

## DC-DC コンバータが不要?

複数出力を個別に制御する新しいフライバック制御技術により、特定アプリケーションの DC-DC コンバータを不要にします。

ホワイトペーパー



## 電源アーキテクチャ

最新の産業用製品と消費者向け製品の電源アーキテクチャにはほとんど DC-DC コンバーターが組み込まれ、これによりさまざまな回路に POL (point-of-load) レギュレーションが提供されます。フロントエンドの AC-DC コンバーターが組み込まれた製品でも、電源システムには正確な電圧と電流を生成し、出力回路に提供するために複数の DC-DC が必要です。つまり、これまではそうでした。

新しい電力コンバータ アーキテクチャは、昇圧型及び降圧型コンバータ、そして場合によっては、現在急速に普及している最新のリニア レギュレータの置き換えに挑戦します。Power Integrations の InnoSwitch™3-MX 及び InnoMux™ チップセットに搭載されたこれまでにない AC-DC フライバック方式をベースとしたこの新しい技術は、1つの磁気部品から複数の出力を個々に制御するシングル ステージ コンバータを実現し、これによって DC-DC ポスト レギュレーションが不要になり、システム効率が大幅に向上します。このアプローチは、一部の最新世代コンピュータ モニター製品にすでに使用されています。

この新しいアプローチがもたらす効果について、[図 1](#) に、家電製品やコンピュータ モニターなど、LED ディスプレイが付いた最新の機器で使用される従来の電源システムのブロック図を示します。AC-DC ステージでは、中間の DC 電圧源を生成します。この中間 DC 電圧源からポストレギュレーションによって、LED ディスプレイのバックライト、オーディオ及びアナログ回路、ダウンストリーム プロセッサを含む複数の回路に電力供給されます。昇圧型コンバータは中間 DC 電圧源から 48V-60V の可変電圧を生成し、定電流 (CC) 制御の LED バックライトに供給されます。降圧型デバイスは 5V の定電圧 (CV) 電源を生成します。多くの場合、さらに降圧型またはリニア レギュレータ (この図には表示されません) によって 3.3V 電源が生成され、マイクロコントローラに供給されます。

[図 2](#) に、新しい InnoSwitch3-MX/InnoMux チップセットアーキテクチャが導入された同一のシステムを示します。部品点数と PCB の省スペース化だけでなく、DC-DC ステージが不要になることによって総システム消費電力が最大 50% 削減されます。

このこれまでにないレベルのシステムの省エネルギー化により、国際的な基準 (US ENERGY STAR® 8、日本の Top Runner Program、最近発表された電子ディスプレイ製品向けの EU Directive 2009/125/EC を含む) で定義されている消費電力制限に引き続き準拠しつつ、より低効率のディスプレイを使用できるようにすることで、システムコストを大幅に削減することを可能にします。

Power System Efficiency 78 – 80%

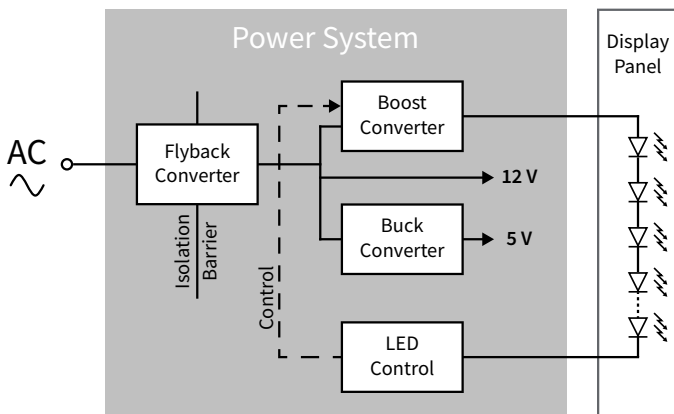


図1 従来の複数ステージの DC-DC ベースのシステム

Power System Efficiency 87 – 90%

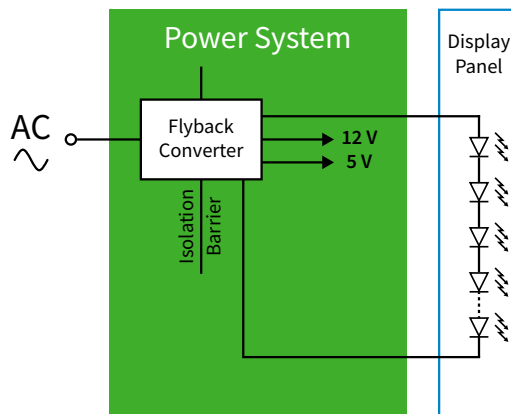


図2 InnoMux ベースのシングル ステージシステム

## 製品の解説

「明らかなメリットがありますが、これはどのように実現されるのですか？そしてなぜ以前は実現されていなかったのでしょうか？」という質問を受けるかもしれません。この質問に対する答えとして、[図 3](#) にあるシステム回路の簡略図を参照してください。説明を簡単にするために、2 つの出力のみ表示しています。InnoMux ファミリーには 3 つの出力を同時に制御できるデバイスが含まれていますが、これについては後ほど説明します。

これを可能にする中核の技術は、FluxLink™ と呼ばれる、独自の絶縁デジタル フィードバック インターフェイスです。FluxLink は InnoSwitch3-MX IC に搭載され、リアルタイムのサイクルバイサイクル出力負荷情報をコンバータの絶縁バリアを介して一次側スイッチング制御部に通信できるようにします。これは、フィードバック情報を提供するために絶縁システムで従来使用されてきたフォトカプラと対比されます。フォトカプラはアナログ部品で、複数の出力情報をサイクルバイサイクル ベースで送信するにはその応答速度が十分ではありません。一方、FluxLink を使用することで、各出力の状態がフライバックコンバータの動作周波数 (通常は 70kHz~100kHz) で一次側コントローラにフィードバックされ、制御されます。

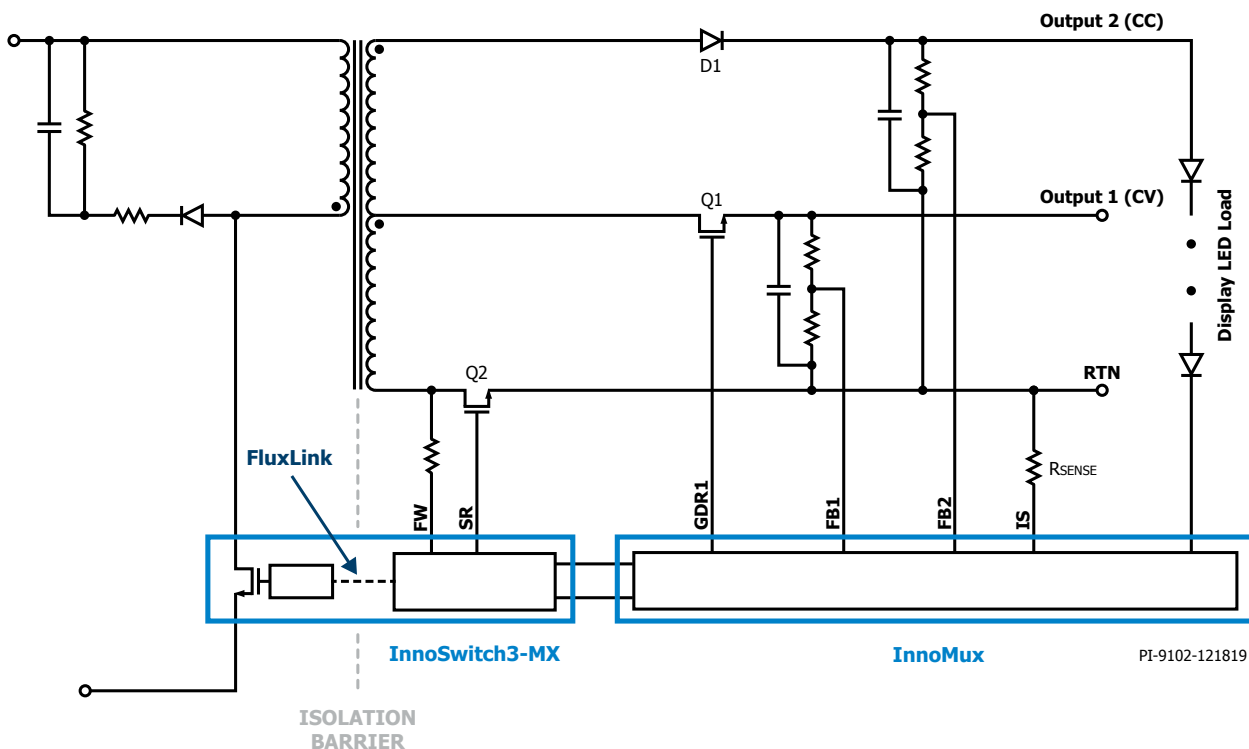


図3 InnoMux ベースシステムの概略回路図

そのような広帯域幅のデータ送信を可能にすることが、InnoMux 技術と機能を理解しやすくします。FB1、FB2 及び Is ピンに入力される出力フィードバック信号に基づいて、InnoMux 制御 IC は各出力を継続的に監視し、追加の電力出力が必要になると、FluxLink 通信リンクを使用して一次側コントローラにサイクルバイサイクルのエネルギー要求を行います。そのような要求は、各出力の負荷状態に基づいて決定されます。エネルギーが特定のサイクルで求められない場合、この要求は行われません。エネルギーが特定の出力で要求されると、InnoMux が判断するサイクルにおいてエネルギー要求が FluxLink を介して行われ、一次側スイッチング回路によってトランスにエネルギーが蓄えられます。InnoMux コントローラは負荷スイッチ (FET) (図 3 の Q2 など) を使用し、蓄えられたトランス エネルギーをそれが必要な出力にだけに導きます。ゲートドライバ出力 (GDR1) は独自のレベルシフト技術を使用して、n-チャンネル (より高価な p-チャンネルではなく) FET を負荷スイッチとして使用できるようにします。

回路保護と最適効率を維持しながらのこのように多重化エネルギーを供給する正確なタイミングは、FluxLink 通信チャンネルの非常に広い帯域幅によってのみ可能です。FluxLink で実現される正確なタイミングにより、同期整流 (SR) の使用も可能になり (図 3 の Q1)、出力整流器の電圧降下を減らすことにより、システム効率をさらに向上させることができます。

一見すると、図 3 の回路図は、まったく新しくない従来の多出力フライバック コンバータのように見えます。ただし、従来の多出力フライバックでは、出力電圧はトランスの巻数比によって互いに関連して固定されます。欠点として、出力間のクロス レギュレーションが低下することが挙げられます。この場合、一般的に、重負荷の出力は出力電圧が低下し、より軽負荷の出力は出力電圧が上昇したり、‘ピークチャージ’される傾向があります。そのようなクロス レギュレーションの課題により、システム設計者にとって、しばしば、DC-DC コンバータを使用するマルチステージコンバータ構成が唯一の解決策になります。

対照的に、図 3 のシステムでは ‘エネルギー多重化’ (これが InnoMux の名前の由来) の概念が採用されています。個々の出力への即時要求に応じた多重化エネルギー供給により、各出力が独立した正確なレギュレーションを実現します。さらに、この機能により、一部の非常に独特な電源特性を実現できます。例えば、定出力電圧 (図 3 の CV 出力 1) を提供するように制御できるものもあれば、LED ディスプレイ照明またはバッテリー充電を制御する場合など、定出力電流 (図 3 の CC 出力 2) を提供するように制御できるものもあります。CC 出力は、定負荷電流を維持するためにその出力の電圧が負荷状態に応じて変化するようにする必要がありますが、CV 出力では、出力電圧は固定されていなければなりません。これはサイクルバイサイクルのエネルギー多重化によって実現します。これにより、CC 出力と独立したレギュレーションの 2:1 電圧調整や個々の出力電圧/電流の動的な調整も可能になります。これは、その他の出力のレギュレーションに影響を与えずに実現されます。例えば、ある出力の電圧がスタンバイ中に動的に変化する必要がある、またはピーク負荷状態を満たす必要がある場合、その出力のレギュレーションを設定する分割抵抗を変更するだけで実現できます。その他の出力へのエネルギー供給およびその他の出力のレギュレーションは影響を受けません。これらの例は全て、これまで、追加の DC-DC ポストレギュレーションが必要とされ、マルチコンバータが構成されていました。

同期整流降圧型 DC-DC コンバータは通常、2 つの低抵抗 FET、パワー インダクタ、及びディスクリット部品から構成されています。上述のように、InnoMux アーキテクチャはトランスのエネルギーを目的の出力に導くための負荷スイッチとしてこれらの FET のうち 1 つを動作させ、パワー インダクタは不要です。さらに正確に言えば、InnoMux コンバータは、 $n$  個の出力に対して  $(n-1)$  個の負荷スイッチが必要です。これは、負荷スイッチが ON になっているときにより低い電圧の出力にエネルギーを供給しないようにするためです。つまり、エネルギー要求が一次側に行われ、すべての出力負荷スイッチが OFF になっているときに最も高い電圧の出力のみがエネルギーを受け取るということです。そのため、最も高い電圧の出力は、従来のダイオード整流になります。

DC-DC コンバータが不要になることは、システム EMI の観点からも魅力的なことです。DC-DC コンバータは通常、200 kHz ~ 500 kHz のスイッチング周波数の範囲で動作し、個別の伝導及び放射 EMI 部品が使用されています。EMI を考慮した PCB レイアウト及びインダクタ設計に関する検討事項も InnoMux システムでは不要になります。





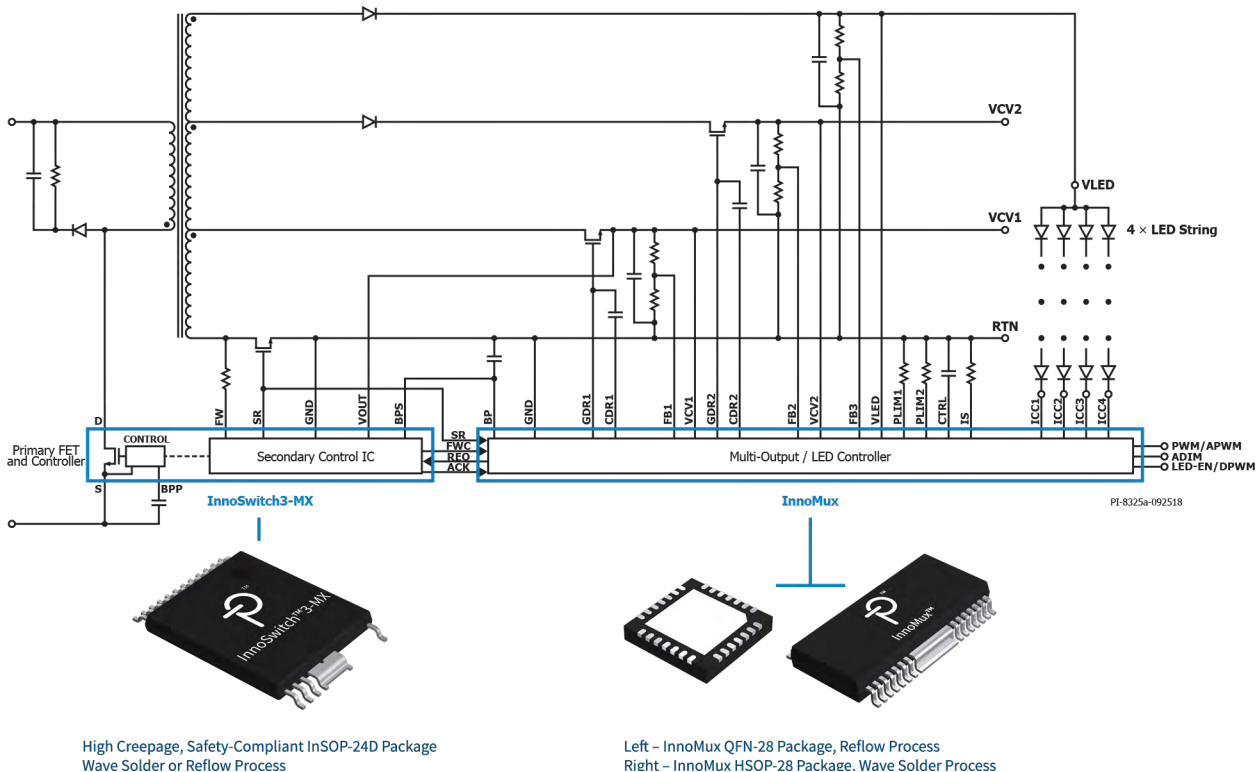


図5 4ストリングLED 電流バランスとCV 出力電力制限設定を示す2つのCV、1つのCC 回路図

多重電源のもう1つの機能として、システム設計者は各出力に利用可能な過負荷電力を選択できます。図5では、PLIM1及びPLIM2ピンの抵抗がVCV1及びVLED出力のそれぞれへのエネルギー供給時の最大周波数をテーブル1に示されている値に従って制御します。さらに、PLIM1またはPLIM2ピン(テーブル2を参照)にコンデンサを追加することで、VCV2出力へのエネルギー供給時の最大周波数を設定することができます。このことは、多出力フライバックコンバータと比べて非常に有効なメリットになります。従来の多出力フライバックコンバータでは、各出力の部品は、過負荷状態の全出力電力に対応できる定格のものを使用する必要がありますが、InnoMux設計では、その特定の出力の最大電力のみに対応すればよいため、出力部品のサイズをテーブル1によって最適化できます。

周波数	CV1PLIM1	V <sub>LED</sub> PLIM2
30 kHz	5.1 kΩ	5.1 kΩ
41 kHz	10 kΩ	10 kΩ
56 kHz	22 kΩ	22 kΩ
78 kHz	39 kΩ	39 kΩ

テーブル 1 CV1 及び VLED 出力過負荷選択

周波数	CV1PLIM1	V <sub>LED</sub> PLIM2
30 kHz	コンデンサなし	コンデンサなし
41 kHz	コンデンサ	コンデンサなし
56 kHz	コンデンサなし	コンデンサ
78 kHz	コンデンサ	コンデンサ

テーブル 2 CV2 出力過負荷選択 (コンデンサ値はテーブル 1 の抵抗値によって異なります [2])

図 6 に、図 5 で示した 2 CV 及び 1 CC アプリケーションの出力電流波形を示します。

SR FET の電流波形は、全出力の合成電流になります。この部品は、エネルギーを受け取る出力に関係なく出力電流を導通するためです。上部のトレースは、個々の出力電流波形を色分けしたものです。ここで、示されている負荷状態では、要求されているエネルギーの約 50% が LED 出力、33% が 12V 出力、残りの 17% が 5V 出力に供給されます。図 6 に示されているような全負荷測定は、出力ごとの過負荷周波数制限を設定するために設計段階で実施されます。

LED 出力のピーク電流は比較的低くなっています。これは、この出力と一次側巻線間の巻線比がすべての出力のうち最も低い場合、電流増幅も最も低くなるためです。ただし、この出力電圧は最も大きい場合、この出力の電力が大きくなります。より低い 12V 出力と 5V 出力に対する巻数比が増加するにしたがって、ピーク電流は増加します。一次側 FET がオンする前に 5 V 出力の電流がゼロになることがないことに注意してください。一次側 FET がオンすると、5 V 出力巻線の電流は急速にゼロになります。この動作は連続動作モード (CCM) として知られており、一方で 12 V 及び LED 出力の電流波形は不連続動作モード (DCM) 波形 (一次側スイッチがオンする前に電流がゼロになる) です。InnoSwitch3-MX と InnoMux IC は、トランス設計の柔軟性を最大化するために DCM モードまたは CCM モードで動作するよう設計されています。



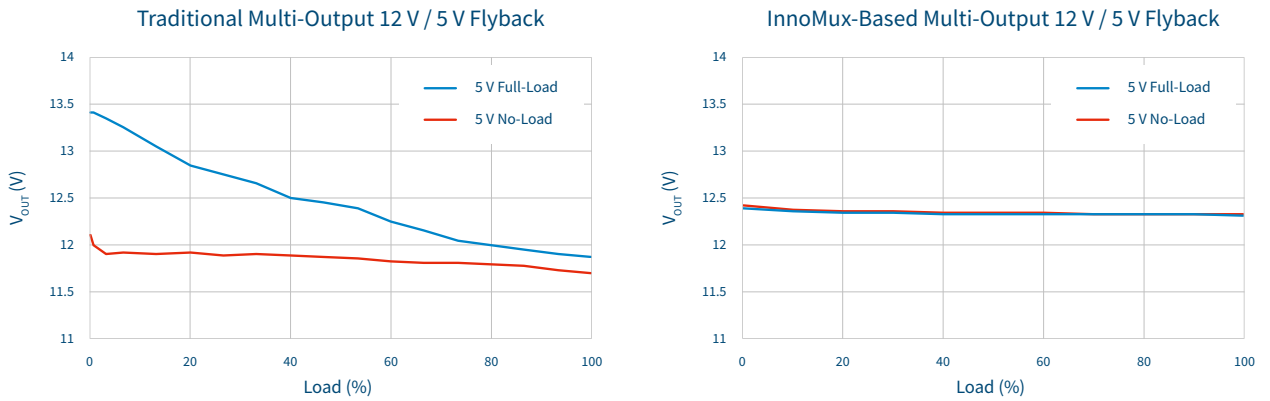


図6 2 CV, 1 CC 電源における出力電流波形

多出力電源において CV 出力レギュレーションのみを必要とするシステムでは、各出力に対して全負荷範囲で正確なレギュレーションを実現する場合に InnoMux チップセットが有効です。前述のように、従来の多出力フライバックではクロスレギュレーションが低下します。出力電圧が各出力のトランス巻数比によって影響を受けるためです。図 7 に、12V/5V 出力電源において、従来の多出力フライバックと InnoMux ベースのシステムを比較して測定した波形を示します。従来のフライバックコンバータでは、電源設計者は、しばしば、図 8 のように 2 つの出力からのフィードバック情報を 1 つのフィードバック信号とすることで改善を試みます。一般的にはそのような方法によって、1 つの出力 (通常は 5 V) からのフィードバックが優先され、この出力が最も正確なレギュレーションを実現します。しかし、そのような方法は常に妥協案であり、各出力の電圧レギュレーションはその出力の負荷だけでなく、その他の出力の負荷によっても影響を受けます。これは、図 7 に示されています。

一方、InnoMux では、各出力の独立したフィードバックとレギュレーションにより、個々の出力において全負荷範囲で正確なレギュレーションが可能になります。前述のように、この機能は必要に応じて出力を動的に調整することもできます。

### 12 V Load Regulation



### 5 V Load Regulation

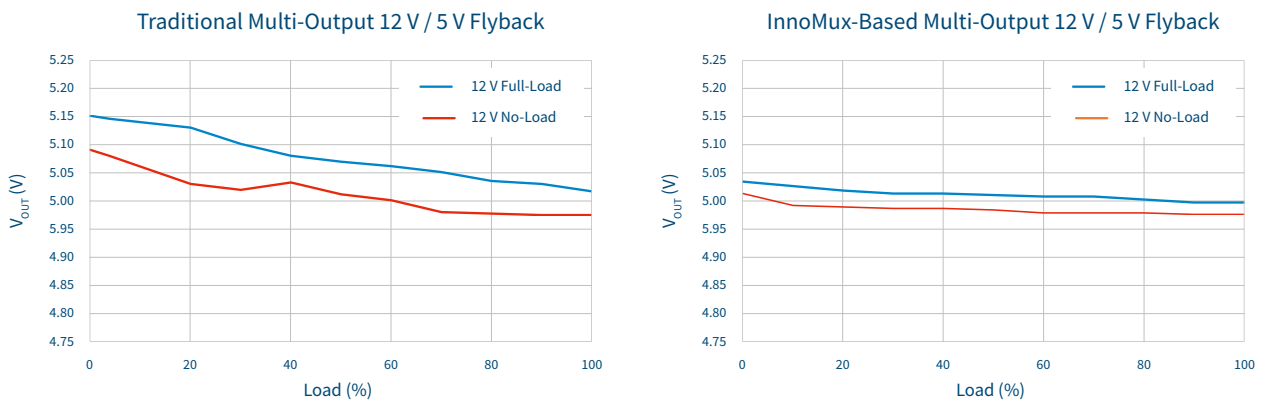


図7 12V/5V 出力電源において従来の多出力フライバックと InnoMux ベースのシステムを比較測定したロードレギュレーション特性

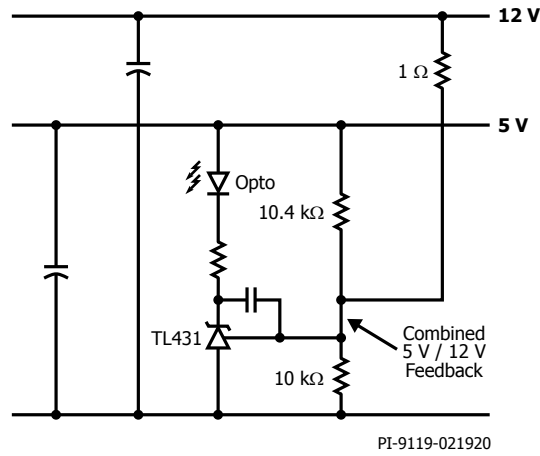


図8 従来の多出力フライバックの統合フィードバック方法 (12V 出力レギュレーションを向上させるために 5V 出力レギュレーションが低下)

新しい技術によって電源システムの変換ステージを完全に不要にすることはめったにありませんが、InnoMux アーキテクチャならそれが可能です。これにより設計者は、複数出力電源において、複数の DC-DC ダウンコンバータの使用から 1 つの AC-DC ステージの使用という選択肢を初めて持つことができました。

InnoMux を使用した、さらにエネルギー効率が高い新しいコンピュータ モニターが市場に出回り始め、TV や家電製品についても開発中で、この技術はすでに定着しつつあります。技術が成熟するにつれ新しいアプリケーションや高度な制御方法が引き続き現れ、さらに大幅な効率改善や省スペースといったメリットが将来の電源システムに活用されていくことでしょう。

## 資料

- [1] [InnoMux 製品ページ](#)
- [2] [InnoMux データシート](#)

## 世界各国の販売サポート担当

### 世界本社

5245 Hellyer Avenue  
San Jose, CA 95138, USA

電話 +1 408 414 9200  
ファックス +1 408 414 9201

カスタマー サービス

電話 +1 408 414 9520  
電子メール [usasales@power.com](mailto:usasales@power.com)

### アメリカ - 東部

7360 McGinnis Ferry Road, Suite 225  
Suwanee, GA 30024 USA

電話 +1 678 957 0724  
電子メール [usasales@power.com](mailto:usasales@power.com)

### アメリカ - 中部

3100 Dundee Road, Suite 204  
Northbrook, IL 60062 USA

電話 +1 847 721 6293  
電子メール [usasales@power.com](mailto:usasales@power.com)

### 中国 (上海)

Room 1601-1603, Charity Plaza  
No. 88 North Caoxi Road  
Shanghai, China 200030

電話 +86 021 6354 6323  
電子メール [chinasales@power.com](mailto:chinasales@power.com)

### 中国 (深圳)

17/F, Hivac Building, #2  
Keji South 8th Road, Nanshan District  
Shenzhen, China 518057

電話 +86 755 8672 8689  
電子メール [chinasales@power.com](mailto:chinasales@power.com)

### ドイツ (AC-DC/LED 販売)

Einsteinring 24  
85609 Dornach / Aschheim  
Germany

電話 +49 89 5527 39100  
電子メール [eurossales@power.com](mailto:eurossales@power.com)

### ドイツ (GATE ドライバ販売)

HellwegForum 1  
59469 Ense  
Germany

電話 +49 29 3864 39990  
電子メール [gate-drivers.sales@power.com](mailto:gate-drivers.sales@power.com)

### インド (バンガロール)

Bangalore 560052 India

電話 1 +91 80 4113 8020  
電話 2 +91 80 4113 8028  
電子メール [indiasales@power.com](mailto:indiasales@power.com)

### インド (ムンバイ)

Unit 106-107, Sagar Tech Plaza-B  
Sakinaka, Andheri Kurla Road  
Mumbai-400072, Maharashtra, India

電話 1 +91 22 4003 3700  
電話 2 +91 22 4003 3600  
電子メール [indiasales@power.com](mailto:indiasales@power.com)

### インド (ニューデリー)

#45, Top Floor  
Okhla Industrial Area, Phase-III  
New Delhi, India  
ピン -110020

電話 1 +91 11 4055 2351  
電話 2 +91 11 4055 2353  
電子メール [indiasales@power.com](mailto:indiasales@power.com)

### イタリア

Via Milanese 20  
20099 Sesto San Giovanni (MI)  
Italy

電話 +39 02 4550 8708  
電子メール [eurossales@power.com](mailto:eurossales@power.com)

### 日本

〒222-0033  
神奈川県横浜市港北区新横浜 1-7-9  
友泉新横浜一丁目ビル

電話 +81 45 471 1021  
電子メール [japansales@power.com](mailto:japansales@power.com)

### 韓国

Room 602, 6th Floor, #22  
Teheran-ro 87-gil, Gangnam-gu  
Seoul 06164, Korea

電話 +82 2 2016 6610  
電子メール [koreasales@power.com](mailto:koreasales@power.com)

### シンガポール

51 Newton Road  
#20-01/03 Goldhill Plaza  
Singapore 308900

電話 +65 6358 2160

カスタマー サービス

電話 +65 6356 4480  
電子メール [singaporesales@power.com](mailto:singaporesales@power.com)

### スイス

Johann-Renfer-Strasse 15  
2504 Biel/Bienne, Switzerland

電話 +41 32 344 47 47  
電子メール [gate-drivers.sales@power.com](mailto:gate-drivers.sales@power.com)

### 台湾

5F, #318, NeiHu Road, Section 1  
Neihu District  
Taipei, Taiwan 114, ROC

電話 +886 2 26594570  
電子メール [taiwansales@power.com](mailto:taiwansales@power.com)

### 英国

Building 5, Suite 21  
The Westbrook Centre  
Milton Road, Cambridge CB4 1YG

電話 +44 7823 557484  
電子メール [eurossales@power.com](mailto:eurossales@power.com)



Power Integrations、Power Integrations ロゴ、BridgeSwitch、CAPZero、ChiPhy、CHY、DPA-Switch、EcoSmart、E-Shield、eSIP、eSOP、FluxLink、HiperPLC、HiperPFS、HiperTFS、Inno Mux、InnoSwitch、Innovation in Power Conversion、InSOP、LinkSwitch、LinkZero、LYTSwitch、SENZero、TinySwitch、TOPSwitch、PI、PI Expert、SCALE、SCALE-1、SCALE-2、SCALE-3、SCALE-iDriver、及び SCALE-iFlex は Power Integrations, Inc. の商標です。その他の商標は、各社の所有物です。

©2020, Power Integrations, Inc.