

双核器件入门

作者: Naveen Raj
Microchip Technology Inc.

双核概述

dsPIC33C 系列是 Microchip 推出的首款双核器件。dsPIC33C 器件采用高性能 16 位 MCU 架构，包含广泛的数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）功能。

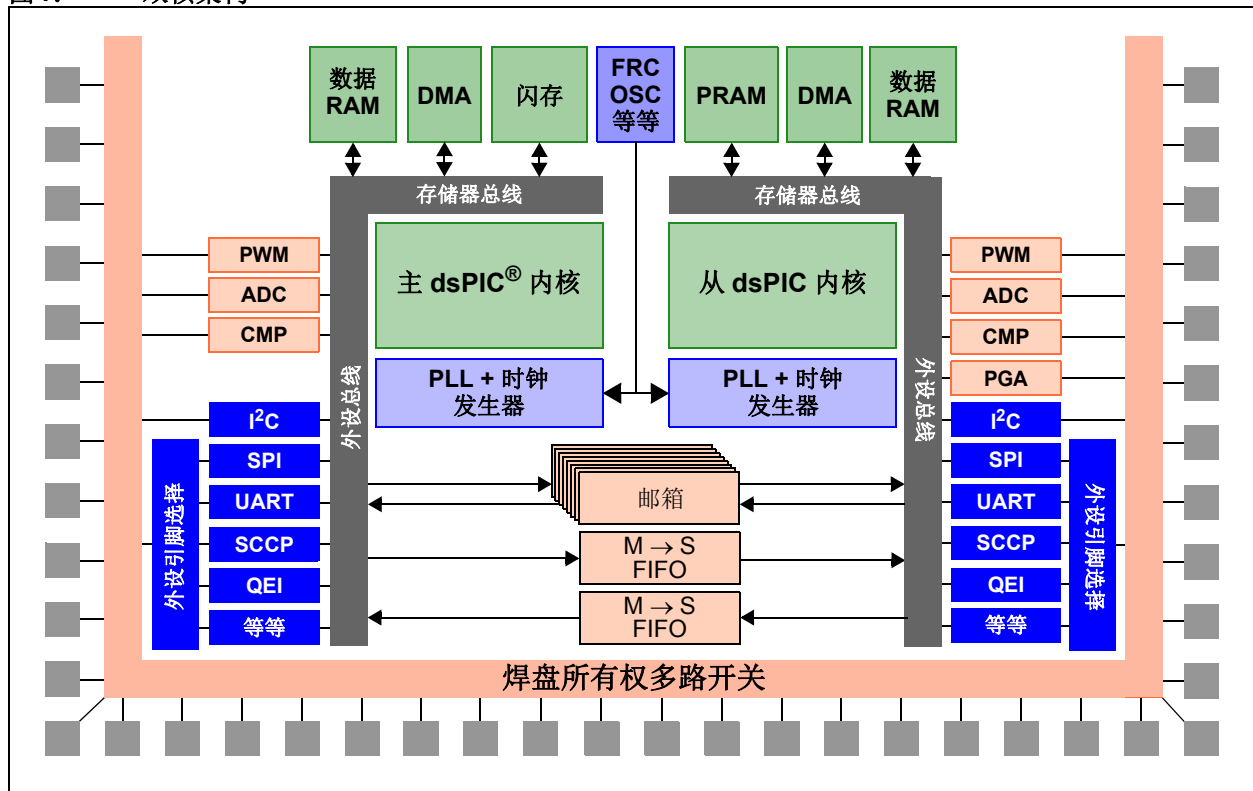
主内核和从内核可以独立工作，并且可以在应用开发期间单独编程和调试。两个处理器（主内核和从内核）子

系统都有自己的中断控制器、时钟发生器、调试支持、端口逻辑、I/O MUX 和 PPS。该款器件相当于在单个芯片上拥有两个完整的 dsPIC® DSC。

本应用笔记假定用户熟悉为单核 dsPIC 器件开发代码。此处的讨论将涉及使用 Microchip MPLAB® X IDE 在双核环境中开发和调试代码的方法。本文将讨论不同的调试功能以及如何使用该工具进入这些调试模式。

图 1 展示了双核的实现以及每个内核所拥有的外设、RAM 和程序存储器等。

图 1: 双核架构



程序存储器

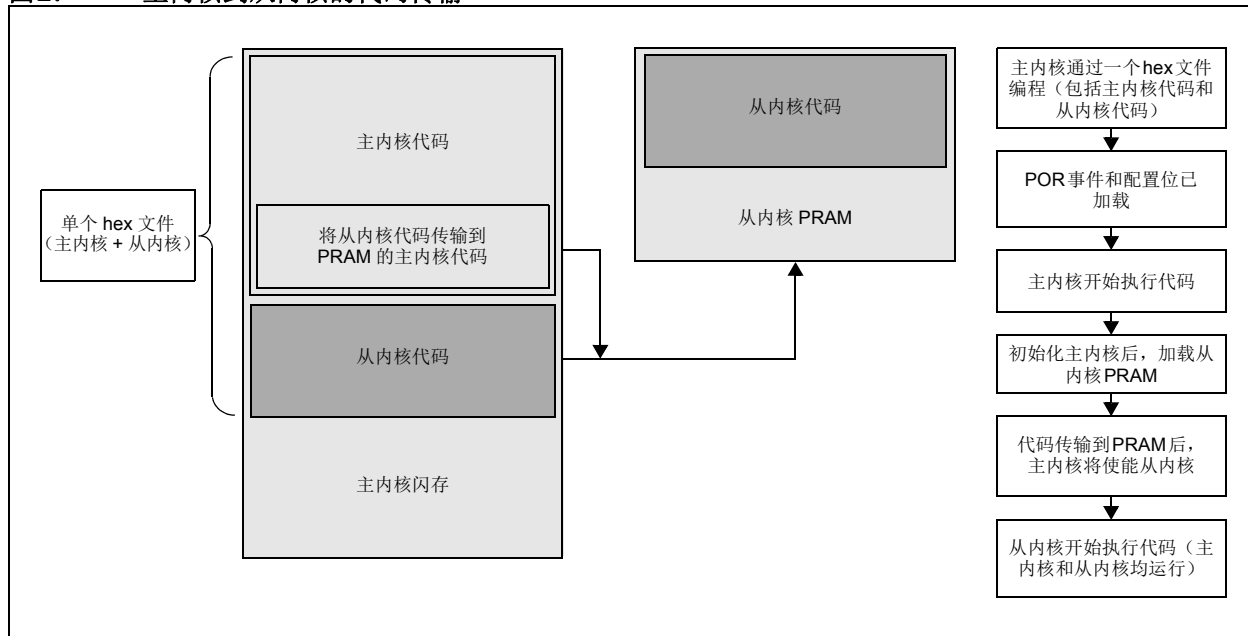
主内核和从内核都有自己的程序存储器。在 dsPIC33CH 器件实现中，主内核程序存储器为闪存，从内核程序存储器为 PRAM。在应用中，主内核和从内核的代码以单个 hex 文件的形式存储。此单个 hex 文件位于主内核闪存中。

注： 本文中通篇使用的“主内核”和“从内核”术语分别指器件中的主内核和从内核。

POR 时，主内核必须将从内核代码从闪存传输到从内核 PRAM。断电时，从内核 PRAM 将丢失，因此每次上电时，主内核必须重复执行将从内核代码从主内核闪存传输到从内核 PRAM 的过程。内核的复位行为取决于配置位 S1MSRE 和 S1SSRE。更多详细信息，请参见器件数据手册。

由于将从内核代码从闪存传输到 PRAM 的过程由软件完成，因此主内核可以完全控制何时开始传输。主内核完成向从内核的代码传输后，主内核就可以控制何时使能从内核。这也是主内核软件的一部分，因此主内核软件可以决定何时使能从内核（SLVEN = 1）。

图2： 主内核到从内核的代码传输



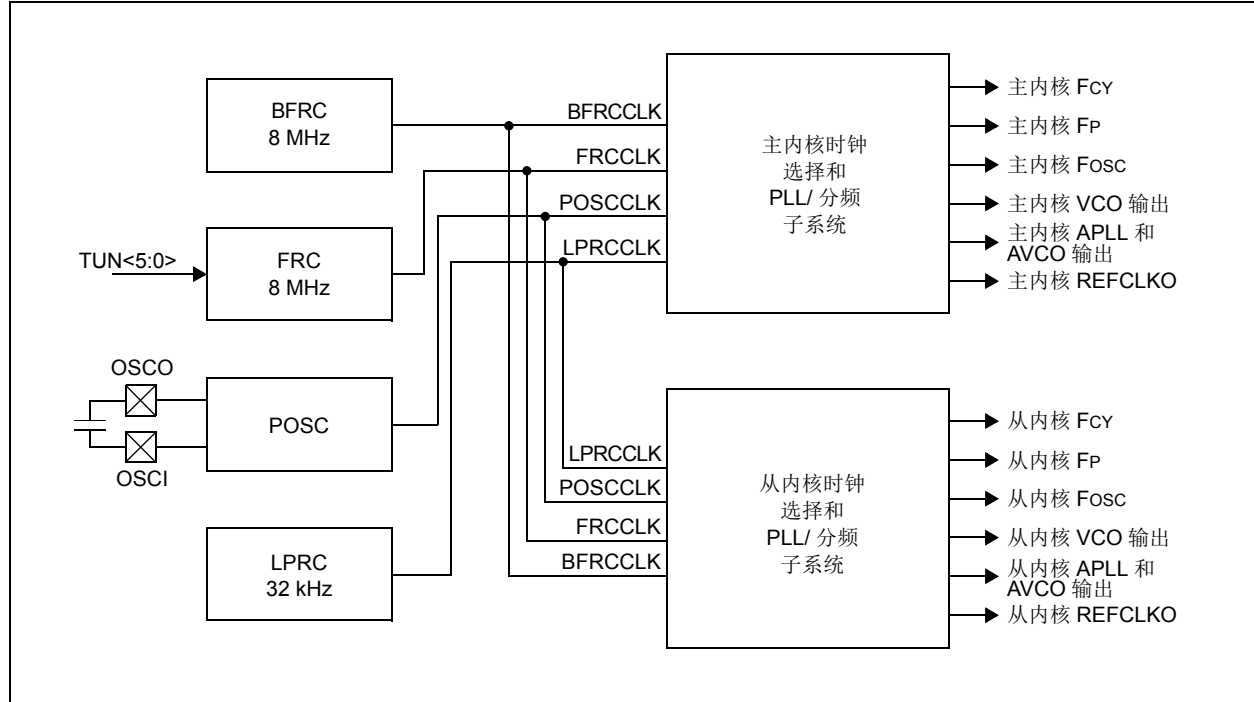
数据RAM

主内核和从内核都有自己的数据RAM；RAM大小取决于器件。有关每个内核上可用的RAM，请参见具体器件的数据手册。

振荡器

振荡器在两个内核之间具有共享和单独的模块。FRC、BFRC（备用FRC）、LPRC和主振荡器在两个内核之间共享。

图3： 双核中的振荡器资源分配



每个内核都有自己的时钟多路开关、分频器、PLL和APLL模块。时钟选择有多种选项，主内核和从内核可以根据需要依靠不同的时钟源以不同的频率独立运行。

配置位

配置位是主内核闪存的一部分。主内核和从内核配置位都在主内核闪存中，因此POR时，将从主内核闪存加载配置位。

MSI模块

主从接口（Master Slave Interface, MSI）是双核架构不可或缺的一部分。使用MSI模块，主内核和从内核可以在两个内核之间传输数据。MSI模块可以与DMA配合使用，因此两个内核之间的数据传输可以在CPU干预最少的情况下进行。

MSI模块还具有一些可用于中断其他内核，以及监视其他内核的复位状态的功能。主内核启动从内核的功能也是MSI的一部分。

I/O端口和PPS

I/O端口在主内核和从内核之间共享；I/O端口的输入功能适用于主内核和从内核。可以通过将引脚所有权分配给主内核或从内核来控制输出。输出引脚所有权由配置位控制。通过正确分配配置位，用户可以完全控制决定将哪个I/O端口输出分配给哪个内核。

主内核和从内核具有自己的外设引脚选择（Peripheral Pin Select, PPS）模块，因此通过软件，主内核和从内核可以控制将哪些引脚分配给各自的外设。

AN2721

在双核上编程和调试

在代码开发期间，双核具有多种功能，可帮助编程和调试芯片。本节将讨论所有不同的编程和调试模式。

各种调试和编程模式包括：

1. 仅主内核模式：编程和调试。
2. 仅从内核模式：编程和调试。

3. 双核调试：两个内核同时进行调试。
4. 正常模式：主内核编程从内核（最终生产代码）。

所有这些工作模式在开发阶段为用户提供了很大的灵活性。主要优势是能够独立地为每个内核开发项目。这样一来，用户便可以组建两个完全独立的团队分别开发主内核项目和从内核项目（表1）。

表1： 调试/编程工作模式

模式	主内核	从内核	MCLR 引脚		PGC/PGD 引脚		工具数
			主内核	从内核	主内核	从内核	
仅主内核 ⁽¹⁾	编程/调试	N/A	MCLR	N/A	PGC1/PGD1 或 PGC2/PGD2 或 PGC3/PGD3	N/A	1
仅从内核 ⁽¹⁾	编程桩 ⁽²⁾	编程/调试	MCLR	MCLR	PGC1/PGD1 或 PGC2/PGD2 或 PGC3/PGD3	PGC1/PGD1 或 PGC2/PGD2 或 PGC3/PGD3	1
双核调试	调试	调试	MCLR	S1MCLR1 或 S1MCLR2 或 S1MCLR3	PGC1/PGD1 或 PGC2/PGD2 或 PGC3/PGD3	S1PGC1/S1PGD1 或 S1PGC2/S1PGD2 或 S1PGC3/S1PGD3 ⁽³⁾	2
正常模式	编程/调试 ⁽⁴⁾	仅编程	MCLR		PGC1/PGD1 或 PGC2/PGD2 或 PGC3/PGD3		1

注 1： 编程或调试。

- 2： 主内核桩可以是简短代码或完整的主内核项目。主内核需要桩的主要原因是配置位进行编程。从内核和主内核配置位驻留在主内核闪存中。
- 3： 仅当主内核和从内核同时调试时（双核调试模式），才会使用 S1MCLR_x 和 S1PGC_x/S1PGD_x 引脚。
- 4： 在最终生产模式下，从内核十六进制代码驻留在主内核闪存中，主内核代码加载从内核代码。从内核编程完成后，主内核启动从内核。

仅主内核模式

仅主内核编程和调试

该模式与编程单核 dsPIC 器件相同。创建和调试项目时可以忽略从内核代码。分配运行主内核代码所需的 I/O 端口所有权以及其他配置位。运行仅主内核模式不需要从内核项目或从内核代码。

使用 (ICSP™) $\overline{\text{MCLR}}$ 引脚对器件进行编程，使用配置位选择 PGCx/PGDx 引脚。

选择器件型号，如 dsPIC33CH128MP508 器件，然后创建一个新项目。该项目可以像任何其他现有的 Microchip 单核器件一样进行编译、编程或调试。

仅从内核模式

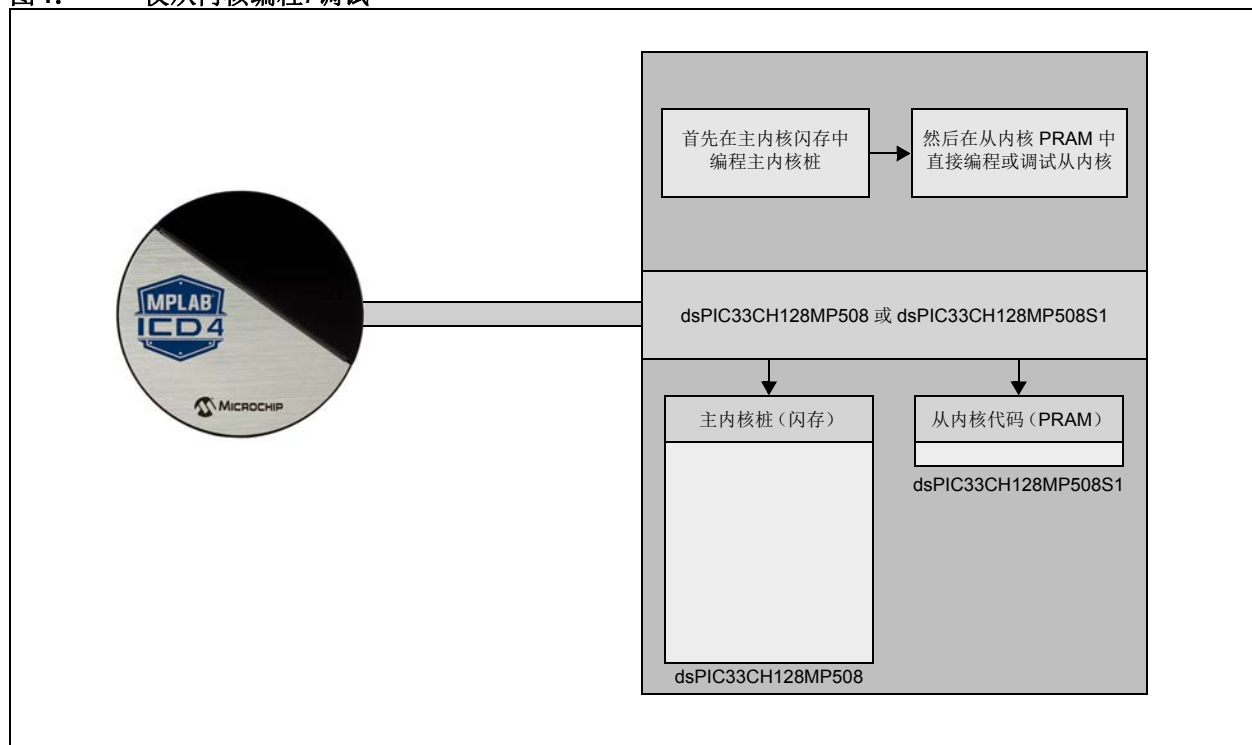
该模式使用双核功能。在该模式中，必须对主内核进行编程。主内核代码可以是完整的主内核代码或带 “while(1)” 的简短主内核代码（称为主内核桩）。

主内核代码或主内核桩的思路是使用简短代码对主内核进行编程，该代码包含使能从内核的代码。通过代码 `SLVEN = 1` 使能从内核。使能从内核还需要一个解锁序列。更多信息，请参见具体器件的数据手册。

XC16 提供一个包括解锁序列的函数。建议使用 “#include <libpic30.h>” 和函数 “_start_slave();” 启动从内核。

主内核桩还具有主内核和从内核的配置位，因为配置位存储在主内核闪存中。

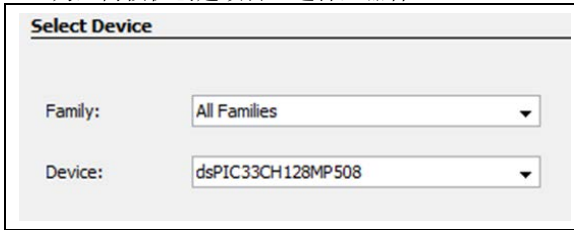
图4: 仅从内核编程/调试



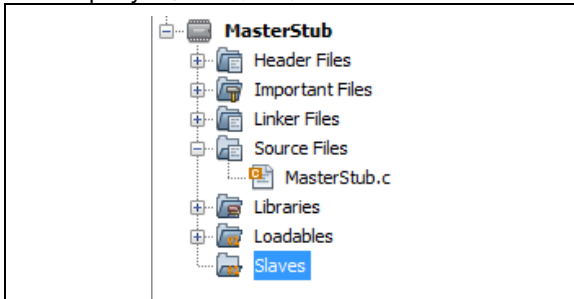
仅从内核编程

像单核器件一样创建主内核项目，并执行以下步骤：

1. 为主内核桩创建项目，选择主器件。



2. 导航至 Slave 文件夹，然后右键单击以打开 Project Property（项目属性）窗口。

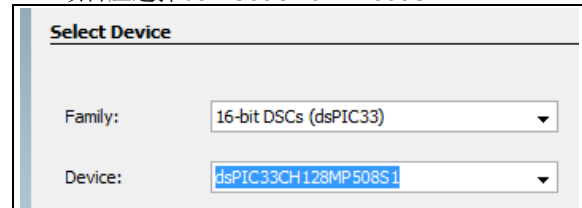


3. 取消选中 Debug（调试）复选框（因为从内核未被调试）。
4. 使用主内核桩代码编程主内核代码。

创建从内核项目

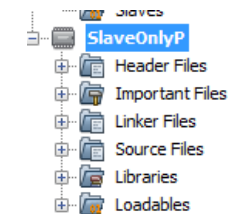
主内核项目编程完成后，为从内核启动一个新项目。然后，请执行以下步骤：

1. 选择从器件（从内核项目应该选择主内核项目所使用器件对应的从器件）。例如，如果主内核项目选择的是 dsPIC33CH128MP508，则从内核项目选择的应是 dsPIC33CH128MP508S1。如果主内核桩项目选择 dsPIC33CH64MP508，则从内核项目应选择 dsPIC33CH64MP508S1。



例如，如果如下所示选中一个新的从内核项目 **SlaveOnlyP**，则右键单击从内核并将其设置为 **主项目**。

2. 直接开始编程从内核。



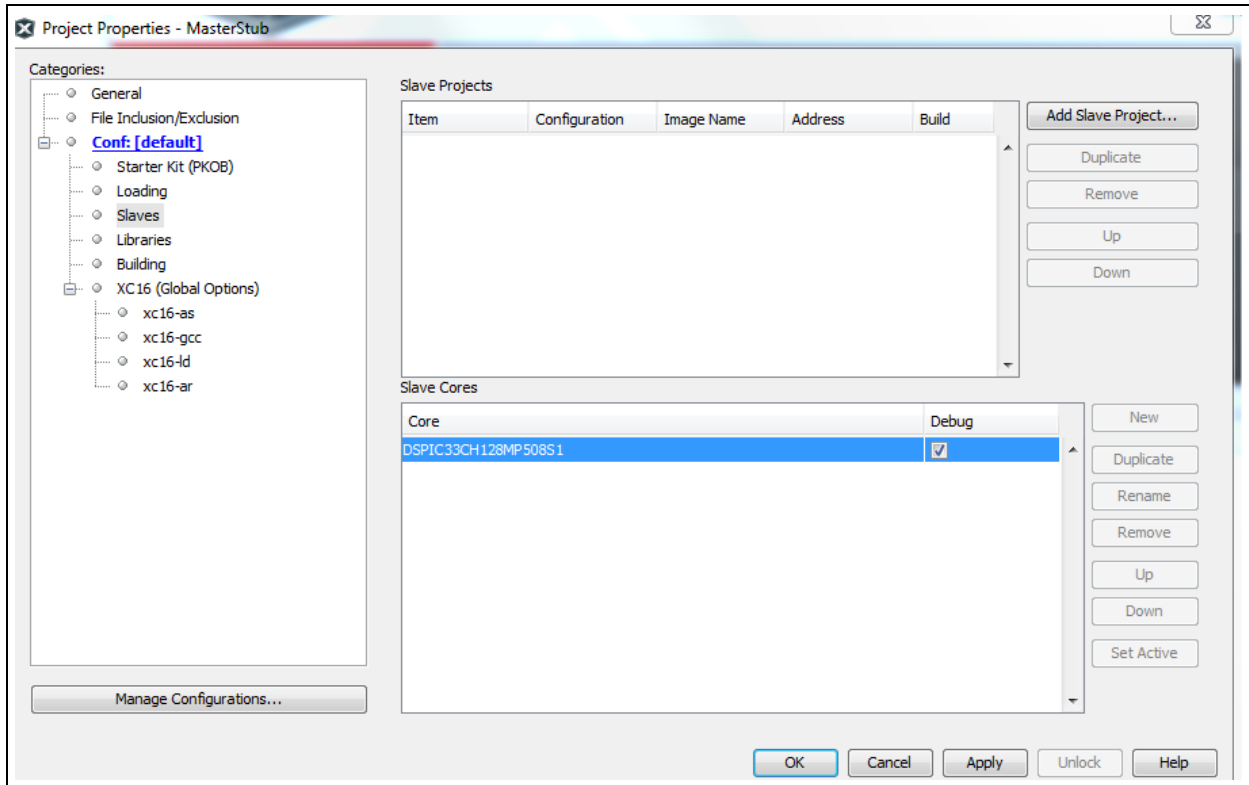
注： 必须在编程从内核项目之前对主内核桩进行编程。未对主内核桩进行编程时，不应编程从内核。

可以使用相同的 ICSP™ 引脚（PGCx/PGDx）对主内核和从内核进行编程。

仅从内核调试

在此模式下，必须首先编程主内核桩，如“[仅从内核编程](#)”中所述。主要区别在于Debug复选框选择选项。

在主内核桩中，转至Slaves文件夹，然后右键单击以打开下面的窗口。



打开窗口后，单击Debug复选框以使能调试位。这将使从内核准备好进行调试。

在主内核代码中，有两种选项：


- 使能从内核，`SLVEN = 1` (`\"_start_slave();\"`)。这可确保从内核已使能并准备就绪。
- 使用配置位S1ISOLAT (`S1ISOLAT = ON`) 将从内核与主内核代码隔离。这将使从内核与主内核代码隔离，且无论`SLVEN = 1`还是0，从内核都可以启动。S1ISOLAT位仅在调试从内核时可用。

创建从内核项目

主内核桩项目编程完成后，为从内核启动一个新项目。选择从器件。从内核项目应该选择主内核项目所使用器件对应的从器件。



将使用相同的ICSP引脚（ $\overline{\text{MCLR}}$ 和 PGCx/PGDx ）编程主内核桩项目以及从内核项目。工具将根据项目使用ICSP/MCLR引脚在主内核和从内核之间切换。

创建项目并编译从内核代码后，可以像任何其他项目一样通过单击Debug  按钮来调试从内核项目。

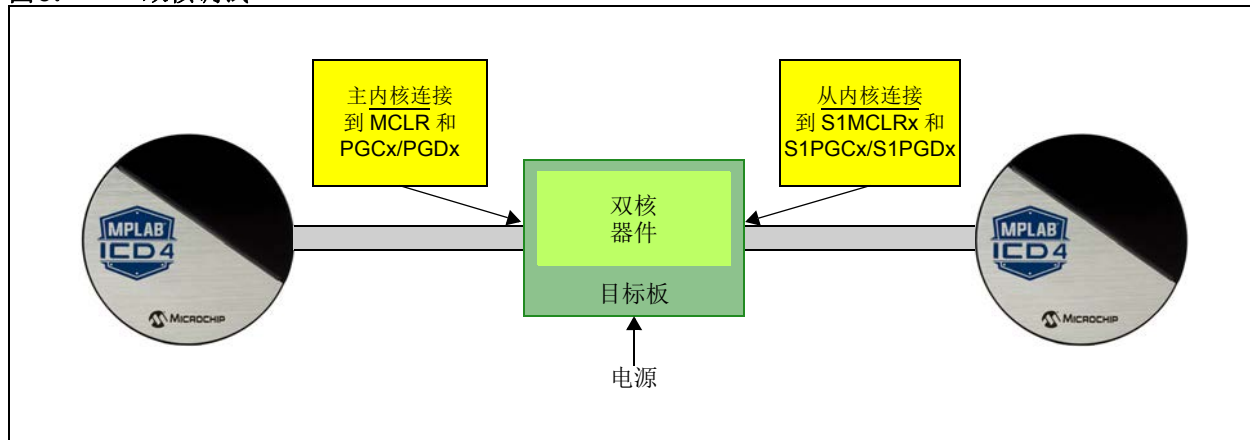
AN2721

双核调试模式

在此模式下，主内核和从内核均处于调试模式。主内核和从内核同时进行调试，需要两个调试工具（图5）。

S1MCLR/S1PGC/S1PGD仅用于在双核调试模式下调试从内核项目。

图5: 双核调试



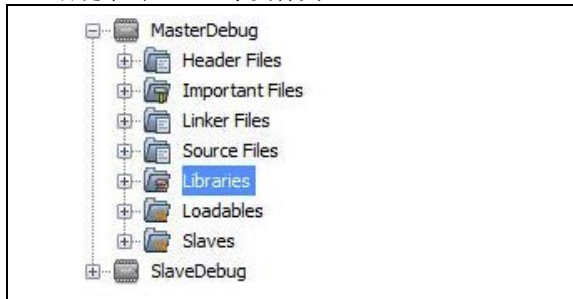
有两种不同的方法可以同时调试主内核和从内核：

- 使用单个MPLAB X IDE 窗口。
- 使用两个MPLAB X IDE窗口，一个用于主内核，一个用于从内核。

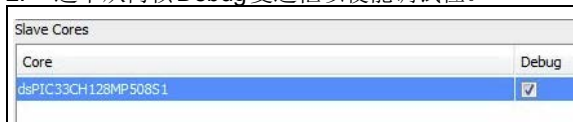
使用单个窗口进行双核调试

通过执行以下步骤创建主内核项目：

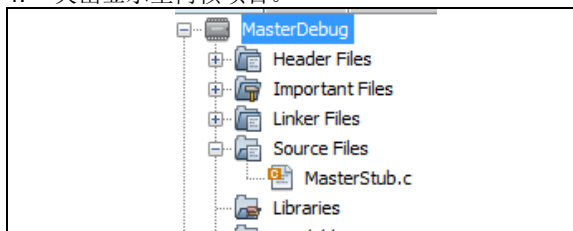
1. 右键单击Slaves子文件夹。



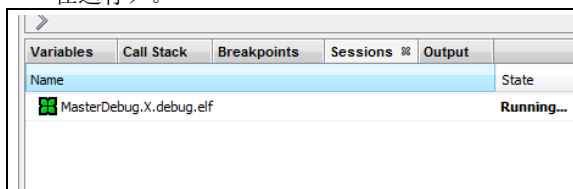
2. 选中从内核Debug复选框以启用调试位。



3. 确保从内核和主内核均未设置为主项目。如果主内核项目或从内核项目被选作主项目，则右键单击特定项目，然后单击**Unset as the Main Project**（取消设置为主项目）。
4. 突出显示主内核项目。

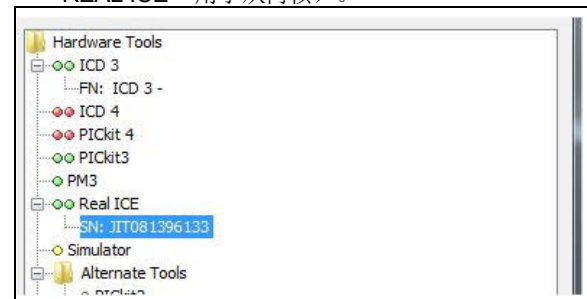


5. 按下**Debug**按钮以调试主内核项目。
6. 调试主内核时，转至**Windows, Debugging**（调试），然后选择**Sessions**（会话）。这将打开一个会话窗口，其中主内核显示为**Running**（正在运行）。

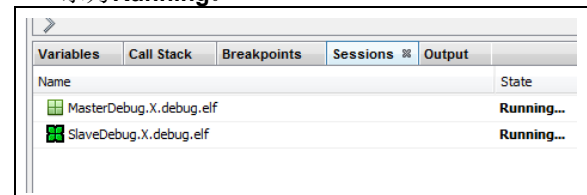


注： 主内核代码应该包含使能从内核以使从内核运行的代码（SLVEN = 1）。如果不包含，则S1ISOLAT位应为ON。

7. 现在为从内核创建一个从内核项目，然后单击从内核项目以突出显示该项目。
8. 选择项目属性，然后选择用于调试从内核的第二个工具（在下面的示例中，ICD 3用于主内核，REAL ICE™用于从内核）。



9. 应用并单击**Debug**按钮。
10. 调试从内核时，转至**Windows, Debugging**，然后单击**Sessions**。这将打开一个会话窗口，其中主内核和从内核显示为**Running**。



11. 双击主内核会话或从内核会话以在所选内容上方突出显示窗口。窗口中与会话相关的所有工具按钮都将突出显示。

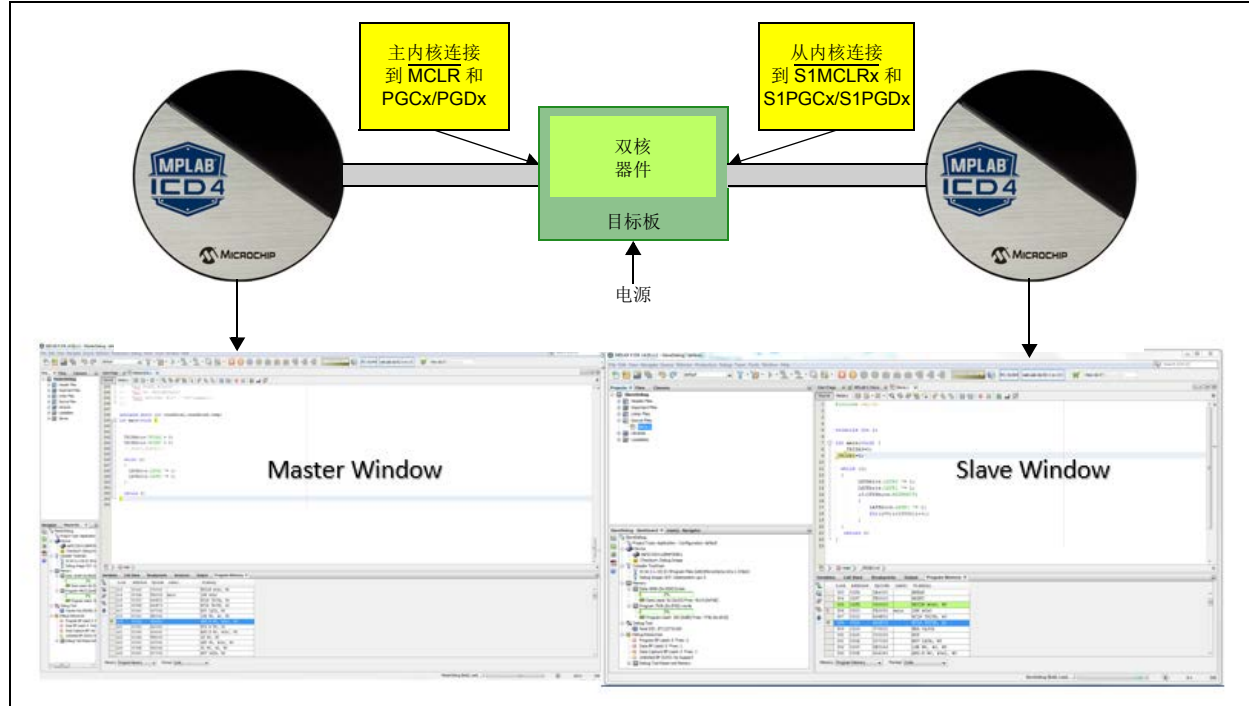


AN2721

使用多个MPLAB X IDE窗口进行双核调试

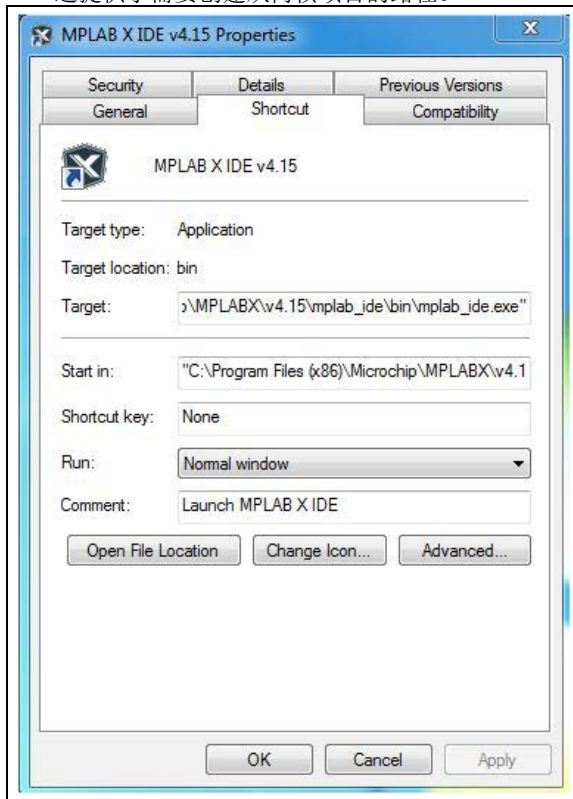
硬件连接与之前使用单个窗口时的连接相同。惟一的区别是主内核将位于一个MPLAB X IDE窗口中，而从内核将位于另一个MPLAB X IDE窗口中。

图6: 多个MPLAB® X IDE窗口



通过执行以下步骤在多个MPLAB X IDE窗口中创建双核调试项目：

1. 创建一个主内核调试项目。确保使能从内核调试。
2. 右键单击MPLAB X IDE图标，然后选择**Properties**（属性）。
3. 转至目标路径，然后在“...mplab_ide_.exe”后添加“< - -userdir> < Slave project path>”。这提供了需要创建从内核项目的路径。



4. 双击 **MPLAB** 图标，创建一个新的从内核项目。这将为从内核项目打开一个新的MPLAB X IDE窗口。可以使用第二个调试工具调试从内核。

双核调试模式中的断点

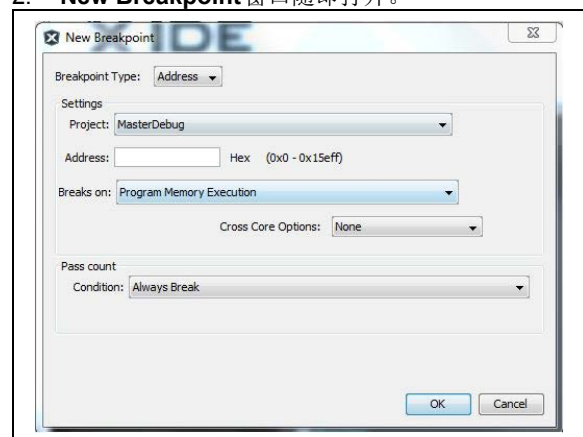
双核调试模式的一个关键特性是创建跨内核断点和中断。双核器件中的跨内核断点具有多种功能。

在断点处，用户可以选择：

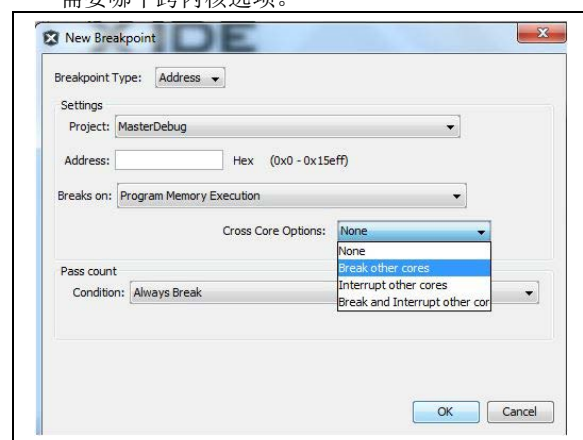
- 暂停其他内核
- 中断其他内核
- 暂停并中断其他内核

通过执行以下步骤设置跨内核断点：

1. 选择**Debug**菜单，然后单击**New Breakpoint**（新建断点）。
2. **New Breakpoint**窗口随即打开。



3. 选择**Address**（地址）断点，然后选择断点对应的的项目。在这里可以选择暂停主内核项目或暂停从内核项目。
4. 选择代码需要暂停的地址。在此示例中，主内核项目设置为在地址“0x360”处暂停，然后决定需要哪个跨内核选项。



由于主项目是主内核调试，因此将暂停或中断的跨内核为从内核。

通过选择以下选项之一，选择将出现在**Cross Core Options**（跨内核选项）中的内容：

- **Break other cores（暂停其他内核）**：当主内核达到地址0x360时，从内核也将停止。
- **Interrupt other cores（中断其他内核）**：当主内核代码达到0x360并停止时，从内核将接收到中断（MSTBRKIF）。
- **Break and interrupt the other core（暂停并中断其他内核）**：当主内核达到地址0x360并停止时，从内核也将停止（MSTBRKIF中断标志也将置1）。

例如，如果选择**Break other cores**，当主内核停止在0x360时，从内核也将停止。

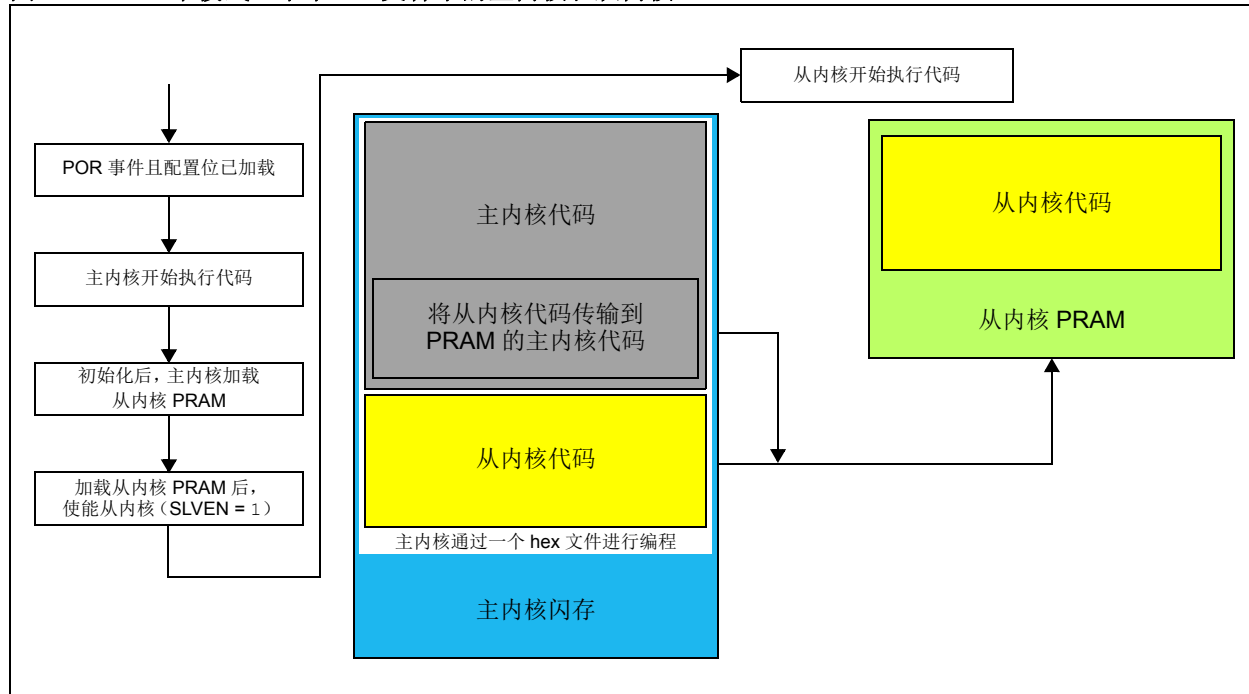
AN2721

正常模式（主内核编程从内核——最终生产代码）

此正常模式为最终生产代码。从内核代码驻留在主内核中。上电期间，主内核必须将代码传输到从内核。

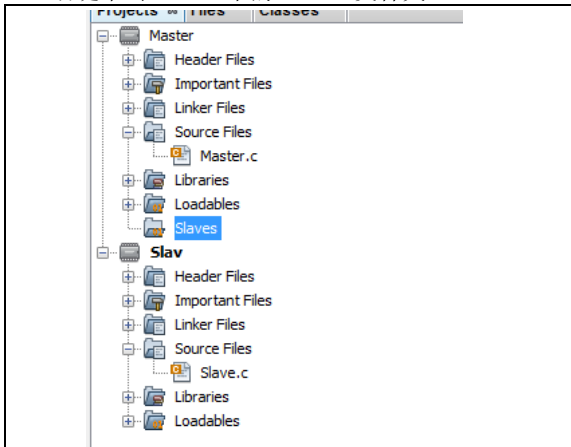
从内核项目链接到主内核项目，编译主内核项目时，同时也编译从内核项目。然后从内核代码与主内核代码一起存放主内核闪存中。主内核代码运行时，主内核将从内核代码从主内核闪存传输到从内核PRAM（图7）。

图7： 正常模式（单个hex文件中的主内核和从内核）

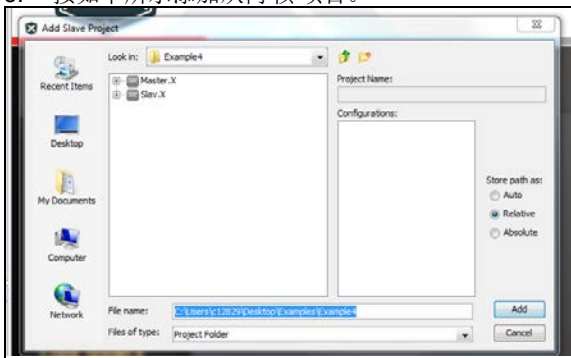


创建一个正常模式项目：

1. 创建一个主内核项目（**Master**）和一个从内核项目（**Slav**）。
2. 右键单击**Master**下的**Slaves**文件夹。

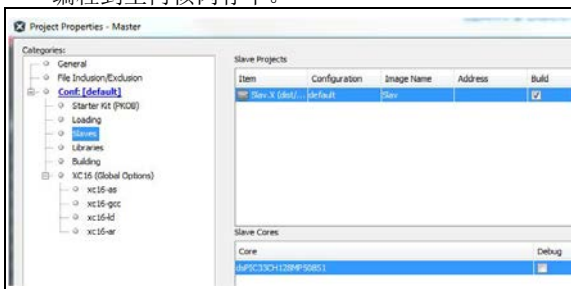


3. 按如下所示添加从内核项目。



4. 将从内核项目添加到主内核项目后，右键单击并打开**Properties**。添加从内核代码并将其链接到主内核项目后，将只有一个活动项目。编译主内核项目时，也将编译从内核项目。

每次编译项目时，对主内核源代码或从内核源代码所做的任何更改都将进行编译以生成hex文件。编程器件时，只会生成一个hex文件并将其编程到主内核闪存中。



注： 在MPLAB X IDE项目属性中，确保Debug复选框已取消选中。在此项目中，编译主内核项目时，从内核和主内核都将被编译，并且将只有单个hex文件需要编程到主内核闪存中。

在此工作模式下，主内核可以在调试模式下运行，而从内核则不能在调试模式下运行。当主内核停止或单步执行时，只要传输从内核代码并使能从内核，从内核就会继续运行。

从内核映像选项

从内核映像位置

将从内核项目链接到主内核项目时，MPLAB X IDE为用户提供了为从内核映像分配地址的选项。仅当用户需要将主内核代码放置在主内核闪存中的任何特定地址单元时，才需要此选项。如果地址单元保留为空，编译器将决定将从内核映像放置在主内核闪存中的什么位置。

下面给出了在地址0x1000处分配从内核映像的示例。

Item	Configuration	Image Name	Address	Build
Slav.X (dist/... default)	default	Slav	0x1000	<input checked="" type="checkbox"/>

通过添加地址0x1000，从内核映像将保留在主内核的地址单元0x1000处（如果可用且为空）。

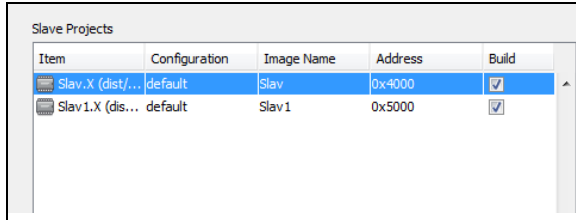
AN2721

多个从内核映像

在主内核闪存中保存从内核的多个映像

如果需要，从内核映像位置功能可用于存储多个从内核代码映像。这使用户可以通过加载所需的从内核映像来更改从内核代码。

在 **Slave** 文件夹中，可以添加从内核项目的多个映像。例如，下面给出了两个从内核项目。



Item	Configuration	Image Name	Address	Build
Slav.X (dist/...	default	Slav	0x4000	<input checked="" type="checkbox"/>
Slav1.X (dis...	default	Slav1	0x5000	<input checked="" type="checkbox"/>

在编译主内核项目时可以同时编译这两个从内核项目。

在主内核项目中，用户可以灵活选择要加载到从内核的项目映像。

```
#include "Slav.h"
#include "Slav1.h"
int main(void) {
    if (condition1)
    {
        _program_slave(1,0,Slav); // 加载映像Slav
    }
    else
    {
        _program_slave(1,0,Slav1); // 加载映像Slav1
    }
    _start_slave();

    while(1)
    }
}
```

主内核可以根据 **condition1** 加载从内核 PRAM（加载 Slav 映像或 Slav1 映像）。

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 and 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、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 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。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、memBrain、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、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。

© 2019, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-3950-9

全球销售及及服务网点

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

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
Tel: 1-317-536-2380

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608
Tel: 1-951-273-7800

罗利 Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110
Tel: 1-408-436-4270

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-695-1980
Fax: 1-905-695-2078

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-577-8366

亚太地区

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

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

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

印度 India - Pune
Tel: 91-20-4121-0141

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-7651-7906

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

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

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870

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

越南 Vietnam - Ho Chi Minh
Tel: 84-28-5448-2100

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

芬兰 Finland - Espoo
Tel: 358-9-4520-820

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

德国 Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700

德国 Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Heilbronn
Tel: 49-7131-67-3636

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

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

德国 Germany - Rosenheim
Tel: 49-8031-354-560

以色列 Israel - Ra'anana
Tel: 972-9-744-7705

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

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

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

挪威 Norway - Trondheim
Tel: 47-7288-4388

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚 Romania - Bucharest
Tel: 40-21-407-87-50

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

瑞典 Sweden - Gothenburg
Tel: 46-31-704-60-40

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

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