

为您的 MSP430™ MCU 添加内部管理功能：达到阈值时的 ADC 唤醒和发送



很多应用（例如电池监测器和恒温器）都需要定期对模拟信号进行采样，以便根据这些信号的行为采取行动。可使用精确的计时器触发模数转换器 (ADC)，以满足这一要求的解决方案。这会消耗大量微控制器 (MCU) 资源，还会导致更高的功耗，因为需要将计时器与 ADC 一起激活。另外，很多 ADC 允许连续监测信号，但这样做也会导致高功耗。在 MCU 中集成、独立于 CPU 的 ADC 会使 CPU 和除 ADC 所用时钟之外的所有时钟都被禁用以节省功耗。ADC 还会添加相关逻辑，用于确定唤醒 CPU 和 MCU 其余部分的条件。通过使用能在超过可配置阈值时生成中断来唤醒 CPU 的 ADC，可实现这一点。此外，中断功能还可用于串行发送 ADC 转换数据，而无需给 CPU 上电。

实现

此实现使用 UART 设置 ADC 阈值，当超过该阈值时，将唤醒 CPU，设置带 LED 的 GPIO，并通过 UART 传回 ADC 数据。开发了一种简单的图形用户界面 (GUI)，它支持显示 ADC 数据以及通过 UART 配置阈值。MSP430FR2433 在低功耗模式下等待，同时仍能使用内部 ADC 持续监测模拟信号。

对于此解决方案中的时钟，ACLK 源自频率为 32768Hz、经过内部调整的低频振荡器 (REFO)。REFO 被馈送到 DCO 的 FLL，它通过软件调整例程将 SMCLK 和 MCLK 都设置为 1MHz。有关 DCO 软件调整的详细信息，请参阅 [MSP430FR2xx 系列用户指南](#) 的第 3.2.11.2 节。ACLK 用作 10 位 SAR ADC 和 Timer_A 的源时钟。通用串行通信接口 (eUSCI) UART 的源时钟为 1MHz SMCLK。

从 P1.3 (A3) 连续获取 ADC 样本，每次转换在前一个转换完成后立即进行，周期为 2.7307kHz。配置完所有必要的外设后，器件进入低功耗模式 0 (LPM0)。在此模式下，ADC 会持续监控 MCU 的模拟输入，同时关闭 CPU 以及除 ACLK 和 SMCLK 之外的所有时钟以降低功耗。当 ADC 的模拟输入达到设定的电压阈值时，P1.0 设置为对阈值已达到予以指示，并启动计时器以定义的时间间隔通过 UART 发送 ADC 转换结果。

图 1 所示为此实现方案的方框图。

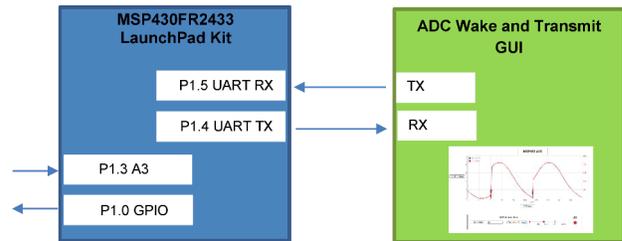


图 1. 实现概述

MSP430FR2433 LaunchPad™ 开发套件应与此示例工程一起使用。LaunchPad 套件 eZ-FET 上的反向通道 UART 接口用于与 GUI 进行 UART 通信。COM 通道编号信息可在控制面板下的 PC 器件管理中找到。

图 2 所示为 MSP430FR2433 LaunchPad 套件，包括 eZ-FET、P1.3 的 ADC 模拟输入和一个由 P1.0 驱动的 LED

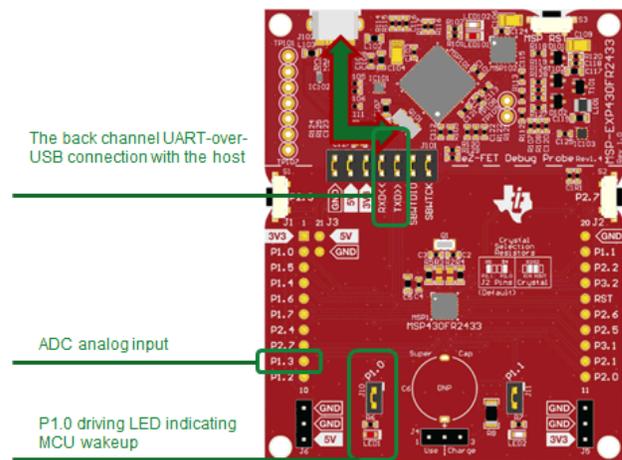


图 2. MSP430FR2433 LaunchPad 开发套件

GUI 用于配置 ADC 阈值以唤醒 CPU 并显示 ADC 转换数据。eUSCI_A0 外设设在 UART 模式下使用，允许在 P1.5/UCA0RXD 上接收命令并在 P1.4/UCA0TXD 上传输命令。LaunchPad 内部的 eZ-FET 用于评估。波特率必须为 9600，并且只能有一个停止位且无奇偶校验。两个十六进制输入必须分别发送到 MCU。第一个指定 ADC 阈值的高字节，第二个指定低字节。ADC 所能表示的最大值为 0x03FF，最小值为 0x0000。所有 ADC 值都由无符号 16 位整数表示。ADC 窗口比较器阈值存储在 FRAM 中，因此在器件复位时予以保

留。达到 ADC 阈值时，通过 UART 发送 ADC 转换值，周期默认设置为 1 秒。若要更改此设置，请修改示例源代码中 TA0CCR0 寄存器的值。请记住，计时器使用 32768Hz 的时钟。因此，例如，TB0CCR0 值为 32768 会将计时器周期设为 1 秒。ADC 会产生一个 10 位无符号整数，因此以两个字节（高字节在前）通过 UART 发送数据。此类 UART 传输发生在达到阈值 0x01FF 之后。

性能

可按照“实现”一节所述运行演示的操作，该部分介绍如何使用 UART 控制阈值和接收 ADC 转换值。P1.3 (A3) 用于 ADC 的模拟输入，可在该引脚上施加电压来触发 ADC 的高阈值。

图 3 所示为带有实时刷新标量图的 GUI 界面，用于显示 MSP430FR2433 MCU 的状态和 ADC 的转换值。在标量图下方，左侧有一个文本框，用于实时显示 ADC 转换值。该值与标量图中显示的值同步。中间是一个滑块，用于设置 ADC 比较阈值。当 MSP430FR2433 接收到阈值时，更新后的阈值存储在 FRAM 中。右侧是一个 LED 小工具，可以实时显示 LED 的状态。

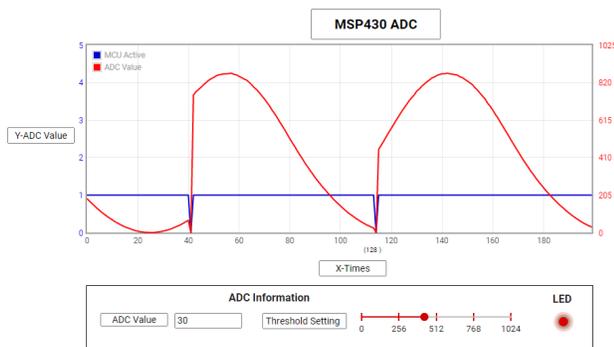


图 3. ADC 唤醒和发送示例 GUI

开始使用

1. 观看我们的培训视频“使用内部管理 MCU 在达到阈值时进行 ADC 唤醒和发送”，我们将在其中演示如何使用 GUI 调整 ADC 阈值。
2. 订购 MSP430FR2433 LaunchPad 套件，评估 ADC 唤醒和发送 GUI 示例代码。
3. 下载并使用 ADC 唤醒和发送示例 GUI 测试此示例，您可在其中更改 ADC 阈值。
4. 评估 MSP430FR2433 LaunchPad 套件的 ADC 唤醒和发送示例代码。

器件推荐

该示例中使用的器件属于 MSP430 内部管理产品系列。此示例可与表 1 中所示的器件搭配使用，只需更改少量代码。

表 1. 器件推荐

器件型号	主要特性
MSP430FR2433	16KB FRAM，4KB SRAM，10 位 ADC，UART/SPI/I2C，计时器
MSP430FR2422	8KB FRAM，2KB SRAM，10 位 ADC，UART/SPI/I2C，计时器

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司