

TPS6287x-Q1 2.7V ~ 6V 入力、15A、20A、25A、および 30A 車載用高速過渡同期整流式降圧コンバータ、I²C インターフェイスおよびリモート センス搭載

1 特長

- 車載アプリケーション向けに AEC-Q100 認証済み
 - デバイス温度グレード 1: -40°C ~ 125°C T_A
 - 接合部温度範囲: -40°C ~ 150°C
- 機能安全対応
 - 機能安全システムの設計に役立つ資料を利用可能
- 入力電圧範囲: 2.7V ~ 6V
- ピン互換性のあるデバイス ファミリ: 15A、20A、25A、30A
- 3 つの選択可能な出力電圧範囲: 0.4V ~ 1.675V
 - 0.4V ~ 0.71875V (1.25mV 刻み)
 - 0.4V ~ 1.0375V (2.5mV 刻み)
 - 0.4V ~ 1.675V (5mV 刻み)
- 出力電圧精度: ±0.8%
- 内部電力 MOSFET: 2.6mΩ、1.5mΩ
- 可変ソフト スタート
- 外部補償
- VSEL ピンを介してスタートアップ出力電圧を選択可能
- FSEL ピンを介して 1.5MHz、2.25MHz、2.5MHz、3MHz のスイッチング周波数を選択可能
- 強制 PWM またはパワー セーブ モード動作
- 外部抵抗または I²C によるスタートアップ出力電圧の選択
- I²C 互換インターフェイス: 最高 3.4MHz
- オプションのスタック動作により、出力電流能力を向上
- 差動リモート センス
- サーマル事前警告およびサーマル シャットダウン
- 出力放電
- オプションのスペクトラム拡散クロック供給機能を内蔵
- ウィンドウ コンパレータによるパワー グッド出力

2 アプリケーション

- ADAS カメラ、ADAS センサ フュージョン
- サラウンド ビュー ECU
- ハイブリッドおよび再構成可能クラス
- ヘッド ユニット、テレマティクス制御ユニット

3 説明

TPS62874-Q1、TPS62875-Q1、TPS62876-Q1、および TPS62877-Q1 は、I²C インターフェイスおよび差動リモート センスを搭載したピン互換、15A、20A、25A、30A 同期整流式降圧 DC/DC コンバータのファミリです。すべてのデバイスは、高い効率と使いやすさを特長としています。

低抵抗の電源スイッチにより、高い周囲温度でも最大 30A の出力電流を供給できます。これらのデバイスをスタックモードで動作させることで、大きな出力電流を供給することや、消費電力を複数のデバイスに分散することが可能です。

TPS6287x-Q1 ファミリは、高速過渡応答をサポートする固定周波数 DCS 制御方式を実装します。デバイスは、最大効率を達成するパワー セーブ モード、または最高の過渡性能と最小の出力電圧リップルを実現する強制 PWM モードで動作できます。

オプションのリモート センシング機能により、ポイント オブロードでの電圧レギュレーションが最大化され、デバイスは出力電圧範囲全体にわたって ±0.8% の DC 電圧精度を達成します。

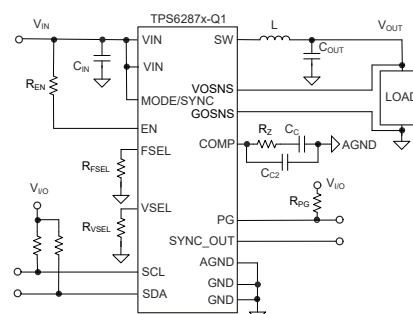
スイッチング周波数は FSEL ピンを介して選択可能であり、1.5MHz、2.25MHz、2.5MHz、3MHz のいずれかに設定する、または同じ周波数範囲の外部クロックに同期させることができます。

I²C 互換インターフェイスを使うと、各種の制御、監視、警告機能 (電圧の監視、温度に関連する警告など) を実現できます。出力電圧は、負荷の消費電力を性能ニーズに合わせて迅速に調整できます。デフォルトの起動電圧は、VSEL ピンを介して抵抗により選択できます。

製品情報

| 部品番号 (3) | 電流定格 | パッケージ (1) | パッケージサイズ (2) |
|-------------|------|----------------------|-----------------|
| TPS62874-Q1 | 15A | RZV (WQFN-FCRLF, 24) | 3.05mm × 4.05mm |
| TPS62875-Q1 | 20A | | |
| TPS62876-Q1 | 25A | | |
| TPS62877-Q1 | 30A | | |

- 詳細については、[セクション 13](#) を参照してください。
- パッケージサイズ (長さ × 幅) は公称値であり、該当する場合はピンを含みます。
- 「[デバイスのオプション](#)」の表を参照してください。



概略回路図



目次

| | | | |
|---|-----------|---|-----------|
| 1 特長 | 1 | 9 デバイスのレジスタ | 37 |
| 2 アプリケーション | 1 | 10 アプリケーションと実装 | 43 |
| 3 説明 | 1 | 10.1 アプリケーション情報..... | 43 |
| 4 デバイスのオプション | 3 | 10.2 代表的なアプリケーション..... | 43 |
| 5 ピン構成および機能 | 4 | 10.3 2 つの TPS62876-Q1 をスタック構成で使用する 代表的なアプリケーション..... | 52 |
| 6 仕様 | 6 | 10.4 3 つの TPS62876-Q1 をスタック構成で使用する 代表的なアプリケーション..... | 57 |
| 6.1 絶対最大定格..... | 6 | 10.5 設計のベスト プラクティス..... | 61 |
| 6.2 ESD 定格 - Q100..... | 6 | 10.6 電源に関する推奨事項..... | 61 |
| 6.3 推奨動作条件..... | 6 | 10.7 レイアウト..... | 61 |
| 6.4 熱に関する情報..... | 7 | 11 デバイスおよびドキュメントのサポート | 64 |
| 6.5 電気的特性..... | 7 | 11.1 ドキュメントのサポート..... | 64 |
| 6.6 I ² C インターフェイス タイミングの要件..... | 11 | 11.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法..... | 64 |
| 6.7 代表的特性..... | 13 | 11.3 サポート・リソース..... | 64 |
| 7 パラメータ測定情報 | 14 | 11.4 商標..... | 64 |
| 8 詳細説明 | 15 | 11.5 静電気放電に関する注意事項..... | 64 |
| 8.1 概要..... | 15 | 11.6 用語集..... | 64 |
| 8.2 機能ブロック図..... | 15 | 12 改訂履歴 | 64 |
| 8.3 機能説明..... | 16 | 13 メカニカル、パッケージ、および注文情報 | 65 |
| 8.4 デバイスの機能モード..... | 32 | | |
| 8.5 プログラミング..... | 33 | | |

4 デバイスのオプション

| 部品番号 | 出力電流 | スタートアップ電圧、I2C アドレスの VSEL 設定 | SSC | デフォルトのドループ | TRANS. 非同期モード | ソフトスタート時間 |
|--------------------|------|--|-----|------------|---------------|-----------|
| TPS62874QWRZVRQ1 | 15A | VSEL ピンを 6.2kΩ の抵抗で GND に接続した場合: 0.80V、0x44 VSEL を GND に短絡: 0.75V、0x45 VSEL を VIN に短絡: 0.875V、0x46 VSEL、47kΩ を VIN に: 0.58V、0x47 | オフ | オフ | オフ | 1ms |
| TPS62875QWRZVRQ1 | 20A | | オフ | オフ | オフ | |
| TPS62876QWRZVRQ1 | 25A | | オフ | オフ | オフ | |
| TPS62877QWRZVRQ1 | 30A | | オフ | オフ | オフ | |
| TPS62874B1QWRZVRQ1 | 15A | VSEL ピンを 6.2kΩ の抵抗で GND に接続した場合: 0.8V、0x44 VSEL を GND に短絡: 0.8V、0x45 VSEL を VIN に短絡: 0.875V、0x46 VSEL、47kΩ を VIN に: 0.8V、0x47 | オフ | オン | オン | |
| TPS62875B1QWRZVRQ1 | 20A | | オフ | オン | オン | |
| TPS62876B1QWRZVRQ1 | 25A | | オフ | オン | オン | |
| TPS62877B1QWRZVRQ1 | 30A | | オフ | オン | オン | |
| TPS62875B2QWRZVRQ1 | 20A | VSEL ピンを 6.2kΩ の抵抗で GND に接続した場合: 0.85V、0x44 VSEL を GND に短絡: 0.75V、0x45 VSEL を VIN に短絡: 0.875V、0x46 VSEL、47kΩ を VIN に: 0.8V、0x47 | オフ | オン | オン | |
| TPS62875B3QWRZVRQ1 | 20A | VSEL ピンを 6.2kΩ の抵抗で GND に接続した場合: 0.73V、0x44 VSEL を GND に短絡: 0.75V、0x45 VSEL を VIN に短絡: 0.8V、0x46 VSEL、47kΩ を VIN に: 0.77V、0x47 | オン | オン | オン | |
| TPS62876B3QWRZVRQ1 | 25A | VSEL ピンを 6.2kΩ の抵抗で GND に接続した場合: 0.845V、0x44 VSEL を GND に短絡: 0.75V、0x45 VSEL を VIN に短絡: 0.8V、0x46 VSEL、47kΩ を VIN に: 0.9V、0x47 | オン | オン | オン | |
| TPS62877B3QWRZVRQ1 | 30A | | オン | オン | オン | |
| TPS62874B4QWRZVRQ1 | 15A | VSEL ピンを 6.2kΩ の抵抗で GND に接続した場合: 0.7V、0x44 VSEL を GND に短絡: 0.75V、0x45 VSEL を VIN に短絡: 0.765V、0x46 VSEL、47kΩ を VIN に: 0.85V、0x47 | オフ | オン | オン | |
| TPS62875B4QWRZVRQ1 | 20A | | オフ | オン | オン | |
| TPS62875B5QWRZVRQ1 | 20A | VSEL ピンを 6.2kΩ の抵抗で GND に接続した場合: 0.725V、0x44 VSEL を GND に短絡: 0.75V、0x45 VSEL を VIN に短絡: 0.765V、0x46 VSEL、47kΩ を VIN に: 0.85V、0x47 | オフ | オン | オン | |

5 ピン構成および機能

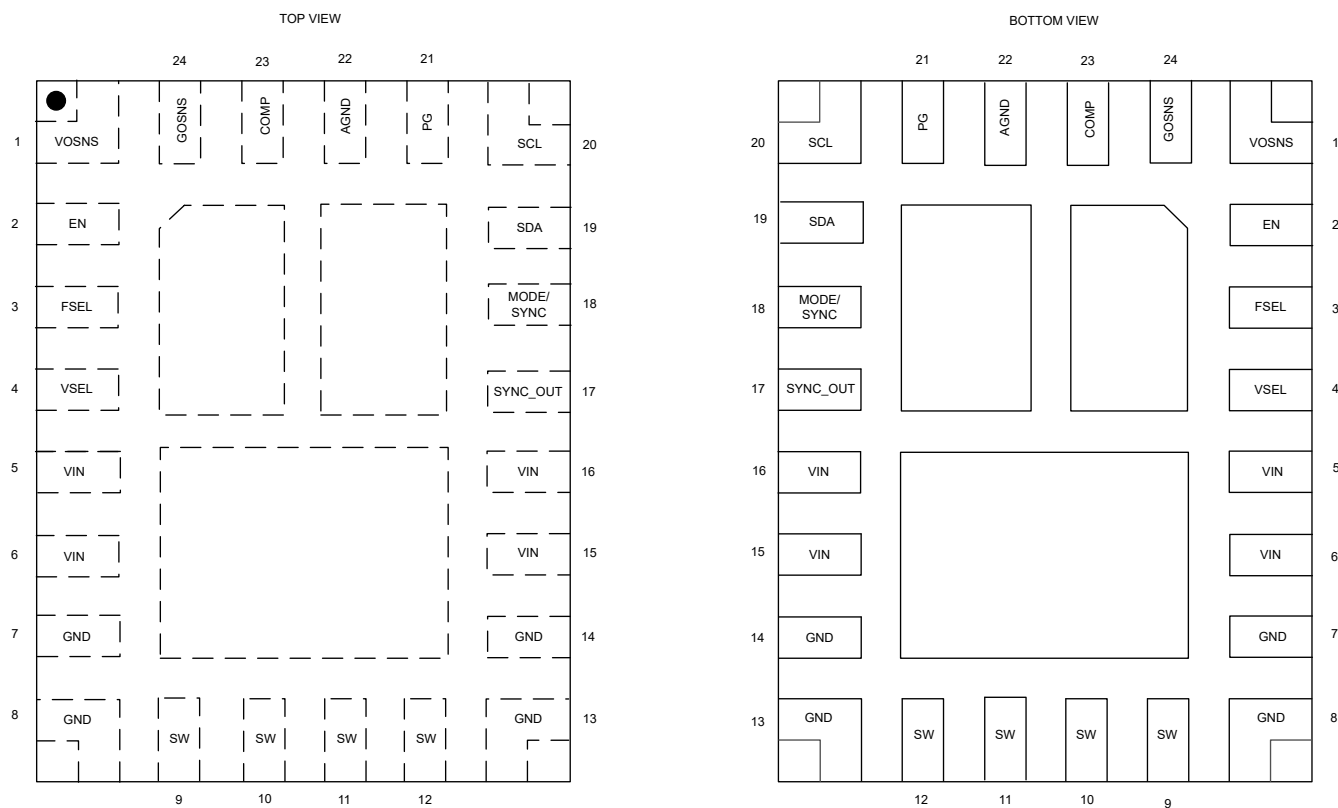


図 5-1. RZV パッケージ 24 ピン WQFN-FCRLF

表 5-1. ピンの機能

| ピン | | 種類 ⁽¹⁾ | 説明 |
|--------------|-------|-------------------|--|
| 番号 | 名称 | | |
| 1 | VOSNS | I | 出力電圧検出 (差動出力電圧センシング)。 |
| 2 | EN | I | このピンはデバイスのイネーブルピンです。このピンには、 15kΩ 以上の直列抵抗を介して接続します。このピンがロジック Low レベルのときはデバイスが無効化され、ロジック High レベルのときはデバイスが有効になります。このピンを未接続のままにしないでください。 スタック動作を行う場合は、すべてのデバイスの EN ピンを相互に接続し、それらを電源電圧またはプロセッサの GPIO に抵抗を介して接続します。詳細については、「 スタック動作 」を参照してください。 |
| 3 | FSEL | I | 周波数選択ピン。外部同期が行われていない場合、抵抗または GND または V_{IN} への短絡によってスイッチング周波数が決まります。周波数オプションについては、 セクション 8.3.6 を参照してください。 |
| 4 | VSEL | I | スタートアップ時の出力電圧設定ピン。抵抗、または GND もしくは V_{IN} への短絡によって、選択される出力電圧が決まります。 |
| 5、6、15、16 | VIN | P | 電源入力。入力コンデンサを VIN と GND の間に、できるだけ近づけて接続します。 |
| 7、8 13、14 | GND | GND | グラウンド ピン |
| 9、10、11、12 | SW | O | これはコンバータのスイッチ ピンであり、内部パワー MOSFET に接続されています。 |

表 5-1. ピンの機能 (続き)

| ピン | | 種類 ⁽¹⁾ | 説明 |
|--------------|-----------|-------------------|--|
| 番号 | 名称 | | |
| 17 | SYNCOUT | O | スタック モードでの同期用の内部クロック出力ピン。このピンはシングルデバイス動作にフローティングのままにします。スタック動作においては、このピンをデ이지チェーンで次段のデバイスの MODE/SYNC ピンに接続します。このピンを TPS6287x-Q1 以外のデバイスの接続に使用しないでください。 スタートアップ時、このピンは、デバイスがスタック動作時にセカンダリ コンバータとして動作する必要があるかどうかを識別するのに使われます。このピンと GND との間に 47kΩ 抵抗を接続して、スタック動作でセカンダリ コンバータを定義します。詳細については、「 スタック動作 」を参照してください。 |
| 18 | MODE/SYNC | I | このピンが Low になると、デバイスはパワーセーブ モードで動作します。ピンが High にプルされる場合、デバイスは強制 PWM モードで動作します。このピンを未接続のままにしないでください。モードピンを使用して、デバイスを外部クロックに同期することもできます。 |
| 19 | SDA | I/O | I²C シリアル データ ピン。このピンをフローティングのままにしないでください。プルアップをロジック High レベルに接続します。 スタック動作での 2 次側デバイスの場合は GND に接続します。 |
| 20 | SCL | I/O | I²C シリアル クロック ピン。このピンをフローティングのままにしないでください。プルアップ抵抗をロジック High レベルに接続します。 スタック動作での 2 次側デバイスの場合は GND に接続します。 |
| 21 | PG | I/O | オープンドレインのパワー グッド出力。「パワー グッド」でないときは低インピーダンス、「パワー グッド」のときは高インピーダンスになります。このピンはオープンのままにするか、1 つのデバイス動作で使わない場合は GND に接続できます。 スタック動作では、すべてのデバイスの PG ピンを相互に接続します。スタック動作のプライマリ コンバータの PG ピンのみがオープンドレイン出力です。スタックモードでセカンダリ コンバータとして定義されたデバイスの場合、ピンは入力ピンです。詳細については、「 スタック動作 」を参照してください。 |
| 22 | AGND | GND | アナログ グランド。 GND に接続。 |
| 23 | COMP | — | デバイス補償入力。このピンと AGND との間に抵抗とコンデンサによって、制御ループの補償が定義されます。 スタック動作では、スタックされたすべてのデバイスの COMP ピンを互いに接続し、共通の COMP ノードと AGND との間に抵抗とコンデンサを接続します。 |
| 24 | GOSNS | I | 出力グランド検出 (差動出力電圧センシング) |
| 露出したサーマル パッド | | — | 適切な熱抵抗と機械的安定性を実現するため、サーマル パッドは GND に半田付けする必要があります。 |

(1) I = 入力、O = 出力、P = 電源、GND = グランド

6 仕様

6.1 絶対最大定格

動作温度範囲内 (特に記述のない限り) ⁽¹⁾

| | | 最小値 | 最大値 | 単位 |
|-------------------|---------------------------------------|------|-----------------------|----|
| 電圧 ⁽²⁾ | VIN ⁽⁴⁾ | -0.3 | 6.5 | V |
| | SW (DC) | -0.3 | V _{IN} + 0.3 | V |
| | COMP | -0.3 | V _{IN} | V |
| | SW (AC、10ns 未満) ⁽³⁾ | -3 | 10 | V |
| | VOSNS | -0.3 | 1.8 | V |
| 電圧 ⁽²⁾ | SCL、SDA、 | -0.3 | 5.5 | V |
| 電圧 ⁽²⁾ | SYNC_OUT | -0.3 | 2 | V |
| 電圧 ⁽²⁾ | PG | -0.3 | 6.5 | V |
| 電圧 ⁽²⁾ | FSEL、VSEL、EN、MODE/SYNC ⁽⁴⁾ | -0.3 | 6.5 | V |
| 電圧 ⁽²⁾ | GOSNS | -0.3 | 0.3 | V |
| T _{stg} | 保存温度 | -65 | 150 | °C |

- (1) 「絶対最大定格」の範囲外の動作は、デバイスの永続的な損傷の原因となる可能性があります。「絶対最大定格」は、これらの条件において、または「推奨動作条件」に示された値を超える他のいかなる条件でも、本製品が正しく動作することを意味するものではありません。「絶対最大定格」の範囲内であっても「推奨動作条件」の範囲外で使用すると、デバイスが完全に機能しない可能性があり、デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、デバイスの寿命を縮める可能性があります。
- (2) すべての電圧値は、回路のグランド端子 **GND** を基準としたものです。
- (3) スイッチング動作時。
- (4) このピンの電圧は、絶対最大定格 6.5V を短時間にわたって超えることができますが、8V 未満に維持する必要があります。VIN を 8V に 100ms さらすことは、室温でのデバイスの経年劣化約 8 時間に相当します。

6.2 ESD 定格 - Q100

| | | | 値 | 単位 |
|--------------------|-------|---|-------|----|
| V _(ESD) | 静電気放電 | 人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 準拠 ⁽¹⁾ HBM ESD 分類レベル 2 | ±2000 | V |
| V _(ESD) | 静電気放電 | デバイス帯電モデル (CDM)、AEC Q100-011、 CDM ESD 分類レベル C5 準拠 | ±750 | V |

- (1) AEC Q100-002 は、HBM ストレス試験を ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 仕様に従って実施しなければならないと規定しています。

6.3 推奨動作条件

動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

| | | 最小値 | 公称値 | 最大値 | 単位 |
|------------------|--|-----|-----|--|----|
| V _{IN} | 入力電圧範囲 | 2.7 | | 6 | V |
| V _{OUT} | 出力電圧範囲 | 0.4 | | 1.675V または (V _{IN} - 1.5V) ⁽¹⁾ | V |
| 電圧 | ピン SDA および SCL の公称プルアップ電圧 | 1.2 | | 5 | V |
| L | f _{SW} = 1.5MHz の場合の実効インダクタンス | 100 | 150 | 200 | nH |
| L | f _{SW} = 2.25MHz、2.5MHz、3MHz の実効インダクタンス | 40 | 100 | 200 | nH |
| C _{IN} | 電力入力ピンあたりの実効入力容量 | 10 | 22 | | μF |
| C _{OUT} | 実効出力キャパシタンス | 47 | | ⁽³⁾ | μF |
| C _{PAR} | FSEL、VSEL ピンの寄生容量 | | | 100 | pF |
| C _{PAR} | SYNC_OUT ピンの寄生容量 | | | 20 | pF |
| R _{EN} | EN ピンに対するプルアップ抵抗 | 15 | | | kΩ |

6.3 推奨動作条件 (続き)

動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

| | | 最小値 | 公称値 | 最大値 | 単位 |
|-------------------------|--|-----|-----|-----|----|
| R_{VSEL} 、 R_{FSEL} | VSET が GND または VIN に直接接続されていない場合の VSEL、FSEL ピンから GND への抵抗値 | | 6.2 | | kΩ |
| R_{VSEL} 、 R_{FSEL} | VSEL が GND または VIN に直接接続されていない場合の VSEL、FSEL ピンから VIN への抵抗値 | | 47 | | kΩ |
| R_{VSEL} 、 R_{FSEL} | VSEL、FSEL の抵抗の公差 | | | ±2% | |
| I_{SINK_PG} | PG ピンのシンク電流 | 0 | | 1 | mA |
| T_J | 動作時接合部温度 ⁽²⁾ | -40 | | 150 | °C |

- (1) V_{OUT} の値が小さい値でも。
 (2) 接合部温度が 125°C を超えると、動作寿命が短くなります。
 (3) 推奨される最大出力キャパシタンスは、アプリケーションの特定の動作条件によって異なります。通常は、最大数ミリアラッドの出力キャパシタンス値が可能です。

6.4 熱に関する情報

| 熱評価基準 ⁽¹⁾ | | TPS6287x-Q1 | TPS6287x-Q1 | 単位 |
|----------------------|---------------------|-------------|-------------|------|
| | | RZV (JEDEC) | RZV (EVM) | |
| | | 24 ピン | 24 ピン | |
| $R_{\theta JA}$ | 接合部から周囲への熱抵抗 | 34.7 | 28 | °C/W |
| $R_{\theta JC(top)}$ | 接合部からケース (上面) への熱抵抗 | 14.9 | - | °C/W |
| $R_{\theta JB}$ | 接合部から基板への熱抵抗 | 6.5 | - | °C/W |
| Ψ_{JT} | 接合部から上面への特性パラメータ | 1.5 | - | °C/W |
| Y_{JB} | 接合部から基板への特性パラメータ | 6.5 | - | °C/W |
| $R_{\theta JC(bot)}$ | 接合部からケース (底面) への熱抵抗 | 4.8 | - | °C/W |

- (1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『[半導体および IC パッケージの熱評価基準](#)』アプリケーション ノートを参照してください。

6.5 電気的特性

動作時接合部温度範囲全体 ($T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$)、 $V_{IN} = 2.7\text{V} \sim 6\text{V}$ 、 $V_{IN} = 5\text{V}$ かつ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ で の標準値 (特に記述のない限り)。

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|-----------------------------|-----------------------------|---|-----|-----|-----|----|
| 電源 | | | | | | |
| I _Q | 静止時電流 | EN = High、I _{OUT} = 0 mA、デバイスはスイッチングなし、MODE = Low | | 2.1 | 3.8 | mA |
| I _{SD} | シャットダウン電流 | EN = Low、V _(SW) = 0V、T _J = 125°Cでの最大値 | | 18 | 450 | μA |
| V _{IT+} (UVLO) | 正方向の UVLO スレッシュホールド電圧 (VIN) | | 2.5 | 2.6 | 2.7 | V |
| V _{IT-} (UVLO) | 負方向の UVLO スレッシュホールド電圧 (VIN) | | 2.4 | 2.5 | 2.6 | V |
| V _{hys} (UVLO) | UVLO ヒステリシス電圧 (VIN) | | 80 | | | mV |
| V _{IT+} (OVLO) | 正方向の OVLO スレッシュホールド電圧 (VIN) | | 6.1 | 6.3 | 6.5 | V |
| V _{IT-} (OVLO) | 負方向の OVLO スレッシュホールド電圧 (VIN) | | 6.0 | 6.2 | 6.4 | V |
| V _{hys} (OVLO) | OVLO ヒステリシス電圧 (VIN) | | 80 | | | mV |

6.5 電気的特性 (続き)

動作時接合部温度範囲全体 ($T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$)、 $V_{IN} = 2.7\text{V} \sim 6\text{V}$ 、 $V_{IN} = 5\text{V}$ かつ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ で の標準値 (特に記述のない限り)。

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|--------------------|--|---|------|------|------|--------------------|
| $V_{IT-(POR)}$ | 負方向のパワーオンリセットスレッショルド電圧 (V_{IN}) | | 1.4 | | | V |
| T_{SD} | サーマルシャットダウンスレッショルド温度 | T_J 立ち上がり | | 170 | | $^{\circ}\text{C}$ |
| | サーマルシャットダウンヒステリシス | | | 20 | | $^{\circ}\text{C}$ |
| T_W | 過熱警告のスレッショルド温度 | T_J 立ち上がり | | 150 | | $^{\circ}\text{C}$ |
| | 過熱警告ヒステリシス | | | 20 | | $^{\circ}\text{C}$ |
| 制御とインターフェイス | | | | | | |
| V_{IT+} | 正方向の入力スレッショルド電圧 (EN) | | 0.97 | 1.0 | 1.03 | V |
| V_{IT-} | 負方向の入力スレッショルド電圧 (EN) | | 0.87 | 0.9 | 0.93 | V |
| V_{hys} | ヒステリシス電圧 (EN) | | 95 | | | mV |
| $R_{(EN)}$ | GND への入力抵抗 (EN) | スタック動作でのスタートアップ時にのみアクティブになります。 | 1.4 | 1.8 | 3 | k Ω |
| I_{IH} | High レベル入力電流 (EN) | $V_{IH} = V_{IN}$ 、内部プルダウン抵抗は無効 | | | 3 | μA |
| I_{IL} | Low レベル入力電流 (EN) | $V_{IL} = 0\text{V}$ 、内部プルダウン抵抗は無効 | -200 | | | nA |
| V_{IH} | High レベル入力電圧 (MODE/SYNC、VSEL、FSEL、SYNC_OUT、PG) | | 0.8 | | | V |
| V_{IH} | High レベル入力電圧 (SDA、SCL) | | 0.95 | | | V |
| V_{IL} | Low レベル入力電圧 (MODE/SYNC、VSEL、FSEL、SYNC_OUT、PG) | | | | 0.4 | V |
| V_{IL} | Low レベル入力電圧 (SDA、SCL) | | | | 0.5 | V |
| R_{IN} | ピン MODE/SYNC、EN、PG で GND との間の入力抵抗 | | 2 | 3 | 4 | M Ω |
| V_{OL} | Low レベル出力電圧 (SDA) | $I_{OL} = 9\text{mA}$ | | | 0.4 | V |
| V_{OL} | Low レベル出力電圧 (SDA) | $I_{OL} = 5\text{mA}$ | | | 0.2 | V |
| I_{LKG} | SDA、SCL への入力リーク電流 | $V_{OH} = 3.3\text{V}$ | | | 200 | nA |
| I_{IL} | Low レベル入力電圧 (MODE/SYNC) | $V_{IL} = 0\text{V}$ | -100 | | 100 | nA |
| I_{IH} | High レベル入力電圧 (MODE/SYNC) | $V_{IH} = V_{IN}$ | | | 3 | μA |
| I_{IL} | Low レベル入力電圧 (SYNC_OUT) | $V_{IL} = 0\text{V}$ | -230 | | | nA |
| I_{IH} | High レベル入力電圧 (SYNC_OUT) | $V_{IH} = 2\text{V}$ | | | 110 | nA |
| V_{OL} | Low レベル出力電圧 (SYNC_OUT) | $I_{OL} = 1\text{mA}$ | | | 0.3 | V |
| V_{OH} | High レベル出力電圧 (SYNC_OUT) | $I_{OH} = 0.1\text{mA}$ | 1.3 | | 2.1 | V |
| $t_{d(EN)1}$ | EN を V_{IN} に接続したときのイネーブル遅延時間 | EN が High になった時点からデバイスがスイッチングを開始する時点までを測定、 $SR_{VIN} = 1\text{V}/\mu\text{s}$ | | 200 | 600 | μs |
| $t_{d(EN)2}$ | V_{IN} がすでに印加されているときのイネーブル遅延時間 | EN が High になった時点からデバイスがスイッチングを開始する時点までを測定 | | 40 | 100 | μs |
| $t_{d(Ramp)}$ | CONTROL2[1:0] = 00 の出力電圧ランブ時間 | デバイスがスイッチングを開始してから、PG 信号が立ち上がるまでの時間を測定 | 0.35 | 0.5 | 0.65 | ms |
| | CONTROL2[1:0] = 01 の出力電圧ランブ時間 | | 0.54 | 0.77 | 1.0 | ms |
| | CONTROL2[1:0] = 10 の出力電圧ランブ時間、デフォルト | | 0.7 | 1 | 1.3 | ms |
| | CONTROL2[1:0] = 11 の出力電圧ランブ時間 | | 1.4 | 2 | 2.6 | ms |

6.5 電気的特性 (続き)

動作時接合部温度範囲全体 ($T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$)、 $V_{IN} = 2.7\text{V} \sim 6\text{V}$ 、 $V_{IN} = 5\text{V}$ かつ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ で の標準値 (特に記述のない限り)。

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|--------------------------|--|---|-------|-------|------|-----|
| $f_{(\text{SYNC})}$ | 同期クロック周波数範囲 (MODE/SYNC) | $f_{(\text{SW})\text{nom}} = 1.5\text{MHz}$ 、 $D_{(\text{MODE/SYNC})} = 45\% \dots 55\%$ | 1.2 | | 1.8 | MHz |
| | 同期クロック周波数範囲 (MODE/SYNC) | $f_{(\text{SW})\text{nom}} = 2.25\text{MHz}$ 、 $D_{(\text{MODE/SYNC})} = 45\% \dots 55\%$ | 1.8 | | 2.7 | MHz |
| | 同期クロック周波数範囲 (MODE/SYNC) | $f_{(\text{SW})\text{nom}} = 2.5\text{MHz}$ 、 $D_{(\text{MODE/SYNC})} = 45\% \dots 55\%$ | 2 | | 3.0 | MHz |
| $f_{(\text{SYNC})}$ | 同期クロック周波数範囲 (MODE/SYNC) | $f_{(\text{SW})\text{nom}} = 3\text{MHz}$ 、 $D_{(\text{MODE/SYNC})} = 45\% \dots 55\%$ | 2.4 | | 3.3 | MHz |
| $D_{(\text{MODE/SYNC})}$ | 同期クロック周波数のデューティ サイクル (MODE/SYNC) | | 45 | | 55 | % |
| | SYNC_OUT での位相シフト (内部 CLK または外部 CLK を基準とする) | CONTROL2:SYNCH_OUT_PHASE = 0b0 | | 120 | | ° |
| | SYNC_OUT での位相シフト (内部 CLK または外部 CLK を基準とする) | CONTROL2:SYNCH_OUT_PHASE = 0b1 | | 180 | | ° |
| | 外部周波数にロックする時間 | | | 50 | | μs |
| | FSEL、VSEL が GND に直接接続されていない場合の、GND への抵抗値 | | | 6.2 | | kΩ |
| | FSEL、VSEL が VIN に直接接続されていない場合の、VIN への抵抗値 | | | 47 | | kΩ |
| $V_{T+}(\text{UVP})$ | 正方向のパワーグッド スレッショルド電圧 (出力低電圧) | | 94 | 96 | 98 | % |
| $V_{T-}(\text{UVP})$ | 負方向 のパワーグッド スレッショルド電圧 (出力低電圧) | | 92 | 94 | 96 | % |
| $V_{T+}(\text{OVP})$ | 正方向のパワーグッド スレッショルド電圧 (出力過電圧) | | 104 | 106 | 108 | % |
| $V_{T-}(\text{OVP})$ | 負方向の パワーグッド スレッショルド電圧 (出力過電圧) | | 102 | 104 | 106 | % |
| V_{OL} | Low レベル出力電圧 (PG) | $I_{OL} = 1\text{mA}$ | | 0.012 | 0.3 | V |
| I_{OH} | High レベル出力電流 (PG) | $V_{OH} = 5\text{V}$ | | | 3 | μA |
| I_{IH} | High レベル入力電流 (PG) | スタック動作でセカンダリ デバイスとして構成されたデバイス | | | 3 | μA |
| I_{IL} | Low レベル入力電流 (PG) | スタック動作でセカンダリ デバイスとして構成されたデバイス | -1 | | | μA |
| $t_d(\text{PG})$ | グリッチ除去時間 (PG) | PG ピンの High から Low、または Low から High への遷移 | 34 | 40 | 46 | μs |
| 出力 | | | | | | |
| ΔV_{OUT} | 出力電圧精度 | $V_{IN} = V_{OUT} = 1.6\text{V}$ 、ドロップ補償は無効 | -0.8 | | 0.8 | % |
| ΔV_{OUT} | 出力電圧の電流がない状態から定格電流への変化 | ドロップ補償は有効 | | ±12 | | mV |
| | ドループ補償電圧の精度、TPS62874-Q1 | デバイスは強制 PWM モード | -3.75 | | 3.75 | mV |
| | ドループ補償電圧の精度、TPS62875-Q1 | デバイスは強制 PWM モード | -3.5 | | 3.5 | mV |
| | ドロップ補償電圧の精度、TPS62876-Q1、TPS62877-Q1 | デバイスは強制 PWM モード | -3 | | 3 | mV |
| | ライン レギュレーション | $I_{OUT} = 15\text{A}$ 、 $V_{IN} \geq V_{OUT} + 1.6\text{V}$ | | 0.02 | | %/V |
| I_{IB} | 入力バイアス電流 (GOSNS) | EN = High; $V_{(\text{GOSNS})} = -100\text{mV to } 100\text{mV}$ | -60 | | 3 | μA |

6.5 電気的特性 (続き)

動作時接合部温度範囲全体($T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$)、 $V_{IN} = 2.7\text{V} \sim 6\text{V}$ 。 $V_{IN} = 5\text{V}$ かつ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ で の標準値 (特に記述のない限り)。

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|-----------------|---------------------------------|--|---------------|------|---------------|---------------|
| I_{IB} | 入力バイアス電流 (VOSNS) | $V_{(VOSNS)} = 1.675\text{V}$ 、 $V_{IN} = 6\text{V}$ 、ドロップ補償が無効 | -5.5 | | 5.5 | μA |
| I_{IB} | 入力バイアス電流 (VOSNS) | $V_{(VOSNS)} = 1.675\text{V}$ 、 $V_{IN} = 6\text{V}$ 、ドロップ補償が有効 | -13.2 | | 13.2 | μA |
| V_{ICR} | 同相入力範囲 (GOSNS) | | -100 | | 100 | mV |
| R_{DIS} | 出力放電抵抗 | $V_{OUT} \leq 1\text{V}$ | | 2.7 | 9.2 | Ω |
| f_{SW} | スイッチング周波数 (SW) | $f_{SW} = 1.5\text{MHz}$ 、PWM 動作 | 1.35 | 1.5 | 1.65 | MHz |
| | | $f_{SW} = 2.25\text{MHz}$ 、PWM 動作 | 2.025 | 2.25 | 2.475 | MHz |
| | | $f_{SW} = 2.5\text{MHz}$ 、PWM 動作 | 2.25 | 2.5 | 2.75 | MHz |
| | | $f_{SW} = 3\text{MHz}$ 、PWM 動作 | 2.7 | 3 | 3.3 | MHz |
| f_{SSC} | 変調周波数 | | $f_{sw}/2048$ | | | kHz |
| Δf_{SW} | スペクトラム拡散動作時のスイッチング周波数の変動 | | $f_{SW}-10\%$ | | $f_{SW}+10\%$ | |
| gm | COMP ピン上の OTA の相互コンダクタンス | | | 1.5 | | mS |
| τ | エミュレート電流時定数 | | 11.87 | 12.5 | 13.2 | μs |
| $R_{DS(ON)}$ | ハイサイド FET の静的オン抵抗 | $V_{IN} = 3.3\text{V}$ | | 3.4 | 6.4 | m Ω |
| $R_{DS(ON)}$ | ローサイド FET の静的オン抵抗 | $V_{IN} = 3.3\text{V}$ | | 1.9 | 3.6 | m Ω |
| $I_{(SW)(off)}$ | HS-FET と LS-FET がオフのときの SW ピン電流 | $V_{IN} = 6\text{V}$ 、 $V_{(SW)} = 0\text{V}$ 、 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ | -1.5 | | 0.1 | μA |
| | HS-FET と LS-FET がオフのときの SW ピン電流 | $V_{IN} = 6\text{V}$ 、 $V_{(SW)} = 6\text{V}$ 、 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ | 60 | | 130 | μA |
| | HS-FET と LS-FET がオフのときの SW ピン電流 | $V_{(SW)} = 0.4\text{V}$ 、SW ピンへの電流 | | 11 | 3000 | μA |
| ILIM | ハイサイド FET 順方向スイッチ電流制限、DC | TPS62874-Q1 | 19 | 22.5 | 26 | A |
| ILIM | ハイサイド FET 順方向スイッチ電流制限、DC | TPS62875-Q1 | 24 | 28.5 | 32 | A |
| ILIM | ハイサイド FET 順方向スイッチ電流制限、DC | TPS62876-Q1 | 29 | 34 | 39 | A |
| ILIM | ハイサイド FET 順方向スイッチ電流制限、DC | TPS62877-Q1 | 34 | 39 | 44 | A |
| ILIM | ローサイド FET 順方向スイッチ電流制限、DC | TPS62874-Q1 | 15 | 20 | 24 | A |
| ILIM | ローサイド FET 順方向スイッチ電流制限、DC | TPS62875-Q1 | 20 | 24.5 | 29 | A |
| ILIM | ローサイド FET 順方向スイッチ電流制限、DC | TPS62876-Q1 | 24.5 | 29 | 33 | A |
| ILIM | ローサイド FET 順方向スイッチ電流制限、DC | TPS62877-Q1 | 29.5 | 33.5 | 38 | A |
| ILIM | ローサイド FET 負電流制限、DC | | | -10 | | A |
| $t_{on, min}$ | HS FET の最小オン時間 | $V_{IN} = 3.3\text{V}$ | | 45 | 53 | ns |
| $t_{on, min}$ | HS FET の最小オン時間 | $V_{IN} = 5\text{V}$ | | 35 | 44 | ns |
| $t_{off, min}$ | HS FET の最小オフ時間 | $V_{IN} = 5\text{V}$ | | 70 | 100 | ns |
| | 電力段の最大デューティサイクル | TPS62877-Q1 のみ | | 45 | | % |

6.6 I²C インターフェイス タイミングの要件

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|------|-----|------|-----|
| f _{SCL} | SCL クロック周波数 | スタンダード モード | | | 100 | kHz |
| | | ファスト モード | | | 400 | kHz |
| | | ファスト モード プラス | | | 1 | MHz |
| | | 高速モード (書き込み動作)、CB – 最大 100pF | | | 3.4 | MHz |
| | | 高速モード (読み取り動作)、CB – 最大 100pF | | | 3.4 | MHz |
| | | 高速モード (書き込み動作)、CB – 最大 400pF | | | 1.7 | MHz |
| | | 高速モード (読み取り動作)、CB – 最大 400pF | | | 1.7 | MHz |
| t _{HD} , t _{STA} | (繰り返し) START 条件のホールド時間 | スタンダード モード | 4 | | | μs |
| | | ファスト モード | 0.6 | | | μs |
| | | ファスト モード プラス | 0.26 | | | μs |
| | | 高速度モード | 0.16 | | | μs |
| t _{LOW} | SCL クロック Low 期間 | スタンダード モード | 4.7 | | | μs |
| | | ファスト モード | 1.3 | | | μs |
| | | ファスト モード プラス | 0.5 | | | μs |
| | | 高速モード、CB – 最大 100pF | 0.16 | | | μs |
| | | 高速モード、CB – 最大 400pF | 0.32 | | | μs |
| t _{HIGH} | SCL クロックの High の時間 | スタンダード モード | 4 | | | μs |
| | | ファスト モード | 0.6 | | | μs |
| | | ファスト モード プラス | 0.26 | | | μs |
| | | 高速モード、CB – 最大 100pF | 0.06 | | | μs |
| | | 高速モード、CB – 最大 400pF | 0.12 | | | μs |
| t _{SU} , t _{STA} | 反復開始条件のセットアップ時間 | スタンダード モード | 4.7 | | | μs |
| | | ファスト モード | 0.6 | | | μs |
| | | ファスト モード プラス | 0.26 | | | μs |
| | | 高速度モード | 0.16 | | | μs |
| t _{SU} , t _{DAT} | データ セットアップ時間 | スタンダード モード | 250 | | | ns |
| | | ファスト モード | 100 | | | ns |
| | | ファスト モード プラス | 50 | | | ns |
| | | 高速モード、CB – 最大 100pF | 10 | | | ns |
| t _{HD} , t _{DAT} | データ ホールド時間 | スタンダード モード | 0 | | 3.45 | μs |
| | | ファスト モード | 0 | | 0.9 | μs |
| | | ファスト モード プラス | 0 | | | μs |
| | | 高速モード、CB – 最大 100pF | 0 | | 70 | ns |
| | | 高速モード、CB – 最大 400pF | 0 | | 150 | ns |
| t _{RCL} | SDA 信号と SCL 信号の両方の立ち上がり時間 | スタンダード モード | | | 1000 | ns |
| | | ファスト モード | 20 | | 300 | ns |
| | | ファスト モード プラス | | | 120 | ns |
| | | 高速モード、CB – 最大 100pF | 10 | | 40 | ns |
| | | 高速モード、CB – 最大 400pF | 20 | | 80 | ns |

6.6 I²C インターフェイス タイミングの要件 (続き)

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|------------------------------------|--|---------------------|-------------------------------|-----|-----|----|
| t _{FCL} | SDA 信号と SCL 信号の両方の立ち下がり時間 ⁽¹⁾ | スタンダード モード | | | 300 | ns |
| | | ファスト モード | 20 × V _{DD} /5.5V | | 300 | ns |
| | | ファスト モード プラス | 20 × V _{DD} /5.5V | | 120 | ns |
| | | 高速モード、CB – 最大 100pF | 10 | | 40 | ns |
| | | 高速モード、CB – 最大 400pF | 20 | | 80 | ns |
| t _{SU} , t _{STO} | STOP 条件のセットアップ時間 | スタンダード モード | 4 | | | μs |
| | | ファスト モード | 0.6 | | | μs |
| | | ファスト モード プラス | 0.26 | | | μs |
| | | 高速モード | 0.16 | | | μs |
| CB | SDA および SCL の容量性負荷 | スタンダード モード | | | 400 | pF |
| | | ファスト モード | | | 400 | pF |
| | | ファスト モード プラス | | | 550 | pF |
| | | 高速モード | | | 400 | pF |
| t _{BUF} | 停止条件と開始条件の間のバス フリー時間 | スタンダード モード | 4.7 | | | μs |
| | | ファスト モード | 1.3 | | | μs |
| | | ファスト モード プラス | 0.5 | | | μs |

(1) V_{DD} は SDA と SCL のプルアップ電圧。

6.7 代表的特性

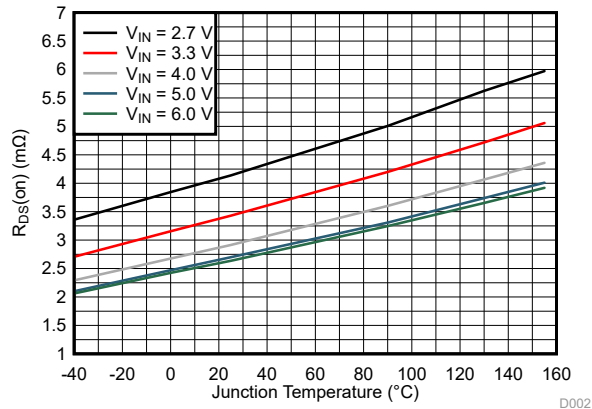


図 6-1. ハイサイドスイッチの $R_{DS(on)}$

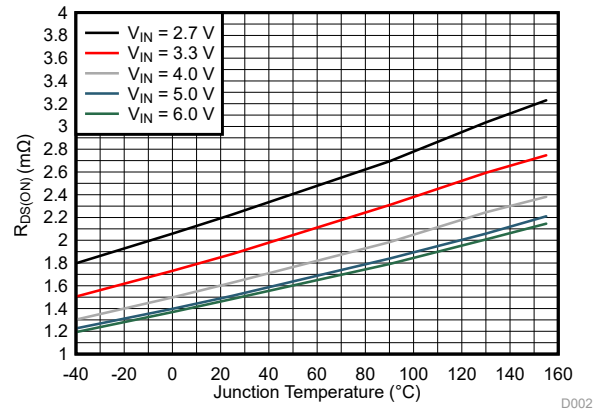


図 6-2. ローサイドスイッチの $R_{DS(on)}$

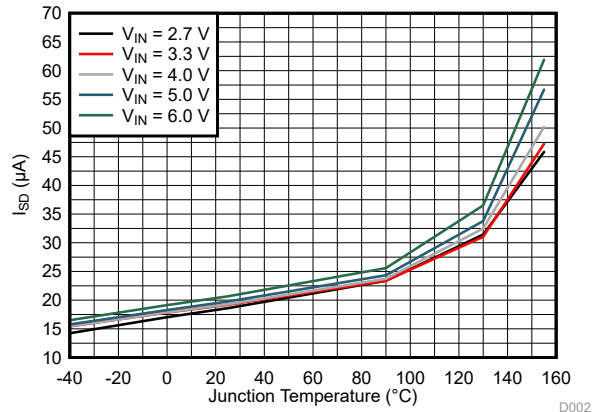


図 6-3. シャットダウン電流と温度との関係

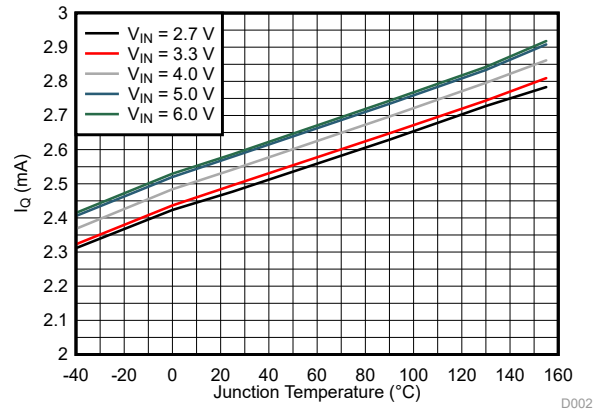


図 6-4. 静止電流と温度との関係

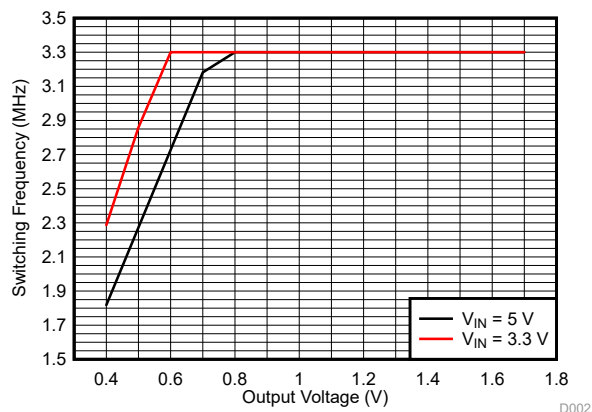


図 6-5. 最大スイッチング周波数と出力電圧との関係

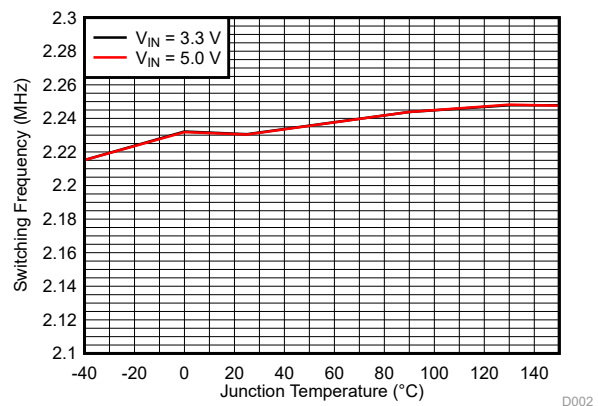


図 6-6. スwitchング周波数と温度との関係

7 パラメータ測定情報

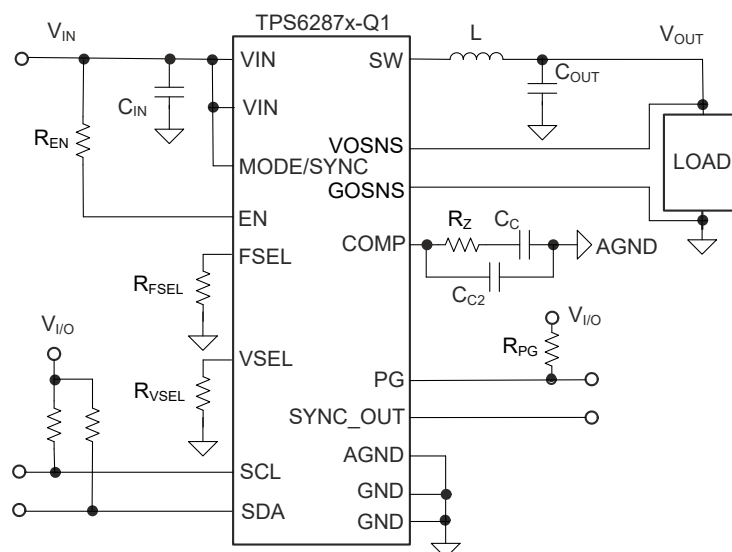


図 7-1. TPS6287x-Q1 の測定設定

表 7-1. 部品のリスト

| リファレンス | 説明 | メーカー |
|-------------------|---|---------------------|
| IC | TPS62877QWRZVRQ1 | テキサス・インスツルメンツ |
| L | IHSR2525CZ-56nH | Vishay |
| C _{IN} | 6 × 10μF / 10V; GCM21BR71A106KE22L + 2 × 4.7μF / 10V; LMK107BJ475MAHT | Murata, Taiyo Yuden |
| C _{OUT} | 2 × 22μF / 10V; GCM31CR71A226KE02L + 8 × 47μF / 6.3V; GCM32ER70J476ME19L + 3 × 100μF / 6.3V; GRT32ER60J107NE13L | Murata (村田製作所) |
| C _C | 1nF | 任意 |
| R _Z | 3.6kΩ | 任意 |
| C _{C2} | 4.7pF | 任意 |
| R _{EN} | 22kΩ | 任意 |
| R _{FSEL} | 0kΩ から GND へ | 任意 |
| R _{VSEL} | 6.2kΩ or, 47kΩ, または 0kΩ | 任意 |
| R _{PG} | 100kΩ | 任意 |

8 詳細説明

8.1 概要

TPS6287x-Q1 デバイスは、車載用認定済みの同期整流降圧型 (バック) DC/DC コンバータです。これらのデバイスは、高速な過渡応答と固定周波数動作を両立させた強化型 DCS-Control 方式を採用しており、低出力リップル、高い DC 精度、差動リモート センシングと組み合わせることで、最新の高性能プロセッサのコア電源に最適な設計となっています。

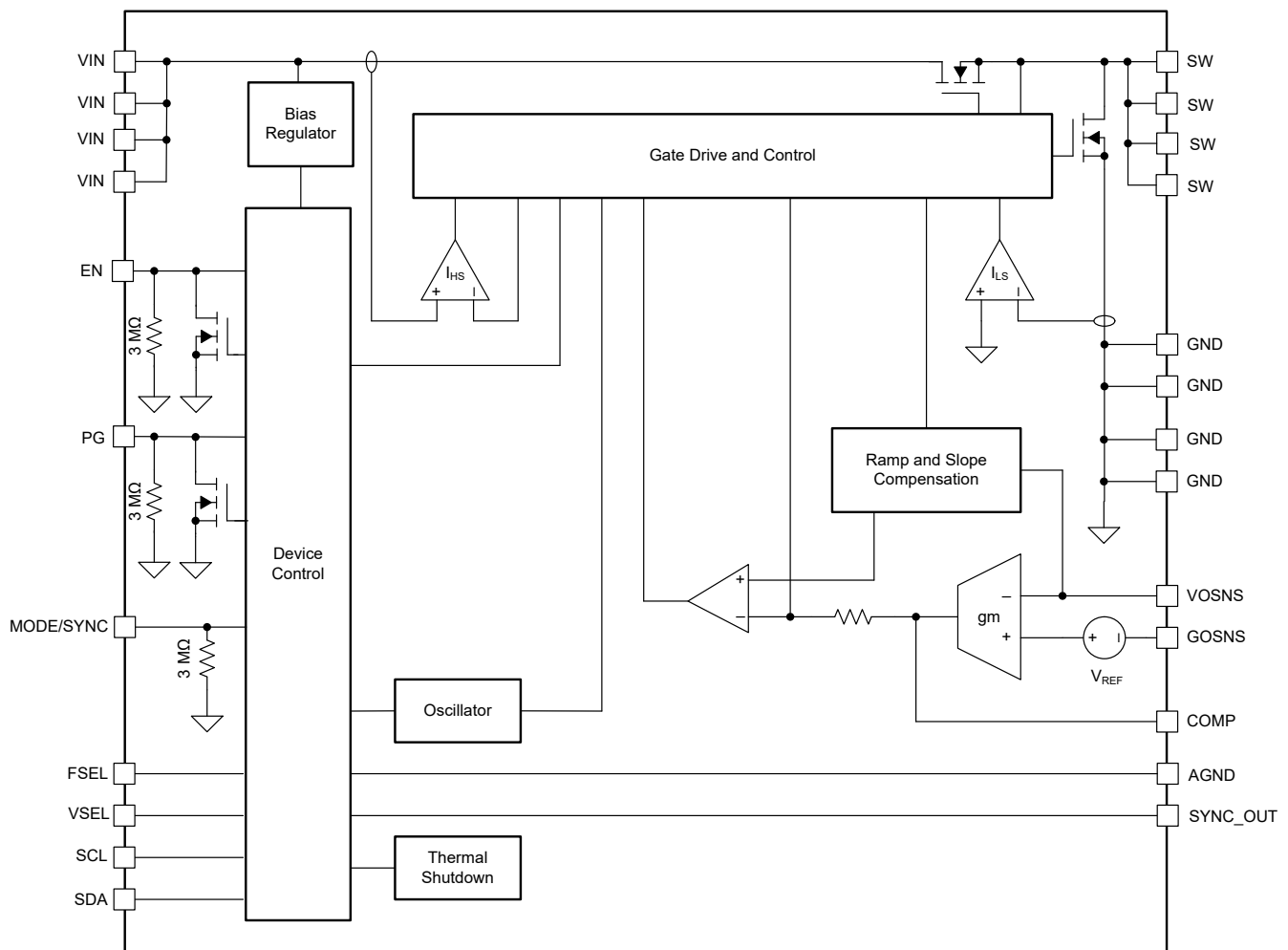
このファミリに属する 4 つのデバイスは、電流定格を除いてすべて同一です。

- TPS62874-Q1 は 15A 定格のデバイスです
- TPS62875-Q1 は 20A 定格のデバイスです
- TPS62876-Q1 は 25A 定格のデバイスです
- TPS62877-Q1 は 30A 定格のデバイスです

出力電流能力をさらに高めるには、スタック内に複数のデバイスを組み合わせてください。たとえば、2 つの TPS62875-Q1 デバイスをスタックすると、40A の電流容量になります。

TPS6287x-Q1 デバイスには I²C 互換のインターフェイスが内蔵されており、動作の制御と監視が可能です。I²C 互換インターフェイスを使用しない場合は、SCL ピンおよび SDA ピンを GND に接続してください。

8.2 機能ブロック図



8.3 機能説明

8.3.1 固定周波数の DCS-Control トポロジ

図 8-1 に、TPS6287x-Q1 デバイスで使用されている固定周波数 DCS-Control トポロジの簡略ブロック図を示します。このトポロジは、内部でエミュレートされた電流ループと外部の電圧調整ループで構成されています。

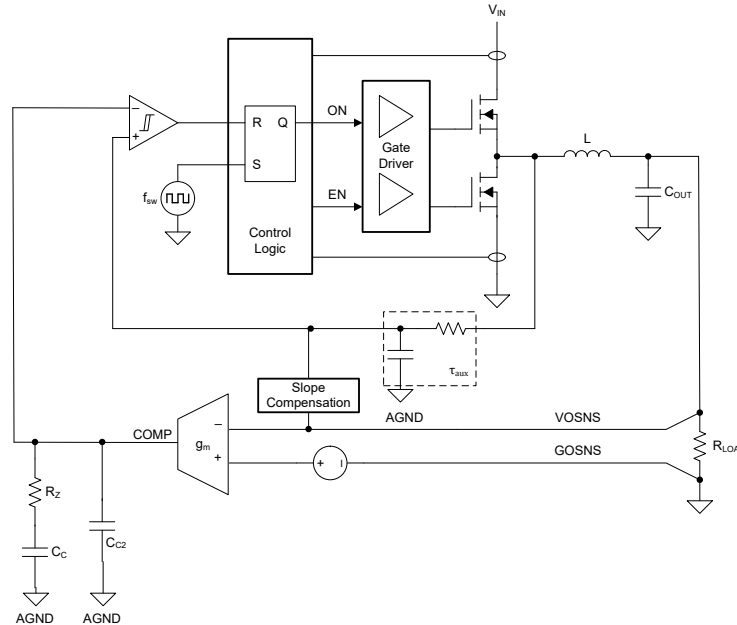


図 8-1. 固定周波数の DCS-Control トポロジ (簡略図)

8.3.2 強制 PWM モードとパワーセーブモード

デバイスは、出力をレギュレートするための 3 つの方法でインダクタ電流を制御できます。

- 連続インダクタ電流を使用するパルス幅変調 (PWM-CCM)
- 不連続インダクタ電流によるパルス幅変調 (PWM-DCM)
- 不連続インダクタ電流およびパルススキップによるパルス周波数変調 (PFM - CCM)

PWM-CCM 動作中、デバイスは一定の周波数でスイッチングを行い、インダクタ電流は連続的です (図 8-2 を参照)。PWM 動作は、最小の出力電圧リップルと最高の過渡性能を達成します。

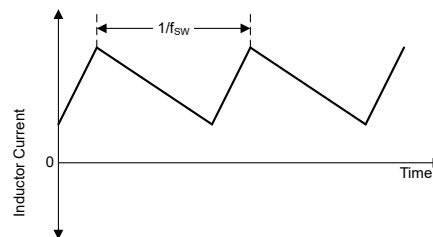


図 8-2. 連続導通モード (CCM) 電流波形

PWM-DCM 動作中、デバイスは一定の周波数でスイッチングを行い、インダクタ電流は不連続です (図 8-3 を参照)。このモードでは、デバイスはピーク インダクタ電流を制御し、選択したスイッチング周波数を維持しながら、出力のレギュレーションを維持することができます。

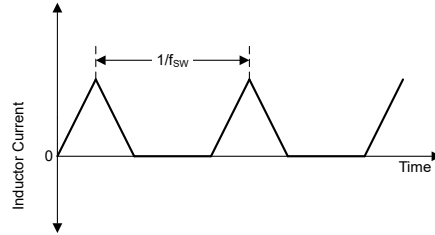


図 8-3. 不連続導通モード (DCM) 電流波形

PFM - DCM 動作中、デバイスはピーク インダクタ電流を一定に維持し (コンバータの最小オン時間に対応するレベル)、パルスをスキップして出力をレギュレートします (図 8-4 を参照)。PFM - DCM 動作中に発生するスイッチング パルスは、内部クロックに同期されます。

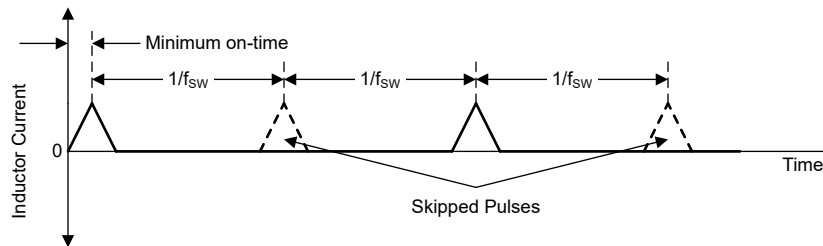


図 8-4. 不連続導通モード (PFM/DCM) 電流波形

デバイスが PFM-DCM になる出力電流スレッシュホールドを計算するには、式 1 を使用します。

$$I_{OUT(PFM)} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT})}{2L} t_{ON}^2 \left(\frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \right) f_{sw} \quad (1)$$

次の図は、スレッシュホールド V_{IN} と V_{OUT} が、スイッチング周波数 2.25MHz の場合に、どのように変化するかを示しています。

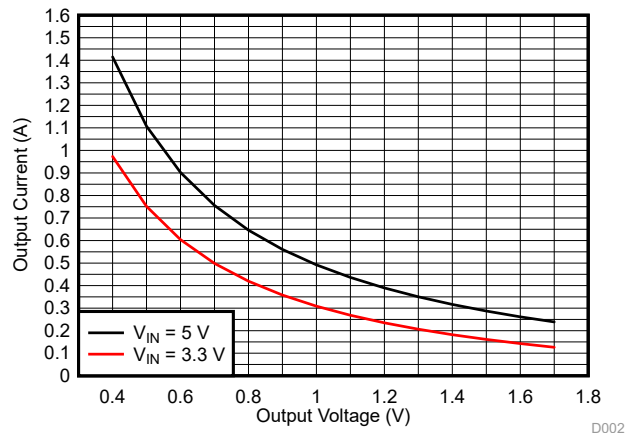


図 8-5. $f_{sw} = 2.25\text{MHz}$ の出力電流 PFM - DCM エントリ スレッシュホールド

強制 PWM モード (FPWM) とパワーセーブ モード (PSM) のどちらかを使用するようにデバイスを構成します。

- 強制 PWM モードでは、デバイスは常に PWM-CCM を使用します。
- パワーセーブモードでは、このデバイスは中負荷および高負荷で PWM-CCM、低負荷で PWM-DCM、非常に低負荷で PFM -DCM を使用します。各種動作モード間の遷移はシームレスに行われます。

表 8-1 に、本デバイスの動作モードを制御する MODE/SYNC ピンの機能表と CONTROL1 レジスタの FPWMEN ビットを示します。

表 8-1. FPWM モードとパワーセーブモードの選択

| MODE/SYNC ピン | FPWMEN ビット | 動作モード | 注記 |
|--------------|------------|-------|--------------------|
| 低 | 0 | PSM | スタック構成では使用しないでください |
| | 1 | FPWM | |
| 高 | X | FPWM | |
| 同期クロック | X | FPWM | |

8.3.3 非同期過渡モード (オプション)

TPS6287x -Q1 には過渡非同期モードがあり、負荷解放時の出力電圧のオーバーシュートを最小限に抑えるのに役立ちます。ハイサイド FET がオフになると、インダクタ電流の減衰は主に出力電圧によって決まり、ローサイド FET にはほとんど電圧降下が生じません。出力電圧が非常に低い場合、電流の減衰が遅いため、負荷変動時には通常、アンダーシュートよりもオーバーシュートの方が大きくなります。非同期モードでは、ローサイド FET が 6 つのスイッチング サイクルの間オフになり、その間インダクタ電流はボディ ダイオードを通じて減衰します。この場合、インダクタの両端に電圧が追加されるため、電流の減衰が速くなり、出力電圧のオーバーシュートは小さくなります。

8.3.4 高精度イネーブル

イネーブル (EN) ピンは双方向で、2 つの機能を持ちます。

- このピンは、入力として、デバイスの DC/DC コンバータを有効/無効にします。
- 出力として、このピンはスタック構成内の他のデバイスに対して SYSTEM_READY 信号を提供します。

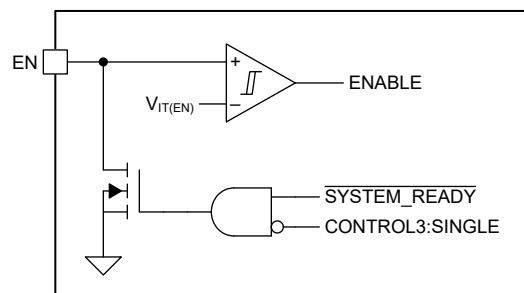


図 8-6. 機能ブロック図を有効にする

EN ピンに接続された内部オープンドレイントランジスタがあるため、低インピーダンスのソースからこのピンを直接駆動しないでください。代わりに、抵抗を使用して、EN ピンに流れる電流を制限します (セクション 10.1 を参照)。

VIN ピンに電源が初めて供給されると、デバイスは非揮発メモリからデフォルトのレジスタ設定を読み込み、VSEL、FSEL および SYNC_OUT ピンの状態を読み取るまで、EN ピンを Low に保持します。また、サーマル シャットダウンや過電圧 ロックアウトなどの故障が発生した場合も、デバイスは EN を Low にプルします。スタック構成では、すべてのデバイスが共通のイネーブル信号を共有します。これは、スタック内のすべてのデバイスが初期化を完了するまで、スタック内の DC/DC コンバータのスイッチングを開始できないことを意味します。同様に、スタック内の 1 つ以上のデバイスに故障が発生すると、スタック内のすべてのコンバータが無効化されます (セクション 8.3.18 を参照)。

スタンドアロン (非スタック) アプリケーションでは、CONTROL3 レジスタで SINGLE = 1 に設定することで、EN ピンのアクティブプルダウン機能を無効にすることができます。SINGLE = 1 の場合、故障状態は EN ピンに影響を与えません。(デバイスの初期化中は、EN ピンは常にプルダウンされることに注意してください。)スタックアプリケーションでは、SINGLE = 0 であることを確認してください。

内部 SYSTEM_ready 信号が Low のとき (つまり、初期化が完了し、フォルト条件がないとき)、内部オープンドレイントランジスタは高インピーダンスであり、EN ピンは標準入力と同様に機能します。EN ピンが High レベルになると、デバイ

スの DC/DC コンバータがイネーブルになり、Low レベルになると、デバイスの DC/DC コンバータがディセーブルされます。(I²C インターフェイスは、デバイスが初期化を完了するとすぐに有効になり、内部 ENABLE または SYSTEM_READY 信号の状態には影響されません。)

EN ピンが Low レベルになると、デバイスは強制的にシャットダウンします。シャットダウン中、電力段の MOSFET がオフになり、内部制御回路が無効化され、デバイスの消費電流は 20μA (標準値) のみです。

EN ピンの立ち上がりしきい値電圧は 1.0V、立ち下がりしきい値電圧は 0.9V です。スレッショルド電圧の許容誤差は ±30mV であるため、EN ピンを使用して正確なオン/オフ制御を実現できます。

8.3.5 スタートアップ

VIN ピンの電圧が正方向の UVLO スレッショルドを超えると、デバイスは次のように初期化されます。

- デバイスは、EN ピンを Low にプルします。
- デバイスは、内部リファレンス電圧を無効にします。
- デバイスは VSEL、FSEL、および SYNC_OUT ピンの状態を読み取ります。
- デバイスは、デフォルト値をデバイスのレジスタにロードします。

初期化が完了すると、デバイスは I²C 通信を有効にし、EN ピンを解放します。これで、EN ピンを制御する外部回路によってデバイスの動作が決定されます。

- EN ピンが Low の場合、デバイスは無効化されます。この状態でもレジスタへの読み書きは可能ですが、DC/DC コンバータは動作しません。
- EN ピンが High の場合、デバイスは有効になります。この状態ではレジスタへの読み書きが可能であり、EN ピンが High になってから短い遅延の後に、DC/DC コンバータが出力の立ち上げを開始します。

図 8-7 に、EN ピンが抵抗を経由して V_{IN} にプルアップされたときのスタートアップ シーケンスを示します。

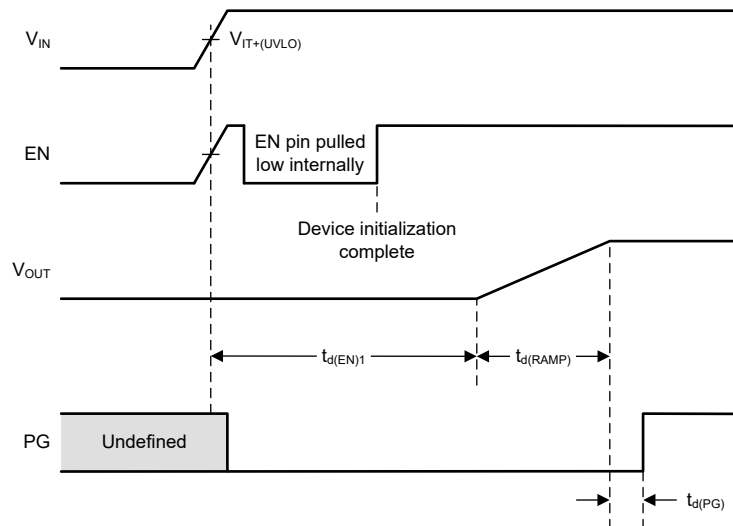


図 8-7. EN が V_{IN} にプルアップされたときのスタートアップタイミング

図 8-8 に、外部信号が EN ピンに接続されている場合のスタートアップ シーケンスを示します。

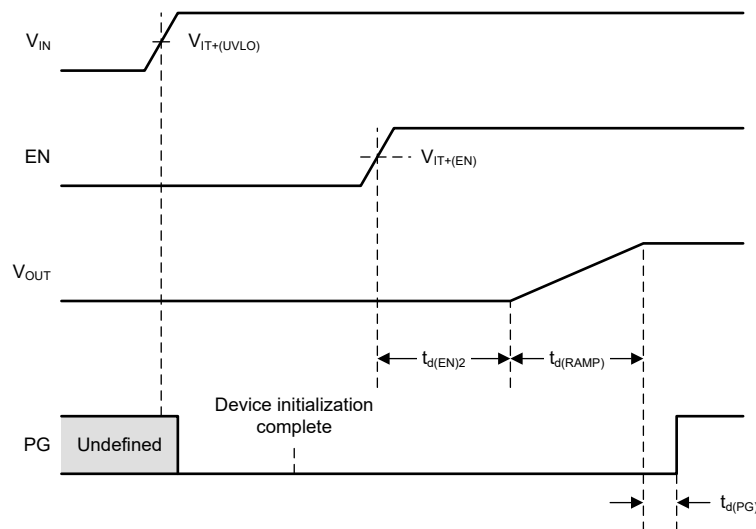


図 8-8. 外部信号が EN ピンに接続されている場合のスタートアップ タイミング

CONTROL2 レジスタの SSTIME[1:0] ビットを使用して、ソフトスタート ランプの持続時間を選択します。

- $t_{d(RAMP)} = 500\mu s$
- $t_{d(RAMP)} = 770\mu s$ (TPS6287BxxLA0 のデフォルト)
- $t_{d(RAMP)} = 1ms$ (TPS6287BxxHA0、TPS6287BxxJE2 および TPS6287BxxVA0 のデフォルト)
- $t_{d(RAMP)} = 2ms$

デバイスがすでにソフトスタートシーケンスを開始している状態で、ユーザーが新しい出力電圧設定値 ($VSET[7:0]$)、出力電圧範囲 ($VRANGE[1:0]$)、またはソフトスタート時間 ($SSTIME[1:0]$) を設定しても、デバイスはソフトスタートシーケンスが完了するまでその新しい値を無視します。たとえば、ソフトスタート中にユーザーが $VSET[7:0]$ の値を変更した場合、デバイスはまず、ソフトスタートシーケンス開始時点の $VSET[7:0]$ の値に向かって出力を立ち上げ、その後、ソフトスタートが完了すると、新しい値に向かって電圧を上昇または下降させます。

デバイスはプリバイアス出力の起動ができます。この場合、内部電圧ランプの一部のみが外部から検出されます (図 8-9 を参照)。

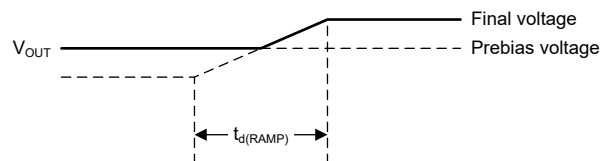


図 8-9. プリバイアス出力の起動

スタートアップ ランプ中は、他の構成設定や動作条件に関係なく、デバイスは常に DCM / PFM で動作することに注意してください。

8.3.6 スイッチング周波数の選択

デバイスの初期化時に、デバイスの抵抗/デジタルコンバータによって FSEL ピンの状態が決定され、表 8-2 に従って DC/DC コンバータのスイッチング周波数が設定されます。

表 8-2. スイッチング周波数の選択肢

| FSEL の抵抗(1%) | スイッチング周波数 |
|---------------|-----------|
| GND に 6.2kΩ | 1.5MHz |
| GND への短絡 | 2.25MHz |
| V_{IN} への短絡 | 2.5MHz |

表 8-2. スイッチング周波数の選択肢 (続き)

| FSEL の抵抗(1%) | スイッチング周波数 |
|-------------------------|-----------|
| V_{IN} に 47k Ω | 3MHz |

次の図は FSEL ピンの状態を検出するために使用される R2D コンバータの簡略化ブロック図を示しています (同一の回路が VSEL ピンの状態検出にも使用されます - [出力電圧設定ポイント](#)を参照)。

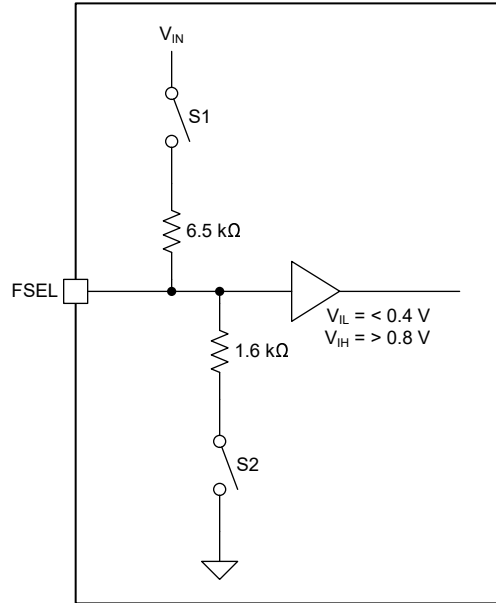


図 8-10. FSEL R2D コンバータの機能ブロック図

FSEL ピンの状態の検出は次のように動作します。

最上位ビット (MSB) を検出するため、回路は S1 と S2 を開き、入力バッファが FSEL ピンに HIGH または LOW レベルが接続されているかどうかを検出します。

最下位ビット (LSB) を検出する場合：

- MSB が 0 の場合、回路は S1 を閉じます。入力バッファが HIGH レベルを検出すると、LSB = 1 になります。回路が LOW レベルを検出すると、LSB = 0 になります。
- MSB が 1 の場合、回路は S2 を閉じます。入力バッファが LOW レベルを検出した場合、LSB = 0 になります。回路が HIGH レベルを検出した場合、LSB = 1 になります。

電流センシング コンパレータの伝搬遅延により、デバイスの最小オン時間が制限されます。実際には、これは、小さなデューティサイクルでデバイスがサポートできる最大スイッチング周波数が低下することを意味します。3.3V および 5V 電源を使用するデバイスの実際的な動作範囲を [図 6-5](#) に示します。

8.3.7 出力電圧設定

8.3.7.1 出力電圧範囲

このデバイスは、3 つの電圧範囲に対応しています。CONTROL1 レジスタの VRANGE[1:0] ビットは、アクティブにする範囲を制御します (表 8-3 を参照)。

表 8-3. 電圧レンジ

| VRANGE[1:0] | 電圧レンジ |
|-------------|---------------------------|
| 0b00 | 0.4V~0.71875V (1.25mV 刻み) |
| 0b01 | 0.4V~1.0375V (2.5mV 刻み) |

表 8-3. 電圧レンジ (続き)

| VRANGE[1:0] | 電圧レンジ |
|-------------|----------------------|
| 0b10 | 0.4V~1.675V (5mV 刻み) |
| 0b11 | 0.4V~1.675V (5mV 刻み) |

VRANGE[1:0] ビットの変更の後には、VSET[7:0] ビットの値が変化しない場合でも、VSET レジスタに書き込む必要があります。このシーケンスは、デバイスが新しい電圧範囲の使用を開始するために必要です。

8.3.7.2 出力電圧の設定ポイント

選択した範囲と一緒に、VSET レジスタの VSET[7:0] ビットは、デバイスの出力電圧設定点を制御します (表 8-4 を参照)。

表 8-4. 起動時の電圧設定

| VRANGE[1:0] | 出力電圧の設定ポイント |
|-------------|----------------------------------|
| 0b00 | $0.4V + VSET[7:0] \times 1.25mV$ |
| 0b01 | $0.4V + VSET[7:0] \times 2.5mV$ |
| 0b10 | $0.4V + VSET[7:0] \times 5mV$ |
| 0b11 | $0.4V + VSET[7:0] \times 5mV$ |

初期化時に、デバイスは VSEL ピンの状態を読み取り、表 8-5 に従ってデフォルト出力電圧を選択します。VSEL ピンのは、デバイスの I²C ターゲット アドレスも選択されることに注意してください (以下を参照)。デバイス バージョンおよび出力電圧設定ポイントの詳細なリストについては、デバイスのオプション表を参照してください。

表 8-5. デフォルトの出力電圧の設定ポイント

| VSEL ピン ¹ | VSET[7:0] | I ² C デバイス アドレス | 出力電圧の設定ポイント |
|--------------------------|-----------|----------------------------|-------------|
| 6.2kΩ から GND へ | 0x50 | 0x44 | 800mV |
| GND への短絡 | 0x46 | 0x45 | 750mV |
| V _{IN} への短絡 | 0x5F | 0x46 | 875mV |
| 47kΩ を V _{IN} へ | 0x24 | 0x47 | 580mV |

デバイスがすでにソフトスタートシーケンスを開始している状態で、新たな出力電圧設定値 (VSET[7:0])、出力電圧範囲 (VRANGE[1:0])、またはソフトスタート時間 (SSTIME[1:0]) をプログラムしても、それらの新しい設定はソフトスタートシーケンスが完了するまで無視されます。たとえば、ソフトスタート中に VSET[7:0] の値を変更した場合、デバイスはまず、ソフトスタートシーケンス開始時点での VSET[7:0] の値に向かって出力電圧を立ち上げ、その後ソフトスタートが完了してから、新しい値に向かって電圧を上げるか下げるかします。

ユーザーが EN 信号が Low の間に VSET[7:0]、VRAMP[1:0]、または SSTIME[1:0] を変更した場合、デバイスは次回ユーザーが有効化したときに新しい値を使用します。

起動時には、まず出力電圧が VSEL ピンで設定された目標値まで立ち上がり、その後、I²C インターフェイスを介してデバイスにプログラムされた新しい値に向かって、電圧が上昇または下降します。

8.3.7.3 デフォルト以外の出力電圧の設定ポイント

デフォルトの電圧範囲や電圧設定値の組み合わせがアプリケーションに最適でない場合は、ユーザーはデバイスを有効にする前に、I²C によってこれらの設定を変更することができます。その後、EN ピンを High にすると、デバイスは希望する起動電圧で立ち上がります。

¹ 信頼性の高い電圧設定を得るため、VSEL ピンに接続された浮遊電流パスが存在しないこと、および VSEL ピンと GND の間の寄生容量が 30pF 未満であることを確認します。

デバイスのランプ中に I²C を使用してデバイス設定を変更した場合は、ランプが完了するまでの変更は無視されることに注意してください。

8.3.7.4 ダイナミック電圧スケーリング

DC/DC コンバータが動作中に出力電圧の設定値を変更した場合、デバイスは新しい電圧設定に向けて制御された方法で電圧を上昇または下降させます。

CONTROL1 レジスタの VRAMP[1:0] ビットは、DVS 中にデバイスがある電圧から別の電圧に上昇するときのスルーレートを設定します (表 8-6 を参照)。

表 8-6. 動的電圧 スケーリング スルーレート

| VRAMP[1:0] | DVS スルーレート |
|--------------|------------|
| 0b00 | 10mV/μs |
| 0b01 | 5mV/μs |
| 0b10 (デフォルト) | 1.25mV/μs |
| 0b11 | 0.5mV/μs |

出力をより高い電圧に上げるには、追加の出力電流が必要になることに注意してください。そのため、DVS 中、コンバータは次の式で求められる合計出力電流を生成する必要があります。

$$I_{OUT} = I_{OUT(DC)} + C_{OUT} \frac{dV_{OUT}}{dt} \quad (2)$$

ここで

- I_{OUT} は、より高い電圧に上昇している間にコンバータが生成する必要がある合計電流です
- $I_{OUT(DC)}$ は DC 負荷電流
- C_{OUT} は合計出力キャパシタンス
- dV_{OUT}/dt は出力電圧のスルーレートです (0.5mV/μs ~ 10mV/μs の範囲でプログラマブル)

正常に動作させるには、DVS 中の合計出力電流がデバイスの電流制限を超えないことを確認してください。

8.3.7.5 ドループ補償

ドループ補償により、出力電流に基づいて公称出力電圧がスケーリングされます。この動作は、出力電流がない場合は出力電圧がより高い値に設定され、最大出力電流で公称値よりも小さい値に設定されるようにします。そのため、ドループ補償は負荷過渡時により大きなマージンを提供し、大きな負荷変動や負荷解除時にも出力電圧を一定の許容範囲内に保つのに役立ち、また出力容量を小さく抑えることも可能にします。電圧スケーリングは、相対値ではなく絶対値です。電圧スケーリングと出力電流の関係は、TPS6287x-Q1 の出力電流バージョンは、それぞれ、15A、20A、25A、30A の定格出力電流に基づいて依存します。その動作を図 8-11 のグラフに示します。ドループ補償がデフォルトで無効または有効になっている場合の特定のバージョンについては、「[「デバイス オプション」表](#)を参照してください。ドループ補償は、ビット CONTROL3:DROOPEN で有効化できます。ドループ補償を有効化するには、デバイスが無効化されている間に行う必要があります。有効にしないと、過渡出力電圧の偏差が発生する可能性があります。

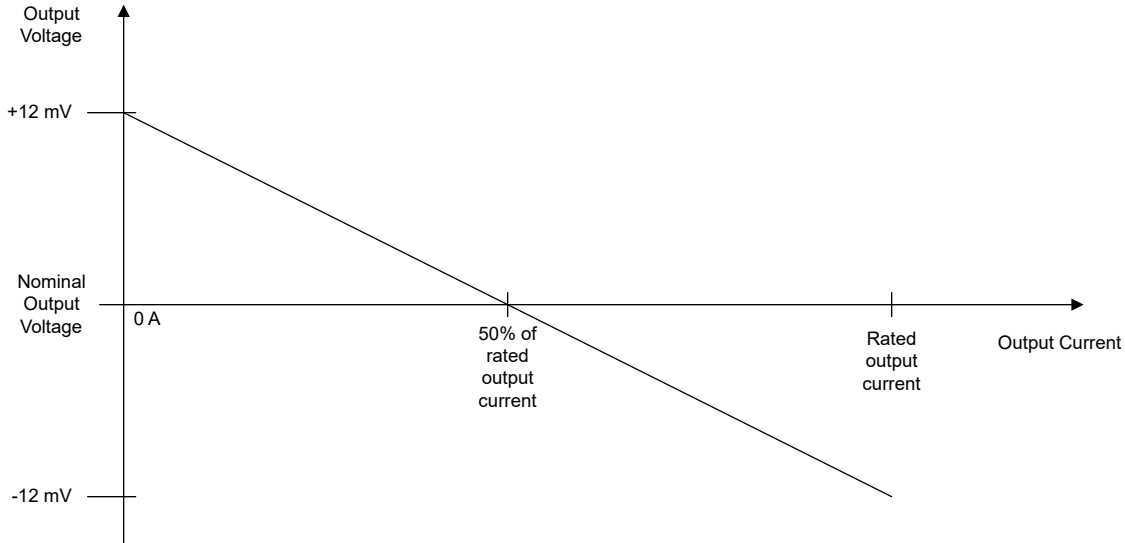


図 8-11. 出力電流による電圧スケーリング

8.3.8 補償 (COMP)

COMP ピンは、外部補償ネットワークを接続するための端子です。通常のアプリケーションでは、AGND に直列接続された抵抗とコンデンサで十分であり、幅広い動作条件に対応したループ応答の最適化が可能です。

複数のデバイスをスタック構成で使用する場合、すべてのデバイスが共通の補償ネットワークを共有し、COMP ピンによって各デバイス間で電流が均等に分担されるようにします (セクション 8.3.18 を参照)。

8.3.9 モード選択 / クロック同期 (MODE/SYNC)

MODE/SYNC ピンに High レベルが印加されると、強制 PWM 動作が選択されます。MODE/SYNC ピンが Low レベルになると、パワーセーブ動作が選択され、デバイスは負荷条件に応じて PWM と PFM の間を自動的に遷移します。

MODE/SYNC ピンに有効なクロック信号を印加すると、デバイスはスイッチング サイクルを外部クロックに同期させ、強制 PWM 動作を自動的に選択します。

MODE/SYNC ピンは CONTROL1 レジスタの FPWMEN ビットと論理 OR されます (表 8-1 を参照)。

複数のデバイスをスタック構成で使用する場合、セカンダリデバイスの MODE/SYNC ピンはクロック信号の入力として機能します (セクション 8.3.18 を参照)。

8.3.10 スペクトラム拡散クロック処理 (SSC)

このデバイスはスペクトラム拡散クロック機能を備え、電磁干渉 (EMI) を低減できます。SSC 機能がアクティブのとき、デバイスは公称値の $\pm 10\%$ までスイッチング周波数を変調します。周波数変調は三角波特性を持っています (図 8-12 を参照)。

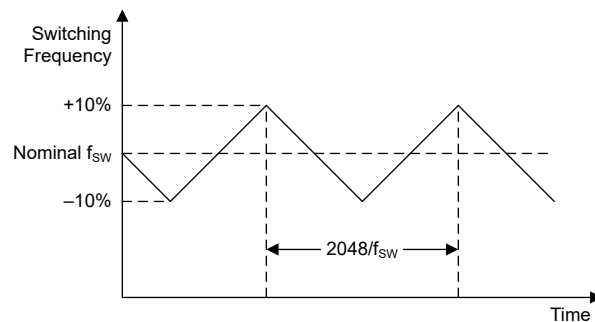


図 8-12. スペクトラム拡散クロック処理の動作

SSC 機能を使用するには、次のことを確認します。

- CONTROL1 レジスタの SSCEN = 1
- 強制 PWM 動作を選択 (CONTROL1 レジスタで MODE ピンを High または FPWMEN = 1)
- クロックが外部クロックに同期していない。

SSC 機能を無効化するには、CONTROL1 レジスタで SCCEN = 0 であることを確認します。

スタック構成の複数のデバイスで SSC 機能を使用するには、1 次コンバータが内部発振器から動作し、すべての 2 次コンバータが 1 次クロックに同期するようにします (図 8-16 を参照)。

8.3.11 出力放電

このデバイスには出力放電機能が備わっており、デバイスが無効化された際に出力電圧が一定の速度で低下するようにし、デバイスがオフの間も出力電圧を 0V 付近に保ちます。CONTROL1 レジスタで DISCHEN = 1 のとき、出力放電機能は有効にされます。出力放電機能はデフォルトで有効になっています。

有効になっている場合、デバイスは以下の条件下で出力を放電します：

- EN ピンには low レベルが印加されている
- CONTROL1 レジスタの SWEN = 0
- サーマル シャットダウンイベントが発生する
- UVLO イベントが発生する
- OVLO イベントが発生する

出力放電機能は、電源投入後に一度でもデバイスを有効化しない限り使用できません。電源オフ時、デバイスは供給電圧が約 1.8V を上回っている限り、出力の放電を継続します。

8.3.12 低電圧誤動作防止 (UVLO)

TPS6287x-Q1 には低電圧誤動作防止機能があり、電源電圧が低すぎて正常な動作ができない場合、デバイスはディセーブルされます。UVLO 機能の負方向スレッシュホールドは 2.5V (標準値) です。電源電圧がこの値を下回ると、デバイスはスイッチングを停止します。CONTROL1 レジスタで DISCHEN = 1 の場合、出力放電をオンにします。

8.3.13 過電圧誤動作防止 (OVLO)

TPS6287x-Q1 には過電圧ロックアウト機能があり、電源電圧が高すぎて正常な動作ができない場合、DC/DC コンバータが無効になります。OVLO 機能の正方向スレッシュホールドは 6.3V (標準値) です。電源電圧がこの値を超えると、デバイスはスイッチングを停止し、CONTROL1 レジスタで DISCHEN = 1 に設定されている場合は、出力放電機能が有効になります。

デバイスは自動的にスイッチングを再開します。電源電圧が 6.2V (標準値) を下回ると、デバイスは新しいソフトスタートシーケンスを開始します。

8.3.14 過電流保護

8.3.14.1 サイクル単位の電流制限

ピーク インダクタ電流がハイサイド電流制限のしきい値を超えると、デバイスはハイサイド スイッチをオフにし、ローサイド スイッチをオンにしてインダクタ電流を減少させます。デバイスは、インダクタ電流がローサイド電流制限のしきい値を下回った場合にのみ、再びハイサイド スイッチをオンにします。

なお、電流制限コンパレータの伝播遅延により、実際の電流制限スレッシュホールドは、電気的特性に記載された DC 値より大きくなる場合があります。実際には、次の式で電流制限を求められます。

$$I_L = I_{LIMH} + \left(\frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L} \right) t_{pd} \quad (3)$$

ここで

- I_L は、ピーク インダクタ電流です
- I_{LIMH} は DC で測定されるハイサイド電流制限スレッシュホールドです
- V_{IN} は入力電圧
- V_{OUT} は出力電圧です。
- L は、ピーク電流レベルでの実効インダクタンスです
- t_{pd} は、電流制限コンパレータの伝播遅延です (通常は 50ns)

8.3.14.2 ヒカップモード

ヒカップ動作を有効にするには、CONTROL1 レジスタで HICCUPEN = 1 であることを確認します。HICCUP 機能は、デフォルトで無効になっています。

ヒカップ動作が有効になり、ハイサイドスイッチ電流が連続 32 スイッチングサイクルでハイサイド電流制限スレッシュホールドを超えると、デバイスは次の動作を行います。

- 128 μ s のスイッチングを停止する。その後、デバイスは自動的にスイッチングを再開する (新しいソフトスタートシーケンスを開始)。
- STATUS レジスタの HICCUP ビットをセットする。
- PG ピンを low にします。過負荷状態が解消され、デバイスが正常に起動して出力電圧をレギュレートできるまで、PG ピンは Low のまま維持されます。パワーグッド機能にはグリッチ除去回路があり、パワーグッド信号の立ち上がりエッジを 40 μ s (標準値) 遅延させることに注意してください。

ヒカップ動作は、出力過負荷状態が存在する限り、電流制限内の 32 サイクルで繰り返されます。その後、128 μ s の一時停止と、ソフトスタートが試みられます。

過負荷状態が解消されたときに STATUS レジスタを読み取ると、デバイスは HICCUP ビットをクリアします。

8.3.14.3 電流制限モード

電流制限モードを有効にするには、CONTROL1 レジスタで HICCUPEN = 0 であることを確認します。

電流制限動作が有効になっているとき、過負荷状態が存在する間、デバイスはハイサイドスイッチの電流をサイクルごとに制限します。デバイスが連続 4 回以上のスイッチング サイクルにわたってハイサイド スイッチ電流を制限する場合、デバイスは STATUS レジスタで ILIM = 1 に設定します。

過負荷状態が解消された後にユーザーが STATUS レジスタを読み取ると、デバイスは ILIM ビットをクリアします。

8.3.15 パワー グッド (PG)

パワーグッド (PG) ピンは双方向で、次の 2 つの機能を備えています。

- スタンドアロン構成の場合、またスタック構成の主要デバイスでは、PG ピンはコンバータまたはスタックのステータスを示すオープンドレイン出力です。
- スタック構成におけるセカンダリ デバイスでは、PG ピンは入力として機能し、ソフトスタートシーケンスが完了し、スタック内のすべてのコンバータが DCM スイッチングから CCM スイッチングに切り替え可能な状態であることを示します。

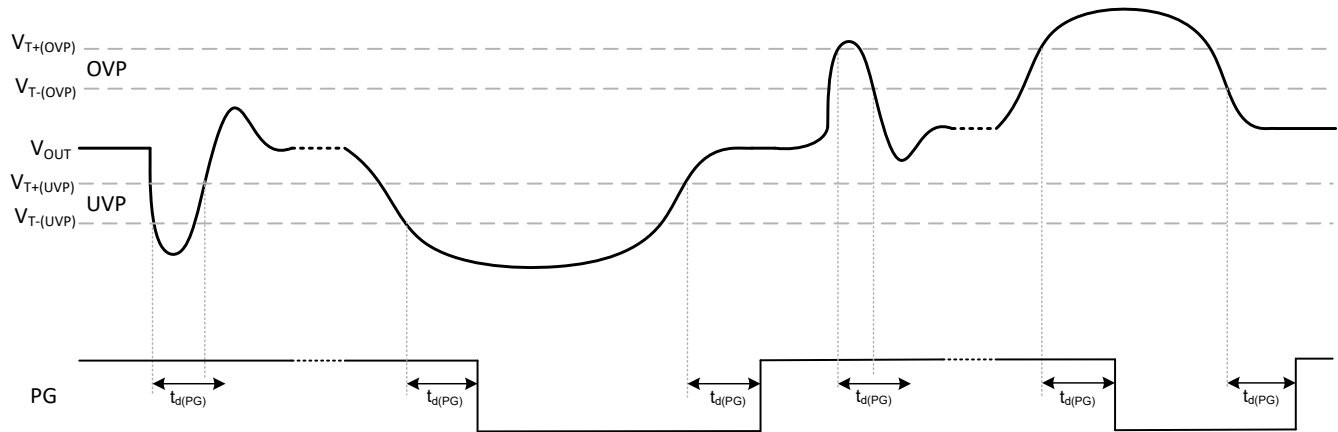


図 8-13. PG のタイミング

8.3.15.1 スタンドアロン、プライマリ デバイスの動作

PG ピンの主な目的は、出力電圧がレギュレート状態であるかどうかを示すことですが、PG ピンはデバイスがサーマル シャットダウン状態でも無効化状態でも示されます。表 8-7 にスタンドアロンまたはプライマリ デバイスにおける PG ピンの動作をまとめます。

表 8-7. パワーグッド機能表

| V_{IN} | EN | V_{OUT} | ソフトスタート | PGBLNKDVS AND DVS_active | T_J | PG |
|--|----|---|---------|-----------------------------|----------------|-----------|
| $V_{IN} < 2V$ | X | X | X | X | X | 未定義 |
| $V_{IT-(UVLO)} \geq V_{IN} \geq 2V$ | X | X | X | X | X | 低 |
| $V_{IT-(UVLO)} < V_{IN} < V_{IT+(OVLO)}$ | L | X | X | X | X | 低 |
| | H | X | アクティブ | X | X | 低 |
| | | $V_{OUT} > V_{T+(OVP)}$ または $V_{OUT} < V_{T-(UVP)}$ | 非アクティブ | 0 | X | 低 |
| | | $V_{T-(OVP)} > V_{OUT} > V_{T+(UVP)}$ | | 1 | $T_J < T_{SD}$ | ハイインピーダンス |
| | | X | X | X | $T_J < T_{SD}$ | ハイインピーダンス |
| $V_{IN} > V_{IT+(OVLO)}$ | X | X | X | X | X | 低 |

図 8-14 に、スタンドアロンまたはプライマリ デバイスのパワーグッド機能の機能ブロック図を示します。ウィンドウ コンパレータは出力電圧を監視し、出力電圧が公称出力電圧の 95% 未満 (標準値) または 公称電圧の 105% を上回る場合、コンパレータの出力が High になります。ウィンドウ コンパレータの出力はグリッチ除去されます: 標準のグリッチ除去時間は 40μs。その後、オープンドレインの PG ピンの駆動に使用されます。

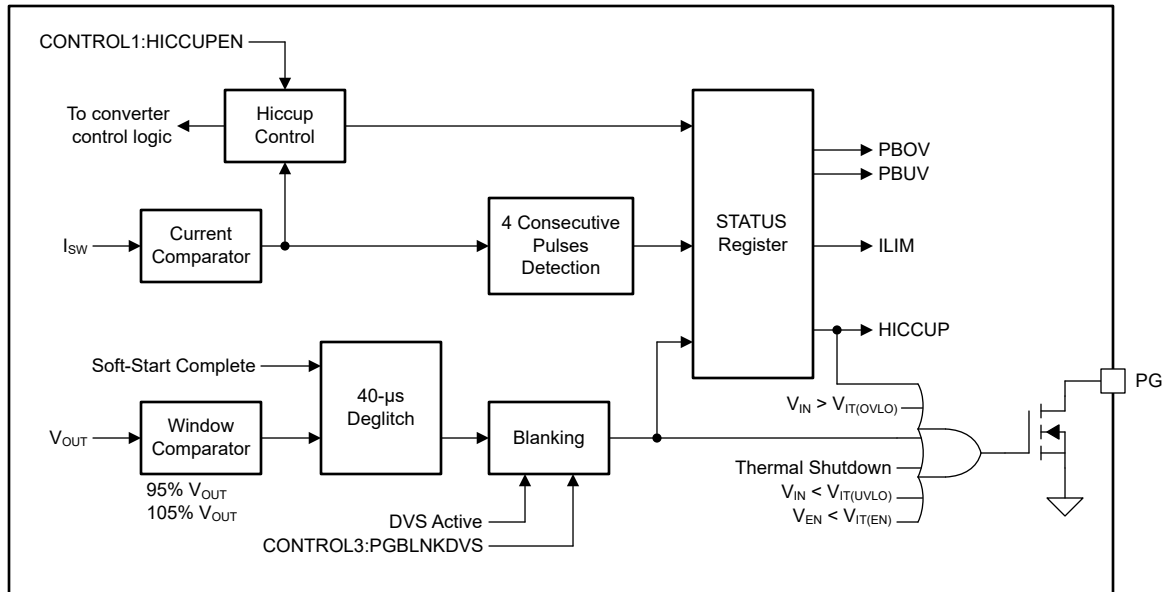


図 8-14. パワーグッド機能のブロック図 (スタンドアロン、プライマリ デバイス)

DVS 動作中に、DC/DC コンバータがある出力電圧設定から別の出力電圧設定に遷移すると、出力電圧が一時的にウィンドウ コンパレータの制限を超え、PG ピンを Low にする場合があります。デバイスには、この動作を無効化する機能があります。CONTROL3 レジスタで PGBLNKDVS = 1 の場合、DVS がアクティブの間、パワーグッド ウィンドウ コンパレータの出力を無視します。

PG ピンは、以下の場合ウィンドウ コンパレータの出力に関係なく常に Low であることに注意してください。

- デバイスがサーマル シャットダウン中
- デバイスが無効化されている
- デバイスは低電圧ロックアウト状態
- デバイスは過電圧ロックアウト状態
- デバイスがソフトスタート状態にある
- デバイスがヒカップ モード中

8.3.15.2 2 次デバイスの動作

図 8-15 は、2 次側デバイスにおけるパワーグッド機能の機能ブロック図を示しています。初期化中、デバイスは FF2 をプリセットし、これによって PG ピンがプルダウンされ、スタック内のデバイスが DCM で動作するように強制されます。デバイスが内部の起動シーケンスを完了すると、FF2 がリセットされ、Q1 がオフになります。スタック構成では、すべてのデバイスが同じ PG 信号を共有するため、スタック内のすべてのデバイスが起動を完了するまで PG ピンは Low のままになります。その場合 FF1 が設定されコンバータが CCM で動作します FF1 と FF2 はプリセットされており、コンバータが無効になるたびに (EN ピン、EN ビット、熱シャットダウン、または UVLO による) DCM が許可されるようになっています。

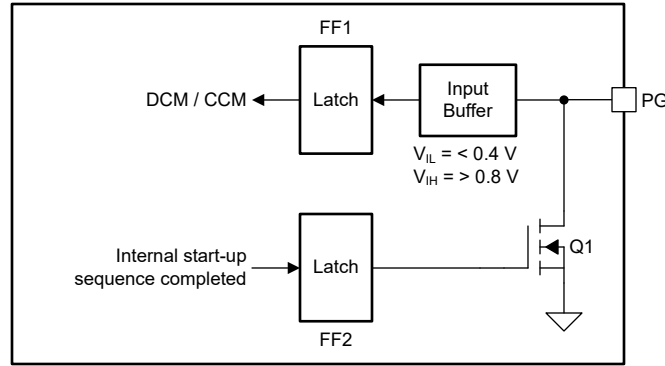


図 8-15. パワーグッド機能のブロック図 (2 次側デバイス)

8.3.16 リモート センス

このデバイスには VOSNS と GOSNS の 2 つのピンがあり、出力電圧をリモートで検出できます。リモートセンシングにより、コンバータはポイント・オブ・ロードで出力電圧を直接検出し、出力電圧レギュレーションの精度を向上できます。

スタック構成では、プライマリ デバイスの VOSNS および GOSNS を必ず負荷接続点に直接接続する必要があります。セカンダリ デバイスの場合は、VOSNS ピンと GOSNS ピンをローカル出力コンデンサに接続するか、または両方のピンを AGND に接続します (セクション 8.3.18 を参照)。

8.3.17 熱警告およびシャットダウン

このデバイスは、2 レベルの過熱検出機能を備えています。

接合部温度が過熱警告スレッシュホールド 150°C (標準値) を上回ると、デバイスは STATUS レジスタの TWARN ビットを設定します。接合部温度が 130°C (標準値) の TWARN スレッシュホールドを下回った後に STATUS レジスタを読み取ると、デバイスは TWARN ビットをクリアします。

接合部温度が 170°C (標準値) のサーマル シャットダウンのスレッシュホールドを上回ると、デバイスは次の動作を行います。

- スイッチングを停止する
- EN ピンをプルダウンする (CONTROL3 レジスタで SINGLE = 0 の場合)
- 出力放電を有効にする (CONTROL1 レジスタで DISCHEN = 1 の場合)
- STATUS レジスタの TSHUT ビットをセットする
- PG ピンを low にします

接合部温度が 150°C (標準値) のサーマル シャットダウンのスレッシュホールドを下回ると、デバイスは次の動作を行います。

- 新しいソフトスタートシーケンスから開始して、再度スイッチングを開始する
- EN ピンをハイインピーダンス状態に設定する
- PG ピンをハイインピーダンス状態に設定する

接合部温度が 150°C (標準値) の TSHUT スレッシュホールドを下回った後に STATUS レジスタを読み取ると、デバイスは TSHUT ビットをクリアします。

すべてのデバイスが共通のイネーブル信号を共有するスタック構成では、1 つのデバイスのサーマル シャットダウン条件により、スタック全体が無効化されます。熱いデバイスが冷却されると、スタック全体が自動的に再びスイッチングを開始します。

8.3.18 スタック動作

複数の TPS6287x-Q1 または デバイスを「スタック」と呼ばれる構成で並列接続することで、出力電流能力を高めたり、デバイスの接合部温度を下げたりすることができます。スタックは、1 つのプライマリデバイスと 1 つ以上のセカンダリデバイスで構成されます。初期化中に、各デバイスは SYNCOUT ピンを監視し、自身が 1 次側デバイスとして動作すべきか、それとも 2 次側デバイスとして動作すべきかを判断します。

- SYNCOUT ピンとグラウンドの間に $47\text{k}\Omega$ の抵抗が接続されている場合、そのデバイスは 2 次側デバイスとして動作します
- SYNCOUT ピンがハイ インピーダンス状態の場合、そのデバイスは 1 次側デバイスとして動作します

図 8-16 に、2 つの TPS6287x-Q1 デバイスをスタックした推奨相互接続を示します。

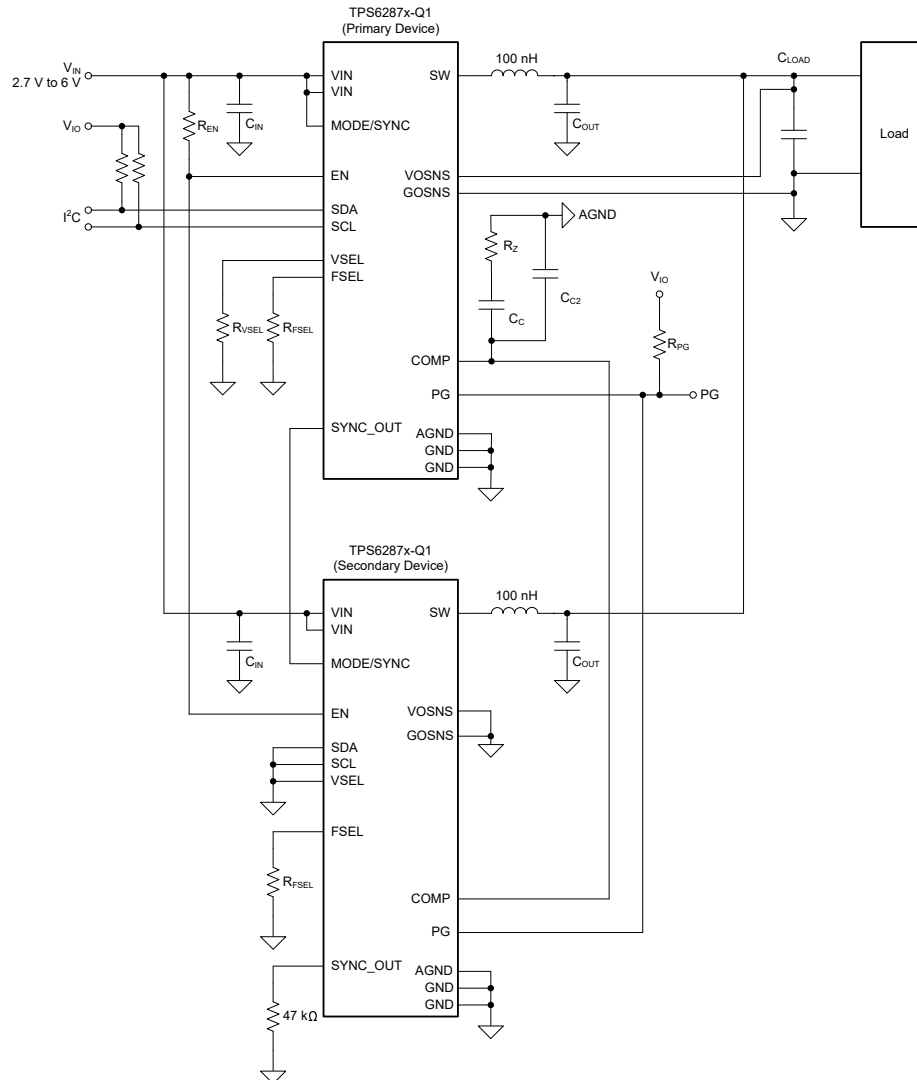


図 8-16. 2 個の TPS6287x-Q1 デバイスをスタックした構成

注意すべき重要なポイントは次のとおりです。

- スタック内のすべてのデバイスは共通のイネーブル信号を共有しています。この信号は、 $15\text{k}\Omega$ 以上の抵抗でプルアップする必要があります。
- スタック内のすべてのデバイスは、共通のパワー グッド信号を共有します。
- スタック内のすべてのデバイスは共通の補償信号を共有します。
- すべてのセカンダリ デバイスは、SYNC_OUT ピンとグラウンドの間に $47\text{k}\Omega$ 抵抗を接続する必要があります。
- 各デバイスのリモート センス ピン (VOSNS および GOSNS) は接続する必要があります (これらのピンをフローティングのままにしないでください)。
- プライマリ デバイスの VOSNS および GOSNS は、負荷のコンデンサに接続する必要があります

- セカンダリ デバイスの VOSNS と GOSNS は、デバイスの出力コンデンサに接続するか、または両方のピンを AGND に接続することもできます。
- 各デバイスは、同じスイッチング周波数に設定する必要があります。
- 1 次側デバイスは、強制 PWM 動作に設定する必要があります (2 次側デバイスは自動的に強制 PWM 動作に設定されます)。
- スタック構成は、外部クロックとの同期またはスペクトラム拡散クロック処理をサポートできます。
- デフォルトの出力電圧の設定には、1 次側デバイスの VSEL ピンのみが使用されます。2 次側デバイスの VSEL ピンのは使用しないため、グランドに接続する必要があります。
- セカンダリ デバイスの SDA および SCL ピンは使わず、グランドに接続する必要があります。
- スタック構成ではデジタイズチェーン接続されたクロック信号を使用し、各デバイスは隣接するデバイスに対して約 120° の位相差を持ってスイッチング動作を行います。クロック信号をデジタイズチェーン接続するには、1 次側デバイスの SYNCOUT ピンを最初の 2 次側デバイスの MODE/SYNC ピンに接続します。最初の 2 次側デバイスの SYNCOUT ピンを、2 番目の 2 次側デバイスの MODE/SYNC ピンに接続します。スタック内のすべてのデバイスに対してこの接続方式を続行し、デバイスをデジタイズチェーン接続します。
- CONTROL2:SYNC_OUT_PHASE = 1 によって、1 次側デバイスから最初の 2 次側デバイスへ 180° の位相シフトが設定されます。利用可能な OTP スピンの全リストについては、デバイスのオプション表を参照してください。
- ヒカップ過電流保護は、スタック構成で使用しないでください。

スタック構成では、共通イネーブル信号は SYSTEM_READY 信号としても機能します (セクション 8.3.4 を参照)。デバイスの起動時またはフォルトの発生時に、スタック内の各デバイスが EN ピンを Low にすることができます。そのため、すべてのデバイスがスタートアップ シーケンスを完了し、フォルトがない場合のみ、スタックが有効になります。いずれか 1 つのデバイスに故障が発生した場合、その故障状態が存在している限り、スタック全体が無効化します。

起動中、イネーブル信号 (SYSTEM_READY) が LOW になっている間、1 次側デバイスは COMP ピンを LOW にします。イネーブル信号が High になると、1 次側デバイスが COMP ピンを能動的に制御し、スタック内のすべてのデバイスがその COMP 電圧に従います。起動時に、スタック内の各デバイスが、ピンが初期化される間、PG ピンを Low にします。初期化が完了すると、スタック内の 2 次側の各デバイスは PG ピンを高インピーダンス状態にし、PG 信号の状態は 1 次側デバイスのみが制御します。PG ピンは、スタックが立ち上がりシーケンスを完了し、出力電圧が規定範囲内に達したときに High になります。スタック内の 2 次側デバイスは、パワーグッド信号の立ち上がりエッジを検出すると、DCM 動作から CCM 動作に切り替わります。スタックが正常に起動すると、プライマリ デバイスは通常の方法でパワーグッド信号を制御します。スタック構成では、個々のデバイスにのみ影響する故障と、すべてのデバイスに影響するその他の故障があります。たとえば、1 つのデバイスが電流制限に入った場合、そのデバイスのみが影響を受けます。しかし、1 つのデバイスにサーマル シャットダウンまたは低電圧誤動作防止イベントが発生すると、共有のイネーブル (SYSTEM_READY) 信号により、すべてのデバイスが無効化されます。

スタック動作中の機能

デバイス機能の一部はスタック動作中は使用できないか、プライマリ コンバータでのみ使用できます。表 8-8 に、スタック動作時に使用できる機能をまとめます。

表 8-8. スタック動作中の機能

| 機能 | プライマリ デバイス | セカンダリ デバイス | 注記 |
|---------------------------|------------|------------|--------------------|
| UVLO | あり | あり | 共通のイネーブル信号 |
| OVLO | あり | あり | 共通のイネーブル信号 |
| OCP -電流制限 | あり | あり | 個人向け |
| OCP -ヒカップ OCP | なし | なし | スタック操作中は使用しないでください |
| サーマル シャットダウン | あり | あり | 共通のイネーブル信号 |
| パワーグッド (ウィンドウ コンパレータ) | あり | なし | プライマリ デバイスのみ |
| I ² C インターフェイス | あり | なし | プライマリ デバイスのみ |

表 8-8. スタック動作中の機能 (続き)

| 機能 | プライマリ デバイス | セカンダリ デバイス | 注記 |
|----------|---------------------|------------|------------------------------------|
| DVS | I ² C 経由 | なし | プライマリ デバイスのみで制御される電圧ループ |
| SSC | I ² C 経由 | なし | プライマリ デバイスからセカンダリ デバイスへのデ이지ーチェーン接続 |
| SYNC | あり | あり | 1 次側デバイスに適用される同期クロック |
| 高精度イネーブル | なし | なし | バイナリイネーブルのみ |
| 出力放電 | あり | あり | セカンダリ デバイスでは常に有効になっています |

スタック動作中の故障処理

スタック構成では、個々のデバイスにのみ影響する故障と、すべてのデバイスに影響するその他の故障があります。たとえば、1 つのデバイスが電流制限に入った場合、そのデバイスのみが影響を受けます。しかし、1 つのデバイスにサーマルシャットダウンまたは低電圧誤動作防止イベントが発生すると、共有のイネーブル (SYSTEM_READY) 信号により、すべてのデバイスが無効化されます。表 8-9 に、TPS6287x-Q1 デバイスのスタック動作中のフォルト処理を示します。

表 8-9. スタック動作中の故障処理

| 故障状態 | デバイスの応答 | システムの応答 |
|------------------------------|---------------------------|---|
| UVLO | イネーブル信号が Low にプルされる | 新しいソフトスタート |
| OVLO | | |
| サーマル シャットダウン | | |
| 電流制限 | イネーブル信号は High に維持される | エラー アンプがクランプされる |
| MODE/SYNC に印加された外部 CLK が失敗する | SYNC_OUT と電力段が内部発振器に切り換わる | システムは動作を継続しますが、2 次側デバイスへのクロック信号が失われた場合、スイッチング周波数は同期されません。 |

8.4 デバイスの機能モード

8.4.1 パワーオン リセット

電源電圧が POR スレッショルド未満のときに、デバイスは POR モードで動作します。

POR モードでは、どの機能も利用できず、デバイスのレジスタの内容は無効です。

デバイスは、電源電圧が POR スレッショルドを上回ると、POR モードを終了して UVLO モードに移行します。

8.4.2 低電圧誤動作防止

電源電圧が POR スレッショルドと UVLO スレッショルドの間にあるとき、デバイスは UVLO モードで動作します。

デバイスが POR モードから UVLO モードに移行した場合、利用できる機能はありません。デバイスがスタンバイモードから UVLO モードに移行する場合は、出力放電機能が利用可能です。デバイスのレジスタの内容は UVLO モードで有効です。

電源電圧が POR スレッショルドを下回ると、デバイスは UVLO モードを終了し、POR モードに移行します。電源電圧が UVLO スレッショルドを上回ると、デバイスは UVLO モードを終了し、スタンバイモードに移行します。

8.4.3 スタンバイ

デバイスは、電源電圧が UVLO スレッシュホールドを超え、初期化が完了するとスタンバイ モードで動作します² 次の条件のいずれかが当てはまります。

- EN ピンには low レベルが印加されている。
- CONTROL1 レジスタの SWEN = 0。
- デバイスの接合部温度がサーマル シャットダウンのスレッシュホールドよりも高くなっている。
- 電源電圧が OVLO スレッシュホールドを超えている。

スタンバイモードでは、以下の機能が使用できます。

- I²C インターフェイス
- 出力放電
- パワー グッド

電源電圧が UVLO スレッシュホールドを下回ると、デバイスはスタンバイモードから UVLO モードに移行します。次のすべての条件が満たされると、デバイスはスタンバイモードを終了し、オンモードに移行します。

- EN ピンには high レベルが印加されている。
- CONTROL1 レジスタの SWEN = 1。
- デバイスの接合部温度がサーマル シャットダウンのスレッシュホールドより低くなっている。
- 電源電圧が OVLO スレッシュホールドを下回っている。

8.4.4 オン

電源電圧が UVLO スレッシュホールドより高く、次のすべての条件が成立する場合、デバイスはオンモードで動作します。

- EN ピンには high レベルが印加されている
- CONTROL1 レジスタの SWEN = 1
- デバイスの接合部温度がサーマル シャットダウンのスレッシュホールドより低くなっている
- 電源電圧が OVLO スレッシュホールドを下回っている

すべての機能はオンモードで使用できます。

電源電圧が UVLO スレッシュホールドを下回ると、デバイスはオン モードを維持し、UVLO モードに移行します。以下のいずれかの条件に該当する場合、本デバイスはオン モードを終了し、スタンバイ モードに移行します。

- EN ピンには low レベルが印加されている
- CONTROL1 レジスタの SWEN = 0
- デバイスの接合部温度がサーマル シャットダウンのスレッシュホールドよりも高くなっている
- 電源電圧が OVLO スレッシュホールドを超えている

8.5 プログラミング

8.5.1 シリアル インターフェイスの説明

I²C™C は、Philips Semiconductor (現在の NXP Semiconductors) によって開発された 2 線式シリアル インターフェースです (2014 年 4 月 4 日付の I²C-Bus 仕様とユーザーマニュアル改訂 6 を参照)。バスは、プルアップ構造を持つデータライン (SDA) とクロック・ライン (SCL) で構成されます。バスが アイドル のときは、SDA ラインと SCL ラインの両方が High にプルされます。I²C 互換のデバイスはすべて、オープンドレインの I/O ピンである SDA および SCL を介して I²C バスに接続します。コントローラ (通常はマイクロコントローラまたはデジタル信号プロセッサ) がバスを制御します。コントローラは SCL 信号とデバイス アドレスを生成します。コントローラは、データ転送の開始と停止を示す特定の条件も生成します。ターゲット はコントローラ デバイスの制御に従ってバス上、データを受信または送信します。

² デバイスは、電源電圧がパワーオンリセット (POR) 後に UVLO スレッシュホールド電圧を超えて上昇すると、約 400μs (標準値) かけて初期化を行います。ただし、電源電圧が UVLO スレッシュホールドを下回っても POR スレッシュホールドを下回らなかった場合は、電源電圧が再び上昇しても再初期化は行われません。初期化中に、デバイスは VSEL、FSEL、SYNC_OUT ピンの状態を読み取ります。

The TPS6287x-Q1 デバイスはターゲットとして動作し、以下の転送モードで I²C-Bus 仕様で定義されているように動作します。スタンダード モード (100kbps)、ファースト モード(400kbps)、およびファースト モード プラス (1Mbps) このインターフェイスにより、電源設計の柔軟性が向上し、ほとんどの機能を瞬時のアプリケーション要件に応じて新しい値にプログラムできます。入力電圧が 1.4V を上回っている限り、レジスタの内容はそのまま維持されます。

スタンダード モードとファースト モードのデータ転送プロトコルはまったく同じであるため、このデータシートではこれらのモードを F/S モードと呼びます。このデバイスは 7 ビットアドレッシングをサポートしています。ゼネラルコールアドレスはサポートされていません。デバイスの 7bt アドレスは、ピン VSEL のステータスにより選択されます (表 8-5 を参照)。

高速モードのプロトコルは F/S モードとは異なり、HS モードと呼ばれます。

TI では、I²C エンジンが確実にリセットされるように、I²C コントローラは、SDA および SCL プルアップ電圧の初期パワーアップ後に I²C バス上で STOP 条件を開始することをお勧めしています。

8.5.2 Standard-Mode, Fast-Mode, Fast-Mode Plus のプロトコル

コントローラは、スタート条件を生成することで、データ転送を開始します。スタート条件は、図 8-17 に示すように、SCL が High のときに SDA ラインで High から Low への遷移が発生するときです。すべての I²C 互換デバイスは、スタート条件を認識する必要があります。

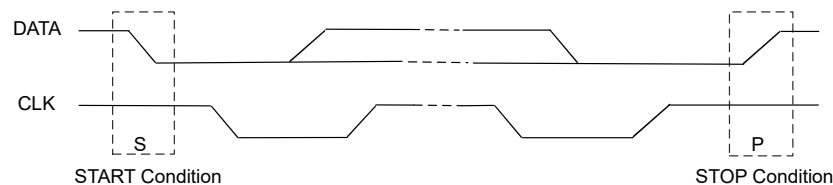


図 8-17. 開始条件と停止条件

その後、コントローラは SCL パルスを生成し、7 ビットのアドレスと読み取り/書き込み方向ビット R/W を SDA ラインに送信します。すべての送信中、コントローラはデータが有効であることを確認します。有効なデータ条件では、クロックパルスの High 期間中、SDA ラインのデータが安定している必要があります (図 8-18 を参照)。すべてのデバイスは、1 次側デバイスによって送信されたアドレスを認識して、そのアドレスを内部の固定アドレスと比較します。一致するアドレスを持つターゲット デバイスだけが、9 回目の SCL サイクルの High 期間全体の間 SDA ラインを Low にすることで、アクノリッジを生成します (図 8-19 を参照)。この確認を検出すると、コントローラはターゲットとの通信リンクが確立されたことを認識します。

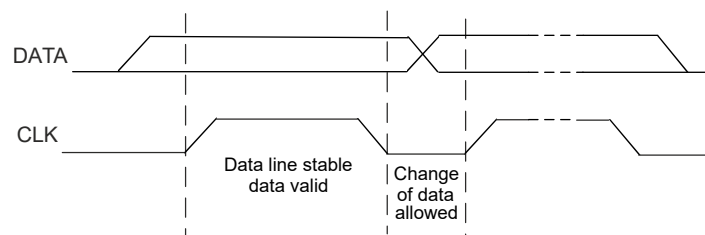


図 8-18. シリアル インターフェイスでのビット転送

コントローラは、データをターゲットへ送信するか (書き込みコマンド、R/W ビット 0)、ターゲットからデータを受信するため (読み取りコマンド、R/W ビット 1)、さらに SCL サイクルを生成します。どちらの場合も、送信側から送信されたデータに対して受信側がアクノリッジを返す必要があります。したがって、アクノリッジ信号は、どちらが受信側かに応じて、コントローラが生成する場合とターゲットが生成場合があります。8 ビットのデータと 1 ビットのアクノリッジから構成される 9 ビットの有効なデータシーケンスを、必要なだけ続けることができます。

データ転送を伝達するために、コントローラは、SCL ラインが high のときに SDA ラインを low から high にして、ストップ条件を生成します (図 8-17 を参照)。これによってバスが解放され、アドレス指定されたターゲットとの通信リンクが停止し

ます。すべての I^2C 互換デバイスが、ストップ条件を認識する必要があります。停止条件を受信すると、すべてのデバイスはバスが解放されたことを認識し、対応するアドレスに続く開始条件を待機します。

このセクションに示されていないレジスタ アドレスからデータを読み取ろうとした場合には、00h が読み出されます。

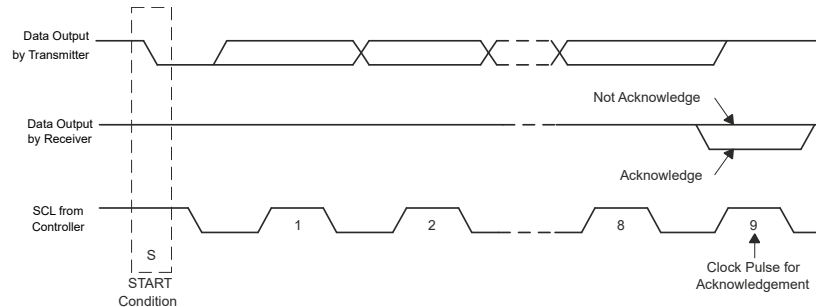


図 8-19. I^2C バスのアクノリッジ

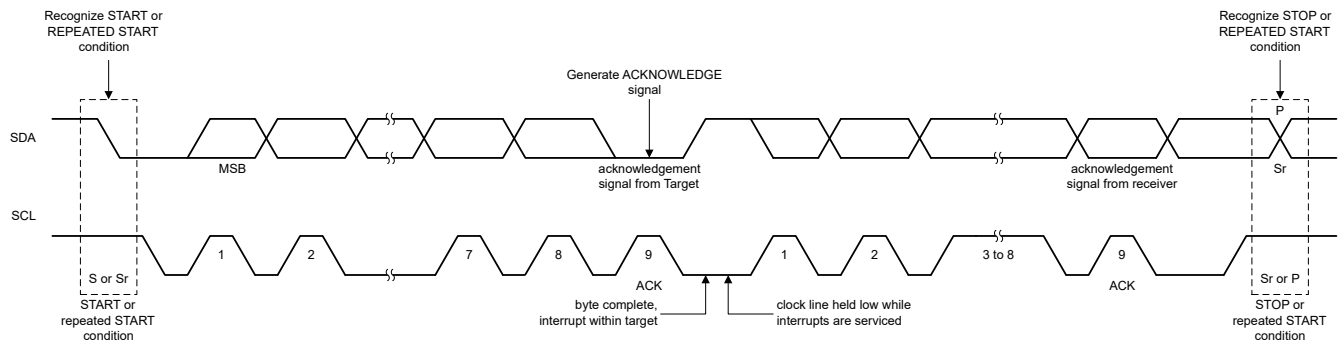


図 8-20. バス プロトコル

8.5.3 HS-Mode のプロトコル

コントローラはスタート条件を生成してから、HS コントローラ コードの 00001XXX を含む、有効なシリアル バイトを続けます。この送信は、F/S モードのときに、400Kbps 以下の周波数で行われます。どのデバイスも、HS コントローラ コードをアクノリッジすることを許可されていませんが、すべてのデバイスがコードを認識し、3.4Mbps で動作をサポートするよう内部設定を切り替える必要があります。

次に、コントローラは 再スタート条件 を生成します (再スタート条件のタイミングはスタート条件と同じです)。この再スタート条件の後、プロトコルは F/S モードと同じですが、許容転送速度は最高 3.4Mbps になります。終了条件を使用すると HS モードは終了し、ターゲット デバイスのすべての内部設定は F/S モードをサポートするよう切り換わります。バスを HS モードで保護するには、終了条件を使用する代わりに、再スタート条件を使用します。

このセクションに示されていないレジスタ アドレスからデータを読み取ろうとした場合には、00h が読み出されます。

8.5.4 I^2C 更新シーケンス

これには、スタート条件、有効な I^2C アドレス、レジスタ アドレス バイト、単一の更新用のデータ バイトが必要です。各バイトを受信すると、デバイスは 1 つのクロック パルスの High 期間中に SDA ラインを Low にすることで、アクノリッジを行います。有効な I^2C アドレスによって、デバイスが選択されます。デバイスは、LSB バイトに続くアクノリッジ信号の立ち下がりエッジで更新を実行します。

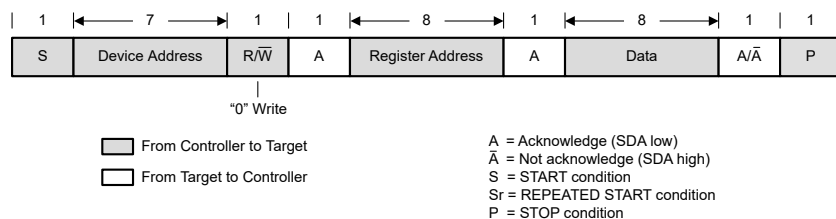


図 8-21. : スタンダード、ファスト、ファスト プラスの各モードでの「書き込み」データ転送形式

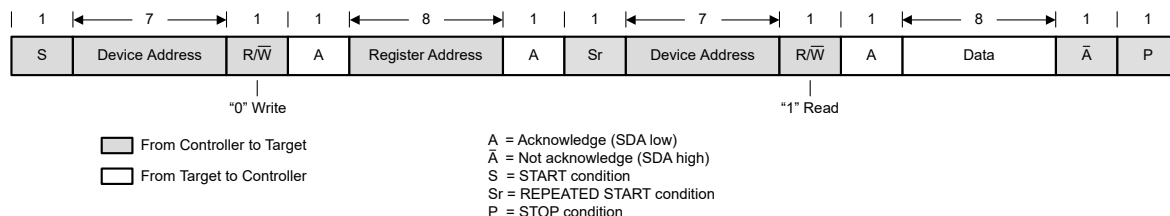


図 8-22. スタンダード、ファスト、ファスト プラスの各モードでの「読み取り」データ転送形式

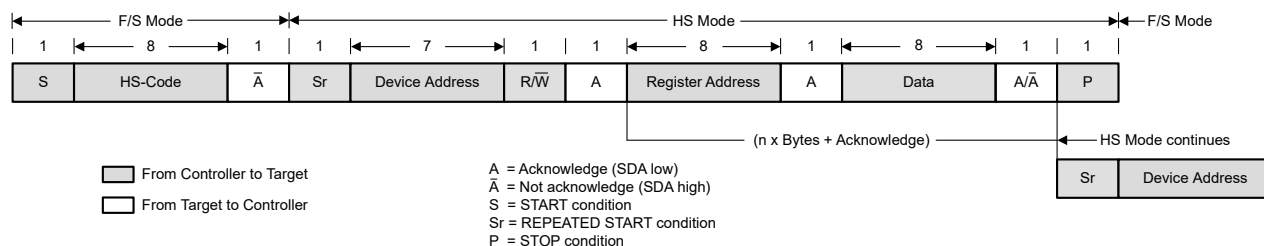


図 8-23. HS モードのデータ転送形式

8.5.5 I²C レジスタ リセット

I²C レジスタは、次の方法でリセットできます。

- 入力電圧を 1.4V (標準値) 未満にする。
- または **CONTROL** レジスタのリセットビットをセットする。リセットが 1 に設定されると、すべてのレジスタがデフォルト値にリセットされ、直ちに新しいスタートアップが開始されます。t_{Delay} の経過後、I²C レジスタは再度プログラムできるようになります。

8.5.6 ダイナミック電圧スケーリング (DVS)

システムの消費電力を最適化するため、TPS6287x-Q1 の出力電圧は、負荷の実際の電力要件に基づいて動作中に適応させることができます。

起動時には、外部 **VSEL** ピンの、または **VSET** レジスタの設定によって選択されるデフォルトの出力電圧を使用します。新しい目標出力電圧を **VSET** レジスタに書き込むことで、I²C インターフェイスを介して出力電圧を動的に調整できます。その後、出力電圧は **CONTROL1** レジスタで定義された電圧ランプ速度に従って、目的の値まで上昇または下降します。

さまざまな出力電圧範囲間での切り替え

TPS6287x-Q1 デバイスは、**CONTROL2** レジスタで定義された 3 種類の出力電圧範囲を提供します。TPS6287x-Q1 の出力電圧範囲を変更するには、まず、現在使用中の電圧範囲内で最も近い出力電圧値に設定し、その後、**CONTROL2** レジスタの **VRANGE** ビットを次の **VRANGE** 設定に変更します。その後、**VSET** レジスタの目標出力電圧を設定します。

出力電圧範囲を変更した場合は、たとえ出力電圧が変化しない場合でも、必ず **VSET** レジスタへの書き込みを行う必要があることに注意し **mVSET** レジスタのコードは、新しい範囲で正しい値に更新する必要があります。

9 デバイスのレジスタ

表 9-1 に、デバイスのレジスタ用のメモリ マップト レジスタを示します。表 9-1 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 9-1. DEVICE レジスタ

| アドレス | 略称 | レジスタ名 | セクション |
|------|----------|-------------|---------------------------|
| 0h | VSET | 出力電圧の設定ポイント | セクション 9.1 |
| 1h | CONTROL1 | コントロール 1 | セクション 9.2 |
| 2h | CONTROL2 | コントロール 2 | セクション 9.3 |
| 3h | CONTROL3 | コントロール 3 | セクション 9.4 |
| 4h | STATUS | ステータス | セクション 9.5 |

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 9-2 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

表 9-2. デバイスのアクセス タイプ コード

| アクセス タイプ | コード | 説明 |
|---------------|-----|------------------|
| 読み取りタイプ | | |
| R | R | 読み出し |
| 書き込みタイプ | | |
| W | W | 書き込み |
| リセットまたはデフォルト値 | | |
| -n | | リセット後の値またはデフォルト値 |

9.1 VSET レジスタ (アドレス = 0h) [リセット = XXh]

VSET を表 9-3 に示します。

概略表に戻ります。

このレジスタは出力電圧の設定ポイントを制御します

表 9-3. VSET レジスタ フィールドの説明

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 説明 |
|-----|-------|-----|-----------|---|
| 7-0 | VSET | R/W | xxxxxxxxb | 出力電圧の設定ポイント (CONTROL2 レジスタの範囲設定ビットも参照)。 範囲 1: 出力電圧の設定ポイント = $0.4V + VSET[7:0] \times 1.25mV$ 範囲 2: 出力電圧の設定ポイント = $0.4V + VSET[7:0] \times 2.5mV$ 範囲 3: 出力電圧の設定ポイント = $0.4V + VSET[7:0] \times 5mV$ 電源投入時の VSEL ピンの状態によって、リセット値が決まります。 |

9.2 CONTROL1 レジスタ (アドレス = 1h) [リセット = X8h]

CONTROL1 を表 9-4 に示します。

概略表に戻ります。

このレジスタでは、様々なデバイス設定を制御できます。

表 9-4. CONTROL1 レジスタのフィールドの説明

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 説明 |
|-----|----------|-----|------|---|
| 7 | リセット | R/W | 0b | デバイスのリセット。 0b = 影響なし 1b = デバイスはシャットダウンされ、ピンの状態が読み取られ、すべてのレジスタがデフォルト値にリセットされます。その後、デバイスはソフトスタートサイクルによって再起動されます。 このビットを読み取ると、常に 0 が返されます。 |
| 6 | SSCEN | R/W | xb | スペクトラム拡散クロック処理イネーブル。SSC がデフォルトで有効かどうかは、デバイス オプションの表を参照してください。 0b = SSC 動作が無効 1b = SSC 動作が有効 |
| 5 | SWEN | R/W | 1b | ソフトウェアイネーブル。 0b = スイッチングが無効 (レジスタ値は保持) 1b = スイッチングが有効 (イネーブル遅延なし) |
| 4 | FPWMEN | R/W | 0b | 強制 PWM イネーブル。 0b = パワーセーブ動作が有効 1b = 強制 PWM 動作が有効 このビットは MODE/SYNC ピンと論理 OR されます。MODE/SYNC ピンに high レベルまたは同期クロックが印加されると、デバイスはこのビットの状態に関係なく、強制 PWM で動作します。 |
| 3 | DISCHEN | R/W | 1b | 出力放電イネーブル。 0b = 出力放電が無効。 1b = 出力放電が有効。 |
| 2 | HICCUPEN | R/W | 0b | ヒカップ動作イネーブル。 0b = ヒカップ動作が無効 1b = ヒカップ動作が有効。スタック動作中はヒカップ動作を有効にしないでください |
| 1-0 | VRAMP | R/W | 00b | 1 つの出力電圧設定から別の出力電圧設定に変更するときの出力電圧のランプ速度。 00b = 10mV/μs 01b = 5mV/μs 10b = 1.25mV/μs 11b = 0.5mV/μs |

9.3 CONTROL2 レジスタ (アドレス = 2h) [リセット = 0Ah]

CONTROL2 を表 9-5 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

このレジスタでは、様々なデバイス設定を制御できます。

表 9-5. CONTROL2 レジスタのフィールドの説明

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 説明 |
|-----|----------------|-----|------|---|
| 7-5 | RESERVED | R/W | 000b | 将来使用のため予約済み。将来のデバイスバリエーションとの互換性を確保するため、これらのビットを 0 にプログラムします。 |
| 4 | SYNC_OUT_PHASE | R/W | 0b | SYNC_OUT の位相シフト (内部クロックを基準とする場合、または MODE/SYNC で外部クロックを印加した場合)。 0b = SYNC_OUT は 120° 位相シフト。 1b = SYNC_OUT は 180° 位相シフト。180° の位相関係は、プライマリ側からセカンダリ側の最初のコンバータでのみ有効です。 |
| 3-2 | VRANGE | R/W | 10b | 出力電圧範囲。 00b = 0.4V ~ 0.71875V (1.25mV ステップ) 01b = 0.4V ~ 1.0375V (2.5mV ステップ) 10b = 0.4V ~ 1.675V (5mV ステップ) 11b = 0.4V ~ 1.675V (5mV ステップ) |
| 1-0 | SSTIME | R/W | 10b | ソフトスタートランブ時間。 00b = 0.5ms 01b = 0.77ms 10b = 1ms 11b = 2ms |

9.4 CONTROL3 レジスタ (アドレス = 3h) [リセット = 0Xh]

CONTROL3 を表 9-6 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

このレジスタでは、様々なデバイス設定を制御できます。

表 9-6. CONTROL3 レジスタのフィールドの説明

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 説明 |
|-----|-----------|-----|--------|--|
| 7-3 | RESERVED | R/W | 00000b | 将来使用のため予約済み。将来のデバイスバリエーションとの互換性を確保するため、これらのビットを 0 にプログラムします。 |
| 2 | DROOPEN | R/W | xb | ドループ補償イネーブル。ドロップ補償がデフォルトで有効かどうかは、デバイスのオプション表を参照してください。 0b = ドループ補償が無効化 1b = ドループ補償が有効化 |
| 1 | SINGLE | R/W | 0b | 単一動作。このビットは、内部 EN プルダウンと SYNCOUT の機能を制御します。 0b = EN ピンのプルダウンおよび SYNCOUT が有効 1b = EN ピンのプルダウンおよび SYNCOUT が無効。スタック動作中は設定しないでください |
| 0 | PGBLNKDVS | R/W | 0b | DVS 中のパワーグッドブランキング。 0b = PG ピンはウィンドウ コンパレータの出力を反映 1b = DVS 中、PG ピンはハイインピーダンス |

9.5 STATUS レジスタ (アドレス = 4h) [リセット = 00h]

STATUS を表 9-7 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

このレジスタは、デバイス ステータス フラグを返します

表 9-7. STATUS レジスタ フィールドの説明

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 説明 |
|-----|----------|-----|------|--|
| 7-6 | RESERVED | R | 00b | 将来使用のため予約済み。将来のデバイス バリエーションとの互換性を確保するため、これらのビットは無視してください。 |
| 5 | HICCUP | R | 0b | ヒカップ。このビットは、STATUS レジスタを最後に読み取ったとき以降にヒカップ イベントが発生したかどうかを報告します。 0b = ヒカップ イベントが未発生 1b = ヒカップ イベントが発生 |
| 4 | ILIM | R | 0b | 電流制限。このビットは、STATUS レジスタを最後に読み取った後に電流制限イベントが発生したかどうかを報告します。 0b = 電流制限イベントが未発生 1b = 電流制限イベントが発生 |
| 3 | TWARN | R | 0b | 過熱警告。このビットは、STATUS レジスタを最後に読み取った後に過熱警告イベントが発生したかどうかを報告します。 0b = 過熱警告イベントが未発生 1b = 過熱警告イベントが発生 |
| 2 | TSHUT | R | 0b | サーマル シャットダウン。このビットは、STATUS レジスタを最後に読み取った後にサーマル シャットダウン イベントが発生したかどうかを報告します。 0b = サーマル シャットダウン イベントが未発生 1b = サーマル シャットダウン イベントが発生 |
| 1 | PBUV | R | 0b | パワーバッド低電圧。このビットは、STATUS レジスタを最後に読み取った後に、パワーバッドイベント (出力電圧が低すぎる) が発生したかどうかを示します。 0b = パワーバッド低電圧イベントが未発生 1b = パワーバッド低電圧イベントが発生 |
| 0 | PBOV | R | 0b | パワーバッド過電圧。このビットは、STATUS レジスタを最後に読み取った後に、パワーバッドイベント (出力電圧が高すぎる) が発生したかどうかを示します。 0b = パワーバッド過電圧イベントが未発生 1b = パワーバッド過電圧イベントが発生 |

10 アプリケーションと実装

注

以下のアプリケーション情報は、TI の製品仕様に含まれるものではなく、TI ではその正確性または完全性を保証いたしません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

10.1 アプリケーション情報

以下のセクションでは、代表的なアプリケーション向けの電源設計を完成させるための外付け部品の選択について説明します。

10.2 代表的なアプリケーション

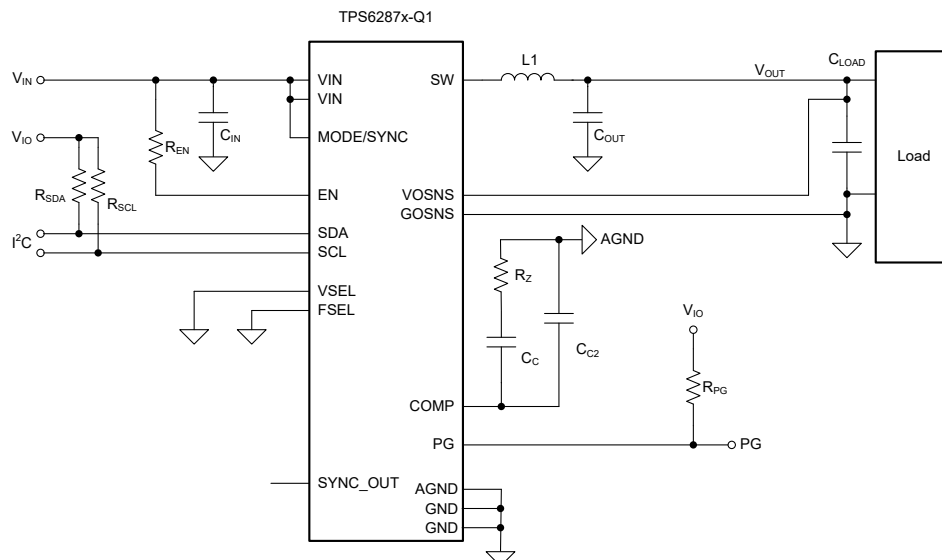


図 10-1. 代表的なアプリケーション回路図

10.2.1 設計要件

このアプリケーション例の操作パラメータを 表 10-1 に示します。

表 10-1. 設計パラメータ

| 記号 | パラメータ | 値 |
|------------------|-------------------------------|-------------|
| V_{IN} | 入力電圧 | 3.3V |
| V_{OUT} | 出力電圧 | 0.75V |
| $TOL_{V_{OUT}}$ | アプリケーションで許容される出力電圧の許容誤差 | $\pm 3.3\%$ |
| TOL_{DC} | TPS6287x-Q1 の出力電圧許容誤差 (DC 精度) | $\pm 0.8\%$ |
| ΔI_{OUT} | 出力電流負荷ステップ | $\pm 7.5A$ |
| t_r | 負荷ステップ立ち上がり時間 | 1 μs |
| t_f | 負荷ステップの立ち下がり時間 | 1 μs |
| f_{SW} | スイッチング周波数 | 2.25MHz |
| L | インダクタンス | 80nH |
| g_m | エラー アンプの相互コンダクタンス | 1.5mS |

表 10-1. 設計パラメータ (続き)

| 記号 | パラメータ | 値 |
|-------------------------------------|------------------------------------|--------|
| T | エミュレート電流時定数 | 12.5μs |
| k _{BW} | スイッチング周波数とコンバータ帯域幅の比率 (≥4 とする必要あり) | 4 |
| k _{COUT} | 最小出力容量と最大出力容量の比率 (通常 2) | 2 |
| R _{PG} | パワーグッド出力のプルアップ抵抗 | 10kΩ |
| R _{EN} | イネーブル時のプルアップ抵抗 | 22kΩ |
| R _{SCL} , R _{SDA} | SDA と SCL のプルアップ抵抗 | 680 Ω |

予備計算

許容される出力電圧の全体的な許容誤差が $\pm 3.3\%$ 、最大 DC 誤差が $\pm 0.8\%$ の場合、負荷変動時における許容出力電圧の変動幅は、以下のように求められます:

$$\Delta V_{OUT} = \pm V_{OUT} \times (TOL_{VOUT} - TOL_{DC}) \quad (4)$$

$$\Delta V_{OUT} = \pm 0.75 \times (0.033 - 0.008) = \pm 18.75 \text{ mV} \quad (5)$$

10.2.2 詳細な設計手順

以下のサブセクションでは、特定のアプリケーションの規定過渡要件を満たすために必要な外部部品の計算方法について説明します。計算には部品のワーストケースの変動が含まれ、RMS 手法を使用して相関しないパラメータの変動を結合します。

10.2.2.1 インダクタの選択

TPS6287x-Q1 デバイスは、42nH~200nH、の範囲のインダクタ用に最適化されています。コンバータの過渡応答がインダクタ内の電流のスルーレートによって制限されている場合、より小さなインダクタを使用することで性能を向上させることができます。しかし、インダクタの値を小さくすると出力リップル電流が増加し、それに伴って出力電圧リップルも大きくなります。その結果、過渡時のオーバーシュートやアンダーシュートがさらに増加します。特定のアプリケーションにおける最適な構成は、複数のパラメータ間のトレードオフによって決まります。標準的なアプリケーションでは、開始値 60nH~80nH を推奨します。

インダクタのリップル電流は、以下で計算できます。

$$I_{L(PP)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \left(\frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L \times f_{sw}} \right) \quad (6)$$

$$I_{L(PP)} = \frac{0.75}{3.3} \left(\frac{3.3 - 0.75}{80 \times 10^{-9} \times 2.25 \times 10^6} \right) \text{ A} = 3.22 \text{ A} \quad (7)$$

以下の表は、このアプリケーションでの使用を想定して設計された複数のインダクタを示しています。このリストはすべてを網羅しているわけではありませんが、他のメーカーのインダクタも優れた選択になる可能性があります。

表 10-2. 代表的なインダクタ

| 部品番号 | インダクタンス [μH] | 電流 [A] | DC 抵抗 | 注 | 寸法 [LxWxH] mm | 製造元 |
|---------------|--------------|--------|---------|-------------|-------------------|-----------|
| IHSR2525CZ-5A | 0.056μH | 45 | 0.38mΩ | f ≥ 2.25MHz | 6.65 × 6.65 × 3 | Vishay |
| XEL4030-101ME | 0.10μH | 22 | 1.5mΩ | f ≥ 1.5MHz | 4 × 4 × 3.2 | Coilcraft |
| 744302010 | 0.105μH | 30 | 0.235mΩ | f ≥ 1.5MHz | 7 × 7 × 4.8 | Würth |
| XGL5030-161ME | 0.16μH | 25 | 1.3mΩ | f ≥ 1.5MHz | 5.3 × 5.5 × 3 | Coilcraft |
| 744300006 | 0.06μH | 37 | 0.22mΩ | f ≥ 2.25MHz | 8.64 × 6.35 × 4.5 | Würth |
| CLT32-55N | 0.055μH | 28 | 1mΩ | f ≥ 2.25MHz | 2.5 × 3.2 × 2.5 | TDK |

表 10-2. 代表的なインダクタ (続き)

| 部品番号 | インダクタンス [μH] | 電流 [A] | DC 抵抗 | 注 | 寸法 [LxWxH] mm | 製造元 |
|---------------------|--------------|--------|-------|-------------|-----------------|-----|
| CLT32-42N | 0.042μH | 28 | 1mΩ | f ≥ 2.25MHz | 2.5 × 3.2 × 2.5 | TDK |
| HPL505032F1060MRD3P | 0.06μH | 34 | 0.7mΩ | f ≥ 2.25MHz | 5 × 5 × 3.2 | TDK |
| HPL505028F080MRD3P | 0.08μH | 34 | 0.8mΩ | f ≥ 2.25MHz | 5 × 5 × 3.2 | TDK |

10.2.2.2 入力コンデンサの選択

すべての降圧コンバータと同様、TPS6287x-Q1 デバイスの入力電流は不連続です。入力コンデンサは、デバイスに対して低インピーダンスのエネルギー供給源として機能します。そのため、コンデンサの容量、種類、および配置は正しい動作のために極めて重要です。TI は、最高の性能を得るために低 ESR の積層セラミック コンデンサを推奨しています。実際には、入力容量の合計は通常、複数種類のコンデンサの組み合わせで構成されます。大容量のコンデンサは低周波でのデカップリングを、小容量のコンデンサは高周波でのデカップリングを担います。

TPS6287x-Q1 デバイスは、パッケージの反対側に 2 組の VIN ピンを持つ「バタフライ」レイアウトを備えています。これにより、入力コンデンサを PCB 上に対称に配置することができ、発生する電磁界が互いに打ち消し合うため、EMI を低減できます。

コンバータのデューティ サイクルは次の式で求められます。

$$D = \frac{V_{OUT}}{\eta \times V_{IN}} \quad (8)$$

ここで

- V_{IN} は入力電圧
- V_{OUT} は出力電圧です。
- η は効率です。

$$D = \frac{0.75}{0.9 \times 3.3} = 0.253 \quad (9)$$

システムレベルの入力電圧リップル要件を満たすために必要な入力容量の値は、以下で求められます。

$$C_{IN} = \frac{D \times (1 - D) \times I_{OUT}}{V_{IN(PP)} \times f_{sw}} \quad (10)$$

ここで

- D はデューティ・サイクル
- f_{sw} はスイッチング周波数
- $V_{IN(PP)}$ は入力電圧リップルです
- I_{OUT} は出力電流

$$C_{IN} = \frac{0.253 \times (1 - 0.253) \times 11.3}{0.1 \times 2.25 \times 10^6} \text{ F} = 9.5 \text{ } \mu\text{F} \quad (11)$$

式 10 で計算した C_{IN} の値は、すべてのディレーティング、許容誤差、経年劣化の影響を考慮した後の「実効」容量です。当社は、 C_{IN} には X7R 誘電体 (またはそれに類するもの) を使用した積層セラミック コンデンサを推奨しています。これらのコンデンサは、ループ面積を最小限に抑えるために、VIN ピンおよび GND ピンの近くにできるだけ寄せて配置する必要があります。

表 10-3 に、このアプリケーションに最適なコンデンサの数を示します。このリストはすべてを網羅しているわけではありませんが、他のメーカーのコンデンサも優れた選択になる可能性があります。

表 10-3. 推奨入力コンデンサ一覧

| 容量 | 寸法 | 電圧定格 | メーカー型番 |
|------------|-------------|------|----------------------------|
| | mm (インチ) | | |
| 470nF ±10% | 1005 (0402) | 10V | Murata, GCM155C71A474KE36D |
| 470nF ±10% | 1005 (0402) | 10V | TDK, CGA2B3X7S1A474K050BB |
| 10μF ±10% | 2012 (0805) | 10V | Murata, GCM21BR71A106KE22L |
| 10μF ±10% | 2012 (0805) | 10V | TDK, CGA4J3X7S1A106K125AB |
| 22μF ±10% | 3216 (1206) | 10V | Murata, GCM31CR71A226KE02L |
| 22μF ±20% | 3216 (1206) | 10V | TDK, CGA5L1X7S1A226M160AC |

10.2.2.3 補償抵抗の選択

式 12 を使用して、補償抵抗 R_Z の推奨値を計算します。

$$R_Z = \frac{1}{g_m} \left(\frac{\pi \times \Delta I_{OUT} \times L}{4 \times \tau \times \Delta V_{OUT}} \right) (1 + TOL_{IND}) \quad (12)$$

$$R_Z = \frac{1}{1.5 \times 10^{-3}} \left(\frac{\pi \times 7.5 \times 80 \times 10^{-9}}{4 \times 12.5 \times 10^{-6} \times 18.75 \times 10^{-3}} \right) (1 + 0.2) \Omega = 1.61 \text{ k}\Omega \quad (13)$$

E24 シリーズから最も近い標準値は 1.8kΩ です。

10.2.2.4 出力コンデンサの選択

実際には、出力容量の合計は通常、異なる種類のコンデンサの組み合わせで構成されます。大容量のコンデンサは低周波で負荷電流を供給し、小容量のコンデンサは高周波で負荷電流を供給します。出力コンデンサの値、種類、および配置は、正しい動作のために非常に重要です。TI は、最高の性能を得るために、X7R 誘電体 (または同等品) を用いた低 ESR の積層セラミック コンデンサを推奨しています。

TPS6287x-Q1 デバイスは、パッケージの両側に GND ピンを配置したバタフライ レイアウトを採用しています。この機能により、PCB 上に出力コンデンサを対称に配置し、発生する磁界が互いに打ち消し合うようにすることで、EMI を低減できます。

コンバータの過渡応答は、次の 2 つの条件のいずれかで定義されます。

- ループ帯域幅は、スイッチング周波数の少なくとも 4 分の 1 以下である必要があります。
- インダクタを流れる電流および出力容量のスルーレート。

一般的な低出力電圧のアプリケーションでは、これは出力電圧の値とインダクタによって制限されます。

上記の基準が、特定のアプリケーションに適用されるのは、使用される動作条件と部品の値によって異なります。そのため、両方のケースで出力容量を計算し、より大きい方の値を選ぶことを推奨します。

コンバータがレギュレーションを維持している場合、必要となる最小出力容量は次の式で求められます。

$$C_{OUT(min)(reg)} = \left(\frac{\tau \times g_m \times R_Z}{2 \times \pi \times L \times \frac{f_{SW}}{4}} \right) \left(1 + \sqrt{TOL_{IND}^2 + TOL_{fSW}^2} \right) \quad (14)$$

$$C_{OUT(min)(reg)} = \left(\frac{12.5 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 10^{-3} \times 1.8 \times 10^3}{2 \times \pi \times 80 \times 10^{-9} \times \frac{2.25 \times 10^6}{4}} \right) \left(1 + \sqrt{20\%^2 + 10\%^2} \right) F = 146 \mu F \quad (15)$$

コンバータ ループが飽和する場合、最小出力キャパシタンスは次の式で求められます。

$$C_{OUT(min)}(sat) = \frac{1}{\Delta V_{OUT}} \left(\frac{L \times \left(\Delta I_{OUT} + \frac{I_{L(PP)}}{2} \right)^2}{2 \times V_{OUT}} - \frac{\Delta I_{OUT} \times t_t}{2} \right) (1 + TOL_{IND}) \quad (16)$$

$$C_{OUT(min)}(sat) = \frac{1}{18.75 \times 10^{-3}} \left(\frac{80 \times 10^{-9} \times \left(7.5 + \frac{3.22}{2} \right)^2}{2 \times 0.75} - \frac{7.5 \times 1 \times 10^{-6}}{2} \right) (1 + 20\%) F = 43 \mu F \quad (17)$$

この場合は、出力キャパシタンスの 2 つの値のうち大きい方として、 $C_{OUT(min)} = 146\mu F$ を選択します。

ワーストケースの部品の値を計算するには、上記の計算値に必要な最小出力容量として使用します。セラミック コンデンサの場合、許容誤差、DC バイアス、温度、経年変化の影響を考慮するときの公称容量は通常、最小容量の 2 倍です。この場合、公称容量は $292\mu F$ です。

表 10-4. 推奨出力コンデンサー一覧

| 容量 | 寸法 | 電圧定格 | メーカー型番 |
|------------------------|-------------|------|---------------------------|
| | mm (インチ) | | |
| 22 μF $\pm 20\%$ | 2012 (0805) | 6.3V | TDK, CGA4J1X7T0J226M125AC |
| 22 μF $\pm 10\%$ | 2012 (0805) | 6.3V | Murata, GCM31CR71A226KE02 |
| 47 μF $\pm 20\%$ | 3216 (1206) | 4V | TDK, CGA5L1X7T0G476M160AC |
| 47 μF $\pm 20\%$ | 3225 (1210) | 6.3V | Murata, GCM32ER70J476ME19 |
| 100 μF $\pm 20\%$ | 3225 (1210) | 4V | TDK, CGA6P1X7T0G107M250AC |
| 100 μF $\pm 20\%$ | 3216 (1210) | 6.3V | Murata, GRT32EC70J107ME13 |

10.2.2.5 補償コンデンサ C_C の選択

最初に、式 18 を使用してループの帯域幅を計算します。

$$BW = \frac{\tau \times g_m \times R_Z}{2 \times \pi \times L \times C_{OUT,min} \times k_{COUT}} \quad (18)$$

$$BW = \frac{12.5 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 10^{-3} \times 1.8 \times 10^3}{2 \times \pi \times 80 \times 10^{-9} \times 146 \times 10^{-6} \times 2} = 230 kHz \quad (19)$$

式 20 を使用して C_C の推奨値を計算します。

$$C_C = \frac{k_{BW}}{2 \times \pi \times BW \times R_Z} \quad (20)$$

$$C_C = \frac{4}{2 \times \pi \times 230 \times 10^3 \times 1.8 \times 10^3} = 1.54 nF \quad (21)$$

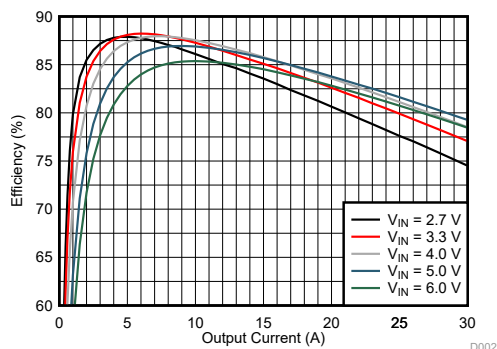
E12 シリーズの最も近い標準値は $1.5nF$ です。

10.2.2.6 補償コンデンサ C_{C2} の選択

補償コンデンサ C_{C2} はオプションのコンデンサで、TI では COMP ピンから離して高周波ノイズをバイパスすることを推奨します。このコンデンサの値は重要ではありません。代表的なアプリケーションでは $10pF$ または $22pF$ のコンデンサが最適です。

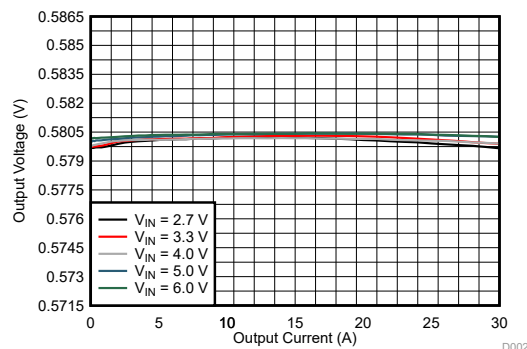
10.2.3 アプリケーション曲線

特に記載がない限り、このセクションでは [TPS6287B25EVM-024](#) の BOM を使用し、スイッチング周波数 $f_{SW} = 1.5\text{MHz}$ とします。



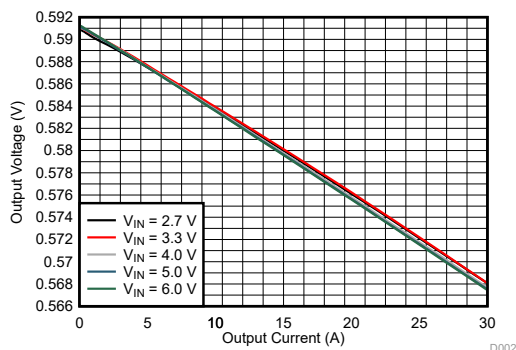
$V_{OUT} = 0.58\text{V}$ PWM $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-2. 効率と出力電流との関係



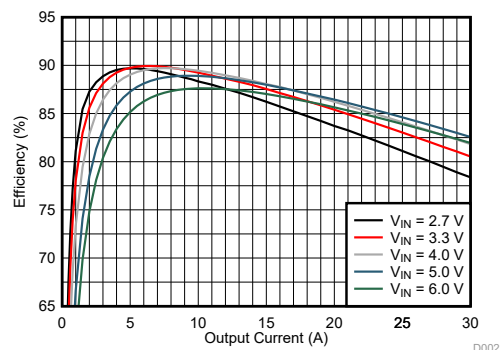
$V_{OUT} = 0.58\text{V}$ PWM、ドロープを無効化 $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-3. 出力電圧と出力電流との関係



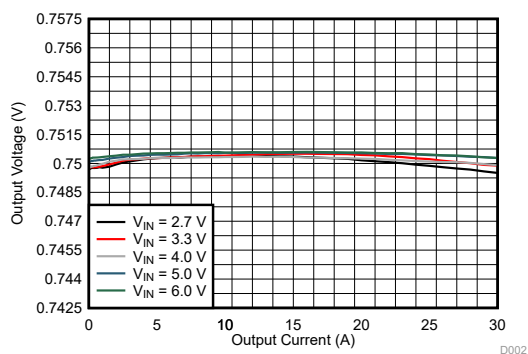
$V_{OUT} = 0.58\text{V}$ PWM、TPS62877 ドロップを有効化 $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-4. 出力電圧と出力電流との関係



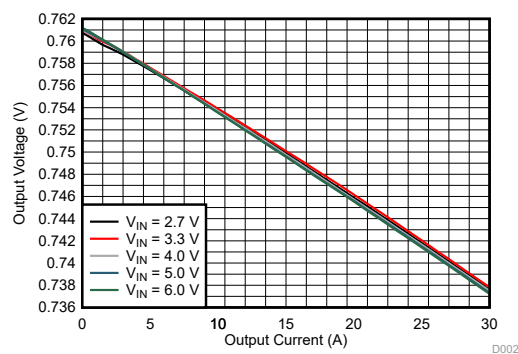
$V_{OUT} = 0.75\text{V}$ PWM $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-5. 効率と出力電流との関係



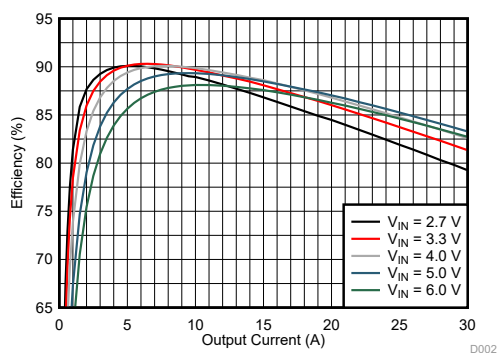
$V_{OUT} = 0.75\text{V}$ PWM、ドループを無効化 $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-6. 出力電圧と出力電流との関係



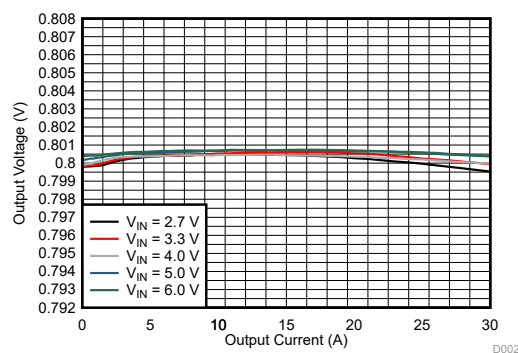
$V_{OUT} = 0.75\text{V}$ PWM、TPS62877 ドループを有効化 $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-7. 出力電圧と出力電流との関係



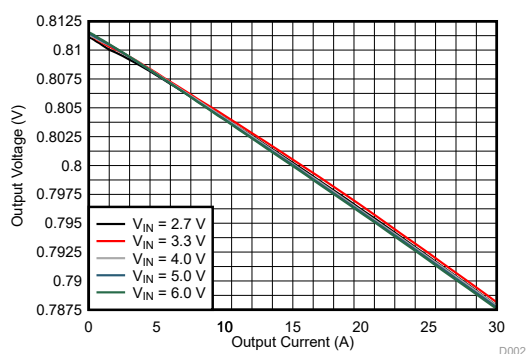
$V_{OUT} = 0.8\text{V}$ PWM $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-8. 効率と出力電流との関係



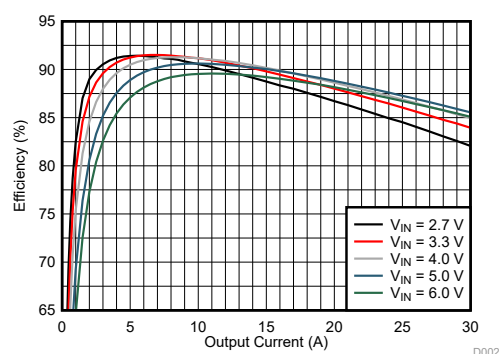
$V_{OUT} = 0.8\text{V}$ PWM、ドループを無効化 $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-9. 出力電圧と出力電流との関係



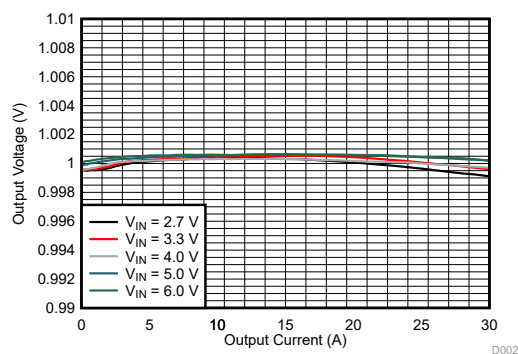
$V_{OUT} = 0.8\text{V}$ PWM、TPS62877 ドループを有効化 $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-10. 出力電圧と出力電流との関係



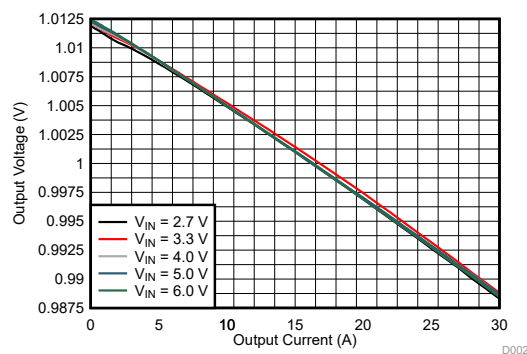
$V_{OUT} = 1.0\text{V}$ PWM $T_A = 25^\circ\text{C}$

図 10-11. 効率と出力電流との関係



$V_{OUT} = 1.0V$ PWM、ドループを無効化 $T_A = 25^\circ C$

図 10-12. 出力電圧と出力電流との関係



$V_{OUT} = 1.0V$ PWM、TPS62877 ドループを有効化 $T_A = 25^\circ C$

図 10-13. 出力電圧と出力電流との関係

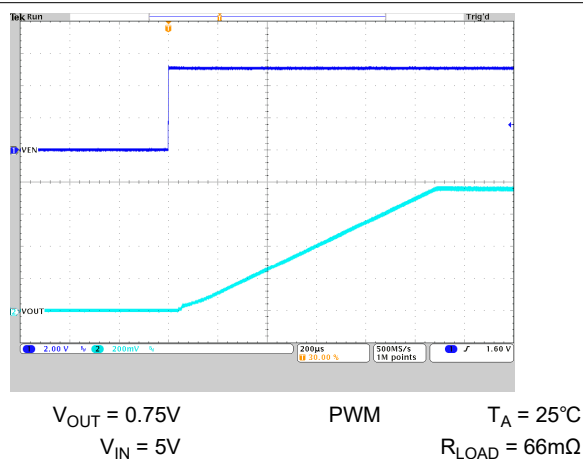


図 10-14. 起動タイミング

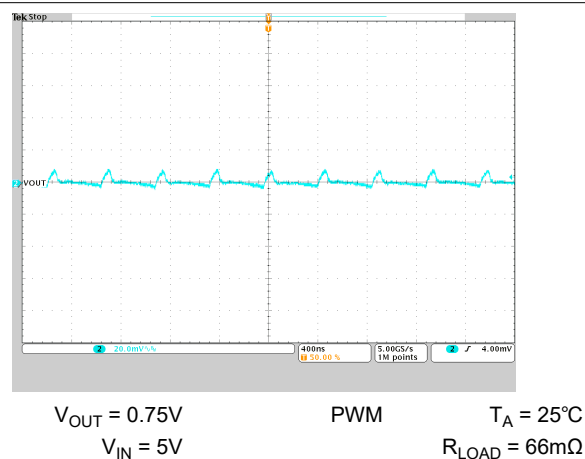


図 10-15. 出力電圧リップル

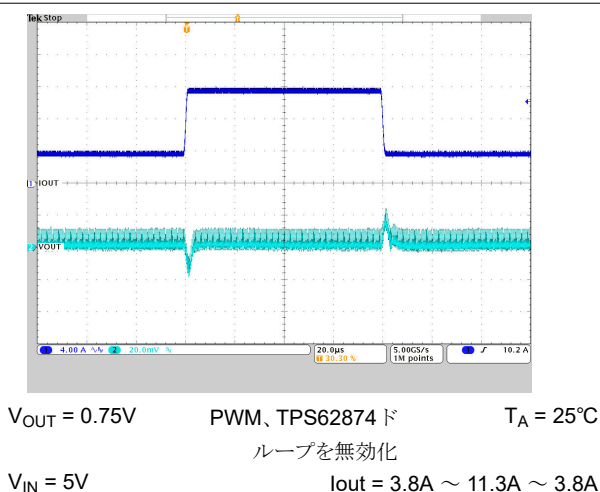


図 10-16. 負荷過渡応答

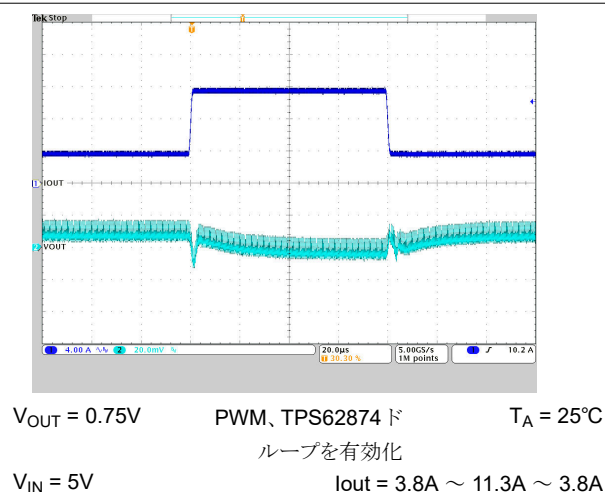
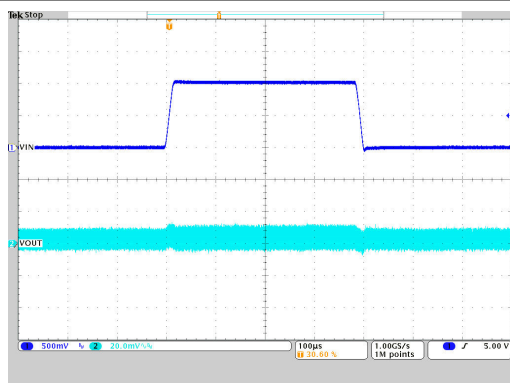
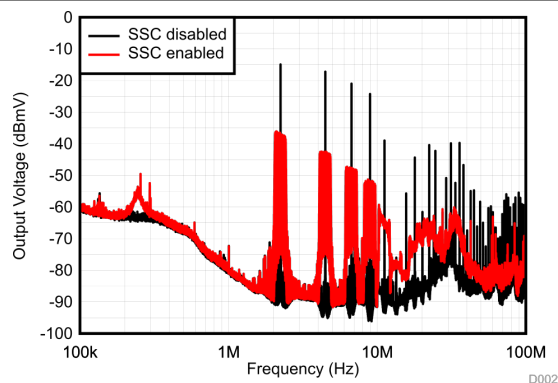


図 10-17. 負荷過渡応答



$V_{OUT} = 0.75V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$ $I_{OUT} = 11.3A$

図 10-18. ライン過渡応答



$V_{OUT} = 0.75V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5V$ $I_{OUT} = 11.3A$

図 10-19. 出力電圧ノイズ

10.3 2 つの TPS62876-Q1 をスタック構成で使用する代表的なアプリケーション

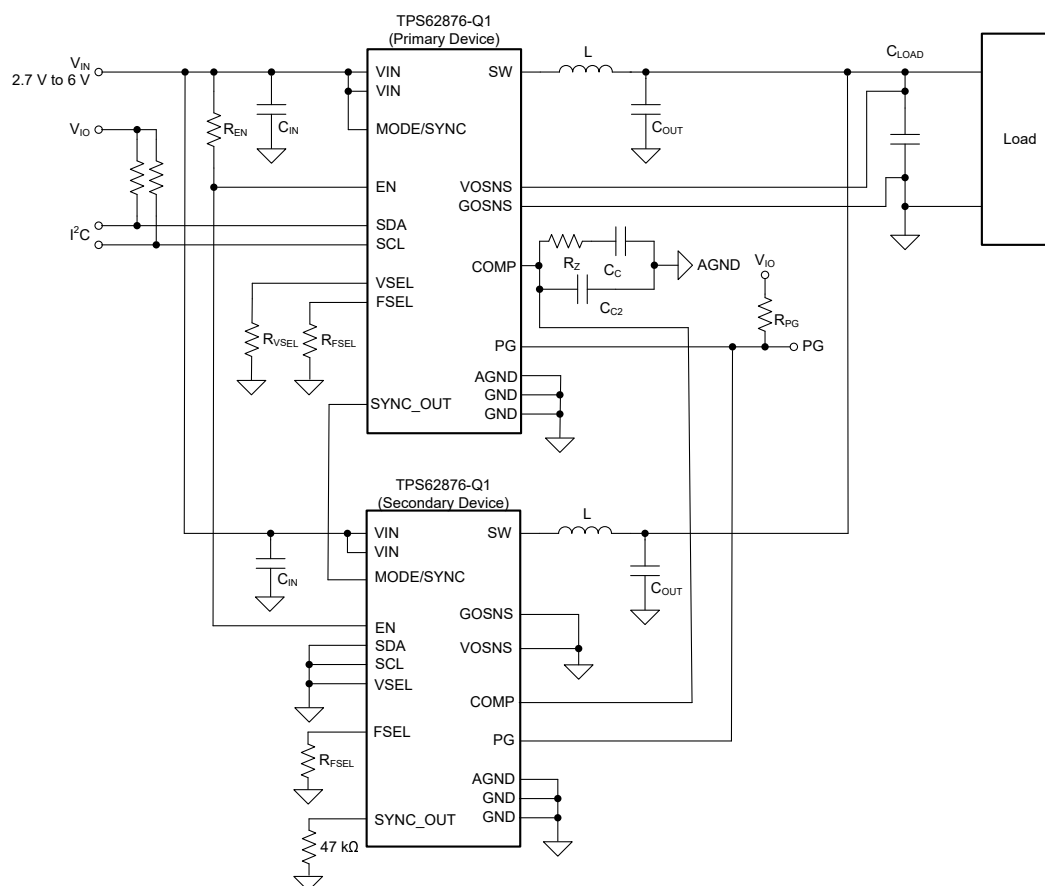


図 10-20. 2 つのデバイスのスタック

10.3.1 2つのスタック デバイスの設計要件

このアプリケーション例の操作パラメータを [表 10-5](#) に示します。

表 10-5. 設計パラメータ

| 記号 | パラメータ | 値 |
|------------------|-------------------------------|---------|
| V_{IN} | 入力電圧 | 3.3V |
| V_{OUT} | 出力電圧 | 0.8V |
| TOL_{VOUT} | アプリケーションで許容される出力電圧の許容誤差 | ±4% |
| TOL_{DC} | TPS62876-Q1 の出力電圧許容誤差 (DC 精度) | ±0.8% |
| ΔI_{OUT} | 出力電流負荷ステップ | ±24A |
| t_r | 負荷ステップ立ち上がり時間 | 1μs |
| t_f | 負荷ステップの立ち下がり時間 | 1μs |
| f_{SW} | スイッチング周波数 | 2.25MHz |
| L | インダクタンス | 56nH |
| g_m | エラー アンプの相互コンダクタンス | 1.5mS |
| τ | エミュレート電流時定数 | 12.5μs |

表 10-5. 設計パラメータ (続き)

| 記号 | パラメータ | 値 |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------|
| k _{BW} | スイッチング周波数とコンバータ帯域幅の比率 (≥4 とする必要あり) | 4 |
| N _φ | 位相数 (スタックされたデバイスの数) | 2 |
| k _{COUT} | 最小出力容量と最大出力容量の比率 (通常 2) | 2 |
| R _{PG} | パワーグッド出力のプルアップ抵抗 | 10kΩ |
| R _{EN} | イネーブル時のプルアップ抵抗 | 22kΩ |
| R _{SCL} , R _{SDA} | SDA と SCL のプルアップ抵抗 | 680 Ω |

予備計算

許容される出力電圧の全体的な許容誤差が ±4%、最大 DC 誤差が ±0.8% の場合、負荷変動時における許容出力電圧の変動幅は、以下のように求められます:

$$\Delta V_{OUT} = \pm V_{OUT} \times (TOL_{VOUT} - TOL_{DC}) \quad (22)$$

$$\Delta V_{OUT} = \pm 0.8 \times (0.04 - 0.008) = \pm 25.6 \text{ mV} \quad (23)$$

10.3.2 詳細な設計手順

10.3.2.1 補償抵抗の選択

2 台のコンバータをスタック構成で使用する場合は、単体デバイスの場合とほぼ同様ですが、式に「位相数」N_φ のパラメータが追加されます。式 24 を使用して、補償抵抗 R_Z の推奨値を計算します。

$$R_Z = \frac{1}{g_m} \left(\frac{\pi \times \Delta I_{OUT} \times L}{4 \times \tau \times N_{\phi} \times \Delta V_{OUT}} \right) (1 + TOL_{IND}) \quad (24)$$

$$R_Z = \frac{1}{1.5 \times 10^{-3}} \left(\frac{\pi \times 24 \times 56 \times 10^{-9}}{4 \times 12.5 \times 10^{-6} \times 2 \times 25.6 \times 10^{-3}} \right) (1 + 0.2) \Omega = 1.32 \text{ k}\Omega \quad (25)$$

切り上げると、E24 シリーズから最も近い標準値は 1.5Ω です。

10.3.2.2 出力コンデンサの選択

コンバータがレギュレーションを維持している場合、必要となる最小出力容量は次の式で求められます。

$$C_{OUT(min)(reg)} = \left(\frac{\tau \times g_m \times R_Z}{2 \times \pi \times \frac{L}{N_{\phi}} \times \frac{f_{SW}}{4}} \right) \left(1 + \sqrt{TOL_{IND}^2 + TOL_{fSW}^2} \right) \quad (26)$$

$$C_{OUT(min)(reg)} = \left(\frac{12.5 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 10^{-3} \times 1.5 \times 10^3}{2 \times \pi \times \frac{56 \times 10^{-9}}{2} \times \frac{2.25 \times 10^6}{4}} \right) \left(1 + \sqrt{20\%^2 + 10\%^2} \right) F = 350 \mu F \quad (27)$$

コンバータ ループが飽和する場合、最小出力キャパシタンスは次の式で求められます。

$$C_{OUT(min)(sat)} = \frac{1}{\Delta V_{OUT}} \left(\frac{\frac{L}{N_{\phi}} \times \left(\Delta I_{OUT} + \frac{I_{L(PP)}}{2} \right)^2}{2 \times V_{OUT}} - \frac{\Delta I_{OUT} \times t_t}{2} \right) (1 + TOL_{IND}) \quad (28)$$

$$C_{OUT(min)(sat)} = \frac{1}{25.6 \times 10^{-3}} \left(\frac{\frac{56 \times 10^{-9}}{2} \times \left(24 + \frac{2.4}{2}\right)^2}{2 \times 0.8} - \frac{24 \times 1 \times 10^{-6}}{2} \right) (1 + 20\%) F = 41.5 \mu F \quad (29)$$

この場合は、出力キャパシタンスの 2 つの値のうち大きい方として、 $C_{OUT(min)} = 350 \mu F$ を選択します。

ワーストケースの部品の値を計算するには、上記の計算値に必要な最小出力容量として使用します。セラミックコンデンサの場合、許容誤差、DC バイアス、温度、経年変化の影響を考慮するときの公称容量は通常、最小容量の 2 倍です。この場合、公称容量は $700 \mu F$ です。

10.3.2.3 補償コンデンサ C_C の選択

$$BW = \frac{\tau \times g_m \times R_Z}{2 \times \pi \times \frac{L}{N_\phi} \times C_{OUT,min} \times k_{COUT}} \quad (30)$$

$$BW = \frac{12.5 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 10^{-3} \times 1.5 \times 10^3}{2 \times \pi \times \frac{56 \times 10^{-9}}{2} \times 350 \times 10^{-6} \times 2} = 230 \text{ kHz} \quad (31)$$

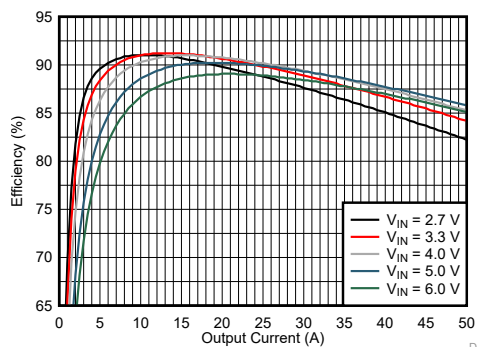
次に、 C_C を計算します。

$$C_C = \frac{k_{BW}}{2 \times \pi \times BW \times R_Z} \quad (32)$$

$$C_C = \frac{4}{2 \times \pi \times 230 \times 10^3 \times 1.5 \times 10^3} = 1.85 \text{ nF} \quad (33)$$

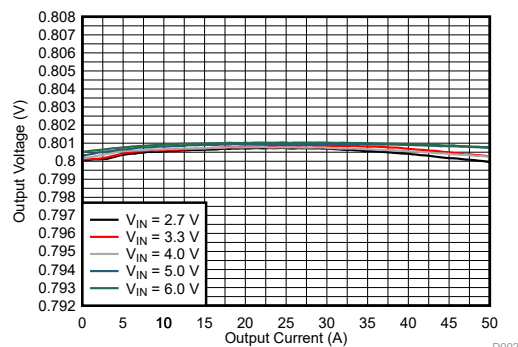
E12 シリーズの最も近い標準値は 2.2 nF です。

10.3.3 2つのスタックデバイスのアプリケーション曲線



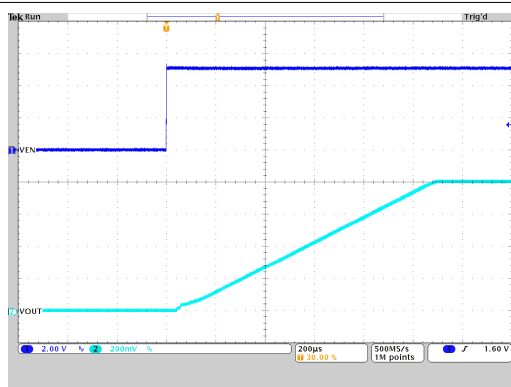
$V_{OUT} = 0.8V$ PWM $T_A = 25^\circ C$

図 10-21. 効率と出力電流との関係



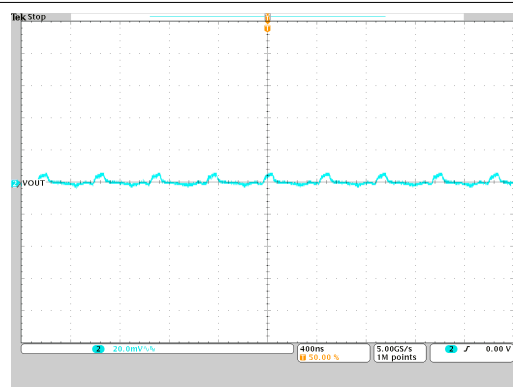
$V_{OUT} = 0.8V$ PWM $T_A = 25^\circ C$

図 10-22. 出力電圧と出力電流との関係



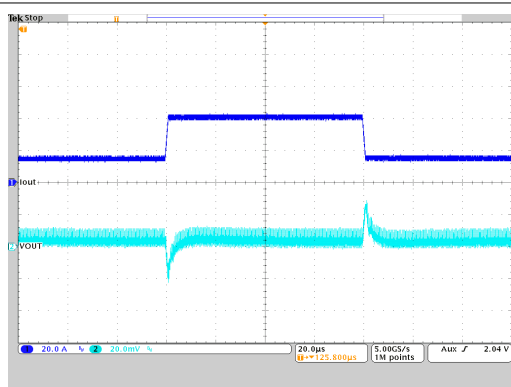
$V_{OUT} = 0.8V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5V$ $R_{LOAD} = 20m\Omega$

図 10-23. 起動タイミング



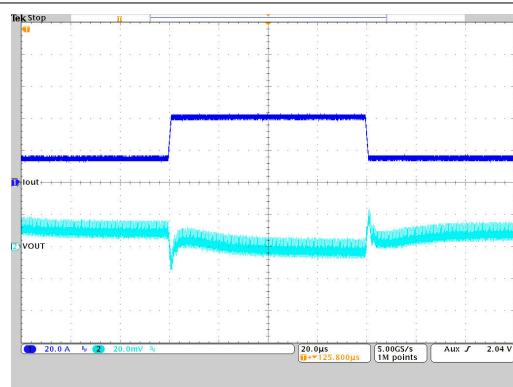
$V_{OUT} = 0.8V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5V$ $R_{LOAD} = 20m\Omega$

図 10-24. 出力電圧リップル



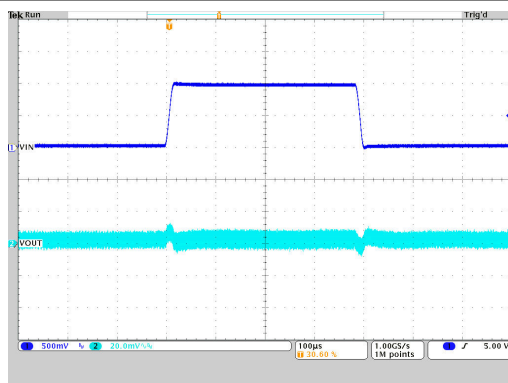
$V_{OUT} = 0.8V$ PWM、TPS62876 ド $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5V$ ループは無効
 $I_{OUT} = 15A \sim 40A \sim 15A$

図 10-25. 負荷過渡応答



$V_{OUT} = 0.8V$ PWM、TPS62876 ド $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5V$ ループが有効
 $I_{OUT} = 15A \sim 40A \sim 15A$

図 10-26. 負荷過渡応答



$V_{OUT} = 0.8V$
 $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$

PWM

$T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 40A$

図 10-27. ライン過渡応答

表 10-6. 設計パラメータ (続き)

| 記号 | パラメータ | 値 |
|-------------------------------------|------------------------------------|---------|
| TOL _{DC} | TPS62876-Q1 の出力電圧許容誤差 (DC 精度) | ±0.8% |
| ΔI _{OUT} | 出力電流負荷ステップ | ±46A |
| t _r | 負荷ステップ立ち上がり時間 | 1μs |
| t _f | 負荷ステップの立ち下がり時間 | 1μs |
| f _{SW} | スイッチング周波数 | 2.25MHz |
| L | インダクタンス | 56nH |
| g _m | エラー アンプの相互コンダクタンス | 1.5mS |
| τ | エミュレート電流時定数 | 12.5μs |
| k _{BW} | スイッチング周波数とコンバータ帯域幅の比率 (≥4 とする必要あり) | 4 |
| N _φ | 位相数 (スタックされたデバイスの数) | 3 |
| k _{COUT} | 最小出力容量と最大出力容量の比率 (通常 2) | 2 |
| R _{PG} | パワーグッド出力のプルアップ抵抗 | 10kΩ |
| R _{EN} | イネーブル時のプルアップ抵抗 | 22kΩ |
| R _{SCL} , R _{SDA} | SDA と SCL のプルアップ抵抗 | 680 Ω |

予備計算

許容される出力電圧の全体的な許容誤差が ±3%、最大 DC 誤差が ±0.8% の場合、負荷変動時における許容出力電圧の変動幅は、以下のように求められます:

$$\Delta V_{OUT} = \pm V_{OUT} \times (TOL_{VOUT} - TOL_{DC}) \quad (34)$$

$$\Delta V_{OUT} = \pm 0.875 \times (0.03 - 0.008) = \pm 19.25 \text{ mV} \quad (35)$$

10.4.2 詳細な設計手順

10.4.2.1 補償抵抗の選択

2 台のコンバータをスタック構成で使用する場合は、単体デバイスの場合とほぼ同様ですが、式に「位相数」N_φ のパラメータが追加されます。式 36 を使用して、補償抵抗 R_Z の推奨値を計算します。

$$R_Z = \frac{1}{g_m} \left(\frac{\pi \times \Delta I_{OUT} \times L}{4 \times \tau \times N_{\phi} \times \Delta V_{OUT}} \right) (1 + TOL_{IND}) \quad (36)$$

$$R_Z = \frac{1}{1.5 \times 10^{-3}} \left(\frac{\pi \times 46 \times 56 \times 10^{-9}}{4 \times 12.5 \times 10^{-6} \times 3 \times 19.25 \times 10^{-3}} \right) (1 + 0.2) \Omega = 2.24 \text{ k}\Omega \quad (37)$$

切り上げると、E24 シリーズから最も近い標準値は 2.4kΩ です。

10.4.2.2 出力コンデンサの選択

コンバータがレギュレーションを維持している場合、必要となる最小出力容量は次の式で求められます。

$$C_{OUT(min)(reg)} = \left(\frac{\tau \times g_m \times R_Z}{2 \times \pi \times \frac{L}{N_{\phi}} \times \frac{f_{SW}}{4}} \right) \left(1 + \sqrt{TOL_{IND}^2 + TOL_{fSW}^2} \right) \quad (38)$$

$$C_{OUT(min)(reg)} = \left(\frac{12.5 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 10^{-3} \times 2.4 \times 10^3}{2 \times \pi \times \frac{56 \times 10^{-9}}{3} \times \frac{2.25 \times 10^6}{4}} \right) \left(1 + \sqrt{20\%^2 + 10\%^2} \right) F = 835 \mu F \quad (39)$$

コンバータ ループが飽和する場合、最小出力キャパシタンスは次の式で求められます。

$$C_{OUT(min)(sat)} = \frac{1}{\Delta V_{OUT}} \left(\frac{\frac{L}{N_{\phi}} \times \left(\Delta I_{OUT} + \frac{I_{L(PP)}}{2} \right)^2}{2 \times V_{OUT}} - \frac{\Delta I_{OUT} \times t_t}{2} \right) (1 + TOL_{IND}) \quad (40)$$

$$C_{OUT(min)(sat)} = \frac{1}{19.25 \times 10^{-3}} \left(\frac{\frac{56 \times 10^{-9}}{3} \times \left(46 + \frac{2.4}{2} \right)^2}{2 \times 0.875} - \frac{46 \times 1 \times 10^{-6}}{2} \right) (1 + 20\%) F = 25.7 \mu F \quad (41)$$

この場合は、出力キャパシタンスの 2 つの値のうち大きい方として、 $C_{OUT(min)} = 835 \mu F$ を選択します。

ワーストケースの部品の値を計算するには、上記の計算値に必要な最小出力容量として使用します。セラミック コンデンサの場合、許容誤差、DC バイアス、温度、経年変化の影響を考慮するときの公称容量は通常、最小容量の 2 倍です。この場合、公称容量は 1670 μF です。

10.4.2.3 補償コンデンサ C_C の選択

$$BW = \frac{\tau \times g_m \times R_Z}{2 \times \pi \times \frac{L}{N_{\phi}} \times C_{OUT,min} \times k_{COUT}} \quad (42)$$

$$BW = \frac{12.5 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 10^{-3} \times 2.4 \times 10^3}{2 \times \pi \times \frac{56 \times 10^{-9}}{3} \times 835 \times 10^{-6} \times 2} = 230 kHz \quad (43)$$

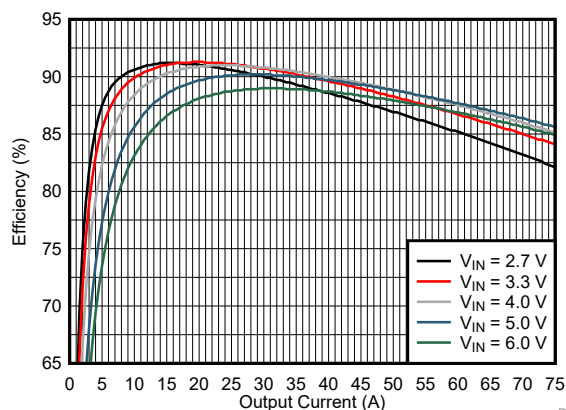
次に、 C_C を計算します。

$$C_C = \frac{k_{BW}}{2 \times \pi \times BW \times R_Z} \quad (44)$$

$$C_C = \frac{4}{2 \times \pi \times 230 \times 10^3 \times 2.4 \times 10^3} = 1.15 nF \quad (45)$$

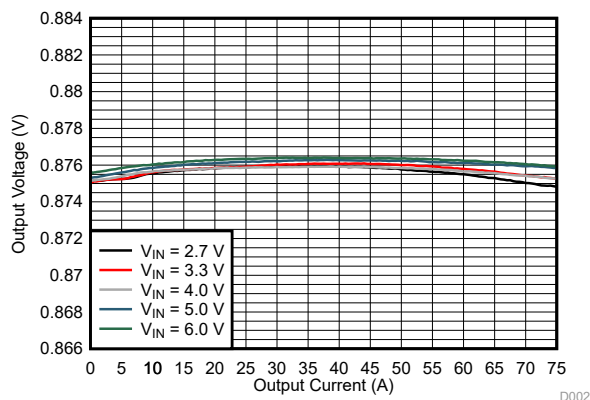
E12 シリーズの最も近い標準値は 1.5 nF です。

10.4.3 3つのスタックデバイスのアプリケーション曲線



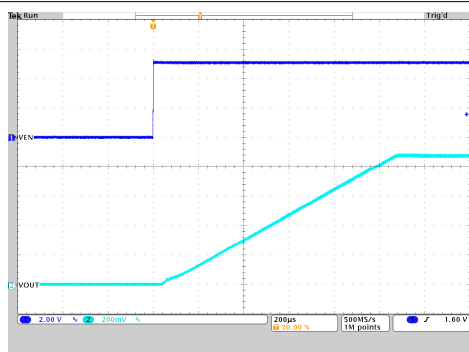
$V_{OUT} = 0.875V$ PWM $T_A = 25^\circ C$

図 10-29. 効率と出力電流との関係



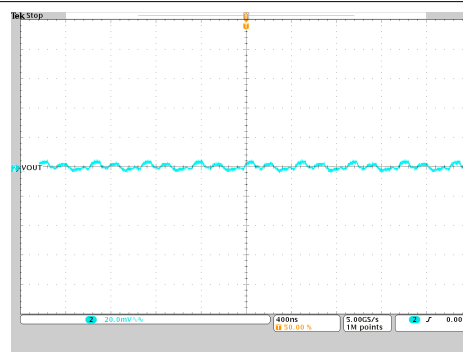
$V_{OUT} = 0.875V$ PWM $T_A = 25^\circ C$

図 10-30. 出力電圧と出力電流との関係



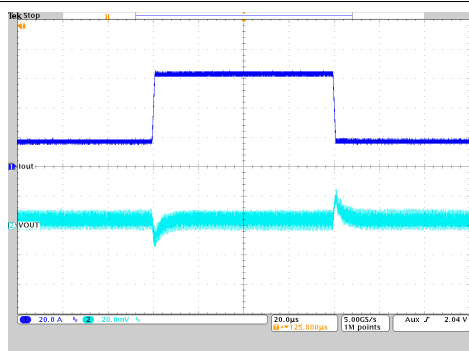
$V_{OUT} = 0.875V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5V$ $R_{LOAD} = 14m\Omega$

図 10-31. 起動タイミング



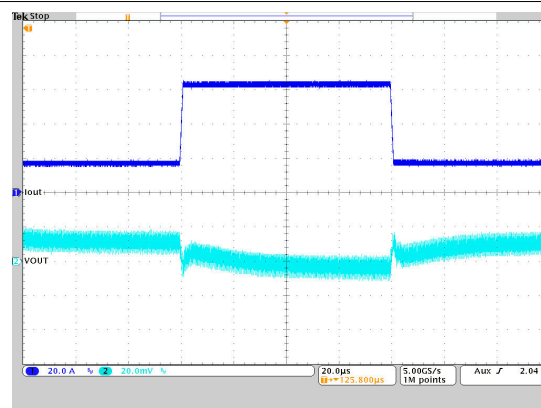
$V_{OUT} = 0.875V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5V$ $R_{LOAD} = 14m\Omega$

図 10-32. 出力電圧リップル



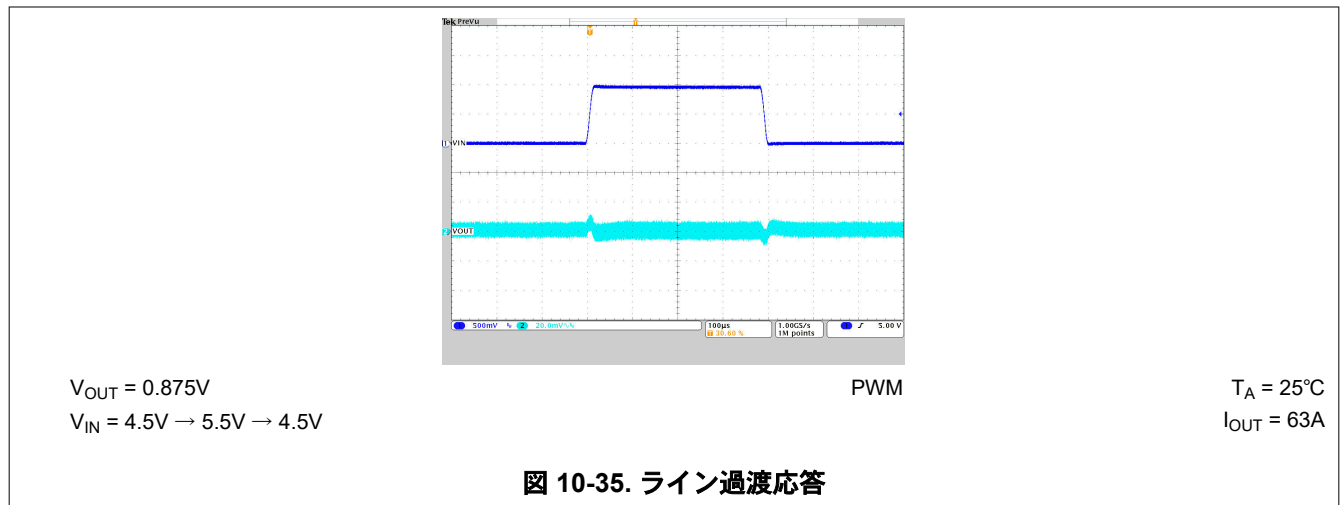
$V_{OUT} = 0.875V$ PWM, TPS62876 ドループは無効 $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5V$ $I_{out} = 17A \sim 63A \sim 17A$

図 10-33. 負荷過渡応答

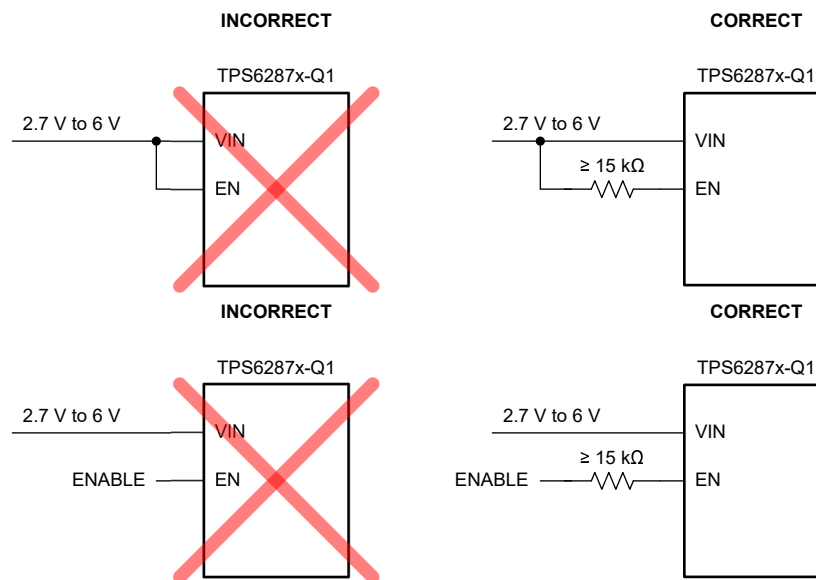


$V_{OUT} = 0.875V$ PWM, TPS62876 ドループが有効 $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5V$ $I_{out} = 17A \sim 63A \sim 17A$

図 10-34. 負荷過渡応答



10.5 設計のベスト プラクティス



10.6 電源に関する推奨事項

TPS6287x-Q1 デバイス ファミリーには、入力電源に関する特別な要件はありません。入力電源の出力電流は、TPS6287x-Q1 の供給電圧、出力電圧、および出力電流に応じて定格されている必要があります。

10.7 レイアウト

TPS6287x-Q1 デバイスの性能を達成するには、PDN と PCB の適切な設計が必要です。そのため、TI はユーザーに対し、設計に対して電源インテグリティ解析を実施することを推奨しています。市販されている電源インテグリティ解析用のソフトウェア ツールはいくつかあり、ユーザーはこれらのツールを用いて、PCB レイアウトや受動部品が性能に与える影響をモデル化できます。

電源インテグリティツールの使用に加えて、TI は以下の基本原則を推奨しています。

- 入力コンデンサは VIN ピンと GND ピンの近くに配置します。入力コンデンサはサイズが小さいものから順に、最も小さいコンデンサを VIN および GND ピンの近くに配置するようにします。バタフライ構成の効果を最大限に引き出すために、パッケージ内の両方の VIN-GND ピン対に対して同一のレイアウトを使用します。
- インダクタはデバイスに近づけて配置し、SW ノードを小さい値に維持します。

- デバイスの露出したサーマルパッドと GND ピンを接続します。デバイスの露出サーマルパッドは、複数のサーマルビアを用いて、1 層または複数のグラウンドプレーンに接続します (TI の EVM では、直径 150 μ m のサーマルビアを 9 個使用しています)。
- 複数の電源プレーンとグラウンドプレーンを使用します。
- 1 次側デバイスの VOSNS および GOSNS のリモートセンスラインは、差動ペアとして配線し、PDN のインピーダンスが最も低いポイントに接続します。希望する接続ポイントが PDN の最小インピーダンス点でない場合は、そのポイントが PDN 全体における最小インピーダンス点となるように、PDN を最適化します。VOSNS と GOSNS は、いずれのスイッチノードの近くにも配線しないようにします。
- COMP と AGND との間に補償部品を接続します。補償部品は、電源グラウンドに直接接続しないでください。
- 可能であれば、出力コンデンサを TPS6287x -Q1 デバイスと負荷ポイントの間に均等に分散配置し、1 か所に集中して配置しないようにします。
- 各コンデンサパッドは、複数のビアを使用して電源プレーンおよびグラウンドプレーンに接続します (TI の EVM では、通常 1 つのパッドにつき 4 個のビアを使用しています)。
- 異なる電源プレーンやグラウンドプレーン間の低インピーダンス接続を確保するために、十分な数のスティッチングビアを使用します。

10.7.1 レイアウトのガイドライン

このデバイスの評価基板の最上層を図 10-36 に示します。この図は、前述の PCB レイアウト原理の実際の実装を示しています。ユーザーは、使用されているすべての PCB 層の図面一式を、評価基板のユーザーガイド [TPS62876 降圧コンバータ評価基板](#) で確認できます。

10.7.2 レイアウト例

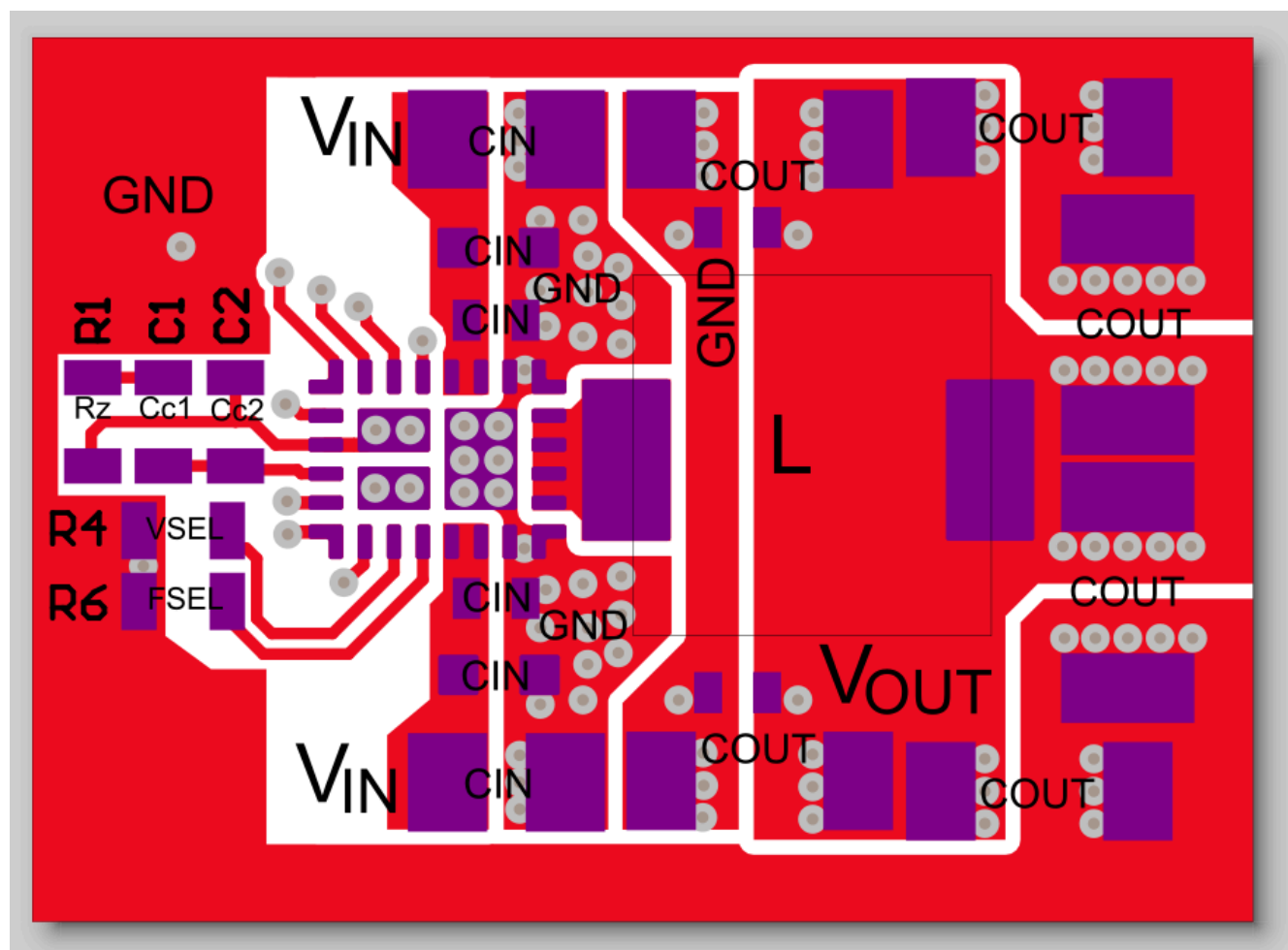


図 10-36. TPS62876-Q1 評価基板の最上層

11 デバイスおよびドキュメントのサポート

11.1 ドキュメントのサポート

11.1.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。

テキサス インスツルメンツ、[『TPS62876 降圧コンバータの評価基板』EVM ユーザー ガイド](#)

11.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、www.tij.co.jp のデバイス製品フォルダを開いてください。[通知] をクリックして登録すると、変更されたすべての製品情報に関するダイジェストを毎週受け取ることができます。変更の詳細については、改訂されたドキュメントに含まれている改訂履歴をご覧ください。

11.3 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラムは、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

11.4 商標

I2C™ is a trademark of NXP Semiconductors.

テキサス・インスツルメンツ E2E™ 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。

11.5 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インスツルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

11.6 用語集

[テキサス・インスツルメンツ用語集](#) この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

12 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 D (December 2024) to Revision E (August 2025) | Page |
|---|------|
| • デバイス名を更新..... | 45 |

| Changes from Revision C (October 2024) to Revision D (December 2024) | Page |
|--|------|
| • 「デバイスのオプション」表の TPS62877B3 のプレビュー ラベルを削除..... | 3 |
| • 補償 (COMP) の「GND」を「AGND」に変更..... | 24 |

13 メカニカル、パッケージ、および注文情報

以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに使用できる最新のデータです。このデータは、予告なく、このドキュメントを改訂せずに変更される場合があります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

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

PACKAGING INFORMATION

| Orderable part number | Status (1) | Material type (2) | Package Pins | Package qty Carrier | RoHS (3) | Lead finish/ Ball material (4) | MSL rating/ Peak reflow (5) | Op temp (°C) | Part marking (6) |
|------------------------------------|---------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| TPS62874B1QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6874B1Q |
| TPS62874B1QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6874B1Q |
| TPS62874B4QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6874B4Q |
| TPS62874B4QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6874B4Q |
| TPS62874QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 62874Q |
| TPS62874QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 62874Q |
| TPS62875B1QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B1Q |
| TPS62875B1QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B1Q |
| TPS62875B2QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B2Q |
| TPS62875B2QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B2Q |
| TPS62875B3QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B3Q |
| TPS62875B3QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B3Q |
| TPS62875B4QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B4Q |
| TPS62875B4QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B4Q |
| TPS62875B5QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B5Q |
| TPS62875B5QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6875B5Q |

| Orderable part number | Status (1) | Material type (2) | Package Pins | Package qty Carrier | RoHS (3) | Lead finish/ Ball material (4) | MSL rating/ Peak reflow (5) | Op temp (°C) | Part marking (6) |
|------------------------------------|---------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| TPS62875QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 62875Q |
| TPS62875QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 62875Q |
| TPS62876B1QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6876B1Q |
| TPS62876B1QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6876B1Q |
| TPS62876B3QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6876B3Q |
| TPS62876B3QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6876B3Q |
| TPS62876QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 62876Q |
| TPS62876QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 62876Q |
| TPS62877B1QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6877B1Q |
| TPS62877B1QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6877B1Q |
| TPS62877B3QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6877B3Q |
| TPS62877B3QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 6877B3Q |
| TPS62877QWRZVRQ1 | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 62877Q |
| TPS62877QWRZVRQ1.A | Active | Production | WQFN-FCRLF (RZV) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 62877Q |

(1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

⁽³⁾ **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

⁽⁴⁾ **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

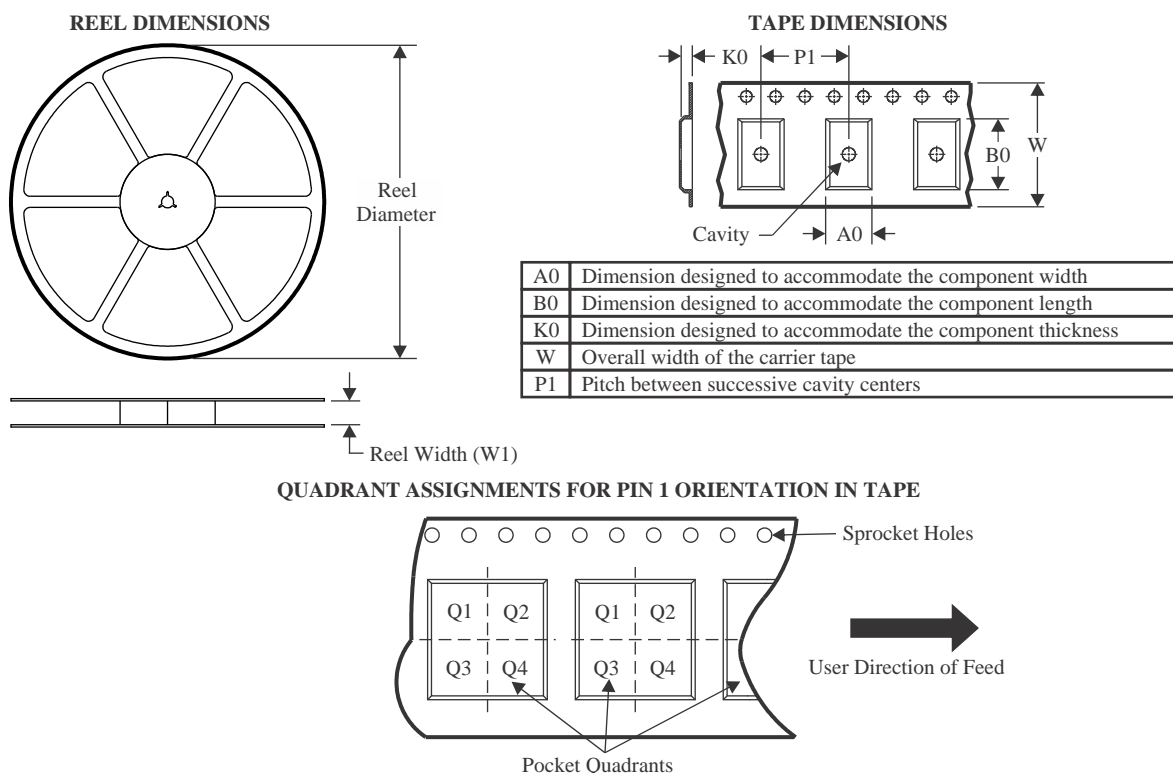
⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

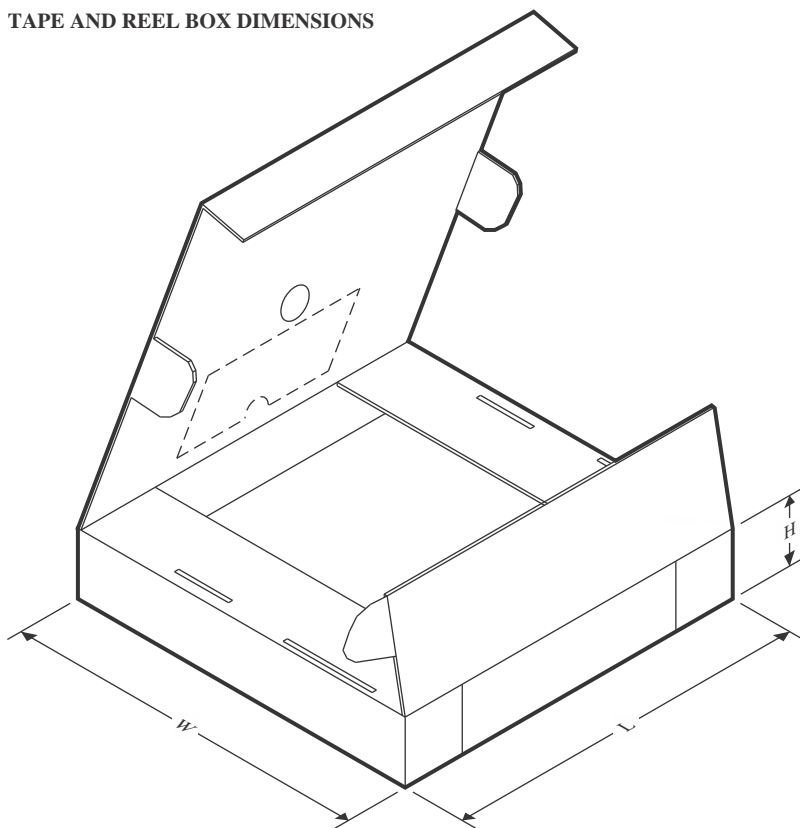


*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Reel Diameter (mm) | Reel Width W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | Pin1 Quadrant |
|--------------------|--------------|-----------------|------|------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| TPS62874B1QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62874B4QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62874QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62875B1QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62875B2QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62875B3QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62875B4QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62875B5QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62875QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |

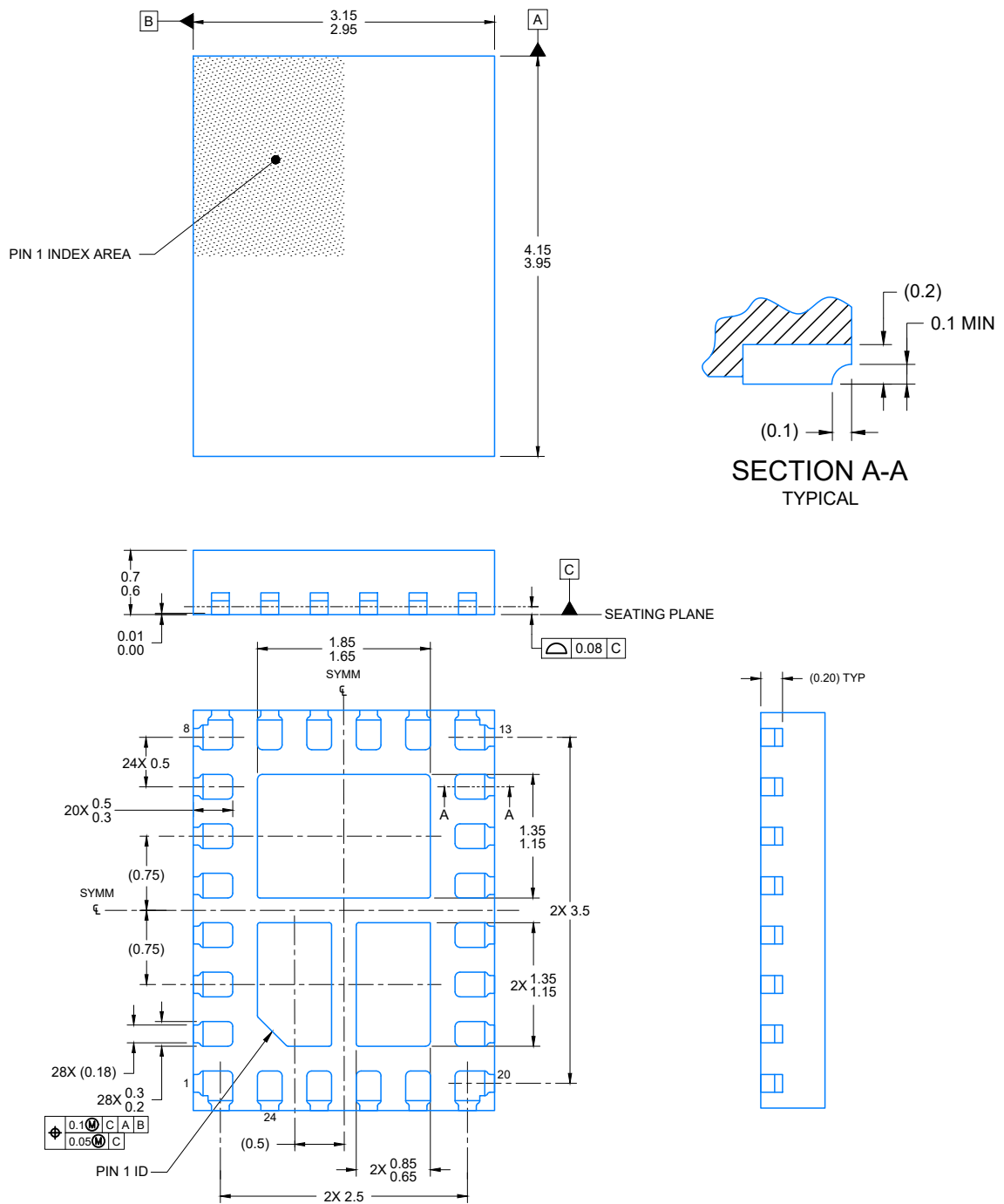
| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Reel Diameter (mm) | Reel Width W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | Pin1 Quadrant |
|--------------------|--------------|-----------------|------|------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| TPS62876B1QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62876B3QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62876QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62877B1QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62877B3QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TPS62877QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.3 | 4.4 | 0.8 | 8.0 | 12.0 | Q1 |

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

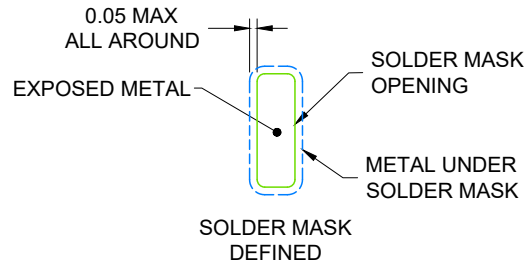
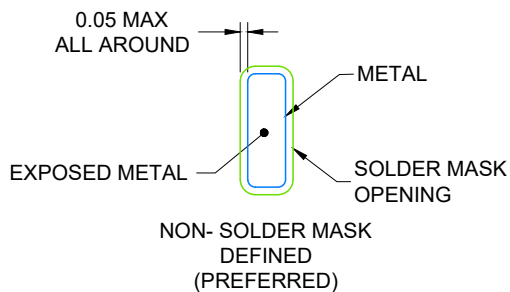
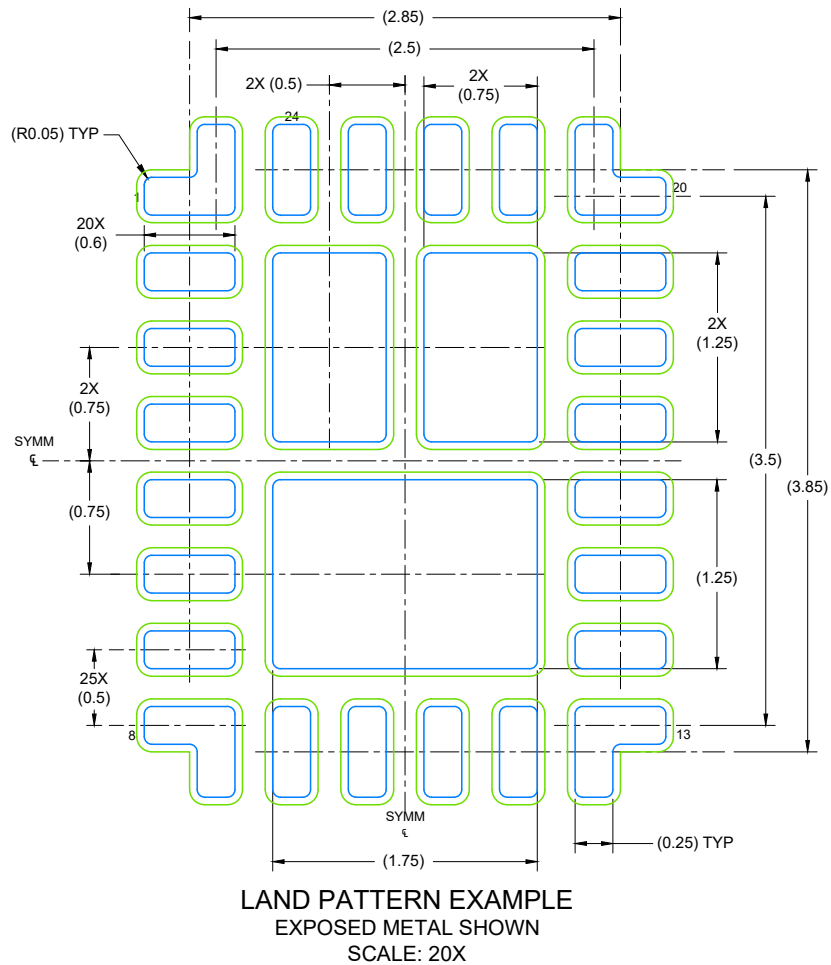
| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Length (mm) | Width (mm) | Height (mm) |
|--------------------|--------------|-----------------|------|------|-------------|------------|-------------|
| TPS62874B1QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62874B4QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62874QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62875B1QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62875B2QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62875B3QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62875B4QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62875B5QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62875QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62876B1QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62876B3QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62876QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62877B1QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62877B3QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |
| TPS62877QWRZVRQ1 | WQFN-FCRLF | RZV | 24 | 3000 | 338.0 | 355.0 | 50.0 |



4228538/A 02/2022

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for optimal thermal and mechanical performance.

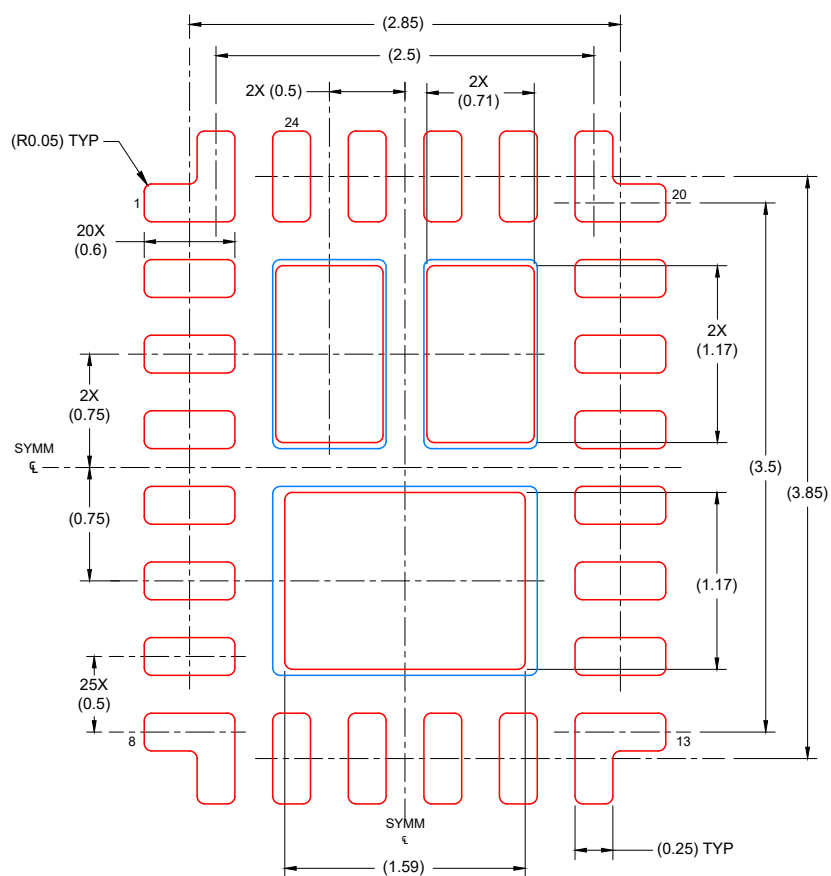


SOLDER MASK DETAILS

4228538/A 02/2022

NOTES: (continued)

- This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
- Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL

SCALE: 15X

4228538/A 02/2022

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

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、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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月