

## 第 29 章 振荡器

### 目录

本章包括下列主题：

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 29.1 简介 .....                  | 29-2  |
| 29.2 CPU 时钟分配 .....            | 29-4  |
| 29.3 振荡器配置寄存器 .....            | 29-5  |
| 29.4 特殊功能寄存器 .....             | 29-8  |
| 29.5 主振荡器 .....                | 29-13 |
| 29.6 内部快速 RC (FRC) 振荡器 .....   | 29-17 |
| 29.7 锁相环 (PLL) .....           | 29-21 |
| 29.8 低功耗 RC (LPRC) 振荡器 .....   | 29-22 |
| 29.9 故障保护时钟监视器 .....           | 29-23 |
| 29.10 时钟切换 .....               | 29-24 |
| 29.11 工业级和扩展级温度范围器件之间的区别 ..... | 29-28 |
| 29.12 寄存器映射 .....              | 29-29 |
| 29.13 相关应用笔记 .....             | 29-30 |
| 29.14 版本历史 .....               | 29-31 |

## 29.1 简介

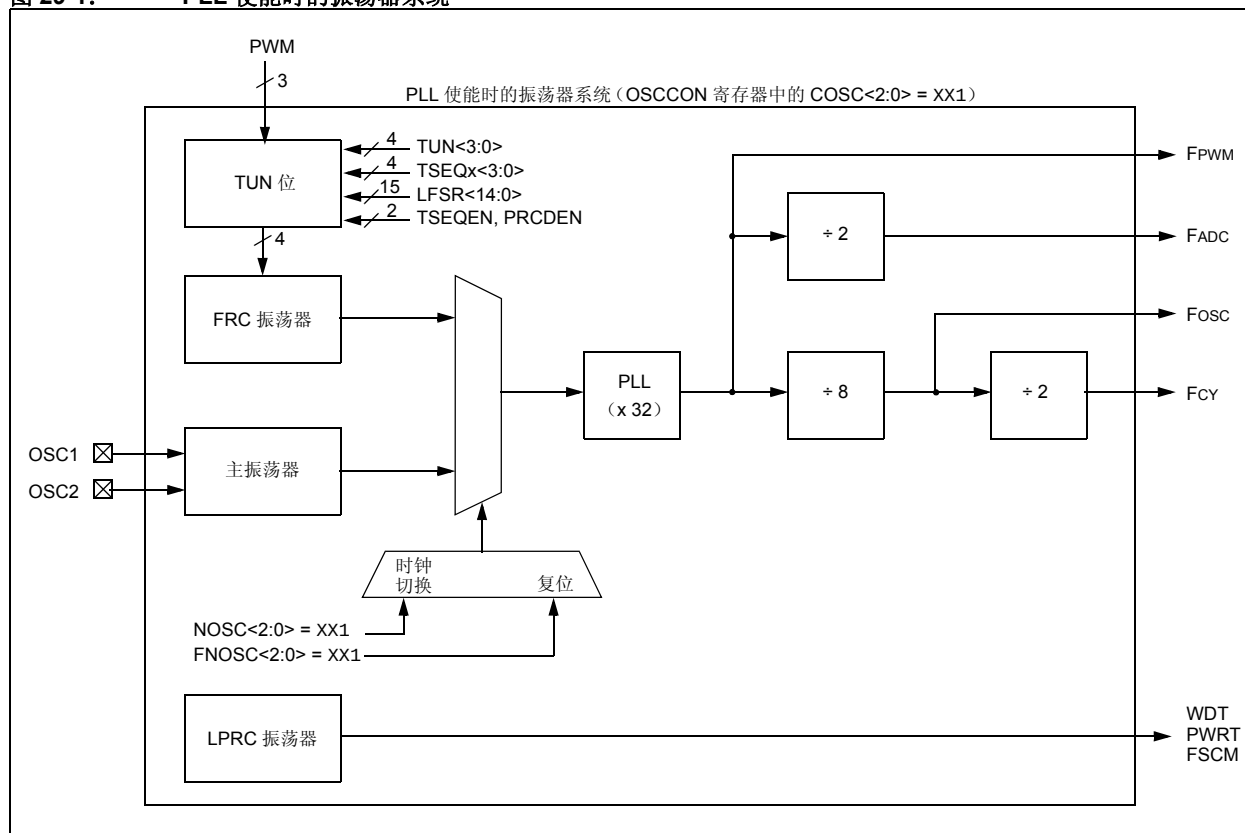
本章说明 dsPIC30F SMPS 器件的振荡器系统的操作。

dsPIC30F SMPS 振荡器系统具有以下特性：

- 外部和内部振荡器
- 片上锁相环（Phase Lock Loop，PLL），可基于内部和外部振荡器源升高内部工作频率
- 在各种时钟源之间进行动态时钟切换
- 故障保护时钟监视器（Fail-Safe Clock Monitor，FSCM），可检测时钟故障，并允许安全地恢复或关闭应用
- 非易失性配置位
- 在工业级和扩展级温度范围下工作（第 29.11 节“工业级和扩展级温度范围器件之间的区别”中说明了一些例外）

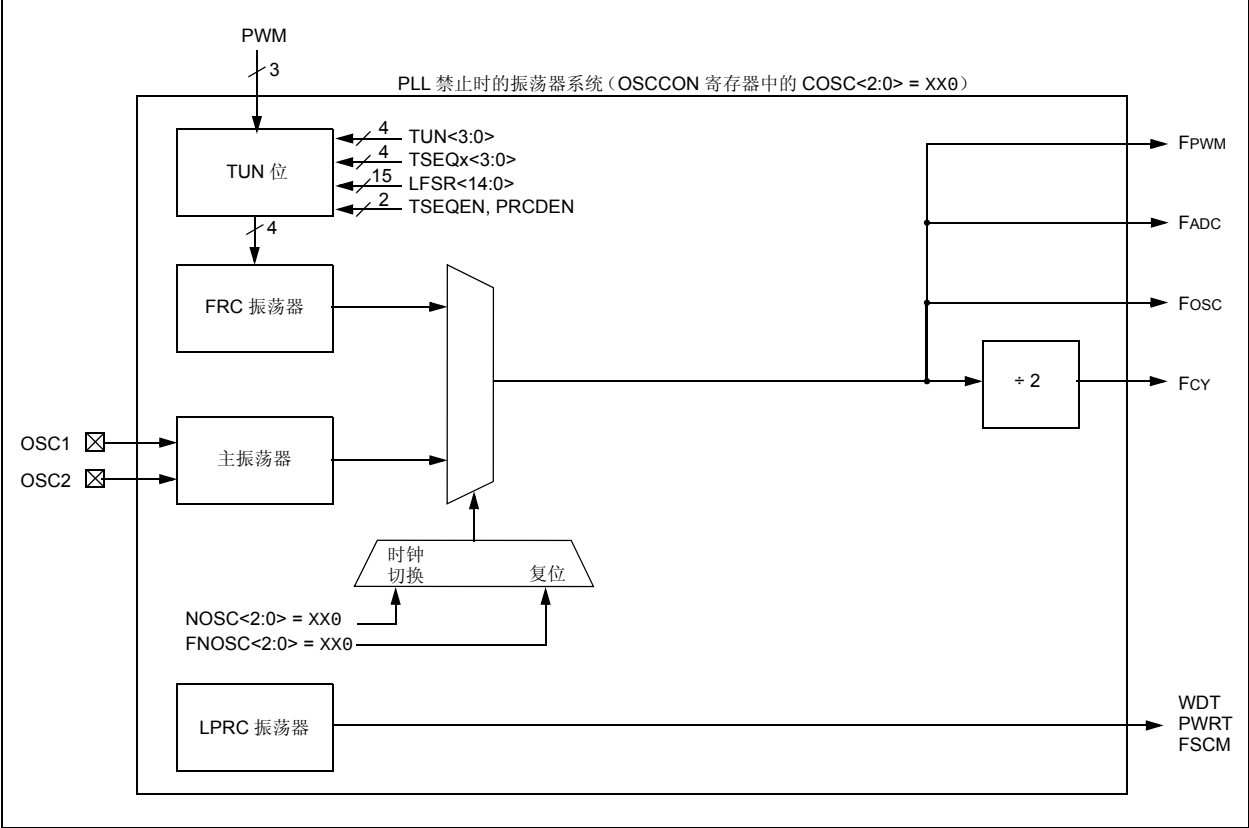
图 29-1 和图 29-2 分别给出了 dsPIC30F SMPS 振荡器系统在 PLL 使能和 PLL 禁止时的框图。

图 29-1: PLL 使能时的振荡器系统



举例来说，如果选择了 FRC 振荡器，其频率为 14.55 MHz，则 PLL 的输入将为 15 MHz（TUN<3:0> = 0x7，请参见第 29.6.2 节“FRC 调节和抖动”）。PLL 的输出驱动 PWM 模块（FPWM）。PLL 输出信号进行二分频以产生 ADC 时钟（FADC）。其他分频比用于产生 30 MHz/30 MIPS 的指令时钟（经八分频和二分频得到的 Fcy）和 60 MHz 的系统时钟（经八分频得到的 Fosc）。

图 29-2: PLL 禁止时的振荡器系统



29.2 CPU 时钟分配

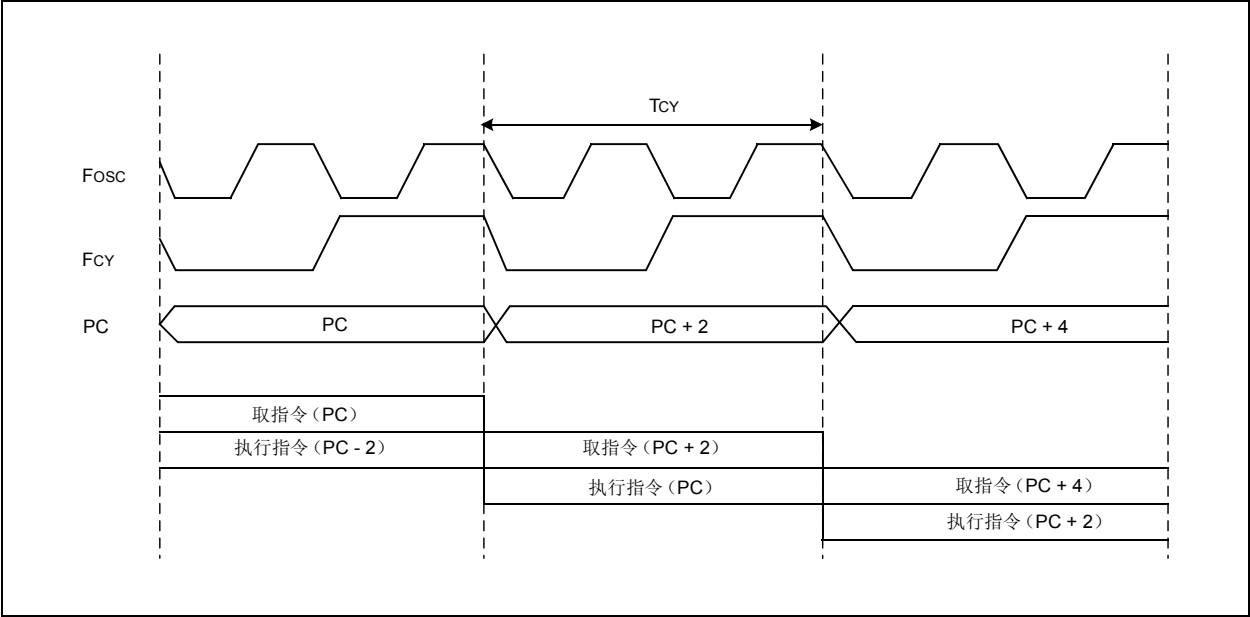
系统时钟（Fosc）源可由以下选项之一提供：

- OSC1 和 OSC2 引脚上的主振荡器（Posc）
- 内部快速 RC 振荡器（Fast RC Oscillator, FRC）
- 带 PLL 的主振荡器
- 带 PLL 的内部快速 RC 振荡器

对系统时钟源进行二分频以产生内部指令周期时钟。在本文档中，指令周期时钟表示为 Fcy。图 29-3 中的时序图给出了系统时钟（Fosc）、指令周期时钟（Fcy）以及程序计数器（Program Counter, PC）之间的关系。

如果未选择HS模式作为时钟源，则Fcy可以在OSC2 I/O引脚上输出（见第29.5节“主振荡器”）。

图 29-3: 时钟 / 指令周期时序



29.3 振荡器配置寄存器

表 29-1 列出了在上电复位（Power-on Reset, POR）时选择器件振荡器源和工作模式的配置设置。配置位包含在以下寄存器中：

FOSCSEL：振荡器源选择寄存器

FOSC：振荡器配置寄存器

配置寄存器位于程序存储空间中。这些寄存器不是特殊功能寄存器。它们被映射到程序存储空间中，并在进行器件编程时设定。

振荡器源选择寄存器（FOSCSEL）中的 FNOSC<2:0> 配置位决定在上电复位（POR）时使用的时钟源。此后，时钟源可以通过时钟切换在所允许的时钟源之间切换。

振荡器配置寄存器（FOSC）中的 POSCMD<1:0> 配置位用于选择主振荡器的工作模式。

FOSC 寄存器中的 OSCIOFNC 配置位用于选择 OSC2 引脚功能（HS 模式下除外）。当 OSCIOFNC 未编程（1）时，在 OSC2 引脚上输出 FCY 时钟。当 OSCIOFNC 被编程（为 0）时，OSC2 引脚成为通用 I/O 引脚。

表 29-1： 时钟选择的配置位值

| 振荡器模式                    | FNOSC<2:0> | POSCMD<1:0> |
|--------------------------|------------|-------------|
| 快速 RC 振荡器（FRC）           | 000        | xx          |
| 带 PLL 的快速 RC 振荡器（FRCPLL） | 001        | xx          |
| 主振荡器（EC）                 | 010        | 00          |
| 主振荡器（HS）                 | 010        | 10          |
| 带 PLL 的主振荡器（ECPLL）       | 011        | 00          |
| 带 PLL 的主振荡器（HSPLL）       | 011        | 10          |

寄存器 29-1: FOSCSEL: 振荡器源选择寄存器

|        |     |     |     |        |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|
| 高字节:   |     |     |     |        |     |     |     |
| U-0    | U-0 | U-0 | U-0 | U-0    | U-0 | U-0 | U-0 |
| —      | —   | —   | —   | —      | —   | —   | —   |
| bit 23 |     |     |     | bit 16 |     |     |     |

|        |     |     |     |       |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| 中间字节:  |     |     |     |       |     |     |     |
| U-0    | U-0 | U-0 | U-0 | U-0   | U-0 | U-0 | U-0 |
| —      | —   | —   | —   | —     | —   | —   | —   |
| bit 15 |     |     |     | bit 8 |     |     |     |

|       |     |     |     |     |            |     |     |  |
|-------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|--|
| 低字节:  |     |     |     |     |            |     |     |  |
| U-0   | U-0 | U-0 | U-0 | U-0 | R-P        | R-P | R-P |  |
| —     | —   | —   | —   | —   | FNOSC<2:0> |     |     |  |
| bit 7 |     |     |     |     | bit 0      |     |     |  |

bit 23-3 未实现: 读为 0

bit 2-0 **FNOSC<2:0>**: 初始振荡器源选择位  
000 = 快速 RC 振荡器 (FRC)  
001 = 带 PLL 的快速 RC 振荡器 (FRCPLL)  
010 = 主振荡器 (HS 和 EC)  
011 = 带 PLL 的主振荡器 (HSPLL 和 ECPLL)  
100 = 保留  
101 = 保留  
110 = 保留  
111 = 保留

|              |          |                  |        |
|--------------|----------|------------------|--------|
| 图注:          |          |                  |        |
| R = 可读位      | P = 可编程位 | U = 未用位, 编程为逻辑 1 |        |
| -n = POR 时的值 | 1 = 置 1  | 0 = 清零           | x = 未知 |

寄存器 29-2: FOSC: 振荡器配置寄存器

|        |     |     |     |        |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|
| 高字节:   |     |     |     |        |     |     |     |
| U-0    | U-0 | U-0 | U-0 | U-0    | U-0 | U-0 | U-0 |
| —      | —   | —   | —   | —      | —   | —   | —   |
| bit 23 |     |     |     | bit 16 |     |     |     |

|        |     |     |     |       |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| 中间字节:  |     |     |     |       |     |     |     |
| U-0    | U-0 | U-0 | U-0 | U-0   | U-0 | U-0 | U-0 |
| —      | —   | —   | —   | —     | —   | —   | —   |
| bit 15 |     |     |     | bit 8 |     |     |     |

|            |     |        |       |     |          |             |     |
|------------|-----|--------|-------|-----|----------|-------------|-----|
| 低字节:       |     |        |       |     |          |             |     |
| R-P        | R-P | R-P    | U-0   | U-0 | R-P      | R-P         | R-P |
| FCKSM<1:0> |     | FRANGE | —     | —   | OSCIOFNC | POSCMD<1:0> |     |
| bit 7      |     |        | bit 0 |     |          |             |     |

- bit 23-8 未实现: 读为 0
- bit 7-6 **FCKSM<1:0>**: 时钟切换和监视器选择配置位  
1x = 禁止时钟切换, 禁止故障保护时钟监视器  
01 = 使能时钟切换, 禁止故障保护时钟监视器  
00 = 使能时钟切换, 使能故障保护时钟监视器
- bit 5 **FRANGE**: FRC 和 PLL 的频率范围选择位  
类似于“变速换挡”功能, 使 dsPIC30F SMPS 器件可以在降低供电电压 (3.3V)、降低 MIPS 情况下工作

| FRANGE 位值 | 温度等级 | FRC 频率 (标称值) |
|-----------|------|--------------|
| 1 = 高频范围  | 工业级  | 14.55 MHz    |
|           | 扩展级  | 9.7 MHz      |
| 0 = 低频范围  | 工业级  | 9.7 MHz      |
|           | 扩展级  | 6.4 MHz      |

- bit 4-3 未实现: 读为 0
- bit 2 **OSCIOFNC**: OSC2 引脚 I/O 使能位  
1 = OSC2 引脚的 CLKO 输出信号有效  
0 = 禁止 CLKO 输出
- bit 1-0 **POSCMD<1:0>**: 主振荡器模式  
11 = 禁止主振荡器  
10 = 选择 HS 振荡器模式  
01 = 保留  
00 = 选择 EC 外部时钟模式

|              |          |                  |        |
|--------------|----------|------------------|--------|
| 图注:          |          |                  |        |
| R = 可读位      | P = 可编程位 | U = 未用位, 编程为逻辑 1 |        |
| -n = POR 时的值 | 1 = 置 1  | 0 = 清零           | x = 未知 |

## 29.4 特殊功能寄存器

以下特殊功能寄存器提供振荡器系统的运行时控制和状态：

- **OSCCON: 振荡器控制寄存器**

振荡器控制寄存器（OSCCON）控制时钟切换，并提供用于监视当前时钟源、PLL 锁定和时钟故障条件的状态信息。

- **OSCTUN: FRC 振荡器调节寄存器**

FRC 振荡器调节寄存器（OSCTUN）用于在软件中调节内部 FRC 振荡器频率。更多详细信息，请参见第 29.6.2 节“FRC 调节和抖动”。

- **OSCTUN2: FRC 振荡器调节寄存器 2**

FRC 振荡器调节寄存器 2（OSCTUN2）是 OSCTUN 寄存器的延续，提供额外的 4 位调节值，用于在软件中调节内部 FRC 振荡器频率。更多详细信息，请参见第 29.6.2 节“FRC 调节和抖动”。

- **LFSR: 线性反馈移位寄存器**

线性反馈移位寄存器（Linear Feedback Shift Register, LFSR）为伪随机数生成算法提供一个种子数值。更多详细信息，请参见第 29.6.2 节“FRC 调节和抖动”。

|                                                              |
|--------------------------------------------------------------|
| <b>注：</b> 振荡器特殊功能寄存器（OSCCON、OSCTUN 和 OSCTUN2）仅在上电复位（POR）时复位。 |
|--------------------------------------------------------------|

寄存器 29-3: OSCCON: 振荡器控制寄存器

|        |           |     |     |       |           |       |       |
|--------|-----------|-----|-----|-------|-----------|-------|-------|
| 高字节:   |           |     |     |       |           |       |       |
| U-0    | R-y       | R-y | R-y | U-0   | R/W-y     | R/W-y | R/W-y |
| —      | COSC<2:0> |     |     | —     | NOSC<2:0> |       |       |
| bit 15 |           |     |     | bit 8 |           |       |       |

|         |     |             |        |               |        |     |           |
|---------|-----|-------------|--------|---------------|--------|-----|-----------|
| 低字节:    |     |             |        |               |        |     |           |
| R/W-0   | U-0 | R-0, HS, HC | R/W-0  | R/C-0, HS, HC | R/W-0  | U-0 | R/W-0, HC |
| CLKLOCK | —   | LOCK        | PRCDEN | CF            | TSEQEN | —   | OSWEN     |
| bit 7   |     |             |        | bit 0         |        |     |           |

bit 15 未实现: 读为 0

bit 14-12 **COSC<2:0>**: 当前振荡器选择位 (只读)

- 000 = 快速 RC 振荡器 (FRC)
- 001 = 带 PLL 模块的快速 RC 振荡器 (FRCPLL)
- 010 = 主振荡器 (HS 和 EC)
- 011 = 带 PLL 模块的主振荡器 (HSPLL 和 ECPLL)
- 100 = 保留
- 101 = 保留
- 110 = 保留
- 111 = 保留

- 注 1: 在 POR 或 BOR 时, 这些位中装入 FNOSC<2:0> 的值。  
 2: 如果 FSCM 检测到故障并切换到 FRC, 则这些位设置为 000。  
 3: 在成功完成时钟切换时, 这些位中装入 NOSC<2:0> 的值。

bit 11 未实现: 读为 0

bit 10-8 **NOSC<2:0>**: 新振荡器选择位

- 000 = 快速 RC 振荡器 (FRC)
- 001 = 带 PLL 模块的快速 RC 振荡器 (FRCPLL)
- 010 = 主振荡器 (HS 和 EC)
- 011 = 带 PLL 模块的主振荡器 (HSPLL 和 ECPLL)
- 100 = 保留
- 101 = 保留
- 110 = 保留
- 111 = 保留

bit 7 **CLKLOCK**: 时钟锁定使能位

- 1 = 如果 (FCKSM1 = 1), 那么时钟和 PLL 配置被锁定
- 如果 (FCKSM1 = 0), 那么时钟和 PLL 配置可以被修改
- 0 = 时钟和 PLL 选择未被锁定, 配置可以被修改

注: 置 1 之后, 该位只能通过复位来清零。

bit 6 未实现: 读为 0

bit 5 **LOCK**: PLL 锁定状态位 (只读)

- 1 = 指示 PLL 已锁定
- 0 = 指示 PLL 未锁定 (或已禁止)

bit 4 **PRCDEN**: 伪随机时钟抖动使能位

- 1 = 使能伪随机时钟抖动
- 0 = 禁止伪随机时钟抖动

bit 3 **CF**: 时钟故障检测位 (由应用程序读 / 清零)

- 1 = FSCM 检测到时钟故障
- 0 = FSCM 未检测到时钟故障

bit 2 **TSEQEN**: FRC 调节排序器使能位

- 1 = OSCTUN 和 OSCTUN2 寄存器中的 TUN<3:0>、TSEQ1<3:0>、...、TSEQ7<3:0> 位按顺序调节 FRC 振荡器
- 0 = OSCTUN 寄存器中的 TUN<3:0> 位调节 FRC 振荡器

寄存器 29-3: OSCCON: 振荡器控制寄存器 (续)

- bit 1 未实现: 读为 0
- bit 0 OSWEN: 振荡器切换使能位
- 1 = 请求切换到由 NOSC<2:0> 位指定的振荡器
- 0 = 振荡器切换完成

注: 该寄存器受写保护, 必须先解锁, 然后才能写入。更多详细信息, 请参见第 29.6.2 节 “FRC 调节和抖动” 和第 29.10.2 节 “时钟切换过程”。

|              |                |                          |             |
|--------------|----------------|--------------------------|-------------|
| 图注:          | U = 未实现位, 读为 0 | y = 取决于 FOSCSEL<FNOSC> 位 |             |
| R = 可读位      | W = 可写位        | C = 只可清零位                | S = 只可置 1 位 |
| -n = POR 时的值 | 1 = 置 1        | 0 = 清零                   | x = 未知      |

寄存器 29-4: OSCTUN: FRC 振荡器调节寄存器

|            |       |       |       |            |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 高字节:       |       |       |       |            |       |       |       |
| R/W-0      | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0      | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| TSEQ3<3:0> |       |       |       | TSEQ2<3:0> |       |       |       |
| bit 15     |       |       |       | bit 8      |       |       |       |

|            |       |       |       |          |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| 低字节:       |       |       |       |          |       |       |       |
| R/W-0      | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0    | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| TSEQ1<3:0> |       |       |       | TUN<3:0> |       |       |       |
| bit 7      |       |       |       | bit 0    |       |       |       |

- bit 15-12 **TSEQ3<3:0>**: 调节序列值 3 位
- bit 11-8 **TSEQ2<3:0>**: 调节序列值 2 位
- bit 7-4 **TSEQ1<3:0>**: 调节序列值 1 位
- bit 3-0 **TUN<3:0>**: FRC 振荡器调节位
- 0111 = 最高频率
- 0110 =
- 0101 =
- 0100 =
- 0011 =
- 0010 =
- 0001 =
- 0000 = 中心频率, 振荡器以校准频率运行
- 1111 =
- 1110 =
- 1101 =
- 1100 =
- 1011 =
- 1010 =
- 1001 =
- 1000 = 最低频率

|              |         |                |        |
|--------------|---------|----------------|--------|
| 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 |

# dsPIC30F 系列参考手册

寄存器 29-5: OSCTUN2: FRC 振荡器调节寄存器 2

|            |       |       |       |            |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 高字节:       |       |       |       |            |       |       |       |
| R/W-0      | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0      | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| TSEQ7<3:0> |       |       |       | TSEQ6<3:0> |       |       |       |
| bit 15     |       |       |       | bit 8      |       |       |       |

|            |       |       |       |            |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 低字节:       |       |       |       |            |       |       |       |
| R/W-0      | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0      | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| TSEQ5<3:0> |       |       |       | TSEQ4<3:0> |       |       |       |
| bit 7      |       |       |       | bit 0      |       |       |       |

bit 15-12 **TSEQ7<3:0>**: 调节序列值 7 位

bit 11-8 **TSEQ6<3:0>**: 调节序列值 6 位

bit 7-4 **TSEQ5<3:0>**: 调节序列值 5 位

bit 3-0 **TSEQ4<3:0>**: 调节序列值 4 位

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

寄存器 29-6: LFSR: 线性反馈移位寄存器

|        |            |       |       |       |       |       |       |
|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 高字节:   |            |       |       |       |       |       |       |
| R/W-0  | R/W-0      | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| —      | LFSR<14:8> |       |       |       |       |       |       |
| bit 15 |            |       |       | bit 8 |       |       |       |

|           |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 低字节:      |       |       |       |       |       |       |       |
| R/W-0     | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| LFSR<7:0> |       |       |       |       |       |       |       |
| bit 7     |       |       |       | bit 0 |       |       |       |

bit 15 **未实现**: 读为 0

bit 14-8 **LFSR<14:0>**: 伪随机 FRC 微调值位的高 7 位

bit 7-0 **LFSR<7:0>**: 伪随机 FRC 微调值位的低 8 位

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

29.5 主振荡器

dsPIC30F SMPS 器件系列在 OSC1 和 OSC2 引脚上提供了主振荡器。这种连接方式使得可以使用外部晶振（或陶瓷谐振器）来为器件提供时钟。可选择与内部PLL 配合使用将系统频率（Fosc）升至 60 MHz，产生 30 MIPS 的指令执行速度。主振荡器提供了两种工作模式。

• 高速振荡器（HS）模式

HS 模式是高增益、高频率模式，用于使用 6 至 15 MHz 的晶振频率工作。

• 外部时钟源工作（EC）模式

如果不使用片上振荡器，EC 模式可以将内部振荡器旁路。器件时钟由外部源（6 至 15 MHz）产生，并在 OSC1 引脚输入。

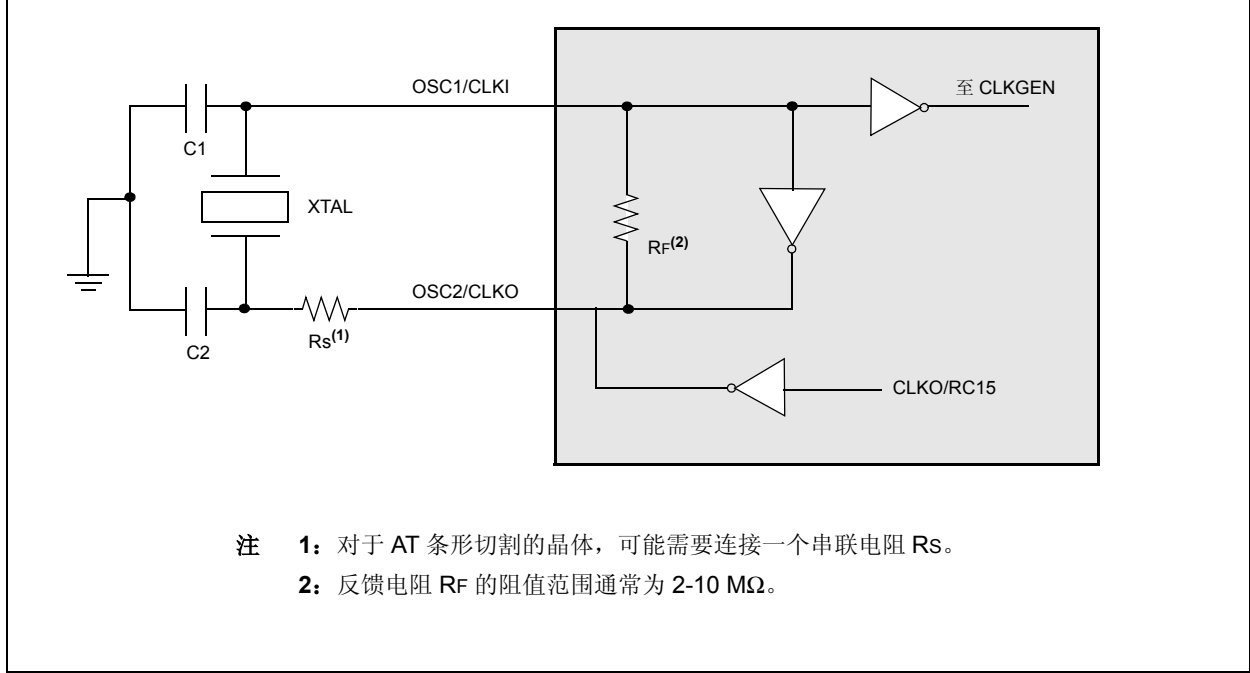
振荡器源选择寄存器（FOSCSEL）中的 FNOSC<2:0> 配置位指定上电复位时的主振荡器时钟源。振荡器配置寄存器（FOSC）中的 POSCMD<1:0> 配置位指定主振荡器模式。表 29-2 给出了由特定位配置选择的选项，这些配置在进行器件编程时设定。

表 29-2: 主振荡器的时钟源选项

| FNOSC 值 | POSCMD | 主振荡器源 / 模式                |
|---------|--------|---------------------------|
| 010     | 00     | 主振荡器：外部时钟模式（EC）           |
| 010     | 10     | 主振荡器：高频模式（HS）             |
| 011     | 00     | 带 PLL 的主振荡器：外部时钟模式（ECPLL） |
| 011     | 10     | 带 PLL 的主振荡器：高频模式（HSPLL）   |

图 29-4 给出了 dsPIC30F SMPS 器件的晶振建议配置的电路图。电容 C1 和 C2 构成晶振的负载电容。给定晶振的最佳负载电容（CL）由晶振制造商指定。负载电容可以按照公式 29-1 中所示方式计算。

图 29-4: 主振荡器



公式 29-1: 晶振负载电容

$$C_L = C_S + \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Cs 是杂散电容。  
假定 C1 = C2，公式 29-2 给出了对于给定负载和杂散电容的电容值（C1 和 C2）。

公式 29-2: 晶振的外部电容

$$C_1 = C_2 = 2 \times (C_L - C_S)$$

关于晶振及其操作的更多信息，请参见第 29.13 节“相关应用笔记”。

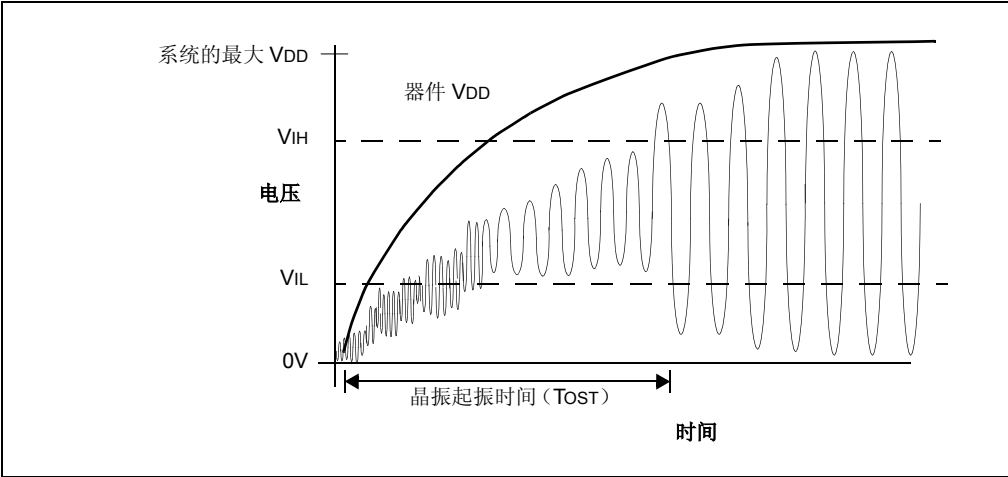
29.5.1 振荡器起振时间

当器件电压从 Vss 上升时，振荡器将开始振荡。振荡器开始振荡所需时间取决于许多因素，包括：

- 晶振 / 谐振器频率
- 所使用的电容值（图 29-4 中的 C1 和 C2）
- 器件 VDD 上升时间
- 系统温度
- 串联电阻的阻值和类型（如使用）（图 29-4 中的 Rs）
- 为器件选择的振荡器模式（选择内部振荡器反相器的增益）
- 晶振品质
- 振荡器电路布线
- 系统噪声

图 29-5 给出了典型振荡器 / 谐振器起振图。

图 29-5: 振荡器 / 谐振器起振特性示例

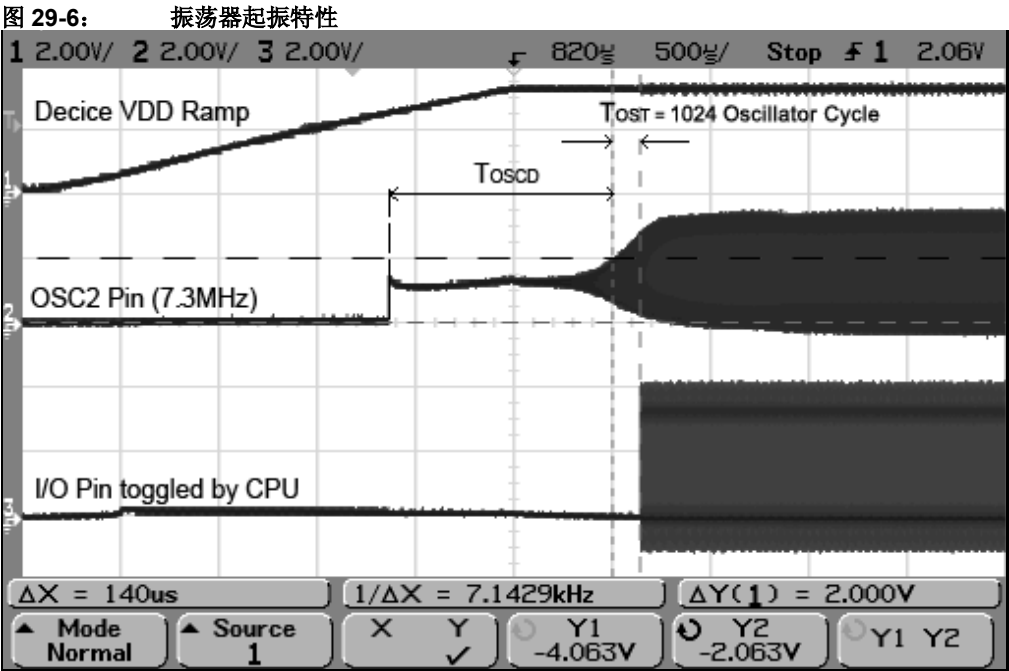


为了确保晶振（或陶瓷谐振器）已起振并稳定，随主振荡器（Posc）提供了一个振荡器起振定时器（Oscillator Start-up Timer, OST）。OST 是一个简单的 10 位计数器，在将振荡器时钟释放给系统的其他部分之前计数 1024 个周期。该超时周期表示为 TOST。

振荡器信号的振幅必须达到振荡器引脚的 VIL 和 VIH 门限值，之后 OST 才可以开始对周期进行计数。每次振荡器重新启动（即，在 POR、BOR 和从休眠模式唤醒）时，都需要等待时长为 TOST 的时间间隔。

使能主振荡器之后，需要一定时间之后才会开始振荡。该延时表示为  $T_{OSCD}$ 。在  $T_{OSCD}$  之后，OST 定时器需要经过 1024 个时钟周期 ( $T_{OST}$ ) 才会释放时钟。时钟准备就绪所需的总延时为  $T_{OSCD} + T_{OST}$ 。如果使用了 PLL，则另外还需要一个延时，以便 PLL 锁定（见第 29.7 节“锁相环 (PLL)”）。

图 29-6 中例举了主振荡器的起振行为：在  $T_{OSCD} + T_{OST}$  时间间隔之后，CPU 在它开始执行时开始翻转 I/O 引脚信号。



29.5.2 主振荡器引脚功能

当不使用主振荡器时，主振荡器引脚（OSC1/OSC2）可以用于其他功能。OSC1 引脚功能由振荡器配置寄存器中的配置位 POSCMD<1:0>（FOSC<1:0>）决定。OSC2 引脚功能由振荡器配置寄存器（FOSC）中的 POSCMD<1:0> 和 OSCIOFNC 配置位共同决定。

POSCMD: 主振荡器模式选择位

- 11 = 禁止主振荡器
- 10 = 选择 HS 振荡器模式
- 00 = 选择外部时钟模式

OSCIOFNC: OSC2 引脚功能位（HS 模式除外）

- 1 = OSC2 是时钟输出，在 OSC2 引脚上输出指令周期（Fcy）时钟（见图 29-7）
- 0 = OSC2 是通用数字 I/O 引脚（见图 29-8）

表 29-3 给出了振荡器引脚功能。

表 29-3: 时钟引脚功能选择

| 振荡器源   | OSCIOFNC 值 | POSCMD<1:0> 值 | OSC1 <sup>(1)</sup> 引脚功能 | OSC2 <sup>(2)</sup> 引脚功能 |
|--------|------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
| 禁止主振荡器 | 1          | 11            | 数字 I/O                   | 时钟输出 (Fcy)               |
| 禁止主振荡器 | 0          | 11            | 数字 I/O                   | 数字 I/O                   |
| HS     | X          | 10            | OSC1                     | OSC2                     |
| EC     | 1          | 00            | OSC1                     | 时钟输出 (Fcy)               |
| EC     | 0          | 00            | OSC1                     | 数字 I/O                   |

注 1: OSC1 引脚功能由主振荡器模式配置位 (POSCMOD<1:0>) 决定。  
2: OSC2 引脚功能由主振荡器模式配置位 (POSCMOD<1:0>) 和 OSC2 引脚功能配置位 (OSCIOFNC) 决定。

图 29-7: OSC2 引脚配置为时钟输出 (处于 EC 模式)

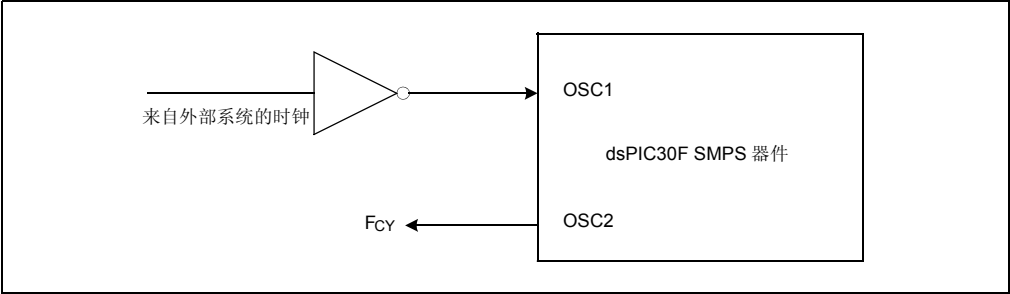
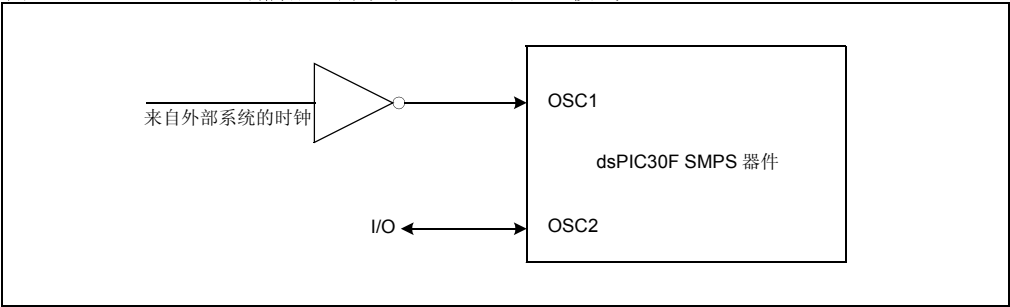


图 29-8: OSC2 引脚配置为数字 I/O (处于 EC 模式)



29.6 内部快速 RC（FRC）振荡器

内部快速 RC（FRC）振荡器提供标称值为 9.7 或 14.55 MHz（精度 < ±2%）的时钟，无需使用外部晶振或陶瓷谐振器。FRC 振荡器选项具有足够的精度，以提供维持串行数据传输的波特率容差所需的时钟频率。

注： FRC 标称频率对于工业级温度和扩展级温度 dsPIC30F SMPS 器件有所不同。请参见第 29.11 节“工业级和扩展级温度范围器件之间的区别”。

内部 FRC 振荡器可瞬时起振。不同于晶振，内部 FRC 可以立即开始振荡，而前者需要若干毫秒才可以开始振荡。

振荡器源选择寄存器中的初始振荡器源选择配置位 FNOSC<2:0>（FOSCSEL<2:0>）用于选择 FRC 时钟源。下面的表 29-4 中给出了在上电复位时可用的 FRC 时钟源选项。这些配置位在进行器件编程时设定。

表 29-4: FRC 时钟源选项

| FNOSC<2:0> 值 | 主振荡器源 / 模式              |
|--------------|-------------------------|
| 000          | FRC 振荡器（FRC）            |
| 001          | 带 PLL 的 FRC 振荡器（FRCPLL） |

29.6.1 频率范围选择

FRC 模块具有“变速换挡”控制信号，用于选择“低频范围”（9.7 MHz）或“高频范围”（14.55 MHz）工作频率。该功能使 dsPIC30F SMPS 器件可以在 3.3V 或 5.0V 电压下，以 20 或 30 MIPS 的指令速度工作，并保持在系统规范范围内。

使用 5.0V 供电电压时，如果将振荡器配置（FOSC）寄存器中的频率范围选择位（FRANGE）设置为 1，则 FRC 的工作频率配置为 14.55 MHz。

使用 3.3V 供电电压时，设置 FRANGE = 1 是无效操作，必须避免。

对于 3.3V 和 5.0V 供电电压，设置 FRANGE = 0 时，FRC 工作频率配置为 9.7 MHz。

29.6.2 FRC 调节和抖动

应用软件可以使用 FRC 振荡器调节寄存器（OSCTUN）和 FRC 振荡器调节寄存器 2（OSCTUN2）中的 TUN<3:0> 或 TSEQx<3:0> 位来调节内部快速 RC（FRC）的频率，调节范围为标称频率值的 +3% 至 -3%。对于特定器件，在不同温度和电压下，FRC 振荡器的标称或调节频率预期会保持在调节值的 ±2% 范围内。表 29-5 例举了对于 14.55 MHz 配置，调节位是如何影响 FRC 频率的。

表 29-5: 调节位对 14.55 MHz 的 FRC 频率的影响

| 调节位 (TUN<3:0><br>或 TSEQx<3:0>) | FRC 输出 (1)                    |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 0111                           | 14.55 MHz + 3% = 15 MHz       |
| 0110                           | 14.55 MHz + 2.57%             |
| 0101                           | 14.55 MHz + 2.14%             |
| 0100                           | 14.55 MHz + 1.71%             |
| 0011                           | 14.55 MHz + 1.29%             |
| 0010                           | 14.55 MHz + 0.86%             |
| 0001                           | 14.55 MHz + 0.43%             |
| 0000                           | 14.55 MHz (中心频率, FRC 以校准频率运行) |
| 1111                           | 14.55 MHz - 0.375%            |
| 1110                           | 14.55 MHz - 0.75%             |
| 1101                           | 14.55 MHz - 1.125%            |
| 1100                           | 14.55 MHz - 1.5%              |
| 1011                           | 14.55 MHz - 1.875%            |
| 1010                           | 14.55 MHz - 2.25%             |
| 1001                           | 14.55 MHz - 2.625%            |
| 1000                           | 14.55 MHz - 3% = 14.1 MHz     |

**注 1:** FRC 标称频率对于工业级温度和扩展级温度 dsPIC30F SMPS 器件有所不同。更多信息, 请参见第 29.11 节 “工业级和扩展级温度范围器件之间的区别”。

要最大程度地降低 EMI 辐射, 可以使用 FRC 调节功能通过随机或用户定义的模式来抖动 (改变) FRC 频率。振荡器控制寄存器 (OSCCON) 中的 FRC 调节排序器使能位 (TSEQEN) 和伪随机时钟抖动使能位 (PRCDEN) 控制 FRC 是进行抖动 (如果进行抖动, 则还控制抖动的类型) 还是调节为单一频率。表 29-6 对该功能进行了总结。

表 29-6: FRC 调节功能

| PRCDEN | TSEQEN | FRC 行为                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0      | 0      | FRC 调节基于由 TUN<3:0> 位 (OSCTUN<3:0>) 指定的 4 位数值, 如表 29-5 中所示。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 0      | 1      | <p>在每第 8 个 PWM 周期, 振荡器系统会从以下调节位组合序列中选择一个 4 位数值:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• TUN&lt;3:0&gt;</li><li>• TSEQ1&lt;3:0&gt;</li><li>• TSEQ2&lt;3:0&gt;</li><li>• TSEQ3&lt;3:0&gt;</li><li>• TSEQ4&lt;3:0&gt;</li><li>• TSEQ5&lt;3:0&gt;</li><li>• TSEQ6&lt;3:0&gt;</li><li>• TSEQ7&lt;3:0&gt;</li></ul> <p>选择 4 位数值之后, FRC 基于该值重新调节为新的频率, 如表 29-5 中所示。例如, TUN&lt;3:0&gt; 的值在初始时用于调节 FRC 频率。16 <math>\mu</math>s (如果 PWM 周期设置为 2 <math>\mu</math>s) 之后, FRC 基于由 TSEQ1&lt;3:0&gt; 指定的值重新调节为新的频率。</p> |
| 1      | X      | <p>振荡器系统基于伪随机数生成算法来生成 4 位数值 (0x0-0xF)。然后使用该值来调节 FRC, 如表 29-5 中所示。伪随机数在每第 8 个 PWM 周期重新生成 (并重新调节 FRC)。例如, 如果用户指定 PWM 周期为 2 <math>\mu</math>s, 则 FRC 每隔 16 <math>\mu</math>s 重新调节为新的频率。</p> <p>或者, 用户应用程序可以使用线性反馈移位寄存器 (LFSR) 来为伪随机数生成算法提供种子数值。</p>                                                                                                                                                                                                                                                             |

要更改 OSCCON 寄存器中的 PRCDEN 和 TSEQEN 位, 用户应用程序必须首先对 OSCCON 寄存器低字节执行解锁序列, 方法是在连续的指令中执行以下指令序列:

1. 将 0x46 写入 OSCCON<7:0>
2. 将 0x57 写入 OSCCON<7:0>
3. 在紧随的指令中, 将新值写入 PRCDEN 和 TSEQEN 位。

MPLAB C30 编译器提供了用于该用途的内建 C 语言原语, 用以简化该解锁序列。例 29-1 中设置了 dsPIC30F SMPS 振荡器调节位, 并使能顺序调节 / 抖动。它使用了 MPLAB C30 编译器的内建函数来解锁 OSCCON 寄存器。

## 例 29-1: 顺序抖动

```
#include "p30f2020.h"

/* Configuration Bit Settings */
_FOSCSEL(FRC_PLL)
_FOSC(CSW_FSCM_OFF & FRC_HI_RANGE & OSC2_CLK0)
_FPOR(PWRT_128)
_FGS(CODE_PROT_OFF)
_FBS(BSS_NO_FLASH)

int main()
{
    //~----- FRC Dither Configuration -----~

    __builtin_write_OSCCONL(4);           // Built-in function to unlock OSCCON register
                                           // Writing 0x0004 sets the TSEQEN bit
                                           // to enable FRC tune sequencer

    // FRC will tune to one of the following every 8 PWM cycles
    OSCTUNbits.TUN = 8;                   // Minimum frequency
    OSCTUNbits.TSEQ1 = 10;
    OSCTUNbits.TSEQ2 = 12;
    OSCTUNbits.TSEQ3 = 14;
    OSCTUN2bits.TSEQ4 = 1;
    OSCTUN2bits.TSEQ5 = 3;
    OSCTUN2bits.TSEQ6 = 5;
    OSCTUN2bits.TSEQ7 = 7;               // Maximum frequency

    //~-----End FRC Dither Configuration -----~

    //~----- PWM Configuration -----~

    PTPER = 9520;                        // PWM period of 10 usec

    PDC1 = 4761;                          // PWM1 pulse width of 5 usec
    PDC2 = 2380;                          // PWM2 pulse width of 2.5 usec

    DTR1 = 64;                            // 67.2 nsec dead time
    DTR2 = 64;                            // 67.2 nsec dead time

    ALTDTR1 = 64;                         // 67.2 nsec dead time
    ALTDTR2 = 64;                         // 67.2 nsec dead time

    IOCON1bits.PENH = 1;                  // PWM1 outputs controlled by PWM
    IOCON1bits.PENL = 1;                  // module

    IOCON2bits.PENH = 1;                  // PWM2 outputs controlled by PWM
    IOCON2bits.PENL = 1;                  // module

    PTCONbits.PTEN = 1;                   // Turn ON PWM module
    //~----- End PWM Configuration -----~

    while(1);                             // Infinite loop
}
```

## 29.7 锁相环 (PLL)

主振荡器和内部 FRC 振荡器源能有选择地使用片上 PLL 来达到更高的工作速度。PLL 不需要任何特殊配置，并预先配置为对输入频率进行 32 倍频。

PLL 需要一定的时间 (TLOCK) 来进行同步。在上电复位时，或在时钟切换操作期间选择 PLL 作为时钟源时，会应用 TLOCK。TLOCK 的值是相对于时钟开始可用于 PLL 输入的时间而言的。例如，使用主振荡器时，TLOCK 在 OST 延时之后开始。详细信息，请参见第 29.5.1 节“振荡器起振时间”。

振荡器控制寄存器中的 PLL 锁定状态位 LOCK (OSCCON<5>) 是只读状态位，用于指示 PLL 的锁定状态。当 PLL 被选作目标时钟源时，LOCK 位在上电复位和时钟切换操作时被清零。当选择任何不使用 PLL 的时钟源时，它保持清零。当发生使能 PLL 的时钟切换事件后，在执行其他代码之前，先等待 LOCK 位置 1 是一种好的做法。例 29-2 给出了一个代码示例。

### 例 29-2: 等待 PLL 锁定

```
while(OSCCONbits.LOCK!=1) {};
```

## 29.8 低功耗 RC (LPRC) 振荡器

低功耗 RC (Low-Power RC, LPRC) 振荡器时钟频率的标称值为 32 kHz。LPRC 是上电延时定时器 (Power-up Timer, PWRT)、看门狗定时器 (Watch Dog Timer, WDT) 以及故障保护时钟监视器 (FSCM) 电路的时钟源。

**注：** LPRC 振荡器的时钟频率会因器件电压和工作温度而不同。具体详细信息，请参见器件数据手册中的“电气特性”。

### 29.8.1 使能 LPRC 振荡器

LPRC 振荡器是 PWRT、WDT 和 FSCM 的时钟源。

LPRC 振荡器在上电复位时由 POR 配置熔丝寄存器中的上电复位定时器值选择位 FPWRT (FPOR<2:0>) 使能。

LPRC 振荡器在以下条件下会保持使能：

- FSCM 被使能
- WDT 被使能

如果以上条件全不为真，则 LPRC 振荡器会在 PWRT 延时结束后关闭。LPRC 振荡器在休眠模式下会被关闭。

### 29.8.2 LPRC 振荡器起振延时

不同于晶振，LPRC 振荡器可以瞬时起振，而前者需要若干毫秒的时间才会开始振荡。

## 29.9 故障保护时钟监视器

故障保护时钟监视器 (FSCM) 使器件在出现振荡器故障时仍能继续工作。FSCM 功能通过在进行器件编程时, 设定振荡器配置寄存器中的时钟切换模式配置位 FCKSM<1:0> (FOSC<7:6>) 来使能。当 FSCM 被使能 (FCKSM = 00) 时, LPRC 内部振荡器将始终运行 (休眠模式期间除外)。

FSCM 监视系统时钟。如果它在特定时间段中 (通常为 2 ms) 未检测到系统时钟, 则它会产生时钟故障陷阱, 并将系统时钟切换为 FRC 振荡器。之后, 用户应用程序可以选择尝试重新启动振荡器或执行受控关闭。

在切换到 FRC 振荡器时, FSCM 模块执行以下操作:

- 当前振荡器选择位 COSC<2:0> (OSCCON<14:12>) 中装入 000 (内部 FRC)。
- 时钟故障检测位 CF (OSCCON<3>) 置 1, 以指示发生时钟故障。
- 振荡器切换使能控制位 OSWEN (OSCCON<0>) 被清零, 以取消所有待执行的时钟切换。

**注:** 关于振荡器故障陷阱的更多信息, 请参见第 28 章 “中断”, 该文档可以从 Microchip 网站下载。

### 29.9.1 FSCM 延时

在发生上电复位或从休眠模式唤醒事件时, 在 FSCM 开始监视系统时钟源之前, 可插入一段标称时长的延时 (TFSCM)。FSCM 延时用于确保在未使用上电延时定时器 (PWRT) 时, 为振荡器和 / 或 PLL 提供时间来达到稳定状态。FSCM 延时在内部系统复位信号 (SYSRST) 被释放之后产生。关于 FSCM 延时时序的信息, 请参见第 8 章 “复位”, 该文档可以从 Microchip 网站下载。

当使能 FSCM, 并选择主振荡器或辅助振荡器作为系统时钟时, 将应用 FSCM 延时。

**注:** TFSCM 值请参见具体器件数据手册的 “电气特性” 部分。

### 29.9.2 FSCM 和慢速振荡器起振

如果所选择的器件振荡器在从上电复位或休眠模式退出时的起振速度很慢, 则 FSCM 延时可能会在振荡器起振之前结束。如果发生这种情况, 则 FSCM 会产生一个时钟故障陷阱。此时, OSCCON<14:12> 位中会装入 FRC 振荡器选择值, 这实际上会关闭原先尝试起振的振荡器。用户应用程序可以在陷阱服务程序中检测这种情况并启动时钟切换, 切换回所需的振荡器。

### 29.9.3 FSCM 和 WDT

FSCM 和 WDT 都使用 LPRC 振荡器作为时基。在发生时钟故障时, WDT 不受影响, 并继续使用 LPRC 运行。

29.10 时钟切换

时钟切换可由硬件事件或软件请求启动。典型的场景包括以下：

- 在上电复位时使用双速启动序列，即初始时使用内部 FRC 振荡器来进行快速启动，然后在时钟就绪时自动切换到选定的时钟源。
- 在发生时钟故障时，故障保护时钟监视器会自动切换到内部 FRC 振荡器。
- 用户应用软件通过将 OSCCON<OSWEN> 位置 1 来请求进行时钟切换，导致硬件在时钟就绪时切换到由 OSCCON<NOSC> 位选择的时钟源。

在以上每种情况中，时钟切换事件会确保执行正确的“就绪后切换”序列。也就是说，新时钟源必须就绪之后，才会禁止原时钟，在发生时钟切换时，代码必须继续执行。

在软件控制下，应用可以随时在 4 种时钟源（Posc、Sosc、FRC 和 LPRC）之间自由切换，几乎没有什么限制。为了限制这种灵活性可能带来的副作用，dsPIC30F SMPS 器件在切换过程中采用了保护锁定。即，OSCCON 寄存器在时钟切换期间受写保护。

29.10.1 使能时钟切换

振荡器配置寄存器中的时钟切换模式配置位 FCKSM<1:0>（FOSC<7:6>）必须设定为使能时钟切换，并配置故障保护时钟监视器（见表 29-7）。

表 29-7：可配置的时钟切换模式

| FCKSM<1:0> 值 | 时钟切换配置 | FSCM 配置 |
|--------------|--------|---------|
| 1x           | 禁止     | 禁止      |
| 01           | 使能     | 禁止      |
| 00           | 使能     | 使能      |

第 1 位决定是使能（0）还是禁止（1）时钟切换。第 2 位决定是使能（0）还是禁止（1）FSCM。只有在使能了时钟切换时，才可使能 FSCM。如果禁止了时钟切换（1），则第 2 位的值无关紧要。

29.10.2 时钟切换过程

时钟切换的建议过程如下：

1. 读 OSCCON<COSC> 位来确定当前的振荡器源（如果该信息对于应用程序有用）。
2. 执行解锁序列以允许写入 OSCCON 寄存器的高字节。
3. 将适当的值写入 OSCCON<NOSC> 控制位以选择新振荡器源。
4. 执行解锁序列以允许写入 OSCCON 寄存器的低字节。
5. 将 OSCCON<OSWEN> 位置 1 以启动振荡器切换。

在以上步骤完成之后，时钟切换逻辑执行以下操作：

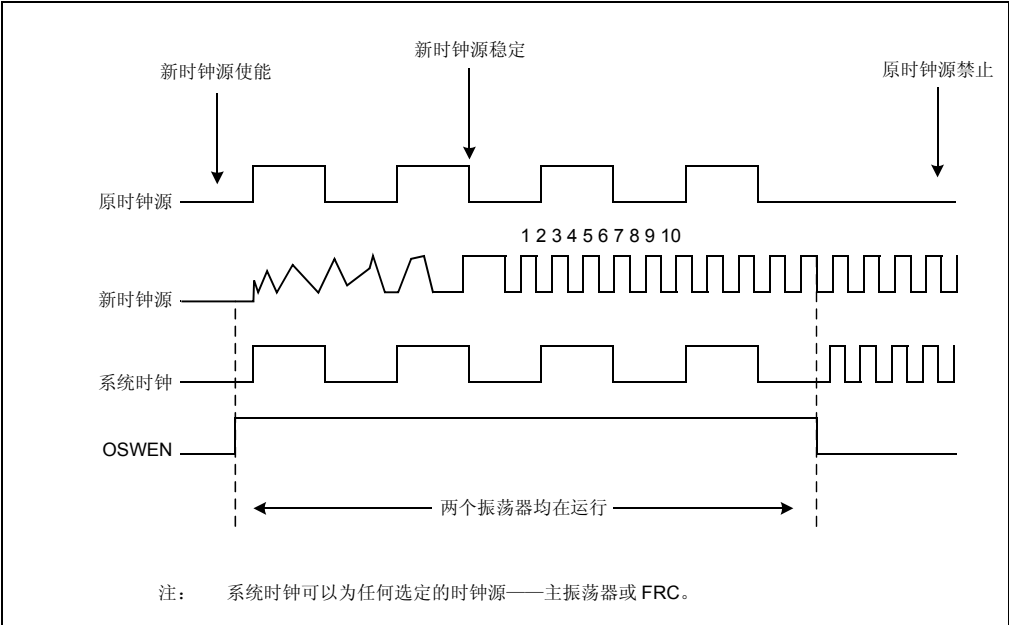
1. 时钟切换硬件将 OSCCON<COSC> 状态位与 OSCCON<NOSC> 控制位的新值进行比较。如果它们相同，则时钟切换是冗余操作。这种情况下，OSCCON<OSWEN> 位自动清零，时钟切换中止。
2. 如果启动了有效的时钟切换，则 PLL 锁定状态位（OSCCON<LOCK>）和时钟故障状态位（OSCCON<CF>）清零。
3. 如果新的振荡器当前不在运行，则硬件会将其启动。如果必须启动晶振（主晶振或辅助晶振），则硬件会等到 OST 延时结束。如果新的振荡器源使用 PLL，则硬件会等到检测到 PLL 锁定（OSCCON<LOCK> = 1）。

- 4. 硬件会等待新的时钟源达到稳定，然后执行时钟切换。
- 5. 硬件清零 OSCCON<OSWEN> 位以指示时钟切换成功。此外，OSCCON<NOSC> 位的值被传送到 OSCCON<COSC> 状态位。
- 6. 此时，原来的时钟源被关闭，LPRC（如果 WDT 或 FSCM 被使能）除外。图 29-9 给出了在时钟源之间切换的时序。

**注**

- 1: 在不对器件进行再编程的情况下，在 HS 和 EC 主振荡器模式之间进行时钟切换是不可能的。
- 2: 在 PLL 模式之间进行直接时钟切换是不可能的。例如，不应在带 PLL 的主振荡器和带 PLL 的内部 FRC 振荡器之间进行时钟切换。
- 3: 在通过配置位使能时钟切换，并禁止故障保护时钟监视（FOSC<FCKSM> = 01）时，将 OSCCON<CLKLOCK> 位置 1 可以阻止时钟切换。用软件将 OSCCON<CLKLOCK> 位置 1 之后，就不能将其清零。它在上电复位时清零。
- 4: 在整个时钟切换过程中，处理器将继续执行代码。在此期间，不应执行时序敏感代码。
- 5: 当使能故障保护时钟监视器时，在应用中不应试图将时钟频率切换到低于 100 kHz。如果执行了时钟切换，则器件可能产生振荡器故障陷阱并切换至 FRC。

图 29-9: 时钟切换时序图



时钟切换的建议代码序列包括：

1. 禁止在 OSCCON 寄存器解锁和写序列期间的中断。
2. 对 OSCCON 高字节执行解锁序列。  
在两条连续的指令中执行以下操作：
  - 将 78h 写入 OSCCON<15:8>
  - 将 9Ah 写入 OSCCON<15:8>
3. 在紧接解锁序列之后的指令中，将新的振荡器源写入 OSCCON<NOSC> 控制位。
4. 对 OSCCON 低字节执行解锁序列。  
在两条连续的指令中执行以下操作：
  - 将 46h 写入 OSCCON<7:0>
  - 将 57h 写入 OSCCON<7:0>
5. 在紧接解锁序列之后的指令中，将 OSCCON<OSWEN> 位置 1。
6. 继续执行对时钟不敏感的代码（可选）。
7. 检查 OSCCON<OSWEN> 是否为 0。如果为 0，则说明切换成功。

**注：** 如前面所述，MPLAB® C30 提供了内建 C 语言功能，用于解锁 OSCCON 寄存器：  
\_\_builtin\_write\_OSCCONL (value)  
\_\_builtin\_write\_OSCCONH (value)  
更多信息，请参见 MPLAB 帮助。

例 29-3 例举了解锁 OSCCON 寄存器，并从带 PLL 的 FRC 时钟切换到主振荡器 HS 时钟源的代码序列。

## 例 29-3: 时钟切换的代码示例

```
;Place the New Oscillator Selection (NOSC=0b010) in w0
MOV #0x12, w0

;OSCCONH (high byte) Unlock Sequence
MOV #OSCCONH, w1
MOV #0x78, w2
MOV #0x9A, w3
MOV.B w2, [w1]           ; Write 78h
MOV.B w3, [w1]           ; Write 9Ah

;Set New Oscillator Selection
MOV.B w0, [w1]

; Place 0x01 in w0 for setting clock switch enabled bit
MOV #0x01, w0

;OSCCONL (low byte) Unlock Sequence
MOV #OSCCONL, w1
MOV #0x46, w2
MOV #0x57, w3
MOV.B w2, [w1]           ; Write 46h
MOV.B w3, [w1]           ; Write 57h

; Enable Clock Switch
MOV.B w0, [w1]           ; Request Clock Switching by Setting OSWEN bit
```

29.10.3 时钟切换的注意事项

在应用中融合时钟切换功能时，在设计代码时应注意以下问题：

- OSCCON 解锁序列对时序的要求极高。OSCCON 寄存器字节仅在解锁序列之后的一个指令周期内可写。一些高级语言（如 C 语言）在编译时可能不会保护时序敏感的指令序列。如果以高级语言编写的应用程序需要进行时钟切换，则最好采用汇编器语言编写时钟切换程序，然后将其链接到应用程序，在需要时将其作为函数进行调用。
- 如果目标时钟源是晶振，则时钟切换时间将主要是振荡器起振时间。
- 如果新时钟源未启动，或者不存在，则时钟切换硬件将无限期地等待新时钟源。软件可以检测到这种情况，因为 OSCCON<OSWEN> 位无限期地保持置 1。
- 如果新时钟源使用 PLL，则只有在实现锁定之后才会发生时钟切换。软件可以检测到 PLL 锁定失败，因为 OSCCON<LOCK> 位被清零，OSCCON<OSWEN> 位被置 1。

29.10.4 中止时钟切换

如果时钟切换尚未完成，则可以通过清零 OSCCON<OSWEN> 位来复位时钟切换逻辑。当 OSWEN 清零时，将中止时钟切换过程，停止并复位振荡器起振定时器（如适用），并停止 PLL（如适用）。

例 29-4 给出了用于中止时钟切换的典型汇编代码。时钟切换过程可以随时中止。当前已在执行中的时钟切换也可以通过执行第二次时钟切换而中止。

例 29-4: 中止时钟切换

|       |               |                            |
|-------|---------------|----------------------------|
| MOV   | #OSCCON,W1    | ; pointer to OSCCON        |
| MOV.b | #0x46,W2      | ; first unlock code        |
| MOV.b | #0x57,W3      | ; second unlock code       |
| MOV.b | W2, [W1]      | ; write first unlock code  |
| MOV.b | W3, [W1]      | ; write second unlock code |
| BCLR  | OSCCON,#OSWEN | ; ABORT the switch         |

29.10.5 在时钟切换期间进入休眠模式

如果器件在时钟切换操作期间进入休眠模式，则时钟切换操作被中止。处理器将保持原来的时钟选择，而 OSWEN 位被清零。然后，器件将正常执行 PWRSAV 指令。

## 29.11 工业级和扩展级温度范围器件之间的区别

工业级温度范围的 dsPIC30F SMPS 器件设计为工作速度最高可达 30 MIPS。扩展级温度范围的器件设计为工作速度最高可达 20 MIPS。这种区别会影响一些振荡器模块功能，如表 29-8 中所示。

表 29-8: 温度范围对振荡器功能的影响

| 功能                     | 工业级温度范围<br>dsPIC30F SMPS 器件 | 扩展级温度范围<br>dsPIC30F SMPS 器件 |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 最高 Fcy                 | 30 MHz                      | 20 MHz                      |
| 最高 Fosc                | 60 MHz                      | 40 MHz                      |
| 最高 FPWM                | 480 MHz                     | 320 MHz                     |
| 最高 FADC                | 240 MHz                     | 160 MHz                     |
| 5.0V 供电电压时 FRC 频率的高频范围 | 14.55 MHz                   | 9.7 MHz                     |
| 5.0V 供电电压时 FRC 频率的低频范围 | 9.7 MHz                     | 6.4 MHz                     |

29.12 寄存器映射

表 29-9 提供了与振荡器系统相关的寄存器映射。表 29-10 列出了与振荡器系统相关的配置寄存器。

表 29-9: 振荡器控制寄存器

| 寄存器名称   | 地址   | Bit 15     | Bit 14     | Bit 13 | Bit 12 | Bit 11     | Bit 10    | Bit 9 | Bit 8 | Bit 7      | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4  | Bit 3      | Bit 2  | Bit 1 | Bit 0 | 所有复位时的状态            |      |
|---------|------|------------|------------|--------|--------|------------|-----------|-------|-------|------------|-------|-------|--------|------------|--------|-------|-------|---------------------|------|
| OSCCON  | 0742 | —          | COSC<2:0>  |        |        | —          | NOSC<2:0> |       |       | CLKLOCK    | —     | LOCK  | PRCDEN | CF         | TSEQEN | —     | OSWEN | 7700 <sup>(1)</sup> |      |
| OSCTUN  | 0748 | TSEQ3<3:0> |            |        |        | TSEQ2<3:0> |           |       |       | TSEQ1<3:0> |       |       |        | TUN<3:0>   |        |       |       | 0000                |      |
| OSCTUN2 | 0746 | TSEQ7<3:0> |            |        |        | TSEQ6<3:0> |           |       |       | TSEQ5<3:0> |       |       |        | TSEQ4<3:0> |        |       |       | 0000                |      |
| LFSR    | 0748 | —          | LFSR<14:0> |        |        |            |           |       |       |            |       |       |        |            |        |       |       |                     | 0000 |

图注: x = 复位时的未知值, — = 未实现 (读为 0)。复位值以十六进制显示。  
注 1: OSCCON 寄存器的复位值取决于 FOSCSEL 配置位和复位类型。

表 29-10: 振荡器配置寄存器

| 寄存器名称   | 地址     | Bit 15 | Bit 14 | Bit 13 | Bit 12 | Bit 11 | Bit 10 | Bit 9 | Bit 8 | Bit 7      | Bit 6 | Bit 5  | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2      | Bit 1       | Bit 0 | 所有复位时的状态 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------------|-------|--------|-------|-------|------------|-------------|-------|----------|
| FOSCSEL | F80006 | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —     | —          | —     | —      | —     | —     | FNOSC<2:0> |             |       |          |
| FOSC    | F80008 | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —     | FCKSM<1:0> |       | FRANGE | —     | —     | OSCIOFNC   | POSCMD<1:0> |       |          |

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

29.13 相关应用笔记

本节列出了与本手册的这一章相关的应用笔记。这些应用笔记可能并不是专为 dsPIC30F SMPS 产品系列而编写的，但其概念是相近的，通过适当修改并受到一定的限制即可使用。目前与振荡器模块相关的应用笔记包括：

| 标题                                                                                       | 应用笔记文档编号 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <i>"PICmicro® Microcontroller Oscillator Design Guide"</i>                               | AN588    |
| <i>"Low Power Design using PICmicro® Microcontrollers"</i>                               | AN606    |
| <i>"Crystal Oscillator Basics and Crystal Selection for rPIC® and PICmicro® Devices"</i> | AN826    |

注： 有关 dsPIC30F SMPS 系列器件的更多应用笔记和代码示例，请访问 Microchip 网站（[www.microchip.com](http://www.microchip.com)）。

### 29.14 版本历史

#### 版本 A

这是本文档的初始版本。（2007 年 1 月）

注: