

## 高速過電流検出回路

### 設計目標

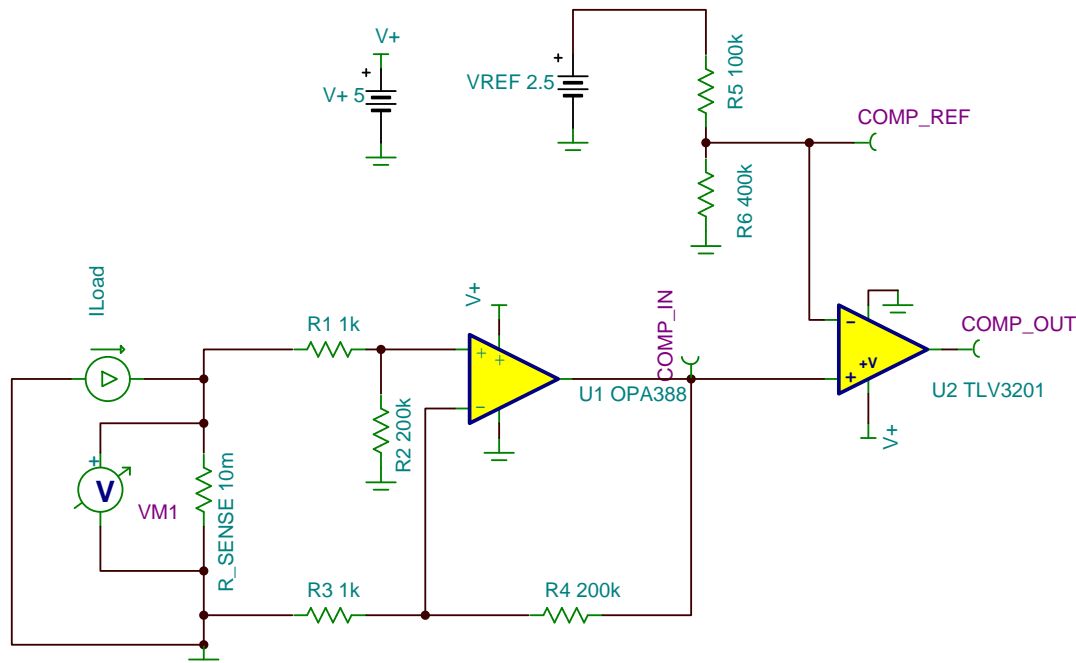
過電流レベル		電源		過渡応答時間
$I_{IN}$ (最小値)	$I_{IN}$ (最大値)	V+	V-	t
0A	1.0A	5V	0V	< 10 $\mu$ s

### 設計の説明

この高速、ローサイドの過電流検出ソリューションは、1つのゼロ・ドリフト高速セトリング・アンプ (OPA388) と、1つの高速コンパレータ (TLV3201) で実装されています。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。

帯域幅が非常に広く、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 $\mu$ 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.  $R_{\text{SENSE}}$  は、1A の最大電流で抵抗を介した電圧降下が最小限になるよう選択します。
3. OPA388 のオフセットは非常に小さい ( $0.25\mu\text{V}$ ) ため、 $R_{\text{SENSE}}$  での mV 範囲の測定に対して、アンプから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、伝達方程式を決定します。

$$\text{COMP\_IN} = (R_{\text{SENSE}} \cdot I_{\text{LOAD}}) \cdot \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \cdot \left( 1 + \frac{R_4}{R_3} \right)$$

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。

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

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。

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

次のように設定します。

$$R_1 = R_3 = 1\text{k}\Omega$$

$$R_2 = R_4 = 200\text{k}\Omega$$

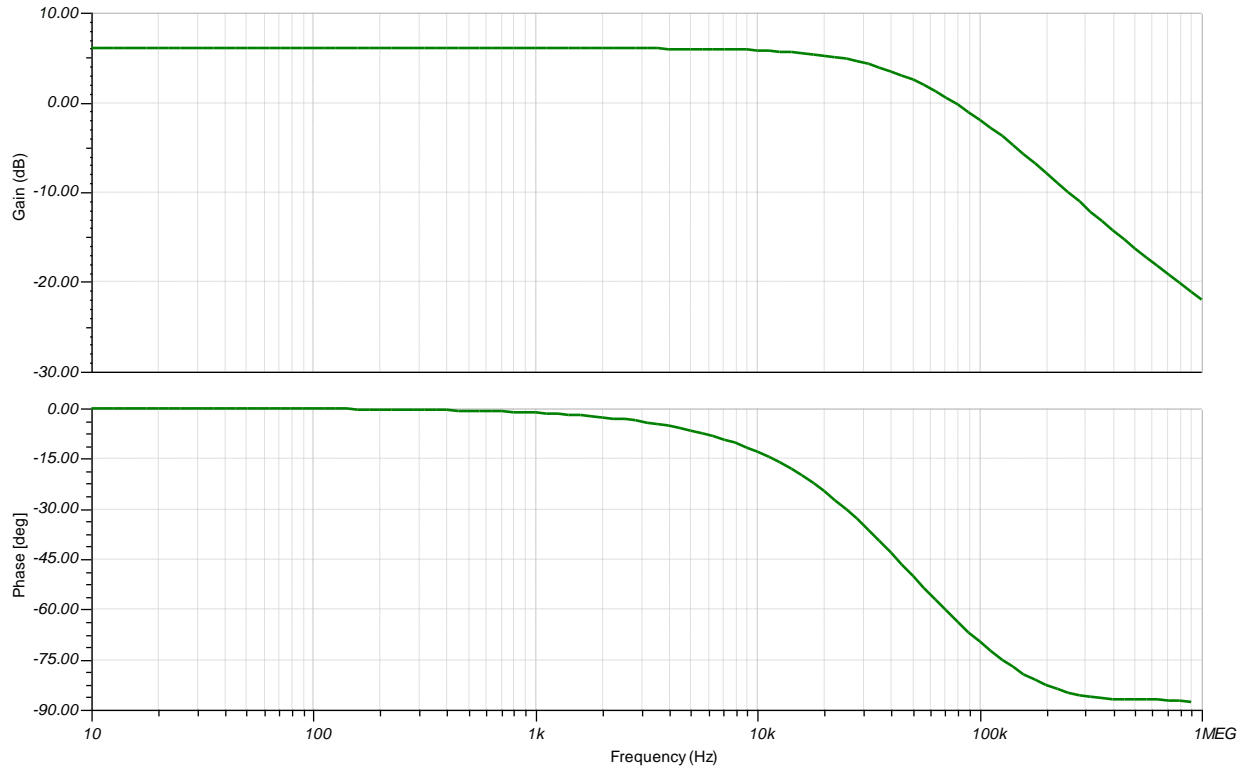
4. 次の AC シミュレーション結果を検証するため、アンプのトランスインピーダンス・ゲインを計算します。

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

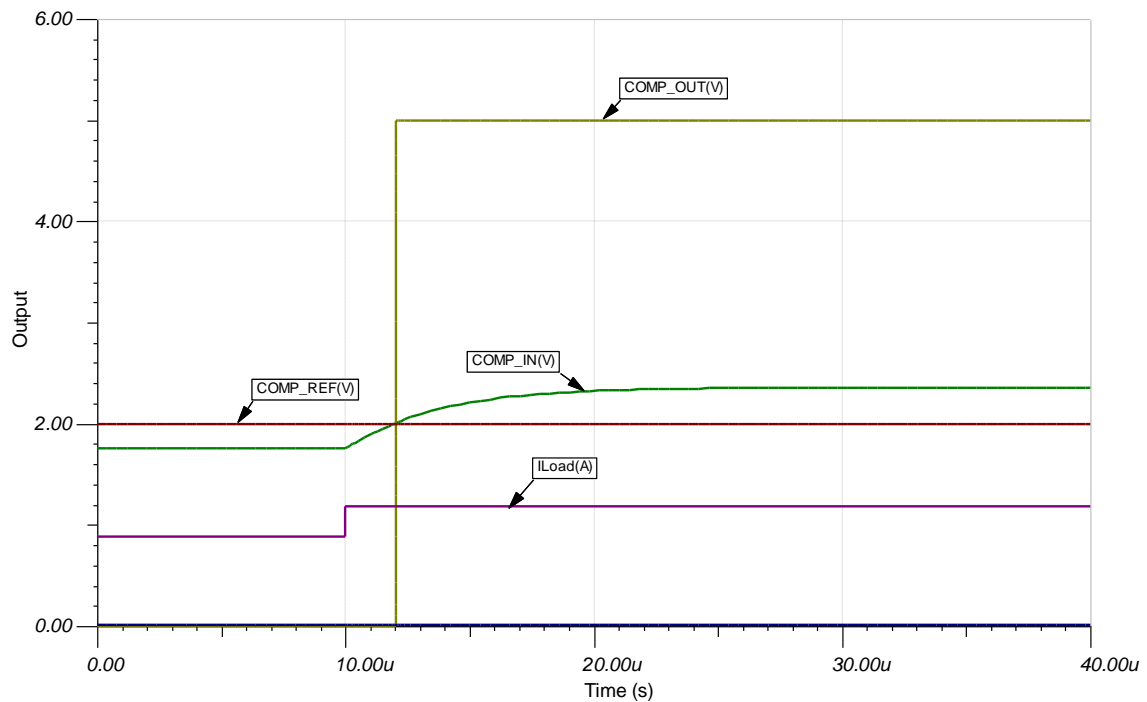
$$\frac{V_{\text{OUT}}}{I_{\text{LOAD}}} = 10\text{m}\Omega \cdot 200 = 2$$

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



## 設計の参照資料

TIの総合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](#)」を参照してください。

「[Current sensing using nanopower op amps](#)」ブログ (英語) を参照してください。

## 関連資料

1. テキサス・インスツルメンツ、『[Advantages of using nanopower, zero drift amplifiers for battery voltage and current monitoring in portable applications TI tech note](#)』(英語)
2. テキサス・インスツルメンツ、『[Current sensing in no-neutral light switches TI tech note](#)』(英語)
3. テキサス・インスツルメンツ、『[GPIO Pins power signal chain in personal electronics running on Li-Ion batteries TI tech note](#)』(英語)

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
$V_{os}$	1mV
$I_q$	40 $\mu$ A
<a href="#">TLV3201</a>	

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
$V_{os}$	0.5mV
$I_q$	5 $\mu$ A
<a href="#">TLV7021</a>	

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 $\mu$ V
$V_{os}$ のドリフト	.005 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C
$I_q$	1.7mA/Ch
$I_b$	30pA
UGBW	10MHz
<a href="#">OPA388</a>	

## 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 $\mu$ V
$V_{os}$ のドリフト	$\mu$ V/ $^{\circ}$ C
$I_q$	1mA/Ch
$I_b$	0.6 $\mu$ A
<b>UGBW</b>	145MHz
THS4521	

## 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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、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 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 の販売約款 (<https://www.tij.co.jp/ja-jp/legal/terms-of-sale.html>)、または [ti.com](https://www.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。

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ合同会社  
Copyright © 2021, Texas Instruments Incorporated