

Technical Article

昇圧コンバータの昇圧比の向上



John Betten

昇圧コンバータは、低い入力電圧を高い出力電圧に変換します。昇圧比をできる限り高くするには、動作デューティサイクルを最大化する必要があります。

昇圧コントローラには最大連続デューティサイクルに制限があり、一般的には低いスイッチング周波数で最大になります。この最大デューティサイクルを超えると、パルススキップが発生します。通常これは悪影響をもたらすため、回避する必要があります。多くのコントローラの最大デューティサイクルは **80%~90%** の範囲で、非常に低いスイッチング周波数で動作している場合は数パーセント高くなる可能性があります。スイッチング周波数を低くするには、部品を大きくし、回路基板の面積を増やす必要があります。ただし、低いスイッチング周波数で動作しているときでも、十分な昇圧が得られない場合があります。この問題を解決するにはどうすればよいでしょうか。

図 1 に、従来型の昇圧コンバータ電力段の概略回路図を示します。この構成の主な利点は、部品数が少なく、標準的なインダクタを搭載しており、シンプルなローサイド昇圧コントローラを実装できることです。ただし、この基本的な昇圧の主な制限は、最大デューティサイクルが **90%** であるとした場合、最大昇圧比は **10 : 1** に限定されることです。これを超える昇圧が必要な場合は、フライバックコンバータ、または昇圧コンバータとチャージポンプダブラーを使用できます。昇圧コンバータにチャージポンプを追加することは、低出力電流には適していますが、実装に追加の部品が必要になります。フライバックも妥当なソリューションです。ただし、トランスピン数が少なく、巻線比が低く、漏れインダクタンスの小さいよりシンプルなソリューションも存在します。

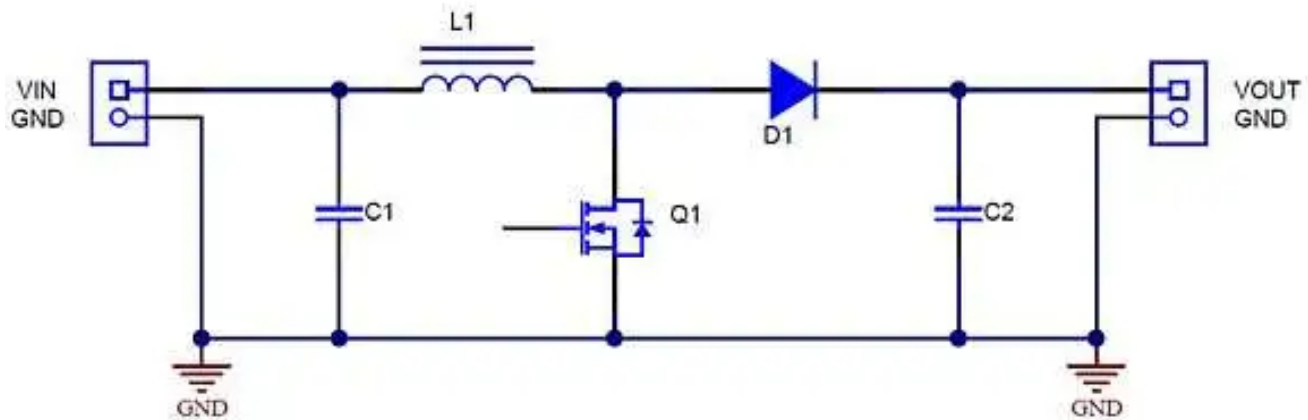


図 1. 従来型の単一インダクタ昇圧コンバータ電力段

図 2 に、オートトランス昇圧コンバータを示します。同じコア上で 2 つの直列接続された巻線が使用され、これが絶縁なしのトランスとして動作します。1 次側を 2 次側と直列に配置すると、フライバックと比較して必要な巻線比が低くなり、必要なピン数も少なくて済みます。

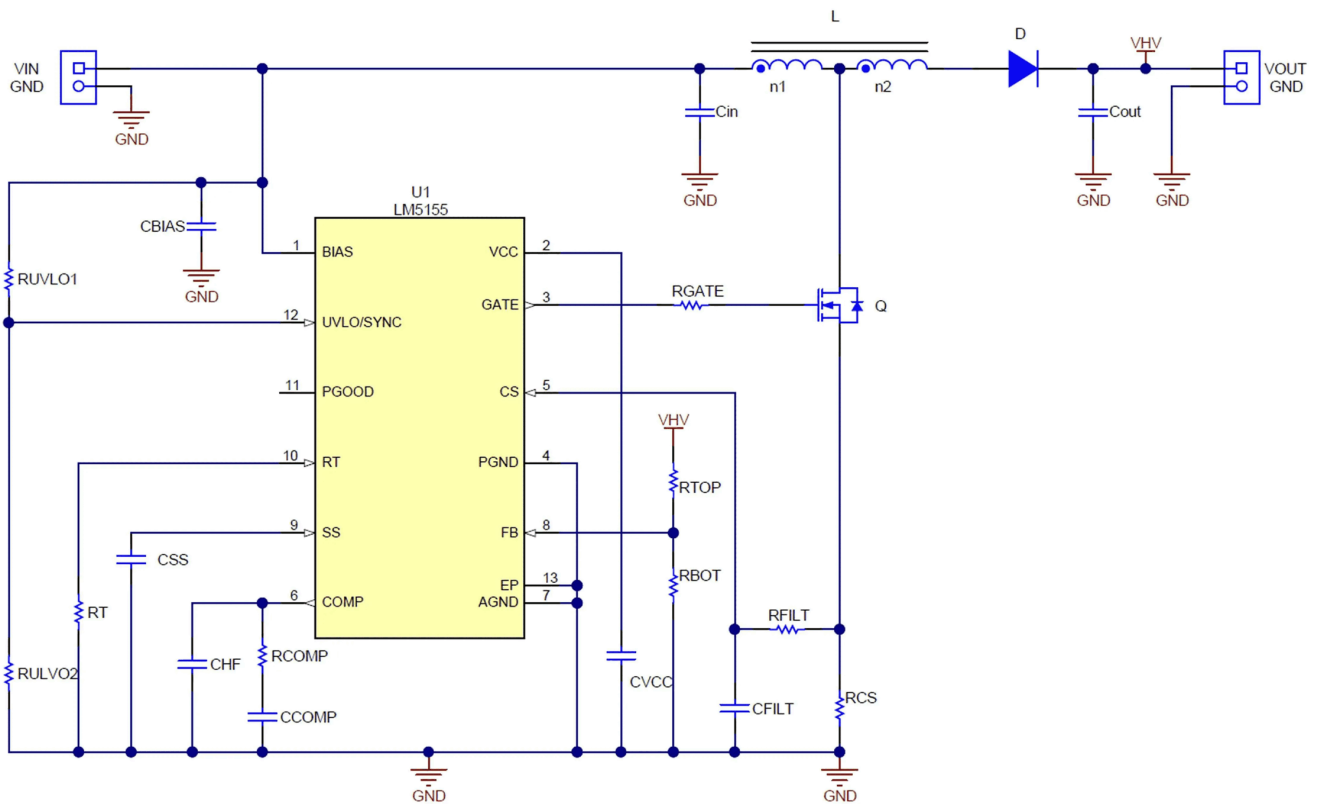


図 2. オートトランス昇圧コンバータは、従来の昇圧コンバータよりも高い出力電圧を供給

式 1 は、特定の V_{in} 、 V_{out} 、巻線比 $n2/n1$ における、連続導通モード (CCM) でのデューティ サイクルを表します (電界効果トランジスタ [FET] と電流検出抵抗による電圧降下は無視)。

$$d = \frac{V_{out} - V_{in} + V_d}{\frac{n2}{n1} \times V_{in} + V_{out} + V_d} \quad (1)$$

巻線比 $n2/n1$ が大きくなると、デューティ サイクルが減少することがわかります。これは、より高い出力電圧を供給する場合に有益です。この式を V_{out} を求める式に変換すると、式 2 が得られます。

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times \left(1 + d \times \frac{n2}{n1}\right) - V_d \times (1 - d)}{1 - d} \quad (2)$$

$n2/n1 = 0$ の場合、この式は従来型の昇圧コンバータの式と同じになります。巻線比 $n2/n1$ がゼロでない場合、 V_{out} は $(n2/n1) \times V_{in} \times d / (1 - d)$ だけ増加するため、はるかに高い出力電圧を実現できます。

図 3 に、いくつかの巻線比 $n2/n1$ について、昇圧比 V_{out}/V_{in} とデューティ サイクルとの関係を示します。比較のため、従来型の昇圧の巻線比がゼロの場合も含めています。デューティ サイクルが 90% の場合、従来型の昇圧回路では昇圧比が 10 であるのに対し、 $n2/n1 = 1$ では 19 となり、出力電圧が 2 倍近くになります。入手が容易な標準の結合型インダクタを使用して、1:1 の $n2/n1$ の比を簡単に実装できます。巻線比を大きくすると、出力電圧は大幅に高くなります。

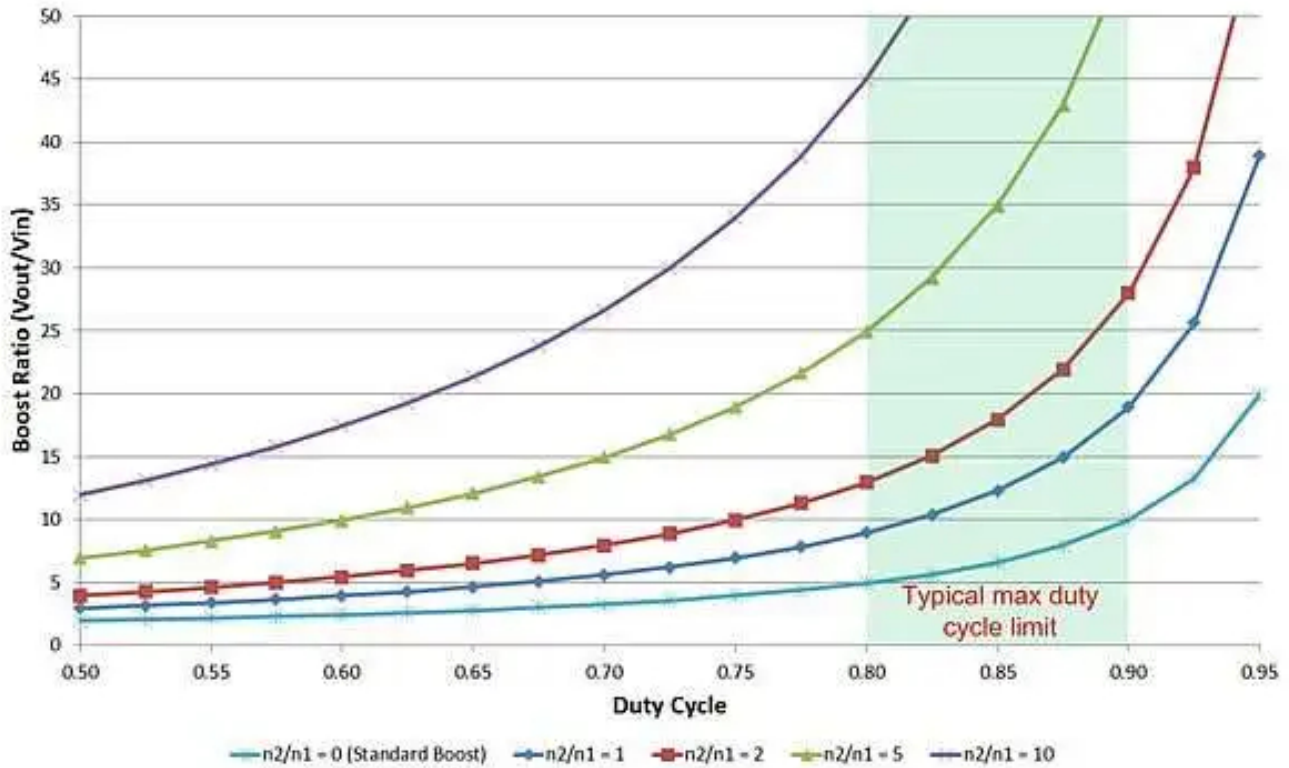


図 3. タップ付きインダクタは低いデューティ サイクルでより高い出力電圧を実現

通常は、設計の仕様から昇圧比を決定できます。実用的な最大デューティ サイクルは、選択したコントローラと必要なスイッチング周波数によって決まります。図 4 に、必要な巻線比を簡単に決定する方法を示します。たとえば、10V の入力から 250V の出力を得る必要があり、最大デューティ サイクルを 80% に制限するとします。青い曲線 ($d=0.8$) をたどって $250V/10V = 25$ の昇圧比を得るのに必要な $n2/n1$ を調べると、5 であることがわかります。

式 3 はオフ時の FET の電圧ストレス、式 4 は整流器の逆電圧ストレスを表します。

$$V_{fet} = V_{in} \times \left(1 - \frac{n1}{n1 + n2}\right) + (V_{out} + V_d) \times \frac{n1}{n1 + n2} \quad (3)$$

$$V_{diode} = V_{out} + V_{in} \times \frac{n2}{n1} \quad (4)$$

上記の設計例では、FET と整流器の電圧ストレスはそれぞれ 50V と 300V です。FET の電圧ストレスは、両端に約 250V の電圧が印加される従来の昇圧回路よりもかなり低くなります。漏れインダクタンスが存在するため、リングングを低減するために抵抗とコンデンサで構成されたスナバが必要になることがあります。

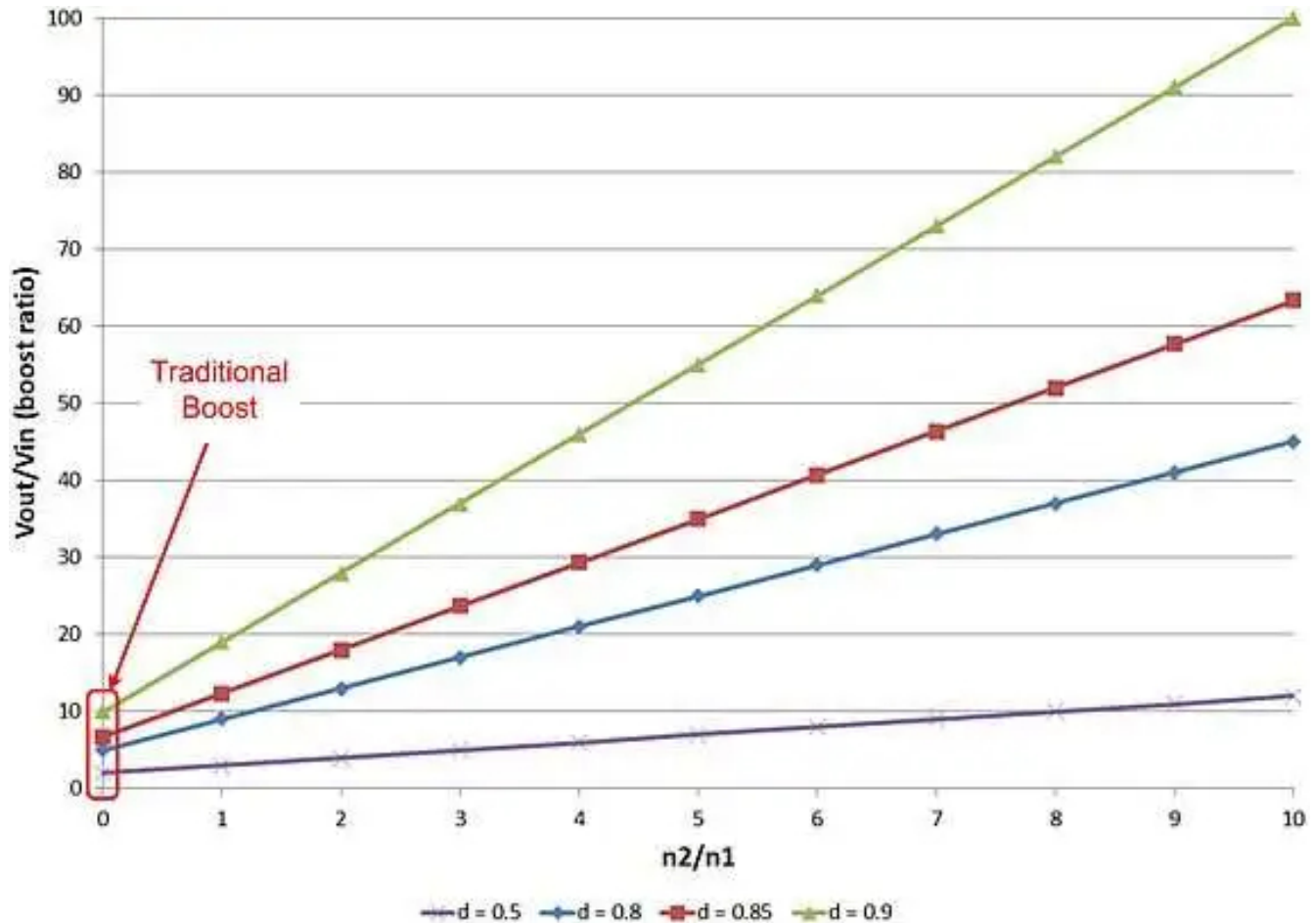


図 4. 昇圧比と最大デューティサイクルを選択して必要な巻線比を決定

CCM 昇圧コンバータにオートトランスを実装すると、いくつかの利点があります。巻線を追加するだけで、従来の昇圧コンバータを上回る出力電圧が得られます。動作デューティサイクルが低減されるため、スイッチング周波数を高くでき、部品サイズの小型化と FET 電圧の低減を実現できます。デューティサイクルを低減すると、従来の昇圧コンバータに実装した場合には十分に高いデューティサイクルで動作できないコントローラを使用できるようになり、選択肢が広がる可能性があります。

その他の Power Tips については、Power House でテキサス・インスツルメンツの Power Tips ブログ シリーズをご覧ください。

関連記事

- 『昇圧コンバータの保護』
- 『超小型マイクロコントローラでデュアル DC/DC 昇圧コンバータをホスト』
- 『マイクロコントローラを使用した昇圧コンバータの設計』
- 『Power Tips #77: CCM フライバックコンバータの設計』
- 『Power Tips #87: 高電圧 DCM 反転チャージポンプコンバータを設計する方法』

過去に [EDN.com](https://www.edn.com) で公開された記事です。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ（データシートを含みます）、設計リソース（リファレンス デザインを含みます）、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](#) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated