchip 还提供增值服务，例如参考设计，训练有素 / 技术过关的应用技术人员和硬件开发人员还可为您提供技术支持。

表 12-1: 软件开发工具和应用程序库

	开发工具	说明	部件编号	厂商	报价 *
软件库和应用程序开发工具	dsPIC30F 数学函数库 (见 12.1)	双精度和浮点数函数库 (ASM 和 C Wrapper)	SW300020	Microchip	免费
	dsPIC30F 外设函数库 (见 12.2)	外设初始化、控制和实用程序 (C)	SW300021	Microchip	免费
	dsPIC30F DSP 函数库 (见 12.3)	基本 DSP 算法包 (滤波器和 FFT)	SW300022	Microchip	免费
	dsPICworks™ (见 12.4)	图形化数据分析和 DSP 算法转换工具	SW300023	Microchip	免费
	数字滤波器设计 (见 12.5)	dsPIC30F 图形化 FIIR 和 FIR 滤波器设计包	SW300001	Microchip	\$249
	用于 dsPIC® 器件的 CMX-RTX™ (见 12.6)	dsPIC30F 完全抢占式实时操作系统 (RTOS) (来自 CMX)	CMX-RTX for dsPIC	CMX	\$4000
		dsPIC30F 完全抢占式实时操作系统 (RTOS)	SW300031	Microchip	\$4000
	用于 dsPIC 器件的 CMX-Tiny+™ (见 12.6)	dsPIC30F 抢占式实时操作系统 (RTOS) (来自 CMX)	CMX-Tiny+ for dsPIC	CMX	\$3000
		dsPIC30F 抢占式实时操作系统 (RTOS)	SW300032	Microchip	\$3000
	CMX Scheduler™ (见 12.6)	dsPIC30F 抢占式多任务调度程序	SW300030	Microchip	免费
	TCP/IP 协议栈 (见 12.7)	dsPIC30F CMX-MicroNet™ TCP/IP 连接和协议支持	CMX-MicroNet for dsPIC30F	CMX	联系厂商
	软件调制解调器库 (见 12.8)	V.22bis/V.22 软件调制解调器库	SW300002	Microchip	免费
		V.32bis/V.32 软件调制解调器库	SW300003	Microchip	联系 Microchip
		V.32 (非格式编码) 软件调制解调器库		VOCAL Technologies	联系厂商
开发工具合作商提供的 C、C++ 编译器和 IDE	dsPIC CAN bedded (见 12.9)	dsPIC30F CAN 函数库		Vector Informatik	联系厂商
	dsPIC osCAN (见 12.10)	OSEK/VDX v2.2		Vector Informatik	联系厂商
	dsPIC30F 内嵌工作台	专业、可扩展的 IDE (Windows 98/ME/NT4/2000/XP) 中内嵌的 ISO/ANSI C 和 C++ 编译器，带特殊 DSP 支持函数库	EWdsPIC 1	IAR	联系厂商
	C 编译器	dsPIC30F ANSI C 编译器	dsPICC	HI-TECH	\$950
	C 编译器	dsPIC30F C 编译器	PCDSP	CCS	\$200
	IDE 内嵌 C 编译器	IDE 内嵌的 dsPIC30F C 编译器	PCWHD	CCS	\$550

* 报价如有改变，不另行通知。

12.1 数学函数库

dsPIC30F 数学函数库是随高度优化符合 ANSI 标准的 dsPIC30F MPLAB® C30 编译器（SW006012）提供的已编译版本。标准 C 头文件 <math.h> 包含高级的单精度、双精度浮点算术和三角函数。函数库中程序代码长度和数据长度都较小，能缩短执行周期并提供高精度。

特性

- 可以用 MPLAB C30 或 dsPIC30F 汇编语言调用数学函数库。
- 函数符合 IEEE-754 标准，支持有符号零、有符号无穷、NaN（非数）和非常规数据的运算并工作在“舍入到最接近”模式。
- 与 MPLAB ASM30 和 MPLAB LINK30 兼容，这两个工具可以从 Microchip 网站免费下载。

表 12-2 显示了数学函数库的存储器使用情况和性能。
表 12-3 列出了函数库中所包含的数学函数。

表 12-2: 存储器使用情况和性能

存储器使用情况（字节数）(1)(2)	
代码大小	5250
数据大小	4
性能（周期数）(1)(3)	
add	122
sub	124
mul	109
div	361
Rem	385
Sqrt	492

- 注
- 1: 以上结果是以 dsPIC30F MPLAB C30 编译器（SW006012）1.20 版为基础得出的。
 - 2: 当加载库中所有的函数时，占用最多的存储空间。大多数应用程序使用较少的存储空间。
 - 3: 32 位浮点运算的平均性能。

表 12-3: 数学函数

单、双精度浮点函数	
算术函数	加法、减法、乘法、除法和求余
平方根和幂函数	pow, sqrt
三角和双曲函数	acos, asin, atan, atan2, cos, cosh, sin, sinh, tan, tanh
对数和指数函数	exp, log, log10, frexp, ldexp
舍入函数	ceil, floor
绝对值函数	fabs
模算术函数	fmod, modf
比较和转换	比较以及整型和浮点型之间的转换

12.2 外设驱动程序库

Microchip 免费提供外设驱动程序库，支持 dsPIC30F 硬件外设的安装和控制，这些外设包括但不限于：

- 模数转换器
- 电机控制 PWM
- 正交编码器接口
- UART
- SPI
- 数据转换器接口
- I²C
- 通用定时器
- 输入捕捉
- 输出比较 / 简单 PWM
- CAN
- I/O 端口和外部中断
- 复位

除了支持硬件外设，该库还支持软件生成的外设，如支持 Hitachi 控制器的标准 LCD 驱动程序。

外设驱动程序库由 270 多个函数和一些用于允许和禁止中断等简单任务的宏组成。所有外设驱动程序都用 MPLAB C30 C 编译器开发并进行了优化。外设驱动程序库附带的电子文档能帮助您了解库函数并掌握其使用方法。

dsPIC30F 外设驱动程序库的主要特性包括：

- dsPIC30F 系列每个器件对应一个库文件，包括与特定器件使用的外设对应的函数。
- 可利用 C 头文件中的预定义常量向不同的库函数传递参数。每种外设模块对应一个头文件。
- 因为函数是以预编译库的形式存在的，所以可以在由 MPLAB C30 或 dsPIC30F 汇编语言编写的用户应用程序中调用这些函数。
- 所提供的 C 源代码允许用户自定义外设函数以满足特定应用程序的要求。
- C 头文件中的预定义常量在初始化外设或检查状态位时省去了查阅每个特殊功能寄存器细节和结构的麻烦。

12.3 DSP 算法库

免费的 DSP 库支持多种滤波、卷积、矢量和矩阵函数。支持的函数有：

- 级联无限冲激响应（IIR）滤波器
- 相关
- 卷积
- 有限冲激响应（FIR）滤波器
- 窗函数
- FFT
- LMS 滤波器
- 矢量加和矢量减
- 矢量点积
- 矢量求幂
- 矩阵加和矩阵减
- 矩阵乘

有些 DSP 函数使用双精度和浮点运算。所有 DSP 子程序使用 dsPIC30F 汇编语言开发和优化，可以通过汇编和 C 语言调用。它们支持 Microchip MPLAB C30 和 IAR C 编译器。

DSP 算法库的主要特性包括：

- 共 49 个函数
- 与 Microchip dsPIC30F C30 编译器、汇编器和链接器完全兼容
- 简单用户接口——仅一个库文件和一个头文件
- 函数可用 C 和汇编语言调用
- FIR 滤波函数支持格型 Lattice 滤波器、抽取（Decimating）滤波器、插值（Interpolating）滤波器和 LMS 滤波器
- IIR 滤波函数支持正准型（Canonic）滤波器、转置正准型（Transposed Canonic）滤波器和格型（Lattice）滤波器
- FIR 和 IIR 函数可与 dsPIC30F 滤波器设计程序生成的滤波器文件一起使用
- 变换函数支持“原址”计算和“非原址”计算 DCT、FFT 和 IFFT 变换
- 窗函数支持三角形（Bartlett）、布莱克曼（Blackman）、海明（Hamming）、汉宁（Hanning）和凯撒（Kaiser）窗
- 支持程序空间可视性
- 完整的函数概要信息，包括寄存器使用、周期数和函数大小等信息
- 随附的电子文档可帮助您理解和使用库函数

表 12-4: 函数执行时间

函数	指令周期计算公式	条件 ⁽¹⁾	指令周期数 ⁽²⁾	30MIPS 时执行时间
复数 FFT ⁽³⁾	-	N=64	3739	124.6 μs
复数 FFT ⁽³⁾	-	N=128	8485	282.8 μs
复数 FFT ⁽³⁾	-	N=256	19055	635.2 μs
FIR	$53+N(4+M)$	N=32, M=32	1205	40.2 μs
格型 (Lattice) FIR	$41+N(4+7M)$	N=32, M=32	7337	244.6 μs
正准型 (Canonic) IIR	$36+N(8+7S)$	N=32, S=4	1188	39.6 μs
格型 (Lattice) IIR	$46+N(16+7M)$	N=32, M=8	2350	78.3 μs
矩阵加	$20+3(C*R)$	C=8, R=8	212	7.1 μs
矩阵转置	$16+C(6+3(R-1))$	C=8, R=8	232	7.7 μs
矢量点积	$17+3N$	N=32	113	3.8 μs
求矢量最大值	$19+7(N-2)$	N=32	229	7.6 μs
矢量乘	$17+4N$	N=32	145	4.8 μs
矢量求幂	$16+2N$	N=32	80	2.7 μs

注 1: C = 列数, N = 采样数, M = 抽头数, S = 段数, R = 行数

2: 器件工作在 30MIPS 时, 1 个指令周期 = 33 ns

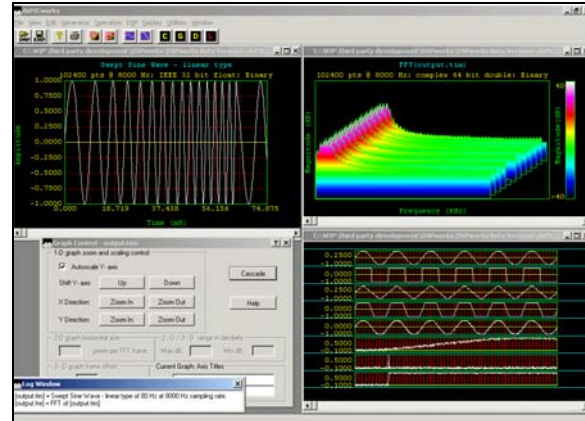
3: 复数 FFT 子程序本身具有防溢出功能

12.4 dsPICworks™ 数据分析和 DSP 软件

dsPICworks 是一个免费的数据分析和信号处理软件包, 可在 Microsoft Windows 9x、NT、2000 和 XP 平台上使用。围绕以下各项提供了大量函数:

- 多种信号发生器——正弦波、方波、三角波、窗函数和噪声
- 丰富的 DSP 函数——FFT、DCT、滤波、卷积和插值
- 广泛的算术函数——代数表达式、数据调整和数据截取等。
- 一维、二维与三维显示
- 多个数据量化和饱和度选项
- 多通道数据支持
- 自动的基于“脚本文件”的执行选项, 可用于任何用户定义的 dsPICworks 函数序列
- 可与 MPLAB IDE 互操作的文件导入 / 导出
- 数字滤波选项支持 dsPIC Filter Design 生成的数字滤波器
- ASM30 汇编器文件选项, 可将数据表导出到 dsPIC30F 的 RAM 中

图 12-1: dsPICworks 数据分析和 DSP 软件



12.4.1 信号发生:

dsPICworks™ 数据分析和 DSP 软件支持一整套信号发生器, 包括基本的正弦波、方波和三角波发生器以及高级的窗函数、单位阶跃、单位采样、正弦波、指数和噪声函数发生器。可将指定分布的噪声添加到任意信号中。根据所要求的采样速率, 生成的信号可以是 32 位浮点数或 16 位定点小数。生成信号的长度仅受磁盘可用空间限制。可以从 MPLAB 文件寄存器窗口导入或导出信号。可以通过一组复用函数生成多通道数据。

12.4.2 数字信号处理（DSP）和算术运算：

dsPICworks 数据分析和 DSP 软件有大量的 DSP 和算术函数，这些函数可用于信号处理。标准的 DSP 函数包括：变换运算——FFT 和 DCT、卷积和相关、信号抽取、信号插值采样速率转换和数字滤波。数字滤波是 dsPICworks 的重要部分，它使用由其姐妹应用程序 dsPIC Filter Design 设计的滤波器并将其应用到合成和导入的信号中。dsPICworks 还具有一些特殊功能，如信号截取、缩放和量化——在实际的 DSP 算法分析中这些功能非常重要。

12.4.3 显示和测量：

dsPICworks 数据分析和 DSP 软件有大量的显示和测量选项。频域数据图象能选择以 2 维“频谱”或 3 维“瀑布”形式显示。单击鼠标就可以精确地测量信号。日志窗口显示当前的光标坐标和导出值，如与上一个位置和信号频率的差异。在特定的频率范围内可以测出信号强度。还特别支持显示多通道和复数。允许对图形进行缩放显示。用户可从一组颜色方案中进行选择以自定义显示设置。

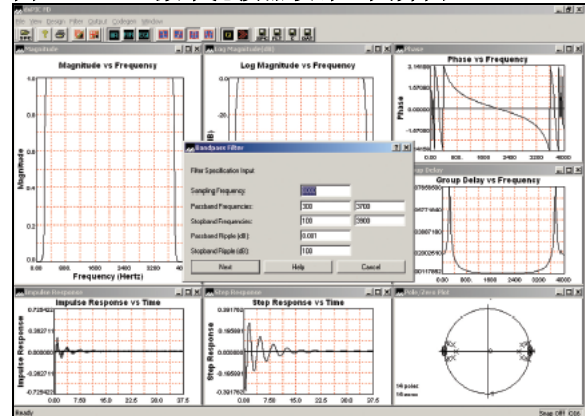
12.4.4 文件导入 / 导出——MPLAB 和 MPLAB ASM30 支持：

dsPICworks 数据分析和 DSP 软件允许从外部导入 ASCII 文本或二进制文件形式的数据。同样也允许以文件形式导出数据。dsPICworks 支持所有 MPLAB 导入 / 导出表支持的文件格式。该功能允许用户将 MPLAB 的实际数据导入 dsPICworks 以供分析。dsPICworks 还能创建可被导入到 MPLAB 工作区的 ASM30 汇编文件。

12.5 数字滤波器设计软件实用程序

dsPIC30F 16 位数字信号控制器的数字滤波器设计工具通过菜单和用户界面使设计、分析以及实现有限冲激响应（FIR）和无限冲激响应（IIR）数字滤波器成为易事。该工具执行滤波器设计过程中复杂的数学计算，提供优质的图形显示并生成全面的设计报告。输入所需的滤波器频率规格后该工具能自动生成将在 MPLAB® 集成开发环境（IDE）中使用的滤波器代码和系数文件。使用许多生成的图可以对滤波器变换函数进行系统分析，诸如幅度、相位、群延迟、记录幅度、冲激响应和极点 / 零点位置。

图 12-2： 数字滤波器设计工具界面



数字滤波器设计工具的主要特性包括：

有限冲激响应滤波器设计

- 设计方法选择：
 - FIR 窗设计
 - FIR Equiripple Design（Parks-McClellan）
- 低通、高通、带通和带阻滤波器
- FIR 滤波器最多可以有 513 个抽头

- 支持下列窗函数：
 - 矩形窗
 - 汉宁（Hanning, Hann）窗
 - 海明（Hamming）窗
 - 三角（Triangular）窗
 - 布莱克曼（Blackman）窗
 - 精确布莱克曼（Exact Blackman）窗
 - 三项余弦窗
 - 具有连续 3 阶导数的三项余弦窗
 - 至少三项余弦窗
 - 四项余弦窗
 - 具有连续 3 阶导数的四项余弦窗
 - 至少四项余弦窗
 - Good 4 Term Blackman Harris
 - Harris Flat Top
 - 凯撒（Kaiser）窗
 - Dolph-Tschebyscheff
 - 泰勒窗
 - 高斯窗
- 报告显示了设计的详细情况，例如窗函数系数和与窗函数相乘之前的冲激响应

无限冲激响应滤波器设计

- 低通、高通、带通和带阻滤波器
- 最大为 10 阶的低通和高通滤波器
- 最大为 20 阶的带通和带阻滤波器
- 5 个模拟原型滤波器：
 - 巴特沃兹（Butterworth）
 - 切比雪夫（Tschbyscheff）
 - 反切比雪夫（Tschbyscheff）
 - 椭圆（Elliptic）
 - 贝塞尔（Bessel）
- 数字变换以双线性变换方式执行
- 报告显示了设计的详细情况，例如：从标准的低通滤波器到所需滤波器的所有变换

代码生成功能

- 生成的文件与 Microchip dsPIC30F C30 编译器、汇编器和链接器兼容
- 可选择将系数存放于程序空间或数据空间
- C Wrapper/ 头文件代码生成

图

- 幅频响应图
- 对数幅频响应图
- 相频响应图
- 群延迟和频率的关系图
- 冲激响应和时间（每采样）的关系图
- 阶跃响应和时间（每采样）的关系图
- 零极点位置图（仅 IIR）

12.6 实时操作系统

dsPIC30F 产品系列的实时操作系统（Real-Time Operating System, RTOS）解决方案提供了必要的函数调用和操作系统子程序，能帮助您为多任务应用场合编写高效的 C 和 I 或汇编代码。RTOS 特别适合程序存储资源特别是数据存储资源有限的应用。已优化的可配置内核支持各种 RTOS 应用程序的需求。

dsPIC30F RTOS 解决方案分为以下三类：

- CMX-RTX™ 全功能、全抢占式多任务 RTOS
- CMX-Tiny+™ 全抢占式 CMX-RTX 简化版
- CMX-Scheduler™ 全抢占式多任务小型 RTOS（免费）

12.6.1 CMX-RTX™

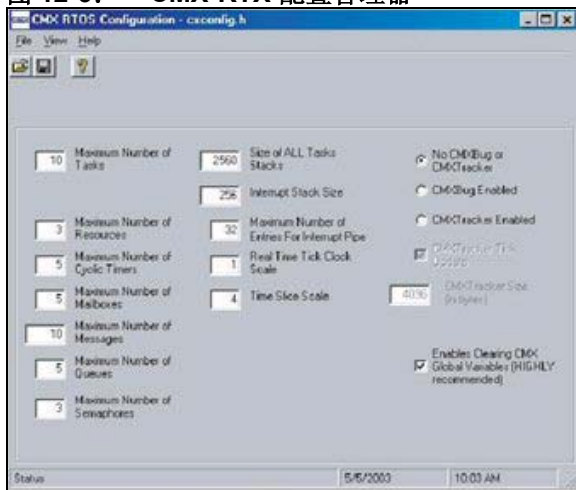
在有些情况下，结构良好的线性编程方式足以对产品编程。但在大多数情况下，编程人员不希望考虑如何构建代码以即时执行所有必要的任务。CMX-RTX 允许几项任务（执行特定任务的代码块）几乎同时运行。即任务看上去是同时运行的——同时执行许多指定任务。

CMX-RTX 使编程人员摆脱了实时编程的烦恼。该软件负责处理细节使编程人员能集中精力在整个应用程序上。CMX-RTX 能帮助快速高效地完成项目。

有些实时操作系统软件仅提供了合作型调度程序，运行的任务必须调用调度程序来执行任务切换。其他实时操作系统提供时间分片，每个任务必须在一个指定时间段内执行，不管任务完成与否，都必须在相应时间分片结束后切换任务。还有一些实时操作系统声称是完全抢占式的，但是不允许任何中断引起抢占。所有这些软件模型迟早会发生故障。

CMX-RTX 允许能运行的高优先级任务（无论正在启动或重新启动）抢占正在运行的低优先级任务。调度程序会保存正在运行（低优先级）任务的现场，并恢复高优先级任务的现场，从而使其当即运行。真正抢占式 RTOS 允许中断立即引起任务切换，也就是说现在中断具有了使用 RTOS 功能的额外能力。

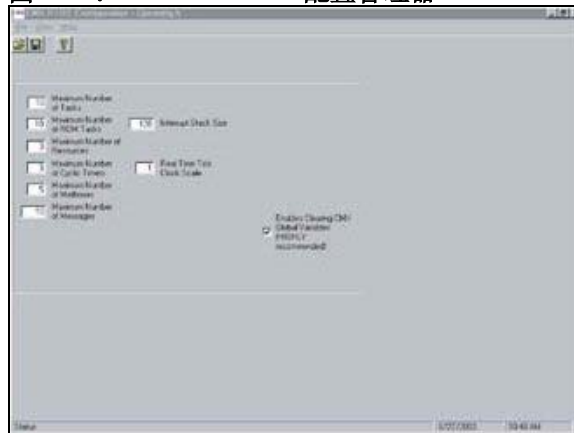
图 12-3: CMX-RTX 配置管理器



dsPIC30F 的 CMX-RTX™ 的主要特性包括：

- 占用存储资源最少
- 现场切换时间最快
- 中断延迟最短
- 真正抢占式
- 调度程序和中断处理程序均用汇编语言编写，优化了执行速度和代码大小
- 可选的合作型和时间片式调度程序
- 嵌套中断
- 所有函数包含在一个库中
- 中断调用函数
- 可扩展性
- 提供免费源代码
- 与 CMX-MicroNet™ 集成可选择进行网络连接

图 12-4: CMX-TINY+ 配置管理器



12.6.2 CMX-TINY+™

CMX-Tiny+ 是一个紧凑的实时操作系统，能使任务几乎同时运行，看上去就是同时处理多个任务。CMX-Tiny+ 被专门设计为只占用很小的闪存 / RAM，因此它只需使用 dsPIC30F 的片上闪存 / RAM 在单个芯片上即可实现。以常用的 CMX-RTX 的简化版为基础，CMX-Tiny+ 保留了 CMX-RTX 的大多数功能，包括常用函数。

与其他实时操作系统一样，CMX-Tiny+ 使编程人员摆脱了实时编程的苦恼。软件自身处理实时编程的细节而让编程人员集中精力在整个嵌入式应用程序上。这样可以快速高效地完成项目。

CMX-Tiny+ 允许就绪的高优先级任务（无论正在启动或重新启动）抢占正在运行的低优先级任务。调度程序会保存正在运行（低优先级）任务的现场，并恢复高优先级任务的现场，从而使其当即运行。CMX-Tiny+ 能使中断立即抢占当前的任务，保证处理优先级高的应用程序。也就是说 CMX-Tiny+ 使得中断具有影响 RTOS 的额外能力。

dsPIC30F 的 CMX-Tiny+™ 的主要特性包括：

- 占用极小的闪存 /RAM
- 真正抢占式 RTOS
- 支持低功耗模式
- 购买时提供完整的源代码
- 免费的技术支持与更新
- 经济实惠的价格
- 装运产品不收版税
- 与 CMX-Scheduler™ 向下兼容
- 与 CMX-MicroNet™ 集成可选择进行网络连接

12.6.3 CMX-SCHEDULER™

CMX-Scheduler 是 CMX 与 Microchip 的特殊合作成果。使用 dsPIC 器件嵌入式系统设计者可免费获取目标代码形式（惟一形式）的 CMX-Scheduler。CMX-Scheduler 是专门为那些不需要成熟的 RTOS 和 / 或正在为内核是否能够帮助完成应用程序感到疑惑的开发者设计的。CMX-Scheduler 作为完美的入门级内核，使用直观且易于实现。

CMX-Scheduler 为将来的设计提供了很多成长通道。用 CMX-Scheduler 内核开发的用户应用程序与常用的 CMX-Tiny+™ 或 CMX-RTX™ 向上兼容。CMX-Scheduler 还与独特的 CMX-MicroNet TCP/IP 协议栈紧密集成，以满足那些需要网络连接的应用。

CMX-Scheduler 软件和文档以电子格式发布，可以免费获得许可并在 dsPIC 器件上无限制地使用该产品。

CMX-Scheduler 的主要特性包括：

- 可在任何 dsPIC 器件上免费使用
- 易于学习和使用
- 真正抢占式的内核
- 最多支持 5 项任务
- 快速执行
- 自动缺陷修正与更新
- 装运产品不收版税
- 与 CMX-Tiny+ 和 CMX-RTX 兼容
- 完整的电子文档
- 与 CMX-MicroNet™ 集成可选择进行网络连接

12.7 TCP/IP 协议栈（CMX-Micronet™）

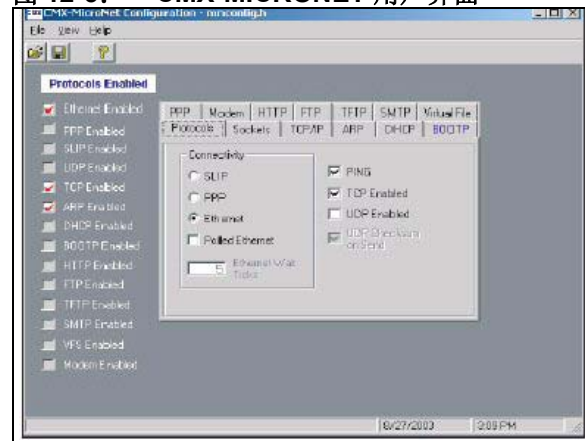
CMX-MicroNet 是嵌入式 TCP/IP 协议栈，专为优化 dsPIC30F 器件上闪存和 RAM 资源的使用而设计。该软件可直接运行在 dsPIC30F 上，不需要网关和 PC。该协议栈可以以独立模式工作，也可与 RTOS 一起工作。CMX-MicroNet 仅使用行业标准协议通过直连、拨号或以太网连接以及无线以太网（802.11b）提供真正的 TCP/IP 联网。

至多可以同时打开 127 个套接字。它们可以是以太网套接字和 / 或 PPP、SLIP 套接字。PPP 与 SLIP 不能同时使用。也可使用 HTTP 网络服务器、FTP 服务器、SMTP 客户端和 DHCP 客户端。如果使用 RS-232 连接，可以采用直接电缆连接或通过调制解调器连接。

CMX-MicroNet 的主要特性包括：

- 在全世界获得几百项设计奖项，经过测试和验证
- 占用极小的闪存 /RAM
- 软件解决方案不需额外处理器
- 网页包含 CGI 调用和服务端
- FTP 文件，包含新固件
- 发送电子邮件
- 可提供 JAVA 小程序
- 无专用协议
- 可独立运行或与 RTOS 配合工作
- 一次性低价付费
- 免费提供完整源代码
- 装运产品不收版税
- 完善的文档和支持

图 12-5: CMX-MICRONET 用户界面



支持的协议

- TCP
- PPP
- UDP
- SLIP
- IP
- HTTP 网络服务器
- DHCP
- FTP
- TFTP
- SMTP

连接方式

- 以太网
- 无线网络
- 拨号
- 直接连接

存储容量要求

闪存

UDP/IP + 内核	4470 字节
TCP/IP + 内核	7827 字节
UDP/TCP/IP + 内核	8685 字节
PPP	6681 字节
调制解调器	447 字节
HTTP 服务器	3888 字节
虚拟文件	885 字节
以太网	2652 字节
DHCP 客户端	2202 字节
FTP 服务器	3657 字节
TFTP 客户端	723 字节
BOOTP	684 字节
SMTP	1918 字节
实用程序	1314 字节

RAM（不包括缓冲器）

UDP/SLIP	56 字节
TCP/HTTP/PPP	304 字节
以太网	38 字节

12.8 软件调制解调器应用程序库

Microchip 提供的 V.22/V.22bis（1200/2400 bps）和 V.32/V.32bis（9600/14400 bps）ITU-T 规范支持大量“联网”应用。

可以从调制解调器规范获益的应用包括：

- 通过 Internet 实现家庭安防系统
- 通过 Internet 连接电表、气表和水表
- 通过 Internet 连接自动售货机
- 智能电器
- 工业监控
- POS 终端
- 机顶盒
- 升降梭箱
- 消防面板

ITU-T 规范模块用 C 和汇编语言编写，提供最佳的性能。一些特定的 dsPIC30F 硬件外设和主要发送器和接收器滤波程序使用汇编语言编写，优化了代码大小和执行时间。

调制解调器库附带的电子文档帮助您熟悉并实现库函数。

12.9 CAN 驱动程序库

Microchip 提供的 CAN 驱动程序库支持 dsPIC30F CAN 外设。支持的一些 CAN 功能包括：

- 初始化 CAN 模块
- 设置 CAN 操作模式
- 设置 CAN 波特率
- 设置 CAN 屏蔽器
- 设置 CAN 过滤器
- 发送 CAN 报文
- 接收 CAN 报文
- 中止 CAN 序列
- 提供错误通知

所有 CAN 驱动程序都是用 dsPIC30F C 语言开发和优化的，并且可用 C 语言调用。支持 Microchip MPLAB C30 C 编译器。

CAN 库附带的电子文档帮助您熟悉并实现库函数。

dsPIC30F 开发合作商 Vector Informatik Gmb 提供了 CANbedded® 工具的 dsPIC30F 架构版本，还提供了许多支持实用程序。

12.10 OSEK 操作系统

dsPIC30F 产品系列支持符合 OSEK/VDX 汽车软件标准的操作系统。OSEK 的功能“Offene Systeme und deren Schnittstellen für die Elektronik im Kraftfahrzeug”（开放系统和相应的汽车电子设备接口）与 VDX “Vehicle Distributed eXecutive” 颁布的 OSEK/VDX 是一致的。

我们还将提供基于标准接口和协议的结构化和模块化软件实现。结构化和模块化软件的实现将为分布式汽车控制单元提供可移植性和可扩展性。

Microchip 还将提供内部和外部 CAN 驱动程序支持。物理层将被集成到通信控制器的硬件中，在 OSEK 规范中不会涉及到它。

Vector Informatik GmbH 提供了 osCAN[®] 操作系统的 dsPIC30F 架构版本，还提供了许多支持实用程序。

13.0 dsPIC30F 硬件开发板

Microchip 提供了几种硬件开发板，它们将帮助应用开发人员快速进行样机开发和验证关键设计要求。每块板都具有主要的 dsPIC30F 外设并支持 Microchip MPLAB 在

线调试器（ICD 2）工具，以用于对 dsPIC30F 器件进行高成本效益的调试和编程。表 13-1 介绍了这些板。

表 13-1: 硬件开发板

	开发工具	说明	部件编号	厂商	报价 *
开发板和 参考设计	80 引脚入门演示板 (见 13.1)	dsPICDEM 80 引脚入门演示板 dsPIC30F6014A 通用器件	DM300019	Microchip	\$79.99
	28 引脚入门演示板 (见 13-2)	带 28 引脚 dsPIC30F2010 电机控制器件的 dsPICDEM 入门演示板	DM300017	Microchip	\$79
	通用开发 (见 13.3)	80L TQFP 器件的 dsPICDEM™ 1.1 开发板	DM300014	Microchip	\$299
	电机控制和 功率转换开发 (见 13.4)	dsPICDEM MC1 电机控制开发板	DM300020	Microchip	\$300
		dsPICDEM MC1H 三相高电压功率模块	DM300021	Microchip	\$800
		三相 ACIM 高电压电机（208/460V）	AC300021	Microchip	\$120
		dsPICDEM MC1L 三相低电压功率模块	DM300022	Microchip	\$700
		三相 BLDC 低电压电机（24V）	AC300020	Microchip	\$120
	联网开发 (见 13.5)	支持 FCC/JATE 和以太网 NIC 的 dsPICDEM.net™ 1 (全球兼容)	DM300004-1	Microchip	\$389
		支持 PSTN 和以太网 NIC 的 dsPICDEM.net 2 (全球兼容)	DM300004-2	Microchip	\$389
接插 样板	接插样板 (见 13.6)	支持 80 引脚 dsPIC30F6010 电机控制 MCU 的子 PC 板 样板。方便插拔。	MA300013	Microchip	\$25
		支持 80 引脚 dsPIC30F6014A 通用 MCU 的子 PC 板样 板。方便插拔。	MA300014	Microchip	\$25

* 报价如有改变，不另行通知。

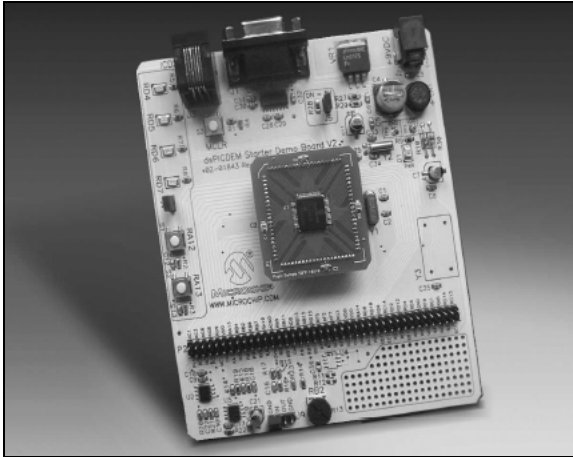
13.1 dsPICDEM™ 80 引脚入门开发板

使用该开发板能很经济地评估 dsPIC30F 和 dsPIC33F 通用和电机控制系列器件。该板是个非常理想的样机开发工具，能帮助您快速开发和验证关键设计要求。

dsPICDEM 80 引脚入门开发板的一些主要特性和属性包括：

- 包含一个 80 引脚 dsPIC30F6014A 接插模块 (MA300014)
- 9V 电源输入
- 5V 和 3.3V 可选稳压器输出
- LED、开关、电位计、UART 接口
- 音频信号输入的 A/D 输入滤波电路
- 音频信号输出的板载 DAC 和滤波器
- 实验电路布线区
- 汇编语言演示程序和教程
- 可与 80 引脚 dsPIC30F6010 接插模块 (MA300013) 配合使用
- 可与 100 到 80 引脚适配器 dsPIC33F 接插模块 (MA330012) 配合使用

图 13-1: dsPICDEM™ 80 引脚入门开发板



13.2 dsPICEM 28 引脚入门演示板

dsPICEM 28 引脚入门演示板是 dsPIC30F2010 高性能数字信号控制器的开发工具包和评估工具。dsPICDEM 28 引脚入门演示板开发工具包包括：

- dsPICDEM 28 引脚入门演示板印刷电路板（见图 13-3）
- 预编程的 dsPIC30F2010 器件
- dsPICDEM 28 引脚入门演示板光盘，包含手册、dsPIC30F 文档和演示程序代码

dsPICDEM 28 引脚入门演示板是帮助您使用 dsPIC30F 器件进行开发的简单工具。

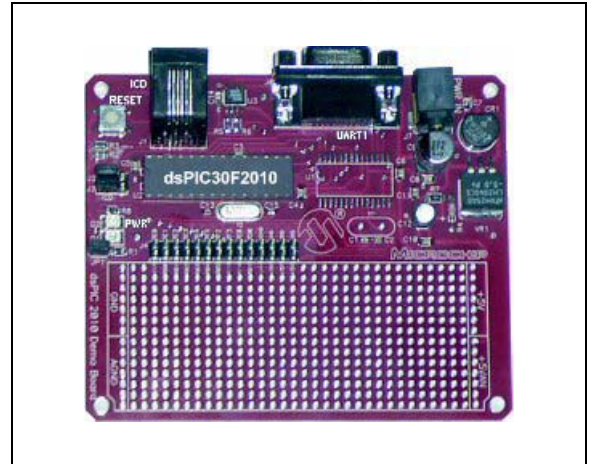
开发板电源包含一个板载 + 5V 稳压器，用于调节直接从 9V 交流或直流墙式适配器输入的 VDD 和 AVDD 电压，为开发板供电的 9V 直流电源输入插孔和 LED 电源指示灯。

MPLAB ICD 2 连接部分包括一个 MPLAB ICD 2 编程连接器和 28 引脚 SOIC 或 SDIP 封装的焊盘位置。还包括一个 RS-32 通信通道，提供 dsPIC 器件时钟的 7.37 MHz 晶振，板上还预留了两个晶振位置以支持 SDIP 或 SOIC 封装。

其他特性包括：

- 复位 dsPIC 器件的复位按钮
- 连接到 RD0 引脚的 LED 状态指示灯
- 所有器件 I/O 引脚集中在一个插头上，以提供测试点和实验电路接口
- 用户硬件实验电路布线区

图 13-2: dsPICDEM 28 引脚入门演示板



13.3 dsPICDEM 1.1 开发板

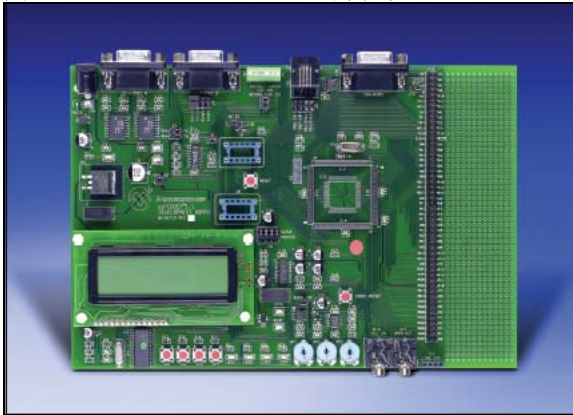
dsPICDEM 1.1 开发板是一个低成本开发工具，帮助您熟悉 dsPIC30F 16 位架构、高性能外设和强大的指令集。该开发板是个非常理想的样机开发工具，能帮助您快速开发和验证关键设计要求。

dsPICDEM 1.1 开发板的一些主要特性和属性包括：

- 支持 dsPIC30F6014A 器件
- CAN 通信通道
- RS-232 和 RS-485 通信通道
- 带输入 / 输出插孔的音频编解码器接口
- 在线调试器接口（MPLAB ICD 2）
- ICE 4000 仿真器接口
- Microchip 温度传感器
- Microchip 数字电位计
- 122x32 点阵式 LCD
- 通用实验电路布线区
- 各种 LED、开关和电位计

与通用开发板一起提供的还有 9V 电源、RS-232 I/O 线缆、预编程的 dsPIC30F 器件、示例软件和相关文档，让用户练习开发板演示程序。

图 13-3: dsPICDEM 1.1 开发板



13.4 电机控制开发板

电机控制开发板提供 3 个主要组件，用于快速进行 BLDC、PMAC 和 ACIM 应用的样机开发和验证。这三个主要组件是：

- dsPIC30F 电机控制主板
- 3 相低压功率模块
- 3 相高压功率模块

主控制板支持 dsPIC30F6010 器件，各种外设接口和一个用户常规接口插头系统，从而可以连接不同的电机模块。该控制板还包括用于连接机械位置传感器的接口（如增量旋转编码器和霍尔效应传感器）和用于定制电路的实验板区域。由标准式接插变压器为主控板供电。

低压功率模块是为那些要求 DC 总线电压低于 50 V 而输出功率高达 400W 的三相电机应用而优化的。三相低压功率模块旨在为 BLDC 和 PMAC 电机供电。

高压功率模块是为那些要求 DC 总线电压高达 400 V 而输出功率高达 1 KW 的三相电机应用而优化的。此高压模块具有由 dsPIC30F 器件控制的有源功率因数校正电路。该功率模块旨在用于 AC 感应电机和电源逆变器的应用。

上述两种功率模块还具有自动故障保护并且高压功率模块还与控制接口电气隔离。这两个模块还将为主控制板提供预调节的电压和电流信号。所有与电机控制电路隔离的位置反馈器件，如增量式编码器、霍尔效应传感器或转速传感器，均可直接连接到主控制板。两种模块都配备了电机制动电路。

电机控制主开发板的一些主要特性和属性包括：

- 支持 dsPIC30F6010A 的 dsPIC30F 电机控制主控板
- RS-232 和 RS-485 通信通道
- 2x16 LCD
- 在线调试器接口（MPLAB ICD 2）
- ICE 4000 仿真器接口
- 通用实验电路布线区
- 常规接口插头系统
- 各种 LED、开关和电位计

图 13-4: dsPIC30F 电机控制开发系统



随电机控制开发系统一起提供的有：给控制板供电的 9V 电源、RS-232 I/O 线缆、预编程的 dsPIC30F 器件、示例软件和文档，帮助客户练习开发板演示程序。还列出了与开发系统兼容的电机类型便于快速评估。

13.5 dsPICDEM.net™ 联网开发板

dsPICDEM.net 联网开发板结合用于 PSTN 或以太网通信通道的 V.32/V.32bis 和 V.22/V.22bis ITU-T 规范，为开发和评估不同的联网解决方案和实现 TCP/IP 协议层提供了一个基础平台。

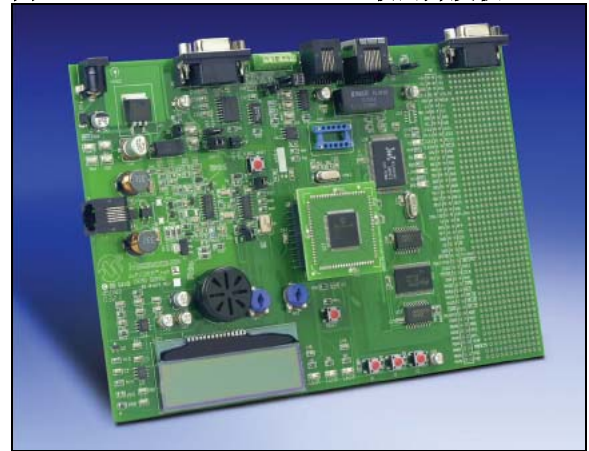
dsPICDEM.net 开发板的一些主要特性和属性包括：

- 支持 dsPIC30F6014A 器件
- 支持 10-Base T 以太网
- 带 DAA/AFE 的 PSTN 接口
- RS-232 和 RS-485 通信通道

- 在线调试器接口（MPLAB ICD 2）
- ICE 4000 仿真器接口
- Microchip 温度传感器
- Microchip 双通道数字电位计
- 2x16 LCD
- 通用实验电路布线区
- 各种 LED、开关和电位计
- 外部 64K x 16 SRAM
- 外部 EE 存储器用来存储 HTML 页面
- 用户应用扩展插头

与联网开发板一起提供的还有 9V 电源、RS-232 I/O 线缆、预编程的 dsPIC30F 器件、示例联网软件和相关文档，帮助练习开发板联网演示程序。

图 13-5: dsPICDEM.net™ 联网开发板



13.6 接插模块

各种 dsPIC30F 开发板可以使用 dsPIC30F 器件的接插模块。由于开发板通过使用 PCB 上的插头引脚支持 ICE 4000 仿真器器件适配器，所以使用它们可以灵活替换 dsPIC30F 芯片。目前共有两种支持 80 引脚 TQFP 封装的接插样板类型，即通用（dsPIC30F6014A）样板和电机控制 dsPIC30F6010A 样板。使用接插样板被认为是一种临时的开发板机制。

附录 A：通用和传感器系列器件 I/O 引脚配置和功能

表 A-1 简单介绍了能与端口引脚复用的器件 I/O 引脚配置和功能。一个端口引脚可能具有多种功能。当发生复用，外设模块的功能要求会强制改变端口引脚的数据方向。

表 A-1：I/O 引脚配置说明

引脚名称	引脚类型	输入缓冲器类型	说明
AN0-AN15	I	Analog	模拟输入通道。 AN0 和 AN1 还分别用作器件编程数据输入和时钟输入。
AVDD	P	P	模拟模块的正电源端。
AVSS	P	P	模拟模块的接地参考端。
CLKI	I	ST/CMOS	外部时钟源输入。始终与 OSC1 引脚功能相关联。
CLKO	O	—	振荡器晶振输出。在晶振模式下连接到晶振或谐振器。在 RC 和 EC 模式下可作为 CLKO。始终与 OSC2 引脚功能相关联。
CN0-CN23	I	ST	输入电平变化通知输入。所有输入都能被软件编程为具有内部弱上拉功能。
COFS	I/O	ST	数据转换器接口帧同步引脚。
CCLK	I/O	ST	数据转换器接口串行时钟输入 / 输出引脚。
CSDI	I	ST	数据转换器接口串行数据输入引脚。
CSDO	O	—	数据转换器接口串行数据输出引脚。
C1RX	I	ST	CAN1 总线接收引脚。
C1TX	O	—	CAN1 总线发送引脚。
C2RX	I	ST	CAN2 总线接收引脚。
C2TX	O	—	CAN2 总线发送引脚。
EMUD	I/O	ST	ICD 主通信通道的数据 I/O 引脚。
EMUC	I	ST	ICD 主通信通道的时钟输入引脚。
EMUD1	I/O	ST	ICD 辅助通信通道 1 数据 I/O 引脚。
EMUC1	I	ST	ICD 辅助通信通道 1 时钟输入引脚。
EMUD2	I/O	ST	ICD 辅助通信通道 2 数据 I/O 引脚。
EMUC2	I	ST	ICD 辅助通信通道 2 时钟输入引脚。
EMUD3	I/O	ST	ICD 辅助通信通道 3 数据 I/O 引脚。
EMUC3	I	ST	ICD 辅助通信通道 3 时钟输入引脚。
IC1-IC8	I	ST	捕捉输入 1 到 8。
INT0	I	ST	外部中断 0。
INT1	I	ST	外部中断 1。
INT2	I	ST	外部中断 2。
INT3	I	ST	外部中断 3。
INT4	I	ST	外部中断 4。
LVDIN	I	Analog	低压检测输入。
MCLR	I/P	ST	主清零（复位）输入或编程电压输入。该引脚电平为低电平时复位器件。
OCFA	I	ST	比较故障 A 输入（对于比较通道 1、2、3 和 4）。
OCFB	I	ST	比较故障 B 输入（对于比较通道 5、6、7 和 8）。
OC1-OC8	O	—	比较输出 1 到 8。
OSC1	I	ST/CMOS	振荡器晶振输入。配置在 RC 模式下缓冲器类型为 ST；其他情况下为 CMOS。
OSC2	I/O	—	振荡器晶振输出。在晶振模式下连接到晶振或谐振器。在 RC 和 EC 模式下可作为 CLKO。

图注： CMOS = CMOS 兼容输入或输出
ST = 具有 CMOS 电平的施密特触发器输入

Analog = 模拟输入
O = 输出 I = 输入 P = 电源

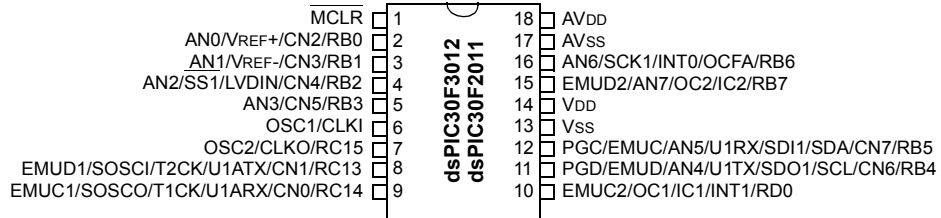
表 A-1: I/O 引脚配置说明 (续)

引脚名称	引脚类型	输入缓冲器类型	说明
PGD	I/O	ST	在线串行编程数据输入 / 输出引脚。
PGC	I	ST	在线串行编程时钟输入引脚。
RA6-RA7	I/O	ST	PORTA 是一个双向 I/O 端口。
RA9-RA10	I/O	ST	
RA12-RA15	I/O	ST	
RB0-RB15	I/O	ST	PORTB 是一个双向 I/O 端口。
RC1-RC4	I/O	ST	PORTC 是一个双向 I/O 端口。
RC13-RC15	I/O	ST	
RD0-RD15	I/O	ST	PORTD 是一个双向 I/O 端口。
RF0-RF8	I/O	ST	PORTF 是一个双向 I/O 端口。
RG0-RG3	I/O	ST	PORTG 是一个双向 I/O 端口。
RG6-RG9	I/O	ST	
RG12-RG15	I/O	ST	
SCK1	I/O	ST	SPI1 同步串行时钟输入 / 输出。
SDI1	I	ST	SPI1 数据输入。
SDO1	O	—	SPI1 数据输出。
SS1	I	ST	SPI1 从动同步。
SCK2	I/O	ST	SPI2 同步串行时钟输入 / 输出。
SDI2	I	ST	SPI2 数据输入。
SDO2	O	—	SPI2 数据输出。
SS2	I	ST	SPI2 从动同步。
SCL	I/O	ST	I ² C 同步串行时钟输入 / 输出。
SDA	I/O	ST	I ² C 同步串行数据输入 / 输出。
SOSCI	I	ST/CMOS	32kHz 低功耗振荡器晶振输入；其他情况下为 CMOS。
SOSCO	O	—	32kHz 低功耗振荡器晶振输出。
T1CK	I	ST	Timer1 外部时钟输入。
T2CK	I	ST	Timer2 外部时钟输入。
T3CK	I	ST	Timer3 外部时钟输入。
T4CK	I	ST	Timer4 外部时钟输入。
T5CK	I	ST	Timer5 外部时钟输入。
U1RX	I	ST	UART1 接收。
U1TX	O	—	UART1 发送。
U1ARX	I	ST	UART1 备用接收。
U1ATX	O	—	UART1 备用发送。
U2RX	I	ST	UART2 接收。
U2TX	O	—	UART2 发送。
VDD	P	—	逻辑模块和 I/O 引脚的正电源端。
VSS	P	—	逻辑模块和 I/O 引脚的接地参考端。
VREF+	I	Analog	模拟参考电压（高）输入。
VREF-	I	Analog	模拟参考电压（低）输入。

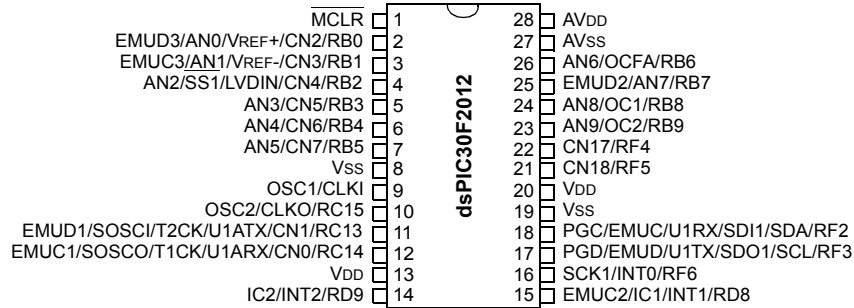
图注: CMOS = CMOS 兼容输入或输出 Analog = 模拟输入
ST = 具有 CMOS 电平的施密特触发器输入 O = 输出 I = 输入 P = 电源

引脚图

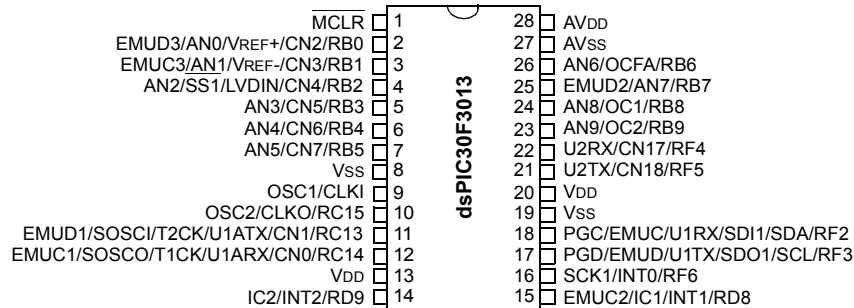
18 引脚 PDIP 和 SOIC



28 引脚 PDIP 和 SOIC

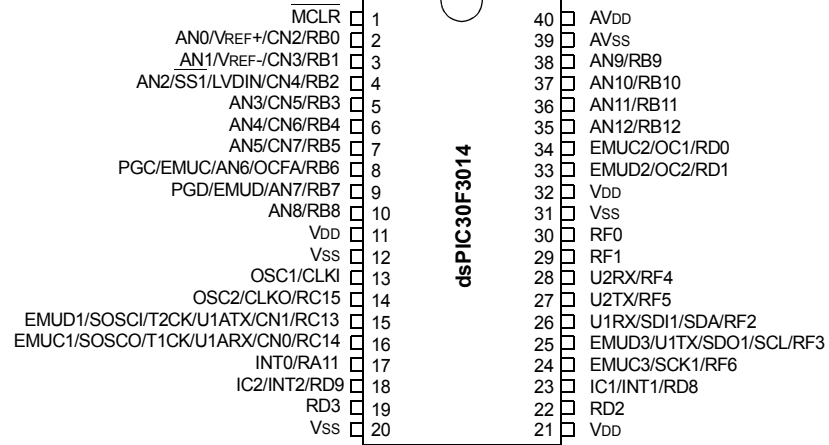


28 引脚 SDIP 和 SOIC

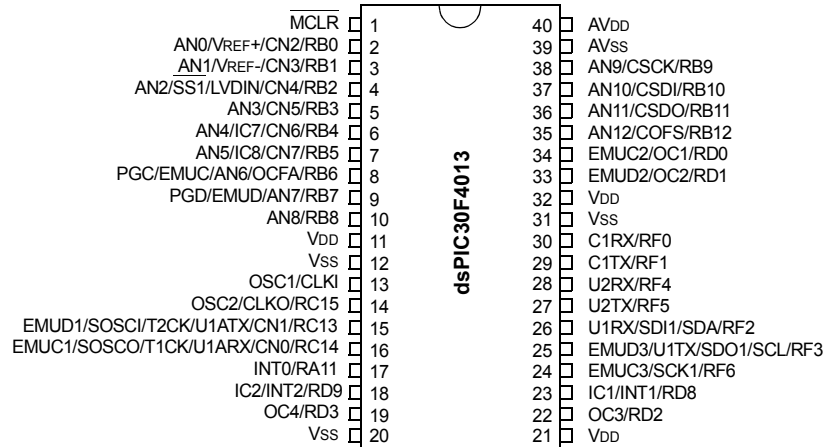


引脚图 (续)

40 引脚 PDIP

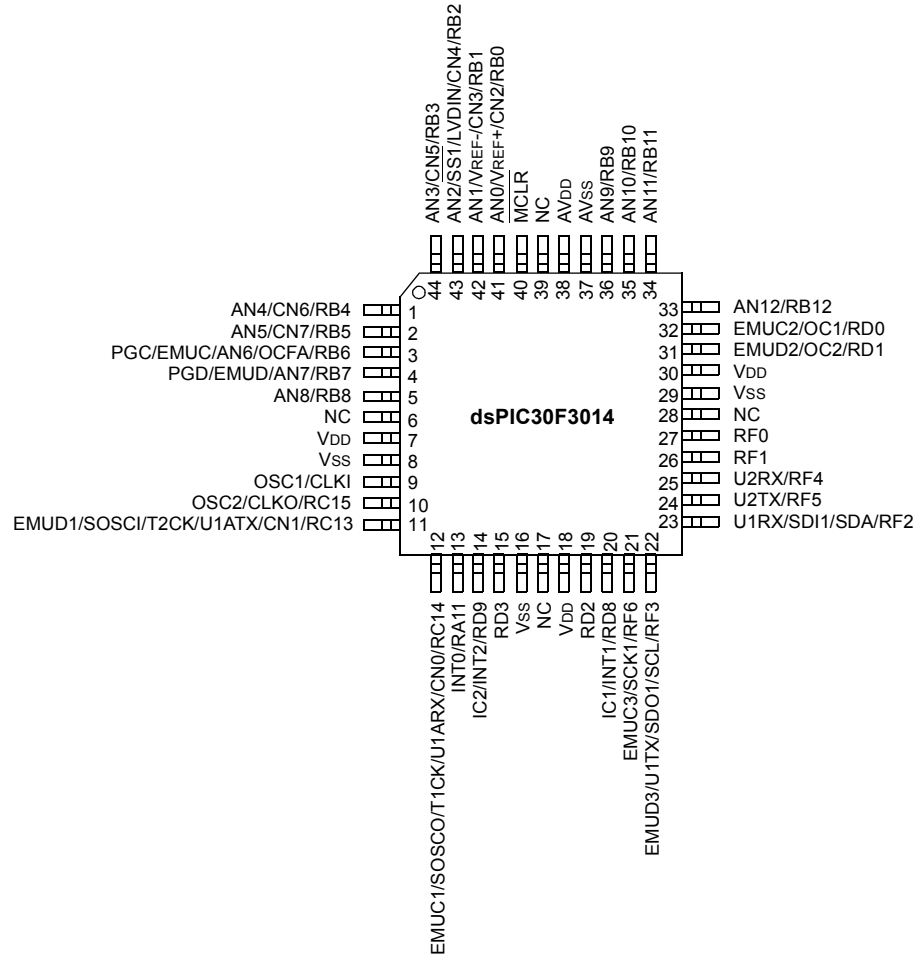


40 引脚 PDIP



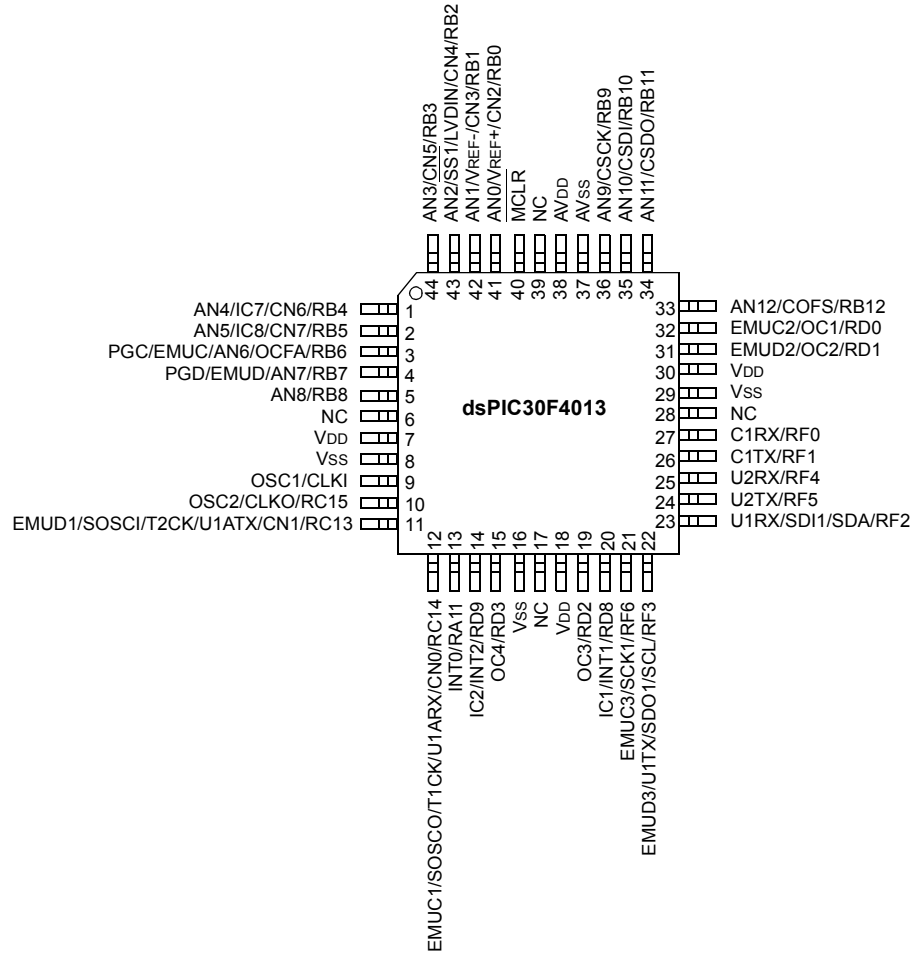
引脚图 (续)

44 引脚 TQFP

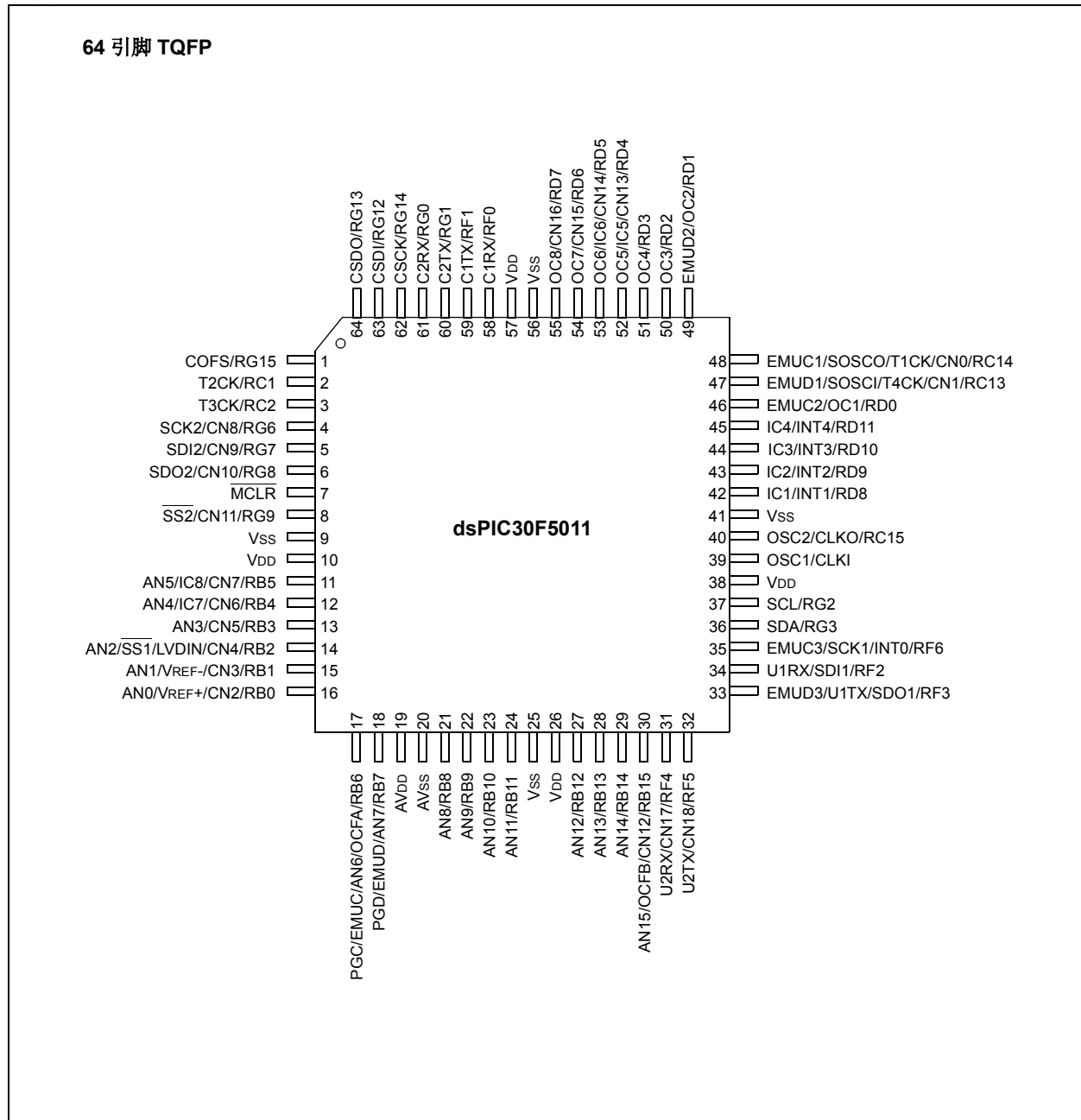


引脚图 (续)

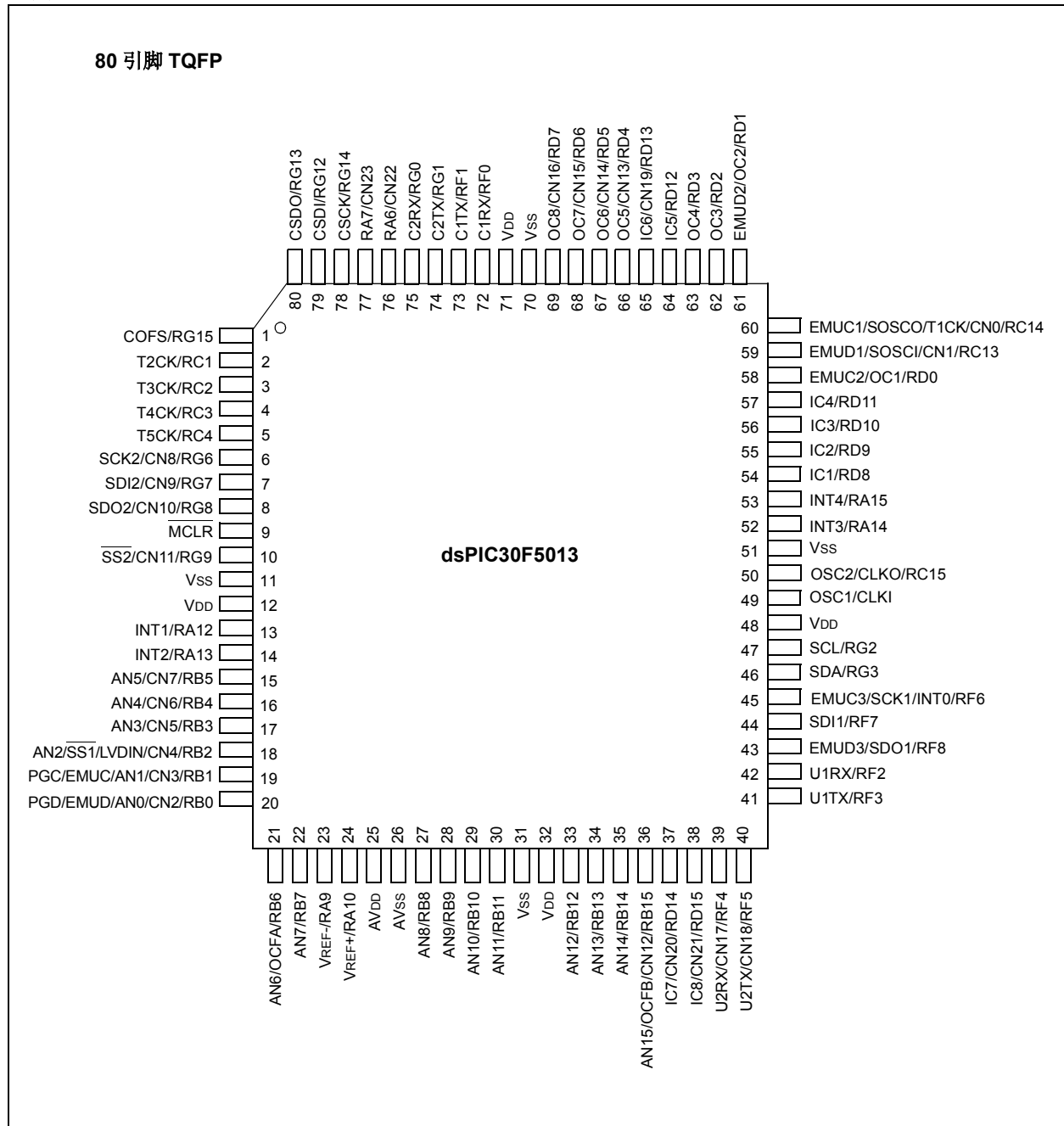
44 引脚 TQFP



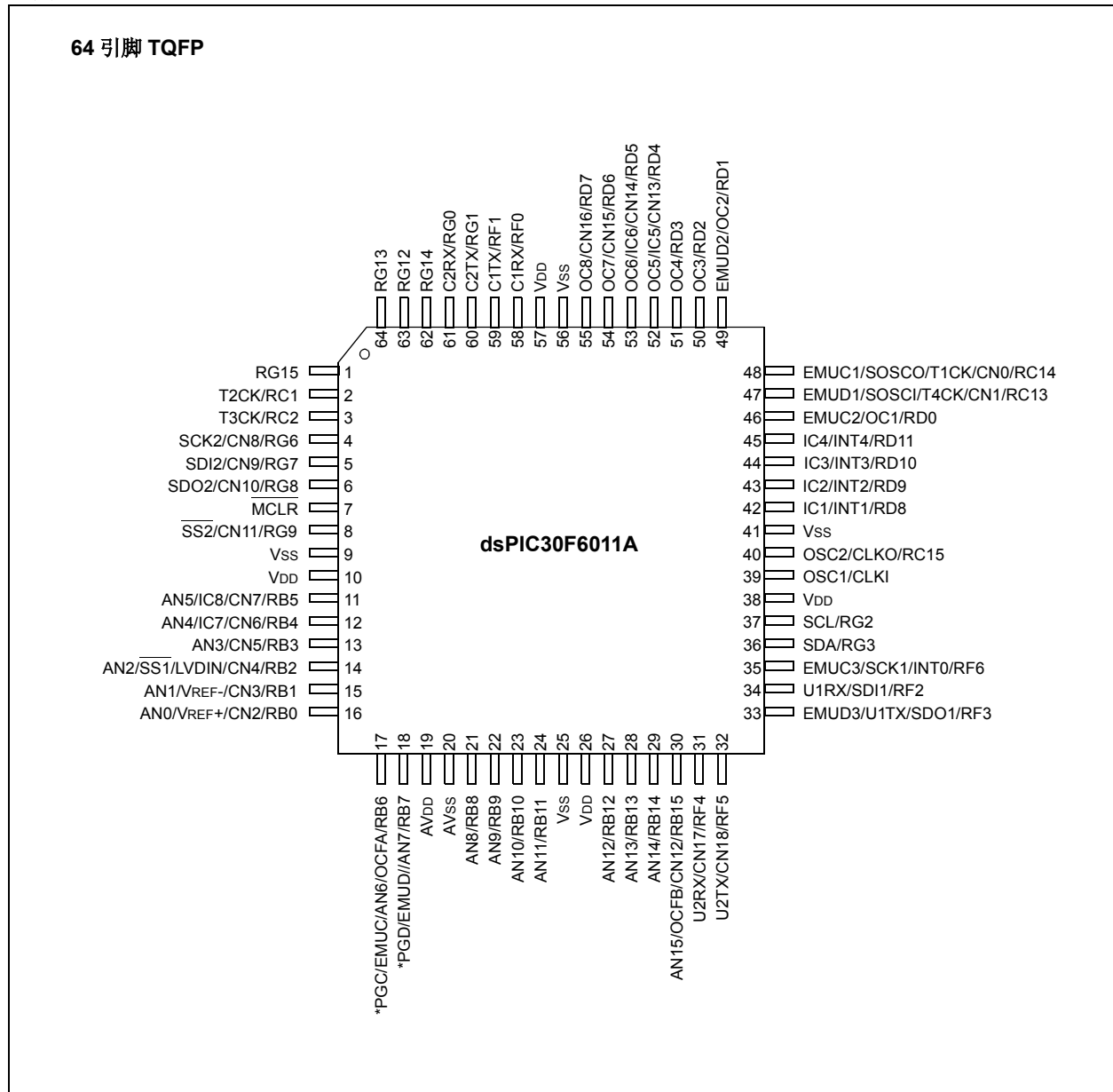
引脚图 (续)



引脚图 (续)

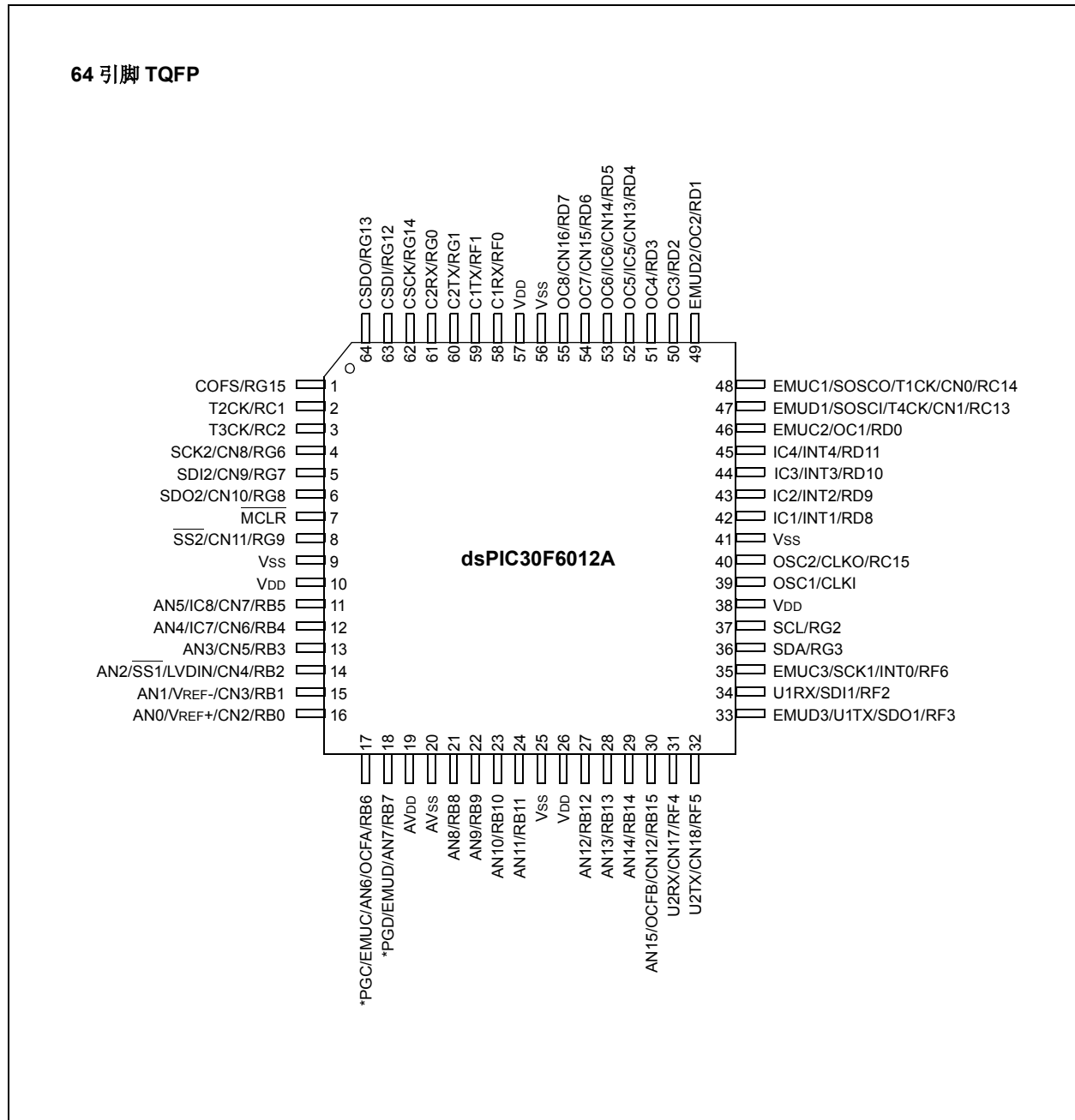


引脚图 (续)

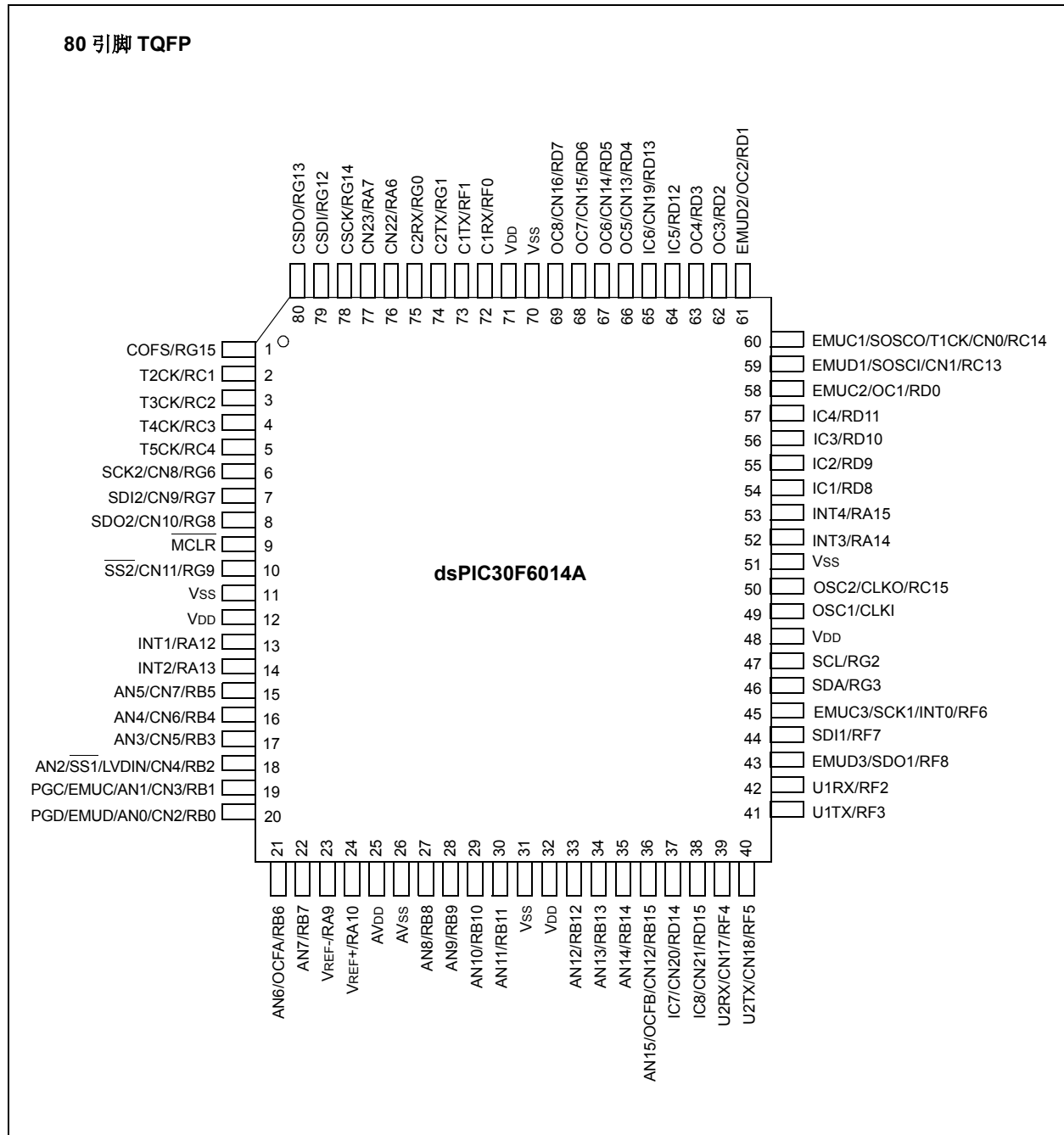


引脚图 (续)

64 引脚 TQFP

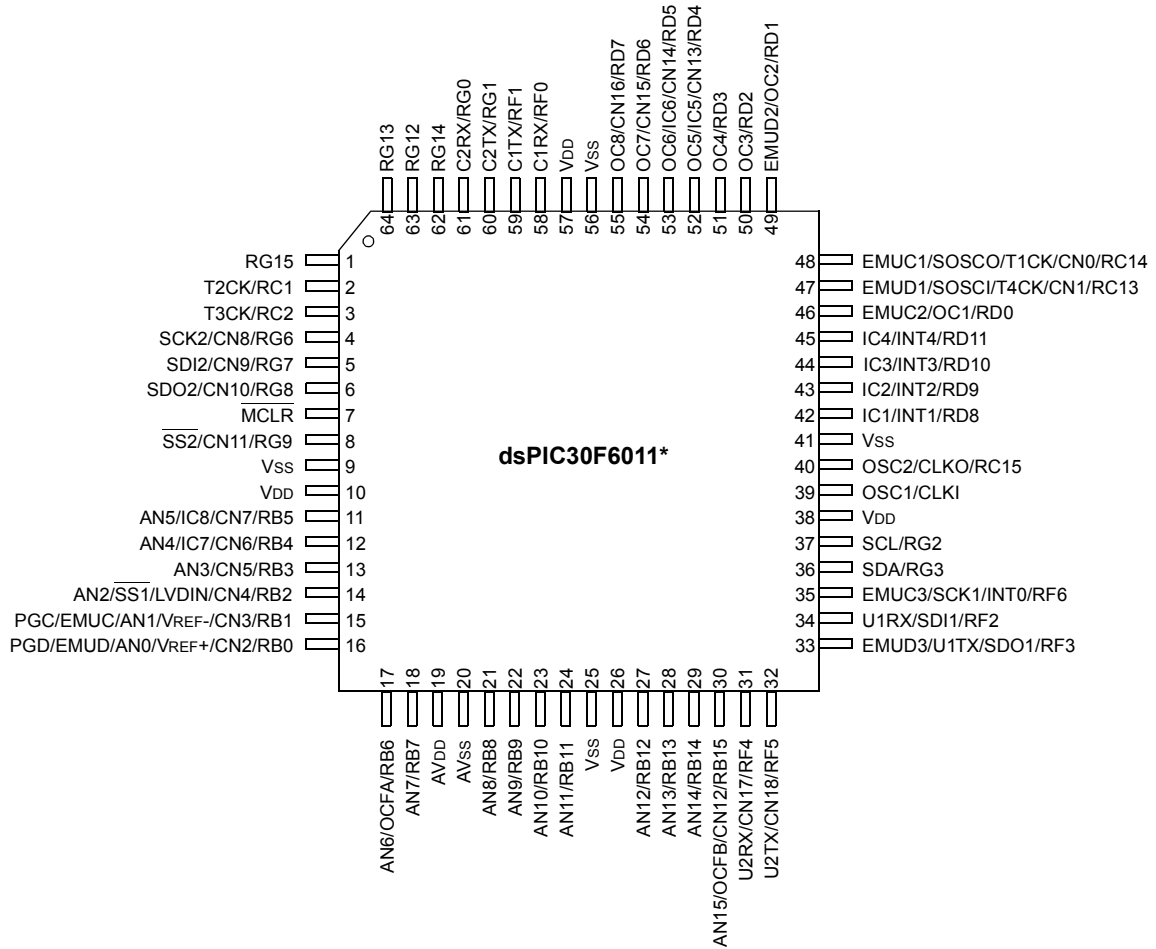


引脚图（续）



引脚图（续）

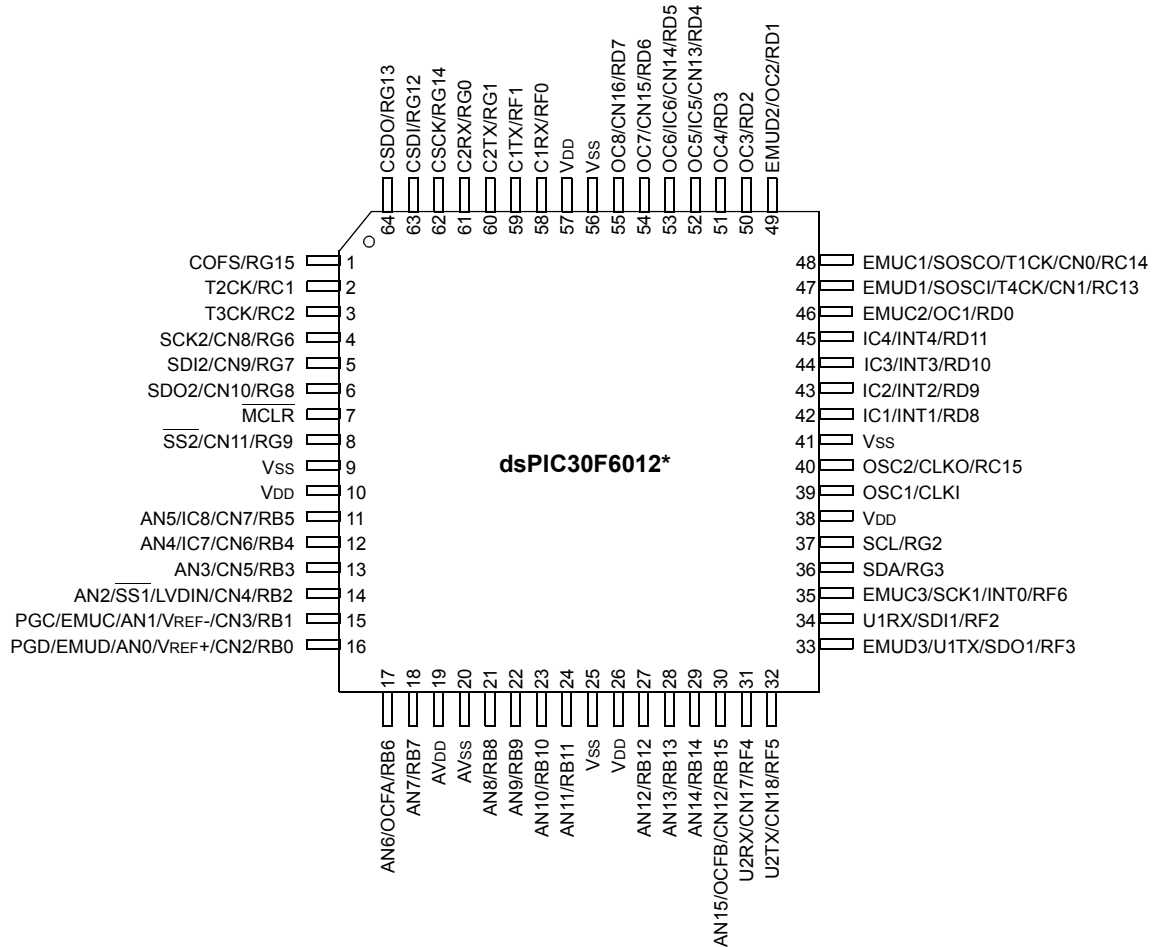
64 引脚 TQFP



* 建议不要在新设计中使用此器件。请参见 dsPIC30F6011A。

引脚图 (续)

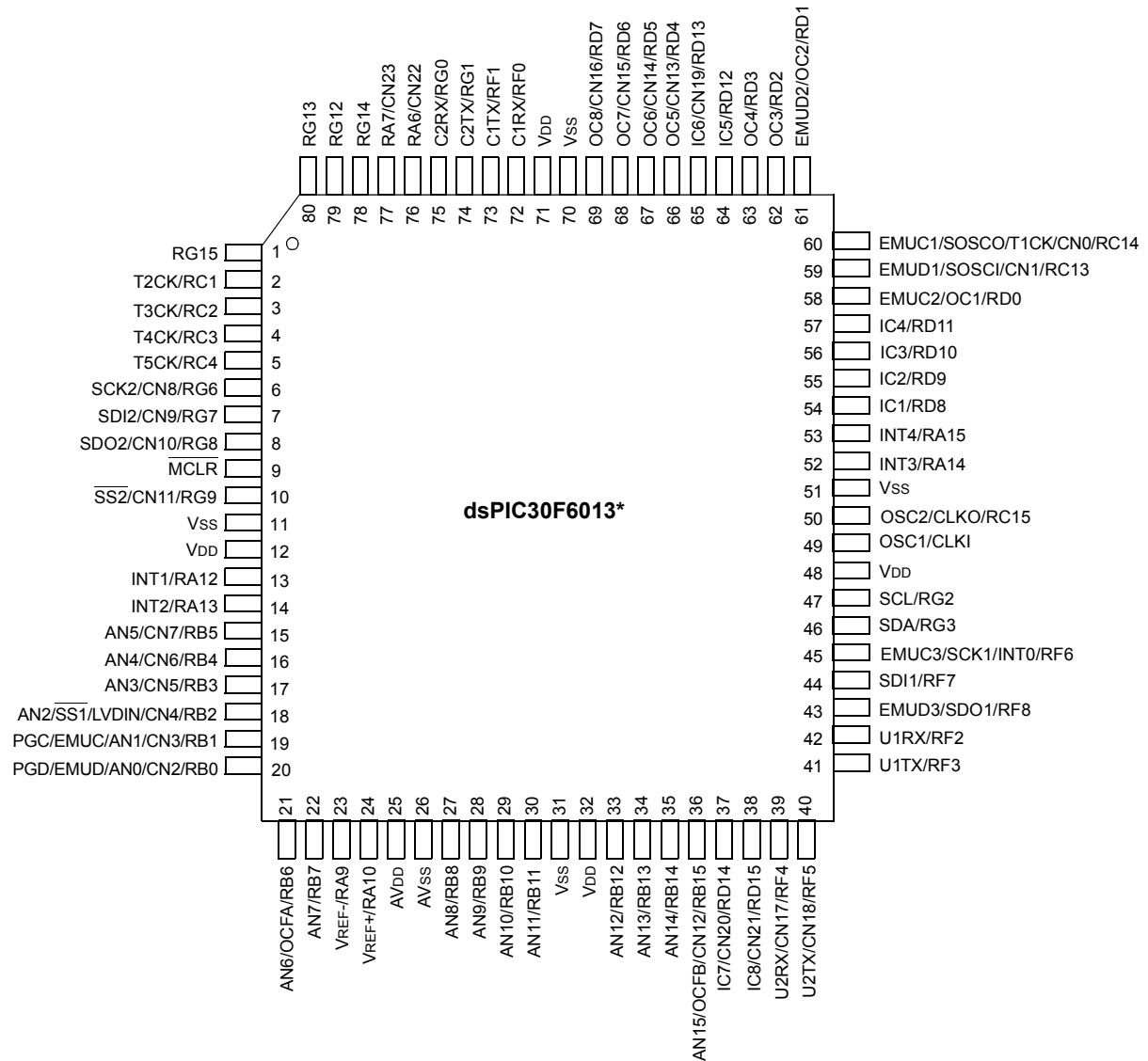
64 引脚 TQFP



* 建议不要在新设计中使用此器件。请参见 dsPIC30F6012A。

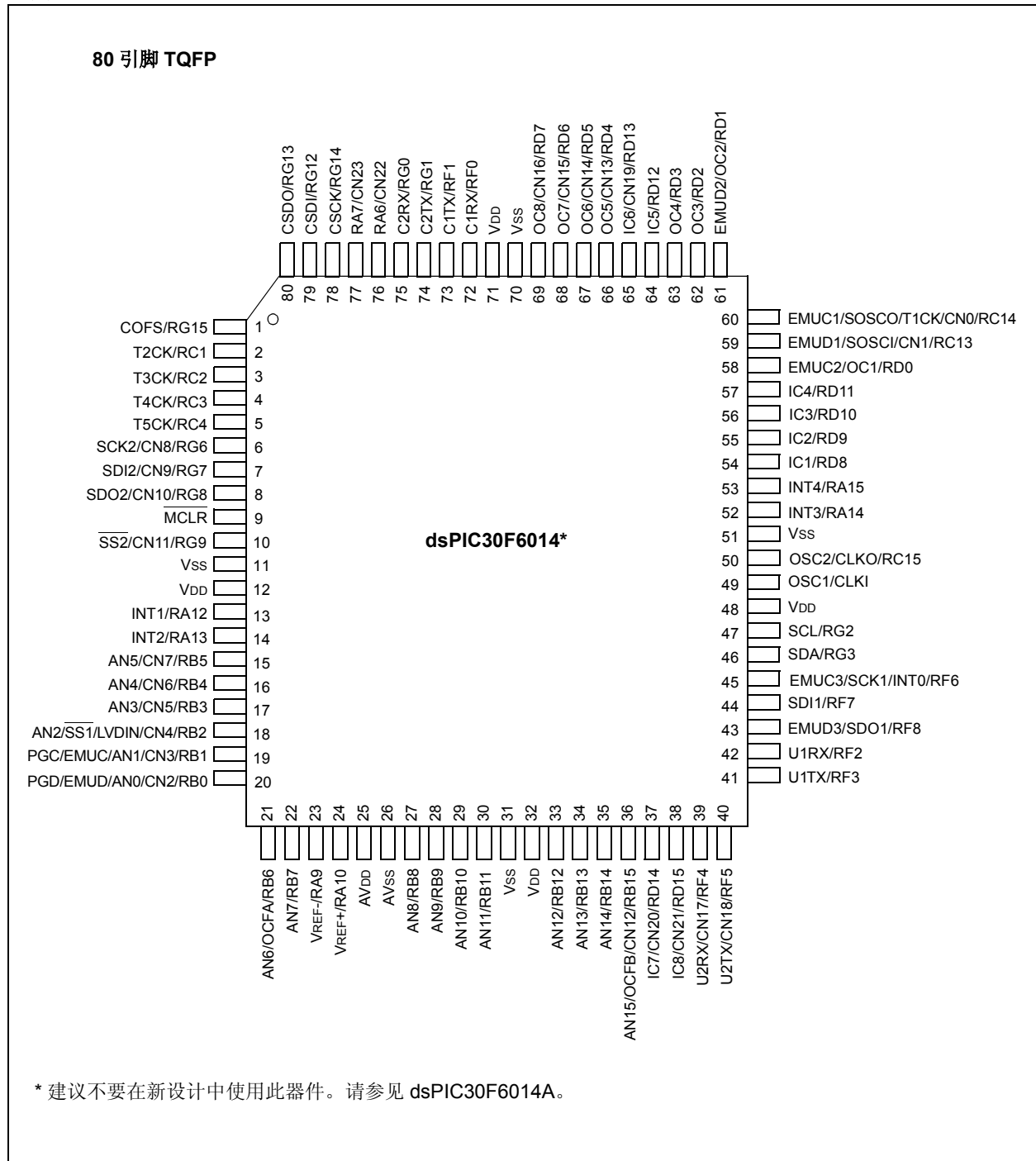
引脚图 (续)

80 引脚 TQFP



* 建议不要在新设计中使用此器件。请参见 dsPIC30F6013A。

引脚图（续）



附录 B： 电机控制系列器件 I/O 引脚配置和功能

表 B-1 简单介绍了能与端口引脚复用的器件 I/O 引脚配置和功能。一个端口引脚可能具有多种功能。当发生复用，外设模块的功能要求会强制改变端口引脚的数据方向。

表 B-1： 电机控制系列 I/O 引脚配置说明

引脚名称	引脚类型	缓冲器类型	说明
AN0-AN15	I	Analog	模拟输入通道。 AN0 和 AN1 还分别用作器件编程数据输入和时钟输入。
AVDD	P	P	模拟模块的正电源端。
AVSS	P	P	模拟模块的参考接地端。
CLKI CLKO	I O	ST/CMOS —	外部时钟源输入。始终与 OSC1 引脚功能相关联。 振荡器晶振输出。在晶振模式下连接晶振或谐振器。在 RC 和 EC 模式下可作为 CLKO。始终与 OSC2 引脚功能相关联。
CN0-CN23	I	ST	输入电平变化通知输入。 所有输入均可被软件编程为具有内部弱上拉功能。
COFS	I/O	ST	数据转换器接口帧同步引脚。
CCLK	I/O	ST	数据转换器接口串行时钟输入 / 输出引脚。
CSDI	I	ST	数据转换器接口串行数据输入引脚。
CSDO	O	—	数据转换器接口串行数据输出引脚。
C1RX C1TX C2RX C2TX	I O I O	ST — ST —	CAN1 总线接收引脚。 CAN1 总线发送引脚。 CAN2 总线接收引脚。 CAN2 总线发送引脚。
EMUD EMUC EMUD1 EMUC1 EMUD2 EMUC2 EMUD3 EMUC3	I/O I I/O I I/O I I/O I	ST ST ST ST ST ST ST ST	ICD 主通信通道的数据 I/O 引脚。 ICD 主通信通道的时钟输入引脚。 ICD 辅助通信通道 1 数据 I/O 引脚。 ICD 辅助通信通道 1 时钟输入引脚。 ICD 辅助通信通道 2 数据 I/O 引脚。 ICD 辅助通信通道 2 时钟输入引脚。 ICD 辅助通信通道 3 数据 I/O 引脚。 ICD 辅助通信通道 3 时钟输入引脚。
IC1-IC8	I	ST	捕捉输入 1 到 8。
INDX QEA	I I	ST ST	正交编码器索引脉冲输入。 QEI 模式下正交编码器相位 A 输入。
QEB	I	ST	定时器模式下辅助定时器外部时钟 / 门控信号输入。 QEI 模式下正交编码器相位 A 输入。
UPDN	O	CMOS	定时器模式下辅助定时器外部时钟 / 门控信号输入。 位置向上 / 向下计数器方向状态。
INT0 INT1 INT2 INT3 INT4	I I I I I	ST ST ST ST ST	外部中断 0。 外部中断 1。 外部中断 2。 外部中断 3。 外部中断 4。
LVDIN	I	Analog	低压检测参考电压输入引脚。

图注： CMOS = CMOS 兼容输入或输出 Analog = 模拟输入
ST = 具有 CMOS 电平的施密特触发器输入 O = 输出 I = 输入 P = 电源

表 B-1: 电机控制系列 I/O 引脚配置说明 (续)

引脚名称	引脚类型	缓冲器类型	说明
FLTA	I	ST	PWM 故障 A 输入。
FLTB	I	ST	PWM 故障 B 输入。
PWM1L	O	—	PWM1 低电平输入。
PWM1H	O	—	PWM1 高电平输入。
PWM2L	O	—	PWM2 低电平输入。
PWM2H	O	—	PWM2 高电平输入。
PWM3L	O	—	PWM3 低电平输入。
PWM3H	O	—	PWM3 高电平输入。
PWM4L	O	—	PWM4 低电平输入。
PWM4H	O	—	PWM4 高电平输入。
MCLR	I/P	ST	主清零（复位）输入或编程电压输入。该引脚电平为低电平时复位器件。
OCFA	I	ST	比较故障 A 输入（对于比较通道 1、2、3 和 4）。
OCFB	I	ST	比较故障 B 输入（对于比较通道 5、6、7 和 8）。
OC1-OC8	O	—	比较输出 1 到 8。
OSC1	I	ST/CMOS	振荡器晶振输入。配置在 RC 模式下缓冲器类型为 ST；其他情况下为 CMOS。
OSC2	I/O	—	振荡器晶振输出。在晶振模式下连接到晶振或谐振器。在 RC 和 EC 模式下可作为 CLK0。
PGD	I/O	ST	在线串行编程数据输入 / 输出引脚。
PGC	I	ST	在线串行编程时钟输入引脚。
RA9-RA10	I/O	ST	PORTA 是一个双向 I/O 端口。
RA14-RA15	I/O	ST	
RB0-RB15	I/O	ST	PORTB 是一个双向 I/O 端口。
RC1	I/O	ST	PORTC 是一个双向 I/O 端口。
RC3	I/O	ST	
RC13-RC15	I/O	ST	
RD0-RD15	I/O	ST	PORTD 是一个双向 I/O 端口。
RE0-RE9	I/O	ST	PORTE 是一个双向 I/O 端口。
RF0-RF8	I/O	ST	PORTF 是一个双向 I/O 端口。
RG0-RG3	I/O	ST	PORTG 是一个双向 I/O 端口。
RG6-RG9	I/O	ST	
SCK1	I/O	ST	SPI1 同步串行时钟输入 / 输出。
SDI1	I	ST	
SDO1	O	—	
SS1	I	ST	
SCK2	I/O	ST	SPI2 同步串行时钟输入 / 输出。
SDI2	I	ST	
SDO2	O	—	
SS2	I	ST	
SCL	I/O	ST	I ² C 同步串行时钟输入 / 输出。
SDA	I/O	ST	
SOSCI	I	ST/CMOS	32 kHz 低功耗振荡器晶振输入；其他情况下为 CMOS。
SOSCO	O	—	
T1CK	I	ST	Timer1 外部时钟输入。
T2CK	I	ST	Timer2 外部时钟输入。
T3CK	I	ST	Timer3 外部时钟输入。
T4CK	I	ST	Timer4 外部时钟输入。
T5CK	I	ST	Timer5 外部时钟输入。

图注: CMOS = CMOS 兼容输入或输出 Analog = 模拟输入
 ST = 具有 CMOS 电平的施密特触发器输入 O = 输出 I = 输入 P = 电源

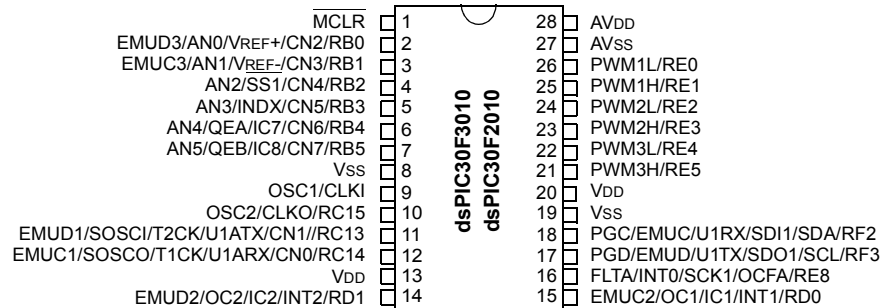
表 B-1: 电机控制系列 I/O 引脚配置说明 (续)

引脚名称	引脚类型	缓冲器类型	说明
U1RX	I	ST	UART1 接收。
U1TX	O	—	UART1 发送。
U1ARX	I	ST	UART1 备用接收。
U1ATX	O	—	UART1 备用发送。
U2RX	I	ST	UART2 接收。
U2TX	O	—	UART2 发送。
VDD	P	—	逻辑模块和 I/O 引脚的正电源端。
VSS	P	—	逻辑模块和 I/O 引脚的接地参考端。
VREF+	I	Analog	模拟参考电压 (高) 输入。
VREF-	I	Analog	模拟参考电压 (低) 输入。

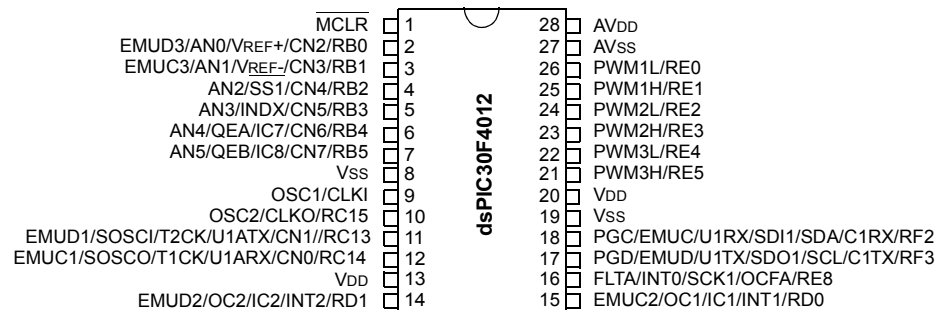
图注: CMOS = CMOS 兼容输入或输出 Analog = 模拟输入
 ST = 具有 CMOS 电平的施密特触发器输入 O = 输出 I = 输入 P = 电源

引脚图

28 引脚 PDIP 和 SOIC

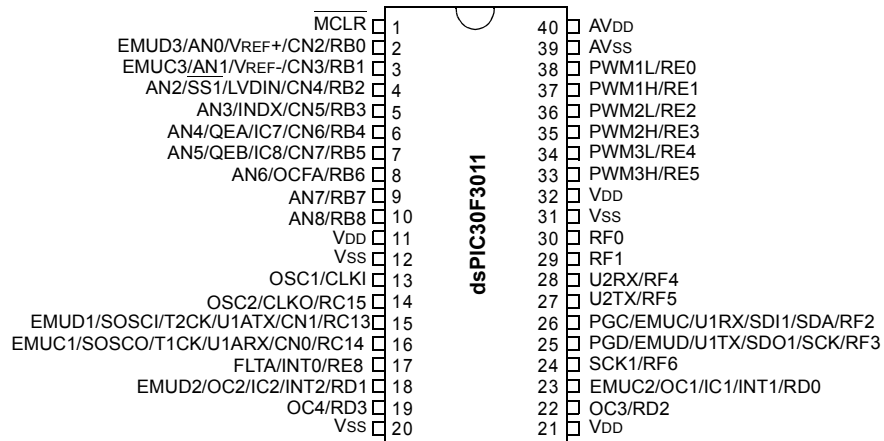


28 引脚 PDIP 和 SOIC

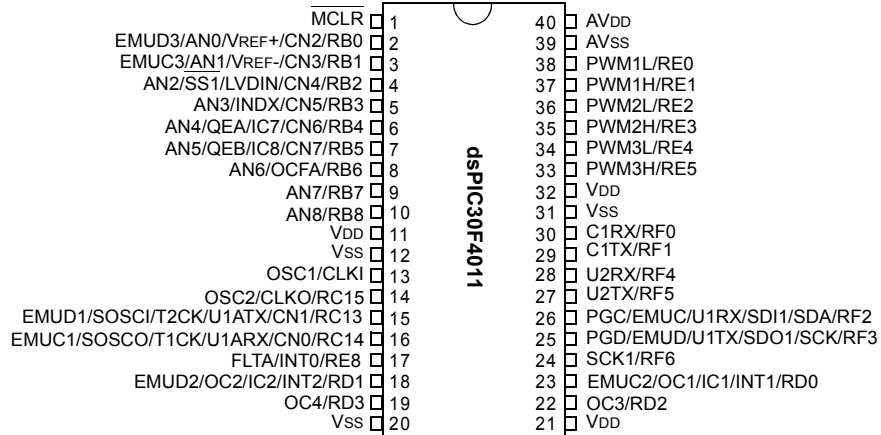


引脚图 (续)

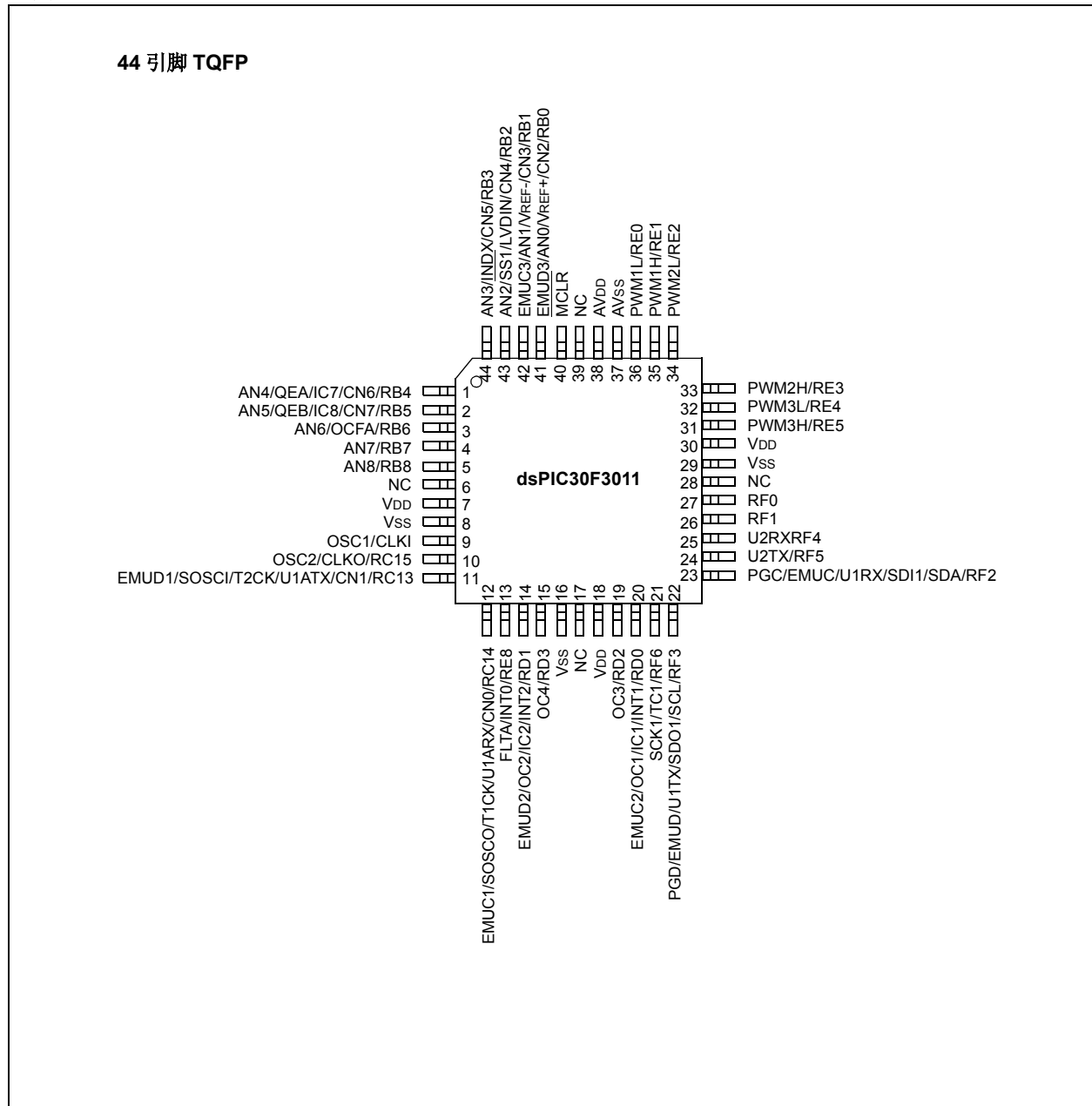
40 引脚 PDIP



40 引脚 PDIP

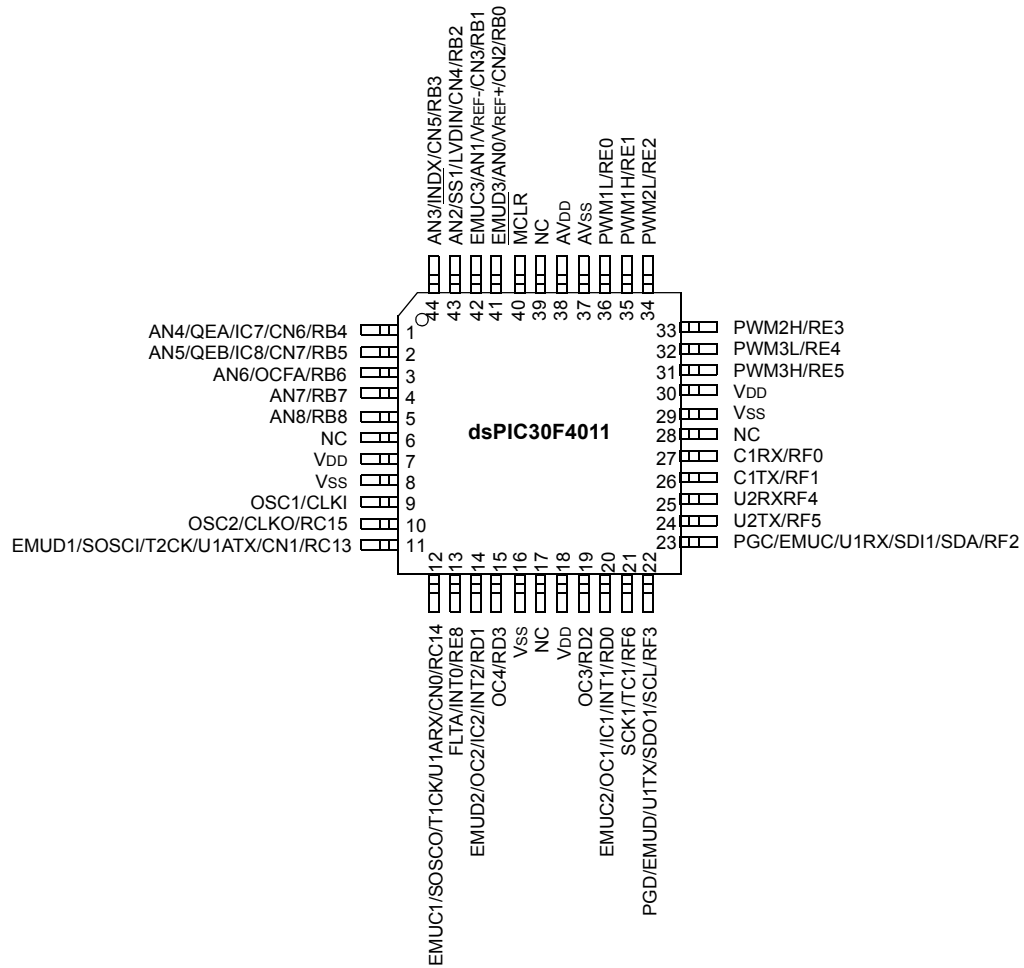


引脚图 (续)

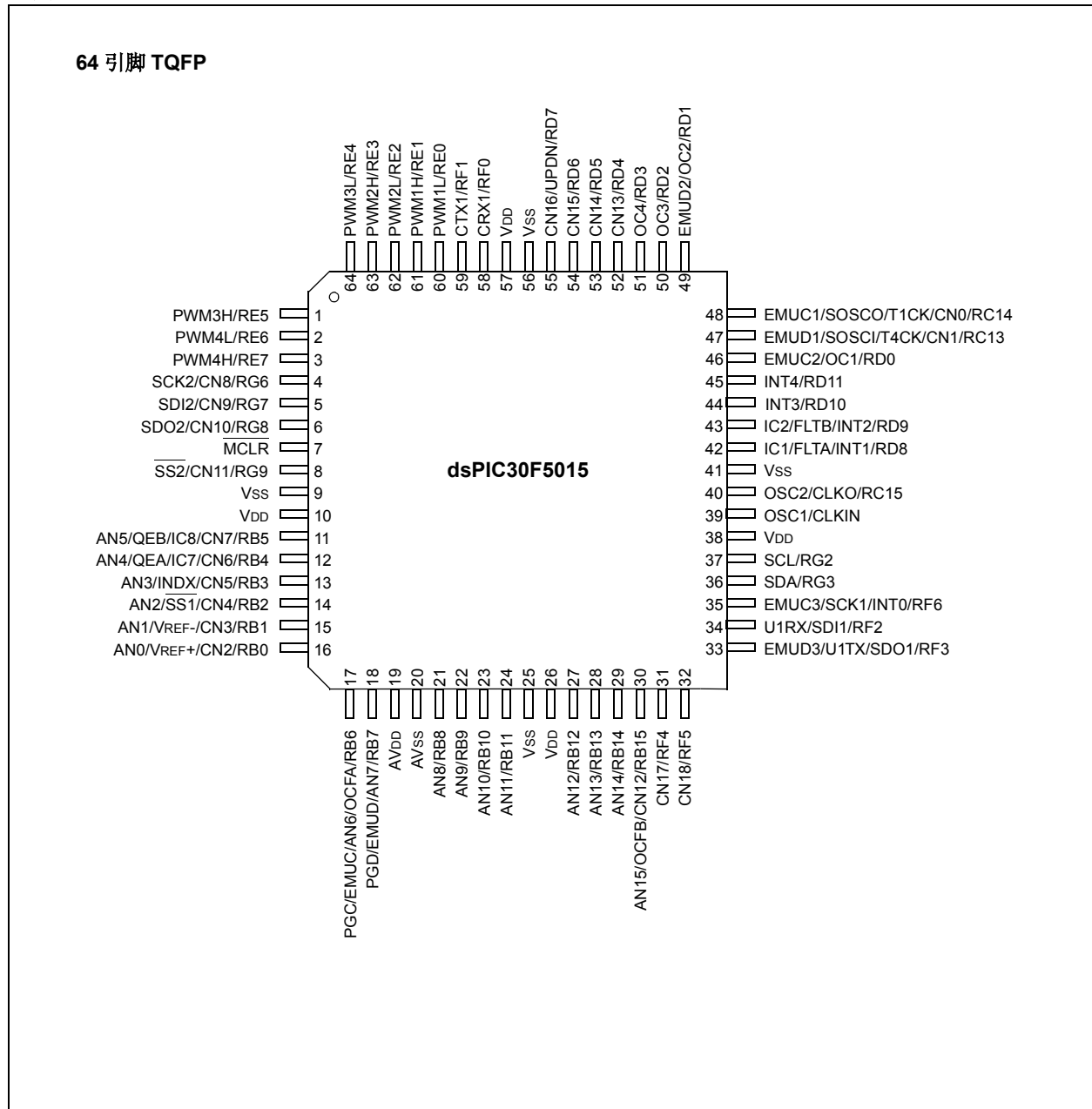


引脚图 (续)

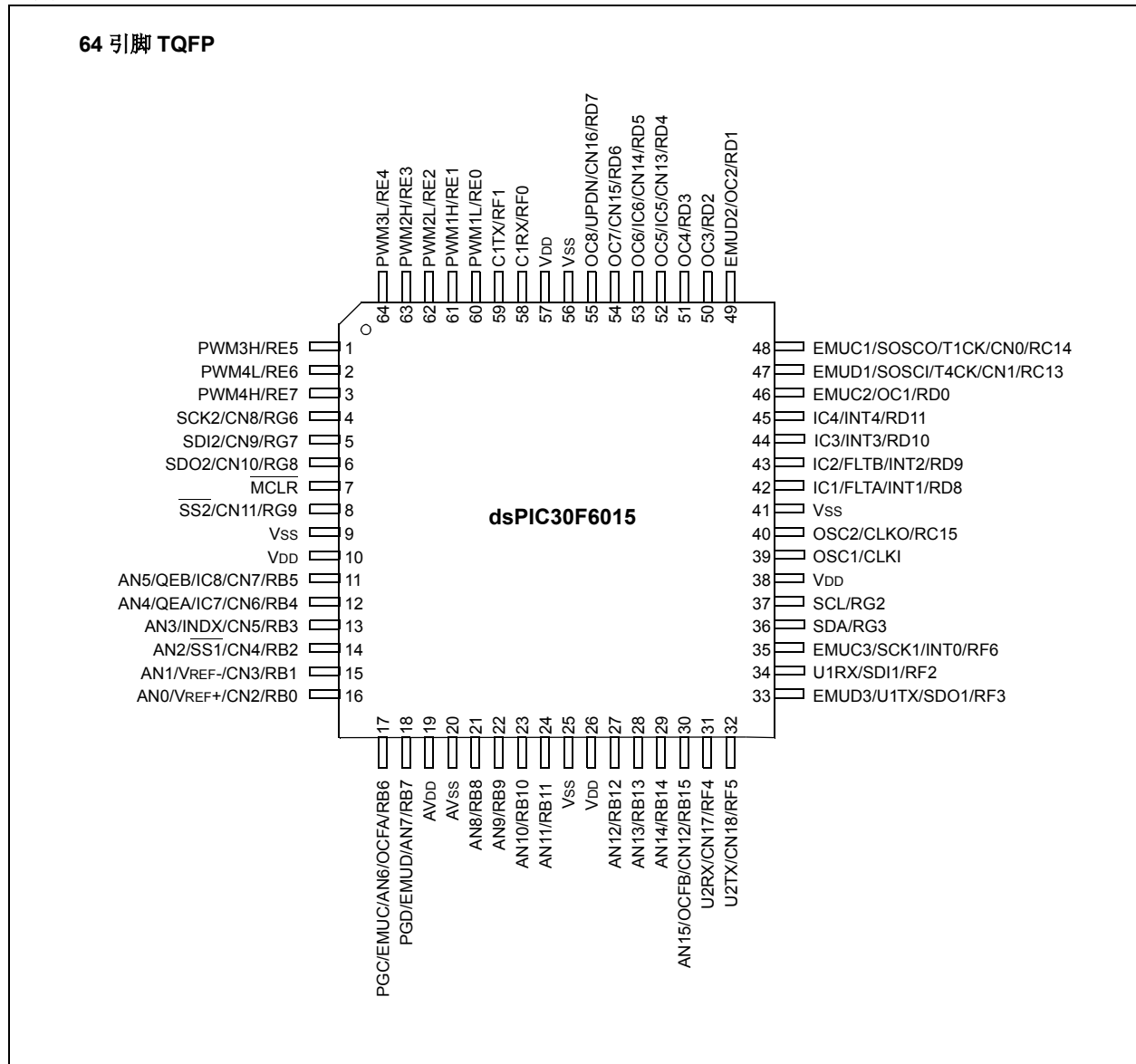
44 引脚 TQFP



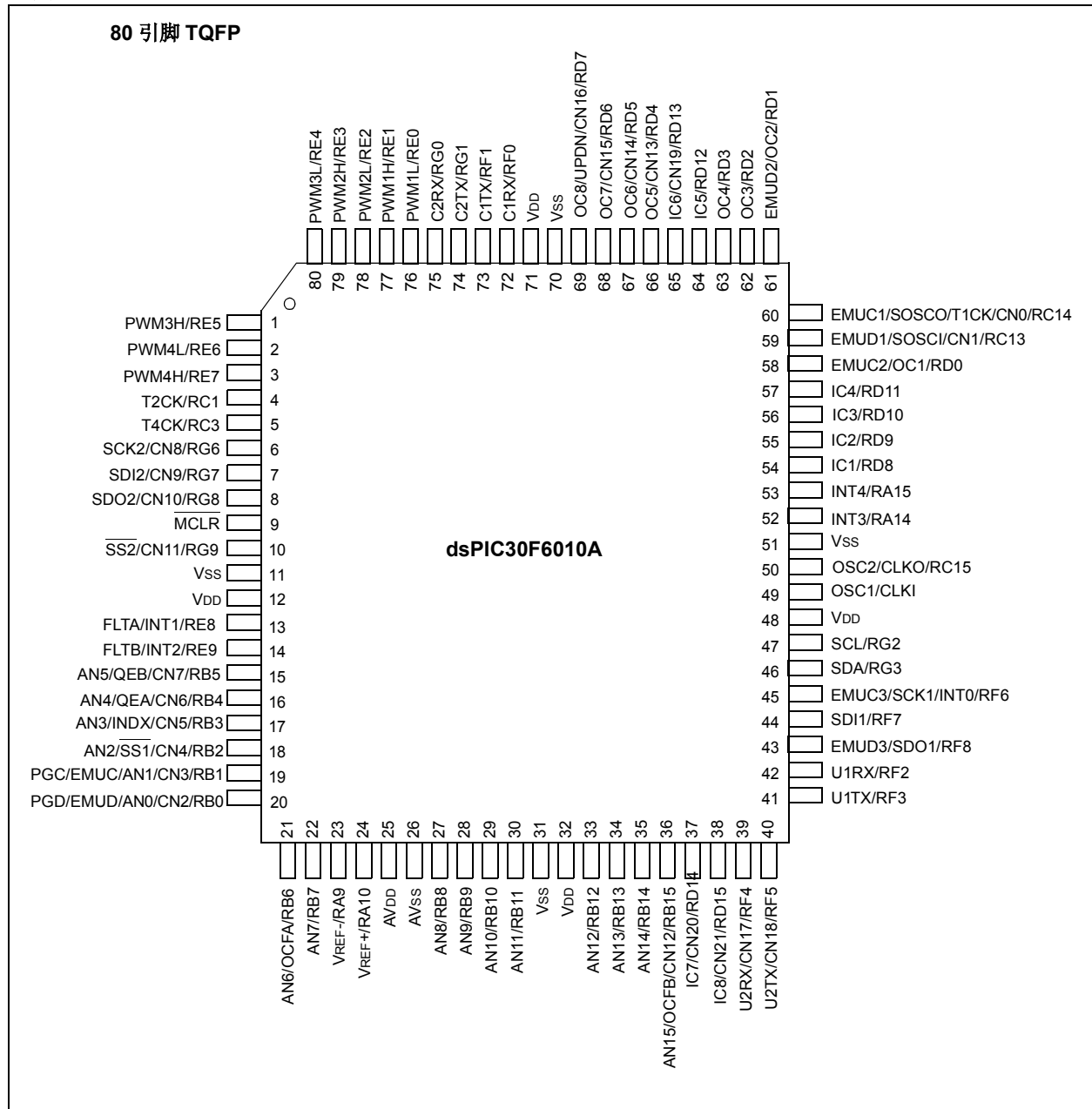
引脚图 (续)



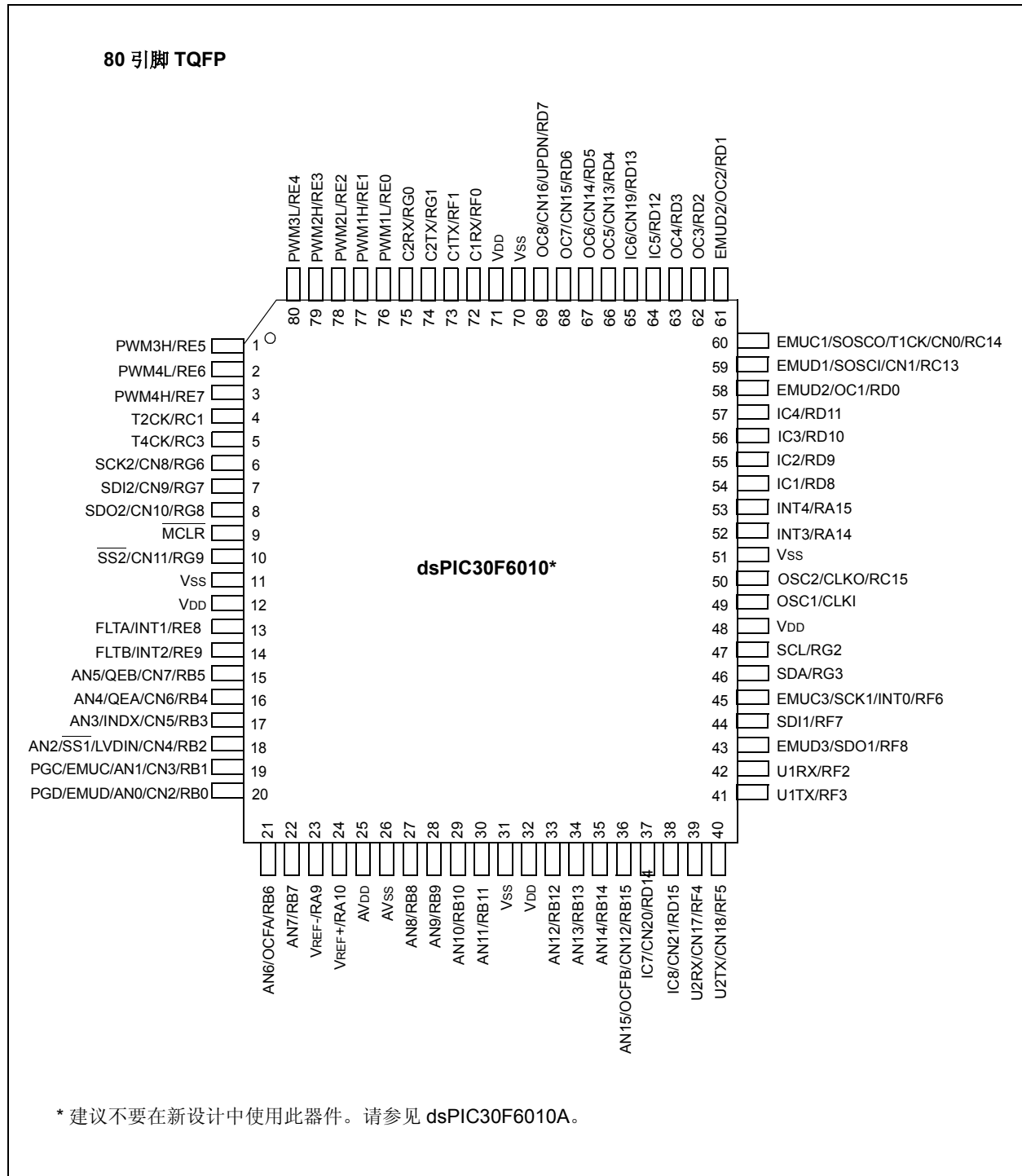
引脚图 (续)



引脚图 (续)



引脚图（续）



注:

全球销售及服务网点

美洲

公司总部 Corporate Office
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277
技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Alpharetta, GA
Tel: 1-770-640-0034
Fax: 1-770-640-0307

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣何塞 San Jose
Mountain View, CA
Tel: 1-650-215-1444
Fax: 1-650-961-0286

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8676-6200
Fax: 86-28-8676-6599

中国 - 福州
Tel: 86-591-8750-3506
Fax: 86-591-8750-3521

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 顺德
Tel: 86-757-2839-5507
Fax: 86-757-2839-5571

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7250
Fax: 86-29-8833-7256

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-4182-8400
Fax: 91-80-4182-8422

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-5160-8631
Fax: 91-11-5160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Gumi
Tel: 82-54-473-4301
Fax: 82-54-473-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-646-8870
Fax: 60-4-646-5086

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-399
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark-Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820