



说明

此参考设计加快了多协议 100Mbps 工业以太网节点的开发速度。该设计允许工程师在具有集成工业通信子系统 (ICSS) 的 AM261x 上快速进行 EtherCAT®、PROFINET®、EtherNet/IP® 和 Modbus® TCP 传输控制协议 (TCP) 的原型设计和部署。这种方法可以省去硬件引脚、简化时钟和电源，并提供确定性、时间同步的工厂自动化性能。

资源

TIDA-010973

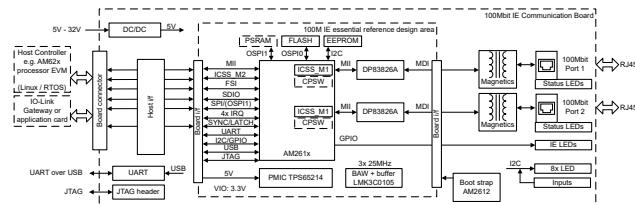
设计文件夹

AM2612、DP83826AI

产品文件夹

TPS65214、LMK3C0105

产品文件夹

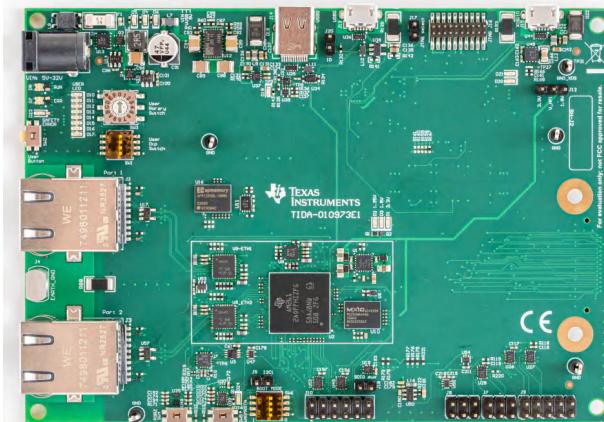


特性

- 支持多种工业以太网协议：EtherCAT®、PROFINET® 实时 (RT) 及等时实时 (IRT)、EtherNet/IP® 和 Modbus® TCP
- ICSS 支持可以通过软件选择的多协议运行
- 同步和锁存实时以太网信号，以实现精确的时序控制
- 灵活的主机端口接口 (HPI)，用于连接外部应用处理器或与子卡一起使用
- 有效的参考设计、可缩减物料清单 (BOM) 并实现紧凑外形
- 与电磁兼容性 (EMC) 及电磁干扰 (EMI) 兼容的 PCB 布局

应用

- 通信模块
- 独立远程 IO
- 机器人通信模块
- 移动机器人通信模块
- CPU (PLC 控制器)



1 系统说明

该参考设计实现了基于 AM261x Arm® Cortex®-R 微控制器的双端口 100BASE-TX 工业以太网通信模块。该设计提供了一个紧凑灵活的平台，用于向需要 EtherCAT、PROFINET RT、PROFINET IRT、EtherNet/IP 和 Modbus TCP 等协议的嵌入式系统添加实时工业以太网连接。

该设计集成了两个以太网端口、11 个用户可控制的状态 LED、一个旋转开关、DIP 开关及一个用于配置和诊断的用户按钮。

主机端口接口 (HPI) 可连接至外部微处理器以进行系统集成，并且可用于连接功能附加卡，例如 8 端口 IO-Link 控制器。

此模块具有经过优化的布局、BOM 效率和符合 EMC 标准的设计，可用作即用型构建块，用于开发可扩展的多协议工业通信系统。

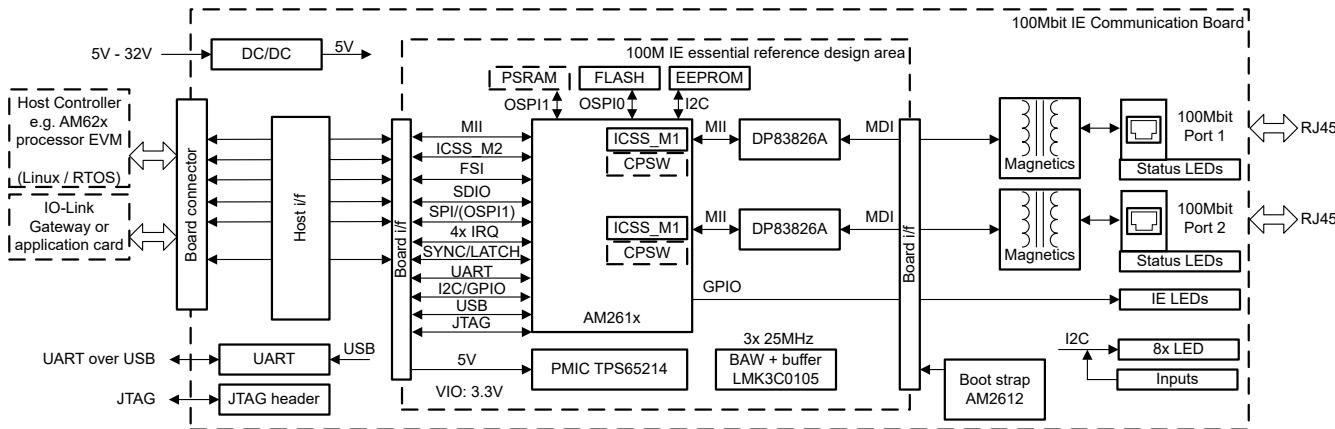
1.1 术语

| | |
|-------------|---------|
| ICSS | 工业通信子系统 |
| PRU | 可编程实时单元 |
| SKU | 库存单位 |

2 系统概述

工业自动化设备制造商在为全球市场设计联网设备时面临诸多挑战。该参考设计演示了 AM261x 微控制器如何为多协议工业以太网通信提供统一、可扩展方法。

2.1 方框图



2.2 设计注意事项

2.2.1 工业协议碎片化

若要在全球销售设备，供应商必须支持多种工业以太网标准，例如 EtherCAT、PROFINET RT、PROFINET IRT、EtherNet/IP 和 Modbus TCP。

挑战：为每个协议开发及维护单独的硬件和软件实施方案会显著增加工程成本并缩短上市时间。此外，每个产品型号的认证和维护工作也会增加。

解决方案：AM261x 提供支持多种工业以太网协议的单一硬件及软件平台。通过将不同的固件映像加载到集成式工业通信子系统 (ICSS) 上，可以通过软件切换协议。

统一平台可降低设计复杂性，使用 TI 工业 SDK 中的预认证协议栈加快认证速度，并最大限度地减少 SKU 变体的数量。

2.2.2 实时性能和决定论

工业以太网协议对周期时间、抖动及同步精度施加了不同的时序限制。EtherCAT 及 PROFINET IRT 需要亚微秒级同步。EtherNet/IP 和 Modbus TCP 使用标准 TCP/IP 通信，但通常需要与确定性实时流量共存。

挑战：通用微控制器及基于 Linux 的处理器通常无法在不断变化的 CPU 负载条件下提供确定性实时性能。

解决方案：AM261x 集成了基于 PRU 的专用工业通信子系统 (ICSS)，该子系统可独立于主机 CPU 工作负载提供确定性低延迟响应。此设计可以实现符合所有受支持工业以太网标准的精确实时通信。

2.2.3 元件成本及 PCB 空间限制

目前的许多设计都需要用于应用层的高性能微处理器单元 (MPU)，以及外部应用特定 IC (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA) 和用于工业以太网的通信协处理器。

挑战：此类多芯片架构会增加 BOM 成本、功耗及印刷电路板 (PCB) 面积。

解决方案：AM261x 可以作为工业以太网的独立微控制器运行，并作为通过四线串行外设接口 (QSPI) 目标主机接口连接到外部 MPU 的通信配套子系统运行。此设计无需外部 FPGA 或 ASIC，简化了 PCB 布局并降低了总体系统成本。

2.2.4 协议认证和软件维护

每种工业以太网标准都具有特定的认证流程 (ETG、PI、ODVA 等)。在器件修订版及固件更新中维护认证既耗时又成本高昂。

挑战：认证失败通常在产品开发周期的后期发生，从而导致计划延迟。

解决方案：适用于 AM261x 的 TI 工业 SDK 包括预认证协议栈和参考示例，可降低认证风险和持续维护工作。

2.3 重点产品

2.3.1 AM2612 微控制器

AM2612 是一款 500MHz 双核 Arm Cortex-R5F 微控制器，专为实时控制、功能安全和工业通信应用而设计。该器件集成了两个工业通信子系统 (ICSS)，支持各种实时工业以太网和现场通信协议，包括 EtherCAT、PROFINET RT、PROFINET IRT、EtherNet/IP、Modbus TCP 和多达八端口 IO-Link 控制器。

AM2612 还支持编码器接口，如 EnDat®、Hiperface DSL® 和 BiSS® 以及用于精密电机控制的 PWM 输出。

通信接口包括 CAN-FD、以太网、OSPI、SPI、I²C、UART、ePWM、eCAP 和 eQEP。

在此参考设计中，AM2612 充当工业以太网通信控制器或工业以太网与外部接口（例如 OSPI 或 IO-Link）之间的网关。

AM261x Sitara™ 微控制器 (MCU) 系列是 TI 新一代实时微控制器平台的一部分，将可扩展的 Arm Cortex-R5F 性能与先进的功能安全和信息安全特性相结合，可满足现代工业和汽车应用复杂的实时处理要求。

2.3.2 DP83826A 以太网 PHY

DP83826A 是一款低延迟、低功耗、10/100Mbps 工业以太网 PHY，针对工业系统中的实时和确定性通信进行了优化。该器件同时支持 10BASE-T 和 100BASE-TX 标准，并包含可实现快速链路建立和快速链路丢弃检测 (< 10μs) 的硬件自举。

该器件旨在实现强大的 EMC 和 EMI 性能，可实现紧凑可靠的网络实现。

主要特性：

- 通过集成滤波电路来提高 EMC 性能
- IEC 61000-4-2 ESD : ±8V 接触，±15kV 空气 (标准 A)
- IEC 61000-4-4 EFT : 5kHz、100kHz 下 ±4kV (标准 A)
- CISPR 22 传导和辐射排放 B 类
- 快速链路丢失检测 < 10μs
- 电缆长度 > 150m
- MAC 接口上的集成电压模式线路驱动器集成终端

这些特性使得 DP83826A 成为成本优化型且符合 EMC 标准的紧凑型工业以太网模块的理想选择。

2.3.3 TPS65214 电源管理 IC

TPS65214 代表了一个灵活的电源管理 IC (PMIC)，它具有三个同步直流/直流降压转换器和两个低压降 (LDO) 稳压器。这种配置使得该器件非常适合为工业系统中的片上系统 (SoC) 及 MCU 供电。

- 输出能力：
 - 1 个 2A 降压转换器
 - 2 个 1A 降压转换器
 - 1 个 300mA LDO
 - 1 个 500mA LDO
- 宽工作温度范围：-40°C 至 +105°C
- 采用小型 470nH 电感器及极少外部元件，设计尺寸紧凑
- 可通过 I²C 接口进行配置，带有额外的 GPIO 和多功能引脚，用于测序和电源轨监测

TPS65214 为 AM2612 和器件外设提供了完整高效的电源方法，并针对工业温度范围和可靠性进行了优化。

2.3.4 LMK3C0105 时钟发生器

LMK3C0105 是一款基于 TI 体声波 (BAW) 技术而构建的五输出无基准时钟发生器。该器件无需任何晶体和外部时钟基准即可提供 $\pm 25\text{ppm}$ 频率稳定性，从而简化了设计并提高了可靠性。

主要特性包括：

- 最多生成五个时钟输出，可配置为展频 (SSC) 和非 SSC
- 最多可以同时支持三个独立输出频率
- 每个输出通道都可使用内部分数输出分频器 (FOD) 来生成精确的频率
- 提供四个 LVCMS 时钟输出及一个 REF_CTRL 可选 LVCMS 输出

在此设计中，LMK3C0105 为 AM2612 和以太网 PHY 提供精确的低抖动 LVCMS 时钟，从而在工业网络中提供确定性时序和同步。

3 系统设计原理

本节介绍了 100Mbps 工业以太网通信模块参考设计的硬件架构、设计注意事项及实现详细信息。本节介绍了主要硬件元件、存储器和接口配置、布局及 EMC 指南、电源设计和调试连接。

3.1 关键要求及设计注意事项

工业以太网参考设计集成了一组经过优化的元件，可实现低 BOM 成本、紧凑的 PCB 面积和强大的实时以太网性能。

参考设计元件：

- AM2612 – 500MHz，具有实时控制和安全功能的双核 Arm® Cortex®-R5F MCU
- DP83826AI – 低延迟 10/100Mbps 以太网 PHY，针对 EtherCAT® 和工业温度操作进行了优化
- TPS65214 – 电源管理 IC (PMIC)，集成直流/直流转换器和用于 MCU 和外设的 LDO
- LMK3C0105 – 采用体声波 (BAW) 技术的五输出无基准时钟发生器
- OSPI 闪存 (256Mb) – 用于应用程序和协议软件映像的非易失性存储器

可选元件 (取决于应用)：

- I²C EEPROM (1Mb) - 存储用户配置或工厂校准数据
- OSPI PSRAM (128Mb、OPI 8 ×、DDR 200MHz) - 适用于大型用户应用的可选外部内存

3.1.1 工作模式

该参考设计可配置为两种系统模式：

1. **独立模式**：用户应用及工业以太网栈在同一 AM2612 器件上运行。过程数据通过共享 RAM 或者 PRU-ICSS 存储器在内部交换。快速内部总线连接可在工业以太网栈及用户应用之间实现非常快速的过程数据交换。
 - 非常适合紧凑、成本优化型器件，例如远程 I/O 或传感器。
2. **配套模式 (主机接口模式)**：AM2612 充当通过 SPI、QSPI 或者 FSI 等主机端口接口 (HPI) 连接到外部 MPU 的通信配套器件。
边带信号 (例如，中断、SYNC 和 LATCH) 在外部 MPU 及工业以太网参考设计之间提供实时协调。
 - 适用于需要在单独处理器上进行更高级别控制的中高性能 PLC、伺服驱动器或者网关模块。

3.2 软件架构及引导流程

启动时，工业协议栈和用户应用程序从外部 OSPI 闪存加载到 AM2612 MCU 的内部 RAM 中，在此处执行。

TI 工业通信 SDK 协议示例完全通过内部 RAM 运行。如果需要额外的存储器，请使用以下方法之一：

- AM2612 可使用外部 OSPI PSRAM 来扩展存储器

直接从 OSPI 闪存以就地执行 (XiP) 模式运行，从而减少引导时间和 RAM 使用。

支持的协议包括 EtherCAT、PROFINET RT、PROFINET IRT、EtherNet/IP 和 Modbus TCP，它们都在 TI 工业 SDK 上运行。

3.3 工业通信子系统 (ICSS)

ICSS 代表 AM2612 MCU 内部的集成外设，运行工业以太网协议栈。ICSS 运行实时关键型应用 (例如工业以太网协议的 MAC 层)，并且当组件在运行时加载工业以太网 MAC 的固件时，可提供高度的灵活性。因此，可以在运行期间更改固件，以实现多协议工业以太网。

备注

集成的三端口通用平台以太网交换机 (CPSW) 不能用于工业以太网协议。

但是，ICSS 和 CPSW 与 AM2612 共享相同的 MII 信号引脚。如果需要标准以太网功能，允许应用在 ICSS 和 CPSW 模式之间动态多路复用。请注意，ICSS 和 CPSW 在 AM2612 中使用不同的管理数据 IO (MDIO) 和管理

数据时钟 (MDC) 外设知识产权 (IP)。为了切换以太网外设，该参考设计从 ICSS 或 CPSW 中选择 MDIO 或 MDC。

3.4 时钟和同步

LMK3C0105 为以太网 PHY 及 MCU 生成通用 25MHz 时钟。

对于 EtherCAT 等协议，需要使用共享和相位对齐的时钟源来提供确定性的实时数据包转发并防止 TX-FIFO 运行不足或过载。请参阅 [如何以及为何要在 EtherCAT® 应用中使用 DP83826 应用手册](#)。

工业以太网接口还支持 SYNC 和 LATCH 时序信号，用于实时同步任务。

3.5 电源

3.5.1 多协议工业以太网子系统电源

多协议工业以太网子系统通过单个 5V 输入供电。所有必要电压轨均由 TPS65214 PMIC 生成，由该 PMIC 为 MCU、以太网 PHY、存储器和支持逻辑供电。PMIC 为 MCU 内核生成的电压轨为 1.25V、1.8V 及 3.3V。

3.5.2 系统电源

主电源输入通过桶形插孔连接器 J1 接受 5V 到 32V 的宽工作电压。

- 反极性保护：LM74700-Q1 有效二极管控制器
- ESD 保护：TVS3301 和共模扼流圈
- 主转换器：TLVM13630 降压/升压模块，该模块为子系统生成 5V 电压
- 备用电源路径：使用第二个 LM74700-Q1 连接到 VIN 并具有 ORing 的 USB-C 端口

此配置可提供稳健的工业电源输入、灵活的电源选项，并符合 IEC 61000-4-xx 浪涌和 ESD 抗扰度标准。

3.6 实时以太网媒体独立接口 (MII)

对于 100Mbps 工业以太网，建议使用媒体独立接口 (MII)，以便尽可能地减小以太网信号路径的延迟。ICSS 在本机支持 MII；在此实现中不支持 RGMII。与 RGMII 相比，MII 提供更低的发送和接收延迟。尤其是对于网络中具有长菊花链器件的网络，延迟是累积的。因此，在使用工业以太网时，MII 是优选接口。

ICSS 至 PHY 信号必须遵循 [AM261x Sitara™ 微控制器](#) 和 [DP83826Ax 确定性、低延迟、低功耗、10/100Mbps 工业以太网 PHY](#) 数据表中的长度匹配和阻抗控制指南。

表 3-1. ICSSG0 MII 多路复用模式：端口 0 和端口 1

| 端口号 | ZFG 焊球编号 | 焊球名称 | 多路复用模式 | ICSS_GPCFG0_REG[29-26] PR<k>_PRU0_GP_MUX_SEL = 2 (MII 模式) | 注释 |
|----------|----------|---------|-----------------|--|---------------|
| 端口 0 | B20 | GPIO113 | PR0_PRU1_GPIO16 | pr<k>_mii0_mt0_clk | |
| 端口 0 | E18 | GPIO114 | PR0_PRU1_GPIO15 | pr<k>_mii0_txen | |
| 端口 0 | F17 | GPIO115 | PR0_PRU1_GPIO11 | pr<k>_mii0_txd[0] | |
| 端口 0 | D20 | GPIO116 | PR0_PRU1_GPIO12 | pr<k>_mii0_txd[1] | |
| 端口 0 | C20 | GPIO117 | PR0_PRU1_GPIO13 | pr<k>_mii0_txd[2] | |
| 端口 0 | D19 | GPIO118 | PR0_PRU1_GPIO14 | pr<k>_mii0_txd[3] | |
| 端口 0 | N20 | GPIO91 | PR0_PRU0_GPIO6 | pr<k>_mii0_mr0_clk | |
| 端口 0 | L20 | GPIO92 | PR0_PRU0_GPIO4 | pr<k>_mii0_rxrdv | |
| 端口 0 | N17 | GPIO93 | PR0_PRU0_GPIO0 | pr<k>_mii0_rxrd[0] | |
| 端口 0 | N19 | GPIO94 | PR0_PRU0_GPIO1 | pr<k>_mii0_rxrd[1] | |
| 端口 0 | M18 | GPIO95 | PR0_PRU0_GPIO2 | pr<k>_mii0_rxrd[2] | |
| 端口 0 | M20 | GPIO96 | PR0_PRU0_GPIO3 | pr<k>_mii0_rxrd[3] | |
| 端口 0 | J18 | GPIO90 | PR0_PRU0_GPIO8 | pr<k>_mii0_rxlink | |
| 端口 0 | K19 | GPIO87 | PR0_PRU0_GPIO5 | pr<k>_mii0_rxer | |
| 端口 0 | J19 | GPIO88 | PR0_PRU0_GPIO9 | pr<k>_mii0_col | 可选信号，用于半双工以太网 |
| 端口 0 | J20 | GPIO89 | PR0_PRU0_GPIO10 | pr<k>_mii0_crs | 可选信号，用于半双工以太网 |
| 端口 0 | A10 | GPIO22 | GPIO22 | GPIO22 | 可选，PHY0 中断 |
| 端口 1 | M19 | GPIO97 | PR0_PRU0_GPIO16 | pr<k>_mii1_mt1_clk | |
| 端口 1 | P18 | GPIO98 | PR0_PRU0_GPIO15 | pr<k>_mii1_txen | |
| 端口 1 | P20 | GPIO99 | PR0_PRU0_GPIO11 | pr<k>_mii1_txd[0] | |
| 端口 1 | P19 | GPIO100 | PR0_PRU0_GPIO12 | pr<k>_mii1_txd[1] | |
| 端口 1 | K20 | GPIO101 | PR0_PRU0_GPIO13 | pr<k>_mii1_txd[2] | |
| 端口 1 | L19 | GPIO102 | PR0_PRU0_GPIO14 | pr<k>_mii1_txd[3] | |
| 端口 1 | F19 | GPIO107 | PR0_PRU1_GPIO6 | pr<k>_mii1_mr1_clk | |
| 端口 1 | G19 | GPIO108 | PR0_PRU1_GPIO4 | pr<k>_mii1_rxrdv | |
| 端口 1 | H20 | GPIO109 | PR0_PRU1_GPIO0 | pr<k>_mii1_rxrd[0] | |
| 端口 1 | H19 | GPIO110 | PR0_PRU1_GPIO1 | pr<k>_mii1_rxrd[1] | |
| 端口 1 | H17 | GPIO111 | PR0_PRU1_GPIO2 | pr<k>_mii1_rxrd[2] | |
| 端口 1 | G20 | GPIO112 | PR0_PRU1_GPIO3 | pr<k>_mii1_rxrd[3] | |
| 端口 1 | G18 | GPIO106 | PR0_PRU1_GPIO8 | pr<k>_mii1_rxlink | |
| 端口 1 | F20 | GPIO103 | PR0_PRU1_GPIO5 | pr<k>_mii1_rxer | |
| 端口 1 | E20 | GPIO104 | PR0_PRU1_GPIO9 | pr<k>_mii1_col | 可选信号，用于半双工以太网 |
| 端口 1 | E19 | GPIO105 | PR0_PRU1_GPIO10 | pr<k>_mii1_crs | 可选信号，用于半双工以太网 |
| 端口 1 | B4 | GPOP83 | GPOP83 | GPOP83 | 可选，PHY1 中断 |
| 端口 0 和 1 | R19 | GPIO85 | PR0_MDIO0_MDIO | PR0_MDIO0_MDIO | |
| 端口 0 和 1 | R20 | GPIO85 | PR0_MDIO0_MDC | PR0_MDIO0_MDC | |

3.6.1 用于实时任务的 SYNC/LATCH 引脚

此参考设计包含专用 SYNC 和 LATCH 信号，以使工业以太网时序与 I/O 和处理数据采集保持一致。

表 3-2. 用于实时任务的 SYNC 及 LATCH 引脚

| 端口号 | ZFG 焊球编号 | 焊球名称 | 多路复用模式 | ICSS_GPCFG0_REG[29-26] PR<k>_PRU0_GP_MUX_SEL = 2 (MII 模式) | 注释 |
|--------|----------|---------|------------------------|---|-----------------------|
| SYNC0 | C18 | GPIO119 | PR0_IEP0_EDC_SYNC_OUT0 | PR0_IEP0_EDC_SYNC_OUT0 | |
| SYNC1 | T19 | GPIO40 | PR0_IEP0_EDC_SYNC_OUT1 | PR0_IEP0_EDC_SYNC_OUT1 | |
| LATCH0 | A14 | GPIO137 | GPIO137 | GPIO137 | 任何 GPIO 都可多路复用至 LATCH |
| LATCH1 | T19 | GPIO122 | GPIO122 | GPIO122 | 任何 GPIO 都可多路复用至 LATCH |

3.6.2 布局布线注意事项

为了提供有效的性能，尤其是 EMC 和 EMI 抗扰度以及信号完整性，从而实现可靠的 100Mbps 工业以太网通信，此参考设计采用了八层 PCB 堆叠结构。

表 3-3. 布局布线注意事项

| 层 | 功能 |
|---|------------|
| 1 | 顶部信号和元件层 |
| 2 | 接地参考 (GND) |
| 3 | 信号路由 |
| 4 | 接地参考 (GND) |
| 5 | 配电 |
| 6 | 信号路由 |
| 7 | 接地参考 (GND) |
| 8 | 底部信号和元件层 |

3.6.2.1 布局指南

组件数据表合規性 严格遵守所有元件数据表中概述的布局建议 (尤其是 AM261x 微控制器和 DP83826A PHY)。

- 去耦合和旁路** 将旁路和去耦电容器直接放置在 AM261x 微控制器下方，尽可能靠近电源引脚。使用具有适当电容值的电容器，以尽可能降低高频噪声。
- 较短的过孔** 采用较短的过孔将去耦电容器连接到接地平面和电源平面，从而降低电感并提高信号完整性。
- 接地平面** 围绕所有以太网连接器和 PHY 电路实现可靠接地平面。这有助于屏蔽共模噪声。
- 共模扼流圈和隔离** 在以太网连接器及 PHY 电路之间集成共模扼流圈。重要的是，在数字接地平面和机箱接地之间保持物理分离 (隔离)，以减少接地反弹和噪声问题。
- 信号布线路由** 具有受控阻抗的信号布线，更大限度地减少布线长度并使用适当的布线宽度，以在 100Mbps 带宽范围内保持信号完整性。

3.6.3 EMI 和 EMC 注意事项

更大限度地减少电磁干扰 (EMI) 并且符合相关 EMI 和 EMC 标准对于确保可靠运行至关重要。该参考设计包括以下措施：

- 可靠的接地** 在所有以太网连接器和电源元件的正下方建立可靠的接地连接，为传导发射提供低阻抗返回路径。
- 数字接地隔离** 在数字接地平面与机箱接地之间实现基于 RC 或者铁氧体的耦合网络。这种隔离可防止接地反弹并更大限度地减少数字噪声耦合到以太网电路中，符合 CISPR 22 EN 55022 B 类发射限制。
- 阻抗受控的信号布线** 将所有信号布线设计为具有受控阻抗的设计方式，精心匹配布线长度，从而保持信号完整性并更大限度地减少 100Mbps 频率范围内的反射。
- CISPR 22、EN 55022 合规性** 此设计旨在满足 CISPR 22、EN 55022 B 类传导及辐射发射限制。正确的接地、屏蔽及阻抗控制对于实现此合规性至关重要。

3.6.4 AM2612 自举接口

AM2612 微控制器的引导接口支持各种引导模式，为开发、调试和固件更新提供了灵活性。表 3-4 介绍了支持的引导模式。

表 3-4. 引导模式说明

| 引导模式 | 说明 | 典型用例 |
|---------|--|-------------|
| OSPI 引导 | 自外部 OSPI 闪存加载应用程序映像。这是独立运行的主引导模式。 | 独立量产应用程序 |
| UART 引导 | 通过 UART 加载软件映像，允许对 OSPI 闪存进行编程或在出现错误时进行恢复。 | 开发、初始编程、恢复 |
| DEV 引导 | 使用 Code Composer Studio (CCS) 启用调试。需要一个配置脚本或 OSPI 闪存中预加载的空引导加载程序，以初始化基本系统设置。 | 使用 CCS 进行调试 |
| DFU 引导 | 使用 DFU 引导加载程序及 UniFlash 闪存编程工具促进通过 USB 进行固件更新。 | 固件更新 |

有关详细说明和设置过程，请参阅 [MCU+ SDK 入门指南](#) 和 [EVM 设置](#) 部分。

3.6.5 RJ45 以太网接口

此参考设计包含 Würth Elektronik 带有集成磁性元件的 RJ45 连接器，以促进稳健可靠的 100Mbps 以太网通信。

DP83826A PHY 需要电压模式磁性元件才能有效地运行。关键是磁性元件的中心抽头单独接地，不会短接在一起或连接到 VCC。此电压模式配置与电流模式磁性元件相比具有多项优势，包括缩减物料清单 (BOM)、降低功耗和提高射频 (RF) 性能。

建议使用 A 版本 PHY，以实现超低的 EtherCAT 延迟和有效电磁干扰 (EMI) 性能。

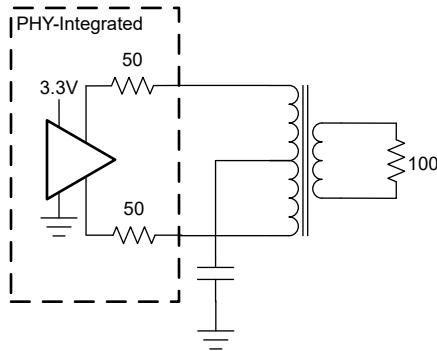


图 3-1. 电压模式

3.6.6 工业用户界面

工业用户界面 (IUI) 在开发及合规性测试期间提供了必要的可配置性和诊断功能。IUI 使用户能够监控系统状态并调整设置，以实现有效的性能。IUI 通常包括以下元素：

协议状态 LED 这些 LED (例如 EtherCAT RUN/ERR 指示器) 提供关于以太网通信状态的即时视觉反馈。

8 位用户 LED 阵列 该数组将过程数据字节从可编程逻辑控制器 (PLC) 映射至视觉指示器，从而快速概览关键数据值。

4 位 DIP 开关 该开关可选择配置选项或工作模式，从而灵活满足不同的应用需求。

16 位旋转开关 此开关用于设置设备或网络地址，便于精确配置和网络集成。

用户按钮 该按钮可以触发定义的测试或交互事件，例如在插件验证或诊断例程期间。

3.6.7 编程及调试选项

使用 AM2612 的参考设计支持两个主要的编程和调试选项，一次只能启用一个。选择通过跳线 J17 控制。

板载 XDS110 当跳线 J17 设置为 *XDS110* 位置时，集成 *XDS110 JTAG* 调试器已启用。这提供了与 *Code Composer Studio (CCS)* 的即插即用连接，从而简化了开发过程。

20 引脚 JTAG 接头 若将跳线 J17 设置为 *20 引脚 JTAG* 接头位置，会启用外部 20 引脚 *JTAG* 接头。这样可以连接外部仿真器或生产测试设备，从而为各种调试和验证场景提供灵活性。

3.6.8 USB 2.0 接口

该参考设计包含两个 **USB** 连接器，以提供灵活的连接选项。

USB Type-AB 连接器 此连接器连接到 AM2612 的 **USB 2.0** 端口，支持主机、器件和双角色操作，从而支持用于开发和测试的通用连接。

USB Type-C® 连接器 此连接器提供可选电源输入路径。**USB Type-C** 包含一个配置通道 (CC) 逻辑控制器，可通过 **USB-C** 电源适配器协商高达 5V、3A 的电流，从而提供可靠的电力输送。

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-010973](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-010973](#) 中的设计文件。

4.2 工具与软件

工具

[CCSTUDIO](#)

Code Composer Studio™ 集成开发环境 (IDE)

软件

[UNIFLASH](#)

UniFlash 闪存编程工具

4.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI) , [AM261x Sitara™ 微控制器数据表](#)
2. 德州仪器 (TI) , [DP83826Ax 确定性、低延时、低功耗、10/100Mbps 工业以太网 PHY 数据表](#)
3. 德州仪器 (TI) , [TPS65214 适合工业应用的带 3 个 BUCK 和 2 个 LDO 的电源管理 IC 数据表](#)
4. 德州仪器 (TI) , [LMK3C0105 无基准 5-LVCMOS 输出可编程 BAW 时钟发生器数据表](#)

4.4 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#)是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 [TI 的使用条款](#)。

商标

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

EtherCAT® is a registered trademark of Beckhoff Automation GmbH.

PROFINET® is a registered trademark of PROFIBUS Nutzerorganisation e.V..

Modbus® is a registered trademark of Schneider Electric USA, Inc.

EtherNet/IP® is a registered trademark of ODVA, INC.

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.

EnDat® is a registered trademark of Dr. Johannes Heidenhain GmbH.

Hiperface DSL® is a registered trademark of SICK AG.

BiSS® is a registered trademark of iC-Haus GmbH.

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5 作者简介

THOMAS MAUER 是德州仪器 (TI) 弗莱辛分公司的工厂自动化团队的系统工程师。他为工业领域开发了参考设计方法。Thomas 在工业以太网、现场总线和工业应用等工业通信领域拥有丰富的经验。Thomas 获得德国威斯巴登应用科学大学电气工程学位 (Dipl.Ing.(FH)) 。

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出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月