



引言

许多应用都需要简单的 I/O 功能，例如使多个 LED 闪烁；然而，主机微控制器 (MCU) 或处理器可能没有足够的通用 I/O 引脚来执行这些任务。内部集成电路 (I²C) 接口支持在主机和 MSP430™ MCU 之间进行串行通信，可用作 I²C 通信的 I/O 扩展器。在本例中，MSP430 MCU 是一个从 I²C，它使用增强型串行通信接口 (eUSCI) 模块，可接收来自主机的命令，以控制 8 个通用 I/O 引脚。

以下功能可扩展：

- I²C 接口，可通过 8 个简单的 I/O 引脚进行扩展
- 设置 I/O 输出值 (端口、组或位)
- 读取仅受 GUI 支持的 I/O 输入值 (端口、组或位)

NOTE

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

实现

图 1 显示了 MSP430FR2433 MCU 和主机控制器之间通过 I²C 或通过 UART (LaunchPad 套件上的反向通道 USB-UART) 的 PC GUI 进行的通信。

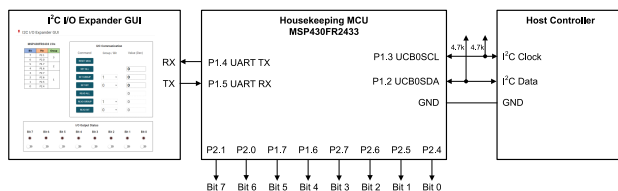


图 1. 实现概述

主机控制器可以通过 I²C 总线使用串行数据 (SDA) 和串行时钟 (SCL) 向 eUSCI_B0 of MSP430FR2433 MCU 写入数据。内部管理型 MCU 上有 8 个引脚用于扩展 I²C 命令。

主机处理器 I²C 配置为：

- 寻址具有 7 位地址的从器件
- 单一主器件环境
- 从器件地址为 0x48

I²C 通信是通过正确的从器件地址和一条 3 字节消息来实现的。其中第一个字节是命令，第二个字节选择组或位号，第三个字节是数据。MSP430FR2433 器件将数据输出到软件中定义的映射 I/O 引脚或从中读取数据。图 2 显示了 MSP430FR2433 LaunchPad 开发板上的引脚排列和连接。

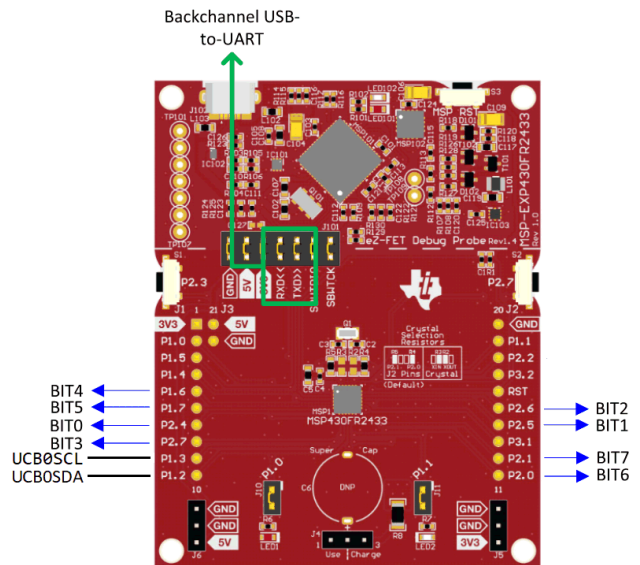


图 2. MSP430FR2433 LaunchPad 开发板和连接

在 3 个字节的消息包中，第一个字节是主机命令，它告诉内部管理型 MCU 应该对引脚进行何种操作。命令选项包括“Reset All (0)” (重置全部)、“Set All (1)” (设置全部)、“Set Group (2)” (设置组)、“Set Bit (3)” (设置位)、“Read All (4)” (读取全部)、“Read Group (5)” (读取组) 和 “Read Bit (6)” (读取位)。表 1 列出了 8 位主机命令值。

表 1. 主机命令：有效值 0-6 (长度为 1 个字节)

主机命令	值 (十进制)	功能
Reset MCU (重置 MCU)	0	重置内部管理型 MCU；将所有位 0 至位 7 的 I/O 设置为 0；初始化 GUI
Set All (设置全部)	1	根据“Data Value” (数据值) 命令，设置内部管理型 MCU 位 0 至位 7 的所有 I/O。
Set Group (设置组)	2	根据“Data Value” (数据值) 命令，设置 1-3 组的 I/O

**表 1. 主机命令：有效值 0-6 (长度为 1 个字节)
(continued)**

主机命令	值 (十进制)	功能
Set Bit (设置位)	3	根据“Data Value”(数据值)命令,设置所选位 0 至位 7 的 I/O
Read All (读取全部)	4	读出所有位 0 至位 7 的 I/O;仅 GUI 支持此功能
Read Group (读取组)	5	读出所选 1-3 组的 I/O;仅 GUI 支持此功能
Read Bit (读取位)	6	读出所选位 0 至位 7 的 I/O;仅 GUI 支持此功能
	其他值	无意义

在 3 个字节的消息包中,第二个字节为 **Data Index** (数据索引)。8 位数据索引值决定了在使用“Set Group”(设置组)、“Set Bit”(设置位)、“Read Group”(读取组)或“Read Bit”(读取位)命令时将数据写入哪一个组或位编号。为 MSP430FR2433 示例代码定义的 8 位 I/O 端口将端口分为 3 组;1 组(位 3-0)、2 组(位 5-4)和 3 组(位 7-6)。对于“Reset All”(重置全部)、“Set All”(设置全部)或“Read All”(读取全部)命令,该字节并不相关。表 2 列出了 8 位数据索引值。

表 2. 数据索引：有效值 0-7 (长度为 1 个字节)

数据索引	功能
0	配置位 0
1	配置位 1/1 组
2	配置位 2/2 组
3	配置位 3/3 组
4	配置位 4
5	配置位 5
6	配置位 6
7	配置位 7
其他数据	无意义

在 3 个字节的消息包中,最后一个字节为 **Data Value** (数据值)。这是要输出到 I/O 端口、指定组或指定位的 8 位数据值。对于 Set (设置)命令(1、2 或 3),位 7 至位 0 中的数据表示要发送到所选输出的 8 位值。对于 Reset All (重置全部)命令或任何 Read (读取)命令,该 8 位数据并不相关。表 3 列出了 8 位数据值。

表 3. Data Value (数据值)：有效值 0-255 (长度为 1 个字节)

	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
Reset MCU (重置 MCU)	X	X	X	X	X	X	X	X
Set All (设置全部)	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
Set Group (设置组)	X	X	X	X	0/1	0/1	0/1	0/1
Set Bit (设置位)	X	X	X	X	X	X	X	0/1
Read All (读取全部)	X	X	X	X	X	X	X	X
Read Group (读取组)	X	X	X	X	X	X	X	X
Read Bit (读取位)	X	X	X	X	X	X	X	X

性能

主机控制器使用指定的位速率将主机命令和数据发送到 MSP430FR2433 MCU。I²C I/O 扩展器代码示例中的位速率约为 100kbps。

MSP430FR2433 MCU 的动作时间取决于 CPU 时钟频率和器件的低功耗模式(LPM)设置。以下测试结果使用默认的 1MHz CPU 时钟频率和 LPM0 进行待机。可通过使用更高的 CPU 时钟频率来优化动作时间,这可能会增加配置 CPU 时钟所需的代码大小,也可使用更低的低功耗模式来让 CPU 更快速地从 LPM 模式唤醒。

I²C I/O Expander GUI

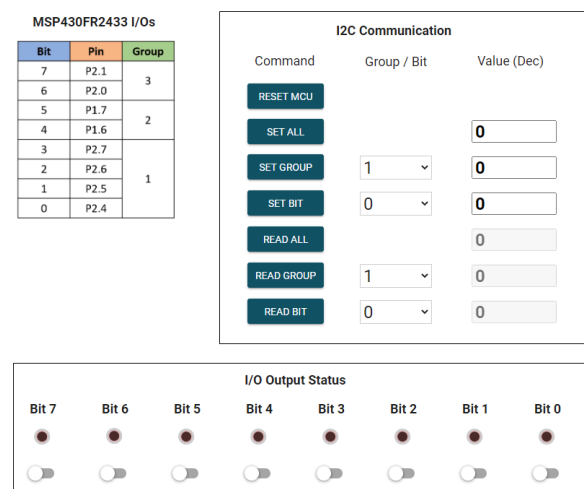

图 3. I²C I/O 扩展器 GUI

图 3 显示支持以下功能的 GUI：

- 监视启动的 I²C 事务，并使用虚拟 LED 阵列来更新 MSP430FR2433 I/O 引脚的状态
- 用作主机应用以通过 USB 转 UART 反向通道扩展 I/O 引脚。

当将 GUI 作为监视器时，它会将数据值更新为通过 3 字节 I²C 事务启动的相关命令和组或位值。此外，如果发出 Set (设置) 命令，它将使用由事务的数据字节指定的值来更新虚拟 LED 阵列。例如，如果一个 3 字节的 I²C 事务是 0x03、0x02、0x01，则发出“Set Bit” (设置位) 命令，位 2 是指定位，它将写入值“1”。P2.6 将变高，GUI 将“Group/Bit” (组/位) 值更新为“2”，“Set Bit” (设置位) 行的“Data” (数据) 值将更新为“1”。此外，位 2 的 LED 和开关将进入“ON” (开启) 状态。

或者，GUI 可用作使用 USB 转 UART 反向通道的主机应用。用户可以点击“Command” (命令) 按钮为所有、组或位执行“Reset MCU” (重置 MCU)、 “Set” (设置) 或“Read” (读取) 命令。确保在启动命令之前按下“Enter” (确认) 键以设置“Group/Bit” (组/位) 和“Data” (数据) 值。此外，LED 下方的开关可用于单独设置或清除位。若要启动与之前相同的命令，请将“Set Bit” (设置位) 行中的“Group/Bit” (组/位) 值更新为“2”，将“Data” (数据) 值更新为“1”，然后点击“Set Bit” (设置位) 命令以启动命令。P2.6 将变高，位 2 LED 和开关将进入“ON” (开启) 状态。

图 4 中显示了代码流程图，以便进一步了解软件。I²C 事务或 GUI UART 命令触发中断以设置或读取 I/O 值并更新 GUI。

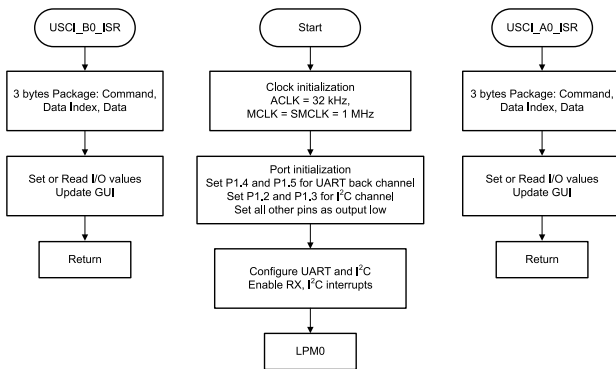


图 4. 软件流程图

开始使用

1. 观看“[I²C I/O 扩展器](#)”培训视频，该视频演示了如何使用串行外设接口将 I²C 数据从主机控制器扩展到辅助 I/O 端口。
2. [订购 MSP430FR2433 LaunchPad 套件](#)以评估 I²C I/O 扩展器示例代码。
3. 下载此示例并使用 [I²C I/O 扩展器示例 GUI](#) 进行测试，用户可以监控从主机控制器到 MSP430FR2433 的 I²C 事务，或将命令发送到扩展 I/O 端口。
4. [评估 MSP430FR2433 LaunchPad 套件的 I²C I/O 扩展器示例代码](#)。

器件建议

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

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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