

DESIGN NOTES

入力電流誤差をキャンセルする

Easy DriveデルタシグマADコンバータ - デザインノート368

Mike Mayes

はじめに

DC精度を落とすことなしに、大きなRCネットワークを高分解能 $\Delta\Sigma$ ADコンバータの前に直接接続することが可能になりました(図1を参照)。LTC®248ファミリーのコンバータはこの課題をEasy Drive™によって解決しています。Easy Driveは自動的に差動入力電流をキャンセルする完全な受動サンプリング・ネットワークです。性能を犠牲にするオンチップ・バッファを使う代わりに(「内蔵バッファのどこが悪いのか?」を参照)、最大で100k Ω と10 μ Fの入力RCネットワークを使ってフルスケール誤差を0.002%に抑える新しいアーキテクチャを使います。この新しいテクノロジーには、前の世代の $\Delta\Sigma$ ADコンバータに比べて、多くの利点があります。

レール・トゥ・レール同相入力範囲

高インピーダンス・センサの直接デジタル変換

ADコンバータの入力ピンで見られるサンプリング・スパイクの除去

外部ローパス・フィルタの簡素化

雑音/電力の減少

外付けRCのセトリング誤差のキャンセリング

外部アンプとのインタフェースが容易

リモート・センサの伝送ライン効果の除去

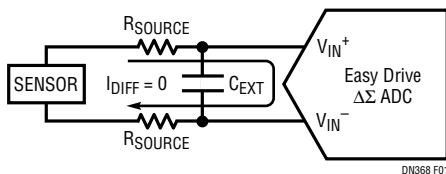


図1. Easy Driveテクノロジーは差動入力電流を自動的にキャンセルするので、大きな外部RCネットワークを直接デジタル変換することができる

どのように動作するのか?

$\Delta\Sigma$ コンバータは、多数の低分解能変換を1つの高分解能の結果へと結合することにより、高分解能を達成します。市販されている $\Delta\Sigma$ コンバータのほとんどは、数百または数千にさへ達する1ビット変換を単一の16ビット、20ビット

ト、または24ビットの結果に結合します。明らかな利点は、24ビットのコンバータを実装するよりも、1ビットのコンバータを実装する方がはるかに簡単だということです。高分解能を達成するため、入力に変換サイクル中に多数回サンプリングされます。

問題は $\Delta\Sigma$ コンバータの入力構造がスイッチト・キャパシタ・ネットワークであることです。コンデンサは、最終出力コードの関数として、入力、リファレンス、およびグラウンドのあいだを高速で切り替えられます(最大10MHz)。これらのコンデンサがADコンバータの入力に切り替えられるたびに電流パルスが発生します。充放電パルスのパターンがADコンバータの入力ピンで見られます。このパターンは入力電圧とリファレンス電圧の複雑な関数です。外部RCネットワークが各サンプリング期間中に完全にセトリングしないと、大きなDC誤差が生じます。

この問題を解決する巧妙な方法として、デルタシグマ・コンバータのオーバーサンプリング特性の利点を利用されます。各サンプリングごとのフロントエンド・コンデンサのスイッチングは、従来のデルタシグマ・コンバータのサンプリングと全く同じです。革新的なフロントエンド・サンプリング・アーキテクチャでは、コンデンサ・アレイのスイッチング・パターンを制御します。変換サイクル全体にわたって合計すると、差動入力電圧、同相入力電圧、リファレンス電圧、出力コードのどれにも無関係に、全差動入力電流はゼロになります。同相入力電流は一定で、入力同相電圧とリファレンス同相電圧の差に比例します。

$\Delta\Sigma$ ADコンバータの前に置かれたRCネットワークは、ローパス・フィルタおよびアンチエイリアス・フィルタとして機能するとともに、それらのコンバータの性能を向上させ、使いやすくします。LTC248xの入力に接続した外部RCネットワークは、ADコンバータによって生じた入力電流スパイクを単純に積分(平均化)します。差動入力電流の平均はゼロですから、ADコンバータのプラス入力とマイナス入力に接続された抵抗が釣り合っていれば、外部RCネットワークによって生じる全誤差はゼロになります。

LT、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。
Easy Driveはリニアテクノロジー社の商標です。
他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

最大10 μ Fのコンデンサと結合した最大100kの抵抗をADコンバータの前に置いても、フルスケール誤差を0.002%未満にすることができます(20ppm)、同じ入力ネットワークを接続した従来の $\Delta\Sigma$ A/Dコンバータのフルスケール誤差は10%(100,000ppm)を超えます。さらに、外部抵抗が釣り合っていないくても、同相入力電圧が同相リファレンス電圧に等しいかぎり誤差は生じません。同相入力電圧が同相リファレンス電圧に整合していないくても、差動入力電流はゼロのままです。同相入力電流がオフセット電圧を生じますが、これはシステムの較正で取り除くことができます。

このため、インピーダンスが最大100kまでの外部センサを直接デジタル変換することができ、外部アンプも内蔵アンプも不要です(図2を参照)。ブリッジ、RTD、熱電対などのセンサをADコンバータの入力に直接接続することができます。外付けコンデンサを追加すると、ADコンバータの入力で見られるチャージ・キックバック・スパイクが減少します。1 μ Fのコンデンサは1Vのスパイクを18 μ Vに減らします。これにより、センサをADコンバータの入力の近くに配置できないシステムのノイズ性能が改善され、外付けのアンプが使われるアプリケーションではドライブ条件が緩和されます。アンプの出力とADコンバータの入力のあいだに大きな抵抗を追加すると、アンプが大きなバイパス・コンデンサから隔離され、安定性が増します。

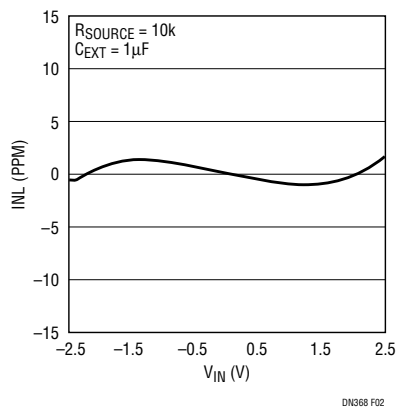


図2. Easy Driveテクノロジーでは直線性を下げることなく大きな外付けRCネットワークを直接デジタル変換する

内蔵バッファのどこが悪いのか?

入力電流のセトリングの問題の歴史的ソリューションの1つは、バッファ・アンプを $\Delta\Sigma$ ADコンバータと同じチップに集積化することです。これによりADコンバータの入力

データシートのダウンロード

<http://www.linear-tech.co.jp>

お問い合わせは当社または下記代理店まで(50音順)

株式会社立花エレクトック
〒105-0011 東京都港区芝公園2-4-1
TEL(03)5400-2529 FAX(03)3437-2696

株式会社トーメンエレクトロニクス
〒108-8510 東京都港区港南1-8-27
TEL(03)5462-9615 FAX(03)5462-9695

東京エレクトロデバイス株式会社
〒224-0045 横浜市都筑区東方町1
TEL(045)474-5114 FAX(045)474-7116

リニアテクノロジー株式会社

102-0094 東京都千代田区紀尾井町3-6秀和紀尾井町パークビル8F
TEL(03)5226-7291 FAX(03)5226-0268
<http://www.linear-tech.co.jp>

はスイッチト・キャパシタ・アレイから隔離されるので、ADコンバータの入力は高インピーダンスに見えます。このソリューションは紙の上では良さそうに見えますが、実際には内蔵バッファを使ったデータ・コンバータはそれらのアンプの限界に苦しみます。同相入力範囲はもはやレール・トゥ・レールではありません。入力信号はグラウンドより少なくとも50mV上、 V_{CC} より1V以上下にシフトさせる必要があります。アンプのオフセット誤差、オフセット・ドリフト、PSRR、CMRRおよびノイズが入力信号に直接結合され、コンバータの性能が低下します。さらに、内蔵アンプは、高速の容量性サンプリング・ネットワークをドライブするために、かなり大きな電力を必要とします。これらの理由により、このテクノロジーを使った $\Delta\Sigma$ ADコンバータのほとんどのメーカーは、内蔵アンプをオフしてバイパスするモードを提供しています。

別のソリューションは粗密入力サンプリングです。サンプリング期間の前半は(粗)、入力電圧を内蔵バッファ・アンプを通してサンプリングすることにより、ADコンバータの入力を充電コンデンサから隔離します。サンプリング期間の後半は(密)、バッファがオフし、コンデンサは直接入力に接続されます。これにより、ADコンバータの入力で見られるスパイクの大きさは減少しますが、オペアンプのオフセット電圧、CMRR、入力信号レベル、および外部RCの時定数の関数としての非線形セトリング誤差が生じます。これらの理由により、このテクノロジーを使った $\Delta\Sigma$ ADコンバータのメーカーは、100mV未満の入力信号レベルに対しては粗密サンプリングをバイパスします。

まとめ

新しいEasy Driveテクノロジーは $\Delta\Sigma$ ADコンバータのドライブ条件を簡素化します。問題を解決する鍵は、内蔵バッファ・アンプ用の追加電力を必要とせず、それらのアンプによって生じる誤差からも解放された、レール・トゥ・レール入力を可能にする純粋に受動的な入力電流キャンセレーション・アルゴリズムです。Easy Driveテクノロジーは、 $\Delta\Sigma$ ADコンバータを、DC性能を下げることなく、高インピーダンスのセンサ、ローパス・フィルタ、および入力バイパス・コンデンサに直接インタフェースできるようにします。

Easy Driveテクノロジーを使ったデバイスとしては、内蔵温度センサ、簡単な多重化のための待ち時間なしの変換、ライン周波数除去の保証された内蔵発振器、高精度DC仕様およびリニアテクノロジーのすべての $\Delta\Sigma$ ADコンバータに共通な使いやすさを備えた16ビットと24ビットのバージョンが現在供給されています。