

Analog Engineer's Circuit

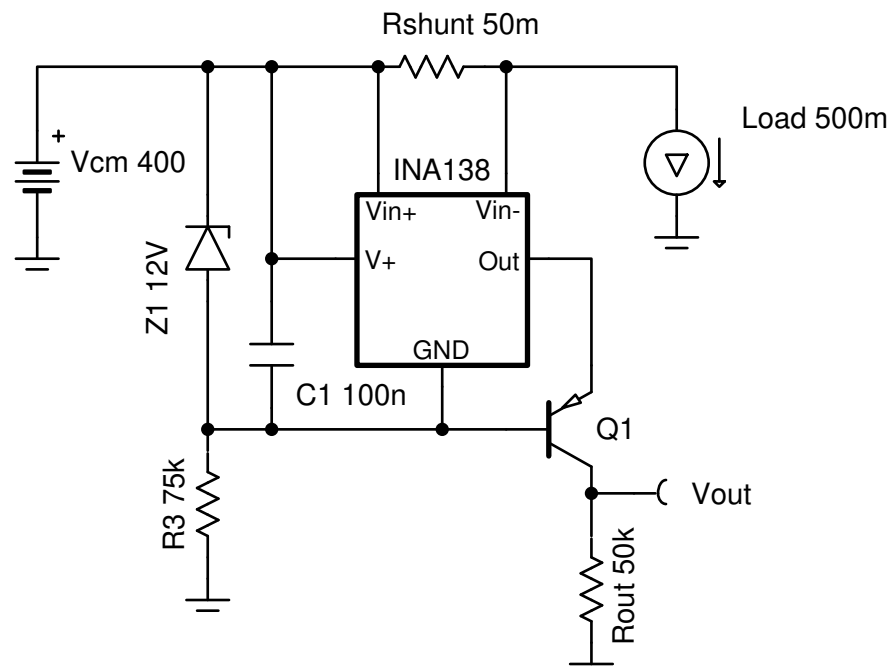
電流出力、電流センスアンプを使用した高電圧、ハイサイドのフローティング電流センシング回路



入力		出力		電源		
$I_{load\ Min}$	$I_{load\ Max}$	$V_{out\ Min}$	$V_{out\ Max}$	$V_{cm\ Min}$	$V_{cm\ Max}$	V_{ee}
0.5A	9.9A	250mV	4.95V	12V	400V	GND (0V)

設計の説明

このクックブックでは、高い同相電圧が発生するシステム向けに、高精度の電流センシングソリューションを設計する方法を紹介します。この設計の基本原理は、デバイスの電源をツェナーダイオード経由で電源バス (V_{cm}) からフローティングにすることで、単方向回路を使用して $V_{cm} = 400V$ のシステムを監視するというものです。このクックブックは、「高電圧 12V - 400V DC 電流センスのリファレンスデザイン」に基づいています。



デザインノート

- 「電流センスアンプの概要」ビデオシリーズでは、電流センスアンプを使用するための実装、誤差要因、高度なトピックについて紹介しています。
- この例は、高 V_{CM} 、ハイサイド、単方向の DC センシング用です。
- 誤差を最小にするため、設計が許す限りシャント電圧を高くします。INA138 デバイスの場合、 $V_{sense} \gg 15mV$ を保ちます。
- シャント電圧が小さいほど、入力オフセットによる相対誤差が増大するため、オフセット電圧の低い電流センスアンプを使用します。 R_{shunt} は誤差の主な原因なので、 R_{shunt} には高精度の抵抗が必要です。

5. INA138 は電流出力デバイスであるため、高耐圧のバイポーラ接合トランジスタ (BJT) を使ってグランド基準の電圧を得ます。
- Q1 用に選択したトランジスタが、コレクタとエミッタとの間に加わる最大電圧に耐えられることを確認します (たとえば 400V が必要なら、マージンを考えて 450V 超のものを選択します)。
 - 複数の BJT をスタックし、直列にバイアスして、高電圧を得ることもできます。
 - このトランジスタの β 値が高いと、ベースからリークする電流によるゲイン誤差が減少します。

設計手順

1. 動作負荷電流を決定し、 R_{shunt} を計算します。
- 推奨される V_{sense} は 100mV、最大推奨値は 500mV なので、次の式を使用して R_{shunt} を計算できます。ここで $V_{sense} \leq 500mV$ です。

$$R_{shunt} = \frac{V_{sense \max}}{I_{load \max}} \rightarrow \frac{0.5V}{10A} = 50m\Omega$$

- 動作温度範囲全体にわたって、より正確で高精度の測定を行うため、一部のシステムではシャント抵抗を内蔵した電流モニタを使用できます。
2. INA138 の電源に適切な電圧降下を生成するためのツェナー ダイオードを選択します。
- ダイオードのツェナー電圧は、INA138 の電源電圧範囲である 2.7V~36V 内で、必要な最大出力電圧より大きい必要があります。
 - ツェナー ダイオードの電圧により INA138 の電源がレギュレートされ、過渡事象からの保護が行われます。
 - データシートのパラメータは、12V の V_{in+} から GND ピンに対して定義されているため、12V のツェナーを選択します。
3. ツェナー ダイオードの直列抵抗を決定します。
- この抵抗 (R_3) は、電圧降下 (この場合は最大 388V) のため、電力の大部分を消費します。 R_3 が小さすぎると多くの電力を消費しますが、大きすぎるとツェナー ダイオードが正しくアバランシェ降伏しません。データシートでは、 $V_S = 5V$ について I_Q が規定されているため、 $V_S = 12V$ での INA138 デバイスの最大静止電流が 108 μA であると仮定し、ツェナー ダイオードのバイアス電流 5mA を使用して、次に示すように R_3 を計算します。

$$R_3 = \frac{V_{CM} - V_{zener}}{I_{zener} + I_{INA138}} = \frac{400V - 12V}{5mA + 108\mu A} \approx 75.96k\Omega$$

standard value \rightarrow 75k Ω

- この抵抗の消費電力は、次の式を使用して計算されます。

$$Power_{R3} = \frac{(V_{cm} - V_{Zener})^2}{R_3} \rightarrow \frac{(400V - 12V)^2}{75k\Omega} \approx 2.007W$$

4. INA138 データシートの出力電流の式を使用して、 R_{out} を計算します。
- このシステムは、 $V_{sense} = 100mV$ であれば、 $V_{out} = 1V$ で 10V/V ゲインが得られるよう設計されています。

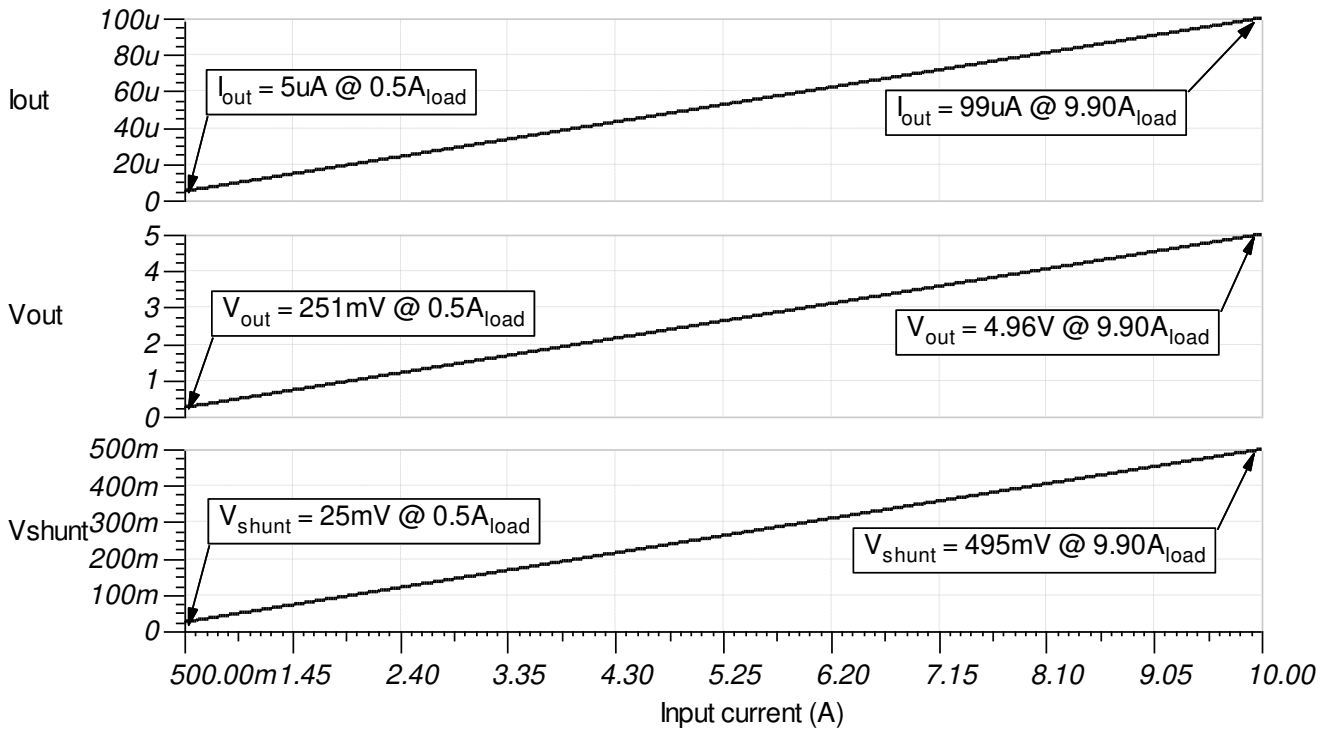
$$I_{out \text{ INA138}} = 200 \frac{\mu A}{V} \times (V_{sense \max}) \rightarrow 200 \frac{\mu A}{V} \times (0.5V) = 100\mu A$$

$$R_{out} = \frac{V_{out \max}}{I_{out \text{ INA138}}} \rightarrow \frac{5V}{100\mu A} = 50k\Omega$$

設計シミュレーション

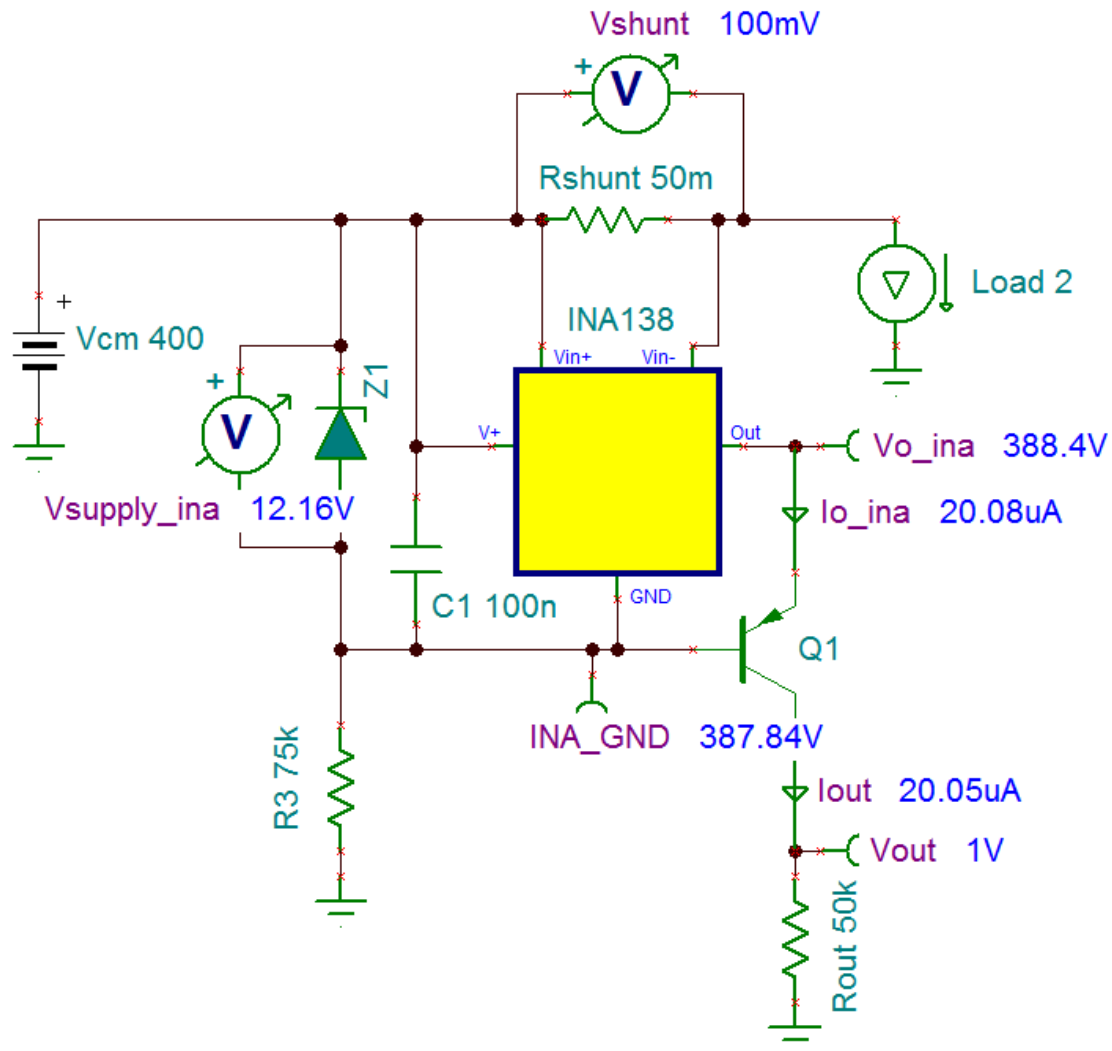
DC シミュレーション結果

次のグラフは、0.5A～10A の負荷電流、 $12V \leq V_{cm} \leq 400V$ に対する線形出力応答を表しています。 I_{out} と V_{out} は、ツェナーダイオードが逆バイアスされると、 V_{cm} が変化しても一定に保たれます。



定常状態のシミュレーション結果

次の図は、2A の負荷電流でシステムの DC 定常状態を示したものです。出力電圧は、 R_{shunt} の両端で測定される電圧の 10 倍です。



設計の参照資料

テキサス・インスツルメンツ、[SPICE SGLC001 シミュレーション ファイル](#)、SBOA295 ソフトウェア サポート

テキサス・インスツルメンツ、『[電流センス・アンプ](#)』、Precision lab ビデオ シリーズ

テキサス・インスツルメンツ、『[電流出力電流シャント モニタの同相電圧範囲の拡張](#)』、アプリケーション ブリーフ

テキサス・インスツルメンツ、『[高電圧 12V~400V DC 電流センスのリファレンス デザイン](#)』、TIDA-00332 ツール

テキサス・インスツルメンツ、[SBOA295 用のソース ファイル](#)、デザイン ツールサポートソフトウェア

テキサス・インスツルメンツ、『[電流センス アンプ](#)』、製品 ページ

電流シャント モニタに使用されている設計

INA138	
V_{ss}	2.7V~36V
$V_{in\ cm}$	2.7V~36V
V_{out}	最大 (V+) -0.8V
V_{os}	$\pm 0.2\text{mV} \sim \pm 1\text{mV}$
I_q	25 μA ~45 μA
I_b	2 μA
UGBW	800 kHz
チャンネル数	1
INA138	

電流シャント モニタの代替設計

INA168	
V_{ss}	2.7V~60V
$V_{in\ cm}$	2.7V~60V
V_{out}	最大 (V+) -0.8V
V_{os}	$\pm 0.2\text{mV} \sim \pm 1\text{mV}$
I_q	25 μA ~45 μA
I_b	2 μA
UGBW	800 kHz
チャンネル数	1
INA168	

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