
通过 MPLAB® Harmony v3 使用 SAMC MCU 上的 Σ - Δ 模数转换器 (SDADC)

简介

Σ - Δ 模数转换器 (Sigma-Delta Analog-to-Digital Converter, SDADC) 用于将模拟信号转换为数字值。SDADC 在 1 ksp/s 采样率下的分辨率为 16 位，最高可转换 1.5 Msps/数据过采样率 (Over Sampling Ratio, OSR)。

输入端最多可选择三个差分模拟通道。SDADC 提供有符号结果。ADC 测量既可以通过应用软件启动，也可以通过器件中其他外设的传入事件启动。ADC 测量可通过可预测的时序启动，而无需软件干预。SDADC 还集成了休眠模式和转换定序器。这些功能有助于降低功耗并减少处理器干预。SDADC 内部会生成一组参考电压。

本文档介绍了 ATSAMC21N 器件中配置为差分模式的 SDADC，SDADC 结果会显示在控制台上。此外，还提供了有关中断和轮询方法的示例代码，该示例代码使用 MPLAB® X IDE 和 MPLAB Harmony v3 配置器开发，可供参考。

特性

- Σ - Δ 转换器在 1 ksp/s 采样率下的分辨率为 16 位
 - 三个外部模拟差分输入对
- 转换范围为 0V 到 VREF (有多种可选)
 - 硬件增益、失调和偏移补偿

目录

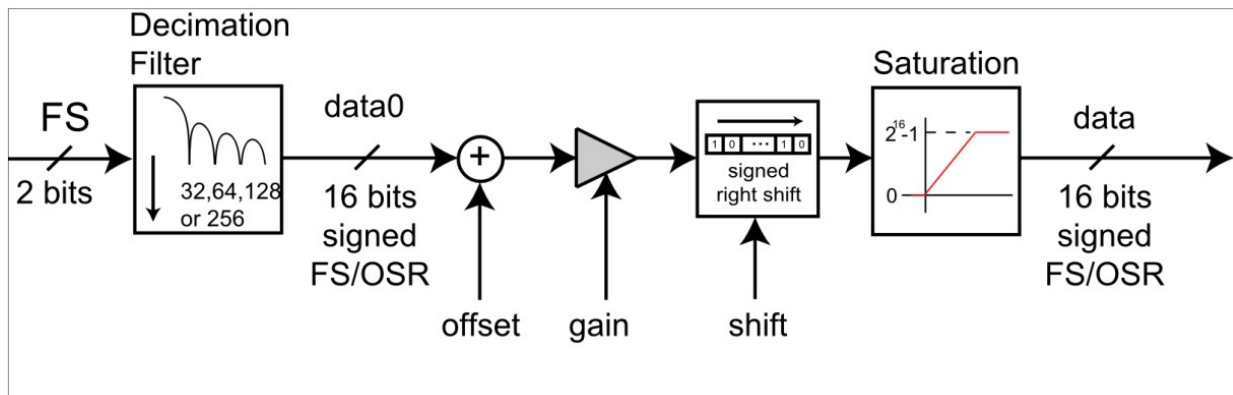
简介.....	1
1. 模块概述.....	3
1.1. 说明.....	3
1.2. 寄存器接口.....	4
2. 功能说明.....	5
2.1. 基本操作.....	5
2.2. 使用总结.....	6
3. 固件实现.....	8
3.1. MPLAB Harmony v3 配置器 SDADC 配置.....	8
3.2. 外设库 (PLIB) API.....	9
3.3. 回调 API.....	9
3.4. 支持 API.....	10
3.5. SDADC 示例.....	10
4. 结论.....	12
5. 参考资料.....	13
Microchip 网站.....	14
产品变更通知服务.....	14
客户支持.....	14
Microchip 器件代码保护功能.....	14
法律声明.....	14
商标.....	15
质量管理体系.....	15
全球销售及服务网点.....	16

1. 模块概述

1.1 说明

Σ - Δ 模数转换器 (SDADC) 通过对 Σ - Δ 调制器的输出进行积分和抽取, 将模拟电压转换为有符号的 16 位值。滤波和抽取使用 SINC 滤波器来实现, 该滤波器通过放置零点最大程度地减少了抽取所造成的混叠效应。该滤波器为三阶 SINC 滤波器, 可通过调节过采样率 (OSR) 实现更高的吞吐量, 如下图所示。例如, OSR 为 64 时将以 23 ksp/s 的采样率提供输出, 而 OSR 为 1024 时将以 1.4 ksp/s 的采样率产生输出。

图 1-1 级联积分梳状 (Cascaded Integrator-Comb, CIC) 抽取滤波器

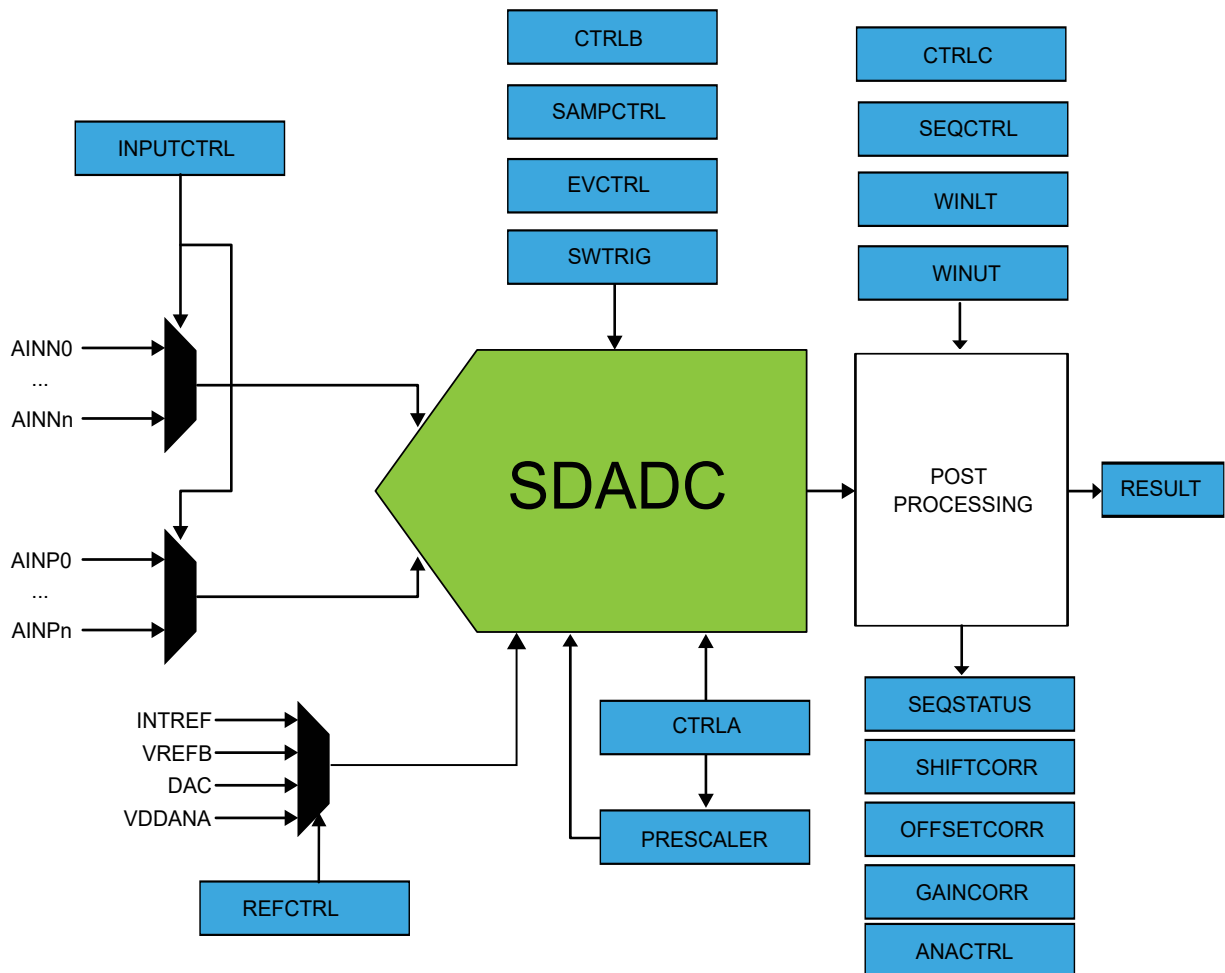


SDADC 在 24 位寄存器中提供有符号的结果, 以允许进行增益和失调校正, 避免导致硬件溢出。由于结果采用二进制补码格式, 因此 SDADC 结果是使用 $\pm V_{REF}$ 的有符号 16 位值 (最大值)。使用设置为 1.024V 的内部 V_{REF} 时, SDADC 将基于 $\pm 1.024V$ 生成代码。内部 V_{REF} 经配置可提供 1.024V、2.048V 和 4.096V 的参考电压。

注: REFSEL 寄存器中选择的范围必须与提供的 V_{REF} 相匹配, 并且必须独立于内部 V_{REF} 进行设置, 否则将导致读数出错。

1.2 寄存器接口

图 1-2. SDADC 寄存器接口



2. 功能说明

Σ - Δ 模数转换器 (SDADC) 可用于高分辨率 ADC 测量, 这类测量可能涵盖: 温度传感器、热电偶、冷结点补偿、3-4 线 RTD 传感器, 4-20 mA 电流回路、电流 (检测电阻) 以及秤和测压元件。 Σ - Δ 架构为这类精密测量提供了一种低成本解决方案, 仅需通过一个简单的 R-C 低通滤波器进行抗混叠即可实现。

可使用通用时钟 (GCLK_SDADC) 通过 7 位预分频器生成 CLK_SDADC。在使用 SDADC 之前, 必须配置并使能 GCLK。采样时钟来自 CLK_SDADC/4。因此, 最大 CLK_SDADC 为 6 MHz, 因为最高采样频率为 1.5 MHz。由于 GCLK_SDADC 与 APB 总线时钟异步, 因此写入寄存器时需要同步。该通用时钟允许基于 CTRLA (控制 A) 寄存器的 RUNSTDBY (在待机模式下运行)、ONDEMAND (按需控制) 和 ENABLE (使能) 位的值来配置 CLK_SDADC 在休眠模式下运行。使用 7 位预分频器可以灵活调整采样频率。

SDADC 支持在三个模拟输入通道上按顺序进行差分测量。测量时可以选择以下四个参考电压之一: 内部带隙、VREFB (参考电压) 引脚上的外部电压、数模转换器 (Digital-to-Analog Converter, DAC) 输出或 VDD 模拟电压 (VDDANA)。参考电压可选配缓冲器, 从而为外部参考电压提供更高的输入阻抗。

SDADC 以可编程的速率 (等于 CLK_SDADC_FS (预分频后的 SDADC 时钟频率) 除以 64 至 1024) 对 16 位 (有符号) Σ - Δ 输出比特流进行滤波和抽取。输出速率通过修改可编程的过采样率 (OSR) 来设置。结果是 24 位二进制补码, 允许进行可编程的增益和失调校正。

SDADC 外设支持三个中断:

- 结果就绪中断 (RESRDY) —— RESRDY 可触发 DMA 传输或事件。
- 溢出中断 (OVERRUN) —— 如果未在新的结果就绪之前读取前一个结果, 则 OVERRUN 标志置 1。
- 窗口监视器中断 (WINMON) —— WINMON 可通过将 EVCTRL 寄存器中的 WINMONEO 位置 1 来产生事件。

通过配置自动序列, 可以针对一次转换请求同时转换多个采样。在这种情况下, 将按照编号从低到高的顺序转换各个正输入对 (AINN0, AINP0, AINN1, AINP1 ...)。

注: 如果 SEQCTRL 寄存器中没有位置 1, 则对选定的 INPUTCTRL 输入 (MUXSEL) 进行转换。窗口监视器可用于定义阈值和触发 WINMON 标志 (或中断)。

2.1 基本操作

2.1.1 初始化

必须在禁止外设的条件下配置 SDADC。以下是配置和使能 SDADC 的寄存器设置序列, 其中寄存器位的符号均采用 <register.bit(s)> 形式:

- 使能通用时钟
- 选择参考电压和范围
 - REFCTRL.REFRANGE
 - REFCTRL.REFSEL
- 设置转换速率和分辨率
 - GCLK_SDADC
 - CTRLB.PRESCALER (SDADC_CLK)
 - CTRLB.OSR (过采样率)
- 选择触发源或中断
 - SWTRIG.START (软件触发)
 - 自由运行模式
 - DMA/事件
 - 定时器
- 序列控制
 - 自动序列 (SEQCTRL)
 - 编号从低到高的正输入对

- SEQSTATUS.SEQBUSY 位在转换启动时置 1，在序列完成时清零
- 输入编号与结果一起存储
- 窗口监视器控制
 - 将结果与阈值进行比较
 - WINUT/WINLT（上限和下限阈值）
 - WINCTRL.WINMODE（位于窗口内部/外部）
 - INTFLAG.WINMON（中断标志）
- 配置输入引脚
 - INPUTCTRL.MUXSEL[3:0]
- 配置中断
 - INTENSET.RESRDY（转换就绪）
 - INTENSET.WINMON（达到阈值）
 - INTENSET.OVERRUN（未读取前一个结果）

2.1.2 读取结果

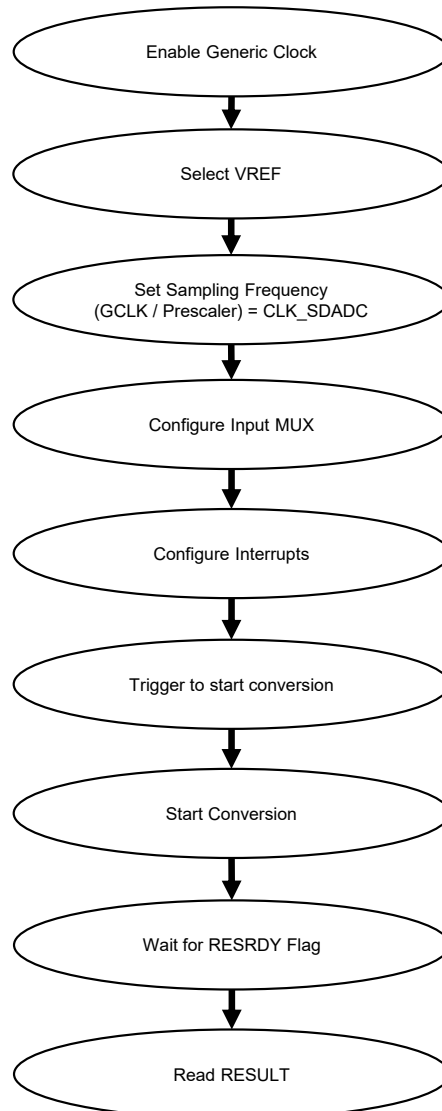
SDADC 结果就绪标志（RESRDY）在转换完成时置 1。首次初始化外设时，需在第三次转换后才能获得有效结果。为了在硬件中自动执行该限制，可设置 CTRLB 寄存器中的跳过计数位域（CTRLB.SKPCNT[3:0]）以自动跳过前 n 个结果。在自由运行模式下，应用程序必须在下一个结果就绪前读取结果。如果没有读取，则溢出标志将置 1。

结果可从 RESULT 寄存器中读取。

2.2 使用总结

以下流程图说明了配置 SDADC 以读取 SDADC 结果的过程。

图 2-1. 读取 SDADC 结果流程图



3. 固件实现

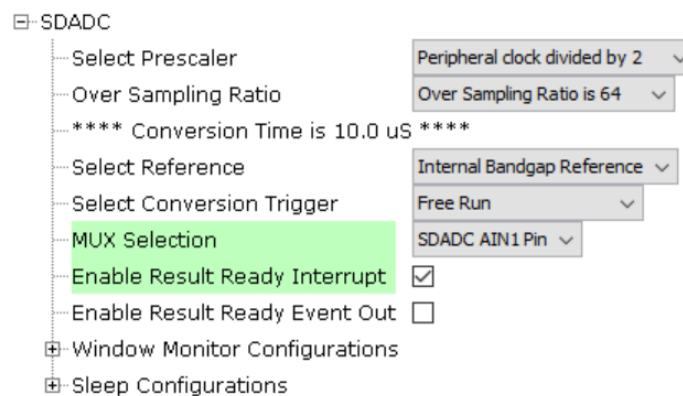
使用 MPLAB Harmony 配置器 (MPLAB Harmony Configurator, MHC) 配置相应的组件可生成所需的外设库 (PLIB) 文件。MHC 提供了易于使用的 API 来使用外设。本示例演示 SDADC 在中断和轮询模式下的基本使用方法。

3.1 MPLAB Harmony v3 配置器 SDADC 配置

下面给出了 MPLAB Harmony 配置器中对 SDADC 外设进行的默认配置，具体如下图所示。

- 过采样率 = 64
- 内部带隙参考电压 = 4.096V
- 允许中断

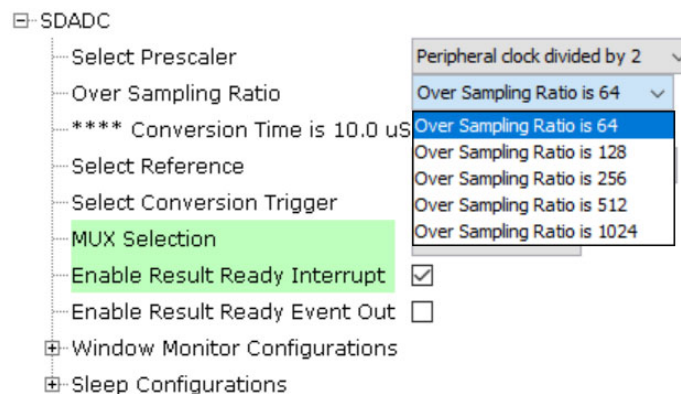
图 3-1. MPLAB Harmony v3 配置器中的 SDADC 配置



要在 MPLAB Harmony v3 配置器中更改上述默认配置，可按照以下步骤操作：

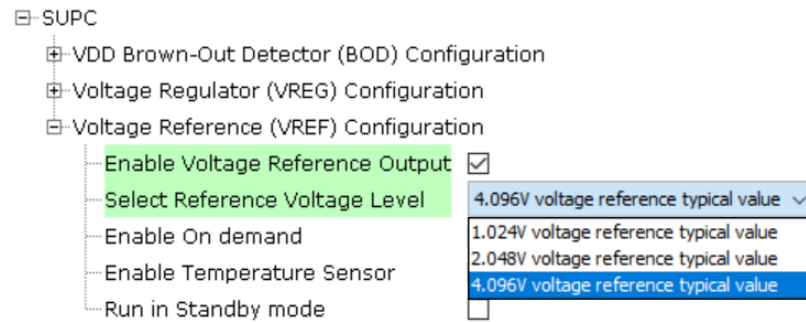
1. 在 MPLAB X IDE 中，导航到 *Tools > Embedded > MPLAB Harmony v3 Configurator* (工具 > 已安装工具 > MPLAB Harmony v3 配置器)。
2. 要更改过采样率，应单击 **SDADC** 模块并从 **Over Sampling Ratio** (过采样率) 下拉列表中选择所需的值，如下图所示。

图 3-2. MPLAB Harmony v3 配置器中的 OSR 下拉列表



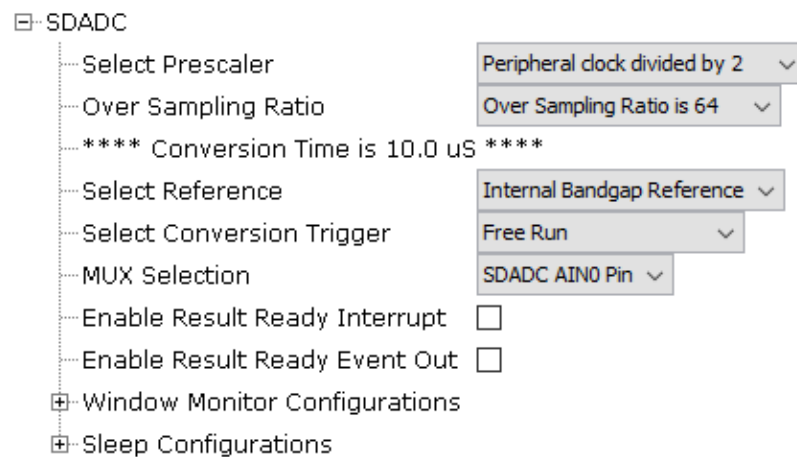
3. 要更改内部参考电压值，应在 Project Graph (项目图) 中单击 **SUPC** 模块。
4. 从 **Select Reference Voltage Level** (选择参考电压值) 下拉列表中选择所需的参考电压值，如下图所示。

图 3-3. MPLAB Harmony v3 配置器中的参考电压值下拉列表



5. 可以禁止中断以使用轮询方法。单击 **SDADC** 模块，然后清除 **Enable Result Ready Interrupt**（允许结果就绪中断）选项并生成代码。

图 3-4. 在 MPLAB Harmony v3 配置器中禁止 SDADC 结果就绪中断



6. 在为轮询模式生成的 `plib_sdadc.c` 文件中，将添加 `bool SDADC_ConversionResultIsReady(void)` 函数。该 API 会返回一个布尔值作为状态，以确认结果是否就绪。
7. 在 `main.c` 文件中检查该状态，并在结果就绪时继续执行读操作，具体实现请参见轮询模式项目。
8. 保存配置并通过选择 **MHC > Generate Code**（MHC > 生成代码）来生成代码。
9. 更新 `plib` 文件（需考虑适当的更改）。

3.2 外设库（PLIB）API

MPLAB Harmony v3 在 `plib_sdadc.c` 中为 SDADC 提供了 PLIB API。以下 API 分别用于配置、初始化和读取 SDADC：

- `void SDADC_Initialize(void)`
- `int16_t SDADC_ConversionResultGet(void)`
- `bool SDADC_ConversionResultIsReady(void)`;

3.3 回调 API

除 PLIB API 外，还包含以下回调 API：

-
- `void SDADC_CallbackRegister(SDADC_CALLBACK callback, uintptr_t context)`

3.4 支持 API

SAMC21N 支持多种参考电压，在使用 SDADC 外设时可满足不同的测量要求。以下支持 API 提供了示例应用程序。

- `void App_SDADC_Config(void)`
- 有关 SDADC API 的更多信息，请访问：
microchip-mplab-harmony.github.io/csp/frames.html?frmname=topic&frmfile=06665.html

3.5 SDADC 示例

下面列出了本文档随附的示例固件。

- `sdadc_conversion_polling`: 演示轮询模式下的 SDADC 转换
- `sdadc_conversion_interrupt`: 演示中断模式下的 SDADC 转换

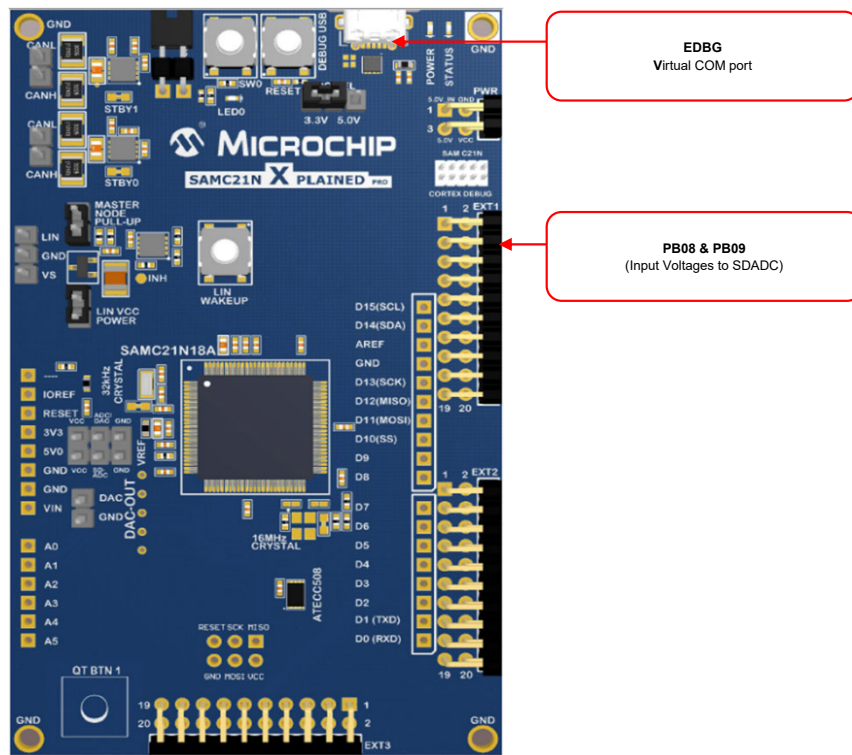
3.5.1 要求

- MPLAB X IDE 版本 5.40 或更高版本
www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide
- MPLAB X C32 编译器 v2.41 或更高版本
www.microchip.com/mplabx/compilers
- MPLAB Harmony 配置器插件 v3.5.0 或更高版本
- MPLAB Harmony v3 “csp” 资源库 v3.7.1 或更高版本
github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/csp/releases/tag/v3.7.1
- MPLAB Harmony v3 “dev_packs” 资源库 v3.7.0 或更高版本
github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/dev_packs
- MPLAB Harmony v3 “mhc” 资源库 v3.4.0 或更高版本
github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/mhc
- SAMC21N Xplained Pro 评估工具包
www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails/PartNO/ATSAMC21N-XPRO
- 在 INN[1]和 INP[1]引脚或 PB08 和 PB09 上连接稳定的电压源。

3.5.2 说明

示例固件将 SAMC21N Xplained Pro 板上的 SDADC 初始化为使用输入通道 1。该示例为差分测量，因此应确保将正（INP）和负（INN）引脚均连接到电压源。固件还会初始化 USART，以便通过板上 EDBG 虚拟 COM 端口与终端程序通信。设置为 115200, 8, N, 1。

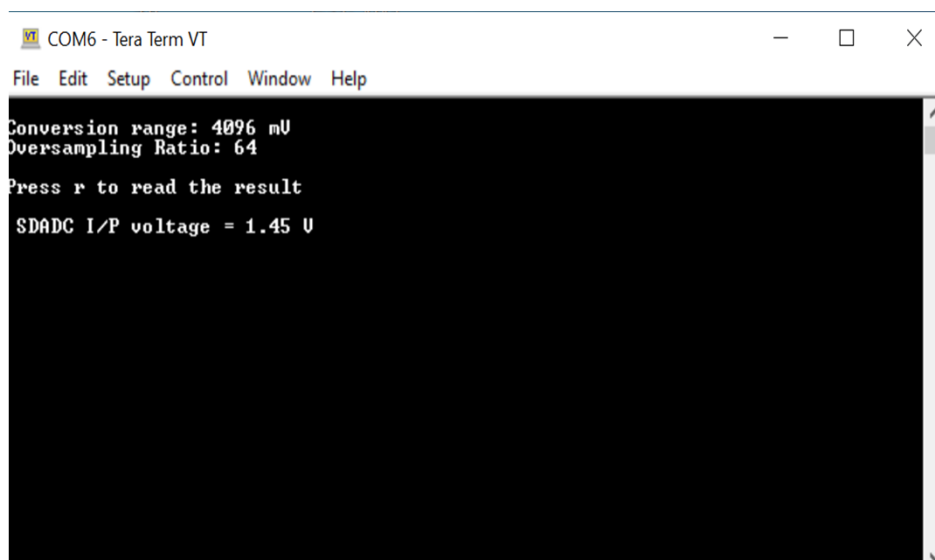
图 3-5. SAMC21N Xplained Pro 评估工具包



SDADC 配置为使用内部 VREF，范围设置为 4.096V 满量程，OSR 的默认设置为 64。

按“r”键将读取结果并换算为 mV 的形式予以显示。

图 3-6. 输出显示在终端窗口中



4. 结论

本文档旨在重点介绍 MPLAB Harmony v3 配置器的用法，并且介绍了配置 ATSAMC21N 的 SDADC 的过程。文中使用的是该 16 位分辨率 SDADC 的差分模式，并将结果显示在控制台上。用户可以直接将代码编程到器件，并在终端控制台上查看结果。

5. 参考资料

- MPLAB Harmony v3:
www.microchip.com/mplab/mplab-harmony
- SAM C20/C21 系列数据手册:
ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/SAMC20_C21_%20Family_Data_%20Sheet_DS60001479D.pdf
- SAM C21N Xplained Pro:
ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70005318A.pdf
- AT10294: Using the Sigma-Delta Analog to Digital Converter on SAMC MCU (SDADC):
[ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42467-Using-the-Sigma-Delta-Analog-to-Digital-Converter-on-SAMC-MCU-\(SDADC\)_ApplicationNote_AT10294.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42467-Using-the-Sigma-Delta-Analog-to-Digital-Converter-on-SAMC-MCU-(SDADC)_ApplicationNote_AT10294.pdf)
- SAM C21 入门培训模块:
microchipdeveloper.com/harmony3:samc21-getting-started-training-module
- 时钟系统配置技术简介:
[ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Clock_System_Configuration_Usage_on_SAMC2x\(Cortex%20M0+\)_%20Devices_DS90003227A.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Clock_System_Configuration_Usage_on_SAMC2x(Cortex%20M0+)_%20Devices_DS90003227A.pdf)

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 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规范。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- 目前，仍存在着用恶意、甚至是非法的方法来试图破坏代码保护功能的行为。我们确信，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。这种试图破坏代码保护功能的行为极可能侵犯 Microchip 的知识产权。
- 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。

法律声明

提供本文档的中文版本仅为为了便于理解。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。

本出版物中提供的信息仅仅是为方便您使用 Microchip 产品或使用这些产品来进行设计。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 “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、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PackeTime、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、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、WinPath 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、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、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、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、TSHARC、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。

© 2021, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-7882-9

质量管理体系

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

全球销售及服务中心

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 - 若那那市 电话: 972-9-744-7705 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 诺布尔斯特维尔, 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			