

ホワイトペーパー

小型低軌道衛星向け絶縁型 CAN バスの応用

ルネサス エレクトロニクス株式会社 インターシル宇宙・高信頼性製品担当
マーケティングエンジニア Steve Singer

2019年2月

概要

シリアル通信は、複雑な信号処理や通信システムで極めて重要な技術です。シリアルバスは、人口衛星の設計に何十年間も使用されてきました。しかし、現代の小型衛星アプリケーションでは、RS-422 や RS-485 などの古いシリアルバスに代わって、コントローラエリアネットワーク (CAN) バスが使用され始めました。CAN バスには、低電源電圧やコモンモード電圧など、古い規格に比べて数多くの利点があり、何よりマイクロコントローラなどの最新制御ユニットとのインタフェースが簡単になっています。しかし、スパイク状高電圧からシステムを保護し、グラウンドループノイズを防ぐために、絶縁された CAN バスを使用する必要があります。絶縁シリアルバスは、絶縁バリアを介して電力とデータ信号の両方を伝達します。

はじめに

小型衛星とは

小型衛星は、宇宙・衛星開発市場の主力分野になりつつあります。2019年には、1,000個を超える小型衛星が打ち上げられると予想されています。多くの衛星会社は「衛星メガコンステレーション」として知られている衛星ネットワークの構築を開始しています。これは、何百もの衛星を地球低軌道 (LEO) で飛行させることを目的とした衛星システムで、各衛星のミッション寿命は5年未満で、従来衛星ミッション寿命が15年以上と比較するとかなり短いのが特徴です。こういった衛星は主に通信用に使用されますが、科学探査や地球観測などの用途もあります。



小型衛星市場では、従来の衛星市場と比べるといくつかの重要な変化が起こっています。第一にその名が示すように小型衛星は、従来衛星よりも容積もかなり少なく重量に至っては極めて小さいのが特徴です。小型衛星は通常、500kg未満の重量を持つと定義されています。小型衛星のもう1つの重要な点はコストの削減です。100個以上の衛星群を構築するためには、衛星単体のコストは従来の衛星よりはるかに低く抑えなければなりません。衛星のサイズやコスト制約により、クラスV規格およびQML耐放射線規格の部品を使用して衛星用電子機器を製造することは大変な困難を伴います。これらの小型衛星の課題は、一般市販部品 (COTS) の使用では対応不可能ないくつかの品質や耐放射線性要件を備える必要があることです。

小型衛星での CAN バスの使用方法

自動車用通信システム用に開発された CAN バスプロトコルは、多くの分野で広く使用されているシリアルインタフェースです。CAN バスは、マイクロコントローラや FPGA などの処理装置が互いに通信するのに最適です。CAN

バスはシリアル通信リンクなので、異なるポイント間のレーン数を最小限に抑えることができます。CANバスは最大1Mbpsのデータレートに対応でき、2線式インタフェースモードを使用します。CANバスは通信がシリアル方式であるので、パラレルインタフェースと比較して回路基板スペースを節約することによって、システム全体の面積を削減することが可能です。さらに、単一のCANバスで複数のCANトランシーバをサポートすることが可能です。絶縁型CANバスは、宇宙環境下の重イオンによるシングルイベント効果（SEE）によって誘起されるシリアルバス上の高電圧過渡現象に対応する保護機能として使用可能です。

このホワイトペーパーでは、絶縁型CANバスアプリケーションとして、耐放射線性プラスチックパッケージを採用したISL71710Mアクティブデジタル・アイソレータとルネサス製ISL71026M CANトランシーバの使用方法について説明します。これらの製品を一緒に使用することで、回路基板面積を削減し完全に絶縁されたCANバスノードを設置することが可能です。この製品ペアの使用による実装面積の削減効果は、回路基板面積やサイズが重視される小型衛星アプリケーションにとって極めて重要な意味を持ちます。

CANバスとは

CANバスインターフェース

CANバスは、最大1Mbpsのデータレートで動作可能な2線式シリアル通信規格で物理層とデータリンク層から構成されています。物理層は、コモンモードノイズの除去が可能な差動型ペア線です。データ層は、物理層上に送信される信号として定義されています。

各CANコントローラには、バス上での競合を避けるための固有IDがあります。これが機能するためには、ネットワーク上のすべてのCANコントローラがすべてのビットを同時にサンプリングする必要があります。マスタークロックがなくても、CANバスネットワークは同期を取ることが可能です。

実装する場合、CANバスのCANHバスラインとCANLバスラインを差動動作させるために $R_L=120\Omega$ の抵抗が必要です。抵抗 R_L はバスの両端に配置する必要があります。つまり、適正な信号レベルを取得するには、CANバスの最初と最後の両ノードに R_L を配置する必要があります。CANバスのリセツブ状態の電圧は約2.3Vです。ドミナント状態では、CANHは約3Vまで上昇し、CANLは約1Vまで低下します。

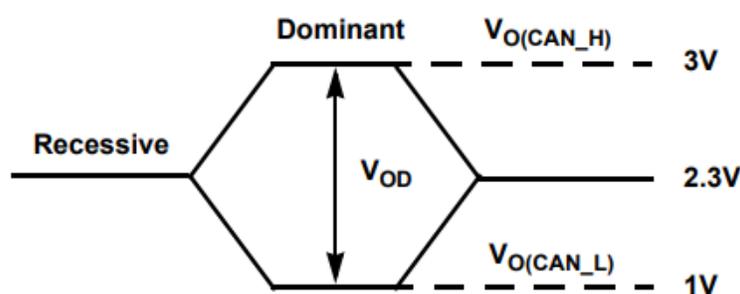


図1 : ISL71026M のドミナント・リセツブ状態の出力

ノード要素の定義と抽象化層について

ネットワーク上の各ノードには3つの要素が必要です。1つ目は、マイクロコントローラ、FPGA、マイクロプロセッサなどの処理ユニットです。次に、CANコントローラが必要です。CANコントローラはデータをCANバスに適したフォーマットに変換します。最後に、各ノードにはトランシーバが必要です。CANトランシーバは、CANバスの電圧レベルが規格通り動作し、コントローラ側の電圧レベルとCANバス側の電圧レベルを電圧変換する物理インタフェースです。

CAN プロトコルには、シグナリングに 3つの抽象化層があります。アプリケーション層は、メッセージのフィルタリングと同時にメッセージとステータスを処理します。転送レイヤは、ビットタイミングと同期、メッセージのフレーミング、アービトレーション、およびエラー検出を行います。物理層は CAN バスの電気的特性を規定します。CAN バス上の信号層は差動ペアを形成しますので、それを区別するために通常 CAN +および CAN-と呼んでいます。

CAN バスネットワーク

CAN バスインターフェースを使用すると、複数のノードを単一バス上で接続できます。CAN バスプロトコルは最大 30 ノードをサポートします。30 個のノードすべてが同じバスを共有できるため非常に便利です。宛先アドレスはバス自体を介して送信されるため、SPI バスを使用する場合に必要なチップセレクト信号線が不要になります。

CAN バスネットワークは、分散コンピューティングアプリケーションで効果を発揮します。例えば衛星ペイロードの場合、ペイロードボード全体に複数の環境センサーや位置センサーが設置されている場合があります。異なる CAN バスノード間で通信するために絶縁型 CAN バスの使用は、センサー情報や位置データを送信するための効率的な方法です。CAN コントローラを絶縁することでノードを確実に保護することができます。多くの場合、CAN コントローラは高価で重要なコンポーネントなので、CAN コントローラを適切に保護することが不可欠です。

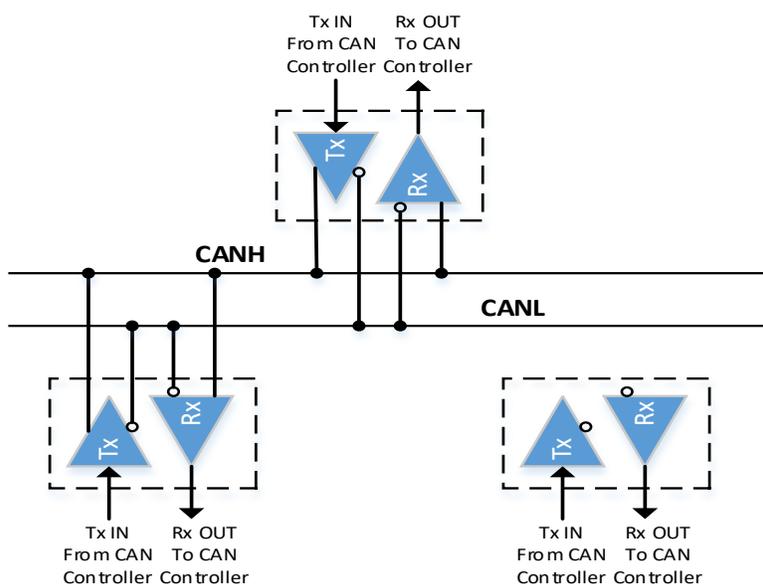


図 2：複数ノードを持つ CAN バスネットワーク

耐放射線プラスチックパッケージの絶縁型 CAN ソリューション

ルネサス社耐放射線プラスチック製品の紹介

ルネサスは現在、小型衛星アプリケーション向けに特別設計の製品群を提供しています。これらの製品は、一般民生・産業品質グレードよりもさらに高信頼性で、自動車グレードの半導体製品と類似の品質保証認定を受けています。さらに、このカテゴリの製品は耐放射線性スクリーニングを行っており、関連した放射線データはデータシートに掲載されています。

ISL71026M は、上記の耐放射線性プラスチックフローに準拠した新規販売の CAN トランシーバです。ISL71026M は、最大 1Mbps の CAN バスデータレートで動作可能な耐放射線性 3.3V CAN トランシーバです。下記の図 3 は、ISL71026M の応用例です。

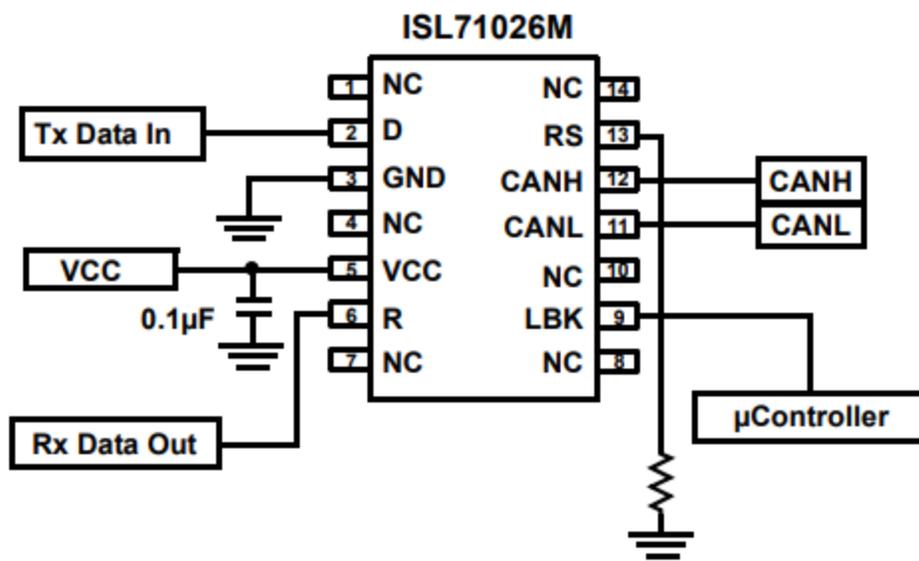


図3 : ISL71026M の応用例

ISL71710M は、耐放射線性プラスチックパッケージの新製品のアクティブ入力デジタル・アイソレータです。ISL71710M は、巨大磁気抵抗（GMR）効果の原理に基づいた絶縁技術を使用しています。この技術により、暗電流が生じても効率的なデジタル絶縁が可能となり、EMI や光学応用品の経年劣化の問題もありません。

GMR 技術は、入力側にコイルを使用して動作します。このコイルは入力バッファによって励磁・駆動され、極性はバッファの出力状態によって異なります。この励磁状態にあるコイルは絶縁層を横切って電界を発生し、GMR 素子の抵抗変化を誘起します。この抵抗値が変化すると、それに対応した出力の状態が変化します。下記図 4 は GMR 技術を使ったアイソレータの概念図を示しています。

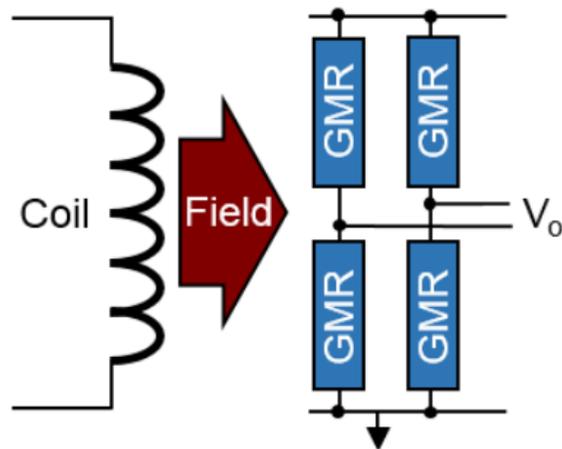


図4 : GMR 技術を使ったアイソレータの概念図

ISL71710M と ISL71026M を使用した絶縁型 CAN バス

ISL71710M は、ISL71026M などの CAN トランシーバと組み合わせ、完全に絶縁された CAN バスを構築するのに最適です。ISL71710M デジタル・アイソレータは、CAN コントローラの間（たとえば MCU と CAN トランシーバの間）に配置する必要があります。これにより、敏感なマイクロコントローラ電源を CAN バス電源から完全に絶縁することができます。ISL71710M は、データ信号のみの絶縁を行っていますが、ISL71710M と CAN コントローラの電源も絶縁する必要があります。電源がどこかでつながっている場合は、デジタル・アイソレータを使用する利点はありません。絶縁型 CAN バスの回路図については、図 5 を参照してください。

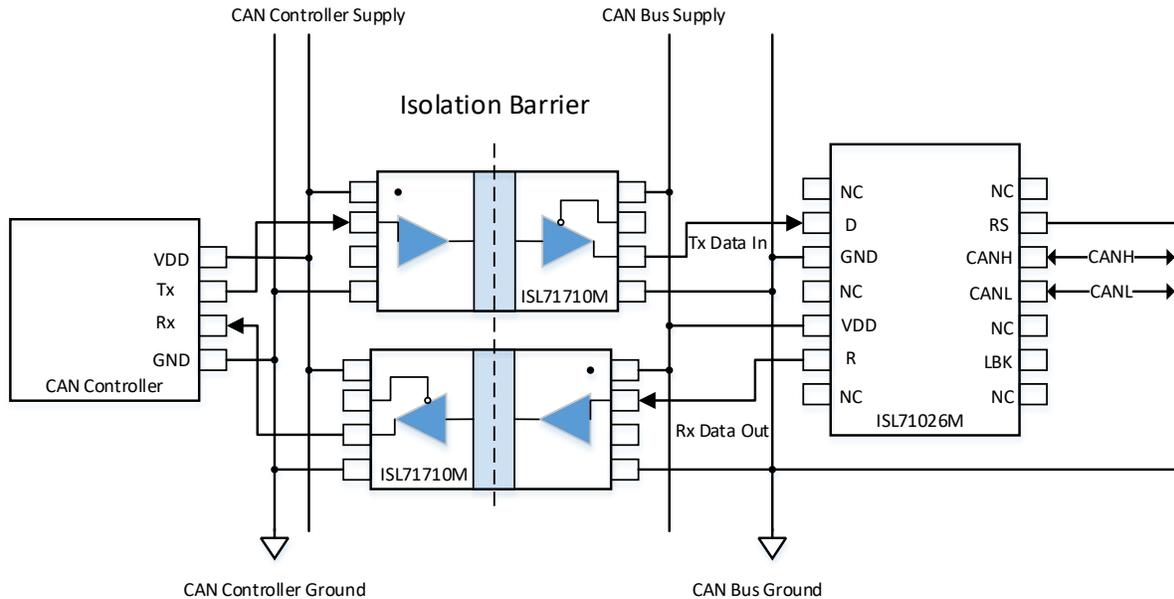


図 5 : ISL71710M と ISL71026M を使用した絶縁型 CAN バスの回路図

実装面積の削減

前述したように、小型衛星の回路基板の面積は大変貴重です。そのため、半導体メーカーは小型衛星メーカーのニーズに敏感に対応する必要があります。ルネサスの耐放射線性プラスチックパッケージを使用することで、お客様は絶縁型 CAN バスソリューションのサイズを大幅に縮小することができます。この耐放射線プラスチックパッケージを使用した絶縁型 CAN バスソリューション比較を表 1 に示します。

メーカー	CAN トランシーバのサイズ	デジタル・アイソレータのサイズ
Renesas RT Plastic	20mm ²	20mm ²
Renesas QML ₁	45mm ²	20mm ²
Supplier A	49mm ²	Not Offered
Supplier B	Not Offered	77mm ²
Supplier C	19.5mm ²	Not Offered
Supplier D	255mm ²	Not Offered

表 1 : 絶縁型 CAN バスソリューションのパッケージサイズ比較

注 : 表に記載されているデータは、各ベンダーのデータシートから取得したものです。

脚注 1 : ルネサスはデジタル・アイソレータのみをプラスチックパッケージで提供しています

コスト削減

ISL71710M と ISL71026M はプラスチックパッケージを使用しているため、一般的な宇宙製品のコスト高の要因となる部分を取り除かれます。さらに、宇宙用半導体の標準クラス V フローには、コストを大幅に引き上げてしまう複数の製造レベルでのテストがあります。例えば、目視検査、ラジオグラフィ、100%バーンイン、および 100%温度サイクルなどが含まれます。ルネサスは、これらのインラインでの生産テストを排除することで、顧客の製品コスト削減を実現しています。

ルネサスの耐放射線性プラスチックパッケージ製品の詳細については、このホワイトペーパーの最後にあるリンクを参照してください。

まとめ

小型衛星アプリケーションに絶縁型 CAN バスを使用することで、設計者は CAN コントローラ内の敏感な電子機器を保護できるだけでなく、ルネサスの耐放射線プラスチック製品を使用することで、さらに部品実装面積の削減とコストの削減を同時に実現することが可能となります。

ルネサスが提供する設計ツール

評価ボード/ユーザーガイド

ISL71710M と ISL71026M には、お客様自身の評価やテスト用の評価ボードと詳細なユーザーガイドを用意しています。評価ボードの写真を図 6 と図 7 に示します。

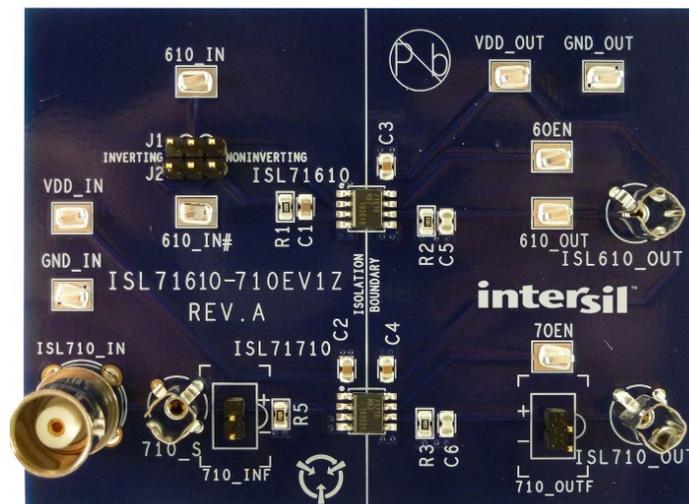


図 6 : ISL71710M 評価ボード

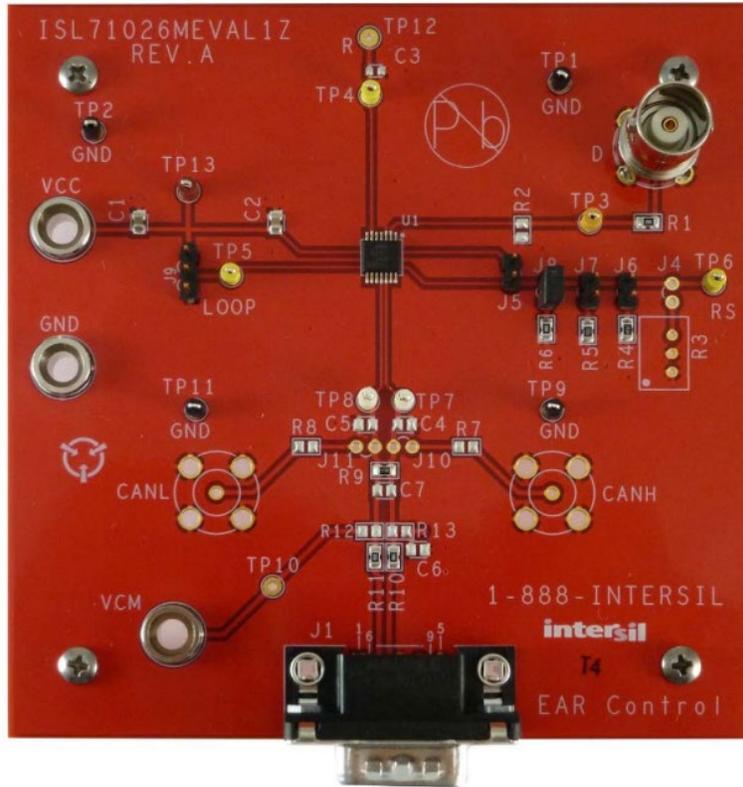


図7 : ISL71026M 評価ボード

その他のリソース

ISL71710M および ISL71026M へのリンクだけでなく、耐放射線性プラスチック宇宙製品用にルネサスが提供する他のオンラインリソースについては、次の URL にアクセスしてください。

ISL71710M 概要 : <https://www.renesas.com/products/space-harsh-environment/rad-tolerant-digital/rt-isolators/device/ISL71710M.html>

ISL71710M データシート : <https://www.renesas.com/www/doc/datasheet/isl71710m.pdf>

ISL71710M 評価ボードユーザーガイド : <https://www.renesas.com/www/doc/guide/isl71610-710ev1z-user-guide.pdf>

ISL71026M 概要 : <https://www.renesas.com/products/space-harsh-environment/rad-tolerant-analog/rt-can-bus-transceivers/device/ISL71026M.html>

ISL71026M ユーザーガイド : <https://www.renesas.com/www/doc/guide/isl71026meval1z-user-guide.pdf>

ホワイトペーパー : <https://www.renesas.com/doc/whitepapers/rad-hard/powering-small-satellite-constellations-with-plastic-ics.pdf>

©2019 ルネサスエレクトロニクスアメリカ社 (REA) が全著作権を所有。すべての商標および商号は、それぞれの所有者のものであります。REA は、ここに記載されている情報は、与えられたときに正確であったと考えていますが、その品質や使用に関してはリスクはないと考えています。すべての情報は、商品性、特定の目的への適合性、非侵害性などを問わず、明示的、黙示的、法的、または取引、使用方法、または貿易実務から生じるいかなる保証もなく、現状のまま提供されます。REA は、たとえそのような損害の可能性について知らされていたとしても、ここに記載された情報の使用または信頼に起因する直接的、間接的、特別、派生的、付随的、またはその他の損害について一切の責任を負うものではありません。REA は、予告なしに製品を中止したり、製品の設計または仕様またはその他の情報を変更する権利を留保します。すべてのコンテンツは、米国および国際著作権法によって保護されています。ルネサスエレクトロニクス社の事前の書面による許可なく、本資料のいかなる部分も複製、転載することはできません。お客様またはユーザーは、この資料のいずれかの公的または商業目的での修正、配布、公開、送信、または派生物の作成を許可されていません。