

第 7 章 复位

目录

本章包括下列主题：

7.1	简介	7-2
7.2	复位时的时钟源选择	7-4
7.3	上电复位 (POR)	7-4
7.4	MCLR 复位	7-6
7.5	软件 RESET 指令 (SWR)	7-6
7.6	看门狗超时复位 (WDTR)	7-6
7.7	欠压复位 (BOR)	7-7
7.8	配置不匹配复位	7-7
7.9	陷阱冲突复位	7-7
7.10	非法操作码复位	7-7
7.11	未初始化的 W 寄存器复位	7-7
7.12	寄存器和状态位值	7-8
7.13	从器件复位到开始执行代码之间的时间	7-9
7.14	特殊功能寄存器复位状态	7-14
7.15	电气规范	7-15
7.16	设计技巧	7-17
7.17	相关应用笔记	7-18
7.18	版本历史	7-19

7.1 简介

复位模块结合了所有复位源并控制器件的主复位信号 $\overline{\text{SYSRST}}$ 。以下列出了器件的复位源：

- **POR**：上电复位
- **MCLR**：引脚复位
- **SWR**：RESET 指令
- **WDTR**：看门狗定时器复位
- **BOR**：欠压复位
- **CM**：配置不匹配复位
- **TRAPR**：陷阱冲突复位
- **IOPUWR**：非法操作码 / 未初始化的 W 寄存器复位

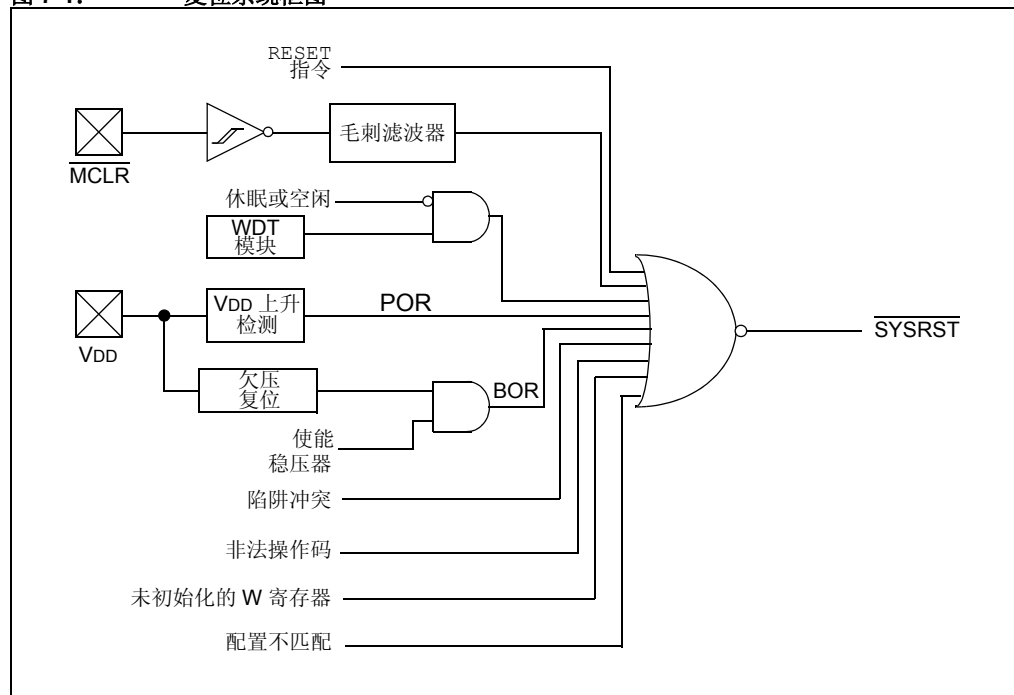
图 7-1 所示为复位模块的简化框图。任何激活的复位源都会产生 $\overline{\text{SYSRST}}$ 信号。许多与 CPU 和外设相关的寄存器均会被强制变为一个已知的“复位状态”。大多数寄存器都不受复位影响；它们的状态在 POR 时未知，而在所有其他复位时不变。

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

任何类型的器件复位都会将 RCON 寄存器中相应的状态位置 1，以表明复位类型（见寄存器 7-1）。上电复位会将除 BOR 和 POR 位（RCON<1:0>）以外的所有位清零，BOR 和 POR 位被置 1。用户可以在代码执行过程中的任何时候将任何位置 1 或清零。RCON 位仅用作状态位。在软件中将特定的复位状态位置 1 不会导致器件复位发生。

RCON 寄存器也具有其他与看门狗定时器和器件省电状态相关的位。关于这些位的功能的更多信息，请参见第 7.12.1 节“使用 RCON 状态位”。

图 7-1： 复位系统框图



寄存器 7-1: RCON: 复位控制寄存器

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

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

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

- bit 15
- TRAPR:** 陷阱复位标志位
1 = 发生了陷阱冲突复位
0 = 未发生陷阱冲突复位
- bit 14
- IOPUWR:** 非法操作码或未初始化的 W 寄存器访问复位标志位
1 = 检测到非法操作码、非法地址模式或未初始化的 W 寄存器用作地址指针而导致复位
0 = 非法操作码或未初始化的 W 寄存器均未发生
- bit 13-10
- 未实现:** 读为 0
- bit 9
- CM:** 配置不匹配标志位
1 = 发生了配置不匹配复位
0 = 未发生配置不匹配复位
- bit 8
- VREGS:** 稳压器待机使能位
1 = 稳压器在休眠期间保持工作
0 = 稳压器在休眠期间进入待机模式
- bit 7
- EXTR:** 外部复位 (MCLR) 引脚位
1 = 发生了主清零 (引脚) 复位
0 = 未发生主清零 (引脚) 复位
- bit 6
- SWR:** 软件 RESET (指令) 标志位
1 = 执行了 RESET 指令
0 = 未执行 RESET 指令
- bit 5
- SWDTEN:** WDT 位的软件使能 / 禁止 ⁽¹⁾
1 = WDT 开启
0 = WDT 关闭
- bit 4
- WDTO:** 看门狗定时器超时标志位
1 = 发生了 WDT 超时
0 = 未发生 WDT 超时
- bit 3
- SLEEP:** 从休眠状态唤醒标志位
1 = 器件处于休眠模式
0 = 器件不处于休眠模式
- bit 2
- IDLE:** 从空闲状态唤醒标志位
1 = 器件处于空闲模式
0 = 器件不处于空闲模式
- bit 1
- BOR:** 欠压复位标志位
1 = 发生了欠压复位。注意 BOR 在上电复位后将置 1。
0 = 未发生欠压复位
- bit 0
- POR:** 上电复位标志位
1 = 发生了上电复位
0 = 未发生上电复位

注 1: 如果 FWDTEN 配置位置 1 (未设定), 则无论 SWDTEN 位的设置如何, WDT 始终使能。

7.2 复位时的时钟源选择

如果使能了时钟切换功能（OSWEN），器件复位时的系统时钟源选择如表 7-1 中所示。如果禁止了时钟切换功能，则总是根据振荡器配置位选择系统时钟源。更多详细信息，请参见第 6 章“振荡器”。

表 7-1: 振荡器选择与复位类型关系（使能时钟切换功能）

复位类型	时钟源选择的依据
POR	振荡器配置位 (FNOSC2:FNOSC0)
BOR	
CM	
MCLR	COSC 控制位 (OSCCON<14:12>)
WDTR	
SWR	
TRAPR	
IOPUWR	

7.3 上电复位（POR）

POR 监视内核电源是否达到足够的电平，以确保芯片正常工作。有两个门限电压与上电复位（POR）相关。第一个电压是器件门限电压 V_{POR} 。器件门限电压是 POR 模块开始工作的电压。第二个与 POR 事件相关的电压是 POR 电路门限电压。检测到正确的门限电压后，立刻发生上电事件，而 POR 模块则开始休眠，以降低功耗。

上电事件在检测到 V_{DD} 电压上升时会产生内部上电复位脉冲。器件供电电压的特性必须符合特定的起始电压和上升速率要求以产生 POR 脉冲。尤其重要的是，在新的 POR 开始之前， V_{DD} 必须降到 V_{POR} 以下。关于 V_{POR} 和 V_{DD} 上升速率规范的更多信息，请参见具体器件数据手册的“电气特性”章节。

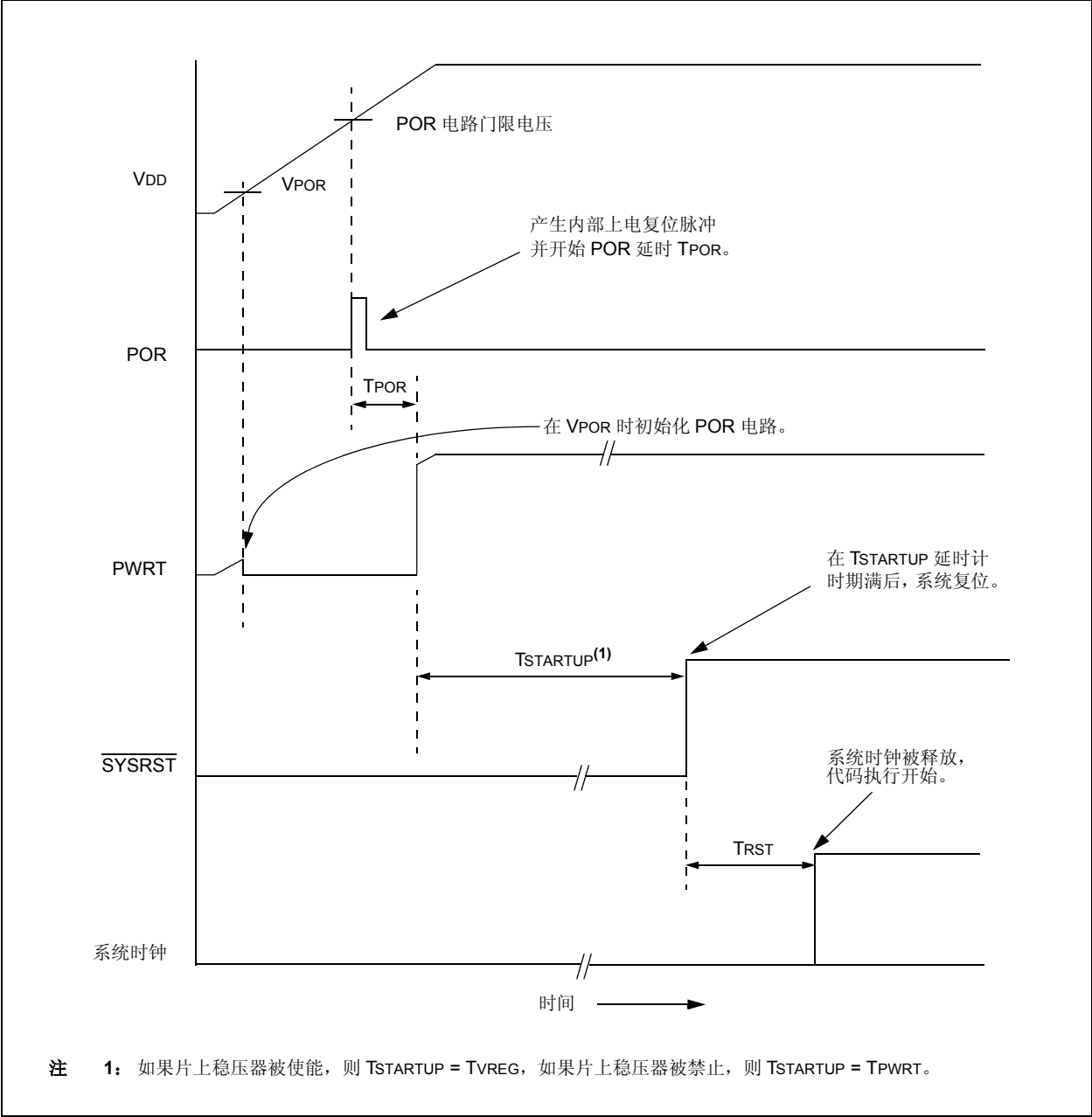
POR 脉冲复位 POR 定时器并将器件置于复位状态。POR 也会选择振荡器配置位指定的器件时钟源。

在产生上电复位脉冲之后，POR 电路会插入一小段延时 T_{POR} ，其标称值为 $10\ \mu s$ ，以确保内部器件偏置电路稳定。在 T_{POR} 计时期满后，始终会插入一段延时 $T_{STARTUP}$ 。 $T_{STARTUP}$ 参数的值取决于片上稳压器是使能还是禁止。在片上稳压器使能时，它大约需要 $10\ \mu s$ 来产生适当的电平。在这段时间中，将禁止执行代码。每次器件在掉电之后恢复工作时，都会产生 $T_{STARTUP}$ 延时。如果稳压器被禁止，则将自动使能独立的上电延时定时器（ $PWRT$ ）。在器件启动时， $PWRT$ 可以增加一段 $64\ ms$ 的固定标称延时。在片上稳压器被禁止，内核使用外部电源供电时，上电延时定时器用于延长上电序列的持续时间。因而， $T_{STARTUP}$ 延时可以是片上稳压器输出延时（称为 T_{VREG} ），也可以是上电延时定时器延时（称为 T_{PWRT} ）。上电事件会将 BOR 和 POR 状态位（ $RCON<1:0>$ ）置 1。

代码在另外一小段延时（称为 $Trst$ ）之后执行。 $Trst$ 延时需要用于将程序存储器中的闪存配置字的配置值传送到配置寄存器，在每次器件复位后都会执行该操作。在 $Trst$ 期间， $SYSRST$ 被释放，器件不再保持在复位状态，但器件时钟被禁止运行，如图 7-2 所示。在所有延时都计时期满之后，系统时钟被释放，器件可以开始执行代码。

关于延时参数值的更多信息，请参见第 7.15 节“电气规范”。

图 7-2: VDD 上升过程中的 POR 模块时序序列



注: 当器件退出复位状态 (开始正常工作) 时, 器件工作参数 (电压、频率和温度等) 必须在相应的工作范围内; 否则器件将不能正常工作。用户必须确保从第一次上电到 **SYSRST** 变为无效之间的延时足够长, 以使所有工作参数都符合规范。

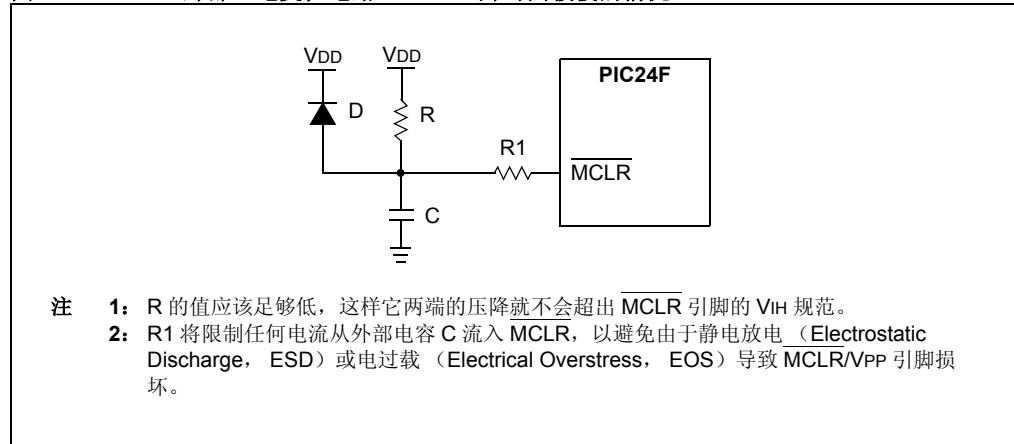
7.3.1 使用 POR 电路

要利用 POR 电路，只要直接将 $\overline{\text{MCLR}}$ 引脚连接到 V_{DD} 。这样可以省去产生上电复位延时通常所需的外部 RC 元件。需要一个最小上升时间才能达到 V_{DD} 。更多信息，请参见具体器件数据手册的“电气特性”章节。

根据应用的不同，可能需要在 $\overline{\text{MCLR}}$ 引脚和 V_{DD} 之间串联一个电阻。此电阻可以用来消除 $\overline{\text{MCLR}}$ 引脚上耦合的供电线路噪声。

图 7-3 给出了用于供电电压上升速率缓慢的一种 POR 电路。如果器件在 V_{DD} 处于有效工作范围之前退出复位状态，才需要使用外部上电复位电路。二极管 D 有助于在 V_{DD} 掉电时使电容快速放电。

图 7-3: 外部上电复位电路 (V_{DD} 上升时间缓慢的情况)



7.4 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位

每当 $\overline{\text{MCLR}}$ 引脚驱动为低电平时，如果 $\overline{\text{MCLR}}$ 上的输入脉冲宽度大于特定的最小宽度 $SY10$ ，则器件异步地驱动 $\overline{\text{SYSRST}}$ 为低电平（见第 7.15 节“电气规范”）。当 $\overline{\text{MCLR}}$ 引脚被释放时， $\overline{\text{SYSRST}}$ 也被释放。在 $\overline{\text{TRST}}$ 延时（从 $\overline{\text{SYSRST}}$ 释放开始）计时期满之后，器件开始取复位向量。处理器将继续使用在发生 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位之前使用的现有时钟源。EXTR 状态位 ($\text{RCON}<7>$) 置 1，指示发生 $\overline{\text{MCLR}}$ 复位。

7.5 软件 RESET 指令 (SWR)

任何时候只要执行了 RESET 指令，器件都会产生 $\overline{\text{SYSRST}}$ 信号。复位状态不会重新初始化时钟。在 RESET 指令之前生效的时钟源仍将继续使用。 $\overline{\text{SYSRST}}$ 在下一个指令周期被释放，但只有在 $\overline{\text{TRST}}$ 延时之后才开始取复位向量。

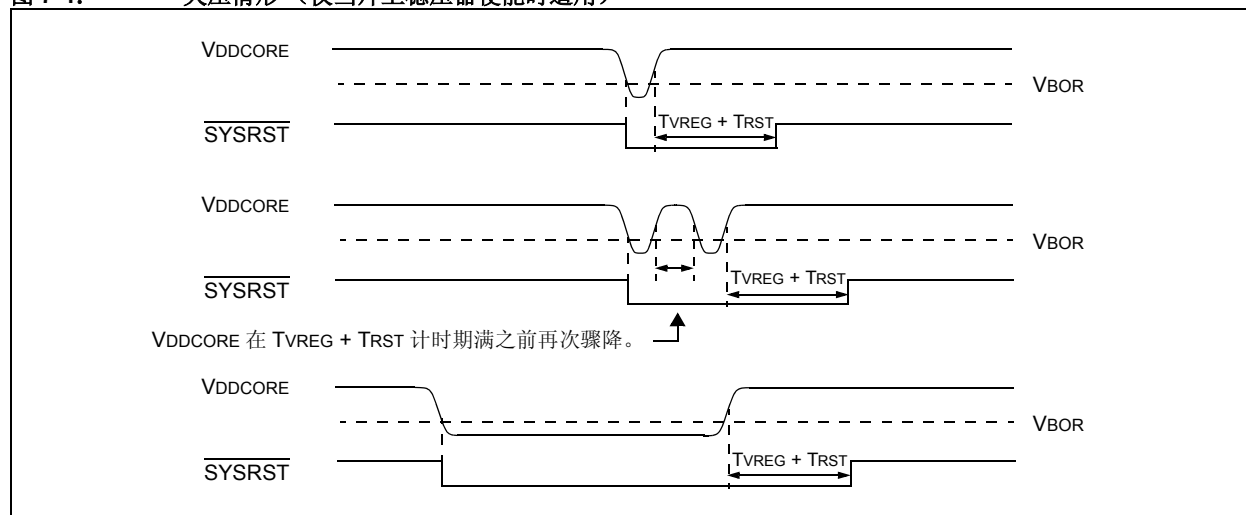
7.6 看门狗超时复位 (WDTR)

任何时候只要发生看门狗超时，器件都将异步产生 $\overline{\text{SYSRST}}$ 信号。时钟源仍然保持不变。注意在休眠或空闲模式期间发生 WDT 超时将唤醒处理器，但不会复位处理器。更多信息，请参见第 9 章“看门狗定时器 (WDT)”。

7.7 欠压复位 (BOR)

当使能片上稳压器时，PIC24F 系列器件有一个简单的欠压保护功能。BOR 仅在使能稳压器时适用。如果向稳压器提供的电压不足以维持一个稳定的电平，那么稳压器复位电路将产生欠压复位。BOR 标志位 (RCON<0>) 会捕捉该事件。更多详细信息，请参见第 7.15 节“电气规范”。

图 7-4: 欠压情形 (仅当片上稳压器使能时适用)



7.8 配置不匹配复位

为了保持所存储的配置值的完整性，所有的器件配置位都以寄存器位互补集的形式实现。对于每个位，当寄存器的实际值写为 1 时，则在其对应的后台寄存器中存储其互补值 0，反之亦然。每次匹配时都会比较每对配置位，包括处于休眠模式时。在比较期间，如果发现配置位值彼此不互补，则产生配置不匹配事件，这会导致器件复位。

如果配置不匹配导致器件复位，则 CM 状态位 (RCON<9>) 置 1。

7.9 陷阱冲突复位

在同时发生硬陷阱和软陷阱时，会发生陷阱冲突复位。在这种情况下，TRAPR 状态位 (RCON<15>) 置 1。关于陷阱的更多信息，请参见第 8 章“中断”。

7.10 非法操作码复位

如果器件试图执行从程序存储器中取出非法操作码值，将会产生器件复位。如果非法操作码值导致器件复位发生，则 IOPUWR 状态位 (RCON<14>) 被置 1。

非法操作码复位功能阻止器件执行用于常量数据的程序存储器部分。要利用非法操作码复位，只能使用每个程序存储器部分的低 16 位存储数据值。高 8 位应该被编程为非法操作码值 3Fh。

7.11 未初始化的 W 寄存器复位

所有复位都将清零 W 寄存器阵列 (除 W15 之外)，并在写入前将 W 寄存器视为未被初始化。若试图将未初始化的寄存器用作地址指针，则会使器件复位，并将 IOPUWR 状态位 (RCON<14>) 置 1。

7.12 寄存器和状态位值

如表 7-2 中所示，RCON 寄存器的状态位在不同的复位情形下会分别被置 1 或清零。

表 7-2: RCON 寄存器的状态位、含义以及初始化条件

条件	程序计数器	TRAPR	IOPUWR	EXTR	SWR	WDTO	SLEEP	IDLE	CM	BOR	POR	STKEPR
上电复位	000000h	0	1	1	1	0	0	0	u	1	1	0
RESET 指令	000000h	0	0	0	1	0	0	0	u	0	0	0
欠压复位	000000h	0	0	0	0	0	0	0	u	0	0	0
运行模式期间的 $\overline{\text{MCLR}}$	000000h	0	0	1	0	0	0	0	u	0	0	0
空闲模式期间的 $\overline{\text{MCLR}}$	000000h	0	0	1	0	0	0	1	u	0	0	0
休眠模式期间的 $\overline{\text{MCLR}}$	000000h	0	0	1	0	0	1	0	u	0	0	0
运行模式期间的 WDT 超时复位	000000h	0	0	0	0	1	0	0	u	0	0	0
空闲模式期间的 WDT 超时复位	PC + 2	0	0	0	0	1	0	0	u	0	0	0
休眠模式期间的 WDT 超时复位	PC + 2	0	0	0	0	1	1	1	u	0	0	0
堆栈上溢复位	000000h	0	0	0	0	0	0	0	u	0	0	1
堆栈下溢复位	000000h	0	0	0	0	0	0	0	u	0	0	1
陷阱事件复位	000000h	1	0	0	0	0	0	0	u	0	0	0
非法操作码 / 未初始化的 WREG	000000h	0	1	0	0	0	0	0	u	0	0	0
配置字不匹配复位	000000h	u	u	u	u	u	u	u	1	u	u	u
从空闲模式退出中断	PC + 2 ⁽¹⁾	0	0	0	0	0	0	1	u	0	0	0
从休眠模式退出中断	PC + 2 ⁽¹⁾	0	0	0	0	0	1	0	u	0	0	0
空闲模式 (执行 PWRSAV 1)	PC + 2	0	0	0	0	0	0	1	u	0	0	0
休眠模式 (执行 PWRSAV 0)	PC + 2	0	0	0	0	0	1	0	u	0	0	0

图注: u = 不变

注 1: 如果中断优先级小于等于 CPU 中断优先级，则程序计数器中装入 PC + 2。如果中断优先级大于 CPU 中断优先级，则程序计数器中装入硬件向量地址。

7.12.1 使用 RCON 状态位

用户可以在任何器件复位后读取 RCON 寄存器，以确定复位的原因。表 7-3 提供了复位标志位操作的汇总。

注： RCON 寄存器中的状态位应该在被读取后清零，这样器件下一次复位后的 RCON 寄存器值才有意义。

表 7-3： 复位标志位操作

标志位	置 1 原因:	清零原因:
TRAPR (RCON<15>)	陷阱冲突事件	POR
IOPWR (RCON<14>)	非法操作码或访问未初始化的 W 寄存器	POR
EXTR (RCON<7>)	MCLR 复位	POR
SWR (RCON<6>)	RESET 指令	POR
WDTO (RCON<4>)	WDT 超时	PWRSV 指令, POR
SLEEP (RCON<3>)	PWRSV #SLEEP 指令	POR, CLRWDT 指令
IDLE (RCON<2>)	PWRSV #IDLE 指令	POR, CLRWDT 指令
BOR (RCON<1>)	POR, BOR	—
POR (RCON<0>)	POR	—

注： 所有复位标志位由用户软件置 1 或清零。

7.13 从器件复位到开始执行代码之间的时间

复位事件结束时和器件实际开始执行代码之间的延时由两个主要因素决定：复位类型以及退出复位状态时使用的系统时钟源。表 7-4 中列出了各种器件复位类型的代码执行开始时间。第 7.15 节“电气规范”中描述了各个延时的特性。

表 7-4： 各种器件复位的代码执行开始时间

复位类型	时钟源	代码执行延时	系统时钟延时	FSCM 延时	注
POR	EC、FRC、FRCDIV 和 LPRC	TPOR + TSTARTUP + TRST	—	—	1, 2, 3
	ECPLL 和 FRCPLL	TPOR + TSTARTUP + TRST	TLOCK	TFSCM	1, 2, 3, 5, 6
	XT、HS 和 SOSC	TPOR + TSTARTUP + TRST	TOST	TFSCM	1, 2, 3, 4, 6
	XTPLL	TPOR + TSTARTUP + TRST	Tost + Tlock	TFSCM	1, 2, 3, 4, 5, 6
BOR	EC、FRC、FRCDIV 和 LPRC	TSTARTUP + TRST	—	—	2, 3
	ECPLL 和 FRCPLL	TSTARTUP + TRST	TLOCK	TFSCM	2, 3, 5, 6
	XT、HS 和 SOSC	TSTARTUP + TRST	TOST	TFSCM	2, 3, 4, 6
	XTPLL	TSTARTUP + TRST	Tost + Tlock	TFSCM	2, 3, 4, 5, 6
MCLR	任何时钟	TRST	—	—	3
WDT	任何时钟	TRST	—	—	3
软件	任何时钟	TRST	—	—	3
非法操作码	任何时钟	TRST	—	—	3
未初始化的 W 寄存器	任何时钟	TRST	—	—	3
陷阱冲突	任何时钟	TRST	—	—	3

- 注
- 1: TPOR = 上电复位延时。
 - 2: 如果片上稳压器被使能，则 TSTARTUP = TVREG，如果片上稳压器被禁止，则 TSTARTUP = TPWRT。
 - 3: TRST = 内部状态复位时间（标称值为 20 μs）。
 - 4: Tost = 振荡器起振定时器延时。
 - 5: TLOCK = PLL 锁定时间。
 - 6: TFSCM = 故障保护时钟监视器延时。

对于上电复位，系统复位信号 $\overline{\text{SYSRST}}$ 在 POR 延时 (T_{POR}) 和 T_{STARTUP} 延时时期满之后被释放。对于欠压复位， $\overline{\text{SYSRST}}$ 在 T_{STARTUP} 延时时期满之后被释放。对于所有其他复位，系统复位信号 $\overline{\text{SYSRST}}$ 在退出复位状态之后立即被释放。对于所有的复位， T_{RST} 延时在 $\overline{\text{SYSRST}}$ 被释放之后开始；代码在 T_{RST} 计时期满之后开始执行。

器件实际开始执行代码的时间还取决于系统振荡器延时，它包括振荡器起振定时器延时 (T_{OST}) 和 PLL 锁定时间 (T_{LOCK})。OST 和 PLL 锁定时间同时进行，直至适用的代码执行延时。

7.13.1 POR 和长振荡器起振时间

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

- 振荡电路未起振。
- 振荡器起振定时器尚未超时（如果使用了晶体振荡器）。
- PLL 未用锁定（如果使用了 PLL）。

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

7.13.2 故障保护时钟监视器（FSCM）和器件复位

故障保护时钟监视器（FSCM）使得器件即使在出现振荡器故障时仍能继续工作。FSCM 功能通过清零 FOSC（振荡器配置）寄存器中的 $\text{FCKSM}<1:0>$ 位而使能。使能时，FSCM 将在工作模式和空闲模式期间工作。它在休眠模式期间不工作。

如果使能 FSCM 功能，则 LPRC 内部振荡器始终运行（休眠期间除外），并且不受 SWDTEN 位的控制。由于 LPRC 振荡器将始终运行，因此会使器件功耗稍增。

FSCM 时钟频率将为 4 kHz，通过将 LPRC 时钟 128 分频而产生。FSCM 时钟监视上升沿期间的系统时钟。如果系统时钟在一个完整的 FSCM 周期内未出现，则将设置时钟故障陷阱；因而，时钟故障的检测时间约为 250 μs 。

如果在使能 FSCM 时发生振荡器故障，FSCM 将产生时钟故障陷阱，并将系统时钟切换到 FRC 振荡器。如果器件处于空闲模式，则时钟故障陷阱将唤醒器件，并使其返回工作模式。之后，用户可以选择尝试重新启动振荡器或执行受控关闭。

7.13.2.1 晶振和 PLL 时钟源的 FSCM 延时

当系统时钟源由晶体振荡器和 / 或 PLL 提供时，在 POR 和 PWRT 延时后会自动插入一小段延时 T_{FSCM} 。在此延时结束前，FSCM 不会开始监视系统时钟源。FSCM 延时标称值为 100 μs ，为振荡器和 / 或 PLL 的稳定提供了更多时间。

7.13.3 器件起振时间线示例

图 7-5 到图 7-8 所示为几种工作情况下与器件复位相关的图形化时间线。第 7.15 节“电气规范”中描述了各个延时的特性。

图 7-5 所示为使用晶体振荡器作为系统时钟时的延时线。在 VPOR 门限电压处产生内部上电复位脉冲。TPOR、TSTARTUP 和 TRST 延时在内部上电复位脉冲之后产生。

如果使能，FSCM 将在 FSCM 延时结束后开始监视系统时钟的活动。如图 7-5 所示，振荡器起振延时（TOST）在故障保护时钟监视器（FSCM）使能前结束。但是，这些延时也有可能直到 FSCM 使能前还未结束。如果此时没有有效的时钟源可供使用，则器件将自动切换到 FRC 振荡器，同时将产生时钟故障陷阱。在陷阱服务程序中，用户可以切换到所需的晶体振荡器。

图 7-5： 器件复位延时，晶振（XT/HS/SOSC）时钟源

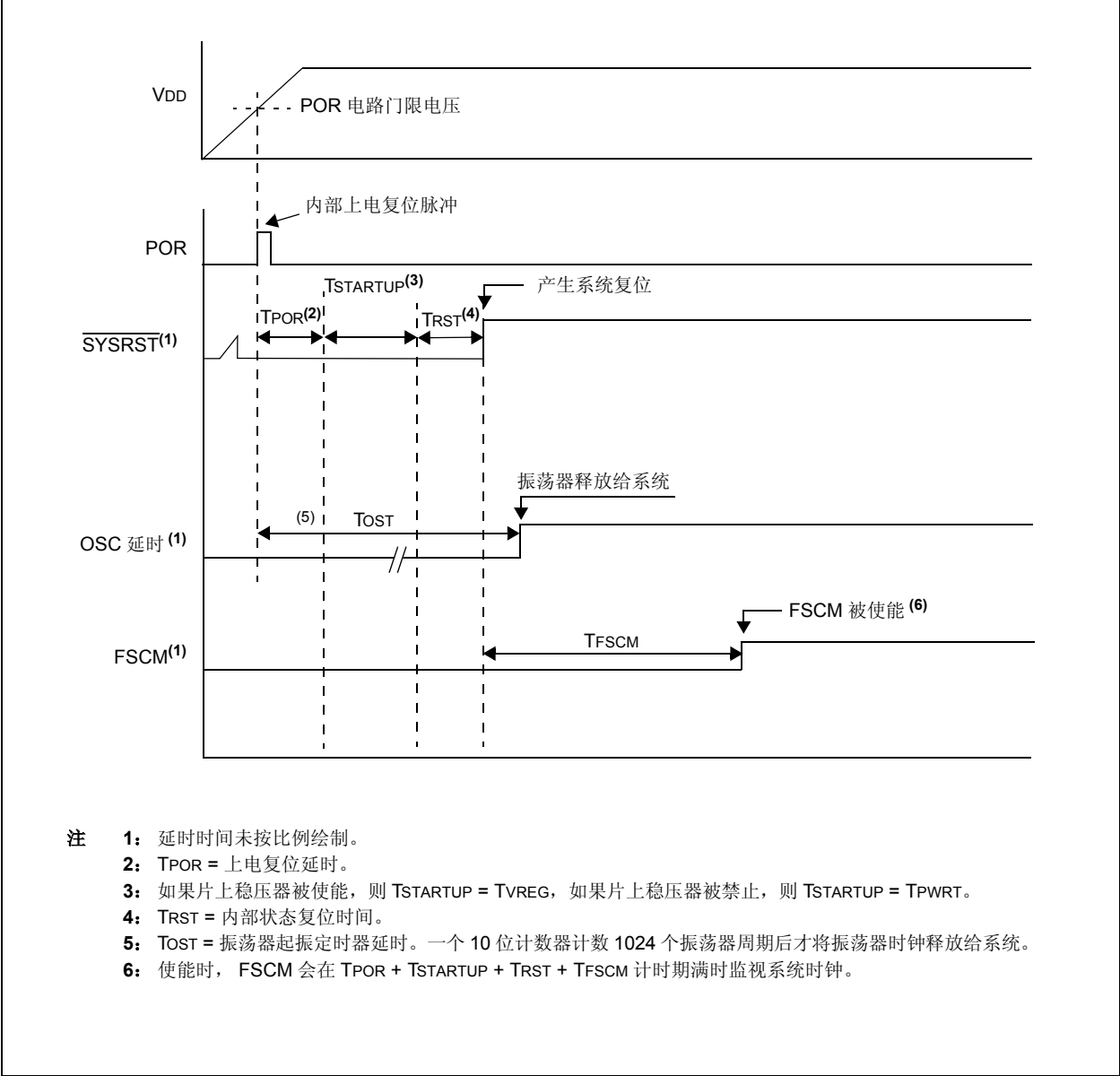
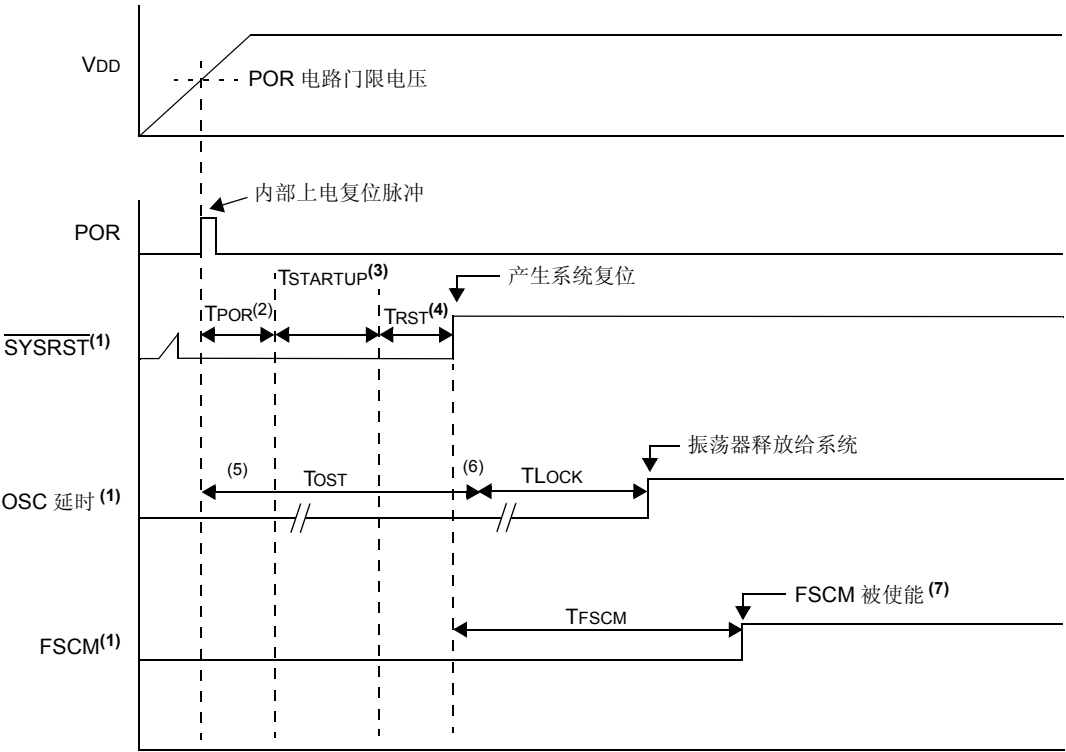


图 7-6 与图 7-5 中显示的复位时间线相似，不同之处在于前者使能了 PLL，这样就延长了振荡器的稳定时间。

在使能 FSCM 时，它将在 Tfscm 计时期满之后开始监视系统时钟。图 7-6 显示了振荡器和 PLL 延时在故障保护时钟监视器（FSCM）使能之前计时期满。但是，这些延时也有可能直到 FSCM 使能前还未结束。如果此时没有有效的时钟源可供使用，则器件将自动切换到 FRC 振荡器，同时将产生时钟故障陷阱。在陷阱服务程序中，用户可以切换到所需的晶体振荡器。

图 7-6: 器件复位延时，晶振（XT/HS/SOSC）+ PLL 时钟源



- 注
- 1: 延时时间未按比例绘制。
 - 2: TPOR = 上电复位延时。
 - 3: 如果片上稳压器被使能，则 TSTARTUP = TVREG，如果片上稳压器被禁止，则 TSTARTUP = TPWRT。
 - 4: TRST = 内部状态复位时间。
 - 5: TOST = 振荡器起振定时器延时。一个 10 位计数器计数 1024 个振荡器周期后才将振荡器时钟释放给系统。
 - 6: 在 PLL 被禁止时，将不插入 TLOCK。
 - 7: 使能时，FSCM 会在 TPOR + TSTARTUP + TRST + Tfscm 计时期满时监视系统时钟。

图 7-7 所示的复位时间线是使用 ECPLL 时钟源作为系统时钟时的示例。该示例与图 7-6 中所示的时间线类似，不同之处在于未发生振荡器起振定时器延时 T_{OST} 。

图 7-7: 器件复位延时，ECPLL 时钟⁽⁷⁾

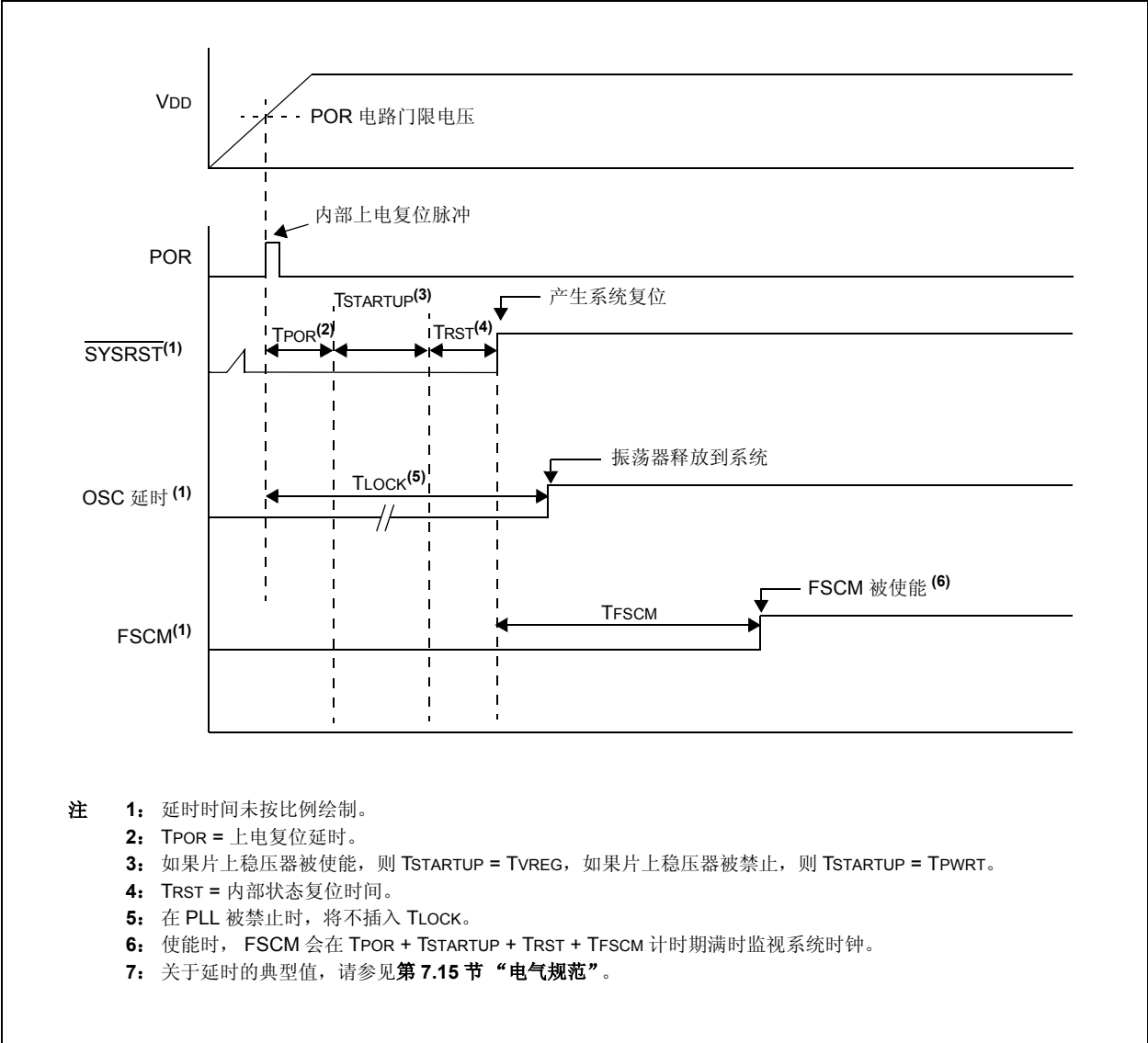
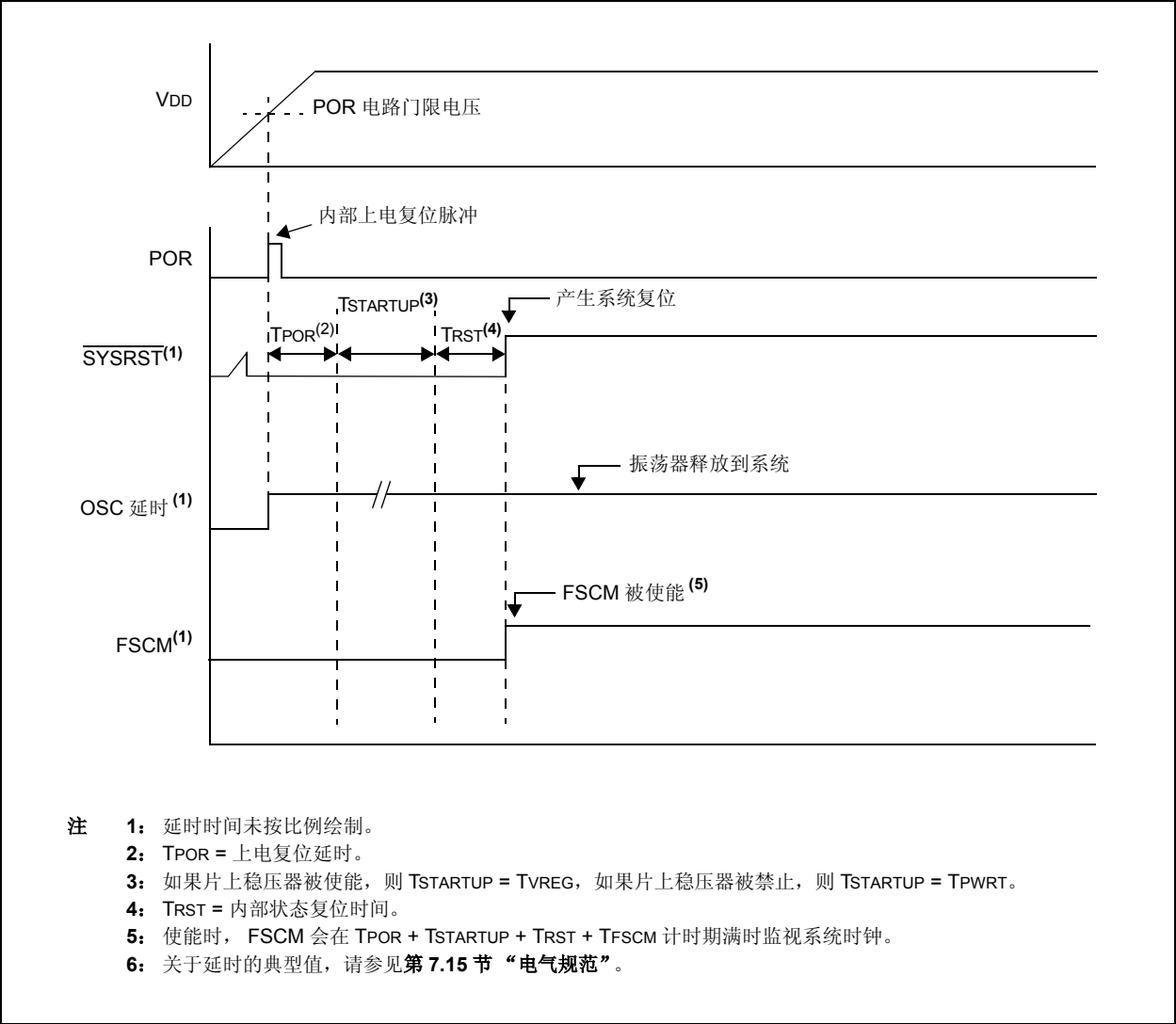


图 7-8 所示的复位时间线是在选择了不带 PLL 的 EC 或 FRC 系统时钟源时的示例。

图 7-8: 器件复位延时, EC 或 FRC 时钟⁽⁶⁾



7.14 特殊功能寄存器复位状态

大多数与 PIC24F CPU 和外设相关的特殊功能寄存器 (SFR) 都会在器件复位时复位为某个特定值。SFR 是按其外设或 CPU 功能分组的, 其复位值在本手册的相应部分说明。

除了两个寄存器外, 所有其他 SFR 的复位值都不受复位类型的影响。复位控制寄存器 $RCON$ 的复位值取决于器件复位的类型。振荡器控制寄存器 $OSCCON$ 的复位值取决于复位类型和在 $FOSC$ 器件配置寄存器中的振荡器配置位的编程值 (见表 7-1)。

7.15 电气规范

图 7-9: 欠压复位特性

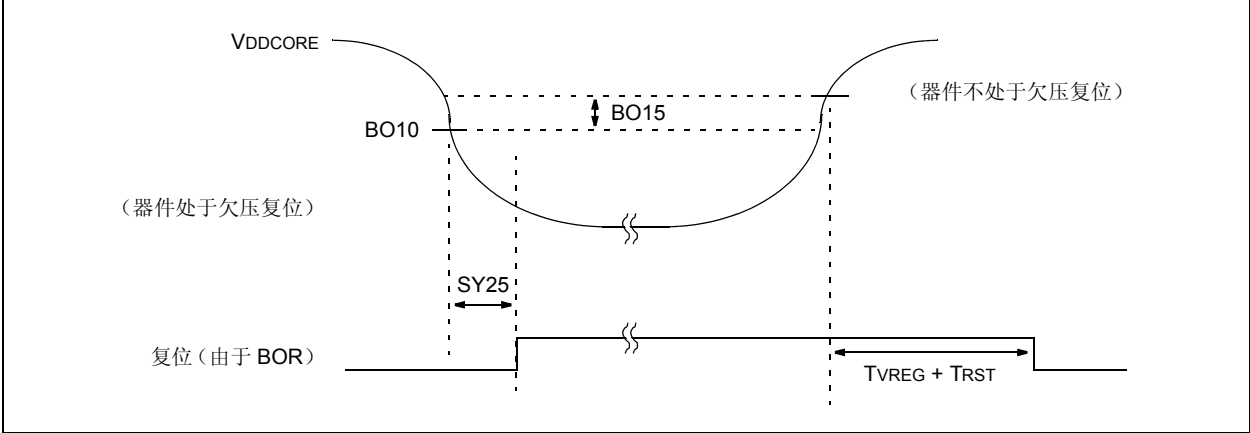
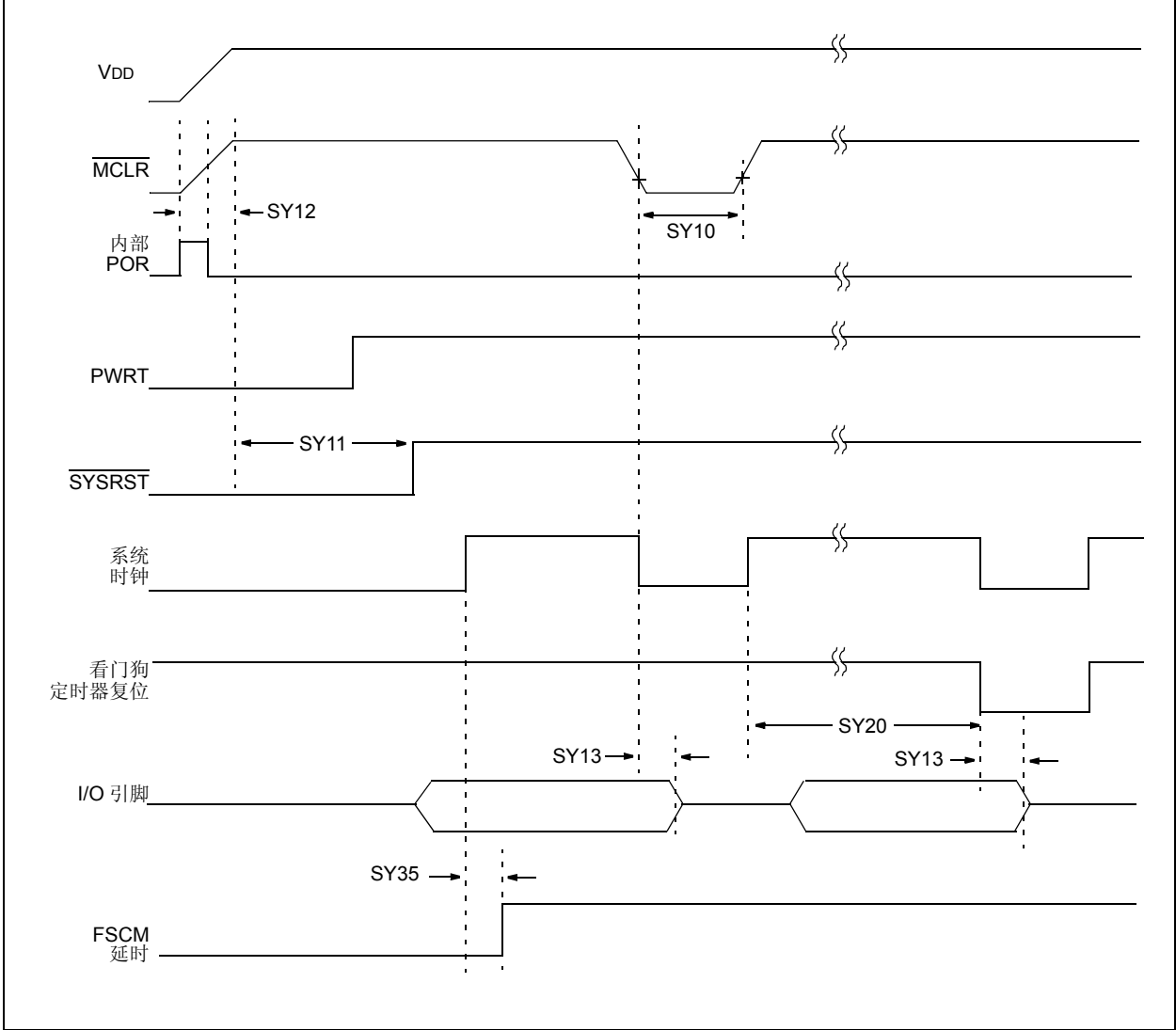


图 7-10: 复位、看门狗定时器、振荡器起振定时器和上电延时定时器时序特性



PIC24F 系列参考手册

表 7-5: 电气特性: BOR

直流特性			标准工作条件: 2.0V 到 3.6V (除非另外声明) 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ (工业级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件
BO10	VBOR	VDD 由高转变为低时的 BOR 电压	2.3	—	2.7	V	稳压器使能
BO15	VBHYS	BOR 滞后	—	5	—	mV	

注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。参数仅供设计参考, 未经测试。

表 7-6: 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时序要求

交流特性			标准工作条件: 2.0V 到 3.6V (除非另外声明) 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ (工业级)				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件
SY10	TmCL	MCLR 脉冲宽度 (低电平)	2	—	—	μs	
SY11	TPWRT	上电延时定时器周期	50	64	90	ms	稳压器使能
SY12	TPOR	上电复位延时	1	5	10	μs	
SY13	TIOZ	自 MCLR 低电平或看门狗定时器复位起 I/O 处于高阻态的时间	—	—	100	ns	
SY20	TWD _T	看门狗定时器超时周期	0.85	1.0	1.15	ms	1:32 预分频器
			3.4	4.0	4.6	ms	1:128 预分频器
SY25	TBOR	欠压复位脉冲宽度	1	—	—	μs	VDD ≤ VBOR, 稳压器禁止
SY35	TFSCM	故障保护时钟监视器延时	—	2	2.3	μs	
	TRST	配置更新时间	—	7.8	9.8	μs	
	TVREG	片上稳压器输出延时	—	10	—	μs	

注 1: 除非另外声明, 否则“典型值”栏中的数据均为 3.3V 和 25°C 条件下的值。

7.16 设计技巧

问 1: 如何使用 RCON 寄存器?

答: 复位后, 初始化代码应该检查 RCON 并确定复位源。在某些应用中, 可利用此信息采取适当措施纠正造成复位的错误。在读取了 RCON 寄存器中所有复位状态位后, 应将其清零, 这样才能确保 RCON 值在器件下一次复位后能提供有意义的结果。

问 2: BOR 模块不具备我的应用所需的可编程跳变点。我应如何解决此问题?

答: BOR 电路用于避免违反器件的 V_{if} 规范。在许多器件中, 全速工作所要求的最小电压非常高。因此, 需要使用可编程 BOR 电路来提供多倍速选项。PIC24F 器件可在相对较低的电压下支持全速工作, 简单的 BOR 模块就已足够。如果器件工作电压降低, 无法保证全速工作, 那么 BOR 会被驱动为低电压。如果器件处于非 BOR 状态, 则可以全速工作。

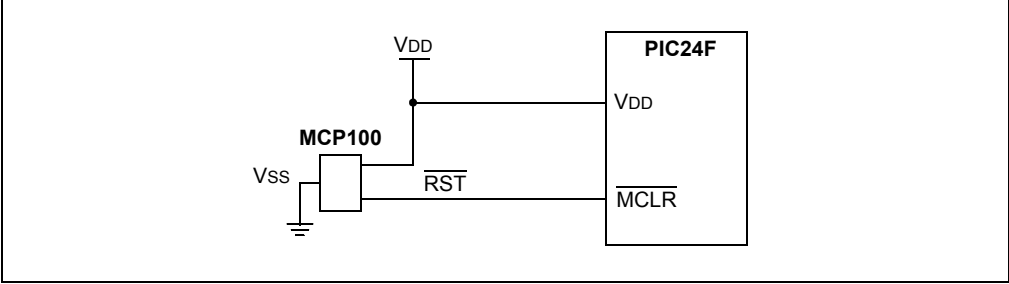
问 3: 我使用一个 16 位地址初始化了一个 W 寄存器, 但为什么当我尝试将该寄存器作为地址使用时, 器件会显示为复位?

答: 因为所有的数据地址都是 16 位值, 如果 W 寄存器是用于存放字的, 未初始化的 W 寄存器逻辑电路仅能识别出已经正确初始化了的寄存器。试图将两个字节移入某个 W 寄存器 (即使这两个字节是先后移入的) 也不行, 这样会在该 W 寄存器用作地址指针的操作中导致器件复位。

问 4: 我要禁止板载的稳压器。应如何实现 BOR 保护?

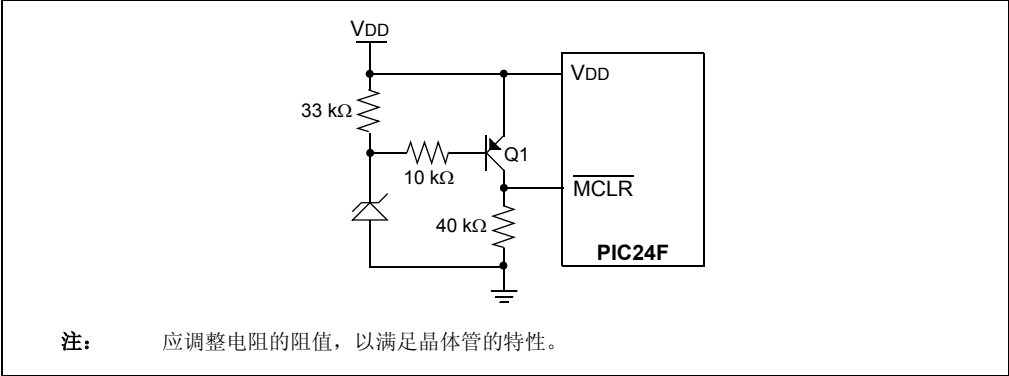
答: 下面两个图显示了可以用于实现外部欠压保护的示意电路。

图 7-11: 使用 MCP100 的外部欠压保护



当 V_{DD} 低于 ($V_z + 0.7V$) 时, 电路将启动复位, 其中 V_z = 齐纳电压。

图 7-12: 欠压复位电路



7.17 相关应用笔记

本节列出了与手册本章内容相关的应用笔记。这些应用笔记可能并不是专为 PIC24F 器件系列而编写的，但其概念是相关的，通过适当修改即可使用，但在使用中可能会受到一定的限制。当前与复位相关的应用笔记有：

标题	应用笔记编号
Power-up Trouble Shooting	AN607
Power-up Considerations	AN522

注：如需获取更多 PIC24F 系列器件的应用笔记和代码示例，请访问 Microchip 网站 (www.microchip.com)。

7.18 版本历史

版本 A（2006 年 9 月）

这是本文档的初始发行版。

注: