



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/CN0274> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス

ADXL362	マイクロパワー、3軸、±2g/±4g/±8g デジタル出力 MEMS 加速度センサー
ADP195	ハイサイド・パワー・スイッチ、ロジック制御、逆電流防止

超低消費電力、3軸、モーション起動スイッチ

評価および設計サポート環境

回路評価ボード

CN-0274 評価用ボード (EVAL-CN0274-SDPZ)

システム・デモンストレーション・プラットフォーム (EVAL-SDP-CS1Z)

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に示すデバイスの組み合わせは、最大1.1Aの負荷電流を制御可能な超低消費電力、3軸、モーション起動パワー・スイッチのソリューションを提供します。この回路は、長いバッテリー寿命が求められるアプリケーションに最適です。スイッチがオフのときバッテリーからの電流は300nA未満です。スイッチがオンのとき消費電流は3μA未満です。この回路はワイヤレス・センサー、計測機器、在宅ヘルスケアなどの携帯型アプリケーションに適した、業界先端の低消費電力モーション検出ソリューションを実現します。

3軸加速度センサーは3軸で加速度を検出してハイサイド・スイッチを制御し、動きの有無に従ってスイッチを開閉します。

ADXL362は超低消費電力の3軸加速度センサーで、ウェークアップ・モードで消費する電流は100nA未満です。パワー・デューティ・サイクリングを用いて低消費電力を実現する加速度センサーとは異なり、ADXL362はアンダーサンプリングによって入力信号をエイリアス（折り返し）せず、すべてのデータレートで連続的にサンプリングします。精度が±0.5°の12ビット温度センサーも内蔵しています。

ADXL362は出力分解能が12ビットで、動作範囲が±2g、±4g、±8gの3つです。仕様は-40°C～+85°Cの最小温度範囲で規定されています。480μg/√Hz未満のノイズ・レベルが必要なアプリケーションでは、電源電流の増加を最小限に抑えつつ、2つの低ノイズ・モード（120μg/√Hzまで減少可）のどちらかを選択することができます。

ADP195は1.1V～3.6Vで動作するように設計されているハイサイド負荷スイッチで、出力から入力への逆電流に対して保護されています。このデバイスは1.1Aを超える連続負荷電流をサポートするオン抵抗の低いPチャンネルMOSFETを内蔵しており、電力損失を小さく抑えます。

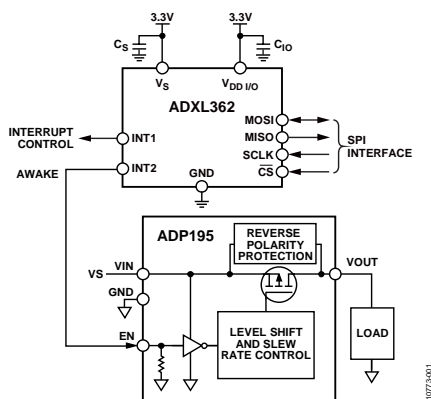


図1. 超低消費電力スタンドアロン・モーション・スイッチ
(簡略回路図：全接続の一部およびデカップリングは省略されています)

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。

ADXL362 の基本動作

ADXL362 は超低消費電力の 3 軸加速度計測システムで、動作や衝撃によって生じる動的加速度と静的加速度（つまり重力）を測定することができます。

センサーの可動部分は表面をマイクロ加工したポリシリコンの構造体で、ビームとも呼ばれ、シリコン・ウェハー上に構成されます。ポリシリコンのスプリングがこの構造体をウェハー表面上に支え、加速力に対する抵抗を生じます。

構造体の変位は差動コンデンサを使って測定します。各コンデンサは、独立した固定プレートと可動部に取り付けられたプレートで構成されています。

加速度によりビームにずれが生じ、差動コンデンサが不平衡になり、センサー出力の振幅が加速度に比例します。位相検波によって加速度の大きさと極性が決定されます。

動作モード

ADXL362 にはスタンバイ、測定、ウェークアップの 3 つの基本動作モードがあります。

- ADXL362 をスタンバイ・モードにすると、測定が中断され、消費電流を 10 nA まで下げます。処理途中のデータや割り込みは保持されますが、新しい情報は処理されません。ADXL362 はスタンバイ・モードではパワーアップしていますが、全てのセンサー機能はオフしています。
- 測定モードは ADXL362 の通常の動作モードです。このモードでは加速度データを連続的に読み取ることができます。2.0 V 電源を使用した際の加速度センサーの消費電流は、最高 400 Hz の出力データレートの範囲全体で 3 μ A 未満です。このモードで動作中は、データシートに記載の全機能を使用できます。また、12.5 Hz~400 Hz までのデータレートで連続的にデータを出力しながら、消費電流を 3 μ A 未満に抑えることができますので、ADXL362 は超低消費電力の加速度センサーといえます。また、全てのデータレートで ADXL362 はセンサーの最大帯域幅を連続的にサンプリングするため、アンダーサンプリングやエイリアシング（折り返し）は生じません。
- ウェークアップ・モードは、非常に低い消費電力で（2.0 V 電源電圧で 270 nA）、動きの有無だけを簡単に検出するのに最適です。このモードはモーション起動オン/オフ・スイッチの実現に特に有用で、動作が検出されるまでシステムの大部分をパワーダウン状態に保持できます。ウェークアップ・モードは、1 秒間にわずか 6 回だけ加速度を測定し、動きの有無を検出することにより、消費電流を非常に低いレベルにまで低減します。ウェークアップ・モードでは、アクティブ・タイマ以外の全ての加速度センサーの機能を使用できます。全てのレジスタにアクセスでき、リアルタイム・データが得られます。

CN0274 評価用ソフトウェアは、ADXL362 のウェークアップ・モードを使うことができます。すなわち、ADXL362 はモーションを検出するまでスリープ状態に保たれ、検出した時点で測定モードに移行します。

電力とノイズのトレードオフ

ADXL362 は、消費電流をわずかに増やすことでノイズを減らすオプションをいくつか提供しています。

ADXL362 の通常動作時のノイズ性能は 100 Hz 帯域幅で標準 7 LSB rms であり、帯域幅と必要な分解能にもよりますが、大部分のアプリケーションにはこれで十分です。ノイズをさらに下げる必要がある場合、ADXL362 は電源電流がいくらか増加しますが、ノイズを低減できる 2 つの低ノイズ動作モードを備えています。

表 1. ADXL362 のノイズ 対 電源電流

モード	ノイズ (μ g/Hz Typical)	消費電流 (μ A Typical)
通常動作	380	2.7
低ノイズ	280	4.5
超低ノイズ	175	15

標準 3.3 V 電源で、通常動作および 2 つの低ノイズ・モードで得られる電源電流値とノイズ密度を表 1 に示します。

CN0274 評価用ソフトウェアは、ADXL362 の通常動作のノイズ・モードを使います。

モーション検出

ADXL362 はアクティブ（スレッシュホールド値を超える加速度が存在する状態）とインアクティブ（スレッシュホールド値を超える加速度が存在しない状態）を検出するロジックを内蔵しています。

アクティブまたはインアクティブのイベントの検出はステータス・レジスタで表示され、割り込みを発生させるように設定することもできます。さらに、デバイスのアクティブ状態、つまり動いているか、静止しているかを AWAKE ビットで示します。

アクティブ/インアクティブの検出機能は、加速度センサーが測定モードまたはウェークアップ・モード時に使用できます。

アクティブ検出

アクティブ・イベントが検出されるのは、加速度が、ユーザーが指定した期間にわたって仕様規定された閾値（スレッシュホールド値）を上回り続けた場合です。アプソリュートとリファレンスの2つのアクティブ検出イベントがあります。

- アプソリュート・アクティブ検出を使用した場合、加速度サンプルとユーザーが設定した閾値とを比較して、動きが存在するかどうかを判定します。たとえば、0.5gの閾値が設定され、ある軸での加速度がユーザー定義によるアクティブ検出時間よりも長い間1gである場合、アクティブ・ステータスが起動されます。多くのアプリケーションでは、絶対的な閾値ではなく、基準となるポイントまたは向きからのずれをアクティブ検出のベースにするほうが有利です。この方式が特に便利なのは、重力によって加えられる静的な1gがアクティブ検出に与える影響を除去できるからです。加速度センサーが静止している場合、たとえモーションが加っていない場合でも、その出力は1gに到達することがあります。アプソリュート・アクティブでは、閾値が1g未満に設定されると、この場合はすぐにアクティブが検出されてしまいます。
- リファレンス・アクティブ検出では、加速度サンプルがユーザー定義された時間にわたって、内部定義されたリファレンス値を基準としてユーザー定義された閾値を上回ったとき、アクティブが検出されます。閾値は、アクティブ検出モードが作動すると計算され、最初に得られたサンプルがリファレンス・ポイントとして使われます。アクティブは、加速度がこの最初の方向から十分変位したときだけ検出されます。リファレンス・モードでは、最もわずかなモーション・イベントさえ検出する、きわめて高感度なアクティブ検出が得られます。

CN0274 評価用ソフトウェアは、アクティブ検出にリファレンス・モード動作を使います。

インアクティブ検出

インアクティブ・イベントが検出されるのは、加速度が、仕様規定された時間にわたって設定された閾値を下回り続けた場合です。アプソリュートとリファレンスの2つのインアクティブ検出イベントがあります。

- アプソリュート・インアクティブ検出では、加速度サンプルとユーザーが設定した閾値とをユーザーが設定した時間にわたって比較し、モーションが存在するかどうかを判定します。
- リファレンス・インアクティブ検出では、加速度サンプルが、ユーザーが設定した時間、ユーザーが指定したリファレンスと比較されます。デバイスが最初にアウェーク状態に入るとき、最初のサンプルがリファレンス・ポイントとして使われ、スレッシュホールドがその周囲に適用されます。加速度がスレッシュホールドの内側に留まれば、デバイスはスリープ状態に入ります。加速度の値がスレッシュホールドの外側に移動すると、そのポイントが次に新しいリファレンスとして使われ、スレッシュホールドがこの新しいポイントに再度適用されます。

CN0274 評価用ソフトウェアはインアクティブ検出にリファレンス・モード動作を使います。

アクティブ/インアクティブ検出のリンク

アクティブ/インアクティブの検出機能を、ホスト・プロセッサによって同時に使用してマニュアルで処理したり、それらをいくつかの方法で連係動作するように設定できます。

- デフォルト・モードでは、アクティブ/インアクティブ検出はいずれも有効で、すべての割込みはホスト・プロセッサによって処理される必要があります。つまり、プロセッサが各割込みを読み取らなければ、割込みをクリアして再び使用することはできません。
- リンク・モードでは、同時に有効にできる機能が1つだけになるように、アクティブ/インアクティブ検出が互いにリンクされます。アクティブが検出されると、デバイスにモーションが加わっている、あるいはアウェーク（起動）状態と想定され、アクティブのスキャンを停止します。次のイベントとしてインアクティブが想定されるので、インアクティブ検出のみが動作します。インアクティブが検出されると、デバイスは静止している、あるいはスリープ状態と想定されます。次のイベントとしてアクティブが想定されるため、アクティブ検出のみが動作します。このモードでは、ホスト・プロセッサはまず各割込みを処理する必要があり、その後次の割込みがイネーブルされます。
- ループ・モードでは、モーション検出は前にリンク・モードで説明したように動作します。ただし、割込みはホスト・プロセッサによる処理を必要としません。この設定は一般に用いられるモーション検出の実装を簡素化し、バス通信に使用される電力を低減することで節電効果を高めます。
- リンクまたはループ・モードでは、自動スリープ・モードを有効にすると、デバイスはインアクティブが検出されると自動的にウェークアップ・モードに入り、アクティブが検出されると再び測定モードに入ります。

CN0274 評価用ソフトウェアは自動スリープ・モードとループ・モードを使って ADXL362 の機能を実証します。

AWAKE ビット

AWAKE ビットは、ADXL362 がアウェーク（起動された）状態であるかスリープ状態であるかを示すステータス・ビットです。デバイスは、アクティブ条件を検出した後にアウェーク状態であり、インアクティブ条件を検出した後にスリープ状態です。

アウェーク信号は INT1 または INT2 ピンにマッピングすることができ、加速度センサーのアウェーク状態に基づいて後段回路への電力を接続/切断するステータス出力として機能できます。この設定をループ・モードと組み合わせて使用すれば、単純で自律的なモーション起動スイッチを実装できます。

後段回路の起動時間を許容できる場合、このモーション・スイッチ設定は、残りのアプリケーション部分のスタンバイ消費電流をゼロにすることによって、システム・レベルの電力を大幅に節減することができます。なぜならこのスタンバイ電流は、時に ADXL362 の動作電流を上回ることがあるからです。

割込み

ADXL362 の内蔵機能のいくつかは、割込みをトリガして特定のステータス条件をホスト・プロセッサに報告することができます。

割込みは、INTMAP1 レジスタと INTMAP2 レジスタの適切なビットをセットすることによって、それぞれ 2 本の指定された出力ピン (INT1 と INT2) のいずれか (あるいは両方) にマッピングすることができます。すべての機能は同時に使用することができます。複数の割込みを 1 本のピンにマッピングした場合、ピンのステータスは、割込み信号の OR をとることで決まります。

割込みピンに機能がマッピングされていない場合、そのピンは自動的に高インピーダンス (high-Z) 状態に設定されます。ピンは、リセット時にも高インピーダンス状態に置かれます。

特定のステータス条件が検出されると、その条件がマッピングされているピンがアクティブになります。ピンの設定はデフォルトでアクティブ・ハイであるため、アクティブになると、ピンはハイレベルになります。ただし、INTMAP レジスタの INT_LOW ビットをセットすることによって、この設定はアクティブ・ローに切り替えられます。

INT ピンはホスト・プロセッサの割込み入力に接続することができます。割込みに割込みルーチンが応答するようにできます。同じピンに複数の機能をマッピングすることができるため、STATUS レジスタを使用して、割込みをトリガした原因を判定することができます。

CN0274 評価用ソフトウェアは、アクティブが検出されたときは INT1 ピンがハイに、インアクティブが検出されたときは INT1 がローになるように ADXL362 を設定しています。

テスト結果

EVAL-CN0274-SDPZ と EVAL-SDP-CS1Z を使って全てのテストが行いました。アクティブ・スレッシュホールドを 0.5 g、インアクティブ・スレッシュホールドを 0.75 g、インアクティブのサンプル数を 20 に設定して、デバイスの機能を実証しました。アクティブを検出するには、ある軸の 1 つの加速度サンプルがスレッシュホールドを超えれば十分です。

バッテリー・バックがテーブルに対して平らになるように回路の方向が向いている状態で起動し (素子を水平にし)、プリント回路基板 (PCB) を任意の方向にゆっくり 90°回転させ、最初の方向に対して垂直に近づくときスレッシュホールドを横切らせることができます。

ADXL362 が最初はスリープ状態でアクティブを監視している状態を示している CN0274 評価用ソフトウェアの画面を図 2 に示します。次に、サンプル 11 がスレッシュホールドを横切ると、ADXL362 がアウェーク状態に入り、インアクティブを監視し始めます。スレッシュホールドが調整され、デバイスが今ではインアクティブを監視していることを示しています。

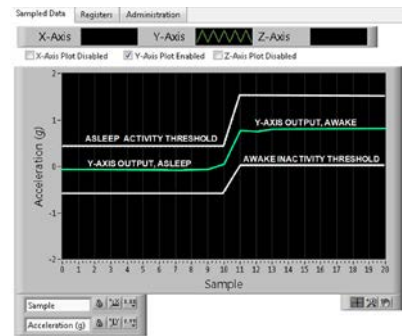


図 2. 評価用ソフトウェアの出力画面

見やすいように、チャートの上部のラジオボタンを使って X 軸と Z 軸のプロットは無効にしてあります。

ADP195 の出力または割込みピン自体は、デジタル・マルチメータを使って測定しました。ADXL362 がアウェーク状態のとき、割込みはハイになり、ADP195 の EN ピンをハイにドライブします。次に EN ピンは MOSFET のゲートをローにドライブするので、スイッチが閉じて (スイッチ・オン) その先のどの回路へも電源を接続します。逆に、ADXL362 がスリープ状態のときは割込みによって ADP195 の EN ピンがローにドライブされ、次に EN ピンが MOSFET のゲートをハイにドライブするので、スイッチが開き (スイッチ・オフ) ます。

PCB のレイアウトの検討事項

高い精度が不可欠などな回路でも、基板の電源とグラウンド・リターンのレイアウトの検討が重要です。PCB はデジタル部分とアナログ部分をできるだけ隔離します。このシステムの PCB は、面積の大きなグラウンド・プレーン層とパワー・プレーンを積み上げた 4 層に構成しました。レイアウトとグラウンド接続の詳細に関しては [MT-031 Tutorial](#)、デカップリング方法に関しては [MT-101 Tutorial](#) を参照してください。

ADXL362 への電源は 1 μ F と 0.1 μ F のコンデンサでデカップリングし、ノイズを適切に抑えてリップルを減らします。コンデンサはできるだけデバイスに近づけて配置します。全ての高周波デカップリングにはセラミック・コンデンサを推奨します。

電源ラインはトレース幅をできるだけ大きくしてロー・インピーダンス経路を与え、電源ラインのグリッチの影響を減らします。クロックや他の高速スイッチング・デジタル信号を、デジタル・グラウンドを使って基板の他の部品からシールドします。PCB の写真を図 3 に示します。

この回路ノートの完全な設計支援パッケージが www.analog.com/CN0274-DesignSupport から提供されています。

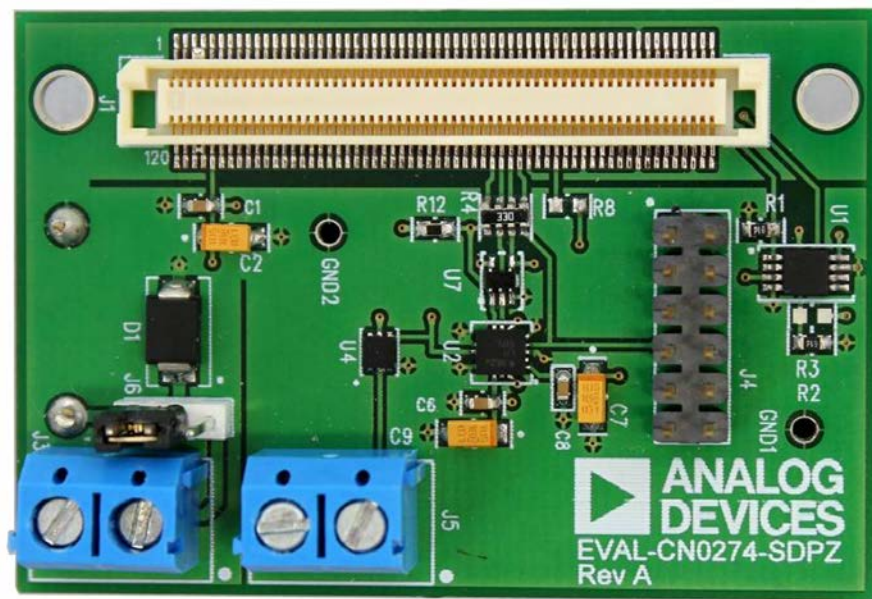


図 3. EVAL-CN0274-SDPZ の PCB の写真

バリエーション回路

ADP195 の最大連続動作電流は 1.1 A に固定されています。もっと大きな電力を接続先に必要とするアプリケーションでは、ADP195 の代わりにさらに高い電流定格のスイッチを使うことができます。

静止電源電流が約 15 μ A 増加しますが、ADP197 は 3 A の電流を後段の回路に供給することができます。後段に必要な電力がより少ないアプリケーションでは、ADP190 を使うことができます。これは 500 mA の連続電流を供給し、ADP195 より小さな WLCSP パッケージで供給されます。

提供されているソリューションの 2 番目のバリエーション回路は自由落下検出システムです。この機能はインアクティブ割込みを使って実装することができます。対象が真の自由落下状態にあると、加速度は全ての軸で 0 g です。したがって、自由落下検出では全ての軸で加速度が特定の時間 (0 g に近い) 特定のスレッシュホールドに下がるか監視します。

ADXL362 はインアクティブのスレッシュホールド (300 mg ~ 600 mg) とインアクティブの時間 (150 ms ~ 350 ms) を設定することにより自由落下検出器として機能します。これらの値のレジスタ設定は、デバイスの g 範囲の設定により変わります。

回路評価とテスト

この回路は EVAL-SDP-CS1Z システム・デモ用プラットフォーム (SDP) 評価ボードと EVAL-CN0274-SDPZ 回路ボードを使用しています。2 枚のボードは 120 ピンの接続用コネクタを備えているので、短時間でセットアップして回路の性能評価を行うことができます。

EVAL-CN0274-SDPZ には、この回路ノートで説明されている評価対象の回路が含まれており、EVAL-CN0274-SDPZ からデータをキャプチャするのに EVAL-SDP-CS1Z と CN0274 評価用ソフトウェアが使用されます。

ADXL362 はスリープ状態とアウェーク状態の両方で比較的に少ない電力しか必要としないので、EVAL-SDP-CS1Z からのデジタル・データ・ラインから EVAL-CN0274-SDPZ に給電することができます。

必要な装置

以下の装置が必要です。

- USB ポートを備え、Windows® XP または Windows Vista® (32 ビット) または Windows® 7 (32 ビット) を搭載した PC
- EVAL-CN0274-SDPZ 評価ボード
- EVAL-SDP-CS1Z 評価ボード
- CN0274 評価用ソフトウェア
- 電源：3.0 V または 2 個の AAA バッテリー

測定の準備

CN0274 評価用ソフトウェア CD を PC にセットして評価用ソフトウェアをロードします。マイコンピュータを使って評価用ソフトウェアの CD が置かれたドライブを探し、Readme ファイルを開きます。Readme ファイルに含まれているインストール手順および評価用ソフトウェアの使用方法に関する指示に従います。

機能ブロック図

テスト・セットアップのブロック図に関しては図 4 を参照し、回路図については [EVAL-CN0274-SDPZ-SCH-RevA.pdf](#) ファイルを参照してください。このファイルは [CN0274 Design Support Package](#) に含まれています。

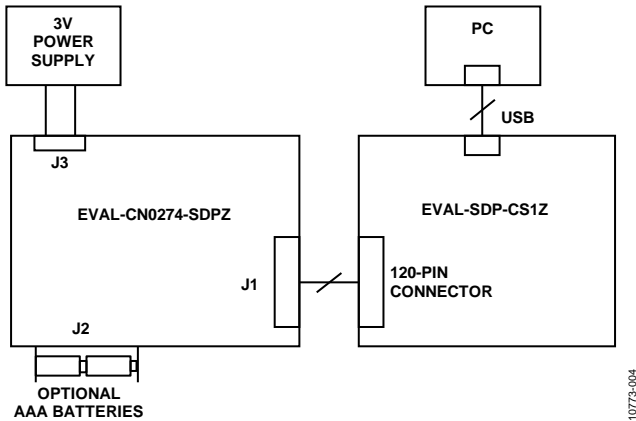


図 4. テスト・セットアップのブロック図

セットアップ

EVAL-CN0274-SDPZ の 120 ピン・コネクタを EVAL-SDP-CS1Z のコネクタに接続します。120 ピン・コネクタ両端の穴を使って 2 枚のボードをしっかりと固定するには、ナイロン製留め具を使います。

電源をオフにして、3.0 V 電源を J3 コネクタに接続します。代わりに、2 個の AAA バッテリから回路全体に給電するため、コネクタ J2 を PCB の底面で使うことができます。EVAL-SDP-CS1Z に付属の USB ケーブルを PC の USB ポートに接続します。注意：このとき、USB ケーブルを SDP ボードのミニ USB コネクタに接続しないでください。

テスト

J3 ネジ端子に電源を接続するか、または PCB バッテリの底部の J2 コネクタにバッテリーを装着します（ジャンパ J6 をバッテリー動作のための左手の位置に移します）。

CN0274 評価用ソフトウェアを立ち上げ、PC からの USB ケーブルを EVAL-SDP-CS1Z のミニ USB コネクタに接続します。

USB 通信が確立されたら、EVAL-SDP-CS1Z を使って、EVAL-CN0274-SDPZ との間でシリアル・データを送受信し、信号をキャプチャすることができます。

EVAL-SDP-CS1Z の詳細に関しては [SDP User Guide](#) を参照してください。

テスト・セットアップとキャリブレーション、およびデータ・キャプチャに評価用ソフトウェアを使用する方法については、www.analog.com/CN0274-UserGuide に収容のソフトウェア Readme ファイルを参照してください。

さらに詳しい資料

CN-0274 Design Support Package :

<http://www.analog.com/CN0274-DesignSupport>

MT-031 Tutorial : [Grounding Data Converters and Solving the Mystery of “AGND” and “DGND”](#), Analog Devices.

MT-101 Tutorial : [Decoupling Techniques](#), Analog Devices.

AN-688 Application Note : [Phase and Frequency Response of iMEMS Accelerometers and Gyros](#), Analog Devices

データシートと評価ボード

CN0274 評価用ボード (EVAL-CN0274-SDPZ)

システム・デモンストレーション・プラットフォーム (EVAL-SDP-CS1Z)

ADXL362 データシート

ADP195 データシート

ADP195 評価ボード

改訂履歴

11/12—Rev. 0 to Rev. A

Changes to Circuit Note Title and Circuit Function and Benefits

Section..... 1

Changes to Common Variations 5

9/12—Rev. 0: 初版

「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。

©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。