

NCP1256を使用した60 W AC/DCの実証

小型TSOP6パッケージに封入されたNCP1256は、中から高出力パワー・コンバータの設計に非常に適しています。本書では、量産型ネットブック/ノートブック市場で一般に必要な60 W AC/DCアダプタでのNCP1256の能力を実証します。

アダプタの回路図

採用した回路図をFigure 1に示します。NCP1256が、ブラウンアウト検知、過電圧保護、過熱保護の各機能を実装する部品に囲まれていることがわかります。まず、ボード左側から説明していきます。10 mHのコモンモード・チョークで形成されるEMIフィルタを通じて、ライン電圧が整流ダイオード・ブリッジに印加されます。この漏れインダクタンスを C_{11} と組み合わせて、差動モード・フィルタが形成されます。抵抗(R_{15} 、 R_{27} 、 R_{17} 、および R_{20})は、ブラウンアウト検知機能に加え、電源コードが取り外されたときにX2コンデンサを放電するという二重の役割を果たします。これらの抵抗は明らかに無負荷時電力を阻止できるため、IEC-950安全基準を満たすように注意深く選択する必要があります。安全性とサージに対する堅牢性を強化する目的で、最終的なプロトタイプの実証性を評価を開始する際にフィルタを改良するために、追加フィルタリング・デバイスと保護デバイスが必要になる(VDR、スパークギャップ)ことがあります。一方、0.1 μ FのコンデンサX2を採用して、EMIフィルタを別の方法で設計することも可能です。この場合は、放電用抵抗はもはや不要であり、待機電力を重視してブラウンアウト・センシング抵抗をわずかに大きくすることができます。

このコントローラは5 A/650 VパワーMOSFETを小型PNPトランジスタで駆動します。小型PNPトランジスタは、ターンオフ現象を低減して効率を改善するのに役立ちます。

起動と自己電力供給

起動回路はNCP1256の超低電流消費の利点を活用できます。このデバイスは最大電流が10 μ Aの微弱な起動電流で動作を開始でき、この値は待機電力に好適です。このデモ・ボードでは、 C_{16} と C_{19} の周辺に実装されている容量性起動回路を採用しました。この回路の消費電力は、バルク・コンデンサに直接接続する場合に比べると、事実上0に近い値です。さらに、ラッチ現象が発生した場合、このデバイスの V_{CC} はユーザがコンバータを取り外したときより高速で低下し、コントローラ側にある V_{CC} コンデンサの電圧を追加電流で維持することはできません。これは起動抵抗がバルク・コンデンサに接続され、電源オフ時にバルク・コンデンサを緩やかに放電し、リセットが発生するまで V_{CC} コンデンサの電圧



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

を長時間にわたって維持する状況とは異なります。この回路では、リセット・レベルがUVLOレベルより標準で250 mV低く、電源オフ時のリセット時間を大幅に短縮します。わずかに高速なリセット時間が必要な場合は、都合よく V_{CC} からグラウンドに1本の1 M Ω 抵抗を接続することができます。これにより、容量性起動回路に支障をきたすことなく、コントローラをより迅速にリセットできます。選択した回路では、最小数の入力ラインで3秒以下の起動シーケンスを保証できます。85 V rmsの入力電圧を受けて3 Aを供給するボードで、このシーケンスをテストしました(Figure 2)。このワースト・ケースで、定格出力電圧を供給可能になるまでの時間は3秒の制限内に収まり、100 V rmsの公称値に対してある程度のマージンを確保できます。このテストの実施中は、起動時間が変動しないように、オシロスコープや他のアクティブ負荷に起因するアースへの各種漏れ電流を最小限に抑える必要があることに注意してください。

起動シーケンスは、 V_{CC} コンデンサ値に関連します。値が小さい場合は起動時間は短くなりますが、電源オン時に起動動作が繰り返される可能性が高くなります。補助巻線がコントローラに電源を供給できるようになるまで、このコンデンサが電源オン時の唯一のエネルギー源なので、十分なレベルのエネルギーを蓄積する必要があります。NCP1256で低電圧ロックアウト(UVLO)が十分高く設定されている理由は、UVLOが高いときに利用可能な CV^2 項を大きくするためです。これにより、起動時間を改善しながら蓄積用コンデンサの容量を小さくすることができます。残念ながら待機時の電源電圧が低い状況では、軽負荷条件でスイッチング・パルスが繰り返される状態が非常に長くなる可能性があります。この状況では、一連のパルスによって V_{CC} コンデンサのリフレッシュが行われるので(デバイスはスキップ・サイクルで動作)、 V_{CC} レベルが緩やかに低下してデバイスのUVLOロー・レベルに達し、新しい起動シーケンスが開始される可能性があります。 V_{CC} コンデンサを大きくすると、起動時間が長くなってしまいます。可能な解決策をFigure 3に示します。この回路ではコンデンサを分割し、1個の普通のダイオードで両者を絶縁しています。

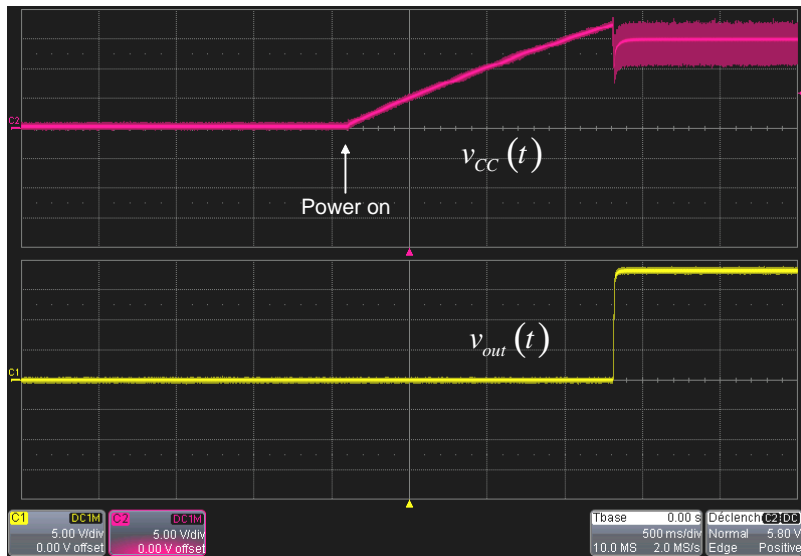


Figure 2. The Start-up Sequence is below 3 s when Powered from a 85 V rms Input Voltage while Delivering 3 A. Here with a Capacitive Start-up Circuit

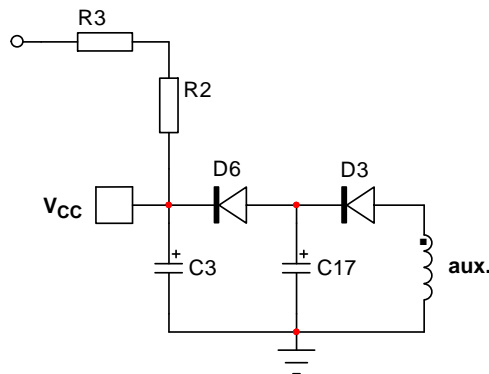


Figure 3. The Split Supply Lets you Power the Controller with a Small V_{CC} Capacitor, Decoupled from a Larger Value directly Connected to the Auxiliary Winding

この場合、 D_6 は放電済みコンデンサ C_{17} を充電回路からデカップリングするため、起動時間に関係するのは C_3 だけです。補助巻線が C_{17} を充電すると、コンデンサ両端の電圧はコントローラに完全に電力を供給するまで上昇します。待機時には、回路は $C_3 + C_{17}$ に等しいコンデンサでデカップリングされ、軽負荷から無負荷動作時に V_{CC} を十分維持できます。アプリケーション・ボードで、 $4.7 \mu\text{F}$ のコンデンサを C_3 、 $100 \mu\text{F}$ のコンデンサを C_{17} に使用して、テストに合格しました。

起動シーケンスには内部の4 msソフトスタート機能も関与します。このとき、ピーク電流設定値は非常に低い値から許容可能な最大値まで直線的に増加します。このソフトスタート回路は新規起動時にアクティブになり、またリスタート試行ごとにもアクティブになります(例えば、自動回復障害モード)。

保護機能

ノートブック市場向けAC/DCアダプタに要求される保護機能がいくつかあります。これらを以下に示します。

1. 短絡保護、SCP：アダプタは出力側の恒久的な短絡にも破壊されずに耐えなければなりません。障害がなくなると、アダプタは保護モードから回復して再び定格電力を供給する必要があります。自動回復OCPはNCP1256B (65または100 kHz)に実装されています。アプリケーションによっては、短絡検出時にラッチ状態を必要とします。この場合は拡張子「A」を検討する必要があります。
2. 過電圧保護、OVP：ループが分断された場合、例えばオプトカプラが破壊された場合やTL431のデバイダ回路が影響を受けた場合、直ちにアダプタを停止させて、ユーザが入力

がBOのラッチをトリップすることなくツェナ電圧に近付いた場合、 R_7 両端の電圧がBOスレッシュホールドを乱す可能性があります。結論として、ワースト・ケース動作時でも V_{CC} が常にツェナ電圧以下になるように、ツェナ電圧を選択しなければなりません。ツェナがアクティブになるのはループが分断された場合のみです。

過電圧保護

オプトカプラーが破損した場合や、深刻なドリフト(または回路でどれかの抵抗が欠落または誤った値を採用)が原因でTL431のデバイダ回路が影響を受けた場合は、出力電圧が仕様で規定される制限から逸脱するおそれがあります。これは過電圧状態です。ほとんどの場合、この状態は下流の負荷に危険と考えられるので、アダプタは完全にシャットオフしなければなりません。NCP1256は利用可能な次の2つの選択肢によってこの問題に対処します。a) V_{CC} が暴走し26 V (標準)の上限に達する、b) DC電圧によってBOピンの電圧が4.5 Vを超えてデバイスがラッチオフされる。これら両方のソリューションがデモ・ボードに実装されています。ラッチ状態では、 V_{CC} が上下の変動を繰り返し、この間すべてのパルスは無効になります。 V_{CC} が V_{CC} リセット値(標準8.65 V)を下回るか、BO電圧がサイクリングされる(ユーザがコンバータの電源コードを取り外す)とリセットが発生します。ただし、BOの電源サイクルを検出できるのは、ICが動作している場合のみです。 V_{CC} が上昇している状態でBOがリセットされても、全体のリセットは行われません。 V_{CC} の降下を加速させる1つの方法は、1本の1 M Ω 抵抗を V_{CC} からグランドに接続することです。この手法を検討できるのは、a) 消費電力が待機電力のマージン内に収まる、b) 十分な起動電流が確保できる、場合のみです。

この回路の動作を示すために、いくつかのオシロスコープ波形を撮影しました。Figure 7に、起動時に2次側でオプトカプラーLEDが短絡していた場合に得られる V_{CC} 波形を示します。電圧が上昇して26 Vに達した時点でデバイスがラッチオフします。

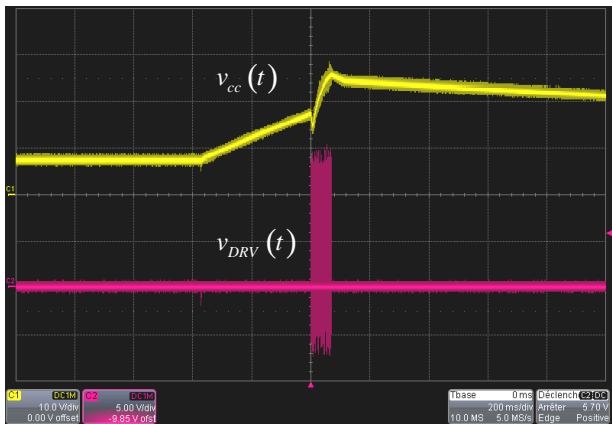


Figure 6. Here the V_{CC} Runs away at Start up and Activates the Controller Latch

Figure 7では、オプトカプラーLEDが短絡し、コンバータは開ループで動作しています。 V_{OUT} は上昇しますが、補助 V_{CC} もツェナ・ダイオード D_7 が導通するまで同様に上昇し、4連続クロック・サイクルにわたってBOピンの電圧を高く維持します。デバイスはラッチオフし、BOがリセットされるか V_{CC} サイクリングが発生するまでロックされたままです。

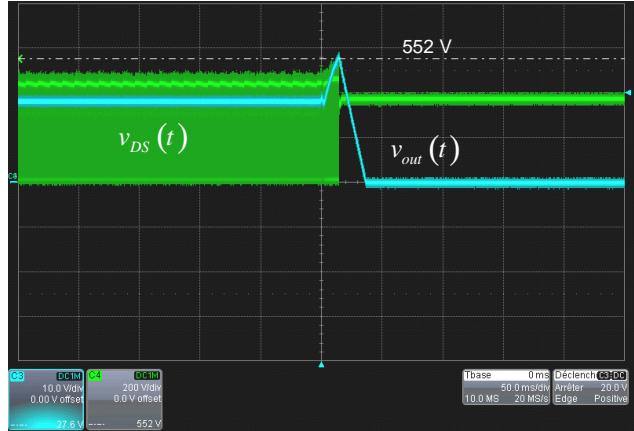


Figure 7. The Optocoupler LED has been Shorted in the Secondary Side and V_{out} Increases. This Information is Detected in the Primary Side and Latches off the Part via the BO Pin

過熱保護

OTPを実装するために、補助巻線から電流センス・ピンに負の温度係数を持つ抵抗(NTC)を接続することができます。Figure 1の R_{28} 、 R_{19} 、および D_2 の周辺でこの実装を示します。この構成では、温度が上昇するとNTCの抵抗が減少し始め、オフ時間にのみピン3の電圧が上昇します(ピーク電流と供給電力は影響を受けない)。レベルが3 Vに達した時点で、デバイスは単純にラッチオフし、再スタートするにはリセットを実行する必要があります。ユーザが入力電圧を入れ直すとリセットが発生します。

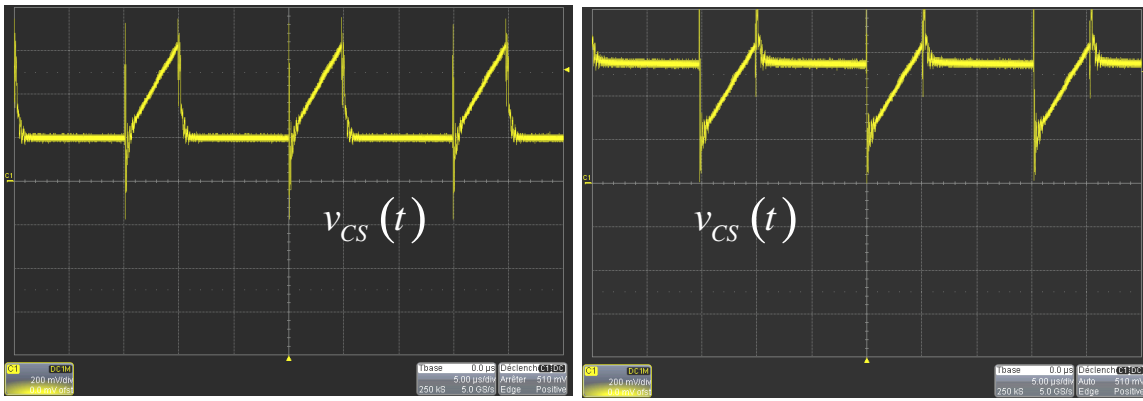


Figure 8. OTP is Implemented in a Simple and Efficient Way

計算で求めたセットアップを使用してデモ・ボードをテストしたところ、トリップ・ポイントが103°C付近であることが判明しました。これは予測に近い値です。

過電力保護

電流モードの電源は、出力電力需要に応じてインダクタのピーク電流を設定する方法で動作します。インダクタ電流は、アダプタ内のセンス抵抗 R_6 で電圧に変換されます。ピーク電流設定値は、フィードバック・ループ・ピンに供給される誤差電圧によって決まります。ここで説明するアダプタでは、これは2次側のTL431によって強制される電流で、NCP1256のピン2を通じて1次側に反映されます。データシートで詳述されているように、回路内の電

流設定値はピン2のレベルを3で割った値に基づきます。障害状態では、ループが失われるとフィードバック・レベルは最大4Vに達する可能性があります。電流暴走を回避するために、最大電圧設定値は安全に0.8 Vにクランプされます。参考資料[1]は、過電力現象について説明し、コンバータが供給できる最大電力を制限する方法を取り上げている記事です。NCP1256では、オフセットはCSピンで形成され、BOレベルによって異なります。最小ライン入力電圧85 V rmsでは、オフセット電流はほぼ0に等しく最大電力が許容されます。入力電圧が上昇すると、Figure 1に示した直列抵抗 R_{23} との関係によりオフセットが形成されます。次のデータは様々な入力電圧で得られた結果を示します。

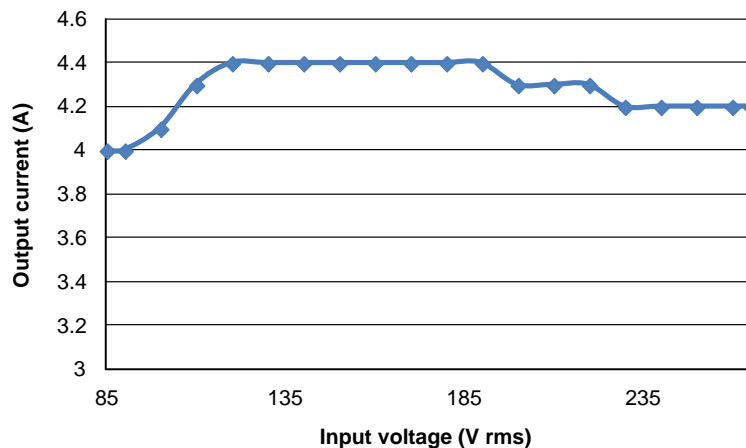


Figure 9. Maximum Delivered Output Current as a Function on the Input Line

2次側のフィードバック

フィードバックは従来型のTL431回路の周辺で行われます。自動化スプレッドシートを使用し、1 kHzの帯域幅ターゲットに基づき、コンポーネントの値を評価しました。この手法に関する解説は[2]に記載されています。無負荷時の待機電力をさらに削減するために、NCP431周辺に独自の技法を実装しました。バイアス電流はすでに小さな値ですが、データシートでは最小電流100 μA が規定されています。通常、この最小バイアスは1本の抵抗を順方向降下1 VのオプトカップラLEDに並列接続して達成されます。高出力レベルにおいて、この余分な電流がコンバータ性能に有効な役割を果たす場合、記載例の19 Vでは恒久的に数mWの電力を引き込むため、待機電力が増加することが明らかです。目的は負荷が突然に再接続された場合に、過渡応答に影響を与えることなく、待機モードでこのバイアスを取り除くことです。採用した独自の構想をFigure 10に示します。原理はきわめて簡単です。コンデンサ C_5 は、最大負荷時の出力に等しい電圧、つまり19 Vを供給します。これらの19 Vを使用し、 R_{19} を通じてNCP431にバイアスを供給します。負荷が軽くなると、コントローラはスキップ・サイクル・モードに入ります。 C_5 と、 R_{19} およびTL431のバイアスで形成される時定数では、 C_5 両端の電圧は維持できません。その平均値は低下し、NCP431のバイアスは消滅します。負荷が突然再接続された場合は、コントローラがデューティ比を拡大してバイアスは動的に再生成されます。応答は影響を受けません。19 V出力の場合、この技法は1次側から見て数mWの節約に寄与します。

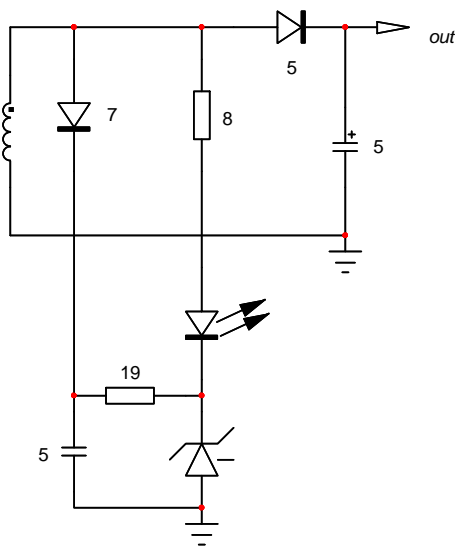


Figure 10. Simple Peak Rectifier Generates a Voltage Across C_5 whose Amplitude Falls down as the Controller Starts to Skip Cycle

効率性能

NCP1256は、効率と待機電力の点で優れています。提案されたアダプタで、高ライン電圧と低ライン電圧の両方を使用して、一連のテストを実施しました。電圧はボードの出力で測定されています。結果を以下に示します。

Table 1. EFFICIENCY PERFORMANCE

Output Power	Efficiency – $V_{in} = 110 \text{ V rms}$ (%)	Efficiency – $V_{in} = 230 \text{ V rms}$ (%)
15 W – 25%	89.4	88.8
30 W – 50%	89.5	89.7
45 W – 75%	89.7	89.7
60 W – 100%	89.2	90.1
Average efficiency	89.4	89.6

Table 2. NO-LOAD STANDBY POWER, LED IS OFF

Output Power	Input Power – $V_{in} = 100 \text{ V rms}$ (mW)	Input Power – $V_{in} = 230 \text{ V rms}$ (mW)
0	30	50

Table 3. NO-LOAD STANDBY POWER, LED IS ON

Output Power	Input Power – $V_{in} = 100 \text{ V rms}$ (mW)	Input Power – $V_{in} = 230 \text{ V rms}$ (mW)
0	42	60

Table 4. LIGHT LOAD EFFICIENCY

Output Power	Input Power – $V_{in} = 100 \text{ V rms}$ (W)	Input Power – $V_{in} = 230 \text{ V rms}$ (W)
0.5 W	0.66	0.67
0.6 W	0.79	0.80
0.7 W	0.90	0.92

性能は周波数フォールドバックと、定ピーク電流時のスキップ・サイクル動作の組み合わせに関連します。無負荷時の待機電力には、入力フィルタに含まれる0.22 μF のX2コンデンサの両端に並列に配置された4 M Ω の放電抵抗ストリングが含まれていることに注意してください。起動回路を備えた低電圧コントローラとして、これらは優れた値です。

過渡応答

ループの小信号応答を測定し制御する方法については、専用のアプリケーション・ノートがあります。詳細については、[2]を参照してください。ループの安定性は重要事項であり、量産プロジェクトに取り組むときは真剣に検討する必要があります。過渡応答を観測しながらラボで試行錯誤を繰り返すことは避けてください。ただし、ループに関して徹底的に検討および分析を行った後は、いくつかの過

渡テストを実施すれば何も問題がないことを確認できます。記載例では、出力にスルーレート1 A/ μ s、電流ステップ0.1~3.5 Aの負荷を接続しました。入力電圧として100 V rmsと230 V rmsの2つを検討しました。このように広い負荷ステップの使用はかなり厳しいテストですが、Figure 11に示すように、ボード・レベルでの応答は公称電圧19 Vの2%以内に収まりました。

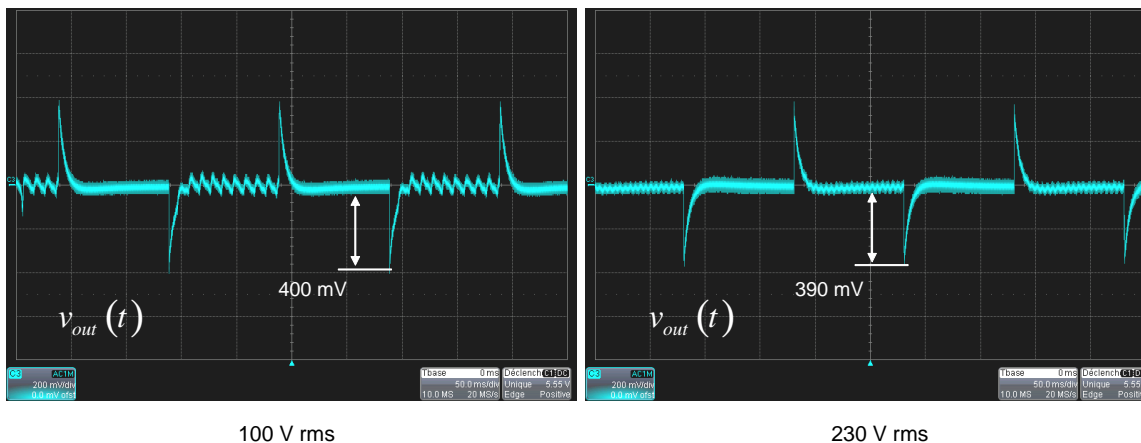


Figure 11. The Transient Response at Low Line and High Line are almost Identical and do not Show Signs of Instabilities

図の左側に見られるリップルは、負荷電流が逆流したときに、バルク・コンデンサで突然増加するリップルに起因するものです。

まとめ

このアプリケーション・ノートでは、新製品NCP1256を使用して、効率に関する新しい課題をすべて解決するAC/DCコンバータの構築方法について説明しました。小型TSOP-6パッケージでピン数も限られていますが、他の製品に類似した一連のオプションを提供し、実装容易な保護機能を搭載することにより、最終的なボード性能は、より複雑な他の回

路に対抗できる水準に達しています。これにより、NCP1256はスペースの制約、性能、およびコストが重要な考慮事項である場合に最適な選択肢になります。

参考資料

- [1] C. Basso, "Switch Mode Power Supplies: SPICE Simulations and Practical Designs", McGraw-Hill, 2012
- [2] AND8453, "Loop Control Design of an ac-dc Adapter Using the NCP1250", www.onsemi.com

ON Semiconductor及びON SemiconductorのロゴはON Semiconductorという商号を使うSemiconductor Components Industries, LLC 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における商標です。ON Semiconductor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。ON Semiconductor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-Marketing.pdf。ON Semiconductor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。ON Semiconductor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、偶発的な損害など一切の損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。お客様は、ON Semiconductorによって提供されたサポートやアプリケーション情報の如何にかかわらず、すべての法令、規制、安全性の要求あるいは標準の遵守を含む、ON Semiconductor製品を使用したお客様の製品とアプリケーションについて一切の責任を負うものとします。ON Semiconductor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。ON Semiconductor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。ON Semiconductor製品は、生命維持装置や、いかなるFDA(米国食品医薬品局)クラス3の医療機器、FDAが管轄しない地域において同一もしくは類似のものと分類される医療機器、あるいは、人体への移植を対象とした機器における重要部品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ON Semiconductor製品を購入または使用した場合、たとえ、ON Semiconductor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、ON Semiconductor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します。ON Semiconductor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
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 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

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

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

For additional information, please contact your local Sales Representative