

Application Brief

LM5171 のシームレスな双方向動作



Feng Ji

概要

LM5171 は、デュアルチャネル、双方向の平均電流モードコントローラです。平均電流モード制御により、インダクタ電流を高精度で安定化します。定電流動作は、ISET1 と ISET2 (ISETx) の電圧を制御することで実現できます。

LM5171 には、強制 PWM (FPWM) モードとダイオード エミュレーション (DEM) モードの 2 つの動作モードがあります。FPWM モードでは、同期 FET のゲート駆動信号は常に制御 FET のゲート駆動信号と相補的になります。FPWM モードでは逆電流が許容されます。DEM モードでは、同期 FET を流れる電流が監視され、電流が 0 に低下すると FET がオフになります。したがって、DEM モードでは逆電流は発生しません。

FPWM モードでは負荷過渡動作が改善され、DEM モードでは軽負荷時の効率が向上します。

DIRx の切り替えによる双方向動作

図 1 に、DEM モードで DIR1 ピンと DIR2 (DIRx) ピンを切り替えることで、降圧モードと昇圧モードを切り替える方法を示します。DIRx ピンが 2V (DIRx = 1) を超えると、チャンネルは降圧領域で動作し、電流は HV ポートから LV ポートに流れます。DIRx ピンが 1V (DIRx = 0) 未満になると、チャンネルは昇圧領域で動作し、電流は LV ポートから HV ポートに流れます。

V_{CS} は、電流センス抵抗 R_{CS} にかかる電圧です。このコンバータは $V_{CS} > 0$ のときに降圧領域で動作し、 $V_{CS} < 0$ のときに昇圧領域で動作します。ISETx に印加される電圧は V_{ISET} です。

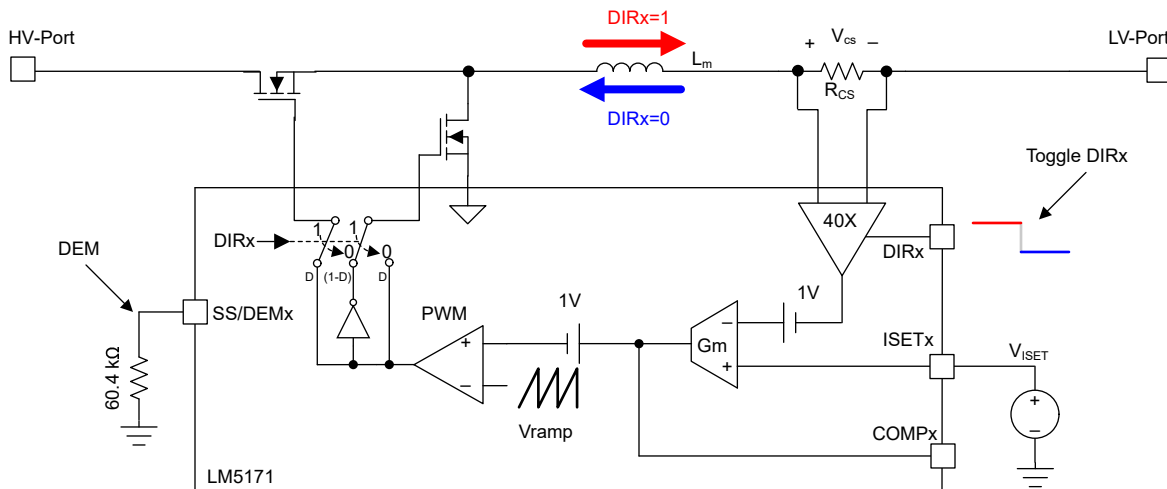


図 1. DIRx の切り替えによる双方向動作

DEM モードでは、 $V_{ISET} > 1V$ の場合、 V_{CS} は次のように与えられます。

$$V_{CS} = \begin{cases} \frac{V_{ISET} - 1V}{40}, & DIRx = 1 \\ -\frac{V_{ISET} - 1V}{40}, & DIRx = 0 \end{cases} \quad (1)$$

DEM モードでは、 $V_{ISET} \leq 1V$ のときに、 $V_{CS} = 0$ です。

図 2 に、DEM モードでの V_{CS} と V_{ISET} との関係を示します。

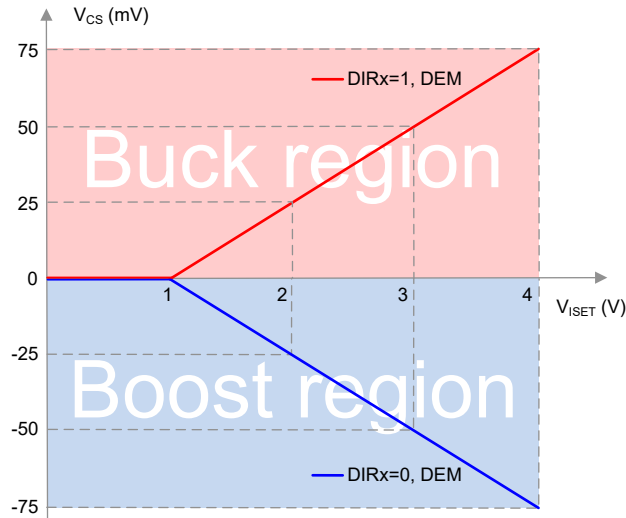


図 2. DEM モードでの V_{CS} と V_{ISET}

$DIRx$ が切り替わると、SS/DEMx ピンが最初に放電され、その後、新しいソフト スタートプロセスが実行されます。ソフト スタートの時間は、SS/DEMx ピンのコンデンサによって決定されます。

ISETx 電圧の調整による双方向動作

FPWM モードでは、式 1 は $0V \leq V_{ISET} \leq 4V$ の場合に真になります。図 3 に、FPWM モードでの V_{CS} と V_{ISET} との関係を示します。

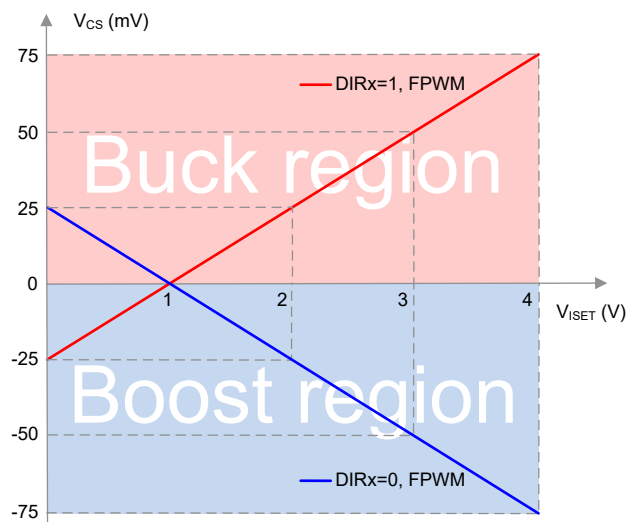


図 3. FPWM モードでの V_{CS} と V_{ISET}

図 3 に示すように、 $DIRx = 1$ で $V_{ISET} > 1V$ の場合、LM5171 は降圧領域で動作します。 $DIRx = 1$ で $V_{ISET} < 1V$ の場合、LM5171 は昇圧領域で動作します。

同様に、 $DIRx = 0$ で $V_{ISET} > 1V$ の場合、LM5171 は昇圧領域で動作します。 $DIRx = 0$ で $V_{ISET} < 1V$ の場合、LM5171 は降圧領域で動作します。

図 4 に、 $ISETx$ 電圧を調整して降圧モードと昇圧モードを切り替える方法を示します。この図では、例として $DIRx = 1$ を使用しています。

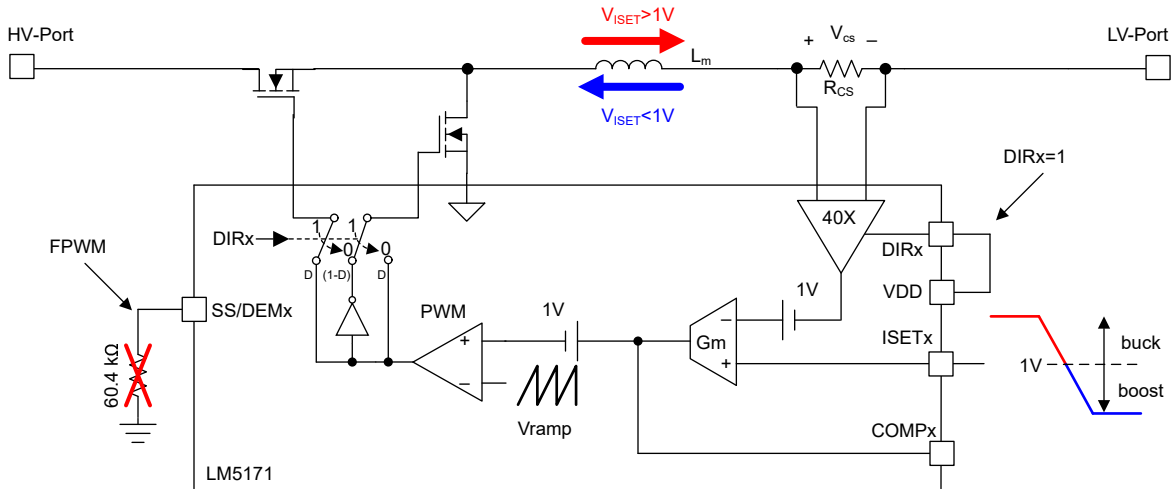


図 4. $ISETx$ 電圧の調整による双方向動作

図 5 に、図 4 の設定に基づく波形を示します。このテストでは、 $R_{CS} = 1m\Omega$ を使用しました。電流方向の変化はシームレスです。 $ISET$ は $1.8V$ から $0.2V$ にステップし、電流は数サイクルで $20A$ から $-20A$ まで $ISET$ に追従します。

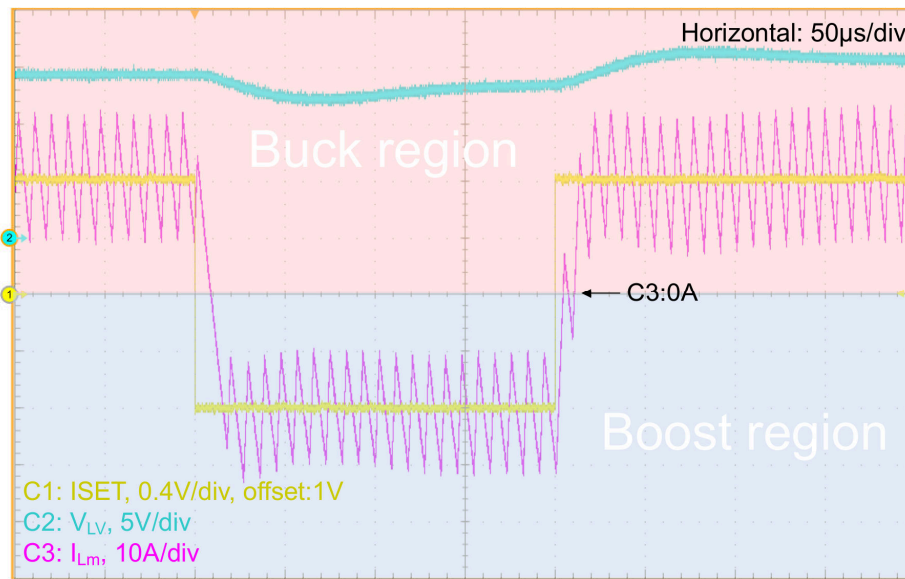


図 5. シームレスな双方向動作

DEM または FPWM モードで $COMPx$ が $1V$ を超えるまで、LM5171 は起動時にスイッチングしません。 $COMP$ が $1V$ を超えるように、 V_{ISET} を $1V$ より高く設定します。LM5171 がスイッチングを開始したら、FPWM モードで V_{ISET} を $1V$ 未満に下げて、電流の方向を変更します。DEM モードでは、 V_{ISET} を $1V$ 未満に下げるとスイッチングが停止します。

電圧ループがある場合の双方向動作

図 6 に、DEM モードで昇圧モードの HV ポート電圧と降圧モードの LV ポート電圧を制御する方法を示します。LM5171 には 2 つの内蔵エラー アンプが内蔵されており、DIR1 によってアクティブ エラー アンプが決まります。

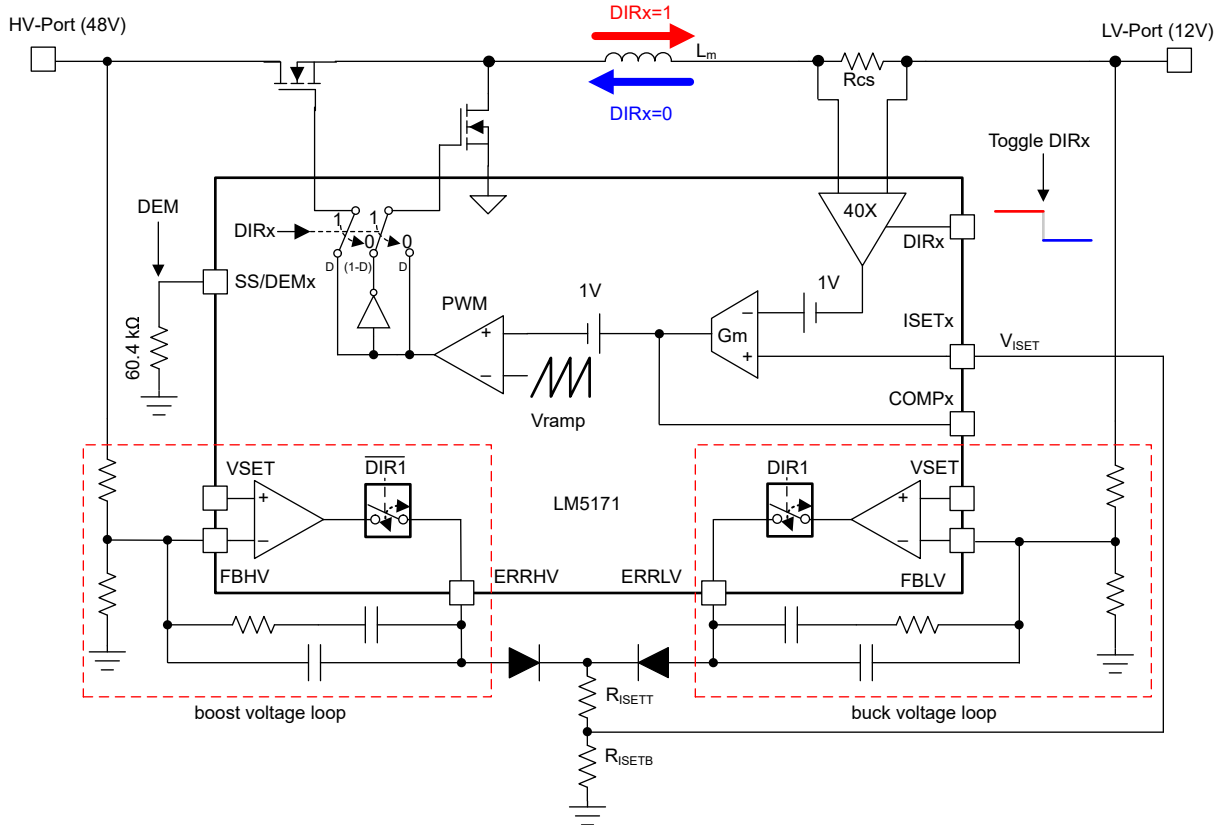


図 6. 2 つの電圧ループがある場合の双方向動作

図 7 に、FPWM モードでの単一電圧ループの図を示します。この例では、昇圧モード (DIR = 0) を選択しています。上記のように、COMPx が 1V を超えるまで LM5171 は起動時にスイッチングしません。したがって、HV ポートの電圧が目標レギュレーション電圧よりも高く、ERRHV 電圧がゼロの場合、COMPx 電圧はゼロで、LM5171 はスイッチングしません。逆に、出力電圧が目標レギュレーション電圧より低い場合、ERRHV 電圧が上昇し、COMPx 電圧が上昇します。COMPx が 1V を超えると、LM5171 はスイッチングを開始します。LM5171 がスイッチングを開始すると、シームレスな双方向動作が許可されます。内部エラー アンプは、ERRHV/ISETx 電圧を調整し、安定化された HV 電圧を維持します。図 3 に示すように、V_{ISET} が 1V を超えると、電流は 0A を横切ります。HV ポートでは電流の吸い込みと供給が可能で、安定化された HV 電圧を維持できます。

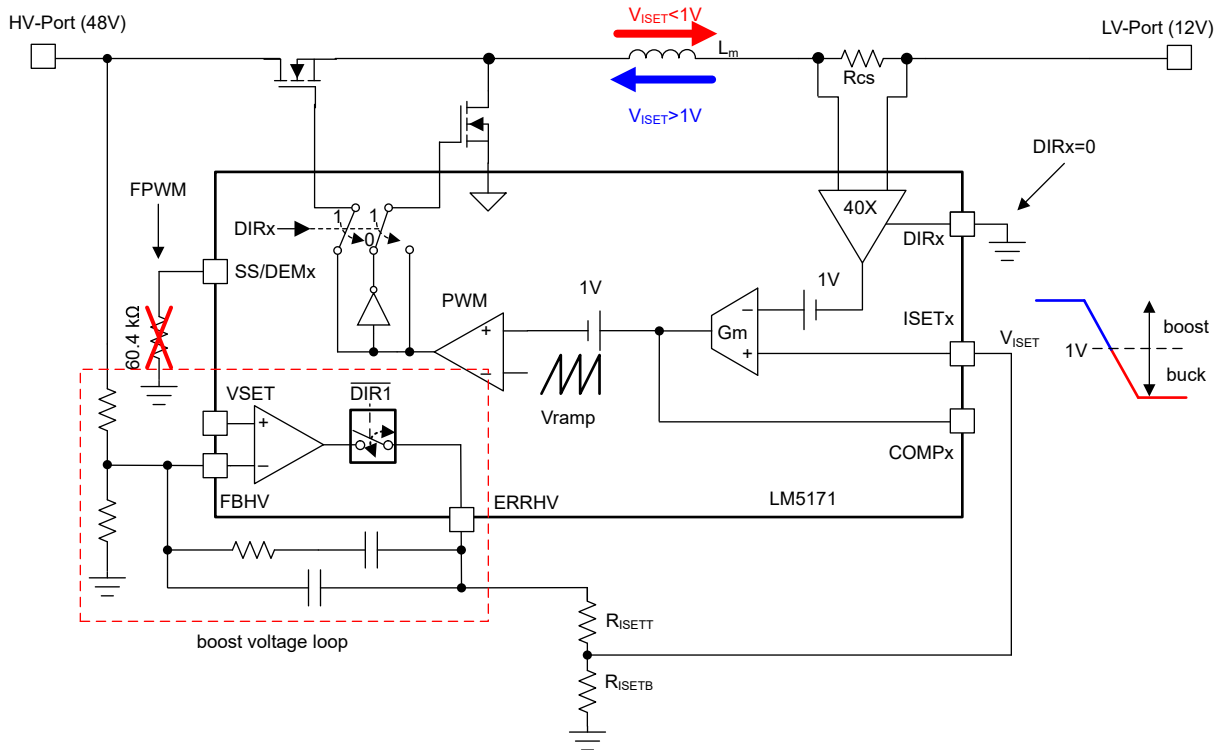


図 7. 単一電圧ループがある場合の双方向動作

まとめ

この記事では、LM5171 の双方向動作について、DIRx ピンの切り替えと ISETx ピンの電圧調整という 2 つの方法を比較して説明しました。

LM5171 は、DIRx ピンが切り替わると、新しいソフトスタートプロセスを実行します。その結果、電流過渡はシームレスではありません。FPWM モードでは、ISETx 電圧を調整することで、高速でシームレスな電流過渡が可能になります。ただし、FPWM モードでは、軽負荷時の効率が低下します。

前述の方法に基づいて、電圧ループのあるシステムの例を 2 つ提示し、これらのシステムの動作と性能について説明しました。

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

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

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月