

## スライマー・スリムライン PSU用高性能電源デバイス



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

### TECHNICAL NOTE

#### 要約

テレビやコンピュータなどの量産製品向けの電源は、フォーム・ファクタ、効率、コストに関してかつてないほど厳しい要求を満たすことが求められているため、電源コントローラは、部品点数、PCBサイズ、複雑度、材料費を抑えながら、効率向上に役立つ多くの機能を集積する必要があります。

高いシリコン集積度と斬新な制御機能を実現する最新パワー半導体プロセスは、オン・セミコンダクターのNCP1937擬似共振コンバータ&PFCコントローラ・コンビネーション・デバイスなどの次世代デバイスを實現し、従来型の低集積度デバイスと比較して、あらゆる部分で進歩しています。

#### はじめに：電源設計に対する圧力

今日のフラットパネル・テレビ、一体型PC、ノートPC用の電源アダプタは超薄型サイズとなっており、効率、全消費電力、コストに関する厳しい目標に適合しながら、低プロフィールを實現するために、AC/DC電源設計へのより賢明なアプローチを必要とします。これらの要件を満たすために、擬似方形波共振(QR)電源アーキテクチャの人気が高まりました。QR電源を使用する設計の場合、コントローラICの選択は、電源効率や部品点数に重大な影響を与え、それによって回路の複雑度やPCBサイズも影響を受ける可能性があります。

QRコンバータのスイッチング周波数は出力負荷の低下に伴って増加する傾向があり、従来型のコントローラは、スキップ・サイクルまたは周波数フォールドバック動作を使用して、軽負荷時効率を向上させていますが、可聴ノイズが発生するバレー・ジャンプの影響を受けやすく、また低い最小スイッチング周波数が要求されるため、より大型のトランスが必要になります。オン・セミコンダクターの特許取得済みバレー・ロックアウト手法を採用したNCP1937コンバータ/PFCコントローラが、これらの欠点を回避するのに役立ちます。

力率補正は、70 W以上の機器には必須ですが、低負荷時には不要なので、エネルギー損失を抑えるためにオフにしておくことができます。オン・セミコンダクターのNCP1937は、設計者がターンオン/オフ・スレッシュホールドを設定でき、またPFC回路をオフにするのに必要なMOSFETスイッチを集積して

おり、軽負荷状態時にPFC回路をオフにし、他のコントローラよりも優先して動作する機能を内蔵しています。

NCP1937は90~120 Wの範囲の電源に適しており、他にもいくつかの有用な機能を備えています。革新的なX2コンデンサ放電回路は、安全機関の標準規格への準拠に通常必要な余分な外部部品点数とそれに付随する消費電力を節約します。また、節電動作管理の新たな手段によっても節電モードの電流を低減します。加えて、ラッチオフ回路の設計は、保護を簡略化し部品点数を削減します。さらに、ソフト過電圧保護機能は、電源で生成される音響ノイズを低減すると同時に、集積型ブースト・ダイオード用短絡保護と内蔵ブラウンアウト抵抗でさらに外付け部品を節約します。

#### QR効率の優位性の最大化

フライバック・コンバータの擬似共振動作は、主にゼロ電圧スイッチング(ZVS)やバレー・スイッチングの使用により、現在ラップトップ電源アダプタやテレビで普及しています。これにより、スイッチング効率が向上し、発生する電磁妨害(EMI)もハード・スイッチング・アーキテクチャより低くなります。

本質的に、QRコンバータのスイッチング周波数は入力および出力負荷の状態に応じて変化し、出力負荷が減少すると高くなる傾向があります。従来型のQRコンバータでは、自走周波数は150 kHzのCISPR-22 EMIスタート・ポイントより低い125 kHzでクランプされます。したがって、MOSFETは軽負荷時にはバレー検出直後はターンオンできず、8 μsが経過するまで待機する必要があります。いくつかのバレーが無視されます。ただし、出力電力が、サイクル単位でのエネルギー・バランスに必要なオフ時間が隣接バレー間に収まるレベルにある場合、最初のバレー・スイッチングの2~3サイクル後に2番目のバレー・スイッチングの1サイクルが続くことがあります。この現象はバレー・ジャンピングとして知られており、これによってスイッチング周波数が大きく変動しますが、この変動はピーク電流の大きな変化によって補償されるため、トランスで可聴ノイズが発生します。

スキップ・サイクルまたは周波数フォールドバック動作は、周波数クランプに達したときにスイッチング周波数を下げるのによく使用されます。これは軽負荷時の効率を向上させるのに効果的ですが、バレー・ジャンピングを防止することはありません。この方法のもう1つの欠点は、必要な最小スイッチング周波数が標準約30 kHzと比較的低く、大きなトランスを必要とすることです。

オン・セミコンダクターの特許取得済みバレー・ロックアウト手法は、出力電力で大きな変化が検出されるまで、選択したバレーでコンバータをロック

させて、バレー・ジャンピングを除去します。NCP1937では、これはコンパレータのグループを使用して、フィードバック・ピンの電圧をモニタし、その情報をカウンタに供給することによって実現されます。各コンパレータのヒステリシスが動作バレーをロックします。これに加えて、出力電力が低下するとVCOをベースにした周波数フォールドバック回路がスイッチング周波数を下げて、軽負荷時の効率をさらに改善します。Figure 1の回路図は、NCP1937の集積型バレー・ロックアウト検出回路を示しています。

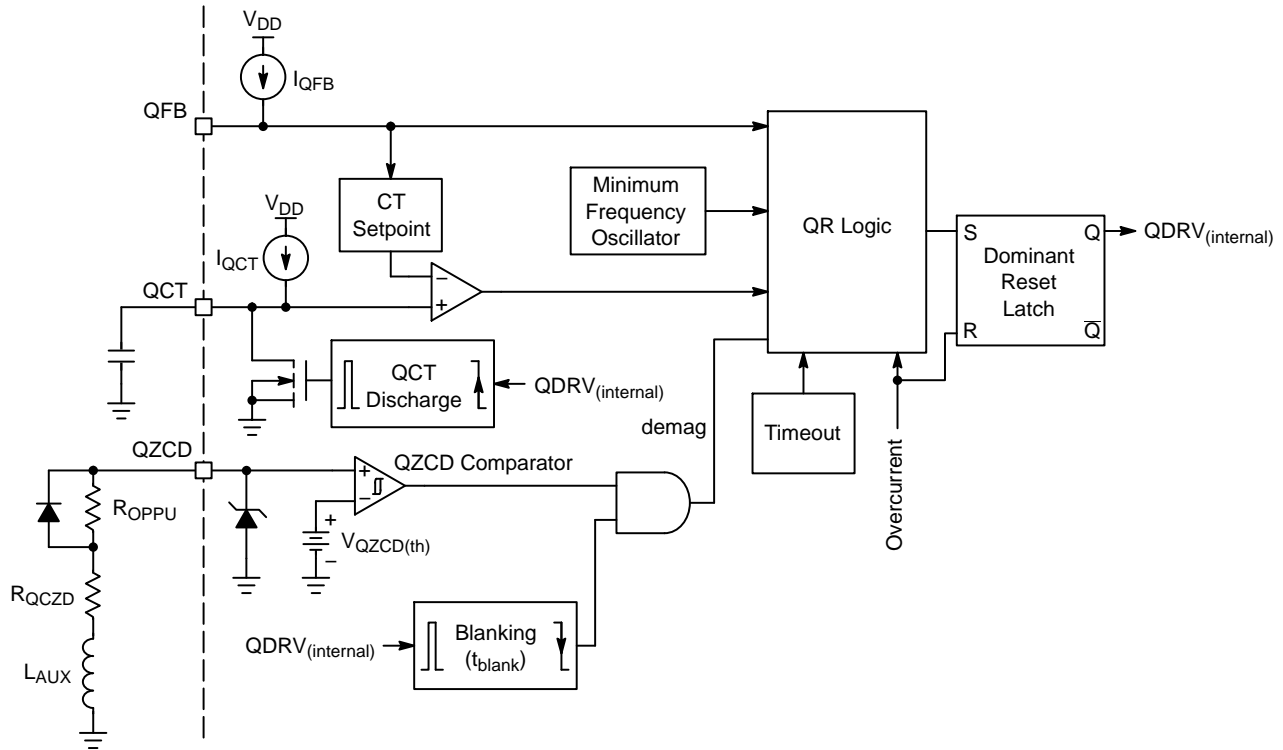


Figure 1. Valley Lockout Detection Circuitry

### PFC制御の強化

70 W以上の電気器具では力率補正が必須です。力率補正はメインAC波形の歪みを抑えると同時に、電気器具のエネルギー効率の改善にも役立ちます。しかし、PFCは低負荷時には不要なため、一部のコントローラはこれらの条件下でエネルギー損失を低減するためにPFC回路をオフにする機能を備えています。

従来型のQR/PFCコンバータは通常、PFCステージのターンオンとターンオフのリファレンスをフライバック周波数から取り込みます。このアプローチの1つの欠点は、通常は外部フィードバック接続が必要なことです。MOSFET回路でループのオープン、クローズを行うため、回路が複雑になり材料費も高くなります。NXP SemiconductorsのTEA1752/3が、このような外部回路を必要とする従来型組み合わせコントローラの一例です。

オン・セミコンダクターのNCP1937の新しい機能により、ユーザは出力電力の割合に基づいて、PFCディセーブル・スレッシュホールドをプログラムすることができます。内部回路は出力電力に比例する電流を生成します。この電流は外付け抵抗とコンデンサを使用して拡大および平均化され、出力電力に比例する電圧を生成します。NCP1937はこの電圧を、集積型PFCディセーブル・タイマ、およびライン電圧に応じて変化してPFCのターンオフと再イネーブルを調整するリファレンスと共に使用しています。これにより、PFCステージは低ラインでは負荷の25%~50%で、高ラインでは50%~75%でディセーブルできます。PFCステージはフライバックのソフトスタート時間が満了するまで、起動中もディセーブルされます。Figure 2はPFCのオン/オフ制御回路を示します。

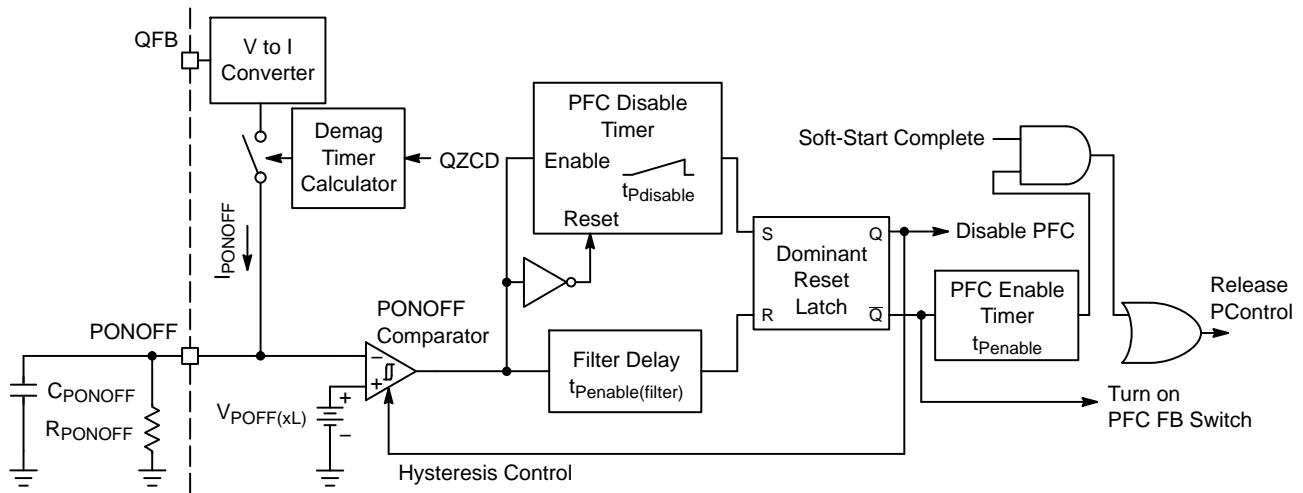


Figure 2. Integrated Circuitry for PFC On/Off Control

**X2コンデンサ放電の改善**

AC/DC電源に対する安全機関の規格では、ACライン電圧が除去されたときにX2入力フィルタ・コンデンサを放電する手段が要求されています。NXP TEA1752/3などの従来型コントローラでは、コンデンサは一般に外付け抵抗を通じて放電されるため、複雑になりサイズや材料費が増えるだけでなく、I<sup>2</sup>R損失も生じます。

オン・セミコンダクターの700 V高電圧プロセスにより、NCP1937はX2コンデンサを放電するのに必要な大部分の回路を集積できます。これにより、PCBのスペースと従来型の外部抵抗網で消費される電力が節約されます。

NCP1937コントローラには2つの高電圧起動回路があり、新しいアプローチを使用してこれらを再構成し、ACライン電圧の除去時に入力フィルタ容量を放電します。

コントローラのBO/X2ピンに接続される起動回路の1つがACライン電圧のモニタに使用されます。ACライン電圧の不在を検出すると、コントローラはディセーブルされ、電流源によってV<sub>CC</sub>が放電されます。電圧がスレッシュホールド・レベルV<sub>CC(off)</sub>まで低下すると、起動回路が両方の高電圧入力からV<sub>CC</sub>ピンに電流をソースし、入力フィルタ・コンデンサからV<sub>CC</sub>コンデンサに電荷を移動します。これによって、入力フィルタ・コンデンサを効果的に放電します。V<sub>CC</sub>コンデンサ値は、移動するエネルギーがV<sub>CC</sub>コンデンサをV<sub>CC(off)</sub>からV<sub>CC(on)</sub>に充電するのに必要な値よりはるかに低くなるのに十分大きな値を選択します。BO/X2高電圧回路はブラウンアウト障害にも使用されます。ブラウンアウト検出抵抗もデバイスに組み込まれており、エネルギー損失と部品点数を削減します。Figure 3に、3つのステージでどのようにX2コンデンサの放電が行われるかを示します。



X2 Discharge at 265 VAC  
Ch. 1 (Yellow): BOX2 Voltage  
Ch. 2 (Blue): QR DRV  
Ch. 3 (Purple): V<sub>CC</sub>

Figure 3. X2 Capacitor Discharge Waveforms

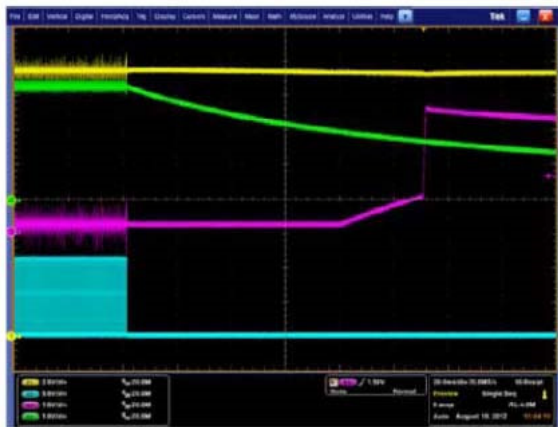
**節電モードでの節電制御**

オン・セミコンダクターの先進プロセス技術では、NCP1937をシステム消費電力をさらに節約する節電モード(PSM)に保持するのに必要な情報通知に対する新たなアプローチも可能になりました。

従来型フライバック制御ICで用いられる典型的なアプローチでは、アクティブ・オフ信号を使用して低消費電力モードを開始します。このモードでは、二次側のオプトカプラをプルダウンするために余分なバイアス電流が必要であり、総合的なシステム効率低下します。対照的に、NCP1937はこのようなバイアス電流が不要になる内部回路を備えており、負荷がないときのシステム効率を改善します。この

回路は外付けコンデンサを充電する内部電流源で構成されています。二次側コントローラは負荷を検知するとオプトカプラをプルダウンし、NCP1937に接続されたコンデンサが放電されます。これにより、PSTimerピンの電圧( $V_{\text{pstimer}}$ )が3.5 V未満に維持されます。二次側コントローラが負荷がないことを検知すると、オプトカプラが“H”になり、NCP1937に接続されたコンデンサが充電できるようになります。これで、 $V_{\text{pstimer}}$ 電圧が3.5 V以上にドライブされ、デバイスはPSMモードになります。

Figure 4に、NCP1937がPSTimerピンでアクティブ・オン信号を検出したときにPSMに入る方法を示します。PSMモードでの動作時、 $V_{\text{CC}}$ は $V_{\text{CC(PS\_ON)}}$ (標準11 V)で安定化され、コントローラはわずか70  $\mu\text{A}$ の電流しか流しません。NCP1937では、10 mW未満という極めて低いスタンバイ消費電力を実現します。



Entering PSM  
 Ch. 1 (Yellow):  $V_{\text{CC}}$   
 Ch. 2 (Blue): QR FET DRV  
 Ch. 3 (Purple): PSTimer Pin  
 Ch. 4 (Green):  $V_{\text{OFFDET}}$

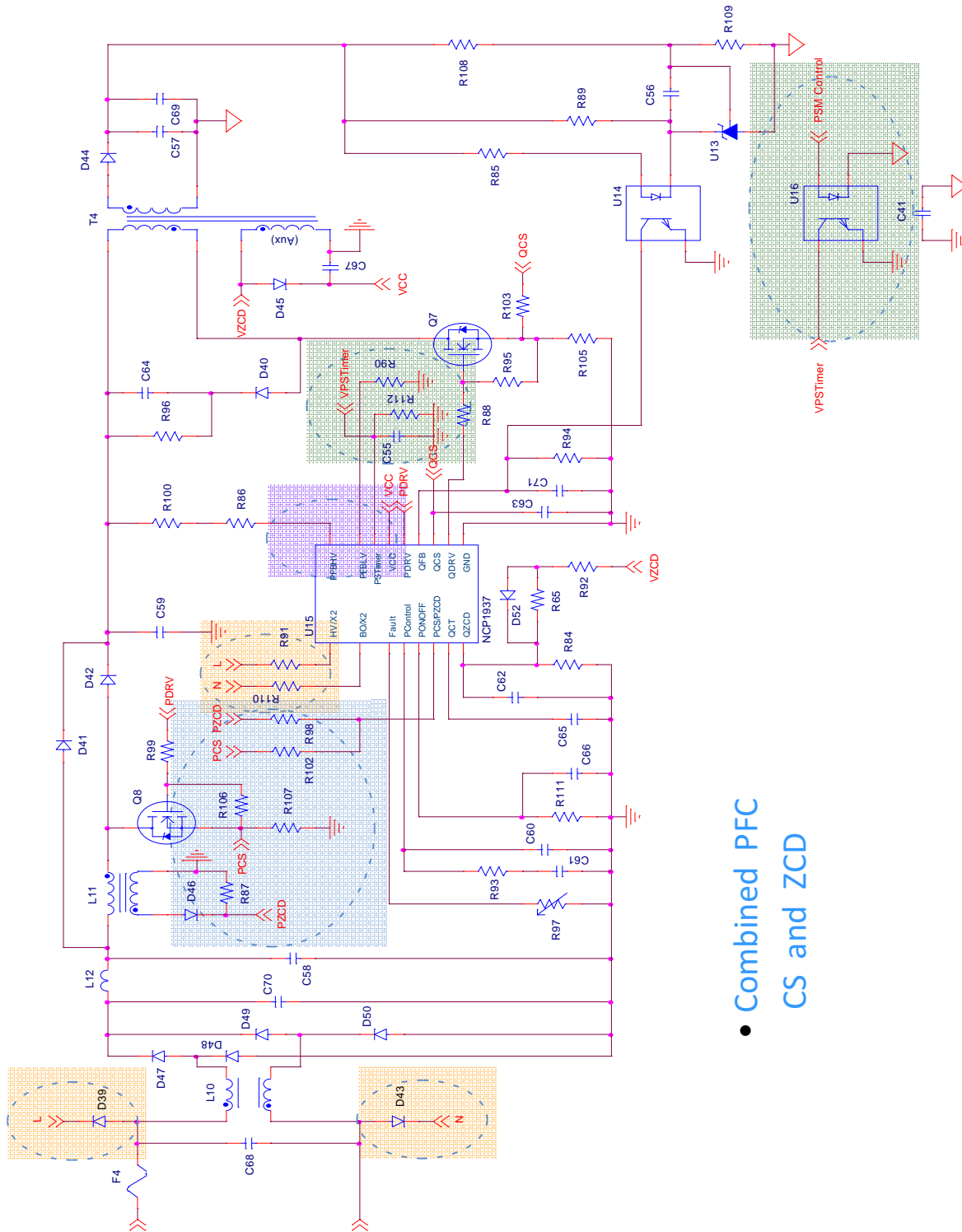
Figure 4. Voltage Waveforms on Entering Power-saving Mode

デジタル集積化の進歩と最先端700 V高電圧プロセスの使用により、障害検出、電流検知、および過電力補償などの保護機能に必要な回路の大部分をチップに実装でき、外部部品への依存を軽減します。その結果、NCP1937は、PFCステージ用の内蔵ブラウンアウト抵抗とソフト過電圧保護(OVP)を提供し、音響ノイズの低減を実現し、また集積ブースト・ダイオード用短絡保護機能をオンチップで提供することによって、AC/DC電源設計の簡素化を支援します。これはロバスト設計に貢献し、新規プロジェクトのデバッグ・サイクルの短縮に役立ちます。この機能はTEA1752/3などのコントローラにはありません。したがって、これらのデバイスを使用している設計者はPFCを動作障害から保護するために、熱管理に十分注意する必要があります。

加えて、NCP1937はアクティブ・ハイまたはアクティブ・ロウのラッチング信号の使用が可能な革新的なラッチオフ回路設計を特徴としています。これにより、TEA1752/3などのアクティブ・ロウ信号を必要とする他のデバイスと比較して、OVPおよび過熱保護(OTP)の設計が簡素化されます。このケースで、補助巻線電圧( $V_{\text{AUX}}$ )を直接検知することによってOVPをトリガする場合は、 $V_{\text{AUX}}$ 信号の論理極性を反転させるために外部NPNトランジスタが必要です。

#### 節約の概要

Figure 5に、NCP1937を使用して構築したQRコンバータとPFCステージの組み合わせ回路図の例を示します。コントローラの先進機能で簡素化できる主要部分がハイライトされています。



- Combined PFC  
CS and ZCD

Figure 5. Key Circuit Improvements Enabled by Increased Controller Integration

Table 1では、NCP1937とTEA1752をベースにした回路間の主な違いを比較し、回路設計と効率への影響を説明しています。

**Table 1. USING A HIGHLY INTEGRATED CONVERTER/PFC CONTROLLER SAVES COMPONENT COUNT AND BOOSTS EFFICIENCY**

NCP1937	Conventional Controller such as TEA1752
Patented Valley-lockout Control	Vulnerable to Valley Jumping. Larger Transformer
Integrated X2 Capacitor Discharge	External Resistor Usually Required
Adjustable PFC On/Off Level	On/Off Control Based on Flyback Frequency
Integrated PF Feedback-circuit Switch	External MOSFET Needed
Active-on PSM Control	Current Needed to Hold Controller in Power-save
Soft OVP	Not Available
Boost Diode Short-circuit Protection	External Protection and Thermal Management
High/Low Latch-off Circuit Activation	NPN Transistor Needed if $V_{AUX}$ Sensed Directly
Integrated Brown-out Resistor	External Brown-out Circuit Needed

## 結論

アクティブ力率補正機能付き擬似共振フライバック・コンバータの採用により、電源設計者はフラットパネル・テレビや一体型PCなどの超薄型家庭用電子機器向けの価格競争力がある低プロフィール・ユニットを実現できます。現在、パワー半導体技術に

おける最新の進歩が、電源のさらなる小型化を実現する上で大きな役割を果たしており、設計者は一層効率を向上させ、部品点数を削減して、PCBサイズ、回路の複雑さ、材料費を低減することができます。

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC)の登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。[www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf)。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起り得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとなります。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA  
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada  
Europe, Middle East and Africa Technical Support:  
Phone: 421 33 790 2910  
Japan Customer Focus Center  
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative