第 7 章 复位

目录

本章包括下列主题：

7.1 简介 7-2
7.2 控制寄存器 7-3
7.3 工作模式 7-10
7.4 各种复位的影响 7-14
7.5 相关应用笔记 7-16
7.6 版本历史 7-17

> **注：** 本系列参考手册章节旨在用作对器件数据手册的补充。根据不同的器件型号，本手册章节可能并不适用于所有 PIC32 器件。
>
> 请参见当前器件数据手册中 **“复位”** 章节开头部分的注释，以检查本文档是否支持您所使用的器件。
>
> 器件数据手册和系列参考手册章节可从 Microchip 网站下载：http://www.microchip.com。

7.1 简介

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

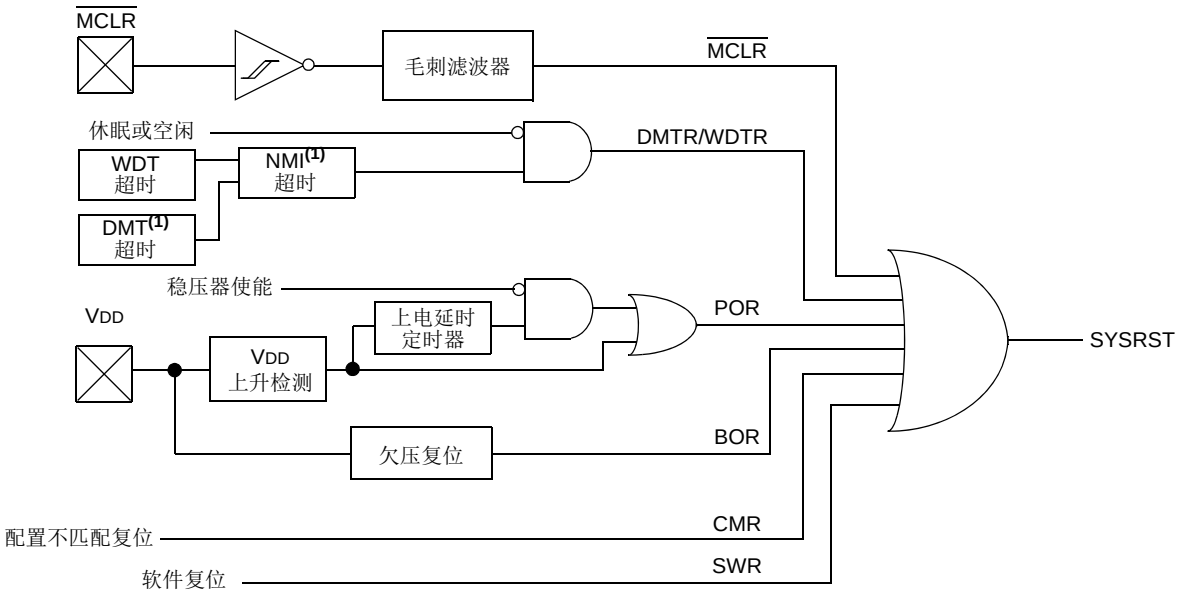
- 上电复位 （POR）
- 欠压复位 （BOR）
- 主复位 （$\overline{\text{MCLR}}$）
- 看门狗定时器复位 （WDTR）
- 软件复位 （SWR）
- 配置不匹配复位 （CMR）
- 程序监控定时器复位 （DMTR）

> **注：** 不是所有器件均提供所有复位源。关于可用性，请参见具体器件数据手册的 **“复位”** 章节。

图 7-1 给出了复位模块的简化框图。任何有效的复位源都将使系统复位信号有效。很多与 CPU 和外设相关的寄存器均会被强制设为已知的 “复位状态”。大多数寄存器都不受复位影响；它们的状态在 POR 时为未知，并且在所有其他复位时不变。

> **注：** 关于寄存器复位状态，请参见 《PIC32 系列参考手册》中的具体外设章节或 **第 2 章 “CPU”**（DS60001113）。

图 7-1： 系统复位框图



注 1： 不是所有器件都具有该特性。关于可用性，请参见具体数据手册的 **“复位”** 章节。

© 2013-2016 Microchip Technology Inc.

7.2 控制寄存器

大多数类型的器件复位都会将 RCON 寄存器中相应的状态位置 1，以指示复位类型（见寄存器 7-1）。不可屏蔽中断（Non-maskable Interrupt， NMI）超时复位是个例外，该复位仅在某些器件上可用（关于可用性，请参见具体数据手册的**“复位”**章节）。上电复位（POR）将清零除 BOR 和 POR 位（RCON<1:0>）之外的所有位， BOR 和 POR 位在 POR 时被置 1。用户软件可以在代码执行过程中的任何时间置 1 或清零任意位。RCON 寄存器中的位仅用作状态位。用软件将特定的复位状态位置 1 不会导致系统复位。

RCON 寄存器还包含与看门狗定时器（WDT）和器件节能状态相关的位。关于这些位的功能的更多信息，请参见**第 7.4.3 节 “使用 RCON 状态位”**。

RSWRST 控制寄存器只有一个位 SWRST。该位用于强制执行软件复位状态。

对于具有 NMI 复位的那些器件，可以通过跳转到 NMI 来延时 WDT 或 DMT 复位事件，而不立即强制复位。延时时间等于 NMICNT 系统时钟数从开始到递减为零的时长。在此间隔时间内，程序可清零 WDT 或 DMT 标志位（如果需要），以防止复位。如果未清除活动标志，器件将在间隔结束后复位。可将 NMICNT 值设置为零（无延时）或最高 255 个 SYSCLK 周期延时。

也可在软件中设置 SWNMI 位或通过 FSCM 将 CF 位置 1 来触发 NMI 中断，不过这两种方式不会开始递减计数和自动复位。

一些 PIC32 器件上具有 PWRCON 寄存器，可提供 VREGS 位的备用位置（如果 RCON 寄存器上没有该位）。

复位模块包含以下特殊功能寄存器（Special Function Register， SFR）：

- **RCON：复位控制寄存器**
- **RSWRST：软件复位寄存器**
- **RNMICON：不可屏蔽中断（NMI）控制寄存器**
- **PWRCON：电源控制寄存器**

表 7-1 汇总了所有与复位相关的寄存器。该汇总表之后列出了相应的寄存器，并且每个寄存器均附有详细的说明。

表 7-1： 复位 SRF 汇总

名称	位范围	Bit 31/15	Bit 30/14	Bit 29/13	Bit 28/12	Bit 27/11	Bit 26/10	Bit 25/9	Bit 24/8	Bit 23/7	Bit 22/6	Bit 21/5	Bit 20/4	Bit 19/3	Bit 18/2	Bit 17/1	Bit 16/0
RCON(1)	31:16	—	—	—	—	BCFGERR	BCFGFAIL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15:0	—	—	—	—	—	—	CMR	VREGS	EXTR	SWR	DMTO	WDTO	SLEEP	IDLE	BOR	POR
RSWRST(1)	31:16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15:0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SWRST
RNMICON(1,2)	31:16	—	—	—	—	—	—	DMTO	WDTO	SWNMI	—	—	—	GNMI	LVD	CF	WDTS
	15:0	NMICNT<15:8>(2)								NMICNT<7:0>							
PWRCON(1)	31:16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15:0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	VREGS

图注： — = 未实现，读为 0。地址偏移量以十六进制表示。

注 1： 这些寄存器具有关联的清零、置 1 和取反寄存器，分别位于 0x4、 0x8 和 0xC 字节偏移处。清零、置 1 和取反寄存器的名称分别为相应寄存器的名称加上 CLR、 SET 或 INV 后缀（如 RCONCLR）。向这些寄存器的任意位写入 1 时，会将关联寄存器中的有效位清零、置 1 或取反。对这些寄存器的读操作将被忽略。

2： 不是所有器件都有该寄存器或该位。关于可用性，请参见具体数据手册的 **“复位”** 章节。

© 2013-2016 Microchip Technology Inc.

寄存器 7-1： RCON：复位控制寄存器

位范围	Bit 31/23/15/7	Bit 30/22/14/6	Bit 29/21/13/5	Bit 28/20/12/4	Bit 27/19/11/3	Bit 26/18/10/2	Bit 25/17/9/1	Bit 24/16/8/0
31:24	U-0	U-0	U-0	U-0	RW-0, HC	R/W-0, HC	U-0	U-0
	—	—	—	—	BCF-GERR(4)	BCFGFAIL(4)	—	—
23:16	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
	—	—	—	—	—	—	—	—
15:8	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-x	R/W-x
	—	—	—	—	—	—	CMR(1,3)	VREGS(4)
7:0	R/W-0	R/W-0	R/W-0, HS	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1
	EXTR(1,3)	SWR(1,3)	DMTO(4)	WDTO(1,3)	SLEEP(1,3)	IDLE(1,3)	BOR(1,2,3)	POR(1,2,3)

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

bit 31-28 **未实现：**读为 0

bit 27 **BCFGERR：**主要配置寄存器错误标志位 (4)
1 = 读取主要配置寄存器时发生错误
0 = 读取主要配置寄存器时未发生错误

bit 26 **BCFGFAIL：**主要 / 辅助配置寄存器错误标志位 (4)
1 = 读取主要和辅助配置寄存器时发生错误
0 = 读取主要和辅助配置寄存器时未发生错误

bit 25-10 **未实现：**读为 0

bit 9 **CMR：**配置不匹配复位标志位 (1,3)
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 (4)
1 = 使能稳压器并在休眠模式下继续工作
0 = 禁止稳压器并在休眠模式下关闭

bit 7 **EXTR：**外部复位 （$\overline{\text{MCLR}}$）引脚标志位 (1,3)
1 = 发生了主复位 （引脚）复位
0 = 未发生主复位 （引脚）复位

bit 6 **SWR：**软件复位标志位 (1,3)
1 = 执行了软件复位
0 = 未执行软件复位

bit 5 **DMTO：**程序监控定时器超时标志位 (4)
1 = 发生程序监控定时器超时
0 = 未发生程序监控定时器超时

bit 4 **WDTO：**看门狗定时器超时标志位 (1,3)
1 = 发生了 WDT 超时
0 = 未发生 WDT 超时

bit 3 **SLEEP：**从休眠模式唤醒标志位 (1,3)
1 = 器件处于休眠模式
0 = 器件不处于休眠模式

注 1： RCON 标志位仅用作状态位。在软件中置 1 特定复位状态位不会导致器件复位的发生。
2： 上电复位 （POR）后， BOR 位也置 1。
3： 该位由硬件置 1，只能用软件清零 （= 0）。
4： 不是所有器件都有该位。关于可用性，请参见具体数据手册的 ***“复位”*** 章节。

寄存器 7-1： RCON：复位控制寄存器 （续）

bit 2 **IDLE**：从空闲模式唤醒标志位 **(1,3)**
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 **(1,2,3)**
用户软件必须清零该位以查看下一次检测结果。
1 = 发生了欠压复位
0 = 未发生欠压复位

bit 0 **POR**：上电复位标志位 **(1,2,3)**
用户软件必须清零该位以查看下一次检测结果。
1 = 发生了上电复位
0 = 未发生上电复位

注 1： RCON 标志位仅用作状态位。在软件中置 1 特定复位状态不会导致器件复位的发生。
2： 上电复位 （POR）后， BOR 位也置 1。
3： 该位由硬件置 1，只能用软件清零 （= 0）。
4： 不是所有器件都有该位。关于可用性，请参见具体数据手册的 **“复位”** 章节。

© 2013-2016 Microchip Technology Inc.

寄存器 7-2：　RSWRST：软件复位寄存器

位范围	Bit 31/23/15/7	Bit 30/22/14/6	Bit 29/21/13/5	Bit 28/20/12/4	Bit 27/19/11/3	Bit 26/18/10/2	Bit 25/17/9/1	Bit 24/16/8/0
31:24	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
	—	—	—	—	—	—	—	—
23:16	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
	—	—	—	—	—	—	—	—
15:8	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
	—	—	—	—	—	—	—	—
7:0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	W-0
	—	—	—	—	—	—	—	SWRST(1)

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

bit 31-1　**未实现：**读为 0

bit 0　**SWRST：**软件复位触发位 (1)
1 = 使能软件复位事件
0 = 无影响

注　1：在写入 SWRST 位之前，必须先执行系统解锁序列。在写入该位后必须进行读操作才能产生复位。更多信息，请参见**第 7.3.4 节 “软件复位（SWR）”**。

寄存器 7-3： RNMICON：不可屏蔽中断 （NMI）控制寄存器

位范围	Bit 31/23/15/7	Bit 30/22/14/6	Bit 29/21/13/5	Bit 28/20/12/4	Bit 27/19/11/3	Bit 26/18/10/2	Bit 25/17/9/1	Bit 24/16/8/0
31:24	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0, HS	R/W-0, HS
	—	—	—	—	—	—	DMTO	WDTO
23:16	R/W-0, HS	U-0	U-0	U-0	R/W-0, HS	R/W-0, HS	R/W-0, HS	R/W-0, HS
	SWNMI	—	—	—	GNMI	LVD	CF	WDTS
15:8	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
	NMICNT<15:8>							
7:0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
	NMICNT<7:0>							

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

bit 31-26 **未实现：**读为 0

bit 25 **DMTO：**程序监控定时器超时标志位
1 = 发生 DMT 超时并导致 NMI
0 = 未发生 DMT 超时
置 1 该位将导致 DMT NMI 事件，并开始计数 NMICNT。

bit 24 **WDTO：**看门狗定时器超时标志位
1 = 发生 WDT 超时并导致 NMI
0 = 未发生 WDT 超时
置 1 该位将导致 WDT NMI 事件，并开始计数 NMICNT。

bit 23 **SWNMI：**软件 NMI 触发位
1 = 将产生 NMI
0 = 不会产生 NMI

bit 22-20 **未实现：**读为 0

bit 19 **GNMI：**通用 NMI 位
1 = 检测到通用 NMI 事件或发生用户发起的 NMI 事件
0 = 未检测到通用 NMI 事件
置 1 GNMI 位将导致用户发起的 NMI 事件。还可通过向 NMIKEY<7:0> 位（INTCON<31:24>）写入 0x4E 将该位置 1。

bit 18 **LVD：**低电压检测位
1 = LVD 检测到低电压情况并导致 NMI 事件
0 = LVD 未检测到低电压情况
置 1 该位将导致 CF NMI 事件，但不会使时钟切换到 BFRC。

bit 17 **CF：**时钟故障检测位
1 = FSCM 检测到时钟故障并导致 NMI
0 = FSCM 未检测到时钟故障
置 1 该位将导致 CF NMI 事件，但不会使时钟切换到 BFRC。

bit 16 **WDTS：**休眠模式下的看门狗定时器超时标志位
1 = 休眠模式下发生 WDT 超时并导致从休眠唤醒
0 = 休眠模式下未发生 WDT 超时
置 1 该位将导致 WDT NMI。

bit 15-0 **NMICNT<15:0>：**NMI 复位计数器值位
这些位指定 NMI 复位计数器使用的重载值。
1111111111111111-0000000000000001 = 器件复位发生前的 SYSCLK 周期数 **(1)**
0000000000000000 = NMI 有效和器件复位事件之间无延时

注 1： NMI 复位计数器仅适用于看门狗定时器 NMI 事件 （不在休眠模式下）或程序监控定时器 NMI 事件。

注： 不是所有器件都有该寄存器。关于可用性，请参见具体数据手册的 **“复位”**章节。

© 2013-2016 Microchip Technology Inc.

寄存器 7-4：　　PWRCON：电源控制寄存器

位范围	Bit 31/23/15/7	Bit 30/22/14/6	Bit 29/21/13/5	Bit 28/20/12/4	Bit 27/19/11/3	Bit 26/18/10/2	Bit 25/17/9/1	Bit 24/16/8/0
31:24	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
	—	—	—	—	—	—	—	—
23:16	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
	—	—	—	—	—	—	—	—
15:8	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
	—	—	—	—	—	—	—	—
7:0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W
	—	—	—	—	—	—	—	VREGS

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

bit 31-1　**未实现：**读为 0

bit 0　**VERGS：**稳压器待机使能位
1 = 休眠期间稳压器将继续工作
0 = 休眠期间稳压器将进入待机模式

注：　不是所有器件都有该寄存器。关于可用性，请参见具体数据手册的 **“复位”**章节。

7.3 工作模式

7.3.1 系统复位 （SYSRST）

PIC32 内部系统复位 （SYSRST）可以从多种复位源产生，例如：

- 上电复位 （POR）
- 欠压复位 （BOR）
- 主复位 （$\overline{\text{MCLR}}$）
- 看门狗超时复位 （WDTO）
- 软件复位 （SWR）
- 配置不匹配复位 （CMR）
- 程序监控定时器复位 （DMTR）

系统复位在第一个 POR 时置为有效，并一直保持有效，直到装入器件配置设置并且振荡时钟源稳定为止。然后，系统复位信号置为无效，允许 CPU 在 8 个系统时钟周期 （SYSCLK）之后开始取代码。

BOR、$\overline{\text{MCLR}}$ 和 WDTO 复位是异步事件，为了避免 SFR 和 RAM 损坏，系统复位信号会与系统时钟进行同步。所有其他复位事件均为同步事件。

7.3.2 上电复位 （POR）

当检测到 VDD 上升到高于 VPOR 时，上电事件会产生内部 POR 脉冲。器件供电电压的特性必须满足规定的启动电压和上升速率要求，以产生 POR 脉冲。特别是，在新的 POR 开始之前，VDD 必须下降到低于 VPOR。关于 VPOR 和 VDD 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。

对于使能片上稳压器的那些 PIC32 器件，上电延时定时器（PWRT）会自动禁止。对于禁止片上稳压器的那些 PIC32 器件，内核通过外部电源供电，上电延时定时器会自动使能，用于延长上电序列的持续时间。在器件启动时，PWRT 会增加一段 64 ms 的固定标称延时。因此，上电延时可以是片上稳压器输出延时 （称为 TPU），也可以是上电延时定时器延时 （称为 TPWRT）。

此时 POR 事件已延时结束，但器件复位信号仍然保持有效，与此同时会装入器件配置设置和配置时钟振荡源。时钟监视电路会等待振荡时钟源趋于稳定。从复位状态退出时，总是通过 FNOSC<2:0> 位 （DEVCFG<2:0>）来选择 PIC32 器件使用的时钟源。这段附加延时取决于时钟，并且可包含对应于 TOSC、TLOCK 和 TFSCM 的延时。关于振荡器、PLL 和故障保护时钟监视（FSCM）的详细信息，请参见**第 6 章 “振荡器”**（DS60001112）中的**第 6.3.5 节 “故障保护时钟监视器操作”**或**第 42 章 “带增强型 PLL 的振荡器”**中的**第 42.3.6 节 “故障保护时钟监视器操作”**。

在这些延时结束之后，系统复位信号 SYSRST 会置为无效。在允许 CPU 开始执行代码之前，还需要 8 个系统时钟周期，然后 CPU 内核的同步复位信号才会置为无效。

上电事件会将 BOR 和 POR 状态位 （RCON<1:0>）置 1。

关于延时参数值的更多信息，请参见具体器件数据手册的 **“电气特性”** 章节。

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。用户软件必须确保从第一次上电到系统复位释放之间的延时足够长，以使所有工作参数都符合规范。

© 2013-2016 Microchip Technology Inc.

7.3.3 主复位（MCLR）

每当主复位引脚（MCLR）驱动为低电平时，复位事件会与系统时钟 SYSCLK 进行同步，之后系统复位信号 SYSRST 会置为有效，但前提是 MCLR 上的输入脉冲宽度要大于特定的最小宽度；该最小宽度在具体器件数据手册的**“电气特性”**章节中指定。

MCLR 引脚提供了一个滤波器，以最大程度降低噪声影响和避免意外的复位事件。状态位 EXTR（RCON<7>）置 1，指示发生了 MCLR 复位。

在一些器件上，可将 MCLR 引脚配置为产生 POR 事件，而不是通常的 SYSRST 事件。这可以通过 SMCLR 位 （DEVCFG0<15>）进行配置 。

7.3.4 软件复位 （SWR）

PIC32 的 CPU 内核不提供特定的 RESET 指令；但是，硬件复位用软件来执行 （软件复位），方法是执行软件复位命令序列。软件复位的作用类似于 MCLR 复位。软件复位序列要求先执行系统解锁序列，然后才能写入 SWRST 位 （RSWRST<0>）。关于系统解锁的详细信息，请参见**第 6 章 “振荡器”**（DS60001112）中的**第 6.3.6 节 “时钟切换操作”**或**第 42 章 “带增强型 PLL 的振荡器”**中的**第 42.3.7 节 “时钟切换操作”**。

软件复位的执行方式如下：

1. 写入系统解锁序列
2. 设置 SWRST 位 （RSWRST<0>） = 1
3. 读取 RSWRST 寄存器

后面跟随 “while(1);”或 4 条 “NOP”指令。

向 RSWRST 寄存器写入 1 会将 SWRST 位置 1，从而激活软件复位。RSWRST 寄存器的后续读操作会触发软件复位，它在读操作之后的下一个时钟周期发生。要确保在发生复位事件之前不执行任何其他用户代码，建议将 4 条“NOP”指令或一条“while(1);”语句放在 READ 指令之后。

SWR 状态位 （RCON<6>）被置 1，指示发生了软件复位。

例 7-1： 软件复位命令序列

```
/* The following code illustrates a software Reset */
// assume interrupts are disabled
// assume the DMA controller is suspended
// assume the device is locked
/* perform a system unlock sequence */
// starting critical sequence
SYSKEY = 0x00000000; //write invalid key to force lock
SYSKEY = 0xAA996655;  //write key1 to SYSKEY
SYSKEY = 0x556699AA;  //write key2 to SYSKEY
// OSCCON is now unlocked
/* set SWRST bit to arm reset */
RSWRSTSET = 1;

/* read RSWRST register to trigger reset */
unsigned int dummy;
dummy = RSWRST;
/* prevent any unwanted code execution until reset occurs*/
while(1);
```

7.3.5 看门狗定时器复位 （WDTR）

在系统复位信号置为有效之前，看门狗定时器 （WDT）复位事件会先与系统时钟 SYSCLK 进行同步。

注：	在休眠或空闲模式期间发生 WDT 超时将唤醒处理器并跳转到 PIC32 复位向量处，但不会复位处理器。

只有 RCON 寄存器中的 WDTO 和 SLEEP 或 IDLE 位会受影响。关于 WDT 复位的更多信息，请参见**第 9 章 “看门狗定时器和上电延时定时器”**（DS60001114）。

7.3.6 欠压复位 （BOR）

PIC32 系列器件具有简单的欠压复位 （BOR）功能。如果为稳压器提供的电压不足以维持稳定电压，则稳压器复位电路会产生 BOR 事件，该事件先与系统时钟 SYSCLK 进行同步，然后系统复位信号会置为有效。该事件由 BOR 标志位 （RCON<1>）进行捕捉。更多详细信息，请参见具体器件数据手册的 **“电气特性”**章节。

7.3.7 配置不匹配复位 （CMR）

为了维持所存储的配置值的完整性，所有器件配置位都以寄存器位互补集的形式装载和实现。装载配置字时，对于装载值为 1 的每个位，都会在相应的后台字单元中存储互补值 0，反之亦然。每次装载配置字时，都会比较每一对配置位 （包括休眠模式）。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 CMR 状态位 （RCON<9>）被置 1。

7.3.8 程序监控定时器复位 （DMTR）

注：	不是所有器件都有该特性。关于可用性，请参见具体数据手册的 **“复位”**章节。

当 DMT 计数超时后将产生程序监控定时器 （DMT）复位。

DMT 的主要功能是在发生软件故障事件时复位处理器。DMT 是自由运行取指定时器，从取指发生开始计时，到发生计数匹配时结束。当处理器处于休眠模式时不进行取指。

DMT是一个32位计数器，其超时计数匹配值由DEVCFG1配置寄存器中的DMTCNT<3:0>位指定。

DMT 通常用于以任务为关键和以安全性为关键的应用中，必须检测出现的任何软件功能或顺序问题。

7.3.9 不可屏蔽中断 （NMI）定时器

NMI 定时器在 DMT 或 WDT 事件与器件复位之间提供延时。通过 NMICNT<15:0> 位（RNMICON<15:0>）将系统时钟计数设置为 0 至 65,535 来设置延时。如果这些位设置为零，则 DMTO 或 WDTO 标志与器件复位之间没有延时。如果设置为非零值，NMI 中断具有相应的系统时钟数来清零标志或保存数据，以用于调试目的。

注：	不是所有器件都有 RNMICON 寄存器。关于可用性，请参见具体数据手册的 **“复位”**章节。

如果发生 DMT 事件， DMTO 标志将置 1。器件将在 NMI 计数器超时后复位。

如果发生 WDT 事件， WDTO 标志将置 1。器件将在 NMI 计数器超时后复位。

如果在休眠模式下发生 WDT 事件， WDTS 标志将置 1。WDTS 标志将触发 NMI 中断，但是不会启动 NMI 计数器，也不会导致复位。

如果检测到时钟故障，可通过故障保护时钟监视器 （FSCM）将 CF 位 （RNMICON<17>）置 1。CF 标志将触发 NMI 中断，但是不会启动定时器，也不会导致复位。

可在软件中将 SWNMI 位 （RNMICON<23>）置 1 来产生 NMI 中断，但是不会启动 NMI 计数器，也不会导致复位。

© 2013-2016 Microchip Technology Inc.

7.3.10 确定器件复位源

器件复位后，可通过初始化代码来检查 RCON 寄存器，以确定复位源。在某些应用中，可利用该信息来采取适当操作，以纠正引起复位发生的问题。

RCON 寄存器中的所有复位状态位应在读取后清零，以保证 RCON 值将在下一次器件复位后提供有意义的结果。

例 7-2 说明了如何通过 RCON 寄存器确定器件复位源。

例 7-2： 确定器件复位源

```
int main(void)
{
    //... perform application specific startup tasks

    // next, check the cause of the Reset
    if(RCON & 0x0003)
    {
        // execute a Power-on Reset handler
        // ...
    }
    else if(RCON & 0x0002)
    {
        // execute a Brown-out Reset handler
        // ...
    }
    else if(RCON & 0x0080)
    {
        // execute a Master Clear Reset handler
        // ...
    }
    else if(RCON & 0x0040)
    {
         // execute a Software Reset handler
        // ...
    }
    else if (RCON & 0x0200)
    {
        // execute a Configuration Mismatch Reset handler
        // ...
    }
    else if (RCON & 0x0010)
    {
        // execute Watchdog Time-out Reset handler
        // ...
    }
    else if (RCON & 0x0020)
    {
        // execute Deadman Timer time-out Reset handler
        // ...
    }

    //... perform other application-specific tasks

    while(1);
}
```

7.4 各种复位的影响

复位控制寄存器 RCON 的复位值取决于器件复位的类型，如表 7-2 中所示。

表 7-2： RCON 寄存器的状态位、含义以及初始化状态

条件	程序计数器	EXTR	SWR	WDTO	DMTO	SLEEP	IDLE	CMR	BOR	POR
上电复位或 MCLR 设为 POR	0xBFC0_0000	0	0	0	0	0	0	0	1	1
欠压复位		0	0	0	0	0	0	0	1	u
运行模式期间的 MCLR 复位		1	u	u	u	u	u	u	u	u
空闲模式期间的 MCLR 复位		1	u	u	u	u	1(1)	u	u	u
休眠模式期间的 MCLR 复位		1	u	u	u	1(1)	u	u	u	u
软件复位命令		u	1	u	u	u	u	u	u	u
配置字不匹配复位		u	u	u	u	u	u	1	u	u
运行模式期间的 WDT 超时复位		u	u	1	u	u	u	u	u	u
空闲模式期间的 WDT 超时复位		u	u	1	u	u	1(1)	u	u	u
休眠模式期间的 WDT 超时复位		u	u	1	u	1(1)	u	u	u	u
DMT 超时复位		u	u	u	1	u	u	u	u	u
由于中断从空闲模式退出	向量	u	u	u	u	u	1(1))	u	u	u
由于中断从休眠模式退出		u	u	u	u	1(1)	u	u	u	u

图注： u = 不变

注 1： 先前执行的 WAIT 指令定义 SLEEP 和 IDLE 位状态。

7.4.1 特殊功能寄存器 （SFR）的复位状态

大多数与 PIC32 CPU 和外设相关的 SFR 会在器件复位时复位为某个特定值。这也适用于 WDT/DMT NMI 情况，将其作为 PIC32 CPU 和外设发起的完整器件复位。关于具体的复位情况，请参见具体器件数据手册和适用系列参考手册中的 **“复位”** 章节。

复位控制寄存器 RCON 的复位值取决于器件复位的类型，如表 7-2 所述。

7.4.2 配置字寄存器的复位状态

所有复位条件都会强制重新装载配置设置。POR会在装载配置设置之前将所有配置字寄存器单元设为 1。对于所有其他复位条件，配置字寄存器单元在重新装载之前不会进行复位。由于这种行为差异，所以 MCLR 可以在调试模式期间置为有效，而不会影响调试操作的状态。

不论复位源如何，总是会重新装载系统时钟，它由 FNOSC<2:0> 位（DEVCFG<2:0>）指定。在器件执行代码时，用户软件可以通过使用 OSCCON 寄存器来更改主系统时钟源。更多详细信息，请参见**第 6 章 “振荡器”**（DS60001112）或**第 42 章 “带增强型 PLL 的振荡器”**。

© 2013-2016 Microchip Technology Inc.

7.4.3 使用 RCON 状态位

用户软件可以在发生任何系统复位后读取 RCON 寄存器，以确定复位的原因。表 7-3 汇总了复位标志位的操作。

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

表 7-3： 复位标志位操作

标志位 (1)	置 1 源	清零源
POR （RCON<0>）	POR	用户软件
BOR （RCON<1>）	POR 和 BOR	用户软件
IDLE （RCON<2>）	WAIT 指令	用户软件、 POR 和 BOR
SLEEP （RCON<3>）	WAIT 指令	用户软件、 POR 和 BOR
WDTO （RCON<4>）	WDT 超时	用户软件、 POR 和 BOR
DMTO （RCON<5>）	DMT 超时	用户软件、 POR 和 BOR
SWR （RCON<6>）	软件复位命令	用户软件、 POR 和 BOR
EXTR （RCON<7>）	$\overline{\text{MCLR}}$ 复位	用户软件、 POR 和 BOR
CMR （RCON<9>）	配置不匹配	用户软件、 POR 和 BOR
BCFGFAIL （RCON<26>）	主要和备用 DEVCFGx 配置字中的不可恢复错误	用户软件、 POR 和 BOR
BCFGERR （RCON<27>）	主要 DEVCFGx 配置字中的可恢复错误	用户软件、 POR 和 BOR

注： 所有复位标志位均可由用户软件置 1 或清零。

7.4.4 从器件复位到开始执行代码的时间

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 汇总了各种器件复位类型的代码执行开始时间。关于每种延时的详细信息，请参见具体器件数据手册的 **“电气特性”** 章节中的介绍。

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	上电延时 (1,2,3,4)	系统时钟延时 (1,5,6)	FSCM 延时 (1,7)
POR	EC, FRC, FRCDIV, LPRC	(TPU 或 TPWRT) + TSYSDLY	—	—
	ECPLL, FRCPLL	(TPU 或 TPWRT) + TSYSDLY	TLOCK	TFSCM
	XT, HS, SOSC	(TPU 或 TPWRT) + TSYSDLY	TOST	TFSCM
	XTPLL, HSPLL	(TPU 或 TPWRT) + TSYSDLY	TOST + TLOCK	TFSCM
BOR	EC, FRC, FRCDIV, LPRC	TSYSDLY	—	—
	ECPLL, FRCPLL	TSYSDLY	TLOCK	TFSCM
	XT, HS, SOSC	TSYSDLY	TOST	TFSCM
	XTPLL	TSYSDLY	TOST + TLOCK	TFSCM
$\overline{\text{MCLR}}$, CMR, SWR, WDTO, DMTO	任何时钟	TSYSDLY	—	—

注 1： 关于参数规范，请参见具体器件数据手册的 **“电气特性”** 章节。
2： TPU = 使能片上稳压器时的上电周期。
3： TPWRT = 禁止片上稳压器时的上电周期 （上电延时定时器）。
4： TSYSDLY = 重新装载器件配置熔丝值所需的时间加上 8 个 SYSCLK 周期。
5： TOST = 振荡器起振定时器延时。
6： TLOCK = PLL 锁定时间。
7： TFSCM = 故障保护时钟监视器延时。

7.5 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 PIC32 器件系列而编写的，但其概念是相近的，通过适当修改并受到一定限制即可使用。当前与复位相关的应用笔记有：

标题	应用笔记编号
目前没有相关的应用笔记。	N/A

注： 如需获取更多 PIC32 系列器件的应用笔记和代码示例，请访问 Microchip 网站（www.microchip.com）。

© 2013-2016 Microchip Technology Inc.

7.6 版本历史

版本 A （2007 年 9 月）

- 这是本文档的初始版本。

版本 B （2007 年 10 月）

- 更新了文档 （删除了 “机密”状态）。

版本 C （2008 年 4 月）

- 将状态修改为 “初稿”； 将 U-0 修改为 r-x。

版本 D （2008 年 6 月）

- 修改了图 7-2 ；删除了图 7-3 ；修改了第 7.3.2 节、第 7.3.3 节和第 7.3.4 节；修改了表 7-4 ；删除了图 7.2 和 7.3 ；将保留位从 “保持为”更改为 “写入”。

版本 E （2008 年 7 月）

- 修改了第 7.3.2 节、第 7.3.3 节、第 7.3.6 节和第 7.4.4 节。

版本 F （2011 年 10 月）

该版本包含以下更新：

- 在章节开始处添加了注释，提供补充文档信息
- 修改文档页眉，将 PIC32MX 系列参考手册改为 PIC32 系列参考手册
- 将所有出现的 PIC32MX 改为 PIC32
- 删除以下清零、置 1 和取反寄存器：
  - RCONCLR：复位控制清零寄存器
  - RCONSET：复位控制置 1 寄存器
  - RONINV：复位控制取反寄存器
  - RSWRSTCLR：软件复位清零寄存器
  - RSWRSTSET：软件复位置 1 寄存器
  - RSWRSTINV：软件复位取反寄存器
- 向寄存器 7-1 和寄存器 7-2 添加注释，用来说明其相应的置 1、清零和取反寄存器
- 在寄存器 7-1 和寄存器 7-2 中，将所有 r-x 位更新为 U-0 位
- 更新例 7-1
- 将第 7.5 节 “设计技巧”转移和更名为第 7.3.8 节 “确定器件复位源”
- 修改寄存器格式，并对全文内容进行少量更新

版本 G （2013 年 11 月）

该版本包含以下更新：

- 更新文档，新增程序监控定时器信息
- 更新系统复位框图 （见图 7-1）
- 更新复位 SFR 汇总 （见表 7-1）
- 增加新章节，用来描述不可屏蔽中断复位 （见**第 7.2 节 “控制寄存器”**）
- 更新复位控制寄存器 （见寄存器 7-1）
- 更新软件复位寄存器 （见寄存器 7-2）
- 增加不可屏蔽中断 （NMI）寄存器 （见寄存器 7-3）
- 增加电源控制寄存器 （见寄存器 7-4）
- 向表 7-2、表 7-3 和表 7-4 增加 WDTO 状态位和复位信息
- 增加**第 7.3.8 节 “程序监控定时器复位 （DMTR）”**
- 增加**第 7.3.9 节 “不可屏蔽中断 （NMI）定时器”**
- 更新例 7-2：确定器件复位源
- 对全文内容和格式进行少量更新

版本 H （2015 年 6 月）

该版本包含以下更新：

- 更新了 RNMICON 寄存器中的 NMICNT 位 （见表 7-1 和寄存器 7-3）
- 更新了**第 7.3.9 节 “不可屏蔽中断 （NMI）定时器”**
- 更新了 RCON：复位控制寄存器 （见**寄存器 7-1**）
- 对全文内容和格式进行少量更新

© 2013-2016 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 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是 “牢不可破”的。

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

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

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

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

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
═ ISO/TS 16949═

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 AnyRate、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoq 徽标、 Kleer、 LANCheck、 LINK MD、 MediaLB、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、PICSTART、PIC32 徽标、 RightTouch、 SpyNIC、 SST、 SST 徽标、SuperFlash 及 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、 The Embedded Control Solutions Company、ETHERSYNCH、 Hyper Speed Control、 HyperLight Load、IntelliMOS、 mTouch、 Precision Edge 和 QUIET-WIRE 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICkit、 PICtail、PureSilicon、 RightTouch 徽标、 REAL ICE、 Ripple Blocker、Serial Quad I/O、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2013-2016, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-5224-0422-4

全球销售及服务网点

美洲

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

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

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

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

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

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

底特律 Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453

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

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 Asia Pacific Office
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

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

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

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

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

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

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

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

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

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

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

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7828

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

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

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

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

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

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

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

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

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

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

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

德国 Germany - Dusseldorf
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

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

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

意大利 Italy - Venice
Tel: 39-049-7625286

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

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

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

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820

07/14/15

© 2013-2016 Microchip Technology Inc.