

使用 APM 构建低功耗传感器应用

AN5116



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

简介

作者: Teodor-Emilian Petre, Microchip Technology Inc.

模拟外设管理器 (Analog Peripheral Manager, APM) 是 PIC18-Q71 器件系列的集成外设, 本应用笔记展示了该外设通过使能和禁止其所控制的模拟外设来降低功耗方面的有效性。

被设计为以低功耗运行的系统或器件称为低功耗应用。这些应用通常旨在降低总功率需求、延长电池寿命并提高能效。单片机 (MCU) 的低功耗应用需要开发和优先采用节能硬件和软件解决方案, 这是便携式电子设备、电池供电设备以及其他设备在电源受限或能效至关重要的情况下的关键因素。

休眠模式是一种低功耗模式, 旨在节省电子设备的能耗。当设备进入休眠模式时, 它可以关闭非基本功能, 同时保持在需要时快速恢复正常工作的能力, 从而降低功耗。因此, 这可以显著延长便携式设备的电池寿命, 降低大型系统的能源成本, 并最大限度地降低电子设备的总体环境影响。PIC18-Q71 具有多种休眠模式, 可帮助设计人员优化其应用的功耗。

APM 支持使用定时器独立于内核定期开启和关闭模拟模块。该特性可用于管理设备上的模拟外设, 例如模数转换器 (Analog-to-Digital Converter, ADC)、比较器 (Comparator, CMP)、数模转换器 (Digital-to-Analog Converter, DAC) 或运算放大器 (Operational Amplifier, OPA) 模块。该外设非常适合只需定期测量模拟传感器、而无需持续监视传感器的低功耗应用。使用 APM, 用户可以设置自定义时间间隔, 配置的模拟模块将定期在该时间间隔后被激活以执行指定的功能, 然后在经过设定的时间后该模拟模块被停用并返回到低功耗状态。此外, APM 可激活模拟外设而无需唤醒 CPU, 从而优化应用的总功耗。

该项目的主要目的是对三个类似的应用进行基准测试, 每个应用使用不同的低功耗技术, 如下所述:

- 环境温度基本应用——通过不使用任何节能方法展示最高功耗情况
- 使用 APM 的环境温度应用——结合使用 APM 和上一个示例, 展示在节能方面的改进
- 使用 APM 和休眠模式的环境温度应用——通过使用 APM 和休眠模式技术展示最优低功耗应用

目录

简介.....	1
1. 概念.....	3
2. 应用示例基准测试.....	8
2.1. 环境温度基本应用.....	8
2.2. 使用 APM 的环境温度应用.....	9
2.3. 使用 APM 和休眠模式的环境温度应用.....	10
3. 总结.....	11
4. 版本历史.....	12
Microchip 信息.....	13
Microchip 网站.....	13
产品变更通知服务.....	13
客户支持.....	13
Microchip 器件代码保护功能.....	13
法律声明.....	13
商标.....	14
质量管理体系.....	15
全球销售及服务网点.....	16

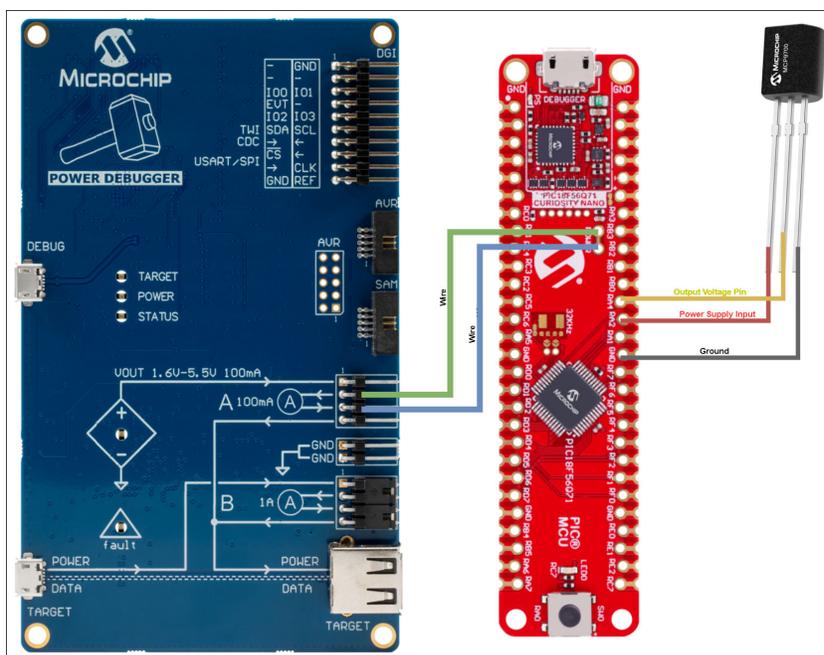
1. 概念

低功耗应用旨在以最低的功耗运行，同时仍能提供所需的功能。这是通过先进的功耗管理技术（例如功率门控、电压调节和时钟门控）实现的。这些技术使设备能够在不使用时以低功耗模式工作，从而降低功耗并延长电池寿命。

低频内部振荡器（Low-Frequency Internal Oscillator, LFINTOSC）是产生低频（通常校准为 32 kHz）时钟信号的振荡器。该振荡器在低功耗应用中非常重要，因为与其他振荡器相比，它的功耗最低。LFINTOSC 通常用作低功耗模式（例如休眠或待机模式）的时钟源。通过使用 LFINTOSC 代替更高频率的振荡器，单片机可以优化功耗并延长电池寿命。

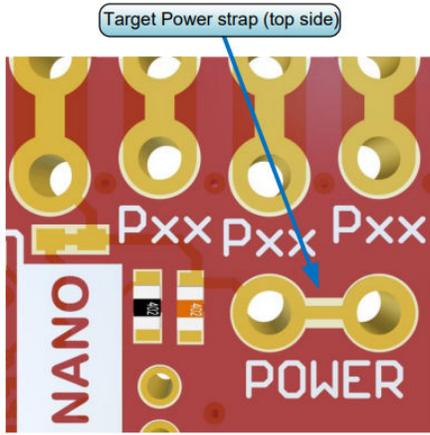
三个应用实例均使用 Microchip 的功率调试器和 PIC18F56Q71 Curiosity Nano 板进行了基准测试。该功率调试器的通道 A 电流表连接到 Curiosity Nano 板以测量电流。MCP9700 的输出引脚连接到 Curiosity Nano 板的 RA4 引脚。图 1-1 显示了这三种应用变化形式的设置。

图 1-1. 用于电流测量的硬件连接



重要： 切断目标电源配置脚（J101）以进行电流测量，并将功率调试器的电流表探头连接到 J101 的两个端子。有关低功耗测量的更多信息，请参见 PIC18F56Q71 Curiosity Nano User's Guide。

图 1-2. 目标电源配置脚在 Curiosity Nano 板上的位置



本应用笔记介绍了 APM 外设的最重要特性之一，即，支持使用 APM 内部定时器开启和关闭模拟模块，而无需与内核交互。图 1-3 和图 1-4 概括了所有三种应用变化形式中用于驱动 MCP9700 传感器和采集数据的外设。

图 1-3. 环境温度基本应用外设

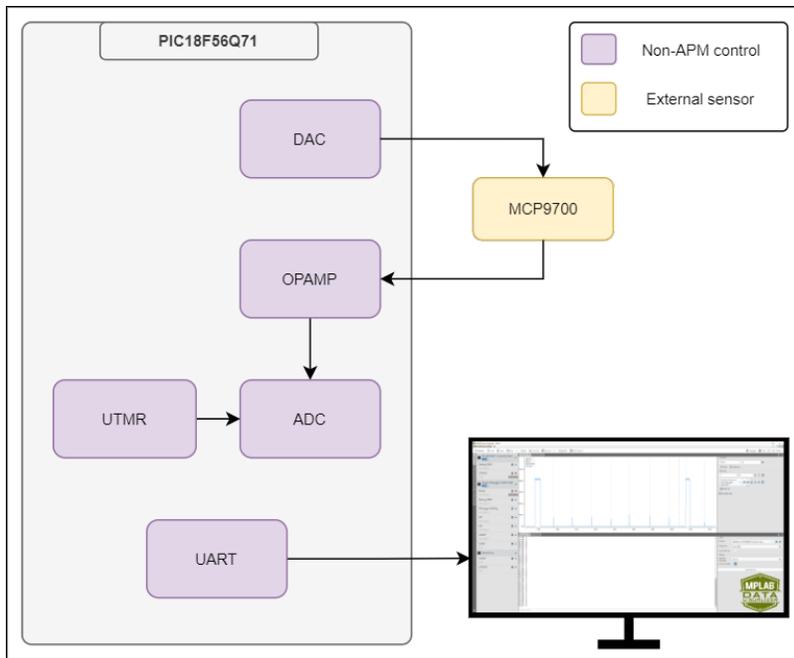
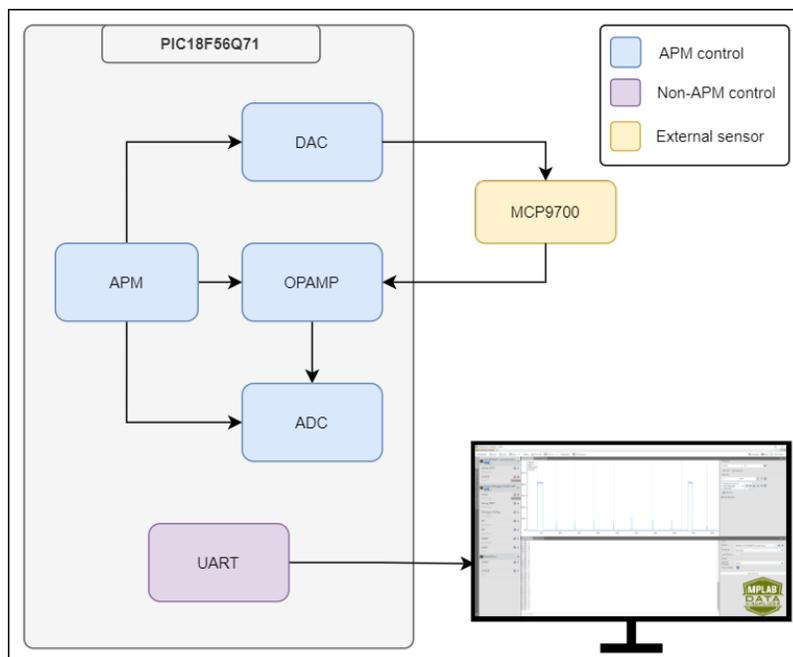


图 1-4. 使用 APM 的环境温度基本应用



此示例旨在利用 MCP9700 线性有源热敏电阻 IC 传感器定期读取环境温度，该传感器的输出电压与测得的温度值（-40°C 至+150°C）成正比。然后，通过通用异步收发器（Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART）模块将获得的数据发送给 MPLAB[®] 数据可视化器。该传感器通过单片机内部集成的 10 位 DAC 模块驱动，使用传感器可接受的最低工作电压。根据传感器数据手册，该传感器的工作电流为 5 至 12 μ A，远低于单片机引脚可以提供的最大电流 50 mA。输出电压连接到同相配置的 OPA 模块的同相输入端，OPA 模块增益为 2.67。OPA 的输出在内部连接到带计算和现场切换功能的 ADC 模块的 Context 1，该 ADC 模块的工作模式配置为平均模式。该模式使 MCU 能够在 8 秒内累加 8 个值，然后返回平均值，该平均值将转换为可通过 UART 模块读取的环境温度表示（单位为摄氏度）。

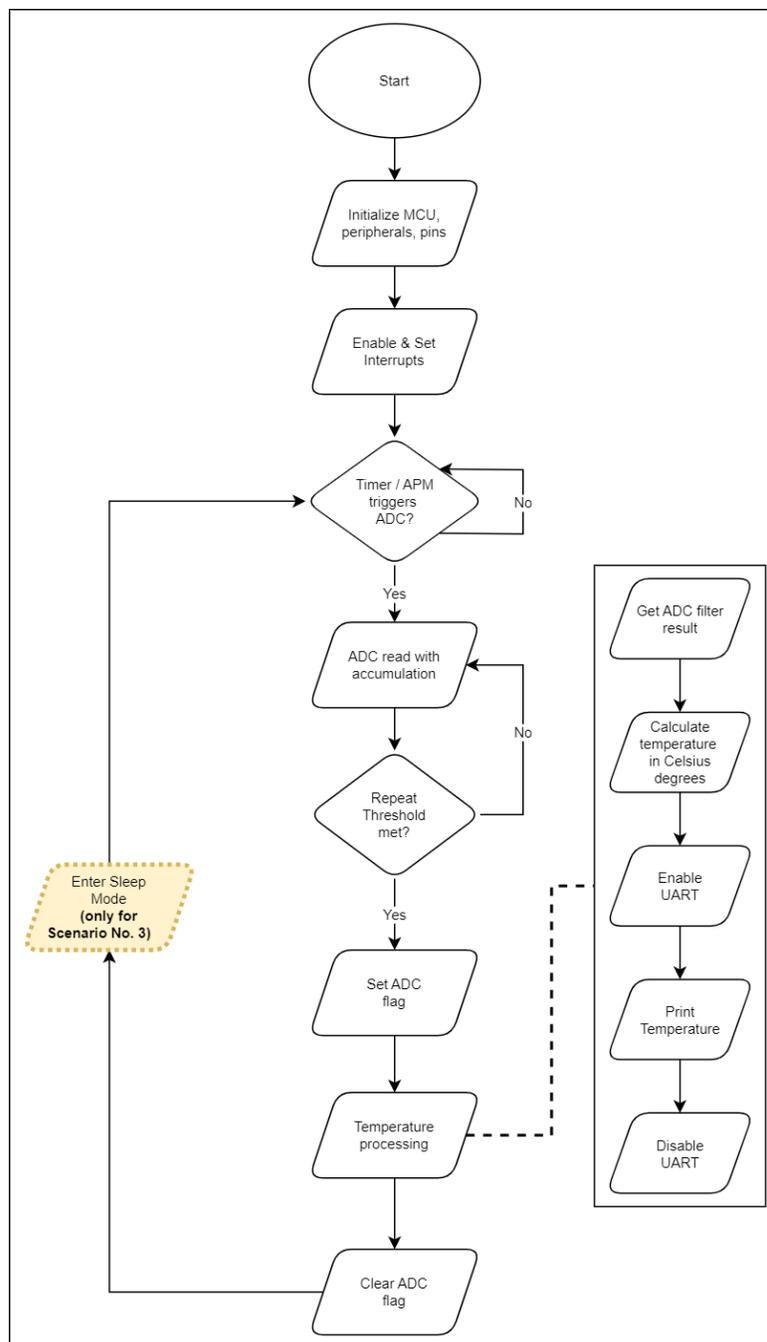
第一个应用示例使用通用定时器（Universal Timer, UTMR）模块管理时序。该模块配置为每秒触发一次 ADC 的自动转换。8 次连续 ADC 转换并累加后，ADC 触发中断，返回平均结果。然后，对环境温度进行处理并通过 UART 模块将其输出到终端。所有 8 次连续 ADC 转换后，计算并向终端发送环境温度，即表示一个周期。此示例会产生更高的功耗，因为除 UART 模块外，所有模块始终保持运行状态。有关电流测量的更多信息，请参见[应用示例基准测试](#)部分。

第二个应用示例使用 APM 模块来定义时序，将其配置为每秒自动转换的 ADC 触发源。此场景与第一个应用不同，因为所使用的模拟模块是定期开启和关闭的，无需任何软件干预，此应用的目的是与第一个应用相同。此示例中使用 APM 显著降低了电流消耗。有关电流测量的更多信息，请参见[应用示例基准测试](#)部分。

最后一个应用示例与第二个示例非常相似，但不同之处在于使用 PIC[®] MCU 提供的休眠模式作为节能方法。休眠模式下 CPU 和所选的外设会停止工作，因此可提供最优节能效果。但是，一些外设时钟在休眠期间仍继续工作，例如 LFINTOSC、高频内部振荡器（High-Frequency Internal Oscillator, HFINTOSC）和模数转换器 RC 振荡器（Analog-to-Digital Converter RC Oscillator, ADCRC）。使用这些时钟的外设也继续工作。在这种模式下，ADC 的任何转换都不会唤醒内核，仅在最后一次转换时使用内核，以返回和处理平均结果并通过 UART 输出。通过结合休眠模式，这一示例变化形式具有最高的能效。有关电流测量的更多信息，请参见[应用示例基准测试](#)部分。

图 1-5 显示了应用的逻辑流程图。

图 1-5. 逻辑流程图



所有三个应用示例均使用固定的小周期进行简单而全面的展示。基准测试周期为 8 秒。在该周期中，累加 8 次 ADC 转换，然后使用 UART 输出平均 ADC 值。APM 周期可设置为最长 38 小时，这意味着应用可设计为具有更低的功耗。

软件项目使用两种类型的函数构建，即使用 MPLAB[®] 代码配置器（MPLAB Code Configurator, MCC）生成的函数和自定义应用函数，例如：

- `ADC_UserContext1Callback`——产生 ADC 中断时置 1 标志
- `ClearADCFlag`——清零上一函数设置的标志

- `TemperatureProcessing`——处理温度。该函数从每秒重复的 8 次 ADC 转换中获取平均值。每次发生 ADC 中断获取一次该值，通过 ADC 公式进行处理，以确定施加在引脚上并存储在 `inputADCVoltage` 变量中的输入电压。接下来，使用 `MCP9700` 传感器数据手册中所提供的特定公式进行计算。在循环的最后阶段，`calculatedTemperature` 变量中存储的值表示 `PrintTemperature` 函数的参数。
- `PrintTemperature`——使能 UART 通信，向终端发送特定文本和值，等待传输完成，然后禁止 UART 以降低所需的功耗

通过无限 `while()` 循环检查 ADC 转换是否结束，然后计算并输出温度。

```
while(1)
{
    if (adcContext1Flag)
    {
        TemperatureProcessing();

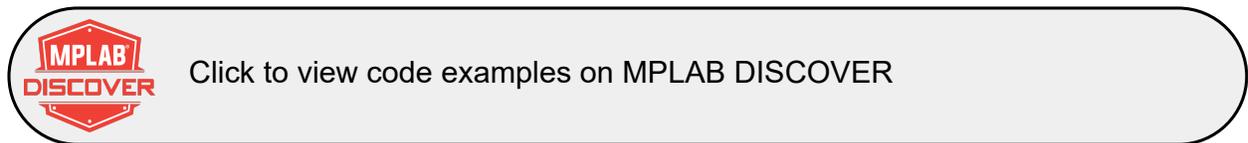
        ClearADCFlag();
    }
}
```

2. 应用示例基准测试

所有应用示例均基于相同的概念，采用单片机内部集成的低功耗模块 APM，逐步增加降低功耗的解决方案，最终实现最低功耗场景。所示的第一个应用示例未针对功耗进行优化，用于设置电流消耗的基准。第二个应用示例展示了如何通过使用 APM 独立开启和关闭模拟外设来改进前一个示例的功耗值。最后一个应用示例是使用休眠模式实现最高效节能的案例。

使用 Microchip 功率调试器测量电流消耗，并使用 MPLAB 数据可视化器显示测量结果。

MCC Melody 代码配置请参见：



UART 模块每 8 秒向终端发送处理后的环境温度（单位为摄氏度）。

DAC 模块向 MCP9700 外部传感器提供其可接受的最低输入电压（2.30V）。使用 DAC 代替 I/O 引脚，因为 DAC 可以精确设置电压值，并且 DAC 可以由 APM 独立开启和关闭，无需使用任何其他软件。

OPA 模块放大传感器的输出电压，以提高环境温度读数的精度。OPA 配置为 2.67 倍增益的同相可编程增益放大器。ADC 的输入电压最大值设置为 3.3V，因此 OPA 之后的最大电压也将为 3.3V。选择该增益是为了放大特定环境温度范围，传感器的最大输出电压约为 1.24V，这意味着温度范围为-50 至 70 摄氏度。有关更多信息，请参见 MCP9700 传感器数据手册中的图 2-17：输出电压—环境曲线。OPA 输出在内部连接到 ADC 的同相输入端。

ADC 配置为单端模式，以 ADCRC 作为所需时钟，它不受休眠节能模式影响。只需要一个现场，因此 Context 1 配置为从选择的同相通道读取输入电压。工作模式为平均模式，支持用户使用阈值中断模式。该平均模式配置为累加 8 次采样，然后通过右移三位来计算平均值。当该值通过硬件处理并存储在 ADFLTR 寄存器中后，触发现场中断。

因为每个场景都存在如上所述的微小差异，将针对每个场景介绍其他配置。

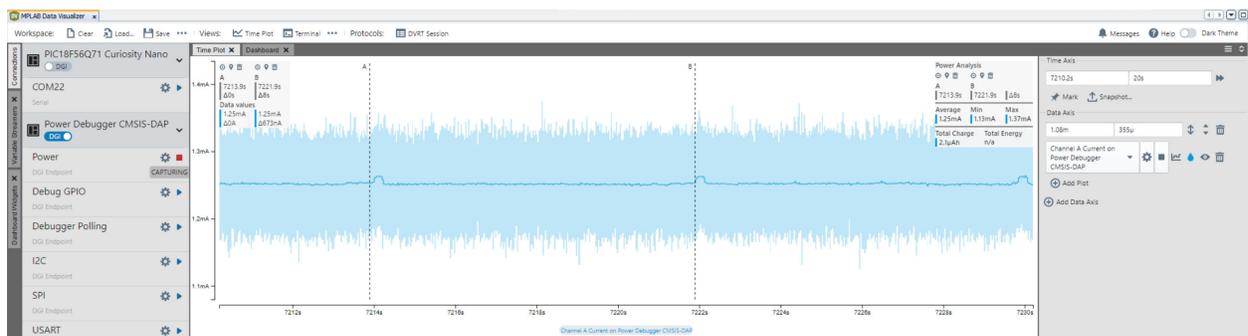
2.1 环境温度基本应用

该应用将利用 UTMR 来调度传感器数据读取和处理。

UTMR 模块用作 ADC 的自动触发源，并配置为每秒生成一个脉冲，然后在 PR 匹配时复位。选择 LFINTOSC 作为时钟源，可根据用户偏好灵活设置最长 9 分钟的周期。

此处显示了该测量的一个周期，其平均电流为 1.25 mA。

图 2-1. 电流测量

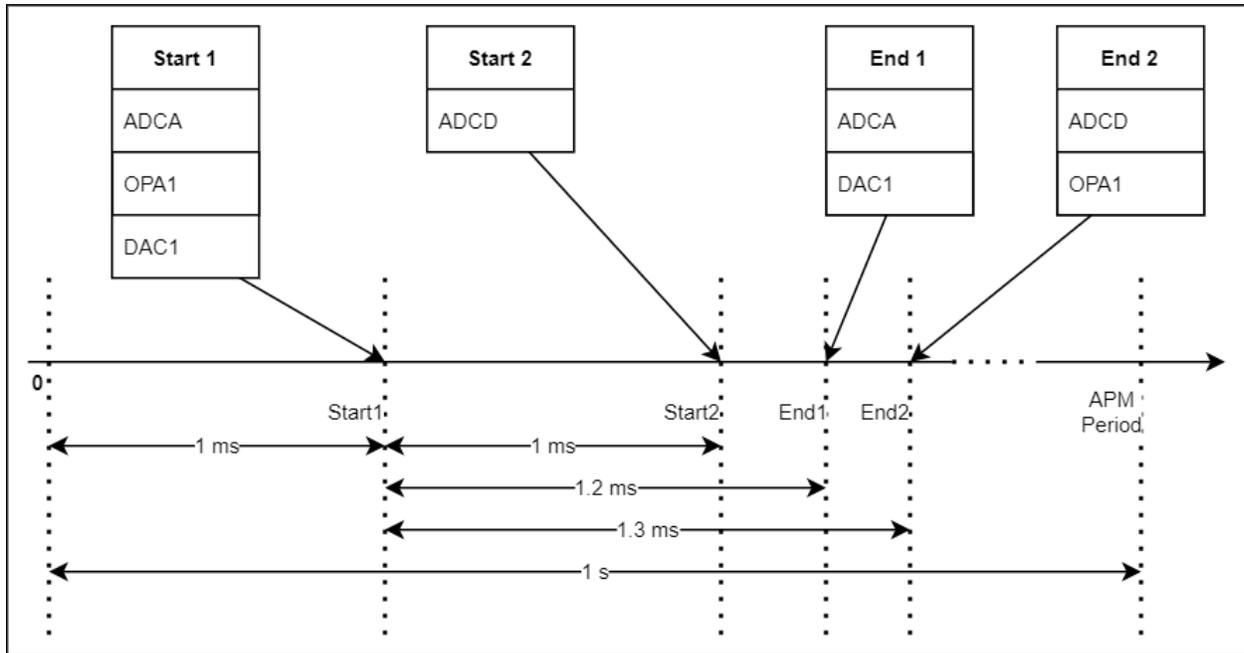


2.2 使用 APM 的环境温度应用

与前面的应用示例不同，该应用将使用 APM 进行传感器数据读取和处理调度。

APM 模块配置为采用 LFINTOSC 作为时钟源，周期为 1 秒。Start 1 事件在 1 ms 发生，在此事件期间，ADCA、OPA1 和 DAC1 模块被使能。Start 2 事件将在上一事件后延迟 1 ms 发生。传感器最多需要 800 μ s 开启并使能 ADC 的 ADCD 部分。End 1 事件被设置为在 Start 1 事件后 1.2 ms 发生，其将禁止 ADCA 部分和 DAC1；End 2 事件被设置为在同一 Start 1 事件后 1.3 ms 发生，其将禁止 ADCD 部分和 OPA1 模块。下图显示了 APM 时序。

图 2-2. APM 时序

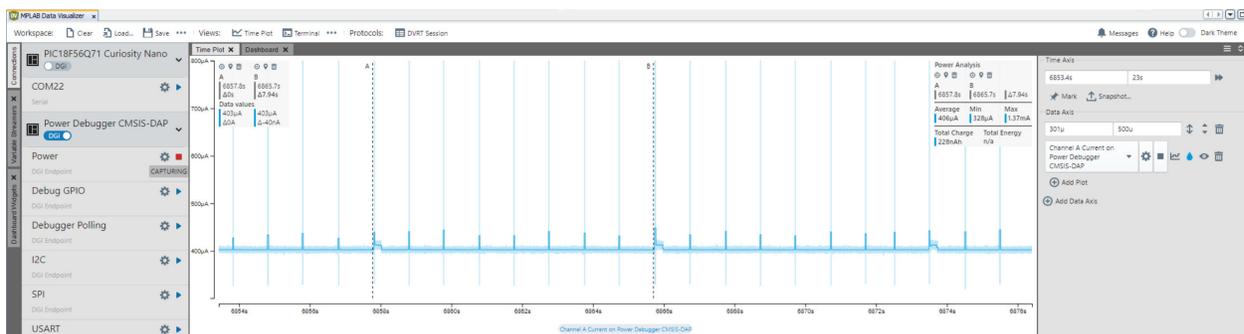


在发生 ADC 转换前，先使能 ADC 外设的模拟部分，因此一般情况下，ADCA 启动事件必须在 ADCD 启动事件之前发生，以确保在触发转换之前控制器已使能并已初始化。有关利用 ADC 进行 APM 操作的更多信息，请参见 Q71 数据手册的 APM 部分。

注：建议初始化时禁止 APM 控制的所有模拟外设。

在该场景中，显示了第一次电流消耗降低。平均值约为 406 μ A。由于 APM 定期开启和关闭所使用的模拟外设的特性，观察到待机电流降至 1/3。8 个 ADC 读数描述了所示信号。下图显示了第一个应用示例，其中使用 UART 模块在 PC 终端上输出数据。

图 2-3. 使用 APM 的电流测量



2.3 使用 APM 和休眠模式的环境温度应用

该应用将使用 APM 进行传感器数据读取和处理调度，并使用休眠模式进行功耗优化。

重要： 建议紧接在 SLEEP 指令之后添加 NOP 指令。

该场景的电流消耗最低，平均约为 13.8 μA ，这意味着与第一个场景相比降至 1/90，与第二个场景相比降至 1/30，原因在于使用了将 CPU 置于最低功耗模式的 SLEEP 指令。休眠模式下的电流约为 1 μA ，ADC 读数约为 30 μA 。使用 UART 在 PC 终端上输出数据会消耗较大的电流，约为 400 μA 。

图 2-4. 使用 APM 和休眠模式的电流测量

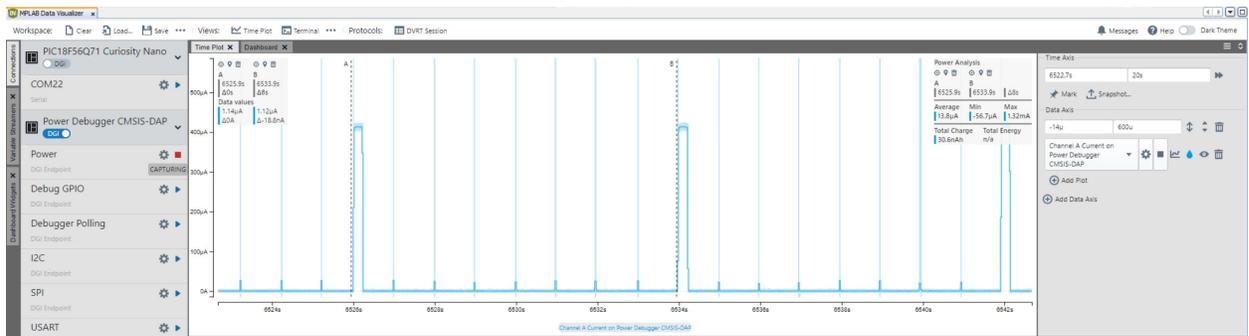
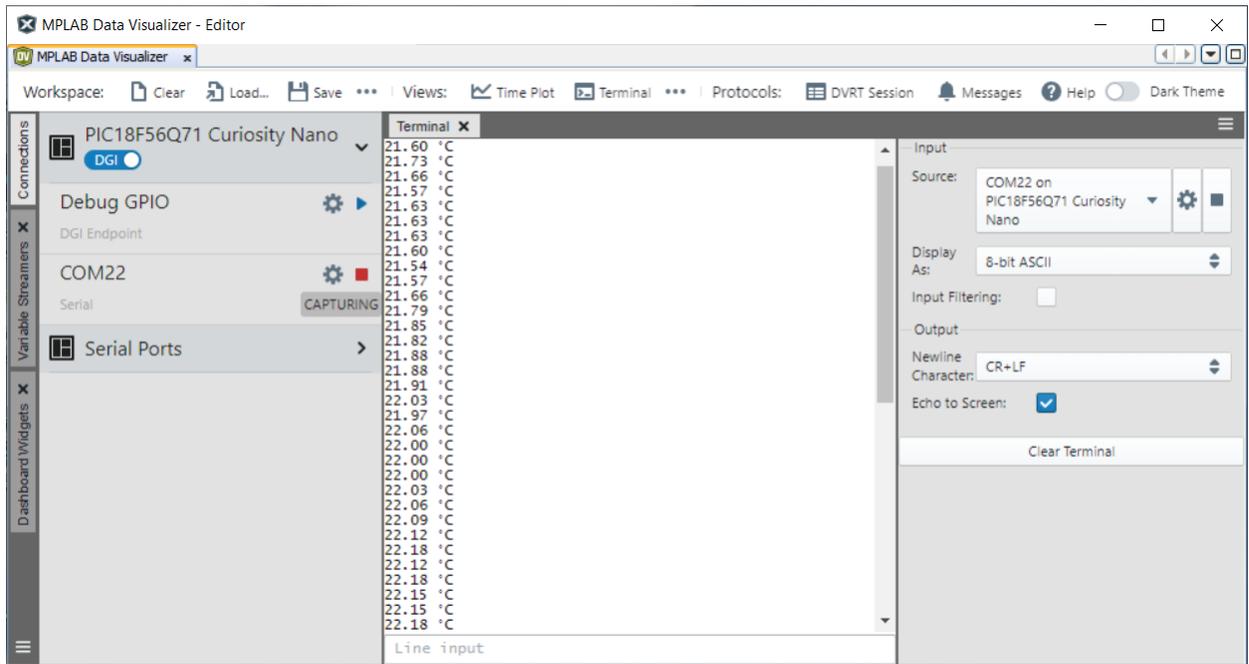


图 2-5. 数据可视化器中的温度读数



在第三个应用示例的基础上，扩展了所需平均电流的公式，得出的结论是：增大 APM 周期会降低电流消耗。例如，所需的周期可以为 1 小时。在不考虑仅代表 ADC 读数的短脉冲的情况下，信号每 8 个周期将保持开启约 0.24 秒（240 ms），其余时间处于休眠模式（约 3600 秒），因此平均电流将与休眠模式相同（约 1.18 μA ）。APM 为模拟外设提供了灵活的调度机制，各种传感器应用均可充分利用该机制。

3. 总结

由于对便携式和电池供电设备的需求不断增长，低功耗应用变得越来越重要。这些应用需要更低的功耗，从而延长电池寿命并降低能源成本。在开发电子设备以满足市场和环境需求时，必须考虑低功耗设计技术。

这些示例展示了 PIC18-Q71 MCU 的各种节能配置的使用。如应用示例所示，一些操作在活动模式下比在休眠模式下消耗更多的电流。在 PIC18-Q71 MCU 中，休眠模式的 MCU 功耗最低，因为 CPU 和所有其他外设都禁止时钟，但 APM 模块除外，该模块会持续运行。

第三个应用示例中的结论是增大 APM 周期会降低电流消耗。

4. 版本历史

文档版本	日期	备注
A	2023 年 9 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: 979-8-3371-0033-3

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			