

Circuits from the Lab™
Reference Circuits
実用回路集

Circuits from the Lab™ 実用回路は今日のアナログ・ミックスド・シグナル、RF 回路の設計上の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作製、テストされました。詳しい情報と支援については www.analog.com/jp/CN0150 をご覧ください。

接続/参考にしたデバイス

AD8318	1 MHz~8 GHz、70 dB、ログ検出器/コントローラ
AD7887	2.7~5.25 V、マイクロパワー、2チャンネル、125 kSPS、12ビットADC、8ピンMSOP
ADR421	高精度、低ノイズ、2.5Vリファレンス

ログ検出器を使用したソフトウェア・キャリブレーション方式 1 MHz~8 GHz、60 dB RF 電力計測システム

評価と設計支援

回路評価用ボード

CN-0150 回路評価用ボード (EVAL-CN0150A-SDPZ)

システム・デモ用プラットフォーム (EVAL-SDP-CB1Z)

設計と統合ファイル

[回路](#)、[レイアウト・ファイル](#)、[BOM](#)

回路機能とその利点

この回路は、1 MHzから8 GHzまでのRF電力を、約60 dBの範囲で計測できます。シリアル・インターフェースと内蔵電圧リファレンスを搭載した12ビットA/Dコンバータ(ADC)により、デジタル・コードで計測結果を出力します。このRF検出

器は出力をADCに直結することができ、特にレベル変換しなくても、ADC入力範囲にほぼ適合しています。簡単に2点補正をデジタル領域でおこない、キャリブレーションします。

AD8318は1 MHz~6 GHzの信号に対して、正確な対数特性を示し、8 GHzまで動作します。このデバイスの出力電圧の温度安定性は±0.5 dB (typ)です。

ADCのAD7887は、制御レジスタによりデュアル・チャンネルまたはシングル・チャンネルのいずれかの動作を選択できます。デフォルトのシングル・チャンネル・モードでは、AD7887は読み出し専用ADCとなり、制御ロジックを単純化できます。

ここでは、-40°C~+85°Cの温度範囲で動作する2つのデバイスの代表的な特性を示します。

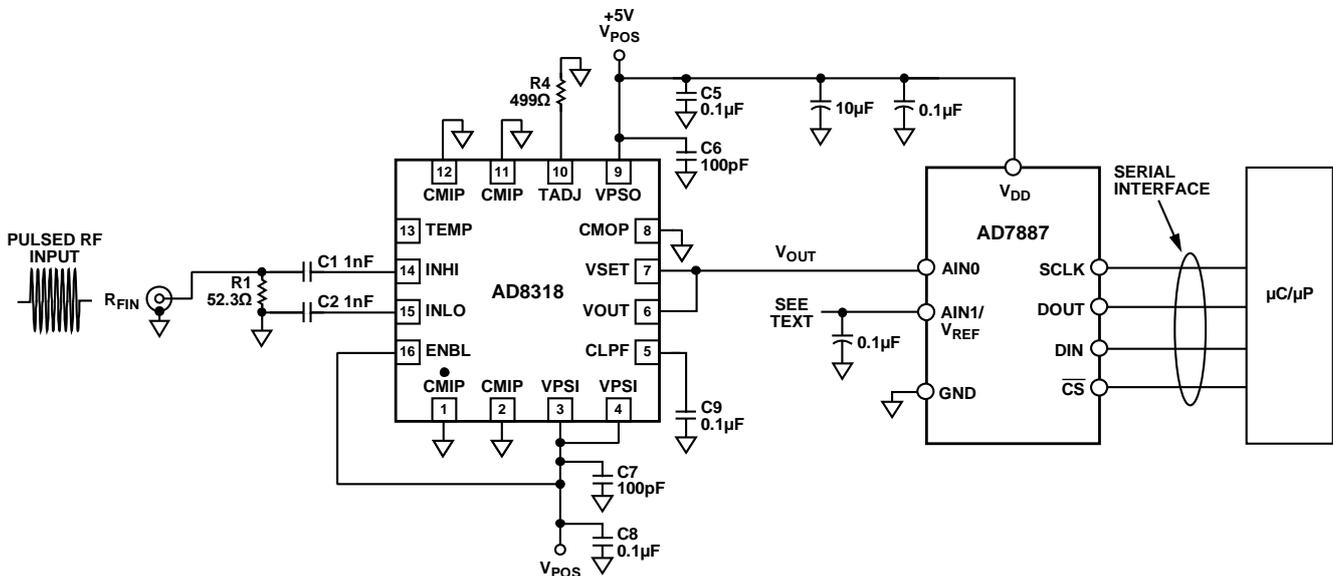


図1. ソフトウェア・キャリブレーション方式のRF計測システム (簡略回路図: すべての接続が図示されているわけではありません)

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、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。
©2010-2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

回路の説明

計測対象の RF 信号を AD8318 に入力します。デバイスは「計測モード」と呼ばれるモードに設定し、VSET ピンと VOUT ピンを互いに接続します。このモードでは、入力信号レベルに対する出力電圧はデシベル・リニア (-24 mV/dB typ) で、出力電圧範囲は 0.5~2.1 V (typ) です。

AD8318 の出力は、12 ビット ADC の AD7887 に直接接続します。この ADC は内蔵リファレンスを使用し、0~2.5 V 入力に設定されているため、610 μ V が 1LSB になります。RF 検出器からは -24 mV/dB が出力されるので、分解能は 39.3 LSB/dB に相当します。このように十分な分解能が得られる場合は、RF 検出器の出力の 0.5~2.1 V をレベル変換して、ADC の入力電圧範囲である 0~2.5 V に正確に合わせることは、あまり意味がありません。

検出器の伝達関数は、次式で表すことができます。

$$V_{OUT} = SLOPE \times (P_{IN} - INTERCEPT)$$

ここで、SLOPE は mV/dB (-24 mV/dB typ) 単位の係数、INTERCEPT は dBm 単位による X 軸におけるインターセプト (20 dBm typ)、 P_{IN} は dBm 単位による入力電力です。検出器の入力電力と出力電圧の関係の代表例を図 2 に示します。

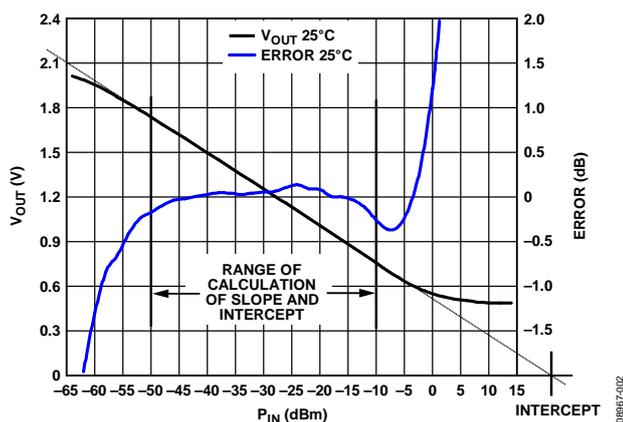


図 2. AD8318 の入力信号レベルと出力電圧の代表的な関係

ADC 出力は次式で表すことができます。

$$CODE_OUT = SLOPE_ADC \times (PIN - INTERCEPT)$$

ここで、SLOPE_ADC はコード/dB 単位、PIN と INTERCEPT は dBm 単位です。図 3 は入力電力を変化させたときの、入力電力レベルから得られた AD 変換値の代表例です。

システムのスロープとインターセプトは、個体ごとに異なるため、システム・レベルでキャリブレーションが必要です。キャリブレーションを行うには、AD8318 のリニアな入力範囲の両端に近いところで、おのおのの既知の信号レベルを入力し、AD 変換値を計測します。2つのキャリブレーション・ポイントには、デバイスがリニアに動作する範囲内のポイントを選択してください (この場合は、-10 dBm と -50 dBm)。

2つの既知の入力電力レベル PIN_1 、 PIN_2 、それに対応する AD 変換値 $CODE_1$ 、 $CODE_2$ によって、次式を使って SLOPE_ADC と INTERCEPT を計算します。

$$SLOPE_ADC = (CODE_2 - CODE_1) / (PIN_2 - PIN_1)$$

$$INTERCEPT = PIN_2 - (CODE_2 / SLOPE_ADC)$$

SLOPE_ADC と INTERCEPT を計算し、工場出荷時のキャリブレーション結果として (不揮発性 RAM に) 保存しておけば、現場で装置を使用するときに、それらのデータを使って、未知の入力電力レベル PIN を計算することができます。PIN の計算には次式を使用します。

$$PIN = (CODE_OUT / SLOPE_ADC) + INTERCEPT$$

図 3~図 8 では、システムの伝達関数が、この直線から逸脱している領域、特に伝達関数の両端部分で偏差が大きいのを示しています。この偏差 (dB 単位) は次式で表すことができます。

$$Error (dB) = Measured Input Power - True Input Power = (CODE_OUT / SLOPE_ADC) + INTERCEPT - PIN_TRUE$$

ここで、

CODE_OUT は AD 変換値です。

SLOPE_ADC は保存された AD 傾斜量 (コード/dB 単位) です。

INTERCEPT は保存されたインターセプト値です。

PIN_TRUE は実際の入力レベルです。

図 3~図 8 は、RF 電力計測システムに AD8318 および AD7887BR を使用することによって得られる、システム性能の代表例を示しています。これらのグラフは、dBm 単位の RF 入力電力に対する、AD 変換値を dB 単位にした、出力誤差 (右側の軸) を表しています。さまざまな入力電力レベル、周波数、温度条件、ADC 電圧リファレンスが内蔵および外付けの条件、これらで得られたデータに基づいています。これらのグラフから、低ドリフトの外付けの電圧リファレンスを使用することで、システム性能が改善でき、温度ドリフトが低くなるのがわかります (外付けリファレンス使用の詳細については、「バリエーション回路」を参照してください)。

この回路ノートの設計支援パッケージについては、www.analog.com/CN0150-DesignSupport をご覧ください。

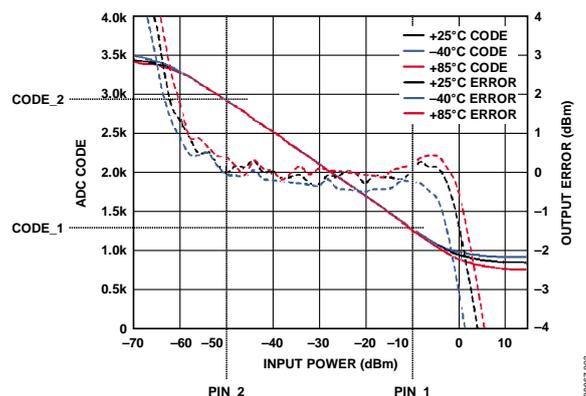


図 3. 入力 = 900 MHz、2.5 V 内蔵リファレンスを使用

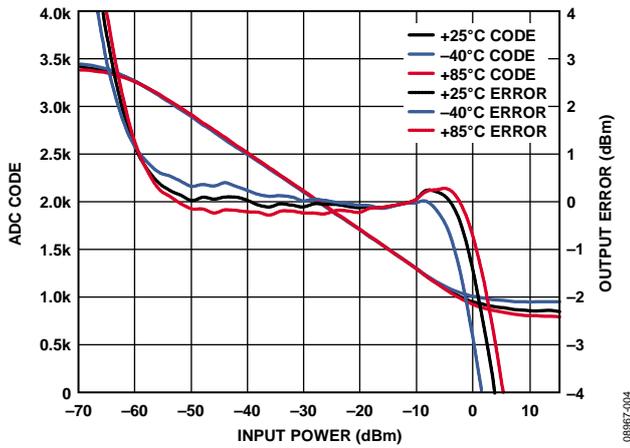


図 4. 入力 = 900 MHz、2.5 V 外付けリファレンスを使用

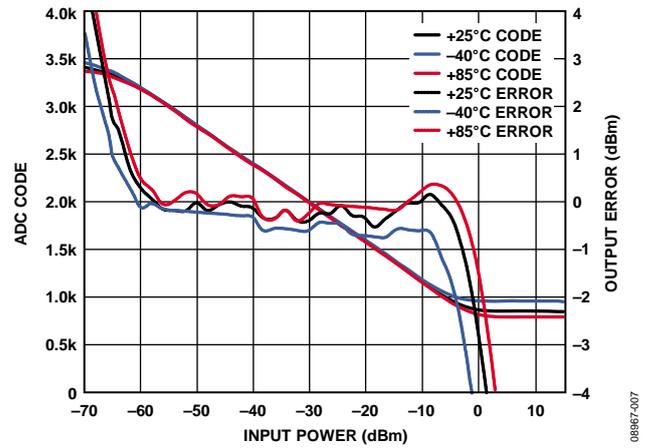


図 7. 入力 = 2.2 GHz、2.5 V 内蔵リファレンスを使用

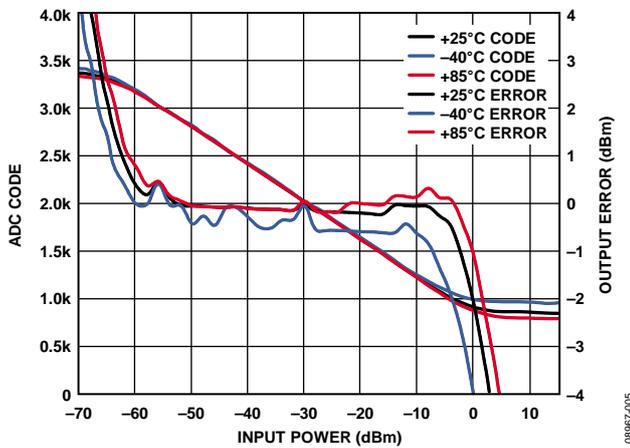


図 5. 入力 = 1.9 GHz、2.5 V 内蔵リファレンスを使用

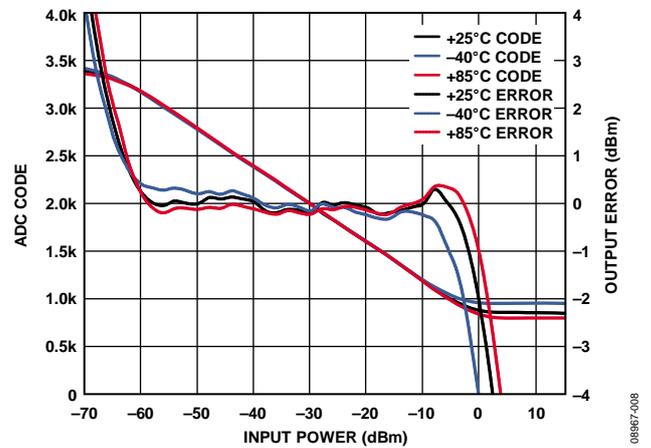


図 8. 入力 = 2.2 GHz、2.5 V 外付けリファレンスを使用

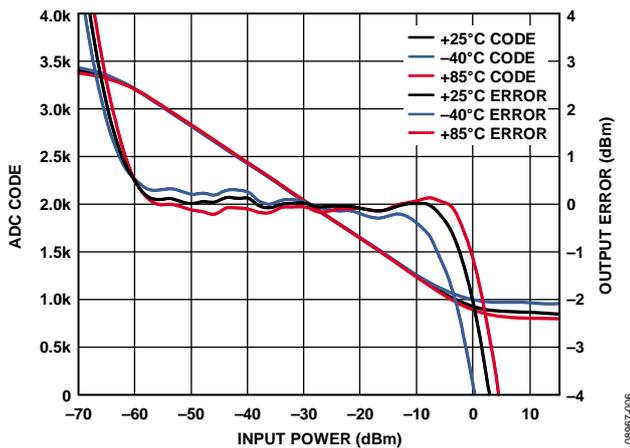


図 6. 入力 = 1.9 GHz、2.5 V 外付けリファレンスを使用

バリエーション回路

AD7887 は、SPI インターフェースを備えた 2 チャンネルの 12 ビット ADC です。このデバイスの第 2 の入力チャンネルを用いて AD8318 の TEMP ピンに接続できます。このように接続すると、AD8318 の周囲温度を計測することができます。AD8318 の電力測定出力と同様に、TEMP 電圧出力もキャリブレート（校正）する必要があります。

実際の用途が 1 チャンネルしか必要としない場合は、12 ビット [AD7495](#) が使用できます。複数の ADC と複数の DAC が必要な、マルチチャンネル・アプリケーションでは、[AD7294](#) が使用できます。このシステム化された製品は、4 チャンネルの 12 ビット DAC 出力を持っているほか、汎用かつ多目的な ADC を 4 チャンネル、ハイサイド電流センサを 2 入力、3 個の温度センサーも内蔵されています。電流と温度の測定値もデジタル変換され、I²C 互換インターフェースから読み出すことができます。

回路の温度安定性は、外付け ADC リファレンスを使えば改善できます。AD7887 の 2.5 V 内蔵リファレンスはドリフトが 50 ppm/°C であり、125°C の温度範囲で約 15 mV です。検出器のスロープが -24 mV/dB であるため、温度ドリフト誤差としては、ADC リファレンスのドリフトによる影響度は、約±0.3 dB になります。AD8318 の温度ドリフトは、同様な温度範囲で約±0.5 dB です（これは周波数によって異なります。詳細については、AD8318 のデータシートを参照してください）。

外付け電圧リファレンスを使用する場合は、ADR421の2.5 Vリファレンスを推奨します。温度ドリフトが1 ppm/°Cであるため、リファレンス電圧の変動は、-40°C~+85°Cの範囲でわずか312 µVです。これはシステム全体の温度安定性にほとんど影響しないレベルです。

ダイナミック・レンジがもっと狭くてもよい場合は、ログ検出器AD8317 (55 dB) またはAD8319 (45 dB) が使用できます。また、真のRMS値の電力測定が必要な場合は、AD8363 (50 dB) またはADL5902 (65 dB) が使用できます。

回路評価とテスト

この回路では、EVAL-CN0150A-SDPZ ボードと EVAL-SDP-CB1Z システム・デモ用プラットフォーム (SDP) 評価用ボードを使用します。この2つの基板は120ピンの嵌合 (かんごう) コネクタを備えているため、セットアップと回路性能の評価が短時間で可能です。EVAL-CN0150A-SDPZ ボードには、前述したように、評価対象の回路も含まれています。SDP 評価用ボードは CN0150A 評価用ソフトウェアと一緒に使用し、EVAL-CN0150A-SDPZ ボードからのデータを取り込みます。

必要な装置

- USBポートと Windows® XP、Windows Vista® (32ビット)、または Windows 7 (32ビット) を搭載した PC
- EVAL-CN0150A-SDPZ 回路評価用ボード
- EVAL-SDP-CB1Z SDP 評価用ボード
- CN0150A 評価用ソフトウェア
- 電源：6 V または 6 V AC アダプタ
- 環境評価用恒温槽
- RF 信号源
- SMA コネクタ付き同軸 RF ケーブル

測定の準備

CN0150A 評価用ソフトウェア CD を PC の CD ドライブに挿入し、評価用ソフトウェアをインストールします。「マイコンピュータ」から評価用ソフトウェア CD のあるドライブを参照し、readme ファイルを開きます。readme ファイルの指示に従って、評価用ソフトウェアをインストールして使用してください。

機能ブロック図

簡略回路図については、この回路ノートの図 1 に、各回路図については EVAL-CN150A-SDPZ-SCH-Rev0.pdf ファイルを参照してください。このファイルは設計支援パッケージに含まれています。

セットアップ

EVAL-CN0150A-SDPZ 回路ボードの120ピン・コネクタを EVAL-SDP-CB1Z 評価用 (SDP) ボードの「CON A」コネクタに接続します。ナイロン製の固定用部品を使って2つの基板をしっかりと固定します。120ピン・コネクタの端部に固定用の穴があります。所定のRFケーブルを使って、EVAL-CN0150A-SDPZ の SMA RF 入力コネクタに RF 信号源を接続します。電源スイッチをオフ

にして、6V電源を基板上の+6VピンとGNDピンに接続します。6VのACアダプタがある場合は、それを基板上のACアダプタ用ジャックに接続して、6V電源の代わりに使用することができます。SDPボードに付属しているUSBケーブルをPCのUSBポートに接続します。注：この時点では、USBケーブルは、SDPボードのミニUSBコネクタに、まだ接続しないようにしてください。

テスト

EVAL-CN0150A-SDPZ 基板に接続された6V電源 (またはACアダプタ) をオンにします。評価用ソフトウェアを起動し、PCとSDPボードのUSBミニ・コネクタ間をUSBケーブルで接続します。

USB通信が確立すれば、SDPボードを使ってEVAL-CN0150A-SDPZ ボードとシリアル・データで送信、受信、取込みができます。

この回路ノート内のデータは、Rohde & Schwarz SMT-03 RF 信号源と Agilent E3631A 電源を使って測定しました。グラフに示した周波数に信号源を設定し、入力電力を段階的に上げていき、1 dB 単位でデータを取得しました。

温度テストでは、Test Equity Model 107 環境評価用恒温槽を使用しました。EVAL-CN0150A-SDPZ 評価用ボードは、恒温槽のドアのスロットから中に入れ、SDP 評価用ボードは外に出したままの状態にしました。

評価用ソフトウェアを使用してデータを取り込む方法については、CN0150A 評価用ソフトウェアの readme ファイルを参照してください。

SDP ボードについては、SDP ユーザー・ガイド (英語) を参照してください。

さらに詳しくは

CN0150 設計支援パッケージ:

<http://www.analog.com/CN0150-DesignSupport>

SDP ユーザー・ガイド (英語)

MT-031 Tutorial : [Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND,"](#)

MT-077 Tutorial : [Log Amp Basics](#)

MT-078 Tutorial : [High Frequency Log Amps](#)

MT-101 Tutorial : [Decoupling Techniques](#)

Whitlow, Dana. *Design and Operation of Automatic Gain Control Loops for Receivers in Modern Communications Systems*. Chapter 8. Analog Devices Wireless Seminar. 2006.

データシートと評価用ボード

CN-0150 回路評価用ボード (EVAL-CN0150A-SDPZ)

システム・デモ用プラットフォーム (EVAL-SDP-CB1Z)

AD7887 データシート/評価用ボード

AD8318 データシート/評価用ボード

ADR421 データシート

改訂履歴**2/12—Rev. B to Rev. C**

Changed 70 dB to 60 dB in Circuit Note Title1

3/11—Rev. A to Rev. B

Added Evaluation and Design Support Section.....1

Added Circuit Evaluation and Test Section.....4

8/10—Rev. 0 to Rev. A

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

Changes to the Circuit Description Section.....2

Changes to the Common Variations Section4

4/10—Revision 0: Initial Version

I²C は、Philips Semiconductors 社（現在の NXP Semiconductors 社）が独自に開発した通信プロトコルです。

「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。