

Application Note

TPS61022 および TPS61023 で使用される調整可能な低電圧誤動作防止回路



Jasper Li

概要

テキサス・インスツルメンツの TPS61022 および TPS61023 昇圧コンバータは、デバイスのスタートアップ後は最低 0.4V の入力電圧で動作できます。ただし、一部のアプリケーションでは、より高い低電圧誤動作防止の値が必要です。このアプリケーション・レポートでは、低電圧誤動作防止の電圧を 0.4V~1.7V の範囲で調整できる外部回路を提案します。

目次

1 概要.....	2
2 提案する回路の原理.....	2
3 ベンチ・テスト.....	5
4 関連資料.....	6
5 改訂履歴.....	6

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 概要

表 1-1 は、TPS61022 および TPS61023 のデータシートに記載されている電氣的仕様の一部です。低電圧誤動作防止 (UVLO) スレッシュホールドは、立ち上がりエッジで 1.7V、立ち下がりエッジで 0.4V です。すなわち、EN ピンがロジック High のとき、次の動作が行われます。

- VIN ピンが 1.7V より高くなると、デバイスがスタートアップします。
- 出力電圧 (VOUT) が 2.2V より高くなった後で、デバイスは入力電圧が 0.4V より低くなるまで再度シャットダウンしません。

表 1-1. TPS61022 および TPS61023 の VIN ピンの UVLO 仕様

パラメータ	測定条件	標準値	最大値	単位
VIN_UVLO	VIN の立ち上がり	1.7	1.8	V
	VIN の立ち下がり	0.4	0.5	V

この非常に低い UVLO 機能は、スーパーキャパシタ電源システムなどのアプリケーションで役立ちます。これは、スーパー・コンデンサのすべてのエネルギーを活用するのに役立ちます。ただし、この機能は必ずしも必要とは限りません。動作電圧が 3.2V~1.4V の 2 個のアルカリ電池を直列してコンバータに電力を供給する場合、最小動作電圧が 1.2V 未満の必要はありません。より高い電圧で昇圧コンバータをシャットダウンすれば、インダクタやコンダクタなど外付け部品の選択が簡単になり、バッテリーの過放電保護にも役立ちます。

このアプリケーション・レポートでは、0.4V より高い電圧で TPS61022 および TPS61022 デバイスをシャットダウンする回路を紹介します。例として TPS61022 デバイスを使用し、提案する回路を検証するため、理論的な分析結果とベンチ・テスト結果を提示します。

2 提案する回路の原理

提案するソリューションは、表 2-1 に示す EN のロジック・スレッシュホールド電圧の特別な性質を利用します。

- VIN > 1.8V または VOUT > 2.2V のとき、EN ロジック High のスレッシュホールド VEN_H は 1.2V です。
- デバイスが動作を開始した後、EN ロジック Low の標準スレッシュホールド VEN_L は標準値 0.42V、最小値 0.35V、最大値 0.42V です。

表 2-1. TPS61022 の EN ピンの仕様

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位	
VEN_H	EN のロジック High のスレッシュホールド	VIN > 1.8V または VOUT > 2.2V		1.2	V	
VEN_L	EN のロジック Low のスレッシュホールド	VIN > 1.8V または VOUT > 2.2V	0.35	0.42	0.45	V

提案するソリューションの概略回路図を、図 2-1 に示します。動作原理の詳細を以下に示します。

- 最初は、VIN < 1.7V で、VOUT = 0V です。デバイスはシャットダウンし、VIN と VOUT が切断されます。NMOS Q1 がオフになり、EN ピン VEN の電圧は VIN と同じになります。
- VIN が標準値の 1.7V (最大値 1.8V) より高くなり、EN の電圧がロジック High のスレッシュホールドより高くなると、デバイスは動作を開始します。EN のロジック High のスレッシュホールドは標準値 0.95V で、最大値は 1.2V です。VEN = VIN > 1.7V なので、デバイスはソフト・スタート・プロセスを開始します。ソフト・スタート・プロセスのとき、デバイスは最初に VOUT を VIN に近づけた状態でプリチャージしてから、出力をより高い電圧に昇圧するように切り替えます。
- VOUT が 2.2V より高くなると、VIN ピンの UVLO 値が標準値の 0.4V に変更され、EN のロジック Low スレッシュホールドが 0.42V に変更されます。R5、R6、C2 があるので、Q1 のゲート電圧はまだターンオンには低すぎるため、VEN はまだ VIN と同じ値です。
- VOUT が設定値まで上昇し、Q1 がオンになると、EN ピンの電圧は式 1 で定義されるようになります。

$$V_{EN} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \times V_{IN} \quad (1)$$

- V_{IN} が低下し、 V_{EN} が標準値の 0.42V よりも低くなると、デバイスはシャットダウンします。 V_{OUT} は負荷によって放電されます。 Q_1 がオフになった後で、 V_{EN} は再度 V_{IN} と同じ値に戻ります。ただし、 $V_{IN} < 1.7V$ の場合、デバイスはオフのままです。

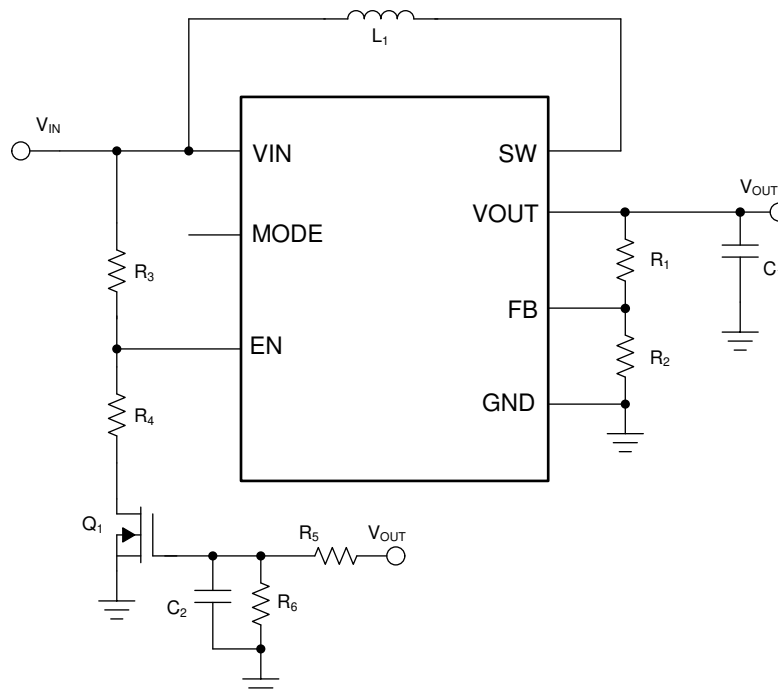


図 2-1. 提案する回路の回路図

前述の分析に基づき、この方法で設定される UVLO 値は 1.7V より低い必要があります。

R_5 、 R_6 、 C_2 の機能は、 V_{OUT} の準備が整うまで Q_1 をオフのままにすることです。ただし、設定電圧で出力電圧が安定した後は、 Q_1 をオンにする必要があります。安定状態でのゲートからソースへの電圧は、式 2 で定義されます。この値は、設計マージンを確保するため、MOSFET のゲートからソースへのスレッショルド電圧より 10% 高くする必要があります。

$$V_{GS} = \frac{R_6}{R_5 + R_6} \times V_{OUT} > 1.1 \times V_{GS(th)} \quad (2)$$

ここで

- $V_{GS(th)}$ は、MOSFET のゲートからソースへのスレッショルド電圧です
- V_{OUT} は出力電圧の設定値です

R_5 、 R_6 、 C_2 の時定数は 式 3 によって定義されますが、デバイスのスタートアップ時間 - 700 μ s (標準値) とすることを推奨します。

$$T_{RC} = \frac{R_5 \times R_6}{R_5 + R_6} \times C_2 \quad (3)$$

外部制御ロジック・ピンを使用して昇圧コンバータをシャットダウンする方法を、図 2-2 に示します。CTRL が High のときデバイスはシャットダウンし、CTRL が Low のときは、提案する回路によってデバイスが制御されます。CTRL 信号がオープン・ドレイン出力をサポートできる場合は、EN ピンに直接接続できます。この場合、CTRL が Low ロジックのとき昇圧がオフになり、CTRL がオープン・ドレインのときは提案する回路によって制御されます。

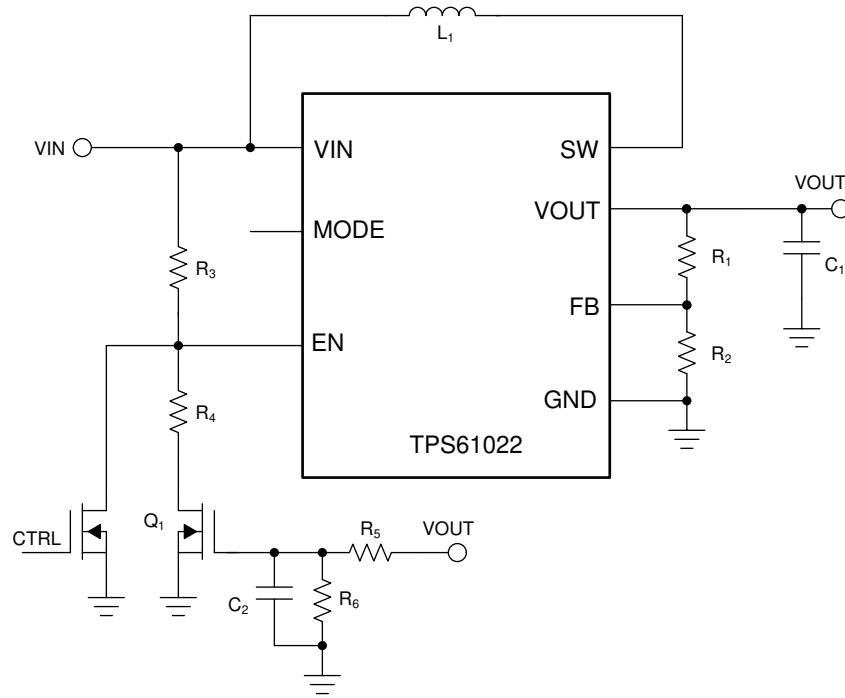


図 2-2. 提案する回路を I/O でシャットダウンする方法

出力電圧が 5V に設定され、新しい UVLO 電圧が 1.2V と想定すると、提案する回路のコンポーネントの詳細な設計は次に示すようになります。

- R3 を 1MΩ に設定すると、式 1 から R4 は 538kΩ になります。表 2-1 のスレッシュホールドの変動を考慮すると、新しい UVLO の値は最小値 1V、最大値 1.29V になります。
- Q1 として CSD13381F4 を選択します。このデバイスは、ゲートからソースへのスレッシュホールド電圧 $V_{GS(th)}$ の標準値が 0.85V、室温での最小値が 0.65V、最大値が 1.1V です。 $V_{GS(th)}$ の過熱による変動を考慮して、MOSFET を安全にオンにするには、ゲートからソースへの電圧を 1.2V より高くする必要があります。式 2 に従って、R5 は 1MΩ、R6 は 359kΩ を選択します。
- R5、R6、C2 の時定数として 700μs (TPS61022 の起動時間) を選択すると、式 3 から C2 は 2.6nF になります。

外付け部品の値を、図 2-3 に示します。

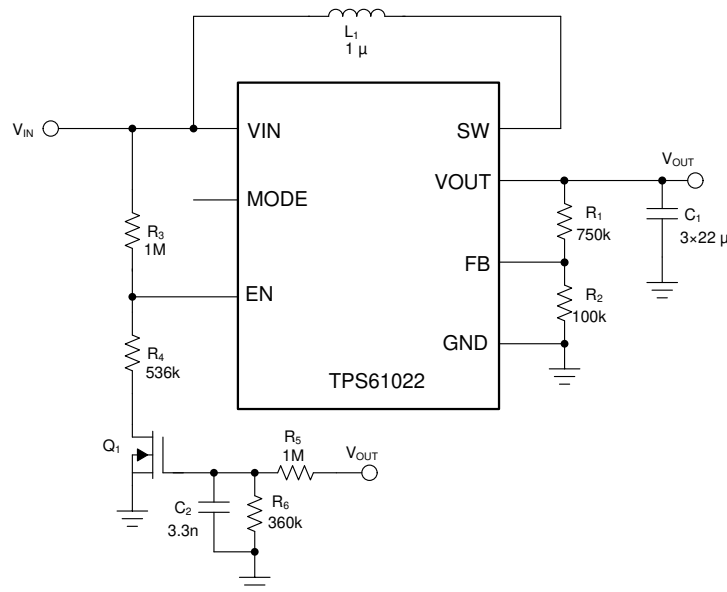


図 2-3. 提案する回路の部品の値

3 ベンチ・テスト

提案する回路を追加した後のスタートアップ波形を、[図 3-1](#) に示します。

- V_{IN} 電圧が 1.7V を下回ると、TPS61022 デバイスはシャットダウンします。V_{OUT} はゼロで、EN ピンの電圧は入力電圧と等しくなります。
- $V_{IN} > 1.7V$ になると、TPS61022 デバイスは動作を開始します。V_{OUT} は 5V まで上昇します。その後で Q1 がオンになり、EN ピンの電圧が 0.6V まで低下します。V_{EN} が EN ピンのロジック Low スレッショルドよりも高ければ、デバイスは動作を維持します。

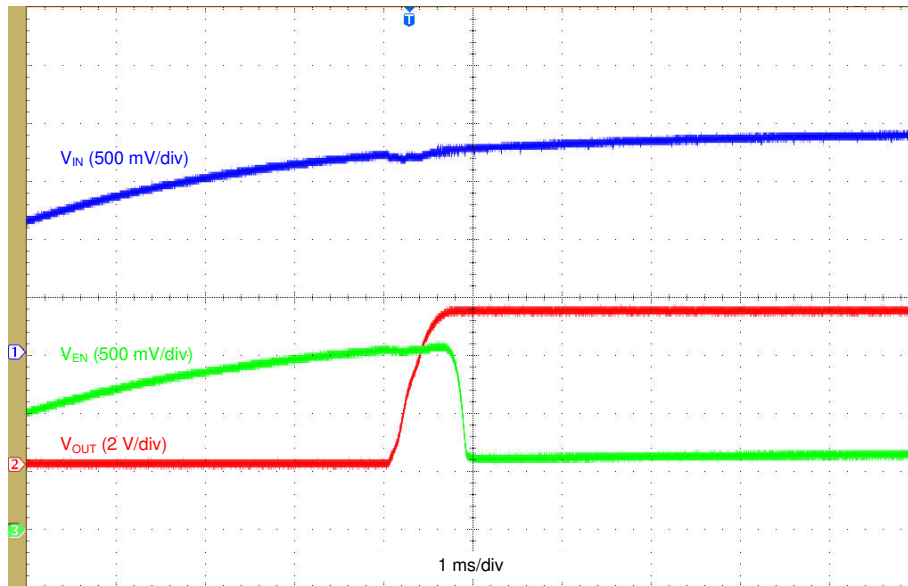


図 3-1. 提案する回路を追加した後のスタートアップ

V_{IN} が減少するときの 1mA 負荷でのシャットダウン波形を、[図 3-2](#) に示します。 V_{IN} が 1.2V まで低下すると、EN も 0.42V まで低下します。EN ピンの電圧が 0.42V を下回ると、デバイスは動作を停止し、V_{OUT} が低下します。V_{OUT} が約 2.4V を下回ると、Q1 がオフになり、V_{EN} は V_{IN} と同じ値に戻ります。V_{IN} が 1.7V より低いため、デバイスは再起動しません。ただし、EN ピンは再びロジック High になります。

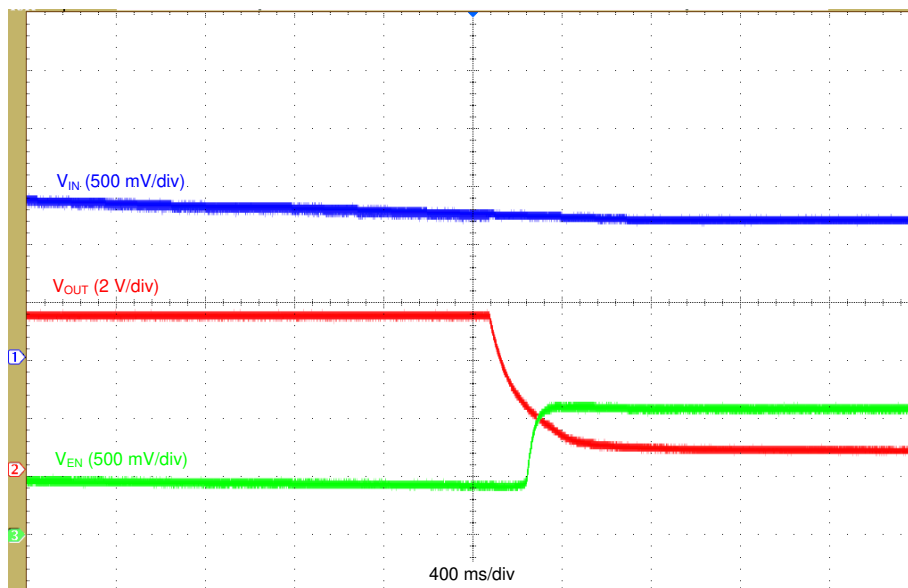


図 3-2. 1mA の条件でのシャットダウン

500mA の負荷条件でのシャットダウン波形を、[図 3-3](#) に示します。設計に従い、 V_{IN} が 1.2V を下回ると、昇圧コンバータはシャットダウンします。入力ケーブルの電圧降下により、デバイスがシャットダウンした後で、入力電圧は 100mV 上昇します。

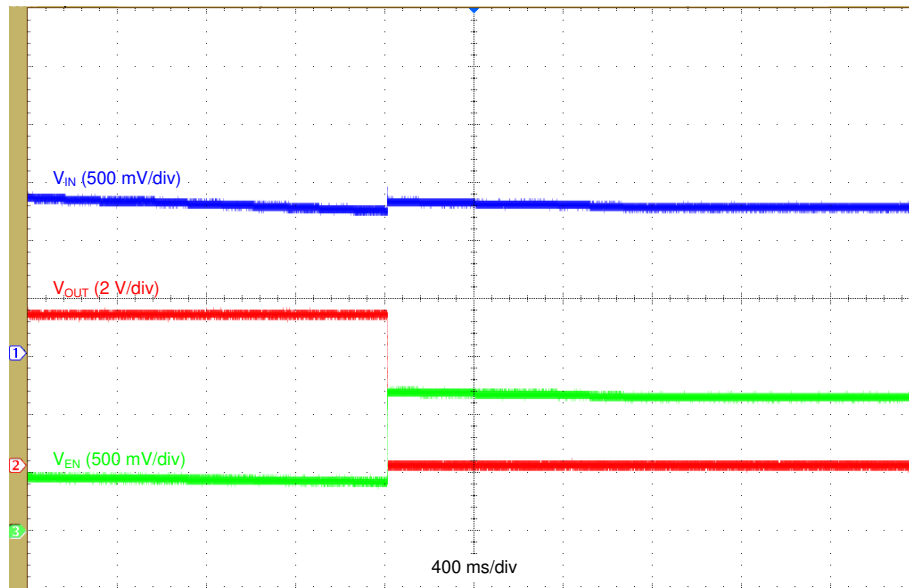


図 3-3. 500mA 負荷でのシャットダウン

4 関連資料

1. テキサス・インスツルメンツ、『TPS61022 0.5V 超低入力電圧の 8A 昇圧コンバータ』データシート
2. テキサス・インスツルメンツ、『TPS61023 0.5V 超低入力電圧の 3.7A 昇圧コンバータ』データシート

5 改訂履歴

Changes from Revision * (February 2020) to Revision A (November 2022)

Page

- 文書全体にわたって表、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](https://www.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 © 2022, Texas Instruments Incorporated