

Application Brief

シングル セル リニア チャージャを用いたバッテリー取り外し検知



Alec Lehman

概要

取り外し可能な再充電可能バッテリーを使用したアプリケーションの場合、システムはバッテリーが接続されているかどうかを把握する必要があります。これを検出するのは、BAT ピンの電圧を読み取るほど簡単ではありません。オープン バッテリー プロテクタ IC では、接続されているバッテリーが切り離されたように見える場合があります。また、BAT ピン コンデンサに蓄積されている残留電荷により、バッテリーが接続されていないように見えることがあります。このアプリケーション ブリーフでは、BQ2519x および BQ2518x リニア バッテリー チャージャ IC で利用可能なレジスタを使用して、ソフトウェアでバッテリー除去検出を実装する方法について説明します。

バッテリーを接続していない場合の動作

この実装では、VIN が接続され、充電が有効で、バッテリーが接続されていないときに発生する、繰り返し充電サイクルを利用しています。図 1 に、その結果として得られる VBAT の動作を示します。

1. BAT ピン コンデンサは、バッテリーレギュレーション電圧 VBATREG まで充電されます。
2. 充電が終了し、BATFET (Q4) がオフになります。
3. BAT ピン コンデンサは、BAT ピンへのリークおよび負荷により放電を開始します。
4. VBAT が再充電スレッシュホールドを下回ると、再充電サイクルがトリガされ、充電がイネーブルになります。
5. サイクルが繰り返されます。

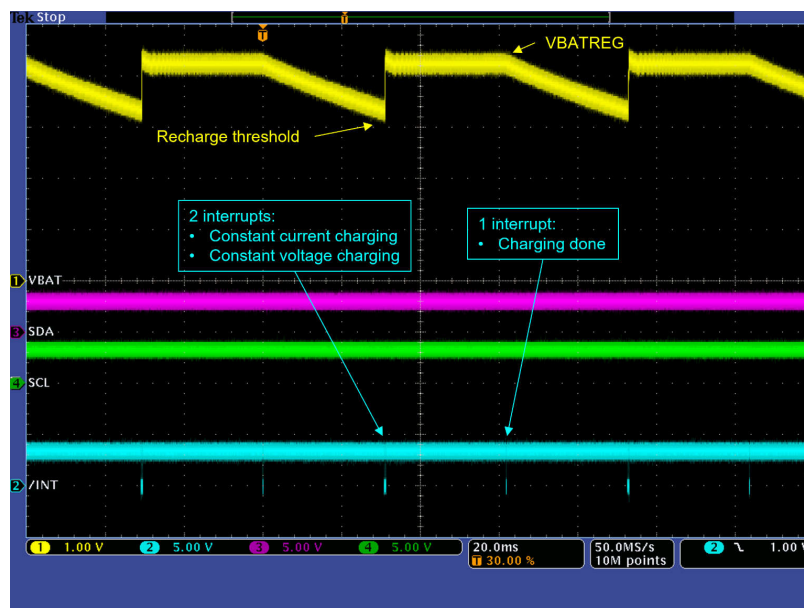


図 1. バッテリー接続なしで充電がイネーブルの BAT ピンの電圧および充電ステータス割り込み

このサイクルにより、充電ステータス ビット (CHG_STAT) が「充電」と「充電完了」の間で切り替わります。充電ステータス が変化するたびに /INT ピンに割り込みが発行されるため、充電ステータス割り込みが繰り返し発生します。

バッテリー取り外し検出シーケンス

ホストは、入力ソースの接続があり、充電がイネーブルで、バッテリーが切断されたときに発生する繰り返し充電ステータス割り込みを使用し、バッテリーが接続されているかどうかを確認するシーケンスを開始できます。充電をディセーブルした後、ホストは BUVLO 割り込みが発生した後に BUVLO_STAT ビットを読み取ることで、BAT ピンの電圧がバッテリー低電圧誤動作防止 (BUVLO) スレッシュホールドを下回るかどうかをチェックします。バッテリーが接続されていない状態では、BAT ピンコンデンサは BUVLO スレッシュホールドを下回るまで放電されます。しかし、バッテリー電圧が低いと BUVLO もトリガされることがあります。バッテリー電圧が低下する場合は、多くの場合、BUVLO スレッシュホールドを最小設定まで下げ、BUVLO_STAT ビットがクリアされているかどうかをチェックすることで、切断されたバッテリーとは区別できます。次のシーケンスでこれらの状態をチェックし、バッテリーが接続されているかどうかを検出できます。

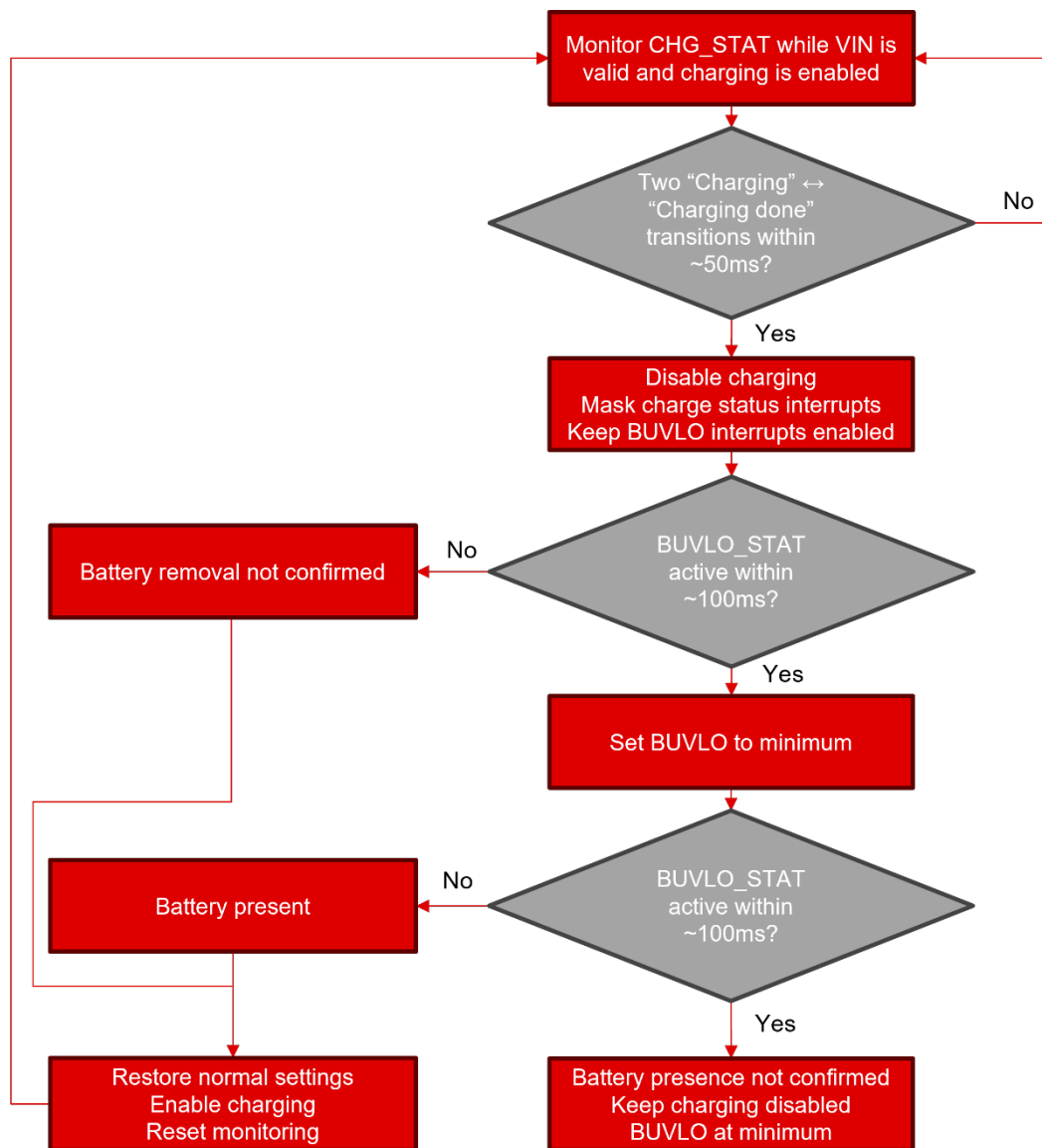


図 2. バッテリー取り外し検出シーケンス

1. VIN が有効 (VIN_PGOOD_STAT = 1) で充電がイネーブルの間に、充電ステータス割り込みの繰り返しを監視します。各割り込みで、ステータスビットとフラグビットを読み取ります。CHG_STAT が「充電」と「充電完了」の間で変化した場合、約 50ms 以内に戻り、手順 2 に進みます。定電流と定電圧両方の充電を「充電」として扱います。
2. 充電ディセーブルビットを使用して充電を無効化します。BUVLO 割り込みをイネーブルのままにして、充電ステータス割り込みをマスクします。

3. バッテリーが接続されていない場合、BAT ピンの電圧が BUVLO スレッシュホールドを下回ると BUVLO 割り込みが発生します。この遅延時間は、図 4 に示す評価基板波形で約 40ms ですが、BAT ピンの容量と負荷に依存し、PCB で測定できるようになります。
4. BUVLO_STAT を読み出して、デバイスが BUVLO に移行したことを確認します。約 100ms 以内に BUVLO が検出されない場合、通常の設定を回復し、充電を有効にして、監視を再開します。それ以外の場合は、手順 5 に進みます。
5. BUVLO スレッシュホールドを最小値に設定してから、BUVLO_STAT を再度読み取ります。
6. BUVLO を下げてから、BUVLO_STAT がクリアされ、約 100ms の間クリアされたままになる場合、バッテリーが接続されていることを示します。たとえば、BUVLO スレッシュホールドを 3.0V から 2.0V に下げると、2.5V のバッテリーで BUVLO をクリアできます。通常の BUVLO スレッシュホールドと割り込み設定を復元し、充電を有効にして、監視を再開します。
7. BUVLO_STAT がアクティブのままになるか、BUVLO を下げてから約 100ms 以内に再びアクティブになる場合、バッテリーの存在は確認されていません。バッテリーがない場合、プロテクタ IC によって切断されている場合、または BUVLO の最小スレッシュホールドを下回っている場合があります。充電をディセーブルにし、BUVLO スレッシュホールドを最小設定のままにします。

バッテリー取り外し検出疑似コードを以下に示します。

```
Monitor battery:
  Read CHG_STAT on each charger interrupt while VIN is valid and charging is enabled.
  Treat constant-current and constant-voltage as CHARGING.

If two CHARGING ↔ CHARGE_DONE transitions occur
within around 50ms:
  Disable charging immediately.
  Mask charge-status interrupts; keep BUVLO interrupts enabled.
  wait for BUVLO_STAT, up to around 100ms.

If BUVLO is not detected:
  Report removal not confirmed.
  Restore normal settings and enable charging.
  Reset monitoring.
Otherwise:
  Set BUVLO to its minimum threshold.

If BUVLO_STAT is clear and remains clear
for around 100ms:
  Report battery present.
  Restore normal settings and enable charging.
  Reset monitoring.
Otherwise:
  Report battery presence not confirmed.
  Leave charging disabled and BUVLO at its minimum setting.
```

表 1. タイミングの例

間隔	時間
2 つの「充電」↔「充電完了」遷移間の最大時間	50ms
充電を無効化した後、BUVLO の待機時間	100ms
BUVLO を最小設定まで下げた後、BUVLO がクリアされたままであるかどうかをチェックする時間	100ms

これらの例のタイミングは、アプリケーションでの BAT ピンの容量と負荷に応じて調整する必要があります。

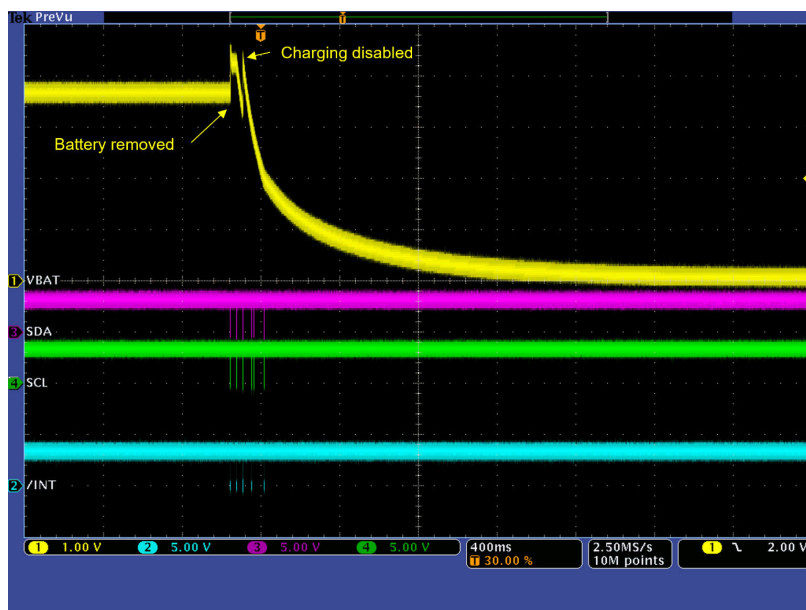


図 3. バッテリー取り外し検出波形

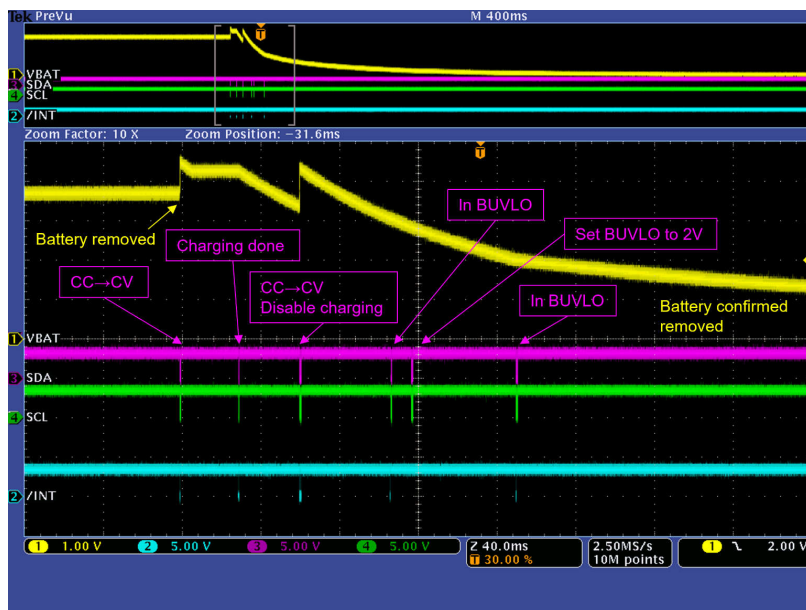


図 4. バッテリーの取り外し検出波形 (拡大図)

充電をディセーブルにする I2C トランザクションは、図 4 の SDA ラインで確認できます。約 40ms 後に、BUVLO 割り込みパルスが BUVLO ステータスが変化したことを示します。この遅延時間は BAT ピンの実効容量によって変化する可能性があるため、PCB のタイミングを確認してください。

バッテリーの再接続

この方法は、再接続されたバッテリー電圧が最小 BUVLO スレッシュホールドを上回っており、いずれのバッテリー プロテクタでバッテリー電圧が BAT ピンに到達できる場合に適用されます。バッテリーが存在することが確認されない場合、ホストは充電をディセーブルにし、最小設定で BUVLO スレッシュホールドを維持しながら、定期的に BUVLO_STAT を読み取ることができます。バッテリーが再接続されて BAT ピンの電圧が BUVLO の立ち上がりスレッシュホールドよりも高くなると、BUVLO_STAT はクリアされます。その後、ホストは通常の BUVLO スレッシュホールドと割り込みの設定を復元し、充電をイネーブルにして、監視を再

開できます。BUVLO を終了しても BUVLO 割り込みは生成されないため、ポーリングが必要です。図 5 に、バッテリーの取り外しと再接続を示します。ホストが BUVLO_STAT がクリアされたことを読み取った後、充電がイネーブルになります。

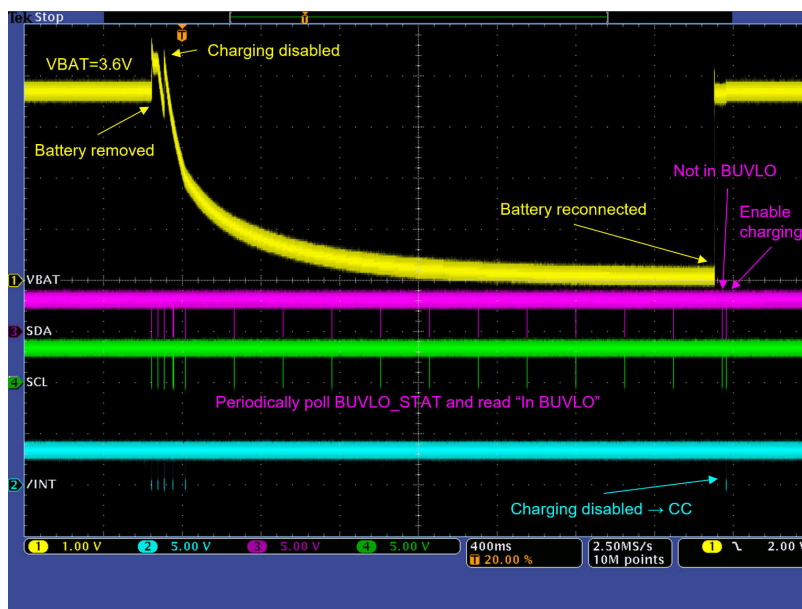


図 5. バッテリーの取り外しと再接続の波形

バッテリー プロテクタの回復

この方式は、バッテリー プロテクタを経由したバッテリーの再接続も検出します。バッテリー電圧がプロテクタの低電圧保護 (UVP) スレッシュホールドを下回ると、プロテクタは放電 FET をオフにして、バッテリーがさらに放電されないようにします。放電 FET をオフにすると、放電 FET ボディ ダイオードがバッテリーから BAT ピンへの電流をブロックするため、バッテリー電圧が BAT ピンに到達できません。したがって、ホストは、バッテリーが UVP 回復スレッシュホールドを超えて充電され、プロテクタが放電 FET をオンにできるように、十分な時間充電を有効にする必要があります。プロテクタの回復条件は、そのデータシートに記載されています。

実装例では、バッテリーの存在が確認されないと、ホストは充電をディセーブルにし続け、バッテリー再接続の確認を継続します。しばらくしてもバッテリーが検出されず、VIN がまだ有効な場合、ホストは通常の BUVLO スレッシュホールドと充電ステータス割り込み設定に復元して、バッテリー プロテクタが UVP から回復できるように、ある程度の時間充電をイネーブルにします。この回復時間が経過すると、ホストは充電がイネーブルの状態でのバッテリー取り外し監視を再開します。「充電」から「充電完了」への移行が繰り返されない場合、これはバッテリーが接続され、BAT ピン電圧が保持されていることを示しています。この例では、バッテリー プロテクタが BQ29700 です。この製品は、UVP スレッシュホールドが 2.8V で、回復ヒステリシスが 100mV であるため、2.9V の UVP 回復スレッシュホールドになります。図 6 に、ホストが充電をイネーブルにした後のバッテリー保護 UVP 回復の例を示します。

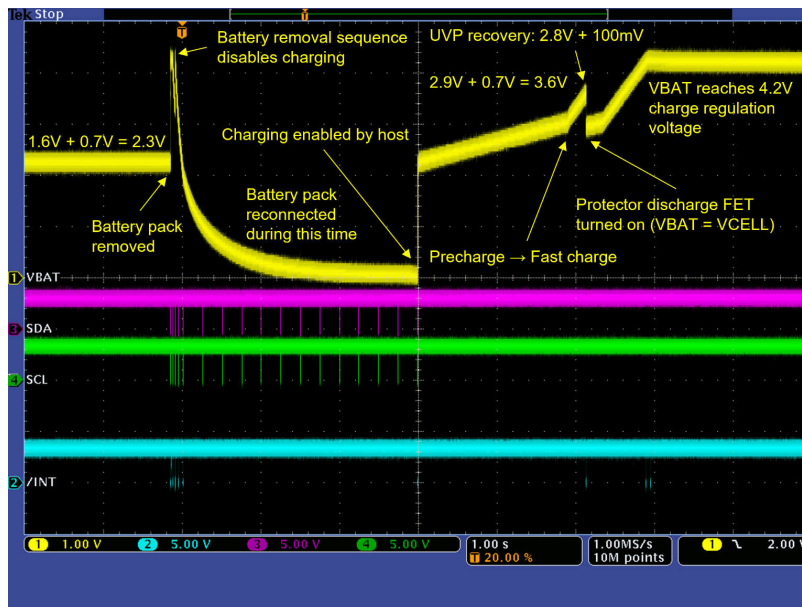


図 6. バッテリー プロテクタ UVP 回復波形

まとめ

このアプリケーション ブリーフでは、BQ2519x と BQ2518x の各リニア バッテリー チャージャ IC のソフトウェアで、バッテリーの取り外し検出機能を実装する方法について説明します。この方法は、バッテリーの再接続とバッテリー プロテクタの回復もサポートしています。

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

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

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

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

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月