

## Application Note

**Dying Gasp** アプリケーション向けスーパーキャパシタ バックアップ電源

Shubham Nayak, Shashank Meti

**概要**

TPS61381 は、LDO ベースのチャージャを使用する双方向昇圧回路であり、バッテリー切れや入力電源の障害時のバックアップ電源として使用できます。このデバイスを使用して、停電が突然発生した場合に、バックアップ電源から電力を供給するシステムのスムーズな遷移を指定できます。システムのメカニズムは、チャージャの動作中はチャージャとして動作し、電源の障害発生時に出力電圧をレギュレートします。

このアプリケーション ノートは、システム入力電源に障害が発生したときに警告メッセージ (**Dying Gasp**) を生成することを目的としています。これは、サーバー、ルータ、アクセス ポイント、CPE、または **Dying Gasp** が実装されているその他のシステム ハードウェアなどのシステムにおいて、システムのデバッグを支援するために特に重要です。

アクセス ポイントは最終信号を送信することで、ネットワークへのシャットダウンの影響を最小限に抑え、スムーズなフェイルオーバーをサポートし、ネットワークの信頼性と稼働時間を維持するのに役立つ重要な診断情報を提供できます。この機能は、高可用性が重要な環境で特に役立ちます。

TPS61381 は、スーパーキャパシタ バックアップ VBUB から電力を受け取ることで、バッテリー切れ状態時のメッセージ生成をサポートします。

**目次**

<b>1 概要</b> .....	2
<b>2 システム概要</b> .....	3
2.1 設計上の考慮事項.....	4
2.2 システム設計理論.....	5
<b>3 テスト結果</b> .....	9
3.1 スタンバイ動作.....	9
3.2 充電動作.....	10
3.3 昇圧動作.....	11
<b>4 まとめ</b> .....	12
<b>5 参考資料</b> .....	12

**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

「Dying Gasp」または「Last Gasp」とは、システムまたはデバイスが電力を失う直前、またはシャットダウンする直前に送信される、最終的な短い信号またはメッセージを指します。これは、一般的にルータ、サーバー、その他のハードウェアなどのネットワーク機器において、電源喪失や故障によりデバイスが動作を停止しようとしていることを警告または通知するために使用されます。これには、エラー メッセージ、ステータスの更新、またはスムーズなシャットダウン プロセスが含まれる場合があります。場合によっては、「Dying Gasp」が緊急信号の一種として送信され、管理者または監視システムがサービスの完全な損失が発生する前に差し迫った停止を検出して対応するのに役立ちます。

アクセス ポイントとは、ワイヤレス デバイス (ノートパソコン、スマートフォン、タブレットなど) が Wi-Fi やその他の無線通信規格を使用して有線ネットワークに接続できるようにするもので、有線ネットワーク (ルータやスイッチなど) とワイヤレス クライアント間の橋渡し役として機能し、ワイヤレス デバイスにネットワーク接続を提供するものです。Dying Gasp は、バッテリーの状態監視の達成、適切なシャットダウン、フェイルオーバー ケース中の電力損失保護が確実に行われるようにするのに役立ち、その結果としてシステムの信頼性を強化します。

アクセス ポイントの「Dying Gasp」は、ネットワーク管理者や IT システムが停電やデバイス障害の問題を検出、診断、対応するための重要なツールです。この機能は、ビジネス オフィス、学校、データ センターなど、高可用性が重要な環境で特に役立ちます。

このアプリケーションは、TPS61381-Q1 を LDO 充電動作付きの昇圧コンバータとして使用し、通常の電源動作時に充電を通じてバックアップ バッテリまたはスーパーキャパシタを維持するために使用できます。その後、この機能をフェイルオーバー ケース中に使用して最終メッセージを発行するとともに、バックアップ電源としても動作させることができ、必要なアプリケーションの要件に合わせてカスタマイズできます。

## 2 システム概要

TPS61381 - Q1 は、CC/CV (定電流と定電圧) チャージャとバッテリー状態検出機能を搭載した双方向昇圧コンバータです。このデバイスは、バックアップ電源システムに統合された電源設計を提供します。TPS61381 - Q1 は 40V の負荷ダンプ耐圧を備えており、12V 電源に直接接続できます。提案されているバックアップ電源アーキテクチャの利点を以下に示します。

- 個別のスーパーキャパシタ充電回路を不要にすることによるシステムコストの削減。
- このスーパーキャパシタは、アプリケーションや必要なバックアップ時間に応じて、目的の電圧レベルまで充電可能。
- 充電モードとバックアップモード間のシームレスな遷移を実現し、停電時には中断なく迅速にバックアップ電源に切り替え。
- 充電電流の制限値をプログラムで設定できる機能がオプションとして利用可能で、セル数やバックアップバッテリーの種類を変更することも可能。

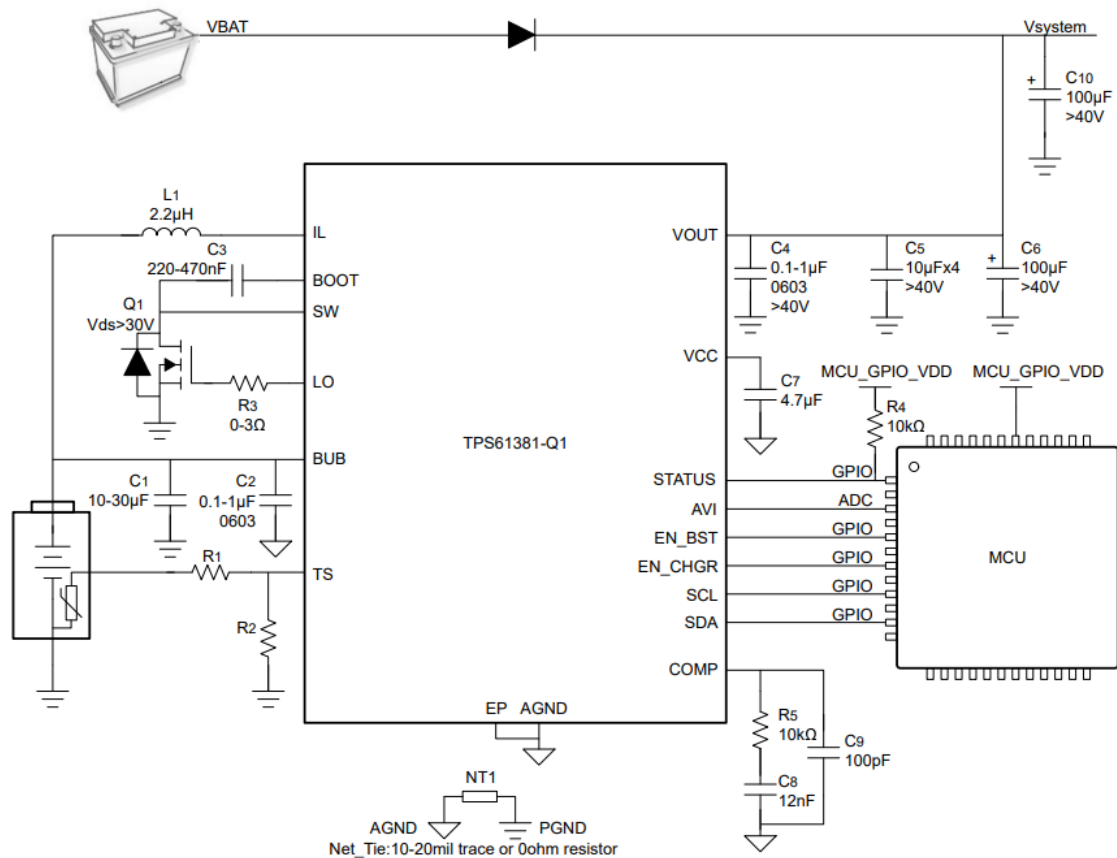


図 2-1. TPS61381-Q1 の機能ブロック図

TPS61381 - Q1 は、プログラマブル タイマを備えた設定可能な定電流・定電圧 (CC/CV) 回路を内蔵しており、1 ~ 5 セルの NiMH、1 ~ 2 セルのリチウムイオン、リチウムポリマ、LiFePO4、1 ~ 4 セルのスーパーキャパシタに対応してバッテリーを充電します。図 2-1 に、対応する機能ブロック図を示します。

このデバイスは、バッテリー温度監視機能を備えており、I2C インターフェイスによってバックアップバッテリー放電電流を制御します。また、バッテリーの状態を診断するためのマイコン用の出力アナログ信号も備えています。これは、ウェットプル フラック付きの 3mm × 4mm QFN パッケージで供給されます。

## 2.1 設計上の考慮事項

この設計は、スーパーキャパシタに蓄えられたエネルギーを最大限の効率で抽出し、最後の **gasp** メッセージを生成するために必要なエネルギーを供給し、この電力喪失メッセージをシステム マネージャに送信することを目的としています。

TPS61381 は、スーパーキャパシタから昇圧コンバータの動作を通じて必要なエネルギーを引き出す方法で、バックアップ バッテリ電圧 (VBUB) に応じた最大 **I<sub>out</sub>** をサポートします。メイン電源からバックアップ電源への遷移は、パワーダウン状態のときに、負荷を中断せずに実行することを目的としています。容量値を変更するか、バックアップ セルの数を増やすことで、必要に応じてバックアップ電源の持続時間を設計できます。

このシステムは、最大 **28W** の消費電力を **75ms** の間維持できるように設計されています。このアプリケーションは、以下の設計仕様に従います。表 2-1 を参照してください。

表 2-1. リファレンス デザインの仕様

パラメータ	値
バッテリー入力電圧	標準: 10.5~12V
バックアップ バッテリ	2S スーパーキャパシタ
バックアップ バッテリの電圧	5.2~5.4V
充電電流	200mA
チャージャ モード	LDO
昇圧出力電圧	12V
昇圧出力電流	2-2.33A
モード選択	自動チャージャおよび昇圧
モード遷移時の電圧降下	< 0.5V
バックアップ持続時間	75ms
必要なバックアップ電力	28W

## 2.2 システム設計理論

図 2-2 は、各種動作モードを示す簡略化されたブロック図を示しています。システムの動作は、スタンバイ、充電、昇圧動作の 3 つのモードに分類できます。メイン電源がシステムで利用可能な場合、メイン電源は  $V_{in} = V_{out}$  を使用して出力に直接配線されます。充電フェーズ中、入力電源を利用して、バッテリーのタイプに応じたバックアップ バッテリーを LDO 動作によって充電します。この場合、バックアップ電源にスーパーキャパシタを使用し、LDO が充電を実行します。

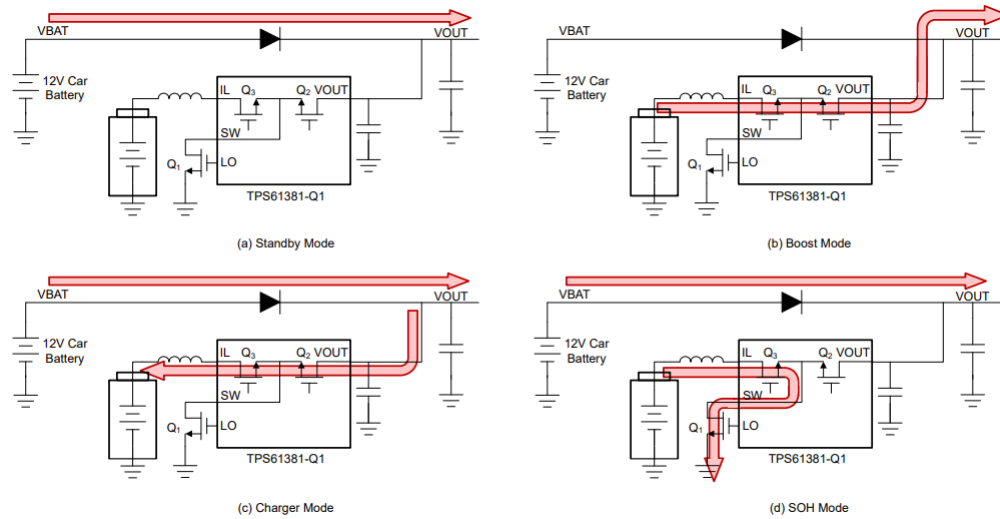


図 2-2. システム動作のブロック図

このとき、メイン入力電源が故障し、 $V_{in}$  が特定の指定されたスレッショルド値を下回ると、デバイスは昇圧モードに移行し、バックアップ バッテリーからエネルギーを引き出して出力電圧をレギュレートします。昇圧動作は 400kHz で動作できます。

バッテリーの種類と数、充電トポロジ、充電電流、動作周波数、昇圧スレッショルドは、I2C インターフェイスを介して構成できます。

### 2.2.1 スーパーキャパシタの充電動作

システムの電源を最初にオンにしたときに、スーパーキャパシタを充電しない場合、LDO の動作を通じてメイン電源から充電する必要があります。TPS61381 IC は、アプリケーションの要件に基づいて、0V から設定された V<sub>BUB</sub> までスーパーキャパシタを充電できます。

充電プロセスの開始時に、TPS61381- Q1 は V<sub>OUT</sub> ピンでシステム電圧を検出し、システムの電源切断が検出されると自動的に昇圧モードに移行します。自動昇圧モードとスタンバイモードを含むこのアプリケーションでは、デバイスは V<sub>out</sub> が通常動作しているときはスタンバイモードで動作します。電源障害が発生し、V<sub>out</sub> が  $\min\{VBST\_WAKEUP$  (12C ビット BST\_WAKE により設定)、VBST\_STANDBY (BST\_VOUT × 106%)} を下回ると、デバイスは出力電圧を維持するために昇圧モードに移行します。12V メイン バッテリが回復し、V<sub>out</sub> が VBST\_STANDBY を上回ると、デバイスはスタンバイモードに再度移行します。

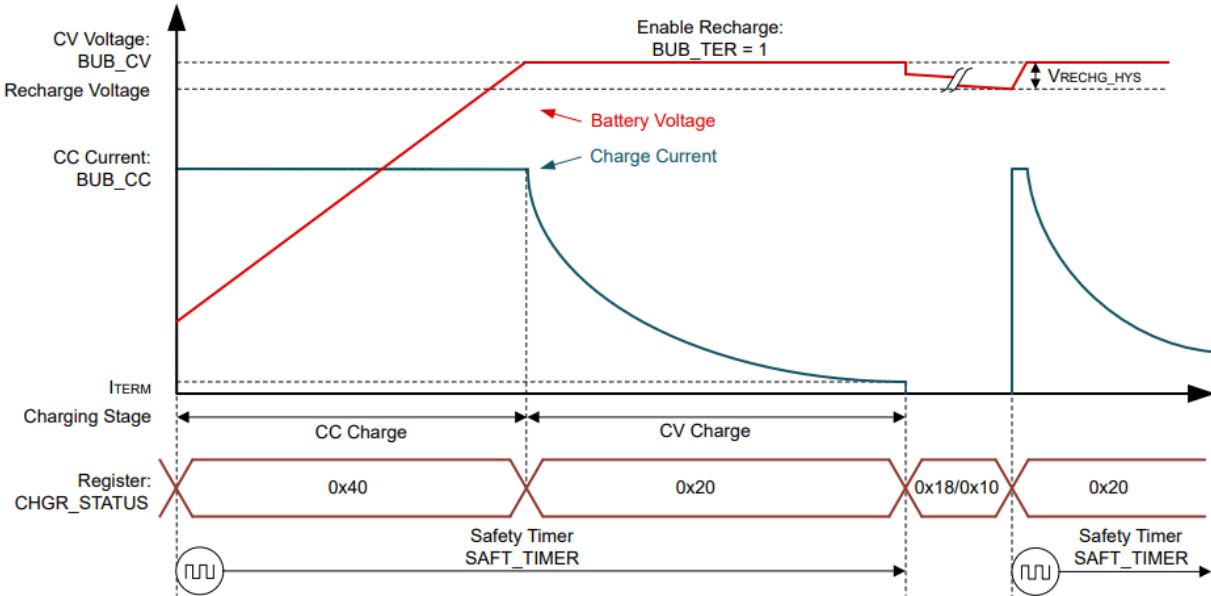


図 2-3. スーパーキャパシタの充電時の挙動

### 2.2.1.1 バックアップ スーパーキャパシタの選定に関する計算

バックアップ動作のスーパーキャパシタの選定は、主に出力負荷要件、バックアップ時間、および当該スーパーキャパシタの内部抵抗に依存します。バックアップモードおよび昇圧モード動作時の動作回路図を図 2-4 に示します。

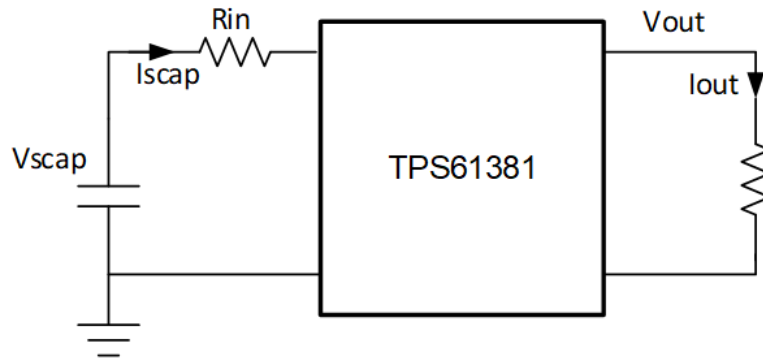


図 2-4. 昇圧モード時の実効放電

必要なバックアップ時間とバックアップ電源に応じて、下記の式でバックアップコンデンサの最小必要値を計算します。

$$C_{min} = (2 \times P \times T) / (\eta \times [(V_{CF})^2 - (V_{CL})^2]) \quad (1)$$

- **Cmin**: 必要なバックアップコンデンサの最小値
- **V<sub>CF</sub>**: コンパレータの立ち下がりがスレッシュホールドでのバックアップコンデンサ電圧
- **V<sub>CL</sub>**: TPS61381 最小入力電圧によって規定されるバックアップコンデンサの最小放電電圧
- **η**: TPS61381 の効率
- **T**: バックアップ時間
- **P**: バックアップ電力

ただし、**V<sub>CL</sub>** はスーパーキャパシタの内部抵抗 **R<sub>in</sub>** の影響を大きく受けます。**V<sub>CL</sub>** は、式 2 で計算する必要があります

$$V_{CL} = \min((V_{out}I_{out}) / (\eta I_{lim}) + I_{lim}R_{in}V_{BUBUV} + (V_{out}I_{out}R_{in}) / (\eta V_{BUBUV})) \quad (2)$$

ここで、

- **V<sub>BUBUV</sub>** は TPS61381 BUB UVLO スレッシュホールドです
- **I<sub>lim</sub>** は、I2C インターフェイスで設定される電流です

スーパーキャパシタの内部抵抗は通常、IC MOSFET の **R<sub>dson</sub>** の 5 ~ 10 倍になります。したがって、効率は主に内部抵抗の損失に依存します。内部抵抗がバックアップ昇圧動作に及ぼす影響を計算できます。詳細な計算については、『[TPS61383 を使用した車載用 E ラッチ システムの設計ガイドライン](#)』を参照してください。

### 2.2.1.1.1 設計時の計算

この設計では、75ms のバックアップ時間と、最大 28W のバックアップ電力が必要となります。ここでは、内部抵抗が約 45mΩ で  $V_{CH} = 5.4V$  の 2S スーパーキャパシタを使用します。したがって、必要な最小容量は次のように計算します。

$$1. \quad V_{CL} = \min((V_{out}I_{out})/(\eta I_{lim}) + I_{lim}R_{in}), \quad V_{BUBUV} + (V_{out}I_{out}R_{in})/(\eta V_{BUBUCV}) \quad (3)$$

$$V_{CL} = 28W / ((0.95 \times 15A) + (15A \times 45m\Omega)) = 2.64V \quad (4)$$

2.  $V_{CL}$  を計算:

3. パラメータ  $b$  および  $k$  を計算:

$$b = (4V_{out}I_{out}R_{in})/\eta = 5.305W \cdot \Omega \quad (5)$$

$$k = [V_{CH}^2 - V_{CL}^2 + V_{CL}\sqrt{(V_{CH}^2 - b)} - V_{CH}\sqrt{(V_{CH}^2 - b)} + b(\ln(V_{CH} + \sqrt{(V_{CH}^2 - b)}) - \ln(V_{CL} + \sqrt{(V_{CL}^2 - b)}))]/4 = 7.445V^2$$

4.  $C_{min}$  を計算:

$$C_{min} = (2V_{out}I_{out}T)/(\eta(V_{CH}^2 - V_{CL}^2) - 2k) = 0.68F \quad (6)$$

5. 結果を確認:

上記の計算結果に基づき、0.68F のスーパーキャパシタを選択した場合。放電可能な最大エネルギーは次のようになります。

$$E_{scap} = [C_{scap}V_{CH}^2 - C_{scap}V_{CL}^2] / 2 = 7.544J \quad (7)$$

負荷時のエネルギー消費量は次のとおりです。

$$E_{load} = V_{out}I_{out}T = 2.1J \quad (8)$$

TPS61381 での損失は次のとおりです。

$$loss_{BST} = E_{load}((1/\eta) - 1) = 110.52mJ \quad (9)$$

エネルギー消費の合計は次のとおりです。

$$E_{total} = E_{load} + loss_{BST} + loss_{Rin} = 7.273J \quad (10)$$

エネルギー マージンは次のとおりです。

$$E_{margin} = E_{scap} - E_{total} = 271mJ \quad (11)$$

ここでは、容量 5F、 $V_{CH}$  が 5.4V、内部抵抗が 45mΩ のスーパーキャパシタを選択します。スーパーキャパシタを選定する際に、電力損失を最小化し、出力へ伝送されるエネルギーを最大化するために、選定したスーパーキャパシタの内部抵抗をできるだけ小さい値にすることが重要です。

### 3 テスト結果

#### 3.1 スタンバイ動作

図 3-1 に、起動時のシステムの動作を示します。メイン電源はシステムに直接接続されており、どちらの電圧レベルも同じです。起動時の波形はオシロスコープのキャプチャで確認できます。

同様に、システム内にバックアップ バッテリが存在しない場合、出力レベルが低下します。電源端子またはバッテリー端子で電源障害が発生した場合、出力電圧は同じレベルに下がります。

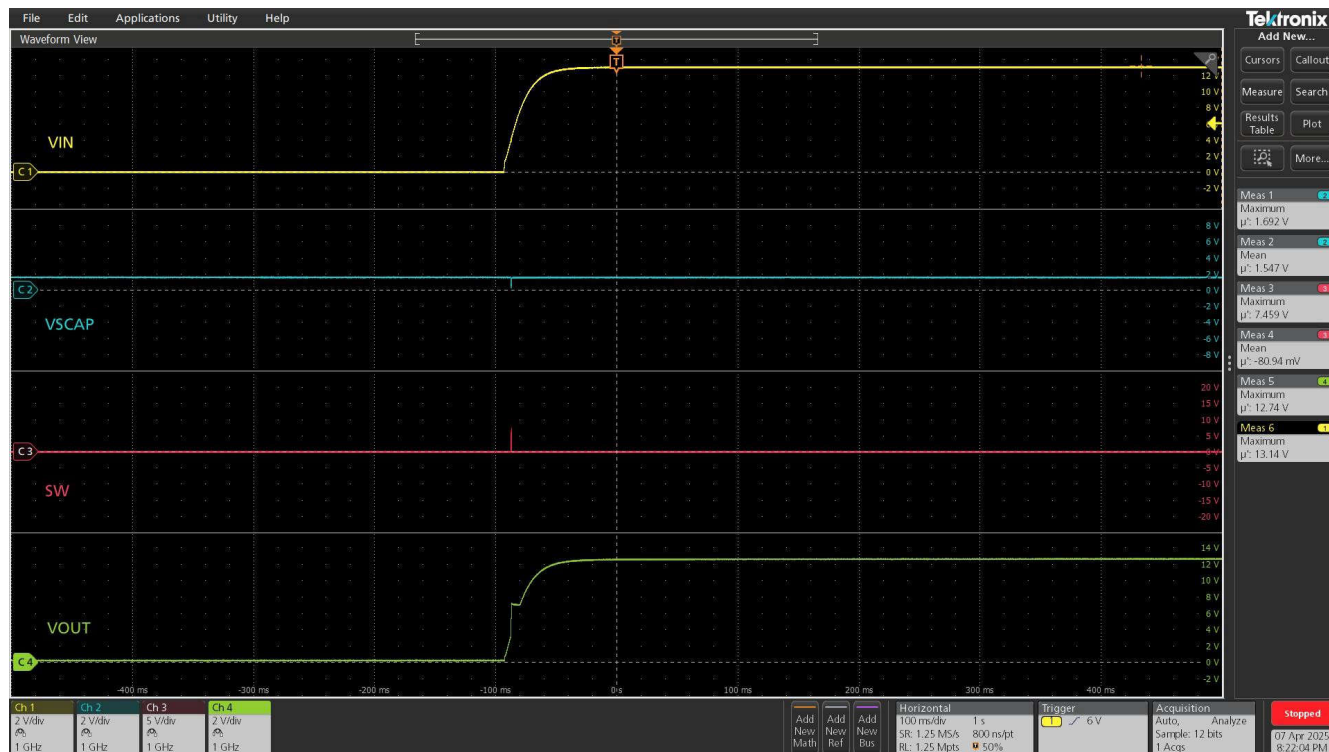


図 3-1. デバイスの起動

### 3.2 充電動作

図 3-2 に、スーパーキャパシタの充電動作を示します。12V のメイン電源が供給されるとすぐに、内部レギュレータを介してコンデンサの充電が開始されます。スーパーキャパシタ 1 個あたりのプログラミング済み電圧レベルが 2.7V である場合、コンバータの電圧が Low になり、コンバータはスーパーキャパシタの充電を停止します。

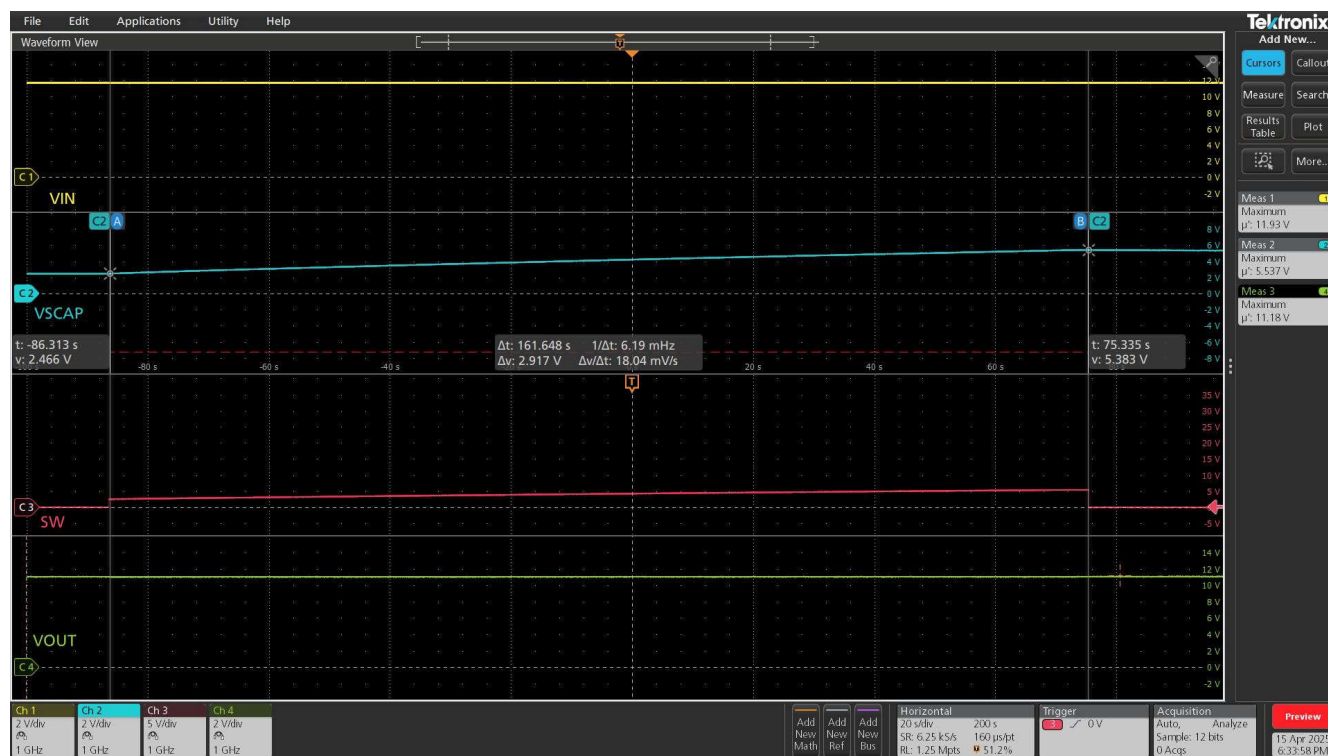


図 3-2. Vin = 12V での充電

### 3.3 昇圧動作

図 3-3 に、実行中のシステムのバックアップ動作を示します。メイン電源が停電した場合、TPS61381 コンバータは直ちにシステム電圧をプログラムされた出力電圧にレギュレートし始めます。スーパーキャパシタは放電され、電圧は緩やかに低下します。バックアップコンデンサの電圧が IC 電流制限または TPS61381 の最小電圧 (約 1V) に達すると、コンバータは動作を停止し、システム電圧はゼロに低下します。

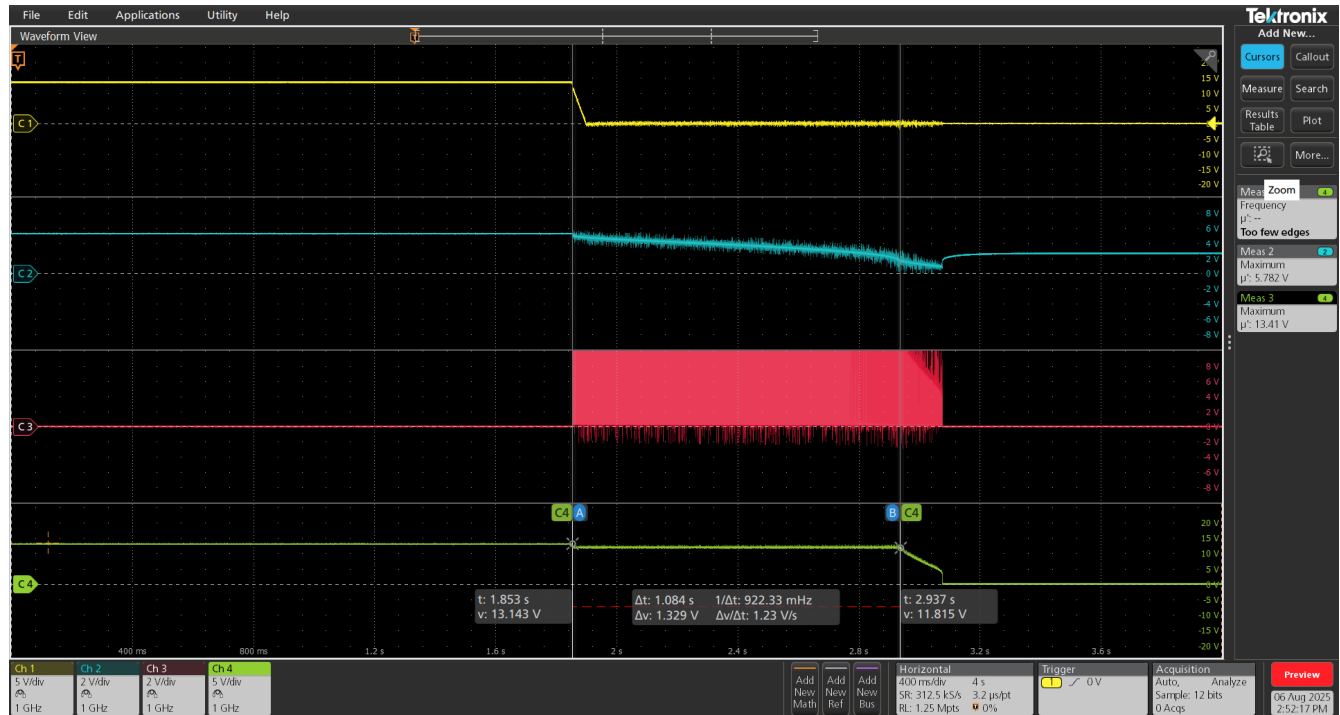


図 3-3.  $V_{bub} = 5.4V$ 、 $V_{out} = 12V$  時のバックアップ動作

このスコーププロットでは、バックアップ時間は約 200ms です。バックアップコンデンサの値が大きいほど、セクション 2.3.2 で前述した式に従い、バックアップ時間が長くなります。

## 4 まとめ

TPS61381 - Q1 は、バックアップ バッテリーを充電することにより、バックアップ電源として使用することができます。この回路は、リチウムイオン、NiMH、LiFePO4、スーパーキャパシタなど、さまざまな種類のバッテリーに対応し、充電電流と出力電圧も調整可能です。このバックアップ期間中、バッテリー内に蓄積されたエネルギーが使用され、目的の出力レベルに調整されます。これにより、メイン電源が失われた後でも、**Dying Gasp** メッセージを発信することができます。

## 5 参考資料

- テキサス インストルメンツ、『[TPS61381 - Q1 車載対応、400kHz、40V、15A 昇圧コンバータ、LDO チャージャおよびバッテリー状態検出機能付き](#)』、データシート。
- テキサス インストルメンツ、『[TPS61381 - Q1EVM - 126 評価基盤ユーザー ガイド](#)』、評価基板ユーザー ガイド。

## 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 © 2025, 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](#)、[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