

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。詳しい情報と支援は www.analog.com/jp/CN0145 をご覧ください。

接続/参考にしたデバイス

ADuC7060/ ADuC7061	デュアル 24 ビット $\Sigma \Delta$ ADC、VDAC、PWM 内蔵、ARM7 ベースマイクロコントローラ
ADP1720	2.5 V 出力リニア・レギュレータ
OP193/ OP293	ローパワーオペアンプ
ADR280	ローパワー 1.2 V 電圧リファレンス

ADuC7060/ADuC7061 高精度アナログ・マイクロコントローラを使用した 4mA~20mA ループ駆動温度モニタ

回路の機能とその利点

この回路は、4mA~20mA のホスト・コントローラとインターフェース可能なシンプルで高度に集積された温度モニタのソリューションを提供します。この回路は、デュアル 24 ビット $\Sigma \Delta$ ADC、ARM7 プロセッサ・コア、および 4mA~20mA の帰還回路を制御する DAC/PWM 機能を含む、回路機能の大部分を **ADuC7060/ADuC7061** 高精度アナログ・マイクロコントローラに組み込んでいるので、温度モニタリングに対して非常に低コストのソリューションを提供します。

ADuC7060/ADuC7061 内部の ADC やその他のアナログ回路の性能は、アナログ回路を内蔵した他社のマイクロ

コントローラよりも優れています。この回路ノートに示す回路は、ディスクリートの ADC と独立したマイクロコントローラを使った場合に比べ、コスト効率、消費電力、基板面積において最も優れたソリューションになります。ADuC7060/ADuC7061 は高度に集積化された低消費電力デバイスであるため、4mA~20mA のアプリケーションのループ電源で直接動作させることができます。ARM7 のコアが 640kHz で動作している場合、主 ADC が作動して外部の RTD 温度センサーを測定し、PWM 回路が 4mA~20mA の帰還回路を制御することで、回路全体の消費電流は、標準で 3.15mA です。消費電力の詳細については「回路説明」のセクションで説明します。

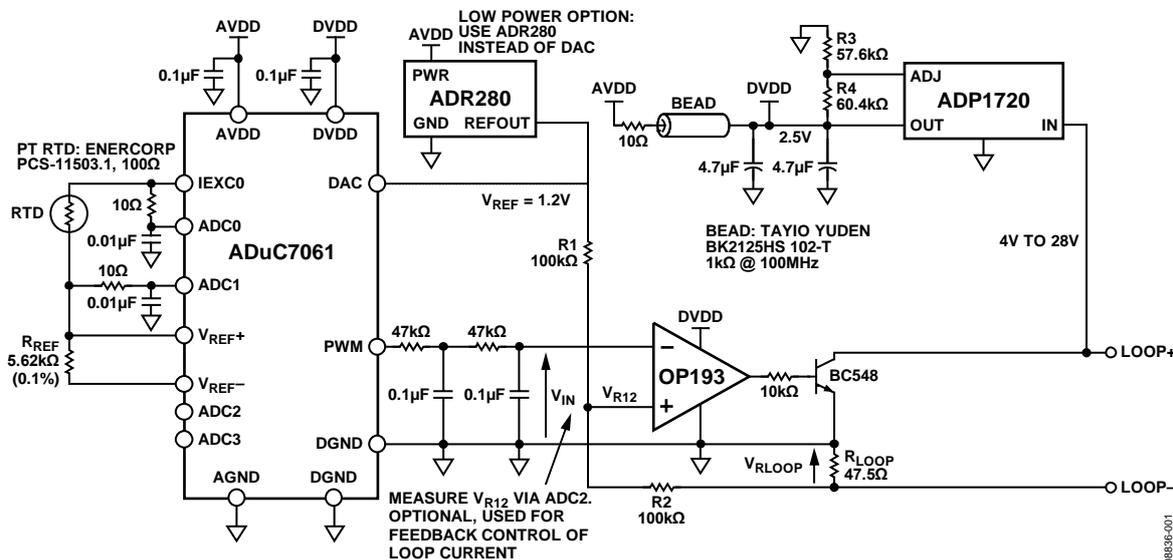


図 1. 4mA~20mA のループをベースにした温度モニタ回路を制御する ADuC7061
(簡略回路図: 全ての接続およびデカップリングは示されていません。)

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。本誌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 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. 0

温度の測定と測定の間、さらに節電するために ADC と RTD の励起電流源をオフすることができます。

100Ω の Pt (白金) RTD は Enercorp の #PCS11503.1 です。回路全体では ±1°C の仕様より良好です。この RTD の温度範囲は -50°C ~ +130°C です。RTD は 1206 サイズのパッケージで温度係数が 0.385Ω/°C のものが採用されています。

ADuC7060/ADuC7061 内部の主 ADC には 18 ビットを超えるピーク to ピーク・ノイズフリー・コード分解能があります。PWM ベースの DAC 出力の実効分解能は 12 ビットです。回路全体の性能は「回路説明」のセクションで説明します。

ADuC7061 の外形寸法が小さい (5mm × 5mm 32-LFCSP パッケージ) ことで回路全体をきわめて小さい PCB に収容でき、さらにコストを抑えられます。

ここでは主に 4mA ~ 20mA のインターフェースの回路を中心に説明します。RTD センサーと ADC のインターフェースおよび RTD 測定のリニアライゼーション技術の詳細については、アプリケーションノート AN-0970 および回路ノート CN-0075 を参照してください。

回路説明

この回路は、ADP1720 リニア・レギュレータ (可変バージョン) を介して給電されます。このレギュレータは、ADuC7060/ADuC7061、OP193 オペアンプ、およびオプシオンの ADR280 リファレンス用のループの正電源を 2.5V に安定化します。

4mA ~ 20mA の帰還回路は、主に ADuC7060 に内蔵された 16 ビット PWM (パルス幅変調器) によって制御されます。この PWM のデューティ・サイクルはソフトウェアで設定され、47.5Ω の R_{LOOP} 抵抗両端の電圧を制御し、次いでループ電流を設定します。R_{LOOP} の上側を ADuC7060 のグラウンドに接続するように注意してください。R_{LOOP} の下側はループのグラウンドに接続します。これにより、ADuC7060/ADuC7061、ADP1720、ADR280 および OP193 による電流に、フィルタを通した PWM 出力によって設定される電流を加えた電流が R_{LOOP} に流れます。

V_{REF} は 1.2V 高精度リファレンス ADR280 から供給されません。代わりに、ADuC7060/ADuC7061 の内蔵 DAC を 1.2V リファレンスを供給するように設定することもできますが、内部 DAC をイネーブルすることによって余分な電力を消費します。

R1 と R2 の接続点の電圧は次のように表されます。

$$V_{R12} = (V_{RLOOP} + V_{REF}) \times R2 / (R1 + R2) - V_{RLOOP}$$

ループが安定すると次のようになります。

$$V_{IN} = V_{R12}$$

R1 = R2 なので、以下のようになります。

$$V_{IN} = (V_{RLOOP} + V_{REF}) / 2 - V_{RLOOP} = V_{REF} / 2 - V_{RLOOP} / 2$$

$$V_{RLOOP} = V_{REF} - 2V_{IN}$$

V_{IN} = 0 のときフルスケール電流が流れ、その時点で V_{RLOOP} = V_{REF} となります。したがって、フルスケール電流は V_{REF}/R_{LOOP}、つまり約 24mA です。V_{IN} = V_{REF}/2 の場合、電流は流れません。

OP193 アンプの V_{IN} はインピーダンスが高いので、フィルタを通した PWM 出力に負荷をかけません。このアンプの出力は約 0.7V しか変化しません。

両端、0mA ~ 4mA と 20mA ~ 24mA の範囲の性能は重要ではないので、オペアンプは電源レール付近での優れた性能は必要とされません。

R1 と R2 の絶対値は重要ではありません。ただし、R1 と R2 が整合していることは重要です。

ADuC7060/ADuC7061 の ADC0 の入力チャンネルを使って、V_{R12} と表示されたポイントの電圧を測定できる点にも注目してください。この ADC の測定値は、4mA ~ 20mA の電流設定値を調整するための PWM 制御ソフトウェア用のフィードバックとして使用することができます。

ADuC7060/ADuC7061 の主 ADC は RTD の電圧を測定します。この RTD は内蔵の励起電流源 IEXC0 によって励起されます。節電のため励起電流は 200μA に設定し、測定と測定の間はオフすることを推奨します。主 ADC のフロントエンドの内部 PGA は、16 または 32 のゲインに設定します。RTD 測定用のリファレンス・ソースは、内部リファレンスと 5.62kΩ の外部リファレンス抵抗のどちらにすることもできます。外付け抵抗を選択すると、さらに節電になります。RTD と ADC のインターフェースおよび ADC 出力のリニアライゼーション技術の詳細については、アプリケーションノート AN-0970 および回路ノート CN-0075 を参照してください。

回路の電源に必要な条件は、モジュールの電源が 4mA ~ 20mA のループ電源から直接供給されるか、またはモジュールが個別に駆動される 4 線ループからアクティブに供給されるかによって決まります。この回路ノートでは温度モニタ・モジュールがループ駆動されることを想定しているため、モジュールの総消費電流は約 3.6mA を超えないようにします。

低消費電力動作を可能にするため、内部 POWCON0 レジスタを設定することにより、ADuC7060/ADuC7061 のコアの動作速度を遅くすることができます。これにより、10.28MHz の最高周波数を 2 ~ 128 までの 2 の倍数で割ることができます。今回のテストでは、16 のクロック分周値を使用し、コア速度は 640kHz としました。主 ADC はゲイン 32 でイネーブルされ、PWM もイネーブルされました。他の全ての周辺デバイスはディスエーブルされました。

使用した回路とテスト・セットアップにおける I_{DD} 消費電流の内訳を表 1 に、各種周辺デバイスの電流を表 2 に示します。

表 1. 温度モニタ回路の部品の標準 I_{DD} 値

Component	I_{DD} Value at 25°C	I_{DD} Value at 85°C
ADuC7060/ADuC7061 ADC0 On, Gain = 32, FADC = 100 Hz CPU speed = 640 kHz (POWCON0 = 0x7C) PWM On. PWMCON1 = 0x100 External reference selected by ADC0. All other peripherals off. Note: Add excitation current value to this figure. Typical value is 200 μ A.	2.45 mA	2.74 mA
ADR280, 1.2 V Reference	12 μ A	15 μ A
ADP1720, 2.5 V Output Linear Regulator	200 μ A	300 μ A
OP193, Low Power Op Amp	15 μ A	25 μ A
Remaining Circuitry	50 μ A	50 μ A
Total Current Less Excitation Current	2.73 mA	3.13 mA

図 2 の DNL のグラフは、重要な 4mA~20mA の範囲の標準的な性能が 0.6LSB 以下であることを示しています。これらのテストは、PWM 出力に 2 次フィルタを使って行われています。図 1 に示すように、2 本の 47k Ω 抵抗と 2 個の 100nF コンデンサが使用されています。

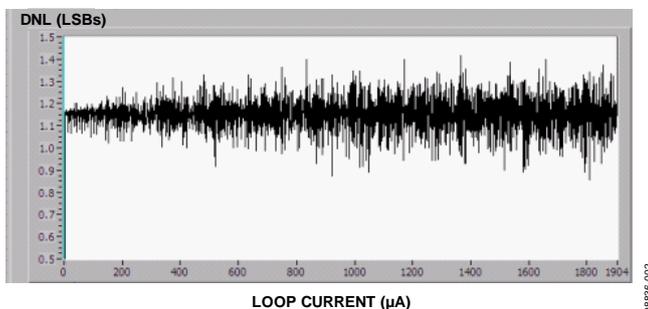


図 2. 回路の標準的な DNL 性能

PWM ベースの出力の性能は、ADC を使って電圧ポイント V_{R12} と回路のその他のポイントを測定することによって改善することができます。この帰還方法を使って PWM 出力を調整し、精度を向上させることができます。

PWM 回路だけを使って出力電圧を 0V~600mV の範囲に設定しているため、コード数が減少している点に注目してください。コード 0 より上は 24mA より大きい値を表すので重要ではありません。

ADC の測定性能については、AN-970、CN-0075、および ADuC7060/ADuC7061 データシートを参照してください。

表 2. ADuC7060/ADuC7061 の各種周辺要素の標準 I_{DD} 値

Peripheral of ADuC7060/61	I_{DD} Value, Typical, 25°C
ARM7 Core @ 10.24 MHz	5.22 mA
5.12 MHz	4.04 mA
2.56 MHz	2.7 mA
1.28 MHz	2 mA
640 kHz	1.674 mA
320 kHz	1.5 mA
160 kHz	1.42 mA
80 kHz	1.38 mA
Primary ADC, G = 1	30 μ A
G = 4	440 μ A
G \geq 128	630 μ A
Auxiliary ADC	350 μ A
DAC	330 μ A
PWM	340 μ A
SPI	40 μ A
UART	200 μ A

バリエーション回路

PWM の代わりに内蔵 DAC を使って同じ動作をさせることができます。その利点は、応答時間が短くなることと安価なソリューションになることです。この場合、リファレンス ADR280 は必要ありません。

OP193 の代わりに OP90 を使用することもできます。

さらに詳しくは

[ADIsimPower Design Tool, Analog Devices.](#)

CN-0075 Circuit Note : [USB Based Temperature Monitor Using the ADuC7061 Precision Analog Microcontroller and an External RTD.](#) Analog Devices.

Kester, Walt. [Sensor Signal Conditioning](#), Analog Devices, 1999, Chapter 7, Temperature Sensors.

Kester, Walt. [Sensor Signal Conditioning](#), Analog Devices, 1999, Chapter 8, ADCs for Signal Conditioning.

AN-0970 Application Note : [RTD Interfacing and Linearization Using an ADuC706x Microcontroller](#), Analog Devices.

MT-022 Tutorial : [ADC Architectures III: Sigma-Delta ADC Basics](#), Analog Devices.

MT-023 Tutorial : [ADC Architectures IV: Sigma-Delta ADC Advanced Concepts and Applications](#), Analog Devices.

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

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

データシートと評価ボード[ADP1720 データシート](#)[ADR280 データシート](#)[ADuC7060 データシート](#)[ADuC7060 評価ボードとソフトウェア](#)[ADuC7061 データシート](#)[ADuC7061 評価ボードとソフトウェア](#)[OP193 データシート](#)[OP293 データシート](#)[OP90 データシート](#)**改訂履歴**

2/10—Revision 0: 初版

「Circuits from the Lab/実用回路集」はアナログ・デバイsez社製品専用に作られており、アナログ・デバイsez社またはそのライセンスの供与者の知的所有物です。お客様は製品設計で「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sez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sez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sez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。

©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。

CN08836-0-2/10(0)