

## Technical Article

## フォトカプラが適切にバイアスされていることを確認



Brian King

絶縁電源では、フォトカプラは絶縁境界をまたいで帰還信号を渡します。フォトカプラには、発光ダイオード (LED) および光検出器が含まれています。LED に電流が流れると、それに比例した電流が光検出器に流れます。電流伝達率 (CTR) は LED から光検出器への電流ゲインであり、一般に非常に広い許容誤差を持っています。絶縁帰還回路を設計する場合、フォトカプラと、大信号ゲインを決定する他のすべての部品の許容誤差を考慮する必要があります。この作業を無視すると、製品が量産に移行した後に返品が発生する可能性があります。

図 1 に示す絶縁型帰還回路の回路図は、最も一般的な実装です。TI の TL431 にはエラー アンプと基準電圧が内蔵されています。R3 と R5 の分圧抵抗、および TL431 の内部基準電圧により出力電圧が決まります。帰還回路は、パルス幅変調 (PWM) コントローラのフィードバックピンの電圧を変化させることによって、電源出力に供給される電力を制御します。V<sub>OUT</sub> の電圧が高くなると、TL431 のカソードがフォトカプラから引き込む電流が多くなり、それによってフィードバックピンの電圧が低下します。V<sub>OUT</sub> の電圧が低くなると、TL431 のカソードがフォトカプラから引き込む電流が少なくなり、フィードバックピンの電圧が上昇します。

適切な設計では、すべての主要な変数についてワーストケースの許容誤差を考慮しながら、この回路が動的動作範囲の全体にわたってコントローラのフィードバックピンを確実に駆動できるようにする必要があります。

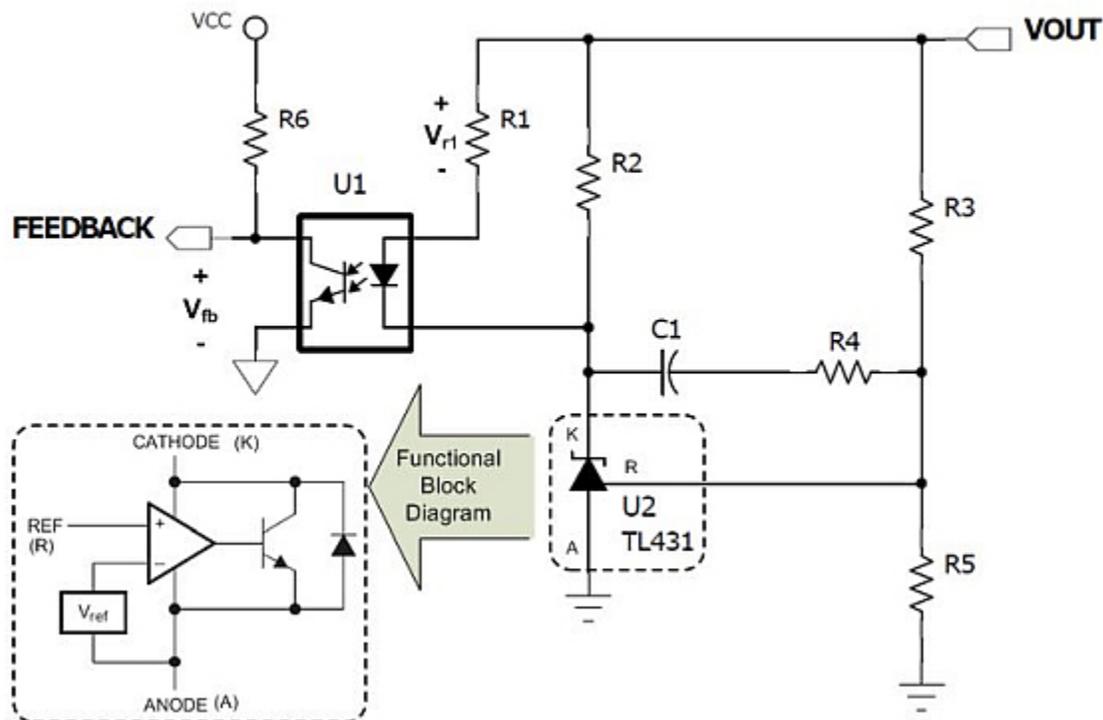


図 1. 絶縁電源では一般的にこの回路でフィードバック信号を生成します。

最初に、コントローラのフィードバックピンの動的動作範囲を決定します。コントローラはそれぞれ異なっているので、この作業では、データシートを調査する必要があります。例として、UCC2897A を使って、12V 出力のアクティブ クランプ フォ

ワードコンバータを制御すると仮定します。UCC2897A データシートの「ピンの詳細説明」を読むと、フィードバックピンの電圧が 2.5V のときデューティサイクルがゼロであり、フィードバック電圧が 4.5V のとき最大デューティサイクルになることがわかります。UCC2897A には 5V の基準電圧も搭載されており、これは、フォトカプラの光検出器に [図 1](#) の R6 経由でバイアスを印加するために使用できます。このリファレンス デザインは、最小 4.75V の入力電圧、最大 5.25V の入力電圧で動作します。式 1 および式 2 は、フォトカプラの光検出器に必要な電流の範囲を計算します。ここでは、R6 に許容誤差 1% の 1kΩ 抵抗を使用すると仮定しています。

$$I_{R6\_max} = \frac{V_{REFmax} - V_{FBmin}}{R_{6min}} = \frac{5.25V - 2.5V}{990\Omega} = 2.78mA \quad (1)$$

$$I_{R6\_min} = \frac{V_{REFmin} - V_{FBmax}}{R_{6max}} = \frac{4.75V - 4.5V}{1010\Omega} = 2.75mA \quad (2)$$

この回路は、0.25mA～2.78mA の範囲で R6 の電流を駆動できる必要があります。抵抗 R2 を入れることにより、フォトカプラの LED に流れ込む電流が減少し、TL431 のカソードを十分に高い電圧に上昇させることができます。したがって、この回路設計では、最小 R6 電流が保証され、最大 R6 電流の供給について心配するだけで済みます。

2 番目のステップは、フォトカプラのワーストケースの CTR を計算することです。型番に「817」の付いたフォトカプラは、多数のメーカーから供給されており、互いにピン互換です。各メーカーは型番に異なる接頭辞を使用しています。[表 1](#) に、さまざまな CTR 範囲を持つ 817 デバイスの例を示します。型番に 1 文字の接尾辞が付いています。この CTR 範囲には、温度とバイアス電流の影響は含まれていません。[表 1](#) および [図 3](#) に、温度およびバイアス電流による影響の概略について、フォトカプラのデータシートの図から再作成したものを示します。

**表 1. フォトカプラは、さまざまな CTR 範囲で提供されています。**

Part No. suffix	CTR minimum	CTR maximum
A	80%	160%
B	130%	260%
C	200%	400%
D	300%	600%
None	80%	600%

使用する電源が -40°C～85°C の環境で動作することを想定します。から、85°C では最小 CTR を約 0.7 倍する必要があります。817 の「A」バージョンを選択した場合、最小 CTR は 56% になります。式 1 の結果を 0.56 で除算すると、バイアス電流の影響は含まないものとして、LED 電流に少なくとも 4.96mA が必要になる可能性があることがわかります。[] から、4.96mA でのバイアス電流の影響は無視できる程度であることがわかります。

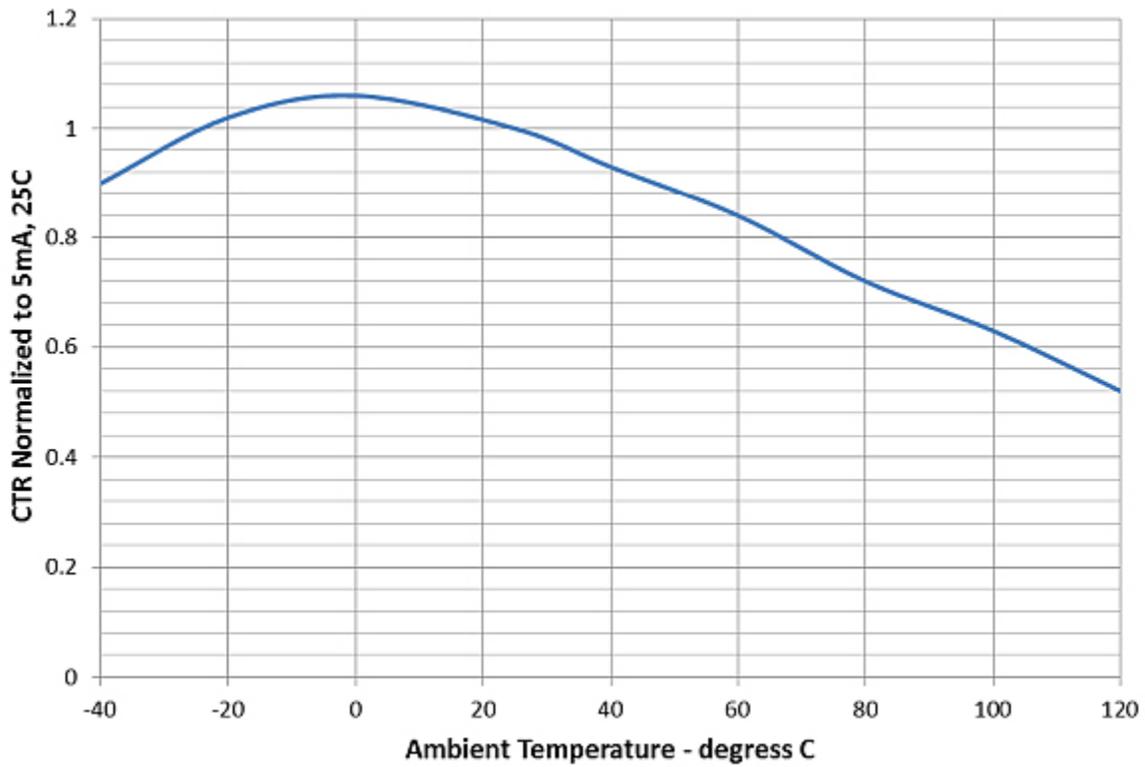


図 2. フォトカプラ CTR の温度による変化。

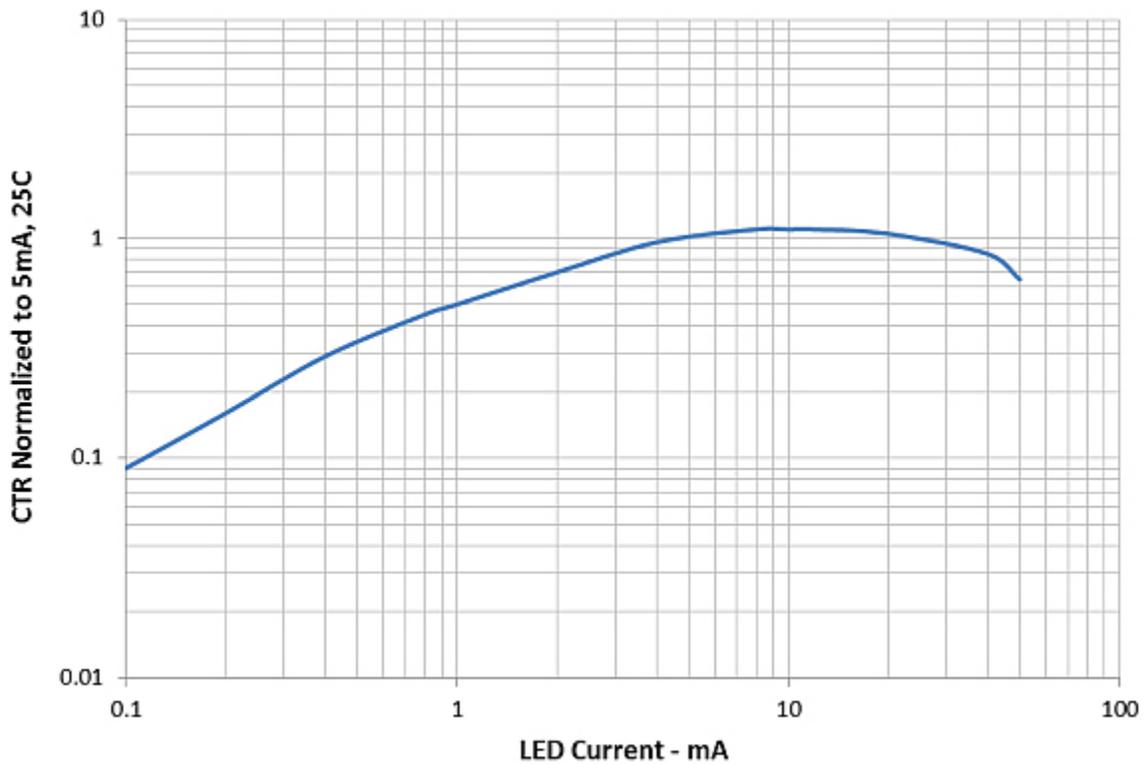


図 3. フォトカプラ CTR のバイアス電流による変化。

3 番目で最後のステップは、TL431 がすべての条件にわたってフォトカプラを十分に駆動できるように、R1 の値を設定することです。TL431 の最小カソード電圧は 2.5V であり、フォトカプラの LED の順方向電圧降下は最大 1.0V です。式 3 は、レギュレーションを保証するための R1 の最大値を計算するものです。

$$R_{1max} = \frac{V_{Out} - V_{TL431} - V_{LED}}{I_{R1min}} = \frac{12V - 2.5V - 1.0V}{5mA} = 1.7k\Omega \quad (3)$$

この電源で 1.7kΩ より大きい R1 値を使用すると、TL431 がレギュレーションを維持するのに十分な電流を LED に駆動できなくなる場合があります。フォトカプラの電流が不足している場合、フォトカプラに適切な量の LED 電流が流れるようになるまで、出力電圧は上昇を続けます。その結果、出力に過電圧状態が発生します。より高い温度の場合、過電圧が発生する可能性が高くなります。

このような許容誤差の問題は、設計段階でしばしば見落とされます。量産前の電源の動作では、すべてのテストに簡単に合格する可能性があります。この問題は、後でお客様からの返品という形で発生します。ここで簡単な設計手順に従うことで、会社のコストを節約し、顧客を満足させ続けることができます。

その他の Power Tips については、Power House で TI の [Power Tips ブログ シリーズ](#)をご覧ください。

### 関連記事

- [フォトカプラのデータシートを読むためのガイドライン](#)
- [フォトカプラを使用して電源ライン監視を簡素化](#)
- [Power Tips #80: ダイオード電圧降下の変動の補償](#)

以前 [EDN.com](#) で公開された記事です。

## 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