



摘要

本快速指南手册非常实用，可帮助查找适用于 MSP430™ 微控制器 (MCU) 的重要资源。本手册有多种用途，开发特定应用时可作为资源和参考手册、入门指南、自学工具、解决方案手册（问题解答）或指导手册。无论您对 MSP430 MCU 的了解程度如何，都可从本开发指南手册中获益。如果您对本指南手册的版本更新有任何意见或想法，可通过在 [TI E2E™](#) 支持论坛（位于 [MSP 低功耗微控制器论坛](#)）中创建主题来提供反馈。

内容

术语和缩写.....	2
1 概述.....	3
1.1 MSP430 MCU 概述.....	3
1.2 MSP430 生态系统.....	4
1.3 常见问题解答快速链接.....	5
2 TI 在线资源.....	6
2.1 TI.com.cn 概览.....	6
2.1.1 TI.com.cn 简介.....	6
2.1.2 TI 云工具.....	6
2.1.3 在线支持.....	7
2.2 MSP430 在线资源.....	9
2.2.1 MSP430 主页.....	9
2.2.2 MSP430 产品页面.....	9
2.2.3 MSP430 器件选择.....	10
2.2.4 MSP430 Academy.....	12
2.2.5 MSP430 内部管理.....	12
3 PC 软件工具资源.....	14
3.1 编程相关软件.....	14
3.2 MSP430 软件开发套件.....	15
3.3 用于 MSP430 MCU 的 GUI.....	16
4 嵌入式资源.....	17
4.1 技术文档.....	17
4.2 嵌入式软件.....	17
4.3 调试器和编程器.....	18
4.4 开发板.....	20
5 MSP430 应用资源.....	22
5.1 器件相关应用手册.....	22
5.2 系统级解决方案.....	24
5.2.1 典型 MSP430 参考设计.....	25
5.2.2 TI 参考设计.....	28
5.2.3 系统相关应用手册.....	29
5.3 加密和安全.....	30
6 TI 质量简介.....	31
6.1 TI 质量政策.....	31
6.2 TI 产品可靠性.....	31
6.3 TI 封装简介.....	31
6.4 客户退回故障品.....	31
7 修订历史记录.....	31

商标

MSP430™, TI E2E™, and Code Composer Studio™ are trademarks of Texas Instruments.

Windows® is a registered trademark of Microsoft.

macOS® is a registered trademark of Apple Inc.

Linux® is a registered trademark of Linus Torvalds.

所有商标均为其各自所有者的财产。

术语和缩写

缩写/术语	定义/解释
FRAM	铁电随机存取存储器 (FeRAM、F-RAM 或 FRAM)
GUI	图形用户界面
IDE	集成开发环境
BSL	引导加载程序
DSP	数字信号处理
JTAG	JTAG (Joint Test Action Group , 联合测试行动组) 是一个工业标准 , 用于制造印刷电路板之前或之后的设计和编程验证
SBW	2 线制 Spy-Bi-Wire 接口 , 用于 MSP430 MCU 的典型 JTAG 接口
MSP	混合信号处理器
CapTlvate	电容式感应
USS	超声波感应
NVM	非易失性内存
PC	个人计算机

1 概述

1.1 MSP430 MCU 概述

16 位 MSP430 微控制器 (MCU) 系列有助于实现经济实惠、适用于许多应用的解决方案。凭借 TI 先进的集成式精密模拟产品，设计人员能够提高系统性能并降低系统成本。MSP430 MCU 产品系列品类丰富，包含可满足几乎任何需求的 2000 多种器件，设计人员可从中找到具有成本效益的 MCU。借助我们简易的工具、软件和卓越的支持服务，设计人员可快速启动项目，缩短产品上市时间。目前，主要有两个基于非易失性存储器 (NVM) 类型的系列：闪存系列和 FRAM 系列。FRAM MCU 功耗低，结合了闪存和 RAM 的特性。闪存系列包括 MSP430x1xx、MSP430x2xx、MSP430x4xx、MSP430x5xx 和 MSP430x6xx。FRAM 系列包括 MSP430FR2xx、MSP430FR4xx、MSP430FR5xx 和 MSP430FR6xx。其中，MSP430x5xx/6xx 和 MSP430FR5xx/6xx 较高，内部外设较为丰富。

大多数 MSP430 系列的内部资源如表 1-1 所示。

表 1-1. MSP430 资源

系列	CPU 频率 (MHz)	工作温度 (°C)	NVM (KB)	RAM (KB)	SAR ADC 分辨率	GPIO 引脚	I ² C	SPI	UART
FRAM ⁽¹⁾	16 至 24	-40 至 85、-40 至 105	0.5 至 256	0.5 至 12	不适用，10 位、12 位	12 至 83	0 至 4	1 至 8	1 至 4
闪存	8 至 25	-40 至 85、-40 至 105	0.5 至 512	0.125 至 66	不适用，10 位、12 位	4 至 90	0 至 4	0 至 8	0 至 4

(1) 有关 FRAM 和闪存之间差异的更多说明，请参阅节 5.1 中的 FRAM 部分。

MSP430 系列的外设如表 1-2 所示。

表 1-2. MSP430 外设

系列	通用外设	性能外设
FRAM	RTC、DMA、看门狗、计时器、UART、SPI、I ² C、LCD 控制器、CRC 模块、AES 加速器、32 位硬件乘法器 ⁽¹⁾ 、SAR ADC、DAC、比较器、OPA (运算放大器)	CapTIvate 模块 ⁽¹⁾ ⁽³⁾ 、SAC (智能模拟组合) ⁽¹⁾ 、TIA (跨阻放大器) ⁽¹⁾ 、ESI (扩展扫描接口) ⁽²⁾ 、LEA (低功耗加速器) ⁽²⁾ 、USS (超声波感应解决方案) ⁽²⁾ ⁽³⁾
闪存		USB 2.0 ⁽³⁾ 、24 位 Σ - Δ ADC、16 位 Σ - Δ ADC

(1) 有关上述 MSP430 的独特外设，请参阅《MSP430FR4xx 和 MSP430FR2xx 系列用户指南》。

(2) 有关上述 MSP430 的独特外设，请参阅《MSP430FR58xx、MSP430FR59xx 和 MSP430FR6xx 系列用户指南》。

(3) 有关上述 MSP430 的独特外设，请参阅节 5.2.1。

1.2 MSP430 生态系统

MSP430 生态系统由 TI 在线资源、PC 软件工具资源、嵌入式资源和 MSP430 应用资源组成。对于 MSP430 MCU 的新手来说，图 1-1 所示的简化生态系统图是一个很好的参考。对于有经验 MSP430 MCU 用户来说，图 1-2 中完整的生态系统图提供了更多细节。

Website:

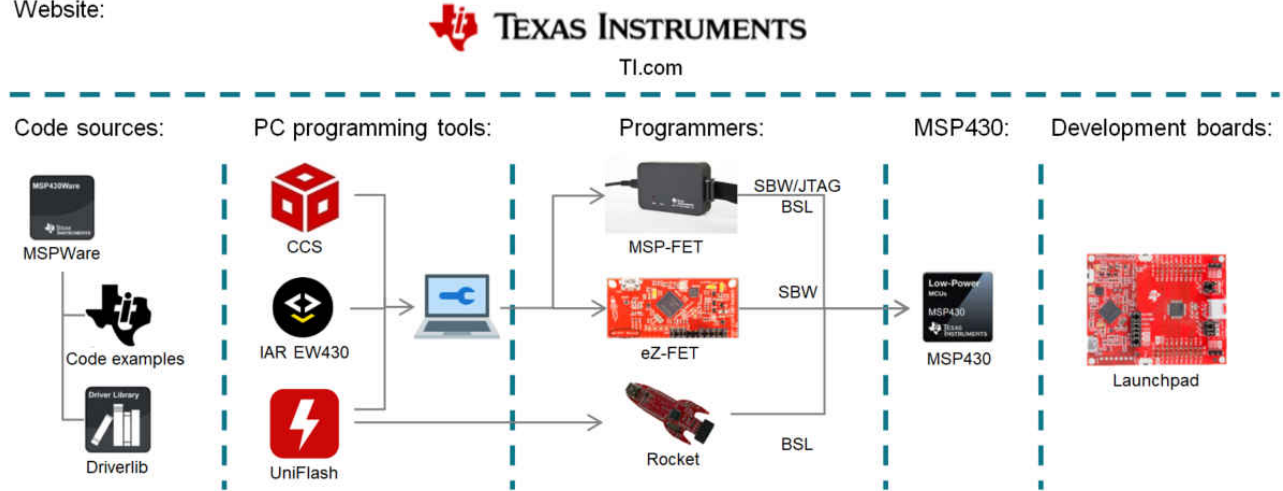


图 1-1. MSP430 简化生态系统图

Website:

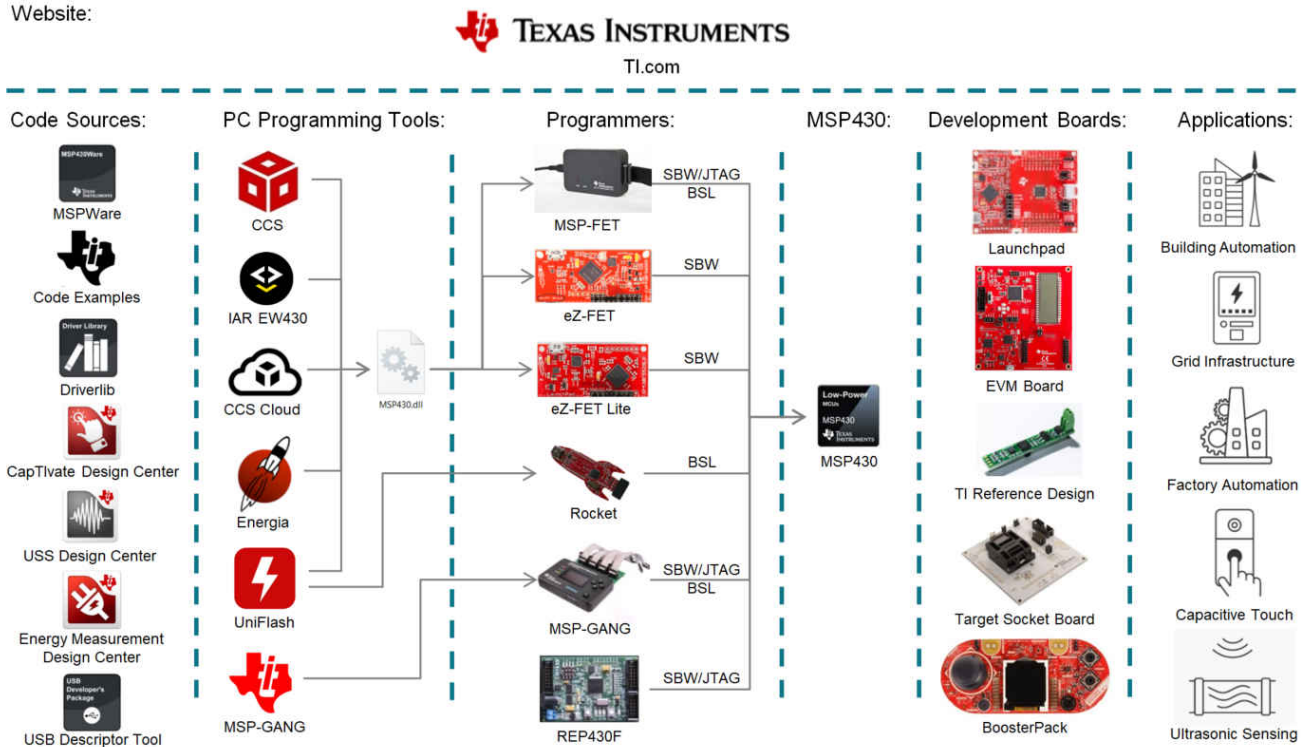


图 1-2. MSP430 完整生态系统图

- **TI 在线资源**：TI.com.cn 包含所有 MSP430 的相关资源和信息，包括软件工具、编程器、开发板等等。此外，TI E2E 支持论坛还提供在线支持、讨论和知识共享服务。
- **PC 软件工具资源**：TI 和第三方目前为 MSP430 MCU 提供各种 PC 端软件开发工具，包括 IDE、编程软件和特定应用的 GUI。

- **嵌入式资源**：这些包括技术文档、代码示例、调试器、编程器和开发板，用于开发或评估与 MSP430 MCU 相关的应用设计。
- **MSP430 应用资源**：TI 提供与器件相关的应用手册、参考设计、安全性和质量说明，从而帮助客户更好地使用 MSP430 MCU。参考设计包括简要介绍、配套的软件和硬件设计文件，这些文件还指引用户开发相关项目。

若要开始使用 MSP430 MCU 进行开发，您可以购买 [MSP430 LaunchPad 开发套件](#) 并下载 [Code Composer Studio™ IDE](#) 和 [MSPWare](#)，以便获取代码示例。若要开发基于 MSP430 MCU 的应用，TI 建议将 [MSP-FET](#) 用作调试探针。对于大规模量产，TI 建议您使用 [UniFlash](#) 或 [MSP-GANG](#) 下载代码。有关如何使用 MSP430 MCU 进行开发，请参阅 [MSP430 设计技术讲座学员指南](#)。该指南向用户介绍了 MSP430 MCU 和外设的开发链，并提供详细说明。

1.3 常见问题解答快速链接

1. [如何获取合适的 MSP430 MCU 和相关资源？](#)
2. [从何处获取在线培训和支持？](#)
3. [如何使用 PC 软件工具对 MSP430 进行编程？](#)
4. [从何处获取 MSP430 代码示例？](#)
5. [从何处获取 MSP430 规格和用途说明？](#)
6. [MSP430 编程工具如何？](#)
7. [MSP430 开发板如何？](#)
8. [从何处获取 MSP430 外设用途？](#)
9. [从何处获取 USS、CapTIvate、USB 和电能测量资源？](#)
10. [如何解决质量问题？](#)

2 TI 在线资源

2.1 TI.com.cn 概览

2.1.1 TI.com.cn 简介

图 2-1 所示为 TI.com.cn 主导航概览。

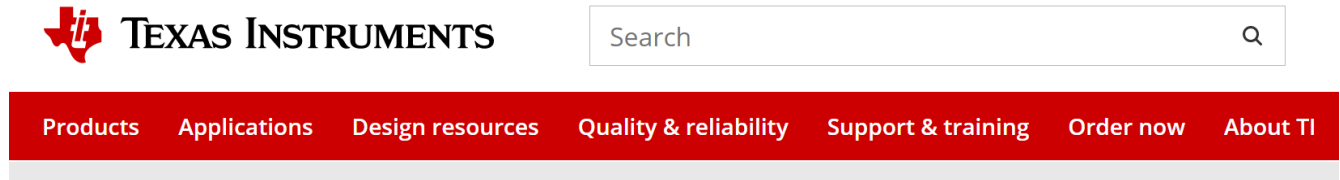


图 2-1. TI.com.cn

- **产品** ★：包括 TI 目前的各类产品，方便客户根据需求进行浏览和选择。
- **应用**：TI 提供的主流市场解决方案，包括针对这些应用设计的与成熟芯片相关的建议。
- **设计资源**：使用 TI 器件开发产品所需的材料，包括软件和模拟工具、参考设计、硬件符号和封装。
- **质量与可靠性**：包括质量政策、标准和认证。
- **支持与培训**：包括在线支持、可视化和图形培训材料。
- **立即订购**：TI 的产品订购入口。用户可直接在 TI.com.cn 上购买，也可从 TI 授权的代理商处购买。
- **关于 TI**：TI 公司简介、企业文化、社会责任等。

2.1.2 TI 云工具

- **TI 云工具**是一个 TI 在线工具网站，提供丰富的工具、文档、程序、GUI 和其他资源。在这个网站上，您能够看到以下特色部分。

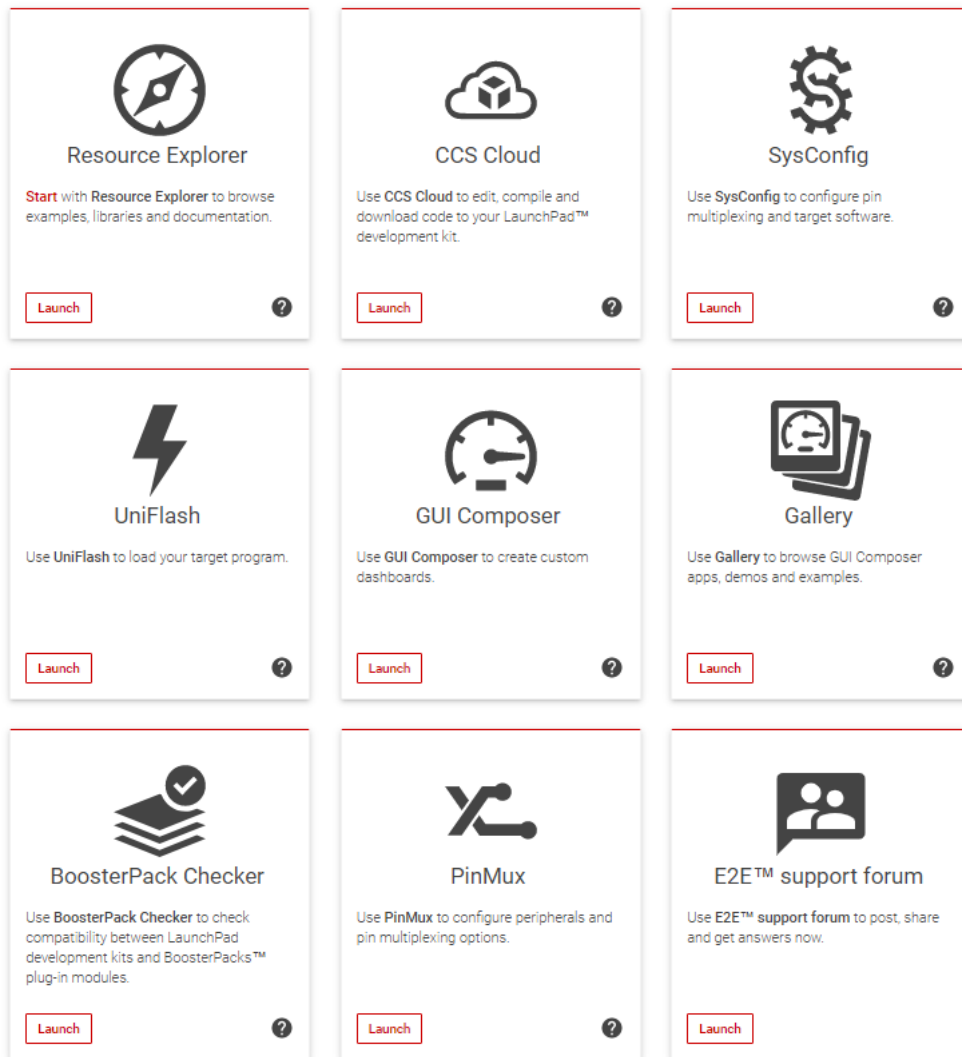


图 2-2. TI 云工具

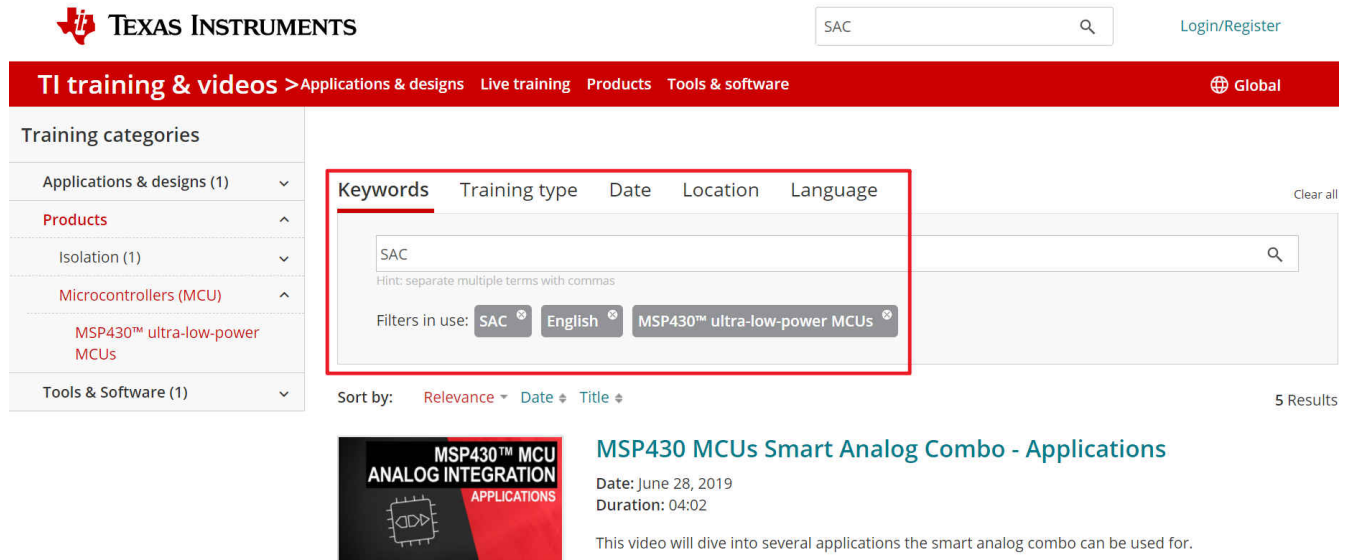
- **Resource Explorer** ★
 - 开发工具：用于 TI 产品的开发工具。
 - 器件文档：MSP430 和其他芯片的相关文档（用户指南、数据表和勘误表）。
 - 软件：浏览 MSP430Ware 可获取 TI 丰富的软件资源，包括但不限于基于寄存器级和库的代码示例、软件驱动程序库。
- **CCS Cloud**：在线 CCS 工具，有助于快速在线调试程序。
- **SysConfig**：采用可视化编辑方法来配置 MCU 内部资源。（不支持 MSP430 MCU）。
- **UniFlash**：在线编程工具，用于对 MCU 内部存储器数据进行查看和编程。
- **GUI Composer**：在线工具，用于创建与用户硬件交互的用户定义接口。
- **Gallery**：用户共享的 GUI 工程。
- **BoosterPack Check**：帮助检查 LaunchPad 套件和 BoosterPack 模块的引脚是否匹配。
- **PinMux**：可视引脚功能分配（不支持 MSP430 MCU）。
- **TI E2E 支持论坛** ★：开发工程师支持论坛。

2.1.3 在线支持

- **TI 培训**

TI 培训提供了丰富的技术培训视频，将从整体或对特定技术进行深入的讲解。利用搜索栏可快速获取相关资源。

对于 MSP430 MCU，您可直接访问 [MSP430 技术讲座系列](#)。



TI training & videos > Applications & designs Live training Products Tools & software Global

Training categories

- Applications & designs (1)
- Products
- Isolation (1)
- Microcontrollers (MCU)
- MSP430™ ultra-low-power MCUs
- Tools & Software (1)

Keywords Training type Date Location Language Clear all

SAC

Hint: separate multiple terms with commas

Filters in use: SAC English MSP430™ ultra-low-power MCUs

Sort by: Relevance Date Title

5 Results

MSP430™ MCU ANALOG INTEGRATION APPLICATIONS

MSP430 MCUs Smart Analog Combo - Applications

Date: June 28, 2019
Duration: 04:02

This video will dive into several applications the smart analog combo can be used for.

图 2-3. TI 培训

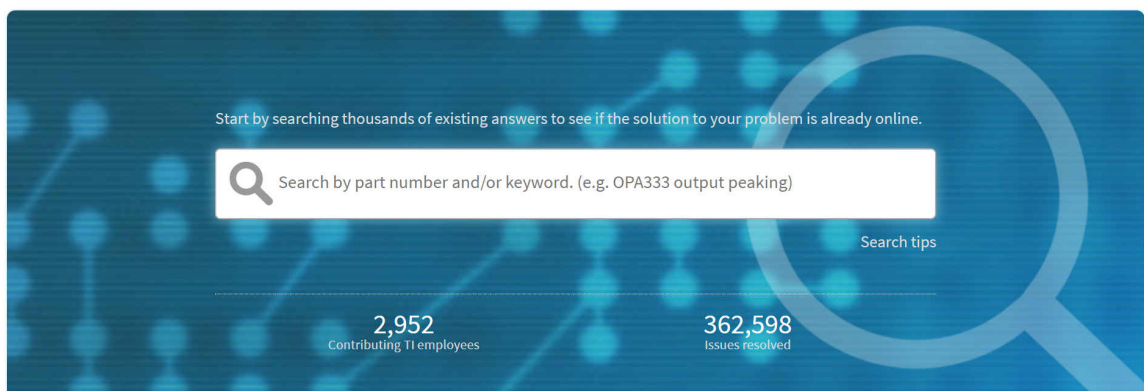
- [TI E2E 支持论坛](#)

- TI E2E 论坛是 TI 专为开发工程师打造的在线技术支持平台。这里有许多来自 TI 的产品专家以及社区设计人员和技术专家参与技术讨论，也可在该平台上提交您在产品开发过程中遇到的任何技术问题。您还可以在 TI E2E 论坛上分享调试经验或相关知识。
- TI E2E 论坛也是一个开放的交流平台。在用户主页上，可查看与用户相关的讨论内容和技术文章。在 TI E2E 论坛上，您还可以直接给好友发送私信。
- [图 2-4](#) 展示了 TI E2E 论坛的四个主要部分。


TEXAS INSTRUMENTS
E2E™ support forums > Forums Technical articles TI training Getting started

Welcome to the TI E2E™ support forums

TI E2E support forums are an engineer's go-to source for help throughout every step of the design process. Our engineers answer your technical questions and share their knowledge to help you quickly solve your design issues.



Start by searching thousands of existing answers to see if the solution to your problem is already online.

Search by part number and/or keyword. (e.g. OPA333 output peaking)

Search tips

2,952 Contributing TI employees

362,598 Issues resolved

图 2-4. TI E2E 支持论坛

- **论坛**：TI 产品经过细分，可帮助设计人员在更有针对性的产品范围内提出技术问题。
- **技术文章**：包含技术信息和调试经验，可帮助您查询和分享相关技术开发经验。

- **TI 培训**：TI 培训主页，提供丰富的技术培训视频。
- **入门★**：TI E2E 论坛中针对特定任务的常见问题列表（按时间顺序排列）。

2.2 MSP430 在线资源

2.2.1 MSP430 主页

- 进入 Ti.com.cn，选择“产品”→“微控制器”→“MSP430 超低功耗 MCU”即可轻松打开 MSP430 主页，也可输入网址 Ti.com/msp430 直接打开。

MSP430 主页（请参阅图 2-5）提供了七个类别的信息。

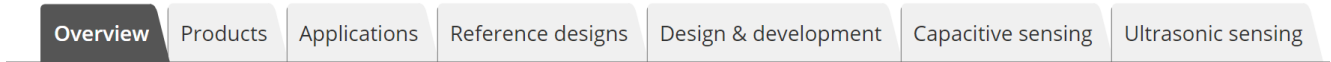


图 2-5. MSP430 主页上的信息类别

- **概述**：对 MSP430 的全面介绍，包括 MSP430 的产品特性、性能以及典型资源模块。
- **产品**：许多 MSP430 MCU 产品，让客户按需选择。
- **应用**：适用于各种主流市场的应用解决方案，包括但不限于：楼宇自动化、网络基础设施、工厂自动化和其他应用。
- **参考设计**：TI 提供的与 MSP430 相关的参考设计。这里提供关于每个参考设计的硬件、软件和文档的详细信息。
- **设计和开发**：开发 MSP430 产品所需的材料，包括调试器 (MSP-FET)、LaunchPad 套件、评估板、IDE 开发工具和 GUI。
- **电容式感应**：电容式触摸产品的开发概况，包括但不限于电容式触摸原理及其他相关的 MSP430 产品和应用。
- **超声波感应**：超声波应用产品的开发概况，包括但不限于对超声波解决方案在水表、燃气表市场中的应用情况进行介绍。

2.2.2 MSP430 产品页面

每款 MSP430 均有一个产品页面，如图 2-6 所示（以 MSP430FR2311 为例）。产品页面上有产品的基本信息（例如，工作频率、存储器大小和外设资源）和一些便于参考和下载的重要文件，比如数据表、用户指南和勘误表。您还可以在产品页面上找到其他相关信息。



图 2-6. MSP430 产品页面顶部

产品页面还提供许多重要的参考资料（请参阅图 2-7）。

Product details

Parameters	Package Pins Size	Features	Description
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	

[View all](#) [Find other MSP430 ultra-low-power MCUs](#)

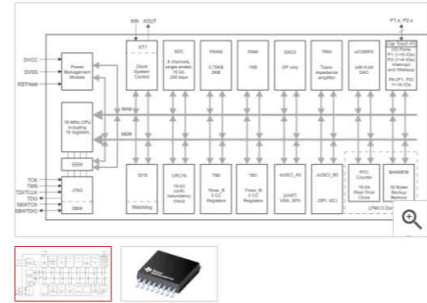


图 2-7. MSP430 产品页面中部

- **产品详细信息**：包括产品详细信息、特性描述、框图等，可帮助客户了解产品的总体性能和内部资源。
- **技术文档**：与 MSP430 器件相关的丰富技术文档，包括但不限于：应用手册、技术文章、代码示例和其他资源。
- **设计和开发**：设计套件和硬件评估板，包括但不限于：与产品相关的参考设计、软件、开发工具、CAD/CAE 符号和其他资源。

2.2.3 MSP430 器件选择

TI 提供品类齐全的 MSP430 MCU 产品系列。目前，TI.com.cn 上提供约 560 款 MSP430 器件。若要通过 TI.com.cn 找到合适的 MSP430 MCU，可采用下述三种方式。

- 使用 **MSP430 产品搜索页面** ★
 - 在 **MSP430 主页**的 MSP430 产品搜索页面中输入符合您需要的片上资源。使用 **快速搜索** 工具，即可快速找到满足基本要求的 MSP430 器件。此外，您可以使用左侧的**筛选栏**进行精确搜索。

Part	FRAM	RAM	ADC Type	GPIO	Package	Features	UART	SPI	I ² C	Comparator	Price
MSP430xx	KB	KB	SAR or SD	-	-	-	-	-	-	-	-

Compare	Part Number	ADC	GPIO pins (#)	Non-volatile memory (kB)
<input type="checkbox"/>	MSP430FR6007 - NEW - 16-MHz MCU with 256-KB FRAM, LCD, 12-bit high speed 8-MSPS sigma-delta ADC and integrated sensor AFE	1	81	256
<input type="checkbox"/>	MSP430FR6005 - NEW - 16-MHz MCU with 128-KB FRAM, LCD, 12-bit high speed 8-MSPS sigma-delta ADC and integrated sensor AFE	1	81	128
<input type="checkbox"/>	MSP430FR2673 - NEW - Capacitive-touch MCU with 16 I/O (64 sensors), 16-KB FRAM, 4-KB SRAM, 27 I/O and 12-bit ADC	12-bit SAR	27	16
<input type="checkbox"/>	MSP430FR2672 - NEW - Capacitive-touch MCU with 16 I/O (16 sensors), 8-KB FRAM, 2-KB SRAM, 27 I/O and 12-bit ADC	12-bit SAR	27	8
<input type="checkbox"/>	MSP430FR2676 - Capacitive Touch MCU with 16 touch IO (64 sensors), 64-KB FRAM, 8-KB SRAM, 43 IO, 12-bit ADC, 105C	12-bit SAR	43	64

图 2-8. MSP430 搜索图示

其他 MSP430 MCU 可用于空间、军事、增强型产品和高温应用。对于这些器件，请选择适用的等级。

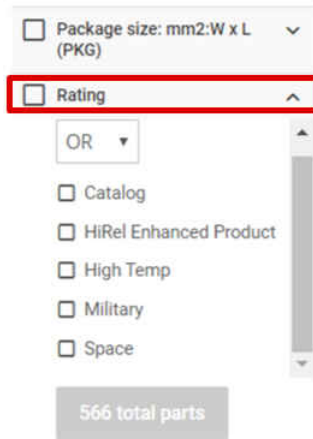


图 2-9. 不同的等级

- 通过参考设计页面

在[参考设计页面](#)上，TI 提供了系统级解决方案。选择市场类型或筛选关键字。它包括使用 MSP430 MCU 的大量参考设计。此外，用户还能够获取可供大多数参考设计使用的关键文档、软件、硬件、BOM 等资料。

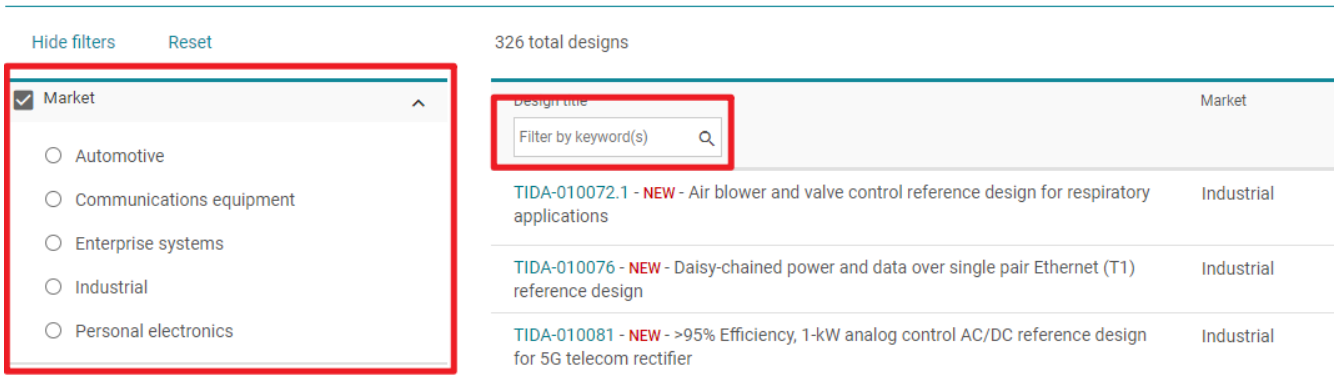


图 2-10. MSP430 参考设计

- 通过 MSP430 的典型应用页面

在[应用页面](#)，TI 提供了一些主流市场应用和终端产品的设计解决方案，并推荐了相关成熟芯片。

Building security systems

Access control

Add capacitive touch to your security system keypad and electronic smart lock designs with MSP430 capacitive sensing microcontrollers. Leverage a broad portfolio that can scale with your needs – from discrete touch solutions to SoCs for more system control.



Design challenge	MSP430 advantages & benefits
Energy efficiency / long battery life	Benchmark performance for standby current consumption
Small form factor and board size	Flexible sensor/button design for small board space
Resistance to harsh elements/environments	IPX5-rated solutions for water/moisture rejection
RF noise immunity	Spread spectrum modulation and frequency hopping techniques to reduce antenna interference
Time to market	Real-time tuning and code generation with CapTIvate Design Center

Featured devices	Tools and development kits	Design resources
MSP43FR2676	CapTIvate Design Center GUI	Application note: CapTIvate Design Flow Guide
MSP430FR2533	MSP430 CapTIvate Touch Keypad BoosterPack	Reference design: Liquid Tolerant Capacitive Touch Keypad
MSP430FR2522	MSP430FR2676 MCU board	Reference design: CapTIvate Electronic Lock and Keypad Reference design: Access Control Panel with Capacitive Touch and BLE

图 2-11. MSP430 应用

2.2.4 MSP430 Academy

MSP430 提供很多 Academy 培训，可帮助您快速学习更多技术知识，而且以后将添加更多内容。

MSP430 Academy 主页：[链接](#)

目前提供以下内容：

- [串行通信](#)
- [计时器](#)
- [超声波气体检测](#)
- [超声波水流量检测](#)

2.2.5 MSP430 内部管理

[MSP 内部管理](#) 培训系列帮助工程师混合和搭配微控制器的常见模拟和数字功能。

3 PC 软件工具资源

3.1 编程相关软件

表 3-1 列出了不同编程工具针对 MSP430 MCU 的兼容性。MSP-GANG 编程器仅支持 MSP-GANG 硬件。其他命令行工具 (如 MSP Flasher 和 BSL Scriptor) 已组合到 UniFlash 中。

表 3-1. 编程工具兼容性

特性	CCS	IAR	UniFlash	Energia
编辑代码	✓	✓		✓
编译和调试	✓	✓		✓
JTAG/SBW 编程	✓	✓	✓	✓
引导加载程序			✓	
Windows® 操作系统	✓	✓	✓	✓
macOS® 操作系统	✓		✓	✓
Linux® 操作系统	✓		✓	✓

- **CCS ★** : Code Composer Studio (CCS) 是 TI 免费提供的 IDE 工具, 同时集成了 TI Resource Explorer。如果 MSP430 MCU 无法识别, 请下载并安装 [MSP FET 驱动器](#)。
 - 产品页面: [适用于 MSP430 的 CCS IDE](#)
 - 用户指南: [《Code Composer Studio 用户指南》](#)
 - 指南手册: [《MSP430 的 CCS 分步技术讲座》](#)
 - 视频链接: [Code Composer Studio v9.3 入门](#)
 - 相关软件开发用户指南
 - [CCS 文档 MSP430™ 汇编语言工具用户指南](#)
 - [MSP430™ 优化 C/C++ 语言编译器用户指南](#)
 - [MSP430 嵌入式应用二进制接口应用手册](#)
 - CCS 集成的有用工具
 - [TI Resource Explorer](#): 包含用于开发 MCU 和处理器的所有材料的资源。
 - [EnergyTrace](#): 一种基于电能的代码分析工具, 用于测量和显示应用中 MSP430 MCU 的电能配置。
 - [ULP \(超低功耗 \) Advisor](#): 这款工具针对用户的代码提供超低功耗改进建议。
- **IAR EW430** : 适用于 MSP430 (IAR EW430) 的 IAR Embedded Workbench 是 IAR 提供的第三方 IDE 工具。
 - 产品页面: [适用于 MSP430 的 IAR Embedded Workbench](#)
 - 用户指南: [《适用于 MSP430™ MCU 的 IAR Embedded Workbench® IDE \(7+ 版 \) 》](#)
- **UniFlash ★** : UniFlash 是 TI 开发的一个编程 GUI 工具, 支持 JTAG 和 BSL。若要对 MSP430 MCU 进行编程, 需要加载一个二进制文件, 该文件可通过[此处链接](#)生成。如果 MSP430 MCU 无法识别, 请下载并安装 [MSP FET 驱动器](#)。
 - 产品页面: [UniFlash](#)
 - 用户指南
 - [《UniFlash 快速入门指南》](#)
 - [《使用 UniFlash 对 MSP430 的引导加载程序进行编程》](#)
- **Energia** : Energia 是一个社区驱动型开源 IDE。它主要支持 LaunchPad 套件中提供的 MSP430 MCU。
 - 产品页面: [Energia](#)
- **MSP430-GCC** : MSP430-GCC 结合了调试器和开源 C/C++ 语言编译器工具链, 用于构建和调试基于 MSP430 和 MSP432 微控制器的嵌入式应用。
 - 产品页面: [GCC - 适用于 MSP 微控制器的开源编译器](#)
- **MSPDS** : MSP 调试堆栈 (MSPDS) 由主机系统端的静态库和在 MSP-FET 等调试工具上运行的嵌入式固件组成。它是开源的, 可用来自定义 MSP430 调试软件工具。
 - 产品页面: [MSP 调试堆栈](#)

3.2 MSP430 软件开发套件

离线 MSP430Ware：一套资源集，可帮助用户高效地创建和构建 MSP430 代码。它包含 MSP 器件的用户手册、代码示例和 MSP430 驱动程序库或基于典型应用的库。它还集成到 TI Resource Explorer 中，可通过 CCS 获取，也可在线获取。

- 产品页面：[用于 MSP 微控制器的 MSP430Ware](#)
- 文件夹类型简介

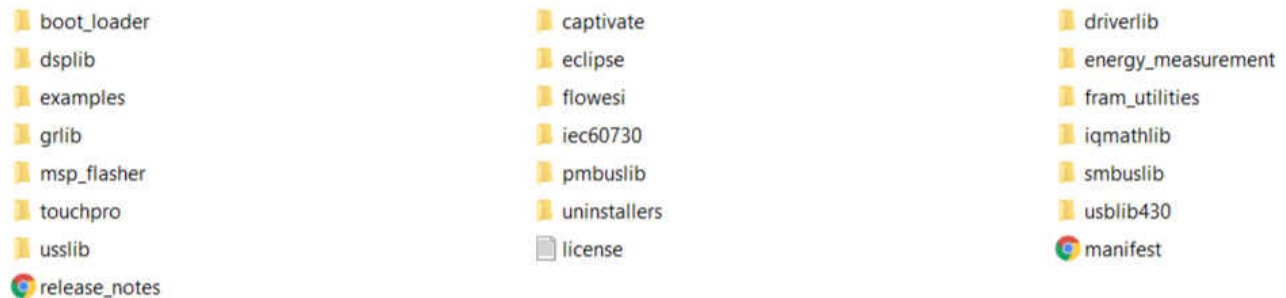


图 3-1. 离线 MSP430Ware 内容：

- 代码示例
 - 示例：包含基于开发板和芯片的寄存器级代码示例。支持 CCS 和 IAR。
 - DriverLib：包含 MSP430 驱动程序库的源文件、例程和相应文档。支持 CCS 和 IAR。
- 典型的应用特定库 (包含 GUI、源文件、代码示例和相关文档)
 - 这些文件夹包括 Captivate (CapTivate 设计中心和软件库)、usslib (USSwLib)、energy_measurement (电能测量库)、usblib430 (USB 开发包)、flowesi (线性和旋转运动检测库)、grlib (图形库) 和 Dsplib (DSPLib)。
- 其他应用库 (包含源文件、例程和相应文档)
 - 这些文件夹包括 iec60730 (IEC60730 库)、iqmathlib (IQmath 库)、pmbuslib (PMBusLib) 和 smbuslib (SMBusLib)。
- 其他类型
 - boot_loader：包含引导加载程序和自定义引导加载程序的相关文档。
 - fram_utilities：包含基于 FRAM 特性的开发例程和文档。
 - msp_flasher：一个 MSP430 命令行下载软件，被 UniFlash 取代，已不再维护。
 - **在线 MSP430Ware**：指 TI Resource Explorer 中的 MSP430Ware。在线版本和离线版本的明显区别在于，在线版本的开发工具文件夹包含更多关于开发工具的信息，包括 IDE、编程软件工具、调试探针、开发板等。此外，您可以下载典型示例或文档，而无需下载整个软件包。
 - 产品页面：[在线 MSP430Ware](#)
 - 文件夹目录简介

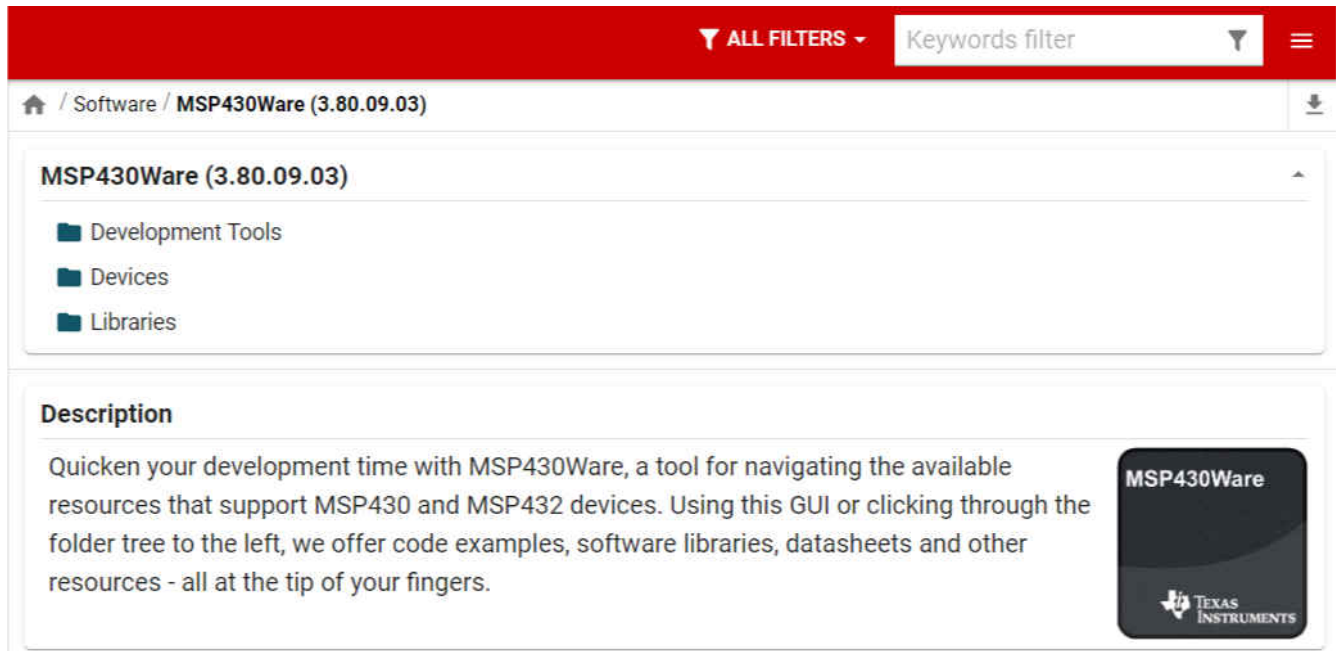


图 3-2. 在线 MSP430Ware 内容：

- **开发工具**：包括 IDE、编程软件工具、调试探针、开发板等工具的软件演示或示例信息。
- **器件**：器件系列相关代码示例。
- **库**：不同的驱动程序库或应用库。

3.3 用于 MSP430 MCU 的 GUI

为了帮助客户开发某些复杂的应用，TI 开发了适用于这类应用的 GUI。

- **CapTIvate™ 设计中心**：一个一站式平台，可提供与 TI MSP430™ 微控制器上集成的 CapTIvate 电容式感应技术相关的所有资源。
- **超声波感应设计中心**：一个一站式平台，可提供与使用 MSP430™ 微控制器 (MCU) 开发超声波感应应用相关的资源。
- **电能测量设计中心**：一款快速开发工具，使用 TI MSP430i20xx 和 MSP430F67xxA 基于闪存的微控制器 (MCU) 实现电能测量。
- **MSP430 USB 开发包**：一款软件包，包含开发基于 USB 的 MSP430 项目所需的所有必要源代码和应用示例。
- **适用于采用扩展扫描接口 (ESI) 的流量计配置的 FlowESI GUI**：FlowESI GUI 允许用户为 ESI 模块开发配置代码，无需参阅用户指南！遵照简单的图形说明，便可将多达 3 个 LC 传感器连接至扩展扫描接口模块。
- **MSP 图形库**：一组免版税的图形基元，用于在基于 MSP430 和 MSP432 微控制器并具有图形显示器的电路板上构建图形用户界面。对于图像重整工具，它是图形库中使用的图像尺寸和色深处理实用程序。
- **数字信号处理 (DSP) 库**：一组经高度优化的函数，可针对 MSP430 微控制器对定点数字执行许多常见的信号处理操作。DSPLib GUI 可用于为 MSP MCU 设计优化型 DSP 库。
- **MSP430 波特率转换器**：根据所需波特率计算 USCI 和 EUSCI 相关寄存器的工具。

4 嵌入式资源

4.1 技术文档

数据表 ★：本文介绍了各种 MSP430 MCU 的参数和功能数据信息，包括引脚功能、外设性能参数以及 MCU 本身，包括内部信号连接、物理特性、产品包装和封装。数据表是典型 MSP430 器件的基本参考文件。

- 请在相应的 [MSP430 产品页面](#) 下载文档。

系列产品用户指南 ★：介绍了 MSP430 MCU 的应用方法和特性，包括但不限于 CPU 和外设的抽象模型、工作模式以及相应的寄存器配置方法。

- 闪存系列
 - 《MSP430x1xx 系列用户指南》
 - 《MSP430x2xx 系列用户指南》
 - 《MSP430i2xx 系列用户指南》
 - 《MSP430x4xx 系列用户指南》
 - 《MSP430x5xx 和 MSP430x6xx 系列用户指南》
- FRAM 系列
 - 《MSP430FR4xx 和 MSP430FR2xx 系列用户指南》
 - 《MSP430FR57xx 系列用户指南》
 - 《MSP430FR58xx、MSP430FR59xx 和 MSP430FR6xx 系列用户指南》

勘误表 ★：描述在某些应用场景、函数或参数中不同于 MSP430 MCU 文档的器件行为。还描述了行为、原因和解决方案。勘误表应与 MSP430 产品开发期间的数据表一同使用。

- 请在相应的 [MSP430 产品页面](#) 下载文档。

应用手册：关于器件、器件外设或应用的技术文档，这是您可以在 TI.com.cn 上找到的常见技术文档类型。

白皮书：关于器件、器件外设或应用的一般介绍。

技术文章：以博客形式描述器件、器件外设或应用。其内容简短而灵活。

- 主页：[嵌入式处理](#)

4.2 嵌入式软件

MSP430 代码示例 ★：MSP430 代码示例是用 C 语言或汇编语言编写的独立式低级程序，通常以高度简洁的方式演示单个外设函数或器件特性。它支持 CCS 和 IAR IDE。

- 产品页面：请参阅典型 MSP430 器件的 [MSP430 产品页面](#) 中的“设计和开发”选项卡。

MSP 驱动程序库：包含将器件硬件寄存器细节抽象出来的软件 API，并举例说明如何在工程中使用 DriverLib API。它支持 CCS 和 IAR IDE。使用 DriverLib 将使开发变得更容易，但会降低效率。

- 产品页面：[MSP 驱动程序库](#)

MSP430™ 超值系列感应功能代码示例：使用 MSP430FR2xxx 的 25 个代码示例的集合。借助这些代码示例，开发人员可向简单的数字和模拟功能（如计时器、输入/输出扩展器、系统重置控制器、EEPROM 等）添加可编程性。

- 产品页面：[MSP430™ 超值系列感应功能代码示例](#)

其他软件库：有关其他库，请参阅 [节 3.2](#)。

开源 RTOS：MSP430 支持多种开源 RTOS 系统。这里列出了 TI-RTOS 和 FreeRTOS 相关资源。有关其他开源 RTOS 系统，请访问 [OSRTOS 网站](#)。

- **TI-RTOS**：TI-RTOS 是用于 TI 微控制器的免费实时操作系统。MSP430 的最新版本是 2.20.00.06（2016 年 6 月 22 日）。目前暂无更新计划。强烈建议您在 MSP430 上使用非 RTOS 型应用。
 - 产品页面：[TI-RTOS 产品发布和下载链接](#)

- **FreeRTOS** : FreeRTOS 是市面上先进的 RTOS。它根据 MIT 开源许可证免费发布，包括一个内核和一组不断增加的库，适用于所有行业。
 - 产品页面：[FreeRTOS](#)

4.3 调试器和编程器

表 4-1 比较了 TI 推荐的不同 MSP430 编程工具。

表 4-1. 调试器和编程器工具比较

特性	eZ-FET	MSP-FET	eZ-FET Lite	MSP-FET430UIF	MSP-GANG	REF430F	Rocket
类型	调试器	调试器	调试器	调试器	编程器	编程器	编程器
4 线制 JTAG		✓		✓	✓	✓	
2 线制 JTAG (SBW)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
BSL 工具或模式		✓			✓		✓
USB 反向通道 UART	✓	✓					
CCS/IAR 提供支持	✓	✓	✓	✓			
UniFlash 提供支持	✓	✓	✓	✓			✓
EnergyTrace	✓	✓					
应用	开发	开发	开发	开发	量产	量产	固件更新

表 4-2 比较了不同的编程方法。

表 4-2. 调试和编程方法比较

特性	SBW	JTAG	BSL	主存储器 BSL
调试	✓	✓		
编程	✓	✓	✓	✓
编程引脚	2	4	2 或 3	2 或 3
调用引脚 (RST、TEST)	✓	✓	✓	
协议	2 线制 JTAG	4 线制 JTAG	UART、SPI、I ² C、USB	UART、SPI、I ² C、USB
优势	所需引脚和布线比 JTAG 少	比 SBW 更快更稳定	简单编程接口	支持自定义 BSL

调试器 (调试探针) : 强大的仿真开发工具，支持所有 MSP430 JTAG 和 SBW 调试接口，可用于调试和编程。
CCS 支持四种调试器：eZ-FET、eZ-FET Lite、MSP-FET 和 MSP-FET430UIF。

编程器：仅用于编程的产品。主要包括 MSP-GANG 和 Rocket。

- 用户指南 ★
 - 《[MSP 调试器用户指南](#)》
- 相关产品
 - **MSP-FET** ★：超强大、超快速的 MSP430 调试探针。目标 VCC 是可选的，电源电流最大为 100mA。
 - 产品页面：[MSP-FET MSP MCU 编程器和调试器](#)
 - **eZ-FET** ★：低成本 MSP430 调试探针，通常与 LaunchPad 套件搭配出售。此外，它只支持一个固定电压电源。
 - 产品页面：请参阅具体的 LaunchPad 产品页面。
 - **eZ-FET Lite**：低成本 MSP430 调试探针，通常与 LaunchPad 套件搭配出售，比 eZ-FET 少了 EnergyTrace。它还是开源调试探针，支持客户对调试探针进行自定义设置。
 - 产品页面：请参阅 [MSP430F5529 LaunchPad 套件](#) 产品页面。
 - 开源版本页面：[MSP430_ezFETLite](#)
 - **MSP-GANG** ★：MSP-GANG 编程器不能调试代码并用于产品量产。这款编程器可独立于计算机运行，并支持 8 个 MSP430 同时编程。
 - 产品页面：[MSP-GANG 量产编程器](#)
 - **Rocket** ★：与 UniFlash 协作，主要用于下载和擦除。TI 提供源代码和硬件设计。
 - 产品页面：[MSPBSL_Rocket](#)
 - **REF430F**：一款开源产品量产工具，用于为客户提供定制服务，也可用于学习 JTAG 通信协议。
 - 产品页面：[Elprotronic, Inc. MSP430 MCU 复制器](#)
 - 用户指南：[《通过 JTAG 接口对 MSP430 进行编程》](#)
 - **MSP-FET430UIF**：上一代 MSP-FET，TI.com.cn 上不再提供。
 - 产品页面：[MSP-FET430UIF](#)
 - **EnergyTrace**：一种基于电能的代码分析工具，用于测量和显示应用的电能配置，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 技术](#)
 - 用户指南：[《ULP Advisor™ 软件和 EnergyTrace™ 技术》](#)
 - **USB2ANY 接口适配器**：一款用于支持计算机通过 USB 连接控制评估模块 (EVM) 的工具，支持多种常见的协议接口。
 - 产品页面：[USB2ANY 接口适配器](#)
 - 用户指南：[《USB2ANY 接口适配器用户指南》](#)

引导加载程序 (BSL)：一种软件升级程序，出厂默认存储在闪存或 ROM 中。主要用于 RAM、主存储器和信息存储器中的代码编程、擦除和读取。当通过 BSL 更新程序时，通信接口和 \overline{RST} 和测试引脚被占用。有关支持的通信接口，请参阅特定器件数据表中的 *引导加载程序 (BSL)* 部分。

- 自定义 BSL 类型
 - **基于闪存的 BSL (支持 MSP430F5x 和 MSP430F6x)** TI 在 BSL 存储器中提供了 BSL 源代码，但受存储空间限制，灵活性较差。
 - **主存储器 BSL (支持所有 MSP430)** TI 提供了主存储器 BSL 的代码示例，供客户开发自定义 BSL，它位于主存储器中，灵活性更高，但需要额外的存储空间。
- 产品页面：[适用于 MSP 低功耗微控制器的引导加载程序 \(BSL\)](#)

- 视频
 - [MSP 引导加载程序 \(BSL\) 概览](#)
 - [MSP 引导加载程序 \(BSL\) 选项](#)
- 用户指南
 - [《MSP430™ 闪存器件引导加载程序 \(BSL\) 用户指南》](#)
 - [《MSP430 FRAM 器件引导加载程序 \(BSL\) 用户指南》](#)
- 应用手册
 - [《创建基于闪存的自定义引导加载程序 \(BSL\)》](#)
 - [《适用于 SimpleLink™ MCU 的 MSP430™ Spy-Bi-Wire》](#)
 - [《基于 LaunchPad 的 MSP430 UART BSL 接口》](#)
 - [《适用于 SimpleLink MCU 的 MSP430 引导加载程序》](#)
 - [《适用于 Sitara Embedded Linux 主机的 MSP430 引导加载程序》](#)
 - [《使用 Linux 通过 I2C 更新 MSP430 固件》](#)
 - [《MSPBoot - 适用于 MSP430 微控制器的主存储器引导加载程序》](#)
 - [《MSP430FRBoot - 主存储器引导加载程序和无线更新》](#)
 - [《使用 MSP430FR57xx 进行无线 \(OTA\) 更新》](#)
 - [《Crypto-Bootloader - 适用于超低功耗 MCU 的安全现场固件更新》](#)

4.4 开发板

表 4-3 比较了支持 MSP430 MCU 的开发板。

表 4-3. 开发板比较

特性	LaunchPad	EVM 板	目标插座板	TI 参考设计	BoosterPack
板载 eZ-FET	✓	✓/X			
引出线	✓	✓/X	✓		✓
在销板	✓	✓	✓		✓
板特性	易用且便宜	系统性解决方案	插座板	系统性解决方案	与 LaunchPad 套件兼容
应用	了解或评估 MSP430	典型 MSP430 应用参考	芯片测试或子系统参考	终端设备参考	采用模拟和数字器件快速构建系统

LaunchPad 开发套件 ★：TI 开发的低成本 MSP430 开发板，集成了板载调试器。它的外围器件更少，但外露的 MSP430 引脚更多。不同的 LaunchPad 套件可以插在一起，开发出功能丰富的系统。它是开发 MSP430 应用的理想选择。

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

目标插座板：可通过 JTAG 和 BSL 接口进行编程和调试的独立插座目标板。板上无外围器件，但上面的所有 MSP430 引脚都采用外露设计。这些板的主要优点是能支持所有 MSP430 MCU，并且 MSP430 MCU 是可拆卸的。

- 用户指南 ★：[《MSP430 硬件工具用户指南》](#)
- 产品页面：请参阅每个 [MSP430 产品页面](#) 的“设计和开发”选项卡。

EVM 板：一种评估板，主要为特定 MSP430 应用（如电容式触摸感应、超声波感应、电能测量等）而开发，包含了相关的文档、用户指南和硬件。它为用户开发典型 MSP430 应用提供参考。

- 产品列表：[MSP430 EVM 板](#)

TI 参考设计专为使用 MSP430 MCU 的应用而开发，如电能测量、功率、电机控制等。它包含丰富的设计资源，其中大多数资源为开发终端设备提供参考。它和 EVM 板非常相似，区别在于它不能通过 [TI.com.cn](#) 购买。

- 产品页面：[MSP430 超低功耗 MCU - 参考设计](#)

BoosterPack 插件模块：用于了解和评估 TI 的模拟或数字器件的平台。目前有 53 种类型，几乎涵盖所有 TI 产品系列。BoosterPack 外形与硬件评估模块的 TI LaunchPad™ 生态系统兼容。

- 产品列表：[BOOSTXL 系列产品列表](#)
- 用户指南：[《创建 LaunchPad™ 或 LaunchPad BoosterPack™ 开发工具》](#)

5 MSP430 应用资源

5.1 器件相关应用手册

本部分列出了有关 MSP430 MCU 及其外设的所有应用手册。

- 编码、编程和调试
 - 《适用于 MSP430™ MCU 的软件编码技术》
 - 《MSP 代码保护功能》
 - 《MSP430™ MCU 的 C 语言和汇编语言混合》
 - 《使用 MSP430 图形库时的设计注意事项》
 - 《优化 MSP430 MCU 的 C 代码量：提示和技巧》
- 振荡器
 - 《MSP430 32kHz 晶体振荡器》
 - 《MSP430 LFXT1 振荡器精度》
 - 《MSP430FR2xx/FR4xx DCO+FLL 应用指南》
- ADC

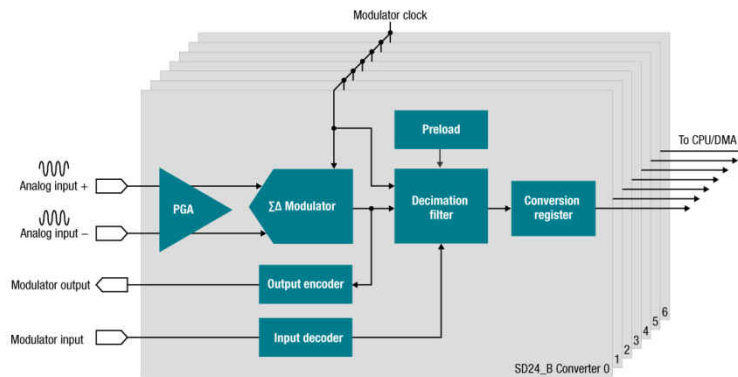


图 5-1.7 通道 Σ - Δ ADC 图

- 《模数规格和性能特性术语表》
- 《使用 MSP430™ MCU 达到阈值时的 ADC 唤醒和数据发送》
- 《使用 MSP430FR4xx 和 MSP430FR2xx ADC 进行设计》
- 《使用 MSP430FR58xx、FR59xx、FR68xx 和 FR69xx ADC 进行设计》
- 《对 MSP ADC 进行一般过采样以提高分辨率》
- 《高速模数转换器基础知识》
- 《 Σ - Δ ADC 的工作原理 (第 1 部分)》
- 《 Σ - Δ ADC 的工作原理 (第 2 部分)》
- 《使用 ADC12_A 实现热电偶接口》
- 《使用 MSP430FR MCU 片上 VREF 和 ADC 的低功耗电池电压测量》
- 《对 ADC12 进行过采样以提高分辨率》
- 《MSP MCU 上 Σ - Δ ADC 的常见问题解答》 ★
- 通信
 - 《了解 I2C 总线》
 - 《SMBus 与 I2C 器件的兼容性》
 - 《使用 8 位间隔定时器/计数器实现 UART 功能》
 - 《使用低内存 MSP430™ MCU 的 SPI I/O 扩展器》
 - 《使用 MSP430™ MCU 的 UART 软件控制型 RGB LED 混色》
 - 《使用低内存 MSP430™ MCU 的 UART 转 I2C 桥接器》
 - 《使用低内存 MSP430™ MCU 的 UART 转 SPI 桥接器》
 - 《使用低内存 MSP430™ MCU 的 UART 转 UART 桥接器》

- 《使用 MSP430 MCU 实现低功耗 Windows 8 HID Over I2C 应用》
- 《使用 MSP430 硬件 I2C 实现 SMBus》
- 《MSP430 MCU 上的 I2C 软件》
- 《MSP430 MCU 上 eUSCI 和 USCI 串行通信常见问题的解决方案》
- 《使用 USCI I2C 主器件》
- FRAM
 - 《FRAM 常见问题解答》
 - 《使用低内存 MSP430™ FRAM MCU 的 EEPROM 仿真》
 - 《最大限度地提高 MSP430™ FRAM 的写入速度》
 - 《MSP430 FRAM 质量和可靠性》
 - 《MSP430 FRAM 技术 - 操作方法和最佳实践》
 - 《低功耗 FRAM 微控制器及其应用》
- PWM
 - 《使用 MSP430™ MCU 增强型比较器的模拟输入转 PWM 输出》
 - 《使用低内存 MSP430™ MCU 的双输出 8 位 PWM DAC》
 - 《使用 MSP430 高分辨率计时器的 PWM DAC》
 - 《将 PWM 计时器_B 用作 DAC》
- RTC
 - 《使用低内存 MSP430™ MCU 并具有备用存储器的外部 RTC》
 - 《使用 MSP430™ MCU 的简单 RTC 系统唤醒控制器》
 - 《MSP430F6736 上的 ULP 温度补偿 RTC》
 - 《使用具有电池备用电源的 MSP430 RTC_B 模块》
 - 《使用实时时钟库》
- 计时器
 - 《使用 MSP430™ MCU 的外部可编程看门狗计时器》
 - 《单个 MSP430 计时器模块的多时基》
 - 《在高分辨率模式下使用 MSP430 计时器_D 模块》
- 智能模拟组合 (SAC) : 可配置运算放大器 + 可编程增益 (PGA) + 12 位 DAC

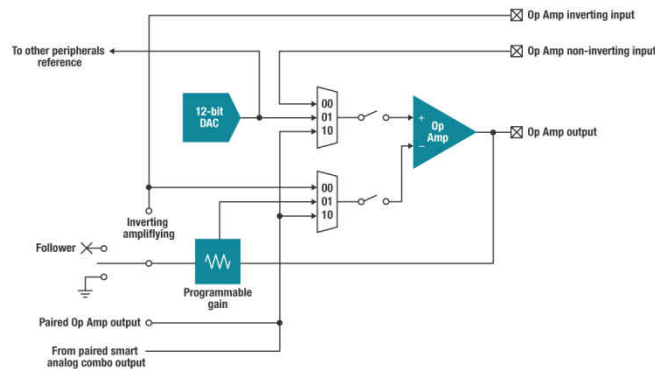


图 5-2. 智能模拟组合图

- 《具有 MSP430 智能模拟组合的半波整流器电路》
- 《具有 MSP430 智能模拟组合的高侧电流感测电路设计》
- 《如何使用 MSP430FR2311 上的智能模拟组合和跨阻放大器》
- 《如何使用 MSP430™ MCU 中的智能模拟组合》
- 《低噪声远距离 PIR 传感器调节器电路 MSP430 智能模拟组合》
- 《具有 MSP430™ 智能模拟组合的低侧双向电流感测电路》
- 《具有 MSP430 智能模拟组合的应变仪桥式放大器电路》
- 《具有 MSP430 智能模拟组合的温度感应 NTC 电路》
- 《具有 MSP430 智能模拟组合的跨阻放大器电路》

- 《具有 MSP430 SAC 的单电源低侧单向电流感测电路》
- 低功耗加速器 (LEA)：一种硬件引擎，旨在用于涉及基于矢量信号处理的操作，无需 CPU 干预。

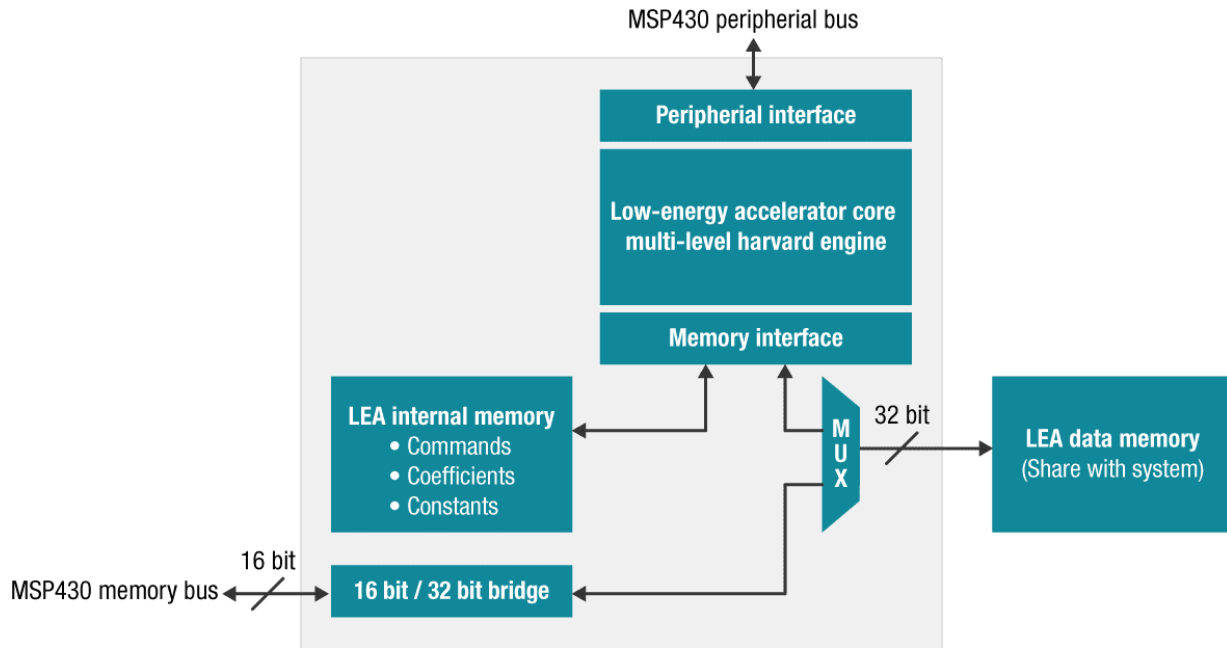


图 5-3. 低功耗加速器图

- 《对低功耗加速器的信号处理能力进行基准测试》
- 《低功耗加速器 (LEA) 常见问题解答》
- 《低功耗加速器 (LEA) 命令》★
- 《低功耗加速器 (LEA) 寄存器》★
- 《低功耗加速器 (LEA) 公共参数块》★
- LCD
 - 《使用 MSP430™ MCU 和分段式 LCD 进行设计》（包括不同 LCD 外设之间的比较）
 - 《使用 MSP430 的 LCD 外设驱动大型 LCD》
 - 《基于 MSP430 MCU 的玻璃 LCD 软件驱动器》
 - 《利用两个 MSP430 增强更大尺寸 LCD 的分段行》
- 从闪存迁移到 FRAM 系列
 - 《MSP430FR2000 到 MSP430FR2311 MCU 的代码移植》
 - 《从 MSP430FW42x 扫描接口迁移到 MSP430FR6x8x/FR5x8x ESI》
 - 《从 MSP430 F2xx/G2xx 系列迁移到 MSP430 FR4xx/FR2xx 系列》
 - 《从 MSP430F2xx 系列迁移到 MSP430FR57xx 系列》
 - 《从 MSP430F2xx/G2xx 系列迁移到 MSP430FR58xx/FR59xx/68xx/69xx 系列》
 - 《从 MSP430F4xx 系列迁移到 MSP430FR58xx/FR59xx/FR68xx/FR69xx 系列》
 - 《从 MSP430F4xx 系列迁移到 MSP430FR4xx 系列》
 - 《从 MSP430F5xx/F6xx 系列迁移到 MSP430FR58xx/FR59xx/68xx 系列》
 - 《从 USCI 模块迁移到 eUSCI 模块》
 - 《从 MSP430 FR58xx/FR59xx/FR6xx 系列迁移到 FR4xx/FR2xx 系列》

5.2 系统级解决方案

以下三节描述了 TI 提供的系统级解决方案：

- “典型 MSP430 参考设计”介绍了 MSP430 MCU 的目标应用。这些设计包括 GUI 和其他材料。
- “TI 参考设计”列出了针对众多应用的其他参考设计。

- “系统相关应用手册”列出了应用手册中描述的设计。这些设计涉及各种应用。

5.2.1 典型 MSP430 参考设计

5.2.1.1 电容式触摸感应

这项技术提供了一种低功耗电容式触摸解决方案，支持按钮、滑块、滚轮和接近感应。触摸板可采用金属、玻璃、塑料等材质，主要用于提高美观性和人机交互的可靠性。

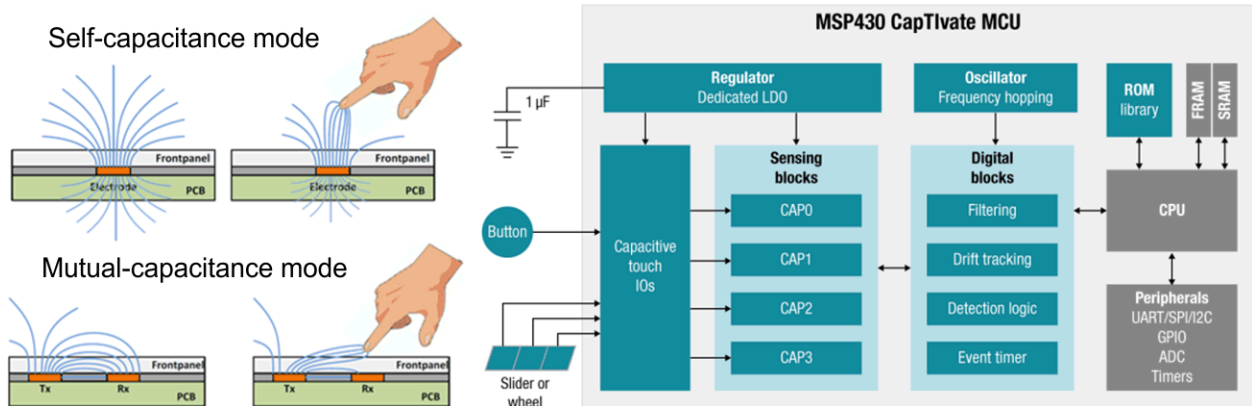


图 5-4. 电容式触摸感应图

- 产品页面：[CapTIvate™ MCU：易于使用的电容式触摸解决方案](#)
- GUI 产品页面：[CapTIvate™ 设计中心 GUI](#)
- 用户指南 ★
 - 《[CapTIvate™ 技术指南](#)》
- 视频系列：[CapTIvate™ 技术培训系列](#)
- 设计流程指南 ★
 - 《[采用 CapTIvate™ 技术的 MSP430™ MCU 电容式触摸设计流程](#)》
- EVM 和其他可用板：
 - [CAPTIVATE-PGMR](#) (eZ-FET™ 编程器/调试器)
 - [CAPTIVATE-FR2676](#) (MSP430FR2676 目标 MCU 模块)
 - [CAPTIVATE-FR2633](#) (MSP430FR2633 目标 MCU 模块)
 - [BOOSTXL-CAPKEYPAD](#) (MSP430FR2522 + 互电容式 HMI 演示)
 - [EVM430-CAPMINI](#) (MSP430FR2512 + 自电容式演示)
 - [CAPTIVATE-ISO](#) (程序和通信隔离器)
 - [CAPTIVATE-BSWP](#) (自电容式 HMI 演示面板)
 - [CAPTIVATE-PHONE](#) (互电容式 HMI 演示面板)
 - [CAPTIVATE-METAL](#) (金属触控 HMI 演示面板)
 - [CAPTIVATE-EMC](#) (电磁兼容性评估)
- 应用手册
 - 《[借助 MSP CapTIvate™ 技术实现抗噪电容式触摸 HMI](#)》
 - 《[借助 OpenSCAD 脚本实现电容式触摸传感器 PCB 设计自动化](#)》
 - 《[电容式触摸手势软件及其调优](#)》
 - 《[电容式触摸硬件设计指南](#)》
 - 《[通过采用 CapTIvate™ 技术的 MSP430™ MCU 实现电容式金属面板触摸感应](#)》
 - 《[电容式触摸应用中的灵敏度、SNR 和设计裕度](#)》
- TI 参考设计
 - 《[采用 CapTIvate 技术的 64 按钮电容式触摸面板设计指南](#)》
 - 《[采用 BLE、电容式触摸和软件集成的访问控制面板参考设计](#)》
 - 《[电容式触摸恒温器用户界面设计指南](#)》
 - 《[电容式液位发送传感器参考设计](#)》
 - 《[CapTIvate™ 电子锁设计指南](#)》

- 《基于手势的电容式触摸扬声器界面参考设计》
- 《耐液体电容式触摸键盘参考设计》
- 《采用 CapTivate 技术、Haptics 和 LCD 的 MSP430 微控制器 MSP432》
- 《抗噪电容式触摸人机界面设计指南》
- 《采用 CapTivate 技术的触控远程控制参考设计》
- 《低功耗穿透玻璃触控设计指南》
- 《采用 Sharp® LCD 的玻璃面板触控设计指南》

5.2.1.2 超声波感应

这项技术专为高精度液体和气体流量测量应用而设计。它可用于水表或燃气表、液位感应、泄漏检测、风速计等。

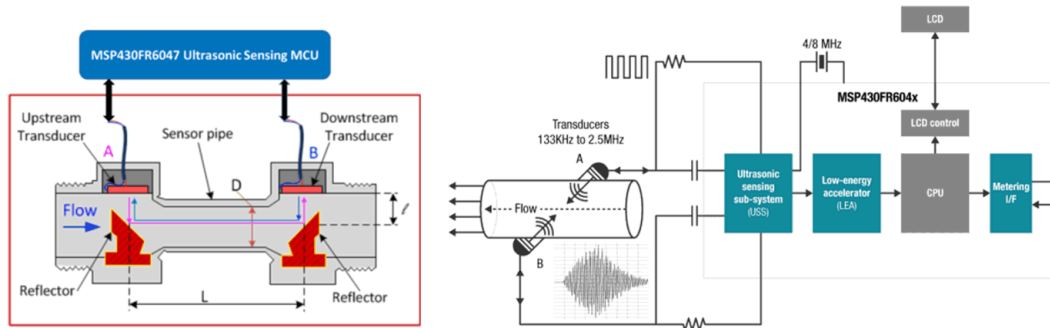


图 5-5. 超声波感应图

- 产品页面：用于水表、燃气表和热量计的超低功耗 SoC
- GUI 产品页面：MSP430 MCU 超声波感应设计中心
- 视频系列
 - 用于水流量计的超声波感应
 - 用于燃气流量计的超声波感应
- EVM 板 ★
 - EVM430-FR6047 (用于水流量测量感应)
 - EVM430-FR6043 (用于水、燃气流量测量感应)
- 应用手册
 - 《超声波感应技术常见问题解答》
 - 《如何将 MSP430FR6047 时钟系统域与 USS 振荡器同步》
 - 《基于波形捕获的超声波感应水流量测量技术》
 - 《燃气流量的超声波感应》
 - 《基于 MSP430FR6043 的超声波燃气流量计快速入门指南》
 - 《基于 MSP430FR6047 的超声波水流量计快速入门指南》
 - 《超声波感应解决方案子模块概述》
 - 《燃气流量用超声波变送器选型》
 - 《高分辨率超声波液位感应》
 - 《采用 MSP430™ MCU 的超声波应用》
 - 《液体浓度感应》
 - 《高分辨率风速计》
 - 《超声波表面感应》
 - 《超声波泄漏检测》
 - 《氧浓度感应》
- TI 参考设计
 - 《适用于水流量测量的优化超声波感应计量参考设计》
 - 《适用于燃气流量测量的超声波感应子系统参考设计》

5.2.1.3 电能测量

这项技术为进行电流、电压、有功功率和无功功率的高精度测量提供帮助。主要用于电表和分表，支持 CT、Rogowski 线圈和分流传感器。

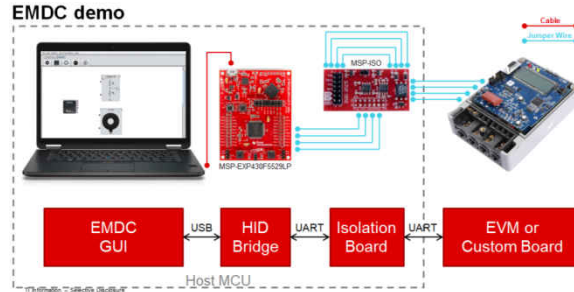


图 5-6. 电能测量系统连接

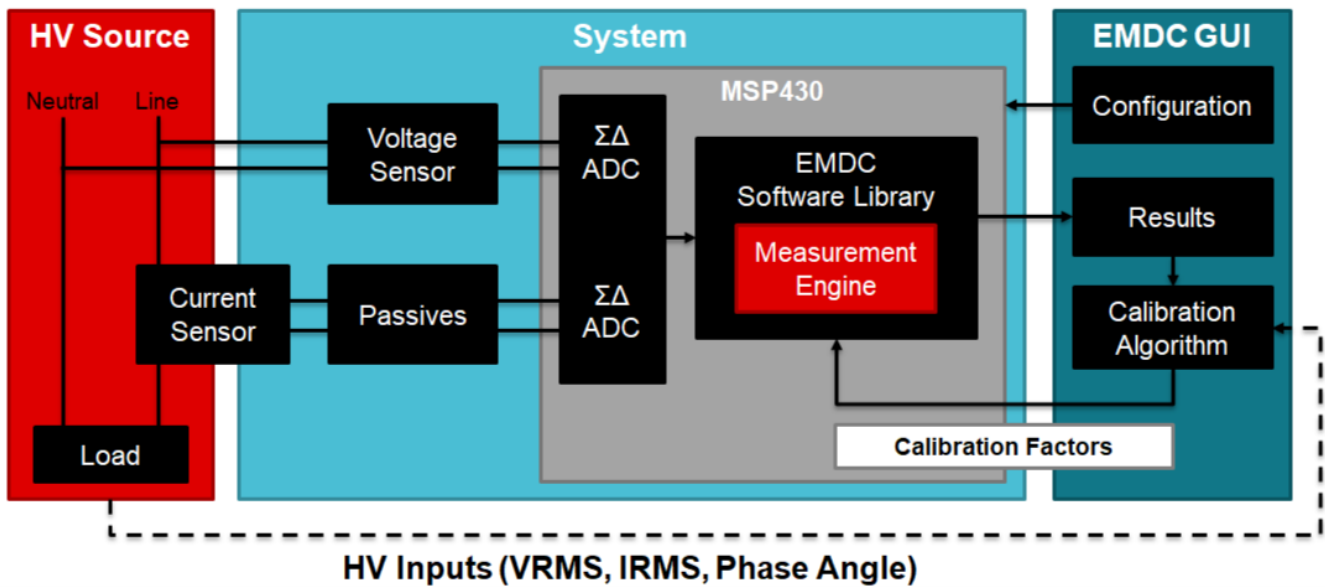


图 5-7. 电能测量图

- GUI 产品页面：[适用于 MSP430 MCU 的电能测量设计中心](#)
- 用户指南 ★：《[电能测量技术指南](#)》
- 视频系列：[适用于 MSP430 MCU 的电能测量设计中心：培训系列](#)
- EVM 板（若要下载这三种 EVM 板的 GUI，请访问 [MSP-EM-DESIGN-CENTER 产品页面](#)）
 - [EVM430-i2040S](#)（单相或分项电能测量）
 - [EVM430-F6736](#)（单相电表：0.2 级精度）
 - [EVM430-F6779](#)（三相电表：0.2 级精度）
- 应用手册
 - 《[使用 MSP430i20xx 实现单相或二相电子电表](#)》
 - 《[MSP430F67xx 和 MSP430F67xxA 器件之间的差异](#)》
- TI 参考设计
 - 《[MSP430F6736 上的 ULP 温度补偿 RTC 设计指南](#)》
 - 《[具有线电阻和 EMI 电容器补偿功能的单相交流和直流电源监控器](#)》
 - 《[具有隔离式电能测量功能的单相电表](#)》
 - 《[三相 Rogowski 线圈电子电表解决方案](#)》
 - 《[具有增强型 ESD 保护功能的单相计量参考设计](#)》
 - 《[0.5 级三相智能仪表参考设计](#)》
 - 《[电子电表电池管理和辅助电源选项设计指南](#)》

- 《三路输出智能电源板设计指南》
- 《在智能电表实现 Wi-Fi 连接》

5.2.1.4 USB 集成

MSP430 MCU 有几个子系列包含片上 USB 2.0 模块。结合 MSP430 USB 开发包，USB 开发将变得简单。

- GUI 产品页面：[MSP430 USB 开发包](#)
- 用户指南 ★：[《使用 MSP430 MCU 开始 USB 设计》](#)
- 应用手册
 - [《在智能电表实现 Wi-Fi 连接》](#)
 - [《在移动设备上支持 MSP430 USB 的 Android 应用》](#)
 - [《使用 MSP430 微控制器的 USB 键盘》](#)
 - [《MSP430 MCU 的 USB 现场固件更新》](#)

5.2.2 TI 参考设计

- [《BOOST-IR 红外 \(IR\) BoosterPack™ 插件模块用户指南》](#)
- [《1 级和 2 级电动汽车服务设备 \(EVSE\) 设计指南》](#)
- [《10 节串联电池组的监测、平衡和综合保护、50A 放电参考设计》](#)
- [《4mA 至 20mA 电流环路发送器设计指南》](#)
- [《10uA 至 100mA、0.05% 误差、高侧电流感测设计指南》](#)
- [《适用于工业网关的以太网供电 \(PoE\) 参考设计》](#)
- [《MSP430FR2311 IR 反射感应子系统设计指南》](#)
- [《由回路供电的 4mA 至 20mA RTD 温度变送器参考设计》](#)
- [《多参数生物信号监视器设计指南》](#)
- [《TIDM-NFC-RW 设计指南》](#)
- [《超低功耗血压和心率监护仪设计指南》](#)
- [《高度集成、4½ 位、低功耗手持数字万用表平台参考设计》](#)
- [《MSP430 软件 RGB LED 控制设计指南》](#)
- [《具有四路 4Gbps FPD-Link III 和双路 CSI-2 输出的 ADAS 多传感器集线器设计》](#)
- [《0A 至 1A 单电源低侧电流感测解决方案设计指南》](#)
- [《空气质量传感器设计指南》](#)
- [《使用 MSP430 设计 SMBus 指南》](#)
- [《使用 MSP FRAM 微控制器的 EEPROM 仿真和感应参考设计》](#)
- [《电感式接近感应设计指南》](#)
- [《支持 Wi-Fi 的 1 级和 2 级电动汽车维修设备设计指南》](#)
- [《适用于 3.3V 输入的 TEC 驱动器参考设计》](#)
- [《使用电感式感应的外壳篡改检测参考设计》](#)
- [《具有两个 4Gbps 四通道解串器的 ADAS 8 通道传感器融合集线器参考设计》](#)
- [《具有预测性维护功能的智能电磁阀驱动器参考设计》](#)
- [《ESI + LDC 电感式线性位置感应设计指南》](#)
- [《使用 PWM DAC 的语音频带音频播放设计指南》](#)
- [《使用单线通信协议的存储器仿真设计指南》](#)
- [《±1A 单电源低侧电流感测解决方案设计指南》](#)
- [《使用 MSP430™ FRAM 的 IO-Link 固件更新参考设计》](#)
- [《在移动电源中实现输出电流感测和限制以及插件检测设计指南》](#)
- [《适用于电动汽车充电站 \(充电桩\) 的 NFC 身份验证参考设计》](#)
- [《KNX 恒温器 TI 设计指南》](#)
- [《单芯片混合信号 MCU 温度变送器》](#)
- [《用于 wM-Bus T 模式/C 模式和 DSSS 编码远距离模式的数据收集器设计指南》](#)
- [《使用 MSP430FR4xx 实现温度调节装置的设计指南》](#)
- [《使用 MSP430 的空调远程控制器设计指南》](#)
- [《使用 MSP430 FRAM 微控制器的滤波和信号处理参考设计》](#)
- [《MSP430 低功耗方向追踪器设计指南》](#)
- [《环路供电式应用数据隔离设计指南》](#)

- 《使用 MSP-EXP430FR6989 & FRAM 实现功耗计算实用程序设计指南》
- 《MSP430 微控制器 QVGA 3D 图形设计指南》
- 《效率为 98% 的 18V/400W 紧凑型无刷直流电机驱动器设计指南》
- 《12V 至 24V、27A 有刷直流电机参考设计》
- 《适用于电机和泵的无线状态监控器参考设计》
- 《具有闭环速度控制功能的 24V/36W BLDC 电机驱动器参考设计》
- 《使用 BLDC 电机驱动器驱动三相步进电机的参考设计》
- 《单 PWM 无刷直流电机控制 TI 参考设计》
- 《使用双极步进电机控制器的单极步进电机驱动器设计指南》
- 《无线电机监控器 (WMM) 设计指南》
- 《使用 FRAM MCU 的低功耗微步进电机驱动器设计指南》
- 《集成传感器的 BLDC 电机控制器参考设计》
- 《双高分辨率微步进驱动器》
- 《具有堵转电流限制功能的 10.8V/250W、效率高达 97% 的紧凑型 BLDC 电机驱动器》
- 《使用 MSP430 FRAM 微控制器的滤波和信号处理参考设计》
- 《基于单个驱动器且具有 15W 功率限制的 12V 步进有刷直流和执行器驱动器参考设计》

5.2.3 系统相关应用手册

- 《花 0.25 美元即可增强简单的模拟和数字功能》
- 《使用 MSP430 MCU 实现 CRC》
- 《使用 MSP430 超值系列的数字可寻址照明接口 (DALI)》
- 《使用 MSP430G2xx LaunchPad 套件实现基于 EKG 的心率监护仪》
- 《使用 MSP430F4xx 和 ADS1240 实现直接热电偶接口》
- 《使用 MSP430F42xA MCU 实现单芯片热电偶接口》
- 《使用 MSP430 MCU 实现超低功耗键盘接口》
- 《使用 Slope ADC 实现超低功耗恒温器》
- 《使用 MSP430 MCU 实现 IrDA》
- 《使用 MSP430FR4xx 实现红外遥控》
- 《使用 MSP430 MCU 的模糊逻辑电机控制》
- 《使用 MSP430™ MCU 的伺服电机控制器》
- 《使用 MSP430™ MCU 的步进电机控制》
- 《用于 MSP430 的 1.8V - 5.5V 输入高效直流/直流转换器参考设计》
- 《单线枚举》
- 《使用低内存 MSP430™ MCU 的 7 段 LED 秒表》
- 《使用 MSP430 MCU 的简单玻璃破裂探测器》
- 《使用 MSP430 的单芯片脉动式血氧计设计》
- 《MSP GCC 中的调用约定和 ABI 变更》
- 《使用 MSP430FR2355 MCU 的双射线烟雾探测器设计》
- 《MSP-EXP430FR5969 的 EEMBC ULPBench 入门》
- 《使用 MSP430FG439 的心率和 EKG 监护仪》
- 《使用低内存 MSP430™ FRAM MCU 带 UART 的迟滞比较器》
- 《连接 MSP430 MCU 和 TMP100 温度传感器》
- 《连接 MSP430™ MCU 和 MMC 或 SD 闪存卡》
- 《连接 3V MSP430 MCU 和 5V 电路》
- 《使用 MSP430 扩展扫描接口 (ESI) 进行 LC 传感器旋转检测》
- 《使用 MSP430™ MCU 的锂离子电池充电器解决方案》
- 《使用 MSP430™ MCU 的低功耗十六进制键盘》
- 《如何为 MSP430 扩展扫描接口 (ESI) 选择适合的 LC 传感器》
- 《MSP430 高级功耗优化：ULP Advisor 软件和 EnergyTrace 技术》
- 《基于 MSP430 的锂离子聚合物电池的 USB 充电和计量解决方案》
- 《MSP430 嵌入式应用二进制接口》
- 《MSP430 的模拟组合实现真正的单芯片脉动式血氧计设计》
- 《MSP430F42x 单芯片重量天平》

- 《使用 MSP430F5529 和 bq76PL536 的多节锂离子电池管理系统》
- 《具有低内存 MSP430™ MCU 的多功能复位控制器》
- 《在 MSP430F5xx 上使用方向余弦矩阵算法进行九轴传感器融合》
- 《使用 TPS62122 从高电压输入端向 MSP430 供电》
- 《使用 MSP430™ MCU 的可编程时钟源》
- 《使用 MSP430™ MCU 的可编程锁频环》
- 《使用 MSP430™ MCU 的可编程系统唤醒控制器》
- 《具有 MSP430™ MCU 的正交编码器位置计数器》
- 《使用 MSP430FR59xx 和 MSP430FR69xx 微控制器生成随机数》
- 《使用 MSP430™ MCU 生成随机数》
- 《使用 MSP430 改进脉动式血氧计设计》
- 《使用 MSP430™ MCU 的简单电源序列发生器》
- 《使用 MSP430™ MCU 的单斜率模数转换技术》
- 《具有 MSP430™ MCU 的单线通信主机》
- 《使用低内存 MSP430™ MCU 实现篡改检测》
- 《在 KNX 系统上使用 MSP 应用手册》
- 《在 MSP430(TM) MCU 应用中采用电源解决方案来延长电池使用寿命》
- 《使用 MSP430FR6047 无线 M 总线串行库进行应用计量》
- 《MSP430FR4xx 和 MSP430FR2xx 系列的 VLO 校准》
- 《使用低内存 MSP430™ MCU 并带时间戳的电压监控器》
- 《使用 MSP430 MCU 实现波形数字滤波》
- 《使用 SMBus MSP430 MCU 和 bq 电量监测计的宽输入电压电池充电器》
- 《高分辨率超声波液位感应》
- 《MSP430 + DRV83xx 电动工具选型指南》

5.3 加密和安全

AES、DES、TDES 和 SHA-2 的实现：适用于没有针对这些算法进行硬件加速的器件。

- 用户指南：《加密算法的 C 语言实现》
- 算法
 - 高级加密标准
 - 数据加密标准
 - 安全散列标准

安全固件更新：某些应用需要安全固件更新。针对这些情况提供了以下内容。

- 应用手册：《适用于 MSP MCU 的安全现场固件更新》
- Crypto-Bootloader
 - 用户指南：《适用于 MSP430FR59xx 和 MSP430FR69xx MCU 的 Crypto-Bootloader (CryptoBSL) 用户指南》
 - 应用手册：《Crypto-Bootloader - 适用于超低功耗 MCU 的安全现场固件更新》
 - 固件：Crypto_Bootloader

IEC 60730 安全应用

- 用户指南：《面向 IEC 60730 安全应用中 MSP430G2xx、F5xx 和 FR57xx 的安全手册》

6 TI 质量简介

6.1 TI 质量政策

质量是实现 TI 业务目标的基础。TI 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
- 倾听客户的心声
- 不断改进并革新我们的产品、流程和服务

6.2 TI 产品可靠性

TI 致力于提供可满足客户需求的高品质可靠半导体解决方案。[TI 产品可靠性页面](#)提供关于质量和可靠性的信息和数据，包括：

- **认证摘要★**：用于搜索相关器件的可靠性数据。器件系列所使用的材料组合、工艺和制造基地的代表性数据摘要。
- **可靠性测试**：列出 TI 对产品进行的各种可靠性测试。
- **DPPM/FIT/MTBF 估算器**：DPPM/FIT/MTBF 估算器搜索工具可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。
- **持续可靠性监测**：持续可靠性监测 (ORM) 项目的搜索工具将按晶圆制造工艺或器件封装系列提供季度 ORM 报告。

6.3 TI 封装简介

MSP430 MCU 有多种封装可供选择，支持客户的应用需求 - 请访问 [TI 封装简介页面](#)。进入 TI.com.cn，选择“质量和可靠性”→“其他信息”→“封装信息”了解封装注意事项，包括封装尺寸、可靠性和性能信息。访问 [SMT & 封装应用手册页面](#)以了解关于各种封装主题的 SMTA 建议。此外，[Ultra Librarian 软件工具](#)可对特定封装的布局设计提供帮助。

6.4 客户退回故障品

客户满意度对 TI 来说至关重要，我们会快速而仔细地处理客户退回的故障器件。为确保及时解决客户的问题，TI 为需要退回故障器件的客户建立了一套客户故障品处理流程。

[客户申请页面](#)详细说明了如何将故障器件退回 TI。

表 6-1 列出的常规调试文档有助于及时解决可能出现的问题。

表 6-1. MSP430 质量相关资源

项目	文档
勘误表	有关 MCU 器件版本，请参阅特定器件勘误表
故障排除指南	《MSP 器件故障排除指南》 (TI 网站)
IC ESD	《静电放电 (ESD)》 (TI 网站)
系统 ESD	网站
编程	《通过 JTAG 接口对 MSP430™ 进行编程》 (TI 网站)
EOS 简介	《了解电气过载 - EOS (白皮书 4)》 (行业委员会网站)
其他	《ESD 二极管电流规格》 (TI 网站) 《MSP430™ 系统级 ESD 注意事项》 (TI 网站) 《调试 MSP430 系列微控制器上的闪存问题》 (TI 网站) 《了解 MSP430 闪存数据保留》 (TI 网站)

7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (October 2020) to Revision A (May 2021)

Page

- 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。..... 2

• 新增了 节 2.2.4	12
• 新增了 节 2.2.5	12
• 更新了 节 4.3	18
• 更新了 节 5.1	22
• 更新了 节 5.2.1.2	26
• 更新了 节 5.2.3	29

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