

TI Designs: 参考设计 采用 MSP430FR4xx 实现的水表用户指南



TI 设计

TI 设计为您提供了所需的原理、测试和设计文件，以便您快速评估和定制系统。TI 设计可帮助您缩短产品上市时间。

设计资源

| | |
|--------------------------------------|-------|
| TIDM-FRAM-WATERMETER | 设计文件夹 |
| MSP430FR4133 | 产品文件夹 |
| DRV8837 | 产品文件夹 |
| TPS78233 | 产品文件夹 |
| SN65HVD75 | 产品文件夹 |
| TSS721A | 产品文件夹 |

设计特性

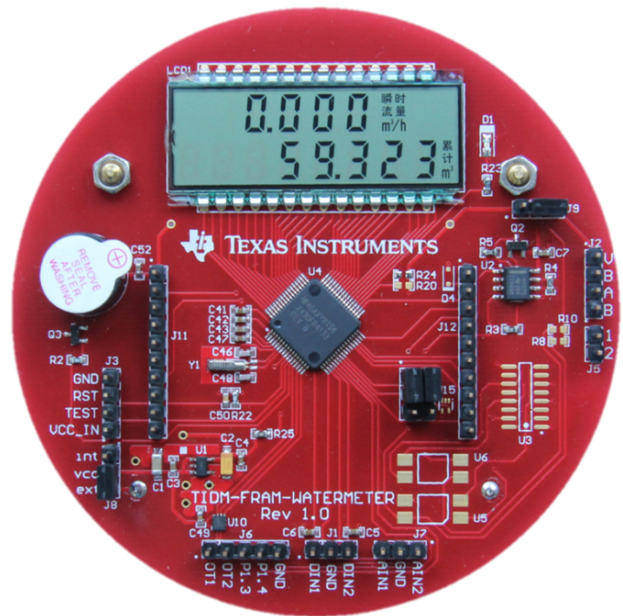
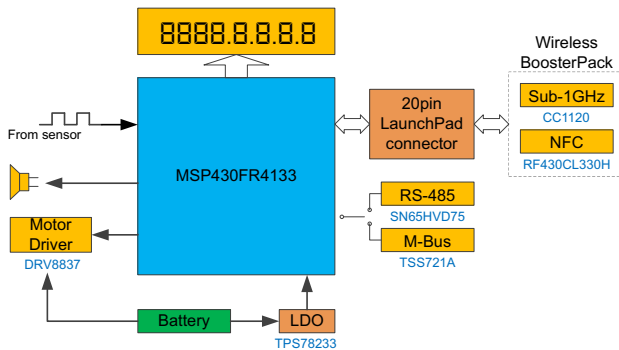
- 磁脉冲测量
- 2.9 μ A 待机电流
- 非易失性片上 FRAM 实时存储
- 支持 RS-485 通讯
- 支持近场通信 (NFC) 和 Sub-1 GHz BoosterPack™
- 电池电压监测

特色应用

- 水表



请咨询我们的 [E2E 专家](#)
[WEBENCH® 计算器工具](#)



该 TI 参考设计末尾的重要声明表述了授权使用、知识产权问题和其他重要的免责声明和信息。

All trademarks are the property of their respective owners.

1 概述

1.1 智能水表

水表用于测量连接公共供水系统的居民楼和商业建筑内的水流量。传统水表大多为机械式水表。这种水表将水流转换为转盘运动。每圈旋转对应于特定单位的水量。机械式水表可通过机械指针来显示测量结果。用户可以通过图 1 所示的表刻度盘读取测量数据。

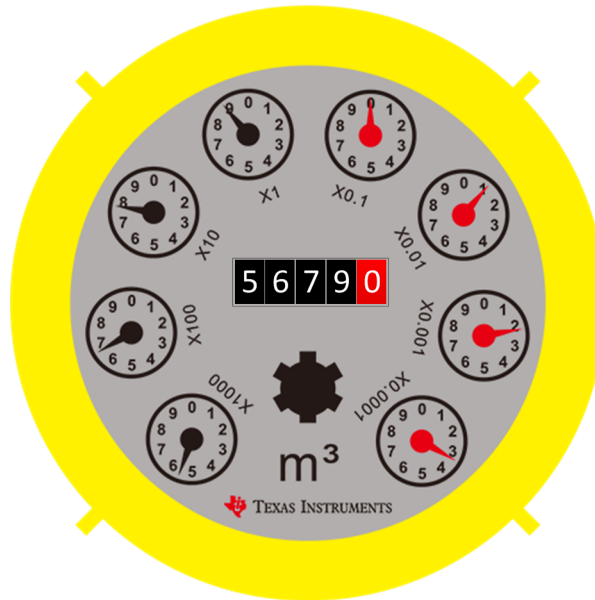


图 1. 机械式水表刻度盘

随着科技的发展，机械式水表逐渐被电子表或智能表取代。通常，智能水表在传统机械式水表的基础上集成了一个电子传感器。常用的传感器是干簧管、霍尔效应传感器或者光电编码寄存器。水流量数据通过电子模块中的微控制器单元 (MCU) 处理后，会被发送到 LCD 显示或输出到信息管理系统。

智能水表可分为两大类：

1. 预付费水表

常见的预付费水表是 IC 卡水表。这种水表采用现代微电子、电子传感器和智能 IC 卡技术，可测量耗水量、传输水流量数据并结算账款。除了水流量记录和 LCD 显示外，这种水表还可以根据分时收费标准计算用水账单。由于数据传输和结算都通过 IC 卡进行，用户可以在营业厅缴费。请参见图 2。



图 2. 预付费水表

2. 自动抄表水表

自动抄表 (AMR) 技术可以自动采集水表的消耗、诊断和状态数据，然后将数据传输到中央数据库进行计费、故障排除和分析。这种技术可帮助供应商节省定期上门抄表的成本。另外，还可以根据实时用水量计费，而不是根据估算计费。这些适时信息和相关分析有助于供应商和客户更好地控制供水和用水。

如图 3 所示，AMR 基于有线或无线传输技术，例如仪表总线 (Meter-Bus) 和通用分组无线业务 (GPRS)。



图 3. 自动抄表水表

1.2 机械式水表发展到电子水表

在智能水表中，传感器将水流量转换为电信号，然后交由 MCU 进行处理。这里可以使用多种传感器，例如干簧管、霍尔效应传感器、红外光电编码寄存器、厚膜电阻和 LC 传感器。有关 LC 传感器类水表的更多信息，请参见<http://www.ti.com/tool/TIDM-3LC-METER-CONV>。

大多数智能水表使用干簧管或霍尔效应传感器来计量用水量。在这类水表中，机械表的一个转盘上安装有磁铁。干簧管放置于转盘上方，转盘每转一圈，干簧管经磁铁吸合一次并发出脉冲信号，这样就把机械运转转化成了电子信号，MCU 对电子信号处理之后根据对应的流量比率计算出流量的大小。

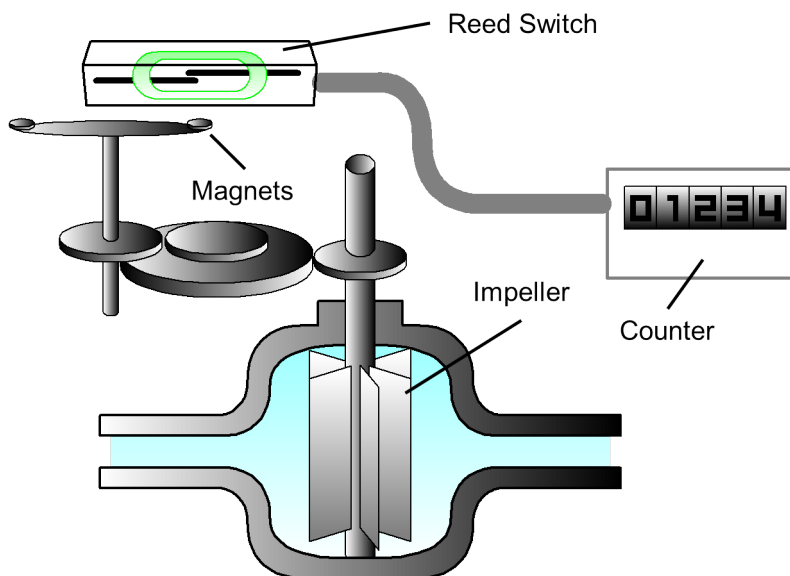


图 4. 电磁脉冲测量原理

1.3 MSP430FR4133 在水表中的应用

MSP430FR4xx 是基于 FRAM 的 MSP430 微控制器系列产品。其配有 FRAM、LCD_E 和 eUSCI 模块等丰富外设，并且具有超低功耗特性，非常适合水表应用。

- 超低功耗：MSP430FR4133 MCU 有 5 种低功耗模式。MSP430FR4133 处于 LPM3.5 且 RTC 计数器和 LCD_E 使能时，其电流消耗低于 1 μ A，非常适合电池供电类水表应用。
- LCD_E：这款新型 LCD 模块支持多达 4 × 36 或 8 × 32 段 LCD。每一个 LCD 引脚都可以通过软件配置为 SEG 或 COM 功能，从而使 PCB 布局更加方便并且可以实现单层 PCB。LCD_E 模块还提供具有可调对比度控制的内部电荷泵，可保持 LCD 在电池生命周期内的对比度恒定不变。
- FRAM：FRAM 是非易失性存储器，完美结合了 SRAM 的高速、超低功耗、高耐用性和灵活性以及闪存的高可靠性与稳定性。MSP430FR4133 包含 15.5KB FRAM 和 2KB SRAM。有了 FRAM，水表应用存储数据时不再需要使用外部非易失性存储器。
- ADC：MSP430FR4133 中 ADC10 模块的采样率高达 200ksp/s。提供 1.2V 外部参考电压和 1.5V 内部参考电压。利用 ADC10 模块，用户无需附加外部组件即可监视 VCC 电压。ADC10 模块还可以用作薄膜电阻水表中的传感器信号输入。
- 对于电磁脉冲水表，GPIO 和定时器均可用于脉冲计数。MSP430FR4133 中的 Timer_A 可以在 LPM3 低功耗模式下工作，这对于水表应用节省功耗非常有帮助。

2 入门

2.1 简介

TIDM-FRAM-WATERMETER 参考设计采用基于 FRAM 的超低功耗微控制器 MSP430FR4133，是一款全功能的电池供电水表参考设计，方便用户评估 MSP430FR4xx 在水表中的应用。

该参考板设计提供了水表设计所需的全部组件，包括干簧管传感器接口、LCD 以及有线和无线 AMR 接口。开箱即用的体验提供了水表应用的基本功能，例如脉冲计数、阀门控制和 AMR 演示。所有硬件和软件均可供开发人员使用，方便他们开发自己的水表应用。

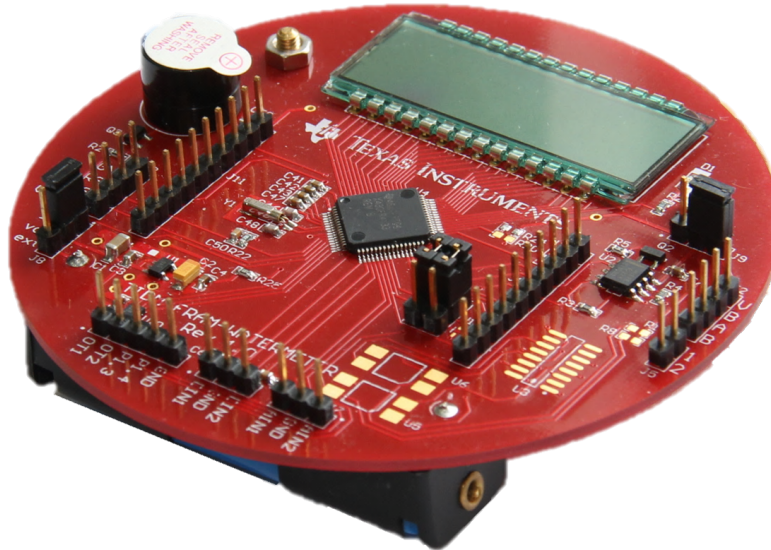


图 5. TIDM-FRAM-WATERMETER

2.2 特性

- 磁脉冲测量
- 高测量精度
- 4 × 24 LCD 显示
 - 瞬时流量
 - 累计流量
- 超低功耗
 - 待机模式下 MCU 处于 LPM3
 - 搭载 RTC、LCD 和 RF 时待机电流为 2.9 μ A
 - 12 μ A 平均功耗，1200mAh 电池，可使用 10 年
- 采用非易失性 FRAM 技术，适用于应用和实时数据存储
- 有线和无线接口
 - RS-485
 - Meter-Bus
 - RF430CL330HTB NFC BoosterPack
 - CC1120 Sub-1GHz BoosterPack

- 电池电压监测
- 远程阀门控制

2.3 套件内容

- 1 个 TIDM-FRAM-WATERMETER EVM 板
- 1 个 USB 转 RS-485 接口模块
- 1 个 1200mAh 锂电池

2.4 开箱即用体验

为熟悉该参考设计，请使用预编程的用户体验代码。该代码从用户角度演示了关键功能。

下一节的图 6 显示了电路板的主要组成部分和开箱即用体验的标准配置。3 节详细介绍了硬件说明。

首先，安装电池为系统供电并将脉冲信号连接到传感器接口。4 节更加详细地介绍了操作说明。

用户可在 <http://www.ti.com.cn/tool/cn/TIDM-FRAM-WATERMETER> 下载用户体验源代码和更多代码示例。该代码已获得 BSD 许可，德州仪器 (TI) 鼓励用户该代码的基础上根据特定需求进行重复使用和修改。

用户体验软件部分详细介绍了所有函数，并提供了项目结构以帮助用户熟悉代码。

有关集成开发环境 (IDE) 的详细安装流程，请参见 IAR IDE 用户指南 ([SLAU138](#)) 和 CCS IDE 用户指南 ([SLAU157](#))。

这些用户指南还逐步介绍了将项目导入工作区的详细指令。Windows 开始菜单中 IDE 的安装包始终包含这些文档的最新版本链接。

有关 Code Composer Studio (CCS) 及相关入门视频的详细信息，请参见 www.ti.com/ccs。CCS 详细介绍了所有基本内容（项目创建、浏览、调试、断点和资源浏览器）。

3 硬件

本节介绍 TIDM-FRAM-WATERMETER EVM 板的硬件设计。图 6 显示了硬件概览。

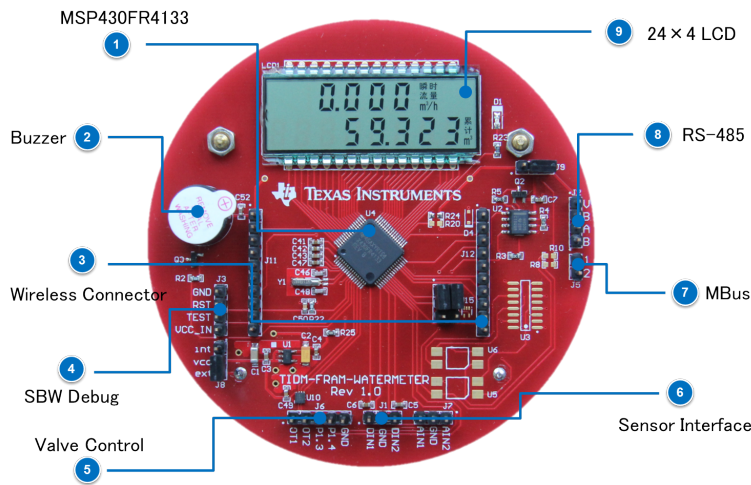


图 6. EVM 概览

3.1 框图

图 7 显示了框图。

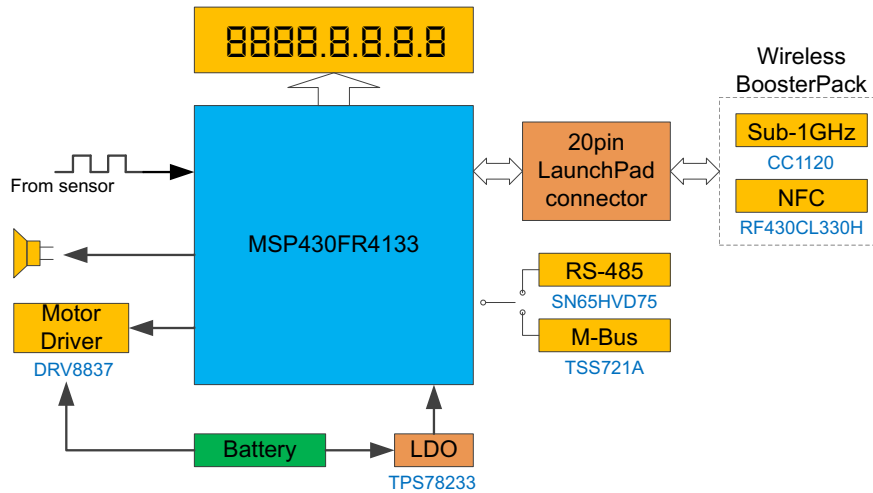


图 7. 框图

注意：MSP430FR4133、CC1120、TPS78233、DRV8837、SN65HVD75、RF430CL330H 和 TSS721A 均为德州仪器 (TI) 器件。

3.2 硬件特性

3.2.1 MSP430FR4133

MSP430FR4133 是一款基于 FRAM 的 MCU 器件，配有 15.5KB 非易失性存储器 and 多个 GPIO 引脚，包括一个段式 LCD 控制器。有关该器件的更多信息，请访问 www.ti.com.cn/product/cn/MSP430FR4133。

PM64 封装的引脚布局如图 8 所示。

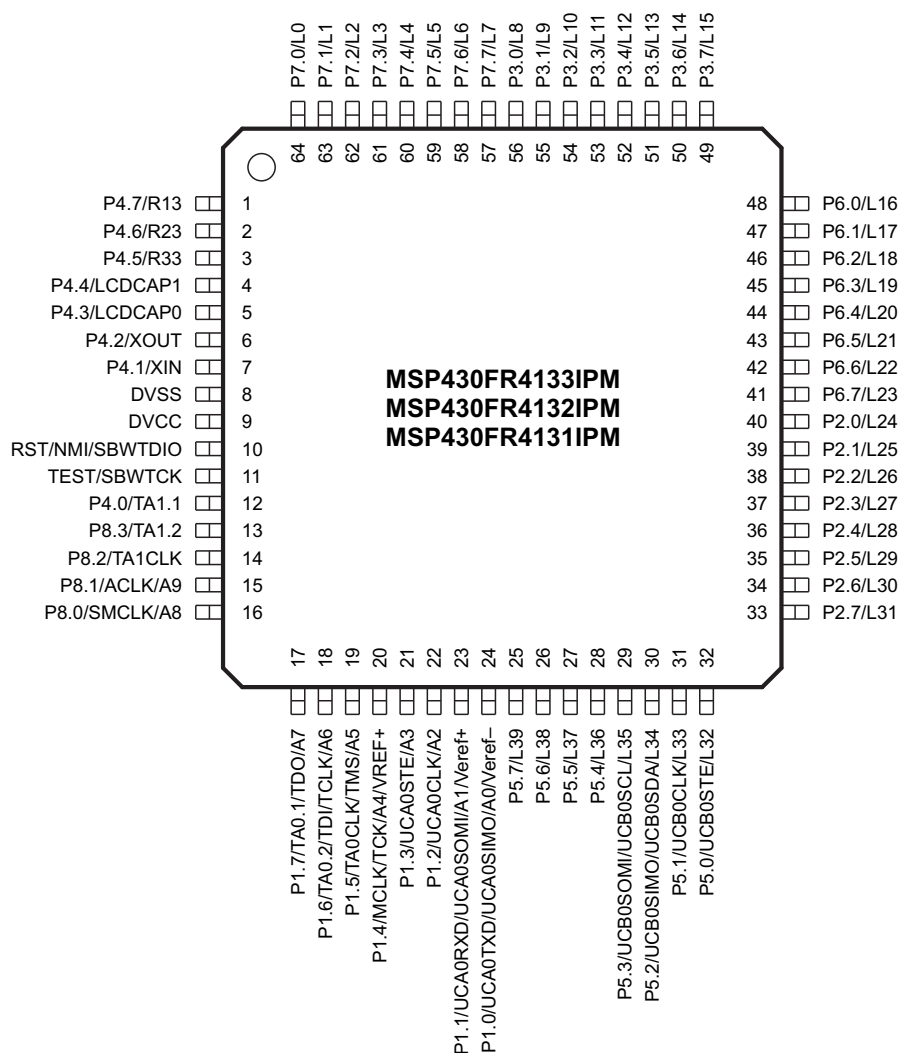


图 8. MSP430FR4133 引脚布局

3.2.2 传感器接口

传感器接口可以直接测量来自干簧管和霍尔效应传感器的脉冲信号。测量频率可高达 9999Hz，因此可以很轻松地实现高精度测量。

在本测量原理中，采用 MSP430 Timer0_A3 作为脉冲计数器。Timer0_A3 运行时无需 CPU 干预，允许 CPU 保持低功耗模式。CPU 仅需每秒唤醒并读取一次 TA0R 寄存器。TA0R 值即为瞬时流量。测量原理请参见图 9。

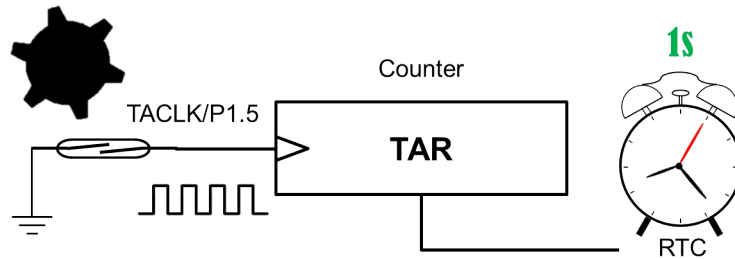


图 9. 测量原理

水表工作时，系统在两种状态间切换。

TA0CLK 和 P1.5 在 MSP430FR4133 中共用同一引脚。待机状态下，为实现低功耗设计，Timer0_A3 将被禁用且 P1.5 将被配置为具有中断功能的 GPIO。水表转动时，系统进入测量状态。Timer0_A3 随后将被启用并用作计数器，P1.5 将被配置为 TA0CLK 功能以用作计数器输入。当水表停止转动 5 秒后，系统将自动进入待机状态以实现节能。累计流量存储在 FRAM 中，即使意外断电也不会丢失。

3.2.3 电池电压监测

电池电压测量每分钟执行一次，其值显示在段式 LCD 上。

该设计中的电池电压监测解决方案不需要附加外部组件。借助 MSP430FR4133 中的 ADC 模块，用户可以选择 VCC 作为 Vref+ 参考电压，并测量 1.5V 片上参考电压。随后可使用如下公式计算 VCC：

$$VCC = 1.5 \text{ V} \times 1024 \div AD_result \quad (1)$$

如果 VCC 电压 > 2.8V，LCD 上的第一行将显示“nor”。如果 VCC 电压 < 2.8V，LCD 将显示“Low”，蜂鸣器将发出哔哔声以提醒用户更换电池。

3.2.4 无线连接器

板上的 20 引脚无线连接器支持 TI 的大多数无线 BoosterPack（例如 Sub-1 GHz 和 NFC）以实现水表的无线 AMR 功能。请参见下方的图 10。BoosterPack 不包含在套件内容中。更多详细信息，请参见 5 节和 TI 网站。



图 10. 无线 Booster Pack

3.2.5 调试

板载连接器 J3 是一个 Spy-Bi-Wire 调试接口。Spy-Bi-Wire 是德州仪器 (TI) 为 MSP430 开发的序列化 JTAG 协议。在此协议中，只需使用两条接线连接通用 JTAG 接口，而无需按往常使用四个引脚。

3.2.6 阀门控制

用于阀门控制的电机驱动器器件是德州仪器 (TI) 的 DRV8837。

DRV8837 为低电压和电池供电类应用的运动控制提供集成电机驱动器解决方案。这款电机驱动器可以提供高达 1.8A 输出电流。DRV8837 可在 0V 至 11V 的电机电源电压以及 1.8V 至 7.0V 的器件电源电压下工作。

DRV8837 具有脉宽调制 (PWM) 输入接口和 PH/EN 输入接口。这两个接口都与行业标准器件兼容。提供用于过流保护、短路保护、欠压锁定和过热保护的内部关断功能。

J6 是阀门控制连接器。表 1 给出了引脚定义：

表 1. 阀门控制连接器引脚定义

| 名称 | 说明 |
|------|-------------|
| OUT1 | 驱动阀门正转以打开阀门 |
| OUT2 | 驱动阀门反转以关闭阀门 |
| IN1 | 阀门位置检测（打开） |
| IN2 | 阀门位置检测（关闭） |
| GND | 接地 |

3.2.7 有线 AMR 接口

EVM 支持 RS-485 接口。收发器部件编号为 SN65HVD75。SN65HVD75 是 3.3V 电源供电的 RS-485，具有 IEC 静电放电 (ESD) 保护功能。更多信息，请参见 <http://www.ti.com.cn/product/cn/SN65HVD75>。

在此接口电路中，只使用发送引脚和接收引脚。数据传输方向由电路自动控制。请参见图 11。

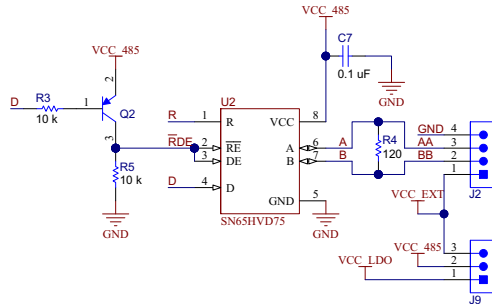


图 11. RS-485 电路

套件提供一个基于 PC 的 GUI 用于演示水表与 PC 间的通信功能。关于硬件支持，需使用一个 USB 转 RS-485 适配器进行协议转换。

有关仪表总线接口的信息，请参见 <http://www.ti.com.cn/product/cn/TSS721A>

3.2.8 LCD

板上的 4 × 24 段式 LCD 第一行显示瞬时流量，第二行显示累计流量。LCD 具体规格如图 12 所示。

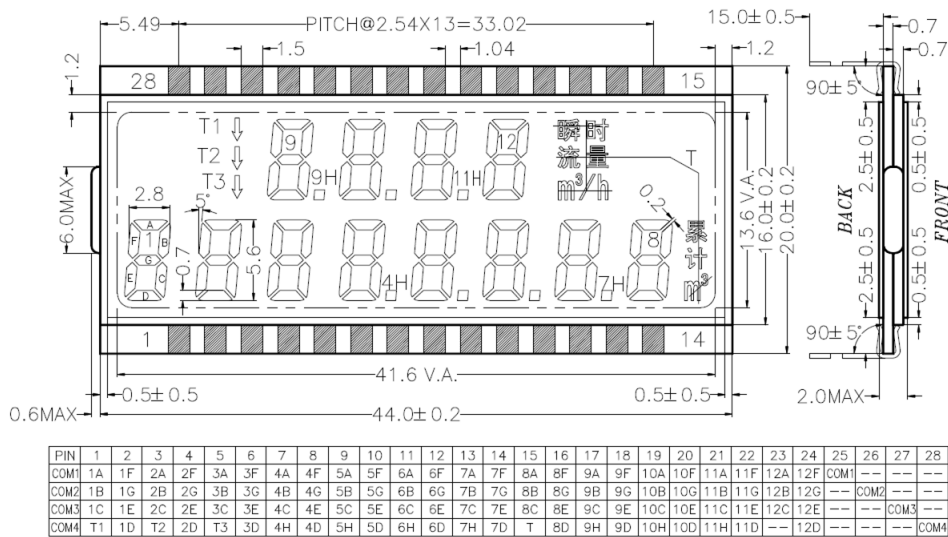


图 12. LCD 规格

MSP430FR4133 中的 LCD_E 支持多达 4 × 36 或 8 × 32 段 LCD。每个 LCD 引脚都可以通过软件配置为 SEG 或 COM 功能，这对于 PCB 布局非常有帮助。LCD_E 模块提供具有可调对比度控制的内部电荷泵。

3.2.9 电源

EVM 板可由板载电池或外部电源供电。用户可以通过连接器 J8 的跳线来切换供电方式。电路板默认由板载锂电池供电。图 13 显示了供电系统。

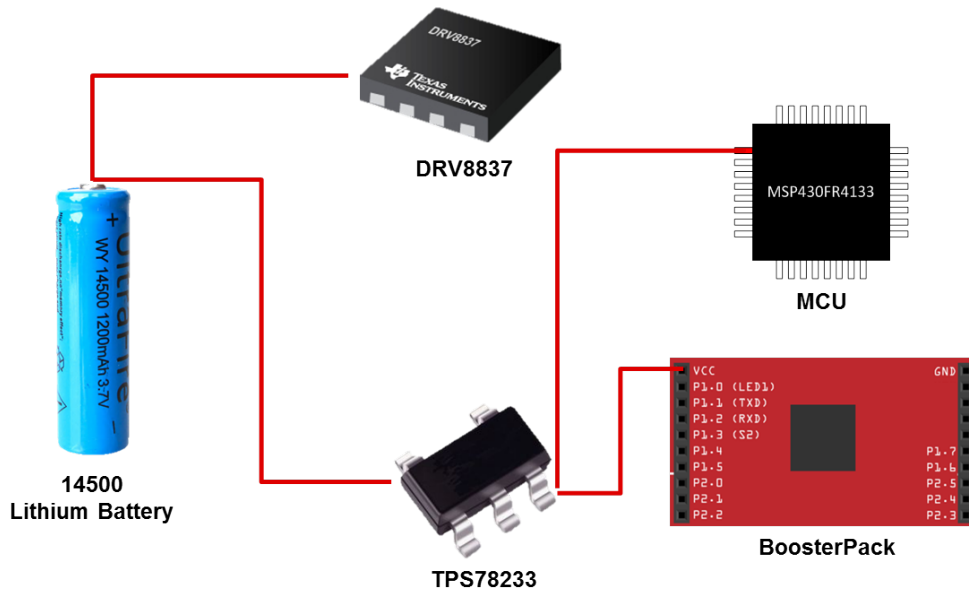


图 13. 电源

电机驱动器 DRV8837 直接由 3.7V 锂电池供电。板上的其他部件由 TPS78233 供电。

TPS78233 是 3.3V 单路固定输出 LDO。TPS78233 的静态电流仅为 500nA，与采用 MSP430 的低功耗应用非常兼容。

3.3 设计文件

电路原理图和 PCB 布局图请参见 8 节。物料清单、光绘文件和 TI-TXT 固件在内的所有设计文件均可在 [TIDM-FRAM-WATERMETER](#) 中找到。

3.4 硬件更改日志

表 2. 硬件更改日志

| PCB 修订 | 日期 | 编写 | 说明 |
|--------|-----------------|----------|------------|
| 版本 1.0 | 2014 年 8 月 31 日 | A0222632 | 首版原型的初始版本。 |

4 软件

本节介绍 EVM 中预装载的用户体验软件的功能和结构。

4.1 源代码文件结构

项目可以拆分为多个文件。这种拆分方便用户浏览和重复使用项目的不同部分。

表 3. 源文件、文件夹列表

| 名称 | 说明 |
|-----------------------|------------------------|
| main.c | 主函数, 共用 ISR 等 |
| msp_wm430fr4_golbal.c | 初始化函数 |
| msp_wm430fr4_lcd.c | LCD 驱动程序 |
| msp_wm430fr4_rs485.c | RS-485 驱动程序 |
| msp_wm430fr4_nfc.c | NFC 驱动程序 (4.3.1) |
| msp_wm430fr4_cc1120.c | Sub-1 GHz 驱动程序 (4.3.2) |

固件支持基本测量和有线/无线 AMR。用户可以在 User_Config.h 文件中选择不同的 AMR 方法, 重新编译项目, 然后重新在 EVM 上烧写 MSP430FR4133。NFC 和 Sub-1 GHz BoosterPack 共用同一个连接器接口, 因此它们不能在固件中同时启用。

4.2 GUI

TIDM-FRAM water meter GUI 是基于 PC 的工具, 用于通过 RS-485 接口与水表通信。用户可使用该工具与水表通信、设置命令、控制阀门等。请参见图 14。

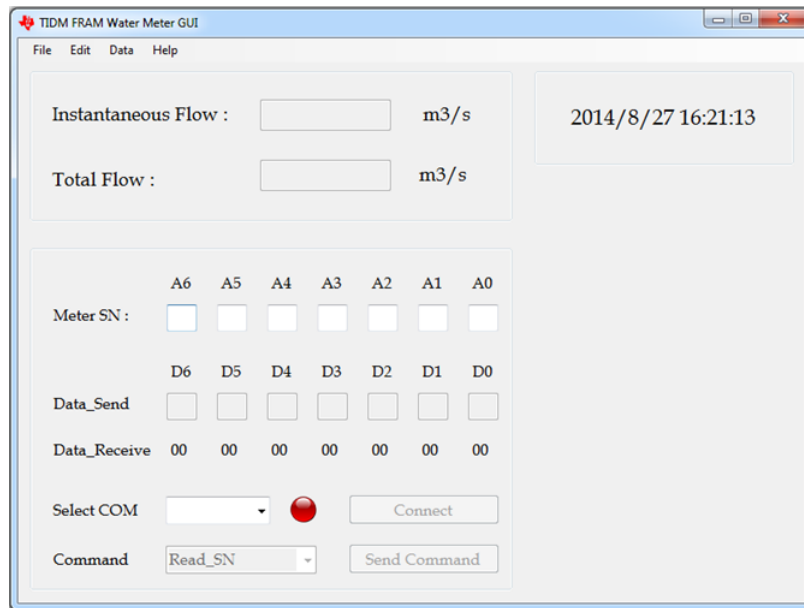


图 14. TIDM-FRAM 水表 GUI

5 演示示例

5.1 磁脉冲测量

操作步骤:

1. 安装电池，将 J8 连接到 ext 端为系统供电。
2. 将脉冲信号连接到 J1 IN2 通道连接器。（当前固件中未启用通道 IN1。）在此演示中，电机板驱动搭载 8 块磁铁的转盘来模拟水表转动。电机板两侧各有一个干簧管传感器。转盘转动时，干簧管传感器会产生脉冲信号。图 15 显示了演示设置。

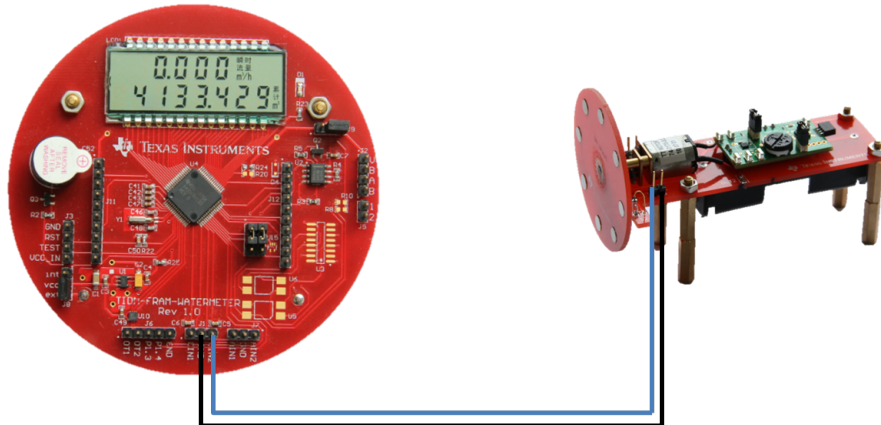


图 15. 基本演示设置

3. 转盘转动时，EVM 板会计算每秒脉冲以获得瞬时流量，然后将其累加到累计流量中。LCD 的第一行显示瞬时流量，第二行显示累计流量。
4. 电池电压每分钟测量一次，LCD 上将显示其测量值。请参见图 16。

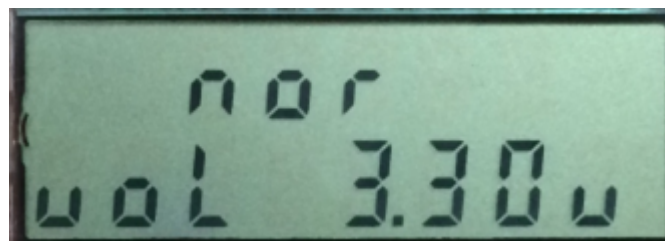


图 16. 电池监测

如果电压 > 2.8V，LCD 上的第一行将显示“nor”，表示“正常”。如果电压 < 2.8V，LCD 上的第一行将显示“Low”。

5.2 有线 AMR

5.2.1 RS-485

运行演示之前，用户必须安装 USB 转 RS-485 适配器驱动程序才能进行数据通信，并且还须安装 Microsoft .Net Framework 4.0 才能使用 GUI。安装文件位于 [tidc664.zip](#) 的 Software\GUI 文件夹中。

1. 使用 USB 转 RS-485 适配器将 J2 连接到 PC 或笔记本电脑。将跳线置于 J9 连接器右侧。
2. 在 [tidc664.zip](#) 的 Software\GUI 文件夹中启动 TI FRAM Water Meter GUI。GUI 运行时，会显示图 17 所示的画面。

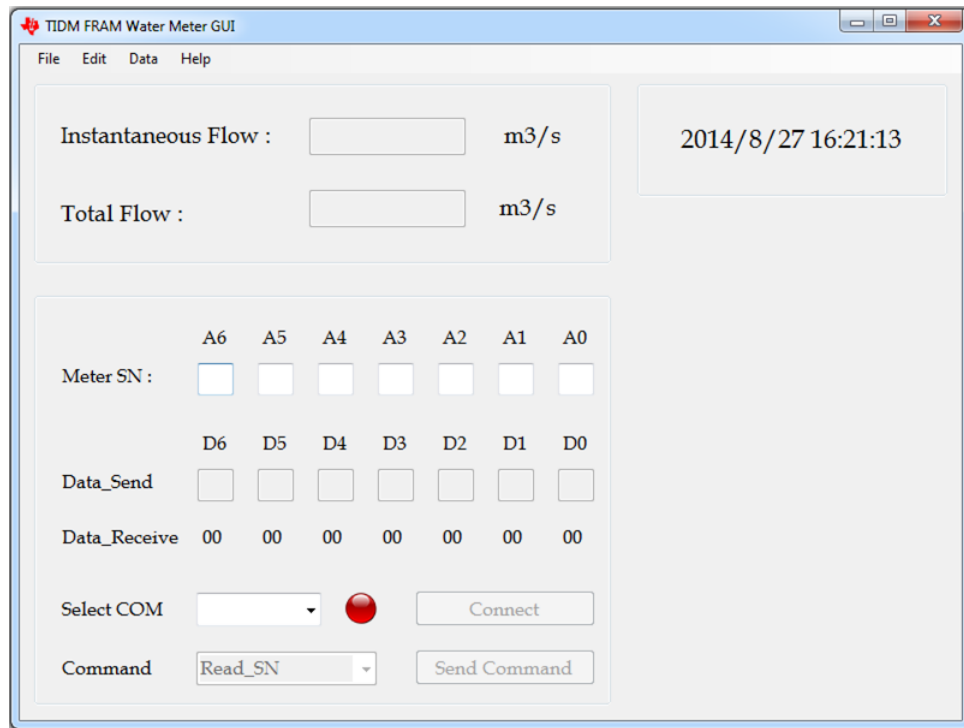


图 17. 启动画面

3. 选择连接的 COM 端口，请单击选择 COM (Select COM) 下拉框。在下拉菜单中，为适配器选择对应的 COM 端口。COM 下拉框中会列出多个 COM 端口。为确定适配器适合的 COM 端口，请打开 Windows 设备管理器选择名为“Prolific USB-to-Serial Comm Port”的 COM 端口，然后单击连接 (connect)。如果成功连接，指示灯将变绿。

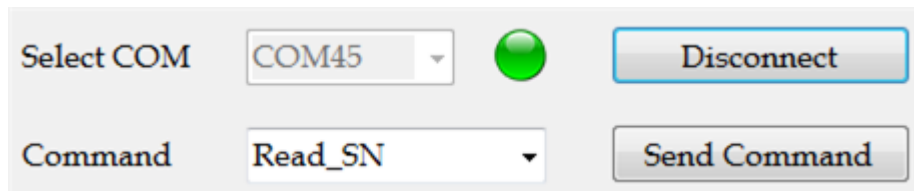


图 18. COM 端口

4. COM 端口打开时，选择 COM (Select COM) 端口下拉框会被禁用，命令 (Command) 下拉框将被启用。用户可以在命令 (Command) 下拉框中选择命令，然后单击发送命令 (Send Command) 按钮将其发送到水表。

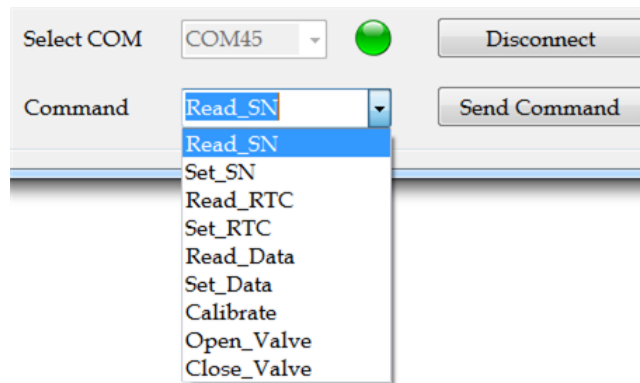


图 19. 命令框

GUI 支持 9 种命令：

- Read_SN: 读取水表序列号。EVM 的默认 SN 为 0x01、0x02、0x03、0x04、0x05、0x06、0x07。
- Set_SN: 设置水表序列号。
- Read_RTC: 读取水表本地时间
- Set_RTC: 校准水表时间
- Read_data: 读取水表数据
- Set_data/Calibrate: 设置或校准水表流量数据
- Open_Valve: 打开阀门*
- Close_Valve: 关闭阀门*

*需要阀门支持。本演示需要使用阀门。



图 20. RS-485 演示设置

5.3 无线 AMR

TIDM-FRAM-WATERMETER EVM 板有一个 20 引脚连接器。该连接器支持 NFC 和 Sub-1 GHz 的无线 BoosterPack，它们都可在水表中实现无线 AMR。

5.3.1 NFC

1. 将 NFC BoosterPack 应用于 EVM 板。
2. 将 NFC 固件下载到 MSP430FR4133 中。有关固件的更多信息，请参见 4 节。
3. 将 NFC 读取器（例如配有 NFC 天线的智能手机）靠近 NFC BoosterPack 放置。标签信息将被发送到手机上并显示在屏幕上。标签内容包括水表编号、总流量数据和上次记录时间。请参见图 21：

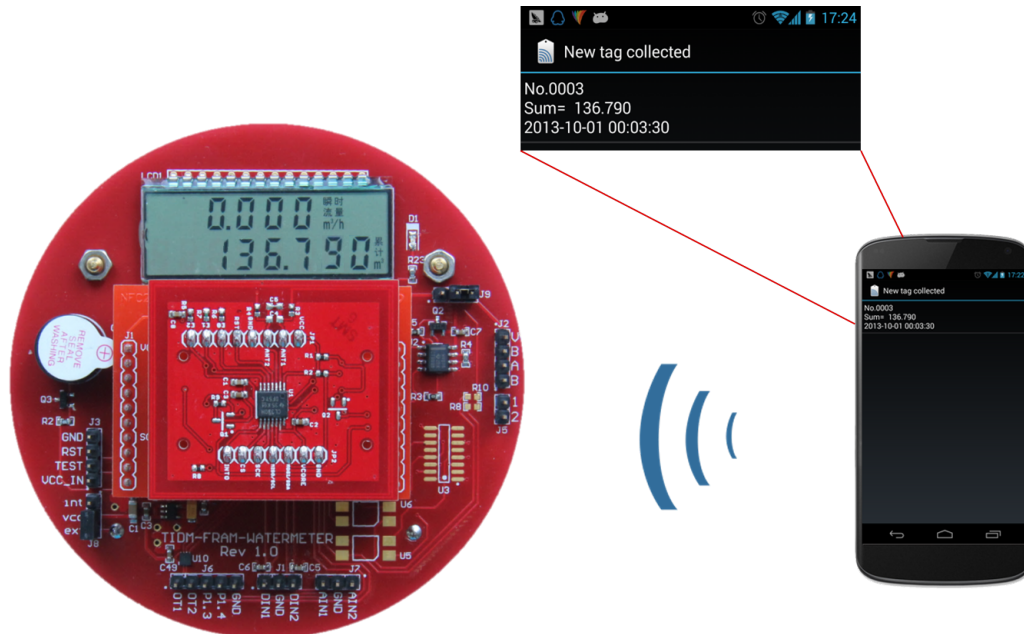


图 21. NFC AMR 演示

有关 NFC 的更多信息，请参见 www.ti.com.cn/NFC。

5.3.2 Sub-1 GHz

1. 将 CC1120 BoosterPack 应用于 EVM 板。
2. 将 CC1120 固件下载到 MSP430FR4133 中。有关固件的更多信息，请参见4节。
3. 该演示中需要使用接收器板。演示运行时，CC1120 BoosterPack 每隔一分钟会发出一个数据包。该数据包包括水表编号和总流量数据。
4. 当接收器板收到数据包时，包中的板编号和总流量数据等内容会显示在接收器板上。

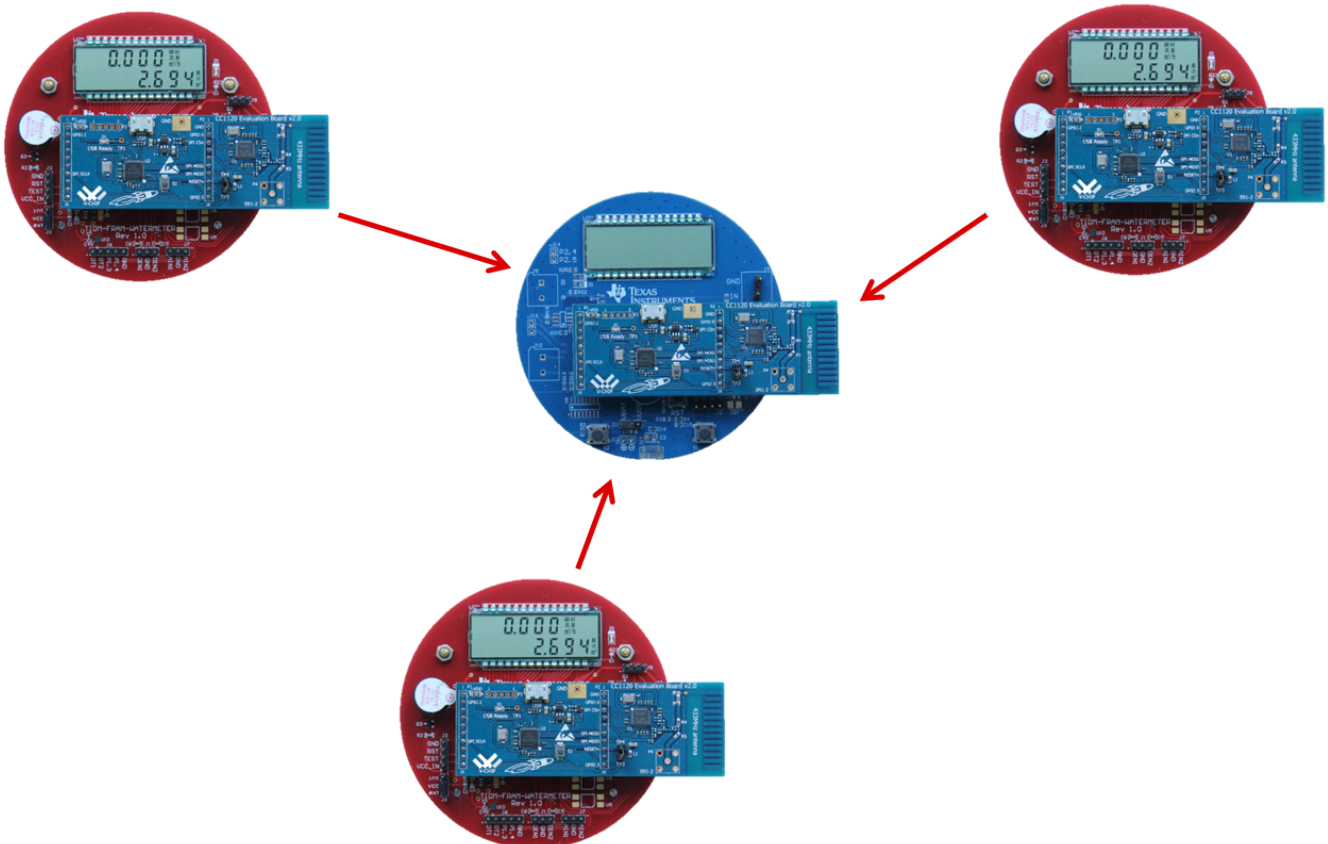


图 22. Sub-1 GHz AMR 演示

CC1120 BoosterPack 由第三方芯片生成，可在 <http://www.digirf.com/EN/ProView/80.html> 找到。

有关 CC1120 的更多信息，请参见 www.ti.com.cn/wireless。

6 测试

6.1 脉冲测量

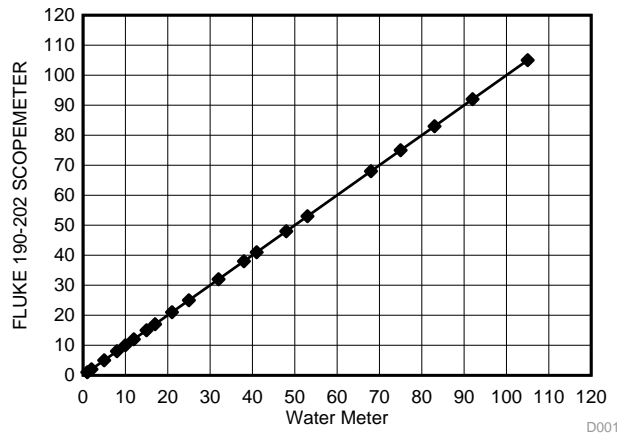


图 23. 脉冲测量

图 23 显示了 TIDM-FRAM-WATERMETER 和 FLUKE 190-202 SCOPEMETER 测量的脉冲计数。两者测量的结果相同。

6.2 功耗

表 4. 功耗

| 工作模式 | 电流 |
|------|--------------------------|
| 待机模式 | 2.9 μ A (25°C 时) |
| 测量模式 | 12 μ A (25°C 时的平均电流) |

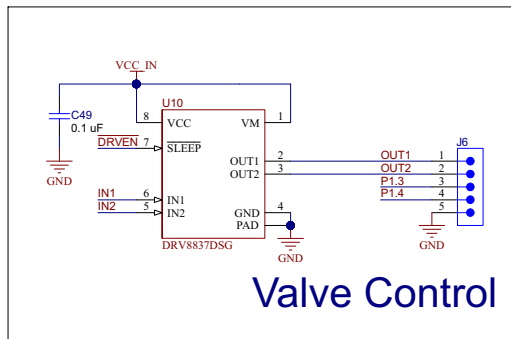
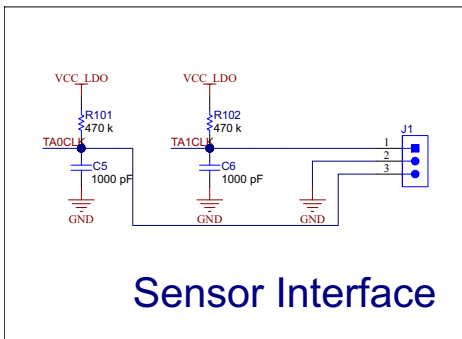
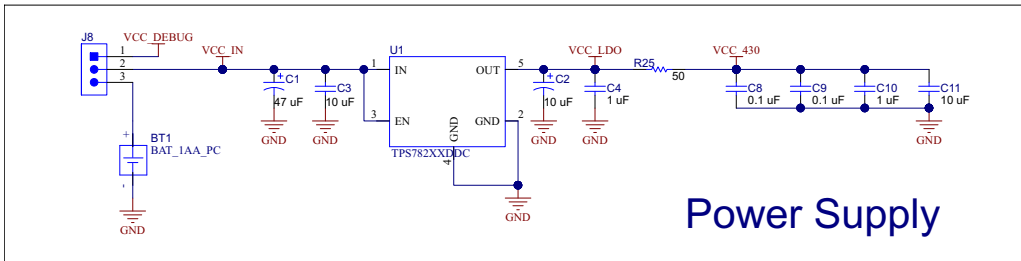
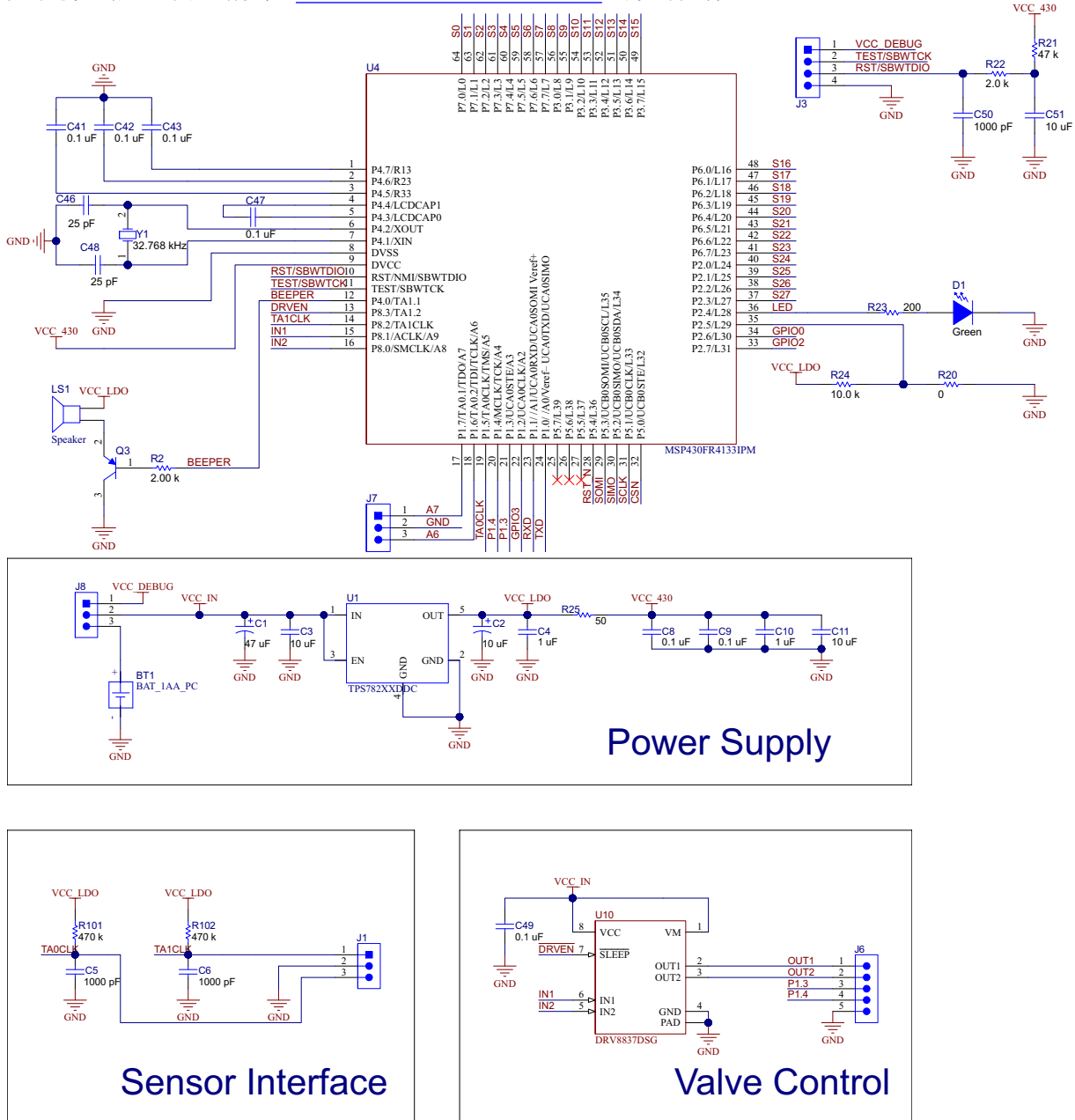
7 参考文献

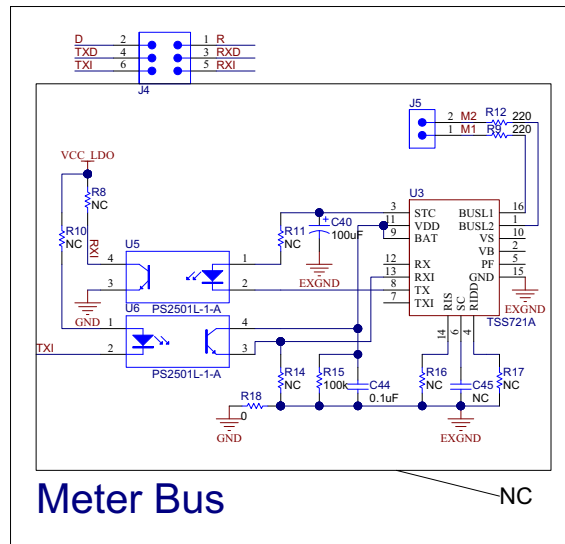
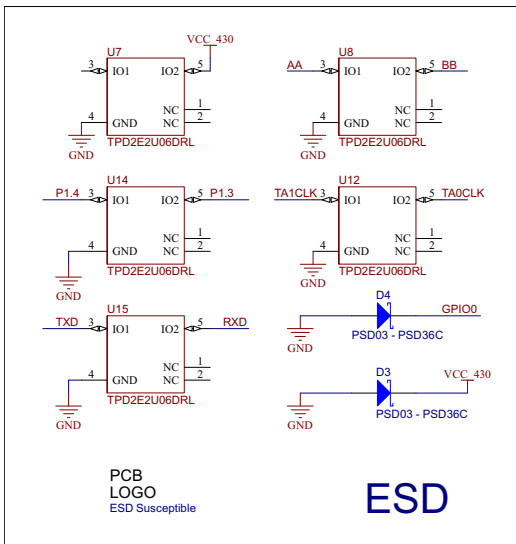
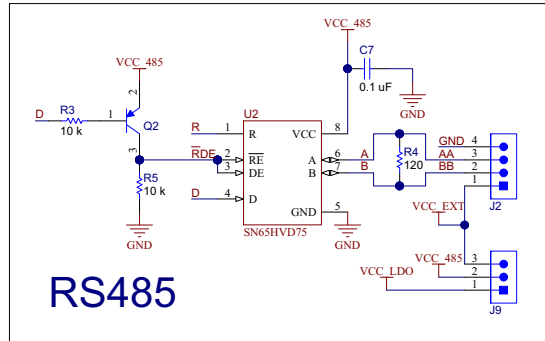
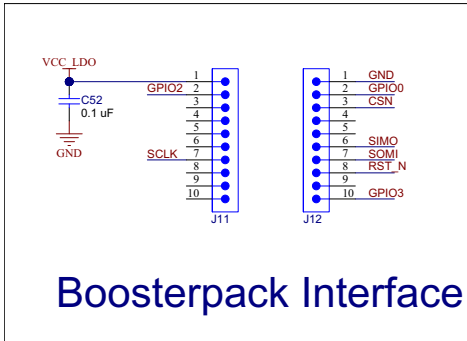
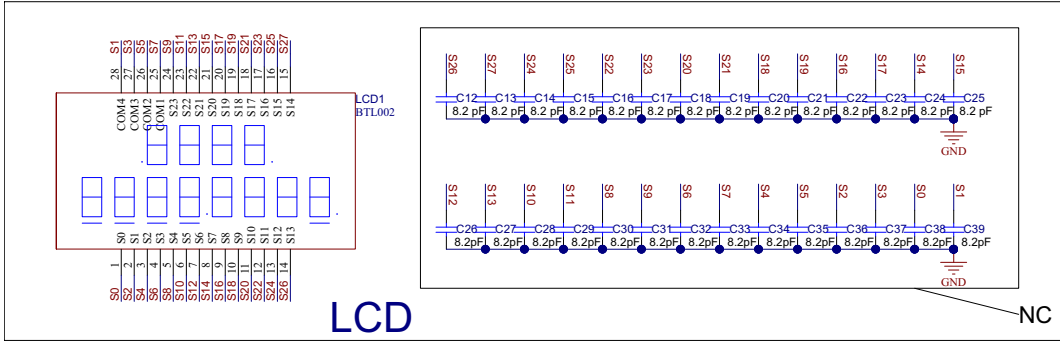
1. [《MSP430FR4133 数据表》](#)
2. [《MSP430FR4xx 用户指南》](#)
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Water_metering

8 设计文件

8.1 电路原理图

要下载电路原理图，请参见 [TIDM-FRAM-WATERMETER](#) 的设计文件。





8.2 物料清单

要下载物料清单 (BOM), 请参见 [TIDM-FRAM-WATERMETER](#) 的设计文件。

表 5. BOM

| 标识符 | 数量 | 值 | 部件描述 | 制造商 | 制造商部件编号 | 供应商部件编号 | PCB 封装 |
|--|----|--------|--|----------------|-----------------------|---------------|----------------|
| BT1 | 1 | 2460 | 电池座, 1AA 电池, PC 安装 | Keystone | 2460 | 2460K-ND | BH1AA-PC |
| C1 | 1 | 47uF | 电容, 钽, 47uF, 6.3V, +/-10%, 0.8Ω, SMD | AVX | TPSA476K006R0800 | 478-3079-1-ND | 3216-18 |
| C2 | 1 | 10uF | 电容, 钽, 10uF, 16V, +/-10%, 3Ω, SMD | Vishay-Sprague | 293D106X9016A2TE 3 | 718-1123-1-ND | 3216-18 |
| C3, C11, C51 | 3 | 10uF | 电容器, 陶瓷, 10uF, 6.3V, +/-20%, X5R, 0603 | Kemet | C0603C106M9PACT U | 399-5504-1-ND | 0603 |
| C4, C10 | 2 | 1uF | 电容器, 陶瓷, 1uF, 16V, +/-10%, X5R, 0603 | Kemet | C0603C105K4PACT U | 399-5090-1-ND | 0603 |
| C7, C8, C9, C41, C42, C43, C47, C49, C52 | 9 | 0.1uF | 电容, 陶瓷, 0.1uF, 16V, +/-5%, X7R, 0603 | Kemet | C0603C104J4RACTU | 399-1097-1-ND | 0603 |
| C46, C48 | 2 | 25pF | 电容, 陶瓷, 25pF, 50V, +/-11%, C0G/NP0, 0603 | AVX | 06035A2R2CAT2A | 478-1155-1-ND | 0603 |
| C5, C6, C50 | 3 | 1000pF | 电容, 陶瓷, 1000pF, 100V, +/-5%, X7R, 0603 | AVX | 06031C102JAT2A | 478-3698-1-ND | 0603 |
| D1 | 1 | 绿光 | LED, 绿光, SMD | Lite-On | LTST-C170KRKT | 160-1415-1-ND | LED_LTST-C170 |
| J1, J7, J8, J9 | 4 | 3x1 | 接头, TH, 100mil, 3x1, 镀金, 在隔离器以上 230mil | Samtec | TSW-103-07-G-S | SAM1029-03-ND | TSW-103-07-G-S |
| J2, J3 | 2 | 4x1 | 接头, TH, 100mil, 4x1, 镀金, 在隔离器以上 230mil | Samtec | TSW-104-07-G-S | SAM1029-04-ND | TSW-104-07-G-S |
| J4 | 1 | 3x2 | 接头, TH, 100mil, 3x2, 镀金, 在隔离器以上 230mil | Samtec | TSW-103-07-G-D | SAM1028-03-ND | TSW-103-07-G-D |

表 5. BOM (continued)

| 标识符 | 数量 | 值 | 部件描述 | 制造商 | 制造商部件编号 | 供应商部件编号 | PCB 封装 |
|------------|----|--------------|---|---------------|----------------------|-------------------------|----------------|
| J6 | 1 | 5x1 | 接头 , TH, 100mil, 5x1, 镀金, 在隔离器以上 230mil | Samtec | TSW-105-07-G-S | SAM1029-05-ND | TSW-105-07-G-S |
| J11, J12 | 2 | 10x1 | 接头 , TH, 100mil, 10x1, 镀金, 在隔离器以上 230mil | Samtec | TSW-110-07-G-S | SAM1029-10-ND | TSW-110-07-G-S |
| LCD1 | 1 | LCD | BTL002 4COM LCD | N/A | BTL002 | N/A | LCD |
| LS1 | 1 | BEEPER | 扬声器 | Soberton Inc | WST-1203UX | 433-1047-ND | BEEPER |
| Q2, Q3 | 2 | PNP | 晶体 管 , PNP, 40V, 0.2A, SOT-23 | Diodes Inc. | MMBT3906-7-F | MMBT3906-FDICT- ND | SOT-23 |
| R3, R5 | 2 | 10kΩ | 电 阻 , 10kΩ, 0.0603 | Vishay-Dale | CRCW060310K0JNE A | 541-10KGCT-ND | 0603 |
| R4 | 1 | 120Ω | 电 阻 , 120Ω, 0.0603 | Vishay-Dale | CRCW0603120RJNE A | 541-120GCT-ND | 0603 |
| R21 | 1 | 47kΩ | 电 阻 , 47kΩ, 0.0603 | Vishay-Dale | CRCW060347K0JNE A | 541-47KGCT-ND | 0603 |
| R2, R22 | 2 | 2.0kΩ | 电 阻 , 2.0kΩ, 0.0603 | Vishay-Dale | CRCW06032K00JNE A | 541-2.0KGCT-ND | 0603 |
| R23 | 1 | 200Ω | 电 阻 , 200Ω, 0.0603 | Vishay-Dale | CRCW0603200RJNE A | 541-200GCT-ND | 0603 |
| R25 | 1 | 50Ω | 电 阻 , 50Ω, 0.0603 | Yageo America | RT0603DRE07150RL | RT0603DRE07150RL -ND | 0603 |
| R101, R102 | 2 | 470kΩ | 电阻 470KΩ 1/10W 5% 0603 SMD | Yageo America | RC0603JR-07470KL | 311-470KGRTR-ND | 0603 |
| U1 | 1 | TPS78233 | IC, 150mA、超低静 态电流, IQ 500nA LDO 线性稳压器 | 德州仪器 (TI) | TPS78233DDCR | 296-24059-1-ND | TSOT-23-5[DDC] |
| U2 | 1 | SN65HVD75 | 高温 3.3V RS-485 收 发器 | 德州仪器 (TI) | SN65HVD11SHKJ | 296-28287-5-ND | D0008A_N |
| U4 | 1 | MSP430FR4133 | 16 位超低功耗 MCU | 德州仪器 (TI) | MSP430FR4133IPM | N/A | PM0064A_M |

表 5. BOM (continued)

| 标识符 | 数量 | 值 | 部件描述 | 制造商 | 制造商部件编号 | 供应商部件编号 | PCB 封装 |
|--|----|-----------|--|---------------------|---------------------|------------------|----------------|
| U10 | 1 | DRV8837 | 低压 H 桥 IC, DSG0008A | 德州仪器 (TI) | DRV8837DSG | 296-34806-1-ND | DRV8837DSG |
| Y1 | 1 | 32.768kHz | 晶振, 32.768kHz | Abracon Corporation | AB26TRQ-32.768KHZ-T | 535-12051-1-ND | XTAL_MS3V-T1R |
| C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C30, C31, C32, C33, C34, C35, C36, C37, C38, C39 | 28 | 8.2pF | 电容, 陶瓷, 8.2pF, 50V, +/-3%, C0G/NP0, 0603 | AVX | 06035A8R2CAT2A | 478-1162-1-ND | 0603 |
| C45, R8, R10, R11, R14, R16, R17 | 7 | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| C40 | 1 | 100uF | 电容, 钽, 100uF, 6.3V, +/-10%, 1.7Ω, SMD | Vishay-Sprague | 293D107X96R3B2TE3 | 718-1128-1-ND | 3528-21 |
| C44 | 1 | 0.1uF | 电容, 陶瓷, 0.1uF, 16V, +/-5%, X7R, 0603 | Kemet | C0603C104J4RACTU | 399-1097-1-ND | 0603 |
| D3, D4 | 2 | Diode | 二极管, 肖特基, 40V, 0.03A, SOD-323 | Diodes Inc. | SDMK0340L-7-F | SDMK0340LDICT-ND | sod-323 |
| J5 | 1 | 2x1 | 接头, TH, 100mil, 2x1, 镀金, 在隔离器以上 230mil | Samtec | TSW-102-07-G-S | SAM1029-02-ND | TSW-102-07-G-S |
| R9, R12 | 2 | 220Ω | 电阻, 220Ω, 0.1% 0603 | Vishay-Dale | CRCW0603220RJNEA | 541-220GCT-ND | 0603 |
| R15 | 1 | 100kΩ | 电阻, 100kΩ, 0.1% 0603 | Vishay-Dale | CRCW0603100KJNEA | 541-100KGCT-ND | 0603 |
| R18, R20 | 2 | 0Ω | Vishay-Dale | CRCW06030000Z0EA | 541-0.0GCT-ND | 0603 | |
| R24 | 1 | 10.0kΩ | 电阻, 10.0kΩ, 0.1% 0603 | Susumu Co Ltd | RG1608P-103-B-T5 | RG16P10.0KBCT-ND | 0603 |

表 5. BOM (continued)

| 标识符 | 数量 | 值 | 部件描述 | 制造商 | 制造商部件编号 | 供应商部件编号 | PCB 封装 |
|---------------------------|----|-----------|------------------------------|------------------------------------|--------------|----------------|----------|
| U3 | 1 | TSS721 | 仪表总线收发器 | 德州仪器 (TI) | TSS721A | 296-27128-1-ND | D0016A_N |
| U5, U6 | 2 | PS2501 | 高隔离电压单晶体管 类光电耦合器 | California Eastern Laboratories | PS2501L-1-A | PS2501L-1A-ND | PS2501L |
| U7, U8, U12, U14 , U15 | 5 | TPD2E2U06 | 双通道高速 ESD 保护 器件, DRL0005A | 德州仪器 (TI) | TPD2E2U06DRL | 296-38361-1-ND | DRL0005A |

8.3 PCB 布局

要下载 PCB 布局图, 请参见 [TIDM-FRAM-WATERMETER](#) 的设计文件。

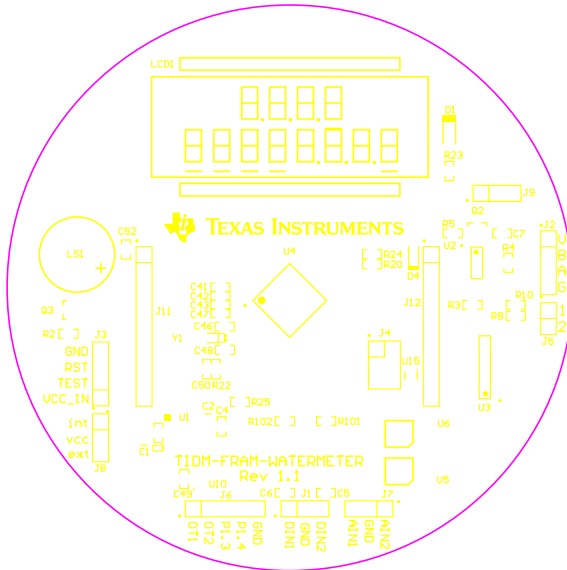


图 24. 顶部丝印覆盖层

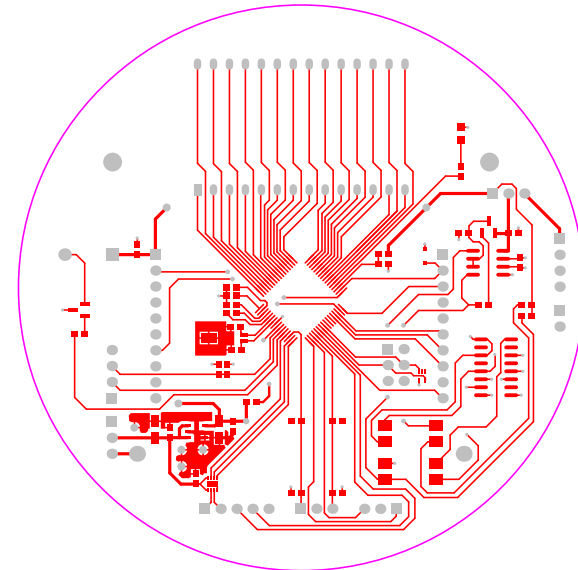


图 25. 顶层

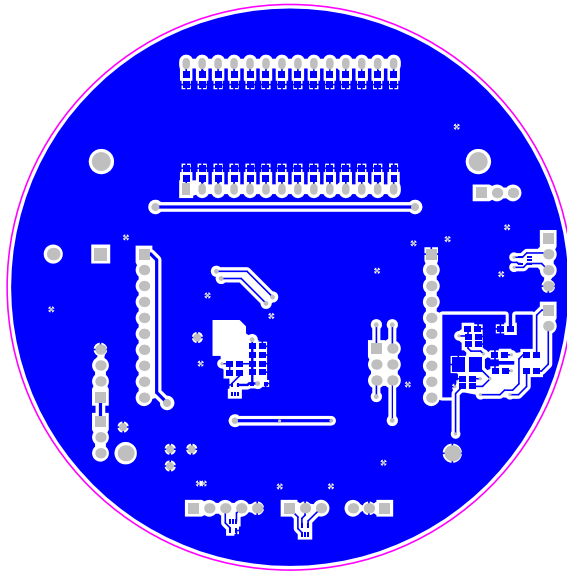


图 26. 底层

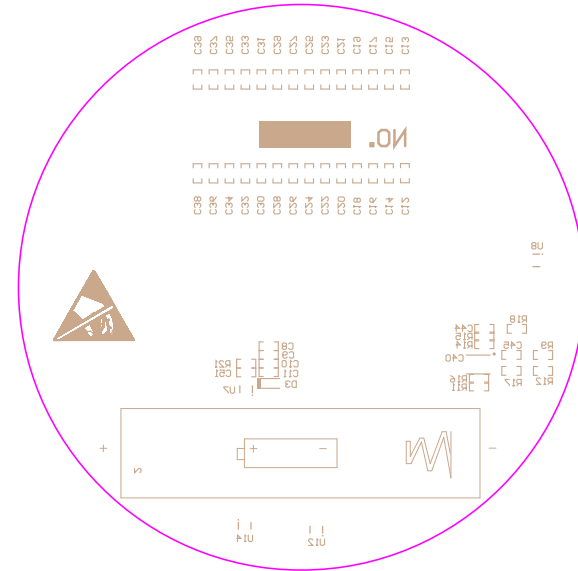


图 27. 底部丝印覆盖层

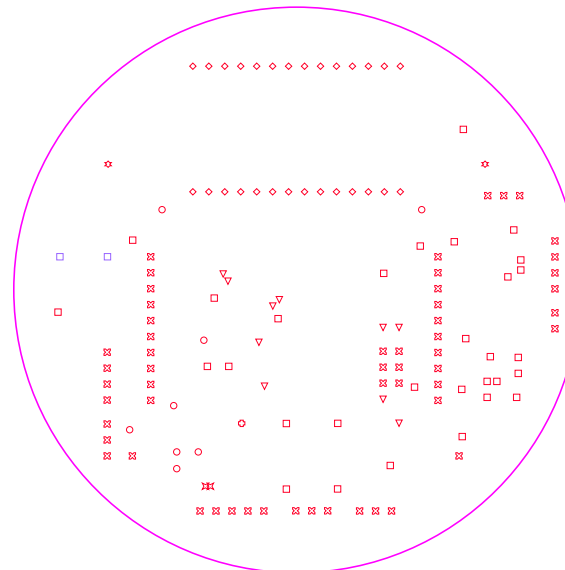


图 28. 顶层和底层钻孔图

8.4 Altium 项目

要下载 Altium 项目文件，请参见 [TIDM-FRAM-WATERMETER](#) 的设计文件。

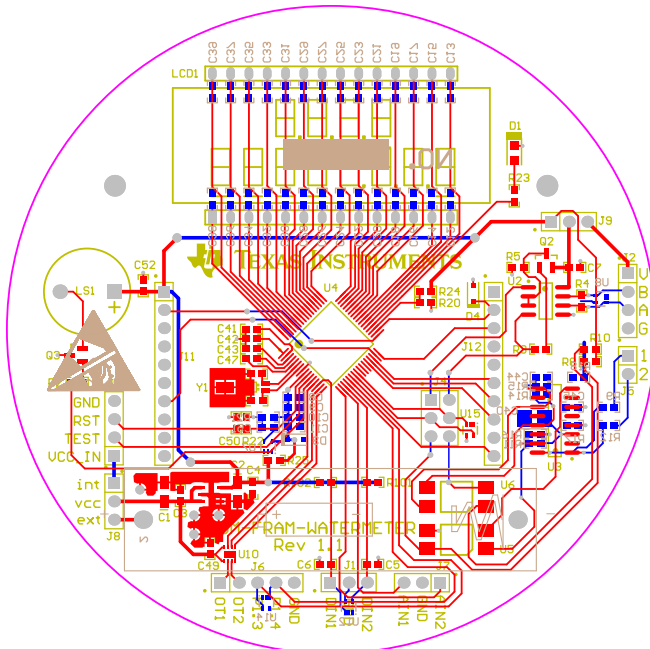


图 29. Altium 图 1

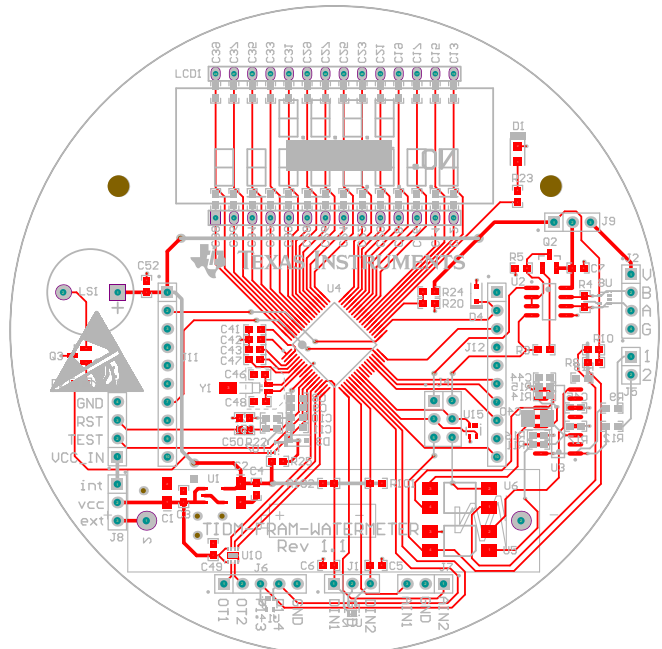


图 30. Altium 图 2

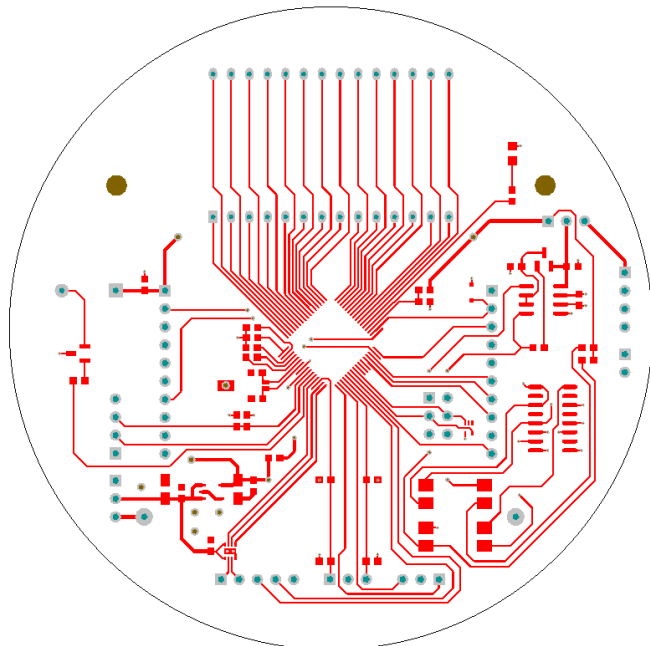


图 31. Altium 图 3

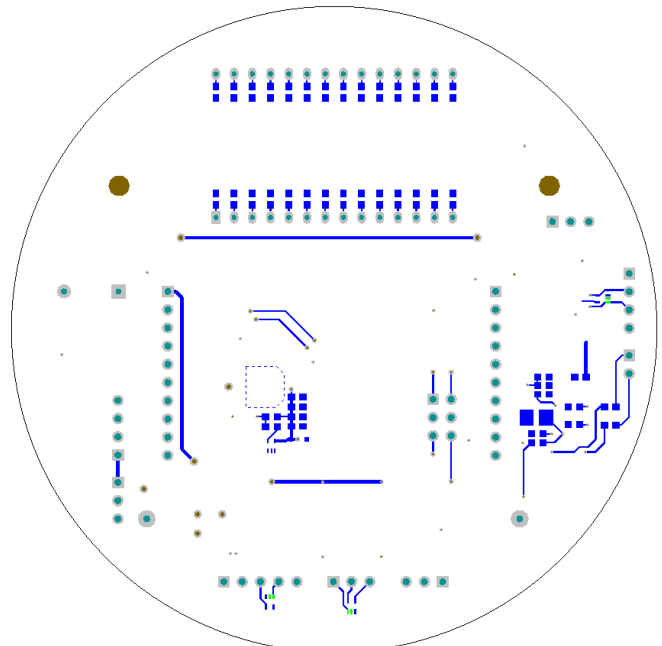


图 32. Altium 图 4

8.5 装配图

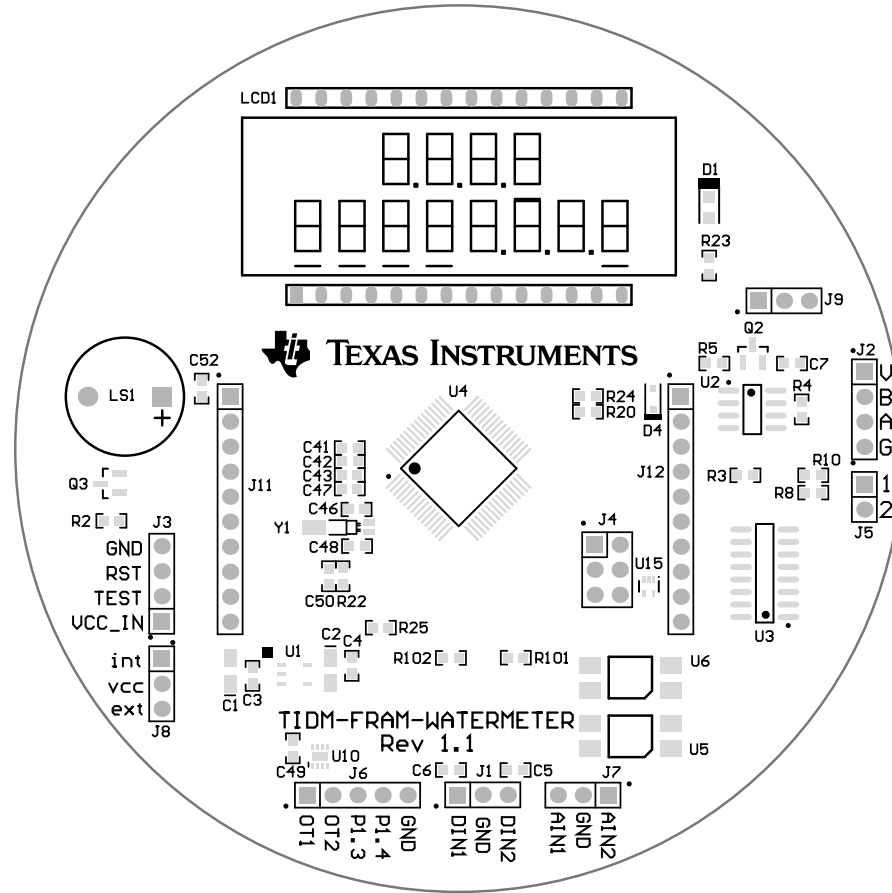


图 33. 顶层装配图

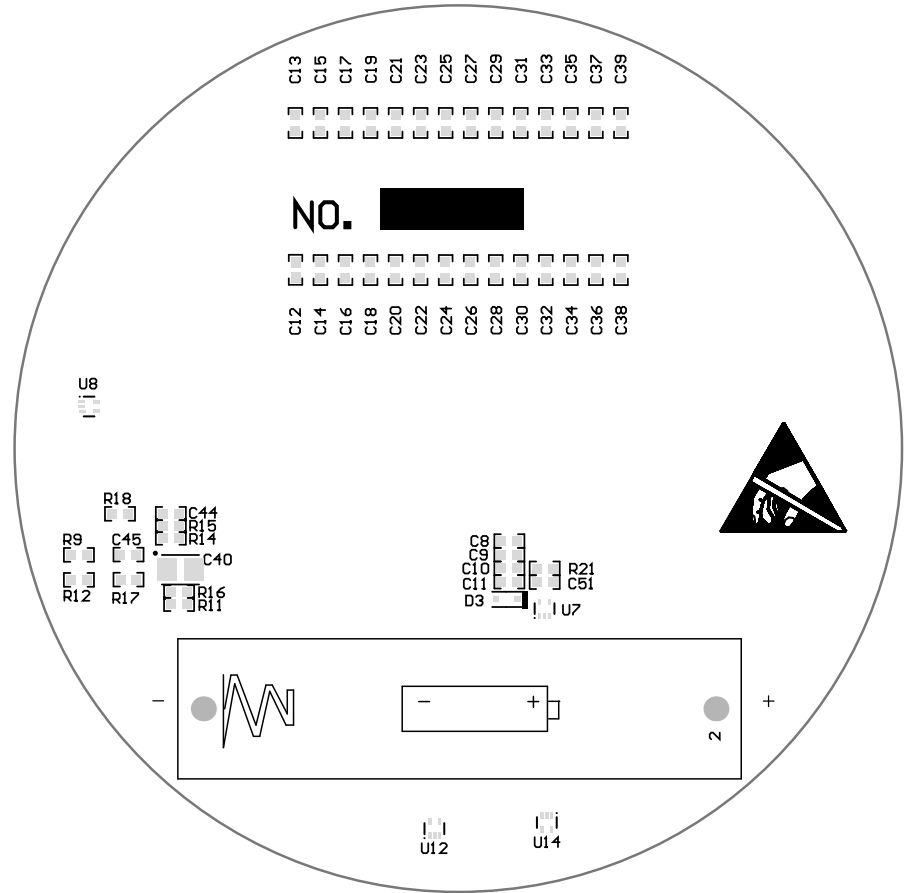


图 34. 底层装配图

9 关于作者

朱灵 是德州仪器 (TI) MSP430 应用工程师，负责开发 MSP430 超值系列器件的参考设计解决方案并提供客户支持。他拥有中国西安电子科技大学测量与控制技术专业硕士学位。

针对 TI 参考设计的重要声明

德州仪器公司 ("TI") 参考设计只用于帮助设计人员 ("客户") 开发包含 TI 半导体产品的系统 (在这里也指"组件")。客户理解并同意他们对设计客户系统和产品中的独立分析、评估和判断负责。

TI 参考设计已经使用标准实验室条件和工程实践创建。TI 未采取任何测试, 除非那些在已发布文档中针对一个特定参考设计所专门描述的测试。TI 也许会对它的参考设计进行修正、提高、改进和其它改变。

客户被授权使用具有每个特定参考设计中确认的 TI 组件的 TI 参考设计, 并且在他们的终端产品开发中修改参考设计。然而, 在这里不授予任何其它 TI 知识产权的直接或隐含, 默许或其它方式的许可, 和任何第三方技术或知识产权的许可, 其中包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权、或者与采用了 TI 产品或服务的任何集成、机器或工艺相关的知识产权。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息不能构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

TI 参考设计按"原样"提供。对于参考设计或者包括精度和完整性在内的直接、隐含或者法律规定的参考设计的使用, TI 不作出任何保证或声明。TI 不对任何隐含的适销性、针对特定用途的适用性、平静受益权、无干扰享有权, 以及与 TI 参考设计或其使用相关的任何第三方知识产权的非侵权作出任何保证。TI 不对任何与 TI 参考设计中提供的产品组合相关的或基于这些产品组合的第三方侵权声明负责, 并且不应为客户提供辩护或赔偿。不论是何原因造成任何实际的、特殊的、意外的、相应发生的或间接的损坏, 并且不论 TI 是否已经告知了 TI 参考设计的任何使用或 TI 参考设计的客户使用所造成的此类损坏的可能性, TI 都不应对此负责。

TI 保留根据 JESD46 最新标准, 对所提供的半导体产品和服务进行更正、增强、改进或其它更改的权限, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

对于 TI 数据手册、数据表或参考设计中的 TI 信息, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。第三方信息可能受到其它限制条件的制约。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在客户的安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。借助于这样的组件, TI 的目标是帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或"增强型塑料"的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的组件。客户认可并同意, 对还未指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的组件, 这些组件主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 将不承担任何责任。

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼, 邮政编码: 200122
Copyright © 2014 德州仪器半导体技术 (上海) 有限公司

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接版权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独自负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独自负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

| | 产品 | | 应用 |
|---------------|--|--------------|--|
| 数字音频 | www.ti.com.cn/audio | 通信与电信 | www.ti.com.cn/telecom |
| 放大器和线性器件 | www.ti.com.cn/amplifiers | 计算机及周边 | www.ti.com.cn/computer |
| 数据转换器 | www.ti.com.cn/dataconverters | 消费电子 | www.ti.com.cn/consumer-apps |
| DLP® 产品 | www.dlp.com | 能源 | www.ti.com.cn/energy |
| DSP - 数字信号处理器 | www.ti.com.cn/dsp | 工业应用 | www.ti.com.cn/industrial |
| 时钟和计时器 | www.ti.com.cn/clockandtimers | 医疗电子 | www.ti.com.cn/medical |
| 接口 | www.ti.com.cn/interface | 安防应用 | www.ti.com.cn/security |
| 逻辑 | www.ti.com.cn/logic | 汽车电子 | www.ti.com.cn/automotive |
| 电源管理 | www.ti.com.cn/power | 视频和影像 | www.ti.com.cn/video |
| 微控制器 (MCU) | www.ti.com.cn/microcontrollers | | |
| RFID 系统 | www.ti.com.cn/rfidsys | | |
| OMAP应用处理器 | www.ti.com.cn/omap | | |
| 无线连通性 | www.ti.com.cn/wirelessconnectivity | 德州仪器在线技术支持社区 | www.deyisupport.com |

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2015, Texas Instruments Incorporated