

MSP430™

开发手册



Rev <1.1>
<6/17/2020>

编者寄语:

在这本 MSP430™ 开发手册中，你可以找到所有 MSP430 相关资源及其链接。是的，我们的目标就是把 MSP430 的一切都囊括在这本手册中！因此你也可以称它为 MSP430 资源大全。在开发基于 MSP430 的应用程序时，你可以将它用作 MSP430 入门指南，查找 MSP430 相关问题的词典，或是 MSP430 自学手册。不论是 MSP430 相关知识的菜鸟还是大师，都能从这本开发手册中获益匪浅。如果对 MSP430™ 开发手册有任何的意见和想法，欢迎在 E2EChina 的 [MSP430™16 位超低功耗 MCU](#) 板块下创建帖子进行反馈。而最新版本 MSP430™ 开发手册将会在 [【分享】MSP430 开发宝典](#) 网页下发布。

版本历史

版本	时间	作者	说明
1.0	5/15/2020	Eason Zhou/Maggie Zhang/Johnson He	第一版正式版本
1.1	6/17/2020	Eason Zhou/Maggie Zhang/Johnson He	增加中文入门视频，增加 USB2ANY 介绍，修改错误

术语和缩写

缩写/术语	Meaning / Explanation	含义/解释
FRAM	Ferroelectric RAM (FeRAM, F-RAM or FRAM)	铁电存储器 (FeRAM、F-RAM 或 FRAM)
GUI	Graphical user interface	图形用户界面
IDE	Integrated development environment	综合开发环境
BSL	Bootloader	引导加载程序
DSP	Digital signal processing	数字信号处理
JTAG	JTAG (named after the Joint Test Action Group) is an industry standard for verifying designs and testing printed circuit boards after manufacture	JTAG (联合测试工作组) 是一种国际标准测试协议 (IEEE 1149.1 兼容)，主要用于芯片内部测试
SBW	2-wire Spy-Bi-Wire interface, a typical JTAG interface for MSP430	两线 Spy-Bi-Wire 接口，专门用于 MSP430 的串行 JTAG 通讯接口
MSP	Mixed Signal Processor	混合信号处理器
CapTivate	Capacitive sensing	电容触摸检测
USS	Ultrasonic sensing	超声波流速检测
NVM	Nonvolatile memory	非易失性存储器
PC	Personal computer	个人电脑

MSP430™一小时入门中文视频:

本课程针对 MSP430 单片机初学者,介绍了如何零基础开发 MSP430 项目,包括 MSP430 单片机产品和典型应用介绍、开发资源的获取、软件和硬件设计指南、以及如何快速获取技术支持。

- 手机版视频链接:



- 网页版视频链接: [零基础入门:手把手教你如何快速开发 MSP430™项目](#)
- 课程内容:

课程序列	课程名称	时长
第 1 课	MSP430™ MCU 产品介绍	8:03
第 2 课	MSP430™ 热门应用之典型表类应用	3:50
第 3 课	MSP430™ 热门应用之测温仪	5:33
第 4 课	MSP430™ 软件开发工具介绍	3:26
第 5 课	MSP430™ 相关调试器和下载器介绍	5:14
第 6 课	MSP430™ 相关开发板介绍	3:40
第 7 课	MSP430™ Bootloader	4:38
第 8 课	MSP430™ 在线选型工具介绍	3:21
第 9 课	MSP430™ 设计资源及开发手册	6:50
第 10 课	MSP430™ 硬件开发概要	3:51
第 11 课	MSP430™ 软件设计实践指南	8:18
第 12 课	MSP430™ 有关静电 ESD 和过电 EOS 基础及防护	4:18
第 13 课	借助 E2E 快速提问技术问题	3:46

MSP430™三小时入门与实战中文视频:

- 视频链接: [3小时实战+剖析:TI工程师手把手带你全面入门 MSP430](#)
- 培训资料下载:
 - [MSP430 概览和主要功能介绍](#)
 - [MSP430 应用案例介绍](#)
 - [MSP430 生态环境介绍 \(软件开发工具介绍\)](#)
 - [软件设计经典流程](#)
 - [硬件设计指导](#)
 - [MSP430 Bootloader](#)
 - [MSP430 Bootloader 动手实验](#)

目录

1	概述.....	6
1.1	MSP430 系列概述.....	6
1.2	MSP430 生态系统.....	6
1.3	常见问题的链接.....	7
2	TI 网站资源.....	8
2.1	TI.com.cn 概述.....	8
2.1.1	TI.com.cn 介绍.....	8
2.1.2	Buy on TI.com.....	8
2.1.3	TI 云工具.....	8
2.1.4	TI 在线支持.....	9
2.2	MSP430 网页资源.....	11
2.2.1	MSP430 主页面介绍.....	11
2.2.2	MSP430 产品页面.....	12
2.2.3	MSP430 选型指南.....	13
3	PC 软件工具资源.....	15
3.1	PC 编程工具.....	15
3.2	MSP430 软件开发工具包.....	16
3.1	MSP430 相关的 GUIs.....	17
4	嵌入式资源.....	18
4.1	技术文档.....	18
4.2	嵌入式软件.....	18
4.3	调试器和下载器.....	19
4.4	开发板.....	20
5	MSP430 参考设计资源.....	22
5.1	芯片相关的 application notes.....	22
5.2	系统解决方案.....	25
5.2.1	MSP430 典型应用.....	25
5.2.1.1	电容触摸检测.....	25
5.2.1.2	超声波流速检测.....	26
5.2.1.3	电能检测.....	27
5.2.1.4	USB 2.0.....	28

5.2.2	TI reference designs.....	28
5.2.3	Application notes.....	29
5.3	加密与安全.....	31
5.4	TI 质量指导.....	31
5.4.1	质量政策和规程.....	31
5.4.2	产品可靠性.....	31
5.4.3	封装信息.....	31
5.4.4	客户退货.....	32

1 概述

1.1 MSP430 系列概述

MSP430 是 TI 公司于 1996 年开始推向市场的一种 16 位低功耗单片机。基于非易失性存储器 (NVM) 的类型，目前主要有两个系列：Flash 系列和 FRAM 系列。其中 FRAM 系列集合了 Flash 和 RAM 的特点，功耗比 flash 更低。Flash 系列包括 MSP430x1x、MSP430x2x、MSP430x4x、MSP430x5x 和 MSP430x6x，FRAM 系列包括 MSP430FR2x、MSP430FR4x、MSP430FR5x 和 MSP430FR6x，其中 MSP430x5x6x 和 MSP430FR5x 6x 使用 20-bit CPU，主频较高，内部外设较为丰富。MSP430 系列的内部资源如下：

表 1-1 MSP430 内部资源

系列	CPU 主频/MHz	工作温度/°C	NVM/kB	RAM/kB	SAR ADC 分辨率	GPIO Pins	I2C	SPI	UART
FRAM ⁽¹⁾	16~24	-40~85, -40~105	0.5~256	0.5~12	NA, 10bit, 12bit	12~83	NA~4	1~8	1~4
Flash	8~25	-40~85, -40~105	0.5~512	0.125~66	NA, 10bit, 12bit	4~90	NA~4	NA~8	NA~4

(1): 有关 FRAM 和 Flash 的区别，请参阅[芯片相关的 application notes](#) 中的 FRAM 小节

MSP430 的内部外设主要有如下几种：

表 1-2 MSP430 外设说明

系列	共有外设	非共有外设
FRAM	RTC, DMA, Watchdog, Timer, UART, SPI, I2C, LCD Controller, CRC module, AES Accelerator ⁽¹⁾ , 32-bit Hardware Multiplier ⁽¹⁾ , SAR ADC, DAC, Comparator, OPA(operational amplifier)	CapTivate Module ^(1,3) , SAC(Smart Analog Combo) ⁽¹⁾ , TIA(Transimpedance Amplifier) ⁽¹⁾ , ESI(Extended Scan Interface) ⁽²⁾ , LEA(Low-Energy Accelerator) ⁽²⁾ , USS(Ultrasonic Sensing Solution) ^(2, 3)
Flash		USB2.0, Sigma-Delta ADC 24bit, Sigma-Delta ADC 16bit

(1): 对于 MSP430 的特有外设，请参阅 [MSP430FR4xx and MSP430FR2xx Family User's Guide](#)

(2): 对于 MSP430 的特有外设，请参阅 [MSP430FR58xx, MSP430FR59xx, and MSP430FR6xx Family User's Guide](#)

(3): 对于 MSP430 的特有外设，请参阅 [Typical MSP430 reference design](#)

1.2 MSP430 生态系统

MSP430 生态系统主要由 TI 的网页资源、PC 软件工具资源、嵌入式资源和 MSP430 应用设计资源组成。本手册也基于这四个主题展开。对于 MSP430 初学者来说，简化版的生态系统图是一个很好的参考。而对于 MSP430 的资深用户，请参阅完整的生态系统图。

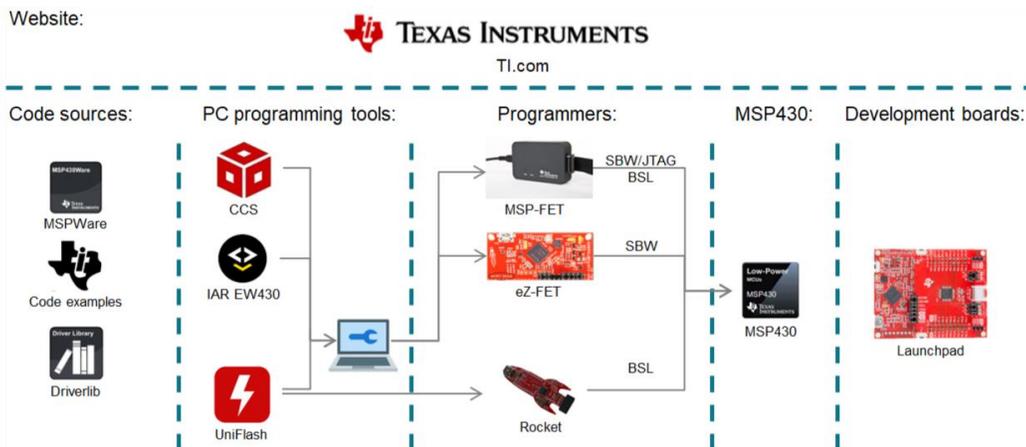


图 1-1 MSP430 生态系统简化版

Website:

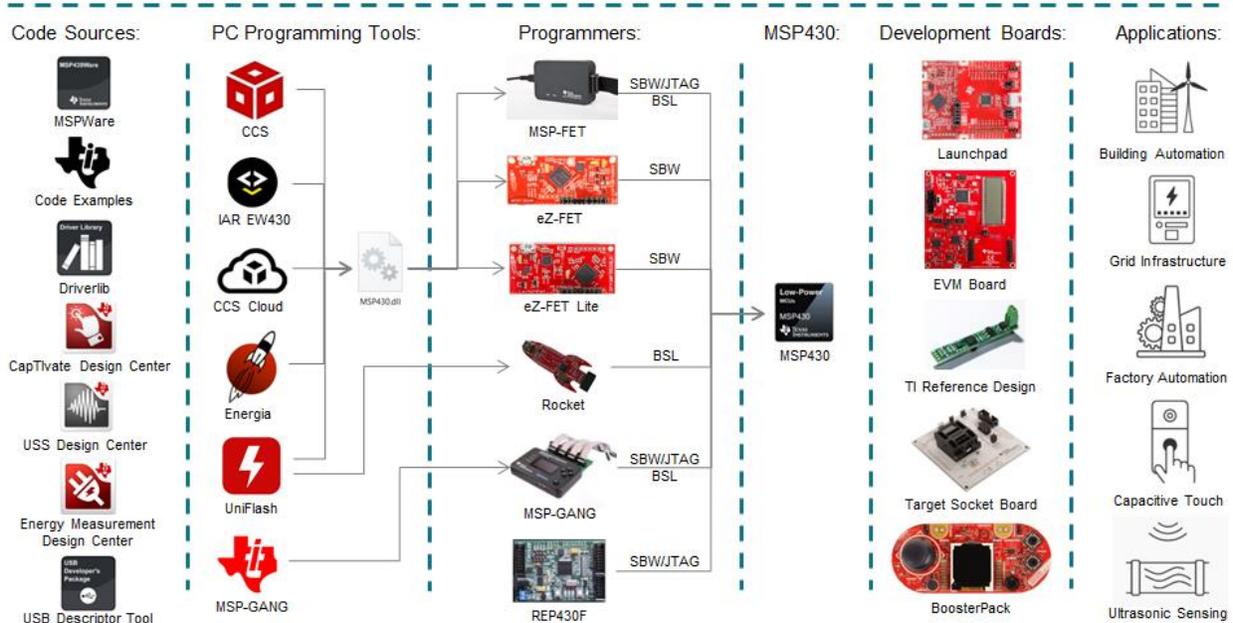


图 1-2 MSP430 生态系统完整版

- **TI 网页资源:** TI.com 包含所有与 MSP430 相关的资源和信息，包括软件工具、程序下载器、开发板等。其中，E2E 论坛还提供了在线支持、讨论和知识共享的场所。
- **PC 软件资源:** TI 和第三方公司围绕 MSP430 开发了各种 PC 端软件开发工具，包括 IDE、编程软件、特定应用程序的 GUI 等。
- **嵌入式资源:** MSP430 的嵌入式资源包括技术文档、代码例程、烧录器、MSP430 的开发板、软件开发工具包、用于评估 MSP430 相关应用的硬件参考设计等。
- **MSP430 参考设计资源:** 这部分包括 MSP430 相关的 application notes、系统解决方案、加密方案、质量指导，以帮助客户更好地使用 MSP430。对于系统解决方案，将包括原理描述、支持软件、硬件设计、测试信息等，可帮助客户开发相关项目。

1.3 常见问题的链接

1. [如何找到合适的 MSP430 及相关资源?](#)
2. [在哪可获得在线培训和支持?](#)
3. [编写 MSP430 的 PC 软件工具有哪些?](#)
4. [MSP430 代码示例在哪?](#)
5. [MSP430 的规格和使用说明在哪?](#)
6. [MSP430 烧录工具有哪些?](#)
7. [MSP430 有哪些开发板?](#)
8. [在哪可以找到 MSP430 外设的详细使用方法?](#)
9. [在哪可以找到 USS、CapTIvate、USB 和 EnergyMeasurement 的资源?](#)
10. [如何解决 MSP430 的质量问题?](#)

2 TI 网站资源

2.1 TI.com.cn 概述

2.1.1 TI.com.cn 介绍



图 2-1 ti.com.cn 页面

- **产品★**: 包含 TI 公司当前各种类型的产品，方便客户浏览并根据需要进行选型。
- **应用**: TI 公司提供的主流市场解决方案，同时推荐应用设计相关的成熟芯片。
- **设计资源**: 采用 TI 芯片进行产品开发时，可能用到的软件及仿真工具，参考设计，芯片的产品编码及封装等信息。
- **质量和可靠性**: 品质方针，标准以及品质体系认证证书等。
- **支持与培训**: 在线支持，可视化及图文培训资料。
- **立即订购**: TI 公司产品下单入口，可以直接在 TI 网站下单或者从 TI 授权代理商处购买。
- **关于 TI**: TI 公司的简介、企业文化、社会责任等。

2.1.2 [Buy on TI.com](#)

TI.com 值购，便利直达: 在 TI.com, 您可获取海量正品现货，并享受超值线上价格。从设计初期到量产阶段，TI 可满足您的购买需求——人民币交易结算、增值税发票开具、多样化支付方式，如支付宝、微信支付、银联个人或企业网银支付，选购剪切带、完整卷带、定制卷带，订购预发布产品，线上下单，最快 2 天可达，全国任何地方统一运费。

图 2-2 Buy on TI.com

2.1.3 [TI 云工具](#)

TI Cloud Tools 是 TI 公司在线工具网站，提供丰富的工具、文档、程序、GUI 等资源。进入网站后可以浏览到以下特色板块：

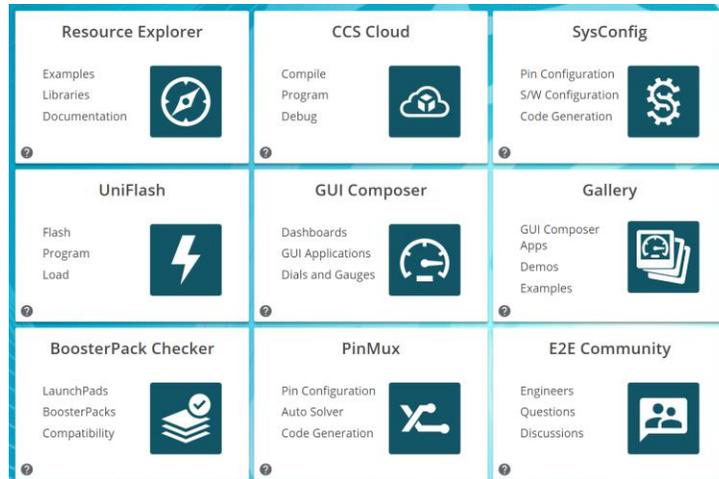


图 2-3 TI 云工具

- **Resource Explorer★**: 资源浏览器，主要包含工具、文档、例程等资源
 - Development Tools: TI 产品的开发工具。
 - Device Documentation MSP430 等产品的相关文档（用户指南、数据手册及勘误表）。
 - Software: 进入 MSP430Ware 可以查找 TI 公司产品丰富的软件资源，包括但不限于寄存器及库函数版本的参考程序，以及面向常用应用层的软件驱动库文件（DSPLib, SMBuslib, PMBuslib 等）。
- **CCS Cloud**: 在线 CCS 平台，用户可以直接使用这个 CCS 平台在线快速调试程序，节省开发时间。
- **SysConfig**: 可视化的编辑方式进行 MCU 内部资源配置。（不支持 MSP430）
- **UniFlash**: 在线下载烧录程序工具。
- **GUI Composer**: 在线工具，用于创建与目标系统交互的自定义图形用户界面的工具。
- **Gallery**: 用户分享的 GUI 工程。
- **BoosterPack Check**: 帮助你检查 Launchpad 和 BoosterPacks 引脚是否匹配。
- **PinMux**: 可视化引脚功能分配。（不支持 MSP430）
- **E2E Community★**: 开发工程师社区入口，在社区里可以进行 TI 公司各类产品相关技术问题的提交与讨论，同时 TI 公司有相关产品专家提供 24 小时的技术支持与反馈。

2.1.4 TI 在线支持

- [TI 可视化培训](#)

TI 公司提供了丰富的技术培训视频，这些可以帮助深入地理解感兴趣地技术内容。用户可以通过三个平台观看培训视频：[EEWorld 大学堂](#)、[21ic 中国电子网](#)、[21 世纪电源网](#)。



图 2-4 TI 培训

也可以关注“德州仪器”微信公众号或 TI 培训微信小程序，便于在手机上进行观看：



图 2-5 TI 培训微信小程序

- [E2E Community](#)

E2E 是 TI 公司针对全球开发工程师的一个在线技术支持服务平台，平台上有 TI 公司相关产品专家及网络科技工作者参与产品技术问题的讨论。平台也有过往技术问题及解决方法可供参考，帮忙加速推进产品研发，并且针对产品开发过程中的技术问题可以在平台上提交，您也可以在 E2E 中分享调试经验或相关知识。

E2E 是一个开放性的交流平台，进入用户的主页，可以查看与用户相关的讨论内容以及用户间分享的开发经验帖，同时也支持加好友私信的聊天方式。

E2E 社区包含以下特色板块：

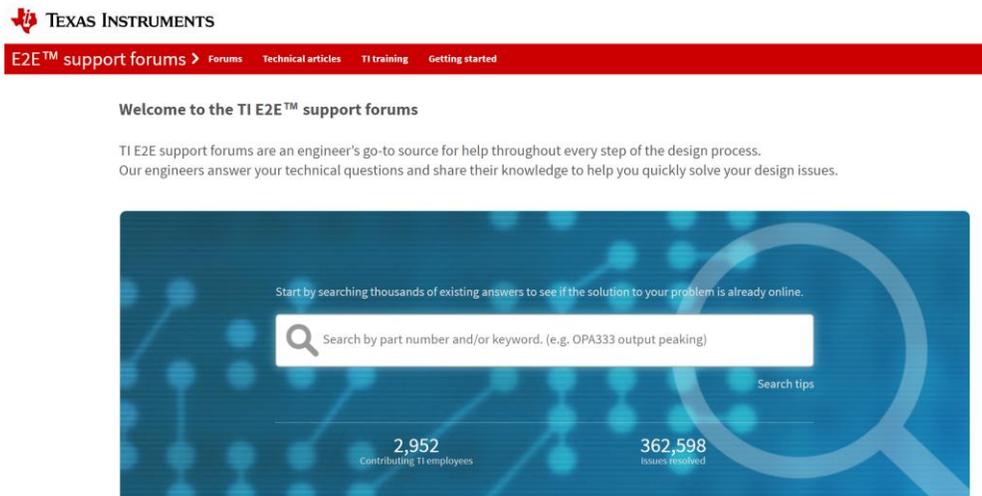


图 2-6 E2E 社区

- **Forums**：对 TI 公司产品进行了分类，以帮助开发工程师在较小的产品范围内咨询技术问题。
- **Technical articles**：社区成员分享的技术内容和调试经验，帮助你快速解决开发问题，同时也给你一个分享技术内容的平台。
- **TI training**：TI 培训网站入口，其中提供丰富的技术培训视频。
- **Getting started★**：E2E 中常见问题解答。
- **E2E™ 中文支持论坛**

TI E2E 中文支持论坛专门为中国而打造，是工程师的重要参考资源，您可在设计过程中的各个阶段获取帮助。我们的工程师能回答您的技术问题并分享他们的技术经验，以帮助您快速解决设计问题。您也可以可以在 TI E2E 中文支持论坛中分享调试经验或相关知识。

TI E2E 中文支持论坛包含以下特色板块：



图 2-7 E2E 中文支持论坛

- **技术论坛**：对 TI 公司产品进行了分类，以帮助开发工程师在较小的产品范围内咨询技术问题。
- **技术文章**：社区成员分享的技术内容和调试经验，帮助你快速解决开发问题，同时也给你一个分享技术内容的平台。
- **TI 培训**：TI 培训网站入口，其中提供丰富的技术培训视频。
- **其他资源**：E2E 中常见问题解答。

2.2 MSP430 网页资源

2.2.1 MSP430 主页面介绍

在 TI 官网，选择 **产品->微控制器->MSP430 超低功耗 MCUs** 路径即可方便进入 MSP430 主页面，也可以通过以下网址直接进入：ti.com.cn/msp430



图 2-8 MSP430 主页面资源类别

在 MSP430 主页面中，可以看到 7 个板块：

- **概述**：MSP430 单片机的整体介绍，包括 MSP430 的产品特色，性能，及典型资源模块。
- **产品**：各类 MSP430 单片机产品，可以按照客户需求进行产品查询。
- **应用**：提供各类热门市场应用方案示例，包括但不限于：楼宇自动化、网络基础设施、工厂自动化及其他应用。

- **参考设计:** 针对 MSP430 单片机地应用参考设计, 客户可以方便取得各类参考设计有关硬件、软件、文档资料等详细信息, 帮助方便、快捷地推进产品开发。
- **设计与开发:** 涉及 MSP430 单片机应用开发地软硬件资料, 包括但不限于调试器 (MSP-FET)、Launchpad、评估板、以及需要的 IDE 开发工具及 GUI。
- **电容式检测:** 针对电容触摸应用产品的开发专栏, 包括但不限于电容触摸原理、相关 MSP430 产品及应用。
- **超声波检测:** 针对超声波应用产品的开发专栏, 包括但不限于超声波在水表、气表等市场应用介绍及整体方案。

2.2.2 MSP430 产品页面

每颗 MSP430 都有一个产品页面, 如下所示 (以 MSP430FR2311 为例)。该页面提供了该颗 MSP430 的一些基本信息 (工作频率, 内存大小, 外围资源), 并提供了一些重要文件供您参考和下载: 数据表, 用户指南和勘误表。



图 2-9 MSP430 产品页面

产品页面还提供了许多重要的参考资料:



产品详细信息

参数 封装引脚尺寸 特性 描述

Features	OpAmp, Real-Time Clock, Transimpedance amplifier
Non-volatile memory (kB)	4
RAM (kB)	1
ADC	10-bit SAR
ADC: channels (#)	8
GPIO pins (#)	16
I2C	1
SPI	2
UART	1
Comparator channels (#)	2

查看所有

查找其它 MSP430 超低功耗 MCU

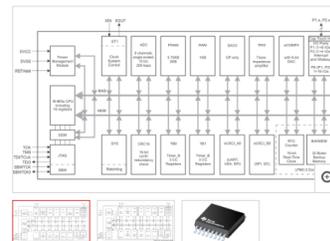


图 2-10 MSP430 产品页面

- **产品详细信息:** 包括产品详细信息, 功能描述和内部资源结构框图等, 可帮助用户了解产品的内部资源和总体性能。
- **技术文档:** 与 MSP430 器件相关丰富的技术文档, 主要包括: 应用手册, 技术文章, 示例代码和其他资源。

- **设计和开发：**设计套件和硬件评估板，主要包括：与器件相关的参考设计，软件，开发工具，CAD/CAE 符号和其他资源。

2.2.3 MSP430 选型指南

MSP430 是一款超低功耗系列 MCU，包括大约 560 个产品。有三种方法可以帮助您快速找到所需的 MSP430 器件。

- 通过 [MSP430 产品搜索页面](#) ★

在 MSP430 主页的产品搜索中输入所需的片上资源。使用快速搜索工具，您可以快速找到符合基本要求的 MSP430 器件。此外，您可以使用左侧的过滤器栏进行准确搜索。

表 2-9 MSP430 片上资源

Part	FRAM	RAM	ADC Type	GPIO	Package	Features	UART	SPI	I2C	Comparator	Price
MSP430xx	-KB	-KB	SAR/SD	-	-	-	-	-	-	-	-



图 2-11 MSP430 搜索

我们也有一些 MSP430 的特殊应用，如太空，军事，增强产品，和高温应用。对于需要选用这些器件，请选择相关的分级。

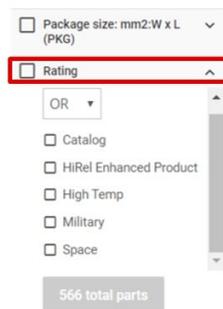


图 2-12 不同等级

- 通过系统参考设计

在“[参考设计](#)”页面中，TI 公司提供了系统的解决方案。选择市场类型或使用按关键字过滤可以找到丰富的基于 MSP430MCU 的参考设计。此外，用户还可以获得每种参考设计的关键文档，软件，硬件，BOM 和其他材料。

MSP430 超低功耗 MCU – 参考设计

隐藏过滤器 复位

找到 328 个设计 邮件 搜索所有

设计标题 市场 Vin (V) (Min) Vin (V) (Max) 隔离/非隔离 输入类型 Vout (V) (Nom) Iout (A) (Max) Output Power (W) 拓扑

按关键字筛选

设计标题	市场	Vin (V) (Min)	Vin (V) (Max)	隔离/非隔离	输入类型	Vout (V) (Nom)	Iout (A) (Max)	Output Power (W)	拓扑
TIDA-010081 - 适用于 5G 电信整流器且效率超过 94%、具有成本优势的 1 kW 交流/直流参考设计	工业应用	—	—	—	—	—	—	—	—
TIDA-050026-23882.1 - 24-Port (2-pair) power sourcing equipment reference design for multi-port applications	通信设备	44	57	Isolated	DC	48	1.25	60	POE

根据参数查找电源参考设计

图 2-13 MSP430 参考设计

通过 MSP430 典型应用

在“[应用](#)”页面中，TI 公司提供了针对主流市场产品的应用设计解决方案，包含相关的成熟芯片推荐。

楼宇自动化

门禁与安防

MSP 微控制器可满足占位与入侵探测器、电子门禁和电容式触控应用等多种应用的未来需求。这些低功耗微控制器具有独特的模拟功能，可适应多种传感拓扑结构，并支持 RFID、NFC 技术。

特色

- 超低功耗 - 工作模式: 100uA/MHz
- Energy Trace+™ 软件
- 电容式触控 IO 功能和软件库
- NFC 软件和 ROM 控制器
- 采用 CapTIvate™ 技术，每个按钮电流消耗仅为 0.9µA，抗噪性能达 10V rms，并支持金属镀层

优点

- 最大限度地减少外部组件，具有成本效益
- 持久的电池寿命
- 精确高效的电源监控
- 可靠运行，具有失效防护模式
- 减少电容式触控设计的误检测，确保电池寿命超过 15 年，设计防水并支持佩戴手套进行操作

系统方框图

参考设计

- 基于热电堆的占位探测器
- 具有 NFC 的电容式触控人机界面

工具

- MSP-CAPT-FR2633
- MSP-FET
- ENERGYTRACE MSP EnergyTrace™ 软件
- CAPSENSELIBRARY

器件

- MSP430FR2633
- MSP430G2533
- MSP430FR5969
- MSP430FR5739
- MSP430F5529

图 2-14 MSP430 应用案例

3 PC 软件工具资源

3.1 PC 编程工具

下面是不同 MSP430 编程工具之间的对比。对于 MSP-GANG programmer，它只单独支持 MSP-GANG 硬件。对于其他命令行工具，如 MSPflasher 或 BSLscripter 等，已被合并到 UniFlash 中。

表 3-1 编程工具对比

特征	CCS	IAR	UniFlash	Energia
编辑代码	√	√		√
编译和调试	√	√		√
JTAG/SBW 下载	√	√	√	√
Bootloader			√	
Windows 系统	√	√	√	√
Mac OS 系统	√		√	√
Linux 系统	√		√	√

CCS★：Code Composer Studio (CCS) 是 TI 提供的免费 IDE 工具，同时内嵌了 [TI Resource Explorer](#)。如无法识别 MSP430，请安装 [MSP430 FET Drivers](#)。

- 产品页面：[CCS IDE for MSP430](#)
- 用户手册：[Code Composer Studio User's Guide](#)
- 指导说明：[CCS Step-by-step Workshop for MSP430](#)
- 视频链接 (Youtube)：[Getting Started with Code Composer Studio v9.3](#)
- MSP430 相关软件开发用户手册：
 - [CCS documentation MSP430™ Assembly Language Tools User's Guide](#)
 - [MSP430™ Optimizing C/C++ Compiler User's Guide](#)
 - [MSP430 Embedded Application Binary Interface Application note](#)
- CCS 内集成的常用工具：
 - [TI Resource Explorer](#)：包含 MSP430 所有相关资料的开发包。
 - [EnergyTrace](#)：用于优化功耗的代码分析工具，可用于测量和显示应用程序的功耗情况。
 - [ULP \(Ultra-Low Power\) Advisor](#)：可以为用户代码提供降低功耗的修改建议的工具。

IAR EW430：IAR Embedded Workbench for MSP430 (IAR EW430) 是 IAR 公司提供的第三方 IDE 工具。

- 产品页面：[IAR Embedded Workbench for MSP430](#)
- 用户手册：[IAR Embedded Workbench® IDE Version 7+ for MSP430™ MCUs](#)

UniFlash★：UniFlash 是 TI 公司提供的支持 JTAG 和 BSL 的 GUI 编程工具。只支持程序下载，不支持调试。另外，可按照该[链接](#)中的步骤生成 UniFlash 支持的下载文件。如无法识别 MSP430，请安装 [MSP430 FET Drivers](#)。

- 产品页面：[UniFlash](#)
- 用户手册：
 - [UniFlash Quick Start Guide](#)
 - [Programming the Bootloader of MSP430™ Using UniFlash](#)

Energia：Energia 是一个社区管理的开源 IDE。它能很好地支持包含 MSP430 的 LaunchPad。

- 产品页面：[Energia](#)

MSP430-GCC：MSP430-GCC 包含了调试器和开源 C/C++ 编译器工具链，可基于 MSP430 和 MSP432 微控制器构建和调试嵌入式应用程序。

- 产品页面：[GCC - Open Source Compiler for MSP Microcontrollers](#)

MSPDS: MSP 调试堆栈由 PC 侧的静态库以及在 MSP-FET 等调试工具上运行的嵌入式固件组成。作为一个开源软件，可用于客户自定义 MSP430 的软件调试工具。

- 产品页面: [MSP Debug Stack](#)

3.2 MSP430 软件开发工具包

MSP430Ware 离线版: 它是 MSP430 资源的集合,可以帮助用户有效快速地构建 MSP430 代码。它还包含用户手册,代码示例以及 MSP430 驱动程序库或基于典型应用的程序库。另外 MSP430Ware 已集成到 [TI Resource Explorer](#) 中,可以在 CCS 和网页上进行浏览。

- 产品页面: [MSP430Ware for MSP Microcontrollers](#)
- 文件夹类型介绍:

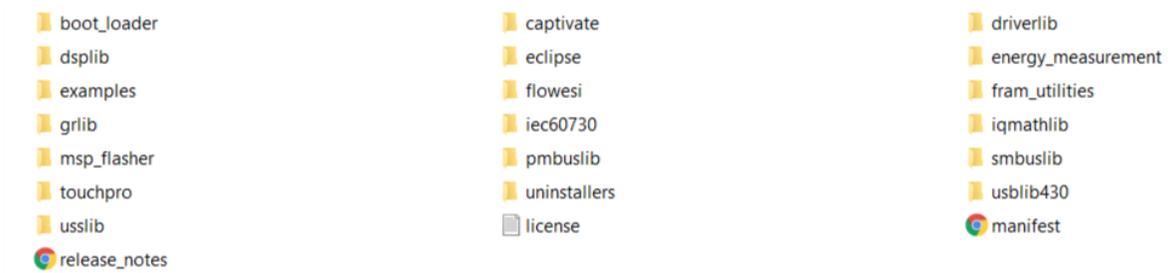


图 3-1 MSP430Ware 离线版内容

- 代码示例:
 - **Examples:** 包含基于开发板和芯片两种寄存器级代码示例。支持 CCS、IAR。
 - **Driverlib:** 包含 MSP430 驱动程序库的源文件,例程和相应的文档。支持 CCS、IAR。
- 典型的应用程序库(包含 GUI、源文件、代码示例和相关文档):
 - 该类文件夹包含 **Captivate** (CapTivate Design Center and Software Library)、**usslib** (USSwLib)、**energy_measurement** (Energy Measurement Library)、**usblib430** (USB Developer's Package)、**flowesi** (Linear and Rotational Motion Detection Library)、**Dsplib** (DSPLib)。更多细节请参考 [5.2.1 章节](#)。
- 其他应用程序库(包含源文件、例程和相应的文档):
 - 该类文件夹包含 **glib** (Graphics Library)、**iec60730** (IEC60730 Library)、**iqmathlib** (IQmath Library)、**pmbuslib** (PMBusLib)、**smbuslib** (SMBusLib)。
- 其他类型:
 - **boot_loader:** 包含 boot loader 和 customized boot loader 的相关文档。
 - **fram_utilities:** 包含基于 FRAM 特性的开发例程和文档。
 - **msp_flasher:** MSP430 命令行下载软件,已被 UniFlash 代替。

MSP430Ware 在线版: 是指集成在 TI Resource Explorer 内的 MSP430Ware。联机版本和脱机版本最大的区别是,您可以在联机版本的“Development Tools”文件夹中找到有关开发工具的更多信息,包括 IDE、编程软件工具、调试探针、开发板等。此外,您还可以单独下载例程或文档,而无需下载整个包。

- 产品页面: [Online MSP430Ware](#)
- 文件夹目录介绍:

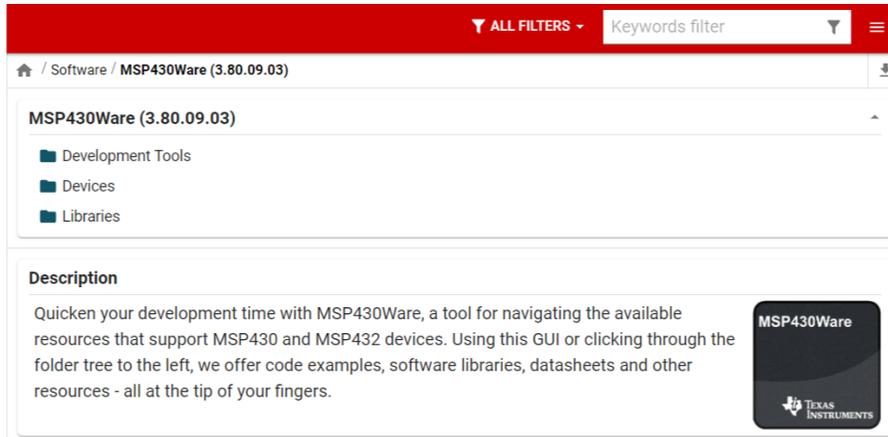


图 3-2 MSP430Ware 在线版内容

- **Development tools:** 包括软件示例、代码例程、IDE 工具、软件烧写工具、调试探针、开发板等的信息。
- **Devices:** 包含不同 MSP430 系列所对应的代码例程。
- **Libraries:** 包含驱动库或应用软件库。

3.1 MSP430 相关的 GUIs

为了帮助客户开发较为复杂的应用，TI 为这些应用程序开发了相应的 GUI。

- [CapTivate™ Design Center](#): 用于开发集成在 MSP430 上的电容触摸传感技术的一站式资源。
- [Ultrasonic Sensing Design Center](#): 用于开发集成在 MSP430 上的超声波流速传感技术的一站式资源。
- [Energy Measurement Design Center](#): 能够基于 MSP430i20xx 和 MSP430F67xx 开发电能检测应用的快速开发工具。
- [MSP430 USB Developers Package](#): 包含开发基于 USB 的 MSP430 项目所需的所有必要源代码和示例应用程序的软件包。
- [FlowESI GUI for flow meter configuration using the Extended Scan Interface \(ESI\)](#): FlowESI 图形用户界面允许用户为 ESI 模块开发配置代码，而无需打开用户指南！按照简单的图形说明，能将最多 3 个 LC 传感器连接到扩展扫描接口模块。
- [MSP Graphics Library](#): 用于在具有图形显示的需求的 MSP430 上创建图形用户界面。对于 Image Reformer Tool，它是用于压缩图像大小和颜色位数的 GUI 程序。
- [Digital Signal Processing \(DSP\) Library](#): 一组针对定点数据高度优化的信号处理函数库。而 DSPLib GUI 可以帮助客户设计数字滤波器。

4 嵌入式资源

4.1 技术文档

Datasheet★: 该文档介绍了各种 MSP430 的参数和功能数据信息，包括引脚功能、外围设备和 MSP430 本身的性能参数、内部信号连接、物理特性、产品包装和封装、产品装配图形参数等，是开发 MSP430 的基本参考文件。

- 请在 TI 官网上相应的 [MSP430 产品页面](#) 上下载该文档。

Family user's guide★: 该文档主要介绍了 MSP430 的配置方法和特点，包括但不限于 CPU 和外围设备的抽象模型、工作模式和相应的寄存器配置方法。

- Flash 系列：
 - [MSP430x1xx Family User's Guide](#)
 - [MSP430x2xx Family User's Guide](#) (最新版)
 - [MSP430x2xx 系列用户指南](#)
 - [MSP430i2xx Family User's Guide](#)
 - [MSP430x4xx Family User's Guide](#)
 - [MSP430x5xx and MSP430x6xx Family User's Guide](#)
- FRAM 系列：
 - [MSP430FR4xx and MSP430FR2xx Family User's Guide](#)
 - [MSP430FR57xx Family User's Guide](#)
 - [MSP430FR58xx, MSP430FR59xx, and MSP430FR6xx Family User's Guide](#)

Errata★: 它是针对 MSP430 相关系列或版本在某些应用场景下、功能或参数的勘误描述。此外，该文档还描述了其现象、原因及解决办法。在 MSP430 产品开发过程中，它应该与数据表一起使用。

- 请在 TI 官网上相应的 [MSP430 产品页面](#) 上下载该文档。

Application note: 有关 MCU 本身、外设或具体应用的技术文档。这是您在 TI.com 上看到的最常见的技术文档类型。

White paper: 有关 MCU 本身、外设或具体应用的科普性介绍。

Technical article: 以博客形式对 MCU 及其外设或具体应用的介绍。兼具科普与技术性，但篇幅较短。

- 嵌入式主题 blog: [Embedded processing](#)

4.2 嵌入式软件

MSP430 code examples★: MSP430 code examples 是用 C 或汇编语言编写的寄存器级代码，通常以高度简洁的方式演示单个外设或 MSP430 本身的功能。同时支持 CCS 和 IAR。

- 产品页面: 请在 [MSP430 产品页面](#) 下的设计和开发栏内查找。

MSP Driver Library: 指的是将寄存器的操作细节抽象成功能性函数的 API 函数库，而附带的例程会展示如何使用 DriverLib API。同时支持 CCS 和 IAR。使用 Driverlib 会便于开发大型项目，但也会牺牲 MCU 的运行效率。

产品页面: [MSP Driver Library](#)

MSP430™ Value Line Sensing Function Code Examples: 它是基于 MSP430FR2xxx 的 25 个代码示例的集合。目的是帮助开发人员实现简单的数字和模拟功能，例如计时器、输入/输出扩展器、系统复位控制器、EEPROM 等。

- 产品页面: [MSP430™ Value Line Sensing Function Code Examples](#)

其他 library: 对于其他 library 库请参考 [MSP430 software development kit](#) 一节。

TI-RTOS: TI-RTOS 是针对 TI 微控制器推出的免费的实时操作系统。支持 MSP430 的最新版本是 2.20.00.06 (6/22/2016)。目前暂时没有更新计划。我们建议您不要在 MSP430 上使用 RTOS。

- 产品页面: [TI-RTOS Product Releases and Download Links](#)

FreeRTOS: FreeRTOS 是一款市场领先的免费实时操作系统, 包括 Kernel 和一组不断更新的库。

- Product page: [FreeRTOS](#)

4.3 调试器和下载器

下面是 TI 推荐的不同 MSP430 编程工具之间的对比以及不同编程方法之间的对比。

表 4-1 调试器和下载器的对比

特征	eZ-FET	MSP-FET	eZ-FET Lite	MSP-FET430UIF	MSP-GANG	REF430F	Rocket
种类	调试器	调试器	调试器	调试器	下载器	下载器	下载器
4 线 JTAG		√		√	√	√	
2 线 JTAG(SBW)	√	√	√	√	√	√	
BSL 工具或模式		√			√		√
板载 USB 转 UART	√	√					
支持 CCS / IAR	√	√	√	√			
支持 UniFlash	√	√	√	√			√
EnergyTrace	√	√					
应用场景	产品开发	产品开发	产品开发	产品开发	产品生产	产品生产	固件升级

表 4-2 调试方式和下载方式的对比

特征	SBW	JTAG	BSL	Main memory BSL
调试	√	√		
程序下载	√	√	√	√
下载引脚	2	4	2~3	2~3
触发引脚(RST, TEST)	√	√	√	
通讯协议	2 线 JTAG	4 线 JTAG	UART/SPI/I2C/USB	UART/SPI/I2C/USB
优点	比 JTAG 占用更少的引脚	比 SBW 下载速度更快更稳定	最简单的下载程序方法	支持定制化 BSL

调试器 (Debug probe): 主要是指的是支持所有 MSP430 的 JTAG 和 SBW 调试接口的仿真开发工具。

请注意, CCS9 只支持三种调试器: eZ FET、MSP-FET 和 MSP-FET430UIF。

下载器: 指的是那些专门用于程序下载的工具, 主要包括 MSP-GANG 和 Rocket。

- 用户手册★:
 - [MSP Debuggers User's Guide](#) (最新版)
 - [MSP430 硬件工具用户指南](#)
- 相关产品:
 - **MSP-FET★:** 功能最强大的 MSP430 调试器。输出电压可配, 最大供电电流为 100mA。
 - 产品页面: [MSP-FET MSP MCU Programmer and Debugger](#)
 - **eZ-FET★:** 一种低成本的 MSP430 调试器, 与 LaunchPad 配套出售。此外, 输出电压固定。
 - 产品页面: 请参阅相关的 Launchpad 产品页面。
 - **MSP430_ezFETLite:** 一种低成本的 MSP430 调试器, 与 LaunchPad 配套出售。与 eZ-FET 相比主要是去除了 EnergyTrace 功能。同时它也是开源的 MSP430 调试器。
 - 产品页面: 请参考 [MSP430F5529 LaunchPad kit](#) 的产品页面。
 - 开源版本地址: [MSP430_ezFETLite](#)
 - **MSP-GANG★:** MSPGang 下载器不支持调试代码, 主要用于产品生产烧录。它可以在没有 PC 介入的情况下单独运行, 支持同时对 8 个 MSP430 进行编程。
 - 产品页面: [MSP-GANG Production Programmer](#)
 - **Rocket★:** 它与 UniFlash 配合使用能对代码进行下载和擦除。TI 提供源代码和硬件设计。

- 产品页面: [MSPBSL Rocket](#)
- **REF430F:** 一个开源的产品生产烧录工具, 提供软件硬件设计。可用于学习 JTAG 通讯协议。
 - 产品页面: [Elprotronic, Inc. Replicator for MSP430 MCU](#)
 - 用户手册: [MSP430 Programming With the JTAG Interface](#)
- **MSP-FET430UIF:** 上一代的 MSP430 调试器, 已被 MSP-FET 取代。目前 TI 官网已不支持购买。
 - 产品页面: [MSP-FET430UIF](#)
- **EnergyTrace:** 用于优化功耗的代码分析工具, 可用于测量和显示应用程序的功耗情况, 包括软件和硬件部分。软件部分集成在 CCS 和 IAR 中。
 - 产品页面: [EnergyTrace Technology](#)
 - 用户手册: [ULP Advisor™ Software and EnergyTrace™ Technology](#)
- **USB2ANY 接口适配器:** USB2ANY 接口适配器工具用于支持计算机通过 USB 连接控制评估模块 (EVM)。它支持多种常见的协议接口并提供 3.3V 和 5V 电源。
 - 产品页面: [USB2ANY interface adaptor](#)
 - 用户手册: [USB2ANY Interface Adapter User's Guide](#)

Bootloader(BSL): 它指的是在出厂前固化到 Flash 或 ROM 中的软件升级程序, 主要用于 RAM、main memory、information memory 空间的代码烧录, 查询与读取。在软件升级过程中, 需占用通信接口和 RST 和测试管脚。支持的通讯方式请参考对应 MSP430 的 datasheet 中的 Bootloader (BSL) 章节。

- 定制化 BSL 的种类:
 - **Flash-Based BSL (支持 MSP430F5x 和 MSP430F6x):** TI 提供存储在 Bootloader(BSL) memory 空间中 BSL 源代码, 但该方案会受存储空间和灵活性的限制。
 - **Main Memory BSL (支持所有 MSP430):** TI 为客户提供存储在 main memory 空间中的 Main Memory BSL 例程来开发定制化的 BSL。该方案灵活性更强, 但需要额外的存储空间。
- 产品页面: [Bootloader \(BSL\) for MSP low-power microcontrollers](#)
- 视频:
 - [MSP Bootloader \(BSL\) Overview](#)
 - [MSP Bootloader \(BSL\) Options](#)
- 用户手册:
 - [MSP430™ Flash Devices Bootloader \(BSL\) User's Guide](#)
 - [MSP430 FRAM Devices Bootloader \(BSL\) User's Guide](#)
- Application notes:
 - [Creating a Custom Flash-Based Bootloader \(BSL\)](#)
 - [Launchpad-Based MSP430 UART BSL Interface](#)
 - [MSP430 Bootloader With SimpleLink MCUs](#)
 - [MSP430 Bootloader With Sitara Embedded Linux Host](#)
 - [MSP430 Firmware Updates over I2C using Linux](#)
 - [MSPBoot – Main Memory Bootloader for MSP430 Microcontrollers](#)
 - [MSP430FRBoot – Main Memory Bootloader and Over-the-Air Updates](#)
 - [Over-the-Air \(OTA\) Update With the MSP430FR57xx](#)

4.4 开发板

目前 TI 官网主要提供以下 5 种开发板。Launchpad 与 Target socket board 定位类似都集成了 MSP430 的最小系统。前者主要成本低, 便于客户开发, 后者为 MSP430 全系列的评估套件。EVM board 和 TI reference design 类似, 都为系统级解决方案。前者应用领域的覆盖范围更广, 而后者可直接在 TI 购买, 且资料更丰富。而 BoosterPack 作为 Launchpad 的扩展板, 主要面向学生群体。

表 4-3 开发板比较

特征	Launchpad	EVM board	Target socket board	TI reference design	BoosterPack
板载 eZ-FET	√	√ / X			
引脚引出	√	√ / X	√		√
板子在售	√	√	√		√
板子特点	便于使用且便宜	系统级解决方案	板载 MCU 插座	系统级解决方案	与 LaunchPad 兼容
应用	学习或评估 MSP430	典型应用的参考	用于芯片测试/最小 系统参考	终端设备应用的参考	快速搭建包含模拟 和数字器件的系统

Launchpad★: 它是 TI 公司开发的集成了 eZ-FET 的低成本 MSP430 开发板。它有较少的外围设备，但引出大多数 MSP430 引脚。用户可将不同的 Launchpad 插接在一起，以开发更完整的系统。它是开发 MSP430 应用程序的首选。

- 产品页面: [MSP430FR2355 LaunchPad kit](#)
- 产品页面: [MSP430FR2433 LaunchPad kit](#)
- 产品页面: [MSP430FR2311 LaunchPad kit](#)
- 产品页面: [MSP430FR4133 LaunchPad kit](#)
- 产品页面: [MSP430FR5994 LaunchPad kit](#)
- 产品页面: [MSP430FR6989 LaunchPad kit](#)
- 产品页面: [MSP430FR5969 LaunchPad kit](#)
- 产品页面: [MSP430F5529 LaunchPad kit](#)
- 产品页面: [MSP430G2x LaunchPad kit](#)
- 产品页面: [MSP430FR2476 LaunchPad kit](#)

Target socket board: 一种支持 JTAG 和 BSL 调试的 ZIF 插座开发板。板上没有外围设备且引出了所有 MSP430 引脚。最大的优点是它涵盖了所有的 MSP430 系列，且板上的 MSP430 芯片可拆卸。

- 用户手册★: [MSP430 Hardware Tools User's Guide](#)
- 产品页面: 请参阅每个 [MSP430 产品页面](#) 上的设计与开发一栏。

EVM board: 它主要为 MSP430 的典型应用开发，如电容触摸、超声波流速检测、电能检测等开发的评估板。它包含相关文档、软件源代码和硬件，为客户开发 MSP430 的典型应用提供参考。

- 产品列表: [MSP430 EVM boards](#)

TI reference design (Reference design / TI design): 它针对的是与 MSP430 相关的应用场景，如电能检测、电源、电机控制等，包含了完整的设计资源，为客户开发终端设备提供参考。与 EVM board 的区别它为无法在 TI 官网购买，参考材料也相对较少。

BoosterPack: BoosterPack™ 插件模块 TI 公司提供的学习和评估模拟或数字应用的平台。目前总共有 53 个系列，几乎涵盖了所有 TI 的产品领域。同时，BoosterPack 的外形尺寸与 LaunchPad™ 的硬件结构兼容。

- 产品列表: [BOOSTXL series product list](#)
- 用户手册: [Build Your Own LaunchPad™ or LaunchPad BoosterPack™ Development Tool](#)

5 MSP430 参考设计资源

5.1 芯片相关的 application notes

本部分列出了所有基于 MSP430 及其外围设备的 application notes。

- 编译下载与调试：
 - [Software Coding Techniques for MSP430™ MCUs](#)
 - [MSP Code Protection Features](#)
 - [Understanding MSP430 Flash Data Retention](#)
 - [Mixing C and Assembler With MSP430™ MCUs](#)
 - [Design Considerations When Using the MSP430 Graphics Library](#)
 - [Optimizing C Code for Size With MSP430 MCUs: Tips and Tricks](#)
 - [Debugging Flash Issues on the MSP430 Family of Microcontrollers](#)
- 晶振：
 - [MSP430 32-kHz Crystal Oscillators](#) (最新版)
 - [MSP430 32kHz 晶体振荡器](#)
 - [MSP430 LFX1 Oscillator Accuracy](#)
- ADC:

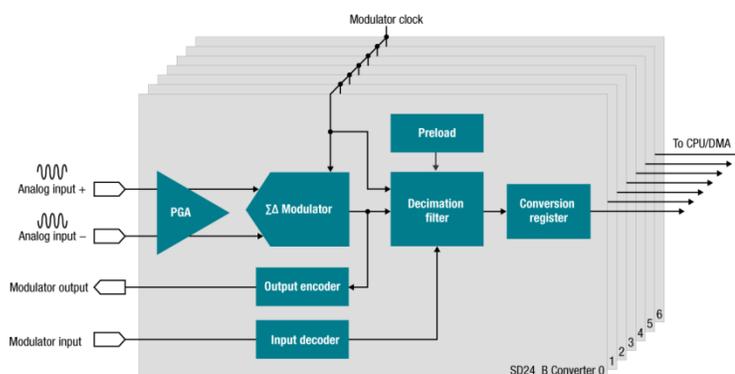


图 5-1 7 通道 Sigma-Delta ADC 示意图

- [A Glossary of Analog-to-Digital Specifications and Performance Characteristics](#)
- [ADC Wake and Transmit on Threshold Using MSP430™ MCUs](#)
- [Designing With the MSP430FR4xx and MSP430FR2xx ADC](#)
- [Designing With the MSP430FR58xx, FR59xx, FR68xx, and FR69xx ADC](#)
- [General Oversampling of MSP ADCs for Higher Resolution](#)
- [High-Speed, Analog-to-Digital Converter Basics](#)
- [How delta-sigma ADCs work, Part 1](#) (最新版)
- [ΔΣ ADC 工作原理, 第 1 部分](#)
- [How delta-sigma ADCs work, Part 2](#) (最新版)
- [ΔΣ ADC 工作原理, 第 2 部分](#)
- [Implementing a Thermocouple Interface With ADC12_A](#)
- [Low-Power Battery Voltage Measurement With MSP430FR MCU On-Chip VREF and ADC](#)
- [Oversampling the ADC12 for Higher Resolution](#)
- 通讯：
 - [Understanding the I2C Bus](#)

- [Implementing a UART Function with the 8-bit Interval Timer/Counter](#)
- [SPI I/O Expander Using Low-Memory MSP430™ MCUs](#)
- [UART Software Controlled RGB LED Color Mixing With MSP430™ MCUs](#)
- [UART-to-I2C Bridge Using Low-Memory MSP430™ MCUs](#)
- [UART-to-SPI Bridge Using Low-Memory MSP430™ MCUs](#)
- [UART-to-UART Bridge Using Low-Memory MSP430™ MCUs](#)
- [Enabling Low-Power Windows 8 HID Over I2C Applications Using MSP430 MCUs](#)
- [Implementing SMBus Using MSP430 Hardware I2C](#)
- [Software I2C on MSP430 MCUs](#)
- [Solutions to Common eUSCI and USCI Serial Communication Issues on MSP430 MCUs](#)
- [Using the USCI I2C Master](#)
- **FRAM:**
 - [FRAM FAQ](#)
 - [EEPROM Emulation Using Low Memory MSP430™ FRAM MCUs](#)
 - [Maximizing Write Speed on the MSP430™ FRAM](#)
 - [MSP430 FRAM Quality and Reliability](#)
 - [MSP430 FRAM Technology – How To and Best Practices](#) (最新版)
 - [MSP430 FRAM 技术 – 使用方法和最佳实践](#)
- **PWM:**
 - [Analog Input to PWM Output Using the MSP430™ MCU Enhanced Comparator](#)
 - [Dual-Output 8-Bit PWM DAC Using Low-Memory MSP430™ MCUs](#)
 - [PWM DAC Using MSP430 High-Resolution Timer](#)
 - [Using PWM Timer_B as a DAC](#)
- **RTC 时钟:**
 - [External RTC With Backup Memory Using a Low-Memory MSP430™ MCU](#)
 - [Simple RTC-Based System Wake-up Controller Using MSP430™ MCUs](#)
 - [ULP Temperature-Compensated RTC on MSP430F6736](#)
 - [Using the MSP430 RTC_B Module With Battery Backup Supply](#)
 - [Using the Real-Time-Clock Library](#)
- **定时器:**
 - [External Programmable Watchdog Timer Using MSP430™ MCUs](#)
 - [Multiple Time Bases on a Single MSP430 Timer Module](#)
 - [Using the MSP430 Timer_D Module in Hi-Resolution Mode](#)
- **Smart analog combo: 可配置的 Op-Amp + Programmable gain(PGA) + 12-bit DAC**

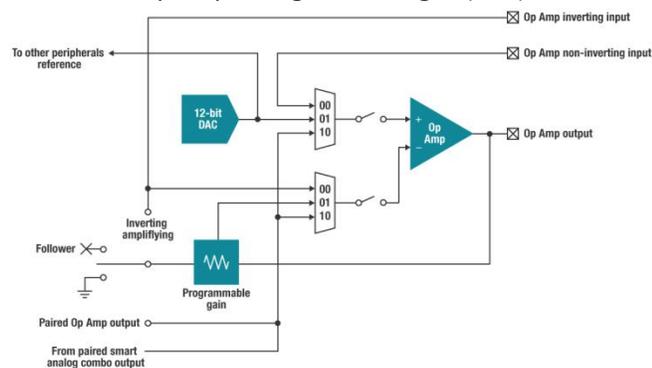


图 5-2 SAC 示意图

- [Half-wave rectifier circuit with MSP430 smart analog combo](#)
- [High-side current-sensing circuit design with MSP430 smart analog combo](#)
- [How to Use the Smart Analog Combo and Transimpedance Amplifier on MSP430FR2311](#)
- [How to Use the Smart Analog Combo in MSP430™ MCUs](#)
- [Low-noise long-range PIR sensor conditioner circuit MSP430 smart analog combo](#)
- [Low-side bidirectional current sensing circuit with MSP430™ smart analog combo](#)
- [Strain gauge bridge amplifier circuit with MSP430 smart analog combo](#)
- [Temperature Sensing NTC Circuit With MSP430 Smart Analog Combo](#)
- [Transimpedance amplifier circuit with MSP430 smart analog combo](#)
- [Single-supply low-side unidirectional current-sensing circuit with MSP430 SAC](#)
- Low-energy accelerator (LEA): 硬件计算加速模块, 无需 CPU 参与, 用于矢量信号处理。

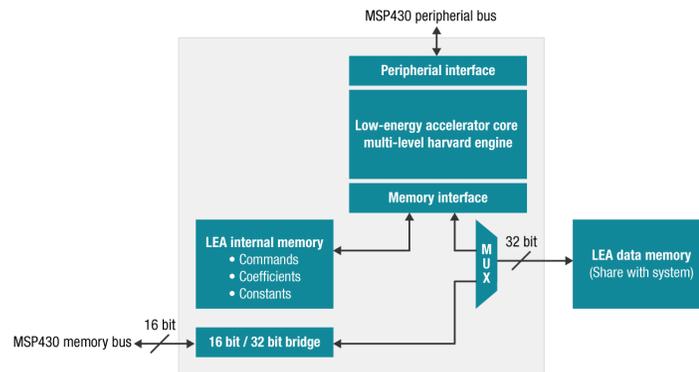


图 5-3 低功耗加速器示意图

- [Benchmarking the Signal Processing Capabilities of the Low-Energy Accelerator](#)
- [Low-Energy Accelerator \(LEA\) Frequently Asked Questions \(FAQ\) \(最新版\)](#)
- [低功耗加速器 \(LEA\) 常见问题解答 \(FAQ\)](#)
- LCD:
 - [Designing With MSP430™ MCUs and Segment LCDs \(最新版\)](#)
 - [使用 MSP430™ MCU 和段式 LCD 进行设计](#)
 - [Driving Large LCDs with LCD Peripheral of the MSP430](#)
 - [MSP430 I/O 口驱动段式 LCD 设计说明](#)
 - [MSP430F415 在 LCD 空调红外遥控器中的应用](#)
 - [Software Glass LCD Driver Based on MSP430 MCU](#)
 - [Use of Two MSP430s to Enhance Segment Lines for Larger LCDs](#)
- 从 Flash 系列迁移到 FRAM 系列:
 - [Code Porting From MSP430FR2000 to MSP430FR2311 MCUs](#)
 - [Migrating From MSP430FW42x Scan Interface to MSP430FR6x8x/FR5x8x ESI](#)
 - [Migrating from MSP430 F2xx and G2xx families to MSP430 FR4xx and FR2xx family \(最新版\)](#)
 - [从 MSP430 F2xx 和 G2xx 系列迁移到 MSP430 FR4xx 和 FR2xx 系列](#)
 - [Migrating from the MSP430F2xx Family to the MSP430FR57xx Family \(最新版\)](#)
 - [从 MSP430F2xx 系列迁移至 MSP430FR57xx 系列](#)
 - [Migrating from the MSP430F2xx, G2xx Family to the MSP430FR58xx/FR59xx/68xx/69xx](#)
 - [Migrating From MSP430F4xx Family to MSP430FR58xx/FR59xx/FR68xx/FR69xx Family](#)
 - [Migrating from the MSP430F4xx to Family to the MSP430FR4xx Family](#)
 - [Migrating from the MSP430F5xx, F6xx Family to the MSP430FR58xx/FR59xx/68xx Family](#)

- [Migrating from the USCI Module to the eUSCI Module](#)
- [Migration from MSP430FR58xx, FR59xx, and FR6xx to FR4xx and FR2xx](#)

5.2 系统解决方案

在这一部分，我们有三小章。MSP430 典型应用章节将介绍 MSP430 的典型目标应用，这些应用将包含 GUI 上位机和详尽的开发资料。TI design 章节列出了资料充足的 TI design 应用设计。而在 Application notes 一章中，列出了在 Application notes 中论述的设计，其随意性更大。

5.2.1 MSP430 典型应用

5.2.1.1 电容触摸检测

Capacitive touch sensing: 这是一种低功耗的电容式触摸解决方案，它支持按钮、滑块、滚轮、接近感应。对于触摸板材料，它支持金属、玻璃、塑料等。主要应用于提高人机交互的美观性和可靠性的场景。

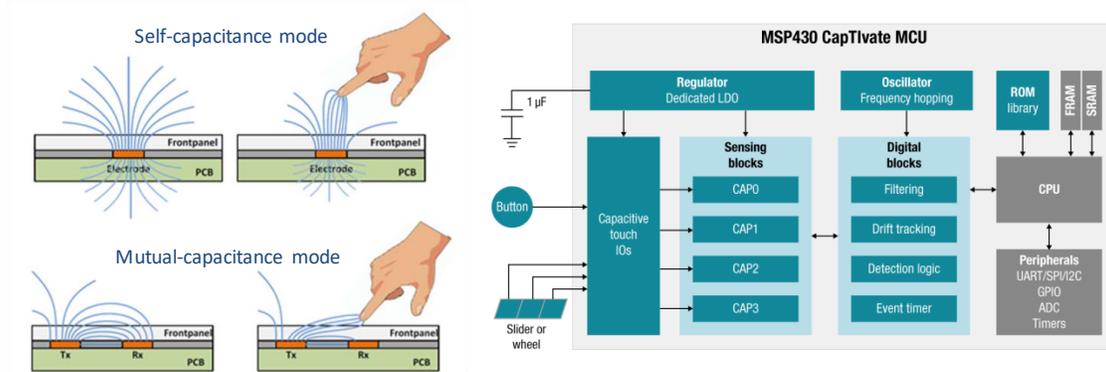


图 5-4 电容触摸示意图

- 产品页面: [CapTivate™ MCUs: Easiest to use capacitive touch solutions](#)
- GUI 产品页面: [CapTivate™ Design Center GUI](#)
- 用户手册★:
 - [CapTivate™ Technology Guide](#) (最新版)
 - [CapTivate™ 技术指南-简化版](#)
- 视频: [CapTivate™ Technology Training Series](#)
- 设计流程指导手册★:
 - [Capacitive Touch Design Flow for MSP430™ MCUs With CapTivate™ Technology](#)(最新版)
 - [采用 CapTivate™ 技术的 MSP430™ MCU 的电容式触控设计流程](#)
- EVM 和其他在售板子:
 - [CAPTIVATE-PGMR](#) (eZ-FET™ Programmer/debugger)
 - [CAPTIVATE-FR2676](#) (MSP430FR2676 Target MCU module)
 - [CAPTIVATE-FR2633](#) (MSP430FR2633 Target MCU module)
 - [BOOSTXL-CAPKEYPAD](#) (MSP430FR2522 + Mutual Capacitive HMI Demo)
 - [EVM430-CAPMINI](#) (MSP430FR2512 + Self capacitance Demo)
 - [CAPTIVATE-ISO](#) (Program and Communication Isolator)
 - [CAPTIVATE-BSWP](#) (Self capacitance HMI demo panel)
 - [CAPTIVATE-PHONE](#) (Mutual capacitance HMI demo panel)
 - [CAPTIVATE-METAL](#) (Metal Touch HMI demo panel)
 - [CAPTIVATE-EMC](#) (Electromagnetic compatibility performance evaluation)

- Application notes:
 - [Enabling noise tolerant capacitive touch HMIs with MSP CapTIvate™ technology](#)
 - [Automating Capacitive Touch Sensor PCB Design Using OpenSCAD Scripts](#)
 - [Capacitive Touch Gesture Software and Tuning](#)
 - [Capacitive Touch Hardware Design Guide](#)
 - [Capacitive Touch Through Metal Using MSP430™ MCUs With CapTIvate™ Technology](#)
 - [Sensitivity, SNR, and design margin in capacitive touch applications](#) (最新版)
 - [电容式触控应用中的灵敏度、SNR 和设计裕度](#)
- TI designs:
 - [64 Button Capacitive Touch Panel With CapTIvate Technology Design Guide](#)
 - [Access Control Panel With BLE, Cap Touch, and Software Integration Ref Design](#)
 - [Capacitive Touch Thermostat User Interface Design Guide](#)
 - [Capacitive-Based Liquid Level Sensing Sensor Reference Design](#)
 - [CapTIvate™ E-Lock Design Guide](#)
 - [Gesture-Based Capacitive Touch Speaker Interface Reference Design](#) (最新版)
 - [基于手势的电容式触控扬声器界面参考设计](#)
 - [Liquid Tolerant Capacitive Touch Keypad Reference Design](#) (最新版)
 - [耐液体电容式触控键盘参考设计](#)
 - [MSP432 With MSP430 Microcontroller With CapTIvate Technology, Haptics, and LCD](#)
 - [Noise Tolerant Capacitive Touch Human Machine Interfaces Design Guide](#)
 - [Touch Remote Control Reference Design With CapTIvate Technology](#)
 - [Low Power Touch Through Glass Design Guide](#)
 - [Touch Through Glass With Sharp® LCD Design Guide](#) (最新版)
 - [使用 Sharp® LCD 实现穿透玻璃触控设计指南](#)

5.2.1.2 超声波流速检测

Ultrasonic sensing: 这项技术主要应用于高精度液体和气体流量的流速检测。主要应用场景为水表和电表。

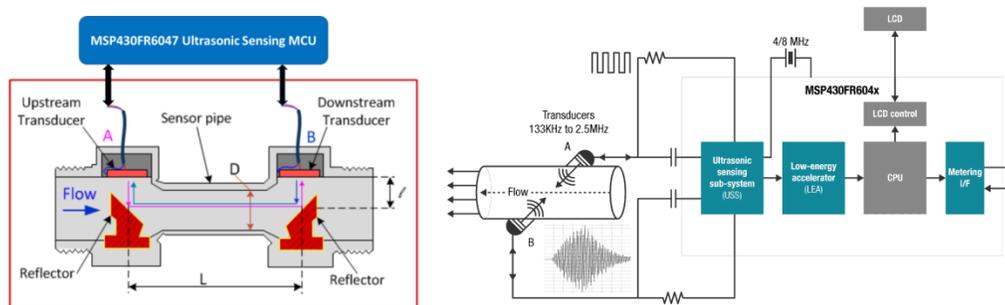


图 5-5 超声波流速检测示意图

- 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 flow 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](#)

5.2.1.3 电能检测

Energy Measurement: 该技术可以实现高精度的电流、电压、有功和无功功率等的检测。主要应用于电表，支持的传感器为 CT、罗氏线圈、电阻分压传感器。

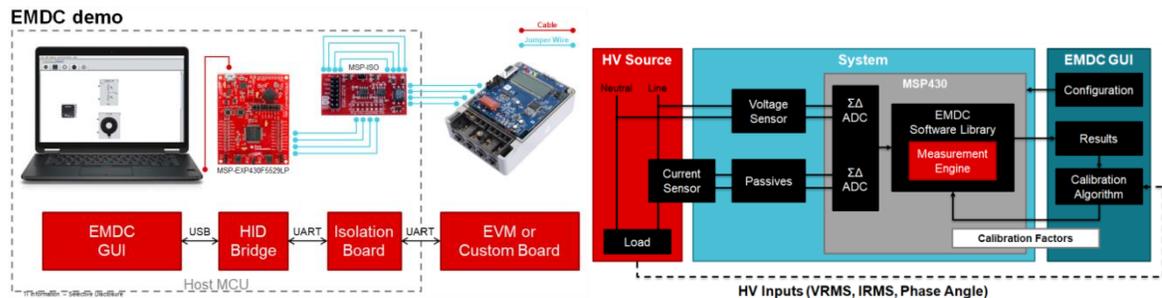


图 5-6 电能检测示意图

- GUI 产品页面: [Energy Measurement Design Center for MSP430 MCUs](#)
- 用户手册★: [Energy Measurement Technology Guide](#)
- 视频: [Energy Measurement Design Center for MSP430 MCUs: Training Series](#)
- EVM boards(与这三个 EVM 配套的 GUI, 请参考 [EMDC](#)):
 - [EVM430-i2040S](#)(单相表或电能计量最小系统)
 - [EVM430-F6736](#)(单相表: 0.2 级精度)
 - [EVM430-F6779](#)(三相表: 0.2 级精度)
- Application notes:
 - [Implementation of a One- or Two-Phase Electronic Watt-Hour Meter Using the MSP430i20xx](#)
- TI designs:
 - [ULP Temperature Compensated RTC on MSP430F6736 Design Guide](#)
 - [Single-Phase AC and DC Power Monitor with Wire Resistance and EMI Capacitor Compensation](#)
 - [Single-Phase Electric Meter With Isolated Energy Measurement](#)
 - [Three Phase Rogowski Coil Based E-Meter Solution](#)
 - [One-Phase Metrology with Enhanced ESD Protection Reference Design](#)
 - [Class 0.5 Three-Phase Smart Meter Reference Design](#)
 - [Battery Management and Auxiliary Power Supply Options for e-Meters Design Guide](#)
 - [Three-Outlet Smart Power Strip Design Guide](#)
 - [Implementing Wi-Fi Connectivity in a Smart Electric Meter](#)

5.2.1.4 USB 2.0

USB integration: 部分 MSP430 片上集成了 USB 2.0 模块。结合 MSP430 的 USB Developers Package, 能够大大简化 USB 的开发设计。

- GUI 产品页面: [MSP430 USB Developers Package](#)
- 用户手册★: [Starting a USB Design Using MSP430 MCUs](#)
- Application notes:
 - [Implementing Wi-Fi Connectivity in a Smart Electric Meter](#)
 - [Android Applications With MSP430 USB on Mobile Devices](#)
 - [USB Keyboard Using MSP430 Microcontrollers](#)
 - [USB Field Firmware Updates on MSP430 MCUs](#)

5.2.2 TI reference designs

- [BOOST-IR Infrared \(IR\) BoosterPack™ Plug-in Module User's Guide](#) (最新版)
- [BOOST-IR IR BoosterPack™ 插件模块](#)
- [Level 1 and Level 2 Electric Vehicle Service Equipment \(EVSE\) Design Guide](#)
- [10s battery monitoring, balancing, and comp protection, 50A discharge ref design](#)
- [4-mA to 20-mA Current Loop Transmitter Design Guide](#)
- [10-uA to 100-mA 0.05%-Error High-Side Current Sensing Design Guide](#)
- [Power over Ethernet \(PoE\) reference design for industrial gateways](#)
- [MSP430FR2311 IR Reflection-Sensing Subsystem Design Guide](#)
- [4- to 20-mA Loop-Powered RTD Temperature Transmitter Reference Design](#)
- [Multiparameter Biosignal Monitor Design Guide](#)
- [TIDM-NFC-RW Design Guide](#)
- [Ultra-Low Power Blood Pressure and Heart Rate Monitor Design Guide](#)
- [Highly Integrated, 4½ Digit, Low Power Handheld DMM Platform Reference Design](#)
- [MSP430 Software RGB LED Control Design Guide](#)
- [ADAS Multi-Sensor Hub Design With Quad 4-Gbps FPD-Link III, Dual CSI-2 Output](#)
- [0-A to 1-A Single-Supply Low-Side Current-Sensing Solution Design Guide](#)
- [Air Quality Sensor Design Guide](#)
- [SMBus Design Using MSP430 Design Guide](#)
- [EEPROM Emulation and Sensing With MSP FRAM Microcontrollers Reference Design](#)
- [Inductive Proximity Sensing Design Guide](#)
- [Wi-Fi Enabled Level 1 Level 2 Electric Vehicle Service Equipment Design Guide](#)
- [TEC driver reference design for 3.3-V inputs](#)
- [Case Tamper Detection Reference Design Using Inductive Sensing](#)
- [ADAS 8-Channel Sensor Fusion Hub Ref Design With Two 4-Gbps Quad Deserializer](#)
- [Smart Solenoid Driver With Predictive Maintenance Reference Design](#) (最新版)
- [具有预测性维护功能的智能电磁阀驱动器参考设计](#)
- [ESI + LDC Inductive Linear Position Sensing Design Guide](#)
- [Voice Band Audio Playback Using a PWM DAC Design Guide](#)
- [Memory Emulation Using 1-Wire Communication Protocol Design Guide](#)
- [+/-1A Single-Supply Low-Side Current Sensing Solution Design Guide](#)
- [IO-Link Firmware Update Reference Design Leveraging MSP430™ FRAM Technology](#) (最新版)
- [采用 MSP430™ FRAM 技术的 IO-Link 固件更新参考设计](#)
- [Output Current Sensing and Limit, Plug-in Detection in Power Bank Design Guide](#)

- [NFC Authentication for an EV Charging Station \(Pile\) Reference Design](#)
- [KNX Thermostat TI Design Guide](#)
- [Temperature Transmitter on Single Chip Mixed-Signal MCU](#)
- [Data Collector for wM-Bus T-/C-Modes and DSSS-Coded Long-Range Mode Design Guide](#)
- [Thermostat Implementation With MSP430FR4xx Design Guide\(最新版\)](#)
- [TI Designs 采用 MSP430FR4xx 实现的温控器用户指南](#)
- [Remote Controller of Air Conditioner Using MSP430 Design Guide\(最新版\)](#)
- [TI Designs 采用 MSP430™ 实现的空调遥控器用户指南](#)
- [Filtering and Signal Processing Ref Design Using MSP430 FRAM Microcontroller](#)
- [MSP430 Low Power Orientation Tracker Design Guide](#)
- [Data Isolation for Loop-Powered Applications Design Guide](#)
- [MSP-EXP430FR6989 & FRAM to Enable Compute Thru Power Loss Utility Design Guide](#)
- [QVGA 3D Graphics on MSP430 Microcontrollers Design Guide](#)
- [18-V/400-W 98% Efficient Compact Brushless DC Motor Drive Design Guide](#)
- [12V to 24V, 27A Brushed DC Motor Reference Design](#)
- [Reference Design for Wireless Condition Monitor for Motors and Pumps](#)
- [24V/36W BLDC Motor Driver Reference Design With Close-Loop Speed Control\(最新版\)](#)
- [具有闭环速度控制功能的 24V、36W 无传感器 BLDC 正弦电机 驱动器参考设计](#)
- [Driving Three-Phase Stepper Motor With BLDC Motor Driver Reference Design](#)
- [1-PWM Brushless DC Motor Control TI Reference Design](#)
- [Unipolar Stepper Motor Driver Using a Bipolar Stepper Controller Design Guide](#)
- [Wireless Motor Monitor \(WMM\) Design Guide](#)
- [Low-Power Micro Stepper Motor Driver Using FRAM MCU Design Guide](#)
- [Integrated Sensored BLDC Motor Controller Reference Design](#)
- [Dual High Resolution Micro-Stepping Driver](#)
- [10.8-V/250-W, 97% Efficient, Compact BLDC Motor Drive With Stall Current Limit\(最新版\)](#)
- [TI 参考设计具有堵转电流限制功能的 10.8V/250W 高效\(97%\) 紧凑型无刷直流电机驱动器参考设计](#)
- [Filtering and Signal Processing Reference Design Using MSP430 FRAM Microcontroller\(最新版\)](#)
- [使用 MSP430 FRAM 微控制器的滤波和信号处理参考设计](#)
- [12-V, 15-W Power Limit, Single Driver-Based Stepper, Brushed DC and Actuator Drive Reference Design\(最新版\)](#)
- [基于单个驱动器且具有 15W 功率限制的 12V 步进、刷式直流和执行器](#)

5.2.3 Application notes

- [Enhance simple analog and digital functions for \\$0.25](#)
- [CRC Implementation with MSP430 MCUs](#)
- [Digital Addressable Lighting Interface \(DALI\) Using MSP430 Value Line](#)
- [通过使用 MSP430G2452 微控制器的 LaunchPad Value Line 开发包实现基于心电图的心率监测](#)
- [EKG-Based Heart-Rate Monitor Implementation Using the MSP430G2xx LaunchPad Kit](#)
- [Implementing a Direct Thermocouple Interface With the MSP430F4xx and ADS1240](#)
- [Implementing a Single-Chip Thermocouple Interface with the MSP430F42xA MCUs](#)
- [Implementing An Ultra-Low-Power Keypad Interface With MSP430 MCUs](#)
- [Implementing An Ultra-Low-Power Thermostat With Slope ADC](#)
- [Implementing IrDA With MSP430 MCUs \(最新版\)](#)

- [采用 MSP430FR4xx 的红外远程控制实现](#)
- [Infrared Remote Control Implementation With MSP430FR4xx](#)
- [Fuzzy Logic Motor Control With MSP430 MCUs](#)
- [Servo Motor Controller Using MSP430™ MCUs](#)
- [Stepper Motor Control Using MSP430™ MCUs](#)
- [1.8V – 5.5V Input, High-Efficiency DCDC Converter Reference Design for MSP430](#)
- [1-Wire Enumeration](#)
- [7-Segment LED Stopwatch Using Low-Memory MSP430™ MCUs](#)
- [A Simple Glass-Breakage Detector Using an MSP430 MCU](#)
- [A Single-Chip Pulsoximeter Design Using the MSP430](#)
- [Calling Convention and ABI Changes in MSP GCC](#)
- [Dual-Ray Smoke Detector Design With MSP430FR2355 MCUs](#)
- [Getting Started With EEMBC ULP Bench on MSP-EXP430FR5969](#)
- [Heart-Rate and EKG Monitor Using the MSP430FG439](#)
- [Hysteresis Comparator With UART Using Low-Memory MSP430™ FRAM MCUs](#)
- [Interfacing an MSP430 MCU and a TMP100 Temperature Sensor](#)
- [Interfacing MSP430™ MCUs With MMC or SD Flash Memory Cards](#)
- [Interfacing the 3-V MSP430 MCU to 5-V Circuits](#)
- [LC Sensor Rotation Detection With MSP430 Extended Scan Interface \(ESI\)](#)
- [Li-Ion Battery Charger Solution Using an MSP430™ MCU](#)
- [Low -Power Hex Keypad Using MSP430™ MCUs](#)
- [Method to Select the Value of LC Sensor for MSP430 Extended Scan Interface \(ESI\)](#)
- [MSP430 Advanced Power Optimizations: ULP Advisor SW and EnergyTrace Technology](#)
- [MSP430 Based Lithium-Ion Polymer Battery Charging and Gauging Solution Using USB](#)
- [MSP430 Embedded Application Binary Interface](#)
- [MSP430's Analog Combo Enables True Single-Chip Pulse Oximeter Designs](#)
- [MSP430F42xA Single-Chip Weight Scale](#)
- [Multi-Cell Li-Ion Battery Management System Using MSP430F5529 and bq76PL536](#)
- [Multi-Function Reset Controller With Low-Memory MSP430™ MCUs](#)
- [Nine-Axis Sensor Fusion Using Direction Cosine Matrix Algorithm on MSP430F5xx](#)
- [Powering the MSP430 from a High Voltage Input using the TPS62122](#)
- [Programmable Clock Source Using MSP430™ MCUs](#)
- [Programmable Frequency Locked Loop Using MSP430™ MCUs](#)
- [Programmable System Wake-up Controller Using MSP430™ MCUs](#)
- [Quadrature Encoder Position Counter With MSP430™ MCUs](#)
- [Random Number Generation Using MSP430FR59xx and MSP430FR69xx Microcontrollers](#)
- [Random Number Generation Using MSP430™ MCUs](#)
- [Revised Pulse Oximeter Design Using the MSP430](#)
- [Simple Power Sequencer Using MSP430™ MCUs](#)
- [Single-Slope Analog-to-Digital Conversion Technique Using MSP430™ MCUs](#)
- [Single-Wire Communication Host With MSP430™ MCUs](#)
- [Tamper Detection Using Low-Memory MSP430™ MCUs](#)
- [Using MSP on KNX Systems Application note](#)
- [Using power solutions to extend battery life in MSP430\(TM\) MCU applications](#)
- [Using the MSP430FR6047 Wireless M-Bus Serial Library for Metering Applications](#)
- [VLO Calibration on the MSP430FR4xx and MSP430FR2xx Family](#)

- [Voltage Monitor With a Timestamp Using a Low-Memory MSP430™ MCU](#)
- [Wave Digital Filtering Using an MSP430 MCU](#)
- [Wide-Vin Battery-Charger Using SMBus MSP430 MCUs and bq Fuel Gauges](#)

5.3 加密与安全

实现 AES, DES, TDES, and SHA-2 加密： 主要用于不支持硬件加密的设备。

- 用户手册：[C Implementation of Cryptographic Algorithms](#)
- 算法：
 - [Advanced Encryption Standard](#)
 - [Data Encryption Standard](#)
 - [Secure Hash Standard](#)

固件加密更新： 应用于需要确保的安全性的固件更新场景。

- Application notes: [Secure In-Field Firmware Updates for MSP MCUs](#)
- Crypto-Bootloader:
 - 用户手册：[Crypto-Bootloader \(CryptoBSL\) for MSP430FR59xx and MSP430FR69xx MCUs User Guide](#)
 - Application notes: [Crypto-Bootloader - Secure In-Field Firmware Updates for Ultra-Low Power MCUs](#)
 - 软件：[Crypto Bootloader](#)

IEC 60730 安全应用：

- 用户手册：[Safety Manual for MSP430G2xx, F5xx, and FR57xx in IEC 60730 Safety Applications](#)

5.4 TI 质量指导

5.4.1 质量政策和规程

质量是实现我们业务目标的基础。我们致力于满足适当的要求并通过以下方式为全球客户提供高质量产品：

- 鼓励并期望每位 TI 员工进行创新。
- 倾听客户的声音。
- 不断改进和创新我们的产品、流程和服务。

5.4.2 [产品可靠性](#)

TI 各部门一起合作以确保质量并提供可靠的产品，为此我们致力于不断改进我们的产品和工艺技术。在 TI 官网的可靠性界面可以很容易地找到质量和可靠性相关的信息和数据，包括以下几个部分：

- **资质摘要★：** 用于搜索相关器件的可靠性数据。所示数据是该器件系列所使用的材料组合、工艺和制造基地的典型代表。
- **可靠性测试：** 列出了 TI 公司对其产品进行的各种可靠性测试。
- **DPPM/FIT/MTBF 估算器：** TI 的 DPPM/FIT/MTBF 估算器搜索工具可以基于技术分组查找通用数据，从而估算这些典型问题，并显示得出这些比率的条件。
- **持续的可靠性监测：** TI 会通过其持续可靠性监测 (ORM) 计划定期监测其产品、晶圆制造工艺和封装技术的可靠性。

5.4.3 [封装信息](#)

MSP430 可提供各种封装格式来满足客户的应用需求。在 [ti.com.cn](#) 网站中，选择**质量和可靠性>其他信息>封装信息**，根据封装尺寸，可靠性和性能期望轻松找到合适的封装类型。此资源还提供了

有关各种封装格式的 SMTA 建议。此外, [Ultra Librarian software](#) 软件工具可以协助特定封装上的布局设计。

5.4.4 [客户退货](#)

客户满意与否对德州仪器(TI)来说至关重要,我们会谨慎并紧急处理客户的退货。为确保及时解决客户的问题, TI 为希望退回器件的客户建立了一套客户退货流程。在 [TI.com](#) 上的客户退货页面可以在向 TI 退货时轻松找到详细指南。

在计划退回产品之前,下面是一些通用的调试文档,用于帮助快速找出问题与解决方案。

表 5-1 MSP430 质量相关资料

内容	文档
Errata	查看对应 MSP430 料号的 Errata 文档内是否有对 MSP430 (不同版本) 失效特征的说明
故障排除指南	Troubleshooting Guidelines for MSP Devices (TI web)
芯片级 ESD	Electrostatic Discharge(ESD) (TI web)
系统级 ESD	MSP430™ System-Level ESD Troubleshooting Guide (TI web)
程序烧录	MSP430™ Programming With the JTAG Interface (TI web)
EOS 介绍	Understanding Electrical Overstress - EOS (Whitepaper 4) (Industry Council web)
其他文档	ESD Diode Current Specification (TI web) MSP430™ System-Level ESD Considerations (TI web)

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司