



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/CN0420> をご覧ください。

### 接続または参考にしたデバイス

CN-0397	スマート農業向け超低消費電力 RGB 光認識システム
CN-0398	温度補償型土壌水分および pH 測定システム
CN-0410	3 チャンネル 1A のプログラマブル LED 電流ドライバ
ADICUP3029	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
CFTL-LED-BAR	4×3 構成での RGB 発光ダイオード (LED) バー

## モノのインターネット (IoT) のスマート温室システム

### 評価と設計支援

#### 回路評価用ボード

[CN-0397 回路評価用ボード \(EVAL-CN0397-ARDZ\)](#)

[CN-0398 回路評価用ボード \(EVAL-CN0398-ARDZ\)](#)

[CN-0410 回路評価用ボード \(EVAL-CN0410-ARDZ\)](#)

[開発ボード \(EVAL-ADICUP3029\)](#)

#### 設計および統合ファイル

[Smart Greenhouse Wiki ユーザ・ガイド](#)

[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

IoT スマート温室は、植物の成長を最大限に促進するのに役立つ複数の重要なパラメータをモニタリングし制御するためのアプリケーションです。データはローカルで処理された後 Wi-Fi 経由でローカル・ゲートウェイに送信され、クラウドに接続されたプラットフォームに到達します。

光は、植物の成長と光合成にとって最も重要な要素です。ほとんどの植物は、通常、赤とオレンジの波長、および青と紫の波

長の光を吸収します。緑と黄の波長の光は通常反射され、成長や開花にはあまり寄与しません。

植物は、ライフサイクルの間にスペクトルの異なる光を異なる強度で必要とすることもあります。例えば、植物は発芽期および実生期に多くの青色光を必要とする傾向がありますが、後期成長段階や開花期、結実期には、赤色光がより重要になると考えられています。

植物が様々なライフサイクルの期間中に曝される光のスペクトルと強度を制御することによって、植物の成長をより効果的かつ効率的に促進することが可能となり、最終的にはこれらの作物からの収量を増加させることができます。

土壌水分、土壌 pH、温度を測定することで、最適な生育条件に見合う適切な量の水と栄養素を植物に供給することができます。

このソリューションは Wi-Fi 対応なので、収集データをコンピュータまたはスマートフォンの Web ブラウザで表示させたり、照明設定を変更するためのコマンドをシステムに送り返したりすることができます。

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。

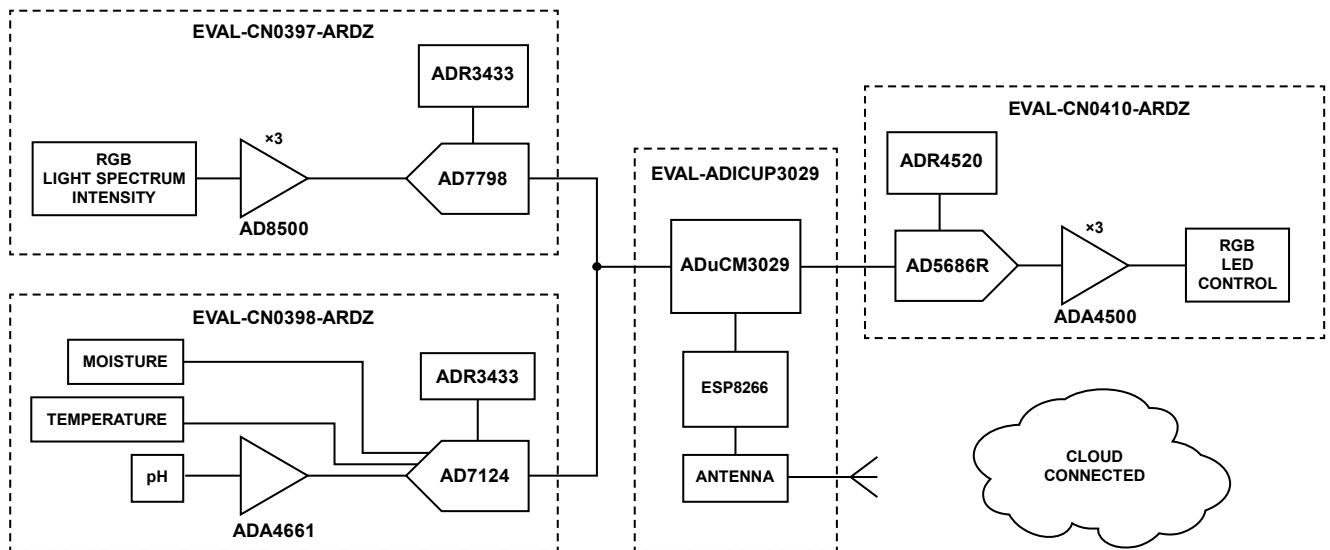


図 1. 簡略化したシステム・ブロック図

## 回路の説明

スマート温室アプリケーションは、各種植物の成長効率の向上と収量サイクルの最大化に重点を置いています。この理論と詳細は、屋内温室、垂直農業、コンテナ農業などの多くの農業分野に適用されます。スマート温室アプリケーションは、運用コストの低減やオーバーヘッドの削減（水のやりすぎや無駄な土壌改良の防止）など、農業市場に携わるユーザーが抱える他の一般的な課題にも対処できます。



図 2. スマート温室のデモ写真

スマート温室アプリケーションのハードウェアは、3種類の Circuits from the Lab リファレンス・デザインで構成されています。

**CN-0397** は、特に赤、緑、青 (RGB) の色に対応する波長での、可視光スペクトルの強度を測定するように設計されています。赤と青の光は植物によって吸収され光合成で使用されますが、緑の光は植物により反射されます。各センサーは、目的の波長の光強度を測定し、それに比例した電流を出力します。

**CN-0397** は、この小電流を電圧に変換し、その電圧を光強度測定の標準単位 (Lux) に変換します。回路動作の詳細については、**CN-0397** の技術文書を参照してください。

**CN-0410** は、プログラマブルな 3 チャンネル電流駆動 LED 回路です。RGB の各チャンネルは個別に制御され、独自の LED カラーの組み合わせが可能です。このボードでは、各ボードの端子ブロックをツイストペア線で接続することで、**CFTL-LED-BAR** に接続できます。光強度コマンドは Wi-Fi 経由でスマート温室に送信され、**CN-0410** と **CN-0397** の間の比例積分 (PI) ソフトウェア制御ループが RGB カラーの組み合わせの作成に使用されます。

また、**CN-0410** はボード上に絶縁型のリピータ機能を備えていて、1つのコントローラ・ボードで、**CN-0410** の複数のバンクまたはベイと LED バーの組み合わせを 1つの値に設定できるため、多数の LED を使用する回路のコストを最小限に抑えることができます。リピータ機能、LED 設定、および消費電力の詳細については、**CN-0410** の技術文書（回路ノートの Web ページから入手可能）を参照してください。

**CN-0398** は、土壌水分、pH、温度など、他の 3 つの重要なパラメータを測定します。土壌水分測定は、植生の成長促進にとって適切な量の水分を確保し、また、決して水が無駄にならないようにする上で重要です。pH モニタも重要です。pH は栄養素の摂取と有害のおそれのある物質の吸収に影響を与えます。植物によっては特定の温度条件ないし生育条件で発芽または開花するため、温度測定値を使用して HVAC システムの調整を支援します。回路動作の詳細については、**CN-0398** の技術文書を参照してください。

**ADICUP3029** Arduino (アルドゥイーノ) フォーム・ファクタ互換開発プラットフォームは、前述の Arduino シールド・ハードウェア・モジュールを制御します。このプラットフォームには、超低消費電力の Cortex-M3 マイクロプロセッサである **ADuCM3029** が搭載されています。

また、インターネットへの接続と IoT 接続アプリケーションの開発のための Bluetooth と Wi-Fi 接続も内蔵しています。

スマート温室アプリケーションでは、データはノード (ADICUP3029 とシールド・モジュール) から Wi-Fi を介して既存のワイヤレス・ゲートウェイに無線送信されます。Wi-Fi はメッセージ・キュー・テレメトリ・トランスポート (MQTT) 標準プロトコルを使用します。これは通常、少量のデータをゲートウェイに送信する必要がある低消費電力の IoT センサー・ノードで使用されます。

スマート温室データを収集および表示するためには、IBM® Watson クラウド・サービスが使用されます。双方向通信により、データを受信し、それをクラウド・サービスからリモート・ノードに送信します。利用可能な接続オプションは他にもあります。IBM Watson のオプションおよびその他のクラウド接続オプションの詳細については、Smart Greenhouse Wiki ユーザ・ガイドを参照してください。

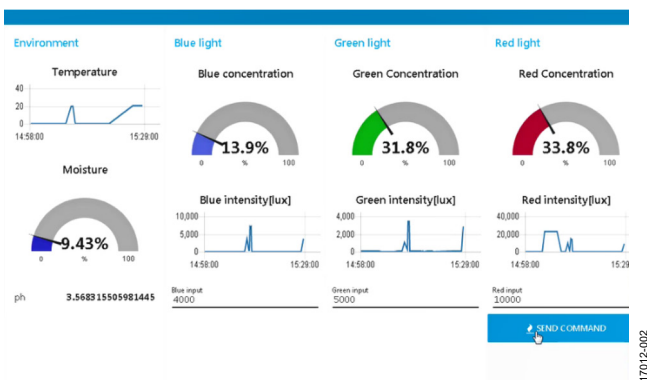


図 3. Node Red を使用した IBM Watson データ

## バリエーション回路

このアプリケーションには今のところ、温度、散水システム、または土壌養分の追加に対するクローズドループのフィードバックは存在しません。こうしたすべての操作は、ユーザのシステム条件に応じて制御ハードウェアおよびソフトウェアに取り入れることができます。例えば、温度測定値を HVAC システムに連動させて空調や暖房をオンにしたり、水分測定値を使用して灌漑システムのバルブを制御し、土壌の水分が必要な範囲内に収まるようにできます。

植生に対して特定の波長で LED を駆動する必要があるため、ユーザ固有のアプリケーションに応じて LED をカスタマイズしなければなりません。CN-0397 は、フォトダイオードが光を検知するピーク波長を調整することによって、様々な LED 光源に対応するようにカスタマイズできます。フルスケールで使用するようフォトダイオードとゲイン値を変更する方法については、CN-0397 の技術文書を参照してください。

## 回路の評価とテスト

スマート温室システムをセットアップするには、ボードを積み重ねます。センサーは指定のコネクタに直接差し込みます。システムを接続する基本的な方法について、以降のセクションで説明します。詳細については、Smart Greenhouse Wiki ユーザ・ガイド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。

- EVAL-CN0397-ARDZ
- EVAL-CN0398-ARDZ
- EVAL-CN0410-ARDZ
- CFTL-LED-BAR
- EVAL-ADICUP3029
- Smart Greenhouse Embedded Software
- USB ポート付き Windows® XP、Windows Vista® (32 ビット) または Windows 7 (32 ビット) 対応の PC
- マイクロ USB ケーブル
- 電源：6V～19V の電源アダプタ

### 設計の開始にあたって

スマート温室のセットアップ手順の詳細については、Smart Greenhouse Wiki ユーザ・ガイドを参照してください。以下に示すのは、基本的なセットアップ手順です。

1. まず、ハードウェアを設定します。各ボードでジャンパが正しく設定されていることを確認します。
2. すべてのセンサーがボードに接続されていることを確認します。
3. CN-0397、CN-0410、CN-0398 の順でシールド・ボードを積み重ねます。
4. Wi-Fi モジュールを P1 に差し込むように ADICUP3029 を設定します。S2 スイッチを Wi-Fi の位置に設定します (クラウド接続を使用する場合)。それ以外の場合は、S2 スイッチをシリアル端末実行モード用の USB 位置に設定します。
5. USB ケーブルを ADICUP3029 から PC に接続し、スマート温室ファームウェアをボードに書き込みます。
6. 3029\_Reset ボタンを押すかシステムの電源を入れ直し、Smart Greenhouse Wiki ユーザ・ガイドの指示に従ってください。

### 機能ブロック図

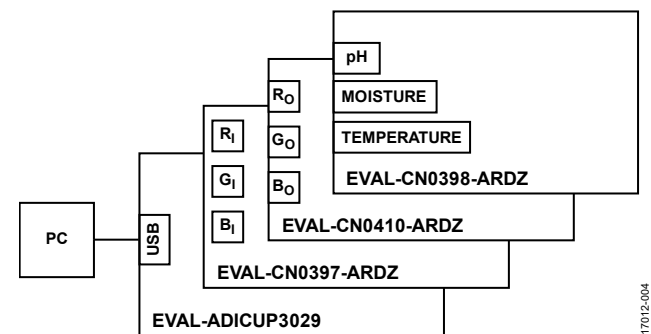


図 4. スマート温室システムの機能ブロック図

## 更に詳しい資料

CN-0397 Design Support Package:  
[www.analog.com/CN0397-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0397-DesignSupport)

CN-0398 Design Support Package:  
[www.analog.com/CN0398-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0398-DesignSupport)

CN-0410 Design Support Package:  
[www.analog.com/CN0410-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0410-DesignSupport)

ADICUP3029 User Guide

ADICUP3029 Github Repository

Mahdavian, Mehdi and Naruemon Wattanapongsakorn. "Optimizing Greenhouse Lighting for Advanced Agriculture Based on Real Time Electricity Market Price." *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2017, Article ID 6862038. 2017.

"LED application in agricultural lighting can efficiently increase crop yields." Arrow.com, June 26, 2017. [www.arrow.com/en/research-and-events/articles/agriculture-lighting](http://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/agriculture-lighting)

## データシートと評価用ボード

CN-0397 回路評価用ボード (EVAL-CN0397-ARDZ)

CN-0398 回路評価用ボード (EVAL-CN0398-ARDZ)

CN-0410 回路評価用ボード (EVAL-CN0410-ARDZ)

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

LED Bar 回路評価用ボード (CFTL-LED-BAR)

## 改訂履歴

7/2108—Revision 0: Initial Version

「Circuits from the Lab/実用回路集」はアナログ・デバイセズ社製品専用で作られており、アナログ・デバイセ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もとの暗示的許可、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・デバイセ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・デバイセ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・デバイセ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。