

Analog Engineer's Circuit

±250mV の入力範囲、シングルエンド出力電圧の絶縁型電流センシング回路



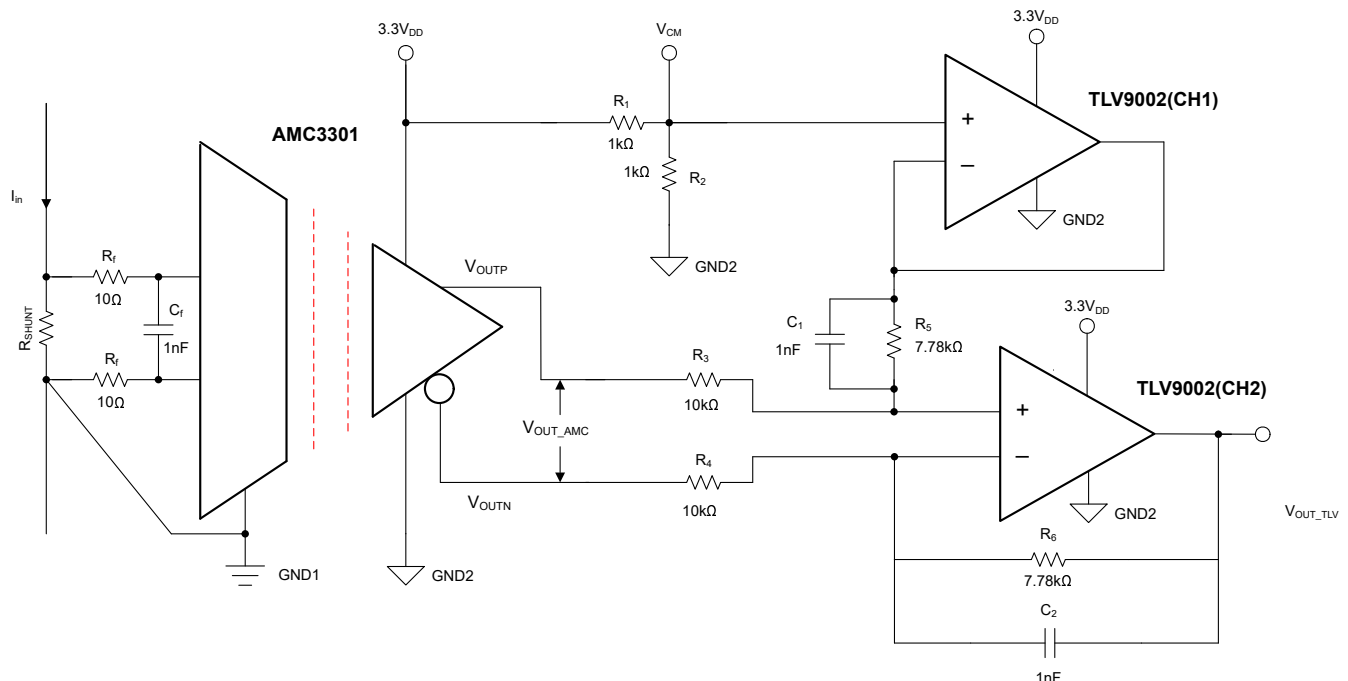
Data Converters

設計目標

電流源		入力電圧		出力電圧	単一電源
$I_{IN\ MIN}$	$I_{IN\ MAX}$	$V_{IN\ DIFF,\ MIN}$	$V_{IN\ DIFF,\ MAX}$	$V_{OUT\ SE}$	V_{DD}
-10 A	10 A	-250 mV	250 mV	55 mV~3.245 V	3.3 V

設計の説明

この絶縁型電流センシング回路は、25mΩ のシャント抵抗の両端において 2.5W の公称消費電力で、-10A~10A の負荷電流を正確に測定できますが、これらに限定されません。この絶縁型アンプの入力のリニア範囲は -250mV~250mV、差動出力スイングは -2.05V~2.05V、出力同相電圧 (V_{CM}) は 1.44V です。絶縁型アンプ回路のゲインは 8.2V/V に固定されています。TLV9002 は、差動出力信号をシングルエンド信号に変換するために使用されます。この信号は、ADS8326 などのシングルエンド ADC と組み合わせて使用したり、分圧器から派生した V_{CM} をバッファリングしたりできます。1.65V のリファレンス電圧を使用して、最終的な出力電圧範囲と同相電圧レベルを設定します。



デザイン ノート

1. AMC3301 は、精度、入力電圧範囲、デバイスのシングル ローサイド電力要件により選択されました。
2. TLV9002 は、低コスト、低オフセット、小型、デュアル チャネルであることから選択されました。
3. TLV9002 と AMC3301 に電力を供給し、シングルエンド出力用の同相電圧を供給する AVDD には、低インピーダンス、低ノイズのソースを選択します。
4. 最高の精度を求める場合は、温度係数の小さい高精度シャント抵抗を使用してください。
5. 予測されるピーク入力電流レベルに対応する電流シャントを選択します。
6. 連続動作の場合は、IEEE 規格に従って、通常の条件下では定格電流の 2/3 を超える電流でシャント抵抗を動作させないことをお勧めします。消費電力の要件が厳しいアプリケーションでは、シャント抵抗をさらに減らすか、定格ワット数を増やすことが必要な場合もあります。
7. 適切な分圧抵抗値を使用して、TLV9002 のチャンネル 1 の同相電圧を設定してください。
8. シングルエンド出力に適切な出力スイングが得られるように、TLV9002 のチャンネル 2 のゲイン設定抵抗に適切な値を選択します。

設計手順

1. 入力電流範囲と絶縁アンプの固定ゲインがある場合、伝達方程式を決定します。

$$V_{OUT} = I_{in} \times R_{shunt} \times 8.2$$

2. 最大シャント抵抗値を決定します。

$$R_{SHUNT} = \frac{V_{inMax}}{I_{inMax}} = \frac{250mV}{10A} = 25m\Omega$$

3. シャント抵抗の最小消費電力を決定します。

$$Power_{RSHUNT} = I_{inMax}^2 \times R_{SHUNT} = 100A \times .025\Omega = 2.5W$$

4. 3.3V ADC と接続する場合、AMC3301 と TLV9002 の両方が 3.3V の電源電圧で動作するため、単一電源を使用できます。
5. TLV9002 のチャンネル 1 を使用して、チャンネル 2 のシングルエンド出力の同相電圧 1.65V を設定します。3.3V 電源の場合、単純な分圧抵抗を使用して 3.3V を 1.65V に分圧できます。R2 に 1kΩ を使用するなら、R1 は次の式で計算できます。

$$R_1 = \frac{V_{DD} \times R_2}{V_{CM}} - R_2 = \frac{5V \times 1000\Omega}{2.5V} - 1000\Omega = 1000\Omega$$

6. TLV9002 はレール ツー レールのオペアンプです。ただし、TLV9002 の出力は、電源レールから最大 55mV までスイングします。この要件を満たすには、シングルエンド出力は 55mV ~ 3.245V (3.19Vpk-pk) の範囲でスイングする必要があります。
7. AMC3301 の V_{OUTP} および V_{OUTN} 出力は 2.05Vpk-pk で、180 度の位相差があり、同相電圧は 1.44V です。したがって、差動出力は ±2.05V または 4.1Vpk-pk です。

TLV9002 の出力制限内に維持するには、AMC3301 の出力を 3.19/4.1 の係数で減衰させる必要があります。R₃ = R₄、R₅ = R₆ の場合、R₅ と R₆ の計算には、次に示す差動からシングルエンドのへ段の伝達関数を使用できます。

$$V_{OUT_TLV} = (V_{OUTP} - V_{OUTN}) \times \left(\frac{R_{5,6}}{R_{3,4}} \right) + V_{CM}$$

8. 前に計算した TLV9002 の出力スイングを使用し、R₃ と R₄ を 10kΩ に選択すると、R₅ と R₆ は次の式で 7.78kΩ と計算できます。

$$3.245 = (2.465V - 415mV) \times \left(\frac{R_{5,6}}{10k\Omega} \right) + 1.65$$

標準の 0.1% 抵抗値では、7.77kΩ を使用できます。これにより、TLV9002 の制限範囲内で最大の出力スイングが得られます。

9. コンデンサ C_1 および C_2 は、抵抗 R_5 および R_6 と並列に配置され、高周波成分を制限します。 $R_5 = R_6$ かつ $C_1 = C_2$ のとき、カットオフ周波数は次の式で計算できます。

$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times R_{5,6} \times C_{1,2}}$$

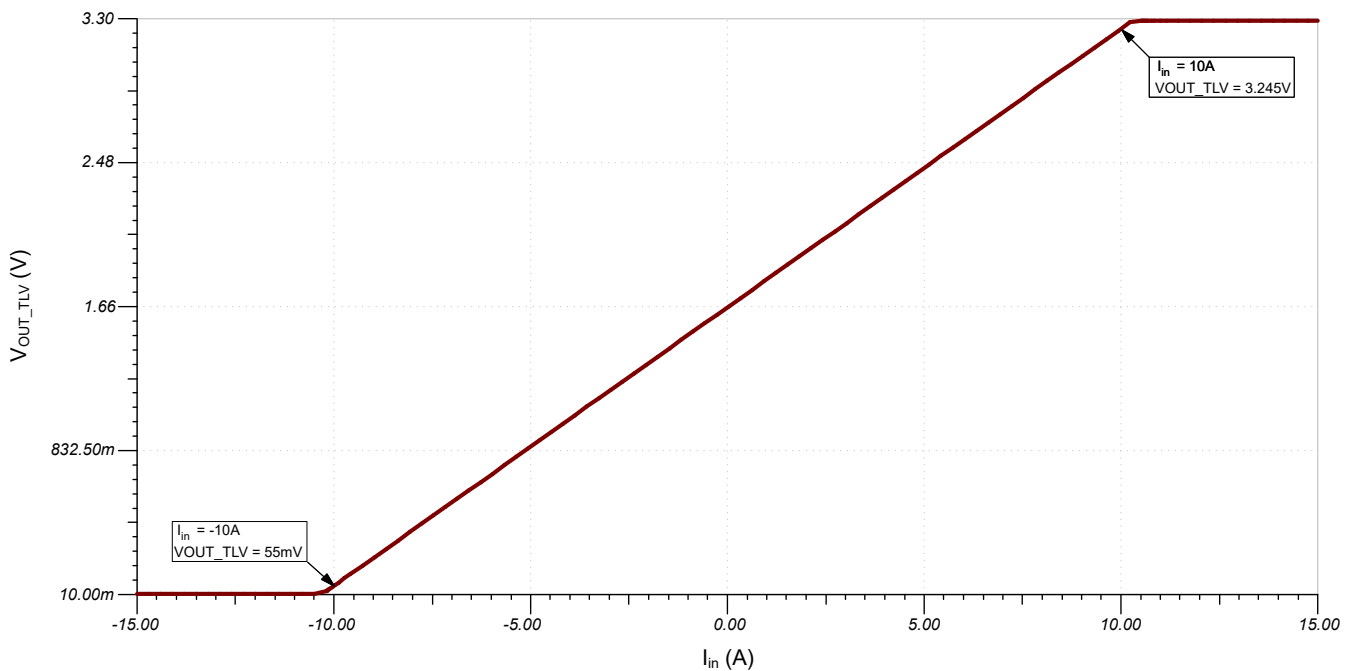
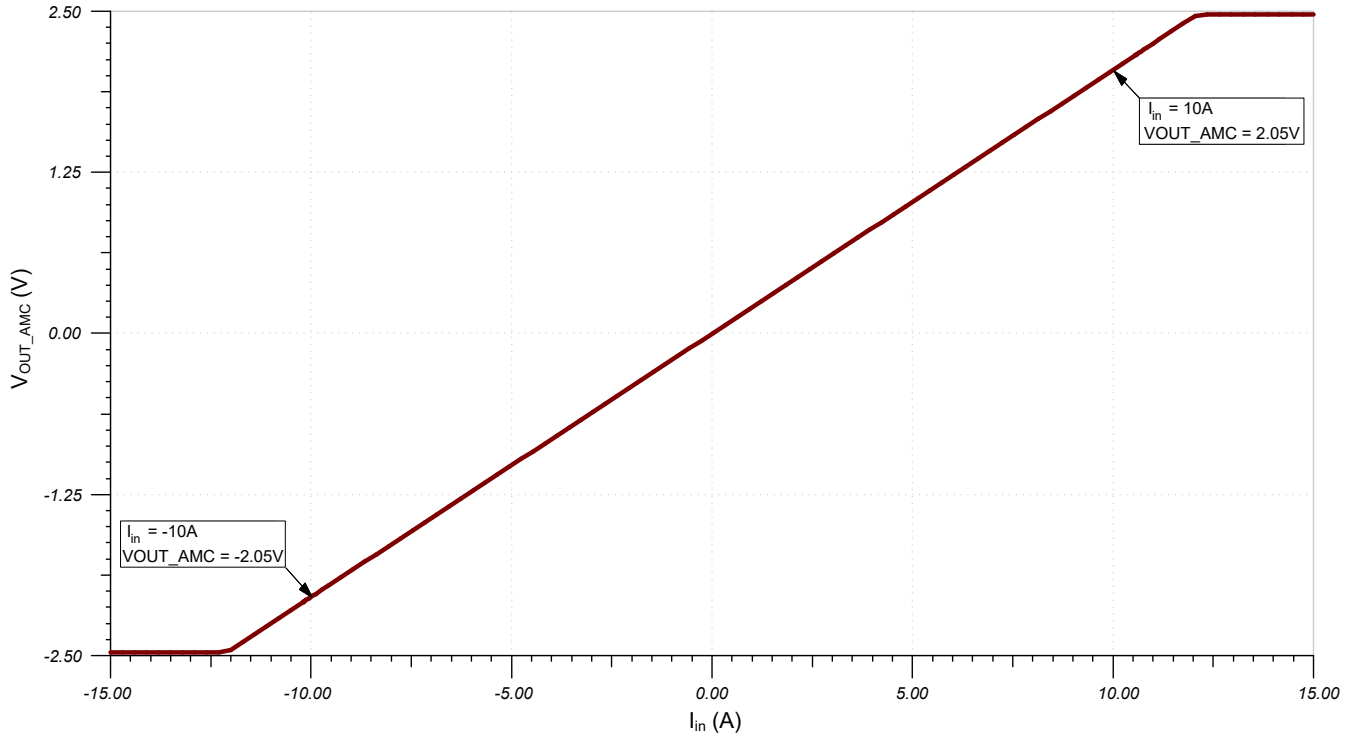
$C_1 = C_2 = 1\text{nF}$ 、 $R_5 = R_6 = 7780\Omega$ のとき、カットオフ周波数は 20.45kHz と計算できます。

$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times 7780\Omega \times 1\text{nF}} = 20.45\text{kHz}$$

設計シミュレーション

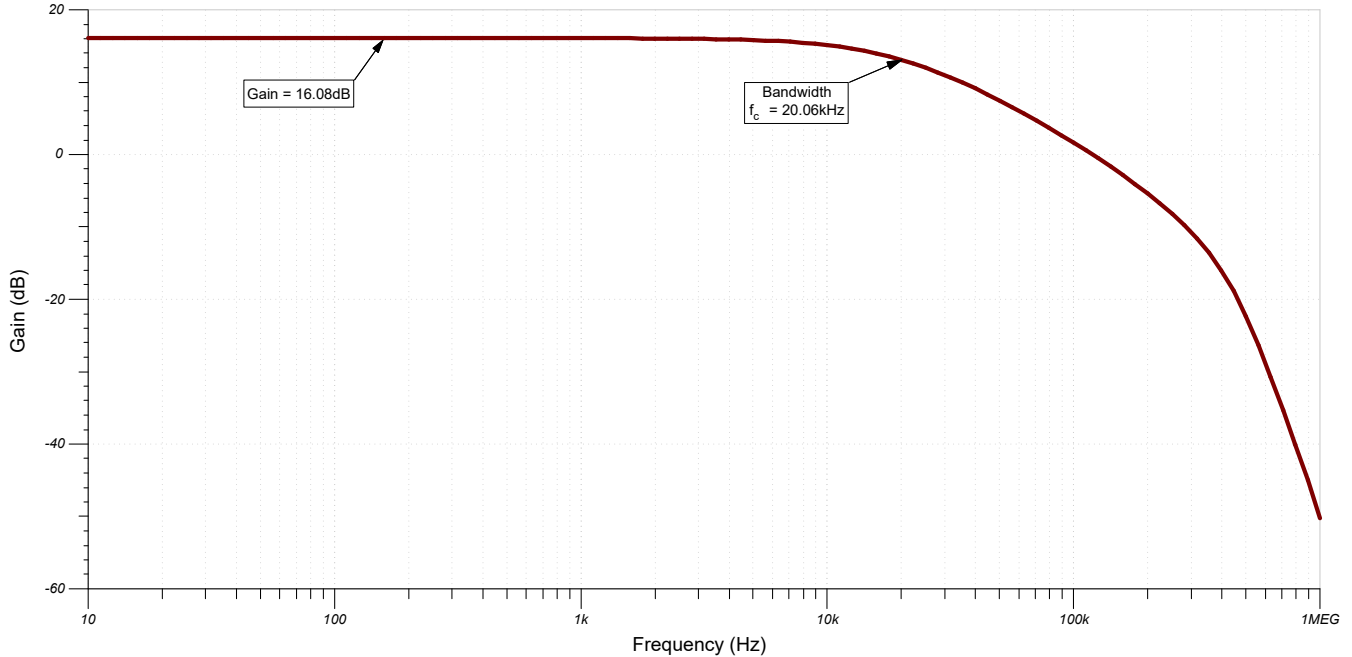
DC シミュレーション結果

以下のプロットは、TLV9002 アンプの AMC3301 差動出力とシングルエンド出力の DC 特性をシミュレートしたものです。どちらのグラフも、出力が $\pm 10\text{ A}$ で線形であることを示しています。



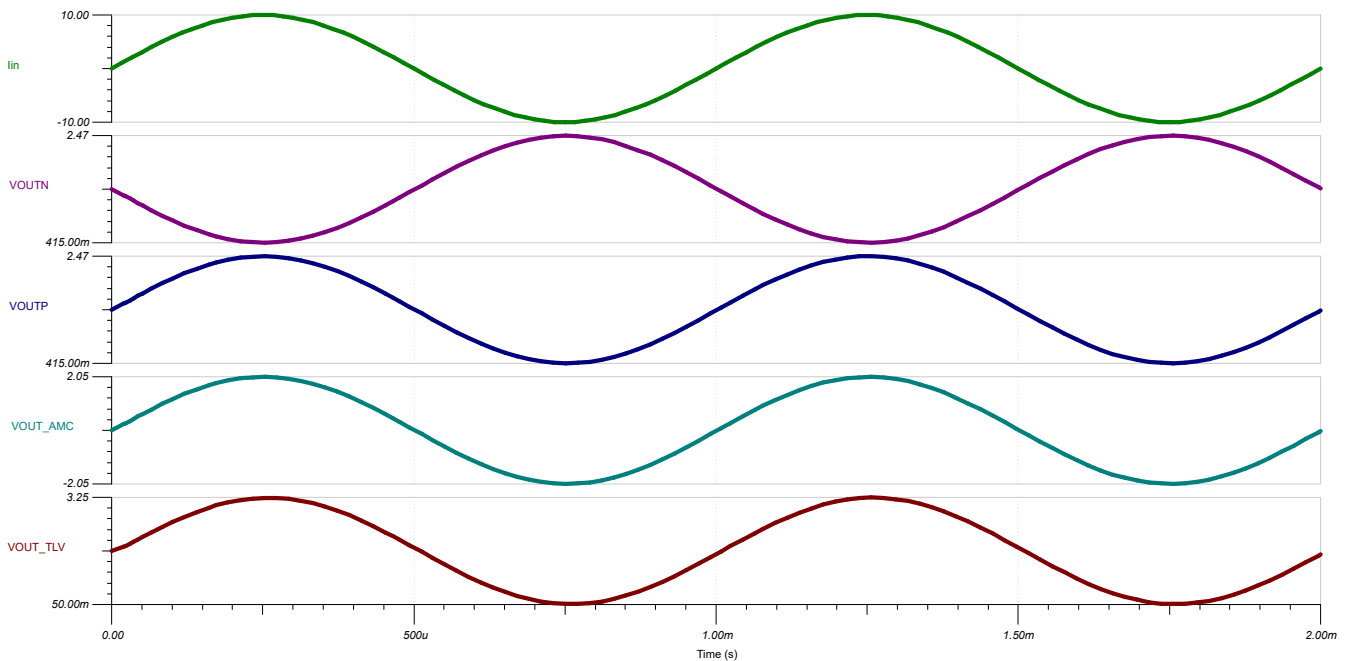
閉ループの AC シミュレーション結果

以下の AC スweep に、シングルエンド出力の AC 伝達特性を示します。前の式で示された計算済みのカットオフ周波数を使用すると、シミュレーションがテスト結果とほぼ一致していることがわかります。AMC3301 のゲインは 8.2V/V で、差動からシングルエンドへの変換では 0.778V/V のゲインが適用されるため、以下の画像に示す 16.11dB のゲインが期待されます。



過渡シミュレーション結果

以下の過渡シミュレーションは、AMC3301 と TLV9002 の出力信号を -10A~10A で示しています。AMC3301 の差動出力は予測されるように $\pm 2.05 \text{ Vpk-pk}$ 、シングルエンド出力は 3.19Vpk-pk で、55mV~3.245V の範囲でスイングしています。



設計の参照資料

TI の包括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、差動からシングルエンドへの出力変換の詳細については、『[差動出力 \(絶縁\) アンプとシングルエンド入力 ADC との接続](#)』アプリケーション ブリーフを参照してください。

設計に使用されている絶縁型アンプ

AMC3301	
動作電圧	1200 V _{RMS}
ゲイン	8.2 V/V
帯域幅	300 kHz TYP
リニアな入力電圧範囲	±250 mV
AMC3301	

代替絶縁型アンプの設計

AMC3330	
動作電圧	1200 V _{RMS}
ゲイン	2 V/V
帯域幅	310 kHz TYP
リニアな入力電圧範囲	±1000 mV
AMC3330	

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、

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