

Analog Engineer's Circuit

ハイサイド電流センシング回路の設計



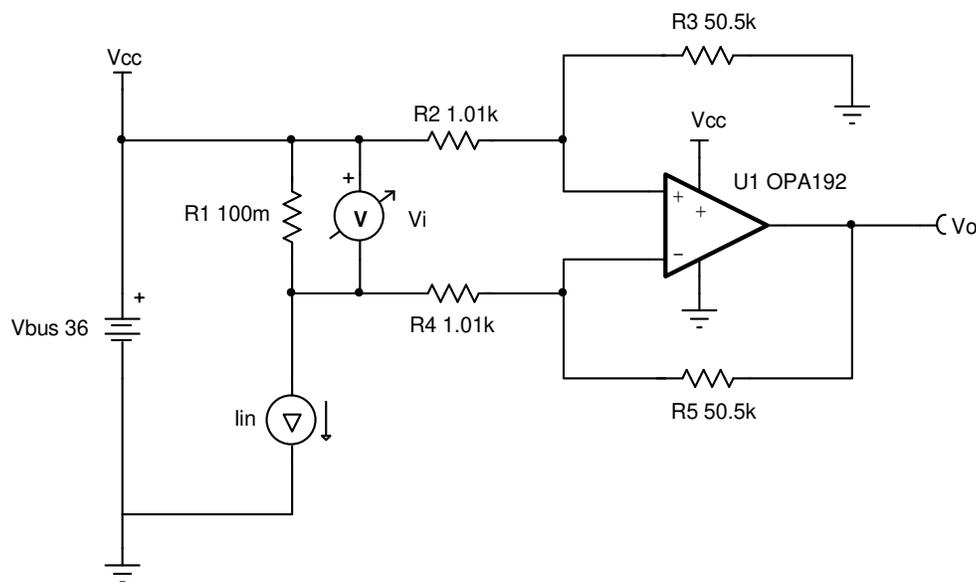
Mamadou Diallo

設計目標

入力		出力		電源	
I_{iMin}	I_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	V_{cc}	V_{ee}
50mA	1A	0.25V	5V	36V	0V

設計の説明

この単一電源、ハイサイド、低コストの電流センシング方法は、50mA～1Aの負荷電流を検出し、0.25V～5Vの出力電圧に変換します。ハイサイドのセンシングにより、システムはグラウンドへの短絡を識別でき、負荷のグラウンドを動揺させません。



デザインノート

- DC 同相除去率 (CMRR) 性能は、ゲイン設定抵抗 $R_2 \sim R_5$ のマッチングに依存します。
- シャント抵抗を増やすと、消費電力も増加します。
- 同相電圧がアンプの線形入力動作領域内であることを確認します。同相電圧は、 R_2 、 R_3 、およびバス電圧で構成される抵抗分圧器で設定します。このアプリケーションでは、抵抗分圧器で決定される同相電圧によっては、レールツーレール入力 (RRI) アンプが必要でない場合もあります。
- 低ゲインまたは減衰構成では、同相電圧範囲が V_{cc} に達しないオペアンプを使用できます。
- 帰還抵抗と並列にコンデンサを配置することで、帯域幅が制限され、安定性が向上し、ノイズ低減に役立ちます。
- オペアンプは線形出力動作領域で使用します。線形出力スイングは通常、 A_{oL} テスト条件に規定されています。

設計手順

- この回路の完全な伝達関数は次のとおりです。

$$V_o = I_{in} \times R_1 \times \frac{R_5}{R_4}$$

$$\text{Given } R_2 = R_4 \text{ and } R_3 = R_5$$

2. 最大シャント抵抗を計算します。シャントの両端の最大電圧を 100mV に設定します。

$$R_1 = \frac{V_{iMax}}{I_{iMax}} = \frac{100mV}{1A} = 100m\Omega$$

3. 最大出力スイング範囲を設定するため、ゲインを計算します。

$$\text{Gain} = \frac{V_{oMax} - V_{oMin}}{(I_{iMax} - I_{iMin}) \times R_1} = \frac{5V - 0.25V}{(1A - 0.05A) \times 100m\Omega} = 50 \frac{V}{V}$$

4. 手順 3 で計算したゲインを設定するため、ゲイン設定抵抗の値を計算します。

$$\text{Choose } R_2 = R_4 = 1.01k\Omega \text{ (Standard value)}$$

$$R_3 = R_5 = R_2 \times \text{Gain} = 1.01k\Omega \times 50 \frac{V}{V} = 50.5k\Omega \text{ (Standard value)}$$

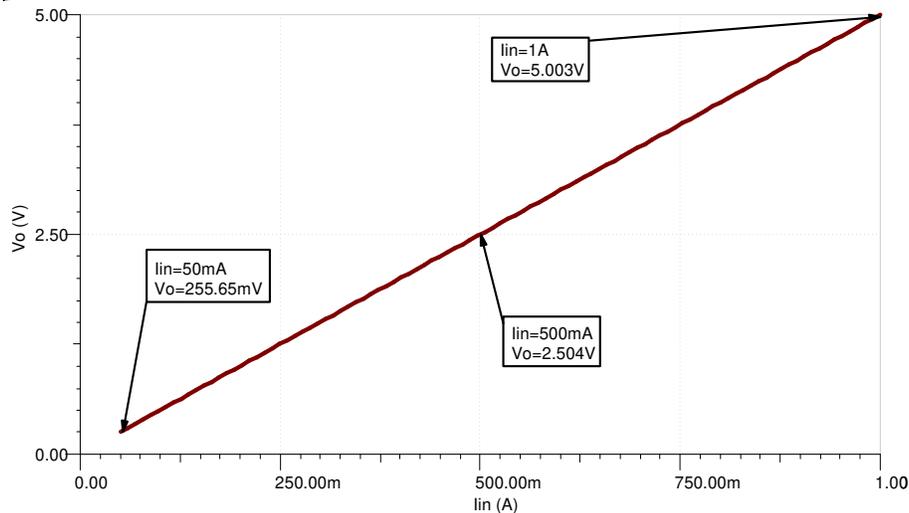
5. 線形動作を確立するように、アンプの同相電圧を計算します。

$$V_{cm} = V_{CC} \times \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 36V \times \frac{50.5k}{1.01k + 50.5k} = 35.294V$$

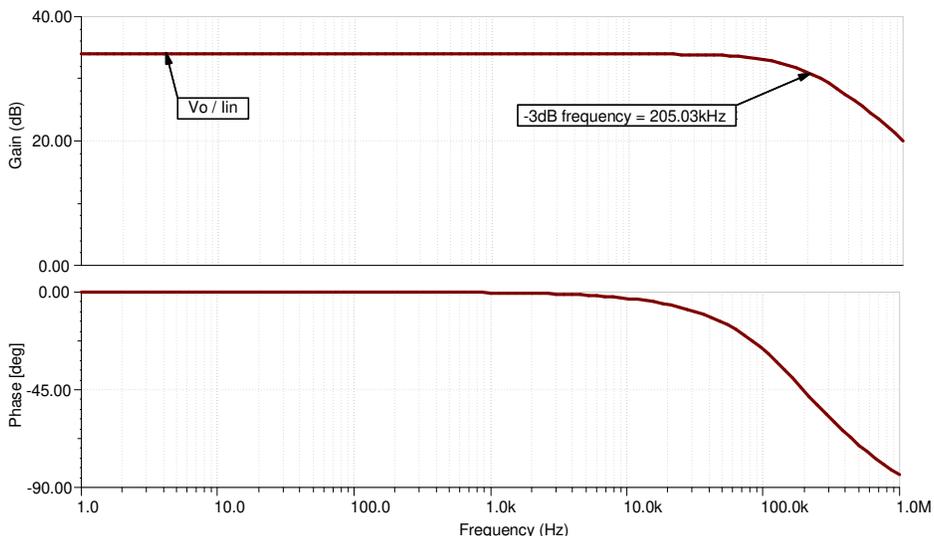
6. 高域カットオフ周波数 (f_H) は、回路の非反転ゲイン (ノイズゲイン) と、オペアンプのゲイン帯域幅 (GBW) により設定されます。

$$f_H = \frac{GBW}{\text{Noise Gain}} = \frac{10MHz}{51 \frac{V}{V}} = 196.1 \text{ kHz}$$

設計シミュレーション



DC シミュレーション結果



AC シミュレーション結果

参考:

テキサス・インスツルメンツ、『[SBOMAV4 シミュレーション ファイル](#)』、ソフトウェア サポート

設計に使用されているオペアンプ

OPA192	
V_{cc}	4.5V~36V
V_{inCM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	5 μ V
I_q	1mA
I_b	5pA
UGBW	10 MHz
SR	20V/ μ s
チャンネル数	1、2、4
OPA192	

設計の代替オペアンプ

OPA2990	
V_{cc}	2.7V~40V
V_{inCM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	250 μ V
I_q	120 μ A
I_b	10pA
UGBW	1.25 MHz
SR	5V/ μ s
チャンネル数	2
OPA2990	

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 (February 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 * (December 2018) to Revision A (February 2019)	Page
--	-------------

- タイトルの大文字を解除。設計の代替オペアンプの表を追加。 [1](#)
-

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

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、

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