

RS-232アプリケーションでの*iCoupler*[®]アイソレーション

著者: Sean Clark、Ronn Kliger

はじめに

RS-232 バス規格は、最も広く採用されているシリアル通信バス・デザインの1つです。RS-232 は、コンピュータ装置とモデムとの間の通信用に 1962 年に EIA (Electronics Industry Association)により制定されました。RS-232 規格は、システム間シリアル通信リンクとして今でも広く採用されています。

RS-232 規格は、各方向の通信を行う専用信号線を持つシリアル・データの 1 対 1 デザインです。これらの 2 本の専用単方向ラインにより全二重通信が可能です。

最大ケーブル長は規定されていませんが、実用的な最大ケーブル長は約 16 m です。RS-232 はシンプルで柔軟性があり、かつ長年使われていることが、システム間接続での広い採用の原因になっています。

RS-232 規格は一般にシステム間接続で使われているため、バスと各接続システムとの間のアイソレーションが重要です。デジタル・アイソレーションは不可欠なアイソレーションを提供して、RS-232 ケーブル・バスと接続システムとの間の過渡過電圧から保護します。また、デジタル・アイソレーションは RS-232 バス上のグラウンド・ループも解消します。バスに接続されるシステムから RS-232 バスをデジタル的にアイソレーションすると、信号歪みと誤りが削減され、さらにシステム電圧、バス電圧、グラウンドの不一致からシステムと部品を保護します。

このアプリケーション・ノートの目的は、RS-232 バス物理層の概要を簡単に説明し、システムにとってアイソレーションが重要な理由を理解することです。このアプリケーション・ノートでは、アナログ・デバイセズの *iCoupler* 製品を使って RS-232 バスのアイソレーションを実現する方法について詳しく説明します。

RS-232 の概要

RS-232 は EIA232 とも呼ばれていますが、古い“規格勧告” 232 の意味で一般に使われています。RS-232 では、信号はグラウンドを基準にし、シングルエンド (不平衡) 1 対 1 シグナリングを採用しています。

RS-232 では、最大データ・レート 20 kbps を規定しています。RS-232 の低電圧バージョンである TIA/EIA562 規格では、64 kbps までの動作を規定しています。

RS-232 仕様は、最大ケーブル長を規定していません。ただし、RS-232 では 2,500 pF の最大ライン容量と 3 k Ω ~7 k Ω の負荷インピーダンスを規定しています。これらの仕様から、代表的な最大有効ケーブル長は約 16 m となります。

この規格は、ドライバ出力レベルをロジック 1 に対しては -5 V ~-15 V に、ロジック 0 に対しては +5 V ~+15 V に、それぞれ規定しています。レシーバの入力レベルとしては、ロジック 1 に対して -3 V ~-15 V を、ロジック 0 に対しては +3 V ~+15 V を、それぞれ読み込むように規定しています。-3 V ~+3 V の電圧レベルは規定していません。この広い電圧振幅と中心未定義の電圧領域により、高レベルのノイズ耐性が保証されて最大ケーブル長で有効な信号レベルが受信できるようになっています。

RS-232 規格は制定以来数回改訂されています。文字により種々のレビジョンが識別されています。RS-232C は PC 業界で広く採用されているレビジョンです。4 番目のレビジョン RS-232D では、3 本のテスト・ラインが追加され、2,500 pf の最大ライン容量が規定されました。

この資料の執筆時点では、最新レビジョンは 1991 年に制定された EIA232E です。このレビジョンは公式に名前が EIA232 に変更されました。さらに、幾つかの信号ライン名が変更され、保護用グラウンド導体が規定されました。

RS-232 仕様では物理層のみを規定しています。信号プロトコルはユーザまたはプロトコルを規定する規格により決められ、RS-232 は物理層を規定します。

RS-232 仕様では、20 本の信号ラインを使う 25 ピン D コネクタのピン配置を規定しています。ただし、EIA574 で規定される 8 本の信号構成による 9 ピン・コネクタの方が広く使用されています。

RS-232 システムでのデータ送信には、各方向の 1 ラインのみ使用可能です。他のすべてのラインは、通信プロトコルの信号として割り当てられています。これらの信号ラインを使うと、RS-232 プロトコルの設定で複数オプションを使うことができます。システムは、広く採用されている 9 ピン・コネクタの 8 信号を使って非同期動作を行うようにデザインすることができます。最もシンプルな場合、RS-232 は Tx (データ)、Rx (データ)、GND の 3 本のラインで構成することができます。

RS-232 規格で規定されている 25 ピン・コネクタでは、9 ピン・コネクタで使用していない 11 信号を規定しています。これらの追加信号には、同期データ・プロトコルの使用を可能にする各データ方向に対するクロック・ラインが含まれています。

このアプリケーション・ノートで特に注目すべきことは、25 ピン接続での保護用グラウンド・ラインが含まれていることです。このラインは、装置の安全なグラウンドとしてデザインされており、一般にシリアル・アダプタの電源グラウンドまたはシャーシ・グラウンドに接続されます。このグラウンドは信号グラウンドに接続することはできません。さらに、特にケーブル・ラインが長いアプリケーションでは、このグラウンドを 2 つのシステム間で接続することも推奨されません。これらのグラウンドを相互接続した場合、または両システムに接続した場合、グラウンド・ループが形成されることがあります。

RS-232 ピンの接続

RS-232 規格は、シリアル・ポートに接続される装置を 2 種類に分類しています。これらは、DCE (データ通信装置) と DTE (データ端末装置) です。これらの区別はコンピュータとモデムの規格に由来するもので、これらの規格ではデータ端末装置をコンピュータまたはコンピュータ端末として、データ通信装置をモデムとして、それぞれ規定しています。実際のアプリケーション用語では、DCE と DTE の区別によって、各システムに入力として接続されるラインと出力として接続されるラインが区別されます。

RS-232 仕様では信号プロトコルを規定していませんが、一般的には 8 本の信号ラインとグラウンドを使う非同期シグナリングが採用されています (図 1)。

前述のように、システムは 6 本のすべてのハンドシェイク信号ラインを使わないで構成することができます。ハードウェアは Tx、Rx、グラウンドを接続して動作しますが、幾つかのドライバ・ソフトウェアでは、ハンドシェイク・ラインの 1 本が正しいレベルになるのを待ち続けます。信号状態に応じて、これが動作することも、動作しないこともあります。

信頼性のために、未使用ハンドシェイク信号はループ・バックさせて、RTS (request to send) 信号に接続しておく必要があります。ラインでハンドシェイク・ループを構成する場合は、プロセッサまたはコントローラからの RTS 出力により、直ちに CTS (clear to send) 入力がアクティブになります。この構成では、送信システムが自分のハンドシェイクを制御します。あるいは、DTR (data terminal ready) のようなこれらの幾つかの信号を有効な信号レベルへ接続して、システムが常にデータ受信可能であることを表示することができます。

RS-232 プロトコルを使う接続の詳細については、アプリケーション・ノート AN-375

(http://www.analog.com/static/imported-files/application_notes/527881158649405705232480454AN375.pdf) を参照してください。

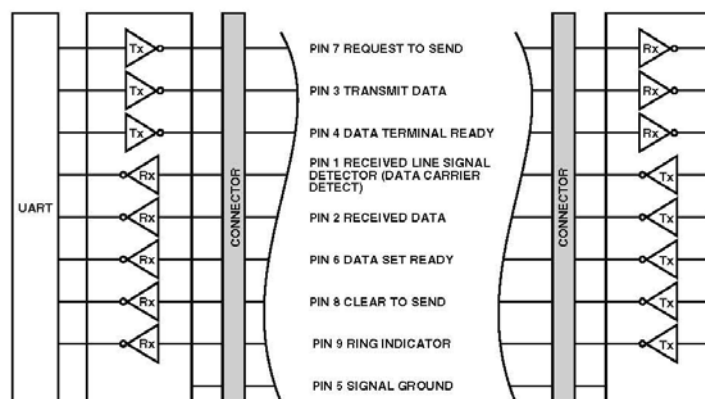


図 1. RS-232 8-信号ネットワークの構成

システム・アイソレーションの概要

2つのシステムを接続するケーブル・バス上の不要な電流と電圧は、深刻な問題を発生させることがあります。大きな電圧と電流は、バスに接続されている部品を壊すことがあります。これらの不要な電圧と電流は、主にグラウンド・ループと電氣的ライン・サージの2つの原因から発生します。

バスまたはシステムで複数のグラウンド・バスを使うと、グラウンド・ループが形成されます。バスに接続されていて数 m 以上離れている2つのシステム・グラウンドは同じ電位であると見なすことはできません。これらのグラウンドは同じ電位であるようですが、これらのポイントの間に電流が流れて、この意図しない電流により部品が損傷を受けます。

電氣的サージは多くの原因から発生します。これらのサージは、ケーブル・ラインに誘導された電流により発生します。長いケーブル・ラインと工業環境にあるシステムは特にこの現象の影響を受け易くなっています。電気モーターのような大きな電流をスイッチングする装置の動作により、グラウンド電位が急速に変化します。これらの変化により、グラウンド電位が等しくなるように隣接ラインに電流が流れます。その他の誘導サージ源としては、静電放電 (ESD) や雷などがあります。誘導されたこれらのサージにより、数百ボルトさらには数千ボルトの電位がラインに発生して、過渡電流や電圧サージとなります。

したがって、ケーブル端ノードではローカル・グラウンドに対して高い電圧レベルに重畳されたスイッチング信号を受信することになります。制御されていないこれらの電圧と電流が信号を破壊し、デバイスとシステムにとって致命的になり、バスに接続されている部品に損傷を与えて、システム故障が発生します。RS-232 システムは最大 16 m のケーブルで動作し、2つのシステムを接続するため、これらの影響を受け易くなっています。

この破壊的なエネルギーから保護するため、バス上のデバイスとバスに接続されているシステムはすべて1つのグラウンドのみを基準とする必要があります。バスに接続されている各システムから RS-232 システム・デバイスをアイソレーションすると、グラウンド・ループの形成を防止して、電氣的サージによる回路の損傷を防ぐことができます。

アイソレーションにより、RS-232 ケーブル・バスに接続されているシステムと各 RS-232 回路は別々のアイソレーションされたグラウンドを持つため、グラウンド・ループの形成が防止されます。各 RS-232 回路が1つのグラウンドのみを基準とすることにより、グラウンド・ループがなくなります。

また、アイソレーションすると、ケーブル・ライン上に発生する任意のサージにより RS-232 回路のリファレンス電圧レベルが上下に変化することができます。回路リファレンス電圧が固定のグラウンドに拘束されるのではなく、サージと一緒に上下することにより、デバイスの損傷が防止されます。

システム・アイソレーションを行うときは、RS-232 信号ラインと電源の両方をアイソレーションする必要があります。電源のアイソレーションは、絶縁型 DC/DC 電源を使うことにより行うことができます。信号のアイソレーションは、一般にフォトカプラまたはアナログ・デバイセズの技術革新的な *iCoupler* を使って行うことができます。

アイソレーションの実施

アイソレーションの実施は全体として複雑なことはありませんが、アイソレーション回路の実現には幾つかの重要なファクタを考慮する必要があります。

デジタル・アイソレータは RS-232 信号規格をサポートしていないため、RS-232 トランシーバと RS-232 ケーブルとの間にデジタル・アイソレータを挿入することはできません。理論的には、トランスをその場に使用して電源アイソレーションを行うことができますが、バスが非常に低速であるためトランスが大型になり、このソリューションは実用的でなくなります。

RS-232 信号バスのアイソレーションは、RS-232 トランシーバとローカル・システムとの間のデジタル信号バスにアイソレータを挿入するデザインにより実現されます。システム側の RS-232 トランシーバはデジタル・ロジック・レベル 0 V ~ 5 V または 0 V ~ 3 V の信号を使い、一般に UART (universal asynchronous receiver/transmitter) またはプロセッサに接続されます。*iCoupler* アイソレータは、互いに電氣的にアイソレーションされた入力回路と出力回路を内蔵しています。この場所に *iCoupler* を配置すると、バスに接続されている各システムから RS-232 ケーブル・バス信号が電氣的にアイソレーションされます。

ローカル・システムからの RS-232 回路のアイソレーションを完成させるためには、絶縁型 DC/DC 電源コンバータが必要です。絶縁型電源を使ってローカル RS-232 トランシーバとアイソレータの RS-232 側に電源を供給します。絶縁型電源には一般にローカル・システムから電源が供給されます。

デジタル・アイソレータと絶縁型 DC/DC 電源との組み合わせにより、サージによる損傷から効果的に保護され、グラウンド・ループがなくなります。図 2 と図 3 に、*iCoupler* を使用した代表的な RS-232 信号構成でのシステム・アイソレーション・デザインを示します。

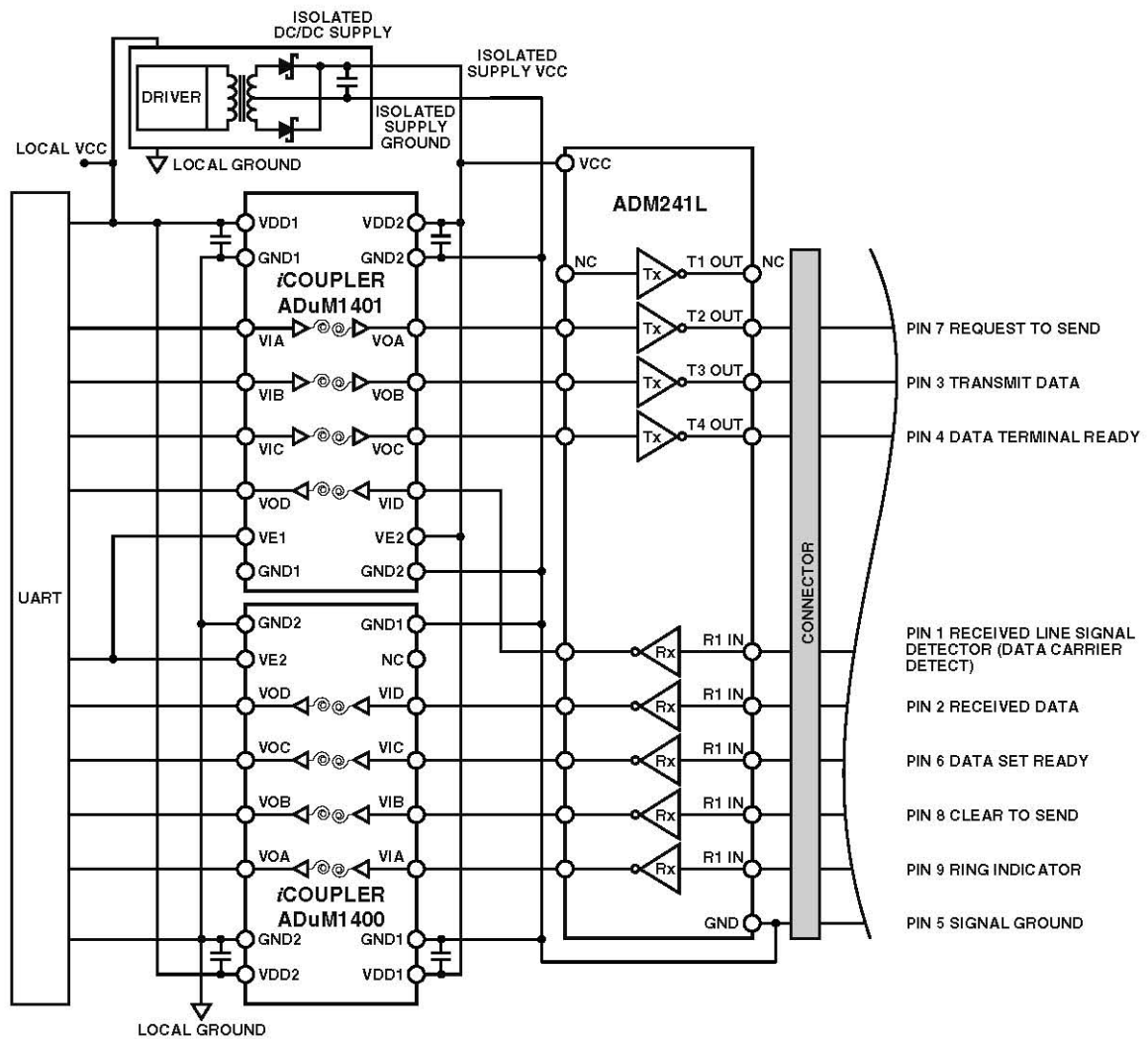


図 2. 絶縁型 RS-232 の 8 信号回路 (DTE 側)。iCoupler 信号アイソレータはシステム UART と RS-232 トランシーバの間に配置されます。RS-232 トランシーバと iCoupler のトランシーバ側には絶縁型 DC 電源から電源が供給されます。ADM241L RS-232 トランシーバの Tx1 は、8 信号構成では使用されないことに注意してください。

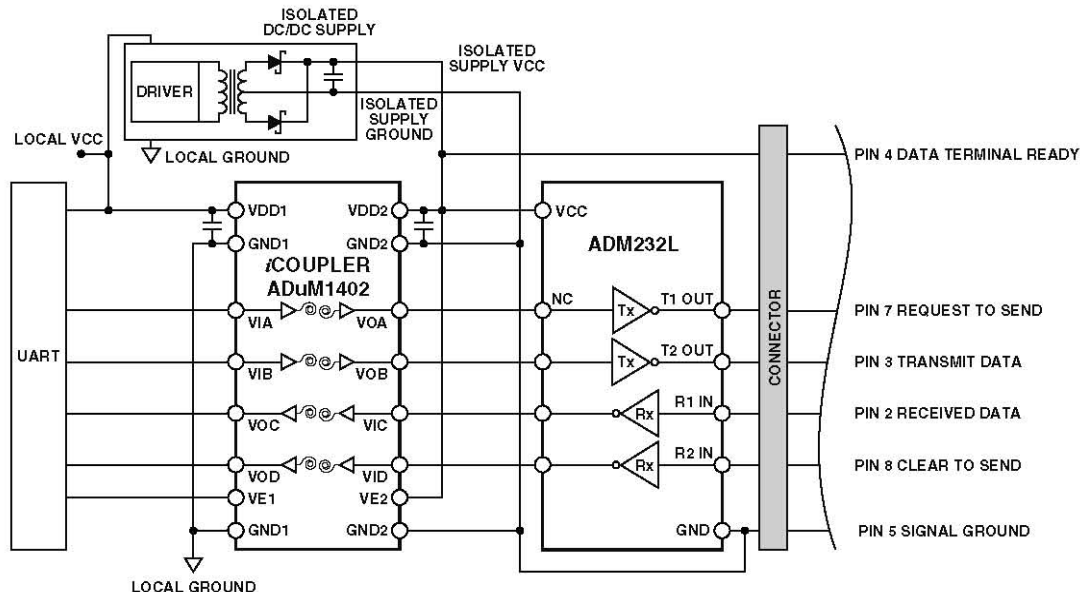


図 3. 絶縁型 RS-232 の 5 信号回路 (DTE 側)。このデザインでは RS-232 バスで使う信号数を少なくしています。iCoupler 信号アイソレータはシステム UART と RS-232 トランシーバの間に配置されます。RS-232 トランシーバと iCoupler のトランシーバ側には絶縁型 DC 電源から電源が供給されます。

アイソレーション・デバイスの選択

システム性能条件は、アイソレーション・デバイスの選択に最も大きな影響を与えます。その他の考慮事項としては、スペースの制約やコストなどがあります。

データ・レート条件

システム・データ・レート条件は、デバイスの選択で最も重要なパラメータのようです。

RS-232 仕様では最大 20 kbps のデータ・レートを規定していますが、多くの新しい RS-232 トランシーバはこれよりはるかに高いデータ・レートで動作できます。これらには、RS-232 の新しい TIA/EIA562 低電圧バージョンと互換性を持つ低電圧 RS-232 トランシーバが含まれます。前述のように、この仕様では 64 kbps までの動作が規定されています。低電圧 RS-232 トランシーバによっては、さらに高いデータ速度で動作できるものもあります。ADM3312E のデータ・レートは 460 kbps と規定されています。これらの高いデータ・レートにより RS-232 仕様の使用範囲が広がり、システム・デザインに多くのオプションが提供されます。

システム内での高データ・レートの使用により、高性能製品に対するアイソレーション・デバイスの選択範囲が狭くなります。幸いにも、すべての iCoupler 製品は最大 1 Mbps のデータ・レートで動作します。iCoupler 製品のポートフォリオには、25 Mbps と 100 Mbps の最大データ・レートで動作するデバイスも含まれています。

デバイス・コストは一般にデータ・レート性能に比例して高くなります。このため、必要以上の性能を持つデバイスを選択しないように注意する必要がありますが、低性能デバイスを選択すると、将来のシステム性能アップグレードで、アップグレードするシステム・データ速度と互換性のないすべてのデバイスを交換する必要が生ずるため、コストが増えて複雑になることがあります。

実装スペース条件

スペースの制約は、選択範囲を制限する 2 つ目の領域です。最大寸法条件は、ほぼすべてのアプリケーションで問題になりますが、厳しくスペースが制限される場合もあります。幸いにも、これらの状況に対してソリューションが現れました。

このスペースが問題となるシステムに対するソリューションとしては、8 信号 RS-232 回路のアイソレーションを対象とする ADuM1401 iCoupler と ADuM1400 iCoupler を各 1 個使用する組み合わせ(図 2 参照)などがあります。ADuM140x は 16 ピン SOIC パッケージを採用した 4 チャンネル・アイソレーション・デバイスで、各デバイスで 4 個のフォトカプラと関連回路を置き換えることができます。

コストの条件

コストの制約と問題は、すべてのシステム・デザインで発生します。コストの考慮は、システムのデザイン選択肢に影響を与えることがあります。前述のように、アイソレータ・デバイスのコストは、データ・レート性能に比例して高くなります。所要システム性能のみを持つデバイスを選択することでコスト削減が可能になります。

その他のコスト問題としては、使用するデバイス数などがあります。iCoupler デバイスのコストは、チャンネル数に比例して高くなりますが、チャンネルあたりのコストは、デバイスのチャンネル数に逆比例します。

可能なかぎり多数のチャンネルを 1 個のデバイスに集積するその他のコスト上の利点としては、ボード・スペースと組み立てコストの削減などがあります。デバイス数を削減するとボード面積が小さくなります。また、デバイス数が少なくなると、ボード・レイアウトが簡素化されます。ボードの小型化とレイアウトの簡素化の組み合わせによりボード・コストが削減されます。

さらに、回路ボード組み立てコストは、一般にボード組み立て工程で必要とされるデバイス数に比例して減少します。したがって、デバイス数の少ないデザインでは製造コストが低くなります。

アナログ・デバイゼスの *iCOUPLER* 製品

アナログ・デバイゼスの *iCoupler* デバイス技術は、システム設計者にとってその他のアイソレーション・オプションと比較して明確な利点を持つ製品を可能にしました。

この独自の *iCoupler* 技術により、アイソレーションの実現に新しいオプションが加わりました。*iCoupler* 製品は、優れた性能、低消費電力、高信頼性、部品数の削減をフォトカプラと同等のコストで提供します。

iCOUPLER 技術の概要

ADI の *iCoupler* 技術は、フォトカプラ内で LED やフォトダイオードを使用するのではなくチップ・スケールのトランスを採用したアイソレーションを提供します。ウェハー・レベルのプロセスを使ってトランスをチップ上に直接形成するため、低価格で複数の *iCoupler* チャンネルを他の半導体機能と一緒に組み込むことができます(図 4 参照)。

iCoupler デザインで採用されている技術では、フォトカプラ内で行われる効率悪い電気/光変換が不要になります。これは、*iCoupler* ではフォトカプラで使用されている LED がなくなるためです。また、チャンネルは完全にウェハー・レベルのプロセスで形成されるため、複数の *iCoupler* チャンネルを容易に 1 個のパッケージに組み込むことができます。*iCoupler* 技術は、性能の向上、低消費電力、小型化、高信頼性、コスト削減を提供します。

フォトカプラに比較した *iCoupler* のもう 1 つの明確な利点は、外付け部品が不要なことです。フォトカプラでは、バイパス・コンデンサの他に、出力トランジスタをバイアスし LED を駆動する外付けディスクリート・デバイスが必要です。*iCoupler* デバイスではデカップリング・コンデンサ以外の外付け部品は不要です。*iCoupler* ソリューションを使うと、回路が簡素化されてコストが削減されます。

iCoupler 製品は独自なリフレッシュ回路とウォッチドッグ回路も内蔵しています。約 2 μ s 以上入力にロジック変化がない場合、正常な入力状態を表す周期的なリフレッシュ・パルスのセットが発生して、出力での DC を正常に維持します。*iCoupler* の出力側回路が約 5 μ s 間以上この入力パルスを受信しないと、入力側回路が電源オフであるか非動作状態にあると見なされ、ウォッチドッグ・タイマー回路によりアイソレータ出力が強制的にデフォルト状態にされます。

iCOUPLER 製品の選択

iCoupler ファミリーは製品の広範囲なポートフォリオから構成されているため、デザインに最適な製品を選択することができます。*iCoupler* デバイスのポートフォリオには、1 チャンネル~4 チャンネルのオプションがあり、双方向通信向けにボード・デザインを通過するフローを強化するためにデザインされたデバイスも含まれています。また、*iCoupler* デバイスでは広範囲なデータ・レート性能を提供しているため、アプリケーションに最適な製品を選択することができます。

ADI の *iCoupler* の機能とオプションのポートフォリオにより、システム・デザインでデバイス数を削減し、システムのデータ性能条件をより良く満たすことができます(表 1 参照)。

前述のように、ADI は *iCoupler* 製品の広い選択肢を提供しています。性能とチャンネル構成の組み合わせにより、システム・デザインでのシステム最適化と適合デバイス選択のオプションが増えます。表 1 に、チャンネル数やデータ速度性能などの製品比較を示します。

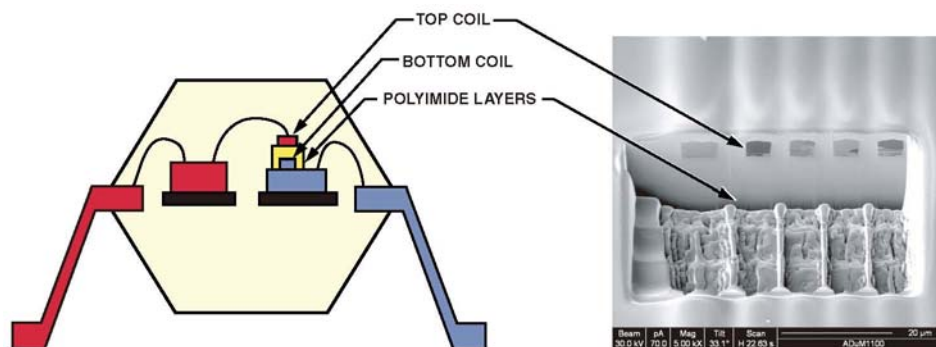


図 4. *iCoupler* 構成の断面図

バイパス・コンデンサ

iCoupler 製品では、バイパス・コンデンサ以外の外付け部品は不要です。入力電源ピンと出力電源ピンにはバイパス・コンデンサを接続することが推奨されます。バイパス・コンデンサの値は、 $0.01\mu\text{F}$ ~ $0.1\mu\text{F}$ にします。コンデンサの両端と電源ピンとの間のパターン長は 20 mm 以下にする必要があります。

出力イネーブル・コントロール

多くの iCoupler 製品には、出力を高インピーダンス状態にできる出力イネーブル・コントロール・ピンがあります。出力イネーブル・ピンがハイ・レベルまたはフローティングのとき、出力はアクティブ・ロジック状態になります。出力イネーブル・ピンがロー・レベルになると、出力はディスエーブルされます。ノイズの多いアプリケーションでは、出力イネーブル・ピンを既知のロジック・レベル(ハイ・レベルまたはロー・レベル)にすることが推奨されます。

まとめ

RS-232 仕様は柔軟性と高いノイズ耐性を持つため、このデザインはシステム間通信で非常に多く採用されていますが、システム間通信ケーブル・システムは、過渡過電圧とグラウンド・ループからの干渉と損傷を受け易くなっています。

RS-232 バスをそれに接続されたシステムからデジタル的にアイソレーションすると、信号の歪みと誤りが少なくなり、バス電圧とグラウンドの不一致からシステムと部品を保護します。

アナログ・デバイセズの iCoupler ファミリー製品では、広範囲な性能、チャンネル数、構成を提供しています。性能とチャンネル構成の組み合わせにより、システム・デザインでのシステム最適化のオプションが増えます。iCoupler 製品は、不可欠なアイソレーションをシステム・デザインに組込む経済的な方法を提供します。

表 1. iCoupler 製品と絶縁型 RS-485 トランシーバ製品

Product	Model	Number of Channels	Channel Configuration*	UL Insulation Rating (kV)	Max Data Rate, 5 V (Mbps)	Max Prop. Delay 5 V (ns)	Max Operating Temp. (°C)	Package
ADuM1100	ADuM1100AR	1	1/0	2.5	25	18	105	8-Lead Narrow Body SOIC
	ADuM1100BR	1	1/0	2.5	100	18	105	8-Lead Narrow Body SOIC
	ADuM1100UR	1	1/0	2.5	100	18	125	8-Lead Narrow Body SOIC
ADuM120x	ADuM1200AR	2	2/0	2.5	1	150	105	8-Lead Narrow Body SOIC
	ADuM1200BR	2	2/0	2.5	10	50	105	8-Lead Narrow Body SOIC
	ADuM1200CR	2	2/0	2.5	25	45	105	8-Lead Narrow Body SOIC
	ADuM1201AR	2	1/1	2.5	1	150	105	8-Lead Narrow Body SOIC
	ADuM1201BR	2	1/1	2.5	10	50	105	8-Lead Narrow Body SOIC
	ADuM1201CR	2	1/1	2.5	25	45	105	8-Lead Narrow Body SOIC
ADuM130x	ADuM1300ARW	3	3/0	2.5	1	100	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1300BRW	3	3/0	2.5	10	50	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1300CRW	3	3/0	2.5	90	32	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1301ARW	3	2/1	2.5	1	100	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1301BRW	3	2/1	2.5	10	50	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1301CRW	3	2/1	2.5	90	32	105	16-Lead Wide Body SOIC
ADuM140x	ADuM1400ARW	4	4/0	2.5	1	100	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1400BRW	4	4/0	2.5	10	50	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1400CRW	4	4/0	2.5	90	32	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1401ARW	4	3/1	2.5	1	100	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1401BRW	4	3/1	2.5	10	50	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1401CRW	4	3/1	2.5	90	32	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1402ARW	4	2/2	2.5	1	100	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1402BRW	4	2/2	2.5	10	50	105	16-Lead Wide Body SOIC
	ADuM1402CRW	4	2/2	2.5	90	32	105	16-Lead Wide Body SOIC

*Channel configuration とはアイソレーション・チャンネルの方向を意味します。例えば、2/1 は 2 チャンネルが単方向で交信し、3 つ目のチャンネルは逆方向で交信することを意味します。