

Application Note

TLV61290 における設計上の考慮事項



Given Ding, Aurora Tie, Eric Jia

概要

TLV61290 は、バイパス機能が内蔵された同期整流型昇圧コンバータです。このデバイスは、非常に低い入力電圧 (UVLO 降下しきい値は 2V) から動作し、高効率を実現しています。このデバイスでは、ヒステリシス電流制御と適応補償を組み合わせることにより、負荷過渡応答特性が向上しています。この制御方式により、スイッチング周波数は動作条件によって変化します。本アプリケーション ノートでは、スイッチング周波数と出力電圧の関係を説明します。また、出力コンデンサが出力電圧のリップルに与える影響を分析し、アクティブ放電回路の制御ロジックについて説明します。この内容は、実際のアプリケーションにおいて有益な指針となります。

目次

1 TLV61290 の概要.....	2
2 TLV61290 の利点.....	3
3 TLV61290 のスイッチング周波数.....	5
4 出力放電回路.....	7
5 まとめ.....	8
6 参考資料.....	8

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 TLV61290 の概要

TLV61290 は、バイパス機能を内蔵した TI の最新世代昇圧コンバータであり、特にシングル セル バッテリ駆動のアプリケーションに最適です。バッテリー電圧が目的の出力電圧より高い場合 (入力電圧が昇圧モードのターゲット電圧を超えた場合)、デバイスは内部のバイパス FET を介してバイパス モードで動作できます。これにより、効率が向上するだけでなく、バッテリーの寿命を延ばすこともできます。パススルー機能を使用する従来型のデバイス (TPS61253 シリーズなど) と比較して、TLV61290 はバイパス経路にインダクタがなく、インダクタの DC 抵抗 (DCR) に起因する損失を考慮する必要がないため、より高い効率を実現します。

TLV61290 は、ヒステリシス電流制御モードと適応補償技術を組み合わせて、負荷過渡応答特性を向上させています。このデバイスは、 I^2C インターフェイスをサポートしており、出力電圧、動作モード、電流制限値などの主要パラメータをユーザーが設定できるため、使いやすさが大幅に向上しています。さらに、ユーザーは I^2C インターフェイスを利用して、任意の入力電圧条件で強制的にバイパスモードに移行するようにデバイスを設定できます。

代表的なアプリケーションの回路図を以下に示します。設計の詳細については、TLV61290 のデータシートを参照してください。

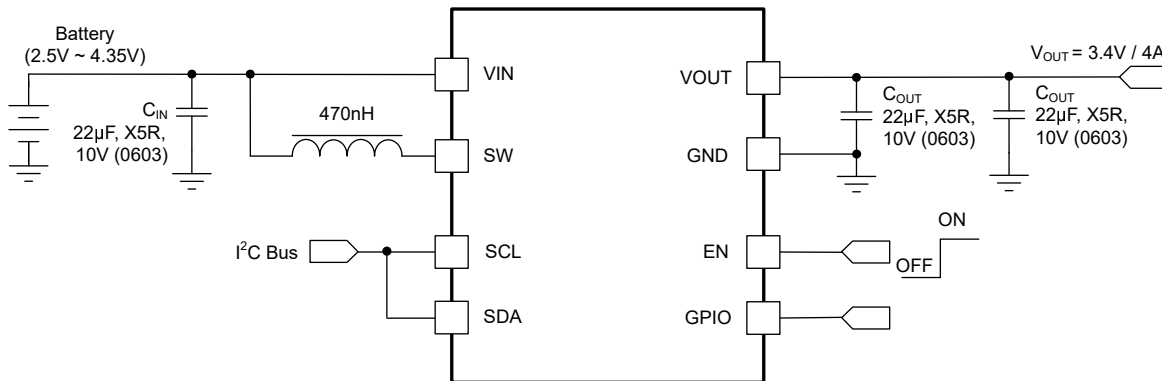


図 1-1. TLV61290 の代表的な回路

注意が必要な点があります。

1. 出力コンデンサの選択

出力コンデンサ (Cout) の実効容量は、14µF 以上である必要があります。TLV61290EVM では、Cout として 22µF MLCC コンデンサを 2 個のみ使用します。選択した部品の実効静電容量が十分に大きいので、この評価基板は仕様を満たしています。

実際のアプリケーションでは、多くのお客様が同様の定格電圧を持つコンデンサを選択しますが、その実効容量は要求仕様を大幅に下回っているケースがあります。したがって、部品を選択する際には、単に評価基板で使用するコンデンサの数を参考にするのではなく、実際の実効容量に基づいて決定する必要があります。

2. インダクタの選択

TLV61290 のインダクタの選択には、特に注意が必要です。このデバイスはヒステリシス電流制御を採用しており、固定スイッチング周波数は使用していません。さらに、内部ループ補償は、特定のインダクタンスの範囲に対して最適化されています。したがって、インダクタはデータシートで推奨されている値に従って、厳密に選択する必要があります。TLV61290 は、330nH ~ 560nH (標準値は 470nH) のインダクタンス用に設計されています。

2 TLV61290 の利点

普及している TPS6128x シリーズと比較して、TLV61290 は多くの点で大幅な改善を実現しています。表 2-1 に詳細な比較表を示します

表 2-1. TLV61290 および TPS6128x シリーズの比較表

	TLV61290	TPS6128x シリーズ
Vin 範囲	2 ~ 5V (スタートアップ: 2.2V)	2.3 ~ 4.8V
Vout 範囲	2.35 ~ 5V	2.85 ~ 4.4V
電流制限	8A (平均入力電流)	4.5A (バレー電流)
効率 (Vin = 2.7V, Vout = 3.4V, Io = 3A)	92.95%	90%
Iq_BYP	30μA	27μA
Rdson (HS/LS/ バイパス)	10mΩ / 10mΩ / 10mΩ	45mΩ / 40mΩ / 35mΩ
軽負荷時のモード	FPWM/PFM/ 超音波モード	FPWM / PFM
完全なシャットダウン	✓	× (nBYP ピンの状態に関連)
負荷過渡応答 (Vin = 2.7V, Vout = 3.4V, Io = 0 ~ 3A, SR = 0.2A/μs) 22μF 2 個 / 10V/0603 Cout	Vout_drop=288mV	Vout_drop=348mV
短路保護	✓	×
パッケージ	16 ボール WCSP (1.58mm x 1.58mm)	16 ボール WCSP (1.66mm x 1.66mm)
インダクタ	0.47μH	0.47μH

TPS6128x シリーズと比較して、TLV61290 は広範囲の入力電圧に対応可能で、スタートアップ後の最小入力電圧は最低 2V です。この電圧範囲は、現在スマートフォンやタブレットなどのコンシューマ エレクトロニクス製品で広く使用されているシリコン アノード バッテリーの要件と一致しています。このタイプのバッテリーの用途は徐々に拡大しています。従来のバッテリーと比較して、この新型バッテリーは低電圧 (約 2.5V 以下) でも電力を供給できます。接続先の負荷が要求する電圧までバッテリー電圧を昇圧するには、昇圧コンバータが必要です。これにより、シリコン アノード バッテリーの利点を最大限に活用し、バッテリー寿命を延長できます。代表的なアプリケーション回路を 図 2-1 に示します。

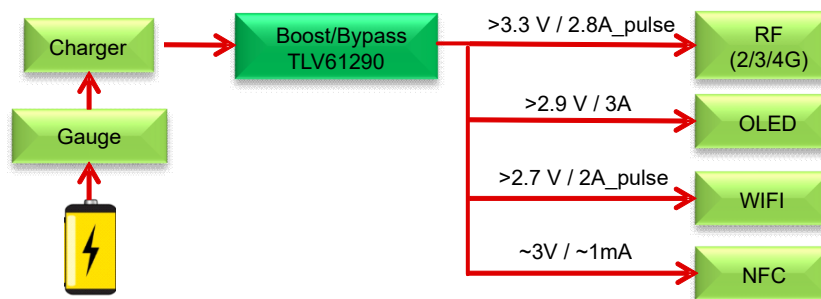


図 2-1. シリコン アノード バッテリーの代表的なアプリケーション

TLV61290 はヒステリシス電流制御方式と適応補償技術を採用しているため、負荷過渡性能が大幅に向上しています。実際のアプリケーションでは、TLV61290 の出力における最小動作電圧は固定されています。デバイスの負荷過渡性能が優れていると、バイパス モードでの動作時間をより長く維持できます。昇圧モードと比較して、TLV61290 はバイパス モード時の効率が非常に高く、約 99% という高効率を実現できます。したがって、この利点によって全体の効率が向上し、バッテリー寿命を延長できます。図 2-2 に具体例を示します。前世代の TPS61280x シリーズと比較して、TLV61290 は同じ条件で、より長い時間バイパス モードで動作できます。(テスト条件: Vin = 2.7V、Vout = 3.4V、Io = 0 ~ 3A、スルーレート = 0.2A/μs)

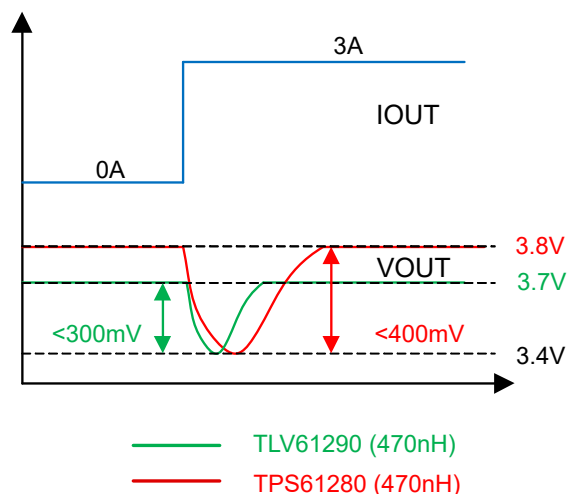


図 2-2. 優れた負荷過渡応答によりバッテリー寿命が延長される例

さらに、TLV61290 は完全遮断を実現しているため、デバイスが無効化されたときに入力と出力が完全に遮断されます。この特性は、デバイスのシャットダウン時にシステムの消費電力が重視されるアプリケーションでは非常に重要です。従来の昇圧回路では、整流ダイオードや整流 FET のボディダイオードが存在するため、完全な切断は一般に実現できません。ただし、TLV61290 は TI 独自の「切り替え可能ボディダイオード NMOS FET」を採用して整流 FET を置き換えており、完全遮断機能を実現しています。図 2-3 に具体的な回路図を示します。

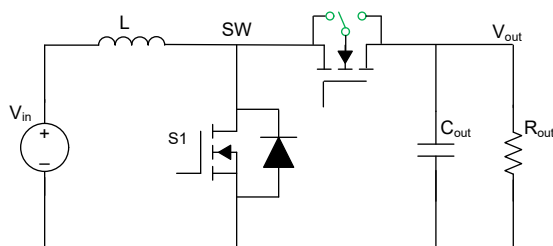


図 2-3. TLV61290 切り替え可能ボディダイオード内蔵のハイサイド FET (NMOS)

出力電圧が入力電圧より高い場合、ボディダイオードの向きは、図 2-4 で示すとおりになります。逆に、出力電圧が入力電圧より低い場合、ボディダイオードの向きは、図 2-5 で示すとおりになります。

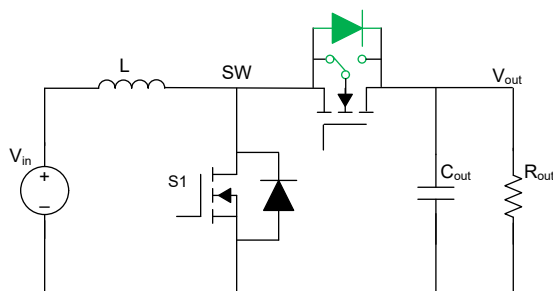


図 2-4. 動作条件: $V_{out} > V_{in}$

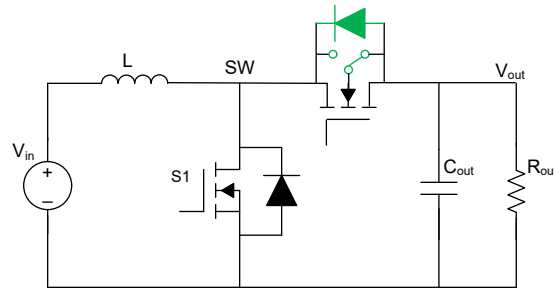


図 2-5. 動作条件: $V_{out} < V_{in}$

3 TLV61290 のスイッチング周波数

TLV61290 は、ヒステリシス電流制御方式を採用しています。以下は、連続電流モード (CCM) でスイッチング周波数を計算するための式です。

$$f = \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN} \times \eta)}{L \times I_{LH} \times V_{OUT}} \quad (1)$$

ここで、

- L はインダクタ値です。
- V_{IN} は入力電圧
- V_{OUT} は出力電圧です。
- η は変換効率です
- f はスイッチング周波数です
- I_{LH} は、インダクタリップル電流です

TLV61290 のインダクタ電流リップルは、入力電圧、出力電圧、負荷の変化に応じて動的に調整されます (標準値は 1A)。上記の式に基づくと、TLV61290 の動作周波数は固定値ではなく、これが負荷過渡応答特性の向上に寄与しています。ただし、スイッチング周波数が変動すると、実際の実装で性能上の課題が発生する可能性があります。特に、特定の RF デバイスに電力を供給する場合です。

図 3-1 に例を示します。お客様のアプリケーションでは、4.5V の出力と最大 2A の負荷容量が必要です。入力電圧が 3.7V の場合、以下のテスト波形に示すように、1.3MHz 付近で RF 仕様を超えるスプリアス信号が発生します。実際のテストによる図 3-2 に基づくと、この条件ではデバイスのスイッチング周波数が寄生信号の周波数と一致していることがわかります。その結果、スペクトラム拡散機能が有効であって、スイッチング周波数によって生成されるノイズが RF 性能に影響を及ぼします。

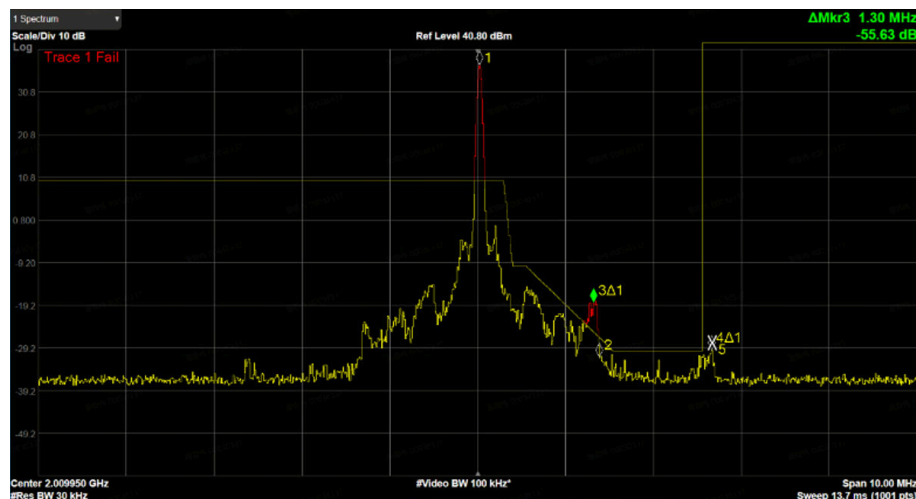


図 3-1. RF テストの結果 (RF デバイスの電源として TLV61290 を使用した場合)

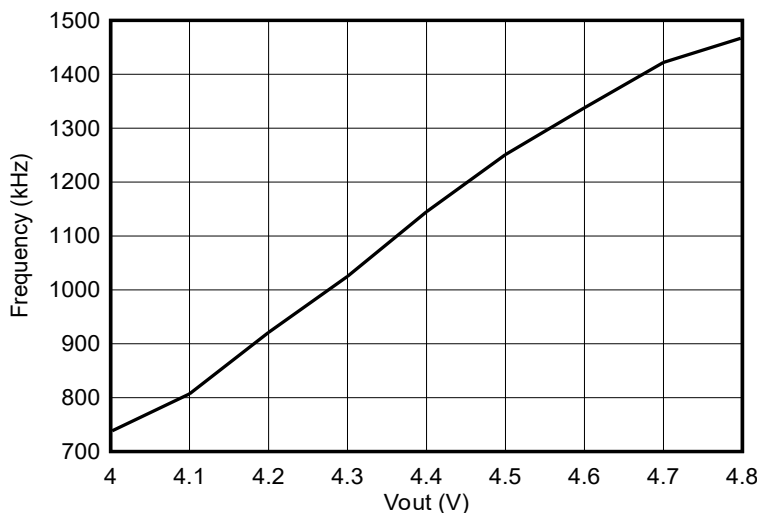


図 3-2. スwitchング周波数対出力電圧特性曲線

まとめると、この問題を解決する方法は、以下の 2 つがあります。

1. 特定の周波数帯を避けるために出力電圧を調整する。

図 3-2 に示すように、TLV61290 のスイッチング周波数は出力電圧の変化に応じて変化します。たとえば、スイッチング周波数が 1.1MHz の場合、高周波 (RF) 仕様に対して十分なマージンがあります。そのため、Vout をより低い値 (4.4V など) に調整すると、RF 性能を最適化できます。

2. 出力容量を増やす。

出力電圧リップルの周波数は、スイッチング周波数に対応しています。出力電圧リップルを低減できれば、基本周波数でのエネルギー振幅も低減でき、RF 性能を最適化できます。表 3-1 の実際のテスト結果に基づくと、RF 試験に合格するには、4 個の 22μF 出力コンデンサを使用するだけで十分です。使用した出力コンデンサのモデルは GRM188R61A226ME15D です。

表 3-1. Cout の違いが Vout リップルに与える影響

Vin = 3.7V、Vo = 4.2V、Vo_ripple (テスト 40ms)		22μF 3 個 /10V/0603 Cout	22μF 4 個 /10V/0603 Cout	22μF 5 個 /10V/0603 Cout
PFM	Io = 10mA	36.06mV	27.34mV	24.12mV
	Io = 2.8A	41.42mV	32.19mV	27.11mV
FPWM (スペクトラム拡散オフ)	Io = 10mA	15.56mV	13.51mV	11.92mV
	Io = 2.8A	47.54mV	37.89mV	30.27mV
FPWM (スペクトラム拡散オン)	Io = 10mA	21.70mV	20.06mV	17.54mV
	Io = 2.8A	52.88mV	41.23mV	36.35mV

4 出力放電回路

TLV61290 にはアクティブ放電機能があり、デフォルトで有効になっています。また、アクティブ放電回路は、以下の条件で動作します。

1. $V_{in} < UVLO$ または $EN = low$ 。
2. RESET ビットが 1。
3. DISCHG ビットを 1、ENABLE ビットを 11 に変更してシャットダウン モードに移行しますが、 I^2C はアクティブになります。

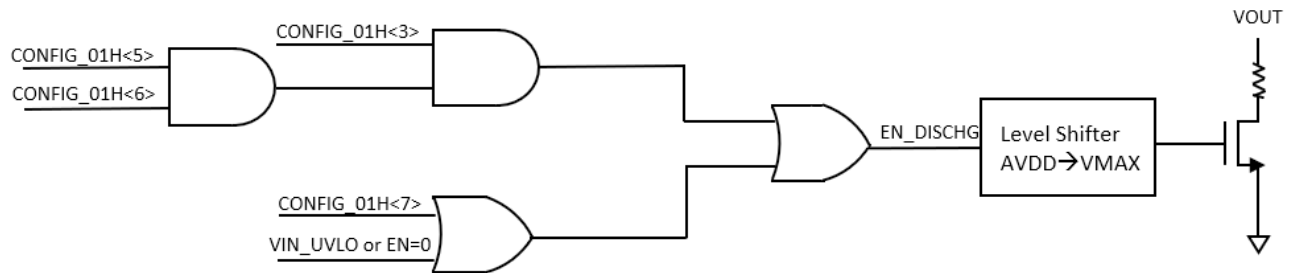


図 4-1. TLV61290 放電回路の制御ロジック

表 4-1. CONFIG レジスタに関連するフィールドの説明

メモリ位置: 0x01

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	リセット	R/W	0	デバイスリセットビット。 0: 通常動作。または改行 1: デフォルト値は、すべての内部レジスタに設定されています。デバイスの動作はサイクル (ON-OFF-ON) されます。つまり、コンバータが短時間無効化され、その間に出力がリセットされます。
6:5	イネーブル	R/W	01	デバイス イネーブル ビット。 00 または 01: デバイスは自動昇圧モードで動作します。 10: デバイスは強制的に真のバイパス モードに移行します。 11: デバイスはシャットダウン モードですが、 I^2C はアクティブです。
3	DISCHG	R/W	1	出力放電イネーブル ビット。 0: デバイスが I^2C シャットダウン モードにあるときは、VOUT の放電を無効にします。 1: デバイスがシャットダウン モードのときに、VOUT の放電を有効にします。

特定のアプリケーションでは、シャットダウン モードで放電機能を無効にする必要がある場合があります。上記の条件に基づいて、 I^2C 経由で TLV61290 のイネーブル ビットを 11 に書き込むと、デバイスをシャットダウン モードに移行できます。同時に、DISCHG ビットを 0 に設定すると、放電機能を無効にできます。

5 まとめ

TLV61290 は、バイパス モードと I2C インターフェイスを搭載した高電力密度昇圧回路です。本アプリケーション ノートでは、デバイスの利点や制御方法を説明すると共に、回路設計のいくつかの検討事項について説明しています。本書では、実際のアプリケーションの参考になる試験結果を掲載しています。

6 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、「[TLV61290 広範囲電圧対応バッテリー フロントエンド DC/DC コンバータシングル セル Li-Ion、Ni-Rich、シリコン アノード用途向け](#)」、データシート。
- テキサス インスツルメンツ、「[TLV61290 EVM ユーザー ガイド](#)」、EVM ユーザー ガイド。

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](#) 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