

# 差動方式のデルタ-シグマ型ADCでシングルエンド信号0V ~ 5Vを測定する方法

Michael Ashton

Data Acquisition Group

## 概要

差動入力方式のデルタ・シグマ型アナログ-デジタル・コンバータ(ADC)でシングルエンド信号0V ~ 5Vを測定するために、多くのエンジニアが採用しているのが「負側の入力をグラウンド接続し、信号を正側の入力に印加する」という方法です。ただし、ADS1255/6、ADS1216/7/8、ADS1240/1/2/3といったTexas Instrumentsのデルタ・シグマ型コンバータ製品をその目的で使用した場合、製品クラスによっては、負側の入力をグラウンド接続するだけでダイナミック・レンジが2分の1に減少してしまうこともあります。

幸いなことに、この減少を回避し、完全なダイナミック・レンジを保ちながら信号0V ~ 5Vを測定するための簡単な方法があります。このアプリケーション・ノートでは、特にTIのADS1256とADS1110でこの測定を実現する方法を紹介しますが、その原理は他の多くのコンバータにも応用することが可能です。

## 1 フルスケール電圧の 1/2 の $V_{REF}$ : ADS1256

ADS1256では、フルスケール電圧が基準電圧の2倍になっています。このデバイスの各入力ピンの入力範囲は $0 \sim 2 \times V_{REF}$ であり、各入力ピンを使用して正と負両方のフルスケール電圧範囲で差動方式の測定を行います。

次に示すように、ADS1256には多くの産業用デルタ・シグマ型ADCとの共通点がいくつかあります。

- ・単電源方式です。どの入力にも、大きな負の電圧を印加することはできません。
- ・入力が完全な差動方式です。負側の入力が正側の入力よりも高い場合は、負の出力コードが生成されます。
- ・負側の範囲が常に使用可能です。

次の式を使用すると、 $V_{REF}$ 、正側の入力 $V_{INP}$ 、負側の入力 $V_{INN}$ に関して理想的な出力コードが得られます。

$$\text{コード} = 2^{23} \frac{V_{INP} - V_{INN}}{2V_{REF}} \quad (1)$$

ADS1256では、バイナリ2の補数(BTC)形式のコードを24ビットで生成します。この形式で表せる数であれば、-8388608から8388607までのあらゆる整数を出力することが可能です。表1に、入力電圧と、入力電圧の変換により生成されるコードの例をいくつか示します。

表1 ADS1256のサンプル入力電圧と出力コード(10進数形式およびバイナリ2の補数形式)

$V_{INP}$	$V_{INN}$	$V_{INP} - V_{INN}$	10進数コード	BTC形式コード
0	0	0	0	0
5	0	5	8388607	7FFFFFFh
0	5	-5	-8388608	800000h

表1を見ると、 $V_{INN}$ がグラウンド接続された場合には、ADS1256が出力するコードは0～8388607のみになることが分かります。したがって、コード範囲の1/2にはアクセスできないことになります。

解決策としては、 $V_{INN}$ をフルスケール電圧の1/2に等しい電圧に接続することなどが考えられます。これにより、表2に示すデータが得られる結果となります。

表2 フルスケール電圧の1/2の $V_{INN}$ 入力を使用したADS1256の出力コード

$V_{INP}$	$V_{INN}$	$V_{INP} - V_{INN}$	10進数コード	BTC形式コード
0	2.5	-2.5	-4194304	C00000h
2.5	2.5	0	0	000000h
5	2.5	2.5	4194304	400000h

今度は入力範囲の中心がゼロになっていますが、やはり入力範囲の1/2にはアクセスできない状態です。幸いなことにADS1256はプログラマブル・ゲイン・アンプ(PGA)を備えており、このPGAをゲイン2に設定できます。この構成により、入力電圧を効果的に2逓倍して、表3に示す結果を得ることができます。

表3 フルスケール電圧の1/2の $V_{INN}$ 入力を使用したADS1256の出力コード (PGA = 2)

$V_{INP}$	$V_{INN}$	$V_{INP} - V_{INN}$	10進数コード	BTC形式コード
0	2.5	-2.5	-8388608	800000h
2.5	2.5	0	0	000000h
5	2.5	2.5	8388607	7FFFFFFh

この技法が適用できるかどうかは、フルスケール電圧の1/2に等しい電圧が使用可能かどうかで決まります。ADS1256では基準電圧がフルスケール電圧の1/2であり、ゲインが1に等しくなっています。したがって、図1に示す回路では、負側の入力に基準電圧を接続します。

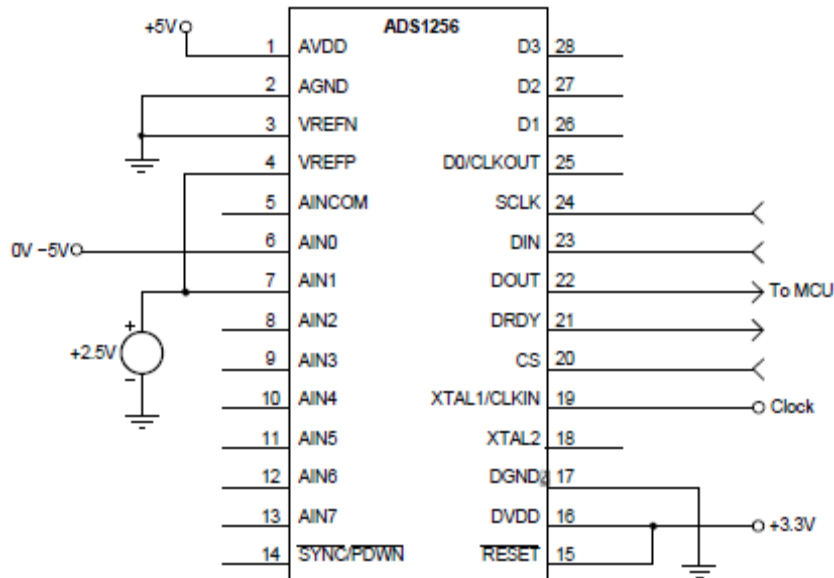


図1 ADS1256によるシングルエンド形式の測定

$V_{INN}$  を  $V_{REF}$  に接続して、PGAを2に設定すると、前述の伝達関数式(transfer expression)は次のようになります。

$$\text{コード} = 2^{23} \frac{2(V_{INP} - V_{REF})}{2V_{REF}} \quad (2)$$

この式は、次のように変形できます。

$$\text{コード} = 2^{23} \left( \frac{V_{INP}}{V_{REF}} - 1 \right) \quad (3)$$

上の式が示すように、この構成を使用すれば、 $V_{REF}$ がゼロ・ポイントに影響することなく、通常通りフルスケール電圧のみに影響するようにできます。

## 2 結果を利用する

この技法を使用すると、単極入力から両極の結果が生成されるという面倒な副次作用が発生する可能性があります。この副次作用を回避することはできません。ADS1256では符号なしの(unsigned)コードを生成しないため、数字には必ず符号がつけられて24ビットの範囲を埋めるようになっています。

ただし、一度ソフトウェアに読み込んだ数字は、符号なしの数字として処理した方が利用しやすくなるかもしれません。これは、出力コードに $2^{23}$ 、つまり800000hを加算することで容易に行えます。24ビットのコードを32ビットの変数として格納すれば、桁あふれが発生することはありません。

## 3 フルスケール電圧に等しい $V_{REF}$

ADCによっては、 $V_{REF}$ に等しいフルスケール電圧範囲を備えていることもあります。このタイプのコンバータを使用する場合は、次のことを行ってください。

- ・ 図1に示すように、 $V_{REF}$  を  $V_{INN}$  に接続します。
- ・  $V_{REF}$  をシングルエンド電圧範囲の1/2に設定します。例えば、0V ~ 5Vを測定する必要がある場合は、 $V_{REF}$  を5Vではなく、2.5Vに設定します。
- ・ デバイスにPGAが備わっている場合は、そのゲインを1に設定します。

ワード長を24ビットと仮定すると、伝達関数は次のようになります。

$$\text{コード} = 2^{23} \frac{V_{INP} - V_{REF}}{V_{REF}} \quad (4)$$

この式も、式(3)に変形できます。

この手順は、ADCで許容可能な基準電圧が広範囲である場合に有効です。デルタ・シグマ型コンバータの中には、特定の基準電圧用に設計されているために、それとは著しく異なる電圧に基準が設定されるとうまく動作しないものもあります。各デバイスのデータシートを調べて、可能であればデバイスを実際に使用してから、この技法を使用してください。

## 4 ADS1110/12

ADC製品ADS1110/12は、内部基準電圧しか使用できないという点、また基準電圧を外部から変更することが不可能であるという点で、一般的なデバイスとはいくらか異なっています。これらのデバイスの最大ワード長は16ビットであるため、負側の入力をグラウンド接続することでダイナミック・レンジの1/2が使用できなくなることが大きな短所となるおそれがあります。ただし、基準電圧がまったく使用できないため、上記の技法をこれらのデバイスに直接適用することはできません。

それでも、ある程度まではダイナミック・レンジを回復することが可能です。ADS1110とADS1112では0V ~ 5Vを直接測定することはできませんが、次に示す技法を使用することで、0V ~ 4.096Vの直接測定が可能になります。

- ・ ADS1110/12に、電源電圧5Vを供給します。
- ・ 図2のように、基準電圧2.048Vを負側の入力に接続します。
- ・ PGAを1に設定します。

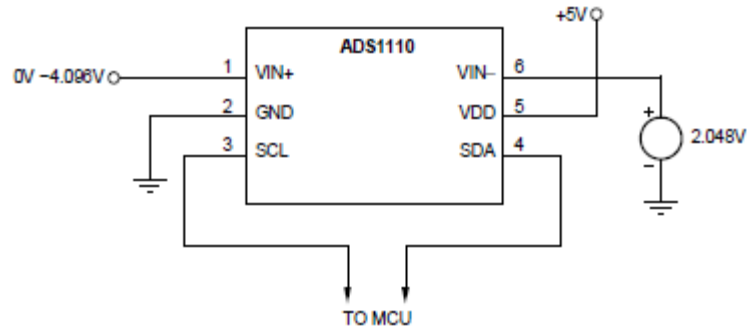


図 2 ADS1110でのシングルエンド信号測定

電源電圧5Vが使用できない場合(ロジックレベルの制約がある場合に起こる可能性のある状態)には、入力電圧範囲はさらに0V ~ 3.3Vにまで縮小されます。

注目する必要があるのは、ADS1110/12のオンボード基準電圧が極めて安定しているということです。一般的に言って、安価なプレトリミングされた基準電圧では、そのオンボード基準電圧への追従があまりうまくいきません。この特徴があるために、外部基準電圧を使用するとゼロ・ポイントが不安定になります。基準電圧により生成されるノイズは、どのようなものであっても変換に影響する可能性があります。

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといたします)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIJといたします)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIJは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIJが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメータに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIJは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIJは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIJが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIJが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIJは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIJにより示された数値、特性、条件その他のパラメータと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIJは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIJは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIJがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIJが特別に指定した製品である場合は除きます。TIJが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIJが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIJがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIJは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

温度: 0~40、相対湿度: 40~85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

### 3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

### 4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

### 5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

### 6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上