

## Application Brief

# ツェナーシフトされたフローティング グランドおよび絶縁デジタル インターフェイスを使用した高精度高電圧電流検出



## はじめに

このアプリケーション ブリーフでは、利用可能なデバイスの制限により直接測定が不可能な高電圧電源システムにおいて、高精度な電流測定を実現する小型の耐放射線設計について説明します。この設計のセンシング部分にシフト グランドを使用することで、同相電圧が 200 ~ 400V の条件下でも、低電圧許容のデバイスを用いてシャント抵抗を流れる電流を測定できます。

## アプリケーション

高電圧 DC バス (80 ~ 400V) は、導通損失を最小化するために宇宙アプリケーションでの採用が進んでおり、質量に制約のあるシステムにおいてケーブルやコネクタの軽量化を可能にします。ただし、耐放射線性の電流センス IC は入力電圧が 100V 未満に制限されているため、電気推進スラスタ、月面発電、高電圧バッテリー バンク、ソーラー パネル アレイへの統合が複雑になります。

## 主な利点

電圧が高いほどケーブルの薄型化が可能で、システムの重量を最大 30% 低減できます。

放射線耐性: 30krad、43MeV·cm<sup>2</sup>/mg

高電圧絶縁: 最大 3000V (ISOS141-SEP)、パーツの選択肢により拡張可能。

統合の容易さ: マイコン / FPGA へのデジタル SPI 出力。電圧バリアをまたぐアナログ信号なし。

## 回路の説明およびブロック図

このデザインでは、ツェナーシフトされたフローティング グランド手法を利用することで、低電圧の電流センス アンプと ADC を、標準の IC 定格をはるかに超える条件下でも安全に動作させることができます。このアプリケーションでは、4.7V のツェナー ダイオードを選択しました。この部品の特性によって、ツェナー電圧は ADC の最大入力電圧を超えないことが保証されます。レギュレートされた電圧を生成するには、ブレイクダウン電圧を維持するのに十分な電流でツェナー ダイオードを逆バイアスする必要があります。この電流とアンプおよび ADC に供給される電流が、バイアス抵抗を流れます。供給電圧、ツェナー ダイオード電流、必要な電源電流に基づいて、R bias の値を選択します。

$$R_{bias} = \frac{V_{in} - V_z}{I_z + I_{amp} + ADC} \quad (1)$$

シャント抵抗を使用して、電流センス アンプの電圧入力を生成します。この電圧は 20V/V のゲインで増幅され、ADC に直接接続されます。ADC の入力範囲は、ツェナー ダイオードによって設定される電源電圧に制限されます。これは、センス抵抗で使用できる電圧範囲が 0V から次の値までであることを意味します: 4.7V

$$V_z / 20 \text{ V/V} \quad (2)$$

$$4.7\text{V} / 20 = 235\text{mV} \quad (3)$$

ADC 出力にデジタル アイソレータを追加することで、ADC からの SPI データを、0V のグランド基準の通常電圧で動作するプロセッサまたは FPGA で利用できます。

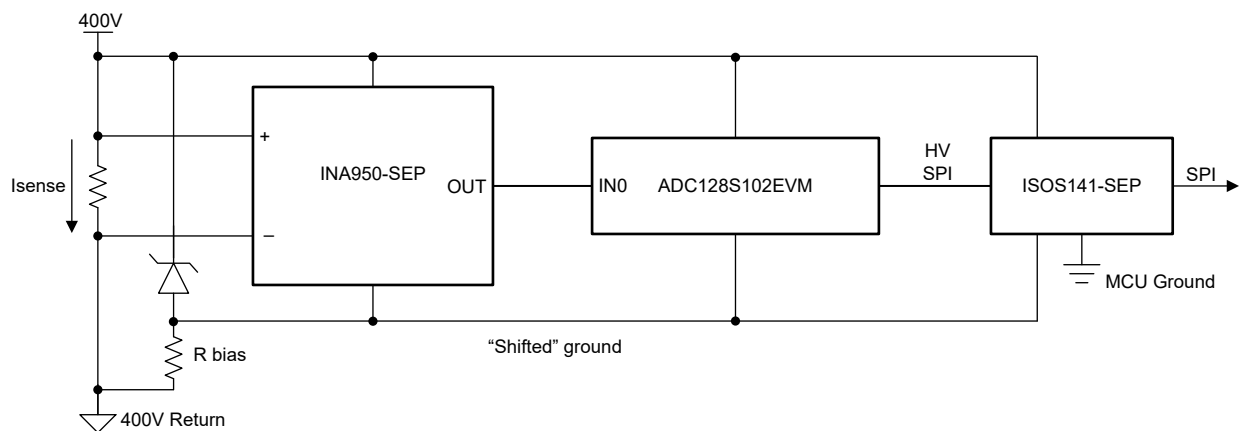


図 1. 概略ブロック図

## テスト

図 1 のブロック図に従って、INA950-SEP、ADC128S102-SEP、ISOS141-SEP の各評価基板を接続し、回路をテストしました。センス抵抗両端の電圧は、0 ~ 220mV の範囲で段階的に調整されます。対応するサンプリング電圧は、ADC の GUI から記録されました。テスト データは、ADC128S102 EVM GUI と ADC-PHI\_PRU\_EVM ボードを使用して収集されました。

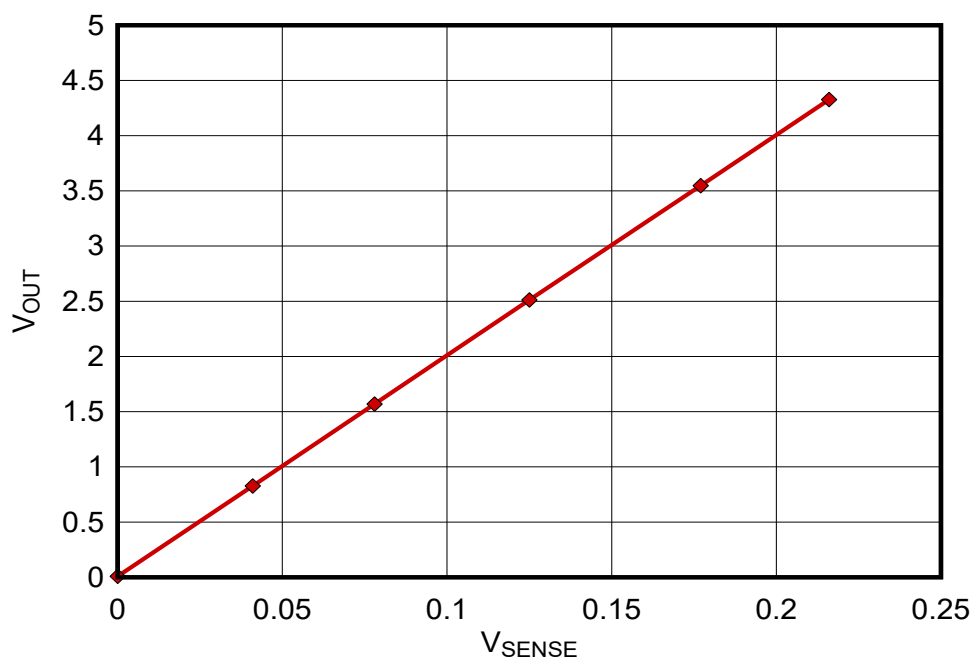


図 2. テスト データ

## ターゲット アプリケーション

宇宙推進 (ホール / イオン スラスタ): 300 ~ 1000V、電流制御による高精度な推力ベクタリング。

月の電力グリッド: 400 ~ 1000V DC 配電、苛酷な環境での故障検出。

高電圧バッテリー バンク: 400 ~ 800V パック、健全性状態監視。

ソーラー アレイ スtring: 600 ~ 1500V、最大電力点追従のための String あたり電流。

## その他資料

[宇宙用エンハンスト製品、2.7V ~ 80V、1.1MHz、超精密電流検出アンプ](#)

[耐放射線特性、8 チャンネル、50kSPS ~ 1MSPS、12 ビット A/D コンバータ \(ADC\)](#)

[耐放射線特性、宇宙向け強化プラスチックパッケージに封止、クワッドチャンネル、3/1 デジタル アイソレータ](#)

[デジタル アイソレータ デザイン ガイド](#)

[各種高精度 ADC 評価基板を TMS64GPEVM または TMS243GPEVM PRU に接続するためのアダプタ カード](#)

[エレクトロニクス放射線ハンドブック](#)

[宇宙製品セレクション ガイド](#)

[TI E2E フォーラム](#)

## 商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 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、TI は一切の責任を拒否します。

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](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](https://www.ti.com) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

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

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月