



PIC24FJ16MC101/102

数据手册

超低成本的 16 位
高性能单片机

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，不得暗中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、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PIC³² 徽标、rfPIC 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAL 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、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、REAL ICE、rfLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、UniWinDriver、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。

© 2011, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-61341-604-4

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

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC® MCU 与 dsPIC® DSC、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严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

超低成本的 16 位高性能单片机

工作范围:

- 最高 16 MIPS 的工作速度 (3.0V-3.6V):
 - 工业级温度范围 (-40°C 至 +85°C)
 - 扩展级温度范围 (-40°C 至 +125°C)

片上闪存和 SRAM:

- 闪存程序存储器 (16 KB)
- 数据 SRAM (1 KB)
- 程序闪存的安全性

系统管理:

- 灵活的时钟选项:
 - 外部振荡器、晶振、谐振器和内部 FRC 振荡器
 - 锁相环 (Phase-Locked Loop, PLL)
- 高精度内部 FRC
 - 典型值为 $\pm 0.25\%$
- 上电复位 (Power-on Reset, POR)
- 上电延时定时器 (Power-up Timer, PWRT)
- 振荡器起振定时器 (Oscillator Start-up Timer, OST)
- 欠压复位 (Brown-out Reset, BOR)
- 自带 RC 振荡器的看门狗定时器
- 故障保护时钟监视器 (Fail-Safe Clock Monitor, FSCM)

电机控制 PWM:

- 6 通道 16 位电机控制 PWM:
 - 3 个占空比发生器
 - 独立或互补输出模式
 - 可编程死区和输出极性
 - 边沿对齐或中心对齐
 - 手动输出改写控制
 - 最多两路故障输入
 - ADC 转换触发
 - 16 位分辨率时的 PWM 频率 (16 MIPS 时) = 边沿对齐模式为 488 Hz, 中心对齐模式为 244 Hz
 - 11 位分辨率时的 PWM 频率 (16 MIPS 时) = 边沿对齐模式为 15.63 kHz, 中心对齐模式为 7.81 kHz

功耗管理:

- 单电源片上稳压器
- 实时时钟源切换
- 可快速唤醒的空闲、休眠和打盹模式

模拟外设:

- 10 位 1.1 Msps 模数转换器 (Analog-to-Digital Converter, ADC):
 - 2 路和 4 路同时采样
 - 最多 6 路带自动扫描功能的输入通道
 - 可手动启动转换或与 4 个触发源中的一个同步
 - 在休眠模式下仍可进行转换, 适用于低功耗应用
 - 积分非线性误差最大为 ± 2 LSB
 - 微分非线性误差最大为 ± 1 LSB
- 3 个带可编程输入 / 输出配置的模拟比较器:
 - 每个比较器最多具有 4 路输入
 - 消隐功能
 - 输出数字滤波器
- 充电时间测量单元 (Charge Time Measurement Unit, CTMU):
 - 支持适用于触摸屏和电容式开关的电容触摸传感模块 (mTouch™)
 - 为高级传感器应用提供高分辨率的时间测量
 - 200 ps 的时间测量和精确温度检测分辨率
 - 片上高分辨率温度测量功能

定时器 / 捕捉 / 比较 / PWM:

- 定时器 / 计数器, 最多 3 个 16 位定时器:
 - 最多可以配对作为 1 个 32 位定时器使用
 - 在外部 32.768 kHz 振荡器作用下, 定时器可作为实时时钟运行
 - 可编程预分频器
- 输入捕捉 (最多 3 路通道):
 - 上升沿捕捉、下降沿捕捉或上升 / 下降沿捕捉
 - 16 位捕捉输入功能
 - 每路捕捉通道都带有 4 字深度的 FIFO 缓冲区
- 输出比较 (最多 2 路通道):
 - 1 个或 2 个 16 位比较模式
 - 16 位无毛刺 PWM 模式
- 硬件实时时钟和日历 (Real-Time Clock and Calendar, RTCC):
 - 提供时钟、日历和闹钟功能

数字 I/O:

- 外设引脚选择功能
- 最多 21 个可编程数字 I/O 引脚
- 最多 21 个引脚上具有唤醒 / 电平变化中断功能
- 输出引脚可驱动 3.0V 至 3.6V 的电压
- 5V 耐压引脚上的输出最高为 5.5V, 配置为漏极开路
- 所有数字输入引脚都是 5V 耐压引脚
- 指定引脚上的灌电流最高为 8 mA

通信模块:

- 4 线 SPI:
 - 帧传输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
- I²C™:
 - 完全支持多主机从模式
 - 7 位和 10 位寻址
 - 总线冲突检测和仲裁
 - 集成信号调理
 - 从地址掩码
- UART:
 - 检测到地址位时产生中断
 - 出现 UART 错误时产生中断
 - 检测到启动位时将器件从休眠模式唤醒
 - 4 字符深度的发送和接收 FIFO 缓冲区
 - LIN 2.0 总线支持
 - 硬件 IrDA® 编解码
 - 高速模式
 - 使用 CTS 和 RTS 的硬件流控制

中断控制器:

- 中断响应延时为 5 个周期
- 最多 23 个可用中断源
- 最多 3 个外部中断
- 7 个可编程优先级
- 4 个处理器异常

高性能 MCU CPU 特性:

- 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
- 可寻址最大 4M 指令字的线性程序存储空间
- 可寻址最大 64 KB 的线性数据存储空间
- 73 条基本指令: 多为单字 / 单周期指令
- 灵活和强大的间接寻址模式
- 软件堆栈
- 16 x 16 位整数乘法运算
- 32/16 位和 16/16 位整数除法运算
- 可将数据左移或右移最多 16 位

封装:

- 20 引脚 PDIP/SOIC/SSOP
- 28 引脚 SPDIP/SOIC/SSOP/QFN
- 28 引脚 QFN: 6x6 mm
- 36 引脚 TLA: 5x5 mm

注: 关于每款器件的外设特性列表, 请参见 [表 1](#)。

PIC24FJ16MC101/102 产品系列

表 1 中列出了每款器件的器件名称、引脚数、存储容量和可用的外设，表后还附有它们的引脚图。

表 1: PIC24FJ16MC101/102 控制器系列

器件	引脚数	程序闪存 (KB)	RAM (KB)	可重映射的外设							电机控制 PWM	PWM 故障	10 位 1.1 Mps ADC	RTCC	I ² C™	比较器	CTMU	I/O 引脚数	封装
				可重映射引脚数	16 位定时器 (1)	输入捕捉	输出比较	UART	外部中断 (2)	SPI									
PIC24FJ16MC101	20	16	1	10	3	3	2	1	3	1	6 路通道	1	1 个 ADC, 4 路通道	有	1	3	有	15	PDIP、SOIC 和 SSOP
PIC24FJ16MC102	28	16	1	16	3	3	2	1	3	1	6 路通道	2	1 个 ADC, 6 路通道	有	1	3	有	21	SPDIP、SOIC、SSOP 和 QFN
	36	16	1	16	3	3	2	1	3	1	6 路通道	2	1 个 ADC, 6 路通道	有	1	3	有	21	TLA

注 1: 3 个定时器中有 2 个是可重映射的。

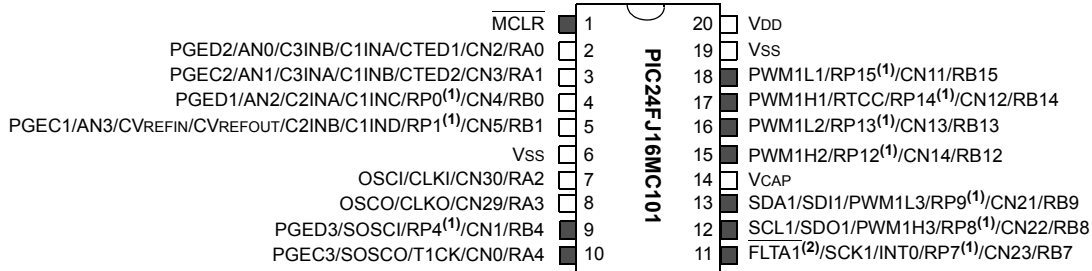
2: 3 个中断中有 2 个是可重映射的。

PIC24FJ16MC101/102

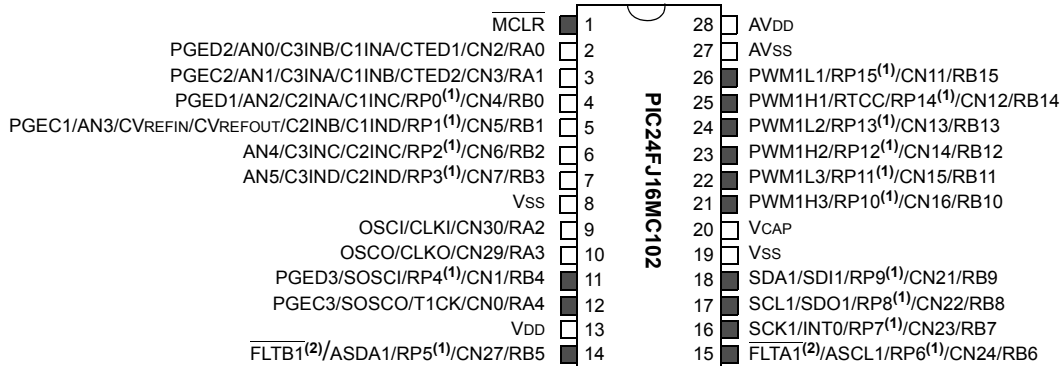
引脚图

20 引脚 PDIP/SOIC/SSOP

■ = 引脚最高可承受 5V 的电压



28 引脚 SPDIP/SOIC/SSOP

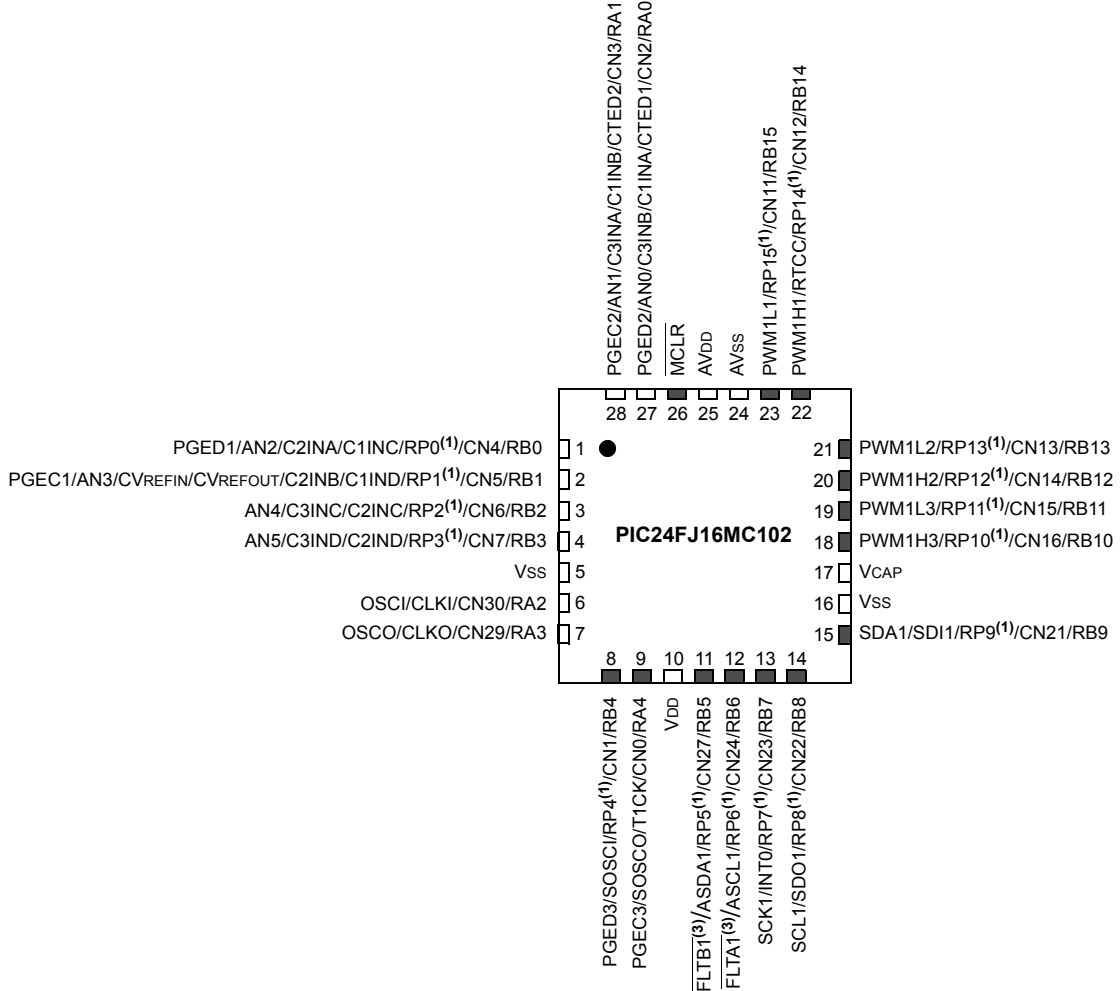


- 注 1: RPN 引脚可由任何可重映射的外设使用。请参见表 1 了解可用外设的列表。
- 2: 发生任意复位事件时, PWM 故障引脚将会使能并置为有效。关于 PWM 故障的更多信息, 请参见第 15.2 节 “PWM 故障”。

引脚图 (续)

28 引脚 QFN⁽²⁾

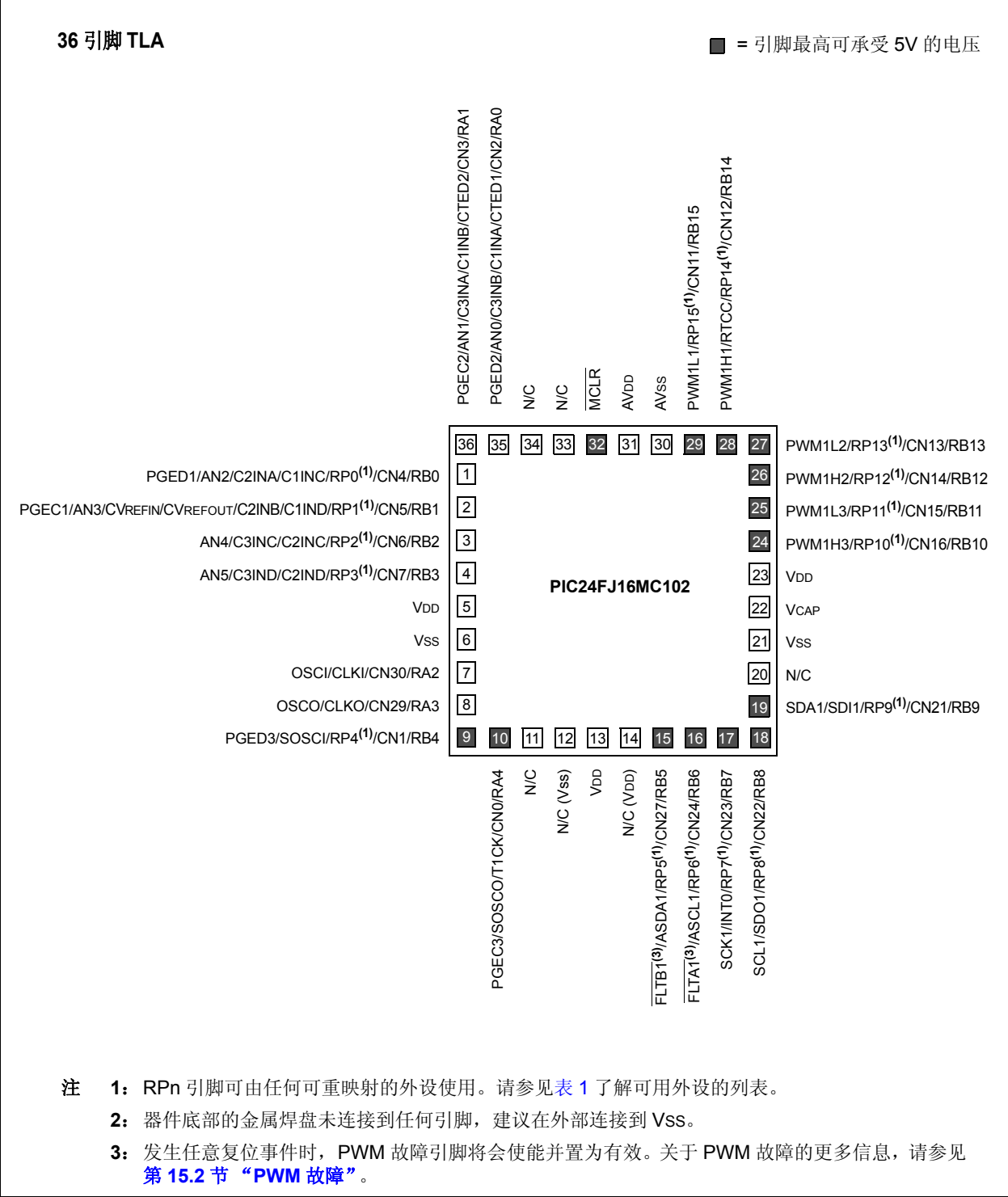
■ = 引脚最高可承受 5V 的电压



- 注 1: RPN 引脚可由任何可重映射的外设使用。请参见表 1 了解可用外设的列表。
- 2: 器件底部的金属焊盘未连接到任何引脚，建议在外部连接到 Vss。
- 3: 发生任意复位事件时，PWM 故障引脚将会使能并置为有效。关于 PWM 故障的更多信息，请参见第 15.2 节 “PWM 故障”。

PIC24FJ16MC101/102

引脚图（续）



目录

PIC24FJ16MC101/102 产品系列	5
1.0 器件概述	11
2.0 16 位单片机入门指南	17
3.0 CPU	21
4.0 存储器构成	27
5.0 闪存程序存储器	51
6.0 复位	55
7.0 中断控制器	63
8.0 振荡器配置	93
9.0 节能特性	101
10.0 I/O 端口	107
11.0 Timer1	123
12.0 Timer2/3 特性	125
13.0 输入捕捉	131
14.0 输出比较	133
15.0 电机控制 PWM 模块	137
16.0 串行外设接口 (SPI)	153
17.0 I ² C™	159
18.0 通用异步收发器 (UART)	167
19.0 10 位模数转换器 (ADC)	173
20.0 比较器模块	185
21.0 实时时钟和日历 (RTCC)	199
22.0 充电时间测量单元 (CTMU)	209
23.0 特殊功能	215
24.0 指令集汇总	223
25.0 开发支持	231
26.0 电气特性	235
27.0 封装信息	277
附录 A: 版本历史	295
索引	297
Microchip 网站	301
变更通知客户服务	301
客户支持	301
读者反馈表	302
产品标识体系	303

致客户

我们旨在提供最佳文档供客户正确使用 Microchip 产品。为此，我们将不断改进出版物的内容和质量，使之更好地满足您的要求。出版物的质量将随新文档及更新版本的推出而得到提升。

如果您对本出版物有任何问题和建议，请通过电子邮件联系我公司 TRC 经理，电子邮件地址为 CTRC@microchip.com，或将本数据手册后附的《读者反馈表》传真到 86-21-5407 5066。我们期待您的反馈。

最新数据手册

欲获得本数据手册的最新版本，请查询我公司的网站：

<http://www.microchip.com>

查看数据手册中任意一页下边角处的文献编号即可确定其版本。文献编号中数字串后的字母是版本号，例如：DS30000A 是 DS30000 的 A 版本。

勘误表

现有器件可能带有一份勘误表，描述了实际运行与数据手册中记载内容之间存在的细微差异以及建议的变通方法。一旦我们了解到器件 / 文档存在某些差异时，就会发布勘误表。勘误表上将注明其所适用的硅片版本和文件版本。

欲了解某一器件是否存在勘误表，请通过以下方式之一查询：

- Microchip 网站 <http://www.microchip.com>
- 当地 Microchip 销售办事处（见最后一页）

在联络销售办事处时，请说明您所使用的器件型号、硅片版本和数据手册版本（包括文献编号）。

客户通知系统

欲及时获知 Microchip 产品的最新信息，请到我公司网站 www.microchip.com 上注册。

1.0 器件概述

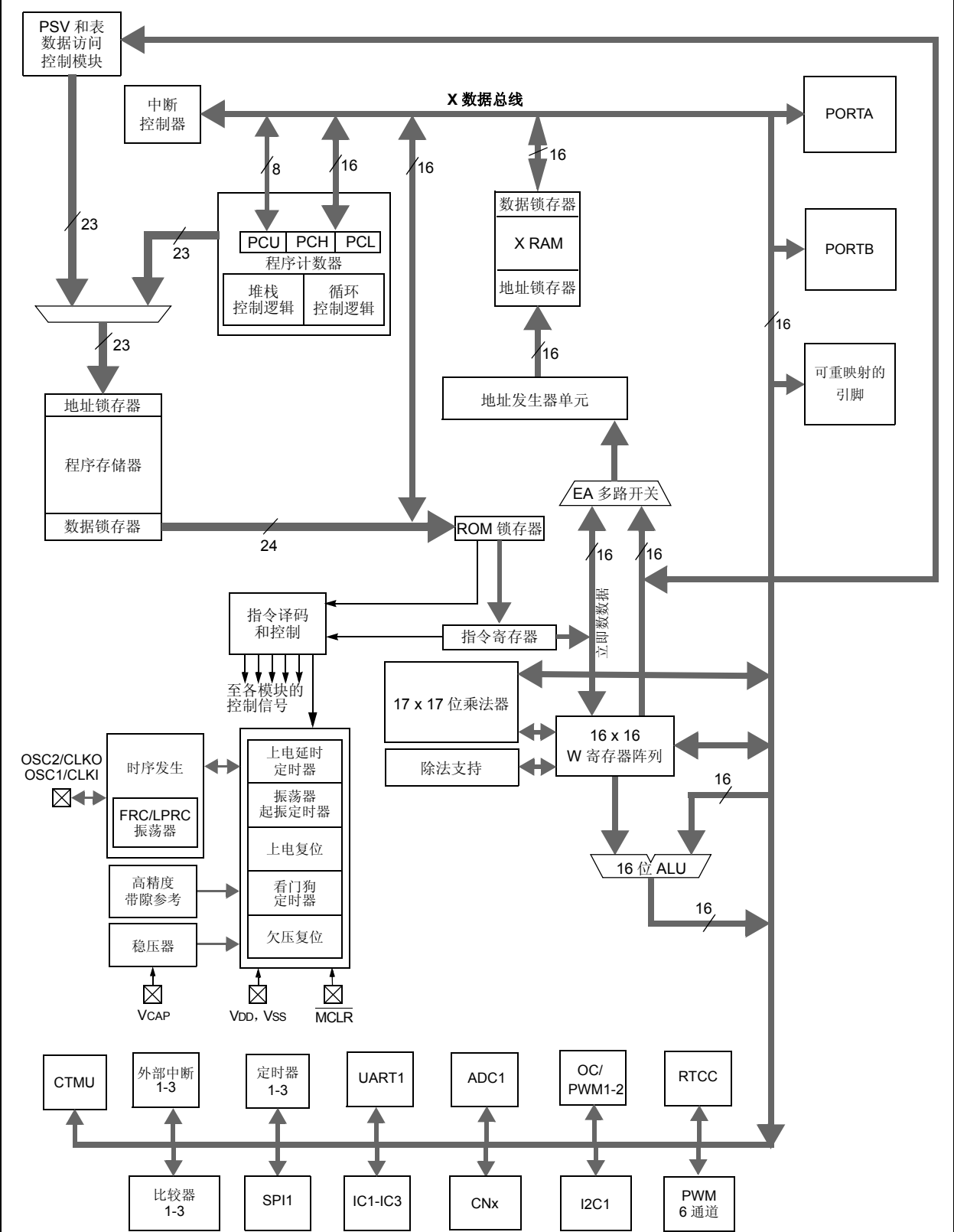
- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见最新的《PIC24F系列参考手册》章节，这些文档可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第 26.0 节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。

本文档包含 PIC24FJ16MC101/102 单片机（MCU）器件的具体信息。所有 PIC24F 器件的核心都是 16 位改进型哈佛架构，首先在 Microchip dsPIC® 数字信号控制器中引入。

图 1-1 给出了 PIC24FJ16MC101/102 系列器件中内核和外设模块的一般框图。表 1-1 列出了引脚图中显示的各引脚的功能。

PIC24FJ16MC101/102

图 1-1: PIC24FJ16MC101/102 框图



注：并非在所有器件的引脚配置中都实现了全部的引脚或特性。请参见“引脚图”了解每款器件上的具体引脚和特性的信息。

表 1-1: 引脚 I/O 说明

引脚名称	引脚类型	缓冲器类型	PPS	说明
AN0-AN5	I	模拟	否	模拟输入通道。
CLKI CLKO	I O	ST/ CMOS —	否 否	外部时钟源输入。总是与 OSC1 引脚功能相关联。 晶振输出。在晶振模式下，该引脚与晶振或谐振器相连。也可选择在 RC 和 EC 模式下用作 CLKO。总是与 OSC2 引脚功能相关联。
OSC1 OSC2	I I/O	ST/ CMOS —	否 否	晶振输入。配置为 RC 模式时为 ST 缓冲器输入；否则为 CMOS 输入。 晶振输出。在晶振模式下，该引脚与晶振或谐振器相连。也可选择在 RC 和 EC 模式下用作 CLKO。
SOSCI SOSCO	I O	ST/ CMOS —	否 否	32.768 kHz 低功耗晶振输入；否则为 CMOS 输入。 32.768 kHz 低功耗晶振输出。
CN0-CN7 CN11-CN16 CN21-CN24 CN27 CN29-CN30	I 	ST ST ST ST ST	否 否 否 否 否	电平变化通知输入。所有输入上的内部弱上拉可用软件编程来使能 / 禁止。
IC1-IC3	I	ST	是	捕捉输入 1/2/3。
OCFA OC1-OC2	I O	ST —	是 是	比较故障 A 输入（对于比较通道 1 和 2）。 比较输出 1 至 2。
INT0 INT1 INT2	I I I	ST ST ST	否 是 是	外部中断 0。 外部中断 1。 外部中断 2。
RA0-RA4	I/O	ST	否	PORTA 是双向 I/O 端口。
RB0-RB15	I/O	ST	否	PORTB 是双向 I/O 端口。
T1CK T2CK T3CK	I I I	ST ST ST	否 是 是	Timer1 外部时钟输入。 Timer2 外部时钟输入。 Timer3 外部时钟输入。
U1CTS U1RTS U1RX U1TX	I O I O	ST — ST —	是 是 是 是	UART1 允许发送。 UART1 请求发送。 UART1 接收。 UART1 发送。
SCK1 SDI1 SDO1 SS1	I/O I O I/O	ST ST — ST	是 是 是 是	SPI1 的同步串行时钟输入 / 输出。 SPI1 数据输入。 SPI1 数据输出。 SPI1 从同步或帧脉冲 I/O。
SCL1 SDA1 ASCL1 ASDA1	I/O I/O I/O I/O	ST ST ST ST	否 否 否 否	I2C1 的同步串行时钟输入 / 输出。 I2C1 的同步串行数据输入 / 输出。 I2C1 的备用同步串行时钟输入 / 输出。 I2C1 的备用同步串行数据输入 / 输出。

图注: CMOS = CMOS 兼容输入或输出 模拟 = 模拟输入 P = 电源
ST = CMOS 电平的施密特触发器输入 O = 输出 I = 输入
PPS = 外设引脚选择

- 注 1: 在 PIC24FJ16MC101（20 引脚）器件上，FLTA1 引脚需要连接一个外部下拉电阻。
- 2: FLTB1 引脚在 PIC24FJ16MC101（20 引脚）器件上不可用。
- 3: 发生任意复位事件时，PWM 故障引脚将会使能。关于 PWM 故障的更多信息，请参见第 15.2 节“PWM 故障”。

PIC24FJ16MC101/102

表 1-1: 引脚 I/O 说明 (续)

引脚名称	引脚类型	缓冲器类型	PPS	说明
FLTA1 ^(1,3)	I	ST	否	PWM1 故障 A 输入。
FLTB1 ^(2,3)	I	ST	否	PWM1 故障 B 输入。
PWM1L1	O	—	否	PWM1 低电平输出 1。
PWM1H1	O	—	否	PWM1 高电平输出 1。
PWM1L2	O	—	否	PWM1 低电平输出 2。
PWM1H2	O	—	否	PWM1 高电平输出 2。
PWM1L3	O	—	否	PWM1 低电平输出 3。
PWM1H3	O	—	否	PWM1 高电平输出 3。
RTCC	O	数字	否	RTCC 闹钟输出。
CTPLS	O	数字	是	CTMU 脉冲输出。
CTED1	I	数字	否	CTMU 外部边沿输入 1。
CTED2	I	数字	否	CTMU 外部边沿输入 2。
CVREF	I	模拟	否	比较器正参考电压输入。
C1INA	I	模拟	否	比较器 1 的同相输入 A。
C1INB	I	模拟	否	比较器 1 的反相输入 B。
C1INC	I	模拟	否	比较器 1 的反相输入 C。
C1IND	I	模拟	否	比较器 1 的反相输入 D。
C1OUT	O	数字	是	比较器 1 的输出。
C2INA	I	模拟	否	比较器 2 的同相输入 A。
C2INB	I	模拟	否	比较器 2 的反相输入 B。
C2INC	I	模拟	否	比较器 2 的反相输入 C。
C2IND	I	模拟	否	比较器 2 的反相输入 D。
C2OUT	O	数字	是	比较器 2 的输出。
C3INA	I	模拟	否	比较器 3 的同相输入 A。
C3INB	I	模拟	否	比较器 3 的反相输入 B。
C3INC	I	模拟	否	比较器 3 的反相输入 C。
C3IND	I	模拟	否	比较器 3 的反相输入 D。
C3OUT	O	数字	是	比较器 3 的输出。
PGED1	I/O	ST	否	编程 / 调试通信通道 1 使用的数据 I/O 引脚。
PGEC1	I	ST	否	编程 / 调试通信通道 1 使用的时钟输入引脚。
PGED2	I/O	ST	否	编程 / 调试通信通道 2 使用的数据 I/O 引脚。
PGEC2	I	ST	否	编程 / 调试通信通道 2 使用的时钟输入引脚。
PGED3	I/O	ST	否	编程 / 调试通信通道 3 使用的数据 I/O 引脚。
PGEC3	I	ST	否	编程 / 调试通信通道 3 使用的时钟输入引脚。
MCLR	I/P	ST	否	主复位输入。此引脚为低电平有效的器件复位输入端。
AVDD	P	P	否	模拟模块的正电源。此引脚必须始终连接。对于不具备该引脚的器件，该信号在内部连接到 VDD。
AVSS	P	P	否	模拟模块的参考地。对于不具备该引脚的器件，该信号在内部连接到 VSS。
VDD	P	—	否	外设逻辑和 I/O 引脚的正电源。
VCAP	P	—	否	CPU 逻辑滤波电容连接。
VSS	P	—	否	逻辑和 I/O 引脚的参考地。

图注: CMOS = CMOS 兼容输入或输出 模拟 = 模拟输入 P = 电源
ST = CMOS 电平的施密特触发器输入 O = 输出 I = 输入
PPS = 外设引脚选择

- 注 1: 在 PIC24FJ16MC101 (20 引脚) 器件上, FLTA1 引脚需要连接一个外部下拉电阻。
- 2: FLTB1 引脚在 PIC24FJ16MC101 (20 引脚) 器件上不可用。
- 3: 发生任意复位事件时, PWM 故障引脚将会使能。关于 PWM 故障的更多信息, 请参见第 15.2 节 “PWM 故障”。

1.1 参考资料来源

本器件数据手册基于《PIC24F 系列参考手册》的以下各章。有关特定模块或器件功能的具体工作，应将这些文档作为主要参考资料。

注： 要访问以下所列文档，请浏览 Microchip 网站 (www.microchip.com) 中的具体器件产品页。

除了参数、特性和其他文档之外，器件页面中还提供了指向相关系列参考手册章节的链接。

- 第 1 章 “简介” (DS39718)
- 第 2 章 “CPU” (DS39703)
- 第 3 章 “数据存储器” (DS39717)
- 第 4 章 “程序存储器” (DS39715)
- 第 6 章 “振荡器” (DS39700)
- 第 7 章 “复位” (DS39712)
- 第 8 章 “中断” (DS39707)
- 第 9 章 “看门狗定时器 (WDT)” (DS39697)
- 第 10 章 “节能特性” (DS39698)
- 第 11 章 “充电时间测量单元 (CTMU)” (DS39724)
- 第 12 章 “带外设引脚选择 (PPS) 的 I/O 端口” (DS39711)
- 第 14 章 “定时器” (DS39704)
- 第 15 章 “输入捕捉” (DS39701)
- 第 16 章 “输出比较” (DS39706)
- 第 21 章 “UART” (DS39708)
- 第 23 章 “串行外设接口 (SPI)” (DS39699)
- 第 24 章 “I²C™” (DS39702)
- 第 29 章 “实时时钟和日历 (RTCC)” (DS39696)
- 第 32 章 “高级器件集成” (DS39719)
- 第 33 章 “编程和诊断” (DS39716)
- 第 46 章 “带 4 路同时转换功能的 10 位模数转换器 (ADC)” (DS39737)
- 第 47 章 “电机控制 PWM” (DS39735)
- 第 48 章 “带消隐功能的比较器” (DS39741)

注:

2.0 16 位单片机入门指南

- 注 1:** 本数据手册总结了 PIC24FJ16MC101/102 系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F 系列参考手册》。请访问 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24F 系列参考手册》章节。
- 2:** 请注意，本数据手册第 26.0 节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F 系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的第 4.0 节“存储器构成”。

2.1 基本连接要求

在开始使用 PIC24FJ16MC101/102 系列 16 位单片机 (MCU) 进行开发之前，需要注意最基本的器件引脚连接要求。下面列出了必须始终连接的引脚名称：

- 所有 VDD 和 VSS 引脚
(见第 2.2 节“去耦电容”)
- 所有 AVDD 和 AVSS 引脚 (如果器件上存在，不论是否使用 ADC 模块)
(见第 2.2 节“去耦电容”)
- VCAP
(见第 2.3 节“CPU 逻辑滤波电容连接 (VCAP)”)
- MCLR 引脚
(见第 2.4 节“主复位 (MCLR) 引脚”)
- PGECx/PGEDx 引脚，用于进行在线串行编程 (In-Circuit Serial Programming™, ICSP™) 和调试
(见第 2.5 节“ICSP 引脚”)
- OSC1 和 OSC2 引脚 (使用外部振荡器源时)
(见第 2.6 节“外部振荡器引脚”)

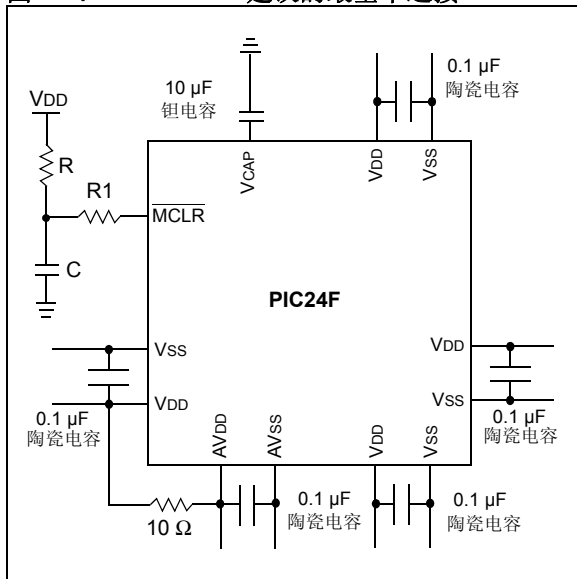
2.2 去耦电容

需要在每对电源引脚 (例如，VDD/VSS 和 AVDD/AVSS) 上使用去耦电容。

使用去耦电容时，需要考虑以下标准：

- **电容的类型和电容值：**建议使用参数为 0.1 μF (100 nF)、10V – 20V 的电容。该电容应具有低 ESR，谐振频率为 20 MHz 或更高。建议使用陶瓷电容。
- **在印刷电路板上的放置：**去耦电容应尽可能靠近引脚。建议将电容与器件放置在电路板的同一层。如果空间受限，可以使用过孔将电容放置在 PCB 的另一层，但请确保从引脚到电容的走线长度小于 0.25 英寸 (6 毫米)。
- **高频噪声处理：**如果电路板会遇到高频噪声 (频率高于数十 MHz)，则另外添加一个陶瓷电容，与上述去耦电容并联。第二个电容的电容值可以介于 0.001 μF 和 0.01 μF 之间。请将第二个电容放置在靠近主去耦电容的位置。在高速电路设计中，需要考虑尽可能靠近电源和接地引脚放置一对电容。例如，0.1 μF 电容与 0.001 μF 电容并联。
- **最大程度提高性能：**对于从电源电路开始的电路板布线，需要将电源和返回走线先连接到去耦电容，然后再与器件引脚连接。这可以确保去耦电容是电源链中的第一个元件。同等重要的是尽可能减小电容和电源引脚之间的走线长度，从而降低 PCB 走线电感。

图 2-1: 建议的最基本连接



2.2.1 大容量电容

对于电源走线长度超出 6 英寸的电路板，建议对集成电路（包括 MCU）使用大容量电容来提供本地电源。大容量电容的电容值应根据连接电源与器件的走线电阻和应用中器件的最大电流确定。也就是说，选择的大容量电容需要满足器件的可接受电压骤降要求。典型值的范围为 4.7 μF 至 47 μF。

2.3 CPU 逻辑滤波电容连接（VCAP）

需要在 VCAP 引脚上使用低 ESR ($< 5\Omega$) 电容，以稳定稳压器的输出电压。VCAP 引脚一定不能与 VDD 连接，并且必须使用 4.7 μF 至 10 μF、16V 的电容接地。可以使用陶瓷电容或钽电容。更多信息，请参见第 26.0 节“电气特性”。

该电容的位置应靠近 VCAP。建议走线长度不要超出 0.25 英寸（6 毫米）。详情请参见第 23.2 节“片上稳压器”。

2.4 主复位（MCLR）引脚

MCLR 引脚提供两种特定的器件功能：

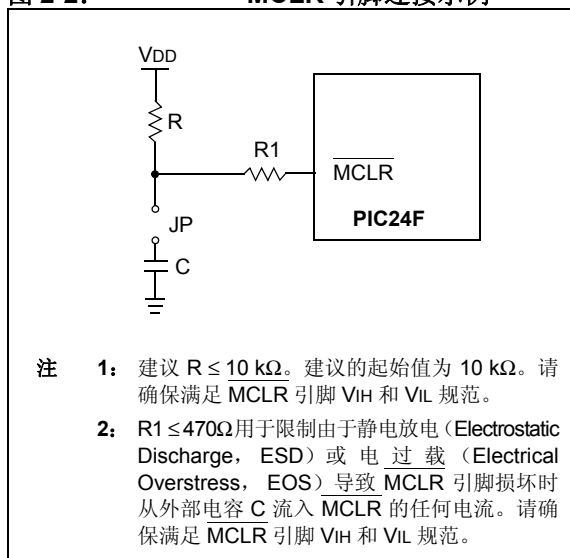
- 器件复位
- 器件编程和调试

在器件编程和调试过程中，必须考虑到引脚上可能会增加的电阻和电容。器件编程器和调试器会驱动 MCLR 引脚。因此，特定电平（ V_{IH} 和 V_{IL} ）和快速信号跳变一定不能受到不利影响。所以，需要根据应用和 PCB 需求来调整 R 和 C 的具体值。

例如，如图 2-2 所示，在编程和调试操作期间，建议将电容 C 与 MCLR 引脚隔离。

将图 2-2 中所示的元件放置在距离 MCLR 引脚 0.25 英寸（6 毫米）范围内。

图 2-2: MCLR 引脚连接示例



2.5 ICSP 引脚

PGECx和PGEDx引脚用于进行在线串行编程（ICSP™）和调试。建议尽可能减小 ICSP 连接器与器件 ICSP 引脚之间的走线长度。如果 ICSP 连接器会遇到 ESD 事件，则建议添加一个串联电阻，电阻值为几十欧姆，不要超出 100Ω。

建议不要在 PGECx 和 PGEDx 引脚上连接上拉电阻、串联二极管和电容，因为它们会影响编程器 / 调试器与器件的通信。如果应用需要此类分立元件，则在编程和调试期间应将它们从电路中去掉。或者，请参见“PIC24FJXXMCXXX Flash Programming Specification”（DS75012）中的交流 / 直流特性与时序要求信息，了解关于容性负载限制、引脚输入高电压（V_{IH}）和输入低电压（V_{IL}）要求的信息。

请确保编程到器件中的“通信通道选择”（即 PGECx/PGEDx 引脚）符合与 MPLAB® ICD 2、MPLAB ICD 3 或 MPLAB REAL ICE™ 的 ICSP 物理连接。

关于 ICD 2、ICD 3 和 REAL ICE 连接要求的更多信息，请参见 Microchip 网站上提供的以下文档。

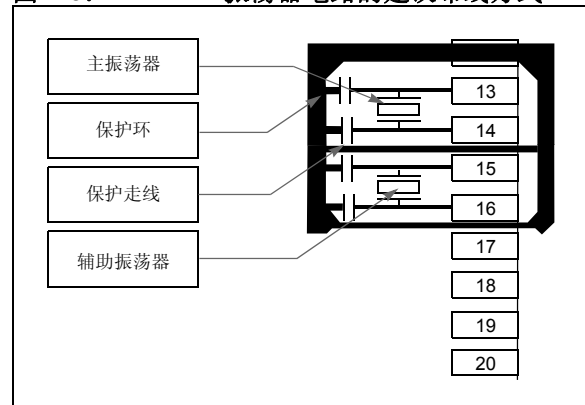
- 《MPLAB® ICD 2 在线调试器用户指南》（DS51331C_CN）
- “Using MPLAB® ICD 2”（海报）（DS51265）
- “MPLAB® ICD 2 Design Advisory”（DS51566）
- “Using MPLAB® ICD 3”（海报）（DS51765）
- “MPLAB® ICD 3 Design Advisory”（DS51764）
- 《MPLAB® REAL ICE™ 在线仿真器用户指南》（DS51616A_CN）
- “Using MPLAB® REAL ICE™”（海报）（DS51749）

2.6 外部振荡器引脚

许多 MCU 都有至少两个振荡器可供选择：高频主振荡器和低频辅助振荡器（详情请参见第 8.0 节“振荡器配置”）。

振荡器电路与器件应放置在电路板的同一层。此外，请将振荡器电路放置在靠近相应振荡器引脚的位置，它们之间的距离不要超出 0.5 英寸（12 毫米）。负载电容应靠近振荡器本身，位于电路板的同一层。请在振荡器电路周围使用接地灌铜区，以将其与周围电路隔离。接地灌铜区应与 MCU 地直接连接。不要在接地灌铜区内安排任何信号走线或电源走线。此外，如果使用双面电路板，请避免在电路板上晶振所在位置的背面有任何走线。图 2-3 给出了一个建议的布线图。

图 2-3: 振荡器电路的建议布线方式



2.7 器件启动时的振荡器值条件

如果目标器件的 PLL 被使能且配置为器件启动时使用的振荡器，则振荡器源的最高频率必须限制为 $4\text{ MHz} < F_{\text{IN}} < 8\text{ MHz}$ （MSPLL 模式）或 $3\text{ MHz} < F_{\text{IN}} < 8\text{ MHz}$ （ECPLL 模式），以符合器件的 PLL 启动条件。不支持 HSPLL 模式。这意味着，如果外部振荡器频率超出该范围，应用必须首先在 FRC 模式下启动。如果 POR 之后的固定 $4\times$ PLL 设置的振荡器频率超出该范围，将违反器件工作速度。

器件上电之后，应用固件可以使能 PLL，然后执行时钟切换，切换为振荡器 + PLL 时钟源。注意，必须在器件配置字中使能时钟切换。

2.8 ICSP 操作期间的模拟引脚和数字引脚配置

如果选择使用 MPLAB ICD 2、MPLAB ICD 3 或 MPLAB REAL ICE 在线仿真器作为调试器，则会自动将 AD1PCFGL 寄存器中的所有位置 1，从而将所有模数转换输入引脚（ANx）初始化为“数字”引脚。

禁止用户应用固件清零该寄存器中与由 MPLAB ICD 2、MPLAB ICD 3 或 MPLAB REAL ICE 在线仿真器初始化的模数转换引脚对应的位；否则，调试器和器件之间将会产生通信错误。

如果在调试会话期间，应用需要使用某些模数转换引脚作为模拟输入引脚，则用户应用程序必须在 ADC 模块初始化期间，清零 AD1PCFGL 寄存器中的相应位。

使用 MPLAB ICD 2、MPLAB ICD 3 或 MPLAB REAL ICE 在线仿真器作为编程器时，用户应用固件必须正确地配置 AD1PCFGL 寄存器。该寄存器的自动初始化仅在调试器操作期间执行。未能正确配置寄存器将导致所有模数转换引脚被识别为模拟输入引脚，从而导致端口值读为逻辑 0，这可能会影响用户应用的功能。

2.9 未用 I/O

未用 I/O 引脚应配置为输出，并驱动为逻辑低电平状态。或者，在 Vss 和未用引脚之间连接一个 1k 至 10k 的电阻。

3.0 CPU

- 注 1:** 本数据手册总结了 PIC24FJ16MC101/102 系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 2 章“CPU” (DS39703)，该文档可从 Microchip 网站 (www.microchip.com) 下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第 26.0 节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F 系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的第 4.0 节“存储器构成”。

PIC24FJ16MC101/102 的 CPU 模块采用 16 位（数据）的改进型哈佛架构，具有增强指令集和寻址模式。CPU 具有 24 位指令字，指令字包含长度可变的操作码字段。程序计数器（Program Counter, PC）为 23 位宽，可以寻址最大 4M x 24 位的用户程序存储空间。实际实现的程序存储容量因器件而异。单周期指令预取机制可帮助维持吞吐量，并使指令的执行具有预测性。除了改变程序流的指令、双字传送（MOV.D）指令和表指令以外，所有指令都在单个周期内执行。使用 REPEAT 指令支持无开销的单周期程序循环结构，该指令在任何时间都可以被中断。

PIC24FJ16MC101/102 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（Stack Pointer, SP）工作，用于中断和调用。

PIC24FJ16MC101/102 指令集包含多种寻址模式，指令的设计可使 C 编译器的效率达到最优。对于大多数指令，PIC24FJ16MC101/102 器件能够在每个指令周期内执行一次数据（或程序数据）存储器读取、一次工作寄存器（数据）读取、一次数据存储器写入以及一次程序（指令）存储器读取操作。因此，支持 3 个操作数的指令，允许在单个周期内执行 $A + B = C$ 这样的操作。

图 3-1 给出了 CPU 的框图，图 3-2 给出了 PIC24FJ16MC101/102 的编程模型。

3.1 数据寻址概述

使用地址发生单元（Address Generation Unit, AGU），可将数据空间作为 32K 字或 64 KB 进行线性寻址。可以选择将数据存储空间的高 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像访问数据空间一样访问程序空间。

数据空间还包括 2 KB 的 DMA RAM，它主要用于 DMA 数据传输，但也可用作通用 RAM。

3.2 MCU 的特性

PIC24FJ16MC101/102 具有一个 17 位 x 17 位单周期乘法器。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 x 17 位乘法器进行 16 位 x 16 位乘法运算允许执行混合符号的乘法运算。

PIC24FJ16MC101/102 支持 16/16 位和 32/16 位整数除法运算。所有的除法指令都是迭代操作。它们必须在一个 REPEAT 循环内执行，总执行时间为 19 个指令周期。在这 19 个周期的任一周期内都可以中断除法运算而不会丢失数据。

多位数据移位寄存器用于在单个周期内将数据左移或右移最多 16 位。

PIC24FJ16MC101/102

图 3-1: PIC24FJ16MC101/102 CPU 内核框图

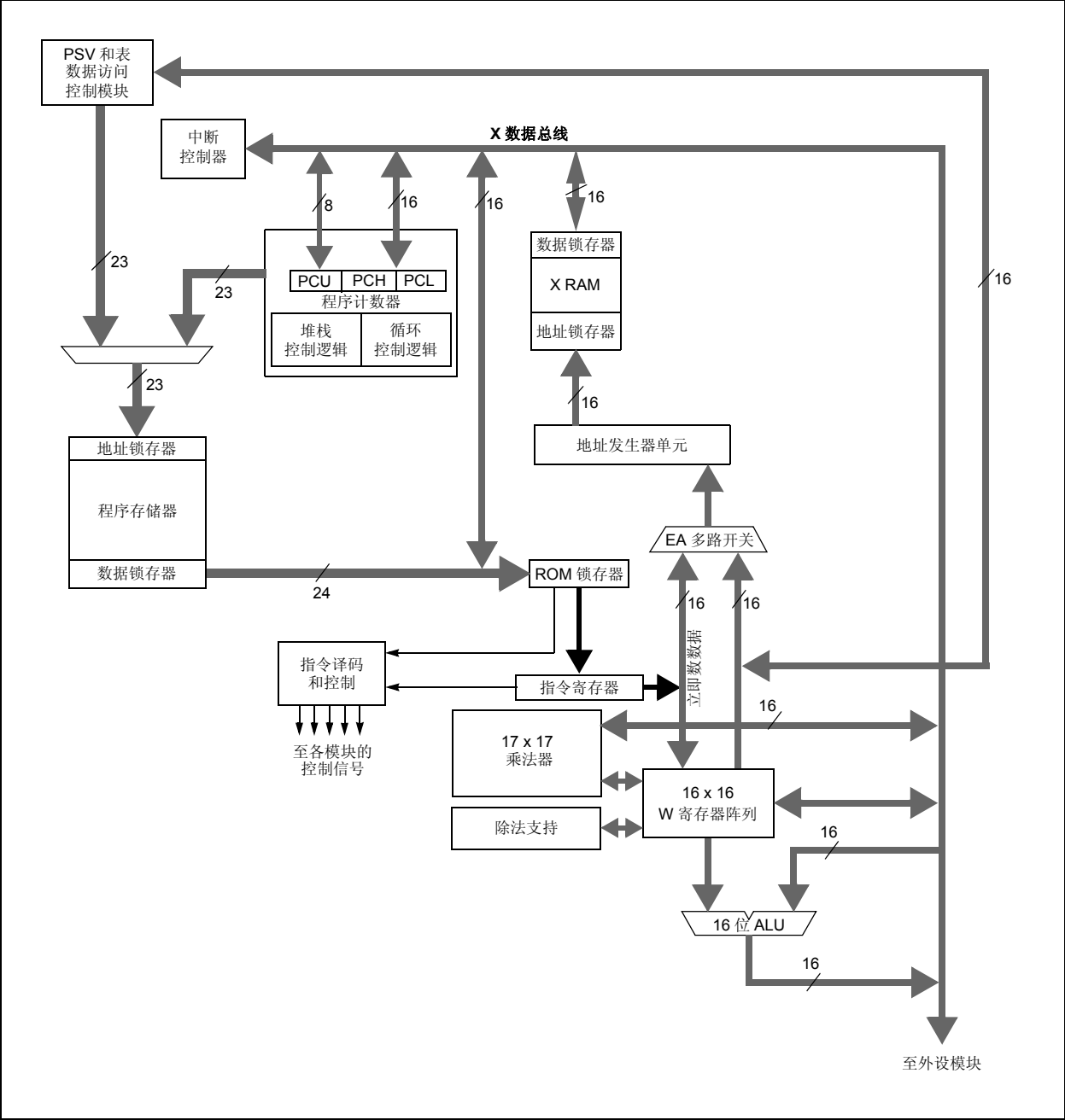
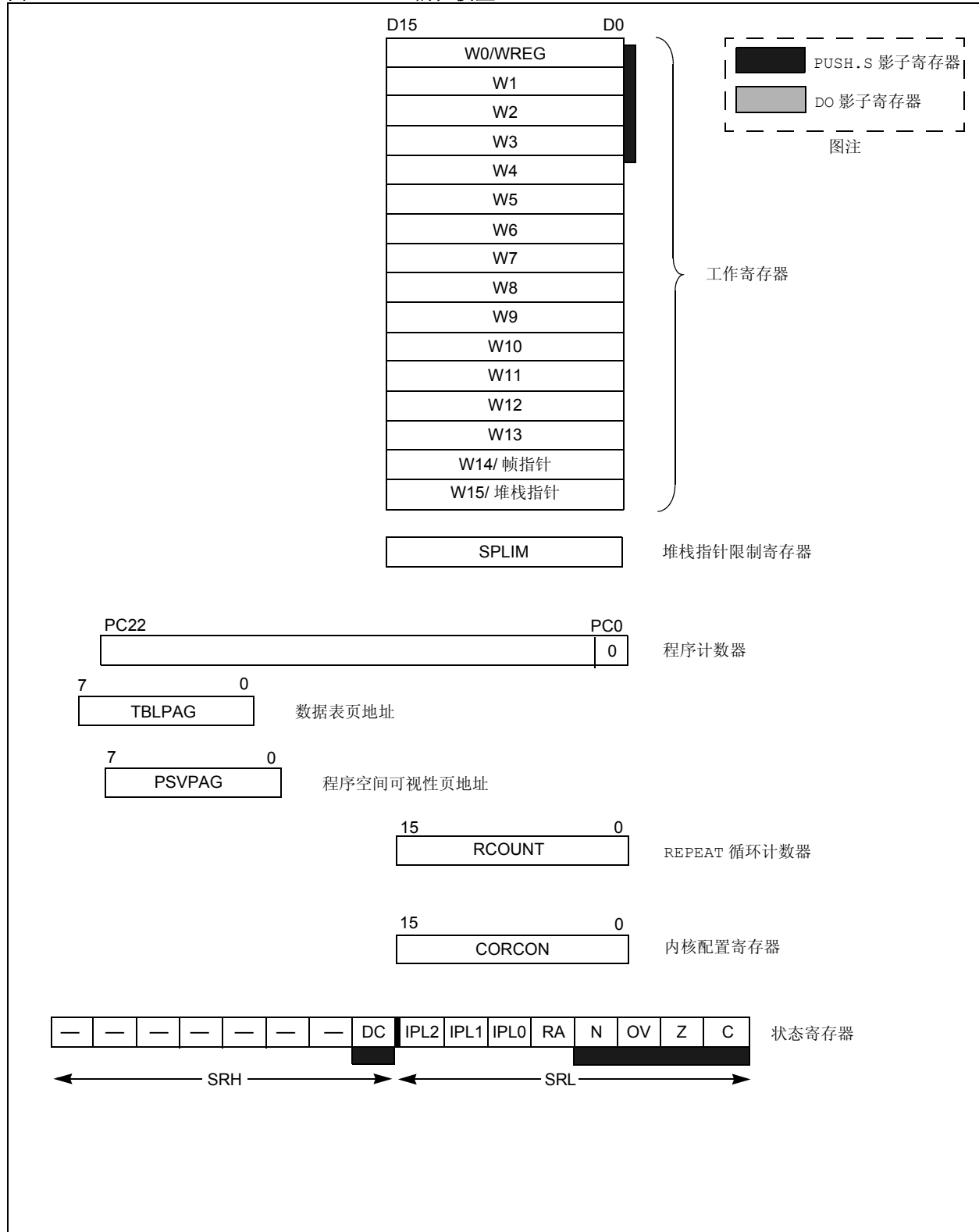


图 3-2: PIC24FJ16MC101/102 编程模型



PIC24FJ16MC101/102

3.3 CPU 控制寄存器

寄存器 3-1: SR: CPU 状态寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	—	DC
bit 15							bit 8
R/W-0 ⁽¹⁾	R/W-0 ⁽²⁾	R/W-0 ⁽²⁾	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
IPL<2:0> ⁽²⁾			RA	N	OV	Z	C
bit 7							bit 0

图注:

C = 只可清零位

R = 可读位

U = 未实现位, 读为 0

S = 只可置 1 位

W = 可写位

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-9

未实现: 读为 0

bit 8

DC: MCU ALU 半进位 / 借位标志位

1 = 结果的第 4 个低位 (对于字节大小的数据) 或第 8 个低位 (对于字大小的数据) 发生了进位

0 = 结果的第 4 个低位 (对于字节大小的数据) 或第 8 个低位 (对于字大小的数据) 未发生进位

bit 7-5

IPL<2:0>: CPU 中断优先级状态位⁽²⁾

111 = CPU 中断优先级为 7 (15), 禁止用户中断

110 = CPU 中断优先级为 6 (14)

101 = CPU 中断优先级为 5 (13)

100 = CPU 中断优先级为 4 (12)

011 = CPU 中断优先级为 3 (11)

010 = CPU 中断优先级为 2 (10)

001 = CPU 中断优先级为 1 (9)

000 = CPU 中断优先级为 0 (8)

bit 4

RA: REPEAT 循环活动位

1 = 正在进行 REPEAT 循环

0 = 不在进行 REPEAT 循环

bit 3

N: MCU ALU 负标志位

1 = 结果为负

0 = 结果为非负 (零或正值)

bit 2

OV: MCU ALU 溢出标志位

该位用于有符号的算术运算 (以二进制补码方式进行)。它表示量值上的溢出, 这种溢出将导致符号位改变状态。

1 = 有符号算术运算 (本次算术运算) 中发生溢出

0 = 未发生溢出

bit 1

Z: MCU ALU 全零标志位

1 = 影响 Z 位的任何运算在过去某时已将该位置 1

0 = 影响 Z 位的最近一次运算已将该位清零 (即运算结果非零)

bit 0

C: MCU ALU 进位 / 借位标志位

1 = 结果的最高有效位 (Most Significant bit, MSb) 发生了进位

0 = 结果的最高有效位未发生进位

注 1: IPL<2:0> 位与 IPL<3> 位 (CORCON<3>) 组合形成 CPU 中断优先级。如果 IPL<3> = 1, 那么括号中的值表示 IPL。当 IPL<3> = 1 时, 禁止用户中断。

2: 当 NSTDIS (INTCON1<15>) = 1 时, IPL<2:0> 状态位是只读的。

寄存器 3-2: CORCON: 内核控制寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	R/C-0	R/W-0	U-0	U-0
—	—	—	—	IPL3 ⁽¹⁾	PSV	—	—
bit 7							bit 0

图注:	C = 只可清零位		
R = 可读位	W = 可写位	-n = POR 时的值	1 = 置 1
0 = 清零	x = 未知	U = 未实现位, 读为 0	

bit 15-4 未实现: 读为 0

bit 3 **IPL3:** CPU 中断优先级状态位 3⁽¹⁾
 1 = CPU 中断优先级大于 7
 0 = CPU 中断优先级等于或小于 7

bit 2 **PSV:** 数据空间中程序空间可视性使能位
 1 = 程序空间在数据空间中可视
 0 = 程序空间在数据空间中不可视

bit 1-0 未实现: 读为 0

注 1: IPL3 位与 IPL<2:0> 位 (SR<7:5>) 组合形成 CPU 中断优先级。

3.4 算术逻辑单元 (ALU)

PIC24FJ16MC101/102 的 ALU 为 16 位宽，能进行加法、减法、移位和逻辑运算。除非另外声明，算术运算一般采用二进制补码方式进行。根据不同的运算，ALU 可能会影响 SR 寄存器中的进位标志位 (C)、全零标志位 (Z)、负标志位 (N)、溢出标志位 (OV) 和半进位标志位 (DC) 的值。在减法运算中，C 和 DC 状态位分别作为借位位和半借位位。

根据所使用的指令模式，ALU 可执行 8 位或 16 位运算。根据指令的寻址模式，ALU 运算的数据可以来自 W 寄存器阵列或数据存储单元。同样，ALU 的输出数据可被写入 W 寄存器阵列或数据存储单元。

关于每条指令所影响的 SR 位的信息，请参见《16 位 MCU 和 DSC 程序员参考手册》(DS70157E_CN)。

PIC24FJ16MC101/102 的 CPU 融入了对乘法和除法的硬件支持。这包括专门的硬件乘法器以及支持 16 位除数除法的硬件。

3.4.1 乘法器

通过使用高速 17 位 x 17 位乘法器，ALU 支持无符号、有符号或混合符号乘法运算的几种乘法模式：

- 16 位有符号 x 16 位有符号
- 16 位无符号 x 16 位无符号
- 16 位有符号 x 5 位 (立即数) 无符号
- 16 位无符号 x 16 位无符号
- 16 位无符号 x 5 位 (立即数) 无符号
- 16 位无符号 x 16 位有符号
- 8 位无符号 x 8 位无符号

3.4.2 除法器

除法模块支持具有以下数据长度的 32 位 / 16 位和 16 位 / 16 位有符号和无符号整数除法运算：

- 32 位有符号 / 16 位有符号除法
- 32 位无符号 / 16 位无符号除法
- 16 位有符号 / 16 位有符号除法
- 16 位无符号 / 16 位无符号除法

所有除法指令的商都被放在 W0 中，余数放在 W1 中。16 位有符号和无符号 DIV 指令可为 16 位除数指定任一 W 寄存器 (Wn)，为 32 位被除数指定任意两个连续的 W 寄存器 (W(m + 1):Wm)。除法运算中处理除数的每一位需要一个周期，因此 32 位 / 16 位和 16 位 / 16 位指令的执行周期数相同。

3.4.3 多位数据移位寄存器

多位数据移位寄存器可在单个周期内将数据算术或逻辑右移或左移最多 16 位。数据来源可以是工作寄存器或存储单元。

移位寄存器需要一个有符号二进制值，用来确定移位操作的幅度 (位数) 和方向。正值将操作数右移。负值将操作数左移。值为 0 则不改变操作数。

4.0 存储器构成

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第3章“数据存储”**（DS39717）和**第4章“程序存储器”**（DS39715），这些文档可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第26.0节“电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。

PIC24FJ16MC101/102 架构具有独立的程序和数据存储空间以及总线。这一架构同时还允许在代码执行过程中从数据空间直接访问程序存储器。

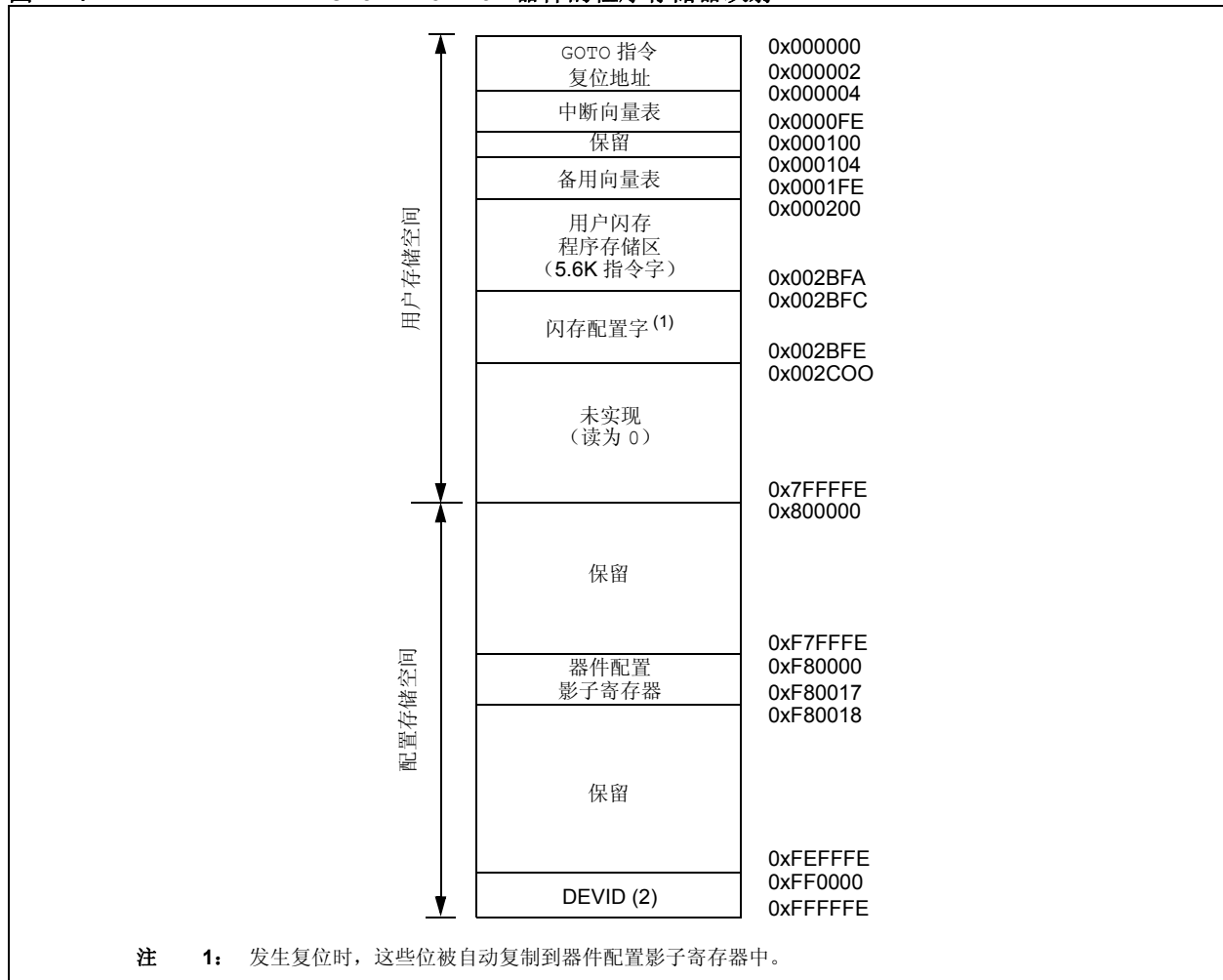
4.1 程序地址空间

PIC24FJ16MC101/102 器件的程序地址存储空间可存储 4M 个指令字。可通过由程序执行过程中 23 位程序计数器（PC）或者**第4.4节“程序存储空间与数据存储空间的接口”**中所述的表操作或数据空间重映射得到的 24 位值寻址这一空间。

用户只能访问程序存储空间的低半地址部分（地址范围为 0x000000 至 0x7FFFFFFF）。使用 TBLRD/TBLWT 指令时，情况有所不同，这两条指令使用 TBLPAG<7> 以允许访问配置存储空间中的配置位和器件 ID。

图 4-1 给出了 PIC24FJ16MC101/102 系列器件的存储器映射。

图 4-1: PIC24FJ16MC101/102 器件的程序存储器映射



4.1.1 程序存储器构成

程序存储空间由可字寻址的块构成。虽然它被视为24位宽，但将程序存储器的每个地址视作一个低位字和一个高位字的组合更加合理，其中高位字的高字节部分未实现。低位字的地址始终为偶数，而高位字的地址为奇数（图 4-2）。

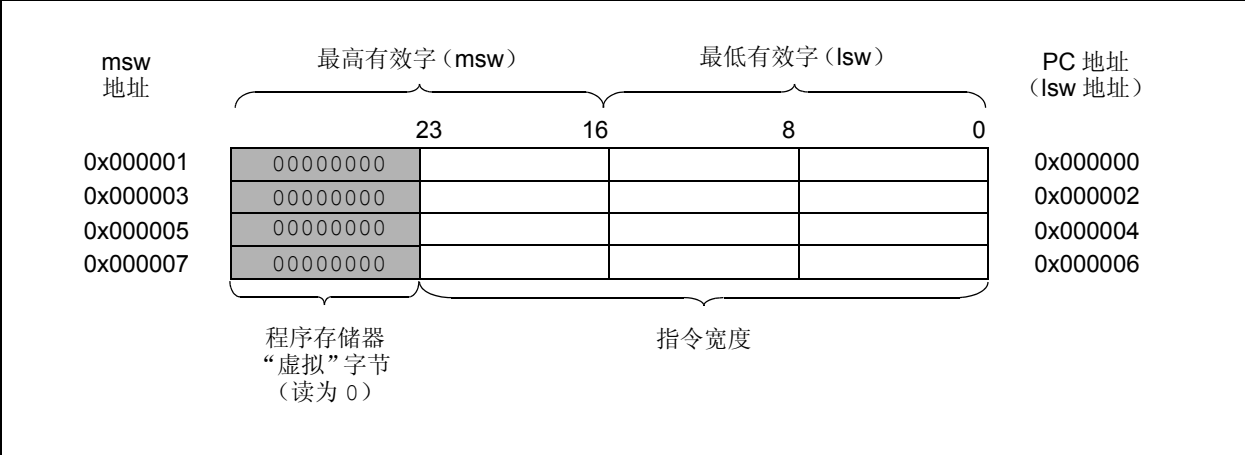
程序存储器地址始终在低位字处按字对齐，并且在代码执行过程中地址将递增或递减 2。这种寻址模式也与数据存储空间寻址兼容，且为访问程序存储空间中的数据提供了可能。

4.1.2 中断和陷阱向量

所有 PIC24FJ16MC101/102 器件中从 0x000000 至 0x000200 之间的地址空间都是保留的，用来存储硬编码的程序执行向量。提供了一个硬件复位向量将代码执行从器件复位时 PC 的默认值重定位到代码实际起始处。用户可在地址 0x000000 处编写一条 GOTO 指令以将代码的实际起始地址设置为 0x000002。

PIC24FJ16MC101/102 器件也具有两个中断向量表，地址分别为从 0x000004 至 0x0000FF 和 0x000100 至 0x0001FF。这两个中断向量表允许使用独立的中断服务程序（Interrupt Service Routine，ISR）分别处理器件的每个中断源。关于中断向量表更详细的讨论，请参见第 7.1 节“中断向量表”。

图 4-2： 程序存储器构成



4.2 数据地址空间

PIC24FJ16MC101/102 的 CPU 具有独立的 16 位宽数据存储空间。使用独立的地址发生单元 (AGU) 对数据空间执行读写操作。数据存储器映射如图 4-3 所示。

数据存储空间中的所有有效地址 (Effective Address, EA) 均为 16 位宽, 并且指向数据空间内的字节。这种构成方式使得数据空间的地址范围为 64 KB 或 32K 字。数据存储空间的低半地址部分 (即当 $EA < 15 > = 0$ 时) 用作实现的存储单元, 而高半地址部分 ($EA < 15 > = 1$) 则保留为程序空间可视性区域 (见第 4.4.3 节 “使用程序空间可视性读程序存储器中的数据”)。

Microchip 的 PIC24FJ16MC101/102 器件实现了最大 1 KB 的 RAM。如果 EA 指向了该区域以外的存储单元, 则将返回一个全零的字或字节。

4.2.1 数据空间宽度

数据存储空间组织为可字节寻址的 16 位宽的块。在数据存储器 and 寄存器中的数据是以 16 位字为单位对齐的, 但所有数据空间 EA 都将解析为字节。每个字的最低有效字节 (Least Significant Byte, LSB) 具有偶地址, 而最高有效字节 (Most Significant Byte, MSB) 则具有奇地址。

4.2.2 数据存储器构成和对齐方式

为维持与 PIC[®]MCU 器件的向后兼容性和提高数据存储空间的使用效率, PIC24FJ16MC101/102 指令集同时支持字和字节操作。字节访问会在内部对按字对齐的存储空间的所有有效地址计算进行调整。例如, 对于执行后修改寄存器间接寻址模式 [Ws++] , 字节操作时, 内核将其识别为值 Ws + 1 ; 而字操作时, 内核将其识别为值 Ws + 2。

数据字节读取将读取包含字节的整个字, 使用任何 EA 的 LSB 来确定要选取的字节。选定的字节被放在数据总线的 LSB。这就是说, 数据存储器 and 寄存器被组织为两个并行的字节宽的实体, 它们共享 (字) 地址译码, 但写入线相互独立。数据字节写操作只写入阵列或寄存器中与字节地址匹配的那一侧。

所有字访问必须按偶地址对齐。不支持不对齐的字数据取操作, 所以在混合字节和字操作时, 或者从 8 位 MCU 代码移植时, 必须要小心。如果试图进行不对齐的读或写操作, 将产生地址错误陷阱。如果在读操作时产生错误, 正在执行的指令将完成; 而如果在写操作时产生错误, 指令仍将执行, 但不会进行写入。无论是哪种情况, 都会执行陷阱, 允许系统和 / 或用户应用程序检查地址错误发生之前的机器状态。

所有装入 W 寄存器的字节都将被装入 LSB。W 寄存器的 MSB 不变。

提供了一条符号扩展 (SE) 指令, 允许用户应用程序将 8 位有符号数据转换为 16 位有符号值。或者, 对于 16 位无符号数据, 用户应用程序可以通过在适当地址处执行一条零扩展 (ZE) 指令清零任何 W 寄存器的 MSB。

4.2.3 SFR 空间

Near 数据空间的前 2 KB 存储单元 (从 0x0000 至 0x07FF) 主要被特殊功能寄存器 (Special Function Register, SFR) 占用。PIC24FJ16MC101/102 的内核和外设模块使用这些寄存器来控制器件的工作。

SFR 分布在受其控制的模块中, 通常一个模块会使用一组 SFR。大部分 SFR 空间包含未用的地址单元; 它们读为 0。

注: 不同器件的实际外设功能集和中断也各不相同。关于具体器件的信息, 请参见相应器件的数据表和引脚图。

4.2.4 NEAR 数据空间

在 0x0000 和 0x1FFF 之间的 8 KB 的区域被称为 Near 数据空间。可以使用所有存储器直接寻址指令中的 13 位绝对地址字段直接寻址这一空间中的存储单元。此外, 还可以使用 MOV 类指令寻址整个数据空间, MOV 类指令支持使用 16 位地址字段的存储器直接寻址模式或使用工作寄存器作为地址指针的间接寻址模式。

PIC24FJ16MC101/102

图 4-3: 带 1 KB RAM 的 PIC24FJ16MC101/102 器件的数据存储器映射

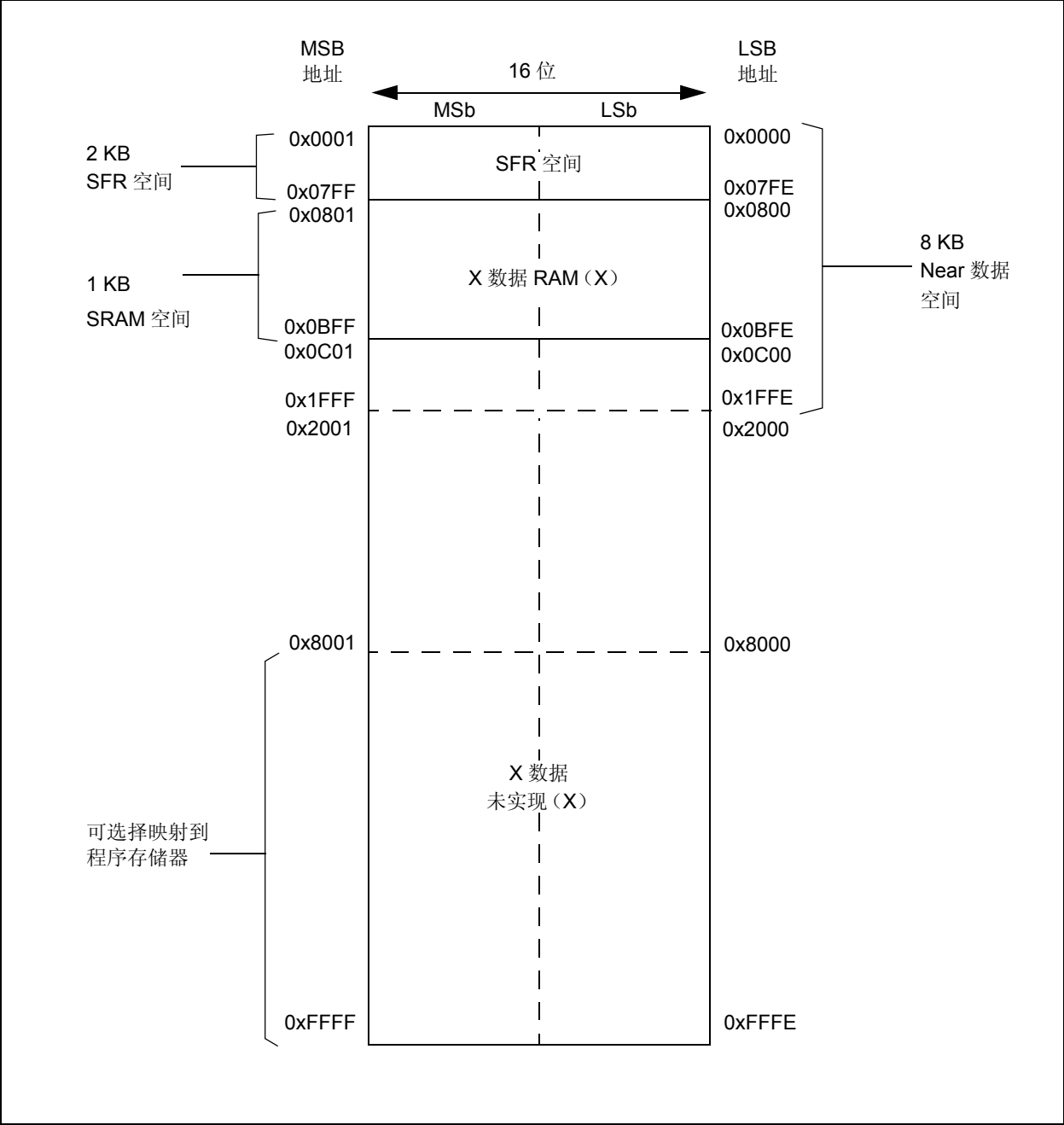


表 4-1: CPU 内核寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
WREG0	0000	工作寄存器 0																xxxx
WREG1	0002	工作寄存器 1																xxxx
WREG2	0004	工作寄存器 2																xxxx
WREG3	0006	工作寄存器 3																xxxx
WREG4	0008	工作寄存器 4																xxxx
WREG5	000A	工作寄存器 5																xxxx
WREG6	000C	工作寄存器 6																xxxx
WREG7	000E	工作寄存器 7																xxxx
WREG8	0010	工作寄存器 8																xxxx
WREG9	0012	工作寄存器 9																xxxx
WREG10	0014	工作寄存器 10																xxxx
WREG11	0016	工作寄存器 11																xxxx
WREG12	0018	工作寄存器 12																xxxx
WREG13	001A	工作寄存器 13																xxxx
WREG14	001C	工作寄存器 14																xxxx
WREG15	001E	工作寄存器 15																0800
SPLIM	0020	堆栈指针限制寄存器																xxxx
PCL	002E	程序计数器低位字节寄存器																0000
PCH	0030	—	—	—	—	—	—	—	—	程序计数器高字节寄存器								0000
TBLPAG	0032	—	—	—	—	—	—	—	—	表页地址指针寄存器								0000
PSVPAG	0034	—	—	—	—	—	—	—	—	程序存储器可视性页地址指针寄存器								0000
RCOUNT	0036	Repeat 循环计数器寄存器																xxxx
SR	0042	—	—	—	—	—	—	—	DC	IPL2	IPL1	IPL0	RA	N	OV	Z	C	0000
CORCON	0044	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IPL3	PSV	—	—	0020
DISICNT	0052	—	—	禁止中断计数器寄存器														0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-2: PIC24FJ16MC101 器件的电平变化通知寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
CNEN1	0060	—	CN14IE	CN13IE	CN12IE	CN11IE	—	—	—	—	—	CN5IE	CN4IE	CN3IE	CN2IE	CN1IE	CN0IE	0000
CNEN2	0062	—	CN30IE	CN29IE	—	—	—	—	—	CN23IE	CN22IE	CN21IE	—	—	—	—	—	0000
CNPU1	0068	—	CN14PUE	CN13PUE	CN12PUE	CN11PUE	—	—	—	—	—	CN5PUE	CN4PUE	CN3PUE	CN2PUE	CN1PUE	CN0PUE	0000
CNPU2	006A	—	CN30PUE	CN29PUE	—	—	—	—	—	CN23PUE	CN22PUE	CN21PUE	—	—	—	—	—	0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-3: PIC24FJ16MC102 器件的电平变化通知寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
CNEN1	0060	CN15IE	CN14IE	CN13IE	CN12IE	CN11IE	—	—	—	CN7IE	CN6IE	CN5IE	CN4IE	CN3IE	CN2IE	CN1IE	CN0IE	0000
CNEN2	0062	—	CN30IE	CN29IE	—	CN27IE	—	—	CN24IE	CN23IE	CN22IE	CN21IE	—	—	—	—	CN16IE	0000
CNPU1	0068	CN15PUE	CN14PUE	CN13PUE	CN12PUE	CN11PUE	—	—	—	CN7PUE	CN6PUE	CN5PUE	CN4PUE	CN3PUE	CN2PUE	CN1PUE	CN0PUE	0000
CNPU2	006A	—	CN30PUE	CN29PUE	—	CN27PUE	—	—	CN24PUE	CN23PUE	CN22PUE	CN21PUE	—	—	—	—	CN16PUE	0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-4: 中断控制器寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
INTCON1	0080	NSTDIS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	MATHERR	ADDRERR	STKERR	OSCFail	—	0000
INTCON2	0082	ALTIVT	DISI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	INT2EP	INT1EP	INT0EP	0000
IFS0	0084	—	—	AD1IF	U1TXIF	U1RXIF	SPI1IF	SPI1EIF	T3IF	T2IF	OC2IF	IC2IF	—	T1IF	OC1IF	IC1IF	INT0IF	0000
IFS1	0086	—	—	INT2IF	—	—	—	—	—	—	—	—	INT1IF	CNIF	CMIF	MI2C1IF	SI2C1IF	0000
IFS2	0088	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IC3IF	—	—	—	—	—	0000
IFS3	008A	FLTA1IF	RTCIF	—	—	—	—	PWM1IF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0000
IFS4	008C	—	—	CTMUIF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	U1EIF	FLT1BIF	0000
IEC0	0094	—	—	AD1IE	U1TXIE	U1RXIE	SPI1IE	SPI1EIE	T3IE	T2IE	OC2IE	IC2IE	—	T1IE	OC1IE	IC1IE	INT0IE	0000
IEC1	0096	—	—	INT2IE	—	—	—	—	—	—	—	—	INT1IE	CNIE	CMIE	MI2C1IE	SI2C1IE	0000
IEC2	0098	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IC3IE	—	—	—	—	—	0000
IEC3	009A	FLTA1IE	RTCIE	—	—	—	—	PWM1IE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0000
IEC4	009C	—	—	CTMUIE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	U1EIE	FLT1BIE	0000
IPC0	00A4	—	T1IP<2:0>			—	OC1IP<2:0>			—	IC1IP<2:0>			—	INT0IP<2:0>			4444
IPC1	00A6	—	T2IP<2:0>			—	OC2IP<2:0>			—	IC2IP<2:0>			—	—	—	—	4440
IPC2	00A8	—	U1RXIP<2:0>			—	SPI1IP<2:0>			—	SPI1EIP<2:0>			—	T3IP<2:0>			4444
IPC3	00AA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	AD1IP<2:0>			—	U1TXIP<2:0>			0044
IPC4	00AC	—	CNIP<2:0>			—	CMIP<2:0>			—	MI2C1IP<2:0>			—	SI2C1IP<2:0>			4444
IPC5	00AE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	INT1IP<2:0>			0004
IPC7	00B2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	INT2IP<2:0>			—	—	—	—	0040
IPC9	00B6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IC3IP<2:0>			—	—	—	—	0040
IPC14	00C0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	PWM1IP<2:0>			—	—	—	—	0040
IPC15	00C2	—	FLTA1IP<2:0>			—	RTCIP<2:0>			—	—	—	—	—	—	—	—	4400
IPC16	00C4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	U1EIP<2:0>			—	FLT1BIP<2:0>			0040
IPC19	00CA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CTMUIP<2:0>			—	—	—	—	0040
INTTREG	00E0	—	—	—	—	ILR<3:0>				—	VECNUM<6:0>							0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-5: 定时器寄存器映射

定时器和计数器寄存器																			
SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态	
TMR1	0100	Timer1 寄存器																	0000
PR1	0102	周期寄存器 1																	FFFF
T1CON	0104	TON	—	TSIDL	—	—	—	—	—	—	TGATE	TCKPS<1:0>	—	TSYNC	TCS	—	0000		
TMR2	0106	Timer2 寄存器																	0000
TMR3HLD	0108	Timer3 保持寄存器（仅适用于 32 位定时器操作）																	xxxx
TMR3	010A	Timer3 寄存器																	0000
PR2	010C	周期寄存器 2																	FFFF
PR3	010E	周期寄存器 3																	FFFF
T2CON	0110	TON	—	TSIDL	—	—	—	—	—	—	TGATE	TCKPS<1:0>	T32	—	TCS	—	0000		
T3CON	0112	TON	—	TSIDL	—	—	—	—	—	—	TGATE	TCKPS<1:0>	—	—	TCS	—	0000		

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-6: 输入捕捉寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
IC1BUF	0140	输入捕捉 1 寄存器																xxxx
IC1CON	0142	—	—	ICSIDL	—	—	—	—	—	ICTMR	ICI<1:0>	ICOV	ICBNE	ICM<2:0>				0000
IC2BUF	0144	输入捕捉 2 寄存器																xxxx
IC2CON	0146	—	—	ICSIDL	—	—	—	—	—	ICTMR	ICI<1:0>	ICOV	ICBNE	ICM<2:0>				0000
IC3BUF	0148	输入捕捉 3 寄存器																xxxx
IC3CON	014A	—	—	ICSIDL	—	—	—	—	—	ICTMR	ICI<1:0>	ICOV	ICBNE	ICM<2:0>				0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-7: 输出比较寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
OC1RS	0180	输出比较 1 辅助寄存器																xxxx
OC1R	0182	输出比较 1 寄存器																xxxx
OC1CON	0184	—	—	OCSIDL	—	—	—	—	—	—	—	—	OCFLT	OCTSEL	OCM<2:0>			0000
OC2RS	0186	输出比较 2 辅助寄存器																xxxx
OC2R	0188	输出比较 2 寄存器																xxxx
OC2CON	018A	—	—	OCSIDL	—	—	—	—	—	—	—	—	OCFLT	OCTSEL	OCM<2:0>			0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-8: 6 输出 PWM1 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	复位时的状态
P1TCON	01C0	PTEN	—	PTSIDL	—	—	—	—	—	PTOPS<3:0>				PTCKPS<1:0>		PTMOD<1:0>		0000 0000 0000 0000
P1TMR	01C2	PTDIR	PWM 定时器计数值寄存器															0000 0000 0000 0000
P1TPER	01C4	—	PWM 时基周期寄存器															0111 1111 1111 1111
P1SECMP	01C6	SEVTDIR	PWM 特殊事件比较寄存器															0000 0000 0000 0000
PWM1CON1	01C8	—	—	—	—	—	PMOD3	PMOD2	PMOD1	—	PEN3H	PEN2H	PEN1H	—	PEN3L	PEN2L	PEN1L	0000 0000 0000 0000
PWM1CON2	01CA	—	—	—	—	SEVOPS<3:0>				—	—	—	—	—	IUE	OSYNC	UDIS	0000 0000 0000 0000
P1DTCON1	01CC	DTBPS<1:0>		DTB<5:0>					DTAPS<1:0>		DTA<5:0>							0000 0000 0000 0000
P1DTCON2	01CE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	DTS3A	DTS3I	DTS2A	DTS2I	DTS1A	DTS1I	0000 0000 0000 0000
P1FLTACON	01D0	—	—	FAOV3H	FAOV3L	FAOV2H	FAOV2L	FAOV1H	FAOV1L	FLTAM	—	—	—	—	FAEN3	FAEN2	FAEN1	0000 0000 0000 0111
P1FLTBCON	01D2	—	—	FBOV3H	FBOV3L	FBOV2H	FBOV2L	FBOV1H	FBOV1L	FLTBM	—	—	—	—	FBEN3	FBEN2	FBEN1	0000 0000 0000 0111
P1OVDCON	01D4	—	—	POVD3H	POVD3L	POVD2H	POVD2L	POVD1H	POVD1L	—	—	POUT3H	POUT3L	POUT2H	POUT2L	POUT1H	POUT1L	0011 1111 0000 0000
P1DC1	01D6	PWM 占空比 1 寄存器																0000 0000 0000 0000
P1DC2	01D8	PWM 占空比 2 寄存器																0000 0000 0000 0000
P1DC3	01DA	PWM 占空比 3 寄存器																0000 0000 0000 0000
PWM1KEY	01DE	PWMKEY<15:0>																0000 0000 0000 0000

图注: u = 未初始化位, — = 未实现, 读为 0

表 4-9: I2C1 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
I2C1RCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	接收寄存器								0000
I2C1TRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	发送寄存器								00FF
I2C1BRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	波特率发生器寄存器									0000
I2C1CON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	1000
I2C1STAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000
I2C1ADD	020A	—	—	—	—	—	—	地址寄存器										0000
I2C1MSK	020C	—	—	—	—	—	—	地址掩码寄存器										0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-10: UART1 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
U1MODE	0220	UARTEN	—	USIDL	IREN	RTSMO	—	UEN1	UEN0	WAKE	LPBACK	ABAUD	URXINV	BRGH	PDSEL<1:0>		STSEL	0000
U1STA	0222	UTXISEL1	UTXINV	UTXISEL0	—	UTXBRK	UTXEN	UTXBF	TRMT	URXISEL<1:0>		ADDEN	RIDLE	PERR	FERR	OERR	URXDA	0110
U1TXREG	0224	—	—	—	—	—	—	—	UART 发送寄存器									xxxx
U1RXREG	0226	—	—	—	—	—	—	—	UART 接收寄存器									0000
U1BRG	0228	波特率发生器预分频器																0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-11: SPI1 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
SPI1STAT	0240	SPIEN	—	SPISIDL	—	—	—	—	—	—	SPIROV	—	—	—	—	SPITBF	SPIRBF	0000
SPI1CON1	0242	—	—	—	DISSCK	DISSDO	MODE16	SMP	CKE	SSEN	CKP	MSTEN	SPRE<2:0>			PPRE<1:0>		0000
SPI1CON2	0244	FRMEN	SPIFSD	FRMPOL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	FRMDLY	—	0000
SPI1BUF	0248	SPI1 发送和接收缓冲寄存器																0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-12: PIC24FJ16MC101 器件的 ADC1 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
ADC1BUF0	0300	ADC 数据缓冲区 0																xxxx
ADC1BUF1	0302	ADC 数据缓冲区 1																xxxx
ADC1BUF2	0304	ADC 数据缓冲区 2																xxxx
ADC1BUF3	0306	ADC 数据缓冲区 3																xxxx
ADC1BUF4	0308	ADC 数据缓冲区 4																xxxx
ADC1BUF5	030A	ADC 数据缓冲区 5																xxxx
ADC1BUF6	030C	ADC 数据缓冲区 6																xxxx
ADC1BUF7	030E	ADC 数据缓冲区 7																xxxx
ADC1BUF8	0310	ADC 数据缓冲区 8																xxxx
ADC1BUF9	0312	ADC 数据缓冲区 9																xxxx
ADC1BUFA	0314	ADC 数据缓冲区 10																xxxx
ADC1BUFB	0316	ADC 数据缓冲区 11																xxxx
ADC1BUFC	0318	ADC 数据缓冲区 12																xxxx
ADC1BUFD	031A	ADC 数据缓冲区 13																xxxx
ADC1BUFE	031C	ADC 数据缓冲区 14																xxxx
ADC1BUFF	031E	ADC 数据缓冲区 15																xxxx
AD1CON1	0320	ADON	—	ADSIDL	—	—	—	FORM<1:0>		SSRC<2:0>			—	SIMSAM	ASAM	SAMP	DONE	0000
AD1CON2	0322	VCFG<2:0>			—	—	CSCNA	CHPS<1:0>		BUFS	—	SMPI<3:0>				BUFM	ALTS	0000
AD1CON3	0324	ADRC	—	—	SAMC<4:0>				ADCS<7:0>									0000
AD1CHS123	0326	—	—	—	—	—	CH123NB<1:0>		CH123SB	—	—	—	—	—	CH123NA<1:0>		CH123SA	0000
AD1CHS0	0328	CH0NB	—	—	CH0SB<4:0>					CH0NA	—	—	CH0SA<4:0>					0000
AD1PCFGL	032C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	0000
AD1CSSL	0330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CSS3	CSS2	CSS1	CSS0	0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-13: PIC24FJ16MC102 器件的 ADC1 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态	
ADC1BUF0	0300	ADC 数据缓冲区 0																	xxxx
ADC1BUF1	0302	ADC 数据缓冲区 1																	xxxx
ADC1BUF2	0304	ADC 数据缓冲区 2																	xxxx
ADC1BUF3	0306	ADC 数据缓冲区 3																	xxxx
ADC1BUF4	0308	ADC 数据缓冲区 4																	xxxx
ADC1BUF5	030A	ADC 数据缓冲区 5																	xxxx
ADC1BUF6	030C	ADC 数据缓冲区 6																	xxxx
ADC1BUF7	030E	ADC 数据缓冲区 7																	xxxx
ADC1BUF8	0310	ADC 数据缓冲区 8																	xxxx
ADC1BUF9	0312	ADC 数据缓冲区 9																	xxxx
ADC1BUFA	0314	ADC 数据缓冲区 10																	xxxx
ADC1BUFB	0316	ADC 数据缓冲区 11																	xxxx
ADC1BUFC	0318	ADC 数据缓冲区 12																	xxxx
ADC1BUFD	031A	ADC 数据缓冲区 13																	xxxx
ADC1BUFE	031C	ADC 数据缓冲区 14																	xxxx
ADC1BUFF	031E	ADC 数据缓冲区 15																	xxxx
AD1CON1	0320	ADON	—	ADSIDL	—	—	—	FORM<1:0>	SSRC<2:0>			—	SIMSAM	ASAM	SAMP	DONE	0000		
AD1CON2	0322	VCFG<2:0>			—	—	CSCNA	CHPS<1:0>	BUFS	—	SMPI<3:0>				BUFM	ALTS	0000		
AD1CON3	0324	ADRC	—	—	SAMC<4:0>				ADCS<7:0>									0000	
AD1CHS123	0326	—	—	—	—	—	CH123NB<1:0>	CH123SB	—	—	—	—	—	CH123NA<1:0>	CH123SA	0000			
AD1CHS0	0328	CH0NB	—	—	CH0SB<4:0>				CH0NA	—	—	CH0SA<4:0>					0000		
AD1PCFGL	032C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	PCFG5	PCFG4	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	0000		
AD1CSSL	0330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CSS5	CSS4	CSS3	CSS2	CSS1	CSS0	0000		

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-14: CTMU 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
CTMUCON1	033A	CTMUEN	—	CTMUSIDL	TGEN	EDGEN	EDGSEQEN	IDISSEN	CTTRIG	—	—	—	—	—	—	—	—	0000
CTMUCON2	033C	EDG1MOD	EDG1POL	EDG1SEL<3:0>				EDG2STAT	EDG1STAT	EDG2MOD	EDG2POL	EDG2SEL<3:0>				—	—	0000
CTMUICON	033E	ITRIM<5:0>						IRNG<1:0>		—	—	—	—	—	—	—	—	0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-15: 实时时钟和日历寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态	
ALRMVAL	0620	基于 APTR<1:0> 的闹钟值寄存器窗口																	xxxx
ALCFGRPT	0622	ALRMEN	CHIME	AMASK<3:0>				ALRMPTR<1:0>		ARPT<7:0>								0000	
RTCVAL	0624	基于 RTCPTR<1:0> 的 RTCC 值寄存器窗口																	xxxx
RCFGCAL	0626	RTCEN	—	RTCWREN	RTCSYNC	HALFSEC	RTCOE	RTCPTR<1:0>		CAL<7:0>								0000	

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-16: 焊盘配置寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
PADCFG1	02FC	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RTSECSSEL	—	0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-17: 比较器寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
CMSTAT	0650	CMSIDL	—	—	—	—	C3EVT	C2EVT	C1EVT	—	—	—	—	—	C3OUT	C2OUT	C1OUT	0000
CVRCON	0652	—	—	—	—	—	VREFSEL	BGSEL<1:0>		CVREN	CVROE	CVRR	—	CVR<3:0>				0000
CM1CON	0654	CON	COE	CPOL	—	—	—	CEVT	COUT	EVPOL<1:0>		—	CREF	—	—	CCH<1:0>		0000
CM1MSKSRC	0656	—	—	—	—	SELSRCC<3:0>				SELSRCB<3:0>				SELSRCA<3:0>				0000
CM1MSKCON	0658	HLMS	—	OCEN	OCNEN	OBEN	OBNEN	OAEN	OANEN	NAGS	PAGS	ACEN	ACNEN	ABEN	ABNEN	AAEN	AANEN	0000
CM1FLTR	065A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CFSEL<2:0>			CFLTREN	CFDIV<2:0>			0000
CM2CON	065C	CON	COE	CPOL	—	—	—	CEVT	COUT	EVPOL<1:0>		—	CREF	—	—	CCH<1:0>		0000
CM2MSKSRC	065E	—	—	—	—	SELSRCC<3:0>				SELSRCB<3:0>				SELSRCA<3:0>				0000
CM2MSKCON	0660	HLMS	—	OCEN	OCNEN	OBEN	OBNEN	OAEN	OANEN	NAGS	PAGS	ACEN	ACNEN	ABEN	ABNEN	AAEN	AANEN	0000
CM2FLTR	0662	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CFSEL<2:0>			CFLTREN	CFDIV<2:0>			0000
CM3CON	0664	CON	COE	CPOL	—	—	—	CEVT	COUT	EVPOL<1:0>		—	CREF	—	—	CCH<1:0>		0000
CM3MSKSRC	0666	—	—	—	—	SELSRCC<3:0>				SELSRCB<3:0>				SELSRCA<3:0>				0000
CM3MSKCON	0668	HLMS	—	OCEN	OCNEN	OBEN	OBNEN	OAEN	OANEN	NAGS	PAGS	ACEN	ACNEN	ABEN	ABNEN	AAEN	AANEN	0000
CM3FLTR	066A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CFSEL<2:0>			CFLTREN	CFDIV<2:0>			0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-18: 外设引脚选择输入寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
RPINR0	0680	—	—	—	INT1R<4:0>					—	—	—	—	—	—	—	—	1F00
RPINR1	0682	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	INT2R<4:0>					001F
RPINR3	0686	—	—	—	T3CKR<4:0>					—	—	—	T2CKR<4:0>					1F1F
RPINR7	068E	—	—	—	IC2R<4:0>					—	—	—	IC1R<4:0>					1F1F
RPINR8	0690	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IC3R<4:0>					001F
RPINR11	0696	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	OCFAR<4:0>					001F
RPINR18	06A4	—	—	—	U1CTSR<4:0>					—	—	—	U1RXR<4:0>					1F1F
RPINR21	06AA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SS1R<4:0>					001F

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-19: PIC24FJ16MC101 器件的外设引脚选择输出寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
RPOR0	06C0	—	—	—	RP1R<4:0>					—	—	—	RP0R<4:0>					0000
RPOR2	06C4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RP4R<4:0>					0000
RPOR3	06C6	—	—	—	RP7R<4:0>					—	—	—	—	—	—	—	—	0000
RPOR4	06C8	—	—	—	RP9R<4:0>					—	—	—	RP8R<4:0>					0000
RPOR6	06CC	—	—	—	RP13R<4:0>					—	—	—	RP12R<4:0>					0000
RPOR7	06CE	—	—	—	RP15R<4:0>					—	—	—	RP14R<4:0>					0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-20: PIC24FJ16MC102 器件的外设引脚选择输出寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
RPOR0	06C0	—	—	—	RP1R<4:0>					—	—	—	RP0R<4:0>					0000
RPOR1	06C2	—	—	—	RP3R<4:0>					—	—	—	RP2R<4:0>					0000
RPOR2	06C4	—	—	—	RP5R<4:0>					—	—	—	RP4R<4:0>					0000
RPOR3	06C6	—	—	—	RP7R<4:0>					—	—	—	RP6R<4:0>					0000
RPOR4	06C8	—	—	—	RP9R<4:0>					—	—	—	RP8R<4:0>					0000
RPOR5	06CA	—	—	—	RP11R<4:0>					—	—	—	RP10R<4:0>					0000
RPOR6	06CC	—	—	—	RP13R<4:0>					—	—	—	RP12R<4:0>					0000
RPOR7	06CE	—	—	—	RP15R<4:0>					—	—	—	RP14R<4:0>					0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-21: PORTA 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
TRISA	02C0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TRISA4	TRISA3	TRISA2	TRISA1	TRISA0	001F
PORTA	02C2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	xxxx
LATA	02C4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	LATA4	LATA3	LATA2	LATA1	LATA0	xxxx
ODCA	02C6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ODCA4	ODCA3	ODCA2	ODCA1	ODCA0	0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-22: PIC24FJ16MC101 器件的 PORTB 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
TRISB	02C8	TRISB15	TRISB14	TRISB13	TRISB12	—	—	TRISB9	TRISB8	TRISB7	—	—	TRISB4	—	—	TRISB1	TRISB0	F393
PORTB	02CA	RB15	RB14	RB13	RB12	—	—	RB9	RB8	RB7	—	—	RB4	—	—	RB1	RB0	xxxx
LATB	02CC	LATB15	LATB14	LATB13	LATB12	—	—	LATB9	LATB8	LATB7	—	—	LATB4	—	—	LATB1	LATB0	xxxx
ODCB	02CE	ODCB15	ODCB14	ODCB13	ODCB12	—	—	ODCB9	ODCB8	ODCB7	—	—	ODCB4	—	—	ODCB1	ODCB0	0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-23: PIC24FJ16MC102 器件的 PORTB 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
TRISB	02C8	TRISB15	TRISB14	TRISB13	TRISB12	TRISB11	TRISB10	TRISB9	TRISB8	TRISB7	TRISB6	TRISB5	TRISB4	TRISB3	TRISB2	TRISB1	TRISB0	FFFF
PORTB	02CA	RB15	RB14	RB13	RB12	RB11	RB10	RB9	RB8	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	xxxx
LATB	02CC	LATB15	LATB14	LATB13	LATB12	LATB11	LATB10	LATB9	LATB8	LATB7	LATB6	LATB5	LATB4	LATB3	LATB2	LATB1	LATB0	xxxx
ODCB	02CE	ODCB15	ODCB14	ODCB13	ODCB12	ODCB11	ODCB10	ODCB9	ODCB8	ODCB7	ODCB6	ODCB5	ODCB4	ODCB3	ODCB2	ODCB1	ODCB0	0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

表 4-24: 系统控制寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
RCON	0740	TRAPR	IOPUWR	—	—	—	—	CM	VREGS	EXTR	SWR	SWDTEN	WDTO	SLEEP	IDLE	BOR	POR	xxxx ⁽¹⁾
OSCCON	0742	—	COSC<2:0>			—	NOSC<2:0>			CLKLOCK	IOLock	LOCK	—	CF	—	LPOSCEN	OSWEN	0300 ⁽²⁾
CLKDIV	0744	ROI	DOZE<2:0>			DOZEN	FRCDIV<2:0>			—	—	—	—	—	—	—	—	3040
OSCTUN	0748	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TUN<5:0>						0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

- 注 1: RCON 寄存器复位值取决于复位类型。
2: OSCCON 寄存器复位值取决于 FOSC 配置位和复位类型。

表 4-25: NVM 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
NVMCON	0760	WR	WREN	WRERR	—	—	—	—	—	—	ERASE	—	—	NVMOP<3:0>				0000 ⁽¹⁾
NVMKEY	0766	—	—	—	—	—	—	—	—	NVMKEY<7:0>								0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

- 注 1: 显示的复位值仅适用于 POR。其他复位状态下的值取决于复位时对存储器执行写或擦除操作的状态。

表 4-26: PMD 寄存器映射

SFR 名称	SFR 地址	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
PMD1	0770	—	—	T3MD	T2MD	T1MD	—	PWM1MD	—	I2C1MD	—	U1MD	—	SPI1MD	—	—	AD1MD	0000
PMD2	0772	—	—	—	—	—	IC3MD	IC2MD	IC1MD	—	—	—	—	—	—	OC2MD	OC1MD	0000
PMD3	0774	—	—	—	—	—	CMPMD	RTCCMD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0000
PMD4	0776	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CTMUMD	—	—	0000

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

4.2.5 软件堆栈

PIC24FJ16MC101/102 器件中的 W15 寄存器除了用作工作寄存器外，还用作软件堆栈指针。堆栈指针总是指向第一个可用的空字，并且从低地址向高地址方向增长。它在弹出堆栈之前递减，而在压入堆栈之后递增，如图 4-4 所示。对于执行任何 CALL 指令时的 PC 压栈，在压入堆栈之前，PC 的 MSb 要进行零扩展，从而确保 MSb 始终是清零的。

注： 在异常处理期间，在将 PC 压入堆栈之前，要先将 PC 的 MSb 与 SRL 寄存器组合在一起。

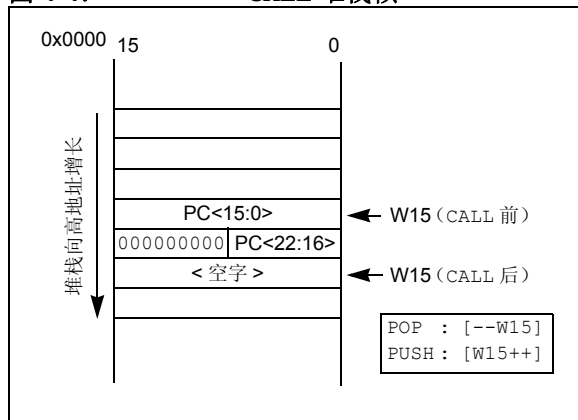
堆栈指针限制寄存器 (SPLIM) 与堆栈指针相关联，它设置堆栈上边界的地址。SPLIM 在复位时不会被初始化。与堆栈指针的情况一样，SPLIM<0> 被强制为 0，因为所有的堆栈操作必须是字对齐的。

每当使用 W15 作为源指针或目标指针产生 EA 时，所产生有效地址会与 SPLIM 中的值进行比较。如果堆栈指针 (W15) 的内容与 SPLIM 寄存器的内容相等，则会执行压栈操作而不产生堆栈错误陷阱，但在随后的压栈操作时将会产生堆栈错误陷阱。例如，如果想要在堆栈指针递增到超出 RAM 中的地址 0x0C00 时引起堆栈错误陷阱，可将 SPLIM 初始化为值 0x0BFE。

类似地，当堆栈指针地址小于 0x0800 时，就会产生堆栈指针下溢（堆栈错误）陷阱。这可防止堆栈进入 SFR 空间。

在对 SPLIM 寄存器进行写操作之后，不应紧跟着使用 W15 进行间接读操作指令。

图 4-4: CALL 堆栈帧



4.2.6 数据 RAM 保护功能

PIC24FXXXX 产品系列支持数据 RAM 保护功能，允许使用引导段和安全代码段来保护 RAM 的安全性。BSRAM (RAM 中的引导段) 使能时，只能从引导段闪存代码进行访问。SSRAM (RAM 中的安全段) 使能时，只能从安全段闪存代码进行访问。

4.3 指令寻址模式

表 4-27 给出了基本的寻址模式，这些寻址模式经过优化可以支持各指令的具体功能。MAC 类指令中提供的寻址模式与其他指令类型中的寻址模式略有不同。

4.3.1 文件寄存器指令

大多数文件寄存器指令使用一个 13 位地址字段 (f) 来直接寻址数据存储器中的前 8192 字节 (Near 数据空间)。大多数文件寄存器指令使用工作寄存器 W0，W0 在这些指令中表示为 WREG。目标寄存器通常是同一个文件寄存器或 WREG (MUL 指令除外，它将结果写入寄存器或寄存器对)。使用 MOV 指令能够获得更大的灵活性，可以访问整个数据空间。

4.3.2 MCU 指令

三操作数 MCU 指令的形式是：

操作数 3 = 操作数 1 < 功能 > 操作数 2

其中，操作数 1 始终是工作寄存器（即，寻址模式只能是寄存器直接寻址），称为 Wb。操作数 2 可以是一个 W 寄存器，取自数据存储器，或为一个 5 位立即数。结果可以保存在 W 寄存器或数据存储单元中。MCU 指令支持以下寻址模式：

- 寄存器直接寻址
- 寄存器间接寻址
- 执行后修改的寄存器间接寻址
- 执行前修改的寄存器间接寻址
- 5 位或 10 位立即数寻址

注： 并非所有指令都支持上述所有的寻址模式。各条指令可能支持这些寻址模式中的某些模式。

表 4-27: 支持的基本寻址模式

寻址模式	说明
文件寄存器直接寻址	明确指定文件寄存器的地址。
寄存器直接寻址	直接访问寄存器的内容。
寄存器间接寻址	Wn 的内容形成有效地址 (EA)。
执行后修改的寄存器间接寻址	Wn 的内容形成 EA。然后用一个常量值来修改 Wn (递增或递减)。
执行前修改的寄存器间接寻址	先用一个有符号常量值修改 Wn (递增或递减)，再由此时的 Wn 内容形成 EA。
带寄存器偏移量的寄存器间接寻址 (寄存器变址寻址)	Wn 与 Wb 的和形成 EA。
带立即数偏移量的寄存器间接寻址	Wn 与立即数的和形成 EA。

4.3.3 传送指令

与其他指令相比，传送指令提供了更为灵活的寻址模式。除了大多数 MCU 指令支持的寻址模式以外，传送指令还支持带寄存器偏移量的寄存器间接寻址模式，这也称为寄存器变址寻址模式。

注： 对于 MOV 指令，指令中指定的寻址模式对于源寄存器和目标寄存器 EA，可以是不同的。然而，4 位 Wb (寄存器偏移量) 字段为源寄存器和目标寄存器所共用 (但通常只由其中之一使用)。

概括地说，传送指令支持以下寻址模式：

- 寄存器直接寻址
- 寄存器间接寻址
- 执行后修改的寄存器间接寻址
- 执行前修改的寄存器间接寻址
- 带寄存器偏移量的寄存器间接寻址 (变址寻址)
- 带立即数偏移量的寄存器间接寻址
- 8 位立即数寻址
- 16 位立即数寻址

注： 并非所有指令都支持上述所有的寻址模式。各条指令可能支持这些寻址模式中的某些模式。

4.3.4 其他指令

除了上述的各种寻址模式之外，一些指令使用各种长度的立即数常量。例如，BRA (跳转) 指令使用 16 位有符号立即数来直接指定跳转的目标，而 DISI 指令则使用一个 14 位无符号立即数字段。在一些指令中，例如 ADD ACC，操作数的来源和运算结果已经暗含在操作码中。某些操作，例如 NOP，没有任何操作数。

4.4 程序存储空间与数据存储空间的接口

PIC24FJ16MC101/102 架构采用 24 位宽的程序空间和 16 位宽的数据空间。该架构也是一种改进型哈佛结构，这意味着数据也能存放在程序空间内。要成功使用该数据，在访问数据时必须确保这两种存储空间中的信息是对齐的。

除了正常执行外，PIC24FJ16MC101/102 架构还提供了两种可在操作过程中访问程序空间的方法：

- 使用表指令访问程序空间中任意位置的各个字节或字
- 将程序空间的一部分重映射到数据空间 (程序空间可视性)

表指令允许应用程序读写程序存储器的一小块区域。这一功能对于访问需要定期更新的数据表来说非常理想。也可通过表操作访问一个程序字的所有字节。重映射方法允许应用程序访问一大块数据，但只限于读操作，它非常适合于在一个大的静态数据表中进行查找。这一方法只能访问程序字的 lsw。

4.4.1 对程序空间进行寻址

由于数据空间和程序空间的地址范围分别为 16 位和 24 位，因此需要一个从 16 位数据寄存器创建 23 位或 24 位程序地址的方法。方法取决于所采用的接口方式。

对于表操作，使用 8 位的表页寄存器（TBLPAG）定义程序空间内一个 32K 字的区域。这与 16 位 EA 组合形成了一个完整的 24 位程序空间地址。在这种地址形式下，TBLPAG 的 MSb 用来决定操作是发生在用户存储区（TBLPAG<7> = 0）中还是配置存储区（TBLPAG<7> = 1）中。

对于重映射操作，使用 8 位的程序空间可视性页寄存器（PSVPAG）定义程序空间中的 16K 字页。当 EA 的 MSb 为 1 时，PSVPAG 与 EA 的低 15 位组合形成一个 23 位的程序空间地址。与表操作不同，重映射操作被严格限制在用户存储区中。

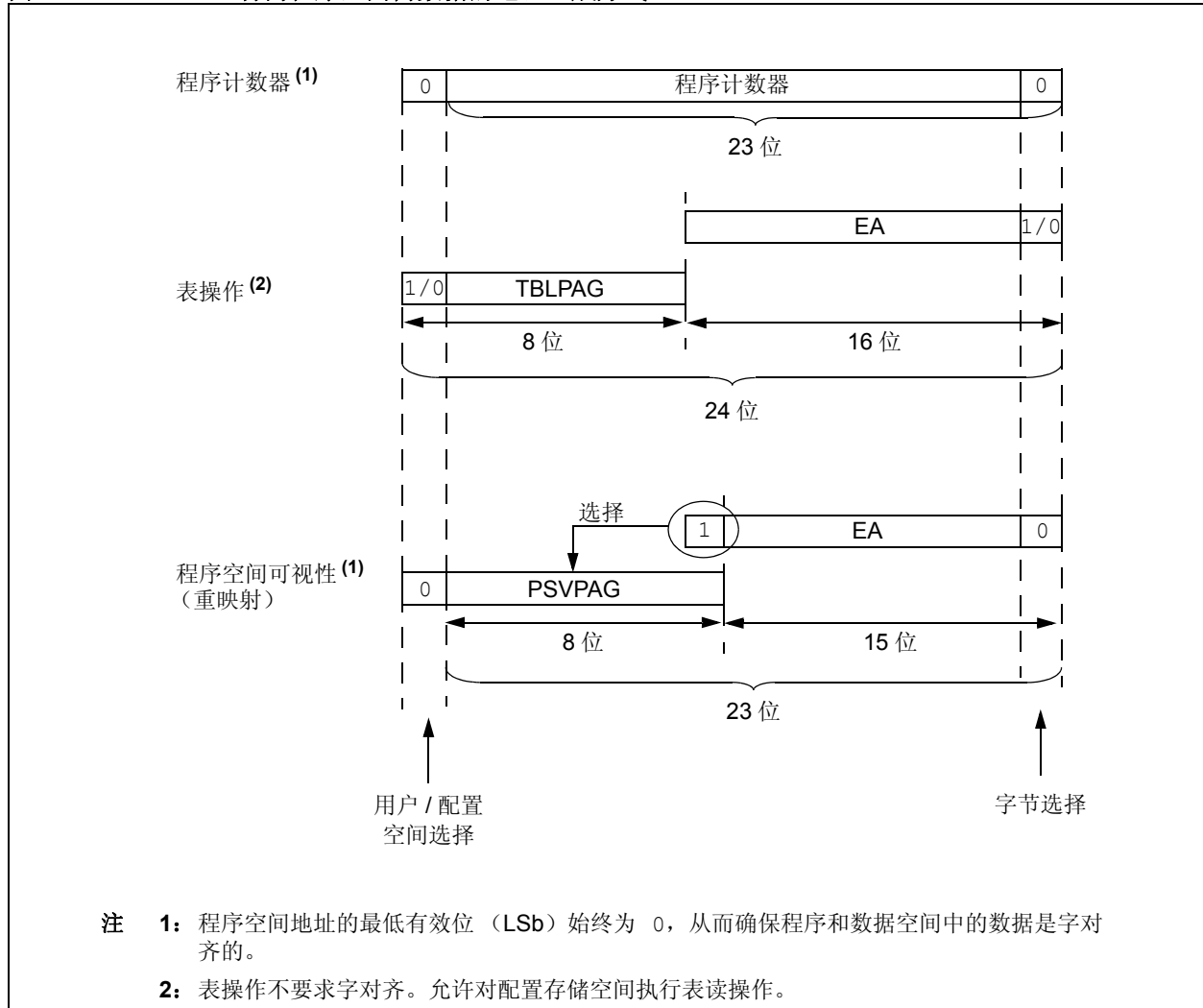
表 4-28 和图 4-5 显示了如何通过表操作和重映射访问来从数据 EA 创建程序 EA。

表 4-28: 程序空间地址构成

访问类型	访问空间	程序空间地址				
		<23>	<22:16>	<15>	<14:1>	<0>
指令访问 (代码执行)	用户	0	PC<22:1>			0
		0xx xxxx xxxx xxxx xxxx xxx0				
TBLRD/TBLWT (读 / 写字节或字)	用户	TBLPAG<7:0>		数据 EA<15:0>		
		0xxx xxxx xxxx xxxx xxxx xxxx				
	配置	TBLPAG<7:0>		数据 EA<15:0>		
		1xxx xxxx xxxx xxxx xxxx xxxx				
程序空间可视性 (块重映射 / 读)	用户	0	PSVPAG<7:0>		数据 EA<14:0> ⁽¹⁾	
		0	xxxx xxxx xxx xxxx xxxx xxxx			

注 1: 在这种情况下，数据 EA<15> 始终为 1，但并不用它来计算程序空间地址。地址的 bit 15 为 PSVPAG<0>。

图 4-5: 访问程序空间内数据的地址生成方式



4.4.2 使用表指令访问程序存储器中的数据

TBLRD L 和 TBLWT L 指令提供了直接读或写程序空间内任何地址的低位字的方法，无需通过数据空间。TBLRD H 和 TBLWT H 指令是可以将一个程序空间字的最高 8 位作为数据读写的唯一方法。

对于每个连续的 24 位程序字，PC 的递增量为 2。这使得程序存储器地址能够直接映射到数据空间地址。于是，程序存储器可以看作是两个 16 位字宽的地址空间，它们并排放置，具有相同的地址范围。TBLRD L 和 TBLWT L 访问存有最低有效数据字的空间，而 TBLRD H 和 TBLWT H 则访问存有最高数据字节的空间。

提供了两条表指令来对程序空间执行字节或字（16 位）长度的数据读写。读和写都可以采用字节或字操作的形式。

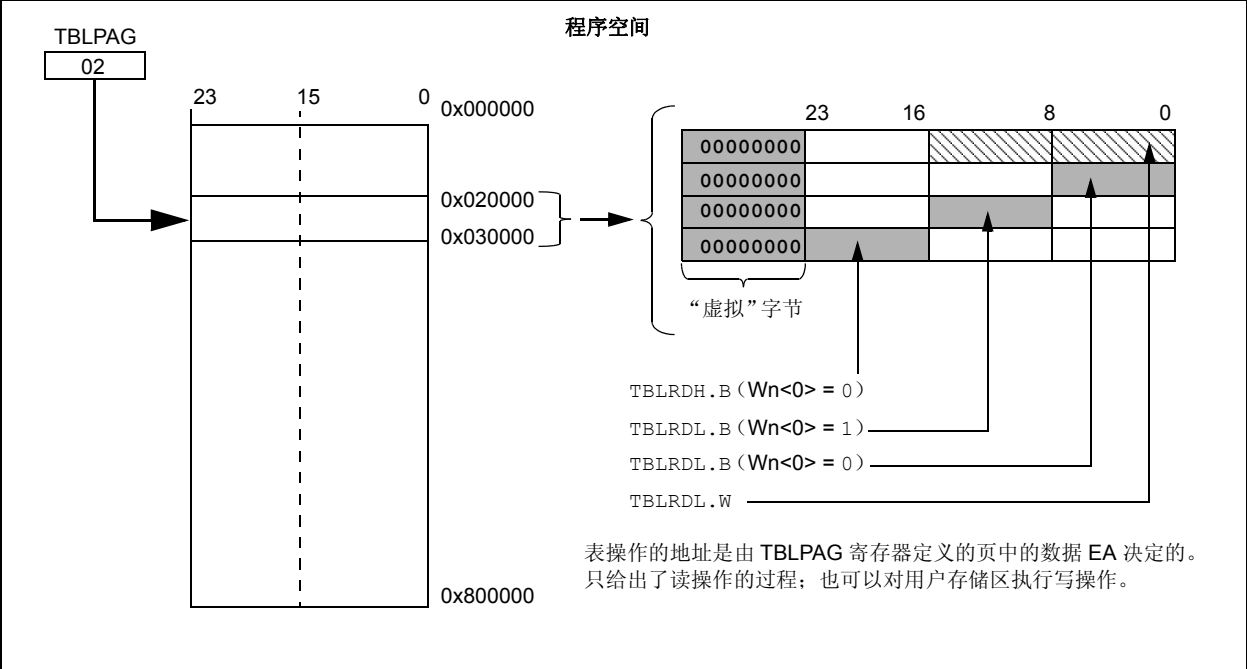
- TBLRD L（表读低位字）：
 - 在字模式下，该指令将程序空间地址中的低位字（P<15:0>）映射到数据地址（D<15:0>）中。
 - 在字节模式下，低位程序字的高字节或低字节被映射到数据地址的低字节中。当字节选择位为 1 时映射高字节；当字节选择位为 0 时映射低字节。

- TBLRD H（表读高位字）：
 - 在字模式下，该指令将程序地址中的整个高位字（P<23:16>）映射到数据地址中。注意，D<15:8> 为“虚拟”字节，它始终为 0。
 - 在字节模式下，该指令将程序字的高字节或低字节映射到数据地址的 D<7:0> 中，就如同 TBLRD L 指令。当选择最高位“虚拟”字节（字节选择位 = 1）时，数据将始终为 0。

表指令 TBLWT H 和 TBLWT L 以类似的方式向程序空间地址写入各字节或字。[第 5.0 节“闪存程序存储器”](#)对这两条指令的详细操作给出了说明。

对于所有的表操作，要访问程序存储空间的哪个区域是由表页寄存器（TBLPAG）决定的。TBLPAG 可寻址器件的整个程序存储空间，包括用户和配置空间。当 TBLPAG<7> = 0 时，表页位于用户存储空间中。当 TBLPAG<7> = 1 时，表页位于配置存储空间中。

图 4-6: 使用表指令访问程序存储器



4.4.3 使用程序空间可视性读程序存储器中的数据

可选择将数据空间的高 32 KB 映射到程序空间中的任何 16K 字页中。这提供了通过数据空间对存储的常量数据的透明访问，而无需使用特殊指令（例如 TBLRDH 和 TBLRDH）。

如果数据空间 EA 的 MSb 为 1，并且程序空间可视性使能（方法是将内核控制寄存器中的 PSV 位（CORCON<2>）置 1）时，就能通过数据空间访问程序空间。由程序空间可视性寄存器（PSVPAG）决定要被映射到数据空间中的程序存储空间的位置。这一 8 位的寄存器定义程序空间中 256 个可能的 16K 字页中的一个。事实上，PSVPAG 作为程序存储地址的高 8 位，而 EA 的 15 位则作为地址的低位。对于每个程序存储字，PC 都将递增 2，数据空间地址的低 15 位将直接映射到相应程序空间地址的低 15 位。

将数据读入该区域的指令，需要一个额外的指令周期，因为这类指令需要对程序存储器执行两次数据取操作。

尽管大于或等于 0x8000 的每个数据空间地址直接映射到对应的程序存储器地址（见图 4-7），但只使用 24 位

程序字的低 16 位来存放数据。所有用来存放数据的程序存储单元的高 8 位都应被设置为 1111 1111 或 0000 0000，强制为一条 NOP 指令，从而避免了可能出现意外执行这一区域内代码的情况。

注： 在表读 / 写期间，暂时禁止 PSV 访问。

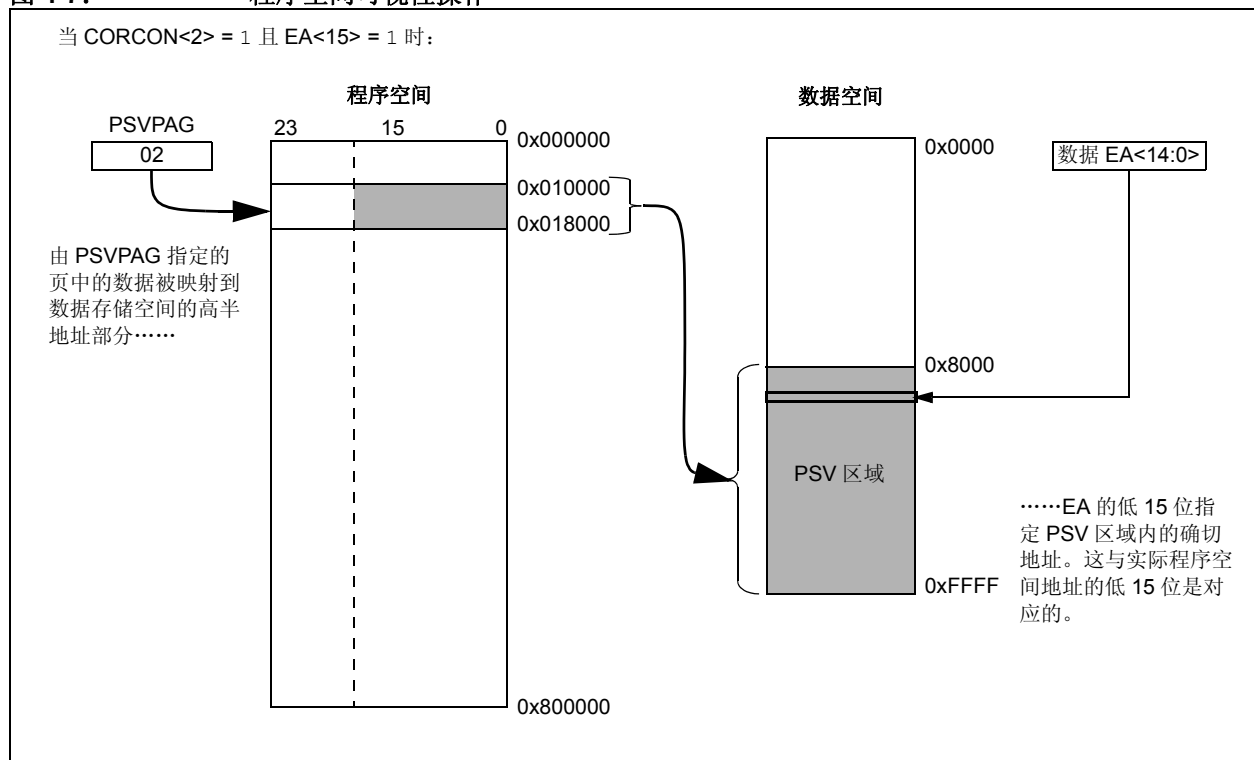
对于使用 PSV 而又在 REPEAT 循环外执行的操作，MOV 和 MOV.D 指令除了规定的执行时间之外，还需要一个额外的指令周期。所有其他指令都需要在规定的执行时间之外额外增加两个指令周期。

对于使用 PSV 而又在 REPEAT 循环内执行的操作，下列情况，除了规定的指令执行时间之外，还需要两个额外的指令周期：

- 在第一次迭代中执行的指令
- 在最后一次迭代中执行的指令
- 由于中断而退出循环之前执行的指令
- 中断得到处理后再次进入循环时执行的指令

REPEAT 循环的所有其他各次迭代，都允许使用 PSV 访问数据的指令在一个周期内执行。

图 4-7： 程序空间可视性操作



注:

5.0 闪存程序存储器

注

1: 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息,请参见《PIC24F系列参考手册》中的第4章“程序存储器”(DS39715),该文档可从Microchip网站(www.microchip.com)下载。

2: 请注意,本数据手册第26.0节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范,这一点非常重要。

3: 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息,请参见本数据手册中的第4.0节“存储器构成”。

PIC24FJ16MC101/102 器件包含用于存储和执行应用代码的内部闪存程序存储器。在整个 VDD 范围内,正常操作期间,存储器都是可读写、可擦除的。

可采用两种方式对闪存进行编程:

- 在线串行编程 (ICSP™) 功能
- 运行时自编程 (Run-Time Self-Programming, RTSP)

ICSP 允许在最终的应用电路中对器件进行串行编程。只需要使用 5 根线就可以完成编程,它们分别是编程时钟线和编程数据线 (备用编程引脚对之一: PGECx/PGEDx)、电源线 (VDD)、接地线 (VSS) 和主复位线 (MCLR)。这允许用户在生产电路板时使用未编程器件,而仅在产品交付之前才对单片机进行编程,从而可以使用最新版本的固件或者定制固件进行编程。

使用 TBLRD (表读) 和 TBLWT (表写) 指令来实现 RTSP。通过 RTSP, 用户应用程序可以按单个程序存储字的方式写入程序存储器数据,以及按块或“页”(512 条指令, 1536 字节) 的方式擦除程序存储器。

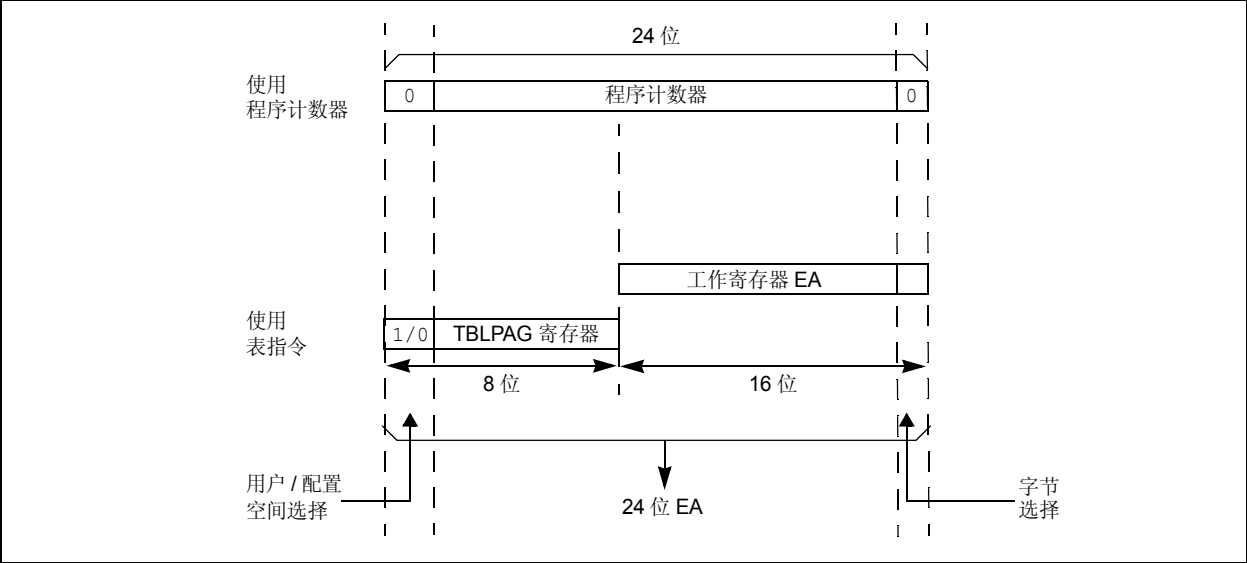
5.1 表指令和闪存编程

闪存的所有编程都是通过表读和表写指令完成的,与使用的编程方法无关。这些指令允许器件在正常工作模式下通过数据存储器直接读写程序存储空间。程序存储器中 24 位目标地址由 TBLPAG 寄存器的 bit<7:0> 和表指令中指定 W 寄存器中的有效地址 (EA) 组成,如图 5-1 所示。

TBLRDL 和 TBLWTL 指令用于读或写程序存储器的 bit<15:0>。TBLRDL 和 TBLWTL 能以字或字节模式访问程序存储器。

TBLRDH 和 TBLWTH 指令用于读或写程序存储器的 bit<23:16>。TBLRDH 和 TBLWTH 同样能以字或字节模式访问程序存储器。

图 5-1: 表寄存器的寻址



5.2 RTSP 工作原理

PIC24FJ16MC101/102 的闪存程序存储器阵列是由 64 条指令或 192 字节的行组成的。RTSP 允许用户应用程序擦除由 8 行（512 条指令）组成的存储器页，以及编程一个字。表 26-12 列出了典型的擦除和编程时间。8 行擦除页是边沿对齐的，从程序存储器起始地址开始，到 1536 字节边界。

5.3 编程操作

在 RTSP 模式下，对内部闪存进行编程或擦除需要执行完整的编程序列。处理器暂停（等待）直到操作完成。

关于擦除和编程时间，请参见表 26-12: “直流特性: 程序存储器”中的参数 DI37a 和 DI37b（页擦除时间），以及 DI38a 和 DI38b（字写周期）。

将 WR 位（NVMCON<15>）置 1 启动操作，当操作完成时 WR 位会自动清零。

5.3.1 闪存程序存储器的编程算法

编程器每次可以编程一个字（24 位）的闪存程序存储器。要实现该目的，需要先擦除一个 8 行的擦除页，该页包含用户希望更改的单元的地址。

为防止意外操作，必须向 NVMKEY 写入启动序列，用于允许执行任何擦除或编程操作。在执行编程命令后，用户应用程序必须等待一段编程时间，直到编程操作完成。编程序列开始后紧跟的两条指令应该为 NOP 指令。

注：对程序存储器的最后一页执行页擦除操作会清零闪存配置字，从而使能代码保护。因此，用户应避免对程序存储器的最后一页执行页擦除操作。

关于使用 RTSP 进行编程的详细信息和代码示例，请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 4 章“程序存储器”（DS39715）。

5.4 控制寄存器

有两个 SFR 用于读写闪存程序存储器：NVMCON 和 NVMKEY。

NVMCON 寄存器（寄存器 5-1）控制要擦除的块、要编程的存储器类型以及编程周期的开始。

NVMKEY 是一个只写寄存器，用于写保护。要启动编程或擦除序列，用户应用程序必须将 0x55 和 0xAA 连续写入 NVMKEY 寄存器。更多详细信息，请参见第 5.3 节“编程操作”。

寄存器 5-1: NVMCON: 闪存控制寄存器

R/SO-0 ⁽¹⁾	R/W-0 ⁽¹⁾	R/W-0 ⁽¹⁾	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
WR	WREN	WRERR	—	—	—	—	—
bit 15			bit 8				

U-0	R/W-0 ⁽¹⁾	U-0	U-0	R/W-0 ⁽¹⁾	R/W-0 ⁽¹⁾	R/W-0 ⁽¹⁾	R/W-0 ⁽¹⁾
—	ERASE	—	—	NVMOP<3:0> ⁽²⁾			
bit 7				bit 0			

图注:		SO = 只可置 1 位	
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15 **WR:** 写控制位
1 = 启动闪存编程或擦除操作。操作是自定时的, 一旦操作完成, 该位即由硬件清零
0 = 编程或擦除操作完成, 并处于停止状态
- bit 14 **WREN:** 写使能位
1 = 使能闪存编程 / 擦除操作
0 = 禁止闪存编程 / 擦除操作
- bit 13 **WRERR:** 写序列错误标志位
1 = 试图执行不合法的编程或擦除序列, 或者发生终止 (试图将 **WR** 位置 1 时自动置 1 该位)
0 = 编程或擦除操作正常完成
- bit 12-7 **未实现:** 读为 0
- bit 6 **ERASE:** 擦除 / 编程使能位
1 = 在下一条 **WR** 命令时执行 **NVMOP<3:0>** 指定的擦除操作
0 = 在下一条 **WR** 命令时执行 **NVMOP<3:0>** 指定的编程操作
- bit 5-4 **未实现:** 读为 0
- bit 3-0 **NVMOP<3:0>:** NVM 操作选择位 ⁽²⁾
如果 ERASE = 1:
1111 = 无操作
1101 = 擦除通用段
1100 = 无操作
0011 = 无操作
0010 = 存储器页擦除操作
0001 = 无操作
0000 = 无操作

如果 ERASE = 0:
1111 = 无操作
1101 = 无操作
1100 = 无操作
0011 = 存储器字编程操作
0010 = 无操作
0001 = 无操作
0000 = 无操作

- 注 1:** 这些位只能在 POR 时复位。
2: **NVMOP<3:0>** 的所有其他组合均未实现。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 5-2: NVMKEY: 非易失性存储器密钥寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0
NVMKEY<7:0>							
bit 7							bit 0

图注:	SO = 只可置 1 位						
R = 可读位	W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0				
-n = POR 时的值	1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知		

bit 15-8 未实现: 读为 0
bit 7-0 NVMKEY<7:0>: 密钥寄存器 (只写) 位

6.0 复位

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的第7章“复位”（DS39712），该文档可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第26.0节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的第4.0节“存储器构成”。

复位模块结合了所有复位源并控制器件的主复位信号SYSRST。下面列出了器件的复位源：

- POR：上电复位
- BOR：欠压复位
- MCLR：主复位引脚复位
- SWR：RESET 指令
- WDTO：看门狗定时器复位
- CM：配置不匹配复位

- TRAPR：陷阱冲突复位
- IOPUWR：非法条件器件复位
 - 非法操作码复位
 - 未初始化的W寄存器复位
 - 安全性复位

图6-1给出了复位模块的简化框图。

任何有效的复位源都将使SYSRST信号有效。在系统复位时，一些与CPU和外设相关的寄存器被强制为已知的复位状态，而有一些寄存器不受影响。

注： 如需了解寄存器复位状态的信息，请参见本数据手册中的特定外设章节或第3.0节“CPU”。

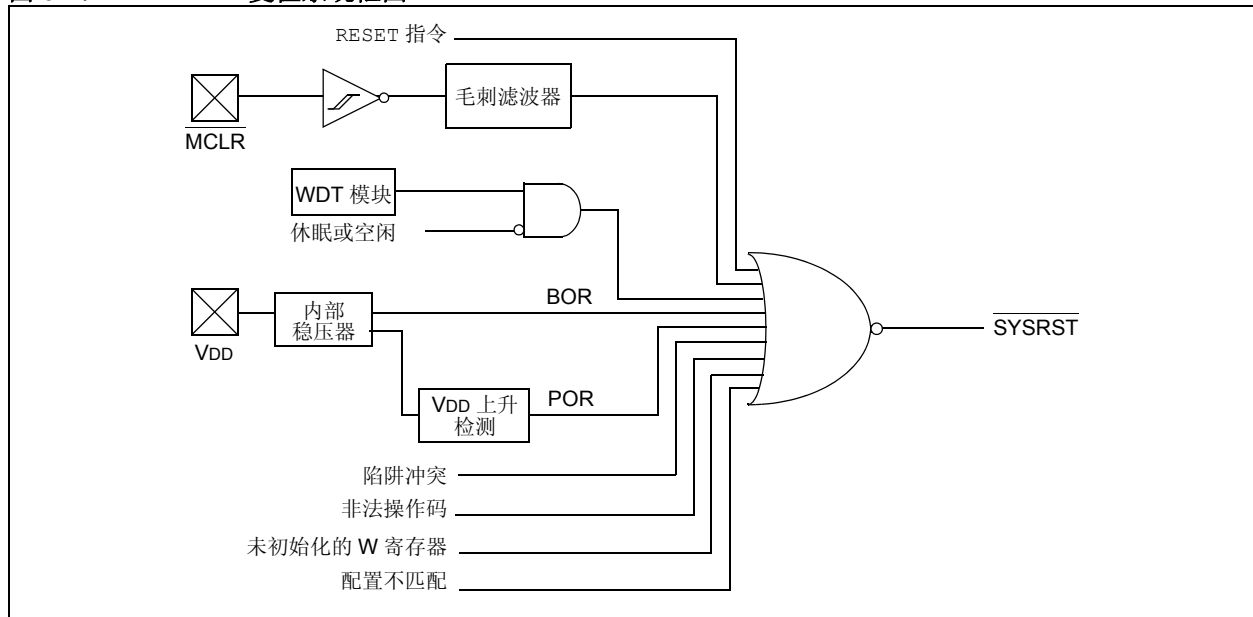
任何类型的器件复位都会将RCON寄存器中相应的状态位置1，以指示复位类型（见寄存器6-1）。

POR事件将清零POR位（RCON<0>）之外的所有位，POR位在POR时置1。用户应用程序可在代码执行过程中的任何时间置1或清零任何位。RCON寄存器中的位仅用作状态位。用软件将某个复位状态位置1不会导致器件发生复位。

RCON寄存器还包含与看门狗定时器和器件节能状态相关的其他位。本数据手册的其他章节中将讨论这些位的功能。

注： RCON寄存器中的状态位应该在被读取后清零，这样在器件复位后RCON寄存器的下一个值才有意义。

图6-1： 复位系统框图



PIC24FJ16MC101/102

寄存器 6-1: RCON: 复位控制寄存器⁽¹⁾

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
TRAPR	IOPUWR	—	—	—	—	CM	VREGS
bit 15						bit 8	

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1
EXTR	SWR	SWDTEN ⁽²⁾	WDTO	SLEEP	IDLE	BOR	POR
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15 **TRAPR:** 陷阱复位标志位
1 = 发生了陷阱冲突复位
0 = 未发生陷阱冲突复位
- bit 14 **IOPUWR:** 非法操作码或访问未初始化的 W 寄存器复位标志位
1 = 检测到非法操作码、非法地址模式或将未初始化的 W 寄存器用作地址指针而导致复位
0 = 未发生非法操作码或未初始化的 W 寄存器复位
- bit 13-10 **未实现:** 读为 0
- bit 9 **CM:** 配置不匹配标志位
1 = 发生了配置不匹配复位
0 = 未发生配置不匹配复位
- bit 8 **VREGS:** 休眠模式下稳压器待机位
1 = 在休眠模式下稳压器继续工作
0 = 在休眠模式下稳压器进入待机模式
- bit 7 **EXTR:** 外部复位 (MCLR) 引脚位
1 = 发生了主复位 (引脚) 复位
0 = 未发生主复位 (引脚) 复位
- bit 6 **SWR:** 软件复位 (指令) 标志位
1 = 执行了 RESET 指令
0 = 未执行 RESET 指令
- bit 5 **SWDTEN:** 软件使能 / 禁止 WDT 位⁽²⁾
1 = 使能 WDT
0 = 禁止 WDT
- bit 4 **WDTO:** 看门狗定时器超时标志位
1 = 发生了 WDT 超时
0 = 未发生 WDT 超时
- bit 3 **SLEEP:** 从休眠模式唤醒标志位
1 = 器件处于休眠模式
0 = 器件不处于休眠模式
- bit 2 **IDLE:** 从空闲模式唤醒标志位
1 = 器件处于空闲模式
0 = 器件不处于空闲模式
- bit 1 **BOR:** 欠压复位标志位
1 = 发生了欠压复位
0 = 未发生欠压复位
- bit 0 **POR:** 上电复位标志位
1 = 发生了上电复位
0 = 未发生上电复位

注 1: 所有复位状态位都可以用软件置 1 或清零。用软件将这些位中的某一位置 1 不会导致器件复位。

2: 如果 FWDTEN 配置位为 1 (未编程), 则 WDT 总是使能, 而与 SWDTEN 位的设置无关。

6.1 系统复位

PIC24FJ16MC101/102 系列器件有两种复位类型：

- 冷复位
- 热复位

冷复位是由 POR 或 BOR 引发的。在冷复位时，FOSC 器件配置寄存器中的 FNOSC 配置位选择器件时钟源。

所有其他复位源（包括 RESET 指令）都引发热复位。在热复位时，器件继续依靠当前时钟源运行，这个时钟源由振荡器控制寄存器中的当前振荡器选择位 COSC<2:0>（OSCCON<14:12>）来指示。

器件将保持在复位状态，直到系统电源稳定在适当的电压并且振荡器时钟准备就绪。其发生序列如图6-2所示。

表 6-1: 振荡器延时

振荡器模式	振荡器起振延时	振荡器起振定时器	PLL 锁定时间	总延时
FRC、FRCDIV16 和 FRCDIVN	TOSCD	—	—	TOSCD
FRCPLL	TOSCD	—	TLOCK	TOSCD + TLOCK
MS	TOSCD	TOST	—	TOSCD + TOST
HS	TOSCD	TOST	—	TOSCD + TOST
EC	—	—	—	—
MSPLL	TOSCD	TOST	TLOCK	TOSCD + TOST + TLOCK
ECPLL	—	—	TLOCK	TLOCK
SOSC	TOSCD	TOST	—	TOSCD + TOST
LPRC	TOSCD	—	—	TOSCD

- 注 1: TOSCD = 振荡器起振延时（对于 FRC 最大值为 1.1 μ s，对于 LPRC 最大值为 70 μ s）。晶振起振时间随晶体特性和负载电容等变化。
- 2: TOST = 振荡器起振定时器延时（1024 个振荡器时钟周期）。例如，10 MHz 晶振的 TOST = 102.4 μ s，32 kHz 晶振的 TOST = 32 ms。
- 3: 如果 PLL 使能，TLOCK = PLL 锁定时间（标称值为 1.5 ms）。

图 6-2: 系统复位时序

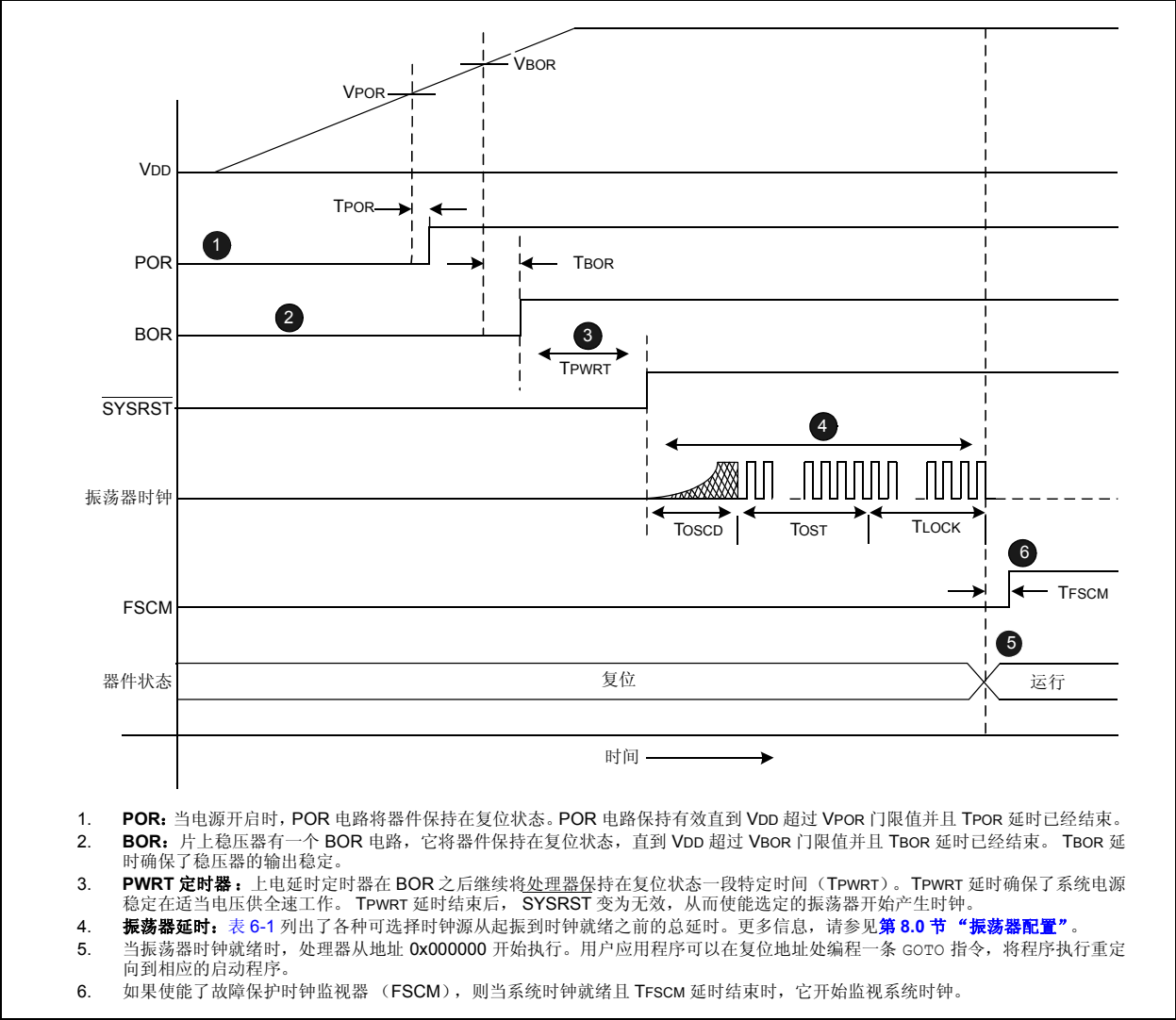


表 6-2: 振荡器参数

符号	参数	值
VPOR	POR 门限值	1.8V 标称值
TPOR	POR 延时时间	30 μ s 最大值
VBOR	BOR 门限值	2.5V 标称值
TBOR	BOR 延时时间	100 μ s 最大值
TPWRT	上电延时	64 ms 标称值
TFSCM	故障保护时钟监视器延时	900 μ s 最大值

注: 当器件退出复位状态 (开始正常工作) 时, 器件工作参数 (电压、频率和温度等) 必须在其工作范围内, 否则器件可能无法正常工作。用户应用程序必须确保从最开始上电到SYSRST变为无效之间的延时足够长, 以使所有工作参数都符合规范。

6.2 POR

POR 电路确保器件在上电时复位。POR 电路保持有效直到 V_{DD} 超过 V_{POR} 门限值并且 $TPOR$ 延时已经结束。 $TPOR$ 延时确保了器件内部偏置电路的稳定。

器件供电电压的特性必须符合规定的启动电压和上升速率要求以产生POR。详情请参见第26.0节“电气特性”。

复位控制寄存器中的 POR 状态位 POR ($RCON<0>$) 置 1，指示发生了上电复位。

6.3 BOR 和 PWRT

片上稳压器有一个 BOR 电路，当 V_{DD} 太低 ($V_{DD} < V_{BOR}$) 器件无法正常工作时将复位器件。BOR 电路使器件保持在复位状态，直到 V_{DD} 超过 V_{BOR} 门限值并且 T_{BOR} 延时已经结束。 T_{BOR} 延时确保了稳压器的输出稳定。

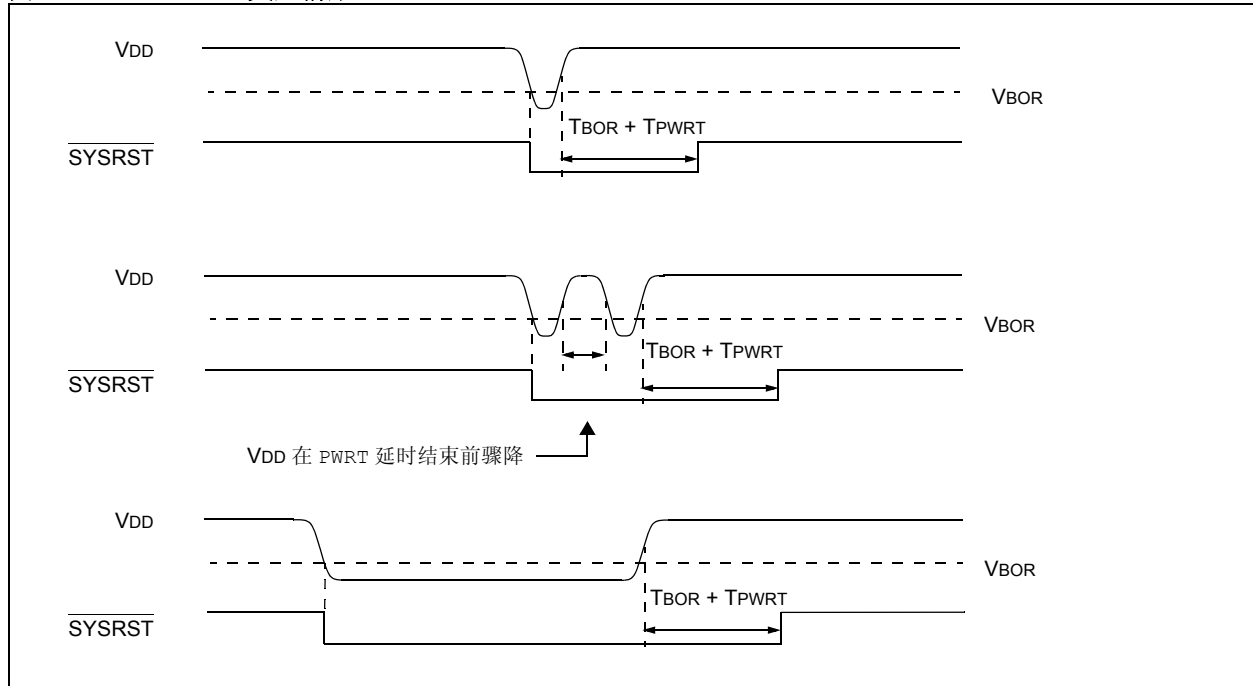
复位控制寄存器中的 BOR 状态位 BOR ($RCON<1>$) 置 1，指示发生了欠压复位。

BOR 之后器件不会全速工作，因为全速工作需要 V_{DD} 上升至可接受的电压值。PWRT 提供上电延时 ($TPWRT$)，确保释放 $\overline{SYSRST}$ 之前系统电源已稳定在供全速工作的适当电压值。

更多详细信息，请参见第 23.0 节“特殊功能”。

图 6-3 给出了典型的欠压情形。复位延时 ($T_{BOR} + TPWRT$) 在每次 V_{DD} 上升到超过 V_{BOR} 跳变点时启动。

图 6-3: 欠压情形



6.4 外部复位 (EXTR)

通过将 **MCLR** 引脚驱动为低电平产生外部复位。**MCLR** 引脚是附带毛刺滤波器的施密特触发器输入。宽度大于最小脉冲宽度的复位脉冲会产生复位。最小脉冲宽度规范，请参见第 26.0 节“电气特性”。复位控制寄存器 (RCON) 中的外部复位 (**MCLR**) 引脚 (**EXTR**) 位置 1，指示发生了 **MCLR** 复位。

6.4.1 外部监控电路

许多系统具有外部监控电路，这种监控电路可产生复位信号将系统中的多个器件复位。可将此外部复位信号直接连接到 **MCLR** 引脚，使系统的其他部分复位时复位器件。

6.4.2 内部监控电路

当使用内部电源监控电路复位器件时，外部复位引脚 (**MCLR**) 应直接或通过电阻连接到 **VDD**。在这种情况下，**MCLR** 引脚不用于产生复位。外部复位引脚 (**MCLR**) 不具有内部上拉电阻，所以不能处于不连接状态。

6.5 软件 RESET 指令 (SWR)

每当执行 **RESET** 指令时，器件都将产生 **SYSRST**，将器件置于特殊的复位状态。此种复位状态不会重新初始化时钟。执行 **RESET** 指令前使用的时钟源仍然继续使用。**SYSRST** 在下一个指令周期释放，并且开始取复位向量。

复位控制寄存器中的软件复位 (指令) 标志位 **SWR** (**RCON<6>**) 置 1，指示发生了软件复位。

6.6 看门狗超时复位 (WDTO)

只要发生看门狗超时，器件都将异步产生 **SYSRST** 信号。时钟源保持不变。在休眠或空闲模式下，**WDT** 超时将唤醒处理器，但不会复位处理器。

复位控制寄存器中的看门狗定时器超时标志位 **WDTO** (**RCON<4>**) 置 1，指示发生了看门狗复位。关于看门狗复位的更多信息，请参见第 23.4 节“看门狗定时器 (**WDT**)”。

6.7 陷阱冲突复位

如果正在处理某个高优先级的陷阱时，发生了低优先级的硬陷阱，则将发生硬陷阱冲突复位。硬陷阱包括优先级为 13 至 15 的异常 (含优先级 13 和优先级 15)。地址错误 (优先级 13) 和振荡器错误 (优先级 14) 陷阱都属于此类。

复位控制寄存器中的陷阱复位标志位 **TRAPR** (**RCON<15>**) 置 1，指示发生了陷阱冲突复位。关于陷阱冲突复位的更多信息，请参见第 7.0 节“中断控制器”。

6.8 配置不匹配复位

为保持外设引脚选择控制寄存器的完整性，通过影子寄存器用硬件对其不断监视。如果任何寄存器发生了异常改变 (例如 **ESD** 或其他外部事件引起的干扰)，将会发生配置不匹配复位。

复位控制寄存器中的配置不匹配标志位 **CM** (**RCON<9>**) 置 1，指示发生了配置不匹配复位。关于配置不匹配复位的更多信息，请参见第 10.0 节“I/O 端口”。

注： 配置不匹配复位特性和相关的复位标志并非在所有器件上都可用。

6.9 非法条件器件复位

如下原因会发生非法条件器件复位：

- 非法操作码复位
- 未初始化的 W 寄存器复位
- 安全性复位

复位控制寄存器中的非法操作码或未初始化的 W 寄存器访问复位标志位 IOPUWR (RCON<14>) 置 1，指示发生了非法条件器件复位。

6.9.1 非法操作码复位

如果器件试图执行从程序存储器中取出的非法操作码值，将会产生器件复位。

非法操作码复位功能可以阻止器件执行用于存储常量数据的程序存储器段。要利用非法操作码复位，只能使用每个程序存储器段的低 16 位存储数据值。高 8 位应该被编程为非法操作码值 0x3F。

6.9.2 未初始化的 W 寄存器复位

任何试图使用未初始化的 W 寄存器作为地址指针的操作，都将复位器件。W 寄存器阵列 (W15 除外) 在发生所有复位时被清零，并且在被写入前视为未经初始化。

6.9.3 安全性复位

如果程序流改变 (Program Flow Change, PFC) 或向量流改变 (Vector Flow Change, VFC) 的目标是受保护段 (引导段和安全段) 中的受限地址，该操作将导致安全性复位。

当调用、跳转、计算跳转、返回、从子程序返回或者其他形式的转移指令导致程序计数器被重载时，将发生 PFC。

当程序计数器被重载中断或陷阱向量时发生 VFC。

6.10 使用 RCON 状态位

任何器件复位后，用户应用程序都可以读取复位控制寄存器 (RCON) 以判断复位原因。

注： RCON 寄存器中的状态位应该在被读取后清零，这样在器件复位后 RCON 寄存器的下一个值才有意义。

表 6-3 提供了复位标志位操作的总结。

表 6-3: 复位标志位操作

标志位	置 1 事件:	清零事件:
TRAPR (RCON<15>)	陷阱冲突事件	POR 和 BOR
IOPWR (RCON<14>)	非法操作码、访问了未初始化的 W 寄存器或安全性复位	POR 和 BOR
CM (RCON<9>)	配置不匹配	POR 和 BOR
EXTR (RCON<7>)	MCLR 复位	POR
SWR (RCON<6>)	RESET 指令	POR 和 BOR
WDTO (RCON<4>)	WDT 超时	PWRSV 指令、CLRWDI 指令、POR 和 BOR
SLEEP (RCON<3>)	PWRSV #SLEEP 指令	POR 和 BOR
IDLE (RCON<2>)	PWRSV #IDLE 指令	POR 和 BOR
BOR (RCON<1>)	POR 和 BOR	—
POR (RCON<0>)	POR	—

注： 所有复位标志位均可由用户软件置 1 或清零。

注:

7.0 中断控制器

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的第8章“中断”（DS39707），该文档可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第26.0节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的第4.0节“存储器构成”。

中断控制器将诸多外设中断请求信号缩减为一个送往PIC24FJ16MC101/102 CPU的中断请求信号。它具有以下特性：

- 多达8个处理器异常和软件陷阱
- 7个可由用户选择的优先级
- 多达118个向量的中断向量表（Interrupt Vector Table, IVT）
- 每个中断或异常源对应一个唯一的向量
- 在指定的用户优先级内具有固定的优先级
- 用于支持调试功能的备用中断向量表（Alternate Interrupt Vector Table, AIVT）
- 固定的中断进入和返回延时

7.1 中断向量表

中断向量表（IVT）如图7-1所示。IVT位于程序存储器中，起始单元地址是000004h。IVT包含126个向量，由8个不可屏蔽陷阱向量和多达118个中断源组成。一般来说，每个中断源都有自己的中断向量。每个中断向量都包含一个24位宽的地址。每个中断向量单元中编程的值是其相关的中断服务程序（ISR）的起始地址。

中断向量根据其自然优先级区分优先顺序。自然优先级与中断向量在向量表中的位置有关。一般来说，较低地址的中断向量具有较高的自然优先级。例如，与向量0相关的中断比任何其他向量地址的中断具有更高的自然优先级。

PIC24FJ16MC101/102器件实现了多达26个独特的中断和4个不可屏蔽陷阱。表7-1和表7-2对此做了总结。

7.1.1 备用中断向量表

备用中断向量表（AIVT）位于IVT之后，如图7-1所示。由ALTIVT控制位（INTCON2<15>）控制对AIVT的访问。如果ALTIVT位置1，则所有的中断和异常处理都将使用备用向量，而非默认向量。备用向量与默认向量的组织方式相同。

AIVT通过提供一种不需要将中断向量再编程就可以在实际应用程序和支持环境之间切换的方法，来支持调试功能。此特性也支持运行时在不同应用程序之间切换以便评估各种不同的软件算法。如果不需要AIVT，则应该用IVT中使用的相同地址编程AIVT。

7.2 复位过程

器件复位不是真正的异常，因为复位过程中并不涉及到中断控制器。作为对复位的响应，PIC24FJ16MC101/102器件清零其寄存器，强制PC为零。然后单片机从地址0x000000处开始执行程序。用户可以在复位地址处编程一条GOTO指令，将程序执行重定向到相应的启动程序。

注： 应使用包含RESET指令的默认中断处理程序的地址编程IVT和AIVT中所有未实现或未使用的向量单元。

图 7-1: PIC24FJ16MC101/102 中断向量表

自然顺序优先级降序排列	复位——GOTO 指令	0x000000	中断向量表 (IVT) ⁽¹⁾
	复位——GOTO 地址	0x000002	
	保留	0x000004	
	振荡器故障陷阱向量		
	地址错误陷阱向量		
	堆栈错误陷阱向量		
	数学错误陷阱向量		
	保留		
	保留		
	保留		
	中断向量 0	0x000014	
	中断向量 1		
	~		
	~		
	~		
	中断向量 52	0x00007C	
	中断向量 53	0x00007E	
	中断向量 54	0x000080	
	~		
	~		
	~		
	中断向量 116	0x0000FC	备用中断向量表 (AIVT) ⁽¹⁾
	中断向量 117	0x0000FE	
	保留	0x000100	
	保留	0x000102	
	保留		
	振荡器故障陷阱向量		
	地址错误陷阱向量		
	堆栈错误陷阱向量		
	数学错误陷阱向量		
	保留		
	保留		
	保留		
	中断向量 0	0x000114	
	中断向量 1		
	~		
	~		
	~		
	中断向量 52	0x00017C	
	中断向量 53	0x00017E	
	中断向量 54	0x000180	
	~		
	~		
	~		
	中断向量 116		
	中断向量 117	0x0001FE	
	代码起始单元	0x000200	

注 1: 请参见表 7-1 了解所实现的中断向量列表。

表 7-1: 中断向量

向量编号	中断请求 (IRQ) 编号	IVT 地址	AIVT 地址	中断源
8	0	0x000014	0x000114	INT0——外部中断 0
9	1	0x000016	0x000116	IC1——输入捕捉 1
10	2	0x000018	0x000118	OC1——输出比较 1
11	3	0x00001A	0x00011A	T1——Timer1
12	4	0x00001C	0x00011C	保留
13	5	0x00001E	0x00011E	IC2——输入捕捉 2
14	6	0x000020	0x000120	OC2——输出比较 2
15	7	0x000022	0x000122	T2——Timer2
16	8	0x000024	0x000124	T3——Timer3
17	9	0x000026	0x000126	SPI1E——SPI1 错误
18	10	0x000028	0x000128	SPI1——SPI1 传输完成
19	11	0x00002A	0x00012A	U1RX——UART1 接收器
20	12	0x00002C	0x00012C	U1TX——UART1 发送器
21	13	0x00002E	0x00012E	ADC1——ADC1
22	14	0x000030	0x000130	保留
23	15	0x000032	0x000132	保留
24	16	0x000034	0x000134	SI2C1——I2C1 从事件
25	17	0x000036	0x000136	MI2C1——I2C1 主事件
26	18	0x000038	0x000138	CMP——比较器中断
27	19	0x00003A	0x00013A	电平变化通知中断
28	20	0x00003C	0x00013C	INT1——外部中断 1
29-36	21-28	0x00003E- 0x00004C	0x00013E- 0x00014C	保留
37	29	0x00004E	0x00014E	INT2——外部中断 2
38-44	30-36	0x000050- 0x00005A	0x000150- 0x00015C	保留
45	37	0x00005E	0x00015E	IC3——输入捕捉 3
46-64	38-56	0x000060- 0x000084	0x000160- 0x000184	保留
65	57	0x000086	0x000186	PWM1——PWM1 周期匹配
66-69	58-61	0x000088- 0x00008E	0x000188- 0x00018E	保留
70	62	0x000090	0x000190	RTCC——实时时钟和日历
71	63	0x000092	0x000192	FLTA1——PWM1 故障 A
72	64	0x000094	0x000194	FLTB1——PWM1 故障 B
73	65	0x000096	0x000196	U1E——UART1 错误
74-84	66-76	0x000098- 0x0000AC	0x000198- 0x0001AC	保留
85	77	0x0000AE	0x0001AE	CTMU——充电时间测量单元
86-125	78-117	0x0000B0- 0x0000FE	0x0001B0- 0x0001FE	保留

表 7-2: 陷阱向量

向量编号	IVT 地址	AIVT 地址	陷阱源
0	0x000004	0x000104	保留
1	0x000006	0x000106	振荡器故障
2	0x000008	0x000108	地址错误
3	0x00000A	0x00010A	堆栈错误
4	0x00000C	0x00010C	数学错误
5	0x00000E	0x00010E	保留
6	0x000010	0x000110	保留
7	0x000012	0x000112	保留

7.3 中断控制和状态寄存器

PIC24FJ16MC101/102 器件共实现了 22 个用于中断控制器的寄存器:

- INTCON1
- INTCON2
- IFSx
- IECx
- IPCx
- INTTREG

7.3.1 INTCON1 和 INTCON2

INTCON1 和 INTCON2 控制全局中断控制功能。INTCON1 包含中断嵌套禁止位 (NSTDIS) 以及处理器陷阱源的控制和状态标志。INTCON2 寄存器控制外部中断请求信号行为以及备用中断向量表的使用。

7.3.2 IFSx

IFS 寄存器维护所有中断请求标志。每个中断源都具有一个中断标志状态位, 该状态位由相应的外设中断或外部中断信号置 1, 通过软件进行清零。

7.3.3 IECx

IEC 寄存器维护所有中断允许位。这些控制位用于单独允许外设中断或外部信号中断。

7.3.4 IPCx

IPC 寄存器用于设置每个中断源的中断优先级。可以为每个用户中断源分配 8 个优先级之一。

7.3.5 INTTREG

INTTREG 寄存器包含相关的中断向量编号和新的 CPU 中断优先级, 分别锁存在 INTTREG 寄存器中的向量编号 (VECNUM<6:0>) 和中断优先级 (ILR<3:0>) 位域中。新的中断优先级是等待处理中断的优先级。

中断源按表 7-1 中的顺序分配给 IFSx、IECx 和 IPCx 寄存器。例如, INT0 (外部中断 0) 向量编号为 8、自然顺序优先级为 0。所以 INT0IF 位在 IFS0<0> 中, INT0IE 位在 IEC0<0> 中, INT0IP 位在 IPC0 的第一个位置 (IPC0<2:0>) 中。

7.3.6 状态 / 控制寄存器

尽管这些寄存器不是中断控制硬件的特定组成部分, 但其中两个 CPU 控制寄存器包含控制中断功能的位。

- CPU 状态寄存器 SR 包含 IPL<2:0> 位 (SR<7:5>)。这些位指示当前 CPU 中断优先级。用户应用程序可以通过写 IPL 位来更改当前 CPU 优先级。
- CORCON 寄存器包含 IPL3 位, 这个位与 IPL<2:0> 位一起指示当前 CPU 优先级。IPL3 是只读位, 所以用户软件不能屏蔽陷阱事件。

在下面各页中的寄存器 7-1 至寄存器 7-27 说明了所有的中断寄存器。

寄存器 7-1: SR: CPU 状态寄存器⁽¹⁾

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	—	DC
bit 15							bit 8
R/W-0 ⁽³⁾	R/W-0 ⁽³⁾	R/W-0 ⁽³⁾	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
IPL2 ⁽²⁾	IPL1 ⁽²⁾	IPL0 ⁽²⁾	RA	N	OV	Z	C
bit 7							bit 0

图注:

C = 只可清零位
S = 只可置 1 位
1 = 置 1

R = 可读位
W = 可写位
0 = 清零

U = 未实现位, 读为 0
-n = POR 时的值
x = 未知

bit 7-5 **IPL<2:0>: CPU 中断优先级状态位⁽²⁾**

111 = CPU 中断优先级为 7 (15), 禁止用户中断
110 = CPU 中断优先级为 6 (14)
101 = CPU 中断优先级为 5 (13)
100 = CPU 中断优先级为 4 (12)
011 = CPU 中断优先级为 3 (11)
010 = CPU 中断优先级为 2 (10)
001 = CPU 中断优先级为 1 (9)
000 = CPU 中断优先级为 0 (8)

- 注 1: 如需了解整个寄存器的详细信息, 请参见[寄存器 3-1: “SR: CPU 状态寄存器”](#)。
- 2: IPL<2:0> 位与 IPL<3> 位 (CORCON<3>) 组合形成 CPU 中断优先级。如果 IPL<3> = 1, 那么括号中的值表示 IPL。当 IPL<3> = 1 时, 禁止用户中断。
- 3: 当 NSTDIS (INTCON1<15>) = 1 时, IPL<2:0> 状态位是只读的。

寄存器 7-2: CORCON: 内核控制寄存器⁽¹⁾

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	U-0	R/C-0	R/W-0	U-0	U-0
—	—	—	—	IPL3 ⁽²⁾	PSV	—	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位
0 = 清零

C = 只可清零位
W = 可写位
x = 未知

-n = POR 时的值
1 = 置 1
U = 未实现位, 读为 0

bit 3 **IPL3: CPU 中断优先级状态位 3⁽²⁾**

1 = CPU 中断优先级大于 7
0 = CPU 中断优先级等于或小于 7

- 注 1: 如需了解整个寄存器的详细信息, 请参见[寄存器 3-2: “CORCON: 内核控制寄存器”](#)。
- 2: IPL3 位与 IPL<2:0> 位 (SR<7:5>) 组合形成 CPU 中断优先级。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-3: INTCON1: 中断控制寄存器 1

R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
NSTDIS	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0
—	—	—	MATHERR	ADDRERR	STKERR	OSCFAIL	—
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15

NSTDIS: 中断嵌套禁止位
1 = 禁止中断嵌套
0 = 使能中断嵌套
- bit 14-5

未实现: 读为 0
- bit 4

MATHERR: 数学错误陷阱状态位
1 = 发生了数学错误陷阱
0 = 未发生数学错误陷阱
- bit 3

ADDRERR: 地址错误陷阱状态位
1 = 发生了地址错误陷阱
0 = 未发生地址错误陷阱
- bit 2

STKERR: 堆栈错误陷阱状态位
1 = 发生了堆栈错误陷阱
0 = 未发生堆栈错误陷阱
- bit 1

OSCFAIL: 振荡器故障陷阱状态位
1 = 发生了振荡器故障陷阱
0 = 未发生振荡器故障陷阱
- bit 0

未实现: 读为 0

寄存器 7-4: INTCON2: 中断控制寄存器 2

R/W-0	R-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
ALTIVT	DISI	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	INT2EP	INT1EP	INT0EP
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15 **ALTIVT:** 备用中断向量表使能位
 1 = 使用备用向量表
 0 = 使用标准 (默认) 向量表
- bit 14 **DISI:** DISI 指令状态位
 1 = DISI 指令有效
 0 = DISI 指令无效
- bit 13-3 **未实现:** 读为 0
- bit 2 **INT2EP:** 外部中断 2 边沿检测极性选择位
 1 = 下降沿中断
 0 = 上升沿中断
- bit 1 **INT1EP:** 外部中断 1 边沿检测极性选择位
 1 = 下降沿中断
 0 = 上升沿中断
- bit 0 **INT0EP:** 外部中断 0 边沿检测极性选择位
 1 = 下降沿中断
 0 = 上升沿中断

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-5: IFS0: 中断标志状态寄存器 0

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	AD1IF	U1TXIF	U1RXIF	SPI1IF	SPI1EIF	T3IF
bit 15							bit 8
R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
T2IF	OC2IF	IC2IF	—	T1IF	OC1IF	IC1IF	INT0IF
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15-14	未实现: 读为 0
bit 13	AD1IF: ADC1 转换完成中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 12	U1TXIF: UART1 发送器中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 11	U1RXIF: UART1 接收器中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 10	SPI1IF: SPI1 事件中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 9	SPI1EIF: SPI1 错误中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 8	T3IF: Timer3 中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 7	T2IF: Timer2 中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 6	OC2IF: 输出比较通道 2 中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 5	IC2IF: 输入捕捉通道 2 中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 4	未实现: 读为 0
bit 3	T1IF: Timer1 中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 2	OC1IF: 输出比较通道 1 中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求

寄存器 7-5: IFS0: 中断标志状态寄存器 0 (续)

bit 1	IC1IF: 输入捕捉通道 1 中断标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求
bit 0	INT0IF: 外部中断 0 标志状态位 1 = 产生了中断请求 0 = 未产生中断请求

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-6: IFS1: 中断标志状态寄存器 1

U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	INT2IF	—	—	—	—	—
bit 15						bit 8	
U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	INT1IF	CNIF	CMPIF	MI2C1IF	SI2C1IF
bit 7						bit 0	

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-14

未实现：读为 0
- bit 13

INT2IF：外部中断 2 标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求
- bit 12-5

未实现：读为 0
- bit 4

INT1IF：外部中断 1 标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求
- bit 3

CNIF：输入电平变化通知中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求
- bit 2

CMPIF：比较器中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求
- bit 1

MI2C1IF：I2C1 主事件中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求
- bit 0

SI2C1IF：I2C1 从事件中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求

寄存器 7-7: IFS2: 中断标志状态寄存器 2

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	IC3IF	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-6 **未实现:** 读为 0

bit 5 **IC3IF:** 输入捕捉通道 3 中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求

bit 4-0 **未实现:** 读为 0

寄存器 7-8: IFS3: 中断标志状态寄存器 3

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	U-0
FLTA1IF	RTCCIF	—	—	—	—	PWM1IF	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15 **FLTA1IF:** PWM1 故障 A 中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求

bit 14 **RTCCIF:** RTCC 中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求

bit 13-10 **未实现:** 读为 0

bit 9 **PWM1IF:** PWM1 中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求

bit 8-0 **未实现:** 读为 0

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-9: IFS4: 中断标志状态寄存器 4

U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	CTMUIF	—	—	—	—	—
bit 15						bit 8	

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	U1EIF	FLTB1IF
bit 7						bit 0	

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-14

未实现：读为 0
- bit 13

CTMUIF: CTMU 中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求
- bit 12-2

未实现：读为 0
- bit 1

U1EIF: UART1 错误中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求
- bit 0

FLTB1IF: PWM1 故障 B 中断标志状态位

1 = 产生了中断请求

0 = 未产生中断请求

寄存器 7-10: IEC0: 中断允许控制寄存器 0

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	AD1IE	U1TXIE	U1RXIE	SPI1IE	SPI1EIE	T3IE
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
T2IE	OC2IE	IC2IE	—	T1IE	OC1IE	IC1IE	INT0IE
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-14	未实现: 读为 0
bit 13	AD1IE: ADC1 转换完成中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 12	U1TXIE: UART1 发送器中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 11	U1RXIE: UART1 接收器中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 10	SPI1IE: SPI1 事件中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 9	SPI1EIE: SPI1 错误中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 8	T3IE: Timer3 中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 7	T2IE: Timer2 中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 6	OC2IE: 输出比较通道 2 中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 5	IC2IE: 输入捕捉通道 2 中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 4	未实现: 读为 0
bit 3	T1IE: Timer1 中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 2	OC1IE: 输出比较通道 1 中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求

寄存器 7-10: IEC0: 中断允许控制寄存器 0 （续）

- bit 1

IC1IE: 输入捕捉通道 1 中断允许位

1 = 允许中断请求

0 = 禁止中断请求
- bit 0

INT0IE: 外部中断 0 允许位

1 = 允许中断请求

0 = 禁止中断请求

寄存器 7-11: IEC1: 中断允许控制寄存器 1

U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	INT2IE	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	INT1IE	CNIE	CMPIE	MI2C1IE	SI2C1IE
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15-14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **INT2IE:** 外部中断 2 允许位
 1 = 允许中断请求
 0 = 禁止中断请求
- bit 12-5 **未实现:** 读为 0
- bit 4 **INT1IE:** 外部中断 1 允许位
 1 = 允许中断请求
 0 = 禁止中断请求
- bit 3 **CNIE:** 输入电平变化通知中断允许位
 1 = 允许中断请求
 0 = 禁止中断请求
- bit 2 **CMPIE:** 比较器中断允许位
 1 = 允许中断请求
 0 = 禁止中断请求
- bit 1 **MI2C1IE:** I2C1 主事件中断允许位
 1 = 允许中断请求
 0 = 禁止中断请求
- bit 0 **SI2C1IE:** I2C1 从事件中断允许位
 1 = 允许中断请求
 0 = 禁止中断请求

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-12: IEC2: 中断允许控制寄存器 2

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	IC3IE	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-6未实现: 读为 0
- bit 5IC3IE: 输入捕捉通道 3 中断允许位
1 = 允许中断请求
0 = 禁止中断请求
- bit 4-0未实现: 读为 0

寄存器 7-13: IEC3: 中断允许控制寄存器 3

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	U-0
FLTA1IE	RTCCIE	—	—	—	—	PWM1IE	—
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15FLTA1IE: PWM1 故障 A 中断允许位
1 = 允许中断请求
0 = 禁止中断请求
- bit 14RTCCIE: RTCC 中断允许位
1 = 允许中断请求
0 = 禁止中断请求
- bit 13-10未实现: 读为 0
- bit 9PWM1IE: PWM1 中断允许位
1 = 允许中断请求
0 = 禁止中断请求
- bit 8-0未实现: 读为 0

寄存器 7-14: IEC4: 中断允许控制寄存器 4

U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	CTMUIE	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	U1EIE	FLTB1IE
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15-14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **CTMUIE:** CTMU 中断允许位
 - 1 = 允许中断请求
 - 0 = 禁止中断请求
- bit 12-2 **未实现:** 读为 0
- bit 1 **U1EIE:** UART1 错误中断允许位
 - 1 = 允许中断请求
 - 0 = 禁止中断请求
- bit 0 **FLTB1IE:** PWM1 故障 B 中断允许位
 - 1 = 允许中断请求
 - 0 = 禁止中断请求

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-15: IPC0: 中断优先级控制寄存器 0

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	T1IP<2:0>			—	OC1IP<2:0>		
bit 15				bit 8			
U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	IC1IP<2:0>			—	INT0IP<2:0>		
bit 7				bit 0			

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15	未实现: 读为 0
bit 14-12	T1IP<2:0> : Timer1 中断优先级位
	111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
	•
	•
	•
	001 = 中断优先级为 1
	000 = 禁止中断源
bit 11	未实现: 读为 0
bit 10-8	OC1IP<2:0> : 输出比较通道 1 中断优先级位
	111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
	•
	•
	•
	001 = 中断优先级为 1
	000 = 禁止中断源
bit 7	未实现: 读为 0
bit 6-4	IC1IP<2:0> : 输入捕捉通道 1 中断优先级位
	111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
	•
	•
	•
	001 = 中断优先级为 1
	000 = 禁止中断源
bit 3	未实现: 读为 0
bit 2-0	INT0IP<2:0> : 外部中断 0 优先级位
	111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
	•
	•
	•
	001 = 中断优先级为 1
	000 = 禁止中断源

寄存器 7-16: IPC1: 中断优先级控制寄存器 1

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	T2IP<2:0>			—	OC2IP<2:0>		
bit 15				bit 8			

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	IC2IP<2:0>			—	—	—	—
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15	未实现: 读为 0
bit 14-12	T2IP<2:0> : Timer2 中断优先级位 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断) • • • 001 = 中断优先级为 1 000 = 禁止中断源
bit 11	未实现: 读为 0
bit 10-8	OC2IP<2:0> : 输出比较通道 2 中断优先级位 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断) • • • 001 = 中断优先级为 1 000 = 禁止中断源
bit 7	未实现: 读为 0
bit 6-4	IC2IP<2:0> : 输入捕捉通道 2 中断优先级位 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断) • • • 001 = 中断优先级为 1 000 = 禁止中断源
bit 3-0	未实现: 读为 0

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-17: **IPC2: 中断优先级控制寄存器 2**

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	U1RXIP<2:0>			—	SPI1IP<2:0>		
bit 15				bit 8			
U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	SPI1EIP<2:0>			—	T3IP<2:0>		
bit 7				bit 0			

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15 **未实现:** 读为 0
- bit 14-12 **U1RXIP<2:0>:** UART1 接收器中断优先级位
 - 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
 -
 -
 -
 - 001 = 中断优先级为 1
 - 000 = 禁止中断源
- bit 11 **未实现:** 读为 0
- bit 10-8 **SPI1IP<2:0>:** SPI1 事件中断优先级位
 - 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
 -
 -
 -
 - 001 = 中断优先级为 1
 - 000 = 禁止中断源
- bit 7 **未实现:** 读为 0
- bit 6-4 **SPI1EIP<2:0>:** SPI1 错误中断优先级位
 - 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
 -
 -
 -
 - 001 = 中断优先级为 1
 - 000 = 禁止中断源
- bit 3 **未实现:** 读为 0
- bit 2-0 **T3IP<2:0>:** Timer3 中断优先级位
 - 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
 -
 -
 -
 - 001 = 中断优先级为 1
 - 000 = 禁止中断源

寄存器 7-18: IPC3: 中断优先级控制寄存器 3

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	AD1IP<2:0>			—	U1TXIP<2:0>		
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-7 **未实现:** 读为 0

bit 6-4 **AD1IP<2:0>:** ADC1 转换完成中断优先级位

111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)

•
•
•

001 = 中断优先级为 1

000 = 禁止中断源

bit 3 **未实现:** 读为 0

bit 2-0 **U1TXIP<2:0>:** UART1 发送器中断优先级位

111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)

•
•
•

001 = 中断优先级为 1

000 = 禁止中断源

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-19: **IPC4: 中断优先级控制寄存器 4**

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	CNIP<2:0>			—	CMPIP<2:0>		
bit 15				bit 8			
U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	MI2C1IP<2:0>			—	SI2C1IP<2:0>		
bit 7				bit 0			

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15	未实现: 读为 0
bit 14-12	CNIP<2:0> : 电平变化通知中断优先级位 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断) . . . 001 = 中断优先级为 1 000 = 禁止中断源
bit 11	未实现: 读为 0
bit 10-8	CMPIP<2:0> : 比较器中断优先级位 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断) . . . 001 = 中断优先级为 1 000 = 禁止中断源
bit 7	未实现: 读为 0
bit 6-4	MI2C1IP<2:0> : I2C1 主事件中断优先级位 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断) . . . 001 = 中断优先级为 1 000 = 禁止中断源
bit 3	未实现: 读为 0
bit 2-0	SI2C1IP<2:0> : I2C1 从事件中断优先级位 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断) . . . 001 = 中断优先级为 1 000 = 禁止中断源

寄存器 7-20: IPC5: 中断优先级控制寄存器 5

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	INT1IP<2:0>		
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-3 **未实现:** 读为 0

bit 2-0 **INT1IP<2:0>:** 外部中断 1 优先级位
 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
 •
 •
 •
 001 = 中断优先级为 1
 000 = 禁止中断源

寄存器 7-21: IPC7: 中断优先级控制寄存器 7

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	INT2IP<2:0>			—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-7 **未实现:** 读为 0

bit 6-4 **INT2IP<2:0>:** 外部中断 2 优先级位
 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
 •
 •
 •
 001 = 中断优先级为 1
 000 = 禁止中断源

bit 3-0 **未实现:** 读为 0

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-22: **IPC9: 中断优先级控制寄存器 9**

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	IC3IP<2:0>			—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-7 未实现: 读为 0
- bit 6-4 **IC3IP<2:0>**: 外部中断 3 优先级位
- 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
-
-
-
- 001 = 中断优先级为 1
- 000 = 禁止中断源
- bit 3-0 未实现: 读为 0

寄存器 7-23: **IPC14: 中断优先级控制寄存器 14**

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	PWM1IP<2:0>			—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-7 未实现: 读为 0
- bit 6-4 **PWM1IP<2:0>**: PWM1 中断优先级位
- 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
-
-
-
- 001 = 中断优先级为 1
- 000 = 禁止中断源
- bit 3-0 未实现: 读为 0

寄存器 7-24: **IPC15: 中断优先级控制寄存器 15**

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	FLTA1IP<2:0>			—	RTCCIP<2:0>		
bit 15				bit 8			

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15 **未实现:** 读为 0

bit 14-12 **FLTA1IP<2:0>:** PWM1 故障 A 中断优先级位
 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
 •
 •
 •
 001 = 中断优先级为 1
 000 = 禁止中断源

bit 11 **未实现:** 读为 0

bit 10-8 **RTCCIP<2:0>:** RTCC 中断优先级位
 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
 •
 •
 •
 001 = 中断优先级为 1
 000 = 禁止中断源

bit 7-0 **未实现:** 读为 0

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-25: IPC16: 中断优先级控制寄存器 16

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	U1EIP<2:0>			—	FLTB1IP<2:0>		
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-7 未实现：读为 0
- bit 6-4 **U1EIP<2:0>**: UART1 错误中断优先级位
 111 = 中断优先级为 7 （最高优先级中断）
 •
 •
 •
 001 = 中断优先级为 1
 000 = 禁止中断源
- bit 3 未实现：读为 0
- bit 2-0 **FLTB1IP<2:0>**: PWM1 故障 B 中断优先级位
 111 = 中断优先级为 7 （最高优先级中断）
 •
 •
 •
 001 = 中断优先级为 1
 000 = 禁止中断源

寄存器 7-26: IPC19: 中断优先级控制寄存器 19

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	CTMUIP<2:0>			—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-7 未实现: 读为 0
- bit 6-4 **CTMUIP<2:0>**: CTMU 中断优先级位
 111 = 中断优先级为 7 (最高优先级中断)
 •
 •
 •
 001 = 中断优先级为 1
 000 = 禁止中断源
- bit 3-0 未实现: 读为 0

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 7-27: INTTREG: 中断控制和状态寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	R-0	R-0	R-0	R-0
—	—	—	—	ILR<3:0>			
bit 15				bit 8			
U-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
—	VECNUM<6:0>						
bit 7				bit 0			

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15-12	未实现: 读为 0
bit 11-8	ILR<3:0>: 新的 CPU 中断优先级位 1111 = CPU 中断优先级为 15 • • • 0001 = CPU 中断优先级为 1 0000 = CPU 中断优先级为 0
bit 7	未实现: 读为 0
bit 6-0	VECNUM<6:0>: 待处理中断向量编号位 0111111 = 待处理中断向量的编号为 135 • • • 0000001 = 待处理中断向量的编号为 9 0000000 = 待处理中断向量的编号为 8

7.4 中断设置过程

7.4.1 初始化

要在初始化时配置中断源：

1. 如果不需要嵌套中断，则将NSTDIS位（INTCON1<15>）置1。
2. 通过写相应IPCx寄存器中的控制位为中断源选择用户分配优先级。优先级将取决于具体的应用和中断源类型。如果不需要多个优先级，则可以将所有允许中断源的IPCx寄存器控制位编程为相同的非零值。

注： 在器件复位时，IPCx寄存器被初始化，为所有用户中断源分配优先级4。

3. 将相应IFSx寄存器中与外设相关的中断标志状态位清零。
4. 通过将相应IECx寄存器中与中断源相关的中断允许控制位置1来允许中断源。

7.4.2 中断服务程序

用于声明ISR和使用正确向量地址初始化IVT的方法取决于编程语言（C语言或汇编语言）和用于开发应用程序的语言开发工具包。

通常，用户应用程序必须将相应IFSx寄存器中与ISR处理的中断源相对应的中断标志清零。否则，在退出ISR后程序将立即再次进入ISR。如果ISR用汇编语言编码，则必须使用RETFIE指令结束ISR，以便将保存的PC值、SRL值和原先的CPU优先级弹出堆栈。

7.4.3 陷阱服务程序

除了必须清零INTCON1寄存器中相应的陷阱状态标志来避免重新进入陷阱服务程序（Trap Service Routine，TSR）之外，TSR使用与ISR类似的方式编写。

7.4.4 中断禁止

可以使用以下步骤禁止所有用户中断：

1. 使用PUSH指令将当前的SR值压入软件堆栈。
2. 通过将值OEH与SRL进行逻辑或运算来强制将CPU的优先级设置为7。

要允许用户中断，则可以使用POP指令恢复先前的SR值。

注： 只能禁止优先级小于等于7的用户中断。不能禁止陷阱源（优先级为8-15）。

使用DISI指令可以方便地将优先级为1-6的中断禁止一段固定的时间。DISI指令不能禁止优先级为7的中断源。

注:

8.0 振荡器配置

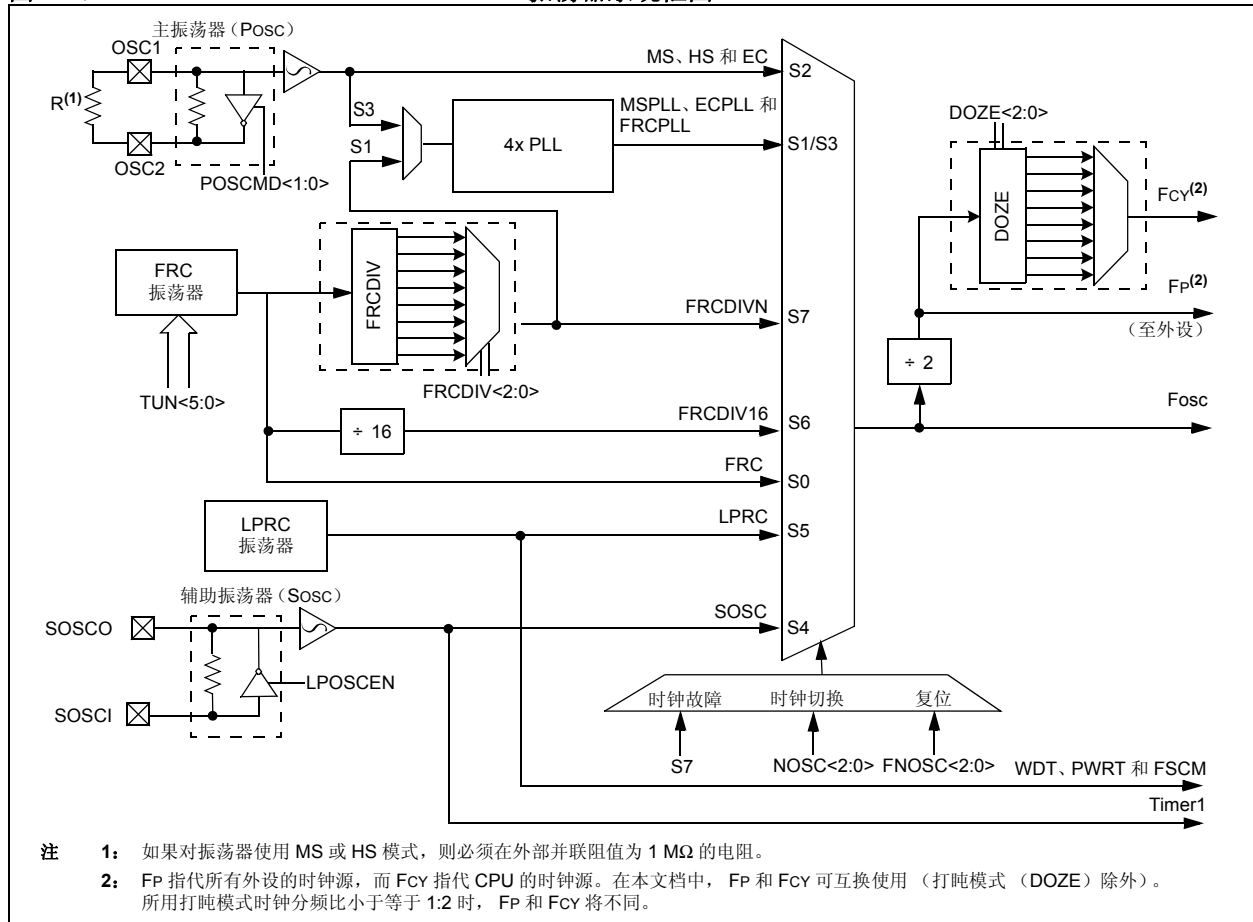
- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的第6章“振荡器”（DS39700），该文档可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第26.0节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的第4.0节“存储器构成”。

PIC24FJ16MC101/102 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
- 片上4倍频锁相环（PLL）可将内部工作频率调整为所要求的系统时钟频率
- 内部FRC振荡器也可使用PLL，因此允许在任何外部时钟产生硬件的情况下全速工作
- 各种时钟源之间的时钟切换
- 可降低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8-1给出了振荡器系统的简化框图。

图8-1: PIC24FJ16MC101/102 振荡器系统框图



8.1 CPU 时钟系统

PIC24FJ16MC101/102 器件提供 7 种系统时钟选项：

- 快速 RC（FRC）振荡器
- 带 4x PLL 的 FRC 振荡器
- 主（MS、HS 或 EC）振荡器
- 带 4x PLL 的主振荡器
- 辅助（LP）振荡器
- 低功耗 RC（LPRC）振荡器
- 带后分频器的 FRC 振荡器

8.1.1 系统时钟源

8.1.1.1 快速 RC

快速 RC（FRC）内部振荡器工作频率的标称值为 7.37 MHz。用户软件可以调节 FRC 频率。用户软件能够有选择地指定 FRC 时钟的分频比（从 1:2 至 1:256）。使用 FRCDIV<2:0>（CLKDIV<10:8>）位来选择该分频比。

FRC 频率取决于 FRC 精度（见表 26-18）和 FRC 振荡器调节寄存器的值（见寄存器 8-3）。

8.1.1.2 主振荡器

主振荡器能以下列任一时钟作为其时钟源：

- MS（晶振）：4 MHz 至 10 MHz 范围内的晶振和陶瓷谐振器。晶振连接在 OSC1 和 OSC2 引脚之间。
- HS（高速晶振）：10 MHz 至 32 MHz 范围内的晶振。晶振连接在 OSC1 和 OSC2 引脚之间。
- EC（外部时钟）：外部时钟信号直接施加到 OSC1 引脚。

8.1.1.3 辅助振荡器

辅助（LP）振荡器是为低功耗运行而设计的，它使用 32.768 kHz 晶振或陶瓷谐振器。LP 振荡器使用 SOSCI 和 SOSCO 引脚。

8.1.1.4 低功耗 RC

低功耗 RC（LPRC）内部振荡器工作频率的标称值为 32.768 kHz。它也用作看门狗定时器（Watchdog Timer，WDT）和故障保护时钟监视器（FSCM）的参考时钟。

8.1.1.5 PLL

可选择将 FRC 和主振荡器产生的时钟信号加到片上 4 倍频锁相环（PLL），为器件工作提供更快的输出频率。PLL 配置如第 8.1.3 节“PLL 配置”中所述。

8.1.2 系统时钟选择

通过设置配置位可选择器件发生上电复位事件时使用的振荡器源。振荡器配置位设置通过程序存储器中的配置寄存器进行。（更多详细信息，请参见第 23.1 节“配置位”。）初始振荡器选择配置位 FNOSC<2:0>（FOSCSEL<2:0>）和主振荡器模式选择配置位 POSCMD<1:0>（FOSC<1:0>）选择在上电复位时使用的振荡器源。FRC 主振荡器是默认的（未编程）选择。

配置位允许用户在 12 种不同的时钟模式之间进行选择，如表 8-1 所示。

振荡器的输出（或当选择了 PLL 模式时 PLL 的输出）Fosc 被 2 分频以产生器件指令时钟（Fcy）和外设时钟时基（Fp）。Fcy 定义器件的工作速度，PIC24FJ16MC101/102 架构可支持最高 40 MHz 的工作速度。

指令执行速度或器件工作频率 Fcy 由以下公式计算：

公式 8-1： 器件工作频率

$$F_{CY} = \frac{F_{OSC}}{2}$$

8.1.3 PLL 配置

主振荡器和内部 FRC 振荡器可选择使用片上 4x PLL 来获取更高的工作速度。

例如，假设正在使用 8 MHz 晶振，所选的振荡器模式为“带 PLL 的 MS”。这提供 8 MHz * 4 = 32 MHz 的 Fosc。产生的器件工作速度是 32/2 = 16 MIPS。

公式 8-2: 带 PLL 的 MS 模式示例

$$F_{CY} = \frac{F_{OSC}}{2} = \frac{1}{2} (8000000 \cdot 4) = 16 \text{ MIPS}$$

表 8-1: 用于时钟选择的配置位值

振荡器模式	振荡器源	POSCMD<1:0>	FNOSC<2:0>	参见注
带 n 分频的快速 RC 振荡器 (FRCDIVN)	内部	xx	111	1, 2
带 16 分频的快速 RC 振荡器 (FRCDIV16)	内部	xx	110	1
低功耗 RC 振荡器 (LPRC)	内部	xx	101	1
辅助 (Timer1) 振荡器 (Sosc)	辅助	xx	100	1
带 PLL 的主振荡器 (MS) (MSPLL)	主	01	011	—
带 PLL 的主振荡器 (EC) (ECPLL)	主	00	011	1
主振荡器 (HS)	主	10	010	—
主振荡器 (MS)	主	01	010	—
主振荡器 (EC)	主	00	010	1
带 n 分频和 PLL 的快速 RC 振荡器 (FRC) (FRCPLL)	内部	xx	001	1
快速 RC 振荡器 (FRC)	内部	xx	000	1

- 注 1: OSC2 引脚功能由 OSCIOFNC 配置位决定。
 2: 这是未编程 (已擦除) 器件的默认振荡器模式。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 8-1: **OSCCON: 振荡器控制寄存器⁽¹⁾**

U-0	R-0	R-0	R-0	U-0	R/W-y	R/W-y	R/W-y
—	COSC<2:0>			—	NOSC<2:0> ⁽²⁾		
bit 15				bit 8			

R/W-0	R/W-0	R-0	U-0	R/C-0	U-0	R/W-0	R/W-0
CLKLOCK	IOLOCK	LOCK	—	CF	—	LPOSCEN	OSWEN
bit 7				bit 0			

图注: y = 在 POR 时由配置位设置的值 C = 可清零位
R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
-n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

bit 15 未实现: 读为 0

bit 14-12 **COSC<2:0>**: 当前振荡器选择位 (只读)
111 = 带 n 分频的快速 RC 振荡器 (FRC)
110 = 带 16 分频的快速 RC 振荡器 (FRC)
101 = 低功耗 RC 振荡器 (LPRC)
100 = 辅助振荡器 (Sosc)
011 = 带 PLL 的主振荡器 (MS 和 EC)
010 = 主振荡器 (MS、HS 和 EC)
001 = 带 n 分频和 PLL 的快速 RC 振荡器 (FRC) (FRCPLL)
000 = 快速 RC 振荡器 (FRC)

bit 11 未实现: 读为 0

bit 10-8 **NOSC<2:0>**: 新振荡器选择位⁽²⁾
111 = 带 n 分频的快速 RC 振荡器 (FRC)
110 = 带 16 分频的快速 RC 振荡器 (FRC)
101 = 低功耗 RC 振荡器 (LPRC)
100 = 辅助振荡器 (Sosc)
011 = 带 PLL 的主振荡器 (MS 和 EC)
010 = 主振荡器 (MS、HS 和 EC)
001 = 带 n 分频和 PLL 的快速 RC 振荡器 (FRC) (FRCPLL)
000 = 快速 RC 振荡器 (FRC)

bit 7 **CLKLOCK**: 时钟锁定使能位
如果时钟切换被使能且 FSCM 被禁止 (FOSC<FCKSM> = 0b01)
1 = 时钟切换被禁止, 系统时钟源被锁定
0 = 时钟切换被使能, 系统时钟源可被时钟切换更改

bit 6 **IOLOCK**: 外设引脚选择锁定位
1 = 外设引脚选择被锁定, 不允许写入外设引脚选择寄存器
0 = 外设引脚选择未锁定, 允许写入外设引脚选择寄存器

bit 5 **LOCK**: PLL 锁定状态位 (只读)
1 = 指示 PLL 处于锁定状态, 或 PLL 起振定时器延时结束
0 = 指示 PLL 处于失锁状态, 起振定时器在进行延时或 PLL 被禁止

bit 4 未实现: 读为 0

bit 3 **CF**: 时钟故障检测位 (由应用程序读 / 清零)
1 = FSCM 已检测到时钟故障
0 = FSCM 未检测到时钟故障

bit 2 未实现: 读为 0

- 注 1: 对该寄存器进行写操作需要解锁序列。详情请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 6 章“振荡器”(DS39700)。
- 2: 不允许直接在使能 PLL 的任何主振荡器模式和 FRCPLL 之间进行时钟切换。这适用于两者之间任意方向的时钟切换。在这些情况下, 应用必须首先切换到 FRC 模式将其作为两个 PLL 模式之间的过渡时钟源。

寄存器 8-1: OSCCON: 振荡器控制寄存器⁽¹⁾ (续)

bit 1	LPOSCEN: 辅助 (LP) 振荡器使能位 1 = 使能辅助振荡器 0 = 禁止辅助振荡器
bit 0	OSWEN: 振荡器切换使能位 1 = 请求切换为由 NOSC<2:0> 位指定的振荡器 0 = 振荡器切换完成

- 注 1:** 对该寄存器进行写操作需要解锁序列。详情请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 6 章“振荡器”(DS39700)。
- 2:** 不允许直接在使能 PLL 的任何主振荡器模式和 FRCPLL 之间进行时钟切换。这适用于两者之间任意方向的时钟切换。在这些情况下，应用必须首先切换到 FRC 模式将其作为两个 PLL 模式之间的过渡时钟源。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 8-2: CLKDIV: 时钟分频比寄存器

R/W-0		R/W-0		R/W-1		R/W-1		R/W-0		R/W-0		R/W-0		R/W-0	
ROI		DOZE<2:0> ^(2,3)						DOZEN ^(1,2,3)		FRCDIV<2:0>					
bit 15														bit 8	
U-0		U-0		U-0		U-0		U-0		U-0		U-0		U-0	
—		—		—		—		—		—		—		—	
bit 7														bit 0	

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15

ROI: 中断恢复位
1 = 中断将清零 DOZEN 位, 并且处理器时钟 / 外设时钟频率比被设置为 1:1
0 = 中断对 DOZEN 位没有影响
- bit 14-12

DOZE<2:0>: 处理器时钟分频比选择位 ^(2,3)
111 = Fcy/128
110 = Fcy/64
101 = Fcy/32
100 = Fcy/16
011 = Fcy/8 (默认)
010 = Fcy/4
001 = Fcy/2
000 = Fcy/1
- bit 11

DOZEN: 打盹模式使能位 ^(1,2,3)
1 = DOZE<2:0> 位域指定外设时钟与处理器时钟之间的频率比
0 = 处理器时钟 / 外设时钟频率比被强制为 1:1
- bit 10-8

FRCDIV<2:0>: 内部快速 RC 振荡器后分频比位
111 = FRC 被 256 分频
110 = FRC 被 64 分频
101 = FRC 被 32 分频
100 = FRC 被 16 分频
011 = FRC 被 8 分频
010 = FRC 被 4 分频
001 = FRC 被 2 分频
000 = FRC 被 1 分频 (默认)
- bit 7-0

未实现: 读为 0

- 注
- 1:

该位在 ROI 位置 1 和产生中断时清零。
- 2:

如果 DOZEN = 1, 则对 DOZE<2:0> 的写操作会被忽略。
- 3:

如果 DOZE<2:0> = 000, 则 DOZEN 位不能由用户置 1; 写操作会被忽略。

寄存器 8-3: OSCTUN: FRC 振荡器调节寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	TUN<5:0> ⁽¹⁾					
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-6

未实现: 读为 0

bit 5-0

TUN<5:0>: FRC 振荡器调节位 ⁽¹⁾

011111 = 中心频率 + 11.625% (8.23 MHz)

011110 = 中心频率 + 11.25% (8.20 MHz)

•

•

•

000001 = 中心频率 + 0.375% (7.40 MHz)

000000 = 中心频率 (标称值 7.37 MHz)

111111 = 中心频率 - 0.375% (7.345 MHz)

•

•

•

100001 = 中心频率 - 11.625% (6.52 MHz)

100000 = 中心频率 - 12% (6.49 MHz)

注 1: 提供了 OSCTUN 功能来帮助客户补偿在较宽的温度范围内对 FRC 频率的温度影响。调节步长是近似值, 既不是特性值也未经测试。

8.2 时钟切换工作原理

在软件控制下，应用可以在任何时候在四个时钟源（主振荡器、LP、FRC 和 LPRC）之间自由切换。为限制这种灵活性可能产生的负面影响，PIC24FJ16MC101/102 器件的时钟切换过程带有安全锁定。

注： 主振荡器模式有三种不同的子模式（MS、HS 和 EC），它们由 POSCMD<1:0> 配置位决定。在应用中可以用软件实现从主振荡器模式切换到其他模式，或从其他模式切换到主振荡器模式，但不能在不对器件进行再编程的情况下在主振荡器模式的不同子模式之间进行切换。

8.2.1 使能时钟切换

要使能时钟切换，配置寄存器中的 FCKSM1 配置位必须编程为 0。（更多详细信息，请参见第 23.1 节“配置位”。）如果 FCKSM1 配置位未被编程（为 1），则时钟切换功能和故障保护监视器功能被禁止。这是默认设置。

当时钟切换被禁止时，NOSC 控制位（OSCCON<10:8>）不控制时钟选择。但是，COSC 位（OSCCON<14:12>）反映由 FNOSC 配置位选择的时钟源。

在时钟切换被禁止时，OSWEN 控制位（OSCCON<0>）不起作用。它始终保持为 0。

8.2.2 振荡器切换过程

执行时钟切换需要以下基本过程：

1. 如果需要，读 COSC 位（OSCCON<14:12>）以确定当前的振荡器源。
2. 执行解锁序列以允许写入 OSCCON 寄存器的高字节。
3. 向 NOSC 控制位（OSCCON<10:8>）写入新振荡器源的对应值。
4. 执行解锁序列以允许写入 OSCCON 寄存器的低字节。
5. 将 OSWEN 位（OSCCON<0>）置 1 以启动振荡器切换。

一旦基本过程完成，系统时钟硬件将自动进行如下响应：

1. 时钟切换硬件将 NOSC 控制位的新值与 COSC 状态位进行比较。如果它们相同，则时钟切换是冗余操作。在这种情况下，OSWEN 位自动清零，时钟切换中止。

2. 如果启动了有效的时钟切换，则 LOCK（OSCCON<5>）和 CF（OSCCON<3>）状态位清零。
3. 如果新振荡器现在不在运行，则硬件会将其启动。如果启动的是晶振，则硬件将等待直到振荡器起振定时器（OST）超时。如果新的振荡器源使用 PLL，则硬件将等待直到检测到 PLL 锁定（LOCK = 1）。
4. 硬件会等待新时钟源的 10 个时钟周期，然后执行时钟切换。
5. 硬件清零 OSWEN 位指示时钟切换成功。此外，NOSC 位的值被传送到 COSC 状态位。
6. 此时旧时钟源被关闭，LPRC（如果 WDT 或 FSCM 被使能）或 LP（如果 LPOSCEN 保持置 1）除外。

注 1: 在整个时钟切换过程中，处理器将继续执行代码。对时序敏感的代码不应在此时执行。

2: 不允许直接在使能 PLL 的任何主振荡器模式和 FRCPLL 之间进行时钟切换。这适用于两者之间任意方向的时钟切换。在这些情况下，应用必须首先切换到 FRC 模式将其作为两个 PLL 模式之间的过渡时钟源。

3: 详情请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 6 章“振荡器”（DS39700）。

8.3 故障保护时钟监视器（FSCM）

故障保护时钟监视器（FSCM）使器件即使在出现振荡器故障时仍能继续工作。通过编程使能 FSCM 功能。如果使能了 FSCM 功能，LPRC 内部振荡器将总是运行（休眠模式下除外），并且不受看门狗定时器的控制。

如果发生振荡器故障，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。然后应用程序可尝试重新启动振荡器或执行受控关闭。只需将复位地址装入振荡器故障陷阱向量，就可将陷阱作为一个热复位来处理。

如果使用 PLL 倍频器来对系统时钟倍频，则时钟发生故障时内部 FRC 也会被以相同的倍频比倍频。实际上时钟发生故障时器件会切换到带 PLL 的 FRC。

9.0 节能特性

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的第9章“看门狗定时器(WDT)”(DS39697)和第10章“节能特性”(DS39698)，这些文档可从Microchip网站(www.microchip.com)下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第26.0节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的第4.0节“存储器构成”。

PIC24FJ16MC101/102器件提供了管理功耗的功能，该功能是通过有选择地管理CPU和外设的时钟来实现的。一般来说，较低的时钟频率和减少时钟所驱动电路的数目可降低功耗。PIC24FJ16MC101/102器件可通过以下四种不同的方式管理功耗：

- 时钟频率
- 基于指令的休眠模式和空闲模式
- 软件控制的打盹模式
- 用软件有选择地进行外设控制

可以组合使用这些方法从而在保证关键应用特性（如对于时序敏感的通信）的情况下有选择地调节应用的功耗。

9.1 时钟频率和时钟切换

PIC24FJ16MC101/102器件提供的时钟频率范围较宽，用户可根据应用需要进行选择。如果未锁定系统时钟配置，用户只需更改NOSC位(OSCCON<10:8>)即可选择低功耗或高精度振荡器。在工作期间更改系统时钟的过程以及相应的限制，已在第8.0节“振荡器配置”中进行了详细的讨论。

例 9-1: PWRSAV 指令语法

```
PWRSAV #SLEEP_MODE ; Put the device into SLEEP mode
PWRSAV #IDLE_MODE ; Put the device into IDLE mode
```

9.2 基于指令的节能模式

PIC24FJ16MC101/102器件有两种特殊的节能模式，通过执行特殊的PWRSAV指令可以进入这两种模式。休眠模式下时钟停止工作并暂停所有代码执行；空闲模式下CPU暂停工作并暂停代码执行，但是允许外设模块继续工作。PWRSAV指令的汇编语法如例9-1所示。

注: SLEEP_MODE和IDLE_MODE是在所选器件的汇编头文件中定义的常量。

在被允许的中断产生、WDT超时或器件复位时，器件会退出休眠和空闲模式。器件退出这两种模式的过程称为“唤醒”。

9.2.1 休眠模式

休眠模式具有以下特征：

- 系统时钟源关闭。如果使用了片上振荡器，也要关闭它。
- 如果没有I/O引脚消耗电流，则器件电流消耗将降至最低
- 因为系统时钟源被禁止，所以故障保护时钟监视器在休眠模式下不工作
- 如果WDT被使能，则LPRC时钟将在休眠模式下继续运行
- 如果WDT被使能，则它在进入休眠模式之前被自动清零
- 有些器件功能或外设能在休眠模式下继续工作，包括I/O端口上的输入电平变化通知功能或使用外部时钟输入的外设等。
- 任何需要使用系统时钟源来工作的外设将在休眠模式下将被禁止

当发生以下任何事件时，器件将被从休眠模式唤醒：

- 产生任何被单独允许的中断
- 任何形式的器件复位
- WDT超时

从休眠模式唤醒时，处理器将使用在进入休眠模式时处于工作状态的时钟源重新开始工作。

9.2.2 空闲模式

空闲模式具有以下特征：

- CPU 停止执行指令
- WDT 被自动清零
- 系统时钟源保持工作状态。默认情况下，所有外设模块将继续使用系统时钟源正常工作，也可以有选择地禁止它们（见第 9.4 节“外设模块禁止”）。
- 如果 WDT 或 FSCM 被使能，则 LPRC 也将保持工作状态。

当发生以下任何事件时，器件将被从空闲模式唤醒：

- 产生任何被单独允许的中断
- 任何器件复位
- WDT 超时

从空闲模式唤醒时，重新为 CPU 提供时钟并开始执行指令（2-4 个时钟周期后），且从 PWRSAV 指令之后的下一条指令或 ISR 中的第一条指令开始执行。

9.2.3 在节能指令执行期间的中断

在执行 PWRSAV 指令时产生的任何中断都将延迟到进入休眠或空闲模式后才起作用，并导致器件从休眠或空闲模式中唤醒。

9.3 打盹模式

更改时钟速度和使用某种节能模式是降低功耗的首选策略。然而，有些情况下不可行。例如，某些应用可能必须保持不间断的同步通信，即便在它不执行任何其他操作时也不例外。降低系统时钟速度可能会带来通信错误，而使用节能模式可能会完全停止通信。

打盹模式是另一种简单有效的节能方法，它可以在器件仍然执行代码的情况下降低功耗。在该模式下，系统时钟以相同的时钟源和相同的速度继续工作。外设模块时钟速度保持不变，但 CPU 时钟速度降低了。保持这两个时钟域同步，可以保持外设访问 SFR 的能力，同时 CPU 以较慢的速度执行代码。

通过将 DOZEN 位（CLKDIV<11>）置 1 使能打盹模式。外设与内核的时钟速度之比是由 DOZE<2:0> 位（CLKDIV<14:12>）决定的。有 8 种可能的配置，从 1:1 至 1:128，其中 1:1 是默认设置。

在事件驱动的应用中，程序可以使用打盹模式有选择地降低功耗。这样就可以实现不间断地运行对时序敏感的功能（如同步通信），而 CPU 保持空闲等待事件调用中断服务程序。通过将 ROI 位（CLKDIV<15>）置 1，可以使器件在产生中断时自动返回到全速 CPU 工作模式。默认情况下，中断事件对打盹模式工作没有影响。

例如，假设器件的工作速度为 20 MIPS，并已基于这一工作速度将 UART 模块的速度配置为 500 kbps。如果现在将器件置于时钟频率比为 1:4 的打盹模式下，那么 UART 模块将继续按要求的 500 kbps 比特率通信，而 CPU 则以 5 MIPS 的速度开始执行指令。

9.4 外设模块禁止

外设模块禁止（Peripheral Module Disable, PMD）寄存器通过停止所有提供给模块的时钟源提供一种禁止外设模块的方法。当通过相应的 PMD 控制位禁止外设时，外设就进入了功耗最低的状态。与外设相关的控制和状态寄存器也会被禁止，因此写入这些寄存器不起作用，且读取值无效。

只有在 PMD 寄存器中的相关位被清零且特定的 PIC24FXXXX 器件支持某个外设时，才能使能相应的外设模块。如果外设存在于器件中，则默认情况下，它是通过 PMD 寄存器使能的。

注：	如果 PMD 位置 1，则对应的模块将在一个指令周期的延时后被禁止。类似地，如果 PMD 位清零，则对应的模块将在一个指令周期的延时后被使能（假设已将模块控制寄存器配置为使能模块的工作）。
-----------	--

寄存器 9-1: PMD1: 外设模块禁止控制寄存器 1

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	U-0
—	—	T3MD	T2MD	T1MD	—	PWM1MD	—
bit 15						bit 8	

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0
I2C1MD	—	U1MD	—	SPI1MD	—	—	AD1MD ⁽¹⁾
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15-14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **T3MD:** Timer3 模块禁止位
1 = 禁止 Timer3 模块
0 = 使能 Timer3 模块
- bit 12 **T2MD:** Timer2 模块禁止位
1 = 禁止 Timer2 模块
0 = 使能 Timer2 模块
- bit 11 **T1MD:** Timer1 模块禁止位
1 = 禁止 Timer1 模块
0 = 使能 Timer1 模块
- bit 10 **未实现:** 读为 0
- bit 9 **PWM1MD:** PWM1 模块禁止位
1 = 禁止 PWM1 模块
0 = 使能 PWM1 模块
- bit 8 **未实现:** 读为 0
- bit 7 **I2C1MD:** I²C1 模块禁止位
1 = 禁止 I²C1 模块
0 = 使能 I²C1 模块
- bit 6 **未实现:** 读为 0
- bit 5 **U1MD:** UART1 模块禁止位
1 = 禁止 UART1 模块
0 = 使能 UART1 模块
- bit 4 **未实现:** 读为 0
- bit 3 **SPI1MD:** SPI1 模块禁止位
1 = 禁止 SPI1 模块
0 = 使能 SPI1 模块
- bit 2-1 **未实现:** 读为 0
- bit 0 **AD1MD:** ADC1 模块禁止位 ⁽¹⁾
1 = 禁止 ADC1 模块
0 = 使能 ADC1 模块

注 1: 如果通过将该位置 1 来禁止 ADC 模块, 则 PCFGx 位不起作用。当该位置 1 时, 所有与 ANx 复用的端口引脚将处于数字模式。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 9-2: PMD2: 外设模块禁止控制寄存器 2

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	IC3MD	IC2MD	IC1MD
bit 15						bit 8	

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	OC2MD	OC1MD
bit 7						bit 0	

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-11 **未实现:** 读为 0
- bit 10 **IC3MD:** 输入捕捉 3 模块禁止位
 1 = 禁止输入捕捉 3 模块
 0 = 使能输入捕捉 3 模块
- bit 9 **IC2MD:** 输入捕捉 2 模块禁止位
 1 = 禁止输入捕捉 2 模块
 0 = 使能输入捕捉 2 模块
- bit 8 **IC1MD:** 输入捕捉 1 模块禁止位
 1 = 禁止输入捕捉 1 模块
 0 = 使能输入捕捉 1 模块
- bit 7-2 **未实现:** 读为 0
- bit 1 **OC2MD:** 输出比较 2 模块禁止位
 1 = 禁止输出比较 2 模块
 0 = 使能输出比较 2 模块
- bit 0 **OC1MD:** 输出比较 1 模块禁止位
 1 = 禁止输出比较 1 模块
 0 = 使能输出比较 1 模块

寄存器 9-3: PMD3: 外设模块禁止控制寄存器 3

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0
—	—	—	—	—	CMPMD	RTCCMD	—
bit 15						bit 8	
U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-11 未实现: 读为 0

bit 10 **CMPMD**: 比较器模块禁止位

1 = 禁止比较器模块

0 = 使能比较器模块

bit 9 **RTCCMD**: RTCC 模块禁止位

1 = 禁止 RTCC 模块

0 = 使能 RTCC 模块

bit 8-0 未实现: 读为 0

寄存器 9-4: PMD4: 外设模块禁止控制寄存器 4

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15						bit 8	
U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	CTMUMD	—	—
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-4 未实现: 读为 0

bit 3 **CTMUMD**: CTMU 模块禁止位

1 = 禁止 CTMU 模块

0 = 使能 CTMU 模块

bit 2-0 未实现: 读为 0

注:

10.0 I/O 端口

- 注 1:** 本数据手册总结了 PIC24FJ16MC101/102 系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 12 章“带外设引脚选择 (PPS) 的 I/O 端口” (DS39711)，该文档可从 Microchip 网站 (www.microchip.com) 下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第 26.0 节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F 系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的第 4.0 节“存储器构成”。

所有器件引脚 (VDD、VSS、MCLR 和 OSC1/CLKI 除外) 均由外设和并行 I/O 端口所共用。所有 I/O 输入端口都为施密特触发器输入，提高了抗噪声能力。

10.1 并行 I/O (PIO) 端口

与某个外设共用一个引脚的并行 I/O 端口通常服从于该外设。外设的输出缓冲器数据和控制信号提供给一对多

路开关。这对多路开关用于选择 I/O 引脚的输出数据和控制信号是来自外设还是相应的端口。该逻辑同时会阻止“环回进入” (loop through，即一个端口的数字输出可以驱动共用同一个引脚的外设的输入)。图 10-1 显示了端口是如何与其他外设复用的以及与这些外设连接的相关 I/O 引脚。

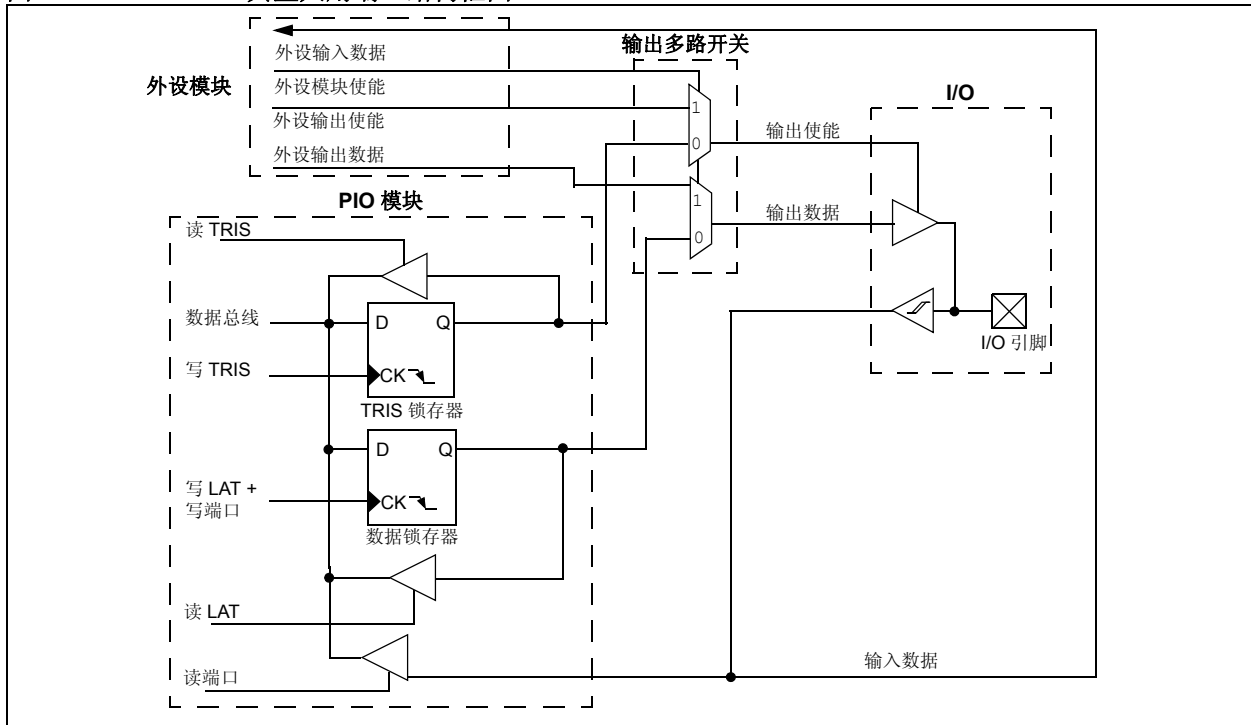
当外设使能，并且外设正在驱动相关引脚时，禁止将该引脚作为通用输出引脚。可以读该 I/O 引脚，但并行端口引脚的输出驱动器将被禁止。如果使能某外设但该外设没有驱动相应的引脚，则该引脚可由端口驱动。

所有端口引脚都有 3 个寄存器与其作为数字 I/O 时的操作直接相关。数据方向寄存器 (TRISx) 决定引脚是输入还是输出。如果数据方向位为 1，则引脚为输入。复位后，所有端口引脚均定义为输入。读锁存器 (LATx) 时，读到的是锁存器中的值；写锁存器时，写入的是锁存器。读端口 (PORTx) 时，读到的是端口引脚的值；而写端口引脚时，写入的是锁存器。

对于特定器件无效的任何位及其相关的数据和控制寄存器都将被禁止。这意味着对应的 LATx 和 TRISx 寄存器以及端口引脚都将读为零。

当端口引脚与另一个外设共用或与定义为仅输入的功能共用时，它将被视为专用端口，因为没有任何其他竞争的输出源。

图 10-1: 典型共用端口结构框图



10.1.1 漏极开路配置

除 PORT、LAT 和 TRIS 寄存器用于数据控制外，一些端口引脚也可被单独地配置为数字输出或漏极开路输出。这是由与每个端口相关的漏极开路控制寄存器 ODCx 控制的。将其中的任何位置 1 即可将相应的引脚配置为漏极开路输出。

这种漏极开路特性允许通过使用外部上拉电阻，在所需的任意 5V 耐压引脚上产生高于 VDD（如 5V）的输出。允许的最大漏极开路电压与最大 VIH 规范相同。

关于可用引脚及其功能，请参见“引脚图”。

10.2 配置模拟端口引脚

AD1PCFG 和 TRIS 寄存器用于控制模数转换端口引脚的操作。如果要端口引脚用作模拟输入，则对应的 TRIS 位必须置 1（输入）。如果将 TRIS 位清零（输出），则数字输出电平（VOH 或 VOL）将被转换。

AD1PCFGL 寄存器具有默认值 0x0000；因此，在默认情况下，与所有 ANx 功能复用的引脚都是模拟（非数字）引脚。

当读取 PORT 寄存器时，所有配置为模拟输入通道的引脚均读为零（低电平）。

配置为数字输入的引脚将不会对模拟输入进行转换。对于任何定义为数字输入的引脚（包括 ANx 引脚），加在引脚上的模拟电压可能导致输入缓冲器消耗的电流超出器件规范。

10.2.1 I/O 端口写 / 读时序

端口方向改变或端口写操作与同一端口的读操作之间需要一个指令周期。通常该指令是 NOP 指令，如例 10-1 所示。

例 10-1: 端口写 / 读示例

```
MOV    0xFF00, W0          ; Configure PORTB<15:8> as inputs
MOV    W0, TRISBB          ; and PORTB<7:0> as outputs
NOP                               ; Delay 1 cycle
btss   PORTB, #13          ; Next Instruction
```

10.3 输入电平变化通知

I/O端口的输入电平变化通知功能允许PIC24FJ16MC101/102 器件在选定输入引脚的状态变化时，向处理器发出中断请求。该特性可检测输入状态变化，即使在休眠模式下、禁止时钟时也是如此。根据器件的引脚数，最多可以选择（允许）21 个外部信号（CNx 引脚）在输入状态发生变化时产生中断请求。

有 4 个与 CN 模块相关的控制寄存器。CNEN1 和 CNEN2 寄存器包含每个 CN 输入引脚的中断允许控制位。将其中任一位置 1 将允许相应引脚的 CN 中断。

每个 CN 引脚都有一个与之相连的弱上拉电路。弱上拉电路充当连接到该引脚的电流源，当连接了按钮或键盘设备时，不再需要使用外部上拉电阻。可使用包含每个 CN 引脚控制位的 CNPU1 和 CNPU2 寄存器分别使能各个上拉电路。将任一控制位置 1 均可使能相应引脚的弱上拉功能。

注： 当端口引脚被配置为数字输出时，电平变化通知引脚上的上拉电路应始终被禁止。

10.4 外设引脚选择

外设引脚选择配置使得可以在较宽的 I/O 引脚范围内选择和配置外设。通过增加特定器件上可用的引脚排列选项，程序员可以让单片机更好地适合他们的整个应用，而不是通过修改应用来适应器件。

外设引脚选择配置功能对固定的一部分数字 I/O 引脚进行操作。程序员可以将大多数数字外设的输入和 / 或输出独立地映射到这些 I/O 引脚中的任何一个。外设引脚选择通过软件来执行，通常不需要对器件进行再编程。一旦建立外设引脚选择，就同时包含了硬件保护，以防止对外设映射的意外或错误更改。

10.4.1 可用的引脚

外设引脚选择功能可在最多 16 个引脚的范围内使用。可用引脚的数目取决于特定器件及其引脚数。支持外设引脚选择功能的引脚在它们的引脚全称中包含名称“RPn”，其中“RP”表示可重映射的外设，“n”是可重映射的引脚编号。

10.4.2 控制外设引脚选择

外设引脚选择功能由两组特殊功能寄存器控制：一组映射外设输入，另一组映射外设输出。因为它们是分别控制的，所以可以不受限制地将特定外设的输入和输出（如果外设同时具有输入和输出）配置在任何可选择的功能引脚上。

外设与外设可选择引脚之间的关系用两种不同的方式进行处理，这取决于被映射的是输入还是输出。

10.4.2.1 输入映射

外设引脚选择选项的输入在外设基础上进行映射。与外设相关的控制寄存器指示要被映射的引脚。RPINRx 寄存器用于配置外设输入映射（见寄存器 10-1 至寄存器 10-8）。每个寄存器包含 5 位位域组，每组都与可重映射外设之一相关。用适当的 5 位值编程给定外设的位域，会将具有对应值的 RPn 引脚映射到该外设。对于任何给定的器件，任何位域的值的有效范围与器件所支持的外设引脚选择的数目相对应。

图 10-2 给出了 U1RX 输入的可重映射引脚选择的图示。

注： 对于仅用作输入映射的引脚：外设引脚选择（Peripheral Pin Select, PPS）功能的优先级并不高于 TRISx 设置。因此，将 RPx 引脚配置为输入时，也必须将 TRISx 寄存器中的相应位配置为输入（即，设置为 1）。

图 10-2: U1RX 的可重映射 MUX 输入

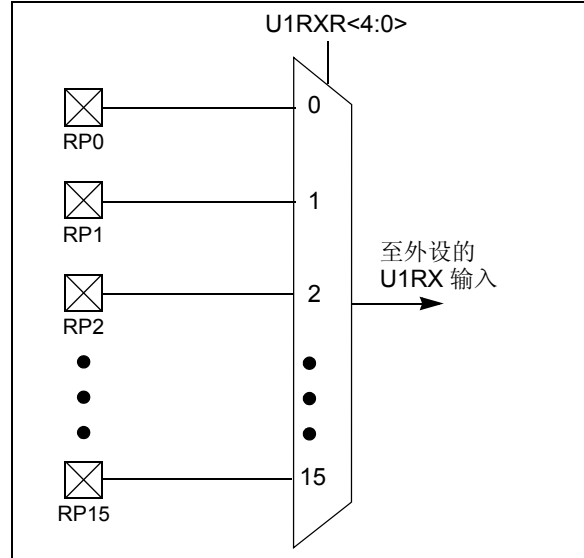


表 10-1: 可选择的输入源（将输入映射到功能）⁽¹⁾

输入名称	功能名称	寄存器	配置位
外部中断 1	INT1	RPINR0	INT1R<4:0>
外部中断 2	INT2	RPINR1	INT2R<4:0>
Timer2 外部时钟	T2CK	RPINR3	T2CKR<4:0>
Timer3 外部时钟	T3CK	RPINR3	T3CKR<4:0>
输入捕捉 1	IC1	RPINR7	IC1R<4:0>
输入捕捉 2	IC2	RPINR7	IC2R<4:0>
输入捕捉 3	IC3	RPINR8	IC3R<4:0>
输出比较故障 A	OCFA	RPINR11	OCFAR<4:0>
UART1 接收	U1RX	RPINR18	U1RXR<4:0>
UART1 允许发送	U1CTS	RPINR18	U1CTSR<4:0>
SPI1 从选择输入	SS1	RPINR21	SS1R<4:0>

注 1: 除非另外声明，否则所有输入都使用施密特输入缓冲器。

10.4.2.2 输出映射

与输入相反，外设引脚选择选项的输出在引脚基础上进行映射。在这种情况下，与特定引脚相关的控制寄存器指示要被映射的外设输出。RPORx 寄存器用于控制输出映射。像 RPINRx 寄存器一样，每个寄存器包含 5 位位域组，每组都与一个 RPn 引脚相关（见寄存器 10-9 至寄存器 10-16）。位域的值与外设之一相对应，并且该外设的输出被映射到该引脚（见表 10-2 和图 10-3）。

输出映射的外设列表也包含 00000 的空值，这是由于映射技术造成的。这允许任何给定的引脚保持与任何引脚可选择外设的输出之间的断开状态。

图 10-3: RPn 的可重映射输出的复用

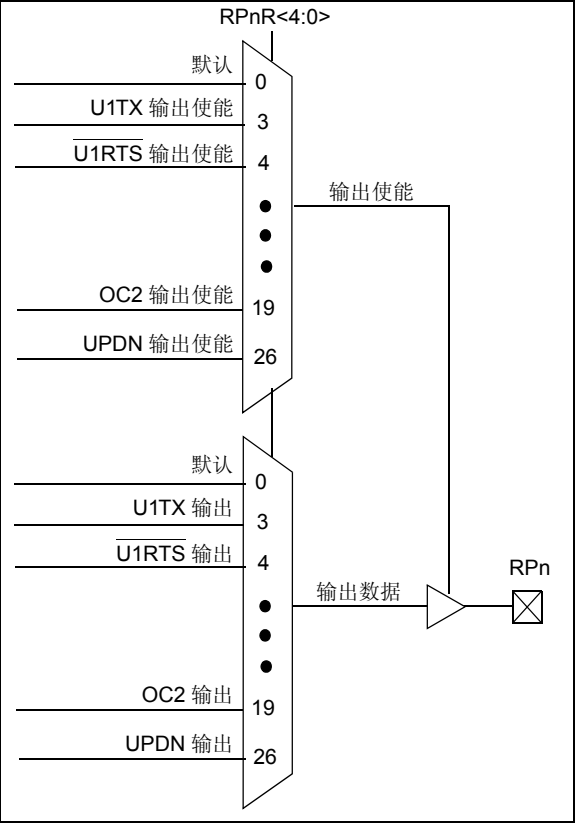


表 10-2: 可重映射引脚 (RPn) 的输出选择

功能	RPnR<4:0>	输出名称
NULL	00000	RPn 连接到默认端口引脚
C1OUT	00001	RPn 连接到比较器 1 的输出
C2OUT	00010	RPn 连接到比较器 2 的输出
U1TX	00011	RPn 连接到 UART1 发送
U1RTS	00100	RPn 连接到 UART1 允许发送
SS1	01001	RPn 连接到 SPI1 从选择输出
OC1	10010	RPn 连接到输出比较 1
OC2	10011	RPn 连接到输出比较 2
CTPLS	11101	RPn 连接到 CTMU 脉冲输出
C3OUT	11110	RPn 连接到比较器 3 的输出

10.4.3 控制配置更改

由于可以在运行时更改外设的重映射，因此需要对外设重映射进行一些限制以防意外更改配置。PIC24FJ16MC101/102 器件具有 3 个功能来防止对外设映射的更改：

- 控制寄存器锁定序列
- 连续状态监视
- 配置位引脚选择锁定

10.4.3.1 控制寄存器锁定序列

在正常工作时，不允许写入 RPINRx 和 RPORx 寄存器。尝试写入操作看似正常执行，但实际上寄存器的内容保持不变。要更改这些寄存器，必须用硬件进行解锁。寄存器锁定由 IOLOCK 位 (OSCCON<6>) 控制。将 IOLOCK 置 1 可防止对控制寄存器的写操作；将 IOLOCK 清零则允许写操作。

要置 1 或清零 IOLOCK，必须执行特定的命令序列：

1. 将 0x46 写入 OSCCON<7:0>。
2. 将 0x57 写入 OSCCON<7:0>。
3. 执行将 IOLOCK 清零（或置 1）的单个操作。

注： MPLAB® C30 提供了用于解锁 OSCCON 寄存器的内建 C 语言函数：
 __builtin_write_OSCCONL(value)
 __builtin_write_OSCCONH(value)
 请参见 MPLAB IDE 帮助，以获取更多信息。

与振荡器的 LOCK 位的类似序列不同，IOLOCK 会保持一种状态直到被更改。这允许对所有的外设引脚选择这样进行配置：在对所有控制寄存器的更新后紧跟一个解锁序列，然后用第二个锁定序列进行锁定。

10.4.3.2 连续状态监视

除了防止直接写操作，RPINRx 和 RPORx 寄存器的内容一直由硬件通过影子寄存器进行监视。如果任何寄存器发生了意外更改（例如 ESD 或其他外部事件引起的干扰），将会触发配置不匹配复位。

10.4.3.3 配置位引脚选择锁定

为了进一步确保安全，可以将器件配置为防止对 RPINRx 和 RPORx 寄存器进行多于一次写会话。IOL1WAY (FOSC<IOL1WAY>) 配置位会阻止 IOLOCK 位在置 1 后被清零。如果 IOLOCK 保持置 1，则不会执行寄存器解锁过程，且不能写入外设引脚选择控制寄存器。清零该位并重新使能外设映射的唯一方法是执行器件复位。

在默认（未编程）状态下，IOL1WAY 被置 1，将用户限制为只能进行一次写会话。对 IOL1WAY 编程可允许用户应用程序（通过正确使用解锁序列）对外设引脚选择寄存器不受限制的访问。

10.5 外设引脚选择寄存器

PIC24FJ16MC101/102 系列器件实现了 21 个寄存器用于可重映射外设配置：

- 13 个输入可重映射外设寄存器
- 8 个输出可重映射外设寄存器

注： 仅当 OSCCON<IOLOCK> = 0 时，才能更改输入寄存器和输出寄存器的值。具体的命令序列，请参见第 10.4.3.1 节“控制寄存器锁定序列”。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 10-1: **RPINR0: 外设引脚选择输入寄存器 0**

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	INT1R<4:0>				
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13 未实现: 读为 0

bit 12-8 **INT1R<4:0>**: 将外部中断 1 (INTR1) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0

bit 7-0 未实现: 读为 0

寄存器 10-2: **RPINR1: 外设引脚选择输入寄存器 1**

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	INT2R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-5 未实现: 读为 0

bit 4-0 **INT2R<4:0>**: 将外部中断 2 (INTR2) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0

寄存器 10-3: RPINR3: 外设引脚选择输入寄存器 3

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	T3CKR<4:0>				
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	T2CKR<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13 未实现: 读为 0

bit 12-8 **T3CKR<4:0>**: 将 Timer3 外部时钟 (T3CK) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0

bit 7-5 未实现: 读为 0

bit 4-0 **T2CKR<4:0>**: 将 Timer2 外部时钟 (T2CK) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 10-4: **RPINR7: 外设引脚选择输入寄存器 7**

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	IC2R<4:0>				
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	IC1R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-13

未实现: 读为 0
- bit 12-8

IC2R<4:0>: 将输入捕捉 2 (IC2) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0
- bit 7-5

未实现: 读为 0
- bit 4-0

IC1R<4:0>: 将输入捕捉 1 (IC1) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0

寄存器 10-5: RPINR8: 外设引脚选择输入寄存器 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	IC3R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-5 **未实现:** 读为 0

bit 4-0 **IC3R<4:0>:** 将输入捕捉 3 (IC3) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0

寄存器 10-6: RPINR11: 外设引脚选择输入寄存器 11

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	OCFAR<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-5 **未实现:** 读为 0

bit 4-0 **OCFAR<4:0>:** 将输出比较 A (OCFA) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 10-7: **RPINR18: 外设引脚选择输入寄存器 18**

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	U1CTSR<4:0>				
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	U1RXR<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:							
R = 可读位		W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0			
-n = POR 时的值		1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知	

- bit 15-13

未实现: 读为 0
- bit 12-8

U1CTSR<4:0>: 将 UART1 允许发送 ($\overline{\text{U1CTS}}$) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0
- bit 7-5

未实现: 读为 0
- bit 4-0

U1RXR<4:0>: 将 UART1 接收 (U1RX) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0

寄存器 10-8: RPIR21: 外设引脚选择输入寄存器 21

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	SS1R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-5

未实现: 读为 0

bit 4-0

SS1R<4:0>: 将 SPI1 从选择输入 (SS1IN) 分配给对应 RPn 引脚的位

11111 = 输入连接到 Vss

01111 = 输入连接到 RP15

.

.

.

00001 = 输入连接到 RP1

00000 = 输入连接到 RP0

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 10-9: **RPOR0: 外设引脚选择输出寄存器 0**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP1R<4:0>				
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP0R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:							
R = 可读位		W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0			
-n = POR 时的值		1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知	

- bit 15-13 未实现: 读为 0
- bit 12-8 **RP1R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP1 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)
- bit 7-5 未实现: 读为 0
- bit 4-0 **RP0R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP0 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

寄存器 10-10: **RPOR1: 外设引脚选择输出寄存器 1**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP3R<4:0>				
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP2R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:							
R = 可读位		W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0			
-n = POR 时的值		1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知	

- bit 15-13 未实现: 读为 0
- bit 12-8 **RP3R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP3 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)
- bit 7-5 未实现: 读为 0
- bit 4-0 **RP2R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP2 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

寄存器 10-11: RPOR2: 外设引脚选择输出寄存器 2

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP5R<4:0>				
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP4R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13 未实现: 读为 0

bit 12-8 **RP5R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP5 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

bit 7-5 未实现: 读为 0

bit 4-0 **RP4R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP4 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

寄存器 10-12: RPOR3: 外设引脚选择输出寄存器 3

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP7R<4:0>				
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP6R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13 未实现: 读为 0

bit 12-8 **RP7R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP7 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

bit 7-5 未实现: 读为 0

bit 4-0 **RP6R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP6 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 10-13: **RPOR4: 外设引脚选择输出寄存器 4**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP9R<4:0>				
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP8R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:							
R = 可读位		W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0			
-n = POR 时的值		1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知	

- bit 15-13 未实现: 读为 0
- bit 12-8 **RP9R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP9 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)
- bit 7-5 未实现: 读为 0
- bit 4-0 **RP8R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP8 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

寄存器 10-14: **RPOR5: 外设引脚选择输出寄存器 5**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP11R<4:0>				
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP10R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:							
R = 可读位		W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0			
-n = POR 时的值		1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知	

- bit 15-13 未实现: 读为 0
- bit 12-8 **RP11R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP11 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)
- bit 7-5 未实现: 读为 0
- bit 4-0 **RP10R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP10 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

寄存器 10-15: RPOR6: 外设引脚选择输出寄存器 6

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP13R<4:0>				
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP12R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13 未实现: 读为 0

bit 12-8 **RP13R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP13 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

bit 7-5 未实现: 读为 0

bit 4-0 **RP12R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP12 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

寄存器 10-16: RPOR7: 外设引脚选择输出寄存器 7

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP15R<4:0>				
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	RP14R<4:0>				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13 未实现: 读为 0

bit 12-8 **RP15R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP15 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

bit 7-5 未实现: 读为 0

bit 4-0 **RP14R<4:0>**: 将外设输出功能分配给 RP14 输出引脚的位 (请参见表 10-2 了解外设功能编号)

注:

11.0 TIMER1

注 1: 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息, 请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第 14 章“定时器”**(DS39704), 该文档可从Microchip网站(www.microchip.com)下载。

2: 请注意，本数据手册第 26.0 节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F 系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。

3: 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第 4.0 节“存储器构成”**。

Timer1 模块是一个 16 位定时器，可作为实时时钟的时间计数器，或作为自由运行的间隔定时器 / 计数器。Timer1 可在以下三种模式下工作：

- 16 位定时器
- 16 位同步计数器
- 16 位异步计数器

Timer1 还支持以下功能:

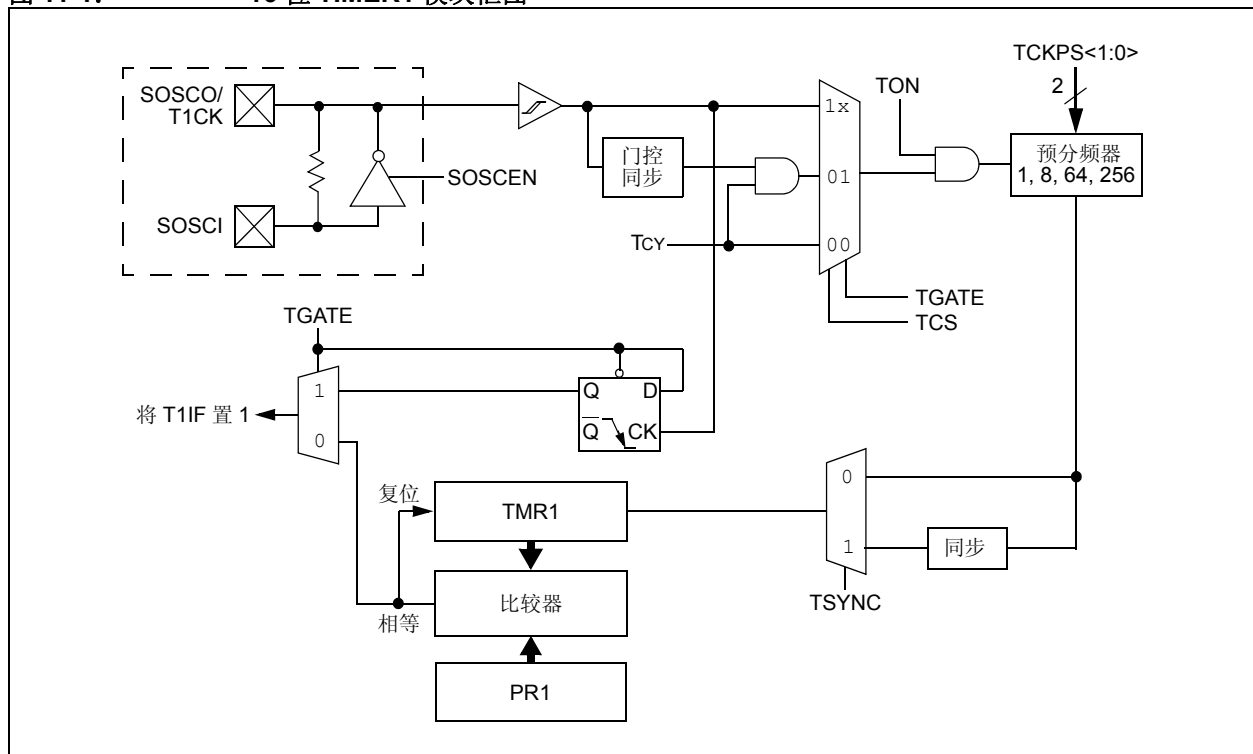
- 定时器门控操作
- 可选的预分频比设置
- 在 CPU 空闲和休眠模式期间的定时器操作
- 在 16 位周期寄存器匹配时或外部门控信号的下降沿产生中断

图 11-1 给出了 16 位定时器模块的框图。

要配置 Timer1 的操作:

1. 将定时器值装入 TMR1 寄存器。
2. 将定时器的周期值装入 PR1 寄存器。
3. 使用 T1CON 寄存器中的 TCKPS<1:0> 位选择定时器预分频比。
4. 使用 T1CON 寄存器中的 TCS 和 TGATE 位设置时钟和门控模式。
5. 将 T1CON 中的 TSYNC 位置 1 或清零来选择同步或异步操作。
6. 如果需要中断, 将中断允许位 T1IE 置 1。使用中断优先级位 T1IP<2:0> 来设置中断优先级。
7. 将 T1CON 寄存器中的 TON 位置 1 (= 1)。

图 11-1: 16 位 TIMER1 模块框图



PIC24FJ16MC101/102

寄存器 11-1: T1CON: TIMER1 控制寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
TON ⁽¹⁾	—	TSIDL	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0
—	TGATE	TCKPS<1:0>		—	TSYNC	TCS ⁽¹⁾	—
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15

TON: Timer1 使能位 ⁽¹⁾
1 = 启动 16 位 Timer1
0 = 停止 16 位 Timer1
- bit 14

未实现: 读为 0
- bit 13

TSIDL: 空闲模式停止位
1 = 当器件进入空闲模式时, 模块停止工作
0 = 在空闲模式下模块继续工作
- bit 12-7

未实现: 读为 0
- bit 6

TGATE: Timer1 门控时间累加使能位
当 TCS = 1 时:
该位被忽略。
当 TCS = 0 时:
1 = 使能门控时间累加
0 = 禁止门控时间累加
- bit 5-4

TCKPS<1:0>: Timer1 输入时钟预分频比选择位
11 = 1:256
10 = 1:64
01 = 1:8
00 = 1:1
- bit 3

未实现: 读为 0
- bit 2

TSYNC: Timer1 外部时钟输入同步选择位
当 TCS = 1 时:
1 = 同步外部时钟输入
0 = 不同步外部时钟输入
当 TCS = 0 时:
该位被忽略。
- bit 1

TCS: Timer1 时钟源选择位 ⁽¹⁾
1 = 来自 T1CK 引脚的外部时钟 (上升沿触发计数)
0 = 内部时钟 (Fcy)
- bit 0

未实现: 读为 0

注 1: 当 TCS = 1 且 TON = 1 时, 禁止从 CPU 对 TMR1 寄存器的任何写操作。

12.0 TIMER2/3 特性

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第 14 章“定时器”**（DS39704），该文档可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第 26.0 节“电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第 4.0 节“存储器构成”**。

Timer2/3 为 32 位定时器，也可配置为两个具有可选工作模式的独立 16 位定时器。

作为 32 位定时器，Timer2/3 具有三种工作模式：

- 具有所有 16 位工作模式（异步计数器模式除外）的两个独立 16 位定时器（例如，Timer2 和 Timer3）
- 单个 32 位定时器（Timer2/3）
- 单个 32 位同步计数器（Timer2/3）

Timer2/3 还支持以下功能：

- 定时器门控操作
- 可选的预分频比设置
- 空闲和休眠模式期间的定时器工作
- 在 32 位周期寄存器匹配时产生中断
- 输入捕捉和输出比较模块的时基（仅限 Timer2 和 Timer3）
- ADC1 事件触发器（仅限 Timer2/3）

两个 16 位定时器都能单独用作同步定时器或计数器。它们也提供上面所列的功能，但事件触发功能除外。通过设置 T2CON 和 T3CON 寄存器中的相应位来确定工作模式和使能特性。T2CON 寄存器的通用形式如**寄存器 12-1**所示。T3CON 寄存器如**寄存器 12-2**所示。

对于 32 位定时器 / 计数器工作，Timer2 是 32 位定时器的低位字（lsw），而 Timer3 是高位字（msw）。

注: 对于 32 位工作，T3CON 寄存器中的控制位将被忽略。设置和控制只使用 T2CON 寄存器中的控制位。32 位定时器模块采用 Timer2 时钟和门控输入，但中断由 Timer3 中断标志位产生。

12.1 32 位工作

要将 Timer2/3 配置为 32 位工作：

1. 将 T32 控制位置 1。
2. 使用 TCKPS<1:0> 位为 Timer2 选择预分频比。
3. 使用相应的 TCS 和 TGATE 位设置时钟和门控模式。
4. 装入定时器的周期值。PR3 包含值的 msw，而 PR2 包含 lsw。
5. 如果需要中断，将中断允许位 T3IE 置 1。使用中断优先级位 T3IP<2:0> 来设置中断优先级。由 Timer2 控制定时器，而中断由 Timer3 产生。
6. 将相应的 TON 位置 1。

任意时刻定时器的值被存储在寄存器对 TMR3:TMR2 中，TMR3 总是包含计数值的 msw，而 TMR2 包含 lsw。

12.2 16 位工作

要将任一定时器配置为独立的 16 位定时器：

1. 清零与该定时器对应的 T32 位。
2. 使用 TCKPS<1:0> 位选择定时器预分频比。
3. 使用 TCS 和 TGATE 位设置时钟和门控模式。
4. 将定时器的周期值装入 PRx 寄存器。
5. 如果需要中断，将中断允许位 TxIE 置 1。使用中断优先级位 TxIP<2:0> 来设置中断优先级。
6. 将 TON 位置 1。

图 12-1: TIMER2/3 （32 位）框图 (1)

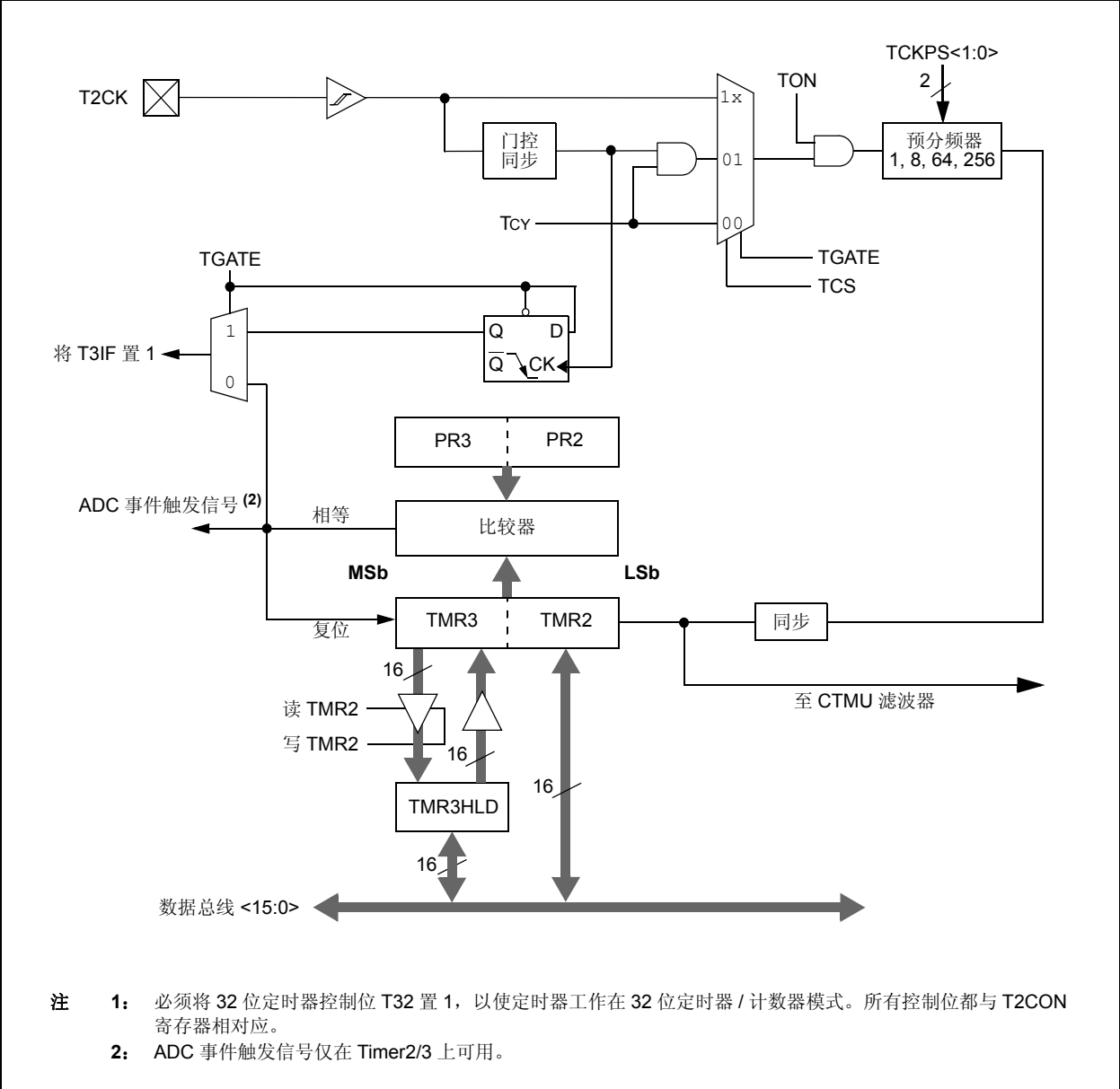


图 12-2: TIMER2 (16 位) 框图

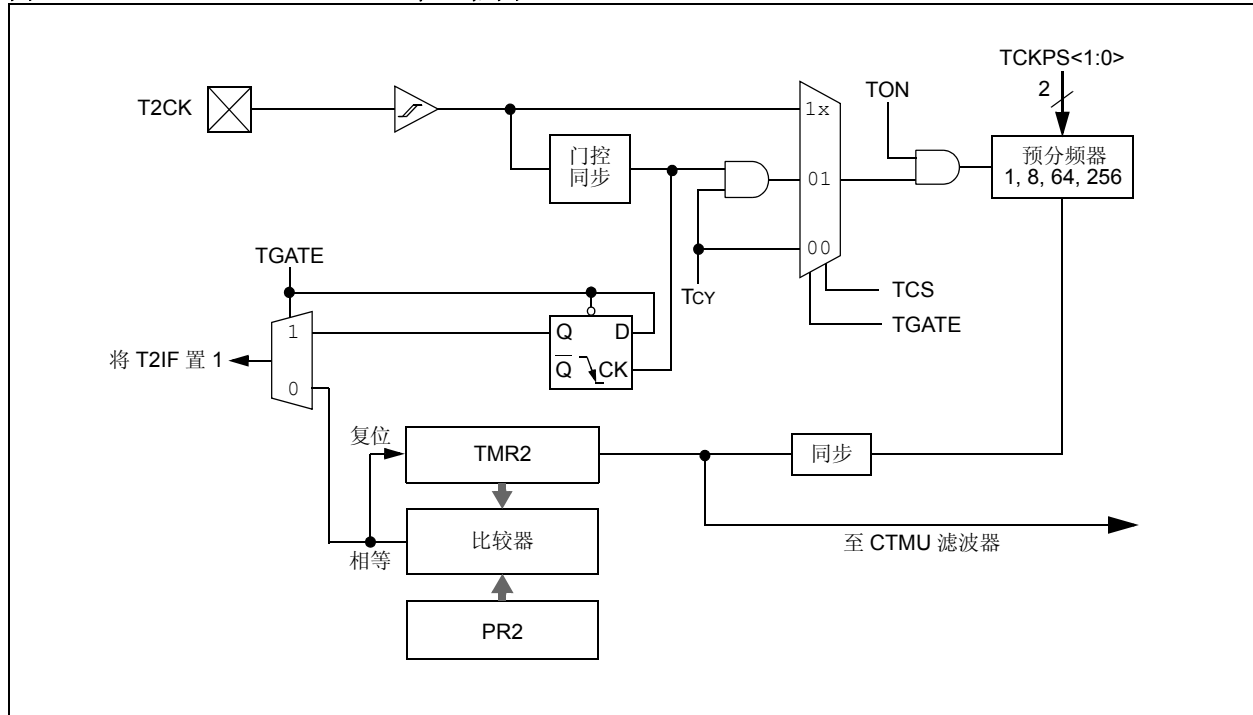
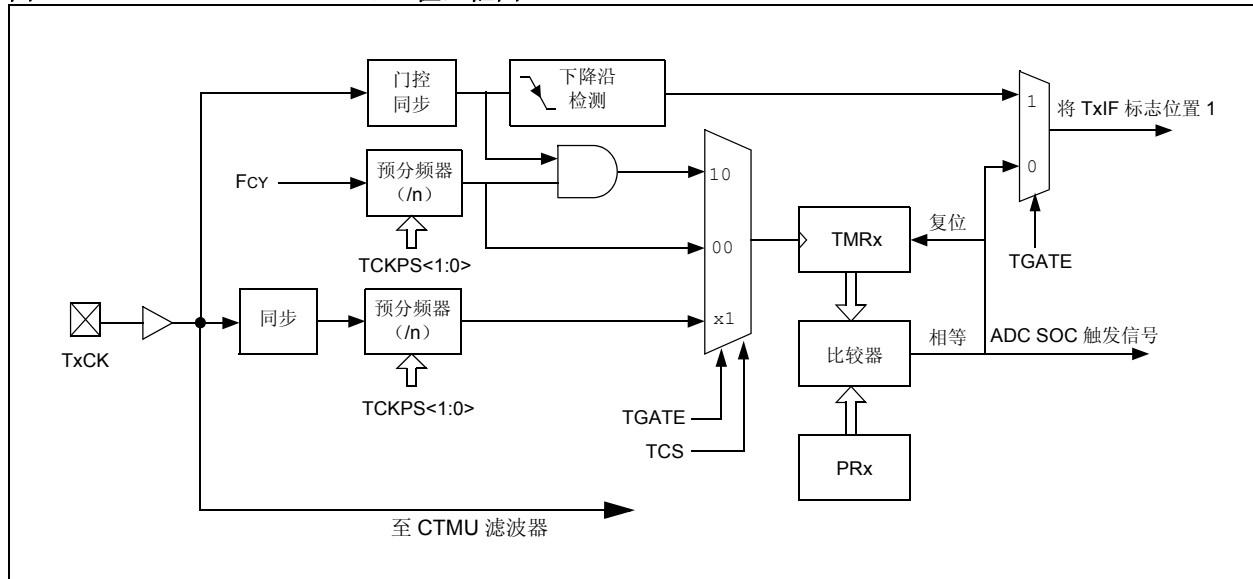


图 12-3: TIMER3 (16 位) 框图



PIC24FJ16MC101/102

寄存器 12-1: T2CON 控制寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
TON	—	TSIDL	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	U-0
—	TGATE	TCKPS<1:0>		T32	—	TCS	—
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15	TON: Timer2 使能位 当 T32 = 1 时: 1 = 启动 32 位 Timer2/3 0 = 停止 32 位 Timer2/3 当 T32 = 0 时: 1 = 启动 16 位 Timer2 0 = 停止 16 位 Timer2
bit 14	未实现: 读为 0
bit 13	TSIDL: 空闲模式停止位 1 = 当器件进入空闲模式时, 模块停止工作 0 = 在空闲模式下模块继续工作
bit 12-7	未实现: 读为 0
bit 6	TGATE: Timer2 门控时间累加使能位 当 TCS = 1 时: 该位被忽略。 当 TCS = 0 时: 1 = 使能门控时间累加 0 = 禁止门控时间累加
bit 5-4	TCKPS<1:0>: Timer2 输入时钟预分频比选择位 11 = 1:256 10 = 1:64 01 = 1:8 00 = 1:1
bit 3	T32: 32 位定时器模式选择位 1 = Timer2 和 Timer3 形成一个 32 位定时器 0 = Timer2 和 Timer3 作为两个 16 位定时器
bit 2	未实现: 读为 0
bit 1	TCS: Timer2 时钟源选择位 1 = 来自 T2CK 引脚的外部时钟 (上升沿触发计数) 0 = 内部时钟 (FCY)
bit 0	未实现: 读为 0

寄存器 12-2: T3CON 控制寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
TON ⁽²⁾	—	TSIDL ⁽¹⁾	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	U-0
—	TGATE ⁽²⁾	TCKPS<1:0> ⁽²⁾		—	—	TCS ⁽²⁾	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15 **TON: Timer3 使能位⁽²⁾**
 1 = 启动 16 位 Timer3
 0 = 停止 16 位 Timer3
- bit 14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **TSIDL: 空闲模式停止位⁽¹⁾**
 1 = 当器件进入空闲模式时, 定时器停止工作
 0 = 在空闲模式下定时器继续工作
- bit 12-7 **未实现:** 读为 0
- bit 6 **TGATE: Timer3 门控时间累加使能位⁽²⁾**
 当 TCS = 1 时:
 该位被忽略。
 当 TCS = 0 时:
 1 = 使能门控时间累加
 0 = 禁止门控时间累加
- bit 5-4 **TCKPS<1:0>: Timer3 输入时钟预分频比选择位⁽²⁾**
 11 = 预分频比为 1:256
 10 = 预分频比为 1:64
 01 = 预分频比为 1:8
 00 = 预分频比为 1:1
- bit 3-2 **未实现:** 读为 0
- bit 1 **TCS: Timer3 时钟源选择位⁽²⁾**
 1 = 来自 T3CK 引脚的外部时钟
 0 = 内部时钟 (Fosc/2)
- bit 0 **未实现:** 读为 0

- 注 1:** 当在定时器控制寄存器中使能 32 位定时器工作 (T32 (T2CON<3>) = 1) 时, TSIDL 位必须清零以在空闲模式下运行 32 位定时器。
- 2:** 当在定时器控制寄存器中使能 32 位定时器工作 (T32 (T2CON<3>) = 1) 时, 这些位将不起作用。

注:

13.0 输入捕捉

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第15章“输入捕捉”**（DS39701），该文档可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第26.0节“电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第4.0节“存储器构成”**。

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。PIC24FJ16MC101/102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寄存器的16位值。导致发生捕捉的事件分为以下三类：

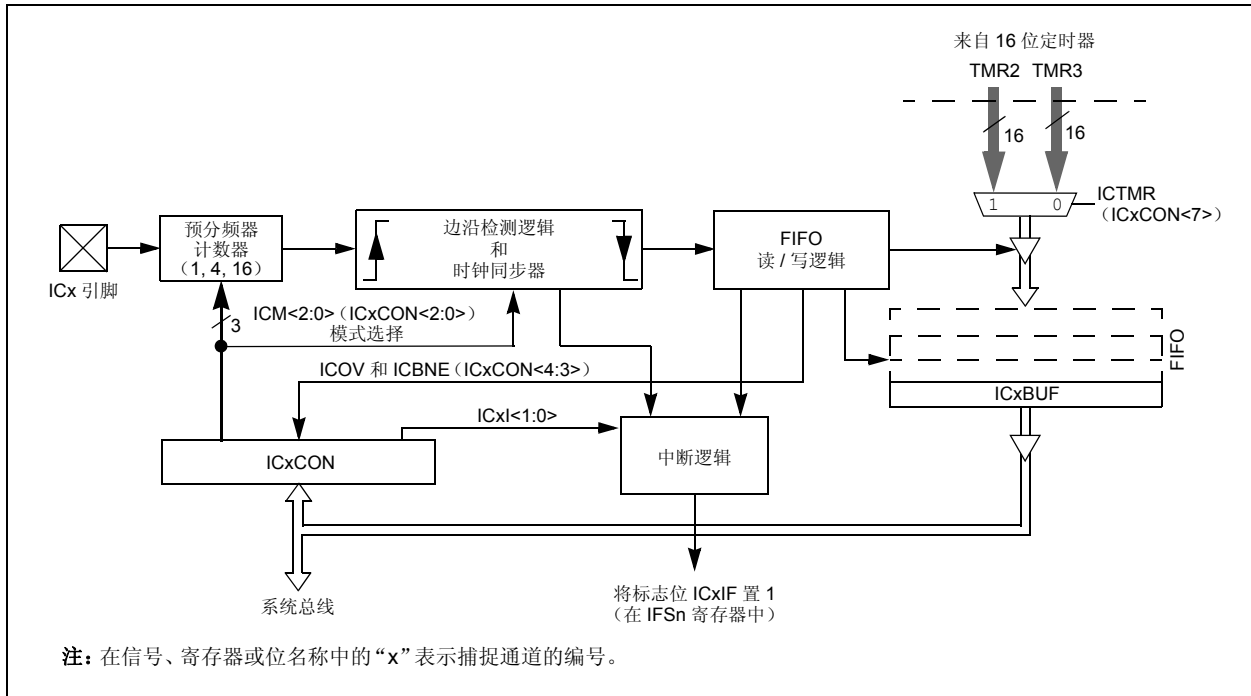
- 简单捕捉事件模式：
 - 每当ICx引脚上的输入信号出现下降沿时捕捉定时器值
 - 每当ICx引脚上的输入信号出现上升沿时捕捉定时器值
- 在每个边沿（上升沿和下降沿）都捕捉定时器值
- 预分频捕捉事件模式：
 - ICx引脚上的输入信号每出现4个上升沿捕捉一次定时器值
 - ICx引脚上的输入信号每出现16个上升沿捕捉一次定时器值

每路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缓冲区：
 - 可选择在填充完1、2、3或4个缓冲单元后产生中断
- 输入捕捉也可用来提供额外的外部中断源

图 13-1: 输入捕捉框图



PIC24FJ16MC101/102

13.1 输入捕捉寄存器

寄存器 13-1: **ICxCON**: 输入捕捉 x 控制寄存器

U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	ICSIDL	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0, HC	R-0, HC	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ICTMR	ICI<1:0>		ICOV	ICBNE	ICM<2:0>		
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15-14 **未实现**: 读为 0
- bit 13 **ICSIDL**: 输入捕捉模块在空闲模式下停止的控制位
1 = 在 CPU 空闲模式下输入捕捉模块将停止工作
0 = 在 CPU 空闲模式下输入捕捉模块将继续工作
- bit 12-8 **未实现**: 读为 0
- bit 7 **ICTMR**: 输入捕捉定时器选择位
1 = 发生捕捉事件时捕捉 TMR2 的内容
0 = 发生捕捉事件时捕捉 TMR3 的内容
- bit 6-5 **ICI<1:0>**: 每次中断的捕捉次数选择位
11 = 每 4 次捕捉事件中中断一次
10 = 每 3 次捕捉事件中中断一次
01 = 每 2 次捕捉事件中中断一次
00 = 每次捕捉事件中中断一次
- bit 4 **ICOV**: 输入捕捉溢出状态标志位 (只读)
1 = 发生了输入捕捉溢出
0 = 未发生输入捕捉溢出
- bit 3 **ICBNE**: 输入捕捉缓冲区空状态位 (只读)
1 = 输入捕捉缓冲区非空, 至少可以再读一个捕捉值
0 = 输入捕捉缓冲区为空
- bit 2-0 **ICM<2:0>**: 输入捕捉模式选择位
111 = 当器件处于休眠或空闲模式时, 输入捕捉仅用作中断引脚
 (只检测上升沿, 所有其他控制位都不适用。)
110 = 未使用 (模块被禁止)
101 = 捕捉模式, 每 16 个上升沿捕捉一次
100 = 捕捉模式, 每 4 个上升沿捕捉一次
011 = 捕捉模式, 每个上升沿捕捉一次
010 = 捕捉模式, 每个下降沿捕捉一次
001 = 捕捉模式, 每个边沿 (上升沿和下降沿) 捕捉一次
 (ICI<1:0> 位不控制该模式下的中断产生。)
000 = 输入捕捉模块关闭

14.0 输出比较

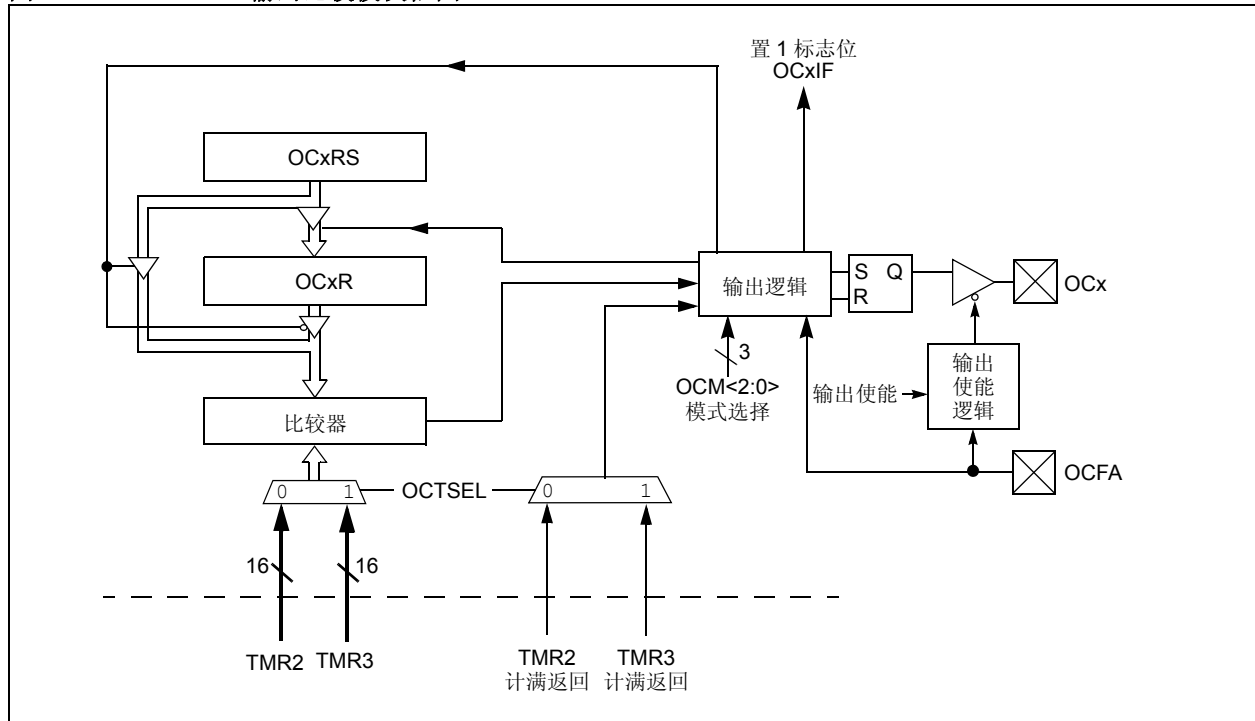
- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第16章“输出比较”**（DS39706），该文档可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第26.0节“电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第4.0节“存储器构成”**。

输出比较模块可以选择Timer2或Timer3作为其时基。模块将定时器的值与一个或两个比较寄存器的值（取决于所选的工作模式）作比较。当定时器值与比较寄存器值匹配时，输出引脚的状态发生改变。输出比较模块通过在发生比较匹配事件时改变输出引脚的状态，产生单个输出脉冲或连续输出脉冲。输出比较模块还能在发生比较匹配事件时产生中断。

输出比较模块具有多种工作模式：

- 低电平有效单脉冲模式
- 高电平有效单脉冲模式
- 翻转模式
- 延时单脉冲模式
- 连续脉冲模式
- 不带故障保护的PWM模式
- 带故障保护的PWM模式

图 14-1: 输出比较模块框图



14.1 输出比较模式

通过设置输出比较控制寄存器中的相应输出比较模式位 OCM<2:0>（OCxCON<2:0>），配置输出比较模式。表 14-1 列出了输出比较模式的不同位设置。图 14-2 说明了各种模式的输出比较操作。当写入输出比较控制寄

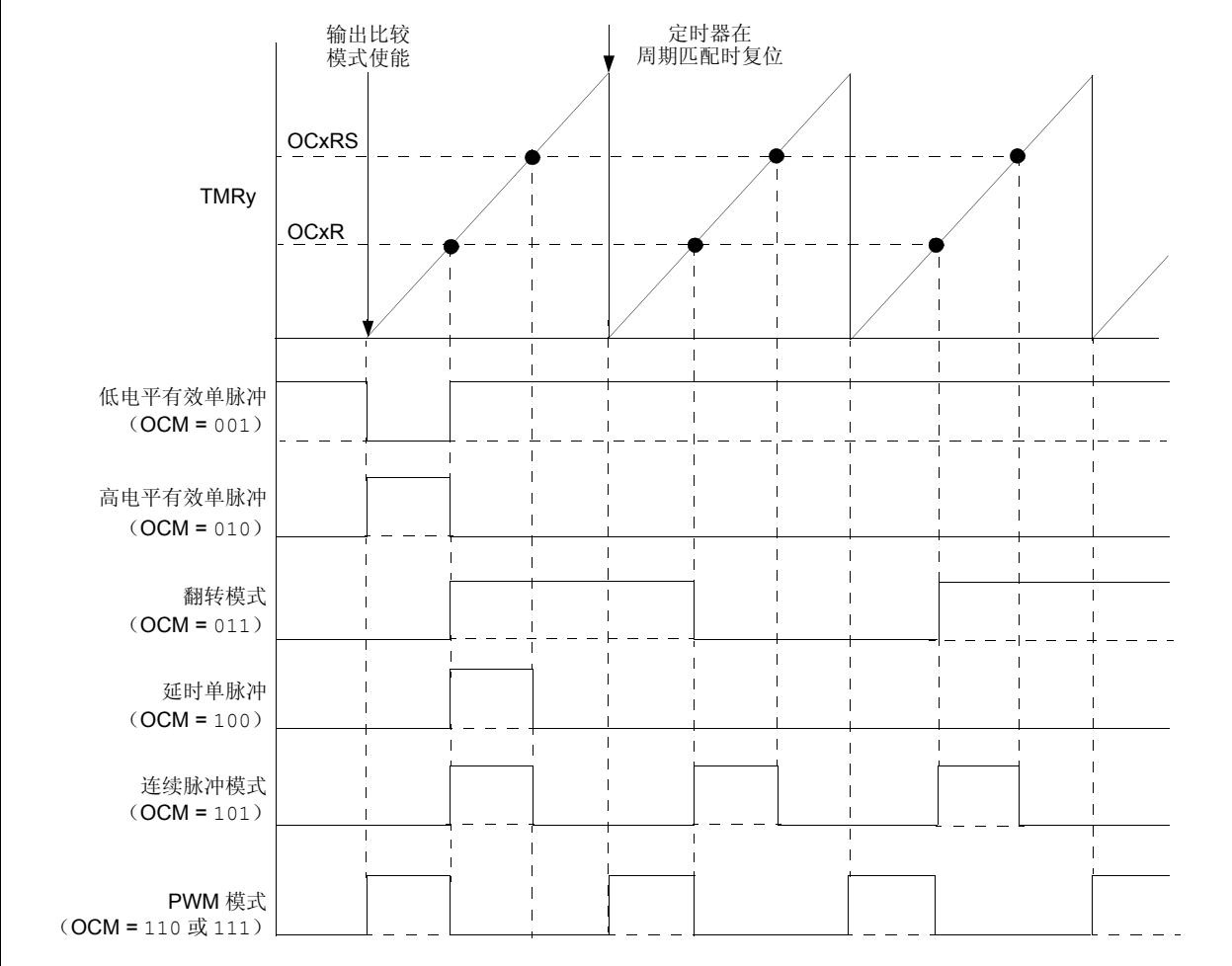
存器时，用户应用程序必须禁止相关的定时器以避免发生故障。

注：关于 OCxR 和 OCxRS 寄存器的限制信息，请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 16 章“输出比较”（DS39706）。

表 14-1： 输出比较模式

OCM<2:0>	模式	OCx 引脚初始状态	OCx 中断产生
000	模块被禁止	由 GPIO 寄存器控制	—
001	低电平有效单脉冲	0	OCx 上升沿
010	高电平有效单脉冲	1	OCx 下降沿
011	翻转模式	保持当前输出	OCx 上升沿和下降沿
100	延时单脉冲	0	OCx 下降沿
101	连续脉冲模式	0	OCx 下降沿
110	不带故障保护的 PWM 模式	0，如果 OCxR 为零 1，如果 OCxR 非零	不产生中断
111	带故障保护的 PWM 模式	0，如果 OCxR 为零 1，如果 OCxR 非零	OC1 至 OC4 的 OCFA 下降沿

图 14-2： 输出比较操作



寄存器 14-1: OCxCON: 输出比较 x 控制寄存器

U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	OCSIDL	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R-0 HC	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	OCFLT	OCTSEL	OCM<2:0>		
bit 7							bit 0

图注:	HC = 硬件清零位	HS = 硬件置 1 位
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零
		x = 未知

bit 15-14 未实现: 读为 0

bit 13 **OCSIDL**: 在空闲模式下停止输出比较的控制位

1 = 输出比较 x 将在 CPU 空闲模式下停止工作
0 = 输出比较 x 将在 CPU 空闲模式下继续工作

bit 12-5 未实现: 读为 0

bit 4 **OCFLT**: PWM 故障条件状态位

1 = 产生了 PWM 故障条件 (仅可由硬件清零)
0 = 未产生 PWM 故障条件
(仅当 OCM<2:0> = 111 时, 才使用该位。)

bit 3 **OCTSEL**: 输出比较定时器选择位

1 = Timer3 是比较 x 的时钟源
0 = Timer2 是比较 x 的时钟源

bit 2-0 **OCM<2:0>**: 输出比较模式选择位

111 = OCx 处于 PWM 模式, 使能故障引脚
110 = OCx 处于 PWM 模式, 禁止故障引脚
101 = 将 OCx 引脚初始化为低电平, 在 OCx 引脚上产生连续输出脉冲
100 = 将 OCx 引脚初始化为低电平, 在 OCx 引脚上产生单个输出脉冲
011 = 比较事件使 OCx 引脚的电平翻转
010 = 将 OCx 引脚初始化为高电平, 比较事件强制 OCx 引脚为低电平
001 = 将 OCx 引脚初始化为低电平, 比较事件强制 OCx 引脚为高电平
000 = 禁止输出比较通道

注:

15.0 电机控制 PWM 模块

- 注 1:** 本数据手册总结了 PIC24FJ16MC101/102 系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 47 章“电机控制 PWM”（DS39735），该文档可从 Microchip 网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第 26.0 节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F 系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的第 4.0 节“存储器构成”。

PIC24FJ16MC101/102 器件具有一个 6 通道脉宽调制（Pulse-Width Modulation, PWM）模块。

PWM 模块具有以下特性：

- 最高 16 位分辨率
- 可在运行过程中更改 PWM 频率
- 边沿对齐和中心对齐输出模式
- 单脉冲生成模式
- 在中心对齐模式下，为不对称更新提供了中断支持
- 为电子换相电机（Electrically Commutative Motor, ECM）操作或 BLDC 提供了输出改写控制
- 用于调度其他外设事件的特殊事件比较器
- 故障引脚可选择将各 PWM 输出引脚驱动为定义的状态
- 占空比更新可配置为立即更新或与 PWM 时基同步

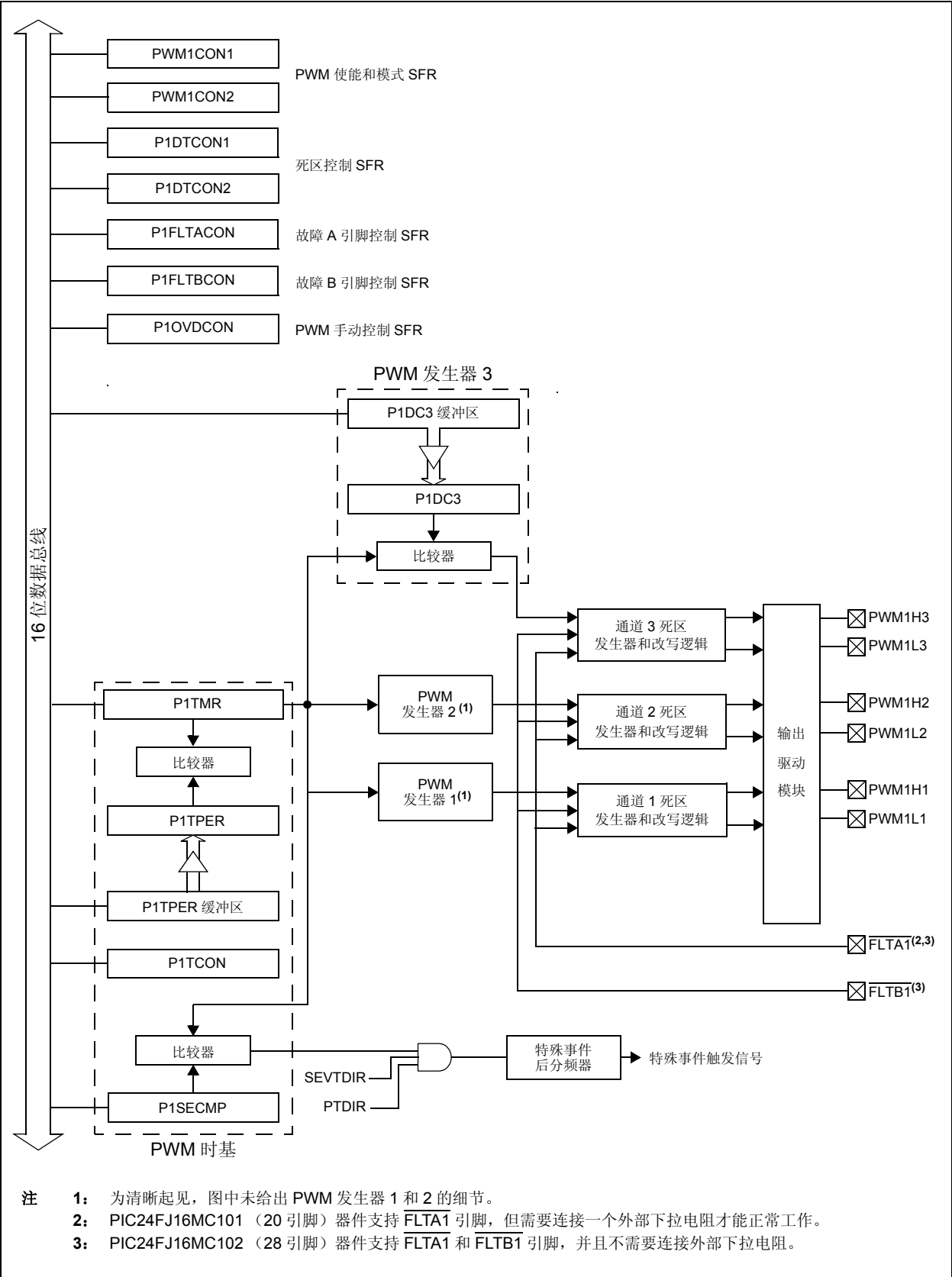
15.1 PWM1: 6 通道 PWM 模块

该模块简化了产生多个同步 PWM 输出的任务。PWM 模块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
- 直流无刷（Brushless DC, BLDC）电机
- 不间断电源（Uninterruptible Power Supply, UPS）

该模块包含 3 个占空比发生器，编号为从 1 至 3。该模块具有 6 个 PWM 输出引脚，编号为从 PWM1H1/PWM1L1 至 PWM1H3/PWM1L3。6 个 I/O 引脚可组合为高 / 低电平引脚对，分别以后缀 H 或 L 表示。对于互补的负载，低电平 PWM 引脚的状态总是与相对应高电平 I/O 引脚的状态互补。

图 15-1: 6 通道 PWM 模块框图 (PWM1)



15.2 PWM 故障

电机控制 PWM 模块最多具有两个故障输入： $\overline{\text{FLTA1}}$ 和 $\overline{\text{FLTB1}}$ 。这两个故障输入都实现了 B 类安全功能。这些功能可以确保在其中任一故障输入置为有效时，PWM 输出会进入安全状态。

在 $\overline{\text{FLTA}}$ 和 $\overline{\text{FLTB}}$ 引脚使能，且拥有某个引脚的所有权时，它们还会使能一个内部软下拉电阻。软下拉电阻会在故障信号连接断开时自动将故障置为有效，从而提供一种安全功能。

内部下拉电阻的实现取决于器件型号。表 15-1 说明了哪些器件和引脚实现了内部下拉电阻。

表 15-1: PWM 故障引脚上的内部下拉电阻

器件	故障引脚	是否实现内部下拉?
PIC24FJ16MC101	$\overline{\text{FLTA1}}$	否
PIC24FJ16MC102	$\overline{\text{FLTA1}}$	是
	$\overline{\text{FLTB1}}$	是

对于故障引脚上没有内部下拉电阻的器件，建议通过连接一个外部下拉电阻来实现 B 类安全功能。

15.2.1 复位时的 PWM 故障引脚

在发生任意复位事件时，PWM 模块会维持两个 PWM 故障引脚的所有权。发生复位时，两个故障引脚均以锁定模式使能，以保证应用安全上电。在使能电机控制 PWM 模块之前，应用软件必须先清除两个 PWM 故障。

必须通过外部电路将故障输入引脚驱动为高电平并将故障中断标志清零，才能清除故障条件。在故障引脚条件被清除后，PWM 模块将在下一个 PWM 周期或半周期边界恢复 PWM 输出信号。

关于 PWM 故障的更多信息，请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 47 章“电机控制 PWM”（DS39735）。

注：映射到器件引脚的 PWM 故障数取决于具体的器件型号。无论型号如何，在发生任意复位事件时，器件都会使能两个故障引脚。在使能电机控制 PWM 模块之前，应用必须先清除 $\overline{\text{FLTA1}}$ 和 $\overline{\text{FLTB1}}$ 。要确定哪些故障引脚映射到器件引脚上，请参见具体器件的引脚图。

15.3 写保护寄存器

在 PIC24FJ16MC101/102 器件上，为 PWMxCON1、PxFLTAcon 和 PxFLTBcon 寄存器实现了写保护。写保护功能可以防止对于这些寄存器的任何意外写操作。写保护功能可以通过 FOSCSEL 配置寄存器中的 PWMLOCK 配置位进行控制。写保护功能的默认状态为使能（PWMLOCK = 1）。写保护功能可以通过配置 PWMLOCK（FOSCSEL<6>）= 0 来禁止。

用户应用程序可以通过两种方式来访问这些锁定的寄存器：配置 PWMLOCK（FOSCSEL<6>）= 0，或者执行解锁序列。要执行解锁序列，用户应用程序必须向 PWMxKEY 寄存器连续写入两个值（0xABCD 和 0x4321），以执行解锁操作。对 PWMxCON1、PxFLTAcon 或 PxFLTBcon 寄存器的写访问必须是紧接在解锁过程之后的下一个 SFR 访问。在解锁过程和后续写访问之间不能有任何其他 SFR 访问。

要对所有寄存器（PWMxCON1、PxFLTAcon 和 PxFLTBcon 寄存器）进行写操作，需要 3 个解锁操作。正确的解锁序列如例 15-1 和例 15-2 所示。

例 15-1: 写保护寄存器解锁和故障清除序列的汇编代码示例

```
; FLTA1 pin must be pulled high externally in order to clear and disable the fault
; Writing to P1FLTBCON register requires unlock sequence

mov #0xabcd,w10      ; Load first unlock key to w10 register
mov #0x4321,w11      ; Load second unlock key to w11 register
mov #0x0000,w0       ; Load desired value of P1FLTACON register in w0
mov w10, PWM1KEY     ; Write first unlock key to PWM1KEY register
mov w11, PWM1KEY     ; Write second unlock key to PWM1KEY register
mov w0,P1FLTACON     ; Write desired value to P1FLTACON register

; FLTB1 pin must be pulled high externally in order to clear and disable the fault
; Writing to P1FLTBCON register requires unlock sequence

mov #0xabcd,w10      ; Load first unlock key to w10 register
mov #0x4321,w11      ; Load second unlock key to w11 register
mov #0x0000,w0       ; Load desired value of P1FLTBCON register in w0
mov w10, PWM1KEY     ; Write first unlock key to PWM1KEY register
mov w11, PWM1KEY     ; Write second unlock key to PWM1KEY register
mov w0,P1FLTBCON     ; Write desired value to P1FLTBCON register

; Enable all PWMs using PWM1CON1 register
; Writing to PWM1CON1 register requires unlock sequence

mov #0xabcd,w10      ; Load first unlock key to w10 register
mov #0x4321,w11      ; Load second unlock key to w11 register
mov #0x0077,w0       ; Load desired value of PWM1CON1 register in w0
mov w10, PWM1KEY     ; Write first unlock key to PWM1KEY register
mov w11, PWM1KEY     ; Write second unlock key to PWM1KEY register
mov w0,PWM1CON1      ; Write desired value to PWM1CON1 register
```

例 15-2: 写保护寄存器解锁和故障清除序列的 C 代码示例

```
// FLTA1 pin must be pulled high externally in order to clear and disable the fault
// Writing to P1FLTACON register requires unlock sequence
// Use builtin function to write 0x0000 to P1FLTACON register
__builtin_write_PWMSFR(&P1FLTACON, 0x0000, &PWM1KEY);

// FLTB1 pin must be pulled high externally in order to clear and disable the fault
// Writing to P1FLTBCON register requires unlock sequence
// Use builtin function to write 0x0000 to P1FLTBCON register
__builtin_write_PWMSFR(&P1FLTBCON, 0x0000, &PWM1KEY);

// Enable all PWMs using PWM1CON1 register
// Writing to PWM1CON1 register requires unlock sequence
// Use builtin function to write 0x0077 to PWM1CON1 register
__builtin_write_PWMSFR(&PWM1CON1, 0x0077, &PWM1KEY);
```

寄存器 15-1: P_xTCON: PWM 时基控制寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
PTEN	—	PTSIDL	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PTOPS<3:0>				PTCKPS<1:0>		PTMOD<1:0>	
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15 **PTEN: PWM 时基定时器使能位**

1 = PWM 时基开启

0 = PWM 时基关闭

bit 14 **未实现:** 读为 0

bit 13 **PTSIDL: PWM 时基空闲模式停止位**

1 = PWM 时基在 CPU 空闲模式下暂停

0 = PWM 时基在 CPU 空闲模式下运行

bit 12-8 **未实现:** 读为 0

bit 7-4 **PTOPS<3:0>: PWM 时基输出后分频比选择位**

1111 = 1:16 后分频比

•

•

•

0001 = 1:2 后分频比

0000 = 1:1 后分频比

bit 3-2 **PTCKPS<1:0>: PWM 时基输入时钟预分频比选择位**

11 = PWM 时基输入时钟周期为 64 个 T_{CY} (1:64 预分频比)

10 = PWM 时基输入时钟周期为 16 个 T_{CY} (1:16 预分频比)

01 = PWM 时基输入时钟周期为 4 个 T_{CY} (1:4 预分频比)

00 = PWM 时基输入时钟周期为 T_{CY} (1:1 预分频比)

bit 1-0 **PTMOD<1:0>: PWM 时基模式选择位**

11 = PWM 时基工作在连续递增 / 递减计数模式下, 且在双重 PWM 更新时产生中断

10 = PWM 时基工作在连续递增 / 递减计数模式下

01 = PWM 时基工作在单脉冲模式下

00 = PWM 时基工作在自由运行模式下

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 15-2: PxTMR: PWM 定时器计数值寄存器

R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PTDIR	PTMR<14:8>						
bit 15							bit 8
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PTMR<7:0>							
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 **PTDIR:** PWM 时基计数方向状态位 (只读)
 1 = PWM 时基递减计数
 0 = PWM 时基递增计数

bit 14-0 **PTMR<14:0>:** PWM 时基寄存器计数值位

寄存器 15-3: PxTPER: PWM 时基周期寄存器

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	PTPER<14:8>						
bit 15							bit 8
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PTPER<7:0>							
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 未实现: 读为 0

bit 14-0 **PTPER<14:0>:** PWM 时基周期值位

寄存器 15-4: PxSECMP: 特殊事件比较寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
SEVTDIR ⁽¹⁾	SEVTCMP<14:8> ⁽²⁾						
bit 15	bit 8						
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
SEVTCMP<7:0> ⁽²⁾							
bit 7	bit 0						

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 **SEVTDIR:** 特殊事件触发信号时基方向位 ⁽¹⁾
1 = 当 PWM 时基递减计数时, 产生特殊事件触发信号
0 = 当 PWM 时基递增计数时, 产生特殊事件触发信号

bit 14-0 **SEVTCMP<14:0>:** 特殊事件比较值位 ⁽²⁾

注 1: SEVTDIR 与 PTDIR (PxTMR<15>) 作比较, 以产生特殊事件触发信号。
 2: PxSECMP<14:0> 与 PxTMR<14:0> 作比较, 以产生特殊事件触发信号。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 15-5: **PWMxCON1: PWM 控制寄存器 1⁽¹⁾**

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	PMOD3	PMOD2	PMOD1
bit 15					bit 8		
U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	PEN3H	PEN2H	PEN1H	—	PEN3L	PEN2L	PEN1L
bit 7					bit 0		

图注:							
R = 可读位		W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0			
-n = POR 时的值		1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知	

- bit 15-11 未实现: 读为 0
- bit 10-8 **PMOD3:PMOD1:** PWM I/O 对模式位
1 = PWM I/O 引脚对处于独立 PWM 输出模式
0 = PWM I/O 引脚对处于互补输出模式
- bit 7 未实现: 读为 0
- bit 6-4 **PEN3H:PEN1H:** PWMxH I/O 使能位
1 = 使能 PWMxH 引脚用于 PWM 输出
0 = 禁止 PWMxH 引脚, I/O 引脚变为通用 I/O
- bit 3 未实现: 读为 0
- bit 2-0 **PEN3L:PEN1L:** PWMxL I/O 使能位
1 = 使能 PWMxL 引脚用于 PWM 输出
0 = 禁止 PWMxL 引脚, I/O 引脚变为通用 I/O

注 1: PWMxCON1 寄存器是写保护寄存器。关于解锁序列的更多信息, 请参见第 15.3 节 “写保护寄存器”。

寄存器 15-6: PWMxCON2: PWM 控制寄存器 2

U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	SEVOPS<3:0>			
bit 15				bit 8			

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	IUE	OSYNC	UDIS
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-12 未实现: 读为 0

bit 11-8 **SEVOPS<3:0>**: PWM 特殊事件触发信号输出后分频比选择位

1111 = 1:16 后分频比

•
•
•

0001 = 1:2 后分频比

0000 = 1:1 后分频比

bit 7-3 未实现: 读为 0

bit 2 **IUE**: 立即更新使能位

1 = 立即更新有效 PxDC 寄存器

0 = 更新有效 PxDC 寄存器与 PWM 时基同步

bit 1 **OSYNC**: 输出改写同步位

1 = 通过 PxOVDCON 寄存器进行的输出改写与 PWM 时基同步

0 = 通过 PxOVDCON 寄存器进行的输出改写在下一个 Tcy 边界发生

bit 0 **UDIS**: PWM 更新禁止位

1 = 禁止对占空比寄存器和周期缓冲寄存器的更新

0 = 使能对占空比寄存器和周期缓冲寄存器的更新

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 15-7: PxDTCON1: 死区控制寄存器 1

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
DTBPS<1:0>		DTB<5:0>					
bit 15							bit 8
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
DTAPS<1:0>		DTA<5:0>					
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-14DTBPS<1:0>: 死区单元 B 预分频比选择位
11 = 死区单元 B 的时钟周期为 8 个 TcY
10 = 死区单元 B 的时钟周期为 4 个 TcY
01 = 死区单元 B 的时钟周期为 2 个 TcY
00 = 死区单元 B 的时钟周期为 TcY
- bit 13-8DTB<5:0>: 死区单元 B 的无符号 6 位死区值位
- bit 7-6DTAPS<1:0>: 死区单元 A 预分频比选择位
11 = 死区单元 A 的时钟周期为 8 个 TcY
10 = 死区单元 A 的时钟周期为 4 个 TcY
01 = 死区单元 A 的时钟周期为 2 个 TcY
00 = 死区单元 A 的时钟周期为 TcY
- bit 5-0DTA<5:0>: 死区单元 A 的无符号 6 位死区值位

寄存器 15-8: **PxDTCN2: 死区控制寄存器 2**

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15						bit 8	

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	DTS3A	DTS3I	DTS2A	DTS2I	DTS1A	DTS1I
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-6 **未实现:** 读为 0

bit 5 **DTS3A:** PWM3 信号变为有效的死区选择位

1 = 死区由单元 B 提供

0 = 死区由单元 A 提供

bit 4 **DTS3I:** PWM3 信号变为无效的死区选择位

1 = 死区由单元 B 提供

0 = 死区由单元 A 提供

bit 3 **DTS2A:** PWM2 信号变为有效的死区选择位

1 = 死区由单元 B 提供

0 = 死区由单元 A 提供

bit 2 **DTS2I:** PWM2 信号变为无效的死区选择位

1 = 死区由单元 B 提供

0 = 死区由单元 A 提供

bit 1 **DTS1A:** PWM1 信号变为有效的死区选择位

1 = 死区由单元 B 提供

0 = 死区由单元 A 提供

bit 0 **DTS1I:** PWM1 信号变为无效的死区选择位

1 = 死区由单元 B 提供

0 = 死区由单元 A 提供

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 15-9: **PxFLTAcon**: 故障 A 控制寄存器 (1,2,3,4,5)

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	FAOV3H	FAOV3L	FAOV2H	FAOV2L	FAOV1H	FAOV1L
bit 15						bit 8	

R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1
FLTAM	—	—	—	—	FAEN3	FAEN2	FAEN1
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-14 未实现: 读为 0

bit 13-8 **FAOVxH<3:1>:FAOVxL<3:1>**: 故障输入 A PWM 改写值位

1 = 在发生外部故障输入事件时, PWM 输出引脚被驱动为有效状态

0 = 在发生外部故障输入事件时, PWM 输出引脚被驱动为无效状态

bit 7 **FLTAM**: 故障 A 模式位

1 = 故障 A 输入引脚在逐周期模式下工作

0 = 故障 A 输入引脚将所有控制引脚锁存为 PxFLTAcon<13:8> 中设置的状态

bit 6-3 未实现: 读为 0

bit 2 **FAEN3**: 故障输入 A 使能位

1 = PWMxH3/PWMxL3 引脚对由故障输入 A 控制

0 = PWMxH3/PWMxL3 引脚对不受故障输入 A 控制

bit 1 **FAEN2**: 故障输入 A 使能位

1 = PWMxH2/PWMxL2 引脚对由故障输入 A 控制

0 = PWMxH2/PWMxL2 引脚对不受故障输入 A 控制

bit 0 **FAEN1**: 故障输入 A 使能位

1 = PWMxH1/PWMxL1 引脚对由故障输入 A 控制

0 = PWMxH1/PWMxL1 引脚对不受故障输入 A 控制

注 1: PIC24FJ16MC101 (20 引脚) 器件支持 FLTA1 引脚, 但需要连接一个外部下拉电阻才能正常工作。

2: PIC24FJ16MC102 (28 引脚) 器件支持 FLTA1 和 FLTB1 引脚, 并且不需要连接外部下拉电阻。

3: PxFLTAcon 寄存器是写保护寄存器。关于解锁序列的更多信息, 请参见第 15.3 节 “写保护寄存器”。

4: 比较器输出在内部不与 PWM 故障控制逻辑连接。如果要使用比较器模块来产生故障信号, 用户必须在外部将所需的比较器输出引脚与专用 FLTA1 或 FLTB1 输入引脚连接。

5: 在发生任意复位事件时, 默认情况下都会使能 FLTA1 引脚, 必须按第 15.2 节 “PWM 故障” 中介绍的方式进行清除。

寄存器 15-10: P_xFLTBCON: 故障 B 控制寄存器 (1,2,3,4,5)

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	FBOV3H	FBOV3L	FBOV2H	FBOV2L	FBOV1H	FBOV1L
bit 15						bit 8	

R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1
FLTBM	—	—	—	—	FBEN3	FBEN2	FBEN1
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-14 未实现: 读为 0

bit 13-8 **FBOVxH<3:1>:FBOVxL<3:1>**: 故障输入 B PWM 改写值位

1 = 在发生外部故障输入事件时, PWM 输出引脚被驱动为有效状态

0 = 在发生外部故障输入事件时, PWM 输出引脚被驱动为无效状态

bit 7 **FLTBM**: 故障 B 模式位

1 = 故障 B 输入引脚在逐周期模式下工作

0 = 故障 B 输入引脚将所有控制引脚锁定为 P_xFLTBCON<13:8> 中设置的状态

bit 6-3 未实现: 读为 0

bit 2 **FBEN3**: 故障输入 B 使能位

1 = PWMxH3/PWMxL3 引脚对由故障输入 B 控制

0 = PWMxH3/PWMxL3 引脚对不受故障输入 B 控制

bit 1 **FBEN2**: 故障输入 B 使能位

1 = PWMxH2/PWMxL2 引脚对由故障输入 B 控制

0 = PWMxH2/PWMxL2 引脚对不受故障输入 B 控制

bit 0 **FBEN1**: 故障输入 B 使能位

1 = PWMxH1/PWMxL1 引脚对由故障输入 B 控制

0 = PWMxH1/PWMxL1 引脚对不受故障输入 B 控制

注 1: PIC24FJ16MC101 (20 引脚) 器件支持 FLTA1 引脚, 但需要连接一个外部下拉电阻才能正常工作。

2: PIC24FJ16MC102 (28 引脚) 器件支持 FLTA1 和 FLTB1 引脚, 并且不需要连接外部下拉电阻。

3: P_xFLTBCON 寄存器是写保护寄存器。关于解锁序列的更多信息, 请参见第 15.3 节“写保护寄存器”。

4: 比较器输出在内部不与 PWM 故障控制逻辑连接。如果要使用比较器模块来产生故障信号, 用户必须在外部将所需的比较器输出引脚与专用 FLTA1 或 FLTB1 输入引脚连接。

5: 在发生任意复位事件时, 默认情况下都会使能 FLTB1 引脚, 必须按第 15.2 节“PWM 故障”中介绍的方式进行清除。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 15-11: PxOVDCON: 改写控制寄存器

U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	POVD3H	POVD3L	POVD2H	POVD2L	POVD1H	POVD1L
bit 15							bit 8

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	POUT3H	POUT3L	POUT2H	POUT2L	POUT1H	POUT1L
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-14 未实现: 读为 0
- bit 13-8 **POVDxH<3:1>:POVDxL<3:1>**: PWM 输出改写位
 1 = PWMx I/O 引脚上的输出由 PWM 发生器控制
 0 = PWMx I/O 引脚上的输出由对应 POUTxH:POUTxL 位中的值控制
- bit 7-6 未实现: 读为 0
- bit 5-0 **POUTxH<3:1>:POUTxL<3:1>**: PWM 手动输出位
 1 = 当对应的 POVDxH:POVDxL 位清零时, PWMx I/O 引脚被驱动为有效状态
 0 = 当对应的 POVDxH:POVDxL 位清零时, PWMx I/O 引脚被驱动为无效状态

寄存器 15-12: PxDC1: PWM 占空比寄存器 1

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PDC1<15:8>							
bit 15				bit 8			

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PDC1<7:0>							
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-0 **PDC1<15:0>**: PWM 占空比 1 值位

寄存器 15-13: PxDC2: PWM 占空比寄存器 2

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PDC2<15:8>							
bit 15				bit 8			

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PDC2<7:0>							
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-0 **PDC2<15:0>**: PWM 占空比 2 值位

寄存器 15-14: PxDC3: PWM 占空比寄存器 3

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PDC3<15:8>							
bit 15				bit 8			

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PDC3<7:0>							
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-0 **PDC3<15:0>**: PWM 占空比 3 值位

寄存器 15-15: PWMxKEY: PWM 密钥解锁寄存器 ⁽¹⁾

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PWMKEY<15:8>							
bit 15				bit 8			
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PWMKEY<7:0>							
bit 7				bit 0			

图注:							
R = 可读位		W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0			
-n = POR 时的值		1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知	

bit 15-0 **PWMKEY<15:0>:** PWM 密钥解锁位

如果 PWMLOCK 配置位置为有效 (PWMLOCK = 1), 则只有向 PWMxKEY 寄存器中写入正确序列之后, PWMxCON1、PxFLTACON 和 PxFLTBCON 寄存器才可写。

如果 PWMLOCK 配置位置为无效 (PWMLOCK = 0), 则 PWMxCON1、PxFLTACON 和 PxFLTBCON 寄存器总是可写。

关于解锁序列的更多详细信息, 请参见 《PIC24F 系列参考手册》中的第 47 章 “电机控制 PWM” (DS39735)。

16.0 串行外设接口 (SPI)

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第23章“串行外设接口 (SPI)”** (DS39699)，该文档可从Microchip 网站 (www.microchip.com) 下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第26.0节“电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第4.0节“存储器构成”**。

串行外设接口 (Serial Peripheral Interface, SPI) 模块是用于同其他外设或单片机进行通信的同步串行接口。这些外设可以是串行EEPROM、移位寄存器、显示驱动器和模数转换器等。SPI模块与Motorola®的SPI和SIOP兼容。

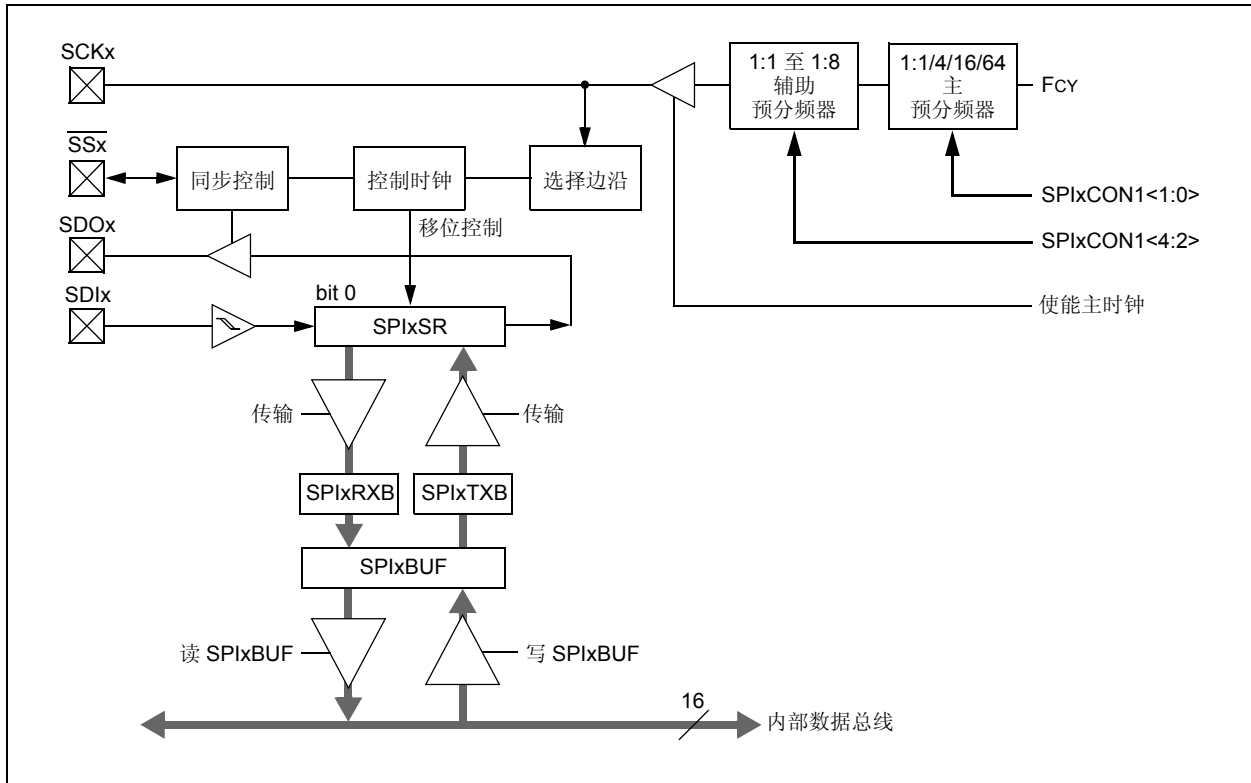
每个SPI模块由一个用于将数据移入和移出的16位移位寄存器SPIxSR (其中 $x = 1$ 或 2) 和一个缓冲寄存器SPIxBUF 组成。控制寄存器SPIxCON 用来配置模块。此外，还有一个状态寄存器SPIxSTAT 用来指示各种状态条件。

串行接口由4个引脚组成：

- SDIx (串行数据输入)
- SDOx (串行数据输出)
- SCKx (移位时钟输入或输出)
- $\overline{SSx}$ (低电平有效从选择)

在主模式下工作时，SCK 是时钟输出，但在从模式下它是时钟输入。

图 16-1: SPI 模块框图



PIC24FJ16MC101/102

寄存器 16-1: SPIxSTAT: SPIx 状态和控制寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
SPIEN	—	SPISIDL	—	—	—	—	—
bit 15						bit 8	
U-0	R/C-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R-0	R-0
—	SPIROV	—	—	—	—	SPITBF	SPIRBF
bit 7						bit 0	

图注:	C = 可清零位		
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15	SPIEN: SPIx 使能位 1 = 使能模块并将 SCKx、SDOx、SDIx 和 $\overline{SSx}$ 配置为串口引脚 0 = 禁止模块
bit 14	未实现: 读为 0
bit 13	SPISIDL: 空闲模式停止位 1 = 当器件进入空闲模式时, 模块停止工作 0 = 在空闲模式下模块继续工作
bit 12-7	未实现: 读为 0
bit 6	SPIROV: 接收溢出标志位 1 = 一个新字节 / 字已完全接收并丢弃。在此之前用户软件还未读先前保存在 SPIxBUF 寄存器中的数据。 0 = 未发生溢出
bit 5-2	未实现: 读为 0
bit 1	SPITBF: SPIx 发送缓冲区满状态位 1 = 发送尚未开始, SPIxTXB 为满 0 = 发送已开始, SPIxTXB 为空 当 CPU 通过写 SPIxBUF 存储单元装入 SPIxTXB 时, 该位由硬件自动置 1。 当 SPIx 模块将数据从 SPIxTXB 传输到 SPIxSR 时, 该位由硬件自动清零。
bit 0	SPIRBF: SPIx 接收缓冲区满状态位 1 = 接收完成, SPIxRXB 已满 0 = 接收未完成, SPIxRXB 为空 当 SPIx 将数据从 SPIxSR 传输到 SPIxRXB 时, 该位由硬件自动置 1。 当内核通过读 SPIxBUF 存储单元读 SPIxRXB 时, 该位由硬件自动清零。

寄存器 16-2: **SPIxCON1: SPIx 控制寄存器 1**

U-0		U-0		U-0		R/W-0		R/W-0		R/W-0		R/W-0		R/W-0	
—		—		—		DISSCK		DISSDO		MODE16		SMP		CKE ⁽¹⁾	
bit 15														bit 8	
R/W-0		R/W-0		R/W-0		R/W-0		R/W-0		R/W-0		R/W-0		R/W-0	
SSEN ⁽²⁾		CKP		MSTEN		SPRE<2:0> ⁽³⁾						PPRE<1:0> ⁽³⁾			
bit 7														bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13 **未实现:** 读为 0

bit 12 **DISSCK:** 禁止 SCKx 引脚位 (仅限 SPI 主模式)

1 = 禁止内部 SPI 时钟, 引脚用作 I/O

0 = 使能内部 SPI 时钟

bit 11 **DISSDO:** 禁止 SDOx 引脚位

1 = 模块不使用 SDOx 引脚; 引脚用作 I/O

0 = SDOx 引脚由模块控制

bit 10 **MODE16:** 字 / 字节通信选择位

1 = 采用字宽 (16 位) 通信

0 = 采用字节宽 (8 位) 通信

bit 9 **SMP:** SPIx 数据输入采样阶段位

主模式:

1 = 在数据输出时间的末端采样输入数据

0 = 在数据输出时间的中间采样输入数据

从模式:

当在从模式下使用 SPIx 时, 必须将 SMP 清零。

bit 8 **CKE:** SPIx 时钟边沿选择位 ⁽¹⁾

1 = 串行输出数据在时钟从工作状态转变为空闲状态时变化 (见 bit 6)

0 = 串行输出数据在时钟从空闲状态转变为工作状态时变化 (见 bit 6)

bit 7 **SSEN:** 从选择使能位 (从模式)

1 = SSx 引脚用于从模式

0 = 模块不使用 SSx 引脚。引脚由端口功能控制。

bit 6 **CKP:** 时钟极性选择位

1 = 空闲状态时时钟信号为高电平; 工作状态时为低电平

0 = 空闲状态时时钟信号为低电平; 工作状态时为高电平

bit 5 **MSTEN:** 主模式使能位

1 = 主模式

0 = 从模式

注 1: 在帧 SPI 模式下不使用 CKE 位。在帧 SPI 模式 (FRMEN = 1) 下, 将该位编程为 0。

2: 当 FRMEN = 1 时, 该位必须清零。

3: 不要将主预分频比和辅助预分频比同时设置为 1:1。

寄存器 16-2: SPIxCON1: SPIx 控制寄存器 1 (续)

bit 4-2	SPRE<2:0> : 辅助预分频比位 (主模式) ⁽³⁾ 111 = 辅助预分频比 1:1 110 = 辅助预分频比 2:1 . . . 000 = 辅助预分频比 8:1
bit 1-0	PPRE<1:0> : 主预分频比位 (主模式) ⁽³⁾ 11 = 主预分频比 1:1 10 = 主预分频比 4:1 01 = 主预分频比 16:1 00 = 主预分频比 64:1

- 注**
- 1:** 在帧 SPI 模式下不使用 CKE 位。在帧 SPI 模式 (FRMEN = 1) 下, 将该位编程为 0。
 - 2:** 当 FRMEN = 1 时, 该位必须清零。
 - 3:** 不要将主预分频比和辅助预分频比同时设置为 1:1。

寄存器 16-3: **SPIxCON2: SPIx 控制寄存器 2**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
FRMEN	SPIFSD	FRMPOL	—	—	—	—	—
bit 15			bit 8				

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	U-0
—	—	—	—	—	—	FRMDLY	—
bit 7			bit 0				

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15 **FRMEN:** 帧 SPIx 支持位
1 = 使能帧 SPIx 支持 ($\overline{SSx}$ 引脚用作帧同步脉冲输入 / 输出)
0 = 禁止帧 SPIx 支持
- bit 14 **SPIFSD:** 帧同步脉冲方向控制位
1 = 帧同步脉冲输入 (从器件)
0 = 帧同步脉冲输出 (主器件)
- bit 13 **FRMPOL:** 帧同步脉冲极性位
1 = 帧同步脉冲为高电平有效
0 = 帧同步脉冲为低电平有效
- bit 12-2 **未实现:** 读为 0
- bit 1 **FRMDLY:** 帧同步脉冲边沿选择位
1 = 帧同步脉冲与第一个位时钟一致
0 = 帧同步脉冲比第一个位时钟提前
- bit 0 **未实现:** 禁止用户应用程序将该位设置为 1。

注:

17.0 I²C™

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第 24 章 “I²C™”** (DS39702)，该文档可从Microchip网站 (www.microchip.com) 下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第 26.0 节 “电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第 4.0 节 “存储器构成”**。

I²C™ 模块（16 位接口）为 I²C 串行通信标准的从模式和主器件模式提供完全的硬件支持。

I²C 模块有一个双引脚接口：

- SCLx 引脚是时钟线
- SDAx 引脚是数据线

I²C 模块提供以下主要特性：

- I²C 接口支持主 / 从工作模式
- I²C 从模式支持 7 位和 10 位寻址
- I²C 主模式支持 7 位和 10 位寻址
- I²C 端口允许主器件和从器件之间的双向传输
- I²C 端口的串行时钟同步可以用作握手机制来暂停和恢复串行传输（SCLREL 控制）
- I²C 支持多主器件工作；检测总线冲突并相应地进行仲裁

17.1 工作模式

硬件完全实现了 I²C 标准模式和快速模式规范的所有主从功能，以及 7 位和 10 位寻址。

在 I²C 总线上，I²C 模块既可作为主器件工作，也可作为从器件工作。

支持 I²C 模块工作在以下模式：

- 带 7 位寻址的 I²C 从模式
- 带 10 位寻址的 I²C 从模式
- 带 7 位或 10 位寻址的 I²C 主模式

关于每种模式的通信序列的详细信息，请访问 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24F 系列参考手册》章节。

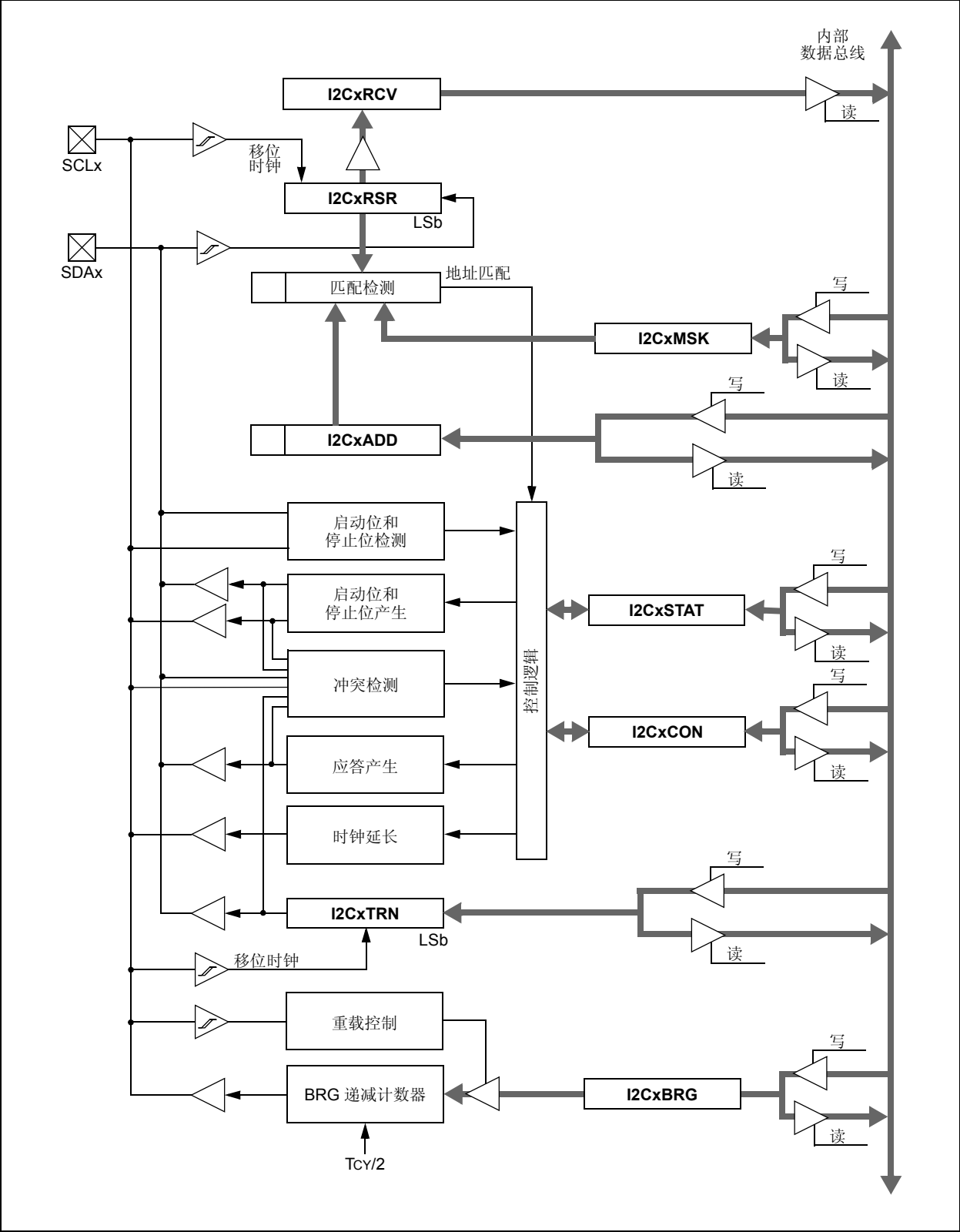
17.2 I²C 寄存器

I2CxCON 和 I2CxSTAT 分别是控制寄存器和状态寄存器。I2CxCON 寄存器是可读写的。I2CxSTAT 的低 6 位是只读的，它的其余位是可读写的：

- I2CxRSR 是用于移动数据的移位寄存器
- I2CxRCV 是从 / 向其中读写数据字节的接收缓冲寄存器
- I2CxTRN 是发送寄存器，发送操作期间，字节将会写入 I2CxTRN
- I2CxADD 寄存器存放从地址
- ADD10 状态位指示是否为 10 位地址模式
- I2CxBRG 用来保存波特率发生器（Baud Rate Generator, BRG）的重载值

在进行接收时，I2CxRSR 和 I2CxRCV 一起形成双重缓冲接收器。当 I2CxRSR 接收到一个完整的字节时，字节被送至 I2CxRCV 并产生中断脉冲。

图 17-1: I²C™ 框图 (x = 1)



寄存器 17-1: I2CxCON: I2Cx 控制寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-1 HC	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN
bit 15						bit 8	

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0 HC	R/W-0 HC	R/W-0 HC	R/W-0 HC	R/W-0 HC
GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN
bit 7						bit 0	

图注:	U = 未实现位, 读为 0		
R = 可读位	W = 可写位	HS = 硬件置 1 位	HC = 硬件清零位
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15 **I2CEN:** I2Cx 使能位
1 = 使能 I2Cx 模块, 并将 SDAx 和 SCLx 引脚配置为串口引脚
0 = 禁止 I2Cx 模块。所有 I²C 引脚由端口功能控制。
- bit 14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **I2CSIDL:** 空闲模式停止位
1 = 当器件进入空闲模式时, 模块停止工作
0 = 在空闲模式下模块继续工作
- bit 12 **SCLREL:** SCLx 释放控制位 (作为 I²C 从器件工作时)
1 = 释放 SCLx 时钟
0 = 保持 SCLx 时钟为低电平 (时钟延长)
如果 STREN = 1:
该位可读可写 (即软件可以写入 0 来启动时钟延长或写入 1 来释放时钟)。在每个从器件数据字节发送开始时由硬件清零。在每个从器件地址字节接收结束时由硬件清零。在每个从器件数据字节接收结束时由硬件清零。
如果 STREN = 0:
该位可读且可被置 1 (即软件只能写入 1 来释放时钟)。在每个从器件数据字节发送开始时由硬件清零。在每个从器件地址字节接收结束时由硬件清零。
- bit 11 **IPMIEN:** 智能外设管理接口 (Intelligent Peripheral Management Interface, IPMI) 使能位
1 = 使能 IPMI 模式; 应答所有地址
0 = 禁止 IPMI 模式
- bit 10 **A10M:** 10 位从器件地址位
1 = I2CxADD 为 10 位从器件地址
0 = I2CxADD 为 7 位从器件地址
- bit 9 **DISSLW:** 禁止压摆率控制位
1 = 禁止压摆率控制
0 = 使能压摆率控制
- bit 8 **SMEN:** SMBus 输入电平位
1 = 使能符合 SMBus 规范的 I/O 引脚门限值
0 = 禁止 SMBus 输入门限值
- bit 7 **GCEN:** 广播呼叫使能位 (作为 I²C 从器件工作时)
1 = 允许在 I2CxRSR 中接收到广播呼叫地址时产生中断 (已使能模块接收)
0 = 禁止广播呼叫地址
- bit 6 **STREN:** SCLx 时钟延长使能位 (作为 I²C 从器件工作时)
与 SCLREL 位配合使用。
1 = 使能软件或接收时钟延长
0 = 禁止软件或接收时钟延长

寄存器 17-1: I2CxCON: I2Cx 控制寄存器 (续)

- bit 5 **ACKDT:** 应答数据位 (作为 I²C 主器件工作时, 适用于主器件接收过程)
当软件启动应答序列时将发送的值。
1 = 在应答时发送 NACK
0 = 在应答时发送 ACK
- bit 4 **ACKEN:** 应答序列使能位 (作为 I²C 主器件工作时, 适用于主器件接收过程)
1 = 在 SDAx 和 SCLx 引脚上发出应答序列, 并发送 ACKDT 数据位。在主器件应答序列结束时由硬件清零。
0 = 应答序列不在进行中
- bit 3 **RCEN:** 接收使能位 (作为 I²C 主器件工作时)
1 = 使能 I²C 接收模式。在主器件接收完数据字节的第 8 位时由硬件清零。
0 = 接收序列不在进行中
- bit 2 **PEN:** 停止条件使能位 (作为 I²C 主器件工作时)
1 = 在 SDAx 和 SCLx 引脚上发出停止条件。在主器件停止序列结束时由硬件清零。
0 = 停止条件不在进行中
- bit 1 **RSEN:** 重复启动条件使能位 (作为 I²C 主器件工作时)
1 = 在 SDAx 和 SCLx 引脚上发出重复启动条件。在主器件重复启动序列结束时由硬件清零。
0 = 重复启动条件不在进行中
- bit 0 **SEN:** 启动条件使能位 (作为 I²C 主器件工作时)
1 = 在 SDAx 和 SCLx 引脚上发出启动条件。在主器件启动序列结束时由硬件清零。
0 = 启动条件不在进行中

寄存器 17-2: I2CxSTAT: I2Cx 状态寄存器

R-0 HSC	R-0 HSC	U-0	U-0	U-0	R/C-0 HS	R-0 HSC	R-0 HSC
ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10
bit 15						bit 8	
R/C-0 HS	R/C-0 HS	R-0 HSC	R/C-0 HSC	R/C-0 HSC	R-0 HSC	R-0 HSC	R-0 HSC
IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF
bit 7						bit 0	

图注:	U = 未实现位, 读为 0		
R = 可读位	W = 可写位	HS = 硬件置 1 位	HSC = 硬件置 1/ 清零位
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15 **ACKSTAT:** 应答状态位 (作为 I²C 主器件工作时, 适用于主器件发送操作)
 1 = 接收到来自从器件的 NACK
 0 = 接收到来自从器件的 ACK
 在从器件应答结束时由硬件置 1 或清零。
- bit 14 **TRSTAT:** 发送状态位 (作为 I²C 主器件工作时, 适用于主器件发送操作)
 1 = 主器件正在进行发送 (8 位 + ACK)
 0 = 主器件不在进行发送
 在主器件发送开始时由硬件置 1。在从器件应答结束时由硬件清零。
- bit 13-11 **未实现:** 读为 0
- bit 10 **BCL:** 主器件总线冲突检测位
 1 = 主器件工作期间检测到了总线冲突
 0 = 未检测到冲突
 在检测到总线冲突时由硬件置 1。
- bit 9 **GCSTAT:** 广播呼叫状态位
 1 = 接收到广播呼叫地址
 0 = 未接收到广播呼叫地址
 当地址与广播呼叫地址匹配时由硬件置 1。在检测到停止条件时由硬件清零。
- bit 8 **ADD10:** 10 位地址状态位
 1 = 10 位地址匹配
 0 = 10 位地址不匹配
 当与匹配的 10 位地址的第 2 个字节匹配时由硬件置 1。在检测到停止条件时由硬件清零。
- bit 7 **IWCOL:** 写冲突检测位
 1 = 因为 I²C 模块忙, 尝试写 I2CxTRN 寄存器失败
 0 = 未检测到冲突
 当模块忙时写 I2CxTRN 会使硬件将该位置 1 (用软件清零)。
- bit 6 **I2COV:** 接收溢出标志位
 1 = 当 I2CxRCV 寄存器仍然保存原先的字节时接收到了新字节
 0 = 未溢出
 尝试将数据从 I2CxRSR 传输到 I2CxRCV 时由硬件置 1 (用软件清零)。
- bit 5 **D_A:** 数据 / 地址位 (作为 I²C 从器件工作时)
 1 = 指示上次接收的字节为数据
 0 = 指示上次接收的字节为器件地址
 器件地址匹配时由硬件清零。在作为从器件接收到数据字节时由硬件置 1。
- bit 4 **P:** 停止位
 1 = 指示上次检测到停止位
 0 = 上次未检测到停止位
 当检测到启动、重复启动或停止条件时由硬件置 1 或清零。

寄存器 17-2: I2CxSTAT: I2Cx 状态寄存器 (续)

- bit 3 **S:** 启动位
1 = 指示上次检测到启动 (或重复启动) 位
0 = 上次未检测到启动位
当检测到启动、重复启动或停止条件时由硬件置 1 或清零。
- bit 2 **R_W:** 读 / 写信息位 (作为 I²C 从器件工作时)
1 = 读——指示数据自从器件输出
0 = 写——指示数据输入到从器件
接收到 I²C 器件地址字节后由硬件置 1 或清零。
- bit 1 **RBF:** 接收缓冲区满状态位
1 = 接收完成, I2CxRCV 已满
0 = 接收未完成, I2CxRCV 为空
用接收到的字节写 I2CxRCV 时由硬件置 1。用软件读 I2CxRCV 时由硬件清零。
- bit 0 **TBF:** 发送缓冲区满状态位
1 = 发送正在进行中, I2CxTRN 为满
0 = 发送完成, I2CxTRN 为空
用软件写 I2CxTRN 时由硬件置 1。数据发送完成时由硬件清零。

寄存器 17-3: I2CxMSK: I2Cx 从模式地址掩码寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	AMSK9	AMSK8
bit 15						bit 8	

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
AMSK7	AMSK6	AMSK5	AMSK4	AMSK3	AMSK2	AMSK1	AMSK0
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15-10 未实现: 读为 0

bit 9-0 **AMSKx:** 地址中 bit x 的掩码选择位

 1 = 使能输入报文的地址中 bit x 的掩码; 在此位置上不需要位匹配

 0 = 禁止 bit x 的掩码; 在此位置上需要位匹配

注:

18.0 通用异步收发器 (UART)

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第 21 章 “UART”** (DS39708)，该文档可从Microchip网站 (www.microchip.com) 下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第 26.0 节 “电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第 4.0 节 “存储器构成”**。

通用异步收发器 (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART) 模块是 PIC24FJ16MC101/102 器件系列提供的串行 I/O 模块之一。UART 是可以与外设 (例如个人计算机、LIN 2.0、RS-232 和 RS-485 接口) 通信的全双工异步系统。模块还通过 UxCTS 和 UxRTS 引脚支持硬件流控制选项，其中还包括 IrDA® 编码器和解码器。

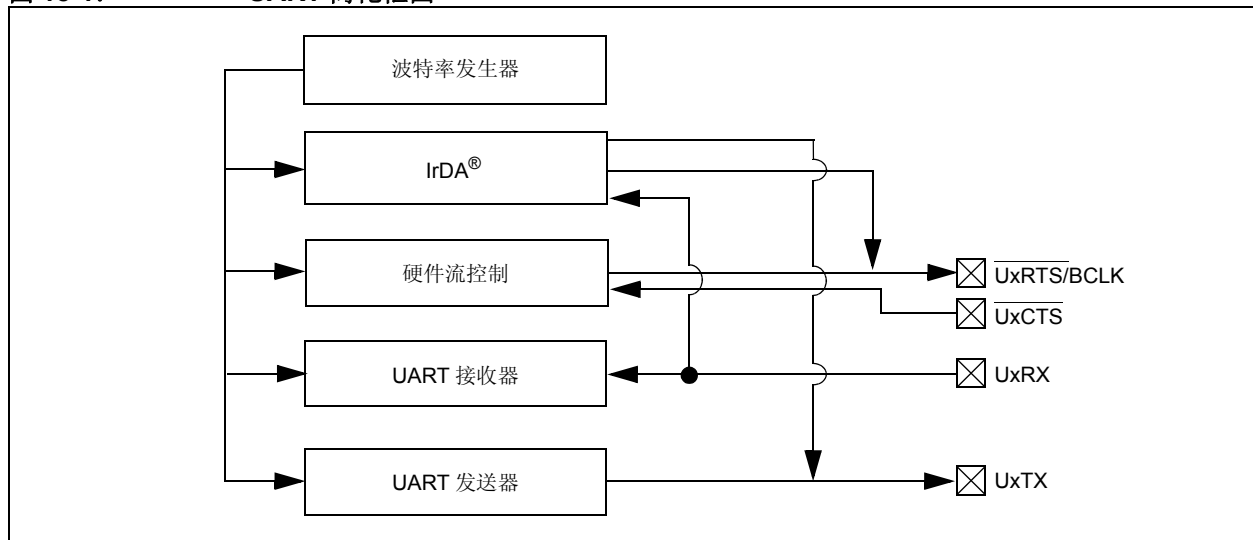
UART 模块的主要特性有：

- 通过 UxTX 和 UxRX 引脚进行全双工 8 位或 9 位数据传输
- 偶校验、奇校验或无奇偶校验选项 (对于 8 位数据)
- 一个或两个停止位
- 通过 UxCTS 和 UxRTS 引脚支持硬件流控制选项
- 完全集成的波特率发生器，具有 16 位预分频器
- 当器件工作在 16 MIPS 下 16 倍模式时，波特率范围为从 6 bps 至 0.4 Mbps
- 当器件工作在 16 MIPS 下 4 倍模式时，波特率范围为从 24.4 bps 至 1.6 Mbps
- 4 级深度先进先出 (First-In-First-Out, FIFO) 发送数据缓冲区
- 4 级深度 FIFO 接收数据缓冲区
- 奇偶校验、帧和缓冲区溢出错误检测
- 支持带地址检测的 9 位模式 (第 9 位 = 1)
- 发送和接收中断
- 所有 UART 错误条件下可分别产生中断
- 用于诊断支持的环回模式
- 支持同步字符和间隔字符
- 支持自动波特率检测
- IrDA® 编码器和解码器逻辑
- 用于 IrDA® 支持的 16 倍波特率时钟输出

图 18-1 给出了 UART 模块的简化框图。UART 模块由以下至关重要的硬件组件组成：

- 波特率发生器
- 异步发送器
- 异步接收器

图 18-1: UART 简化框图



PIC24FJ16MC101/102

寄存器 18-1: UxMODE: UARTx 模式寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0
UARTEN ⁽¹⁾	—	USIDL	IREN ⁽²⁾	RTSMD	—	UEN<1:0>	
bit 15						bit 8	

R/W-0 HC	R/W-0	R/W-0 HC	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
WAKE	LPBACK	ABAUD	URXINV	BRGH	PDSEL<1:0>		STSEL
bit 7						bit 0	

图注:	HC = 硬件清零位		
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15	UARTEN: UARTx 使能位 ⁽¹⁾ 1 = 使能 UARTx; UARTx 根据 UEN<1:0> 的定义控制所有 UARTx 引脚 0 = 禁止 UARTx; 由端口锁存器控制所有 UARTx 引脚; UARTx 的功耗最小
bit 14	未实现: 读为 0
bit 13	USIDL: 空闲模式停止位 1 = 当器件进入空闲模式时, 模块停止工作 0 = 在空闲模式下模块继续工作
bit 12	IREN: IrDA [®] 编码器和解码器使能位 ⁽²⁾ 1 = 使能 IrDA 编码器和解码器 0 = 禁止 IrDA 编码器和解码器
bit 11	RTSMD: UxRTS 引脚模式选择位 1 = UxRTS 引脚处于单工模式 0 = UxRTS 引脚处于流控制模式
bit 10	未实现: 读为 0
bit 9-8	UEN<1:0>: UARTx 引脚使能位 11 = 使能并使用 UxTX、UxRX 和 BCLK 引脚; UxCTS 引脚由端口锁存器控制 10 = 使能并使用 UxTX、UxRX、UxCTS 和 UxRTS 引脚 01 = 使能并使用 UxTX、UxRX 和 UxRTS 引脚; UxCTS 引脚由端口锁存器控制 00 = 使能并使用 UxTX 和 UxRX 引脚; UxCTS 和 UxRTS/BCLK 引脚由端口锁存器控制
bit 7	WAKE: 在休眠模式下检测到启动位唤醒使能位 1 = UARTx 将继续采样 UxRX 引脚; 在出现下降沿时产生中断; 在之后的上升沿由硬件清零该位 0 = 禁止唤醒
bit 6	LPBACK: UARTx 环回模式选择位 1 = 使能环回模式 0 = 禁止环回模式
bit 5	ABAUD: 自动波特率使能位 1 = 使能对下一个字符的波特率测量——需要在接收其他数据前接收同步字段 (55h); 完成时由硬件清零 0 = 禁止波特率测量或测量已完成

- 注 1: 关于使能 UART 模块进行接收或发送操作的信息, 请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 21 章“UART” (DS39708)。
- 2: 此功能只能在 16 倍 BRG 模式 (BRGH = 0) 下使用。

寄存器 18-1: UxMODE: UARTx 模式寄存器 (续)

bit 4	URXINV: 接收极性翻转位 1 = UxRX 的空闲状态为 0 0 = UxRX 的空闲状态为 1
bit 3	BRGH: 高波特率使能位 1 = BRG 在每个位周期内产生 4 个时钟信号 (4 倍波特率时钟, 高速模式) 0 = BRG 在每个位周期内产生 16 个时钟信号 (16 倍波特率时钟, 标准模式)
bit 2-1	PDSEL<1:0>: 奇偶校验和数据选择位 11 = 9 位数据, 无奇偶校验 10 = 8 位数据, 奇校验 01 = 8 位数据, 偶校验 00 = 8 位数据, 无奇偶校验
bit 0	STSEL: 停止位选择位 1 = 2 个停止位 0 = 1 个停止位

- 注 1: 关于使能 UART 模块进行接收或发送操作的信息, 请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 21 章“UART” (DS39708)。
- 2: 此功能只能在 16 倍 BRG 模式 (BRGH = 0) 下使用。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 18-2: UxSTA: UARTx 状态和控制寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0 HC	R/W-0	R-0	R-1
UTXISEL1	UTXINV	UTXISEL0	—	UTXBRK	UTXEN ⁽¹⁾	UTXBF	TRMT
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-0	R-0	R/C-0	R-0
URXISEL<1:0>	ADDEN	RIDLE	PERR	FERR	OERR	URXDA	
bit 7							bit 0

图注:	HC = 硬件清零位	C = 可清零位
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零
		x = 未知

bit 15,13	UTXISEL<1:0> : 发送中断模式选择位 11 = 保留; 不使用 10 = 当一个字符被传输到发送移位寄存器导致发送缓冲区为空时, 产生中断 01 = 当最后一个字符被移出发送移位寄存器, 所有发送操作执行完毕时产生中断 00 = 当一个字符被传输到发送移位寄存器 (这意味着发送缓冲区中至少有一个字符) 时产生中断
bit 14	UTXINV : 发送极性翻转位 如果 IREN = 0: 1 = UxTX 的空闲状态为 0 0 = UxTX 的空闲状态为 1 如果 IREN = 1: 1 = IrDA [®] 编码的 UxTX 空闲状态为 1 0 = IrDA 编码的 UxTX 空闲状态为 0
bit 12	未实现 : 读为 0
bit 11	UTXBRK : 发送间隔位 1 = 在下次发送时发送同步间隔字符——启动位, 后跟 12 个 0 位, 然后是停止位; 完成时由硬件清零 0 = 禁止或已完成同步间隔字符的发送
bit 10	UTXEN : 发送使能位 ⁽¹⁾ 1 = 使能发送, UARTx 控制 UxTX 引脚 0 = 禁止发送, 中止所有等待的发送, 缓冲区被复位。由端口控制 UxTX 引脚。
bit 9	UTXBF : 发送缓冲区满状态位 (只读) 1 = 发送缓冲区已满 0 = 发送缓冲区未满, 至少还可再写入一个字符
bit 8	TRMT : 发送移位寄存器空位 (只读) 1 = 发送移位寄存器为空, 同时发送缓冲区为空 (上一次发送已完成) 0 = 发送移位寄存器非空, 发送在进行中或在发送缓冲区中排队
bit 7-6	URXISEL<1:0> : 接收中断模式选择位 11 = 当 UxRSR 传输使接收缓冲区为满 (即有 4 个数据字符) 时, 中断标志位置 1 10 = 当 UxRSR 传输使接收缓冲区 3/4 满 (即有 3 个数据字符) 时, 中断标志位置 1 0x = 当接收到任一字符且将字符从 UxRSR 传输到接收缓冲区时, 中断标志位置 1。接收缓冲区有一个或多个字符。

注 1: 关于使能 UART 模块进行发送操作的信息, 请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 21 章 “UART” (DS39708)。

寄存器 18-2: UxSTA: UARTx 状态和控制寄存器 (续)

bit 5	ADDEN: 地址字符检测位 (接收到数据的 bit 8 = 1) 1 = 使能地址检测模式。如果没有选择 9 位模式, 这个控制位将无效。 0 = 禁止地址检测模式
bit 4	RIDLE: 接收器空闲位 (只读) 1 = 接收器空闲 0 = 接收器工作
bit 3	PERR: 奇偶校验错误状态位 (只读) 1 = 检测到当前字符 (接收 FIFO 顶部的字符) 的奇偶校验错误 0 = 未检测到奇偶校验错误
bit 2	FERR: 帧错误状态位 (只读) 1 = 检测到当前字符 (接收 FIFO 顶部的字符) 的帧错误 0 = 未检测到帧错误
bit 1	OERR: 接收缓冲区溢出错误状态位 (只能读或清零) 1 = 接收缓冲区已溢出 0 = 接收缓冲区未溢出。清零原来置 1 的 OERR 位 (1 → 0 的跳变) 将使接收缓冲区和 UxRSR 复位为空状态。
bit 0	URXDA: 接收缓冲区中是否有数据标志位 (只读) 1 = 接收缓冲区中有数据, 至少还有一个字符可被读取 0 = 接收缓冲区为空

注 1: 关于使能 UART 模块进行发送操作的信息, 请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 21 章 “UART” (DS39708)。

注:

19.0 10 位模数转换器 (ADC)

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第46章“带4路同时转换功能的10位模数转换器(ADC)”** (DS39737)，该文档可从Microchip网站 (www.microchip.com) 下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第26.0节“电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第4.0节“存储器构成”**。

PIC24FJ16MC101/102 器件最多具有 6 路 ADC 模块输入通道。

19.1 主要特性

10 位 ADC 配置具有以下主要特性：

- 逐次逼近 (Successive Approximation Register, SAR) 转换
- 转换速度最高可达 1.1 Msps
- 最多 6 个模拟输入引脚
- 4 个采样 / 保持电路，可同时采样最多 4 个模拟输入引脚
- 自动通道扫描模式
- 可选择转换触发源
- 可选择缓冲区填充模式
- 4 个结果对齐选项 (有符号 / 无符号，小数 / 整数)
- 可在 CPU 休眠和空闲模式下工作
- 16 字的转换结果缓冲区

根据特定器件的引脚配置，ADC 最多有 6 个模拟输入引脚，指定为 AN0 至 AN5。

图 19-1 和图 19-2 给出了 ADC 模块的框图。

19.2 ADC 初始化

配置 ADC 模块：

1. 选择端口引脚作为模拟输入引脚 (ADxPCFGH<15:0> 或 ADxPCFGL<15:0>)。
2. 选择参考电压源以匹配模拟输入的预期电压范围 (ADxCON2<15:13>)。
3. 选择模拟转换时钟以使期望的数据速率与处理器时钟匹配 (ADxCON3<7:0>)。
4. 确定使用多少路采样/保持通道 (ADxCON2<9:8> 和 ADxPCFGH<15:0> 或 ADxPCFGL<15:0>)。
5. 选择适当的采样 / 转换序列 (ADxCON1<7:5> 和 ADxCON3<12:8>)。
6. 选择转换结果在缓冲区中的存储方式 (ADxCON1<9:8>)。
7. 开启 ADC 模块 (ADxCON1<15>)。
8. 配置 ADC 中断 (如需要)：
 - a) 清零 ADxIF 位。
 - b) 选择 ADC 中断优先级。

PIC24FJ16MC101/102

图 19-1: PIC24FJ16MC101 器件的 ADC1 框图

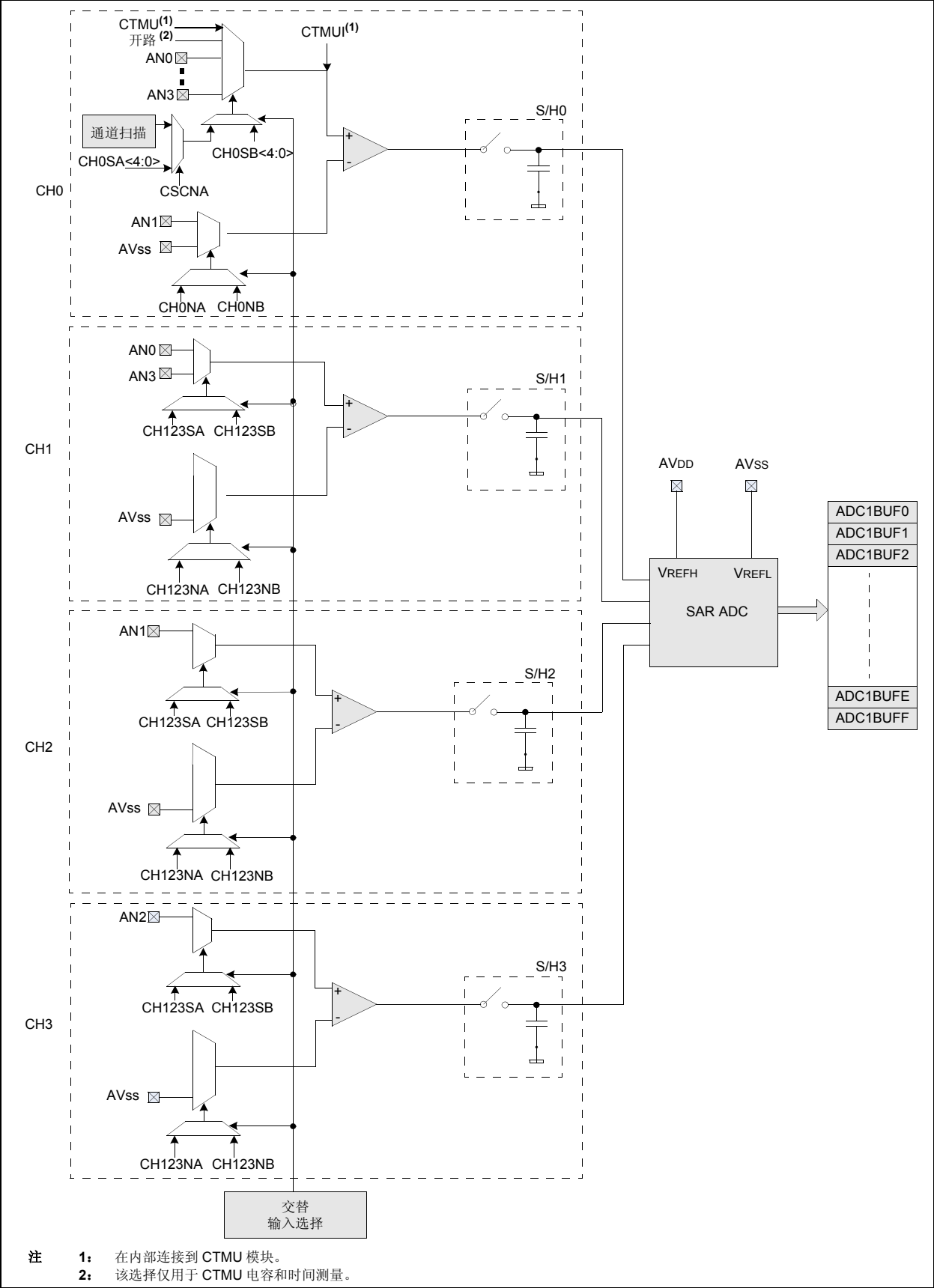


图 19-2: PIC24FJ16MC102 器件的 ADC1 框图

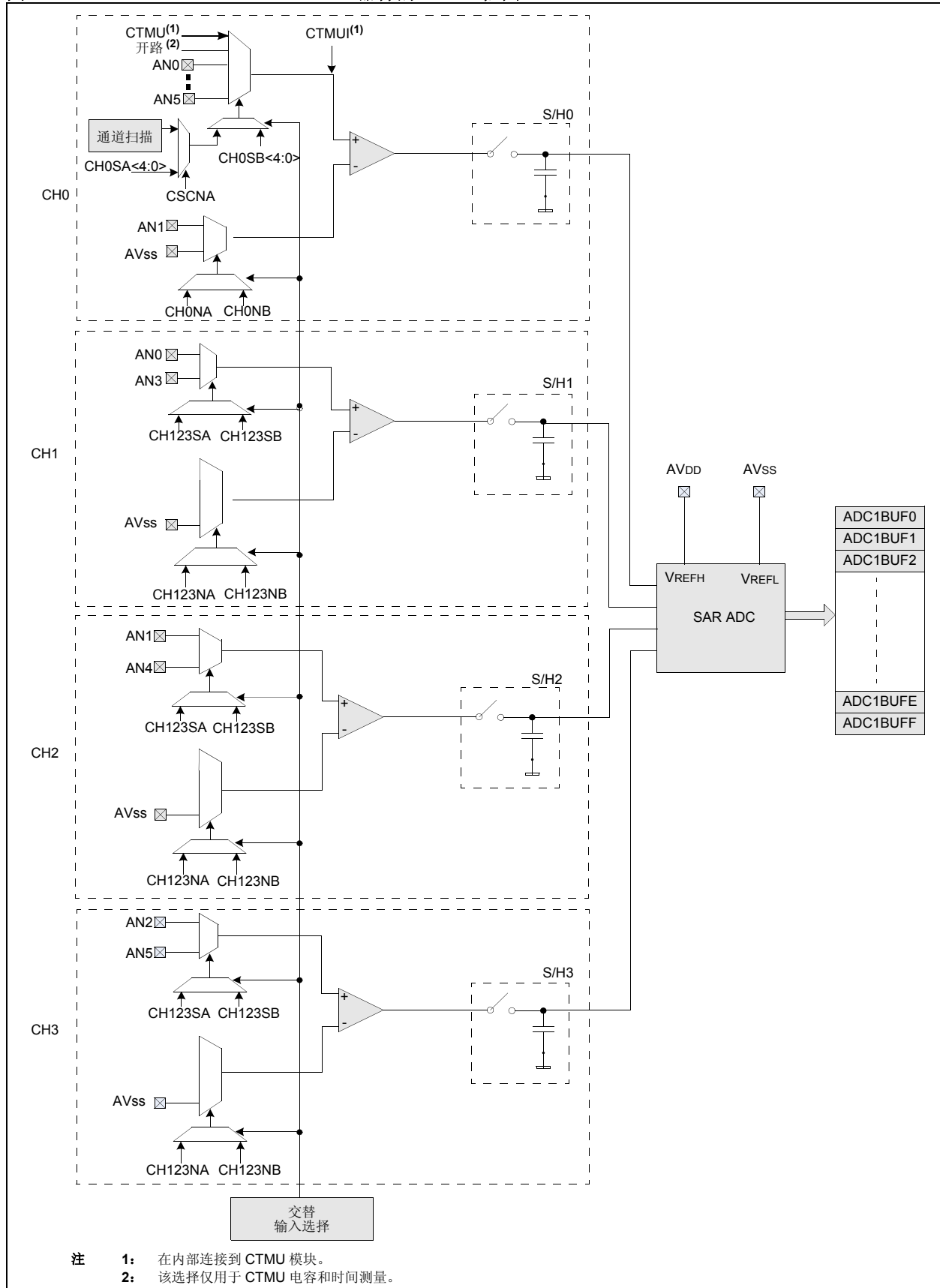
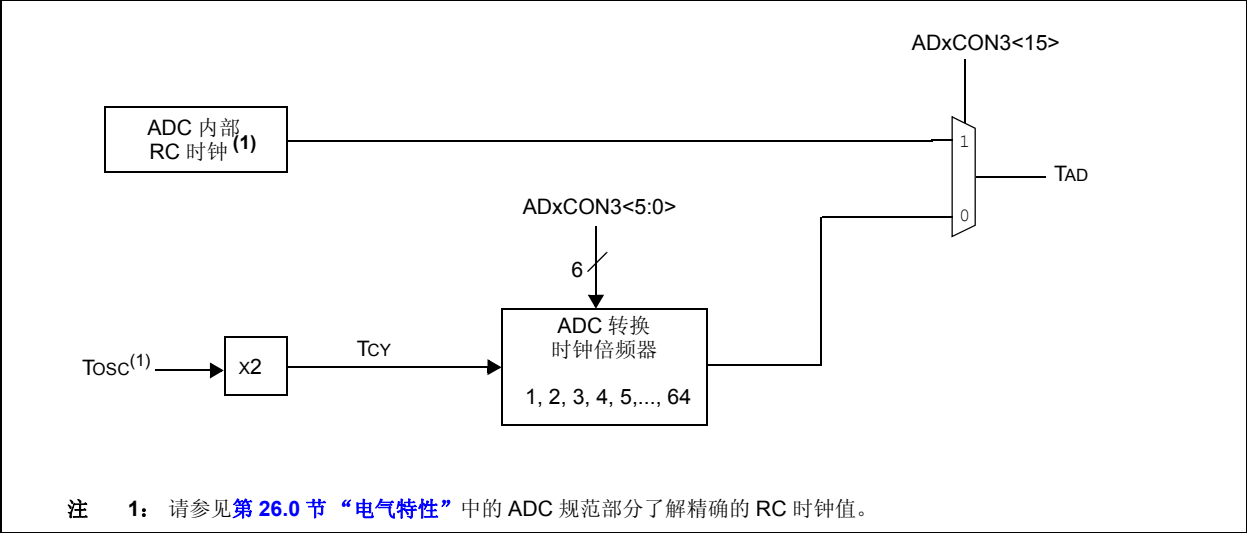


图 19-3: ADC 转换时钟周期框图



寄存器 19-1: AD1CON1: ADC1 控制寄存器 1

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
ADON	—	ADSIDL	—	—	—	FORM<1:0>	
bit 15						bit 8	

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/C-0
SSRC<2:0>			—	SIMSAM	ASAM	SAMP	DONE
bit 7						bit 0	

图注:	HC = 硬件清零位	HS = 硬件置 1 位	C = 可清零位
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15 **ADON:** ADC 工作模式位
1 = ADC 模块正在工作
0 = ADC 关闭
- bit 14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **ADSIDL:** 空闲模式停止位
1 = 当器件进入空闲模式时, 模块停止工作
0 = 在空闲模式下模块继续工作
- bit 12-10 **未实现:** 读为 0
- bit 9-8 **FORM<1:0>:** 数据输出格式位
11 = 有符号小数 (DOUT = sddd dddd dd00 0000, 其中 s = d<9> 取反)
10 = 小数 (DOUT = dddd dddd dd00 0000)
01 = 有符号整数 (DOUT = ssss sssd dddd dddd, 其中 s = d<9> 取反)
00 = 整数 (DOUT = 0000 00dd dddd dddd)
- bit 7-5 **SSRC<2:0>:** 采样时钟源选择位
111 = 由内部计数器结束采样并启动转换 (自动转换)
110 = CTMU
101 = 保留
100 = 保留
011 = 由电机控制 PWM 间隔结束采样并启动转换
010 = 由 GP Timer3 比较结束采样并启动转换
001 = 由 INT0 引脚的有效跳变结束采样并启动转换
000 = 由清零采样位结束采样并启动转换
- bit 4 **未实现:** 读为 0
- bit 3 **SIMSAM:** 同步采样选择位 (仅当 CHPS<1:0> = 01 或 1x 时适用)
1 = 同时采样 CH0、CH1、CH2 和 CH3 (当 CHPS<1:0> = 1x 时); 或
同时采样 CH0 和 CH1 (当 CHPS<1:0> = 01 时)
0 = 按顺序依次单独采样多个通道中的每一个通道
- bit 2 **ASAM:** ADC 采样自动启动位
1 = 上一次转换结束后立即开始采样。SAMP 位自动置 1。
0 = SAMP 位置 1 时开始采样
- bit 1 **SAMP:** ADC 采样使能位
1 = ADC 采样 / 保持放大器正在采样
0 = ADC 采样 / 保持放大器保持采样结果
如果 ASAM = 0, 由软件写入 1 开始采样。如果 ASAM = 1, 该位由硬件自动置 1。
如果 SSRC = 000, 由软件写入 0 结束采样并启动转换。如果 SSRC ≠ 000, 由硬件自动清零来结束采样并启动转换。

寄存器 19-1: **AD1CON1: ADC1 控制寄存器 1**（续）

bit 0

DONE: ADC 转换状态位

1 = ADC 转换完成

0 = ADC 转换尚未开始或在进行中

当 ADC 转换完成时，由硬件自动置 1。可由软件写入 0 来清零 **DONE** 状态位（不允许由软件写入 1）。

清零该位不会影响进行中的任何操作。在新的转换开始时由硬件自动清零。

寄存器 19-2: AD1CON2: ADC1 控制寄存器 2

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
VCFG<2:0>			—	—	CSCNA	CHPS<1:0>	
bit 15							bit 8

R-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
BUFS	—	SMPI<3:0>				BUFM	ALTS
bit 7							
			bit 0				

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13

VCFG<2:0>: 转换器参考电压配置位

	ADREF+	ADREF-
xxx	AVDD	AVSS

bit 12-11

未实现: 读为 0

bit 10

CSCNA: 选择是否在使用采样多路开关 A 时扫描 CH0+ 输入的位

1 = 扫描输入

0 = 不扫描输入

bit 9-8

CHPS<1:0>: 选择要使用的通道的位

1x = 转换 CH0、CH1、CH2 和 CH3

01 = 转换 CH0 和 CH1

00 = 转换 CH0

bit 7

BUFS: 缓冲区填充状态位 (仅当 BUFM = 1 时有效)

1 = ADC 当前在填充缓冲区的后半部分, 用户应用程序应访问前半部分中的数据

0 = ADC 当前在填充缓冲区的前半部分, 用户应用程序应访问后半部分中的数据

bit 6

未实现: 读为 0

bit 5-2

SMPI<3:0>: 选择每次中断的采样 / 转换序列数的位

1111 = 每完成 16 个采样 / 转换序列时产生中断

1110 = 每完成 15 个采样 / 转换序列时产生中断

•

•

•

0001 = 每完成 2 个采样 / 转换序列时产生中断

0000 = 每完成 1 个采样 / 转换序列时产生中断

bit 1

BUFM: 缓冲区填充模式选择位

1 = 在第一次中断发生时从缓冲区的前半部分开始填充, 而在下一次中断发生时从缓冲区后半部分开始填充

0 = 总是从前半部分开始填充缓冲区

bit 0

ALTS: 交替输入采样模式选择位

1 = 在第一次采样时使用采样多路开关 A 选择的输入通道, 而在下一次采样时使用采样多路开关 B 选择的输入通道

0 = 总是使用采样多路开关 A 选择的输入通道

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 19-3: AD1CON3: ADC1 控制寄存器 3

R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADRC	—	—	SAMC<4:0> ⁽¹⁾				
bit 15							bit 8
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADCS<7:0> ⁽²⁾							
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15	ADRC: ADC 转换时钟源位 1 = ADC 内部 RC 时钟 0 = 时钟由系统时钟产生
bit 14-13	未实现: 读为 0
bit 12-8	SAMC<4:0>: 自动采样时间位 ⁽¹⁾ 11111 = 31 TAD . . . 00001 = 1 TAD 00000 = 0 TAD
bit 7-0	ADCS<7:0>: ADC 转换时钟选择位 ⁽²⁾ 11111111 = 保留 01000000 = 保留 00111111 = Tcy · (ADCS<7:0> + 1) = 64 · Tcy = TAD . . . 00000010 = Tcy · (ADCS<7:0> + 1) = 3 · Tcy = TAD 00000001 = Tcy · (ADCS<7:0> + 1) = 2 · Tcy = TAD 00000000 = Tcy · (ADCS<7:0> + 1) = 1 · Tcy = TAD

注 1: 仅当 AD1CON1<7:5> (SSRC<2:0>) = 1 时, 才使用该位。
2: 如果 AD1CON3<15> (ADRC) = 1, 则不使用该位。

寄存器 19-4: AD1CHS123: ADC1 输入通道 1、2 和 3 选择寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	CH123NB<1:0>		CH123SB
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	CH123NA<1:0>		CH123SA
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-11 **未实现:** 读为 0

bit 10-9 **CH123NB<1:0>:** 采样多路开关 B 的通道 1、2 和 3 的反相输入选择位

11 = 保留

10 = 保留

0x = CH1、CH2 和 CH3 的反相输入都为 AVss

bit 8 **CH123SB:** 采样多路开关 B 的通道 1、2 和 3 的同相输入选择位

仅限 PIC24FJ16MC101 器件:

1 = CH1 的同相输入为 AN3, CH2 和 CH3 的同相输入未连接

0 = CH1 的同相输入为 AN0, CH2 的同相输入为 AN1, CH3 的同相输入为 AN2

仅限 PIC24FJ16MC102 器件:

1 = CH1 的同相输入为 AN3, CH2 的同相输入为 AN4, CH3 的同相输入为 AN5

0 = CH1 的同相输入为 AN0, CH2 的同相输入为 AN1, CH3 的同相输入为 AN2

bit 7-3 **未实现:** 读为 0

bit 2-1 **CH123NA<1:0>:** 采样多路开关 A 的通道 1、2 和 3 的反相输入选择位

11 = 保留

10 = 保留

0x = CH1、CH2 和 CH3 的反相输入都为 AVss

bit 0 **CH123SA:** 采样多路开关 A 的通道 1、2 和 3 的同相输入选择位

仅限 PIC24FJ16MC101 器件:

1 = CH1 的同相输入为 AN3, CH2 和 CH3 的同相输入未连接

0 = CH1 的同相输入为 AN0, CH2 的同相输入为 AN1, CH3 的同相输入为 AN2

仅限 PIC24FJ16MC102 器件:

1 = CH1 的同相输入为 AN3, CH2 的同相输入为 AN4, CH3 的同相输入为 AN5

0 = CH1 的同相输入为 AN0, CH2 的同相输入为 AN1, CH3 的同相输入为 AN2

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 19-5: AD1CHS0: ADC1 输入通道 0 选择寄存器

R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CH0NB	—	—	CH0SB<4:0> ⁽¹⁾				
bit 15							bit 8

R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CH0NA	—	—	CH0SA<4:0> ⁽¹⁾				
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15 **CH0NB**: 采样多路开关 B 的通道 0 的反相输入选择位

1 = 通道 0 的反相输入为 AN1

0 = 通道 0 的反相输入为 AVss

bit 14-13 **未实现**: 读为 0

bit 12-8 **CH0SB<4:0>**: 采样多路开关 B 的通道 0 的同相输入选择位 ⁽¹⁾

仅限 PIC24FJ16MC101 器件:

01110 = 未连接任何通道; 所有输入悬空 (用于 CTMU)

01101 = 通道 0 的同相输入连接到 CTMU 温度传感器

00011 = 通道 0 的同相输入为 AN3

00010 = 通道 0 的同相输入为 AN2

00001 = 通道 0 的同相输入为 AN1

00000 = 通道 0 的同相输入为 AN0

仅限 PIC24FJ16MC102 器件:

01110 = 未连接任何通道; 所有输入悬空 (用于 CTMU)

01101 = 通道 0 的同相输入连接到 CTMU 温度传感器

00101 = 通道 0 的同相输入为 AN5

00100 = 通道 0 的同相输入为 AN4

00011 = 通道 0 的同相输入为 AN3

00010 = 通道 0 的同相输入为 AN2

00001 = 通道 0 的同相输入为 AN1

00000 = 通道 0 的同相输入为 AN0

bit 7 **CH0NA**: 采样多路开关 A 的通道 0 的反相输入选择位

1 = 通道 0 的反相输入为 AN1

0 = 通道 0 的反相输入为 AVss

bit 6-5 **未实现**: 读为 0

bit 4-0 **CH0SA<4:0>**: 采样多路开关 A 的通道 0 的同相输入选择位 ⁽¹⁾

仅限 PIC24FJ16MC101 器件:

01110 = 未连接任何通道; 所有输入悬空 (用于 CTMU)

01101 = 通道 0 的同相输入连接到 CTMU 温度传感器

00011 = 通道 0 的同相输入为 AN3

00010 = 通道 0 的同相输入为 AN2

00001 = 通道 0 的同相输入为 AN1

00000 = 通道 0 的同相输入为 AN0

仅限 PIC24FJ16MC102 器件:

01110 = 未连接任何通道; 所有输入悬空 (用于 CTMU)

01101 = 通道 0 的同相输入连接到 CTMU 温度传感器

00101 = 通道 0 的同相输入为 AN5

00100 = 通道 0 的同相输入为 AN4

00011 = 通道 0 的同相输入为 AN3

00010 = 通道 0 的同相输入为 AN2

00001 = 通道 0 的同相输入为 AN1

00000 = 通道 0 的同相输入为 AN0

注 1: 除了列出的值之外, 所有其他值均保留。

寄存器 19-6: AD1CSSL: ADC1 输入扫描选择寄存器的低位字 (1,2,3)

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	CSS5	CSS4	CSS3	CSS2	CSS1	CSS0
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-6 **未实现:** 读为 0

bit 5-0 **CSS<5:0>:** ADC 输入扫描选择位

1 = 选择对 ANx 进行输入扫描

0 = 输入扫描时跳过 ANx

注 1: 对于没有 6 路模拟输入的器件, 用户应用程序可以选择所有的 AD1CSSL 位。但是, 如果器件上没有选择为进行扫描的相应输入, 则将转换 VREFL。

2: CSSx = ANx, 其中 x = 0 至 5。

3: 不能扫描 CTMU 温度传感器输入。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 19-7: AD1PCFGL: ADC1 端口配置寄存器的低位字 (1,2,3)

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	PCFG5 ⁽⁴⁾	PCFG4 ⁽⁴⁾	PCFG3 ⁽⁴⁾	PCFG2 ⁽⁴⁾	PCFG1 ⁽⁴⁾	PCFG0 ⁽⁴⁾
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15-6 未实现: 读为 0

bit 5-0 **PCFG<5:0>: ADC 端口配置控制位 (4)**

1 = 端口引脚处于数字模式, 使能端口读输入, ADC 输入多路开关连接到 AVss

0 = 端口引脚处于模拟模式, 禁止端口读输入, ADC 采样引脚电压

- 注 1: 对于没有 6 路模拟输入的器件, 所有 PCFG 位都可由用户读 / 写。但是, 如果器件上不含相应的输入, 则相应的 PCFG 位被忽略。
- 2: PCFGx = ANx, 其中 x = 0 至 5。
- 3: 如果通过将 PMDx 寄存器中的 ADxMD 位置 1 来禁止 ADC 模块, 则 PCFGx 位不起作用。当该位置 1 时, 所有与 ANx 复用的端口引脚将处于数字模式。
- 4: 与模拟功能 (即 ANx) 复用的引脚默认情况下是模拟引脚, 因此必须通过用户设置来使能该引脚上的任何数字功能。读取任何使能了模拟功能的端口引脚时, 不论信号输入电平如何, 都会返回 0。

20.0 比较器模块

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第48章“带消隐功能的比较器”**（DS39741），该文档可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第26.0节“电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第4.0节“存储器构成”**。

PIC24FJ16MC101/102的比较器模块提供3个比较器，可以用不同方式对其进行配置。如图20-1所示，各比较器选项都通过比较器模块的特殊功能寄存器（SFR）控制位指定。

通过这些选项，用户可以：

- 选择触发信号和中断产生边沿
- 选择低功耗控制
- 配置比较器参考电压和带隙
- 配置输出消隐和屏蔽

比较器的工作模式由输入选择决定（即，输入电压是与另一个输入电压还是与内部参考电压相比较）。

图 20-1: 比较器 I/O 工作模式

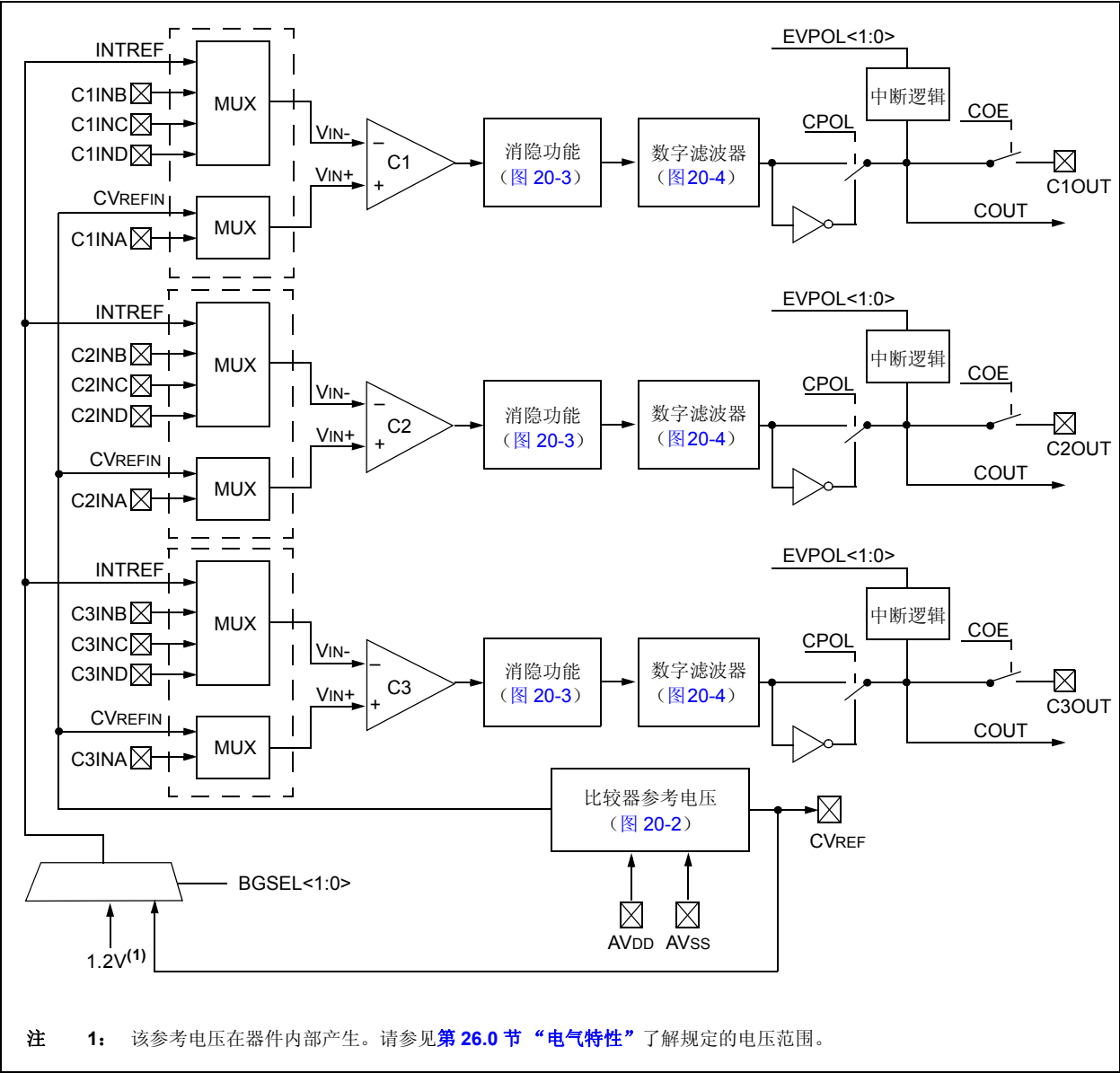


图 20-2: 比较器参考电压框图

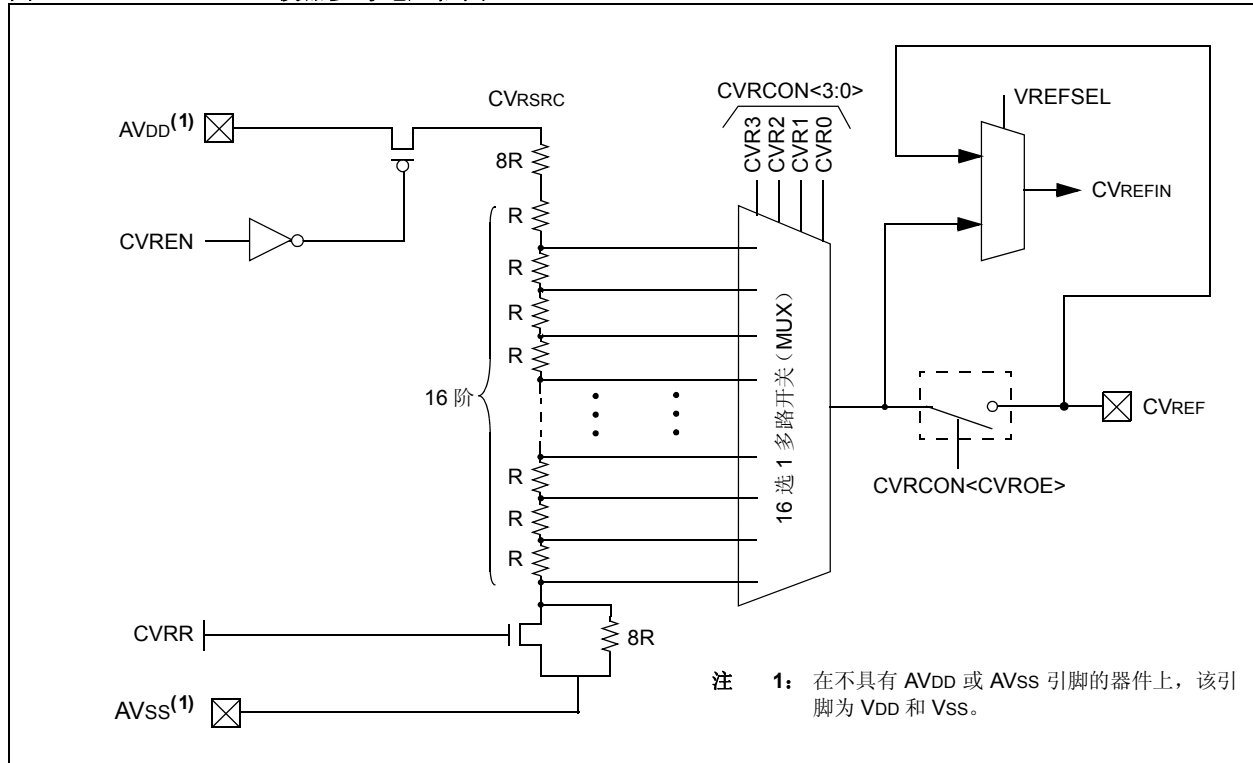


图 20-3: 用户可编程消隐功能框图

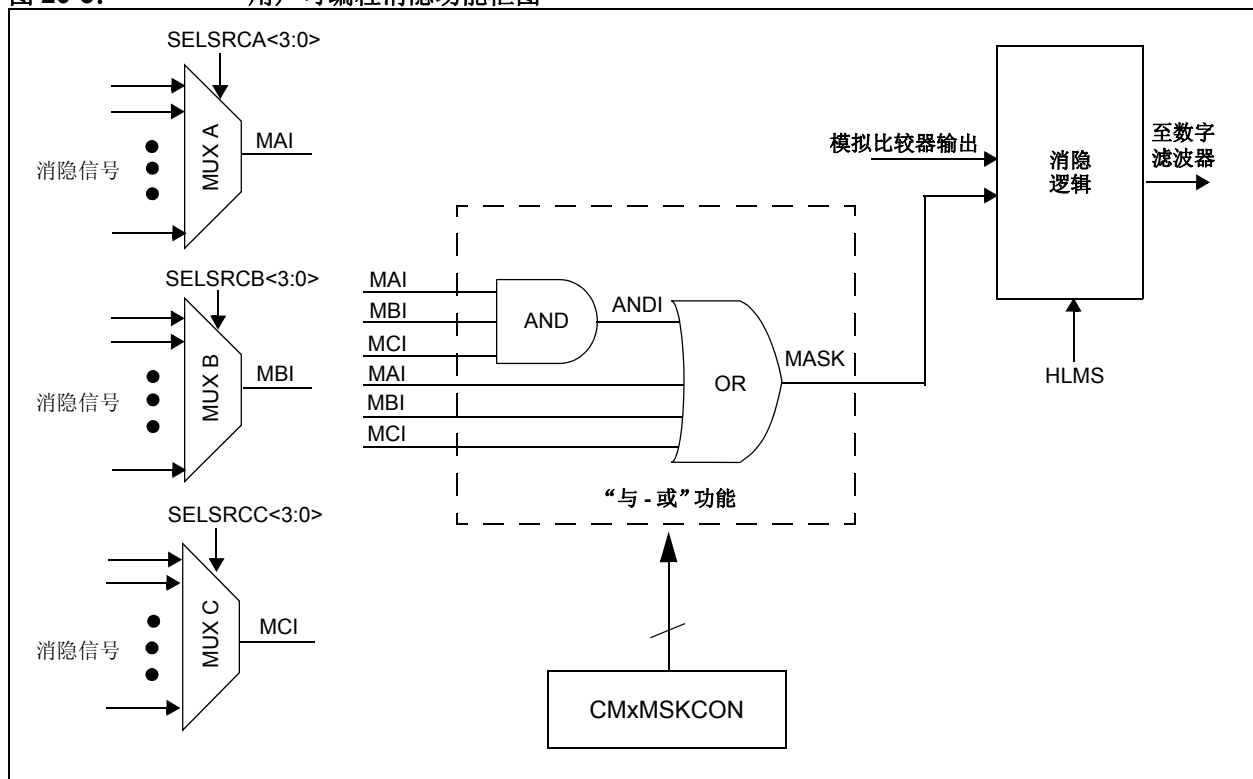
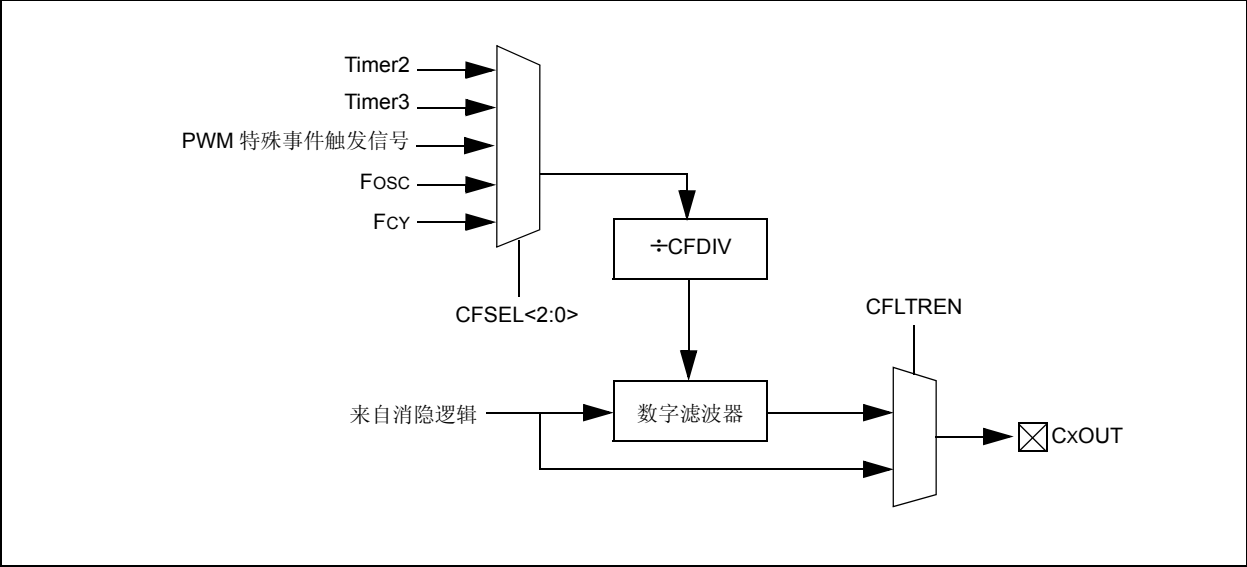


图 20-4: 数字滤波器互连框图



寄存器 20-1: CMSTAT: 比较器状态寄存器

R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R-0	R-0	R-0
CMSIDL	—	—	—	—	C3EVT	C2EVT	C1EVT
bit 15				bit 8			

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R-0	R-0	R-0
—	—	—	—	—	C3OUT	C2OUT	C1OUT
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15 **CMSIDL:** 空闲模式停止位
1 = 当器件进入空闲模式时, 所有比较器停止工作
0 = 在空闲模式下所有比较器继续工作

bit 14-11 **未实现:** 读为 0

bit 10 **C3EVT:** 比较器 3 事件状态位
1 = 发生了比较器事件
0 = 未发生比较器事件

bit 9 **C2EVT:** 比较器 2 事件状态位
1 = 发生了比较器事件
0 = 未发生比较器事件

bit 8 **C1EVT:** 比较器 1 事件状态位
1 = 发生了比较器事件
0 = 未发生比较器事件

bit 7-3 **未实现:** 读为 0

bit 2 **C3OUT:** 比较器 3 输出状态位
当 CPOL = 0 时:
1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$
0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

当 CPOL = 1 时:

1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$
0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

bit 1 **C2OUT:** 比较器 2 输出状态位
当 CPOL = 0 时:
1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$
0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

当 CPOL = 1 时:

1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$
0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

bit 0 **C1OUT:** 比较器 1 输出状态位
当 CPOL = 0 时:
1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$
0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

当 CPOL = 1 时:

1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$
0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 20-2: CMxCON: 比较器控制寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
CON	COE	CPOL	—	—	—	CEVT	COUT
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
EVPOL<1:0>		—	CREF	—	—	CCH<1:0>	
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15 **CON:** 比较器使能位

1 = 使能比较器

0 = 禁止比较器

bit 14 **COE:** 比较器输出使能位

1 = 比较器输出出现在 CxOUT 引脚上

0 = 比较器输出仅在内部有效

bit 13 **CPOL:** 比较器输出极性选择位

1 = 比较器输出反相

0 = 比较器输出不反相

bit 12-10 **未实现:** 读为 0

bit 9 **CEVT:** 比较器事件位

1 = 根据 EVPOL<1:0> 设置发生了比较器事件; 禁止未来的触发和中断, 直到该位清零为止

0 = 未发生比较器事件

bit 8 **COUT:** 比较器输出位

当 CPOL = 0 时 (极性不反相):

1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

当 CPOL = 1 时 (极性反相):

1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

bit 7-6 **EVPOL<1:0>:** 触发 / 事件 / 中断极性选择位

11 = 在比较器输出发生任何变化时产生触发 / 事件 / 中断 (当 CEVT = 0 时)

10 = 仅在极性选定的比较器输出从高电平跳变为低电平时产生触发 / 事件 / 中断 (当 CEVT = 0 时)

如果 CPOL = 1 (极性反相):

比较器输出从低电平跳变为高电平

如果 CPOL = 0 (极性不反相):

比较器输出从高电平跳变为低电平

01 = 仅在极性选定的比较器输出从低电平跳变为高电平时产生触发 / 事件 / 中断 (当 CEVT = 0 时)

如果 CPOL = 1 (极性反相):

比较器输出从高电平跳变为低电平

如果 CPOL = 0 (极性不反相):

比较器输出从低电平跳变为高电平

00 = 禁止产生触发 / 事件 / 中断

寄存器 20-2: CMxCON: 比较器控制寄存器 (续)

bit 5	未实现: 读为 0
bit 4	CREF: 比较器参考电压选择位 (VIN+ 输入) 1 = VIN+ 输入连接到内部 CVREFIN 电压 0 = VIN+ 输入连接到 CxINA 引脚
bit 3-2	未实现: 读为 0
bit 1-0	CCH<1:0>: 比较器通道选择位 11 = 比较器的 VIN- 输入连接到 INTREF 10 = 比较器的 VIN- 输入连接到 CxIND 引脚 01 = 比较器的 VIN- 输入连接到 CxINC 引脚 00 = 比较器的 VIN- 输入连接到 CxINB 引脚

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 20-3: CMxMSKSRC: 比较器屏蔽源选择控制寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	RW-0
—	—	—	—	SELSRCC<3:0>			
bit 15				bit 8			
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
SELSRCB<3:0>				SELSRCA<3:0>			
bit 7				bit 0			

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-12

未实现: 读为 0
- bit 11-8

SELSRCC<3:0>: 屏蔽器 C 输入选择位

1111 = 保留

1110 = 保留

1101 = 保留

1100 = 保留

1011 = 保留

1010 = 保留

1001 = 保留

1000 = 保留

0111 = 保留

0110 = 保留

0101 = PWM1H3

0100 = PWM1L3

0011 = PWM1H2

0010 = PWM1L2

0001 = PWM1H1

0000 = PWM1L1
- bit 7-4

SELSRCB<3:0>: 屏蔽器 B 输入选择位

1111 = 保留

1110 = 保留

1101 = 保留

1100 = 保留

1011 = 保留

1010 = 保留

1001 = 保留

1000 = 保留

0111 = 保留

0110 = 保留

0101 = PWM1H3

0100 = PWM1L3

0011 = PWM1H2

0010 = PWM1L2

0001 = PWM1H1

0000 = PWM1L1

寄存器 20-3: CMxMSKSRCA: 比较器屏蔽源选择控制寄存器 (续)

bit 3-0 SELSRCA<3:0>: 屏蔽器 A 输入选择位

1111 = 保留
1110 = 保留
1101 = 保留
1100 = 保留
1011 = 保留
1010 = 保留
1001 = 保留
1000 = 保留
0111 = 保留
0110 = 保留
0101 = PWM1H3
0100 = PWM1L3
0011 = PWM1H2
0010 = PWM1L2
0001 = PWM1H1
0000 = PWM1L1

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 20-4: CMxMSKCON: 比较器屏蔽器门控控制寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
HLMS	—	OCEN	OCNEN	OBEN	OBNEN	OAEN	OANEN
bit 15				bit 8			

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
NAGS	PAGS	ACEN	ACNEN	ABEN	ABNEN	AAEN	AANEN
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15 **HLMS:** 高电平或低电平屏蔽选择位
1 = 屏蔽 (消隐) 功能将阻止任何置为有效 (0) 的比较器信号的传递
0 = 屏蔽 (消隐) 功能将阻止任何置为有效 (1) 的比较器信号的传递
- bit 14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **OCEN:** 或门 C 输入使能位
1 = MCI 连接到或门
0 = MCI 不连接到或门
- bit 12 **OCNEN:** 反相或门 C 输入使能位
1 = 反相 MCI 连接到或门
0 = 反相 MCI 不连接到或门
- bit 11 **OBEN:** 或门 B 输入使能位
1 = MBI 连接到或门
0 = MBI 不连接到或门
- bit 10 **OBNEN:** 反相或门 B 输入使能位
1 = 反相 MBI 连接到或门
0 = 反相 MBI 不连接到或门
- bit 9 **OAEN:** 或门 A 输入使能位
1 = MAI 连接到或门
0 = MAI 不连接到或门
- bit 8 **OANEN:** 反相或门 A 输入使能位
1 = 反相 MAI 连接到或门
0 = 反相 MAI 不连接到或门
- bit 7 **NAGS:** 反相与门输出选择位
1 = 反相 ANDI 连接到或门
0 = 反相 ANDI 不连接到或门
- bit 6 **PAGS:** 与门输出选择位
1 = ANDI 连接到或门
0 = ANDI 不连接到或门
- bit 5 **ACEN:** 与门 A1 C 输入使能位
1 = MCI 连接到与门
0 = MCI 不连接到与门
- bit 4 **ACNEN:** 反相与门 A1 C 输入使能位
1 = 反相 MCI 连接到与门
0 = 反相 MCI 不连接到与门
- bit 3 **ABEN:** 与门 A1 B 输入使能位
1 = MBI 连接到与门
0 = MBI 不连接到与门

寄存器 20-4: CMxMSKCON: 比较器屏蔽器门控控制寄存器 (续)

bit 2	ABNEN: 反相与门 A1 B 输入使能位 1 = 反相 MBI 连接到与门 0 = 反相 MBI 不连接到与门
bit 1	AAEN: 与门 A1 A 输入使能位 1 = MAI 连接到与门 0 = MAI 不连接到与门
bit 0	AAEN: 反相与门 A1 A 输入使能位 1 = 反相 MAI 连接到与门 0 = 反相 MAI 不连接到与门

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 20-5: CMxFLTR: 比较器滤波器控制寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	I-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	CFSEL<2:0>			CFLTREN	CFDIV<2:0>		
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15-7未实现: 读为 0
- bit 6-4**CFSEL<2:0>**: 比较器滤波器输入时钟选择位
 - 111 = 保留
 - 110 = 保留
 - 101 = Timer3
 - 100 = Timer2
 - 011 = 保留
 - 010 = PWM 特殊事件触发信号
 - 001 = FOSC
 - 000 = Fcy
- bit 3**CFLTREN**: 比较器滤波器使能位
 - 1 = 使能数字滤波器
 - 0 = 禁止数字滤波器
- bit 2-0**CFDIV<2:0>**: 比较器滤波器时钟分频比选择位
 - 111 = 1:128 时钟分频
 - 110 = 1:64 时钟分频
 - 101 = 1:32 时钟分频
 - 100 = 1:16 时钟分频
 - 011 = 1:8 时钟分频
 - 010 = 1:4 时钟分频
 - 001 = 1:2 时钟分频
 - 000 = 1:1 时钟分频

寄存器 20-6: CVRCON: 比较器参考电压控制寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	VREFSEL	BGSEL<1:0>	
bit 15						bit 8	
R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CVREN	CVROE ⁽¹⁾	CVRR	—	CVR<3:0>			
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-11 **未实现:** 读为 0

bit 10 **VREFSEL:** 参考电压选择位
1 = CVREFIN = CVREF 引脚
0 = CVREFIN 通过电阻网络产生

bit 9-8 **BGSEL<1:0>:** 带隙参考电压源选择位
11 = INTREF = CVREF 引脚
10 = INTREF = 1.2V (标称值) ⁽²⁾
0x = 保留

bit 7 **CVREN:** 比较器参考电压使能位
1 = 比较器参考电压电路上电
0 = 比较器参考电压电路掉电

bit 6 **CVROE:** 比较器参考电压输出使能位 ⁽¹⁾
1 = 电压从 CVREF 引脚输出
0 = 电压从 CVREF 引脚断开

bit 5 **CVRR:** 比较器参考电压范围选择位
1 = CVRSRC/24 步长
0 = CVRSRC/32 步长

bit 4 **未实现:** 读为 0

bit 3-0 **CVR<3:0>:** 比较器参考电压值选择位 ($0 \leq \text{CVR<3:0>} \leq 15$)
当 CVRR = 1 时:
 $\text{CVREFIN} = (\text{CVR<3:0>}/24) \cdot (\text{CVRSRC})$
当 CVRR = 0 时:
 $\text{CVREFIN} = 1/4 \cdot (\text{CVRSRC}) + (\text{CVR<3:0>}/32) \cdot (\text{CVRSRC})$

注 1: CVROE 会改写 TRIS 位设置。

2: 该参考电压在器件内部产生。请参见第 26.0 节“电气特性”了解规定的电压范围。

注:

21.0 实时时钟和日历（RTCC）

- 注 1:** 本数据手册总结了 PIC24FJ16MC101/102 系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 29 章“实时时钟和日历（RTCC）”（DS39696），该文档可从 Microchip 网站（www.microchip.com）下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第 26.0 节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F 系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的第 4.0 节“存储器构成”。

本章将讨论 PIC24FJ16MC101/102 器件上提供的实时时钟和日历（RTCC）模块及其操作。

RTCC 模块的部分主要特性包括：

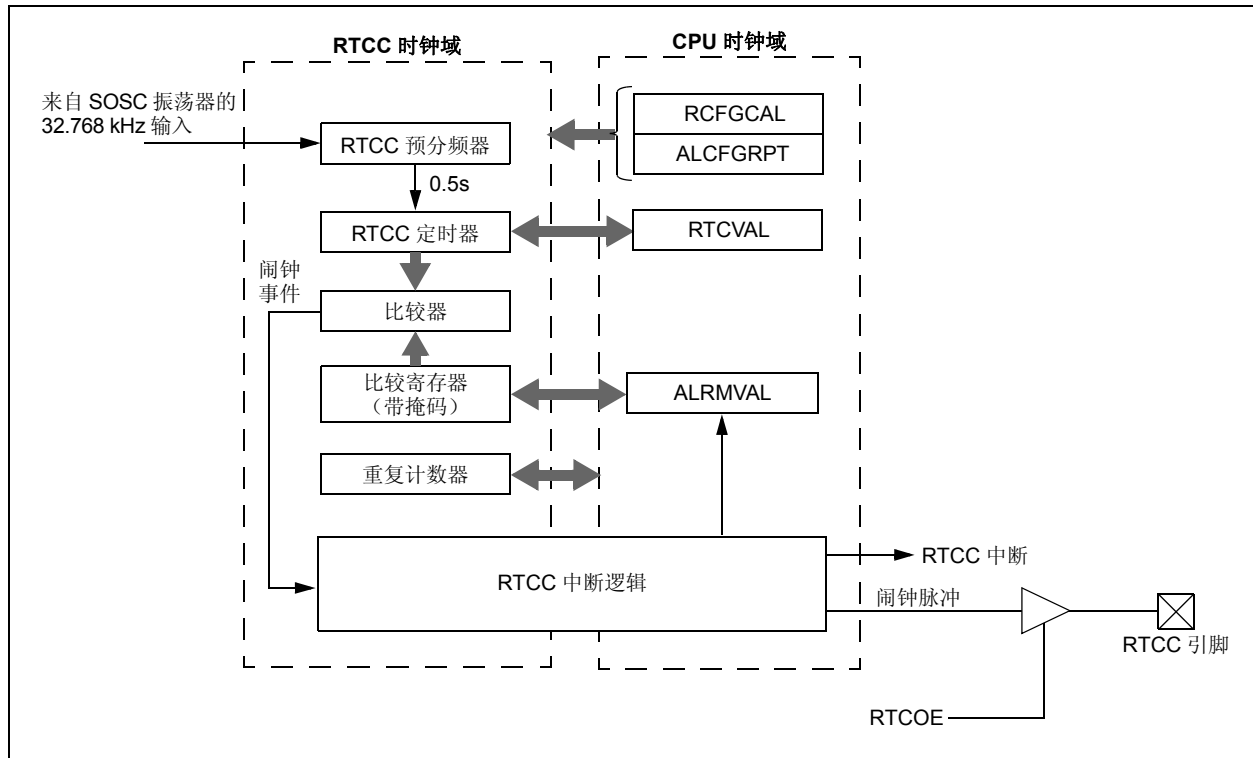
- 时间：时、分和秒
- 24 小时格式（军用时间）
- 日历：星期、日期、月和年
- 闹钟可配置
- 年份范围：2000 至 2099
- 闰年修正
- 用于紧凑固件的 BCD 格式
- 为低功耗工作进行了优化
- 带自动调节的用户校准
- 校准范围：每月 ± 2.64 秒误差
- 要求：外部 32.768 kHz 时钟晶振
- RTCC 引脚上的闹钟脉冲或秒时钟输出

RTCC 模块是为需要长时间维持精确时间的应用设计的，无需或很少需要 CPU 干预。RTCC 模块为低功耗使用做了优化，以便在跟踪时间时延长电池寿命。

RTCC 模块是百年时钟和日历，能自动检测闰年。时钟范围从 2000 年 1 月 1 日 00:00:00（午夜）到 2099 年 12 月 31 日 23:59:59。

小时数以 24 小时（军用时间）格式提供。该时钟提供一秒的时间粒度，用户可看到半秒的时间间隔。

图 21-1: RTCC 框图



21.1 RTCC 模块寄存器

RTCC 模块寄存器可分为以下三类：

- RTCC 控制寄存器
- RTCC 值寄存器
- 闹钟值寄存器

21.1.1 寄存器映射

为限制寄存器接口，RTCC 定时器和闹钟定时器寄存器通过相应的寄存器指针访问。RTCC 值寄存器窗口（RTCVALH和RTCVALL）使用RTCPTR位（RCFGCAL<9:8>）选择所需的定时器寄存器对（见表 21-1）。

通过写 RTCVALH 字节，RTCC 指针值（RTCPTR<1:0>位）递减 1，直到达到 00。一旦达到 00，MINUTES 和 SECONDS 值可通过 RTCVALH 和 RTCVALL 访问，直到手动更改指针值。

表 21-1: RTCC 值寄存器映射

RTCPTTR <1:0>	RTCC 值寄存器窗口	
	RTCVAH<15:8>	RTCVAL<7:0>
00	分钟	秒
01	星期	小时
10	月	日
11	—	年

闹钟值寄存器窗口（ALRMVALH 和 ALRMVALL）使用 ALRMPTR 位（ALCFGRPT<9:8>）选择所需的闹钟寄存器对（见表 21-2）。

通过写 ALRMVALH 字节，闹钟指针值（ALRMPTR<1:0>位）递减 1，直到达到 00。一旦达到 00，ALRMMIN 和 ALRMSEC 值可通过 ALRMVALH 和 ALRMVALL 访问，直到手动更改指针值。

表 21-2: ALRMVAL 寄存器映射

ALRMPTR <1:0>	闹钟值寄存器窗口	
	ALRMVAH<15:8>	ALRMVAL<7:0>
00	ALRMMIN	ALRMSEC
01	ALRMWD	ALRMHR
10	ALRMMNTH	ALRMDAY
11	—	—

考虑到 16 位内核并不区分 8 位和 16 位读操作，用户要注意，读 ALRMVALH 或 ALRMVALL 字节时都会使 ALRMPTR<1:0> 值递减 1。同样的规律也适用于 RTCVALH 或 RTCVALL 字节，读取它们时会使 RTCPTR<1:0> 递减 1。

注： 这只适用于读操作，不适用于写操作。

21.1.2 写锁定

为执行对任何 RTCC 定时器寄存器的写入，RTCWREN 位（RCFGCAL<13>）必须置 1（见例 21-1）。

注： 为避免意外写入定时器，建议其他任何时候 RTCWREN 位（RCFGCAL<13>）都保持清零。要将 RTCWREN 位置 1，在 55h/AAh 序列和 RTCWREN 置 1 之间只允许 1 个指令周期的时间窗；因此，建议遵循例 21-1 中的代码示例。

例 21-1: 将 RTCWREN 位置 1

```
MOV    #NVMKEY, W1      ;move the address of NVMKEY into W1
MOV    #0x55, W2
MOV    #0xAA, W3
MOV    W2, [W1]          ;start 55/AA sequence
MOV    W3, [W1]
BSET   RCFGCAL, #13      ;set the RTCWREN bit
```


寄存器 21-1: RCFGAL: RTCC 校准和配置寄存器 ⁽¹⁾

R/W-0	U-0	R/W-0	R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
RTCEN ⁽²⁾	—	RTCWREN	RTCSYNC	HALFSEC ⁽³⁾	RTCOE	RTCPTR<1:0>	
bit 15						bit 8	
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CAL<7:0>							
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15 **RTCEN: RTCC 使能位 ⁽²⁾**

1 = 使能 RTCC 模块

0 = 禁止 RTCC 模块

bit 14 **未实现:** 读为 0

bit 13 **RTCWREN: RTCC 值寄存器写使能位**

1 = RTCVALH 和 RTCVALL 寄存器可由用户写入

0 = RTCVALH 和 RTCVALL 寄存器已锁定, 不可由用户写入

bit 12 **RTCSYNC: RTCC 值寄存器读同步位**

1 = 由于计满返回, RTCVALH、RTCVALL 和 ALCFGRPT 寄存器在读操作过程中可能改变, 从而导致读取的数据无效。如果两次读取寄存器得到的数据相同, 可认为数据是有效的。

0 = RTCVALH、RTCVALL 或 ALCFGRPT 寄存器在读取时无需考虑计满返回

bit 11 **HALFSEC: 半秒状态位 ⁽³⁾**

1 = 一秒的后半秒

0 = 一秒的前半秒

bit 10 **RTCOE: RTCC 输出使能位**

1 = 使能 RTCC 输出

0 = 禁止 RTCC 输出

bit 9-8 **RTCPTR<1:0>: RTCC 值寄存器窗口指针位**

读取 RTCVALH 和 RTCVALL 寄存器时, 指向相应的 RTCC 值寄存器; 每当读或写 RTCVALH 时, RTCPTR<1:0> 的值就递减 1, 直到达到 00。

RTCVAL<15:8>:

00 = 分钟数

01 = 星期

10 = 月

11 = 保留

RTCVAL<7:0>:

00 = 秒数

01 = 小时数

10 = 日

11 = 年

注 1: RCFGAL 寄存器只受 POR 的影响。

2: 仅当 RTCWREN = 1 时才允许写入 RTCEN 位。

3: 该位是只读位。写入 MINSEC 寄存器的低半部分时, 它被清零。

寄存器 21-1: RCFGCAL: RTCC 校准和配置寄存器 ⁽¹⁾ (续)

bit 7-0 **CAL<7:0>**: RTC 漂移校准位

01111111 = 最大正向调整; 每分钟增加 508 个 RTC 时钟脉冲

•

•

•

00000001 = 最小正向调整; 每分钟增加 4 个 RTC 时钟脉冲

00000000 = 无调整

11111111 = 最小负向调整; 每分钟减少 4 个 RTC 时钟脉冲

•

•

•

10000000 = 最大负向调整; 每分钟减少 512 个 RTC 时钟脉冲

- 注 1: RCFGCAL 寄存器只受 POR 的影响。
- 2: 仅当 RTCWREN = 1 时才允许写入 RTCEN 位。
- 3: 该位是只读位。写入 MINSEC 寄存器的低半部分时, 它被清零。

寄存器 21-2: **PADCFG1: 焊盘配置控制寄存器**

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	U-0
—	—	—	—	—	—	RTSECSEL ⁽¹⁾	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-2 **未实现:** 读为 0

bit 1 **RTSECSEL:** RTCC 秒时钟输出选择位 ⁽¹⁾

1 = 选择 RTCC 引脚输出 RTCC 秒时钟

0 = 选择 RTCC 引脚输出 RTCC 闹钟脉冲

bit 0 **未实现:** 读为 0

注 1: 要使能实际 RTCC 输出, RTCOE (RCFGCAL) 位必须置 1。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 21-3: ALCFGRPT: 闹钟配置寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ALRMEN	CHIME	AMASK<3:0>				ALRMPTR<1:0>	
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ARPT<7:0>							
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
-n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

- bit 15 **ALRMEN:** 闹钟使能位
1 = 使能闹钟 (每当 ARPT<7:0> = 0x00 且 CHIME = 0 时, 发生闹钟事件后都将自动清零)
0 = 禁止闹钟
- bit 14 **CHIME:** 响铃 (chime) 使能位
1 = 使能响铃; ARPT<7:0> 位允许从 0x00 返回到 0xFF
0 = 禁止响铃; ARPT<7:0> 位到达 0x00 就停止
- bit 13-10 **AMASK<3:0>:** 闹钟掩码配置位
0000 = 每半秒
0001 = 每秒
0010 = 每 10 秒
0011 = 每分钟
0100 = 每 10 分钟
0101 = 每小时
0110 = 一天一次
0111 = 一周一次
1000 = 一月一次
1001 = 一年一次 (配置在 2 月 29 日除外, 这种情况下每 4 年一次)
101x = 保留——不使用
11xx = 保留——不使用
- bit 9-8 **ALRMPTR<1:0>:** 闹钟值寄存器窗口指针位
读取 ALRMVALH 和 ALRMVALL 寄存器时, 指向相应的闹钟值寄存器; 每当读或写 ALRMVALH 时, ALRMPTR<1:0> 的值就递减 1, 直到达到 00。
ALRMVAL<15:8>:
00 = ALRMMIN
01 = ALRMWD
10 = ALRMMNTH
11 = 未实现
ALRMVAL<7:0>:
00 = ALRMSEC
01 = ALRMHR
10 = ALRMDAY
11 = 未实现
- bit 7-0 **ARPT<7:0>:** 闹钟重复计数器值位
11111111 = 闹钟将再重复 255 次
•
•
•
00000000 = 闹钟将不再重复
每当发生闹钟事件时计数器就递减 1。除非 CHIME = 1, 否则计数器不能从 0x00 返回到 0xFF。

寄存器 21-4: RTCVAL (当 RTCPTR<1:0> = 11 时): 年份值寄存器⁽¹⁾

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
YRTEN<3:0>				YRONE<3:0>			
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
 -n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

bit 15-8 未实现: 读为 0
 bit 7-4 **YRTEN<3:0>**: 年份的十位数的二 - 十进制码 (Binary Coded Decimal, BCD) 值; 值为 0 到 9
 bit 3-0 **YRONE<3:0>**: 年份的个位数的 BCD 值; 值为 0 到 9

注 1: 仅当 RTCWREN = 1 时才允许写入 YEAR 寄存器。

寄存器 21-5: RTCVAL (当 RTCPTR<1:0> = 10 时): 月和日值寄存器⁽¹⁾

U-0	U-0	U-0	R-x	R-x	R-x	R-x	R-x
—	—	—	MHTTEN0	MTHONE<3:0>			
bit 15			bit 8				

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	DAYTEN<1:0>		DAYONE<3:0>			
bit 7		bit 0					

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
 -n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

bit 15-13 未实现: 读为 0
 bit 12 **MHTEN0**: 月份的十位数的 BCD 值; 值为 0 或 1
 bit 11-8 **MTHONE<3:0>**: 月份的个位数的 BCD 值; 值为 0 到 9
 bit 7-6 未实现: 读为 0
 bit 5-4 **DAYTEN<1:0>**: 日的十位数的 BCD 值; 值为 0 到 3
 bit 3-0 **DAYONE<3:0>**: 日的个位数的 BCD 值; 值为 0 到 9

注 1: 仅当 RTCWREN = 1 时才允许写入该寄存器。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 21-6: **RTCVAL** (当 **RTCPTR<1:0> = 01** 时): **WKDYHR**: 星期和小时值寄存器 ⁽¹⁾

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	—	—	—	WDAY<2:0>		
bit 15					bit 8		

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	HRTEN<1:0>		HRONE<3:0>			
bit 7		bit 0					

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-11 未实现: 读为 0

bit 10-8 **WDAY<2:0>**: 星期的 BCD 值; 值为 0 到 6

bit 7-6 未实现: 读为 0

bit 5-4 **HRTEN<1:0>**: 小时的十位数的 BCD 值; 值为 0 到 2

bit 3-0 **HRONE<3:0>**: 小时的个位数的 BCD 值; 值为 0 到 9

注 1: 仅当 **RTCWREN = 1** 时才允许写入该寄存器。

寄存器 21-7: **RTCVAL** (当 **RTCPTR<1:0> = 00** 时): 分钟和秒值寄存器

U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	MINTEN<2:0>			MINONE<3:0>			
bit 15				bit 8			

U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	SECTEN<2:0>			SECONE<3:0>			
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15 未实现: 读为 0

bit 14-12 **MINTEN<2:0>**: 分钟的十位数的 BCD 值; 值为 0 到 5

bit 11-8 **MINONE<3:0>**: 分钟的个位数的 BCD 值; 值为 0 到 9

bit 7 未实现: 读为 0

bit 6-4 **SECTEN<2:0>**: 秒的十位数的 BCD 值; 值为 0 到 5

bit 3-0 **SECONE<3:0>**: 秒的个位数的 BCD 值; 值为 0 到 9

寄存器 21-8: ALRMVAL (当 ALRMPTR<1:0> = 10 时): 闹钟月和日值寄存器⁽¹⁾

U-0	U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	—	MTHTEN0	MTHONE<3:0>			
bit 15				bit 8			

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	DAYTEN<1:0>		DAYONE<3:0>			
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13 未实现: 读为 0

bit 12 **MTHTEN0**: 月份的十位数的 BCD 值; 值为 0 或 1

bit 11-8 **MTHONE<3:0>**: 月份的个位数的 BCD 值; 值为 0 到 9

bit 7-6 未实现: 读为 0

bit 5-4 **DAYTEN<1:0>**: 日的十位数的 BCD 值; 值为 0 到 3

bit 3-0 **DAYONE<3:0>**: 日的个位数的 BCD 值; 值为 0 到 9

注 1: 仅当 RTCWREN = 1 时才允许写入该寄存器。

寄存器 21-9: ALRMVAL (当 ALRMPTR<1:0> = 01 时): 闹钟星期和小时值寄存器⁽¹⁾

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	—	—	—	WDAY2	WDAY1	WDAY0
bit 15			bit 8				

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	HRTEN<1:0>		HRONE<3:0>			
bit 7		bit 0					

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-11 未实现: 读为 0

bit 10-8 **WDAY<2:0>**: 星期的 BCD 值; 值为 0 到 6

bit 7-6 未实现: 读为 0

bit 5-4 **HRTEN<1:0>**: 小时的十位数的 BCD 值; 值为 0 到 2

bit 3-0 **HRTONE<3:0>**: 小时的个位数的 BCD 值; 值为 0 到 9

注 1: 仅当 RTCWREN = 1 时才允许写入该寄存器。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 21-10: **ALRMVAL** （当 **ALRMPTR<1:0> = 00** 时）：闹钟分钟和秒值寄存器

U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	MINTEN<2:0>			MINONE<3:0>			
bit 15							bit 8

U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	SECTEN<2:0>			SECONE<3:0>			
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

- bit 15 未实现：读为 0
- bit 14-12 **MINTEN<2:0>**：分钟的十位数的 BCD 值；值为 0 到 5
- bit 11-8 **MINONE<3:0>**：分钟个位数的 BCD 值；值为 0 到 9
- bit 7 未实现：读为 0
- bit 6-4 **SECTEN<2:0>**：秒的十位数的 BCD 值；值为 0 到 5
- bit 3-0 **SECONE<3:0>**：秒的个位数的 BCD 值；值为 0 到 9

22.0 充电时间测量单元 (CTMU)

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第 11 章 “充电时间测量单元 (CTMU)”** (DS39724)，该文档可从Microchip网站 (www.microchip.com) 下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第 26.0 节 “电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第 4.0 节 “存储器构成”**。

充电时间测量单元是一个灵活的模拟模块，它提供脉冲源之间的精确时间差测量，以及异步脉冲生成。它的主要特性包括：

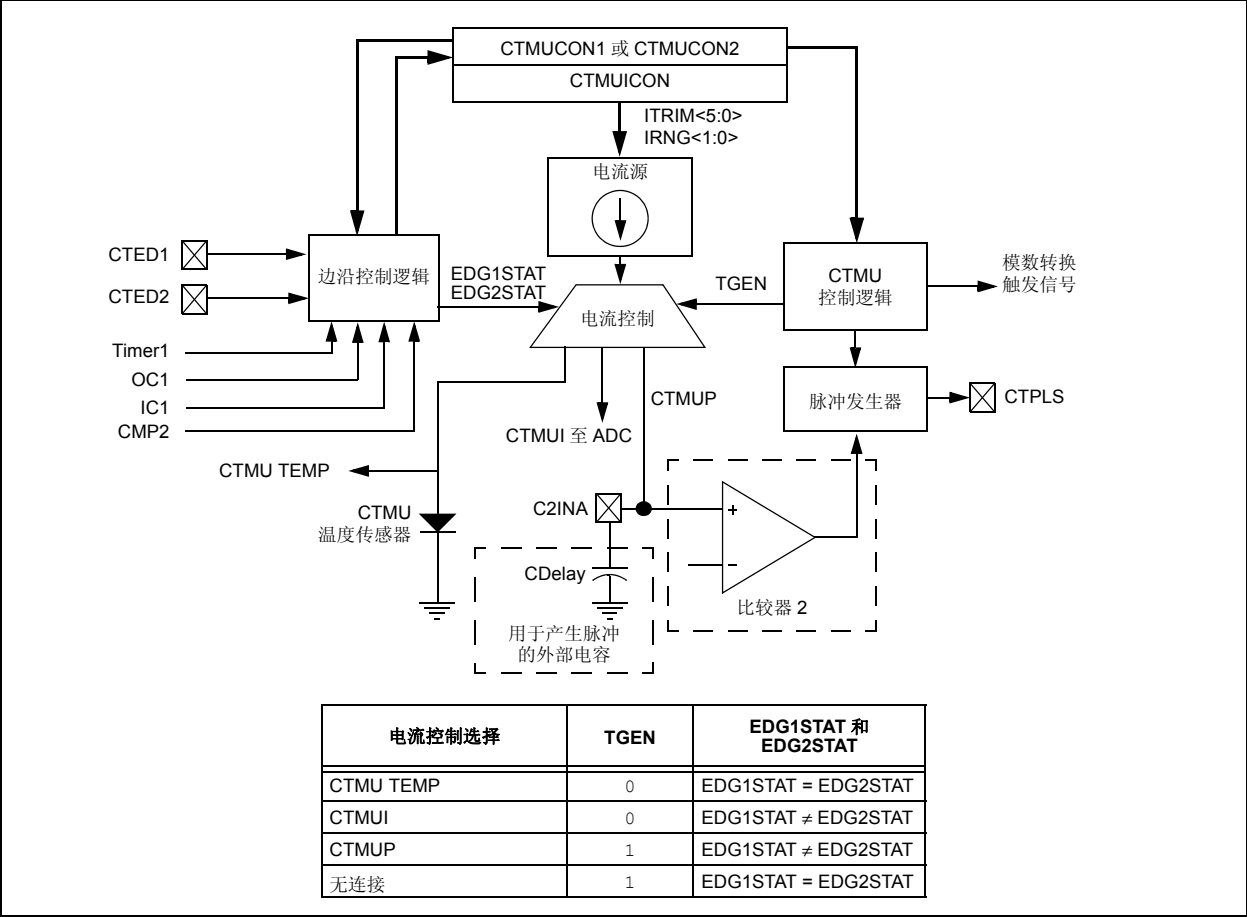
- 4 个边沿输入触发源
- 每个边沿源的极性控制
- 边沿顺序控制
- 边沿响应控制
- 精确时间测量的分辨率为 200 ps
- 适合电容测量的精确电流源
- 使用内置二极管进行片上温度测量

CTMU 可与其他片上模拟模块一起，用于精确测量时间、电容以及电容的相对变化，或生成独立于系统时钟的输出脉冲。

CTMU 模块是连接电容式传感器的理想选择。CTMU 通过 3 个寄存器进行控制：CTMUCON1、CTMUCON2 和 CTMUICON。CTMUCON1 用于使能模块、边沿延时产生、边沿顺序，以及控制电流源和输出触发。CTMUCON2 用于控制边沿源选择、边沿源极性选择和边沿采样模式。CTMUICON 寄存器用于控制电流源的选择和微调。

图 22-1 给出了 CTMU 框图。

图 22-1: CTMU 框图



寄存器 22-1: CTMUCON1: CTMU 控制寄存器 1

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CTMUEN	—	CTMUSIDL	TGEN ⁽¹⁾	EDGEN	EDGSEQEN	IDISSEN ⁽²⁾	CTTRIG
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15 **CTMUEN:** CTMU 使能位
 1 = 使能模块
 0 = 禁止模块
- bit 14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **CTMUSIDL:** 空闲模式停止位
 1 = 当器件进入空闲模式时, 模块停止工作
 0 = 在空闲模式下模块继续工作
- bit 12 **TGEN:** 延时产生使能位 ⁽¹⁾
 1 = 使能边沿延时产生
 0 = 禁止边沿延时产生
- bit 11 **EDGEN:** 边沿使能位
 1 = 未阻止边沿
 0 = 阻止边沿
- bit 10 **EDGSEQEN:** 边沿顺序使能位
 1 = 边沿 1 事件必须在边沿 2 事件之前发生
 0 = 无需边沿顺序
- bit 9 **IDISSEN:** 模拟电流源控制位 ⁽²⁾
 1 = 模拟电流源输出接地
 0 = 模拟电流源输出未接地
- bit 8 **CTTRIG:** 触发信号控制位
 1 = 使能触发信号输出
 0 = 禁止触发信号输出
- bit 7-0 **未实现:** 读为 0

注 1: 如果 TGEN = 1, 外设输入和输出必须配置到可用的 RPN 引脚。更多信息, 请参见第 10.4 节 “外设引脚选择”。

2: ADC 模块的采样 / 保持电容并不会在采样 / 转换周期之间自动放电。对于在进行电容测量时需要使用 ADC 的软件, 必须在测量之前先对 ADC 电容进行放电。当 IDISSEN 位设置为 1 时, 将会执行该功能。在 ADC 采样时必须先将 IDISSEN 位置 1, 对电容阵列放电。

PIC24FJ16MC101/102

寄存器 22-2: CTMUCON2: CTMU 控制寄存器 2

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
EDG1MOD	EDG1POL	EDG1SEL<3:0>				EDG2STAT	EDG1STAT
bit 15						bit 8	

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0
EDG2MOD	EDG2POL	EDG2SEL<3:0>				—	—
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15 **EDG1MOD:** 边沿 1 边沿采样选择位

1 = 边沿 1 为边沿敏感

0 = 边沿 1 为电平敏感

bit 14 **EDG1POL:** 边沿 1 极性选择位

1 = 边沿 1 设定为正边沿响应

0 = 边沿 1 设定为负边沿响应

bit 13-10 **EDG1SEL<3:0>:** 边沿 1 源选择位

1xxx = 保留

01xx = 保留

0011 = CTED1 引脚

0010 = CTED2 引脚

0001 = OC1 模块

0000 = Timer1 模块

bit 9 **EDG2STAT:** 边沿 2 状态位

指示边沿 2 的状态, 并且可以通过写入它来控制边沿源。

1 = 已发生边沿 2 事件

0 = 未发生边沿 2 事件

bit 8 **EDG1STAT:** 边沿 1 状态位

指示边沿 1 的状态, 并且可以通过写入它来控制边沿源。

1 = 已发生边沿 1 事件

0 = 未发生边沿 1 事件

bit 7 **EDG2MOD:** 边沿 2 边沿采样选择位

1 = 边沿 2 为边沿敏感

0 = 边沿 2 为电平敏感

bit 6 **EDG2POL:** 边沿 2 极性选择位

1 = 边沿 2 设定为正边沿响应

0 = 边沿 2 设定为负边沿响应

bit 5-2 **EDG2SEL<3:0>:** 边沿 2 源选择位

1xxx = 保留

01xx = 保留

0011 = CTED2 引脚

0010 = CTED1 引脚

0001 = 比较器 2 模块

0000 = IC1 模块

bit 1-0 **未实现:** 读为 0

寄存器 22-3: CTMUICON: CTMU 电流控制寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ITRIM<5:0>						IRNG<1:0>	
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15-10 **ITRIM<5:0>**: 电流源微调位
- 011111 = IRNG<1:0> 指定的标称电流输出 + 62%
 - 011110 = IRNG<1:0> 指定的标称电流输出 + 60%
 -
 -
 -
 - 000001 = IRNG<1:0> 指定的标称电流输出 + 2%
 - 000000 = IRNG<1:0> 指定的标称电流输出
 - 111111 = IRNG<1:0> 指定的标称电流输出 – 2%
 -
 -
 -
 - 100010 = IRNG<1:0> 指定的标称电流输出 – 62%
 - 100001 = IRNG<1:0> 指定的标称电流输出 – 64%
- bit 9-8 **IRNG<1:0>**: 电流源范围选择位
- 11 = 100 × 基本电流 ⁽¹⁾
 - 10 = 10 × 基本电流
 - 01 = 基本电流 (标称值为 0.55 μA)
 - 00 = 保留
- bit 7-0 **未实现**: 读为 0

注 1: 该设置必须用于 CTMU 温度传感器。

注:

23.0 特殊功能

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24F系列参考手册》中的**第9章“看门狗定时器(WDT)”**(DS39697)和**第33章“编程和诊断”**(DS39716)，这些文档可从Microchip网站(www.microchip.com)下载。
- 2:** 请注意，本数据手册**第26.0节“电气特性”**中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。
- 3:** 本章中描述的一些寄存器及其相关的位并非在所有器件上都可用。关于具体器件的寄存器和位信息，请参见本数据手册中的**第4.0节“存储器构成”**。

PIC24FJ16MC101/102 器件具有几项特殊功能旨在最大限度地提高应用的灵活性和可靠性，并通过减少外部元件将成本降至最低。提供的特殊功能包括：

- 灵活的配置
- 看门狗定时器 (WDT)
- 代码保护
- 在线串行编程 (ICSP™)
- 在线仿真

23.1 配置位

可以通过对配置影子寄存器位编程（读为 0）或不编程（读为 1）来选择各种不同的器件配置。这些只读位被映射到程序存储器以 0xF80000 开始的存储单元中。**表 23-3** 给出了各配置位功能的详细说明。

注意，地址 0xF80000 超出了用户程序存储空间，它属于只能使用表读访问的配置存储空间（0x800000-0xFFFFF）。

在 PIC24FJ16MC101/102 器件中，配置字节以易失性存储器方式实现。这就意味着在器件每次上电时都必须对配置数据进行编程。配置数据存储在片上程序存储空间顶部的两个字中，这两个字被称为闪存配置字。**表 23-2** 显示了它们的具体位置。这些是实际器件配置位的紧凑表现形式，这些配置位实际分布在配置空间中的多个位置中。器件复位期间，配置数据会自动从闪存配置字装入到相应的配置寄存器中。

注： 所有类型的器件复位都会重新装入配置数据。

当为这些器件创建应用程序时，用户应该总是为配置数据特别分配闪存配置字地址，以确保当编译代码时程序代码不会存储到该地址。

程序存储器中的所有闪存配置字的最高字节应该总为 1111 1111。这使得当在极少情况下意外执行这些存储单元时将其作为 NOP 指令来执行。由于没有在相应的存储单元中实现这些配置位，因此向这些存储单元写入 1 不会影响器件工作。

注： 在程序存储器的最后一页上执行页擦除操作会清零闪存配置字，从而使能代码保护。因此，用户应避免在程序存储器的最后一页上执行页擦除操作。

配置影子寄存器的映射如表 23-1 所示。

表 23-1: 配置影子寄存器映射

寄存器名称	地址	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
FGS	F80004	—	—	—	—	—	—	GCP	GWRP
FOSCSSEL	F80006	IESO	PWMLOCK	—	WDTWIN<1:0>		FNOSC<2:0>		
FOSC	F80008	FCKSM<1:0>		IOL1WAY	—	—	OSCIOFNC	POSCMD<1:0>	
FWDT	F8000A	FWDTEN	WINDIS	PLLKEN	WDTPRE	WDTPOST<3:0>			
FPOR	F8000C	PWMPIN	HPOL	LPOL	ALT12C1	—	—	—	—
FICD	F8000E	保留 ⁽¹⁾	—	保留 ⁽²⁾	保留 ⁽²⁾	—	—	ICS<1:0>	

图注：
注 1: — = 未实现，读为 1。
2: 该位保留以供开发工具使用，必须被编程为 1。
3: 该位保留；编程为 0。

配置闪存字的映射如表 23-2 所示。

表 23-2: 配置闪存字

寄存器名称	地址	Bit 23-16	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
CONFIG2	002BFC	—	IESO	PWMLOCK	PWMPIN	WDTWIN<1:0>		FNOSC<2:0>			FCKSM<1:0>		OSCIOFNC	IOL1WAY	LPOL	ALT12C1	POSCMD<1:0>	
CONFIG1	002BFE	—	保留 ⁽²⁾	保留 ⁽²⁾	GCP	GWRP	保留 ⁽³⁾	HPOL	ICS<1:0>		FWDTEN	WINDIS	PLLKEN	WDTPRE	WDTPOST<3:0>			

图注：
注 1: — = 未实现，读为 1。
2: 在上电复位（POR）期间，这些闪存单元的内容被传送到配置影子寄存器中。
3: 该位保留；编程为 0。
4: 该位保留以供开发工具使用，必须被编程为 1。

表 23-3: PIC24F 配置位说明

位域	RTSP 作用	说明
GCP	立即	通用段代码保护位 1 = 用户程序存储区不被代码保护 0 = 对整个程序存储空间使能代码保护
GWRP	立即	通用段写保护位 1 = 用户程序存储区不被写保护 0 = 用户程序存储区被写保护
IESO	立即	双速振荡器启动使能位 1 = 使用 FRC 启动器件，然后自动切换到就绪的用户选择的振荡器源 0 = 使用用户选择的振荡器源启动器件
PWMLOCK	立即	PWM 锁定使能位 1 = 只有在密钥序列之后，才能对某些 PWM 寄存器进行写操作 0 = 无需密钥即可对 PWM 寄存器进行写操作
WDTWIN<1:0>	立即	看门狗窗口选择位 11 = WDT 窗口为 WDT 周期的 25% 10 = WDT 窗口为 WDT 周期的 37.5% 01 = WDT 窗口为 WDT 周期的 50% 00 = WDT 窗口为 WDT 周期的 75%
FNOSC<2:0>	立即	振荡器选择位 111 = 带 N 分频的快速 RC 振荡器 (FRCDIVN) 110 = 保留；不使用 101 = 低功耗 RC 振荡器 (LPRC) 100 = 辅助振荡器 (Sosc) 011 = 带 PLL 模块的主振荡器 (MS + PLL 和 EC + PLL) 010 = 主振荡器 (MS、HS 和 EC) 001 = 带 PLL 模块、N 分频的快速 RC 振荡器 (FRCDIVN + PLL) 000 = 快速 RC 振荡器 (FRC)
FCKSM<1:0>	如果使能了时钟切换，则 RTSP 将在发生任意器件复位时生效；否则，将会立即生效	时钟切换模式位 1x = 禁止时钟切换，禁止故障保护时钟监视器 01 = 使能时钟切换，禁止故障保护时钟监视器 00 = 使能时钟切换，使能故障保护时钟监视器
IOL1WAY	立即	外设引脚选择配置位 1 = 只允许一次重新配置 0 = 允许多次重新配置
OSCIOFNC	立即	OSC2 引脚功能位 (MS 和 HS 模式除外) 1 = OSC2 为时钟输出 0 = OSC2 为通用数字 I/O 引脚
POSCMD<1:0>	立即	主振荡器模式选择位 11 = 禁止主振荡器 10 = HS 晶振模式 (10 MHz - 32 MHz) 01 = MS 晶振模式 (3 MHz - 10 MHz) 00 = EC (外部时钟) 模式 (DC - 32 MHz)
FWDTEN	立即	看门狗定时器使能位 1 = 总是使能看门狗定时器 (不能禁止 LPRC 振荡器。清零 RCON 寄存器中的 SWDTEN 位将不起作用。) 0 = 通过用户软件使能 / 禁止看门狗定时器 (可通过清零 RCON 寄存器中的 SWDTEN 位来禁止 LPRC)
WINDIS	立即	看门狗定时器窗口使能位 1 = 看门狗定时器处于非窗口模式 0 = 看门狗定时器处于窗口模式

PIC24FJ16MC101/102

表 23-3: PIC24F 配置位说明 (续)

位域	RTSP 作用	说明
WDTPRE	立即	看门狗定时器预分频比位 1 = 1:128 0 = 1:32
WDTPOST<3:0>	立即	看门狗定时器后分频比位 1111 = 1:32,768 1110 = 1:16,384 . . . 0001 = 1:2 0000 = 1:1
PLLKEN	立即	PLL 锁定使能位 1 = 只有等到 PLL 锁定信号有效时, 时钟才会切换为 PLL 0 = 时钟切换不会等待 PLL 锁定信号
ALT2C	立即	备用 I ² C 引脚 1 = I ² C™ 被映射到 SDA1/SCL1 引脚 0 = I ² C 被映射到 ASDA1/ASCL1 引脚
ICS<1:0>	立即	ICD 通信通道选择位 11 = 通过 PGEC1 和 PGED1 进行通信 10 = 通过 PGEC2 和 PGED2 进行通信 01 = 通过 PGEC3 和 PGED3 进行通信 00 = 保留, 不使用
PWMPIN	立即	电机控制 PWM 模块引脚模式位 1 = PWM 模块引脚在器件复位时由 PORT 寄存器控制 (三态) 0 = PWM 模块引脚在器件复位时由 PWM 模块控制 (配置为输出引脚)
HPOL	立即	电机控制 PWM 高电平极性位 1 = PWM 模块高电平输出引脚具有高电平有效的输出极性 0 = PWM 模块高电平输出引脚具有低电平有效的输出极性
LPOL	立即	电机控制 PWM 低电平极性位 1 = PWM 模块低电平输出引脚具有高电平有效的输出极性 0 = PWM 模块低电平输出引脚具有低电平有效的输出极性

寄存器 23-1: DEVID: 器件 ID 寄存器

R	R	R	R	R	R	R	R
DEVID<23:16>							
bit 23				bit 16			

R	R	R	R	R	R	R	R
DEVID<15:8>							
bit 15				bit 8			

R	R	R	R	R	R	R	R
DEVID<7:0>							
bit 7				bit 0			

图注: R = 只读位 U = 未实现位

bit 23-0 DEVID<23:0>: 器件标识符位

注 1: 关于器件 ID 值的列表, 请参见 “PIC24FJXXMC Family Flash Programming Specification” (DS70512)。

寄存器 23-2: DEVREV: 器件版本寄存器

R	R	R	R	R	R	R	R
DEVREV<23:16>							
bit 23				bit 16			

R	R	R	R	R	R	R	R
DEVREV<15:8>							
bit 15				bit 8			

R	R	R	R	R	R	R	R
DEVREV<7:0>							
bit 7				bit 0			

图注: R = 只读位 U = 未实现位

bit 23-0 DEVREV<23:0>: 器件版本位⁽¹⁾

注 1: 关于器件版本值的列表, 请参见 “PIC24FJXXMC Family Flash Programming Specification” (DS75012)。

23.2 片上稳压器

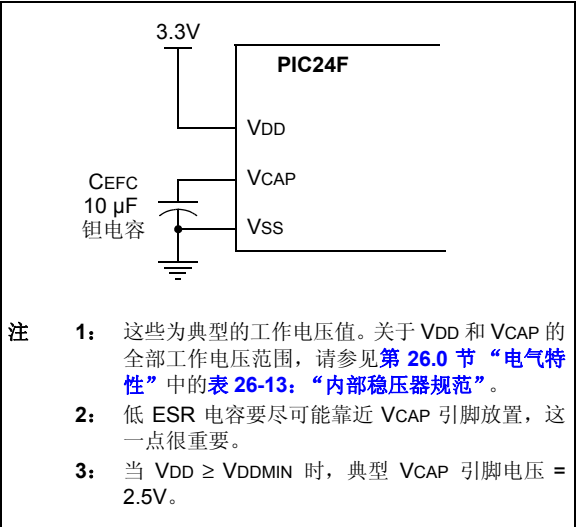
所有的 PIC24FJ16MC101/102 器件都使用标称值为 2.5V 的电压为其内核数字逻辑供电。对于需要工作在更高的典型电压值（如 3.3V）的设计中，这可能会产生冲突。为了简化系统设计，PIC24FJ16MC101/102 系列中的所有器件均包含一个片上稳压器，可使器件内核逻辑在 VDD 下工作。

稳压器通过其他 VDD 引脚为内核供电。当使能了稳压器时，必须将一个低 ESR（小于 5Ω）电容（如钽电容或陶瓷电容）连接到 VCAP 引脚（图 23-1）。这有助于维持稳压器的稳定性。滤波电容的推荐值在第 26.0 节“电气特性”的表 26-13 中提供。

注：低 ESR 电容要尽可能靠近 VCAP 引脚放置，这一点很重要。

在 POR 时，片上稳压器需要约 20 μs 的时间来产生输出电压。这段时间被称为 TSTARTUP，在此期间禁止代码执行。在每次掉电后器件恢复工作的过程中都将有一段 TSTARTUP 时间。

图 23-1：片上稳压器的连接 (1,2,3)



23.3 BOR: 欠压复位

欠压复位（BOR）模块是基于内部参考电压电路的，该电路监视经过稳压的电源电压 VCAP。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上的毛刺（例如，由于电力传输线路不良造成的交流周期波形部分丢失，或者由于接入大感性负载时电流消耗过大造成电压骤降）产生。

BOR 将产生复位器件的复位脉冲。BOR 会根据器件配置位（FNOSC<2:0> 和 POSCMD<1:0>）的值选择时钟源。

如果选择了振荡器模式，BOR 将激活振荡器起振定时器（OST）。系统时钟将保持到 OST 超时。如果使用了 PLL，则时钟将被保持到 LOCK 位（OSCCON<5>）为 1。

同时，将在内部复位释放前应用 PWRT 延时（TPWRT）。如果 TPWRT = 0 且使用了晶振，那么会应用 TFSCM = 100 的标称延时。这种情况下总的延时为 TFSCM。

BOR 状态位（RCON<1>）置 1，指示发生了 BOR。BOR 电路在休眠或空闲模式下继续工作，当 VDD 下降到 BOR 门限电压以下时将复位器件。

23.4 看门狗定时器 (WDT)

对于 PIC24FJ16MC101/102 器件, WDT 由 LPRC 振荡器驱动。当使能 WDT 时, 时钟源也将使能。

23.4.1 预分频器 / 后分频器

由 LPRC 提供的 WDT 时钟源的频率标称值为 32 kHz。此信号输入给可配置为 5 位 (32 分频) 或 7 位 (128 分频) 操作的预分频器。预分频比通过 WDTPRE 配置位进行设置。使用 32 kHz 输入, 预分频器在 5 位模式下将产生 1 ms 的标称 WDT 超时周期 (TWDT), 在 7 位模式下产生的超时周期为 4 ms。

分频比可变的后分频器对 WDT 预分频器的输出进行分频, 以获得范围较宽的超时周期。后分频比由 WDTPOST<3:0> 配置位 (FWDT<3:0>) 控制, 该配置位允许选择 16 种设置, 从 1:1 至 1:32,768。使用预分频器和后分频器, 可以使超时周期的范围扩展到 1 ms 至 131 秒。

WDT、预分频器和后分频器在以下条件下复位:

- 任何器件复位时
- 在完成时钟切换时, 无论时钟切换是由软件 (即, 在更改 NOSC 位后将 OSWEN 位置 1) 引起还是由硬件 (即, 故障保护时钟监视器) 引起
- 当执行 PWRSAV 指令时 (即, 进入休眠或空闲模式)
- 当器件退出休眠或空闲模式恢复正常工作时
- 当在正常执行过程中执行 CLRWDI 指令时

注: 执行 CLRWDI 和 PWRSAV 指令会将预分频器和后分频器的计数值清零。

23.4.2 休眠和空闲模式

如果使能了 WDT, 它将在休眠或空闲模式下继续运行。当发生 WDT 超时时, 将唤醒器件并且将从执行 PWRSAV 指令处继续执行代码。在器件唤醒后, 需要用软件将相应的 SLEEP 或 IDLE 位 (分别为 RCON<3> 和 RCON<2>) 清零。

23.4.3 使能 WDT

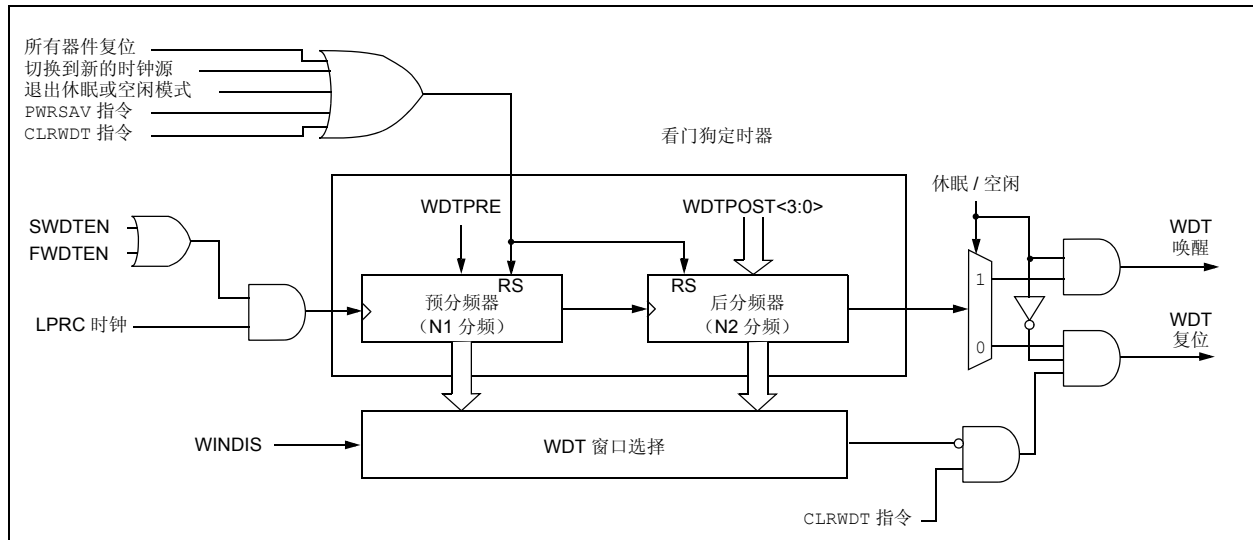
WDT 的使能或禁止由 FWDT 配置寄存器中的 FWDTEN 配置位控制。当 FWDTEN 配置位置 1 时, WDT 总是使能。

当 FWDTEN 配置位已被编程为 0 时, 可以选择用软件控制 WDT。用软件通过将 SWDTEN 控制位 (RCON<5>) 置 1 来使能 WDT。任何器件复位都会导致 SWDTEN 控制位清零。软件 WDT 选项允许用户应用程序在关键代码段使能 WDT 并在非关键代码段禁止 WDT, 从而最大限度地降低功耗。

注: 如果 WINDIS 位 (FWDT<6>) 清零, 应用软件应仅在 WDT 周期的最后 1/4 周期中执行 CLRWDI 指令。该 CLRWDI 窗口可通过使用定时器确定。如果在该窗口之前执行 CLRWDI 指令, 将发生 WDT 复位。

WDT 标志位 WDTO (RCON<4>) 不会在 WDT 超时后自动清零。要检测后续的 WDT 事件, 必须用软件将该标志位清零。

图 23-2: WDT 框图



23.5 在线串行编程

可以在最终的应用电路中对 PIC24FJ16MC101/102 器件进行串行编程。只需要 5 根线即可实现这一操作，其中时钟线、数据线各一根，其余 3 根分别是电源线、接地线和编程电压线。串行编程允许用户在生产电路板时使用未编程器件，而仅在产品交付之前才对单片机进行编程，从而可以使用最新版本的固件或者定制固件进行编程。关于在线串行编程（ICSP）的详细信息，请参见 “*PIC24FJXXMC Family Flash Programming Specification*”（DS70512）。

可使用 3 对编程时钟 / 数据引脚中的任意一对：

- PGEC1 和 PGED1
- PGEC2 和 PGED2
- PGEC3 和 PGED3

23.6 在线调试器

当选择 MPLAB® ICD 2 作为调试器时，将使能在线调试功能。该功能允许与 MPLAB IDE 配合使用来进行简单的调试。通过 PGECx（仿真 / 调试时钟）和 PGEDx（仿真 / 调试数据）引脚功能控制调试功能。

可使用 3 对调试时钟 / 数据引脚中的任意一对：

- PGEC1 和 PGED1
- PGEC2 和 PGED2
- PGEC3 和 PGED3

要使用器件的在线调试功能，就必须在设计中对 MCLR、VDD、VSS 和 PGECx/PGEDx 引脚对进行正确的 ICSP 连接。此外，当使能该功能时，某些资源就不能用于一般用途了。这些资源包括数据 RAM 的前 80 字节和两个 I/O 引脚。

24.0 指令集汇总

- 注 1:** 本数据手册总结了PIC24FJ16MC101/102系列器件的特性。但是不应把本手册当作无所不包的参考大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见最新的《PIC24F系列参考手册》章节，这些文档可从Microchip网站(www.microchip.com)下载。
- 2:** 请注意，本数据手册第26.0节“电气特性”中的规范可取代任何可能在《PIC24F系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。

与以前的PIC[®] MCU指令集相比，PIC24F指令集添加了许多增强功能，同时保持了易于从以前PIC MCU指令集移植的特点。

大部分指令的长度为一个程序存储字（24位）。只有三条指令需要两个程序存储单元。

每一条单字指令长24位，分为一个指定指令类型的8位操作码和进一步指定指令操作的一个或多个操作数。

指令集是高度正交的，分为5个基本类别：

- 针对字或字节的操作
- 针对位的操作
- 立即数操作
- 控制操作

表24-1列出了在说明指令时使用的通用符号。

表24-2是PIC24FXXXX指令集的汇总，列出了所有指令以及每条指令影响的状态标志。

大多数针对字或字节的W寄存器指令（包括桶形移位指令）有三个操作数：

- 第一个源操作数，通常是寄存器Wb，不带任何地址修改量
- 第二个源操作数，通常是寄存器Ws，带或不带地址修改量
- 保存结果的目标寄存器，通常是寄存器Wd，带或不带地址修改量

不过，针对字或字节的文件寄存器指令只有两个操作数：

- 文件寄存器，由f值指定
- 目标寄存器，可以是文件寄存器f或W0寄存器（用WREG表示）

大多数位操作类指令（包括简单的循环/移位指令）有两个操作数：

- W寄存器（带或不带地址修改量）或文件寄存器（由Ws或f的值指定）
- W寄存器或文件寄存器中的位（由一个立即数值指定，或者由寄存器Wb的内容间接指定）

涉及数据传送的立即数指令，可以使用下列操作数：

- 要被装入到W寄存器或文件寄存器中的立即数（由k指定）
- 要装入立即数的W寄存器或文件寄存器（由Wb或f指定）

然而，涉及算术或逻辑运算的立即数指令，使用如下的操作数：

- 第一个源操作数是寄存器Wb，不带任何地址修改量
- 第二个源操作数是立即数
- 操作结果的目标寄存器（仅在与第一个源操作数不同时）通常是寄存器Wd（带或不带地址修改量）

控制指令可以使用下列操作数：

- 程序存储器地址
- 表读和表写指令的模式

PIC24FJ16MC101/102

大多数指令都是单字指令。双字指令之所以是双字长的（48 位），是因为要用 48 位来提供所需信息。在第二个字中，高 8 位全为 0。如果指令自身将第二个字当作一条指令来执行的话，它将作为一条 NOP 指令来执行。

双字指令执行需要两个指令周期。

大多数单字长指令都在一个指令周期内执行，除非条件测试为真或者指令执行结果改变了程序计数器。对于上述两种特殊情况，指令执行需要两个指令周期，在第二个指令周期中执行一条 NOP 指令。值得注意的例外是

BRA（无条件 / 计算跳转）、间接 CALL/GOTO、所有的表读和表写以及 RETURN/RETFIE 指令，它们是单字长指令，但执行需要两个或三个周期。某些可能涉及到跳过后续指令的指令，如果要执行跳过的话，可能需要两个或三个周期，这取决于被跳过的指令是单字还是双字指令。此外，双字传送需要两个周期。

注： 关于指令集的更多详细信息，请参见《16 位 MCU 和 DSC 程序员参考手册》（DS70157E_CN）。

表 24-1: 操作码说明中使用的符号

字段	说明
#text	表示由 text 定义的立即数
(text)	表示 text 的内容
[text]	表示由 text 寻址的存储单元
{ }	可选字段或操作
<n:m>	寄存器位域
.b	字节模式选择
.d	双字模式选择
.S	影子寄存器选择
.w	字模式选择（默认）
Acc	两个累加器 {A, B} 之一
AWB	累加器回写目标地址寄存器 ∈ {W13, [W13]+ = 2}
bit4	4 位位选择字段（用于字寻址指令） ∈ {0...15}
C, DC, N, OV, Z	MCU 状态位：进位、半进位、负、溢出和全零标志位
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 ∈ {0x0000...0x1FFF}
lit1	1 位无符号立即数 ∈ {0,1}
lit4	4 位无符号立即数 ∈ {0...15}
lit5	5 位无符号立即数 ∈ {0...31}
lit8	8 位无符号立即数 ∈ {0...255}
lit10	10 位无符号立即数，对于字节模式， ∈ {0...255}；对于字模式， ∈ {0:1023}
lit14	14 位无符号立即数 ∈ {0...16384}
lit16	16 位无符号立即数 ∈ {0...65535}
lit23	23 位无符号立即数 ∈ {0...8388608}；LSb 必须为 0
None	字段无需内容，可为空
OA, OB, SA, SB	DSP 状态位：ACCA 溢出、ACCB 溢出、ACCA 饱和和 ACCB 饱和
PC	程序计数器
Slit10	10 位有符号立即数 ∈ {-512...511}
Slit16	16 位有符号立即数 ∈ {-32768...32767}
Slit6	6 位有符号立即数 ∈ {-16...16}
Wb	基本 W 寄存器 ∈ {W0...W15}
Wd	目标 W 寄存器 ∈ {Wd, [Wd], [Wd++], [Wd--], [++Wd], [--Wd]}
Wdo	目标 W 寄存器 ∈ {Wnd, [Wnd], [Wnd++], [Wnd--], [++Wnd], [--Wnd], [Wnd+Wb]}
Wm, Wn	被除数和除数工作寄存器对（直接寻址）

表 24-1: 操作码说明中使用的符号 (续)

字段	说明
Wm*Wm	用于平方指令的被乘数和乘数工作寄存器对 $\in \{W4 * W4, W5 * W5, W6 * W6, W7 * W7\}$
Wn	16 个工作寄存器之一 $\in \{W0...W15\}$
Wnd	16 个目标工作寄存器之一 $\in \{W0...W15\}$
Wns	16 个源工作寄存器之一 $\in \{W0...W15\}$
WREG	W0 (文件寄存器指令中使用的工作寄存器)
Ws	源 W 寄存器 $\in \{Ws, [Ws], [Ws++], [Ws--], [++Ws], [--Ws]\}$
Wso	源 W 寄存器 $\in \{Wns, [Wns], [Wns++], [Wns--], [++Wns], [--Wns], [Wns+Wb]\}$

表 24-2: 指令集概述

汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
ADD	ADD Acc	累加器相加	1	1	OA,OB,SA,SB
	ADD f	$f = f + WREG$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	ADD f, WREG	$WREG = f + WREG$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	ADD #lit10, Wn	$Wd = lit10 + Wd$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	ADD Wb, Ws, Wd	$Wd = Wb + Ws$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	ADD Wb, #lit5, Wd	$Wd = Wb + lit5$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	ADD Wso, #Slit4, Acc	将 16 位有符号立即数加到累加器	1	1	OA,OB,SA,SB
ADDC	ADDC f	$f = f + WREG + (C)$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	ADDC f, WREG	$WREG = f + WREG + (C)$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	ADDC #lit10, Wn	$Wd = lit10 + Wd + (C)$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	ADDC Wb, Ws, Wd	$Wd = Wb + Ws + (C)$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	ADDC Wb, #lit5, Wd	$Wd = Wb + lit5 + (C)$	1	1	C,DC,N,OV,Z
AND	AND f	$f = f .AND. WREG$	1	1	N,Z
	AND f, WREG	$WREG = f .AND. WREG$	1	1	N,Z
	AND #lit10, Wn	$Wd = lit10 .AND. Wd$	1	1	N,Z
	AND Wb, Ws, Wd	$Wd = Wb .AND. Ws$	1	1	N,Z
	AND Wb, #lit5, Wd	$Wd = Wb .AND. lit5$	1	1	N,Z
ASR	ASR f	$f =$ 算术右移 f	1	1	C,N,OV,Z
	ASR f, WREG	$WREG =$ 算术右移 f	1	1	C,N,OV,Z
	ASR Ws, Wd	$Wd =$ 算术右移 Ws	1	1	C,N,OV,Z
	ASR Wb, Wns, Wnd	$Wnd =$ 将 Wb 算术右移 Wns 位	1	1	N,Z
	ASR Wb, #lit5, Wnd	$Wnd =$ 将 Wb 算术右移 $lit5$ 位	1	1	N,Z
BCLR	BCLR f, #bit4	将 f 中的指定位清零	1	1	无
	BCLR Ws, #bit4	将 Ws 中的指定位清零	1	1	无
BRA	BRA C, Expr	如果有进位则跳转	1	1 (2)	无
	BRA GE, Expr	如果大于或等于则跳转	1	1 (2)	无
	BRA GEU, Expr	如果无符号大于或等于则跳转	1	1 (2)	无
	BRA GT, Expr	如果大于则跳转	1	1 (2)	无
	BRA GTU, Expr	如果无符号大于则跳转	1	1 (2)	无
	BRA LE, Expr	如果小于或等于则跳转	1	1 (2)	无
	BRA LEU, Expr	如果无符号小于或等于则跳转	1	1 (2)	无
	BRA LT, Expr	如果小于则跳转	1	1 (2)	无
	BRA LTU, Expr	如果无符号小于则跳转	1	1 (2)	无
	BRA N, Expr	如果为负则跳转	1	1 (2)	无
	BRA NC, Expr	如果没有进位则跳转	1	1 (2)	无
	BRA NN, Expr	如果不为负则跳转	1	1 (2)	无
	BRA NOV, Expr	如果未溢出则跳转	1	1 (2)	无
	BRA NZ, Expr	如果不为零则跳转	1	1 (2)	无
	BRA OA, Expr	如果累加器 A 溢出则跳转	1	1 (2)	无
	BRA OB, Expr	如果累加器 B 溢出则跳转	1	1 (2)	无
	BRA OV, Expr	如果溢出则跳转	1	1 (2)	无
	BRA SA, Expr	如果累加器 A 饱和则跳转	1	1 (2)	无
	BRA SB, Expr	如果累加器 B 饱和则跳转	1	1 (2)	无
	BRA Expr	无条件跳转	1	2	无
	BRA Z, Expr	如果为零则跳转	1	1 (2)	无
	BRA Wn	计算跳转	1	2	无
BSET	BSET f, #bit4	将 f 中的指定位置 1	1	1	无
	BSET Ws, #bit4	将 Ws 中的指定位置 1	1	1	无
BSW	BSW.C Ws, Wb	将 C 位内容写入 $Ws < Wb >$	1	1	无
	BSW.Z Ws, Wb	将 Z 位内容取反写入 $Ws < Wb >$	1	1	无

表 24-2: 指令集概述 (续)

汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
BTG	BTG $f, \#bit4$	将 f 中的指定位取反	1	1	无
	BTG $Ws, \#bit4$	将 Ws 中的指定位取反	1	1	无
BTSC	BTSC $f, \#bit4$	对 f 中的指定位进行测试, 如果为零则跳过	1	1 (2或3)	无
	BTSC $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的指定位进行测试, 如果为零则跳过	1	1 (2或3)	无
BTSS	BTSS $f, \#bit4$	对 f 中的指定位进行测试, 如果为 1 则跳过	1	1 (2或3)	无
	BTSS $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的指定位进行测试, 如果为 1 则跳过	1	1 (2或3)	无
BTST	BTST $f, \#bit4$	对 f 中的指定位进行测试	1	1	Z
	BTST.C $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的指定位进行测试, 并将其值存储到 C	1	1	C
	BTST.Z $Ws, \#bit4$	对 Ws 中的指定位进行测试, 并将其反码存储到 Z	1	1	Z
	BTST.C Ws, Wb	对 $Ws<Wb>$ 位进行测试, 并将其值存储到 C	1	1	C
	BTST.Z Ws, Wb	对 $Ws<Wb>$ 位进行测试, 并将其反码存储到 Z	1	1	Z
BTSTS	BTSTS $f, \#bit4$	对 f 中的指定位进行测试, 并将 f 中的该位置 1	1	1	Z
	BTSTS. $Ws, \#bit4$ C	对 Ws 中的指定位进行测试, 并将其值存储到 C, 然后将 Ws 中的该位置 1	1	1	C
	BTSTS. $Ws, \#bit4$ Z	对 Ws 中的指定位进行测试, 并将其反码存储到 Z, 然后将 Ws 中的该位置 1	1	1	Z
CALL	CALL $lit23$	调用子程序	2	2	无
	CALL Wn	间接调用子程序	1	2	无
CLR	CLR f	$f = 0x0000$	1	1	无
	CLR WREG	WREG = 0x0000	1	1	无
	CLR Ws	$Ws = 0x0000$	1	1	无
	CLR $Acc, Wx, Wxd, Wy, Wyd, AWB$	将累加器清零	1	1	OA,OB,SA,SB
CLRWDT	CLRWDT	将看门狗定时器清零	1	1	WDTO,Sleep
COM	COM f	$f = \bar{f}$	1	1	N,Z
	COM $f, WREG$	WREG = $\bar{f}$	1	1	N,Z
	COM Ws, Wd	$Wd = \overline{Ws}$	1	1	N,Z
CP	CP f	比较 f 和 WREG	1	1	C,DC,N,OV,Z
	CP $Wb, \#lit5$	比较 Wb 和 $lit5$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	CP Wb, Ws	比较 Wb 和 Ws ($Wb - Ws$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
CP0	CP0 f	比较 f 和 0x0000	1	1	C,DC,N,OV,Z
	CP0 Ws	比较 Ws 和 0x0000	1	1	C,DC,N,OV,Z
CPB	CPB f	带借位比较 f 和 WREG	1	1	C,DC,N,OV,Z
	CPB $Wb, \#lit5$	带借位比较 Wb 和 $lit5$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	CPB Wb, Ws	带借位比较 Wb 和 Ws ($Wb - Ws - C$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
CPSEQ	CPSEQ Wb, Wn	比较 Wb 和 Wn , 如果相等则跳过	1	1 (2或3)	无
CPSGT	CPSGT Wb, Wn	比较 Wb 和 Wn , 如果大于则跳过	1	1 (2或3)	无
CPSLT	CPSLT Wb, Wn	比较 Wb 和 Wn , 如果小于则跳过	1	1 (2或3)	无
CPSNE	CPSNE Wb, Wn	比较 Wb 和 Wn , 如果不相等则跳过	1	1 (2或3)	无
DAW	DAW Wn	$Wn =$ 十进制调整 Wn	1	1	C
DEC	DEC f	$f = f - 1$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	DEC $f, WREG$	WREG = $f - 1$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	DEC Ws, Wd	$Wd = Ws - 1$	1	1	C,DC,N,OV,Z

PIC24FJ16MC101/102

表 24-2: 指令集概述 (续)

汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
DEC2	DEC2 f	$f = f - 2$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	DEC2 f, WREG	$WREG = f - 2$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	DEC2 Ws, Wd	$Wd = Ws - 2$	1	1	C,DC,N,OV,Z
DISI	DISI #lit14	在 k 个指令周期内禁止中断	1	1	无
DIV	DIV.S Wm, Wn	有符号 16/16 位整数除法	1	18	N,Z,C,OV
	DIV.SD Wm, Wn	有符号 32/16 位整数除法	1	18	N,Z,C,OV
	DIV.U Wm, Wn	无符号 16/16 位整数除法	1	18	N,Z,C,OV
	DIV.UD Wm, Wn	无符号 32/16 位整数除法	1	18	N,Z,C,OV
EXCH	EXCH Wns, Wnd	交换 Wns 和 Wnd 的内容	1	1	无
FBCL	FBCL Ws, Wnd	从左边 (MSb) 开始查找第一个位变化	1	1	C
FF1L	FF1L Ws, Wnd	从左边 (MSb) 开始查找第一个 1	1	1	C
FF1R	FF1R Ws, Wnd	从右边 (LSb) 开始查找第一个 1	1	1	C
GOTO	GOTO Expr	跳转到地址	2	2	无
	GOTO Wn	间接跳转到地址	1	2	无
INC	INC f	$f = f + 1$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	INC f, WREG	$WREG = f + 1$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	INC Ws, Wd	$Wd = Ws + 1$	1	1	C,DC,N,OV,Z
INC2	INC2 f	$f = f + 2$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	INC2 f, WREG	$WREG = f + 2$	1	1	C,DC,N,OV,Z
	INC2 Ws, Wd	$Wd = Ws + 2$	1	1	C,DC,N,OV,Z
IOR	IOR f	$f = f .IOR. WREG$	1	1	N,Z
	IOR f, WREG	$WREG = f .IOR. WREG$	1	1	N,Z
	IOR #lit10, Wn	$Wd = lit10 .IOR. Wd$	1	1	N,Z
	IOR Wb, Ws, Wd	$Wd = Wb .IOR. Ws$	1	1	N,Z
	IOR Wb, #lit5, Wd	$Wd = Wb .IOR. lit5$	1	1	N,Z
LAC	LAC Wso, #Slit4, Acc	装载累加器	1	1	OA,OB,OAB,SA,SB,SAB
LNK	LNK #lit14	分配堆栈帧	1	1	无
LSR	LSR f	$f =$ 逻辑右移 f	1	1	C,N,OV,Z
	LSR f, WREG	$WREG =$ 逻辑右移 f	1	1	C,N,OV,Z
	LSR Ws, Wd	$Wd =$ 逻辑右移 Ws	1	1	C,N,OV,Z
	LSR Wb, Wns, Wnd	$Wnd =$ 将 Wb 逻辑右移 Wns 位	1	1	N,Z
	LSR Wb, #lit5, Wnd	$Wnd =$ 将 Wb 逻辑右移 lit5 位	1	1	N,Z
MOV	MOV f, Wn	将 f 中的内容送入 Wn	1	1	无
	MOV f	将 f 中的内容送入目标寄存器	1	1	N,Z
	MOV f, WREG	将 f 中的内容送入 WREG	1	1	无
	MOV #lit16, Wn	将 16 位立即数送入 Wn	1	1	无
	MOV.b #lit8, Wn	将 8 位立即数送入 Wn	1	1	无
	MOV Wn, f	将 Wn 中的内容送入 f	1	1	无
	MOV Wso, Wdo	将 Ws 中的内容送入 Wd	1	1	无
	MOV WREG, f	将 WREG 中的内容送入 f	1	1	无
	MOV.D Wns, Wd	将 W(ns):W(ns + 1) 中的双字内容送入 Wd	1	2	无
	MOV.D Ws, Wnd	将 Ws 中的双字内容送入 W(nd + 1):W(nd)	1	2	无

表 24-2: 指令集概述 (续)

汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
MUL	MUL.SS Wb, Ws, Wnd	{Wnd + 1, Wnd} = 有符号 (Wb) * 有符号 (Ws)	1	1	无
	MUL.SU Wb, Ws, Wnd	{Wnd + 1, Wnd} = 有符号 (Wb) * 无符号 (Ws)	1	1	无
	MUL.US Wb, Ws, Wnd	{Wnd + 1, Wnd} = 无符号 (Wb) * 有符号 (Ws)	1	1	无
	MUL.UU Wb, Ws, Wnd	{Wnd + 1, Wnd} = 无符号 (Wb) * 无符号 (Ws)	1	1	无
	MUL.SU Wb, #lit5, Wnd	{Wnd + 1, Wnd} = 有符号 (Wb) * 无符号 (lit5)	1	1	无
	MUL.UU Wb, #lit5, Wnd	{Wnd + 1, Wnd} = 无符号 (Wb) * 无符号 (lit5)	1	1	无
	MUL f	W3:W2 = f * WREG	1	1	无
NEG	NEG Acc	将累加器内容求补	1	1	OA, OB, OAB, SA, SB, SAB
	NEG f	$f = \bar{f} + 1$	1	1	C, DC, N, OV, Z
	NEG f, WREG	WREG = $\bar{f} + 1$	1	1	C, DC, N, OV, Z
	NEG Ws, Wd	$Wd = \overline{Ws} + 1$	1	1	C, DC, N, OV, Z
NOP	NOP	空操作	1	1	无
	NOPR	空操作	1	1	无
POP	POP f	将栈顶 (Top-of-Stack, TOS) 的内容弹出到 f	1	1	无
	POP Wdo	将栈顶 (TOS) 的内容弹出到 Wdo	1	1	无
	POP.D Wnd	将栈顶 (TOS) 的内容弹出到 W(nd):W(nd + 1)	1	2	无
	POP.S	将影子寄存器的内容弹出到主寄存器	1	1	全部
PUSH	PUSH f	将 f 的内容压入栈顶 (TOS)	1	1	无
	PUSH Wso	将 Wso 的内容压入栈顶 (TOS)	1	1	无
	PUSH.D Wns	将 W(ns):W(ns + 1) 的内容压入栈顶 (TOS)	1	2	无
	PUSH.S	将主寄存器中的内容压入影子寄存器	1	1	无
PWRSAB	PWRSAB #lit1	进入休眠或空闲模式	1	1	WDTO, Sleep
REPEAT	REPEAT #lit14	将下一条指令重复执行 lit14 + 1 次	1	1	无
	REPEAT Wn	将下一条指令重复执行 (Wn) + 1 次	1	1	无
RESET	RESET	软件器件复位	1	1	无
RETFIE	RETFIE	从中断返回	1	3 (2)	无
RETLW	RETLW #lit10, Wn	返回并将立即数存入 Wn	1	3 (2)	无
RETURN	RETURN	从子程序返回	1	3 (2)	无
RLC	RLC f	f = 对 f 执行带进位的循环左移	1	1	C, N, Z
	RLC f, WREG	WREG = 对 f 执行带进位的循环左移	1	1	C, N, Z
	RLC Ws, Wd	Wd = 对 Ws 执行带进位的循环左移	1	1	C, N, Z
RLNC	RLNC f	f = 循环左移 f (不带进位)	1	1	N, Z
	RLNC f, WREG	WREG = 循环左移 f (不带进位)	1	1	N, Z
	RLNC Ws, Wd	Wd = 循环左移 Ws (不带进位)	1	1	N, Z
RRC	RRC f	f = 对 f 执行带进位的循环右移	1	1	C, N, Z
	RRC f, WREG	WREG = 对 f 执行带进位的循环右移	1	1	C, N, Z
	RRC Ws, Wd	Wd = 对 Ws 执行带进位的循环右移	1	1	C, N, Z
RRNC	RRNC f	f = 循环右移 f (不带进位)	1	1	N, Z
	RRNC f, WREG	WREG = 循环右移 f (不带进位)	1	1	N, Z
	RRNC Ws, Wd	Wd = 循环右移 Ws (不带进位)	1	1	N, Z
SAC	SAC Acc, #Slit4, Wdo	保存累加器内容	1	1	无
	SAC.R Acc, #Slit4, Wdo	保存舍入后的累加器内容	1	1	无

表 24-2: 指令集概述 (续)

汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
SE	SE Ws, Wnd	Wnd = 符号扩展后的 Ws	1	1	C,N,Z
SETM	SETM f	f = 0xFFFF	1	1	无
	SETM WREG	WREG = 0xFFFF	1	1	无
	SETM Ws	Ws = 0xFFFF	1	1	无
SFTAC	SFTAC Acc, Wn	对累加器算术移位 (Wn) 次	1	1	OA,OB,OAB,SA,SB,SAB
	SFTAC Acc, #Slit6	对累加器算术移位 Slit6 次	1	1	OA,OB,OAB,SA,SB,SAB
SL	SL f	f = 左移 f	1	1	C,N,OV,Z
	SL f, WREG	WREG = 左移 f	1	1	C,N,OV,Z
	SL Ws, Wd	Wd = 左移 Ws	1	1	C,N,OV,Z
	SL Wb, Wns, Wnd	Wnd = 将 Wb 左移 Wns 位	1	1	N,Z
	SL Wb, #lit5, Wnd	Wnd = 将 Wb 左移 lit5 位	1	1	N,Z
SUB	SUB Acc	从累加器减去	1	1	OA,OB,OAB,SA,SB,SAB
	SUB f	f = f - WREG	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUB f, WREG	WREG = f - WREG	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUB #lit10, Wn	Wn = Wn - lit10	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUB Wb, Ws, Wd	Wd = Wb - Ws	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUB Wb, #lit5, Wd	Wd = Wb - lit5	1	1	C,DC,N,OV,Z
SUBB	SUBB f	f = f - WREG - ($\overline{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBB f, WREG	WREG = f - WREG - ($\overline{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBB #lit10, Wn	Wn = Wn - lit10 - ($\overline{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBB Wb, Ws, Wd	Wd = Wb - Ws - ($\overline{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBB Wb, #lit5, Wd	Wd = Wb - lit5 - ($\overline{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
SUBR	SUBR f	f = WREG - f	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBR f, WREG	WREG = WREG - f	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBR Wb, Ws, Wd	Wd = Ws - Wb	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBR Wb, #lit5, Wd	Wd = lit5 - Wb	1	1	C,DC,N,OV,Z
SUBBR	SUBBR f	f = WREG - f - ($\overline{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBBR f, WREG	WREG = WREG - f - ($\overline{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBBR Wb, Ws, Wd	Wd = Ws - Wb - ($\overline{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
	SUBBR Wb, #lit5, Wd	Wd = lit5 - Wb - ($\overline{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
SWAP	SWAP.b Wn	Wn = 半字节交换 Wn 内容	1	1	无
	SWAP Wn	Wn = 将 Wn 的两个字节相交换	1	1	无
TBLRDH	TBLRDH Ws, Wd	将程序存储器中某个单元的 bit<23:16> 读入 Wd<7:0>	1	2	无
TBLRDL	TBLRDL Ws, Wd	将程序存储器中某个单元的 bit<15:0> 读入 Wd	1	2	无
TBLWTH	TBLWTH Ws, Wd	将 Ws<7:0> 写入程序存储器中某个单元的 bit<23:16>	1	2	无
TBLWTL	TBLWTL Ws, Wd	将 Ws 写入程序存储器中某个单元的 bit<15:0>	1	2	无
ULNK	ULNK	释放堆栈帧	1	1	无
XOR	XOR f	f = f .XOR. WREG	1	1	N,Z
	XOR f, WREG	WREG = f .XOR. WREG	1	1	N,Z
	XOR #lit10, Wn	Wd = lit10 .XOR. Wd	1	1	N,Z
	XOR Wb, Ws, Wd	Wd = Wb .XOR. Ws	1	1	N,Z
	XOR Wb, #lit5, Wd	Wd = Wb .XOR. lit5	1	1	N,Z
ZE	ZE Ws, Wnd	Wnd = 零扩展后的 Ws	1	1	C,Z,N

25.0 开发支持

一系列软件及硬件开发工具对 PIC® 单片机和 dsPIC® 数字信号控制器提供支持：

- 集成开发环境
 - MPLAB® IDE 软件
- 编译器 / 汇编器 / 链接器
 - 适用于各种器件系列的 MPLAB C 编译器
 - 适用于各种器件系列的 HI-TECH C 编译器
 - MPASM™ 汇编器
 - MPLINK™ 目标链接器 / MPLIB™ 目标库管理器
 - 适用于各种器件系列的 MPLAB 汇编器/链接器/库管理器
- 模拟器
 - MPLAB SIM 软件模拟器
- 仿真器
 - MPLAB REAL ICE™ 在线仿真器
- 在线调试器
 - MPLAB ICD 3
 - PICKit™ 3 Debug Express
- 器件编程器
 - PICKit™ 2 编程器
 - MPLAB PM3 器件编程器
- 低成本演示 / 开发板、评估工具包及入门工具包

25.1 MPLAB 集成开发环境软件

MPLAB IDE 软件为 8/16/32 位单片机市场提供了前所未有的易于使用的软件开发平台。MPLAB IDE 是基于 Windows® 操作系统的应用软件，包括：

- 一个包含所有调试工具的图形界面
 - 模拟器
 - 编程器（单独销售）
 - 在线仿真器（单独销售）
 - 在线调试器（单独销售）
- 具有彩色上下文代码显示的全功能编辑器
- 多项目管理器
- 内容可直接编辑的可定制式数据窗口
- 高级源代码调试
- 鼠标停留在变量上进行查看的功能
- 将变量从源代码窗口拖放到 Watch（观察）窗口
- 丰富的在线帮助
- 集成了可选的第三方工具，如 IAR C 编译器

MPLAB IDE 可以让您：

- 编辑源文件（C 语言或汇编语言）
- 点击一次即可完成编译或汇编，并将代码下载到仿真器和模拟器工具中（自动更新所有项目信息）
- 可使用如下各项进行调试：
 - 源文件（C 语言或汇编语言）
 - 混合 C 语言和汇编语言
 - 机器码

MPLAB IDE 在单个开发范例中支持使用多种调试工具，包括从成本效益高的模拟器到低成本的在线调试器，再到全功能的仿真器。这样缩短了用户升级到更加灵活而功能强大的工具时的学习时间。

25.2 适用于各种器件系列的 MPLAB C 编译器

MPLAB C 编译器代码开发系统是完整的 ANSI C 编译器，适用于 Microchip 的 PIC18、PIC24 和 PIC32 系列单片机及 dsPIC30 和 dsPIC33 系列数字信号控制器。这些编译器提供强大的集成功能和出众的代码优化能力，且使用方便。

为便于源代码调试，编译器提供针对 MPLAB IDE 调试器优化的符号信息。

25.3 适用于各种器件系列的 HI-TECH C 编译器

HI-TECH C 编译器代码开发系统是完整的 ANSI C 编译器，适用于 Microchip 的 PIC 系列单片机及 dsPIC 系列数字信号控制器。这些编译器提供强大的集成功能和全知代码生成能力，且使用方便。

为便于源代码调试，编译器提供针对 MPLAB IDE 调试器优化的符号信息。

编译器包括一个宏汇编器、链接器、预处理程序和单步驱动程序，可以在多种平台上运行。

25.4 MPASM 汇编器

MPASM 汇编器是全功能通用宏汇编器，适用于 PIC10/12/16/18 MCU。

MPASM 汇编器可生成用于 MPLINK 目标链接器的可重定位目标文件、Intel® 标准 HEX 文件、详细描述存储器使用状况和符号参考的 MAP 文件、包含源代码行及生成机器码的绝对 LST 文件以及用于调试的 COFF 文件。

MPASM 汇编器具有如下特性：

- 集成在 MPLAB IDE 项目中
- 用户定义的宏可简化汇编代码
- 对多用途源文件进行条件汇编
- 允许完全控制汇编过程的指令

25.5 MPLINK 目标链接器 / MPLIB 目标库管理器

MPLINK 目标链接器包含了由 MPASM 汇编器、MPLAB C18 C 编译器产生的可重定位目标。通过使用链接器脚本中的指令，它还可链接预编译库中的可重定位目标。

MPLIB 目标库管理器管理预编译代码库文件的创建和修改。当从源文件调用库中的一段子程序时，只有包含此子程序的模块被链接到应用程序。这样可使大型库在许多不同应用中被高效地利用。

目标链接器 / 库管理器具有如下特性：

- 高效地连接单个的库而不是许多小文件
- 通过将相关的模块组合在一起增强代码的可维护性
- 只要列出、替换、删除和抽取模块，便可灵活地创建库

25.6 适用于各种器件系列的 MPLAB 汇编器、链接器和库管理器

MPLAB 汇编器为 PIC24、PIC32 和 dsPIC 器件从符号汇编语言生成可重定位机器码。MPLAB C 编译器使用该汇编器生成目标文件。汇编器产生可重定位目标文件之后，可将这些目标文件存档，或与其他可重定位目标文件和存档链接以生成可执行文件。该汇编器有如下显著特性：

- 支持整个器件指令集
- 支持定点数据和浮点数据
- 命令行界面
- 丰富的指令集
- 灵活的宏语言
- MPLAB IDE 兼容性

25.7 MPLAB SIM 软件模拟器

MPLAB SIM 软件模拟器通过在指令级对 PIC MCU 和 dsPIC® DSC 进行模拟，可在 PC 主机环境下进行代码开发。对于任何给定的指令，都可以对数据区进行检查或修改，并通过一个全面的激励控制器来施加激励。可以将各寄存器记录在文件中，以便进行进一步的运行时分析。跟踪缓冲区和逻辑分析器的显示使软件模拟器还能记录和跟踪程序的执行、I/O 的动作、大部分的外设及内部寄存器。

MPLAB SIM 软件模拟器完全支持使用 MPLAB C 编译器以及 MPASM 和 MPLAB 汇编器的符号调试。该软件模拟器可用于在硬件实验室环境外灵活地开发和调试代码，是一款完美且经济的软件开发工具。

25.8 MPLAB REAL ICE 在线仿真器系统

MPLAB REAL ICE 在线仿真器系统是 Microchip 针对其闪存 DSC 和 MCU 器件而推出的新一代高速仿真器。结合 MPLAB 集成开发环境（IDE）所具有的易于使用且功能强大的图形用户界面，该仿真器可对 PIC® 闪存 MCU 和 dsPIC® 闪存 DSC 进行调试和编程。IDE 是随每个工具包一起提供的。

该仿真器通过高速 USB 2.0 接口与设计工程师的 PC 相连，并利用与在线调试器系统兼容的连接器和（RJ11）或新型抗噪声、高速低压差分信号（LVDS）互连电缆（CAT5）与目标板相连。

可通过 MPLAB IDE 下载将来版本的固件，对该仿真器进行现场升级。在即将推出的 MPLAB IDE 版本中，会支持许多新器件，还将增加一些新特性。在同类仿真器中，MPLAB REAL ICE 的优势十分明显：低成本、全速仿真、运行时变量查看、跟踪分析、复杂断点、耐用的探针接口及较长（长达 3 米）的互连电缆。

25.9 MPLAB ICD 3 在线调试器系统

MPLAB ICD 3 在线调试器系统是 Microchip 成本效益最高的高速硬件调试器 / 编程器，适用于 Microchip 闪存数字信号控制器（DSC）和单片机（MCU）器件。结合 MPLAB 集成开发环境（IDE）所具有的功能强大但易于使用的图形用户界面，该调试器可对 PIC® 闪存单片机和 dsPIC® DSC 进行调试和编程。

MPLAB ICD 3 在线调试器通过高速 USB 2.0 接口与设计工程师的 PC 相连，并利用与 MPLAB ICD 2 或 MPLAB REAL ICE 系统兼容的连接器和（RJ-11）与目标板相连。MPLAB ICD 3 支持所有 MPLAB ICD 2 转接器。

25.10 PICkit 3 在线调试器/编程器及 PICkit 3 Debug Express

结合 MPLAB 集成开发环境（IDE）所具有的功能强大的图形用户界面，MPLAB PICkit 3 可对 PIC® 闪存单片机和 dsPIC® 数字信号控制器进行调试和编程，且价位较低。MPLAB PICkit 3 通过全速 USB 接口与设计工程师的 PC 相连，并利用 Microchip 调试（RJ-11）连接器（与 MPLAB ICD 3 和 MPLAB REAL ICE 兼容）与目标板相连。连接器使用两个器件 I/O 引脚和复位线来实现在线调试和在线串行编程。

PICkit 3 Debug Express 包括 PICkit 3、演示板和单片机、连接电缆和光盘（内含用户指南、课程、教程、编译器 and MPLAB IDE 软件）。

25.11 PICKit 2 开发编程器/调试器及 PICKit 2 Debug Express

PICKit™ 2 开发编程器/调试器是一款低成本开发工具，具有易于使用的界面，适用于对 Microchip 的闪存系列单片机进行编程和调试。这一全功能的 Windows® 编程界面支持低档（PIC10F、PIC12F5xx 和 PIC16F5xx）、中档（PIC12F6xx 和 PIC16F）、PIC18F、PIC24、dsPIC30、dsPIC33 和 PIC32 系列的 8 位、16 位及 32 位单片机，以及许多 Microchip 串行 EEPROM 产品。结合 Microchip 功能强大的 MPLAB 集成开发环境（IDE），PICKit 2 可对大多数 PIC® 单片机进行在线调试。即使 PIC 单片机已嵌入应用，在线调试功能仍可以运行、暂停和单步执行程序。在断点处暂停时，可以检查和修改文件寄存器。

PICKit 2 Debug Express 包括 PICKit 2、演示板和单片机、连接电缆和光盘（内含用户指南、课程、教程、编译器及 MPLAB IDE 软件）。

25.12 MPLAB PM3 器件编程器

MPLAB PM3 器件编程器是一款符合 CE 规范的通用器件编程器，在 VDDMIN 和 VDDMAX 点对其可编程电压进行校验以确保可靠性最高。它有一个用来显示菜单和错误消息的大 LCD 显示器（128 x 64），以及一个支持各种封装类型的可拆卸模块化插槽装置。编程器标准配置中带有一根 ICSP™ 电缆。在单机模式下，MPLAB PM3 器件编程器不必与 PC 相连即可对 PIC 器件进行读取、校验和编程。在该模式下它还可设置代码保护。MPLAB PM3 通过 RS-232 或 USB 电缆连接到 PC 主机上。MPLAB PM3 具备高速通信能力以及优化算法，可对具有大存储器的器件进行快速编程。它还包含了 MMC 卡，用于文件存储及数据应用。

25.13 演示 / 开发板、评估工具包及入门工具包

有许多演示、开发和评估板可用于各种 PIC MCU 和 dsPIC DSC，实现对全功能系统的快速应用开发。大多数的演示、开发和评估板都有实验布线区，供用户添加定制电路；还有应用固件和源代码，用于检查和修改。

这些板支持多种功能部件，包括 LED、温度传感器、开关、扬声器、RS-232 接口、LCD 显示器、电位计和附加 EEPROM 存储器。

演示和开发板可用于教学环境，在实验布线区设计定制电路，从而掌握各种单片机应用。

除了 PICDEM™ 和 dsPICDEM™ 演示 / 开发板系列电路外，Microchip 还有一系列评估工具包和演示软件，适用于模拟滤波器设计、KEELOQ® 数据安全产品 IC、CAN、IrDA®、PowerSmart 电池管理、SEEVAL® 评估系统、Σ-Δ ADC、流速传感器，等等。

同时还提供入门工具包，其中包含体验指定器件功能所需的所有软硬件。通常提供单个应用以及调试功能，都包含在一块电路板上。

有关演示、开发和评估工具包的完整列表，请访问 Microchip 网站（www.microchip.com）。

26.0 电气特性

注： 请注意，数据手册本章中的规范可取代任何可能在《PIC24F 系列参考手册》章节中提供的规范，这一点非常重要。

本章将对 PIC24FJ16MC101/102 的电气特性进行概括介绍。其余信息在本文档的将来版本中提供。

下面列出了 PIC24FJ16MC101/102 器件的绝对最大值。器件长时间工作在最大值条件下可能会影响其可靠性。我们不建议使器件在或超过本规范指定的最大值条件下运行。

绝对最大值⁽¹⁾

环境温度.....	-40°C 至 +125°C
储存温度.....	-65°C 至 +150°C
VDD 引脚相对于 VSS 的电压.....	-0.3V 至 +4.0V
任一非 5V 耐压引脚相对于 VSS 的电压 ⁽⁴⁾	-0.3V 至 (VDD + 0.3V)
任一 5V 耐压引脚相对于 VSS 的电压 (当 VDD ≥ 3.0V 时) ⁽⁴⁾	-0.3V 至 +5.6V
任一 5V 耐压引脚相对于 VSS 的电压 (当 VDD < 3.0V 时) ⁽⁴⁾	-0.3V 至 3.6V
流出 VSS 引脚的最大电流.....	300 mA
流入 VDD 引脚的最大电流 ⁽²⁾	250 mA
任一 I/O 引脚的最大输出灌电流 ⁽³⁾	8 mA
任一 I/O 引脚的最大输出拉电流 ⁽³⁾	8 mA
所有端口的最大灌电流.....	200 mA
所有端口的最大拉电流 ⁽²⁾	200 mA

- 注** **1：** 如果器件工作条件超过上述“绝对最大值”，可能引起器件永久性损坏。这仅是极限参数，我们不建议器件工作在极限值甚至超过上述极限值。器件长时间工作在极限条件下可能会影响其可靠性。
- 2：** 允许的最大电流由器件最大功耗决定（见表 26-2）。
- 3：** OSCO 引脚例外，其拉电流为 12 mA，灌电流为 10 mA。
- 4：** 关于 5V 耐压的引脚，请参见“引脚图”。

PIC24FJ16MC101/102

26.1 直流特性

表 26-1: 工作 MIPS 与电压

特性	VDD 范围 (单位: V)	温度范围 (单位: °C)	最大 MIPS
			PIC24FJ16MC101/102
DC5	3.0-3.6V	-40°C 至 +85°C	16
	3.0-3.6V	-40°C 至 +125°C	16

表 26-2: 热工作条件

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
工业级温度器件					
工作结温范围	TJ	-40	—	+125	°C
工作环境温度范围	TA	-40	—	+85	°C
扩展级温度器件					
工作结温范围	TJ	-40	—	+140	°C
工作环境温度范围	TA	-40	—	+125	°C
功耗: 芯片内部功耗: $P_{INT} = V_{DD} \times (I_{DD} - \Sigma I_{OH})$ I/O 引脚功耗: $I/O = \Sigma (\{V_{DD} - V_{OH}\} \times I_{OH}) + \Sigma (V_{OL} \times I_{OL})$	PD	PINT + PI/O			W
最大允许功耗	PDMAX	$(T_J - T_A)/\theta_{JA}$			W

表 26-3: 热封装特性

特性	符号	典型值	最大值	单位	注
封装热阻, 18 引脚 PDIP	θ_{JA}	50	—	°C/W	1
封装热阻, 20 引脚 PDIP	θ_{JA}	50	—	°C/W	1
封装热阻, 28 引脚 SPDIP	θ_{JA}	50	—	°C/W	1
封装热阻, 18 引脚 SOIC	θ_{JA}	63	—	°C/W	1
封装热阻, 20 引脚 SOIC	θ_{JA}	63	—	°C/W	1
封装热阻, 28 引脚 SOIC	θ_{JA}	55	—	°C/W	1
封装热阻, 20 引脚 SSOP	θ_{JA}	90	—	°C/W	1
封装热阻, 28 引脚 SSOP	θ_{JA}	71	—	°C/W	1
封装热阻, 28 引脚 QFN (6x6 mm)	θ_{JA}	37	—	°C/W	1
封装热阻, 36 引脚 TLA (5x5 mm)	θ_{JA}	31.1	—	°C/W	1

注 1: 通过封装模拟获得结点与环境的热阻值 θ_{JA} 。

表 26-4: 直流特性的温度和电压规范

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ (工业级) $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件
工作电压							
DC10	供电电压						
	VDD	—	3.0	—	3.6	V	工业级和扩展级
DC12	VDR	RAM 数据保持电压 ⁽²⁾	1.8	—	—	V	—
DC16	VPOR	确保内部上电复位信号的 VDD 启动电压	—	—	VSS	V	—
DC17	SVDD	确保内部上电复位信号的 VDD 上升速率	0.024	—	—	V/ms	0-2.4V/0.1s
DC18	VCORE	VDD 内核 ⁽³⁾ 内部稳压器电压	2.25	—	2.75	V	电压取决于负载、温度和 VDD

- 注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
 2: 这是在不丢失 RAM 数据的前提下, VDD 的下限值。
 3: 这些参数为近似特性值, 但生产时未经测试。

表 26-5: 电气特性: BOR

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ (工业级) $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值 ⁽¹⁾	典型值	最大值	单位	条件
BO10	VBOR	VDD 发生跳变时的 BOR 事件	2.40	2.48	2.55	V	—

- 注 1: 这些参数仅供设计参考, 生产时未经测试。

PIC24FJ16MC101/102

表 26-6: 直流特性: 工作电流 (IDD)

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度		
			-40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)		
参数编号	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件	
工作电流 (IDD) ⁽²⁾					
DC20d	0.7	1.7	mA	-40°C	3.3V LPRC (31 kHz) ⁽³⁾
DC20a	0.7	1.7	mA	+25°C	
DC20b	1.0	1.7	mA	+85°C	
DC20c	1.3	1.7	mA	+125°C	
DC21d	1.9	2.6	mA	-40°C	3.3V 1 MIPS ⁽³⁾
DC21a	1.9	2.6	mA	+25°C	
DC21b	1.9	2.6	mA	+85°C	
DC21c	2.0	2.6	mA	+125°C	
DC22d	6.5	8.5	mA	-40°C	3.3V 4 MIPS ⁽³⁾
DC22a	6.5	8.5	mA	+25°C	
DC22b	6.5	8.5	mA	+85°C	
DC22c	6.5	8.5	mA	+125°C	
DC23d	12.2	16	mA	-40°C	3.3V 10 MIPS ⁽³⁾
DC23a	12.2	16	mA	+25°C	
DC23b	12.2	16	mA	+85°C	
DC23c	12.2	16	mA	+125°C	
DC24d	16	21	mA	-40°C	3.3V 16 MIPS
DC24a	16	21	mA	+25°C	
DC24b	16	21	mA	+85°C	
DC24c	16	21	mA	+125°C	

- 注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
- 2: IDD 主要受工作电压和频率的影响。其他因素, 如 I/O 引脚负载和开关速率、振荡器类型、内部代码执行模式和温度也会对电流消耗产生影响。所有 IDD 测量值的测试条件如下:
- 振荡器配置为 EC 模式, OSC1 使用轨到轨外部方波驱动
 - 在配置字中将 CLK0 配置为 I/O 输入引脚
 - 所有 I/O 引脚配置为输入且被拉到 Vss
 - $\overline{\text{MCLR}} = \text{VDD}$, WDT 和 FSCM 被禁止
 - CPU、SRAM、程序存储器和数据存储器处于工作状态
 - 外设模块都不工作; 但是, 仍然为每个外设提供时钟 (PMDx 的所有位均为零)
 - CPU 执行 while(1) 语句
- 3: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

表 26-7: 直流特性: 空闲电流 (IDLE)

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度		
			-40°C ≤ Ta ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ Ta ≤ +125°C (扩展级)		
参数编号	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件	
空闲电流 (IDLE): 内核不工作、时钟工作时的基本电流 ⁽²⁾					
DC40d	0.6	1.6	mA	-40°C	3.3V LPRC (31 kHz) ⁽³⁾
DC40a	0.6	1.6	mA	+25°C	
DC40b	0.9	1.6	mA	+85°C	
DC40c	1.2	1.6	mA	+125°C	
DC41d	0.5	1.1	mA	-40°C	3.3V 1 MIPS ⁽³⁾
DC41a	0.5	1.1	mA	+25°C	
DC41b	0.5	1.1	mA	+85°C	
DC41c	0.8	1.1	mA	+125°C	
DC42d	0.9	1.6	mA	-40°C	3.3V 4 MIPS ⁽³⁾
DC42a	0.9	1.6	mA	+25°C	
DC42b	1.0	1.6	mA	+85°C	
DC42c	1.2	1.6	mA	+125°C	
DC43d	1.6	2.6	mA	-40°C	3.3V 10 MIPS ⁽³⁾
DC43a	1.6	2.6	mA	+25°C	
DC43b	1.7	2.6	mA	+85°C	
DC43c	2	2.6	mA	+125°C	
DC44d	2.4	3.8	mA	-40°C	3.3V 16 MIPS ⁽³⁾
DC44a	2.4	3.8	mA	+25°C	
DC44b	2.6	3.8	mA	+85°C	
DC44c	2.9	3.8	mA	+125°C	

注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。

2: 基本空闲电流的测量条件如下:

- CPU 内核不工作, 振荡器配置为 EC 模式, OSC1 使用轨到轨外部方波驱动
- 在配置字中将 CLK0 配置为 I/O 输入引脚
- 外部辅助振荡器 (Sosc) 被禁止 (即, SOSCO 和 SOSCI 引脚配置为数字 I/O 输入)
- 所有 I/O 引脚配置为输入且被拉到 Vss
- MCLR = VDD, WDT 和 FSCM 被禁止
- 外设模块都不工作; 但是, 仍然为每个外设提供时钟 (PMDx 的所有位均为零)
- VREGS 位 (RCON<8>) = 1

3: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

表 26-8：直流特性：掉电电流（IPD）

直流特性			标准工作条件：3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度-40°C ≤ TA ≤ +85°C（工业级） -40°C ≤ TA ≤ +125°C（扩展级）		
参数编号	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件	
掉电电流（IPD） ⁽²⁾					
DC60d	27	250	μA	-40°C	3.3V 基本掉电电流 ^(3,4)
DC60a	32	250	μA	+25°C	
DC60b	43	250	μA	+85°C	
DC60c	150	500	μA	+125°C	
DC61d	420	600	μA	-40°C	3.3V 看门狗定时器电流：ΔI _{WDT} ^(3,5)
DC61a	420	600	μA	+25°C	
DC61b	530	750	μA	+85°C	
DC61c	620	900	μA	+125°C	

- 注 1：除非另外声明，否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
- 2：IPD（休眠）电流的测量条件如下：
- CPU 内核不工作，振荡器配置为 EC 模式，OSC1 使用轨到轨外部方波驱动
 - 在配置字中将 CLK0 配置为 I/O 输入引脚
 - 外部辅助振荡器（Sosc）被禁止（即，SOSCO 和 SOSCI 引脚配置为数字 I/O 输入）
 - 所有 I/O 引脚配置为输入且被拉到 Vss
 - MCLR = VDD，WDT 和 FSCM 被禁止
 - 所有外设模块都被禁止（PMDx 的所有均置 1）
 - VREGS 位（RCON<8>）= 1（即，在器件处于休眠模式时，内核稳压器设置为待机模式）
 - 在适用器件上，RTCC 被禁止且 VREGS 位（RCON<8>）= 1
- 3：Δ 电流为当模块使能时额外消耗的电流。此电流应被加到基本 IPD 电流。
- 4：这些电流是针对该系列中存储容量最大的器件测得的。
- 5：这些参数为特性值，但生产时未经测试。

表 26-9: 直流特性: 打盹电流 (IDOZE)

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度-40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	典型值 ⁽¹⁾	最大值	打盹模式时钟 分频比 ⁽²⁾	单位	条件		
DC70a	13.2	17.2	1:2	mA	+25°C	3.3V	16 MIPS
DC70f	4.7	6.2	1:64	mA			
DC70g	4.7	6.2	1:128	mA			
DC71a	13.2	17.2	1:2	mA	+85°C	3.3V	16 MIPS
DC71f	4.7	6.2	1:64	mA			
DC71g	4.7	6.2	1:128	mA			
DC72a	13.2	17.2	1:2	mA	+125°C	3.3V	16 MIPS
DC72f	4.7	6.2	1:64	mA			
DC72g	4.7	6.2	1:128	mA			
DC73a	13.2	17.2	1:2	mA	-40°C	3.3V	16 MIPS
DC73f	4.7	6.2	1:64	mA			
DC73g	4.7	6.2	1:128	mA			

注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。

2: IDOZE 主要受工作电压和频率的影响。其他因素, 如 I/O 引脚负载和开关速率、振荡器类型、内部代码执行模式和温度也会对电流消耗产生影响。所有 IDOZE 测量值的测试条件如下:

- 振荡器配置为 EC 模式, OSC1 使用轨到轨外部方波驱动
- 在配置字中将 CLK0 配置为 I/O 输入引脚
- 所有 I/O 引脚配置为输入且被拉到 Vss
- MCLR = VDD, WDT 和 FSCM 被禁止
- CPU、SRAM、程序存储器和数据存储器处于工作状态
- 外设模块都不工作; 但是, 仍然为每个外设提供时钟 (PMDx 的所有位均为零)
- CPU 执行 while(1) 语句

PIC24FJ16MC101/102

表 26-10: 直流特性: I/O 引脚输入规范

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件
DI10	V _{IL}	输入低电压	V _{SS}	—	0.2 V _{DD}	V	禁止 SMBus 使能 SMBus
DI15		I/O 引脚	V _{SS}	—	0.2 V _{DD}	V	
DI16		MCLR	V _{SS}	—	0.2 V _{DD}	V	
DI18		与 OSC1 或 SOSC1 复用的 I/O 引脚	V _{SS}	—	0.2 V _{DD}	V	
DI19		SDA 和 SCL	V _{SS}	—	0.3 V _{DD}	V	
DI20	V _{IH}	输入高电压	—	—	—	—	禁止 SMBus 使能 SMBus
DI28		非 5V 耐压的 I/O 引脚 ⁽⁴⁾	0.7 V _{DD}	—	V _{DD}	V	
DI29		5V 耐压的 I/O 引脚 ⁽⁴⁾	0.7 V _{DD}	—	5.5	V	
DI29		SDAx 和 SCLx	0.7 V _{DD}	—	V _{DD}	V	
DI30	ICNPU	CNx 上拉电流	50	250	400	μA	V _{DD} = 3.3V, V _{PIN} = V _{SS}
DI50a	I _{IL}	输入泄漏电流 ^(2,3)	—	—	—	—	V _{SS} ≤ V _{PIN} ≤ V _{DD} , 引脚处于高阻态
DI50b		MCLR 引脚	-2	—	+2	μA	
DI50c		除 MCLR 和 OSCO 外的所有引脚	-2	—	+2	μA	
DI50c		OSCO 引脚	-4	—	+4	μA	V _{SS} ≤ V _{PIN} ≤ V _{DD} , 引脚处于高阻态

- 注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
- 2: MCLR 引脚上的泄漏电流主要取决于所施加的电压。规定电压为正常工作条件下的电压。在不同的输入电压下可能测得更高的泄漏电流。
- 3: 负电流定义为引脚的拉电流。
- 4: 关于 5V 耐压引脚的列表, 请参见“引脚图”。

表 26-11: 直流特性: I/O 引脚输出规范

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
DO10b	V _{OL}	输出低电压	—	—	—	—	I _{OL} = 8 mA, V _{DD} = 3.3V
DO10c		除 OSCO 外的所有 I/O 引脚	—	—	0.4	V	
DO20b	V _{OH}	输出高电压	—	—	—	—	I _{OL} = 10 mA, V _{DD} = 3.3V
DO20c		OSCO 引脚	—	—	0.4	V	
DO20b	V _{OH}	输出高电压	2.4	—	—	V	I _{OL} = -8 mA, V _{DD} = 3.3V
DO20c		除 OSCO 外的所有 I/O 引脚	2.4	—	—	V	
DO20c		OSCO 引脚	2.4	—	—	V	I _{OL} = -12 mA, V _{DD} = 3.3V

表 26-12: 直流特性：程序存储器

直流特性			标准工作条件：3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 ⁽³⁾	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件
D130a	EP	闪存程序存储器 单元耐擦写能力	10,000	—	—	E/W	-40°C 至 +125°C
D131	VPR	读操作时的 VDD	V _{MIN}	—	3.6	V	V _{MIN} = 最小工作电压
D132B	VPEW	自定时写的 VDD	V _{MIN}	—	3.6	V	V _{MIN} = 最小工作电压
D134	TRETD	特性保持时间	20	—	—	年	假设没有违反其他规范
D135	IDDP	编程时的供电电流	—	10	—	mA	
D137a	TPE	页擦除时间	20.1	—	26.5	ms	TPE = 168517 个 FRC 周期， TA = +100°C，见注 2
D137b	TPE	页擦除时间	19.5	—	27.3	ms	TPE = 168517 个 FRC 周期， TA = +125°C，见注 2
D138a	TWW	字写周期	47.9	—	48.8	μs	TWW = 355 个 FRC 周期， TA = +100°C，见注 2
D138b	TWW	字写周期	47.4	—	49.3	μs	TWW = 355 个 FRC 周期， TA = +125°C，见注 2

注 1: 除非另外声明，否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。

2: 其他条件: FRC = 7.37 MHz, TUN<5:0> = 'b0111111 (对于最小值), TUN<5:0> = 'b1000000 (对于最大值)。该参数取决于 FRC 精度 (见表 26-18) 和 FRC 振荡器调节寄存器 (见寄存器 8-3) 的值。关于计算最小和最大时间的完整细节，请参见第 5.3 节“编程操作”。

3: 这些参数由设计保证，但不是特性值或生产时未经测试。

表 26-13: 内部稳压器规范

直流特性			标准工作条件：3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	备注
—	CEFC	外部滤波电容值 ⁽¹⁾	4.7	10	—	μF	电容必须具有较低的等效串联电阻 (< 5Ω)

注 1: 当 VDD ≥ VDDMIN 时，典型 VCAP 电压 = 2.5V。

26.2 交流特性和时序参数

本节定义了 PIC24FJ16MC101/102 器件的交流特性和时序参数。

表 26-14: 温度和电压规范——交流

交流特性	标准工作条件: 3.0V 至 3.6V	
	(除非另外声明)	
	工作温度	-40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级)
		-40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)
	工作电压 VDD 范围如第 26.1 节 “直流特性” 中所述。	

图 26-1: 器件时序规范的负载条件

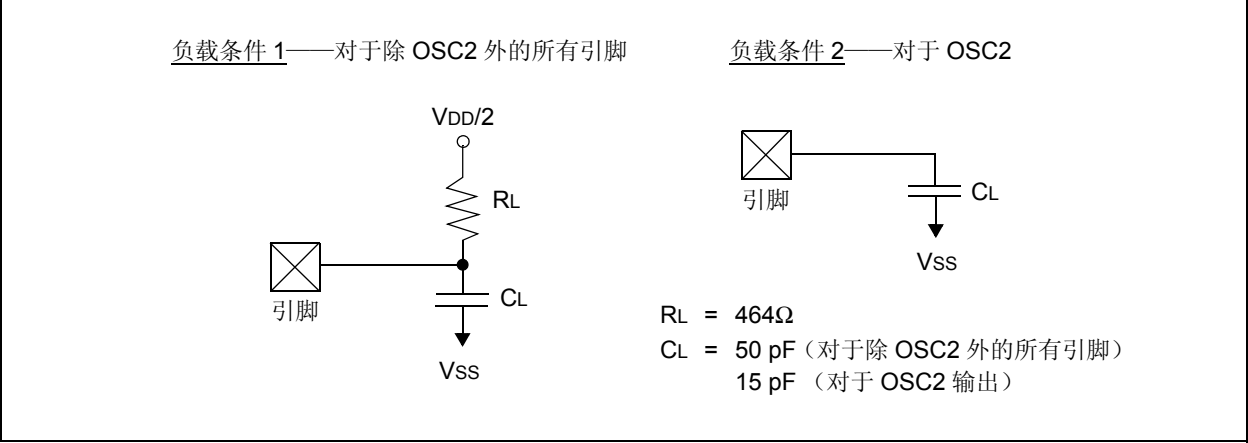


表 26-15: 输出引脚上的容性负载要求

参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
DO50	Cosc2	OSC2/SOSC2 引脚	—	—	15	pF	当外部时钟用于驱动 OSC1 时、处于 MS 和 HS 模式下
DO56	Cio	所有 I/O 引脚和 OSC2	—	—	50	pF	EC 模式
DO58	CB	SCLx 和 SDAx	—	—	400	pF	在 I²C™ 模式下

图 26-2: 外部时钟时序

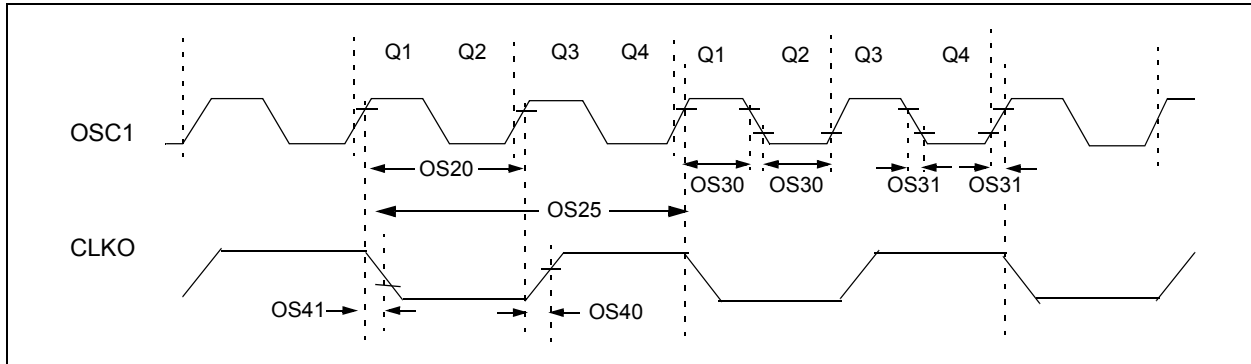


表 26-16: 外部时钟时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 (1)	最大值	单位	条件
OS10	FIN	外部 CLKI 频率 (外部时钟仅允许运行于 EC 和 ECPLL 模式)	DC	—	32	MHz	EC
		晶振频率	3.0	—	10	MHz	MS
			10	—	32	MHz	HS
			31	—	33	kHz	SOSC
OS20	Tosc	Tosc = 1/Fosc	31.25	—	DC	ns	—
OS25	Tcy	指令周期 (2,4)	62.5	—	DC	ns	—
OS30	TosL, TosH	外部时钟输入 (OSC1) (5) 的高电平或低电平时间	0.45 x TOSC	—	—	ns	EC
OS31	TosR, TosF	外部时钟输入 (OSC1) (5) 的上升或下降时间	—	—	20	ns	EC
OS40	TckR	CLKO 上升时间 (3,5)	—	6	10	ns	—
OS41	TckF	CLKO 下降时间 (3,5)	—	6	10	ns	—
OS42	GM	外部振荡器跨导 (4)	14	16	18	mA/V	VDD = 3.3V TA = +25°C

- 注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
- 2: 指令周期 (Tcy) 等于输入振荡器时基周期的两倍。所有规定值均为基于针对特定振荡器类型, 器件在标准工作条件下执行代码时的特性数据。超出这些规定的限定值, 可能导致振荡器运行不稳定和 / 或导致电流消耗超出预期值。所有器件在测试“最小”值时, 都在 OSC1/CLKI 引脚连接了外部时钟。当使用了外部时钟输入时, 所有器件的“最大”周期时间限制为“DC”(无时钟)。
- 3: 测量在 EC 模式下进行。在 OSC2 引脚上测量 CLKO 信号。
- 4: 这些参数为近似特性值, 但仅在以 FIN = 32 MHz 进行生产时进行了测试。
- 5: 这些参数为近似特性值, 但生产时未经测试。
- 6: 该参数的数据为初稿值。该参数为特性值, 但生产时未经测试。

PIC24FJ16MC101/102

表 26-17: PLL 时钟时序规范

交流特性		标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)					
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件
OS50	FPLLI	PLL 压控振荡器 (Voltage Controlled Oscillator, VCO) 的输入频率范围 ⁽²⁾	3.0	—	8	MHz	ECPLL 和 MSPLL 模式
OS51	Fsys	片上 VCO 系统频率 ⁽³⁾	12	—	32	MHz	—
OS52	TLOCK	PLL 起振时间 (锁定时间) ⁽³⁾	—	—	2	ms	—
OS53	DCLK	CLKO 稳定性 (抗抖动性) ⁽³⁾	-2	1	+2	%	—

- 注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。这些参数仅供设计参考, 未经测试。
- 2: 这些参数为近似特性值, 但仅在以 7.7 MHz 输入频率进行生产时进行了测试。
- 3: 这些参数为近似特性值, 但生产时未经测试。该规范值通过逐个时钟周期测量的方式获得。用户应用所用的各个时基或通信时钟的实际抖动的推导方式是: 将 CLKO 稳定性规范值除以 N (N 等于 Fosc 除以外设数据速率时钟) 的平方根。例如, 如果 Fosc = 32 MHz, SPI 比特率为 5 MHz, 则 SPI 时钟的实际抖动等于:

$$\frac{DCLK}{\sqrt{\frac{32}{5}}} = \frac{2\%}{2.53} = 0.79\%$$

表 26-18: 交流特性: 内部快速 RC (FRC) 精度

交流特性		标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
FRC 频率为 7.3728 MHz 时的内部 FRC 精度 ⁽¹⁾						
F20a	FRC	1.5	±0.25	1.5	%	-40°C ≤ TA ≤ +85°C
F20b	FRC	-2	±0.25	+2	%	-40°C ≤ TA ≤ +125°C

- 注 1: 频率在 25°C 和 3.3V 条件下校准。TUN 位可用来补偿温度漂移。

表 26-19: 内部低功耗 RC (LPRC) 精度

交流特性		标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
频率为 32.768 kHz 时的 LPRC ^(1,2)						
F21a	LPRC	-20	±10	+20	%	-40°C ≤ TA ≤ +85°C
F21b	LPRC	-30	±10	+30	%	-40°C ≤ TA ≤ +125°C

- 注 1: LPRC 频率将随 VDD 的变化而变化。
- 2: LPRC 精度影响看门狗定时器超时周期 (TWDT1)。更多信息, 请参见第 23.4 节“看门狗定时器 (WDT)”。

图 26-3: CLK0 和 I/O 时序特性

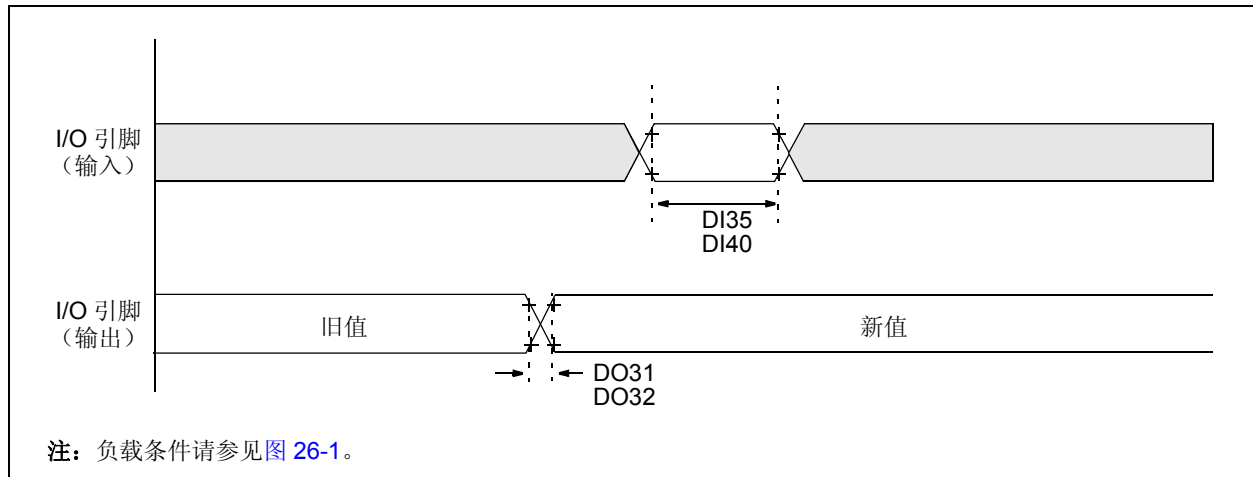


表 26-20: I/O 时序要求

交流特性		标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ (工业级) $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)					
参数编号	符号	特性 (2)	最小值	典型值 (1)	最大值	单位	条件
DO31	TioR	端口输出上升时间	—	10	25	ns	—
DO32	TioF	端口输出下降时间	—	10	25	ns	—
DI35	TINP	INTx 引脚高电平或低电平时间 (输入)	25	—	—	ns	—
DI40	TRBP	CNx 高电平或低电平时间 (输入)	2	—	—	Tcy	—

注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。

2: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

图 26-4: 复位、看门狗定时器、振荡器起振定时器和上电延时定时器时序特性

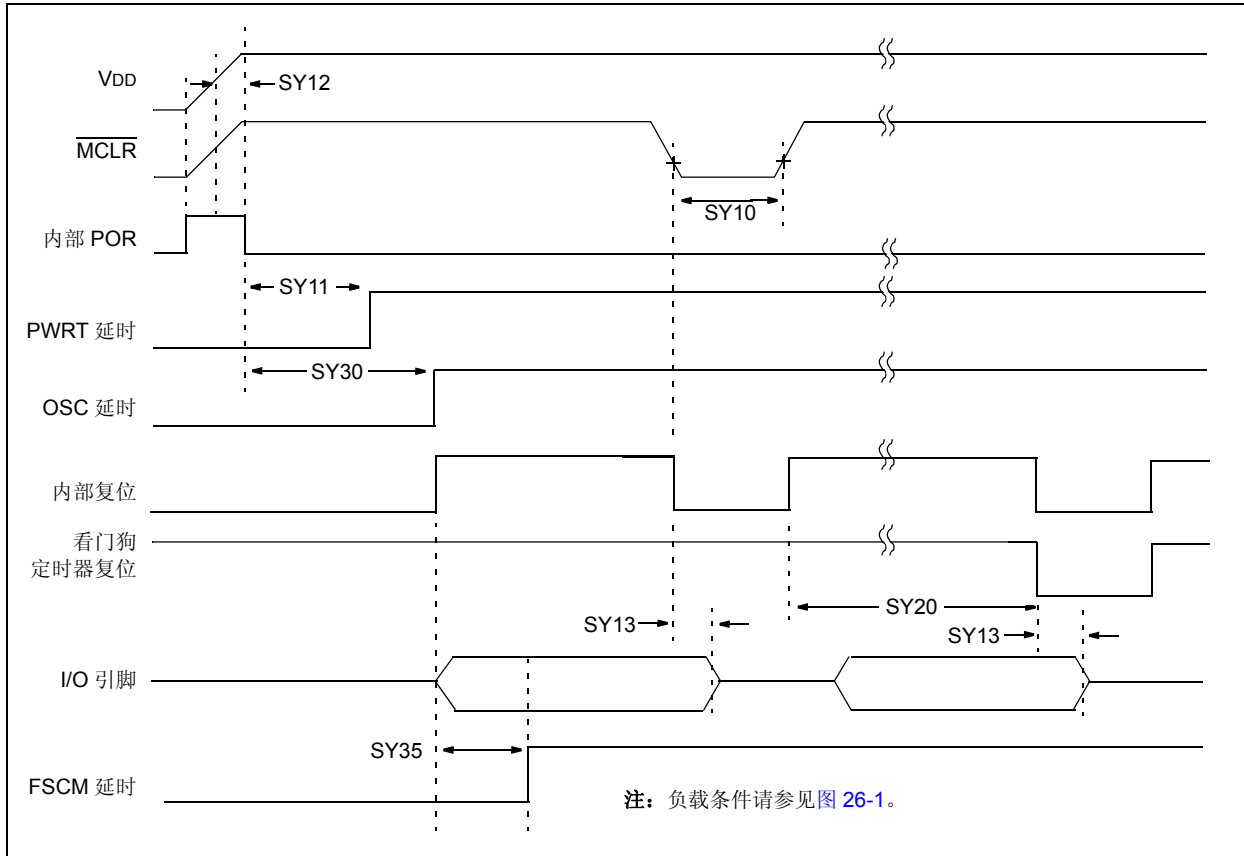


表 26-21: 复位、看门狗定时器、振荡器起振定时器和上电延时定时器时序要求

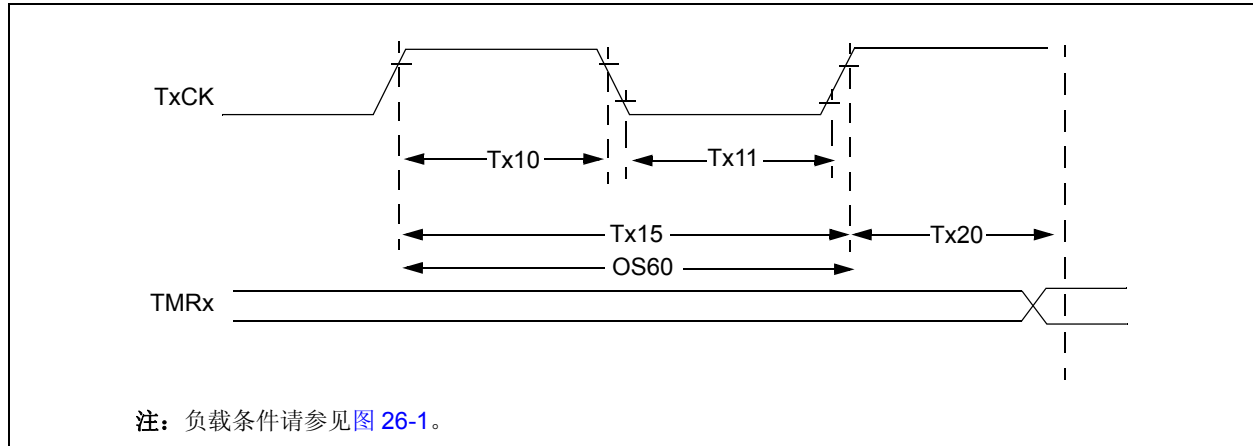
交流特性		标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ Ta ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ Ta ≤ +125°C (扩展级)					
		特性 ⁽¹⁾	最小值	典型值 ⁽²⁾	最大值	单位	条件
SY10	TMCL	MCLR 脉冲宽度 (低电平)	2	—	—	μs	-40°C 至 +85°C
SY11	TPWRT	上电延时定时器周期 ⁽¹⁾	—	64	—	ms	-40°C 至 +85°C
SY12	TPOR	上电复位延时 ⁽³⁾	3	10	30	μs	-40°C 至 +85°C
SY13	TIOZ	自 MCLR 低电平或看门狗定时器复位起 I/O 处于高阻态的时间 ⁽¹⁾	—	—	1.2	μs	—
SY20	TWDT1	看门狗定时器超时周期 ⁽¹⁾	—	—	—	ms	请参见第 23.4 节“看门狗定时器 (WDT)”和 LPRC 参数 F21a (表 26-19)。
SY30	TOST	振荡器起振时间	—	1024 * Tosc	—	—	Tosc = OSC1 周期
SY35	TFSCM	故障保护时钟监视器延时 ⁽¹⁾	—	500	900	μs	-40°C 至 +85°C

注 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

2: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。

3: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

图 26-5: TIMER1、TIMER2 和 TIMER3 外部时钟时序特性

表 26-22: TIMER1 外部时钟时序要求⁽¹⁾

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)					
参数编号	符号	特性 ⁽²⁾		最小值	典型值	最大值	单位	条件
TA10	T _{TxH}	TxCK 高电平时间	同步模式	取如下二者中较大值: 20 或 (T _{CY} + 20)/N	—	—	ns	还必须满足参数 TA15, N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
			异步	35	—	—	ns	
TA11	T _{TxL}	TxCK 低电平时间	同步模式	取如下二者中较大值: 20 或 (T _{CY} + 20)/N	—	—	ns	还必须满足参数 TA15, N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
			异步	10	—	—	ns	
TA15	T _{TxP}	TxCK 输入周期	同步模式	取如下二者中较大值: 40 或 (2 T _{CY} + 40)/N	—	—	ns	N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
OS60	F _{t1}	SOSC1/T1CK 振荡器输入频率范围 (通过置 1 TCS 位 (T1CON<1>) 使能振荡器)		DC	—	50	kHz	—
TA20	T _{CKEXTMRL}	从外部 TxCK 时钟边沿到定时器递增之间的延时		0.75 T _{CY} + 40	—	1.75 T _{CY} + 40	ns	—

- 注 1: Timer1 属于 A 类定时器。
2: 这些参数为近似特性值, 但生产时未经测试。

PIC24FJ16MC101/102

表 26-23: TIMER2 外部时钟时序要求

交流特性				标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ Ta ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ Ta ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 (1)		最小值	典型值	最大值	单位	条件
TB10	TtxH	TxCK 高电平时间	同步模式	取如下二者中较大值: 20 或 (Tcy + 20)/N	—	—	ns	还必须满足参数 TB15, N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
TB11	TtxL	TxCK 低电平时间	同步模式	取如下二者中较大值: 20 或 (Tcy + 20)/N	—	—	ns	还必须满足参数 TB15, N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
TB15	TtxP	TxCK 输入周期	同步模式	取如下二者中较大值: 40 或 (2 Tcy + 40)/N	—	—	ns	N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
TB20	TCKEXTMRL	从外部 TxCK 时钟边沿到定时器递增之间的延时		0.75 Tcy + 40	—	1.75 Tcy + 40	ns	—

注 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

表 26-24: TIMER3 外部时钟时序要求

交流特性				标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ Ta ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ Ta ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 (1)		最小值	典型值	最大值	单位	条件
TC10	TtxH	TxCK 高电平时间	同步	Tcy + 20	—	—	ns	还必须满足参数 TC15
TC11	TtxL	TxCK 低电平时间	同步	Tcy + 20	—	—	ns	还必须满足参数 TC15
TC15	TtxP	TxCK 输入周期	同步, 带预分频器	2 Tcy + 40	—	—	ns	N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
TC20	TCKEXTMRL	从外部 TxCK 时钟边沿到定时器递增之间的延时		0.75 Tcy + 40	—	1.75 Tcy + 40	ns	—

注 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

图 26-6: 输入捕捉 (CAPx) 时序特性

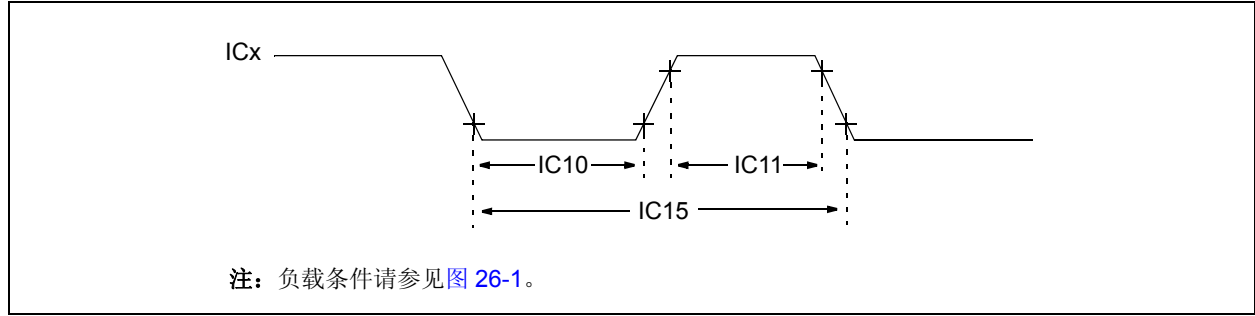


表 26-25: 输入捕捉时序要求

交流特性		标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)					
参数编号	符号	特性 (1)		最小值	最大值	单位	条件
IC10	TccL	ICx 输入低电平时间	无预分频器	0.5 Tcy + 20	—	ns	—
			带预分频器	10	—	ns	
IC11	TccH	ICx 输入高电平时间	无预分频器	0.5 Tcy + 20	—	ns	—
			带预分频器	10	—	ns	
IC15	TccP	ICx 输入周期		(Tcy + 40)/N	—	ns	N = 预分频值 (1, 4, 16)

注 1: 这些参数为近似特性值, 但生产时未经测试。

PIC24FJ16MC101/102

图 26-7: 输出比较模块 (OCx) 时序特性

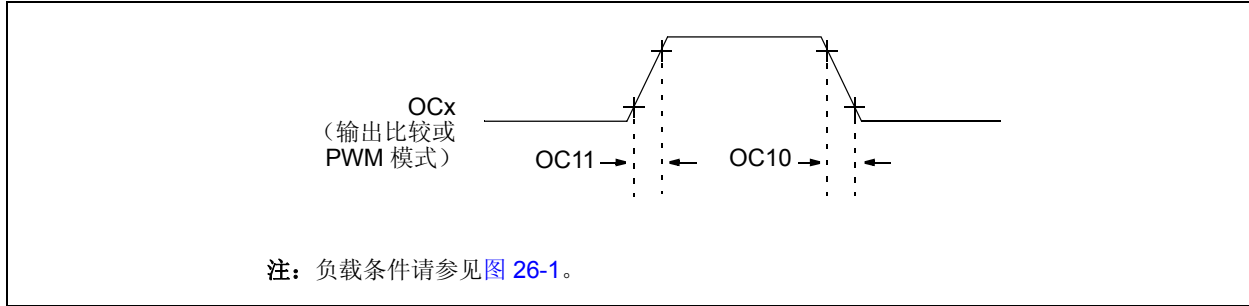


表 26-26: 输出比较模块时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 (1)	最小值	典型值	最大值	单位	条件
OC10	TccF	OCx 输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32
OC11	TccR	OCx 输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31

注 1: 这些参数为近似特性值, 但生产时未经测试。

图 26-8: 输出比较 /PWM 模块时序特性

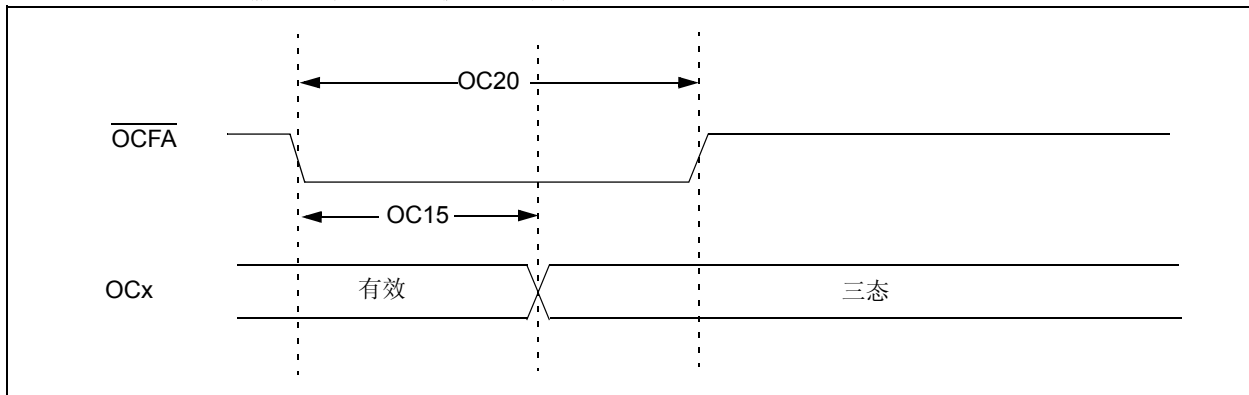


表 26-27: 简单输出比较 /PWM 模式时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 (1)	最小值	典型值	最大值	单位	条件
OC15	TfD	故障输入到 PWM I/O 发生变化的时间	—	—	Tcy + 20	ns	—
OC20	TfLT	故障输入脉冲宽度	Tcy + 20	—	—	ns	—

注 1: 这些参数为近似特性值, 但生产时未经测试。

图 26-9: 电机控制 PWM 模块故障时序特性

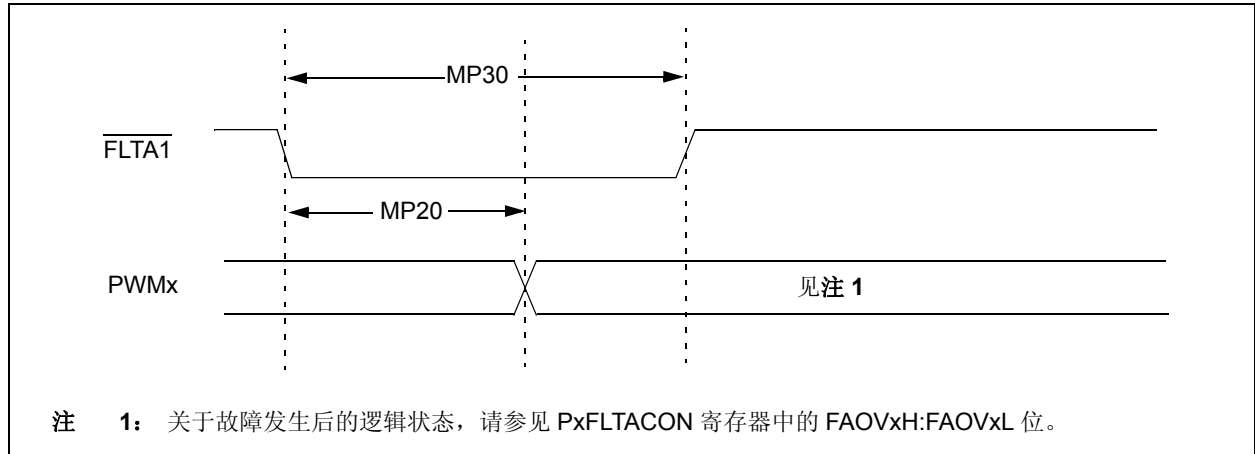


图 26-10: 电机控制 PWM 模块时序特性

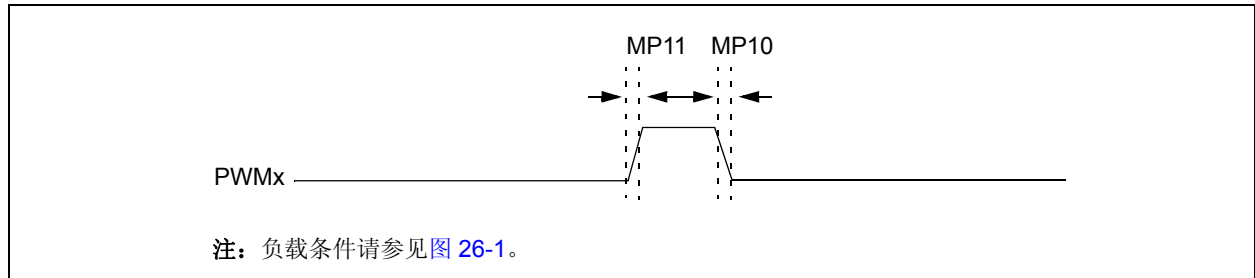


表 26-28: 电机控制 PWM 模块时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度				
			-40°C ≤ Ta ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ Ta ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 (1)	最小值	典型值	最大值	单位	条件
MP10	T _{FPWM}	PWM 输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32
MP11	T _{RPWM}	PWM 输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31
MP20	T _{FD}	故障输入 ↓ 到 PWM I/O 发生变化的时间	—	—	50	ns	—
MP30	T _{FH}	最小脉冲宽度	50	—	—	ns	—

注 1: 这些参数为近似特性值, 但生产时未经测试。

表 26-29: SPIx 最大数据 / 时钟速率汇总

交流特性				标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度		
				-40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)		
最大 数据速率	主模式 仅发送 (半双工)	主模式 发送 / 接收 (全双工)	从模式 发送 / 接收 (全双工)	CKE	CKP	SMP
15 MHz	表 26-30	—	—	0,1	0,1	0,1
10 MHz	—	表 26-31	—	1	0,1	1
10 MHz	—	表 26-32	—	0	0,1	1
15 MHz	—	—	表 26-33	1	0	0
11 MHz	—	—	表 26-34	1	1	0
15 MHz	—	—	表 26-35	0	1	0
11 MHz	—	—	表 26-36	0	0	0

图 26-11: SPIx 主模式 (半双工, 仅发送, CKE = 0) 时序特性

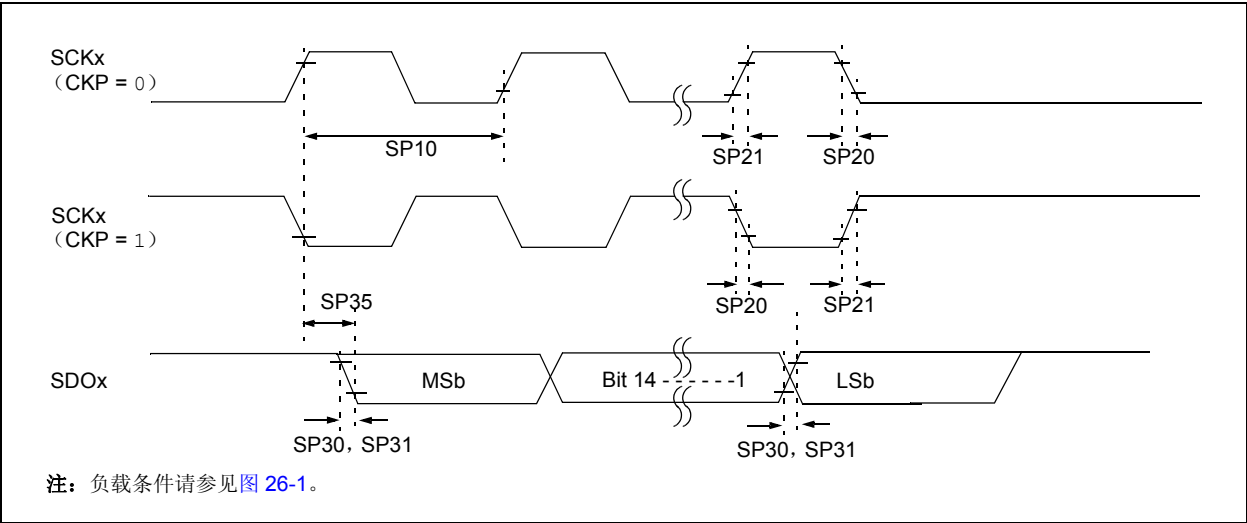


图 26-12: SPIx 主模式 (半双工, 仅发送, CKE = 1) 时序特性

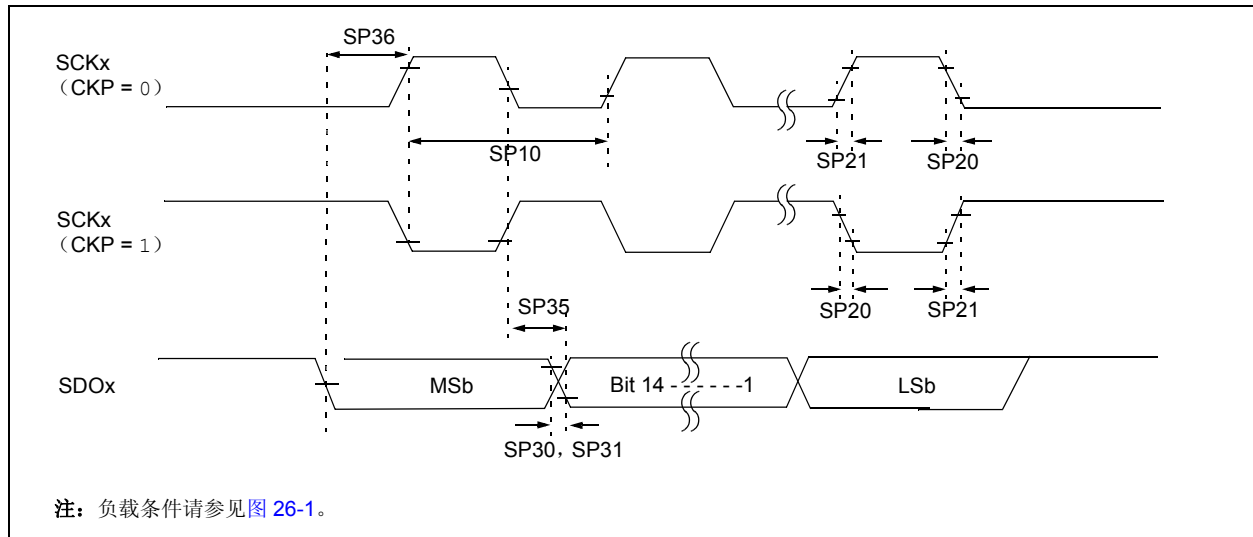


表 26-30: SPIx 主模式 (半双工, 仅发送) 时序要求

交流特性				标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度			
				-40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)			
参数编号	符号	特性 (1)	最小值	典型值 (2)	最大值	单位	条件
SP10	TscP	最大 SCK 频率	—	—	15	MHz	见注 3
SP20	TscF	SCKx 输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP21	TscR	SCKx 输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP35	Tsch2doV, TscL2doV	SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	6	20	ns	—
SP36	TdiV2sch, TdiV2scl	SDOx 数据输出建立到出现第一个 SCKx 边沿的时间	30	—	—	ns	—

- 注 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。
 2: 除非另外声明, 否则 “典型值” 栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
 3: SCKx 的最小时钟周期为 66.7 ns。因此, 主模式下产生的时钟不应违反此规范。
 4: 假定所有 SPIx 引脚上的负载均为 50 pF。

图 26-13: SPIx 主模式 (全双工, CKE = 1, CKP = x, SMP = 1) 时序特性

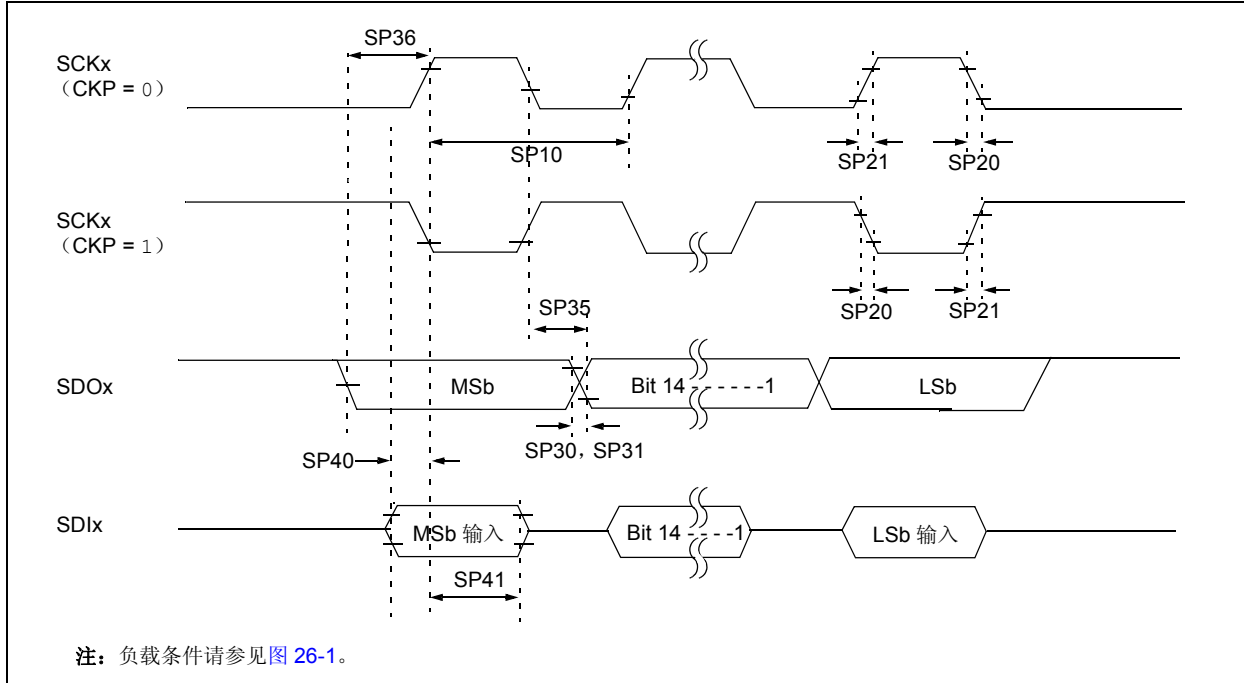


表 26-31: SPIx 主模式 (全双工, CKE = 1, CKP = x, SMP = 1) 时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度				
			-40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 (1)	最小值	典型值 (2)	最大值	单位	条件
SP10	TscP	最大 SCK 频率	—	—	10	MHz	见注 3
SP20	TscF	SCKx 输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP21	TscR	SCKx 输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP35	Tsch2doV, TscL2doV	SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的的时间	—	6	20	ns	—
SP36	TdoV2sc, TdoV2scL	SDOx 数据输出建立到出现第一个 SCKx 边沿的时间	30	—	—	ns	—
SP40	TdiV2scH, TdiV2scL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的建立时间	30	—	—	ns	—
SP41	Tsch2diL, TscL2diL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的保持时间	30	—	—	ns	—

- 注
- 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。
 - 2: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
 - 3: SCKx 的最小时钟周期为 100 ns。主模式下产生的时钟不应违反此规范。
 - 4: 假定所有 SPIx 引脚上的负载均为 50 pF。

图 26-14: SPIx 主模式（全双工，CKE = 0，CKP = x，SMP = 1）时序特性

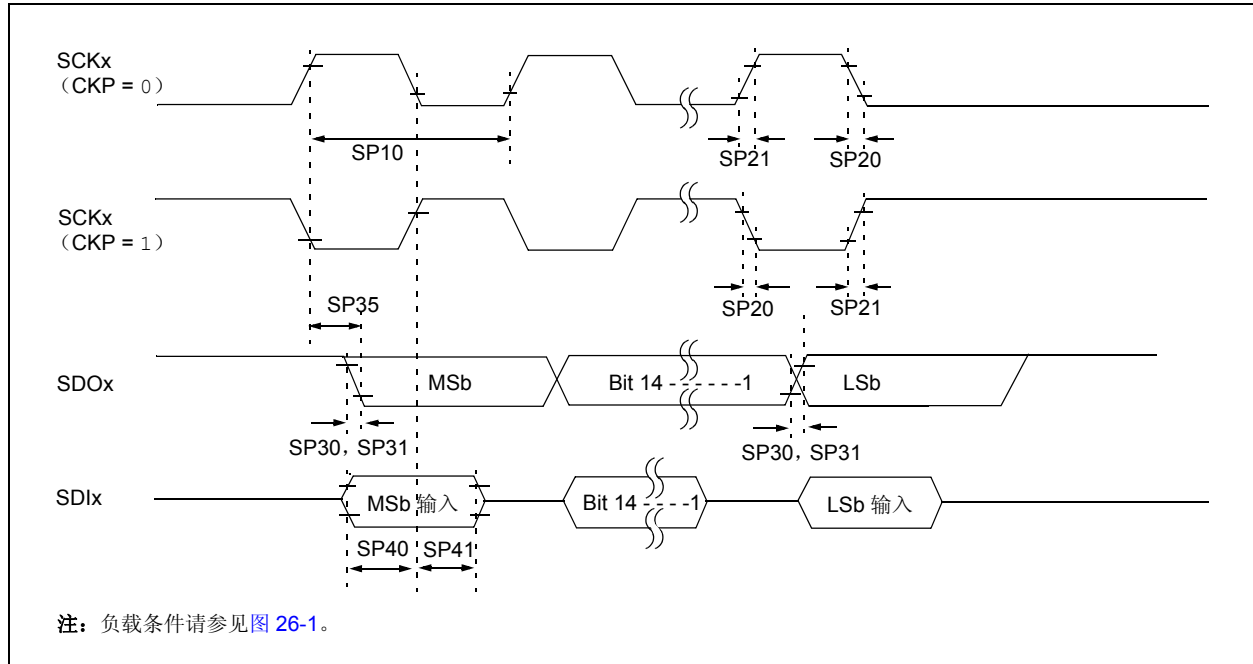


表 26-32: SPIx 主模式（全双工，CKE = 0，CKP = x，SMP = 1）时序要求

交流特性			标准工作条件：3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度				
			-40°C ≤ TA ≤ +85°C（工业级） -40°C ≤ TA ≤ +125°C（扩展级）				
参数编号	符号	特性 ⁽¹⁾	最小值	典型值 ⁽²⁾	最大值	单位	条件
SP10	TscP	最大 SCK 频率	—	—	10	MHz	-40°C 至 +125°C, 见注 3
SP20	TscF	SCKx 输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP21	TscR	SCKx 输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP35	Tsch2doV, TscL2doV	SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	6	20	ns	—
SP36	TdoV2sch, TdoV2scl	SDOx 数据输出建立到出现第一个 SCKx 边沿的时间	30	—	—	ns	—
SP40	TdiV2sch, TdiV2scl	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的建立时间	30	—	—	ns	—
SP41	Tsch2diL, TscL2diL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的保持时间	30	—	—	ns	—

- 注 1: 这些参数为特性值，但生产时未经测试。
 2: 除非另外声明，否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
 3: SCKx 的最小时钟周期为 100 ns。主模式下产生的时钟不应违反此规范。
 4: 假定所有 SPIx 引脚上的负载均为 50 pF。

图 26-15: SPIx 从模式 (全双工, CKE = 1, CKP = 0, SMP = 0) 时序特性

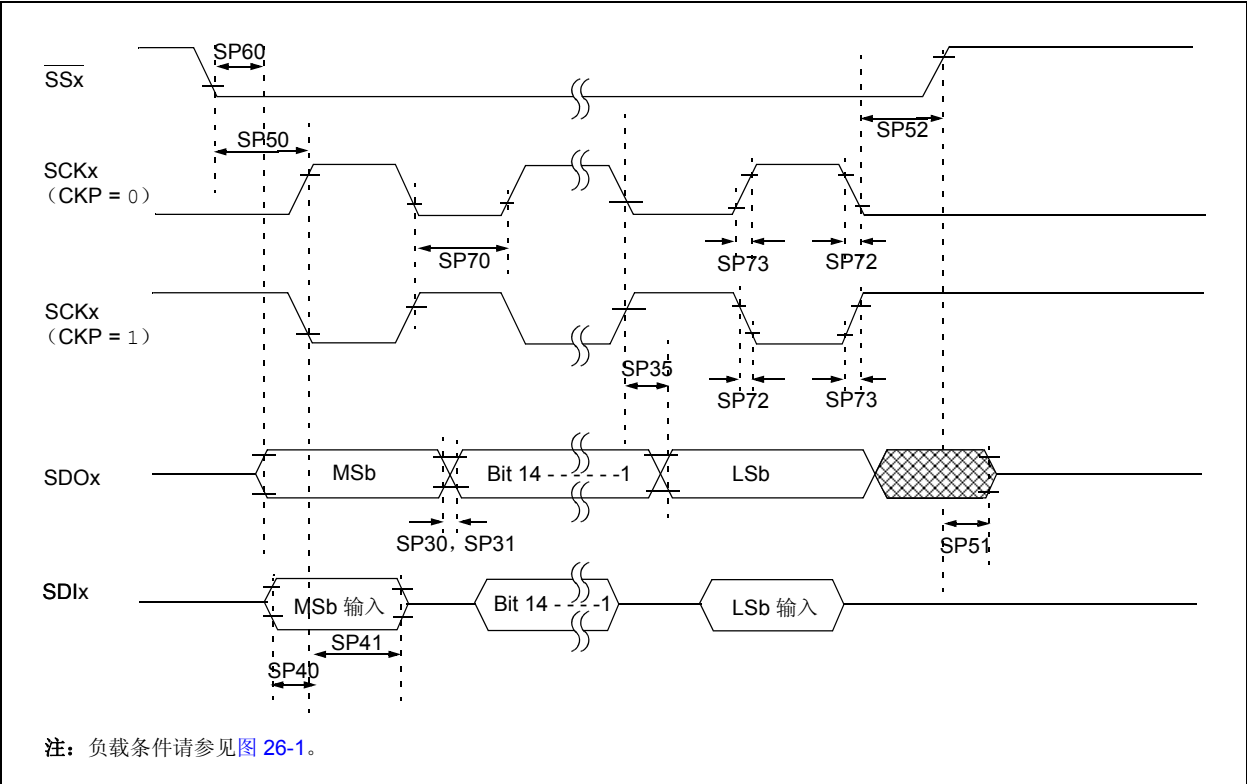


表 26-33: SPIx 从模式（全双工，CKE = 1，CKP = 0，SMP = 0）时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 (1)	最小值	典型值 (2)	最大值	单位	条件
SP70	TscP	最大 SCK 输入频率	—	—	15	MHz	见注 3
SP72	TscF	SCKx 输入下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP73	TscR	SCKx 输入上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP35	TscH2doV, TscL2doV	SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	6	20	ns	—
SP36	TdoV2sch, TdoV2scl	SDOx 数据输出建立到出现第一个 SCKx 边沿的时间	30	—	—	ns	—
SP40	TdiV2sch, TdiV2scl	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的建立时间	30	—	—	ns	—
SP41	Tsch2diL, TscL2diL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的保持时间	30	—	—	ns	—
SP50	TssL2sch, TssL2scl	$\overline{SSx}$ ↓ 到 SCKx ↑ 或 SCKx 输入的时间	120	—	—	ns	—
SP51	TssH2doZ	$\overline{SSx}$ ↑ 到 SDOx 输出高阻态的时间 (4)	10	—	50	ns	—
SP52	Tsch2ssH, TscL2ssH	SCKx 边沿之后 $\overline{SSx}$ 有效的时间	1.5 Tcy + 40	—	—	ns	见注 4
SP60	TssL2doV	$\overline{SSx}$ 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	—	50	ns	—

- 注 1: 这些参数为特性值，但生产时未经测试。
- 2: 除非另外声明，否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
- 3: SCKx 的最小时钟周期为 66.7 ns。因此，主模式下产生的 SCK 时钟不应违反此规范。
- 4: 假定所有 SPIx 引脚上的负载均为 50 pF。

图 26-16: SPIx 从模式 (全双工, CKE = 1, CKP = 1, SMP = 0) 时序特性

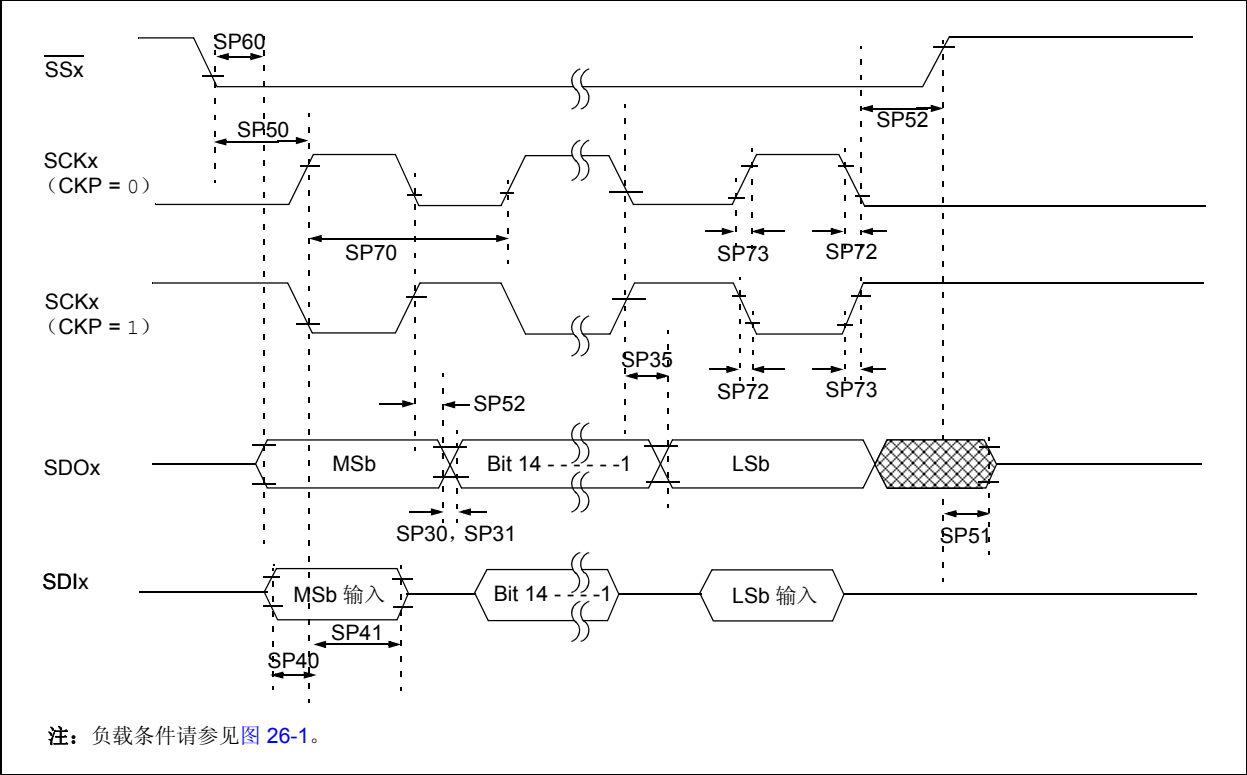


表 26-34: SPIx 从模式 (全双工, CKE = 1, CKP = 1, SMP = 0) 时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 ⁽¹⁾	最小值	典型值 ⁽²⁾	最大值	单位	条件
SP70	TscP	最大 SCK 输入频率	—	—	11	MHz	见注 3
SP72	TscF	SCKx 输入下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP73	TscR	SCKx 输入上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP35	Tsch2doV, TscL2doV	SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	6	20	ns	—
SP36	TdoV2scH, TdoV2scL	SDOx 数据输出建立到出现第一个 SCKx 边沿的时间	30	—	—	ns	—
SP40	TdiV2scH, TdiV2scL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的建立时间	30	—	—	ns	—
SP41	Tsch2diL, TscL2diL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的保持时间	30	—	—	ns	—
SP50	TssL2scH, TssL2scL	$\overline{SSx}$ ↓ 到 SCKx ↑ 或 SCKx 输入的时间	120	—	—	ns	—
SP51	TssH2doZ	$\overline{SSx}$ ↑ 到 SDOx 输出高阻态的时间 ⁽⁴⁾	10	—	50	ns	—
SP52	Tsch2ssH, TscL2ssH	SCKx 边沿之后 $\overline{SSx}$ 有效的时间	1.5 Tcy + 40	—	—	ns	见注 4
SP60	TssL2doV	$\overline{SSx}$ 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	—	50	ns	—

- 注 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。
- 2: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
- 3: SCKx 的最小时钟周期为 91 ns。因此, 主模式下产生的 SCK 时钟不应违反此规范。
- 4: 假定所有 SPIx 引脚上的负载均为 50 pF。

图 26-17: SPIx 从模式 (全双工, CKE = 0, CKP = 1, SMP = 0) 时序特性

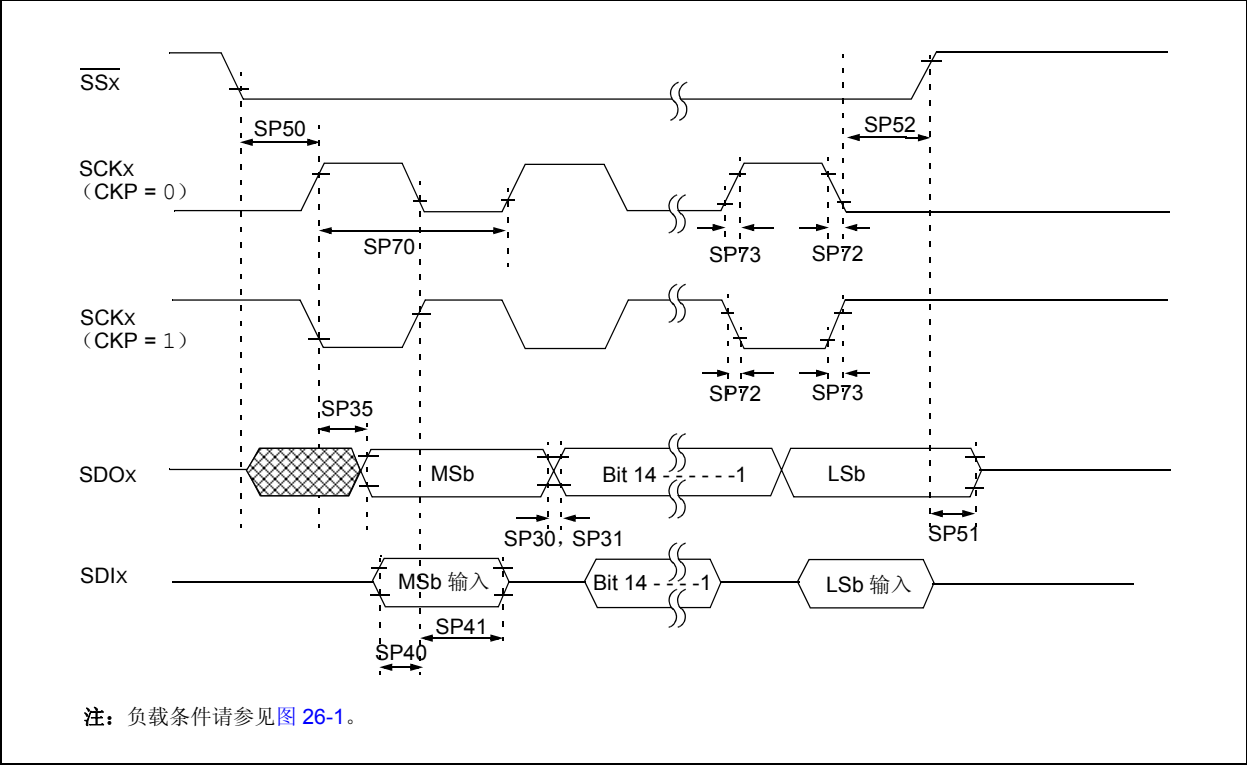


表 26-35: SPIx 从模式（全双工，CKE = 0，CKP = 1，SMP = 0）时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 ⁽¹⁾	最小值	典型值 ⁽²⁾	最大值	单位	条件
SP70	TscP	最大 SCK 输入频率	—	—	15	MHz	见注 3
SP72	TscF	SCKx 输入下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP73	TscR	SCKx 输入上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP35	Tsch2doV, TscL2doV	SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的 时间	—	6	20	ns	—
SP36	TdoV2scH, TdoV2scL	SDOx 数据输出建立到出现 第一个 SCKx 边沿的时间	30	—	—	ns	—
SP40	TdiV2scH, TdiV2scL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿 的建立时间	30	—	—	ns	—
SP41	Tsch2diL, TscL2diL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿 的保持时间	30	—	—	ns	—
SP50	TssL2scH, TssL2scL	$\overline{SSx}$ ↓ 到 SCKx ↑ 或 SCKx 输入 的时间	120	—	—	ns	—
SP51	TssH2doZ	$\overline{SSx}$ ↑ 到 SDOx 输出高阻态的 时间 ⁽⁴⁾	10	—	50	ns	—
SP52	Tsch2ssH, TscL2ssH	SCKx 边沿之后 $\overline{SSx}$ 有效的 时间	1.5 TCY + 40	—	—	ns	见注 4

- 注 1: 这些参数为特性值，但生产时未经测试。
- 2: 除非另外声明，否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
- 3: SCKx 的最小时钟周期为 66.7 ns。因此，主模式下产生的 SCK 时钟不应违反此规范。
- 4: 假定所有 SPIx 引脚上的负载均为 50 pF。

图 26-18: SPIx 从模式 (全双工, CKE = 0, CKP = 0, SMP = 0) 时序特性

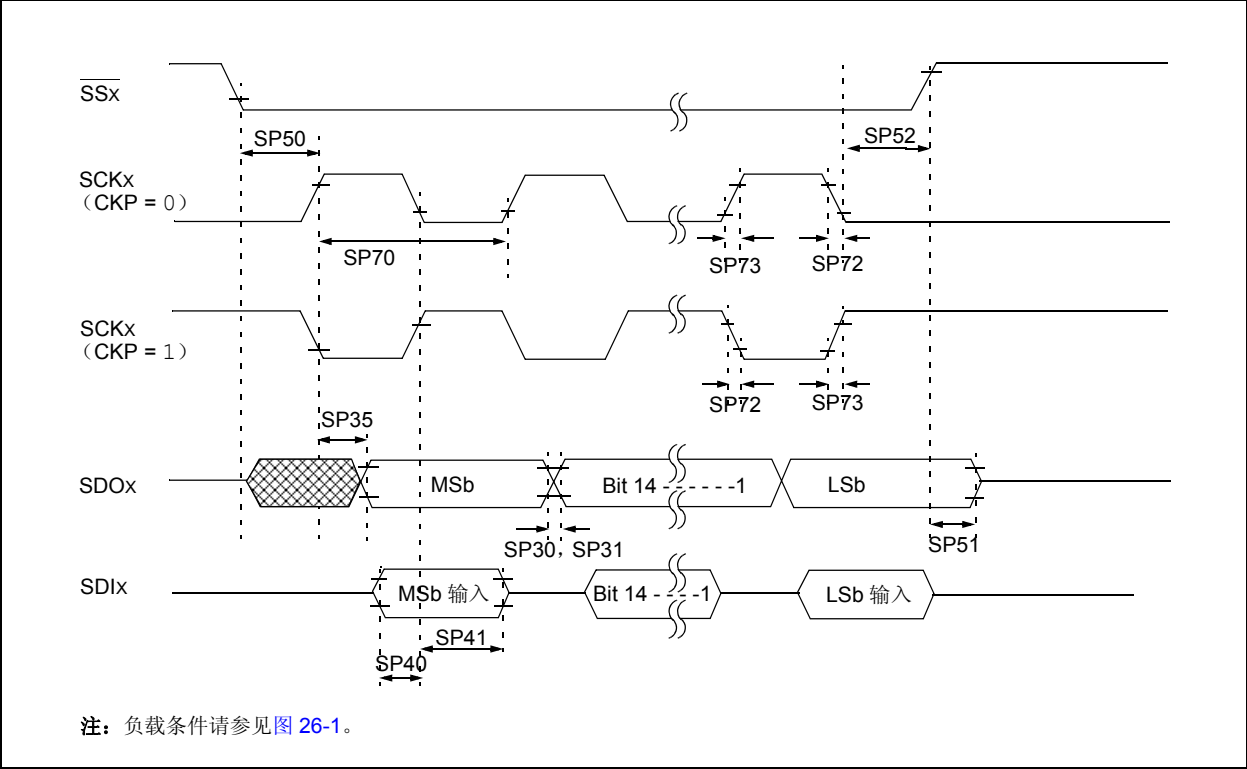


表 26-36: SPIx 从模式（全双工，CKE = 0，CKP = 0，SMP = 0）时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性 (1)	最小值	典型值 (2)	最大值	单位	条件
SP70	TscP	最大 SCK 输入频率	—	—	11	MHz	见注 3
SP72	TscF	SCKx 输入下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP73	TscR	SCKx 输入上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间	—	—	—	ns	见参数 DO32 和注 4
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 DO31 和注 4
SP35	Tsch2doV, TscL2doV	SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的 时间	—	6	20	ns	—
SP36	TdoV2scH, TdoV2scL	SDOx 数据输出建立到出现 第一个 SCKx 边沿的时间	30	—	—	ns	—
SP40	TdiV2scH, TdiV2scL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的 建立时间	30	—	—	ns	—
SP41	Tsch2diL, TscL2diL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的 保持时间	30	—	—	ns	—
SP50	TssL2scH, TssL2scL	$\overline{SSx}$ ↓到SCKx ↑或SCKx输入的 时间	120	—	—	ns	—
SP51	TssH2doZ	$\overline{SSx}$ ↑到SDOx输出高阻态的时间 (4)	10	—	50	ns	—
SP52	Tsch2ssH, TscL2ssH	SCKx 边沿之后 $\overline{SSx}$ 有效的 时间	1.5 Tcy + 40	—	—	ns	见注 4

- 注 1: 这些参数为特性值，但生产时未经测试。
- 2: 除非另外声明，否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。
- 3: SCKx 的最小时钟周期为 91 ns。因此，主模式下产生的 SCK 时钟不应违反此规范。
- 4: 假定所有 SPIx 引脚上的负载均为 50 pF。

图 26-19: I2Cx 总线启动位 / 停止位时序特性（主模式）

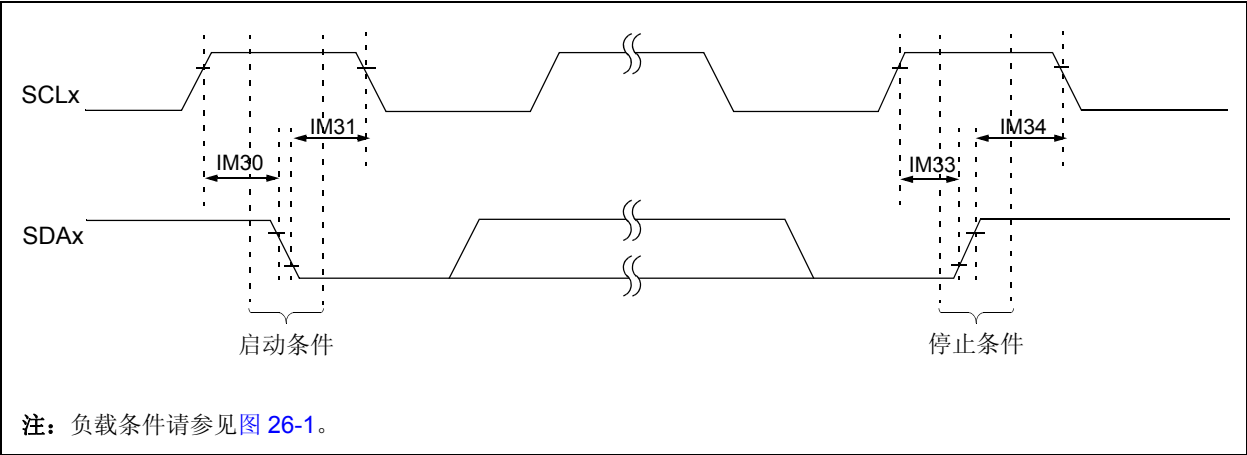


图 26-20: I2Cx 总线数据时序特性（主模式）

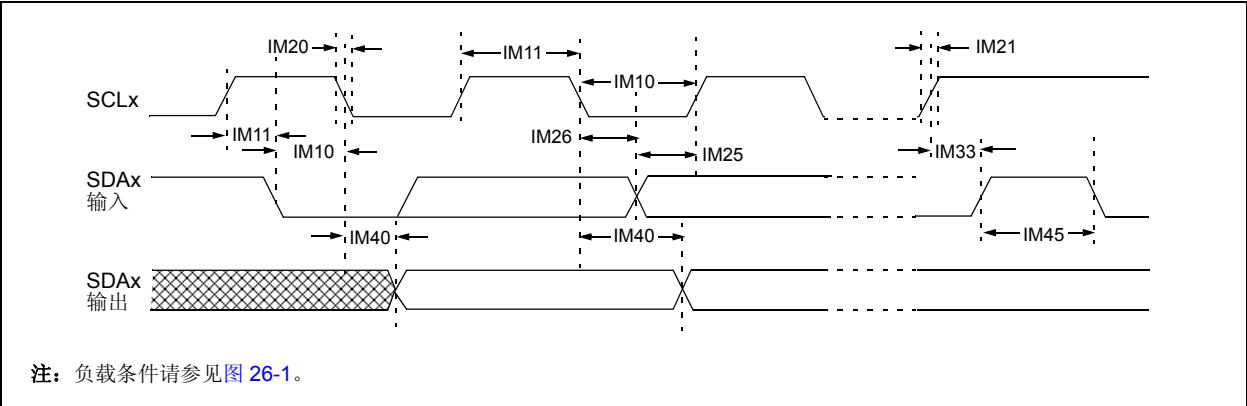


表 26-37: I2Cx 总线数据时序要求（主模式）

交流特性				标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ Ta ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ Ta ≤ +125°C (扩展级)			
参数编号	符号	特性		最小值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件
IM10	TLO:SCL	时钟低电平时间	100 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	—
			400 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	—
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	—
IM11	THI:SCL	时钟高电平时间	100 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	—
			400 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	—
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	—
IM20	TF:SCL	SDAx 和 SCLx 下降时间	100 kHz 模式	—	300	ns	Cb 值规定在 10 至 400 pF 之间
			400 kHz 模式	20 + 0.1 Cb	300	ns	
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	—	100	ns	
IM21	TR:SCL	SDAx 和 SCLx 上升时间	100 kHz 模式	—	1000	ns	Cb 值规定在 10 至 400 pF 之间
			400 kHz 模式	20 + 0.1 Cb	300	ns	
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	—	300	ns	
IM25	TSU:DAT	数据输入建立时间	100 kHz 模式	250	—	ns	—
			400 kHz 模式	100	—	ns	
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	40	—	ns	
IM26	THD:DAT	数据输入保持时间	100 kHz 模式	0	—	μs	—
			400 kHz 模式	0	0.9	μs	
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	0.2	—	μs	
IM30	TSU:STA	启动条件建立时间	100 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	仅与重复启动条件相关
			400 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	
IM31	THD:STA	启动条件保持时间	100 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	这个周期后产生第一个时钟脉冲
			400 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	
IM33	TSU:STO	停止条件建立时间	100 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	—
			400 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	Tcy/2 (BRG + 1)	—	μs	
IM34	THD:STO	停止条件保持时间	100 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	ns	—
			400 kHz 模式	Tcy/2 (BRG + 1)	—	ns	
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	Tcy/2 (BRG + 1)	—	ns	
IM40	TAA:SCL	自时钟边沿到输出有效的的时间	100 kHz 模式	—	3500	ns	—
			400 kHz 模式	—	1000	ns	—
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	—	400	ns	—
IM45	TBF:SDA	总线空闲时间	100 kHz 模式	4.7	—	μs	在启动一个新的传输前总线必须保持空闲的时间
			400 kHz 模式	1.3	—	μs	
			1 MHz 模式 ⁽²⁾	0.5	—	μs	
IM50	Cb	总线容性负载		—	400	pF	—
IM51	TPGD	脉冲干扰抑制电路 (Pulse Gobbler) 延时		65	390	ns	见注 3

注 1: BRG 为 I²C 波特率发生器的值。请参见《PIC24F 系列参考手册》中的第 19 章 “I²C™” (DS70195)。

请访问 Microchip 网站了解最新的《PIC24F 系列参考手册》章节。

2: 所有 I2Cx 引脚的最大引脚电容为 10 pF（仅对于 1 MHz 模式）。

3: 该参数的典型值为 130 ns。

图 26-21: I2Cx 总线启动位 / 停止位时序特性 (从模式)

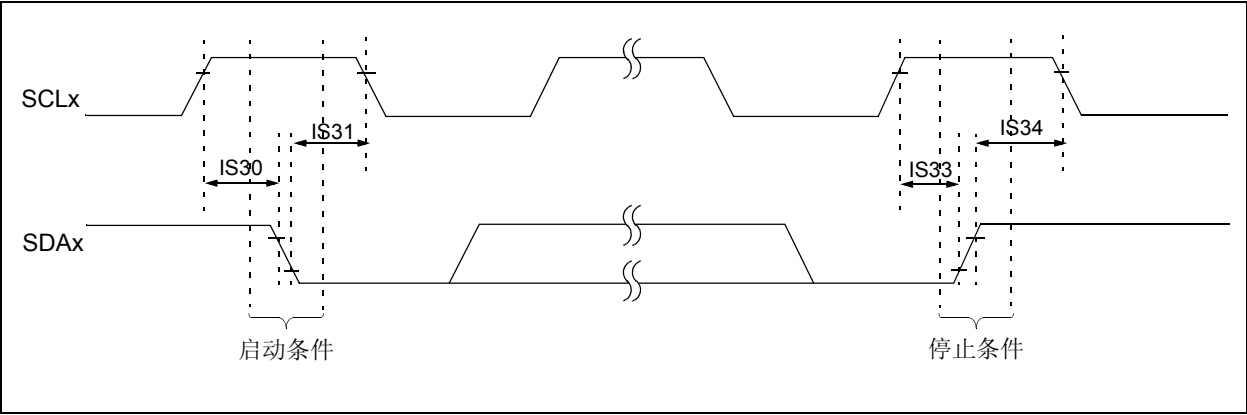


图 26-22: I2Cx 总线数据时序特性 (从模式)

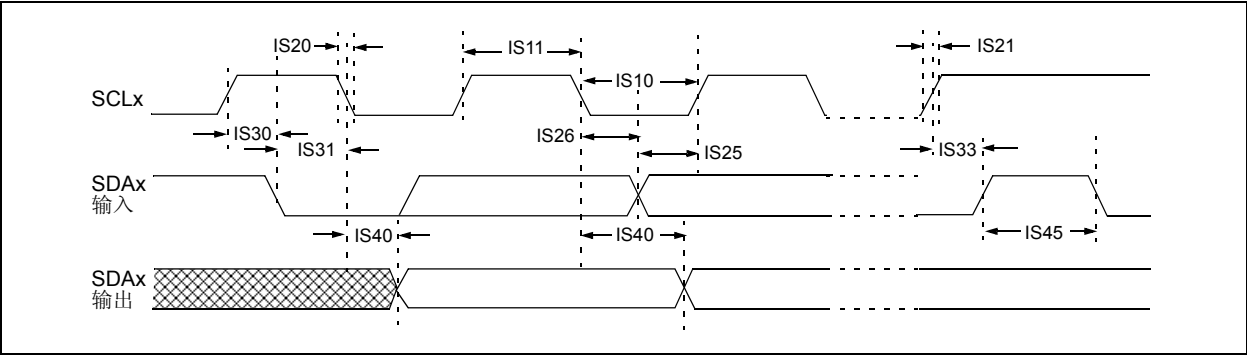


表 26-38: I2Cx 总线数据时序要求 (从模式)

交流特性				标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度			-40°C ≤ Ta ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ Ta ≤ +125°C (扩展级)	
参数	符号	特性		最小值	最大值	单位	条件	
IS10	TLO:SCL	时钟低电平时间	100 kHz 模式	4.7	—	μs	器件工作频率不得低于 1.5 MHz	
			400 kHz 模式	1.3	—	μs	器件工作频率不得低于 10 MHz	
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	0.5	—	μs	—	
IS11	THI:SCL	时钟高电平时间	100 kHz 模式	4.0	—	μs	器件工作频率不得低于 1.5 MHz	
			400 kHz 模式	0.6	—	μs	器件工作频率不得低于 10 MHz	
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	0.5	—	μs	—	
IS20	TF:SCL	SDAx 和 SCLx 下降时间	100 kHz 模式	—	300	ns	Cb 值规定在 10 至 400 pF 之间	
			400 kHz 模式	20 + 0.1 Cb	300	ns		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	—	100	ns		
IS21	TR:SCL	SDAx 和 SCLx 上升时间	100 kHz 模式	—	1000	ns	Cb 值规定在 10 至 400 pF 之间	
			400 kHz 模式	20 + 0.1 Cb	300	ns		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	—	300	ns		
IS25	TSU:DAT	数据输入建立时间	100 kHz 模式	250	—	ns	—	
			400 kHz 模式	100	—	ns		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	100	—	ns		
IS26	THD:DAT	数据输入保持时间	100 kHz 模式	0	—	μs	—	
			400 kHz 模式	0	0.9	μs		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	0	0.3	μs		
IS30	TSU:STA	启动条件建立时间	100 kHz 模式	4.7	—	μs	仅与重复启动条件相关	
			400 kHz 模式	0.6	—	μs		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	0.25	—	μs		
IS31	THD:STA	启动条件保持时间	100 kHz 模式	4.0	—	μs	这个周期后产生第一个时钟脉冲	
			400 kHz 模式	0.6	—	μs		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	0.25	—	μs		
IS33	TSU:STO	停止条件建立时间	100 kHz 模式	4.7	—	μs	—	
			400 kHz 模式	0.6	—	μs		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	0.6	—	μs		
IS34	THD:STO	停止条件保持时间	100 kHz 模式	4000	—	ns	—	
			400 kHz 模式	600	—	ns		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	250	—	ns		
IS40	TAA:SCL	自时钟边沿到输出有效的的时间	100 kHz 模式	0	3500	ns	—	
			400 kHz 模式	0	1000	ns		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	0	350	ns		
IS45	TBF:SDA	总线空闲时间	100 kHz 模式	4.7	—	μs	在启动一个新的传输前总线必须保持空闲的时间	
			400 kHz 模式	1.3	—	μs		
			1 MHz 模式 ⁽¹⁾	0.5	—	μs		
IS50	Cb	总线容性负载		—	400	pF	—	

注 1: 所有 I2Cx 引脚的最大引脚电容为 10 pF (仅对于 1 MHz 模式)。

PIC24FJ16MC101/102

表 26-39: ADC 模块规范

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
器件电源							
AD01	AVDD	模块电源 VDD ^(2,4)	VDD - 0.3 和 2.9 中的 较大值	—	VDD + 0.3 和 3.6 中的 较小值	V	—
AD02	AVSS	模块电源 VSS ^(2,5)	VSS - 0.3	—	VSS + 0.3	V	—
AD09	IAD	工作电流	—	7.0	9.0	mA	见注 1
模拟输入							
AD12	VINH	输入电压范围 VINH ⁽²⁾	VINL	—	AVDD	V	该电压反映采样 / 保持通道 0、1、2 和 3 (CH0-CH3) 的同相输入
AD13	VINL	输入电压范围 VINL ⁽²⁾	AVSS	—	AVSS + 1V	V	该电压反映采样 / 保持通道 0、1、2 和 3 (CH0-CH3) 的反相输入
AD17	RIN	模拟信号源的推荐阻抗 ⁽³⁾	—	—	200	Ω	—

- 注 1: 这些参数不是特性值, 或生产时未经测试。
- 2: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。
- 3: 这些参数由设计保证, 但不是特性值或生产时未经测试。
- 4: 该引脚并不是在所有器件上都可用; 在不可用时, 该引脚将在内部与 VDD 连接。关于可用性, 请参见 “引脚图” 部分。
- 5: 该引脚并不是在所有器件上都可用; 在不可用时, 该引脚将在内部与 VSS 连接。关于可用性, 请参见 “引脚图” 部分。

表 26-40: 10 位 ADC 模块规范

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ (工业级) $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
10 位 ADC 精度——测量采用 AV_{DD}/AV_{SS} ⁽³⁾							
AD20b	Nr	分辨率	10 个数据位			位	—
AD21b	INL	积分非线性误差	-1	—	+1	LSb	$V_{INL} = AV_{SS} = 0V, AV_{DD} = 3.6V$
AD22b	DNL	微分非线性误差	>-1	—	<1	LSb	$V_{INL} = AV_{SS} = 0V, AV_{DD} = 3.6V$
AD23b	GERR	增益误差	3	7	15	LSb	$V_{INL} = AV_{SS} = 0V, AV_{DD} = 3.6V$
AD24b	E _{OFF}	失调误差	1.5	3	7	LSb	$V_{INL} = AV_{SS} = 0V, AV_{DD} = 3.6V$
AD25b	—	单调性	—	—	—	—	保证 ⁽¹⁾
动态性能 (10 位模式) ⁽²⁾							
AD30b	THD	总谐波失真	—	—	-64	dB	—
AD31b	SINAD	信噪比和失真	57	58.5	—	dB	—
AD32b	SFDR	无杂散动态范围	72	—	—	dB	—
AD33b	F _{NYQ}	输入信号带宽	—	—	550	kHz	—
AD34b	ENOB	有效位数	9.16	9.4	—	位	—

- 注 1: 模数转换结果不会因输入电压的增加而减小, 并且不会丢失编码。
 2: 这些参数为近似特性值, 但生产时未经测试。
 3: 这些参数为特性值, 但仅在 20 ksps 时进行了测试。

PIC24FJ16MC101/102

图 26-23: ADC 转换时序特性 (CHPS<1:0> = 01, SIMSAM = 0, ASAM = 0, SSRC<2:0> = 000)

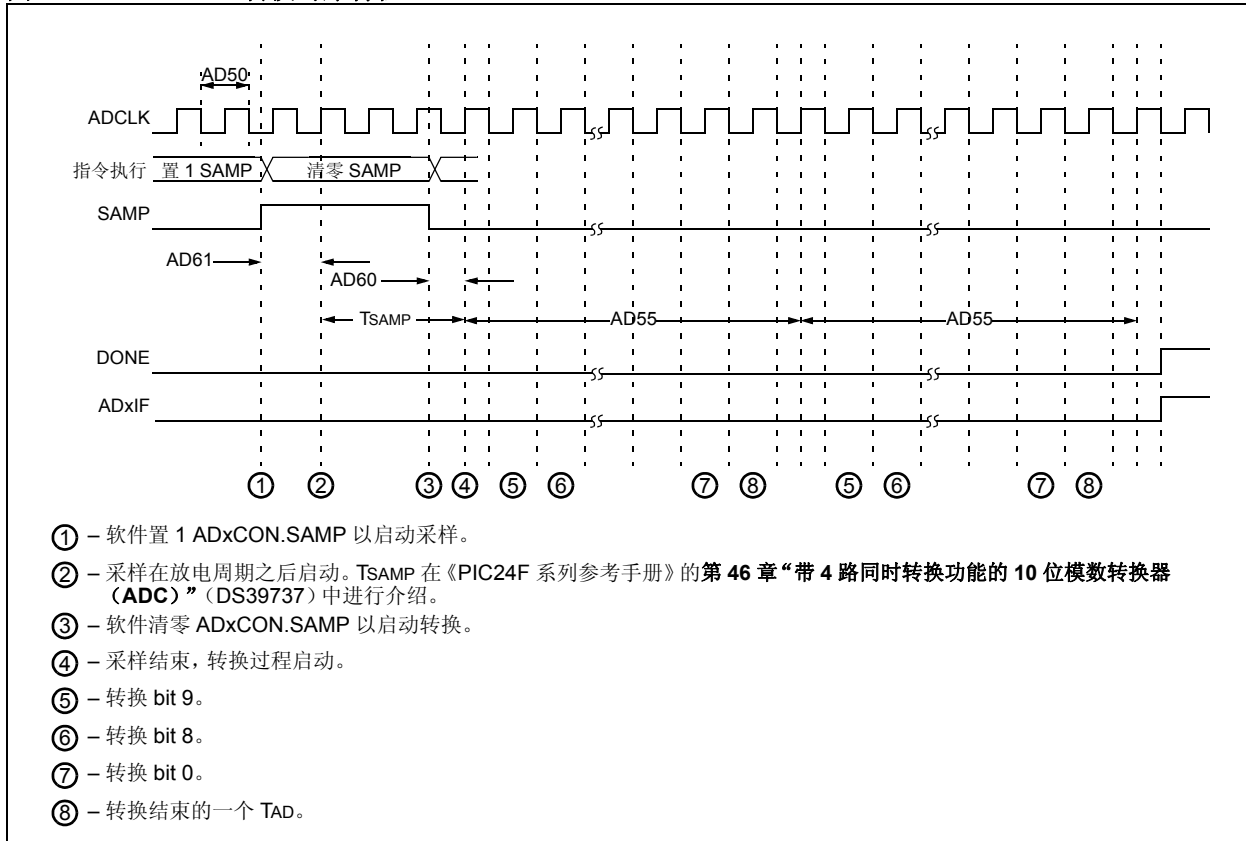


图 26-24: ADC 转换时序特性 (CHPS<1:0> = 01, SIMSAM = 0, ASAM = 1, SSRC<2:0> = 111, SAMC<4:0> = 00001)

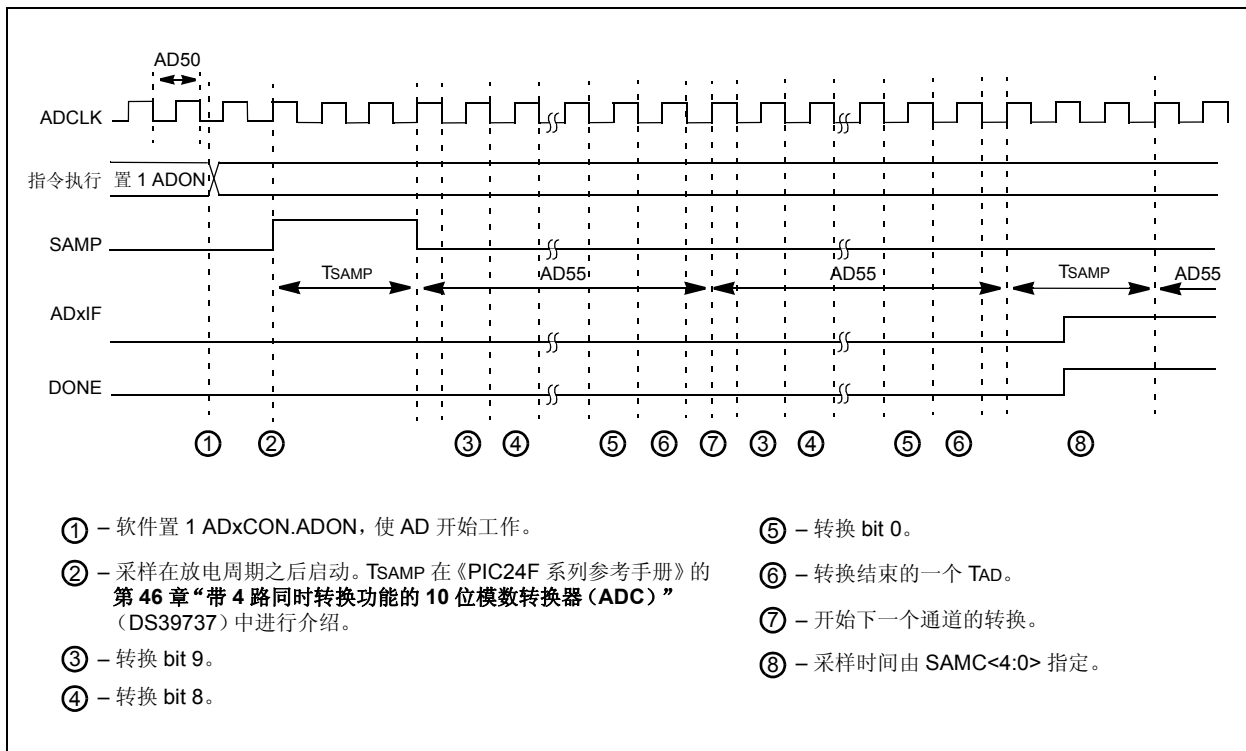


表 26-41: 10 位 ADC 转换时序要求

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ Ta ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ Ta ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件
时钟参数 ⁽²⁾							
AD50	TAD	ADC 时钟周期	76	—	—	ns	—
AD51	tRC	ADC 内部 RC 振荡器周期	—	250	—	ns	—
转换速率							
AD55	tCONV	转换时间	—	12 TAD	—	—	—
AD56	FCNV	吞吐率	—	—	1.1	Msps	—
AD57	TSAMP	采样时间	2.0 TAD	—	—	—	—
时序参数							
AD60	tPCS	从采样触发到转换启动的时间 ⁽¹⁾	2.0 TAD	—	3.0 TAD	—	未选择自动转换触发 (SSRC<2:0> = 111)
AD61	tPSS	从采样 (SAMP) 位置 1 到采样启动的时间 ⁽¹⁾	2.0 TAD	—	3.0 TAD	—	—
AD62	tCSS	转换结束到采样启动 (ASAM = 1) 的时间 ⁽¹⁾	—	0.5 TAD	—	—	—
AD63	tDPU	从 ADC 关闭到 ADC 开启, 用于稳定模拟级的时间 ⁽¹⁾	—	—	20	μs	—

注 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

2: 因为采样电容最终将释放电荷, 因此低于 10 kHz 的时钟频率可能影响线性性能, 尤其是在温度较高时。

PIC24FJ16MC101/102

表 26-42: 比较器时序规范

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
300	TRESP	响应时间 (1,2)	—	150	400	ns	—
301	TMC2OV	比较器模式改变到输出有效的时间 (1)	—	—	10	μs	—
302	TON2OV	比较器使能到输出有效的时间 (1)	—	—	10	μs	—

注 1: 参数为特性值, 未经测试。

2: 响应时间是在比较器有一个输入端为 (VDD - 1.5)/2, 同时另一个输入端从 VSS 跳变到 VDD 时测得的。

表 26-43: 比较器模块规范

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
D300	VIOFF	输入失调电压 (1)	—	±10	—	mV	—
D301	VICM	输入共模电压 (1)	0	—	AVDD-1.5V	V	—
D302	CMRR	共模抑制比 (1)	-54	—	—	dB	—
D305	IVREF	内部参考电压 (1)	1.116	1.24	1.364	V	—

注 1: 参数为特性值, 未经测试。

表 26-44: 比较器参考电压稳定时间规范

交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
VR310	TSET	稳定时间 (1)	—	—	10	μs	—

注 1: 稳定时间是在 CVRR = 1 并且 CVR3:CVR0 位从 0000 跳变到 1111 时测得的。

表 26-45: 比较器参考电压规范

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
VRD310	CVRES	分辨率	CVRSRC/24	—	CVRSRC/32	LSb	—
VRD311	CVRAA	绝对精度	—	—	0.5	LSb	—
VRD312	CVRUR	单位电阻值 (R)	—	2k	—	Ω	—

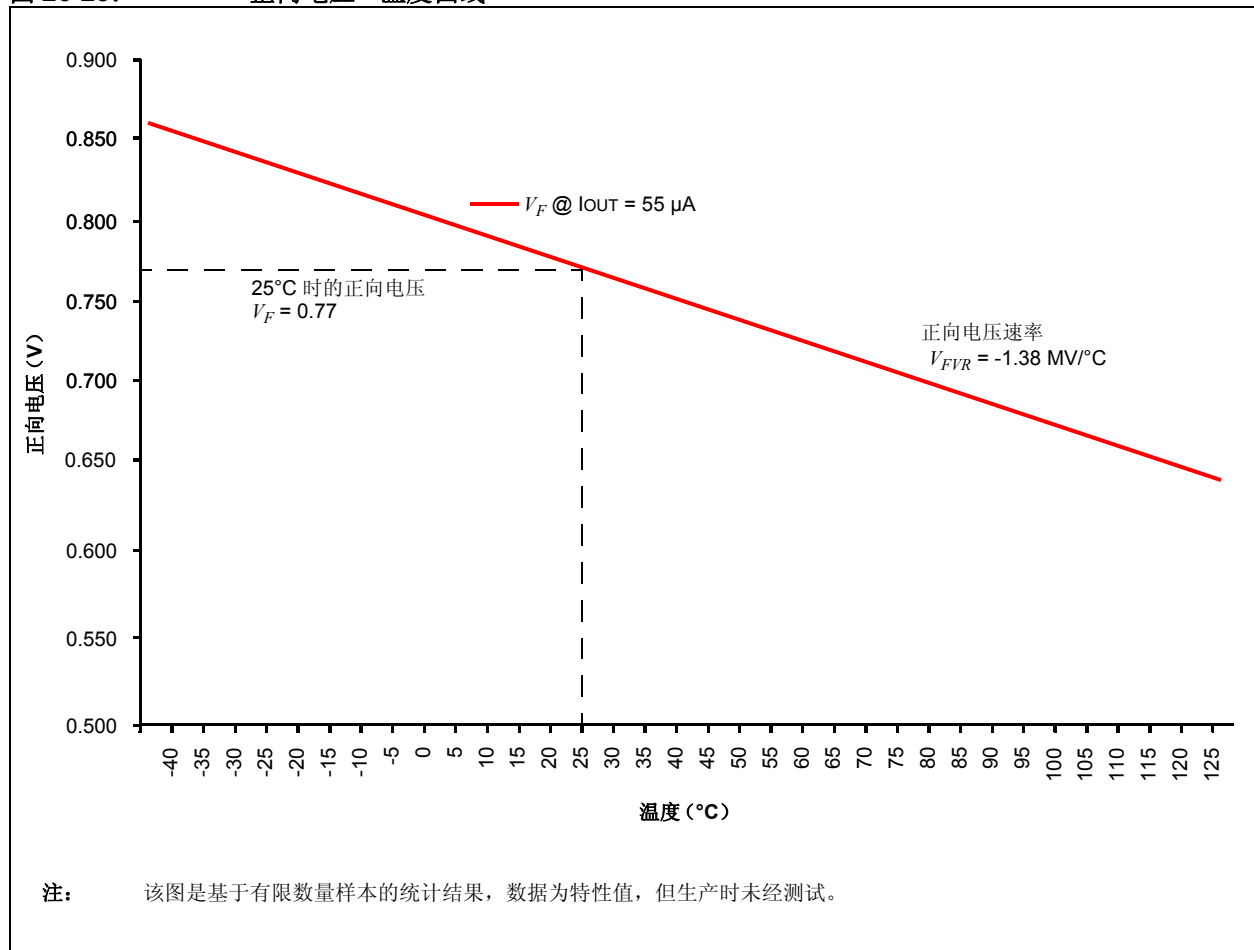
表 26-46: CTMU 电流源规范

直流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明) 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级) -40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
CTMU 电流源							
CTMUI1	IOUT1	基本范围 ⁽¹⁾	—	550	—	nA	IRNG<1:0> 位 (CTMUICON<9:8>) = 01
CTMUI2	IOUT2	10x 范围 ⁽¹⁾	—	5.5	—	μA	IRNG<1:0> 位 (CTMUICON<9:8>) = 10
CTMUI3	IOUT3	100x 范围 ⁽¹⁾	—	55	—	μA	IRNG<1:0> 位 (CTMUICON<9:8>) = 11
内部二极管							
CTMUFV1	VF	正向电压 ⁽²⁾	—	0.77	—	V	IRNG<1:0> 位 (CTMUICON<9:8>) = 0b11 (25°C 时)
CTMUFV2	VFVR	正向电压速率 ⁽²⁾	—	-1.38	—	mV/°C	IRNG<1:0> 位 (CTMUICON<9:8>) = 0b11

注 1: 电流微调范围的中点为标称值 (ITRIM<5:0> 位 (CTMUICON<15:10>) = 0b000000)。

2: 将 ADC 模块的转换速度配置为 500 ksps。参数为特性值, 但生产时未经测试。

图 26-25: 正向电压—温度曲线



注:

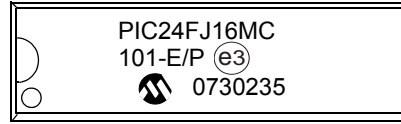
27.0 封装信息

27.1 封装标识信息

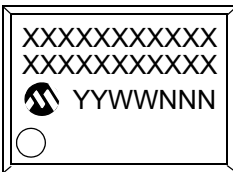
20 引脚 PDIP



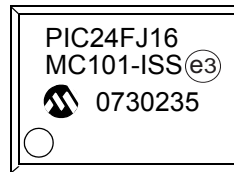
示例



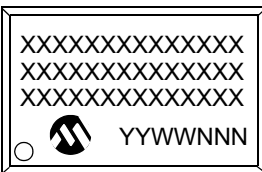
20 引脚 SSOP



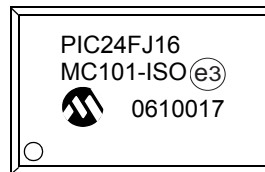
示例



20 引脚 SOIC



示例

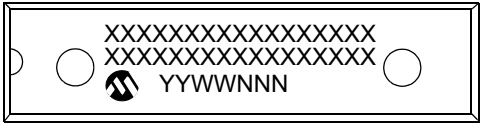


图注:	XX...X	客户信息
	Y	年份代码（日历年的最后一位数字）
	YY	年份代码（日历年的最后两位数字）
	WW	星期代码（一月一日的星期代码为“01”）
	NNN	以字母数字排序的追踪代码
	(e3)	雾锡（Matte Tin, Sn）的 JEDEC 无铅标志
	*	本封装为无铅封装。JEDEC 无铅标志（e3）标示于此种封装的外包装上。
注:	Microchip 部件编号如果无法在同一行内完整标注，将换行标出，因此会限制表示客户信息的字符数。	

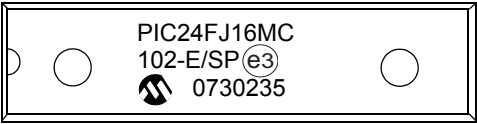
PIC24FJ16MC101/102

27.1 封装标识信息（续）

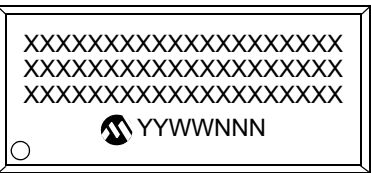
28 引脚 SPDIP



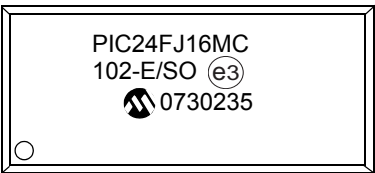
示例



28 引脚 SOIC



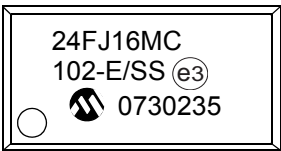
示例



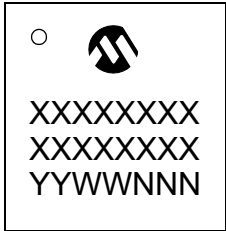
28 引脚 SSOP



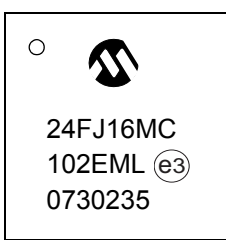
示例



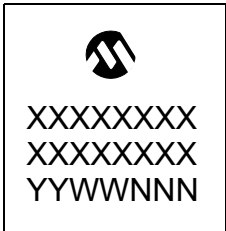
28 引脚 QFN



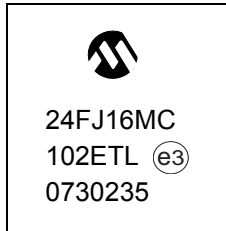
示例



36 引脚 TLA



示例



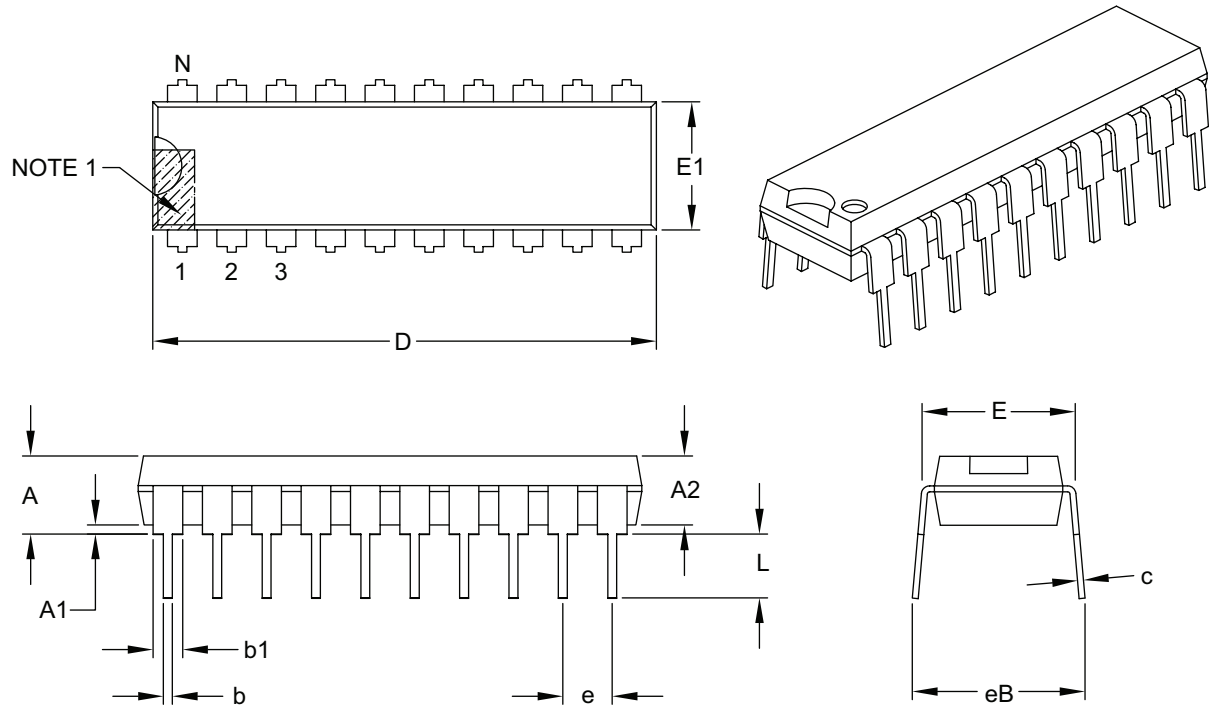
图注:	XX...X	客户信息
	Y	年份代码（日历年的最后一位数字）
	YY	年份代码（日历年的最后两位数字）
	WW	星期代码（一月一日的星期代码为“01”）
	NNN	以字母数字排序的追踪代码
	(e3)	雾锡（Matte Tin, Sn）的 JEDEC 无铅标志
	*	本封装为无铅封装。JEDEC 无铅标志（(e3)）标示于此种封装的外包装上。

注： Microchip 部件编号如果无法在同一行内完整标注，将换行标出，因此会限制表示客户信息的字符数。

27.2 封装详细信息

20 引脚塑封双列直插式封装 (P) ——主体 300 mil [PDIP]

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		INCHES		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	20		
Pitch	e	.100 BSC		
Top to Seating Plane	A	—	—	.210
Molded Package Thickness	A2	.115	.130	.195
Base to Seating Plane	A1	.015	—	—
Shoulder to Shoulder Width	E	.300	.310	.325
Molded Package Width	E1	.240	.250	.280
Overall Length	D	.980	1.030	1.060
Tip to Seating Plane	L	.115	.130	.150
Lead Thickness	c	.008	.010	.015
Upper Lead Width	b1	.045	.060	.070
Lower Lead Width	b	.014	.018	.022
Overall Row Spacing §	eB	—	—	.430

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

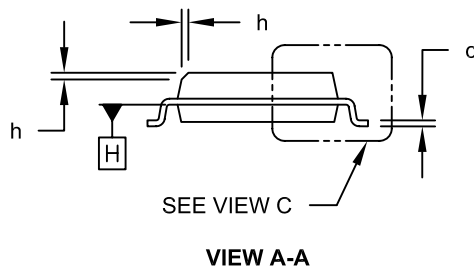
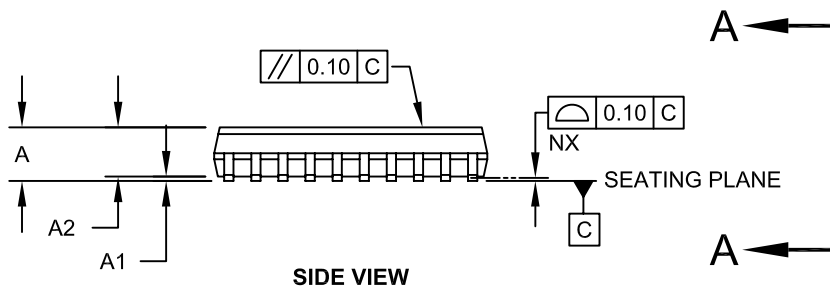
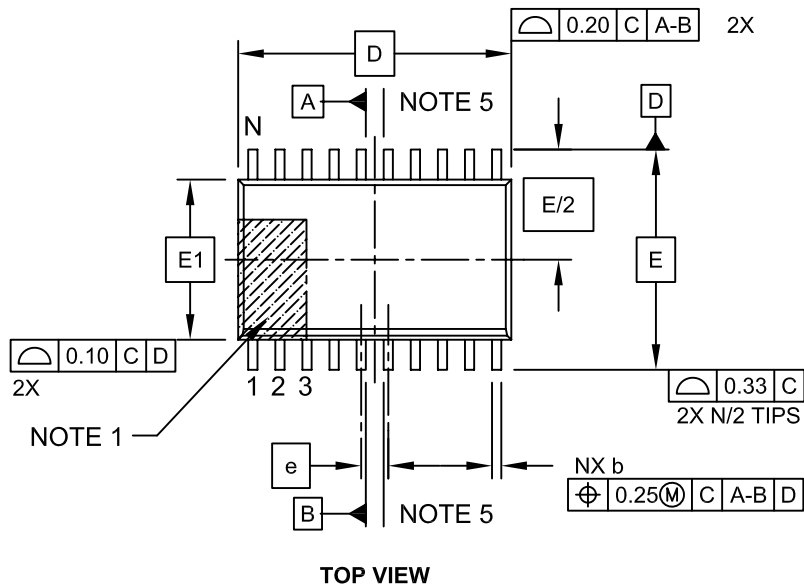
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04-019B

PIC24FJ16MC101/102

20 引脚塑封宽条小外形封装 (SO) —— 主体 7.50 mm [SOIC]

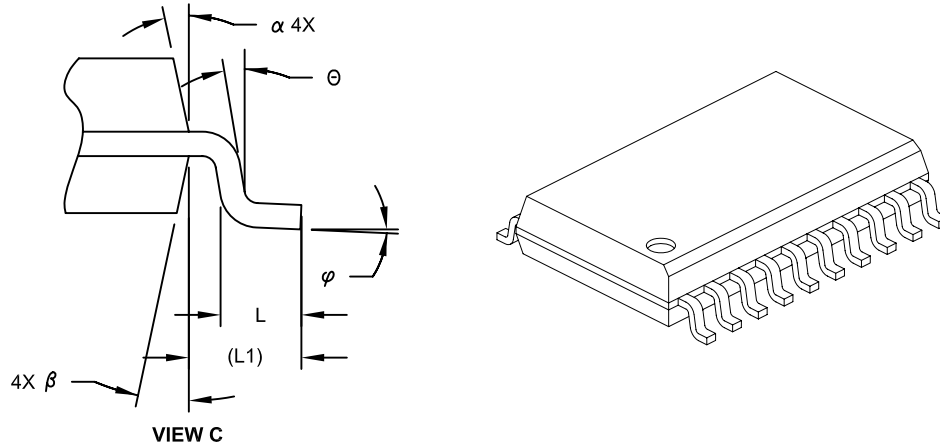
注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Microchip Technology Drawing C04-094C Sheet 1 of 2

20 引脚塑封宽条小外形封装（SO）——主体 7.50 mm [SOIC]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	20		
Pitch	e	1.27 BSC		
Overall Height	A	-	-	2.65
Molded Package Thickness	A2	2.05	-	-
Standoff §	A1	0.10	-	0.30
Overall Width	E	10.30 BSC		
Molded Package Width	E1	7.50 BSC		
Overall Length	D	12.80 BSC		
Chamfer (Optional)	h	0.25	-	0.75
Foot Length	L	0.40	-	1.27
Footprint	L1	1.40 REF		
Lead Angle	θ	0°	-	-
Foot Angle	φ	0°	-	8°
Lead Thickness	c	0.20	-	0.33
Lead Width	b	0.31	-	0.51
Mold Draft Angle Top	α	5°	-	15°
Mold Draft Angle Bottom	β	5°	-	15°

Notes:

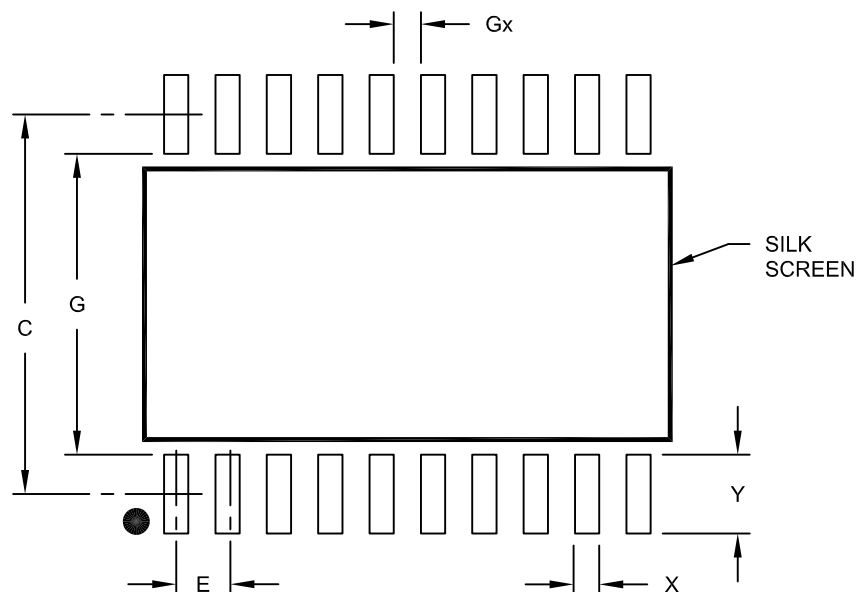
- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic
- Dimension D does not include mold flash, protrusions or gate burrs, which shall not exceed 0.15 mm per end. Dimension E1 does not include interlead flash or protrusion, which shall not exceed 0.25 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.
- Datums A & B to be determined at Datum H.

Microchip Technology Drawing No. C04-094C Sheet 2 of 2

PIC24FJ16MC101/102

20 引脚塑封宽条小外形封装（SO）——主体 7.50 mm [SOIC]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	1.27 BSC		
Contact Pad Spacing	C		9.40	
Contact Pad Width (X20)	X			0.60
Contact Pad Length (X20)	Y			1.95
Distance Between Pads	Gx	0.67		
Distance Between Pads	G	7.45		

Notes:

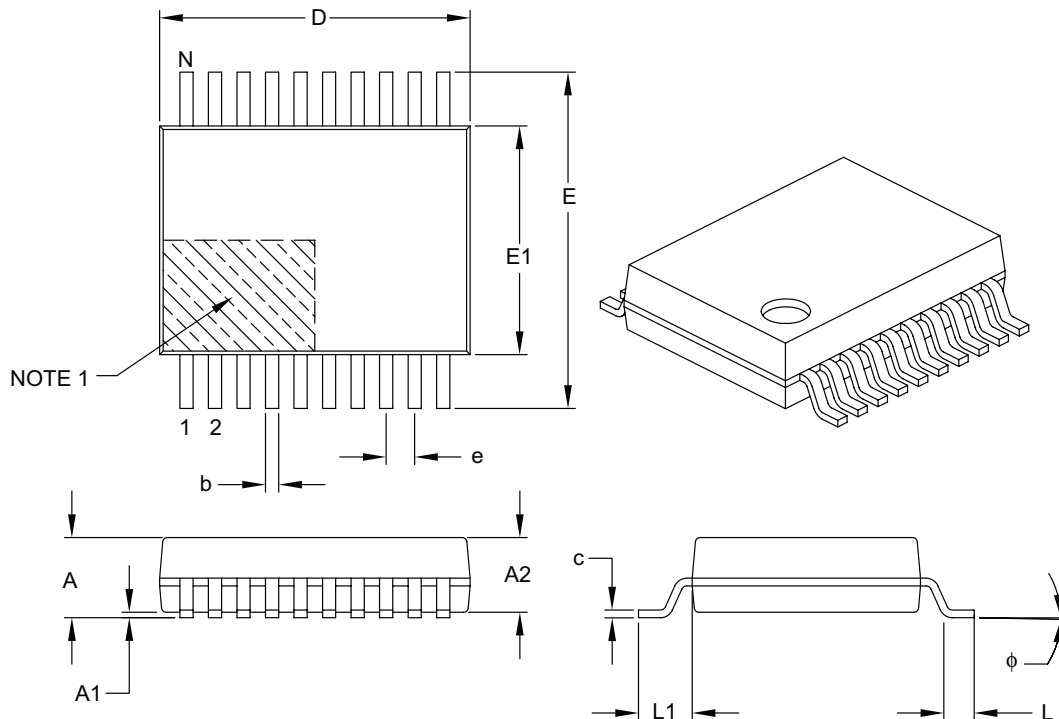
1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2094A

20 引脚塑封超小型小外形封装（SS）——主体 5.30 mm [SSOP]

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	20		
Pitch	e	0.65 BSC		
Overall Height	A	—	—	2.00
Molded Package Thickness	A2	1.65	1.75	1.85
Standoff	A1	0.05	—	—
Overall Width	E	7.40	7.80	8.20
Molded Package Width	E1	5.00	5.30	5.60
Overall Length	D	6.90	7.20	7.50
Foot Length	L	0.55	0.75	0.95
Footprint	L1	1.25 REF		
Lead Thickness	c	0.09	—	0.25
Foot Angle	φ	0°	4°	8°
Lead Width	b	0.22	—	0.38

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.20 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

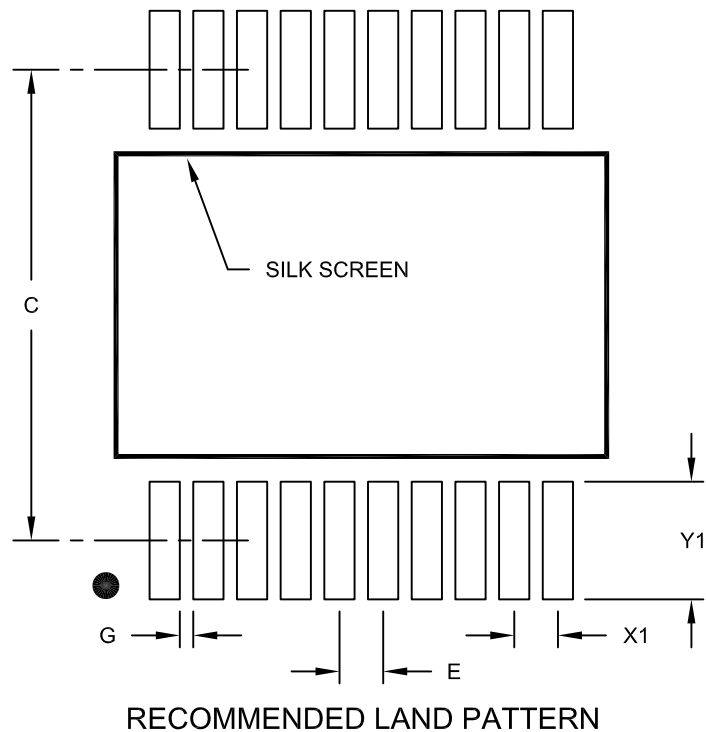
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-072B

PIC24FJ16MC101/102

20 引脚塑封缩小型小外形封装（SS）——主体 5.30 mm [SSOP]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.65 BSC		
Contact Pad Spacing	C		7.20	
Contact Pad Width (X20)	X1			0.45
Contact Pad Length (X20)	Y1			1.75
Distance Between Pads	G	0.20		

Notes:

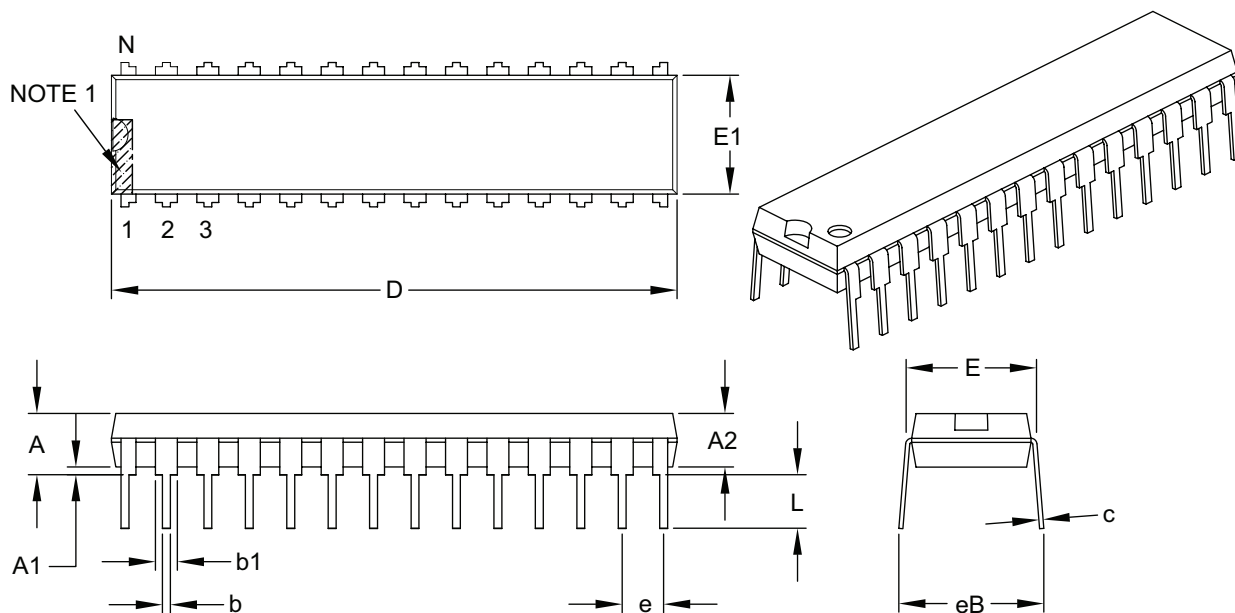
1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2072A

28 引脚窄型塑封双列直插式封装（SP）——主体 300 mil [SPDIP]

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Dimension Limits	Units	INCHES		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	28		
Pitch	e	.100 BSC		
Top to Seating Plane	A	—	—	.200
Molded Package Thickness	A2	.120	.135	.150
Base to Seating Plane	A1	.015	—	—
Shoulder to Shoulder Width	E	.290	.310	.335
Molded Package Width	E1	.240	.285	.295
Overall Length	D	1.345	1.365	1.400
Tip to Seating Plane	L	.110	.130	.150
Lead Thickness	c	.008	.010	.015
Upper Lead Width	b1	.040	.050	.070
Lower Lead Width	b	.014	.018	.022
Overall Row Spacing §	eB	—	—	.430

Notes:

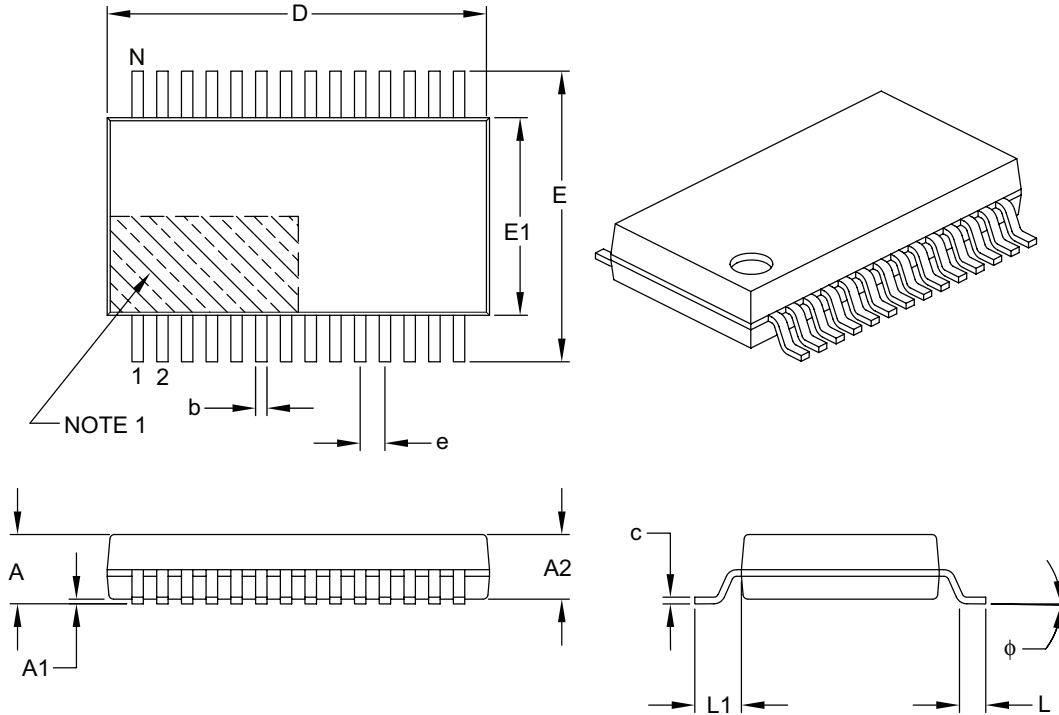
- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04-070B

PIC24FJ16MC101/102

28 引脚塑封缩小型小外形封装（SS）——主体 5.30 mm [SSOP]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



		Units	MILLIMETERS		
Dimension Limits			MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N		28		
Pitch	e		0.65 BSC		
Overall Height	A		—	—	2.00
Molded Package Thickness	A2		1.65	1.75	1.85
Standoff	A1		0.05	—	—
Overall Width	E		7.40	7.80	8.20
Molded Package Width	E1		5.00	5.30	5.60
Overall Length	D		9.90	10.20	10.50
Foot Length	L		0.55	0.75	0.95
Footprint	L1		1.25 REF		
Lead Thickness	c		0.09	—	0.25
Foot Angle	φ		0°	4°	8°
Lead Width	b		0.22	—	0.38

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.20 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

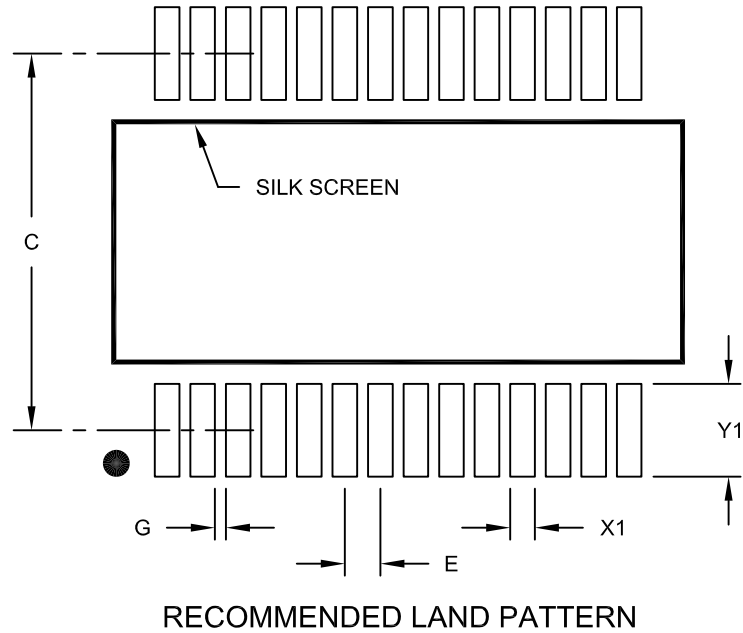
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-073B

28 引脚塑封缩小型小外形封装（SS）——主体 5.30 mm [SSOP]

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.65 BSC		
Contact Pad Spacing	C		7.20	
Contact Pad Width (X28)	X1			0.45
Contact Pad Length (X28)	Y1			1.75
Distance Between Pads	G	0.20		

Notes:

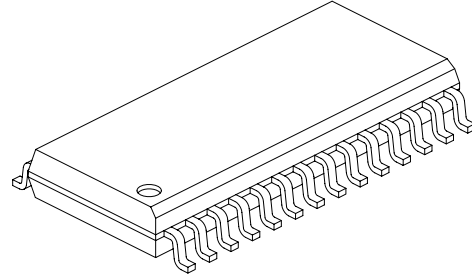
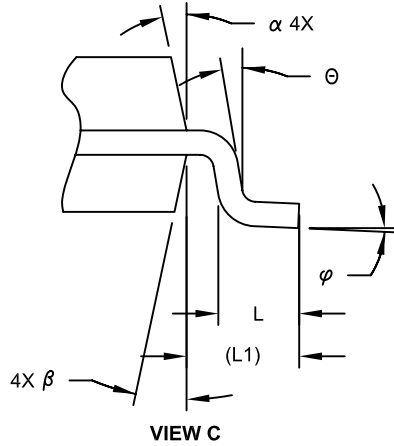
1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2073A

28 引脚塑封宽条小外形封装（SO）——主体 7.50 mm [SOIC]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Dimension	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	28		
Pitch	e	1.27 BSC		
Overall Height	A	-	-	2.65
Molded Package Thickness	A2	2.05	-	-
Standoff §	A1	0.10	-	0.30
Overall Width	E	10.30 BSC		
Molded Package Width	E1	7.50 BSC		
Overall Length	D	17.90 BSC		
Chamfer (Optional)	h	0.25	-	0.75
Foot Length	L	0.40	-	1.27
Footprint	L1	1.40 REF		
Lead Angle	Θ	0°	-	-
Foot Angle	φ	0°	-	8°
Lead Thickness	c	0.18	-	0.33
Lead Width	b	0.31	-	0.51
Mold Draft Angle Top	α	5°	-	15°
Mold Draft Angle Bottom	β	5°	-	15°

Notes:

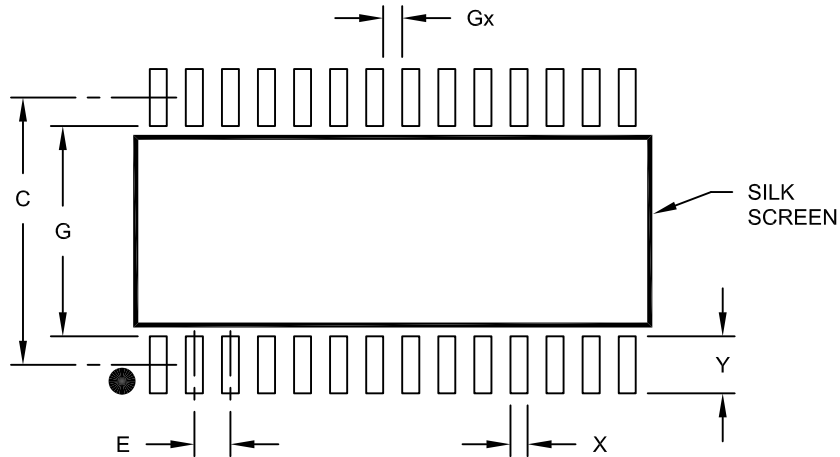
- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic
- Dimension D does not include mold flash, protrusions or gate burrs, which shall not exceed 0.15 mm per end. Dimension E1 does not include interlead flash or protrusion, which shall not exceed 0.25 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M
 - BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
 - REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.
- Datums A & B to be determined at Datum H.

Microchip Technology Drawing C04-052C Sheet 2 of 2

PIC24FJ16MC101/102

28 引脚塑封宽条小外形封装（SO）——主体 7.50 mm [SOIC]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	1.27 BSC		
Contact Pad Spacing	C		9.40	
Contact Pad Width (X28)	X			0.60
Contact Pad Length (X28)	Y			2.00
Distance Between Pads	Gx	0.67		
Distance Between Pads	G	7.40		

Notes:

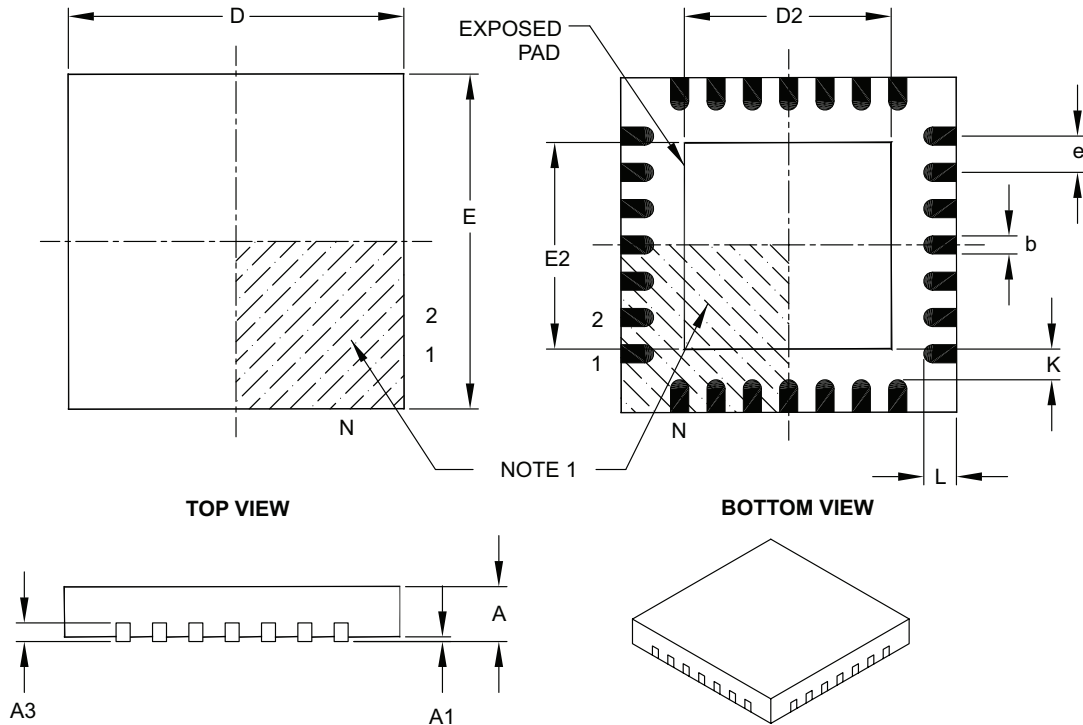
1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2052A

28 引脚塑封正方扁平无引线封装（ML）——主体 6x6 mm [QFN]，触点长度为 0.55 mm

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	28		
Pitch	e	0.65 BSC		
Overall Height	A	0.80	0.90	1.00
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Contact Thickness	A3	0.20 REF		
Overall Width	E	6.00 BSC		
Exposed Pad Width	E2	3.65	3.70	4.20
Overall Length	D	6.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	3.65	3.70	4.20
Contact Width	b	0.23	0.30	0.35
Contact Length	L	0.50	0.55	0.70
Contact-to-Exposed Pad	K	0.20	—	—

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Package is saw singulated.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

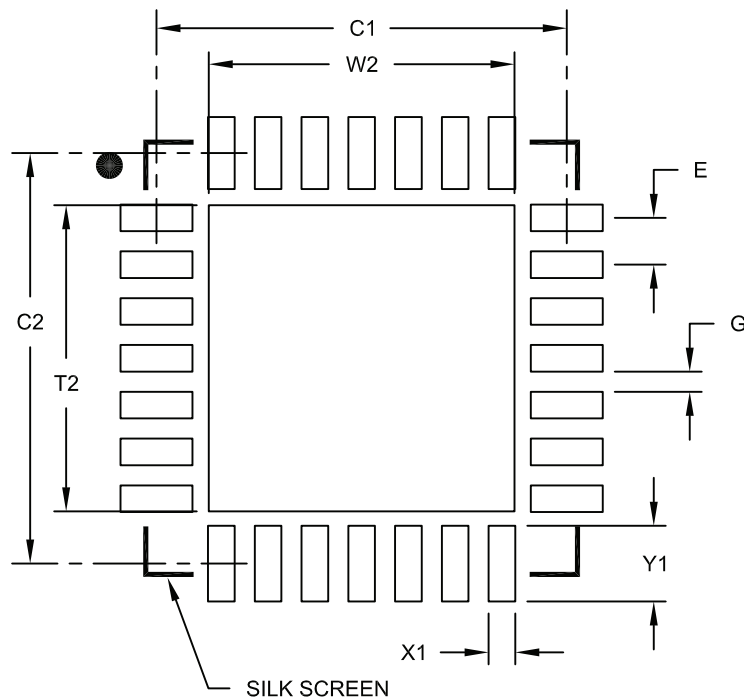
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-105B

PIC24FJ16MC101/102

28 引脚塑封正方扁平无引线封装（ML）——主体 6x6 mm [QFN]，触点长度为 0.55 mm

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E		0.65 BSC	
Optional Center Pad Width	W2			4.25
Optional Center Pad Length	T2			4.25
Contact Pad Spacing	C1		5.70	
Contact Pad Spacing	C2		5.70	
Contact Pad Width (X28)	X1			0.37
Contact Pad Length (X28)	Y1			1.00
Distance Between Pads	G	0.20		

Notes:

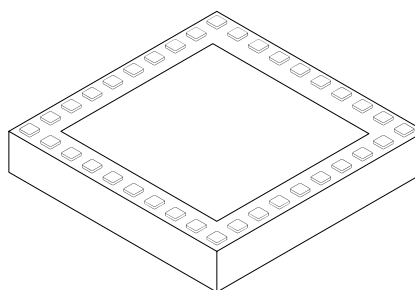
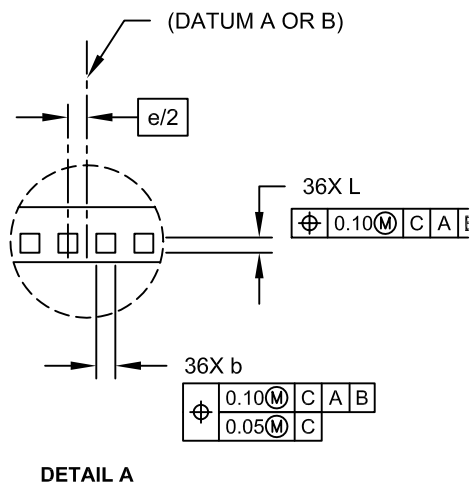
1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2105A

36 引脚散热型无引线阵列封装（TL）——主体 5x5x0.9 mm，带外露焊盘 [TLA]

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Dimension	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	36		
Number of Pins per Side	ND	10		
Number of Pins per Side	NE	8		
Pitch	e	0.50 BSC		
Overall Height	A	0.80	0.90	1.00
Standoff	A1	0.025	-	0.075
Overall Width	E	5.00 BSC		
Exposed Pad Width	E2	3.60	3.75	3.90
Overall Length	D	5.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	3.60	3.75	3.90
Contact Width	b	0.20	0.25	0.30
Contact Length	L	0.20	0.25	0.30
Contact-to-Exposed Pad	K	0.20	-	-

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Package is saw singulated.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
 - BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
 - REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-187B Sheet 2 of 2

注:

附录 A： 版本历史

版本 B（2011 年 6 月）

版本 A（2011 年 2 月）

这是本文档的初始版本。

该版本包括以下全局更新：

- 删除了所有 JTAG 引用

表 A-1 中列出了各章节涉及的所有其他主要更改。

此外，对整篇文档进行了少量文字和格式更改。

表 A-1： 主要章节更新

章节名称	更新说明
超低成本的 16 位高性能单片机	从以下引脚图中删除了 TMS、TDI、TDO 和 TCK 引脚名称 28 引脚 SPDIP/SOIC/SSOP 28 引脚 QFN 36 引脚 TLA
第 1.0 节 “器件概述”	将 CTED1 和 CTED2 引脚的缓冲器类型更新为 “数字”（见 表 1-1 ）。
第 4.0 节 “存储器构成”	在 CPU 内核寄存器映射中，更新了 SR 和 CORCON SFR（见 表 4-1 ）。 在输入捕捉寄存器映射中，更新了 IC2CON、IC3BUF 和 IC3CON 的 SFR 地址（见 表 4-6 ）。 在系统控制寄存器映射中，在 RCON 寄存器中增加了 VREGS 位（见 表 4-24 ）。
第 6.0 节 “复位”	在 RCON 寄存器中增加了 VREGS 位（见 寄存器 6-1 ）。
第 8.0 节 “振荡器配置”	在 OSCCON 寄存器中，更新了 COSC<2:0> = 001 和 NOSC<2:0> = 001 的定义（见 寄存器 8-1 ）。
第 15.0 节 “电机控制 PWM 模块”	更新了 例 15-1 的标题，以包含对汇编语言的引用。 增加了 例 15-2 ，该示例提供写保护寄存器解锁和故障清除序列的 C 代码版本。 将 PWM 密钥解锁寄存器中的 PWMLOCK 位更改为 PWMKEY 位（见 寄存器 15-15 ）。
第 19.0 节 “10 位模数转换器（ADC）”	更新了两个 ADC 框图中的 CH0 部分并增加了“注 2”（见 图 19-1 和 图 19-2 ）。 更新了 ADC 转换时钟周期框图中的多路开关值（见 图 19-3 ）。 在 AD1CHS0 寄存器中，增加了 CH0SB<4:0> 和 CH0SA<4:0> 位的 01110 位定义，并更新了 01101 位定义（见 寄存器 19-5 ）。
第 22.0 节 “充电时间测量单元（CTMU）”	删除了第 22.1 节 “测量电容”、第 22.2 节 “测量时间” 和第 22.3 节 “脉冲产生和延时”。 更新了主要特性。 增加了 CTMU 框图（见 图 22-1 ）。 在 CTMU 电流控制寄存器中，更新了 ITRIM<5:0> 位定义，并增加了“注 1”（见 寄存器 22-3 ）。

表 A-1: 主要章节更新 (续)

章节名称	更新说明
第 23.0 节 “特殊功能”	在配置影子寄存器映射中，更新了 FPOR 的 bit 5 和 bit 4，修改了“注 2”，并删除了“注 3”（见表 23-1）。 在配置闪存字中，更新了 CONFIG1 的 bit 14，并删除了“注 4”（见表 23-2）。 更新了 PLLKEN 配置位说明（见表 23-3）。 在“片上稳压器的连接”中增加了“注 3”（见图 23-1）。
第 26.0 节 “电气特性”	将所有表格中的标准工作条件更新为：3.0V 至 3.6V。 在绝对最大值⁽¹⁾中，删除了 VCAP 引脚相对于 VSS 的电压条目。 更新了“工作 MIPS 与电压”中的 VDD 范围（单位：V）（见表 26-1）。 在“直流特性的温度和电压规范”中，删除了参数 DC18，并更新了参数 DC10 的最小值（见表 26-4）。 在“电气特性：BOR”中，更新了参数 BO10 的特性定义和典型值（见表 26-5）。 更新了“直流特性：工作电流（IDD）”中的“注 2”（见表 26-6）。 更新了“直流特性：空闲电流（IIDL）”中的“注 2”（见表 26-7）。 更新了“直流特性：掉电电流（IPD）”中的“注 2”以及参数 DC60C 和 DC61a-DC61d（见表 26-8）。 更新了“直流特性：打盹电流（ID0ZE）”中的“注 2”（见表 26-9）。 在“内部稳压器规范”中增加了“注 1”（见表 26-13）。 在“交流特性：内部快速 RC（FRC）精度”中，更新了参数 F20a 的最小值和最大值以及参数 F20b 的典型值（见表 26-18）。 在“内部低功耗 RC（LPRC）精度”中，更新了参数 F21a 和 F21b 的最小值、典型值和最大值（见表 26-19）。 在“比较器模块规范”中，更新了参数 D305 的最小值、典型值和最大值（见表 26-43）。 在“CTMU 电流源规范”中，增加了参数 CTMUFV1 和 CTMUFV2，并更新了“注 1”和所有参数的条件（见表 26-46）。 增加了正向电压—温度曲线（见图 26-25）。

索引

A

ADC

初始化	173
主要特性	173

ADC 模块

ADC1 寄存器映射	37, 38
------------------	--------

B

备用中断向量表 (AIVT)	63
变更通知客户服务	7

C

CPU

控制寄存器	24
CPU 的特殊功能	215
CPU 时钟系统	94
PLL 配置	95
时钟源	94
选择	94

CTMU 模块

寄存器映射	39
-------------	----

C 编译器

MPLAB C18	232
-----------------	-----

操作码说明中使用的符号

程序存储器

复位向量	28
构成	28
中断向量	28
程序地址空间	27

表读指令

TBLRDH	48
TBLRDL	48

存储器映射	27
访问程序空间内数据的地址生成方式	47
构成	46
可视性操作	49
使用表指令访问程序存储器中的数据	48
使用程序空间可视性访问程序存储器中的数据	49

充电时间测量单元。请参见 CTMU。

串行外设接口 (SPI)	153
存储器构成	27

D

打盹模式	102
代码保护	215, 222
代码示例	

PWRSV 指令语法	101
端口写 / 读	108

电机控制 PWM

电机控制 PWM 模块

6 输出寄存器映射	35
-----------------	----

电气特性	235
交流	244

读者反馈	8
多位数据移位寄存器	26

F

封装	277
标识	277, 278
详细信息	279
复位	55
非法操作码	55, 61
未初始化的 W 寄存器	55, 61

陷阱冲突	60
复位过程	63

G

公式

器件工作频率	94
--------------	----

H

焊盘配置

寄存器映射	39
-------------	----

汇编器

MPASM 汇编器	232
-----------------	-----

I

I/O 端口	107
并行 I/O (PIO)	107
写 / 读时序	108

I²C

地址	160
工作模式	159
寄存器	159

I²C 模块

I2C1 寄存器映射	35
------------------	----

J

寄存器

AD1CHS123 (ADC1 输入通道 1、2 和 3 选择) ...	181
ADxCHS0 (ADCx 输入通道 0 选择)	182
ADxCON1 (ADCx 控制 1)	177
ADxCON2 (ADCx 控制 2)	179
ADxCON3 (ADCx 控制 3)	180
ADxCSSL (ADCx 输入扫描选择的低位字)	183
ADxPCFGL (ADCx 端口配置的低位字)	184
CLKDIV (时钟分频比)	98
CMSTAT (比较器状态)	189
CMxCON (比较器控制)	190
CMxFLTR (比较器滤波器控制)	196
CMxMSKCON (比较器屏蔽器门控控制)	194
CMxMSKSR (比较器屏蔽源控制)	192
CORCON (内核控制)	25, 67
CTMUCON1 (CTMU 控制寄存器 1)	211
CTMUCON2 (CTMU 控制寄存器 2)	212
CTMUCON (CTMU 控制)	211, 212
CTMUICON (CTMU 电流控制)	213
CVRCON (比较器参考电压控制)	197
DEVID (器件 ID)	219
DEVREV (器件版本)	219
I2CxCON (I2Cx 控制)	161
I2CxMSK (I2Cx 从模式地址掩码)	165
I2CxSTAT (I2Cx 状态)	163
IEC0 (中断允许控制 0)	75
IEC1 (中断允许控制 1)	77
IEC2 (中断允许控制 2)	78
IEC3 (中断允许控制 3)	78
IEC4 (中断允许控制 4)	79
IFS0 (中断标志状态 0)	70
IFS1 (中断标志状态 1)	72
IFS2 (中断标志状态 2)	73
IFS3 (中断标志状态 3)	73
IFS4 (中断标志状态 4)	74
INTCON1 (中断控制 1)	68
INTCON2 (中断控制 2)	69
INTTREG 中断控制和状态寄存器	90

PIC24FJ16MC101/102

IPC0 (中断优先级控制 0)	80
IPC14 (中断优先级控制 14)	86
IPC15 (中断优先级控制 15)	87
IPC16 (中断优先级控制 16)	88
IPC19 (中断优先级控制 19)	89
IPC1 (中断优先级控制 1)	81
IPC2 (中断优先级控制 2)	82
IPC3 (中断优先级控制 3)	83
IPC4 (中断优先级控制 4)	84
IPC5 (中断优先级控制 5)	85
IPC7 (中断优先级控制 7)	85
IPC9 (中断优先级控制 9)	86
NVMCON (闪存控制)	53
NVMKEY (非易失性存储器密钥)	54
OCxCON (输出比较 x 控制)	135
OSCCON (振荡器控制)	96
OSCTUN (FRC 振荡器调节)	99
PMD1 (外设模块禁止控制寄存器 1)	103
PMD2 (外设模块禁止控制寄存器 2)	104
PMD3 (外设模块禁止控制寄存器 3)	105
PMD4 (外设模块禁止控制寄存器 4)	105
PWMxCON1 (PWM 控制 1)	144
PWMxCON2 (PWM 控制 2)	145
PWMxKEY (PWM 密钥解锁寄存器)	152
PxDC1 (PWM 占空比 1)	151
PxDC2 (PWM 占空比 2)	151
PxDC3 (PWM 占空比 3)	151
PxDTCN1 (死区控制 1)	146
PxDTCN2 (死区控制 2)	147
PxFLTAcon (故障 A 控制)	148
PxFLTBCon (故障 B 控制)	149
PxOVDCON (改写控制)	150
PxSECMP (特殊事件比较)	143
PxTCON (PWM 时基控制)	141
PxTMR (PWM 定时器计数值)	142
PxTPER (PWM 时基周期)	142
RCON (复位控制)	56
RPINR0 (外设引脚选择输入寄存器 0)	112
RPINR11 (外设引脚选择输入寄存器 11)	115
RPINR18 (外设引脚选择输入寄存器 18)	116
RPINR1 (外设引脚选择输入寄存器 1)	112
RPINR21 (外设引脚选择输入寄存器 21)	117
RPINR3 (外设引脚选择输入寄存器 3)	113
RPINR7 (外设引脚选择输入寄存器 7)	114
RPINR8 (外设引脚选择输入寄存器 8)	115
RPOR0 (外设引脚选择输出寄存器 0)	118
RPOR1 (外设引脚选择输出寄存器 1)	118
RPOR2 (外设引脚选择输出寄存器 2)	119
RPOR3 (外设引脚选择输出寄存器 3)	119
RPOR4 (外设引脚选择输出寄存器 4)	120
RPOR5 (外设引脚选择输出寄存器 5)	120
RPOR6 (外设引脚选择输出寄存器 6)	121
RPOR7 (外设引脚选择输出寄存器 7)	121
SPIxCON1 (SPIx 控制 1)	155
SPIxCON2 (SPIx 控制 2)	157
SPIxSTAT (SPIx 状态和控制)	154
SR (CPU 状态)	24, 67
T1CON (Timer1 控制)	124
T2CON 控制	128
T3CON 控制	129
TCxCON (输入捕捉 x 控制)	132
UxMODE (UARTx 模式)	168
UxSTA (UARTx 状态和控制)	170
寄存器映射	
比较器	40

实时时钟和日历	39
基于指令的节能模式	101
空闲	102
休眠	101
交流特性	244
负载条件	244
内部低功耗 RC (LPRC) 精度	246
内部快速 RC (FRC) 精度	246
节能特性	101
时钟频率和切换	101

K

开发支持	231
看门狗超时复位 (WDTR)	60
看门狗定时器 (WDT)	215, 221
编程注意事项	221
勘误表	10
客户通知服务	7
客户支持	7
框图	
16 位 Timer1 模块	123
CTMU 配置	
时间测量	210
PIC24FJ12MC201/202	12
PIC24FJ16MC101/102 CPU 内核	22
PWM 模块	138
SPI	153
Timer2/3 (32 位)	126
Timer2 (16 位)	127
UART	167
比较器参考电压	187
比较器 I/O 工作模式	186
复位系统	55
共用端口结构	107
看门狗定时器 (WDT)	221
片上稳压器的连接	220
器件时钟	93
输出比较	133
输入捕捉	131
数字滤波器互连	188
用户可编程消隐功能	187

L

灵活的配置	215
漏极开路配置	108

M

MCU 的特性	21
Microchip 因特网网站	7
MPLAB ASM30 汇编器、链接器和库管理器	232
MPLAB PM3 器件编程器	234
MPLAB REAL ICE 在线仿真器系统	233
MPLAB 集成开发环境软件	231
MPLINK 目标链接器 / MPLIB 目标库管理器	232
模数转换器 (ADC)	173

N

NVM 模块	
寄存器映射	43
内部 RC 振荡器	
与 WDT 一起使用	221

P

PMD 模块	
寄存器映射	43

PORTA	
寄存器映射	42
PORTB	
PIC24FJ16MC101 的寄存器映射	42
PIC24FJ16MC102 的寄存器映射	42
PWM 时基	141
配置寄存器映射	216
配置模拟端口引脚	108
配置位	215
R	
软件 RESET 指令 (SWR)	60
软件堆栈指针, 帧指针	
CALL 堆栈帧	44
软件模拟器 (MPLAB SIM)	233
S	
SPI 模块	
SPI1 寄存器映射	36
闪存程序存储器	51
RTSP 工作原理	52
编程算法	52
表指令	51
操作	52
控制寄存器	52
上电复位 (POR)	59
时序规范	
10 位 ADC 要求	273
I2Cx 总线数据要求 (从模式)	269
I2Cx 总线数据要求 (主模式)	267
PLL 时钟	246
Timer1 外部时钟要求	249
Timer2 外部时钟要求	250
Timer3 外部时钟要求	250
电机控制 PWM 要求	253
复位、看门狗定时器、振荡器起振定时器、上电延时	
定时器和欠压复位要求	248
简单输出比较 /PWM 模式要求	252
输出比较要求	252
时序特性	
CLKO 和 I/O	247
时序图	
10 位 ADC 转换 (CHPS<1:0> = 01, SIMSAM = 0,	
ASAM = 0, SSRC<2:0> = 000)	272
10 位 ADC 转换 (CHPS<1:0> = 01, SIMSAM = 0,	
ASAM = 1, SSRC<2:0> = 111,	
SAMC<4:0> = 00001)	273
ADC 转换时序特性 (CHPS<1:0> = 01, SIMSAM = 0,	
ASAM = 1, SSRC<2:0> = 111,	
SAMC<4:0> = 00001)	272
I2Cx 总线启动位 / 停止位 (从模式)	268
I2Cx 总线启动位 / 停止位 (主模式)	266
I2Cx 总线数据 (从模式)	268
I2Cx 总线数据 (主模式)	266
Timer1、Timer2 和 Timer3 外部时钟	249
电机控制 PWM	253
电机控制 PWM 故障	253
复位、看门狗定时器、振荡器起振定时器和上电延时	
定时器	248
欠压情形	59
输出比较 /PWM	252
输出比较 (OCx)	252
输入捕捉 (CAPx)	251
外部时钟	245
时序要求	

CLKO 和 I/O	247
输入捕捉	251
外部时钟	245
使用 RCON 状态位	61
时钟切换	100
过程	100
使能	100
输出比较	133
输入捕捉	131
寄存器	132
输入电平变化通知	108
数据地址空间	29
Near 数据空间	29
带 1 KB RAM 的 PIC24FJ16MC101/102 器件	
的存储器映射	30
对齐	29
宽度	29
软件堆栈	44
算术逻辑单元 (ALU)	26
T	
Timer1	123
Timer2/3	125
通用异步收发器 (UART)	167
U	
UART 模块	
UART1 寄存器映射	36
W	
WWW 地址	7
WWW, 在线支持	10
外设模块禁止 (PMD)	102
温度和电压规范	
交流	244
稳压器 (片上)	220
X	
系统控制	
寄存器映射	43
Y	
引脚说明 (表)	13
因特网地址	7
Z	
在节能指令执行期间的中断	102
在线串行编程 (ICSP)	215, 222
在线仿真	215
在线调试器	222
指令集	
概述	226
汇总	223
指令寻址模式	44
MCU 指令	44
传送指令和累加器指令	45
其他指令	45
文件寄存器指令	44
支持的基本模式	45
直流特性	236
BOR	237
I/O 引脚输出规范	242
I/O 引脚输入规范	242
程序存储器	243
打吨电流 (IDOZE)	241

PIC24FJ16MC101/102

掉电电流 (IPD)	240
工作电流 (IDD)	238
空闲电流 (IDLE)	239
温度和电压规范	237
中断控制和状态寄存器	66
IECx	66
IFSx	66
INTCON1	66
INTCON2	66
IPCx	66
中断设置过程	91
初始化	91
陷阱服务程序	91
中断服务程序	91
中断禁止	91
中断向量表 (IVT)	63

MICROCHIP 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。只要使用常用的因特网浏览器即可访问。网站提供以下信息：

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及存档软件
- **一般技术支持**——常见问题 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 顾问计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

变更通知客户服务

Microchip 的变更通知客户服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请登录 Microchip 网站 www.microchip.com。在“支持”(Support)下，点击“变更通知客户”(Customer Change Notification)服务后按照注册说明完成注册。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (FAE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师 (FAE) 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过<http://microchip.com/support>获得网上技术支持。

读者反馈表

我们努力为您提供最佳文档，以确保您能够成功使用 **Microchip** 产品。如果您对文档的组织、条理性、主题及其他有助于提高文档质量的方面有任何意见或建议，请填写本反馈表并传真给我公司 TRC 经理，传真号码为 86-21-5407-5066。请填写以下信息，并从下面各方面提出您对本文档的意见。

致： TRC 经理 总页数 _____
关于： 读者反馈
发自： 姓名 _____
公司 _____
地址 _____
国家 / 省份 / 城市 / 邮编 _____
电话： (_____) _____ - _____ 传真： (_____) _____ - _____

应用 (选填)：

您希望收到回复吗？ 是 ☐ 否 ☐

器件： PIC24FJ16MC101/102

文献编号： DS39997B_CN

问题：

1. 本文档中哪些部分最有特色？

2. 本文档是否满足了您的软硬件开发要求？如何满足的？

3. 您认为本文档的组织结构便于理解吗？如果不便于理解，那么问题何在？

4. 您认为本文档应该添加哪些内容以改善其结构和主题？

5. 您认为本文档中可以删减哪些内容，而又不会影响整体使用效果？

6. 本文档中是否存在错误或误导信息？如果存在，请指出是什么信息及其具体页数。

7. 您认为本文档还有哪些方面有待改进？

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://www.microchip.com/
support](http://www.microchip.com/support)

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta

Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

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

克里夫兰 Cleveland

Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

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

印第安纳波利斯

Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453

洛杉矶 Los Angeles

Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara

Santa Clara, CA
Tel: 1-408-961-6444
Fax: 1-408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto

Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 Asia Pacific Office

Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京

Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都

Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆

Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 杭州

Tel: 86-571-2819-3187
Fax: 86-571-2819-3189

中国 - 香港特别行政区

Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京

Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

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 - 武汉

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

中国 - 西安

Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门

Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 珠海

Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

亚太地区

台湾地区 - 高雄

Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-330-9305

台湾地区 - 台北

Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹

Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

澳大利亚 Australia - Sydney

Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore

Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi

Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

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 - Daegu

Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul

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

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur

Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang

Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

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: 43-7242-2244-39
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 - Druenen

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