

フロントエンド・バッファ回路なしで SAR ADC を直接駆動 (低消費電力、低速サンプリング DAQ)

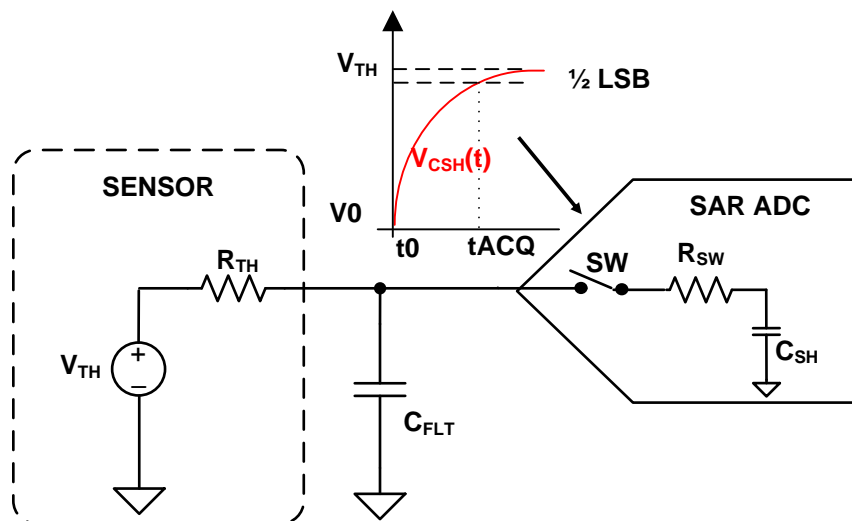
Abhijeet Godbole

設計の説明

この設計書では、センサ出力をSAR ADC入力に直接接続する方法を説明します。環境センサ、ガス検知器、煙/火災感知器などの用途では、入力速度が極めて遅く、センサ出力電圧をサンプリングする速度もかなり遅くなります(10ksps程度)。このようなシステムでは、設計の小型化・低コスト化のために、ドライバ・アンプなしでセンサ出力をSAR ADC入力に直接接続できます。

センサ出力をSAR ADCに直接接続

以下の図は、ドライバ・アンプなしでセンサをSAR ADC入力に直接接続する標準的アプリケーション図です。センサ・ブロックは、センサ出力のテブナン等価回路となっています。電圧源 V_{TH} はテブナン等価電圧で、ソース抵抗 R_{TH} はテブナン等価インピーダンスです。大半のセンサ・データシートには、センサのテブナン・モデルが記載されており、これにより直列インピーダンスの値を簡単に計算できます。



仕様

パラメータ	計算結果	シミュレーション結果	測定結果
ADC過渡入力電圧セトリング誤差	< 0.5LSB < 100.5 μ V	36.24 μ V	N/A
ステップ入力フルスケール範囲	3.15V	3.15V	3.14978
入力ソース・インピーダンス(R_{TH})	10k Ω	10k Ω	10.01k Ω
フィルタ・コンデンサ値(C_{FLT})	680pF	680pF	N/A
ADCサンプリング速度	10ksps	10ksps	10ksps

デザイン・ノート

1. 入力信号のソース・インピーダンスを特定します。入力ソース・インピーダンスとフィルタ・コンデンサ(既知の値)のRC時定数を計算します。
2. 所定のソース・インピーダンスとフィルタ・コンデンサの組み合わせで入力信号が安定化するのに必要な最小アクイジション時間を特定します。
3. 歪みを最小限に抑えるためにCOGコンデンサを選定します。
4. 適切なゲイン・ドリフトを実現し、歪みを最小限に抑えるために、0.1% 20ppm/ $^{\circ}$ C以下の薄膜抵抗を使用します。

ADC入力セトリング用部品選定

アナログ入力ソースに、SAR ADCのスイッチト・キャパシタ負荷を駆動し、SAR ADCのアクイジション時間内にアナログ入力信号をLSBの1/2以内にセトリングする能力があれば、SAR ADCをセンサに直接接続できます。これを実現するには、外付けRCフィルタ(R_{TH} と C_{FLT})がADCのアクイジション時間(t_{ACQ})内に安定化する必要があります。

ADCアクイジション時間と外付けフィルタのRC時定数の関係は次のとおりです。

$$t_{ACQ} \geq k \cdot \tau_{FLT}$$

ここで

- $\tau_{FLT} = R_{TH} \cdot C_{FLT}$
- k はNビットADCの単極時定数です。

次の設計例の値はp.1の表に記載されています。

$$R_{TH} = 10k\Omega$$

$$C_{FLT} = 680pF$$

$K = 11$ (14ビットADCの単極時定数乗数) – 詳細については、『[アナログ回路設計式一覧ポケット・ガイド](#)』のp.96およびp.97を参照してください。

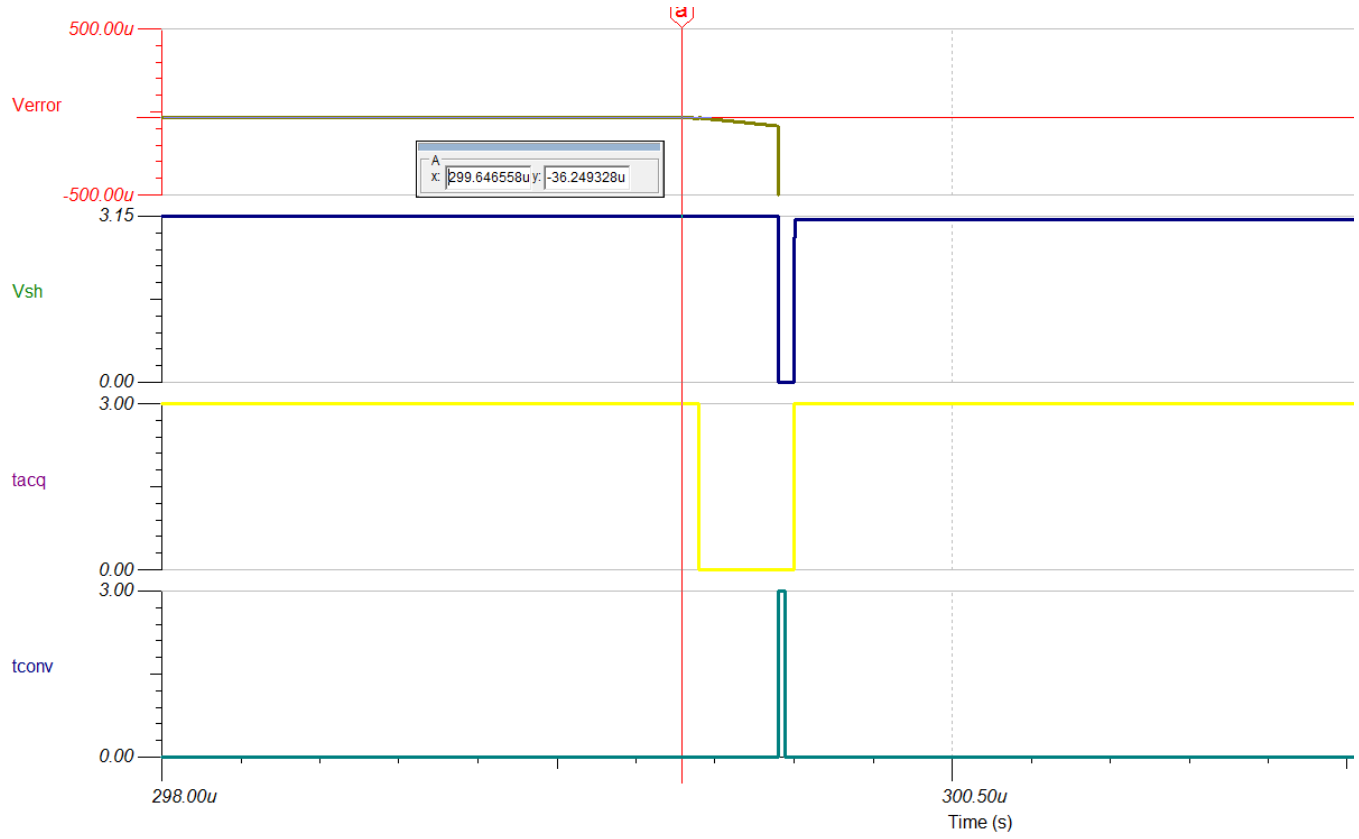
次の式を用いて適切なセトリングに必要な最小アクイジション時間を計算します。

$$t_{ACQ} \geq 11 \cdot 10k\Omega \cdot 680pF = 74.80\mu s$$

SAR ADCとSAR ADC用フロントエンド設計の詳細については、『[Introduction to SAR ADC Front-End Component Selection](#)』を参照してください。

TI-TINAを使用した過渡入力電圧セトリング・シミュレーション

以下の図は、3.15VのDC入力信号を受け取った**ADS7056** ADCのセトリングを示しています。このようなシミュレーションは、サンプル/ホールド・キックバック回路が適正に選定されていることを示します。この件の詳しい理論については、『[TI Precision Labs - ADCs](#)』トレーニング・ビデオ・シリーズの『[Refine the Rfilt and Cfilt Values](#)』を参照してください。



入力信号セトリングのために**SAR ADC**のアクイジション時間を延長

次の方法でスループットを下げることで、**SAR ADC**のアクイジション時間を延長できます。

1. **SCLK**の周波数を下げることによってスループットを下げる。
2. **SCLK**を最高許容値に固定し、**CS**の**HIGH**時間を延長する。

以下の表に**10ksps**のスループットで動作する**ADS7056 SAR ADC**における上記2つのケースのアクイジション時間を示します($t_{\text{cycle}} = 100\mu\text{s}$)。ケース2のほうが、**SCLK**周波数が上がって変換/サイクル時間が固定されるため、入力信号が安定化できるアクイジション時間は長くなっています。

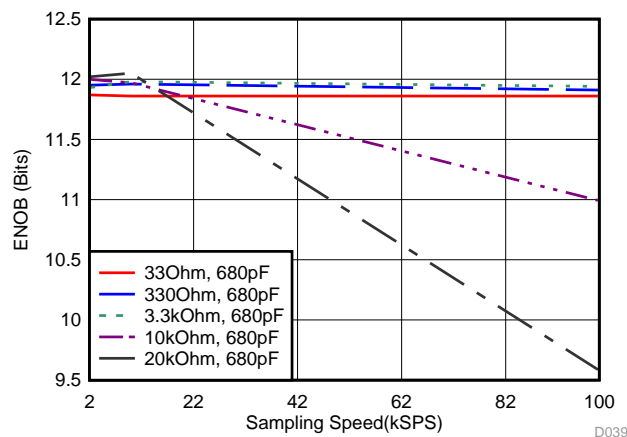
ケース	SCLK	t_{cycle}	変換時間($18 \cdot t_{\text{SCLK}}$)	アクイジション時間 ($t_{\text{cycle}} - t_{\text{conv}}$)
1	0.24MHz	100 μs	74.988 μs	25.01 μs
2	60MHz	100 μs	0.3 μs	99.70 μs

以下の表は、出力インピーダンス**10k Ω** のセンサ出力をADC入力に直接接続したときの**8ビット**、**10ビット**、**12ビット**、**14ビット**のADCのサンプリング速度と有効ビット数(**ENOB**)に関する性能比較を示しています。予想どおり、サンプリング・レートが上がるほどアクイジション時間は短くなるため、**ENOB**は減少します。

サンプリング速度(ksp/s)	ADS7040 (8ビットADC) ENOB ($R_{\text{TH}} = 10\text{k}\Omega$ 、 $C_{\text{FLT}} = 1.5\text{nF}$)	ADS7041 (10ビットADC) ENOB ($R_{\text{TH}} = 10\text{k}\Omega$ 、 $C_{\text{FLT}} = 1.5\text{nF}$)	ADS7042 (12ビットADC) ENOB ($R_{\text{TH}} = 10\text{k}\Omega$ 、 $C_{\text{FLT}} = 1.5\text{nF}$)	ADS7056 (14ビットADC) ENOB ($R_{\text{TH}} = 10\text{k}\Omega$ 、 $C_{\text{FLT}} = 680\text{pF}$)
10	7.93	9.87	10	12.05
100	7.92	9.85	9.97	10.99
500	7.88	9.68	9.95	8.00

さまざまなスループット・レート、さまざまなソース・インピーダンスで達成される性能

以下の図は、さまざまなスループット、さまざまな入力インピーダンスで**ADS7056**により達成される**ENOB**を示しています。なお、以下のグラフの結果は、いずれもアナログ入力信号を**100Hz**とし、ADCドライバ・アンプなしで取得しました。



使用デバイス

デバイス	主な特長	リンク	類似デバイス
ADS7040	分解能: 8ビット、SPI、サンプル・レート: 1Msps、シングルエンド入力、AVDD/Vref入力電圧範囲: 1.6V~3.6V	www.ti.com/product/ADS7040	www.ti.com/adcs
ADS7041	分解能: 10ビット、SPI、サンプル・レート: 1Msps、シングルエンド入力、AVDD/Vref入力電圧範囲: 1.6V~3.6V	www.ti.com/product/ADS7041	www.ti.com/adcs
ADS7042	分解能: 12ビット、SPI、サンプル・レート: 1Msps、シングルエンド入力、AVDD/Vref入力電圧範囲: 1.6V~3.6V	www.ti.com/product/ADS7042	www.ti.com/adcs
ADS7056	分解能: 14ビット、SPI、サンプル・レート: 2.5Msps、シングルエンド入力、AVDD/Vref入力電圧範囲: 1.6V~3.6V	www.ti.com/product/ADS7056	www.ti.com/adcs

注: ADS7042およびADS7056はAVDDを基準入力電圧として使用します。TPS7A47などの高PSRR LDOを電源として使用する必要があります。

設計の参照資料

TIの総合的な回路ライブラリについては、「[アナログ・エンジニア向け回路クックブック](#)」を参照してください。

主要なファイルへのリンク

センサ出力のSAR ADCへの直接接続に関するソース・ファイル – <http://www.ti.com/lit/zip/sbac178>

改訂履歴

改訂内容	日付	変更
A	2019年3月	タイトルを大文字から普通の表記にし、タイトルのロールを「データ・コンバータ」に変更。回路クックブックのランディング・ページへのリンクを追加。

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションが適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、お客様のみが単独で負うものとします。上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、TI の販売約款 (<https://www.tij.co.jp/ja-jp/legal/terms-of-sale.html>)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ合同会社
Copyright © 2021, Texas Instruments Incorporated