

BQ25690 : スタンドアロンI²C制御、34V、1~7セルリチウムイオン、3A昇降圧双方向NVDCバッテリ充電器、バイパスモードおよびUSB-PD OTG出力付き

1 特長

- 統合スイッチング MOSFET とループ補償を内蔵した高集積型昇降圧方式(順方向/シンク)充電器で、1~7セルのリチウムイオン電池に対応し、USB PD プロファイルをサポート
- 高効率
 - プログラム可能なスイッチング周波数: 450kHz~1.2MHz
 - 20V、3A での USB-PD PPS 直接バッテリ充電時に、98.0%以上の効率を実現するバイパスモードを備えています
 - 軽負荷時の効率向上のため、オーディオ帯域外(OOA)動作を備えた選択可能なPFM
- 2.5V~34V の動作範囲と 45V の絶対最大定格に対する幅広い入力電源をサポート
 - V_{BAT} が 3.2V を超える場合、 V_{IN} は最小 2.5V までサポート
 - USB PD 入力
 - 入力クラッシュを回避するために最大 34V の入力電圧ダイナミック電力管理(VINDPM)
 - 最大電力制限のために、最大 3.3A まで対応するオプションの入力電流の動的なパワー マネジメント(IINDPM)機能
- 狭電圧 DC (NVDC) パワー パス管理をオプションでサポート
 - 消耗したバッテリまたはバッテリ未接続でもシステムを即時オン
 - アダプタの負荷が重くなると、バッテリがシステムを補完
- システム性能を最適化するための I²C 制御に対応しており、抵抗による設定オプションも利用可能
 - セル数、充電電圧、入力電流および充電電流の制限をハードウェアで選択可能なデフォルト設定として構成可能
 - 20mA の分解能で最大 3.3A の充電電流に対応
- リバース/OTG(ソース)モードでは、バッテリから入力ポートに電力を供給
 - USB-PD PPS に対応するため、3.5V~34V の逆方向出力電圧を 20mV の分解能で設定
 - 20mA 分解能で最大 3.3A の逆出力電流レギュレーションを実施し、USB-PD PPS をサポート
- 低い静止電流
 - 6.5µA (バッテリのみの動作)
 - 700µA (コンバータのスイッチング動作時)
- 高い精度

- ±0.5% の充電電圧レギュレーション
- 入力/出力電流の制御精度は ±5%
- 安全
 - 入力およびバッテリ OVP
 - サーマル レギュレーションおよびサーマル シャットダウン
 - コンバータ MOSFET の OCP
 - 充電安全タイマ

2 アプリケーション

- ビデオ ドアベル、スマート ホーム コントロール
- データコンセントレータ、ワイヤレススピーカ、家電製品
- スマート ラッカ、スマート スピーカ
- マルチパラメータ メディカル モニタ、心電図(ECG)、超音波スマート プローブ

3 説明

BQ25690 は、1~7セルのリチウムイオンまたはリチウムポリマー バッテリ用の完全統合型スイッチ モード昇降圧チャージャです。入力電圧範囲は 2.5V~34V と広いため、バッテリ、標準的な USB-PD アダプタ、高電圧専用 DC アダプタからの電力供給で動作するアプリケーションに対応します。デバイスは、4 個のスイッチング MOSFET (Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4) とすべての昇降圧コンバータ ループ補償を内蔵しており、ソリューション サイズを小型化して簡単な設計を実現します。システム電圧が設定可能な最小値を下回らないように、本デバイスは NVDC パワー パス管理機能を使用して、システム電圧をバッテリ電圧よりわずかに高い値にレギュレートします。システム電圧が入力電源定格を上回った場合、入力電源に過剰な負荷がかからないように、バッテリ補完モードがシステムを補助します。デバイスは、USB Type-C および USB 電源供給(USB-PD) アプリケーションの全入力(シンク)および出力(逆方向またはソース モード)電圧範囲もサポートしています。

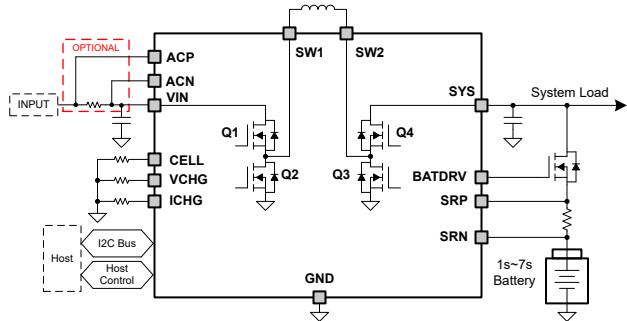
パッケージ情報

| 部品番号 | パッケージ ⁽¹⁾ | パッケージ サイズ ⁽²⁾ |
|-------------|----------------------|--------------------------|
| BQ25690RBAR | RBA (WQFN, 26) | 4.0mm × 3.5mm |

- (1) 利用可能なすべてのパッケージについては、データシートの末尾にある注文情報を参照してください。
 (2) 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も含まれます。



このリソースの元の言語は英語です。翻訳は概要を便宜的に提供するもので、自動化ツール(機械翻訳)を使用していることがあり、TI では翻訳の正確性および妥当性につきましては一切保証いたしません。実際の設計などの前には、ti.com で必ず最新の英語版をご参照くださいますようお願いいたします。



概略回路図

目次

| | | | |
|--------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| 1 特長 | 1 | 7 アプリケーションと実装 | 66 |
| 2 アプリケーション | 1 | 7.1 アプリケーション情報 | 66 |
| 3 説明 | 1 | 7.2 代表的なアプリケーション設計例 | 67 |
| 4 ピン構成および機能 | 4 | 7.3 電源に関する推奨事項 | 73 |
| 5 仕様 | 7 | 7.4 レイアウト | 73 |
| 5.1 絶対最大定格 | 7 | 8 デバイスおよびドキュメントのサポート | 76 |
| 5.2 ESD 定格 | 7 | 8.1 デバイス サポート | 76 |
| 5.3 推奨動作条件 | 7 | 8.2 ドキュメントのサポート | 76 |
| 5.4 熱に関する情報 | 8 | 8.3 ドキュメントの更新通知を受け取る方法 | 76 |
| 5.5 電気的特性 | 8 | 8.4 サポート・リソース | 76 |
| 5.6 タイミング要件 | 14 | 8.5 商標 | 76 |
| 5.7 代表的特性 | 16 | 8.6 静電気放電に関する注意事項 | 76 |
| 6 詳細説明 | 21 | 8.7 用語集 | 76 |
| 6.1 概要 | 21 | 9 改訂履歴 | 76 |
| 6.2 機能ブロック図 | 22 | 10 メカニカル、パッケージ、および注文情報 | 77 |
| 6.3 機能説明 | 22 | 10.1 付録:パッケージ オプション | 78 |
| 6.4 デバイスの機能モード | 46 | 10.2 テープおよびリール情報 | 79 |
| 6.5 レジスタ マップ | 47 | 10.3 メカニカル データ | 81 |

4 ピン構成および機能

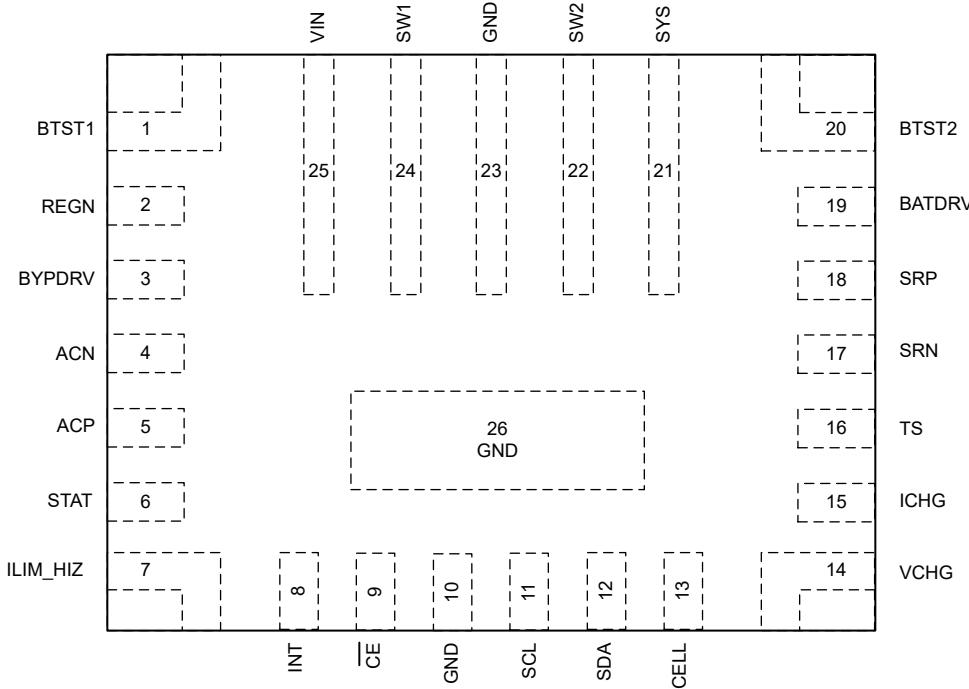


図 4-1. BQ25690 RBA パッケージ 26 ピン WQFN 上面図

表 4-1. ピンの機能

| ピン | | タイプ ⁽¹⁾ | 説明 |
|--------|----|--------------------|--|
| 名称 | 番号 | | |
| ACN | 4 | AI | アダプタ電流センス抵抗、負入力 – ACN と ACP の間に $0.1\mu\text{F}$ セラミックコンデンサを配置し、差動モード フィルタリングを実現します。同相モード フィルタリングのために、ACN ピンと GND の間に 33nF セラミックコンデンサを配置します。入力電流センスを使用しない場合は、VIN に直接接続します。 |
| ACP | 5 | AI | アダプタ電流センス抵抗、正入力 – ACN と ACP の間に $0.1\mu\text{F}$ セラミックコンデンサを配置し、差動モード フィルタリングを実現します。同相モード フィルタリングのために、ACP ピンと GND の間に 33nF セラミックコンデンサを配置します。入力電流センスを使用しない場合は、VIN に直接接続します。 |
| BATDRV | 19 | P | N チャネル バッテリ FET ゲートドライブ – BATFET ゲートに直接接続します。ピンが SRP より 5V 高く駆動され、BATFET が完全にオンになります。バッテリ電圧が VSYSMIN 設定値を下回ると、BATFET はリニア モードで動作し、VSYS を VSYSMIN に制御します。BATFET は、高速充電、補完、バッテリのみのモードで完全にオンになります。 |
| BTST1 | 1 | P | 降圧側ハイサイド パワー MOSFET ゲートドライバ電源 – ハイサイド降圧 MOSFET (Q1) を駆動するため、BTST1 と SW1 の間に 47nF のセラミックコンデンサと 2.2Ω の抵抗を接続します。REGN と BTST1 間のブートストラップ ダイオードが内蔵されています。 |
| BTST2 | 20 | P | 昇圧側ハイサイド パワー MOSFET ゲートドライバ電源 – ハイサイド昇圧 MOSFET (Q4) を駆動するため、BTST2 と SW2 の間に 47nF のセラミックコンデンサと 2.2Ω の抵抗を接続します。REGN と BTST2 間のブートストラップ ダイオードが内蔵されています。 |
| BYPDRV | 3 | P | バイパス FET ゲートドライブ – 双方向入力 FET のゲートに直接接続します。EN_BYPASS = 1 および EN_EXT_BYPASS = 1 のとき、このピンは SRN に対して 5V の電位差でゲートを駆動し、外部バイパス FET をオンにします。BYPDRV から外部バイパス FET の共通ソースに 15V のツェナー ダイオードを接続します。外部バイパス機能を使用しない場合、このピンはオープンのままにしておくことができます。 |
| CE | 9 | DI | アクティブ Low 充電イネーブルピン – EN_CHG ビットが 1 かつ $\overline{\text{CE}}$ ピンが Low の場合、バッテリ充電が有効になります。 $\overline{\text{CE}}$ ピンは HIGH または Low にする必要があります。フローティングのままにしてください。 |

表 4-1. ピンの機能 (続き)

| ピン | | タイプ ⁽¹⁾ | 説明 |
|----------|----|--------------------|--|
| 名称 | 番号 | | |
| セル | 13 | AI | セル数のプログラム – 電源投入時、充電器はセルピンに接続された抵抗値を検出し、デフォルトのパッテリのセル数を判別して、それに対応する VSYSMIN および充電電圧を設定します。公差 $\pm 1\%$ または $\pm 2\%$ の表面実装抵抗を推奨します。 |
| GND | 10 | P | グランドリターン |
| GND | 23 | P | グランドリターン |
| ICHG | 15 | AI | 充電電流のプログラム – 電源投入時、充電器は ICHG ピンに接続された抵抗値を検出し、デフォルトのパッテリ充電電流を決定します。公差 $\pm 1\%$ または $\pm 2\%$ の表面実装抵抗を推奨します。 |
| ILIM_HIZ | 7 | AI | 入力電流制限設定 – ILIM_HIZ ピンは最大入力電流を設定し、入力電流の監視にも使用できます。また、このピンを HIGH に引き上げることで、デバイスを HIZ モードに強制的に移行させることができます。GND に接続されたプログラミング抵抗によって入力電流制限が設定され、 $I_{IN_MAX} = K_{ILIM} / R_{ILIM}$ の関係が成立します。デバイスが入力電流制御中の場合、ILIM_HIZ ピンの電圧は 1V になります。ILIM ピンの電圧 (V_{ILIM}) が 1V を下回ると、実際の入力電流は次のように計算できます: $I_{IN} = K_{ILIM} \times V_{ILIM} / (R_{ILIM} \times 1V)$ 。実際の入力電流制限値は、ILIM_HIZ ピンまたは IINDPM レジスタビットで設定された制限値のうち、低い方が適用されます。EN_EXTILIM ビットが 0 の場合、このピンの機能は無効になります。ILIM_HIZ ピンを使用しない場合は、このピンを GND に接続し、オープンのままにしないでください。 |
| INT | 8 | DO | オープンドレイン割り込み出力 – 10kΩ 抵抗を使用して、INT ピンをロジックレールに接続します。INT ピンは、アクティブ Low の 256μs パルスをホストに送信して、充電器デバイスのステータスと故障を通知します。 |
| REGN | 2 | P | 充電器内部リニアレギュレータ出力 – REGN からグランドに 4.7μF セラミックコンデンサを接続します。REGN LDO 出力は、内部 MOSFET のゲート駆動電圧および TS ピンの抵抗分圧用バイアス電圧として使用されます。 |
| SCL | 11 | DI | I2C インターフェイスクロック – 10kΩ 抵抗を経由して SCL をロジックレールに接続します。 |
| SDA | 12 | DIO | I2C インターフェイスデータ – 10kΩ 抵抗を経由して SDA をロジックレールに接続します。 |
| SRN | 17 | AI | 充電電流センス抵抗、負入力 – 差動モードフィルタリングを提供するため、SRN から SRP $\sim 0.1\mu F$ () または () のセラミックコンデンサを配置します。同相モード フィルタリングのために、SRN ピンと GND の間に 33nF セラミックコンデンサを配置します |
| SRP | 18 | AI | 充電電流センス抵抗、正入力 – 差動モードフィルタリングを提供するため、SRN から SRP $\sim 0.1\mu F$ () または () のセラミックコンデンサを配置します。同相モード フィルタリングのために、SRP ピンと GND の間に 33nF セラミックコンデンサを配置します |
| STAT | 6 | DO | オープンドレインステータス出力 – 10kΩ 抵抗を使用してプルアップレールに接続します。LOW は、充電中であることを示します。HIGH は、充電完了または充電が無効であることを示します。故障状態が発生すると、STAT ピンは 1Hz で点滅します。DIS_STAT_PIN ビットを 1 に設定すると、STAT ピン機能を無効にできます。 |
| SW1 | 24 | P | 降圧側ハーフブリッジスイッチングノード – Q1 スイッチと Q2 スイッチの中間点へのインダクタ接続。 |
| SW2 | 22 | P | 昇圧側ハーフブリッジスイッチングノード – Q3 および Q4 スイッチの中間点へのインダクタ接続。 |
| SYS | 21 | P | チャージャ出力電圧からシステム – 内部の N チャネルハイサイド MOSFET (Q4) は、ドレインが SYS に、ソースが SW2 に接続されています。このピンはスイッチングコンバータの出力であり、可能な限りピンの近くにセラミックコンデンサを配置してデカップリングしてください。SYS から GND への低インピーダンス接続を実現するために、0.1μF コンデンサとより大容量のコンデンサを組み合わせて使用してください。 |
| サーマルパッド | 26 | – | IC の下にある露出パッド – 必ずサーマルパッドを基板に半田付けし、複数のビアを介して GND および電源グランドプレーンに接続します。露出したパッドは熱を放散するのに役立ちます。 |
| TS | 16 | AI | 温度認定電圧入力 – 負の温度係数サーミスタを接続します。REGN から TS を経由して GND に接続された抵抗分圧回路によって、温度ウインドウを設定します。TS ピンの電圧が範囲外になると、充電は一時停止されます。103AT-2 10kΩ サーミスタを推奨します。 |
| VCHG | 14 | AI | 充電電圧プログラム – 電源投入時、充電器は VCHG ピンに接続された抵抗値を検出し、デフォルトのパッテリ充電電圧を決定します。公差 $\pm 1\%$ または $\pm 2\%$ の表面実装抵抗を推奨します。 |

表 4-1. ピンの機能 (続き)

| ピン | | タイプ ⁽¹⁾ | 説明 |
|-----|----|--------------------|---|
| 名称 | 番号 | | |
| VIN | 25 | P | 充電器入力電圧 – 内部の N チャネル ハイサイド MOSFET (Q1) は、ドレインが VIN に、ソースが SW1 に接続されています。このピンはスイッチング コンバータの入力であり、可能な限りピンの近くにセラミック コンデンサを配置してデカップリングします。VIN から GND への低インピーダンス接続を実現するために、0.1 μ F コンデンサとより大容量のコンデンサを組み合わせて使用してください。 |

(1) AI = アナログ入力、AIO = アナログ入出力、DI = デジタル入力、DO = デジタル出力、DIO = デジタル入出力、P = 電源

5 仕様

5.1 絶対最大定格

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)⁽¹⁾

| | | | 最小値 | 最大値 | 単位 |
|------------------|---|--|------|-----|----|
| 電圧 | VIN, ACP, ACN, BATDRV, SYS, SRP, SRN | | -0.3 | 45 | V |
| | SW1, SW2 | | -0.3 | 45 | V |
| | SW1, SW2 (50ns の過渡) | | -2 | 45 | V |
| | BYPDRV | | -0.3 | 45 | V |
| | SW1 を基準とした BTST1 | | -0.3 | 6 | V |
| | SW2 を基準とした BTST2 | | -0.3 | 6 | V |
| | REGN | | -0.3 | 6 | V |
| | SRP を基準とした BATDRV | | -0.3 | 10 | V |
| | ACN に対する ACP, SRN に対する SRP | | -0.3 | 0.3 | V |
| | CELL, /CE, ICHG, ILIM_HIZ, /INT, SCL, SDA, STAT, TS, VCHG | | -0.3 | 6 | V |
| 出力シンク電流 | /CE, STAT | | | 5 | mA |
| T _J | 接合部温度 | | -40 | 150 | °C |
| T _{stg} | 保存温度 | | -65 | 150 | °C |

- (1) 「絶対最大定格」の範囲外での動作は、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。

5.2 ESD 定格

| | | | 値 | 単位 |
|--------------------|------|--|-------|----|
| V _(ESD) | 静電放電 | 人体モデル (HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 に準拠、すべてのピン ⁽¹⁾ | ±2000 | V |
| | | デバイス帯電モデル (CDM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 に準拠、すべてのピン ⁽²⁾ | ±250 | |

- (1) JEDEC ドキュメント JEP155 には、500V HBM であれば標準的な ESD 管理プロセスにより安全な製造が可能であると記載されています。
 (2) JEDEC ドキュメント JEP157 には、250V CDM であれば標準的な ESD 管理プロセスにより安全な製造が可能であると記載されています。

5.3 推奨動作条件

自由気流での動作温度範囲内 (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 | 2.5 | 34 | V | |
| V _{BAT} | バッテリ電圧 | 0 | 33 | V | |
| V _{I2C} | SCL と SDA のプルアップ電圧 VDD | 1.8 | 5V | V | |
| F _{SW} | スイッチング周波数 | 450 | 1,200 | kHz | |
| C _{VIN} | VIN 総容量 (ディレーティング後の最小値) (C _{VIN} = C _{VIN_ACN} + C _{VIN_ACP}) (C _{VIN_ACP} ≥ C _{VIN_ACN}) | 10 | | | μF |
| C _{VIN_ACN} | C _{VIN_ACN} キャパシタンス (ディレーティング後の最小値) | 100 | | | nF |
| C _{SYS} | SYS 容量 (ディレーティング後の最小値) | 15 | | | μF |
| C _{SYS_1s-2s} | SYS 容量 (1s, 2s) (ディレーティング後の最小値) | 15 | | | μF |
| C _{SYS_3s-7s} | SYS 容量 (3s - 7s) (ディレーティング後の最小値) | 8 | | | μF |
| C _{BAT} | BAT 容量 (ディレーティング後の最小値) | 5 | | | μF |

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

| | | 最小値 | 公称値 | 最大値 | 単位 |
|-----------------------|----------------------------------|-----|-----|------|-----------|
| L | f_{SW} の推奨インダクタ: 450kHz~500kHz | 6.8 | | 15 | μH |
| | f_{SW} の推奨インダクタ: 550kHz~700kHz | 4.7 | | 10 | μH |
| | $f_{SW} > 700kHz$ の場合の推奨インダクタンス | 2.2 | | 4.7 | μH |
| R _{AC_SNS} | 入力電流検出ピン | 0 | 5 | 10 | $m\Omega$ |
| R _{BAT_SNS} | バッテリ電流検出抵抗 | | 5 | 10 | $m\Omega$ |
| R _{CELL} | CELL プルダウン抵抗 | 4.6 | | 27.4 | $k\Omega$ |
| R _{VCHG} | VCHG プルダウン抵抗 | 4.6 | | 27.4 | $k\Omega$ |
| R _{ICHG} | ICHG プルダウン抵抗 | 4.6 | | 27.4 | $k\Omega$ |
| R _{ILIM_HIZ} | ILIM_HIZ プルダウン抵抗 | 0.0 | | 33 | $k\Omega$ |
| T _A | 周囲温度 | -40 | | 105 | °C |
| T _J | 接合部温度 | -40 | | 125 | °C |

5.4 热に関する情報

| 热評価基準 ⁽¹⁾ | | BQ25690 | 単位 |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------|------|
| | | RBA (QFN) | |
| | | 26-PIN | |
| R _{θJA} | 接合部から周囲への熱抵抗 (EVM ⁽²⁾) | 22.9 | °C/W |
| R _{θJA} | 接合部から周囲への熱抵抗 (JEDEC ⁽¹⁾) | 37.9 | °C/W |
| R _{θJC(top)} | 接合部からケース (上面) への熱抵抗 | 22.5 | °C/W |
| R _{θJB} | 接合部から基板への熱抵抗 | 6.8 | °C/W |
| Ψ_{JT} | 接合部から上面への特性パラメータ | 0.9 | °C/W |
| Ψ_{JB} | 接合部から基板への特性パラメータ | 6.8 | °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。
 (2) 厚さ 70 μm の銅箔、4 層基板で測定。

5.5 電気的特性

$V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$, $T_J = -40^\circ C \sim +125^\circ C$ 、標準値の場合は (特段の記述がない限り) $T_J = 25^\circ C$

| パラメータ | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|----------------------|---|--|-----|-----|---------|
| 静止時電流 | | | | | |
| I _{Q_BAT} | 静止バッテリ電流 ($I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SYS}$) | $V_{SRP} = V_{SRN} = V_{SYS} = 20V$ 、 $VIN = 0V$ 、 BATFET_CTRL = 1、 $T_J < 105^\circ C$ | 6.5 | 16 | μA |
| | | $V_{SRP} = V_{SRN} = V_{SYS} = 20V$ 、 $VIN = 0V$ 、 BATFET_CTRL = 0、 $T_J < 105^\circ C$ | 6.5 | 20 | μA |
| I _{HIZ_VIN} | HIZ モード入力電流 ($I_{ACP} + I_{ACN} + I_{VIN}$) | EN_HIZ = 1、 $VIN = 24V$ | 11 | | μA |
| I _{Q_VIN} | 静止入力電流 ($I_{ACP} + I_{ACN} + I_{VIN}$) | スイッチングしない | 250 | 300 | μA |
| | | スイッチング、 $ISYS = ICHG = 0A$ | 700 | | μA |
| I _{Q_REV} | 逆方向モードでの静止バッテリ電流 ($I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SYS}$) | スイッチングしない | 320 | 370 | μA |
| | | スイッチング | 700 | | μA |
| VIN / VBAT 電源 | | | | | |
| V _{VIN_OP} | VIN の動作範囲 | VBAT > 3.2V | 2.5 | 34 | V |
| | | VBAT < 3.2V | 3.2 | 34 | V |
| V _{VIN_OK} | VIN コンバータのイネーブル スレッショルド | VIN 上昇、バッテリーなし | 2.9 | | V |

$V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$, $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 、標準値の場合は(特段の記述がない限り) $T_J = 25^{\circ}\text{C}$

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|---------------------|---|--------------------------|---|--------|------|------|
| V_{VIN_OKZ} | | VIN コンバータのディスエーブルスレッショルド | VIN 下降、バッテリーなし | | 2.35 | V |
| V_{VIN_OVP} | VIN 過電圧立ち上がりスレッショルド | | VIN 立ち上がり | 35.5 | 36.3 | 37 |
| | VIN 内部過電圧立ち下がりスレッショルド | | VIN 立ち下がり | 33.8 | 34.5 | 35.2 |
| V_{BAT_OK} | OTG 動作を許容するバッテリ電圧 | | V_{SRN} 立ち上がり、入力なし | 2.8 | | V |
| | BATFET を有効にするためのバッテリ電圧 | | V_{SRN} 立ち上がり、入力なし | 2.4 | | V |
| V_{BAT_OKZ} | OTG 動作を無効化するバッテリ電圧 | | V_{SRN} 立ち下がり、入力なし | 2.4 | | V |
| | BATFET を無効にするためのバッテリ電圧 | | V_{SRN} 立ち下がり、入力なし | 1.9 | | V |
| パワー パス管理 | | | | | | |
| V_{SYSMIN_RANGE} | 最小システム電圧レギュレーション範囲 | | 3.0 | | 28 | V |
| V_{SYSMIN_STEP} | 代表的な V_{SYS_MIN} レギュレーションステップ サイズ | | 20 | | mV | |
| V_{SYSMIN_REG} | VBAT < V_{SYS_MIN} のときのデフォルトのシステム レギュレーション電圧 | | 1s バッテリ、 $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル | 3.5 | 3.7 | V |
| | VBAT < V_{SYS_MIN} のときのシステム レギュレーション電圧。VBAT = 2.5V/セル | | 2s–7s バッテリ、 $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル。 V_{SYS_min} を上回るオフセット電圧 (3.1V / セル) | 200 | | mV |
| | | | 2s バッテリ、 $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル | 6.2 | 6.4 | V |
| | | | 3s バッテリ、 $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル | 9.3 | 9.5 | V |
| | | | 4s バッテリ、 $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル | 12.4 | 12.6 | V |
| | | | 5s バッテリ、 $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル | 15.5 | 15.7 | V |
| | | | 6s バッテリ、 $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル | 18.5 | 18.8 | V |
| | | | 7s バッテリ、 $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル | 21.6 | 21.9 | V |
| V_{SYSMAX_REG} | VBAT > V_{SYS_MIN} のときのデフォルトのシステム レギュレーション電圧 | | 1s–7s バッテリ、 $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル、PFM ディスエーブル。VBAT を上回るオフセット電圧 | 200 | | mV |
| | VBAT > V_{SYS_MIN} のときのシステム レギュレーション電圧。VBAT = 3.8V/セル。 | | 1s, $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル、PFM ディスエーブル | 4.000 | | V |
| | | | 3s, $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル、PFM ディスエーブル | 11.600 | | V |
| | | | 7s, $ISYS = 0\text{A}$ 、充電ディスエーブル、PFM ディスエーブル | 26.800 | | V |
| V_{SYS_OVP} | VSYS 過電圧保護 | | システムの制御電圧に対する割合として、スイッチングを停止するための VSYS 立ち上がり | 104 | 106 | 110 |
| | | | システムの制御電圧に対する割合として、スイッチングを開始するための VSYS 立ち下がり | 98 | 100 | 104 |

$V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$, $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 、標準値の場合は(特段の記述がない限り) $T_J = 25^{\circ}\text{C}$

| パラメータ | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|--------------------|---|--|--------|------|--------|
| V_{SYS_SHORT} | V_{SYS} 短絡電圧立ち上がりスレッショルド | | 2.085 | 2.2 | 2.3 |
| | V_{SYS} 短絡電圧立ち下がりスレッショルド | | 1.9 | 2.0 | 2.1 |
| バッテリチャージャ | | | | | |
| V_{REG_RANGE} | 標準的な充電電圧レギュレーション範囲 | | 2.4 | 33.0 | V |
| V_{REG_STEP} | 標準的な充電電圧ステップ | | 10 | | mV |
| V_{REG_ACC} | 充電電圧レギュレーション精度 | 1s~7s バッテリ、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ | -0.55 | 0.5 | % |
| | | 1s~7s バッテリ、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ | -1.15 | 0.9 | % |
| | 充電電圧レギュレーション精度、セルあたり 4.2V | 1s、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ | 4.1769 | 4.2 | 4.221 |
| | | 2s、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ | 8.358 | 8.4 | 8.442 |
| | | 3s、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ | 12.537 | 12.6 | 12.663 |
| | | 4s、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ | 16.716 | 16.8 | 16.884 |
| | | 5s、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ | 20.895 | 21.0 | 21.105 |
| | | 6s、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ | 25.074 | 25.2 | 25.326 |
| | | 7s、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ | 29.253 | 29.4 | 29.547 |
| I_{CHG_RANGE} | 代表的な充電電流レギュレーション範囲 | | 40 | 3300 | mA |
| I_{CHG_STEP} | 標準的な充電電流ステップ | | 20 | | mA |
| I_{CHG_ACC} | 充電電流レギュレーション精度 ($VBAT > VSYS_MIN$)、 $VBAT = 4V$ セル、 $R_{BAT_SNS} = 10m\Omega$ | $VBAT = 12V, 20V, 28V$, $I_{CHG} = 1.5A$ | 1425 | 1500 | 1575 |
| | | $VBAT = 12V, 20V, 28V$, $I_{CHG} = 0.5A$ | 450 | 500 | 550 |
| I_{CHG_ACC} | 充電電流レギュレーション精度 ($VBAT < VSYS_MIN$)、 $VBAT = 3V$ セル、 $R_{BAT_SNS} = 10m\Omega$ | $VBAT = 9V, 15V, 21V$, $I_{CHG} = 1.5A$ | 1425 | 1500 | 1575 |
| | | $VBAT = 9V, 15V, 21V$, $I_{CHG} = 0.5A$ | 450 | 500 | 550 |
| I_{TERM_RANGE} | 代表的な終端電流範囲 | | 20 | 620 | mA |
| I_{TERM_STEP} | 代表的な終端電流ステップ | | 20 | | mA |
| I_{TERM_ACC} | 終了電流精度、 $VBAT = 4.2V$ セル、 $R_{BAT_SNS} = 10m\Omega$ | $VBAT = 12.6V, 21V, 29.4V$, $ITERM = 160mA$ | 140 | 160 | 176 |
| | | $VBAT = 12.6V, 21V, 29.4V$, $ITERM = 80mA$ | 60 | 80 | 120 |
| I_{PRECHG} | 標準的なプリチャージ電流範囲 | $VBAT < VBAT_LOWV$ | 20 | 620 | mA |
| I_{PRECHG_STEP} | 標準的なプリチャージ電流ステップ | | 20 | | mA |
| I_{PRECHG_ACC} | プリチャージ電流精度、 $VBAT = 2.5V$ セル、 $R_{BAT_SNS} = 10m\Omega$ | $VBAT = 7.5V, 12.5V, 17.5V$, $IPRECHG = 300mA$ | 250 | 300 | 330 |
| | | $VBAT = 7.5V, 12.5V, 17.5V$, $IPRECHG = 160mA$ | 110 | 160 | 190 |
| I_{BAT_SHORT} | リチウムイオンバッテリのトリクル充電電流精度 | $VBAT < V_{BAT_SHORT}$ | 100 | | mA |
| V_{BAT_SHORT} | トリクル充電から充電前遷移まで (1s~2s) | VBAT 立ち上がり、セルごとのスレッショルド | 2.15 | | V |
| | 充電前からトリクル充電への遷移 (1s~2s) | VBAT 立ち下がり、セルごとのスレッショルド | 1.85 | | V |
| | トリクル充電から充電前遷移まで (3s~7s) | VBAT 立ち上がり、セルごとのスレッショルド | 2.2 | | V |
| | 充電前からトリクル充電への遷移 (3s~7s) | VBAT 立ち下がり、セルごとのスレッショルド | 2.0 | | V |

$V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$, $T_J = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$, 標準値の場合は (特段の記述がない限り) $T_J = 25^\circ\text{C}$

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|--------------------------|---|--|-------|------|-------|--------------------------|
| V_{BAT_LOWV} | 充電前から高速充電への遷移 | VBAT 立ち上がり、VREG に対する割合として表示、 $V_{BAT_LOWV[2:0]} = 3$ | 69.0 | 71.4 | 73.8 | % |
| | | VBAT 立ち上がり、VREG に対する割合として表示、 $V_{BAT_LOWV[2:0]} = 2$ | 64.3 | 66.7 | 69.0 | % |
| | | VBAT 立ち上がり、VREG に対する割合として表示、 $V_{BAT_LOWV[2:0]} = 1$ | 52 | 55 | 58 | % |
| | | VBAT 立ち上がり、VREG に対する割合として表示、 $V_{BAT_LOWV[2:0]} = 0$ | 27 | 30 | 33 | % |
| $V_{BAT_LOWV_HYS}$ | BAT_LOWV のヒステリシス | | | 5 | | % |
| V_{RECHG} | バッテリ再充電スレッショルド | VBAT 立ち上がり、VFREG の割合として表示、 $V_{RECHG[1:0]} = 3$ | | 97 | | % |
| | | VBAT 立ち上がり、VFREG の割合として表示、 $V_{RECHG[1:0]} = 2$ | | 95.5 | | % |
| | | VBAT 立ち上がり、VFREG の割合として表示、 $V_{RECHG[1:0]} = 1$ | | 94.1 | | % |
| | | VBAT 立ち上がり、VFREG の割合として表示、 $V_{RECHG[1:0]} = 0$ | | 92.7 | | % |
| I_{SYS_LOAD} | システム (SYS) 放電負荷電流 | FORCE_ISYS_DSCHG = 1 | 20 | | | mA |
| I_{VIN_LOAD} | 入力 (VIN) 放電負荷電流 | FORCE_VIN_DSCHG = 1 | 20 | | | mA |
| BATFET 制御 | | | | | | |
| V_{BATDRV_REG} | BATFET 駆動電圧 | $V_{BATDRV} - V_{SRP}$, $VIN < V_{BAT}$ | | 5 | | V |
| I_{BATDRV_REG} | BATFET チャージポンプの電流制限値 | $V_{BATDRV} - V_{SRP} = 5\text{V}$, $VIN = 0\text{V}$ | | 50 | | μA |
| バッテリ保護 | | | | | | |
| V_{BAT_OVP} | バッテリ過電圧スレッショルド | VREG に対する VBAT 立ち上がり | 102 | 104 | 105.5 | % |
| | | VREG に対する VBAT 立ち下がり | 100 | 102 | 103.5 | % |
| 入力電圧 / 電流レギュレーション | | | | | | |
| V_{INDPM_RANGE} | 入力電圧 DPM レギュレーション範囲 | | 2.5 | 34 | | V |
| V_{INDPM_STEP} | 標準的な入力電圧 DPM レギュレーションステップ | | | 20 | | mV |
| V_{INDPM_ACC} | 入力電圧 DPM レギュレーション精度 | VINDPM = 20V | 19.6 | 20 | 20.4 | V |
| | | VINDPM = 12V | 11.76 | 12 | 12.24 | V |
| | | VINDPM = 4.3V | 4.17 | 4.3 | 4.43 | V |
| | | VINDPM = 3V | 2.85 | 3 | 3.15 | V |
| I_{INDPM_RANGE} | 入力電流 DPM レギュレーション範囲 | | 40 | 3300 | | mA |
| I_{INDPM_STEP} | 標準的な入電流 DPM レギュレーションステップ | | | 20 | | mA |
| I_{INDPM_ACC} | 入力電流 DPM レギュレーション精度 | IINDPM = 3000mA | 2700 | 2850 | 3000 | mA |
| | | IINDPM = 1500mA | 1350 | 1425 | 1500 | mA |
| | | IINDPM = 900mA | 810 | 855 | 900 | mA |
| | | IINDPM = 500mA | 450 | 475 | 500 | mA |
| K_{ILIM} | 入力電流制限スケール係数 ($IIN_MAX = K_{ILIM} / R_{ILIM}$) | $IIN_MAX = 1.6\text{A}, 1\text{A}, 0.5\text{A}$ | 2890 | 3333 | 3780 | $\text{A} \times \Omega$ |
| $V_{IH_ILIM_HIZ}$ | HIZ モードに移行するための ILIM_HIZ 入力 High スレッショルド | V_{ILIM_HIZ} 立ち上がり | 1.77 | | | V |

$V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$, $T_J = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ 、標準値の場合は (特段の記述がない限り) $T_J = 25^\circ\text{C}$

| パラメータ | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|-------|------|------------------|
| サーマル レギュレーションおよびサーマル シャットダウン | | | | | |
| T_{REG} | 接合部温度レギュレーション | $T_{REG} = 120^\circ\text{C}$ | 120 | | $^\circ\text{C}$ |
| | | $T_{REG} = 80^\circ\text{C}$ | 80 | | $^\circ\text{C}$ |
| T_{SHUT} | サーマル シャットダウン上昇しきい値 | 温度上昇 | 165 | | $^\circ\text{C}$ |
| T_{SHUTZ} | サーマル シャットダウン降下しきい値 | 温度低下 | 130 | | $^\circ\text{C}$ |
| スイッチング コンバータ | | | | | |
| F_{SW} | スイッチング周波数 | $FSW = b001$ | 382.5 | 450 | 517.5 kHz |
| | | $FSW = b010$ | 425 | 500 | 575 kHz |
| | | $FSW = b011$ | 467.5 | 550 | 632.5 kHz |
| | | $FSW = b100$ | 510 | 600 | 690 kHz |
| | | $FSW = b101$ | 595 | 700 | 805 kHz |
| | | $FSW = b110$ | 1020 | 1200 | 1380 kHz |
| R_{Q1_ON} | VIN - SW1 間の MOSFET のオン抵抗 | | 37 | 67 | $\text{m}\Omega$ |
| R_{Q2_ON} | SW1 から GND への MOSFET オン抵抗 | | 77 | 140 | $\text{m}\Omega$ |
| R_{Q3_ON} | SW2 から GND への MOSFET オン抵抗 | | 77 | 140 | $\text{m}\Omega$ |
| R_{Q4_ON} | SYS - SW2 間の MOSFET のオン抵抗 | | 37 | 67 | $\text{m}\Omega$ |
| バイパス モード | | | | | |
| V_{BYPDRV_REG} | 外部バイパス FET 駆動電圧 | $VIN = 4\text{V}, V_{BYP_DRV} - V_{SRN}, VIN > VBAT, EN_BYPASS = 1, EN_EXT_BYPASS = 1$ | 4.18 | | V |
| I_{BYPDRV_REG} | 外部バイパス FET を駆動するチャージ ポンプの電流制限 | $V_{BYPDRV} - V_{SYS} = 5\text{V}$ | 16 | 23 | μA |
| I_{BYPDRV_OFF} | 外部バイパス FET のターンオフ電流 | | 460 | | μA |
| I_{EXTBYP_OCP} | バイパス モードを終了するための外部バイパス過電流制限 | $EN_BYPASS = 1, EN_EXT_BYPASS = 1, R_{AC_SNS} = 10\text{m}\Omega$ | 5.35 | 5.5 | A |
| I_{BYP_OCP} | バイパス モードを終了するための内部バイパス過電流制限。 | $EN_BYPASS = 1, EN_EXT_BYPASS = 0, IINDPM \text{ 設定より高いパーセンテージ}。R_{AC_SNS} = 10\text{m}\Omega$ | | 15 | % |
| I_{BYP_LL} | バイパス モードを解除するための軽負荷電流制限 | $EN_BYPASS = 1, \text{電流の立ち下がり}。R_{AC_SNS} = 10\text{m}\Omega$ | 130 | | mA |
| $I_{REV_EXTBYP_OCP}$ | バイパス モードを終了するための外部逆方向バイパス過電流制限 | $EN_REV = 1, EN_BYPASS = 1, EN_EXT_BYPASS = 1, R_{AC_SNS} = 10\text{m}\Omega$ | 5.35 | 5.5 | A |
| $I_{REV_BYP_OCP}$ | バイパス モードを終了するための内部逆方向バイパス過電流制限機能 | $EN_REV = 1, EN_BYPASS = 1, EN_EXT_BYPASS = 0 \text{ のとき, IIN_REV 設定値を上回る割合}。R_{AC_SNS} = 10\text{m}\Omega$ | | 15 | % |
| $I_{REV_BYP_LL}$ | 逆方向バイパス軽負荷電流制限により、バイパス モードを終了 | $EN_BYPASS = 1, EN_EXT_BYPASS = 0, \text{逆電流の立ち下がり}。R_{AC_SNS} = 10\text{m}\Omega$ | 122 | | mA |
| 逆方向モード電圧と電流レギュレーション | | | | | |
| V_{INREV_RANGE} | VIN 時の逆モード電圧レギュレーション範囲 | | 3.5 | 34 | V |
| V_{INREV_STEP} | VIN での逆モード電圧レギュレーションステップ | | 20 | | mV |

$V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$, $T_J = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ 、標準値の場合は(特段の記述がない限り) $T_J = 25^\circ\text{C}$

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|---------------------|--|--------------------------------|------|------|-------|----|
| V_{INREV_ACC} | VIN 時の逆方向モード電圧レギュレーション: | VIN_REV = 20V | 19.8 | 20 | 20.2 | V |
| | | VIN_REV = 15V | 14.8 | 15 | 15.2 | V |
| | | VIN_REV = 9V | 8.8 | 9 | 9.2 | V |
| | | VIN_REV = 5V | 4.8 | 5 | 5.2 | V |
| V_{INREV_BACKUP} | 逆方向バックアップ モードをトリガするための VIN 立ち下がりスレッショルド。VINDPM のパーセンテージとして定義 | VIN_BACKUP = 100%、VINDPM = 15V | 93.5 | 100 | 106.5 | % |
| | | VIN_BACKUP = 80%、VINDPM = 15V | 75 | 80 | 85 | % |
| | | VIN_BACKUP = 60%、VINDPM = 15V | 56 | 60 | 64 | % |
| | | VIN_BACKUP = 50%、VINDPM = 15V | 46 | 50 | 54 | % |
| I_{INREV_RANGE} | ACP/ACN 全体にわたる逆方向モード電流レギュレーション範囲 | | 40 | | 3300 | mA |
| I_{INREV_STEP} | ACP/ACN 両端の逆方向モード電流レギュレーション ステップ | | | 20 | | mA |
| I_{INREV_ACC} | ACP/ACN 両端の逆方向モード電流レギュレーション精度 | IIN_REV = 3000mA | 2680 | 2850 | 3000 | mA |
| | | IIN_REV = 1500mA | 1300 | 1425 | 1500 | mA |
| | | IIN_REV = 900mA | 750 | 855 | 930 | mA |
| | | IIN_REV = 500mA | 380 | 475 | 560 | mA |
| I_{BATREV_ACC} | SRP/SRN 全体にわたる逆方向モードバッテリ放電電流レギュレーション精度 | IBAT_REV = 3.56A | 3410 | 3560 | 3710 | mA |
| | | IBAT_REV = 2.28A | 2130 | 2280 | 2430 | mA |
| | | IBAT_REV = 1A | 850 | 1000 | 1150 | mA |
| V_{INREV_OV} | 逆方向モード VIN 立ち上がりスレッショルド | VIN が VIN_REV の設定値に対して上昇する割合 | 110 | | | % |
| V_{INREV_UV} | コンバータを停止するための逆方向モード VIN 立ち下がりスレッショルド | VIN 立ち下がり | | | 2.95 | V |

バッテリ パック NTC モニタ (充電モード)

| | | | | | | |
|----------------|---|---|-------|--------|--------|---|
| V_{T1_RISE} | TS ピン電圧立ち上がり T1 スレッショルド。この電圧を超えると充電が中断されます。 | REGN に対する割合で表した場合、 TS_TH1 = 0°C (103AT 使用時) | 72.0 | 73.3 | 74.2 | % |
| V_{T1_FALL} | TS ピン電圧が低下して T1 のしきい値を下回ると、充電が再び有効になります。 | REGN に対する割合で表した場合、 TS_TH1 = 0°C (103AT 使用時) | 71.0 | 72 | 73.5 | % |
| V_{T2_RISE} | TS ピン電圧が上昇して T2 のスレッショルドを超えると、この電圧以上で充電は低減された ICHG に戻ります | REGN に対する割合で表した場合、 TS_TH2 = 10°C (103AT 使用時) | 67.0 | 68.25 | 69.25 | % |
| V_{T2_FALL} | TS ピン電圧立ち下がり T2 スレッショルド。この電圧より下で充電は通常状態に戻ります | REGN に対する割合で表した場合、 TS_TH2 = 10°C (103AT 使用時) | 66.0 | 66.95 | 68.5 | % |
| V_{T3_FALL} | TS ピンの電圧が T3 のスレッショルドを下回ると、レギュレータ出力 (VREG) はこの電圧より低く制御されます。 | REGN に対する割合で表した場合、 TS_TH3 = 45°C (103AT 使用時) | 43.75 | 44.75 | 45.75 | % |
| V_{T3_RISE} | TS ピン電圧立ち上がり T3 スレッショルドこの電圧を超えると充電は通常状態に戻ります。 | REGN に対する割合で表した場合、 TS_TH3 = 45°C (103AT 使用時) | 45.0 | 46.05 | 46.55 | % |
| V_{T5_FALL} | TS ピン電圧が低下して T5 のスレッショルドを下回ると、この電圧より下で充電が一時停止されます | REGN に対する割合で表した場合、 TS_TH5 = 60°C (103AT 使用時) | 33.5 | 34.375 | 34.875 | % |
| V_{T5_RISE} | TS ピン電圧立ち上がり T5 スレッショルドこの電圧を超えると、VREG を下げた状態で充が行われます。 | REGN に対する割合で表した場合、 TS_TH5 = 60°C (103AT 使用時) | 34.5 | 35.5 | 36 | % |

バッテリ パック NTC モニタ (逆方向モード)

$V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$, $T_J = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ 、標準値の場合は(特段の記述がない限り) $T_J = 25^\circ\text{C}$

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|---------------------------|---|---|------|--------|--------|----|
| $V_{TS_REV_COLD_RISE}$ | TS ピン電圧の立ち上がり TS COLD スレッショルド。この電圧を超えると逆方向モードが中断されました | REGN に対するパーセンテージ (TS_REV_COLD = -20°C w/ 103AT) | 78.0 | 80 | 81.0 | % |
| | | REGN に対するパーセンテージ (TS_REV_COLD = -10°C w/ 103AT) | 75.0 | 77.15 | 78.0 | % |
| $V_{TS_REV_COLD_FALL}$ | TS ピン電圧立ち下がり TS COLD スレッショルド。逆方向モードはこの電圧を下回ると、一時的に再開します | REGN に対するパーセンテージ (TS_REV_COLD = -20°C w/ 103AT) | 77.5 | 78.7 | 80.0 | % |
| | | REGN に対するパーセンテージ (TS_REV_COLD = -10°C w/ 103AT) | 74.5 | 75.6 | 77.0 | % |
| $V_{TS_REV_HOT_FALL}$ | TS ピン電圧立ち下がり TS HOT スレッショルド。逆方向モードはこの電圧を下回ると、一時的に停止します | REGN に対する割合で表した場合 (TS_REV_HOT = 55°C w/ 103AT) | 36.5 | 37.7 | 38.2 | % |
| | | REGN に対する割合で表した場合 (TS_REV_HOT = 60°C w/ 103AT) | 33.5 | 34.375 | 34.875 | % |
| | | REGN に対する割合で表した場合 (TS_REV_HOT = 65°C w/ 103AT) | 30.5 | 31.25 | 31.75 | % |
| $V_{TS_REV_HOT_RISE}$ | TS ピン電圧の立ち上がり TS HOT スレッショルド。この電圧を超えると逆方向モードに戻ります | REGN に対する割合で表した場合 (TS_REV_HOT = 55°C w/ 103AT) | 38.5 | 39 | 39.95 | % |
| | | REGN に対する割合で表した場合 (TS_REV_HOT = 60°C w/ 103AT) | 34.5 | 35.5 | 36 | % |
| | | REGN に対する割合で表した場合 (TS_REV_HOT = 65°C w/ 103AT) | 31.5 | 32.5 | 33 | % |

REGN LDO

| | | | | | | |
|----------------|---------------|--|-----|-----|-------------|------------|
| V_{REGN} | REGN LDO 出力電圧 | $V_{IN} = 5\text{V}$, $I_{REGN} = 20\text{mA}$ | 4.6 | 4.8 | V | |
| I_{REGN} | REGN LDO 電流制限 | $V_{IN} = 15\text{V}$, $I_{REGN} = 20\text{mA}$ | 4.8 | 5 | 5.2 | V |
| I_{IN_BIAS} | | $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{REGN} = 4.5\text{V}$ | 26 | | mA | |

I²C インターフェイス (SCL, SDA)

| | | | | | |
|----------------|-------------------------|--|-----|-----|---------------|
| V_{IH} | 入力 High スレッショルド レベル | | 1.3 | | V |
| V_{IL} | 入力 Low スレッショルド レベル | | | 0.4 | V |
| V_{OL} | SDA 出力の Low スレッショルド レベル | | | 0.4 | V |
| I_{IN_BIAS} | High レベル リーク電流 | | | 1 | μA |

ロジック入力ピン (CE)

| | | | | | |
|----------------|---------------------|-----------------|-----|-----|---------------|
| V_{IH} | 入力 High スレッショルド レベル | | 1.3 | | V |
| V_{IL} | 入力 Low スレッショルド レベル | | | 0.4 | V |
| I_{IN_BIAS} | High レベル リーク電流 | レール 1.8V をプルアップ | | 1 | μA |

ロジック出力ピン (INT, STAT)

| | | | | | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--|-----|---------------|
| V_{OL} | 出力 Low スレッショルド レベル | シンク電流 = 5mA | | 0.4 | V |
| I_{OUT_BIAS} | High レベル リーク電流 | レール 1.8V をプルアップ | | 2 | μA |

5.6 タイミング要件

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 公称値 | 最大値 | 単位 |
|--------------------|-------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
| パッティリ チャージャ | | | | | | |
| t_{TOP_OFF} | トップオフ タイマ精度 | TOPOFF_TMR[1:0] = b01 | 12 | 15 | 18 | 最小値 |
| | | TOPOFF_TMR[1:0] = b10 | 24 | 30 | 36 | 最小値 |
| | | TOPOFF_TMR[1:0] = b11 | 36 | 45 | 54 | 最小値 |

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 公称値 | 最大値 | 単位 |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------|------|------|------|-----|
| t_{SAFETY_PRECHG} | プリ充電での充電安全タイマ | $PRECHG_TMR = b0$ | 1.8 | 2 | 2.2 | hr |
| T_{SAFETY} | 充電安全タイマの精度 | $CHG_TMR[1:0] = b00$ | 4.5 | 5 | 5.5 | hr |
| | | $CHG_TMR[1:0] = b01$ | 7.2 | 8 | 8.8 | hr |
| | | $CHG_TMR[1:0] = b10$ | 10.8 | 12 | 13.2 | hr |
| | | $CHG_TMR[1:0] = b11$ | 21.6 | 24 | 26.4 | hr |
| t_{CV_TMR} | CV タイマの精度 | $CV_TMR = b1010$ | 8.5 | 10 | 11.5 | hr |
| t_{TS_DGL} | TS スレッシュホールド交差のグリッチ除去時間 | | | 30 | | ms |
| I2C インターフェイス | | | | | | |
| f_{SCL} | SCL クロック周波数 | | | 1000 | | kHZ |
| t_r | SDA 信号の立ち上がり時間 | $f_{SCL} = 1MHz$ | | | 120 | ns |
| t_r | SDA 信号の立ち上がり時間 | $f_{SCL} = 400kHz$ | | | 300 | ns |
| t_r | SDA 信号の立ち上がり時間 | $f_{SCL} = 100kHz$ | | | 1000 | ns |
| C_b | 各バス ラインの容量性負荷 | | | | 550 | pF |
| ウォッチドッグ タイマ | | | | | | |
| t_{LP_WDT} | ウォッチドッグ リセット時間 | $EN_HIZ = 1$ 、ウォッチドッグ = 160s | 100 | 160 | | s |
| t_{WDT} | ウォッチドッグ リセット時間 | $EN_HIZ = 0$ 、ウォッチドッグ = 160s | 136 | 160 | | s |

5.7 代表的特性

$C_{VIN} = 10 * 4.7 \mu F$ 、 $C_{SYS} = 6 * 4.7 \mu F$ 、 $C_{BAT} = 4 * 4.7 \mu F$ 、 $L1 = 10 \mu H$ (SRP5050FA-100M)

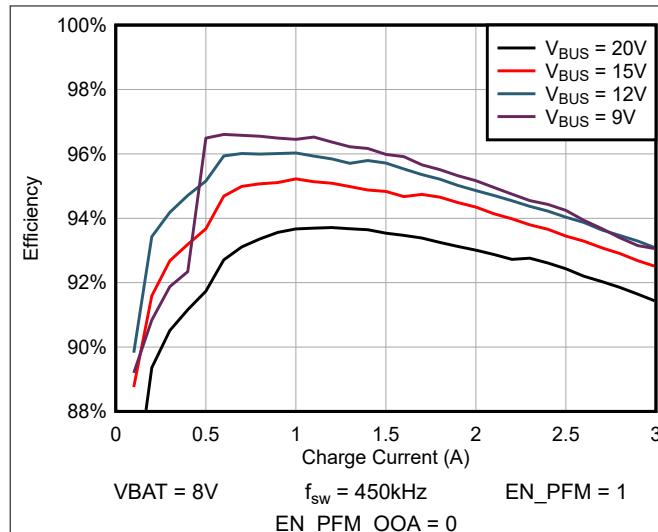


図 5-1. 2S バッテリの充電効率対充電電流特性

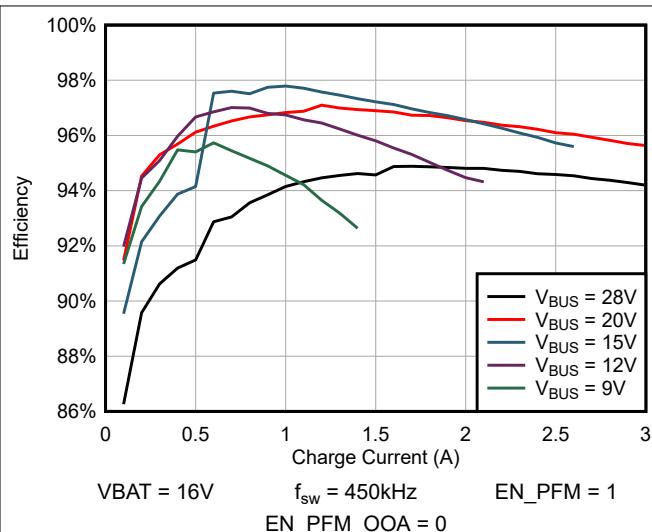


図 5-2. 4S バッテリの充電効率対充電電流特性

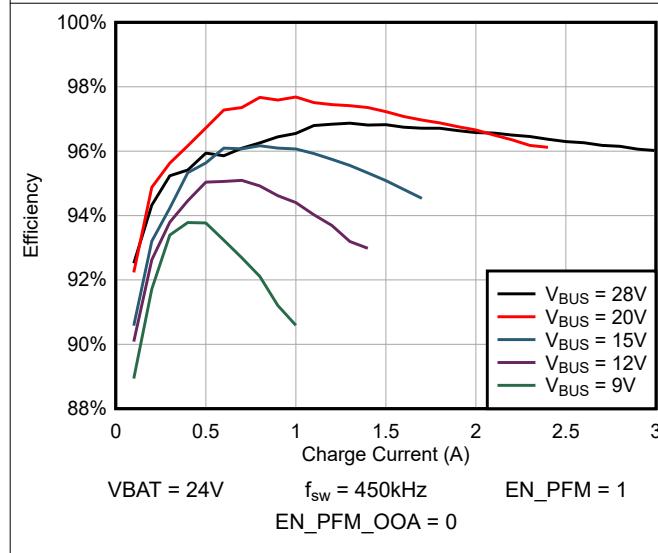


図 5-3. 6S バッテリの充電効率対充電電流特性

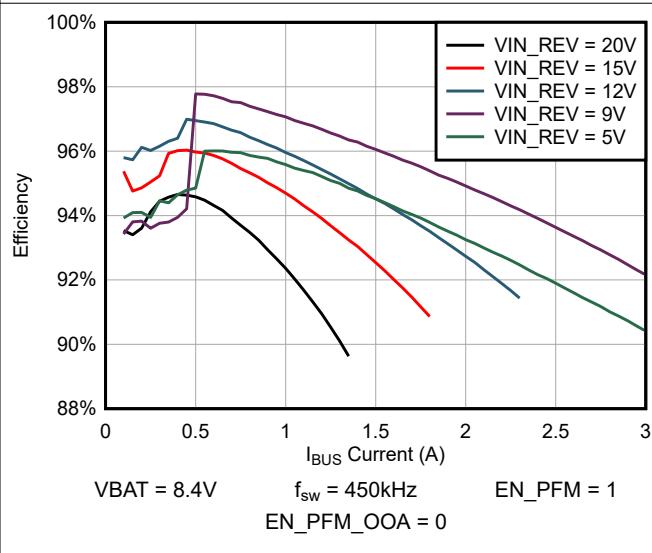


図 5-4. 2S バッテリのOTG効率対OTG電流特性

5.7 代表的特性 (続き)

$C_{VIN} = 10 \times 4.7 \mu F$, $C_{SYS} = 6 \times 4.7 \mu F$, $C_{BAT} = 4 \times 4.7 \mu F$, $L1 = 10 \mu H$ (SRP5050FA-100M)

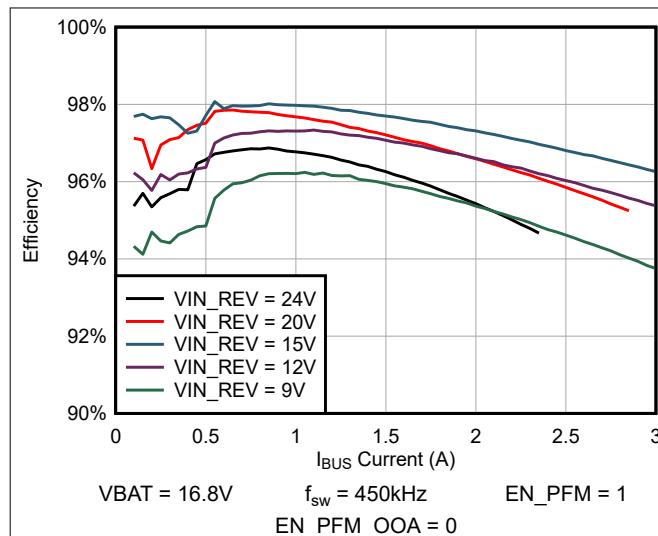


図 5-5. 4S バッテリの OTG 効率対 OTG 電流特性

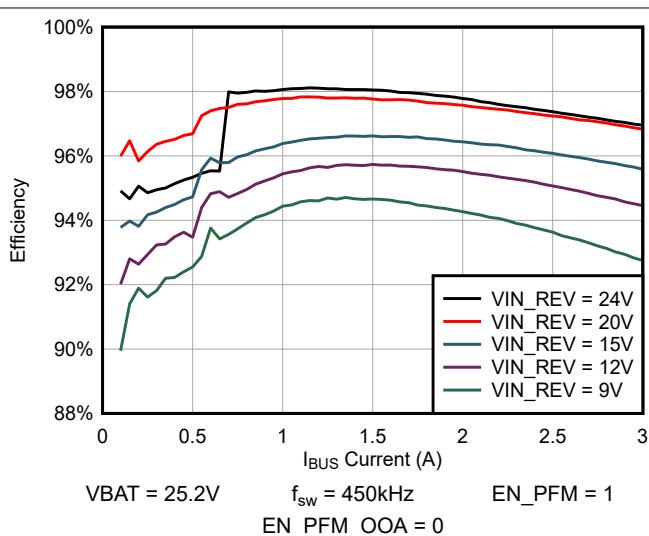


図 5-6. 6S バッテリの OTG 効率対 OTG 電流特性

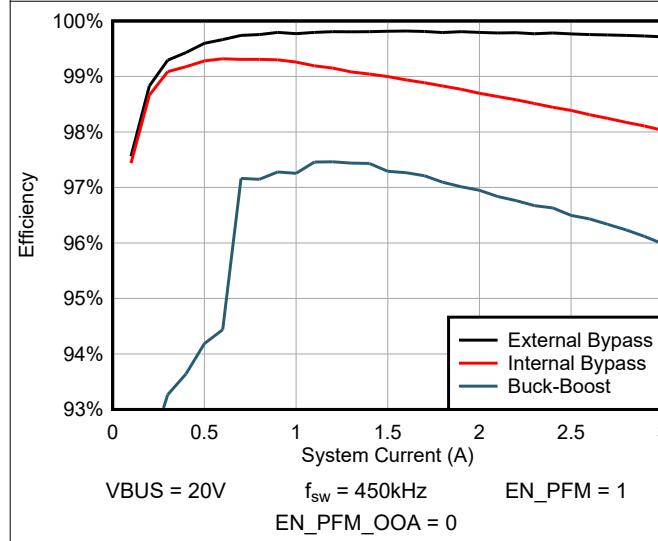


図 5-7. バイパス モードの効率対システム電流特性

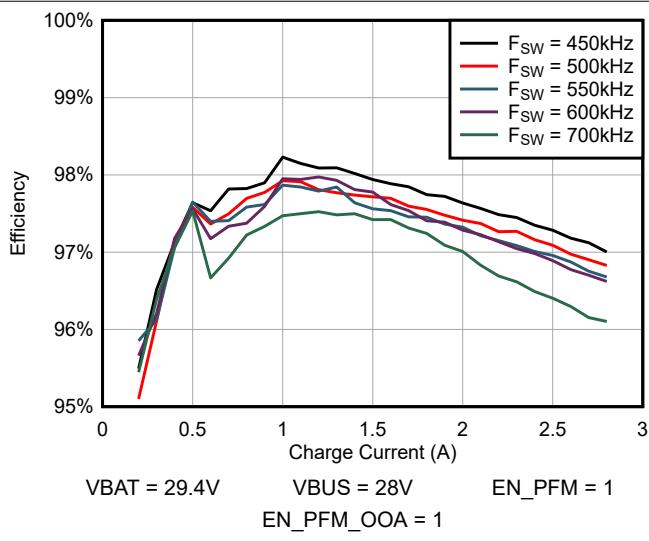


図 5-8. スイッチング周波数別 7S バッテリの充電効率対充電電流特性

5.7 代表的特性 (続き)

$C_{VIN} = 10 \times 4.7 \mu F$, $C_{SYS} = 6 \times 4.7 \mu F$, $C_{BAT} = 4 \times 4.7 \mu F$, $L1 = 10 \mu H$ (SRP5050FA-100M)

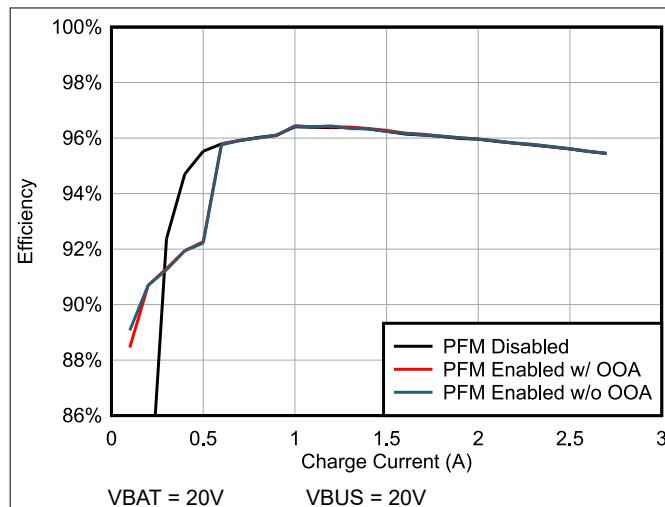


図 5-9. PWM/ PFM/ OOA 各モード別 5S バッテリの充電効率対充電電流特性

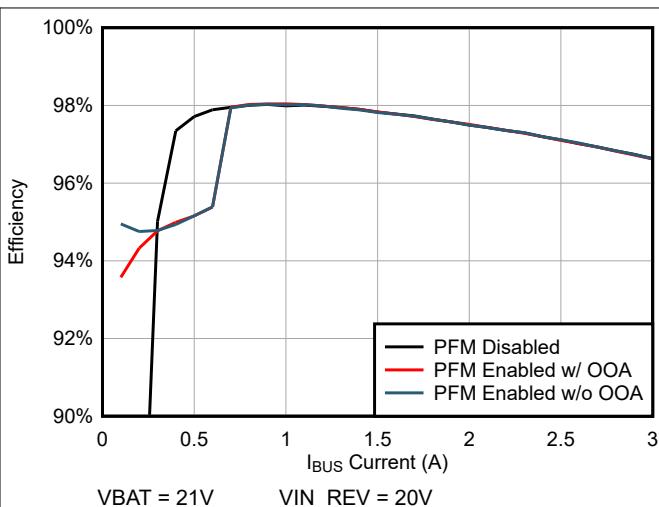


図 5-10. PWM/ PFM/ OOA 各モード別 5S バッテリのOTG効率対充電電流特性

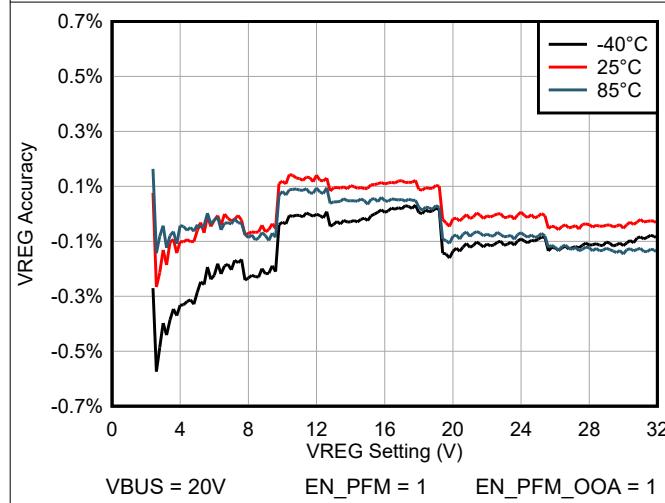


図 5-11. 充電電圧精度

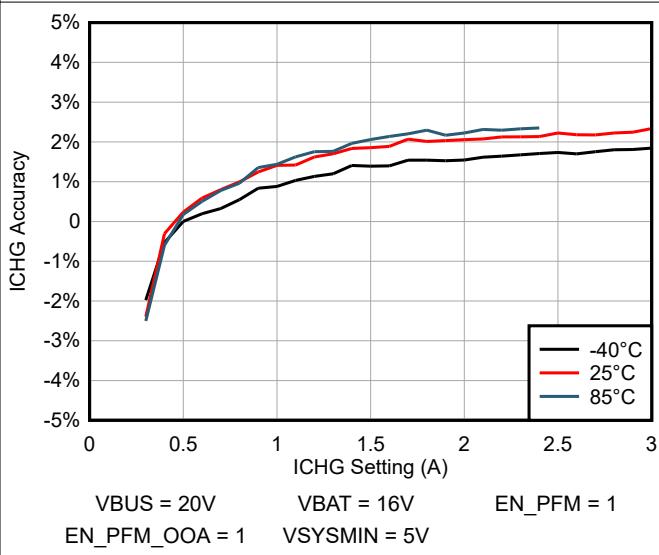
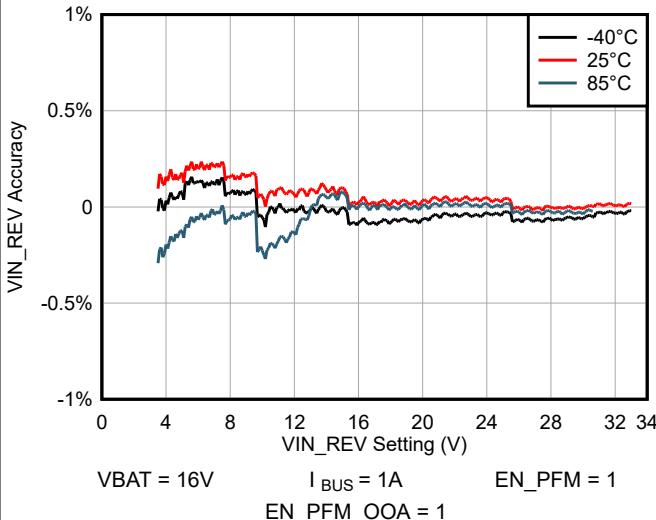
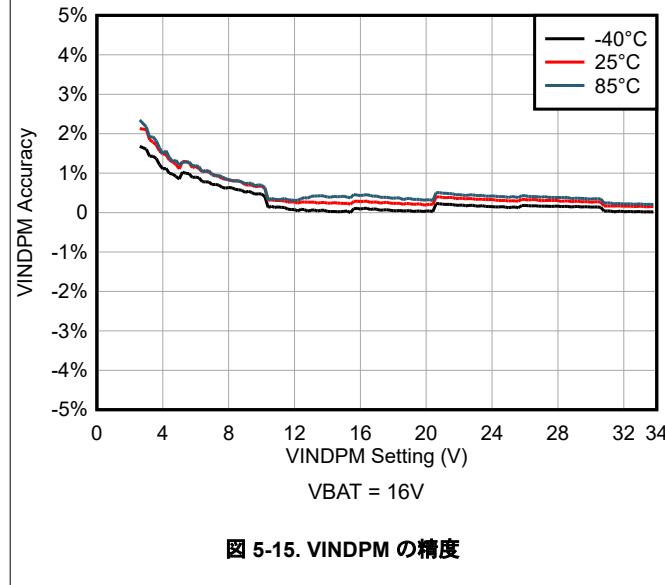
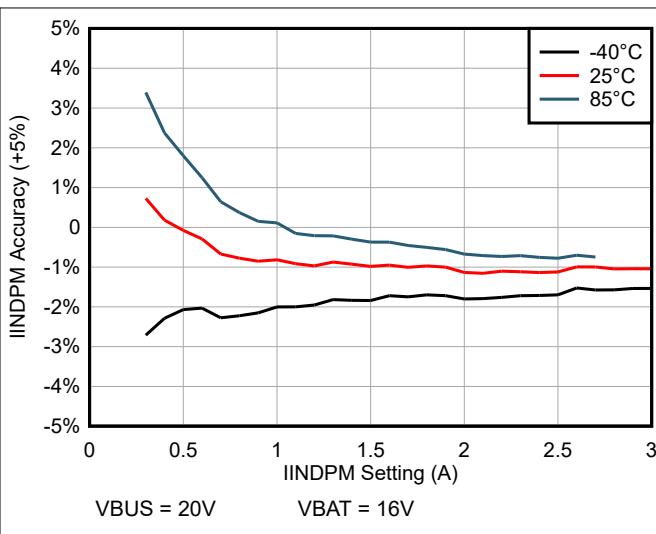
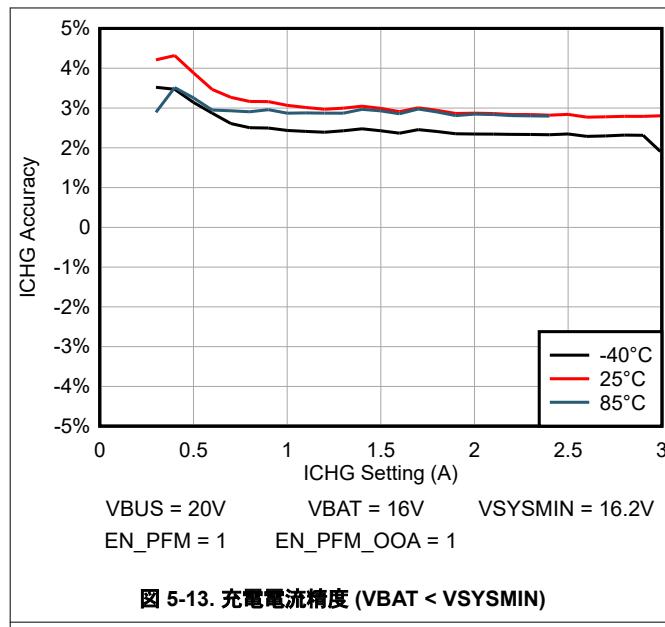


図 5-12. 充電電流精度 (VBAT > VSYSMIN)

5.7 代表的特性 (続き)

$C_{VIN} = 10 \times 4.7 \mu F$, $C_{SYS} = 6 \times 4.7 \mu F$, $C_{BAT} = 4 \times 4.7 \mu F$, $L1 = 10 \mu H$ (SRP5050FA-100M)



5.7 代表的特性 (続き)

$C_{VIN} = 10 * 4.7\mu F$, $C_{SYS} = 6 * 4.7\mu F$, $C_{BAT} = 4 * 4.7\mu F$, $L1 = 10\mu H$ (SRP5050FA-100M)

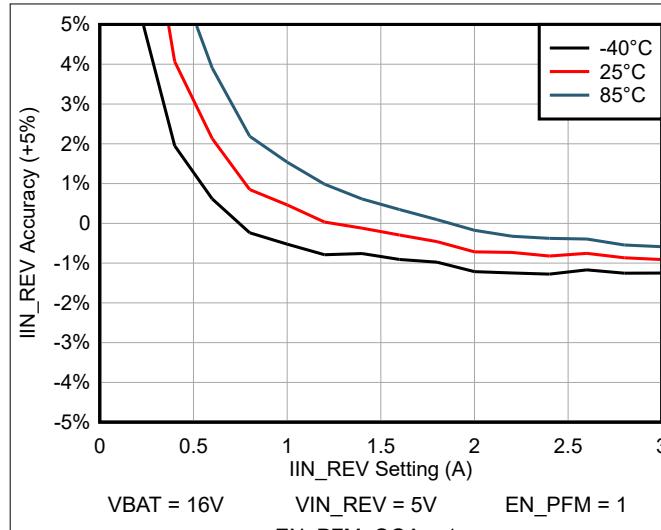


図 5-17. IIN_REV の精度

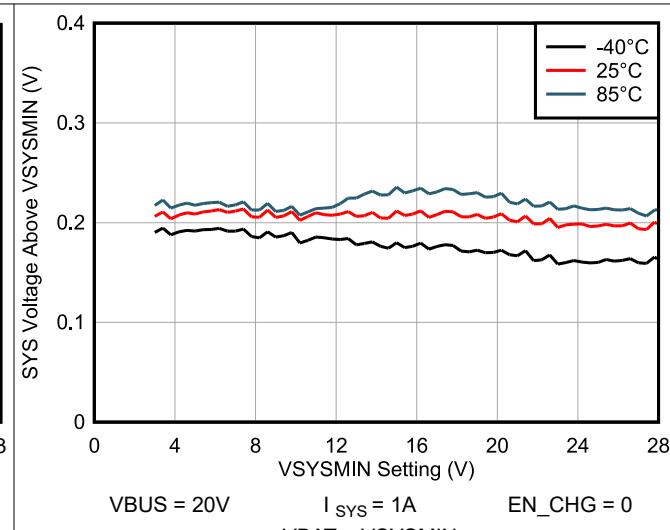


図 5-18. VSYSMIN レギュレーション

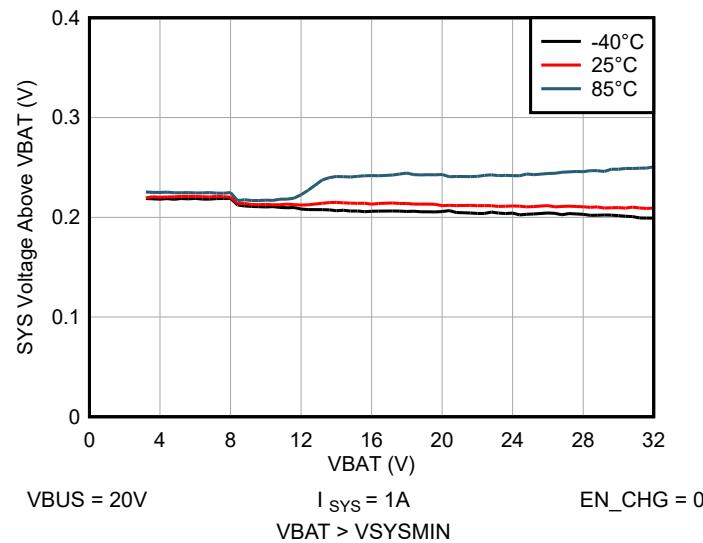


図 5-19. VSYSMAX レギュレーション

6 詳細説明

6.1 概要

BQ25690 は、1~7 セルのリチウムイオンまたはリチウムポリマー バッテリ用の完全統合型スイッチ モード昇降圧チャージャです。入力電圧範囲は 2.5V ~ 34V と広いため、バッテリ、標準的な USB-PD アダプタ、高電圧専用 DC アダプタからの電力供給で動作するアプリケーションに対応します。デバイスは、4 個のスイッチング MOSFET (Q₁, Q₂, Q₃, Q₄) とすべての昇降圧コンバータ ループ補償を内蔵しており、ソリューション サイズを小型化して簡単な設計を実現します。BQ25690 は、入力電流および電圧のレギュレーションにより、USB 電源供給 (USB-PD) 電源仕様に準拠しています。さらに、入力電流オプティマイザ (ICO) は、入力ソースの過負荷なしで最大電力点の検出をサポートします。デバイスは逆方向モードでも動作し、USB-PD 電源プロファイル互換性によりバッテリから入力ポートに電力を供給します。

システム電圧が設定可能な最小値を下回らないように、BQ25690 は Narrow VDC (NVDC) パワー パス マネージメント機能を使用してシステム電圧をバッテリ電圧よりわずかに高い値にレギュレートします。このアーキテクチャにより、バッテリが完全に放電された場合や取り外された場合でも、システムの動作が維持されます。入力の電流または電圧が制限値に達すると、パワー パス管理機能が自動的に充電電流を低下させます。システム負荷が引き続き増大すると、パワー パスはシステムの電力要件が満たされるまで、バッテリを放電します。この補助モードにより入力ソースの過負荷を防止します。

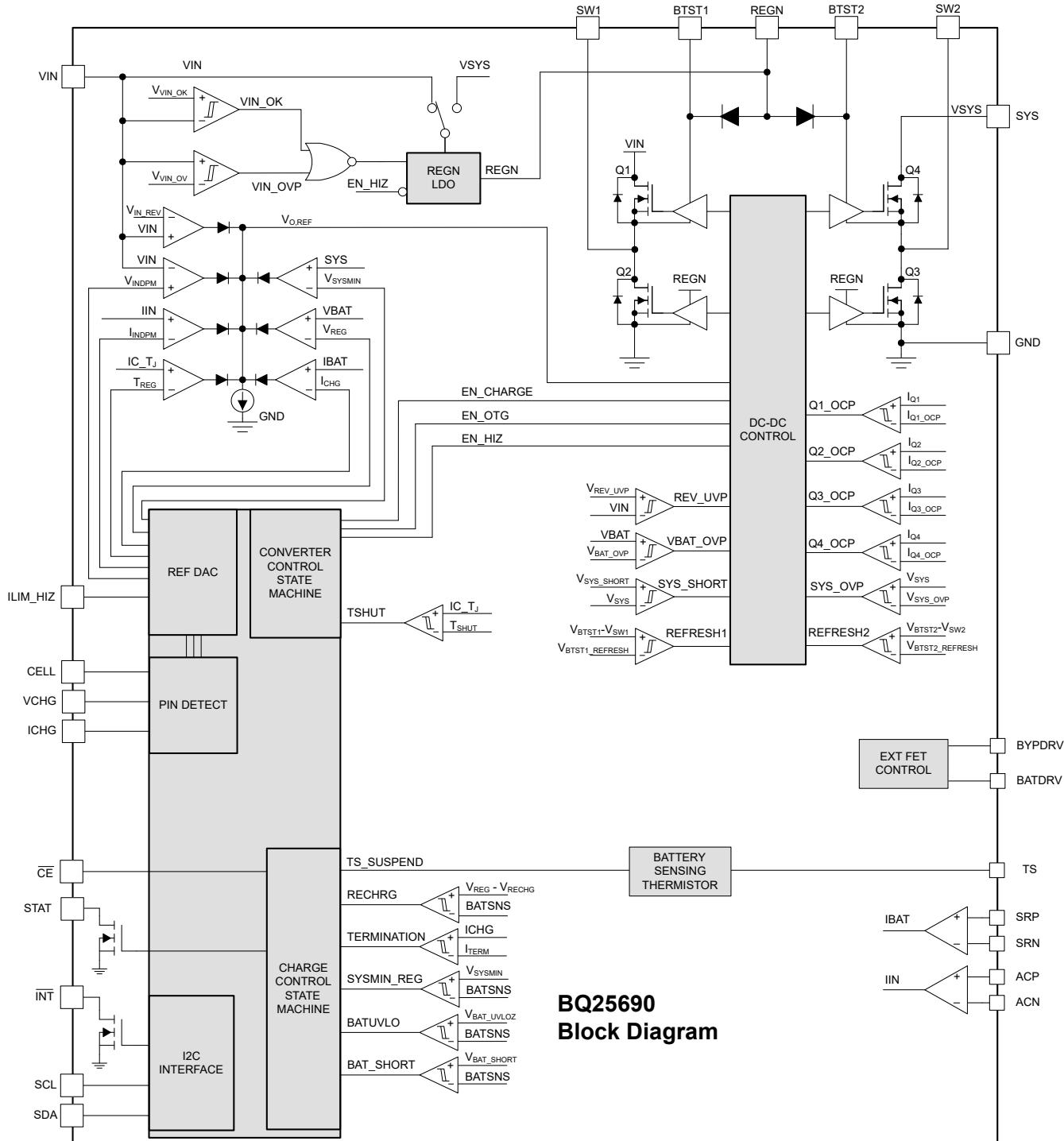
このデバイスは、ホスト制御なしで、充電サイクルの開始から完了までを実行できます。起動時に、デバイスは CELL、VCHG、ICHG ピンの抵抗値を読み出して、充電プロファイルの正しい設定を決定し、それに応じてレジスタ設定が更新されます。次に、デバイスは、感知したバッテリ電圧に応じて、トリクル充電、プリチャージ、定電流 (CC) 充電、定電圧 (CV) 充電の 4 つの異なるフェーズでバッテリを充電します。充電サイクルの終わりに、充電電流があらかじめ設定されたスレッショルドを下回り、かつバッテリ電圧が再充電スレッショルドを上回ると、充電器は自動的に処理を終了します。TS ピンのクール、通常、ウォーム温度ゾーンでは、終端がサポートされています。十分に充電された電圧がプログラム可能な再充電スレッショルドを下回ると、充電器は自動的に新しい充電サイクルを開始します。充電器は、ホスト制御によらず、入力電圧とバッテリ電圧に基づいて、降圧、昇圧、昇降圧モード間をシームレスに移行します。

入力電源がない場合も、BQ25690 は逆方向モード動作をサポートし、バッテリを放電して、20mV 刻みで調整可能な 3.5V ~ 34V の出力電圧を VIN に生成します。可変出力電圧は、USB PD 3.0 仕様で定義されている PPS 機能に準拠しています。また、BQ25690 は、アダプタが取り外されたときに VIN に接続されたシステム負荷に可変逆方向モード電圧を供給できる同じメカニズムを備えたバックアップ機能もサポートしています。構成が完了すると、内蔵のバックアップ コンバレータがバッテリを放電するためにコンバータを自動的にトリガし、VIN ノードを保持したまま、ホストの介入なしにバックアップ モードに移行します。

充電器は、バッテリ温度の負温度係数サーミスタ (NTC) 監視、トリクル充電、プリチャージと高速充電タイマ、バッテリと充電器電源入力ピンの過電圧と過電流保護など、バッテリ充電およびシステム動作のためのさまざまな安全機能を備えています。サーマル レギュレーションにより、ダイ温度がプログラマブル スレッショルドを超えると充電電流が低減されます。本デバイスの STAT 出力は、充電ステータスとすべてのフォルト状態を報告します。INT ピンは、フォルトの発生とステータスの変化を即座にホストに通知します。

デバイスは、WQFN 4mm × 3.5mm、26 ピン パッケージで供給されます。

6.2 機能ブロック図



6.3 機能說明

6.3.1 デバイスのパワーオン リセット

V_{IN} または SRN に接続されたバッテリによって、充電器の内部バイアス回路に電力が供給されます。バッテリから電力を供給する場合、 V_{IN} または V_{BAT_OK} から電力を供給する場合、デバイスの電源投入に使用する有効電圧が V_{VIN_OK} を上回っていることを確認します。

6.3.2 バッテリのみの電源オン状態

VIN に有効な入力ソースが存在しない場合、充電器はバッテリのみモードに入ります。デバイスは I²C 通信の準備ができる、コンバータは逆方向モードで動作する準備ができています。充電器は、BATFET がオンになってシステム負荷をサポートする低静止電流モードであり、REGN はオフになっています。

6.3.3 デバイスの高インピーダンス状態

HIZ 状態とは、有効なアダプタが接続されていても、REGN LDO がオフになり、コンバータのスイッチングが停止している充電器の状態を指します。このデバイスは入力電源から I_{HIZ_VIN} を供給され、システム負荷はバッテリから供給されます。

EN_HIZ ビットが 1 に設定されるか、または ILIM_HIZ ピンが $V_{IH_ILIM_HIZ}$ を上回ると、このデバイスは HIZ モードに移行します ([ILIM_HIZ ピン](#) を参照)。

デバイスがコンバータを動作させ逆方向モード中に HIZ モードへ移行した場合 (EN_HIZ ビットが 1 に設定されるか、ILIM_HIZ ピンが $V_{IH_ILIM_HIZ}$ を超える場合)、スイッチングは停止します。ホストが HIZ モード状態をクリアすると、デバイスは逆方向モード動作を再開します。

EN_HIZ ビットが 0 にクリアされ、かつ ILIM_HIZ ピンがハイレベルに引き上げられなくなると、デバイスは HIZ モードを終了します。デバイスが ILIM_HIZ ピンを介して HIZ モードを終了すると、CELL、ICHG、および VCHG ピンの値が更新され、ILIM_HIZ ピンのトグル操作によってスタンダロン充電器の設定を更新できるようになります。

6.3.4 REGN LDO の起動

デバイスが VIN から起動する場合、 $V_{VIN_} < VIN < V_{VIN_OVP}$ の範囲内であり、かつ EN_HIZ ビット = 1 によって HIZ モードにならないときに、LDO がオンになります。デバイスがバッテリのみで動作している場合、バッテリの静止電流を最小限に抑えて寿命を延ばすため、LDO は逆方向モードで動作しているときのみオンになります。

REGN LDO は、内部のバイアス回路および MOSFET のゲートドライバに電力を供給します。TS ピンおよび STAT ピンのプルアップ電源レールは、REGN に接続することができます。REGN 電源ではなく、INT ピンのプルアップレールを外部電圧源として使用してください。これは、バッテリのみの状況では REGN 出力が利用できないためです。

6.3.5 デフォルトの VINDPM 設定

このデバイスは、2.5V ~ 34V の広い入力電圧制限範囲に対応しており、高電圧充電をサポートします。また、自動検出を容易にするため、入力電圧制限 (VINDPM) のスレッショルドを設定する 2 つの方法を提供します。

- 絶対 VINDPM (FORCE_VINDPM = 1)
FORCE_VINPM = 1 を設定すると、VINDPM スレッショルド設定アルゴリズムが無効化されます。レジスタ VINDPM は書き込み可能で、ホストは VINDPM 機能の絶対スレッショルドを設定できます。
- 無負荷時の VIN 電圧に基づく相対的な VINDPM (FORCE_VINDPM = 0)

FORCE_VINDPM = 0 の場合、VINDPM スレッショルド設定アルゴリズムが有効になり、以下の条件下で VINDPM 制限が自動的に変更されます：

- アダプタ プラグイン ($V_{VIN} > V_{IN_OK}$)
- EN_HIZ レジスタ ビットによる HIZ モードの終了

充電器は、デフォルトの VINDPM スレッショルドを次のように自動的に設定します：

- VIN ≤ 6V の場合、無負荷時の VIN の 84.375% (例: 入力が 5V の場合、VINDPM は 4.2V に設定されます)
- VIN > 6V の場合、無負荷時の VIN の 87.5% (例: 入力が 20V の場合、VINDPM は 17.5V に設定されます)

EN_HIZ ビットがトグルされると、無負荷 VIN が再測定されます。これにより、コンバータはスイッチングを停止し、VINDPM レジスタ フィールドが更新されます。HIZ トグルイベント中にシステム電圧を維持するには、ホストはバッテリが存在していることを確認する必要があります。

無負荷時の VIN が VINDPM レジスタの範囲外の場合、充電器は状況に応じて VINDPM レジスタを最小値 (2.5V) または最大値 (34V) に設定します。

6.3.6 CELL, ICHG, VCHG ピンによるデフォルトの充電プロファイル設定

デバイスは、CELL、ICHG、VCHG ピンを使用したスタンドアロンの充電プロファイル プログラミングに対応しています。これらのピンの抵抗は起動時に読み取られ、この値を使用してデバイスのデフォルト充電電圧 (CELL レジスタ、VREG レジスタ) および充電電流 (ICHG レジスタ) を決定します。ILIM_HIZ ピンを使用してデバイスが ハイインピーダンスを終了すると、CELL、ICHG、VCHG ピンの値を更新することでスタンドアロンの充電器の設定を更新できます。

ピン検出ステータス レジスタ ビット (VCHG_PIN, CELL_PIN, ICHG_PIN) には、ピン検出の結果が保存されます。

表 6-1. CELL ピン検出

| CELL 抵抗 (kΩ) | CELL_PIN | CELL 数 | VSYSMIN レジスタ デフォルト |
|--------------|----------|-----------|--------------------|
| <3.8 | 0 | フォルト、充電なし | フォルト、充電なし |
| 4.64 | 1 | 1s | 3.5V |
| 6.04 | 2 | 2s | 6.2V |
| 8.25 | 3 | 3s | 9.3V |
| 10.5 | 4 | 4s | 12.4V |
| 13.7 | 5 | 5s | 15.5V |
| 16.9 | 6 | 6s | 18.6V |
| 27.4 | 7 | 7s | 21.7V |
| >46.8 | 0 | フォルト、充電なし | フォルト、充電なし |

表 6-2. VCHG ピン検出

| VCHG 抵抗 (kΩ) | VCHG_PIN | 充電電圧 (VREG) |
|--------------|----------|----------------|
| <3.8 | 0 | フォルト、充電なし |
| 4.64 | 1 | 3.5V × CELL 数 |
| 6.04 | 2 | 3.6V × CELL 数 |
| 8.25 | 3 | 4.0V × CELL 数 |
| 10.5 | 4 | 4.1V × CELL 数 |
| 13.7 | 5 | 4.2V × CELL 数 |
| 16.9 | 6 | 4.3V × CELL 数 |
| 27.4 | 7 | 4.35V × CELL 数 |
| >46.8 | 0 | フォルト、充電なし |

表 6-3. ICHG ピン検出

| ICHG 抵抗 (kΩ) | ICHG_PIN | 充電電流 (ICHG) | プリチャージおよび終端 (IPRECHG/TERM) |
|--------------|----------|-------------|----------------------------|
| <3.8 | 0 | フォルト、充電なし | フォルト、充電なし |
| 4.64 | 1 | 0.1A | 40mA / 40mA |
| 6.04 | 2 | 0.5A | 60mA / 60mA |
| 8.25 | 3 | 1.0A | 100mA / 100mA |
| 10.5 | 4 | 1.5A | 160mA / 160mA |
| 13.7 | 5 | 2.0A | 200mA / 200mA |
| 16.9 | 6 | 2.5A | 260mA / 260mA |
| 27.4 | 7 | 3.3A | 340mA / 340mA |
| >46.8 | 0 | フォルト、充電なし | フォルト、充電なし |

ICHG ピンの設定は、 $10\text{m}\Omega$ センス抵抗を基準としています。効率を向上させるため、 $5\text{m}\Omega$ センス抵抗を使用します。センス抵抗の値を $5\text{m}\Omega$ に変更するには、 R_{BAT_SNS} レジスタビットを使用します。 R_{BAT_SNS} レジスタビットを 1 に設定すると、 $5\text{m}\Omega$ センス抵抗を使用しながら、内部値がスケーリングされ、同じプログラムされた ICHG が提供されます。

CELL ピンと VCHG ピンの結果を組み合わせて、VREG レジスタの充電電圧をプログラムします。たとえば、CELL ピンと VCHG ピンの抵抗の両方が $13.7\text{k}\Omega$ の場合、VREG 電圧は次のようにになります。 $4.2\text{V}/\text{セル} \times 5 \text{セル} = 21\text{V}$ 。

CELL ピンは、VSYSMIN レジスタのプログラムにも使用されます。1s 検出の場合、VSYSMIN は 3.5V にプログラムされ、それ以上のセル数はすべてセルあたり 3.1V でプログラムされます。以前の $13.7\text{k}\Omega$ の例に戻ると、結果の VSYSMIN 値は 15.5V です。

CELL 検出値は CELL_PIN のレジスタマップに格納され、ICHG 検出値は ICHG_PIN のレジスタマップに格納され、VCHG 検出値は VCHG_PIN レジスタのレジスタマップに格納されます。検出後、ICHG および VREG レジスタの値が更新され、検出された値が上側クランプになります。たとえば、ICHG ピン抵抗が 1.0A に設定されている場合、 1.0A 以下を要求する ICHG レジスタへの I^2C 書き込みは無視されます。クランプを上書きするには、まず ICHG_PIN_OVERRIDE レジスタに 1 を書き込む必要があります。その後、ICHG レジスタが値範囲全体を取り込みます。VREG の要件は同様です。ピン検出による結果よりも高い値を書き込むには、VCHG_PIN_OVERRIDE レジスタに 1 を書き込む必要があり、VREG と VSYSMIN を更新できます。VCHG_PIN_OVERRIDE=1 であっても、VREG は下表に基づいて CELL_PIN に応じてクランプされます。

表 6-4. VREG 上側クランプ VCHG_PIN_OVERRIDE = 1

| CELL_PIN | VREG 上側クランプ |
|----------|-------------|
| 1s | 4.8V |
| 2s | 9.6V |
| 3s~4s | 19.2V |
| 5s~7s | 33V |

POR 後に CELL 数を変更する、および/または充電電圧 (VREG) を上げるには、以下のシーケンスを推奨します。

1. 充電を無効化します (EN_CHG = 0)。
2. CELL_PIN_OVERRIDE = 1 に設定します。
3. Cell_PIN レジスタを、目的のセル数に適した値に変更します。
 - a. VREG レジスタは CELL_PIN の選択に基づいて自動的に更新されることに注意してください。
 - b. VSYSMIN レジスタは CELL_PIN の選択に基づいて自動的に更新されることに注意してください。
4. VCHG_PIN_OVERRIDE = 1 に設定します。
5. VREG を適切な値に変更します。
 - a. 注、VREG は、VCHG_PIN_OVERRIDE = 1 での CELL_PIN の選択に基づいてクランプされます。
6. VSYSMIN を適切な値に変更します。

たとえば、POR 検出が $4.0\text{V}/\text{セル}$ (VCHG 抵抗 = $8.25\text{k}\Omega$) で 5s 間充電 (CELL 抵抗 = $13.7\text{k}\Omega$) ですが、 $4.2\text{V}/\text{セル}$ で 4s 間充電に変更する必要がある場合、下表のコマンドシーケンスを参照してください。

表 6-5. CELL の更新に必要な I^2C コマンドシーケンス

| レジスタ | 前の値 | 新しい値 |
|-------------------|--|--|
| EN_CHG | 1 | 0 |
| CELL_PIN_OVERRIDE | 0 | 1 |
| CELL_PIN | 5 | 4 |
| VCHG_PIN_OVERRIDE | 0 | 1 |
| VREG | 16.0V ($4.0\text{V}/\text{セル}$) | 16.8V ($4.2\text{V}/\text{セル}$) |

表 6-5. CELL の更新に必要な I²C コマンド シーケンス (続き)

| レジスタ | 前の値 | 新しい値 |
|---------|-----------------|-----------------|
| VSYSMIN | 12.4V (3.1V/セル) | 12.8V (3.2V/セル) |
| EN_CHG | 0 | 1 |

3つのピンのいずれかでフォルトが検出された場合も、デバイスは自動的に充電サイクルを開始しません (デバイスによって EN_CHG が 0 にクリアされます)。CELL_PIN_OVERRIDE、VCHG_PIN_OVERRIDE、または ICHG_PIN_OVERRIDE ビットを使用してピン検出ステータスを無効にすることで、フォルトを回復します。ホストは、目的の充電プロファイル レジスタを適切な値にプログラムする必要があります。最後に、EN_CHG ビットを 1 に戻します。ピン フォルトが検出された後、コンバータはオンのままで、SYS を VSYSMIN にレギュレートします。

例として、5s バッテリを充電するために CELL ピン フォルトから回復するシーケンスを以下に示します。

1. CELL_PIN_OVERRIDE ビットを 1 に設定します。
2. CELL_PIN レジスタを 5 に設定します。
3. VSYSMIN レジスタを 15.5V に設定します。
4. VREG を目的の充電電圧に設定します (充電電圧 4.2V の場合は、VREG = 21V を使用)。
5. EN_CHG = 1 に設定します。

6.3.7 昇降圧コンバータの動作

この充電器は同期式 4 スイッチ昇降圧コンバータを採用しており、VIN から SYS への順方向(シンク)動作、SRN から VIN への逆方向(ソース)動作、または VIN と SYS を接続するバイパス モードで動作します。

順方向および逆方向モードでは、入力電圧と出力電圧の組み合わせに応じて、充電器は降圧、昇降圧、または昇圧コンバータとして動作します。コンバータは、降圧、昇降圧、昇圧の各動作領域をシームレスに切り替えます。昇降圧モード動作中、コンバータは SW1 パルスと SW2 パルスを交互に出力し、これらのパルス間で実効スイッチング周波数をインターリーブさせることで、最高効率の動作を実現します。降圧または昇圧動作から昇降圧動作への移行は、デューティサイクルと負荷電流の独自の関数です。充電器が充電電流とシステム負荷を完全にサポートするためには、平均インダクタ電流が 4A を超えないことが求められます。

6.3.7.1 パルス周波数変調 (PFM)

順方向または逆方向のいずれの動作時でも、EN_PFM ビットが 1 に設定されている場合、軽負荷時にはデバイスがパルス周波数変調 (PFM) 制御に切り替わり、コンバータの軽負荷効率を向上させます。システム負荷が減少すると、それに応じて実効スイッチング周波数も低下します。PFM 動作を無効にするには EN_PFM = 0 に設定します。この場合、コンバータは PWM モードのスイッチング周波数を維持し、軽負荷条件下では DCM 動作に移行します。EN_PFM_OOA = 1 に設定して、オーディオ帯域外 (OOA) 機能を有効にすると、可聴ノイズの問題を防ぐために、PFM 動作時の最小実効スイッチング周波数が 25kHz に制限されます。

6.3.7.2 スイッチング周波数およびディザリング機能

通常、このデバイスは固定周波数でスイッチングを行います。また、この充電器は周波数ディザリング機能をサポートしており、EMI 特性を向上させ、IEC-CISPR 22 仕様を満たすのにも役立ちます。このディザリング機能は、EN_DITHER=00b を設定することでデフォルトで無効化されます。EN_DITHER = 01/10/11b を設定することでイネーブルできます。ディザリングが有効の場合、スイッチング周波数は固定されません。スイッチング周波数は EN_DITHER 設定によって決定された範囲内で変化し、01/10/11b は±2%/4%/6% のスイッチング周波数に対応します。選択したディザリング範囲が大きいほど、EMI ノイズ ピークは小さくなります。VIN/VSYS コンデンサの電圧リップルがわずかに大きくなります。したがって、ディザリング周波数範囲の選択は、EMI ノイズ ピークと VIN/VSYS 電圧リップルとの間のトレードオフとなります。IEC-CISPR 22 仕様を満たす最小ディザリング範囲を選択してください。特許取得済みのディザリング パターンにより、スイッチング周波数から最大 30MHz の高周波範囲まで EMI 性能が向上し、伝導性 EMI ノイズ範囲全体がカバーされます。

6.3.8 順方向 (シンク) 動作

V_{IN} が順方向 (sink) 動作のとき、充電器のコンバータは SYS を V_{SYSMIN_REG} に安定化し、 SYS ピンに負荷電流をシステムに供給します。バッテリが SRN に接続されている場合、充電器はまず SYS 負荷に電流を供給し、その後バッテリを充電します。バッテリ電圧が $VSYSMIN$ 電圧に達すると、 SYS 電圧はバッテリ電圧に追従して制御状態まで上昇します。

6.3.8.1 パワー パス管理

このデバイスは、2.5V から 34V までの広い入力電圧範囲に対応しており、バッテリ駆動、標準的な USB-PD アダプタ、高電圧専用 DC アダプタなどの電源アプリケーションをサポートします。このデバイスは、入力電源、バッテリ、またはその両方からシステムへ電力を供給するための自動パワーパス選択機能を備え、入力電源の電圧降下を防止します。

6.3.8.1.1 Narrow VDC アーキテクチャ

デバイスは、システムとバッテリを分離する BATFET を備えた Narrow VDC アーキテクチャ (NVDC) を採用しています。最小システム電圧は、 $VSYSMIN$ ビットによって設定されます。完全に消耗したバッテリであっても、システムは最小システム電圧を超えるようにレギュレートされます。POR でのデフォルト最小システム電圧は、 $CELL$ ピン構成抵抗に従って決定されます。

NVDC アーキテクチャは、バッテリが完全に充電されたときにも充電を終了します。BATFET をオフにすることで、システムをサポートするためにアダプタの電力を優先します。これにより、アダプタが存在している場合でも、システム負荷によってバッテリが継続的に充電および放電されることを回避できます。バッテリ動作時間を延長するためにこれは重要となります。

バッテリ電圧が最小システム電圧設定を下回っている場合、BATFET はリニア モード (LDO モード) で動作し、システムは最小システム電圧設定より約 200mV 高い値にレギュレートされます。バッテリ電圧が最小システム電圧を上回ると、BATFET が完全にオンになり、システムとバッテリの間の電圧差は、BATFET の $R_{DS(ON)}$ に充電電流を乗じた値になります。バッテリ充電が無効化され、バッテリ電圧が最小システム電圧設定値を上回った場合、または充電が終了した場合、システムはバッテリ電圧より 200mV (標準値) 高い電圧にレギュレートされます。

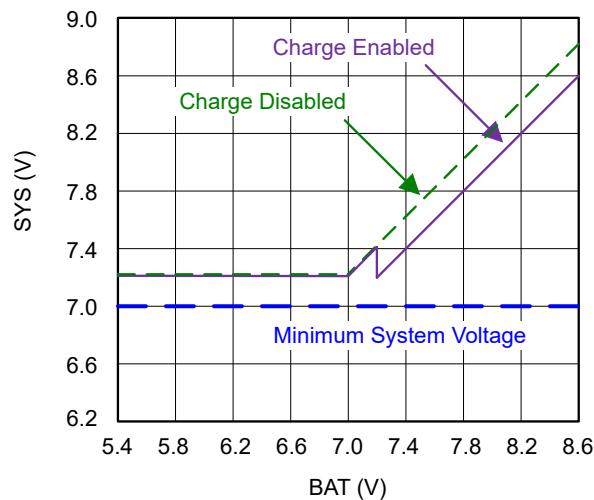


図 6-1. 2S バッテリ構成での一般的なシステム電圧とバッテリ電圧との関係

6.3.8.1.2 動的なパワー マネージメント

アダプタに過負荷をかけずに入力電源から利用可能な最大電流を使用するために、充電器には動的なパワー マネージメント (DPM) 機能が搭載されています。DPM は、入力電流と入力電圧を継続的に監視します。入力電力 (P_{IN}) が要求された出力電力 ($P_{SYS} + P_{BAT}$) を下回ると、充電器は入力電流を制限するために $IINDPM$ を使用するか、 VIN ピン電圧のさらなる低下を防ぐために $VINDPM$ を使用します。

システム電圧が $VSYSMIN$ でレギュレートされ、 SYS 電圧が $VSYSMIN$ より一時的に低下すると、 $VSYSMIN$ ループは充電電流を低減して、 SYS 電圧が $VSYSMIN$ レベルに維持されるようにします。充電電流が 0 になっても入力ソースが

まだ過負荷の場合、SYS 電圧は低下します。SYS 電圧がバッテリ電圧を下回ると、デバイスは自動的に補完モードに移行し、バッテリ FET がオンになります。バッテリは、システムが入力電源とバッテリの両方からサポートされるように、放電を開始します。

DPM モード中、ステータス レジスタ ビット VINDPM_STAT および/または IINDPM_STAT が High になります。**図 6-2** に、5V/3A アダプタ、6.4V バッテリ、1.5A 充電電流、最小 6.8V のシステム電圧設定を使用した場合の DPM 応答を示します。

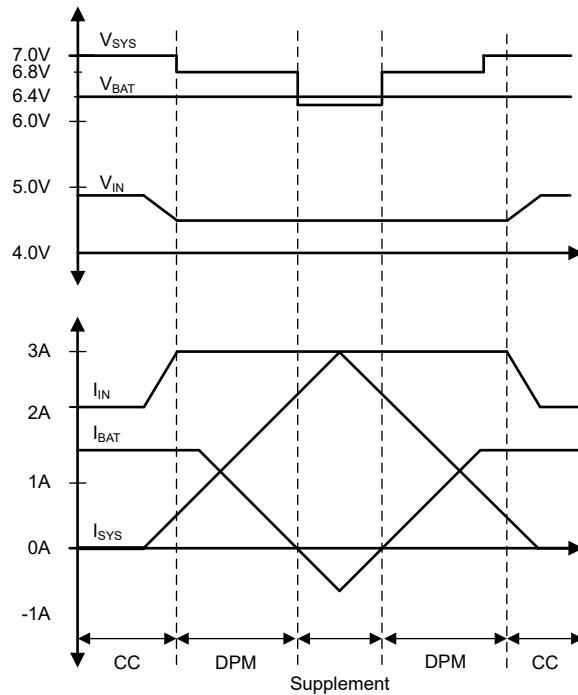


図 6-2. DPM の応答

6.3.8.1.2.1 ILIM_HIZ ピン

ILIM_HIZ ピンを使用して最大入力電流を設定するため、GND にプルダウン抵抗を接続します。10mΩ R_{AC_SNS} 抵抗を使用する場合、入力電流制限は次の式で制御されます：

$$I_{IN_MAX} = K_{ILIM} \div R_{ILIM} \quad (1)$$

実際の入力電流制限は、ILIM_HIZ ピンの設定とレジスタ設定 (IINDPM) の間の小さい方の値です。たとえば、レジスタ設定が 3.3A で、ILIM_HIZ ピンに 6.04kΩ の抵抗を接地して 0.551A に設定した場合、実際の入力電流制限値は 0.551A になります。EN_EXTILIM ピットが 1 に設定されている場合、ILIM_HIZ ピンを使用して入力電流制限を設定します。

入力電流を監視するには、ILIM_HIZ ピンを使用します。ILIM_HIZ ピンの電圧 (V_{ILIM_HIZ}) は、入力電流に比例します。ピン電圧は、次の関係で入力電流を監視するために使用できます：

$$I_{IN} = K_{ILIM} \times V_{ILIM_HIZ} / (R_{ILIM} \times 1V) \quad (2)$$

たとえば、ピンに 3.32kΩ の抵抗を接続し、ピン電圧が 0.5V の場合、実際の入力電流は (K_{ILIM} の規定値に基づき) 451mA～552mA の範囲になります。

入力電流が増加すると、ピンの電圧はそれに比例して 1V まで上昇します。デバイスが入力電流レギュレーションに入ると、ILIM ピンの電圧は 1V にクランプされます。ピンから入力電流レギュレーションに入ると、IINDPM_STAT ビットとフラグ ビットが設定され、ホストへの割り込みが発生します。割り込みは、IINDPM_MASK ビットでマスクできます。

ILIM_HIZ ピンがグランドに短絡した場合、入力電流制限は **IINDPM** レジスタによって設定されます。ハードウェア入力電流制限機能が不要な場合、このピンを **GND** に短絡してください。**ILIM_HIZ** ピンが $V_{IH_ILIM_HIZ}$ を上回ると、デバイスは **HIZ** モードに移行します（[デバイスの高インピーダンス状態を参照](#)）。**EN_EXTILIM** ビットを 0 に設定して、**ILIM_HIZ** ピンの機能を無効にします。ピンが無効のとき、入力電流制限および監視機能、およびピンによる **HIZ** モード制御は使用できません。

K_{ILIM} は $10m\Omega$ 検出抵抗を基準としています。効率を向上させるため、 $5m\Omega$ センス抵抗を使用します。センス抵抗の値を $5m\Omega$ に変更するには、**R_{AC_SNS}** レジスタ ビットを使用します。**R_{AC_SNS}** レジスタ ビットを 1 に設定すると、 $5m\Omega$ センス抵抗を使用しながら、内部値が同じ $A\Omega$ にスケーリングされます。

6.3.8.1.2.2 入力電流オプティマイザ (ICO)

このデバイスには入力電流オプティマイザ (ICO) が搭載されており、入力電源の最大電力点を特定して、入力電源の過負荷を防止します。アルゴリズムは未知の電源の最大入力電流制限を自動的に特定し、充電器の **IINDPM** レジスタを適切に設定して、充電器の入力電圧 (**VINDPM**) 制御状態に入るのを防ぎます。この機能は、**EN_ICO** レジスタ ビットによって制御されます。

動的なパワー マネジメントにより使用される実際の入力電流制限値は、有効な場合は **ICO** によって設定され、無効な場合は **IINDPM** レジスタによって設定され、その値が **ICO_IINDPM** レジスタに報告されます。さらに、**EN_EXTILIM** ビットが 0 でない限り、**ILIM_HIZ** ピンの抵抗設定によって最大電流制限がクランプされ、**ILIM_HIZ** ピン機能は無効になります。**IINDPM** レジスタはクランプ値を通知しません。

$V(BAT) > VSYSMIN$ の場合、**ICO** アルゴリズムは最大許容入力電流を $500mA$ に設定して開始し、その後、最適な制限値が見つかるまでこの電流制限を段階的に増加させます。 $VBAT < VSYSMIN$ の場合、コンバータが $500mA$ に制限され、**ICO** アルゴリズムによって徐々に上昇する動作では、バッテリ電圧が低すぎて大きなシステム負荷を補えない可能性があります。したがって、 $VBAT < VSYSMIN$ の場合、**ICO** アルゴリズムは **IINDPM** レジスタで設定された最大許容入力電流から開始し、その後、最適な入力電流制限値が見つかるまでこの制限を徐々に減少させます。

最適な入力電流が特定されると、**ICO_STAT** ビットと **ICO_FLAG** ビットが設定されます。実際の入力電流は **ICO_IINDPM** レジスタで報告され、次のいずれかのイベントによってアルゴリズムが再度トリガされない限り、変更されません：

1. 新しい入力電源が接続される、または **EN_HIZ** ビットが切り替えられる場合
2. **IINDPM** レジスタが変更された場合
3. **VINDPM** レジスタが変更されるか、
4. **FORCE_ICO** ビットを 1 に設定した場合
5. **VIN_OVP** イベント

これらのイベントが発生すると、**ICO_STAT[1:0]** ビットも 01 にリセットされます

最適な電流が特定されない場合（たとえば、出力電力が最大入力電力未満の場合）、**ICO** ルーチンは入力からより多くの電力が必要になるまで一時停止します。この場合、**ICO_STAT** ビットは 0b11 に設定されます。

6.3.8.2 バッテリ充電管理

このデバイスは、1S~7S の Li-Ion バッテリを、高容量セル向けに最大 $3.3A$ の充電電流で充電します。バッテリ充電は、バッテリ電圧に応じて内部的に制御され、各充電ステージで最適な動作が行われます。外付けの **BATFET** が低いため、充電効率が向上し、放電時の電圧降下が最小限に抑えられます。

6.3.8.2.1 バッテリ検出

着脱式バッテリを使用するアプリケーション向けに、このデバイスには、バッテリが再び接続されるかを確認しつつ、システム電圧を安定に維持するためのバッテリ検出ルーチンが備わっています。

起動時に $VBAT < V_{BAT_SHORT}$ の場合、デバイスはトリクル充電電流を使用して **SRN** ピンを V_{BAT_DET} (I^2C によりプログラマ可能) に充電します。その後、**SRN** は $200mV$ まで放電されます。**SRN** ピンが V_{BAT_DET} と $V_{BAT_DET}-200 mV$ の間で正常に移動すると、バッテリは存在せず、**BAT_FAULT_STAT** は 01 に設定されます。バッテリ検出中、コンバータは

SYS を $V_{BAT_DET} + 400\text{mV}$ または $V_{SYSMIN} + 200\text{mV}$ のどちらか高い方にレギュレートし続け、バッテリがない場合でもシステム動作が中断されないようにします。SRN ピンが 2 秒以内に V_{BAT_DET} まで充電されない、または $V_{BAT_DET} - 200\text{mV}$ まで放電されない場合、バッテリが接続されたと判断されます。バッテリ接続が検出されると、充電は通常どおり再開され、内部の制御目標値が VREG に引き上げられ、BAT_FAULT_STAT が 00 に設定されます。

充電サイクル中にバッテリが取り外された場合、デバイスは SRN ピンを VREG まで充電し続け、その後すぐに充電を終了します。デバイスが 20 秒以内に 4 回の充電終了イベントを検出した場合、4 回目の終了時にバッテリ未接続状態と見なされ、BAT_FAULT_STAT が 01 に設定されます。その後、デバイスは上記のような動作に戻り、 V_{BAT_DET} と $V_{BAT_DET} - 200\text{mV}$ の間の SRN ピン電圧の充電および放電に戻ります。同時に、コンバータは SYS を $V_{BAT_DET} + 400\text{mV}$ または $V_{SYSMIN} + 200\text{mV}$ のどちらか高い方にレギュレートします。

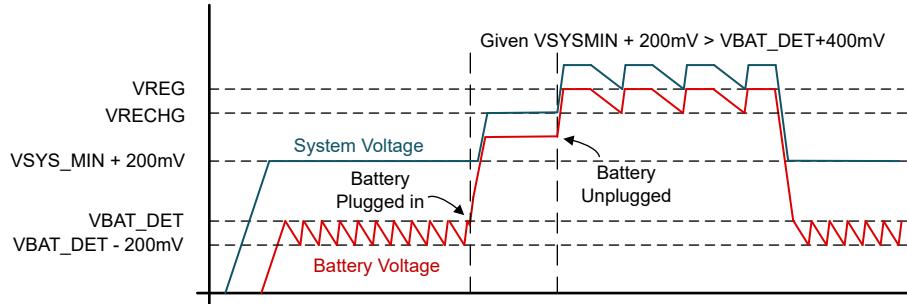


図 6-3. バッテリ検出

EN_BAT_DETECT = 0 を設定することで、バッテリ検出機能を無効にします。

6.3.8.2.2 自律的充電サイクル

バッテリ充電が有効 (EN_CHG ビット = 1 かつ \overline{CE} ピンが LOW) の場合、デバイスはホストの関与なしに、充電サイクルを自律的に完了します。表 6-6 に、デバイスのデフォルトの充電パラメータを一覧します。ホストは充電動作を制御し、I²C 経由で対応するレジスタに書き込むことで、充電パラメータを最適化します。

表 6-6. 充電パラメータのデフォルト設定

| デフォルト モード | BQ25690 |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 充電電圧 (VREG) | VCHG ピンと CELL ピンの抵抗に基づく |
| 再充電電圧スレッショルド (VRECHG) | 95.5% × VREG (リチウムイオンの場合: ≈190mV/セル) |
| プリチャージから高速充電への電圧スレッショルド (VBAT_LOWV) | 71.4% × VREG (リチウムイオンの場合: ≈3V/セル) |
| 高速充電電流 (ICHG) | ICHG ピンの抵抗に基づく |
| プリチャージ電流 (IPRECHG) | ICHG ピンの抵抗に基づく |
| トリクル充電電流 (固定値) | 100mA |
| 終端電流 (ITERM) | ICHG ピンの抵抗に基づく |
| 温度プロファイル | JEITA |
| 高速充電安全タイマ (CHG_TMR) | 12 時間 |
| プリチャージ安全タイマ (PRECHG_TMR) | 2 時間 |

次の条件が有効になると、新しい充電サイクルが開始されます：

- $V_{IN} > V_{VIN_OK}$
- $V_{BAT} < V_{RECHG}$
- レジスタ ビット EN_CHG = 1 を設定し、 \overline{CE} ピンを LOW にすることで、バッテリ充電が有効になります
- TS ピンにサーミスタ故障はありません
- 安全タイマに故障はありません

充電電流が終端スレッショルドを下回り、充電電圧が再充電スレッショルドを上回り、デバイスが DPM モードまたはサマリ レギュレーションでない場合、充電器は自動的に充電サイクルを終了します。完全に充電されたバッテリの電圧が再充電スレッショルドを下回ると、デバイスは自動的に新しい充電サイクルを開始します。充電が終了した後、 \overline{CE} ピンまたは EN_CHG ビットのいずれかを切り替えると、新しい充電サイクルが開始されます。さらに、デバイスは、充電電流値に関係なく、CV モードでプログラム可能な期間 (CV_TMR ビット) 後に充電を停止するための専用の CV タイマを提供します。

充電ステータス レジスタ (CHARGE_STAT) は、さまざまな充電フェーズを次のように示します。

- 000 – 充電していません
- 001 – トリクル充電 ($V_{BAT} < V_{BAT_SHORT}$)
- 010 – プリチャージ ($V_{BAT_SHORT} < V_{BAT} < V_{BAT_LOWV}$)
- 011 – 高速充電 (CC モード)
- 100 – テーパー充電 (CV モード)
- 101 = 予約済み
- 110 – トップオフ タイマのアクティブ充電
- 111 – 充電終了完了

充電サイクルの完了を含め、充電器がこれらのいずれかの状態に移行すると、 \overline{INT} がアサートされてホストに通知されます。

6.3.8.2.3 バッテリ充電プロファイル

このデバイスは、バッテリを次の 5 つの段階で充電します：

1. トリクル充電
2. プリチャージ
3. 定電流
4. 一定的な電圧
5. トップオフトリクル充電 (オプション)

充電サイクルの開始時に、デバイスはバッテリ電圧を確認し、それに応じて電流と電圧を制御します。

表 6-7. デフォルトの充電電流設定

| VBAT | 充電電流 | レジスタのデフォルト設定 | CHARGE_STAT |
|--------------------------------------|------------------|---------------------------|-------------|
| $< V_{BAT_SHORT}$ | I_{BAT_SHORT} | 100mA (固定値) | 001 |
| $V_{BAT_SHORTZ} \sim V_{BAT_LOWV}$ | I_{PRECHG} | $ICHG$ ピンに接続された抵抗値に基づいて設定 | 010 |
| $> V_{BAT_LOWV}$ | $ICHG$ | $ICHG$ ピンに接続された抵抗値に基づいて設定 | 011 |

充電中に充電器が DPM 制御または温度制御状態にある場合、実際の充電電流は設定値よりも小さくなります。この場合、終止機能はいったん無効になり、安全タイマは [充電安全タイマ](#) で説明されているとおり、クロックの半分の速度でカウントされます。

BATFET LDO 動作による VSYSMIN レギュレーション中、充電電流は表 6-8 に従って制限されます。これは BATFET の過剰な電力損失を防ぐためです。このクランプが有効な場合、ICHG レジスタの実際の値は変更されません。

表 6-8. VSYSMIN バッテリ充電電流クランプ

| VSYSMIN - V_{BAT} | ICHG クランプ | IPRECHG クランプ |
|---------------------|-----------|--------------|
| $< 0.6V$ | 3.3A | 0.62A |
| $> 0.6V, < 1.6V$ | 1.26A | 0.62A |
| $> 1.6V$ | 0.3A | 0.3A |

V_{BAT_SHORTZ} は、トリクル充電からプリチャージに遷移するためのバッテリ電圧スレッショルドであり、セルあたり 2.2V です。バッテリが V_{BAT_SHORTZ} を下回ると、VSYSMIN がクランプされ、BATFET を高消費電力から保護します。

表 6-9. $V_{BAT} < V_{BAT_SHORTZ}$ のときの VSYSMIN クランプとセル数との関係

| セル | VSYSMIN の上側クランプ |
|-------|-----------------|
| 1s~2s | 1 セルあたり 5V |
| 3s | 1 セルあたり 4.4V |
| 4s | 1 セルあたり 3.9V |
| 5s~7s | 1 セルあたり 3.2V |

V_{BAT_LOWV} は、プリチャージから高速充電に遷移するためのバッテリ電圧スレッショルドです。 V_{BAT_LOWV} は、バッテリ電圧レギュレーション制限 (VREG) の比です。

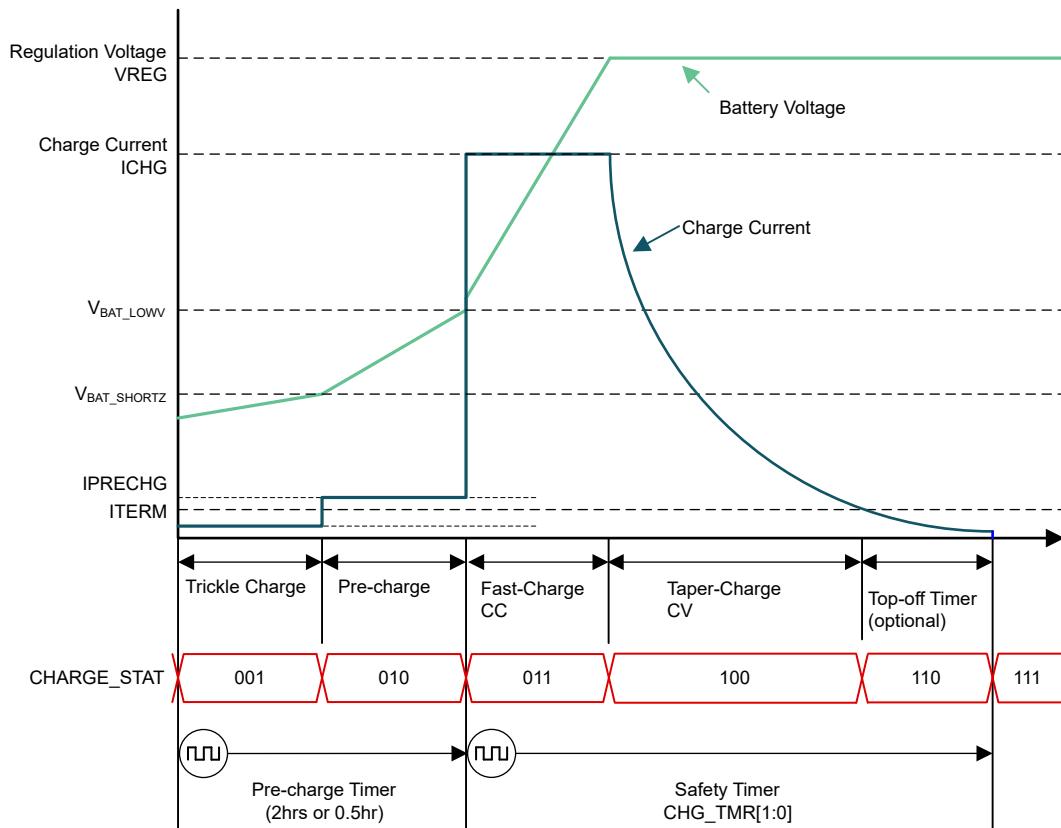


図 6-4. バッテリ充電プロファイル

6.3.8.2.4 充電終了

バッテリ電圧が再充電スレッショルドを上回ると、デバイスは充電サイクルを終了し、コンバータはバッテリ定電圧レギュレーション ループで動作し、充電電流が終端電流を下回ると、充電サイクルを終了します (ITERM)。充電サイクルが完了すると、BATFET はオフになります。コンバータは、システムに電力を供給するために動作を続けます。補完モードがトリガされると、BATFET は再度オンになります。

終端が完了すると、ステータス レジスタ **CHARGE_STAT** が 111 に設定され、**INT** パルスがホストにアサートされます。充電器デバイスが入力電流 (IINDPM)、入力電圧 (VINDPM)、サーマル (TREG) レギュレーションになると、終端は一時的に無効化されます。充電終了前に **EN_TERM** ビットに 0 を書き込むことで、終了を永続的に無効化します。終端がすで

に発生している場合、またはトップオフ充電段では **EN_TERM** に 0 を書き込んでも、次の充電サイクルが再起動するまで終端は無効化されません。アクティブ充電サイクル中に **EN_TERM = 1** を設定して終了を有効化すると、変更はすぐに適用されます。

低い終了電流 (< 160mA) では、コンパレータのオフセットにより、実際の終端電流は終端ターゲットよりも最大 $\approx 20\% \sim \approx 40\%$ 高くなることがあります。コンパレータのオフセットを補償するには、終了後にプログラマブルトップオフタイマ (デフォルトは無効) をアクティブにします。トップオフタイマが動作している間、デバイスはトップオフ時間が経過するまで定電圧モード (BATFET はオンのまま) でバッテリを充電し続けます。トップオフタイマは、安全タイマの制約に従います。安全タイマが中断されている場合、トップオフタイマも同様で、安全タイマが 2 倍になった場合は、トップオフタイマも 2 倍になります。**CHARGE_STAT** は、110 コードによってトップオフタイマがアクティブかどうかを報告します。トップオフタイマが満了すると、充電が終了し、**CHARGE_STAT** レジスタが 111 に設定され、**INT** パルスがホストにアサートされます。

以下のいずれかの条件で、トップオフタイマがリセットされます (0 に設定され、適切な場合はカウントが再開されます)。

1. 充電の無効化を有効にする
2. 終端ステータスは **Low** から **High**
3. **REG_RST** レジスタビットが設定されます (トップオフタイマが無効)

充電器が終端を検出すると、充電器はトップオフタイマ (**TOPOFF_TMR**) の設定を読み取ります。終了後にトップオフタイマ値をプログラムすると、タイマがリセットされます。トップオフタイマは、充電器の終了条件が満たされたときのみカウントを開始します。**EN_TERM = 0** の場合、充電器は充電を終了しないため、トップオフタイマは有効であってもカウントを開始しません。トップオフタイマがカウントを開始したときと、トップオフタイマが満了になったときに、**INT** がホストにアサートされます。**CHG_MASK** ビットは、充電サイクルに関連するすべての **INT** パルス (トップオフタイマ **INT** パルスを含む) をマスクできます。

6.3.8.2.5 充電安全タイマ

このデバイスには、バッテリの異常状態による過度に長い充電サイクルを防止するための安全タイマが内蔵されています。ユーザーは、**I²C (CHG_TMR ビット)** を使用して高速充電安全タイマをプログラムできます。安全タイマが期限切れになると、故障レジスタの **CHG_TMR_STAT** ビットが 1 に設定され、**INT** パルスがホストに送信されます。**EN_CHG_TMR** ビットをクリアして、安全タイマ機能を無効化します。

入力電圧、入力電流、または熱制御中は、実際の充電電流が設定値を下回る可能性があるため、安全タイマはクロックレートの半分の速度でカウントします。たとえば、充電器が充電サイクル全体を通して入力電流制御状態 (**IINDPM_STAT = 1**) にあり、安全タイマが 5 時間に設定されている場合、タイマは 10 時間で満了します。**EN_TMR2X = 0** に設定し、ハーフクロックレート機能を無効にします。

充電を無効化する故障が発生している間、タイマは一時停止します。故障が解消されると、安全タイマは再開します。充電サイクルが停止して再開すると、タイマがリセットされます (**CE** ピンまたは **EN_CHG** ビットを切り替えると、タイマが再起動します)。

VBAT < V_{BAT_LOW} のとき、プリチャージ安全タイマが動作します。**PRECHG_TMR** ビットを使用して、タイマ時間を 30 分または 2 時間に設定します。プリチャージ安全タイマは、一時停止やカウントリセットの動作に関して、急速充電安全タイマと同じルールに従います。ただし、プリチャージ安全タイマは **EN_TMR2X** ビットの影響を受けず、常に固定時間 (30 分または 2 時間) でカウントします。**EN_PRECHG** ビットが 0 のとき、プレ充電安全タイマは無効になります。

6.3.8.2.6 CV タイマ

リーケ電流が大きいバッテリや、システム負荷と並列にバッテリを接続したバッテリなど一部のアプリケーションでは、**CV** モード中はバッテリ電流が **ITERM** スレッショルドに達するとは限りません。このデバイスは、充電器が **CV** モードにとどまる時間を制御するための専用 **CV** タイマを備えています。

CV タイマは、デバイスが **CV** モードに入るとカウントを開始し、タイマーの持続時間は **CV_TMR** レジスタビットでプログラムできます。**CV_TMR = 0** では、タイマが完全に無効になることに注意してください。**CV** タイマは絶対時間タイマであり、**EN_TMR2X** レジスタビットを変更してもタイマには影響しません。

充電が無効化されるフォルト発生時、または IAC_DPM や VAC_DPM によりデバイスが CV 制御状態から外れた場合、CV タイマは一時停止します。デバイスが CV モードに戻ると、CV タイマは再開します。充電サイクルが停止して再開すると、タイマがリセットされます（CE ピンまたは EN_CHG ビットを切り替えると、タイマが再起動します）。

CV タイマが満了すると、INT がホストにアサートされます。CV_TMR_MASK ビットを使用して INT をマスクします。

6.3.8.2.7 サーミスタの検証

この充電器デバイスは、バッテリ温度を監視するための単一のサーミスタ入力を備えています。

6.3.8.2.7.1 充電モードでの JEITA ガイドラインの準拠

2007 年 4 月 20 日の JEITA ガイドラインでは、リチウムイオン バッテリの充電の安全性を向上するための情報が強調されています。このガイドラインは、特定の低温範囲と高温範囲で、大きい充電電流と高い充電電圧を回避することの重要性を強調しています。

充電サイクルを開始する際には、TS ピンの電圧が VT1 ~ VT5 のスレッショルド内であることを確認します。TS 電圧が T1 ~ T5 の範囲を超えると、コントローラは充電を一時停止し、バッテリ温度が T1 ~ T5 の範囲内になるまで待機します。低温時 (T1 – T2) には、充電電流を半分以下に減らすことを JEITA は推奨しています。高温時 (T3 – T5) には、セルあたり 4.1V 未満の電圧で充電することを JEITA は推奨しています。

低温 T1 – T2 では、充電電流を常温 T2 – T3 の半分以下に下げるなどを JEITA は推奨しています。このデバイスでは、T1 – T2 での充電電流を T2 – T3 での充電電流の 20%、40%、または 100% にプログラムすること、または充電を中断するようにプログラムすることができます。これは、レジスタビット JEITA_ISETC によって制御されます。

高温時には、T3 – T5 の場合、JEITA ではセルあたり 4.1V 未満の充電電圧を推奨します。このデバイスでは、T3 – T5 での充電電圧を T2 – T3 での充電電圧より低いオフセット電圧にプログラムすること、または充電を中断するようにプログラムすることができます。これはレジスタビット JEITA_VSET によって制御されます。

この充電器は、JEITA 要件を超える柔軟な電圧および電流設定もサポートしています。高温域 (T3 – T5) における充電電流設定は、プログラムされた充電電流の 40%、100%、または充電中断に設定できます。これはレジスタビット JEITA_ISETH によって設定されます。

JEITA のデフォルト充電プロファイルは以下の図に示されており、青線がデフォルト設定、赤の破線がプログラム可能なオプションを示しています。

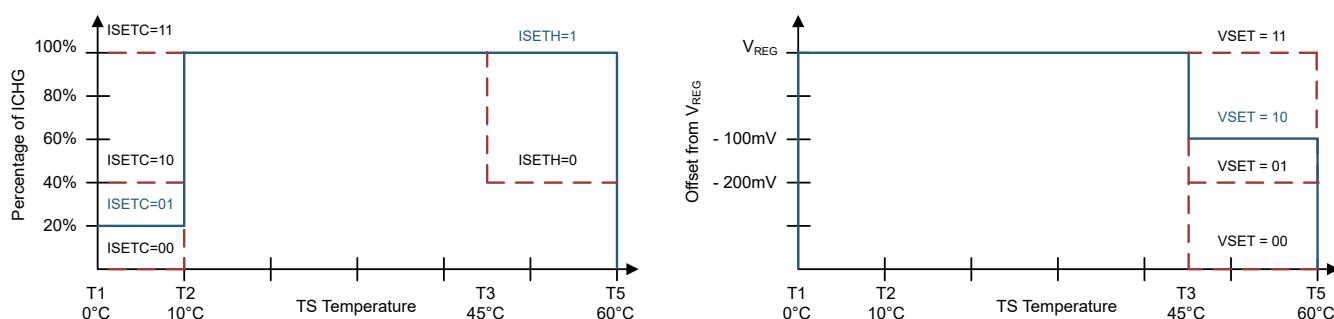


図 6-5. TS 充電値

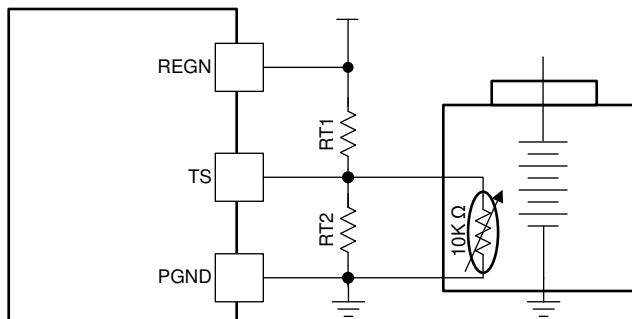


図 6-6. TS 抵抗ネットワーク

上記のようにバッテリ パックに 103AT NTC サーミスタを接続していると仮定すると、RT1 と RT2 の値は次の式で決定できます：

$$RT2 = \frac{RTH_{COLD} \times RTH_{HOT} \times \left(\frac{1}{VT1} - \frac{1}{VT5} \right)}{RTH_{HOT} \times \left(\frac{1}{VT5} - 1 \right) - RTH_{COLD} \times \left(\frac{1}{VT1} - 1 \right)} \quad (3)$$

$$RT1 = \frac{\frac{1}{VT1} - 1}{\frac{1}{RT2} + \frac{1}{RTH_{COLD}}} \quad (4)$$

リチウムイオンまたはリチウムポリマ バッテリの場合は、0°C ~ 60°C の範囲を選択します。

- $RTH_{T1} = 27.28\text{k}\Omega$
- $RTH_{T5} = 3.02\text{k}\Omega$
- $RT1 = 5.36\text{k}\Omega$
- $RT2 = 41.2\text{k}\Omega$

このデバイスでは、TS 充電スレッショルド制御レジスタを使用してすべてのスレッショルドをプログラムすることもできます。この柔軟性により、ソフトウェアで充電器の動作ウィンドウを変更できます。

EN_JEITA レジスタビットをクリアすることで JEITA プロファイルを無効化します。この場合、デバイスは充電ウィンドウを T1 – T5 に制限しますが、クール (T1 – T2) またはウォーム (T3 – T5) 領域内では特別な充電プロファイルは使用されません。

EN_TS レジスタビットをクリアして NTC 監視ウィンドウを無効化します。この場合、TS ピンの電圧は無視され、デバイスは常に通常の TS ステータスを通知します。

6.3.8.2.7.2 逆方向モードでの低/高温ウィンドウ

リバース動作またはバックアップ動作中のバッテリ保護のため、デバイスはバッテリ温度が TS_COLD から TS_HOT のスレッショルド範囲内にあるかを監視します。温度がスレッショルドを超えると、逆方向モードが停止し、コンバータはスイッチングを停止します。TS_STAT が通知されます (TS Cold または TS Hot)。EN_TS ビットを 0 にクリアすることで、逆方向モードで温度保護を完全に無効化します。故障条件が解消されると、本デバイスは自動的に逆方向モード動作を再開します。TS 故障の間、REGN はオンのままでです。

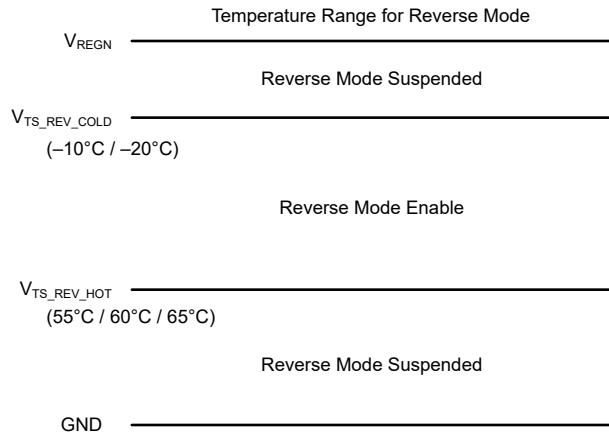


図 6-7. 逆方向モードでの TS ピン サーミスタ検出スレッショルド

6.3.8.3 バイパス モード

このデバイスはバイパス モードをサポートしているため、レギュレーションなしで $VSYS = VIN$ かつ最高効率を実現できます。この動作モードでは、昇降圧回路のハイサイド FET (Q1 および Q4) がオンになり、ローサイド FET (Q2 および Q3) はオフのままになります。入力電力はパワー ステージを直接通過して出力側へ供給されます。MOSFET のスイッチング損失とインダクタのコア損失が除去されるため、最高の効率が得られます。**EN_BYPASS** レジスタビットを 1 に設定して、バイパス モードを有効にします。バイパスモードでは、過電流および軽負荷状態を検出するために R_{AC_SNS} 抵抗が必要です。

USB-PD プログラマブル電源 (PPS) を入力アダプタとして使用する場合、バイパスモードを活用することで、バッテリーの急速充電期間中にフラッシュ充電を実現できます。フラッシュ充電を有効にすることで、さらに高い充電電流によって充電効率を一層向上させることができます。予備充電および CV 充電の各フェーズでは、充電器は再び昇降圧モードに戻ることができます。

デバイスがバイパス モードのとき、 R_{AC_SNS} を流れる電流が監視され、**IINDPM** レジスタ設定と比較されます。入力電流が t_{BYP_OCP} の間に **IINDPM** 設定値を 15% 超える I_{BYP_OCP} を上回ると、デバイスは自動的にバイパスモードを終了し、PWM 制御モード (スイッチング パワー ステージが有効) に戻ります。**EN_BYPASS** ビットは 0 にクリアされ、**BYPASS_FLAG** ビットが設定されます。また、**BYPASS_MASK** がクリアされている場合は、ホストに通知するための **INT** パルスが出力されます。

突入電流によるバイパス過電流保護の誤作動を回避するために、 $VSYS$ が VIN の 0.5V 以内のときにバイパス モードに入ります。一般的な使用例としては、まず **VSYSMIN** 設定を変更して $VSYS$ が VIN にほぼ等しくなる状態を作り、その後 **EN_BYPASS** = 1 を設定します。

デバイスがバイパス モード中で、かつバッテリ充電が有効な場合、**BATFET** はリニア制御モードで動作し、バッテリへの充電電流を制御します。Q1 と Q4 を継続的にオンにするには、SRN/SRP 電圧が $VIN/VSYS$ の約 2V 以内である必要があります。 $VSYS-VBAT > 2V$ の場合、ブートストラップのリフレッシュが発生します。

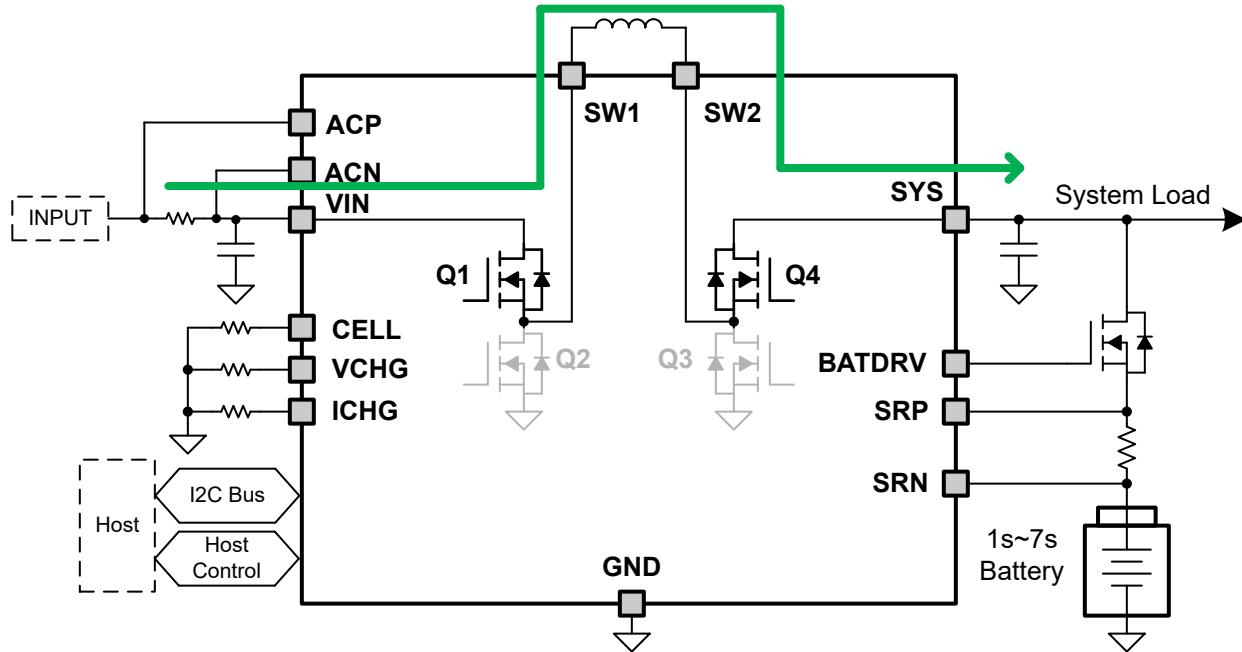


図 6-8. 内部バイパス モード

内部バイパス モードに加えて、このデバイスは最大 5A の電流に対応する高効率な外部バイパス モードも提供します。この場合、BYPDRV ピンは外付けの双方向 MOSFET を駆動して、VIN を SYS に接続します。外部バイパス モードは、EN_EXT_BYPASS = 1 および EN_BYPASS = 1 に設定することで有効になります。EN_BYPASS = 0 のときに EN_EXT_BYPASS = 1 の場合、バイパスは入力されません。EN_BYPASS ビットは、バイパス モードを有効にするかどうかを決定します。EN_BYPASS = 1 の場合、EN_EXT_BYPASS によって外部バイパスが有効かどうかが決まります。デバイスが EN_BYPASS によってバイパス モードに入る前後のいずれかで、EN_EXT_BYPASS を設定します。

デバイスが外部バイパス モードの間、 R_{AC_SNS} を流れる電流が監視されます。 R_{AC_SNS} 電流が t_{BYP_OCP} の間に I_{EXTBYP_OCP} を上回ると、デバイスは自動的に外部バイパス モードを終了し、PWM 制御モード (スイッチング パワー ステージは有効) に戻ります。EN_BYPASS ビットは 0 にクリアされ、BYPASS_FLAG ビットが設定されます。また、BYPASS_MASK がクリアされている場合は、ホストに通知するための INT パルスが出力されます。EN_EXT_BYPASS ビットは変更されません。

充電器がバイパス モード中に入力電源が取り外された際に、逆方向動作による逆方向ブーストを防ぐために、軽負荷時自動バイパス終了機能が備わっています。充電器は入力電流が I_{BYP_LL} を下回ると監視し、この時点で充電器は自動的にバイパス モードを終了し、PWM レギュレーション モードに戻ります。この保護機能は、内部および外部の両方のバイパス モードで有効です。EN_BYPASS_LL_EXIT = 0 に設定することで、この保護機能を無効にできます。EN_BYPASS ビットは 0 にクリアされ、BYPASS_FLAG ビットが設定されます。また、BYPASS_MASK がクリアされている場合は、ホストに通知するための INT パルスが出力されます。

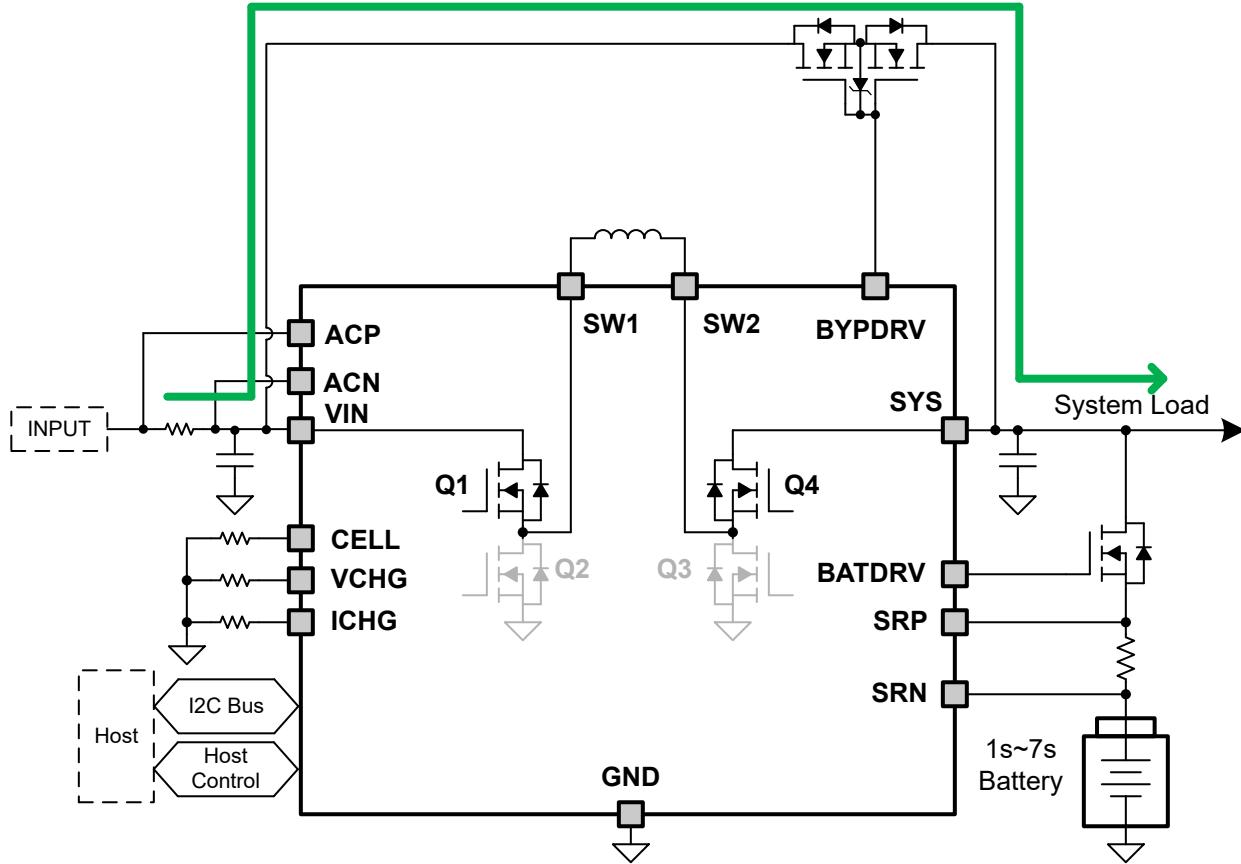


図 6-9. 外部バイパス モード

6.3.9 リバース (ソース) モード (USB On-The-Go)

6.3.9.1 逆方向(ソース)モード動作

このデバイスは、入力ポートに接続された他のデバイスへ、バッテリから安定化された電力を供給する逆方向モード動作をサポートします。逆方向モード電圧レギュレーション (CV) ターゲットは、VIN_REV レジスタビットで設定します。逆方向モード RAC_SNS 電流レギュレーション (CC) のターゲットは IIN_REV レジスタビットで設定します。逆方向モード動作を有効にするには、以下の条件を有効にする必要があります:

- バッテリ電圧が V_{BAT_OK} を上回っている
 - VIN が V_{VIN_OK} を下回る
 - TS ピンの電圧は、 TS_REV_HOT および TS_REV_COLD レジスタ ビットで設定された範囲内です
 - バッテリ検出が無効化されます ($EN\ BAT\ DETECT = 0$)

RAC_SNS 逆方向モード電流が **IIN_REV** レジスタ ビットよりも低い場合、デバイスは **VIN** 逆方向モード電圧をレギュレートします。要求される負荷が **IIN_REV** レジスタより高くなると、デバイスは **RAC_SNS** (CC モード) 経由で電流をレギュレートし、**VIN** の出力電圧が低下します。**REV_STAT** ビットは **0x2** に設定され、**INT** パルスがアサートされます。**VIN** 電圧が **VINREV_UV** を下回ると、デバイスはリバースモードを終了し、**EN_REV** を **0** にクリアし、充電器の状態が変化するまで (たとえば、ホストが **EN_REV = 1** を設定して逆方向モードを再度有効化するか、入力電源が接続されて順方向充電モードに入るまで)、**REV_STAT** ビットを **0x3** に設定します。また、**INT** パルスがアサートされます。

充電器は、逆方向モード中にバッテリの放電電流を制御できます。バッテリ電流が **IBAT_REV** レジスタ設定よりも高くなると、充電器はコンバータを流れるバッテリ放電電流を低減し、存在する場合はシステム負荷電流を優先します。**IINDPM_STAT** ビットと **IINDPM_FLAG** ビットは 1 に設定され、**IINDPM_MASK** が 0 に設定されている場合、**INT** パルスがアサートされます。バッテリ放電制御ループによって逆方向モード入力電流がゼロまで低下し、さらにシステム負荷がより多くの電流を引き出した場合、充電器はもはやバッテリ放電電流を制限できません。

充電器は、EN_FAST_VOTG_RESPONSE ビットを使用することで、逆方向モードでより積極的な過渡応答を実現できます。EN_FAST_VOTG_RESPONSE=1 の場合、コンバータはより高速な過渡応答を実現します。ただし、その際には以下のインダクタンスおよびキャパシタンスの推奨動作条件が必要です。

表 6-10. EN_FAST_VOTG_RESPONSE = 1 インダクタおよび容量の要件

| EN_FAST_VOTG_RESPONSE = 1 | | 最小値 | 最大値 | 単位 |
|---------------------------|-----------------------------------|-----|-----|----|
| CIN | VIN 総容量 (定格低下後の最小値) | 20 | | μF |
| L | f _{sw} ≤ 700kHz の推奨インダクタ | 4.7 | 10 | μH |
| | f _{sw} > 700kHz の推奨インダクタ | 2.2 | 3 | μH |

逆方向モード動作中に小さな IIN_REV 負荷電流によってバッテリが消耗するのを防ぐため、逆方向モードでは軽負荷状態を示すステータス信号 REV_TERM_STAT が用意されています。軽負荷ステータス表示スレッショルドは、ITERM レジスタを使用してユーザーが制御され、RAC_SNS を流れる逆電流が 2 倍の ITERM を下回るとトリップします。REV_MASK = 0 の場合、スレッショルドを超え、REV_FLAG が 1 に設定されると、INT パルスがアサートされます。EN_TERM = 0 にすると、ステータスは無効化されます。

6.3.9.2 バックアップ電源モード

充電器の逆方向昇降圧動作を利用することで、BQ25690 はバックアップ電源モードをサポートします。このモードでは、アダプタが取り外された後、充電器がバッテリまたはコンデンサに蓄えられたエネルギーを放電し、一定時間 VIN 電圧を維持します。バックアップ モードは、EN_BACKUP = 1 を設定することで、VIN が High のときのみ有効にできます。VIN が Low になると、充電器は EN_BACKUP ビットを 0 にリセットします。

コンパレータが VIN 電圧を監視しています。アダプタが取り外されて VIN が VIN_BACKUP スレッショルドを下回ると、充電器は順方向の充電モードを終了し、EN_REV = 1 を強制的に設定します。その後、バッテリまたはスーパー キャパシタを放電して、VIN 電圧を VIN_REV レジスタで設定された値に制御します。充電器がバックアップ モードに移行すると、それに応じて REV_STAT が変更されます。同時に、REV_MASK = 0 の場合、INT パルスがアサートされ、REV_FLAG が 1 に設定されます。

バックアップ モードをトリガするために VIN を監視するコンパレータのスレッショルドは、VINDPM 値の比として VIN_BACKUP レジスタビットで設定されます。EN_BACKUP = 1 の場合にのみ、VIN がスレッショルドを下回ると、充電器は自動的に EN_REV = 1 を設定してバックアップ モードに入ります。

充電器がバックアップ モードで動作している場合、次のいずれかの条件が発生すると、バックアップ動作を終了します：

- バッテリまたはスーパー キャパシタの電圧は、V_{BAT_OKZ} を下回るまで放電されます
- ホストは EN_REV ビットを 1 から 0 に設定します
- その他の故障は逆方向モードを終了します (逆方向 (ソース) モード動作を参照)
- 逆方向モード中に VIN が制御ウインドウ上限、すなわち VIN_REV + 6% を超えた場合

充電器がバックアップ モード中は、アダプタの再接続を検出するために VIN を監視するコンパレータが動作しています。VIN が制御ウインドウ上限 (VIN_REV + 6%) を超えると、デバイスは自動的にバックアップ モードを終了し、順方向充電を再開します。たとえば、VIN_REV = 15V の状態でコンバータがバックアップ モードで動作しているときに、20V のアダプタが接続された場合を考えます：VIN が 15.9V を超えると、デバイスはバックアップ モードを終了し、通常の電源投入手順に従って動作を再開します。

再有効化シーケンス中は VIN が測定されないため、VINDPM は更新されません。ほとんどのアプリケーションでは、デバイスは単一のアダプタを使用することを想定しているため、以前に設定された VINDPM 値は引き続き有効です。異なるアダプタ電圧を使用する可能性があるアプリケーションでは、ユーザーが手動で VINDPM 値を設定できます。

IBAT_REV が有効 (0, 1、または 2 に設定) になっている場合、バックアップ モード中はバッテリの放電電流が制限されます。バックアップ モードを使用する際の最良の応答を得るために、IBAT_REV = 0x3 (無効) を設定してください。VIN の負荷状況によっては、VIN が VINDPM 設定値を下回るのを防ぐために、最大 200μF の低 ESR コンデンサを追加する必要があります。

6.3.9.3 逆方向バイパス モード

このデバイスは、制御なしで $VIN = VSYS$ を実現し、最高効率を得るための逆方向バイパス モードをサポートします。逆方向バイパス モード動作時には、降圧および昇圧のハイサイド FET (Q1 と Q4) がオンになり、降圧および昇圧のローサイド FET (Q2 と Q3) はオフのままになります。バッテリ電力はパワー ステージを直接通過して入力側へ供給されます。MOSFET のスイッチング損失とインダクタのコア損失が除去されるため、最高の効率が得られます。EN_REV および EN_BYPASS レジスタ ビットを 1 に設定して、逆方向バイパス モードを有効にします。逆方向バイパス モードでは、過電流および軽負荷状態を検出するために R_{AC_SNS} 抵抗が必要です。

デバイスが逆方向バイパス モード中は、 R_{AC_SNS} を流れる電流が監視され、IIN_REV レジスタ設定値と比較されます。入力電流が t_{BYP_OCP} の間に IIN_REV 設定値を 15% 超える $I_{REV_BYP_OCP}$ を上回ると、デバイスは自動的にバイパス モードを終了し、PWM 制御モード (スイッチングパワー ステージが有効) に戻ります。EN_BYPASS ビットは 0 にクリアされ、BYPASS_FLAG ビットが設定されます。また、BYPASS_MASK がクリアされている場合は、ホストに通知するための INT パルスが output されます。

突入電流によってバイパス過電流保護が誤作動するのを防ぐため、VIN が VSYS の $\pm 0.5V$ 以内にある状態でバイパス モードに移行してください。一般的な使用例としては、まず EN_BAT_DETECT = 0 であることを確認し、次に逆方向モードを有効 (EN_REV = 1) にします。その後、VIN_REV 設定を変更して VIN が VSYS とほぼ等しくなる状態を作り、最後に EN_BYPASS = 1 を設定します。

デバイスがバイパス モードの間、システム負荷は優先されます。 $I_{REV_BYP_OCP}$ によりバイパス モードが終了した場合、BATFET はオフのままとなります。

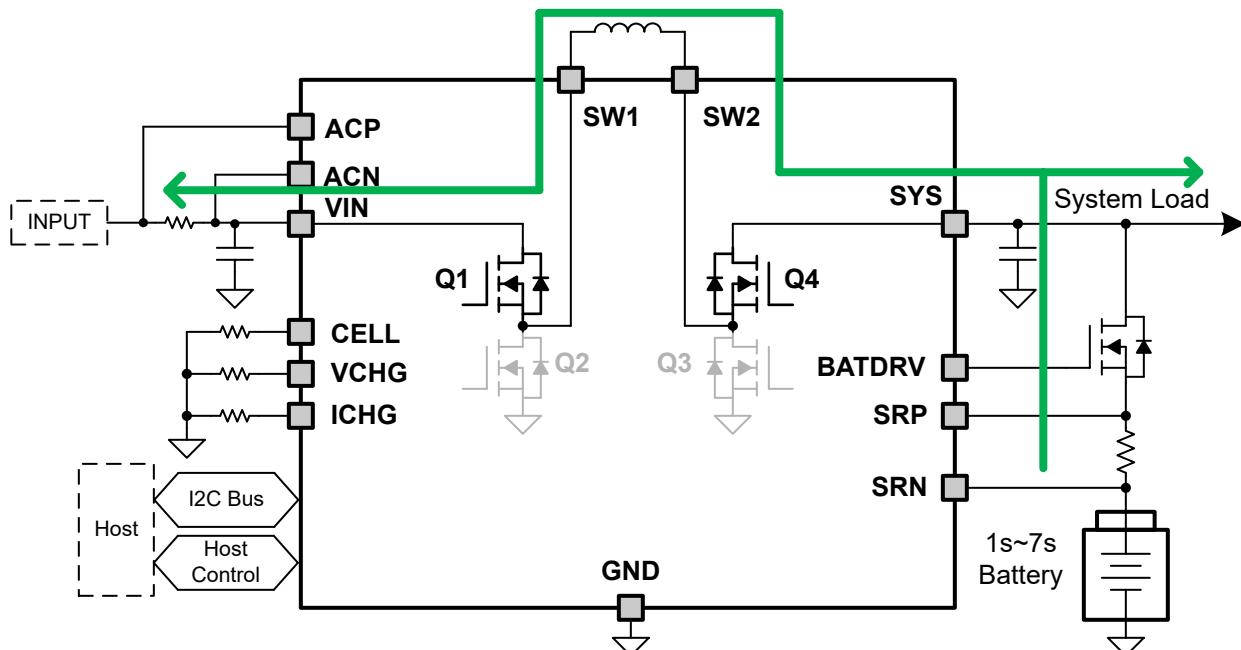


図 6-10. 内部逆方向バイパス モード

内部逆方向バイパス モードに加えて、このデバイスは最大 5A の電流に対応する高効率な外部逆方向バイパス モードも提供します。この場合、BATDRV ピンは外部の双方向 MOSFET を駆動して、VIN を SYS に直接接続します。外部逆方向バイパス モードは、EN_REV = EN_EXT_BYPASS = EN_BYPASS = 1 に設定することで有効になります。EN_REV = EN_EXT_BYPASS = 1かつ EN_BYPASS = 0 の場合、逆バイパスは入力されません。EN_BYPASS ビットは、バイパス モードを有効にするかどうかを決定します。EN_EXT_BYPASS は、EN_REV = EN_BYPASS = 1 の場合、外部逆バイパスが有効かどうかを決定します。デバイスが EN_BYPASS によってバイパス モードに入る前後のいずれかで、EN_EXT_BYPASS を設定します。

デバイスが外部逆方向バイパスモードにある間、 R_{AC_SNS} を流れる電流が監視されます。 R_{AC_SNS} 電流が t_{BYP_OCP} の間 $I_{REV_EXTBYP_OCP}$ を上回ると、デバイスは自動的に外部逆方向バイパスモードを終了し、PWM レギュレーションモード（スイッチング電力段がイネーブル）に戻ります。 EN_BYPASS ビットは 0 にクリアされ、 $BYPASS_FLAG$ ビットが設定されます。また、 $BYPASS_MASK$ がクリアされている場合は、ホストに通知するための INT パルスが出力されます。 EN_EXT_BYPASS ビットは変更されません。

突入電流によってバイパス過電流保護が誤作動するのを防ぐため、VIN が VSYS の $\pm 0.5V$ 以内にある状態で逆バイパスモードに移行してください。一般的な使用例としては、まず $EN_BAT_DETECT = 0$ であることを確認し、次に逆方向モードを有効 ($EN_REV = 1$) にします。その後、 VIN_REV 設定を変更して VIN が VSYS とほぼ等しくなる状態を作り、最後に $EN_EXT_BYPASS = EN_BYPASS = 1$ を設定します。

軽負荷のバイパスによる自動終了機能により、逆方向バイパスモードでの逆電流の方向を防止します。充電器は入力電流が $I_{REV_BYP_LL}$ を下回ると監視し、この時点では充電器は自動的にバイパスモードを終了し、PWM レギュレーションモードに戻ります。この保護機能は内部および外部の両方のバイパスモードで有効ですが、 $EN_BYPASS_LL_EXIT = 0$ に設定することで無効にできます。 EN_BYPASS ビットは 0 にクリアされ、 $BYPASS_FLAG$ ビットが設定されます。また、 $BYPASS_MASK$ がクリアされている場合は、ホストに通知するための INT パルスが出力されます。

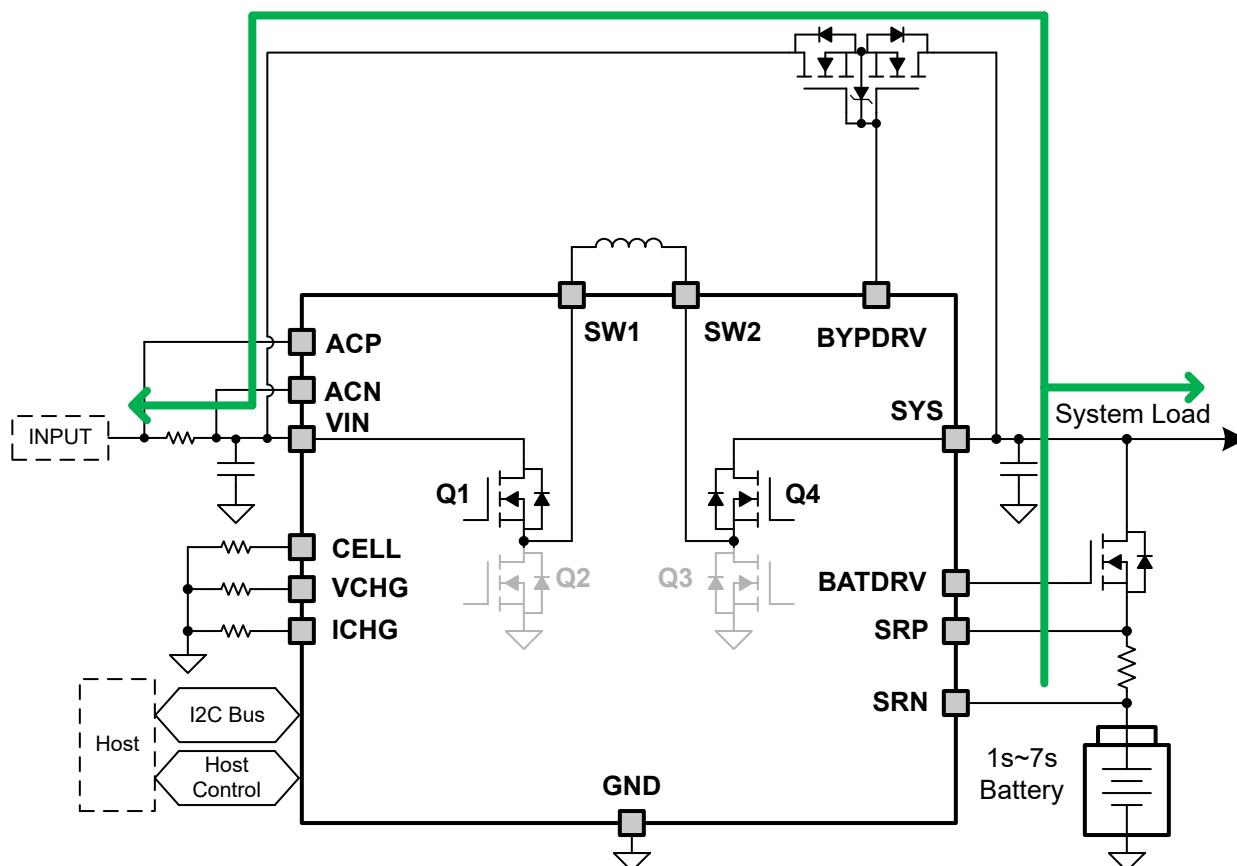


図 6-11. 外部逆方向バイパスモード

6.3.10 ステータス出力 (STAT および INT)

6.3.10.1 パワーグッド インジケータ (PG_STAT)

良好な入力ソースが認定されると、パワーグッドステータスレジスタは 1 に設定されます。 PG_STAT および PG_FLAG が 1 に変更され、良好な入力ソースを示します。以下の条件が満たされたときに PG_MASK でマスクされない限り、 INT は Low にアサートされて、ホストに通知します：

1. V_{VIN_UVLOZ} を上回る VIN

2. V_{VIN_OVP} を下回る V_{IN}

6.3.10.2 充電ステータス インジケータ (STAT ピン)

このデバイスは、オープン ドレインの STAT ピンで充電状態を示します。STAT ピンは LED を駆動できます。DIS_STAT ビットを使用して STAT ピンの機能を無効にします。

表 6-11. STAT ピンの状態

| 充電状態 | ステータス インジケータ |
|--------------------------------|--------------|
| 充電進行中 (再充電およびトップオフ タイマ中の充電を含む) | Low |
| 充電の完了 | High |
| HIZ モード、充電無効 | High |
| バッテリのみのモードと OTG モード | High |
| 充電の一時停止 (充電を無効化する故障条件) | 1Hz で点滅 |

6.3.10.3 ホストへの割り込み (INT)

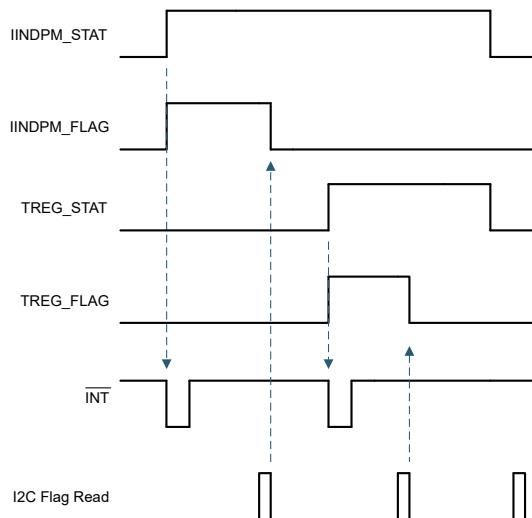
アプリケーションによっては、ホストが常に充電器の動作を監視するとは限りません。 \overline{INT} ピンは、デバイス動作についてシステム ホストに通知します。デフォルトでは、以下のイベントによりアクティブ Low の 256 μ s \overline{INT} パルスが生成されます。

- 良好な入力信号源の検出
 - $V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$ スレッショルド
 - $V_{VIN} > V_{VIN_OK}$ スレッショルド
- 良好な入力ソースを除去
- IINDPM 規制への移行
- VINDPM 規制への移行
- IC 接合部温度レギュレーションへの移行 (TREG)
- I²C ウオッチドッグ タイマが時間切れ
 - 最初の電源オン時に、この \overline{INT} がアサートされ、I²C の通信準備が完了したことを示します
- 充電完了を含む、充電器のステータスが変化する状態 (CHARGE_STAT 値の変更)
- TS_STAT の状態が変化した場合 (TS_STAT のいずれかのビットが変更された場合)
- VIN 過電圧の検出 (VIN_OVP)
- 接合部温度シャットダウン (TSHUT)
- バッテリ過電圧の検出 (BATOVP)
- トリクル充電、プリチャージ、高速充電安全タイマなどの充電安全タイマは期限切れです
- 別の *_STAT ビットのいずれかでの立ち下がりエッジ

パルスの発生時に \overline{INT} パルスが送信されないように、 \overline{INT} ソースの各々をマスクオフします。これらのパルス イベントには次の 3 つのビットが存在します:

- STAT ビットは、各 \overline{INT} ソースの現在のステータスを保持します。
- フラグ ビットは、現在のステータスに関係なく、どのソースが \overline{INT} を生成したかに関する情報を保持します。
- MASK ビットは、デバイスが特定のイベントごとに \overline{INT} を送信しないようにするために使用されます。

上記の条件のいずれかが発生する (*_STAT ビットのいずれかでの立ち上がりエッジ) と、デバイスは \overline{INT} パルスを送信し、どのソースがフラグ レジスタにより \overline{INT} を生成したかを追跡します。FLAG レジスタのビットは、ホストによって読み出されると自動的にゼロにリセットされ、FLAG を再度アサートするには STAT ビットに新たなエッジが必要です。図 6-12 にシーケンスを示します。


図 6-12. $\overline{\text{INT}}$ 生成の動作の例

6.3.11 シリアルインターフェイス

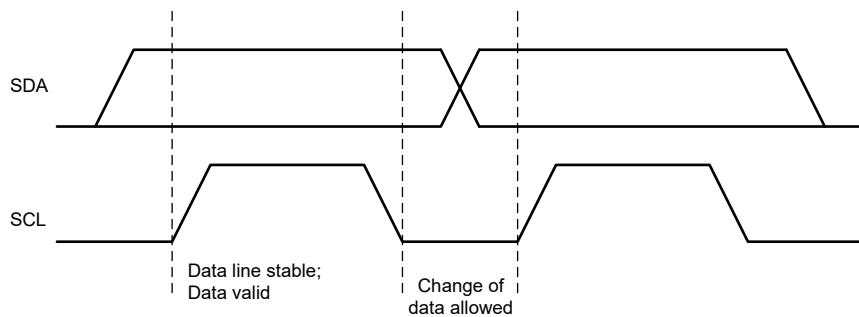
このデバイスでは、 I^2C 互換のインターフェイスを使用して柔軟な充電パラメータのプログラミングと、デバイスのステータスの瞬時の報告を行えます。 I^2C は、双方向 2 線式のシリアルインターフェイスです。必要なのは、シリアルデータライン (SDA) とシリアルクロックライン (SCL) の 2 本のオープンドレインバスラインのみです。データ転送を実行する際は、デバイスをコントローラまたはターゲットとして扱います。コントローラは、バス上でデータ転送を開始し、その転送を許可するクロック信号を生成するデバイスです。その際、アドレス指定されたデバイスはすべてターゲットとみなされます。

このデバイスは、アドレス **0x6A** のターゲットデバイスとして動作し、マイコンやデジタル信号プロセッサなどのコントローラデバイスから、[レジスタマップ](#) で定義されたレジスタを介して制御入力を受け取ります。マップで定義されたレジスタの外側で読み出されたレジスタは、**0xFF** を返します。 I^2C インターフェイスは、標準モード (最大 **100kbit/s**)、高速モード (最大 **400kbit/s**)、および高速モードプラス (最大 **1Mbit/s**) のいずれにも対応しています。バスが空いていると、両方のラインが **HIGH** になります。SDA ピンと SCL ピンはオープンドレインであり、電流ソースまたはプルアップ抵抗を使用して正の電源電圧に接続する必要があります。

システム注記: 16 ビットのレジスタはすべてリトルエンディアンと定義され、最上位ビットは上位アドレスに割り当てられます。16 ビットレジスタの書き込みは連続して実行する必要があります。[マルチ書き込み](#) および [マルチ読み取り](#) で説明されているマルチライト方式でのプログラミングを推奨しています。

6.3.11.1 データの有効性

SDA ラインのデータが、クロックの **HIGH** 期間中に安定していることを確認します。データラインの **HIGH** または **LOW** の状態は、SCL ラインのクロック信号が **LOW** のときのみ変化します。転送されるデータビットごとに、1 つのクロックパルスが生成されます。


図 6-13. I^2C バスでのビット転送

6.3.11.2 開始条件と停止条件

すべてのトランザクションは「スタート (S)」で始まり、「ストップ (P)」で終了します。SCL が HIGH の状態で SDA ラインが HIGH から LOW に変化することを、スタート条件と定義します。SCL が HIGH の状態で SDA ラインが LOW から HIGH に変化することを、ストップ条件と定義します。

START 条件と STOP 条件は、常にコントローラによって生成されます。バスは、START 条件の後はビジー状態とみなされ、STOP 条件の後はフリーとみなされます。タイムアウト条件が発生した場合、たとえばスタート条件が 2 秒以上続いてもストップ条件がトリガーされない場合、充電器の I²C 通信は自動的にリセットされ、通信ラインは次の送信のために解放されます。

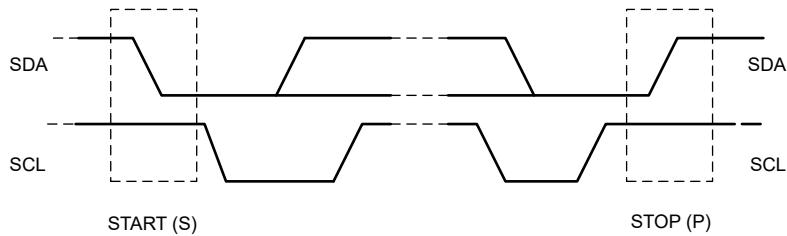


図 6-14. I²C バスのスタート条件とストップ条件

6.3.11.3 バイトフォーマット

SDA ライン上の各バイトが 8 ビット長であることを確認します。転送ごとに送信されるバイト数に制限はありません。アクノリッジ (ACK) ビットは各バイトの後に続く必要があります。データは、最上位ビット (MSB) を先頭にして転送されます。ターゲットデバイスが他の処理を実行するまで次のデータバイトを受信または送信できない場合、ターゲットデバイスは SCL ラインを Low に保持してコントローラを待機状態 (クロックストレッチ) することができます。その後、ターゲットデバイスが別のデータのバイトを処理する準備が整い、SCL ラインを解放すると、データ転送が続行されます。

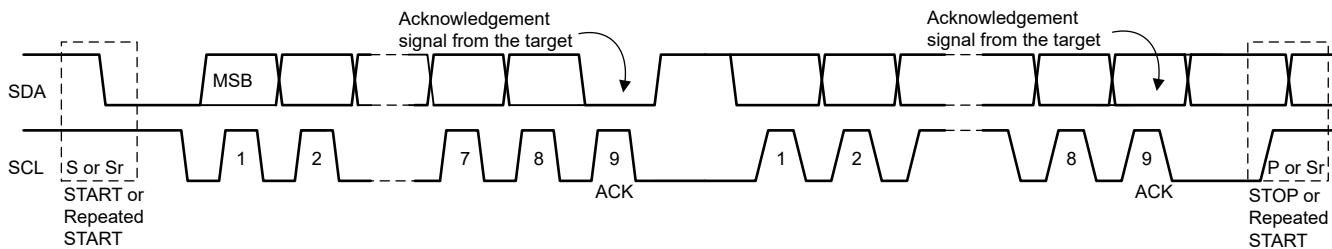


図 6-15. I²C バスでのデータ転送

6.3.11.4 アクノリッジ (ACK) とアクノリッジなし (NACK)

ACK 信号は、各送信バイトの後に送信されます。ACK ビットは、バイトを正常に受信したこと、および別のバイトを送信できることを受信側からコントローラに通知するために使用されます。コントローラは、9 番目のアクノリッジクロックパルスを含め、すべてのクロックパルスを生成します。

コントローラはアクノリッジクロックパルスの間に SDA ラインを解放し、ターゲットが SDA ラインを Low にプルダウンできるようにします。この 9 番目のクロックパルスの HIGH 期間中、SDA ラインは安定して Low のままになります。

9 番目のクロックパルスの間、SDA ラインが HIGH のままの場合、NACK が通知されます。その後コントローラは転送を中止する STOP を生成するか、新しい転送を開始する START を繰り返し生成します。

6.3.11.5 ターゲットアドレスおよびデータ方向ビット

START 信号後にターゲットアドレスが送信されます。このアドレスは 7 ビット長で、8 ビットがデータ方向ビット (ビット R/W) として続きます。0 は転送 (WRITE) を示し、1 はデータの要求 (READ) を示します。デバイスの 7 ビットアドレスは 1101 010' (0x6A) と定義されます。

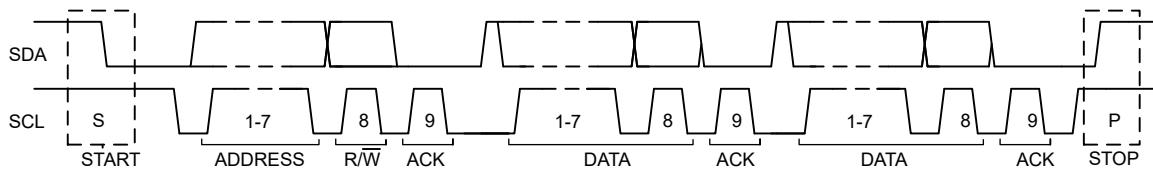


図 6-16. I²C バスでのビット転送の完了

6.3.11.6 シングル書き込みおよび読み出し

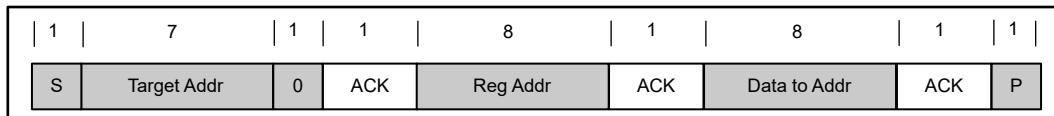


図 6-17. シングル書き込み

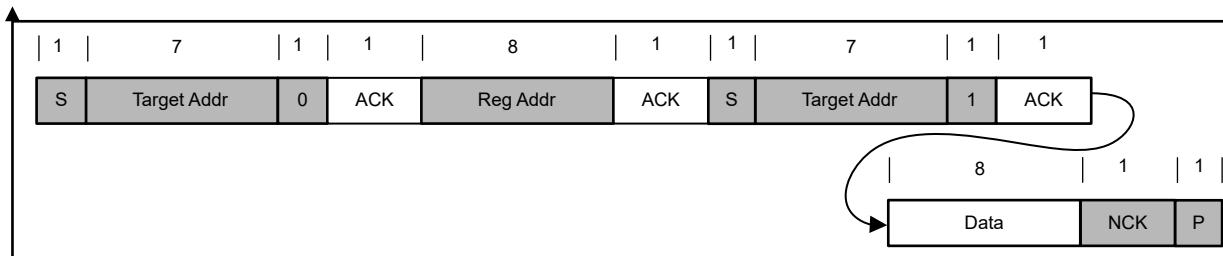


図 6-18. 単発読み取り

レジスタ アドレスが定義されていない場合、充電器 IC は NACK を返し、アイドル状態に戻ります。

6.3.11.7 マルチ書き込みおよびマルチ読み取り

この充電器デバイスは、すべてのレジスタに対してマルチバイトの読み取りおよび書き込みをサポートしています。

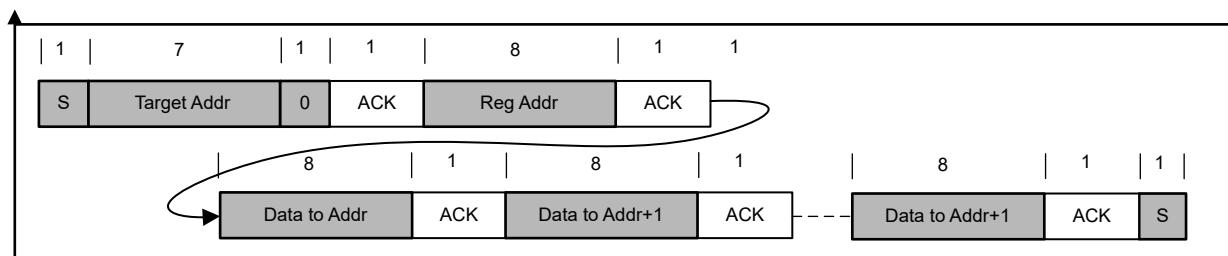
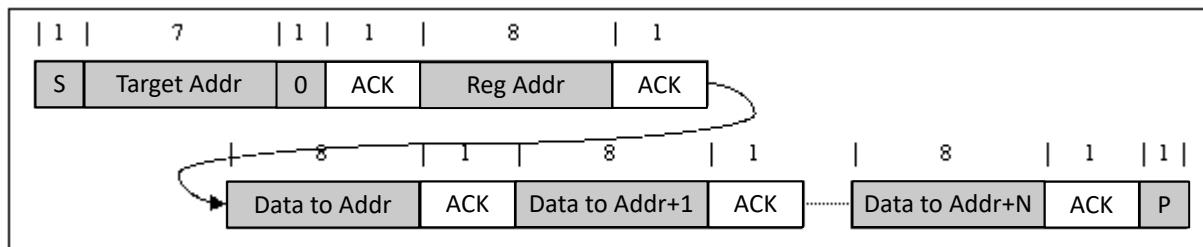


図 6-19. マルチ書き込み

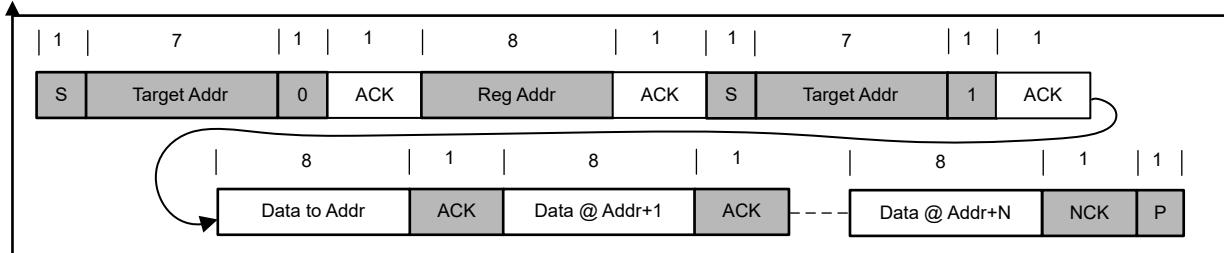


図 6-20. マルチ読み取り

6.4 デバイスの機能モード

6.4.1 ホスト モードとデフォルト モード

このデバイスはホスト制御充電器ですが、ホスト管理なしでデフォルト モードで動作できます。デフォルト モードでは、このデバイスはホストなし、またはホストがスリープモードのときに自律充電器として使用できます。チャージャがデフォルト モードのとき、**WD_STAT** ビットは **HIGH** になり、**WD_FLAG** は 1 に設定され、**INT** は **Low** にアサートされてホストにアラートを送信します (**WD_MASK** でマスクされている場合を除きます)。**WD_FLAG** ビットは、最初の読み取り時に「1」として、その後の読み取り時に「0」として読み取られます。充電器がホスト モードのとき、**WD_STAT** ビットは **LOW** になります。

パワーオンリセット後、デバイスはデフォルト モードで起動し、ウォッチドッグ タイマが満了します。すべてのレジスタはデフォルト設定になっています。

デフォルト モードでは、このデバイスはデフォルトの充電安全タイマでバッテリの充電を継続します。安全タイマの期限が切れると充電は停止しますが、昇降圧コンバータは引き続き動作し、システム負荷に電力を供給します。

いずれかの I²C レジスタへの書き込みによって、充電器はデフォルト モードからホスト モードに遷移し、ウォッチドッグ タイマが開始します。すべてのデバイス パラメータは、ホストによりプログラムできます。デバイスをホスト モードのまま維持するには、ウォッチドッグ タイマーの期限が切れる前に (**WD_STAT** ビットがセットされる前に)、**WD_RST** ビットに 1 を書き込んでリセットする必要があります。または、**WATCHDOG** ビットを 00 に設定してウォッチドッグ タイマを無効化することもできます。

ウォッチドッグ タイマが期限切れになると、デバイスはデフォルト モードに戻り、[レジスタ マップ](#) に記載されているレジスタを除き、すべてのレジスタがデフォルト値にリセットされます。ウォッチドッグ タイマがタイムアウトしている場合、任意の書き込みでウォッチドッグ タイマはリセットされます。ウォッチドッグタイマが満了すると、**WD_STAT** および **WD_FLAG** が 1 に設定され、**INT** が **low** にアサートされてホストにアラートを送信します (**WD_MASK** でマスクされている場合を除きます)。

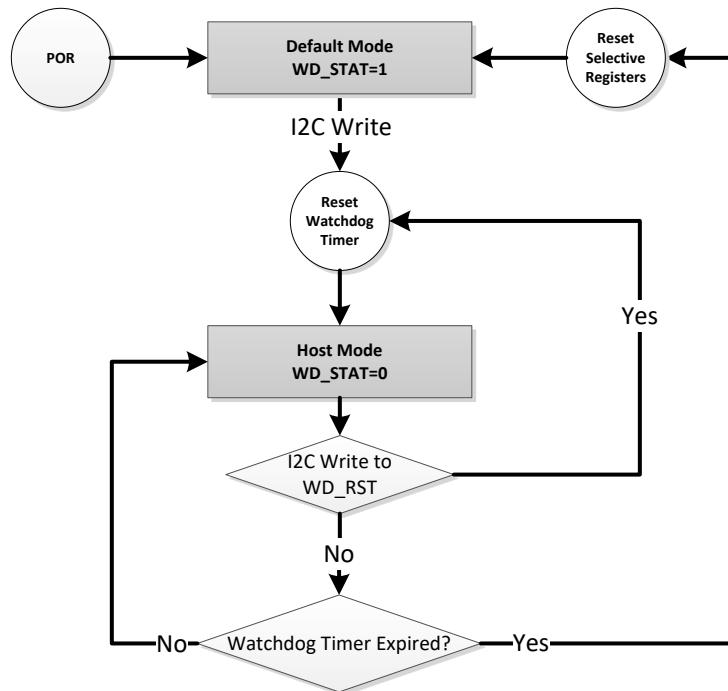


図 6-21. ウォッチドッグ タイマのフロー チャート

6.4.2 レジスタ ビットのリセット

デフォルト モードでは、ウォッチドッグ タイマによってレジスタがリセットされるほか、REG_RST ビットを 1 に書き込むことで、レジスタとタイマをデフォルト値にリセットできます。REG_RST ビットでリセット可能なレジスタ ビットについては、[レジスタ マップ](#) セクションに記載されています。レジスタをリセットすると、REG_RST ビットは自動的に 1 から 0 に戻ります。

REG_RST ビットによってリセットされるレジスタは、CELL、ICHG、および VCHG ピンの検出を開始しません。これらの検出は、チャージャの初回 POR のみに実行されます。さらに、充電器が強制 ICO 実行中の場合に REG_RST を 1 に設定すると、その処理は終了します。

6.5 レジスタ マップ

6.5.1 BQ25690 のレジスタ

BQ25690 レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 6-12 に示します。表 6-12 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 6-12. BQ25690 のレジスタ

| アドレス | 略称 | レジスタ名 | セクション |
|------|---|--------------------|-------|
| 0x0 | REG0x00_Minimal_System_Voltage | 最小システム電圧 | 表示 |
| 0x2 | REG0x02_Charge_Current_Limit | 充電電流制限 | 表示 |
| 0x4 | REG0x04_Charge_Voltage_Limit | 充電電圧制限 | 表示 |
| 0x6 | REG0x06_Input_Current_Limit | 入力電流制限 | 表示 |
| 0x8 | REG0x08_Input_Voltage_Limit | 入力電圧制限 | 表示 |
| 0xA | REG0x0A_Reverse_Mode_Input_Current_Regulation | 逆方向モード入力電流レギュレーション | 表示 |
| 0xC | REG0x0C_Reverse_Mode_Input_Voltage_Regulation | 逆方向モード入力電圧レギュレーション | 表示 |
| 0xE | REG0x0E_Preload_Control | プレ充電制御 | 表示 |
| 0xF | REG0x0F_Termination_Control | 終端制御 | 表示 |
| 0x10 | REG0x10_Preload_and_Termination_Control | 充電前および終端制御 | 表示 |
| 0x11 | REG0x11_Timer_Control | タイマ制御 | 表示 |
| 0x12 | REG0x12_Charger_Control_1 | チャージャコントロール 1 | 表示 |
| 0x13 | REG0x13_Charger_Control_2 | チャージャコントロール 2 | 表示 |
| 0x14 | REG0x14_Charger_Control_3 | チャージャコントロール 3 | 表示 |
| 0x15 | REG0x15_Charger_Control_4 | チャージャコントロール 4 | 表示 |
| 0x16 | REG0x16_Converter_Control_1 | コンバータ制御 1 | 表示 |
| 0x17 | REG0x17_MPPT_Control | MPPT 制御 | 表示 |
| 0x18 | REG0x18_TS_Charging_Threshold_Control | TS 充電スレッショルド制御 | 表示 |
| 0x19 | REG0x19_TS_Charging_Behavior_Control | TS 充電動作制御 | 表示 |
| 0x1A | REG0x1A_TS_Reverse_Mode_Threshold_Control | TS 逆方向モードスレッショルド制御 | 表示 |
| 0x1B | REG0x1B_Pin_Detection_Status_1 | ピン検出ステータス 1 | 表示 |
| 0x1C | REG0x1C_Pin_Detection_Status_2 | ピン検出ステータス 2 | 表示 |
| 0x1D | REG0x1D_Charger_Status_1 | 充電器ステータス 1 | 表示 |
| 0x1E | REG0x1E_Charger_Status_2 | 充電器ステータス 2 | 表示 |
| 0x1F | REG0x1F_FAULT_Status | FAULT のステータス | 表示 |
| 0x20 | REG0x20_Charger_Flag | 充電器フラグ | 表示 |
| 0x21 | REG0x21_FAULT_Flag | フォルト フラグ | 表示 |
| 0x22 | REG0x22_Charger_Mask | 充電器マスク | 表示 |
| 0x23 | REG0x23_FAULT_Mask | FAULT マスク | 表示 |
| 0x24 | REG0x24_ICO_Current_Limit | ICO の電流制限 | 表示 |
| 0x26 | REG0x26_Part_Information | 重部品情報 | 表示 |

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 6-13 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 6-13. BQ25690 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 |

6.5.1.1 REG0x00_Minimal_System_Voltage レジスタ (アドレス = 0x0) [リセット = 0xXXX0]

REG0x00_Minimal_System_Voltage を表 6-14 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-14. REG0x00_Minimal_System_Voltage レジスタのフィールドの説明

| ピット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|------|---------|-----|------|--|--|
| 15 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 14:4 | VSYSMIN | R/W | X | この 16 ビットレジスタは、リトル エンディアンの規則に従います。 リセット方法: REG_RESET | 最小システム電圧: POR の後、デバイスは CELL ピンの抵抗を読み出して、 次のようにデフォルトの VSYSMIN 値を設定します。 1s:3.5V 2s ~ 7s:3.1V/セル 範囲:3000mV – 28000mV (96h – 578h) クランプ Low クランプ High ビットステップ:20mV |
| 3:0 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

6.5.1.2 REG0x02_Charge_Current_Limit レジスタ (アドレス = 0x2) [リセット = 0x0XX0]

REG0x02_Charge_Current_Limit を表 6-15 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-15. REG0x02_Charge_Current_Limit レジスタのフィールドの説明

| ピット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-------|-------|-----|------|--|---|
| 15:12 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 11:4 | ICHG | R/W | X | この 16 ビットレジスタは、リトル エンディアンの規則に従います。 リセット方法: REG_RESET | 充電電流レギュレーション制限: POR の後、デバイスは ICHG ピンの抵抗を読み出して、 ICHG クランプの最大値を設定します。 範囲:40mA-3300mA (2h-A5h) クランプ Low クランプ High ビットステップ:20mA |
| 3:0 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

6.5.1.3 REG0x04_Charge_Voltage_Limit レジスタ (アドレス = 0x4) [リセット = 0xXXXX]

REG0x04_Charge_Voltage_Limit を表 6-16 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-16. REG0x04_Charge_Voltage_Limit 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 | 注 | 説明 |
|------|-------|-----|------|---|--|
| 15 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 14:3 | VREG | R/W | X | この 16 ビットレジスタは、リトル エンディアンの規則に従います。 VREG は CELL_PIN レジスタ値に基づいてクランプされます。 リセット方法: REG_RESET | バッテリ電圧レギュレーション制限: POR の後、デバイスは CELL ピンと VCHG ピンの抵抗を読み出して、最大 VREG クランプを設定します。 範囲:2400mV – 33000mV (F0h – CE4h) クランプ Low クランプ High ビットステップ:10mV |
| 2:0 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

6.5.1.4 REG0x06_Input_Current_Limit レジスタ (アドレス = 0x6) [リセット = 0x0A50]

REG0x06_Input_Current_Limit を表 6-17 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-17. REG0x06_Input_Current_Limit 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 | 注 | 説明 |
|-------|--------|-----|------|--|---|
| 15:12 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 11:4 | IINDPM | R/W | 0xA5 | この 16 ビットレジスタは、リトル エンディアンの規則に従います。 リセット方法: REG_RESET | 入力電流レギュレーション制限: POR:3300mA (A5h) 範囲:40mA-3300mA (2h-A5h) クランプ Low クランプ High ビットステップ:20mA |
| 3:0 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

6.5.1.5 REG0x08_Input_Voltage_Limit レジスタ (アドレス = 0x8) [リセット = 0x0910]

REG0x08_Input_Voltage_Limit を表 6-18 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-18. REG0x08_Input_Voltage_Limit 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 | 注 | 説明 |
|------|--------|-----|------|-----------------------------------|--|
| 15 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 14:4 | VINDPM | R/W | 0x91 | この 16 ビットレジスタは、リトル エンディアンの規則に従います | 絶対入力電圧レギュレーション制限: POR:2900mV (91h) 範囲:2500mV – 34000mV (7Dh – 6A4h) クランプ Low クランプ High ビットステップ:20mV |
| 3:0 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

6.5.1.6 REG0x0A_Reverse_Mode_Input_Current_Regulation レジスタ (アドレス = 0xA) [リセット = 0x0A50]

REG0x0A_Reverse_Mode_Input_Current_Regulation を表 6-19 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-19. REG0x0A_Reverse_Mode_Input_Current_Regulation 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 | 注 | 説明 |
|-------|---------|-----|------|--|---|
| 15:12 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 11:4 | IIN_REV | R/W | 0xA5 | この 16 ビットレジスタは、リトル エンディアンの規則に従います。 リセット方法: REG_RESET | ACP/ACN 全体にわたる逆方向モード電流レギュレーション: POR:3300mA (A5h) 範囲:40mA-3300mA (2h-A5h) クランプ Low クランプ High ビットステップ:20mA |
| 3:0 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

6.5.1.7 REG0x0C_Reverse_Mode_Input_Voltage_Regulation レジスタ (アドレス = 0xC) [リセット = 0x0FA0]

REG0x0C_Reverse_Mode_Input_Voltage_Regulation を表 6-20 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-20. REG0x0C_Reverse_Mode_Input_Voltage_Regulation 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 | 注 | 説明 |
|------|---------|-----|------|--|--|
| 15 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 14:4 | VIN_REV | R/W | 0xFA | この 16 ビットレジスタは、リトル エンディアンの規則に従います。 リセット方法: REG_RESET | VIN 時の逆方向モード電圧レギュレーション: POR:5000mV (FAh) 範囲:3500mV - 34000mV (AFh - 6A4h) クランプ Low クランプ High ビットステップ:20mV |
| 3:0 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

6.5.1.8 REG0x0E_Precharge_Control レジスタ (アドレス = 0xE) [リセット = 0x05]

REG0x0E_Precharge_Control を表 6-21 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-21. REG0x0E_Precharge_Control 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 | 注 | 説明 |
|-----|---------|-----|------|--|--|
| 7:6 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 5:0 | IPRECHG | R/W | 0x5 | 注:10mΩ RBAT_SNS を使用する場合のみ 20mA 設定以下によって推奨されます。 リセット方法: REG_RESET | プリチャージ電流レギュレーション制限: POR:100mA (5h) 範囲:20mA-620mA (1h-1Fh) クランプ Low クランプ High ビットステップ:20mA |

6.5.1.9 REG0x0F_Termination_Control レジスタ (アドレス = 0xF) [リセット = 0x05]

REG0x0F_Termination_Control を表 6-22 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-22. REG0x0F_Termination_Control 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 | 注 | 説明 |
|-----|-------|-----|------|---|--|
| 7:6 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 5:0 | ITERM | R/W | 0x5 | 注: 10mΩ RBAT_SNS を使用する場合のみ 20mA 設定以下によって推奨されます。 リセット方法: REG_RESET | 終端電流スレッショルド: POR: 100mA (5h) 範囲: 20mA-620mA (1h-1Fh) クランプ Low クランプ High ビットステップ: 20mA |

6.5.1.10 REG0x10_Precharge_and_Termination_Control レジスタ (アドレス = 0x10) [リセット = 0x2F]

REG0x10_Precharge_and_Termination_Control を表 6-23 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-23. REG0x10_Precharge_and_Termination_Control 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 | 注 | 説明 |
|-----|-----------|-----|------|----------------------|--|
| 7 | REG_RST | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | レジスタをデフォルト値にリセットし、タイマをリセットします。 リセットが完了すると、ビットは 0 にリセットされます。 0b = リセットしない 1b = リセットする |
| 6 | DIS_STAT | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | STAT ピンの出力を無効化します。 0b = イネーブル 1b = ディスエーブル |
| 5:4 | VRECHG | R/W | 0x2 | リセット方法: REG_RESET | VREG のパーセンテージに基づくバッテリ自動再充電スレッショルド: 00b = 92.7% x VREG (LiFePO4 の場合: ~260mV/セル) 01b = 94.1% x VREG (LiFePO4 の場合: ~210mV/セル) 10b = 95.5% x VREG (リチウムイオンの場合: ~190mV/セル) 11b = 97% x VREG (リチウムイオンの場合: ~130mV/セル) |
| 3 | EN_TERM | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | 終端制御: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 2:1 | VBAT_LOWW | R/W | 0x3 | リセット方法: REG_RESET | プリチャージから高速充電への遷移のバッテリスレッショルド (VREG のパーセンテージ): 00b = 30% x VREG 01b = 55% x VREG 10b = 66.7% x VREG 11b = 71.4% x VREG |
| 0 | EN_PRECHG | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | プリチャージおよび BAT_SHORT 機能を有効化: 0b = 無効化 1b = 有効化 |

6.5.1.11 REG0x11_Timer_Control レジスタ (アドレス = 0x11) [リセット = 0x1D]

REG0x11_Timer_Control を表 6-24 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-24. REG0x11_Timer_Control 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 | 注 | 説明 |
|-----|------------|-----|------|---------------------------------|---|
| 7:6 | TOPOFF_TMR | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | トップオフ タイマ制御: 00b = 無効 01b = 15 分 10b = 30 分 11b = 45 分 |
| 5:4 | ウォッチドッグ | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | ウォッチドッグ タイマ設定: 00b = 無効 01b = 40 秒 10b = 80 秒 11b = 160 秒 |
| 3 | EN_CHG_TMR | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | プリチャージおよび高速充電安全タイマを有効化: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 2:1 | CHG_TMR | R/W | 0x2 | リセット方法: REG_RESET | 高速充電安全タイマ設定: 00b = 5hr 01b = 8hr 10b = 12hr 11b = 24hr |
| 0 | EN_TMR2X | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | 充電安全タイマを使用して 2x モードを有効化: 0b = 入力 DPM またはサーマル レギュレーション中に安全タイマが 2 倍遅延しない 1b = 入力 DPM またはサーマル レギュレーション中に安全タイマが 2 倍遅延する |

6.5.1.12 REG0x12_Charger_Control_1 レジスタ (アドレス = 0x12) [リセット = 0x80]

REG0x12_Charger_Control_1 を表 6-25 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-25. REG0x12_Charger_Control_1 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 | 注 | 説明 |
|-----|-----------|-----|------|--|---|
| 7:6 | IBAT_REV | R/W | 0x2 | リセット方法: REG_RESET | SRP/SRN 全体にわたる逆方向モード バッテリ放電電流レギュレーション: 00b = 1A 01b = 2.28A 10b = 3.56A 11b = ディスエーブル |
| 5 | RBAT_SNS | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | バッテリ電流センス抵抗値: 0b = 10mΩ 1b = 5mΩ |
| 4 | EN_BYPASS | R/W | 0x0 | EN_EXT_BYPASS = 1 の場合、このビットは外部バイパスを制御します。 EN_EXT_BYPASS = 0 の場合、このビットは内部バイパスを有効化します。 このビットは、EN_HIZ が 1 になると、または EN_REV が 0 になるとクリアされます。 リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | バイパス モード制御: 0b = 無効化 1b = 有効化 |

表 6-25. REG0x12_Charger_Control_1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-----|---------------|-----|------|---------------------------------|--|
| 3 | EN_EXT_BYPASS | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | 外部バイパス モード制御: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 2 | WD_RST | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | I2C ウォッチドッグ タイマリセット: 0b = 通常 1b = リセット (タイマリセット後、このビットは 0 に戻る) |
| 1 | STOP_WD_CHG | R/W | 0x0 | | WD タイマの満了によって充電が無効になるかどうかを定義: 0b = WD タイマの満了は既存の EN_CHG 設定を維持 1b = WD タイマの満了により EN_CHG = 0 に設定 |
| 0 | PRECHG_TMR | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | プリチャージ安全タイマ設定: 0b = 2 時間 1b = 0.5 時間 |

6.5.1.13 REG0x13_Charger_Control_2 レジスタ (アドレス = 0x13) [リセット = 0xA0]

REG0x13_Charger_Control_2 を表 6-26 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-26. REG0x13_Charger_Control_2 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 | 注 | 説明 |
|-----|-------------------|-----|------|---|--|
| 7 | EN_AUTO_DSCHG | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | OVP 中の自動放電を有効化 - 順方向モード OVP 中の ISYS_LOAD および逆方向モード OVP 中の IVIN_LOAD フォルト: 0b = コンバータ OVP 中に充電器は ISYS_LOAD または IVIN_LOAD 電流の放電を印加しない 1b = コンバータ OVP 中に充電器は ISYS_LOAD または IVIN_LOAD 電流の放電を印加する |
| 6 | FORCE_ISYS_DSC_HG | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | システム放電電流 (ISYS_LOAD) を強制的に供給: 0b = 無効化 1b = ISYS_LOAD を有効化 |
| 5 | EN_CHG | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | 充電イネーブル制御: 0b = 充電を無効化 1b = 充電を有効化 |
| 4 | EN_HIZ | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ アダプタ プラグイン | ハイインピーダンス モードを有効化: 0b = HIZ を無効化 1b = HIZ を有効化 |
| 3 | FORCE_VIN_DSCHG | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | 入力放電電流 (IVIN_LOAD) を強制的に供給: 0b = 無効化 1b = IVIN_LOAD を有効化 |
| 2 | RAC_SNS | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | 入力電流センス抵抗値: 0b = 10mΩ 1b = 5mΩ |
| 1 | EN_REV | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | 逆方向モードの有効化は、EN_BAT_DETECT (Reg0x14[3]=0) を無効化した後に行う必要があります 逆方向モード制御: 0b = 無効化 1b = 有効化 |

表 6-26. REG0x13_Charger_Control_2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-----|-----------|-----|------|---|---------------------------------------|
| 0 | EN_BACKUP | R/W | 0x0 | このビットは、有効な入力ソースが存在する場合のみ有効化できます。バッテリのみのモードでは無視されます リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | バックアップ モード制御: 0b = 無効化 1b = 有効化 |

6.5.1.14 REG0x14_Charger_Control_3 レジスタ (アドレス = 0x14) [リセット = 0x28]

REG0x14_Charger_Control_3 を表 6-27 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-27. REG0x14_Charger_Control_3 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 | 注 | 説明 |
|-----|---------------|-----|------|---------------------------------|--|
| 7:6 | VIN_BACKUP | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | バックアップ モードをトリガするための VIN 立ち下がりリストラード。VINDPM の比率として定義 00b = 50% x VINDPM 01b = 60% x VINDPM 10b = 80% x VINDPM 11b = 100% x VINDPM |
| 5 | EN_EXTILIM | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | 入力電流レギュレーションのために外部 ILIM_HIZ ピンを有効化: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 4 | BATFE_CTRL | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | BATFET を強制的にターンオフ: 0b = ディスエーブル (BATFET はオンにできる) 1b = イネーブル (BATFET 強制オフ) |
| 3 | EN_BAT_DETECT | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | バッテリ検出の有効化は、逆方向モードが無効化されている場合に可能 (Reg0x13[1]=0) バッテリ検出ルーチンを有効化: 0b = ディスエーブル (バッテリ検出なし) 1b = イネーブル |
| 2 | FORCE_VINDPM | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | VINDPM スレッショルド設定方法: 0b = 相対 VINDPM スレッショルドを実行 1b = VINDPM の絶対スレッショルドを実行 |
| 1 | FORCE_ICO | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | 強制スタート入力電流オプティマイザ (ICO): 注:このビットは設定可能で、ICO の開始後は常に 0 に戻ります。このビットは、EN_ICO = 1 の場合のみ有効です 0b = ICO を強制しない 1b = ICO を強制的に開始する |
| 0 | EN_ICO | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | 入力電流オプティマイザ (ICO) 制御: 0b = 無効化 1b = 有効化 |

6.5.1.15 REG0x15_Charger_Control_4 レジスタ (アドレス = 0x15) [リセット = 0x00]

REG0x15_Charger_Control_4 を表 6-28 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-28. REG0x15_Charger_Control_4 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 | 注 | 説明 |
|-----|------------------------|-----|------|--|--|
| 7:4 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 3 | EN_FAST_VOTG_R_ESPONSE | R/W | 0x0 | 制約については、「逆方向(ソース)モード動作」セクションを参照してください。 リセット方法: REG_RESET | より高速な逆(ソース)(OTG)過渡応答: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 2 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 1:0 | VBAT_DETECT | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | バッテリ検出の高レギュレーション設定ポイント、セルあたりの電圧: 00b = 2.8 01b = 3 10b = 3.1 11b = 3.3 |

6.5.1.16 REG0x16_Converter_Control_1 レジスタ (アドレス = 0x16) [リセット = 0xE1]

REG0x16_Converter_Control_1 を表 6-29 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-29. REG0x16_Converter_Control_1 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 | 注 | 説明 |
|-----|------------|-----|------|--|---|
| 7 | EN_PFM | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | PFM モードを有効化: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 6 | EN_PFM_OOA | R/W | 0x1 | EN_PFM = 1 の場合のみ有効 リセット方法: REG_RESET | PFM Out Of Audio (OOA) モードを有効化: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 5 | TREG | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | サーマル レギュレーション制限: 0b = 80°C 1b = 120°C |
| 4:3 | EN_DITHER | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | スイッチング周波数ディザリング構成: 00b = ディスエーブル 01b = 1X 10b = 2X 11b = 3X |
| 2:0 | FSW | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | スイッチング周波数の構成: 001b = 450kHz 010b = 500kHz 011b = 550kHz 100b = 600kHz 101b = 700kHz 110b = 1.2MHz |

6.5.1.17 REG0x17_MPPT_Control レジスタ (アドレス = 0x17) [リセット = 0xAA]

REG0x17_MPPT_Control を表 6-30 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-30. REG0x17_MPPT_Control レジスタのフィールドの説明

| ピット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-----|----------|-----|------|----------------------|--|
| 7:5 | VOC_PCT | R/W | 0x5 | リセット方法: REG_RESET | 入力動作電圧 (VINDPM) を開回路電圧 (VOC) のパーセンテージとして設定: 000b = 62.5% x VOC 001b = 68.75% x VOC 010b = 75% x VOC 011b = 78.125% x VOC 100b = 81.25% x VOC 101b = 84.375% x VOC 110b = 87.5% x VOC 111b = 93.75% x VOC |
| 4:3 | VOC_DLY | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | コンバータ停止後の VOC 測定までの時間遅延: 00b = 50ms 01b = 300ms 10b = 2s 11b = 5s |
| 2:1 | VOC_RATE | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | 2 つの VOC 測定間の時間間隔: 00b = 30s 01b = 2min 10b = 10min 11b = 30min |
| 0 | EN_MPPT | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | MPPT ルーチンを有効化: 0b = 無効化 1b = 有効化 |

6.5.1.18 REG0x18_TS_Charging_Threshold_Control レジスタ (アドレス = 0x18) [リセット = 0x95]

REG0x18_TS_Charging_Threshold_Control を表 6-31 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-31. REG0x18_TS_Charging_Threshold_Control レジスタのフィールドの説明

| ピット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-----|--------|-----|------|--|--|
| 7:6 | TS_TH5 | R/W | 0x2 | RT1=5.36kOhm および RT2=41.2kOhm で 103AT NTC サーミスタを使用 リセット方法: REG_RESET | TS TH5 (HOT) スレッショルド制御: 00b = 41.2% (50°C) 01b = 37.7% (55°C) 10b = 34.375% (60°C) 11b = 31.25% (65°C) |
| 5:4 | TS_TH3 | R/W | 0x1 | RT1=5.36kOhm および RT2=41.2kOhm で 103AT NTC サーミスタを使用 リセット方法: REG_RESET | TS TH3 (WARM) スレッショルド制御: 00b = 48.4% (40°C) 01b = 44.75% (45°C) 10b = 41.2% (50°C) 11b = 37.7% (55°C) |
| 3:2 | TS_TH2 | R/W | 0x1 | RT1=5.36kOhm および RT2=41.2kOhm で 103AT NTC サーミスタを使用 リセット方法: REG_RESET | TS TH2 (COOL) スレッショルド制御: 00b = 70.9% (5°C) 01b = 68.25% (10°C) 10b = 65.35% (15°C) 11b = 62.25% (20°C) |
| 1:0 | TS_TH1 | R/W | 0x1 | RT1=5.36kOhm および RT2=41.2kOhm で 103AT NTC サーミスタを使用 リセット方法: REG_RESET | TS TH1 (COLD) スレッショルド制御: 00b = 77.15% (-10°C) 01b = 75.32% (-5°C) 10b = 73.3% (0°C) 11b = 70.9% (5°C) |

6.5.1.19 REG0x19_TS_Charging_Behavior_Control レジスタ (アドレス = 0x19) [リセット = 0xD7]

REG0x19_TS_Charging_Behavior_Control を表 6-32 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-32. REG0x19_TS_Charging_Behavior_Control 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 | 注 | 説明 |
|-----|-------------------|-----|------|----------------------|---|
| 7 | EN_BYPASS_LL_EXIT | R/W | 0x1 | | 軽負荷検出時の自動終了バイパスモードの有効化: 0b = ディスエーブル 1b = イネーブル |
| 6:5 | JEITA_VSET | R/W | 0x2 | リセット方法: REG_RESET | JEITA Warm (T3 < TS < T5) バッテリ電圧レギュレーション設定: 00b = 充電中断 01b = VREG - 250mV/セル 10b = VREG - 100mV/セル 11b = VREG |
| 4 | JEITA_ISETH | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | JEITA ウオーム (T3 < TS < T5) バッテリ電流レギュレーション設定 (ICHGに対するパーセンテージ): 0b = 40% x ICHG 1b = 100% x ICHG |
| 3:2 | JEITA_ISETC | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | JEITA クール (T1 < TS < T2) バッテリ電流レギュレーション設定 (ICHGに対するパーセンテージ): 00b = 充電中断 01b = 20% x ICHG 10b = 40% x ICHG 11b = 100% x ICHG |
| 1 | EN_JEITA | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | JEITA プロファイル制御: 0b = JEITA を無効化 (コールド/ホット制御のみ) 1b = JEITA を有効化 (コールド/クール/ウォーム/ホット制御) |
| 0 | EN_TS | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | TS ピンの機能制御 (順方向充電および逆方向放電モードに適用): 0b = ディスエーブル (TS ピンを無視) 1b = イネーブル |

6.5.1.20 REG0x1A_TS_Reverese_Mode_Threshold_Control レジスタ (アドレス = 0x1A) [リセット = 0x40]

REG0x1A_TS_Reverese_Mode_Threshold_Control を表 6-33 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-33. REG0x1A_TS_Reverese_Mode_Threshold_Control 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 | 注 | 説明 |
|-----|-------------|-----|------|----------------------|---|
| 7:6 | TS_REV_HOT | R/W | 0x1 | リセット方法: REG_RESET | 逆方向モードの TS 高温スレッショルド制御: 00b = 37.7% (55°C) 01b = 34.2% (60°C) 10b = 31.25% (65°C) 11b = ディスエーブル |
| 5 | TS_REV_COLD | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | 逆方向モードの TS 低温スレッショルド制御: 0b = 77.15% (-10°C) 1b = 80% (-20°C) |
| 4 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

表 6-33. REG0x1A_TS_Reverse_Mode_Threshold_Control レジスタのフィールドの説明 (続き)

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-----|--------|-----|------|----------------------|--|
| 3:0 | CV_TMR | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | CV タイマ設定: 0000b = 無効 0001b = 1 時間 0010b = 2 時間 ... = ... 1110b = 14 時間 1111b = 15 時間 |

6.5.1.21 REG0x1B_Pin_Detection_Status_1 レジスタ (アドレス = 0x1B) [リセット = 0x00]

REG0x1B_Pin_Detection_Status_1 を表 6-34 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-34. REG0x1B_Pin_Detection_Status_1 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 | 注 | 説明 |
|-----|-------------------|-----|------|---|---|
| 7 | VCHG_PIN_OVERRIDE | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | VCHG 検出によるクランプ値を超えるように VCHG レジスタを有効化: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 6 | CELL_PIN_OVERRIDE | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | ホストによる CELL_PIN レジスタへの書き込みを有効化: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 5:3 | VCHG_PIN | R | 0x0 | VCHG_PIN_OVERRIDE を使用して、VCHG ピンによって検出された値を上回るように VREG をプログラムします | VCHG ピンの検出結果: 000b = フオルト 001b = 3.5V/セル 010b = 3.6V/セル 011b = 4V/セル 100b = 4.1V/セル 101b = 4.2V/セル 110b = 4.3V/セル 111b = 4.35V/セル |
| 2:0 | CELL_PIN | R/W | 0x0 | VREG、VSYSMIN のレギュレーションターゲットを変更する前に、このレジスタを変更する必要があります | CELL ピンの検出結果: 000b = フオルト 001b = 1s 010b = 2s 011b = 3s 100b = 4s 101b = 5s 110b = 6s 111b = 7s |

6.5.1.22 REG0x1C_Pin_Detection_Status_2 レジスタ (アドレス = 0x1C) [リセット = 0x00]

REG0x1C_Pin_Detection_Status_2 を表 6-35 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-35. REG0x1C_Pin_Detection_Status_2 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 | 注 | 説明 |
|-----|-------|-----|------|---|------|
| 7:4 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

表 6-35. REG0x1C_Pin_Detection_Status_2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-----|-------------------|-----|------|---|--|
| 3 | ICHG_PIN_OVERRIDE | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET ウォッチドッグ | ICHG_PIN 検出によるクランプ値を超えるように ICHG レジスタを有効化: 0b = 無効化 1b = 有効化 |
| 2:0 | ICHG_PIN | R | 0x0 | ICHG_PIN_OVERRIDE を使用して、ICHG ピンによつて検出された値を上回るように ICHG をプログラムします | ICHG ピン検出による ICHG レジスタのクランプ: 000b = フォルト 001b = 0.1A 010b = 0.5A 011b = 1A 100b = 1.5A 101b = 2A 110b = 2.5A 111b = 3.3A |

6.5.1.23 REG0x1D_Charger_Status_1 レジスタ (アドレス = 0x1D) [リセット = 0x08]

REG0x1D_Charger_Status_1 を表 6-36 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-36. REG0x1D_Charger_Status_1 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 | 注 | 説明 |
|-----|-------------|-----|------|---|--|
| 7 | PG_STAT | R | 0x0 | | 入力パワー グッド ステータス: 0b = パワー グッドではない 1b = パワー グッド |
| 6 | IINDPM_STAT | R | 0x0 | | 順方向モードでの入力電流レギュレーション ステータス または逆方向モードでのバッテリ電流レギュレーション ステータス: 0b = 通常 1b = デバイスは電流レギュレーション |
| 5 | VINDPM_STAT | R | 0x0 | | 入力電圧レギュレーション ステータス (順方向モード): 0b = 通常 1b = デバイスは入力電圧レギュレーション |
| 4 | TREG_STAT | R | 0x0 | | IC サーマル レギュレーション ステータス (順方向または逆方向モード): 0b = 通常 1b = デバイスはサーマル レギュレーション |
| 3 | WD_STAT | R | 0x1 | | I2C ウォッチドッグ タイマ ステータス: 0b = 通常 1b = WD タイマは期限切れ |
| 2:0 | CHARGE_STAT | R | 0x0 | | 充電サイクル ステータス: 000b = 充電なし 001b = トリクル充電 (VBAT < VBAT_SHORT) 010b = 充電前 (VBAT < VBAT_LOWV) 011b = 高速充電 (CC モード) 100b = テーパー充電 (CV モード) 101b = 予約済み 110b = トップオフ タイマ充電 111b = 充電終了完了 |

6.5.1.24 REG0x1E_Charger_Status_2 レジスタ (アドレス = 0x1E) [リセット = 0x00]

REG0x1E_Charger_Status_2 を表 6-37 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-37. REG0x1E_Charger_Status_2 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 | 注 | 説明 |
|-----|----------|-----|------|---|---|
| 7 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 6:5 | ICO_STAT | R | 0x0 | | 入力電流オプティマイザ (ICO) ステータス: 00b = ICO ディスエーブル 01b = ICO 最適化中 10b = 最大入力電流を検出済み 11b = ICO ルーチンは一時停止 |
| 4:3 | REV_STAT | R | 0x0 | | 逆方向モード ステータス: 00b = 逆方向モード ディスエーブル 01b = 逆方向モード CV 10b = 逆方向モード CC 11b = 逆方向モード フォルト |
| 2:0 | TS_STAT | R | 0x0 | | TS (バッテリ NTC) ステータス: 000b = 通常 001b = TS コールド (順方向または逆方向モード) 010b = TS ホット (順方向または逆方向モード) 011b = TS クール (順方向モード) 100b = TS ウオーム (順方向モード) |

6.5.1.25 REG0x1F_FAULT_Status レジスタ (アドレス = 0x1F) [リセット = 0x00]

REG0x1F_FAULT_Status を表 6-38 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-38. REG0x1F_FAULT_Status 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 | 注 | 説明 |
|-----|----------------|-----|------|---|--|
| 7 | VIN_OVP_STAT | R | 0x0 | | VIN 過電圧ステータス: 0b = 通常 1b = デバイスは入力過電圧保護 |
| 6:5 | BAT_FAULT_STAT | R | 0x0 | | バッテリ フォルト ステータス: 00b = 通常 01b = バッテリ欠如 10b = 過電圧バッテリを検出済み 11b = デッドバッテリを検出済み |
| 4 | CHG_TMR_STAT | R | 0x0 | | 充電安全タイマ ステータス: 0b = 通常 1b = 充電安全タイマは期限切れ |
| 3 | CV_TMR_STAT | R | 0x0 | | CV タイマ ステータス: 0b = 通常 1b = CV タイマが期限切れ |
| 2 | TSHUT_STAT | R | 0x0 | | IC 温度シャットダウン ステータス: 0b = 通常 1b = デバイスはサーマル シャットダウン保護中 |
| 1 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

表 6-38. REG0x1F_FAULT_Status レジスタのフィールドの説明 (続き)

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-----|---------------|-----|------|---|---|
| 0 | REV_TERM_STAT | R | 0x0 | | 逆方向モード 終端ステータス: 0b = 逆方向モード電流が 2x ITERM より大きい 1b = 逆方向モード電流が 2x ITERM 以下である |

6.5.1.26 REG0x20_Charger_Flag レジスタ (アドレス = 0x20) [リセット = 0x08]

REG0x20_Charger_Flag を表 6-39 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-39. REG0x20_Charger_Flag 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 | 注 | 説明 |
|-----|-------------|-----|------|---|--|
| 7 | PG_FLAG | R | 0x0 | | 入力パワー グッド フラグ: アクセス権: R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = PG ステータスが変化 |
| 6 | IINDPM_FLAG | R | 0x0 | | 順方向モードでの入力電流レギュレーション フラグ または逆方向モードでのバッテリ電流レギュレーション フラグ: アクセス権: R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = デバイスが電流レギュレーションに移行 |
| 5 | VINDPM_FLAG | R | 0x0 | | 入力電圧レギュレーション フラグ (順方向モード): アクセス権: R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = デバイスが入力電圧レギュレーションに移行 |
| 4 | TREG_FLAG | R | 0x0 | | IC サーマル レギュレーション フラグ (順方向または逆方向モード): アクセス権: R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = デバイスがサーマル レギュレーションに移行 |
| 3 | WD_FLAG | R | 0x1 | | I2C オットチドッギング タイマ フラグ: アクセス権: R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = WD タイマ信号の立ち上がりエッジを検出済み |
| 2 | ICO_FLAG | R | 0x0 | | 入力電流オプティマイザ (ICO) フラグ: アクセス権: R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = ICO_STAT が変化 (任意の状態への遷移) |
| 1 | TS_FLAG | R | 0x0 | | TS (バッテリ NTC) フラグ: アクセス権: R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = TS_STAT が変化 (任意の状態への遷移) |
| 0 | CHARGE_FLAG | R | 0x0 | | 充電サイクル フラグ: アクセス権: R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = CHARGE_STAT が変化 (任意の状態への遷移) |

6.5.1.27 REG0x21_FAULT_Flag レジスタ (アドレス = 0x21) [リセット = 0x00]

REG0x21_FAULT_Flag を表 6-40 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-40. REG0x21_FAULT_Flag 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 | 注 | 説明 |
|-----|----------------|-----|------|-----------------------------|--|
| 7 | VIN_OVP_FLAG | R | 0x0 | | VIN 過電圧フラグ: アクセス権:R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = VIN OVP に移行 |
| 6 | BAT_FAULT_FLAG | R | 0x0 | | バッテリ フault フラグ: アクセス権:R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = BAT_FAULT_STAT が変化 (任意の状態への遷移) |
| 5 | CHG_TMR_FLAG | R | 0x0 | 高速充電とプリチャージの両方の安全タイマに適用されます | 充電安全タイマ フラグ: アクセス権:R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = 充電安全タイマの立ち上がりエッジが検出 |
| 4 | CV_TMR_FLAG | R | 0x0 | | CV タイマ フラグ: アクセス権:R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = CV タイマの立ち上がりエッジが検出 |
| 3 | TSHUT_FLAG | R | 0x0 | | IC サーマル シャットダウン フラグ: アクセス権:R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = サーマル シャットダウン 保護に移行 |
| 2 | BYPASS_FLAG | R | 0x0 | | バイパス モード フault フラグ: アクセス権:R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = フault によりバイパス終了 |
| 1 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 0 | REV_FLAG | R | 0x0 | | 逆方向モード フラグ: アクセス権:R (ClearOnRead) 0b = 通常 1b = REV_STAT が変化 (任意の状態への遷移) |

6.5.1.28 REG0x22_Charger_Mask レジスタ (アドレス = 0x22) [リセット = 0x00]

REG0x22_Charger_Mask を表 6-41 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-41. REG0x22_Charger_Mask 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 | 注 | 説明 |
|-----|---------|-----|------|----------------------|---|
| 7 | PG_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | 入力パワー グッド マスク: 0b = PG トグルで INT パルスが生成される 1b = PG トグルで INT パルスが生成されない |

表 6-41. REG0x22_Charger_Mask レジスタのフィールドの説明 (続き)

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-----|-------------|-----|------|----------------------|---|
| 6 | IINDPM_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | 順方向モードでの入力電流レギュレーション マスク または逆方向モードでのバッテリ電流レギュレーション マスク: 0b = 電流レギュレーションに移行するトグルで INT が生成される 1b = 電流レギュレーションに移行するトグルで INT が生成されない |
| 5 | VINDPM_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | 入力電圧レギュレーション マスク (順方向モード): 0b = 入力電圧レギュレーションに移行するトグルで INT が生成される 1b = 入力電圧レギュレーションに移行するトグルで INT が生成されない |
| 4 | TREG_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | IC サーマル レギュレーション マスク (順方向または逆方向モード): 0b = TREG に移行すると INT が生成される 1b = TREG に移行しても INT が生成されない |
| 3 | WD_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | I2C ウオッチドッグ タイマ マスク: 0b = WD の満了により INT が生成される 1b = WD の満了により INT が生成されない |
| 2 | ICO_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | 入力電流オブティマイザ (ICO) マスク: 0b = ICO_STAT の変化により INT が生成される 1b = ICO_STAT の変化により INT が生成されない |
| 1 | TS_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | TS (バッテリ NTC) マスク: 0b = TS_STAT の変化により INT が生成される 1b = TS_STAT の変化により INT が生成されない |
| 0 | CHARGE_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | 充電サイクル マスク: 0b = CHARGE_STAT の変化により INT が生成される 1b = CHARGE_STAT の変化により INT が生成されない |

6.5.1.29 REG0x23_FAULT_Mask レジスタ (アドレス = 0x23) [リセット = 0x00]

REG0x23_FAULT_Mask を表 6-42 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-42. REG0x23_FAULT_Mask 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 | 注 | 説明 |
|-----|----------------|-----|------|---|---|
| 7 | VIN_OVP_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | VIN 過電圧マスク: 0b = 入力過電圧により INT が生成される 1b = 入力過電圧により INT が生成されない |
| 6 | BAT_FAULT_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | バッテリ フォルト マスク: 0b = BAT_FAULT_STAT により INT が生成される 1b = BAT_FAULT_STAT により INT が生成されない |
| 5 | CHG_TMR_MASK | R/W | 0x0 | 高速充電とプリチャージの両方の安全タイマに適用されます リセット方法: REG_RESET | 充電安全タイマ マスク: 0b = 充電タイマの満了により INT が生成される 1b = 充電タイマの満了により INT が生成されない |

表 6-42. REG0x23_FAULT_Mask レジスタのフィールドの説明 (続き)

| ビット | フィールド | タイプ | リセット | 注 | 説明 |
|-----|-------------|-----|------|----------------------|---|
| 4 | CV_TMR_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | CV タイマ マスク: 0b = CV タイマの満了により INT が生成される 1b = CV タイマの満了により INT が生成されない |
| 3 | TSHUT_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | IC サーマル シャットダウン マスク: 0b = TSHUT に移行すると INT が生成される 1b = TSHUT に移行しても INT が生成されない |
| 2 | BYPASS_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | バイパス モード フォルト マスク: 0b = BYPASS_FLAG により INT が生成される 1b = BYPASS_FLAG により INT が生成されない |
| 1 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 0 | REV_MASK | R/W | 0x0 | リセット方法: REG_RESET | 逆方向モード マスク: 0b = REV_STAT の変化により INT が生成される 1b = REV_STAT の変化により INT が生成されない |

6.5.1.30 REG0x24_ICO_Current_Limit レジスタ (アドレス = 0x24) [リセット = 0x0A50]

REG0x24_ICO_Current_Limit を表 6-43 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-43. REG0x24_ICO_Current_Limit 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 | 注 | 説明 |
|-------|------------|-----|------|-----------------------------------|---|
| 15:12 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 11:4 | ICO_IINDPM | R | 0xA5 | この 16 ビットレジスタは、リトル エンディアンの規則に従います | ICO イネーブル時の入力電流制限の最適化: POR:3300mA (A5h) 範囲:0mA-3300mA (0h-A5h) クランプ High ビットステップ:20mA |
| 3:0 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |

6.5.1.31 REG0x26_Part_Information レジスタ (アドレス = 0x26) [リセット = 0x05]

REG0x26_Part_Information を表 6-44 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-44. REG0x26_Part_Information 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 | 注 | 説明 |
|-----|---------|-----|------|---|------------|
| 7:6 | 予約済み | R | 0x0 | | 予約済み |
| 5:2 | PN | R | 0x1 | | デバイス型番 |
| 1:0 | DEV_REV | R | 0x1 | | デバイス リビジョン |

7 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。

7.1 アプリケーション情報

代表的なアプリケーションは、I²C ホストやソフトウェアと組み合わせて、マルチセルのリチウムイオン / リチウム ポリマ バッテリを充電するデバイスで構成されます。NiMH など他のバッテリ化学系の充電も可能ですが、ホストソフトウェアでリチウム バッテリを基準としたデフォルトの制御および終了設定を変更する必要があります。充電器には、昇降圧コンバータ用のスイッチング MOSFET (Q₁~Q₄) が内蔵されています。このデバイスは、入力電流および充電電流検出回路に外付け検出抵抗を使用します。

順方向 (充電またはシンク) または逆方向 (OTG またはソース) のいずれかのモードでは、コンバータは入力電圧 (V_{IN}) が出力電圧 (V_{OUT}) を上回っている場合、降圧モードで動作し、入力電圧が出力電圧に近い場合は昇圧モードで動作します。連続導通モード (CCM) のとき、大きい出力電流 (I_{OUT}) 時、コンバータの平均 (DC) インダクタ電流は降圧モードでのコンバータ出力電流または昇圧モードでの入力電流と等しくなります。IINDPM 範囲全体を使用できるように、コンバータの予想される平均インダクタ電流が 4A を超えてはなりません。データシートの効率曲線から得られた効率推定値を使用して、式 5 に示すパワー バランスを使用して昇圧モードに必要な入力電流 (I_{IN}) を計算し、アダプタ電圧と IINDPM 設定が、目的の充電電流とシステム負荷に対して十分に高いことを確認します。

$$\eta = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times I_{IN}} \quad (5)$$

設計例の式は、以下に示す一般的なコンバータ変数を使用しています。

表 7-1. 順方向 / 充電 / シンク、逆方向 / OTG / ソース コンバータ動作の式変数

| 方程式変数 | 順方向動作 | 逆方向動作 |
|------------------|--|---|
| V _{IN} | 最小または最大 V (アダプタまたは USB) 電圧 | V での最小または最大バッテリ電圧 (SRN) |
| I _{IN} | 上記の式から求めた入力電流の推定値は、ADAPTER、USB、または IINDPM で許可される最小電流以下である必要があります | 上記の式から求めた入力電流の推定値は、バック プロテクタの最大放電電流または IBAT_REV 制限値のいずれか小さい方よりも小さくなければなりません |
| V _{OUT} | VREG に基づくバッテリ レギュレーション電圧 | VIN_REV に基づく入力レギュレーション電圧 |
| I _{OUT} | 最大バッテリ充電電流 ICHG + 最大システム負荷電流 ISYS | 最大逆電流 < IIN_REV |

7.2 代表的なアプリケーション設計例

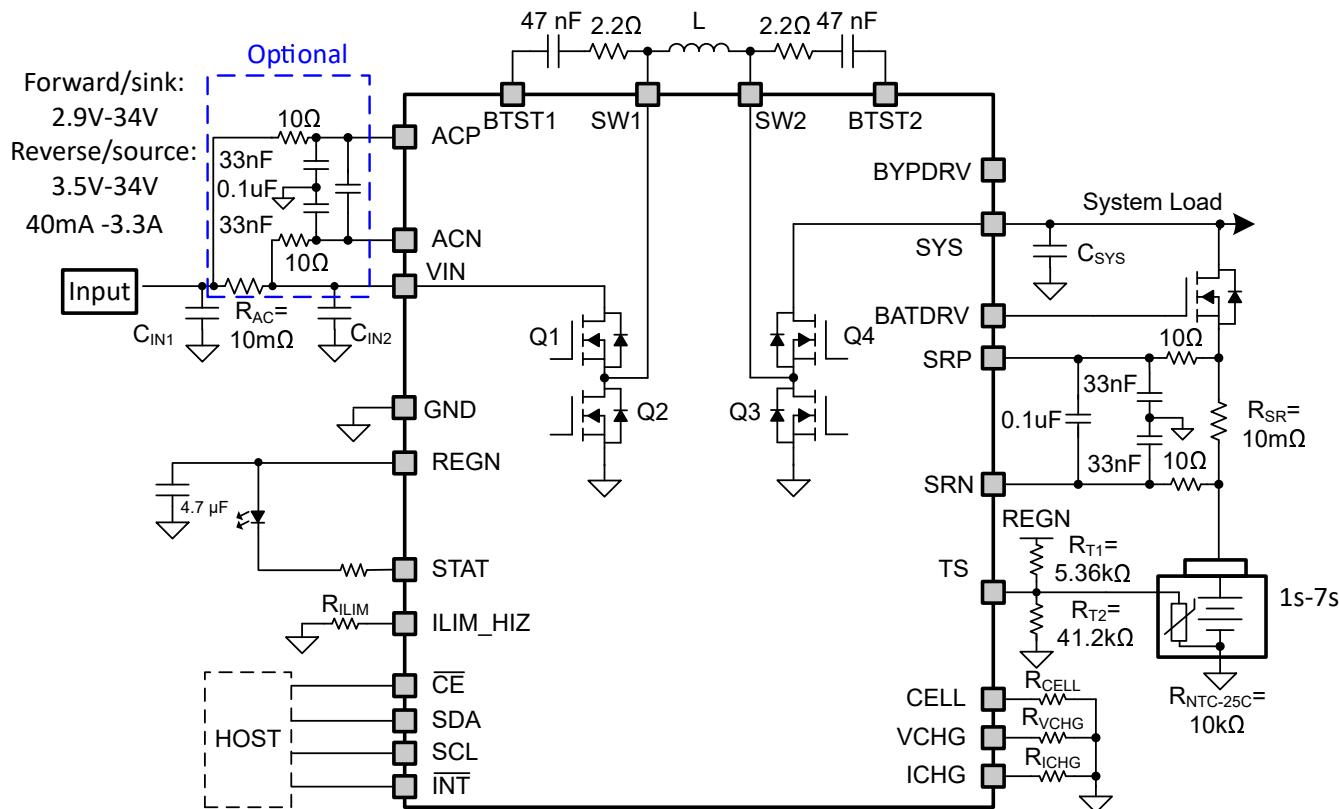


図 7-1. BQ25690 代表的なアプリケーションの図

表 7-2. BQ25690 設計例 1 の BOM

| 回路図部品または I ² C 設定 | 値 | 備考 |
|-------------------------------------|----------------|--|
| f _{SW} | 450kHz (デフォルト) | REG0x16[4:0] |
| L | 10uH | |
| C _{IN1} + C _{IN2} | 10x 4.7uF | 必須: 4x C _{IN1} > C _{IN2} |
| C _{SYS} | 6x 4.7uF | |
| R _{ILIM} | 2.2kΩ | 1.5A デフォルト |
| R _{CELL} | 6.04kΩ | 2S デフォルト |
| R _{VCHG} | 14.0kΩ | 4.2/ セルのデフォルト |
| R _{ICHG} | 8.25kΩ | 1A デフォルト |
| Q _{BATFET} | TPN3R704PL | R _{dson} = 3.7mΩ, 3.1mm × 3.1mm パッケージ |

- 簡略化のため図示していませんが、VIN ピンおよび SYS ピンには 0.1μF のノイズ フィルタ用コンデンサが必要です
- 特にラインまたは負荷過渡時に、長いライン インダクタンスの影響を軽減するために、C_{IN} または C_{SYS} を追加する必要がある場合があります

7.2.1 設計要件

表 7-3. 設計例 1 のパラメータ

| パラメータ | 値 | 備考 |
|----------|----------|----|
| VIN 電圧範囲 | 5V ~ 20V | |

表 7-3. 設計例 1 のパラメータ (続き)

| パラメータ | 値 | 備考 |
|----------------------------------|------|-----------------------------------|
| 入力電流制限 (REG0x06 の IINDPM) | 3.0A | |
| 高速充電電流制限値 (REG0x02 の ICHG) | 3.3A | 昇圧モード時は入力電流制限によってクランプされます |
| ICHG (ISYS) を除く最大システム負荷電流 | 1A | |
| バッテリ レギュレーション電圧 (REG0x04 の VREG) | 8.4V | |
| 逆方向モード電圧 (REG0x0C の VIN_REV) | 5V | |
| 逆方向モードの最小バッテリ放電電圧 | 6V | $V_{BAT_OKZ} = 2.5V$ を上回る必要があります |
| 逆方向モードの最大バッテリ放電電流 | 3A | REG0x12 の IBAT_REV によってクランプされます |
| 逆方向モード入力電流制限 | 3.3A | REG0x0A の IIN_REV でクランプされます |

7.2.2 詳細な設計手順

7.2.2.1 インダクタの選択

充電器の DC/DC コンバータはスイッチング周波数を調整可能です。小信号の安定性を確保するために、以下のスイッチング周波数範囲内でインダクタンスを選択してください。

表 7-4. スイッチング周波数ごとのインダクタの選択

| スイッチング周波数 (kHz) | インダクタンス — L (μH) |
|-----------------|------------------|
| 450 ~ 500 | 6.8 ~ 15 |
| 550 ~ 700 | 4.7 ~ 10 |
| 1200 | 2.2 ~ 4.7 |

EMI を低減するために、シールド型インダクタを強く推奨します。インダクタの飽和電流 (I_{SAT}) は、昇圧モードでは入力電流 (I_{IN}) の大きいほうの値、または降圧モードでは出力電流 (I_{OUT}) にインダクタリップル電流 (I_{RIPPLE}) の半分を加えた値よりも 20% 以上大きくすることを推奨します。

$$I_{SAT} \geq MAX \left[\left(I_{IN} + \frac{I_{RIPPLE}}{2} \right), \left(I_{OUT} + \frac{I_{RIPPLE}}{2} \right) \right] \quad (6)$$

I_{RIPPLE} は、 V_{IN} 、 V_{OUT} 、スイッチング周波数 (f_{SW})、インダクタンス (L) に依存します。 I_{RIPPLE} を最小限に抑えるために、 f_{SW} ごとのインダクタンスの範囲に応じて、大きいインダクタを選択します。与えられた出力電流について、デューティサイクルが 50% のとき、 I_{RIPPLE} が最大になります。 I_{L_PK} がサイクルごとの電流制限の 7A に達すると、コンバータの出力電流が制限されます。コンバータのピークツーピークインダクタリップル電流 I_{RIPPLE} は、±10% 以上、かつ I_{L_AVG} の±20% 以下である必要があります。入力と出力の間には、充電器が常に 3.3A の出力電流に達することができない電圧の組み合わせがあります。降圧モードおよび昇圧モードのインダクタ電流リップルの計算、およびピークインダクタ電流は以下で計算されます。

$$I_{RIPPLE_BUCK} \geq \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} \times f_{SW} \times L} \quad (7)$$

$$I_{RIPPLE_BOOST} \geq \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN})}{V_{OUT} \times f_{SW} \times L} \quad (8)$$

$$I_{L_PK} = I_{L_AVG} + \frac{I_{RIPPLE}}{2} \quad (9)$$

7.2.2.2 コンデンサ

デカップリング用コンデンサには、X7R や X5R などの低 ESR セラミックコンデンサを使用することが推奨されます。これらはコンバータの VIN、SYS または SRN ピンおよび GND ピンの近くに配置してください。温度および印加電圧によるセラミックコンデンサの定格低下を考慮するため、選定したセラミックコンデンサの定格電圧は通常の入力電圧レベルよりも高く設定する必要があります。たとえば、最大 24V の入力電圧を得るには、35V 以上の電圧定格のコンデンサが推奨されます。ESR が 50mΩ 未満であれば、セラミック以外のコンデンサも使用できます。 $C_{VIN_ACP} + C_{VIN_ACN}$ の合計は、デレーティング後で少なくとも 10µF 以上である必要があります。また、 C_{VIN_ACN} は C_{VIN_ACP} の 4 倍未満でなければなりません。1S ~ 2S アプリケーションの場合、 C_{SYS} は 15µF 以上必要です。3S ~ 7S アプリケーションの場合、ディレーティング後に C_{SYS} が少なくとも 8µF になる必要があります。 C_{BAT} (SRN ピンおよび GND ピンの近くでバッテリー パックと並列に接続されるバルクコンデンサ) は、デレーティング後で少なくとも 5µF 以上である必要があります。以下のセクションでは、目的の定常状態電圧リップルに対応するディレーティング静電容量値のサイズを決定する方法について説明します。電圧リップルは、降圧コンバータの入力と昇圧コンバータの出力に対して最大になります。負荷過渡の立ち上がり時と開放時には、降圧、昇圧、または昇降圧コンバータの出力の電圧低下とオーバーシュートを低減するために、追加の容量が必要になる場合があります。

7.2.2.3 降圧モード入力 (V_{IN}) コンデンサ

降圧モード動作では、入力電流が断続的になるため、入力の RMS リップル電流および入力電圧リップルの主な要因となります。コンバータの入力コンデンサは、入力の AC 電流を吸収できる十分なリップル電流定格 (すなわち低 ESR) を備え、かつ入力電圧リップルを小さく保つのに十分な容量を持つ必要があります。降圧モード動作の場合、入力 RMS リップル電流と入力電圧リップルは次の式で計算できます。ここでは、 $D = V_{OUT}/V_{IN}$ です。

$$I_{CIN - BUCK} = I_{OUT} \times \sqrt{D \times (1 - D)} \quad (10)$$

$$\Delta V_{IN - BUCK} \geq \frac{D \times (1 - D) \times I_{OUT}}{C_{IN - BUCK} \times f_{SW}} \quad (11)$$

入力 RMS リップル電流および入力電圧リップルの最悪条件は、デューティサイクルが 0.5 のときに発生します。

7.2.2.4 昇圧モード出力 (V_{OUT}) コンデンサ

昇圧モードの動作では、出力電流は不連続になるため、出力 RMS のリップル電流と出力電圧リップルが支配的になります。出力コンデンサには、出力 AC 電流を吸収するのに十分なリップル電流定格 (すなわち、ESR が十分に低い) と、出力電圧リップルが小さく維持されるのに十分な容量が必要です。昇圧モード動作の場合、出力 RMS リップル電流と出力電圧リップルは次の式で計算できます。 $D = (1 - V_{IN}/V_{OUT})$ です。

$$I_{COUT - BOOST} = I_{OUT} \times \sqrt{\frac{D}{(1 - D)}} \quad (12)$$

$$\Delta V_{OUT - BOOST} \geq \frac{D \times I_{OUT}}{C_{OUT - BOOST} \times f_{SW}} \quad (13)$$

最悪の場合の出力 RMS リップル電流と出力電圧リップルは、両方ともコンバータの最小 V_{IN} 入力電圧で発生します。大きな高速負荷過渡には、追加の容量が必要となる場合があります。

7.2.3 アプリケーション曲線

$C_{VIN} = 10 \times 4.7\mu F$, $C_{SYS} = 6 \times 4.7\mu F$, $C_{BAT} = 4 \times 4.7\mu F$, $L1 = 10\mu H$ (SRP5050FA-100M), $F_{sw} = 450\text{kHz}$.

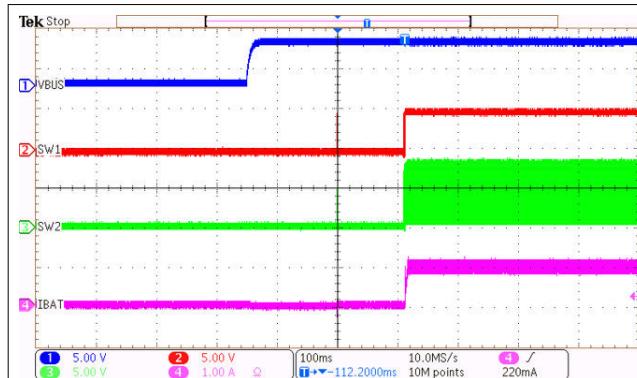


図 7-2. 充電が有効な状態でアダプタ プラグイン

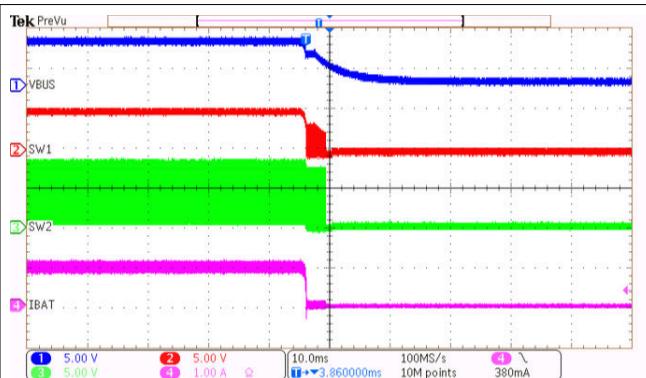


図 7-3. 充電が有効な状態でアダプタ プラグ解除

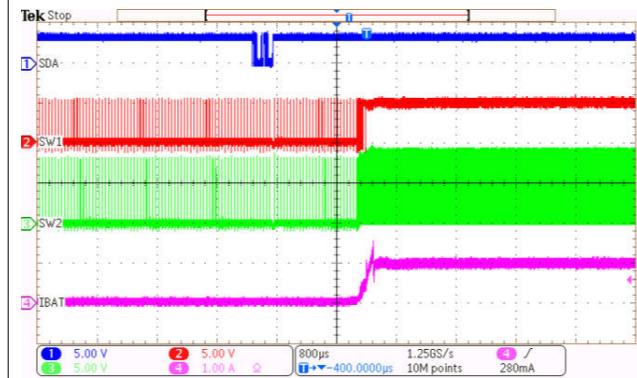


図 7-4. I²C で充電を有効化

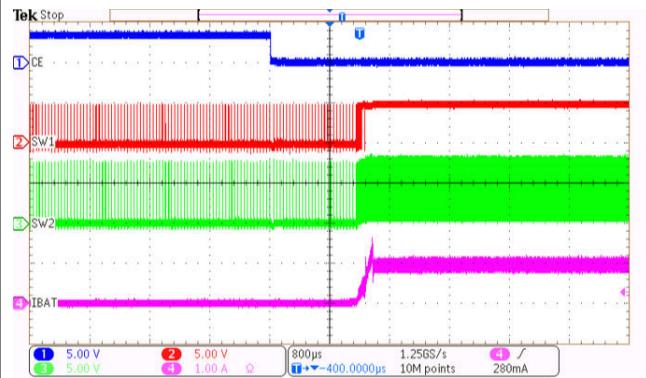


図 7-5. CE ピンで充電を有効化

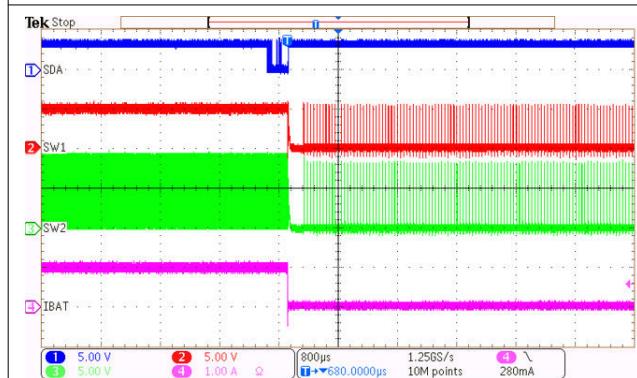


図 7-6. I²C で充電を無効化

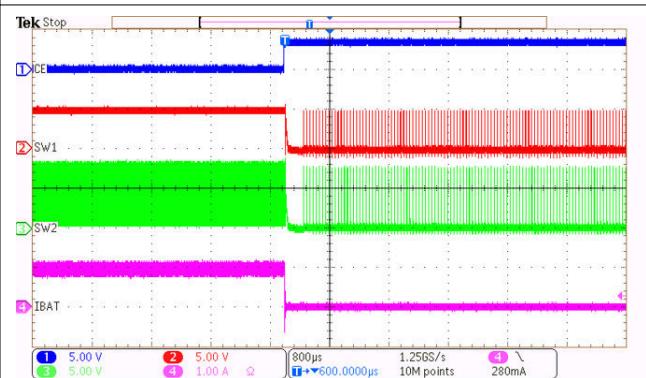
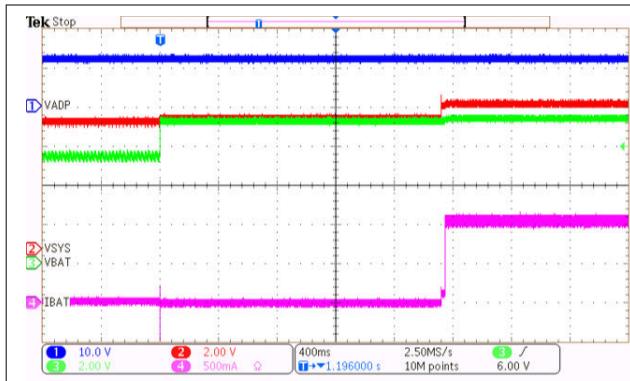
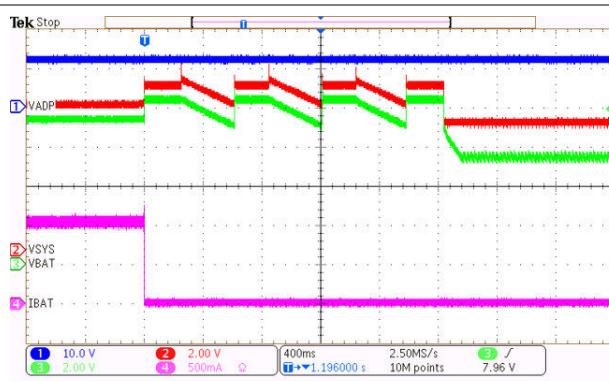


図 7-7. CE ピンで充電を無効化



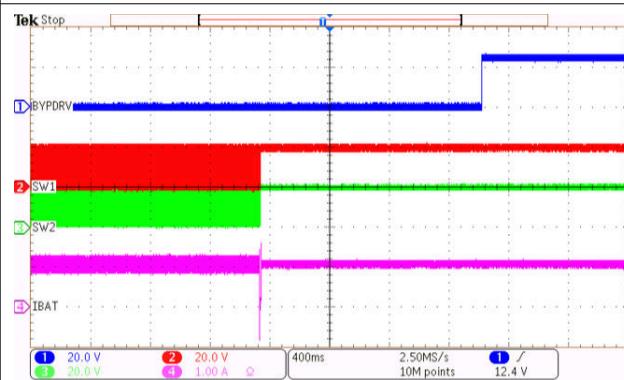
VBUS = 12V VBAT = 7.4V ICHG = 1A
VSYSMIN = 6.2V VBAT_DETECT = 2.8V

図 7-8. バッテリ プラグイン検出



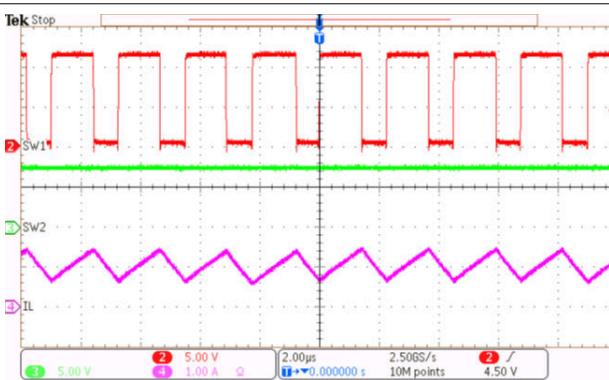
VBUS = 12V VBAT = 7.4V ICHG = 1A
VSYSMIN = 6.2V VBAT_DETECT = 2.8V

図 7-9. バッテリ プラグ解除検出



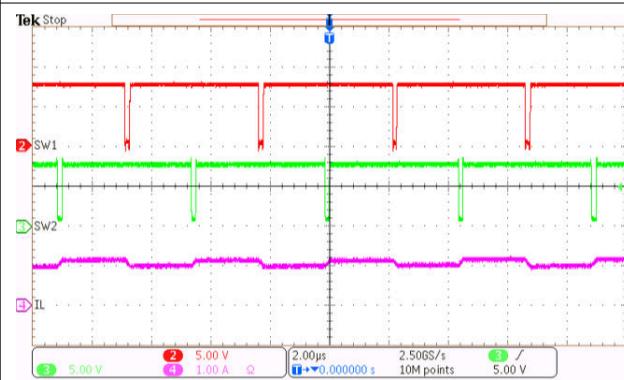
VBUS = 20V VBAT = 20V ICHG = 1A

図 7-10. 昇降圧から内部バイパスへの外部バイパス遷移



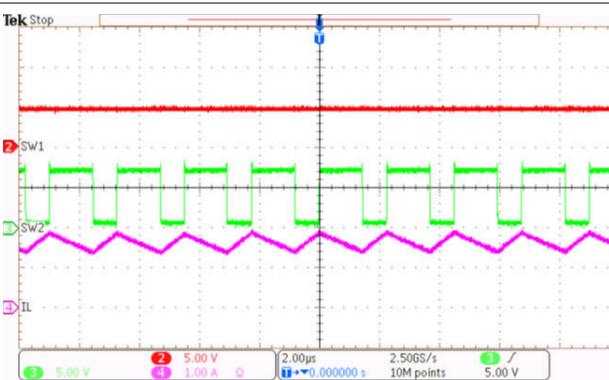
VBUS = 12V VBAT = 7.4V ICHG = 1A

図 7-11. 順方向降圧モード CCM



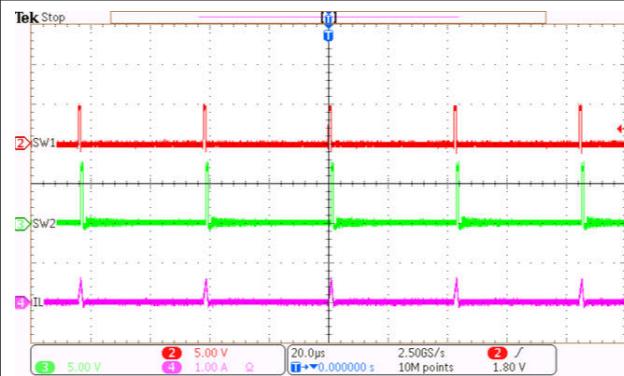
VBUS = 8V VBAT = 7.4V ICHG = 1A

図 7-12. 順方向昇圧モード CCM

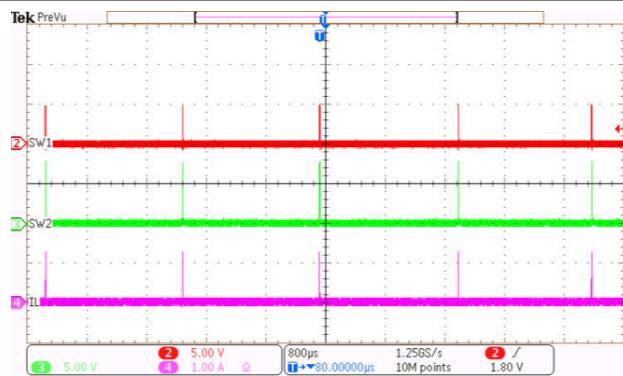


VBUS = 5V VBAT = 7.4V ICHG = 1A

図 7-13. 順方向昇圧モード CCM



VBUS = 5V VBAT = 7.4V 無負荷



VBUS = 5V VBAT = 7.4V 無負荷

図 7-14. OOA での順方向昇圧モード PFM

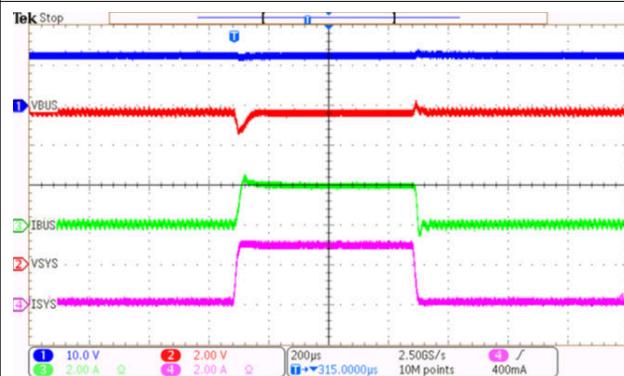
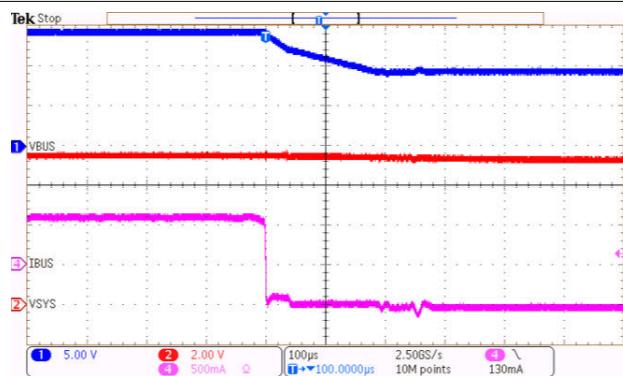
VBUS = 12V VBAT = 7.4V 充電ディスエーブル
ISYS = 0.1A ~ 3A ~ 0.1A図 7-16. 順方向モード I_{SYS} 過渡応答VBUS = 14V VBAT = 7.4V ICHG = 1A
VINDPM = 12V VIN_REV = 9V
VIN_BACKUP = 100% VINDPM

図 7-17. バックアップモードエントリ

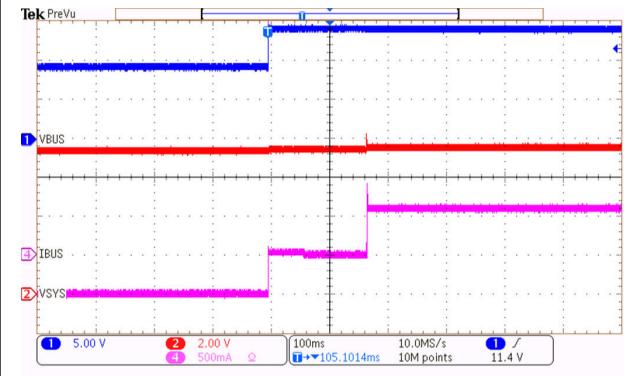
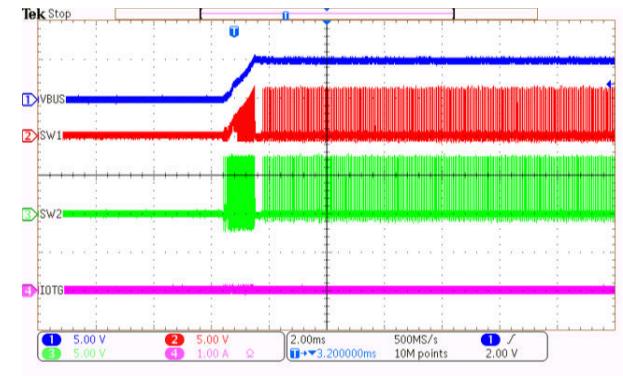
VBUS = 14V VBAT = 7.4V ICHG = 1A
VINDPM = 12V VIN_REV = 9V
VIN_BACKUP = 100% VINDPM

図 7-18. バックアップモード終了



VIN_REV = 5V VBAT = 7.4V IOTG = 0A

図 7-19. OTG 負荷なしで逆方向モードを有効化

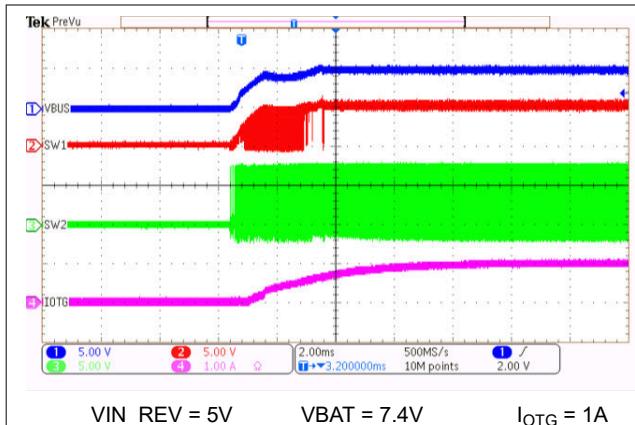


図 7-20. 1A OTG 負荷で逆方向モードを有効化

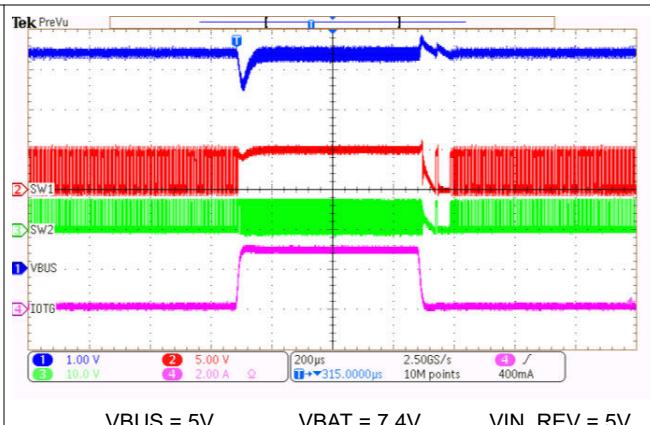


図 7-21. 逆方向モード IOTG 過渡応答

7.3 電源に関する推奨事項

SYS 端子に出力電圧を供給するためには、VBUS に 2.5V~34V の電源 (推奨電流定格 200mA 以上) を接続するか、または BAT に V_{BAT_OK} より高い電圧の 1~7 セルのリチウムイオン バッテリを接続する必要があります。充電器のコンバータが SYS に最大出力電力を供給できるようにするには、入力ソースの電流定格を少なくとも 3.3A とする必要があります。

7.4 レイアウト

7.4.1 レイアウトのガイドライン

スイッチング損失を最小限に抑えるため、スイッチング ノードの立ち上がり時間および立ち下がり時間はできるだけ短くする必要があります。スイッチング ノイズの結合、電界・磁界の放射、および高周波共振の問題を最小限に抑えるためには、(下図に示すように) 高周波電流経路ループを最小化するように部品を適切に配置することが重要です。以下に、優先順位の高い PCB レイアウトリストを示します。

1. SYS コンデンサは、ビアを用いて SYS ピンおよび GND ピンのできるだけ近くに配置します。0.1 μ F の小型コンデンサを 1 個と、バルク コンデンサのうち少なくとも 1 個を、他のコンデンサよりもピンに近い位置に配置します。これら 2 つのコンデンサの正の端子と負の端子は、ビアなしで IC と同じ層に接続する必要があります。
2. VIN コンデンサは、VIN および GND にできるだけ近い位置に配置します。0.1 μ F の小型コンデンサを 1 個と、バルク コンデンサのうち少なくとも 1 個を、他のコンデンサよりもピンに近い位置に配置します。これら 2 つのコンデンサの正の端子と負の端子は、ビアなしで IC と同じ層に接続する必要があります。
3. 1 つのインダクタ端子を SW1 に、もう 1 つの端子を SW2 に IC ピンのできるだけ近くに配置します。ルール 1 および 2 では、SWx の銅配線は IC の下を通してからビアでインダクタへ配置する必要があります。これらのパターンは、インダクタ電流を流すのに十分な幅があり、EMI を最小限に抑えるのに十分なサイズであることを確認します。これらのパターンによる寄生容量を最小化するために、隣接層のグランド プレーンや銅箔を切り欠くようにします。
4. 必要に応じて、ビアを使用して、REGN コンデンサを REGN ピンと GND ピンの近くに配置します。ブートストラップ コンデンサは、必要に応じて、ビアを使用して BTSTx ピンと GND の近くに配置できます。
5. バッテリ用コンデンサは、SRN および GND の近くに配置します。
6. ACP、ACN、SRP、SRN、TS の配線およびフィルタ コンデンサの GND は、SW1 や SW2 などのスイッチング ノードから離して配線します。
7. 電力パッドの直下に、他の層の銅箔と接続するサーマル ビアを少なくとも 3 個配置します。
8. ビアのサイズと数は、特定の電流バスに対して十分である必要があります。

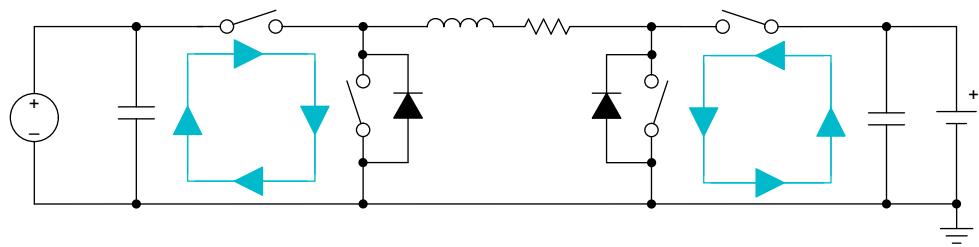


図 7-22. コンバータの高周波電流パス

7.4.2 レイアウト例

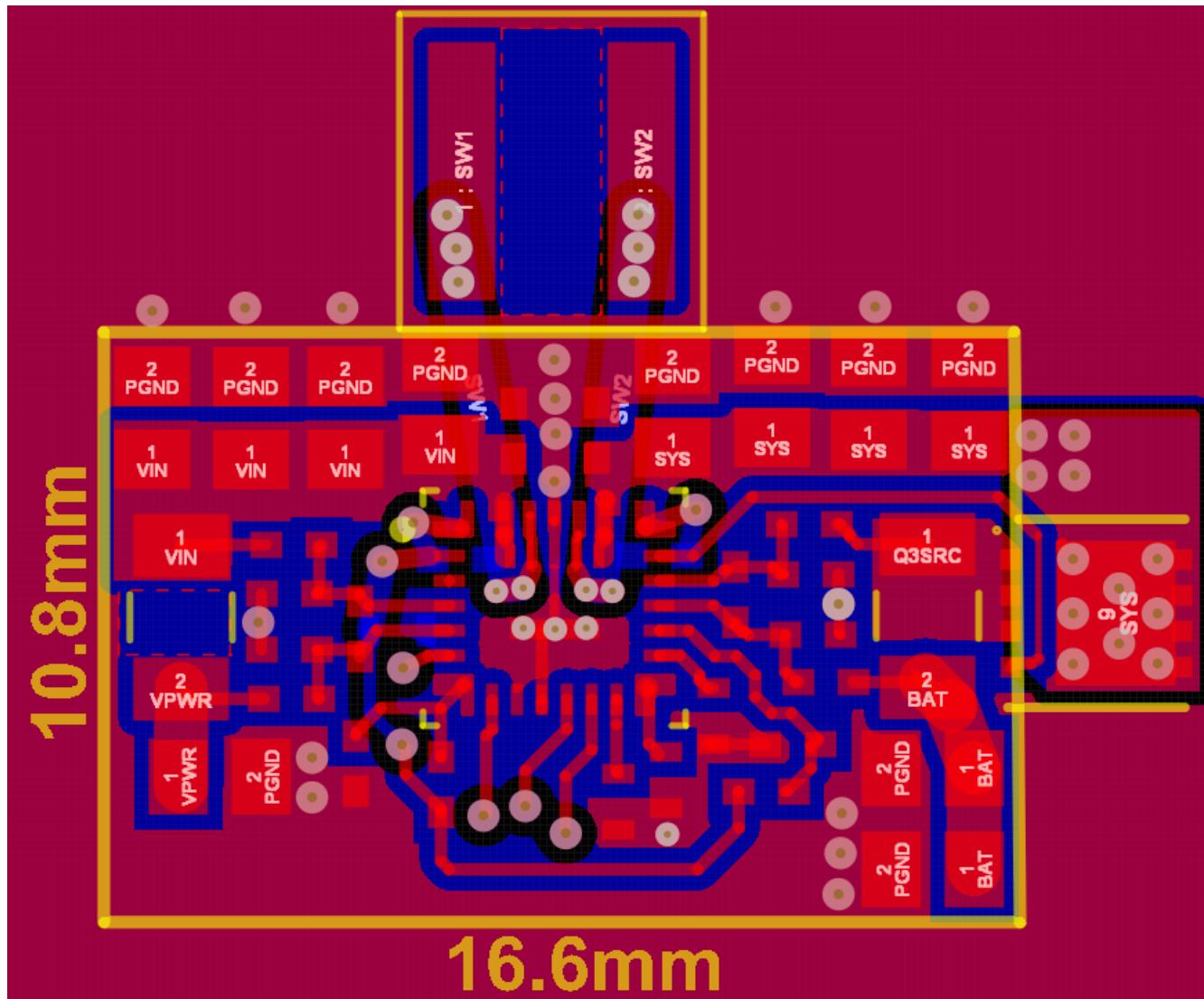


図 7-23. 2 層 PCB レイアウト例の最上層 - 赤はグランド

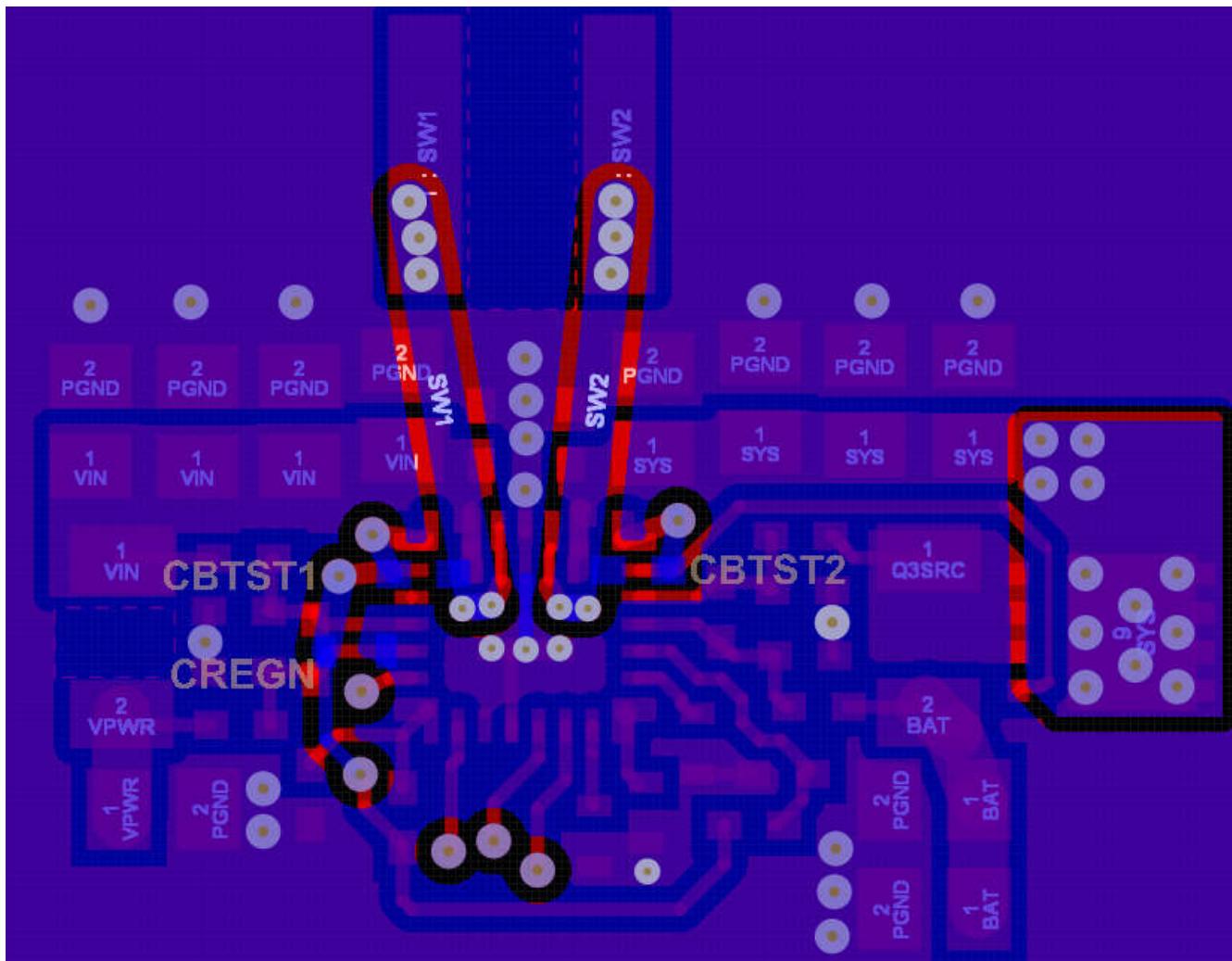


図 7-24. 2 層 PCB レイアウト例の最下層では、青/紫の部分が GND

図 7-23 は、2 層基板における外部部品の推奨配置および配線例を示しています。部品の優先順位付きリストについては、[レイアウトのガイドライン](#)を参照します。a

1. 最大の放熱性能を得るために、内部層の 1 層を GND とし、電源ピン用の銅箔やプレーンを重ねた 4 層基板を使用することが推奨されます。例として EVM のレイアウトを参照します。
2. 基板面積を最小限に抑えるために、インダクタを IC の最下層に配置できます。

8 デバイスおよびドキュメントのサポート

8.1 デバイス サポート

8.1.1 サード・パーティ製品に関する免責事項

サード・パーティ製品またはサービスに関するテキサス・インスツルメンツの出版物は、単独またはテキサス・インスツルメンツの製品、サービスと一緒に提供される場合に関係なく、サード・パーティ製品またはサービスの適合性に関する是認、サード・パーティ製品またはサービスの是認の表明を意味するものではありません。

8.2 ドキュメントのサポート

8.2.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。

8.3 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。

8.4 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、設計で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。

8.5 商標

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。

8.6 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。

8.7 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。

9 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 * (October 2025) to Revision A (December 2025)

Page

- | | |
|---------------------------------------|-------------------|
| • デバイスステータスを「アドバンスト」から「量産データ」に変更..... | 1 |
|---------------------------------------|-------------------|

10 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。

10.1 付録：パッケージオプション

パッケージ情報

| 発注可能なデバイス | 供給状況 ⁽¹⁾ | パッケージタイプ | パッケージ図 | ピン | パッケージの数量 | エコ プラン ⁽²⁾ | リード / ボール仕上げ ⁽⁶⁾ | MSL ピーク温度 ⁽³⁾ | 動作温度 (°C) | デバイスマーキング ^{(4) (5)} |
|-------------|---------------------|----------|--------|----|----------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------|------------------------------|
| BQ25690RBAR | アクティブ | WQFN-HR | RBA | 26 | 3000 | RoHS & グリーン | 艶消しズ | MSL2 | -40~125 | B690 |

(1) マーケティング ステータスの値は次のように定義されています。

供給中:新しい設計への使用が推奨される量産デバイス。

最終受注中:TI はデバイスの生産終了を発表しており、現在最終受注期間中です。

非推奨品:新規設計には推奨しません。デバイスは既存の顧客をサポートするために生産されていますが、テキサス・インスツルメンツでは新規設計にこの部品を使用することを推奨していません。

量産開始前:量産されていない、市販されていない、またはウェブで発表されていない未発表デバイスで、サンプルは提供されていません。

プレビュー:デバイスは発表済みですが、まだ生産は開始されていません。サンプルが提供される場合と提供されない場合があります。

生産中止品:TI は、このデバイスの生産を終了しました。

(2) エコ プラン - 環境に配慮した計画的な分類:鉛フリー (RoHS)、鉛フリー (RoHS 適用除外)、またはグリーン (RoHS 準拠、Sb/Br 非含有) があります。最新情報、および製品内容の詳細については、<http://www.ti.com/productcontent> でご確認ください。

未定:鉛フリー / グリーン転換プランが策定されていません。

鉛フリー (RoHS):テキサス・インスツルメンツにおける「Lead-Free」または「Pb-Free」(鉛フリー) は、6 つの物質すべてに対して現在の RoHS 要件を満たしている半導体製品を意味します。これには、同種の材質内で鉛の重量が 0.1% を超えないという要件も含まれます。高温はんだに対応した テキサス・インスツルメンツ鉛フリー製品は、鉛フリー仕様プロセスでの使用に適しています。

鉛フリー (RoHS 適用除外):この部品は、1) ダイとパッケージとの間に鉛ベース フリップ チップのはんだバング使用、または 2) ダイとリードフレームとの間に鉛ベースの接着剤を使用、のいずれかについて、RoHS が免除されています。この部品はそれ以外の点では、上記の定義の鉛フリー (RoHS 準拠) の条件を満たしています。

グリーン (RoHS および Sb/Br 非含有):テキサス・インスツルメンツにおける「グリーン」は、鉛フリー (RoHS 準拠) に加えて、臭素 (Br) およびアンチモン (Sb) をベースとした難燃材を含まない(均質な材質中の Br または Sb 重量が 0.1% を超えない)ことを意味しています。

(3) MSL、ピーク温度-- JEDEC 業界標準分類に従った耐湿性レベル、およびピークはんだ温度です。

(4) ロゴ、ロットトレースコード情報、または環境カテゴリに関する追加マークがデバイスに表示されることがあります。

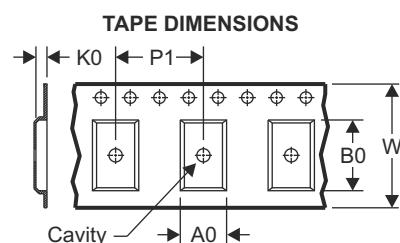
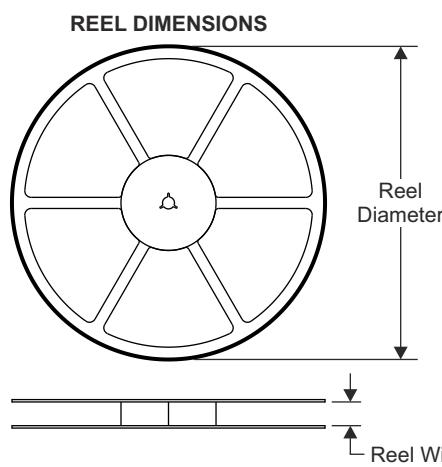
(5) 複数のデバイスマーキングが、括弧書きされています。カッコ内に複数のデバイスマーキングがあり、「～」で区切られている場合、その中の 1 つだけがデバイスに表示されます。行がインデントされている場合は、前行の続きということです。2 行合わせたものが、そのデバイスのデバイスマーキング全体となります。

(6) リード / ボール仕上げ - 発注可能なデバイスには、複数の材料仕上げオプションが用意されていることがあります。複数の仕上げオプションは、縦罫線で区切られています。リード / ボール仕上げの値が最大列幅に収まらない場合は、2 行にまたがります。

重要なお知らせと免責事項:このページに掲載されている情報は、発行日現在のテキサス・インスツルメンツの知識および見解を示すものです。テキサス・インスツルメンツの知識および見解は、第三者によって提供された情報に基づいており、そのような情報の正確性について何らの表明および保証も行うものではありません。第三者からの情報をより良く統合するための努力は続けております。テキサス・インスツルメンツでは、事実を適切に表す正確な情報を提供すべく妥当な手順を踏み、引き続きそれを継続してゆきますが、受け入れる部材および化学物質に対して破壊試験や化学分析は実行していない場合があります。テキサス・インスツルメンツおよび テキサス・インスツルメンツのサプライヤは、特定の情報を機密情報として扱っているため、CAS 番号やその他の制限された情報が公開されない場合があります。

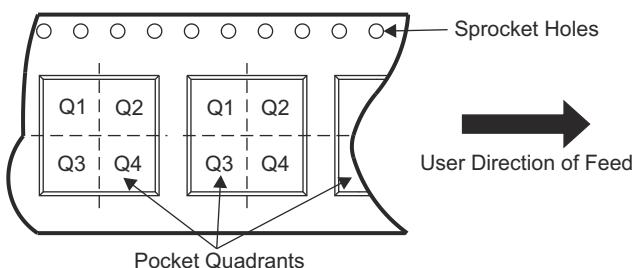
いかなる場合においても、そのような情報から生じた TI の責任は、このドキュメント発行時点での TI 製品の価格に基づく TI からお客様への合計購入価格 (年次ベース) を超えることはありません。

10.2 テープおよびリール情報



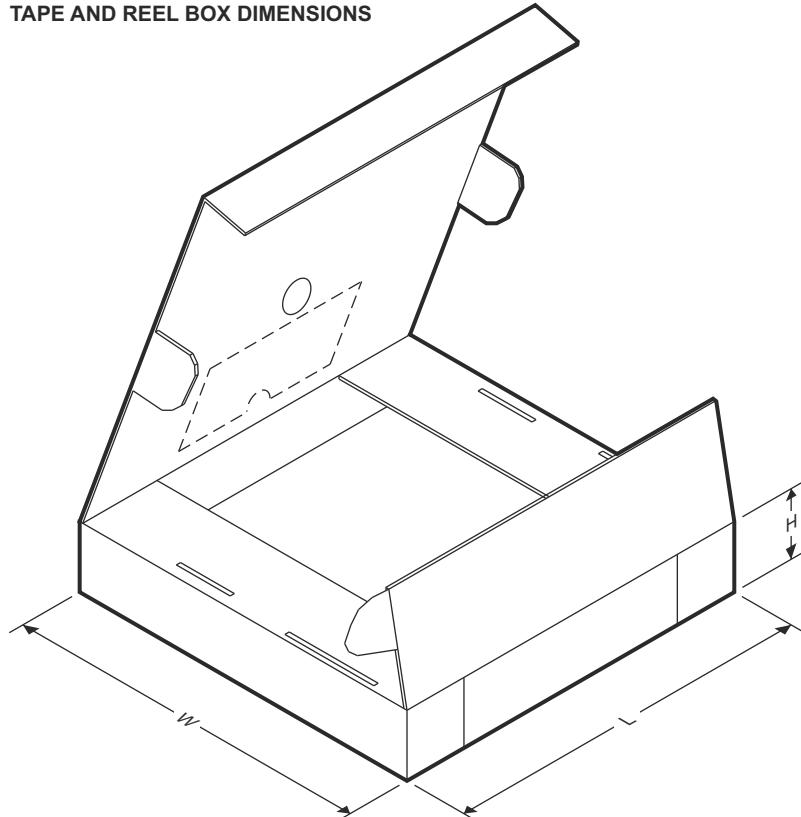
| | |
|----|---|
| A0 | Dimension designed to accommodate the component width |
| B0 | Dimension designed to accommodate the component length |
| K0 | Dimension designed to accommodate the component thickness |
| W | Overall width of the carrier tape |
| P1 | Pitch between successive cavity centers |

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



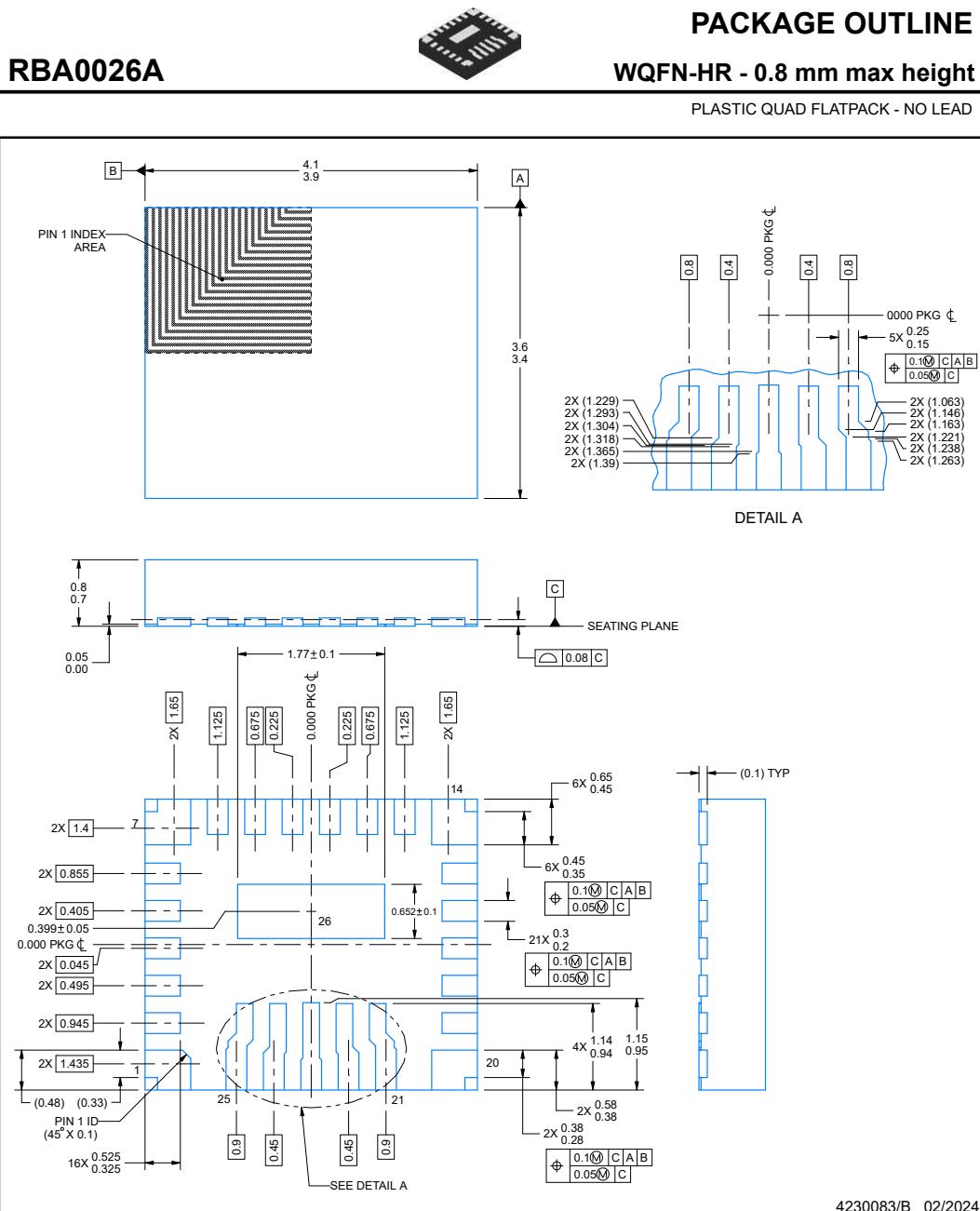
| デバイス | パッケージ タイプ | パッケージ 図 | ピン | SPQ | リール 直径 (mm) | リール 幅 W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | ピン 1 の 象限 |
|-------------|--------------|------------|----|------|----------------|------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|--------------|
| BQ25690RBAR | WQFN-HR | RBA | 26 | 3000 | 330 | 12.4 | 3.8 | 4.3 | 1.5 | 8.0 | 12.0 | Q2 |

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



| デバイス | パッケージタイプ | パッケージ図 | ピン | SPQ | 長さ (mm) | 幅 (mm) | 高さ (mm) |
|-------------|----------|--------|----|------|---------|--------|---------|
| BQ25690RBAR | WQFN-HR | RBA | 26 | 3000 | 367.0 | 367.0 | 35.0 |

10.3 メカニカルデータ

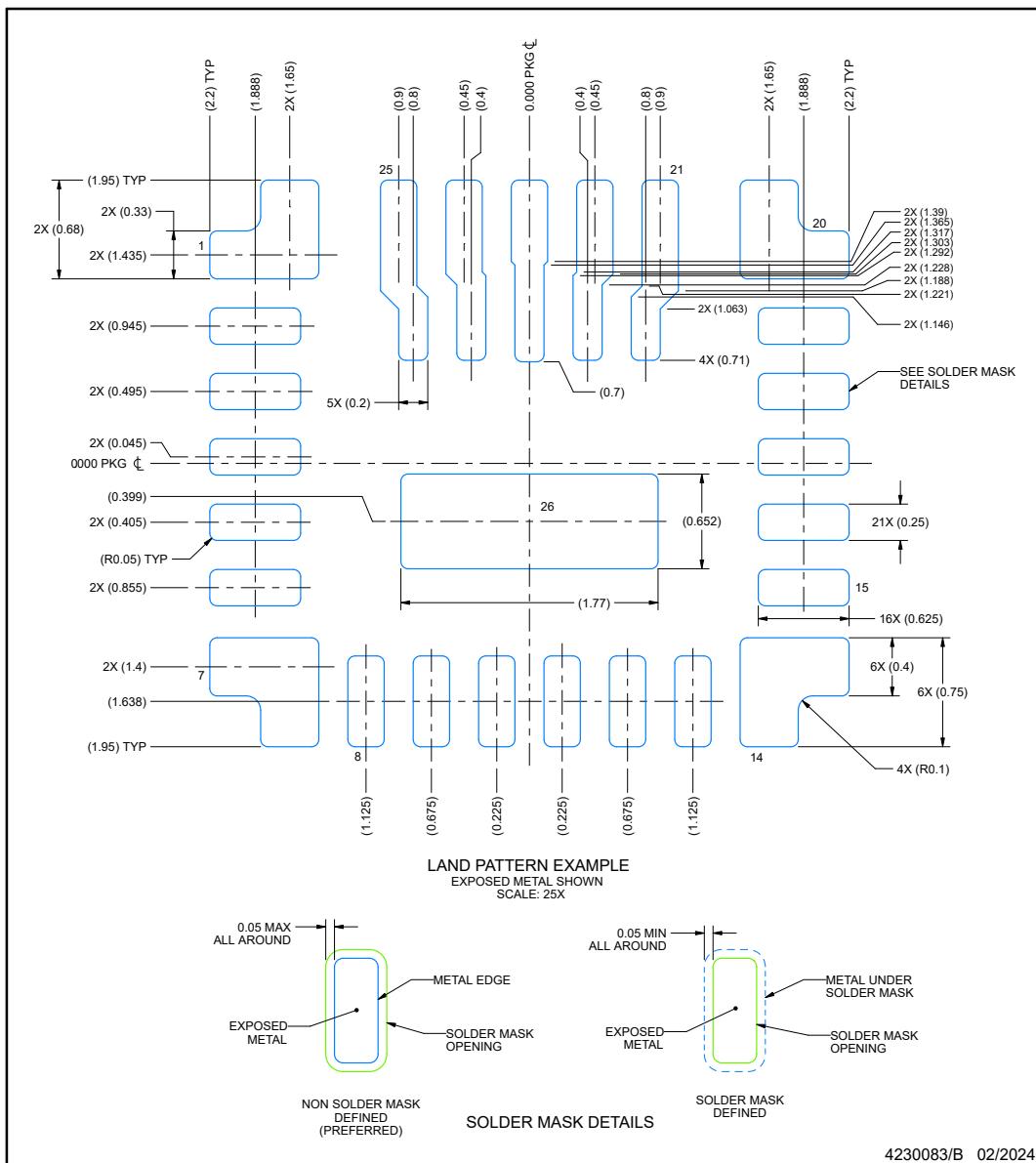


NOTES:

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 thermal and mechanical performance.

RBA0026A**EXAMPLE BOARD LAYOUT****WQFN-HR - 0.8 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4230083/B 02/2024

NOTES: (continued)

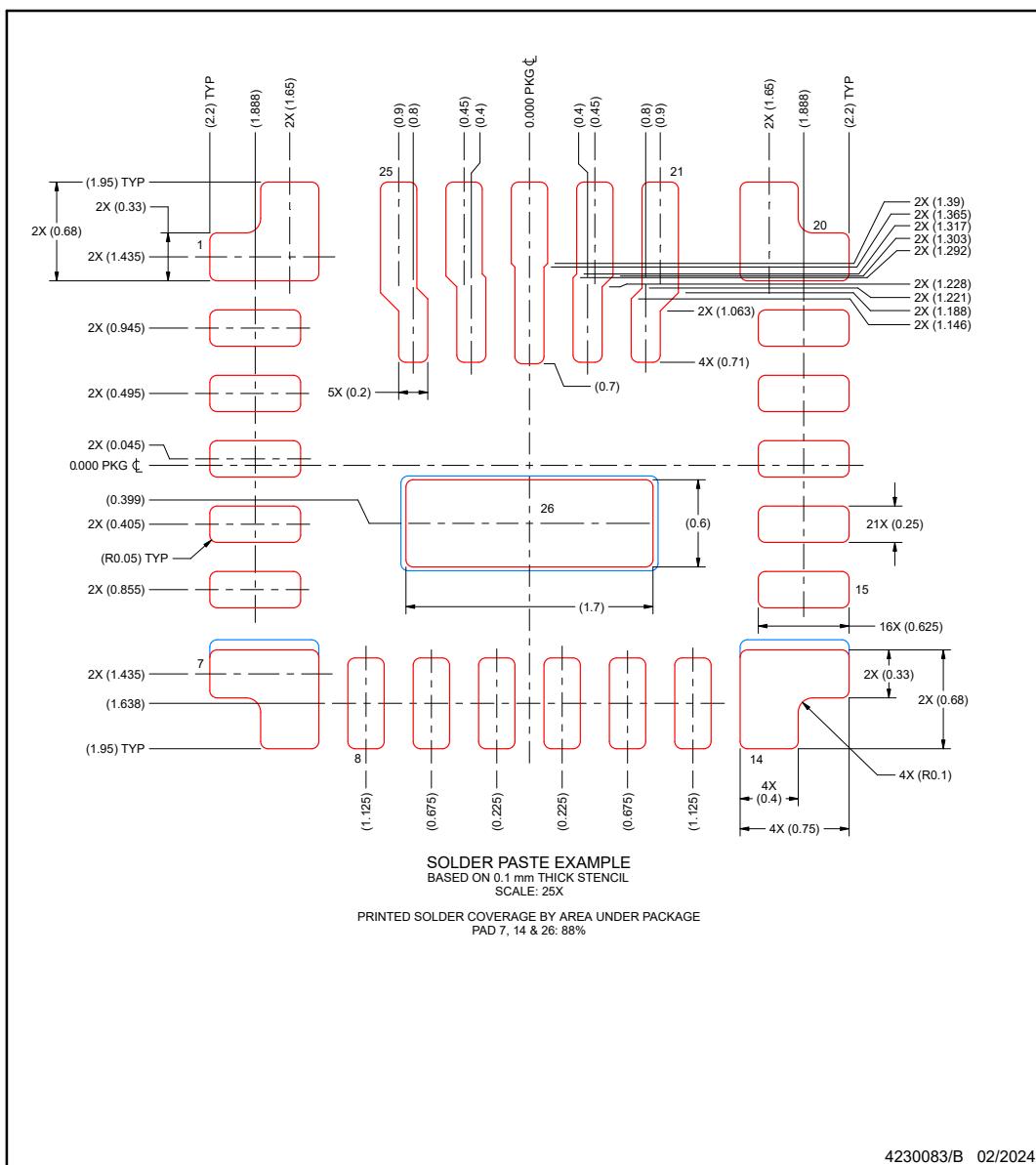
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RBA0026A

WQFN-HR - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

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



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) |
|-----------------------|---------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| BQ25690RBAR | Active | Production | WQFN-HR (RBA) 26 | 3000 LARGE T&R | - | SN | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | B690 |

⁽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.

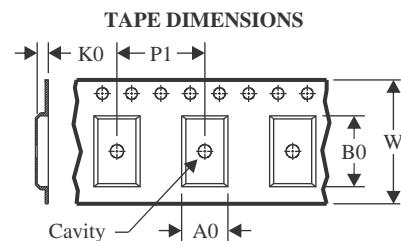
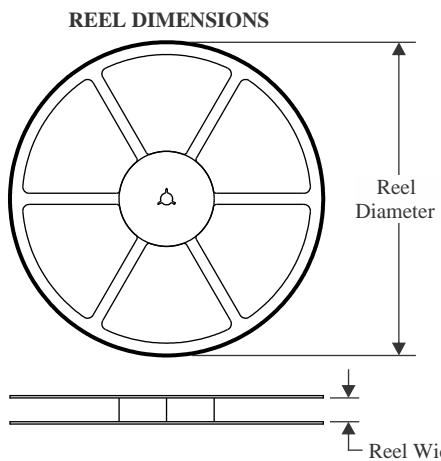
⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will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

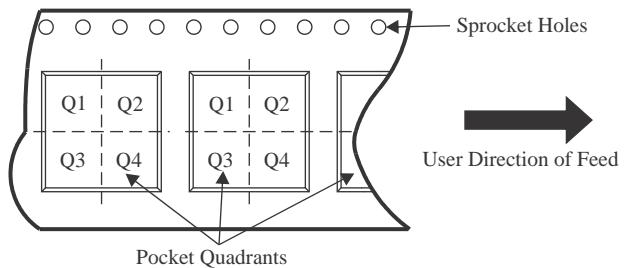
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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.

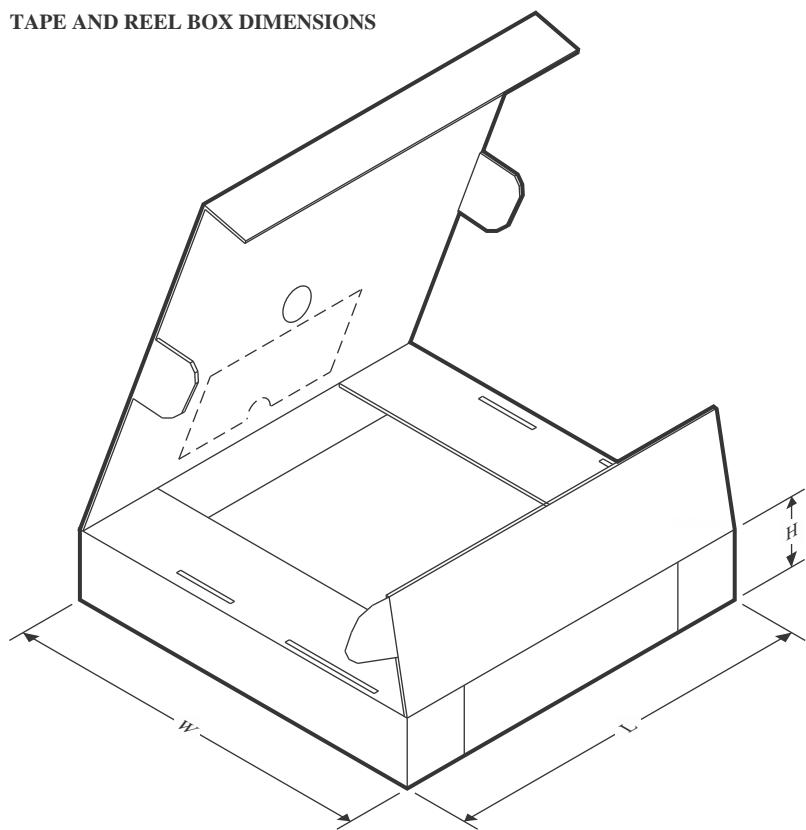
TAPE AND REEL INFORMATION


| | |
|----|---|
| A0 | Dimension designed to accommodate the component width |
| B0 | Dimension designed to accommodate the component length |
| K0 | Dimension designed to accommodate the component thickness |
| W | Overall width of the carrier tape |
| P1 | Pitch between successive cavity centers |

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*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 |
|-------------|--------------|-----------------|------|------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| BQ25690RBAR | WQFN-HR | RBA | 26 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 3.8 | 4.3 | 1.5 | 8.0 | 12.0 | Q2 |

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Length (mm) | Width (mm) | Height (mm) |
|-------------|--------------|-----------------|------|------|-------------|------------|-------------|
| BQ25690RBAR | WQFN-HR | RBA | 26 | 3000 | 360.0 | 360.0 | 36.0 |

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默示保証、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、明示的または默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、(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、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 TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月