

## Application Note

# 電流ベース バッテリ NTC 温度センシング機能を搭載したバッテリ チャージャの TS ピン ネットワークの設計



Alec Lehman

## 概要

このアプリケーション ノートでは、電流ベース バッテリ NTC 温度センシング機能を搭載したバッテリ チャージャの外部 TS ピン ネットワークを設計する方法について説明します。これは、バッテリ温度監視機能を実装するシステム設計者を対象としています。これが適用されるのは、デバイス構成のみでは実現できない特定の充電プロファイルがバッテリに必要な場合、またはバッテリ パックの NTC サーミスタがチャージャの設計対象の NTC タイプ (25°C で 10kΩ、 $\beta(25/85^{\circ}\text{C})=3435\text{K}$ ) と適合しない場合です。このアプリケーション ノートでは、必要な直列および並列補償抵抗の計算、結果として得られる温度スレッシュホールドの検証、部品とデバイスの許容誤差全体にわたるワーストケーストリップ温度の評価を行う方法をご紹介します。

## 目次

1 概要.....	2
2 設計手順.....	3
2.1 ステップバイステップの計算方法.....	3
3 設計の例.....	4
3.1 事例 1: BQ25190、標準 NTC ベータ値、10°C ~ 45°C.....	4
3.2 事例 2: BQ25188、異なる NTC ベータ値、0°C ~ 45°C.....	5
3.3 事例 3: BQ25170、標準 NTC ベータ値、-10°C ~ 60°C.....	6
4 誤差解析.....	7
4.1 ワーストケース分析手法.....	7
4.2 例: BQ25190、10°C ~ 45°C のワーストケース誤差分析.....	9
5 NTC サーミスタ モデル化.....	10
6 まとめ.....	11
7 参考資料.....	11

## 商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 1 概要

このアプリケーション ノートでは、電流ベース TS 機能を搭載したチャージャの外部温度センシング (TS) ピン ネットワークを設計する方法について説明します。これが適用されるのは、デバイス構成のみでは実現できない特定の充電プロファイルがセルに必要な場合、またはバッテリー パックの NTC サーミスタがチャージャの設計対象のタイプ ( $25^{\circ}\text{C}$  で  $10\text{k}\Omega$ 、 $\beta(25/85^{\circ}\text{C})=3435\text{K}$ ) と適合しない場合です。このような場合、直列および並列に抵抗を NTC に追加することで、温度範囲全体にわたって TS ネットワーク抵抗を調整できます。このアプリケーション ノートでは、これらの補償抵抗を選択する方法、および結果として得られる温度スレッシュホールドを検証する方法を示します。このガイドには、電圧ベース TS の実装に関する説明は含まれていません。

電流ベース TS 実装では、TS ピンの内部定電流源を使用して NTC をバイアスし、その結果として得られる電圧が、個別の温度ゾーン (通常は COLD、COOL、WARM、HOT) に対応する内部リファレンス電圧スレッシュホールドと比較されます。したがって、TS ピンの電圧は NTC の抵抗か、外部補償抵抗を追加した場合は完全な TS ネットワークの等価抵抗によって設定されます。

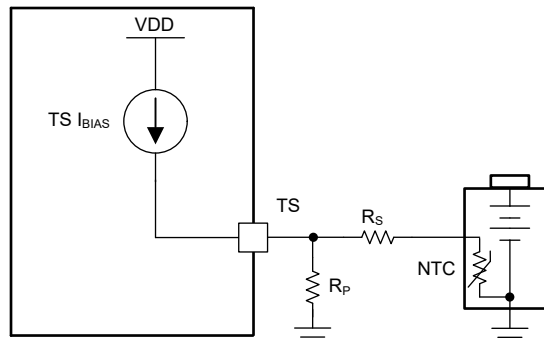


図 1-1. 電流ベース TS のブロック図

内部 TS 電圧スレッシュホールドは、 $25^{\circ}\text{C}$  における公称抵抗値が  $10\text{k}\Omega$ 、ベータ値が  $\beta(25/85^{\circ}\text{C})=3435\text{K}$  の NTC での使用を想定して設計されています。このタイプの NTC を使用する場合、NTC を TS ピンに直接接続でき、温度スレッシュホールドはチャージャのデータシートに規定されている値と整合させます。

## 2 設計手順

### 2.1 ステップバイステップの計算方法

以下の手順を用いて、必要な直列および並列補償抵抗を計算します。

1. セルのデータシートを用いて、必要なバッテリー温度スレッシュホールドを特定します。
2. データシートを用いて、対応する TS 電圧スレッシュホールドを見つけます。一部のチャージャでは、TS 電圧スレッシュホールドを構成できます。目的の温度制限に最も近い TS 電圧スレッシュホールドを選択します。NTC サーミスタの場合、高温側のスレッシュホールドは低い TS 電圧スレッシュホールドに対応し、低温側のスレッシュホールドは高い TS 電圧スレッシュホールドに対応します。
3.  $T_{HOT}$  および  $T_{COLD}$  での NTC の抵抗を判断します。NTC データシートに R-T 表が記載されている場合、その表の  $R_{NTC}$  の値を使用します。それ以外の場合は、ベータ式の指数形式を使用して、温度範囲全体の NTC の抵抗値を概算します。

$$R_T = R_{25} e^{\beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}} \right)} \quad (1)$$

ここで:

- $R_{25}$  は 25°C での NTC 抵抗
- $T$  は温度 (ケルビン単位)
- $T_{25} = 298.15K$  (25°C をケルビンに変換)
- $\beta$  はベータ値 (ケルビン単位)

4. 以下の式を使用して、必要な直列および並列抵抗の値を計算します。

$$R_S = \frac{-(R_{HOT} + R_{COLD}) \pm \sqrt{(R_{HOT} + R_{COLD})^2 - 4 \left( R_{HOT} R_{COLD} + \frac{V_{HOT} V_{COLD}}{(V_{HOT} - V_{COLD}) I_{BIAS}} (R_{COLD} - R_{HOT}) \right)}}{2} \quad (2)$$

$$R_P = \frac{V_{HOT} (R_S + R_{HOT})}{I_{BIAS} (R_{HOT} + R_S) - V_{HOT}} \quad (3)$$

ここで:

- $V_{COLD}$  は低温 TS スレッシュホールド
- $V_{HOT}$  は高温 TS スレッシュホールド
- $R_{COLD}$  は  $T_{COLD}$  における NTC 抵抗
- $R_{HOT}$  は  $T_{HOT}$  における NTC 抵抗
- $I_{BIAS}$  は TS ピンの内部定電流源からのバイアス電流

数学的には、直列と並列の補償抵抗を使用する場合、正確に満たすことができる温度スレッシュホールドは 2 つのみです。補償付き TS ネットワークには、 $R_S$  と  $R_P$  という 2 つの未知数があります。 $T_{COLD}$  および  $T_{HOT}$  の 2 つの温度で TS 電圧を指定するには、次の 2 つの式を示します。 $V_{TS}(T_{COLD})=V_{COLD}$  および  $V_{TS}(T_{HOT})=V_{HOT}$ 。これにより、 $R_S$  と  $R_P$  を同時に解くことができます。結果として、式 2 および式 3 が得られます。ほとんどの場合、COLD と HOT のスレッシュホールドを正確に満たしてから、結果として生じる WARM と COOL のスレッシュホールドを確認するのが最善の方法となります。

5. 的のトリップ温度における  $R_{NTC}$  を式 4 に代入することで、算出された  $R_S$  と  $R_P$  に基づいて構成された HOT と COLD エントリ TS スレッシュホールドを確認します。結果として得られる  $V_{TS}$  を、チャージャのデータシートに記載されている TS スレッシュホールドと比較します。

$$V_{TS} = I_{BIAS} (R_P \parallel (R_S + R_{NTC})) \quad (4)$$

残りの COOL、WARM、終了スレッシュホールドは、各 TS 電圧スレッシュホールドでの NTC 抵抗を逆算してから、NTC の R-T 表または式 14 のベータ式を使用して、その抵抗を温度に変換することで確認できます。

### 3 設計の例

#### 3.1 事例 1: BQ25190、標準 NTC ベータ値、10°C ~ 45°C

医療用アプリケーション向けの以下の充電要件をサポートできる BQ25190 の電流ベース TS ネットワークを設計します。バッテリー NTC の温度が 45°C を上回るか、10°C を下回ると、充電が一時停止します。

1. 必要なバッテリー温度スレッシュホールドを特定します。

- $T_{HOT} = 45^{\circ}\text{C}$
- $T_{COLD} = 10^{\circ}\text{C}$

2. BQ25190 データシートを用いて、TS 電圧スレッシュホールドを見つけます。

- $V_{HOT} = 0.276\text{V}$
- $V_{COLD} = 0.580\text{V}$

3.  $T_{HOT}$  および  $T_{COLD}$  での NTC の抵抗を判断します。

25°C で  $10\text{k}\Omega$ 、 $\beta(25/85^{\circ}\text{C})=3435\text{K}$  の NTC を想定すると、式 1 に示されているベータ式の指数形式を用いて、 $R_{HOT}$  および  $R_{COLD}$  を計算します。

- $R_{HOT} = 4,847\Omega$
- $R_{COLD} = 18,410\Omega$

4. 必要な直列抵抗および並列抵抗を計算します。

BQ25190 データシートの数値:

- $I_{BIAS} = 80\mu\text{A}$
- $V_{HOT} = 0.276\text{V}$
- $V_{COLD} = 0.580\text{V}$

式 2 を使用して直列抵抗を計算します。

- $R_{S,1} = 1.79\Omega$
- $R_{S,2} = -23,259\Omega$

有効な解  $R_{S,1}$  および式 3 を使用して、並列抵抗  $R_P$  を計算します。

- $R_P = 11,959\Omega$

計算値から標準 E96 系列 (許容誤差 1%) 抵抗値を選択します。

- $R_S = 0\Omega$  (短絡)
- $R_P = 12\text{k}\Omega$

5. 式 4 を用いて、これらの抵抗値から得られる TS スレッシュホールドを確認します。

- $V_{TS, HOT} = 80\mu\text{A} (12\text{k}\Omega \parallel (0\Omega + 4,847\Omega)) = 0.276\text{V}$
- $V_{TS, COLD} = 80\mu\text{A} (12\text{k}\Omega \parallel (0\Omega + 18,410\Omega)) = 0.581\text{V}$

これらのエントリ スレッシュホールドは、手順 2 に示されている BQ25190 の COLD および HOT スレッシュホールドに整合します。

### 3.2 事例 2: BQ25188、異なる NTC ベータ値、0°C ~ 45°C

ウェアラブル アプリケーション向けの以下の充電要件をサポートできる BQ25188 の電流ベース TS ネットワークを設計します。

バッテリー NTC が 45°C を上回るか、0°C を下回ると、充電が一時停止します。10kΩ、 $\beta(25/85^\circ\text{C})=3610\text{K}$  NTC を使用します。

1. 必要なバッテリー温度スレッシュホールドを特定します。

- $T_{\text{HOT}} = 45^\circ\text{C}$
- $T_{\text{COLD}} = 0^\circ\text{C}$

2. BQ25188 データシートを用いて、TS 電圧スレッシュホールドを見つけます。

BQ25188 は HOT および COLD 電圧スレッシュホールドを構成可能なため、必要な温度スレッシュホールドと最も近いスレッシュホールドを選択します。HOT=45°C および COLD=0°C のスレッシュホールドが利用可能ですが、これらは 10kΩ、 $\beta(25/85^\circ\text{C})=3435\text{K}$  NTC に対応しています。異なる NTC を使用するため、直列抵抗と並列抵抗が必要です。

- $V_{\text{HOT}} = 0.1850\text{V}$
- $V_{\text{COLD}} = 1.0075\text{V}$

3.  $T_{\text{HOT}}$  および  $T_{\text{COLD}}$  での NTC の抵抗を判断します。

25°C で 10kΩ、 $\beta(25/85^\circ\text{C})=3610\text{K}$  の NTC を使用し、式 1 に示されているベータ式の指数形式を用いて、 $R_{\text{HOT}}$  および  $R_{\text{COLD}}$  を計算します。

- $R_{\text{HOT}} = 4,671\Omega$
- $R_{\text{COLD}} = 30,288\Omega$

4. 必要な直列抵抗および並列抵抗を計算します。

BQ25188 データシートの数値:

- $I_{\text{BIAS}} = 38\mu\text{A}$
- $V_{\text{HOT}} = 0.1850\text{V}$
- $V_{\text{COLD}} = 1.0075\text{V}$

式 2 を使用して直列抵抗を計算します。

- $R_{\text{S},1} = 320\Omega$
- $R_{\text{S},2} = -35,279\Omega$

有効な解  $R_{\text{S},1}$  および式 3 を使用して、並列抵抗  $R_{\text{P}}$  を計算します。

- $R_{\text{P}} = 198,178\Omega$

計算値から標準 E96 系列 (許容誤差 1%) 抵抗値を選択します。

- $R_{\text{S}} = 316\Omega$
- $R_{\text{P}} = 196\text{k}\Omega$

5. 式 4 を用いて、これらの抵抗値から得られる TS スレッシュホールドを確認します。

- $V_{\text{TS}, \text{HOT}} = 38\mu\text{A} (196\text{k}\Omega \parallel (316\Omega + 4,671\Omega)) = 0.1848\text{V}$
- $V_{\text{TS}, \text{COLD}} = 38\mu\text{A} (196\text{k}\Omega \parallel (316\Omega + 30,288\Omega)) = 1.0059\text{V}$

これらのスレッシュホールドは、手順 2 に示されている BQ25188 の COLD および HOT スレッシュホールドに整合します。

### 3.3 事例 3: BQ25170、標準 NTC ベータ値、 $-10^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$

パーソナル エレクトロニクス アプリケーション向けの以下の充電要件をサポートできる BQ25170 の電流ベース TS ネットワークを設計します。

バッテリー NTC が  $60^{\circ}\text{C}$  を上回るか、 $-10^{\circ}\text{C}$  を下回ると、充電が一時停止します。  $10\text{k}\Omega$ 、 $\beta(25/85^{\circ}\text{C})=3435\text{K}$  NTC にはベンダーの R-T 特性データを使用します。

1. 必要なバッテリー温度スレッシュホールドを特定します。

- $T_{\text{HOT}} = 60^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{COLD}} = -10^{\circ}\text{C}$

2. BQ25170 データシートを用いて、TS 電圧スレッシュホールドを見つけます。

- $V_{\text{HOT}} = 0.188\text{V}$
- $V_{\text{COLD}} = 1.04\text{V}$

3.  $T_{\text{HOT}}$  および  $T_{\text{COLD}}$  での NTC の抵抗を判断します。

ベンダーの R-T 表の数値:

- $R_{\text{HOT}} = 3.02\text{k}\Omega$
- $R_{\text{COLD}} = 42.47\text{k}\Omega$

4. 必要な直列抵抗および並列抵抗を計算します。

BQ25170 データシートの数値:

- $I_{\text{BIAS}} = 38\mu\text{A}$
- $V_{\text{HOT}} = 0.188\text{V}$
- $V_{\text{COLD}} = 1.04\text{V}$

式 2 を使用して直列抵抗を計算します。

- $R_{\text{S},1} = 2,301\Omega$
- $R_{\text{S},2} = -47,791\Omega$

有効な解  $R_{\text{S},1}$  および式 3 を使用して、並列抵抗  $R_{\text{P}}$  を計算します。

- $R_{\text{P}} = 70,409\Omega$

計算値から標準 E96 系列 (許容誤差 1%) 抵抗値を選択します。

- $R_{\text{S}} = 2.32\text{k}\Omega$
- $R_{\text{P}} = 69.8\text{k}\Omega$

5. 式 4 を用いて、これらの抵抗値から得られる TS スレッシュホールドを確認します。

- $V_{\text{TS, HOT}} = 38\mu\text{A} (69.8\text{k}\Omega \parallel (2.32\text{k}\Omega + 3.02\text{k}\Omega)) = 0.188\text{V}$
- $V_{\text{TS, COLD}} = 38\mu\text{A} (69.8\text{k}\Omega \parallel (2.32\text{k}\Omega + 42.47\text{k}\Omega)) = 1.04\text{V}$

これらのスレッシュホールドは、手順 2 に示されている BQ25170 の COLD および HOT スレッシュホールドに整合します。

## 4 誤差解析

### 4.1 ワorstケース分析手法

実際の高温および低温トリップ温度は、部品とデバイスの許容誤差によって異なります。したがって、必要な充電制限がすべての条件で満たされていることを確認するには、ワorstケース分析を使用して、TS ネットワークを分析する必要があります。これは、TI Charger GUI の電流ベース TS カリキュレータに実装されている誤差分析手法です。この資料におけるワorstケース分析とは、TS ネットワーク パラメータの最小値と最大値を用いて、HOT および COLD のトリップ温度の極端な値を算出することを指しています。

TS ネットワークのワorstケース分析を実行するには、次の手順を実行します。

- TS ネットワーク パラメータのワorstケース値を特定します。
  - NTC  $R_{25}$  の許容誤差
  - NTC ベータの許容誤差
  - $R_S$  および  $R_P$  抵抗の許容誤差
  - TS バイアス電流の変動 (最小値/標準値/最大値)
  - TS スレッシュホールドの変動 (最小値/標準値/最大値)
- 式 9 を用いて、ワorstケース パラメータ値におけるトリップ ポイントでの NTC 抵抗を計算します。選択した TS スレッシュホールド電圧を等価 TS ネットワーク抵抗に変換して、式 9 を導出します。

$$V_{TH} = I_{BIAS}R_{eq} \quad (5)$$

$$R_{eq} = \frac{V_{TH}}{I_{BIAS}} \quad (6)$$

補償付き TS ネットワーク式を使用します。

$$R_{eq} = R_P \parallel (R_S + R_{NTC}) \quad (7)$$

$R_{NTC}$  を解きます。

$$R_{NTC} = \frac{R_{eq}(R_P + R_S) - R_P R_S}{R_P - R_{eq}} \quad (8)$$

$$R_{NTC} = \frac{\frac{V_{TH}}{I_{BIAS}}(R_P + R_S) - R_P R_S}{R_P - \frac{V_{TH}}{I_{BIAS}}} \quad (9)$$

ワorstケース  $R_{NTC}$  の式は次のとおりです。

$$R_{NTC, max} = \frac{\frac{V_{TH, max}}{I_{BIAS, min}}(R_{P, min} + R_{S, min}) - R_{P, min}R_{S, min}}{R_{P, min} - \frac{V_{TH, max}}{I_{BIAS, min}}} \quad (10)$$

$$R_{NTC, min} = \frac{\frac{V_{TH, min}}{I_{BIAS, max}}(R_{P, max} + R_{S, max}) - R_{P, max}R_{S, max}}{R_{P, max} - \frac{V_{TH, min}}{I_{BIAS, max}}} \quad (11)$$

3. NTC データシートに記載されている R-T 表を使用して、算出された  $R_{NTC}$  のトリップ ポイント抵抗を温度に変換します。算出された  $R_{NTC}$  が 2 行の間にある場合は、リニア補間を使用して対応する温度を計算できます。算出された  $R_{NTC}$  が 2 行の誤差範囲内にある場合は、ワーストケース温度を選択します。

- $(T_1, R_1)$
- $(T_2, R_2)$

$$\frac{T - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{R_{NTC} - R_1}{R_2 - R_1} \quad (12)$$

$$T = T_1 + \frac{R_{NTC} - R_1}{R_2 - R_1}(T_2 - T_1) \quad (13)$$

残りのワーストケーストリップ温度範囲を求めます。

R-T 表を利用できない場合は、式 14 に示されているベータ式を用いて、ベータと  $R_{25}$  のワーストケース値を使用してトリップ温度を計算できます。

$$T = \left( \frac{1}{T_0} + \frac{1}{\beta} \ln \left( \frac{R_{NTC}}{R_{25}} \right) \right)^{-1} \quad (14)$$

T はケルビンです

最小ワーストケーストリップ温度:

$$T = \left( \frac{1}{T_{25}} + \frac{1}{\beta_{min}} \ln \left( \frac{R_{NTC, max}}{R_{25, min}} \right) \right)^{-1} \quad (15)$$

最大ワーストケーストリップ温度:

$$T = \left( \frac{1}{T_{25}} + \frac{1}{\beta_{max}} \ln \left( \frac{R_{NTC, min}}{R_{25, max}} \right) \right)^{-1} \quad (16)$$

## 4.2 例: BQ25190、10°C ~ 45°C のワーストケース誤差分析

10°C ~ 45°C の温度範囲を対象とした例 1 では、直列抵抗および並列抵抗が選定されています。

- $R_S = 0\Omega$  (短絡)
- $R_P = 12.0k\Omega$

1. BQ25190 のワーストケース値を特定します。

- $R_S$  および  $R_P$  抵抗の許容誤差: 1%
- $I_{BIAS}$ : 76.8 $\mu$ A (最小値)、80 $\mu$ A (標準値)、83.2 $\mu$ A (最大値)
- $V_{COLD}$ : 0.576V (最小値)、0.580V (標準値)、0.584V (最大値)
- $V_{HOT}$ : 0.272V (最小値)、0.276V (標準値)、0.280V (最大値)

2. 式 10 および 11 を使用して、ワーストケース パラメータ値の等価 TS ネットワーク抵抗を計算します。

熱い

- $R_{NTC, max} = 5,260\Omega$
- $R_{NTC, min} = 4,477\Omega$

低温

- $R_{NTC, max} = 21,127\Omega$
- $R_{NTC, min} = 16,146\Omega$

3. NTC の R-T 表を使用して、算出されたワーストケース  $R_{NTC}$  に対応するワーストケース温度を求めます。または、ベータ式を使用してワーストケース温度を計算します。この例では、ベータ式を使用しています。

- 最高 HOT エントリ温度 = 48°C
- 最低 HOT エントリ温度 = 42°C
- 最高 COLD エントリ温度 = 14°C
- 最低 COLD エントリ温度 = 6°C

これらの結果は、TI Charger GUI で使用できる電流ベース TS カリキュレータ出力と整合します。

**表 4-1. 電流ベース TS カリキュレータ出力**

	最小値	標準値	最大値
低温開始	6	10	14
低温終了	8	12	16
高温開始	42	45	48
高温終了	39	42	45

## 5 NTC サーミスタ モデル化

NTC サーミスタの温度範囲全体にわたる抵抗は、ベータ式を使用して概算できます。

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_{25}} + \frac{1}{\beta} \ln \frac{R_T}{R_{25}} \quad (17)$$

$n(R)$  対  $1/T$  の空間において、ベータ式はよく知られた線形形式  $y=mx+b$  をとります。大半のバッテリー温度範囲において、ベータ式は通常、十分な精度を有しています。しかし、目的の温度センシング精度 ( $\pm C^\circ$ ) を確実に実現するためには、TS システムの誤差の発生源を考慮することが重要です。

NTC サーミスタのベータ値は材料定数 (ケルビン単位) であり、その抵抗値と温度の指数関係を表します。温度に応じて抵抗値がどの程度大きく変化するかを示しています。NTC サーミスタのデータシートでは、多くの場合、特定の温度範囲のベータ値を指定しています。たとえば、 $\beta(25/85^\circ\text{C})=3435\text{K}$  などです。これは、ベータ式が NTC サーミスタの R-T 特性の近似値であるためです。ln(R) 対  $1/T$  の空間では、ベータ式は完全に直線を生成しますが、NTC の測定データは完全に線形ではありません。この曲線は低温ではわずかに傾き、高温でより平坦になります。言い換えると、実際の場合、温度が低い場合は抵抗値が温度の影響を受けやすくなり、高温では温度に対する感受性が低くなるということです。

このため、 $\beta$  は通常、範囲内温度で規定されます。この場合、ln( $R_T$ ) 対  $1/T$  の空間における実際の NTC の勾配は非常に線形で、ベータ式の勾配とより密接に一致します。 $\beta(25/85^\circ\text{C})$  のベータは、 $25^\circ\text{C}$  および  $85^\circ\text{C}$  における NTC の抵抗値を実験的に測定し、これら 2 ポイントでのベータ式を使用して計算されます。

$$\beta\left(\frac{25^\circ\text{C}}{85^\circ\text{C}}\right) = \frac{\ln\left(\frac{R_{25}}{R_{85}}\right)}{\frac{1}{T_{25}} - \frac{1}{T_{85}}} \quad (18)$$

T はケルビンです

NTC サーミスタのデータシートでは、多くの場合、複数の温度範囲に対する  $\beta$  値が規定されています。たとえば、室温付近でのセンシングとして  $\beta(25/85^\circ\text{C})$ 、 $\beta(25/100^\circ\text{C})$ 、 $\beta(25/50^\circ\text{C})$  など、あるいは低温域でのセンシングとして  $\beta(0/50)$  などが挙げられます。

リチウムイオンまたはリン酸鉄リチウム バッテリーの一般的な充電範囲には以下のものがあります。

- $0^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$
- $10^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$
- $0^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$

したがって、TS スレッシュホールドの監視では、バッテリーの充電温度範囲に最も近いベータ値の範囲を考慮する必要があります。たとえば、充電温度範囲が  $0^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$  の場合、 $\beta$  に最も近い近似値に  $\beta(25/85^\circ\text{C})$  の値を使用します。これは非常に一般的なベータ値です。

電流ベース TS を実装する場合、式 1 に示されているベータ式の指数形式は、TS ピンの電圧  $V_{TS}$  を用いて書き換えることができます。

$$V_{TS} = I_{BIAS} \left( R_{25} e^{\beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}} \right)} \right) \quad (19)$$

T はケルビンです

式 19 は、直列抵抗と並列抵抗を含めて書き換えることができます。

$$V_{TS} = I_{BIAS} \left( R_P^{-1} + \left( R_S + R_{25} e^{\beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}} \right)} \right)^{-1} \right)^{-1} \quad (20)$$

式 19 と式 20 をグラフにして、温度範囲全体にわたる TS 電圧を視覚化できます。

## 6 まとめ

このアプリケーション ノートでは、電流ベース バッテリ NTC 温度センシング機能を搭載したバッテリ チャージャの外部 TS ピン ネットワークを設計する方法について説明しています。外部直列および並列補償抵抗は、デバイス構成のみでは実現できない特定の充電プロファイルが必要な場合、またはバッテリ パックの NTC がチャージャの設計対象のデフォルトタイプと適合しない場合に使用できます。このアプリケーション ノートでは、抵抗値の計算、結果として得られるスレッショルドの検証、部品とデバイスの許容誤差全体にわたるワーストケーストリップ温度を評価を行う方法をご紹介します。可能であれば、最も正確な温度計算には NTC の R-T 表を使用してください。それ以外の場合は、近似としてベータ式を使用します。

## 7 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、『[BQ25190:昇降圧、DVS 降圧、LDO、ADC、パワー パスを内蔵した I2C 制御の 1 セル、1A リニア バッテリ チャージャ](#)』データシート。
2. テキサス インスツルメンツ、『[BQ25188:パワー パス、シップ モード、シャットダウン モード、バッテリトランッキング VINDPM、広い VIN サポートを搭載した I2C 制御の 1 セル、1A リニア バッテリ チャージャ](#)』データシート
3. テキサス インスツルメンツ、『[BQ25170:1 セル リチウムイオンおよび LiFePO4 向けの 800mA リニア バッテリ チャージャ](#)』データシート。
4. テキサス インスツルメンツ、『[TI-Charger-GUI ツール](#)』、Web ページ。

## 重要なお知らせと免責事項

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

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

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

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

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

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月