



テスト済み回路設計集“Circuits from the Lab™”は共通の設計課題を対象とし、迅速で容易なシステム統合のために製作されました。さらに詳しい情報又は支援は <http://www.analog.com/jp/CN0416> をご覧ください。

### 接続または参考にしたデバイス

ADM2682E	±15kV の ESD 保護機能を備えた 16Mbps、5kVrms の信号/電源絶縁型 RS-485 トランシーバー
LTC2865	±60V の故障保護機能を備えた 3V~5.5V の RS-485/RS-422 トランシーバー
ADP7102	3.3V、300mA の低ノイズ CMOS LDO

## 堅牢で設定変更可能な絶縁型および非絶縁型 RS-485 トランシーバー

### 評価と設計支援

#### 回路評価用ボード

CN-0416 回路評価用ボード (EVAL-CN0416-ARDZ)

Arduino (アルドゥイーノ) フォームファクタ互換の

開発ボード (EVAL-ADICUP3029)

#### 設計および統合ファイル

回路図、レイアウト・ファイル、部品表

### 回路の機能とその利点

最も広く使われている伝送線標準である TIA/EIA-485-A は、RS-485 インターフェースの物理層を記述するもので、通常は、Profibus、Interbus、Modbus、BACnet などのより高レベルのプロトコルと共に使われます。アプリケーションには、プロセス制御ネットワーク、工業用オートメーション、リモート端末、ビルディング・オートメーション (暖房、換気、空調 (HVAC))、セキュリティ・システム、モータ・コントロール、モーション・コントロールなどがあります。RS-485 インターフェースは、比較的長距離 (最大 1km) でも信頼性の高いデータ伝送を実現します。

図 1 に示す回路は汎用 RS-485 通信プラットフォームで、絶縁型および非絶縁型両方の RS-485 設計を実装しています。非絶縁型回路は ±25V の拡張コモンモード電圧範囲を提供し、-7V~+12V の RS-485 仕様を改善します。これにより、例えばすべてのノードが同じ電源ラインと接地ラインから電源とリファレンスを獲得している場合など、多くのアプリケーションでは絶縁の必要がなくなります。

しかし、ビル間通信のようなリモート・ノード間の確実な通信を必要とする大規模システム用の絶縁インターフェースは、コントローラのグラウンドと RS-485 信号の間で最大 500V の絶縁に対応します。長距離ネットワークにおけるコモンモードの影響を取り除くには、ノードやリピータを互いに絶縁する必要があります。UL1577 準拠の認定を受けた絶縁型トランシーバーでは、コントローラのグラウンドと RS-485 信号間で最大 5000V の保護と絶縁が可能です (1 分間、UL1577 による)。

この回路は、アプリケーションに応じて全二重および半二重で動作するように設定できます。各接続の終端はオープン終端または抵抗終端とすることができるので、ユーザがバスラインに容易にノードを追加したり取り外したりすることが可能です。更に、終端抵抗は標準の RS-485 ケーブルまたは CAT5 イーサネット・ケーブルを使用するように設定できます。デバイスへの電源には、オンボード電源またはバス電源ラインを使用できます。

回路は、内蔵のアドレス・セレクタを使って、ポイント to ポイント・システムやマルチドロップ・システムに使用することができます。各回路は、アプリケーションと、そのデバイスを使用するネットワークに応じて、マスタ・デバイスまたはスレーブ・デバイスとして設定できます。ADALM-UARTJTAG 互換のオンボードの 10 ピン・コネクタを使用すれば、USB 仮想 COM ポート経由で、マスタをホスト・コンピュータと RS-485 バス間のゲートウェイとして動作させることができます。

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

Rev. 0

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル 10F  
電話 03 (5402) 8200  
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー 10F  
電話 06 (6350) 6868  
名古屋営業所 / 〒451-6038 愛知県名古屋市西区牛島町 6-1 名古屋ルーセントタワー 38F  
電話 052 (569) 6300

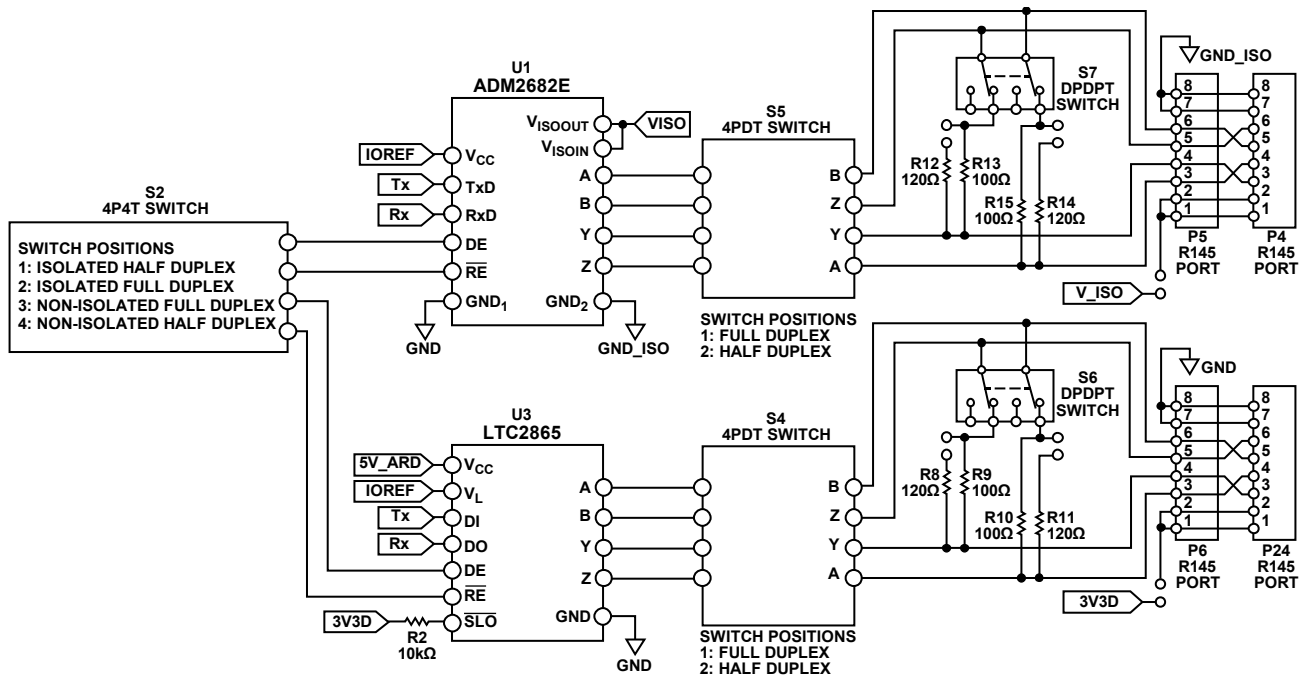


図 1. 絶縁型および非絶縁型 RS-485 トランシーバーの簡略化した回路図

回路の説明

RS-485 バス規格

RS-485 バス規格は、マルチドロップ通信リンクと最大 1200m の長距離データ転送が可能なローカル・ネットワークを必要とする工業用アプリケーションにおいて、最も広く使われている物理層の 1 つです。ケーブル長 12m までは 10Mbps のデータ・レートを実現可能ですが、図 2 に示すように 1200m では 100kbps に低下します。

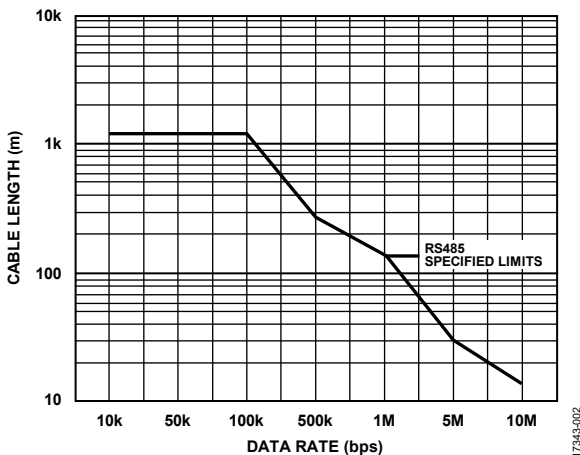


図 2. ケーブル長とデータ・レート

RS-485 バス規格の仕様の一部と、ADM2682E および LTC2865 が提供する拡張仕様を表 1 に示します。

これらのトランシーバー・デバイスの詳細については、それぞれのデータシートを参照してください。ADM2682E と LTC2865 の拡張仕様は、公称値上は仕様を満たすものの、場合によっては規格を下回る可能性があるようなシステムの信頼性を向上させます。例えば、工場内にある 2 つの装置キャビネットを、共にアース・グラウンドに接続できる場合を考えます。このときのグラウンド間の電圧差は数 VAC に過ぎません。しかし、一方のキャビネットが ESD を受けると、その共通モード電圧が一時的に 20V に達することがあります。LTC2865 はこのような状態に対応可能ですが、単に規格を満たしているだけのトランシーバーでは、データが破損したりトランシーバー自体が故障したりすることがあります。

ADM2682E では共通モード許容値が大幅に向上しており、25kV/μs の過渡耐圧と、5000V のデバイス間電位差 (1 分間、UL1577 による) に耐えることができます。安全性と規制に関する認定の詳細については、ADM2682E のデータシートを参照してください。

表 1. RS-485 バス規格仕様

Specification	Standard	ADM2682E	LTC2865
Data Rate	10 Mbps	16 Mbps	20 Mbps
Driver Output Applied Voltage Range	-7 V to +12 V	-9 V to +14 V, isolated	-60 V to +60 V
Receiver Input Voltage Range	-7 V to 12 V	-9 V to +14 V, isolated	-60 V to +60 V
Receiver Input Sensitivity	± 200 mV	-200 to -30 mV	±200 mV
Cable Length	Up to 1200 m	Up to 1200 m	Up to 1200 m
Receiver Input Resistance	≥12 kΩ	96 kΩ	112 kΩ
Number of Drivers and Receivers	32 drivers 32 receivers	256 drivers and receivers	256 drivers and receivers

EVAL-CN0416-ARDZには絶縁型トランシーバーと非絶縁型トランシーバーが含まれているので、エンド・アプリケーションの実際の条件と実装を決定する際の助けとなります。

回路は 4 個のオンボード・イーサネット・ジャックを備えていますが、このうちの 2 個が絶縁型通信用、別の 2 個が非絶縁型通信用です。イーサネット・ケーブルは RS-485 アプリケーションに使用することを意図したものではなく、インピーダンスは RS-485 用の 120Ω に対して 100Ω です。ただし一般的な CAT5 ケーブルと CAT6 ケーブルが広く普及しているので、開発時にプロトタイプ・システムを構築する便利な手段として使用できます。また、イーサネット・ポートの各ペアはピンがクロス配置になっているので、マルチノード・システムにストレート・イーサネット・ケーブルを使用することができます。更に RS-485 信号への接続ポイントが設けられているので、容易に他のコネクタを使用したり、アプリケーションの RS-485 ケーブルに直接配線することができます。

**RS-485 バスのノード容量**

ADM2682E と LTC2865 は、共に最小 96kΩ、1/8 ユニット負荷のインピーダンスを備えており、1 つのバス・システムに最大で 256 個のノードを接続できます (RS-485 規格の仕様に規定されているレシーバー入力インピーダンスは 12kΩ で、最大ノード数は 32 個)。

**終端**

終端の一般的なガイドラインは、ケーブル伝搬遅延の 4 倍未満の立上がり/立下がり時間で信号伝送ラインを終端することです。標準的な CAT5 ケーブルの伝搬遅延は 4.8ns/m~5.3ns/m で、ADM2682E と LTC2865 の最大立上がり/立下がり時間は 15ns です。したがって、長さ 0.78m を超えるラインについては、終端を使用することを推奨します。最も望ましいのは、すべての RS-485 システムを適切な方法で終端することです。

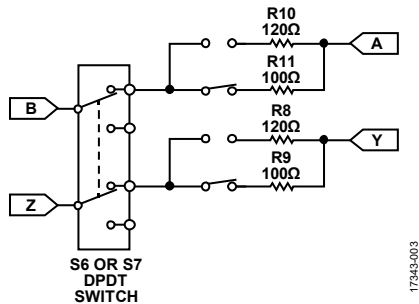


図 3. 終端選択スイッチ

図 3 に示す回路は、RS-485 ラインの終端を差動抵抗またはオープン状態に設定します。絶縁型通信には S7 を、非絶縁型通信には S6 を使用してください。全二重 RS-485 規格では、マスタ・ノードと最も遠いスレーブ・ノードを終端する必要があります。

半二重接続の場合は伝送ケーブルの両端を終端してください。終端抵抗の値は、ケーブルの特性インピーダンスと同じにする必要があります。CAT5 ケーブルの場合は 100Ω です。デフォルトの回路では 100Ω の終端抵抗が使われますが、ハンダ接続により標準の RS-485 終端抵抗である 120Ω に設定することができます。オープン終端および抵抗終端の RS-485 通信の長所と短所を表 2 に示します。

表 2. 終端の長所と短所

Termination	Advantages	Disadvantages
Open or No Termination	Simple, low power	For slow and short communications
Parallel Resistance	Supports long distance and fast communications	High power

**半二重動作**

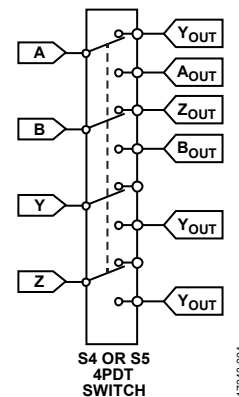


図 4. 半二重/全二重選択スイッチ

図 4 に示す回路は通信を半二重モード動作に設定できます。スイッチ S5 は絶縁型通信用、スイッチ S4 は非絶縁型通信用です。ドライバの非反転出力はレシーバーの非反転入力に短絡され、ドライバの反転出力はレシーバーの反転入力に短絡されます。これは 2 線式 RS-485 ネットワークを使用可能にする構成ですが、

バスが一度に対応できるのは 1 方向のデータ伝送だけです。ドライバとレシーバーのイネーブル・ピンは、1 つのドライバだけをイネーブルしてデータを送信できるようにする必要があります。3 個のスレーブ・ノードで構成される半二重絶縁型 RS-485 通信のセットアップを図 5 に示します。スレーブ・ノードは同じイーサネット・ジャックを介して接続します。例えば、ス

レーブ A の P5 は、ストレートスルーの CAT5 ケーブルを使ってスレーブ B の P5 に接続します。マスタ・ノードは、反対側のイーサネット・ジャックを介してスレーブ・ノードに接続します。例えば、スレーブ A の P5 は、ストレートスルーの CAT5 ケーブルを使ってマスタ・ノードの P4 に接続します。

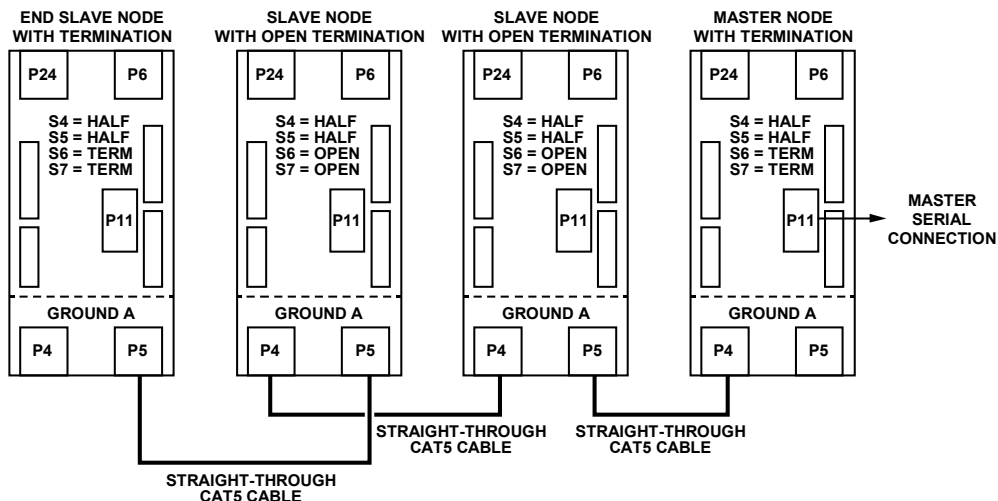


図 5. ADM2682E 絶縁型 RS-485 通信トランシーバーを使用した 3 ノードの半二重スイッチ設定と接続図

表 3. 図 5 のノードとスイッチ設定

Type of Node	Switch Settings
Master Node with Termination	S4 = half duplex, S5 = half duplex S6 = terminated, S7 = terminated
Slave Node with Open Termination	S4 = half duplex, S5 = half duplex S6 = open, S7 = open
End Slave Node with Termination	S4 = half duplex, S5 = half duplex S6 = terminated, S7 = terminated

全二重動作

図 5 に示す回路は通信を全二重モードに設定できます。S5 は絶縁型通信用、S4 は非絶縁型通信用です。全二重モードでは、回路はすべてのレシーバーとドライバの入力と出力をそれぞれ使用します。これにより 4 線式 RS-485 ネットワークを使用し、マスタ・ノードとスレーブ・ノードの間で、両方向のデータ伝送を同時に行うことができます。3 個のスレーブ・ノードで構成される全二重非絶縁型 RS-485 通信のセットアップを図 6 に示し

ます。ストレートスルーのイーサネット・ケーブルを使用する場合、スレーブ・ノードは同じイーサネット・ジャックを介して接続します。例えば、スレーブ A の P6 は、ストレートスルーの CAT5 ケーブルを使ってスレーブ B の P24 に接続します。マスタ・ノードは、反対側のイーサネット・ジャックを介してスレーブ・ノードに接続します。例えば、スレーブ A の P6 は、ストレートスルーの CAT5 ケーブルを使ってマスタ・ノードの P24 に接続します。

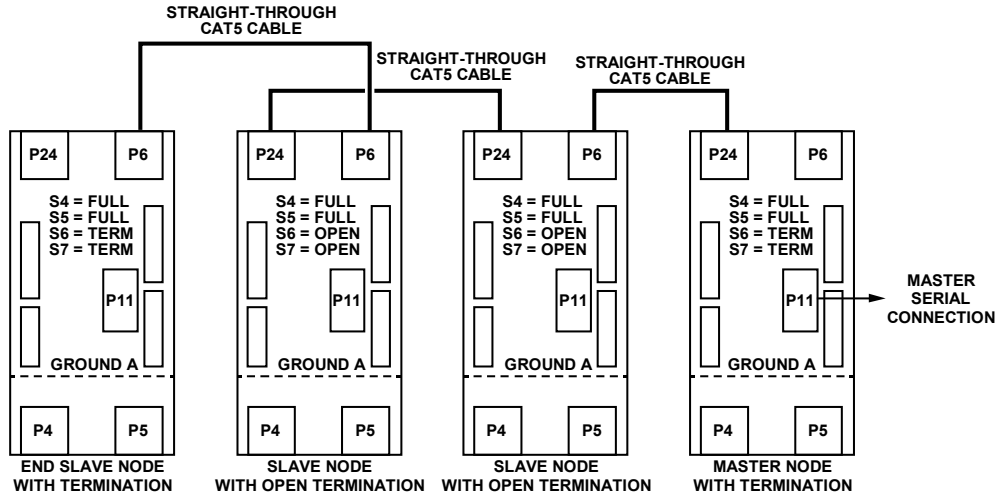


図 6. LTC2865 を使用した 3 ノードの全二重スイッチ設定と接続図

表 4. 図 6 のノード・タイプとスイッチ設定

Type of Node	Switch Settings
Master Node with Termination	S4 = full duplex, S5 = full duplex S6 = terminated, S7 = terminated
Slave Node with Open Termination	S4 = full duplex, S5 = full duplex S6 = open, S7 = open
End Slave Node with Termination	S4 = full duplex, S5 = full duplex S6 = terminated, S7 = terminated

## 真のフェイルセーフ・レシーバー入力

マルチノード・システムでは、すべてのノードが受信モードになると、バス・アイドル状態になります。バス・アイドル状態での差動入力電圧は 0V です。前世代の RS-485 レシーバーでは、バス・アイドル状態で誤ったデータが生成されるのを防ぐために、外部のフェイルセーフ終端とバイアスが必要でした。ADM2682E と LTC2865 は、共に外部回路なしでバス・アイドル状態に対応できます。

ADM2682E は真のフェイルセーフ・レシーバー入力を備えており、差動入力スレッショルド電圧は $-200\text{mV}\sim-30\text{mV}$ です。したがって、0V 差動入力電圧は定義されたロジック・レベルとして受け入れられ、ランダムなエラー・データがシステムに入り込んだり影響を及ぼしたりするのを防ぎます。

デバイスの入力スレッショルド電圧を調整する必要がある場合は、この調整によってレシーバー出力のデューティ・サイクルが非対称になりますが、これは入力信号レベルが小さいときや入力エッジ・レートが低いときには更に悪化します。LTC2865 では、入力スレッショルド電圧の調整なしで完全なフェイルセーフ動作が可能です。LTC2865 では、入力スレッショルド電圧を調整する代わりに内部ウィンドウ・コンパレータを使用して、入力電圧が正の閾値と負の閾値の間の範囲まで低下したかどうかを判定します。このフェイルセーフ状態が $3\mu\text{s}$ を超えて続くと、フェイルセーフ状態がアサートされ、信号がハイ状態になります。

## 信号と電源の絶縁

CN-0416 回路は、スイッチ S2 を介して、ADM2682E を通じた絶縁型通信か、LTC2865 を通じた非絶縁型通信のどちらかを使用するように設定できます。

ストレートスルーのイーサネット・ケーブルを使って 2 つのスレーブ・ノードの絶縁型イーサネット・ジャックと非絶縁型イーサネット・ジャックを接続する場合は、P4 を P24 に、P5 を P6 に接続してください。これに対し、同じ状況でマスタ・ノードとスレーブ・ノードを接続するときは、P4 を P6 へ、P5 を P24 へ接続します。同じ電気システムを使用してすべてのノードに電源を供給する場合は、それらをすべて同じアース・グラウンドに接続すれば、グラウンド電位の異なるノード間をグラウンド電流が流れることによって生じるノイズを減らすことができます。アース・グラウンドが 1 つだけの構成にする場合は、非絶縁型 RS-485 通信が最も適しています。

各ノードへの電源供給に異なる電気システムを使う場合、特にそれらがそれぞれ異なるビル内に置かれているような場合は、アース・グラウンドのインピーダンスが大きくなることが考えられ、それによって、ノード間に電流が流れる可能性が高くなります。グラウンド電流が予想される状況では、絶縁型 RS-485 通信を使用する必要があります。ADM2682E は、アナログ・デバイセズの *iCoupler*<sup>®</sup> データ・チャンネルを使用して、 $5\text{kV}_{\text{rms}}$  の信号絶縁を実現します。同時に、アナログ・デバイセズの *isoPower*<sup>®</sup> 集積化絶縁型 DC/DC コンバータを使用して、 $5\text{kV}_{\text{rms}}$  の電源絶縁も実現します。

## バリエーション回路

イーサネット・ポート内にある RS-485 ラインは、ドライバとレシーバーの反転入力と非反転入力、および電源ラインとグラウンド・ラインです。この他、標準 RS-485 ケーブルを容易に配線できるように通常のネジ式端子を使用した設計もあり、これにはシールド用の接続も含まれています。

EVAL-CN0416-ARDZ ボードには ADALM-UARTJTAG プログラミング・ボードと互換のコネクタがあり、PC と容易にインターフェースをとることができます。更に、3.3V 電源出力を使用するために USB/シリアル・コンバータを選択して、ADM2682E と LTC2865 の電流条件を満たすことができます。この場合、ADP7102 低ドロップアウト・レギュレータは必要ありません。汎用入出力 (GPIO) の数を減らしてコストを下げるためにオンボードの 16 進スイッチをなくし、代わりにノード選択用のフル・ソフトウェア実装を使用することができます。

## 回路の評価とテスト

CN-0416 には、2 クラスの回路評価セットアップまたはテスト・セットアップがあります。1 つは直接通信、もう 1 つはマルチノード・ネットワーク用です。直接通信セットアップは、エンド・ノードからエンド・ノードへの全二重接続です。マルチノード・ネットワークは、1 つのマスタと複数のスレーブ間のマスタ/スレーブ通信で構成されます。

どちらのセットアップも、EVAL-CN0416-ARDZ 回路評価用ボード、ADALM-UARTJTAG プログラミング・ボード、および EVAL-ADICUP3029 を使用します。テスト・メッセージを送って表示するには、シリアル・ターミナル・ソフトウェアが必要です。デバイスの接続後や取り外し後に自動接続を行う、Tera Term などのシリアル・ターミナル・ソフトウェアを使用することを推奨します。

## 必要な装置

- Windows 7 (32 ビット) 以降を搭載した USB ポート付きの PC
- EVAL-CN0416-ARDZ 回路評価用ボード
- ADALM-UARTJTAG ボード
- ストレートスルーの RJ45 CAT5/CAT5E ケーブル
- USB-microUSB 変換ケーブル
- 対応電源アダプタ付きの EVAL-ADICUP3029 (CN-0416 マルチノード全二重サンプル・コード搭載)

## 設計の開始にあたって

EVAL-CN0416-ARDZ の詳細なユーザ・ガイドは Analog Devices Wiki で入手できます。ハードウェアおよびソフトウェア動作のあらゆる側面に関しては、このユーザ・ガイドを参照してください。

また、テスト・セットアップ全体の電源をオンにする前に、EVAL-CN0416-ARDZ のオンボード・スイッチをテスト・セットアップに対応する通信設定にしてください。

## 直接通信用テスト・セットアップと機能ブロック図

それぞれの EVAL-CN0416-ARDZ ボードのオンボード・スイッチを、終端ありの全二重に設定します。通信のタイプは絶縁型と非絶縁型のどちらかを選択できます。

図 7 に示す接続をセットアップするには、以下のステップに従ってください。

1. P11 ジャンパ・ヘッドを介して、2 枚の EVAL-CN0416-ARDZ ボードを 2 枚の ADALM-UARTJTAG ボードに接続します。
2. ストレートスルーの CAT5 ケーブルを使い、2 枚の EVAL-CN0416-ARDZ ボードを互いに接続します。

- a. 絶縁型通信の場合は一方のボードの P4 を他方のボードの P5 に、またはその逆に接続してください。絶縁型通信のセットアップ接続を図 7 に示します。
  - b. 非絶縁型通信の場合は一方のボードの P6 を他方のボードの P24 に、またはその逆に接続します。
3. USB-microUSB ケーブルを使い、ADALM-UARTJTAG プログラミング・ボードを PC に接続します。
    - a. ADALM-UARTJTAG ボードが、正しい仮想 COM ポートを使用していることを確認してください。
    - b. PC 上で、シリアル・ターミナル接続を介して 1 枚目の EVAL-CN0416-ARDZ に接続します。ボー・レートと COM ポートが正しく設定されていることを確認してください。
    - c. PC 上で、2 つ目のシリアル・ターミナル接続を介して 2 枚目の EVAL-CN0416-ARDZ に接続します。ボー・レートと COM ポートが正しく設定されていることを確認してください。
  4. これで、RS-485 通信を介して 2 つのシリアル・ターミナルが互いに接続されました。

一方のターミナルがメッセージを送信すると、もう一方のターミナルがそれを受信します。これら 2 つのシリアル・ターミナル間のメッセージは、送信と受信を同時に行うことができます。

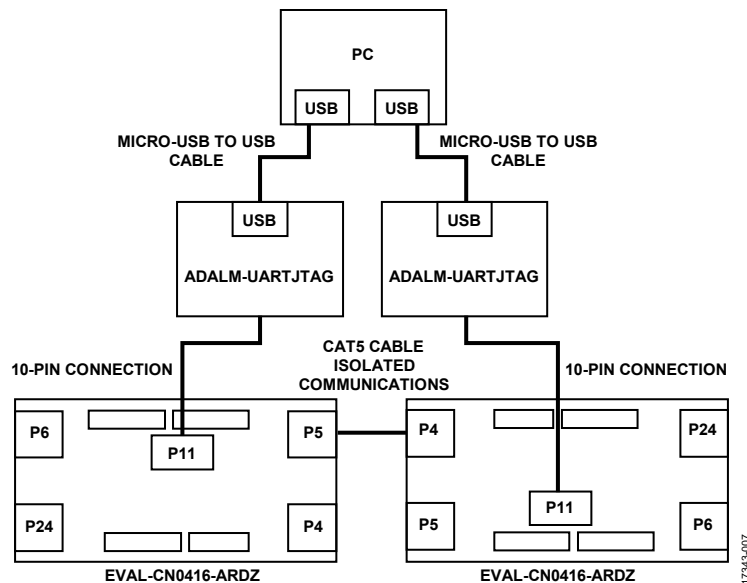


図 7. 直接通信用の絶縁型全二重 RS-485 通信の接続図

## マルチノード・ネットワーク用テスト・セットアップと機能ブロック図

EVAL-ADICUP3029 でインターフェースされた 2 つの異なるスレーブ・ノードを持つ絶縁型および非絶縁型両方の RS-485 トランシーバーを使用する、マルチノード・ネットワークのセットアップを図 8 に示します。それぞれの EVAL-CN0416-ARDZ ボードのオンボード・スイッチを図 8 に示すように設定し、それぞれのボードの 16 進選択スイッチを固有アドレス値に設定します。図 8 に示すネットワークをセットアップするには、以下のステップに従ってください。

1. マスタ・ノードの 10 ピン・コネクタ P11 を、ADALM-UARTJTAG に接続します。

2. ストレートスルー・イーサネット・ケーブルを使い、表示されたポートで (図 8 を参照) EVAL-CN0416-ARDZ ボード同士を接続します。
3. USB-microUSB ケーブルを使い、ADALM-UARTJTAG を PC に接続します。
4. ADALM-UARTJTAG が正しい仮想 COM ポートを使用していることを確認してください。
5. シリアル・ターミナル・ソフトウェアを起動して、Wiki ユーザ・ガイドに定めるボー・レートでシリアル・ポートに接続します。
6. 通信するスレーブ・ノードの 16 進アドレス (0~9 および A~F) を送って、ノードを選択します。
7. マスタが送った小文字は、同時にスレーブ・ノードがシーザ暗号を使って暗号化し、マスタに送り返します。

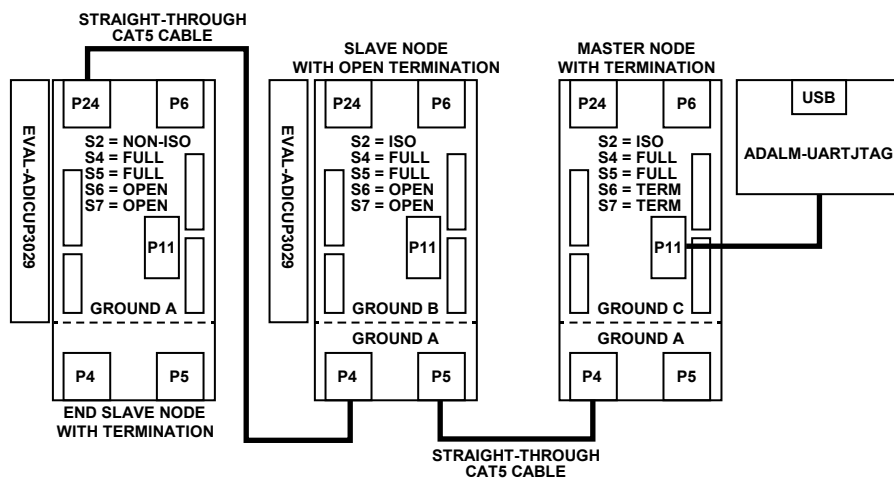


図 8. マルチノード・ネットワーク用に絶縁型と非絶縁型を組み合わせた全二重 RS-485 通信の接続図



## 電源構成

ADALM-UARTJTAG または EVAL-ADICUP3029 に正しく接続すれば、EVAL-CN0416-ARDZ 評価用ボードには、回路への電力供給に必要な電圧が供給されます。

## 更に詳しい資料

CN-0416 Design Support Package: [www.analog.com/CN0416-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0416-DesignSupport)

ADICUP3029 User Guide

ADALM-UARTJTAG User Guide

AN-960 Application Note, *RS-584/RS-422 Circuit Implementation Guide*, Analog Devices.

RS485 Quick Guide, *TIA/EIA-485-A Standard*, Analog Devices.

## データシートと評価用ボード

CN-0416 回路評価用ボード (EVAL-CN0416-ARDZ)

EVAL-ADICUP3029 評価用ボード

ADuCM3029 データシート

ADM2682E データシート

LTC2865 データシート

ADP7102 データシート

## 改訂履歴

4/2019—Revision 0: Initial Version

「Circuits from the Lab/実用回路集」はアナログ・デバイゼス社製品専用で作られており、アナログ・デバイゼス社またはそのライセンスの供与者の知的所有物です。お客さまは製品設計で「Circuits from the Lab/実用回路集」を使用することはできますが、その回路例を利用もしくは適用したことにより、特許権またはその他の知的所有権のもとでの暗示的許可、またはその他の方法でのライセンスを許諾するものではありません。アナログ・デバイゼス社の提供する情報は正確でかつ信頼できるものであることを期しています。しかし、「Circuits from the Lab/実用回路集」は現状のまま、かつ商品性、非侵害性、特定目的との適合性の暗示的保証を含むがこれに限定されないいかなる種類の明示的、暗示的、法的な保証なしで供給されるものであり、アナログ・デバイゼス社はその利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許権もしくはその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。アナログ・デバイゼス社はいつでも予告なく「Circuits from the Lab/実用回路集」を変更する権利を留保しますが、それを行う義務はありません。商標および登録商標は各社の所有に属します。

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved. 商標および登録商標は各社の所有に属します。