

## Application Note

**CAN 性能の拡張: CAN FD、CAN SIC、CAN XL**

Michael Ikwuyum

**概要**

自動車ネットワークでは、より高いデータレート、優れた信号品質、および拡張性の高いアーキテクチャへの要求が高まる中、こうした課題に対応するため、次世代の CAN (コントローラエリア ネットワーク) 技術が登場しています。このアプリケーションレポートでは、CAN FD (フレキシブル データレート)、CAN SIC (信号改善機能)、CAN SIC XL (eXtra Long) の各規格を詳細に比較し、電氣的、物理層、プロトコルレベルの拡張機能に注目して、各規格を区別します。

CAN FD は CAN Classic (CC) を拡張し、フレキシブルなデータレート機能と高いペイロード効率を実現します。一方、CAN SIC は、堅牢性の向上、リングングの低減、複雑なネットワークトポロジ全体での高いデータレートを実現するよう設計された高度なトランシーバ機能を導入しています。CAN XL は、ISO 11898-2:2026 に基づく最新の進化を表し、マルチノード動作と最大 20Mbps のデータレート、最大 2048 バイトのペイロード サイズを組み合わせたもので、ソフトウェア定義の自動車とゾーン アーキテクチャをさらにサポートします。

本書では、ループ遅延、非対称性、トポロジの制約、EMC (電磁両立性) 性能、故障処理、および相互運用性などの主要な性能パラメータを検証し、将来を見据えた車載、産業、および商用アプリケーション向けに最適な TI の CAN トランシーバ製品を選定するための指針を示します。

**目次**

<b>1 概要</b> .....	3
<b>2 概要: CAN (CAN FD および CAN SIC)</b> .....	4
2.1 CAN SIC の利点.....	7
2.2 コンフォーマンス テスト.....	7
<b>3 概要: CAN XL</b> .....	10
3.1 CAN XL モード.....	10
3.2 CAN XL アーキテクチャ.....	12
3.3 範囲外 (OOB) コンパレータ.....	12
3.4 EMC 性能.....	14
3.5 決定論的アービトレーション.....	15
3.6 CAN XL の後方互換性.....	16
3.7 その他の使用事例.....	17
<b>4 まとめ</b> .....	18
<b>5 参考資料</b> .....	19

**図の一覧**

図 1-1. CAN の進化.....	3
図 2-1. CAN バス電圧レベル.....	4
図 2-2. CAN SIC のインピーダンス.....	5
図 2-3. CAN SIC リセッスブル.....	5
図 2-4. CAN SIC の条件.....	6
図 2-5. 相互運用性テスト ネットワーク.....	7
図 2-6. 24 ノード アプリケーション ハーネス: CAN FD ノード.....	8
図 2-7. 24 ノード アプリケーション ハーネス: CAN FD ノードを SIC ノードに置き換え.....	9
図 3-1. アービトレーション付き完全な一つの XL フレーム.....	10
図 3-2. CAN XL モードのスイッチング.....	11
図 3-3. モード選択: CAN FD.....	11

☒ 3-4. モード選択: CAN SIC XL.....	11
☒ 3-5. CAN XL アーキテクチャ.....	12
☒ 3-6. 範囲外 (OOB) コンパレータ.....	13
☒ 3-7. エミッション: ノイズ フロア.....	14
☒ 3-8. エミッション: CAN CC 250kbps.....	14
☒ 3-9. エミッション: CAN FD 5Mbps.....	15
☒ 3-10. エミッション: CAN SIC XL 5Mbps.....	15
☒ 3-11. CAN SIC XL ピン互換性.....	16
☒ 3-12. 使用事例: ヒューマノイド通信インターフェイス.....	17

## 表の一覧

表 2-1. トポロジの制約.....	9
表 3-1. CAN 仕様の違い.....	16
表 4-1. 比較: CAN FD、CAN XL、10BASE-T1S.....	18

## 商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 1 概要

現代の車載ネットワークおよび産業用ネットワークは、システム帯域幅、ソフトウェアの複雑さ、ならびにアーキテクチャの柔軟性に対する要求が増大し続ける中で、急速に進化しています。従来の CAN では、非常に優れた堅牢性と簡素化を実現できますが、新しいアプリケーションのデータレートやペイロードの要求を満たすことができなくなっています。その結果、CAN エコシステムは、CAN Classic、CAN FD (およびそのサブセットである CAN FD light)、CAN XL を含む複数の次世代プロトコルへと拡張されてきています。それぞれは異なる性能ギャップに対応しつつ、既存の CAN アプリケーションおよび物理層 (CAN 高速、CAN FD、CAN SIC、CAN SIC XL) との後方互換性を維持しています。

CAN CC は 8 バイトのデータをサポートする一方で、CAN FD は可変データレート位相と最大 64 バイトまで拡張されたデータペイロードを導入し、CAN CC のアービトレーション動作を維持しながら大幅に高いスループットを実現します。

CAN SIC は、制御されたスループット整形、強化された対称性、反射抑制などの高度なトランシーバ技術を通じて、物理層における信号品質を向上させます。これらの改善により、CAN FD プロトコル自体を変更することなく、より高いビットレート、より複雑なトポロジ、優れた EMC 性能が実現可能になります。

CAN XL は、CAN ファミリーにおける最新の進化形であり、マルチノード通信、最大 2048 バイトのペイロード、ならびに最大 20Mbps のデータレート (CAN SIC XL 高速モード) をサポートすることで、ゾーンアーキテクチャ、ソフトウェア定義車両などの多様な要求に対応します。

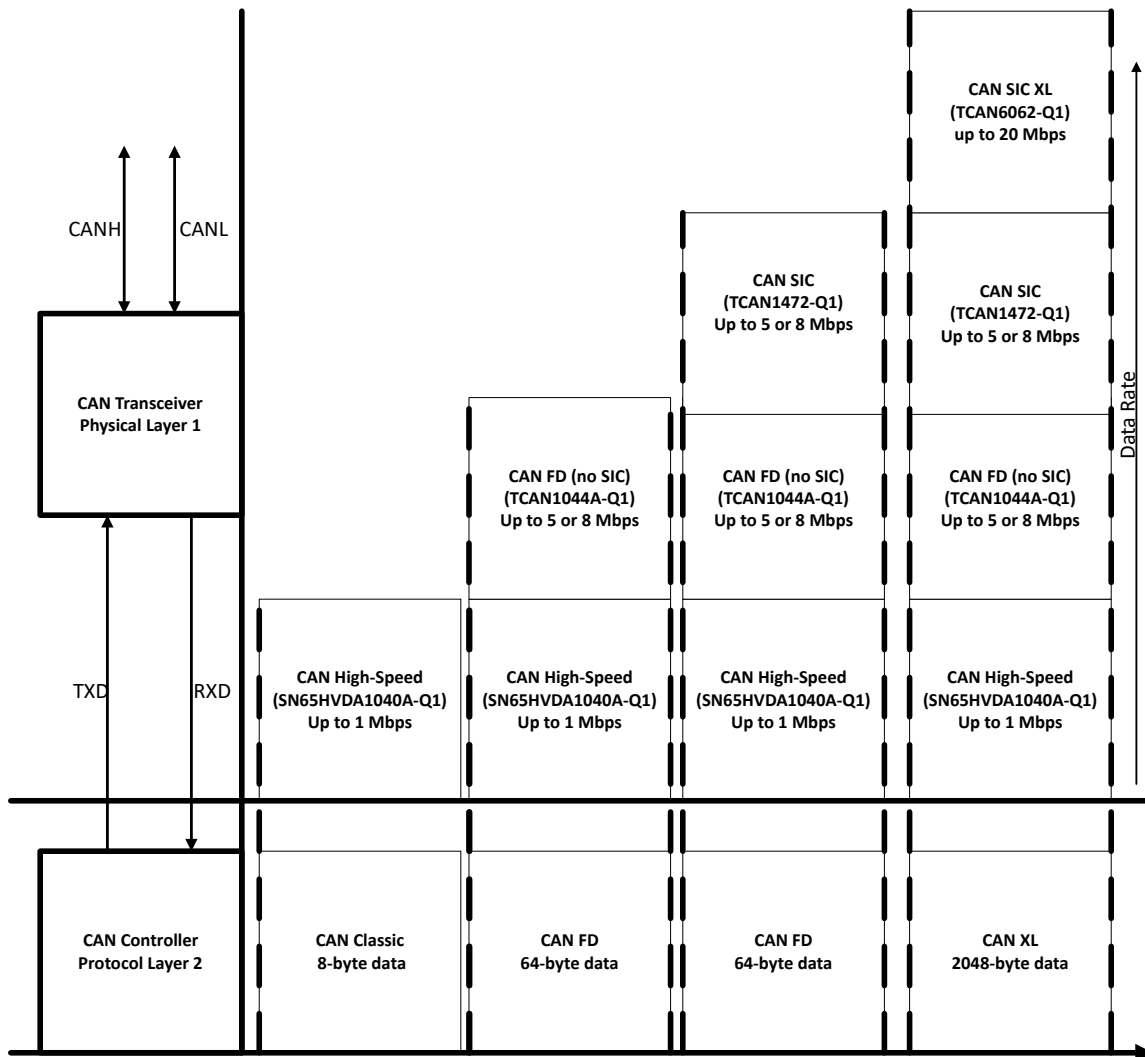


図 1-1. CAN の進化

CAN は、信頼性、故障制限、効率的なアービトレーションという特長から、引き続き車載通信の基本的な規格です。ただし、データペイロードが増加し、ワイヤハーネスがより複雑になるにつれて、従来の CAN はいくつかの課題に直面する可能性があります。図 1-1 で示されるトレンドにおいては、新しいコントローラに対する要件が重要になることに注意してください。すなわち、CAN XL コントローラは CAN FD をサポートできる可能性があります。CAN FD コントローラは通常 CAN XL アプリケーションをサポートできません。CAN CC より先の進化を牽引したいいくつかの課題を以下に示します。

- インピーダンスの不整合に起因するリンギング
- スターまたは分岐ネットワークのスタブに対して感度を確保
- 高いビットレートにおけるデータスループットの制限
- 過酷な電気環境での EMC の課題の増加

CAN CC および CAN FD は、一般的に高い堅牢性を持つことで知られています。堅牢性が同等であることに加えて、二つの主要な進化が登場しています：

1. CAN SIC — CAN FD ネットワークに対する物理層の拡張技術であり、リンギングの低減、対称性の向上、および複雑なトポロジにおける高ビットレート通信を可能にします。
2. CAN XL — 最大 20Mbps のデータレートを実現しつつ、決定論的なマルチノード動作を維持する新しい CAN 通信プロトコルです。CAN SIC XL では、高速データ位相向けに高速 H ブリッジドライバが導入されています。インピーダンスで制御されたドミナント状態とリセシブ状態に依存する CAN CC および CAN FD トランシーバとは異なり、CAN SIC XL の高速モードドライバは、プッシュプル方式で CANH と CANL の両方を能動的に駆動します。このアーキテクチャにより、エッジタイミングの高い対称性、ループ遅延の低減、および正確なゼロ交差検出を実現し、大幅に高いデータレートでの信頼性の高い動作が可能になります。SIC ベースのアービトレーションと H ブリッジの高速モード転送を組み合わせることで、CAN XL は従来の CAN ネットワークとイーサネットドメインのギャップを埋めます。

## 2 概要: CAN (CAN FD および CAN SIC)

図 2-1 は、代表的な CAN バス電圧レベルを示しています。この場合、ドミナント状態は CANH と CANL の差を持つ CAN 状態であり、トランスミッタ (TXD) とレシーバ (RXD) の両方がロジック Low (0) として対応します。リセシブ状態には大きな差はありません。通常、バスが入力抵抗 ( $R_{ID}$ ) から  $V_{CC}/2$  にバイアスされ、TXD と RXD の両方がロジック High (1) として維持されます。

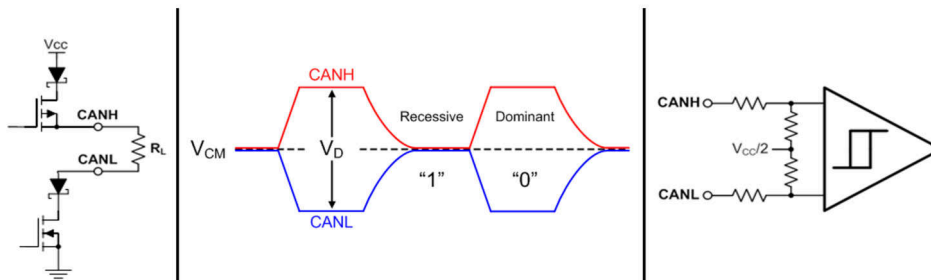


図 2-1. CAN バス電圧レベル

CAN SIC は、ドミナント状態からリセシブ状態への遷移時に、制御された波形整形とリセシブ スリングによって出力インピーダンスを調整し、バス上の信号反射を抑制します。

例えば一般的な CAN FD では、ドミナント状態からリセシブ状態への遷移時にドライバのインピーダンスが急激に変化し、その結果、信号反射が発生することがあります。これは、一般的な 50Ω の差動インピーダンス (CAN バスで要求される 60Ω のバス インピーダンスに近い値) から、60kΩ (約 1000 倍の差) へ急激に変化することを意味します。この急激なインピーダンスの変化は、バス上に大きな反射を引き起こし、スタブ、分岐、コネクタ、ハーネス容量などの複雑さが発生する可能性があります。

CAN SIC を使用する場合、ドライバはすぐに 60kΩ のハイ インピーダンスになるわけではありません。代わりに、図 2-2 に示すように、定義された  $t_{SIC\_TX\_base}$  時間にわたって、約 100Ω の中程度のインピーダンスのアクティブ リセシブ駆動

を保持します。これにより、反射された信号がケーブルインピーダンスに一致するように終端インピーダンスを認識するまである程度の時間が与えられ、図 2-3 に示すように、完全にパツプになる前に、バスが安定し、反射が減少します。

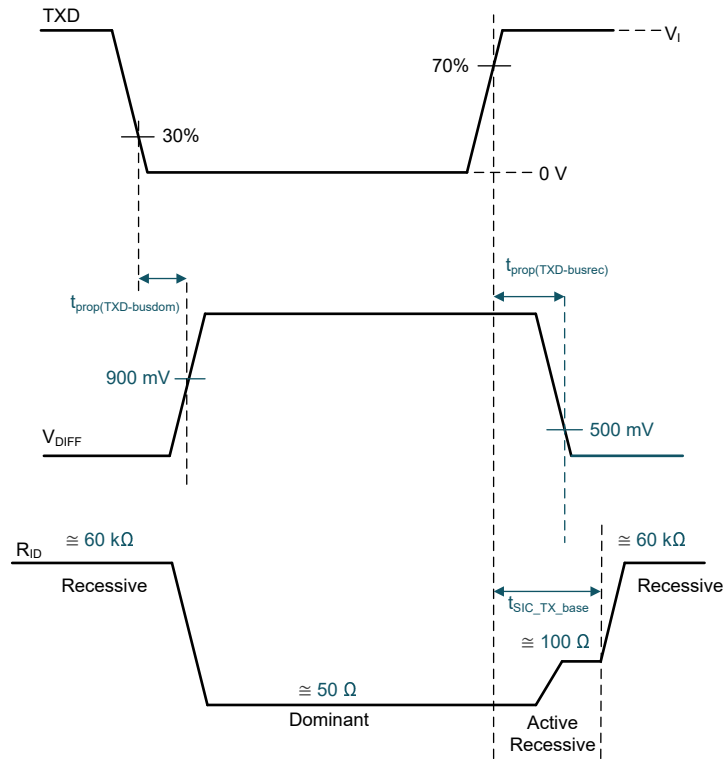


図 2-2. CAN SIC のインピーダンス

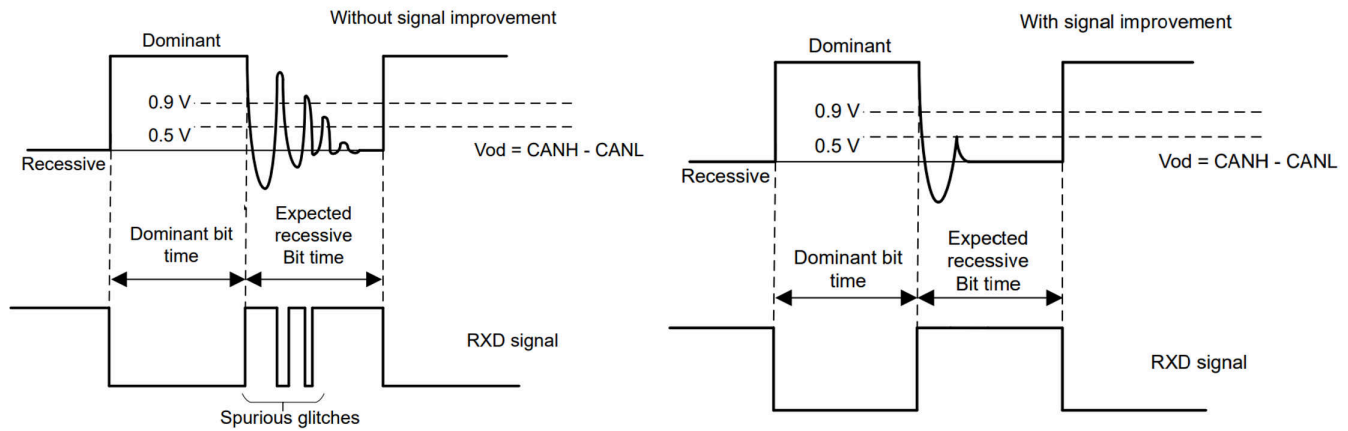


図 2-3. CAN SIC リセツプヌル

図 2-4 に、CAN in Automation (CiA-601-4) で定義されるリングング回路のテスト条件を示します。ここで、 $C_{SIC}$ 、 $L_{SIC}$ 、 $R_{SIC}$  は、それぞれ  $220\text{pF} \pm 1\%$ 、 $3\mu\text{H} \pm 5\%$  ( $RDC \leq 4\Omega$ )、 $60\Omega \pm 1\%$  です。

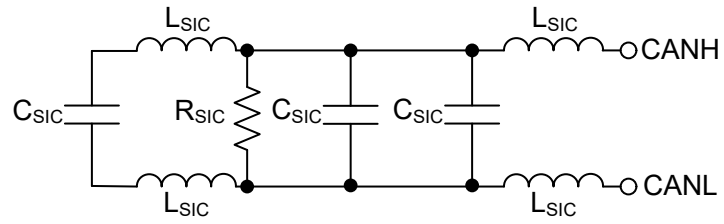


図 2-4. CAN SIC の条件

## 2.1 CAN SIC の利点

インピーダンス遷移が制御されているため、リングングに起因する高周波エネルギーが減少し、不要な放射が低減されます。対称性が向上することで、同相モードノイズが低減され、ケーブルの平衡性が改善されるため、アンテナとしての作用が抑制されます。このように、CAN SIC は、実際のネットワークにおける CAN FD の一般的な課題の解決に役立ちます。

例:

- ドミナントからリセシブへの遷移エッジで大きなリングングが発生。
- データの信頼性を低下させる RXD のグリッチ。
- 高いデータレートでは、反射を十分に収束させることができません。
- 非理想的なケーブル インピーダンスに起因するビット非対称性。
- デジタル アイソレータを含むシステムなど、遅延が重要となるアプリケーション (CAN SIC の短いループ遅延により十分なマージンを確保可能)。詳細については、『[HEV/EV 用絶縁型 CAN システムで CAN FD のタイミング要件への適合](#)』を参照してください。

これらの影響は、スター型トポロジ、終端されていない長いスタブ、従来のノードが混在するネットワーク、インピーダンス制御が不十分なハーネスなどで、より顕著に現れます。

## 2.2 コンフォーマンス テスト

TI の CAN ファミリーは、ISO 11898-2 の仕様への適合を確認するため、国際的に認知された第三者機関によって、高速 CAN トランシーバ適合性試験の相互運用性試験仕様 (ISO 16845-2) に基づく試験を実施し、その適合性が確認されています。理想的ではない終端配置、長いスタブ、混在 CAN FD/CAN SIC ノードを持つ相互運用性テスト ネットワークでのテスト例を図 2-5 に示します。

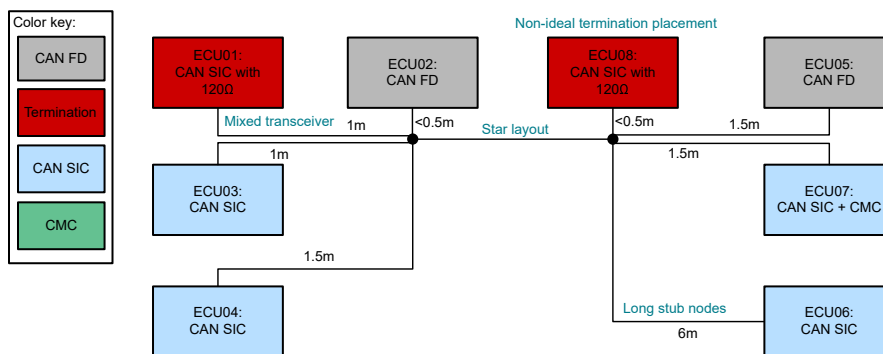


図 2-5. 相互運用性テスト ネットワーク

### 2.2.1 性能比較: CAN FD と CAN SIC の比較

このセクションでは、自動車ネットワークの一例を用いて、CAN FD トランシーバと CAN SIC トランシーバの性能を比較します。

図 2-6 に、24 ノードのネットワークハーネスの例を示します。ここでは、SIC 以外のすべてのノードが高速での送信に失敗します。ただし、図 2-7 には、CAN SIC ノード用にすべての CAN FD ノードを入れ替えた状態での同じハーネスを示しています。これらのノードを CAN SIC 対応にアップグレードすると、すべての通信がエラーなく行われます。すべてのノードの CAN FD トランシーバを CAN SIC トランシーバに置き換えることで、非理想的なネットワークにおいてもネットワーク全体の機能が向上しました。これは、SIC によって、より大規模で複雑なネットワークにおける CAN FD の信頼性が大幅に向上することを示す一例です。

- CAN SIC ノードは、300 万フレームを超えるデータをエラーなく送信しました。
- 混在ネットワークでは、2,200 万フレームを超える通信において、エラーは一度も発生しませんでした。
- SIC は完全な下位互換性を実証しました。

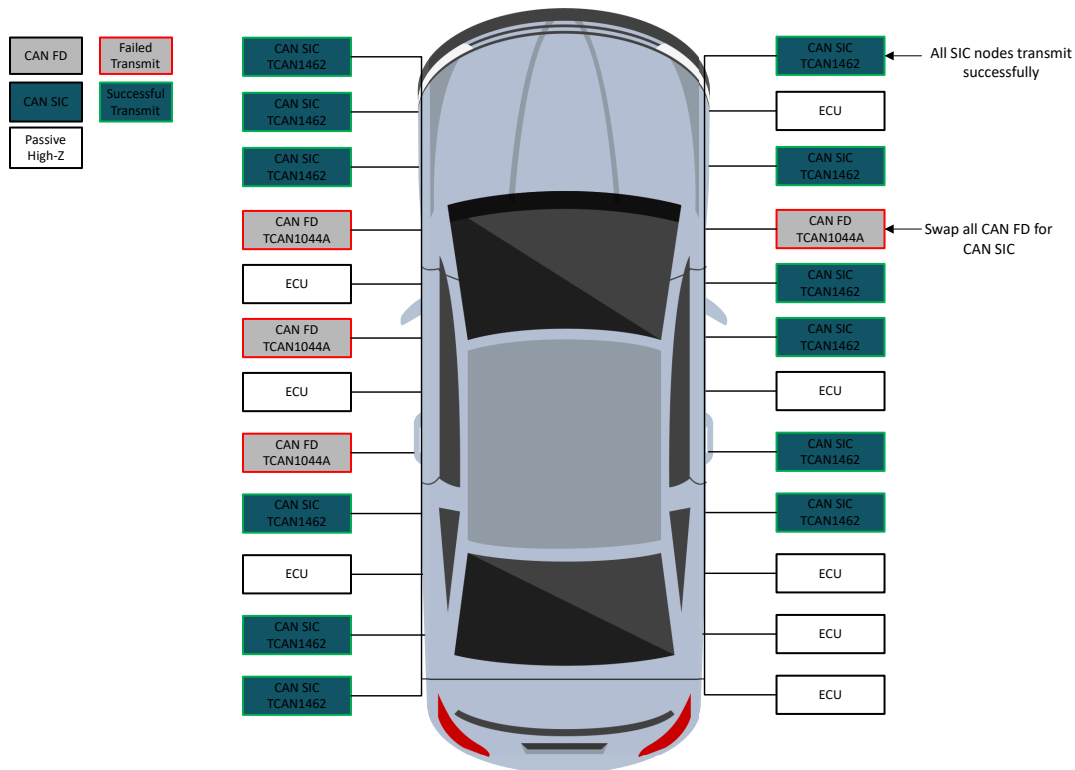


図 2-6. 24 ノード アプリケーション ハーネス: CAN FD ノード

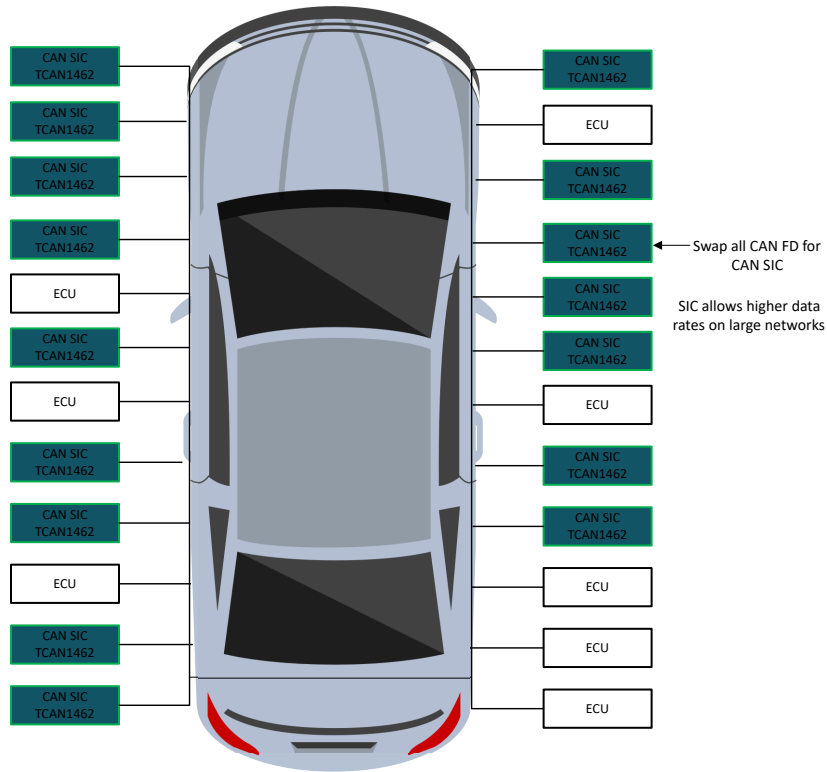


図 2-7. 24 ノード アプリケーション ハーネス: CAN FD ノードを SIC ノードに置き換え

これは、CAN FD と CAN SIC が混在するネットワークでも運用可能であり、既存システムをそのまま置き換えられるアップグレードパスによって、全面的な再設計を行うことなく段階的な移行が可能であることを示しています。

表 2-1 に、CAN SIC/XL を考慮できる場所と、CAN FD が制限される可能性がある場所を示します。

表 2-1. トポロジの制約

トポロジ	CAN FD	CAN SIC/XL
リニア バス	✓	✓
長いスタブ	制限付き	改善
スター	危険	対応
従来ノードとの混在	制限付き	下位互換性

### 3 概要: CAN XL

CAN XL は CAN SIC を取り込み、最大 2048 バイトのペイロードをサポートするなど、次世代システムの要件に対応しています。これにより、CAN CC (8 バイト) や CAN FD (64 バイト) と比べて、データのペイロード容量が大幅に拡大されています。CAN XL では、CAN FD と比べて、一つのフレームで最大 32 倍のデータを送信できます。これにより、バイト当たりのオーバーヘッドが低減され、より高い通信効率が実現します。また、より大きなメッセージを一つのフレームで送信できるようになります。CAN FD および CAN SIC との下位互換性を維持するため、CAN XL のアービトレーション位相は引き続き最大 1Mbps で動作します。アービトレーションが完了すると、CAN XL 高速モードのデータ位相は図 3-1 に示すように最大 20Mbps で動作できます。これにより、CAN はマルチドロップ イーサネットや FlexRay などの設計よりも優れたデータスループットを達成できます。



図 3-1. アービトレーション付き完全な一つの XL フレーム

#### 3.1 CAN XL モード

CAN SIC XL トランシーバは、CAN CC コントローラ、CAN FD コントローラ、および CAN XL コントローラ (高速モードデータの有無を問わない) と組み合わせて使用できます。

なお、すべてのコントローラが高速位相に対応しているわけではありません。CAN XL の高速モードには、トランシーバの TXD 入力ピンに入力される特定のパルス幅変調 (PWM) 信号を使用して構成される CAN XL コントローラが必要です。図 3-2 に示すように、PWM 信号はコントローラによってエンコード (PWME) され、トランシーバによって受信およびデコードされます (PWMD)。

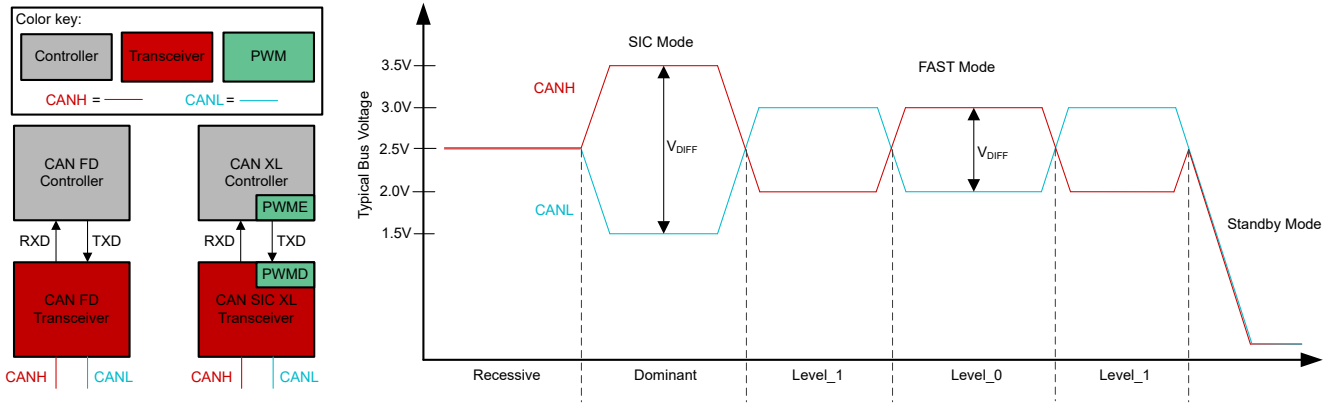


図 3-2. CAN XL モードのスイッチング

CAN XL 用の PWM コード化入力により、TXD のパルス幅が規定された  $t_{FAST}$  仕様よりも短い場合に高速モードが保証されます。したがって、 $t_{FAST}$  よりもパルス幅が遅い信号を CAN FD に使用できますが、データレートが 8Mbps を超えると、より高速な PWM 信号が必要になります。従来の CAN CC および CAN FD コントローラは、図 3-3 に従って問題なく通信できます。図 3-3 と図 3-4 の両方を実装するには、CAN XL コントローラが必要です。

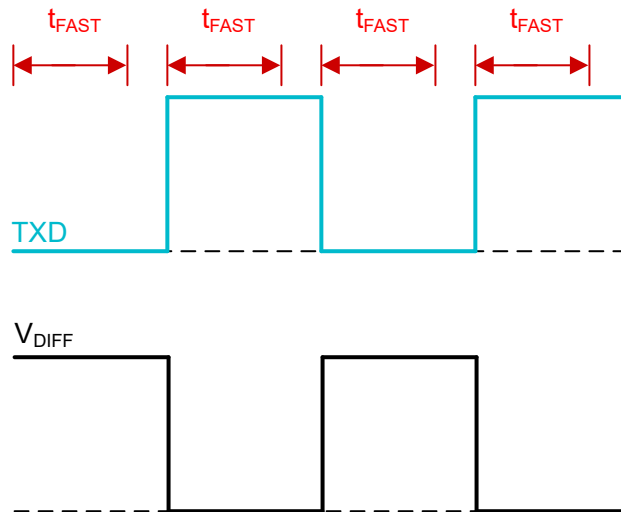


図 3-3. モード選択: CAN FD

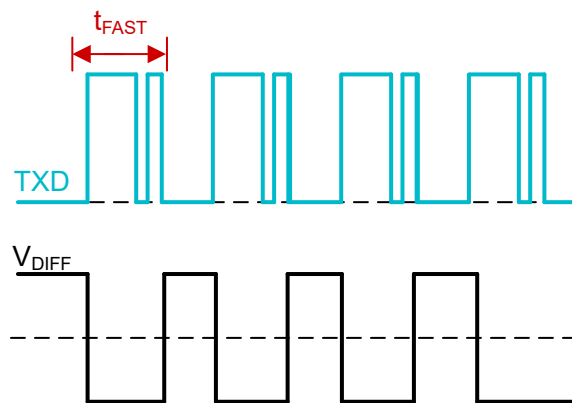


図 3-4. モード選択: CAN SIC XL

### 3.2 CAN XL アーキテクチャ

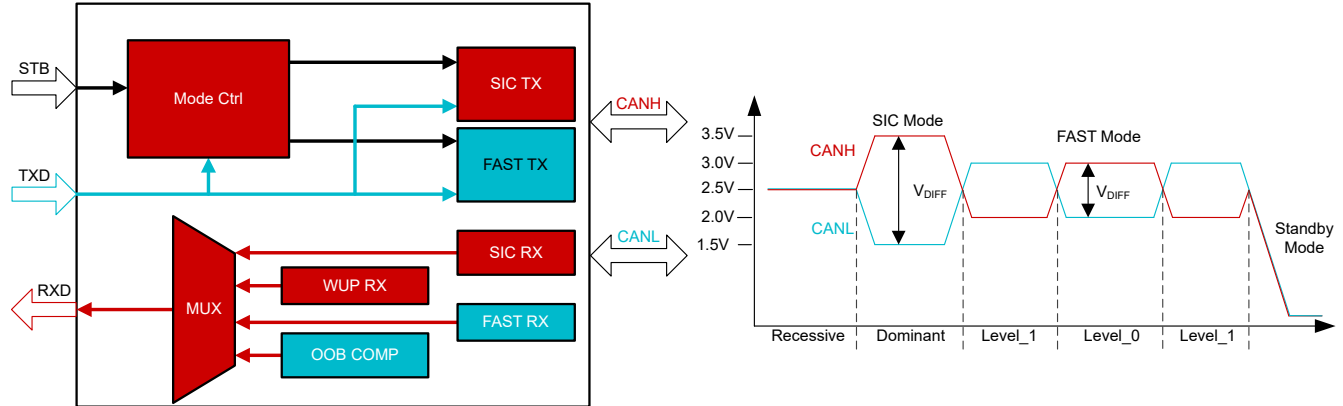


図 3-5. CAN XL アーキテクチャ

CAN SIC XL は、予測可能なレイテンシと改善された対称性をサポートしています。SIC ベースのアーキテクチャはアービトレーション位相に使用され、データ位相 (最大 20Mbps) の高速モードには FAST TX/FAST RX Hブリッジドライバアーキテクチャが使用されます。ウェークアップ レシーバは、ウェークアップ パターン (WUP) 検出に使用されます。範囲外 (OOB) コンパレータを SIC モードで使用して、コントローラが高速モードの動作を継続し、シームレスな統合と再統合を確保します。

### 3.3 範囲外 (OOB) コンパレータ

OOB コンパレータは、高速ノードと低速ノードが混在することによる衝突や、フレーム終端の誤検出を防止することで、すべてのノードがネットワークへ参加または再参加できるようにします。また、コントローラがバス上で進行中の通信を検出できるようにします。これにより、破壊的なアービトレーション障害を回避できます。OOB コンパレータがない場合、ネットワークへ参加または再参加しようとしている SIC モードのレシーバは、高速モードのデータ送信をフレーム間スペースと誤認する可能性があります。その結果、誤って送信を開始し、フレーム破損やバス競合を引き起こすおそれがあります。

図 3-6 に、受信ノードが SIC / 低速モードのときに、送信ノードが XL / 高速モードの例を示します。このような状況では、ケーブルでの信号劣化により、レシーバの入力スレッショルド (0.9V) がバス信号レベルを上回る場合があります。その結果、RXD が常に High 状態になる可能性があります。その結果、受信ノードは RXD = 1 が常に維持されている状態をフレーム終端またはフレーム間スペースと誤認し、新たなパケットの送信を開始する可能性があります。この状況により、バス上で競合が発生し、パケットが破損する可能性があります。このような状況を防ぐため、OOB コンパレータは  $-450\text{mV}$  ~  $-250\text{mV}$  の入力スレッショルドを備えており、SIC レシーバが高速モードのデータを検出できるようにします。これにより、受信ノードは CAN XL トラフィックに対する破壊的な干渉を伴わずに、バスに適切に統合または再統合できます。

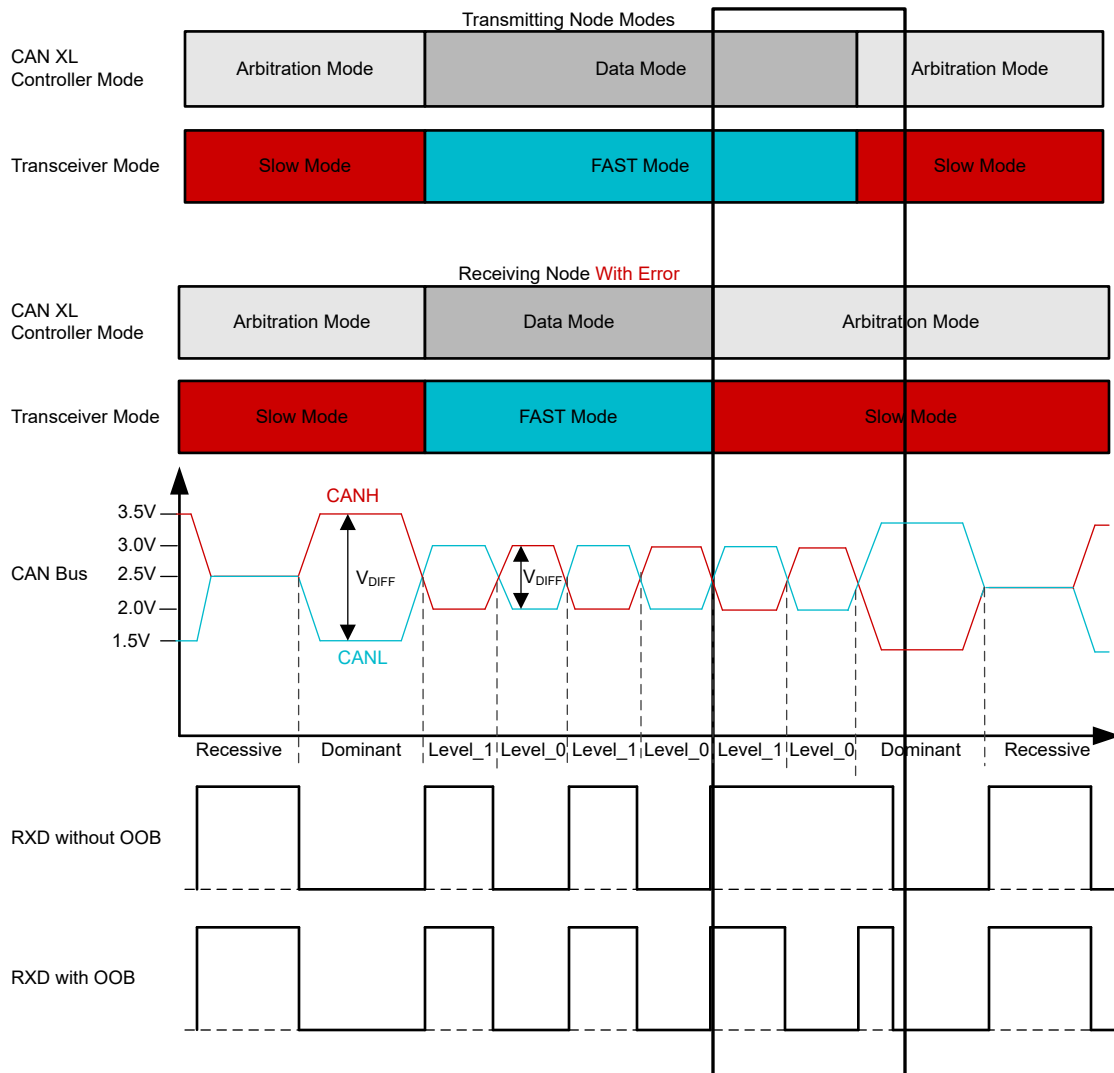


図 3-6. 範囲外 (OOB) コンパレータ

### 3.4 EMC 性能

このような高速マルチドロップ ネットワークにおける EMC 性能は、主に次の三つの要因によって左右されます。

1. 差動信号振幅 ( $V_{OD}$ ) は、 $V_{CC}$  変動の影響を受けます
2. L 値の大きい同相モード チョーク (CMC) やノード容量の増加 (< 50pF を推奨) による非対称性に起因する同相モード変換
3. 不適切な終端やハーネス、コネクタ、配線パターンのインピーダンス不整合に起因する反射放射。

CAN SIC XL は、ドライバおよびレシーバのアーキテクチャを改善することで、EMC 性能を向上させます。

エッジの振幅および電流遷移に応じてエミッションがスケールされるため、 $V_{OD}$  を低減しながら、 $V_{CC}$  に十分なデカップリング コンデンサを確保 (約 5V に近づけて配置) すると、高周波成分が直接低減されます。これは、通信速度が最大 20Mbps まで向上すると、信号エネルギーがより高い周波数帯域へ移行するため、特に重要になります。

自動車用途では、トポロジの違いを考慮せず、生産時に大きな容量負荷や高インダクタンスの CMC が標準的に使用されることが多いため同相モード放射も重要な要素となります。調査によると、コンデンサおよびインダクタを使用する場合、その代表的な実装値は、それぞれ 50pF 以下および 50 $\mu$ F ~ 100 $\mu$ H です。

さらに、反射振幅とセトリング タイムを短くすることで、リングングに起因する電磁波は減少し、高データレートではアイ開口が改善され、サンプリング マージンが増加します。さらに、差動インピーダンス  $Z_{diff}$  の変動、コネクタの不平衡、およびグランド電位の変動を適切に管理することで、差動信号のエッジが放射ノイズへ変換されることを防ぐことができます。対称性を改善することで、同相励起が最小限に抑えられ、放射エミッションが削減され、外部ノイズに対する復元力が向上します。これにより、スター型ネットワークやスタブ長の長いネットワークなどの複雑なトポロジにおいて、EMC マージンが直接向上します。

EMC 性能は、IEC TS 62228-3 の伝導エミッション規格に従って評価され、TI の CAN SIC XL デバイスは、従来の CAN CC および CAN FD と同等の性能を示しました。

図 3-7 はノイズフロアを示し、図 3-8 に 250kbps の CAN CC EMC 伝導エミッションを示し、図 3-7 に 5Mbps の CAN FD EMC 伝導エミッションを示し、図 3-8 に 5Mbps の CAN SIC XL EMC 伝導エミッションを示します。

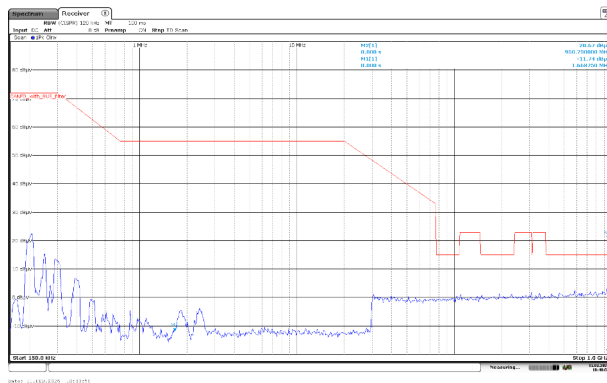


図 3-7. エミッション: ノイズフロア

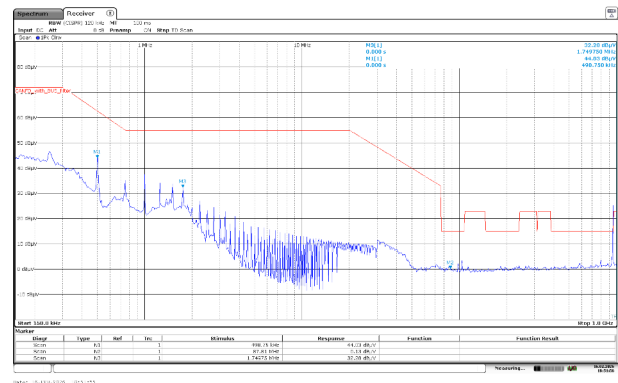


図 3-8. エミッション: CAN CC 250kbps

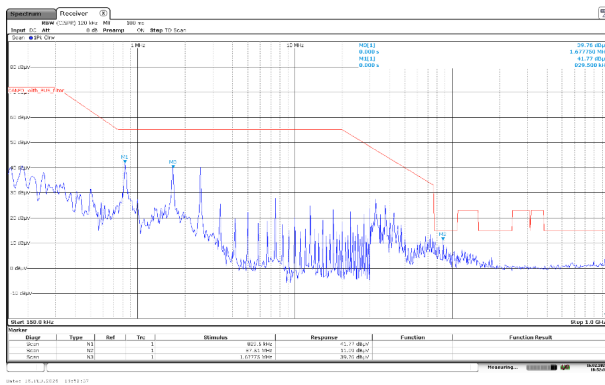


図 3-9. エミッション: CAN FD 5Mbps

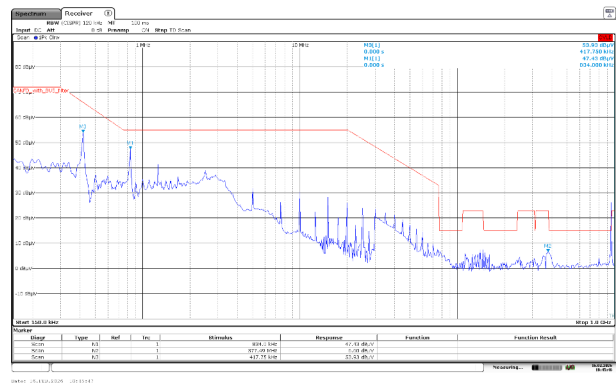


図 3-10. エミッション: CAN SIC XL 5Mbps

### 3.5 決定論的アービトレーション

#### CAN — 優先度ベースの決定論的アービトレーション:

決定論的な動作は、安全性が重視される自動車、商用、および産業用のリアルタイム ネットワークにおいて重要な要件です。CAN XL とイーサネットの 10BASE-T1S はいずれも遅延が保証された通信を実現しますが、決定論性を実現する仕組みは根本的に異なります。

CAN XL は、アービトレーション位相 ( $\leq 1\text{Mbps}$ ) の間、クラシック CAN アービトレーションを維持します。このとき、フレームは優先度に基づいて競合し、低い識別子値が勝ちます。アービトレーションは非破壊方式で行われるため、競合時にも帯域幅が無駄になることはなく、CAN ネットワークにおける最悪遅延は主に次の要因によって決まります。

- 優先度の割り当て
- 優先度の高いトラフィックの最大フレーム長
- バス全体の使用率

アービトレーションは優先度に基づいて行われるため、優先度の高いフレームは、優先度の低いフレームよりも先にバスへのアクセスが保証されます。そのため、システム レベルで優先度を適切に設計し、バス負荷を適切に見積もることで、決定論的な遅延特性を実現できます。

タイムスロット方式とは異なり、ノード数だけで遅延が直接決まるわけではありません。代わりに、最悪遅延は優先度の高いトラフィックがバスを占有する時間に依存します。適切なネットワーク設計では、低優先度ノードが追加されても、高優先度のトラフィック遅延は厳しく制限されます。

#### 10BASE-T1S — PLCA スロット ベースの確定性:

10BASE-T1S (IEEE 802.3cg) は、物理層衝突回避 (PLCA) を採用しています。この場合、コーディネータがビーコンを発行し、各ノードがラウンド ロビンシーケンスで送信機会を受信します。

主な特性:

- 公平性に基づくスケジューリング
- 各ノードには、PLCA サイクルごとに送信機会が割り当てられています
- PLCA サイクル時間とノード数によって決まる最悪遅延

PLCA システムにおける遅延は、アクティブなノード数と設定された送信機会のウィンドウにほぼ比例して増加します。PLCA はアクセス時間の上限を保証しますが、優先度に基づくプリエンプションは提供せず、スケジューリング サイクル内ではすべてのノードが平等に扱われます。

CAN XL は、優先度に基づく安全メッセージ、重要なトラフィックに対する優先的なバス アクセス、および高負荷時でも決定論的アービトレーションが求められるシステム向けに最適化されています。10BASE-T1S は、適正な帯域幅分配、中程度のリアルタイム制約、イーサネット ベースのプロトコル統合に最適化されています。

どちらのテクノロジーも限界のあるレイテンシを実現しますが、確定性を解決する方法が異なります。CAN は優先度に基づく決定論性を提供する一方、PLCA は公平性に基づく決定論性を提供します。

### 3.6 CAN XL の後方互換性

CAN SIC XL トランシーバは、CAN FD のアービトレーションとの後方互換性を維持することに加えて、[図 3-11](#) に示すように CAN FD/CAN SIC トランシーバとのピン互換性も維持しています。

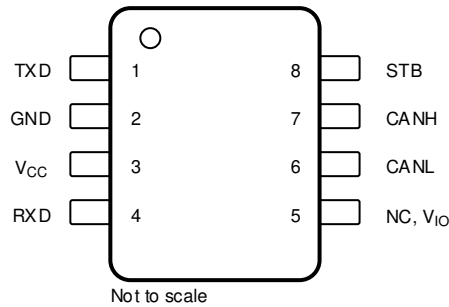


図 3-11. CAN SIC XL ピン互換性

[表 3-1](#) に、CAN FD と CAN SIC XL の高速位相を区別する、いくつかの重要な定義仕様を示します。

表 3-1. CAN 仕様の違い

仕様	説明	CAN FD	CAN XL 高速モード
$V_{OD}$ または $V_{DIFF}$	差動電圧 (CANH - CANL)	1.5V ~ 3V (1.5V 範囲)	0.6 ~ 1.5V (0.9V 範囲)
$V_{SYM}$	ドライブ対称性 $(V_{O(CANH)} + V_{O(CANL)}) / V_{CC}$	0.9~1.1	0.95~1.05
$V_{IT}$	入力スレッショルド電圧	0.5V ~ 0.9V	-0.1V ~ 0.1V
$T_{LOOP}$	合計ループ遅延	255ns	190ns
$\Delta t_{REC}$	レシーバのタイミングの対称性	-65ns から +40ns に変更	-7.5ns から +7.5ns に変更

- $V_{OD}$  は、ドミナント状態において、バス上の信号振幅を規定します。これは、EMC エミッションに対する信号対雑音比、ドライブの消費電力、およびレシーバの感度要件を規定しています。FAST TX 位相の  $V_{OD}$  が低いほど、エッジは高速になりますが、スイングは小さくなります。これにより、EMC を管理しやすくなるとともに、エミッションと消費電力が低減され、スレッショルドの対称性が向上することで、高速エッジでのオーバーシュートを抑え、より優れた信号品質を実現できます。
- 対称性 ( $V_{SYM}$ ) が小さいと、GND シフトの感受性がさらに低下することを意味します。
- 入力スレッショルド ( $V_{IT}$ ) はレシーバによってバスがドミナントかリセッシブかを判定するために使用され、下限スレッショルドはより速い検出を意味します。FAST RX 位相のスレッショルドが 0V を中心としている場合、高速で非常に正確なタイミングを実現するために、より小さい信号スイングが使用されることを意味します。これにより、タイミング、ノイズ、エッジの検出精度が向上します。
- 合計ループ遅延は、送信ノードで CAN バスを經由して TXD がアサートされてから、受信ノードで RXD に戻るまでの合計レイテンシ / 伝搬遅延時間を表します。データレートが 2Mbps を超えると、ループ遅延はサンプルポイントの配置、同期マージン、および相互運用性に対する主要な制約要因となります。特にデジタルアイソレータを使用する場合、その影響は顕著です。これは、絶縁バリア、長いハーネス長、マルチドロップトポロジを含むネットワークで重要です。
- レシーバのタイミングの対称性 ( $\Delta t_{REC}$ ) は、レシーバの遅延が両方向にどのように対称かを測定します。理想的には、立ち上がりエッジ遅延と立ち下がりエッジ遅延が等しい場合、遅延の対称性が高くなり、その結果、高速通信時のビットスキューやサンプリングエラーを低減できます。これにより、最大 20Mbps での信頼性の高い動作が可能になるとともに、デューティサイクル歪みが低減され、高いデータレートでもアイ開口が改善されます。

### 3.7 その他の使用事例

イーサネットの超高速通信は、あらゆるアプリケーションで必要とは限りません。例えば、自動車用途では、ドア モジュールやシート モジュールとの通信には、10BASE-T1S や CAN XL などの 10Mbps のネットワーク プロトコルで十分な場合があります。この代替手段は、コストを抑えられる可能性があり、低速かつ帯域幅の要求がそれほど高くない用途に適しています。

現在、車載以外の CAN XL に対応する複数の通信ネットワークが存在しています。例えば、低遅延が求められる医療機器や、産業用ロボット、協働ロボット、モバイル ロボット、家庭用サービス ロボット、ヒューマノイド ロボットなど、拡大が進むロボット分野が挙げられます。

このような用途では、さまざまなサブシステムを接続するためのケーブル長、EMC 耐性、および CAN FD/CAN XL とイーサネット間の高速データ転送を実現するための広い帯域幅が重要になります。

図 3-12 は、ヒューマノイドの通信システムの一例において、CAN の適用が考えられる箇所を示しています。

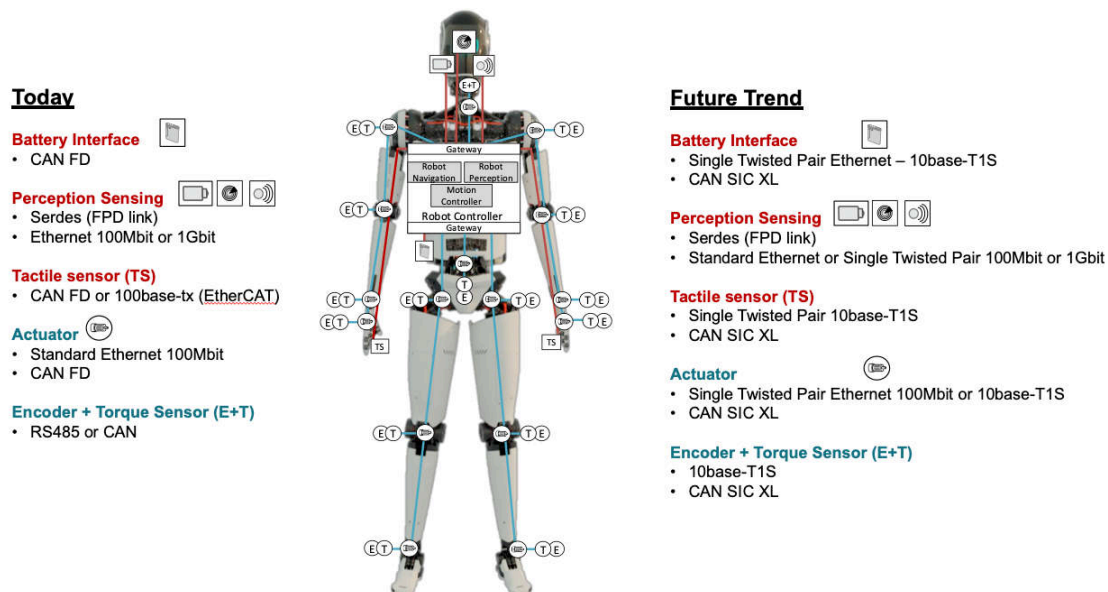


図 3-12. 使用事例:ヒューマノイド通信インターフェイス

## 4 まとめ

CAN FD、SIC、および XL は共存する技術である一方、それぞれ異なる設計目的に対応しているため、システム設計者は実際の使用環境における制約の下で各技術がどのような性能を発揮するかを明確に理解する必要があります。このレポートでは、スループット、バス負荷、トポロジ制限、信号品質、物理層の動作、ノイズ / EMC に関する考慮事項、およびシステムレベルの拡張性について、並列比較を行います。

このレポートの目的は、速度、信頼性、コスト、および互換性のバランスが取れた将来性のあるネットワークを実現するために、適切な CAN 技術を選定するために必要な知見をシステム設計者に提供することです。

表 4-1 に、CAN FD、CAN XL、10BASE-T1S イーサネットの比較を示します。

**表 4-1. 比較: CAN FD、CAN XL、10BASE-T1S**

パラメータ	CAN FD	CAN XL	10BASE-T1S
標準	ISO 11898-2	ISO 11898-2 (付属書 A)	IEEE 802.3cg
最大データレート (Mbps)	実際のネットワークで ≤ 5 (最適化されたネットワークで ≤ 8)	20	10
最大パケット サイズ (バイト)	64	2048	1518
ケーブル長 (m)	通常 40、2Mbps 時、(5Mbps 時は より短い)	標準値 40。(低速では最大 100)	15 ~ 25
ノード数	40 (標準値)	> 16 (データレートに依存)	8 ~ 16
ケーブル	ツイスト ペア	ツイスト ペア	ツイスト ペア
トポロジ	マルチドロップ (バス、スター、長い スタブに対応)	マルチドロップ (バス、スター、長い スタブに対応) で、より大規模または 複雑なトポロジに対応	マルチドロップ (短いスタブのみ)
TI のデバイス例	TCAN1044A-Q1	TCAN6062-Q1	DP83TD555J-Q1
バス ウェークアップ	あり	あり	あり
パッケージ	8-SOIC VSON (3 * 3mm) / SOIC	8-VSON (3 * 3mm) / SOIC	20-RGP (4 * 4mm)
コスト / 設計部品	デバイス (\$) + CMC	デバイス (\$) + CMC	デバイス (\$\$) + 発振器 + 高コスト CMC
決定論的	あり	あり	PLCA およびノード数によって上限 が決定
レイテンシ TX/RX (ns)	255	190	8500

さらに、CAN SIC XL トランシーバおよび CAN XL プロトコルは、イーサネット フレームをトンネリングすることで、既存の 10BASE-T1S や TCP/IP のユースケースにも適用できます。これは、イーサネットではソフトウェア スタックやコストが大きな課題となる用途において特に有効です。10BASE-T1S と比較すると、サブシステム全体で従来のイーサネット IP が存在する場合にコストを削減するために、CAN SIC XL を物理層で考慮することができます。

総合的に見ると、CAN XL は、自動車、商用車、および産業用ネットワーク向けに、高性能かつ低コストな選択肢を提供します。これにより、システム設計者は既存の CAN または 10BASE-T1S イーサネット設計から、最小限の変更で移行できます。

CAN XL を検討できる 10BASE-T1S イーサネットの使用事例:

- 決定論的かつ予測可能な遅延特性を備えたマルチドロップ要件に対応するゾーン型センサの集約。
- 大きいペイロードとシンプルな配線要件を持つボディコントローラ。
- 最大 2048 バイトのフレームを必要とするファームウェア更新。
- PHY クロックまたは MAC スタックが不要な診断。
- イーサネットよりも部品表 (BOM) が少ないことが必須の低消費電力 ECU。
- 確定的 / 予測可能なアービトラージョンが重要な、安全性の厳格なケース。
- コスト重視の使用事例。
- 8 ピントランシーバのフットプリントを採用することで、設計の複雑さを低減できます (PCB 設計の複雑さ、ファームウェア スタックの複雑さ、EMC リスク、検証コストなど)。

**TCAN6062-Q1** ファミリーは、最新の ISO 11898-2:2026 規格に準拠し、現在の CAN SIC XL の要件に対応しています (付録 A: SIC モードおよび高速モードに対応した HS-PMA、強化されたバス保護、およびピン互換機能)。

詳細については、**TCAN6062-Q1** 製品ページをご覧ください。設計の迅速化に役立つデータシート、評価基板、設計リソースを参照してください。

## 5 参考資料

- テキサス インストルメンツ、『**コントローラ エリア ネットワーク (CAN) の概要**』アプリケーション ノート。
- テキサス インストルメンツ、『**信号改善機能によって CAN FD トランシーバの真の可能性を引き出す方法**』、テクニカル ホワイト ペーパー。
- テキサス インストルメンツ、『**バックプレーン アプリケーションで 10BASE-T1S と RS-485、CAN、LVDS の比較**』アプリケーション ノート。
- テキサス インストルメンツ、『**イーサネットを活用してソフトウェア定義自動車への移行を促進する方法 (Rev. A)**』、技術記事。
- テキサス インストルメンツ、『**HEV/EV 用絶縁型 CAN システムにおける CAN FD のタイミング要件への適合**』アプリケーション ブリーフ。
- テキサス インストルメンツ、『**電源内蔵の絶縁型 CAN のリファレンス デザイン**』、リファレンス デザイン。
- テキサス インストルメンツ、『**絶縁型 CAN バス設計に関する設計上の主な質問**』、アプリケーション ノート。
- テキサス インストルメンツ、『**TCAN6062-Q1 車載 CAN XL トランシーバ、スタンバイ モード搭載**』、データシート。
- ISO 11898-1: **道路車両 — コントローラ エリア ネットワーク (CAN) — 第 1 部: データリンク層と物理的コーディング サブレイヤ**
- ISO 11898-2: **道路車両 — コントローラ エリア ネットワーク (CAN) — 第 2 部: 高速物理媒体接続 (PMA) サブレイヤ**
- ISO 16845-2: **道路車両 — コントローラ エリア ネットワーク (CAN) 適合性テスト計、第 2 部: 高速メディア アクセス ユニット — 適合性試験計画**
- IEC 62228-3: **集積回路 — トランシーバの EMC 評価 — 第 3 部: 複数の CAN トランシーバ**
- CiA 601-4: **CAN FD ノードおよびシステム設計 — 第 4 部: 信号改善**
- IEEE 802.3cg-2019: **イーサネットに関する IEEE 規格 - 修正 5: 10Mb/s 動作のための物理層仕様および管理パラメータ、ならびに単一平衡対線を介した電力供給**

## 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、

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