

Circuits from the Lab®実用回路のリファレンス設計集は、今日のアナログ・ミックスドシグナル、RF 回路の設計に伴う課題の解決に役立つ、迅速で容易なシステム統合を行うために開発、テストされています。詳しい情報とサポートについては [www.analog.com/jp/CN0435](http://www.analog.com/jp/CN0435) を参照してください。

### 接続または参考にしたデバイス

<a href="#">CN-0414</a>	断線検出機能と HART 互換性を備えたクワッド・チャンネルの PLC/DCS アプリケーション用アナログ入力
<a href="#">CN-0418</a>	クワッド・チャンネルの PLC/DCS アプリケーション用アナログ出力および HART 互換性
<a href="#">CN-0416</a>	RS-485 トランシーバー
<a href="#">ADALM-UARTJTAG</a>	JTAG およびシリアル・プログラマ
<a href="#">EVAL-ADICUP3029</a>	IoT アプリケーション向け超低消費電力 Arduino フォーム・ファクタ開発プラットフォーム

## HART および Modbus 接続機能を備えた PLC/DCS アプリケーション用アナログ I/O システム

### 評価と設計支援

#### 回路評価用ボード

[CN-0414 回路評価用ボード \(EVAL-CN0414-ARDZ\)](#)

[CN-0418 回路評価用ボード \(EVAL-CN0418-ARDZ\)](#)

[CN-0416 回路評価用ボード \(EVAL-CN0416-ARDZ\)](#)

[ADALM-UARTJTAG ボード](#)

[Arduino フォーム・ファクタ開発プラットフォーム \(EVAL-ADICUP3029\)](#)

#### 設計および統合ファイル

[PLC/DCS Wiki ユーザ・ガイド](#)

[回路図、レイアウト・ファイル、部品表、ソフトウェア](#)

### 回路の機能とその利点

プログラマブル・ロジック・コントローラ (PLC) と分散制御システム (DCS) は、工業用オートメーション・アプリケーションに見られるスマート (HART 対応) フィールド装置とアナログ専用フィールド装置の両方の監視と制御に使用されます。

図 1 に示す回路は、Arduino フォーム・ファクタのベースボードによってローカルに制御される 2 個の 4 チャンネル絶縁型アナログ入力ボードと 2 個の 4 チャンネル絶縁型アナログ出力ボードを備えたシングル・ノードとホストで構成される、簡単な DCS システムを示しています。RS-485 トランシーバーは、PC またはその他のホストとインターフェースします。Modbus プロトコルを使用して、このホストとノードの間でデータを交換できます。

アナログ入力データはローカルに読み出され、業界標準規格の Modbus プロトコルを使用してシリアル・インターフェースに出力されるので、データの完全性と、各種のソフトウェア・アプリケーションおよびライブラリとの互換性が確保されます。同様に、アナログ出力は Modbus レジスタへの書き込みによって設定され、アナログ電圧信号または電流信号に変換されます。

各ノードには、アナログ入力ボードとアナログ出力ボードを最大 4 個まで自由に組み合わせることができます。提供されるハードウェアおよびソフトウェア・インフラストラクチャを使用して、図 2 に示すような最大 16 ノードのマルチノード・システムを設計することができます。この回路はポイント to ポイント HART 通信をサポートします。ポイント to ポイント HART 通信は、同じチャンネル上の複数の HART デバイスで構成されるマルチドロップ HART ネットワークへの拡張が可能です。

アナログ入力とアナログ出力は、いずれも、ボード (4 個の入出力のグループ) ごとに、デジタル・アイソレータ (iCoupler) を用いて絶縁されます。アナログ入力は断線検出機能を備えており、故障を簡単に検出、診断できます。これらの機能により、苛酷な工業用オートメーション環境での動作時の堅牢性が強化されます。

アナログ・デバイス社は、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・デバイス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・デバイス株式会社**

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 愛知県名古屋市中区牛島町 6-1 名古屋ルーセントタワー 38F  
電話 052 (569) 6300

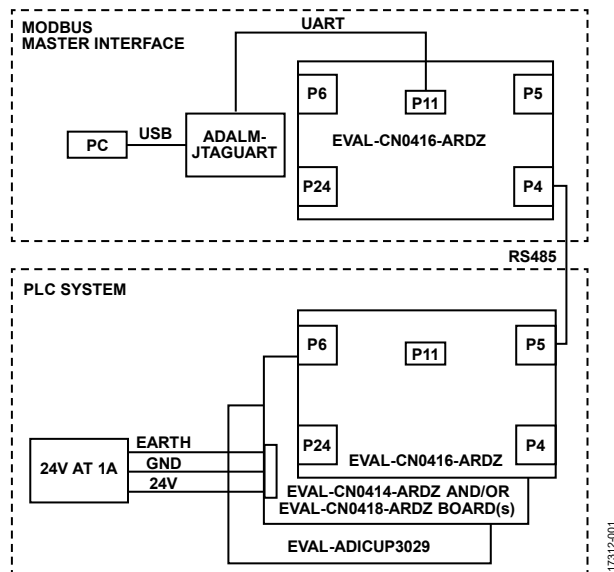


図 1. PLC(シングル・ノード DCS)Modbus システムの機能ブロック図

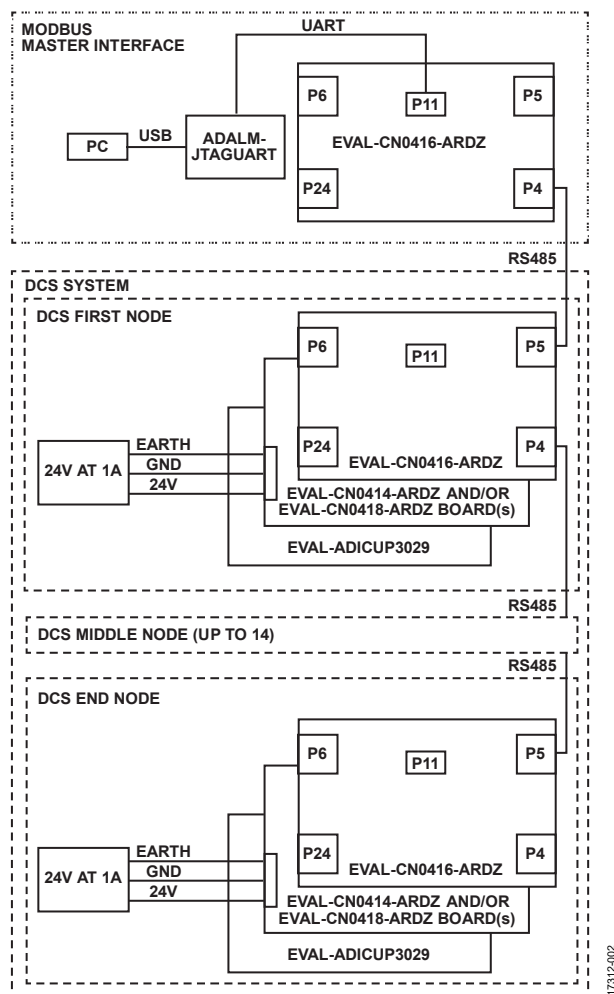


図 2. マルチノード DCS Modbus システムの機能ブロック図

## 回路の説明

このアプリケーションは、Modbus マスタによって制御される PLC/DCS システムの開発のデモに焦点を合わせて、主要コンポーネントの最新機能をどのように使用するかを示します。シングル・ノードのシステムは PLC と呼ばれ、より大規模なシステムは DCS と呼ばれることがあります。

各ノードは最大 16 個のアナログ・フィールド・デバイス (HART 互換またはアナログ専用のセンサーまたはアクチュエータ) を制御できます。システムは最大 16 ノードまで拡張可能です。このシステムは、計装、アナログ・データ・ロギング、テストおよび測定などの高精度アナログ・データ・アキュイジションの汎用アプリケーションにも使用することができます。

## PLC/DCS のトポロジ

様々な接続トポロジがサポートされます。シングル・ノード (PLC またはシングル・ノード DCS) システムでは、ホスト・コンピュータと EVAL-ADICUP3029 プラットフォーム・ボードの USB シリアル・ポートを micro-USB ケーブルで直接接続できます。このトポロジは、ホストとノード間の距離が 2m 未満の研究室でのテストおよび測定アプリケーションに適しています。

このポイント to ポイント・トポロジでは、ボードあたり 4 個のアナログ入出力のグループはホスト・コンピュータから絶縁されます。Modbus プロトコルは、一般的には研究室の装置と関連付けられていませんが、ノードとの通信に便利な標準的手法を提供します。HART 接続により、スマート・センサーおよびアクチュエータの設定が可能です。

ホストとノード間の距離が 2m を超えると、信号の完全性、ノイズの混入、および電氣的障害が大きな問題となります。EVAL-CN0416-ARDZ は、これらの状況でホストへの堅牢な RS-485 接続を提供します。シングル・ノードのポイント to ポイント・システムでは、ポー・レートに応じて最大 1km の距離で、全二重または半二重通信がサポートされます。

マルチノード (DCS) システム用に、EVAL-CN0416-ARDZ はダイジーチェーン・ポート、切替え可能な半二重/全二重動作、切替え可能な終端を備えており、2~16 ノードのシステムを構築できます。

Modbus はシリアル・リンクを介してデバイス間で情報を送信するシリアル通信プロトコルとして使用されます。したがって、規模を問わずに、簡単に信頼性が高く、堅牢なシステムを実現できます。PLC/DCS アプリケーションのハードウェア・スタックは、3つの異なるリファレンス設計で構成されます。

## アナログ入力ボード

図 3 に示す CN-0414 は、4 つの完全差動電圧信号または 8 つのシングルエンド電圧信号と 4 つの電流信号の測定用に設計されています。この回路の中心には、 $\pm 10V$ 、20mA のアナログ・フロント・エンドを内蔵した低消費電力、低ノイズ、24 ビットの  $\Sigma$ - $\Delta$  A/D コンバータ (ADC) の AD4111 があります。

電圧入力には最大  $\pm 10V$  の入力範囲に対応します。AD4111 は、5V または 3.3V 単電源での動作時に  $\pm 10V$  の電圧入力でも断線検出が可能な独自の機能を内蔵しています。既存のソリューションでこの機能を実現するには、通常は  $\pm 10V$  より大きな電源が必要です。

電流入力は 0mA~24mA の入力範囲に対応します。回路の入力インピーダンスは  $250\Omega$  (うち  $60\Omega$  が AD4111 の内部抵抗) で、全ての入力は絶縁されたグラウンドを基準としています。AD5700-1 HART 準拠モデムが AD4111 と連携して動作するには、電流入力に  $250\Omega$  の入力インピーダンスが必要です。

回路のアナログ・フロント・エンド (AD4111 と AD5700-1) は、ADuM5411 と ADuM3151 を介して処理側から絶縁されるため、トランスパースのディスクリート・ソリューションに比べて基板面積を大幅に削減できます。

CN-0414 ボードは、工業用オートメーション・システムで標準の 9.5V~36V の DC 電源から電力を供給されるため、既存システムの増強時に簡単に追加することができます。



図 3. アナログ入力ボード

## アナログ出力ボード

図 4 に示す CN-0418 は、ダイナミック消費電力制御機能を備える AD5755-1 D/A コンバータ (DAC) をベースとする 4 チャンネル電圧および電流出力ボードです。

この回路は、4mA~20mA の電流出力とユニポーラまたはバイポーラ電圧出力 ( $\pm 10V$ ) を供給します。このボードは AD5700-1 HART モデムも搭載し、HART 接続機能を備えるフル機能のアナログ出力ソリューションを提供します。苛酷な産業環境に配置されるアプリケーションに重要な、外部トランジェント保護回路も内蔵されています。

電流出力と電圧出力は別々のピンで提供されますが、一度にアクティブになるのはいずれか一方だけなので、両方の出力ピンを一緒に接続して、1 つの端子に接続することができます。アナログ出力は短絡とオープン・サーキットに対して保護されません。

AD5755-1 は DC/DC 昇圧コンバータ回路を使用したダイナミック消費電力制御機能を内蔵しており、電流出力モードでの消費電力を削減できます。

AD5755-1 には 4 つの出力チャンネルのそれぞれに 1 本、合計 4 本の CHART ピンがあります。HART 信号はこれらのピンに結合することができ、対応する出力に現れます (その出力がイネーブルされている場合)。

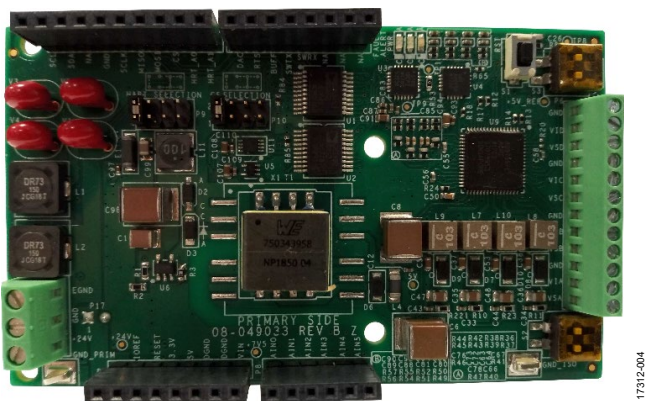


図 4. アナログ出力ボード

### RS-485 トランシーバー・ボード

図 5 に示す CN-0416 は、複数のシステムまたはノード間の（特に長距離の）データ伝送の実施を簡単にする、絶縁型および非絶縁型 RS-485 トランシーバー・ボードです。

この回路は、絶縁型の通信には [ADM2682E](#) RS-485 トランシーバーを使用し、非絶縁型の RS-485 通信には [LTC2865](#) を使用します。いずれの通信も、全二重動作か半二重動作か、伝送ラインをオープンにするか終端するかを設定することができます。

この回路にはオンボードの RJ-45 ジャックがあり、一般的な CAT5 イーサネット・ケーブルをノードの高速物理配線に使用することができます。終端抵抗は、デフォルトでは CAT5 ケーブルの特性インピーダンスである  $100\Omega$  に設定されますが、標準 RS-485 ケーブルのインピーダンスである  $120\Omega$  をサポートするように設定することもできます。

ADM2682E は最大  $16\text{Mbps}$  のデータ・レートに対応し、調整済みの差動電圧閾値を持つフェイルセーフ・レシーバー入力を差動入力+側に備えています。ADM2682E は、*iCoupler* データ・チャンネルを使用して  $5\text{kV}$  の信号絶縁を提供し、*isoPower* 内蔵 DC/DC コンバータを使用して  $5\text{kV}$  の電源絶縁を提供します。

LTC2865 は最大  $20\text{Mbps}$  のデータ・レートに対応し、完全フェイルセーフ・レシーバー入力を備えています。内部ウィンドウ・コンパレータがフェイルセーフ条件を判定するので、差動入力電圧閾値を調整する必要はありません。

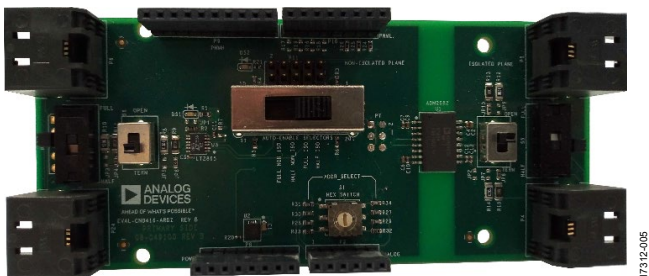


図 5. RS-485トランシーバー・ボード

### HART 互換フィールド・デバイスの配線

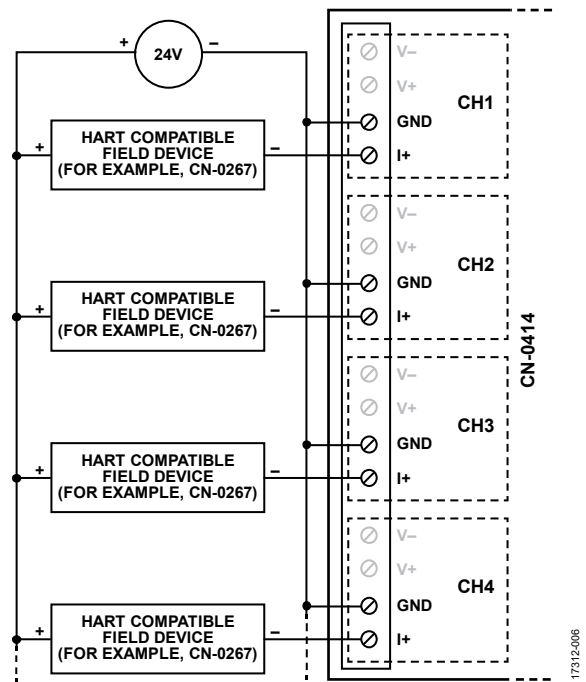


図 6. HART 互換フィールド・デバイスの配線

### HART ネットワーク

HART デバイスは、ポイント to ポイントとマルチドロップの 2 種類のネットワーク構成のいずれかで動作することができます。

ポイント to ポイント・モードでは、 $4\text{mA} \sim 20\text{mA}$  の信号を使用して 1 つのプロセス変数を伝達し、その他のプロセス変数、設定パラメータ、その他のデバイス・データは HART プロトコルを使用してデジタル信号で伝送されます。 $4\text{mA} \sim 20\text{mA}$  のアナログ信号は HART 信号の影響を受けないので、制御用に使用することができます。HART プロトコルにより、操作、コミッションング、保守管理、および診断目的で使用できる、二次的な変数やその他のデータにアクセスすることができます。

### Modbus プロトコル

EVAL-ADICUP3029 上で実行されるソフトウェアにより、産業用通信の事実上のオープン標準規格である Modbus プロトコルが実装されます。Modbus にはデータの完全性を確保する CRC エラー検出機能があり、個々のノードとのデータ交換の堅牢な手段を提供します。オープン標準規格である Modbus には、様々なプラットフォーム（特に Windows<sup>®</sup>、Linux<sup>®</sup>、組み込みプラットフォームなど）を対象とする、多数のオープン・ソースおよび商用の Modbus ソフトウェア・ライブラリが提供されています。

このソフトウェアには簡単なコマンド・ライン・インターフェース (CLI) モードもあり、ホスト上で追加のソフトウェアを使用せずに、シリアル端子から手動でシステムを検証することができます。

## ハードウェアとソフトウェアのスタック

PLC/DCS ノード・システムのソフトウェアとハードウェアのスタックを図7に示します。

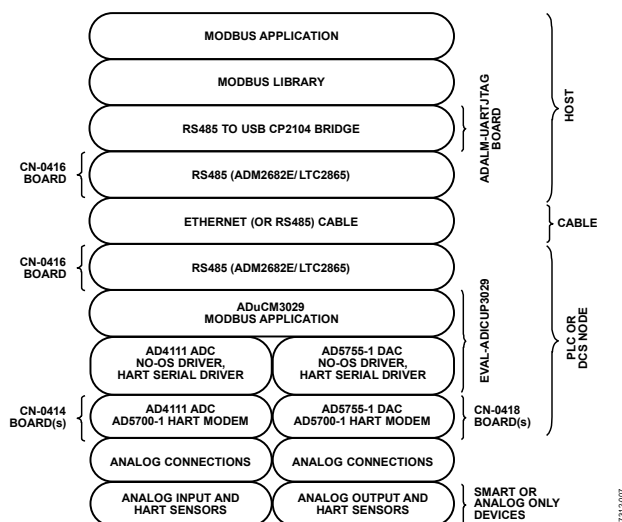


図7. PLC/DCSノード・システムのソフトウェアとハードウェアのスタック

PLC/DCS ハードウェアの設定後、通常は言語（C、Python、MATLAB など）とホスト・プラットフォーム（Linux、Windows、組込みなど）に従って適切な Modbus ライブラリを選択します。次に簡単なテスト・アプリケーションを作成し、アナログ・パラメータと HART パラメータを Modbus レジスタのアドレスと値に変換できるようにする必要があります。

**CN-0435 ユーザ・ガイド**に、このアプリケーションの Modbus レジスタ・マップの詳しい説明が記載されています。Modbus 仕様へのコンプライアンスは、オープン・ソースの Modbus デバッガを使って確認します。

オープン・ソースの Modbus ライブラリを基盤とするトップレベル・アプリケーションのサンプルもいくつか提供されます。これには以下のものがあります。

- システム構成の検出：全ての Modbus ノードとディスプレイの構成をクエリーします。
- 出力保持レジスタの読出しまたは書込み：検出された全てのボードから、出力保持レジスタの状態を確認または変更します。
- アナログ入力レジスタの読出し：検出された全てのボードから、入力レジスタの状態を確認します。
- アナログ・データの読出し：1つのアナログ入力または全てのアナログ入力を読み出し、データをコンソールに表示します。
- アナログ・データの書込み：アナログ出力を書き込んで電圧または電流を生成します。
- アナログ・エコー：アナログ電圧または電流をアナログ入力ボードから読み出し、同じアナログ電圧または電流をアナログ出力ボードに書き込みます。

## バリエーション回路

**CN-0435** ソフトウェアは、ローカル処理を行わずにアナログ入力値の読出しとアナログ出力値の書込みを実行します。このソフトウェアを拡張して、障害の監視と応答、クローズド・ループ PID 制御ループなどの機能を追加できます。これにより、こ

れらの機能をホスト・コンピュータからオフロードし、通信バスの帯域幅を節約できます。

Raspberry Pi を小型で低価格のソリューションとして使用できます。Raspberry Pi には有線または無線イーサネット接続機能があり、EVAL-ADICUP3029 の USB-UART に直接接続できます。

現在使用されている最も一般的な Modbus のバージョンは、Modbus ASCII、Modbus RTU、および Modbus TCP です。全ての Modbus メッセージは同じフォーマットで送信されます。Modbus の3つのタイプの違いは、メッセージのコード化の方法だけです。

Modbus によって接続できるデバイスの数は、物理層とデータ・プロトコルによって決まります。RS-485 物理層と Modbus RTU または Modbus ASCII データ・プロトコルを使用した場合、アドレス指定可能なノードの最大数は 32 です。イーサネット物理層と Modbus TCP データ・プロトコルを使用した場合、247 ノードをアドレス指定することができます。

デバイスのアドレスは 0 から 247 までの数で指定されます。アドレス 0 に送信されたメッセージ（ブロードキャスト・メッセージ）は全てのスレーブが受信しますが、1 から 247 までの数は特定のデバイスのアドレスです。

CN-0414 と CN-0418 は Arduino フォーム・ファクタを採用しているため、PROFINET（Process Field Net）、PROFIBUS（Process Field Bus）、EtherCAT（Ethernet for Control Automation Technology）、EtherNet/IP、Modbus Plus などの幅広いオートメーション・プロトコルをサポートする開発プラットフォームとの互換性が確保されます。

## 回路の評価とテスト

以下のセクションでは、リファレンス・デモの開始にあたって必要な装置と一般的な手順の概要を説明します。CN-0435 ソフトウェアの CLI オプションを使用して、DCS システムの構築と基本機能のテストを実行できます。詳細な手順と補足情報については、[Distributed Control System \(DCS\) Demo Wiki User Guide](#) を参照してください。

## 必要な装置

以下の装置類が必要になります。

- USB ポート付きで Windows 7 (32 ビット) 以降を搭載の PC
- シリアル端末プログラム（Tera Term、Putty など）
- 各ノードにつき 1 個以上の EVAL-CN0414-ARDZ 回路評価用ボードまたは EVAL-CN0418-ARDZ 回路評価用ボード、あるいはその両方
- Modbus インターフェース用の 1 個以上の EVAL-CN0416-ARDZ 回路評価用ボードと、各ノードにつき 1 個ずつの EVAL-CN0416-ARDZ ボード
- 1 個の ADALM-UARTJTAG 評価用ボードと追加の EVAL-CN0416-ARDZ ボード（または他の半二重 RS-485 アダプタ）
- 各ノードにつき 1 個の EVAL-ADICUP3029 評価用ボード
- Micro USB ケーブル
- RS-485 インターフェース用の 1 本の RJ-45 ケーブルと、各ノードにつき 1 本ずつの RJ-45 ケーブル
- PLC システム・ソフトウェアまたは予め作成された HEX ファイル
- 1A、24V の DC 電源

## 設計の開始にあたって

以下に示すのは、基本的なセットアップ手順です。

1. USB ケーブルを EVAL-ADICUP3029 から PC に接続し、ファームウェアを各使用ボードに書き込みます。
2. ハードウェアを設定します。Distributed Control System (DCS) Demo Wiki User Guide に従います。各ボードのジャンパとスイッチが正しく設定されていることを確認します。オプションにより、アナログ入力ボードにセンサーまたは信号源を接続し、アナログ出力ボードにアクチュエータまたはマルチメータを接続します。
3. ノードごとに以下の順でプラットフォームをスタックし、各ボードを互いに重ね合わせてシールドします。
  - EVAL-CN0416-ARDZ (一番上)
  - EVAL-CN0414-ARDZ または EVAL-CN0418-ARDZ (オプション)
  - EVAL-CN0414-ARDZ または EVAL-CN0418-ARDZ (オプション)
  - EVAL-CN0414-ARDZ または EVAL-CN0418-ARDZ (オプション)
  - EVAL-CN0414-ARDZ または EVAL-CN0418-ARDZ (オプション)
  - EVAL-CN0414-ARDZ または EVAL-CN0418-ARDZ (オプション)
  - EVAL-ADICUP3029 (一番下)
4. 各ノードと RS-485 アダプタ (ADALM-UARTJTAG および EVAL-CN0416-ARDZ を使用可能) の間に RJ-45 ケーブルを接続します。
5. RS-485 アダプタをホストに接続します。
6. 3029\_Reset ボタンを押すか、システムの電源を入れ直します。

詳細については、Distributed Control System (DCS) Demo Wiki User Guide を参照してください。

## 機能ブロック図

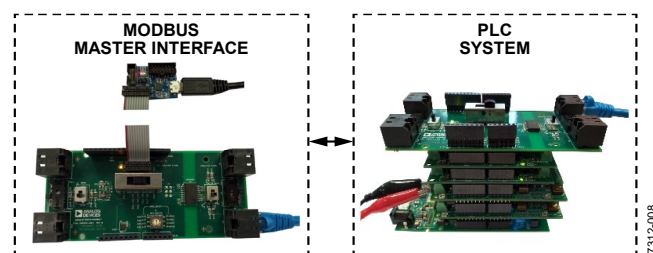


図 8. シングル・ノードの PLC アナログ I/O システム

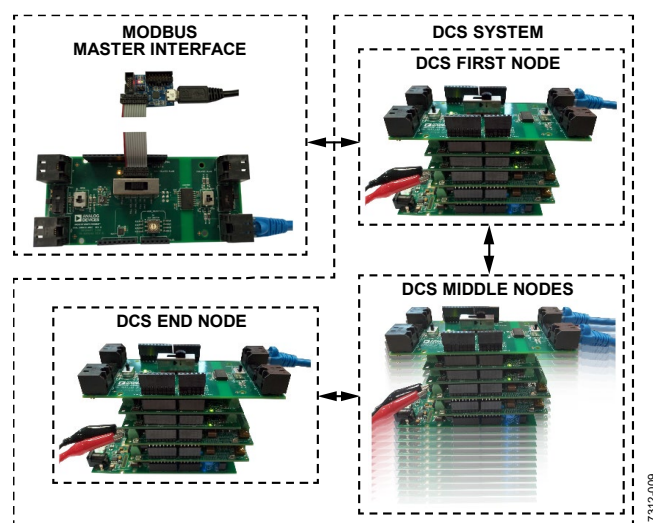


図 9. DCS アナログ I/O システム

**更に詳しい資料**

CN-0414 デザイン・サポート・パッケージ :  
[www.analog.com/jp/CN0414-DesignSupport](http://www.analog.com/jp/CN0414-DesignSupport)

CN-0418 デザイン・サポート・パッケージ :  
[www.analog.com/jp/CN0418-DesignSupport](http://www.analog.com/jp/CN0418-DesignSupport)

CN-0416 デザイン・サポート・パッケージ :  
[www.analog.com/jp/CN0416-DesignSupport](http://www.analog.com/jp/CN0416-DesignSupport)

ADALM-UARTJATG デザイン・サポート・パッケージ :  
[www.analog.com/jp/ADALM-UARTJATG-DesignSupport](http://www.analog.com/jp/ADALM-UARTJATG-DesignSupport)

EVAL-ADICUP3029 ユーザ・ガイド

ADICUP3029 GitHub リポジトリ

**データシートと評価用ボード**

CN-0414 回路評価用ボード (EVAL-CN0414-ARDZ)

CN-0418 回路評価用ボード (EVAL-CN0418-ARDZ)

CN-0416 回路評価用ボード (EVAL-CN0416-ARDZ)

ADALM-UARTJATG 回路評価用ボード (ADALM-UARTJATG)

ADICUP3029 開発プラットフォーム (EVAL-ADICUP3029)

**改訂履歴**

7/2019–Revision 0: 初版

「Circuits from the Lab/実用回路集」はアナログ・デバイズ社製品専用で作られており、アナログ・デバイズ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・デバイズ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・デバイズ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・デバイズ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。