

Application Note

LMR33620/30 および LMR36006/15 のモード遷移について



Sam Jaffe and Katelyn Wiggenghorn

概要

広い入力電圧範囲と出力負荷電流範囲にわたって効率を最適化するために、最新の各種 DC/DC コンバータが、さまざまな動作モードを活用します。たとえば、軽負荷効率を向上させるために、最新の DC/DC コンバータにはパルス周波数変調 (PFM) が実装されており、出力負荷電流が増加すると、強制周波数パルス変調 (FPWM) への動作遷移モードが増加します。このアプリケーションノートでは、LMR33620/30 と LMR36006/15 のモード遷移と予測されるスイッチング波形について説明します。これらの最新コンバータは、TI の最も高度な機能の一部を活用して、モード変更に最適な時間を判定しています。このアプリケーション ノートのコンテンツでは、コンバータの予期される動作だけでなく、コンバータの動作の背後にあるロジックも説明します。この知識は、電源設計者がこれらの機能を十分に活用し、設計を最適化するのに役立ちます。このコンテンツの要約版動画をご覧になりたい方は、トレーニング シリーズの第 2 弾「DC/DC 降圧コンバータ:これらの機能は一体何を意味するのか?」をご覧ください。仕様から動作モードと予測される周波数を計算する実践的なツールについては、製品フォルダにあるカリキュレータをご確認ください。

目次

1 概要	3
2 降圧コンバータの代表的な動作	3
2.1 CCM: 連続導通モード	4
2.2 DCM: 不連続導通モード	4
2.3 PFM: パルス周波数変調	4
2.4 電流制限	5
3 COMP の曲線	6
4 PFM と軽負荷動作	8
5 自動周波数フォールドバック	9
6 クロック制御	10
7 重負荷フォールド バック、電流制限、ヒカッ	11
8 まとめ	13
9 参考資料	13
10 改訂履歴	14

図の一覧

図 2-1. 簡素化した降圧コンバータの回路図	3
図 2-2. 降圧コンバータのスイッチング波形	4
図 2-3. DCM と CCM との関係: インダクタ電流の波形	4
図 2-4. 定周波数とパルス周波数変調: インダクタ電流波形	5
図 3-1. LMR33630 のブロック図	6
図 3-2. COMP の曲線	7
図 4-1. COMP 曲線: PFM の動作	8
図 4-2. PFM の動作: インダクタ電流	8
図 5-1. COMP 曲線: 自動フォールドバック操作	9
図 5-2. 自動フォールドバック動作: インダクタ電流波形	10
図 6-1. COMP 曲線: クロック制御動作	11
図 6-2. クロック制御動作: インダクタ電流の波形	11
図 7-1. COMP 曲線: 電流制限動作	12
図 7-2. 電流制限動作: インダクタ電流の波形	12

図 7-3. ヒカップ動作.....	13
--------------------	----

表の一覧

表 3-1. LMR36006/15 と LMR33630/20 の対象値.....	7
--	---

商標

シンプル スイッチャ™ is a trademark of Texas Instruments.
すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 概要

降圧コンバータは、パワー エレクトロニクス市場で重要な役割を果たします。パーソナル エレクトロニクスから、産業用、車載まで、あらゆるアプリケーションで動作するために電力が必要です。降圧コンバータは、さまざまな電力変換アプリケーション向けに、高効率、小型サイズ、低コストのソリューションを実現します。降圧コンバータ技術は、電力密度の向上、効率の向上、ノイズの低減のために進化してきたほか、これらのシステムの全体的な性能を最適化するための他の改良も進めてきました。最新の降圧技術は、 R_{DS-ON} の小さい FET、熱的に最適化されたパッケージの改良だけでなく、軽負荷動作モードや過電流検出などの制御技法の改良によるものです。このアプリケーション レポートでは、後者について詳細に説明します。[LMR33620/30](#) および [LMR36006/15](#) は、TI の最も高度な制御テクノロジーを採用して、効率、保護、全体的な性能を向上させています。このアプリケーション ノートでは、これらの機能を活用してシステムの向上と IC レベルの動作ロジックを実現する方法を説明します。その結果、電源設計者は TI の技術を最大限に活用し、最適化済みの最新システムを構築することができます。

2 降圧コンバータの代表的な動作

降圧コンバータ (またはコントローラ) は入力電圧を受け取り、効率的に低い出力電圧に変換します。これは、 V_{SW} を V_{IN} に、次に V_{SW} を GND に、次に V_{SW} を V_{IN} に高周波 (数百 kHz ~ 数 MHz) で、デューティ サイクルが V_{SW} と V_{IN} の比に比例するスイッチで実現されます。LC ローパス フィルタはこのスイッチング波形を、安定した DC 出力に変換します。代表的な降圧コンバータの概略回路図については、[図 2-1](#) を参照してください。

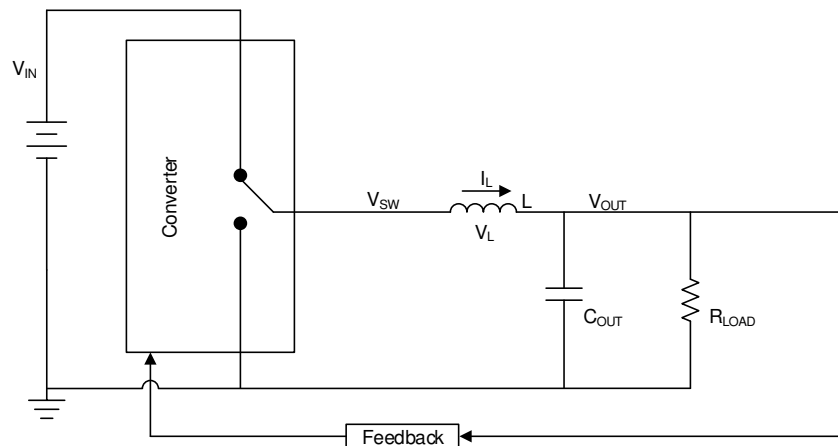


図 2-1. 簡素化した降圧コンバータの回路図

V_{SW} は V_{IN} (V_{SW} スイッチ High) に接続されています。この時点で、[図 2-2](#) に示すように、インダクタ電流は $V_{IN} - V_{OUT}$ およびインダクタンス L に比例する速度で直線的に増加します。

V_{SW} は GND に接続されています (V_{SW} スイッチが Low)。この時点で、[図 2-2](#) に示すように、インダクタ電流は $V_{IN} - V_{OUT}$ およびインダクタンス L に比例する速度で直線的に減少します。

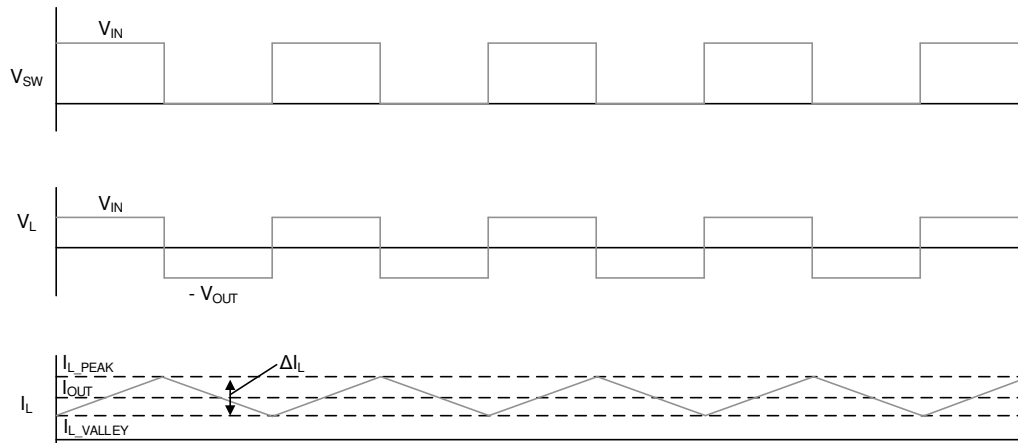


図 2-2. 降压コンバータのスイッチング波形

2.1 CCM: 連続導通モード

インダクタ電流が連続的な場合、コンバータは **CCM** で動作します。つまり、電流は常に上昇または下降します。これは、コンバータの負荷が中負荷から重負荷になっている場合の通常動作状態です。平均インダクタ電流 (I_{L_AVG}) は出力電流 (I_{OUT}) と等しくなります。インダクタ電流リップル振幅 $\Delta I_L/2$ が I_{OUT} よりも小さい場合、瞬時インダクタ電流 (I_L) はゼロに達することはありません。

ただし、同期コンバータの出力負荷が軽くなると、インダクタリップルのバレーで I_L が **0A** に近づくと、それを下回ることもあります。インダクタ電流は常に上昇するため、これは **CCM** ですが、この動作モードは無駄です。負のインダクタ電流は、スイッチ サイクルの後で正の電流で対抗する必要があります。また、インダクタに **DC** 抵抗を設ける必要があります。これにより、不要な電流はインダクタの **DC** 抵抗によって不要な電力を消費します。この無駄な電力問題は、不連続導通モードの開発を推進しました。

2.2 DCM: 不連続導通モード

DCM は、インダクタ電流がゼロになった時点で、両方の FET (図 2-1 内のスイッチ) を単にオフにします。 V_{SW} は V_{IN} または **GND** に接続されていません。フローティング状態です。つまり、コンバータは次のスイッチング サイクルが経過するまで V_{SW} を再びオンにすることができるということです。図 2-3 に、同じ負荷における **CCM** (上の波形) と **DCM** (下の波形) の波形の比較を示します。

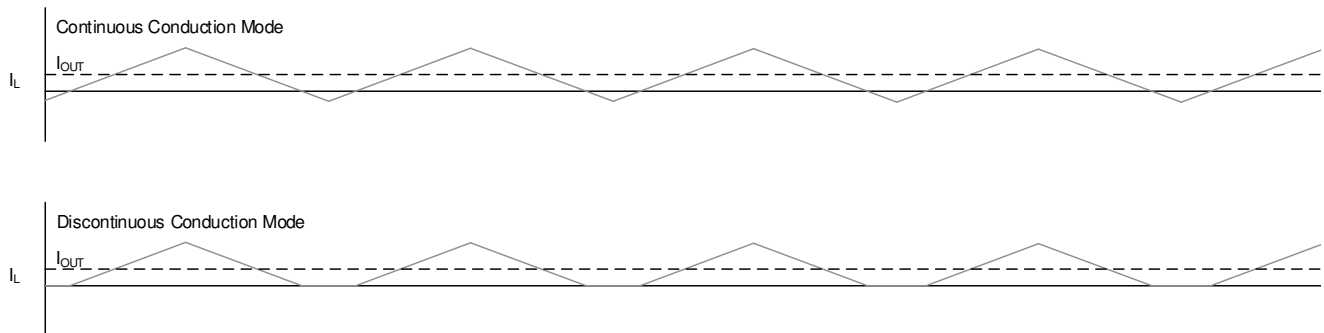


図 2-3. DCM と CCM との関係: インダクタ電流の波形

2.3 PFM: パルス周波数変調

PFM は、非常に軽負荷状態でスイッチング周波数を下げることで、軽負荷時の効率をさらに向上させるために開発されました。これにより、各スイッチング サイクルで必要となるエネルギーがスイッチング損失とスイッチング損失の形で減少し、その結果スイッチング損失が減少するため、軽負荷効率が向上します。また、**PFM** は、出力電圧が目的のレギュレーション点を上回ることを防止します。降压コンバータは最小オン時間を持っています。これは、各スイッチ サイクルがある程度の有限な量のエネルギーを出力に供給することを意味します。無負荷時に一定の周波数であれば、その電圧が必要以上に上昇する可能性があります。周波数が低くなると、このような発生の可能性がなくなります。図 2-4 に、固定周波数

(上の波形) での DCM と、さまざまな負荷に対するフォールドバック周波数 (下の波形) での PFM の波形の比較を示します。

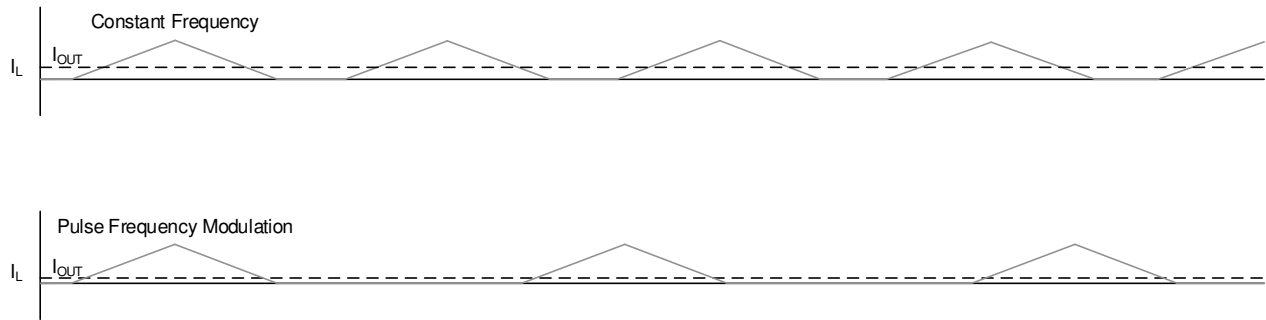


図 2-4. 定周波数とパルス周波数変調: インダクタ電流波形

2.4 電流制限

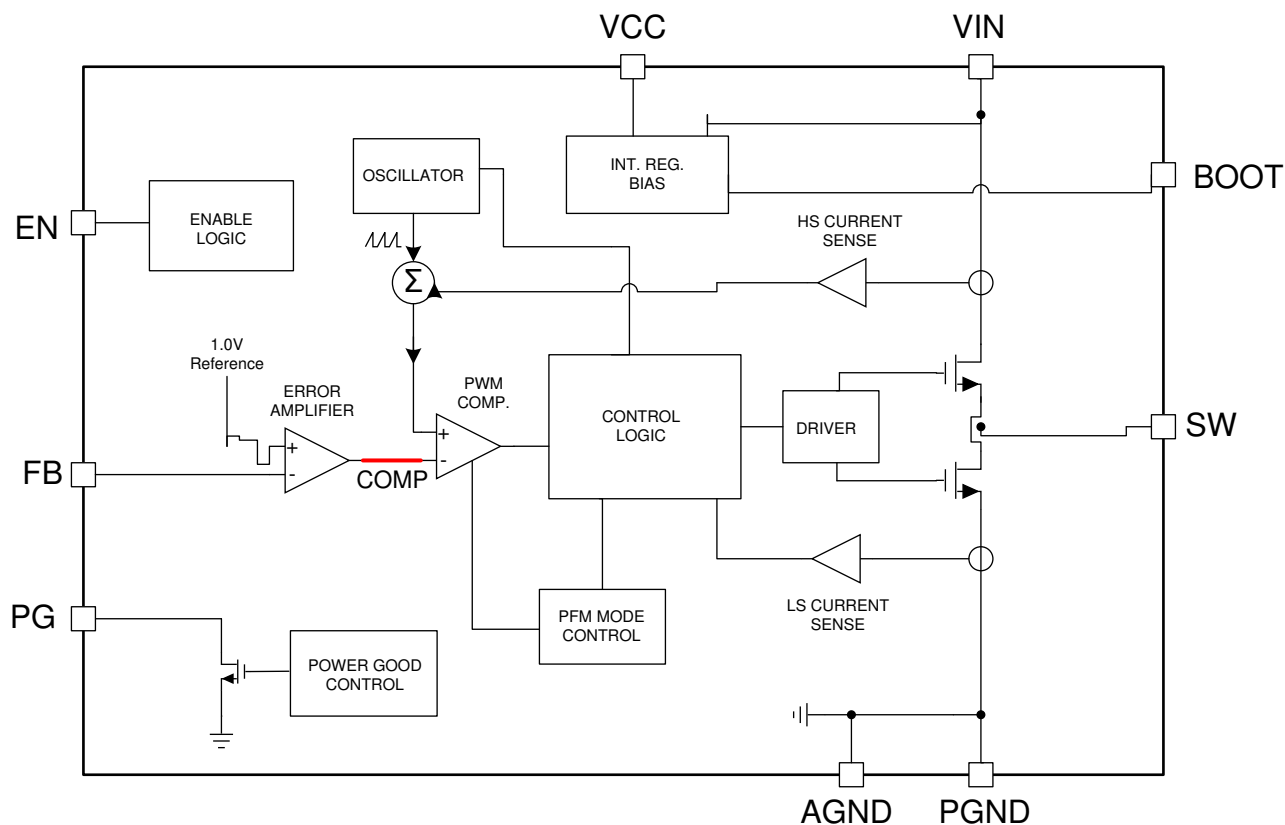
降圧コンバータは多くの場合、電流制限と呼ばれる機能を実装しています。過負荷状態および短絡状態により、 V_{OUT} から過剰な電流が流れる可能性があります。が検出されず、に対する保護が行われていない場合、この過負荷状態により IC が過熱し、IC が損傷する可能性があります。一部の IC は単純にシャットダウンするだけで、十分に大きな負荷を駆動できるように電流を制限するものもあります。

LMR33620/30 と LMR36006/15 は、これらの機能を使用して、さらに最適化を行っています。このアプリケーションレポートの次のセクションでは、これらの各モードでの改善点について説明します。この動作の基礎を理解するには、まず [セクション 3](#) で説明されている報酬曲線を理解する必要があります。

[図 3-2](#) に、[図 3-2](#) の基準となる COMP 曲線を示します。[表 3-1](#) に、型番ごとのさまざまな関心ポイントを示します。

3 COMP の曲線

COMP 信号は、ピークおよびバレー インダクタ電流コマンドを表す内部制御ロジック信号です。COMP 信号は、[図 3-1](#) に示すように、エラーアンプの出力です。



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

図 3-1. LMR33630 のブロック図

最終的に、COMP 信号を使用して、動作モードと対応するスイッチング周波数を理解できます。このセクションでは、IC が COMP 曲線 ([図 3-2](#)) を使用して動作モードを決定する方法について説明します。より実践的な学習アプローチについては、周波数予測ツール ([LMR33620/30/Q](#)、[LMR36006/15/Q](#)) をご確認ください。このツールは、入力 (V_{IN} 、 V_{OUT} 、 I_{OUT} 、L、型番、選択された周波数) で、これらの条件について予測される動作モードとスイッチング周波数を計算します。ユーザーは、各パラメータを変更して効果を確認できます。

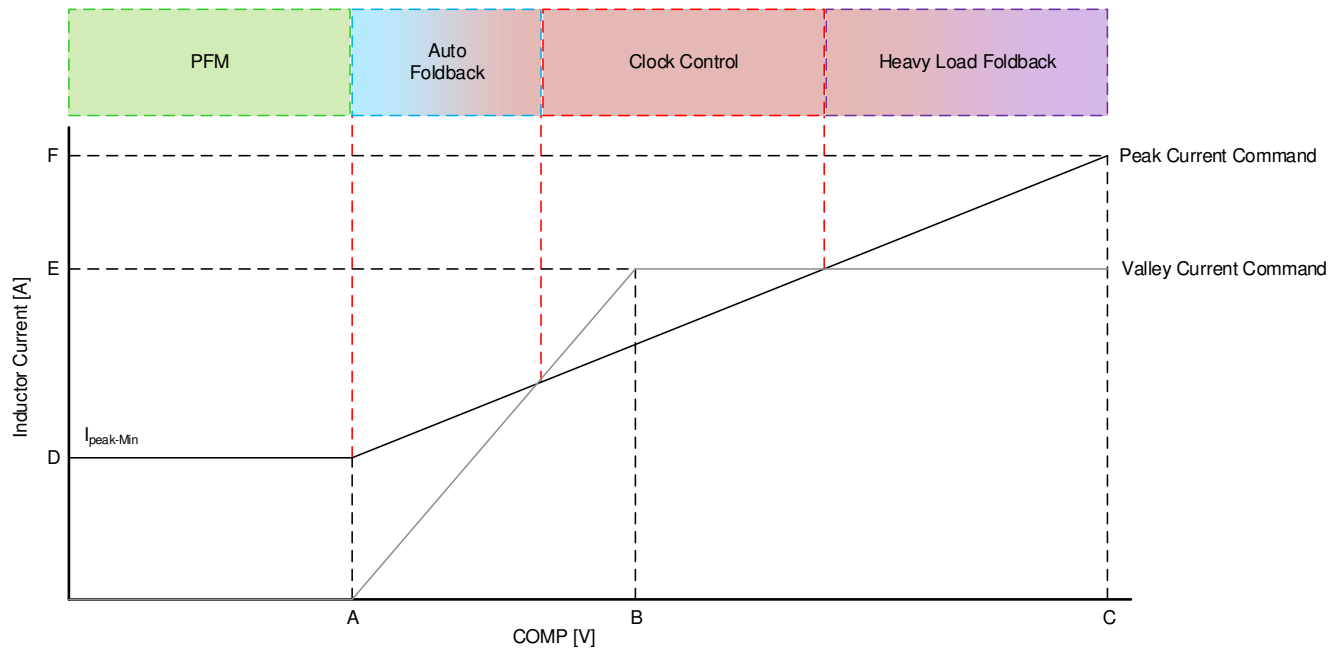


図 3-2. COMP の曲線

表 3-1. LMR36006/15 と LMR33630/20 の対象値

PART	A	B	C	D	E	F
LMR36006	0.21	0.55	1	0.21	0.8	1
LMR36006-Q1	0.21	0.55	1	0.21	0.8	1
LMR36015	0.2	0.55	1	0.48	1.8	2.4
LMR36015-Q1	0.2	0.55	1	0.48	1.8	2.4
LMR33620	0.19	0.55	1	0.65	2.45	3.5
LMR33620-Q1	0.19	0.55	1	0.65	2.45	3.5
LMR33630	0.18	0.55	1	0.8	3.5	4.5
LMR33630-Q1	0.18	0.55	1	0.8	3.5	4.5

補償曲線は、通常の動作条件でコンバータがハイとローにスイッチングするときの背後にあるロジックを示しています。

Y 軸はインダクタ電流を示します。コンバータがこのグラフの一つのポイントにあると想像してみてください。この点は、インダクタ電流が負荷とともに上昇および下降すると上下に移動します。

X 軸は、出力電流に比例する COMP 電圧を示します。負荷がそれぞれ重くなると、グラフ上の動作点が左右に移動します。

COMP 曲線に描いた 2 本の直線は、ピーク電流コマンドと、バレー電流コマンドです。

ピーク電流コマンド: インダクタ電流は、ピーク電流コマンドを上回ることはありません (通常動作時)。インダクタ電流がピーク電流コマンドに達すると、 V_{SW} は低くなります。これにより、 I_L は減少します。

バレー電流コマンド: インダクタ電流は、常にバレー電流コマンドまで、または過去に下降します。 I_L がバレー電流コマンドに達する (または通過する) 前に、 V_{SW} が High になることはありません。インダクタ電流がバレー電流コマンドに到達し、クロックが新しいスイッチ サイクルに備えると、 V_{SW} は High になります。

このコンバータは、選択したデバイス番号に応じて、ユーザーが選択した特定の周波数 (400kHz、2.1MHz など) で動作します。この選択された周波数は、コンバータによってスイッチングされる最大周波数です。COMP 曲線電流コマンドラインと動作ロジックは、コンバータがこの周波数で動作するか、スイッチング周波数をフォールド バック (低減) するかを決定します。フォールド バックにより消費電力が削減され、効率が向上します。COMP 曲線は、目的の動作条件における周波

数をフォールドバックするように設計されています。これらは、簡単に予測および利用してシステムの効率を向上させることができます。

4 PFM と軽負荷動作

LMR33620/30 および LMR36006/15 における PFM は、DCM (ただし、設定された目標周波数での DCM ではない) および一般的な PFM 周波数フォールドバックを含む軽負荷状態です。これらの機能により、本コンバータは非常に低いスイッチング周波数でスイッチングでき、動作入力電流を大幅に低減できます。

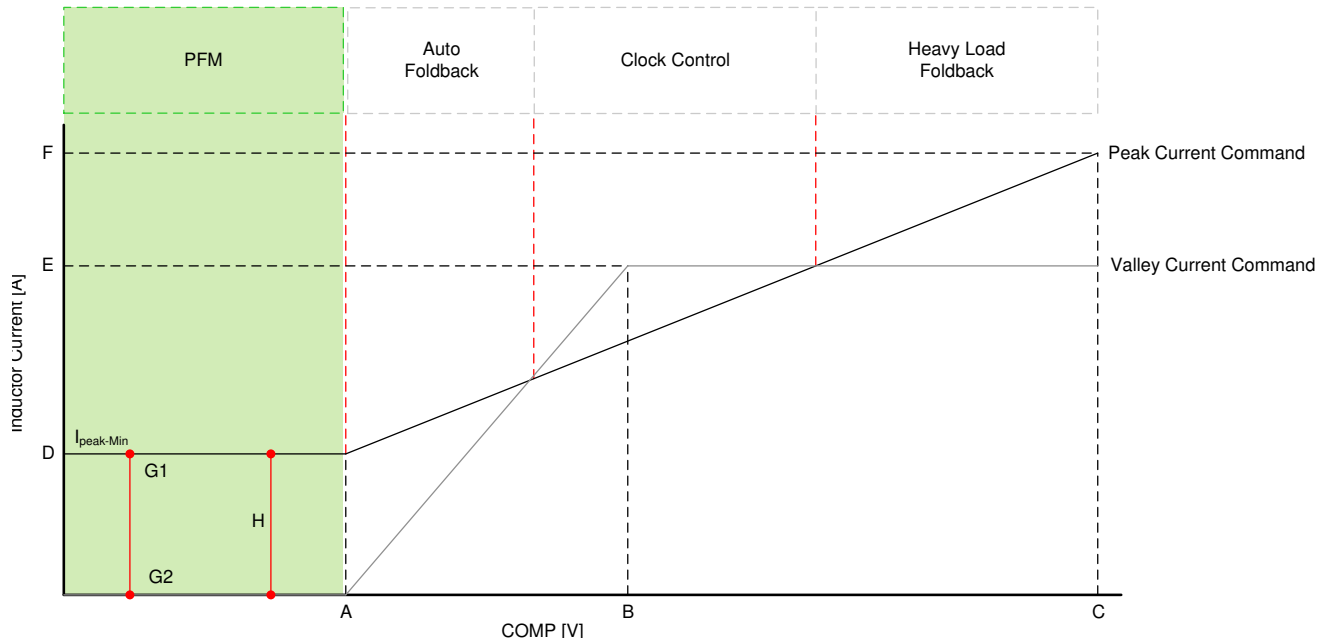


図 4-1. COMP 曲線: PFM の動作

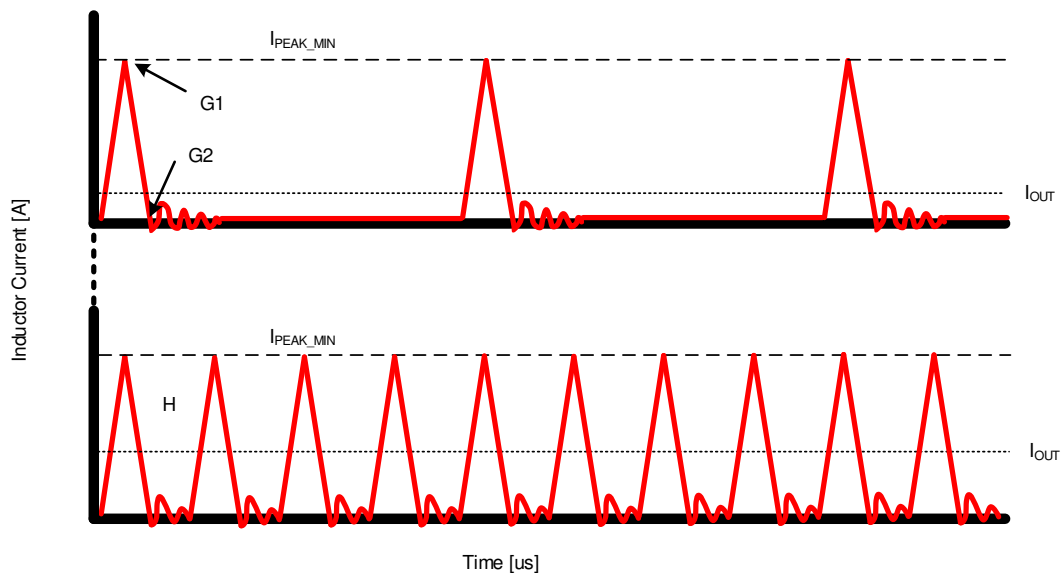


図 4-2. PFM の動作: インダクタ電流

図 4-1 はコンプ曲線の PFM 領域を強調表示します。図 4-2 に、図 4-1 と同じ動作ポイントの時間ドメインインダクタ電流波形を示します。図 4-1 および 図 4-2 のマーカー G1 および G2 は、負荷が極めて軽い運転状態を示しています。イン

ダクタ電流は **G1** まで上昇し、ピーク電流コマンド (I_{PEAK_MIN}) に達してから、**G2** (ゼロ アンペア) まで減少します。インダクタ電流が **0** に達した後、コンバータは両方の FET をシャットオフし、 V_{SW} をフローティングのままにします。この時点では、インダクタの両端に電圧が生じます。これは、FET の寄生容量がローサイド FET によって放電される場所 (V_{SW} は 0V)、 V_{OUT} がゼロでない V_{OUT} にあるためです。この電圧によってインダクタに少しの逆電流が押し込まれ、インダクタ L の共振周波数と FET の寄生容量でリングングが発生します (**G2** の直後を参照)。このリングングは、EMI 測定の対象となる周波数でない限り、通常は無害です。コンバータは、フィードバック電圧が十分に低くなるまでそれを監視し、その後、 V_{SW} がを再びオンにします。これが PFM の周波数を制御するものです。

I_{OUT} を大きくすると、コンバータが **X** 軸上の右端より遠くまで動作することを意味します。図 4-1 と 図 4-2 の **H** マークに示されているように、負荷電流が増加するにつれてパルス周波数も増加します。 V_{OUT} は、 I_{OUT} が増加すると、パルス間の降下が速くなり、スイッチング周波数が高くなります。 I_{OUT} が十分に大きいと、インダクタ電流の終わりが下がり、インダクタ電流の増加の開始に合わせます。これは **CCM** の開始点であり、コンバータは次の動作領域、自動周波数フォールドバックになります。

システムなど、常に固定スイッチング周波数を必要とするシステムでは、PFM と自動周波数フォールドバックが必ずしも望ましいとは限らないことに注意してください。LMR36006/15 には、このような場合に強制パルス幅変調 (FPWM) を有効にするバージョンがあります。本デバイスは選択された周波数で常に動作し、PFM モードや自動モードは使用しません。FPWM 動作により、軽負荷から中負荷までの効率が低下しますが、一部のシステムでは犠牲になる価値がある場合があります。

5 自動周波数フォールドバック

自動周波数フォールドバックは、LMR33620/30 および LMR36006/15 独自の機能です。この領域は、PFM から固定周波数 **CCM** へのスムーズな遷移として機能します。とに示すように、コンバータは中負荷条件で周波数をフォールドバックして効率を向上させ図 5-1 図 5-2 ます。

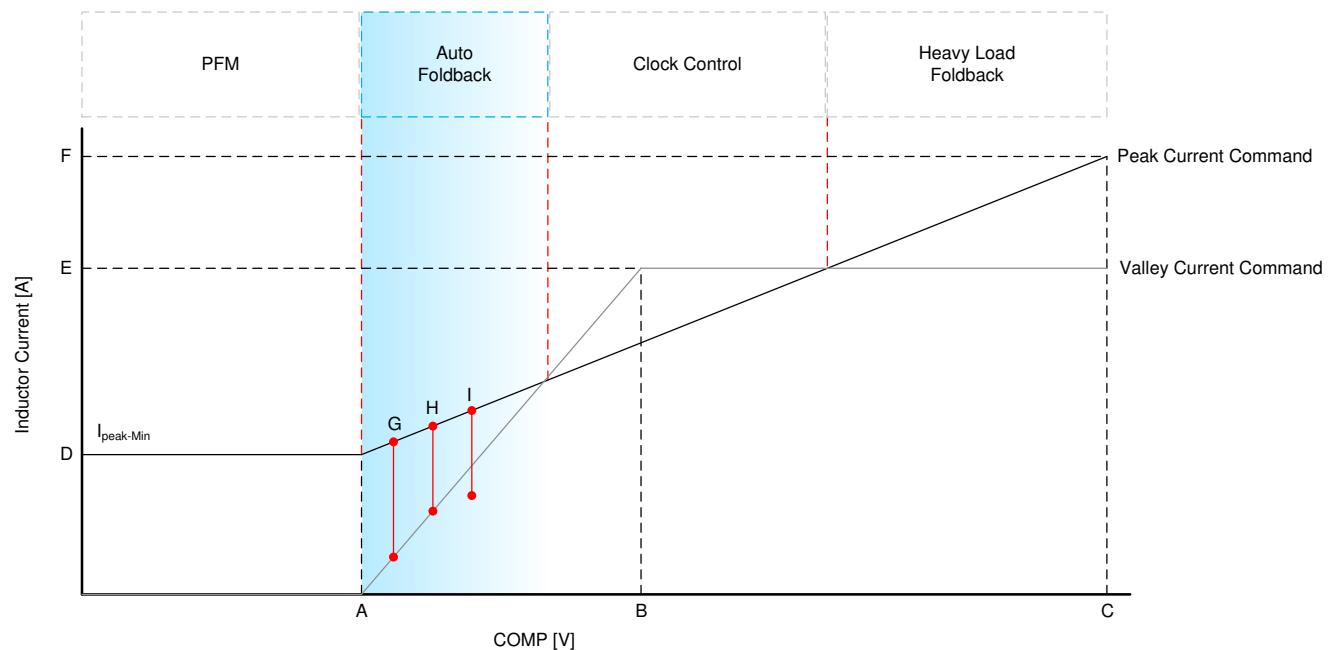


図 5-1. COMP 曲線: 自動フォールドバック操作

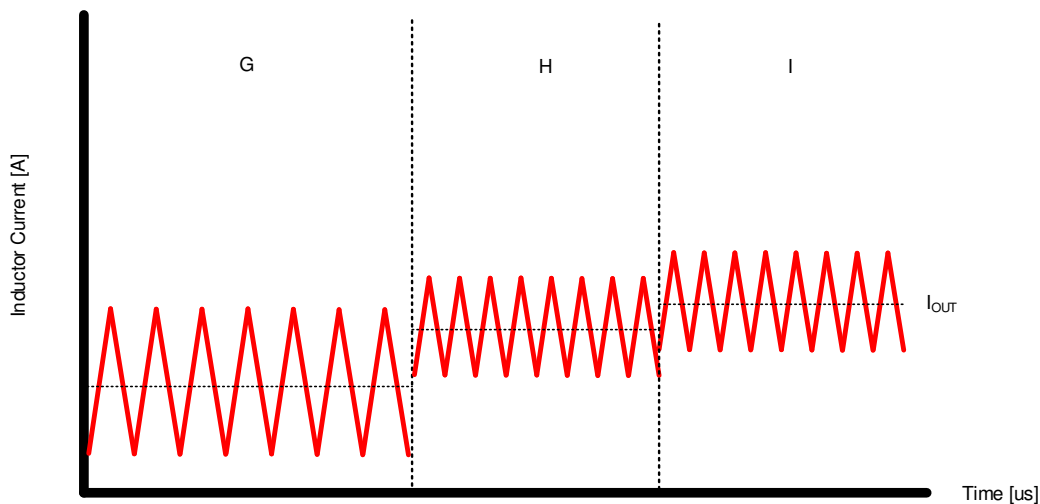


図 5-2. 自動フォールドバック動作: インダクタ電流波形

領域 G は中軽負荷状態を示しています。コンバータは PFM を終了したばかりであり、スイッチを再びオンに戻す前に、バレー電流コマンドまで減少するようにインダクタ電流を必要とします。スイッチング周波数が低くなると、高い周波数よりも効率が高くなります。多くの場合、PFM/DCM と PWM/CCM の間の遷移で効率曲線の低下が発生しますが、この自動フォールドバックによりこの領域で良好な効率が維持されます。

領域 H は、ユーザーが選択した固定周波数でコンバータが動作を開始する点を示します。出力電流が増加すると、バレー電流コマンドラインがピーク電流コマンドラインに近づきます。これは、出力電流が増加するにつれて周波数が増加することを意味します。最終的に、スイッチング周波数は、ユーザーが選択した周波数に達します。この時点で、インダクタ電流は自動的にバレー電流コマンドを下回るまで、クロックによって SW が再度オンになります。以前の領域はクロック信号を検出しましたが、 I_L がバレー電流コマンドに達していないため、 V_{SW} を High に切り替えることはできません。このとき、インダクタ電流がバレー電流コマンドに到達または合格したため、 V_{SW} が再びオンになるタイミングがクロックによって決定されます。設計ごとに動作条件 (V_{IN} 、 V_{OUT} 、 L 、スイッチング周波数) が異なります。つまり、この自動フォールドバックが固定周波数に達する点は、それぞれの条件ごとに異なります。このアプリケーションレポートは、設計者がこれらの動作モード遷移点の条件を理解するのに役立ちます。

リージョン I は、AUTO モードでのこの固定周波数領域の継続を示しています。インダクタ電流の波形は形状や周波数は変化せず、負荷の増加に応じて単純にシフトアップします。これは本質的にクロック制御への早期参入であるため、図 5-2 の部分に淡い青色の領域が表示されています。

6 クロック制御

クロック制御は、中負荷および重負荷での標準固定周波数 CCM 動作です。図 6-1 と 図 6-2 は、想定される動作を示しています。 I_{OUT} が大きくなると、インダクタ電流の波形は上方向にシフトします。これは、本質的にすべての降圧コンバータの間で標準的なものです。

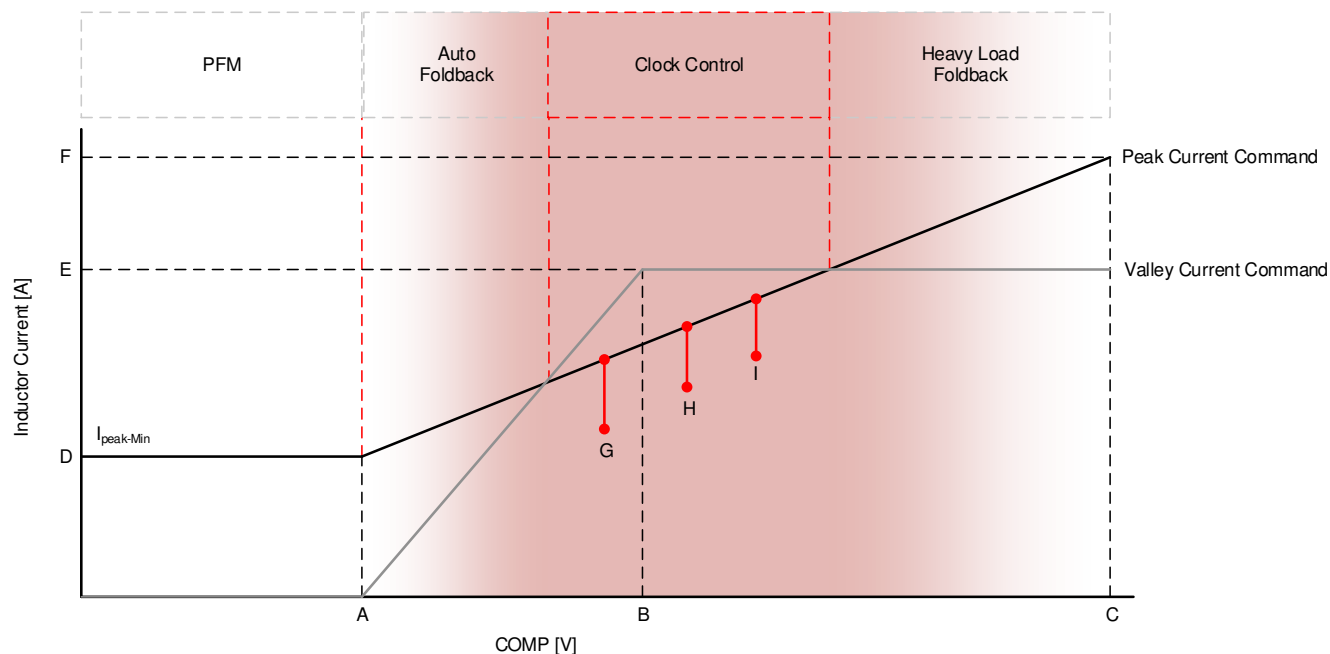


図 6-1. COMP 曲線: クロック制御動作

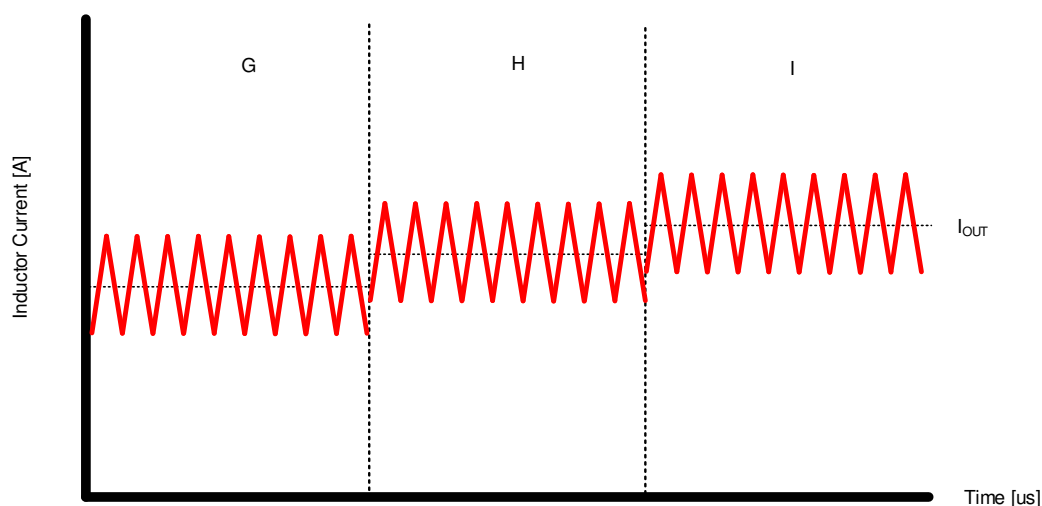


図 6-2. クロック制御動作: インダクタ電流の波形

7 重負荷フォールドバック、電流制限、ヒカップ

最新のコンバータは、電流制限保護を実装しています。[LMR33620/30](#) および [LMR36006/15](#) は、高度な制御方式を使用して、電流暴走、自分自身やその他の部品への損傷を防止するための切り替え方法と、過負荷および短絡状態への対処方法を決定します。

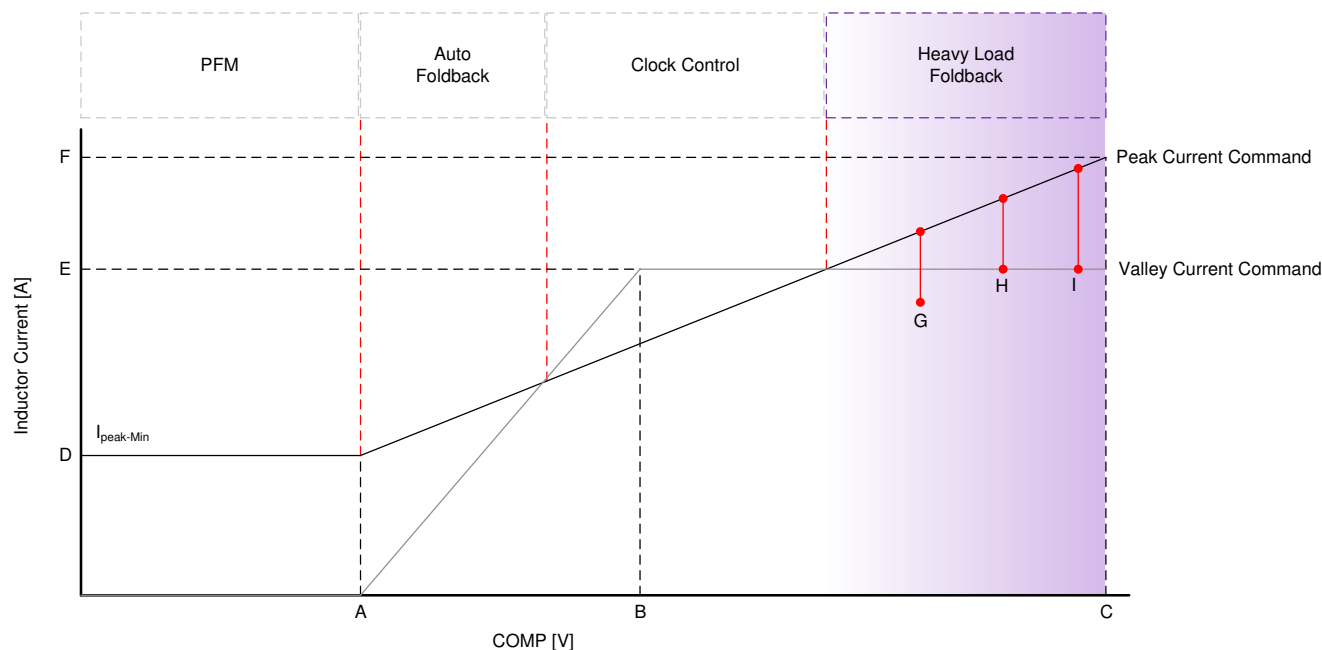


図 7-1. COMP 曲線: 電流制限動作

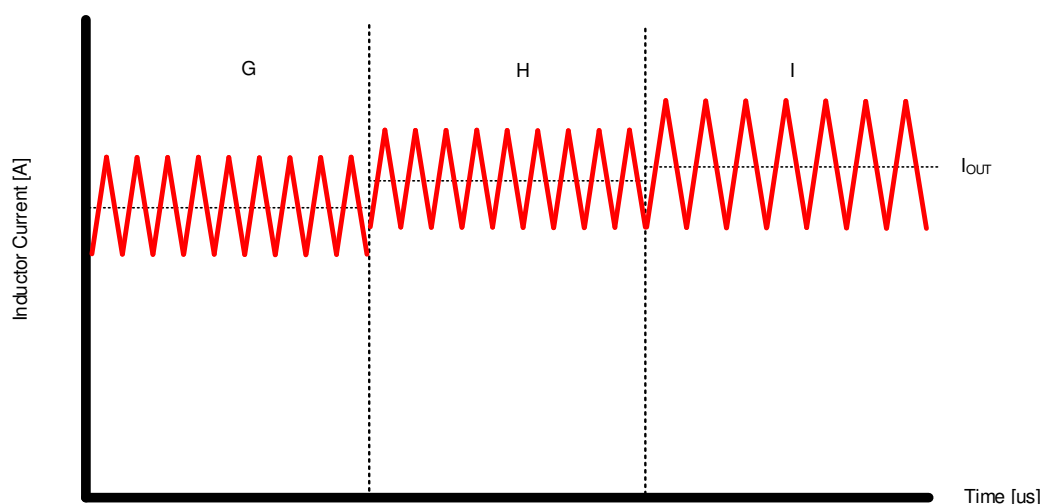


図 7-2. 電流制限動作: インダクタ電流の波形

補償曲線は、図 7-1 と 図 7-2 に示すように、過電流条件に対する最初の保護ラインを示しています。バレー電流コマンドは、十分に大きい出力電流が発生した場合に再生されます。領域 G は、重負荷フォールドバック領域への通常動作を示しています。領域 H は、コンバータが通常動作から周波数をアクティブにフォールドバックするポイントを示します。領域 I は、本コンバータがバレー電流制限まで低下させるためにインダクタ電流がどのように要求されるかを示しています。その結果、スイッチング周波数が低下し、電流が過度に大きくなることを防止できます。平均出力電流を小さくすると、このピーク電流コマンドは、インダクタ電流の制御能力が低下する、または電流が暴走してインダクタの飽和を引き起こす、を防止します。バレー電流コマンドは、電流が特定の値を決して上回ることにはないことを保証します。

2 番目の防衛線は、ピーク電流制限です。COMP 電圧は 1V にクランプします。つまり、負荷が要求しても、出力電流は増加を停止します。たとえば、LMR33630-Q1 のピーク電流コマンド値は 4.5A、 $V_{COMP} = 1V$ においてバレー電流コマンド値は 3.5A です。最大負荷時のインダクタ電流は、これら 2 つのコマンドラインの間で上昇し、出力電流は 4A でクランプされます (平均 3.5A ~ 4.5A)。負荷が、コンバータからの利用可能な電流よりも多くの電流を必要とすると、出力電圧はドループし始めます。出力電圧ドループが大きすぎると、コンバータはヒカッパモードに移行します。

過負荷および短絡状態に対する 3 番目の防御線は、ヒカップ モードです。ヒカップ モードでは、10 ミリ秒程度コンバータがシャットオフされ ([LMR33630-Q1 のデータシート](#)を参照)、電源が再びオンになり、[図 7-3](#) に示すように障害が解消されたかどうかを確認します。障害が解消しない場合、コンバータは再びヒカップに達し、さらに 10 ミリ秒待ち、障害が解消されるまで試行を続けます。障害が解消されると、コンバータは再び正常に動作します。出力電圧が設計値の 40% 以下に低下した場合、ヒカップがトリガされます (詳細については [LMR33630-Q1 のデータシート](#)を参照)。短絡状態、または非常に重い負荷状態でヒカップが発生します。ヒカップを使用すると、このような状況でスイッチングを継続するコンバータよりも、コンバータのエネルギーを大幅に減らすことができます。ヒカップ保護機能は、短絡状態でコンバータを低温に維持し、レギュレーションのためにエネルギーを浪費することはありません。

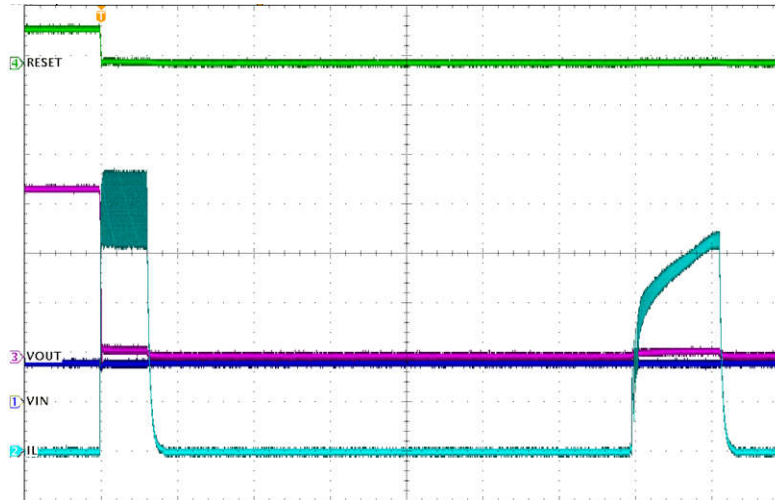


図 7-3. ヒカップ動作

8 まとめ

[LMR33620/30](#) と [LMR36006/15](#) は、降圧制御アーキテクチャに関する数十年にわたる研究の集大成です。これらのデバイスは、イネーブル、内部 UVLO、パワー グッドなどの標準的な機能を備えているだけでなく、先進の PFM、最新の自動フォールドバック、電流制限の高い組み合わせ機能も採用しています。これらのデバイスを使用して、最先端の電源ソリューションを設計できます。[LMR36006](#)、[LMR36015](#)、[LMR33620](#)、[LMR33630](#) を使用した製品データシートと電源例のリファレンス デザインについては、[セクション 9](#) の参照を参照してください。

9 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、「[LMR33630 シンプル スイッチャ™ 3.8V ~ 36V、3-A 同期式降圧電圧コンバータ](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[LMR33630-Q1 シンプル スイッチャ™ 3.8V ~ 36V、3-A 同期式降圧電圧コンバータ](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[LMR33620 シンプル スイッチャ™ 3.8V ~ 36V、2-A 同期式降圧電圧コンバータ](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[LMR33620 シンプル スイッチャ™ 3.8V ~ 36V、2-A 同期式降圧電圧コンバータ](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[LMR36015 超小型、4.2V~60V、1.5-A 同期整流降圧コンバータ](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[LMR36015-Q1 超小型、4.2V~60V、1.5-A 同期整流降圧コンバータ](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[LMR36006 超小型、4.2V~60V、0.6-A 同期整流降圧コンバータ](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[LMR36006-Q1 超小型、4.2V~60V、0.6-A 同期整流降圧コンバータ](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[フィールドトランスミッタ向け 2 段電源のリファレンス デザイン](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[スペースに制約のある産業用センサ向けの広い入力電圧範囲 \(Vin\) 電源のリファレンス デザイン](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[ソリューション サイズと低ノイズに対して最適化された、車載 ADAS カメラ電源のリファレンス デザイン](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[サーボドライブ向け、小型、高効率 24V 入力補助電源のリファレンス デザイン](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[降圧コンバータの機能の概要: UVLO、イネーブル、ソフト スタート、パワー グッド](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[降圧コンバータの概要: モード遷移について](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[降圧コンバータの概要: 最小オン時間と最小オフ時間動作](#)」
- テキサス インスツルメンツ、「[降圧コンバータの概要: 静止電流仕様について](#)」

10 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision * (April 2019) to Revision A (October 2026)	Page
• ドキュメント全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新.....	1

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みいかなる保証も、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、TI は一切の責任を拒否します。

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 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](https://www.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