

ADE9153A の mSure® 自動キャリブレーション

著者 : Aaron Heredia

はじめに

ADE9153A に搭載された mSure® 自動キャリブレーション機能は、スマート照明、データ・センター、電気自動車の充電器、装置の状態監視システムといった電力量計測アプリケーションを含む、電力会社が課金する目的の電力計であるユーティリティ・メータ以外の用途に幅広く適用できます。

このアプリケーション・ノートでは、ADE9153A の mSure 自動キャリブレーション機能を使用してシステムを補正する方法について概説します。

図 1 に、ADE9153A の mSure 自動キャリブレーション機能を使用した電力量計測システムの補正フローの概略図を示します。

キャリブレーション・プロセスには、設計における部品値の選定および ADE9153A のレジスタの設定を可能にする設計フェーズと、ADE9153A を使用して製造されたすべてのデバイスで実施される製造フロー・フェーズの 2 つのフェーズがあります。

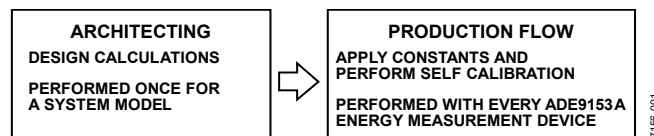


図 1. mSure キャリブレーションの概略図

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、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。

Rev. 0

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル 10F
電話 03 (5402) 8200
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー 10F
電話 06 (6350) 6868
名古屋営業所 / 〒451-6038 愛知県名古屋市中区牛島町 6-1 名古屋ルーセントタワー 38F
電話 052 (569) 6300

目次

はじめに	1	手順 4—電流チャンネル B の <i>mSure</i> 自動キャリブレーション を実行する (オプション)	8
改訂履歴	2	手順 5—BIGAIN レジスタを計算し、電流チャンネル B の自 動キャリブレーションを完了する (オプション)	8
モニタリング・デバイスの設計	3	手順 6—電圧チャンネルの <i>mSure</i> 自動キャリブレーションを 実行する	9
ハードウェア設計における選定	3	手順 7—AVGAIN レジスタを計算し、電圧チャンネルの自動 キャリブレーションを完了する	9
ADE9153A のレジスタ設定	4	実用時における通常動作	10
変換定数	5	起動時のデフォルト設定	10
製造フロー	7	ADE9153A のレジスタの測定値を物理値に変換	10
手順 1—ADE9153A のレジスタ設定	7	まとめ	11
手順 2—電流チャンネル A の <i>mSure</i> 自動キャリブレーション を実行する	8		
手順 3—AIGAIN レジスタを計算し、電流チャンネル A の自 動キャリブレーションを完了する	8		

改訂履歴

2/2019—Revision 0: Initial Version

モニタリング・デバイスの設計

ここでは、設計における部品値の選定と ADE9153A のレジスタの設定について説明します。

ハードウェア設計における選定

シャント・チャンネル・センサーの選定

シャント電流センサーは、ADE9153A の電流チャンネル A に接続します。最適な性能を引き出すためには、電流チャンネル A に 16 倍のゲインを使用することを推奨します。ただし、このゲイン値はすべての場合に有効とは限りません。また、ゲイン値を選定する際には、予測される最大測定電流およびシャント・サイズを考慮する必要があります。

過電流に対する余裕を確保するため、測定電流の最大値 I_{MAX} と A/D コンバータ (ADC) のフルスケール・アナログ入力範囲との間にヘッドルームが必要です。

次式に従ってシャントの値を選定する場合には、入力電流の実効値をピーク値に変換します。

$$R_{SHUNT} = \frac{\pm 1 V}{\frac{AI_PGAGAIN}{AI_{HEADROOM} \times I_{MAX} \times \sqrt{2}}} \quad (1)$$

ここで、

R_{SHUNT} はシャント抵抗の計算値 (Ω) です。

$AI_PGAGAIN$ は、電流チャンネル A のプログラマブル・ゲイン・アンプ (PGA) の値です。

$AI_{HEADROOM}$ は電流チャンネル A のフルスケールの最大値からのヘッドルームです。

例えば、10A rms の I_{MAX} を測定しなければならないアプリケーションの場合、次のようになります。

$$R_{SHUNT} = \frac{\pm 1 V}{\frac{16}{4 \times 10 A \times \sqrt{2}}}$$

したがって、以下の結果が得られます。

$$R_{SHUNT} = 1.10485m\Omega$$

計算で得られた R_{SHUNT} 値を丸めて、標準のシャント抵抗で最も近い値として例えば $1m\Omega$ を選定します。

シャント・チャンネルの構成例を図 2 に示します。

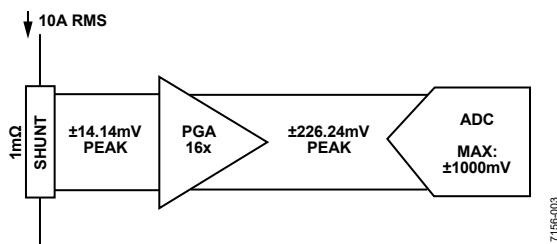


図 2. シャント・チャンネルの構成例

$AI_PGAGAIN$ と R_{SHUNT} 値はトレードオフの関係にあり、ゲインを小さくするかシャントを大きくすると $mSure$ 性能を向上させることができ、ゲインを大きくするかシャントを小さくすると

消費電力を低減させることができます。 R_{SHUNT} は、計算で得られた値に最も近い標準値のため、正確な $AI_{HEADROOM}$ は式 1 および次式を使用して得られます (これ以降の計算にはすべてこの $AI_{HEADROOM}$ の値を使用します)。

$$AI_{HEADROOM} = \frac{\pm 1 V}{\frac{16}{0.001 \times 10 A \times \sqrt{2}}}$$

したがって、以下の結果が得られます。

$$AI_{HEADROOM} = 4.41942$$

CT チャンネル・センサーの構成

ADE9153A には、カレント・トランス (CT) を組み合わせて使用するための第 2 の電流測定チャンネルが搭載されています。このチャンネルでできることは実効値の測定のみで、 $mSure$ 自動キャリブレーション性能はこの実効値のみの CT チャンネルに対しては低下します。詳細については、ADE9153A のデータシートを参照してください。第 2 の電流チャンネルが不要な場合は、セットアップ・プロセスにおいてこの手順をスキップしてください。

ADE9153A では、コモンモードの ADC が条件となるため、セクター・タップの CT を使用することは推奨しません。CT センサーは電流チャンネル B に接続します。

電流チャンネル B の入力は、 $\pm 1V$ peak のフルスケール・レンジを備えています。ADC は電流のピーク値を測定しているため、シャント値を選定する場合は実効値をピーク値に変換します。

負荷抵抗 (R_{BURDEN}) のサイズは次式を使用して計算します。

$$R_{BURDEN} = \frac{\pm 1 V}{\frac{BI_PGAGAIN}{BI_{HEADROOM} \times \frac{I_{MAX}}{CT_{RATIO}} \times \sqrt{2}}}$$

ここで、

$BI_PGAGAIN$ は、電流チャンネル B の PGA の値です。S/N 比 (SNR) を最適化するには、この値を 1 に設定することを推奨します。

$BI_{HEADROOM}$ は電流チャンネル B のフルスケールの最大値からのヘッドルームです。電流チャンネル B の $BI_{HEADROOM}$ の値は、電流チャンネル A の値と同じ値にすることを推奨します。 CT_{RATIO} はカレント・トランスの変換比です。

CT_{RATIO} (通常は 1500 : 1 ~ 3000 : 1) の詳細については、ADE9153A のデータシートを参照してください。

$$R_{BURDEN} = \frac{\pm 1 V}{\frac{1}{4 \times \frac{10 A}{2500} \times \sqrt{2}}}$$

したがって、以下の結果が得られます。

$$R_{BURDEN} = 44.19417\Omega$$

計算で得られた R_{BURDEN} 値を丸めて、標準の抵抗で最も近い値として例えば 43Ω を選定します。 R_{BURDEN} 抵抗の計算値が推奨範囲に入っていることを確認するには、ADE9153A のデータシートを参照してください。

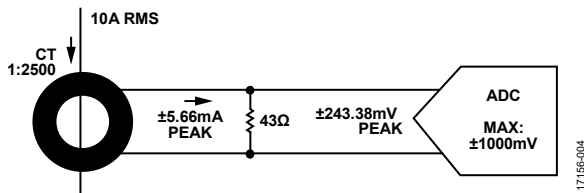


図 3. CT チャンネルの構成例

負荷抵抗の値は標準値で見積もります。正確な $BI_{HEADROOM}$ の値は次式を使用して計算できます。

$$BI_{HEADROOM} = \frac{\pm 1 \text{ V}}{R_{BURDEN} \times \frac{I_{MAX}}{CT_{RATIO}} \times \sqrt{2}}$$

$$BI_{HEADROOM} = \frac{\pm 1 \text{ V}}{43 \Omega \times \frac{10}{2500} \times \sqrt{2}}$$

したがって、以下の結果が得られます。

$$BI_{HEADROOM} = 4.11109$$

電圧チャンネルの設定

電圧チャンネルでは、VAP ピンと VAN ピンの間の電圧を調整するために分圧用の抵抗を選択する必要があります。

分圧器の選定には、以下の制約があります。

- 240V の公称電圧および 500V の最大電圧で動作するシステムでは、分圧器全体のインピーダンスを $1M\Omega$ 未満にすることはできません。
- 最適な性能を得るために推奨される低い値の抵抗は $1k\Omega$ です。

240V を超えるライン電圧を測定する場合、これに比例して大きい値の抵抗 (R_{BIG}) を $1M\Omega$ まで増加させます。電圧チャンネルのヘッドルーム ($V_{HEADROOM}$) = 2 になるように、公称入力電圧 (V_{NOM}) をアナログ・フルスケール電圧の半分に調整することを推奨します。

小さい値の抵抗 (R_{SMALL}) は $1k\Omega$ のままにして大きい値の抵抗を調整することを推奨します。

大きい値の抵抗分圧器は、次式を使用して計算します。

$$R_{BIG} = \left(\frac{V_{NOM} \times V_{HEADROOM} \times \sqrt{2}}{\pm 0.5 \text{ V}} - 1 \right) \times R_{SMALL}$$

V_{NOM} 電圧が 240V の場合、 R_{BIG} 抵抗の値は次式を使用して計算できます。

$$R_{BIG} = \left(\frac{240 \text{ V} \times 2 \times \sqrt{2}}{\pm 0.5 \text{ V}} - 1 \right) \times 1000$$

したがって、以下の結果が得られます。

$$R_{BIG} = 1.36M\Omega$$

システムが 240V で動作するため、 R_{BIG} 抵抗の値は $1M\Omega$ にすることを推奨します。図 4 にこの電圧チャンネルの構成例を示します。

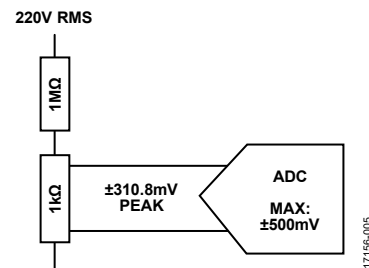


図 4. 電圧チャンネルの構成例

正確な $V_{HEADROOM}$ 値を計算するには、次式を使用します。

$$V_{HEADROOM} = \left(\frac{R_{BIG}}{R_{SMALL}} + 1 \right) \times \frac{\pm 0.5 \text{ V}}{V_{NOM} \times \sqrt{2}}$$

$$V_{HEADROOM} = \left(\frac{1M\Omega}{1k\Omega} + 1 \right) \times \frac{\pm 0.5 \text{ V}}{240 \text{ V} \times \sqrt{2}}$$

したがって、以下の結果が得られます。

$$V_{HEADROOM} = 1.47461$$

ADE9153A のレジスタ設定

ADC プログラマブル・ゲイン・アンプ・レジスタ

AI_PGAGAIN および BI_PGAGAIN レジスタを設定して、ハードウェア設計における選定のセクションで選定した各チャンネルのゲインをマッチングさせます。電圧チャンネルのゲインは、常に 1 です。

VDIV_RSMALL レジスタ

VDIV_RSMALL レジスタを使用して、電圧チャンネルの R_{SMALL} 抵抗の抵抗値 (単位は Ω) を設定します (電圧チャンネルの設定のセクションを参照)。例えば、VDIV_RSMALL レジスタに 0d1000 を書き込むと、推奨値の $1k\Omega$ に設定されます。

ライン周波数の選択

デバイスが接続されているライン周波数に合わせて ACCMODE レジスタ (アドレス 0x492) の SELFREQ ビット (ビット 4) をセットします。50Hz システムの場合は SELFREQ ビット・フィールドを 0 に、60Hz システムの場合は 1 にセットします。

無効電力測定の設定

VLEVEL レジスタ (アドレス 0x40F) の設定は電圧チャンネルの公称値に基づいて行い、値は次式によって計算できます。

$$VLEVEL = V_{HR_ROUNDOFF} \times 1,144,084$$

ここで、

$VLEVEL$ は、VLEVEL レジスタの値です。

$V_{HR_ROUNDOFF}$ は、フルスケールに対する公称入力信号のダイナミック・レンジのマーゼン ($V_{HEADROOM}$) を最も近い整数に切り上げた値です。

この例の場合、電圧チャンネルの設定のセクションで説明したように $V_{HEADROOM}$ の値は 1.47 です。この値を切り上げて、最も近い整数にします。この例では、 $V_{HR_ROUNDOFF}$ の値は 2 です。したがって、0x22EA28 を書き込むことによって $VLEVEL$ レジスタを 2,288,168 (10 進法) に設定します。

電力量パルス出力の設定

ADE9153A IC は、スマート照明、データ・センター、電気自動車の充電器、装置の状態監視システムといった、ユーティリティ・メータ以外のアプリケーションを対象としています。これらのアプリケーションは、通常、使用した電力量に比例するパルス出力は必要としません。ユーティリティ・アプリケーションでは、このパルス出力はキャリブレーション周波数出力と呼ばれます。このパルス出力が必要となる場合は、EngineerZone を参照してください。

変換定数

ADE9153A 電力量計測デバイスは、それぞれのシステムに応じた固有の変換定数を備えており、レジスタの値を実際の電流値 (A)、電圧値 (V)、電力値 (W) に変換することができます。例えば、AIRMS レジスタには電流の変換定数 (単位は nA/Code) の値が格納されており、この値は実際の電流値に変換されます。このアプリケーション・ノートでは、特定の設計においてすべてのデバイスで同一となるターゲット変換定数と、デバイスごとに異なる $mSure$ 変換定数の 2 種類の変換定数を使用します。

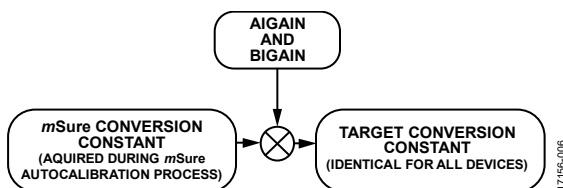


図 5. ターゲット変換定数と $mSure$ 変換定数の関係

$mSure$ 変換定数

$mSure$ 変換定数は、 $mSure$ 自動キャリブレーション・プロセスを通じて得られます。 $mSure$ 変換定数には、MS_ACAL_AICC、MS_ACAL_BICC、および MS_ACAL_AVCC があり、ADE9153A 電力量計測デバイスのそれぞれで固有の値をとります。

AIGAIN および BIGAIN レジスタ

各チャンネルの AIGAIN および BIGAIN レジスタ値は、 $mSure$ 変換定数と各チャンネルが対象とする値に基づいて計算され、すべてのデバイスが同一のターゲット変換定数になるように、各デバイスを補正します。そのため、xIGAIN レジスタの設定値もまた、各 ADE9153A デバイスで固有の値になります。

ターゲット変換定数

電流チャンネル A (シャント・チャンネル)

電流チャンネル A のターゲット変換定数は TARGET_AICC です。TARGET_AICC の値は、次式を使用して計算します。

$$TARGET_AICC = \frac{I_{MAX} \times AI_{HEADROOM}}{52,725,703} \quad (2)$$

したがって、以下の結果が得られます。

$$TARGET_AICC = \frac{10 \text{ A} \times 4.41942}{52,725,703} = 838.19082 \text{ nA/Code}$$

電流チャンネル B (CT チャンネル、オプション)

電流チャンネル B の変換定数は TARGET_BICC です。変換定数 TARGET_BICC の値を計算するには、次式を使用します。

$$TARGET_BICC = \frac{I_{MAX} \times BI_{HEADROOM}}{52,725,703}$$

電圧チャンネル

電圧チャンネルのターゲット変換定数は TARGET_AVCC です。変換定数 TARGET_AVCC の値は、次式を使用して計算します。

$$TARGET_AVCC = \frac{V_{NOM} \times V_{HEADROOM}}{26,362,852} \quad (3)$$

したがって、以下の結果が得られます。

$$TARGET_AVCC = \frac{240 \text{ V} \times 1.47461}{26,362,852} = 13,424.43526 \text{ nV/code}$$

変換定数 TARGET_AICC、TARGET_BICC、および TARGET_AVCC の計算値は、最も近い整数に丸めるか、電力量計測の設計条件を満足させるように微調整することができます。

例えば、変換定数 TARGET_AICC の計算値

(838.19082nA/Code) は、838nA/Code に丸めることができます。AIGAIN レジスタの値は、MS_ACAL_AICC レジスタと TARGET_AICC の値に基づいて計算されます。

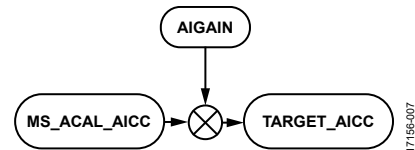


図 6. 電流チャンネル A の $mSure$ 変換定数とターゲット変換定数

電力の変換定数

TARGET_AICCとTARGET_AVCCの値が決まると、これらの値と次式を使用して有効電力 (TARGET_WCC)、無効電力 (TARGET_VARCC) および皮相電力 (TARGET_VACC) のターゲット変換定数を求めることができます。ここで、APGAINレジスタはTARGET_WCCの値を修正するために使用します。

$$TARGET_WCC = TARGET_AICC \times TARGET_AVCC \times \left(1 + \frac{APGAIN}{2^{27}} \right) \quad (4)$$

TARGET_AICCの値は式2、TARGET_AVCCは式3を使用して得られます。APGAINレジスタの値は、電力 (有効、無効、皮相) のターゲット変換定数を修正するために使用できます。

式4においてゲインが加えられない場合、APGAINは0です。

したがって、以下の結果が得られます。

$$\begin{aligned} TARGET_WCC &= 1510.24987 \mu\text{W}/\text{Code} \\ TARGET_VARCC &= 1510.24987 \mu\text{W}/\text{Code} \\ TARGET_VACC &= 1510.24987 \mu\text{W}/\text{Code} \end{aligned}$$

ここから、TARGET_WCCの値に基づいてAWATTHR_HI、AFVARHR_HI、およびAVAHR_HIレジスタの定数を計算することが可能で、有効電力値 (TARGET_WHCC) のターゲット変換定数が得られます。

$$TARGET_WHCC = \frac{TARGET_WCC \times 2^{13}}{3600 \times 4000}$$

$$TARGET_WHCC = \frac{1510.24987 \mu\text{W}/\text{Code} \times 2^{13}}{14,400,000}$$

したがって、以下の結果が得られます。

$$\begin{aligned} TARGET_WHCC &= 859.16437 \text{nWh}/\text{Code} \\ TARGET_VARHCC &= 859.16437 \text{nVARh}/\text{Code} \\ TARGET_VAHCC &= 859.16437 \text{nVAh}/\text{Code} \end{aligned}$$

製造フロー

プロトタイプを検証時に *mSure* 自動キャリブレーションを実行できます。

このアプリケーション・ノートでは、キャリブレーション技術を使用してすべてのデバイスを同じ変換定数 `TARGET_xxCC` に補正します。これは、同じ負荷が与えられたときにすべてのデバイスが同じ `xIRMS`、`xVRMS`、電力値を読み出すことを意味します。

各デバイスが同じ変換定数を持つようにするには、`AIGAIN`、`AVGAIN`、および `BIGAIN` レジスタを各デバイスで固有の値にします。手順 1—`ADE9153A` のレジスタ設定のセクションでは、ノーマル・パワー・モードで自動キャリブレーションを実行します。ターボ・モードの設定に関しては、`ADE9153A` のデータシートを参照してください。

手順 1—`ADE9153A` のレジスタ設定

表 1 に示すレジスタはすべて、各 `ADE9153A` デバイスに共通です。これらのレジスタ値は、ヘッダー・ファイルに設定するか `EEPROM` から読み込むことができます。表 1 に示すレジスタに書き込む値の詳細は、`ADE9153A` のデータシートおよび `ADE9153A Technical Reference Manual` を参照してください。

以下の値は、すべての `ADE9153A` デバイスに共通です。また、これらの値は `EEPROM` またはヘッダー・ファイルに保存しなければなりません。これらの変換定数の値については、ターゲット変換定数のセクションを参照してください。

- `TARGET_AICC`
- `TARGET_AVCC`
- `TARGET_BICC`
- `TARGET_WCC`、`TARGET_VARCC`、および `TARGET_VACC`
- `TARGET_WHCC`、`TARGET_VARHCC`、および `TARGET_VAHCC`

表 1. `ADE9153A` のレジスタ設定

Register Name	Register Address
<code>WTHR</code>	<code>0x420</code>
<code>VARTHR</code>	<code>0x421</code>
<code>VATHR</code>	<code>0x422</code>
<code>CFMODE</code>	<code>0x490</code>
<code>CF1DEN</code>	<code>0x494</code>
<code>CF2DEN</code>	<code>0x495</code>
<code>ACCMODE</code>	<code>0x492</code>
<code>VLEVEL</code>	<code>0x40F</code>
<code>COMPMODE</code>	<code>0x491</code>
<code>AI_PGAGAIN</code>	<code>0x4B9</code>
<code>BI_PGAGAIN</code>	<code>0x023</code>
Run	<code>0x480</code>
<code>EP_CFG</code>	<code>0x4B0</code>
<code>VDIV_RSMALL</code>	<code>0x04C</code>
<code>CT_PHASE_DELAY</code>	<code>0x049</code>
<code>CT_CORNER</code>	<code>0x04A</code>
<code>APHASECAL</code>	<code>0x001</code>

手順 2—電流チャンネル A の mSure 自動キャリブレーションを実行する

電流チャンネル A の mSure 自動キャリブレーションを開始するには、MS_ACAL_CFG レジスタ (アドレス 0x030) に 0x0000013 を書き込みます。

mSure 自動キャリブレーションの実行中、計測値の出力はディスプレイになりません。

表 2 に示すように、2 個のレジスタが mSure 自動キャリブレーションの結果を表します。

表 2. 電流チャンネル A の mSure キャリブレーションの結果

Register Name	Register Address	Format	Unit
MS_ACAL_AICC	0x220	21.11	nA/Code
MS_ACAL_AICERT	0x221	INT	ppm

MS_ACAL_AICC は、mSure キャリブレーションによって測定された電流チャンネル A の変換定数です。MS_ACAL_AICERT レジスタは、MS_ACAL_AICC レジスタによって提供される変換定数の値についての、推定の確実性を表します。この結果は PPM で与えられます。例えば、MS_ACAL_AICERT レジスタが 3000 個のコードを読み出した場合、mSure エンジン は 0.3% 以上の確実性を有しています。

mSure 自動キャリブレーションの周期は調整できます。一定の周期で mSure 自動キャリブレーションを実行することもできますが、mSure 自動キャリブレーションと MS_ACAL_AICERT レジスタ値のチェックを毎秒実行し、変換定数値の確実性が許容範囲内に収まってから mSure 自動キャリブレーションを停止させることもできます。

MS_ACAL_AICC および MS_ACAL_AICERT レジスタは、mSure 自動キャリブレーション開始後 8 秒間は更新されません。また、この 8 秒より前のレジスタは、その前の mSure 自動キャリブレーションの値を保持しています。ADE9153A を搭載したシステムが、MS_ACAL_AICERT レジスタが指定された確実性 (CERT) 以上になるまで mSure 自動キャリブレーションを実行するように設定されている場合、8 秒間経過してから各レジスタ値の比較を開始するか、前の自動キャリブレーションの CERT 値をチェックしてから実行中の mSure 自動キャリブレーション・プロセスを中断することが重要です。

mSure 自動キャリブレーションを停止するには、MS_ACAL_CFG レジスタ (アドレス 0x030) に 0x0000001 を書き込みます。

キャリブレーション・プロセスのこの時点では、MS_ACAL_AICC の値は電流チャンネル A に関するチャンネルの変換定数か伝達関数の推定値です。

手順 3—AIGAIN レジスタを計算し、 電流チャンネル A の自動キャリブレーションを 完了する

電流チャンネル A の測定値を補正して変換定数 TARGET_AICC とマッチングさせるには、AIGAIN レジスタに書き込む値を計算する必要があります。

AIGAIN レジスタに書き込む値 (AIGAIN_REGISTER_VALUE) は、次式を使用して計算します。

$$AIGAIN_REGISTER_VALUE = \left(\frac{MS_ACAL_AICC}{TARGET_AICC} - 1 \right) \times 2^{27}$$

電流チャンネル A の自動キャリブレーションを完了させるには、AIGAIN レジスタ (アドレス 0x000) にこの値を書き込み、電流チャンネル A に対するこのデバイスに固有の補正值として EEPROM (または他の不揮発性メモリ) に保存します。

手順 4—電流チャンネル B の mSure 自動キャリブレーションを実行する (オプション)

電流チャンネル B を使用しない場合は、この手順と、手順 5—BIGAIN レジスタを計算し、電流チャンネル B の自動キャリブレーションを完了する (オプション) のセクションはスキップしてください。

電流チャンネル B の mSure 自動キャリブレーションを実行するには、手順 2—電流チャンネル A の mSure 自動キャリブレーションを実行する、および手順 3—AIGAIN レジスタを計算し、電流チャンネル A の自動キャリブレーションを完了する、の各セクションで説明した手順に従ってください。電流チャンネル B では、MS_ACAL_AICC および MS_ACAL_AICERT レジスタの代わりに MS_ACAL_BICC および MS_ACAL_BICERT レジスタを使用します。

電流チャンネル B の mSure 自動キャリブレーションを開始するには、MS_ACAL_CFG レジスタ (アドレス 0x030) に 0x0000023 を書き込みます。

表 3 に示すように、MS_ACAL_BICC および MS_ACAL_BICERT レジスタが mSure 自動キャリブレーションの結果を表します。

表 3. 電流チャンネル B の mSure キャリブレーションの結果

Register Name	Register Address	Format	Unit
MS_ACAL_BICC	0x222	21.11	nA/Code
MS_ACAL_BICERT	0x227	INT32	ppm

電流チャンネル B の mSure 自動キャリブレーションを停止するには、MS_ACAL_CFG レジスタ (アドレス 0x030) に 0x0000001 を書き込みます。

手順 5—BIGAIN レジスタを計算し、 電流チャンネル B の自動キャリブレーションを 完了する (オプション)

電流チャンネル B の MS_ACAL_BICC レジスタの結果を読み出します。

次式に従って、BIGAIN レジスタ値 (BIGAIN_REGISTER_VALUE) を計算します。

$$BIGAIN_REGISTER_VALUE = \left(\frac{MS_ACAL_BICC}{TARGET_BICC} - 1 \right) \times 2^{27}$$

電流チャンネル B の自動キャリブレーションを完了するには、BIGAIN レジスタ (アドレス 0x010) にこの値を書き込みます。

手順 6—電圧チャンネルの mSure 自動キャリブレーションを実行する

電圧チャンネルの mSure 自動キャリブレーションを実行するには、MS_ACAL_CFG レジスタ（アドレス 0x030）に 0x0000043 を書き込みます。

電圧チャンネルの結果は、表 4 に示すレジスタで確認できます。

表 4. 電圧チャンネルの mSure キャリブレーションの結果

Register Name	Register Address	Format	Unit
MS_ACAL_AVCC	0x224	21.11	nV/Code
MS_ACAL_AVCERT	0x225	INT	ppm

電圧チャンネルの mSure 自動キャリブレーションを停止するには、MS_ACAL_CFG レジスタ（アドレス 0x030）に 0x0000001 を書き込みます。

手順 7—AVGAIN レジスタを計算し、 電圧チャンネルの自動キャリブレーションを 完了する

MS_ACAL_AVCC レジスタから mSure の結果を読み出します。AVGAIN レジスタに書き込む値 (AVGAIN_REGISTER_VALUE) は、次式を使用して計算します。

$$AVGAIN_REGISTER_VALUE = \left(\frac{MS_ACAL_AVCC}{TARGET_AVCC} - 1 \right) \times 2^{27}$$

この値は、AVGAIN レジスタ（アドレス 0x002）に書き込みます。

実用時の通常動作

ここでは、システムの起動時、およびレジスタのコード値から実際の値へ変換するときの一般的な設定について説明します。

起動時のデフォルト設定

ADE9153A を搭載したシステムを動作させる前に、まず起動時に重要なレジスタの設定または初期化を実施しなければなりません。このアプリケーション・ノートで説明した閾値、モード、アーキテクチャ条件などのレジスタの設定は、各 ADE9153A 電力量計測デバイスに共通です。xxGAIN レジスタや MS_xxCC_USER レジスタのように、個々の ADE9153A 電力量計測デバイスで固有の値にする必要のあるレジスタ設定もあります。表 5 にこれらのレジスタの一覧をアドレスと共に示します。詳細については、ADE9153A のデータシートを参照してください。

表 5. ADE9153A の起動時におけるデフォルト設定

レジスタ名	レジスタ・アドレス	情報の種類
WTHR	0x420	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
VARTHR	0x421	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
VATHR	0x422	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
CFMODE	0x490	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
CF1DEN	0x494	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
CD2DEN	0x495	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
ACCMODE	0x492	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
VLEVEL	0x40F	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
COMPmode	0x491	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
AI_PGAGAIN	0x4B9	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
BI_PGAGAIN	0x023	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
DSP_RUN	0x480	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
EP_CFG	0x4B0	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
VDIV_RSMALL	0x04C	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
CT_PHASE_DELAY	0x049	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
CT_CORNER	0x04A	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
APHASECAL	0x001	すべての ADE9153A 電力量計測デバイスに共通。
AIGAIN	0x000	各 ADE9153A 電力量計測デバイスで決まる固有値。製造フローのセクションを参照してください。
BIGAIN	0x010	各 ADE9153A 電力量計測デバイスで決まる固有値。製造フローのセクションを参照してください。
AVGAIN	0x002	各 ADE9153A 電力量計測デバイスで決まる固有値。製造フローのセクションを参照してください。
MS_AICC_USER	0x045	各 ADE9153A 電力量計測デバイスで決まる固有値。製造フローのセクションを参照してください。
MS_BICC_USER	0x046	各 ADE9153A 電力量計測デバイスで決まる固有値。製造フローのセクションを参照してください。
MS_AVCC_USER	0x047	各 ADE9153A 電力量計測デバイスで決まる固有値。製造フローのセクションを参照してください。

ADE9153A のレジスタの測定値を物理値に変換

ADE9153A 電力量計測デバイスに保存されたターゲット変換定数 (TARGET_xxCC) の値を使用して、実効値または電力レジスタのコード値を V、A、kW といった物理値に変換できます。

例えば

$$AIRMS \times TARGET_AICC = Real\ Current$$

ここで、

AIRMS は AIRMS レジスタに格納された値です。

Real Current は電流の物理値 (単位は A) です。

まとめ

このアプリケーション・ノートで説明したプロセスに従うことにより、フル機能の ADE9153A 電力量計測デバイスを使用して、システムの初期化とキャリブレーションを実行し、実地使用の準備を完了させることができます。ADE9153A の *mSure* 自動キャリブレーション技術により、キャリブレーション機器を使用しなくても簡単にキャリブレーションを実施することが可能です。