

# 統合アナログ・フロントエンド(AFE) SAR ADCの入力電圧範囲を 拡大する回路

Cynthia Sosa

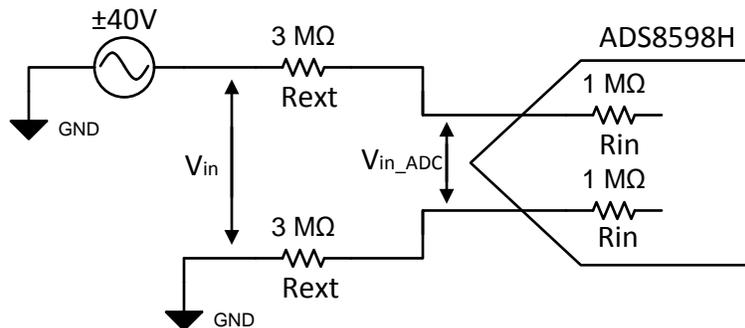
入力	ADC入力	デジタル出力
VinMin = -40V	AIN-xP = -10V、AIN-xGND = 0V	-131072 <sub>10</sub> または20000 <sub>H</sub>
VinMax = 40V	AIN-xP = 10V、AIN-xGND = 0V	131071 <sub>10</sub> または1FFFF <sub>H</sub>

電源	
AVDD	DVDD
5V	3.3V

## 設計の説明

このクックブックでは、統合アナログ・フロントエンド(AFE)でSAR ADCの入力電圧範囲を拡大し、2点較正法を実装して精度低下を抑える方法について述べます。この設計では入力電圧範囲±10VのADS8598Hを使用して、対応可能な入力電圧範囲を±40Vまで拡大します。これにより、電圧降下用のアナログ回路を追加することなく広い入力電圧範囲を利用でき、代わりに単純な分圧器を使用してデバイスのAFEと相互作用することで、デバイスの入力電圧に近い値まで電圧を降下できます。較正法を実装して、誤差の発生を抑えることができます。

類似のクックブック『外付けRCフィルタ回路が統合アナログ・フロントエンド(AFE): ±10Vの利得/ドリフト誤差に与える影響の低減』では、外付け部品に起因するドリフトの測定方法を説明しており、こちらも参考になります。ADCで測定可能な入力電圧範囲の拡大は、[データ収集モジュール](#)、[多機能リレー](#)、[ACアナログ入力モジュール](#)、[鉄道輸送用制御ユニット](#)といった最終機器で有用とされています。



## 仕様

仕様	較正なしの精度測定結果	較正ありの精度測定結果
±40V	0.726318%	0.008237%

### デザイン・ノート

- 50ppm/°C、許容差1%以下の低ドリフトの抵抗を使用して、温度ドリフトに起因する誤差を低減します。なお、抵抗値が1MΩ以上になると、低ドリフトの高精度抵抗のコストは高くなる可能性があります。
- この構成では多くの場合、入力フィルタが必要とされます。これを大きな入力インピーダンスの直後に配置すると、コンデンサのリーク電流によって誤差を生じる可能性があります。入力フィルタ・コンデンサが必要な場合については、この設計書に代替回路を示します。

### 部品選定

デバイスの内部インピーダンスは1MΩであり、外部抵抗は希望する入力電圧範囲(V<sub>in</sub>)、この場合には±40Vに基づいて選定します。この外部抵抗がデバイスの内部インピーダンスとともに分圧器を形成し、ADC入力ピンの入力電圧(V<sub>in,ADC</sub>)をデバイスの入力電圧範囲である±10V以内に降下します。

- 分圧器の式を並べ替えて外部抵抗値を求めます。後でこの式を用いて、入力電圧からV<sub>in,ADC</sub>の推定値を計算できます。

$$V_{in,ADC} = V_{in} \cdot \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{ext}}$$

$$R_{ext} = \frac{V_{in} \cdot R_{in}}{V_{in,ADC}} - R_{in}$$

- 希望の入力電圧範囲に対応する外部抵抗値を求めます。V<sub>in</sub> = ±40V, R<sub>in</sub> = 1MΩ

$$R_{ext} = \frac{40V \cdot 1M\Omega}{10V} - 1M\Omega$$

入力電圧範囲は、採用する外部抵抗値に応じてさまざまに拡大できます。

V <sub>in</sub>	R <sub>ext</sub>
±40	3MΩ
±30	2MΩ
±20	1MΩ
±12	200kΩ

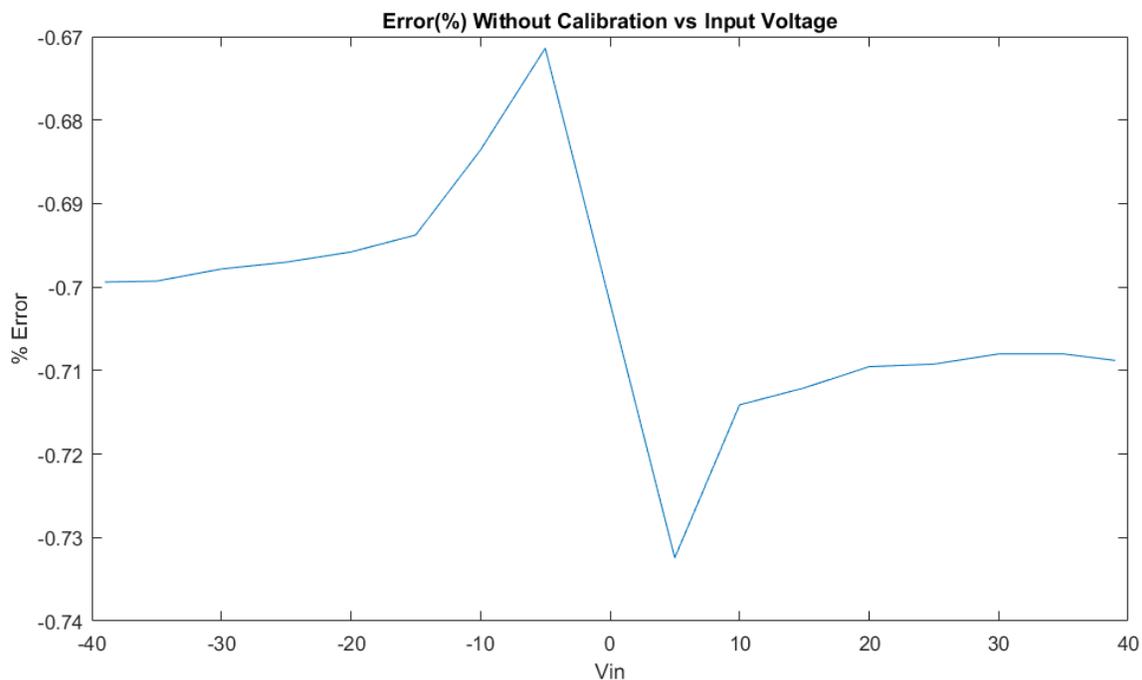
## 較正なしでの測定

±40Vの全範囲でさまざまなDC入力値を採用して、ADCの入力電圧と測定精度を測ります。次の式は、ADCが読み出すアナログ電圧の計算方法を示しています。ここで、FSRはシステムの全入力電圧範囲であり、この場合には40Vとなります。2という係数が記載されているのは、バイポーラ入力だからであり、入力電圧範囲は実際には±40Vすなわち80Vの範囲になります。この式の $V_{out\_ADC}$ は±40Vの範囲となり、システムの入力範囲に対応しています。

$$V_{out\_ADC} = Code_{out} \frac{2 \cdot FSR}{2^N}$$

値の誤差率は次の式で計算します。

$$Error(\%) = \frac{V_{in\_ADC} - V_{out\_ADC}}{V_{in\_ADC}} \cdot 100$$



## 2点較正

外部抵抗に起因する読出誤差を除去するために、較正を適用できます。2点較正では、ADCの線形範囲内で全入力電圧範囲から0.25Vの2つのテスト信号を印加し、サンプリングします。次に、このサンプル測定値を用いて線形伝達関数の勾配とオフセットを計算します。較正により、外部抵抗に起因する利得誤差と内蔵デバイスの利得誤差の両方が解消されます。

1. -39Vのテスト信号を印加します。

Vmin	コード測定結果
-39V	-128689

2. 39Vのテスト信号を印加します。

Vmax	コード測定結果
39V	128701

3. 勾配とオフセットの較正係数を計算します。

$$m = \frac{\text{Code}_{\max} - \text{Code}_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} = \frac{128701 - (-128689)}{39V - (-39V)} = 3299.872$$

$$b = \text{Code}_{\min} - m \cdot V_{\min} = -128689 - 3299.872 \cdot (-39V) = 6.008$$

4. 較正係数をすべての後続測定に適用します。

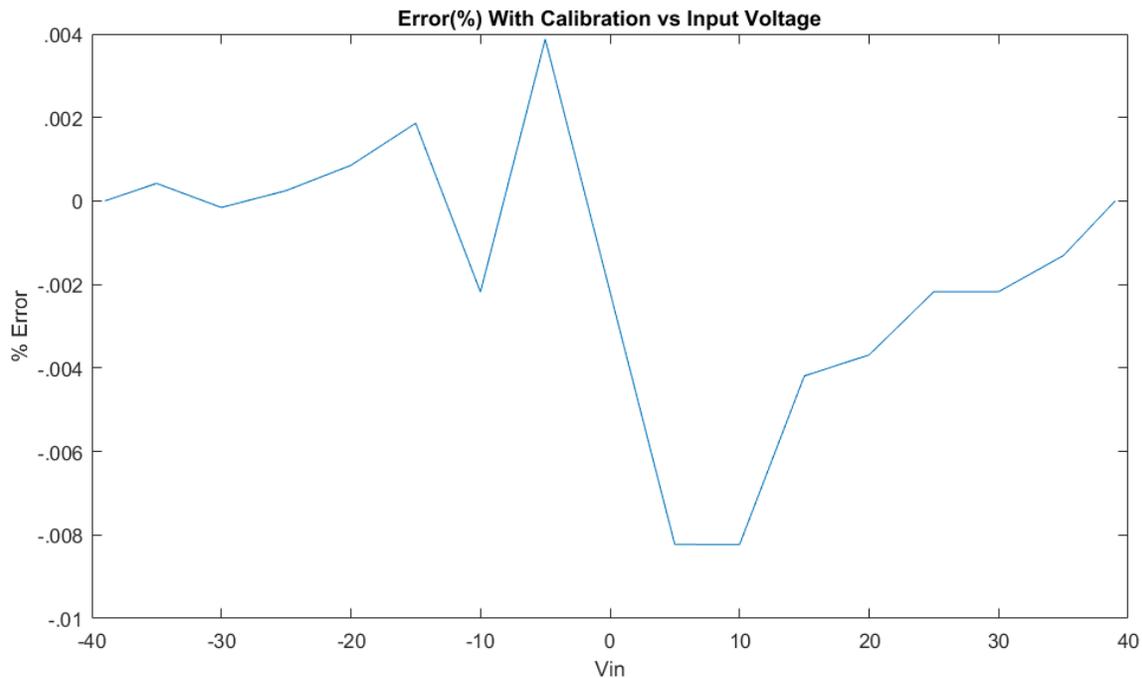
$$V_{\text{in Calibrate}} = \frac{\text{Code} - b}{m} = \frac{128701 - 6.008}{3299.872} = 38.999$$

## 2点較正での測定

較正係数

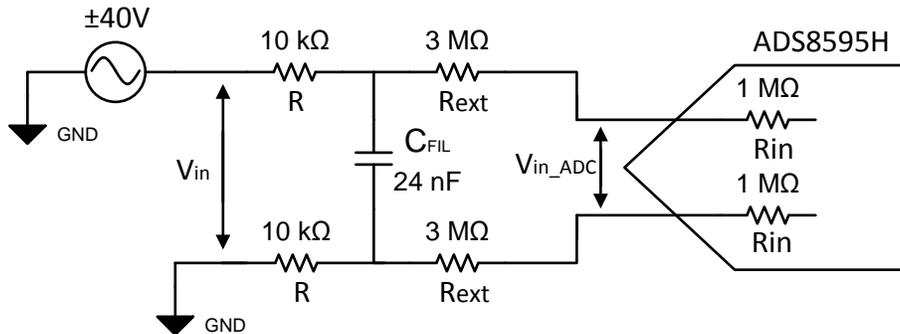
$$m = 3299.872; b = 6.008$$

較正を適用すると、読出誤差は大幅に低減します。



フィルタ・コンデンサ付き代替回路

値の高い抵抗を使用するため、コンデンサの導入により、ドリフトの増大など、読出値に大きな影響を与えることになります。その原因はコンデンサのリーク電流にあります。このリーク電流は時間や温度の変化に伴って変動し、較正困難な誤差を生み出します。入力フィルタを必要とする場合は、代替回路を使用して実装できます。入力信号との関係で、コンデンサは外部抵抗の前に平衡RCフィルタとともに配置します。



フィルタ・コンデンサ付き代替回路 - 部品選定

外付けアンチエイリアシングRCフィルタはノイズを低減し、電氣的オーバーストレスからデバイスを保護します。同相ノイズ除去性能を高めるには平衡RCフィルタを構成する必要があり、正負両方の入力経路に整合する外部抵抗を追加します。これらの外部抵抗もまた、デザイン・ノートに記載した低ドリフト抵抗とする必要があります。

1. 希望するカットオフ周波数に応じてR値を選定します。この例ではカットオフ周波数を320Hz、抵抗値を10kΩとします。

$$R = 10k\Omega$$

2.  $C_{FIL}$ を選定します。

$$C_{FIL} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot 2 \cdot R} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 320\text{Hz} \cdot 2 \cdot 10k\Omega} = 24.8\text{nF}$$

利用可能な最も近い標準コンデンサの値、 $C_{FIL} = 24\text{nF}$

使用デバイス

デバイス	主な特長	リンク	類似デバイス
ADS8598H	18ビット高速8チャンネル同時サンプリングADC、単一電源によるバイポーラ入力対応	<a href="http://www.ti.com/product/ADS8598H">www.ti.com/product/ADS8598H</a>	<a href="http://www.ti.com/adcs">www.ti.com/adcs</a>

## 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