

## 低消費電力、双方向電流センシング回路

### 設計目標

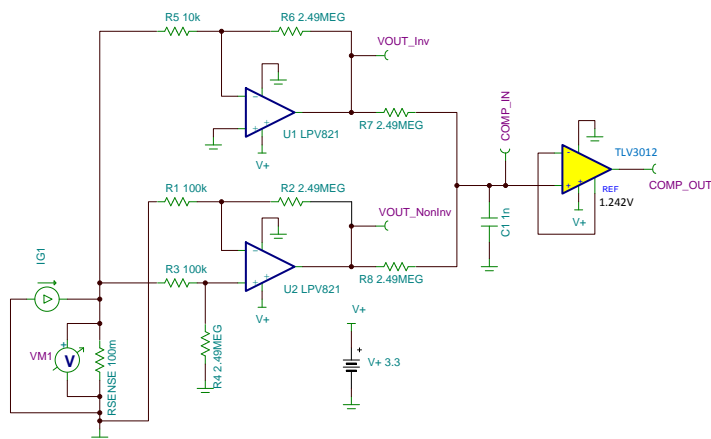
過電流レベル		電源	
$I_{IN}$ (最小値)	$I_{IN}$ (最大値)	V+	V-
-0.1A	1.0A	3.3V	0V

### 設計の説明

この低消費電力、ローサイド、双方向の電流センシング・ソリューションは、2つのゼロドリフト・ナノパワー・アンプ (LPV821) と、高精度の基準電圧を内蔵した1つのマイクロパワー・コンパレータ (TLV3012) を使用しています。この回路は、充電電流とシステム電流を正確に監視する必要があるバッテリー駆動デバイスに適しています。U1 と U2 のゲインは別々に設定できます。

アプリケーション回路に示すように、2つの LPV821 アンプは、互いに逆方向の電流を増幅するために  $R_{SENSE}$  の両端に極性を反対にして接続されています。アンプ U1 はシステム (負の) 電流を線形増幅し、アンプ U2 は充電 (正の) 電流を線形増幅します。U2 が正の電流を監視するとき、U1 は出力をグランドへと駆動します。同様に、U1 が負の電流を監視するとき、U2 は出力をグランドへと駆動します。U1 または U2 のいずれかがグランド基準を提供する一方、2つのアンプ出力は抵抗  $R_7$  および  $R_8$  により OR 接続されて1つの出力電圧を生成し、コンパレータがその電圧を監視します。

レギュレートされた電源または基準電圧が既にシステムで用意されている場合は、TLV3012 を TLV7031 などのナノパワー・コンパレータに置き換えることができます。さらに、充電電流とシステム電流の大きさが等しい場合、アンプ U1 および U2 のゲインを互いに同じに設定できます。アンプのゲインを同じにしても、アンプの出力を OR 接続することで、充電とシステムの両方の電流の過電流条件を1つのコンパレータで検出できます。



### デザイン・ノート

1. エラーを最小化するため、高精度の抵抗を使用し、 $R_1 = R_3$ 、 $R_2 = R_4$ 、 $R_7 = R_8$  に設定します。
2. 最大電流での電圧降下が最も小さくなり、最小電流レベルを監視するときのアンプのオフセット誤差が小さくなる

ように、 $R_{\text{SENSE}}$  を選択します。

3. 充電とシステムの電流が臨界値に達したときに COMP\_IN が 1.242V に達するようにアンプのゲインを選択し、アンプが線形範囲外で動作することを防止します。

### 設計手順

1.  $R_1 = R_3$ ,  $R_2 = R_4$ ,  $R_7 = R_8$  として伝達方程式を求めます。

反転経路

$$\text{COMP\_IN} = -I_{G1} \times R_{\text{SENSE}} \times \left(-\frac{R_6}{R_5}\right) \times \left(\frac{R_8}{R_7+R_8}\right)$$

非反転経路

$$\text{COMP\_IN} = I_{G1} \times R_{\text{SENSE}} \times \left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right) \times \left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right) \times \left(\frac{R_7}{R_7+R_8}\right)$$

2. 充電電流が 1A、最小システム電流が 10mA の場合、最大電圧降下 ( $V_{\text{SENSE}}$ ) が 100mV であると仮定して、SENSE 抵抗の値を選択します。

$$R_{\text{SENSE}} (\text{max}) = \frac{V_{\text{SENSE}} (\text{max})}{I_{G1} (\text{max})} = \frac{100 \text{ mV}}{1 \text{ A}} = 100 \text{ m}\Omega$$

$$\text{with } I_{G1} (\text{min}) = 10\text{mA}, \quad V_{\text{SENSE}} = 10\text{mA} \times 100\text{m}\Omega = 1 \text{ mV} > > V_{\text{OS}} (\text{max}) = 10 \text{ }\mu\text{V}$$

3. COMP\_IN を生成するための OR 抵抗  $R_7$  および  $R_8$  を選択します。

- a.  $R_7 = R_8$  であるため、コンパレータの入力には等しい減衰係数 2 が適用されます。アンプの出力からの消費電流を最小化するため、大きな値を選択します。
- b. COMP\_IN の電圧を検証する場合、特に注意が必要です。 $R_7$  と  $R_8$  は大きなインピーダンス値であるため、オシロスコープのプロブやデジタル電圧計の入力インピーダンスが測定電圧に誤差を生じさせる可能性があります。一般的なプロブや電圧計の入力インピーダンスは 10M $\Omega$  であり、これによって測定信号が減衰します。

$$\text{with } R_7 = R_8 = 2.49 \text{ M}\Omega,$$

$$\text{COMP\_IN} = (\text{VOUT\_Inv} \text{ or } \text{VOUT\_NonInv}) / 2$$

4. 電流が臨界値に達したとき COMP\_IN が 1.242V になるように、アンプのゲインを選択します。

$$\text{Gain} = \frac{2 \times \text{Comparator REF}}{R_{\text{SENSE}} \times |I_{G1} (\text{max})|}$$

$$\text{Gain (Inv)} = \frac{2 \times 1.242}{0.1 \times (-0.1)} = \frac{(-R_6)}{R_5} \approx -249 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$\text{Gain (NonInv)} = \frac{2 \times 1.242}{0.1 \times 1.0} = \frac{R_4}{R_3+R_4} \times \frac{R_1+R_2}{R_1} \approx 24.9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

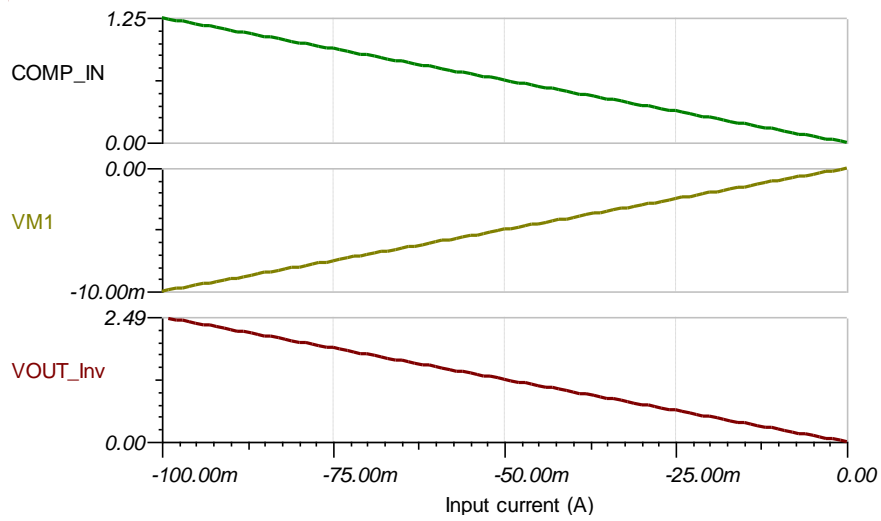
$$R_1 = R_3 = 100 \text{ k}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

$$R_5 = 10 \text{ k}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

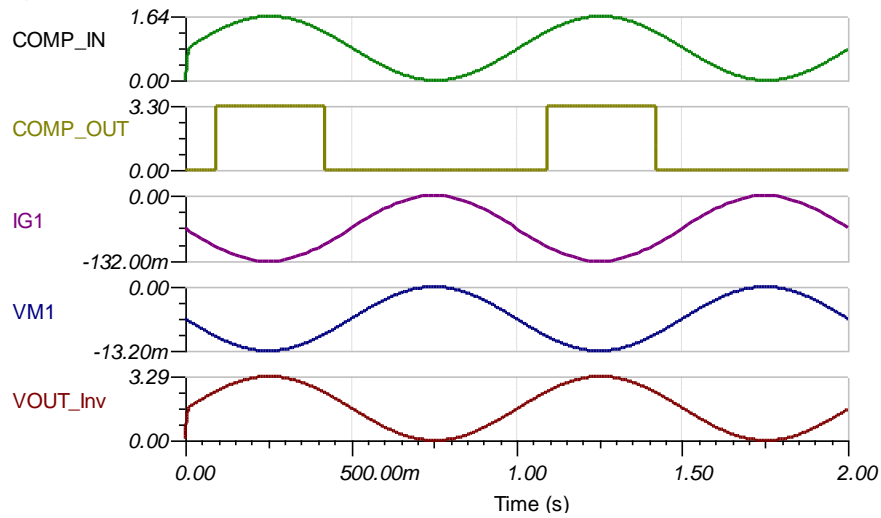
$$R_2 = R_4 = R_6 = 2.49 \text{ M}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

設計シミュレーション

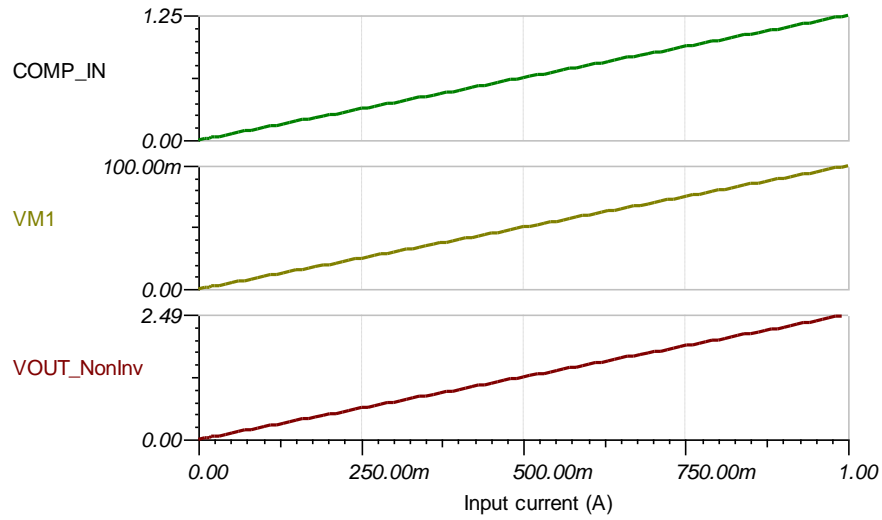
DC シミュレーションの結果 (VOUT\_Inv)



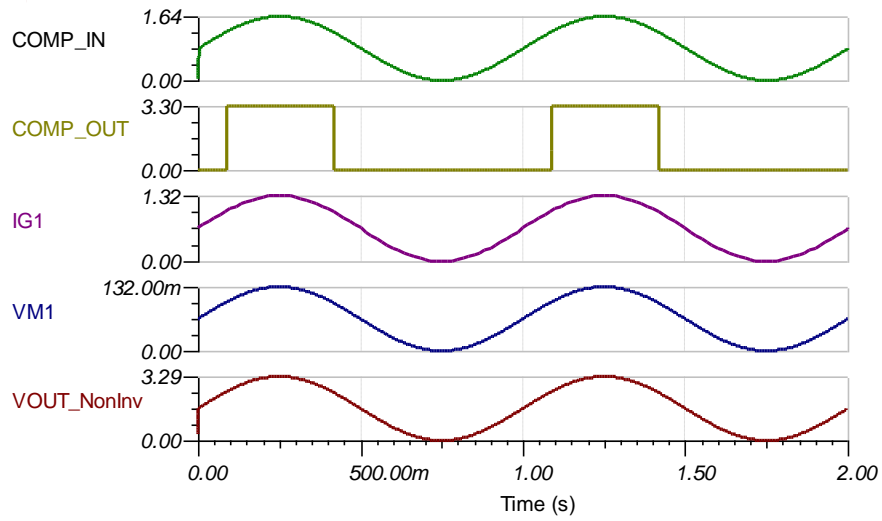
過渡シミュレーションの結果 (VOUT\_Inv)



**DC シミュレーションの結果 (VOUT\_NonInv)**



**過渡シミュレーションの結果 (VOUT\_NonInv)**



## Tech Note とブログの参考資料

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。

『[Advantages of Using Nanopower, Zero Drift Amplifiers for Battery Voltage and Current Monitoring in Portable Applications](#)』(英語) を参照してください。

『[Current Sensing in No-Neutral Light Switches](#)』(英語) を参照してください。

『[GPIO Pins Power Signal Chain in Personal Electronics Running on Li-Ion Batteries](#)』(英語) 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。

設計に使用されているオペアンプ

LPV821	
$V_s$	1.7V~3.6V
入力 $V_{CM}$	レール・ツー・レール
$V_{out}$	レール・ツー・レール
$V_{os}$	1.5 $\mu$ V
$V_{os}$ のドリフト	20nV/ $^{\circ}$ C
$I_q$	650nA/Ch
$I_b$	7pA
UGBW	8kHz
チャンネル数	1
<a href="#">LPV821</a>	

設計の代替オペアンプ

TLVx333	
$V_s$	1.8V~5.5V
入力 $V_{CM}$	レール・ツー・レール
$V_{out}$	レール・ツー・レール
$V_{os}$	2 $\mu$ V
$V_{os}$ のドリフト	20nV/ $^{\circ}$ C
$I_q$	17 $\mu$ A/Ch
$I_b$	70pA
UGBW	350kHz
チャンネル数	1, 2, 4
<a href="#">TLV333</a>	

## 改訂履歴

改訂内容	日付	変更
A	2019年2月	タイトルを変更し、タイトルのロールを「アンプ」に変更。 回路クックブックのランディング・ページへのリンクを追加。

## 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