



可编程时钟源功能使用 **MSP430FR2433** 微控制器 (MCU) 提供一种在使用或不使用外部晶体振荡器的情况下产生多个固定频率的简单方法。借助可通过内部锁频环 (FLL) 保持稳定的内部数字控制振荡器 (DCO)，此设计可实现 1MHz、2MHz、4MHz、8MHz 或 16MHz 的输出频率。此外，还会输出固定的 32.768kHz 频率以用于实时应用。MSP430™ MCU 可通过 SPI 或 4800 波特的 UART 接口接收命令，铁电随机存取存储器 (FRAM) 可让该器件在复位后恢复到最后一个编程频率。这种类型的功能对于需要使用极小组件产生多个频率的系统非常有用。

NOTE

用户可借助所需的 MCU 外设将此示例与任何 MSP430 LaunchPad™ 开发套件搭配使用。请参阅器件特定数据表以了解如何迁移引脚排列和外设。

实现

MSP430FR2433 器件中的时钟系统具有 FLL，可用于稳定内部 DCO 并实现高达 16MHz 的时钟频率。FLL 需要一个可来自内部 32.768kHz 参考振荡器 (REFO) 或同频率外部晶体的参考时钟。但是，TI 建议使用高精度外部 32.768kHz 晶振来实现出色性能。图 1 所示为可编程时钟源的输入和输出。

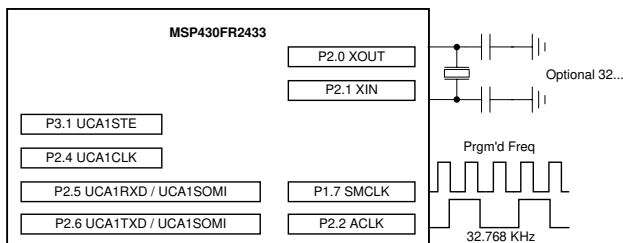


图 1. 可编程时钟源输入/输出

执行器件复位后，MSP430 MCU 从运行频率配置为 16MHz 的 DCO 提供子系统主时钟 (SMCLK)。然后，该器件执行存储在 FRAM 中的一条频率命令，该命令将 SMCLK 分频为器件复位前的最后一个已知频率。然后该频率在 P1.7 上输出，而 FLL 参考时钟在 P2.2 上输出。

首次编程 MSP430 MCU 时，默认输出频率为 1MHz。可通过更改随附软件示例中的 *command* 变量的初始值来更改此默认频率。然后，如前文所述，MSP430 器件将在器件启动时输出最后一个已知频率。可编程时

钟源可通过 4800 波特 UART 或 4 线制 SPI 接收来自主机处理器的命令。UART 接口分别将 P2.5 和 P2.6 用于接收和发送用途。SPI 使用 P2.4、P2.5、P2.6 和 P3.1。表 1 列出了正确通信所需的相位和极性设置。

表 1. 4 线制 SPI 设置

主/从设备	CLK 相位	CLK 极性	CS 极性
从设备	数据在第一个时钟边沿改变，在第二个边沿被捕捉	无效状态为低电平	低电平有效

任一接口都允许主机处理器使用表 2 中列出的任何命令设置所需的输出频率。为保持简单性并减少代码大小，每条命令的长度只有一个字节。

表 2. 可编程时钟源命令集

命令描述	十六进制值
COMMAND_SET_1MHZ	0x00
COMMAND_SET_2MHZ	0x02
COMMAND_SET_4MHZ	0x04
COMMAND_SET_8MHZ	0x06
COMMAND_SET_16MHZ	0x08
COMMAND_GET_STATUS	0x0A

使用 UART 接口时，MSP430 MCU 将在命令执行完毕后以单个字节进行响应。使用 SPI 接口时，主机处理器必须使用 COMMAND_GET_STATUS 来查询最后一条命令的执行状态。表 3 列出了可从可编程时钟源发出的三个响应。

表 3. 可编程时钟源响应

响应描述	十六进制值
已成功执行命令	0x00
命令不正确	0x01
仍然在处理命令	0x02

可使用 GUI 来配置时钟频率。图 2 所示为此实现方案的方框图。

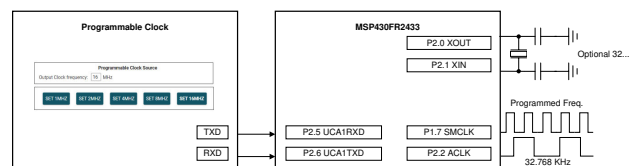


图 2. 实现概述

MSP430FR2433 LaunchPad 开发套件应与此示例工程结合使用。eZ-FET 上的反向通道 UART 接口用于与 GUI 进行 UART 通信。若要在 P1.7 上输出时钟，请使用 eUSCI_A1 外设而不是 eUSCI_A0。波特率必须为 4800，并且只能有一个停止位且无奇偶校验。COM 通道编号信息可在控制面板下的 PC 器件管理中找到。图 3 所示为 MSP430FR2433 LaunchPad 套件，包括 eZ-FET、时钟输出和 UART 端口。

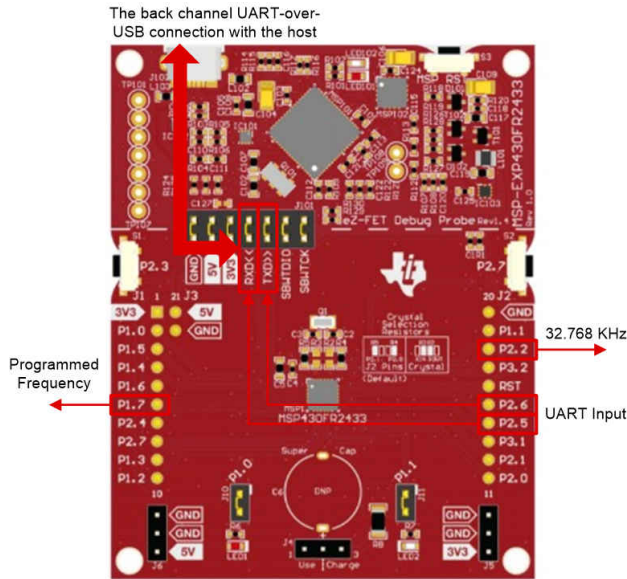


图 3. MSP430FR2433 LaunchPad 开发套件

GUI 可用于配置频率并显示来自 MSP430 的反馈信息。图 4 所示为 GUI 概况。在标量图下方，有一个文本框用于显示反馈。底部有 5 个按钮，用于选择所需的时钟源。当点击按钮时，GUI 将发送一条设置时钟频率的命令，然后 MSP430 将回复数据以显示是否已成功设置频率。



图 4. 可编程时钟源 GUI

性能

可编程时钟源可使用内部 REFO 以 $\pm 2\%$ 的精度实现 1MHz、2MHz、4MHz、8MHz 或 16MHz 的频率输出，或使用外部晶振以 $\pm 0.5\%$ 的精度实现这些输出。更详细的性能规格可在 MSP430FR2433 MCU 数据表的时钟规格部分找到。总体而言，当使用外部晶体振荡器时，精度和功耗都有所提高。

在此应用中，UART 模块从 SMCLK 接收其源时钟。这样做的好处是，在用户更改器件频率时需要更改波特率寄存器。因此，这增加了实现 UART 通信所需的代码

量。但是，由于 MSP430 MCU 充当从设备，在使用 SPI 通信时没有此类限制。

实施前步骤

1. 观看培训视频“带有内务处理 MCU 的可编程时钟源”，其中说明了如何使用 GUI 来调整时钟频率。
2. 订购 MSP430FR2433 LaunchPad 套件，用于评估可编程时钟源示例代码。
3. 下载并使用可编程时钟源示例 GUI 测试此示例。
4. 评估 MSP430FR2433 LaunchPad 套件的 [可编程时钟源示例代码](#)。

器件建议

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