



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/CN0298> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス

ADuCRF101	高精度アナログ・マイクロコントローラ、RF トランシーバおよび ARM Cortex™-M3 搭載

風速と風向のバッテリー駆動ワイヤレス・データ・アキュジション・システム

評価および設計サポート環境

回路評価ボード

ADuCRF101 クイック・スタート・キット (EV-ADuCRF101QS3Z)  
EV-ADuCRF101MK3Z 評価ボードおよび USB-SWD/UART-EMUZ J-Link Lite エミュレータ・ボードを含む

設計と統合ファイル

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

図 1 の回路は、パッシブ風速計からの風速と風向のデータ送信に用いられる ISM バンドの RF トランシーバを内蔵した、バッテリー駆動の高精度アナログ・マイクロコントローラ回路です。このアプリケーションでは、内蔵の 12 ビット A/D コンバータ (ADC) とウェイクアップ・タイマーを使って風向と風速それぞれを収集します。低消費電力の休止モードを使って節電します。これはワイヤレス・リモート・センシングのアプリケーションでは重要なモードです。休止モードでは、ADuCRF101 は 1.9μA の電源電流しか消費しないため、バッテリー寿命が長くなります。このモードで動作させた場合、1 個の CR2032 リチウムイオン・バッテリーを 1 年～2 年持たせることができます。

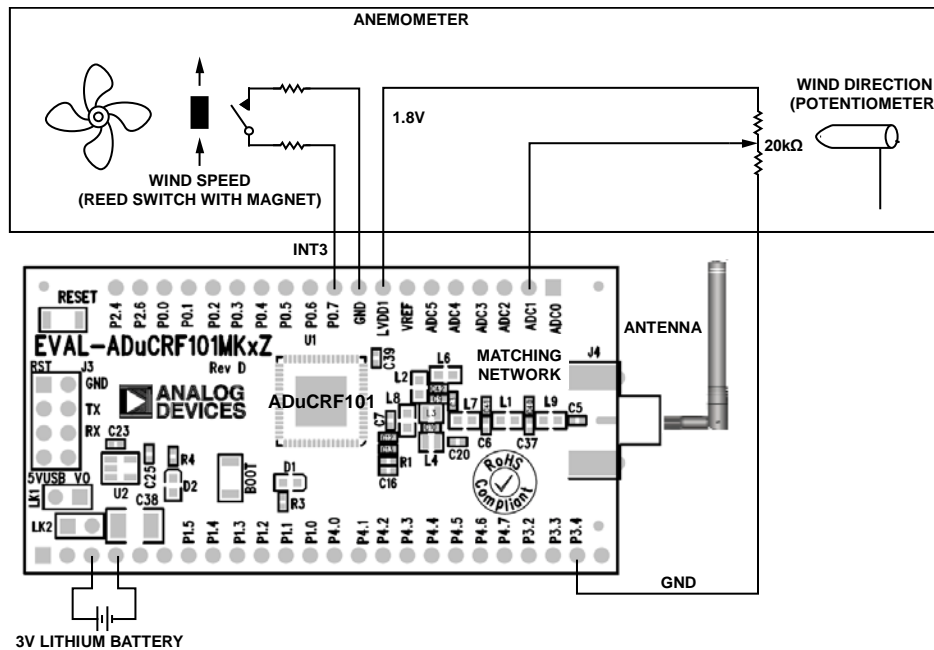


図 1. 風速と風向のワイヤレス・データ・アキュジション・システムの機能ブロック図  
(簡略図：全接続の一部およびデカップリングは省略されています)

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、各社の所有に属します。※日本語資料は 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。

ADuCRF101 は、低消費電力のワイヤレス・アプリケーションを対象に設計された、このデータ・アクイジション・アプリケーションの全機能を内蔵したソリューションを提供します。

ADuCRF101 は、12 ビット ADC、低消費電力の ARM® Cortex™-M3 コア、431MHz~464MHz と 862MHz~928MHz の ISM バンドの RF トランシーバ、およびフラッシュ/EE メモリを備えています。このワイヤレス・データ・アクイジション・システムは、低消費電力が不可欠なバッテリー駆動アプリケーションで動作するように設計されています。このデバイスは、プログラム制御で通常動作モードや各種低消費電力スリープ・モードに直接設定することができます。フレキシブル・モードでは、全ての周辺機器を動作させてデバイスを起動することができます。休止モードでは、内部ウェイクアップ・タイマーがアクティブ状態を維持します。シャットダウン・モードの間、デバイスを起動できるのは外部割込みだけです。

図 1 に示すアプリケーションでは、12 ビット ADC とウェイクアップ・タイマーを使って風向と風速それぞれを収集します。節電のため、低消費電力の休止モードを使用します。休止モードでは、ADuCRF101 は公称で 1.9µA の電源電流しか消費しないため、バッテリー寿命が長くなります。ADuCRF101 の機能と 9mm × 9mm の小型パッケージ・サイズにより、このようなワイヤレス・データ・アクイジションのアプリケーションにおいて使いやすく費用対効果の優れたソリューションとなります。

## 回路説明

図 1 の回路には、全機能を内蔵したワイヤレス・データ・アクイジションのソリューション ADuCRF101 を組み込んだ [EV-ADuCRF101MK3Z](#) 評価ボードが含まれています。ADuCRF101 の機能は、風速計から風速と風向の情報を収集し、この情報を受信モードにした、もう 1 つの ADuCRF101 にワイヤレスで送信することです。

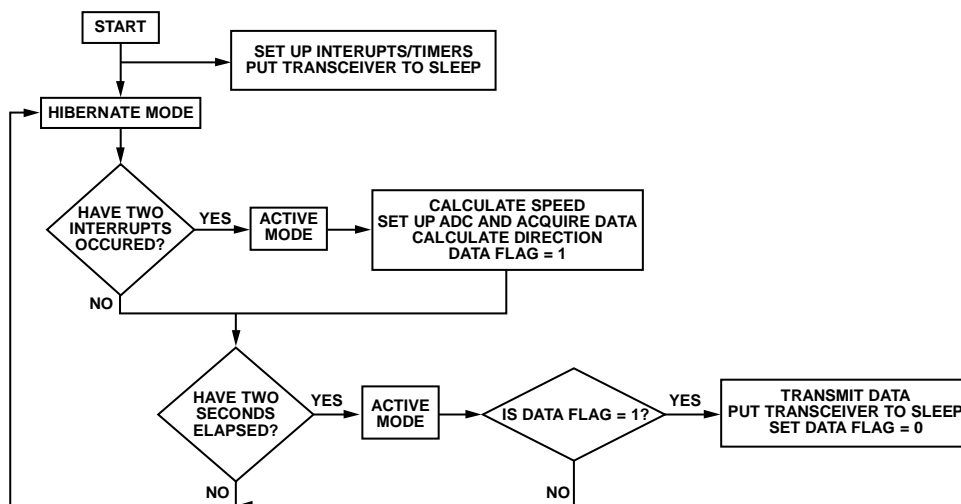
EV-ADuCRF101MK3Z は、431MHz~464MHz の ISM バンドで使用するように最適化されています。この評価ボードにより、ボード端部のスルーホールを介して ADuCRF101 に容易にアクセスすることができます。EV-ADuCRF101MK3Z の詳細については、[UG-231 ユーザー・ガイド](#) を参照してください。このアプリケーションでは、評価ボードを風速計とインターフェースさせています。風速計はケーブルまたはアダプタ・ボードを介して接続することができます (図 1 参照)。3V の CR2032 リチウム・バッテリーを使って評価ボードに給電します。

標準的なパッシブ風速計の風速測定部は、磁石が横切るとオン/オフにトグルするリード・スイッチからなります。磁石は風速計のファンのベアリングに取り付けているため、風

によってファンが回転して、磁石が周期的にスイッチを通過するたびにスイッチがトグルします。このスイッチは、プリント回路ボード (PCB) の GND ピンと P0.7 の間に接続します。ファンが 1 回転するとスイッチが 1 回トグルすることにより、P0.7 に割込み信号として使用するパルスが生成されます。この例では、P0.7 は IRQ3 に割り当てられています。2 つのパルスの間隔を使って風速を計算します。32 ビットのウェイクアップ・タイマーを使用します。このタイマーでは、ADuCRF101 内部の 32kHz の LFOSC クロックと値が 1 のプリスケアラ除数を使用します。ウェイクアップ・タイマーを使用する主な理由は、休止モード時にアクティブ状態になるため、汎用タイマーではこの状態になりません。したがって、デバイスが低消費電力のスリープ・モードのときでも、割込みタイミングが継続します。

パッシブ風速計の風向測定部は通常、風向計に接続されたポテンショメータからなります。風向計の方向が変化するに従って、ポテンショメータの値が変化します。ポテンショメータの摺動子を ADC1 ピンに接続し、ポテンショメータの他の 2 つの接続は 1.8V の低電圧 LDO の LVDD1 ピンと P3.4 ピンに行います。グラウンドに直接接続せずに P3.4 ピンに接続することで、P3.4 を内部スイッチを介して接地するか、完全に切断するかを選択ができます。ADC 変換の後で P3.4 をグラウンドから切断すると、消費電流が減少します。P3.4 とグラウンドの接続・切断はソフトウェアで行います。この設定の詳細については、[UG-231 ユーザー・ガイド](#) の ADC 回路のセクションを参照してください。

データ・アクイジション・システムを制御するソフトウェアのフローチャートを図 2 に示します。割込みとタイマーのセットアップの後で、ADuCRF101 は休止モードに切り替わります。風速の割込みを 2 回受け取ると、ADuCRF101 はフレキシブル・モードになり、Cortex-M3 がアクティブになります。風速はウェイクアップ・タイマーの値から計算します。次に、ADC を設定して風向を計算します。その後、ADuCRF101 は低消費電力の休止モードに戻ります。10 秒が経過して風速の割込みが 2 回発生すると、ADuCRF101 はフレキシブル・モードで起動します。トランシーバが起動して風速と風向のデータを送信します。送信直後、このデバイスはスリープ状態に戻ります。最終的に、ADuCRF101 は休止モードに戻ります。この回路では、トランスミッタは周波数偏移が 75kHz で最大 300kbps の速度での送信をするように設定します。節電のため、最大送信データレートを使用します。



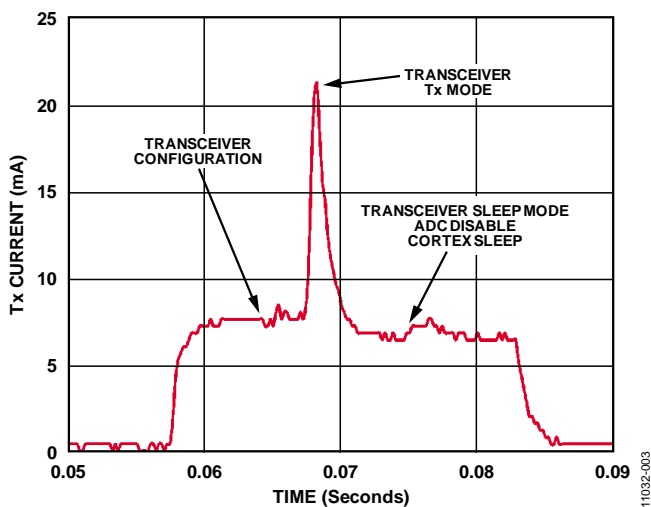
## NOTES

1. THE WAKE-UP TIMER IS USED AS IT IS STILL ACTIVE IN HIBERNATE MODE.

11032-002

図 2. ワイヤレス・データ・アキュイジション・ソフトウェアのフローチャート

1 回のデータ送信シーケンス時間に対する消費電力を図 3 に示します。この回路では、差動パワー・アンプ (PA) を最大電力 (10dBm) で使用しました。動作周波数は 433MHz に設定しました。10dBm の出力電力のときの PA の消費電流は 21mA 程度です。



11032-003

図 3. ワイヤレス・データ・アキュイジション・システムの 1 回の送信シーケンスでの消費電力

ADuCRF101 の最大データ送信レート 300kbps を使用することにより、トランシーバが最大電力で送信する時間が最小限に抑えられます。PA の出力電力を小さくすることにより、消費電力をさらに低減することができます。PA の最適な出力電力は、アプリケーションで必要とされる送信距離で決まります。図 3 から、10 秒の周期での 1 回の送信シーケンスで使用する平均電流は 22 $\mu$ A です。この値は CR2032 リチウム・バッテリーの約 1.2 年の寿命に相当します。実際には、バッテリーの寿命はもっと長くなります。それは、この例では送信が 10 秒ごとに行われると仮定し、風がないことにより送信が行われない場合を考慮に入れていないためです。

## バリエーション回路

データ送信の頻度は任意の値、たとえば 10 秒ごとから 1 分ごとに変更することができます。これは総消費電力に大きく影響します。もう 1 つの変更可能なパラメータはデータを送信するデータレートです。通常は 300kbps を使用しますが、38.4kbps と 1kbps に変更できます。低いデータレートを使用する利点は、同じ出力電力に対する送信距離が長くなることです。欠点は、長い送信時間を要するために総消費電力が大きくなることです。異なる周波数が必要な場合には、EV-ADuCRF101MK1Z ボードを使用することができます。この代替評価ボードは 862MHz~928MHz の ISM バンドのどこでも動作するように設定できます。

このアプリケーションで使用可能なその他の代替デバイスは、UHF トランシーバ ADF7023 とマイクロコントローラです。これらのデバイスを組み合わせて使用すると ADuCRF101 と同じ機能を実現できますが、複雑さが増します。

## 回路の評価とテスト

### 必要な装置

以下の装置が必要です。

- EV-ADuCRF101MK3Z 評価ボード、433MHz アンテナ、ソフトウェアをそれぞれ 2 組。
- J-Link Lite エミュレータを組み込んだ USB-SWD/UART-EMUZ コンバータ・ボード。このボードは EV-ADuCRF101QS3Z クイック・スタート・キットの部品として提供されます。
- パッシブ風速計 (たとえば Davis Instruments 社製)
- PC (Windows®32 ビットまたは 64 ビット)

## セットアップ

以下の手順で回路をセットアップします。

1. 風速計を EV-ADuCRF101MK3Z 評価ボードに接続します。接続は図 1 のとおりに行います。ケーブルを使って評価ボード端部のビアに直接接続するか、または評価ボードが実装されているマザー・ボードを介して接続することができます。
2. これで、EV-ADuCRF101MK3Z が風速計のデータを収集して送信できます (Tx ボード)。
3. 次に、**USB-SWD/UART-EMUZ** ボードを Tx ボードに接続して、デバイスにコードをダウンロードできるようにします。このコードは評価ボード・キットに付属した DVD に記録されています。デバイスに **anemometer\_transmit.c** コードをダウンロードします。ダウンロードは J-Link Lite エミュレータを介して行います。DVD からデバイスにコードをダウンロードする方法の詳細については、評価ボードのユーザー・ガイドを参照してください。このコードは、図 2 に概要を示したように、P0.7 を割込みとしてセットアップし、ADC1 チャンネルをセットアップして実行します。
4. **USB-SWD/UART-EMUZ** をもう 1 台の EV-ADuCRF101MK3Z に接続し、**anemometer\_receive.c** コードをダウンロードします。このコードは、評価ボード EV-ADuCRF101MK3Z をレシーバ・モード (Rx 評価ボード) にセットアップし、UART で受信したときの風速と風向のデータを出力します。
5. Rx ボードのグラフィック・ユーザー・インターフェース (GUI) を PC にインストールして、風速と風向のデータを観測することができます。**anemometer\_Demo.exe** ファイルを実行して GUI をインストールし、順次表示されるダイアログ・ボックスに従って最後まで進みインストールを完了させます。

図 2 のフローチャートに示すように、Tx ボードはデータがある場合に 10 秒ごとにそのデータを送信します。P0.7 に割込みが発生しない場合 (つまり無風状態の場合) は、送信しません。Rx ボードは直ちにこのデータを受信し、UART/USB コンバータ・ボードを介して PC 上で動作する GUI に出力します。

## 機能ブロック図

テスト・セットアップの機能図を図 4 に示します。

## テスト

GUI からレシーバ・ボードへ接続する COM ポートとボーレートを設定する必要があります。ボーレートを 19,200kbps に固定し、COM ポート番号を USB ケーブルで使用される番号に正しく設定する必要があります。GUI は新しいデータを受信するごとに絶えず更新し、長時間データを受信しない場合も、一般にオートゼロを行いません。Tx ボードの消費電力を最小限に抑えるためには、LK1 を取り外して赤色 LED をオフにし、消費電力を低減する必要があります。

UG-480 ユーザー・ガイドは、ADuCRF101 評価ボードの使用、プログラム、デバッグ、および評価の方法を詳細に説明しています。このユーザー・ガイドにはインターフェース方法を含むボードの全ての機能が記述されています。全ての部品表 (BOM) とボードの回路図も含まれています。

UG-231 ユーザー・ガイドは、ADuCRF101 の機能と特長の包括的なリファレンス・ドキュメントです。このユーザー・ガイドは、このアプリケーションで使用される機能 (つまり、タイマー、休止モード、ADC、割込み、およびトランシーバの動作) を含むデバイスの全ての機能の設定方法と使用方法を詳細に説明しています。

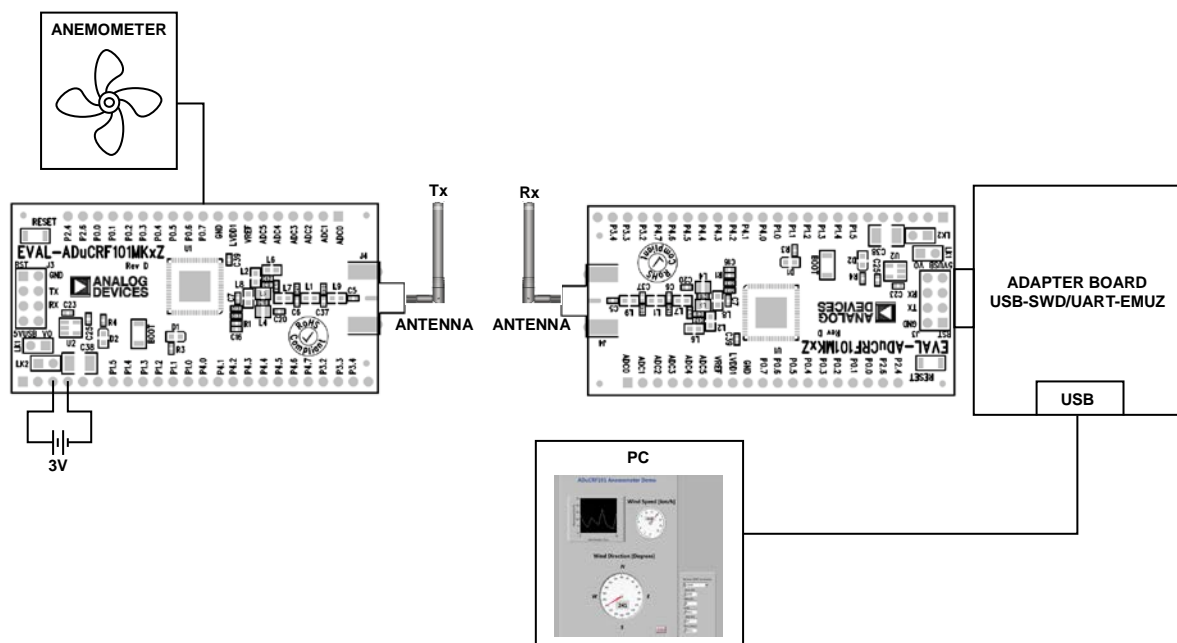


図 4. 評価とテスト・セットアップ

11032-004

## さらに詳しい資料

CN0298 Design Support Package:  
[www.analog.com/CN0298-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0298-DesignSupport)

User Guide UG-231 for the ADuCRF101

User Guide UG-480 for the ADuCRF101 Evaluation Board

## データシートと評価ボード

ADuCRF101 データシート

ADuCRF101 クイック・スタート・キット (862MHz～  
928MHz) : EV-ADuCRF101QS1Z

ADuCRF101 クイック・スタート・キット (431MHz～  
464MHz) : EV-ADuCRF101QS3Z

ADuCRF101 評価ボード (862MHz～928MHz) : EV-  
ADuCRF101MK1Z

ADuCRF101 評価ボード (431MHz～464MHz) : EV-  
ADuCRF101MK3Z

## 改訂履歴

2/15—Rev. 0 to Rev. A

Changes to Circuit Function and Benefits Section ..... 1

12/14—Revision 0: 初版

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

©2015 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。