PIC16F716
数据手册

带 A/D 转换器和
增强型捕捉 / 比较 /PWM
的 8 位闪存单片机

© 2004 Microchip Technology Inc.

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 或任何其它半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是 “牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。 Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案（Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其它受版权保护的成果，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。 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. 的原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其它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。未经 Microchip 书面批准，不得将 Microchip 的产品用作生命维持系统中的关键组件。在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其它方式转让任何许可证。

商标

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

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

Analog-for-the-Digital Age、 Application Maestro、 dsPICDEM、 dsPICDEM.net、 dsPICworks、 ECAN、 ECONOMONITOR、 FanSense、 FlexROM、 fuzzyLAB、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 ICEPIC、 MPASM、 MPLIB、 MPLINK、 MPSIM、 PICkit、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICLAB、 PICtail、 PowerCal、 PowerInfo、 PowerMate、 PowerTool、 rfLAB、 rfPICDEM、 Select Mode、 Smart Serial、 SmartTel 和 Total Endurance 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其它国家或地区的商标。

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

在此提及的所有其它商标均为各持有公司所有。

© 2004, 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 及位于加利福尼亚州 Mountain View 的全球总部、设计中心和晶圆生产厂均于2003 年10 月通过了 ISO/TS-16949:2002 质量体系认证。公司在 PICmicro® 8 位单片机、 KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

PIC16F716

带 A/D 转换器和增强型捕捉 / 比较 /PWM 的 8 位闪存单片机

单片机内核特征：

- 高性能 RISC CPU
- 只有 35 条单字节指令
  - 除了程序分支指令为双周期指令外，其它所有指令均为单周期指令
- 工作速度：DC - 20 MHz 时钟输入
  DC - 200 ns 指令周期
- 中断能力（多达 7 个内部 / 外部中断源）
- 8 级深度硬件堆栈
- 直接、间接和相对寻址方式

特殊单片机特征：

- 上电复位（POR）
- 上电延时定时器（PWRT）和振荡器起振定时器（OST）
- 看门狗定时器（WDT），带片内 RC 振荡器，确保可靠工作
- 双阈值欠压复位电路
  - 2.5 VBOR（典型值）
  - 4.0 VBOR（典型值）
- 可编程代码保护
- 降低功耗的休眠模式
- 可选择不同的振荡器工作模式
- 全静态设计
- 在线串行编程（In-Circuit Serial Programming™，ICSP™）

CMOS 技术

- 宽工作电压范围：
  - 工业级：2.0V － 5.5V
  - 扩展级：3.0V － 5.5V
- 高灌 / 拉电流：25/25 mA
- 宽工作温度范围：
  - 工业级：-40°C － 85°C
  - 扩展级：-40°C － 125°C

低功耗特性：

- 待机电流：
  - 2.0V 时典型值为 100 nA
- 工作电流：
  - 32 kHz， 2.0V 时典型值为 14 μA
  - 1 MHz， 2.0V 时典型值为 120 μA
- 看门狗定时器工作电流：
  - 2.0V 时典型值为 1 μA
- Timer1 振荡器工作电流：
  - 32 kHz， 2.0V 时典型值为 3.0 μA

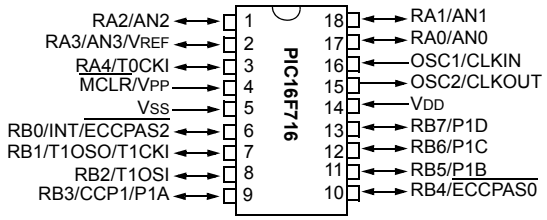
外设特性：

- Timer0：带 8 位预分频器的 8 位定时器 / 计数器
- Timer1：带预分频器的 16 位定时器 / 计数器，在休眠状态下，可使用外部晶体 / 时钟信号继续工作
- Timer2：带 8 位周期寄存器、预分频器和后分频器的 8 位定时器 / 计数器
- 增强型捕捉 / 比较 /PWM 模块：
  - 捕捉为 16 位，最大分辨率为 12.5 ns
  - 比较为 16 位，最大分辨率为 200 ns
  - PWM 最大分辨率为 10 位
  - 增强型 PWM：
    - 单输出、半桥和全桥工作方式
    - 数字可编程死区延时
    - 自动关断 / 重启
- 8 位多通道模数转换器
- 13 个 I/O 引脚带有独立方向控制
- PORTB 口可编程弱上拉

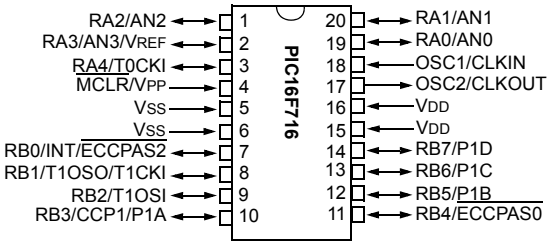
器件	存储器		I/O	8 位 A/D（通道数）	定时器 8 位 /16 位	PWM（输出）	VDD 范围
	闪存	数据					
PIC16F716	2048 x 14	128 x 8	13	4	2/1	1/2/4	2.0V - 5.5V

引脚配置图

18 引脚 PDIP，SOIC



20 引脚 SSOP



 © 2004 Microchip Technology Inc.

目录

1.0 器件概述 5
2.0 存储器结构 7
3.0 I/O 口 19
4.0 Timer0 模块 27
5.0 Timer1 模块 29
6.0 Timer2 模块 31
7.0 增强型捕捉 / 比较 /PWM （ECCP）模块 33
8.0 模数转换器 （A/D）模块 49
9.0 CPU 的特色 55
10.0 指令集概述 71
11.0 开发工具支持 85
12.0 电气特性 91
13.0 直流和交流特性图表 107
14.0 封装信息 109
附录 A： 版本历史 113
附录 B： 移植注意事项 113
附录 C： 从低档器件移植到中档器件 114
在线支持 115
系统信息与升级热线 115
读者反馈表 116
索引 117
产品标识体系 123

致 客 户

我司旨在提供最佳文档供客户正确使用 Microchip 产品。为此，我们将持续改善公司出版物以更好地满足您的要求。出版物的质量将随新手册及更新版本的推出而得到改善。

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 (8621)5407 5066。我们欢迎您的反馈。

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

您可通过检查数据手册中任意一页外侧下角的文献编号来确定其版本。文献编号的最后一个字母是版本编号，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，说明了（与数据手册的）小运行差异以及建议的工作条件。当器件 / 文档的差异为我们所知时，我们将出版一份勘误表。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 (见尾页)
- Microchip 总部文献中心；美国传真号码：001 (480) 792-7277

当致电销售办事处或文献中心时，请说明您所使用的器件名称、芯片和数据手册版本 (包括文献编号)。

客户通知系统

欲接收我司产品的最新信息，请到我公司网站 **www.microchip.com/cn** 上注册。

注：

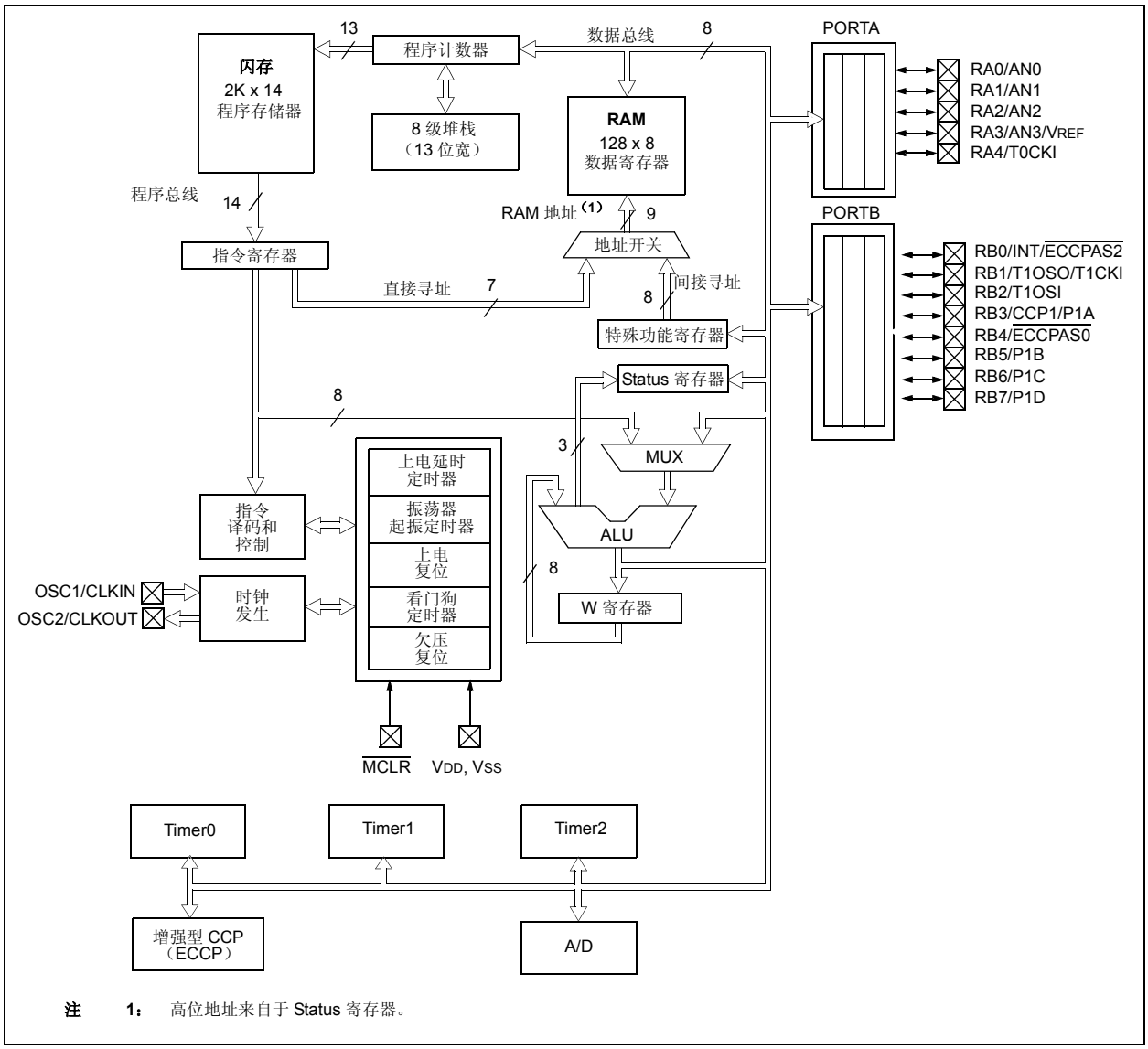
 © 2004 Microchip Technology Inc.

1.0 器件概述

本文档包含了 PIC16F716 的特定信息。其它信息请参阅《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。该手册可从您所在地的 Microchip 销售办事处获得，或者从 Microchip 网站下载。这个参考手册可作为本数据手册的一个补充文档，强烈推荐您阅读这个文档，以便更好地理解单片机的架构以及外设的操作。

图 1-1 是 PIC16F716 的结构框图。引脚配置见表 1-1。

图 1-1： PIC16F716 结构框图



注 1： 高位地址来自于 Status 寄存器。

表 1-1： PIC16F716 引脚描述

名称	功能	输入类型	输出类型	描述
$\overline{MCLR}$/VPP	$\overline{MCLR}$	ST	—	主复位输入，器件复位低电平有效。
	VPP	P	—	编程电压输入
OSC1/CLKIN	OSC1	XTAL	—	振荡器晶体输入
	CLKIN	CMOS	—	外部时钟源输入
	CLKIN	ST	—	RC 振荡器方式
OSC2/CLKOUT	OSC2	XTAL	—	振荡器晶体输出，在晶振方式下接晶体或谐振器。
	CLKOUT	—	CMOS	在 RC 方式下， OSC2 引脚输出 CLKOUT，其频率为 OSC1 频率的 1/4，即指令周期速度。
RA0/AN0	RA0	TTL	CMOS	双向 I/O 口
	AN0	AN	—	模拟输入通道 0
RA1/AN1	RA1	TTL	CMOS	双向 I/O 口
	AN1	AN	—	模拟输入通道 1
RA2/AN2	RA2	TTL	CMOS	双向 I/O 口
	AN2	AN	—	模拟输入通道 2
RA3/AN3/VREF	RA3	TTL	CMOS	双向 I/O 口
	AN3	AN	—	模拟输入通道 3
	VREF	AN	—	A/D 参考电压输入
RA4/T0CKI	RA4	ST	OD	双向 I/O 口。配置为输出时为漏极开路。
	T0CKI	ST	—	Timer0 外部时钟输入
RB0/INT/$\overline{ECCPAS2}$	RB0	TTL	CMOS	双向 I/O 口。可编程弱上拉。
	INT	ST	—	外部中断
	$\overline{ECCPAS2}$	ST	—	ECCP 自动关闭引脚
RB1/T1OSO/T1CKI	RB1	TTL	CMOS	双向 I/O 口。可编程弱上拉。
	T1OSO	—	XTAL	Timer1 振荡器输出，在振荡器方式下连接到晶振。
	T1CKI	ST	—	Timer1 外部时钟输入。
RB2/T1OSI	RB2	TTL	CMOS	双向 I/O 口。可编程弱上拉。
	T1OSI	XTAL	—	Timer1 振荡器输入，在振荡器方式下连接到晶振。
RB3/CCP1/P1A	RB3	TTL	CMOS	双向 I/O 口。可编程弱上拉。
	CCP1	ST	CMOS	捕捉 1 输入，比较 1 输出， PWM1 输出。
	P1A	—	CMOS	PWM P1A 输出
RB4/$\overline{ECCPAS0}$	RB4	TTL	CMOS	双向 I/O 口。可编程弱上拉。电平变化产生中断。
	$\overline{ECCPAS0}$	ST	—	ECCP 自动关闭引脚。
RB5/P1B	RB5	TTL	CMOS	双向 I/O 口。可编程弱上拉。电平变化产生中断。
	P1B	—	CMOS	PWM P1B 输出
RB6/P1C	RB6	TTL	CMOS	双向 I/O 口。可编程弱上拉。电平变化产生中断。作为 ICSP 编程时钟时为 ST 输入。
	P1C	—	CMOS	PWM P1C 输出
RB7/P1D	RB7	TTL	CMOS	双向 I/O 口。可编程弱上拉。电平变化产生中断。作为 ICSP 编程数据时为 ST 输入。
	P1D	—	CMOS	PWM P1D 输出。
VSS	VSS	P	—	逻辑和 I/O 引脚的地。
VDD	VDD	P	—	逻辑和 I/O 引脚的电源。

图注： I = 输入　AN = 模拟输入或输出　OD = 漏极开路
O = 输出　TTL = TTL 兼容输入　ST = CMOS 电平施密特触发器输入
P = 电源　XTAL = 晶振　CMOS = CMOS 兼容输入或输出

© 2004 Microchip Technology Inc.

2.0 存储器结构

PIC16F716 PICmicro 单片机有两个存储器模块，每个存储器模块（程序存储器和数据存储器）有各自的总线，因此可同时对它们进行访问。

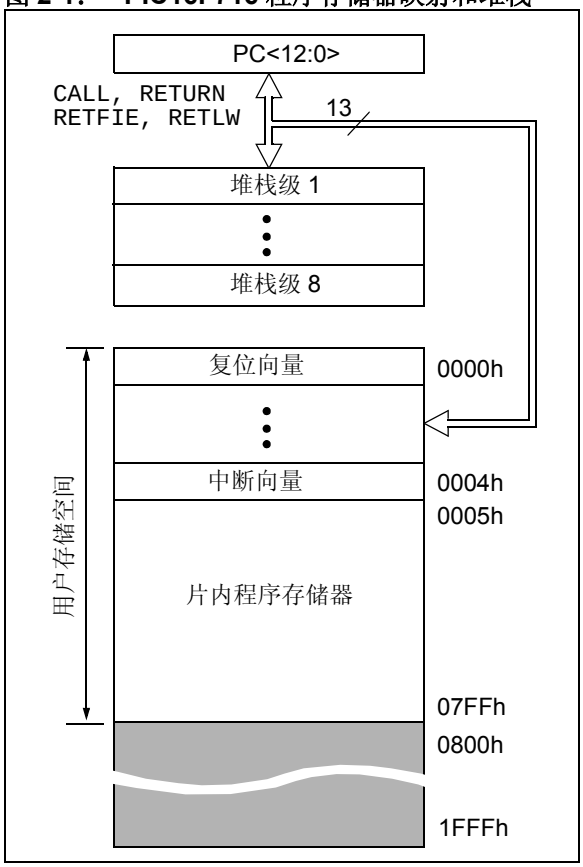
关于器件存储器的其它信息，请查阅《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

2.1 程序存储器结构

PIC16F716 有一个 13 位宽的程序计数器，最大可寻址 8K x 14 的程序存储空间。 PIC16F716 具有 2K x14 的程序存储器。访问超过这些物理地址的存储单元将导致循环返回到有效的程序存储空间。

复位向量位于 0000h，中断向量位于 0004h。

图 2-1： PIC16F716 程序存储器映射和堆栈



2.2 数据存储器结构

数据存储器分成多个存储区，每个存储区都包含通用寄存器（GPR）和特殊功能寄存器（SFR）。Status 寄存器的 RP1 和 RP0 位为存储区选择位。

RP1:RP0 (1) （**status<6:5>**）	存储区
00	0
01	1
10	2(2)
11	3(2)

注 1： 将 Status 寄存器的 bit 6 保持清零以便与将来的产品向上兼容。
2： 未使用。

每个存储区最大有 7Fh （128 字节）空间。特殊功能寄存器安排在每个存储区的低地址，通用寄存器接着特殊功能寄存器后面安排在高地址，通用寄存器实现为静态 RAM。所有存储区都包含特殊功能寄存器。通用寄存器空间的高 16 字节和存储区 0 中一些使用率高的特殊功能寄存器映射到存储区 1 中，以减小代码量并提高存取速度。

2.2.1 通用存储器

寄存器可以直接访问，或通过指针寄存器FSR间接访问（**第 2.5 节 “间接寻址、 INDF 和 FSR 寄存器”**）。

图 2-2： 数据寄存器映射

寄存器地址	存储区 0	存储区 1	寄存器地址
00h	INDF(1)	INDF(1)	80h
01h	TMR0	OPTION_REG	81h
02h	PCL	PCL	82h
03h	STATUS	STATUS	83h
04h	FSR	FSR	84h
05h	PORTA	TRISA	85h
06h	PORTB	TRISB	86h
07h			87h
08h			88h
09h			89h
0Ah	PCLATH	PCLATH	8Ah
0Bh	INTCON	INTCON	8Bh
0Ch	PIR1	PIE1	8Ch
0Dh			8Dh
0Eh	TMR1L	PCON	8Eh
0Fh	TMR1H		8Fh
10h	T1CON		90h
11h	TMR2		91h
12h	T2CON	PR2	92h
13h			93h
14h			94h
15h	CCPR1L		95h
16h	CCPR1H		96h
17h	CCP1CON		97h
18h	PWM1CON		98h
19h	ECCPAS		99h
1Ah			9Ah
1Bh			9Bh
1Ch			9Ch
1Dh			9Dh
1Eh	ADRES		9Eh
1Fh	ADCON0	ADCON1	9Fh
20h	通用寄存器 80 字节	通用寄存器 32 字节	A0h
			BFh
			C0h
6Fh			EFh
70h	16 字节	访问 70 － 7Fh	F0h
7Fh			FFh

未使用的数据存储单元，读为 “0”。

注 1： 非物理存在的寄存器。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

2.2.2 特殊功能寄存器

特殊功能寄存器是用于控制 CPU 和外设模块进行所需操作的寄存器。这些寄存器实现为静态 RAM。表 2-1 列出了这些寄存器。

特殊功能寄存器可以分为两类：一类是用于内核（CPU）操作，另一类是用于控制外设模块的操作。本节详细介绍用于内核操作的特殊功能寄存器，另一类与外设操作相关的特殊功能寄存器将在相应的功外设章节中详细介绍。

表 2-1： 存储区 0 中的特殊功能寄存器汇总

地址	寄存器名	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR、BOR 时的值	所在页面
00h	INDF(1)	通过用 FSR 的内容寻址该存储单元来寻址数据存储器（非物理寄存器）								0000 0000	18
01h	TMR0	Timer0 模块的寄存器								xxxx xxxx	27
02h	PCL(1)	程序计数器（PC）的低字节								0000 0000	17
03h	STATUS(1)	IRP(4)	RP1(4)	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	11
04h	FSR(1)	间接数据存储器地址指针								xxxx xxxx	18
05h	PORTA(5,6)	—	—	—(7)	写入时 PORTA 锁存数据，读出时为 PORTA 引脚电平					--xx 0000	19
06h	PORTB(5,6)	写入时 PORTB 锁存数据，读出时为 PORTB 引脚电平								xxxx xxxx	21
07h-09h	—	未使用								—	
0Ah	PCLATH(1,2)	—	—	—	程序计数器高 5 位的写缓冲器					---0 0000	17
0Bh	INTCON(1)	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	13
0Ch	PIR1	—	ADIF	—	—	—	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	-0-- 0000	15
0Dh	—	未使用								—	
0Eh	TMR1L	16 位 TMR1 寄存器低字节的保持寄存器								xxxx xxxx	29
0Fh	TMR1H	16 位 TMR1 寄存器高字节的保持寄存器								xxxx xxxx	29
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{T1SYNC}$	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	29
11h	TMR2	Timer2 模块寄存器								0000 0000	31
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	31
13h-14h	—	未使用								—	
15h	CCPR1L	捕捉 / 比较 /PWM 寄存器 1（LSB）								xxxx xxxx	34
16h	CCPR1H	捕捉 / 比较 /PWM 寄存器 1（MSB）								xxxx xxxx	34
17h	CCP1CON	P1M1	P1M0	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	0000 0000	33
18h	PWM1CON	PRSEN	PDC6	PDC5	PDC4	PDC3	PDC2	PDC1	PDC0	0000 0000	46
19h	ECCPAS	ECCPASE	ECCPAS2	—(8)	ECCPAS0	PSSAC1	PSSAC0	PSSBD1	PSSBD0	00-0 0000	46
1Ah-1Dh	—	未使用								—	
1Eh	ADRES	A/D 转换结果寄存器								xxxx xxxx	49
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/$\overline{DONE}$	—(7)	ADON	0000 0000	49

图注： x = 未知，u = 不变，q = 其值取决于条件，- = 未使用，读为 “0”，阴影部分未使用，读为 “0”。

注 1： 这些寄存器可以从任一存储区访问。
2： 程序计数器的高字节不可直接访问。PCLATH 为 PC<12:8> 的保持寄存器，其内容被传送到程序计数器的高字节。
3： 其它（非上电）复位包括：通过 MCLR 引脚的外部复位和看门狗定时器复位。
4： IRP 和 RP1 位保留。总是保持这两位为零。
5： 无论何种器件复位，这些引脚都配置为输入。
6： 这是端口输出锁存器中的值。
7： 保留位，不要使用。
8： ECCPAS1 位在 PIC16F716 中未使用。

表 2-2： 存储区 1 中的特殊功能寄存器汇总

地址	寄存器名	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR， BOR 时的复位值	所在页面
80h	INDF(1)	通过用 FSR 的内容寻址该存储单元来寻址数据存储器 （非物理寄存器）								0000 0000	18
81h	OPTION_REG	$\overline{\text{RBPU}}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	12
82h	PCL(1)	程序计数器 （PC）的低字节								0000 0000	17
83h	STATUS(1)	IRP(4)	RP1(4)	RP0	$\overline{\text{TO}}$	$\overline{\text{PD}}$	Z	DC	C	0001 1xxx	11
84h	FSR(1)	间接数据存储器地址指针								xxxx xxxx	18
85h	TRISA	—	—	—(7)	PORTA 数据方向寄存器					--11 1111	19
86h	TRISB	PORTB 数据方向寄存器								1111 1111	21
87h-89h	—	未使用								—	
8Ah	PCLATH(1,2)	—	—	—	程序计数器高 5 位的写缓冲器					---0 0000	17
8Bh	INTCON(1)	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	13
8Ch	PIE1	—	ADIE	—	—	—	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	-0-- -000	14
8Dh	—	未使用								—	
8Eh	PCON	—	—	—	—	—	—	$\overline{\text{POR}}$	$\overline{\text{BOR}}$	---- --qq	16
8Fh-91h	—	未使用								—	
92h	PR2	Timer2 周期寄存器								1111 1111	32, 36
93h-9Eh	—	未使用								—	
9Fh	ADCON1	—	—	—	—	—	PCFG2	PCFG1	PCFG0	---- -000	50

图注： x = 未知， u = 不变， q = 其值取决于条件， - = 未使用，读为 “0”，阴影部分未使用，读为 “0”。

注 1： 这些寄存器可以从任一存储区访问。
2： 程序计数器的高字节不可直接访问。 PCLATH 为 PC<12:8> 的保持寄存器，其内容被传送到程序计数器的高字节。
3： 其它 （非上电）复位包括：通过 MCLR 引脚的外部复位和看门狗定时器复位。
4： IRP 和 RP1 位保留。这些位保持为清零。
5： 无论何种器件复位，这些引脚都配置为输入。
6： 这是端口输出锁存器中的值。
7： 保留位，不要使用。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

2.2.2.1 Status 寄存器

Status 寄存器，如寄存器 2-1 所示，包含 ALU 算术运算结果的状态位、复位状态位和数据存储区选择位。

Status 寄存器同其它寄存器一样，可以作为任何指令的目的寄存器。如果 Status 寄存器作为一条影响 Z、 DC 或 C 标志位的指令的目的寄存器，禁止对这三个标志位进行写操作。这些位则要根据逻辑来置位或清零。此外 $\overline{TO}$ 和 $\overline{PD}$ 位是不可写的。因此当执行一条把 Status 寄存器作为目的寄存器的指令时，执行结果可能与预想的不一样。

例如，CLRF STATUS 将清除 Status 寄存器的高 3 位并将 Z 位置位。结果是 Status 寄存器为 000u u1uu（u 表示不变）。

如果想改变 Status 寄存器的内容，建议使用指令 BCF、BSF、SWAPF 和 MOVWF，因为这些指令不影响 Status 寄存器的 Z、 C 或 DC 位。其它不影响状态位的指令，详见 **第 10.0 节 “指令系统概述”**。

> 注 1：PIC16F716 不使用 IRP 和 RP1 位（STATUS<7:6>）。保持这些位清零以与将来的产品向上兼容。
> 2：在减法中， C 和 DC 位分别作为借位和半借位，请看 SUBLW 和 SUBWF 指令的例子。

寄存器 2-1： STATUS 寄存器 （地址：03h， 83h）

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP(1)	RP1(1)	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C
bit 7							bit 0

bit 7 **IRP**：存储区选择位 （间接寻址使用）(1)
1 = 存储区 2 和 3 （100h － 1FFh）
0 = 存储区 0 和 1 （00h － FFh）

bit 6-5 **RP1(1):RP0**：存储区选择位 （直接寻址使用）
01 = 存储区 1 （80h － FFh）
00 = 存储区 0 （00h － 7Fh）
每个存储区为 128 字节。

bit 4 **$\overline{TO}$**：超时标志位
1 = 上电后，执行 CLRWDT 指令或 SLEEP 指令
0 = WDT 超时溢出

bit 3 **$\overline{PD}$**：掉电标志位
1 = 上电复位后或执行 CLRWDT 指令后
0 = 执行了 SLEEP 指令后

bit 2 **Z**：零标志位
1 = 算术或逻辑运算结果为零
0 = 算术或逻辑运算结果不为零

bit 1 **DC**：辅助进位 / 借位位 （ADDWF、 ADDLW、 SUBLW、 SUBWF 指令）（对于借位极性相反）
1 = 结果的低 4 位向高 4 位有进位
0 = 结果的低 4 位向高 4 位无进位

bit 0 **C**：进位 / 借位位 （ADDWF、 ADDLW、 SUBLW、 SUBWF 指令）(2)
1 = 结果的最高有效位有进位
0 = 结果的最高有效位无进位

注 1： 保留，保持清零。
2： 对于借位，极性相反。减法指令是通过加上第二个操作数的二进制补码实现的。对于移位 （RRF、 RLF）指令，把源寄存器的最高位或最低位放入该位。

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未使用，读为 “0”	
- n = 上电复位值	“1” = 该位被置位	“0” = 该位被清零	x = 未知

2.2.2.2 OPTION_REG 寄存器

OPTION_REG 寄存器是一个可读 / 写的寄存器，它包含用于配置 TMR0 预分频器 /WDT 后分频器 （也可用作预分频器的单个可分配寄存器） 、外部 INT 中断、TMR0 和 PORTB 口弱上拉的各控制位。

> **注：** 如果需要 TMR0 的预分频比为 1:1，可以把预分频器分配给看门狗定时器。

寄存器 2-2： OPTION_REG 寄存器 （地址：81h）

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
$\overline{\text{RBPU}}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit 7							bit 0

bit 7 **$\overline{\text{RBPU}}$**：PORTB 弱上拉使能位
1 = 禁止 PORTB 弱上拉
0 = PORTB 弱上拉由备用功能或 TRISBn 位的值确定

bit 6 **INTEDG**：中断触发边沿选择位
1 = RB0/INT 引脚上上升沿触发中断
0 = RB0/INT 引脚上下降沿触发中断

bit 5 **T0CS**：TMR0 时钟源选择位
1 = RA4/T0CKI 引脚上的外部时钟
0 = 内部指令周期时钟 （CLKOUT）

bit 4 **T0SE**：TMR0 计数脉冲边沿选择位
1 = 在 RA4/T0CKI 引脚上的下降沿递增 1
0 = 在 RA4/T0CKI 引脚上的上升沿递增 1

bit 3 **PSA**：预分频器分配位
1 = 预分频器分配给 WDT
0 = 预分频器分配给 Timer0 模块

bit 2-0 **PS2:PS0**：预分频器分频比选择位

位值	TMR0 分频比	WDT 分频比
000	1 : 2	1 : 1
001	1 : 4	1 : 2
010	1 : 8	1 : 4
011	1 : 16	1 : 8
100	1 : 32	1 : 16
101	1 : 64	1 : 32
110	1 : 128	1 : 64
111	1 : 256	1 : 128

图注：
R = 可读位　W = 可写位　U = 未使用，读为 “0”
- n = 上电复位值　“1” = 该位被置位　“0” = 该位被清零　x = 未知

© 2004 Microchip Technology Inc.

2.2.2.3 INTCON 寄存器

中断控制寄存器 INTCON 是一个可读可写的寄存器，它包含 TMR0 寄存器 溢出、 RB 口电平变化和外部 RB0/INT 引脚中断等各种使能控制位和标志位。

> **注：** 当中断条件发生时，中断标志位就会被置 1，而不管相应中断使能位或全局中断使能位 GIE （INTCON<7>）的状态。因此在使能中断前，用户软件必须把相应的中断标志位清零。

寄存器 2-3： INTCON 寄存器 （地址：0Bh、 8Bh）

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF
bit 7							bit 0

bit 7 **GIE**：全局中断使能位
1 = 使能所有未被屏蔽的中断
0 = 禁止所有中断

bit 6 **PEIE**：外设中断使能位
1 = 开放所有未被屏蔽的外设中断
0 = 禁止所有的外设中断

bit 5 **T0IE**：TMR0 溢出中断使能位
1 = 允许 TMR0 中断
0 = 禁止 TMR0 中断

bit 4 **INTE**：RB0/INT 外部中断使能位
1 = 允许 RB0/INT 外部中断
0 = 禁止 RB0/INT 外部中断

bit 3 **RBIE**：RB 口电平变化中断使能位
1 = 允许 RB 口电平变化中断
0 = 禁止 RB 口电平变化中断

bit 2 **T0IF**：TMR0 溢出中断标志位
1 = TMR0 计数器溢出 （必须用软件清零）
0 = TMR0 计数器没有溢出

bit 1 **INTF**：RB0/INT 外部中断标志位
1 = RB0/INT 引脚上有外部中断发生 （必须用软件清零）
0 = RB0/INT 引脚上没有外部中断发生

bit 0 **RBIF**：RB 口电平变化中断标志位
1 = RB7:RB4 引脚中至少有一个引脚状态发生变化 （必须用软件清零）
0 = RB7:RB4 引脚状态无变化

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未使用，读为 “0”	
- n = 上电复位值	“1” = 该位被置位	“0” = 该位被清零	x = 未知

2.2.2.4 PIE1 寄存器

PIE1 寄存器包含外设中断的各使能位。

> **注：** 要使能任何外设中断，必须置位 PEIE 位（INTCON<6>）。

寄存器 2-4： **PIE1 寄存器 （地址：8Ch）**

U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	ADIE	—	—	—	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
bit 7							bit 0

bit 7 **未使用：**读为 “0”

bit 6 **ADIE：**A/D 转换器中断使能位
1 = 允许 A/D 转换器中断
0 = 禁止 A/D 转换器中断

bit 5-3 **未使用：**读出时为 “0”。

bit 2 **CCP1IE：**CCP1 中断使能位
1 = 允许 CCP1 中断
0 = 禁止 CCP1 中断

bit 1 **TMR2IE：**TMR2 和 PR2 匹配中断使能位
1 = 允许 TMR2 和 PR2 匹配中断
0 = 禁止 TMR2 和 PR2 匹配中断

bit 0 **TMR1IE：**TMR1 溢出中断使能位
1 = 允许 TMR1 溢出中断
0 = 禁止 TMR1 溢出中断

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未使用，读为 “0”	
- n = 上电复位值	“1” = 该位被置位	“0” = 该位被清零	x = 未知

 © 2004 Microchip Technology Inc.

2.2.2.5 PIR1 寄存器

PIR1 寄存器包含各个外设的中断标志位。

> **注：** 中断条件发生时，中断标志位就会被置 1，而不管相应中断使能位或全局中断使能位 GIE （INTCON<7>）的状态。 因此在使能用中断前，用户软件必须把相应的中断标志位清零。

寄存器 2-5： PIR1 寄存器 （地址：0Ch）

U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	ADIF	—	—	—	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
bit 7							bit 0

bit 7 未使用：读为 “0”

bit 6 **ADIF**：A/D 转换器中断标志位
1 = A/D 转换已完成 （必须用软件清零）
0 = A/D 转换未完成

bit 5-3 未使用：读为 “0”

bit 2 **CCP1IF**：CCP1 中断标志位
捕捉方式：
1 = TMR1 寄存器发生捕捉 （必须用软件清零）
0 = TMR1 寄存器未发生捕捉
比较方式：
1 = TMR1 寄存器发生比较匹配 （必须用软件清零）
0 = TMR1 寄存器未发生比较匹配
PWM 方式：
未使用

bit 1 **TMR2IF**：TMR2 和 PR2 匹配中断标志位
1 = TMR2 和 PR2 匹配发生 （必须用软件清零）
0 = TMR2 和 PR2 匹配未发生。

bit 0 **TMR1IF**：TMR1 溢出中断标志位
1 = TMR1 溢出 （必须用软件清零）
0 = TMR1 未溢出

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未使用，读为 “0”	
- n = 上电复位值	“1” = 该位被置位	“0” = 该位被清零	x = 未知

2.2.2.6 PCON 寄存器

电源控制寄存器（PCON）包含一个用以区分上电复位（POR）与外部 MCLR 复位或 WDT 复位的标志位。这些器件还包含另外一个用于区分上电复位和欠压复位的标志位。

> **注：** 如果 BOREN 配置位被置位，则 $\overline{\text{BOR}}$ 位在上电复位时被置“1”，在欠压复位条件发生时被清零。$\overline{\text{BOR}}$ 必须由用户置位，并在以后的复位中检测其是否被清零，如果是则表示发生了欠压复位。
>
> 如果 BOREN 配置位被清零，上电复位时 $\overline{\text{BOR}}$ 位的状态不确定。

寄存器 2-6： PCON 寄存器（地址：8Eh）

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-q
—	—	—	—	—	—	$\overline{\text{POR}}$	$\overline{\text{BOR}}$
bit 7							bit 0

bit 7-2 未使用：读为“0”

bit 1 **$\overline{\text{POR}}$**：上电复位状态位
1 = 未发生上电复位
0 = 发生上电复位（必须在上电复位后用软件置位）

bit 0 **$\overline{\text{BOR}}$**：欠压复位状态位
1 = 未发生欠压复位
0 = 发生欠压复位（必须在欠压复位后用软件置位）

图注：	q = 其值取决于条件		
R = 可读位	W = 可写位	U = 未使用，读为“0”	
- n = 上电复位值	“1” = 该位被置位	“0” = 该位被清零	x = 未知

 © 2004 Microchip Technology Inc.

2.3 PCL 和 PCLATH

程序计数器（PC）指向将要被执行的指令的地址。PC 宽 13 位，其中的低字节是 PCL 寄存器。该寄存器可读可写；高字节是 PCH 寄存器，它包含 PC<12:8> 位，不可直接读写，但可以通过 PCLATH 寄存器间接写入。

2.3.1 修改 PCL

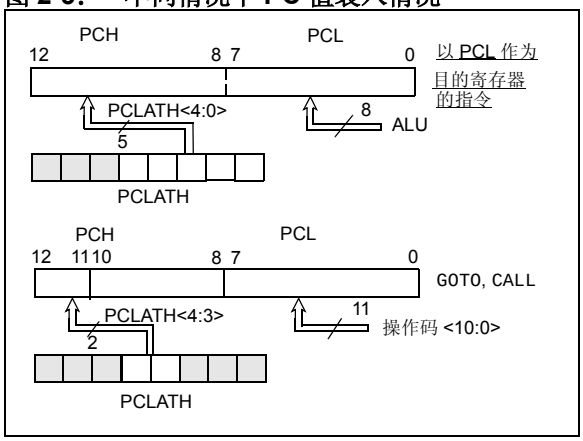
执行任何将PCL寄存器作为目的寄存器的指令将同时使程序计数器 PC<12:8> 位（PCH）的值被 PCLATH 寄存器的值替换。这将允许通过写 PCLATH 寄存器的高 5 位改变整个程序计数器的值。当低 8 位被写入 PCL 寄存器时，所有程序计数器的 13 位都被修改为 PCLATH 寄存器中的值和写到 PCL 寄存器的值。

通过修改 PCL 寄存器跳转到查找表或程序分支表（执行 GOTO 指令）时必须小心。PCLATH 被赋予表的起始地址，如果表长度大于 255 条指令或者表中存储器地址的低 8 位从 0xFF 循环返回到 0x00，在表的起始地址和目标地址之间每次地址翻转时 PCLATH 必须递增 1。

2.3.2 程序存储器分页

CALL 和 GOTO 指令提供 11 位地址，允许在 2K 程序存储页面内跳转。指行 CALL 或 GOTO 指令时，地址的高位由 PCLATH<3> 提供。当执行 CALL 或 GOTO 指令时，用户必须事先设置了页面选择位，以便指向所需的程序存储页面。如果执行 CALL 指令（或中断）的 RETURN，整个 13 位的 PC 被全部压入堆栈。因此执行 RETURN 指令（它将地址从堆栈中弹出）之前无需对 PCLATH<3> 位进行设置。

图 2-3： 不同情况下 PC 值装入情况



2.4 堆栈

堆栈允许最多 8 级程序调用和中断嵌套，堆栈包含从程序分支返回的地址。

中档器件有一个 8 级深度 x13 位宽的硬件堆栈，堆栈空间既不占用程序存储空间，也不占用数据存储空间，堆栈指针不可读或写。当执行一条 CALL 指令或响应中断发生程序跳转时， PC 被压入堆栈。当执行 RETURN、RETLW 或 RETFIE 指令时，堆栈中的地址就会被弹出到 PC 中。无论是 PUSH 或 POP 操作都不会改变 PCLATH 寄存器的内容。

在堆栈压栈操作 8 次之后，进行第 9 次压栈时，进栈的值将覆盖第一次压栈的数据，而第 10 次压栈的值将覆盖第 2 次压栈的值，依此类推。

2.5 间接寻址、 INDF 和 FSR 寄存器

INDF 寄存器不是一个物理存在的寄存器. 对 INDF 寄存器寻址，实际上就是寻址地址包含在 FSR 寄存器（FSR 是一个*指针*）中的寄存器，这就是间接寻址。

例 2-1： 间接寻址

- 寄存器 05 的值为 10h
- 寄存器 06 的值为 0Ah
- 将值 05 载入 FSR 寄存器
- 读 INDF 寄存器将返回值 10h
- 将 FSR 寄存器的值递增 1 （FSR = 06）
- 读 INDR 寄存器将返回值 0Ah。

间接读 INDF 自身 （FSR = 0）将得到 00h。间接写 INDF 寄存器将导致空操作 （尽管 Status 寄存器可能会受到影响）。

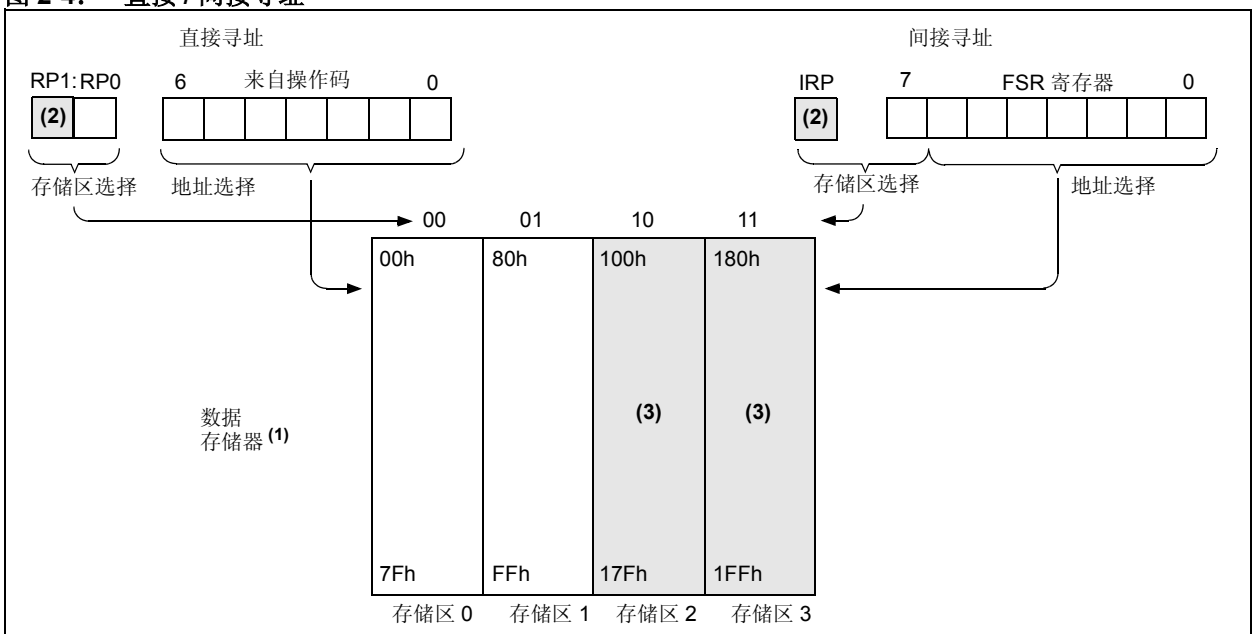
例 2-2 是一个使用间接寻址，将 RAM 地址 20h - 2Fh 的内容清零的简单程序。

例 2-2： 如何使用间接寻址将 RAM 清零

```
        MOVLW   0x20    ;initialize pointer
        MOVWF   FSR     ;to RAM
NEXT    CLRF    INDF    ;clear RAM & FSR
        INCF    FSR     ;inc pointer
        BTFSS   FSR,4   ;all done?
        GOTO    NEXT    ;no, clear next
CONTINUE
        :               ;yes, continue
```

通过对 8 位 FSR 寄存器的内容与状态寄存器 Status 的 IRP 位 （Status<7>）组合可以得到一个 9 位的有效地址，如 图 2-4 所示。但是，在 PIC16F716 中 IRP 位未使用。

图 2-4： 直接 / 间接寻址



注 1： 数据寄存器映射详见图 2-2。
2： 保持清零以与将来的产品向上兼容。
3： 未使用。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

3.0 I/O 口

这些 I/O 口的某些引脚与器件外设功能复用。一般来讲，当某个外设使能时，相应的引脚不能作为一般的 I/O 引脚使用。

关于 I/O 口的其它信息，请参阅 《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

3.1 PORTA 和 TRISA 寄存器

PORTA 是一个 5 位宽的双向端口，对应的数据方向控制寄存器是 TRISA。 TRISA 位置位 （=1）会将相应的 PORTA 引脚配置为输入 （也就是使得相应的输出驱动器为高阻方式） 。 TRISA 位清零 （= 0）会将相应的 PORTA 引脚配置为输出 （也就是将输出锁存器的内容输出到选定引脚）。

读 PORTA 寄存器即读相应引脚的状态，而写 PORTA 寄存器即写到端口锁存器。所有的写操作都是读－修改－写操作。因此，写端口意味着先读此端口所有引脚，修改其值，然后写到端口数据锁存器。

RA4 引脚与 Timer0 模块的时钟输入复用，成为 RA4/T0CKI 引脚。RA4/T0CKI 引脚为施密特触发器输入，漏极开路输出。所有其它 RA 端口引脚有 TTL 输入级和 CMOS 输出驱动器。

PORTA 引脚 RA3:0 复用为模拟输入和模拟 VREF 输入。通过清零 / 置位 ADCON1 寄存器 （A/D 控制寄存器 1）中的控制位来选择每个引脚的操作 。

注：	上电复位时，这些引脚被配置为模拟输入，且读出时为 “0”。

TRISA 寄存器控制 RA 引脚的方向，即使当这些引脚用作模拟输入时。当这些引脚用作模拟输入时，用户必须确保 TRISA 寄存器中的位保持置位。

注：	模拟方式下设置 RA3:0 为输出，将迫使引脚输出数据锁存器的内容。

例 3-1： 初始化 PORTA

```
BCF STATUS, RP0     ;
CLRFPORTA           ;Initialize PORTA by
                    ;clearing output
                    ;data latches
BSF STATUS, RP0     ;Select Bank 1
MOVLW0xEF           ;Value used to
                    ;initialize data
                    ;direction
MOVWFTRISA          ;Set RA<3:0> as inputs
                    ;RA<4> as outputs
BCF STATUS, RP0     ;Return to Bank 0
```

图 3-1： RA3:RA0 引脚的结构框图

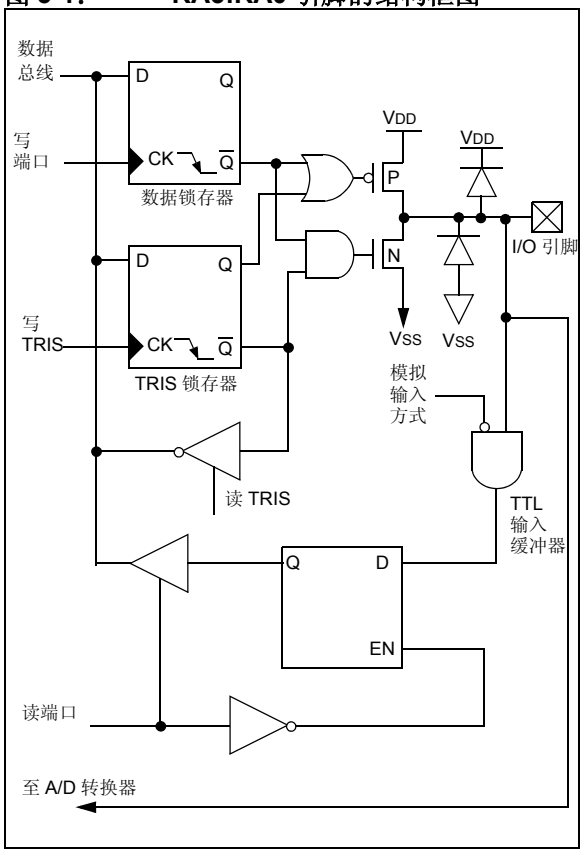


图 3-2： RA4/T0CKI 引脚结构框图

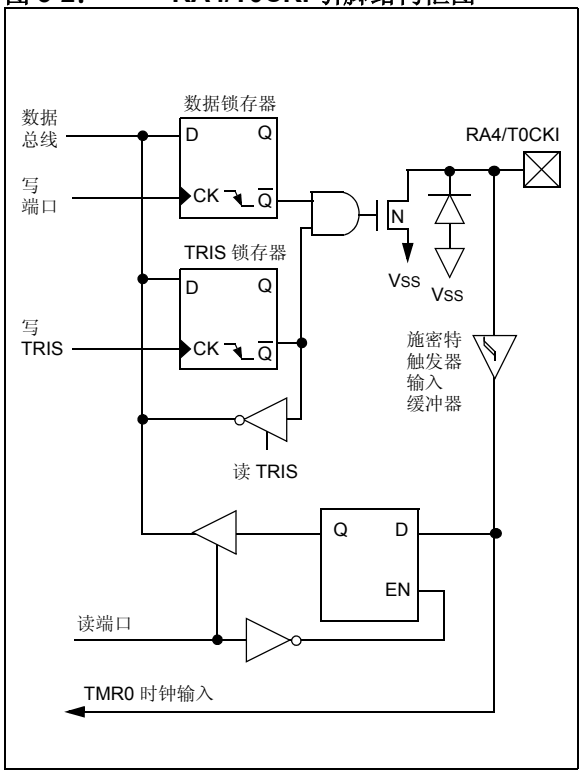


表 3-1： PORTA 功能

名称	位编号	缓冲器	功能
RA0/AN0	bit 0	TTL	输入 / 输出或模拟输入
RA1/AN1	bit 1	TTL	输入 / 输出或模拟输入
RA2/AN2	bit 2	TTL	输入 / 输出或模拟输入
RA3/AN3/VREF	bit 3	TTL	输入 / 输出或模拟输入或 VREF
RA4/T0CKI	bit 4	ST	输入 / 输出或 Timer0 外部时钟输入 输出是漏极开路类型

图注： TTL ＝ TTL 输入， ST ＝施密特触发器输入

表 3-2： 与 PORTA 相关的寄存器一览

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR， BOR 时的值	其它复位时的值
05h	PORTA	—	—	—(1)	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--xx 0000	--uu uuuu
85h	TRISA	—	—	—(1)	PORTA 数据方向寄存器					--11 1111	--11 1111
9Fh	ADCON1	—	—	—	—	—	PCFG2	PCFG1	PCFG0	---- -000	---- -000

图注： x ＝未知，u ＝未改变， - ＝未使用单元，读出时为 “0”。阴影部分未被 PORTA 使用。

注 1： 保留位，不要使用。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

3.2 PORTB 和 TRISB 寄存器

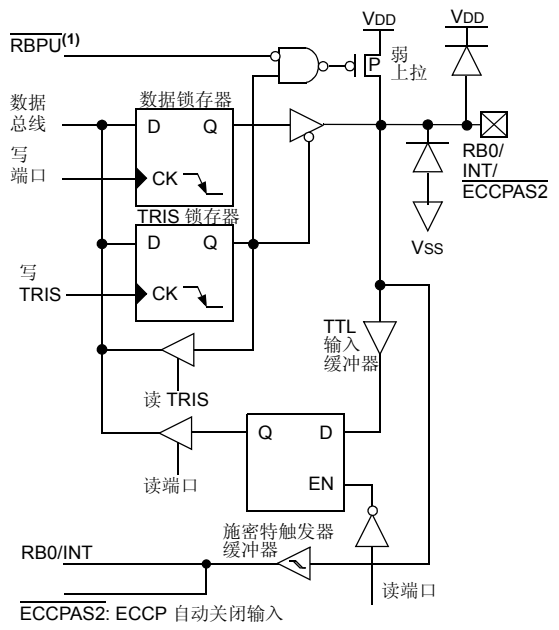
PORTB 是一个 8 位宽的双向端口，对应的数据方向寄存器是 TRISB。把 TRISB 位置位 （= 1）会将相应的 PORTB 引脚配置为输入 （也就是使得相应的输出驱动器呈高阻方式）。把 TRISB 位清零 （= 0）会将相应的 PORTB 引脚配置为输出 （也就是将输出锁存器的内容输出到选定引脚）。

例 3-2： 初始化 PORTB

```
BCF STATUS, RP0     ;select Bank 0
CLRFPORTB           ;Initialize PORTB by
                    ;clearing output
                    ;data latches
BSF STATUS, RP0     ;Select Bank 1
MOVLW0xCF           ;Value used to
                    ;initialize data
                    ;direction
MOVWFTRISB          ;Set RB<3:0> as inputs
                    ;RB<5:4> as outputs
                    ;RB<7:6> as inputs
```

每个 PORTB 引脚都有内部弱上拉电路，一个单独的控制位可以打开所有的上拉，这通过清零 $\overline{\text{RBPU}}$（OPTION_REG<7>）位完成。当端口配置为输出时，弱上拉自动关闭。上电复位时上拉被禁止。

图 3-3： RB0/INT/$\overline{\text{ECCPAS2}}$ 引脚结构框图



注 1： 为使能弱上拉，需置位相应的 TRIS 位并将 $\overline{\text{RBPU}}$ 位 （OPTION_REG<7>）清零。

PORTB引脚RB7:RB0与多个外设功能复用（表 3-3）。当外设功能使能时，要谨慎定义每个 PORTB 引脚的 TRIS 位。有些外设改写 TRIS 位而使引脚为输出，而另外一些外设改写 TRIS 位使引脚为输入。由于外设使能时会改写 TRIS 位，应该避免使用以 TRISB 为目的寄存器的读－修改－写指令（例如 BSF 、BCF 和 XORWF）。用户可以参考相应的外设章节以便正确设置 TRIS 位。

PORTB 端口的 4 个引脚 RB7:RB4，有电平变化中断特性。只有引脚配置为输入时才能产生中断 （即，RB7:RB4 中任一配置为输出的引脚都没有电平变化中断比较功能）。输入引脚 RB7:RB4 的当前值与上次读 PORTB 时锁存的旧值比较，RB7:RB4 的“不匹配”输出相或，产生 RB 端口电平变化中断，并将标志位 RBIF（INTCON<0>）置位。

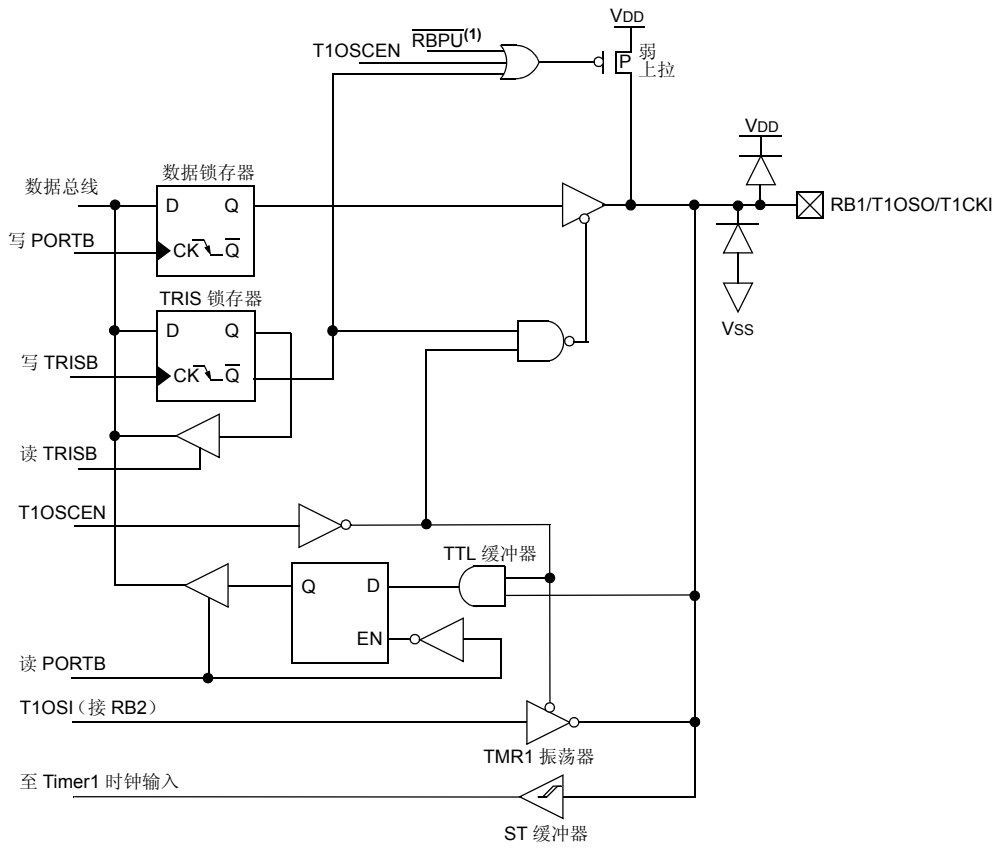
这一中断可以把单片机从休眠状态唤醒。在中断服务程序中，用户可以用下列方法清除中断：

1. 读 PORTB 端口结束不匹配条件。
2. 清零标志位 RBIF。

不匹配条件将继续置位标志位 RBIF。读 PORTB 将结束不匹配条件并允许将标志位 RBIF 清零。

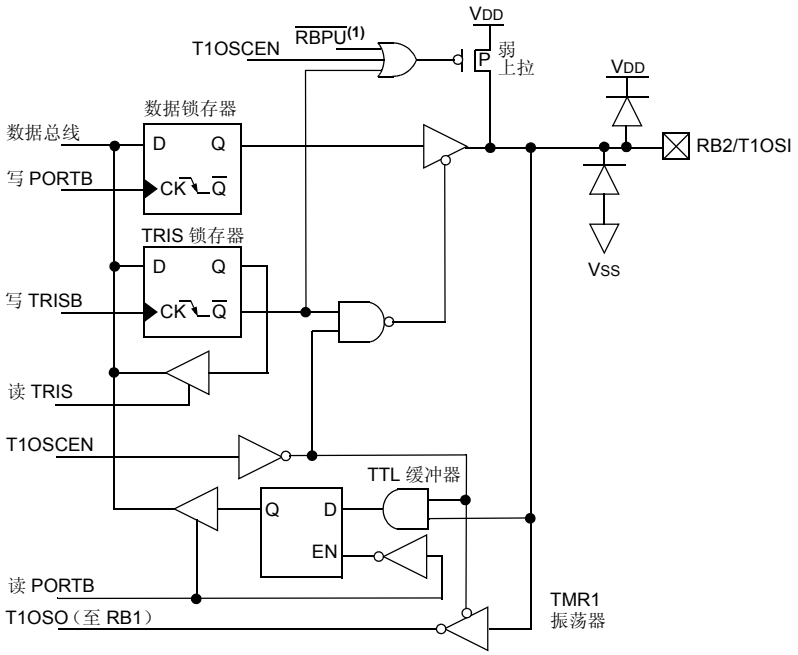
建议将电平变化中断功能用于按键唤醒操作和仅将 PORTB 用于电平变化中断功能的操作。使用电平变化中断功能时，不需要查询 PORTB 的状态。

图 3-4： RB1/T1OSO/T1CKI 引脚结构框图



注 1： 为使能弱上拉，需置位相应的 TRIS 位并将 $\overline{\text{RBPU}}$ 位 （OPTION_REG<7>）清零。

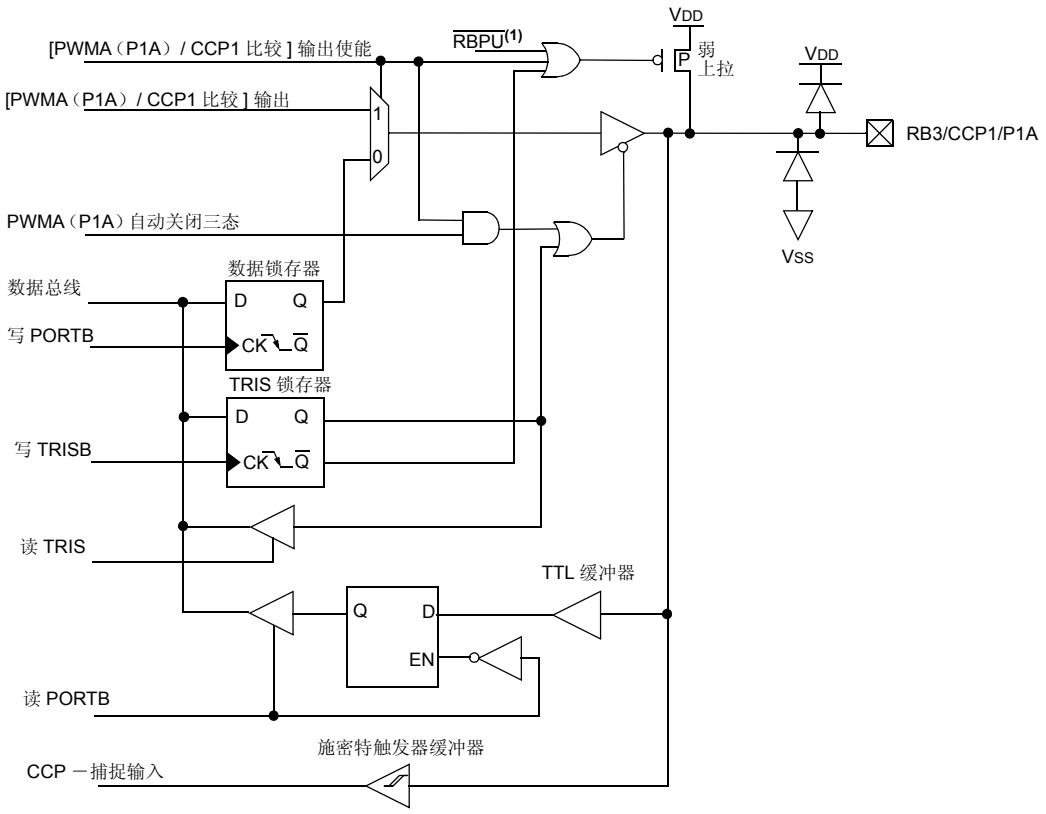
图 3-5： RB2/T1OSI 引脚结构框图



注 1： 为使能弱上拉，需置位相应的 TRIS 位并将 $\overline{\text{RBPU}}$ 位 （OPTION_REG<7>）清零。

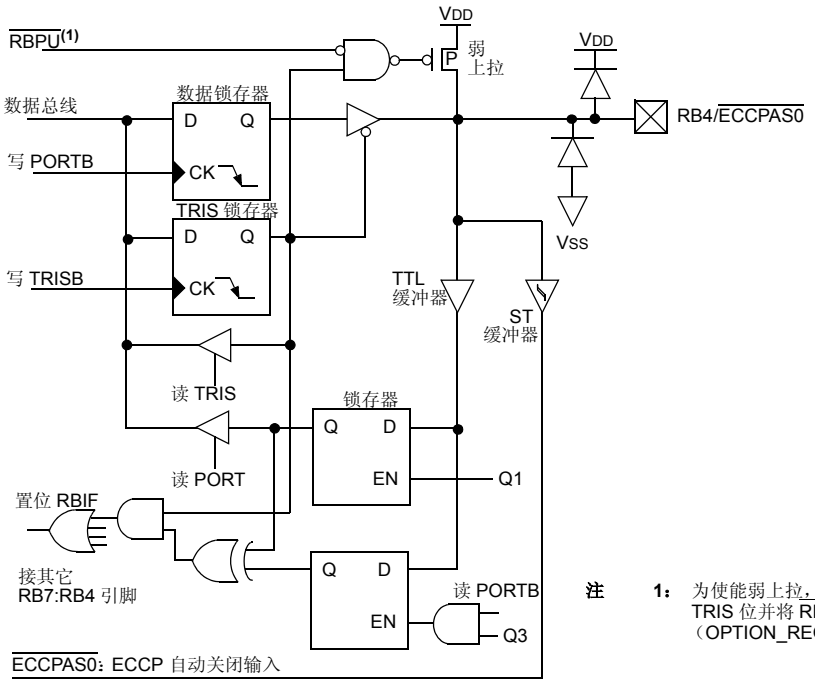
 © 2004 Microchip Technology Inc.

图 3-6： RB3/CCP1/P1A 引脚结构框图



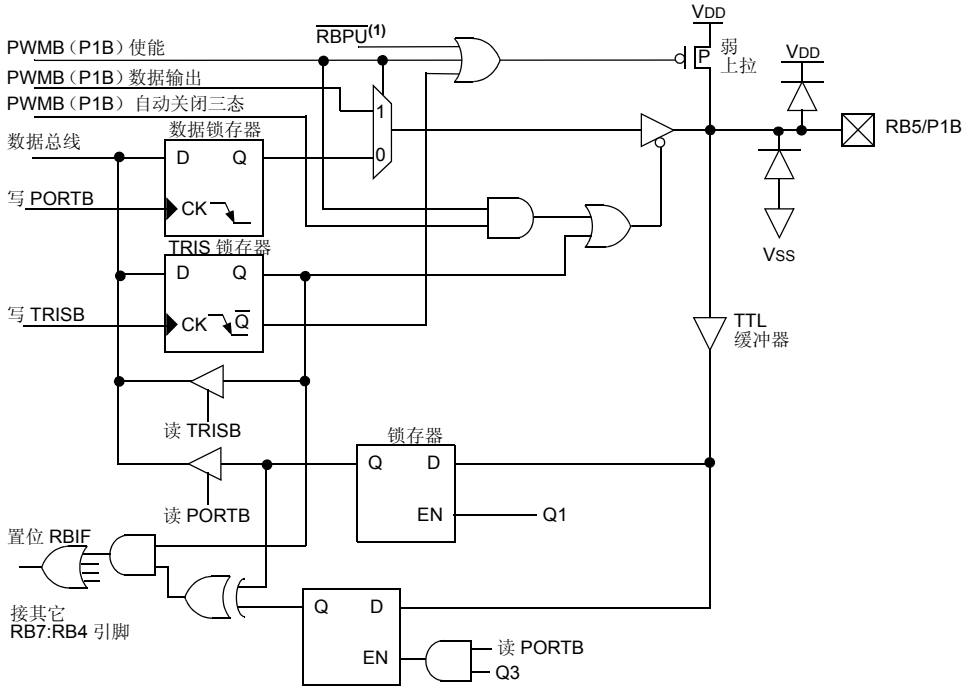
注 1： 为使能弱上拉，需置位相应的 TRIS 位并将 RBPU 位 （OPTION_REG<7>）清零。

图 3-7： RB4/ECCPAS0 引脚结构框图



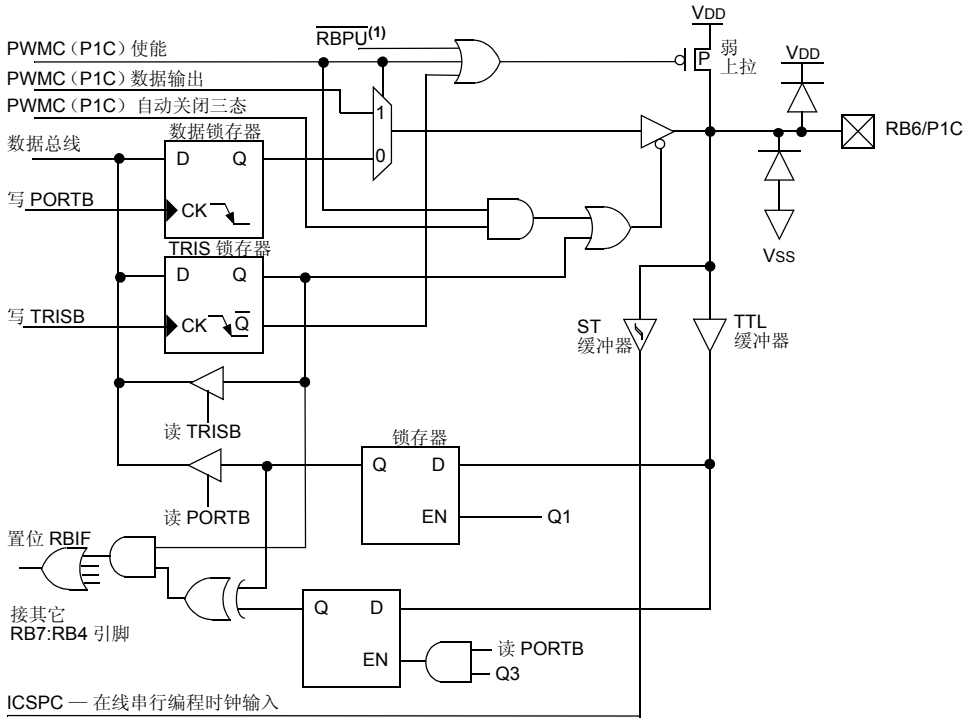
注 1： 为使能弱上拉，需置位相应的 TRIS 位并将 RBPU 位 （OPTION_REG<7>）清零。

图 3-8： RB5/P1B 引脚结构框图



注 1： 为使能弱上拉，需置位相应的 TRIS 位并将 $\overline{\text{RBPU}}$ 位（OPTION_REG<7>）清零。

图 3-9： RB6/P1C 引脚结构框图



注 1： 为使能弱上拉，需置位相应的 TRIS 位并将 $\overline{\text{RBPU}}$ 位（OPTION_REG<7>）清零。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

图 3-10： RB7/P1D 引脚结构框图

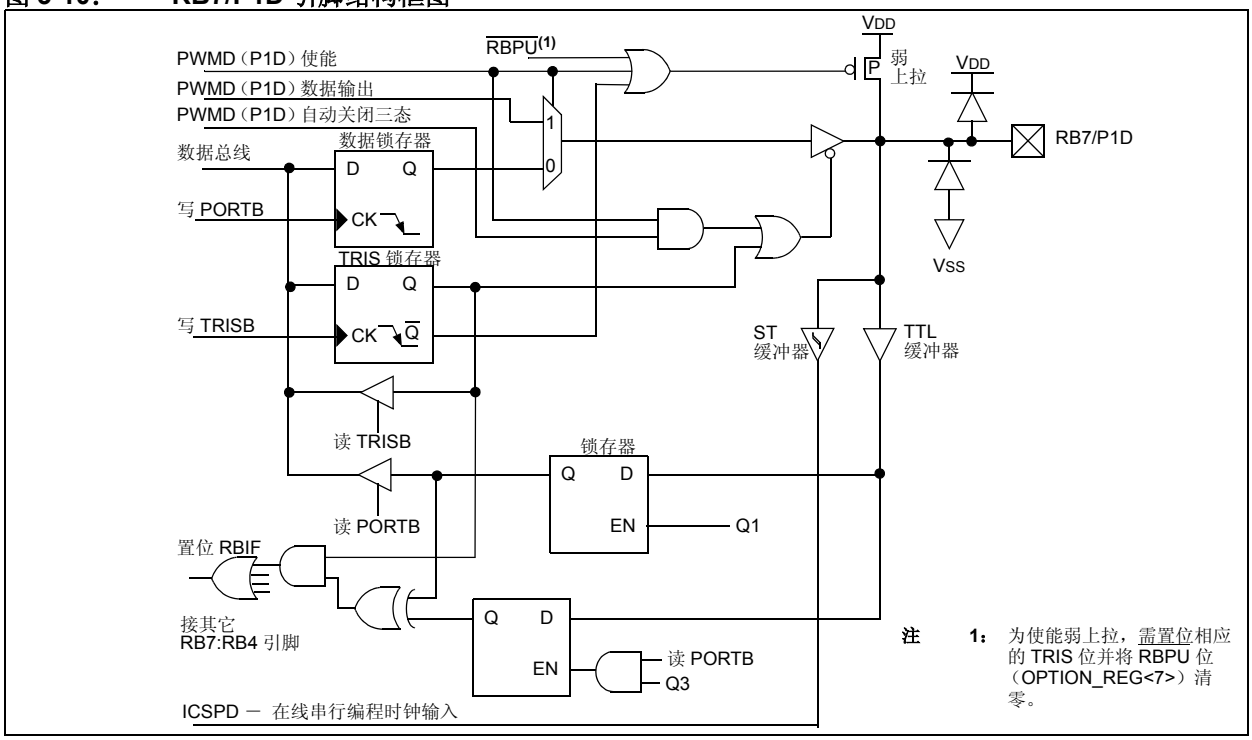


表 3-3： PORTB 功能

名称	位号	缓冲器	功能
RB0/INT/ ECCPAS2	bit 0	TTL/ST(1)	输入 / 输出引脚或外部中断输入。内部软件可编程弱上拉。 ECCP 自动关闭输入。
RB1/T1OS0/ T1CKI	bit 1	TTL/ST(1)	输入 / 输出引脚或 Timer1 振荡器输出，或 Timer1 时钟输入。内部软件可编程弱上拉。具体操作请参见**第 5.0 节 “Timer1 模块”**。
RB2/T1OSI	bit 2	TTL/XTAL	输入 / 输出引脚或 Timer1 振荡器输入。内部软件可编程弱上拉。具体操作请参见**第 5.0 节 “Timer1 模块”**。
RB3/CCP1/ P1A	bit 3	TTL/ST(1)	输入 / 输出引脚或捕捉 1 输入，或比较 1 输出，或 PWM A 输出。内部软件可编程弱上拉。具体操作请参见 CCP1 章节。
RB4/ ECCPAS0	bit 4	TTL	输入 / 输出引脚 （带电平变化中断）。内部软件可编程弱上拉。 ECCP 自动关闭输入。
RB5/P1B	bit 5	TTL	输入 / 输出引脚 （带电平变化中断）。内部软件可编程弱上拉。PWM B 输出。
RB6/P1C	bit 6	TTL/ST(2)	输入 / 输出引脚 （带电平变化中断）。内部软件可编程弱上拉。 PWM C 输出。串行编程时钟。
RB7/P1D	bit 7	TTL/ST(2)	输入 / 输出引脚 （带电平变化中断）。内部软件可编程弱上拉。 PWM D 输出。串行编程数据。

图注： TTL ＝ TTL 输入， ST ＝施密特触发器输入， XTAL ＝晶体振荡器输入。

注 1： 当配置为外部中断或外设输入时，该缓冲器为施密特触发器输入。

2： 当用于串行编程方式时，该缓冲器为施密特触发器输入。

表 3-4： 和 PORTB 有关的寄存器一览

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR，BOR 时的值	其它复位时的值
06h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
86h	TRISB	PORTB 数据方向寄存器。								1111 1111	1111 1111
81h	OPTION_REG	$\overline{\text{RBPU}}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

图注： x ＝未知， u ＝未改变。阴影部分未被 PORTB 使用。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

4.0 TIMER0 模块

Timer0 模块定时器 / 计数器有以下特性：

- 8 位定时器 / 计数器
- 可读可写
- 可选择内部或外部时钟信号
- 外部时钟边沿选择
- 软件可编程的 8 位预分频器
- 从 FFh 计数到 00h 时，发生溢出中断

图 4-1 是 Timer0 模块的简化原理图。

关于定时器模块的其它信息，请参阅《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

4.1 Timer0 操作

Timer0 可以作为定时器或计数器。

通过清零 T0CS（OPTION_REG<5>）位可以设置为定时器方式。在定时器方式下，Timer0 模块在每个指令周期递增 1（不使用预分频器）。如果 TMR0 寄存器被写入，则在随后的两个指令周期中禁止递增计数。用户可以通过写一个调整值到 TMR0 寄存器来避开这一点。

通过对 T0CS（OPTION_REG<5>）位置 1 可以设置为计数器方式。在计数器方式下，Timer0 在引脚 RA4/T0CKI/C1OUT 的每个上升沿或下降沿递增 1。在哪个沿递增由时钟源边沿选择位 T0SE（OPTION_REG<4>）位来确定。将 T0SE 清零选择为上升沿，将其置 1 则选择下降沿。下面将讨论对外部时钟输入的限制。

如果外部时钟输入用于 Timer0，它必须满足一些要求。这些要求确保外部时钟与内部相位时钟（Tosc）同步。此外，同步后 Timer0 的实际递增技术会有延时。

关于外部时钟要求的其它信息，请参阅《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

4.2 预分频器

片内有一个 8 位计数器，可作为 Timer0 模块的预分频器，或看门狗的后分频器，同一时刻只能用于其一（图 4-2）。为方便起见，本数据手册称之为“预分频器”。

> **注：** 片内只有一个预分频器，为 Timer0 模块和看门狗共用。 如果把预分频器分配给 TMR0 模块，就意味着 WDT 无后分频器可用，反之亦然。

该预分频器是不可读写的。

PSA 和 PS2:PS0 位（OPTION_REG<3:0>）用于确定预分频器的分配和预分频比。

PSA 位为 0 时将预分频器分配给 Timer0 模块。当预分频器分配给 Timer0 模块时，可选的预分频比有 1:2，1:4，……， 1:256。

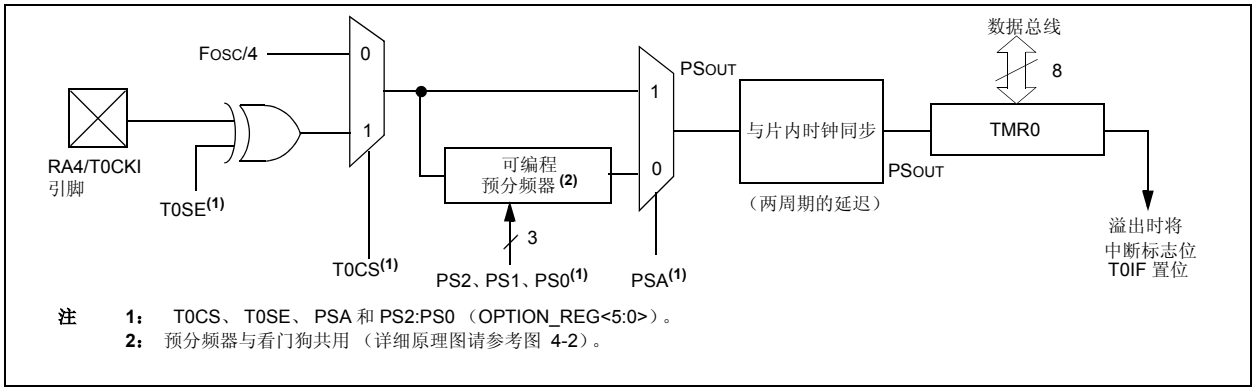
PSA 位为 1 时将预分频器分配给看门狗（WDT）。当预分频器分配给 WDT 时，可选的预分频比有 1:1，1:2，……， 1:128。

当预分频器分配给 Timer0 模块时，所有写 TMR0 寄存器的指令（如 `CLRF TMR0`， `MOVWF TMR0`， `BSF 1,x` 等）都将对预分频器清零。当预分频器分配给 WDT 时，`CLRWDT` 指令将同时对预分频器和 WDT 清零。

> **注：** 当预分频器用于 Timer0 时，写 TMR0 寄存器会将预分频器计数值清零，但不影响预分频器分配。

> **注：** 对于 TMR0 寄存器，为得到 1:1 的预分频比，可将预分频器分配给看门狗。

图 4-1： TIMER0 原理图



注 1： T0CS、T0SE、PSA 和 PS2:PS0（OPTION_REG<5:0>）。
2： 预分频器与看门狗共用（详细原理图请参考图 4-2）。

4.2.1 切换预分频器分配

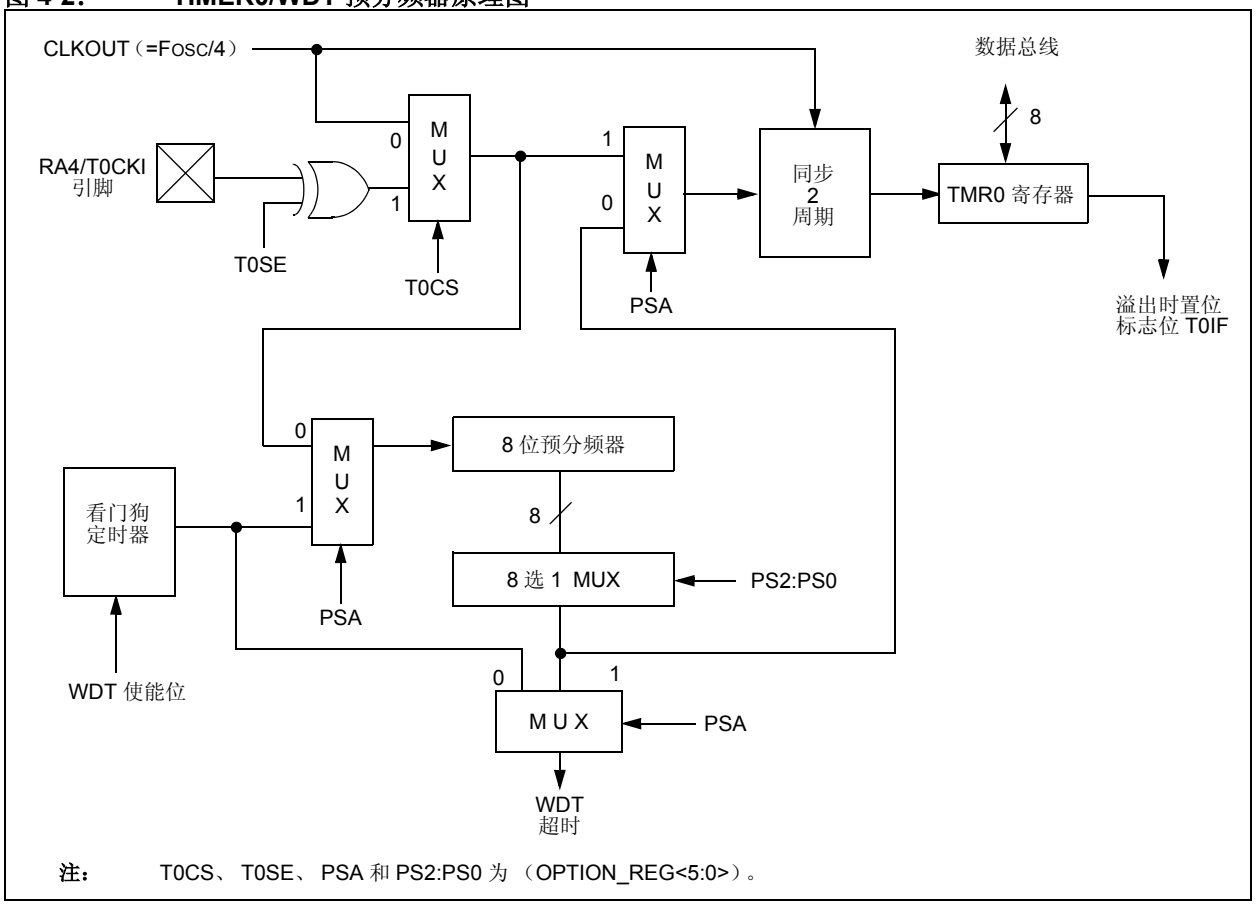
预分频器的分配完全由软件控制（即可以在程序执行时实时地改变分配）。

> **注：** 为了避免意外的器件复位，当把预分频器从 Timer0 重分配给 WDT 时，必须执行一特定指令序列（参见《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN））。即使禁止 WDT 时也要执行这个指令序列。

4.3 Timer0 中断

当 TMR0 寄存器溢出（从 FFh 到 00h）时，产生 TMR0 中断，并置位 T0IF 位（INTCON<2>）。中断可通过清零 T0IE（INTCON<5>）来屏蔽。重新使能该中断前，必须在中断服务程序中将 T0IF 位清零。由于休眠状态下 TMR0 被关闭，所以 TMR0 中断不能唤醒单片机。

图 4-2： TIMER0/WDT 预分频器原理图



注： T0CS、T0SE、PSA 和 PS2:PS0 为（OPTION_REG<5:0>）。

表 4-1： 与 TIMER0 相关的寄存器

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR, BOR 复位值	其它复位值
01h	TMR0	Timer0 模块寄存器								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Bh,8Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
81h	OPTION_REG	$\overline{\text{RBPU}}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111
85h	TRISA	—	—	—(1)	Bit 4	PORTA 数据方向寄存器				--11 1111	--11 1111

图注： x = 未知，u = 不变，- = 未使用，读出值为 “0”。阴影部分 Timer0 未使用。

注 1： 保留位，不要使用。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

5.0 TIMER1 模块

Timer1 模块定时器 / 计数器具有以下特性：

- 16 位定时器 / 计数器（两个 8 位寄存器，TMR1H 和 TMR1L）
- 两个寄存器均可读可写
- 内部或外部时钟源选择
- 从 FFFFh 到 0000h 溢出时产生中断
- 可以被 ECCP 模块触发复位

Timer1 的控制寄存器如寄存器 5-1 所示。通过将 TMR1ON （T1CON<0>）置位 / 清零可以使能 / 禁止 Timer1 模块。

图 5-1 是 Timer1 模块的简化原理图。

关于定时器模块的其它信息，请参阅《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

5.1 Timer1 操作

Timer1 可以有三种工作方式：

- 定时器方式
- 同步计数器方式
- 异步计数器方式

工作方式由时钟选择位 TMR1CS（T1CON<1>）确定。

在定时器方式下， Timer1 在每个指令周期递增。而在计数器方式下， Timer1 在外部时钟输入的每个上升沿递增计数。

当 Timer1 的振荡器使能（T1OSCEN 位置 1）时，RB2/T1OSI 和 RB1/T1OSO/T1CKI 引脚设定为输入。这就是说， TRISB<2:1> 的值被忽略。

Timer1 还有一个内部 “复位输入”，它由 ECCP 模块产生 （**第 7.0 节 “增强型捕捉 / 比较 /PWM （ECCP）模块”**）。

寄存器 5-1： T1CON：TIMER1 控制寄存器 （地址：10h）

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{\text{T1SYNC}}$	TMR1CS	TMR1ON
bit 7							bit 0

bit 7-6 未使用：读出时为 “0”。

bit 5-4 **T1CKPS1:T1CKPS0**：Timer1 输入时钟预分频比选择位
11 = 1:8 预分频比
10 = 1:4 预分频比
01 = 1:2 预分频比
00 = 1:1 预分频比

bit 3 **T1OSCEN**：Timer1 振荡器使能控制位
1 = 使能振荡器
0 = 关闭振荡器 (1)

bit 2 **$\overline{\text{T1SYNC}}$**：Timer1 外部时钟输入同步控制位
TMR1CS = 1
1 = 不与外部时钟输入同步
0 = 与外部时钟输入同步
TMR1CS = 0
忽略该位。当 TMR1CS = 0 时， Timer1 使用内部时钟。

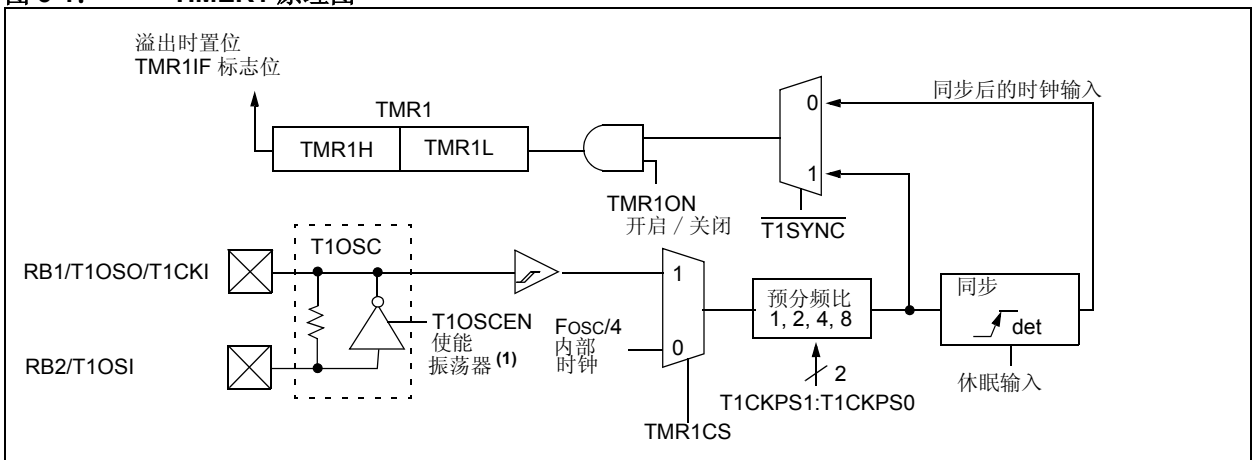
bit 1 **TMR1CS**：Timer1 时钟源选择位
1 = 使用 RB1/T1OSO/T1CKI 引脚的外部时钟 （第一个下降沿后的上升沿）
0 = 使用内部时钟 （Fosc/4）

bit 0 **TMR1ON**：Timer1 使能位
1 = 使能 Timer1
0 = 关闭 Timer1

注 1： 关闭振荡器反相器和反馈电阻以降低功耗。

图注：		
R = 可读位	W = 可写位	U = 未使用，读出时为 “0”
- n = 上电复位值	“1” = 该位被置位	“0” = 该位被清零 x = 未知

图 5-1： TIMER1 原理图



注 1： 当 T1OSCEN 位被清零时，反相器和反馈电阻被关闭以降低功耗。

5.2 Timer1 振荡器

片内包含了晶体振荡器电路，接在 T1OSI （输入） 和 T1OSO（放大器输出）引脚之间。通过对 T1OSCEN 控制位 （T1CON<3>）置位来使能该电路。这个振荡器是一个低功耗的振荡器，采用 32.768kHz 的音叉型石英晶体。它可以在休眠状态下继续 工作。

用户必须提供软件延时，确保该振荡器能够正常起振。

注 1：	LP 振荡器 （32 kHz）的电路设计原则，如**第 9.2 节 “振荡器配置”**所述，也同样适用于 Timer1 振荡器。
2:	Timer1 的寄存器对 TMR1H 和 TMR1L，连同 Timer1 溢出标志位 （TMR1IF）一起，可以作为振荡器起振稳定定时器。

5.3 Timer1 中断

TMR1 寄存器对 （TMR1H：TMR1L）从 0000h 递增到 FFFFh，然后返回到 0000h。如果使能了 TMR1 中断，则寄存器溢出时将产生中断，并锁存到中断标志位 TMR1IF （PIR1<0>）。该中断可以通过将 TMR1 中断使能位 TMR1IE（PIE1<0>）置位或清零来使能或禁止。

5.4 用 ECCP 触发器输出复位 Timer1

如果 ECCP 模块配置为比较方式以产生 “特殊事件触发”（CCP1M3：CCP1M0 = 1011），这个信号将复位 Timer1 并启动 A/D 转换 （如果 A/D 模块使能）。

注：	ECCP 模块的特殊事件触发不会将中断标志位 TMR1IF （PIR1<0>）置 1。

为了利用这个功能， Timer1 必须被配置为定时器或同步计数器方式。如果 Timer1 在异步计数器方式下运行，这个复位操作可能不起作用。

在对 Timer1 进行写操作和 ECCP 模块的特殊事件触发复位同时发生时，则写操作具有优先权。

在这种操作方式下， CCPR1H:CCPR1L 寄存器对实际上变成了 Timer1 的周期寄存器。

表 5-1： 与 TIMER1 工作在定时器 / 计数器方式下相关的寄存器

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR，BOR 时的值	其它复位时的值
0Bh,8Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	—	ADIF	—	—	—	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	-0-- -000	-0-- -000
8Ch	PIE1	—	ADIE	—	—	—	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	-0-- -000	-0-- -000
0Eh	TMR1L	16 位 TMR1 寄存器低字节的保持寄存器								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Fh	TMR1H	16 位 TMR1 寄存器高字节的保持寄存器								xxxx xxxx	uuuu uuuu
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{\text{T1SYNC}}$	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	--uu uuuu

图注： x = 未知， u = 不变，– = 未使用，读出时为 “0”。 阴影部分与 Timer1 模块未使用。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

6.0 TIMER2 模块

Timer2 定时器模块具有以下特性：

- 8 位定时器 （TMR2 寄存器）
- 8 位周期寄存器 （PR2）
- 这两个寄存器均可读可写
- 软件可编程预分频比 （1:1， 1:4， 1:16）
- 软件可编程后分频比 （1:1 到 1:16）
- TMR2 与 PR2 匹配时产生中断

Timer2 有一个控制寄存器，如寄存器 6-1 所示。可通过将控制位TMR2ON（T2CON<2>）清零来关闭Timer2，从而降低功耗。

图 6-1 是 Timer2 模块的简化原理图。

关于定时器模块的其它信息，请参阅 《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

寄存器 6-1： T2CON：TIMER2 控制寄存器 （地址：12h）

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0
bit 7							bit 0

bit 7 未使用：读出时为 “0”

bit 6-3 **TOUTPS3:TOUTPS0**：Timer2 输出后分频比选择位
0000 = 1:1 后分频比
0001 = 1:2 后分频比
0010 = 1:3 后分频比
0011 = 1:4 后分频比
0100 = 1:5 后分频比
0101 = 1:6 后分频比
0110 = 1:7 后分频比
0111 = 1:8 后分频比
1000 = 1:9 后分频比
1001 = 1:10 后分频比
1010 = 1:11 后分频比
1011 = 1:12 后分频比
1100 = 1:13 后分频比
1101 = 1:14 后分频比
1110 = 1:15 后分频比
1111 = 1:16 后分频比

bit 2 **TMR2ON**：Timer2 使能位
1 = 使能 Timer2
0 = 关闭 Timer2

bit 1-0 **T2CKPS1:T2CKPS0**：Timer2 时钟预分频比选择位
00 = 预分频比为 1
01 = 预分频比为 4
1x = 预分频比为 16

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未使用，读出时为 “0”	
- n = 上电复位值	“1” = 该位被置位	“0” = 该位被清零	x = 未知

6.1 Timer2 操作

Timer2 可以作为 ECCP 模块 PWM 方式下的时基。

TMR2 寄存器可读可写，器件发生任何复位时其值被清零。

输入时钟（Fosc/4）的预分频比可选择为 1:1， 1:4，1:16，这由控制位 T2CKPS1:T2CKPS0（T2CON<1:0>）控制。

TMR2 通过一个 4 位的后分频器产生匹配输出（后分频比为 1:1 到 1:16），从而产生 TMR2 中断（锁存在标志位 TMR2IF （PIR1<1>）中）。

下述任何一种情形都将对预分频器和后分频器的计数器清零：

- 对 TMR2 寄存器进行写操作
- 对 T2CON 寄存器进行写操作
- 器件的任何复位（包括上电复位、$\overline{\text{MCLR}}$ 复位、WDT 复位或欠压复位）

对写 T2CON 时不会将 TMR2 清零。

6.2 Timer2 中断

Timer2 模块有一个 8 位的周期寄存器（PR2）。Timer2 从 00h 开始递增，直到与 PR2 相匹配，然后在下一个递增周期回到 00h。PR2 寄存器是可读可写的，复位时被初始化为 FFh 。

图 6-1： TIMER2 原理图

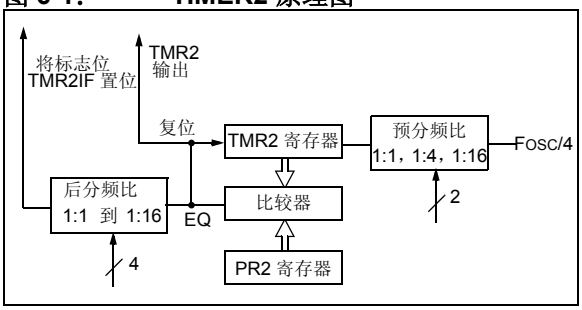


表 6-1： 与 TIMER2 作为定时器 / 计数器相关的寄存器

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR、BOR 时的值	其它复位时的值
0Bh, 8Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	—	ADIF	—	—	—	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	-0-- -000	-0-- -000
8Ch	PIE1	—	ADIE	—	—	—	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	-0-- -000	-0-- -000
11h	TMR2	Timer2 模块寄存器								0000 0000	0000 0000
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	-000 0000
92h	PR2	Timer2 周期寄存器								1111 1111	1111 1111

图注： x = 未知， u = 不变，– = 未使用，读出值为 “0”。 阴影部分 Timer2 模块未使用。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

7.0 增强型捕捉 / 比较 /PWM（ECCP）模块

ECCP（增强型捕捉 / 比较 /PWM）模块包含一个 16 位寄存器，这个寄存器可作为：

- 16 位捕捉寄存器
- 16 位比较寄存器
- PWM 主 / 从占空比寄存器

表 7-1 所示为定时器 ECCP 模块模式的定时器资源。

捕捉 / 比较 /PWM 寄存器 1（CCPR1）由两个 8 位寄存器组成：CCPR1L（低字节）和 CCPR1H（高字节）。

CCP1CON 寄存器控制 ECCP 操作。 CCP1CON 的所有位都是可读可写的。

关于 ECCP 模块的其它信息，请参阅《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

表 7-1： ECCP 模式 — 定时器资源

ECCP 模式	定时器资源
捕捉	Timer1
比较	Timer1
PWM	Timer2

寄存器 7-1： CCP1CON 寄存器 （地址：17h）

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
P1M1	P1M0	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0
bit 7							bit 0

bit 7-6 **P1M1:P1M0**：PWM 输出配置位
CCP1M<3:2> = 00，01，10
xx = P1A 配置为捕捉 / 比较 I/O。 P1B、 P1C 和 P1D 配置为端口引脚。
CCP1M<3:2> = 11
00 = 单输出， P1A 调制， P1B、 P1C 和 P1D 配置为端口引脚；
01 = 四正向输出，P1D 调制， P1A 有效， P1B 和 P1C 无效；
10 = 双输出， P1A 和 P1B 调制，带有死区控制。 P1C 和 P1D 配置为端口引脚；
11 = 四反向输出， P1B 调制， P1C 有效， P1A 和 P1D 无效。

bit 5-4 **DC1B1:DC1B0**：PWM 低有效位
捕捉模式：未使用；
比较模式：未使用；
PWM 模式：这些位是 PWM 占空比的低 2 位。高 8 位在 CCPR1L 中。

bit 3-0 **CCP1M3:CCP1M0**：ECCP 模式选择位
0000 =捕捉 / 比较 /PWM 关闭 （复位 ECCP 模块）
0001 =未使用 （保留）
0010 =比较模式，匹配时翻转输出 （置位 CCP1IF 位）
0011 =未使用 （保留）
0100 =捕捉模式，每个下降沿
0101 =捕捉模式，每个上升沿
0110 =捕捉模式，每 4 个上升沿
0111 =捕捉模式，每 16 个上升沿
1000 =比较模式，匹配时 CCP1 输出置位 （置位 CCP1IF 位）
1001 =比较模式，匹配时 CCP1 输出清零 （置位 CCP1IF 位）
1010 =比较模式，匹配时产生软件中断 （置位 CCP1IF 位， CCP1 引脚不受影响）
1011 =比较模式，触发特殊事件（置位 CCP1IF 位，复位 TMR1，且如果 A/D 模块被使能，启动一次 A/D 转换。 CCP1 引脚不受影响）。
1100 =PWM 模式。 P1A， P1C 高电平有效； P1B， P1D 高电平有效；
1101 =PWM 模式。 P1A， P1C 高电平有效； P1B， P1D 低电平有效；
1110 =PWM 模式。 P1A， P1C 低电平有效； P1B， P1D 高电平有效；
1111 =PWM 模式。 P1A， P1C 低电平有效； P1B， P1D 低电平有效。

图注：			
R ＝可读位	W ＝可写位	U ＝未使用位，读出时为 “0”	
-n ＝ POR 时的值	“1”＝置位	“0”＝清零	x ＝未知

7.1 捕捉模式

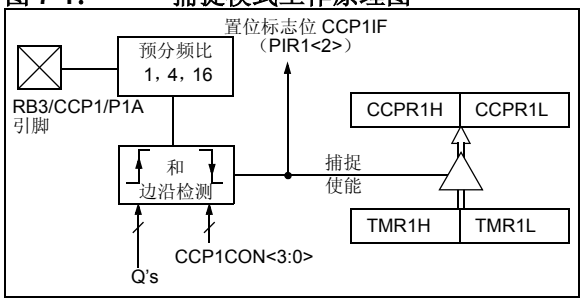
在捕捉模式下，当在引脚 RB3/CCP1/P1A 上发生下列事件时，CCPR1H:CCPR1L 捕捉 TMR1 寄存器的 16 位值。这些事件定义为：

- 每个下降沿
- 每个上升沿
- 每 4 个上升沿
- 每 16 个上升沿

事件由控制位 CCP1M3:CCP1M0（CCP1CON<3:0>）选择。进行捕捉后，中断请求标志位 CCP1IF（PIR1<2>）被置位，该位必须由软件清零。如果在寄存器 CCPR1 中的值被读出之前又发生另一次捕捉，那么原来的捕捉值将丢失。

> **注：** 从一种捕捉模式改变到另一种捕捉模式时，总是复位 ECCP 模块（CCP1M3:CCP1M0 ＝ “0000”）。这对于复位内部捕捉计数器是必需的。

图 7-1： 捕捉模式工作原理图



7.1.1 CCP1 引脚配置

在捕捉模式下，应该通过置位 TRISB<3> 位将 RB3/CCP1/P1A 引脚配置为输入。

> **注：** 如果 RB3/CCP1/P1A 配置为输出，则写 PORTB 将产生一次捕捉条件。

7.1.2 TIMER1 工作模式选择

为使 ECCP 模块使用捕捉特性， Timer1 必须运行在定时器模式或同步计数器模式。在异步计数器模式下，捕捉操作可能无法进行。

7.1.3 软件中断

当捕捉模式改变时，可能会产生一次误捕捉中断。用户应该保持 CCP1IE （PIE1<2>）位清零以避免误中断，且应在任何这种工作模式改变之后将标志位 CCP1IF 清零。

7.1.4 ECCP 预分频器

通过对 CCP1M3:CCP1M0 位的设置，可以选择 4 种不同的预分频比。每当关闭 ECCP 模块，或者 ECCP 模块不在捕捉模式时，预分频计数器都将被清零。这意味着任何复位都会将预分频计数器清零。

从一个捕捉预分频比切换到另一个可能产生一次中断。而且，预分频计数器不会被清零，因此第一次捕捉时可能是一个非零的预分频比。例 7-1 所示为在捕捉预分频比间切换的推荐方法。这个例子在清零预分频计数器时，不会产生误中断。

例 7-1： 在捕捉预分频比间切换

```
CLRFCCP1CON        ;Turn ECCP module off
MOVLWNEW_CAPT_PS   ;Load the W reg with
                   ;the new prescaler
                   ;mode value and ECCP ON
MOVWF CCP1CON      ;Load CCP1CON with this
                   ;value
```

7.2 比较模式

在比较模式下， 16 位的 CCPR1 寄存器的值不断地与 TMR1 寄存器对的值作比较。如果二者匹配， RB3/CCP1/P1A 引脚为以下状态之一：

- 拉高
- 拉低
- 翻转输出 （高 – 低或低 – 高）
- 保持不变

引脚的顿动作由控制位 CCP1M3:CCP1M0（CCP1CON<3:0>）的值决定。同时，中断标志位 CCP1IF 被置位。

改变 ECCP 模式为匹配时清零输出 （CCP1M<3:0> ＝ 1000）将预置CCP1输出锁存到逻辑1电平。改变ECCP 模式为匹配时置位输出（CCP1M<3:0> ＝ 1001）将预置 CCP1 输出锁存到逻辑 0 电平。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

7.2.1 CCP1 引脚配置

用户必须通过将 TRISB<3> 位清零，把 RB3/CCP1/P1A 引脚配置为 CCP1 输出。

> **注：** 清零 CCP1CON 寄存器将强制 RB3/CCP1/P1A 比较输出锁存为默认低电平。这不是 PORTB 的 I/O 数据锁存。

7.2.2 TIMER1 模式选择

当 ECCP 模块使用比较功能时， Timer1 必须运行在定时器模式或者同步计数器模式。在异步计数器模式下，比较操作可能无法进行。

7.2.3 软件中断模式

当选择产生软件中断模式时， CCP1 引脚不受影响。只产生一个 CCP 中断 （如果使能的话）。

7.2.4 特殊事件触发

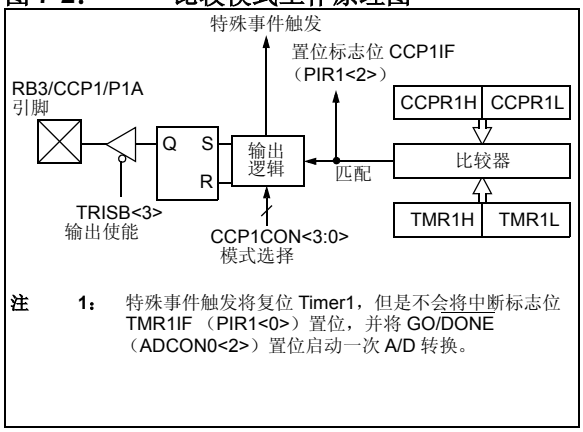
在这种模式下，将产生一个内部硬件触发信号，它可以用于启动一个动作。

ECCP 的特殊事件触发输出将复位 TMR1 寄存器对，这使得 CCPR1 寄存器可以作为 Timer1 的 16 位可编程周期寄存器。

ECCP 的特殊事件触发输出也会启动一次 A/D 转换（如果 A/D 模块使能的话）。

> **注：** ECCP 模块的特殊事件触发将不会置位中断标志位 TMR1IF （PIR1<0>）。

图 7-2： 比较模式工作原理图



注 1： 特殊事件触发将复位 Timer1，但是不会将中断标志位 TMR1IF （PIR1<0>）置位，并将 GO/DONE （ADCON0<2>）置位启动一次 A/D 转换。

表 7-2： 与捕捉、比较及 **TIMER1** 有关的寄存器

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR， BOR 时的值	其它复位时的值
0Bh,8Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	—	ADIF	—	—	—	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	-0-- -000	-0-- -000
0Eh	TMR1L	16 位 TMR1 寄存器低字节的保持寄存器								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Fh	TMR1H	16 位 TMR1 寄存器高字节的保持寄存器								xxxx xxxx	uuuu uuuu
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{\text{T1SYNC}}$	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	--uu uuuu
15h	CCPR1L	捕捉 / 比较 /PWM 寄存器 1 （LSB）								xxxx xxxx	uuuu uuuu
16h	CCPR1H	捕捉 / 比较 /PWM 寄存器 1 （MSB）								xxxx xxxx	uuuu uuuu
17h	CCP1CON	P1M1	P1M0	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	0000 0000	0000 0000
86h	TRISB	PORTB 数据方向寄存器								1111 1111	1111 1111
8Ch	PIE1	—	ADIE	—	—	—	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	-0-- -000	-0-- -000

图注： x ＝未知， u ＝未改变， - ＝未使用，读出时为 “0”。阴影部分未被捕捉和 Timer1 使用。

7.3 PWM 模式

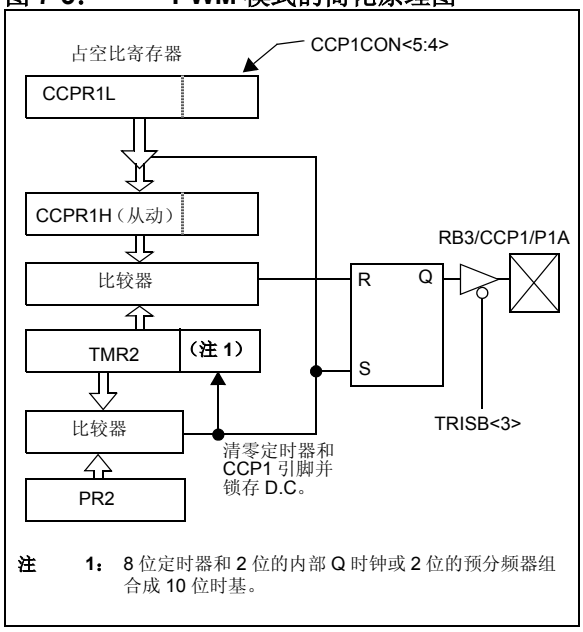
在脉冲宽度调制（PWM）工作模式下，CCP1 引脚上可输出分辨率高达 10 位的 PWM 输出。因为 CCP1 引脚和 PORTB 数据锁存复用，TRISB<3> 位必须清零以设置 CCP1 引脚为输出。

注：	清零CCP1CON寄存器将强制CCP1 PWM输出锁存为默认低电平。这不是 PORTB I/O 数据锁存。

图 7-3 所示为 CCP 模块工作在 PWM 模式下的简化原理图。

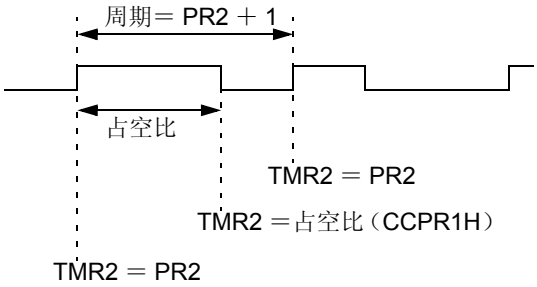
关于如何一步步设置 ECCP 模块使其工作在 PWM 模式，请参见**第 7.3.3 节 “PWM 操作设置”**。

图 7-3： PWM 模式的简化原理图



PWM 输出（图 7-4）有一个时基（周期）和一段输出保持为高电平的时间（占空比）。PWM 的频率就是周期的倒数（1/ 周期）。

图 7-4： PWM 输出



7.3.1 PWM 周期

PWM 的周期可通过写 PR2 寄存器来设定，PWM 周期可由以下公式计算：

公式 7-1：

$$\text{PWM 周期} = [(PR2) + 1] \cdot 4 \cdot Tosc \cdot (\text{TMR2 预分频比})$$

PWM 频率定义为 1/[PWM 周期]。

当 TMR2 等于 PR2 时，在下一个递增周期中发生以下三个事件：

- TMR2 被清零
- CCP1 引脚被置位（例外：如果 PWM 占空比 = 0%，CCP1 引脚不会被置位）
- PWM 占空比从 CCPR1L 锁存到 CCPR1H

注：	在确定 PWM 频率时未考虑使用 Timer2 后分频器（参见**第 6.0 节 “Timer2 模块”**）。后分频器可用于获得与PWM输出不同频率的伺服更新速率。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

7.3.2 PWM 占空比

通过写入 CCPR1L 寄存器和 CCP1CON<5:4> 位可以设定 PWM 占空比，分辨率最高可达 10 位。 CCPR1L 包含高 8 位而 CCP1CON<5:4> 包含低 2 位，该 10 位值由 CCPR1L:CCP1CON<5:4> 表示。以下公式用于计算 PWM 的占空比时间：

公式 7-2：

$$\text{PWM 占空比} = (\text{CCPR1L:CCP1CON<5:4>} \cdot T_{OSC} \cdot (\text{TMR2 预分频比}))$$

CCPR1L 和 CCP1CON<5:4> 可在任何时候写入，但是当 PR2 和 TMR2 匹配时 （即周期完成时），该占空比值才被锁存到 CCPR1H。在 PWM 工作模式下，CCPR1H 是只读寄存器。

CCPR1H 寄存器和 2 位内部锁存值被用于 PWM 占空比的双缓冲器，这个双缓冲器对于去除 PWM 操作的毛刺是必需的。

当 CCPR1H 和 2 位内部锁存值与组合到内部 2 位 Q 时钟或 2 位 TMR2 预分频器的 TMR2 相匹配时，CCP1 引脚被清零。

在给定 PWM 频率的情况下，最大的 PWM 分辨率 （位数）由以下公式给出 ：

公式 7-3：

$$\text{最大分辨率} = \frac{\log\left(\frac{F_{OSC}}{F_{PWM}}\right)}{\log(2)} \text{ 位}$$

注：	如果 PWM 占空比值比 PWM 周期长，那么 CCP1 引脚不会被清零。

PWM 周期和占空比计算的例子，参见 《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

7.3.3 PWM 操作设置

当配置 ECCP 模块的 PWM 操作时，要进行如下几步 ：

1. 写 PR2 寄存器设定 PWM 周期；
2. 写 CCPR1L 寄存器和 CCP1CON<5:4> 位设定 PWM 占空比；
3. 将 TRISC<3> 位清零，设定 CCP1 引脚为输出；
4. 通过写 T2CON 设置 TMR2 预分频比，并使能 Timer2 ；
5. 为 PWM 操作配置 CCP1 模块。

表 7-3： 20 MHz 时 PWM 的频率和分辨率示例

PWM 频率	1.22 kHz	4.88 kHz	19.53 kHz	78.12 kHz	156.3 kHz	208.3 kHz
定时器预分频比 （1，4，16）	16	4	1	1	1	1
PR2 值	0xFF	0xFF	0xFF	0x3F	0x1F	0x17
最大分辨率 （位）	10	10	10	8	7	6.6

表 7-4： 与 PWM 及 TIMER2 相关的寄存器

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR、BOR 时的值	其它复位时的值
0Bh，8Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	—	ADIF	—	—	—	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	-0-- -000	-0-- -000
11h	TMR2	Timer2 模块的寄存器								0000 0000	0000 0000
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	-000 0000
15h	CCPR1L	捕捉 / 比较 /PWM 寄存器 1 （LSB）								xxxx xxxx	uuuu uuuu
16h	CCPR1H	捕捉 / 比较 /PWM 寄存器 1 （MSB）								xxxx xxxx	uuuu uuuu
17h	CCP1CON	P1M1	P1M0	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	0000 0000	0000 0000
86h	TRISB	PORB 数据方向寄存器								1111 1111	1111 1111
8Ch	PIE1	—	ADIE	—	—	—	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	-0-- -000	-0-- -000
92h	PR2	Timer2 模块的周期寄存器								1111 1111	1111 1111

图注： x ＝未知， u ＝未改变， - ＝未使用，读出时为 “0”。阴影部分未被 PWM 和 Timer2 使用。

7.4 增强型 PWM 模式

增强型 PWM 工作模式为更广泛的控制应用提供更多的 PWM 输出选择。该模块是标准 CCP 模块的向上兼容版本，提供 P1A 到 P1D 多达四路输出。用户还可以选择信号的极性（高电平有效或低电平有效）。通过设置 CCP1CON 寄存器的 P1M1:P1M0 位（CCP1CON<7:6>）和 CCP1M3:CCP1M0 位（CCP1CON<3:0>）来配置模块的输出模式和极性。

图 7-5 所示为简化的 PWM 工作原理图。所有控制寄存器都是双缓冲的，且在新 PWM 周期（当 Timer2 复位时的周期边界）的开始装载，防止任何一路输出出现毛刺。 PWM 死区延时是个例外，它在高电平时间的边界或者周期边界装载（取决于哪一个先到）。由于采用了缓冲，模块一直等到分配的定时器复位，而不是立即开始。这意味着增强型 PWM 波形与标准 PWM 波形不完全一致，而是偏移一个指令周期（4 Tosc）。

和前面一样，用户必须手动设置相应的 TRISB 位来配置引脚为输出。

7.4.1 PWM 输出配置

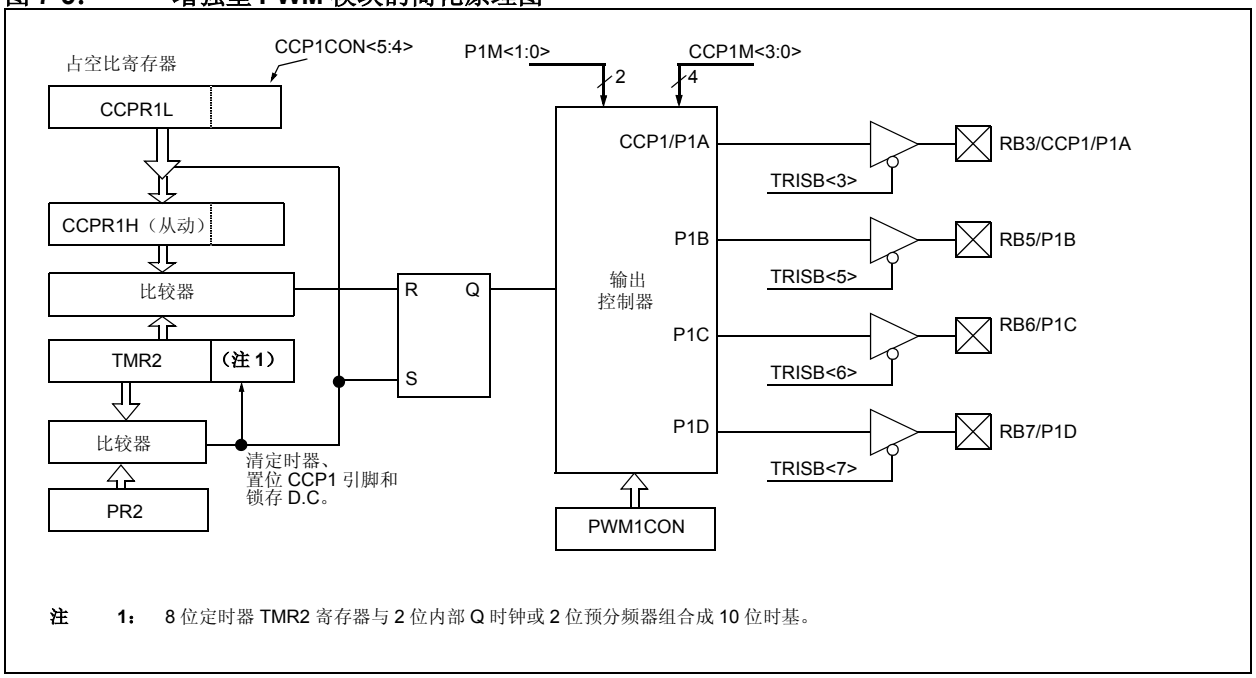
CCP1CON 寄存器的 P1M1:P1M0 位允许以下四种配置之一：

- 单输出
- 半桥输出
- 全桥输出，正向模式
- 全桥输出，反向模式

单输出模式是标准 PWM 模式，在**第 7.3 节 “PWM 模式”**中讨论。半桥和全桥输出模式在下面的章节中会详细介绍。

图 7-6、图 7-7、图 7-8和图 7-9总结了在所有配置中的 PWM 输出关系。

图 7-5： 增强型 PWM 模块的简化原理图



注 1： 8 位定时器 TMR2 寄存器与 2 位内部 Q 时钟或 2 位预分频器组合成 10 位时基。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

图 7-6： PWM 输出关系 （P1A、 P1B、 P1C 和 P1D 高电平有效状态）

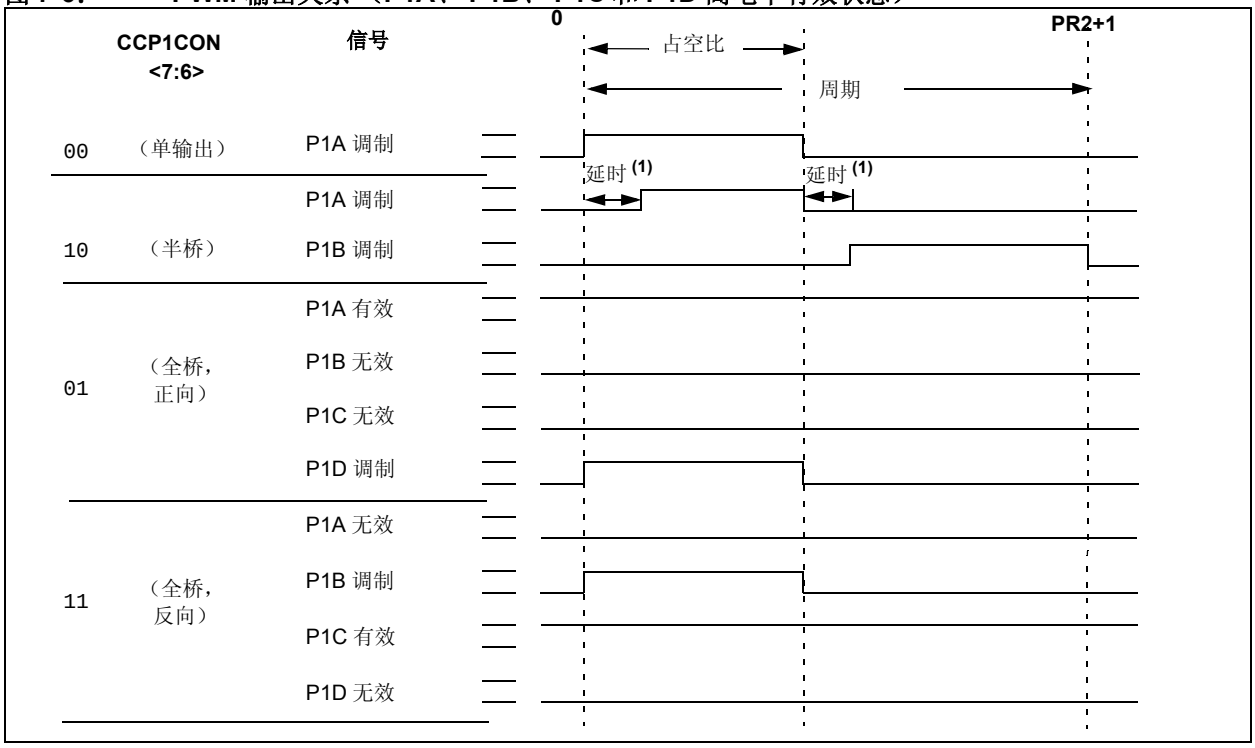
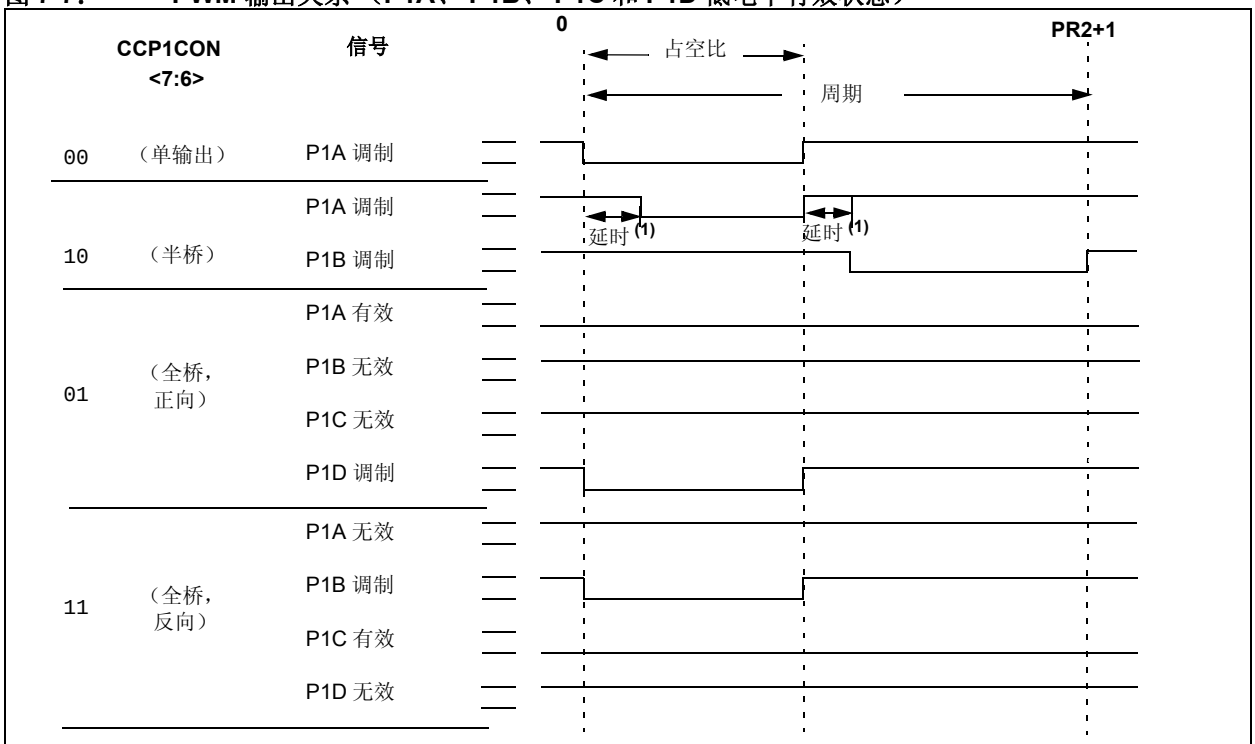


图 7-7： PWM 输出关系 （P1A、 P1B、 P1C 和 P1D 低电平有效状态）

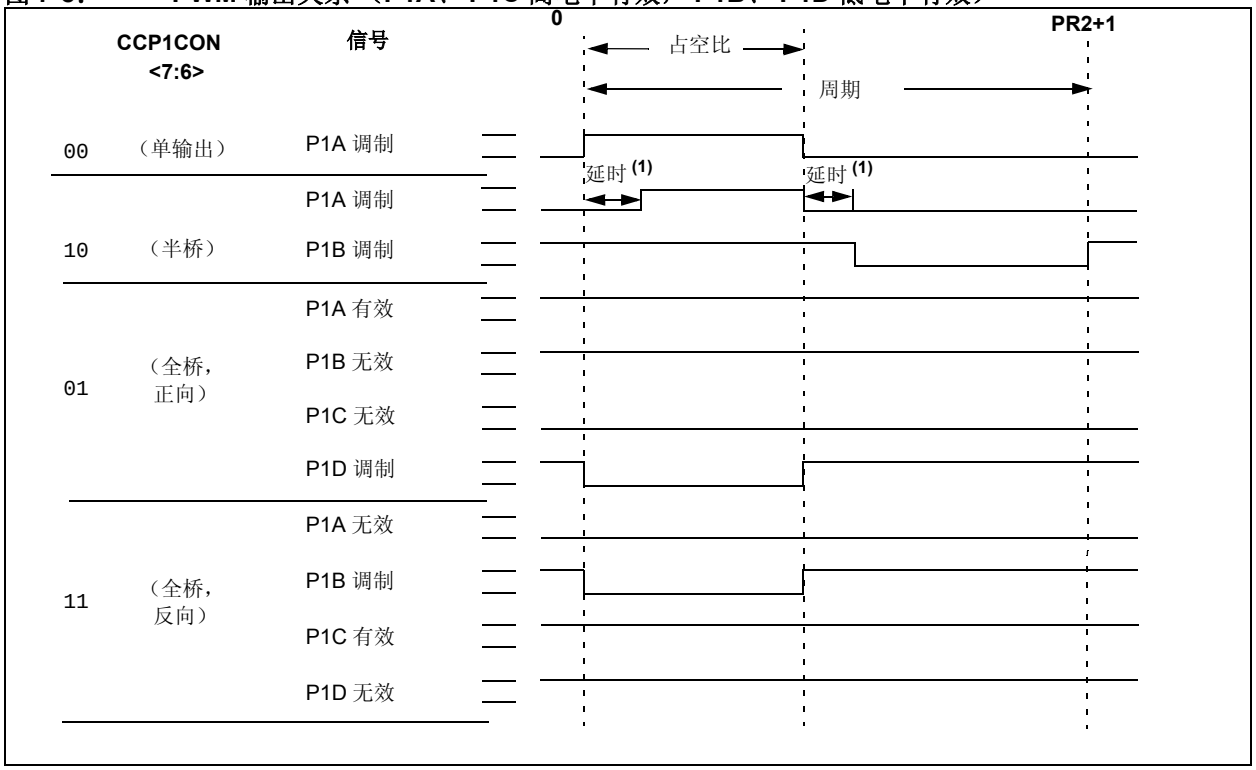


关系：

- 周期＝ 4 * Tosc * （PR2 + 1） * （TMR2 预分频比）；
- 占空比 = Tosc * （CCPR1L<7:0> : CCP1CON<5:4>） * （TMR2 预分频比）；
- 延时＝ 4 * Tosc * （PWM1CON<6:0>）。

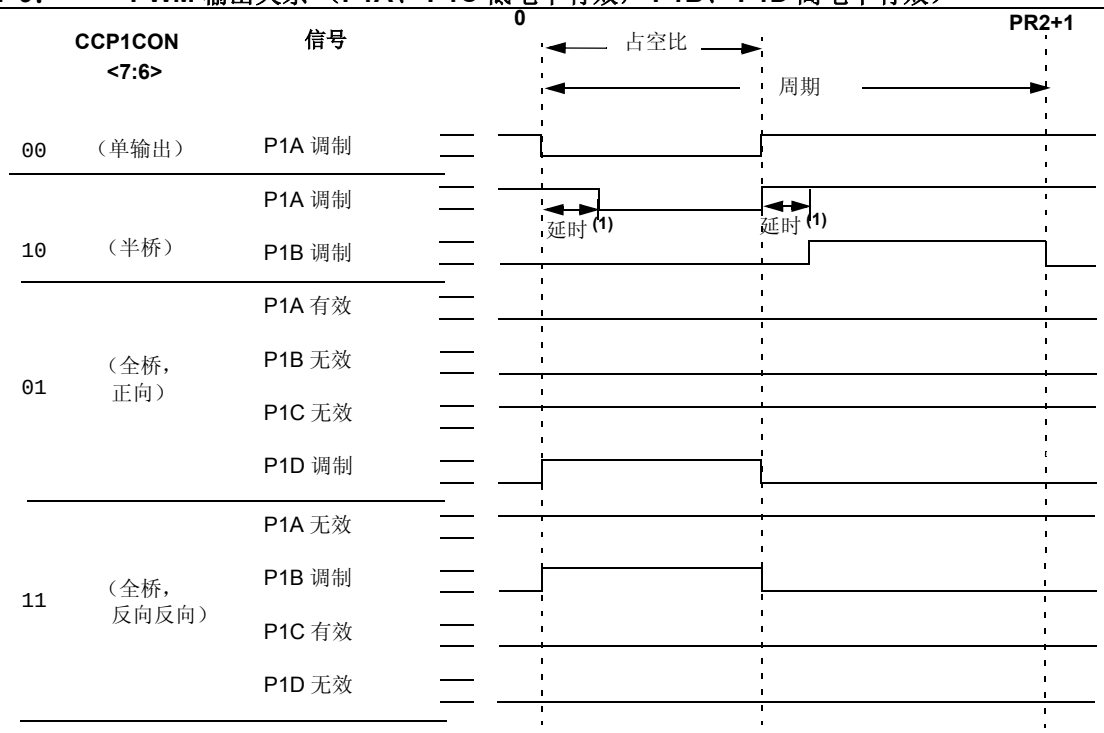
注 1： 使用 PWM1CON 寄存器对死区延时编程 （**第 7.4.4 节 “可编程死区延时”**）。

图 7-8： PWM 输出关系 （P1A、 P1C 高电平有效， P1B、 P1D 低电平有效）



 © 2004 Microchip Technology Inc.

图 7-9： PWM 输出关系 （P1A、 P1C 低电平有效， P1B、 P1D 高电平有效）



关系：

- 周期 = 4 * Tosc *（PR2 + 1）*（TMR2 预分频比）；
- 占空比 = Tosc *（CCPR1L<7:0> : CCP1CON<5:4>）*（TMR2 预分频比）；
- 延时 = 4 * Tosc *（PWM1CON<6:0>）。

注 1： 使用 PWM1CON 寄存器对死区延时编程 （**第 7.4.4 节 “可编程死区延时”**）。

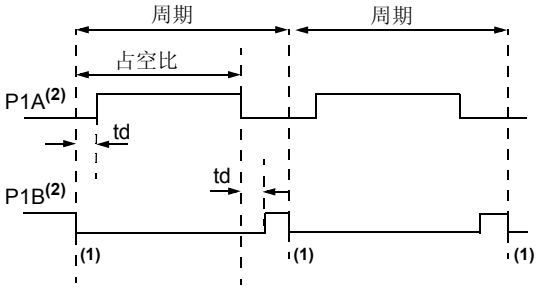
7.4.2 半桥模式

在半桥输出模式下，有两个引脚用作输出驱动推拉式负载。RB3/CCP1/P1A 引脚输出 PWM 输出信号， RB5/P1B 引脚输出互补的 PWM 输出信号（图 7-12）。这种模式可用于半桥应用（如图 7-11 所示），或者用于全桥应用，这种情况下使用两个 PWM 信号调制四个功率开关。

在半桥输出模式下，可编程死区延时可用来防止半桥功率器件出现直通。PWM1CON 寄存器的位 PDC6:PDC0 的值设置输出被驱动为有效之前的指令周期数。如果这个值比占空比大，则在整个周期中相应的输出保持为无效。关于死区延时操作的详细内容，请参见**第 7.4.4 节“可编程死区延时”**。

由于 P1A 和 P1B 输出与 PORTB<3> 和 PORTB<5> 数据锁存是复用的，TRISB<3>和TRISB<5>位必须清零，将 P1A 和 P1B 配置为输出。

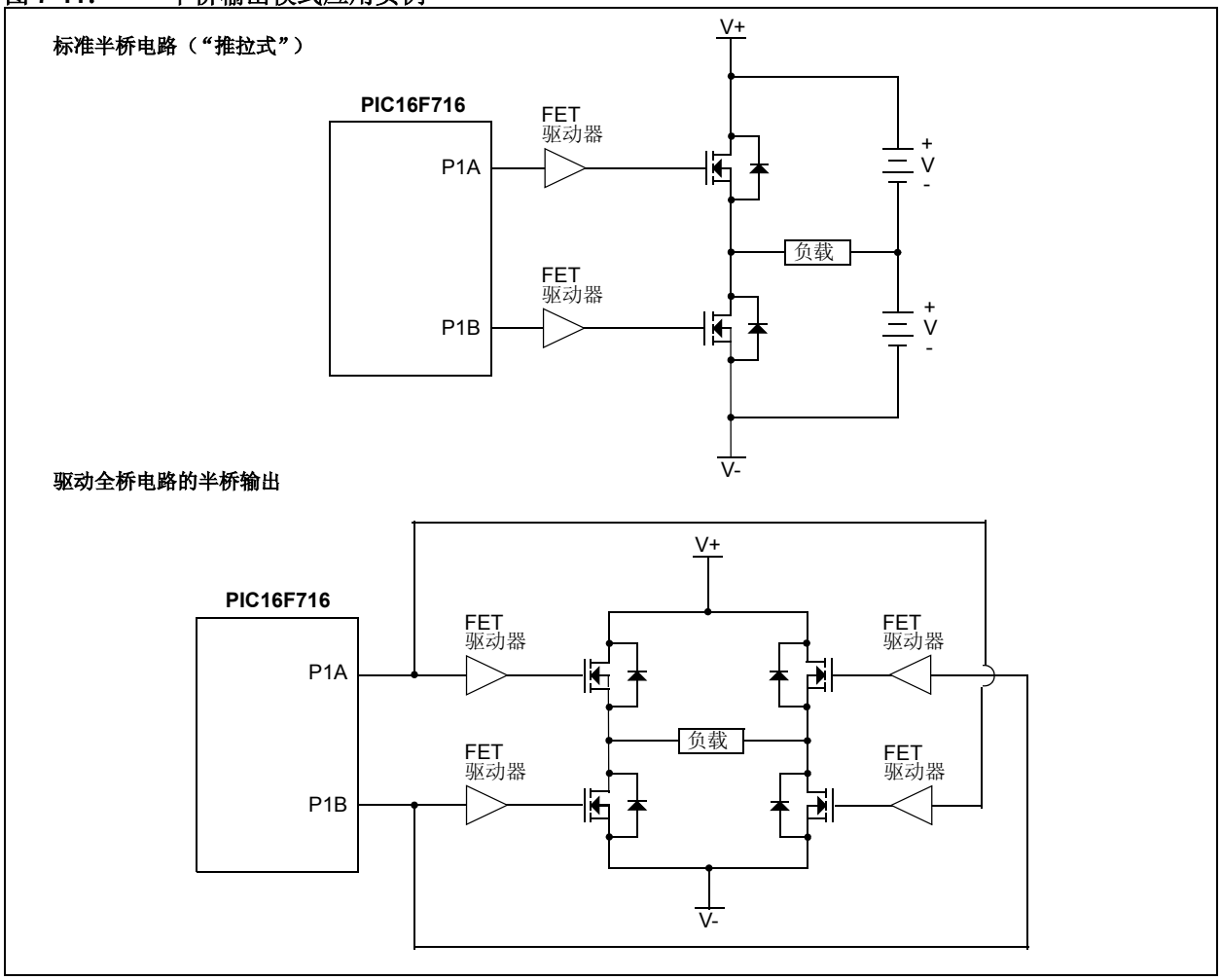
图 7-10： 半桥 PWM 输出



td ＝死区延时

注 1： 此时 TMR2 寄存器和 PR2 寄存器的值相等。
2： 图中输出信号高电平有效。

图 7-11： 半桥输出模式应用实例



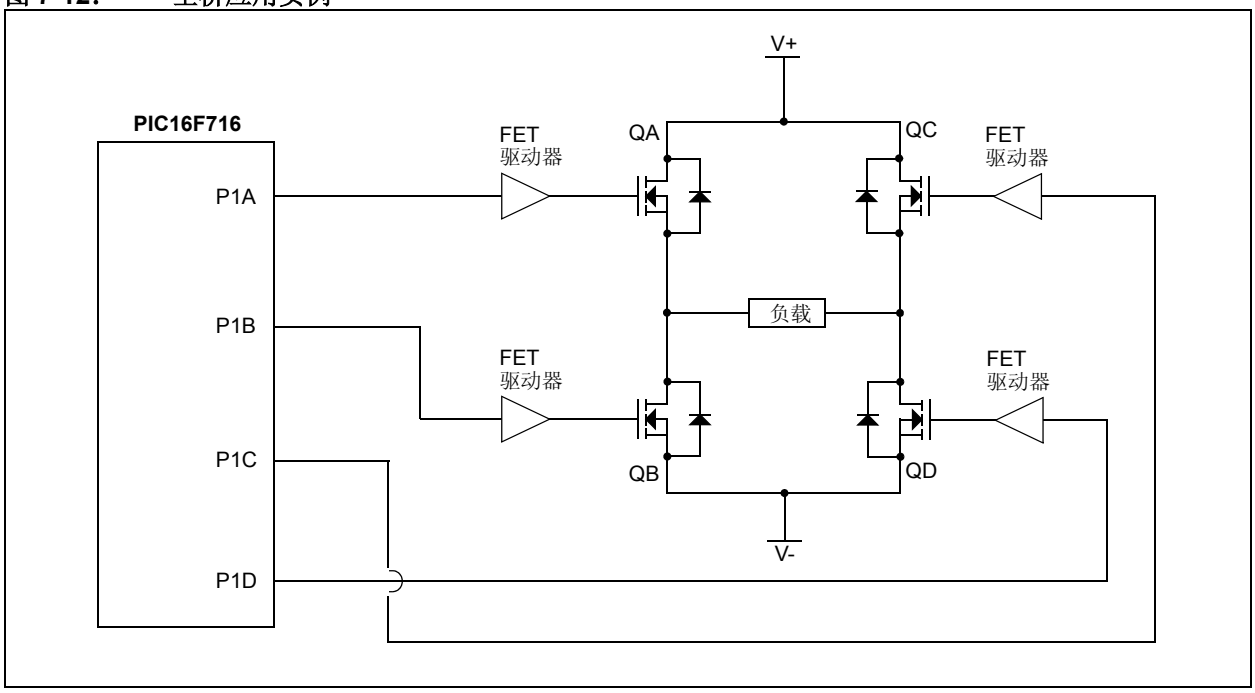
 © 2004 Microchip Technology Inc.

7.4.3 全桥模式

在全桥输出模式中，四个引脚都用作输出；但是，同一时间只有两个输出有效。在正向模式下，引脚 RB3/CCP1/P1A 持续有效，引脚 RB7/P1D 被调制。在反向模式中，RB6/P1C 引脚持续有效，RB5/P1B 引脚被调制。如图 7-6 到图 7-9 所示。

P1A、P1B、P1C 和 P1D 输出与 PORTB<3> 和 PORTB<5:7>数据锁存复用，TRISB<3>和TRISB<5:7>位必须清零，将 P1A、P1B、P1C 和 P1D 引脚配置为输出。

图 7-12： 全桥应用实例



7.4.3.1 全桥模式中的方向改变

在全桥输出模式中，CCP1CON 寄存器中的 P1M1 位允许用户控制正 / 反方向。当应用软件改变这个方向控制位时，模块将在下一个 PWM 周期改用新的方向。

在当前 PWM 周期结束之前，调制输出（P1B 和 P1D）进入无效状态，而未调制输出（P1A 和 P1C）切换到以相反的方向驱动。这发生在下一个 PWM 周期开始之前的（4 × Tosc ×（Timer2 预分频比））时间间隔内。Timer2 预分频比可以是 1、4 或 16，这取决于 T2CKPSx 位（T2CON<1:0>）的值。在从切换未调制输出驱动方向到下一个周期开始的间隔中，调制输出（P1B和P1D）保持无效。这种关系如图 7-13 所示。

> **注：** 在全桥输出模式中，ECCP 模块不提供任何死区延时。通常，因为始终只有一个输出被调制，所以不需要死区延时。然而，有一种情况将需要死区延时。这一情况发生在以下两个条件满足时：
>
> 1. 当输出的占空比达到或者接近 100%，PWM 输出方向改变；
> 2. 功率开关（包括功率器件和驱动电路）的关断时间，比开通的时间要长。

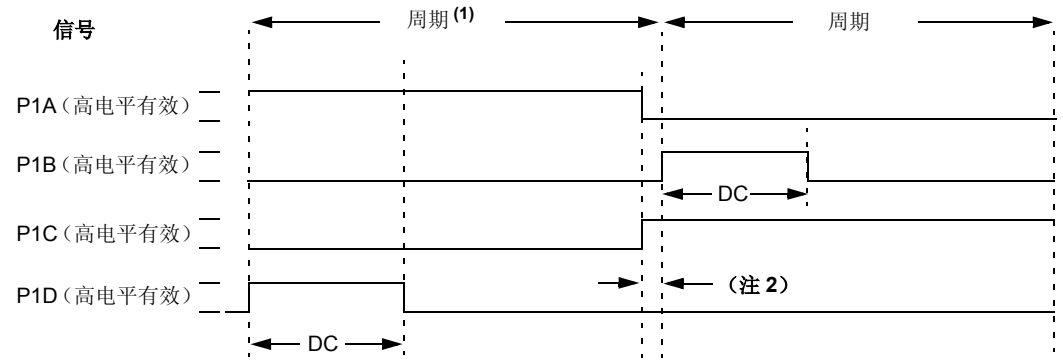
在图 7-14所示的例子中，在占空比接近100%时，PWM 方向从正向改变到反向。在时间 t1，输出 P1C 变为有效，输出 P1A 和 P1D 变为无效。在这个例子中，因为功率器件的关断时间比开通时间要长，在“t”时间内，功率器件 QC 和 QD 可能出现直通 （见图 7-12）。当 PWM 方向从反向改变到正向时，功率器件 QA 和 QB 也将出现相同的现象。

如果应用中需要在高占空比时改变 PWM 方向。必须满足以下要求之一：

1. 在改变方向之前的一个 PWM 周期降低 PWM 占空比；
2. 使用开关驱动电路，使驱动开关管关断比驱动开关管开通快。

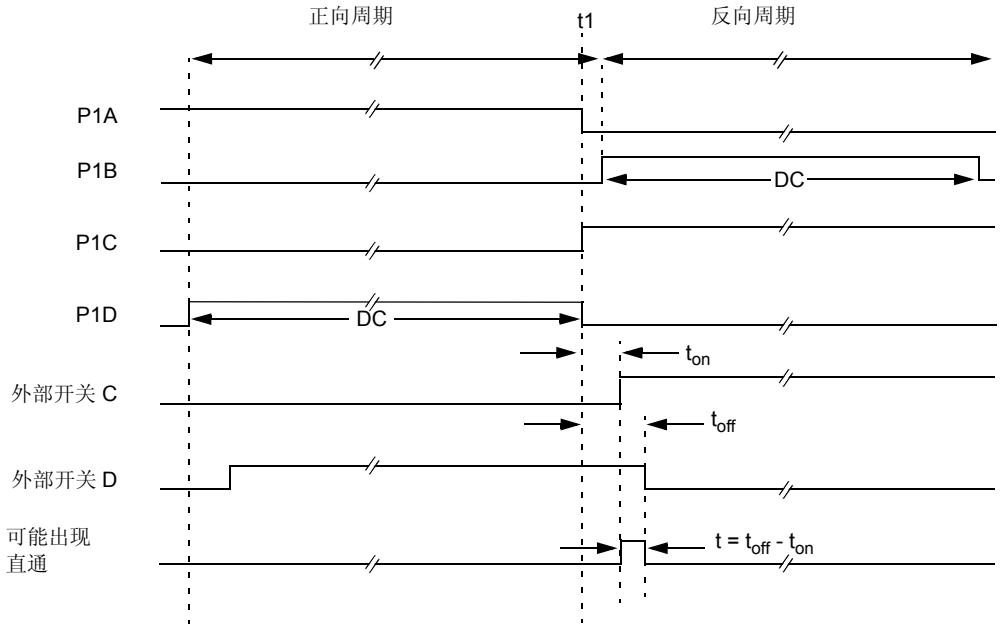
也可能存在其它避免直通的方案。

图 7-13： PWM 方向改变



注 1： 可在 PWM 周期的任意时刻，写 CCP1 控制寄存器的方向位 （CCP1CON<7>）。
2： 当改变方向时， P1A 和 P1C 信号在当前 PWM 周期结束之前，将提前 4 Tosc、 16 Tosc 或者 64 Tosc 时间间隔切换方向，间隔大小取决于 Timer2 预分频比。此时被调制的 P1B 和 P1D 信号是无效的。

图 7-14： 在占空比接近 100% 时改变 PWM 方向



注 1： 图中所有信号高电平有效。
2： t_{on} 是功率开关 QC 及其驱动电路的开通延时。
3： t_{off} 是功率开关 QD 及其驱动电路的关断延时。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

7.4.4 可编程死区延时

在所有功率开关管都以 PWM 频率调制的半桥应用中，功率开关管开通通常比关断需要更多的时间。如果上下两个功率开关管在同一时间开关（一个开通，另一个关断）。那么在一段很短的时间里，两个开关管可能同时导通，直到一个开关管完全关断为止。在这短暂的时间中，两个功率开关管中可能流过较高的电流（直通电流），将逆变桥的电源与地短路。为避免开关过程中可能会出现的破坏性直通电流，通常需要延迟功率开关管的开通，保证在另一个开关管完全关断之后，再开通相应的功率开关管。

在半桥输出模式中，可采用数字可编程死区延时，避免出现损坏逆变桥功率开关管的直通电流。在信号从无效状态切换到有效状态时增加延时，参见图 7-10。PWM1CON 寄存器（寄存器 7-2）的低 7 位以单片机指令周期为单位设置延时（TCY 或 4 TOSC）。

7.4.5 增强型 PWM 自动关闭

当 ECCP 编程设置为任一种增强 PWM 模式时，有效输出引脚可配置为自动关闭。当关闭事件发生时，自动关闭立即把增强型 PWM 输出引脚置为定义的关闭状态。

RB0/INT/$\overline{\text{ECCPAS2}}$ 或 RB4/$\overline{\text{ECCPAS0}}$ 引脚之一或两者都为逻辑低电平时，会产生自动关闭事件。不选择任何自动关闭源可以禁止自动关闭功能。使用的自动关闭源由 ECCPAS2 和 ECCPAS0 位（ECCPAS<6> 和 ECCPAS<4>）选择。

当关闭发生时，输出引脚被异步置为其关闭状态，关闭状态由 PSSAC1:PSSAC0 和 PSSBD1:PSSBD0 位（ECCPAS<3:0>）指定。每个引脚对（P1A/P1C 和 P1B/P1D）可以设置为驱动高电平、驱动低电平或者三态（不驱动）。ECCPASE 位（ECCPAS<7>）也被置位，以保持增强型 PWM 输出为其关闭状态。

当关闭事件发生时，ECCPASE 位由硬件置位。如果自动重新启动没有使能，当关闭起因清除时，ECCPASE 位必须由软件清零。如果自动重新启动使能，当自动关闭起因被清除时，ECCPASE 位自动清零。

如果 ECCPASE 位在一个 PWM 周期开始时被置位，在那整个 PWM 周期，PWM 输出保持在其关闭状态。当 ECCPASE 位被清零时，PWM 输出将在下一个 PWM 周期的开始，返回到正常操作。

注：	当关闭条件有效时，禁止写 ECCPASE 位。

寄存器 7-2： **PWM1CON：PWM 配置寄存器 （地址：18h）**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PRSEN	PDC6	PDC5	PDC4	PDC3	PDC2	PDC1	PDC0
bit 7							bit 0

bit 7 **PRSEN：**PWM 重新启动使能位
1 = 自动关闭时，一旦关闭事件消失， ECCPASE 位自动清零； PWM 自动重新启动。
0 = 自动关闭时，ECCPASE 必须由软件清零以重新启动 PWM。

bit 6-0 **PDC<6:0>：**PWM 延时计数位
在 PWM 信号应该转换为有效的预定时间和转换为有效的实际时间之间的 Fosc/4（4*Tosc）周期数。

图注：			
R ＝可读位	W ＝可写位	U ＝未用位，读为 “0”	
- n ＝ POR 时的值	“1” ＝置位	“0” ＝清零	x ＝该位未知

寄存器 7-3： **ECCPAS — 增强型 CCP 自动关闭寄存器 （地址：19h）**

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ECCPASE	ECCPAS2	—	ECCPAS0	PSSAC1	PSSAC0	PSSBD1	PSSBD0
bit 7							bit 0

bit 7 **ECCPASE：**ECCP 自动关闭事件状态位
1 = 发生了关闭事件。如果 PRSEN = 0，必须在软件中复位以重新使能 ECCP。
0 = ECCP 输出使能，无关闭事件。

bit 6 **ECCPAS2：**ECCP 自动关闭位 2
1 = RB0 （INT）引脚低电平 （“0”）导致关闭
0 = RB0 （INT）引脚对 ECCP 无影响

bit 5 未使用：读出时为 “0”

bit 4 **ECCPAS0：**ECCP 自动关闭位 “0”
1 = RB4 引脚低电平 （“0”）导致关闭
0 = RB4 引脚对 ECCP 无影响

bit 3-2 **PSSAC<1:0>：**引脚 P1A 和 P1C 关闭状态控制
00 =驱动引脚 P1A 和 P1C 为 “0”
01 =驱动 P1A 和 P1C 为 “1”
1x =引脚 P1A 和 P1C 为三态

bit 1-0 **PSSBD<1:0>：**引脚 P1B 和 P1D 关闭状态控制
00 =驱动引脚 P1B 和 P1D 为 “0”
01 =驱动引脚 P1B 和 P1D 为 “1”
1x =引脚 P1B 和 P1D 为三态

图注：			
R ＝可读位	W ＝可写位	U ＝未用位，读出时为 “0”	
- n ＝ POR 时的值	“1” ＝置位	“0” ＝清零	x ＝该位未知

 © 2004 Microchip Technology Inc.

7.4.5.1 自动关闭和自动重新启动

自动关闭功能可以配置为允许在关闭事件后自动重新启动模块，这可通过置位 PWM1CON 寄存器 的 PRSEN 位 （PWM1CON<7>）使能。

在关闭模式下，如果 PRSEN （PWM1CON <7>） = 1（图 7-15），只要关闭的起因继续， ECCPASE 位将保持置位。当关闭条件清除时， ECCPASE 位清零。如果 PRSEN = 0（图 7-16），一旦关闭条件发生， ECCPASE 位将保持置位直到被软件清零。一旦 ECCPASE 位被清零，增强型 PWM 将在下一个 PWM 周期的重新开始工作。

注： 当关闭条件有效时，禁止写 ECCPASE 位。

只要关闭的条件一直持续， ECCPASE 位就不能被清零。

可以通过写 “1” 到 ECCPASE 位，强制为自动关闭模式。

7.4.6 启动注意事项

当 ECCP 模块用于 PWM 模式时，必须在 PWM 输出引脚上外接适当的上拉和 / 或下拉电阻。当单片机退出复位状态时，所有 I/O 引脚呈高阻状态。外部电路必须保持功率开关器件处于截至状态，直到单片机将 I/O 引脚驱动为适当的信号电平，或者激活 PWM 输出为止。

CCP1M1:CCP1M0 位（CCP1CON<1:0>）允许用户为每一对 PWM 输出引脚 （P1A/P1C 和 P1B/P1D）选择 PWM 输出信号为高电平有效或低电平有效。PWM 输出极性必须在 PWM 引脚配置为输出之前选择。由于可能导致应用电路的损坏，因此不推荐 PWM 引脚配置为输出时改变极性配置。

当 PWM 模块初始化时，P1A、P1B、P1C 和 P1D 输出锁存可能不在正确的状态。使能 PWM 引脚为输出和使能 ECCP 模块同时进行，可能损坏应用电路。必须在将 PWM 引脚设置为输出之前，配置 ECCP 模块为正确的输出模式并完成一个完整的 PWM 周期。当第二个 PWM 周期开始时， TMR2IF 位置位表明一个完整的 PWM 周期结束了。

图 7-15： PWM 自动关闭 （PRSEN = 1，使能自动重新启动）

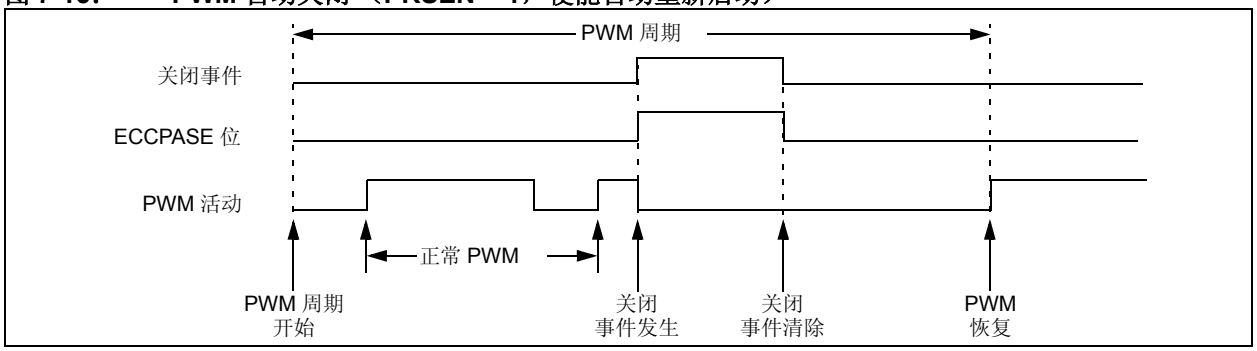
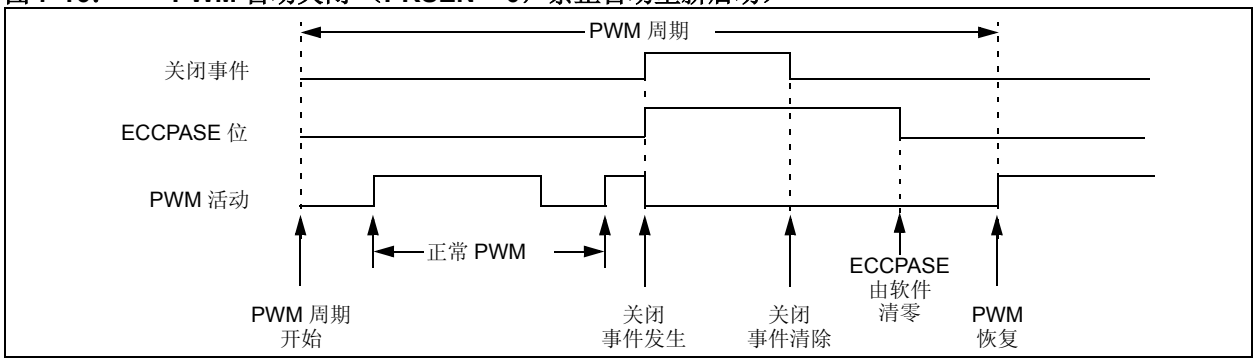


图 7-16： PWM 自动关闭 （PRSEN = 0，禁止自动重新启动）



7.4.7 设置 PWM 操作

若要把 ECCP 模块配置成工作于 PWM 模式，可采用下列步骤：

1. 通过置位相应的 TRISB 位，配置 PWM 引脚 P1A 和 P1B （以及 P1C 和 P1D，如果使用的话）为输入。
2. 通过装载 PR2 寄存器设置 PWM 周期。
3. 通过装载恰当的值到 CCP1CON 寄存器来设置 ECCP 模块为需要的 PWM 模式和配置：
   - 用 P1M1:P1M0 位选择输出配置和方向。
   - 用CCP1M3:CCP1M0位选择PWM输出信号的极性。
4. 通过装载CCPR1L 寄存器和CCP1CON<5:4> 位设置 PWM 占空比。
5. 对于半桥输出模式，通过装载恰当的值到 PWM1CON<6:0> 设置死区延时。
6. 如果需要自动关闭操作，装载 ECCPAS 寄存器:
   - 使用ECCPAS<2> 和ECCPAS<0> 位选择自动关闭源。
   - 使用 PSSAC1:PSSAC0 位和 PSSBD1:PSSBD0 位选择 PWM 输出引脚在 PWM 关闭时的状态
   - 置位 ECCPASE 位 （ECCPAS<7>）。
7. 如果需要自动重新启动，置位 PRSEN 位（PWM1CON<7>）。
8. 配置及启动 TMR2：
   - 清零TMR2中断标志位TMR2IF位（PIR1<1>）
   - 通过装载 T2CKPSx 位 （T2CON<1:0>）设置 TMR2 预分频比
   - 通过置位 TMR2ON 位 （T2CON<2>）使能 Timer2
9. 在新的 PWM 周期开始后使能 PWM 输出：
   - 等待直到 TMR2 溢出 （TMR2IF 位置位）
   - 通过清零各TRISB位，使能CCP1/P1A、P1B、P1C 和 / 或 P1D 引脚为输出。
   - 清零 ECCPASE 位 （ECCPAS<7>）

更多细节请参见前面章节。

7.4.8 复位的影响

上电复位及以后的复位都将强制所有端口为输入模式，并强制 ECCP 寄存器为复位状态。

这将强制增强型 CCP 模块复位到与标准 ECCP 模块兼容的状态。

表 7-5： 与增强型 PWM 及 TIMER2 相关的寄存器

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR, BOR 时的值	其它所有复位值
0Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	—	ADIF	—	—	—	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	-0-- -000	-0-- -000
8Ch	PIE1	—	ADIE	—	—	—	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	-0-- --00	-0-- --00
11h	TMR2	Timer2 模块寄存器								0000 0000	0000 0000
92h	PR2	Timer2 模块周期寄存器								1111 1111	1111 1111
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	-000 0000
86h	TRISB	PORTB 数据方向寄存器								1111 1111	1111 1111
16h	CCPR1H	增强型捕捉 / 比较 /PWM 寄存器 1 高字节								xxxx xxxx	uuuu uuuu
15h	CCPR1L	增强型捕捉 / 比较 /PWM 寄存器 1 低字节								xxxx xxxx	uuuu uuuu
17h	CCP1CON	P1M1	P1M0	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	0000 0000	0000 0000
19h	ECCPAS	ECCPASE	ECCPAS2	—	ECCPAS0	PSSAC1	PSSAC0	PSSBD1	PSSBD0	00-0 0000	00-0 0000
18h	PWM1CON	PRSEN	PDC6	PDC5	PDC4	PDC3	PDC2	PDC1	PDC0	0000 0000	0000 0000

图注： x ＝未知， u ＝未改变， - ＝未使用，读出时为 “0”。阴影部分未被 ECCP 模块的增强型 PWM 模式使用。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

8.0 模数转换器 （A/D）模块

模数 （A/D）转换器模块有四个输入。

A/D 转换器将模拟输入信号转换成对应的 8 位数字量（请参考应用笔记 AN546 中的 A/D 转换器使用）。采样 / 保持的输出作转换器的输入，转换器通过逐次逼近产生结果。模拟参考电压可通过软件选择为器件的正电源电压 （VDD）或 RA3/AN3/VREF 引脚上的电平。

A/D 转换器有一个特殊的功能，即能够器件处于休眠方式时继续工作。在休眠方式下工作时， A/D 转换时钟必须来源于 A/D 转换器内部的 RC 振荡器。

关于 A/D 模块的其它信息，请参阅《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

A/D 模块有三个寄存器，它们是：

- A/D 结果寄存器 （ADRES）
- A/D 控制寄存器 0 （ADCON0）
- A/D 控制寄存器 1 （ADCON1）

器件复位强制所有寄存器为其复位状态，这将强制 A/D 转换模块关闭，并且中止任何转换。

ADCON0 寄存器，如寄存器 8-1 所示，用于控制 A/D 模块的操作。ADCON1 寄存器，如寄存器 8-2 所示，用于配置端口引脚的功能。端口引脚可配置为模拟输入（RA3 也可作为参考电压）或数字 I/O。

寄存器 8-1： ADCON0 寄存器 （地址：1Fh）

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/$\overline{\text{DONE}}$	—	ADON
bit 7							bit 0

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0**：A/D 转换时钟选择位
00 = FOSC/2
01 = FOSC/8
10 = FOSC/32
11 = FRC （时钟来自内部 ADC RC 振荡器）

bit 5-3 **CHS2:CHS0**：模拟通道选择位
000 = 通道 0 （RA0/AN0）
001 = 通道 1 （RA1/AN1）
010 = 通道 2 （RA2/AN2）
011 = 通道 3 （RA3/AN3）
1xx = 保留，不要使用

bit 2 **GO/$\overline{\text{DONE}}$**：A/D 转换状态位
如果 ADON = 1
1 = A/D 转换正在进行 （将该位置位启动 A/D 转换）
0 = A/D 转换不在进行 （A/D 转换完成后该位由硬件自动清零）

bit 1 保留：保持该位为 “0”

bit 0 **ADON**：A/D 开启位
1 = A/D 转换模块正在工作
0 = A/D 转换模块关闭，不消耗工作电流

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未使用位，读为 “0”	
-n = 上电复位时的值	“1” = 置位	“0” = 清零	x = 未知

寄存器 8-2：　ADCON1 寄存器 （地址：9Fh）

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

bit 7-3　未使用：读为 “0”。

bit 2-0　**PCFG2:PCFG0**：A/D 端口配置控制位

PCFG2:PCFG0	AN3 RA3	AN2 RA2	AN2 RA1	AN0 RA0	VREF
0x0	A	A	A	A	VDD
0x1	VREF	A	A	A	RA3
100	A	D	A	A	VDD
101	VREF	D	A	A	RA3
11x	D	D	D	D	VDD

图注：　A = 模拟输入， D = 数字 I/O。

图注：

R = 可读位　W = 可写位　U = 未使用位，读为 “0”

-n =上电复位时的值　“1” = 置位　“0” = 清零　x = 未知

A/D 转换的结果存放在 ADRES 寄存器中。当 A/D 转换完成时，结果被装载到 ADRES 寄存器， GO/$\overline{\text{DONE}}$ 位（ADCON0<2>）被清零，且 A/D 中断标志位 ADIF 被置位。 A/D 模块的原理图如图 8-1 所示。

ADRES 寄存器中的值不会被任何复位修改。上电复位后 ADRES 各位的状态不确定。

根据需要配置 A/D 模块后，必须在转换开始前采集选择的通道。必须将模拟输入通道对应的 TRIS 位设置为输入。参见**第 8.1 节 “A/D 转换采集要求”**确定采样时间。采集时间后，可以启动 A/D 转换。下面是实现 A/D 转换所需要遵循的步骤：

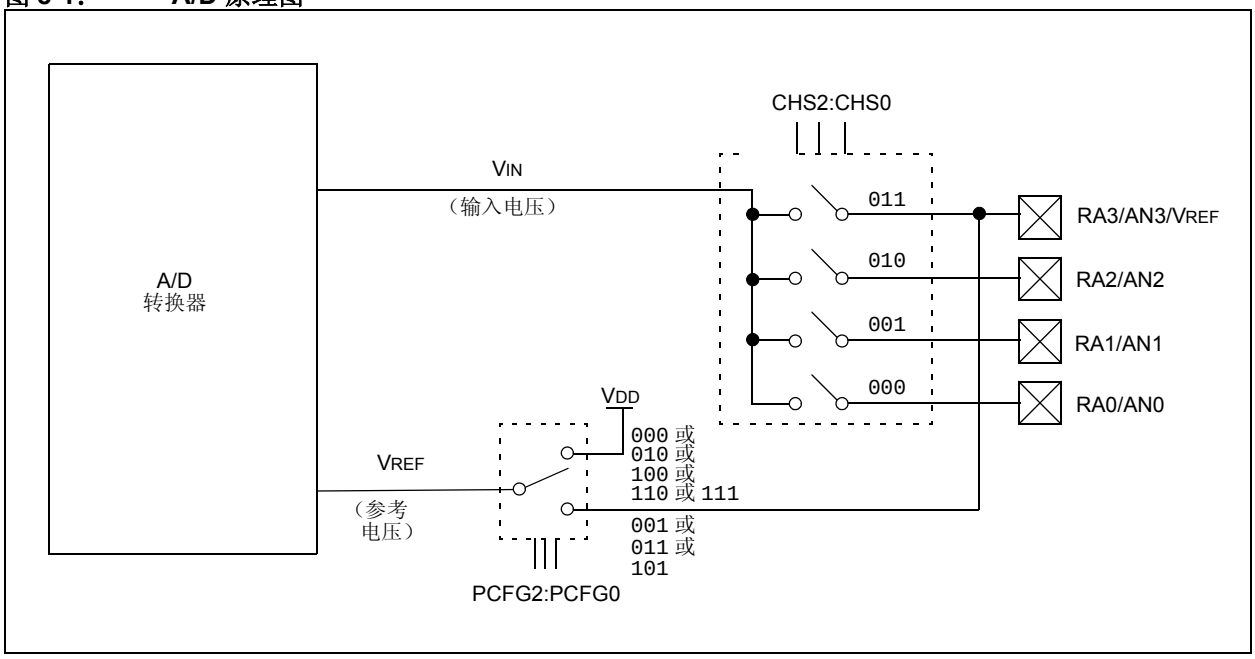
1. 配置 A/D 模块：
   -配置模拟引脚 / 参考电压 / 和数字 I/O （ADCON1）
   -选择 A/D 输入通道 （ADCON0）
   -选择 A/D 转换时钟 （ADCON0）
   -打开 A/D 模块 （ADCON0）
2. 配置 A/D 中断 （如果需要）：
   -清零 ADIF 位
   -置位 ADIE 位
   -置位 GIE 位
3. 等待需要的采集时间。
4. 启动转换：
   -置位 GO/$\overline{\text{DONE}}$ 位 （ADCON0）
5. 等待 A/D 转换完成，可以通过以下两种方法之一来判断：
   -查询 GO/$\overline{\text{DONE}}$ 位是否清零

   或

   -等待 A/D 中断
6. 读 A/D 结果寄存器（ADRES），如果需要，清除 ADIF 位。
7. 如果需要进行下一次 A/D 转换，根据需要转到步骤 1 或步骤 2。每一位的 A/D 转换时间定义为 TAD，下一次采样开始前至少需要等待 2TAD。

© 2004 Microchip Technology Inc.

图 8-1： A/D 原理图



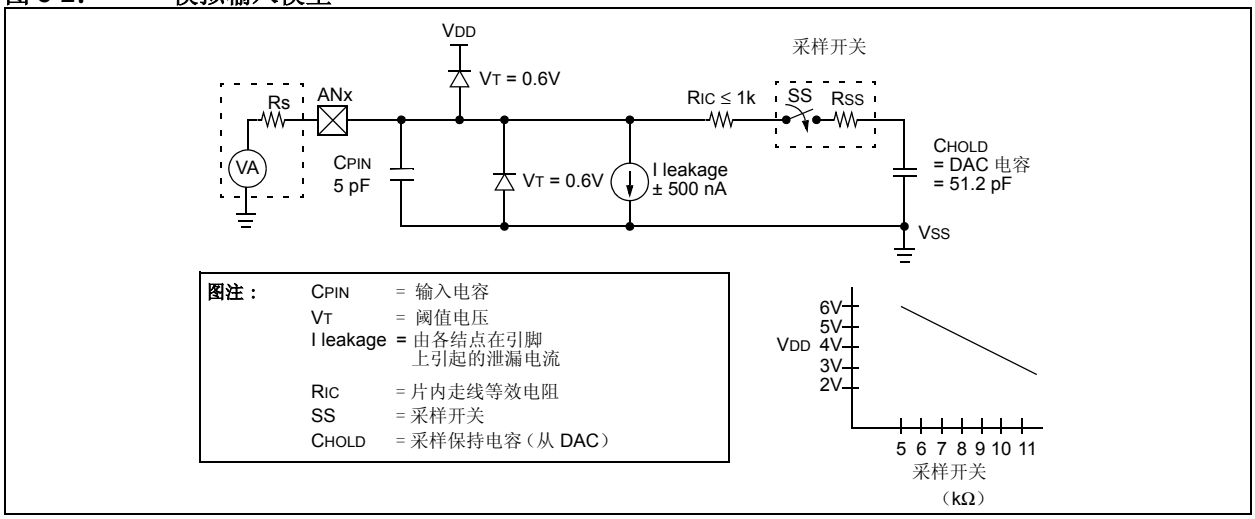
8.1 A/D 转换采集要求

为了使 A/D 转换满足指定的精度，必须让采样保持电容（CHOLD）充分充电至输入通道的电压值。模拟输入模型见图 8-2。信号源内阻（RS）和内部采样开关阻抗（RSS）直接影响电容器 CHOLD 的充电时间。而采样开关阻抗（RSS）随电源电压（VDD）而变。信号源内阻影响模拟输入的偏移电压（由引脚漏电流引起）。推荐最大模拟信号源内阻为 10kΩ。在选定（改变）模拟输入通道后，必须在启动转换前进行采集。

最小采集时间 TACQ 的计算公式，参见《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN））。这个公式计算的采集时间误差在 1/2LSb 内。1/2 LSb 误差是 A/D 转换满足其指定精度所允许的最大误差。

> **注：** 启动转换时，采样保持电容与输入引脚断开。

图 8-2： 模拟输入模型



8.2 选择 A/D 转换时钟

每位的 A/D 转换时间定义为 TAD。每完成一次 8 位 A/D 转换需要 9.5TAD 。A/D 转换的时钟源可用软件选择。TAD 可以有以下四种选择：

- 2 TOSC
- 8 TOSC
- 32 TOSC
- 内部 RC 振荡器

为确保正确的 A/D 转换，A/D 转换时钟 （TAD）必须保证最小 TAD 时间为 1.6 µs。

表 8-1 所示为器件在各种工作频率下使用不同A/D转换时钟源的 TAD 时间。

8.3 配置模拟端口引脚

ADCON1 和 TRISA 寄存器控制 A/D 转换器端口引脚的操作。作为模拟输入的引脚，其相应的 TRIS 位必须被置位 （输入）。如果相应 TRIS 位被清零 （输出），数字输出电平 （VOH 或 VOL）将被转换。

A/D 转换器操作与 CHS2:CHS0 位和 TRIS 各位的状态无关。

> 注 1：当读端口寄存器时，所有配置为模拟输入通道的引脚都读为“0”（低电平）；而配置为数字输入的引脚电平将作为模拟输入来转换。配置为数字输入引脚的模拟电平将不影响转换精度。
>
> 2: 定义为数字输入的任何引脚（包括 AN3:AN0 引脚）上的模拟电平都可能会导致输入缓冲器消耗电流超出器件规范。

表 8-1： TAD 与器件工作频率关系表

AD 时钟源 （TAD）		器件频率			
工作	ADCS1:ADCS0	20 MHz	5 MHz	1.25 MHz	333.33 kHz
2 TOSC	00	100 ns(2)	400 ns(2)	1.6 µs	6 µs
8 TOSC	01	400 ns(2)	1.6 µs	6.4 µs	24 µs(3)
32 TOSC	10	1.6 µs	6.4 µs	25.6 µs(3)	96 µs(3)
RC	11	2-6 µs(1), (4)	2-6 µs(1), (4)	2-6 µs(1), (4)	2-6 µs(1)

图注： 阴影单元超出了推荐范围。

注 1： RC 时钟源的典型 TAD 时间为 4 µs。

2： 这些值低于要求的最小 TAD 时间。

3： 要获得更快的转换时间，推荐选择另一种时钟源。

4： 当器件频率高于 1 MHz 时， A/D 转换的 RC 时钟源仅推荐在休眠方式下使用。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

8.4 A/D 转换

注：	不应在打开 A/D 的指令中置位 GO/DONE 位。

8.5 使用 ECCP 触发

A/D 转换可以通过 ECCP 模块的 “特殊事件触发” 来启动。这需要 CCP1M3:CCP1M0 位（CCP1CON<3:0>）设定为 “1011”，并且使能 A/D 模块（ADON 位置位）。当触发信号产生后，GO/DONE 位被置位，启动 A/D 转换，且 Timer1 计数器被复位为 0。复位 Timer1 是为了以最小的软件开销自动重复 A/D 采集周期（将 ADRES 移至期望位置）。在 “特殊事件触发” 将 GO/DONE 位置位（启动转换）之前，必须选择适当的模拟输入通道和最小采集时间 。

如果 A/D 转换模块未使能 （ADON 清零），则 “特殊事件触发” 将被 A/D 模块忽略，但仍会复位 Timer1 计数器。

表 8-2： A/D 转换寄存器一览

地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	POR，BOR 时的值	其它复位时的值
05h	PORTA	—	—	—(1)	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--xx 0000	--uu uuuu
0Bh,8Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	—	ADIF	—	—	—	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	-0-- -000	-0-- -000
1Eh	ADRES	A/D 结果寄存器								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/$\overline{\text{DONE}}$	—(1)	ADON	0000 0000	0000 0000
85h	TRISA	—	—	—(1)	PORTA 数据方向寄存器					--11 1111	--11 1111
8Ch	PIE1	—	ADIE	—	—	—	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	-0-- -000	-0-- 0000
9Fh	ADCON1	—	—	—	—	—	PCFG2	PCFG1	PCFG0	---- -000	---- -000

图注： x = 未知， u = 未改变， - = 未使用，读为 “0”。阴影单元未被 A/D 转换使用。
注 1： 保留位，不要使用。

注：

 © 2004 Microchip Technology Inc.

9.0 CPU 的特色

PIC16F716 有许多特色，有助于提高系统可靠性，减少外部元器件从而降低成本，降低功耗以及代码保护等，这些特色包括：

- 多种振荡器模式选择
- 多种复位：
  - 上电复位 （POR）
  - 上电延时定时器 （PWRT）
  - 振荡器起振定时器 （OST）
  - 欠压复位 （BOR）
- 中断
- 看门狗 （WDT）
- 休眠
- 代码保护
- ID 存储单元
- 在线串行编程 （In-Circuit Serial Programming™， ICSP™）

PIC16F716 器件有一个看门狗，只能通过配置位将其关闭。看门狗通过其自身的 RC 振荡器工作，提高了可靠性。另外还有两个定时器用来提供必要的上电延时。一个是振荡器起振定时器 （OST），它可以保证晶体振荡器稳定之前器件保持复位状态；另一个是上电延时定时器 （PWRT），它仅在上电时提供固定的延时，以保证电源电压稳定之前器件为复位状态。有这两个片内的定时器，大多数应用中无需外加复位电路。

休眠模式是一种功耗非常低的工作模式。用户可以通过外部复位、看门狗超时溢出或中断将器件从休眠状态唤醒。可以选择不同的振荡模式来适应不同的应用需要，例如可以选择低成本的 RC 振荡器，也可以选择低功耗的 LP 晶体振荡器等。这些都可以通过配置位来选择。

关于 CPU 特色的其它信息，请参考 《PICmicro® 中档单片机系列参考手册》（DS33023A_CN）。

9.1 配置位

可对配置位编程（读为“0”），或不编程（读为 “1”）来选择不同的器件配置。这些位映射到程序存储单元 2007h。

用户可能会注意到地址 2007h 超出了用户程序存储空间。实际上，它属于特殊配置存储空间（2000h–3FFFh），仅在对器件编程时才能访问。

寄存器 9-1：　　配置字

$\overline{CP}$	—	—	—	—	—	BORV	BOREN	—	—	$\overline{PWRTE}$	WDTE	FOSC1	FOSC0
bit 13													bit 0

bit 13　**$\overline{CP}$**：闪存程序存储器代码保护位
1 = 关闭代码保护功能
0 = 保护所有程序存储器代码

bit 12-8　未使用：读为 “1”

bit 7　**BORV**：欠压复位电压选择位
1 = VBOR 设置为 4.0V
0 = VBOR 设置为 2.5V

bit 6　**BOREN**：欠压复位使能位 (1)
1 = 使能欠压复位
0 = 禁止欠压复位

bit 5-4　未使用：读为 “1”

bit 3　**$\overline{PWRTE}$**：上电延时定时器使能位 (1)
1 = 使能上电延时定时器
0 = 禁止上电延时定时器

bit 2　**WDTE**：看门狗使能位
1 = 使能看门狗
0 = 禁止看门狗

bit 1-0　**FOSC1:FOSC0**：振荡器模式选择位
11 = RC 振荡器
10 = HS 振荡器
01 = XT 振荡器
00 = LP 振荡器

注　1：使能欠压复位并不自动使能上电延时定时器（$\overline{PWRTE}$）。

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未使用，读为 “0”	
- n = 上电复位时的值	“1” = 置位	“0” = 清零	x = 未知

© 2004 Microchip Technology Inc.

9.2 振荡器配置

9.2.1 振荡器类型

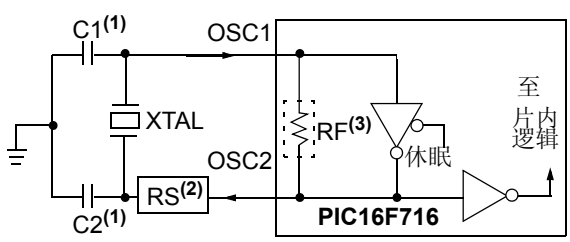
PIC16F716 可以在 4 种不同的振荡模式下工作。用户可以通过对配置位（FOSC1 和 FOSC0）编程，选择其中一种工作模式：

- LP — 低功耗晶体振荡器
- XT — 晶体 / 谐振器
- HS — 高速晶体 / 谐振器
- RC — 阻容振荡器

9.2.2 晶体振荡器 / 陶瓷谐振器

在 XT、LP 或 HS 模式中，都是将晶体或陶瓷谐振器连接到 OSC1/CLKIN 和 OSC2/CLKOUT 引脚来建立振荡（图 9-1）。PIC16F716 的振荡器设计要求使用平行切割的晶体。使用垂直切割的晶体其频率不符合晶体厂商技术规范。在 XT、LP 和 HS 模式下，器件也可以使用加在 OSC1/CLKIN 引脚上的外部时钟源（图 9-2）。

图 9-1： 使用晶体 / 陶瓷谐振器（HS、XT 或 LP 振荡器配置）



注 1：C1 和 C2 的推荐值见 表 9-1 和表 9-2。
2：可能需要串连电阻（RS）。
3：RF 随晶体选择不同而有所不同。

图 9-2： 使用外部时钟输入（HS、XT 或 LP 振荡器配置）

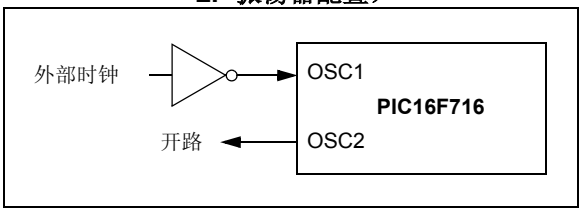


表 9-1： 陶瓷谐振器

测试范围			
模式	频率	OSC1（C1）	OSC2（C2）
XT	455 kHz 2.0 MHz	68-100 pF 15-68 pF	68-100 pF 15-68 pF
HS	4.0 MHz 8.0 MHz 16.0 MHz	10-68 pF 15-68 pF 10-22 pF	10-68 pF 15-68 pF 10-22 pF
注 1：这些值仅供设计参考。参见本页底部的注。			

表 9-2： 石英晶体振荡器电容选择

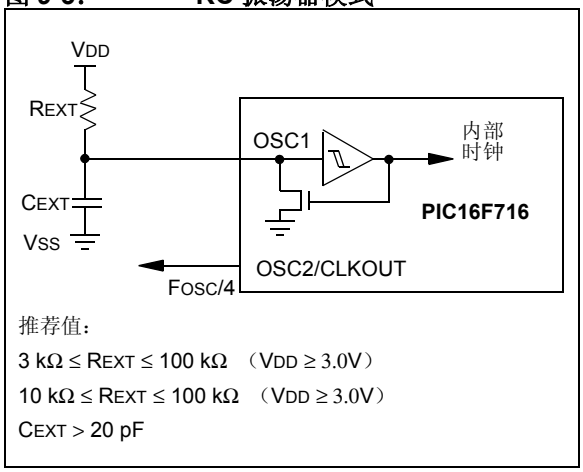
振荡器类型	频率	电容范围 C1	电容范围 C2
LP	32 kHz	15-33 pF	15-33 pF
	200 kHz	5-10 pF	5-10 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	4 MHz	15-33 pF	15-33 pF
HS	4 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF
注 1：这些值仅供设计参考。参见本页底部的注。			

注 1：采用较大的电容值有利于提高振荡器的稳定性，但同时会延长起振时间。
2：由于每种谐振器 / 晶体都有其自身的特性，最好要求厂商提供恰当的外部元件值。
3：为了避免晶体过激励，可能需要接入电阻 Rs。
4：使用外部时钟作为 OSC1 输入时，必须将 OSC2 引脚悬空确保其负载最低。

9.2.3 RC 振荡器

对于时序要求不是很高的应用， RC 振荡器模式是低成本的选择。 RC 振荡器的频率是由电源电压、电阻（REXT）和电容 （CEXT）值和工作温度以及制造中正常的工艺参数的变化决定的。另外封装类型不同带来的引线电容值差异也会影响振荡频率，特别是电容CEXT较小时，这种影响更明显。用户还需要考虑所使用外部R、C元件容差的影响。图 9-3 给出了PIC16F716与R/C组合的连接。

图 9-3： RC 振荡器模式



9.3 复位

PIC16F716 有以下几种不同的复位：

- 上电复位 （POR）
- 正常工作期间 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位
- 休眠状态下 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位
- 正常工作状态下看门狗复位
- 休眠状态下看门狗唤醒
- 欠压复位 （BOR）

有些寄存器的值不受任何一种复位的影响，当上电复位后它们的值是不确定的，在其它复位后其值保持不变。而其它大多数寄存器在上电复位 （POR）、正常工作状态下 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位、看门狗复位、休眠状态下 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位和欠压复位（BOR）后都会被置为“复位状态”。但是看门狗唤醒不会影响这些寄存器的值，因为这被当作恢复正常工作。表 9-4 为 $\overline{\text{TO}}$ 和 $\overline{\text{PD}}$ 位在不同复位下的不同值，在软件中可以利用这些位来确定复位的类型。表 9-6 为各个寄存器的复位状态。

图 9-5 是片内复位电路的简化原理图。

PICmicro® 单片机在 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位路径上加了一个 $\overline{\text{MCLR}}$ 噪声滤波器，它可以检测和滤除小的尖脉冲信号。

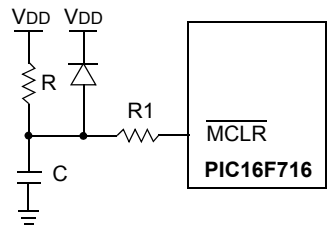
注意， WDT 复位并不把 $\overline{\text{MCLR}}$ 引脚拉低。

9.4 上电复位 （POR）

当器件检测到 VDD 的上升时，片内即产生上电复位脉冲。为了利用 POR 特性，可以直接 （也可以通过一个电阻）将 MCLR 引脚与 VDD 相连。这样可以避免使用通常建立上电复位所需的外部 RC 元件。但 VDD 的最大上升时间必须满足要求 （参数 D004）。对于较长的上升时间详见图 9-4。

当器件开始正常工作后 （退出复位状态），器件的工作参数 （电压、频率和温度等）必须满足要求，确保正常工作。如果这些条件不满足，器件将保持复位状态，直到工作条件满足为止。欠压复位可用于确保满足启动条件。

图 9-4： 外部上电复位电路 （用于 VDD 上电较慢的场合）



注 1： 只有当 VDD 电压上升过慢时才需要外部上电复位电路。二极管 D 用于关闭 VDD 电源时快速释放电容上的电荷。

2： 推荐 R < 40 kΩ，以确保 R 上的压降不违反器件的电气特性。

3: R1 取值 100Ω 到 1 kΩ，用于限制当 $\overline{\text{MCLR}}$/VPP 引脚由于静电放电 （ESD）或过度电性应力 （EOS）导致击穿时，从外部电容 C 流入 $\overline{\text{MCLR}}$ 的电流。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

9.5 上电延时定时器 （PWRT）

上电延时定时器仅在上电时检测到上电复位，才提供固定的延时。上电延时定时器使用片内 RC 振荡器工作。只要 PWRT 有效，器件就保持为复位状态。 PWRT 的延时可以使电源电压 VDD 上升到一个可接受的电平。上电延时定时器使能配置位 PWRTE 用于使能 / 禁止 PWRT。

由于 VDD、温度和生产工艺不同，不同器件上电延时的时间有所不同。请参见 AC 参数。

9.6 振荡器起振定时器 （OST）

在 PWRT 延时之后，振荡器起振定时器 （OST）提供 1024 个振荡周期 （从 OSC1 引脚输入）的延时。这是为了保证晶体或陶瓷谐振器有足够的时间起振和建立稳定的振荡。请参见 AC 参数

只有在 XT、 LP 和 HS 振荡模式下，并且只有上电复位或从休眠状态唤醒才能启动 OST 定时器工作。

9.7 可编程欠压复位 （PBOR）

PIC16F716 片内集成了欠压复位电路。配置位 BOREN 可禁止（如果将其设定为零）或使能（如果将其置位）欠压复位电路。

BORV 配置位用于选择可编程的欠压复位阈值电压（VBOR）。如果 BORV 为 1，VBOR 为 4.0V； 如果 BORV 为 0，则 VBOR 为 2.5V。

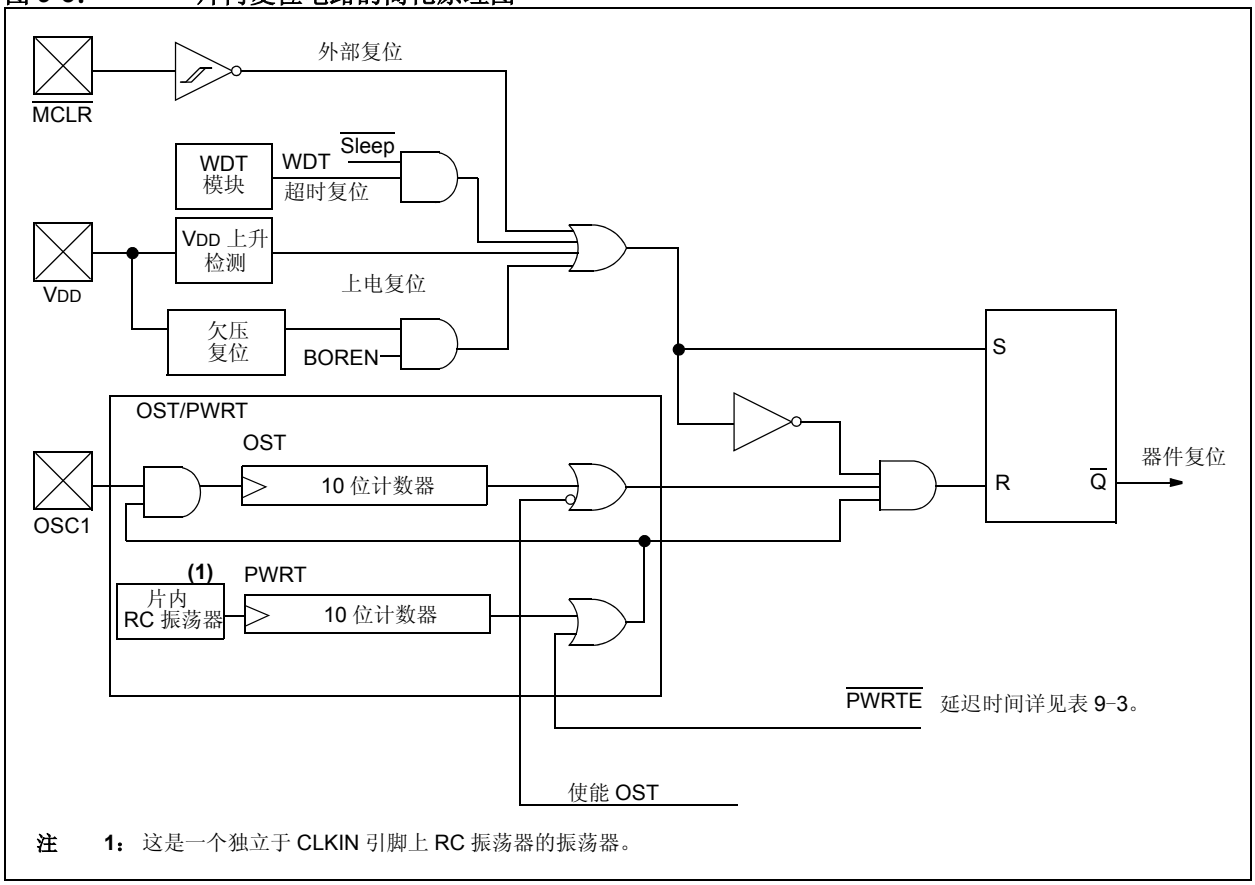
如果 VDD 低于 VBOR 的时间超过参数 TBOR （见表 12-4），则发生欠压复位。如果 VDD 低于 VBOR 的时间小于 TBOR，则不保证发生欠压复位。

一旦发生任何一种复位（上电复位、欠压复位或看门狗复位等），在 VDD 上升到 VBOR 以上之前，器件将一直保持复位状态。只有当配置寄存器中的上电延时定时器使能位被置为 0（PWRTE = 0）时，上电延时定时器才启动延时，使器件继续保持复位 72 ms。

如果在上电延时定时器使能，并在其运行期间 VDD 降到 VBOR 以下，则器件将回到欠压复位状态，上电延时定时器将被重新初始化。一旦 VDD 上升到 VBOR 以上，上电延时定时器将执行 72 ms 的复位。详见图 9-6。

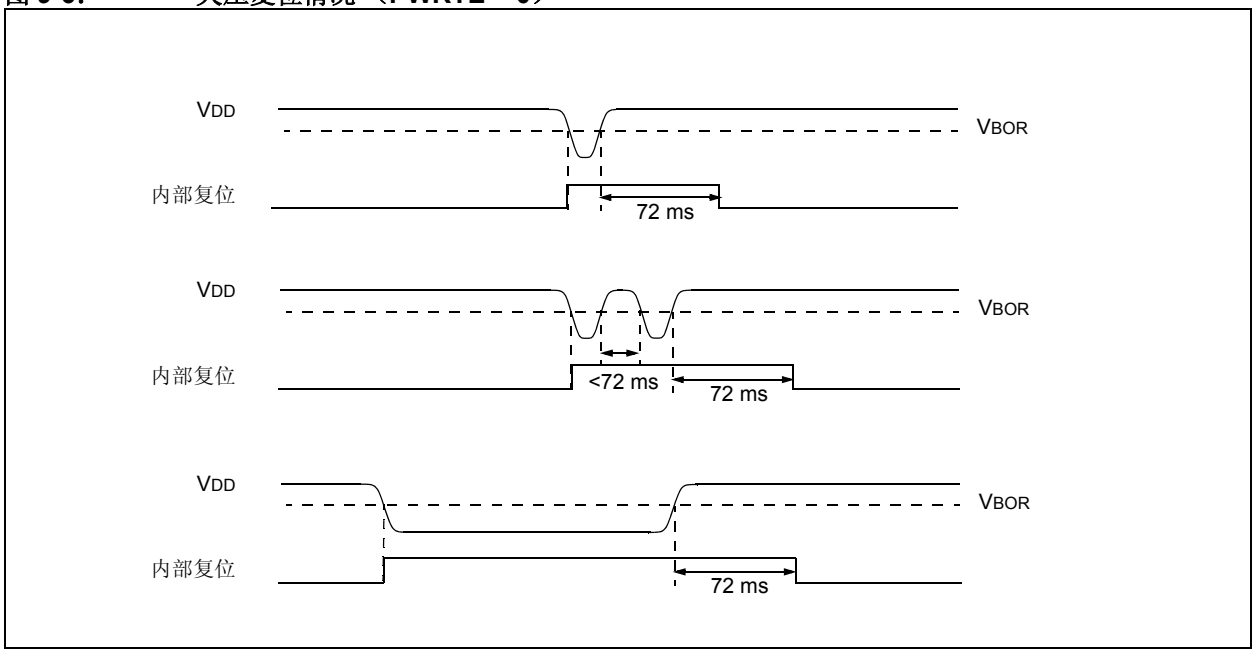
如果期望的欠压复位电平不是 4.0V 或 2.5V，则需要外部欠压复位电路。图 9-8，图 9-9和图 9-10给出了外部欠压保护电路的例子。

图 9-5： 片内复位电路的简化原理图



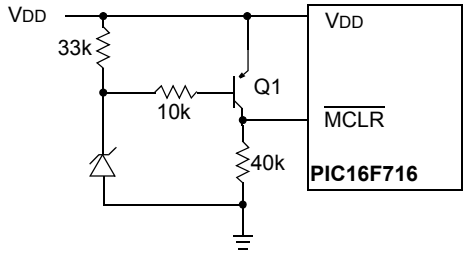
注 1：这是一个独立于 CLKIN 引脚上 RC 振荡器的振荡器。

图 9-6： 欠压复位情况 （$\overline{\text{PWRTE}}$ = 0）



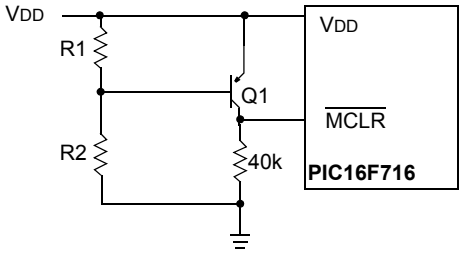
 © 2004 Microchip Technology Inc.

图 9-7： 外部欠压保护电路 1



注 1：当 VDD 低于（Vz + 0.7V）时该电路将产生复位，其中 Vz 为稳压二极管电压。
2：使用该电路时，应关闭片内的欠压复位电路。

图 9-8： 外部欠压保护电路 2

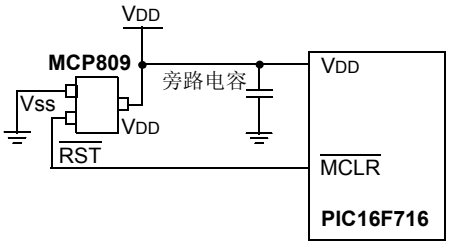


注 1：尽管该电路不够精确，但成本很低。当 VDD 低于如下值时晶体管 Q1 将截止：

$$V_{DD} \times \frac{R1}{R1 + R2} = 0.7\ V$$

2：使用该电路时应关闭片内的欠压复位电路。
3：电阻值应根据晶体管特性调整。

图 9-9： 外部欠压保护电路 3



注 1：该欠压保护电路使用了 Microchip 的 MCP809 单片机监控器。 MCP8XX 和 MCP1XX 系列监控器提供推拉式和集电极开路输出，具有高电平有效和低电平有效复位引脚。可选择 7 种不同的跳变点值以适应 5V 和 3V 系统。

9.8 延时时序

上电时，延时时序如下：在 POR 延时结束后，首先启动PWRT延时。然后振荡器起振定时器OST开始工作。总延时时间取决于振荡器设置和 PWRT 的状态。例如，在 RC 模式下，如果 PWRT 被关闭，将没有延时。图 9-10，图 9-11 和图 9-12 说明了上电时的延时时序。

由于延时的发生起源于 POR 脉冲，如果在足够长的时间内 $\overline{\text{MCLR}}$ 保持为低，延时将中止。将 $\overline{\text{MCLR}}$ 拉高则延时会立即开始执行（图 9-12）。这对于测试或同步并行工作的多个 PIC16F716 器件非常有用。

表 9-5 给出了某些特殊功能寄存器的复位状态，表 9-6 给出了所有寄存器的复位状态。

9.9 电源控制 / 状态寄存器 （PCON）

电源控制 / 状态寄存器 PCON 有两位。

bit 0 是欠压复位状态位 $\overline{\text{BOR}}$。如果 BOREN 配置位被置位，则上电复位时 $\overline{\text{BOR}}$ 为 “1”，当欠压条件发生时该位被清零。$\overline{\text{BOR}}$ 必须由用户置位，并在后续发生复位时检测该位是否被清零，如果被清零则表示发生了另一次欠压复位。

如果 BOREN 配置位被清零，则上电复位时 $\overline{\text{BOR}}$ 的状态不确定。

bit 1 是 $\overline{\text{POR}}$ （上电复位状态位）。它在上电复位时被清零，在其它情况下不受影响。上电复位后用户必须把该位置位。

表 9-3： 不同情况下的延时

振荡器配置	上电复位或欠压复位		从休眠唤醒
	$\overline{\text{PWRTE}}$ = 0	$\overline{\text{PWRTE}}$ = 1	
XT、HS 和 LP	72 ms + 1024 TOSC	1024 TOSC	1024 TOSC
RC	72 ms	—	—

表 9-4： 状态位及其含义

POR	BOR	TO	PD	
0	x	1	1	上电复位 （BOREN = 0）
0	1	1	1	上电复位 （BOREN = 1）
0	x	0	x	无效，上电复位时 $\overline{\text{TO}}$ 被置位
0	x	x	0	无效，上电复位时 $\overline{\text{PD}}$ 被置位
1	0	1	1	欠压复位
1	1	0	1	WDT 复位
1	1	0	0	WDT 唤醒
1	1	u	u	正常运行时 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位
1	1	1	0	休眠期间 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位或中断将器件从休眠状态唤醒

 © 2004 Microchip Technology Inc.

表 9-5： 特殊寄存器的复位状态

条 件	程序计数器	Status 寄存器	PCON 寄存器
上电复位 （BOREN = 0）	000h	0001 1xxx	---- --0x
上电复位 （BOREN = 1）	000h	0001 1xxx	---- --01
正常工作时 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位	000h	000u uuuu	---- --uu
休眠时 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位	000h	0001 0uuu	---- --uu
WDT 复位	000h	0000 1uuu	---- --uu
WDT 唤醒	PC + 1	uuu0 0uuu	---- --uu
欠压复位	000h	0001 1uuu	---- --u0
中断将器件从休眠状态唤醒	PC + 1(1)	uuu1 0uuu	---- --uu

图注： u = 不变，x = 未知，- = 未使用，读为 “0”。

注 1： 当休眠被中断唤醒且 GIE 被置位时， PC 指针指向中断向量 0004h。

表 9-6： PIC16F716 所有寄存器的复位状态

寄存器	上电复位，欠压复位	$\overline{\text{MCLR}}$ 复位， WDT 复位	通过 WDT 或中断唤醒
W	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
INDF	N/A	N/A	N/A
TMR0	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
PCL	0000h	0000h	PC + 1(2)
STATUS	0001 1xxx	000q quuu(3)	uuuq quuu(3)
FSR	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
PORTA(4), (5), (6)	--xx 0000	--xx 0000	--uu uuuu
PORTB(4), (5)	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
PCLATH	---0 0000	---0 0000	---u uuuu
INTCON	0000 -00x	0000 -00u	uuuu -uuu(1)
PIR1	-0-- -000	-0-- -000	-u-- -uuu(1)
TMR1L	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
TMR1H	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
T1CON	--00 0000	--uu uuuu	--uu uuuu
TMR2	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
T2CON	-000 0000	-000 0000	-uuu uuuu
CCPR1L	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
CCPR1H	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
CCP1CON	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PWM1CON	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
ECCPAS	00-0 0000	00-0 0000	u-uu uuuu
ADRES	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
ADCON0	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
OPTION_REG	1111 1111	1111 1111	uuuu uuuu
TRISA	--11 1111	--11 1111	--uu uuuu
TRISB	1111 1111	1111 1111	uuuu uuuu
PIE1	-0-- -000	-0-- -000	-u-- -uuu
PCON	---- --qq	---- --uu	---- --uu
PR2	1111 1111	1111 1111	uuuu uuuu
ADCON1	---- -000	---- -000	---- -uuu

图注： u = 不变， x = 未知， - = 未使用，读为 “0”， q = 其值取决于条件。

注 1： INTCON 中的一位或多位和 / 或 PIR1 会受到影响 （引起唤醒）。

2： 当休眠被中断唤醒且 GIE 置位时， PC 指针指向中断向量 0004h。

3： 具体条件下的复位值见表 9-5。

4： 对于器件的任何复位，这些引脚都配置为输入。

5： 该值为端口输出锁存器的值。

6： 输出锁存的值未知或不变。模拟输入端口缺省为模拟输入状态，读为 “0”。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

图 9-10： 上电延时时序（$\overline{\text{MCLR}}$ 连接到 VDD）

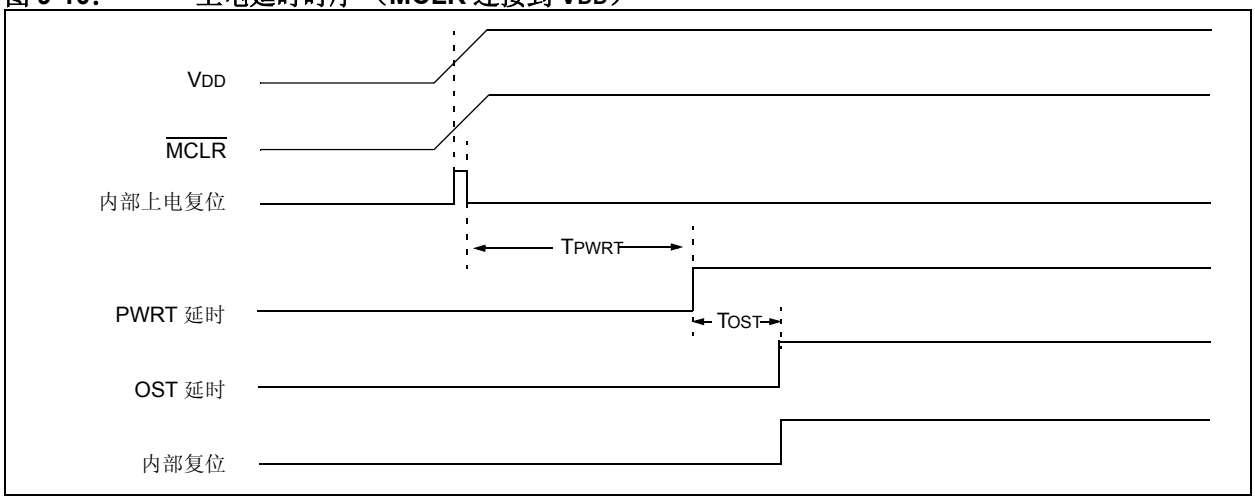


图 9-11： 上电延时时序（$\overline{\text{MCLR}}$ 不接到 VDD）：情况 1

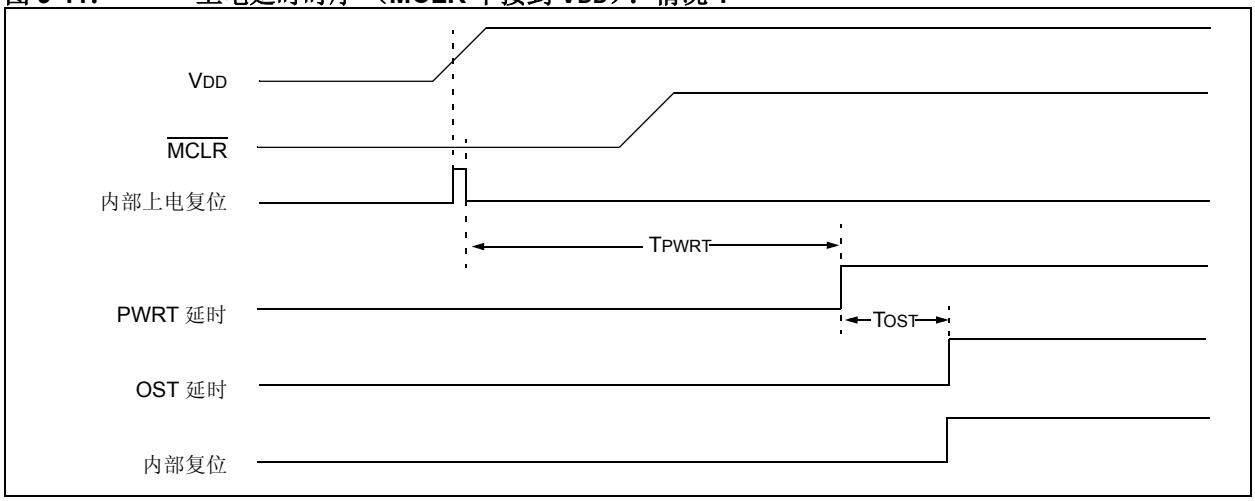
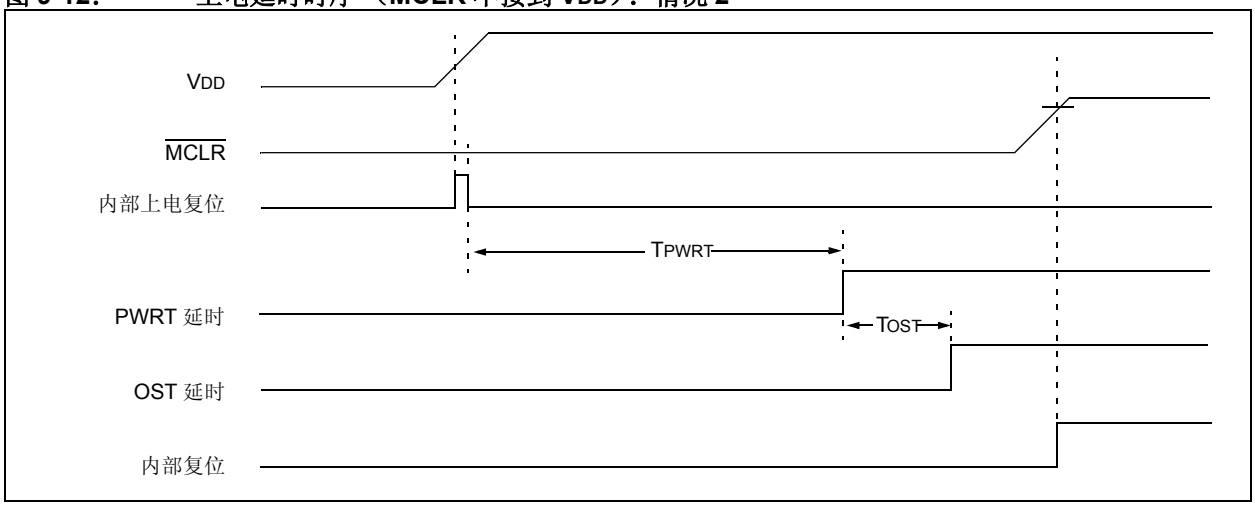


图 9-12： 上电延时时序（$\overline{\text{MCLR}}$ 不接到 VDD）：情况 2



9.10 中断

PIC16F716 有多达 7 个中断源。中断控制寄存器（INTCON）用标志位记录各种中断请求，同时也包括各个中断源的中断使能位和全局中断使能位。

注：	各个中断标志位的置位与其相应的屏蔽位和 GIE 位无关。

全局中断使能位 GIE （INTCON<7>）置位将开放所有未被屏蔽的中断，清零将禁止所有中断。如果 GIE 位使能，中断标志位和屏蔽位也置位，将立即响应中断。各个中断可以通过设置各寄存器中相应的中断使能位来禁止。不管 GIE 位状态如何，中断标志位都可以被置位。复位及响应中断后， GIE 被清零。

中断返回指令 `RETFIE` 退出中断服务程序，并置位 GIE 位重新使能中断。

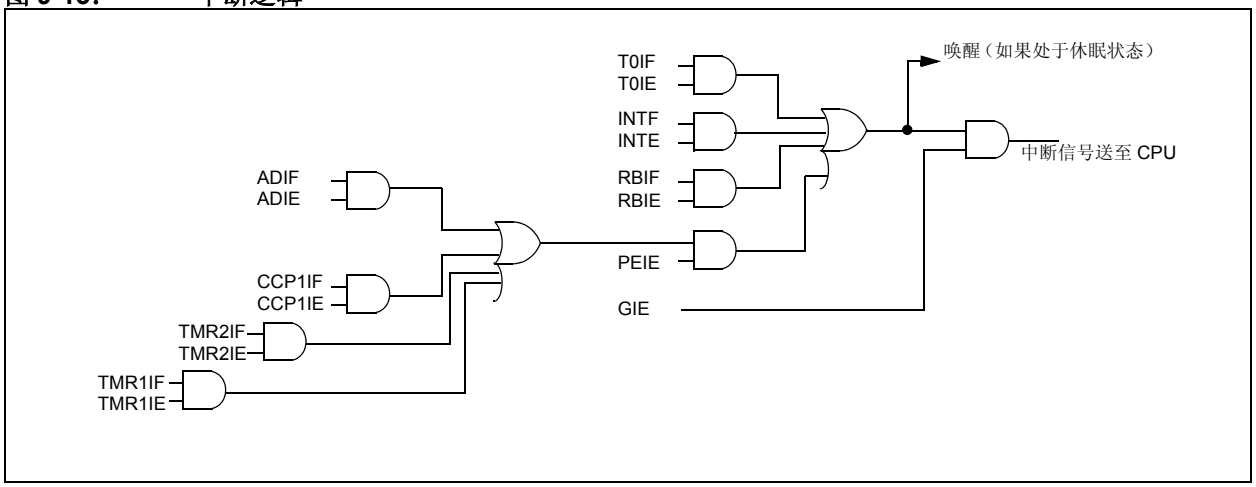
INTCON 寄存器包含 RB0/INT 引脚中断、RB 口电平变化中断和 TMR0 溢出中断标志位等。

外设中断标志位包含在特殊功能寄存器 PIR1 和 PIR2 中，相应的中断使能位是在特殊功能寄存器 PIE1 和 PIE2 中，外设中断使能位包含在特殊功能寄存器 INTCON 中。

在响应中断时， GIE 位被清零以禁止其它中断，返回地址被压栈保护，PC 装入 0004h。进入中断服务程序后，可以通过对中断标志位进行查询来判断中断源。中断标志位必须在重新使能中断之前用软件清零，以避免重复响应同一个中断。

对于外部中断事件，例如 INT 引脚中断或 PORTB 电平变化中断等，其中断等待时间需要 3 到 4 个指令周期，准确的等待时间取决于中断事件何时发生。对于 1 个或 2 个周期的指令来说，其等待时间是一样的。不管其相应的中断屏蔽位和全局中断使能位 GIE 的状态如何，中断标志都会被置 1。

图 9-13： 中断逻辑



 © 2004 Microchip Technology Inc.

9.10.1 INT 中断

RB0/INT 引脚上的外部中断是边沿触发的，当 INTEDG（OPTION_REG<6>）置 1 时选用上升沿触发，当 INTEDG 位被清零时选用下降沿触发。当 RB0/INT 引脚上出现有效边沿时，INTF 标志位（INTCON<1>）被置 1。这个中断可以通过对中断使能位 INTE（INTCON<4>）清零来禁止。在重新开放这个中断之前必须在中断服务程序中用软件对 INTF 标志位清零。如果 INTE 标志位在进入休眠状态之前已被置 1，则 INT 中断可以将处理器从休眠状态唤醒。全局中断允许位 GIE 位的状态决定处理器是否在唤醒后跳转到中断向量。有关休眠模式的详细论述，请参考**第 9.13 节 “低功耗休眠模式”**。

9.10.2 TMR0 中断

当 TMR0 寄存器溢出（FFh→00h）时，标志位 T0IF（INTCON<2>）将被置 1。这个中断可以通过对 T0IE 位（INTCON<5>）置位 / 清零来使能或禁止。（**第 4.0 节 “Timer0 模块”**）。

9.10.3 PORTB 电平变化中断

PORTB<7:4> 的输入电平一旦有变化就将 RBIF（INTCON<0>）位置 1。这个中断可以通过对使能位 RBIE（INTCON<4>）置位 / 清零来使能或禁止。（**第 3.2 节 “PORTB 和 TRISB 寄存器”**）。

9.11 中断现场保护

进入中断时，只有 PC 的返回值被保存在堆栈中。通常用户需要在进入中断时保存一些关键寄存器（比如 W 寄存器和 Status 寄存器）。这些都需要用软件来实现。

例 9-1 保存和恢复了 W、Status、PCLATH 和 FSR 寄存器。现场保护寄存器 W_TEMP、STATUS_TEMP、PCLATH_TEMP 和 FSR_TEMP 必须定义到存储区 070h-7Fh地址和存储区1F0h-FFh地址的公共RAM区。

这个例子完成以下功能：

a) 保存 W 寄存器。
b) 在存储区 0 中保存 Status 寄存器。
c) 保存 PCLATH 寄存器。
d) 保存 FSR 寄存器。
e) 执行中断服务程序代码（由用户编写）。
f) 按照与保存寄存器时相反的顺序，恢复所有保存的寄存器。

例 9-1：在 RAM 中保存 STATUS、W 和 PCLATH 寄存器

```
MOVWF      W_TEMP           ;Copy W to TEMP register, could be bank one or zero
SWAPF      STATUS,W         ;Swap status to be saved into W
MOVWF      STATUS_TEMP      ;Save status to bank zero STATUS_TEMP register
MOVF       PCLATH, W        ;Only required if using pages 1, 2 and/or 3
MOVWF      PCLATH_TEMP      ;Save PCLATH into W
CLRF       PCLATH           ;Page zero, regardless of current page
BCF        STATUS, IRP      ;Return to Bank 0
MOVF       FSR, W           ;Copy FSR to W
MOVWF      FSR_TEMP         ;Copy FSR from W to FSR_TEMP
:
:(ISR)
:
MOVF       FSR_TEMP,W       ;Restore FSR
MOVWF      FSR              ;Move W into FSR
MOVF       PCLATH_TEMP, W   ;Restore PCLATH
MOVWF      PCLATH           ;Move W into PCLATH
SWAPF      STATUS_TEMP,W    ;Swap STATUS_TEMP register into W
MOVWF      STATUS           ;Move W into STATUS register
SWAPF      W_TEMP,F         ;Swap W_TEMP
SWAPF      W_TEMP,W         ;Swap W_TEMP into W
RETFIE                      ;Return from interrupt and enable GIE
```

9.12 看门狗 （WDT）

看门狗的计时脉冲由片内的 RC 振荡器产生，无需任何外部元器件。该 RC 振荡器与接在 OSC1/CLKIN 引脚上的 RC 振荡器是独立的。这样即使器件 OSC1/CLKIN 引脚和 OSC2/CLKOUT 引脚上的时钟停止，例如执行了 SLEEP 指令， WDT 仍将继续运行。

正常工作期间，每次 WDT 超时都将产生一次器件复位（看门狗复位）。如果器件处于休眠状态， WDT 超时溢出将唤醒器件继续进行正常操作 （看门狗唤醒）。一旦看门狗超时溢出， Status 寄存器的 TO 位将被清零。

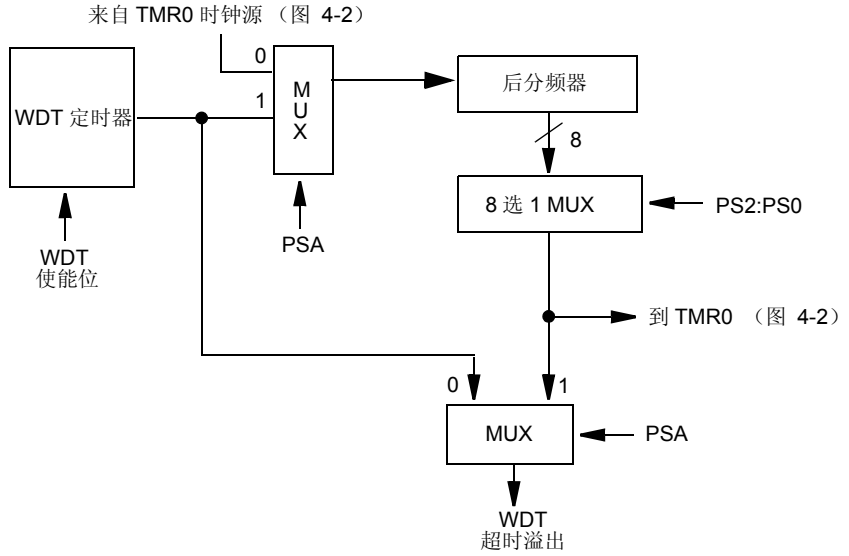
将配置位 WDTE 清零将永久禁止 WDT（**第 9.1 节“配置位”**）。

WDT超时溢出周期值可以在电气规范章节的TWDT下查到 （参数 #31）。 WDT 预分频比 （实际上是一个后分频器，只是与 Timer0 的预分频器共用）的值可由 OPTION_REG 寄存器来分配。

注：	如果把预分频器分频给 WDT， CLRWDT 和 SLEEP 指令将对 WDT 和后分频器清零，从而防止计时溢出引起器件复位。

注：	当预分频器分配给 WDT 且执行 CLRWDT 指令时，其计数将被清零，但预分频器的分配不变。

图 9-14： 看门狗定时器原理图



注： PSA 和 PS2:PS0 是 OPTION_REG 寄存器中的位。

图 9-15： 看门狗相关寄存器

地址	名称	Bit 13:8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
2007h	Config. bits	(1)	BORV(1)	BOREN(1)	—	—	$\overline{\text{PWRTE}}$(1)	WDTE	FOSC1	FOSC0
81h	OPTION_REG	N/A	$\overline{\text{RBPU}}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0

图注： 阴影部分看门狗未使用。
注 1： 这些位的具体细节见寄存器 9-1。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

9.13 低功耗休眠模式

执行一条 SLEEP 指令， PIC 单片机即进入休眠模式。

如果看门狗使能，执行 SLEEP 指令后，看门狗定时器将被清零，但继续运行， $\overline{PD}$ 位（STATUS<3>）被清零， $\overline{TO}$ 位 （STATUS<4>）被置 1，主振荡器停振。 I/O 端口保持执行 SLEEP 指令前的状态 （高、低电平或高阻态）。

在休眠模式下，为了将功耗降至到最低，所有 I/O 引脚电平要为 VDD 或 VSS，确保没有外部电路从 I/O 引脚引出电流，关闭 A/D 并禁止外部时钟。为了避免由于悬空输入端引起的开关电流，将所有高阻输入的 I/O 引脚外接上拉或下拉电阻。为了使功耗降至最低，T0CKI 输入端也应为 VDD 或 VSS。PORTB 片内上拉的影响也要考虑到。

$\overline{MCLR}$ 引脚必须处于逻辑高电平 （参数 D042）。

9.13.1 从休眠状态唤醒

以下事件之一可以将器件从休眠状态唤醒：

1. $\overline{MCLR}$ 引脚上的外部复位输入。
2. 看门狗唤醒 （如果使能 WDT）。
3. INT 引脚中断、RB 口电平变化中断或某些外设中断。

外部 $\overline{MCLR}$ 复位将引起器件复位。而其它事件都被认为是程序继续执行，引起“唤醒”。Status 寄存器中的 $\overline{TO}$ 和 $\overline{PD}$ 位可以用来确定器件复位的原因。当启动休眠时，上电复位时被置位的 $\overline{PD}$ 位将被清零。如果 WDT 超时溢出 （引起唤醒）， $\overline{TO}$ 位被清零。

如下外设中断可将器件从休眠状态唤醒：

1. TMR1 中断。 Timer1 必须工作在异步计数器方式。
2. ECCP 捕捉模式中断。
3. ADC 工作在 ADRC 方式。

其它外设不能产生中断将器件从休眠唤醒，因为它们在休眠模式下无片内时钟支持。

当执行 SLEEP 指令时，下一条指令 （PC + 1）被预取出来。为了使器件能通过某一中断事件唤醒，相应的中断允许位必须被置位（使能）。唤醒与 GIE 位的状态无关。如果 GIE 位被清零（禁止），器件将继续执行 SLEEP 指令的下一条指令，如果 GIE 位被置位 （使能），器件将在执行 SLEEP 指令的下一条指令之后，跳转到中断地址（0004h）。如果用户不希望执行 SLEEP 指令的下一条指令，那么在 SLEEP 指令后要紧跟一条 NOP 指令。

9.13.2 中断唤醒

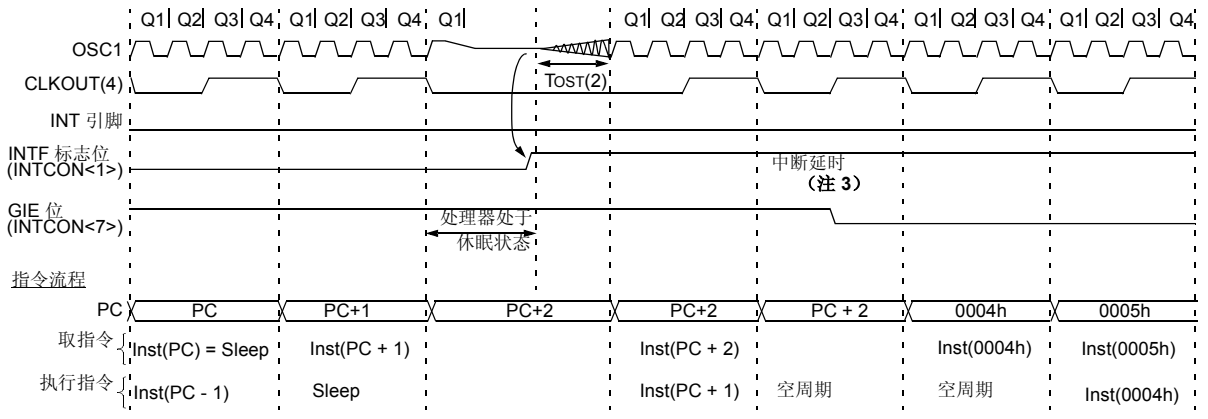
当全局中断被禁止 （GIE 被清零），任一中断源的中断允许位和它的中断标志位都被置位时，会发生下列事件之一：

- 如果在 SLEEP 指令执行**之前**发生中断， SLEEP 指令将作为 NOP 指令执行。因此， WDT 和 WDT 后分频器不会被清零， $\overline{TO}$ 位不会被置位， $\overline{PD}$ 位不会被清零。
- 如果中断发生在 SLEEP 指令执行期间或执行后，器件将立即从休眠状态唤醒。唤醒之前 SLEEP 指令将被完全执行。因此 WDT 和 WDT 后分频器将被清零， $\overline{TO}$ 被置位， $\overline{PD}$ 被清零。

即使执行 SLEEP 指令前检查了标志位，标志位也可能在 SLEEP 指令完成之前被置位。为了确定是否执行了一条 SLEEP 指令，要检测 $\overline{PD}$ 位。如果 $\overline{PD}$ 位被置位，SLEEP 指令作为一条 NOP 指令执行。

为了确保 WDT 被清零，在 SLEEP 指令执行前应先执行一条 CLRWDT 指令。

图 9-16： 通过中断从休眠状态唤醒



注 1： 假设工作在 XT、 HS 或 LP 振荡器模式下。
2： TOST = 1024TOSC （图中未按比例画）。若为 RC 振荡器模式，该延时将不存在。
3： 假设 GIE = “1”，在这种情况下，处理器被唤醒后将跳转至中断服务程序。如果 GIE = “0”，将继续执行进入休眠状态之前的指令行。
4： 在这些振荡器模式下 CLKOUT 信号无效，在这里仅作为时间基准。

9.14 程序校验 / 代码保护

如果没有对代码保护位进行编程，那么片内程序存储器的内容可以读出进行校验。

9.15 ID 存储单元

四个存储单元 （2000h － 2003h）被指定为 ID 存储单元，用户可在其中存储校验和和或其它代码编号。正常执行期间，这些单元是无法访问的，但在编程 / 校验期间是可读可写的。建议仅使用 ID 存储单元的低 4 位。

9.16 在线串行编程

可以在最终的应用电路中对 PIC16F716 单片机在线串行编程。这只需用时钟和数据两根线，加上电源、地和编程电压三根线就可以方便地实现。这允许用户使用未编程器件来生产电路板，在产品交付前才对单片机进行编程，这允许将最新的软件或用户定制软件烧写到单片机。

关于在线串行编程的完整细节，请参阅 In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) Specification （DS40245）。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

10.0 指令集概述

每一条 PIC16F716 指令为 14 位字，由指定指令类型的操作码和指定指令操作的一个或多个操作数组成。表 10-2 所示为 PIC16F716 单片机的指令集概述，其中列出了**针对字节**、**针对位**以及**立即数和控制**操作。表 10-1 所示为操作码字段的说明。

对于**针对字节**的指令，“f”表示数据寄存器标志符，“d”表示目的寄存器标志符。数据寄存器标志符指定了指令使用哪个寄存器。

目的寄存器标志符指定了操作结果的存放。如果“d”为 0，结果存入 W 寄存器；如果“d”为 1，结果存入指令指定的数据寄存器中。

对于**针对位**的指令，“b”表示位域标志符，选择受到操作影响的位的编号，而“f”表示该位位于哪个数据寄存器中。

对于**立即数和控制**操作，“k”表示一个 8 位或 11 位的立即数或常数。

表 10-1：　操作码字段描述

域	描述
f	数据寄存器地址（0x00 到 0x7F）
W	工作寄存器（累加器）
b	8 位数据寄存器内的位地址
k	立即数、常数或标号
x	无关位（= 0 或 1） 汇编器将按照 x = 0 生成代码，为了与所有 Microchip 软件工具兼容，建议使用这种形式。
d	目的寄存器选择。d = 0：存入 W； d = 1：结果存入数据寄存器 f。 缺省为 d = 1
label	标号名称
TOS	栈顶
PC	程序计数器
PCLATH	程序计数器高字节锁存器
GIE	全局中断使能位
WDT	看门狗定时器 / 计数器
TO	超时位
PD	掉电位
dest	目的寄存器，可以是 W 寄存器或者指定的数据寄存器单元。
[ ]	可选项
( )	内容
→	赋值给
< >	寄存器位域
∈	属于
italics	用户定义项（字体为 courier）

指令集是高度正交的，可分为三大类：

- **针对字节**的操作
- **针对位**的操作
- **立即数和控制**操作

所有指令都在一个指令周期内执行完，除非条件测试为真或者指令的结果改变了程序计数器的值。在这两种情况下，指令执行需要两个指令周期，在第二个周期内执行 NOP 指令。每个指令周期由 4 个振荡周期组成，因此，对于频率为 4 MHz 的振荡器，通常的指令执行时间为 1μs。如果条件测试为真或者指令的结果改变了程序计数器的值，指令执行时间为 2 μs。

表 10-2 列出了 MPASM™ 汇编器可以识别的指令。

图 10-1 所示为指令的三种一般格式。

> **注 1：** 所有没有使用的操作码都被保留。使用任一保留的操作码可能导致意外的操作。
>
> **2：** 为了与将来的 PICmicro 产品保持向上兼容，不要使用 OPTION 和 TRIS 指令。

所有例子使用以下格式表示一个十六进制数：

0xhh

其中 h 代表一个十六进制数字。

图 10-1：　指令的一般格式

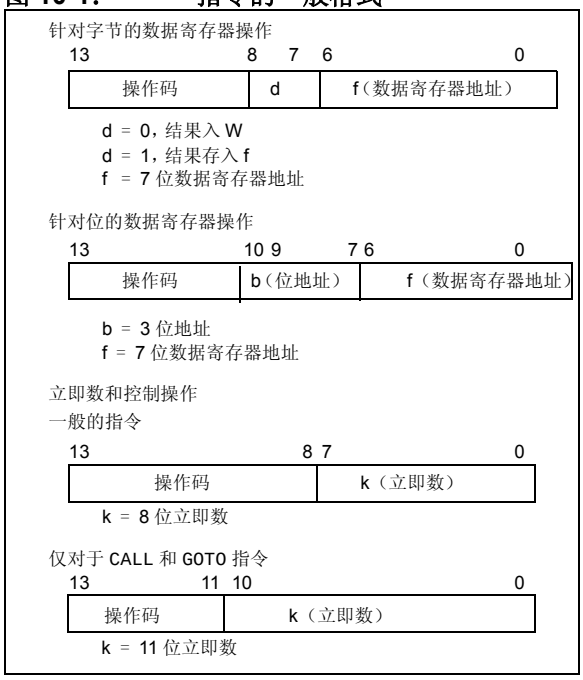


表 10-2： PIC16F716 指令集

助记符，操作数		描述	周期	14 位操作码 MSb			LSb	影响的状态位	注
针对字节的数据寄存器操作									
ADDWF	f, d	W 与 f 相加	1	00	0111	dfff	ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f, d	W 和 f 逻辑与	1	00	0101	dfff	ffff	Z	1,2
CLRF	f	对 f 清零	1	00	0001	lfff	ffff	Z	2
CLRW	—	对 W 清零	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z	
COMF	f, d	对 f 取反	1	00	1001	dfff	ffff	Z	1,2
DECF	f, d	f 递减 1	1	00	0011	dfff	ffff	Z	1,2
DECFSZ	f, d	f 递减 1，为 0 跳过下一条指令	1(2)	00	1011	dfff	ffff		1,2,3
INCF	f, d	f 递增 1	1	00	1010	dfff	ffff	Z	1,2
INCFSZ	f, d	f 递增 1，为 0 跳过下一条指令	1(2)	00	1111	dfff	ffff		1,2,3
IORWF	f, d	W 与 f 逻辑或	1	00	0100	dfff	ffff	Z	1,2
MOVF	f, d	传送至 f	1	00	1000	dfff	ffff	Z	1,2
MOVWF	f	将 W 内容送至 f	1	00	0000	lfff	ffff		
NOP	—	空操作	1	00	0000	0xx0	0000		
RLF	f, d	f 寄存器带进位位左移	1	00	1101	dfff	ffff	C	1,2
RRF	f, d	f 寄存器带进位位右移	1	00	1100	dfff	ffff	C	1,2
SUBWF	f, d	f 减 W	1	00	0010	dfff	ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f, d	f 半字节交换	1	00	1110	dfff	ffff		1,2
XORWF	f, d	W 与 f 逻辑异或	1	00	0110	dfff	ffff	Z	1,2
针对位的数据寄存器操作									
BCF	f, b	清零 f 的位 b	1	01	00bb	bfff	ffff		1,2
BSF	f, b	置位 f 的位 b	1	01	01bb	bfff	ffff		1,2
BTFSC	f, b	判断 f 的位 b，为 0 跳过下一条指令	1(2)	01	10bb	bfff	ffff		3
BTFSS	f, b	判断 f 的位 b，为 1 跳过下一条指令	1(2)	01	11bb	bfff	ffff		3
立即数和控制操作									
ADDLW	k	立即数与 W 相加	1	11	111x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	立即数与 W 逻辑与	1	11	1001	kkkk	kkkk	Z	
CALL	k	调用子程序	2	10	0kkk	kkkk	kkkk		
CLRWDT	—	清零看门狗定时器	1	00	0000	0110	0100	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
GOTO	k	无条件转移	2	10	1kkk	kkkk	kkkk		
IORLW	k	立即数与 W 逻辑或	1	11	1000	kkkk	kkkk	Z	
MOVLW	k	立即数送至 W	1	11	00xx	kkkk	kkkk		
RETFIE	—	中断返回	2	00	0000	0000	1001		
RETLW	k	子程序返回，并将一立即数赋给 W	2	11	01xx	kkkk	kkkk		
RETURN	—	子程序返回	2	00	0000	0000	1000		
SLEEP	—	进入休眠模式	1	00	0000	0110	0011	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
SUBLW	k	立即数减 W	1	11	110x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	立即数与 W 逻辑异或	1	11	1010	kkkk	kkkk	Z	

注 1： 当 I/O 寄存器修改自身时 （例如 MOVF PORTB,1），使用的值将为其引脚上的值。例如，如果某个配置为输入的引脚的数据锁存为 “1”，并被一个外部器件驱动为低电平，那么被写回的数据将为 “0”。

2： 当预分频器分配给 TimerO 模块时，如果该指令对 TMR0 寄存器进行操作 （其中， d = 1），那么预分频器将被清零。

3： 如果程序计数器 （PC）被修改或者条件测试为真，指令的执行需要两个周期，第二个周期执行一条 NOP 指令。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

10.1 指令描述

ADDLW 立即数与 W 相加

语法：	[*标号*] ADDLW k
操作数：	$0 \le k \le 255$
操作：	(W) + k → (W)
影响的状态位：	C， DC， Z
机器码：	11 | 111x | kkkk | kkkk
说明：	将 W 寄存器的内容与 8 位立即数 “k” 相加，结果存入 W 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
例	`ADDLW 0x15` 执行前 W = 0x10 执行后 W = 0x25

ADDWF f 与 W 相加

语法：	[*标号*] ADDWF f,d
操作数：	$0 \le f \le 127$ $d \in [0,1]$
操作：	(W) + (f) → (dest)
影响的状态位：	C， DC， Z
机器码：	00 | 0111 | dfff | ffff
说明：	将 W 寄存器的内容与 “f” 寄存器内容相加。如果 “d” 为 0，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 1，结果存入 “f” 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
例	`ADDWF REG1, 0` 执行前 W = 0x17 REG1 = 0xC2 执行后 W = 0xD9 REG1 = 0xC2 Z = 0 C = 0 DC = 0

ANDLW 立即数与 W 逻辑与

语法：	[*标号*] ANDLW k
操作数：	$0 \le k \le 255$
操作：	(W) 与 (k) → (W)
影响的状态位：	Z
机器码：	11 | 1001 | kkkk | kkkk
说明：	W 寄存器的内容与 8 位立即数 “k” 相与，结果存入 W 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
例	`ANDLW 0x5F` 执行前 W = 0xA3 执行后 W = 0x03

ANDWF W 与 f 逻辑与

语法：	[*标号*] ANDWF f,d
操作数：	$0 \le f \le 127$ $d \in [0,1]$
操作：	(W) 与 (f) → (dest)
影响的状态位：	Z
机器码：	00 | 0101 | dfff | ffff
说明：	将 W 寄存器与 “f” 寄存器相与。如果 “d” 为 0，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 1，结果存入 “f” 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
示例	`ANDWF REG1, 1` 执行前 W = 0x17 REG1 = 0xC2 执行后 W = 0x17 REG1 = 0x02

BCF 对 f 寄存器的指定位清零

语法： [*标号*] BCF f,b

操作数： 0 ≤ f ≤ 127
0 ≤ b ≤ 7

操作： 0 →(f<b>)

影响的状态位： 无

机器码：

01	00bb	bfff	ffff

说明： 清零 “f” 寄存器中的位 “b”。

字数： 1

周期数： 1

示例

```
BCF     REG1, 7
```

执行前
REG1 = 0xC7
执行后
REG1 = 0x47

BSF 置位 f 寄存器中的指定位

语法： [*标号*] BSF f,b

操作数： 0 ≤ f ≤ 127
0 ≤ b ≤ 7

操作： 1 →(f<b>)

影响的状态位： 无

机器码：

01	01bb	bfff	ffff

说明： 置位 “f” 寄存器的位 “b”。

字数： 1

周期数： 1

示例

```
BSF     REG1, 7
```

执行前
REG1 = 0x0A
执行后
REG1 = 0x8A

BTFSC 判断 f 中的指定位，为 0 则跳过下一条指令

语法： [*标号*] BTFSC f,b

操作数： 0 ≤ f ≤ 127
0 ≤ b ≤ 7

操作： 如果 (f<b>) = 0，跳过下一条指令

影响的状态位： 无

机器码：

01	10bb	bfff	ffff

说明： 如果 “f” 寄存器的位 “b” 为 “0”，跳过下一条指令；
如果位 “b” 为 “1”，则舍弃执行当前指令时取出的下一条指令，而执行一条 NOP 指令。这使该指令成为一条双周期指令。

字数： 1

周期数： 1(2)

示例

```
HERE    BTFSC   REG1
FALSE   GOTO    PROCESS_CODE
TRUE    •
        •
        •
```

执行前
PC = 地址 HERE
执行后
如果 REG<1> = 0，
PC = 地址 TRUE
如果 REG<1>=1，
PC = 地址 FALSE

 © 2004 Microchip Technology Inc.

BTFSS 判断 f 中的指定位，为 1 跳过下一条指令

语法： [*标号*] BTFSS f,b

操作数： 0 ≤ f ≤ 127
0 ≤ b < 7

操作： 如果（f<b>）= 1，跳过下一条指令

影响的状态位： 无

机器码：

01	11bb	bfff	ffff

说明： 如果 “f”寄存器的位 “b”为 “1”，跳过下一条指令；
如果位 “b”为 “0”，则舍弃执行当前指令时取出的下一条指令，而执行一条 NOP 指令。这使该指令成为一条双周期指令。

字数： 1

周期数： 1(2)

示例

```
HERE    BTFSS   REG1
FALSE   GOTO    PROCESS_CODE
TRUE    •
        •
        •
```

执行前
PC = 地址 HERE
执行后
如果 FLAG<1> = 0，
PC = 地址 FALSE
如果 FLAG<1> = 1，
PC = 地址 TRUE

CALL 调用子程序

操作数： 0 ≤ k ≤ 2047

操作： (PC)+ 1→ TOS，
k → PC<10:0>，
(PCLATH<4:3>) → PC<12:11>

影响的状态位： 无

操作数： 0 ≤ k ≤ 2047

机器码：

10	0kkk	kkkk	kkkk

说明： 调用子程序。首先，将返回地址（PC ＋ 1）压入堆栈。 11 位立即地址装入 PC 的 <10:0> 位，PC 的高位从寄存器 PCLATH 装入， CALL 是一条双周期指令。

字数： 1

周期数： 2

示例

```
HERE    CALL    THERE
```

执行前
PC = 地址 HERE
执行后
PC = 地址 THERE
TOS = 地址 HERE+1

CLRF 清零 f 寄存器

语法： [*标号*] CLRF f

操作数： 0 ≤ f ≤ 127

操作： 00h →(f)
1 → Z

影响的状态位： Z

机器码：

00	0001	1fff	ffff

说明： 清零 “f”寄存器的内容， Z 位置位。

字数： 1

周期数： 1

示例

```
CLRF    REG1
```

执行前
REG1 = 0x5A
执行后
REG1 = 0x00
Z = 1

CLRW 清零 W 寄存器

语法： [*标号*] CLRW

操作数： 无

操作： 00h → (W)
1 → Z

影响的状态位： Z

机器码：

00	0001	0000	0011

说明： 清零 W 寄存器的内容，零标志位（Z）置位。

字数： 1

周期数： 1

示例 `CLRW`

执行前
W = 0x5A
执行后
W = 0x00
Z = 1

CLRWDT 清零看门狗定时器

语法： [*标号*] CLRWDT

操作数： 无

操作： 00h → WDT
0 → WDT 预分频器，
1 → $\overline{TO}$
1 → $\overline{PD}$

影响的状态位： $\overline{TO}$， $\overline{PD}$

机器码：

00	0000	0110	0100

说明： CLRWDT 指令复位看门狗定时器。同时也复位 WDT 的预分频器。状态位 $\overline{TO}$ 和 $\overline{PD}$ 置位。

字数： 1

周期数： 1

示例 `CLRWDT`

执行前
WDT 计数器 = ?
执行后
WDT 计数器 = 0x00
WDT 预分频器 = 0
$\overline{TO}$ = 1
$\overline{PD}$ = 1

COMF f 取反

语法： [*标号*] COMF f,d

操作数： 0 ≤ f ≤ 127
d ∈ [0,1]

操作： ($\overline{f}$) → (dest)

影响的状态位： Z

机器码：

00	1001	dfff	ffff

说明： 对 “f” 寄存器的内容取反。如果 “d” 为 0，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 1，结果存回 “f” 寄存器。

字数： 1

周期数： 1

示例 `COMF REG1, 0`

执行前
REG1 = 0x13
执行后
REG1 = 0x13
W = 0xEC

DECF 寄存器递减 1

语法： [*标号*] DECF f,d

操作数： 0 ≤ f ≤ 127
d ∈ [0,1]

操作： (f) - 1 → (dest)

影响的状态位： Z

机器码：

00	0011	dfff	ffff

说明： 将 “f” 寄存器的内容递减 1。如果 “d” 为 0，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 1，结果存回 “f” 寄存器。

字数： 1

周期数： 1

示例 `DECF CNT, 1`

执行前
CNT = 0x01
Z = 0
执行后
CNT = 0x00
Z = 1

 © 2004 Microchip Technology Inc.

DECFSZ	f 寄存器递减 1，为 0 跳过下一条指令
语法：	[*标号*] DECFSZ f,d
操作数：	$0 \le f \le 127$ $d \in [0,1]$
操作：	(f) - 1 → (dest)；如果结果 = 0 则跳过下一条指令
影响的状态位：	无
机器码：	00 | 1011 | dfff | ffff
说明：	对寄存器 “f” 的内容递减 1。如果 “d” 为 0，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 1，结果存回寄存器 “f”。 如果结果为 0，则舍弃已经取出的下一条指令，而执行一条 NOP 指令，这使该指令成为一条双周期指令。
字数：	1
周期数：	1(2)
示例	HERE DECFSZ REG1, 1 GOTO LOOP CONTINUE • • • 执行前 PC = 地址 HERE 执行后 REG1 = REG1 - 1 如果 REG1 = 0， PC = 地址 CONTINUE 如果 REG1 ≠ 0， PC = 地址 HERE+1

GOTO	无条件转移
语法：	[*标号*] GOTO k
操作数：	$0 \le k \le 2047$
操作：	k → PC<10:0> PCLATH<4:3> → PC<12:11>
影响的状态位：	无
机器码：	10 | 1kkk | kkkk | kkkk
说明：	GOTO 是一条无条件转移指令。 11 位立即值装入 PC 的 <10:0> 位。PC 的高位从 PCLATH<4:3> 装入。GOTO 是一条双周期指令。
字数：	1
周期数：	2
示例	GOTO THERE 执行后 PC = 地址 THERE

INCF	f 寄存器递增 1
语法：	[*标号*] INCF f,d
操作数：	0 ≤ f ≤ 127 d ∈ [0,1]
操作：	(f) + 1 → (dest)
影响的状态位：	Z
机器码：	00 | 1010 | dfff | ffff
说明：	寄存器 “f” 的内容递增 1。如果 “d” 为 0，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 1，结果存回寄存器 “f”。
字数：	1
周期数：	1
示例	`INCF REG1, 1` 执行前 REG1 = 0xFF Z = 0 执行后 REG1 = 0x00 Z = 1

INCFSZ	f 递增 1，为 0 跳过下一条指令
语法：	[*标号*] INCFSZ f,d
操作数：	0 ≤ f ≤ 127 d ∈ [0,1]
操作：	(f) + 1 →(dest)， 结果 = 0 跳过
影响的状态位：	无
机器码：	00 | 1111 | dfff | ffff
说明：	寄存器 “f” 的内容递增 1。如果 “d” 为 0，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 1，则结果存回 寄存器 “f”。 如果结果为 0，则舍弃已经取出的下一条指令，而执行一条 NOP 指令，这使该指令成为一条双周期指令。
字数：	1
周期数：	1(2)

示例	`HERE INCFSZ REG1, 1`
	`GOTO LOOP`
	`CONTINUE •`
	`•`
	`•`
	执行前
	PC = 地址 HERE
	执行后
	REG1 = REG1 + 1
	如果 CNT =0，
	PC = 地址 CONTINUE
	如果 REG1 ≠ 0，
	PC = 地址 HERE +1

 © 2004 Microchip Technology Inc.

IORLW 立即数与 W 逻辑或

语法：	[*标号*] IORLW k
操作数：	0 ≤ k ≤ 255
操作：	(W) 或 k →(W)
影响的状态位：	Z
机器码：	11 | 1000 | kkkk | kkkk
说明：	W 寄存器的内容与 8 位立即数 “k” 相或。结果存入 W 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
示例	`IORLW 0x35` 执行前 W = 0x9A 执行后 W = 0xBF Z = 0

IORWF W 和 f 逻辑或运算

语法：	[*标号*] IORWF f,d
操作数：	0 ≤ f ≤ 127 d ∈ [0,1]
操作：	(W) 或 (f) → (dest)
影响的状态位：	Z
机器码：	00 | 0100 | dfff | ffff
说明：	W 寄存器与 “f” 寄存器的内容进行 “或” 运算。如果 “d” 为 “0”，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 “1”，结果存入 “f” 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
示例	`IORWF REG1, 0` 执行前 REG1 = 0x13 W = 0x91 执行后 REG1 = 0x13 W = 0x93 Z = 1

MOVLW 立即数送 W

语法：	[*标号*] MOVLW k
操作数：	0 ≤ k ≤ 255
操作：	k → (W)
影响的状态位：	无
机器码：	11 | 00xx | kkkk | kkkk
说明：	8 位立即数 “k” 送入 W 寄存器。无关的位汇编为 “0”。
字数：	1
周期数：	1
示例	`MOVLW 0x5A` 执行后 W = 0x5A

MOVF 传送 f

语法：	[*标号*] MOVF f,d
操作数：	0 ≤ f ≤ 127 d ∈ [0,1]
操作：	(f) →(dest)
影响的状态位：	Z
机器码：	00 | 1000 | dfff | ffff
说明：	根据 “d” 的状态，将 “f” 寄存器的内容传送到目的寄存器。如果 “d” = 0，目的寄存器为 W 寄存器。如果 “d” = 1，目的寄存器为数据寄存器 “f” 本身。由于状态标志位 Z 会受到影响，“d” = 1 对于测试数据寄存器是很有用的。
字数：	1
周期数：	1
示例	`MOVF REG1, 0` 执行后 W= REG1 寄存器中的值 Z = 1

MOVWF	**传送 W 的内容至 f**
语法：	[*标号*] MOVWF f
操作数：	0 ≤ f ≤ 127
操作：	(W) → (f)
影响的状态位：	无
机器码：	00 | 0000 | 1fff | ffff
说明：	将 W 寄存器中的数据传送至 “f” 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
示例	`MOVWF REG1` 执行前 REG1 = 0xFF W = 0x4F 执行后 REG1 = 0x4F W = 0x4F

OPTION	**装载 Option 寄存器**
语法：	[*标号*] OPTION
操作数：	无
操作：	(W) → OPTION
影响的状态位：	无
机器码：	00 | 0000 | 0110 | 0010
说明：	W 寄存器的内容装载到 OPTION 寄存器。支持这条指令是为了与 PIC16C5X 器件代码兼容。由于 OPTION 是可读可写的寄存器，用户可只使用寄存器指令，如 `MOVWF`，直接对其寻址。
字数：	1
周期数：	1
示例	**为保持与将来 PICmicro® 器件的向上兼容性，不要使用这条指令。**

NOP	**空操作**
语法：	[*标号*] NOP
操作数：	无
操作：	无操作
影响的状态位：	无
机器码：	00 | 0000 | 0xx0 | 0000
说明：	无操作
字数：	1
周期数：	1
示例	`NOP`

RETFIE	**中断返回**
语法：	[*标号*] RETFIE
操作数：	无
操作：	TOS → PC， 1 → GIE
影响的状态位：	无
机器码：	00 | 0000 | 0000 | 1001
说明：	中断返回。弹出堆栈栈顶（TOS）内容并装入 PC。可以通过置位全局中断使能位 GIE（INTCON<7>）使能中断。这是一条双周期指令。
字数：	1
周期数：	2
示例	`RETFIE` 中断后 PC = TOS GIE = 1

 © 2004 Microchip Technology Inc.

RETLW — 子程序返回，并将一立即数赋给 W

语法：[*标号*] RETLW k

操作数：$0 \le k \le 255$

操作：k → (W)；
TOS → PC

影响的状态位：无

机器码：

11	01xx	kkkk	kkkk

说明：将 8 位立即数 “k” 装入 W 寄存器。栈顶（返回地址）被装入程序计数器。这是一条双周期指令。

字数：1

周期数：2

示例

```
CALL TABLE;W contains table
    ;offset value
•   ;W now has table value
•
•
TABLE
ADDWF PC;W = offset
RETLW k1;Begin table
RETLW k2;
•
•
•
RETLW kn; End of table
```

执行前
W = 0x07
执行后
W = k 的值

RETURN — 子程序返回

语法：[*标号*] RETURN

操作数：无

操作：TOS → PC

影响的状态位：无

机器码：

00	0000	0000	1000

说明：子程序返回。将堆栈栈顶（TOS）的内容弹出并装入程序计数器。这是一条双周期指令。

字数：1

周期数：2

示例

```
RETURN
```

返回时
PC = TOS

RLF — f 寄存器内容带进位位左移

语法：[*标号*] RLF f,d

操作数：$0 \le f \le 127$
$d \in [0,1]$

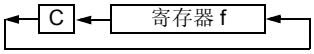
操作：参见如下描述

影响的状态位：C

机器码：

00	1101	dfff	ffff

说明：“f” 寄存器的内容带进位位左移一位。如果 “d” 为 “0”，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 “1”，结果存入 “f” 寄存器。



字数：1

周期数：1

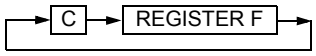
示例

```
RLF     REG1, 0
```

执行前
REG1=1110 0110
C = 0
执行后
REG1=1110 0110
W = 1100 1100
C = 1

RRF **f 寄存器带进位位右移**

语法：	[*标号*] RRF f,d
操作数：	$0 \le f \le 127$ $d \in [0,1]$
操作：	参看如下描述
影响的状态位：	C
机器码：	00 | 1100 | dfff | ffff
说明：	“f”寄存器的内容带进位位右移一位。如果“d”为“0”，结果存入 W 寄存器；如果“d”为“1”，结果存入“f”寄存器。



字数：	1
周期数：	1
示例	`RRF REG1, 0`

```
执行前
    REG1 = 1110 0110
    C    = 0
执行后
    REG1 = 1110 0110
    W    = 0111 0011
    C    = 0
```

SLEEP

语法：	[*标号*] SLEEP
操作数：	无
操作：	00h → WDT， 0 → WDT 预分频器， 1 → $\overline{TO}$， 0 → $\overline{PD}$
影响的状态位：	$\overline{TO}$， $\overline{PD}$
机器码：	00 | 0000 | 0110 | 0011
说明：	掉电状态位 $\overline{PD}$ 清零。超时溢出状态位 $\overline{TO}$ 置位。看门狗定时器及其预分频器清零。 振荡器停振，处理器进入休眠模式。
字数：	1
周期数：	1
示例：	`SLEEP`

SUBLW **立即数减去 W**

语法：	[*标号*] SUBLW k
操作数：	$0 \le k \le 255$
操作：	k - (W) → (W)
影响的状态位：	C， DC， Z
机器码：	11 | 110x | kkkk | kkkk
说明：	8 位立即数“k”减去 W 寄存器的内容（采用二进制补码方法），结果存入 W 寄存器。
字数：	1
周期数：	1

例 1：

```
SUBLW    0x02
```

```
执行前
    W = 1
    C = ?
执行后
    W = 1
    C = 1；结果为正。
```

例 2：

```
执行前
    W = 2
    C = ?
执行后
    W = 0
    C = 1；结果为 0。
```

例 3：

```
执行前
    W = 3
    C = ?
执行后
    W = 0xFF
    C = 0；结果为负
```

 © 2004 Microchip Technology Inc.

SUBWF	f 寄存器减去 W
语法：	[*标号*] SUBWF f,d
操作数：	0 ≤ f ≤ 127 d ∈ [0,1]
操作：	(f) - (W) → (dest)
影响的状态位：	C， DC， Z
机器码：	00 | 0010 | dfff | ffff
Description：	“f” 寄存器内容减去 W 寄存器内容（采用二进制补码方法）。如果 “d” 为 “0”，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 “1”，结果存入 “f” 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
例 1：	`SUBWF REG1, 1` 执行前 REG1 = 3 W = 2 C = ? 执行后 REG1 = 1 W = 2 C = 1；结果为正 Z = 0 DC = 1
例 2：	执行前 REG1 = 2 W = 2 C = ? 执行后 REG1 = 0 W = 2 C = 1；结果为零 Z = DC = 1
例 3：	执行前 REG1 = 1 W = 2 C = ? 执行后 REG1 = 0xFF W = 2 C = 0；结果为负 Z = DC = 0

SWAPF	f 寄存器的内容半字节交换
语法：	[*标号*] SWAPF f,d
操作数：	0 ≤ f ≤ 127 d ∈ [0,1]
操作：	(f<3:0>) → (dest<7:4>)， (f<7:4>) → (dest<3:0>)
影响的状态位：	无
机器码：	00 | 1110 | dfff | ffff
说明：	“f” 寄存器的高半字节和低半字节相互交换。如果 “d” 为 “0”，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 “1”，结果存入 “f” 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
示例	`SWAPF REG1, 0` 执行前 REG1 = 0xA5 执行后 REG1 = 0xA5 W = 0x5A

TRIS	装载 TRIS 寄存器
语法：	[*标号*] TRIS f
操作数：	5 ≤ f ≤ 6
操作：	(W) → TRIS 寄存器 f；
影响的状态位：	无
机器码：	00 | 0000 | 0110 | 0fff
说明：	支持这条指令是为了与 PIC16C5X 器件兼容。由于 TRIS 寄存器是可读可写的，用户可以直接对其寻址。
字数：	1
周期数：	1
示例	**为保持与将来 PICmicro® 产品的向上兼容性，不要使用这条指令。**

XORLW	W 寄存器与立即数逻辑异或
语法：	[*标号*] XORLW k
操作数：	$0 \le k \le 255$
操作：	(W) 异或 k → (W)
影响的状态位：	Z
机器码：	11 | 1010 | kkkk | kkkk
说明：	W 寄存器的内容和 8 位立即数 “k” 相异或，结果存入 W 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
示例：	`XORLW 0xAF` 执行前 W = 0xB5 执行后 W = 0x1A

XORWF	W 与 f 逻辑异或
语法：	[*标号*] XORWF f,d
操作数：	$0 \le f \le 127$ $d \in [0,1]$
操作：	(W) 异或 (f) → (dest)
影响的状态位：	Z
机器码：	00 | 0110 | dfff | ffff
说明：	W 寄存器的内容和 “f” 寄存器的内容相异或。如果 “d” 为 “0”，结果存入 W 寄存器；如果 “d” 为 “1”，结果存入 “f” 寄存器。
字数：	1
周期数：	1
示例	`XORWF REG1, 1` 执行前 REG1 = 0xAF W = 0xB5 执行后 REG1 = 0x1A W = 0xB5

 © 2004 Microchip Technology Inc.

11.0 开发工具支持

- Microchip 提供一整套软硬件开发工具来支持 PICmicro 单片机：
  - 集成开发环境
  - MPLAB® IDE 软件
- 汇编器 / 编译器 / 链接器
  - MPASM™ 汇编器
  - MPLAB C17 和 MPLAB C18 C 编译器
  - MPLINK™ 目标链接器 / MPLIB™ 目标库管理器
  - MPLAB C30 C 编译器
  - MPLAB ASM30 汇编器 / 链接器 / 库
- 软件模拟器
  - MPLAB SIM 软件模拟器
  - MPLAB dsPIC30 软件模拟器
- 仿真器
  - MPLAB ICE 2000 在线仿真器
  - MPLAB ICE 4000 在线仿真器
- 在线调试器
  - MPLAB ICD 2
- 器件编程器
  - PRO MATE® II 通用器件编程器
  - PICSTART® Plus 开发编程器
- 低成本演示板
  - PICDEM™ 1 演示板
  - PICDEM.net™ 演示板
  - PICDEM 2 Plus 演示板
  - PICDEM 3 演示板
  - PICDEM 4 演示板
  - PICDEM 17 演示板
  - PICDEM 18R 演示板
  - PICDEM LIN 演示板
  - PICDEM USB 演示板
- 评估套件
  - KEELOQ®
  - PICDEM MSC
  - microID®
  - CAN
  - PowerSmart®
  - 模拟

11.1 MPLAB 集成开发环境软件

MPLAB IDE 软件为软件开发提供了极大便利，这在 8 位 /16 位单片机市场上是前所未有的。MPLAB IDE 是基于 Windows® 的应用软件，它包含：

- 与调试工具的接口
  - 软件模拟器
  - 编程器 （单独出售）
  - 仿真器 （单独出售）
  - 在线调试器 （单独出售）
- 使用不同颜色表示不同类型字符的全功能编辑器
- 多项目管理器
- 直接编辑内容的用户数据窗口
- 高级源代码调试
- 移动光标查看变量
- 丰富的在线帮助

MPLAB IDE 允许用户：

- 编辑源文件 （汇编程序或者 C 程序）
- 只需点击一次鼠标即可完成汇编 （或者编译）以及下载到 PICmicro 仿真器和软件模拟器工具 （自动更新所有项目信息）
- 使用下列类型文件进行调试：
  - 源文件 （汇编程序或者 C 程序）
  - 绝对列表文件 （汇编和 C 混合编程）
  - 机器代码

MPLAB IDE 支持在单个开发范例中使用多种调试工具，从软件模拟器、低成本在线调试器，到全功能仿真器。这样当需要升级工具时，不需要花很多功夫来学习。

11.2 MPASM 汇编器

MPASM汇编器是适用于所有PICmicro单片机的全功能通用宏汇编器。

MPASM 汇编器生成可重定位的目标文件（作为 MPLINK 目标链接器的输入）、 Intel® 标准 HEX 文件、详细列出存储器使用和符号参考的 MAP 文件、包含源程序行和生成的机器代码的绝对LST文件以及用于调试的 COFF 文件。

MPASM 汇编器的特征包括：

- 集成到 MPLAB IDE 项目中
- 用户定义宏可简化代码
- 多用途源文件的条件汇编
- 允许完全控制汇编过程的伪指令

11.3 MPLAB C17 和 MPLAB C18 C 编译器

MPLAB C17 和 MPLAB C18 代码开发系统是用于开发 Microchip 公司的 PIC17CXXX 和 PIC18CXXX 系列单片机的完全 ANSI C 编译器。这些编译器提供强大的集成功能、较好的代码优化和使用上的方便，这是其它编译器不具备的。

为便于源代码级调试，编译器提供对 MPLAB IDE 调试器进行了优化的符号信息。

11.4 MPLINK 目标链接器 /MPLIB 目标库管理器

MPLINK 目标链接器组合由 MPASM 汇编器和 MPLAB C17、MPLAB C18 C 编译器生成的可重定位目标文件。它可以通过链接描述文件的伪指令，对预编译库中的可重定位目标文件进行链接。

MPLIB目标库管理器管理预编译代码的库文件的创建和修改。当来自库的一个子程序被一个源文件调用时，只有包含此子程序的模块才被链接到应用程序。这允许在许多不同的应用程序中高效地使用大型的库文件。

目标链接器 / 库管理器的功能包括：

- 有效地链接单个库文件而不是很多小的文件
- 通过把相关的模块组合在一起提高代码的可维护性
- 灵活创建库文件，可方便地对库中模块进行列表、替换、删除和抽取。

11.5 MPLAB C30 C 编译器

MPLAB C30 C 编译器是全功能、遵循 ANSI 的优化编译器，它将标准 ANSI C 程序编译成 dsPIC30F 汇编语言源代码。编译器也支持很多命令行选项和语言扩展，以充分利用 dsPIC30F 器件的硬件功能，并很好地控制编译器的代码生成。

MPLAB C30 与完整的 ANSI C 标准库一起发布。所有库函数都已经过验证，符合 ANSI C 库标准。这个库包括字符串操作函数、动态存储分配函数、数据转换函数、计时函数以及数学函数（三角、指数和双曲线）。编译器为使用 MPLAB IDE 进行源代码级调试提供符号信息。

11.6 MPLAB ASM30 汇编器、链接器和库管理器

MPLAB ASM30 汇编器将 dsPIC30F 器件的符号汇编语言转换为可重定位的机器代码。 MPLAB C30 编译器使用汇编器生成其目标文件。汇编器生成可链接或归档到其它可重定位目标文件或归档文件的可重定位目标文件，以生成可执行文件。此 汇编器的突出特性包括：

- 支持全部 dsPIC30F 指令集
- 支持定点和浮点数据类型
- 命令行界面
- 丰富的伪指令
- 灵活的宏汇编语言
- 与 MPLAB IDE 完全兼容

11.7 MPLAB SIM 软件模拟器

MPLAB SIM 软件模拟器允许在 PC 环境下，在指令级的基础上，通过模拟 PICmicro 系列单片机进行代码开发。对于任何给定的指令，可检查或修改数据区，并可通过文件或用户定义的按键施加激励到任何引脚上。可以单步、执行到断点或跟踪方式执行代码。

MPLAB SIM 软件模拟器完全支持采用 MPLAB C17 和 MPLAB C18 C 编译器以及 MPASM 汇编器进行符号调试。软件模拟器使得用户可以灵活地、不依赖实验室环境进行代码开发和调试，不啻为优秀和经济的软件开发工具。

11.8 MPLAB SIM30 软件模拟器

MPLAB SIM30 软件模拟器允许在 PC 环境下，在指令级的基础上，通过模拟 dsPIC30F 系列单片机进行代码开发。对于任何给定的指令，用户可检查或修改数据区，并可通过文件或用户定义的按键施加激励到任一引脚。

MPLAB SIM30 软件模拟器完全支持采用 MPLAB C30 C 编译器和 MPLAB ASM30 汇编器进行符号调试。可通过命令行方式或者 MPLAB IDE 运行软件模拟器。该高速软件模拟器设计为用来调试、分析和优化对时间要求严格的 DSP 子程序。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

11.9 MPLAB ICE 2000 高性能通用在线仿真器

MPLAB ICE 2000 通用在线仿真器为产品开发工程师提供了一套专为 PICmicro 单片机设计的开发工具。MPLAB ICE 2000 在线仿真器的软件控制部分由 MPLAB 集成开发环境提供，它支持在同一个环境中进行编辑、编译、下载和源代码调试。

MPLAB ICE 2000 是一个全功能的仿真器系统，具有增强的跟踪调试、触发和数据监控特性。可拆卸式处理器模块使得系统极易重新配置，以仿真不同的处理器。MPLAB ICE 在线仿真器的通用结构允许对其进行扩展以支持新的 PICmicro 单片机。

MPLAB ICE 2000 在线仿真器系统设计为一个实时仿真系统，这种仿真系统具有那些通常只在比其昂贵得多的开发工具中才具有的优越特性。选择 PC 平台和 Microsoft® Windows 32 位操作系统能使这些特性更好地在简单的、统一的应用中使用。

11.10 MPLAB ICE 4000 高性能通用在线仿真器

MPLAB ICE 4000通用在线仿真器为产品开发工程师提供了一套专为 PICmicro 单片机设计的开发工具。MPLAB ICE 在线仿真器的软件控制部分由MPLAB集成开发环境提供，它提支持在同一个环境中进行编辑、编译、下载及源代码调试。

MPLAB ICD 4000 是一个高级仿真器系统，它具有 MPLAB ICE 2000 的所有特性，同时拥有更多的仿真存储空间以及更高速的性能，可用于仿真 dsPIC30F 和 PIC18XXXX 系列器件。其高级仿真器特性包括复杂的触发和时序，高达 2Mb 的仿真存储空间以及实时查看变量的功能。

MPLAB ICE 4000 在线仿真器系统设计为一个实时仿真系统，这种仿真系统具有那些通常只在比其昂贵得多的开发工具中才具有的优越特性。 PC 平台和 Microsoft® Windows 32 位操作系统能使这些特性更好地在简单的、统一的应用中使用。

11.11 MPLAB ICD 2 在线调试器

Microchip 的在线调试器 MPLAB ICD 2 是一个功能强大、成本低廉的实时开发工具，它通过 RS-232 或者高速 USB 接口与主机 PC 相连接。这套工具是基于闪存 PICmicro 单片机的，可用来开发这些器件及其它 PICmicro 单片机。 MPLAB ICD 2 利用了闪存器件的在线编程能力。利用这个特性，结合 Microchip 的在线串行编程（In-Circuit Serial ProgrammingTM™，ICSP™ ）协议，通过 MPLAB 集成开发环境的图形用户界面，提供廉价的在线闪存调试功能。可通过设置断点、单步执行以及观察变量、CPU 状态和外设寄存器来开发和调试源代码。全速运行确保实时测试硬件和应用程序。对于某些 PICmicro 器件，MPLAB ICD 2 也可以作为开发编程器使用。

11.12 PRO MATE II 通用器件编程器

PRO MATE II是一个通用、符合CE标准的器件编程器，可在编程电压为 VDDMIN 和 VDDMAX 时进行校验，提高了可靠性。它有一个 LCD 显示器，用来显示指令和错误消息，支持各种封装类型的模块化可拆卸插座组件。在待机模式下，不需和 PC 连接，PRO MATE II 器件编程器可对 PICmicro 器件进行读出、校验和编程。在这种模式下，还可设置代码保护。

11.13 PICSTART Plus 开发编程器

PICSTART Plus 开发编程器是一种易于使用、低成本的原型编程器，它通过一个 COM （RS-232）口与 PC 机连接。 MPLAB 集成开发环境软件使得编程器的使用简单而高效。PICSTART Plus 开发编程器支持大多数不超过 40 引脚的 PICmicro 器件。对于高引脚数器件，如 PIC16C92X 和 PIC17C76X，可通过转接插座支持。PICSTART Plus 开发编程器符合 CE 标准。

11.14 PICDEM 1 PICmicro 演示板

PICDEM 1 演示板用于演示 PIC16C5X（从 PIC16C54 到 PIC16C58A）、PIC16C61、PIC16C62X、PIC16C71、PIC16C8X、PIC17C42、PIC17C43 和 PIC17C44 的功能。该工具套件包含所有必需的硬件和软件，可以运行基本的演示程序。通过 PRO MATE II 器件编程器或者 PICSTART Plus 开发编程器，用户可对随 PICDEM 1 演示板提供的单片机样片进行编程。也可以把 PICDEM 1 演示板连接到 MPLAB ICE 在线仿真器进行测试。另外，还提供了一个实验电路布线区，可增加其它元器件。该板的元器件包括：一个 RS-232 接口、一个用于仿真模拟输入的电位器、按钮式开关和 8 个 LED。

11.15 PICDEM.net 因特网 / 以太网演示板

PICDEM.net 是一块使用 PIC18F452 单片机和 TCP/IP 固件的因特网 / 以太网演示板。该板支持所有与 PIC16F877 或 PIC18C452 引脚兼容的 40 引脚 DIP 器件。这一工具套件包括：用户友好 TCP/IP 协议栈、HTML 网络服务器、用于 Xmodem 下载网页的 24L256 串行 EEPROM、ICSP/MPLAB ICD 2 接口连接器、以太网接口、RS-232 接口和一个 16 x 2 LCD 显示器。另外还包括 Jeremy Bentham 写的 *"TCP/IP Lean, Web Servers for Embedded Systems"* 书和配套光盘。

11.16 PICDEM 2 Plus 演示板

PICDEM 2 Plus 演示板支持多种 18 引脚、28 引脚和 40 引脚单片机，包括 PIC16F87X 和 PIC18FXX2 器件。该套件包含运行演示程序必需的所有硬件和软件。通过 PRO MATE II 器件编程器、PICSTART Plus 开发编程器或者带有通用编程器适配头的 MPLAB ICD 2，用户可对随 PICDEM 2 演示板提供的单片机样片进行编程。也可以在 PICDEM 2 演示板上使用 MPLAB ICD 2 和 MPLAB ICE 在线编程器测试固件。另外，还提供了一个实验电路布线区，供添加元器件扩展电路。该板的元器件包括：1 个 RS-232 接口、1 个 2 x 16 LCD 显示器、1 个 piezo 扬声器、1 个温度传感器、4 个 LED，以及 PIC18F452 和 PIC16F877 闪存单片机样片。

11.17 PICDEM 3 PIC16C92X 演示板

PICDEM 3 演示板支持 PLCC 封装的 PIC16C923 和 PIC16C924。该套件包含运行演示程序必需的所有硬件和软件。

11.18 PICDEM 4 8/14/18 引脚演示板

PICDEM 4 可以用来演示 8 引脚、14 引脚和 18 引脚的 PIC16XXXX 和 PIC18XXXX 单片机的功能，包括 PIC16F818/819、PIC16F87/88、PIC16F62XA 和 PIC18F1320 系列单片机。PICDEM 4 用来演示这些低引脚数器件的很多特性，包括 LIN 和使用 ECCP 的马达控制。此板还提供了一些低功耗运行的备选项：超级电容电路，以及用来禁止板上部分硬件从而降低功耗的跳线等。此板还提供了一些低功耗运行的备选项：超级电容电路，以及用来禁止板上部分硬件从而降低功耗的跳线等。演示板上包括：晶振、RC 或者金属外壳振荡器方式、用于 9V 墙式适配器和电池的 5V 稳压器、DB-9 RS-232 接口、用于使用 MPLAB ICD 2 进行在线串行编程和开发的 ICD 连接插座、2x16 液晶显示器、半桥马达驱动器的 PCB、LIN 收发器和 EEPROM。还包括：扩展头、8 个 LED、4 个电位器、3 个按钮和实验电路布线区。此外还附带一片 PIC16F627A 和一片 PIC18F1320。教程软件包含在用户指南中。

11.19 PICDEM 17 演示板

PICDEM 17 演示板是一个可以演示多种 Microchip 单片机功能的评估板，这些单片机包括 PIC17C752、PIC17C756A、PIC17C762 和 PIC17C766。该套件附带一个已编程的样片。用户可以使用 PRO MATE II 编程器或者 PICSTART Plus 开发编程器重新对器件编程，以根据需要进行应用开发。PICDEM 17 演示板支持从片外闪存存储器下载和执行程序。还提供了大片地实验电路布线区供用户扩展硬件。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

11.20 PICDEM 18R PIC18C601/801 演示板

PICDEM 18R 演示板支持 MicrochipPIC18C601/801 系列单片机的开发。它用硬件实现了 8 位复用 / 分用和 16 位存储器模式。该演示板包括 2Mb 的扩展闪存存储器、128 Kb 的 SRAM 存储器及串行 EEPROM，允许访问 PIC18C601/801 支持的多种存储器。

11.21 PICDEM LIN PIC16C43X 演示板

功能强大的 LIN 硬件和软件工具套件包括一系列演示板和 3 个 PICmicro 单片机。在 LIN 通信中，小封装的 PIC16C432 和 PIC16C433 作为 LIN 通信中的从器件，用作板上的 LIN 收发器。PIC16F874 闪存单片机用作主控器件。所有三个单片机中都已经烧写了 LIN 总线通信软件。

11.22 PICkit™ 1 闪存入门工具套件

作为一套完整的集成开发系统，PICkit 闪存入门工具套件包括一个方便使用的多功能板，可以对 8/14 引脚 闪存 PIC® 单片机进行编程、评估和开发。通过 USB 口，可通过简洁的 Windows GUI 界面对电路板进行操作。PICkit 1闪存入门套件包括 用户指南（在CD ROM中）、PICkit 1 教程软件和多种应用的代码，还包括 MPLAB® IDE （集成开发环境）软件、软件和硬件 《8 引脚闪存 PIC® 单片机窍门和点子》手册和一根 USB 接口电缆。支持现在所有的 8/14 引脚闪存 PIC 单片机，以及很多计划将来推出的器件。

11.23 PICDEM USB PIC16C7X5 演示板

PICDEM USB 演示板演示 PIC16C745 和 PIC16C765 USB 单片机的功能。这个演示板是将来 USB 产品的基础。

11.24 评估和编程工具

除了 PICDEM 系列电路外， Microchip 还有一系列产品的评估套件和演示软件。

- 支持 Microchip 的 HCS 安防数据产品的 KEELOQ 评估和编程工具
- 用于汽车网络应用的 CAN 开发工具套件
- 模拟设计电路板和滤波器设计软件
- PowerSmart 电池充电评估 / 校准套件
- IrDA® 开发工具套件
- microID 和 rfLab™ 开发软件
- 支持存储器评估和耐擦写能力计算的 SEEVAL® 设计人员工具套件
- 包含开关电源、大功率 IR 驱动器、△－Σ A/D 转换器和流速率传感器的 PICDEM MSC 演示板

有关演示和评估工具套件的完整列表，请查看 Microchip 网页和最新的产品目录。

注：

 © 2004 Microchip Technology Inc.

12.0 电气特性

绝对最大额定值 (†)

环境温度 ..... -55°C ～ +125°C

存储温度 ..... -65°C ～ +150°C

相对于 V_{SS} 的任一引脚电压（除了 V_{DD}、$\overline{MCLR}$ 和 RA4）..... -0.3V ～ (V_{DD} +0.3V)

相对于 V_{SS} 的 V_{DD} 引脚电压 ..... -0.3V ～ +7.5V

相对于 V_{SS} 的 $\overline{MCLR}$ 引脚电压（**注 2**）..... 0V ～ +13.25V

相对于 V_{SS} 的 RA4 引脚电压 ..... 0V ～ +8.5V

总功耗（**注 1**）（PDIP 和 SOIC）..... 1.0W

总功耗（**注 1**）（SSOP）..... 0.65W

V_{SS} 引脚的最大电流 ..... 300 mA

V_{DD} 引脚的最大电流 ..... 250 mA

输入箝位电流，I_{IK}（V_I < 0 或 V_I > V_{DD}）..... ±20 mA

输出箝位电流，I_{OK}（V_O < 0 或 V_O > V_{DD}）..... ±20 mA

任一 I/O 引脚最大灌电流 ..... 25 mA

任一 I/O 引脚最大拉电流 ..... 25 mA

PORTA 和 PORTB 总的最大灌电流 ..... 200 mA

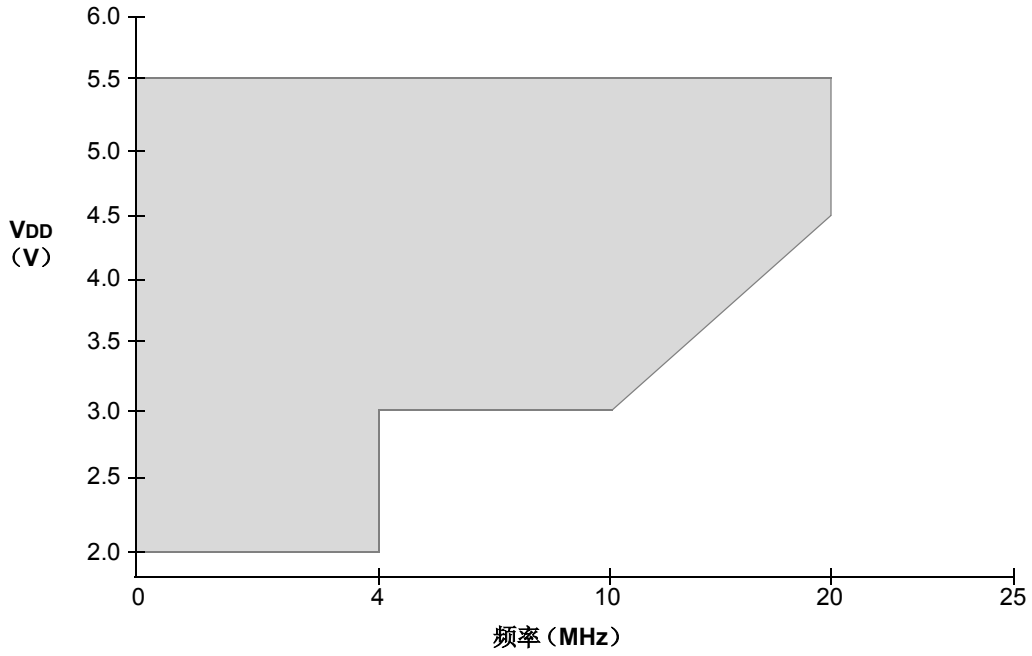
PORTA 和 PORTB 总的最大拉电流 ..... 200 mA

注 1：功耗按如下公式计算：$P_{dis} = V_{DD} \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum(V_{OI} \times I_{OL})$

2：$\overline{MCLR}$/V_{PP} 引脚的尖峰电压低于 V_{SS}，导致感应电流超过 80 mA 时，可能引起锁死。因此，当把一个“低”电平加到 $\overline{MCLR}$/V_{PP} 引脚上时，应接入一个 50 – 100Ω 的串联电阻，而不要将这个引脚直接接到 V_{DD}。

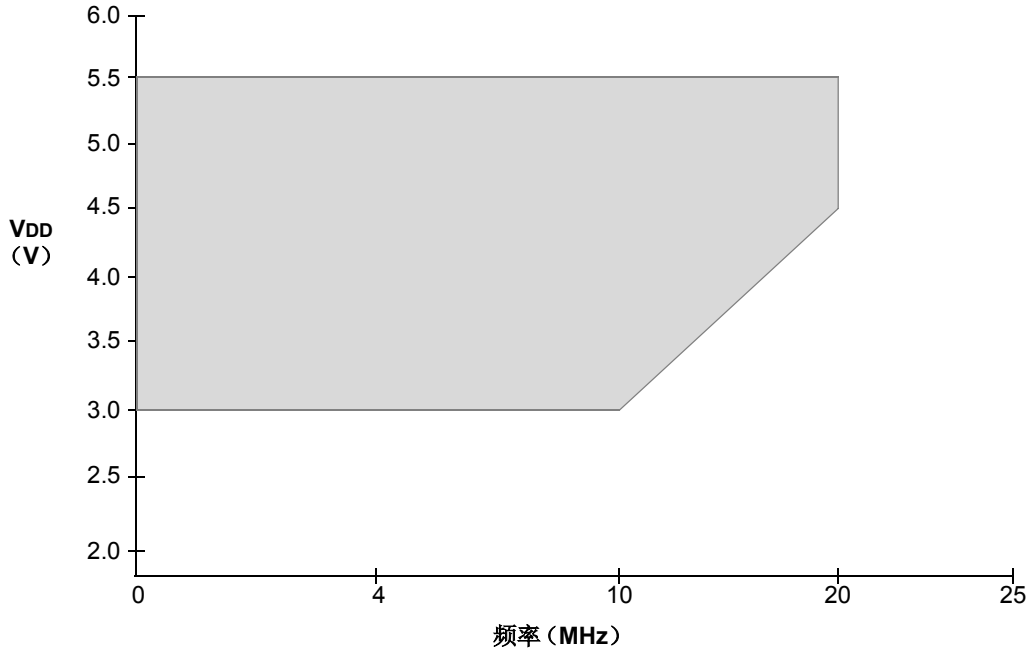
† 注意：如果器件工作条件超过上述 “绝对最大额定值”，可能引起器件永久性损坏。这仅是极限参数，我们不建议器件工作在极限值甚至超过上述极限值。器件长时间工作在极限条件下可能会影响其可靠性。

图 12-1： PIC16F716 电压－频率图， -40°C ≤ TA ≤ +85°C(1)



注 1：阴影区域表示电压和频率容许范围。

图 12-2： PIC16F716 电压－频率图， 85°C ≤ TA ≤ +125°C(1)



注 1： 阴影区域表示电压和频率容许范围。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

12.1 直流特性：PIC16F716 （工业级，扩展级）

直流特性			标准工作条件 （除非另外声明） 工作温度 工业级：-40°C ≤ TA ≤ +85°C 扩展级：-40°C ≤ TA ≤ +125°C				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 †	最大值	单位	条件
	VDD	电源电压					
D001 D001A			2.0 3.0	— —	5.5 5.5	V V	工业级 扩展级
D002*	VDR	**RAM** 数据保持电压 (1)	—	1.5*	—	V	
D003	VPOR	确保内部上电复位信号的 **VDD** 启动电压	—	Vss	—	V	参见上电复位章节
D004* D004A*	SVDD	确保内部上电复位信号的 **VDD** 上升速率	0.05 TBD	— —	— —	V/ms	PWRT 使能 （$\overline{\text{PWRTE}}$ 位清零） PWRT 禁止 （ $\overline{\text{PWRTE}}$ 位置位） 参见上电复位章节
D005	VBOR	欠压复位电压跳变点					
			3.65	4.0	4.35	V	BOREN 位置位， BOR 位＝ ‘1’
			TBD	2.5	TBD	V	BOREN 位置位， BOR 位＝ ‘0’

* 这些参数仅为特性数据，未经测试。

† 除非另外声明，否则 “典型值” 列的数据是 5V、 25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

注 1： 这是在不丢失 RAM 中数据的条件下， VDD 能降低到的最小极限值。

12.2 直流特性： PIC16F716 （工业级）

直流特性			标准工作条件 （除非另外声明） 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C					
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 †	最大值	单位	VDD	条件
D001	VDD	电源电压						
			2.0	—	5.5	V	—	
D020	IPD	掉电时的基本电流						
			—	0.1	0.8	μA	2.0	WDT、 BOR 和 T1OSC：禁止
			—	0.1	0.85	μA	3.0	
			—	0.2	2.7	μA	5.0	
D021	ΔIMOD	外设模块电流 (1)						
			—	1	2.0	μA	2.0	WDT 电流
			—	2	3.5	μA	3.0	
			—	9	13.5	μA	5.0	
D022			—	TBD	TBD	μA	3.0	BOR 电流
			—	40	TBD	μA	4.5	
			—	45	TBD	μA	5.0	
D025			—	1.8	TBD	μA	2.0	T1OSC 电流
			—	2.6	TBD	μA	3.0	
			—	3.0	TBD	μA	5.0	
D010	IDD	供电电流						
			—	14	17	μA	2.0	FOSC = 32 kHz LP 振荡器方式
			—	23	28	μA	3.0	
			—	45	60	μA	5.0	
D011			—	120	160	μA	2.0	FOSC = 1 MHz XT 振荡器方式
			—	180	250	μA	3.0	
			—	290	370	μA	5.0	
D012			—	220	300	μA	2.0	FOSC = 4 MHz XT 振荡器方式
			—	350	470	μA	3.0	
			—	600	780	μA	5.0	
D013			—	2.1	2.9	mA	4.5	FOSC = 20 MHz HS 振荡器方式
			—	2.5	3.3	mA	5.0	

† 除非另外声明，否则 “典型值”列的数据为 5V、 25°C 的条件下所给出的。这些参数仅作设计参考，未经测试。

注 1： “Δ”电流为当该外设使能时所消耗的附加电流。对于基本 IDD 或 IPD 的测量，应加上这种电流。计算总电流消耗时应使用最大值。

2： AD 转换器打开，不在转换中。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

12.3 直流特性： PIC16F716 （扩展级）

直流特性			标准工作条件 （除非另外声明） 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +125°C					
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 †	最大值	单位	VDD	条件
D001	VDD	电源电压						
			3.0	—	5.5	V	—	
D020E	IPD	掉电时的基本电流						
			—	0.1	TBD	μA	3.0	WDT、 BOR 和 T1OSC：禁止
			—	0.2	TBD	μA	5.0	
D021E	ΔIMOD	外设模块电流 (1)						
			—	2	TBD	μA	3.0	WDT 电流
			—	9	TBD	μA	5.0	
D022E			—	TBD	TBD	μA	3.0	BOR 电流
			—	40	TBD	μA	4.5	
			—	45	TBD	μA	5.0	
D025E			—	2.6	TBD	μA	3.0	T1OSC 电流
			—	3.0	TBD	μA	5.0	
D010E	IDD	供电电流						
			—	21	TBD	μA	3.0	FOSC ＝ 32 kHz LP 振荡器方式
			—	38	TBD	μA	5.0	
D011E			—	182	TBD	μA	3.0	FOSC ＝ 1 MHz XT 振荡器方式
			—	293	TBD	μA	5.0	
D012E			—	371	TBD	μA	3.0	FOSC ＝ 4 MHz XT 振荡器方式
			—	668	TBD	μA	5.0	
D013E			—	2.6	TBD	mA	4.5	FOSC ＝ 20 MHz HS 振荡器方式
			—	3	TBD	mA	5.0	

† 除非另外声明，否则 “典型值”列的数据为 5V、 25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

注 1： “Δ”电流为当该外设使能时所消耗的附加电流。对于基本 IDD 或 IPD 的测量，应加上这种电流。计算总电流消耗耗时应使用最大值。

2： AD 转换器打开，不在转换中。

12.4 直流特性：PIC16F716 （工业级，扩展级）

直流特性			标准工作条件 （除非另外声明） 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C，工业级 -40°C ≤ TA ≤ +125°C，扩展级 工作电压 VDD 的范围如 DC 规范 **第 12.1 节 “直流特性：PIC16F716 （工业级，扩展级）”** 和**第 12.2 节 “直流特性：PIC16F716 （工业级）”** 所述。				
参数编号	**符号**	**特性**	**最小值**	**典型值 †**	**最大值**	**单位**	**条件**
		输入低电压					
	VIL	I/O 端口					
D030		带 TTL 缓冲器	VSS	—	0.8	V	4.5V ≤ VDD ≤ 5.5V
D030A			VSS	—	0.15 VDD	V	除非另外说明
D031		带施密特触发器缓冲器	VSS	—	0.2 VDD	V	
D032		$\overline{\text{MCLR}}$、 OSC1 （在 RC 方式下）	VSS	—	0.2 VDD	V	
D033		OSC1 （在 HS 方式下）	VSS	—	0.3 VDD	V	（注 1）
		OSC1 （在 XT 和 LP 方式下）	VSS	—	0.6	V	
		输入高电压					
	VIH	I/O 端口		—			
D040		带 TTL 缓冲器	2.0	—	VDD	V	4.5V ≤ VDD ≤ 5.5V
D040A			0.25 VDD + 0.8V	—	VDD	V	除非另外说明
D041		带施密特触发器缓冲器	0.8 VDD	—	VDD	V	整个 VDD 范围
D042		$\overline{\text{MCLR}}$	0.8 VDD	—	VDD	V	
D042A		OSC1 （XT、 HS 和 LP 方式）	0.7 VDD	—	VDD	V	（注 1）
D043		OSC1 （在 RC 方式下）	0.9 VDD	—	VDD	V	
		输入漏电流 (2), (3)					
D060	IIL	I/O 端口	—	—	±1	μA	VSS ≤ VPIN ≤ VDD 引脚为高阻
			—	—	±500	nA	VSS ≤ VPIN ≤ VDD，引脚配置为模拟输入
D061		$\overline{\text{MCLR}}$、 RA4/T0CKI	—	—	±5	μA	VSS ≤ VPIN ≤ VDD
D063		OSC1/CLKIN	—	—	±5	μA	VSS ≤ VPIN ≤ VDD， XT、 HS 和 LP 振荡器方式
D070	IPURB	**PORTB 弱上拉电流**	50	250	400	μA	VDD = 5V， VPIN = VSS
		输出低电压					
D080	VOL	I/O 端口	—	—	0.6	V	IOL = 8.5 mA， VDD = 4.5V， -40°C 到 +85°C
			—	—	0.6	V	IOL = 7.0 mA， VDD = 4.5V， -40°C 到 +125°C
D083		OSC2/CLKOUT （RC 振荡器方式）	—	—	0.6	V	IOL = 1.6 mA， VDD = 4.5V， -40°C 到 +85°C
			—	—	0.6	V	IOL = 1.2 mA， VDD = 4.5V， -40°C 到 +125°C
		输出高电压					
D090	VOH	I/O 端口 (3)	VDD-0.7	—	—	V	IOH = -3.0 mA， VDD = 4.5V， -40°C 到 +85°C
			VDD-0.7	—	—	V	IOH = -2.5 mA， VDD = 4.5V， -40°C 到 +125°C
D092		OSC2/CLKOUT （RC 振荡器方式）	VDD-0.7	—	—	V	IOH = -1.3 mA， VDD = 4.5V， -40°C 到 +85°C
			VDD-0.7	—	—	V	IOH = -1.0 mA， VDD = 4.5V， -40°C 到 +125°C
D150*	VOD	**漏极开路高电压**	—	—	8.5	V	RA4 引脚

* 这些参数是特性数据，未经测试。

† 除非另外声明，否则 “典型值” 列的数据为 5V、 25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

注 1： 在 RC 振荡器方式中， OSC1/CLKIN 引脚为施密特触发器输入。不推荐在 RC 方式下采用外部时钟驱动 PICmicro 器件。

2： MCLR/VPP 引脚上的漏电流很大程度上取决于所施加的电压。指定的电平表示正常工作条件。在不同的输入电压下可能会测得更大的漏电流。

3： 负电流定义为引脚的拉电流。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

直流特性			标准工作条件 （除非另外声明） 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C，工业级 -40°C ≤ TA ≤ +125°C，扩展级 工作电压 VDD 的范围如 DC 规范 **第 12.1 节 “直流特性：PIC16F716 （工业级 , 扩展级）”**和**第 12.2 节 “直流特性：PIC16F716 （工业级）”**所述。				
参数编号	**符号**	**特性**	**最小值**	**典型值 †**	**最大值**	**单位**	**条件**
		输出引脚上容性负载规范					
D100	COSC2	OSC2/CLKOUT 引脚	—	—	15	pF	外部时钟驱动 OSC1 时的 XT、 HS 和 LP 方式下。
D101	CIO	所有 I/O 引脚和 OSC2 （在 RC 方式下）	—	—	50	pF	

* 这些参数是特性数据，未经测试。

† 除非另外声明，否则 “典型值”列的数据为 5V、 25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

注 **1：** 在 RC 振荡器方式中， OSC1/CLKIN 引脚为施密特触发器输入。不推荐在 RC 方式下采用外部时钟驱动 PICmicro 器件。

2： MCLR/VPP 引脚上的漏电流很大程度上取决于所施加的电压。指定的电平表示正常工作条件。在不同的输入电压下可能会测得更大的漏电流。

3： 负电流定义为引脚的拉电流。

12.5 交流 （时序）特性

12.5.1 时序参数符号

使用如下格式之一来创建了时序参数符号：

1. TppS2ppS
2. TppS

T			
F	频率	T	时间

小写字母 （pp）及其含义：

pp			
cc	CCP1	osc	OSC1
ck	CLKOUT	rd	$\overline{RD}$
cs	$\overline{CS}$	rw	$\overline{RD}$ 或 $\overline{WR}$
di	SDI	sc	SCK
do	SDO	ss	$\overline{SS}$
dt	数据输入	t0	T0CKI
io	I/O 端口	t1	T1CKI
mc	$\overline{MCLR}$	wr	$\overline{WR}$

大写字母及其含义：

S			
F	下降	P	周期
H	高电平	R	上升
I	无效 （高阻态）	V	有效
L	低电平	Z	高阻

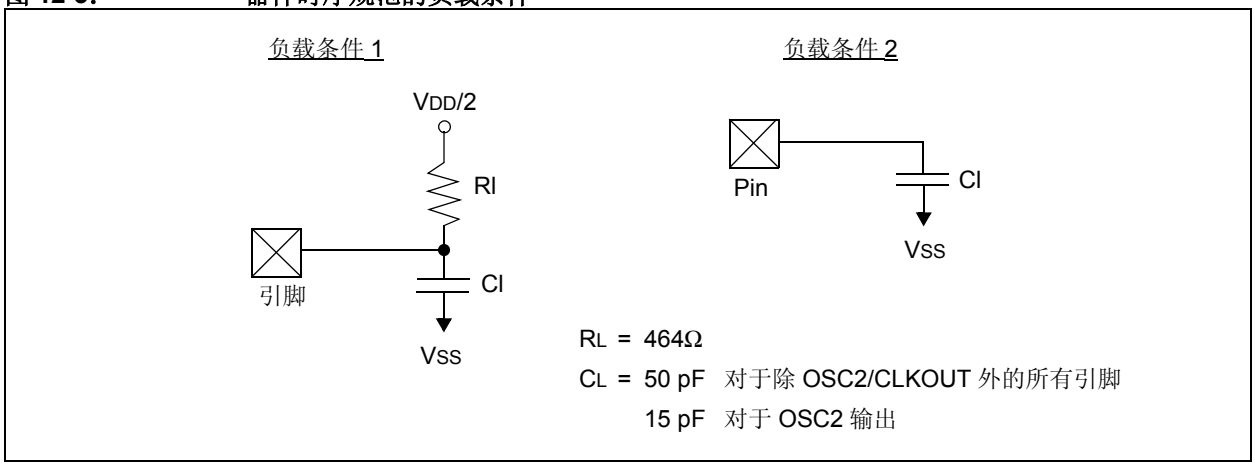
12.5.2 时序条件

除非另外说明，表 12-1 指定的温度和电压适用于所有时序规范。图 12-3 指定了时序规范的负载条件。

表 12-1： 温度和电压规范－交流

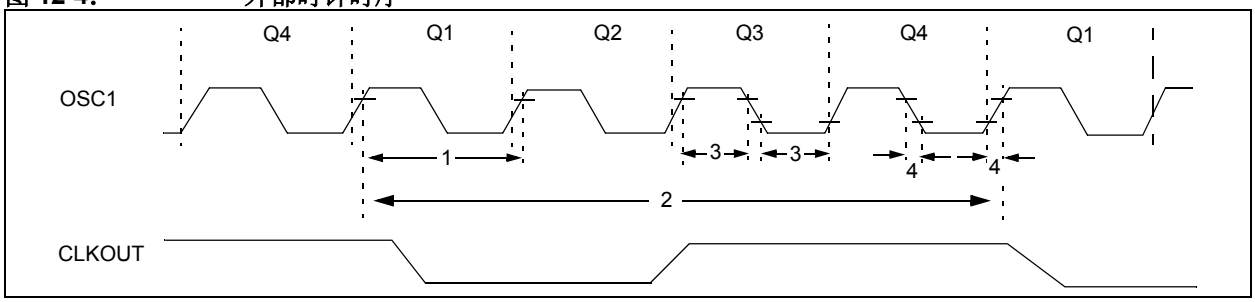
交流特性	标准工作条件 （除非另外说明） 工作温度 -40°C ≤ TA ≤ +85°C，工业级 -40°C ≤ TA ≤ +125°C，扩展级 工作电压 VDD 的范围如第 **12.1** 节 **“直流特性：PIC16F716 （工业级 , 扩展级）”** 和第 **12.4** 节 **“直流特性：PIC16F716 （工业级，扩展级）”** 中的 DC 规范所述。 LC 元件仅工作于商业级 / 工业级温度下。

图 12-3： 器件时序规范的负载条件



12.5.3 时序图和规范

图 12-4： 外部时钟时序



 © 2004 Microchip Technology Inc.

表 12-2： 外部时钟时序要求

参数号	符号	特性	最小值	典型值†	最大值	单位	条件
1A	FOSC	外部时钟输入频率 (1)	DC	—	4	MHz	RC 和 XT 振荡器方式
			DC	—	20	MHz	HS 振荡器方式
			DC	—	200	kHz	LP 振荡器方式
		振荡器频率 (1)	DC	—	4	MHz	RC 振荡器方式
			0.1	—	4	MHz	XT 振荡器方式
			4	—	20	MHz	HS 振荡器方式
			5	—	200	kHz	LP 振荡器方式
1	TOSC	外部 CLKIN 周期 (1)	250	—	—	ns	RC 和 XT 振荡器方式
			50	—	—	ns	HS 振荡器方式
			5	—	—	µs	LP 振荡器方式
		振荡器周期 (1)	250	—	—	ns	RC 振荡器方式
			250	—	10,000	ns	XT 振荡器方式
			50	—	250	ns	HS 振荡器方式
			5	—	—	µs	LP 振荡器方式
2	Tcy	指令周期时间 (1)	200	—	DC	ns	TCY = 4/FOSC
3*	TosL、TosH	外部时钟 （OSC1）的高电平时间或低电平时间	100	—	—	ns	XT 振荡器
			2.5	—	—	µs	LP 振荡器
			15	—	—	ns	HS 振荡器
4*	TosR、TosF	外部时钟 （OSC1）的上升沿时间或下降沿时间	—	—	25	ns	XT 振荡器
			—	—	50	ns	LP 振荡器
			—	—	15	ns	HS 振荡器

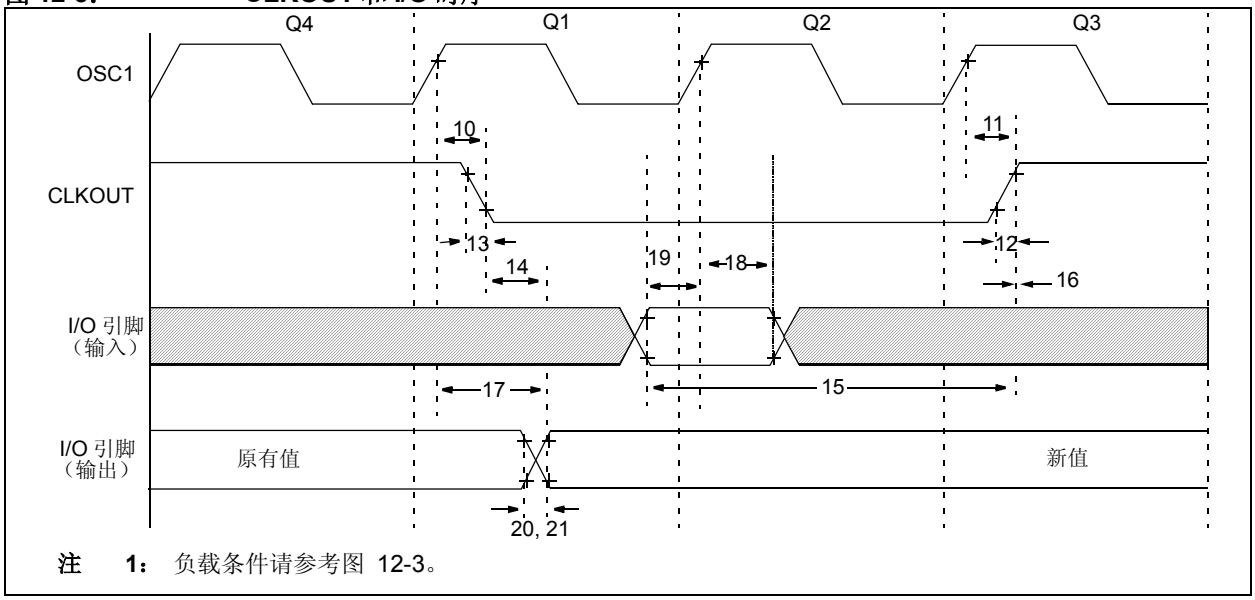
* 这些参数是特性数据，未经测试。

† 除非另外声明，否则“典型值”列的数据为 5V、25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

注 1： 指令周期 （TCY）是输入振荡器时基周期的四倍。所有规范值都基于标准工作条件下，器件执行代码时，特定振荡器类型的特性数据。超过这些极限值可能使振荡器运行不稳定，和 / 或电流消耗超出预期。所有器件都在 “最小值”工作条件下经过测试，测试时在在 OSC1/CLKIN 引脚上施加外部时钟。

对于所有的器件，采用外部时钟输入，“最大”周期时间极限为 “DC”（无时钟）。

图 12-5： CLKOUT 和 I/O 时序



注 1： 负载条件请参考图 12-3。

表 12-3： CLKOUT 和 I/O 时序要求

参数编号	符号	特性		最小值	典型值 †	最大值	单位	条件
10*	TOSH2CKL	OSC1↑ 到 CLKOUT↓		—	75	200	ns	（注 1）
11*	TOSH2CKH	OSC1↑ 到 CLKOUT↑		—	75	200	ns	（注 1）
12*	TCKR	CLKOUT 上升时间		—	35	100	ns	（注 1）
13*	TCKF	CLKOUT 下降时间		—	35	100	ns	（注 1）
14*	TCKL2IOV	CLKOUT ↓ 到端口输出有效		—	—	20	ns	（注 1）
15*	TIOV2CKH	CLKOUT ↑ 前端口输入有效		TOSC + 200	—	—	ns	（注 1）
16*	TCKH2IOI	CLKOUT ↑ 后端口输入保持		0	—	—	ns	（注 1）
17*	TOSH2IOV	OSC1↑ （Q1 周期）到端口输出有效		—	50	150	ns	
18*	TOSH2IOI	OSC1↑ （Q2 周期）到端口输入无效 （I/O 保持时间）	标准	100	—	—	ns	
18A*			扩展 （LC）	200	—	—	ns	
19*	TIOV2OSH	端口输入有效到 OSC1↑ （I/O 建立时间）		0	—	—	ns	
20*	TIOR	端口输出上升时间	标准	—	10	40	ns	
20A*			扩展 （LC）	—	—	80	ns	
21*	TIOF	端口输出下降时间	标准	—	10	40	ns	
21A*			扩展 （LC）	—	—	80	ns	
22††*	TINP	INT 引脚高电平或低电平时间		Tcy	—	—	ns	
23††*	TRBP	RB7:RB4 电平变化 INT 高电平或低电平时间		Tcy	—	—	ns	

* 这些参数是特性数据，未经测试。

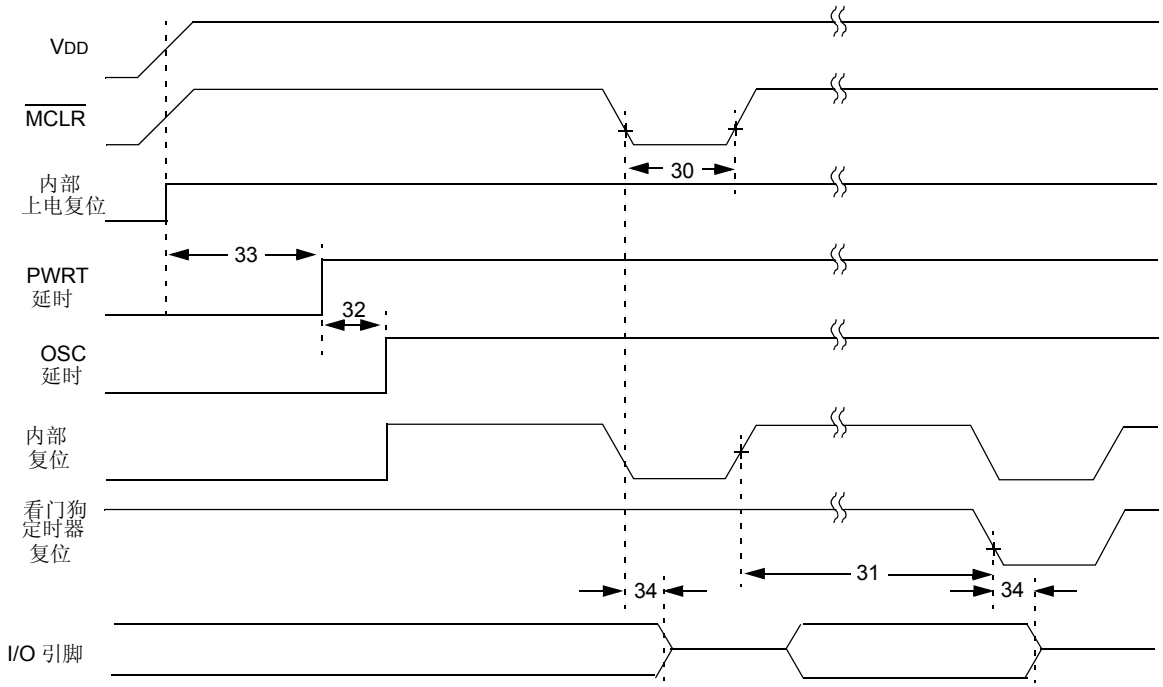
† 除非另外声明，否则 “典型值” 列的数据为 5V、 25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

†† 这些参数为异步事件，与任何内部时钟边沿无关。

注 1： 测试是在 RC 方式下进行的，其中 CLKOUT 输出为 4 x TOSC。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

图 12-6： 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 (1)



注 1： 负载条件请参考图 12-3。

图 12-7： 欠压复位时序

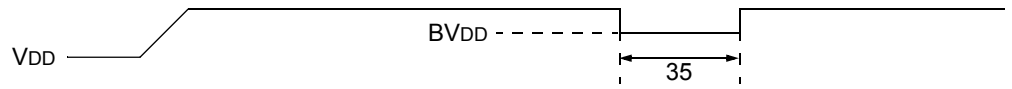


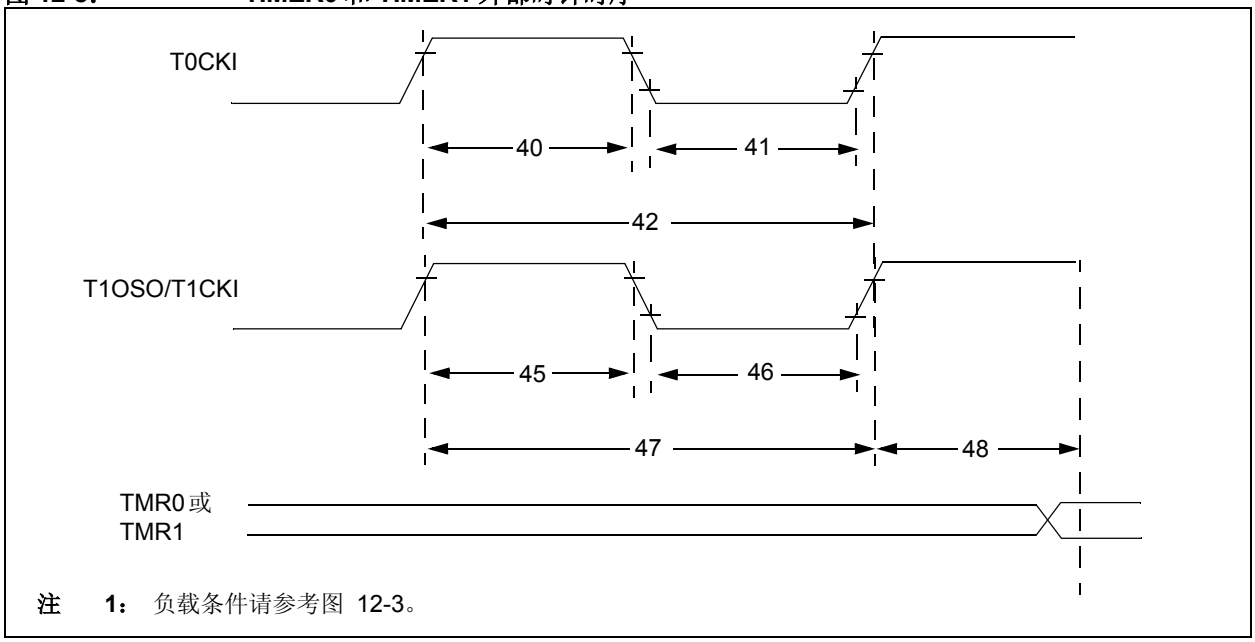
表 12-4： 复位、看门狗定时器、振荡器起振定时器、上电延时定时器和欠压复位要求

参数号	符号	特性	最小值	典型值 †	最大值	单位	条件
30	TMCL	MCLR 脉冲宽度 （低）	2	—	—	µs	VDD = 5V，-40°C ～ +125°C
31*	TWDT	看门狗定时器超时溢出周期（无预分频器）	7	18	33	ms	VDD = 5V， -40°C ～ +85°C
			TBD	TBD	TBD	ms	VDD = 5V， +85°C ～ +125°C
32	TOST	振荡器起振定时器周期	—	1024 TOSC	—	—	TOSC ＝ OSC1 周期
33*	TPWRT	上电延时定时器周期	28	72	132	ms	VDD = 5V， -40°C ～ +85°C
			TBD	TBD	TBD	ms	VDD = 5V， +85°C ～ +125°C
34	TIOZ	MCLR低电平或WDT复位时I/O高阻态时间	—	—	2.1	µs	
35	TBOR	欠压复位脉冲宽度	100	—	—	µs	VDD ≤ BVDD （D005）

* 这些参数是特性数据，未经测试。

† 除非另外声明，否则 “典型值” 列的数据为 5V、 25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，它们未经测试。

图 12-8： TIMER0 和 TIMER1 外部时钟时序 (1)



注 1： 负载条件请参考图 12-3。

表 12-5： TIMER0 和 TIMER1 外部时钟要求

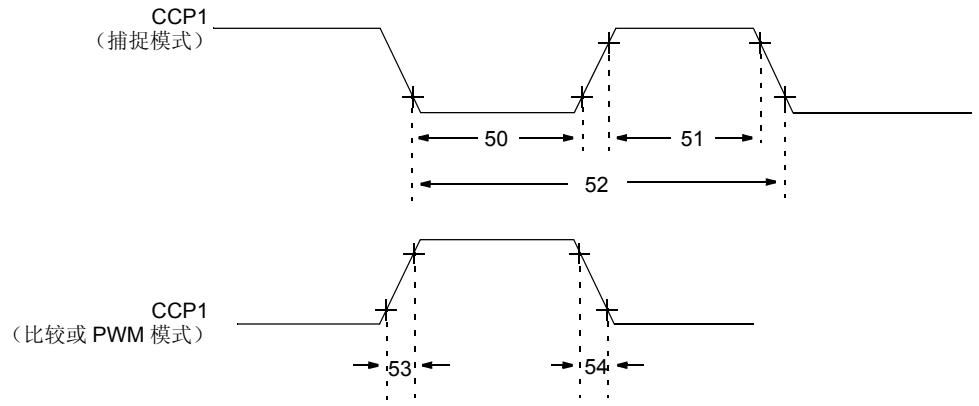
参数号	符号	特性			最小值	典型值 †	最大值	单位	条件
40*	Tt0H	T0CKI 脉冲高电平宽度		无预分频器	0.5TCY + 20	—	—	ns	必须同时满足参数 42
				有预分频器	10	—	—	ns	
41*	Tt0L	T0CKI 脉冲低电平宽度		无预分频器	0.5TCY + 20	—	—	ns	必须同时满足参数 42
				有预分频器	10	—	—	ns	
42*	Tt0P	T0CKI 周期		无预分频器	TCY + 40	—	—	ns	
				有预分频器	取两者中较大值：20 或 $\frac{T_{CY} + 40}{N}$	—	—	ns	N ＝预分频比（2, 4, ..., 256）
45*	Tt1H	T1CKI 高电平时间	同步，预分频比＝ 1		0.5TCY + 20	—	—	ns	必须同时满足参数 47
			同步，预分频比＝ 2, 4, 8	标准	15	—	—	ns	
			异步	标准	30	—	—	ns	
46*	Tt1L	T1CKI 低电平时间	同步，预分频器＝ 1		0.5TCY + 20	—	—	ns	必须同时满足参数 47
			同步，预分频比＝ 2, 4, 8	标准	15	—	—	ns	
			异步	标准	30	—	—	ns	
47*	Tt1P	T1CKI 输入周期	同步	标准	取两者中较大值：30 或 $\frac{T_{CY} + 40}{N}$	—	—	ns	N = 预分频比（1, 2, 4, 8）
			异步	标准	60	—	—	ns	
	Ft1	Timer1 振荡器输入频率范围（置位 T1OSCEN 将振荡器使能）			32.768	—	32.768	kHz	
48*	TCKEZtmr1	从外部时钟边沿到定时器递增计数之间的延时			2Tosc	—	7Tosc	—	

* 这些参数是特性数据，未经测试。

† 除非另外声明，否则 “典型值” 列的数据为 5V、 25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

图 12-9： 捕捉 / 比较 /PWM 时序 (1)



注 1： 负载条件参见图 12-3。

表 12-6： 捕捉 / 比较 /PWM 要求

参数号	符号	特性			最小值	典型值 †	最大值	单位	条件
50*	TccL	CCP1 输入低电平时间	无预分频器		0.5TCY + 20	—	—	ns	
			有预分频器	标准	10	—	—	ns	
51*	TccH	CCP1 输入高电平时间	无预分频器		0.5TCY + 20	—	—	ns	
			有预分频器	标准	10	—	—	ns	
52*	TccP	CCP1 输入周期			$\frac{3T_{CY} + 40}{N}$	—	—	ns	N ＝预分频比（1, 4 或 16）
53*	TccR	CCP1 输出上升时间		标准	—	10	40	ns	
53A*				扩展	—	—	80	ns	
54*	TccF	CCP1 输出下降时间		标准	—	10	40	ns	
54A*				扩展	—	—	80	ns	

* 这些参数是特性数据，未经测试。

† 除非另外声明，否则“典型值”列的数据为 5V、25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

表 12-7： A/D 转换器特性：PIC16F716 （工业级，扩展级）

参数编号	符号	特性		最小值	典型值 †	最大值	单位	条件
A00	VDD	VDD 工作电压		2.5	—	5.5	V	
A01	NR	分辨率		—	—	8-bits	bit	VREF = VDD = 5.12V，VSS ≤ VAIN ≤ VREF
A02	EABS	总绝对误差		—	—	< ± 1	LSb	VREF = VDD = 5.12V，VSS ≤ VAIN ≤ VREF
A03	EIL	积分线性误差		—	—	< ± 1	LSb	VREF = VDD = 5.12V，VSS ≤ VAIN ≤ VREF
A04	EDL	微分线性误差		—	—	< ± 1	LSb	VREF = VDD = 5.12V，VSS ≤ VAIN ≤ VREF
A05	EFS	满量程误差		—	—	< ± 1	LSb	VREF = VDD= 5.12V，VSS ≤ VAIN ≤ VREF
A06	EOFF	偏移误差		—	—	< ± 1	LSb	VREF = VDD = 5.12V，VSS ≤ VAIN ≤ VREF
A10	—	单调性		—	保证 (3)	—	—	VSS ≤ VAIN ≤ VREF
A20	VREF	参考电压		2.5V	—	VDD + 0.3	V	
A25	VAIN	模拟输入电压		VSS - 0.3	—	VREF + 0.3	V	
A30	ZAIN	模拟电压源的建议阻抗		—	—	10.0	kΩ	
A40	IAD	A/D 转换电流（VDD）	标准	—	180	—	μA	当 A/D 开启时的平均电流消耗。(1)
A50	IREF	VREF 输入电流 (2)		10	—	1000	μA	VAIN 采集过程中，基于 VHOLD 与 VAIN 的电压差对 CHOLD 进行充电，参见第 12.1 节 “直流特性：PIC16F716 （工业级，扩展级）”。
				—	—	10	μA	A/D 转换周期中。

∗ 这些参数是特性数据，未经测试。

† 除非另外声明，否则 “典型值” 列的数据为 5V、25°C 条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

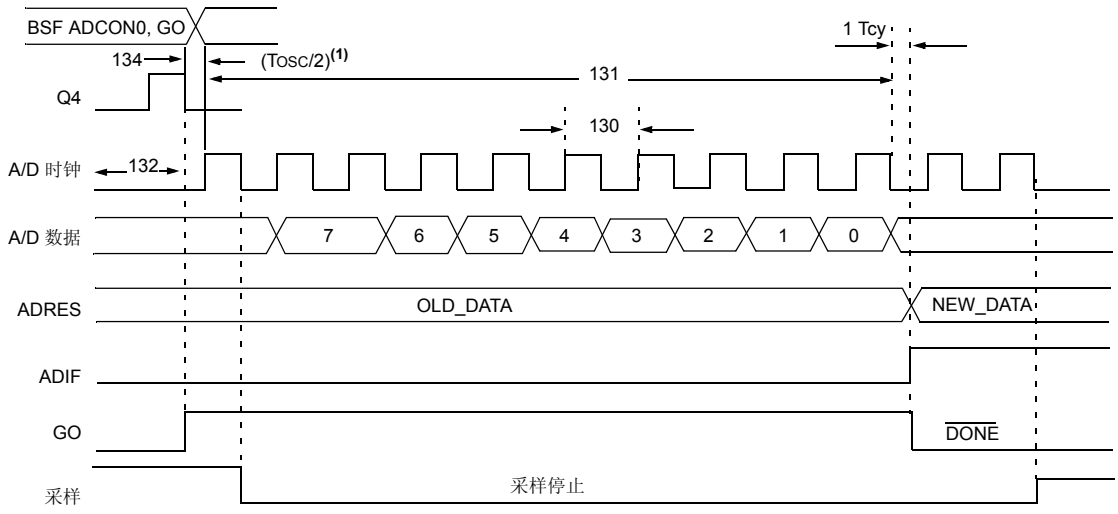
注 1： 当 A/D 关断时，它除了消耗较小的漏电流外，不消耗其它电流。
掉电电流规范包括 A/D 模块的所有漏电流。

2： VREF 电流来自于 RA3 引脚或 VDD 引脚，取决于选择哪一个引脚作参考输入。

3： A/D 转换结果不会随输入电压的增加而减小，也不会丢失数字码。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

图 12-10： A/D 转换时序



注 1： 如果选择 RC 作 A/D 时钟源，在 A/D 时钟开始前要加上一个 TCY 的时间，以执行 SLEEP 指令。

表 12-8： A/D 转换要求

参数号	符号	特性		最小值	典型值 †	最大值	单位	条件
130	TAD	A/D 时钟周期	工业级	1.6	—	—	µs	基于 TOSC， VREF ≥ 3.0V
			工业级	1.6	4.0	6.0	µs	A/D RC 方式
			扩展级	1.6	—	—	µs	基于 TOSC， VREF ≥ 3.0V
			扩展级	1.6	6.0	9.0	µs	A/D RC 方式
131	TCNV	转换时间 （不包括采样 / 保持时间） (1)		9.5	—	9.5	TAD	
132	TACQ	采集时间		（注 2）	20	—	µs	
				5*	—	—	µs	最小时间为放大器稳定时间。如果“新的”输入电压相对于上一采样电压改变不超过 1LSb （即 5.12V 时为 20.0 mV），便可以采用这个值 （参见关于 CHOLD 的说明）。
134	TGO	Q4 到 A/D 时钟开始		—	TOSC/2 **	—	—	如果选择 RC 作为 A/D 时钟源，在 A/D 时钟开始前要加上一段 TCY 时间，以执行 SLEEP 指令。
135	TSWC	从转换切换到采样的时间		1.5 **	—	—	TAD	

* 这些参数是特性数据，未经测试。

* 此规范需经实际设计验证。

† 除非另外声明，否则 “典型值” 列的数据为 5V、 25°C 的条件下给出的。这些参数仅供设计参考，未经测试。

注 1： ADRES 寄存器可在随后的 TCY 周期中读出。

2： 最小条件参见第 12.1 节 “直流特性：PIC16F716 （工业级 , 扩展级）”。

注：

 © 2004 Microchip Technology Inc.

13.0 直流和交流特性图表

本章提供的图表仅作为设计参考，并没有经过测试。

一些图或表中提供的数据超过规定的工作条件范围（如超过了规定的 VDD 范围）。这仅作为参考信息，器件在规定的工作条件范围之内，才能正常运作。

本章提供的数据是一段时期内，从不同批次取样的器件中得到的统计结果。“典型值”表示在 25°C 环境下的平均分布值。“最大值”或“最小值”分别表示在整个温度范围内的（平均值 + 3σ）或（平均值 – 3σ），其中 σ 为标准偏差。

目前没有提供特性图表。

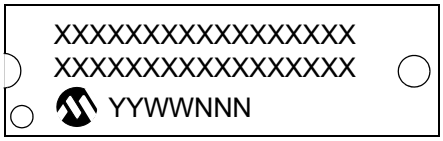
注：

 © 2004 Microchip Technology Inc.

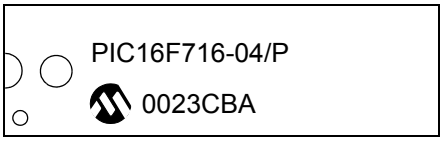
14.0 封装信息

14.1 封装标识信息

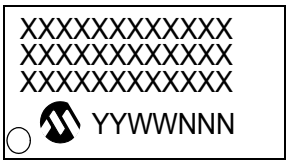
18 引脚 PDIP



示例

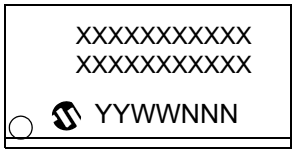


18 引脚 SOIC



示例

20 引脚 SSOP



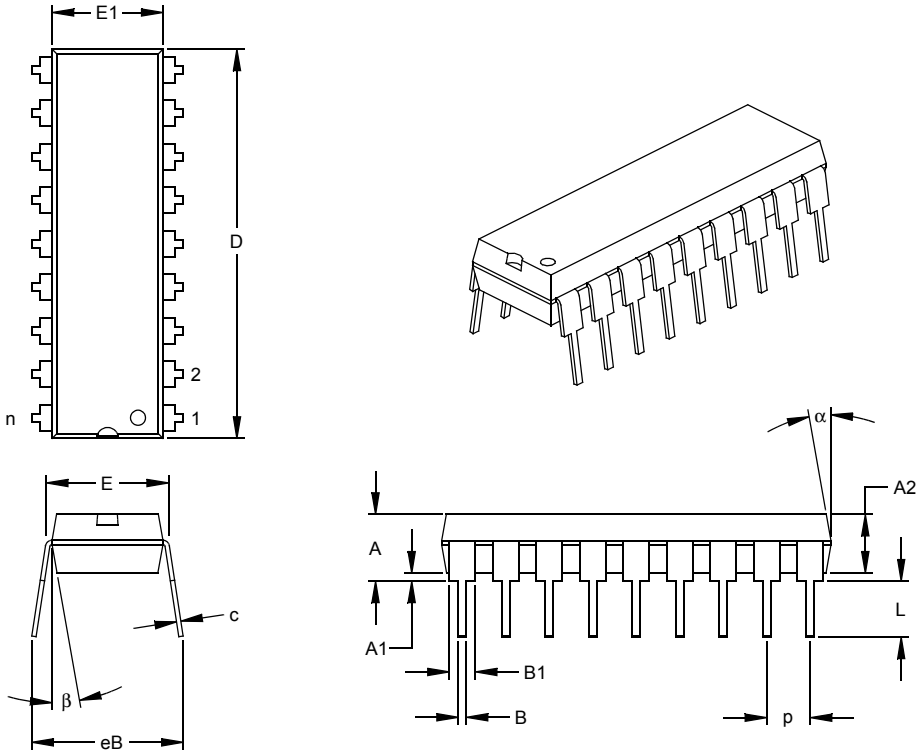
示例

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	字母数字顺序的追踪代码

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。

* 标准 PICmicro 器件标识由 Microchip 元器件编号、年份代码、星期代码和追踪代码组成。若 PICmicro 器件标识超出上述内容，需支付一定的附加费用。请向当地的 Microchip 销售办事处了解确认。对于 QTP 器件，任何特殊标记的费用都已包含在 QTP 价格中。

18 引脚塑封双列直插 （P）－ 300 mil （PDIP）



单位		英寸 *			毫米		
尺寸范围		最小值	正常值	最大值	最小值	正常值	最大值
引脚数	n		18			18	
引脚间距	p		.100			2.54	
顶端到底座平面高度	A	.140	.155	.170	3.56	3.94	4.32
塑模封装厚度	A2	.115	.130	.145	2.92	3.30	3.68
塑模底端到底座平面高度	A1	.015			0.38		
肩角到肩角宽度	E	.300	.313	.325	7.62	7.94	8.26
塑模封装宽度	E1	.240	.250	.260	6.10	6.35	6.60
总长度	D	.890	.898	.905	22.61	22.80	22.99
引脚最下端到底平面高度	L	.125	.130	.135	3.18	3.30	3.43
引脚厚度	c	.008	.012	.015	0.20	0.29	0.38
引脚上端宽度	B1	.045	.058	.070	1.14	1.46	1.78
引脚下端宽度	B	.014	.018	.022	0.36	0.46	0.56
总的行间距 §	eB	.310	.370	.430	7.87	9.40	10.92
塑模顶端倾斜角	α	5	10	15	5	10	15
塑模底端倾斜角	β	5	10	15	5	10	15

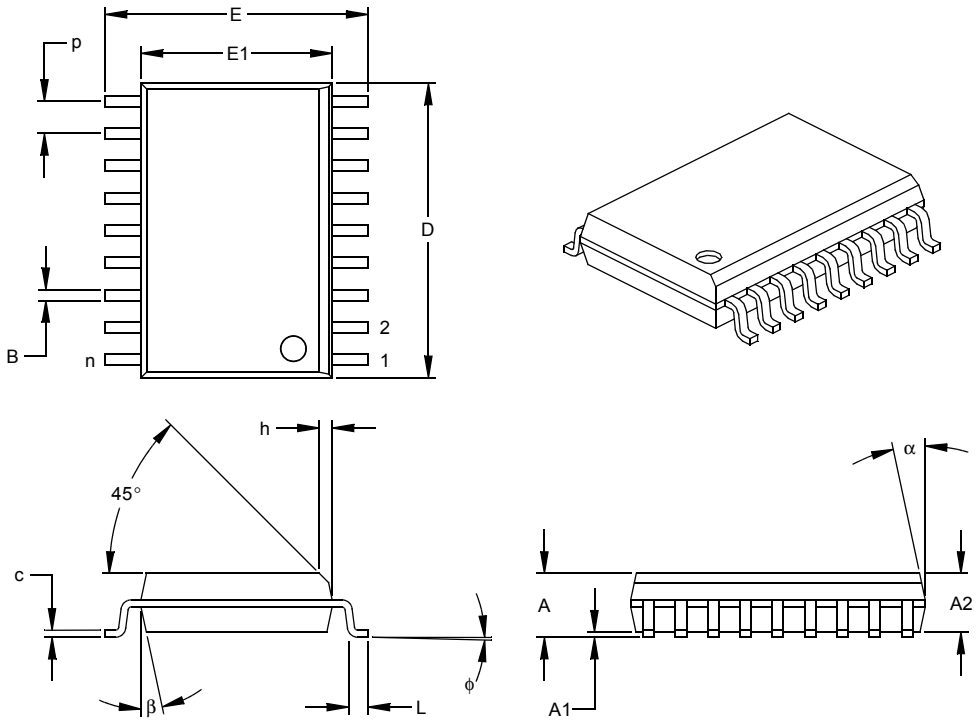
* 控制参数
§ 重要特性

注:
尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或凸起。塑模毛边或凸起的尺寸不应超过每侧 .010”（0.254mm）。

JEDEC 相当于: MS-001
图纸号: C04-007

 © 2004 Microchip Technology Inc.

18 引脚塑封小外型 （SO）－宽， 300 mil （SOIC）



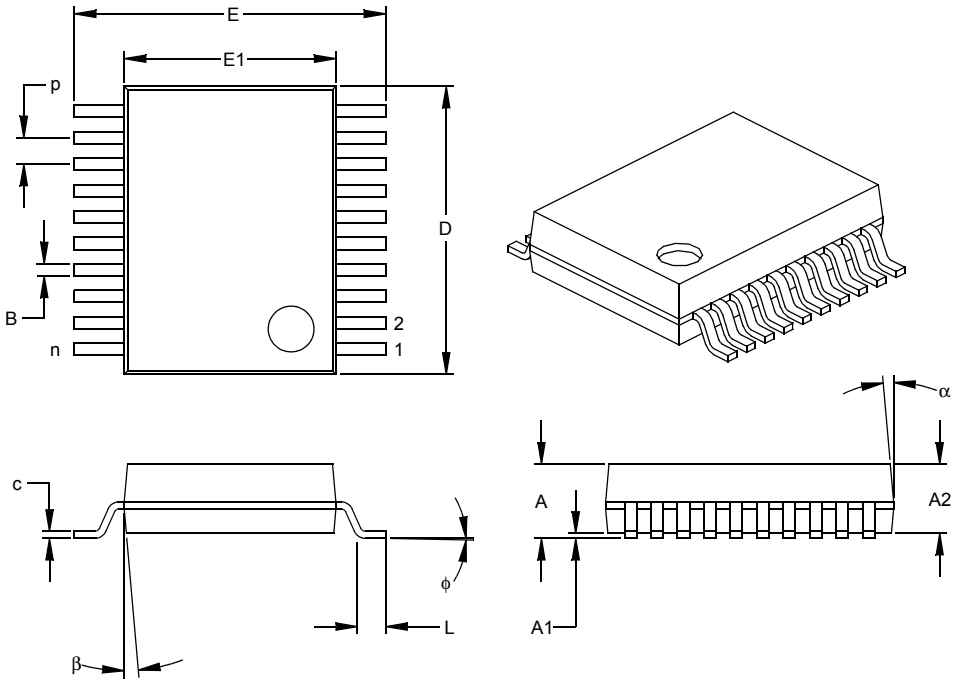
单位		英寸 *			毫米		
尺寸范围		最小值	正常值	最大值	最小值	正常值	最大值
引脚数	n		18			18	
引脚间距	p		.050			1.27	
总高度	A	.093	.099	.104	2.36	2.50	2.64
塑模封装厚度	A2	.088	.091	.094	2.24	2.31	2.39
悬空间隙 §	A1	.004	.008	.012	0.10	0.20	0.30
总宽度	E	.394	.407	.420	10.01	10.34	10.67
塑模封装宽度	E1	.291	.295	.299	7.39	7.49	7.59
总长度	D	.446	.454	.462	11.33	11.53	11.73
斜面距离	h	.010	.020	.029	0.25	0.50	0.74
底脚长度	L	.016	.033	.050	0.41	0.84	1.27
底脚倾斜角	ϕ	0	4	8	0	4	8
引脚厚度	c	.009	.011	.012	0.23	0.27	0.30
引脚宽度	B	.014	.017	.020	0.36	0.42	0.51
塑模顶端倾斜角	α	0	12	15	0	12	15
塑模底端倾斜角	β	0	12	15	0	12	15

* 控制参数
§ 重要特征

注:
尺寸“D”和“ E1”不包括塑模毛边或凸起。毛边或凸起不应超过每侧 .010”（0.254mm）。

JEDEC 相当于: MS-013
图纸号: C04-051

20 引脚紧缩塑封窄小外型封装 （SS）－ 209 mil，5.30 mm （SSOP）



单位		英寸 *			毫米		
尺寸范围		最小值	正常值	最大值	最小值	正常值	最大值
引脚数	n		20			20	
引脚间距	p		.026			0.65	
总高度	A	.068	.073	.078	1.73	1.85	1.98
塑模封装厚度	A2	.064	.068	.072	1.63	1.73	1.83
悬空间隙 §	A1	.002	.006	.010	0.05	0.15	0.25
总宽度	E	.299	.309	.322	7.59	7.85	8.18
塑模封装宽度	E1	.201	.207	.212	5.11	5.25	5.38
总长度	D	.278	.284	.289	7.06	7.20	7.34
底脚长度	L	.022	.030	.037	0.56	0.75	0.94
引脚厚度	c	.004	.007	.010	0.10	0.18	0.25
底脚倾斜角	φ	0	4	8	0.00	101.60	203.20
引脚宽度	B	.010	.013	.015	0.25	0.32	0.38
塑模顶端倾斜角	α	0	5	10	0	5	10
塑模底端倾斜角	β	0	5	10	0	5	10

* 控制参数
§ 重要特征

注:
尺寸“D”和“ E1”不包括塑模毛边或凸起。毛边或凸起不应超过每侧 .010”（0.254mm）。

JEDEC 相当于: MO-150
图注号: C04-072

 © 2004 Microchip Technology Inc.

附录 A： 版本历史

版本 A （2003 年 6 月）

原始数据手册。但是，本数据手册中描述的器件是由 PIC16C716 升级而来。

附录 B： 移植注意事项

该器件是 PIC16C716 的闪存程序存储器版本。关于 PIC16F716 与 PIC16C716 差别的更多信息，请参考移植文档 DS40059。

附录 C： 从低档器件移植到中档器件

本节讨论如何从低档器件（即 PIC16C5X）移植到中档器件 （即 PIC16F716）。

以下为 PIC16F716 在 PIC16C5X 系列单片机基础上所做的改进：

1. 指令字长增加到14位。这使程序存储器和数据存储器中的页面大小增加了 （程序存储器页面从512字增加到2K字，数据存储器页面从32字节增加到 128 字节）。
2. 增加了 PC 高位锁存寄存器（PCLATH），用于处理程序存储器分页。去掉了 Status 寄存器中的 PA2、 PA1 和 PA0 位。
3. 重新定义了数据存储器分页，修改了 Status 寄存器。
4. 增加了四条新指令：RETURN、RETFIE、ADDLW 和 SUBLW。淘汰了 TRIS 和 OPTION 这两条指令，尽管为了与 PIC16C5X 兼容，保留了它们。
5. OPTION_REG 和 TRIS 寄存器可寻址。
6. 增加了中断能力。中断向量为 0004h。
7. 堆栈深度增加到 8 级。
8. 复位向量变为 0000h。
9. 所有寄存器的复位都是可再访问的。可识别五种不同的复位 （和唤醒），复位后各寄存器的值不同。
10. 增加了中断唤醒休眠状态器件的功能。
11. 增加了两个独立的定时器，振荡器起振定时器（OST）和上电延时定时器 （PWRT），使得上电更加可靠。这些定时器的功能是可选的，以避免上电或唤醒时不必要的延时。
12. PORTB 口具有弱上拉和电平变化中断功能。
13. T0CKI 引脚与端口引脚 （RA4）复用。
14. FSR 变为 8 位寄存器。
15. 增加了“在线串行编程”功能。用户可以仅使用 V_{DD}、V_{SS}、$\overline{MCLR}/V_{PP}$、RB6 （编程时钟）和 RB7（数据输入 / 输出）五个引脚对 PIC16F716 器件进行编程。
16. $\overline{PCON}$ 状态寄存器增加了上电复位状态位（$\overline{POR}$）。
17. 增加了欠压保护电路，由配置字位 BOREN 和 BORV 控制。欠压复位确保当 V_{DD} 电压低于某个固定设定点时使器件处于复位状态。

为了将为 PIC16C5X 编写的代码移植到 PIC16F716，用户需要遵循以下几个步骤：

1. 删除为 CALL、GOTO 指令的任何程序存储器页面选择操作 （PA2、PA1 和 PA0 位）。
2. 检查相对跳转操作（写入 PC 或将加到 PC 等），以确保在新方案下分页位设置正确。
3. 删除有关数据存储器页面切换的代码，重新定义数据变量来为其重新分配存储空间。
4. 由于 Status、Option 和 FSR 的位定义改变了，检验所有写入这些寄存器的指令。
5. 将复位向量变为 0000h。

注 1：	该器件设计为遵循其数据手册中的参数。其电气特性经过测试，确保与这些参数相符。由于器件生产工艺的差别，器件在性能参数上可能与早期版本有所差异。这些差异可能导致器件在实际应用中的运行与早期版本有所不同。
2：	用户应当确保器件的振荡器正常起振和工作。这可能需要调整振荡器的负载电容值和 / 或振荡器工作方式。

 © 2004 Microchip Technology Inc.

在线支持

Microchip 网站为客户提供在线支持。

Microchip 旨在利用网站使客户可以方便地获取文件和信息。要查看 Microchip 网站，用户必须能访问因特网，并装有 Netscape® 或 Microsoft® Internet Explorer 之类的网络浏览器。也可以从 Microchip 的 FTP 站点下载文件。

连接到 Microchip 网站

可通过下列 URL 访问 Microchip 网站：

www.microchip.com

使用 FTP 服务可连接到文件传输站点：

ftp://ftp.microchip.com

网站和文件传输站点提供各种服务。用户可以下载最新开发工具、数据手册、应用笔记、用户指南、文章和样本程序等文件。还可以获得 Microchip 的各种商业信息，包括 Microchip 销售办事处、代理商和工厂代表等信息。其它有用的数据有：

- 最新 Microchip 新闻稿
- 技术支持，其中有常见问答
- 设计技巧
- 器件勘误表
- 工作机会
- Microchip 顾问计划成员名单
- 其它关于 Microchip 产品的网站链接
- 有关产品、开发系统和技术信息等的会议
- 研讨会和其它活动的时间表

系统信息与升级热线

系统信息与升级热线为系统用户提供 Microchip 所有开发系统软件产品的最新版本列表。同时，该热线还为客户提供如何接收最新升级软件包的信息。热线电话号码为：

美国和加拿大的客户，请拨打 1-800-755-2345。

中国免费技术咨询热线，请拨打 800-820-6247。

其它国家或地区的客户，请拨打 1-480-792-7302。

042003

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、主题及其它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，并利用本表单向我们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（可不填）:

您希望收到回复吗？是 ____ 否____

器件: PIC16F716　　文献编号: DS41206A_CN

问题:

1. 本文档中哪些部分是最有特色的？

_____

_____

2. 本文档是否满足了您软硬件开发的要求？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？

_____

_____

© 2003 Microchip Technology Inc.

索引

A

A/D 49
- 采样要求 51
- 端口配置控制 （PCFG2:PCFG0 位） 50
- 模拟端口引脚，配置 52
- 配置模块 50
- 时钟选择 （ADCS1:ADCS0 位） 49
- 时序图 105
- 特殊事件触发 （CCP） 35, 53
- 通道选择 （CHS2:CHS0 位） 49
- 转换 53
- 转换器特性 104
- 转换时钟 （Tad） 52
- 转换状态 （GO/DONE 位） 49, 50
- A/D 转换器标志位 （ADIF 位） 15, 50
- A/D 转换器使能位 （ADIE 位） 14
- A/D 转换器中断，配置 50
- ADCON0 寄存器 9, 49
- ADCON1 寄存器 10, 50
- ADRES 寄存器 9

ADCON0 寄存器 9
ADCON1 寄存器 10
ADDLW 指令 73
ADDWF 指令 73
ADRES 寄存器 9
ANDLW 指令 73
ANDWF 指令 73

B

版本历史 113
比较 （CCP 模块） 34
- 软件中断 35
- 特殊事件触发 30, 35, 53
- CCP 引脚配置 35
- CCPR1H:CCPR1L 寄存器 34
- Timer1 模式选择 35

捕捉 / 比较 /PWM （CCP） 33
- 比较模式。*参见*比较。
- 标志位 （CCP1IF 位） 15
- 捕捉模式。*参见*捕捉。
- 定时器资源 33
- 时序图 103
- 使能位 （CCP1IE 位） 14
- CCP1CON 寄存器 9
- CCPR1H 寄存器 9, 33
- CCPR1L 寄存器 9, 33
- PWM 模式。*参见* PWM

捕捉 （CCP 模块） 34
- 软件中断 34
- CCP 引脚配置 34
- Timer1 模式选择 34

BCF 指令 74
BOR。*参见*欠压复位
BSF 指令 74
BTFSC 指令 74
BTFSS 指令 75

C

程序存储器 7
- 程序存储器映射 7
- 分页 7, 17
- 复位向量 7
- 中断向量 7

程序计数器
- 复位状态 63
- PCLATH 寄存器 9,69,17, 67
- PCL 寄存器 9, 17

程序校验 70
从低档器件移植到中档器件 114
从休眠唤醒 55, 69
- 时序图 70
- 中断 63, 64
- MCLR 复位 64
- WDT 复位 64

C 编译器
- MPLAB C17 86
- MPLAB C18 86
- MPLAB C30 86

CALL 指令 75
CLRF 指令 75
CLRW 指令 76
CLRWDT 指令 76
COMF 指令 76
CPU 的特色 55

D

代码保护 55, 70
- CP1:CP0 位 56

代码示例
- 捕捉 （CCP 模块）
  - 改变捕捉预分频比 34
- 初始化 PORTB 21
- 如何使用间接寻址将 RAM 清零 18

存储器结构
- 程序存储器 7
- 数据存储器 7

存储区选择，数据存储器 7, 11
电气特性 91
掉电模式。*参见*休眠
堆栈 17
DECF 指令 76
DECFSZ 指令 77

E

ECCP
- 启动注意事项 47
- 自动关闭 45
  - 和自动重新启动 47

F

分页，程序存储器 7, 17
封装 109
复位 55, 58
- 程序计数器复位时的状态 63
- 欠压复位 （BOR）。*参见* 欠压复位 （BOR）
- 时序图 101
- MCLR 复位。*参见* MCLR
- PCON 寄存器复位时的状态 63
- Status 寄存器复位时的状态 63
- WDT 复位。*参见* 看门狗 （WDT）

G

GOTO 指令 77

H

后分频比， Timer2
- 选择 （TOUTPS3:TOUTPS0 位） 31

后分频器， WDT 27
分配 （PSA 位） 12
分配 （PSA 位） 27
分频比选择 （PS2:PS0 位） 12, 27
汇编器
MPASM 汇编器 85

I

I/O 口 19
ID 存储单元 55, 70
INCF 指令 78
INCFSZ 指令 78
INT 中断 （RB0/INT）。*参见*中断源
INTCON 寄存器 9, 13
GIE 位 13
INT0IE 位 13
INTF 位 13
PEIE 位 13
RBIE 位 13
RBIF 位 13
T0IF 位 13
TMR0IE 位 13
IORLW 指令 79
IORWF 指令 79

J

寄存器
比较 （CCP 模块）
CCPR1H:CCPR1L 34
A/D ADCON0 49
A/D ADCON1 49
A/D ADRES 49, 50
ADCON0 ADCS1:ADCS0 位 49
ADCON0 ADON 位
A/D 模块开启 / 关闭 （ADON 位） 49
ADCON0 CHS2:CHS0 位 49
ADCON0 GO/DONE 位 49, 50
ADCON1 PCFG2:PCFG0 位 50
CCP1CON CCP1M3:CCP1M0 位 33
CCP1CON CCP1X:CCP1Y 位 33
INTCON 寄存器
RBIF 21
PWM1CON （增强型 PWM 配置） 46
T1CON 寄存器
T1CKPS1:T1CKPS0 位 29
T1OSCEN 位 29
T1SYNC 位 29
TMR1CS 位 29
TMR1ON 位 29
T2CON 寄存器 T2CKPS1:T2CKPS0 位 31
T2CON 寄存器 TMR2ON 位 31
T2CON 寄存器 TOUTPS3:TOUTPS0 位 31
Timer2
PR2 36
Timer2 PR2 寄存器 31
Timer2 TMR2 寄存器 31
TMR1H Timer1 寄存器 29
TMR1L Timer1 寄存器 29
寄存器 8-1
ADCON0 寄存器 （地址 1Fh） 49
OPTION_REG 寄存器 10, 12
INTEDG 位 12
PS2:PS0 位 12, 27
PSA 位 12, 27
RBPU 位 12
T0CS 位 12, 27
T0SE 位 12, 27
OPTION 指令 80
间接寻址 18
FSR 寄存器 8, 9, 18
INDF 寄存器 9
绝对最大额定值 91

K

开发工具支持 85
看门狗 （WDT） 55, 68
编程注意事项 68
超时周期 68
后分频器。*参见*后分频器，WDT
时序图 101
使能 （WDTE 位） 56, 68
RC 振荡器 68
WDT 复位，正常工作 58, 63, 64
WDT 复位，休眠 58, 64
WDT 复位，唤醒 63
勘误表 3

M

模数转换器。*参见* A/D
模拟输入模型 51
MOVF 指令 79
MOVLW 指令 79
MOVWF 指令 80
MPLAB ASM30 汇编器、链接器和库管理器 86
MPLAB ICD 2 在线调试器 87
MPLAB ICE 2000 高性能通用在线仿真器 87
MPLAB ICE 4000 高性能通用在线仿真器 87
MPLAB 集成开发环境软件 85
MPLINK 目标链接器 /MPLIB 目标库管理器 86

N

NOP 指令 80

O

P

配置位 55
评估和编程工具 89
PCON 寄存器 16, 62
BOR 位 16
POR 位 16
PICkit 1 闪存入门工具套件 89
PICSTART Plus 开发编程器 87
PIE1 寄存器 10, 14
ADIE 位 14
CCP1IE 位 14
TMR1IE 位 14
TMR2IE 位 14
PIR1 寄存器 9, 15
ADIF 位 15
CCP1IF 位 15
TMR1IF 位 15
TMR2IF 位 15
POR。*参见*上电复位
PORTA
PORTA 寄存器 9, 19
TRISA 寄存器 10, 19
PORTB
上拉使能 （RBPU 位） 12
PORTB 寄存器 9, 21
RB0/INT 边沿选择 （INTEDG 位） 12
RB0/INT 引脚，外部 67

 © 2003 Microchip Technology Inc.

RB7:RB4 电平变化中断 67
RB7:RB4 电平变化中断标志 （RBIF 位）..... 67
RB7:RB4 电平变化中断使能 （RBIE 位）..... 13, 67
TRISB 寄存器..... 10, 21
PRO MATE II 通用器件编程器 87
PWM （CCP 模块）..... 36
频率 / 分辨率示例 37
输出波形图 36
占空比 37
周期..... 36
CCPR1H:CCPR1L 寄存器 36
PWM 操作设置..... 37
TMR2 与 PR2 匹配中断使能 （TMR2IE 位）..... 14
TMR2 与 PR2 匹配..... 31, 36
TMR2 与 PR2 匹配中断标志位 （TMR2IF 位）..... 15
PWM （ECCP 模块）..... 38
半桥模式..... 42
半桥输出模式应用实例 42
复位的影响 48
可编程死区延时..... 45
启动注意事项 47
全桥模式..... 43
全桥输出模式中的方向改变..... 43
全桥应用实例 43
设置 PWM 操作 48
输出关系 （高电平有效）..... 39
输出关系 （高电平有效和低电平有效）..... 40
输出关系图 39, 41
输出配置..... 38
直通电流..... 45
相关寄存器 48

Q

欠压复位 （BOR）..... 55, 58, 63, 64
时序图 101
BOR 使能 （BODEN 位）..... 56
BOR 状态 （BOR 位）..... 16
欠压检测 （BOD）..... 59
Q 时钟 37

R

软件模拟器 （MPLAB SIM）..... 86
软件模拟器 （MPLAB SIM30）..... 86
RA3:RA0 19
RA4/T0CKI 引脚..... 20
RAM。*参见* 数据存储器。
RB0 引脚..... 21
RETFIE 指令 80
RETLW 指令 81
RETURN 指令 81
RLF 指令 81
RRF 指令..... 82

S

上电复位 （POR）..... 55, 58, 63, 64
超时 （TO 位）..... 58
超时 （TO 位）..... 11
电源控制 （PCON）寄存器 62
掉电 （PD 位）..... 11, 58
上电复位电路，外部..... 58
上电延时定时器 （PWRT）..... 55, 59
上电延时时序 65
时序图 101
延时时序..... 62
振荡器起振定时器 （OST）..... 55, 59
POR 状态 （POR 位）..... 16
PWRT 使能 （PWRTE 位）..... 56
时序图
半桥 PWM 输出..... 42
上电延时时序 65
占空比接近 100% 时改变 PWM 方向 44
通过中断从休眠状态唤醒 70
PWM 方向改变..... 44
PWM 自动关闭 （PRSEN = 0，禁止自动重新启动）. 47
时序图和规范 98
捕捉 / 比较 /PWM （CCP）..... 103
复位 101
欠压复位 （BOR）..... 101
上电延时定时器 （PWRT）..... 101
振荡器起振定时器 （OST）..... 101
A/D 转换 105
CLKOUT 和 I/O..... 100
看门狗 （WDT）..... 101
外部时钟 98
Timer0 和 Timer1..... 102
数据存储器..... 7
存储区选择 （RP1:RP0 位）..... 7, 11
数据寄存器映射 8
特殊功能寄存器 9
通用寄存器..... 8
数据寄存器..... 8
数据寄存器映射 8
速度，工作..... 1
SLEEP 指令 82
Status 寄存器..... 9, 67
C 位 11
DC 位..... 11
IRP 位 11
PD 位 11,58
RP1:RP0 位 11
TO 位 11, 58
Z 位 11
SUBLW 指令..... 82
SUBWF 指令..... 83
SWAPF 指令..... 83

T

特殊功能寄存器 9
特殊事件触发。*参见* 比较。
T1CON 寄存器..... 9
T2CON 寄存器..... 9
Timer0 27
时钟源选择 （T0CS 位）..... 12, 27
时钟源边沿选择 （T0SE 位）..... 12, 27
时序图..... 102
溢出标志位 （T0IF 位）..... 13, 67
溢出使能 （TMR0IE 位）..... 13
溢出中断 28, 67
预分频器。*参见*预分频器， Timer0
TMR0 寄存器 9
Timer1 29
模块开启 / 关闭 （TMR1ON 位）..... 29
时钟源选择 （TMR1CS 位）..... 29
时序图..... 102
溢出标志位 （TMR1IF 位）..... 15
溢出使能 （TMR1IE 位）..... 14
溢出中断 29, 30
预分频器。*参见*预分频器， Timer1
振荡器..... 29, 30
振荡器使能 （T1OSCEN 位）..... 29
特殊事件触发 （CCP）..... 30
外部时钟输入同步 （T1SYNC 位）..... 29

T1CON 寄存器 9
TMR1H 寄存器 9
TMR1L 寄存器 9
Timer2
后分频比。*参见*后分频器， Timer2
预分频比。*参见*预分频器， Timer2
PR2 寄存器 10
T2CON 寄存器 9
TMR2 寄存器 9
TMR2 与 PR2 匹配中断标志位 （TMR2IF 位） 15
TMR2 与 PR2 匹配中断 31, 32, 36
TMR2 与 PR2 匹配中断使能 （TMR2IE 位） 14
TRIS 指令 83

W

外部上电复位电路 58
外设中断 （PEIE 位） 13
网站，在线支持 3
W 寄存器 67

X

休眠 55, 58,69
XORLW 指令 84
XORWF 指令 84

Y

演示板
PICDEM 1 88
PICDEM 17 88
PICDEM 18R PIC18C601/801 89
PICDEM 2 Plus 88
PICDEM 3 PIC16C92X 88
PICDEM 4 88
PICDEM LIN PIC16C43X 89
PICDEM USB PIC16C7X5 89
PICDEM.net 因特网 / 以太网 88
移植注意事项 113
预分频器，捕捉 34
预分频器， Timer0 27
分配 （PSA 位） 12, 27
分频比选择 （PS2:PS0 位） 12, 27
在 Timer0 和 WDT 之间切换 28
预分频器， Timer1 30
选择 （T1CKPS1:T1CKPS0 位） 29
预分频器， Timer2 37
选择 （T2CKPS1:T2CKPS0 位） 31
原理图
比较 （CCP 模块） 35
捕捉 （CCP 模块） 34
上电复位电路 60
中断源 66
看门狗 （WDT） 68
A/D 51
PIC16F716 5
PORTA 19, 20
PORTB 21
RB1/T1OSO/T1CKI 22
RB2/T1OSI 22
RB3/CCP1/P1A 23
RB4 23
RB5 24
RB6/P1C 24
RB7/P1D 25
PWM （增强型） 38
PWM （CCP 模块） 36
Timer0 27
Timer0/WDT 预分频器 28
Timer1 30
Timer2 32

Z

在线串行编程 （ICSP） 55, 70
在 Timer0 和 WDT 之间切换 28
增强型捕捉 / 比较 /PWM （ECCP）
PWM 模式。*参见* PWM （ECCP 模块）
增强型 CCP 自动关闭 45
增强型 PWM 模式。*参见* PWM （ECCP 模块） 38
振荡器， Timer1 ..... 29, 30
振荡器， WDT 68
振荡器选择 55
振荡器配置 57
选择 （FOSC1:FOSC0 位） 56
HS 57, 62
LP 57, 62
RC 57, 58, 62
XT 57, 62
直接寻址 18
直流特性 93, 94, 95, 96
直通电流 45
中断，标志位
电平变化中断 （RB7:RB4）标志位 （RBIF 位） .. 13, 67
A/D 转换器标志位 （ADIF 位） 15, 50
CCP1 标志位 （CCP1IF 位） 15, 34
RB0/INT 标志位 （INTF 位） 13
TMR0 溢出标志位 （T0IF 位） 13, 67
TMR1 溢出标志位 （TMR1IF 位） 15
TMR2 与 PR2 匹配中断标志位 （TMR2IF 位） 15
中断，使能位
电平变化中断 （RB7:RB4）使能 （RBIE 位） 13,67
全局中断使能 （GIE 位） 13, 66
外设中断使能 （PEIE 位） 13
A/D 转换器使能 （ADIE 位） 14
CCP1 使能 （CCP1IE 位） 14, 34
RB0/INT 使能 （INT0IE 位） 13
TMR0 溢出使能 （TMR0IE 位） 13
TMR1 溢出使能 （TMR1IE 位） 14
TMR2 与 PR2 匹配中断使能 （TMR2IE 位） 14
中断，现场保护 67
中断源 55, 66
比较完成 （CCP） 35
捕捉完成 （CCP） 34
电平变化中断 （RB7:RB4 ） 21
A/D 转换完成 50
RB0/INT 引脚，外部 67
TMR0 溢出 28, 67
TMR1 溢出 29, 30
TMR2 与 PR2 匹配 32
TMR2 与 PR2 匹配 （PWM） 31, 36
指令集
ADDLW 73
ADDWF 73
ANDLW 73
ANDWF 73
BCF 74
BSF 74
BTFSC 74
BTFSS 75
CALL 75
CLRF 75
CLRW 76
CLRWDT 76
COMF 76

 © 2003 Microchip Technology Inc.

DECF 76
DECFSZ 77
GOTO 77
INCF 78
INCFSZ 78
IORLW 79
IORWF 79
MOVF 79
MOVLW 79
MOVWF 80
NOP 80
OPTION 80
RETFIE 80
RETLW 81
RETURN 81
RLF 81
RRF 82
SLEEP 82
SUBLW 82
SUBWF 83
SWAPF 83
TRIS 83
XORLW 84
XORWF 84
指令集概述 71
指针， FSR 18
主复位（MCLR）
MCLR 复位，正常工作 5,63,64
MCLR 复位，休眠 58,63, 64

注：

 © 2003 Microchip Technology Inc.

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。

器件编号	X	/XX	XXX
器件	温度范围	封装	模式

器件	PIC16F716 和 PIC16F716T， VDD 范围为 2.0V 至 5.5V。	
温度范围	I	表示 -40°C 至 +85°C （工业级）
	E	表示 -40°C 至 +125°C （扩展级）
封装	SO = SOIC	
	P = PDIP	
	SS = SSOP	
模式	QTP、 SQTP、编码或特殊要求 （或者为空白）	

示例：

a) PIC16F716 -I/P 301= 工业级温度， PDIP 封装， QTP 模式 #301。

b) PIC16F716 - E/SO = 扩展级温度， SOIC 封装

注 1： T = 仅卷带式 SOIC 和 SSOP 封装。

销售与技术支持

数据手册

初始数据手册中所述的产品可能会有一份勘误表，其中描述了较小的运行差异和推荐的工作环境。要了解是否存在某一器件的勘误表，可通过以下方式联系我们：

1. Microchip 在当地的销售办事处
2. Microchip 美国总部的文献中心，传真：1-480-792-7277
3. Microchip 网站 （www.microchip.com）

请指明您使用的器件型号、硅片和数据手册的版本 （包括文献编号）。

最新客户通知系统

只要在我公司网站 （www.microchip.com/cn）上注册，就能获得产品的最新信息。

全球销售及服务网点

美洲

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

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

波士顿 Boston
Westford, MA
Tel: 1-978-692-3848
Fax: 1-978-692-3821

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

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

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

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

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

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

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

亚太地区

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

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

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

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

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

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

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

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

中国 – 青岛
Tel: 86-532-502-7355
Fax: 86-532-502-7205

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: 91-80-2229-0061
Fax: 91-80-2229-0062

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

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

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

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

欧洲

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

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

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

德国 Germany - Ismaning
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

英国 England - Berkshire
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820

10/20/04

© 2004 Microchip Technology Inc.