

マルチプロトコル アプリケーション向け **100Mbps** 産業用イーサネット通信モジュールのリファレンス デザイン



説明

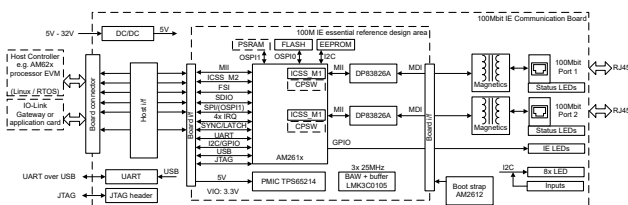
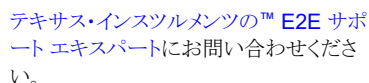
このリファレンス デザインは、マルチプロトコル 100Mbps 産業用イーサネット ノードの開発を迅速化します。このデザインを使用すると、統合型の産業用通信サブシステム (ICSS) を使用して、AM261x 上で EtherCAT®、PROFINET®、EtherNet/IP、Modbus® 伝送制御プロトコル (TCP) の迅速なプロトタイプ製作と導入を可能にします。このアプローチは、ハードウェア回転を削減し、クロックと電力を簡素化し、ディタミニスティック (確定的) で時間同期型のファクトリ オートメーション性能を実現します。

リソース

デザインフォルダ

プロダクト フォルダ

プロダクト フォルダ

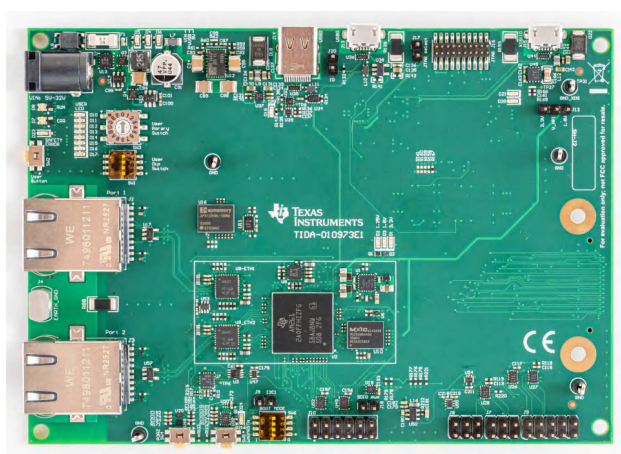


特長

- ・ 複数の産業用イーサネット プロトコルをサポート：
EtherCAT®、PROFINET® リアルタイム (RT)、アイソク
ロナスリアルタイム (IRT)、EtherNet/IP®、Modbus®
TCP
- ・ ICSS によりソフトウェア選択可能なマルチプロトコル動
作を実現
- ・ 高精度のタイミング制御を実現するために、リアルタイ
ムイーサネット信号の同期とラッチを実施
- ・ 外部アプリケーションプロセッサへの接続、またはドー
ターカードとの使用に適した、柔軟なホストポートイン
ターフェイス (HPI)
- ・ 部品表 (BOM) 点数の低減と小型フォームファクタを
実現する、効率的なリファレンスデザイン
- ・ 電磁両立性 (EMC) と電磁干渉 (EMI) と互換性のある
PCB レイアウト

アプリケーション

- 通信モジュール
- スタンドアロンのリモート IO
- ロボット通信モジュール
- 移動型ロボット通信モジュール
- CPU (PLC コントローラ)



1 システムの説明

このリファレンス デザインは、AM261x Arm® Cortex®-R マイコンをベースとする、2 ポートの 100BASE-TX 産業用イーサネット通信モジュールを実装しています。このデザインは、EtherCAT、PROFINET RT、PROFINET IRT、EtherNet/IP、Modbus TCP などのプロトコルを必要とする組込みシステムにリアルタイム産業用イーサネット コネクティビティを追加するための、コンパクトで柔軟なプラットフォームを提供します。

このデザインには、2 つのイーサネット ポート、11 個のユーザー制御ステータス LED、ロータリー スイッチ、DIP スイッチ、構成および診断用のユーザー プッシュ ボタンが搭載されています。

ホスト ポート インターフェイス (HPI) は、システム統合のための外部マイクロプロセッサとの接続を可能にし、8 ポートの IO-Link コントローラなどの機能アドオン カードの接続に使用できます。

最適化済みのレイアウト、BOM 効率、EMC 準拠のデザインを採用したこのモジュールは、スケーラブルなマルチプロトコル産業用通信システムを開発するためのすぐに使用できるビルディング ブロックとして活用できます。

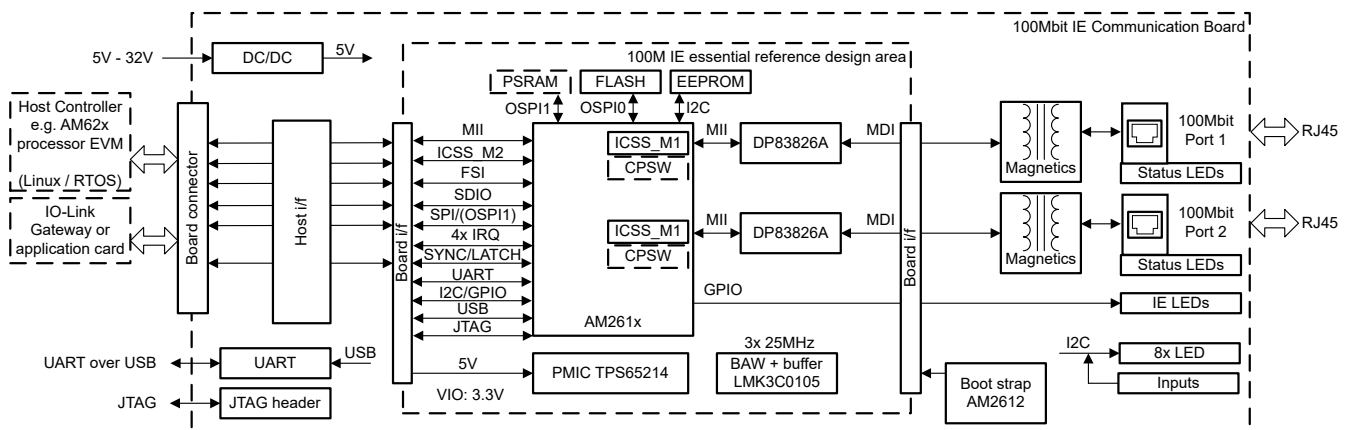
1.1 用語

ICSS	産業用通信サブシステム
PRU	プログラマブル リアルタイム ユニット
SKU	在庫管理単位

2 システム概要

産業用オートメーション機器メーカーは、グローバル市場向けのネットワーク接続型デバイスを設計する際に、いくつかの課題に直面します。このリファレンス デザインは、AM261x マイコンがマルチプロトコル産業用イーサネット通信に適した統合型のスケーラブルなアプローチを実現する方法を提示します。

2.1 ブロック図



2.2 設計上の考慮事項

2.2.1 産業用プロトコルの断片化

機器をグローバルに販売するには、ベンダは EtherCAT、PROFINET RT、PROFINET IRT、EtherNet/IP、Modbus TCP など、複数の産業用イーサネット規格をサポートする必要があります。

課題: 各プロトコルごとに個別のハードウェアおよびソフトウェア実装を開発および維持すると、エンジニアリング コストと開発期間が大幅に増加します。さらに、認定および保守作業は、製品バリエーションごとに増加します。

ソリューション: AM261x は、複数の産業用イーサネット プロトコルをサポートする単一のハードウェアおよびソフトウェア プラットフォームを提供します。統合型の産業用通信サブシステム (ICSS) にさまざまなファームウェア イメージをロードすることにより、ソフトウェアを介してプロトコルを切り替えることができます。

統合型プラットフォームを使用すると、設計の複雑さを低減し、TI の産業用 SDK が提供する事前認証済みプロトコル スタックを使用した認定を迅速化して、SKU のバリエーションの数を最小化することができます。

2.2.2 リアルタイムの性能とデターミニズム (決定論)

産業用イーサネットプロトコルでは、サイクル時間、ジッタ、同期の精度に関して、さまざまなタイミング制約が課されます。EtherCAT と PROFINET IRT は、1 μ s 未満の同期を必要とします。EtherNet/IP と Modbus TCP は、標準の TCP/IP 通信を使用しますが、多くの場合、ディタミニスティック (確定的) なリアルタイムトラフィックと共存する必要があります。

課題: 汎用マイコンや Linux ベースのプロセッサでは、多くの場合、CPU 負荷状況が変化するときディタミニスティック (確定的) なリアルタイム性能を実現することができません。

ソリューション: AM261x には、専用の PRU ベース産業用通信サブシステム (ICSS) が統合されており、ホスト CPU のワークロードに依存しないディタミニスティック (確定的) で低レイテンシの応答を実現します。このデザインは、サポートされているすべての産業用イーサネット規格について、高精度のリアルタイム通信を実現します。

2.2.3 部品コストと PCB スペースの制約

現在の多くのデザインでは、アプリケーション レイヤ用の高性能マイクロプロセッサ ユニット (MPU) に加え、外部特定用途向け IC (ASIC)、フィールド プログラマブル ゲートアレイ (FPGA)、産業用イーサネット用の通信コプロセッサが必要です。

課題: このようなマルチチップ アーキテクチャにより、BOM コスト、消費電力、プリント基板 (PCB) 面積が増大します。

ソリューション: AM261x は、産業用イーサネット向けのスタンドアロン マイコンと、クワッド シリアル ペリフェラル インターフェイス (QSPI) ターゲット ホスト インターフェイス経由で外部 MPU に接続された通信コンパニオン サブシステムとして動作できます。このデザインは、外部 FPGA や ASIC が不要になり、PCB レイアウトを簡素化するとともに、総システム コストを低減します。

2.2.4 プロトコルの認証とソフトウェアの保守

各産業用イーサネット規格には、特定の認証プロセス (ETG、PI、ODVA など) があります。シリコンのリビジョンやファームウェアの更新にわたって認証を維持するには、時間がかかり、コストがかかります。

課題: 認証の失敗は製品開発サイクルの後半に発生することが多く、スケジュールの遅延が発生します。

ソリューション: AM261x 向けの TI の産業用 SDK には、事前認証済みのプロトコル スタックとリファレンス サンプルが付属しており、認証に関するリスクの低減と継続的な保守作業の削減を実現できます。

2.3 主な使用製品

2.3.1 AM2612 マイクロコントローラ

AM2612 は、リアルタイム制御、機能安全、産業用通信アプリケーション向けに設計された、500MHz デュアルコア Arm Cortex-R5F マイコンです。このデバイスには、EtherCAT、PROFINET RT、PROFINET IRT、EtherNet/IP、Modbus TCP、最大 8 ポートの IO-Link コントローラなど、幅広いリアルタイム産業用イーサネットおよびフィールド通信プロトコルをサポートする 2 つの産業用通信サブシステム (ICSS) が内蔵されています。

また、AM2612 は、EnDat®、Hiperface DSL®、BiSS® などのエンコーダ インターフェイスと、高精度モーター制御向けの PWM 出力もサポートしています。

通信インターフェイスには CAN-FD、イーサネット、OSPI、SPI、I²C、UART、ePWM、eCAP、eQEP が含まれます。

このリファレンス デザインでは、AM2612 は産業用イーサネット通信コントローラとして機能するほか、産業用イーサネットと、OSPI や IO-Link などの外部インターフェイスの間のゲートウェイとして機能します。

AM261x Sitara™ マイコン (MCU) ファミリーは、TI の新世代リアルタイム マイコン プラットフォームの製品であり、スケーラブルな Arm Cortex-R5F の性能と高度な安全性およびセキュリティ機能を組み合わせ、最新の産業用および車載用アプリケーションの複雑なリアルタイム処理要件を満たします。

2.3.2 DP83826A イーサネット PHY

DP83826A は、低レイテンシ、低消費電力の 10/100Mbps 産業用イーサネット PHY であり、産業用システムにおけるリアルタイムおよびディタミニスティック (確定的) な通信に最適化されています。このデバイスは、10BASE-Te と 100BASE-TX の両方の規格をサポートしており、高速リンク アップと高速リンク ドロップ検出 (10μs) のためのハードウェア ブートストラップを備えています。

このデバイスは、堅牢な EMC および EMI 性能を実現するよう設計されており、コンパクトで信頼性の高いネットワーク実装が可能です。

主な特長:

- フィルタリング回路内蔵により EMC 性能を強化
- IEC 61000-4-2 ESD: ±8V 接触、±15kV 気中 (基準 A)
- IEC 61000-4-4 EFT: 5kHz、100kHz で ±4kV (基準 A)
- CISPR 22 伝導および放射エミッション Class B
- 高速リンク ドロップ検出 < 10μs
- ケーブルの到達範囲 > 150m
- MAC インターフェイス上の電圧モードライン ドライバ内蔵終端

これらの特長から、DP83826A はコンパクトでコスト最適化された EMC 準拠の産業用イーサネット モジュールに最適です。

2.3.3 TPS65214 パワー マネージメント IC

TPS65214 は、3 個の同期整流降圧 DC/DC コンバータと 2 個の低ドロップアウト (LDO) レギュレータを搭載した、柔軟なパワー マネージメント IC (PMIC) を提示しています。この構成により、このデバイスは産業用システムのシステム オン チップ (SoC) やマイコンへの電源供給に最適です。

- 出力能力:
 - 2A 降圧コンバータ × 1
 - 1A 降圧コンバータ × 2
 - 300mA LDO × 1
 - 500mA LDO × 1
- 広い動作温度範囲: $-40^{\circ}\text{C} \sim +105^{\circ}\text{C}$
- 小型の 470nH インダクタと最小の外付け部品点数を実現した、コンパクトな設計サイズ
- I²C インターフェイス経由で構成でき、追加の GPIO ピンとマルチファンクション ピンにより、シーケンシングと電源レール監視が可能です

TPS65214 は、AM2612 とデバイス ペリフェラルに向けた包括的で効率的な電源アプローチを提供し、産業用温度範囲と信頼性に最適化されています。

2.3.4 LMK3C0105 クロック ジェネレータ

LMK3C0105 は、TI バルク音響波 (BAW) テクノロジーをベースに構築された 5 出力リファレンスレス クロック ジェネレータです。このデバイスは、水晶振動子や外部クロック リファレンスを必要とせずに $\pm 25\text{ppm}$ の周波数安定性を実現できるため、設計を簡素化し、信頼性を向上させます。

主な機能は次のとおりです。

- 最大 5 つのクロック出力を生成し、スペクトラム拡散 (SSC) および非 SSC として構成可能
- 最大 3 つの独立した出力周波数を同時にサポート
- 各出力チャネルは、内部分数出力分周器 (FOD) を使用して、正確な周波数を生成可能
- 4 つの LVCMOS クロック出力と 1 つの REF_CTRL 選択可能な LVCMOS 出力を実現

このデザインでは、LMK3C0105 が AM2612 およびイーサネット PHY に高精度、低ジッタの LVCMOS クロックを提供し、産業用ネットワークでデタミニスティック (確定的) なタイミングと同期を実現します。

3 システム設計理論

このセクションでは、100Mbps 産業用イーサネット通信モジュールのリファレンス デザインのハードウェア アーキテクチャ、設計上の検討事項、実装の詳細について説明します。このセクションでは、主要なハードウェア コンポーネント、メモリおよびインターフェイスの構成、レイアウトと EMC のガイドライン、電源設計、デバッグ接続性について説明します。

3.1 主な要件と上の検討事項

この産業用イーサネットのリファレンス デザインでは、低 BOM コスト、コンパクトな PCB 面積、堅牢なリアルタイム イーサネット性能を実現するよう最適化された一連の部品を搭載しています。

リファレンス デザインの部品：

- AM2612 – リアルタイム制御機能と安全機能とセキュリティ機能を搭載、500MHz 動作、デュアル コア Arm® Cortex®-R5F マイコン
- DP83826AI – EtherCAT® および産業用温度動作に最適化された、低レイテンシの 10/100Mbps イーサネット PHY
- TPS65214 – マイコンおよびペリフェラルの DC/DC コンバータと LDO を搭載した、パワー マネージメント IC (PMIC)
- LMK3C0105 – バルク音響波 (BAW) テクノロジーを使用した 5 出力リファレンスレス クロック ジェネレータ
- OSPI フラッシュ (256Mb) – アプリケーションおよびプロトコル ソフトウェア イメージ用の不揮発性メモリ

オプションの部品 (アプリケーションによって異なる)：

- I²C EEPROM (1Mb) – ユーザー構成または工場出荷時の校正データを保存します
- OSPI PSRAM (128Mb, OPI 8 x, DDR 200MHz) – 大規模なユーザー アプリケーション用のオプションの外部メモリ

3.1.1 動作モード

このリファレンス デザインは、2 つのシステム モードで構成できます。

1. **スタンドアロン モード:** ユーザー アプリケーションと産業用イーサネット スタックは、同じ AM2612 デバイス上で動作します。プロセスデータは、共有 RAM または PRU-ICSS メモリを介して内部で交換されます。内部バスの高速接続により、産業用イーサネット スタックとユーザー アプリケーションの間で非常に高速なプロセス データ交換を実現できます。
 - リモート I/O やセンサなどのコンパクトでコスト最適化されたデバイスに最適です。
2. **コンパニオン モード (ホスト インターフェイス モード):** AM2612 は、SPI、QSPI、FSI などのホスト ポート インターフェイス (HPI) 経由で、外部 MPU に接続する通信コンパニオンとして動作します。サイドバンド信号 (例: 割り込み、同期、ラッチ) は、外部 MPU と産業用イーサネットのリファレンス デザインの間でリアルタイム調整を実現します。
 - 個別のプロセッサでより高いレベルの制御を必要とする、中性能から高性能の PLC、サーボドライブ、ゲートウェイ モジュールに最適です。

3.2 ソフトウェア アーキテクチャおよびブートフロー

起動時に、産業用プロトコル スタックとユーザー アプリケーションが外部 OSPI フラッシュから AM2612 マイコンの内部 RAM にロードされ、そこで実行されます。

TI の産業用通信 SDK プロトコル サンプルは、すべて内蔵 RAM で動作します。追加のメモリが必要な場合は、次のいずれかを使用します。

- AM2612 は、外部 OSPI PSRAM を使用してメモリを拡張できます

OSPI フラッシュから直接 XiP (Execute-In-Place) モードで動作し、ブート時間と RAM の使用量を低減します。

サポート対象のプロトコルは、EtherCAT、PROFINET RT、PROFINET IRT、EtherNet/IP、Modbus TCP で、これらはいずれも、TI の産業用 SDK 上で動作します。

3.3 産業用通信サブシステム (ICSS)

ICSS は AM2612 マイコンの内蔵ペリフェラルを表し、産業用イーサネット プロトコル スタックを実行します。ICSS は、産業用イーサネット プロトコルの MAC 層などの重要なアプリケーションをリアルタイムで実行し、実行時にコンポーネントが

産業用イーサネット MAC のファームウェアをロードするため、高い柔軟性を実現します。このため、実行時にファームウェアを変更して、マルチプロトコルの産業用イーサネットを実現することもできます。

注

内蔵されている 3 ポートの共通プラットフォーム イーサネット スイッチ (CPSW) は、産業用イーサネット プロトコルでは使用できません。

ただし、ICSS と CPSW は AM2612 と同じ MII 信号ピンを共有しているため、標準イーサネット機能が必要な場合、アプリケーションは ICSS と CPSW モードを動的に多重化できます。ICSS と CPSW は、AM2612 内で異なる管理データ IO (MDIO) と管理データ クロック (MDC) ペリフェラルの知的財産 (IP) を使用することに注意してください。このリファレンス デザインは、イーサネット ペリフェラルを切り替える目的で、ICSS または CPSW から MDIO または MDC を選択します。

3.4 クロックおよび同期

LMK3C0105 は、イーサネット PHY とマイコンの両方に共通 25MHz クロックを生成します。

EtherCAT などのプロトコルでは、ディタミニスティック (確定的) でリアルタイムのパケット転送を実現し、TX-FIFO のアンダーランまたはオーバーランを防止するために、共有された位相整列クロック ソースが必要です。[「EtherCAT® アプリケーションで DP83826 を使用する方法と理由」](#)アプリケーション ノートを参照してください。

産業用イーサネット インターフェイスは、リアルタイム同期タスクのための同期およびラッチのタイミング信号もサポートしています。

3.5 電源

3.5.1 マルチプロトコル産業用イーサネット サブシステムの電源

マルチプロトコル産業用イーサネット サブシステムは、5V の単一入力で動作します。必要なすべての電圧レールは、TPS65214 PMIC によって生成され、マイコン、イーサネット PHY、メモリ、サポート ロジックに電力を供給します。PMIC が生成する電圧レールは、マイコン コア用の 1.25V、1.8V および 3.3V です。

3.5.2 システムの電源

メイン電源入力、バレルジャック コネクタ J1 で 5V ~ 32V の広い動作電圧範囲を受け入れます。

- 逆極性保護: LM74700-Q1 効率的なダイオード コントローラ
- ESD 保護: TVS3301 と同相モード チョーク
- メイン コンバータ: サブシステム用に 5V を生成する TLVM13630 昇降圧モジュール
- 代替パワーパス: 2 番目の LM74700-Q1 を使用して VIN に接続した OR 接続機能搭載 USB-C ポート

この構成により、堅牢な産業用電源入力、柔軟な電源オプションを実現するほか IEC 61000-4-xx サージと ESD 耐性に関する各種規格に準拠できます。

3.6 リアルタイム イーサネット メディア独立インターフェイス (MII)

100Mbps 産業用イーサネットの場合、イーサネット信号路でレイテンシを最小化するために、メディア独立インターフェイス (MII) を推奨します。ICSS は MII をネイティブにサポートしています。この実装では RGMII はサポートされていません。MII は、RGMII よりも送信および受信のレイテンシが低くなります。特にネットワーク内に長いデ이지ー チェーン デバイスを持つネットワークでは、レイテンシが蓄積します。したがって、産業用イーサネットを使用する場合は MII が推奨インターフェイスです。

ICSS から PHY への信号は、[「AM261x Sitara™ マイコンと DP83826Ax ディタミニスティック \(確定的\) な低レイテンシで低消費電力の 10/100Mbps 産業用イーサネット PHY」](#)データシートに記載されている、長さの一致およびインピーダンス制御のガイドラインに従う必要があります。

表 3-1. ICSSG0 MII マルチプレクサ モード: ポート 0 およびポート 1

ポート番号	ZFG ボール番号	ボール名	マルチプレクサ モード	ICSS_GPCFG0_REG[29-26] PR<K>_PRU0_GP_MUX_SEL = 2 (MII モード)	注
ポート 0	B20	GPIO113	PR0_PRU1_GPIO16	pr<k>_mii_mt0_clk	
ポート 0	E18	GPIO114	PR0_PRU1_GPIO15	pr<k>_mii0_txen	
ポート 0	F17	GPIO115	PR0_PRU1_GPIO11	pr<k>_mii0_txd[0]	
ポート 0	D20	GPIO116	PR0_PRU1_GPIO12	pr<k>_mii0_txd[1]	
ポート 0	C20	GPIO117	PR0_PRU1_GPIO13	pr<k>_mii0_txd[2]	
ポート 0	D19	GPIO118	PR0_PRU1_GPIO14	pr<k>_mii0_txd[3]	
ポート 0	N20	GPIO91	PR0_PRU0_GPIO6	pr<k>_mii_mr0_clk	
ポート 0	L20	GPIO92	PR0_PRU0_GPIO4	pr<k>_mii0_rxdv	
ポート 0	N17	GPIO93	PR0_PRU0_GPIO0	pr<k>_mii0_rxd[0]	
ポート 0	N19	GPIO94	PR0_PRU0_GPIO1	pr<k>_mii0_rxd[1]	
ポート 0	M18	GPIO95	PR0_PRU0_GPIO2	pr<k>_mii0_rxd[2]	
ポート 0	M20	GPIO96	PR0_PRU0_GPIO3	pr<k>_mii0_rxd[3]	
ポート 0	J18	GPIO90	PR0_PRU0_GPIO8	pr<k>_mii0_rxlk	
ポート 0	K19	GPIO87	PR0_PRU0_GPIO5	pr<k>_mii0_rxr	
ポート 0	J19	GPIO88	PR0_PRU0_GPIO9	pr<k>_mii0_col	半二重イーサネットの場合、オプションの信号
ポート 0	J20	GPIO89	PR0_PRU0_GPIO10	pr<k>_mii0_crs	半二重イーサネットの場合、オプションの信号
ポート 0	A10	GPIO22	GPIO22	GPIO22	オプション、PHY0 割り込み
ポート 1	M19	GPIO97	PR0_PRU0_GPIO16	pr<k>_mii_mt1_clk	
ポート 1	P18	GPIO98	PR0_PRU0_GPIO15	pr<k>_mii1_txen	
ポート 1	P20	GPIO99	PR0_PRU0_GPIO11	pr<k>_mii1_txd[0]	
ポート 1	P19	GPIO100	PR0_PRU0_GPIO12	pr<k>_mii1_txd[1]	
ポート 1	K20	GPIO101	PR0_PRU0_GPIO13	pr<k>_mii1_txd[2]	
ポート 1	L19	GPIO102	PR0_PRU0_GPIO14	pr<k>_mii1_txd[3]	
ポート 1	F19	GPIO107	PR0_PRU1_GPIO6	pr<k>_mii_mr1_clk	
ポート 1	G19	GPIO108	PR0_PRU1_GPIO4	pr<k>_mii1_rxdv	
ポート 1	H20	GPIO109	PR0_PRU1_GPIO0	pr<k>_mii1_rxd[0]	
ポート 1	H19	GPIO110	PR0_PRU1_GPIO1	pr<k>_mii1_rxd[1]	
ポート 1	H17	GPIO111	PR0_PRU1_GPIO2	pr<k>_mii1_rxd[2]	
ポート 1	G20	GPIO112	PR0_PRU1_GPIO3	pr<k>_mii1_rxd[3]	
ポート 1	G18	GPIO106	PR0_PRU1_GPIO8	pr<k>_mii1_rxlk	
ポート 1	F20	GPIO103	PR0_PRU1_GPIO5	pr<k>_mii1_rxr	
ポート 1	E20	GPIO104	PR0_PRU1_GPIO9	pr<k>_mii1_col	半二重イーサネットの場合、オプションの信号
ポート 1	E19	GPIO105	PR0_PRU1_GPIO10	pr<k>_mii1_crs	半二重イーサネットの場合、オプションの信号
ポート 1	B4	GPOP83	GPOP83	GPOP83	オプション、PHY1 割り込み
ポート 0 および 1	R19	GPIO85	PR0_MDIO0_MDIO	PR0_MDIO0_MDIO	
ポート 0 および 1	R20	GPIO85	PR0_MDIO0_MDC	PR0_MDIO0_MDC	

3.6.1 リアルタイム タスクに使用できる同期/ラッチ ピン

このリファレンス デザインには、専用の同期信号とラッチ信号が含まれており、産業用イーサネットのタイミングと I/O とプロセッサデータ キャプチャの整合を可能にします。

表 3-2. リアルタイム タスクに使用できる同期ピンとラッチ ピン

ポート番号	ZFG ボール番号	ボール名	マルチプレクサ モード	ICSS_GPCFG0_REG[29-26] PR<K>_PRU0_GP_MUX_SEL = 2 (MII モード)	注
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	任意の GPIO をマルチプレクサしてラッチできます
LATCH1	T19	GPIO122	GPIO122	GPIO122	任意の GPIO をマルチプレクサしてラッチできます

3.6.2 レイアウトに関する考慮事項

このリファレンス デザインは、信頼性の高い 100Mbps 産業用イーサネット通信に適した EMC および EMI 耐性と信号の整合性を実現するために、8 層の PCB の積層を活用しています。

表 3-3. レイアウトに関する考慮事項

基板面	機能
1	最上部の信号およびコンポーネント層
2	グラウンド基準 (GND)
3	信号の配線取り回し
4	グラウンド基準 (GND)
5	パワー ディストリビューション
6	信号の配線取り回し
7	グラウンド基準 (GND)
8	最下層の信号およびコンポーネント層

3.6.2.1 レイアウトのガイドライン

- 部品データシートへの準拠** データシートに記載されているすべての部品、特に AM261x マイコンと DP83826A PHY のレイアウトに関する推奨事項を必ず遵守してください。
- デカップリングおよびバイパス** バイパスおよびデカップリング コンデンサを AM261x マイコンの真下の、電源ピンのできるだけ近くに配置します。高周波ノイズを最小限に抑えるため、適切な容量値のコンデンサを使用します。
- 短いビア** 短いビアを使用して、デカップリング コンデンサをグラウンド プレーンと電源プレーンの両方に接続することで、インダクタンスを低減し、信号の整合性を向上させます。
- アース-グラウンド プレーン** すべてのイーサネット コネクタと PHY 回路の周囲に、堅牢なアース-グラウンド プレーンを実装します。これにより、同相モード ノイズが遮断されます。
- 同相モード チョークおよび絶縁** イーサネット コネクタと PHY 回路との間に同相モード チョークを内蔵します。グラウンド バウンスやノイズの問題を軽減するためには、デジタル グラウンド プレーンとシャーシ アース グラウンドとの間の物理的な分離 (絶縁) を維持することが重要です。
- 信号トレースの配線** インピーダンスが制御された信号トレースを配線することで、トレース長を最小化し、適切なトレース幅を使用して 100Mbps の帯域幅全体で信号の整合性を維持します。

3.6.3 EMI および EMC に関する検討事項

電磁干渉 (EMI) の最小化と、関連する EMI 規格と EMC 規格への準拠を実現することは、信頼性の高い動作を実現するうえで非常に重要です。このリファレンス デザインは、以下のデバイスを測定します。

- 堅牢なアース グラウンディング** すべてのイーサネット コネクタと電源部品の直下に、堅牢なアース接地接続を確立し、伝導エミッションに対する低インピーダンスの帰路を実現します。
- デジタル グラウンドの絶縁** デジタル グラウンド プレーンとシャーシ アースとの間に、RC またはフェライトをベースとしたカップリング ネットワークを実装します。この絶縁により、グラウンド バウンスが防止され、イーサネット回路へのデジタル ノイズの結合が最小限に抑えられ、CISPR 22、EN 55022 Class B の放射制限に適合しています。
- インピーダンス制御 信号の配線** すべての信号トレースをインピーダンスを制御して設計し、トレース長を綿密に一致させることで信号の整合性を維持し、100Mbps の周波数範囲全体で反射を最小限に抑えます。
- CISPR 22、EN 55022 への準拠** このデザインは、CISPR 22、EN 55022 Class B の伝導および放射エミッションの制限を満たすことを目標としています。この規格準拠を実現するには、適切なグラウンディング、シールド、インピーダンス制御が不可欠です。

3.6.4 AM2612 ブートストラップ インターフェイス

AM2612 マイコンのブートストラップ インターフェイスにより、さまざまなブート モードが可能になり、開発、デバッグ、ファームウェアの更新を柔軟に行えます。表 3-4 に、サポートされているブート モードを示します。

表 3-4. ブートモードの説明

ブートモード	説明	代表的な使用事例
OSPI ブート	外部 OSPI フラッシュからアプリケーション イメージをロードします。これは、スタンドアロン動作のプライマリ ブート モードです。	量産向けのスタンドアロン アプリケーション
UART ブート	UART 経由でソフトウェア イメージをロードし、OSPI フラッシュをプログラミングすることや、エラーが発生した場合のリカバリを可能にします。	開発、初期プログラミング、リカバリ
DEV ブート	Code Composer Studio (CCS) を使用してデバッグを有効にします。基本的なシステム設定を初期化するには、構成スクリプトまたは OSPI フラッシュにプリロードされているヌル ブートローダーが必要です。	CCS を使用したデバッグ
DFU ブート	DFU ブートローダーと UniFlash フラッシュ プログラミング ツールを使用して、USB 経由でファームウェアの更新を容易にします。	ファームウェア更新

詳細な手順とセットアップ手順については、「[MCU+ SDK 入門ガイド](#)」および「[EVM セットアップ](#)」セクションを参照してください。

3.6.5 RJ45 イーサネット インターフェイス

このリファレンス デザインは、Würth Elektronik の磁気素子を内蔵した RJ45 コネクタを搭載しており、堅牢で信頼性の高い 100Mbps イーサネット通信を実現します。

DP83826A PHY には、効率的に動作させるために電圧モード磁気素子が必要です。磁気素子のセンター タップは個別にグラウンドに接続されており、互いに短絡していたり、VCC に接続したりしないことが重要です。この電圧モード構成には、電流モードの磁気素子に対して、部品表 (BOM) の削減、消費電力の低減、無線周波数 (RF) 性能の向上など、いくつかの利点があります。

EtherCAT のレイテンシを最短にし、実効的な電磁干渉 (EMI) 性能を実現できるように、A バージョンの PHY を推奨します。

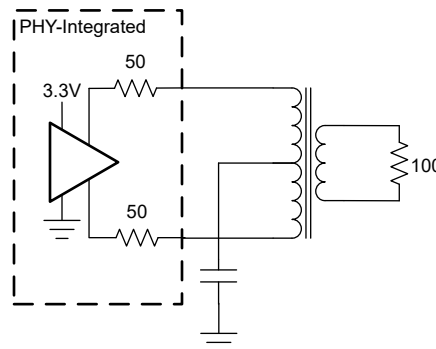


図 3-1. 電圧モード

3.6.6 産業用ユーザー インターフェイス

産業用ユーザー インターフェイス (IUI) は、開発および準拠テスト時に、重要な構成可能性と診断機能を提供します。IUI を使用すると、ユーザーはシステム ステータスを監視し、効率的なパフォーマンスを得るために設定を調整できます。IUI には通常、次の要素が含まれます。

プロトコル ステータス LED	EtherCAT RUN/ERR インジケータのような LED は、イーサネット通信のステータスを視覚的に確認できます。
8 ビット ユーザー LED アレイ	このアレイは、プログラマブル ロジック コントローラ (PLC) からのプロセスデータ バイトを視覚的なインジケータにマッピングすることで、主要なデータ値の概要を簡単に把握できます。
4 ビット DIP スイッチ	このスイッチを使用すると、構成オプションまたは動作モードを選択できるため、さまざまなアプリケーションのニーズに柔軟に対応できます。
16 ポジション ロータリースイッチ	このスイッチは、デバイスまたはネットワーク アドレスを設定するために使用され、正確な構成とネットワーク統合を容易にします。

ユーザー プッシュ ボタ プッシュ ボタンは、プラグフェスト検証ルーチンや診断ルーチンなど、定義されたテスト イベント
ン
やインタラクション イベントをトリガすることができます。

3.6.7 プログラミングとデバッグのオプション

AM2612 を採用したリファレンス デザインは、2 つのプライマリ プログラミング オプションとデバッグ オプションをサポートしており、一度に 1 つのみを有効化できます。選択はジャンパ J17 を使用して行います。

オンボードの XDS110 ジャンパ J17 が XDS110 の位置に設定されていると、内蔵の XDS110 JTAG デバッガが有効になります。これにより、Code Composer Studio (CCS) とのプラグアンドプレイ接続が可能になり、開発プロセスが簡素化されます。

20 ピン JTAG ヘッド ジャンパ J17 を 20 ピン JTAG ヘッドの位置に設定すると、外部の 20 ピン JTAG ヘッドが有効になります。これにより、外部エミュレータや製造試験装置との接続が可能になり、多様なデバッグと検証シナリオに柔軟に対応できます。

3.6.8 USB 2.0 インターフェイス

このリファレンス デザインは、2 個の USB コネクタを搭載しており、柔軟な接続オプションを実現できます。

USB Type-AB コネクタ このコネクタを AM2612 の USB 2.0 ポートに接続して、ホスト、デバイス、デュアルロールの動作をサポートします。これにより、開発とテストに適した多用途な接続機能を実現できます。

USB Type-C® コネクタ このコネクタは、オプションの電源入力経路を提供します。USB Type-C が搭載している構成チャネル (CC) ロジック コントローラは、USB-C 電源アダプタから最大 5V、3A のネゴシエーションを行い、信頼性の高い電力供給を提供します。

4 設計とドキュメントのサポート

4.1 デザイン ファイル

4.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-010973](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.2 BOM

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-010973](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.2 ツールとソフトウェア

ツール

[CCSTUDIO](#) Code Composer Studio™ 統合開発環境 (IDE)

ソフトウェア

[Uniflash](#) UniFlash フラッシュ プログラミング ツール

4.3 ドキュメントのサポート

1. テキサス インスツルメンツ、[「AM261x Sitara™ マイコン」データシート](#)
2. テキサス インスツルメンツ、[「DP83826Ax デイタミニスティック \(確定的\) な低レイテンシで低消費電力の 10/100Mbps 産業用イーサネット PHY」データシート](#)
3. テキサス インスツルメンツ、[「TPS65214 産業用アプリケーション向け 3 個の降圧回路および 2 個の LDO を搭載したパワー マネージメント IC」データシート](#)
4. テキサス インスツルメンツ、[「LMK3C0105 リファレンスレス 5-LVCMOS-出力プログラマブル BAW クロック ジェネレータ」データシート](#)

4.4 サポート・リソース

[テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラム](#)は、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

商標

テキサス・インスツルメンツの™, Sitara™, Code Composer Studio™, and テキサス・インスツルメンツ E2E™ 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.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

5 著者について

THOMAS MAUER はテキサス インスツルメンツ (フライジング) の産業用オートメーション チームのシステム エンジニアです。産業分野向けのリファレンス デザイン法の開発を担当しています。**Thomas** は、産業用イーサネット、フィールドバス、産業用アプリケーションなどの産業用通信分野で豊富な経験を持っています。**Thomas** は、電気工学の学位 (Dipl.Ing.(FH)) をドイツのヴィースバーデンにある応用科学大学で取得しました。

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月