参考資料

Technical White Paper

*レーダー アプリケーション用イーサネット **PHY** 選択ガイド*

概要

車載レーダー システムは、センサ密度の向上と、より厳格なセンサ フュージョンに向けて進化しており、長距離 ADAS レーダーから小型の近距離レーダーまでをサポートするイーサネット ネットワークが必要です。必要なイーサネット データ レートは信号処理が発生する場所によって異なります。エッジ処理されるオブジェクトリストでは数 Mbps、未加工データの中央コンピュータへのストリーミングでは数 Gbps が必要です。このホワイト ペーパーでは、TI の車載イーサネット PHY 製品ラインアップ (10BASE-T1S、100BASE-T1、1000BASE-T1) からの選択方法を示し、フットプリント互換パッケージで供給する TC10 低消費電力スリープ、IEEE 802.1AS 時間同期、IEEE 802.1AE MACsec セキュリティなどの主な機能について説明します。このドキュメントでは、TI の PHY を特定の AWR および AWRL レーダー SoC を用いて解説し、インターフェイス、データ レート、機能の要件に基づいて PHY を組み合わせるよう支援します。

目次

1 概要.....2
2 PHY データ レートの選択とレーダー処理.....2
3 追加の PHY レベル機能.....3
3.1 ローパワー スリープ (TC10).....3
3.2 タイム センシティブ ネットワーキング (IEEE 802.1AS).....3
3.3 MACsec (IEEE 802.1AE).....4
4 TI のイーサネット PHY ファミリと選択.....4
4.1 10BASE-T1S マルチドロップ イーサネット PHY.....4
4.2 TI のイーサネット PHY と TI の AWR 高性能レーダー SoC の組み合わせ.....4
4.3 TI のイーサネット PHY と TI の AWRL 車内、近距離レーダー SoCs の組み合わせ.....5
5 まとめ.....5

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1 概要

新世代の車載アーキテクチャは、多くの場合、360 度をカバーするために 5 個以上の外部レーダーを使用し、運転者の監視や乗員検出には専用の車内レーダーを採用しています。これら 2 つの使用事例には、高性能 ADAS レーダー、近距離レーダーまたは車内レーダーという 2 つの異なる技術的経路があります。

表 1-1. 2 つの異なる使用事例

高性能 ADAS レーダー	近距離/車内レーダー
• 長距離検出および高解像度画像処理向けの設計 • より厳格なレーダー カメラ LiDAR フュージョン アルゴリズムをサポート • 中央コンピュータにデータをストリーミングするには、優れたオブジェクト識別能力と高データ スループットが必要	• Euro NCAP などの安全規格の進化により推進 • センサは、乗員監視、侵入検出、駐車支援などの短距離用途を重視 • これらのセンサは、分類精度の高さ、低消費電力、コスト効率の優れたコンパクトな統合を優先

テキサス インスツルメンツは、外部レーダーと車内レーダーの両方の多様な要件を満たすよう設計されたイーサネット PHY のファミリを提供しています。このホワイトペーパーでは、レーダー システムの設計に影響を及ぼす主な PHY レベル機能について説明し、TI の PHY 製品ラインアップで機能を図示するほか、TI の PHY と車載レーダー SoC を組み合わせるための選択ガイドを掲載しています。

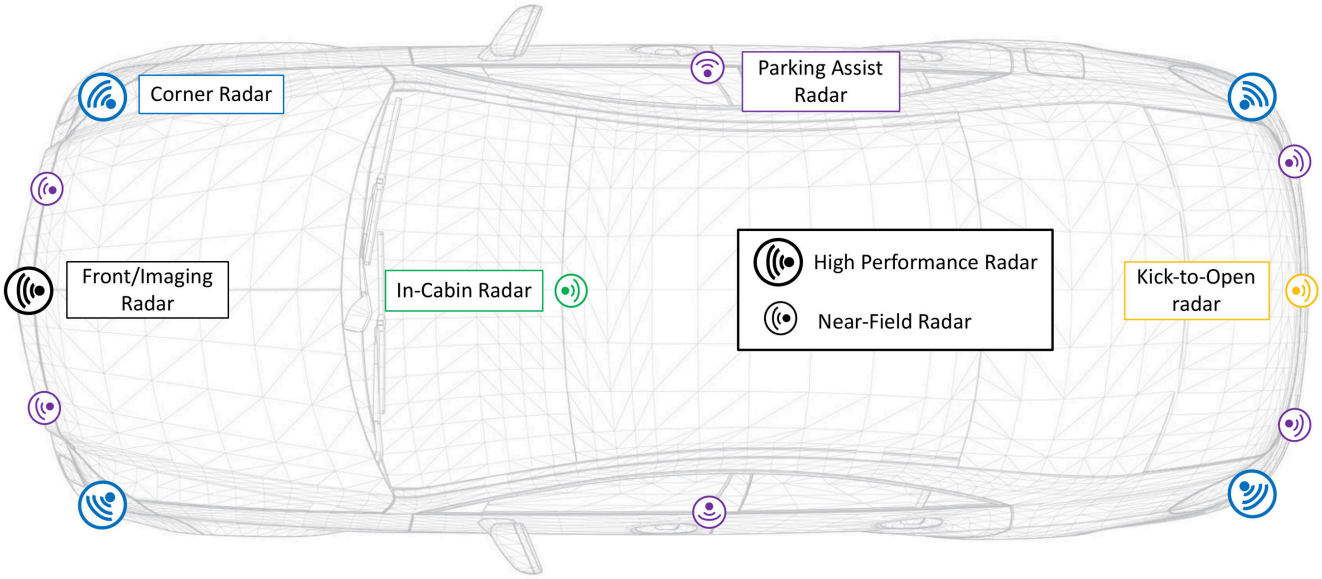

図 1-1. 一般的な車載レーダー アーキテクチャ

2 PHY データ レートの選択とレーダー処理

レーダー データ処理は一般的に信号処理段と検出段に分割されます。各段が実行するポイントによって、システムが必要とするイーサネット帯域幅が決まります。

信号処理段では、未加工のレーダー データに対してさまざまな FFT を実行し、距離、速度、角度を持つオブジェクト リストを復元します (イメージング レーダーは追加の仰角測定も実行できます)。これらの各 FFT ステップにより、ADAS コンピュータに送り返されるセンサ データを削減できます。たとえば、レンジ FFT の後、ターゲットを含まない瓶を破棄することで、さらに処理する必要があるデータ量を低減できます。

検出段では、簡潔なオブジェクト リスト (ID、距離、速度、角度など) を生成することで、中央コンピュータに送信されるストリームをさらに圧縮します。

すべての処理をレーダー SoC (エッジ) で実行すると、センサから出るのはコンパクトなオブジェクト リストのみになり、必要なリンク速度は数 Mbps 程度になります。処理を分割する際、エッジは早期 FFT の後に停止し、中間データを中央 ADAS ECU にストリーミングします。この場合、リンクは数十から数百 Mbps をサポートしている必要があります。最後に、

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

中央コンピュータがすべての処理を担当している場合、レーダーは数 Gbps でストリーミングされた未加工のサンプルを送信する必要があります。

PHY 選択の影響:

- **10BASE-T1s (10Mbps)** – レーダー SoC はエッジですべてのレーダー処理を実行します。
  - DP83TD555 または DP83TD535 を使用
- **100BASE-T1 (100Mbps)** – レーダー SoC は一部のエッジ処理を実行します。中間スペクトル データを中央コンピュータに送信して追加処理と高レベル フュージョンを実行します。
  - DP83TC815 または DP83TC817 を使用
- **1000BASE-T1 (1Gbps)** – レーダー SoC は早期段処理のみを実行します。データ ストリームの大部分が中央コンピュータに送信され、さらに FFT、検出、センサ フュージョン アルゴリズムが実行されます。
  - DP83TG721 を使用

TI のイーサネット PHY は、3 つの速度クラスすべてで利用できます。システム設計者は選択した分割処理アーキテクチャに合わせて PHY を選択できます。

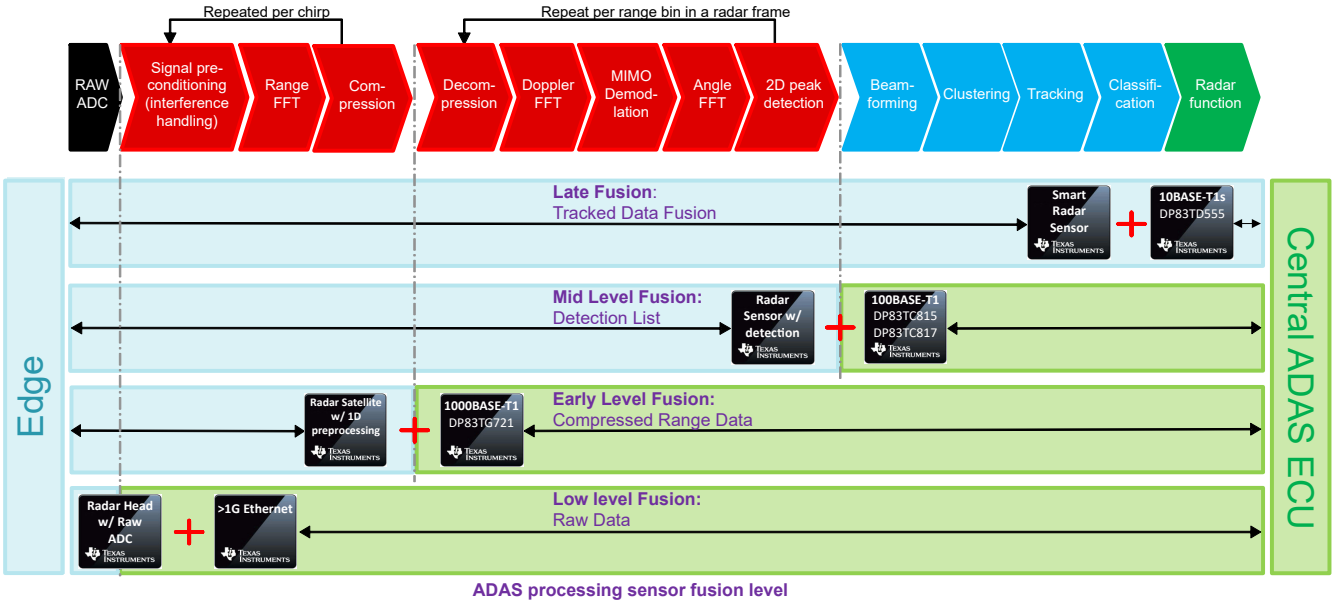

図 2-1. 処理エッジと ADAS コンピュータの分布

3 追加の PHY レベル機能

3.1 ローパワー スリープ (TC10)

TC10 は、車載イーサネット ネットワークのスリープおよびウェークアップ向けに定義された Open Alliance 規格です。TC10 をサポートする TI の PHY はローパワー スリープ状態に移行できるため、PHY に引き込まれた電流を大幅に低減しながら、システムのウェーク コマンドに応答できます。PHY をレーダー モジュールの電源レールを制御するために接続すると、レーダー モジュール全体のスリープ状態とウェーク状態も管理できます。詳細については、「Open Alliance TC10 スリープ/ウェークアップのシステム実装」を参照してください。

3.2 タイム センシティブ ネットワーキング (IEEE 802.1AS)

TSN では、車載ネットワーク内の複数の PHY を同じウォール クロックに同期できます。レーダー チップなどのイベントは、すべてのレーダー モジュールで同期的にトリガできます。PHY はウォール クロックをレーダー SoC に伝えるメカニズムを備えており、SoC のタイミングをネットワークに整合させます。

さらに、TSN をサポートする TI の 100M PHY は固定レイテンシ機能を備えており、100M の低いクロック速度により生じる大きなレイテンシ変動を補償します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3.3 MACsec (IEEE 802.1AE)

MACsec は、各イーサネット フレームを暗号化して認証する PHY レベルのセキュリティ規格です。正しい MACsec キーを持つ信頼できるデバイスだけがトラフィックを読み取り、改ざんや盗聴を防止できます。レーダー SoC は、認証と鍵管理のための MACsec キー アグリーメント (MKA) サービスも実装する必要があります。

詳細については、「車載レーダー アプリケーションの TSN と MACsec」を参照してください。

4 TI のイーサネット PHY ファミリと選択

TI のシングル ペア車載イーサネット PHY は、セクション 3 に示すように、基本的な PHY から MACsec をサポートするものまで、多様な機能層で利用できます。これらの機能セットは累積的なものであるため、MACsec をサポートする PHY には 802.1AS と TC10 も含まれます。システム設計者は、必要な機能のサブセットをサポートする TI の PHY を選択でき、追加コストの発生や複雑さを回避できる可能性があります。さらに、すべての 100BASE-T1 および 1000BASE-T1 PHY は一般的な回路図とフットプリントの互換性があります。このドロップイン互換性により、進化し続ける車載ネットワークの要件に対応し、将来性を考慮したレーダー モジュール設計に役立ちます。

TI の PHY	基本	+ TC10	+ 802.1AS	+ MACsec
1000BASE-T1	DP83TG720	該当なし	DP83TG721	該当なし
100BASE-T1	DP83TC814	DP83TC812 DP83TC813 (小型フォーム ファクタ)	DP83TC815	DP83TC817
10-BASE-T1S	該当なし	DP83TD535 DP83TD530	DP83TD555 (SPI)	該当なし

最新のイーサネット PHY 製品ラインアップについては、「TI のイーサネット PHY 製品ページ」をご覧ください。

4.1 10BASE-T1S マルチドロップ イーサネット PHY

TI の 10Mbps イーサネット PHY は IEEE 802.3cg マルチドロップ バスを実装しています。最低 8 つのノードが 10Mbps の帯域幅のシングル ツイストペア ケーブルを共有できます。10BASE-T1S は PLCA (物理層衝突回避) をサポートしており、制限レイテンシとノード間の均等アクセスを可能にします。

車載レーダーでは、低速ペリフェラル レーダーをすべて 1 つの 10BASE-T1S バスに接続できるため、個別のポイント ツー ポイント リンクと複数のスイッチ ポートを使用する必要がありません。そのため、10BASE-T1S には配線を簡素化し、BOM コストを削減できる可能性があるという利点があります。

TI は標準レーダー SoC インターフェイスをカバーする 3 つの 10BASE-T1S 部品を提供しています:

- **DP83TD530** および **DP83TD535** は OA3p インターフェイスを使用し、レーダー SoC に依存し、イーサネット MAC および PLCA ロジックを提供します
- **DP83TD555** は SPI を使用するレーダーのために MAC と PHY を SPI バスと統合しており、10BASE-T1S ネットワークにシームレスに接続できます。

これら 3 つのデバイスは同じ 10BASE-T1S バス上で混在させることができます。この柔軟性により、設計者は既存のレーダーのインターフェイスに基づいて好みの部品を選択しながら、10BASE-T1S ファミリが提供するマルチドロップ トポロジ、TC –10 ローパワー スリープ、オプションの TSN 時間同期の恩恵も受けられます。

4.2 TI のイーサネット PHY と TI の AWR 高性能レーダー SoC の組み合わせ

TI の高性能車載レーダー SoC は、以下の 3 つの主要な通信インターフェイスを提供します:

- **CSI-2**: 未加工センサ データ向けの高速シリアル インターフェイス。
- **イーサネット MAC**: 標準 IEEE 802.3 イーサネット リンクの MAC 側 (TI のレーダー SoC は MII、RMII、RGMII 構成をサポート)。
- **CAN-FD**: 制御および診断向けのフレキシブルなデータ レート CAN インターフェイス。

MAC は IEEE 802.3 に準拠しているため、PHY のデータ レート クラスが SoC (100BASE-T1 または 1000BASE-T1) がサポートするレートと一致している場合、任意の TI イーサネット PHY をレーダー SoC と共に使用できます。PHY を選

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

択する際、システム設計者は選択した部品がレーダー SoC と同じ速度をサポートしていることを確認する必要があります。リストに記載されているレーダー SoC のイーサネットの速度は最大能力です。たとえば、レーダー SoC でより多くのエッジ処理を使用する場合、AWR2x44P を 100M または 10M イーサネット向けに構成できます。

表 4-1. AWR レーダー SoC ファミリで利用可能なイーサネット インターフェイ スオプション

デバイス	PHY
AWR2188	CSI-2 (プライマリ) エッジ処理 MCU 搭載: DP83TG721 | DP83TC815 | DP83TC817
AWR2x44P	DP83TG721
AWR2544	DP83TG721
AWR2x44-ECO	DP83TC815 | DP83TC817

4.3 TI のイーサネット PHY と TI の AWRL 車内、近距離レーダー SoCs の組み合わせ

SoC 上の処理と分類では出力データ レートが低減されるため、TI の近距離および車内の車載レーダー SoC は主に SPI および CAN-FD の各データ インターフェイスを使用します。これらのデバイスで推奨されるイーサネット PHY ペアリングは DP83TD555 です。この製品は全 MAC および SPI を統合しいるため外部 MAC コントローラが不要で、AWRL レーダーの低スループット要件を満たす小型設計を実現できます。

表 4-2. AWRL レーダー SoC ファミリで利用可能なインターフェイス オプション

デバイス	通信インターフェイス
AWRL6888	DP83TD555
AWRL6844	
AWRL6432	
AWRL1432	
AWR1843AOP	
AWR2944LC	DP83TC815 | DP83TC817

5 まとめ

車両あたり 5 個以上のレーダー、より厳密なセンサ フュージョン アルゴリズムが必要になり、近距離レーダーの使用が増加するに伴い、イーサネット リンクでは、決定論的レイテンシ、時間同期、堅牢なセキュリティを備えた、10Mbps、100Mbps、1Gbps の速度を実現する必要があります。TI の車載 PHY 製品ラインアップでは、これらの速度クラス、マルチドロップ機能に加え、オプションの TC –10 ローパワー、TSN、MACsec 機能を、交換可能なフットプリント互換パッケージで提供しています。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月