

## ***EVM430-FR6043 超声波气表设计快速使用指南***

本快速指南介绍了 [MSP430FR6043 超声波感应评估模块 \(EVM430-FR6043\)](#)，并描述如何快速地使用 MSP430FR6043 器件评估和开发超声波气表。有关此设计的详细信息，请参考 [TIDM-02003 \(气体流量计参考设计\)](#)。

### 1. 介绍

MSP430FR6043 是针对超声水气表推出的一款单芯片解决方案，内部集成 USS 模块，可直接实现换能器的激励，回波信号的调理、放大、采集等功能。同时提供计量算法、上位机调参软件、硬件评估板等一整套资料，加速水气表的研发。本文基于 EVM430-FR6043 介绍了如何快速地评估和开发超声波气表解决方案。

### 2. 需要的软硬件资料

- [EVM430-FR6043](#): MSP430FR6043 评估板，集成了 FR6043 最小系统，USS 模块外围电路，程序下载，上位机通信，LCD 显示等功能。在这个评估板网页可以下载板子的原理图，Layout，使用说明等资料。
- 换能器：将电能转换成超声波，将超声波转换成电能。支持 200KHz 和 500KHz 的换能器，换能器具体型号，可以参考：[嘉康电子超声流量换能器](#)。
- [Ultrasonic Sensing Design Center](#): 电脑端的 GUI 工具，可以在线进行参数调试，读取超声波的波形等信息。
- [USS Software Library](#): 基于 FR6043 的软件参考代码。
- IDE: [Code Composer Studio](#) v8.2.0 或更高，[IAR Embedded Workbench](#) 7.11.3 或更高。MSP430 开发环境，支持 CCS 和 IAR 开发。
- [UniFlash](#): 程序固件下载工具。
- 系统环境要求: [Java JRE 1.7](#) 或更高。

### 3. 使用 EVM430-FR6043 开发你的气体流量计

#### 1. 硬件连接

如下图 1 所示，是 EVM430-FR6043 评估版的硬件图，在图中可以看到左侧的两个换能器接口 J5 和 J6，用于上位机通信的接口 J1 (I2C 模式，也可通过硬件选择 UART 模式)，电源选择开关，程序下载接口 (SBW 下载)，PC 连接接口 (与 PC 连接，可以实现程序下载，与 USS GUI 通信功能)

将 EVM43-FR6043 电路板与换能器及电脑连接之后如下图 2 所示：

左侧是 3D 打印的气体管道，将换能器安装在其中。电源选择开关选择 EZFET 挡位，右侧仅需要一根 USB 线与电脑连接即可。

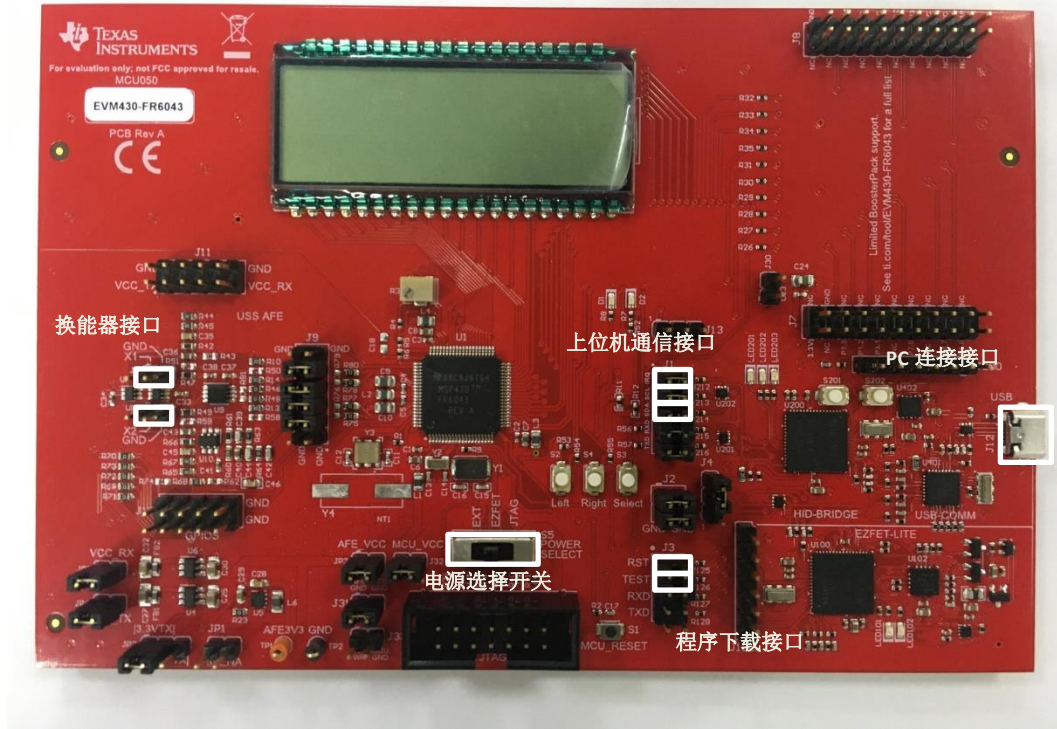


图 1 EVM430-FR6043 硬件评估板

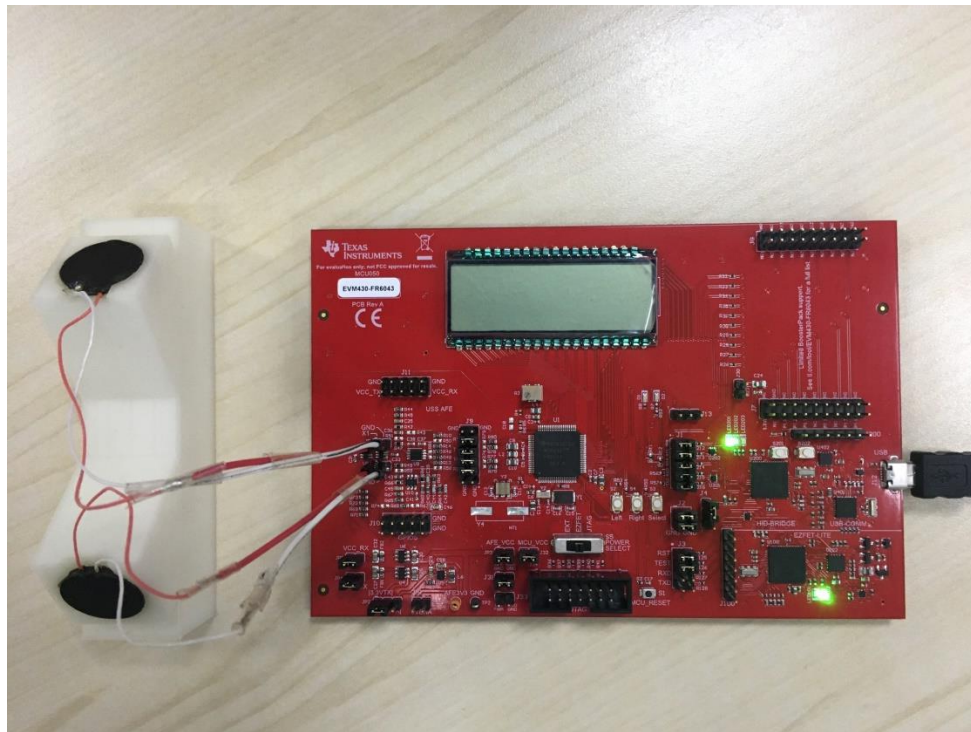


图 2 气体流量计连接图

2. 下载 MSP430FR6043 USS 程序。

- 打开 UniFlash 软件，选择 MSP430FR6043(on-Chip)，如图 3、4 所示。

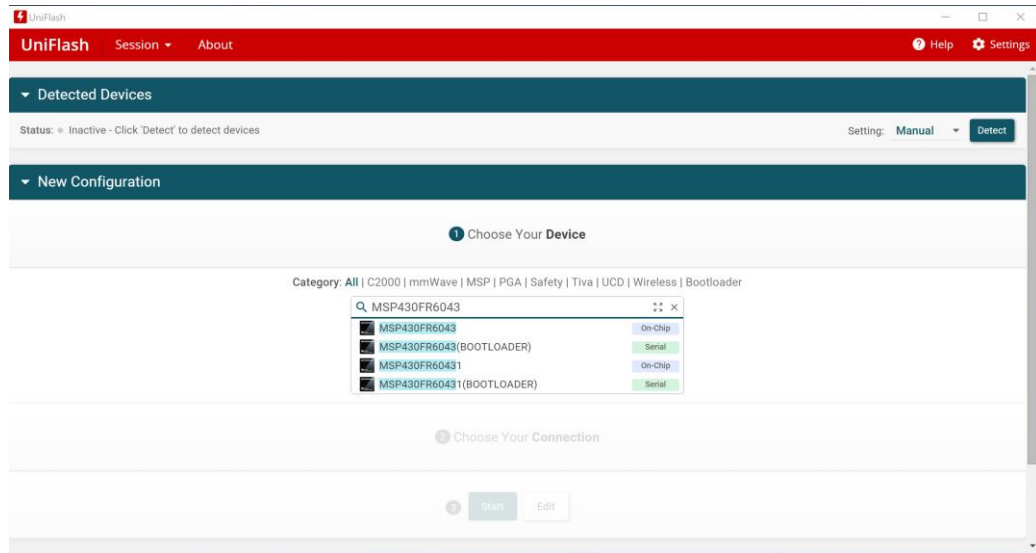


图 3 UniFlash 选择 MSP430FR6043 芯片

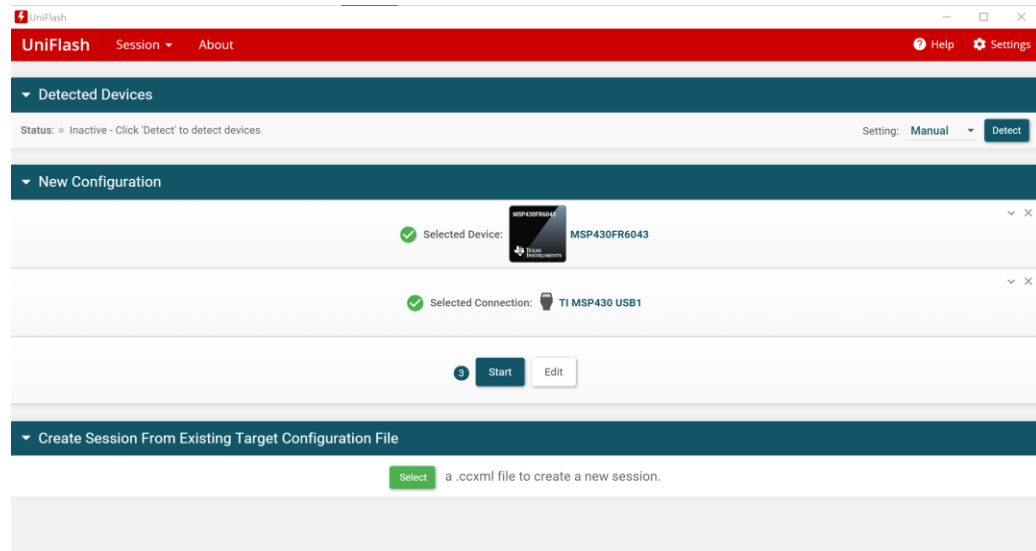


图 4 UniFlash 选择 MSP430FR6043 芯片

- 选择 USS 固件。在安装 **USS Software Library** 之后可以在以下目录找到：  
C:\ti\msp\UltrasonicGasFR6043\_02\_30\_00\_01\image（如果安装在其他盘，请在相应的盘符下相同目录中寻找）。选择 **MSP430FR6043EVM\_USS\_Gas\_Demo\_EVM\_v2\_0\_AFE3v3\_02\_30\_00\_01.txt** 固件。
- 点击 Load Image。如图 5 所示，显示固件下载成功。

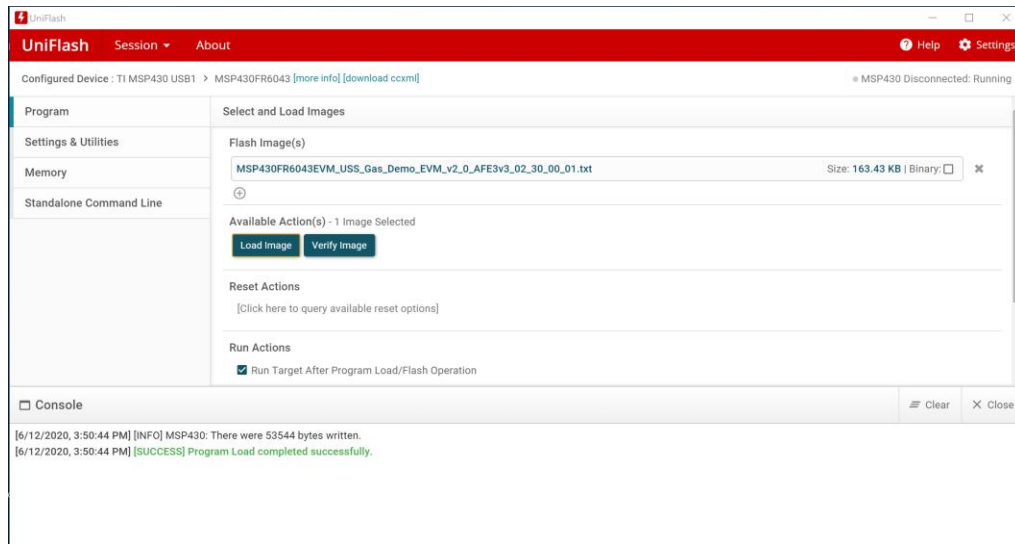


图 5 UniFlash 下载固件

3. 连接到 Ultrasonic Sensing Design Center，配置及调试参数，查看超声波形及计算结果。
  - 打开 USS GUI，选择 Options->Meter Options，在 Hardware Configuration 中选择 EVM430-FR6043，在 Application Mode 中选择 Gas。如图 6 所示。

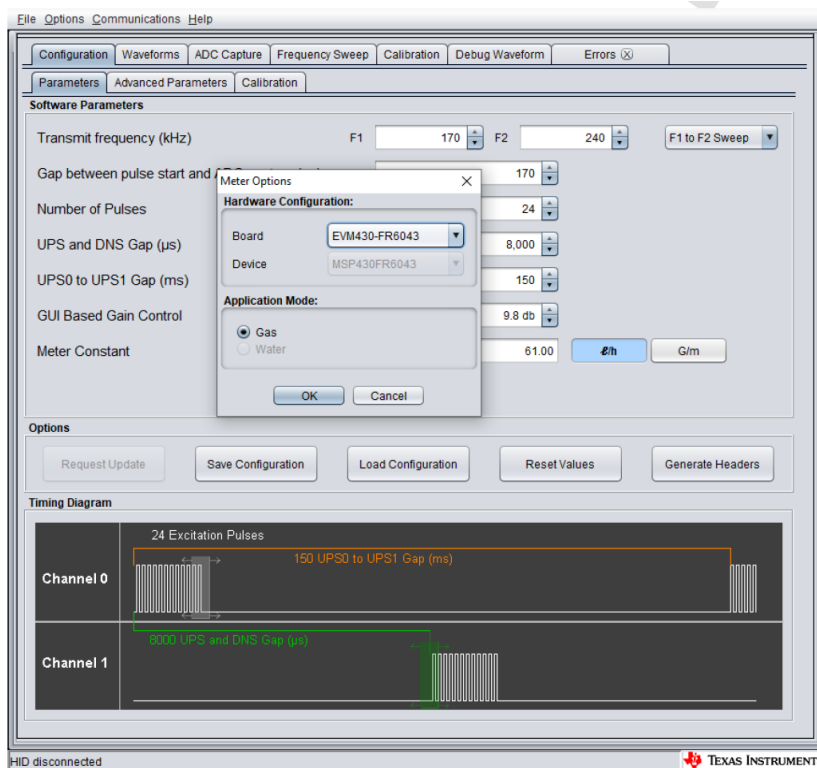


图 6 USS GUI: EVM 及应用选择

- 点击 Communication->Connect。如图 7 所示表示连接成功。

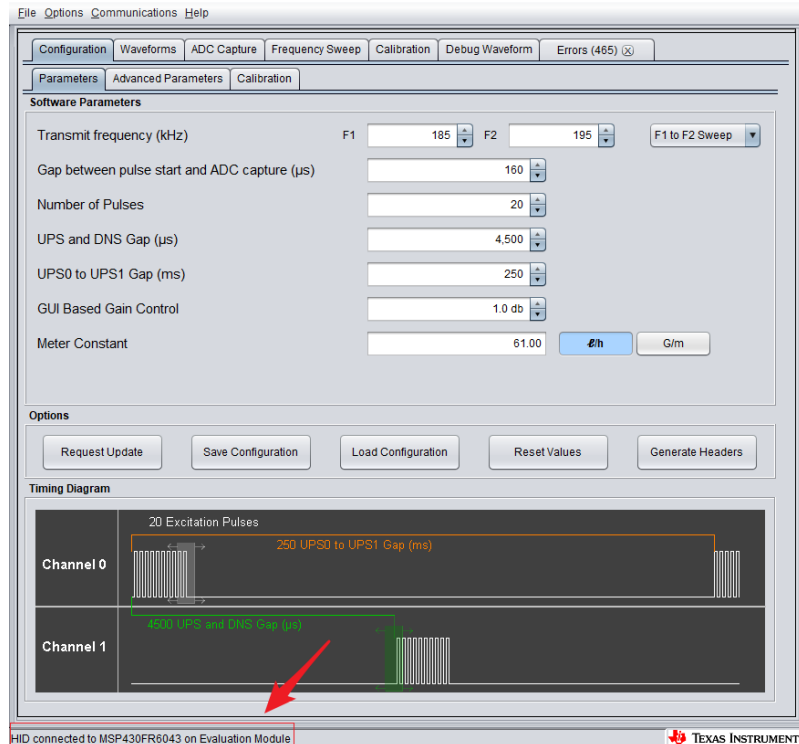


图 7 USS GUI: 连接 EVM 板

- 连接完成之后，可以进行 USS 模块的参数配置，如图 8 所示，对于刚开始使用，你需要调整的仅仅是 Transmit frequency(KHz)、Gap between pulse start and ADC capture(us)、GUI Based Gain Control 这三个参数。分别控制着换能器工作频率、超声波发送时刻到 ADC 开始采集回波的时间间隔、信号增益这三个变量。对于这个页面的所有参数及按钮信息如下：

- Transmit frequency (KHz) : F1 : 扫频最低频率。 F2: 扫频最高频率。 F1 to F2 Sweep 即扫频模式。
- Gap between pulse start and ADC capture (us): 超声波发送时刻到 ADC 开始采集回波的时间间隔。
- Number of Pulses: 激励换能器的脉冲数。
- UPS and DNS Gap (us): 两个通道超声波发送的时间间隔。
- UPS0 to UPS1 Gap (ms): 单个通道超声波发送的时间间隔。
- GUI Based Gain Control: 信号增益。
- Meter Constant: 气表常数 (飞行时间与流量的关系常数)。
- ❖ Request Update: 更新参数。在已经连接 EVM430-FR6043 板子的情况下，可以将当前上位机的参数更新到 MSP430FR6043 中。
- ❖ Save Configuration: 保存参数，保存成 xml 文件。
- ❖ Load Configuration: 加载参数，加载 xml 文件。
- ❖ Reset Values: 复位参数配置。
- ❖ Generate Headers: 生成头文件，可以在 CCS 或 IAR 中直接使用这些文件，具体看第四章介绍。

更多参数初始化信息，选择 Help->User's Guide，查看 Configuration 章节。

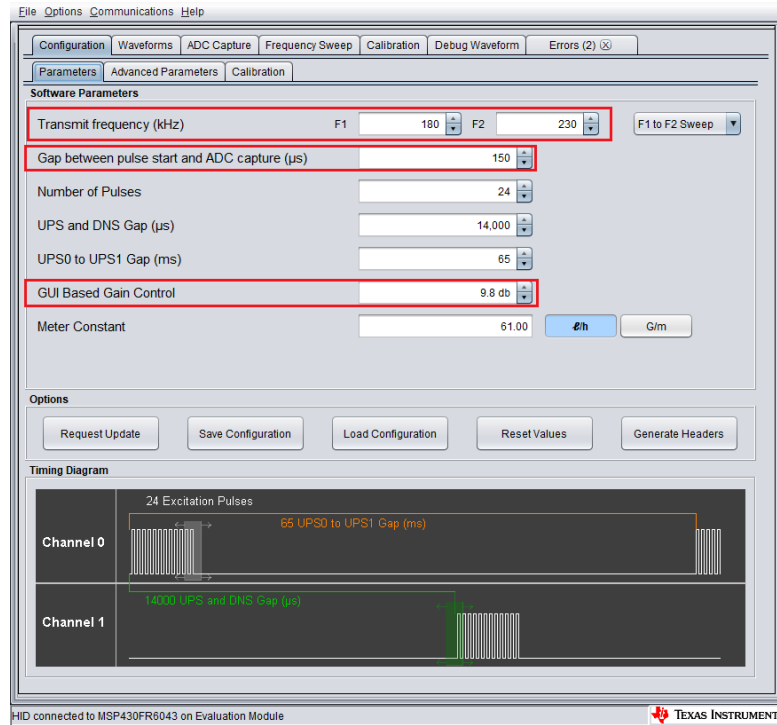


图 8 USS GUI: 参数配置

- 选择 ADC Capture 栏，可以抓取到 ADC 采集的回波波形，如图 9 所示。用户可根据 ADC 波形情况来调整参数，具体调整方法，请参考：[MSP430FR6043-based ultrasonic gas flow meter](#)

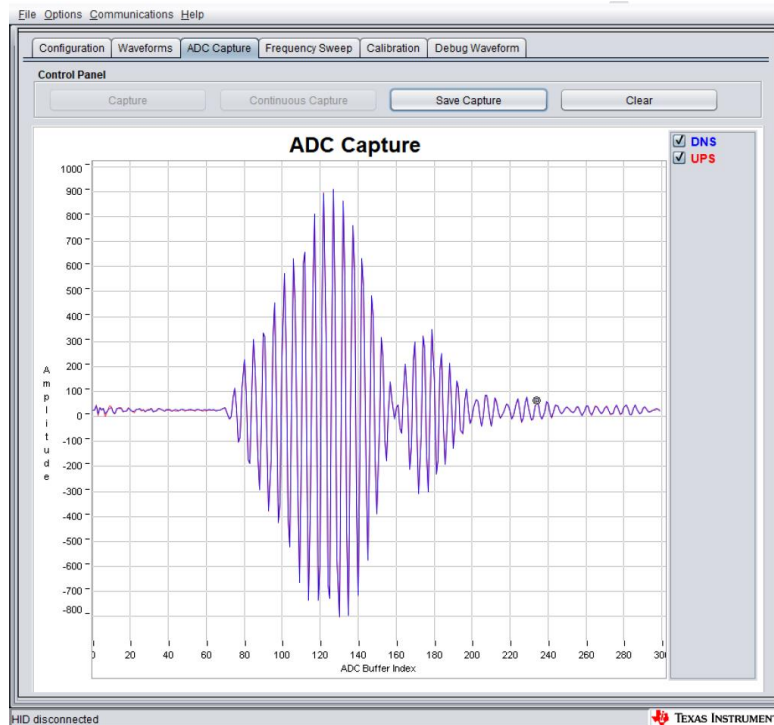


图 9 USS GUI: ADC 波形

- 选择 Waveforms 栏，可以看到实时的相对飞行时间、绝对飞行时间以及实时的气体流速信息。如图 10 所示。

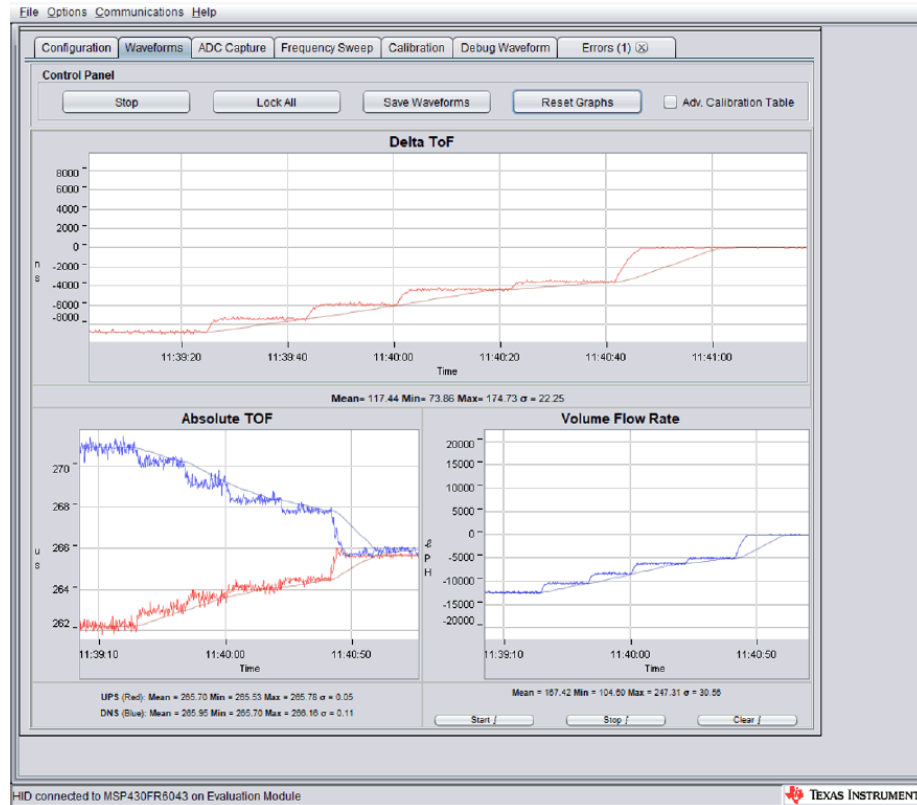


图 10 USS GUI: 气体流量测试

4. 使用 IDE 编译及开发 FR6043 程序。

在安装 **USS Software Library** 之后可以在下面目录中找到 TI 针对气表应用提供的工程源文件：  
 C:\ti\msp\UltrasonicGasFR6043\_02\_30\_00\_01\examples（如果安装在其他盘，请在相应的盘符下相同目录中寻找），文件夹内容如下图 11 所示：

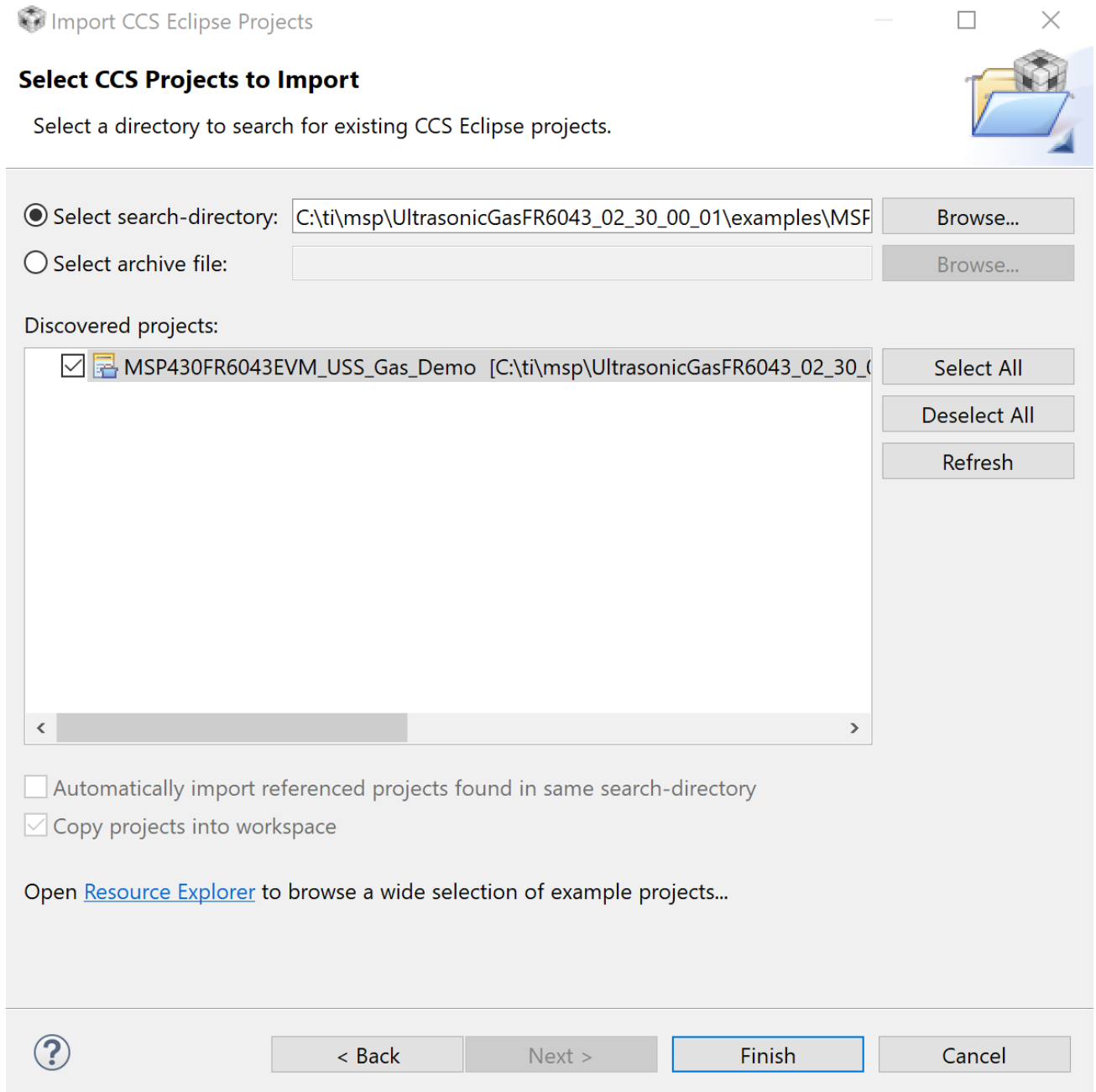
is PC > Windows (C:) > ti > msp > UltrasonicGasFR6043\_02\_30\_00\_01 > examples

Name	Date modified	Type	Size
common	4/16/2020 9:45 AM	File folder	
MSP430FR6043EVM_USS_Gas_Demo	4/16/2020 9:45 AM	File folder	
mtr_gui_config	4/16/2020 9:45 AM	File folder	

图 11 USS 程序源文件

✓ 使用 **Code Composer Studio(CCS)**开发

在 CCS 中导入工程文件。在 CCS 中选择 **File->Import->CCS Project**，点击 **Next**，选择工程源文件的位置，点击 **Finish** 即可完成导入，如图 12 所示。



**图 12 CCS: 导入 MSP430 USS 工程**

导入工程后，可以在 CCS 中看到如图 13 所示目录，左侧工程文件中包含与 GUI 通信程序，超声计量算法程序，FR6043 库、用户程序、main.c 文件等。用户可以在这个工程中加入其他需要执行的应用程序，编译后下载到 MSP430FR6043 中。





同时，在工程中的 USS\_Config 文件夹中有一个 USS\_userConfig.h 文件，如图 14 所示，这个保存的是 USS GUI 的参数配置文件，在第三章参数配置中点击 **Generate Header** 按钮后，会在所选的位置生成一个 USS\_userConfig.h 文件，如图 15、16 所示。可以直接将生成的文件替换掉工程中的文件，编译下载到 MSP430FR643 中即可实现参数更新。

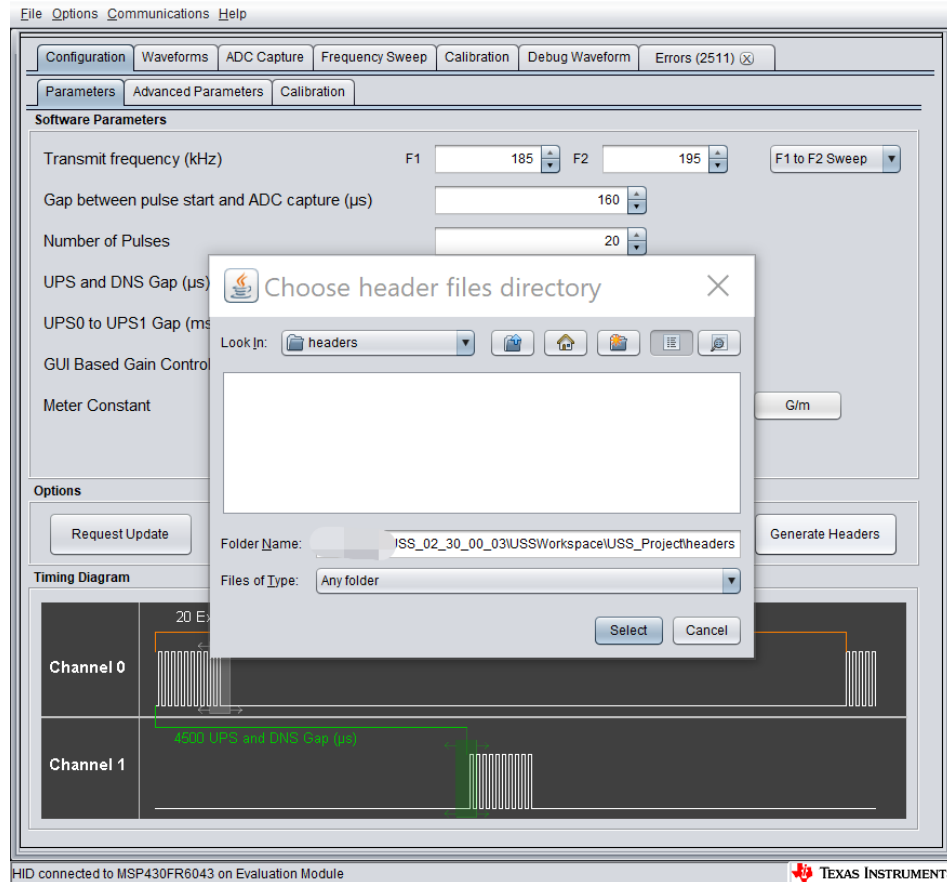


图 15 USS GUI 生成头文件


Name	Date modified	Type	Size
 USS_userConfig.h	6/12/2020 5:16 PM	H File	62 KB

图 16 参数配置 USS\_userConfig.h 文件

✓ **使用 IAR Embedded Workbench(IAR)开发**

进入工程目录：

C:\ti\msp\UltrasonicGasFR6043\_02\_30\_00\_01\examples\MSP430FR6043EVM\_USS\_Gas\_Demo\IAR  
 （如果安装在其他盘，请在相应的盘符下相同目录中寻找）

双击 MSP430FR6043EVM\_USS\_Gas\_Demo.eww 打开即可，如图 17 所示。

修改 USS\_userConfig.h 参数配置文件和 CCS 中一致。

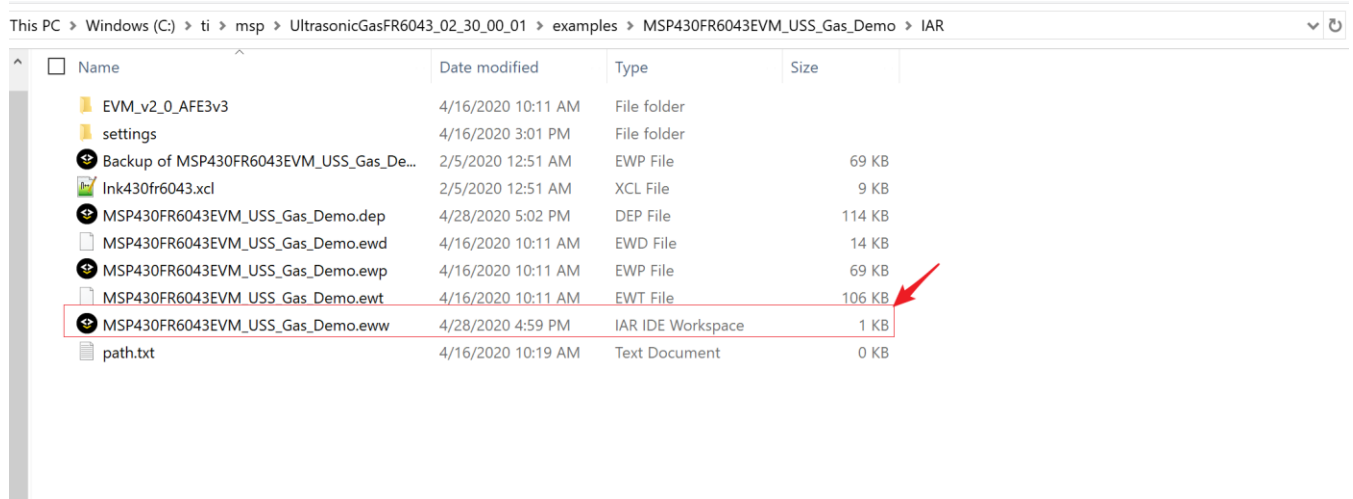


图 17 USS 程序 IAR 工程

更多有关 USS 软件资源内容，请参考 [USS 软件库指南](#) 及 [API 指南](#)。

## 5. 常见问题解答

Q: ADC 波形异常

A: 检查换能器有没有接反，波形有多大，换能器是否已经起振，用示波器观察驱动波形。

Q: 绝对/相对飞行时间数据异常。

A: 参数配置不合理。在 USS GUI->Help->User's Guide->Configuration 中有每个参数的设置范围，同时每个参数之间也有协调，比如脉冲数和采样时间。

Q: 连接不上 GUI

A: 检查程序是否下载正常，板子上 I2C 接口 (J1) 有没有接，GUI 中 MCU 类型及应用的类型有没有选错。

Q: LCD 不显示

A: 提供的示例程序中关闭了 LCD 显示功能，客户可以根据需要在程序中自行开启。

Q: GUI 中出现报错

A: 参考 USS GUI->Help->User's Guide->Error Handling，描述了每个报错 Code 代表的含义。

Q: USS 工程中已经使用了哪些资源

A: 参考 [USS 软件库指南](#) 的 Code Example 章节。

如果有任何关于 USS 的技术问题，可以直接在 [E2E](#) 或 [E2E\\_China](#) 社区询问，会有相关技术专家提供 24 小时的技术支持。

## 6. 参考资料

- [MSP430FR6043-based ultrasonic gas flow meter quick start guide.](#)
- [MSP430FR604x datasheet.](#)
- [Ultrasonic sensing of gas flow white paper.](#)
- [MSP Ultrasonic Sensing Library Users Guide.](#)
- [MSP430UltrasonicLibrary.](#)
- [Ultrasonic sensing subsystem reference design for gas flow \(TIDM-02003\).](#)
- [MSP430 开发手册.](#)

## 7. 超声波流速检测资料总结

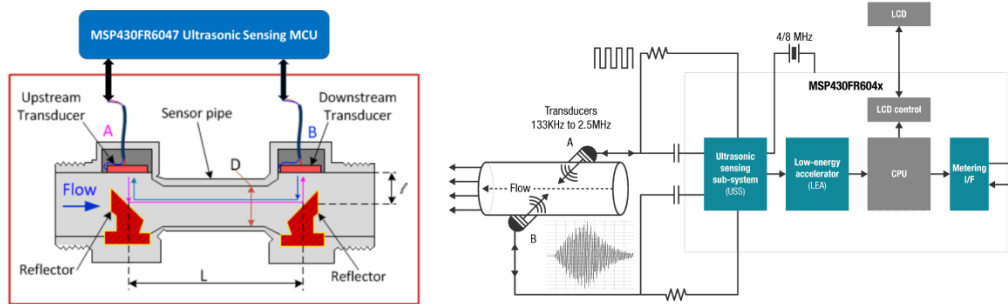


图 18 超声波流速检测示意图

- 产品页面: [Ultra-low-power SoCs for water, gas and heat meters](#)
- GUI 产品页面: [MSP430 MCUs Ultrasonic Sensing Design Center](#)
- 视频: [Ultrasonic sensing for water flow meters](#)
- 视频: [Ultrasonic sensing for gas flow meters](#)
- EVM boards★:
  - [EVM430-FR6047](#)(用于水流检测, 最新版)
  - [适用于气体流量测量的超声波传感子系统参考设计](#)
  - [EVM430-FR6043](#)(用于水流和气体检测, 最新版)
  - [适用于水流测量的超声波传感子系统参考设计](#)
- Application notes:
  - [Frequently asked questions \(FAQ\) on ultrasonic sensing technology](#)(最新版)
  - [采用 MSP430FR604x MCU 的水流和燃气流量计量超声波传感技术的常见问题解答 \(FAQ\)](#)
  - [How to Synchronize the MSP430FR6047 Clock System Domains With the USS Oscillator](#)
  - [Waveform capture based ultrasonic sensing water metering technology](#)
  - [Ultrasonic sensing of gas flow](#)
  - [MSP430FR6043-based ultrasonic gas flow meter quick start guide](#)
  - [MSP430FR6047-based ultrasonic water flow meter quick start guide](#)(最新版)
  - [水流量计快速入门指南](#)
  - [Ultrasonic sensing solution submodules overview](#)