

Technical White Paper

AM261x 和 AM263Px 使用的工业通信协议



Nilabh Anand, Nima Eskandari, Opus Fontillas, Brennan Hartigan, and Christof Vogt

摘要

随着工业工厂、产品和系统的联网程度越来越高，多协议工业以太网得到快速采用，这正在塑造这个高速网络新纪元的工业市场。工业以太网和现场总线可使用多种通信协议，对于不同的工业应用而言，每个协议都有其特定的优缺点。这些协议经过优化，可实现时数据收集和过程数据交换，在工业现场环境中提供可靠的运行。本文档概述了有关德州仪器 AM26x 系列 Arm® 架构微控制器 (MCU) 的工业以太网和工业 IO 通信协议。AM26x 支持多种协议。本文档涵盖以下主题：

- EtherCAT®
- PROFINET®
- 以太网/IP®
- IO-Link 主站

内容

1 简介.....	2
2 PROFINET.....	2
3 PROFINET 功能.....	3
4 以太网/IP.....	4
5 以太网/IP 应用配置文件.....	5
6 IO-Link.....	5
7 EtherCAT.....	6

插图清单

图 2-1. AM26x 器件上的 PROFINET.....	2
图 3-1. 使用 AM261x 的 Profinet 解决方案.....	3
图 4-1. AM26x 器件的以太网/IP.....	4
图 5-1. 使用 AM261x 的以太网/IP 解决方案.....	5
图 6-1. 使用 AM261x 的 IO-LINK 解决方案.....	6
图 7-1. EtherCAT 网络中的协议.....	7
图 7-2. EtherCAT 解决方案.....	8

表格清单

表 3-1. PROFINET 应用配置文件.....	4
表 4-1. 以太网/IP 功能.....	4
表 5-1. 以太网/IP 应用配置文件.....	5
表 6-1. IO-Link 功能.....	6
表 7-1. EtherCAT 功能.....	7
表 7-2. EtherCAT 配置文件.....	8

商标

Arm® is a registered trademark of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere.
EtherCAT® is a registered trademark of Beckhoff Automation GmbH, Germany.
PROFINET® is a registered trademark of PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO).
以太网/IP® is a registered trademark of ODVA, INC.
所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

AM26x 微控制器系列的封装中含有完全集成的网络解决方案和先进的控制外设。这使得 AM26x MCU 成为远程 IO、微型 PLC、工业传感器网关以及工业交换器等众多工业 4.0 推进器的出色解决方案。

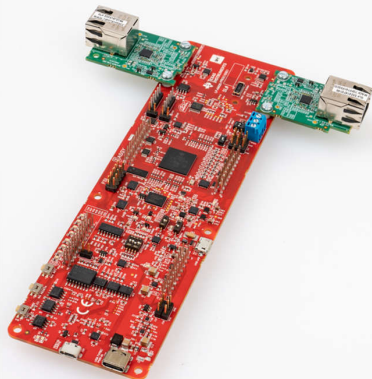
AM26x 片上系统 (SoC) 系列使用实时子系统 PRU-ICSSG，为工业以太网连接和 IO-Link 连接提供解决方案。PRU-ICSS 是指可编程实时单元和工业通信子系统。PRU-ICSS 是一种低延迟微控制器子系统，被应用到许多德州仪器处理器中，可高效地实现低延迟和 I/O 控制。它支持速度为 100Mbps 的工业通信协议。确定性 IO 可用于最多同时具有 8 个通道的 IO-Link 主站解决方案。

德州仪器提供工业软件套件，其中包括通过工业通信 SDK 实现的现场总线通信协议软件栈。SDK 协议支持德州仪器处理器的实时工业通信。有关详细信息，请访问 [AM261x](#) 和 [AM263Px](#) 的工业通信页面。

2 PROFINET

PROFINET 是由 PROFIBUS 和 PROFINET International 小组 (PI) 管理的工业协议。它是一种基于以太网的应用级协议，是 PROFIBUS 协议的后继协议。PROFINET 是使用 PRU ICSS 开关在 AM26x 微控制器上实现的。PROFINET 根据周期时间要求支持不同的类别。A 类支持最短 100ms 的周期时间。PROFINET-RT 被称为 B 类，支持最短 1ms 的周期时间。C 类支持 PROFINET-IRT，后者支持等时同步，支持最短 250us 的周期时间。TI AM26x 系列微控制器支持所有 PROFINET 类别。德州仪器的预认证 PROFINET RT/IRT 软件解决方案和硬件可加快生产速度。

Tools & Resources: PROFINET on AM26 Devices



- Enabled on the AM263Px/AM261x LaunchPad
- PRU – ICSS IP enables Profinet Device Adapter protocol support on TI-SoC
- **Target Applications:**
 - Factory Automation
 - Automobile manufacturing lines
 - Power Plants
 - Robotics

图 2-1. AM26x 器件上的 PROFINET

3 PROFINET 功能

功能	详细信息	状态 / 实施
循环时间	1ms (RT)、250 μ s (IRT)	支持 RT 和 IRT
PROFINET 规范版本	2.44	是
PROFINET GSDML 规范版本	2.44	是
Netload 类	I、II、III	是
PROFINET — 测试规范	2.45	是
快速启动 (FSU)	使用优先启动选项启动所需的时间	460ms
PROFINET-RT (CC-A/CC-B)	实时循环 / 非循环协议	是
	LLDP 协议	是
	PDEV 记录	是
	扩展 I&M 记录	I&M、1、2、3、4
	SNMP 和时间戳	是
	MRP 和系统冗余	是
PROFINET-IRT (CC-C)	带宽预留	250 μ s、500 μ s 及以上
	同步操作	是

备注

根据一致性类别对支持的功能分组，分组依据：[Profinet-io-conformance-classes](#)。可[在此处](#)找到详细的功能支持列表。

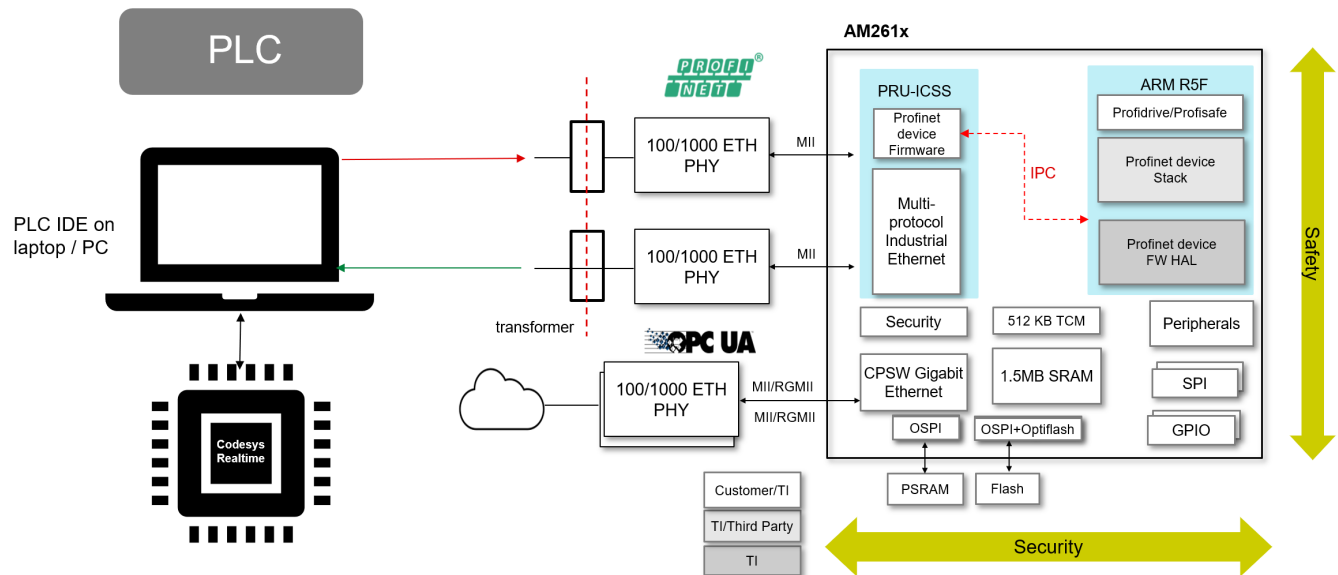


图 3-1. 使用 AM261x 的 Profinet 解决方案

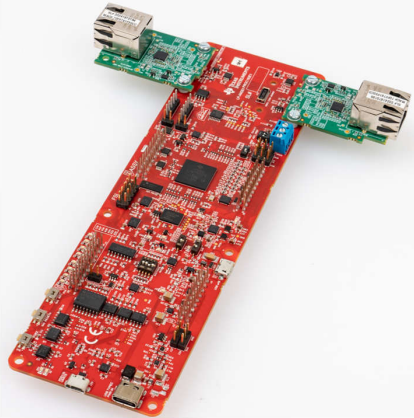
表 3-1. PROFINET 应用配置文件

应用配置文件	实施状态	详细信息
PROFIdrive	由第三方合作伙伴提供支持	PROFIdrive 是一种与供应商无关的应用配置文件，主要针对驱动器、编码器、电机及其应用，其范围涵盖从简单到要求非常高的运动控制任务。
PROFIsafe	由第三方合作伙伴提供支持	PROFIsafe 是一个附加软件层、在 PROFINET (或 PROFIBUS) 网络中提供总线功能安全。PROFIsafe 负责通信的功能安全部分。
PROFINET 安全性	待定	PROFINET 安全性可通过不同的安全类别实现消息完整性、真实性保密以及授权。

4 以太网/IP

以太网/IP™ 是开放设备网络供应商协会 (ODVA) 标准组织支持的工业以太网协议，严格服从开放系统互连 (OSI) 模型。它基于以太网标准，并使用标准以太网物理层、数据链路层、网络层和传输层。它的上层使用通用工业协议 (CIP™)、为实现 OSI 模型的所有层提供了框架。CIP 定义了从物理实现到应用或用户接口层的一整套网络功能。

Tools & Resources: Ethernet/IP on AM26 Devices



- Enabled on the AM263Px/AM261x LaunchPad
- Target Applications**
 - Factory Automation & Control
 - Electric grid
 - Process Manufacturing Plants
 - Airports
 - Distribution Centers
- Supported by 3P Ecosystem Solutions

图 4-1. AM26x 器件的以太网/IP

表 4-1. 以太网/IP 功能

功能	说明	状态 / 实施
速度和二重性	10/100M 半/全/自动协商	是
一致性	ODVA 一致性测试工具	ODVA CT20 (最新)
处理数据图像	最大 I/O 组件 (尺寸)	1480 字节
支持的网络功能网桥延迟	链路层发现协议 (LLDP)	全部可支持
	设备级环网技术 (DLR)	
	地址冲突检测 (ACD)	
	服务质量 (QoS)	
	CIP 重置服务	
设备级环网技术 (DLR)	基于信标/自配置	两者均受支持
	信标超时/信标间隔	400us/200us

表 4-1. 以太网/IP 功能（续）

功能	说明	状态 / 实施
CIP 同步 (PTP/IEEE 1588)	支持驱动器配置文件：E2E 时钟	271KB
	透明/普通时钟	两者均受支持
	支持单步和两步时钟	两者均受支持
	UDP 上的 PTP	是
IP 寻址模式	DHCP/BOOTP/静态	全部可支持

备注

有关以太网/IP 的详细功能支持列表，请参见[此处](#)。

5 以太网/IP 应用配置文件

表 5-1. 以太网/IP 应用配置文件

应用配置文件	实施状态	详细信息
CIP 同步	支持	封装 IEEE-1588 服务，该服务用于衡量网络传输延迟并纠正基础设施延迟
CIP 运动	由第三方合作伙伴提供支持	以太网/IP 扩展，支持在同一网络上集成现场设备和运动驱动器。
CIP 安全	通过第三方合作伙伴 HMS Safety Target EIP 提供支持	CIP 安全协议可在安全应用中的节点和安全 PLC 之间提供失效防护通信，最高可达到符合 IEC 61508 标准的 3 级安全完整性等级 (SIL)
CIP 安全性	由第三方合作伙伴 HMS 提供支持	CIP 安全性支持在协议层安全传输数据，有助于实现生产车间中 I/O 设备之间的安全通信，目标是实现数据通过以太网/IP 网络的安全可靠传输。

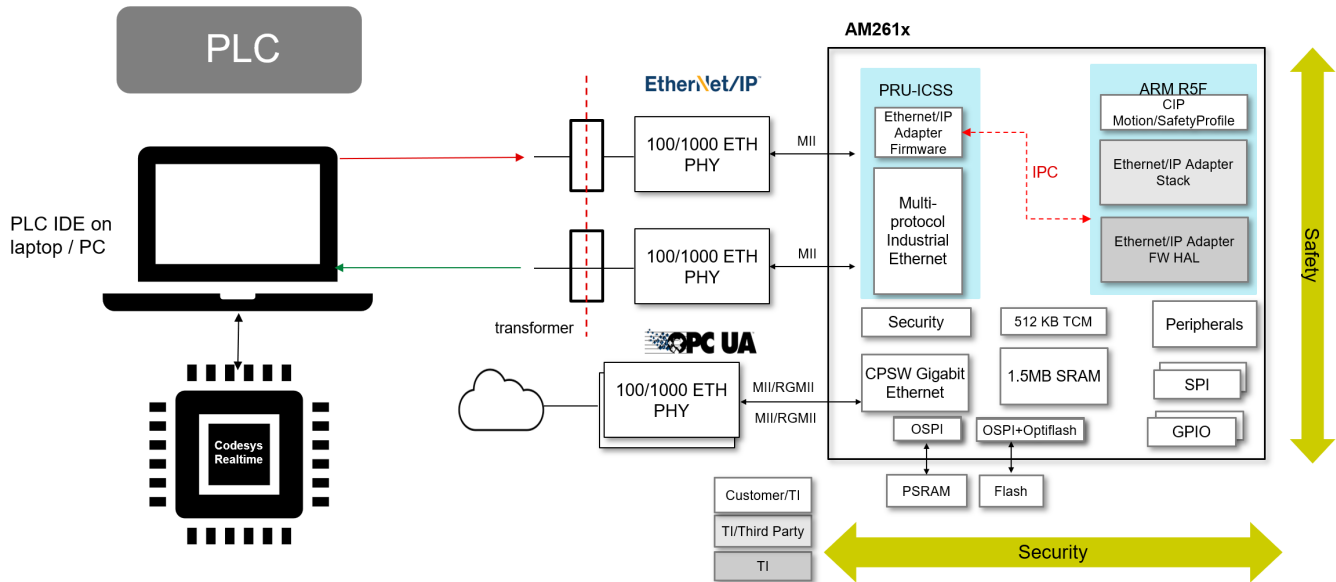


图 5-1. 使用 AM261x 的以太网/IP 解决方案

6 IO-Link

IO-Link 是一种开放标准协议，可满足对传感器和执行器等小型器件进行智能控制的需求，支持从传感器到控制级别的无缝数据流。本标准提供了器件与通常用作现场总线 and PLC 网关的主站之间的低速点对点串行通信。建立的智能链路可以轻松实现过程数据交换、配置和诊断信息的交流。最高数据传输速率为 230.4kbps，最小周期时间为 400µs。IO-Link 端口可与 IO-Link 的所有优势结合使用，或与回退模式下的替代方案结合使用，充当数字

I/O。IO 器件说明 (IODD) 介绍了器件的功能。可以交换循环过程数据、器件参数和诊断数据。IO-Link 系统具有诸多优点，包括标准化布线、更高的数据可用性、远程监控和配置、器件更换简单以及高级诊断。

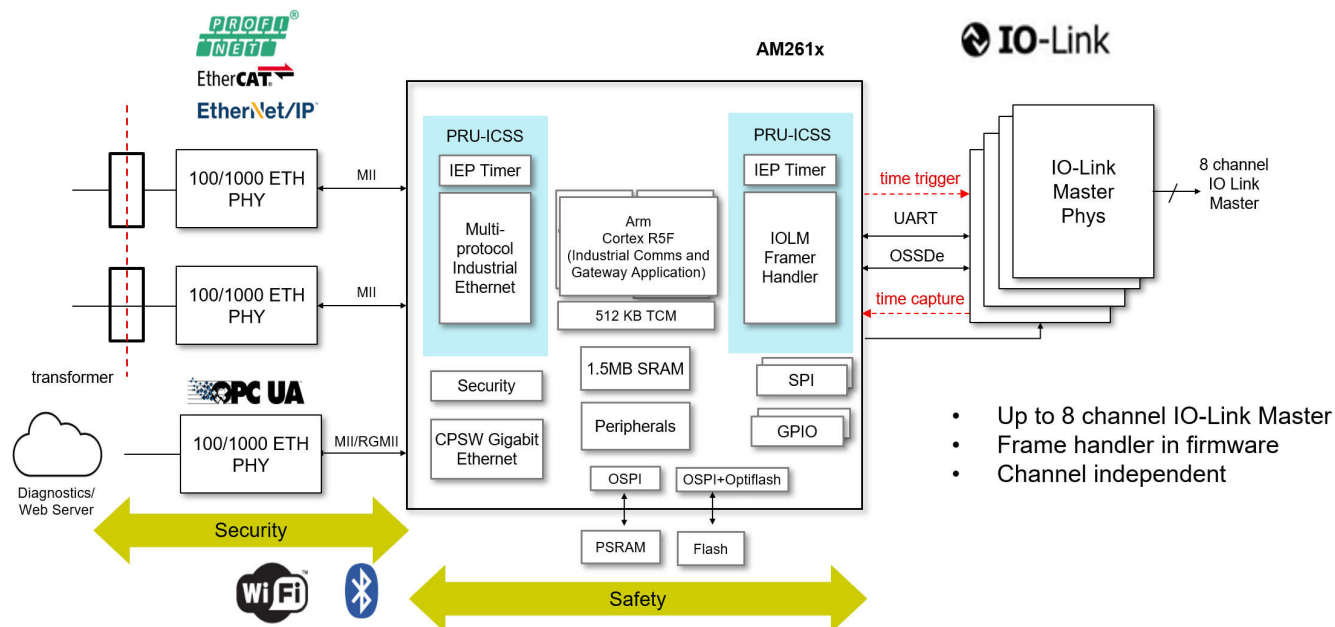


图 6-1. 使用 AM261x 的 IO-LINK 解决方案

表 6-1. IO-Link 功能

功能	说明	状态 / 实施
IO-Link 类型	基于 PRU_ICSS 的 IO-Link 主站	支持
IO-Link 标准	IO-Link 规范 IEC 61131-9	V1.1.2 (向后兼容 V1.0) 和 V1.1.3
通信类	Com 端口和波特率	Com1、Com2、Com3 (4.8、38.4、230.4Kbit/s)
IO-Link 协议栈	硬件接口 (BSP、硬件控制)	全部可支持
	消息处理程序	
	应用层 (请求数据对象、处理数据对象)	
	通过 UART 实现的标准主接口	
	通过 API 实现的标准主接口	
PRU 固件功能	通道数量	8
	周期时间 (8 个端口)	400 μ s
	校验和计算及验证	两者均受支持
	每个端口的时间控制和监测	是
器件配置	IO-Link 主站配置工具	可用

备注

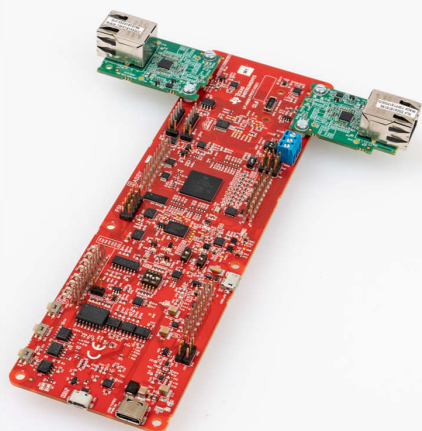
有关 IO-Link 主站的详细功能支持列表，请参见[此处](#)。

7 EtherCAT

EtherCAT 是一种工业以太网协议，利用动态通信的概念来实现实时通信，确保短期短和低抖动，来实现精确同步。在网络中、EtherCAT 主器件 (以前称为 EtherCAT 主器件) 会发送电报，每个子器件 (以前称为 EtherCAT 从器件) 会读取寻址到它的数据并根据命令进行写操作。当帧向下游传播时，它支持帧中的数据。EtherCAT 子器件会在硬件中动态处理帧。因此，帧的延迟仅由硬件传播延迟造成，使得网络性能可预测。它支持直流时钟功

能，可实现高精度同步。它使用特殊的交换端口支持连接到标准以太网网络，该交换端口支持使用 Ethernet over EtherCAT (EoE) 协议的 TCP/IP 数据包的隧道化。它可在 EtherCAT 段中支持 65,535 个器件。

Tools & Resources: EtherCAT on AM26 Devices



Ethernet for Control Automation Technology

- Technology based on Ethernet
- Developed by Beckhoff Automation specifically for Industrial Applications
- Evaluate EtherCAT with an AM261x LaunchPad EVM
- Production-ready hardware and Software solutions to reduce production time
- **Target Applications:**
 - Factory Automation
 - Servo Drives

图 7-1. EtherCAT 网络中的协议

表 7-1. EtherCAT 功能

功能	详细信息	值
现场总线内存管理单元 (FMMU)	通过内部地址映射将逻辑地址转换为物理地址	4
同步管理器	确保 EtherCAT 主器件与从器件的本地应用程序之间的数据交换一致且安全	4
处理数据	最大输入	1024 字节
	最大输出	1024 字节
循环时间	自由运行	31.25us
	DC 模式	50us
分布式时钟	精度	64 位
	SYNC0	生成单发和循环模式支持
	SYNC1	SYNC1 循环时间是 SYNC0 循环时间的倍数

备注

有关 EtherCAT 子器件的详细功能支持列表，请参见[此处](#)。

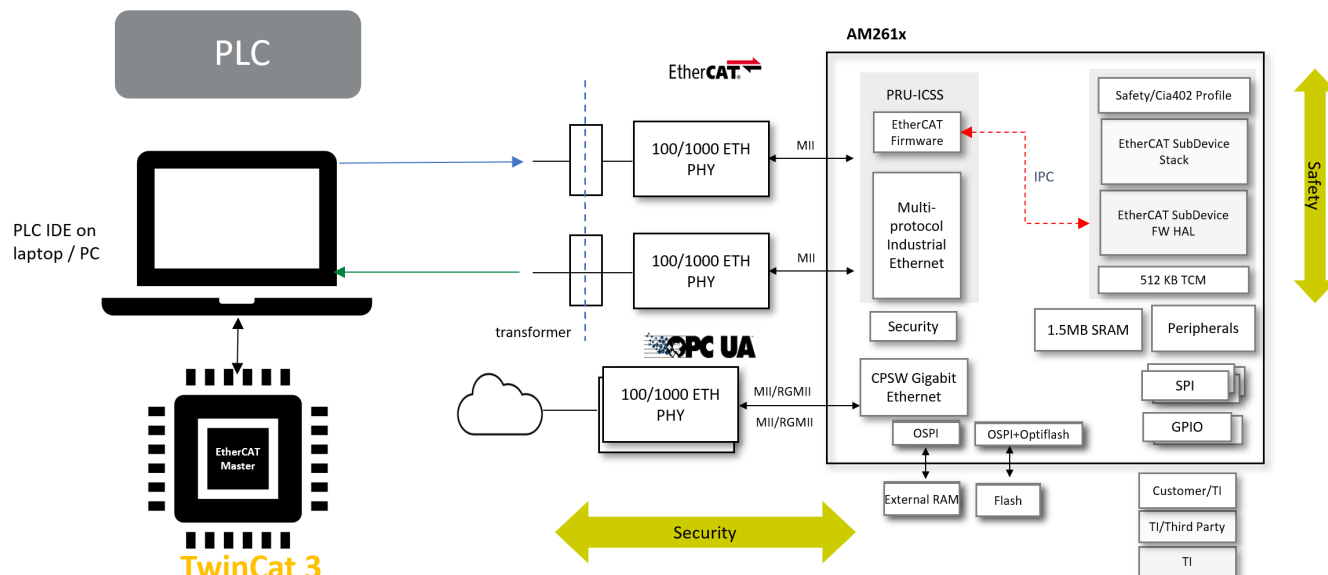


图 7-2. EtherCAT 解决方案

表 7-2. EtherCAT 配置文件

应用配置文件	实施状态	详细信息
Cia402 配置文件	支持	此配置文件由德州仪器通过工业通信 SDK 中的应用提供
FSOE	通过第三方合作伙伴 ISIT 、 Neuron-automation 提供支持	FSOE 协议区分常规数据和安全关键型数据，提供控制和安全功能。
FOE/EOE/CoE	支持	这些配置文件由德州仪器通过工业通信 SDK 中的应用提供

重要通知和免责声明

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司