

この製品のアプリケーションノートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。

この正誤表は、2010年11月11日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。

なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日： 2010 年 11 月 11 日

製品名： AN610 (アプリケーションノート)

対象となるアプリケーションノートのリビジョン(Rev) : Rev.0

訂正箇所：

1. 3頁 左上から12行目 「端子で観測されるリファレンスのサンプリングレートは524kHzに固定されています。」

この文を次のように訂正します。

「端子で観測されるリファレンスのサンプリングレートは、入力レンジが2.56Vから320mVの間では524kHzに固定されています。」

2. 3頁 左上から20行目「・・・長所が失われます。」の次に以下の文を追加します。

「このADコンバータのリファレンス電流は、高いゲインレンジでは固定ではありません。従ってPGAのゲインを高くした時に外部リファレンスのインピーダンスが高い場合は、注意が必要です。」

PGA内蔵の Σ - Δ ADC

By Adrian Sherry

はじめに

AD7708/AD7718, AD7709, AD7719, AD7782/AD7783のすべての高解像度 Σ - Δ ADCは図1に示すように Σ - Δ 変調器の前段にプログラマブル・ゲイン・アンプ(PGA)を内蔵している事が特徴となっています。

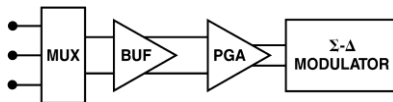


図1.PGA内蔵の Σ - Δ ADC

このアプリケーション・ノートではこのPGAの使い方と利点について述べます。

入力範囲:

AD7708/AD7709/AD7718/AD7719はプログラマブル・ゲイン・アンプ (PGA)を内蔵しているのでADCの入力範囲を8種類選べます。2.5 Vリファレンス電圧の場合、8種類の差動入力範囲は公称 ± 2.56 V, ± 1.28 V, ± 640 mV, ± 320 mV, ± 160 mV, ± 80 mV, ± 40 mV, ± 20 mVです。ユニポーラ・モードの場合の入力範囲は0V~2.56Vその他のようになります。もしリファレンス電圧が倍の5Vになれば、それぞれの入力範囲の最大フルスケール入力に倍になり、又同様にリファレンス電圧が半分になればフルスケール範囲も半分になります。従って任意のPGA設定値に対する実際の信号範囲は下記のような式になります。

$$\pm \frac{V_{REF} \times 1.024}{2^{7-RN}}$$

式の中のRNは3ビット信号RN[2:0]の値です。ここでリファレンス電圧を2.5Vと仮定すると、RN[2:0] = 111の時の範囲は ± 2.56 Vに等しくなり、ゲイン1の範囲と言えます。AD7782/AD7783の場合 ± 2.56 V と ± 160 mVの2種類の範囲が使用可能です。

オーバーレンジ機能

RN[2:0] = 111で2.5 Vリファレンス電圧の時、入力範囲は ± 2.56 Vです。つまり最大フルスケール入力はリファレンス入力の1.024倍です。これは実際にはADCは2.4%オーバーレンジ機能がある事を意味するので、ADCは信号をリファレンス電圧よりも少し大きな値に変換できます。この事は、システム・フルスケール・キャリブレーションを実施する場合には考慮されなければなりません、なぜなら $+V_{REF}$ のフルスケール入力を印加して、システム・フルスケール・キャリブレーションを開始すると、入力範囲が $\pm V_{REF}$ (つまり ± 2.5 Vリファレンスで ± 2.5 V) に変わります。内部フルスケール・キャリブレーションの場合は、キャリブレーションを行うために内部的に V_{REF} がADC入力に接続されます、しかしキャリブレーション・ルーチンによって2.4%オーバーレンジに補正されるので、キャリブレーション後は ± 2.56 V範囲になります。

ノイズ/分解能

PGAを内蔵している主な長所はゲインを増加すると、ノイズ(μ Vで表す)が減少することです。実際に入力信号はADCに入力する前に増幅されますが、ノイズの影響度は同じようには増幅しません、従ってS/N比は改善します。ノイズは次の最高ゲインに移った時、完全には半減しません。従って分解能(ビット)はより高いゲインが選ばれた時(高いゲイン設定時のLSBは低ゲイン設定時のLSBよりもより小さくなります。)減少します。しかし与えられた入力スパンに対する分解能は高ゲインに設定した方が改善します。例えば20 mVフルスケール入力信号は20 mV範囲に設定した時、 0.52μ Vのrmsノイズで変換されますが、もしこの同じ信号を2.56 V範囲に設定して変換すると、ノイズは 2μ Vになります。それ故高ゲイン範囲では20mV入力信号で150ppmのp-pノイズ分解能になりますが、2.56 V範囲では20 mV入力信号に対してはわずか600ppm分解能しか得られません。一つの更新レートにおける全範囲でのAD7719の標準的なノイズを表1に示します。

表 1.更新レート19.79 HzでのAD7719 無バッファ・モード RMS ノイズ

	± 2.56 V	± 1.28 V	± 640 mV	± 320 mV	± 160 mV	± 80 mV	± 40 mV	± 20 mV
RMSノイズ	2.0 μ V	1.21 μ V	0.82 μ V	0.56 μ V	0.56 μ V	0.56 μ V	0.56 μ V	0.52 μ V
P-P Res.	18.5 bits	18 bits	17.5 bits	17 bits	16 bits	15 bits	14 bits	13 bits

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、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 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. 0

オフセット誤差

他のたくさんのPGA内蔵ADCが持っている入力範囲変更に関わる問題は、入力範囲変更時にADCのオフセットも変わる可能性があることです。従って一般的にゲイン変更後にオフセット調整が必要になります。しかしこのチョッピング採用のADCファミリの場合、ADCオフセット誤差は無視できる程度に小さいので他の範囲に変更してもADCオフセットに顕著な変化はありません。もしAD7708 又はAD7718をチョッピング・ディスエーブルで使用する場合は、入力範囲を変更した時、オフセット調整をする必要があります。

入力範囲のマッチング

従来PGAを実現するのに、ゲインの切り替時に、スイッチを選択して入/切する2進数重み付け回路素子のような技術に部分的に頼っていました。これらの素子間での製造上のミスマッチにより、範囲を切り替えた時、ゲインの大きさは正確に2倍ごとに変化しないので、アナログ入力ほどのゲインを選んだかにより違う値に変換されてしまいます。

アナログ・デバイセズ社のこのADCファミリはPGAを実行するのにスケーリングされたサンプリング・レートを使用した当社独自のスイッチング方式を採用しています。この方法により異なる入力範囲間でも優れたマッチング特性が得られ、与えられたアナログ入力は入力範囲が違っていても非常に近い値に変換されます。入力範囲のマッチングは $\pm 2\mu\text{V}$ typ.と規定されています、これは8種類の任意の範囲で、一定の入力信号の変換を行ってもその結果は、標準的にわずか $\pm 2\mu\text{V}$ の違いしかない事を意味します。(2.56V範囲を選択した時のピークtoピークノイズはこの $2\mu\text{V}$ よりも大きいので、たった一度の読み取り値について論じているのではなく、変換結果の値の平均したdc値について論じていることに注意してください。)

極めて小さいオフセット誤差と高精度ゲイン・マッチングの組み合わせにより、ADCを使ったオートレンジングのプロセスが大幅に簡略化されます。入力信号が小さい時、入力信号は高ゲイン設定で最大の分解能をもって変換可能ですが、もし信号がADCの入力範囲を超えたら、一つ低いゲイン設定を選び、ADCを再調整する事なしにそのゲインをただちに使う事ができます。

図2は19.92mV信号を8種類すべての範囲で変換した結果を示しています。入力範囲を変更する時オフセット、ゲイン調整は行なっていません。ご覧のように平均コードは8種類の全範囲に渡ってわずか $2\mu\text{V}\sim 3\mu\text{V}$ 変化するだけです。

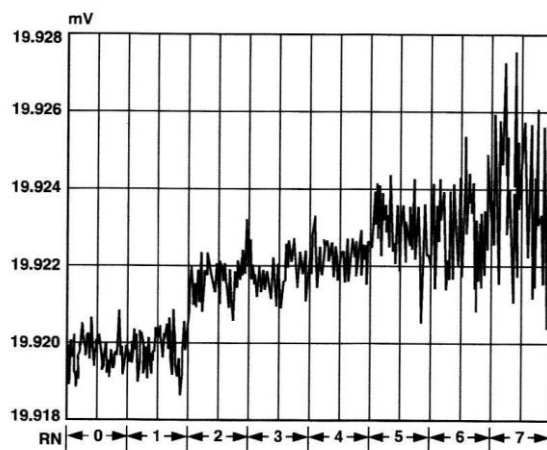


図2.全範囲に渡る入力範囲のマッチング

キャリブレーション

高精度なゲイン・トラッキングの主な利点は、一種類のゲイン設定で行ったADCキャリブレーションが他のゲイン設定でも有効である事です。従来ほとんどのPGA内蔵ADCはゲインを変更する度に再キャリブレーションを行わなければなりませんでしたが、又それによりADCスループットが減少しました。今では一回のADCゲイン・キャリブレーションで十分です。これにより工場でのADCを2.56 V範囲でキャリブレーションを行えば、その他のどの入力範囲でも再キャリブレーション無しに使用できるようになりました。

AD7708/AD7718/AD7719には内部にADCキャリブレーション・モードがあります、しかしこのモードはADCがデータシートで規定されている工場のキャリブレーション条件から大きく違う条件で動作している場合に限り使用するべきです。予測ゲイン変動はデータシートに記載されているPSRとゲイン・ドリフト対温度の仕様から推定されます。予測最大ゲイン変動が特定アプリケーションにおける誤差推定値より高い場合は、周期的に再キャリブレーションを行うことができます。

オフセット・レジスタ

AD7708/AD7718/AD7719においてADCが異なる範囲で明らかに違う変換結果を生ずる一つのケースは、システム・オフセット調整を行った結果、又はオフセット・レジスタに書き込む事によりオフセット・レジスタの内容がデフォルト値 8000(00)H以外の他の値になっている場合です。オフセット・レジスタのLSBの重みは選択した範囲によって変わります、従って値8001(00)Hの場合、1.28V入力範囲の時よりも2.56V入力範囲に設定した時には2倍のオフセットを除去します。もし一種類の範囲でADCにゼロでないアナログ入力を印加してシステム・オフセット調整を行なった場合、他の範囲で同じ入力を変換するとゼロでないADC結果になるでしょう。従ってもしオフセット・レジスタがデフォルト8000(00)H以外の他のデータになっていたら、範囲を変更する時注意が必要です。

入力電流

PGAは各種のゲインを実行するのに入力やリファレンスのサンプリング・レートを変えるので、それによりスイッチド・キャパシタ回路で表される動的負荷が変わります。これは外部信号源インピーダンスに応じてゲインそして/又はリニアリティ誤差を招きます。

しかしPGAの前段のADC入力にバッファが接続されているので、アナログ入力にはわずかな電流が流れるだけです。しかもこの電流は入力範囲を変えても変化しません。AD7719はバッファをバイパスして(無バッファ)動作させる事ができます。この場合抵抗とコンデンサの組み合わせ回路を外付けする時に注意をする必要があります。

端子で観測されるリファレンスのサンプリング・レートは524 kHzに固定されています、そしてリファレンスのサンプリング・コンデンサも固定されています。従って異なる範囲でリファレンス電流に変動はありません。それ故リファレンス入力の抵抗による任意のゲイン誤差は全範囲に渡って固定に維持されます。

もし他の Σ - Δ ADCのように範囲を変えると共にリファレンス電流が変化する場合には、リファレンスの外部抵抗/コンデンサによって生ずる任意のゲイン誤差が範囲の変化とともに変化します。従って優れた範囲のマッチングのADCを持つ長所が失われます。

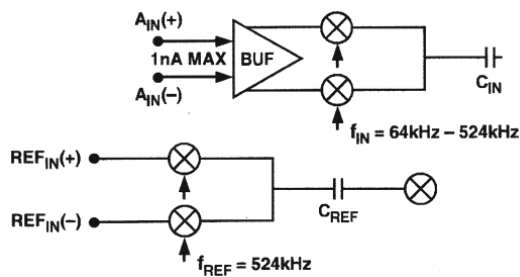


図3.PGAとリファレンス電圧モデル

まとめ

このADCファミリに内蔵されているPGAは高ゲインでより高分解能/より低ノイズという長所があります、しかもそれは入力範囲を変える度に定常のキャリブレーションが必要となるという欠点なしに得られます。バッファ内蔵入力と新しいリファレンス・サンプリング回路が従来のマルチ・レンジ(複数範囲可能な)ADCに関連するたくさんの問題を解決します。