

Analog Engineer's Circuit

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)



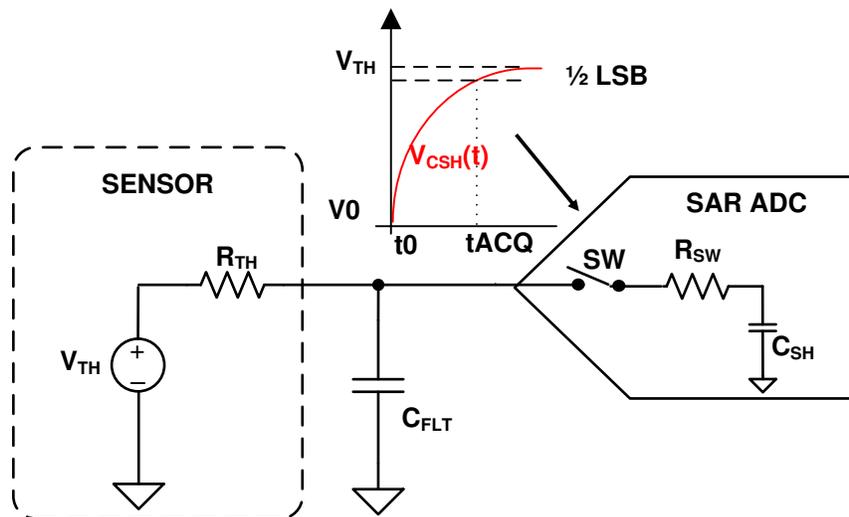
Abhijeet Godbole

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。ワイヤレス環境センサ、ガス検知器、煙 / 熱感知器などの用途では、入力の変化が非常にゆっくりなので、センサ出力電圧のサンプリングも低速になります (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	該当なし
ステップ入力フルスケール範囲	3.15 V	3.15 V	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	該当なし
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 入力セトリング用の部品選定

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。

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

ここで、

- $\tau_{FLT} = R_{TH} \times C_{FLT}$
- 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 エンジニアのポケットリファレンス ガイド](#)』e-Book の p.96 および p.97 を参照してください。

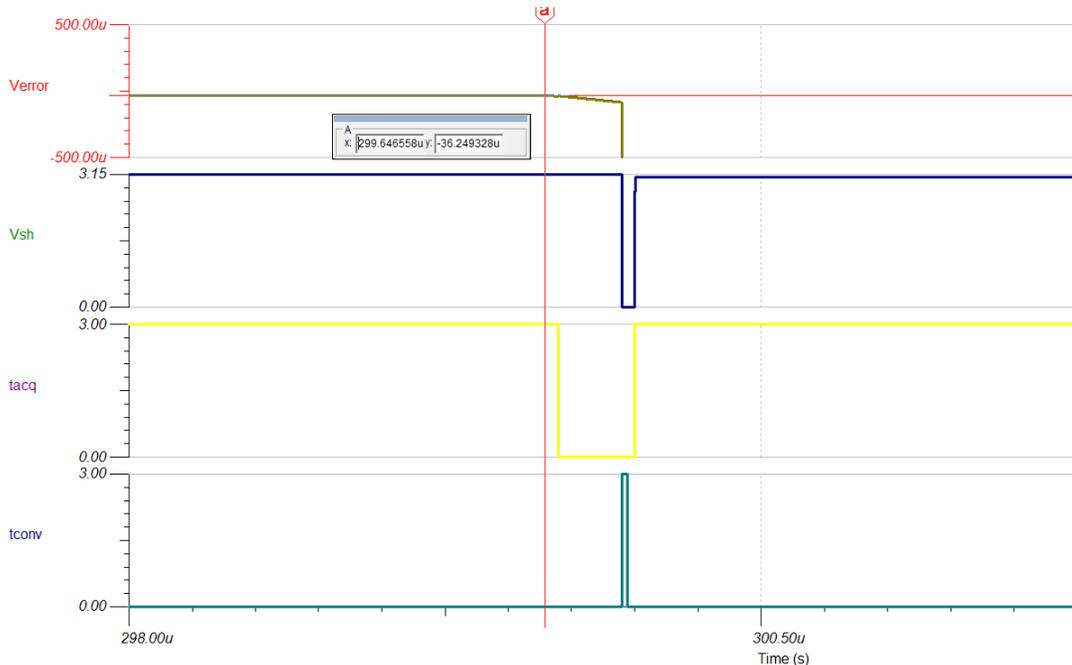
次の式を用いて適切なセトリングに必要な最小アクイジション時間を計算します。

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

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](#)』ビデオ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。



入力信号セリングのために SAR ADC のアキュ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により、SAR ADC のアキュ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 つのケースのアキュ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キュイジション時間は長くなっています。

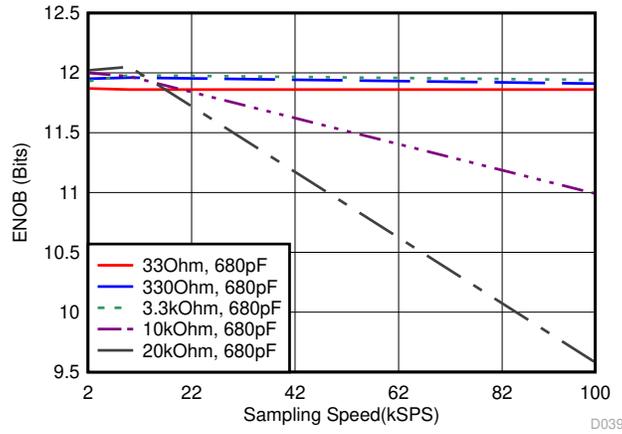
ケース	SCLK	t_{cycle}	変換時間 ($18 \times t_{\text{SCLK}}$)	アキュイジション時間 ($t_{\text{cycle}} - t_{\text{conv}}$)
1	0.24MHz	100 μs	74.988 μs	25.01 μs
2	60MHz	100 μs	0.3 μs	99.70 μs

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キュ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 (ksps)	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	超低消費電力、超小型サイズ SAR ADC、8ビット、1MSPS、シングルエンド	A/D コンバータ (ADC)
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	超低消費電力、超小型サイズ SAR ADC、10ビット、1MSPS、シングルエンド	
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	SPI 搭載、12ビット、1MSPS、超低消費電力、超小型サイズ SAR ADC	
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	SPI 搭載、14ビット、2.5MSPS、超低消費電力、超小型サイズ SAR ADC	

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。

主要なファイルへのリンク

テキサス・インスツルメンツ、[SBAA256 用のソース ファイル](#)、[SBAC178 サポート ファイル](#)

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision A (March 2019) to Revision B (September 2024) Page

- 文書全体にわたって表、図、相互参照の書式を更新..... 1

Changes from Revision * (January 2018) to Revision A (March 2019) Page

- 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」に変更し、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。..... 1

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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、テキサス・インスツルメンツ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 テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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に該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、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 テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

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に該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、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 の販売条件](#)、または [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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated