

对具有计算和现场切换功能的 ADC 的基本配置

TB3328



www.microchip.com 产品页: [PIC18F24Q71](#)、[PIC18F25Q71](#)、[PIC18F26Q71](#)、[PIC18F44Q71](#)、[PIC18F45Q71](#)、[PIC18F46Q71](#)、[PIC18F54Q71](#)、[PIC18F55Q71](#) 和 [PIC18F56Q71](#)

简介

作者: Cristian Sabiuta, Microchip Technology Inc.

带现场切换、具有计算功能的模数转换器（Analog-to-Digital Converter with Computation, ADCC）可用于将单端和差分模拟输入信号转换为 12 位表示形式。在一些实时监视和反馈控制应用中，往往需要执行不同的计算操作（如求平均值或低通滤波），此时即可使用具有现场切换功能的 ADCC。本技术简介中的代码示例对于 PIC18 系列的其他器件同样适用。

每个用例都有一个使用 MPLAB[®] 代码配置器（MPLAB Code Configurator, MCC）Melody 生成的代码实现。MCC 生成的代码提供硬件抽象层，以便通用于同一系列的不同器件。

本技术简介介绍了具有现场切换功能的 ADCC 的应用领域、工作模式和软硬件要求，具体涉及以下用例：

- **差分 ADC 读取：**
 - 将具有现场切换功能的 ADCC 配置为差分模式以读取 mikroBUS™ 接口上连接的两个电位器之间的电压差。随后配合使用数据可视化器工具与通用异步收发器（Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART）外设，以曲线图的形式显示转换结果。
- **具有现场切换功能的 ADCC：**
 - 针对每个传感器创建一个专用配置的现场（例如，Thermo 16 Click——平均模式，Ambient Click——累加模式），然后通过切换现场来使用适当的配置读取两个传感器。随后配合使用 UART 外设与终端仿真器来显示转换结果。
- **由模拟外设管理器（Analog Peripheral Manager, APM）触发的具有现场切换功能的 ADCC：**
 - 直观显示通过模拟外设管理器（APM）触发的具有现场切换功能的 ADCC 的开启时间和关闭时间，以显示连接到 mikroBUS 的 OLED Click 上的 POT 3 Click 的电压

注：本技术简介中的示例使用 PIC18F56Q71 Curiosity Nano 开发板进行开发。开发板上的 PIC18F56Q71 采用 TQFP 封装。



Click to view code examples on MPLAB DISCOVER

目录

简介.....	1
1. 外设概述.....	3
2. 差分 ADC 读取.....	6
2.1. MCC 配置.....	6
3. 具有现场切换功能的 ADCC.....	12
3.1. MCC 配置.....	12
4. 由 APM 触发具有现场切换功能的 ADCC.....	18
4.1. MCC 配置.....	18
5. 参考资料.....	26
6. 版本历史.....	27
Microchip 信息.....	28
Microchip 网站.....	28
产品变更通知服务.....	28
客户支持.....	28
Microchip 器件代码保护功能.....	28
法律声明.....	28
商标.....	29
质量管理体系.....	30
全球销售及服务网点.....	31

1. 外设概述

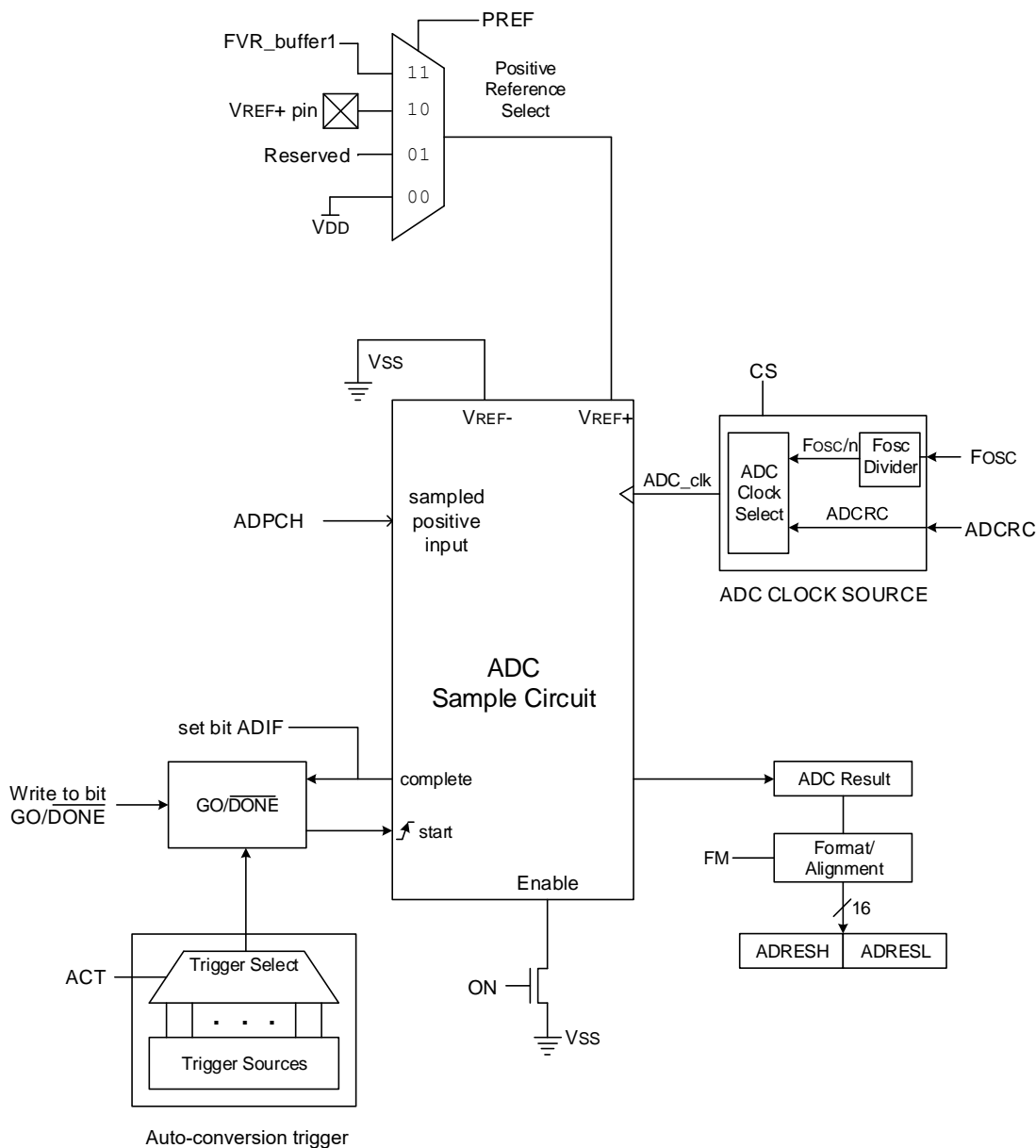
带现场切换、具有计算功能的模数转换器（ADCC）是一种外设，可用于读取模拟电压并将其转换为数字值，以及提供相应的选项以向结果中添加各种计算程序。该外设既可用于在单端转换中测量所选模拟输入与 V_{SS} （0V）之间的电压，也可用于在差分转换中测量用户所选的两个模拟输入通道之间的电压差。

具有现场切换功能的 ADCC 配备多种同相输入通道和反相输入通道。同相输入通道通过写入 ADC 同相通道选择寄存器（ADPCH）进行选择，反相输入通道通过写入 ADC 反相通道选择寄存器（ADNCH）进行选择。其中一些可用的输入通道包括固定参考电压（Fixed Voltage Reference, FVR）缓冲器、数模转换器（Digital-to-Analog Converter, DAC）输出、运算放大器（Operational Amplifier, OPA）输出和外部引脚。

具有现场切换功能的 ADCC 可使用不同的同相参考电压和反相参考电压。同相参考电压可通过写入 ADC 参考选择（ADREF）寄存器的 ADC 同相参考电压选择（PREF）位进行选择，可选的参考电压源包括 FVR 模块输出、外部 V_{REF+} 或电源电压（ V_{DD} ）。反相参考电压可通过写入同一寄存器的 ADC 反相参考电压选择（NREF）位进行选择，可选的参考电压源包括外部 V_{REF-} 和 AV_{SS} 。

具有现场切换功能的 ADCC 可使用两个不同的时钟源。其中一个时钟源由专用 ADCRC 振荡器提供，另一个时钟源由主振荡器（可使用预分频器）提供。ADC 控制 0（ADCON0）寄存器中的 ADC 时钟选择（CS）位值用于选择时钟源。在选择不同的预分频比和时钟源时，转换时间可能超出限值，此时具有现场切换功能的 ADCC 将无法执行转换。有关正确转换时序的详细信息，请参见器件数据手册。

图 1-1. 具有现场切换功能的 ADCC 框图



具有现场切换功能的 ADCC 的转换结果既可以右对齐也可以左对齐，具体取决于 ADC 控制 0 (ADCON0) 寄存器中的 ADC 结果格式/对齐选择 (FM) 位。该位域控制结果格式：符号/大小或者二进制补码格式。

具有现场切换功能的 ADCC 可基于触发信号执行转换。触发信号来自外部引脚或其他外设。ADC 自动转换触发源选择 (ADACT) 寄存器中的自动转换触发选择 (ACT) 位域控制所选的触发源。在这种情况下，仍需遵循转换的时序要求（例如，如果转换需要 100 μ s，则早于 100 μ s 出现的触发信号将不会触发新的转换）。

若要使能具有现场切换功能的 ADCC 外设，需将 ADC 控制 0 (ADCON0) 寄存器中的 ADC 使能 (ON) 位置 1。以下任一事件都可以启动转换：通过软件将 ADCON0 寄存器中的 ADC 转换状态 (GO) 位置 1、在 ADACT 寄存器中配置的触发信号或连续模式重新触发（通过将 ADCON0 寄存器中的 ADC 连续操作使能 (CONT) 位置 1）。

具有现场切换功能的 ADCC 外配备转换后计算功能，该功能可通过 ADC 控制 2 (ADCON2) 寄存器中的 ADC 工作模式选择 (MD) 位域进行配置。共有以下五种计算模式可供选择：

- 基本（传统）模式：正常转换模式。执行单次或两次转换，然后将结果存入 ADC 结果 (ADRES) 寄存器。可以配置并执行阈值误差比较。
- 累加模式：每次触发后，转换结果都会加到累加器中，同时 ADC 重复计数器 (ADCNT) 寄存器中的值会递增。
- 平均模式：每次触发后，转换结果都会加到累加器中。当获取一定数量的采样时就会执行阈值测试，该数量由 ADC 重复设置 (ADRPT) 寄存器定义。
- 突发平均模式：该模式与平均模式类似——每次转换都会递增计数，并将转换结果加到累加器寄存器中。该模式会一直重新触发转换，直到累加的采样达到重复设置 (RPT) 定义的数量后执行阈值测试。
- 低通滤波器模式：该模式与平均模式类似——每次转换都会递增计数，并将结果加到累加器寄存器中。当采样达到所需数量时，将对所有采样执行低通滤波操作以去除受噪声影响的采样，然后对结果进行阈值比较。

有关具有现场切换功能的 ADCC 的计算模式的详细信息，请参见器件数据手册。

具有现场切换功能的 ADCC 模块包含多项特性，允许用户以内部采样保持 (Sample-and-Hold, S/H) 电容作为参考，在任意输入通道上执行相对电容测量。该相对电容测量可用于实现电容触摸或接近传感应用。此外，具有现场切换功能的 ADCC 还配备两个保护环驱动输出，有助于最大限度地降低寄生电容的影响。

具有现场切换功能的 ADCC 配备通道排序器和通道现场，可自动执行现场保护和通道排序。当该外设使用多个输入通道时，可使用该功能将活动通道现场配置从存储器传输到相关寄存器中并执行所需的转换，从而降低软件开销。通道现场用于保存一组控制、状态和数据寄存器配置，这些配置定义转换及其设置。通道排序器自动执行每个通道现场定义的操作。

2. 差分 ADC 读取

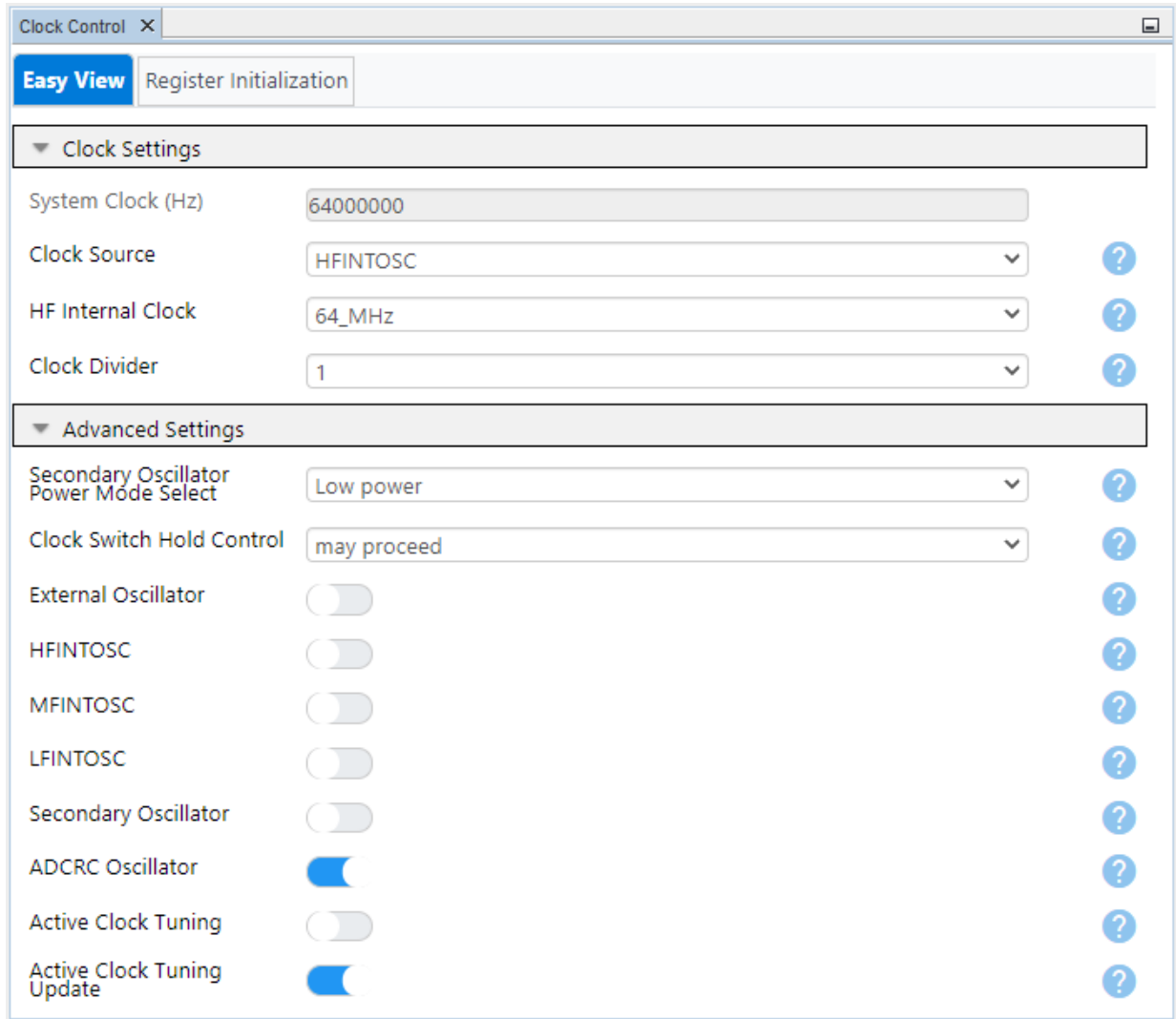
该用例展示了如何将具有现场切换功能的 ADCC 配置为差分模式以采集两个模拟信号，然后在 OLED 屏幕上显示连接在 mikroBUS 接口上的两个电位器之间的电压差。最后配合使用数据可视化器工具与 UART 外设，以曲线图的形式显示转换结果。

- 设置：
 - PIC18F56Q71 Curiosity Nano 板
 - Curiosity Nano 适配器
 - MikroElectronica™ POT 3 Click x2

2.1 MCC 配置

- Clock Control (时钟控制) 配置：
 - Clock Source (时钟源)：HFINTOSC
 - HF Internal Clock (HF 内部时钟)：64 MHz
 - ADCRC Oscillator (ADCRC 振荡器)：使能

图 2-1. MCC Clock Control 配置



- ADC 配置：
 - Input Configuration（输入配置）：differential mode（差分模式）
 - Result Format（结果格式）：right justified, two's complement（右对齐，二进制补码）
 - V_{DD} : 3.3V
 - Clock Selection（时钟选择）：ADCRC

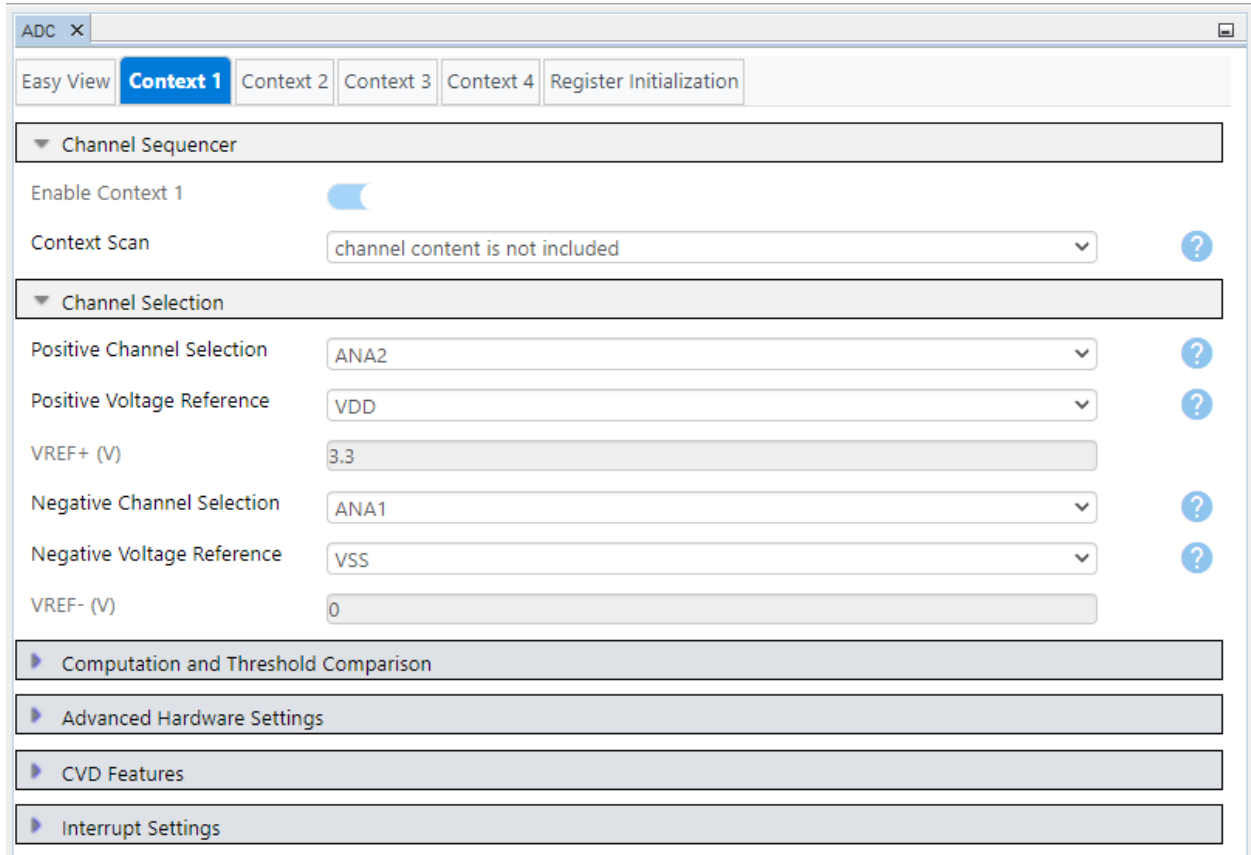
图 2-2. MCC ADC Easy View (简化视图) 配置

The screenshot shows the 'ADC' configuration window in the Microchip Configuration Builder (MCC). The window is titled 'ADC' and has a tabbed interface with 'Easy View' selected. The configuration is organized into several sections:

- Software Settings:** Custom Name is set to 'ADC'.
- Hardware Settings:**
 - ADC: Enabled (toggle switch).
 - Input Configuration: 'differential mode' (dropdown menu).
 - Auto-conversion Trigger Source: 'disabled' (dropdown menu).
 - Result Format: 'right justified, two's compliment' (dropdown menu).
 - Automatic Context Scanning: Disabled (toggle switch).
 - VDD (V): Range from 1.8 to 3.3, with a maximum of 5 (input field).
 - External Positive Reference Voltage (V): Range from 1.8 to 3.3, with a maximum of 3.3 (input field).
 - External Negative Reference Voltage (V): Range from 0 to 0, with a maximum of 1.5 (input field).
- Clock Selection:**
 - Clock Selection: 'ADCRC' (dropdown menu).
 - ADC Clock: '600.000 kHz' (input field).
 - 1 TAD: '1.667 us' (input field).
 - Sampling Frequency: '37.500 kHz' (input field).
 - Conversion Time: '16* TAD + 2* Tcy = 26.792 us' (input field).
- Interrupt Settings:** ADI Interrupt Enable is Disabled (toggle switch).

- ADC **Context 1**（现场 1）选项卡：
 - Positive Channel Selection（同相通道选择）：ANA2
 - Positive Voltage Reference（同相参考电压）：V_{DD}
 - Negative Channel Selection（反相通道选择）：ANA1
 - Negative Voltage Reference（反相参考电压）：V_{SS}
 - Operating Mode Selection（工作模式选择）：Basic mode（基本模式）
 - 双采样

图 2-3. MCC ADC Context 1 配置



- UART2:
 - 115200 波特率
 - 8 个数据位
 - 无奇偶校验位
 - 1 个停止位

图 2-4. MCC UART 配置

The screenshot shows the 'Easy View' configuration window for UART2. It is divided into three sections: Configuration Settings, Interrupt Settings, and Dependency Selector. The Configuration Settings section includes fields for Custom Name (UART2), Requested Baudrate (115200), Calculated Baudrate (115942), Baud Rate Error (%) (0.644), Parity (None), Data Size (8), and Stop Bits (1). The Interrupt Settings section has a toggle for 'Interrupt Driven' which is currently off. The Dependency Selector section has a dropdown for 'UART PLIB Selector' set to 'UART2'.

Section	Parameter	Value
Configuration Settings	Custom Name	UART2
	Requested Baudrate	115200
	Calculated Baudrate	115942
	Baud Rate Error (%)	0.644
	Parity	None
	Data Size	8
	Stop Bits	1
Interrupt Settings	Interrupt Driven	Off
Dependency Selector	UART PLIB Selector	UART2

- 引脚配置

图 2-5. MCC 引脚配置

Pin Grid View			Package: VQFN48																											
Pin No:			PORTA							PORTB																				
Module	Function	Direction	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2									
UART2	RX2	input									🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒												
	TX2	output									🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒												
	TXDE2	output									🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒												
OSC	CLKOUT	output							🔒																					
RESET	MCLR	input																												
ADC	ADGRDA	output	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒																					
	ADGRDB	output	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒																					
	ANPx	input	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒										
	ANNx	input		🔒		🔒		🔒	🔒	🔒		🔒		🔒		🔒			🔒											
Pins	GPIO	input	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒											
	GPIO	output	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒											



Click to view code example on MPLAB DISCOVER

3. 具有现场切换功能的 ADCC

该用例展示了如何针对每个传感器创建一个专用配置的现场并轻松地在这两个现场之间切换，以便使用适当的配置读取两个传感器。随后使用 UART 外设通过串行通信来显示转换结果。

- 设置：
 - PIC18F56Q71 Curiosity Nano 板
 - Curiosity Nano 适配器
 - MikroElectronica POT 3 Click x2

3.1 MCC 配置

- Clock Control 配置：
 - Clock Source: HFINTOSC
 - HF Internal Clock: 64 MHz
 - ADCRC Oscillator: 使能

图 3-1. MCC Clock Control 配置

Section	Parameter	Value	Help
Clock Settings	System Clock (Hz)	64000000	
	Clock Source	HFINTOSC	?
	HF Internal Clock	64_MHz	?
	Clock Divider	1	?
Advanced Settings	Secondary Oscillator Power Mode Select	Low power	?
	Clock Switch Hold Control	may proceed	?
	External Oscillator	<input type="checkbox"/>	?
	HFINTOSC	<input type="checkbox"/>	?
	MFINTOSC	<input type="checkbox"/>	?
	LFINTOSC	<input type="checkbox"/>	?
	Secondary Oscillator	<input type="checkbox"/>	?
	ADCRC Oscillator	<input checked="" type="checkbox"/>	?
	Active Clock Tuning	<input type="checkbox"/>	?
Active Clock Tuning Update	<input checked="" type="checkbox"/>	?	

- ADC 配置：
 - Input Configuration: single ended mode (单端模式)
 - Result Format: right justified (右对齐)
 - V_{DD} : 3.3V
 - Clock Selection: ADCRC

图 3-2. MCC ADC Easy View 配置

ADC x

Easy View Context 1 Context 2 Context 3 Context 4 Register Initialization

▼ Software Settings

Custom Name

▼ Hardware Settings

ADC

Input Configuration

Auto-conversion Trigger Source

Result Format

Automatic Context Scanning

VDD (V) 1.8 <= <= 5

External Positive Reference Voltage (V) 1.8 <= <= 3.3

▼ Clock Selection

Clock Selection

ADC Clock

1 TAD

Sampling Frequency

Conversion Time

▼ Interrupt Settings

ADI Interrupt Enable

- ADC **Context 1** 选项卡：
 - Positive Channel Selection: ANA1
 - Positive Voltage Reference: V_{DD}
 - Operating Mode Selection: Average mode (平均模式)
 - Error Calculation mode (误差计算模式): First derivative of single measurement (单次测量结果的一阶导数)

图 3-3. MCC ADC Context 1 配置

The screenshot shows the configuration interface for the ADC Context 1. The interface includes a tabbed menu at the top with options for Easy View, Context 1 (selected), Context 2, Context 3, Context 4, and Register Initialization. Below the tabs, there are several sections:

- Channel Sequencer:**
 - Enable Context 1: A toggle switch is turned on.
 - Context Scan: A dropdown menu showing "channel content is not included".
- Channel Selection:**
 - Positive Channel Selection: A dropdown menu set to "ANA1".
 - Positive Voltage Reference: A dropdown menu set to "VDD".
 - VREF+ (V): A text input field set to "3.3".
- Computation and Threshold Comparison:** A section with a right-pointing arrow.
- Advanced Hardware Settings:** A section with a right-pointing arrow.
- CVD Features:** A section with a right-pointing arrow.
- Interrupt Settings:** A section with a right-pointing arrow.

- ADC **Context 2**（现场 2）选项卡：
 - Positive Channel Selection: ANA2
 - Positive Voltage Reference: V_{DD}
 - Operating Mode Selection: Basic mode
 - Error Calculation mode: First derivative of single measurement

图 3-4. MCC ADC Context 2 配置

The screenshot displays the configuration window for the ADC Context 2. The window has a title bar 'ADC x' and a navigation bar with tabs for 'Easy View', 'Context 1', 'Context 2' (selected), 'Context 3', 'Context 4', and 'Register Initialization'. The main content area is organized into several sections:

- Channel Sequencer:** Contains a toggle for 'Enable Context 2' (which is turned on) and a dropdown for 'Context Scan' set to 'channel content is not included'.
- Channel Selection:** Contains three fields: 'Positive Channel Selection' (set to ANA2), 'Positive Voltage Reference' (set to VDD), and 'VREF+ (V)' (set to 3.3).
- Computation and Threshold Comparison:** A collapsed section.
- Advanced Hardware Settings:** A collapsed section.
- CVD Features:** A collapsed section.
- Interrupt Settings:** A collapsed section.

- UART2:
 - 115200 波特率
 - 8 个数据位
 - 无奇偶校验位
 - 1 个停止位

图 3-5. MCC UART 配置

UART2 x	
Easy View	
▼ Configuration Settings	
Custom Name	UART2
Requested Baudrate	115200
Calculated Baudrate	115942
Baud Rate Error (%)	0.644
Parity	None
Data Size	8
Stop Bits	1
▼ Interrupt Settings	
Interrupt Driven	<input type="checkbox"/>
▼ Dependency Selector	
UART PLIB Selector	UART2

- 引脚配置

图 3-6. MCC 引脚配置

Pin Grid View ×			Package: VQFN48																Pin No:			
			PORTA								PORTB											
Module	Function	Direction	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	
UART2	RX2	input									🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒				
	TX2	output									🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒				
	TXDE2	output									🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒				
OSC	CLKOUT	output							🔒													
RESET	MCLR	input																				
ADC	ADGRDA	output	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒													
	ADGRDB	output	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒													
	ANPx	input	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒		
Pins	GPIO	input	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒		
	GPIO	output	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒		

注：本例在终端软件上进行以下设置：波特率 = 115200，8 位数据大小，1 个停止位，无奇偶校验位。



Click to view code example on MPLAB DISCOVER

4. 由 APM 触发具有现场切换功能的 ADCC

该代码使用 MCC Melody 生成，用于演示通过 APM 触发、具有现场切换功能的 ADCC 的功能。具有现场切换功能的 ADCC 外设在被 APM 触发后会周期性地执行转换。转换结果以条形计界面的形式显示在 OLED 显示屏上。此外，还将检查模拟外设管理器状态寄存器（APMSTATUS）并将其显示在 OLED 显示屏上。POT 3 Click 板用作具有现场切换功能的 ADCC 外设的模拟输入。

- 设置：
 - PIC18F56Q71 Curiosity Nano 板
 - Curiosity Nano 适配器
 - MikroElectronica OLED Click
 - MikroElectronica POT 3 Click

4.1 MCC 配置

- Clock Control 配置：
 - Clock Source: HFINTOSC
 - HF Internal Clock: 64 MHz
 - ADCRC Oscillator: 使能

图 4-1. MCC Clock Control 配置

Clock Control x	
Easy View Register Initialization	
▼ Clock Settings	
System Clock (Hz)	64000000
Clock Source	HFINTOSC ?
HF Internal Clock	64_MHz ?
Clock Divider	1 ?
▼ Advanced Settings	
Secondary Oscillator Power Mode Select	Low power ?
Clock Switch Hold Control	may proceed ?
External Oscillator	<input type="checkbox"/> ?
HFINTOSC	<input type="checkbox"/> ?
MFINTOSC	<input type="checkbox"/> ?
LFINTOSC	<input type="checkbox"/> ?
Secondary Oscillator	<input type="checkbox"/> ?
ADCRC Oscillator	<input checked="" type="checkbox"/> ?
Active Clock Tuning	<input type="checkbox"/> ?
Active Clock Tuning Update	<input checked="" type="checkbox"/> ?

- ADC 配置：
 - Input Configuration: single ended mode
 - Auto-conversion Trigger Source (自动转换触发源)：Analog Peripheral Module (模拟外设模块)
 - Result Format: right justified
 - V_{DD} : 3.3V
 - Clock Selection: ADCRC

图 4-2. MCC ADC Easy View 配置

ADC ×	
<div style="display: flex; border-bottom: 1px solid black;"> Easy View Context 1 Context 2 Context 3 Context 4 Register Initialization </div>	
▼ Software Settings	
Custom Name	<input type="text" value="ADC"/>
▼ Hardware Settings	
ADC	<input checked="" type="checkbox"/> ?
Input Configuration	<input type="text" value="single ended mode"/> ?
Auto-conversion Trigger Source	<input type="text" value="Analog Peripheral Module"/> ?
Result Format	<input type="text" value="right justified"/> ?
Automatic Context Scanning	<input type="checkbox"/> ?
VDD (V)	1.8 <= <input type="text" value="3.3"/> <= 5
External Positive Reference Voltage (V)	1.8 <= <input type="text" value="3.3"/> <= 3.3
▼ Clock Selection	
Clock Selection	<input type="text" value="ADCRC"/> ?
ADC Clock	<input type="text" value="600.000 kHz"/>
1 TAD	<input type="text" value="1.667 us"/>
Sampling Frequency	<input type="text" value="37.500 kHz"/>
Conversion Time	<input type="text" value="16* TAD + 2 * Tcy = 26.792 us"/>
▼ Interrupt Settings	
ADI Interrupt Enable	<input checked="" type="checkbox"/>

- ADC **Context 1** 选项卡：
 - Positive Channel Selection: ANA4
 - Positive Voltage Reference: V_{DD}
 - Operating Mode Selection: Basic mode

图 4-3. MCC ADC Context 1 配置

ADC x

Easy View **Context 1** Context 2 Context 3 Context 4 Register Initialization

▼ Channel Sequencer

Enable Context 1

Context Scan channel content is not included ?

▼ Channel Selection

Positive Channel Selection ANA4 ?

Positive Voltage Reference VDD ?

VREF+ (V) 3.3

▶ Computation and Threshold Comparison

▶ Advanced Hardware Settings

▶ CVD Features

▶ Interrupt Settings

- APM 配置：
 - Clock Source: LFINTOSC
 - Requested Period (s) (请求的周期 (s)) : 2
 - APM Events (APM 事件) : Start 1 (开始 1) → ADCD, End 1 (结束 1) → ADCD, Start 2 (开始 2) → ADCD, End 2 (结束 2) → ADCD
 - Requested Start 1 (s) (请求的开始 1 (s)) : 0.25
 - Requested End 1 (s) (请求的结束 1 (s)) : 0.5
 - Requested Start 2 (s) (请求的开始 2 (s)) : 1
 - Requested End 2 (s) (请求的结束 2 (s)) : 1.5
 - APM: 使能

图 4-4. MCC APM 配置——1

The screenshot displays the configuration interface for the APM (Analog Period Measurement) module. The interface is organized into several sections:

- Software Settings:**
 - Custom Name: APM
- Hardware Settings:**
 - Enable APM: (Enabled)
- Clock Source Settings:**
 - Clock Source: LFINTOSC
 - Clock Frequency (Hz): 31000
- Counter Settings:**
 - Time Unit: seconds
 - Requested Period (s): 0 ≤ 2 ≤ 138.547332 × 10³
 - Prescaler: 0
 - Calculated Period (s): 2

图 4-5. MCC APM 配置——2

APM ×

▼ Events Settings

APM Events

Peripheral	Start 1	End 1	Start 2	End 2
Band Gap	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fixed Vref Buf1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fixed Vref Buf2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ADCD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ADCA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TEMP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OPA1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OPA2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DAC1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DAC2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DAC3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CMP1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CMP2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZCD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

▼ Event Timing Settings

Requested Start 1 (s)	0 <= 0.25 <= 2	?
Calculated Start 1 (s)	0.25	
Requested End 1 (s)	0 <= 0.5 <= 541.2	?
Calculated End 1 (s)	0.5	
Requested Start 2 (s)	0 <= 1 <= 541.2	?
Calculated Start 2 (s)	1	
Requested End 2 (s)	0 <= 1.5 <= 541.2	?
Calculated End 2 (s)	1.5	

- SPI1 配置：
 - Operation Mode（工作模式）：Host（主模式）
 - SPI Mode（SPI 模式）：SPI Mode 0（SPI 模式 0）
 - Input Data Sampled At（输入数据采样位置）：Middle（中间）
 - Requested Clock Frequency（请求的时钟频率）：500 kHz
 - Clock Source Selection（时钟源选择）：Fosc

图 4-6. MCC SPI 配置

The screenshot displays the configuration interface for SPI1, organized into several sections:

- Software Settings:** Custom Name is set to "SPI1".
- Hardware Settings:**
 - Mode: Host
 - SPI Mode: SPI Mode 0
 - Input Data Sampled At: Middle
 - Requested Clock Frequency (Hz): $125 \times 10^3 \leq 500000 \leq 32 \times 10^6$
 - Actual Clock Frequency (Hz): 500000
- Interrupt Settings:** Enable SPI Interrupt: Disabled
- Advanced Settings:** Clock Source Selection: FOSC
- Dependency Selection:** (Section header visible)

There are blue question mark icons next to the "Input Data Sampled At" and "Clock Source Selection" fields.

- 引脚配置

图 4-7. MCC 引脚配置——1

Pin Grid View ×			Package: VQFN48																															
Pin No:			PORTA							PORTB							PORTC																	
Module	Function	Direction	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
SPI1	SCK1	in/out									🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒
	SDI1	input									🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒
	SDO1	output									🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒
OSC	CLKOUT	output							🔒																									
RESET	MCLR	input																																
ADC	ADGRDA	output	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒																									
	ADGRDB	output	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒																									
	ANPx	input	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	
Pins	GPIO	input	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	
	GPIO	output	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	🔒	

图 4-8. MCC 引脚配置——2

Location	Pin Name	Module	Function	Direction	Custom Name	Analog	Start High	Weak Pullup	Open Drain	Slew Rate	Input Level Control	Interrupt on Change
48	RC6	SPI1	SCK1	in/out	oledC_SCK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	none ▾
47	RC5	SPI1	SDI1	input	IO_RC5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	none ▾
40	RC2	SPI1	SDO1	output	IO_RC2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	none ▾
25	RA4	ADC	ANPx	input	IO_RA4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	none ▾
22	RA1	Pins	GPIO	output	oledC_RW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	none ▾
24	RA3	Pins	GPIO	output	oledC_RST	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	none ▾
26	RA5	Pins	GPIO	output	oledC_nCS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	none ▾
8	RB0	Pins	GPIO	output	oledC_DC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	none ▾
11	RB3	Pins	GPIO	output	oledC_EN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	none ▾



Click to view code example on MPLAB DISCOVER

5. 参考资料

- [《MPLAB[®]代码配置器 v3.xx 用户指南》](#)
- [PIC1000: Getting Started with Writing C-Code for PIC16 and PIC18](#)
- [PIC16/PIC18 ADC² Technical Brief](#)
- [Getting Started with ADCC for PIC18](#)

6. 版本历史

文档版本	日期	注释
A	2023 年 1 月	文档初始版本

Microchip 信息

Microchip 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。我们的网站提供以下内容：

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持**——常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 设计伙伴计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

产品变更通知服务

Microchip 的产品变更通知服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请访问 www.microchip.com/pcn，然后按照注册说明进行操作。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (ESE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或 ESE 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 www.microchip.com/support 获得网上技术支持。

Microchip 器件代码保护功能

请注意以下有关 Microchip 产品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规范。
- Microchip 确信：在正常使用且符合工作规范的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- Microchip 注重并积极保护其知识产权。严禁任何试图破坏 Microchip 产品代码保护功能的行为，这种行为可能会违反《数字千年版权法案》(Digital Millennium Copyright Act)。
- 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。

法律声明

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。

本出版物及其提供的信息仅适用于 Microchip 产品，包括设计、测试以及将 Microchip 产品集成到您的应用中。以其他任何方式使用这些信息都将被视为违反条款。本出版物中的器件应用信息仅为您提供便利，将来可能会发生更新。如需额外的支持，请联系当地的 Microchip 销售办事处，或访问 www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services。

Microchip “按原样”提供这些信息。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，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销，Microchip 概不承担任何责任，即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额（如有）。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损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。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。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AgileSwitch、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、EyeOpen、GridTime、IdealBridge、IGaT、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、MarginLink、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mSiC、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、Power MOS IV、Power MOS 7、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、Trusted Time、TSHARC、Turing、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

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

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 均为 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。

© 2025, Microchip Technology Incorporated 及其子公司版权所有。

ISBN: 978-1-6683-0471-6

质量管理体系

有关 Microchip 质量管理体系的信息，请访问 www.microchip.com/quality。

全球销售及服务网点

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: www.microchip.com/support 网址: www.microchip.com	澳大利亚 - 悉尼 电话: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 电话: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 电话: 86-28-8665-5511 中国 - 重庆 电话: 86-23-8980-9588 中国 - 东莞 电话: 86-769-8702-9880 中国 - 广州 电话: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 电话: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特别行政区 电话: 852-2943-5100 中国 - 南京 电话: 86-25-8473-2460 中国 - 青岛 电话: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 电话: 86-21-3326-8000 中国 - 沈阳 电话: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 电话: 86-755-8864-2200 中国 - 苏州 电话: 86-186-6233-1526 中国 - 武汉 电话: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 电话: 86-29-8833-7252 中国 - 厦门 电话: 86-592-2388138 中国 - 珠海 电话: 86-756-3210040	印度 - 班加罗尔 电话: 91-80-3090-4444 印度 - 新德里 电话: 91-11-4160-8631 印度 - 浦那 电话: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 电话: 81-6-6152-7160 日本 - 东京 电话: 81-3-6880-3770 韩国 - 大邱 电话: 82-53-744-4301 韩国 - 首尔 电话: 82-2-554-7200 马来西亚 - 吉隆坡 电话: 60-3-7651-7906 马来西亚 - 槟榔屿 电话: 60-4-227-8870 菲律宾 - 马尼拉 电话: 63-2-634-9065 新加坡 电话: 65-6334-8870 台湾地区 - 新竹 电话: 886-3-577-8366 台湾地区 - 高雄 电话: 886-7-213-7830 台湾地区 - 台北 电话: 886-2-2508-8600 泰国 - 曼谷 电话: 66-2-694-1351 越南 - 胡志明市 电话: 84-28-5448-2100	奥地利 - 韦尔斯 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 丹麦 - 哥本哈根 电话: 45-4485-5910 传真: 45-4485-2829 芬兰 - 埃斯波 电话: 358-9-4520-820 法国 - 巴黎 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 德国 - 加兴 电话: 49-8931-9700 德国 - 哈恩 电话: 49-2129-3766400 德国 - 海尔布隆 电话: 49-7131-72400 德国 - 卡尔斯鲁厄 电话: 49-721-625370 德国 - 慕尼黑 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 德国 - 罗森海姆 电话: 49-8031-354-560 以色列 - 霍德夏沙隆 电话: 972-9-775-5100 意大利 - 米兰 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 意大利 - 帕多瓦 电话: 39-049-7625286 荷兰 - 德卢内市 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 挪威 - 特隆赫姆 电话: 47-72884388 波兰 - 华沙 电话: 48-22-3325737 罗马尼亚 - 布加勒斯特 电话: 40-21-407-87-50 西班牙 - 马德里 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 瑞典 - 哥德堡 电话: 46-31-704-60-40 瑞典 - 斯德哥尔摩 电话: 46-8-5090-4654 英国 - 沃金厄姆 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820
亚特兰大 德卢斯, 佐治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 奥斯汀, 德克萨斯州 电话: 512-257-3370 波士顿 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 芝加哥 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 达拉斯 阿迪森, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 底特律 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 休斯顿, 德克萨斯州 电话: 281-894-5983 印第安纳波利斯 诺布尔斯维尔, 印第安纳州 电话: 317-773-8323 传真: 317-773-5453 电话: 317-536-2380 洛杉矶 米慎维荷, 加利福尼亚州 电话: 949-462-9523 传真: 949-462-9608 电话: 951-273-7800 罗利, 北卡罗来纳州 电话: 919-844-7510 纽约, 纽约州 电话: 631-435-6000 圣何塞, 加利福尼亚州 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 加拿大 - 多伦多 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078			