

Analog Engineer's Circuit

高速過電流検出回路



Jaskaran Atwal

設計目標

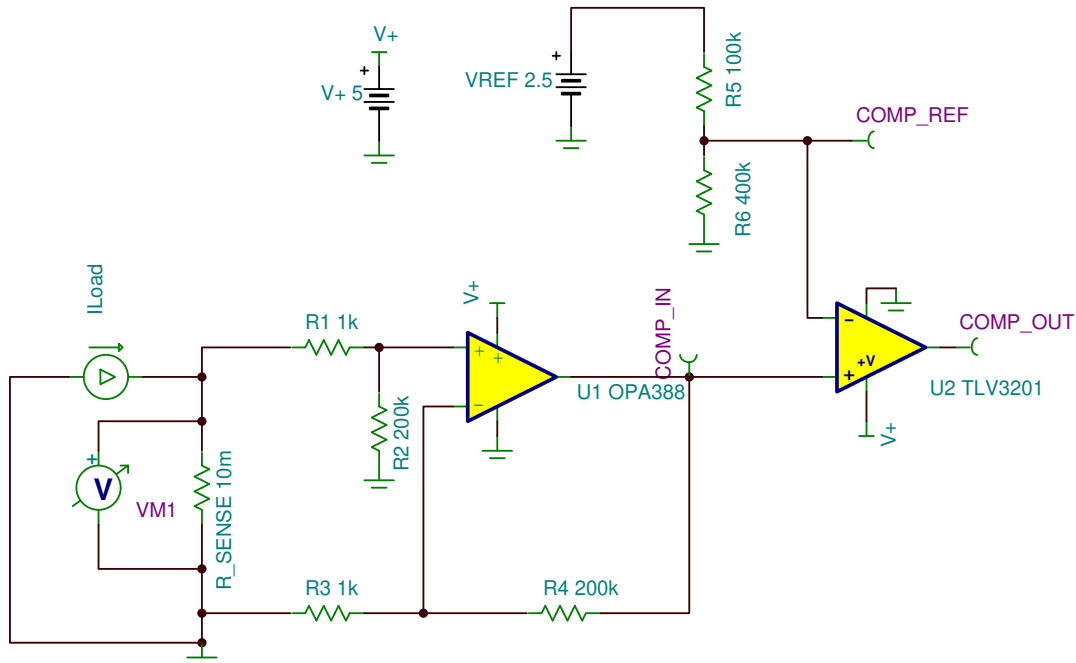
過電流レベル		電源		過渡応答時間
I_{IN} (最小値)	I_{IN} (最大値)	V+	V-	t
0A	1.0A	5V	0V	10 μ s 未満

設計の説明

この高速なローサイド過電流検出ソリューションは、1つのゼロドリフト高速セtring アンプ (OPA388) と、1つの高速コンパレータ (TLV3201) によって実装されています。この回路は、高速の電流信号および過電流イベントを監視するアプリケーション、たとえばモータや電源ユニットでの電流検出用に設計されています。

帯域幅が広く、オフセットが非常に小さく、スルーレートが高速なことから、OPA388 が選択されています。伝播遅延が 40ns、立ち上がり時間が 4.8ns と短く、応答が高速なことから、TLV3201 が選択されています。これにより、コンパレータは過渡応答時間の要件内で、過電流イベントに対して迅速に応答し、システムに警告できます。また、プッシュプル出力段により、コンパレータはマイクロコントローラの論理レベルと直接接続可能です。さらに、TLV3201 は消費電力が小さく、静止電流が 40 μ A です。

ローサイドの電流検出には一般に、検出抵抗の両端に接続するアンプを非反転構成で使用できます。ただし、ここに示すアプリケーション回路は、検出抵抗の両端で OPA388 を差動アンプとして使用しています。これにより、シャント抵抗の両端で真の差動測定が行えるため、電源グラウンドと負荷グラウンドが同一とは限らない場合に有利です。



デザイン ノート

1. 誤差を最小化するため、高精度の抵抗を選択し、 $R_1 = R_3$ 、 $R_2 = R_4$ に設定します。
2. R_{SENSE} は、最大電流 (1A) 時の抵抗の両端の電圧降下が最小限になるように選択します。
3. OPA388 のオフセットは非常に小さい ($0.25\mu\text{V}$) ため、 R_{SENSE} での mV 範囲の測定に対して、アンプのオフセット誤差の影響は最小限です。
4. アンプのゲインは、システムが致命的過電流値の 1A に達したとき、COMP_IN が 2V になるよう選択します。
5. アプリケーション回路を簡素化するため、従来のようなバイパス コンデンサは省略されています。

設計手順

1. $R_1 = R_3$ 、 $R_2 = R_4$ のときの伝達方程式を求めます。

$$COMP_IN = (R_{SENSE} \times I_{LOAD}) \times \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right)$$

2. 抵抗の両端での電圧降下を最小限にするため、負荷電流 1A において最大電圧降下が 10mV と仮定して、SENSE 抵抗の値を選択します。

$$R_{SENSE} = \frac{V_{SENSE(max)}}{I_{LOAD(critical)}} = \frac{10mV}{1A} = 10m\Omega$$

3. 負荷電流が致命的スレッショルドの 1A に達したとき、COMP_IN が 2V になるよう、アンプのゲインを選択します。

$$Gain = \frac{V_{REF}}{R_{SENSE} \times I_{LOAD(critical)}} = \frac{2V}{0.01V} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times 1 + \frac{R_4}{R_3} = 200$$

次のように設定します。

$$R_1 = R_3 = 1k\Omega$$

$$R_2 = R_4 = 200k\Omega$$

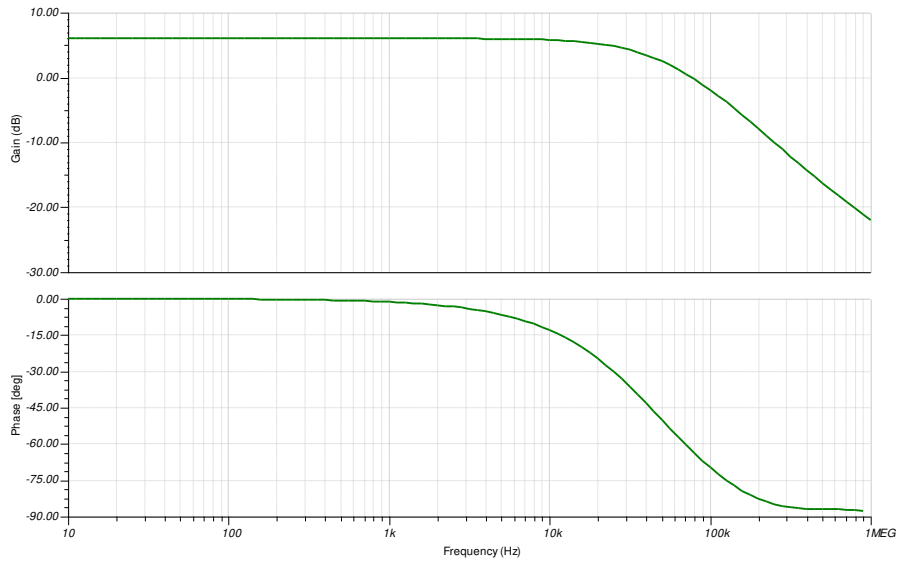
4. 次の AC シミュレーション結果を検証するため、アンプのトランスインピーダンス ゲインを計算します。

$$\frac{V_{OUT}}{I_{LOAD}} = 10m\Omega \times 200 = 2$$

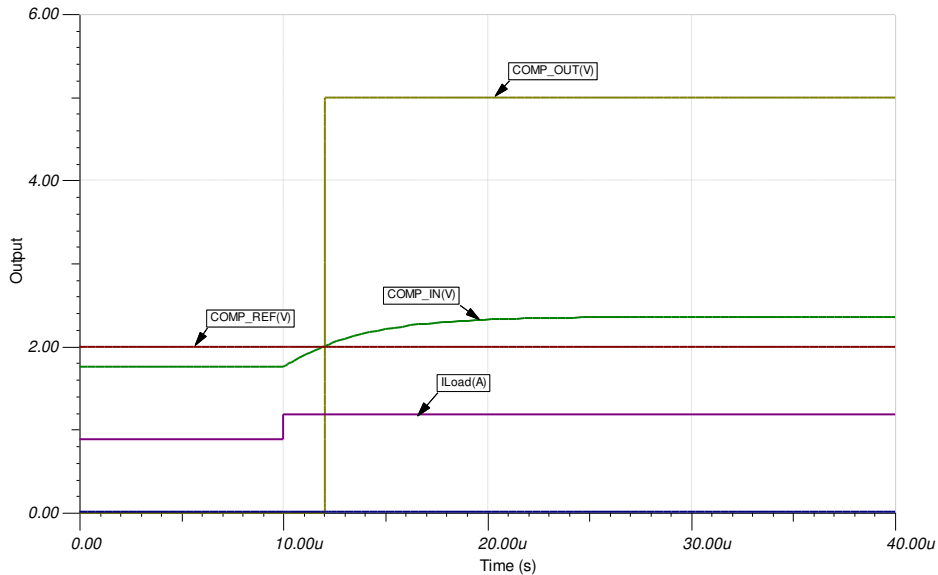
$$V_{OUT} = I_{LOAD} \times 10m\Omega \times 200$$

設計シミュレーション

COMP_IN のトランスインピーダンス AC シミュレーション結果



過渡応答シミュレーション結果



参考資料

1. テキサス・インスツルメンツ、『[ポータブル アプリケーションのバッテリー電圧および電流監視にナノパワー、ゼロドリフト アンプを使用する利点](#)』、アプリケーション ノート
2. テキサス・インスツルメンツ、『[中立状態のないライト スイッチでの電流センシング](#)』、テクノロジー ブリーフ
3. テキサス・インスツルメンツ、『[リチウムイオン バッテリーで動作するパーソナル エレクトロニクスの GPIO ピン パワー シグナル チェーン](#)』、アプリケーション ブリーフ

設計で使用されているコンパレータ

TLV3201	
V_S	2.7V~5.5V
t_{PD}	40ns
入力 V_{CM}	レール ツー レール
V_{os}	1 mV
I_q	40 μ A
TLV3201	

設計の代替コンパレータ

TLV7021	
V_S	1.6V~5.5V
t_{PD}	260ns
入力 V_{CM}	レール ツー レール
V_{os}	0.5 mV
I_q	5 μ A
TLV7021	

設計に使用されているオペアンプ

OPA388	
V_S	2.5V~5.5V
入力 V_{CM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	0.25 μ V
V_{os} ドリフト	.005 μ V/ $^{\circ}$ C
I_q	1.7mA/Ch
I_b	30pA
UGBW	10 MHz
OPA388	

設計の代替オペアンプ

THS4521	
V_S	2.5V~5.5V
入力 V_{CM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	20 μ V
V_{os} ドリフト	μ V/ $^{\circ}$ C
I_q	1mA/Ch
I_b	0.6 μ A
UGBW	145 MHz
THS4521	

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