

LM4050,LMV431



Literature Number: JAJA394

特集記事 1-7

100V レギュレータ、
PWM コントローラおよび
MOSFET ドライバ 2

100V フォワード/フライバック
PWM コントローラ 4

2 段の電力変換に対する
2 つのソリューション 6

電源回路設計ツール 8

絶縁境界をまたいで帰還信号を渡す 回路テクニック

— Robert Bell、アプリケーション・エンジニア

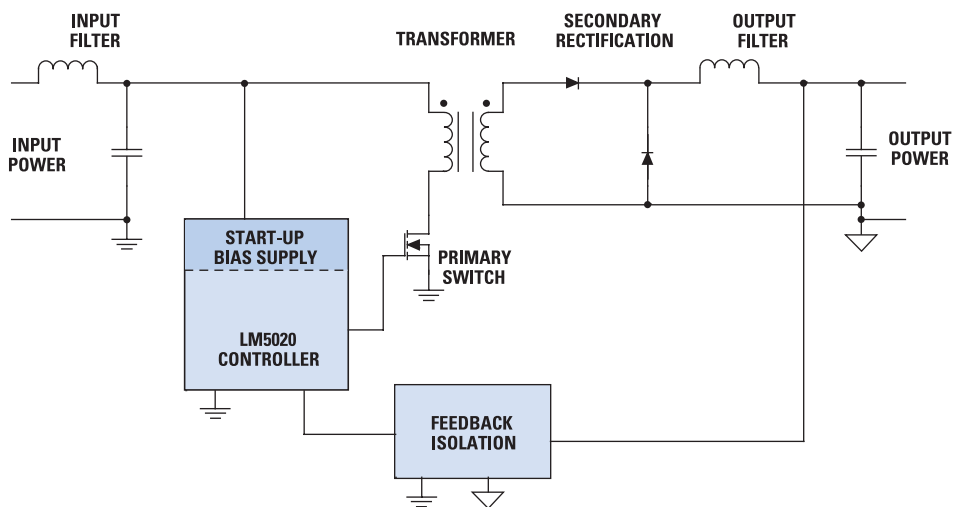
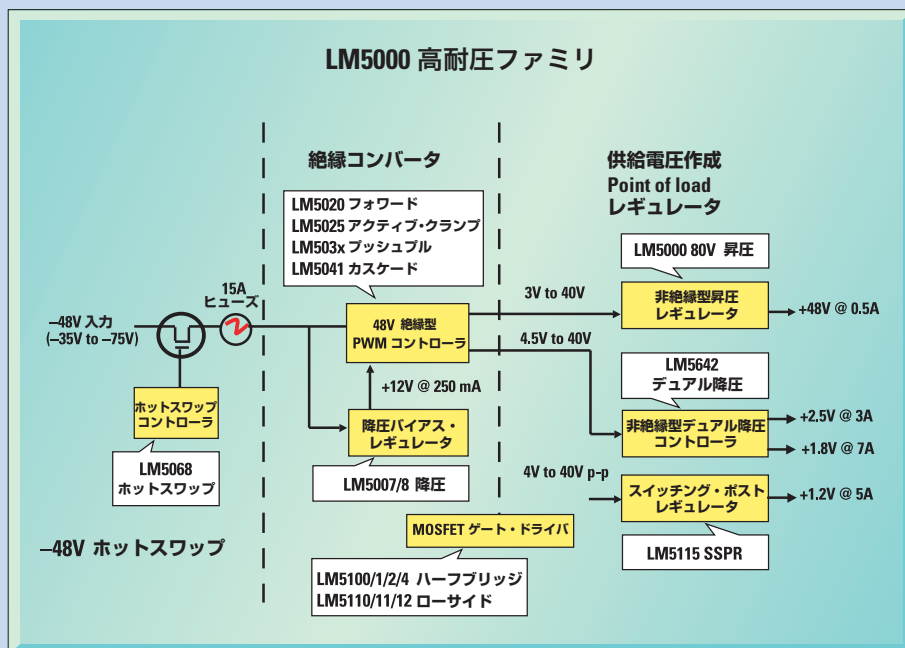


Figure 1: 一次側グラウンドを基準とするコントローラを用いた絶縁型電源コンバータ

電源コンバータは、多くの場合、絶縁型と非絶縁型の2つの基本的なカテゴリに類別されます。カテゴリ分けの根拠は、電源の入力グラウンドと出力グラウンドとの関係に由来します。多くのアプリケーションはグラウンド間で絶縁を必要とします。複数の電源電圧レールを使用する大規模システムの場合、グラウンド間を絶縁したほうが、グラウンド・ループを排除できるとともに、一点アース（グラウンド）を作りやすくなります。絶縁要件はさまざまな安全機関によって規定されています。2系統のグラウンドは、グラウンド間に1500V以上の電位差を与えた場合にもブレイクダウンを起こさない絶縁性を備えていなければなりません。絶縁型の電源コンバータ回路は、電源設計者にいくつかの新たな課題を突き付けます。絶縁電源コンバータはトランスを用いた回路トポロジーを使って実装し、フライバック型、フォワード型、プッシュプル型、ハーフブリッジ型とフルブリッジ型が一般的なトポロジーです。ここで、一方のグラウンド基準から他方のグラウンド基準へ電力または帰還情報を伝えることを、「絶縁境界の横断」と呼ぶことにします。

100V レギュレータ、PWM コントローラおよび MOSFET ドライバ

フレキシブルな高耐圧電源変換ソリューション



特長

- 幅広い出力レベルと多様なアプリケーションに対応する高耐圧 100V コントローラおよびドライバ製品ファミリー
- 高集積化により、必要な外付け部品数を低減
- 全負荷時に最大 90 % の高効率
- 熱抵抗 40 °C/W の LLP® 小型パッケージ (3 × 3 × 0.75mm)
- 高性能電流帰還プッシュプル、ハーフブリッジおよびフルブリッジ型をはじめ、従来の降圧、昇圧、フォワードおよびフライバック型レギュレータも含む幅広いトポロジーに最適です。

製品名	機能	特長
高集積スイッチング・レギュレータ		
LM5000	80V、2A スイッチ PWM 昇圧	フライバックおよび昇圧トポロジーに最適、入力範囲 3.1V ~ 40V
LM5007/8	80V/100V 400mA 降圧型	高効率、定周波数 PFM 動作、48V 入力バイアス・レギュレータに最適
スイッチング・レギュレータ PWM コントローラ(100V)		
LM5020	絶縁型電流モード	フォワードおよびフライバック型トポロジーに最適なコントローラ
LM5025	フォワード・アクティブ・クランプ電圧モード	P/N チャンネル・クランプ・スイッチ向けプログラマブル・ドライバ
LM5030/33	プッシュプル出力、電流モード/電圧モード	高集積ドライバ、フォトカプラ・インタフェース
LM5041	降圧型プッシュプル電流モード	電流供給プッシュプル・トポロジーまたは降圧型プリ・レギュレート・フルブリッジおよびハーフブリッジ・コンバータに最適
MOSFET ドライバ		
LM5100/1/2/4	100V 同期整流降圧型およびブリッジ型トポロジー向けデュアル FET ドライバ	プログラマブル・ディレイ、シングルおよびデュアル入力、高速、ローサイド/ハイサイド 2A FET ドライバ製品ファミリー
LM5110/11	負出力 5A デュアルローサイド FET ドライバ	フォワード、プッシュプルおよびその他ローサイド・トポロジー向け高速ゲート・ドライバ
ホットスワップ・コントローラ		
LM5068	- 48V ホットスワップ・コントローラ	アクティブ電流制御ループとアンダーボルテージ/オーバーボルテージ保護機能内蔵 100V スタートアップ・レギュレータ

絶縁境界をまたいで帰還信号を渡す回路テクニック

どのような絶縁型電源コンバータも、入力フィルタ、出力フィルタ、トランス、一次側スイッチ、二次側整流回路、コントローラ回路で構成されています。一次側にコントローラを置いた回路構成例を Figure 1 に、二次側にコントローラを置いた回路構成例を Figure 2 に示します。両方の構成ともに、コントローラへは、通常動作に到達したときには補助巻き線出力 (図示せず) から効率良く電源を供給しますが、電源投入直後はスタートアップ回路で生成したバイアス電圧を供給しています。二次側にコントローラを置いた Figure 2 の回路構

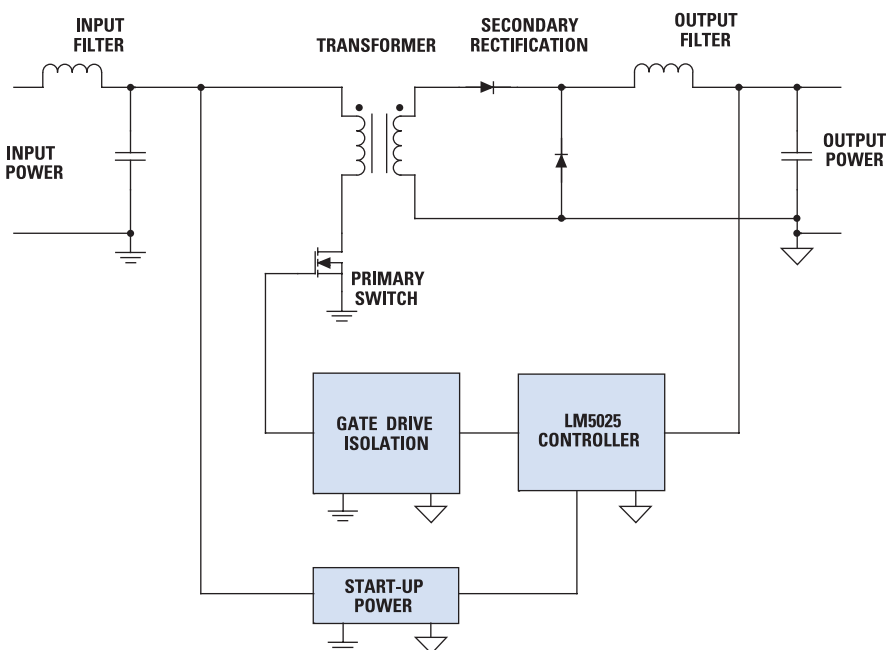


Figure 2: 二次側グラウンドを基準とするコントローラを用いた絶縁型電源コンバータ

成での問題点は、最初の電源投入時に必要なバイアス電力を、一次側の電力 (反対側のグラウンド基準) から生成しなければならないことです。この問題は、コントローラが必要とするわずかな電力を供給する目的で、バイアス専用の絶縁型電源

コンバータを設けると対処が可能です。専用のバイアス電源回路はあらゆる条件下で順序どおりに起動しなければなりません。ほかに二次側コントローラ用のバイアス電源を得るには、一次側に電圧が印加されたときに、一次側メイン・スイッチのスイッチングを多少なりとも制御しながら速やかに開始させるような制御機構を開発する方法もあります。スイッチングの開始に伴って補助巻き線がコントローラの必要とするバイアス電源を供給し、その後コントローラがメイン・スイッチの制御を引き継ぎます。メイン・スイッチのスイッチングを成り行きで開始する方法には、オーバーシュート、回路の短絡、または過負荷条件などの問題が存在します。

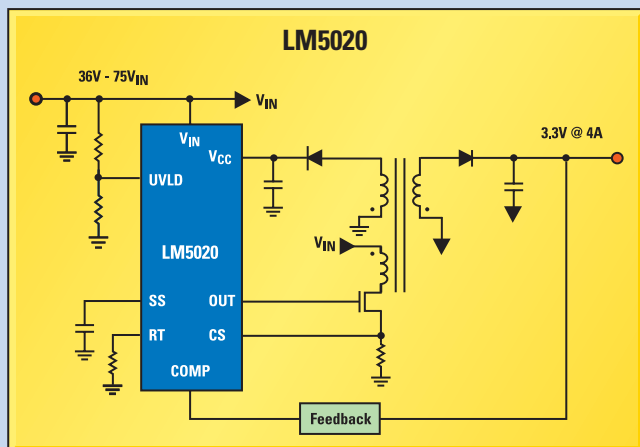
設計者はなぜ、二次側グラウンドを基準にするコントローラを使ってコンバータを構成したがるのでしょうか。その理由は、一次側グラウンドを基準にすると、Figure 1 からわかるように、二次側グラウンドを基準にする帰還信号を絶縁して一次側グラウンドを基準とする信号として引き回さなければならないためです。帰還信号をこのように構成すると位相遅延が発生し、制御ループの帯域が制限されるとともに、最終的にはコンバータの過渡応答に影響が生じます。現在ほとんどのコンバータは、二次側の整流素子として、図示したダイオードの代わりに FET を使用しています。このような同期整流 FET は、最適な制御タイミングを導くように、二次側コントローラが出力する正確に制御されたゲート・ドライブを必要とします。

二次側にコントローラを置くこの方法は一次側にコントローラを置くよりも複雑になりますが、高い性能が得られます。

100V フォワード/フライバック PWM コントローラ

LM5020 電流モード・コントローラ

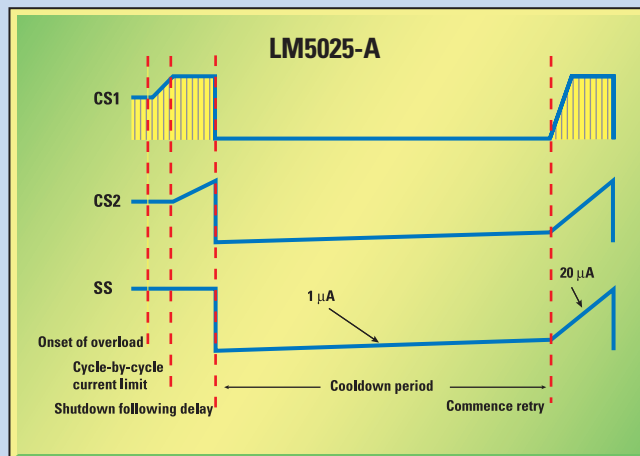
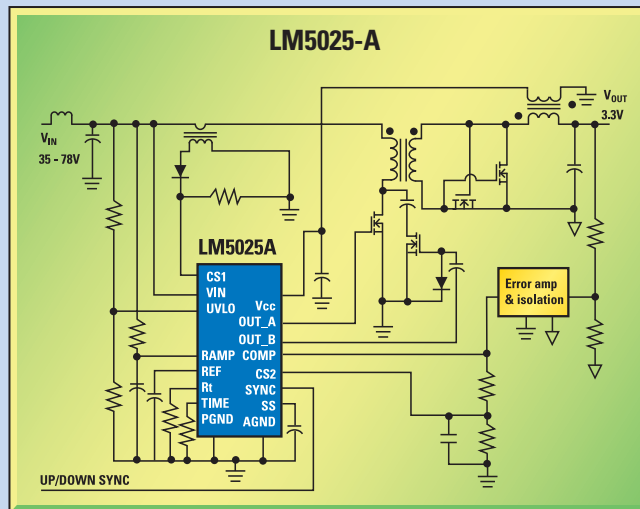
LM5020 はシングルエンド・トポロジーの一次パワーコンバータの実装に必要なすべての機能を備えた高耐圧 PWM コントローラです。出力電圧レギュレーションにはループ補償の設計が容易な電流モード制御方式を採用、最高 100V の広い入力範囲で動作する高電圧スタートアップ・レギュレータを内蔵しています。本製品は高速動作が可能ないように設計されており、発振周波数範囲は最高 1MHz、全伝搬遅延時間は 100ns 未満です。PoE を電源として使用する機器および通信・ネットワーク装置やフライバックまたはフォワード DC/DC コンバータを使用する産業用パワーシステムに最適です。



LM5025A アクティブ・クランプ 電圧モード・コントローラ

LM5025A はアクティブ・クランプ PWM コントローラ LM5025 の改良品です。LM5025A は以下の機能的な特長を備えています。CS1 と CS2 の電流制限スレッシュホールドの電圧センス値を 0.5V に高めています。内蔵 CS2 フィルタの放電用素子を各クロック・サイクルごとに動作しないようにディスエーブルしています。ライン UVLO ピンがスレッシュホールドを下回っても、内部の V_{CC} レギュレータと V_{REF} レギュレータは動作を続けます。

LM5025A はアクティブ・クランプ/リセット方式の PWM コントローラで、電源コンバータの実装に必要な機能をすべて備えています。アクティブ・クランプ方式の採用によって、従来のキャッチ巻線または RDC (抵抗/ダイオード/コンデンサ)を用いたクランプ/リセット方式に比べ、高効率と優れた電力密度を実現しました。2本の制御出力はそれぞれメイン・パワー・スイッチ制御 (OUT_A) とアクティブ・クランプ・スイッチ制御 (OUT_B) です。内蔵の2個の複合ゲート・ドライバは、MOS デバイスとバイポーラ・デバイスの並列接続によって、優れたゲート・ドライブ特性を備えています。PWM コントローラは高速動作が可能ない設計がされており、発振周波数範囲は最高 1MHz、すべての PWM および電流センスの遅延時間は 100ns 未満です。通信システム、産業用パワーシステム、マルチ出力電源などに最適です。



絶縁境界をまたいで帰還信号を渡す回路テクニック

コントローラを一次側に置くとコンバータの複雑さの軽減とコストの低減が実現できる可能性があります。このような構成の場合、出力からの帰還信号はフォトカプラを使って境界をわたします。帰還信号、すなわち境界をわたる信号は、出力電圧に比例した信号ではなく出力電圧と基準電圧との電位差に比例した信号です。出力電圧をそのまま境界をわたすと、絶縁回路で生じる不正確性によって、レギュレーション性能に直接影響が生じます。フォトカプラは温度変化や経年変化に対して電流伝達比に大きな誤差特性を有します。そこで誤差信号を作る場合、出力電圧を固定基準電圧と比較したあとで、高利得での増幅を行うようにします。誤差信号は、いったん境界をわたせば、コントローラに直接入力することが可能です。Figure 3a と 3b に 2 種類の帰還方法のブロック図を示します。各ブロックで固有の利得が割り当てられています。 A_{ISO} は絶縁段の利得、 A_{AMP} はエラーアンプの利得、 A_{PWR} はパルス幅変調回路の利得と電力段の利得を表します。Figure 3 に示す 2 つの方法はエラーアンプと絶縁回路段が入れ替わっている点のみが異なります。

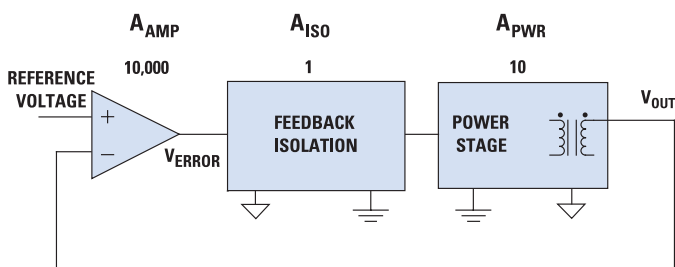


Figure 3a: 誤差信号を帰還して絶縁した回路方式

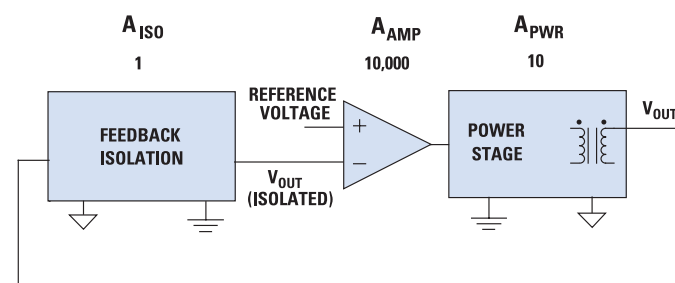


Figure 3b: 出力電圧を帰還して絶縁した回路方式

Figure 3a は二次側にエラーアンプを置いた電源コンバータの例です。基準電圧が理想的でオフセットが存在しないと仮定した場合、出力電圧の静的な誤差は、単純に $1/(A_{AMP} \times A_{ISO} \times A_{PWR})$ になります。この図に示した各利得での誤差は 0.001% です。絶縁段の利得 (A_{ISO}) が半分になると全体の誤差は 0.002% に増加します。Figure 3b はエラーアンプと基準電圧とを一次側に置いた電源コンバータを表し、絶縁した出力電圧のコピーを境界をまたいで引き回しています。この場合、絶縁アンプは単に順方向利得の一部ではなく、帰還ネットワークの一部を構成します。理想的な部品を用いたとき、誤差は同様に 0.001% になります。ただしこの方式では、絶縁段の利得が半分になるとシステムの誤差は 100% 増加することになり、出力電圧は 2 倍になってしまいます。

帰還信号の作成

二次側で帰還信号を得て絶縁境界をわたすには複数の構成案が考えられます。Figure 4 に示すように、出力電圧のコピーをツェナー・ダイオードとフォトカプラを使って境界をわたす方法がもっとも単純です。出力電圧が高くなるとフォトカプラ・ダイオードの電流が増え、結果的に一次側コントローラのエラーアンプの出力信号が低下します。この構成は単純かつ低コストですが、ツェナー・ダイオードとフォトカプラが持つ誤差によって、精度はきわめて低くなります。

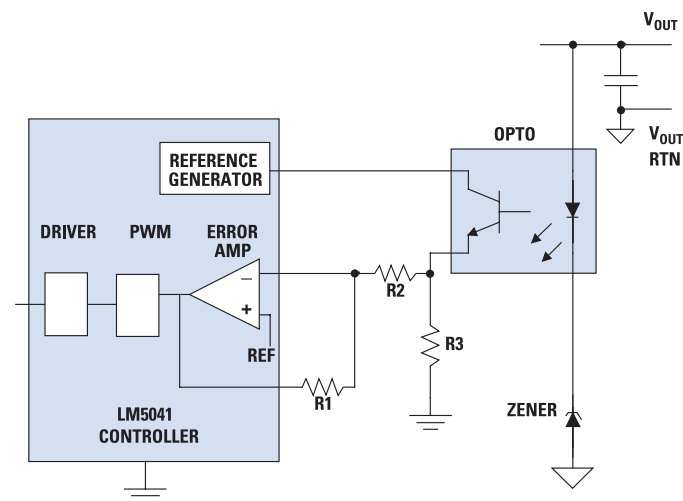
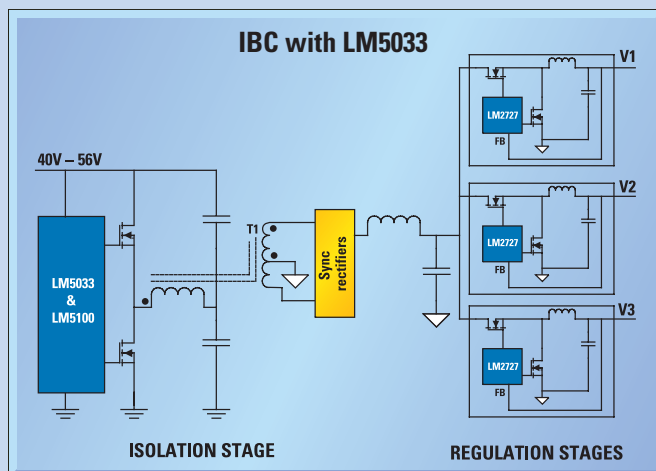


Figure 4: ツェナー・ダイオード、フォトカプラを使った絶縁

2 段の電力変換に対する 2 つのソリューション

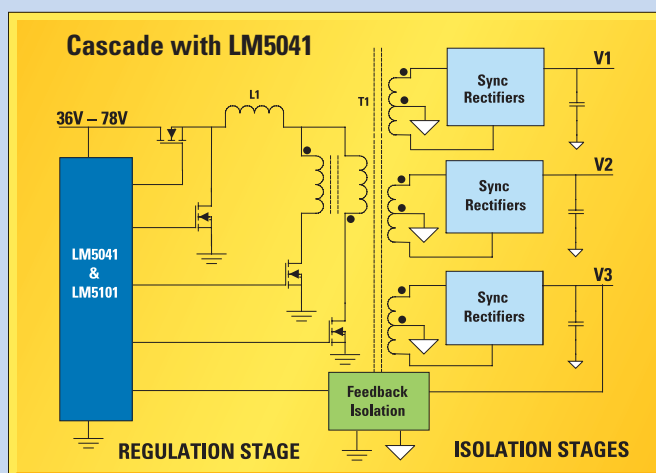
LM5033 IBA (中間バス・アーキテクチャ) 仕様電源システム向け

LM5033 は、プッシュプル・トポロジー、ハーフブリッジ・トポロジー、さらにはフルブリッジ・トポロジーの実装に必要なすべての機能を内蔵した高電圧 PWM コントローラです。高度にレギュレートされた出力電圧を備える閉ループ電圧モード・コンバータや、95% を超える効率を持つ中間バス・コンバータ (IBC) のような開ループ「DC トランス」などが、LM5033 のアプリケーションです。露出パッド付き小型 10 ピン LLP-10 パッケージによって高い放熱性能を実現しています。交互に切り替わる 2 本のゲート・ドライバ出力はデッドタイムが保証されています。また、15V から 100V という広い入力範囲に対応したスタートアップ・レギュレータを内蔵しています。そのほか、高精度電圧リファレンス出力、電流制限検出、リモート・シャットダウン、ソフトスタート、同期機能、サーマル・シャットダウンの各機能を内蔵しています。LM5033 は合計伝搬遅延時間が 100ns 未満と短く、また最高 1MHz に対応した内蔵発振器を備えた高速 IC です。



LM5041 プログラマブル・タイミング機能付き、先進的 100V カスケード DC/DC コントローラ

LM5041 は、電流供給型または電圧供給型のプッシュプル・トポロジーまたはブリッジ・トポロジーのコンバータの実装に必要なすべての機能を内蔵した PWM コントローラです。これら「カスケード」型トポロジーは多出力かつ大電力のアプリケーションに適しています。LM5041 は降圧段制御出力 (HD と LD) とプッシュプル制御出力 (PUSH と PULL) の 4 本の出力を備えています。プッシュプル出力は、降圧段のスイッチング周波数の半分の周波数で、公称 50% のデューティ・サイクルで駆動され、オーバーラップ時間保証 (電流供給型アプリケーション) またはデッドタイム保証 (電圧供給型アプリケーション) のいずれかに設定が可能です。プッシュプル段の MOSFET は内蔵ゲート・ドライバで直接駆動できますが、降圧段は LM5102 などの外付けドライバが必要です。LM5041 は、15V から 100V の広い入力範囲に対応した高電圧スタートアップ・レギュレータを内蔵しています。LM5041 は合計伝搬遅延時間が 100ns 未満と短く、また最高 1MHz に対応した内蔵発振器を内蔵する高速 IC です。そのほか、ライン・アンダーボルテージ・ロックアウト (UVLO)、ソフトスタート、エラーアンプ、高精度電圧リファレンス、サーマル・シャットダウン機能を内蔵しています。



絶縁境界をまたいで帰還信号を渡す回路テクニック

Figure 5 に、誤差信号をより精度高くフォトカプラを通過させる回路を示します。この構成では、ツェナー・ダイオードの代わりに LMV431 ショット・レギュレータを使用しています。ショット・レギュレータは、フィードバック端子に 1.24V の電圧が存在する場合に、デバイスのカソードを流れる電流を分流させます。分圧回路 R5 と R6 は、所望の出力電圧を、 $V_{OUT} = 1.24 \cdot ((R5 + R6)/R6)$ となるように分圧します。この回路構成は、LMV431 の初期誤差が 0.5% と低いため、ツェナー・ダイオード構成よりもはるかに高い精度が得られます。ループ補償はレギュレータのカソードとフィードバック端子間に接続します。この方法では、中程度の性能を求めるアプリケーションで一般的となる程度の、きわめて良好な性能が実現されます。

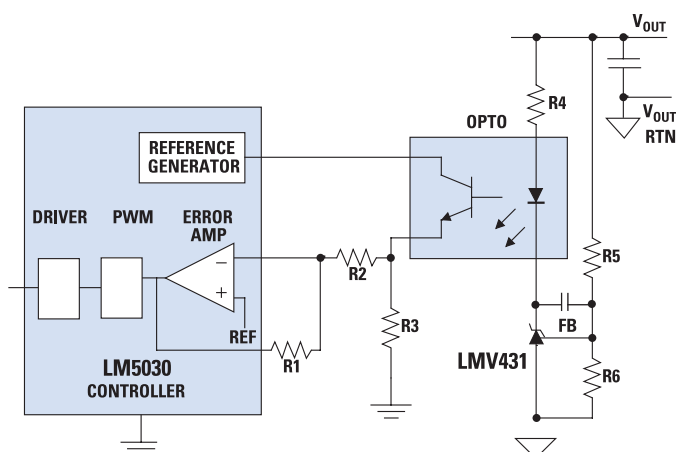


Figure 5: LMV431、フォトカプラを使った絶縁

また LMV431 は電流出力のため、カソード端子に現れる帰還電圧はわずかです。LM4050 とデュアル・オペアンプを使って、温度補正を備えた電圧基準を追加すれば、ループ補償を最適化することが可能です (Figure 6)。このエラーアンプ構成は高利得かつ高精度であり、またループ補償を備えています。

経験豊かな設計者であれば、Figure 6 の回路には、二次側に 2 つの帰還ループが存在することに気が付くはず。積分回路を構成する LMV431 のカソードは仮想的なグラウンド

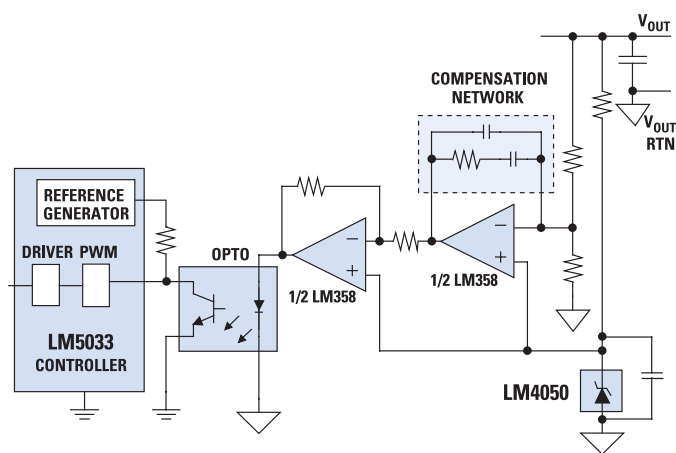


Figure 6: デュアル・オペアンプと基準電圧、フォトカプラを使った絶縁

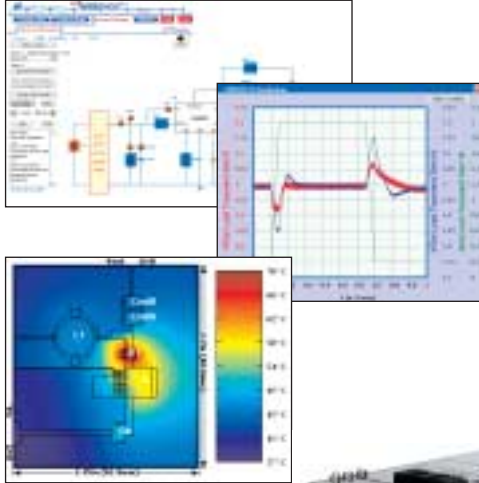
を構成します。LED のアノードで起こった高周波遷移は、仮想グラウンド電流に直接高周波遷移を引き起こします。抵抗分圧回路を通る低周波経路に加えて高周波経路が存在することになり、位相補償を行う場合とループ全体の利得と位相を測定するために信号を注入する場合に、この経路を考慮しなければなりません。以上述べたそれぞれの構成で設計者は、スタートアップ・シーケンスを通じて、入力電圧が最初に印加された状態を検討する必要があります。初期状態では二次側にはいかなる出力電圧もバイアス電圧も存在しません。このような条件下で、誤差信号がフルパワーを要求するような極性になるように、帰還を与えなければなりません。Figure 6 のデュアル・オペアンプ回路はこのような要件を保証します。スタートアップ時に検討すべきもう一つの注意点はソフトスタートです。出力電圧の立ち上がりを緩やかにするには、基準デバイス両端の容量を大きくします。

「絶縁境界の横断」を実現する最適な回路方式はアプリケーションによって異なります。性能、複雑さ、コストなどのさまざまな要因を考慮しなければなりません。設計の各段階において、システムの目的に応じた絶縁回路の評価が必要です。さらには、回路の短絡や過負荷などの異常条件を含むすべての動作条件にわたって十分なテストと測定を行うことが求められます。■

電源回路設計ツール

WEBENCH® オンライン設計支援ツール

回路設計からプロトタイプ入手までがオンラインで完了。
設計時間を大幅に短縮できます。



1. 選ぶ
2. 設計する
3. 電源回路を分析する
 - 電気特性シミュレーション
 - 熱特性シミュレーション
4. 製作する
 - カスタム・プロトタイプを注文

webench.national.com/jpn



アプリケーション・ソリューション

DSL、通信、ディスプレイ、工業製品、医療システム、民生家電、および電源やワイヤレス・システムなどのアプリケーション・ブロック図から最適な部品を短時間で選択できます。

solutions.national.com

ナショナルのパワー製品サイト：power.national.com/jpn

お問い合わせ：JPN.feedback@nsc.com
0120-666-116

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは是認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
 - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
 4. 機械的衝撃
 - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
 5. 熱衝撃
 - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
 6. 汚染
 - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
 - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上