

業界初の4スイッチ昇降圧コントローラにより 1個のインダクタで最高効率を実現 - デザインノート369

Wilson Zhou and Theo Phillips

はじめに

DC/DCコンバータでよく見られる問題の1つは、広い入力電圧範囲の中ほどに位置する安定化された電圧を発生させることです。出力電圧に比べて入力電圧が高く、低く、または等しくなる可能性があるとき、それに応じてコンバータは降圧と昇圧をおこなう必要があります。サイズの大きなトランスを必要とするソリューションとは異なり、LTC[®]3780は、標準的インダクタ1個と電流センス抵抗1個を使うだけで、最小のサイズと最高の効率でこれらの要求を満たします。

LTC3780には、4V ~ 30V (最大36V) の広い入出力範囲で、降圧、昇圧および降圧/昇圧の各モードの間をシームレスに移行することができる固定周波数電流モード・アーキテクチャが使われています。Burst Mode[®]動作とスキップサイクル・モードでは、軽負荷でも高効率動作が実現されますが、強制連続モードと不連続モードでは、固定周波数動作により出力電圧リップルが減少します。ソフトスタート機能は起動時の出力のオーバーシュートと突入電流を減らします。過電圧保護、電流フォールドバックおよびオン時間制限により、短絡、過電圧およびインダクタ電流の暴走などのフォールト状態に対する保護が与えられます。LTC3780は高さの低い24ピンTSSOPパッケージと32ピン (5mm x 5mm) QFNパッケージで供給されます。

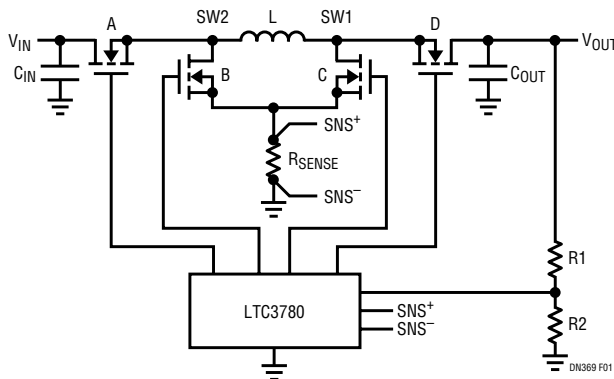


図1. 4スイッチ昇降圧コンバータ

高効率4スイッチ昇降圧コンバータ

簡略化されたLTC3780 4スイッチ昇降圧コンバータを図1に示します。VINがVOUTを超すと、LTC3780は降圧モードで動作します。スイッチDがオン、スイッチCがオフの状態、スイッチAとスイッチBが、標準的同期式降圧レギュレータの場合と同様、交互にオン/オフします。逆に、VINがVOUTより低いと、LTC3780は昇圧モードで動作します。スイッチAがオン、同期スイッチBがオフの状態、スイッチCと同期スイッチDが交互にオン/オフし、標準的同期式昇圧レギュレータとして動作します。

VINがVOUTに近いと、コントローラは昇降圧モードになります。スイッチAとスイッチDは各周期のほとんどの時間オンします。VINとグランド間およびVOUTとグランド間がインダクタとスイッチB-DおよびスイッチA-Cを通して短時間接続状態になり、出力電圧を安定化します。昇降圧モードでは、インダクタのピーク・トゥ・ピーク電流はSEPICコンバータや従来の昇降圧コンバータの場合よりずっと小さくなります。インダクタ電流とスイッチ・ノードの波形を図2に示します。

インダクタのリップル電流が小さく、同期式整流器が使われているので、LTC3780は広いVIN範囲にわたり非常に高い効率を達成することができます。

☑、LTC、LTおよびBurst Modeはリニアテクノロジー社の登録商標です。Easy Driveはリニアテクノロジー社の商標です。他のすべての商標はそれぞれ所有者に所有権があります。

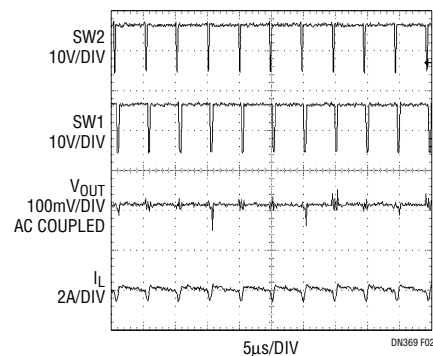


図2. スイッチ・ノードとインダクタ電流の波形 (VIN = VOUT = 12V)

入力と出力の電圧が両方とも12Vのとき、4スイッチの昇降圧では2Aの負荷で99%の効率、5Aの最大負荷で98%の効率になります（図3）。電流モード制御アーキテクチャを採用しているため、このコンバータは負荷応答とライン過渡応答が非常に優れており、フィルタの必要容量が最小に抑えられ、ループ補償が簡素化されます。その結果、必要なフィルタ容量は非常に小さくなります。1個のセンス抵抗を使った構造は（複数の抵抗で検出する方式に較べて）電力をほとんど消費せず、短絡や過電流に対する保護のための一貫した電流情報を与えます。

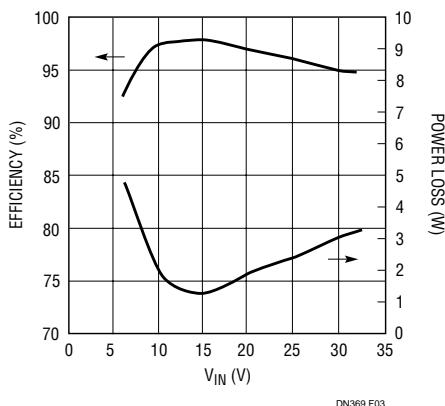


図3．効率と電力損失
($V_{OUT} = 12V$ 、 $I_{LOAD} = 5A$)

SEPICコンバータの置換え

インダクタ1個を使ったこの昇降圧方式は電力密度が高く、効率が高くなります。インダクタを対にしたSEPICコンバータに較べて、効率を8%上げることができます。LTC3780 4スイッチ昇降圧コンバータと標準的SEPICコンバータの効率の比較を図4に示します。SEPICコンバータの最大スイッチ電圧は入力電圧と出力電圧を加えた電圧に等しいことに注意してください。したがって、与えられた最大入力電圧に対して、SEPICではLTC3780で必要なものよりも高い電圧の外部スイッチの使用が不可欠になります。さらに、図5に示されているように、標準的インダクタは実装面積がSEPICのトランスの実装面積の約1/5、体積が1/15以下、高さが半分以下です。

昇圧動作の保護

基本的昇圧レギュレータのトポロジーには短絡保護がありません。出力が低く引き下げられると、大きな電流が入力から出力に流れる可能性があります。LTC3780は回路全体をシャットダウンせずに、コンバータを降圧モードに強制し、電流フォールドバックを使って

データシートのダウンロード

<http://www.linear-tech.co.jp>

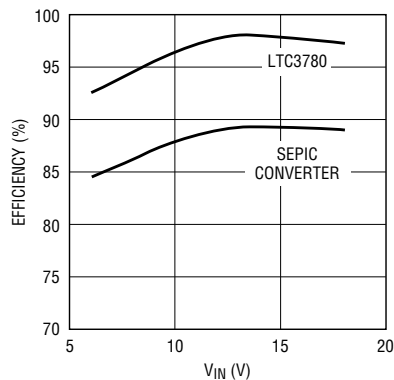
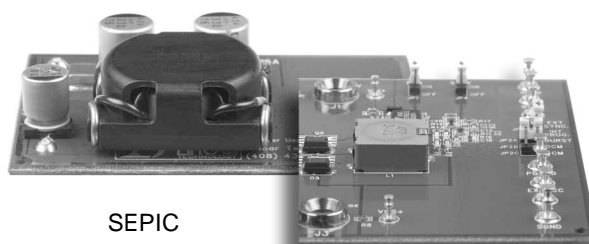


図4．LTC3780とSEPICコンバータの効率の比較
($V_{OUT} = 12V$ 、 $I_{LOAD} = 5A$)

インダクタ電流を制限することにより、この問題を巧みに回避します。



SEPIC

LTC3780による降圧/昇圧

図5．LTC3780 5A/12Vコンバータ（右側、12.7mm × 12.7mm × 4mm）と標準的SEPIC（左側、21mm × 21mm × 10.8mm）のインダクタのサイズの比較

簡素化

低電流を必要とする、または電流をシンクする必要がないような特定のアプリケーションでは、スイッチDをショットキー・ダイオードで置き換えることができます。この簡素化されたトポロジーの効率は約2%低下します

まとめ

LTC3780は、出力電圧に比べて入力電圧が高く、低く、または等しくなることを許容する、固定周波数の電流モード昇降圧スイッチング・レギュレータ・コントローラです。この製品は効率高く、電力密度が高く、インダクタを1個使うトポロジーなので、自動車、テレコム、医療およびバッテリー駆動のシステムに最適です。