



PIC24HJ12GP201/202

数据手册

高性能 16 位
数字信号控制器

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 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。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了便于理解。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. 的英文原本文档。

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，不得暗中以其他方式转让任何许可证。

商标

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

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

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICtail、PIC³² 徽标、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rLAB、Select Mode、Total Endurance、UNI/O、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2008, Microchip Technology Inc. 版权所有。

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

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe“iCE”/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-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU/IdSPIC[®] 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方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外，Microchip 在开发系统的设计和和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

高性能 16 位数字信号控制器

工作范围:

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

高性能 CPU:

- 改进型哈佛架构
- C 编译器优化的指令集
- 16 位宽数据总线
- 24 位宽指令
- 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
- 71 条基本指令, 多为单字 / 单周期指令
- 16 个 16 位通用寄存器
- 灵活和强大的寻址模式
- 软件堆栈
- 16 x 16 乘法运算
- 32/16 位和 16/16 位除法运算
- 最多可将 40 位数据左移或右移最多 16 位

中断控制器:

- 中断响应延时为 5 个周期
- 118 个中断向量
- 最多 21 个中断源
- 最多 3 个外部中断
- 7 个可编程优先级
- 4 个处理器异常

片上闪存和 SRAM:

- 闪存程序存储器 (12 KB)
- 数据 SRAM (1024 字节)
- 用于闪存的引导和通用安全性

数字 I/O:

- 外设引脚选择功能性
- 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
- 带漏极开路配置的输出最高为 5V
- 所有数字输入引脚可承受 5V 的电压
- 所有 I/O 引脚的灌电流为 4 mA

系统管理:

- 灵活的时钟选择:
 - 外部振荡器、晶振、谐振器和内部 RC 振荡器
 - 全集成锁相环 (Phase-Locked Loop, PLL)
 - 极低抖动 PLL
- 上电延时定时器
- 振荡器起振定时器 / 稳定器
- 自带 RC 振荡器的看门狗定时器
- 故障保护时钟监视器
- 多个复位源

功耗管理:

- 片上 2.5V 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

定时器 / 捕捉 / 比较:

- 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
 - 1 个定时器可依靠外部 32.768 kHz 振荡器作为实时时钟使用
 - 可编程预分频器
- 输入捕捉 (最多 4 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

通信模块:

- 4 线 SPI:
 - 帧支持简单编解码器的 I/O 接口
 - 支持 8 位和 16 位数据
 - 支持所有串行时钟格式和采样模式
- 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
 - 集成信号处理
 - 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 总线支持
 - IrDA® 硬件编解码
 - 高速波特率模式
 - 使用 CTS 和 RTS 的硬件流控制

模数转换器 (Analog-to-Digital Converters, ADC):

- 10 位 1.1 Msps 或 12 位 500 Ksps 转换:
 - 2 和 4 路同时采样 (10 位 ADC)
 - 最多 10 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
 - 休眠模式下仍可转换
 - 积分非线性误差最大为 ± 2 LSB
 - 微分非线性误差最大为 ± 1 LSB

CMOS 闪存技术:

- 低功耗高速闪存技术
- 全静态设计
- 3.3V ($\pm 10\%$) 工作电压
- 工业级和扩展级温度
- 低功耗

封装:

- 18 引脚 SDIP/SOIC
- 28 引脚 SDIP/SOIC/QFN

注: 关于每个器件的具体外设特性, 请参见相应的器件数据手册。
--

PIC24HJ12GP201/202

PIC24HJ12GP201/202 产品系列

下表列出了每个系列的器件名称、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: PIC24HJ12GP201/202 控制器系列

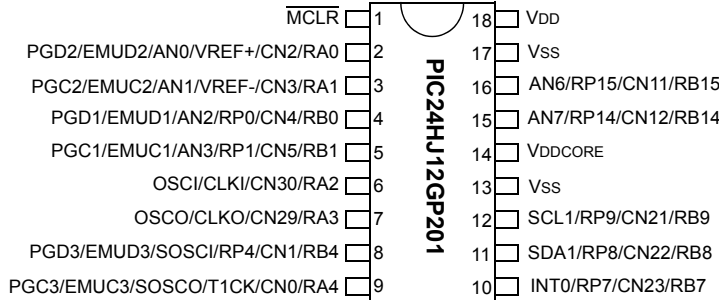
器件	引脚数	闪存程序存储器 (KB)	RAM (KB)	可重映射的外设						10 位 /12 位 ADC	I ² C™	最大 I/O 引脚数	封装
				可重映射的 引脚数	16 位定时器	输入捕捉	标准 PWM 输出比较	UART	SPI				
PIC24HJ12GP201	18	12	1	8	3 ⁽¹⁾	4	2	1	1	1 个 ADC, 6 路通道	1	13	SDIP SOIC
PIC24HJ12GP202	28	12	1	16	3 ⁽¹⁾	4	2	1	1	1 个 ADC, 10 路通道	1	21	SDIP SOIC QFN

注 1: 3 个定时器中只有 2 个是可重映射的。

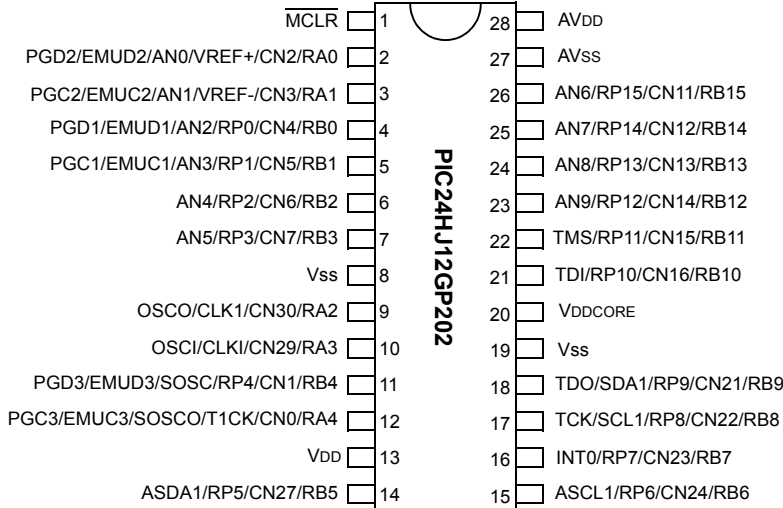
PIC24HJ12GP201/202

引脚图

18 引脚 SDIP 和 SOIC

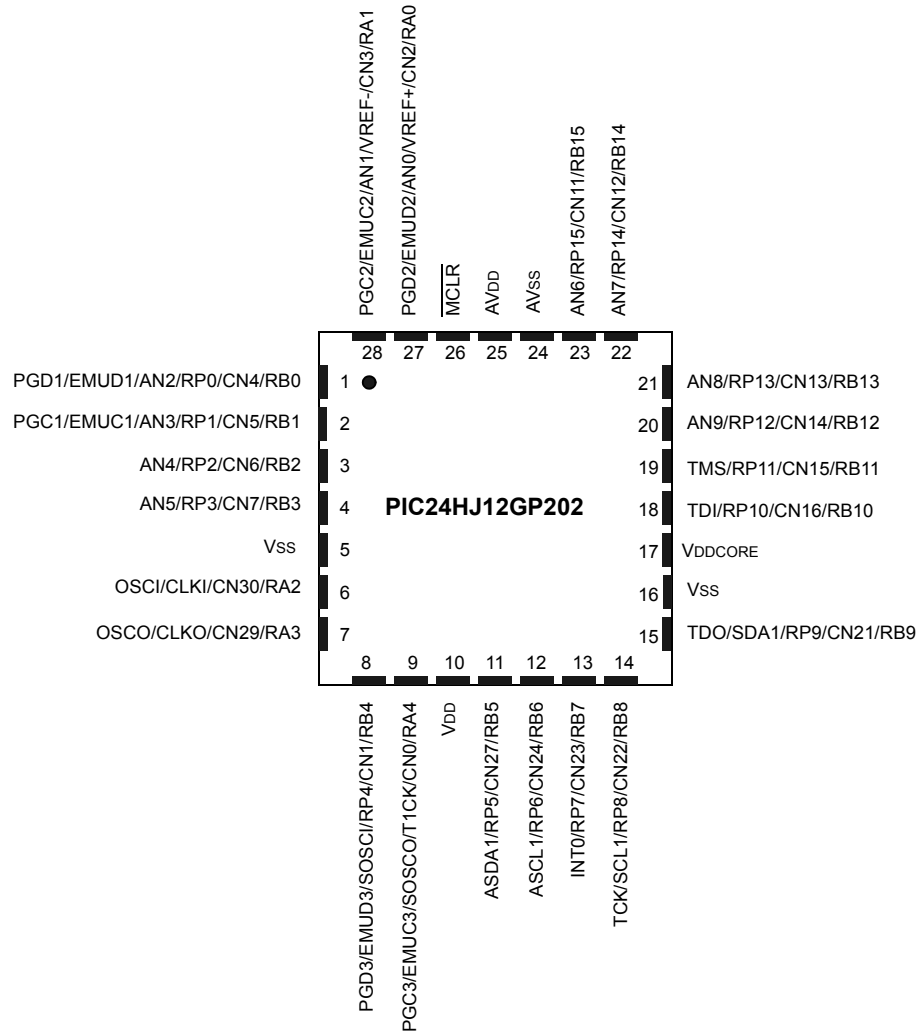


28 引脚 SDIP 和 SOIC



引脚图 (续)

28 引脚 QFN



目录

1.0	器件概述	7
2.0	CPU	11
3.0	存储器构成	17
4.0	闪存程序存储器	37
5.0	复位	43
6.0	中断控制器	49
7.0	振荡器配置	77
8.0	节能特性	87
9.0	I/O 端口	89
10.0	Timer1	109
11.0	Timer2/3 特性	111
12.0	输入捕捉	117
13.0	输出比较	119
14.0	串行外设接口 (SPI)	125
15.0	I ² C™	133
16.0	通用异步收发器 (UART)	143
17.0	10 位 /12 位模数转换器 (ADC)	151
18.0	特殊功能	163
19.0	指令集汇总	171
20.0	开发支持	179
21.0	电气特性	183
22.0	封装信息	217
附录 A:	版本历史	223
索引		225
Microchip 网站		229
变更通知客户服务		229
客户支持		229
读者反馈表		230
产品标识体系		231

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： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 [Microchip 网站 \(www.microchip.com\)](http://www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

本文档涉及以下器件的具体信息：

- PIC24HJ12GP201
- PIC24HJ12GP202

图 1-1 给出了 PIC24HJ12GP201/202 系列器件中各种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种引脚的功能。

PIC24HJ12GP201/202

图 1-1: PIC24HJ12GP201/202 框图

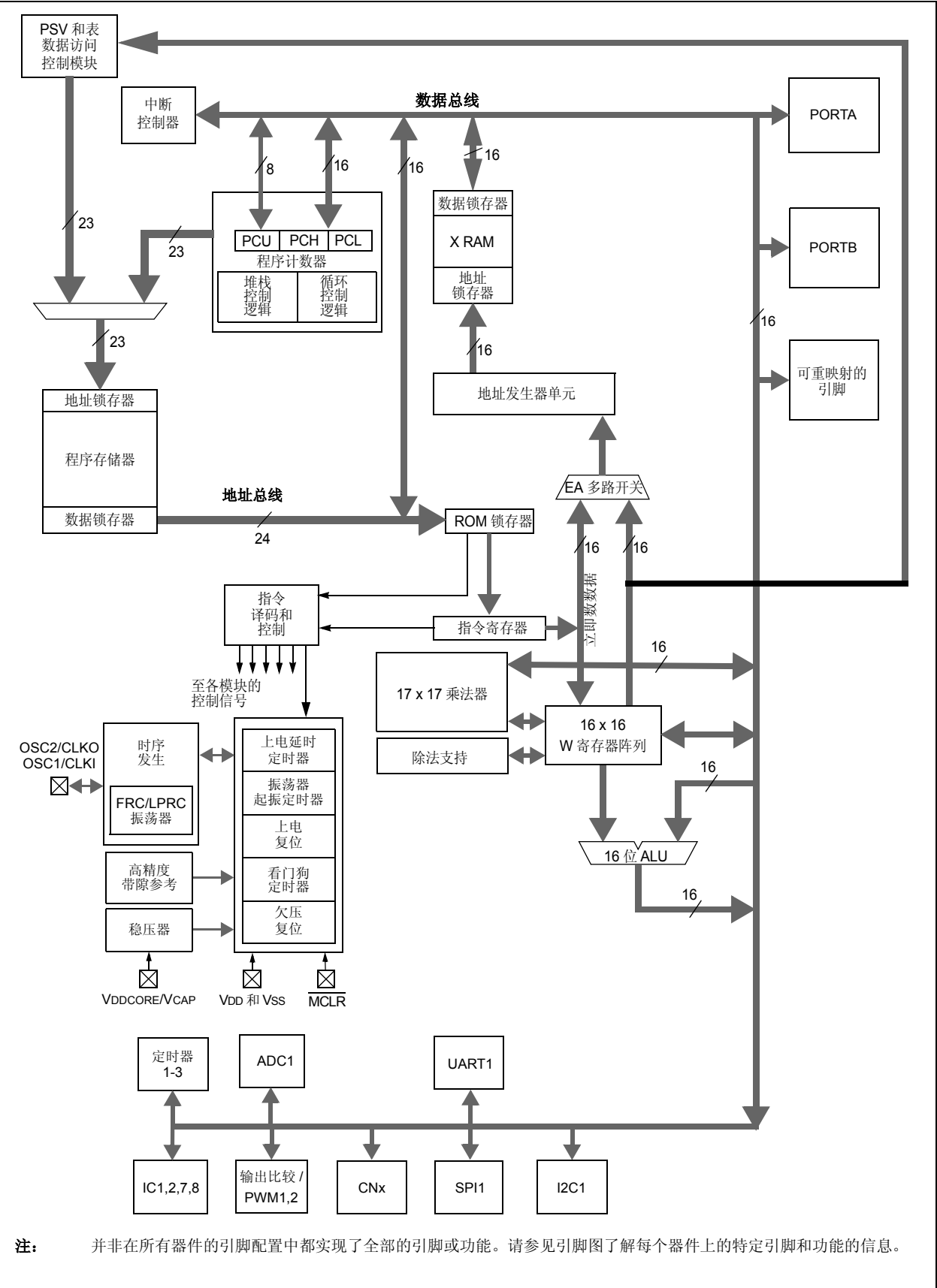


表 1-1: 引脚说明

引脚名称	引脚类型	缓冲器类型	说明
AN0-AN9	I	Analog	模拟输入通道。
CLKI CLKO	I O	ST/CMOS —	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，连接到晶体或谐振器。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 —	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，连接到晶体或谐振器。也可选择在 RC 和 EC 模式下用作 CLKO。
SOSCI SOSCO	I O	ST/CMOS —	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-CN15 CN21-CN24 CN27 CN29-CN30	I	ST	电平变化通知输入。 可将所有输入软件编程为内部弱上拉。
IC0-IC1 IC7-IC8	I	ST	捕捉输入 1/2 捕捉输入 7/8
OCFA OC1-OC2	I O	ST —	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	外部中断 0。 外部中断 1。 外部中断 2。
RA0-RA4	I/O	ST	PORTA 是双向 I/O 端口。
RB0-RB15	I/O	ST	PORTB 是双向 I/O 端口。
T1CK T2CK T3CK	I I I	ST ST ST	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 —	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	SPI1 的同步串行时钟输入 / 输出。 SPI1 数据输入。 SPI1 数据输出。 SPI1 从动同步或帧脉冲 I/O。
SCL1 SDA1 ASCL1 ASDA1	I/O I/O I/O I/O	ST ST ST ST	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。
TMS TCK TDI TDO	I I I O	ST ST ST —	JTAG 测试模式选择引脚。 JTAG 测试时钟输入引脚。 JTAG 测试数据输入引脚。 JTAG 测试数据输出引脚。
PGD1/EMUD1 PGC1/EMUC1 PGD2/EMUD2 PGC2/EMUC2 PGD3/EMUD3 PGC3/EMUC3	I/O I I/O I I/O I	ST ST ST ST ST ST	编程 / 调试通信通道 1 使用的数据 I/O 引脚。 编程 / 调试通信通道 1 使用的时钟输入引脚。 编程 / 调试通信通道 2 使用的数据 I/O 引脚。 编程 / 调试通信通道 2 使用的时钟输入引脚。 编程 / 调试通信通道 3 使用的数据 I/O 引脚。 编程 / 调试通信通道 3 使用的时钟输入引脚。
VDDCORE	P	—	CPU 逻辑滤波器电容连接。
VSS	P	—	逻辑和 I/O 引脚的参考地。
VREF+	I	模拟	模拟参考电压（高电压）输入。
VREF-	I	模拟	模拟参考电压（低电压）输入。

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

PIC24HJ12GP201/202

表 1-1: 引脚说明 (续)

引脚名称	引脚类型	缓冲器类型	说明
AVDD	P	P	模拟模块的正电源。
MCLR	I/P	ST	主复位输入。此引脚为低电平有效的器件复位输入端。
AVSS	P	P	模拟模块的参考地。
VDD	P	—	外设逻辑和 I/O 引脚的正电源。

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

2.0 CPU

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

PIC24HJ12GP201/202 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，指令字带有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。节省开销的单周期程序循环结构是用可在任意点中断的 REPEAT 指令来支持的。

PIC24HJ12GP201/202 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），用于中断和调用。

PIC24HJ12GP201/202 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，PIC24HJ12GP201/202 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 操作数指令，允许在单个周期内执行 $A + B = C$ 这样的操作。

CPU 的框图如图 2-1 所示，PIC24HJ12GP201/202 的编程模型如图 2-2 所示。

2.1 数据寻址概述

使用地址生成单元（Address Generation Unit, AGU），数据空间可以作为 32K 字或 64 KB 进行线性寻址。可以选择将数据存储空间映射的高 32 KB 映射到由 8 位程序空间可视性页（Program Space Visibility Page, PSVPAG）寄存器定义的任何 16K 程序字边界内的程序空间内。程序空间到数据空间的映射功能让任何指令都能象访问数据空间一样访问程序空间。

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。

2.2 MCU 的特性

PIC24HJ12GP201/202 具有一个 17 位 x17 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 x17 位乘法器进行 16 位 x16 位乘法运算允许执行混合符号的乘法运算。

PIC24HJ12GP201/202 支持整数的 16/16 位和 32/16 位除法运算。所有的除法指令都是迭代操作。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可以中断除法操作而不会丢失数据。

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 16 位。

PIC24HJ12GP201/202

图 2-1: PIC24HJ12GP201/202 CPU 内核框图

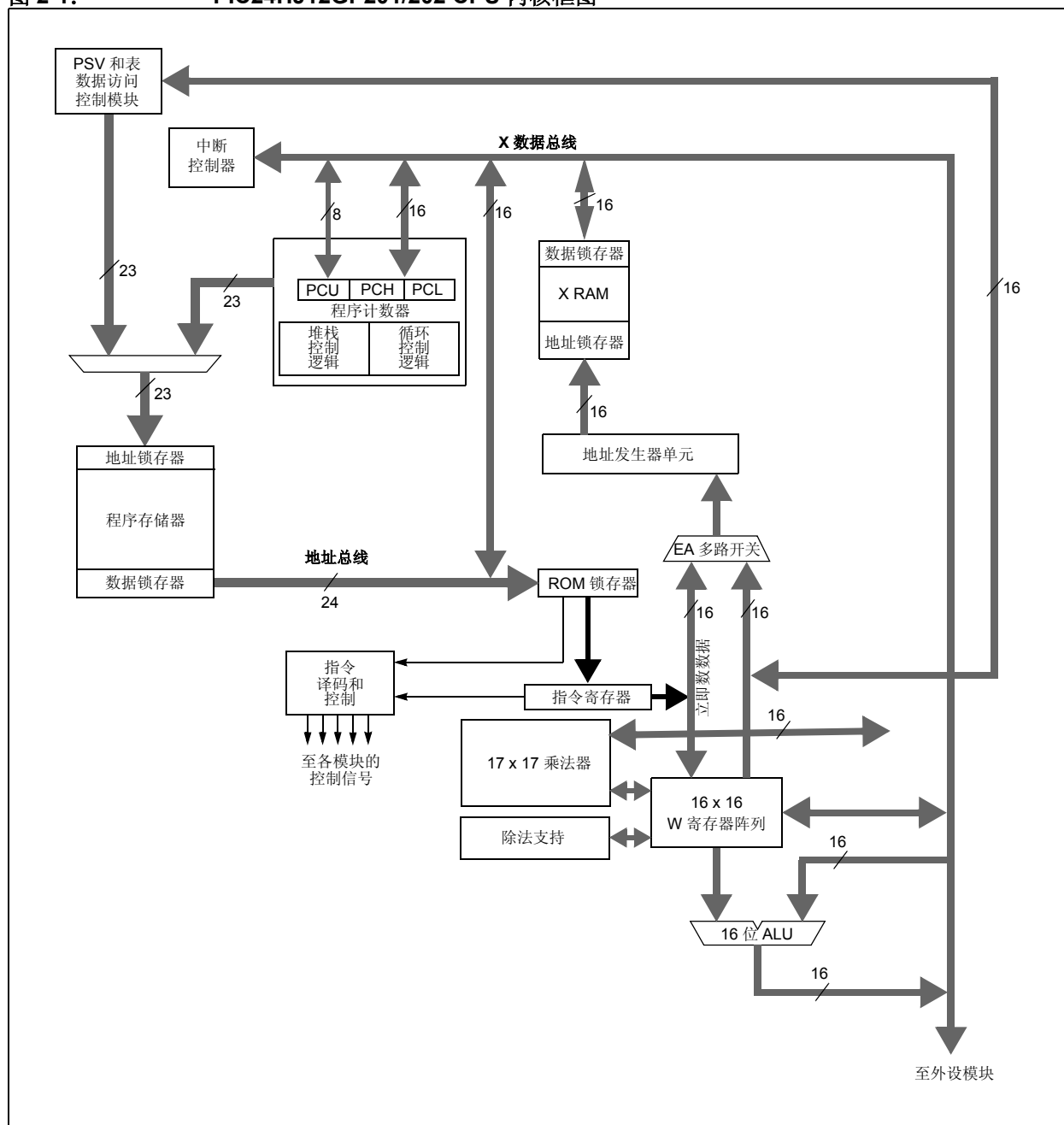
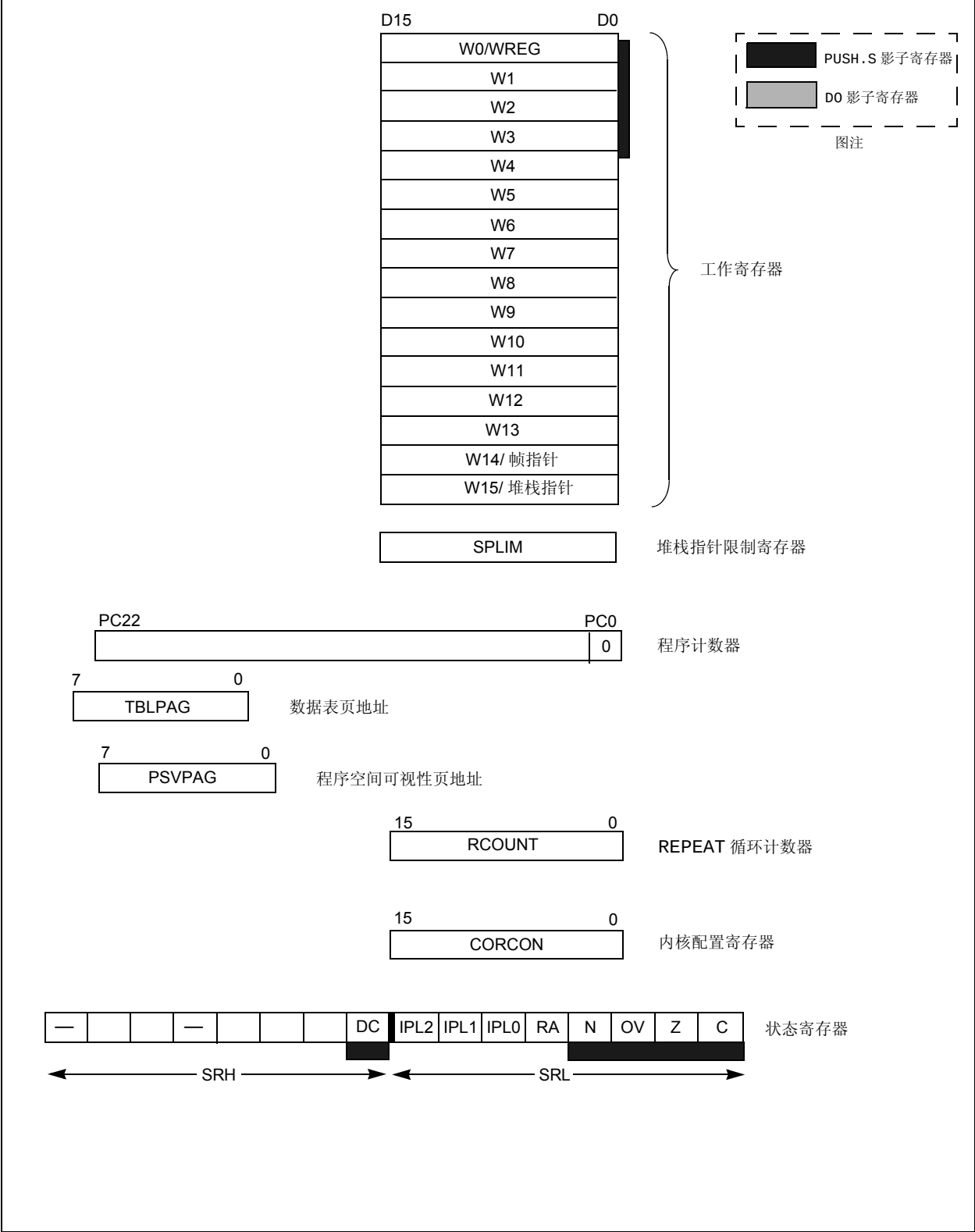


图 2-2: PIC24HJ12GP201/202 编程模型



PIC24HJ12GP201/202

2.3 CPU 控制寄存器

寄存器 2-1: **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

此位用于有符号的算术运算 (二进制补码)。表明运算结果溢出了二进制数的范围, 溢出导致符号位发生改变。

1 = 有符号算术运算中发生溢出 (本次运算)

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 = 结果的最高位 (MSb) 发生了进位

0 = 结果的最高位未发生进位

注 1: IPL<2:0> 位与 IPL<3> 位 (CORCON<3>) 组合形成 CPU 的中断优先级。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 = 1 (INTCON1<15>) 时, IPL<2:0> 状态位是只读的。

寄存器 2-2: 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 3IPL3: 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 2PSV: 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。

2.4 算术逻辑单元 (ALU)

PIC24HJ12GP201/202 ALU 为 16 位宽，并能进行加法、减法、移位和逻辑运算。除非特别指明，算术运算一般采用二进制补码。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。根据指令的寻址方式，ALU 运算的数据可来自 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。

有关每条指令所影响的 SR 位的信息，请参见《dsPIC30F/33F 程序员参考手册》(DS70157B_CN)。

PIC24HJ12GP201/202 CPU 融入了对乘法和除法的硬件支持。它带有专门的硬件乘法器以及支持 16 位除数除法的硬件。

2.4.1 乘法器

通过使用高速 17 位 x17 位乘法器，ALU 支持各种无符号、有符号或混合符号的乘法运算：

1. 16 位 x16 位有符号
2. 16 位 x16 位无符号
3. 16 位有符号 x5 位 (立即数) 无符号
4. 16 位无符号 x16 位无符号
5. 16 位无符号 x5 位 (立即数) 无符号
6. 16 位无符号 x16 位有符号
7. 8 位无符号 x8 位无符号

2.4.2 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：

1. 32 位有符号 /16 位有符号除法
2. 32 位无符号 /16 位无符号除法
3. 16 位有符号 /16 位有符号除法
4. 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)。除法计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。

2.4.3 多位数据移位寄存器

多位数据移位寄存器在单个周期内可将数据算术或逻辑右移或左移最多 16 位。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。负值则将操作数左移。值为 0 则不改变操作数。

3.0 存储器构成

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

PIC24HJ12GP201/202 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。

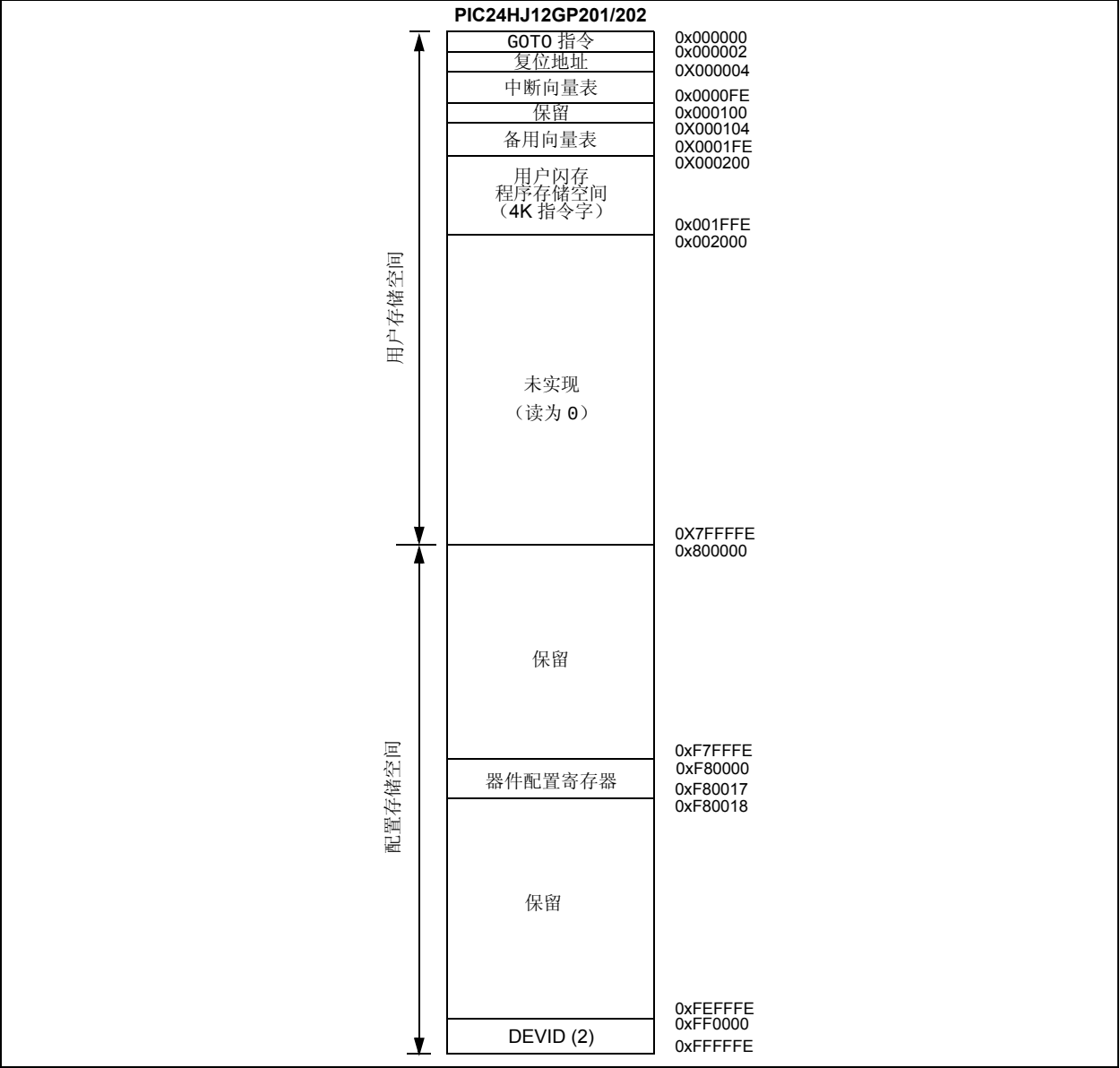
3.1 程序地址空间

PIC24HJ12GP201/202 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)、表操作或数据空间重映射得到的 24 位值寻址这一空间，如第 3.4 节“程序存储空间与数据存储空间的接口”中所述。

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，这两条指令采用 TBLPAG<7> 以允许访问配置存储空间中的配置位和器件 ID。

图 3-1 给出了 PIC24HJ12GP201/202 器件的存储器映射情况。

图 3-1: PIC24HJ12GP201/202 器件的程序存储器



PIC24HJ12GP201/202

3.1.1 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没有实现。低位字的地址始终为偶数，而高位字的地址为奇数（图3-2）。

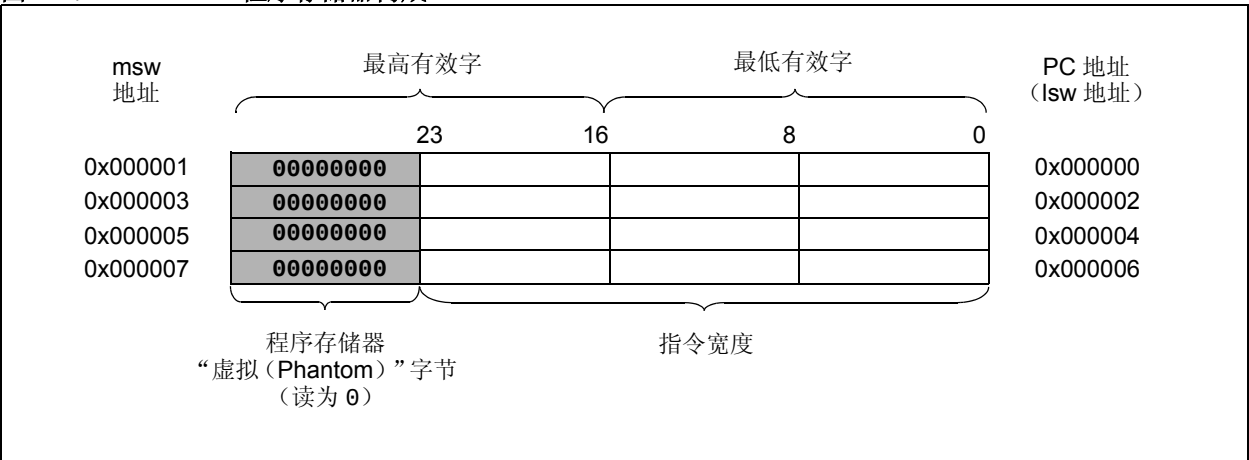
程序存储器地址始终在低位字处按字对齐，并且在代码执行过程中地址将递增或递减2。这种寻址模式与数据存储空间寻址兼容，且为访问程序存储空间中的数据提供了可能。

3.1.2 中断和陷阱向量

所有 PIC24HJ12GP201/202 器件中从 0x00000 到 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 的默认值重新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处定位为 0x000002。

PIC24HJ12GP201/202 器件也具有两个中断向量表，地址分别从 0x000004 到 0x0000FF 和 0x000100 到 0x0001FF。这两个向量表允许使用不同的中断服务程序（Interrupt Service Routines, ISR）处理每个器件中断源。关于中断向量表更详细的讨论，请参见第 6.1 节“中断向量表”。

图 3-2: 程序存储器构成



3.2 数据地址空间

PIC24HJ12GP201/202 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。数据存储映射如图 3-3 所示。

数据存储空间中的所有有效地址 (Effective Adresse, 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 (PSV) 区域 (见第 3.4.3 节“使用程序空间可视性读程序存储器中的数据”)。

PIC24HJ12GP201/202 器件共实现了最大 30 KB 的数据存储空间。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。

3.2.1 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。在数据存储器和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。每个字的低字节 (Least Significant Byte, LSB) 部分具有偶地址, 而高字节 (Most Significant Byte, MSB) 部分则具有奇地址。

3.2.2 数据存储器构成和对齐方式

为维持与 PIC® 器件的向后兼容性和提高数据存储空间的使用效率, PIC24HJ12GP201/202 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进行计算调整。例如, 对于执行后修改寄存器间接寻址模式 [Ws++] 的结果, 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 $Ws + 2$ 。

使用任何 EA 的 LSB 来确定要选取的字节, 数据字节读取将读取包含字节的整个字。选定的字节被放在数据总线的 LSB 处。这就是说, 数据存储器和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读取操作, 所以在混合字节和字操作时, 或从 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。无论是哪种情况都将执行陷阱, 从而允许系统和 / 或用户应用能够检查地址错误发生之前的机器状态。

所有装入 W 寄存器的字节都将装入 W 寄存器的低字节 (LSB), W 寄存器的高字节 (MSB) 不变。

提供了一条符号扩展 (SE) 指令, 允许用户把 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。

3.2.3 SFR 空间

Near 数据空间的前 2 KB 单元 (从 0x0000 到 0x07FF) 主要被特殊功能寄存器 (Special Function Registers, SFR) 占用。PIC24HJ12GP201/202 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。表 3-1 到表 3-21 给出了所有实现的 SFR 及其地址的完整列表。

注: 不同器件的实际外设功能集和中断也各不相同。请参见相应器件的数据表和引脚图了解特定器件的信息。

3.2.4 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地址单元。此外, 还可以使用 MOV 指令寻址整个数据空间, 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。

PIC24HJ12GP201/202

图 3-3: 带有 1 KB RAM 的 PIC24HJ12GP201/202 器件的数据存储器映射

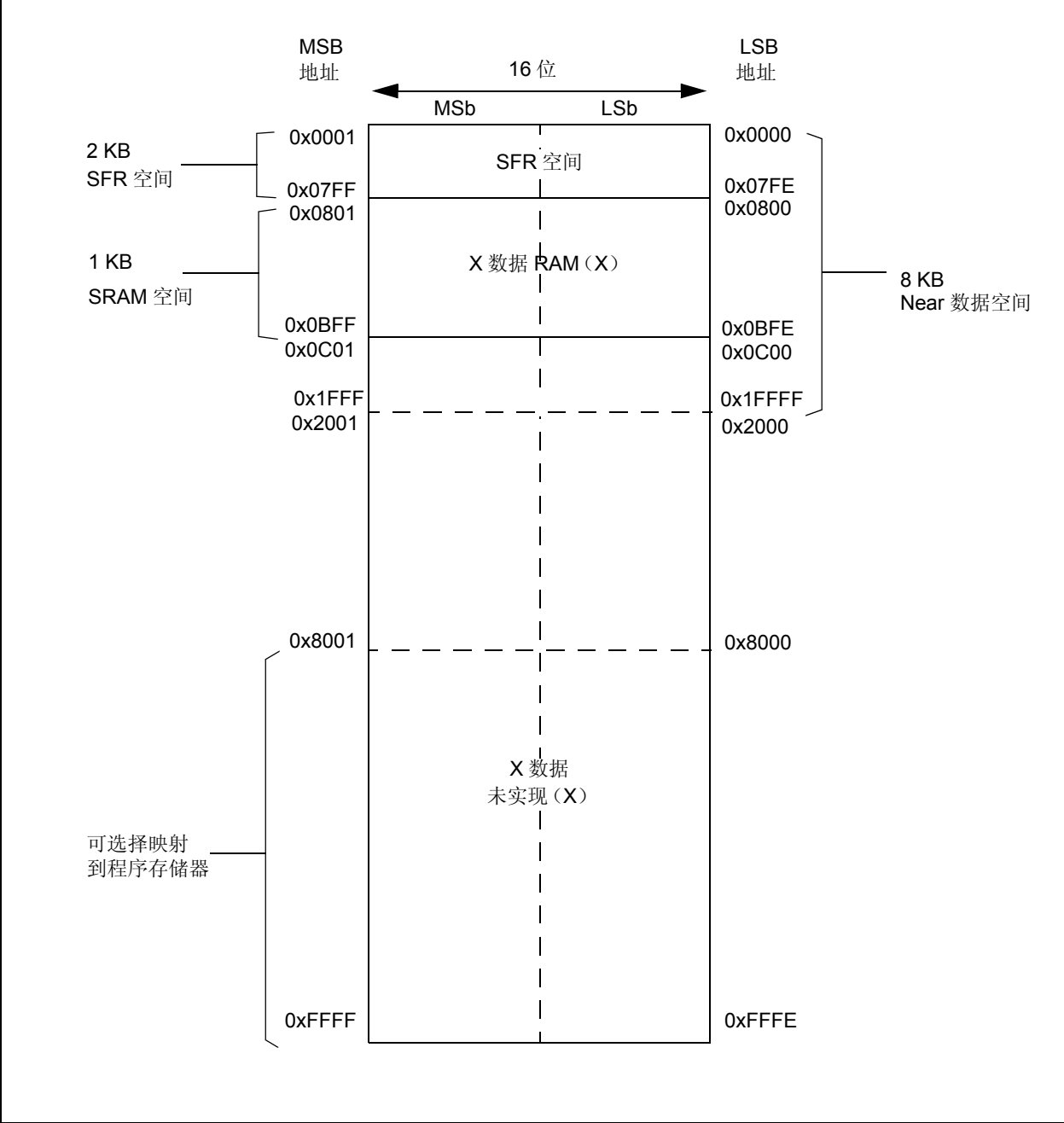


表 3-1: CPU 内核寄存器映射

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																0000
WREG1	0002	工作寄存器 1																0000
WREG2	0004	工作寄存器 2																0000
WREG3	0006	工作寄存器 3																0000
WREG4	0008	工作寄存器 4																0000
WREG5	000A	工作寄存器 5																0000
WREG6	000C	工作寄存器 6																0000
WREG7	000E	工作寄存器 7																0000
WREG8	0010	工作寄存器 8																0000
WREG9	0012	工作寄存器 9																0000
WREG10	0014	工作寄存器 10																0000
WREG11	0016	工作寄存器 11																0000
WREG12	0018	工作寄存器 12																0000
WREG13	001A	工作寄存器 13																0000
WREG14	001C	工作寄存器 14																0000
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	—	—	0000
DISICNT	0052	—	—	禁止中断计数器寄存器														xxxx

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 3-2: PIC24HJ12GP202 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	—	—	CN24PUE	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 3-3: PIC24HJ12GP201 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	—	—	—	CN12IE	CN11IE	—	—	—	—	—	CN5IE	CN4IE	CN3IE	CN2IE	CN1IE	CN0IE	0000
CNEN2	00C2	—	CN30IE	CN29IE	—	—	—	—	—	CN23IE	CN22IE	CN21IE	—	—	—	—	—	0000
CNPU1	0068	—	—	—	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 3-4: 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	—	—	—	—	—	—	—	—	DIV0ERR	—	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	—	—	—	—	—	IC8IF	IC7IF	—	INT1IF	CNIF	—	MI2C1IF	SI2C1IF	0000
IFS4	008C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	U1EIF	—	0000
IEC0	0094	—	—	AD1IE	U1TXIE	U1RXIE	SPI1IE	SPI1EIE	T3IE	T2IE	OC2IE	IC2IE	—	T1IE	OC1IE	IC1IE	INT0IE	0000
IEC1	0096	—	—	INT2IE	—	—	—	—	—	IC8IE	IC7IE	—	INT1IE	CNIE	—	MI2C1IE	SI2C1IE	0000
IEC4	009C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	U1EIE	—	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>			—	—	—	—	4444
IPC2	00A8	—	U1RXIP<2:0>			—	SPI1IP<2:0>			—	SPI1EIP<2:0>			—	T3IP<2:0>			4444
IPC3	00AA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	AD1IP<2:0>			—	U1TXIP<2:0>			4444
IPC4	00AC	—	CNIP<2:0>			—	—	—	—	—	MI2C1IP<2:0>			—	SI2C1IP<2:0>			4444
IPC5	00AE	—	IC8IP<2:0>			—	IC7IP<2:0>			—	—	—	—	—	INT1IP<2:0>			4444
IPC7	00B2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	INT2IP<2:0>			—	—	—	—	4444
IPC16	00C4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	U1EIP<2:0>			—	—	—	—	4444
INTTREG	00E0	—	—	—	—	ILR<3:0>>				—	VECNUM<6:0>							4444

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 3-5: 定时器寄存器映射

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
TMR1	0100	Timer1 寄存器																XXXX
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																XXXX
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																XXXX
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 3-6: 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 1 捕捉寄存器																xxxx
IC1CON	0142	—	—	ICSIDL	—	—	—	—	—	ICTMR	ICI<1:0>	ICOV	ICBNE	ICM<2:0>				0000
IC2BUF	0144	输入 2 捕捉寄存器																xxxx
IC2CON	0146	—	—	ICSIDL	—	—	—	—	—	ICTMR	ICI<1:0>	ICOV	ICBNE	ICM<2:0>				0000
IC7BUF	0158	输入 7 捕捉寄存器																xxxx
IC7CON	015A	—	—	ICSIDL	—	—	—	—	—	ICTMR	ICI<1:0>	ICOV	ICBNE	ICM<2:0>				0000
IC8BUF	015C	输入 8 捕捉寄存器																xxxx
IC8CON	015E	—	—	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 3-7: 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 3-8: 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 3-9: 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	ABAUO	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 3-10: 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 3-11: 外设引脚选择输入寄存器映射

寄存器名称	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
RPINR10	0694	—	—	—	IC8R<4:0>					—	—	—	IC7R<4:0>					1F1F
RPINR11	0696	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	OCFAR<4:0>					001F
RPINR18	06A4	—	—	—	U1CTSR<4:0>					—	—	—	U1RX<R4:0>					1F1F
RPINR20	06A8	—	—	—	SCK1R<4:0>					—	—	—	SDI1R<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 3-12: PIC24HJ12GP202 的外设引脚选择输出寄存器映射

寄存器名称	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 3-13: PIC24HJ12GP201 的外设引脚选择输出寄存器映射

寄存器名称	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
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 3-14: PIC24HJ12GP201 的 ADC1 寄存器映射

寄存器名称	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 数据缓冲器 0																xxxx
ADC1BUF1	0302	ADC 数据缓冲器 1																xxxx
ADC1BUF2	0304	ADC 数据缓冲器 2																xxxx
ADC1BUF3	0306	ADC 数据缓冲器 3																xxxx
ADC1BUF4	0308	ADC 数据缓冲器 4																xxxx
ADC1BUF5	030A	ADC 数据缓冲器 5																xxxx
ADC1BUF6	030C	ADC 数据缓冲器 6																xxxx
ADC1BUF7	030E	ADC 数据缓冲器 7																xxxx
ADC1BUF8	0310	ADC 数据缓冲器 8																xxxx
ADC1BUF9	0312	ADC 数据缓冲器 9																xxxx
ADC1BUFA	0314	ADC 数据缓冲器 10																xxxx
ADC1BUFB	0316	ADC 数据缓冲器 11																xxxx
ADC1BUFC	0318	ADC 数据缓冲器 12																xxxx
ADC1BUFD	031A	ADC 数据缓冲器 13																xxxx
ADC1BUFE	031C	ADC 数据缓冲器 14																xxxx
ADC1BUFE	031E	ADC 数据缓冲器 15																xxxx
AD1CON1	0320	ADON	—	ADSIDL	—	—	AD12B	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<5:0>						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 3-15: PIC24HJ12GP202 的 ADC1 寄存器映射

寄存器名称	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 数据缓冲器 0																	xxxx
ADC1BUF1	0302	ADC 数据缓冲器 1																	xxxx
ADC1BUF2	0304	ADC 数据缓冲器 2																	xxxx
ADC1BUF3	0306	ADC 数据缓冲器 3																	xxxx
ADC1BUF4	0308	ADC 数据缓冲器 4																	xxxx
ADC1BUF5	030A	ADC 数据缓冲器 5																	xxxx
ADC1BUF6	030C	ADC 数据缓冲器 6																	xxxx
ADC1BUF7	030E	ADC 数据缓冲器 7																	xxxx
ADC1BUF8	0310	ADC 数据缓冲器 8																	xxxx
ADC1BUF9	0312	ADC 数据缓冲器 9																	xxxx
ADC1BUFA	0314	ADC 数据缓冲器 10																	xxxx
ADC1BUFB	0316	ADC 数据缓冲器 11																	xxxx
ADC1BUFC	0318	ADC 数据缓冲器 12																	xxxx
ADC1BUFD	031A	ADC 数据缓冲器 13																	xxxx
ADC1BUFE	031C	ADC 数据缓冲器 14																	xxxx
ADC1BUFF	031E	ADC 数据缓冲器 15																	xxxx
AD1CON1	0320	ADON	—	ADSIDL	—	—	AD12B	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<5:0>						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	—	—	—	—	—	—	PCFG9	PCFG8	PCFG7	PCFG6	PCFG5	PCFG4	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	0000	
AD1CSSL	0330	—	—	—	—	—	—	CSS9	CSS8	CSS7	CSS6	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 3-16: PORTA 寄存器映射

寄存器名称	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	xxxx

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

表 3-17: PIC24HJ12GP202 的 PORTB 寄存器映射

寄存器名称	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	xxxx

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

表 3-18: PIC24HJ12GP201 的 PORTB 寄存器映射

寄存器名称	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	—	—	—	—	TRISB9	TRISB8	TRISB7	—	—	TRISB4	—	—	TRISB1	TRISB0	C393
PORTB	02CA	RB15	RB14	—	—	—	—	RB9	RB8	RB7	—	—	RB4	—	—	RB1	RB0	xxxx
LATB	02CC	LATB15	LATB14	—	—	—	—	LATB9	LATB8	LATB7	—	—	LATB4	—	—	LATB1	LATB0	xxxx
ODCB	02CE	ODCB15	ODCB14	—	—	—	—	ODCB9	ODCB8	ODCB7	—	—	ODCB4	—	—	ODCB1	ODCB0	xxxx

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

表 3-19: 系统控制寄存器映射

寄存器名称	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>			PLLPOST<1:0>		—	PLLPRE<4:0>					0040
PLLFBD	0746	—	—	—	—	—	—	—	PLLDIV<8:0>									0030
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。
 注 2: OSCCON 寄存器复位值取决于 FOSC 配置位和复位类型。

表 3-20: NVM 寄存器映射

寄存器名称	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: 所示复位值仅适用于 POR。其他复位状态下的值取决于复位时存储器写操作或擦除操作的状态。

表 3-21: PMD 寄存器映射

寄存器名称	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	—	—	—	I2C1MD	—	U1MD	—	SPI1MD	—	—	AD1MD	0000
PMD2	0772	IC8MD	IC7MD	—	—	—	—	IC2MD	IC1MD	—	—	—	—	—	—	OC2MD	OC1MD	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。

3.2.5 软件堆栈

除了用作工作寄存器外，PIC24HJ12GP201/202 器件中的 W15 寄存器也可用作软件堆栈指针。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 3-4 所示。对于任何 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。

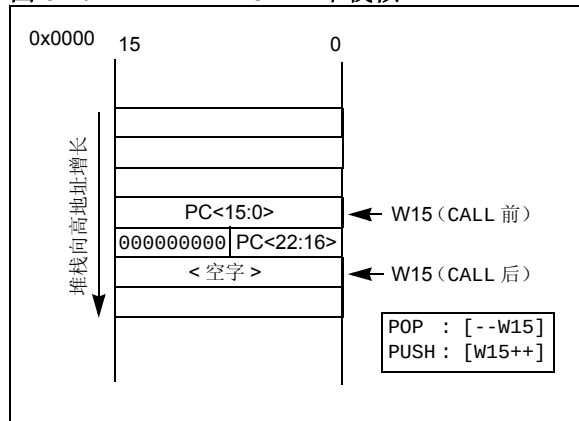
堆栈指针限制寄存器 (SPLIM) 与堆栈指针相关联，它设置堆栈上边界的值。复位时 SPLIM 不被初始化。与堆栈指针的情况一样，SPLIM<0> 被强制为 0，因为所有的堆栈操作必须是字对齐的。

每当使用 W15 作为源指针或目标指针产生 EA 时，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，当堆栈增长超过 RAM 中地址 0x2000 时，如果要想产生堆栈错误陷阱，则需要用值 0x1FFE 来初始化 SPLIM。

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。这可防止堆栈进入特殊功能寄存器 (SFR) 空间。

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

图 3-4: CALL 堆栈帧



3.2.6 数据 RAM 保护功能

PIC24H 系列产品支持数据 RAM 保护功能，允许使用引导和安全代码段安全性保护 RAM 段。BSRAM (BS 的安全 RAM 段) 使能时，只能从引导段闪存代码进行访问。SSRAM (RAM 的安全 RAM 段) 使能时，只能从安全段闪存代码进行访问。表 3-1 对 BSRAM 和 SSRAM SFR 进行了概括。

3.3 指令寻址模式

表 3-22 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 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。

3.3.1 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单元中的前 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)，它把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。

3.3.2 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 始终是称为 Wb 的工作寄存器 (即，寻址模式只能是寄存器直接寻址)。操作数 2 可以是一个 W 寄存器，取自数据存储单元或一个 5 位立即数。结果可以被保存在 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 3-22: 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 和 Wb 的和形成 EA。
带立即数偏移量的寄存器间接寻址	Wn 和立即数的和形成 EA。

3.3.3 传送 (MOV) 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，MOV 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。

3.3.4 其他指令

除了上述的各种寻址模式之外，一些指令使用各种大小的立即数常量。例如，BRA (转移) 指令使用 16 位有符号立即数常量来直接指定转移的目标，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。

3.4 程序存储空间与数据存储空间的接口

PIC24HJ12GP201/202 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，PIC24HJ12GP201/202 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新映射到数据空间（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随时更新的数据来说非常理想。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低位字。

3.4.1 对程序空间进行寻址

由于数据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 位数据寄存器创建一个 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 的最高位用来决定操作时发生在用户存储区中（TBLPAG<7> = 0）还是数据存储区中（TBLPAG<7> = 1）。

对于重映射操作，使用 8 位的程序空间可视性寄存器（PSVPAG）定义程序空间中的 16K 字页。当 EA 的最高位为 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。

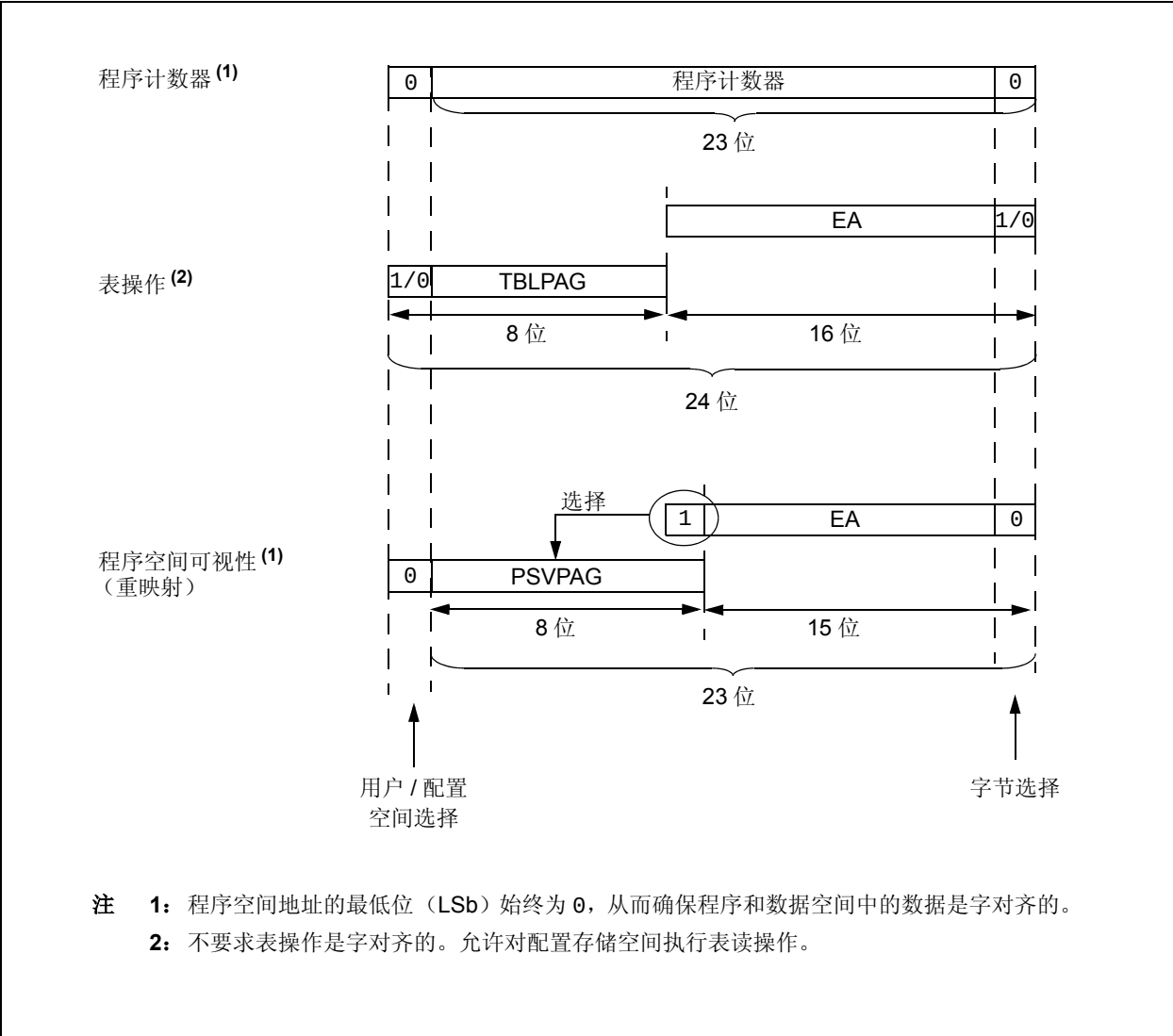
表 3-23 和图 3-5 显示了如何通过表操作和重映射访问来从数据 EA 创建程序 EA。本文中，P<23:0> 指的是程序空间字，而 D<15:0> 指的是数据空间字。

表 3-23: 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 3-5: 访问程序空间内数据的地址生成方式



3.4.2 使用表指令访问程序存储器中的数据

TBLRD L 和 TBLWT L 指令提供了读或写程序空间内任何地址的低位字的直接方法，无需通过数据空间。TBLRD H 和 TBLWT H 指令是可以把一个程序空间字的高 8 位作为数据读写的惟一方法。

对于每个连续的 24 位程序字，PC 的递增值为 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）大小的数据读写。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。

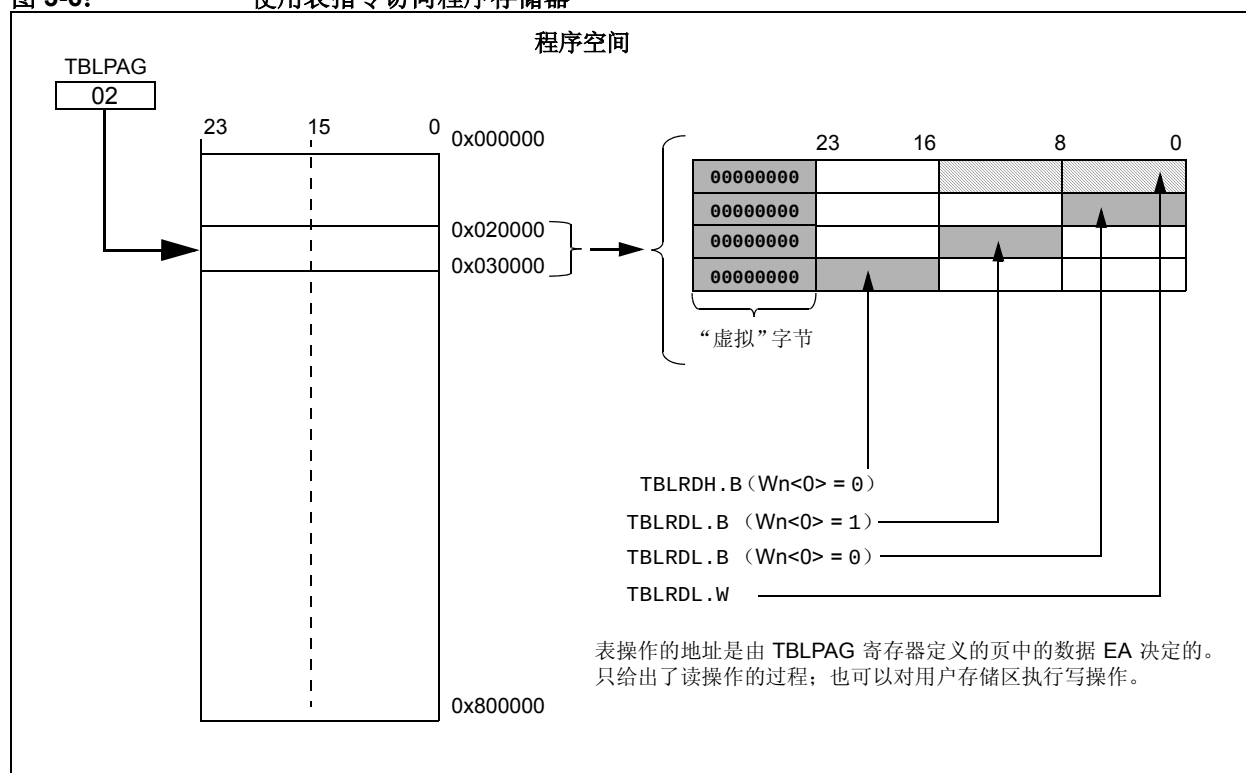
- TBLRD H（表读高位字）：在字模式下，该指令将程序地址的整个高位字（P<23:16>）映射到数据地址中。注意，D<15:8> 为“虚拟”字节，它始终为 0。

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。注意，当选择高位“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 4.0 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 3-6: 使用表指令访问程序存储器



3.4.3 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 TBLRD L/H）。

如果数据空间 EA 的最高有效位为 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进行两次数据取操作。

尽管大于或等于 8000h 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 3-7），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。

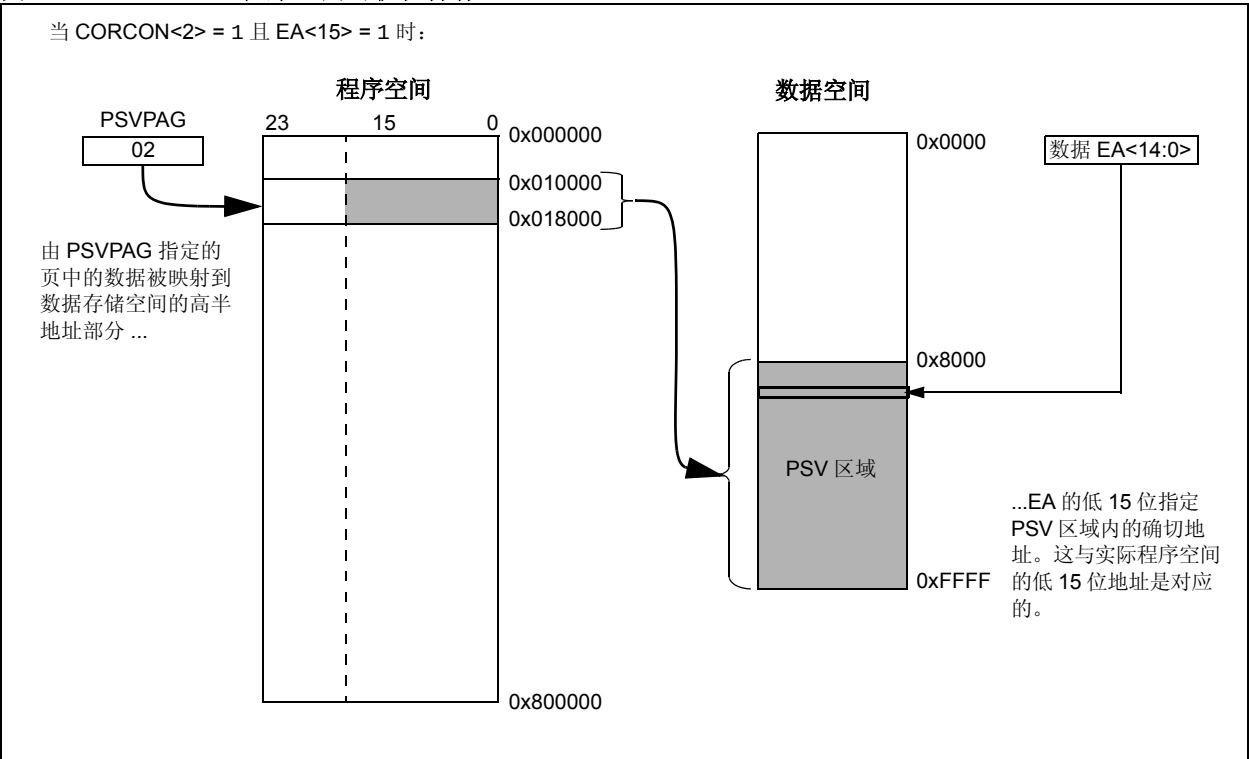
对于使用 PSV 而又在 REPEAT 循环外执行的操作，MOV 和 MOV.D 指令除了规定的执行时间之外，还需要一个额外的指令周期。其他所有指令都需要在规定的执行时间之外额外增加两个指令周期。

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 3-7： 程序空间可视性操作



4.0 闪存程序存储器

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

PIC24HJ12GP201/202 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存储器进行编程：

- 在线串行编程 (In-Circuit Serial Programming™, 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 PIC24HJ12GP201/202 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、编程数据线（以下备用编程引脚对之一：PGC1/PGD1、PGC2/PGD2 或 PGC3/PGD3）、电源线 (VDD)、接地线 (VSS) 和主复位线 (MCLR)。这使用户在生产电路板时可使用未编程器

件，而仅在产品交付之前才对数字信号控制器进行编程，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。使用 RTSP，用户可以一次将 64 条指令 (192 字节) 的块 (或“行”) 或单个程序存储字写入程序存储器，也可以一次擦除 512 条指令 (1536 字节) 的块 (或“页”)。

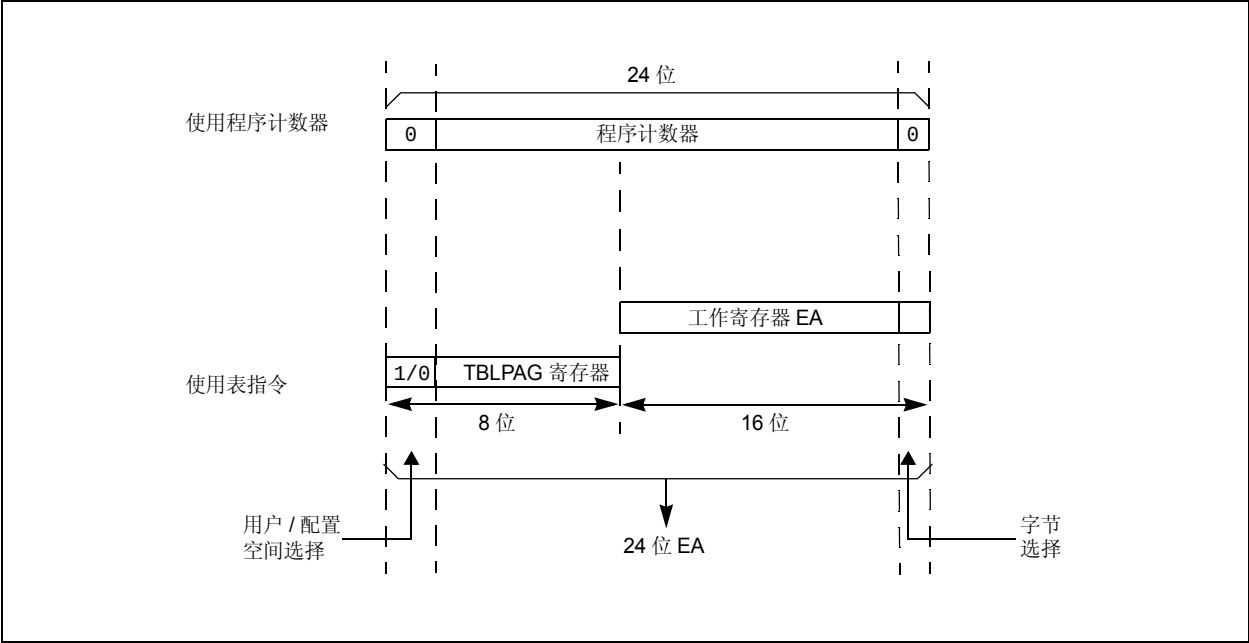
4.1 表指令和闪存编程

闪存存储器的编程都是用表读和表写指令实现的，与使用的方法无关。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 4-1 所示。

TBLRDL 和 TBLWTL 指令用来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 指令用来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 4-1： 表寄存器的寻址



4.2 RTSP 工作原理

PIC24HJ12GP201/202 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 允许用户一次擦除由 8 行数据（512 条指令）组成的程序存储器页，一次编程一行或一个字。8 行擦除页和单行写入行都是边界对齐的，从程序存储器起始地址开始，分别到 1536 字节边界和 192 字节边界。

程序存储器实现了保持缓冲器，它能缓冲 64 条指令的编程数据。在实际编程操作前，必须将待写数据顺序装入缓冲器。装入的指令字必须始终来自一组 64 个指令字的边界。

RTSP 编程的基本步骤是先建立一个表指针，然后执行一系列 TBLWT 指令将数据装入缓冲器。编程是通过将 NVMCON 寄存器中的控制位置 1 执行的。指令的装入总共需要 64 条 TBLWTL 和 TBLWTH 指令。

所有的表写操作都是单字写操作（2 个指令周期），因为只写缓冲器。编程每一行需要一个编程周期。

4.3 控制寄存器

有两个 SFR 用于读写闪存程序存储器：

- **NVMCON**：闪存存储器控制寄存器
- **NVMKEY**：非易失性存储器关键寄存器

NVMCON 寄存器（寄存器 4-1）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（寄存器 4-2）是一个只写寄存器，用于写保护。要启动编程或擦除序列，用户必须连续地将 55h 和 AAh 写入 NVMKEY 寄存器。更多详细信息，请参见第 4.4 节“编程操作”。

4.4 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过程。编程操作的持续时间通常为 4 ms，在此期间处理器暂停等待操作完成。将 WR 位（NVMCON<15>）置 1 启动操作，当操作完成时 WR 位会自动清零。

寄存器 4-1: NVMCON: 闪存存储器控制寄存器

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 = 启动闪存存储器编程或擦除操作。该操作是自定时的, 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 = 不合法的编程或擦除序列尝试, 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 = 存储器批量擦除操作
1101 = 擦除通用段
1100 = 擦除安全段
0011 = 无操作
0010 = 存储器页擦除操作
0001 = 无操作
0000 = 擦除单个配置寄存器字节

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 = 存储器行编程操作
0000 = 编程单个配置寄存器字节

- 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。

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 4-2: NVMKEY: 非易失性存储器关键寄存器

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>: 关键寄存器 (只写) 位

4.4.1 闪存程序存储器的编程算法

程序员可以一次对闪存程序存储器的一行进行编程。要实现该操作，首先需要擦除包含该行在内的一个 8 行大小的页。一般过程如下：

1. 读取程序存储器的 8 行（512 条指令），并存储在数据 RAM 中。
2. 用所需的新数据更新 RAM 中的程序数据。
3. 擦除程序块（见例 4-1）：
 - a) 将 NVMOP 位（NVMCON<3:0>）设置为 0010，配置为块擦除操作。将 ERASE（NVMCON<6>）和 WREN（NVMCON<14>）位置 1。
 - b) 将要被擦除的页的起始地址写入 TBLPAG 和 W 寄存器。
 - c) 将 55h 写入 NVMKEY。
 - d) 将 AAh 写入 NVMKEY。
 - e) 将 WR 位（NVMCON<15>）置 1。擦除周期开始，在擦除周期中 CPU 会暂停。当擦除完成时，WR 位会自动清零。

4. 将数据 RAM 中的前 64 条指令写入程序存储器缓冲器（见例 4-2）。
5. 将程序块写入闪存存储器：
 - a) 将 NVMOP 位设置为 0001，配置为行编程操作。将 ERASE 位清零，将 WREN 位置 1。
 - b) 将 55h 写入 NVMKEY。
 - c) 将 AAh 写入 NVMKEY。
 - d) 将 WR 位置 1。编程周期开始，在写周期中 CPU 会暂停。当闪存存储器写操作完成时，WR 位会自动清零。
6. 将 TBLPAG 中的值递增 1，使用数据 RAM 中下一个 64 条指令块重复步骤 4 和 5，直到所有 512 条指令被写回闪存存储器。

为防止意外操作，必须向 NVMKEY 写入启动序列从而允许执行擦除或编程操作。在执行编程命令后，用户必须等待一段编程时间，直至编程完成。紧跟编程启动序列后面的两条指令应为 NOP，如例 4-3 所示。

例 4-1: 擦除程序存储器页

```

; Set up NVMCON for block erase operation
MOV    #0x4042, W0          ;
MOV     W0, NVMCON           ; Initialize NVMCON
; Init pointer to row to be ERASED
MOV     #tblpage(PROG_ADDR), W0 ;
MOV     W0, TBLPAG           ; Initialize PM Page Boundary SFR
MOV     #tbloffset(PROG_ADDR), W0 ; Initialize in-page EA[15:0] pointer
TBLWTL  W0, [W0]             ; Set base address of erase block
DISI    #5                   ; Block all interrupts with priority <7
                                ; for next 5 instructions

MOV     #0x55, W0
MOV     W0, NVMKEY           ; Write the 55 key
MOV     #0xAA, W1
MOV     W1, NVMKEY           ; Write the AA key
BSET    NVMCON, #WR          ; Start the erase sequence
NOP                                           ; Insert two NOPs after the erase
NOP                                           ; command is asserted
  
```

PIC24HJ12GP201/202

例 4-2: 装载写缓冲器

```
; Set up NVMCON for row programming operations
MOV    #0x4001, W0          ;
MOV    W0, NVMCON           ; Initialize NVMCON
; Set up a pointer to the first program memory location to be written
; program memory selected, and writes enabled
MOV    #0x0000, W0          ;
MOV    W0, TBLPAG           ; Initialize PM Page Boundary SFR
MOV    #0x6000, W0          ; An example program memory address
; Perform the TBLWT instructions to write the latches
; 0th_program_word
MOV    #LOW_WORD_0, W2      ;
MOV    #HIGH_BYTE_0, W3     ;
TBLWTL W2, [W0]             ; Write PM low word into program latch
TBLWTH W3, [W0++]           ; Write PM high byte into program latch
; 1st_program_word
MOV    #LOW_WORD_1, W2      ;
MOV    #HIGH_BYTE_1, W3     ;
TBLWTL W2, [W0]             ; Write PM low word into program latch
TBLWTH W3, [W0++]           ; Write PM high byte into program latch
; 2nd_program_word
MOV    #LOW_WORD_2, W2      ;
MOV    #HIGH_BYTE_2, W3     ;
TBLWTL W2, [W0]             ; Write PM low word into program latch
TBLWTH W3, [W0++]           ; Write PM high byte into program latch
.
.
.
; 63rd_program_word
MOV    #LOW_WORD_31, W2     ;
MOV    #HIGH_BYTE_31, W3    ;
TBLWTL W2, [W0]             ; Write PM low word into program latch
TBLWTH W3, [W0++]           ; Write PM high byte into program latch
```

例 4-3: 启动编程序列

```
DISI    #5                  ; Block all interrupts with priority <7
                                   ; for next 5 instructions
MOV     #0x55, W0            ; Write the 55 key
MOV     W0, NVMKEY           ;
MOV     #0xAA, W1            ;
MOV     W1, NVMKEY           ; Write the AA key
BSET    NVMCON, #WR          ; Start the erase sequence
NOP     ; Insert two NOPs after the
NOP     ; erase command is asserted
```

5.0 复位

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 [Microchip 网站 \(www.microchip.com\)](http://www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

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
- TRAPR: 陷阱冲突复位
- IOPUWR: 非法操作码、未初始化的 W 寄存器复位和安全性复位
- CM: 配置不匹配复位

图 5-1 给出了复位模块的简化框图。

任何有效的复位源都会使 **SYSRST** 信号有效。很多与 CPU 和外设相关的寄存器均会被强制为已知的复位状态。大多数寄存器都不受复位影响；它们的状态在 POR 时未知，而在所有其他复位时不变。

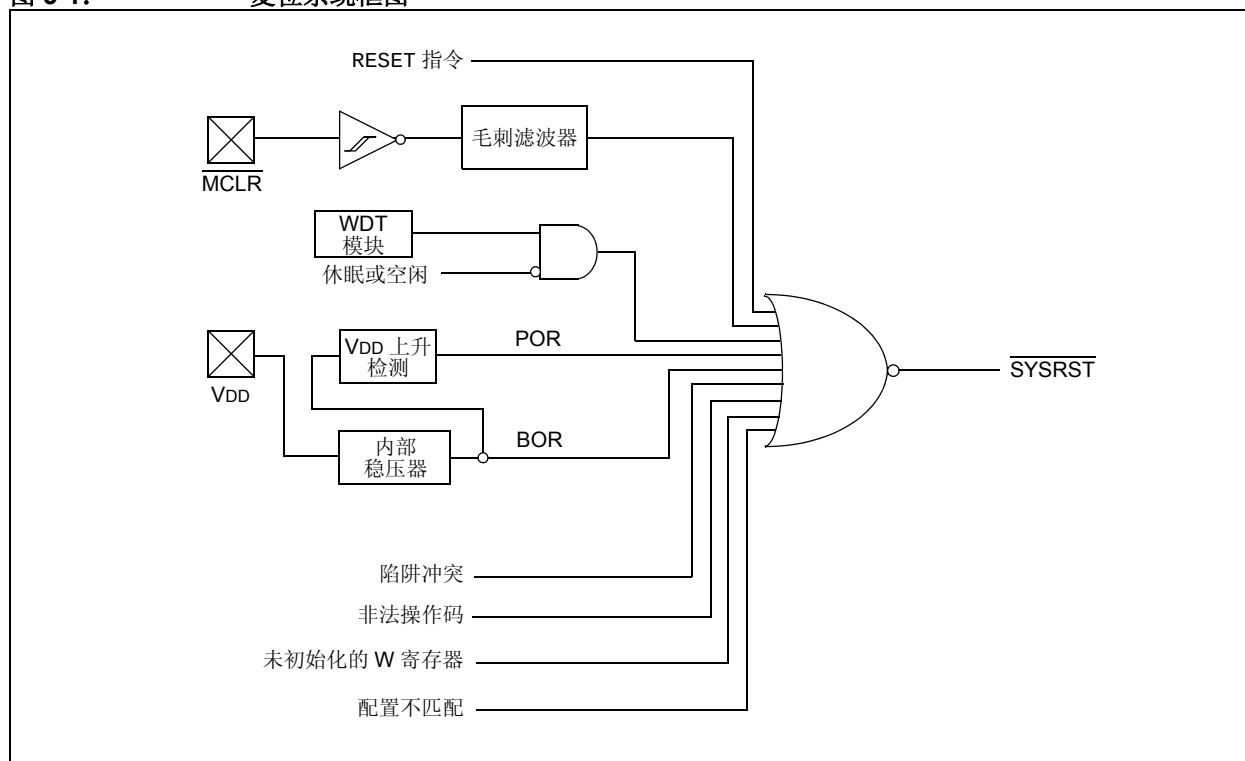
注： 如需了解寄存器复位状态的信息，请参见本手册中特定的外设或 CPU 章节。

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，以表明复位类型（见寄存器 5-1）。POR 将清零除 POR 位 (**RCON<0>**) 之外的所有位，POR 位在 POR 时置 1。用户可在代码执行过程中的任何时间置 1 或清零任何位。**RCON** 位仅用作状态位。在软件中将特定的复位状态位置 1 不会导致器件发生复位。

RCON 寄存器还有与看门狗定时器和器件节能状态相关的其他位。本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，这样在器件复位后的下一个 **RCON** 寄存器值才有意义。

图 5-1: 复位系统框图



PIC24HJ12GP201/202

寄存器 5-1: 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:** 非法操作码或未初始化的 W 寄存器访问复位标志位

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

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 始终使能, 而与 SWDTEN 位的设置无关。

寄存器 5-1: RCON: 复位控制寄存器 (续) ⁽¹⁾

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 始终使能, 而与 SWDTEN 位的设置无关。

表 5-1: 复位标志位操作 ⁽¹⁾

标志位	置 1 所表示的事件	清零所表示的事件
TRAPR (RCON<15>)	陷阱冲突事件	POR 和 BOR
IOPUWR (RCON<14>)	非法操作码或访问了未初始化的 W 寄存器	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、POR、BOR 和 CLRWDT 指令
SLEEP (RCON<3>)	PWRSV #SLEEP 指令	POR 和 BOR
IDLE (RCON<2>)	PWRSV #IDLE 指令	POR 和 BOR
BOR (RCON<1>)	BOR	—
POR (RCON<0>)	POR	—

- 注 **1:** 所有复位标志位均可由用户软件置 1 或清零。

PIC24HJ12GP201/202

5.1 复位时的时钟源选择

如果使能了时钟切换，器件复位时的系统时钟源选择如表 5-2 中所示。如果禁止了时钟切换功能，则总是根据振荡器配置位选择系统时钟源。更多详细信息，请参见第 7.0 节“振荡器配置”。

表 5-2: 不同复位类型的振荡器选择
(使能时钟切换功能)

复位类型	确定时钟源的方式
POR	振荡器配置位 (FNOSC<2:0>)
BOR	
MCLR	COSC 控制位 (OSCCON<14:12>)
WDTR	
SWR	

5.2 器件复位时间

表 5-3 总结了各种类型器件复位的复位时间。系统复位信号 **SYSRST** 在 **POR** 和 **PWRT** 延时结束后发出。

器件实际开始执行代码的时间还取决于系统振荡器延时，它包括振荡器起振定时器 (OST) 延时和 PLL 锁定时间。OST 和 PLL 锁定时间与相应的 **SYSRST** 延时同时发生。

FSCM 延时决定在 **SYSRST** 信号发出到 **FSCM** 开始监视系统时钟源的时间。

表 5-3: 各种器件复位的复位延时

复位类型	时钟源	SYSRST 延时	系统时钟延时	FSCM 延时	注
POR	EC, FRC, LPRC	$T_{por} + T_{STARTUP} + TRST$	—	—	1, 2, 3
	ECPLL, FRCPLL	$T_{por} + T_{STARTUP} + TRST$	TLOCK	Tfscm	1, 2, 3, 5, 6
	XT, HS, SOSC	$T_{por} + T_{STARTUP} + TRST$	TOST	Tfscm	1, 2, 3, 4, 6
	XTPLL, HSPLL	$T_{por} + T_{STARTUP} + TRST$	$T_{OST} + T_{LOCK}$	Tfscm	1, 2, 3, 4, 5, 6
BOR	EC, FRC, LPRC	$T_{STARTUP} + TRST$	—	—	3
	ECPLL, FRCPLL	$T_{STARTUP} + TRST$	TLOCK	Tfscm	3, 5, 6
	XT, HS, SOSC	$T_{STARTUP} + TRST$	TOST	Tfscm	3, 4, 6
	XTPLL, HSPLL	$T_{STARTUP} + TRST$	$T_{OST} + T_{LOCK}$	Tfscm	3, 4, 5, 6
MCLR	任何时钟	TRST	—	—	3
WDT	任何时钟	TRST	—	—	3
软件	任何时钟	TRST	—	—	3
非法操作码	任何时钟	TRST	—	—	3
未初始化的 W 寄存器	任何时钟	TRST	—	—	3
陷阱冲突	任何时钟	TRST	—	—	3

- 注
- 1: T_{por} = 上电复位延时 (标称值为 10 μ s)。
 - 2: $T_{STARTUP}$ = 标称值为 20 μ s 的条件 POR 延时 (如果使能片上稳压器) 或标称值为 64 ms 的上电延时定时器延时 (如果禁止稳压器)。只有在使能稳压器时，所有从断电状态返回的情况 (包括从休眠模式唤醒)，都要应用 $T_{STARTUP}$ 延时。
 - 3: $Trst$ = 内部状态复位时间 (标称值为 20 μ s)。
 - 4: T_{ost} = 振荡器起振定时器延时。10 位计数器计数 1024 个振荡器周期后，才将振荡器时钟释放给系统使用。
 - 5: T_{lock} = PLL 锁定时间 (标称值为 20 μ s)。
 - 6: T_{fscm} = 故障保护时钟监视器延时 (标称值为 100 μ s)。

5.2.1 POR 和长振荡器起振时间

振荡器起振电路及其相关的延时定时器与上电时发生的器件复位延时无关。某些晶振电路（尤其是低频晶振）的起振时间会相对较长。因此，在 $\overline{\text{SYSRST}}$ 信号发出后，可能会发生以下一种或多种情况：

- 振荡电路尚未起振。
- 振荡器起振定时器尚未超时（如果使用了晶振）。
- PLL 未实现锁定（如果使用了 PLL）。

在有效时钟源供系统使用前，器件不会开始执行代码。因此，如果必须确定复位延时，必须考虑到振荡器和 PLL 起振延时。

5.2.2 故障保护时钟监视器（FSCM）和器件复位

如果使能了 FSCM，它将在发出 $\overline{\text{SYSRST}}$ 信号时开始监视系统时钟源。如果有效时钟源在此时不可用，器件会自动切换至 FRC 振荡器，用户应用可以切换至陷阱服务程序中要求的晶振。

5.2.2.1 晶振和 PLL 时钟源的 FSCM 延时

当系统时钟源由晶振和 / 或 PLL 提供时，在 POR 和 PWRT 延时后会自动插入一小段延时 T_{fscm} 。在此延时结束前，FSCM 不会开始监视系统时钟源。FSCM 延时的标称值为 $500\mu s$ ，为振荡器和 / 或 PLL 稳定下来提供了更多的时间。在大多数情况下，如果禁止了 PWRT，FSCM 延时会防止在器件复位时产生振荡器故障陷阱。

5.3 特殊功能寄存器的复位状态

大多数与 CPU 和外设相关的特殊功能寄存器（SFR）会在器件复位时复位为某个特定值。SFR 是按其外设或 CPU 功能分组的，其复位值在本手册的相应章节中说明。除了两个寄存器外，所有其他 SFR 的复位值都与复位类型无关。

- 复位控制寄存器 RCON 的复位值取决于器件复位的类型。
- 振荡器控制寄存器 OSCCON 的复位值取决于复位类型和 FOSC 配置寄存器中对振荡器配置位设置的值。

注:

6.0 中断控制器

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

PIC24HJ12GP201/202 中断控制器将诸多外设中断请求信号缩减到一个到 PIC24HJ12GP201/202 CPU 的中断请求。该控制器具有以下特性：

- 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
- 具有多达 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惟一的向量
- 在所指定的用户优先级内具有固定的优先级
- 用于支持调试的备用中断向量表 (Alternate Interrupt Vector Table, AIVT)
- 固定的中断入口和返回延时

6.1 中断向量表

中断向量表如图 6-1 所示。IVT 位于程序存储器中，起始存储单元地址是 000004h。IVT 包含 126 个向量，由 8 个不可屏蔽的陷阱向量和多达 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。每个中断向量存储单元中设置的值是其相关的中断服务程序 (ISR) 的起始地址。

中断向量有一个自然优先级；也就是说每个中断向量的优先级与其在向量表中的位置有关。如果其他方面都相同，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。

PIC24HJ12GP201/202 器件实现了多达 21 个惟一中断和 4 个不可屏蔽的陷阱。表 6-1 和表 6-2 对此做了总结。

6.1.1 备用中断向量表

备用中断向量表 (AIVT) 位于 IVT 之后，如图 6-1 所示。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，而不是默认向量。备用向量与默认向量的组织方式相同。

AIVT 支持调试功能，它提供了一种不需要将中断向量再编程就可以在应用和支持环境之间切换的方法。此特性也支持运行时在不同应用之间切换以便评估各种软件算法。如果不需要 AIVT，则应该用 IVT 中使用的地址设置 AIVT。

6.2 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，PIC24HJ12GP201/202 器件清零其寄存器，同时强制 PC 为零。然后数字信号控制器从地址 0x000000 处开始执行程序。用户应用在复位地址中写入 GOTO 指令，会使程序执行重新定位到相应的启动程序。

注： 应该使用包含 RESET 指令的默认中断处理程序的入口地址编程 IVT 和 AIVT 中所有未实现或未使用的向量存储单元。

PIC24HJ12GP201/202

图 6-1: PIC24HJ12GP201/202 中断向量表

自然优先级降序排列	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 6-1 了解所实现的中断向量列表。

表 6-1: 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——ADC 1
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	保留
27	19	0x00003A	0x00013A	电平变化通知中断
28	20	0x00003C	0x00013C	INT1——外部中断 1
29	21	0x00003E	0x00013E	保留
30	22	0x000040	0x000140	IC7——输入捕捉 7
31	23	0x000042	0x000142	IC8——输入捕捉 8
32	24	0x000044	0x000144	保留
33	25	0x000046	0x000146	保留
34	26	0x000048	0x000148	保留
35	27	0x00004A	0x00014A	保留
36	28	0x00004C	0x00014C	保留
37	29	0x00004E	0x00014E	INT2——外部中断 2
38	30	0x000050	0x000150	保留
39	31	0x000052	0x000152	保留
40	32	0x000054	0x000154	保留
41	33	0x000056	0x000156	保留
42	34	0x000058	0x000158	保留
43	35	0x00005A	0x00015A	保留
44	36	0x00005C	0x00015C	保留
45	37	0x00005E	0x00015E	保留
46	38	0x000060	0x000160	保留
47	39	0x000062	0x000162	保留
48	40	0x000064	0x000164	保留
49	41	0x000066	0x000166	保留
50	42	0x000068	0x000168	保留
51	43	0x00006A	0x00016A	保留
52	44	0x00006C	0x00016C	保留
53	45	0x00006E	0x00016E	保留

PIC24HJ12GP201/202

表 6-1: 中断向量 (续)

向量编号	中断请求 (IRQ) 编号	IVT 地址	AIVT 地址	中断源
54	46	0x000070	0x000170	保留
55	47	0x000072	0x000172	保留
56	48	0x000074	0x000174	保留
57	49	0x000076	0x000176	保留
58	50	0x000078	0x000178	保留
59	51	0x00007A	0x00017A	保留
60	52	0x00007C	0x00017C	保留
61	53	0x00007E	0x00017E	保留
62	54	0x000080	0x000180	保留
63	55	0x000082	0x000182	保留
64	56	0x000084	0x000184	保留
65	57	0x000086	0x000186	保留
66	58	0x000088	0x000188	保留
67	59	0x00008A	0x00018A	保留
68	60	0x00008C	0x00018C	保留
69	61	0x00008E	0x00018E	保留
70	62	0x000090	0x000190	保留
71	63	0x000092	0x000192	保留
72	64	0x000094	0x000194	保留
73	65	0x000096	0x000196	U1E——UART1 错误
74	66	0x000098	0x000198	保留
75	67	0x00009A	0x00019A	保留
76	68	0x00009C	0x00019C	保留
77	69	0x00009E	0x00019E	保留
78	70	0x0000A0	0x0001A0	保留
79	71	0x0000A2	0x0001A2	保留
80-125	72-117	0x0000A4- 0x0000FE	0x0001A4- 0x0001FE	保留

表 6-2: 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

6.3 中断控制和状态寄存器

PIC24HJ12GP201/202 器件共有 17 个用于中断控制器的寄存器：

- 中断控制寄存器 1 (INTCON1)
- 中断控制寄存器 2 (INTCON2)
- 中断标志状态寄存器 (IFSx)
- 中断允许控制寄存器 (IECx)
- 中断优先级控制寄存器 (IPCx)
- 中断控制和状态寄存器 (INTTREG)

6.3.1 INTCON1 和 INTCON2

INTCON1 和 INTCON2 控制全局中断。INTCON1 包含中断嵌套禁止 (NSTDIS) 位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。

6.3.2 IFSx

IFS 寄存器包含所有中断请求标志。每个中断源都有一个状态位，由各自的外设或外部信号置 1，而由软件清零。

6.3.3 IECx

IEC 寄存器包含所有中断允许位。这些控制位用于单独允许外设或外部信号中断。

6.3.4 IPCx

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

6.3.5 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 6-1 中的顺序分配给 IFSx、IECx 和 IPCx 寄存器。例如，INT0 (外部中断 0) 表示向量编号为 8，自然优先级为 0 的外部中断。所以 INT0IF 位在 IFS0<0> 中，INT0IE 位在 IEC0<0> 中，INT0IP 位在 IPC0 的第一个位位置 (IPC0<2:0>) 中。

6.3.6 状态寄存器

尽管两个 CPU 控制寄存器不是中断控制硬件的特定组成部分，但它们仍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>)。这些位表示当前 CPU 中断优先级。用户可以通过写 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> 位一起表示当前 CPU 优先级。IPL3 是只读位，所以用户软件无法屏蔽陷阱事件。

在下面各页中的寄存器 6-1 到寄存器 6-19 说明了所有的中断寄存器。

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-1: **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	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 7-5 **IPL<2:0>: CPU 中断优先级状态位** ⁽¹⁾

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 2-1: “SR: CPU 状态寄存器”**。
- 2: IPL<2:0> 位与 IPL<3> 位 (CORCON<3>) 组合形成 CPU 的中断优先级。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 6-2: 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
U = 未实现位, 读为 0

1 = 置 1

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 2-2: “CORCON: 内核控制寄存器”。
- 2: IPL3 位与 IPL<2:0> 位 (SR<7:5>) 组合形成 CPU 的中断优先级。

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-3: 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	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0
—	DIV0ERR	—	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 14-7	未实现: 读为 0
bit 6	DIV0ERR: 算术错误状态位 1 = 数学错误陷阱由被零除引起 0 = 数学错误陷阱不是由被零除引起
bit 5	未实现: 读为 0
bit 4	MATHERR: 算术错误状态位 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 6-4: **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 = 执行了 DISI 指令
 0 = 没有执行 DISI 指令
- 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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-5: 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 故障中断标志状态位 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 6-5: 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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-6: 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	
R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0
IC8IF	IC7IF	—	INT1IF	CNIF	—	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 12-8	未实现: 读为 0
bit 7	IC8IF: 输入捕捉通道 8 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	IC7IF: 输入捕捉通道 7 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	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	未实现: 读为 0
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 6-7: IFS4: 中断标志状态寄存器 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	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	U1EIF	—
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

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

未实现: 读为 0

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-8: 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 6-8: 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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-9: IEC1: 中断允许控制寄存器 0

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

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0
IC8IE	IC7IE	—	INT1IE	CNIE	—	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 12-8	未实现: 读为 0
bit 7	IC8IE: 输入捕捉通道 8 中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 6	IC7IE: 输入捕捉通道 7 中断允许位 1 = 允许中断请求 0 = 禁止中断请求
bit 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	未实现: 读为 0
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

寄存器 6-10: IEC4: 中断允许控制寄存器 0

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
—	—	—	—	—	—	U1EIE	—
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

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

未实现: 读为 0

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-11: **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 6-12: 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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-13: **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 6-14: 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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-15: **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	U-0	U-0	U-0
—	CNIP<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 11-7	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 6-16: **IPC5: 中断优先级控制寄存器 5**

U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
—	IC8IP<2:0>			—	IC7IP<2:0>		
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	未实现: 读为 0
bit 14-12	IC8IP<2:0> : 输入捕捉通道 8 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	IC7IP<2:0> : 输入捕捉通道 7 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 7-3	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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-17: **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

寄存器 6-18: **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	U-0	U-0	U-0
—	U1EIP<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 3-0 **未实现:** 读为 0

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 6-19: 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: 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: 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

6.4 中断设置过程

6.4.1 初始化

要在初始化时配置中断源：

1. 若无需嵌套中断，可将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由用户分配的优先级。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。

6.4.2 中断服务程序

如何声明ISR以及怎样使用正确的向量地址初始化IVT，将取决于编程语言（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。

一般情况下，用户应用必须将相应 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，在退出程序后将立即再次进入 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。

6.4.3 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。

6.4.4 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或等于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:

7.0 振荡器配置

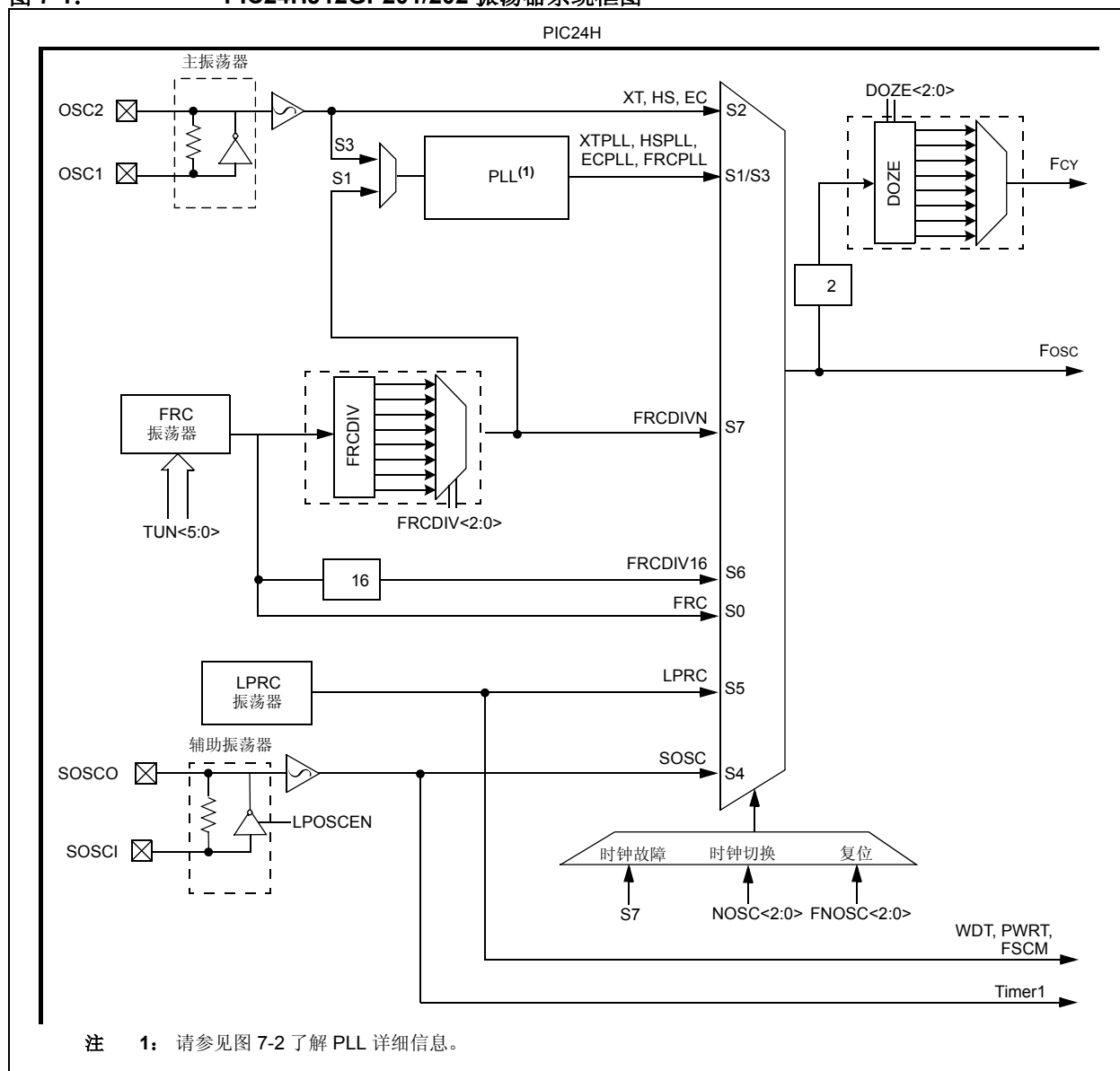
注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

PIC24HJ12GP201/202 振荡器系统提供：

- 可选择多种外部和内部振荡器作为时钟源

- 可将内部工作频率调整为所要求系统时钟频率的片上 PLL
- 内部 FRC 振荡器也可使用 PLL，因此允许在没有任何外部时钟产生硬件的情况下全速工作
- 不同时钟源之间的时钟切换
- 可节省系统功耗的可编程时钟后分频器
- 故障保护时钟监视器 (FSCM)，可检测时钟故障并采取故障保护措施
- 一个时钟控制寄存器 (OSCCON)
- 用于主振荡器选择的非易失性配置位

图 7-1: PIC24HJ12GP201/202 振荡器系统框图



7.1 CPU 时钟系统

PIC24HJ12GP201/202 器件提供 7 种系统时钟选择：

- 快速 RC (FRC) 振荡器
- 带 PLL 的 FRC 振荡器
- 主 (XT、HS 或 EC) 振荡器
- 带 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

7.1.1 系统时钟源

7.1.1.1 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。用户软件能够通过有选择地指定 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。

7.1.1.2 主振荡器

主振荡器能以下列任一时钟作为其时钟源：

- XT (晶振)：3 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 40 MHz 范围内的晶振。晶振连接在 OSC1 和 OSC2 引脚之间。
- EC (外部时钟)：0.8 MHz 至 64 MHz 范围内的外部时钟信号。外部时钟信号直接施加到 OSC1 引脚。

7.1.1.3 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。

7.1.1.4 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。它也可以用作看门狗定时器 (WDT) 和故障保护时钟监视器 (FSCM) 的参考时钟。

7.1.1.5 FRC

可选择将 FRC 和主振荡器产生的时钟信号加到片上锁相环 (PLL)，为器件工作提供宽范围的输出频率。PLL 配置如第 7.1.3 节 “PLL 配置” 中所述。

7.1.2 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。振荡器配置位设置位于程序存储器的配置寄存器中。(更多详细信息，请参见第 18.1 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 (未编程的) 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 7-1 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)。Fcy 定义器件的工作速度，PIC24HJ12GP201/202 架构最高可支持 40 MHz 的工作速度。

指令执行速度或器件工作频率 Fcy 如下：

公式 7-1: 器件工作频率

$$F_{CY} = F_{OSC}/2$$

7.1.3 PLL 配置

主振荡器和内部 FRC 振荡器能有选择地使用片上 PLL 来获取更高的工作速度。PLL 在选择器件工作速度方面提供很大的灵活性。图 7-2 给出了 PLL 的框图。

以 Fin 表示的主振荡器或 FRC 的输出在提供给 PLL 的压控振荡器 (VCO) 之前被预分频因子 (N1) 2、3、... 或 33 分频。给 VCO 的输入必须在 0.8 MHz 到 8 MHz 的范围内进行选择。由于最小的预分频因子为 2，这意味着必须在 1.6 MHz 到 16 MHz 的范围内选择 Fin。使用 PLLPRE<4:0> 位 (CLKDIV<4:0>) 来选择预分频因子 “N1”。

可由 PLLDIV<8:0> 位 (PLLFBF<8:0>) 选择 PLL 反馈倍频比，这些位提供可使到 VCO 的输入信号倍频的因子 “M”。必须选择该因子以便产生的 VCO 输出频率在 100 MHz 到 200 MHz 范围内。

VCO 输出进一步被后分频因子 “N2” 分频。使用 PLLPOST<1:0> 位 (CLKDIV<7:6>) 来选择该因子。“N2” 可以是 2、4 或 8，必须选择该因子，以便 PLL 输出频率 (Fosc) 在 12.5 MHz 到 80 MHz 范围内，以产生 6.25-40 MIPS 的器件工作速度。

对于主振荡器或 FRC 振荡器，输出为 F_{IN} ，则 PLL 的输出 F_{OSC} 为（由以下公式计算）：

公式 7-2: F_{OSC} 计算

$$F_{OSC} = F_{IN} * \left(\frac{M}{N1 * N2} \right)$$

例如，假设正在使用 10 MHz 晶振，“带 PLL 的 XT”为所选的振荡器模式。

- 如果 $PLLPRE<4:0> = 0$ ，那么 $N1 = 2$ 。这将产生频率为 $10/2 = 5$ MHz 的 VCO 输入，这一频率在 0.8-8 MHz 的可接受范围内。

- 如果 $PLLDIV<8:0> = 0x1E$ ，那么 $M = 32$ 。这将产生频率为 $5 \times 32 = 160$ MHz 的 VCO 输出，这一频率在所需的 100-200 MHz 范围内。
- 如果 $PLLPOST<1:0> = 0$ ，那么 $N2 = 2$ 。这提供 $160/2 = 80$ MHz 的 F_{OSC} 。产生的器件工作速度是 $80/2 = 40$ MIPS。

公式 7-3: 带 PLL 的 XT 模式示例

$$F_{CY} = \frac{F_{OSC}}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{10000000 * 32}{2 * 2} \right) = 40 \text{ MIPS}$$

图 7-2: PIC24HJ12GP201/202 PLL 框图

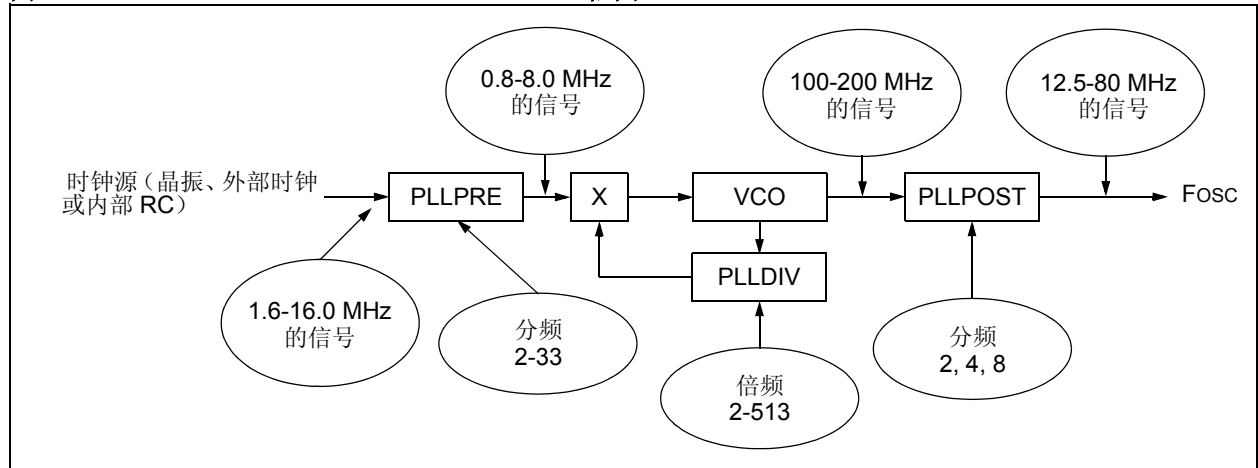


表 7-1: 时钟选择的配置位值

振荡器模式	振荡器源	POSCMD<1:0>	FNOSC<2:0>	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 (HS) (HSPLL)	主	10	011	
带 PLL 的主振荡器 (XT) (XTPLL)	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 (XT)	主	01	010	
主振荡器 (EC)	主	00	010	1
带 PLL 的快速 RC 振荡器 (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: 对于未编程（已擦除）器件，这是默认的振荡器模式。

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 7-1: **OSCCON: 振荡器控制寄存器**

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>		
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		
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) 000 = 快速 RC 振荡器 (FRC) 001 = 带 PLL 的快速 RC 振荡器 (FRC) 010 = 主振荡器 (XT、HS 和 EC) 011 = 带 PLL 的主振荡器 (XT、HS 和 EC) 100 = 辅助振荡器 (SOSC) 101 = 低功耗 RC 振荡器 (LPRC) 110 = 带 16 分频的快速 RC 振荡器 (FRC) 111 = 带 n 分频的快速 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 000 = 快速 RC 振荡器 (FRC) 001 = 带 PLL 的快速 RC 振荡器 (FRC) 010 = 主振荡器 (XT、HS 和 EC) 011 = 带 PLL 的主振荡器 (XT、HS 和 EC) 100 = 辅助振荡器 (SOSC) 101 = 低功耗 RC 振荡器 (LPRC) 110 = 带 16 分频的快速 RC 振荡器 (FRC) 111 = 带 n 分频的快速 RC 振荡器 (FRC)
bit 7	CLKLOCK: 时钟锁定使能位 <u>如果时钟切换被使能且 FSCM 被禁止 (FOSC<FCKSM> = 0b01)</u> 1 = 时钟切换被禁止, 系统时钟源被锁定 0 = 时钟切换被使能, 系统时钟源可由时钟切换修改
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 = 表示 PLL 处于锁定状态, 或满足 PLL 起振定时器 0 = 表示 PLL 处于失锁状态, 起振定时器在运行或 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 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

寄存器 7-1: OSCCON: 振荡器控制寄存器 (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 = 请求切换到由 NOSC<2:0> 位指定的振荡器
0 = 振荡器切换完成

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 7-2: CLKDIV: 时钟分频比寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0
ROI	DOZE<2:0>			DOZEN ⁽¹⁾	FRCDIV<2:0>		
bit 15							bit 8

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

图注:	y = 在 POR 时由配置位设置的值
R = 可读位	W = 可写位
-n = POR 时的值	U = 未实现位, 读为 0
	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 / 外设时钟比被设置为 1:1 0 = 中断对 DOZEN 位无影响
bit 14-12	DOZE<2:0>: 处理器时钟分频比选择位 000 = Fcy/1 001 = Fcy/2 010 = Fcy/4 011 = Fcy/8 (默认) 100 = Fcy/16 101 = Fcy/32 110 = Fcy/64 111 = Fcy/128
bit 11	DOZEN: DOZE 模式使能位 ⁽¹⁾ 1 = DOZE<2:0> 位域指定外设时钟和处理器时钟之间的比率 0 = 处理器时钟 / 外设时钟比率强制为 1:1
bit 10-8	FRCDIV<2:0>: 内部快速 RC 振荡器后分频比位 000 = FRC 1 分频 (默认) 001 = FRC 2 分频 010 = FRC 4 分频 011 = FRC 8 分频 100 = FRC 16 分频 101 = FRC 32 分频 110 = FRC 64 分频 111 = FRC 256 分频
bit 7-6	PLLPOST<1:0>: PLL VCO 输出分频比选择位 (也表示为 “N2”, PLL 后分频比) 00 = 输出 /2 01 = 输出 /4 (默认) 10 = 保留 11 = 输出 /8
bit 5	未实现: 读为 0
bit 4-0	PLLPRE<4:0>: PLL 相位检测器输入分频比位 (也表示为 “N1”, PLL 预分频比) 00000 = 输入 /2 (默认) 00001 = 输入 /3 . . . 11111 = 输入 /33

注 1: 该位在 ROI 位置 1 和发生中断时清零。

寄存器 7-3: PLLFBD: PLL 反馈倍频比寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0 ⁽¹⁾
—	—	—	—	—	—	—	PLLDIV<8>
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PLLDIV<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 15-9

未实现: 读为 0

bit 8-0

PLLDIV<8:0>: PLL 反馈倍频比位 (也表示为 “M”, PLL 倍频比)

000000000 = 2

000000001 = 3

000000010 = 4

•

•

•

000110000 = 50 (默认)

•

•

•

111111111 = 513

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 7-4: 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>					
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
	011111 = 中心频率 + 11.625%
	011110 = 中心频率 + 11.25% (8.23 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)

7.2 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影响，PIC24HJ12GP201/202 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（XT、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。

7.2.1 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 18.1 节“配置位”。）如果 FCKSM1 配置位未被编程（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>）无效。它总是保持为 0。

7.2.2 振荡器切换序列

执行时钟切换至少需要以下基本序列：

1. 根据需要读 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. 将适当的值写入新振荡器源的 NOSC 控制位（OSCCON<10:8>）。
4. 执行解锁序列以允许写入 OSCCON 寄存器的低字节。
5. 将 OSWEN 位置 1 以启动振荡器切换。

一旦基本序列完成，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，则时钟切换是多余的操作。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>）状态位被清零。
3. 如果新振荡器现在不在运行，则硬件会将它开启。如果开启的是晶振，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 位表示时钟转换成功。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：在整个时钟切换序列中，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 和 FRCPLL 的任何主振荡器模式之间进行时钟切换。这适用于任何方向下的时钟切换。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。

7.3 故障保护时钟监视器（FSCM）

故障保护时钟监视器（FSCM）允许器件在即使振荡器发生故障的情况下仍能继续运行。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（休眠模式除外），并且不受看门狗定时器的控制。

在发生振荡器故障时，FSCM 会产生时钟故障陷阱事件，并将系统时钟切换到 FRC 振荡器。然后应用程序可尝试重新启动振荡器或执行受控关闭。只要将复位地址装入振荡器故障陷阱向量，即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。时钟发生故障时器件会切换到带 PLL 的 FRC。

注:

8.0 节能特性

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

PIC24HJ12GP201/202 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 和外设的时钟源来实现的。一般而言，较低的时钟频率和减少时钟源驱动电路的数目会使功耗降低。PIC24HJ12GP201/202 器件用以下四种方法管理功耗：

- 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。

8.1 时钟频率和时钟切换

PIC24HJ12GP201/202 器件提供的时钟频率范围较大，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，将在第 7.0 节“振荡器配置”中进行更详细的讨论。

8.2 基于指令的节能模式

PIC24HJ12GP201/202 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停止所有代码执行；空闲模式下 CPU 停止工作并停止代码执行，但是允许外设模块继续工作。例 8-1 中所示为 PWRSAV 指令的汇编语法。

注： SLEEP_MODE 和 IDLE_MODE 是在所选器件的汇编器包含 (include) 文件中定义的常数。

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”。

8.2.1 休眠模式

休眠模式具有下列特征：

- 系统时钟源关闭。如果使用了片上振荡器，也要关闭它。
- 如果 I/O 引脚上不消耗电流，则器件电流消耗将降至最低。
- 由于系统时钟源被禁止，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 时钟在休眠模式下将继续运行。
- 如果 WDT 被使能，则在进入休眠模式之前自动清零。
- 有些器件功能或外设可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。

例 8-1: PWRSAV 指令语法

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

8.2.2 空闲模式

空闲模式具有下列特征：

- CPU 将停止执行指令。
- 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 8.4 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，且立即从 PWRSAV 指令之后的下一条指令或 ISR 中的第一条指令开始执行指令。

8.2.3 在节能指令执行期间的中断

在 PWRSAV 指令执行期间发生的中断都将延迟到进入休眠或空闲模式后才产生，并导致器件从休眠或空闲模式中唤醒。

8.3 打盹模式

通常，更改时钟速度和进入某种节能模式是降低功耗的首选策略，但在有些情况下不可行。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终止通信。

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。在此模式下，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 时钟的速度降低了。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。有八种可能的配置，从 1:1 到 1:128，其中 1:1 是默认设置。

在事件驱动的应用中，使用打盹模式有选择地降低功耗是可行的。这样就可以实现不间断地运行对时序要求高的功能（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，并根据这一速度将 CAN 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 CAN 模块将继续按要求的 500 kbps 位速率通信，而 CPU 则以 5 MIPS 的速度开始执行指令。

8.4 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。与外设相关的控制寄存器和状态寄存器也被禁止，因此写入那些寄存器不会有影响，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 PIC24H 器件支持某个外设时，才会使能相应的外设模块。如果外设包含在器件中，则默认情况下，它在 PMD 寄存器中是使能的。

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）。
-----------	--

9.0 I/O 端口

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大使使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

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。

9.1 并行 I/O (PIO) 端口

通常，与某个外设共用一个引脚的并行 I/O 端口总是服从于该外设。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用于外设还是相应的端口。该逻辑电路同时会阻止“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输入。图 9-1 显示了端口是如何与其他外设复用的以及相关的 I/O 引脚。

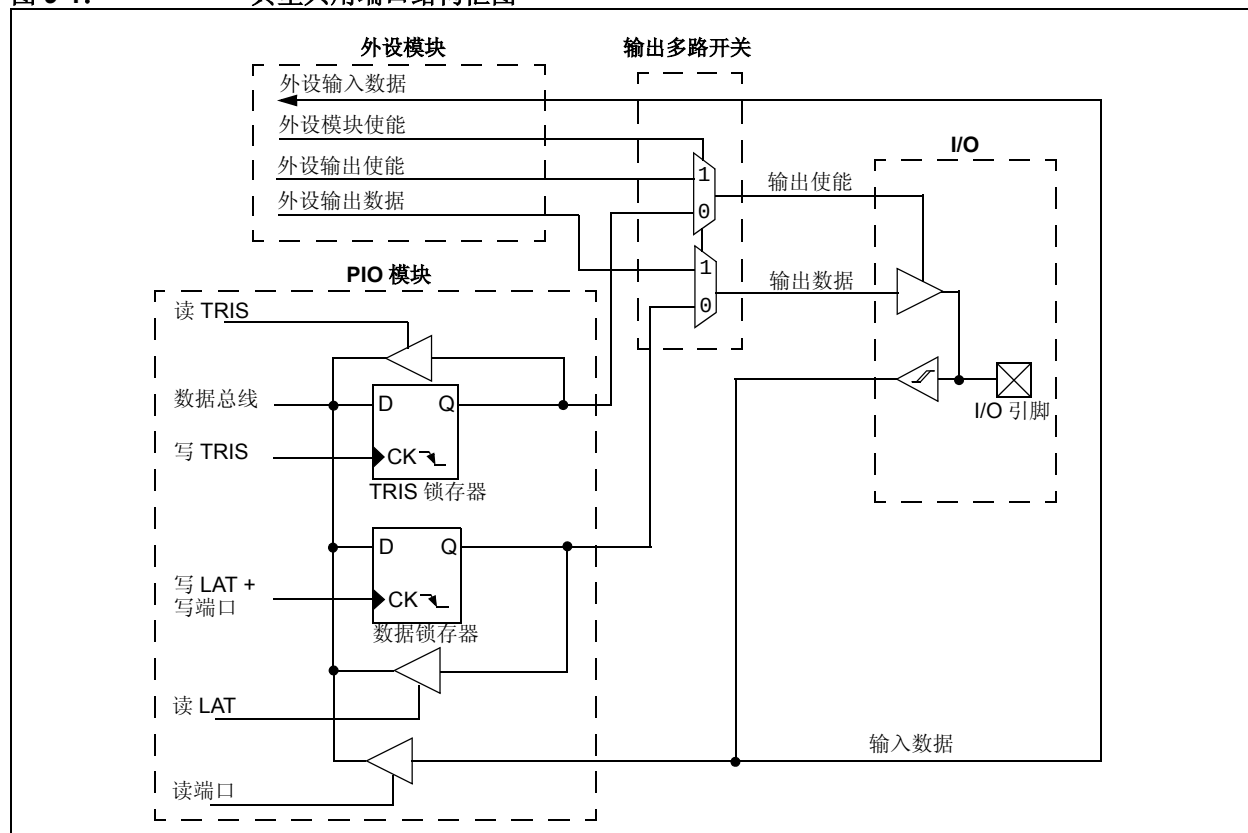
如果外设使能，并且外设正在使用相关引脚时，该引脚将不再作为通用 I/O 引脚使用。可以读该 I/O 引脚，但并行端口位的输出驱动器将被禁止。如果使能某外设但没有驱动引脚时，则该引脚可由一个端口驱动。

所有端口引脚都由 3 个寄存器，这些寄存器与端口引脚作为数字 I/O 的工作直接相关。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，则引脚是输入。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只定义为输入的功能共用时，它将被视为专用端口，因为没有任何其他竞争的输出源。

图 9-1: 典型共用端口结构框图



PIC24HJ12GP201/202

9.1.1 漏极开路配置

除 PORT、LAT 和 TRIS 寄存器用于数据控制外，每个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，在所需的任意仅数字引脚上产生高于 VDD（如 5V）的输出电平。允许的最大开漏电压与最大 VIH 规范相同。

9.2 配置模拟端口引脚

AD1PCFG 和 TRIS 寄存器用于控制模数（Analog-to-Digital, A/D）端口引脚的操作。如果要将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。

当读取端口寄存器时，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。

9.2.1 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。例 9-1 给出了一个示例。

9.3 输入状态变化通知

I/O端口的输入状态变化通知功能允许PIC24HJ12GP201/202 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。当禁止时钟时，该特性还可在休眠模式下检测到输入状态改变。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，不再需要使用外部电阻。使用包含每个 CN 引脚控制位的 CNPU1 和 CNPU2 寄存器可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，状态变化通知引脚的上拉电路将始终被禁止。

例 9-1: 端口写 / 读示例

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

9.4 外设引脚选择

通用器件的主要难题是提供最大可能的外设功能集，同时其与 I/O 引脚功能的冲突降到最小。在低引脚数器件上，这一难题更为严峻。在必须将多个外设分配给一个引脚的应用中，在应用编码中进行复杂的变通或完全地重新设计可能是惟一的选择。

外设引脚选择配置使得可以在较宽的 I/O 引脚范围内选择和放置外设集。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在数字 I/O 引脚的固定子集下工作。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。

9.4.1 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。

9.4.2 可用的外设

可由外设引脚选择功能管理的外设都是仅数字外设。这些外设包括：

- 一般串行通信（UART 和 SPI）
- 通用定时器时钟输入
- 与定时器相关的外设（输入捕捉和输出比较）
- 电平变化中断输入

相比较而言，一些仅数字外设模块不能使用外设引脚选择功能。这是因为外设功能需要特殊端口上的特殊 I/O 电路，且不能很容易地连接到多个引脚。这些模块包括 I²C™。类似的要求排除了所有带模拟输入的模块，例如模数转换器（ADC）。

可重映射的外设与默认的 I/O 引脚无关。必须在使用外设前始终将其分配给特定的 I/O 引脚。相反，非可重映射的外设始终在默认引脚上可用，假设该外设工作且与其他外设没有冲突。

9.4.2.1 外设引脚选择功能优先级

当可重映射的外设在指定 I/O 引脚上工作时，它的优先级高于所有其他数字 I/O 和与该引脚相关的数字通信外设。优先级与被映射外设的类型无关。可重映射外设的优先级永远不会高于与该引脚相关的任何模拟功能。

9.4.3 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（如果外设具有输入和输出）放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。

9.4.3.1 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 寄存器用来配置外设输入映射（见寄存器 9-1 到寄存器 9-9）。每个寄存器包含 5 位字段的组合，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，会将具有该值的 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 9-2 说明了 U1RX 输入的可重映射引脚选择。

PIC24HJ12GP201/202

图 9-2: U1RX 的可重映射的 MUX 输入

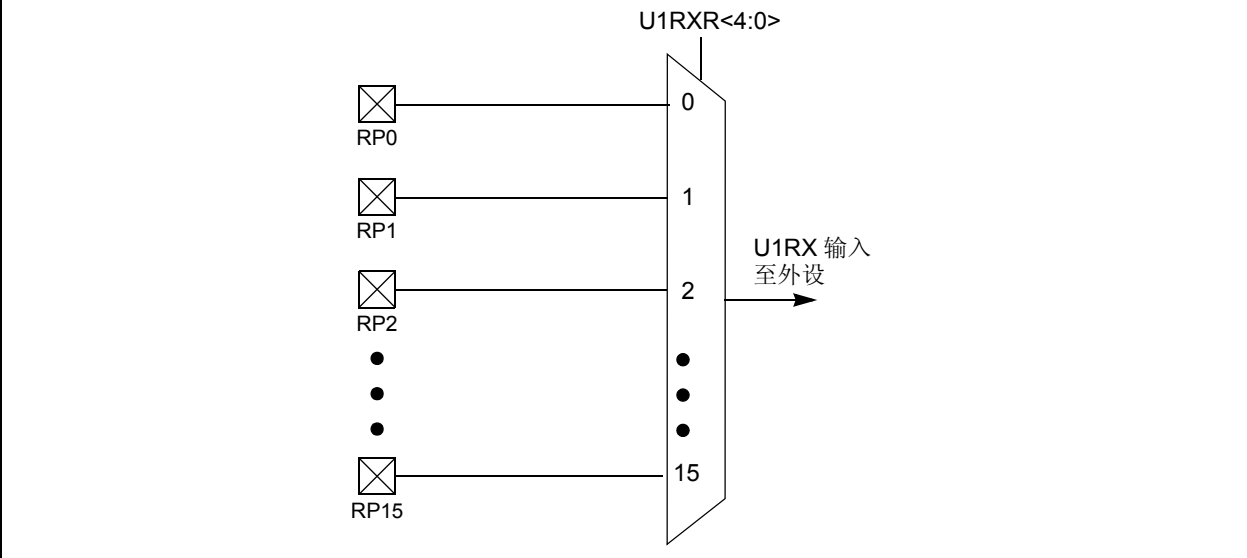


表 9-1: 可重映射的外设输入 ⁽¹⁾

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 7	IC7	RPINR10	IC7R<4:0>
输入捕捉 8	IC8	RPINR10	IC8R<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 数据输入	SDI1	RPINR20	SDI1R<4:0>
SPI1 时钟输入	SCK1IN	RPINR20	SCK1R<4:0>
SPI1 从动选择输入	SS1IN	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。

9.4.3.2 输出映射

与输入相比，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 寄存器用来控制输出映射。如 RPINRx 寄存器一样，每个寄存器包含 5 位字

段的组合，每组都与一个 RPn 引脚相关（见寄存器 9-10 到寄存器 9-17）。位域的值与外设之一相对应，并且该外设的输出被映射到引脚（见表 9-2 和图 9-3）。

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未连接状态。

图 9-3: RPn 的可重映射输出的复用功能

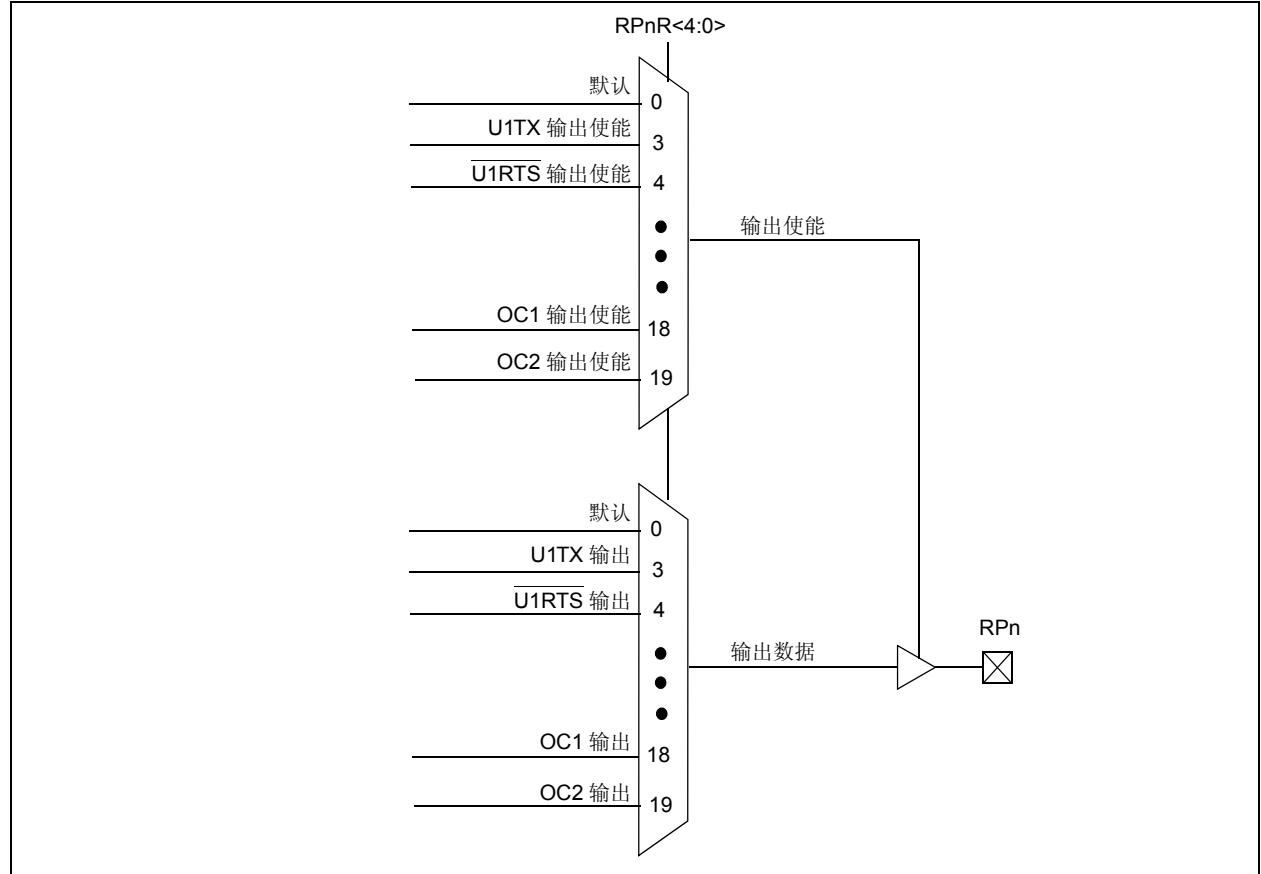


表 9-2: 可重映射引脚 (RPn) 的输出选择

功能	RPnR<4:0>	输出名称
NULL	00000	RPn 连接到默认端口引脚
U1TX	00011	RPn 连接到 UART1 发送
U1RTS	00100	RPn 连接到 UART1 请求发送
SDO1	00111	RPn 连接到 SPI1 数据输出
SCK1OUT	01000	RPn 连接到 SPI1 时钟输出
SS1OUT	01001	RPn 连接到 SPI1 从动选择输出
OC1	10010	RPn 连接到输出比较 1
OC2	10011	RPn 连接到输出比较 2

9.4.3.3 映射

外设选择引脚的控制机制不局限于固定外设配置的小范围内。在任何外设映射的SFR之间没有共有的或硬件强制的锁定。任何或所有RPN引脚上的外设映射的任何组合都是可能的。这包括外设输入和输出到引脚的多对一或一对多映射。

从配置观点来看，这类映射在技术上是可能的，但在电气方面可能不受支持。

9.4.4 控制配置改变

由于可以在运行时更改外设的重映射，因此必须对外设重映射设置一些限制条件以防意外更改配置。PIC24H器件具有3个功能以防对外设映射的更改：

- 控制寄存器锁定序列
- 连续状态监视
- 配置位引脚选择锁定

9.4.4.1 控制寄存器锁定

在正常操作下，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45h写入OSCCON<7:0>。
2. 将67h写入OSCCON<7:0>。
3. 清零（或置1）IOLOCK为单操作。

与振荡器的LOCK位的序列不同，IOLOCK会保持一种状态直到被更改。这允许所有的外设引脚选择均可被配置为：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锁定。

9.4.4.2 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影子寄存器通过硬件进行监视。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电池干扰），将会触发配置不匹配复位。

9.4.4.3 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寄存器进行多于一个写会话。IOL1WAY(FOSC<IOL1WAY>)配置位会阻止IOLOCK位在置1后被清零。

在默认（未编程）状态下，IOL1WAY被置1，将用户限制为一个写会话。对IOL1WAY编程可允许用户应用对外设引脚选择寄存器不受限制的访问（对解锁序列的正确使用）。

9.4.5 外设引脚选择的注意事项

控制外设引脚选择功能在应用设计中带来了一些值得注意的事项，包括几个只能作为可重映射外设的常见外设。

9.4.5.1 配置

在器件的默认（复位）状态下，外设引脚选择在默认引脚上不可用。更特别的是，由于所有RPINRx和RPORx寄存器复位为0000h，这意味着所有的外设引脚选择输入连接到RP0，而所有的外设引脚选择输出处于未连接状态。这意味着在执行任何其他应用编码前，用户应用必须用适当的外设配置初始化器件。

由于IOLOCK位在解锁状态下复位，因此在器件复位结束后不必执行解锁序列。然而，基于应用安全考虑，在写入控制寄存器后将IOLOCK置1并锁定配置是一个好的建议。

由于解锁序列是时序敏感的，它必须作为汇编语言程序以与更改振荡器配置相同的方式执行。如果应用程序是用C语言或其他高级语言编写的，则解锁序列应通过写内联汇编来执行。

9.4.5.2 改变配置

选择配置需要查看所有外设引脚选择及其引脚分配，尤其是那么不会在应用中使用的外设。在所有情况下，必须完全禁止未用的引脚可选择外设。未用的外设应将它们的输入分配给未用的RPN引脚功能。带有未用RPN功能的I/O引脚应被配置为空外设输出。

外设到特定引脚的分配不会自动执行引脚的 I/O 电路的任何其他配置。这意味着将引脚可选择输出加到引脚，当驱动输出时，引脚可能会意外驱动现有的外设输入。程序员必须熟悉共用同一个可重映射引脚的其他固定外设的行为，了解何时使能或禁止它们。为安全起见，共用同一个引脚的固定数字外设在不使用时应被禁止。

9.4.5.3 引脚操作

配置特定器件的可重映射引脚不会自动开启该功能。必须将外设特别配置为工作并使能，好像是连接到固定引脚一样。这部分在应用编码中的位置（紧跟器件复位和外设配置，或在主应用程序内）取决于外设及其在应用中的使用。

9.4.5.4 模拟功能

最后的注意事项是外设引脚选择功能既不会改写模拟输入，也不会将带模拟功能的引脚重新配置为数字 I/O。如果器件复位时引脚被配置为模拟输入，则使用外设引脚选择时，必须明确将其重新配置为数字 I/O。

9.4.5.5 配置示例

例 9-2 给出了使用 UART1 为具有流控制的双向通信所作的配置。使用了以下输入和输出功能：

- 输入功能：U1RX 和 U1CTS
- 输出功能：U1TX 和 U1RTS

9.5 外设引脚选择寄存器

PIC24HJ12GP201/202 器件实现了 17 个寄存器用于可重映射的外设配置：

- 输入可重映射的外设寄存器（9）
- 输出可重映射的外设寄存器（8）

注： 仅在 OSCCON<IOLOCK>=0 时可以改变输入和输出寄存器的值。请参见第 9.4.4.1 节“控制寄存器锁定”了解具体命令序列。

例 9-2: 配置 UART1 输入和输出功能

```
//*****
// 解锁寄存器
//*****
asm volatile ( "mov #OSCCONL, w1 \n"
               "mov #0x45, w2 \n"
               "mov #0x67, w3 \n"
               "mov.b w2, [w1] \n"
               "mov.b w3, [w1] \n"
               "bclr OSCCON, 6");

//*****
// 配置输入功能
//（见表 9-1）
//*****
//*****
// 将 U1Rx 分配给引脚 RP0
//*****
RPINR18bits.U1RXR = 0;

//*****
// 将 U1CTS 分配给引脚 RP1
//*****
RPINR18bits.U1CTSR = 1;

//*****
// 配置输出功能
//（见表 9-2）
//*****
//*****
// 将 U1Tx 分配给引脚 RP2
//*****
RPOR1bits.RP2R = 3;

//*****
// 将 U1RTS 分配给引脚 RP3
//*****
RPOR1bits.RP3R = 4;

//*****
// 锁定寄存器
//*****
asm volatile ( "mov #OSCCONL, w1 \n"
               "mov #0x45, w2 \n"
               "mov #0x67, w3 \n"
               "mov.b w2, [w1] \n"
               "mov.b w3, [w1] \n"
               "bset OSCCON, 6");
```

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 9-1: **RPINR0: 外设引脚选择输入寄存器 0**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	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 9-2: **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-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 9-3: **RPINR3: 外设引脚选择输入寄存器 3**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	T3CKR<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
—	—	—	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

寄存器 9-4: RPINR7: 外设引脚选择输入寄存器 7

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	IC2R<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
—	—	—	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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 9-5: **RPOR10: 外设引脚选择输入寄存器 10**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	IC8R<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
—	—	—	IC7R<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	IC8R<4:0> : 将输入捕捉 8 (IC8) 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	IC7R<4:0> : 将输入捕捉 7 (IC7) 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 9-6: **RPINR11: 外设引脚选择输入寄存器 11**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-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
—	—	—	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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 9-7: **RPINR18: 外设引脚选择输入寄存器 18**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	U1CTSR<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
—	—	—	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 (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 9-8: **RPINR20: 外设引脚选择输入寄存器 20**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	SCK1R<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
—	—	—	SDI1R<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 **SCK1R<4:0>:** 将 SPI1 时钟输入 (SCK1IN) 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 **SDI1R<4:0>:** 将 SPI1 数据输入 (SDI1) 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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 9-9: **RPINR21: 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-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	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 从动选择输入 (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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 9-10: 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 9-2 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 9-2 了解外设功能编号)

寄存器 9-11: 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 9-2 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 9-2 了解外设功能编号)

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 9-12: 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 9-2 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 9-2 了解外设功能编号)

寄存器 9-13: 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 9-2 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 9-2 了解外设功能编号)

寄存器 9-14: RPOR4: 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
—	—	—	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 9-2 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 9-2 了解外设功能编号)

寄存器 9-15: 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 9-2 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 9-2 了解外设功能编号)

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 9-16: **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 9-2 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 9-2 了解外设功能编号)

寄存器 9-17: **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 9-2 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 9-2 了解外设功能编号)

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 10-1: 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	—	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	—
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 = 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 <u>当 T1CS = 1 时:</u> 该位为无关位。 <u>当 T1CS = 0 时:</u> 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 <u>当 TCS = 1 时:</u> 1 = 同步外部时钟输入 0 = 不同步外部时钟输入 <u>当 TCS = 0 时:</u> 该位为无关位。
bit 1	TCS: Timer1 时钟源选择位 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

11.0 TIMER2/3 特性

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

Timer2/3 为 32 位定时器，也可被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（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
- 可选择的预分频比设置
- 空闲和休眠模式下的定时器工作
- 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）

所有 8 个 16 位定时器都能作为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。通过在 T2CON 和 T3CON 寄存器中设置相应的位来确定工作模式和使能特性。T2CON 寄存器在寄存器 11-1 中作了一般介绍。T3CON 寄存器如寄存器 11-2 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，而 Timer3 是高位字。

注： 对于 32 位工作，T3CON 控制位将被忽略。设置和控制只使用 T2CON 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。

11.1 32 位工作

要为 32 位工作配置 Timer2/3 特性：

1. 将相应的 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 包含值的高位字，而 PR2 包含低位字。
5. 如果需要中断，将中断允许位 T3IE 置 1。使用优先级位 T3IP<2:0> 来设置中断优先级。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 总是包含计数值的高位字，而 TMR2 包含低位字。

要将任一定时器配置为独立的 16 位工作：

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。使用优先级位 TxIP<2:0> 来设置中断优先级。
6. 将 TON 位置 1。

PIC24HJ12GP201/202

图 11-1: TIMER2/3 (32 位) 框图 (1)

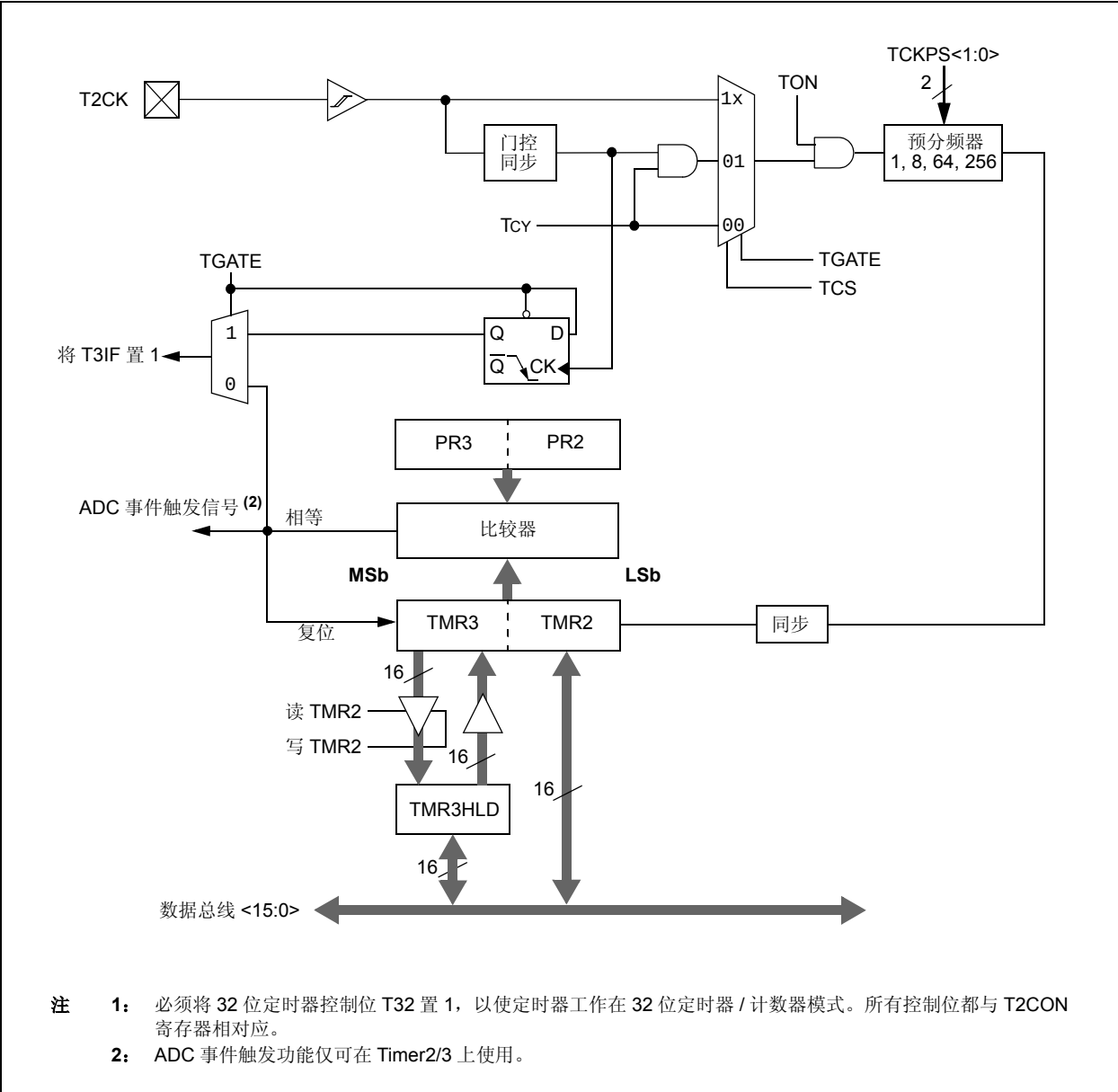
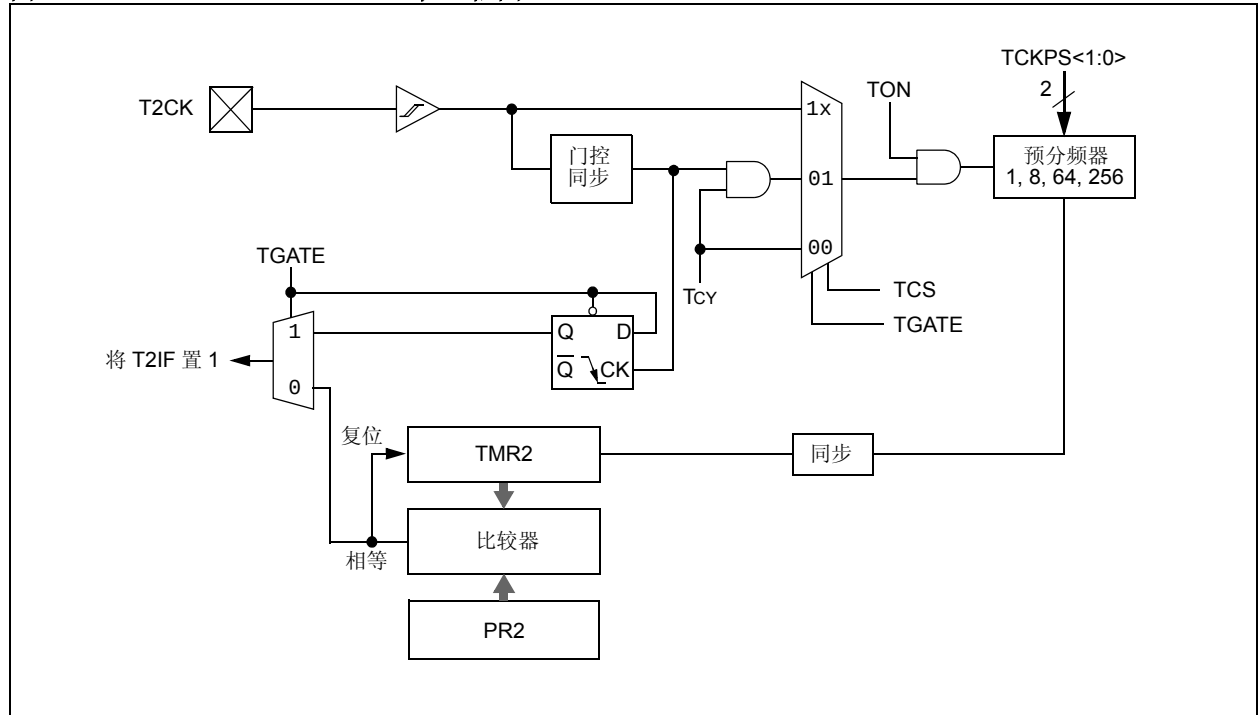


图 11-2: **TIMER2 (16 位) 框图**



PIC24HJ12GP201/202

寄存器 11-1: 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 ⁽¹⁾	—	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 <u>当 T32 = 1 时:</u> 1 = 启动 32 位 Timer2/3 0 = 停止 32 位 Timer2/3 <u>当 T32 = 0 时:</u> 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 <u>当 TCS = 1 时:</u> 该位为无关位。 <u>当 TCS = 0 时:</u> 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⁾ 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

注 1: 在 32 位模式下, T3CON 控制位不影响 32 位定时器的的工作。

寄存器 11-2: 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 ⁽¹⁾	—	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 ⁽¹⁾	TCKPS<1:0> ⁽¹⁾		—	—	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:** Timer3 使能位 ⁽¹⁾
 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, 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:** Timer3 门控时间累加使能位 ⁽¹⁾
 当 **TCS = 1** 时:
 该位为无关位。
 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 ⁽¹⁾
 11 = 1:256
 10 = 1:64
 01 = 1:8
 00 = 1:1
- bit 3-2 **未实现:** 读为 0
- bit 1 **TCS:** Timer3 时钟源选择位 ⁽¹⁾
 1 = 来自 T3CK 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: 当使能 32 位工作 (T2CON<3> = 1) 时, 这些位对 Timer3 的工作没有影响; 所有定时器功能都通过 T2CON 进行设置。

注:

PIC24HJ12GP201/202

12.1 输入捕捉寄存器

寄存器 12-1: 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 CUP 空闲模式下输入捕捉模块将停止工作
0 = 在 CUP 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>**: 选择发生每次中断捕捉的次数的位
11 = 每 4 次捕捉事件中断一次
10 = 每 3 次捕捉事件中断一次
01 = 每 2 次捕捉事件中断一次
00 = 每次捕捉事件中断一次

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**: 输入捕捉缓冲器空状态位 (只读)
1 = 输入捕捉缓冲器非空, 至少可以再读一次捕捉值
0 = 输入捕捉缓冲器为空

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, 输入捕捉通道仅用作中断引脚
(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

13.0 输出比较

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

13.1 设置产生单个输出脉冲

当 OCM 控制位 (OCxCON<2:0>) 被设置为 100 时，所选的输出比较通道将 OCx 引脚初始化为低电平状态并产生单输出脉冲。

若要产生单输出脉冲，需要遵循以下步骤。这些步骤假设定时器源在开始时是关闭的，但这并不是对模块工作的要求。

1. 确定指令时钟周期时间。考虑定时器源的外部时钟频率（如果使用）和定时器预分频比的设置。
2. 计算从 TMRy 起始值 (0000h) 到输出脉冲的上升沿所需的时间。
3. 根据所需的脉冲宽度和到脉冲上升沿的时间计算出现脉冲下降沿的时间。
4. 将以上步骤 2 和步骤 3 中计算出的值分别写入输出比较寄存器 OCxR 和输出比较辅助寄存器 OCxRS。
5. 将定时器周期寄存器 PRy 的值设置为等于或大于输出比较辅助寄存器 OCxRS 中的值。
6. 将 OCM 位设置为 100，并将 OCTSEL (OCxCON<3>) 位设置为要求的定时器源。此时 OCx 引脚状态被驱动为低电平。
7. 将 TON (TyCON<15>) 位设置为 1 以使比较时基计数。在 TMRy 和 OCxR 第一次匹配时，OCx 引脚将被驱动为高电平。

当递增定时器 TMRy 和输出比较辅助寄存器 OCxRS 发生匹配时，在 OCx 引脚上驱动脉冲的第二个边沿（即下降沿）。OCx 引脚上不会驱动输出额外的脉冲，OCx 引脚将保持为低电平。第二次比较匹配事件会导致 OCxIF 中断标志位置 1。如果已通过将 OCxIE 位置 1 允许中断，将产生中断。有关外设中断的更多信息，请参见第 6.0 节“中断控制器”。

8. 要发出另一个单脉冲输出，在需要的情况下要更改定时器和比较寄存器的设置，然后执行写操作，将 OCM 位设置为 100。不需要禁止和重新使能定时器以及将 TMRy 寄存器清零，但这样做可能对确定一个已知事件时间边界发出的脉冲有好处。

在输出脉冲下降沿后不一定要禁止输出比较模块。重写 OCxCON 寄存器的值可以发出另一个脉冲。

13.2 设置产生连续输出脉冲

当 OCM 控制位 (OCxCON<2:0>) 被设置为 101 时，所选的输出比较通道在每次比较匹配事件发生时将 OCx 引脚初始化为低电平状态并输出脉冲。

若要将模块配置为产生连续的输出脉冲流，需要遵循以下步骤。这些步骤假设定时器源在开始时是关闭的，但这并不是对模块工作的要求。

1. 确定指令时钟周期时间。考虑定时器源的外部时钟频率（如果使用）和定时器预分频比的设置。
2. 计算从 TMRy 起始值 (0000h) 到输出脉冲的上升沿所需的时间。
3. 根据所需的脉冲宽度和到脉冲上升沿的时间计算出现脉冲下降沿的时间。
4. 将以上步骤 2 和步骤 3 中计算出的值分别写入输出比较寄存器 OCxR 和输出比较辅助寄存器 OCxRS。
5. 将定时器周期寄存器 PRy 的值设置为等于或大于输出比较辅助寄存器 OCxRS 中的值。
6. 将 OCM 位设置为 101，并将 OCTSEL 位设置为要求的定时器源。此时 OCx 引脚状态被驱动为低电平。
7. 通过将 TON (TyCON<15>) 位设置为 1 使能比较时基。在 TMRy 和 OCxR 第一次匹配时，OCx 引脚将被驱动为高电平。

当比较时基 TMRy 和输出比较辅助寄存器 OCxRS 发生匹配时，OCx 引脚驱动脉冲的第二个边沿（即下降沿）。

8. 第二次比较匹配事件会导致 OCxIF 中断标志位置 1。当比较时基和相应的定时器周期寄存器中的值匹配时，TMRy 寄存器复位为 0x0000 并重新开始计数。
9. 重复步骤 8 到步骤 11，可无限制地产生连续脉冲流。OCxIF 标志位在每次 OCxRS 与 TMRy 的比较匹配事件发生时置 1。

13.3 脉宽调制（PWM）模式

当将输出比较模块配置为 PWM 操作时，需要遵循以下步骤：

1. 通过写所选的定时器周期寄存器（PRy）设置 PWM 周期。
2. 通过写 OCxRS 寄存器设置 PWM 占空比。
3. 向 OxCr 寄存器中写入初始占空比。
4. 如果需要的话，允许定时器和输出比较模块的中断。如果要使用 PWM 故障引脚，则必须设置输出比较中断。
5. 通过写输出比较模式位 OCM<2:0>（OCxCON2:0>），将输出比较模块配置为两种 PWM 工作模式中的一种。

通过设置 TON = 1（TxCON<15>）设置 TMRy 预分频值并使能时基。

注： 在第一次使能输出比较模块之前，必须先初始化 OCxR 寄存器。当模块工作于 PWM 模式时，OCxR 寄存器变为只读的占空比寄存器。OCxR 中保存的值成为第一个 PWM 周期的 PWM 占空比。直到时基周期匹配发生，输出比较辅助寄存器 OCxRS 的内容才会被传输到 OCxR。

13.3.1 PWM 周期

PWM 周期可通过写入 PRy（定时器周期寄存器）来指定。PWM 周期可由公式 13-1 计算：

公式 13-1: 计算 PWM 周期

PWM 周期 = $[(PRy) + 1] \cdot Tcy \cdot (\text{定时器预分频值})$
其中：
PWM 频率 = $1/[\text{PWM 周期}]$

注： 如果 PRy 的值为 N，则 PWM 周期将由 N + 1 个时基组成的计数周期。例如，如果写入 PRy 寄存器的值为 7，则将产生由 8 个时基周期组成的 PWM 周期。

13.3.2 PWM 占空比

PWM 占空比是通过写 OCxRS 寄存器指定的。可以在任何时候写 OCxRS 寄存器，但是在 PRy 和 TMRy 发生匹配（即周期结束）前占空比值不会被锁存到 OCxR 中。这可以为 PWM 占空比提供双重缓冲，对于 PWM 的无故障操作是极其重要的。在 PWM 模式下，OCxR 是只读寄存器。

PWM 占空比有一些重要的边界参数，包括：

- 如果输出比较寄存器 OCxR 中装入 0000h，则 OCx 引脚将保持低电平（占空比为 0%）。
- 如果 OCxR 大于 PRy（定时器周期寄存器），则引脚将保持高电平（占空比为 100%）。
- 如果 OCxR 等于 PRy，则 OCx 引脚在一个时基计数周期内为低电平，而在其余所有的计数周期内均为高电平。

请参见例 13-1 了解 PWM 模式时序的详细信息。表 13-1 显示器件工作速度为 10 MIPS 时的 PWM 频率和分辨率示例。

公式 13-2: 计算最大 PWM 分辨率

$$\text{最大 PWM 分辨率 (位)} = \frac{\log_{10} \left(\frac{FCY}{F_{PWM}} \right)}{\log_{10}(2)} \text{ 位}$$

例 13-1: PWM 周期和占空比计算

- 在期望 PWM 频率为 52.08 kHz， $F_{CY} = 16 \text{ MHz}$ 且 Timer2 预分频比为 1:1 时，计算定时器周期寄存器的值。

$$T_{CY} = 62.5 \text{ ns}$$

$$\text{PWM 周期} = 1/\text{PWM 频率} = 1/52.08 \text{ kHz} = 19.2 \text{ ms}$$

$$\text{PWM 周期} = (PR2 + 1) \cdot T_{CY} \cdot (\text{Timer2 预分频值})$$

$$19.2 \text{ ms} = (PR2 + 1) \cdot 62.5 \text{ ns} \cdot 1$$

$$PR2 = 306$$
- 在 PWM 频率为 52.08 kHz 且器件的时钟速率为 32 MHz 时，计算占空比的最大分辨率。

$$\text{PWM 分辨率} = \log_{10}(F_{CY}/F_{PWM})/\log_{10}(2) \text{ 位}$$

$$= (\log_{10}(16 \text{ MHz}/52.08 \text{ kHz})/\log_{10}(2)) \text{ 位}$$

$$= 8.3 \text{ 位}$$

表 13-1: 器件工作在 4 MIPS ($F_{CY} = 4 \text{ MHz}$) 时的 PWM 频率和分辨率示例

PWM 频率	7.6 Hz	61 Hz	122 Hz	977 Hz	3.9 kHz	31.3 kHz	125 kHz
定时器预分频比	8	1	1	1	1	1	1
周期寄存器的值	FFFFh	FFFFh	7FFFh	0FFFh	03FFh	007Fh	001Fh
分辨率 (位)	16	16	15	12	10	7	5

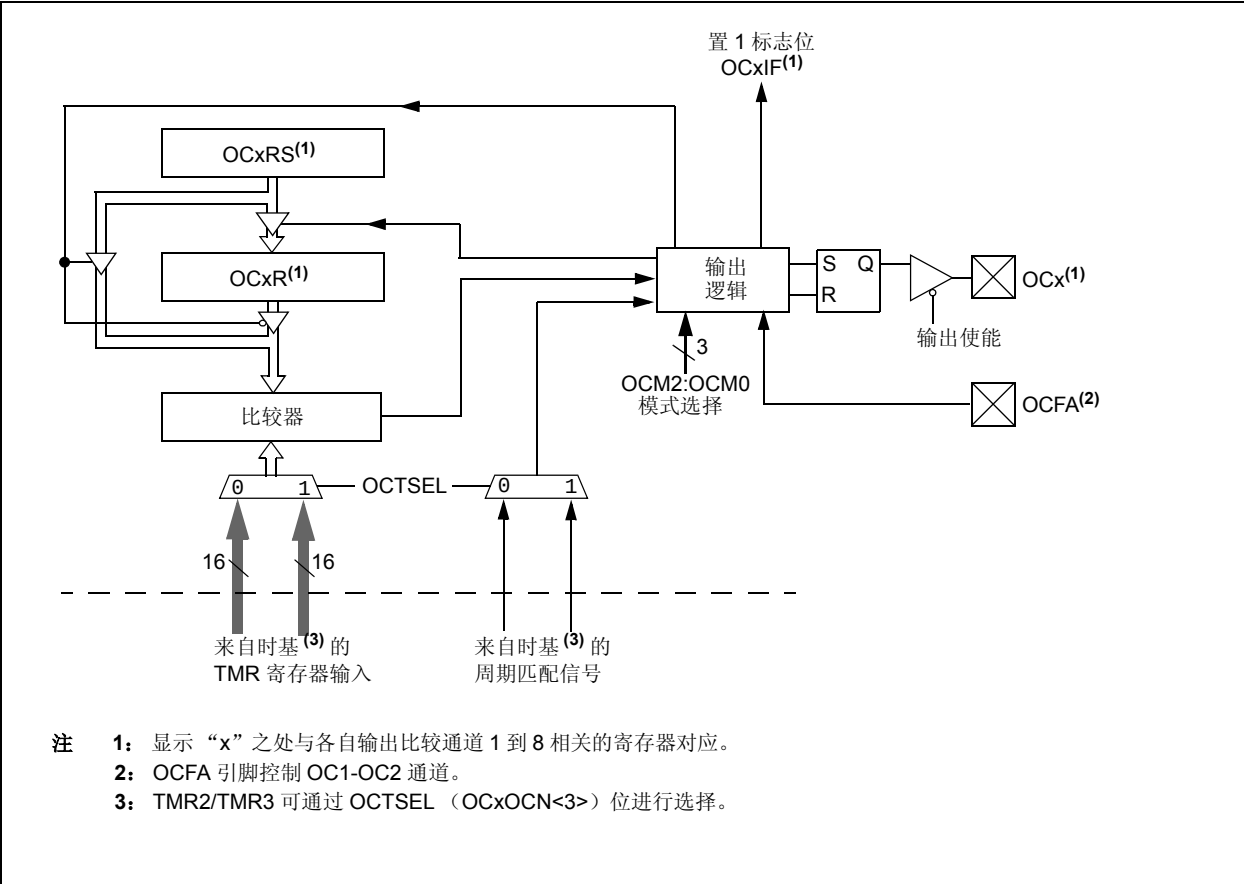
表 13-2: 器件工作在 16 MIPS ($F_{CY} = 16 \text{ MHz}$) 时的 PWM 频率和分辨率示例

PWM 频率	30.5 Hz	244 Hz	488 Hz	3.9 kHz	15.6 kHz	125 kHz	500 kHz
定时器预分频比	8	1	1	1	1	1	1
周期寄存器的值	FFFFh	FFFFh	7FFFh	0FFFh	03FFh	007Fh	001Fh
分辨率 (位)	16	16	15	12	10	7	5

表 13-3: 器件工作在 40 MIPS ($F_{CY} = 40 \text{ MHz}$) 时的 PWM 频率和分辨率示例

PWM 频率	76 Hz	610 Hz	1.22 Hz	9.77 kHz	39 kHz	313 kHz	1.25 MHz
定时器预分频比	8	1	1	1	1	1	1
周期寄存器的值	FFFFh	FFFFh	7FFFh	0FFFh	03FFh	007Fh	001Fh
分辨率 (位)	16	16	15	12	10	7	5

图 13-1: 输出比较模块框图



- 注
- 1: 显示“x”之处与各自输出比较通道 1 到 8 相关的寄存器对应。
 - 2: OCFA 引脚控制 OC1-OC2 通道。
 - 3: TMR2/TMR3 可通过 OCTSEL (OCxOCN<3>) 位进行选择。

13.4 输出比较寄存器

寄存器 13-1: 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 = 用硬件清零	HS = 用硬件置 1
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控制位
 1 = 输出比较 x 将在 CPU 空闲模式下停止
 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 (仅可用硬件清零)
 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 = 初始化 OCx 引脚为低电平, 在 OCx 引脚上产生连续输出脉冲
 100 = 初始化 OCx 引脚为低电平, 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 = 初始化 OCx 引脚为高电平, 比较事件强制 OCx 引脚为低电平
 001 = 初始化 OCx 引脚为低电平, 比较事件强制 OCx 引脚为高电平
 000 = 禁止输出比较通道

注:

14.0 串行外设接口 (SPI)

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

串行外设接口 (Serial Peripheral Interface, SPI) 模块是用于同其他外设或单片机器件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 (A/D) 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) 和一个缓冲器寄存器 SPIxBUF 组成。控制寄存器 SPIxCON 用来配置模块。另外，还有一个状态寄存器 SPIxSTAT 用来表明各种状态条件。

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)
- SSx (低电平有效从动选择)

在主模式下工作时，SCK 是时钟输出。在从模式下时，SCK 是时钟输入。

14.1 中断

一组 8 或 16 个时钟脉冲将数据位从 SPIxSR 移出到 SDOx 引脚，同时将 SDIx 引脚的数据位移入 SPIxSR。当传输完成时产生一个中断，相应的中断标志位 (SPI1IF) 置 1。通过中断允许位 (SPI1IE) 可以禁止该中断。

14.2 接收操作

接收操作是双重缓冲的。当接收完字节时，将字节从 SPIxSR 送到 SPIxBUF。

当从 SPIxSR 传输新数据到 SPIxBUF 时，如果接收缓冲器已满，模块会将 SPIROV 位置 1，表明产生了溢出条件。数据从 SPIxSR 向 SPIxBUF 的传输不会完成，新数据将丢失。当 SPIROV 为 1 时，模块将不会对 SCKx 电平的跳变进行响应；实际上会禁止模块，直到用户软件读 SPIxBUF 为止。

14.3 发送操作

发送写操作同样也是双重缓冲的。用户写入 SPIxBUF。当主控或从动传输完成后，移位寄存器 (SPIxSR) 的内容将被移入接收缓冲器。如果已经向缓冲器寄存器写了任何发送数据，发送缓冲器的内容将被传送给 SPIxSR。于是，接收到的数据存放在 SPIxBUF 中，而 SPIxSR 中的发送数据已经准备就绪，可进行下一次传输。

注： 发送缓冲器 (SPIxTXB) 和接收缓冲器 (SPIxRXB) 都映射到相同的寄存器地址 SPIxBUF。请勿对 SPIxBUF 寄存器执行读—修改—写操作 (例如针对位的指令)。

14.4 SPI 设置

要将 SPI 模块设置为工作在主模式下：

1. 如果使用中断：
 - a) 将相应 IFSn 寄存器中的 SPIxIF 位清零。
 - b) 将相应 IECn 寄存器中的 SPIxIE 位置 1。
 - c) 通过写相应 IPCn 寄存器中的 SPIxIP 位来设置中断优先级。
2. 将要求的设置写入 SPIxCON 寄存器，且 MSTEN (SPIxCON1<5>) = 1。
3. 将 SPIROV 位 (SPIxSTAT<6>) 清零。
4. 通过将 SPIEN 位 (SPIxSTAT<15>) 置 1 使能 SPI 工作。
5. 将待发送数据写入 SPIxBUF 寄存器。发送 (和接收) 在数据写入 SPIxBUF 寄存器时立即开始。

要将 SPI 模块设置为工作在从模式下：

1. 将 SPIxBUF 寄存器清零。
2. 如果使用中断：
 - a) 将相应 IFSn 寄存器中的 SPIxIF 位清零。
 - b) 将相应 IECn 寄存器中的 SPIxIE 位置 1。
 - c) 通过写相应 IPCn 寄存器中的 SPIxIP 位来设置中断优先级。
3. 将要求的设置写入 SPIxCON1 和 SPIxCON2 寄存器，且 MSTEN (SPIxCON1<5>) = 0。
4. 将 SMP 位清零。
5. 如果 CKE 位置 1，则必须将 SSx 位 (SPIxCON1<7>) 置 1 来使能 SSx 引脚。
6. 将 SPIROV 位 (SPIxSTAT<6>) 清零。
7. 通过将 SPIEN 位 (SPIxSTAT<15>) 置 1 使能 SPI 工作。

SPI 模块会产生一个中断表明字节或字传输完成，还会为所有的 SPI 错误条件产生单独的中断。

图 14-1: SPI 模块框图

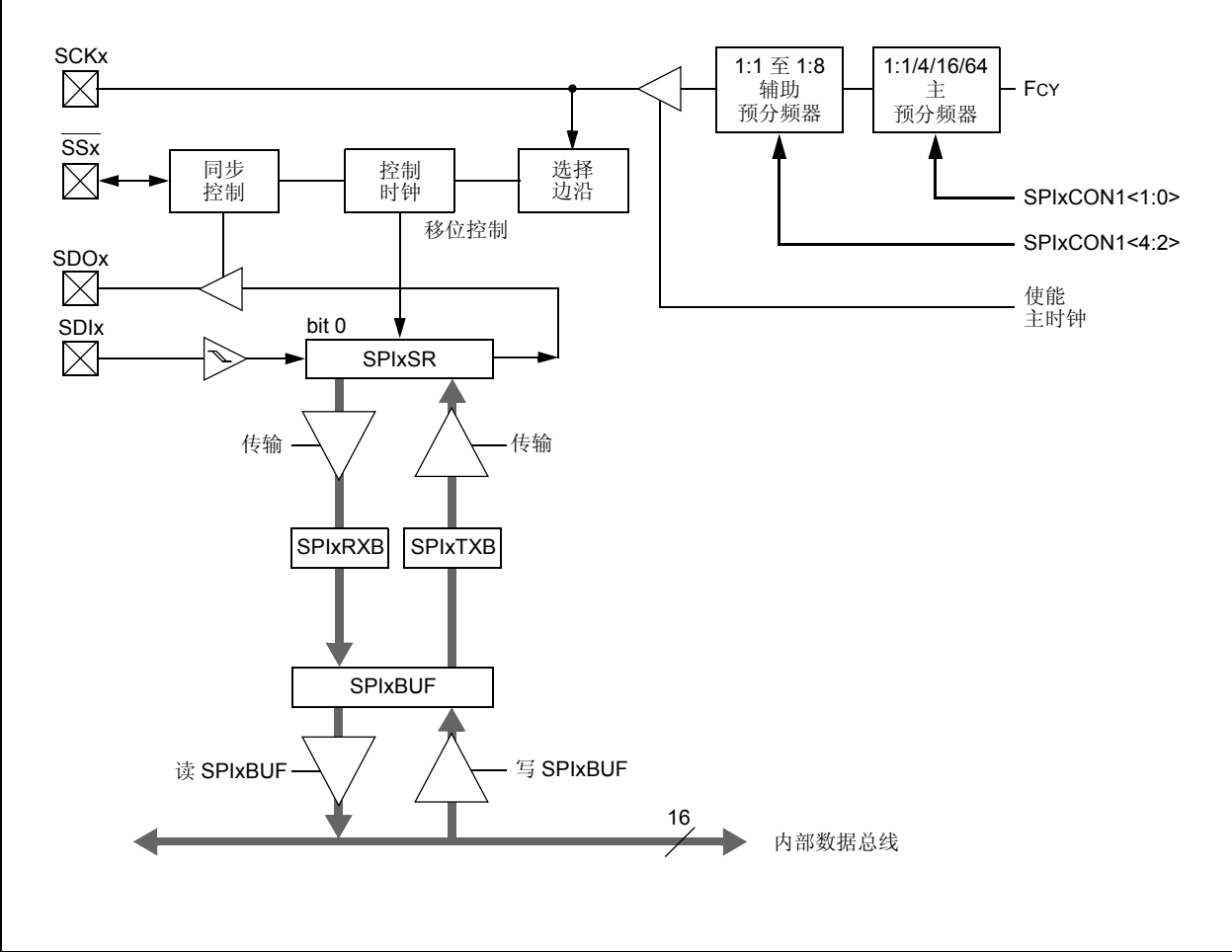


图 14-2: SPI 主 / 从连接

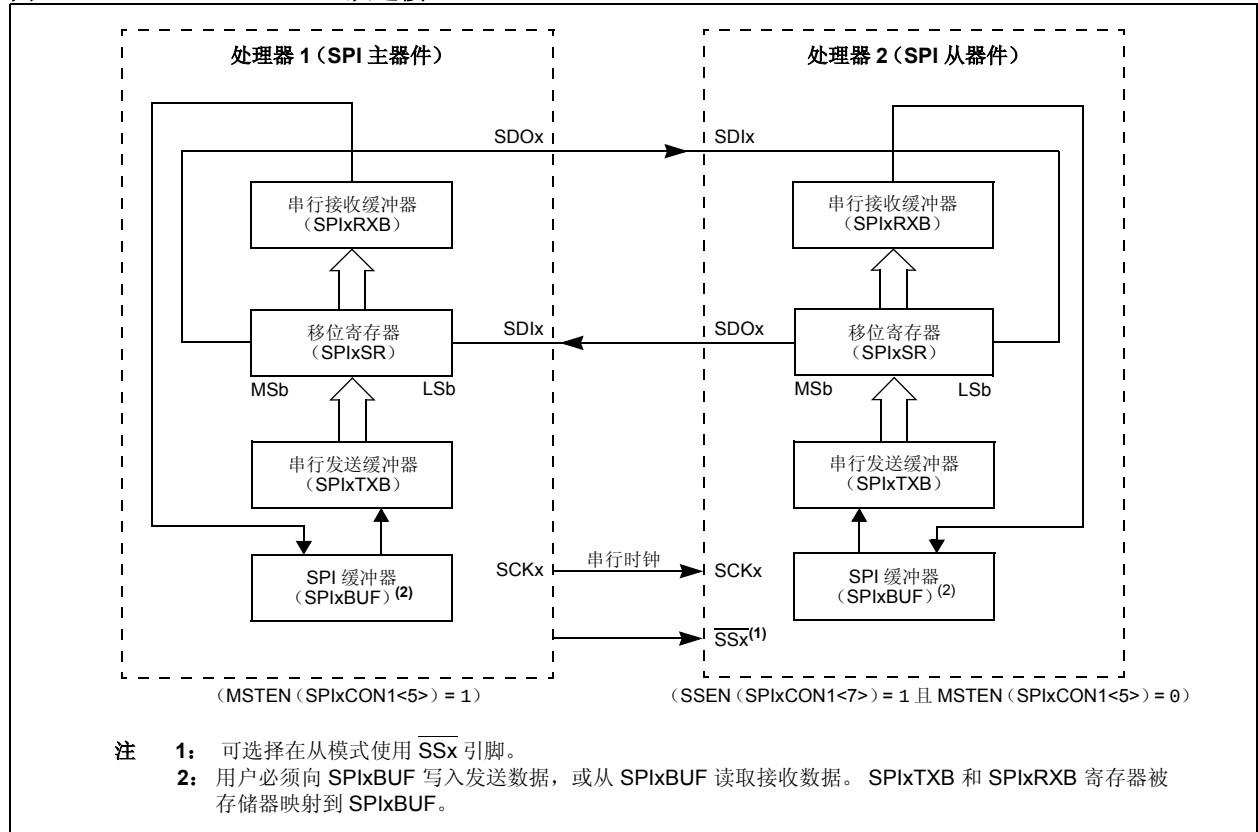


图 14-3: SPI 主控 - 帧主控模式连接图

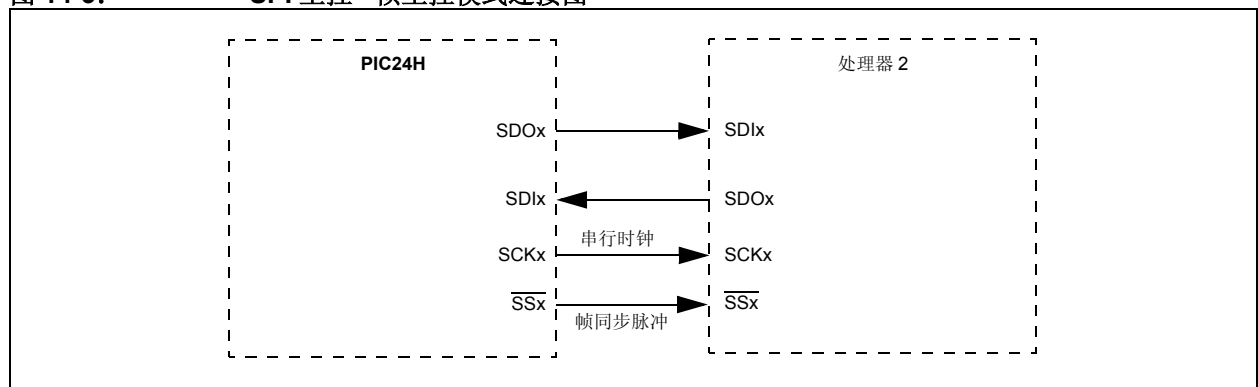
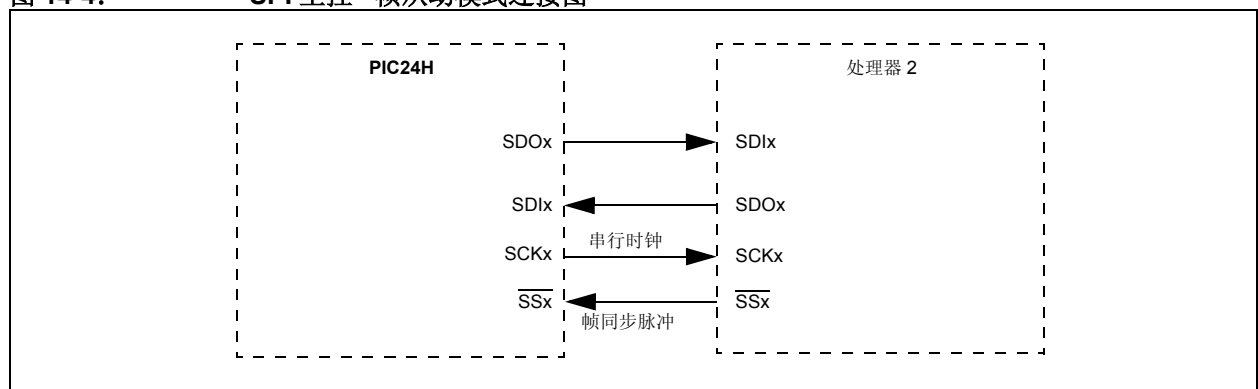


图 14-4: SPI 主控 - 帧从动模式连接图



PIC24HJ12GP201/202

图 14-5: SPI 从动 - 帧主控模式连接图

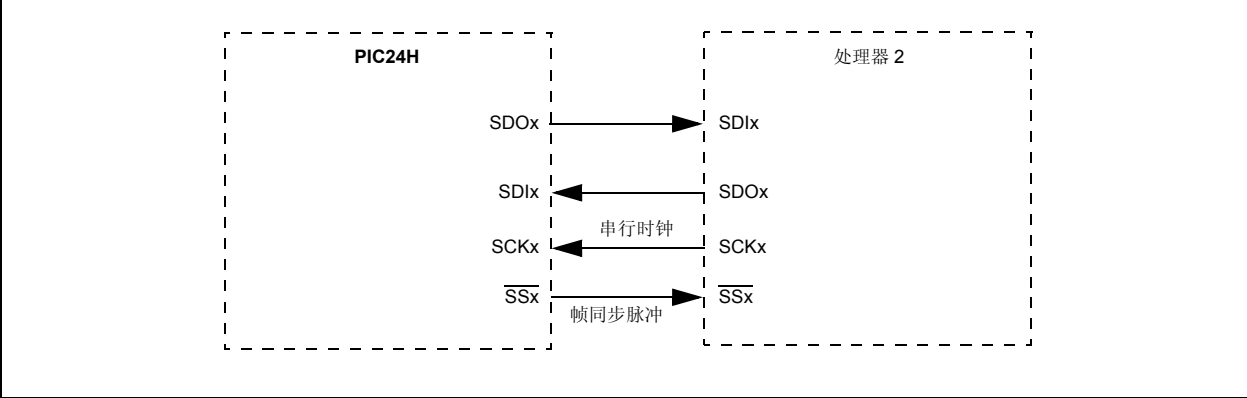
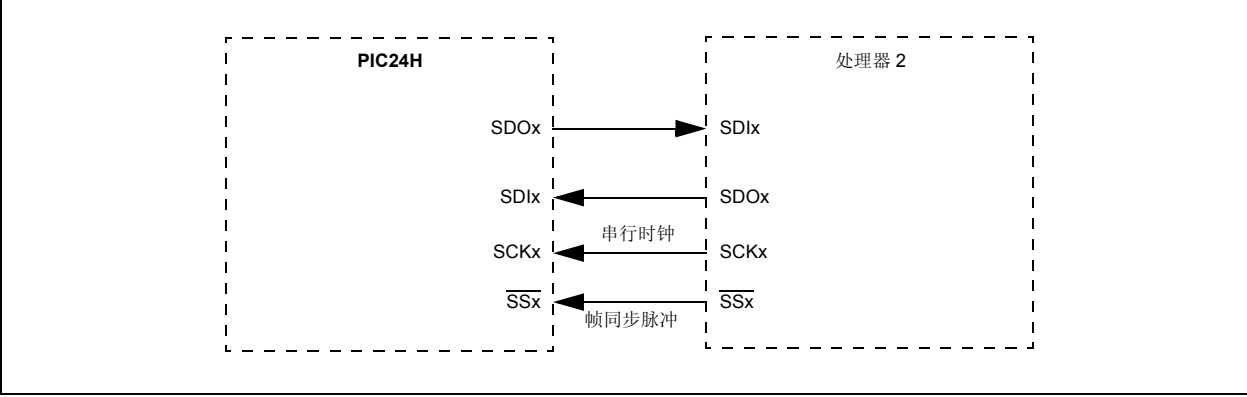


图 14-6: SPI 从动 - 帧从动模式连接图



公式 14-1: 器件工作频率和 SPI 时钟速度之间的关系

$$F_{SCK} = \frac{F_{CY}}{\text{主预分频比} \times \text{辅助预分频比}}$$

表 14-1: SCKx 频率示例

F _{CY} = 40 MHz		辅助预分频比设置				
		1:1	2:1	4:1	6:1	8:1
主预分频比设置	1:1	无效	无效	10000	6666.67	5000
	4:1	10000	5000	2500	1666.67	1250
	16:1	2500	1250	625	416.67	312.50
	64:1	625	312.5	156.25	104.17	78.125
F _{CY} = 5 MHz						
主预分频比设置	1:1	5000	2500	1250	833	625
	4:1	1250	625	313	208	156
	16:1	313	156	78	52	39
	64:1	78	39	20	13	10

注：表中 SCKx 频率的单位为 kHz。

寄存器 14-1: 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 $\overline{\text{SSx}}$ 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。用户软件没有读先前保存在 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 发送缓冲器满状态位 1 = 发送尚未开始, SPIxTXB 为满 0 = 发送已开始, SPIxTXB 为空 当 CPU 写 SPIxBUF 存储单元并装入 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 接收缓冲器满状态位 1 = 接收完成, SPIxRXB 为满 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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 14-2: 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	CKP	MSTEN	SPRE<2:0>			PPRE<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 15-13	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 数据输入采样相位位 <u>主模式:</u> 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 <u>从模式:</u> 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: 从动选择使能位 (从模式) 1 = SSx 引脚用于从模式 0 = SSx 引脚不被模块使用。引脚由端口功能控制。
bit 6	CKP: 时钟极性选择位 1 = 空闲状态时钟信号为高电平; 工作状态为低电平 0 = 空闲状态时钟信号为低电平; 工作状态为高电平
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, 用户应将该位编程为 0。

寄存器 14-2: 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)

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)

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, 用户应将该位编程为 0。

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 14-3: 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 ($\overline{\text{SSx}}$ 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: 禁止使用用户应用程序将该位设置为 1。

15.0 I²C™

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全来使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

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 / 从模式工作
- I²C 从模式支持 7 位和 10 位地址
- I²C 主模式支持 7 位和 10 位地址
- 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继续串行传输（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

15.1 工作模式

硬件完全实现了 I²C 标准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 位地址的 I²C 从模式
- 带 10 位地址的 I²C 从模式
- 带 7 位或 10 位地址的 I²C 主模式

有关每种模式的通信序列的详细信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

15.2 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 是移位寄存器，用来对数据进行移位
- I2CxRCV 是接收缓冲器和寄存器，可写入、读出数据字节
- 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
- 状态位 ADD10 表明是否为 10 位地址模式
- I2CxBRG 用来保存波特率发生器（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后，字节被送至 I2CxRCV 并产生中断脉冲。

15.3 I²C 中断

I²C 模块产生两个中断标志：

- MI2CxIF（I²C 主事件中断标志）
- SI2CxIF（I²C 从事件中断标志）。

在所有 I²C 错误条件下都会产生一个单独的中断。

15.4 波特率发生器

在 I²C 主模式下，波特率发生器（BRG）的重载值位于 I2CxBRG 寄存器中。BRG 装入该值后，BRG 将递减计数至 0 并停止，直到发生再次装入。如果发生时钟仲裁，例如 SCLx 引脚采样为高电平时，将重载 BRG。

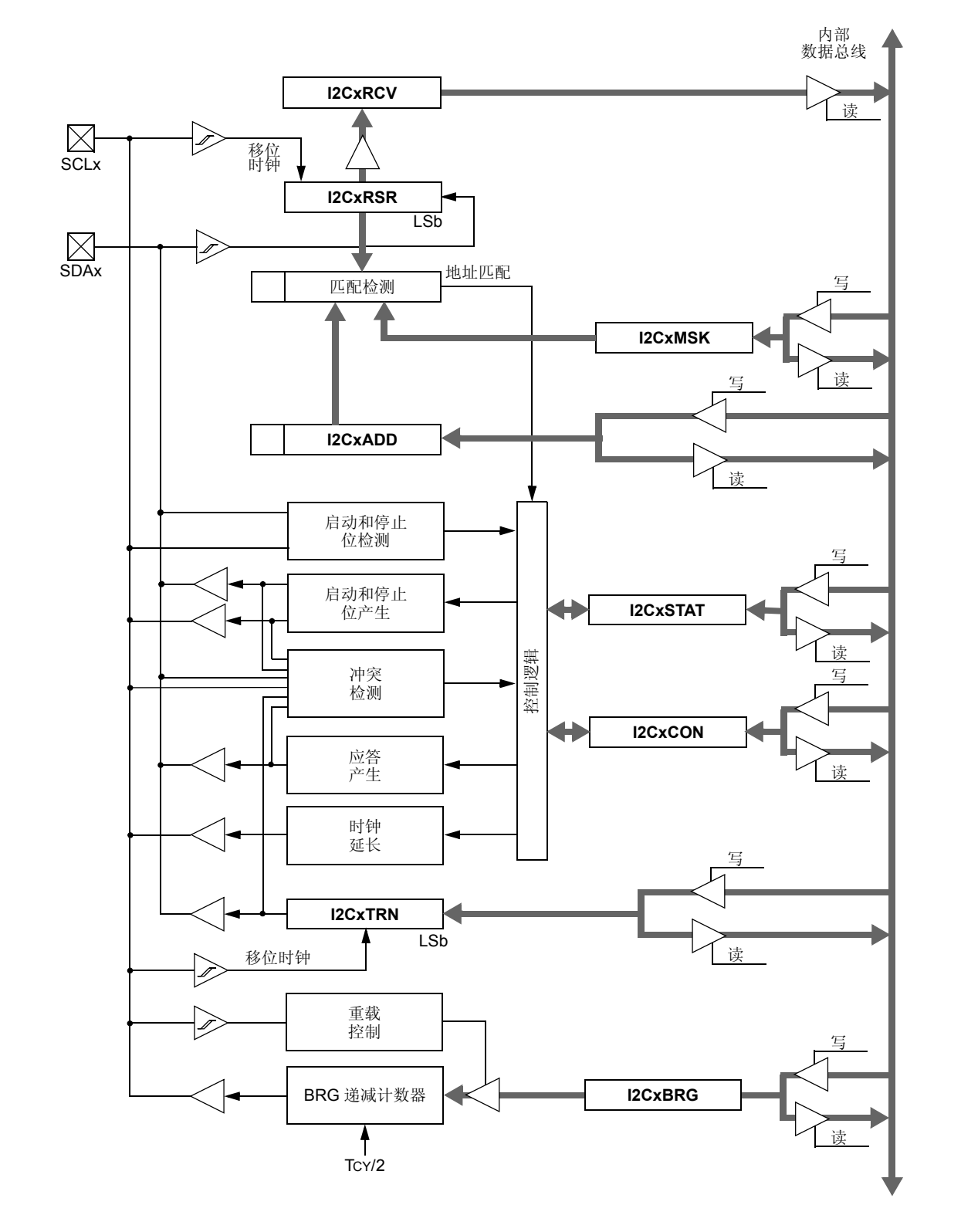
根据 I²C 标准，F_{SCL} 可以是 100 kHz 或 400 kHz。然而，用户可以指定最高达 1 MHz 的任何波特率。I2CxBRG 的值不能是 0 或 1。

公式 15-1: 串行时钟速率

$$I2CxBRG = \left(\frac{FCY}{F_{SCL}} - \frac{FCY}{1,111,111} \right) - 1$$

PIC24HJ12GP201/202

图 15-1: I²C™ 框图 (x = 1)



15.5 I²C 模块地址

10 位 I2CxADD 寄存器包含从模式地址。

如果 A10M 位 (I2CxCON<10>) 为 0, 则模块把地址解释为 7 位地址。当接收到地址时, 将收到的地址与 I2CxADD 寄存器中的低 7 位进行比较。

如果 A10M 位为 1, 则将地址视为 10 位地址。当接收地址时, 将收到的地址与二进制值 “11110 A9 A8” (其中 A9 和 A8 是 I2CxADD 的高 2 位) 进行比较。如果值匹配, 下一个地址将与 I2CxADD 的低 8 位进行比较, 这是 10 位寻址协议规定的。

表 15-1: PIC24HJ12GP201/202 支持的 7 位 I²C™ 从地址

0x00	广播呼叫地址或启动字节
0x01-0x03	保留
0x04-0x07	Hs 模式主机码
0x08-0x77	有效 7 位地址
0x78-0x7b	有效 10 位地址 (低 7 位)
0x7c-0x7f	保留

15.6 从地址掩码

I2CxMSK 寄存器 (寄存器 15-3) 将 7 位和 10 位地址模式下地址中的某些位指定为 “无关位”。将 I2CxMSK 寄存器中某个特定位置 1 (= 1), 不论相应的地址位的值是 0 还是 1, 工作在从模式下的模块都会作出响应。例如, 当将 I2CxMSK 设置为 00100000 时, 工作在从模式下的模块将检测两个地址 00000000 和 00100000。

要使能地址掩码, 必须通过将 IPMIEN 位 (I2CxCON<11>) 清零来禁止智能外设管理接口 (Intelligent Peripheral Management Interface, IPMI)。

15.7 IPMI 支持

控制位 IPMIEN 允许模块支持智能外设管理接口 (IPMI)。当此位置 1 时, 模块将接受并对所有地址执行操作。

15.8 广播呼叫地址支持

广播呼叫地址能寻址所有器件。当使用此地址时, 理论上所有器件都应该以应答信号作出响应。

广播呼叫地址是 I²C 协议为特定目的保留的 8 个地址之一。它由全 0 地址位组成, 且 R_W = 0。

当广播呼叫使能 (GCEN) 位置 1 (I2CxCON<7> = 1) 时, 将识别广播呼叫地址。在响应中断时, 通过读 I2CxRCV 的内容可以检测到中断的来源, 从而确定地址是特定于器件的还是广播呼叫地址。

15.9 自动时钟延长

在从模式下, 模块可以通过时钟延长同步读缓冲器和写主器件。

15.9.1 发送时钟延长

在 10 位和 7 位发送模式下, 如果 TBF 位清零 (表明缓冲器为空), 则在第 9 个时钟的下降沿后将 SCLREL 位清零, 就实现了时钟延长。

在从发送模式下, 始终进行时钟延长, 与 STREN 位无关。在允许继续发送之前, 用户 ISR 必须将 SCLREL 位置 1。通过使 SCLx 线保持为低电平, 在主器件启动另一个发送序列之前, 用户就有时间执行 ISR 并装入 I2CxTRN 的内容。

15.9.2 接收时钟延长

在从接收模式下, I2CxCON 寄存器中的 STREN 位可用来使能时钟延长。当 STREN 位置 1 时, SCLx 引脚将在每个数据接收序列结束时保持为低电平。

在允许继续接收之前, 用户 ISR 必须将 SCLREL 位置 1。通过使 SCLx 线保持为低电平, 在主器件启动另一个接收序列之前, 用户就有时间执行 ISR 并读出 I2CxRCV 的内容。这可以防止缓冲器溢出。

15.10 软件控制的时钟延长 (STREN = 1)

当 STREN 位为 1 时, 可以用软件清零 SCLREL 位, 从而实现对时钟延长的软件控制。

如果 STREN 位为 0, 软件对 SCLREL 位的写操作将被忽略, 不会对 SCLREL 位产生影响。

15.11 斜率控制

对于快速模式（400 kHz），I²C 标准要求对 SDAx 和 SCLx 信号进行斜率控制。如果需要的话，用户可通过控制位 DISSLW 来禁止斜率控制。对于 1 MHz 模式，必须禁止斜率控制。

15.12 时钟仲裁

在任何接收、发送或重复启动 / 停止条件期间，当主器件释放了 SCLx 引脚（允许 SCLx 悬空为高电平）时，就会发生时钟仲裁。当允许 SCLx 引脚悬空为高电平时，BRG 暂停计数，直到 SCLx 引脚被实际采样到高电平为止。当 SCLx 引脚被采样到高电平时，BRG 重新装入 I2CxBRG 的内容并开始计数。当外部器件使时钟保持为低电平时，这可以始终保证 SCLx 高电平时间至少为一个 BRG 计满返回计数周期。

15.13 多主器件通信、总线冲突和总线仲裁

通过总线仲裁实现了对多主器件模式的支持。当主器件在 SDAx 引脚上输出地址 / 数据位时，如果一个主器件使 SDAx 悬空为高电平从而输出一个 1，而另一个主器件要输出 0，就会发生仲裁。当 SCLx 引脚悬空为高电平时，数据应该是稳定的。如果 SDAx 上预期数据是 1，但从 SDAx 引脚采样到的数据是 0，那么就发生了总线冲突。主器件将 I²C 主事件中断标志位置 1，并且将 I²C 端口的主器件部分复位到空闲状态。

15.14 外设引脚选择限制

I²C 模块具有有限的外设引脚选择功能。当将 FPOR 配置寄存器中的 ACTI2C 位设置为 1 时，模块使用 SDAx/SCLx 引脚。如果将 ALTI2C 位设置为 0，模块使用 ASDAx/ASCLx 引脚。

寄存器 15-1: 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 = 用硬件置 1	HC = 用硬件清零
-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 I ² C 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 I ² C 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)。在从器件发送开始时由硬件清零。在从器件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)。在从器件发送开始时由硬件清零。
bit 11	IPMIEN: 智能外设管理接口 (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: 禁止斜率控制位 1 = 禁止斜率控制 0 = 使能斜率控制
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 I ² C 从器件工作时) 1 = 允许在 I2CxRSR 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 I ² C 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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 15-1: I2CxCON: I2Cx 控制寄存器 (续)

bit 5	ACKDT: 应答数据位 (作为 I ² C 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 I ² C 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 I ² C 主器件工作时) 1 = 使能 I ² C 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 I ² C 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 I ² C 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 I ² C 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 15-2: 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 = 用硬件置 1	HSC = 用硬件置 1/ 清零
-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 = 未发生冲突
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。当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。当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 = 未发生冲突
当总线忙时写 I2CxTRN 会使硬件将该位置 1 (由软件清零)。
- 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 (由软件清零)。
- bit 5 **D_A:** 数据 / 地址位 (作为 I²C 从器件工作时)
1 = 表示上次接收的字节为数据
0 = 表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 = 表示上一次检测到停止位
0 = 上一次未检测到停止位
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 15-2: I2CxSTAT: I2Cx 状态寄存器 (续)

bit 3	S: 启动位 1 = 表示上次检测到启动 (或重复启动) 位 0 = 上一次未检测到起始位 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 I ² C 从器件工作时) 1 = 读——表示数据传输自从器件输出 0 = 写——表示数据传输输入到从器件 接收到 I ² C 器件地址字节后由硬件置 1 或清零。
bit 1	RBF: 接收缓冲器满状态位 1 = 接收完成, I2CxRCV 为满 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: 发送缓冲器满状态位 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 15-3: 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: 地址位 x 的掩码选择位

1 = 使能输入报文的地址中位 x 的掩码; 在此位置上不需要位匹配

0 = 禁止位 x 的掩码; 在此位置上需要位匹配

注:

16.0 通用异步收发器 (UART)

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 [Microchip 网站 \(www.microchip.com\)](http://www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

通用异步收发器 (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART) 模块是 PIC24HJ12GP201/202 器件系列提供的串行 I/O 模块之一。UART 是可以与外设 (例如个人电脑、LIN、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：

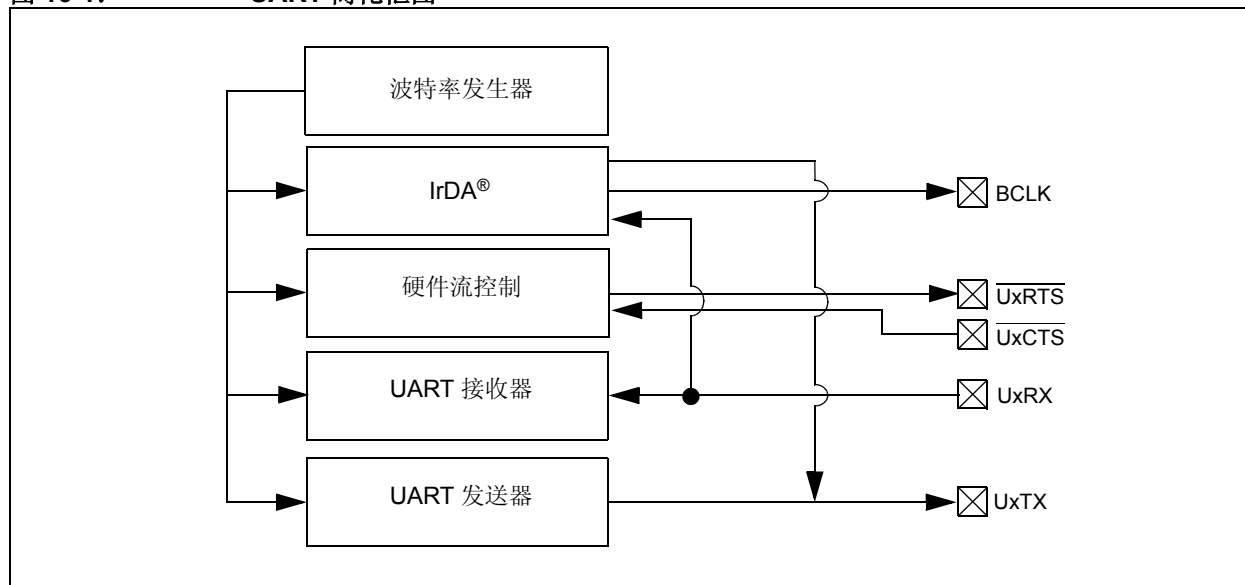
- 通过 UxTX 和 UxRX 引脚进行全双工 8 位或 9 位数据传输
- 偶校验、奇校验或无奇偶校验选项 (对于 8 位数据)
- 一个或两个停止位
- 通过 UxCTS 和 UxRTS 引脚支持硬件流控制选项

- 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 时，波特率范围从 1 Mbps 到 15 Mbps
- 4 级深度先进先出 (First-In-First-Out, FIFO) 发送数据缓冲器
- 4 级深度 FIFO 接收数据缓冲器
- 奇偶校验、帧和缓冲器溢出错误检测
- 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 倍频波特率时钟输出

图 16-1 给出了 UART 模块的简化框图。UART 模块由以下至关重要的硬件元件组成：

- 波特率发生器
- 异步发送器
- 异步接收器

图 16-1: UART 简化框图



16.1 UART 波特率发生器

UART 模块包含一个专用的 16 位 BRG。BRGx 寄存器控制一个自由运行的 16 位定时器的周期。公式 16-1 给出了 BRGH = 0 时计算波特率的公式。

公式 16-1: UART 波特率 (BRGH = 0)

$$\text{波特率} = \frac{F_{CY}}{16 \cdot (BRGx + 1)}$$

$$BRGx = \frac{F_{CY}}{16 \cdot \text{波特率}} - 1$$

注: F_{CY} 表示指令周期时钟频率 (F_{OSC}/2)。

例 16-1 给出了如下条件下的波特率误差计算:

- F_{CY} = 4 MHz
- 目标波特率 = 9600

最大可能波特率 (BRGH = 0) 是 F_{CY}/16 (当 BRGx = 0 时), 最小可能波特率是 F_{CY}/(16 * 65536)。

例 16-1: 波特率误差计算 (BRGH = 0)

目标波特率	=	F _{CY} /(16 (BRGx + 1))
求解 BRGx 值:		
BRGx	=	((F _{CY} / 目标波特率)/16) - 1
BRGx	=	((4000000/9600)/16) - 1
BRGx	=	25
计算波特率	=	4000000/(16 (25 + 1))
	=	9615
误差	=	(计算波特率 - 目标波特率)/ 目标波特率
	=	(9615 - 9600)/9600
	=	0.16%

公式 16-2 给出了 BRGH = 1 时计算波特率的公式。

公式 16-2: UART 波特率 (BRGH = 1)

$$\text{波特率} = \frac{F_{CY}}{4 \cdot (BRGx + 1)}$$

$$BRGx = \frac{F_{CY}}{4 \cdot \text{波特率}} - 1$$

注: F_{CY} 表示指令周期时钟频率 (F_{OSC}/2)。

可能的最大波特率 (BRGH = 1) 是 F_{CY}/4 (当 BRGx = 0 时), 可能的最小波特率是 F_{CY}/(4 * 65536)。

向 BRGx 寄存器写入新值会使 BRG 定时器复位 (清零)。这可以确保 BRG 无需等待定时器溢出就可以产生新的波特率。

16.2 8 位数据模式下的发送

1. 设置 UART：
 - a) 将适当的值写入数据位、奇偶校验位和停止位。
 - b) 将适当的波特率值写入 BRGx 寄存器。
 - c) 设置发送和接收中断允许位和优先级位。
2. 使能 UART。
3. 将 UTXEN 位置 1（产生发送中断）。
4. 将数据字节写入 UxTXREG 字的低字节。该数据字节将被立即传输给发送移位寄存器（TSR），且在波特率时钟的下一个上升沿开始移出串行比特流。

或者，当 UTXEN = 0 时，数据字节也可被发送，且随后用户可将 UTXEN 置 1。由于波特率时钟将从清零状态启动，这将立即开始发送串行比特流。

5. 中断控制位 UTXISEL<1:0> 决定何时产生发送中断。

16.3 9 位数据模式下的发送

1. 设置 UART（如第 16.2 节“8 位数据模式下的发送”所述）。
2. 使能 UART。
3. 将 UTXEN 位置 1（产生发送中断）。
4. 仅向 UxTXREG 写入一个 16 位的值。
5. 向 UxTXREG 写入一个字可触发 9 位数据向 TSR 的传输。串行比特流将会在波特率时钟的第一个上升沿开始移出。

中断控制位 UTXISEL<1:0> 的设置决定何时产生发送中断。

16.4 间隔和同步发送序列

下述序列会发送一个报文帧头，包括一个间隔字符和其后的一个自动波特率同步字节。

1. 将 UART 配置为所需的模式。
2. 将 UTXEN 和 UTXBRK 置 1——设置间隔字符。
3. 将一个“虚拟”字符装入 UxTXREG 寄存器中以启动发送（值被忽略）。
4. 向 UxTXREG 写入 0x55——将同步字符装入发送 FIFO 中。间隔字符发送后，硬件会将 UTXBRK 位复位。然后开始发送同步字符。

16.5 8 位或 9 位数据模式下的接收

1. 设置 UART（如第 16.2 节“8 位数据模式下的发送”所述）。
2. 使能 UART。当接收到一个或多个数据字符时，将会根据中断控制位 URXISEL<1:0> 的设置产生接收中断。
3. 读 OERR 位以确定是否发生了溢出错误。OERR 位必须用软件复位。
4. 读 UxRXREG。

读取 UxRXREG 字符的行为会将下一个字符传送到接收 FIFO 的顶部，其中包含一组新的 PERR 和 FERR 值。

16.6 使用 UxCTS 和 UxRTS 引脚的流控制

UARTx 允许发送（UxCTS）和 UARTx 请求发送（UxRTS）是两个与 UART 模块相关、由硬件控制的低电平有效引脚。UxMODE 寄存器中的 UEN<1:0> 位用来配置这两个引脚。

这两个引脚允许 UART 运行在单工模式和流控制模式下。它们用于控制数据终端设备（Data Terminal Equipment, DTE）之间的发送和接收。

16.7 红外支持

UART 模块提供两种类型的红外 UART 支持：

- IrDA 时钟输出支持外部 IrDA 编码器和解码器（传统模块支持）
- 完全实现了 IrDA 编码器和解码器。

16.7.1 外部 IrDA 支持——IrDA 时钟输出

为了支持外部 IrDA 编码器和解码器，可将 BCLK 引脚配置为产生 16 倍频的波特率时钟。当使能了 UART 模块且 UEN<1:0> = 11 时，BCLK 引脚将输出 16 倍频的波特率时钟，用于支持 IrDA 解码器芯片。

16.7.2 内置 IrDA 编码器和解码器

UART 模块在其内部完全实现了 IrDA 编码器和解码器。内置 IrDA 编码器和解码器的功能可通过 IREN 位（UxMODE<12>）来使能。当使能（IREN = 1）时，接收引脚（UxRX）可作为红外接收器的输入引脚。发送引脚（UxTX）可作为红外发送器的输出引脚。

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 16-1: 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	—	USIDL	IREN ⁽¹⁾	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 = 用硬件清零		
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 = 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 ⁽¹⁾
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 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; 在出现上升沿时由硬件清零该位
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——需要接收到同步字段 (55h); 完成时由硬件清零
0 = 禁止波特率检测或检测已完成
- 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

注 1: 此功能只能在 16 倍频 BRG 模式 (BRGH = 0) 下使用。

寄存器 16-1: UxMODE: UARTx 模式寄存器 (续)

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 倍频波特率时钟, 高速模式) 0 = BRG 在每个位周期内产生 16 个时钟信号 (16 倍频波特率时钟, 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: 此功能只能在 16 倍频 BRG 模式 (BRGH = 0) 下使用。

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 16-2: 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 ⁽¹⁾	UTXISEL0	—	UTXBRK	UTXEN	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 = 用硬件清零
R = 可读位	W = 可写位
-n = POR 时的值	1 = 置 1
	U = 未实现位, 读为 0
	0 = 清零
	x = 未知

- bit 15,13 **UTXISEL<1:0>**: 发送中断模式选择位
- 11 = 保留; 不要使用
 - 10 = 当一个字符被传输到发送移位寄存器导致发送缓冲器为空时, 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 (这意味着发送缓冲器中至少还有一个字符) 时产生中断
- bit 14 **UTXINV**: IrDA 编码器发送极性翻转位 ⁽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 = 在下次发送时发出同步间隔字符——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 = 使能发送, UARTx 控制 UxTX 引脚
 - 0 = 禁止发送, 中止所有等待的发送, 缓冲器复位。由端口控制 UxTX 引脚。
- bit 9 **UTXBF**: 发送缓冲器满状态位 (只读)
- 1 = 发送缓冲器满
 - 0 = 发送缓冲器未满, 至少还可写入一个或多个字符
- bit 8 **TRMT**: 发送移位寄存器空位 (只读)
- 1 = 发送移位寄存器为空, 同时发送缓冲器为空 (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器中排队
- bit 7-6 **URXISEL<1:0>**: 接收中断模式选择位
- 11 = 当 UxRSR 传输使接收缓冲器为满时 (即, 有 4 个数据字符), 中断标志位置 1
 - 10 = 当 UxRSR 传输使接收缓冲器 3/4 满时 (即, 有 3 个数据字符), 中断标志位置 1
 - 0x = 当接收到一个字符时, 中断标志位置 1; 且 UxRSR 的内容被传输给接收缓冲器。接收缓冲器有一个或多个字符。
- bit 5 **ADDEN**: 地址字符检测位 (接收数据的第 8 位 = 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

注 1: 仅当使能了 IrDA 编码器 (IREN = 1) 时, 该位的值才影响模块的发送属性。

寄存器 16-2: UxSTA: UARTx 状态和控制寄存器 (续)

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 = 检测到当前字符的奇偶校验错误 (在接收 FIFO 顶部的字符) 0 = 未检测到奇偶校验错误
bit 2	FERR: 帧错误状态位 (只读) 1 = 检测到当前字符的帧错误 (在接收 FIFO 顶部的字符) 0 = 未检测到帧错误
bit 1	OERR: 接收缓冲器溢出错误状态位 (只读 / 清零) 1 = 接收缓冲器已溢出 0 = 接收缓冲器未溢出。清零原来置 1 的 OERR 位 (1 → 0 的转换) 将使接收缓冲器复位并使 UxRSR 为空。
bit 0	URXDA: 接收缓冲器中是否有数据位 (只读) 1 = 接收缓冲器中有数据, 有至少一个或多个字符可被读取 0 = 接收缓冲器为空

注 1: 仅当使能了 IrDA 编码器 (IREN = 1) 时, 该位的值才影响模块的发送属性。

注:

17.0 10 位 /12 位模数转换器 (ADC)

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

PIC24HJ12GP201/202 器件具有最多 10 路 ADC 模块输入通道。

AD12B 位 (ADxCON1<10>) 允许用户对每个 ADC 模块进行配置，可以配置为 10 位，4 采样 / 保持 ADC (默认配置) 或是 12 位，1 采样 / 保持 ADC。

注： 在修改 AD12B 位前必须禁止 ADC 模块。

17.1 主要特性

10 位 ADC 配置具有以下主要特性：

- 逐次逼近 (Successive Approximation, SAR) 转换
- 转换速度最高为 1.1 Msps
- 最多 10 个模拟输入引脚
- 外部参考电压输入引脚
- 可同时采用最多 4 个模拟输入引脚
- 自动通道扫描模式
- 可选的转换触发源
- 可选的缓冲器填充模式
- 可在 CPU 休眠和空闲模式下工作

12 位 ADC 配置支持所有上述特性，但以下情况除外：

- 在 12 位配置中，支持最大 500 ksps 的转换速度
- 在 12 位配置中只有 1 个采样 / 保持放大器，因此不支持多通道同时采样。

根据特定器件的引脚配置，ADC 最多有 10 个模拟输入引脚，指定为 AN0 到 AN9。此外，有两个可用于外部参考电压连接的模拟输入引脚。这两个参考电压输入可以与其他模拟输入引脚共用。

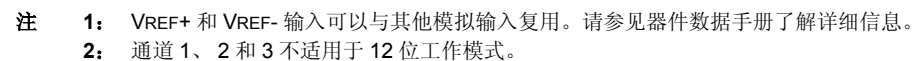
实际的模拟输入引脚数和外部参考电压输入配置取决于具体的器件。请参见器件数据手册了解更多详细信息。

图 17-1 给出了 ADC 的框图。

17.2 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<5:0>)。
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器中的存储方式 (ADxCON1<9:8>)。
 - a) 开启 ADC 模块 (ADxCON1<15>)。
7. 配置 ADC 中断 (如需要)：
 - a) 清零 ADxIF 位。
 - b) 选择 ADC 中断优先级。

[illegible]

公式 17-1: ADC 转换时钟周期

$$T_{AD} = T_{CY}(ADCS + 1)$$

$$ADCS = \frac{T_{AD}}{T_{CY}} - 1$$

图 17-2: ADC 传递函数 (以 10 位 ADC 为例)

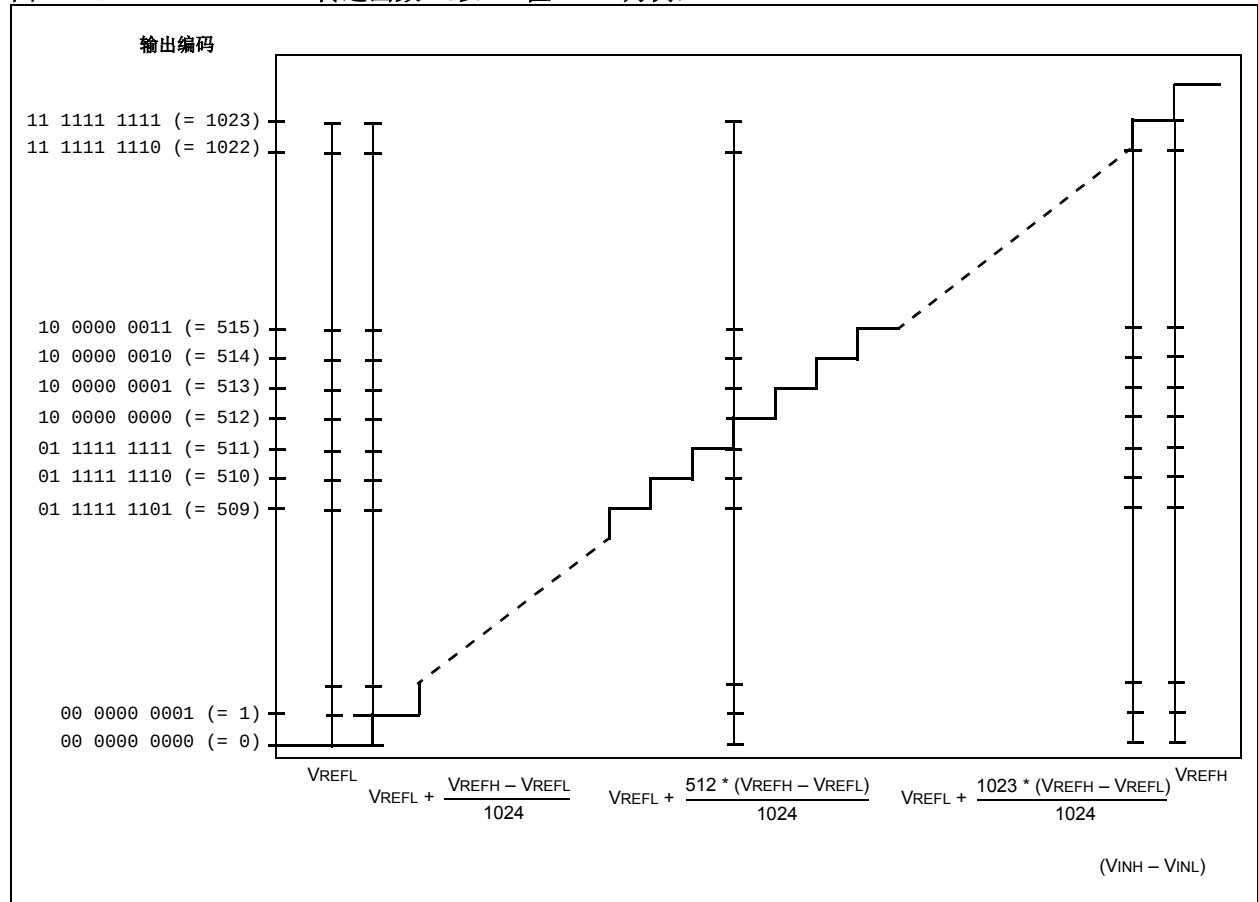
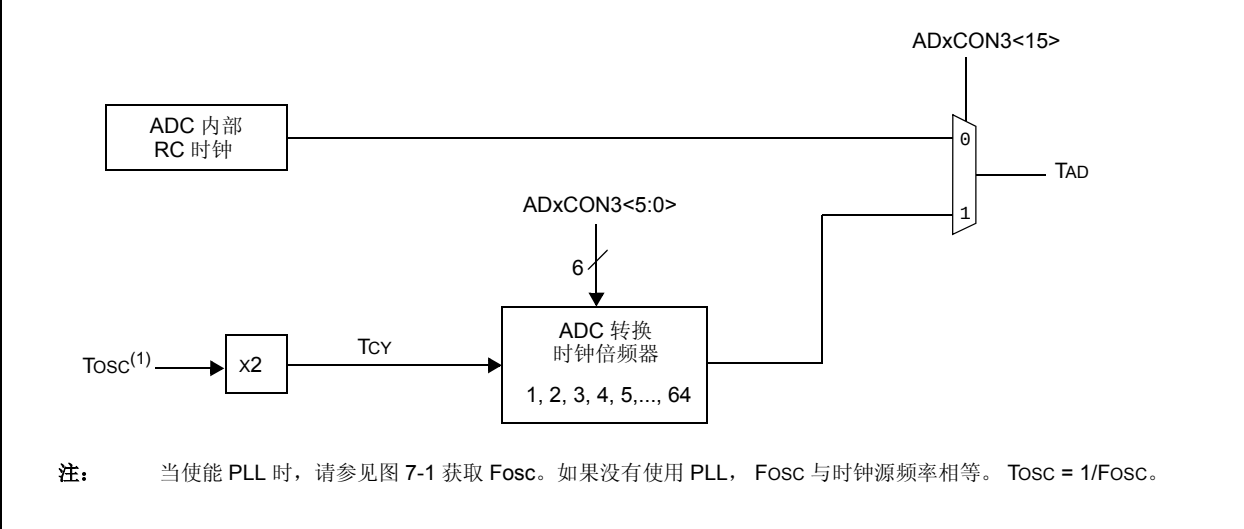


图 17-3: ADC 转换时钟周期框图



寄存器 17-1: ADxCON1: ADCx 控制寄存器 1 (其中 x = 1 或 2)

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADON	—	ADSIDL	—	—	AD12B	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 HC,HS	R/C-0 HC, HS
SSRC<2:0>			—	SIMSAM	ASAM	SAMP	DONE
bit 7							bit 0

图注:	HC = 用硬件清零	HS = 用硬件置 1
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 模块关闭
- 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 12-11 **未实现:** 读为 0
- bit 10 **AD12B:** 10 位或 12 位工作模式位
 1 = 12 位 1 通道 ADC 工作
 0 = 10 位 4 通道 ADC 工作
- bit 9-8 **FORM<1:0>:** 数据输出格式位
 对于 10 位工作:
 11 = 保留
 10 = 保留
 01 = 有符号的整数 (Dout = ssss sssd dddd dddd, 其中 s = d<9> 取反)
 00 = 整数 (Dout = 0000 00dd dddd dddd)
 对于 12 位工作:
 11 = 保留
 10 = 保留
 01 = 有符号的整数 (Dout = ssss sddd dddd dddd, 其中 s = d<11> 取反)
 00 = 整数 (Dout = 0000 dddd 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 = 保留
 101 = 保留
 100 = 保留
 011 = 保留
 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)
 当 AD12B = 1 时, SIMSAM 为 U-0, 未实现, 读为 0
 1 = 同时采样 CH0、CH1、CH2 和 CH3 (当 CHPS<1:0> = 1x); 或
 同时采样 CH0 和 CH1 (当 CHPS<1:0> = 01 时)
 0 = 按顺序依次采样多路通道

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 17-1: **ADxCON1: ADCx 控制寄存器 1 (续)** (其中 **x = 1 或 2**)

bit 2	ASAM: ADC 采样自动启动位 1 = 最后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。
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 17-2: ADxCON2: ADCx 控制寄存器 2 (其中 x = 1 或 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-
000	AVDD	AVSS
001	外部 VREF+	AVSS
010	AVDD	外部 VREF-
011	外部 VREF+	外部 VREF-
1xx	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>**: 选择通道使用的位

当 AD12B = 1 时, CHPS<1:0> 为 U-0, 未实现, 读为 0

1x = 转换 CH0、CH1、CH2 和 CH3

01 = 转换 CH0 和 CH1

00 = 转换 CH0

bit 7 **BUFS**: 缓冲器填充状态位 (仅当 BUFM = 1 时有效)

1 = ADC 当前在填充缓冲器的后半部分, 用户应用应访问前半部分中的数据

0 = ADC 当前在填充缓冲器的前半部分, 用户应用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**: 缓冲器模式选择位

1 = 在第一次中断发生时从缓冲器的前半部分开始填充, 而在下一次中断发生时从后半部分开始填充

0 = 总是从前半部分开始填充缓冲器

bit 0 **ALTS**: 备用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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 17-3: ADxCON3: ADCx 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>				
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
—	—	ADCS<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	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 11111 = 31 T _{AD} . . . 00001 = 1 T _{AD} 00000 = 0 T _{AD}
bit 7-6	未实现: 读为 0
bit 5-0	ADCS<5:0>: ADC 转换时钟选择位 111111 = T _{CY} · (ADCS<7:0> + 1) = 64 · T _{CY} = T _{AD} . . . 000010 = T _{CY} · (ADCS<7:0> + 1) = 3 · T _{CY} = T _{AD} 000001 = T _{CY} · (ADCS<7:0> + 1) = 2 · T _{CY} = T _{AD} 000000 = T _{CY} · (ADCS<7:0> + 1) = 1 · T _{CY} = T _{AD}

寄存器 17-4: ADxCHS123: ADCx 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

当 **AD12B = 1** 时, **CHxNB** 为 **U-0**, 未实现, 读为 0

11 = CH1 的反相输入为 AN9, CH2 的反相输入为 VREF-, CH3 的反相输入为 VREF-

10 = CH1 的反相输入为 AN6, CH2 的反相输入为 AN7, CH3 的反相输入为 AN8

0x = CH1、CH2 和 CH3 的反相输入都为 VREF-

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

当 **AD12B = 1** 时, **CHxSA** 为 **U-0**, 未实现, 读为 0

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

当 **AD12B = 1** 时, **CHxNA** 为 **U-0**, 未实现, 读为 0

11 = CH1 的反相输入为 AN9, CH2 的反相输入为 VREF-, CH3 的反相输入为 VREF-

10 = CH1 的反相输入为 AN6, CH2 的反相输入为 AN7, CH3 的反相输入为 AN8

0x = CH1、CH2 和 CH3 的反相输入都为 VREF-

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

当 **AD12B = 1** 时, **CHxSA** 为 **U-0**, 未实现, 读为 0

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

PIC24HJ12GP201/202

寄存器 17-5: ADxCHS0: ADCx 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>				
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>				
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 VREF-
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 11111 = 通道 0 的同相输入为 AN31 11110 = 通道 0 的同相输入为 AN30 . . . 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 VREF-
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 11111 = 通道 0 的同相输入为 AN31 11110 = 通道 0 的同相输入为 AN30 . . . 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

寄存器 17-6: ADxCSSL: ADCx 输入扫描选择寄存器的低位字 (1,2)

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	CSS9	CSS8
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
CSS7	CSS6	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 15-10 **未实现:** 读为 0
bit 9-0 **CSS<9:0>:** 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 9 路模拟输入的器件, 用户可以选择所有的 ADxCSSL 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 ADREF-。
- 2:** PIC24HJ12GP201 器件仅支持 6 路通道 (CSS0-CSS5)。

寄存器 17-7: ADxPCFGL: ADCx 端口配置寄存器的低位字 (1,2)

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	PCFG9	PCFG8
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
PCFG7	PCFG6	PCFG5	PCFG4	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
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 **PCFG<9:0>:** ADC 端口配置控制位
 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 9 路模拟输入的器件, 所有 PCFG 位都由用户读 / 写。但是, 如果器件上不含相应的输入, 则 PCFG 位被忽略。
- 2:** PIC24HJ12GP201 器件仅支持 6 路通道 (PCFG0-PCFG5)。

注:

18.0 特殊功能

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

PIC24HJ12GP201/202 器件具有几项特殊的功能旨在最大限度地提高系统的灵活性和可靠性，并通过减少外部元件的使用将成本降至最低。提供的特殊功能包括：

- 灵活的配置
- 看门狗定时器 (WDT)
- 代码保护和 CodeGuard™ 安全性
- JTAG 边界扫描接口
- 在线串行编程 (ICSP™)
- 在线仿真

18.1 配置位

可以通过对配置位编程（读为 0）或不编程（读为 1）来选择不同的器件配置。这些配置位被映射到程序存储器以 0xF80000 开始的单元中。

器件配置寄存器的映射如表 18-1 所示。

表 18-2 给出了 FBS、FGS、FOSCSEL、FOSC、FWDT、FPOR 和 FICD 配置寄存器中各个配置位的说明。

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和表写访问的配置存储空间 (0x800000-0xFFFFF)。

所有器件配置寄存器的高字节应该总为 1111 1111。这使得当远程事件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。

为了避免在代码执行期间配置被意外改变，所有的可编程配置位只可被写入一次。在上电周期内对位进行初始化编程之后就不能再次写入该位了。改变器件的配置需要对器件重复上电。

表 18-1: 器件配置寄存器的映射

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0xF80000	FBS	—	—	—	—	BSS<2:0>			BWRP
0xF80002	保留	保留 ⁽¹⁾							
0xF80004	FGS	—	—	—	—	—	GSS<1:0>		GWRP
0xF80006	FOSCSEL	IESO	—	—	—		FNOSC<2:0>		
0xF80008	FOSC	FCKSM<1:0>		IOL1WAY	—	—	OSCIOFNC	POSCMD<1:0>	
0xF8000A	FWDT	FWDTEN	WINDIS	—	WDTPRE	WDTPOST<3:0>			
0xF8000C	FPOR	—	—	—	ALTI2C	—	FPWRT<2:0>		
0xF8000E	保留	保留 ⁽¹⁾							
0xF80010	FUID0	用户部件 ID 字节 0							
0xF80012	FUID1	用户部件 ID 字节 1							
0xF80014	FUID2	用户部件 ID 字节 2							
0xF80016	FUID3	用户部件 ID 字节 3							

注 1： 这些保留的位读为 1 并且必须被编程为 1。

PIC24HJ12GP201/202

表 18-2: PIC24HJ12GP201/202 配置位的说明

位域	寄存器	说明
BWRP	FBS	引导段程序闪存写保护 1 = 引导段可写 0 = 引导段被写保护
BSS<2:0>	FBS	引导段程序闪存代码保护大小 X11 = 无引导程序闪存段 引导空间为 256 指令字（中断向量除外） 110 = 标准安全性；引导程序闪存段结束于 0x0003FE 010 = 高安全性；引导程序闪存段结束于 0x0003FE 引导空间为 768 指令字（中断向量除外） 101 = 标准安全性；引导程序闪存段结束于 0x0007FE 001 = 高安全性；引导程序闪存段结束于 0x0007FE 引导空间为 1792 指令字（中断向量除外） 100 = 标准安全性；引导程序闪存段结束于 0x000FFE 000 = 高安全性；引导程序闪存段结束于 0x000FFE
GSS<1:0>	FGS	通用段代码保护位 11 = 用户程序存储器不被代码保护 10 = 标准安全性 0x = 高安全性
GWRP	FGS	通用段写保护位 1 = 用户程序存储器不被写保护 0 = 用户程序存储器被写保护
IESO	FOSCSEL	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
FNOSC<2:0>	FOSCSEL	初始振荡器源选择位 111 = 带后分频器的内部快速 RC（FRC）振荡器 110 = 带 16 分频的内部快速 RC（FRC）振荡器 101 = LPRC 振荡器 100 = 辅助（LP）振荡器 011 = 带 PLL 的主（XT、HS 或 EC）振荡器 010 = 主（XT、HS 或 EC）振荡器 001 = 带 PLL 的内部快速 RC（FRC）振荡器 000 = FRC 振荡器
FCKSM<1:0>	FOSC	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	FOSC	外设引脚选择配置 1 = 只允许一个再配置 0 = 允许多个再配置
OSCIOFNC	FOSC	OSC2 引脚功能位（XT 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>	FOSC	主振荡器模式选择位 11 = 禁止主振荡器 10 = HS 晶振模式 01 = XT 晶振模式 00 = EC（外部时钟）模式

表 18-2: PIC24HJ12GP201/202 配置位的说明 (续)

位域	寄存器	说明
FWDTEN	FWDT	看门狗定时器使能位 1 = 始终使能看门狗定时器 (不能禁止 LPRC 振荡器。将 RCON 寄存器中的 SWDTEN 位清零不会产生任何影响。) 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	FWDT	看门狗定时器窗口使能位 1 = 非窗口模式下的看门狗定时器 0 = 窗口模式下的看门狗定时器
WDTPRE	FWDT	看门狗定时器预分频比位 1 = 1:128 0 = 1:32
WDTPOST<3:0>	FWDT	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
ALT2C	FPOR	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
FPWRT<2:0>	FPOR	上电复位定时器值选择位 111 = PWRT = 128 ms 110 = PWRT = 64 ms 101 = PWRT = 32 ms 100 = PWRT = 16 ms 011 = PWRT = 8 ms 010 = PWRT = 4 ms 001 = PWRT = 2 ms 000 = PWRT = 禁止

PIC24HJ12GP201/202

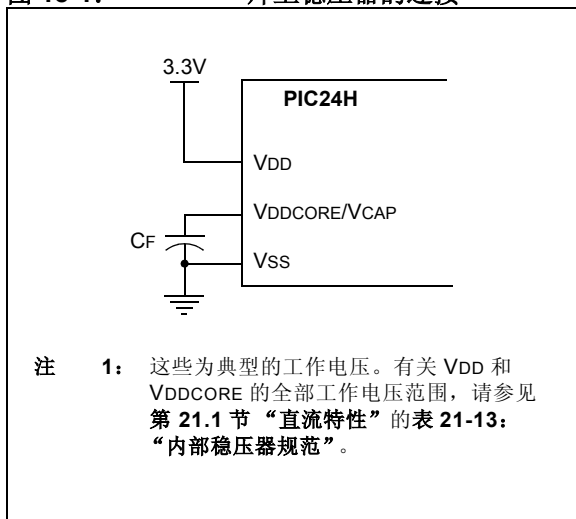
18.2 片上稳压器

所有 PIC24HJ12GP201/202 器件均使用标称值为 2.5V 的电压为其内核数字逻辑供电。若设计需要工作在某个更高的典型电压值如 3.3V，则可能会发生问题。为简化系统设计，PIC24HJ12GP201/202 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 引脚向内核供电。当使能了稳压器时，必须将一个低 ESR（小于 5 欧姆）电容（如钽电容或陶瓷电容）连接到 VDDCORE/VCAP 引脚（图 18-1）。这可帮助维持稳压器的稳定性。滤波电容的推荐值在第 21.1 节“直流特性”的表 21-13 中提供。

在 POR 时，片上稳压器需要约 20 μ s 的时间产生输出电压。这段时间被称为 TSTARTUP，在这期间禁止代码执行。在每次掉电后器件恢复工作的过程中都将加入一段 TSTARTUP 时间。

图 18-1: 片上稳压器的连接⁽¹⁾



18.3 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压 VDDCORE。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干扰信号（例如，由于电源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下降）产生的。

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>）置 1。

同时，将在内部复位释放前应用 PWRT 超时（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>）将置 1，以表明发生了 BOR。使能时，BOR 电路将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。

18.4 看门狗定时器（WDT）

对于 PIC24HJ12GP201/202 器件，WDT 由 LPRC 振荡器驱动。当使能 WDT 时，时钟源也将使能。

18.5 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。这一频率的信号可以输入给可配置为 5 位（32 分频）或 7 位（128 分频）操作的预分频器。预分频比由 WDTPRE 配置位设置。使用 32 kHz 输入，预分频器在 5 位模式下将产生一个 1 ms 的标称 WDT 超时周期（TWDT），或在 7 位模式下超时周期为 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，并扩展超时周期范围。后分频比由 WDTPOST<3:0> 配置位（FWDTC<3:0>）控制，该配置位共允许选择 16 种设置，从 1:1 到 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
- 在完成时钟切换后，无论时钟切换是由软件（即，在更改 NOSC 位后将 OSWEN 位置 1）引起还是由硬件引起的（即，故障保护时钟监视器）
- 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使用 CLRWDT 指令时

注： 执行 CLRWDT 和 PWRSAV 指令会将预分频器和后分频器的计数值清零。

18.6 休眠和空闲模式

如果使能 WDT，它将在休眠或空闲模式下继续运行。当发生 WDT 超时，将唤醒器件并且代码将继续从 PWRSAV 指令处开始执行。当器件唤醒后，需要用软件将相应的 SLEEP 或 IDLE 位（RCON<3,2>）清零。

18.7 使能 WDT

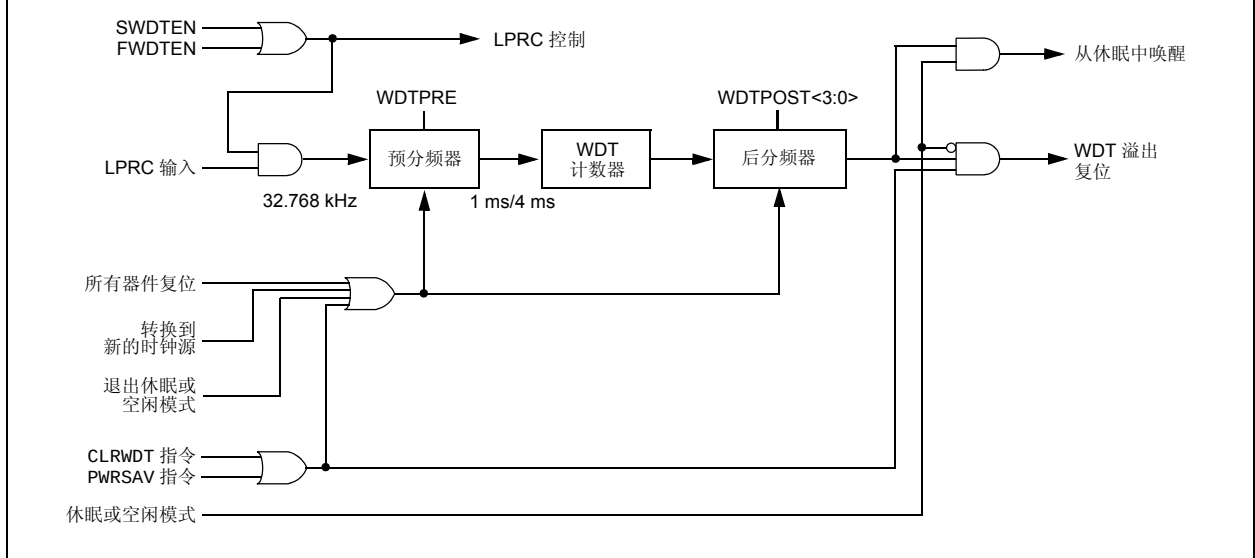
WDT 的使能或禁止由 FWDTC 配置寄存器中的 FWDTCEN 配置位控制。当 FWDTCEN 配置位置 1 时，WDT 始终是使能的。

WDT 标志位 WDTO（RCON<4>）不会在 WDT 超时后自动清零。要检测后面的 WDT 事件，必须用软件将该标志位清零。

当 FWDTCEN 配置位被编程为 0 时，可以选择用软件控制 WDT。通过将 SWDTCEN 控制位（RCON<5>）置 1 用软件使能 WDT。SWDTCEN 控制位在任何器件复位时清零。软件 WDT 选项允许用户在关键代码段使能 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（FWDTC<6>）清零，CLRWDTC 指令应仅在 WDT 周期的最后 1/4 中被应用软件执行。该 CLRWDTC 窗口可通过使用定时器确定。如果在该窗口之前执行 CLRWDTC 指令，将会使 WDT 复位。

--



18.8 JTAG 接口

PIC24HJ12GP201/202 器件实现了一个 JTAG 接口，该接口支持边界扫描器件测试以及在线编程。有关该接口的详细信息将会在以后的文档版本中提供。

18.9 代码保护和 CodeGuard™ 安全性

PIC24HJ12GP201/202 器件提供了 CodeGuard 安全性的高级实现。CodeGuard 安全性允许多方安全地共用单个芯片上的资源（存储器、中断和外设）。这一功能有助于在协同系统设计中保护各方的知识产权。

CodeGuard 安全性与软件加密函数库配合使用时，即使在单个芯片上存在多个知识产权（IP），也可以使用 CodeGuard 安全性来安全地更新闪存。

代码保护功能由配置寄存器 FBS 和 FGS 控制。安全段和 RAM 未实现。

表 18-3: 12 KB 器件的代码闪存安全段大小

配置位	
BSS<2:0> = x11 0K	VS = 256 IW 000000h 0001FEh 000200h 0003FEh 000400h 0007FEh 000800h 000FFEh 001000h 001FFEh
	GS = 3840 IW
BSS<2:0> = x10 256	VS = 256 IW 000000h 0001FEh 000200h 0003FEh 000400h 0007FEh 000800h 000FFEh 001000h 001FFEh
	BS = 256 IW GS = 3584 IW
BSS<2:0> = x01 768	VS = 256 IW 000000h 0001FEh 000200h 0003FEh 000400h 0007FEh 000800h 000FFEh 001000h 001FFEh
	BS = 768 IW GS = 3072 IW
BSS<2:0> = x00 1792	VS = 256 IW 000000h 0001FEh 000200h 0003FEh 000400h 0007FEh 000800h 000FFEh 001000h 001FFEh
	BS = 1792 IW GS = 2048 IW

注： 请参见“CodeGuard Security Reference Manual”（DS70180）获得有关 CodeGuard 安全性使用、配置和操作方面的更多信息。

18.10 在线串行编程

可以在最终的应用电路中对 PIC24HJ12GP201/202 系列数字信号控制器进行串行编程。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，仅在产品交付之前才对数字信号控制器进行编程，从而可以使用最新版本的固件或者定制固件进行编程。请参见《dsPIC30F/33F 闪存编程规范》(DS70152C_CN) 文档了解有关在线串行编程 (ICSP) 的详细信息。

可使用 3 对编程时钟 / 数据引脚中的任意一对：

- PGC1/EMUC1 和 PGD1/EMUD1
- PGC2/EMUC2 和 PGD2/EMUD2
- PGC3/EMUC3 和 PGD3/EMUD3

18.11 在线调试器

当选择 MPLAB® ICD 2 作为调试器时，使能在线调试功能。该功能允许与 MPLAB IDE 配合使用进行简单的调试。通过 EMUCx（仿真 / 调试时钟）和 EMUDx（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：

- PGC1/EMUC1 和 PGD1/EMUD1
- PGC2/EMUC2 和 PGD2/EMUD2
- PGC3/EMUC3 和 PGD3/EMUD3

要使用器件的在线调试功能，就必须在设计中正确对 MCLR、VDD、VSS、PGC、PGD 和 EMUDx/EMUCx 引脚对进行 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。

19.0 指令集汇总

注： 本数据手册总结了 PIC24HJ12GP201/202 器件的功能。但是不应把本手册当作参考手册大全使用。如需了解本数据手册的补充信息，请参见《PIC24H 系列参考手册》。请参见 [Microchip 网站 \(www.microchip.com\)](http://www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 系列参考手册》章节。

PIC24H 的指令集与 PIC24F 的指令集相同，同时是 dsPIC30F/33F 指令集的子集。

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
- DSP 操作
- 控制操作

表 19-1 给出了在说明指令时使用的通用符号。

表 19-2 是 PIC24H 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位。

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
- 运算结果的目标寄存器，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 值指定）
- 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，涉及算术或逻辑操作的立即数指令，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：

- 程序存储地址
- 表读和表写指令的模式

PIC24HJ12GP201/202

除了某些双字指令外，所有指令都是单字指令；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，8 个 MSb 全为 0。如果指令自身把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。

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运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 / 计算转移）、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。某些与跳过后续指令有关的指令，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。双字指令执行需要两个指令周期。

注： 有关指令集的更多详细信息，请参见《dsPIC30F/33F 程序员参考手册》（DS70157B_CN）。

表 19-1: 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）
bit4	4 位位选择字段（用于字寻址指令） $\in \{0...15\}$
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 $\in \{0x0000...0x1FFF\}$
lit1	1 位无符号立即数 $\in \{0,1\}$
lit4	4 位无符号立即数 $\in \{0...15\}$
lit5	5 位无符号立即数 $\in \{0...31\}$
lit8	8 位无符号立即数 $\in \{0...255\}$
lit10	10 位无符号立即数，对于字节模式， $\in \{0...255\}$ ；对于字模式， $\in \{0:1023\}$
lit14	14 位无符号立即数 $\in \{0...16384\}$
lit16	16 位无符号立即数 $\in \{0...65535\}$
lit23	23 位无符号立即数 $\in \{0...8388608\}$ ；LSB 必须为 0
None	字段无需内容，可为空
PC	程序计数器
Slit10	10 位有符号立即数 $\in \{-512...511\}$
Slit16	16 位有符号立即数 $\in \{-32768...32767\}$
Slit6	6 位有符号立即数 $\in \{-16...16\}$
Wb	基本 W 寄存器 $\in \{W0..W15\}$
Wd	目标 W 寄存器 $\in \{Wd, [Wd], [Wd++] , [Wd--], [++Wd], [--Wd] \}$
Wdo	目标 W 寄存器 $\in \{Wnd, [Wnd], [Wnd++] , [Wnd--], [++Wnd], [--Wnd], [Wnd+Wb] \}$
Wm,Wn	被除数和除数工作寄存器对（直接寻址）
Wm*Wm	用于平方指令的被乘数和乘数工作寄存器对 $\in \{W4 * W4, W5 * W5, W6 * W6, W7 * W7\}$
Wm*Wn	用于 DSP 指令的被乘数和乘数工作寄存器对 $\in \{W4 * W5, W4 * W6, W4 * W7, W5 * W6, W5 * W7, W6 * W7\}$
Wn	16 个工作寄存器中之一 $\in \{W0..W15\}$

表 19-1: 操作码说明中使用的符号（续）

字段	说明
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 $\in \{ Wns, [Wns], [Wns++] , [Wns--], [++Wns], [--Wns], [Wns+Wb] \}$

PIC24HJ12GP201/202

表 19-2: 指令集概述

基本指令编号	汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
1	ADD	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
2	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
3	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
4	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
5	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
6	BRA	BRA C, Expr	如果有进位则转移	1	1 (2)	无
		BRA GE, Expr	如果大于或等于则转移	1	1 (2)	无
		BRA GEU, Expr	如果无符号大于或等于则转移	1	1 (2)	无
		BRA GT, Expr	如果大于则转移	1	1 (2)	无
		BRA GTU, Expr	如果无符号大于则转移	1	1 (2)	无
		BRA LE, Expr	如果小于或等于则转移	1	1 (2)	无
		BRA LEU, Expr	如果无符号小于或等于则转移	1	1 (2)	无
		BRA LT, Expr	如果小于则转移	1	1 (2)	无
		BRA LTU, Expr	如果无符号小于则转移	1	1 (2)	无
		BRA N, Expr	如果为负则转移	1	1 (2)	无
		BRA NC, Expr	如果没有进位则转移	1	1 (2)	无
		BRA NN, Expr	如果不为负则转移	1	1 (2)	无
		BRA NZ, Expr	如果不为零则转移	1	1 (2)	无
		BRA Expr	无条件转移	1	2	无
		BRA Z, Expr	如果为零则转移	1	1 (2)	无
		BRA Wn	计算转移	1	2	无
7	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
8	BSW	BSW.C Ws, Wb	将 C 位内容写入 Ws<Wb>	1	1	无
		BSW.Z Ws, Wb	将 Z 位内容写入 Ws<Wb>	1	1	无
9	BTG	BTG f, #bit4	将 f 中的指定位翻转	1	1	无
		BTG Ws, #bit4	将 Ws 中的指定位翻转	1	1	无
10	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
11	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

表 19-2: 指令集概述 (续)

基本指令编号	汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
12	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
13	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.C Ws, #bit4	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.Z Ws, #bit4	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
14	CALL	CALL lit23	调用子程序	2	2	无
		CALL Wn	间接调用子程序	1	2	无
15	CLR	CLR f	f = 0x0000	1	1	无
		CLR WREG	WREG = 0x0000	1	1	无
		CLR Ws	Ws = 0x0000	1	1	无
16	CLRWD	CLRWD	将看门狗定时器清零	1	1	WDT0, Sleep
17	COM	COM f	f = $\bar{f}$	1	1	N, Z
		COM f, WREG	WREG = $\bar{f}$	1	1	N, Z
		COM Ws, Wd	Wd = $\bar{Ws}$	1	1	N, Z
18	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
19	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
20	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
21	CPSEQ	CPSEQ Wb, Wn	比较 Wb 和 Wn, 如果相等则跳过	1	1 (2 或 3)	无
22	CPSGT	CPSGT Wb, Wn	比较 Wb 和 Wn, 如果大于则跳过	1	1 (2 或 3)	无
23	CPSLT	CPSLT Wb, Wn	比较 Wb 和 Wn, 如果小于则跳过	1	1 (2 或 3)	无
24	CPSNE	CPSNE Wb, Wn	比较 Wb 和 Wn, 如果不相等则跳过	1	1 (2 或 3)	无
25	DAW	DAW Wn	Wn = 十进制调整 Wn	1	1	C
26	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
27	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
28	DISI	DISI #lit14	在 k 个指令周期内禁止中断	1	1	无
29	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
30	EXCH	EXCH Wns, Wnd	交换 Wns 和 Wnd 的内容	1	1	无
31	FBCL	FBCL Ws, Wnd	从左边 (MSb) 查找第一个位变化	1	1	C
32	FF1L	FF1L Ws, Wnd	从左边 (MSb) 查找第一个 1	1	1	C
33	FF1R	FF1R Ws, Wnd	从右边 (LSb) 查找第一个 1	1	1	C
34	GOTO	GOTO Expr	转移到地址	2	2	无
		GOTO Wn	间接转移到地址	1	2	无

PIC24HJ12GP201/202

表 19-2: 指令集概述 (续)

基本指令编号	汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
35	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
36	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
37	IOR	IOR f	$f = f \cdot IOR.WREG$	1	1	N,Z
		IOR f, WREG	$WREG = f \cdot IOR.WREG$	1	1	N,Z
		IOR #lit10, Wn	$Wd = lit10 \cdot IOR.Wd$	1	1	N,Z
		IOR Wb, ws, Wd	$Wd = Wb \cdot IOR.Ws$	1	1	N,Z
		IOR Wb, #lit5, Wd	$Wd = Wb \cdot IOR.lit5$	1	1	N,Z
38	LNK	LNK #lit14	分配堆栈帧	1	1	无
39	LSR	LSR f	$f = \text{逻辑右移 } f$	1	1	C,N,OV,Z
		LSR f, WREG	$WREG = \text{逻辑右移 } f$	1	1	C,N,OV,Z
		LSR ws, Wd	$Wd = \text{逻辑右移 } Ws$	1	1	C,N,OV,Z
		LSR Wb, Wns, Wnd	$Wnd = \text{将 } Wb \text{ 逻辑右移 } Wns \text{ 位}$	1	1	N,Z
		LSR Wb, #lit5, Wnd	$Wnd = \text{将 } Wb \text{ 逻辑右移 } lit5 \text{ 位}$	1	1	N,Z
40	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	N,Z
		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	N,Z
		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
41	MUL	MUL.SS Wb, ws, Wnd	$\{Wnd + 1, Wnd\} = \text{signed}(Wb) * \text{signed}(Ws)$	1	1	无
		MUL.SU Wb, ws, Wnd	$\{Wnd + 1, Wnd\} = \text{signed}(Wb) * \text{unsigned}(Ws)$	1	1	无
		MUL.US Wb, ws, Wnd	$\{Wnd + 1, Wnd\} = \text{unsigned}(Wb) * \text{signed}(Ws)$	1	1	无
		MUL.UU Wb, ws, Wnd	$\{Wnd + 1, Wnd\} = \text{unsigned}(Wb) * \text{unsigned}(Ws)$	1	1	无
		MUL.SU Wb, #lit5, Wnd	$\{Wnd + 1, Wnd\} = \text{signed}(Wb) * \text{unsigned}(lit5)$	1	1	无
		MUL.UU Wb, #lit5, Wnd	$\{Wnd + 1, Wnd\} = \text{unsigned}(Wb) * \text{unsigned}(lit5)$	1	1	无
		MUL f	$W3:W2 = f * WREG$	1	1	无
42	NEG	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	$Wd = \bar{Ws} + 1$	1	1	C,DC,N,OV,Z
43	NOP	NOP	空操作	1	1	无
		NOPR	空操作	1	1	无
44	POP	POP f	将栈顶 (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
45	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) 的双字内容压入栈顶 (TOS)	1	2	无
		PUSH.S	将主寄存器中的双字内容压入影子寄存器	1	1	无
46	PWRSV	PWRSV #lit1	进入休眠或空闲模式	1	1	WDTO,Sleep

表 19-2: 指令集概述 (续)

基本指令编号	汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
47	RCALL	RCALL Expr	相对调用	1	2	无
		RCALL Wn	计算调用	1	2	无
48	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
49	RESET	RESET	软件器件复位	1	1	无
50	RETFIE	RETFIE	从中断返回	1	3 (2)	无
51	RETLW	RETLW #lit10, Wn	返回并将立即数存入 Wn	1	3 (2)	无
52	RETURN	RETURN	从子程序返回	1	3 (2)	无
53	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
54	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
55	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
56	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
57	SE	SE Ws, Wnd	Wnd = 符号扩展后的 Ws	1	1	C,N,Z
58	SETM	SETM f	f = 0xFFFF	1	1	无
		SETM WREG	WREG = 0xFFFF	1	1	无
		SETM Ws	Ws = 0xFFFF	1	1	无
59	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
60	SUB	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
61	SUBB	SUBB f	f = f - WREG - ($\bar{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
		SUBB f, WREG	WREG = f - WREG - ($\bar{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
		SUBB #lit10, Wn	Wn = Wn - lit10 - ($\bar{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
		SUBB Wb, Ws, Wd	Wd = Wb - Ws - ($\bar{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
		SUBB Wb, #lit5, Wd	Wd = Wb - lit5 - ($\bar{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
62	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
63	SUBBR	SUBBR f	f = WREG - f - ($\bar{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
		SUBBR f, WREG	WREG = WREG - f - ($\bar{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
		SUBBR Wb, Ws, Wd	Wd = Ws - Wb - ($\bar{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
		SUBBR Wb, #lit5, Wd	Wd = lit5 - Wb - ($\bar{C}$)	1	1	C,DC,N,OV,Z
64	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
65	TBLRDH	TBLRDH Ws, Wd	将程序存储单元的 <23:16> 读入 Wd<7:0>	1	2	无

PIC24HJ12GP201/202

表 19-2: 指令集概述 (续)

基本指令编号	汇编助记符	汇编语法	说明	字数	周期数	影响的状态标志
66	TBLRDL	TBLRDL <i>Ws, Wd</i>	将程序存储单元的 <15:0> 读入 <i>Wd</i>	1	2	无
67	TBLWTH	TBLWTH <i>Ws, Wd</i>	将 <i>Ws</i> <7:0> 写入程序存储单元的 <23:16>	1	2	无
68	TBLWTL	TBLWTL <i>Ws, Wd</i>	将 <i>Ws</i> 写入程序存储单元的 <15:0>	1	2	无
69	ULNK	ULNK	释放堆栈帧	1	1	无
70	XOR	XOR <i>f</i>	$f = f .XOR.WREG$	1	1	N,Z
		XOR <i>f, WREG</i>	$WREG = f .XOR.WREG$	1	1	N,Z
		XOR <i>#lit10, Wn</i>	$Wd = lit10 .XOR.Wd$	1	1	N,Z
		XOR <i>Wb, Ws, Wd</i>	$Wd = Wb .XOR.Ws$	1	1	N,Z
		XOR <i>Wb, #lit5, Wd</i>	$Wd = Wb .XOR.lit5$	1	1	N,Z
71	ZE	ZE <i>Ws, Wnd</i>	$Wnd = \text{零扩展后的 } Ws$	1	1	C,Z,N

20.0 开发支持

一系列硬件及软件开发工具对 PIC® 单片机提供支持：

- 集成开发环境
 - MPLAB® IDE 软件
- 汇编器 / 编译器 / 链接器
 - MPASM™ 汇编器
 - MPLAB C18 和 MPLAB C30 C 编译器
 - MPLINK™ 目标链接器 / MPLIB™ 目标库管理器
 - MPLAB ASM30 汇编器 / 链接器 / 库
- 模拟器
 - MPLAB SIM 软件模拟器
- 仿真器
 - MPLAB ICE 2000 在线仿真器
 - MPLAB REAL ICE™ 在线仿真器
- 在线调试器
 - MPLAB ICD 2
- 器件编程器
 - PICSTART® Plus 开发编程器
 - MPLAB PM3 器件编程器
 - PICKit™ 2 开发编程器
- 低成本演示和开发板及评估工具包

20.1 MPLAB 集成开发环境软件

MPLAB IDE 软件为 8/16 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）
 - 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
- 可视化器件初始化程序，便于进行寄存器的初始化
- 鼠标停留在变量上进行查看的功能
- 通过拖放把变量从源代码窗口拉到观察窗口
- 丰富的在线帮助
- 集成了可选的第三方工具，如 HI-TECH 软件 C 编译器和 IAR C 编译器

MPLAB IDE 可以让您：

- 编辑源文件（汇编语言或 C 语言）
- 点击一次即可完成汇编（或编译）并将代码下载到 PIC MCU 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（汇编语言或 C 语言）
 - 混合汇编语言和 C 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更强大的工具时的学习时间。

20.2 MPASM 汇编器

MPASM 汇编器是全功能通用宏汇编器，适用于所有的 PIC 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 汇编器具有如下特征：

- 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

20.3 MPLAB C18 和 MPLAB C30 C 编译器

MPLAB C18 和 MPLAB C30 代码开发系统是完全的 ANSI C 编译器，分别适用于 Microchip 的 PIC18 和 PIC24 系列单片机及 dsPIC30F 和 dsPIC33 系列数字信号控制器。这些编译器可提供其他编译器并不具备的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，编译器提供了针对 MPLAB IDE 调试器的优化符号信息。

20.4 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中。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征：

- 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

20.5 MPLAB ASM30 汇编器、链接器和库管理器

MPLAB ASM30 汇编器为 dsPIC30F 器件提供转换自符号汇编语言的可重定位机器码。MPLAB C30 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征：

- 支持整个 dsPIC30F 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

20.6 MPLAB SIM 软件模拟器

MPLAB SIM 软件模拟器在指令级对 PIC MCU 和 dsPIC® DSC 进行模拟，使得用户可以在 PC 主机的环境下进行代码开发。对于任何给定的指令，用户均可对数据区进行检查或修改，并通过各种触发机制来产生激励。可以将各寄存器的情况记录在文件中，以便进行进一步地运行时分析。跟踪缓冲器和逻辑分析器的显示使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的状况。

MPLAB SIM 软件模拟器完全支持使用 MPLAB C18 和 MPLAB C30 C 编译器以及 MPASM 和 MPLAB ASM30 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。

20.7 MPLAB ICE 2000 高性能在线仿真器

MPLAB ICE 2000 在线仿真器旨在为产品开发工程师提供一整套用于 PIC 单片机的设计工具。MPLAB ICE 2000 在线仿真器的软件控制由 MPLAB 集成开发环境平台提供，它允许在单一环境下进行编辑、编译、下载以及源代码调试。

MPLAB ICE 2000 是全功能仿真器系统，它具有增强的跟踪、触发和数据监控功能。处理器模块可插拔，使系统可轻松进行重新配置以适应各种不同处理器的仿真需要。MPLAB ICE 2000 在线仿真器的架构允许对其进行扩展以支持新的 PIC 单片机。

MPLAB ICE 2000 在线仿真器系统设计为一款实时仿真系统，该仿真系统具备通常只有昂贵的开发工具中才有的高级功能。选择 PC 平台和 Microsoft® Windows® 32 位操作系统可使这些功能在一个简单而统一的应用中得到很好的利用。

20.8 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® DSC 进行调试和编程。IDE 是随每个工具包一起提供的。

MPLAB REAL ICE 探针通过高速 USB 2.0 接口与设计工程师的 PC 相连，并利用与常用 MPLAB ICD 2 系统兼容的连接器 (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 MPLAB REAL ICE 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，如软件断点和汇编代码跟踪等。在同类仿真器中，MPLAB REAL ICE 的优势十分明显：低成本、高速仿真、实时变量监视、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。

20.9 MPLAB ICD 2 在线调试器

Microchip 的在线调试器 MPLAB ICD 2 是一款功能强大而成本低廉的运行时开发工具，通过 RS-232 或高速 USB 接口与 PC 主机相连。该工具基于闪存 PIC MCU，可用于开发本系列及其他 PIC MCU 和 dsPIC DSC。MPLAB ICD 2 使用了闪存器件中内建的在线调试功能。该功能结合 Microchip 的在线串行编程 (In-Circuit Serial Programming™, ICSP™) 协议，可在 MPLAB 集成开发环境的图形用户界面上提供成本效益很高的在线闪存调试。这使设计人员可通过设置断点、单步运行以及对变量、CPU 状态以及外设寄存器进行监视的方法实现源代码的开发和调试。其全速运行特性可对硬件和应用进行实时测试。MPLAB ICD 2 还可用作某些 PIC 器件的开发编程器。

20.10 MPLAB PM3 器件编程器

MPLAB PM3 器件编程器是一款通用的、符合 CE 规范的器件编程器，其可编程电压设置在 VDDMIN 和 VDDMAX 之间时可靠性最高。它有一个用来显示菜单和错误信息的大 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、验证和编程。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，可对存储器很大的器件进行快速编程，它还采用 SD/MMC 卡用作文件存储及数据安全应用。

20.11 PICSTART Plus 开发编程器

PICSTART Plus 开发编程器是一款易于使用而成本低廉的原型编程器。它通过 COM (RS-232) 端口与 PC 相连。MPLAB 集成开发环境软件使得该编程器的使用简便、高效。PICSTART Plus 开发编程器支持采用 DIP 封装的大部分 PIC 器件，其引脚数最多可达 40 个。引脚数更多的器件，如 PIC16C92X 和 PIC17C76X，可通过连接一个转接插槽来获得支持。PICSTART Plus 开发编程器符合 CE 规范。

20.12 PICKit 2 开发编程器

PICKit™ 2 开发编程器是一个低成本编程器；对于某些选定闪存器件，它也是一个调试器，通过其易于使用的接口可对众多 Microchip 的低档、中档和 PIC18F 系列闪存单片机进行编程。PICKit 2 入门工具包中包含一个有实验布线区的开发板、十二堂系列课程、软件和 HI-TECH 的 PICC™ Lite C 编译器，有助于用户快速掌握 PIC® 单片机的使用。这一工具包为使用 Microchip 功能强大的中档闪存系列单片机进行编程、评估和应用开发，提供了所需的一切。

20.13 演示、开发和评估板

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，用于测试和修改。

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。

有关演示、开发和评估工具包的完整列表，请查阅 Microchip 公司网页 (www.microchip.com)。

21.0 电气特性

本章将对 PIC24HJ12GP201/202 电气特性进行概括介绍。其余信息将在该文档的后续版本中给出。

下面列出了 PIC24HJ12GP201/202 系列器件的绝对最大额定值。器件长时间工作在最大额定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额定值条件下运行。

绝对最大额定值⁽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
任一模拟 / 数字引脚和 <u>MCLR</u> 引脚相对于 VSS 的电压.....	-0.3V 至 (VDD + 0.3V)
任一只能用作数字的引脚相对于 VSS 的电压.....	-0.3V 至 +5.6V
VDDCORE 引脚相对于 VSS 的电压.....	2.25V 至 2.75V
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⁾	4 mA
任一 I/O 引脚的最大输出拉电流 ⁽³⁾	4 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“绝对最大额定值”，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 21-2）。

3: CLKOUT 引脚例外，其灌 / 拉电流为 25 mA，另外 VREF+、VREF-、SCLx、SDAx、PGCx 和 PGDx 引脚的灌 / 拉电流为 12 mA。

PIC24HJ12GP201/202

21.1 直流特性

表 21-1: 工作 MIPS 与电压

特性	VDD 范围 (单位: V)	温度范围 (单位: °C)	最大 MIPS
			PIC24HJ12GP201/202
	3.0-3.6V	-40°C 至 +85°C	40
	3.0-3.6V	-40°C 至 +125°C	40

表 21-2: 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: 内部芯片功耗: $P_{INT} = V_{DD} \times (I_{DD} - \sum I_{OH})$ I/O 引脚功耗: $I/O = \sum (\{V_{DD} - V_{OH}\} \times I_{OH}) + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$	PD	PINT + PI/O			W
最大允许功耗	PDMAX	(TJ - TA)/θJA			W

表 21-3: 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	θJA	66	—	C/W	1
封装热阻, 28 引脚 SPDIP	θJA	60	—	C/W	1
封装热阻, 18 引脚 SOIC	θJA	63.6	—	C/W	1
封装热阻, 28 引脚 SOIC	θJA	80.2	—	C/W	1
封装热阻, 28 引脚 QFN	θJA	32	—	C/W	1

注 1: 通过封装模拟获得结点与环境的热阻值 θJA。

表 21-4: 直流温度和电压规范

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°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
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⁾	1.1	1.3	1.8	V	
DC16	VPOR	VDD 启动电压 (确保内部上电复位信号)	VSS	—	—	V	
DC17	SVDD	VDD 上升率 (确保内部上电复位信号)	0.03	—	—	V/ms	0-3.0V/0.1s
DC18	VCORE	VDD 内核 ⁽³⁾ 内部稳压器	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: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

PIC24HJ12GP201/202

表 21-5: 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)						
DC20a	27	30	mA	+25°C	3.3V	10 MIPS
DC20b	27	31	mA	+85°C		
DC20c	27	35	mA	+125°C		
DC21a	37	42	mA	+25°C	3.3V	16 MIPS
DC21b	38	43	mA	+85°C		
DC21c	39	45	mA	+125°C		
DC22a	46	51	mA	+25°C	3.3V	20 MIPS
DC22b	46	52	mA	+85°C		
DC22c	47	53	mA	+125°C		
DC23a	65	70	mA	+25°C	3.3V	30 MIPS
DC23b	65	71	mA	+85°C		
DC23c	65	72	mA	+125°C		
DC24a	84	88	mA	+25°C	3.3V	40 MIPS
DC24b	84	89	mA	+85°C		
DC24c	84	91	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: 供电电流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、内部代码执行模式以及温度也对电流消耗有影响。所有 IDD 测量的测试条件为: OSC1 使用满幅的外部方波进行驱动。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。外设模块不工作; 但是, 仍然为每个外设提供时钟 (PMD 的所有位均为零)。

表 21-6: 直流特性: 空闲电流 (I_{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 (I _{IDLE}): 内核不工作、时钟工作时的基本电流 ⁽²⁾					
DC40a	3	7	mA	+25°C	3.3V 10 MIPS
DC40b	3	8	mA	+85°C	
DC40c	3	9	mA	+125°C	
DC41a	5	10	mA	+25°C	3.3V 16 MIPS
DC41b	6	11	mA	+85°C	
DC41c	6	12	mA	+125°C	
DC42a	9	15	mA	+25°C	3.3V 20 MIPS
DC42b	10	16	mA	+85°C	
DC42c	10	16	mA	+125°C	
DC43a	15	21	mA	+25°C	3.3V 30 MIPS
DC43b	15	22	mA	+85°C	
DC43c	15	23	mA	+125°C	
DC44a	16	23	mA	+25°C	3.3V 40 MIPS
DC44b	16	24	mA	+85°C	
DC44c	16	24	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 I_{IDLE} 电流的测量是在内核不工作、时钟工作而所有外设模块关闭的条件下进行的。外设模块禁止 SFR 寄存器为全零。所有 I/O 引脚配置为输入且被拉到 V_{SS}。

表 21-7: 直流特性: 掉电电流 (I_{PD})

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℃ ≤ TA ≤ +85℃ (工业级)		
			-40℃ ≤ TA ≤ +125℃ (扩展级)		
参数编号	典型值 (1)	最大值	单位	条件	
掉电电流 (IPD) (2)					
DC60a	211	988	μA	+25℃	3.3V 基本掉电电流 (3,4)
DC60b	244	990	μA	+85℃	
DC60c	245	998	μA	+125℃	
DC61a	10	15	μA	+25℃	3.3V 看门狗定时器电流: ΔIWDΤ (3)
DC61b	12	20	μA	+85℃	
DC61c	13	25	μA	+125℃	

- 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 I_{PD} 是在所有外设和时钟都关闭的条件下进行测量的。所有 I/O 引脚配置为输入且被拉到 V_{SS}。WDT 等外设也都被关闭。
- 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 I_{PD} 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。

PIC24HJ12GP201/202

表 21-8: 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	单位	条件
DC70a	42	47	1:2	mA (+25°C)	3.3V 40 MIPS
DC70f	26	27	1:64		
DC70g	25	27	1:128		
DC71a	41	48	1:2	mA (+85°C)	
DC71f	25	28	1:64		
DC71g	24	28	1:128		
DC72a	42	49	1:2	mA (+125°C)	
DC72f	26	29	1:64		
DC72g	25	28	1:128		

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。

表 21-9: 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 ≤ T _A ≤ +85°C (工业级)				
			-40°C ≤ T _A ≤ +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					
		I/O 引脚	V _{SS}	—	0.2 V _{DD}	V	
DI15		MCLR	V _{SS}	—	0.2 V _{DD}	V	
DI16		OSC1 (XT 模式)	V _{SS}	—	0.2 V _{DD}	V	
DI17		OSC1 (HS 模式)	V _{SS}	—	0.2 V _{DD}	V	
DI18		SDAx 和 SCLx	V _{SS}	—	0.3 V _{DD}	V	禁止 SM 总线
DI19		SDAx 和 SCLx	V _{SS}	—	0.2 V _{DD}	V	使能 SM 总线
DI20	V _{IH}	输入高电压					
		I/O 引脚:					
		带模拟功能	0.8 V _{DD}	—	V _{DD}	V	
		仅数字功能	0.8 V _{DD}	—	5.5	V	
DI25		MCLR	0.8 V _{DD}	—	V _{DD}	V	
DI26		OSC1 (XT 模式)	0.7 V _{DD}	—	V _{DD}	V	
DI27		OSC1 (HS 模式)	0.7 V _{DD}	—	V _{DD}	V	
DI28		SDAx 和 SCLx	0.7 V _{DD}	—	V _{DD}	V	禁止 SM 总线
DI29		SDAx 和 SCLx	0.8 V _{DD}	—	V _{DD}	V	使能 SM 总线
DI30	ICNPU	CNx 上拉电流	50	250	400	μA	V _{DD} = 3.3V, V _{PIN} = V _{SS}
DI50	I _{IL}	输入泄漏电流 ⁽²⁾⁽³⁾					
		I/O 端口	—	—	±2	μA	V _{SS} ≤ V _{PIN} ≤ V _{DD} , 引脚处于高阻态
DI51		模拟输入引脚	—	—	±2	μA	V _{SS} ≤ V _{PIN} ≤ V _{DD} , 引脚处于高阻态
DI55		MCLR	—	—	±2	μA	V _{SS} ≤ V _{PIN} ≤ V _{DD}
DI56		OSC1	—	—	±2	μA	V _{SS} ≤ V _{PIN} ≤ V _{DD} , XT 和 HS 模式

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。

PIC24HJ12GP201/202

表 21-10: 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
DO10 DO16	VOL	输出低电压	—	—	0.4	V	IOI = 2mA, VDD = 3.3V
		I/O 端口	—	—	0.4	V	IOI = 2mA, VDD = 3.3V
		OSC2/CLKO	—	—	0.4	V	IOI = 2mA, VDD = 3.3V
DO20 DO26	VOH	输出高电压	2.40	—	—	V	IOH = -2.3 mA, VDD = 3.3V
		I/O 端口	2.41	—	—	V	IOH = 1.3 mA, VDD = 3.3V
		OSC2/CLKO	2.41	—	—	V	IOH = 1.3 mA, VDD = 3.3V

表 21-11: 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°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
BO10	VBOR	当 VDD 从高电平翻转至低电平时的 BOR 事件 BOR 事件与 VDD 内核电压下降关联	2.40	—	2.55	V	

表 21-12: 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	最小值	典型值 (1)	最大值	单位	条件
D130	EP	闪存程序存储器					
D131	VPR	单元耐擦写能力	V _{MIN}	—	3.6	E/W	-40°C 至 +125°C
D132B	VPEW	读操作时的 VDD	—	1.5	—	V	V _{MIN} = 最小工作电压
D133A	TIW	自定时写的 VDD	20	—	—	V	V _{MIN} = 最小工作电压
D134	TRET	自定时写周期时间	—	10	—	ms	
D135	TRET	特性保持时间	—	1.6	—	年	假设没有违反其他规范
D136	IDDP	编程时的供电电流	—	20	—	mA	
D137	TRW	行写入时间	20	—	40	ms	
D138	TPE	页擦除时间	V _{MIN}	—	3.6	ms	
D138	TWW	字写周期时间	—	1.5	—	ms	

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。

表 21-13: 内部稳压器规范

工作条件: -40°C < TA < +85°C (除非另外声明)							
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	备注
	CEFC	外部滤波器电容值	1	10	—	mF	电容必须与一个低阻值的电阻 (< 5 欧姆) 串联

PIC24HJ12GP201/202

21.2 交流特性和时序参数

本节包含的信息说明了 PIC24HJ12GP201/202 系列器件的交流特性和时序参数。

表 21-14: 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 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ (工业级)
	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)
	工作电压 V_{DD} 范围如第 21.0 节“电气特性”中所介绍。

图 21-1: 器件时序规范的负载条件

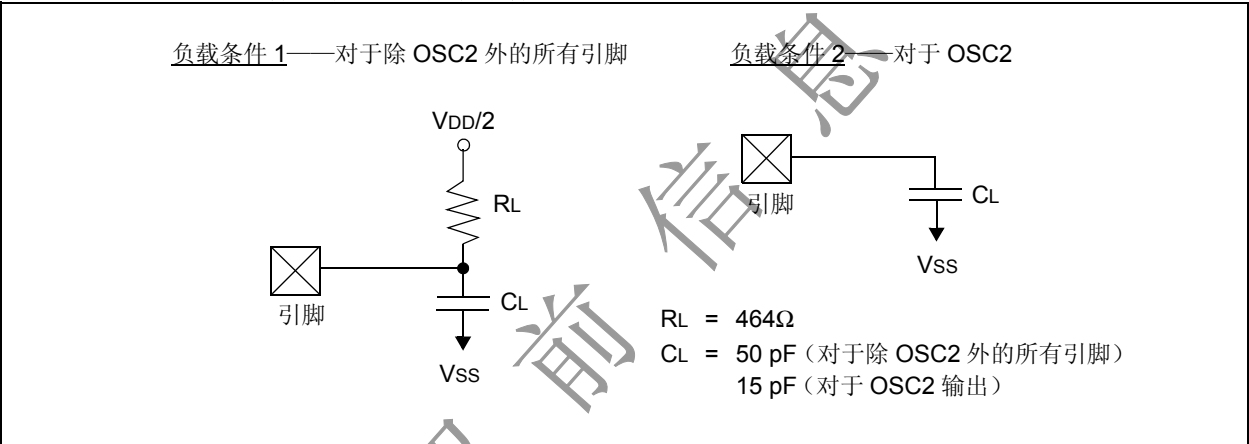


表 21-15: 输出引脚上的容性负载要求

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 XT 和 HS 模式下
DO56	CI/O	所有 I/O 引脚和 OSC2	—	—	50	pF	EC 模式
DO58	CB	SCLx 和 SDAx	—	—	400	pF	在 I ² C™ 模式下

图 21-2: 外部时钟时序

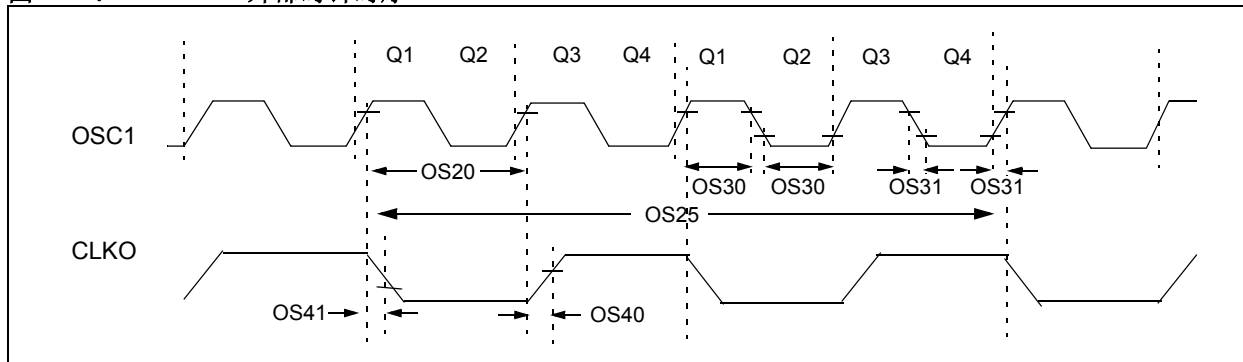


表 21-16: 外部时钟时序要求

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	0.8	—	40	MHz	EC
		(外部时钟仅允许运行于 EC 和 ECPLL 模式)	4	—	8	MHz	ECPLL
		晶振频率	3	—	10	MHz	XT
			3	—	10	MHz	XTPLL
			10	—	40	MHz	HS
OS20	TOSC	TOSC = 1/Fosc	12.5	—	DC	ns	
OS25	Tcy	指令周期时间 ⁽²⁾	25	—	DC	ns	
OS30	TosL, TosH	外部时钟输入 (OSC1) 高电平或低电平时间	0.625 x TOSC	—	—	ns	EC
OS31	TosR, TosF	外部时钟输入 (OSC1) 上升或下降时间	—	—	20	ns	EC
OS40	TckR	CLKO 上升时间 ⁽³⁾	—	5.2	—	ns	
OS41	TckF	CLKO 下降时间 ⁽³⁾	—	5.2	—	ns	

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: 指令周期时间 (Tcy) 等于输入振荡器基周期的两倍。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 RC 模式下进行。在 OSC2 引脚上测量 CLKO 信号。

PIC24HJ12GP201/202

表 21-17: PLL 时钟时序规范 (VDD = 3.0V 至 3.6V)

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 (VCO) 的输入频率范围	0.8	—	8	MHz	ECPLL、HSPLL 和 XTPLL 模式
OS51	FSYS	片上 VCO 系统频率	100	—	200	MHz	
OS52	TLOC	PLL 起振时间 (锁定时间)	0.9	1.5	3.1	ms	
OS53	DCLK	CLKO 稳定性 (抗抖动)	-3	0.5	3	%	在 100 ms 时间段内测量

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。

表 21-18: 交流特性: 内部 RC 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 7.3728 MHz 时的内部 FRC 精度 ⁽¹⁾						
F20	FRC	-1	—	+1	%	-40°C ≤ TA ≤ +85°C	VDD = 3.0-3.6V
	FRC	-3	—	+3	%	-40°C ≤ TA ≤ +125°C	VDD = 3.0-3.6V

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 21-19: 内部 RC 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⁾						
F21	LPRC	—	±6	±20	%	-40°C ≤ TA ≤ +85°C	VDD = 3.0-3.6V
	LPRC	-70	—	+10	%	-40°C ≤ TA ≤ +125°C	VDD = 3.0-3.6V

注 1: LPRC 频率将随 VDD 的变化而变化。

图 21-3: CLKO 和 I/O 时序特性

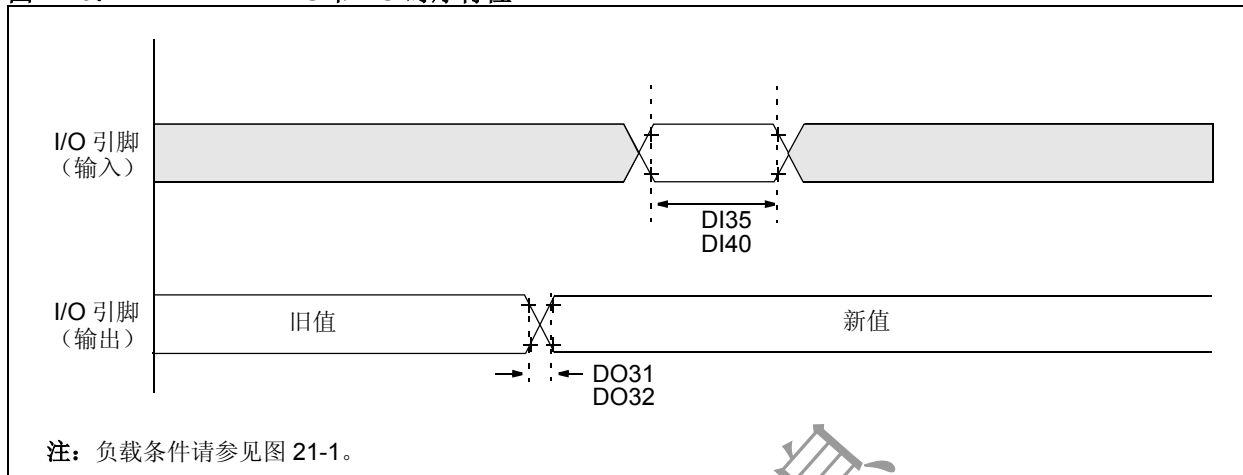


表 21-20: CLKO 和 I/O 时序要求

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°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
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 (输出)	20	—	—	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。

PIC24HJ12GP201/202

图 21-4: 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

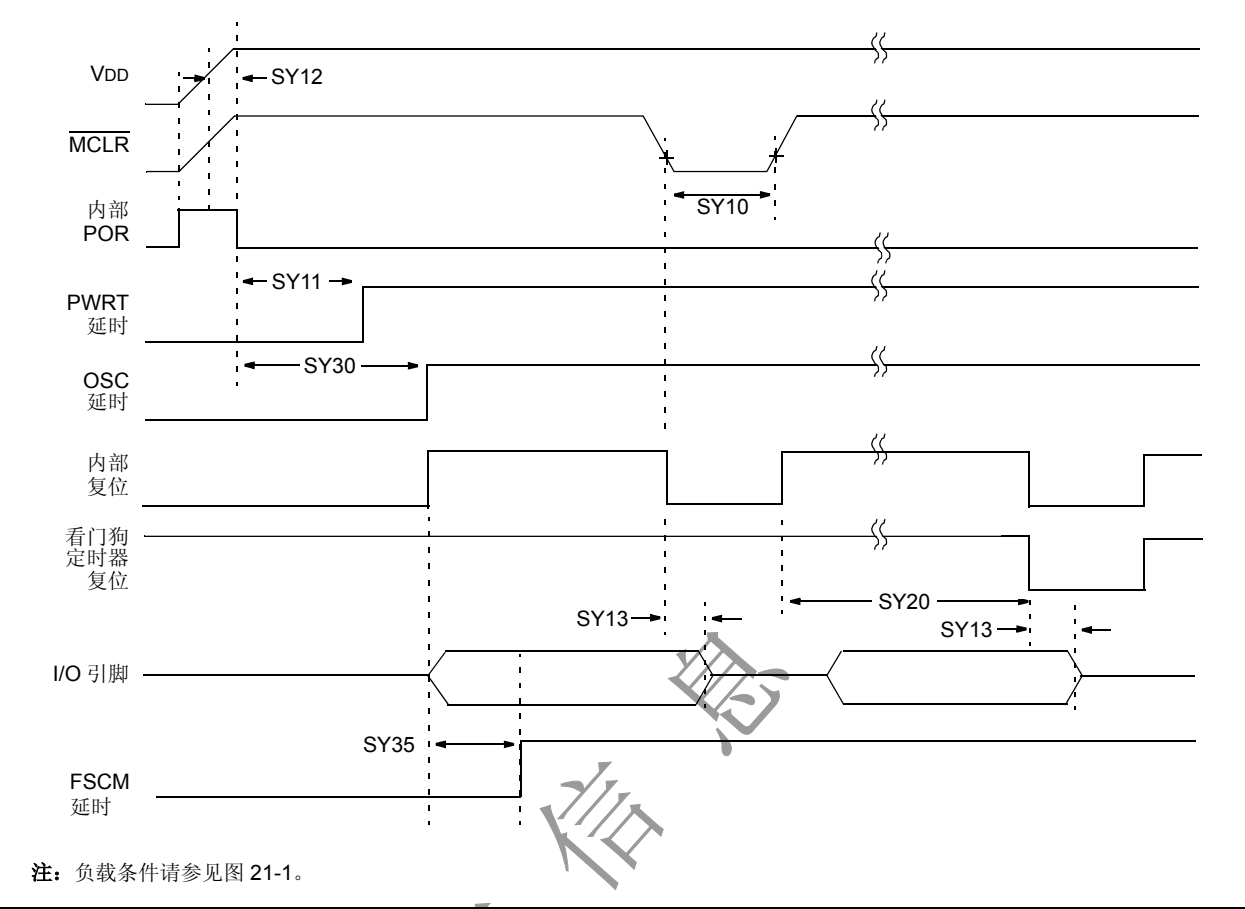


表 21-21: 复位、看门狗定时器、振荡器起振定时器和上电延时定时器时序要求

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)				
参数编号	符号	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	—	2 4 8 16 32 64 128	—	ms	-40°C 至 +85°C 用户可编程
SY12	TPOR	上电复位延时	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	0.68	0.72	1.2	μs	
SY20	TWDT1	看门狗定时器超时周期 (无预分频器)	1.9	2.1	2.3	ms	VDD = 3V, -40°C 至 +85°C
SY30	TOST	振荡器起振定时器周期	—	1024 TOSC	—	—	TOSC = OSC1 周期
SY35	TFSCM	故障保护时钟监视器延时	—	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 5V 和 25°C 条件下的值。

PIC24HJ12GP201/202

图 21-5: TIMER1、TIMER2 和 TIMER3 外部时钟时序特性

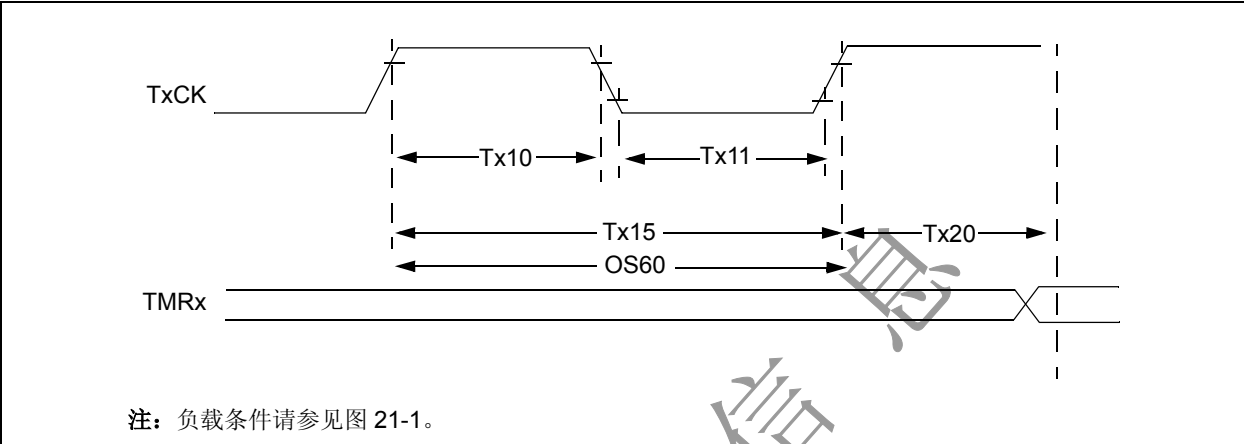


表 21-22: TIMER1 外部时钟时序要求⁽¹⁾

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		最小值	典型值	最大值	单位	条件
TA10	TTxH	TxCK 高电平时间	同步, 无预分频器	0.5 Tcy + 20	—	—	ns	也必须满足 参数 TA15
			同步, 带预分频器	10	—	—	ns	
			异步	10	—	—	ns	
TA11	TTxL	TxCK 低电平时间	同步, 无预分频器	0.5 Tcy + 20	—	—	ns	也必须满足 参数 TA15
			同步, 带预分频器	10	—	—	ns	
			异步	10	—	—	ns	
TA15	TTxP	TxCK 输入周期	同步, 无预分频器	Tcy + 10	—	—	ns	N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
			同步, 带预分频器	取如下二者 中较大值: 20 ns 或 (Tcy + 40)/N	—	—	—	
			异步	20	—	—	ns	
OS60	Ft1	SOSC1/T1CK 振荡器输入频率范围 (通过置 1 TCS (T1CON<1>) 使 能振荡器)		DC	—	50	kHz	
TA20	TckEXTMRL	从外部 TxCK 时钟边沿到定时器递 增之间的延时		0.5 Tcy		1.5 Tcy	—	

注 1: Timer1 属于 A 类定时器。

表 21-23: 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		最小值	典型值	最大值	单位	条件
TB10	TtxH	TxCK 高电平时间	同步, 无预分频器	0.5 TCY + 20	—	—	ns	也必须满足参数 TB15
			同步, 带预分频器	10	—	—	ns	
TB11	TtxL	TxCK 低电平时间	同步, 无预分频器	0.5 TCY + 20				也必须满足参数 TB15
			同步, 带预分频器	10	—	—	ns	
TB15	TtxP	TxCK 输入周期	同步, 无预分频器	TCY + 10				N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
			同步, 带预分频器	取如下二者中较大值: 20 ns 或 (TCY + 40)/N	—	—	ns	
TB20	TCKEXTMRL	从外部 TxCK 时钟边沿到定时器递增之间的延时		0.5 TCY	—	—	ns	

表 21-24: 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		最小值	典型值	最大值	单位	条件
TC10	TtxH	TxCK 高电平时间	同步	0.5 Tcy + 20	—	—	ns	也必须满足 参数 TC15
					—	—	ns	
TC11	TtxL	TxCK 低电平时间	同步	0.5 Tcy + 20	—	—	ns	也必须满足 参数 TC15
					—	—	ns	
TC15	TtxP	TxCK 输入周期	同步, 无预分频器	Tcy + 10	—	—	ns	N = 预分频值 (1, 8, 64, 256)
			同步, 带预分频器					
TC20	TCKEXTMRL	从外部 TxCK 时钟边沿到定时器递增之间的延时		0.5 Tcy	—	1.5 Tcy	—	

PIC24HJ12GP201/202

图 21-6: 输入捕捉 (CAPx) 时序特性

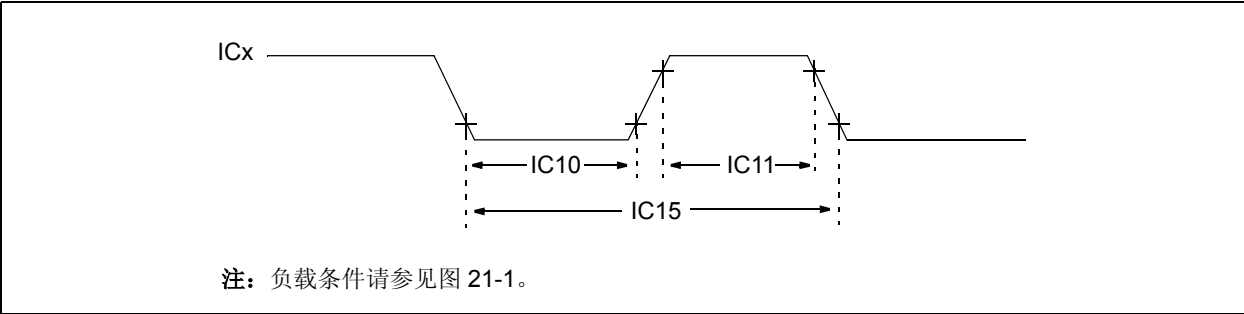


表 21-25: 输入捕捉时序要求

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		(2 Tcy + 40)/N	—	ns	N = 预分频值 (1、4 或 16)

注 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

图 21-7: 输出比较模块 (OCx) 时序特性

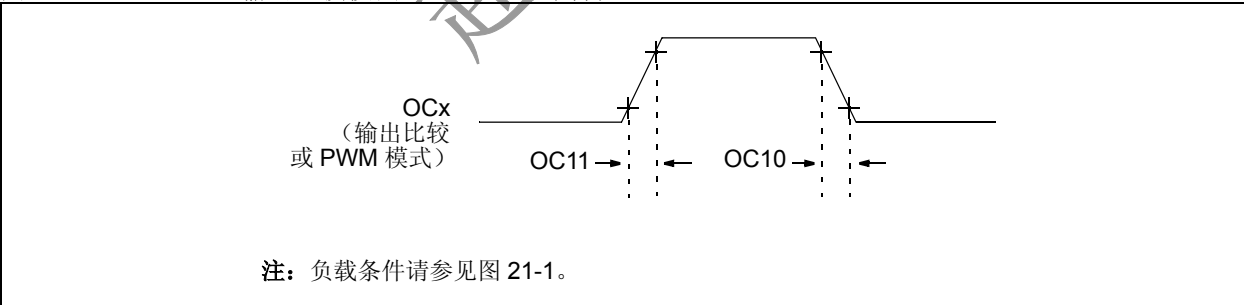


表 21-26: 输出比较模块时序要求

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 D032
OC11	TccR	OCx 输出上升时间	—	—	—	ns	见参数 D031

注 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

图 21-8: 输出比较 /PWM 模块时序特性

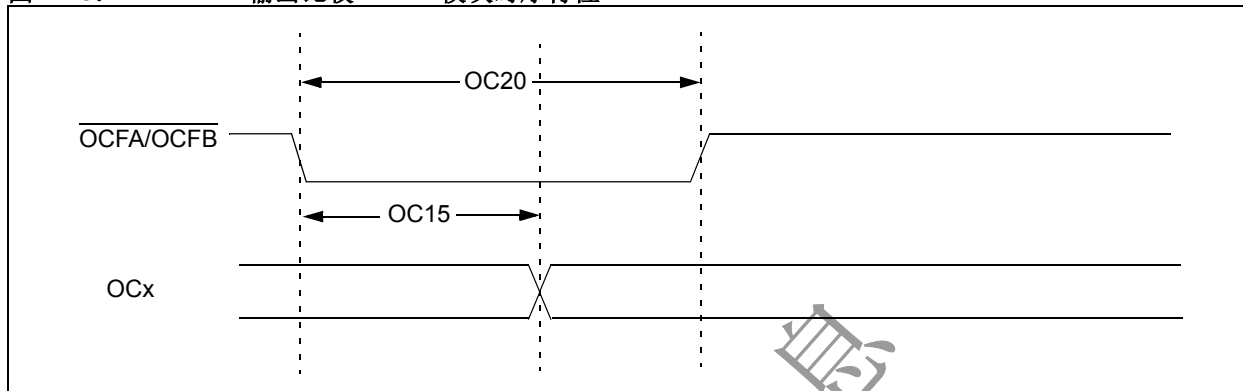


表 21-27: 简单输出比较 /PWM 模式时序要求

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	T _{FD}	故障输入到 PWM I/O 发生变化的时间	—	—	50	ns	—
OC20	T _{FLT}	故障输入脉冲宽度	50	—	—	ns	—

注 1: 这些参数为特性值, 但生产时未经测试。

PIC24HJ12GP201/202

图 21-9: SPIx 模块主模式 (CKE = 0) 时序特性

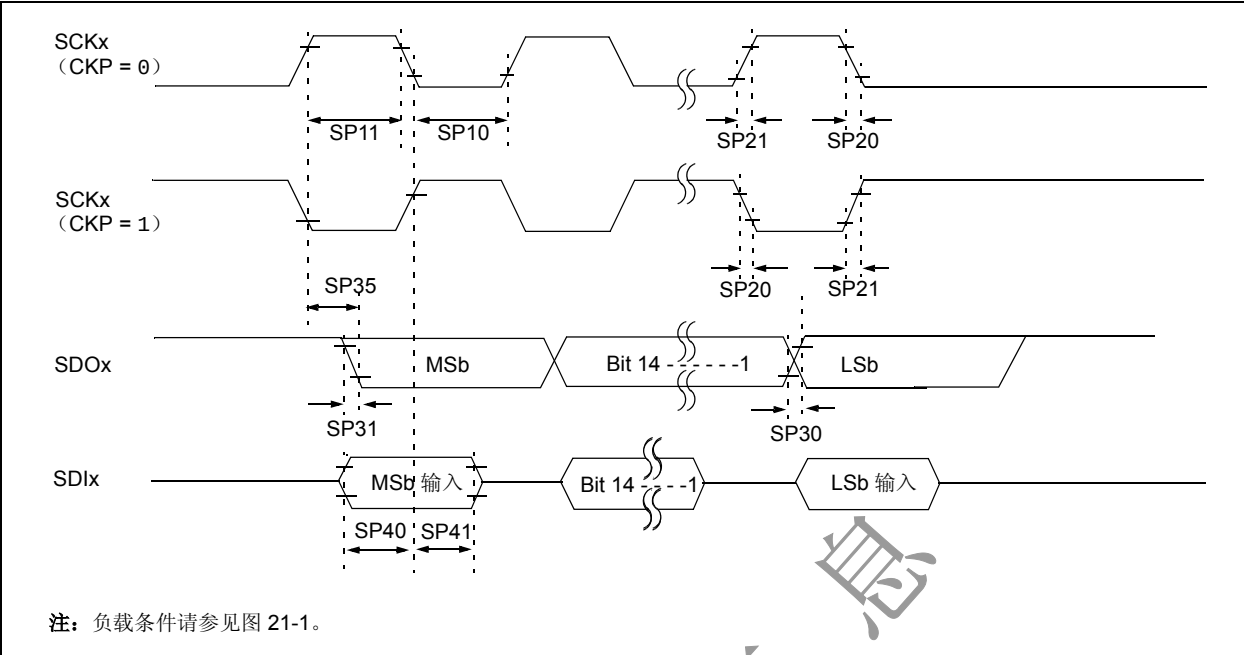


表 21-28: SPIx 主模式 (CKE = 0) 时序要求

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
SP10	TscL	SCKx 输出低电平时间 (3)	Tcy/2	—	—	ns	—
SP11	TscH	SCKx 输出高电平时间 (3)	Tcy/2	—	—	ns	—
SP20	TscF	SCKx 输出下降时间 (4)	—	—	—	ns	见参数 D032
SP21	TscR	SCKx 输出上升时间 (4)	—	—	—	ns	见参数 D031
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间 (4)	—	—	—	ns	见参数 D032
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间 (4)	—	—	—	ns	见参数 D031
SP35	TscH2doV, TscL2doV	在 SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	6	20	ns	—
SP40	TdiV2scH, TdiV2scL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的建立时间	23	—	—	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。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 21-10: SPIx 模块主模式 (CKE = 1) 时序特性

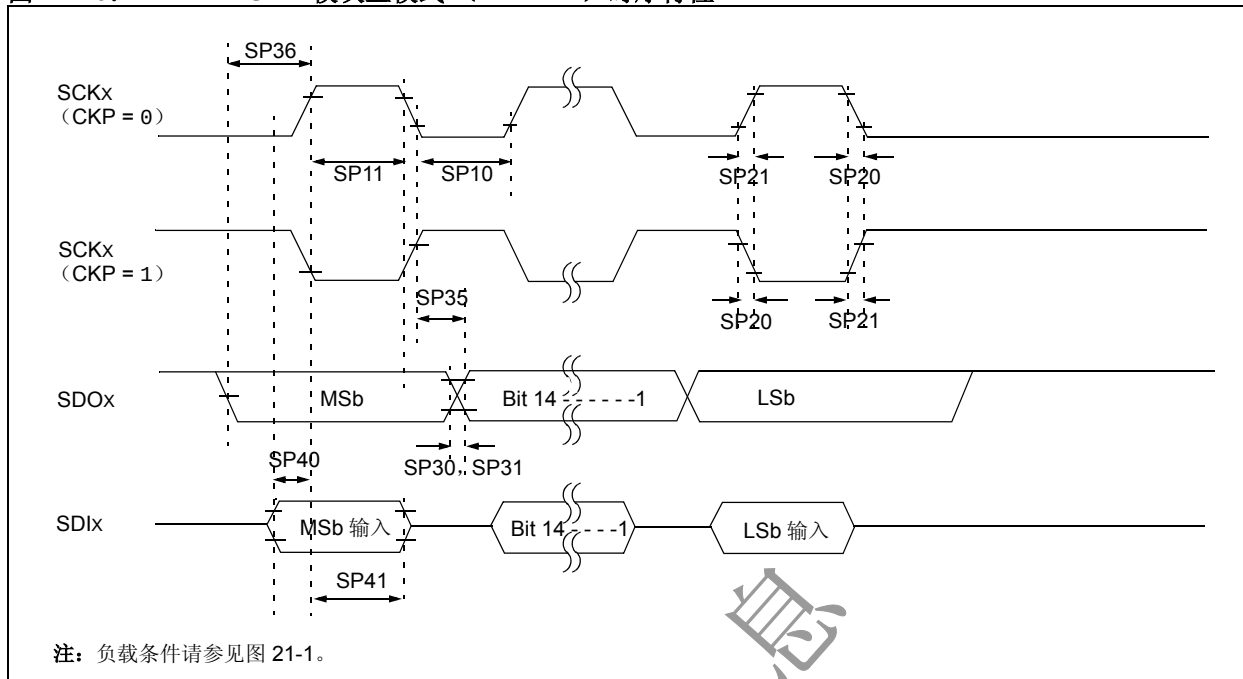


表 21-29: SPIx 模块主模式 (CKE = 1) 时序要求

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	TscL	SCKx 输出低电平时间 (3)	Tcy/2	—	—	ns	—
SP11	TscH	SCKx 输出高电平时间 (3)	Tcy/2	—	—	ns	—
SP20	TscF	SCKx 输出下降时间 (4)	—	—	—	ns	见参数 D032
SP21	TscR	SCKx 输出上升时间 (4)	—	—	—	ns	见参数 D031
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间 (4)	—	—	—	ns	见参数 D032
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间 (4)	—	—	—	ns	见参数 D031
SP35	Tsch2doV, TscL2doV	在 SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	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	23	—	—	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。

PIC24HJ12GP201/202

图 21-11: SPIx 模块从模式 (CKE = 0) 时序特性

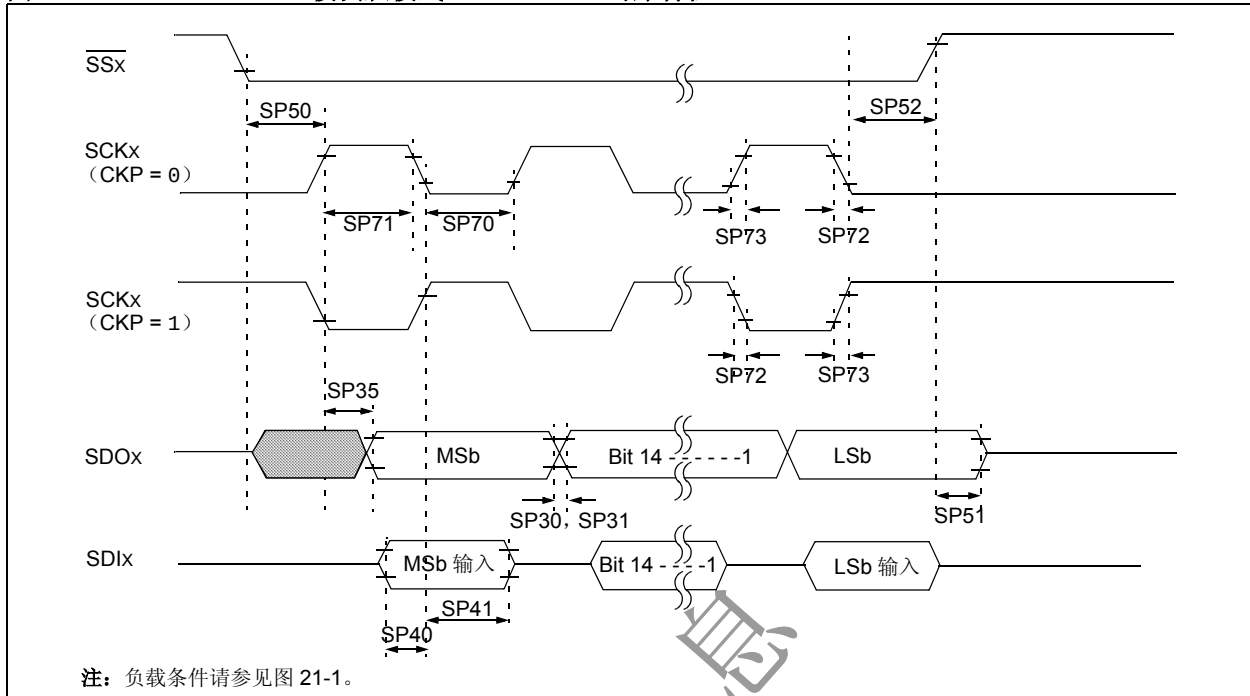


表 21-30: SPIx 模块从模式 (CKE = 0) 时序要求

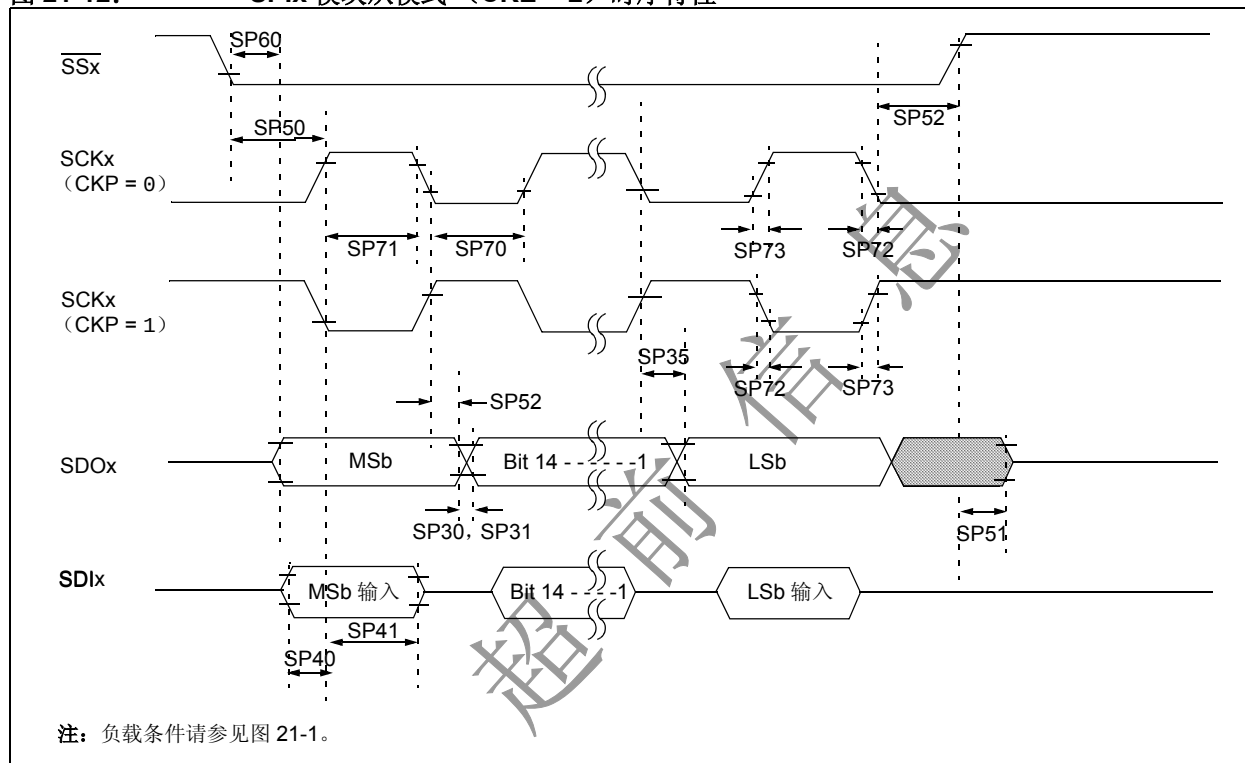
交流特性				标准工作条件: 3.0V 至 3.6V (除非另外声明)			
				工作温度			
				-40°C ≤ TA ≤ +85°C (工业级)			
				-40°C ≤ TA ≤ +125°C (扩展级)			
参数编号	符号	特性 ⁽¹⁾	最小值	典型值 ⁽²⁾	最大值	单位	条件
SP70	TscL	SCKx 输入低电平时间	30	—	—	ns	—
SP71	TscH	SCKx 输入高电平时间	30	—	—	ns	—
SP72	TscF	SCKx 输入下降时间 ⁽³⁾	—	10	25	ns	—
SP73	TscR	SCKx 输入上升时间 ⁽³⁾	—	10	25	ns	—
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间 ⁽³⁾	—	—	—	ns	见参数 D032
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间 ⁽³⁾	—	—	—	ns	见参数 D031
SP35	TscH2doV, TscL2doV	在 SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	—	30	ns	—
SP40	TdiV2scH, TdiV2scL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的建立时间	20	—	—	ns	—
SP41	TscH2diL, TscL2diL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的保持时间	20	—	—	ns	—
SP50	TssL2scH, TssL2scL	SSx ↓ 到 SCKx ↑ 或 SCKx 输入的时间	120	—	—	ns	—
SP51	TssH2doZ	SSx ↑ 到 SDOx 输出高阻态的时间 ⁽³⁾	10	—	50	ns	—
SP52	TscH2ssH, TscL2ssH	SCKx 边沿后 SSx 有效的时间	1.5 Tcy + 40	—	—	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: 假定所有 SPIx 引脚上的负载均为 50 pF。

图 21-12: SPIx 模块从模式 (CKE = 1) 时序特性



PIC24HJ12GP201/202

表 21-31: SPIx 模块从模式 (CKE = 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
SP70	TscL	SCKx 输入低电平时间	30	—	—	ns	—
SP71	TscH	SCKx 输入高电平时间	30	—	—	ns	—
SP72	TscF	SCKx 输入下降时间 (3)	—	10	25	ns	—
SP73	TscR	SCKx 输入上升时间 (3)	—	10	25	ns	—
SP30	TdoF	SDOx 数据输出下降时间 (3)	—	—	—	ns	见参数 D032
SP31	TdoR	SDOx 数据输出上升时间 (3)	—	—	—	ns	见参数 D031
SP35	TscH2doV, TscL2doV	在 SCKx 边沿之后 SDOx 数据输出有效的时间	—	—	30	ns	—
SP40	TdiV2scH, TdiV2scL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的建立时间	20	—	—	ns	—
SP41	TscH2diL, TscL2diL	SDIx 数据输入到 SCKx 边沿的保持时间	20	—	—	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 边沿后 $\overline{SSx}$ ↑ 有效的时间	1.5 TCY + 40	—	—	ns	—
SP60	TssL2doV	在 $\overline{SSx}$ 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 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 21-13: I2Cx 总线启动位 / 停止位时序特性 (主模式)

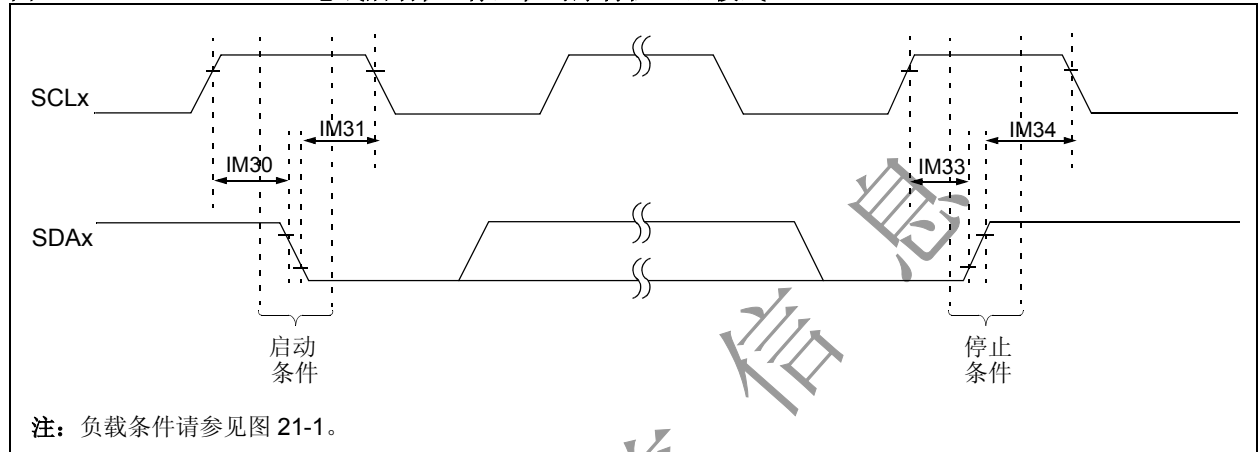
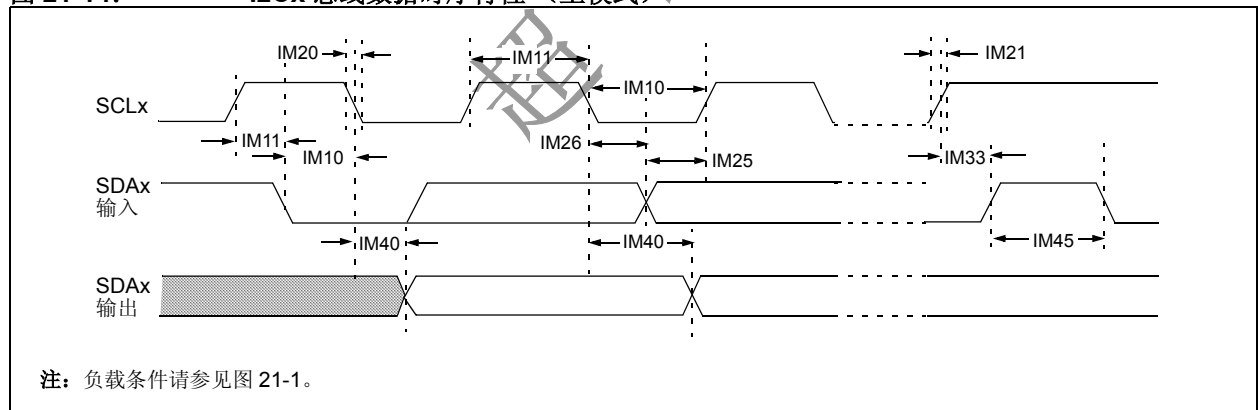


图 21-14: I2Cx 总线数据时序特性 (主模式)



PIC24HJ12GP201/202

表 21-32: 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
			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
			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
			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
			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
			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	

注 1: BRG 为 I²C 波特率发生器的值。请参见《PIC24H 系列参考手册》中的第 19 章 “I2C™”。请参见 Microchip 网站 (www.microchip.com) 了解最新的《PIC24H 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)。

图 21-15: I2Cx 总线启动位 / 停止位时序特性 (从模式)

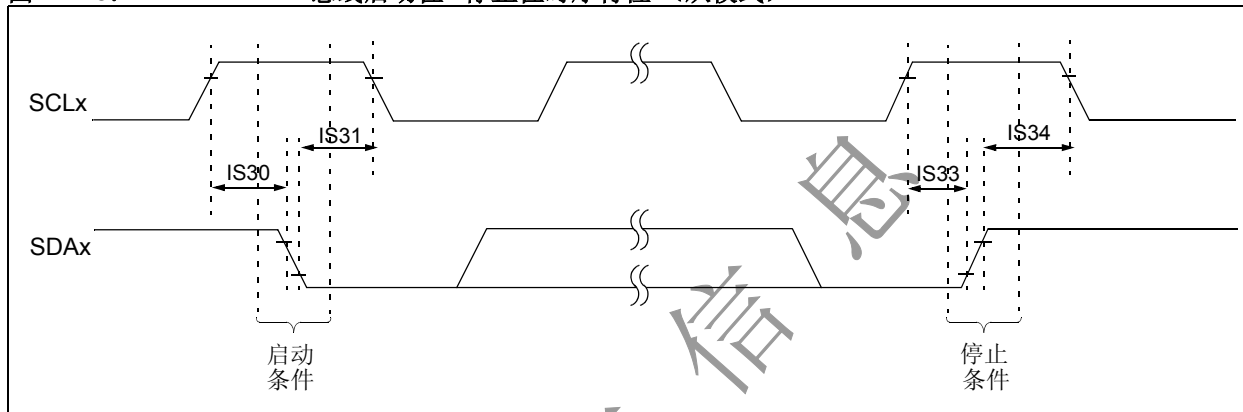
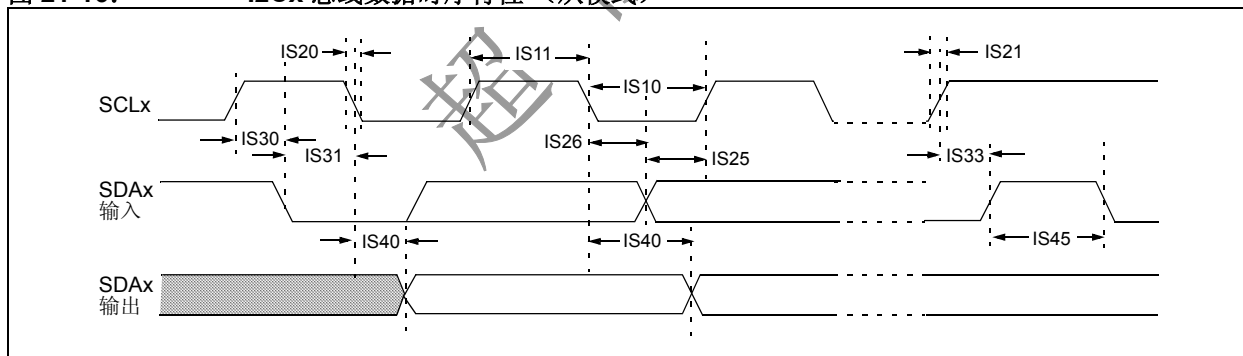


图 21-16: I2Cx 总线数据时序特性 (从模式)



PIC24HJ12GP201/202

表 21-33: 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	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 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）。

表 21-34: 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 VDD 电源	VDD - 0.3 和 3.0 中的较大值	—	VDD + 0.3 和 3.6 中的较小值	V	—
AD02	AVSS	模块 VSS 电源	VSS - 0.3	—	VSS + 0.3	V	—
参考输入							
AD05	VREFH	参考电压高电平	AVSS + 1.7	—	AVDD	V	—
AD06	VREFL	参考电压低电平	AVSS	—	AVDD - 1.7	V	—
AD07	VREF	绝对参考电压	AVSS - 0.3	—	AVDD + 0.3	V	—
AD08	IREF	电流消耗	—	400 .001	600 1	μA μA	ADC 工作 ADC 关闭
模拟输入							
AD10	VINH-VINL	满量程输入范围	VREFL	—	VREFH	V	见“注”
AD11	VIN	绝对输入电压	AVSS	—	AVDD	V	—
AD13	—	泄漏电流	—	0.5	3.5	μA	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD17	RIN	模拟电压源的推荐阻抗	—	—	200 200	Ω Ω	10 位 12 位
ADC 准确度 (12 位模式) (2)							
AD20a	Nr	分辨率	12 个数据位			位	
AD21a	INL	积分非线性	-2	—	2	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD22a	DNL	微分非线性	>-1	—	<1	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD23a	GERR	增益误差	1	2	5	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD24a	Eoff	失调误差	1	2	3	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD25a	—	单调性 (1)	—	—	—	—	保证

注 1: ADC 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: 测量采用外部 VREF+ 和 VREF- 用作 ADC 参考电压。

3: 测量采用内部 VREF+ 和 VREF- 用作 ADC 参考电压。

PIC24HJ12GP201/202

表 21-34: ADC 模块规范 (续)

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
ADC 准确度 (12 位模式) ⁽³⁾							
AD20a	Nr	分辨率	12 个数据位			位	
AD21a	INL	积分非线性	-2	—	2	LSb	V _{INL} = AV _{SS} = V _{REFL} = 0V, AV _{DD} = V _{REFH} = 3.6V
AD22a	DNL	微分非线性	>-1	—	<1	LSb	V _{INL} = AV _{SS} = V _{REFL} = 0V, AV _{DD} = V _{REFH} = 3.6V
AD23a	GERR	增益误差	2	3	7	LSb	V _{INL} = AV _{SS} = V _{REFL} = 0V, AV _{DD} = V _{REFH} = 3.6V
AD24a	E _{OFF}	失调误差	2	3	5	LSb	V _{INL} = AV _{SS} = V _{REFL} = 0V, AV _{DD} = V _{REFH} = 3.6V
AD25a	—	单调性 ⁽¹⁾	—	—	—	—	保证
动态性能 (12 位模式)							
AD30a	THD	总谐波失真	-77	-69	-61	dB	—
AD31a	SINAD	信噪比和失真	59	63	64	dB	—
AD32a	SFDR	无杂散动态范围	63	72	79	dB	—
AD33a	F _{NYQ}	输入信号带宽	—	—	250	kHz	—
AD34a	ENOB	有效位数	10.3	10.4	10.5	位	—

注 1: ADC 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: 测量采用外部 V_{REF+} 和 V_{REF-} 用作 ADC 参考电压。

3: 测量采用内部 V_{REF+} 和 V_{REF-} 用作 ADC 参考电压。

表 21-34: ADC 模块规范 (续)

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
ADC 准确度 (10 位模式) ⁽²⁾							
AD20b	Nr	分辨率	10 个数据位			位	
AD21b	INL	积分非线性	-2	—	2	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD22b	DNL	微分非线性	>-1	—	<1	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD23b	GERR	增益误差	1	3	6	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD24b	EOFF	失调误差	1	2	5	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD25b	—	单调性 ⁽¹⁾	—	—	—	—	保证
ADC 准确度 (10 位模式) ⁽³⁾							
AD20b	Nr	分辨率	10 个数据位			位	
AD21b	INL	积分非线性	-2	—	2	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD22b	DNL	微分非线性	>-1	—	<1	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD23b	GERR	增益误差	1	4	8	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD24b	EOFF	失调误差	2	3	6	LSb	VINL = AVSS = VREFL = 0V, AVDD = VREFH = 3.6V
AD25b	—	单调性 ⁽¹⁾	—	—	—	—	保证
动态性能 (10 位模式)							
AD30b	THD	总谐波失真	-71	-68	-55	dB	—
AD31b	SINAD	信噪比和失真	53	60	61	dB	—
AD32b	SFDR	无杂散动态范围	55	71	76	dB	—
AD33b	FNYQ	输入信号带宽	—	—	550	kHz	—
AD34b	ENOB	有效位数	9.1	9.7	9.8	位	—

注 1: ADC 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: 测量采用外部 VREF+ 和 VREF- 用作 ADC 参考电压。

3: 测量采用内部 VREF+ 和 VREF- 用作 ADC 参考电压。

PIC24HJ12GP201/202

图 21-17: ADC 转换（12 位模式）时序特性（ASAM = 0, SSRC<2:0> = 000）

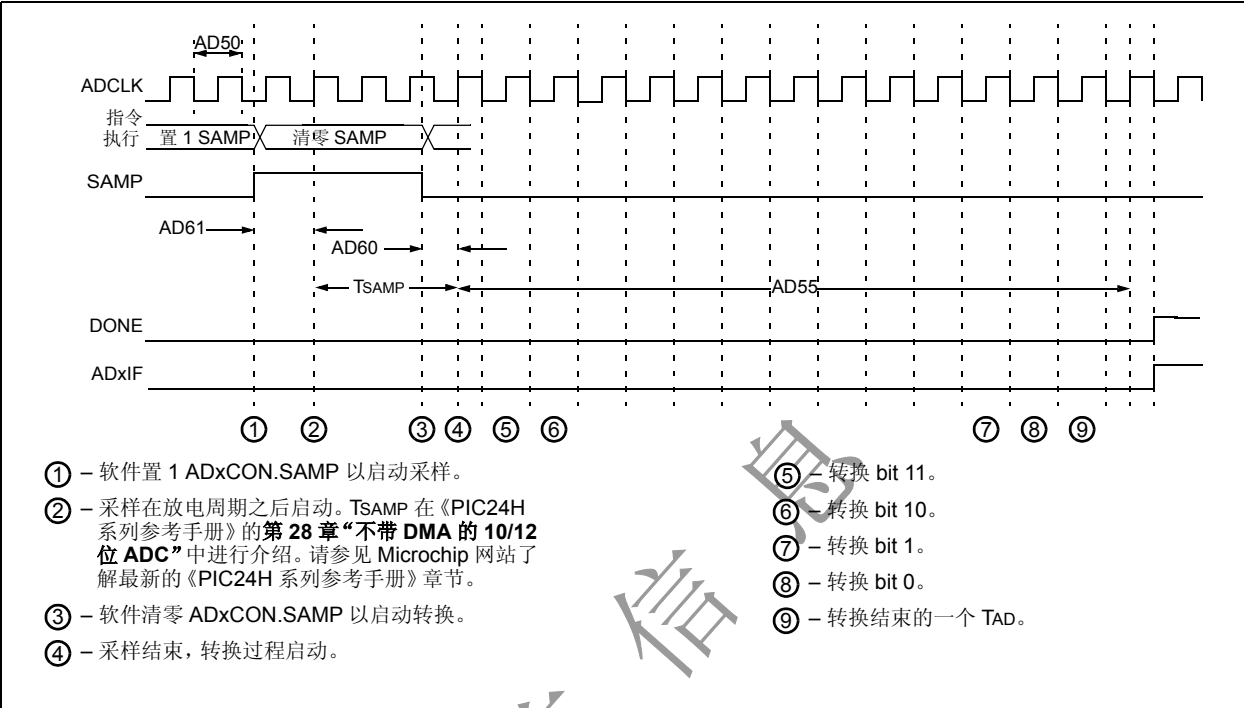


表 21-35: ADC 转换（12 位模式）时序要求

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	最小值	典型值	最大值	单位	条件
时钟参数 ⁽¹⁾							
AD50	TAD	ADC 时钟周期	142.85	—	—	ns	
AD51	trc	ADC 内部 RC 振荡器周期	—	250	—	ns	
转换速率							
AD55	tCONV	转换时间	—	14 TAD	—	ns	
AD56	FCNV	吞吐率	—	—	500	Ksps	
AD57	TSAMP	采样时间	3 TAD	—	—	—	
时序参数							
AD60	tpCS	从触发采样到启动转换的时间 ⁽²⁾	—	1.0 TAD	—	—	未选择自动转换触发
AD61	tpSS	从采样位（SAMP）置 1 到采样启动的时间 ⁽²⁾	0.5 TAD	—	1.5 TAD	—	—
AD62	tcSS	转换结束到采样启动（ASAM = 1）的时间 ⁽²⁾	—	0.5 TAD	—	—	—
AD63	tdPU	从 ADC 关闭到 ADC 开启，用于稳定模拟级的时间 ⁽²⁾	1	—	5	μs	—

注 1: 因为采样电容最终将无法保持电荷，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。

2: 这些参数为特性值，但生产时未经测试。

图 21-18: ADC 转换 (10 位模式) 时序特性
(CHPS<1:0> = 01, SIMSAM = 0, ASAM = 0, SSRC<2:0> = 000)

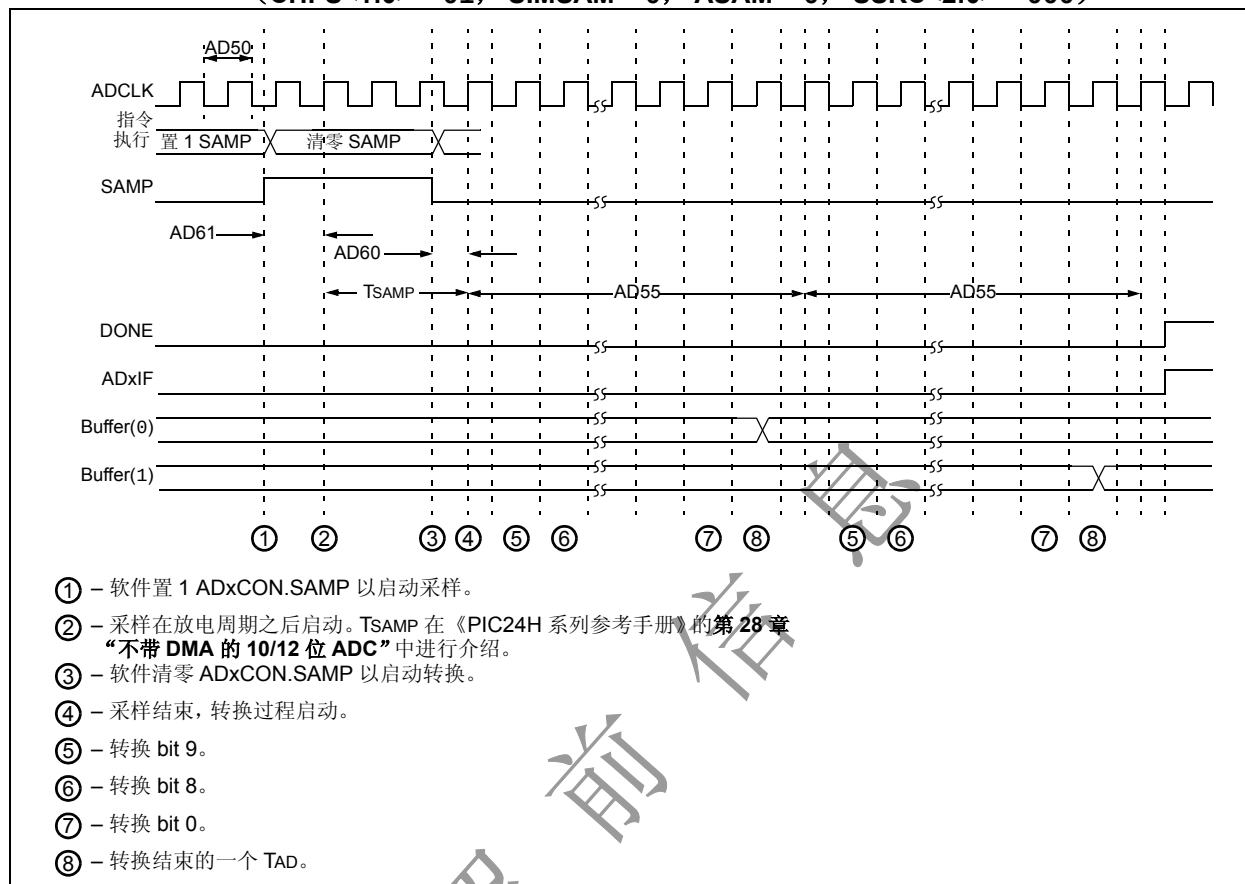
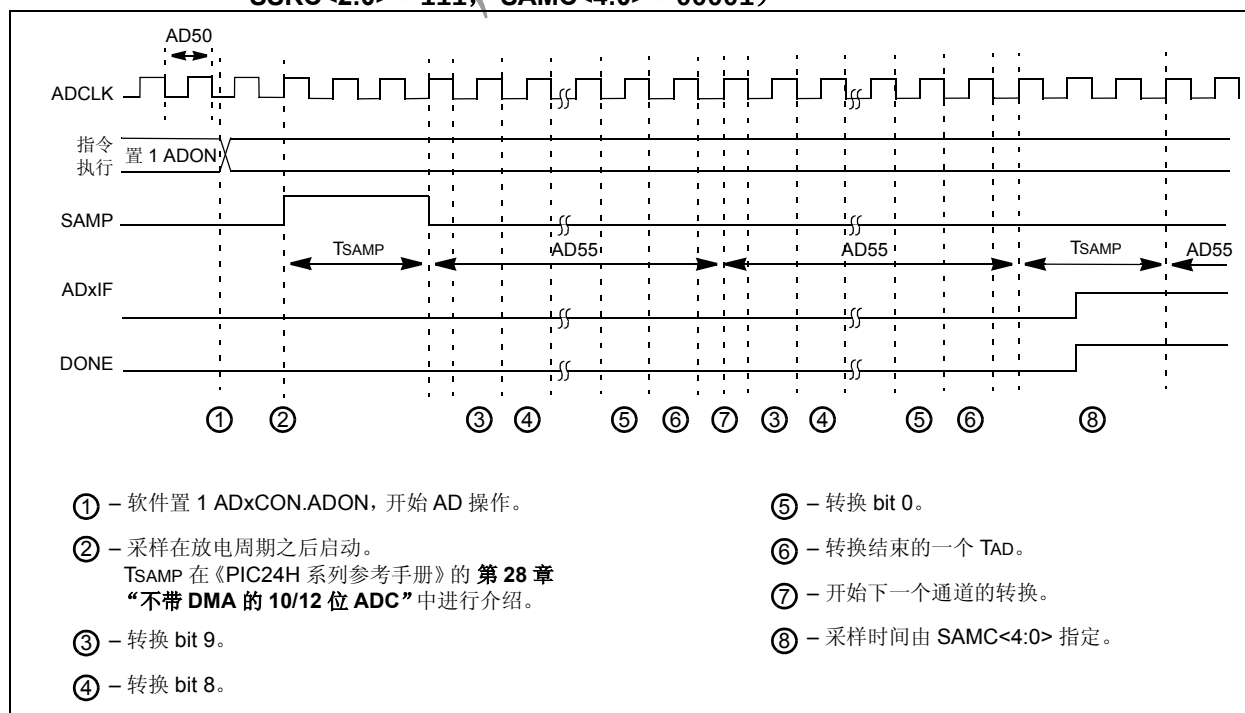


图 21-19: ADC 转换 (10 位模式) 时序特性 (CHPS<1:0> = 01, SIMSAM = 0, ASAM = 1, SSRC<2:0> = 111, SAMC<4:0> = 00001)



PIC24HJ12GP201/202

表 21-36: ADC 转换（10 位模式）时序要求

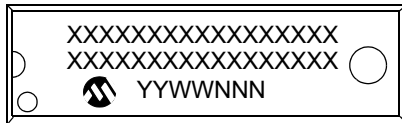
交流特性			标准工作条件: 3.0V 至 3.6V（除非另外声明） 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C（工业级） -40°C ≤ TA ≤ +125°C（扩展级）				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件
时钟参数 ⁽²⁾							
AD50	TAD	ADC 时钟周期	75.76	—	—	ns	
AD51	tRC	ADC 内部 RC 振荡器周期	—	250	—	ns	
转换速率							
AD55	tCONV	转换时间	—	12 TAD	—	—	
AD56	FCNV	吞吐率	—	—	1.1	Msp/s	
AD57	TSAMP	采样时间	3 TAD	—	—	—	
时序参数							
AD60	tPCS	从采样触发到转换开始的时间 ⁽¹⁾	—	1.0 TAD	—	—	未选择自动转换触发 (SSRC<2:0> = 111)
AD61	tPSS	从采样位 (SAMP) 置 1 到采样启动的时间 ⁽¹⁾	0.5 TAD	—	1.5 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⁾	1	—	5	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放电, 低于 10 kHz 的时钟速率可能影响线性性能, 尤其在温度较高时。

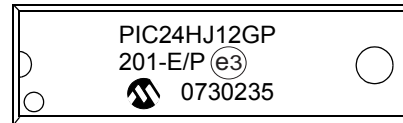
22.0 封装信息

22.1 封装标识信息

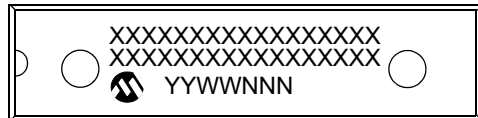
18 引脚 PDIP



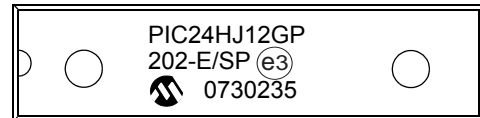
示例



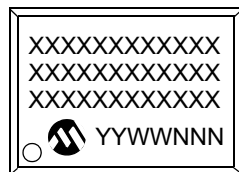
28 引脚 SPDIP



示例



18 引脚 SOIC (0.300 英寸)



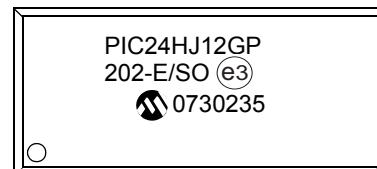
示例



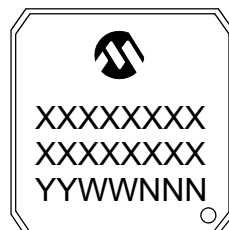
28 引脚 SOIC (0.300 英寸)



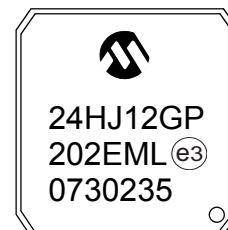
示例



28 引脚 QFN



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 (1 月 1 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。

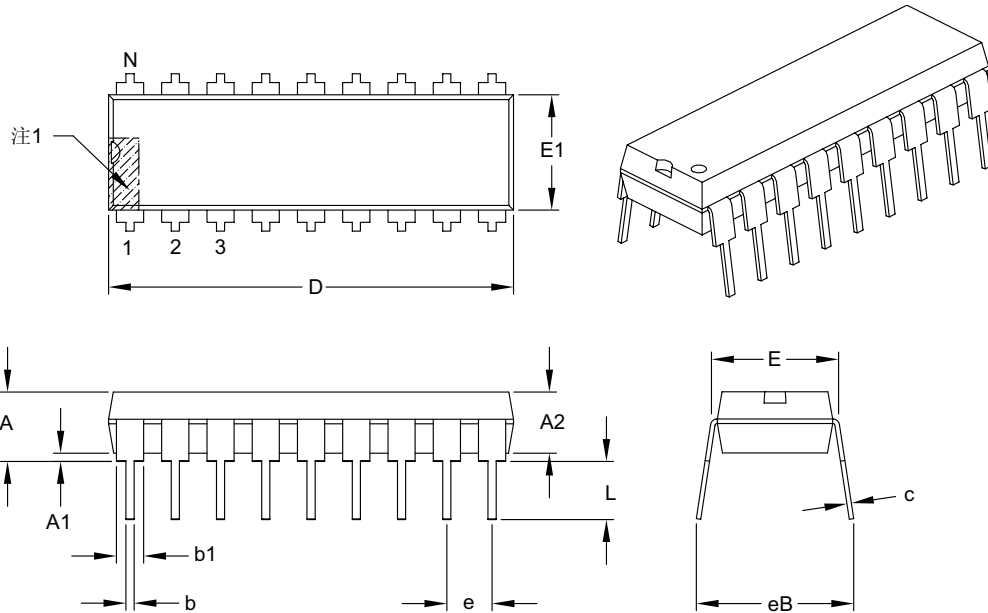
注: Microchip 元器件编号如果无法在同一行内完整标注, 将换行标出。因此会限制表示客户信息的字符数。

PIC24HJ12GP201/202

22.2 封装详细信息

18引脚塑封双列直插式封装（P）——300 mil主体 [PDIP]

注： 最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



单位	英寸	尺寸范围		
		最小	正常	最大
引脚数	N	18		
引脚间距	e	.100 BSC		
顶端到固定面高度	A	—	—	.210
塑模封装厚度	A2	.115	.130	.195
塑模底面到固定面高度	A1	.015	—	—
肩到肩宽度	E	.300	.310	.325
塑模封装宽度	E1	.240	.250	.280
总长度	D	.880	.900	.920
引脚尖到固定面高度	L	.115	.130	.150
引脚厚度	c	.008	.010	.014
引脚上部宽度	b1	.045	.060	.070
引脚下部宽度	b	.014	.018	.022
总排列间距 §	eB	—	—	.430

注：

1. 引脚1的可见定位功能可能不同，但必须在阴影区域内。
2. § 重要特性。
3. 尺寸D和E1不包括塑模毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不得超过0.010英寸。
4. 尺寸和公差请参见ASME Y14.5M。

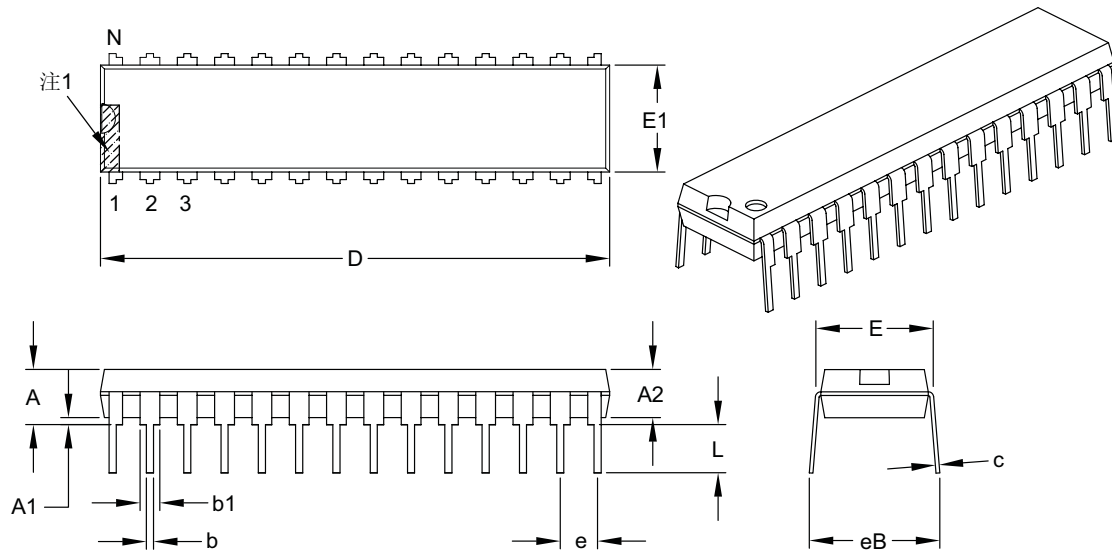
BSC：基本尺寸。显示的是没有公差的理论精确值。

Microchip Technology图号C04-007B

PIC24HJ12GP201/202

28引脚窄型塑封双列直插式封装（SP或PJ）——300 mil主体 [SPDIP]

注： 最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



	单位	英寸		
		最小	正常	最大
引脚数	N	28		
引脚间距	e	.100 BSC		
顶端到固定面高度	A	—	—	.200
塑模封装厚度	A2	.120	.135	.150
塑模底面到固定面高度	A1	.015	—	—
肩到肩宽度	E	.290	.310	.335
塑模封装宽度	E1	.240	.285	.295
总长度	D	1.345	1.365	1.400
引脚尖到固定面高度	L	.110	.130	.150
引脚厚度	c	.008	.010	.015
引脚上部宽度	b1	.040	.050	.070
引脚下部宽度	b	.014	.018	.022
总排列间距 §	eB	—	—	.430

注：

1. 引脚1的可见定位功能可能不同，但必须在阴影区域内。
2. § 重要特性。
3. 尺寸D和E1不包括塑模毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不得超过0.010英寸。
4. 尺寸和公差请参见ASME Y14.5M。

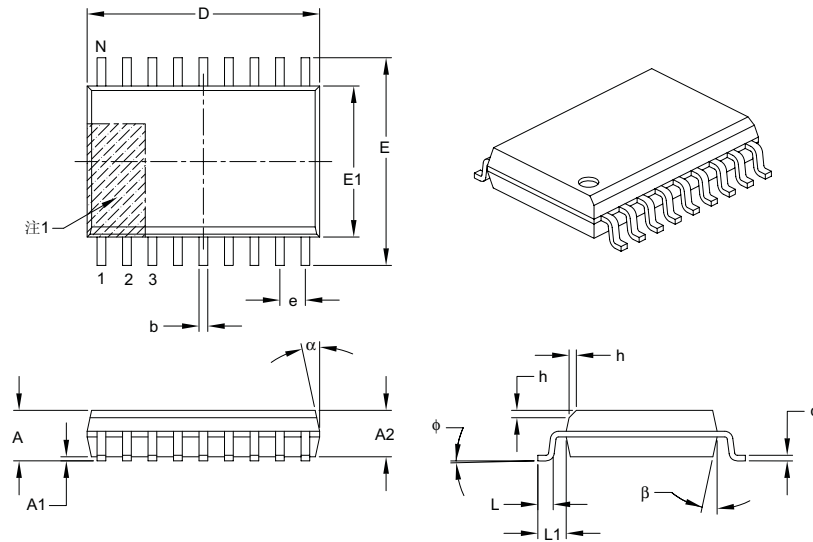
BSC：基本尺寸。显示的是没有公差的理论精确值。

Microchip Technology图号C04-070B

PIC24HJ12GP201/202

18引脚塑封小外形封装（SO）——宽条，7.50 mm主体 [SOIC]

注： 最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



单位		毫米		
尺寸范围		最小	正常	最大
引脚数	N	18		
引脚间距	e	1.27 BSC		
总高度	A	—	—	2.65
塑模封装厚度	A2	2.05	—	—
悬空间隙 §	A1	0.10	—	0.30
总宽度	E	10.30 BSC		
塑模封装宽度	E1	7.50 BSC		
总长度	D	11.55 BSC		
斜面（可选）	h	0.25	—	0.75
底脚长度	L	0.40	—	1.27
引脚投影长度	L1	1.40 REF		
底脚倾斜角	φ	0°	—	8°
引脚厚度	c	0.20	—	0.33
引脚宽度	b	0.31	—	0.51
塑模顶部锥度	α	5°	—	15°
塑模底部锥度	β	5°	—	15°

注：

- 引脚1的可见定位功能可能不同，但必须在阴影区域内。
- § 重要特性。
- 尺寸D和E1不包括塑模毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不得超过0.15毫米。
- 尺寸和公差请参见ASME Y14.5M。

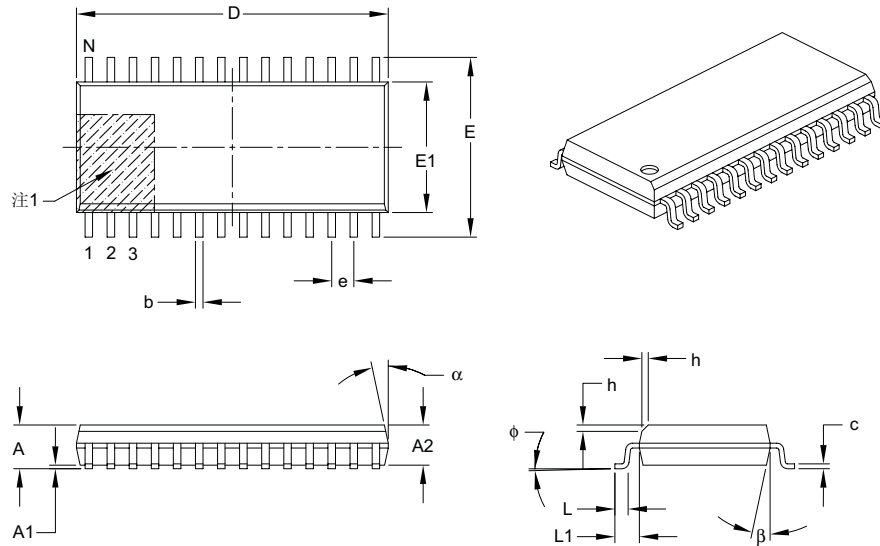
BSC：基本尺寸。显示的是没有公差的理论精确值。

REF：参考尺寸，通常无公差，仅供参考。

Microchip Technology图号C04-051B

28引脚塑封小外形封装（SO或OI）——宽条，7.50 mm主体 [SOIC]

注： 最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



单位		毫米		
尺寸范围		最小	正常	最大
引脚数	N	28		
引脚间距	e	1.27 BSC		
总高度	A	—	—	2.65
塑模封装厚度	A2	2.05	—	—
悬空间隙 §	A1	0.10	—	0.30
总宽度	E	10.30 BSC		
塑模封装宽度	E1	7.50 BSC		
总长度	D	17.90 BSC		
斜面（可选）	h	0.25	—	0.75
底脚长度	L	0.40	—	1.27
引脚投影长度	L1	1.40 REF		
底脚倾斜角	φ	0°	—	8°
引脚厚度	c	0.18	—	0.33
引脚宽度	b	0.31	—	0.51
塑模顶部锥度	α	5°	—	15°
塑模底部锥度	β	5°	—	15°

注：

1. 引脚1的可见定位功能可能不同，但必须在阴影区域内。
2. § 重要特性。
3. 尺寸D和E1不包括塑模毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不得超过0.15毫米。
4. 尺寸和公差请参见ASME Y14.5M。

BSC：基本尺寸。显示的是没有公差的理论精确值。

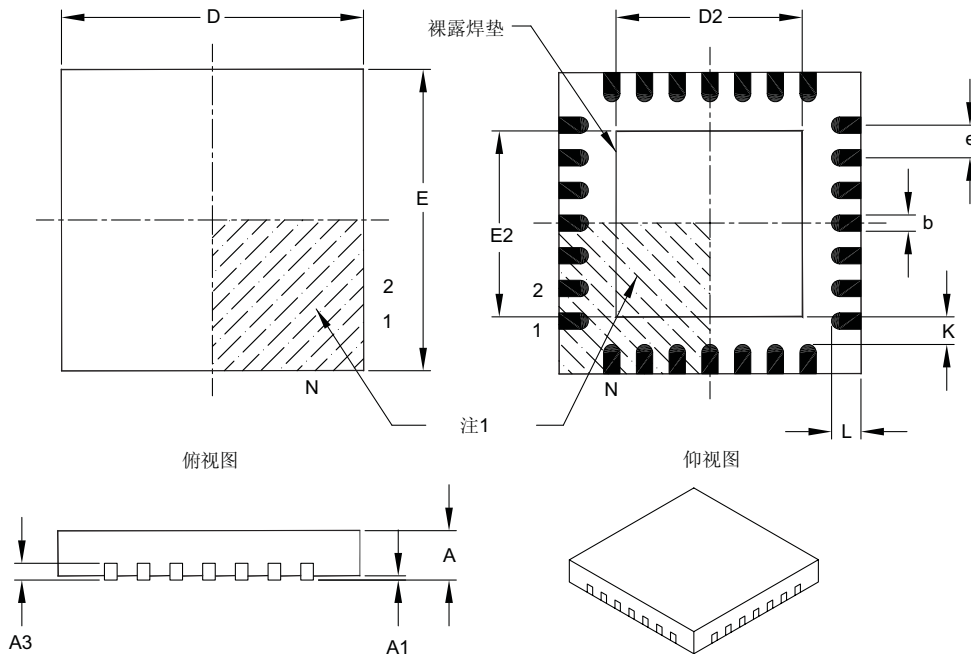
REF：参考尺寸，通常无公差，仅供参考。

Microchip Technology图号C04-052B

PIC24HJ12GP201/202

28引脚塑封正方扁平无脚封装（ML）——6x6 mm主体 [QFN]，具有0.55 mm触点长度

注：最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



单位		毫米		
尺寸范围		最小	正常	最大
引脚数	N	28		
引脚间距	e	0.65 BSC		
总高度	A	0.80	0.90	1.00
悬空间隙	A1	0.00	0.02	0.05
触点厚度	A3	0.20 REF		
总宽度	E	6.00 BSC		
裸露金属焊垫宽度	E2	3.65	3.70	4.20
总长度	D	6.00 BSC		
裸露金属焊垫长度	D2	3.65	3.70	4.20
触点宽度	b	0.23	0.30	0.35
触点长度	L	0.50	0.55	0.70
触点到裸露金属焊垫的距离	K	0.20	—	—

注：

1. 引脚1的可见定位功能可能不同，但必须在阴影区域内。
2. 封装为切割分离。
3. 尺寸和公差请参见ASME Y14.5M。
BSC：基本尺寸。显示的是没有公差的理论精确值。
REF：参考尺寸，通常无公差，仅供参考。

MicrochipTechnology图号C04-105B

附录 A: 版本历史

版本 A (2007 年 2 月)

本文档的初始发行版

注:

索引

A

ADC

初始化	151
主要特性	151

ADC 模块

PIC24HJ12GP201 的 ADC1 寄存器映射	27
PIC24HJ12GP202 的 ADC1 寄存器映射	28

B

备用向量表 (AIVT)	49
变更通知客户服务	229

C

C 编译器

MPLAB C18	180
MPLAB C30	180

CPU

控制寄存器	14
CPU 的特殊功能	163
CPU 时钟系统	78
选择	78
操作码说明中使用的符号	172
程序存储空间与数据存储空间的接口	33
程序存储器	
复位向量	18
构成	18
中断向量	18
程序地址空间	17
PIC24HJ12GP201/202 的存储器映射	17
表读指令	
TBLRDH	35
TBLRDL	35
构成	33
可视性操作	36
使用表指令访问程序存储器中的数据	35
使用程序空间可视性访问程序存储器中的数据	36
数据访问自, 地址生成	34
串行外设接口 (SPI)	125
存储器构成	17

D

打盹模式	88
代码保护	163, 169
代码示例	
PWRSAV 指令语法	87
擦除程序存储器页	41
端口写 / 读	90
启动编程序列	42
装载写缓冲器	42
电气特性	183
AC	192
读者反馈	230
多位数据移位寄存器	16

F

FSCM

晶振和 PLL 时钟源的延时	47
器件复位	47
封装	217
标识	217
详细信息	218
复位	43
时间	46
时钟源选择	46

特殊功能寄存器的复位状态	47
复位过程	49

G

公式

A/D 转换时钟周期	153
UART 波特率 (BRGH = 0)	144
UART 波特率 (BRGH = 1)	144
串行时钟速率	133
计算 PWM 周期	120
计算最大 PWM 分辨率	120
器件工作频率	78
器件工作频率和 SPI 时钟速度之间的关系	128
故障保护时钟监视器	85

H

红外支持

内置 IrDA 编码器和解码器	145
外部 IrDA, IrDA 时钟输出	145

汇编器

MPASM 汇编器	180
-----------------	-----

I

I/O 端口	89
并行 I/O (PIO)	89
写 / 读时序	90
I ² C	
IPMI 支持	135
波特率发生器	133
从地址掩码	135
地址	135
工作模式	133
广播呼叫地址支持	135
寄存器	133
软件控制的时钟延长 (STREN = 1)	135
斜率控制	136
中断	133
主模式工作	
多主器件通信、总线冲突和总线仲裁	136
时钟仲裁	136

I²C 模块

I ² C1 寄存器映射	25
-------------------------------	----

J

JTAG 边界扫描接口	163
JTAG 接口	169
寄存器	
ADxCHS0 (ADCx 输入通道 0 选择)	160
ADxCHS123 (ADCx 输入通道 1、2 和 3 选择)	159
ADxCON1 (ADCx 控制 1)	155
ADxCON2 (ADCx 控制 2)	157
ADxCON3 (ADCx 控制 3)	158
ADxCSSL (ADCx 输入扫描选择的低位字)	161
ADxPCFGL (ADCx 端口配置的低位字)	161
CLKDIV (时钟分频比)	82
CORCON (内核控制)	15, 55
I2CxCON (I2Cx 控制)	137
I2CxMSK (I2Cx 从模式地址掩码)	141
I2CxSTAT (I2Cx 状态)	139
ICxCON (输入捕捉 x 控制)	118
IEC0 (中断允许控制 0)	62
IEC1 (中断允许控制 0)	64
IEC4 (中断允许控制 0)	65
IFS0 (中断标志状态 0)	58

PIC24HJ12GP201/202

IFS1（中断标志状态 1）	60
IFS4（中断标志状态 4）	61
INTCON1（中断控制 1）	56
INTCON2（中断控制 2）	57
INTTREG 中断控制和状态寄存器	74
IPC0（中断优先级控制 0）	66
IPC16（中断优先级控制 16）	73
IPC1（中断优先级控制 1）	67
IPC2（中断优先级控制 2）	68
IPC3（中断优先级控制 3）	69
IPC4（中断优先级控制 4）	70
IPC5（中断优先级控制 5）	71
IPC7（中断优先级控制 7）	72
NVMCON（闪存存储器控制）	39
NVMKEY（非易失性存储器关键）	40
OCxCON（输出比较 x 控制）	123
OSCCON（振荡器控制）	80
OSCTUN（FRC 振荡器调节）	84
PLLFBF（PLL 反馈倍频比）	83
RCON（复位控制）	44
SPIxCON1（SPIx 控制 1）	130
SPIxCON2（SPIx 控制 2）	132
SPIxSTAT（SPIx 状态和控制）	129
SR（CPU 状态）	14, 54
T1CON（Timer1 控制）	110
T2CON 控制	114
T3CON 控制	115
UxMODE（UARTx 模式）	146
UxSTA（UARTx 状态和控制）	148
基于指令的节能模式	87
空闲	88
休眠	87
交流特性	192
负载条件	192
内部 RC 精度	194
节能特性	87
时钟频率和切换	87
K	
开发支持	179
看门狗定时器（WDT）	163, 167
编程注意事项	167
勘误表	6
客户通知服务	229
客户支持	229
框图	
16 位 Timer1 模块	109
ADC1 模块	152
PIC24HJ12GP201/202	8
PIC24HJ12GP201/202 CPU 内核	12
PIC24HJ12GP201/202 PLL	79
PIC24HJ12GP201/202 振荡器系统框图	77
PLL	79
SPI	126
Timer2/3（32 位）	112
Timer2（16 位）	113
UART	143
复位系统	43
共用端口结构	89
看门狗定时器（WDT）	168
片上稳压器的连接	166
输出比较	122
输入捕捉	117
L	
灵活的配置	163
漏极开路配置	90
M	
MCU 的特性	11
Microchip 因特网网站	229
MPLAB ASM30 汇编器、链接器和库管理器	180
MPLAB ICD 2 在线调试器	181
MPLAB ICE 2000 高性能通用在线仿真器	181
MPLAB PM3 器件编程器	181
MPLAB REAL ICE 在线仿真器系统	181
MPLAB 集成开发环境软件	179
MPLINK 目标链接器 /MPLIB 目标库管理器	180
脉宽调制模式	120
模数转换器（ADC）	151
N	
NVM 模块	
寄存器映射	30
内部 RC 振荡器	
与 WDT 一起使用	167
P	
PICSTART 2 开发编程器	182
PICSTART Plus 开发编程器	182
PMD 模块	
寄存器映射	30
POR 和长振荡器起振时间	47
PORTA	
寄存器映射	29
PORTB	
PIC24HJ12GP201 的寄存器映射	29
PIC24HJ12GP202 的寄存器映射	29
PWM	
占空比	120
周期	120
配置寄存器映射	163
配置模拟端口引脚	90
配置位	163
说明（表）	164
R	
软件堆栈指针，帧指针	
CALL 堆栈帧	31
软件模拟器（MPLAB SIM）	180
S	
SPI	
从动，帧从动连接	128
从动，帧主控连接	128
主 / 从连接	127
主控，帧主控连接	127
SPI 模块	
SPI1 寄存器映射	25
闪存程序存储器	37
RTSP 工作原理	38
编程算法	41
表指令	37
操作	38
控制寄存器	38
设置产生单个输出脉冲	119
设置产生连续输出脉冲	119
时序规范	
10 位 A/D 转换要求	216
12 位 A/D 转换要求	214
I2Cx 总线数据要求（从模式）	210
I2Cx 总线数据要求（主模式）	208

PLL 时钟	194	9 位数据模式下的发送	145
SPIx 从模式 (CKE = 0) 要求	204	波特率发生器 (BRG)	144
SPIx 从模式 (CKE = 1) 要求	206	间隔和同步发送序列	145
SPIx 主模式 (CKE = 0) 要求	202	使用 UxCTS 和 UxRTS 引脚的流控制	145
SPIx 主模式 (CKE = 1) 要求	203	UART 模块	
Timer2 外部时钟要求	199	UART1 寄存器映射	25
Timer3 外部时钟要求	199	W	
Timer1 外部时钟要求	198	WWW 地址	229
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	197	WWW, 在线支持	6
简单输出比较 /PWM 模式要求	201	外设模块禁止 (PMD)	88
输出比较要求	200	外设引脚选择模块	
时序特性		PIC24HJ12GP202 的输出寄存器映射	26
CLKO 和 I/O	195	输入寄存器映射	26
时序图		温度和电压规范	
10 位 A/D 转换	215	AC	192
10 位 A/D 转换 (CHPS = 01, SIMSAM = 0, ASAM = 0, SSRC = 000)	215	稳压器 (片上)	166
12 位 A/D 转换 (ASAM = 0, SSRC = 000)	214	X	
I2Cx 总线启动位 / 停止位 (从模式)	209	系统控制	
I2Cx 总线启动位 / 停止位 (主模式)	207	寄存器映射	29
I2Cx 总线数据 (从模式)	209	Y	
I2Cx 总线数据 (主模式)	207	引脚说明 (表)	9
SPIx 从模式 (CKE = 0)	204	因特网地址	229
SPIx 从模式 (CKE = 1)	205	Z	
SPIx 主模式 (CKE = 0)	202	在节能指令执行期间的中断	88
SPIx 主模式 (CKE = 1)	203	在线串行编程 (ICSP)	163, 170
Timer1、Timer2 和 Timer3 外部时钟	198	在线调试器	170
复位、看门狗定时器、振荡器起振定时器 和上电延时定时器	196	在线仿真	163
输出比较 /PWM	201	振荡器配置	77
输出比较 (OCx)	200	指令集	
输入捕捉 (CAPx)	200	概述	174
外部时钟	193	汇总	171
时序要求		指令寻址模式	31
CLKO 和 I/O	195	MCU 指令	31
DCI AC-Link 模式	211	其他指令	32
DCI 多通道, I ² S 模式	211	文件寄存器指令	31
输入捕捉	200	支持的基本模式	32
外部时钟	193	传送指令和累加器指令	32
时钟切换	85	直流特性	184
使能	85	I/O 引脚输出规范	190
序列	85	I/O 引脚输入规范	189
输出比较	119	程序存储器	191
寄存器	123	打吨电流 (IDOZE)	188
数据地址空间	19	掉电电流 (IPD)	187
Near 数据空间	19	工作电流 (IDD)	186
带有 1 KB RAM 的 PIC24HJ12GP201/202 器件的存储器映射	20	空闲电流 (IDLE)	187
对齐	19	温度和电压规范	185
宽度	19	中断控制和状态寄存器	53
软件堆栈	31	IECx	53
输入捕捉	117	IFSx	53
寄存器	118	INTCON1	53
输入状态变化通知	90	INTCON2	53
算术逻辑单元 (ALU)	16	IPCx	53
T		中断设置过程	75
Timer1	109	初始化	75
Timer2/3	111	陷阱服务程序	75
通用异步收发器 (UART)	143	中断服务程序	75
U		中断禁止	75
UART		中断向量表 (IVT)	49
8 位或 9 位数据模式下的接收	145	自动时钟延长	135
8 位数据模式下的发送	145	发送模式	135
		接收模式	135

注:

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、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 的客户通知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, 点击“变更通知客户 (Customer Change Notification)”服务并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://support.microchip.com>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： PIC24HJ12GP201/202

文献编号： DS70282A_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？

产品标识体系

欲订货或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

PIC 24 HJ 12 GP2 02 T E / SP - XXX

Microchip 的商标

架构

闪存系列

程序存储器容量 (KB)

产品组

引脚数

卷带标志 (如果适用)

温度范围

封装

模式

架构:
闪存系列:
产品组:
引脚数:
温度范围:
封装:

24
HJ
GP2
01
I
P

=
=
=
=
=
=

16 位单片机
闪存程序存储器, 3.3V
通用系列
18 引脚
-40°C 至 +85°C (工业级)
塑封双列直插式封装——300 mil 主体 (PDIP)

02
E
SP

28 引脚
-40°C 至 +125°C (扩展级)
窄型塑封双列直插式封装——300 mil 主体 (SPDIP)

SO

塑封小外形封装——宽条, 300 mil 主体 (SOIC)

ML

塑封正方无脚封装——6x6 mm 主体 (QFN)

示例:

a)

PIC24HJ12GP202-E/SP:
通用 PIC24H, 12 KB 程序存储器, 28 引
脚, 扩展级温度, SPDIP 封装。

© 2008 Microchip Technology Inc.

超前信息

DS70282A_CN 第 231 页



MICROCHIP

全球销售及服务中心

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA

Tel: 678-957-9614
Fax: 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

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

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

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

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

圣克拉拉 Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 408-961-6444
Fax: 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: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

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 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

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

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

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

亚太地区

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

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

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
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 - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

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

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

01/02/08