

計装アンプを使用した高電圧 SAR 駆動回路

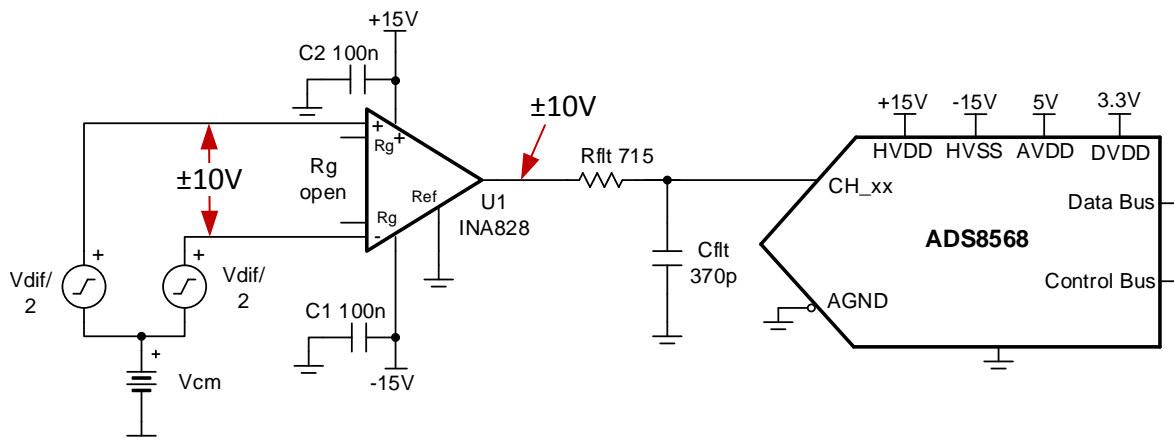
Dale Li

入力	ADC入力	デジタル出力ADS7042
-10V	-10V	8000H
+10V	+10V	7FFFH

電源				
AVDD	DVDD	V _{ref}	V _{cc}	V _{ee}
5.0V	3.0V	5.0V	+15V	-15V

設計の説明

計装アンプは低ノイズ、低オフセット、低ドリフト、高 CMRR、高精度に最適化されています。INA828 計装アンプは $\pm 10V$ の範囲で差動からシングルエンドへの変換を実行します。INA828 は優れた DC 性能 (オフセット、ドリフト) と十分な帯域幅を備えています。ADS8568 は $\pm 10V$ のシングルエンド入力に構成できるため、INA828 と組み合わせて使用するのに理想的です。最適なセッティングを実現するには、サンプリング・レートを 200kSPS 以下に制限する必要があります。これよりも高いサンプリング・レートについては、『Driving High-Voltage SAR ADC with a Buffered Instrumentation Amplifier』(英語) を参照してください。また、この設計例ではユニティ・ゲイン ($G=1$) を使用して、 $\pm 10V$ の差動入力信号を $\pm 10V$ のシングルエンド出力に変換します。これよりも小さい入力信号あるいは大きいゲインについては、『Circuit for Driving an ADC with an Instrumentation Amplifier in High Gain』(英語) を参照してください。この回路は、高精度の信号処理とデータ変換を必要とする産業用輸送やアナログ入力モジュールに適しています。



仕様

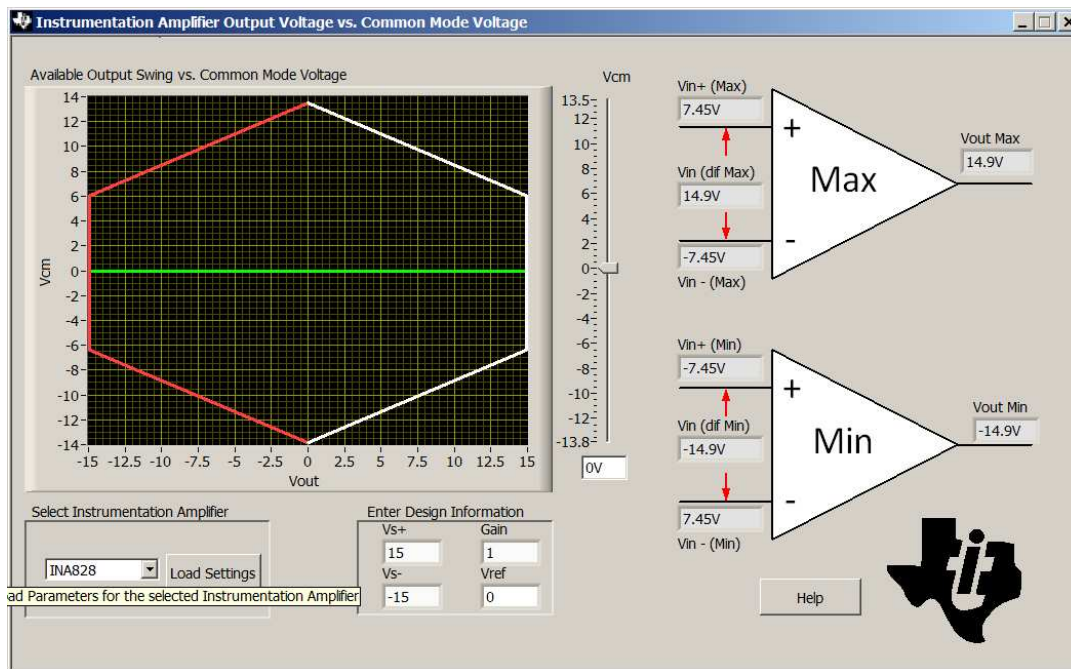
仕様	目標	計算結果	シミュレーション結果
過渡セトリング誤差	< 1/2 LSB ($\pm 152\mu\text{V}$)	該当なし	-105 μV
ノイズ	< 20 μV	103 μV	86.6 μV

デザイン・ノート

1. 計装アンプの帯域幅は通常、高いデータレートで SAR データ・コンバータを駆動するには不十分です。この例では、サンプリング・レートを 510kSPS から 200kSPS に下げて適切なセトリングを実現しています。最大サンプリング・レートについては、『[Driving High-Voltage SAR ADC with a Buffered Instrumentation Amplifier](#)』(英語)を参照してください。
2. 「[計装アンプの入力同相範囲を計算](#)」ソフトウェア・ツールを使用して、計装アンプの同相入力電圧範囲と出力電圧範囲を確認します。
3. 歪みを最小限に抑えるために、 C_{fit} には COG コンデンサを使用します。
4. 「[プレジジョン・ラボ](#)」ビデオ・シリーズで、電荷バケツ回路の C_{fit} と R_{fit} の選択方法を説明しています。この件の詳細については、『[Introduction to SAR ADC Front-End Component Selection](#)』(英語)を参照してください。

部品選定

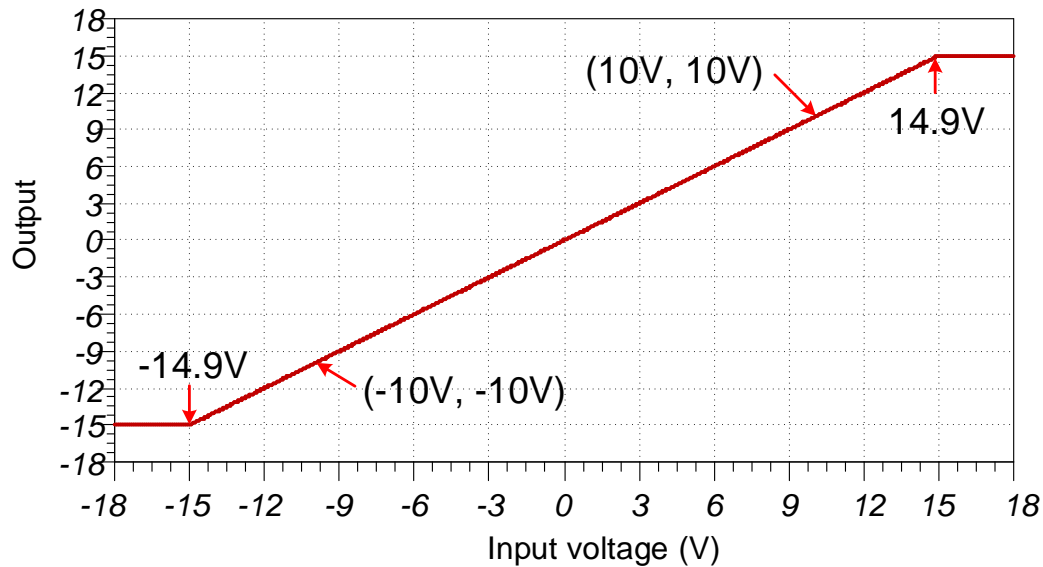
1. **ADS8568** は $\pm 10\text{V}$ のシングルエンド入力信号に対応できます。**INA828** を使用して $\pm 10\text{V}$ の差動信号を $\pm 10\text{V}$ のシングルエンド信号に変換します。したがって、この例では **INA828** はユニティ・ゲインであり、外部ゲイン設定抵抗 R_g は不要です。入力信号範囲が小さく、ゲインが必要な場合は、『[Circuit for Driving an ADC with an Instrumentation Amplifier in High Gain](#)』(英語) を参照してください。
2. **INA826** の基準電圧 (V_{ref}) 入力を使用して、非対称の入力範囲をシフトし、ADC の入力範囲に一致させます。この例では、入力範囲が対称であるため、 V_{ref} ピンは接地します ($V_{ref} = 0\text{V}$)。 V_{ref} ピンを使用して非対称の入力信号を調整する例については、『[Circuit for Driving an ADC with an Instrumentation Amplifier in High Gain](#)』(英語) を参照してください。
3. 『[Common-Mode Input Range Calculator for Instrumentation Amplifiers](#)』を使用して、**INA828** が同相入力電圧範囲を逸脱していないかどうかを確認します。下図の同相モード・カリキュレータは、同相入力電圧 0V に対して出力振幅は $\pm 14.9\text{V}$ であることを示しています。



4. **TINA SPICE** と『[Introduction to SAR ADC Front-End Component Selection](#)』(英語) で説明する手法を用いて C_{filt} と R_{filt} の値を求めます。本書に示す R_{filt} と C_{filt} の値は当該回路において有効ですが、別のアンプを使用する場合、**TINA SPICE** を用いて改めて値を求める必要があります。

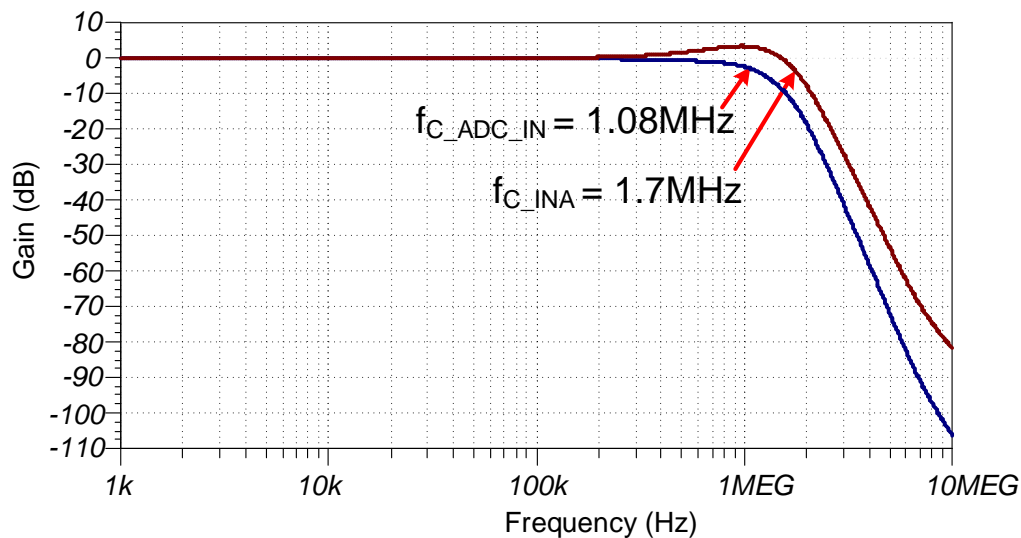
DC 伝達特性

以下のグラフは、 -14.9V ～ $+14.9\text{V}$ の差動入力に対する出力の線形応答を示しています。ADC の入力電圧範囲は $\pm 10\text{V}$ であるため、アンプは必要な範囲を優に超えて直線性を維持しています。この件の詳しい理論については、『[Determining a SAR ADC's Linear Range when using Instrumentation Amplifiers](#)』(英語) を参照してください。ADC の入力電圧範囲 (FSR) は計装アンプの線形範囲内に収まっています。



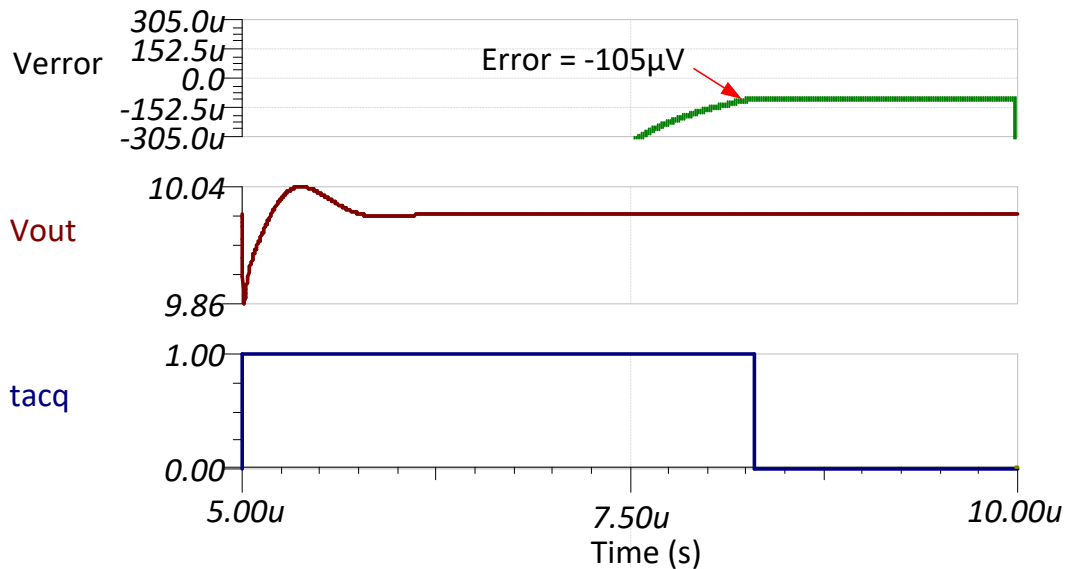
AC 伝達特性

この回路の帯域幅のシミュレーション結果は 446.75kHz であり、ゲインは 0dB です。



ADC 過渡入力電圧セトリング・シミュレーション (200kSPS)

以下のシミュレーションは、INA828 と ADS8568 による DC 10V 入力信号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により、ADS8568 のサンプリングレート (200kSPS) で ½ LSB (152µV) 以内となるようサンプル/ホールド・キックバック回路を適切に選択していることが示されます。この件の詳しい理論については、『ADC Front End Component Selection』(英語) ビデオ・シリーズを参照してください。



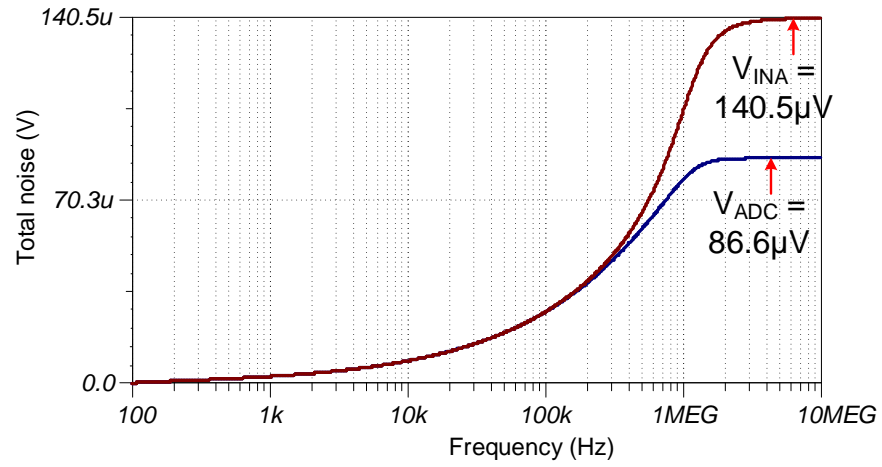
ノイズ

このセクションでは、概算用の簡易なノイズ計算を示します。帯域幅の推定値は TINA シミュレーションから、ノイズ密度の値は『INA828 50µV オフセット、7nV/√Hz ノイズ、低消費電力、高精度計装アンプ』データシートから引用しました。フィルタが 2 次である (INA と出力フィルタの両方に極がある) ため、Kn 係数を 1.22 とします。

$$E_{n-ADC} = Gain \cdot \sqrt{e_{nl}^2 + \left(\frac{e_{no}}{Gain}\right)^2} \cdot \sqrt{K_n \cdot f_c}$$

$$E_{n-ADC} = 1 \cdot \sqrt{(7 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}})^2 + \left(\frac{90 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}}{1}\right)^2} \cdot \sqrt{1.22 \cdot 1.08 \text{ MHz}} = 103 \mu\text{Vrms}$$

シミュレーション結果と計算結果は近いものの厳密には一致していないことに注意します (シミュレーション結果 = 86.6µV、計算結果 = 103µV)。この差の理由は、INA にゲインのピーキングがあることと、フィルタ次数を 2 と近似しているが、実際には INA とフィルタの極が正確には一致しないことです。



使用デバイス

デバイス	主な特長	リンク	他の使用可能デバイス
ADS8860	分解能 16ビット、SPI、サンプル・レート 1MSPS、シングルエンド入力、Vref 入力範囲 2.5V~5.0V	http://www.ti.com/product/ADS8860	http://www.ti.com/adcs
INA826	帯域幅 1MHz (G=1)、低ノイズ 18nV/√Hz、低オフセット ±40μV、低オフセット・ドリフト ±0.4μV/°C、低ゲイン・ドリフト 0.1ppm/°C (標準値)	http://www.ti.com/product/INA826	http://www.ti.com/inas

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

この回路のソース・ファイル - <http://www.ti.com/lit/zip/SBAC217>

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