# TMP411 n 係数および直列抵抗補正機能付き ±1°Cリモート / ローカル温度センサ

## 1 特長

- ±1°Cのリモート ダイオード センサ
- ±1°C のローカル温度センサ
- プログラム可能な非理想係数
- 直列抵抗のキャンセル
- アラート機能
- システム キャリブレーション用のオフセット レジスタ
- ADT7461 および ADM1032 と互換性のあるピンおよびレジスタ
- プログラム可能な分解能：9～12 ビット
- スレッショルド値をプログラム可能
- 2 線式および SMBus シリアル インターフェイス
- 最高および最低温度モニタ
- 複数のインターフェイス アドレス
- $\overline{\text{ALERT}}$ ピンと $\overline{\text{THERM2}}$ ピンの構成
- ダイオードのフォルト検出

## 2 アプリケーション

- 先進運転支援システム (ADAS)
- ボディ エレクトロニクス / ライティング
- ハイブリッド、電気、パワートレイン システム
- インフォテインメント / クラスタ
  - ヘッド ユニット / デジタル コックピット
  - オートモーティブ ディスプレイ
- エンタープライズ システム
- プロセッサおよび FPGA の温度監視

## 3 概要

TMP411 デバイスは、ローカル温度センサを内蔵したリモート温度センサ モニタです。リモート温度センサのダイオード接続トランジスタは、一般に低コストな NPN 型または PNP 型トランジスタまたはダイオードであり、これらはマイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、または FPGA に不可欠な要素です。

複数のデバイス製造元についてリモート精度±1°Cで、較正は必要ありません。2 線式シリアル インターフェイスは SMBus のバイト書き込み、バイト読み取り、バイト送信、バイト受信の各コマンドを受け付け、アラーム スレッショルドのプログラミングや温度データの読み取り出が可能です。

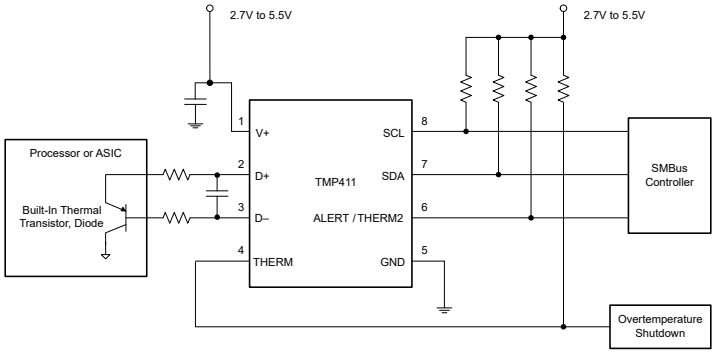
TMP411 デバイスには、直列抵抗の相殺、プログラム可能な非理想係数、プログラム可能な分解能、プログラム可能なスレッショルド値、最大精度を得るためユーザー定義オフセット レジスタ、最低温度と最高温度のモニタ、広いリモート温度測定範囲 (最高 150°C)、ダイオード フォルト検出、温度アラート機能などの機能が搭載されています。

TMP411 デバイスは、VSSOP-8 パッケージおよび SOIC-8 パッケージで供給されます。

**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) |
|---|---|---|
| TMP411 | VSSOP (8) | 3.00mm × 4.90 mm |
| | SOIC (8) | 4.90mm × 6.00 mm |

(1) 詳細については、セクション 13 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。




**概略ブロック図**

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。

# 目次

**1 特長** ... 1
**2 アプリケーション** ... 1
**3 概要** ... 1
**4 デバイスの比較** ... 3
**5 ピン構成および機能** ... 3
**6 仕様** ... 4
6.1 絶対最大定格 ... 4
6.2 ESD 定格 ... 4
6.3 推奨動作条件 ... 4
6.4 熱に関する情報 ... 4
6.5 電気的特性 ... 5
6.6 タイミング特性 ... 6
6.7 2 線式のタイミング図 ... 7
**7 代表的特性** ... 8
**8 詳細説明** ... 10
8.1 概要 ... 10
8.2 機能ブロック図 ... 11
8.3 機能説明 ... 11
8.4 デバイスの機能モード ... 14
8.5 プログラミング ... 14
**9 レジスタ マップ** ... 20
9.1 レジスタ情報 ... 22
9.2 ポインタ レジスタ ... 22
9.3 温度レジスタ ... 22
9.4 制限レジスタ ... 23
9.5 ステータス レジスタ ... 23
9.6 構成レジスタ ... 24
9.7 分解能レジスタ ... 25
9.8 変換レート レジスタ ... 26
9.9 n 係数補正レジスタ ... 27
9.10 最小レジスタと最大レジスタ ... 28
9.11 連続アラート レジスタ ... 29
9.12 $\overline{\text{THERM}}$ ヒステリシス レジスタ ... 29
9.13 リモート温度オフセット レジスタ ... 30
9.14 識別レジスタ ... 30
**10 アプリケーションと実装** ... 30
10.1 アプリケーション情報 ... 30
10.2 代表的なアプリケーション ... 30
10.3 電源に関する推奨事項 ... 32
10.4 レイアウト ... 32
**11 デバイスおよびドキュメントのサポート** ... 34
11.1 ドキュメントのサポート ... 34
11.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法 ... 34
11.3 サポート・リソース ... 34
11.4 商標 ... 35
11.5 静電気放電に関する注意事項 ... 35
11.6 用語集 ... 35
**12 改訂履歴** ... 35
**13 メカニカル、パッケージ、および注文情報** ... 36
13.1 テープおよびリール情報 ... 36


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

# 4 デバイスの比較

**表 4-1. デバイスの比較**

| 部品番号 | I²C 2 進数アドレス | I²C 16 進数アドレス | オフセット レジスタ |
|---|---|---|---|
| TMP411A | 100 1100b | 4Ch | なし |
| TMP411B | 100 1101b | 4Dh | なし |
| TMP411C | 100 1110b | 4Eh | なし |
| TMP411E | 100 1100b | 4Ch | あり |

# 5 ピン構成および機能

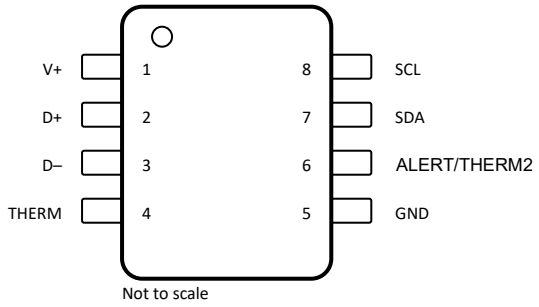



**図 5-1. DGK および D パッケージ 8 ピン VSSOP、SOIC 上面図**

**表 5-1. ピンの機能**

| ピン | | タイプ | 説明 |
|---|---|---|---|
| 名称 | 番号 | | |
| $\overline{\text{ALERT}}$/$\overline{\text{THERM2}}$ | 6 | デジタル出力 | アラート (第 2 のサーマル フラグとして再構成可能)、アクティブ Low、オープン ドレイン。V+ へのプルアップ抵抗が必要。 |
| D+ | 2 | アナログ入力 | リモート温度センサへの正の接続 |
| D– | 3 | アナログ入力 | リモート温度センサへの負の接続 |
| GND | 5 | グランド | グランド |
| SCL | 8 | デジタル入力 | SMBus 用シリアル クロック ライン、オープン ドレイン。V+ へのプルアップ抵抗が必要。 |
| SDA | 7 | 双方向デジタル入出力 | SMBus 用シリアル データ ライン、オープン ドレイン。V+ へのプルアップ抵抗が必要。 |
| $\overline{\text{THERM}}$ | 4 | デジタル出力 | サーマル フラグ、アクティブ Low、オープン ドレイン。V+ へのプルアップ抵抗が必要。 |
| V+ | 1 | 電源 | 正電源 (2.7V～5.5V) |

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

# 6 仕様

## 6.1 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 |
|---|---|---|---|---|
| 入力電圧 | ピン 2、ピン 3 のみ | -0.5 | 2 | V |
| 入力電圧 | ピン 4、ピン 6、ピン 7、ピン 8 のみ | -0.5 | 6 | V |
| 入力電流 | | | 10 | mA |
| 電源電圧、V+ | | | 7 | V |
| 動作温度範囲 | | -55 | 127 | ℃ |
| 接合部温度、$T_{J(max)}$ | | | 150 | ℃ |
| 保管温度、$T_{stg}$ | | -60 | 130 | ℃ |

(1) 「絶対最大定格」の範囲外の動作は、デバイスの永続的な損傷の原因となる可能性があります。「絶対最大定格」は、これらの条件において、または「推奨動作条件」に示された値を超える他のいかなる条件でも、本製品が正しく動作することを暗に示す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」の範囲外で使用した場合、本デバイスは完全に機能するとは限らず、このことが本デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、本デバイスの寿命を縮める可能性があります。

## 6.2 ESD 定格

| | | | 値 | 単位 |
|---|---|---|---|---|
| $V_{(ESD)}$ | 静電放電 | 人体モデル (HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 準拠(1) | ±3000 | V |
| | | デバイス帯電モデル (CDM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 準拠 (2) | ±1000 | |

(1) JEDEC のドキュメント JEP155 に、500V HBM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。
(2) JEDEC のドキュメント JEP157 に、250V CDM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。

## 6.3 推奨動作条件

自由空気での温度範囲内 (特に記述のない限り)

| | | 最小値 | 公称値 | 最大値 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|
| V+ | 電源電圧 | 2.7 | 3.3 | 5.5 | V |
| $T_A$ | 自由空気での動作温度 | -40 | | 125 | ℃ |

## 6.4 熱に関する情報

| 熱評価基準(1) | | TMP411 | | 単位 |
|---|---|---|---|---|
| | | D (SOIC) | DGK (VSSOP) | |
| | | 8 ピン | 8 ピン | |
| $R_{\theta JA}$ | 接合部から周囲への熱抵抗 | 109.9 | 161.5 | ℃/W |
| $R_{\theta JC(top)}$ | 接合部からケース (上面) への熱抵抗 | 49.8 | 71.1 | ℃/W |
| $R_{\theta JB}$ | 接合部から基板への熱抵抗 | 56.9 | 96.6 | ℃/W |
| $\psi_{JT}$ | 接合部から上面への特性パラメータ | 6.0 | 9.2 | ℃/W |
| $\psi_{JB}$ | 接合部から基板への特性パラメータ | 56.0 | 95.0 | ℃/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。


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

## 6.5 電気的特性

$T_A$ = -40℃～+125℃、V+ = 2.7V～5.5V、自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

| パラメータ | | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **温度誤差** | | | | | | | |
| $T_{ERROR(LOCAL)}$ | ローカル温度センサ | | $T_A$ = –40℃～125℃ | -2.5 | ±1.25 | 2.5 | ℃ |
| | | | $T_A$ = 15℃～85℃<br>V+ = 3.3V | -1 | ±0.25 | 1 | |
| $T_{ERROR(REMOTE)}$ | リモート温度センサ(1) | | $T_A$ = 15℃～75℃<br>$T_{DIODE}$ = -40℃～150℃<br>V+ = 3.3V | -1 | ±0.0625 | 1 | ℃ |
| | | | $T_A$ = -40℃～100℃<br>$T_{DIODE}$ = -40℃～150℃<br>V+ = 3.3V | -3 | ±1 | 3 | |
| | | | $T_A$ = -40℃～125℃<br>$T_{DIODE}$ = -40℃～150℃<br>V+ = 3.3V | -5 | ±3 | 5 | |
| $T_{ERROR_PS}$ | 温度誤差電源感度 (ローカルおよびリモート) | | V+ = 2.7V～5.5V<br>$T_{DIODE}$ = -40℃～150℃°C | -0.5 | ±0.2 | 0.5 | ℃/V |
| **温度測定** | | | | | | | |
| | 変換時間 | | ワンショット モード | 30 | 35 | 40 | ms |
| | 分解能 | ローカル温度センサ (プログラム可能) | | 9 | | 12 | ビット |
| | | リモート温度センサ | | | 12 | | |
| | リモート センサ ソース電流 | 高 | 直列抵抗:最大 3kΩ | | 120 | | μA |
| | | 中 | | | 60 | | |
| | | 低 | | | 6 | | |
| η | リモートトランジスタの理想係数 | | 最適化された理想係数 | | 1.008 | | |
| **SMBus インターフェイス** | | | | | | | |
| $V_{IH}$ | ロジック入力 High 電圧 (SCL、SDA) | | | 2.1 | | | V |
| $V_{IL}$ | ロジック入力 Low 電圧 (SCL、SDA) | | | | | 0.8 | V |
| | ヒステリシス | | | | 170 | | mV |
| | SMBus 出力 Low シンク電流 | | | 6 | | | mA |
| | ロジック入力電流 | | | -1 | | 1 | μA |
| | SMBus 入力容量 (SCL、SDA) | | | | 3 | | pF |
| | SMBus クロック周波数 | | | | | 3.4 | MHz |
| | SMBus タイムアウト | | | 25 | 30 | 35 | ms |
| | SCL 立ち下がりエッジから SDA 有効時間 | | | | | 1 | μs |
| **デジタル出力** | | | | | | | |
| $V_{OL}$ | 出力 LOW 電圧 | | $I_{OUT}$ = 6mA | | 0.15 | 0.4 | V |
| $I_{OH}$ | High レベルの出力リーク電流 | | $V_{OUT}$ = V+ | | 0.1 | 1 | μA |
| | $\overline{ALERT}$ または $\overline{THERM2}$ 出力 Low シンク電流 | | $\overline{ALERT}$/$\overline{THERM2}$ は強制的に 0.4V | 6 | | | mA |
| | $\overline{THERM}$ 出力 Low シンク電流 | | $\overline{THERM}$ は強制的に 0.4V | 6 | | | mA |
| **電源** | | | | | | | |
| V+ | 特定の電圧範囲 | | | 2.7 | | 5.5 | V |

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

$T_A$ = -40℃～+125℃、V+ = 2.7V～5.5V、自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

| パラメータ | | テスト条件 | 最小値 | 標準値 | 最大値 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_Q$ | 静止時電流 | 毎秒 0.0625 回の変換<br>V+ = 3.3V | | 1.5 | 5.5 | μA |
| | | 毎秒 8 回の変換<br>V+ = 3.3V | | 45 | 70 | |
| | | シリアル バスが非アクティブ、シャットダウン モード | | 3 | 5 | |
| | | シリアル バスがアクティブ、$f_s$ = 400kHz、シャットダウン モード | | 9 | | |
| | | シリアル バスがアクティブ、$f_s$ = 3.4MHz、シャットダウン モード | | 60 | | |
| | 低電圧誤動作防止(2) | この仕様に制限はありません。脚注を参照してください (2) | | | | V |
| POR | Power-on-reset threshold | | | 1.23 | 1.4 | V |
| | ブラウンアウト検出 | | 1 | 1.14 | | |

(1) 等価直列抵抗 5Ω 未満、差動入力容量 100pF 未満でテスト済み。$T_A$ は TMP411 の周囲温度。$T_{diode}$ はリモート ダイオード センサの温度。
(2) リモート ダイオードが接続されていない場合、電源のランプ レートが 240V/s 未満であれば、最初のリモート変換は無視する必要があります。

## 6.6 タイミング特性

| | | ファスト モード | | ハイスピード モード | | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 最小値 | 最大値 | 最小値 | 最大値 | |
| $f_{(SCL)}$ | SCL 動作周波数 | 0.001 | 0.4 | 0.001 | 3.4 | MHz |
| $t_{(BUF)}$ | STOP 条件と START 条件の間のバス解放時間 | 600 | | 160 | | ns |
| $t_{(HDSTA)}$ | リピート スタート コンディションの後のホールド時間。この期間が経過した後、最初のクロックが生成されます。 | 100 | | 100 | | ns |
| $t_{(SUSTA)}$ | 再スタート条件のセットアップ時間 | 100 | | 100 | | ns |
| $t_{(SUSTO)}$ | ストップ条件のセットアップ時間 | 100 | | 100 | | ns |
| $t_{(HDDAT)}$ | データ ホールド時間 | 0(1) | | 0(2) | | ns |
| $t_{(SUDAT)}$ | データ セットアップ時間 | 100 | | 20 | | ns |
| $t_{(LOW)}$ | SCL クロックの Low 期間 | 1300 | | 160 | | ns |
| $t_{(HIGH)}$ | SCL クロックの High 期間 | 600 | | 60 | | ns |
| $t_F$ | クロック / データの立ち下がり時間 | | 300 | | 160 | ns |
| $t_R$ | クロック / データの立ち上がり時間 | | 300 | | 160 | ns |
| | SCLK ≦ 100kHz | | 1000 | | | ns |

(1) SCL の立ち下がり時間が 20ns 未満、または SDA の立ち上がり / 立ち下がり時間が 20ns 未満の場合、ホールド時間は 20ns 以上でなければなりません。
(2) SCL の立ち下がり時間が 10ns 未満、または SDA の立ち上がり / 立ち下がり時間が 10ns 未満の場合、ホールド時間は 10ns 以上でなければなりません。


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

## 6.7 2 線式のタイミング図

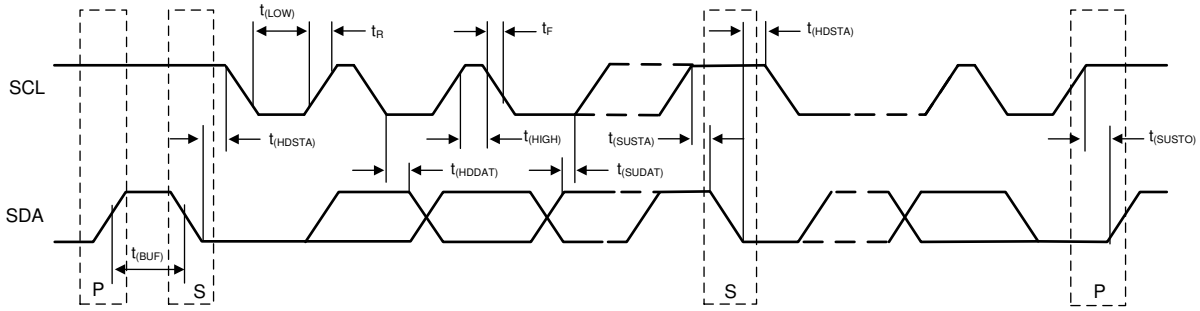



**図 6-1. 2 線式のタイミング図**

# 7 代表的特性

$T_A$ = 25°C、V+ = $V_S$ = 5V (特に記述のない限り)

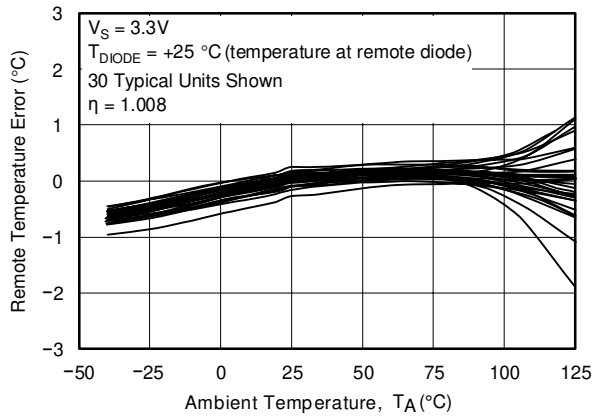



**図 7-1. リモート温度誤差と TMP411 周囲温度との関係**

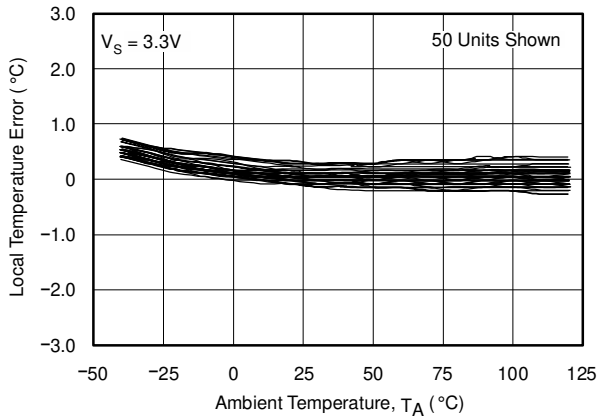



**図 7-2. ローカル温度誤差と TMP411 周囲温度との関係**

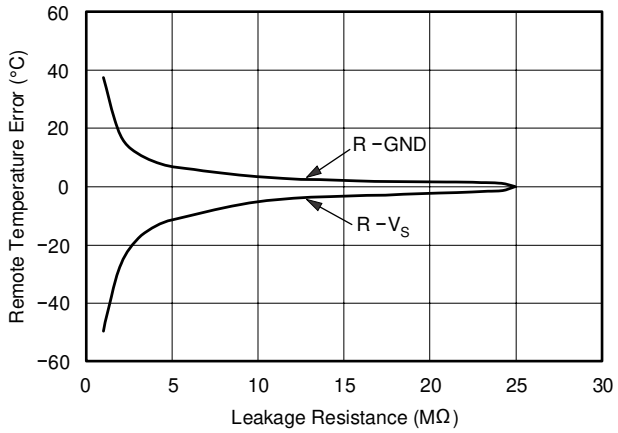



**図 7-3. リモート温度誤差とリーク抵抗との関係**

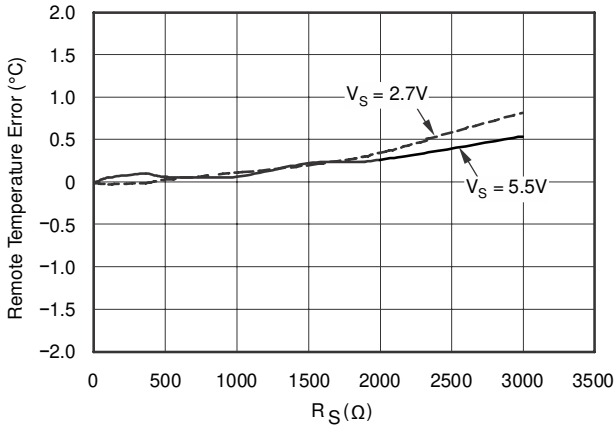



**図 7-4. リモート温度誤差と直列抵抗との関係 (ダイオード接続トランジスタ、2N3906 PNP)**

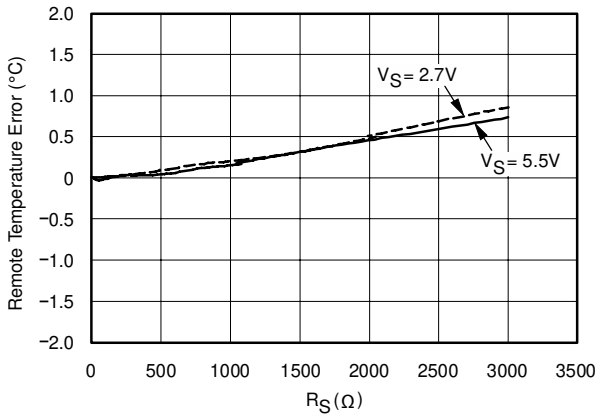



**図 7-5. リモート温度誤差と直列抵抗の関係 (GND コレクタ接続トランジスタ、2N3906 PNP)**

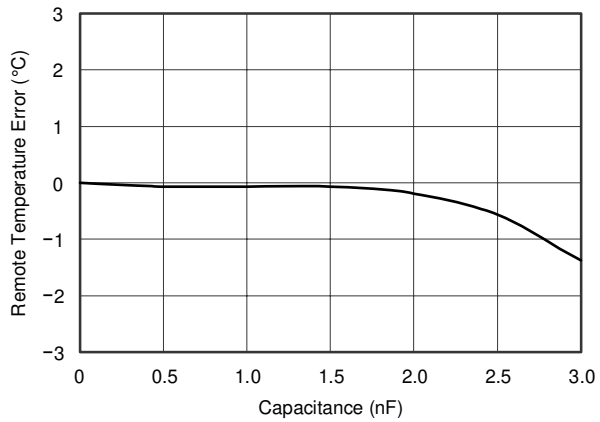



**図 7-6. リモート温度誤差と差動容量との関係**


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

## 7 代表的特性 (続き)

$T_A$ = 25°C、V+ = $V_S$ = 5V (特に記述のない限り)

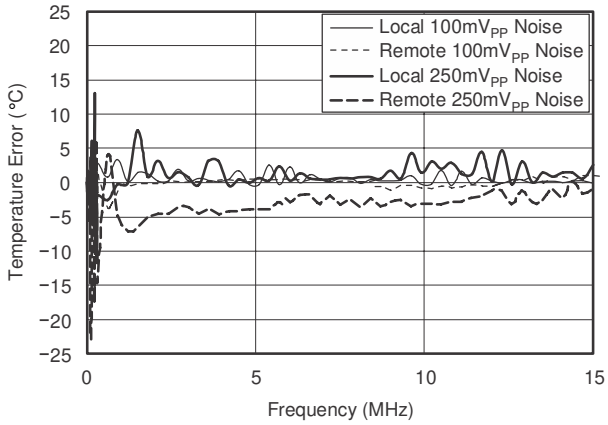



図 7-7. 温度誤差と電源ノイズ周波数との関係

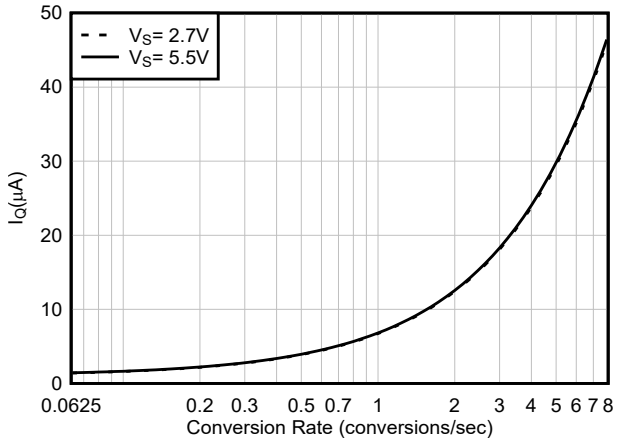



図 7-8. 静止電流と変換レートとの関係

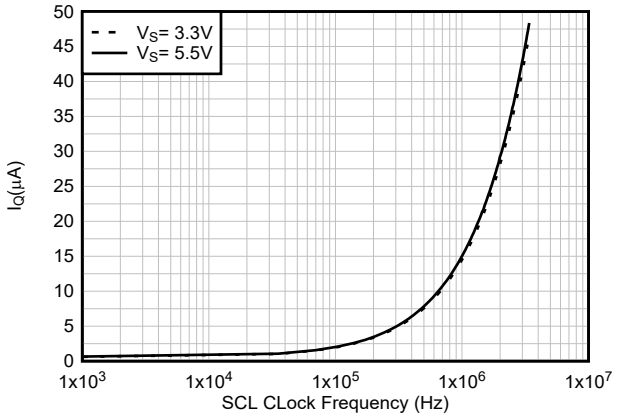



図 7-9. シャットダウン静止電流と SCL クロック周波数との関係

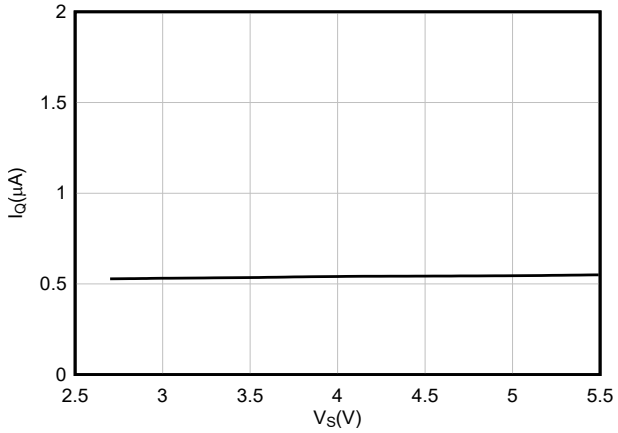



図 7-10. シャットダウン静止電流と電源電圧との関係

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

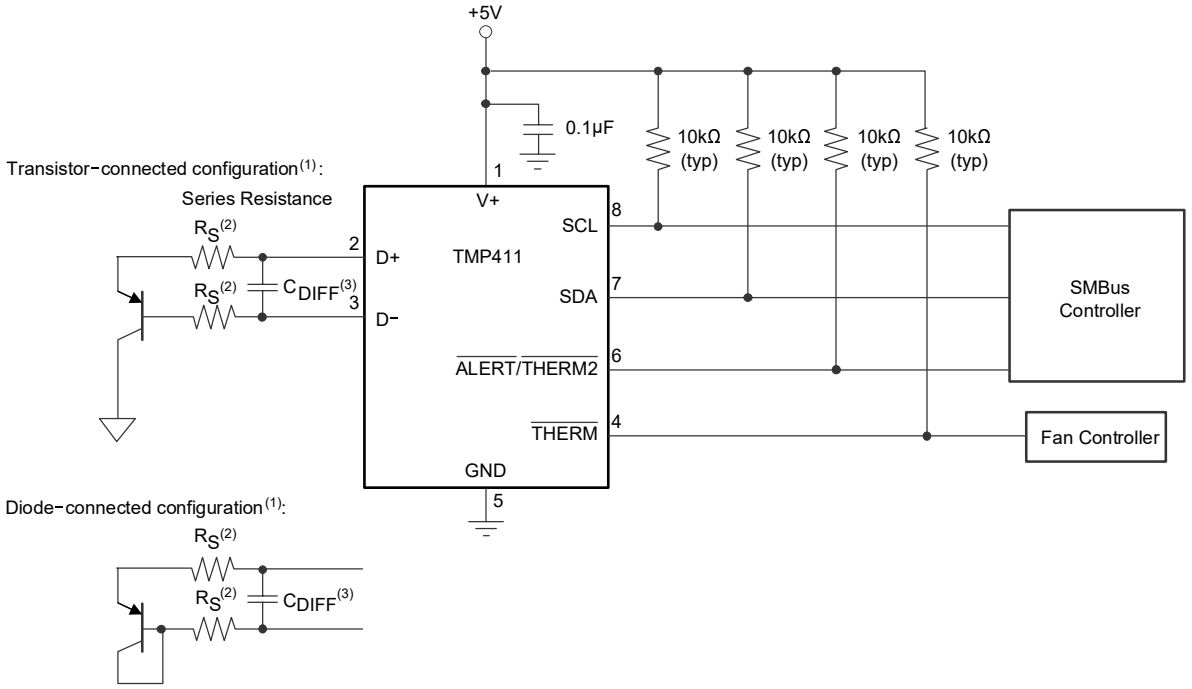
# 8 詳細説明

## 8.1 概要

TMP411 は、ローカル ダイ温度測定チャネルを単一の VSSOP-8 または SOIC-8 パッケージに組み合わせた、デュアル チャネル デジタル温度センサです。TMP411 は、2 線式の SMBus インターフェイスと互換性があり、温度範囲は –40℃ ～125℃です。TMP411 デバイスは、構成情報、温度測定結果、温度コンパレータの上限と下限、ステータス情報を保持するための複数のレジスタを備えています。

ユーザーがプログラムした上限温度と下限温度を TMP411 に保存すると、ローカル温度とリモート温度で過熱アラームまたは低温アラーム ($\overline{\text{ALERT}}$) がトリガされます。TMP411 に追加の熱制限をプログラムして、温度の上昇に対するシステム応答を開始する別のフラグ ($\overline{\text{THERM}}$) をトリガすることができます。

TMP411 では、リモート温度検出を適切に動作させるために、D+ と D- の間にトランジスタを接続しておくだけで済みます。SCL および SDA インターフェイス ピンは、通信バスの一部としてプルアップ抵抗が必要である一方、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンと $\overline{\text{THERM}}$ ピンはプルアップ抵抗が必要なオープン ドレイン出力です。$\overline{\text{ALERT}}$ ピンと $\overline{\text{THERM}}$ ピンは、必要に応じて他のデバイスと共有して、ワイヤ OR 実装を行うことができます。テキサス・インスツルメンツでは、ローカルでの良好なバイパスを実現するために、0.1µF の電源バイパス コンデンサの使用を推奨しています。図 8-1 に、TMP411 の標準的な構成を示します。




A. ダイオード接続の構成により、セトリング時間が向上します。トランジスタ接続の構成により、直列抵抗の相殺がより効果的になります。NPN トランジスタはダイオード接続する必要があります。PNP トランジスタは、トランジスタ接続でもダイオード接続でも問題ありません。テキサス・インスツルメンツでは、MMBT3906LP および MMBT3904LP デバイスにこのレイアウトを推奨しています。

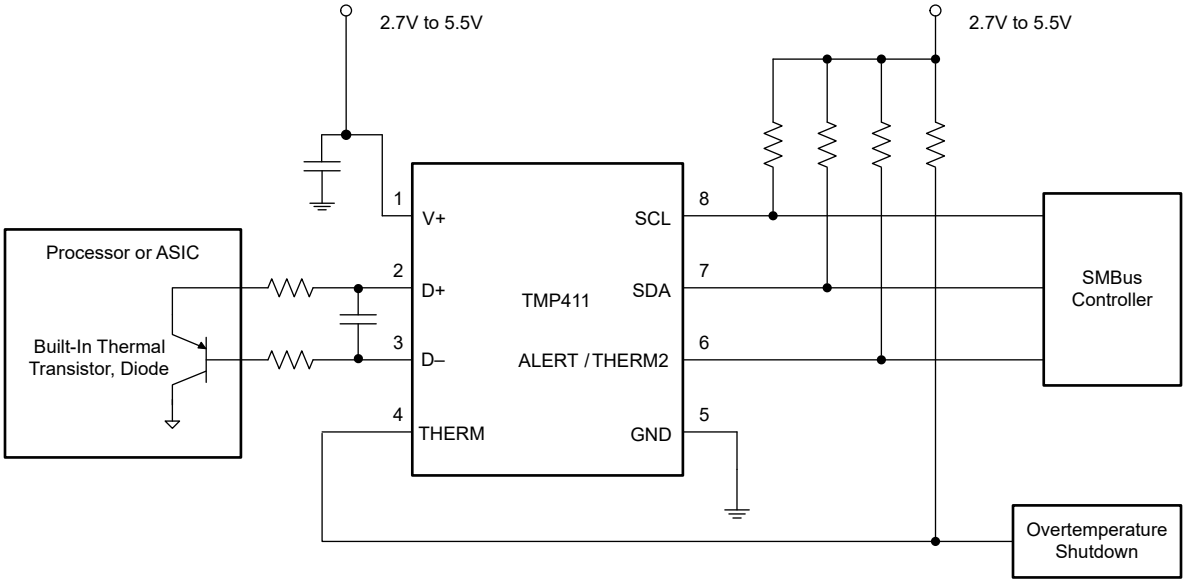
B. ほとんどのアプリケーションでは、$R_s$ (オプション) は <1.5kΩ でなければなりません。$R_s$ の選択は、アプリケーションによって異なります。「フィルタリング」セクションを参照してください。

C. ほとんどのアプリケーションでは、$C_{DIFF}$ (オプション) は <1000pF でなければなりません。$C_{DIFF}$ の選択は、アプリケーションによって異なります。「フィルタリング」セクションと 図 7-5 を参照してください。

**図 8-1. 基本的な接続**


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

## 8.2 機能ブロック図




## 8.3 機能説明

### 8.3.1 直列抵抗のキャンセル

図 8-1 に、プリント基板 (PCB) のトレース抵抗とリモート ライン長に起因するアプリケーション回路の直列抵抗を示します。TMP411 は自動的に抵抗を相殺し、温度オフセットを防ぎます。

TMP411 デバイスは、最大 3kΩ の直列ライン抵抗を相殺できるため、追加の特性評価や温度オフセット補正が不要になります。

直列抵抗と電源電圧が、検出されたリモート温度誤差に及ぼす影響の詳細については、図 7-4 と 図 7-5 を参照してください。

### 8.3.2 差動入力容量

TMP411 は、温度誤差の変化を最小限に抑えながら、最大 1000pF の差動入力容量を許容できます。容量が検出されたリモート温度誤差に与える影響を、図 7-6 に示します。

### 8.3.3 温度測定データ

温度測定データは、ローカルおよびリモートの場所で、デフォルト範囲 0℃～127℃で取得されます。–55℃～150℃の測定は、拡張温度範囲に合わせて TMP411 デバイスを再構成することにより、ローカルおよびリモートで行えます。TMP411 の構成を標準温度範囲から拡張温度範囲に変更するには、構成レジスタのビット 2 (RANGE) を Low から Hight に切り替えます。

デフォルトの測定範囲内での変換による温度データは、表 8-1 の標準 2 進数の列に記載されているように、2 進数形式で表されます。0℃未満の場合、データ値は 0 (00h) になります。同様に、127℃を超える温度は 127 (7Fh) の値になります。デバイスは、構成レジスタのビット 2 を Low から High に変更することで、拡張温度範囲全体にわたる測定値を設定できます。温度変換が次に行われるときに、測定範囲とデータ フォーマットが標準 2 進数から拡張 2 進数に変更されます。拡張温度範囲構成でキャプチャされたデータの場合、表 8-1 の拡張 2 進数の列に記載されているように、標準 2 進数値に対して 64 (40h) のオフセットが追加されます。この構成では、0℃未満の温度を測定できます。–64℃～191℃の範囲で 2 進数値を使用することも可能ですが、ほとんどの温度検出ダイオードは、–55℃～150℃の範囲で測定します。TMP411 デバイスの定格は、–40℃～125℃のローカル周囲温度に限定されています。「絶対最大定格」表のパラメータを遵守する必要があります。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

**表 8-1. 温度データの形式 (ローカルおよびリモート温度上位バイト)**

| 温度 (℃) | ローカルおよびリモート温度レジスタ上位バイト値 (1℃分解能) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 標準 2 進数 | | 拡張 2 進数 | |
| | 2 進数 | 16 進数 | 2 進数 | 16 進数 |
| -64 | 0000 0000 | 00 | 0000 0000 | 00 |
| -50 | 0000 0000 | 00 | 0000 1110 | 0E |
| -25 | 0000 0000 | 00 | 0010 0111 | 27 |
| 0 | 0000 0000 | 00 | 0100 0000 | 40 |
| 1 | 0000 0001 | 01 | 0100 0001 | 41 |
| 5 | 0000 0101 | 05 | 0100 0101 | 45 |
| 10 | 0000 1010 | 0A | 0100 1010 | 4A |
| 25 | 0001 1001 | 19 | 0101 1001 | 59 |
| 50 | 0011 0010 | 32 | 0111 0010 | 72 |
| 75 | 0100 1011 | 4B | 1000 1011 | 8b |
| 100 | 0110 0100 | 64 | 1010 0100 | A4 |
| 125 | 0111 1101 | 7D | 1011 1101 | BD |
| 127 | 0111 1101 | 7F | 1011 1111 | BF |
| 150 | 0111 1111 | 7F | 1101 0110 | D6 |
| 175 | 0111 1111 | 7F | 1110 1111 | EF |
| 191 | 0111 1111 | 7F | 1111 1111 | FF |

### *8.3.4 $\overline{\text{THERM}}$ (ピン 4) および $\overline{\text{ALERT}}$ または $\overline{\text{THERM2}}$ (ピン 6)*

TMP411 デバイスの $\overline{\text{THERM}}$ ピンおよび $\overline{\text{ALERT}}$ ピン、または $\overline{\text{THERM2}}$ ピンは、アラーム機能専用です。ピンはオープン ドレイン出力で、それぞれ V+ への プルアップ抵抗が必要です。これらのピンは、他のアラーム ピンとワイヤ OR 接続され、複数のセンサをシステム監視できます。$\overline{\text{THERM}}$ ピンは、ソフトウェアでディセーブルできない過熱割り込みを行います。$\overline{\text{ALERT}}$ ピンは、早期警告割り込みであり、ソフトウェアでディセーブルまたはマスクできます。$\overline{\text{ALERT}}$ ピンまたは $\overline{\text{THERM2}}$ ピンは、2 番目の $\overline{\text{THERM}}$ ピンである $\overline{\text{THERM2}}$ として構成できます (構成レジスタ:AL または TH ビット = 1)。デフォルト設定では、ピン 6 が $\overline{\text{ALERT}}$ ピン (AL または TH = 0) として機能するように構成されています。

測定されたローカルまたはリモート温度が、対応するローカルおよびリモートの THERM 制限レジスタにプログラムされた温度範囲を外れると、$\overline{\text{THERM}}$ ピンが Low にアサートされます。THERM 温度制限範囲は、制限レジスタの範囲よりも広い範囲でプログラムでき、これにより、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンは $\overline{\text{THERM}}$ ピンよりも早期に警告を発することができます。$\overline{\text{THERM}}$ アラームは、測定された温度が $\overline{\text{THERM}}$ 温度制限範囲から $\overline{\text{THERM}}$ ヒステリシス レジスタに保存されたヒステリシス値を差し引いた範囲に入ると、自動的にリセットされます。表 9-8 に、許容されるヒステリシス値を示します。デフォルトのヒステリシスは 10℃です。$\overline{\text{ALERT}}$ ピンまたは $\overline{\text{THERM2}}$ ピンが 2 番目のサーマル・アラームとして構成されている場合 (構成レジスタ:ビット 7 = 0、ビット 5 = 1)、ピンは $\overline{\text{THERM}}$ ピンと同じように機能しますが、ローカルおよびリモート温度上限レジスタおよび下限レジスタに保存された温度を使用して比較範囲を設定します。

$\overline{\text{ALERT}}$ または $\overline{\text{THERM2}}$ (ピン 6) が $\overline{\text{ALERT}}$ ピンとして構成されている場合 (構成レジスタ:ビット 7 = 0、ビット 5 = 0)、測定されたローカルまたはリモートの温度が、対応するローカルおよびリモート温度上限レジスタおよび下限レジスタで設定された範囲制限に違反すると、ピンは Low にアサートされます。アラート機能は、範囲が指定された回数 (1 回、2 回、3 回、または 4 回のいずれか) 連続して違反した場合にのみアサートするように構成されます。連続違反の制限は、連続アラート レジスタに設定されます。定められた回数の連続したフォルトが発生することによって、環境ノイズに起因する誤アラートを防止できます。リモート温度センサが断線している場合、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンは Low にアサートされます。MASK 機能をイネーブルにすると (構成レジスタ:ビット 7 = 1)、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンがディセーブルになります (つまり、マスクされます)。コントローラがデバイスのアドレスを読み取ると、アラートの原因となった条件が続かなくなり、ステータス レジスタがリセットされさえすれば、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンはリセットされます。


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

### 8.3.5 センサーの故障

TMP411 は、ダイオードの誤接続や断線に起因する D+ 入力のフォルトを検出します。検出回路は、D+ の電圧が (V+) −0.6V (標準値) を超えるとトリップする電圧コンパレータで構成されています。変換中にコンパレータ出力がチェックされます。フォルトが検出されると、最後に測定された有効な温度が温度測定結果となり、OPEN ビット (ステータス レジスタ、ビット 2) が High に設定され、アラート機能がイネーブルの場合は $\overline{\text{ALERT}}$ ピンが Low にアサートされます。

TMP411 のリモート センサを使用しないときは、意味のないフォルト警告が出されないように、D+ 入力と D- 入力を一緒に接続する必要があります。

### 8.3.6 低電圧誤動作防止

低電圧誤動作防止に制限はありません。ただし、リモート ダイオードが接続されていない場合、電源のランプ レートが 240V/s 未満であれば、最初のリモート変換は無視される必要があります。

### 8.3.7 フィルタリング

リモート接合部温度センサは、通常は、ノイズの多い環境で実装されます。ノイズは多くの場合、高速デジタル信号によって発生し、測定値を破損します。TMP411 は、ノイズの影響を最小限に抑えるために、D+ と D- 入力に 65kHz のフィルタを内蔵しています。テキサス・インスツルメンツでは、不要な結合信号からアプリケーションを保護するために、センサ入力間に差動でバイパス コンデンサを配置することを推奨しています。コンデンサの値は、100pF～1nF の範囲でなければなりません。一部のアプリケーションでは直列抵抗を追加することで全体の精度を向上させることができますが、この精度の向上はセットアップによります。直列抵抗を追加する場合、値は 3kΩ を超えないようにしてください。

フィルタリングが必要な場合は、テキサス・インスツルメンツでは入力ごとに 100pF と 50Ω の部品値を推奨しています。正確な値はアプリケーションによって異なります。

---

**注**

標準温度範囲と拡張温度範囲を切り替える際には、温度制限レジスタに保存されている温度が新しい温度範囲の形式に自動的に再フォーマットされないことに注意してください。これらの温度制限値は、適切な 2 進数形式または拡張 2 進数形式で再プログラムする必要があります。

---

ローカルおよびリモート温度データは、データ ストレージに 2 バイトを使用します。上位バイトには 1℃の分解能で温度が保存され、2 バイト目または下位バイトには温度の 10 進分数値が保存されます。これにより、表 8-2 に示すように、高い測定分解能がを実現できます。リモート チャネルの測定分解能は 0.0625℃で、調整することはできません。ローカル チャネルの測定分解能は調整可能で、表 9-4 に示す RES1 と RES0 ビットを設定することで、0.5℃、0.25℃、0.125℃、0.0625℃のいずれかに設定できます。

**表 8-2. 10 進分数温度データ形式 (ローカルおよびリモート温度下位バイト)**

| 温度 (℃) | リモート温度レジスタ下位バイト値 | | ローカル温度レジスタ下位バイト値 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.0625℃の分解能 | | 0.5℃の分解能 | | 0.25℃の分解能 | | 0.125℃の分解能 | | 0.0625℃の分解能 | |
| | 標準および拡張 2 進数 | 16 進数 | 標準および拡張 2 進数 | 16 進数 | 標準および拡張 2 進数 | 16 進数 | 標準および拡張 2 進数 | 16 進数 | 標準および拡張 2 進数 | 16 進数 |
| 0.0000 | 0000 0000 | 00 | 0000 0000 | 00 | 0000 0000 | 00 | 0000 0000 | 00 | 0000 0000 | 00 |
| 0.0625 | 0001 0000 | 10 | 0000 0000 | 00 | 0000 0000 | 00 | 0000 0000 | 00 | 0001 0000 | 10 |
| 0.1250 | 0010 0000 | 20 | 0000 0000 | 00 | 0000 0000 | 00 | 0010 0000 | 20 | 0010 0000 | 20 |
| 0.1875 | 0011 0000 | 30 | 0000 0000 | 00 | 0000 0000 | 00 | 0010 0000 | 20 | 0011 0000 | 30 |
| 0.2500 | 0100 0000 | 40 | 0000 0000 | 00 | 0100 0000 | 40 | 0100 0000 | 40 | 0100 0000 | 40 |
| 0.3125 | 0101 0000 | 50 | 0000 0000 | 00 | 0100 0000 | 40 | 0100 0000 | 40 | 0101 0000 | 50 |
| 0.3750 | 0110 0000 | 60 | 0000 0000 | 00 | 0100 0000 | 40 | 0110 0000 | 60 | 0110 0000 | 60 |
| 0.4375 | 0111 0000 | 70 | 0000 0000 | 00 | 0100 0000 | 40 | 0110 0000 | 60 | 0111 0000 | 70 |
| 0.5000 | 1000 0000 | 80 | 1000 0000 | 80 | 1000 0000 | 80 | 1000 0000 | 80 | 1000 0000 | 80 |
| 0.5625 | 1001 0000 | 90 | 1000 0000 | 80 | 1000 0000 | 80 | 1000 0000 | 80 | 1001 0000 | 90 |
| 0.6250 | 1010 0000 | A0 | 1000 0000 | 80 | 1000 0000 | 80 | 1010 0000 | A0 | 1010 0000 | A0 |
| 0.6875 | 1011 0000 | B0 | 1000 0000 | 80 | 1000 0000 | 80 | 1010 0000 | A0 | 1011 0000 | B0 |
| 0.7500 | 1100 0000 | C0 | 1000 0000 | 80 | 1100 0000 | C0 | 1100 0000 | C0 | 1100 0000 | C0 |
| 0.8125 | 1101 0000 | D0 | 1000 0000 | 80 | 1100 0000 | C0 | 1100 0000 | C0 | 1101 0000 | D0 |
| 0.8750 | 1110 0000 | E0 | 1000 0000 | 80 | 1100 0000 | C0 | 1110 0000 | E0 | 1110 0000 | E0 |
| 0.9375 | 1111 0000 | F0 | 1000 0000 | 80 | 1100 0000 | C0 | 1110 0000 | E0 | 1111 0000 | F0 |

## 8.4 デバイスの機能モード

### *8.4.1 シャットダウン モード (SD)*

TMP411 のシャットダウン モードは、シリアル インターフェイス以外のすべてのデバイス回路をシャットダウンすることで、消費電力を最大限に低減し、これにより、消費電流を通常 3µA 未満に削減します。図 7-10 を参照してください。構成レジスタのシャットダウン ビット (SD) が 1'b に設定されていると、シャットダウン モードがイネーブルになります。プログラムされると、デバイスは直ちにシャットダウン モードに移行し、現在の温度変換を停止します。ローカル温度変換中にシャットダウン モードに移行すると、ローカル / リモート温度の結果は更新されません。リモート温度変換中にシャットダウン モードに移行すると、リモート温度の結果は更新されませんが、ローカル温度変換はすでに完了しているため、ローカル温度の結果は更新されます。シャットダウン ビット (SD) が 0'b に設定されていると、デバイスは連続変換状態を維持します。

### *8.4.2 ワンショット変換*

TMP411 がシャットダウン モード (構成レジスタで SD = 1) のとき、ワンショット開始レジスタ (ポインタ アドレス 0Fh) に値を書き込むことで、両方のチャネルで単一の変換が行われます。この書き込み動作により単一の変換が開始され、変換が完了すると、TMP411 デバイスはシャットダウン モードに戻ります。書き込みコマンドで送信されたデータの値は無関係であり、TMP411 によって保存されることはありません。TMP411 がシャットダウン モードのときは、ワンショット コマンドを実行する前に、200µs の初期待機時間が必要です。

**注**

シャットダウン コマンドが発行されると、TMP411 デバイスはシャットダウンする前に、電流変換を完了します。待機時間は、シャットダウン直後の 200µs にのみ適用されます。ワンショット コマンドは、その後遅延なく発行できます。

## 8.5 プログラミング

### *8.5.1 シリアル インターフェイス*

TMP411 は、2 線式バス または SMBus 上のターゲット デバイスとしてのみ動作します。どちらのバスへの接続も、SDA と SCL のオープン ドレイン I/O ラインによって行われます。SDA ピンと SCL ピンは、スパイク抑制フィルタとシュミット トリガを内蔵し、入力スパイクとバス ノイズの影響を最小限に抑えます。TMP411 デバイスは、転送プロトコルとしてファスト モード (1kHz～400kHz) とハイスピード モード (1kHz～3.4MHz) をサポートしています。すべてのデータ バイトは、MSB ファーストで送信されます。


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

### 8.5.2 バスの概要

TMP411 は、SMBus インターフェイスと互換性があります。SMBus プロトコルでは、転送を開始するデバイスがコントローラとなり、このコントローラがターゲットのデバイスを制御します。バスは、コントローラ デバイスにより制御されます。コントローラ デバイスはシリアル クロック (SCL) を生成し、バスへのアクセスを制御して、START 条件および STOP 条件を生成します。

特定のデバイスをアドレス指定するには、START 条件が開始されます。START は、SCL ラインが High のとき、データライン (SDA) を High から Low ロジック レベルにプルすることで示されます。バス シフト上のすべてのターゲットは、最下位ビットで読み取りと書き込みのどちらの動作が必要かを示すターゲット アドレス バイトに含まれています。アドレス指定されたターゲットは、9 番目のクロック パルスでアクノリッジ ビットを生成し、SDA ラインを Low にプルして、コントローラに応答します。

その後でデータ転送が開始され、8 つのクロック パルスに合わせて送信されてから、アクノリッジ ビットが続きます。データ転送中、SCL が High の間、SDA ラインは安定した状態を維持する必要があります。SCL が High のときの SDA の変化は、制御信号として解釈されます。

すべてのデータ転送が完了すると、コントローラは STOP 条件を生成します。STOP は、SCL ラインが High のときに、SDA ラインを Low から High にプルすることで示されます。

### 8.5.3 タイミング図

TMP411 は、2 線式で SMBus と互換性があります。TMP411 の各種動作を、図 8-2～図 8-5 に示します。バスの定義は次のとおりです。

**バス アイドル:** SDA ラインと SCL ラインが共に High です。

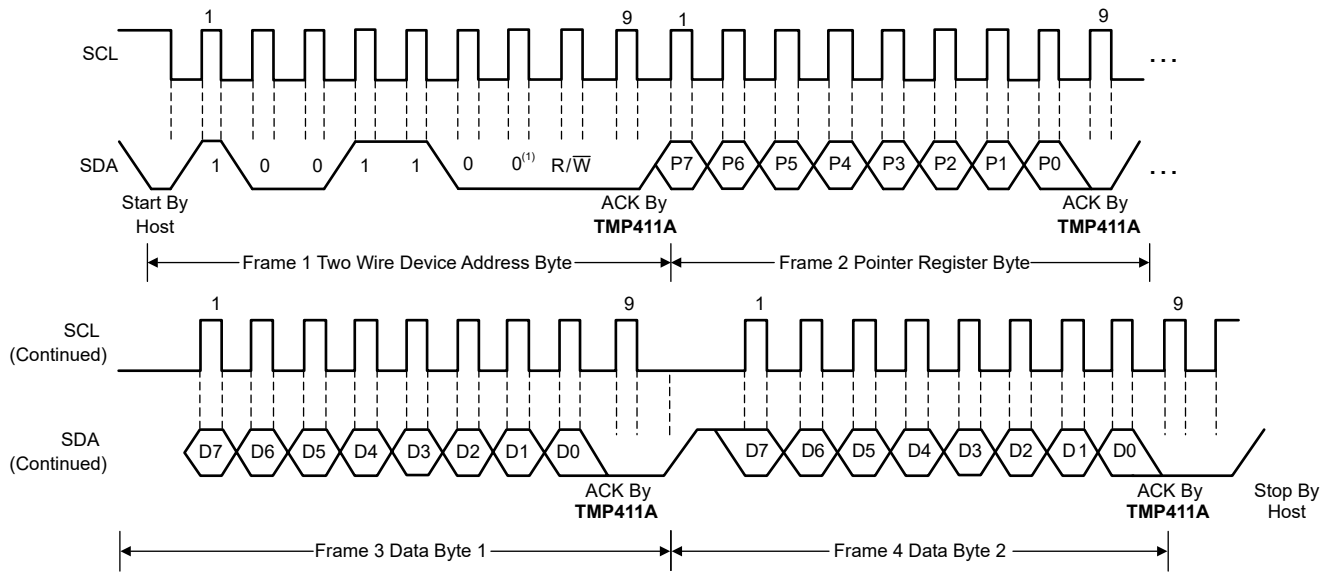
**データ転送の開始:** SDA ラインの状態が High から Low に変化することで (SCL ラインが High のとき)、START 条件が定義されます。START 条件により、各データ転送が開始されます。

**データ転送の終了:** SDA ラインの状態が Low から High に変化することで (SCL ラインが High のとき)、STOP 条件が定義されます。STOP 条件または反復 START 条件により、各データ転送が終了します。

**データ転送:** START 条件と STOP 条件の間に転送されるデータのバイト数は制限されておらず、コントローラ デバイスで決定されます。レシーバがデータ転送をアクノリッジします。

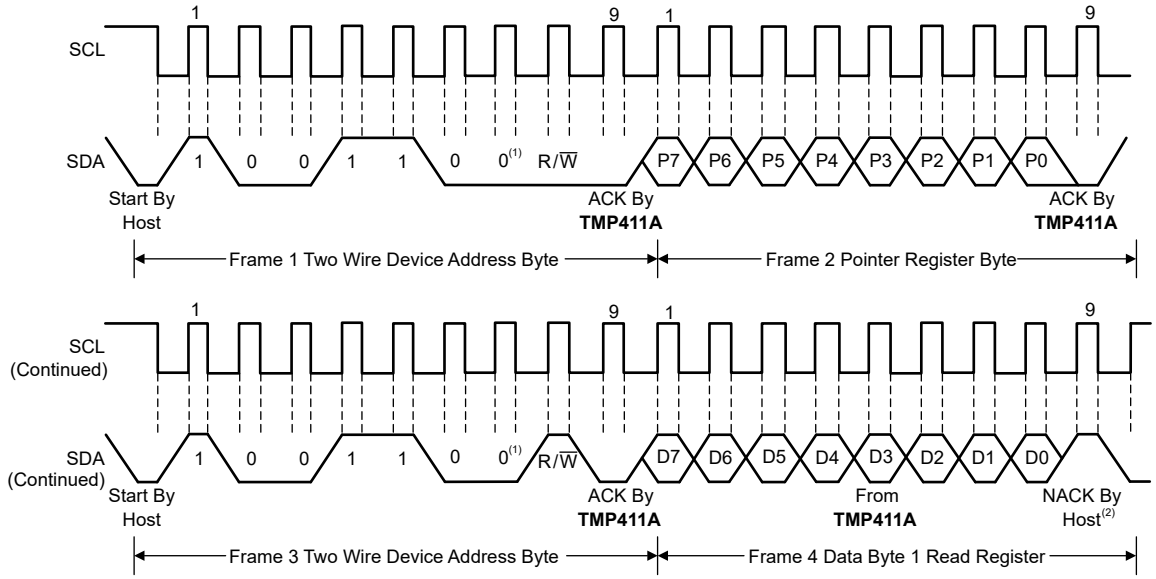
**アクノリッジ:** 受信側の各デバイスは (アドレス指定された場合)、アクノリッジ ビットを生成する必要があります。アクノリッジを行うデバイスは、アクノリッジ クロック パルスが High の間は SDA ラインが安定して Low を維持するように、アクノリッジ クロック パルス中に SDA ラインをプルダウンする必要があります。そのとき、セットアップ時間とホールド時間を考慮する必要があります。コントローラがデータを受信すると、コントローラはターゲットから送信された非アクノリッジ ビットを生成することで、データ転送の終了を通知します。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated




A. ターゲット アドレス 1001100 (TMP411A) を示します。TMP411B および TMP411C のターゲット アドレスが変更されます。詳細については、「注文情報」表を参照してください。

**図 8-2. ワード形式書き込みでの 2 線式タイミング図**

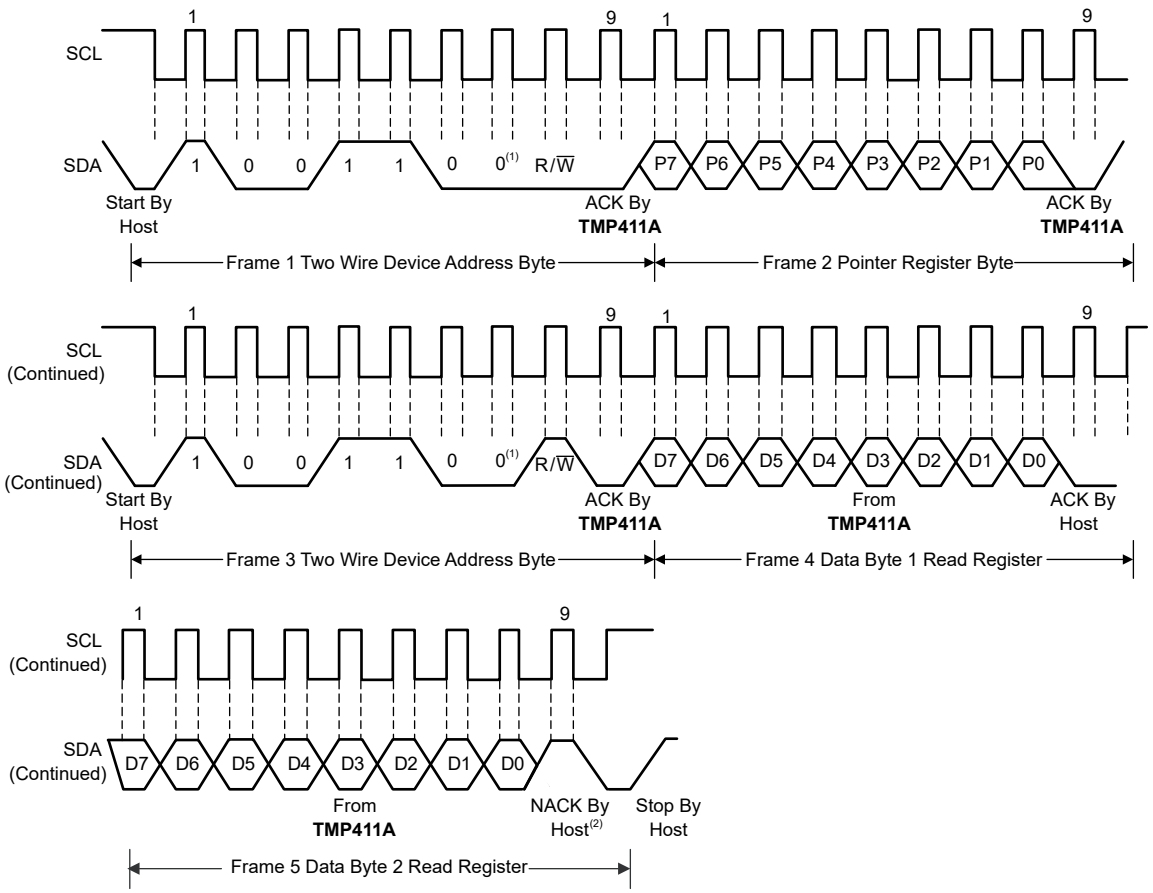



A. ターゲット アドレス 1001100 (TMP411A) を示します。TMP411B および TMP411C のターゲット アドレスが変更されます。詳細については、「注文情報」表を参照してください。

B. シングル バイトの読み取り動作を終了するには、ホストは SDA を High のままにする必要があります。

**図 8-3. シングル バイト形式読み取りでの 2 線式タイミング図**

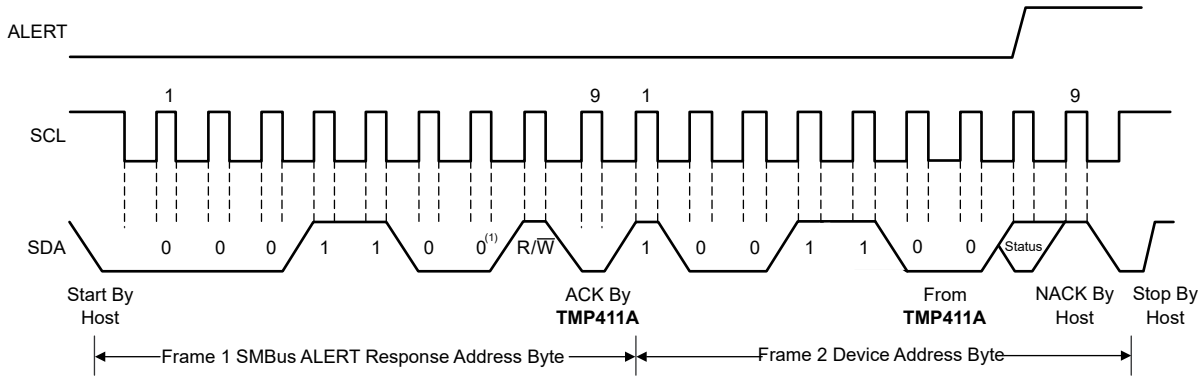

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated




A. ターゲット アドレス 1001100 (TMP411A) を示します。TMP411B および TMP411C のターゲット アドレスが変更されます。詳細については、「注文情報」表を参照してください。

B. 2 バイトの読み取り動作を終了するには、ホストは SDA を High のままにする必要があります。

**図 8-4. 2 バイト形式読み取りでの 2 線式タイミング図**




A. ターゲット アドレス 1001100 (TMP411A) を示します。TMP411B および TMP411C のターゲット アドレスが変更されます。詳細については、「注文情報」表を参照してください。

**図 8-5. SMBus アラートのタイミング図**

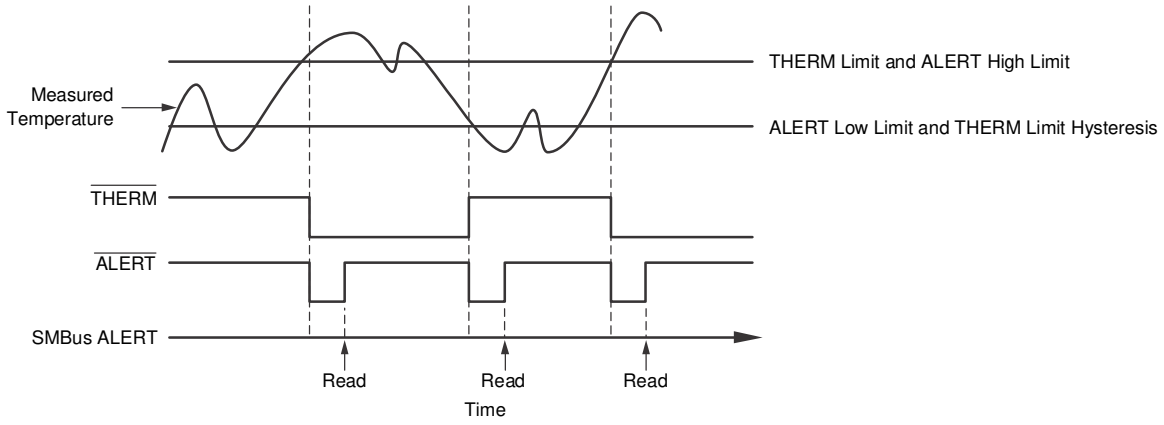



**図 8-6. SMBus アラートのタイミング図**

### *8.5.4 シリアル バス アドレス*

TMP411 との通信を行うには、最初にコントローラがターゲット アドレス バイトを介してターゲット デバイスをアドレス指定する必要があります。ターゲット アドレス バイトは、7 つのアドレス ビットと、動作が読み取りか書き込みかを示す 1 つの方向ビットで構成されています。TMP411A のアドレスは、4Ch (1001100b) です。TMP411B のアドレスは、4Dh (1001101b) です。TMP411E のアドレスは、4Ch (1001100b) です。

### *8.5.5 読み取りおよび書き込み動作*

TMP411 の特定のレジスタにアクセスするには、適切な値をポインタ レジスタに書き込む必要があります。読み取り / 書き込みビットが Low のとき、ポインタ レジスタの値はターゲット アドレス バイトの後で転送される最初のバイトになります。図 8-2 に示すように、TMP411 では、書き込み動作ごとにポインタ レジスタの値が必要です。

TMP411 から読み取りを行うときは、書き込み動作で最後にポインタ レジスタに保存された値によって、どのレジスタを読み取るのかが決まります。読み取り動作のレジスタ ポインタを変更するには、新しい値をポインタ レジスタに書き込む必要があります。このトランザクションのためには、読み取り / 書き込みビットを Low に設定したターゲット アドレス バイトを発行し、次にポインタ レジスタ バイトを発行します。追加のデータは必要ありません。その後、コントローラは START 条件を生成し、読み取り / 書き込みビットを High に設定したターゲット アドレス バイトを送信して、読み取りコマンドを開始します。このシーケンスの詳細については、図 8-3 を参照してください。TMP411 デバイスは、次の書き込み動作で値が変更されるまでポインタ レジスタ値を保持するため、同じレジスタから読み取りを繰り返す必要がある場合、ポインタ レジスタ バイトを送信し続ける必要はありません。MSB が最初にレジスタ バイトを送信し、その後に LSB が送信することに注意してください。

### *8.5.6 タイムアウト機能*

連続アラート レジスタのビット 7 が High に設定されると、TMP411 のタイムアウト機能がイネーブルになります。TMP411 デバイスは、SCL ラインまたは SDA ラインが START 条件と STOP 条件の間で 30ms (標準値) Low に保持された場合、シリアル インターフェイスをリセットします。TMP411 デバイスがバスを Low に保持している場合、デバイスはバスを解放し、START 条件を待ちます。タイムアウト機能がアクティブになるのを避けるため、SCL の動作周波数として、少なくとも 1kHz の通信速度を維持する必要があります。タイムアウト機能のデフォルト状態はイネーブルです (ビット 7 = High)。

### *8.5.7 高速モード*

2 線式バスを 400kHz を超える周波数で動作させるため、コントローラ デバイスは、START 条件の後の最初のバイトとしてハイスピード (Hs) モードのコントローラ コード (00001XXX) を発行し、バスをハイスピード動作に切り替える必要があります。TMP411 デバイスはこのバイトを認識しませんが、SDA ラインと SCL ラインの入力フィルタを切り替え、SDA の出力フィルタが Hs モードで動作するように切り替えることで、最大 3.4MHz での転送が可能になります。Hs モードのコントローラ コードが発行された後、コントローラは 2 線式のターゲット アドレスを送信して、データ転送動作を開始します。バ


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

スは、バス上で STOP 条件が発生するまでハイスピード モードで動作します。TMP411 は、STOP 条件を受信すると、入出力フィルタを切り替えます。

### 8.5.8 ゼネラル コール リセット

TMP411 デバイスは、2 線式のゼネラル コール アドレス 00h (0000 0000b) によるリセットをサポートしています。TMP411 デバイスは、ゼネラル コール アドレスを読み取り、2 バイト目に応答します。2 バイト目が 06h (0000 0110b) の場合、TMP411 はソフトウェア リセットを実行します。ソフトウェア リセットにより、TMP411 のすべてのレジスタがパワーオン リセット状態に戻り、処理中の変換が中止され、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンと $\overline{\text{THERM}}$ ピンがクリアされます。TMP411 は、2 バイト目にある他の値には応答しません。

### 8.5.9 ソフトウェア リセット

TMP411 は、ポインタ レジスタ FCh に値を書き込むことでリセットされます。これにより、TMP411 のすべてのレジスタがパワーオン リセット状態に戻り、処理中の変換が中止され、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンと $\overline{\text{THERM}}$ ピンがクリアされます。

### 8.5.10 SMBus のアラート機能

TMP411 デバイスは、SMBus のアラート機能をサポートしています。ピン 6 がアラート出力として構成されている場合、TMP411 の $\overline{\text{ALERT}}$ ピンを SMBus のアラート信号として接続できます。ALERT ラインにアラート条件が存在することをコントローラが検出すると、コントローラは SMBus のアラート コマンド (00011001) をバスに送信します。TMP411 の $\overline{\text{ALERT}}$ ピンがアクティブの場合、デバイスは SMBus のアラート コマンドをアクノリッジし、SDA ラインにターゲット アドレスを返します。ターゲット アドレス バイトの 8 番目のビットは、温度上限設定または温度下限設定がアラート条件を引き起こしたかどうかを示します。温度が温度上限設定のいずれかよりも高ければ、このビットは High で、温度が温度下限設定のいずれか以下であれば、このビットは Low になります。このシーケンスの詳細については、図 8-5 を参照してください。

バス上の複数のデバイスが SMBus のアラート コマンドに応答した場合、SMBus のアラート コマンドのターゲット アドレス部分で調停が行われ、どのデバイスがアラート ステータスをクリアするかが決まります。TMP411 が調停で優先権を得た場合は、SMBus のアラート コマンドが完了すると $\overline{\text{ALERT}}$ ピンが非アクティブになります。TMP411 が調停で優先されない場合、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンはアクティブのままです。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

# 9 レジスタ マップ

**表 9-1. レジスタ マップの概要**

| ポインタ アドレス (16 進数) | | パワーオン リセット (16 進数) | ビットの詳細 | | | | | | | | レジスタの詳細 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 読み取り | 書き込み | | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | |
| 00 | NA [1] | 00 | LT11 | LT10 | LT9 | LT8 | LT7 | LT6 | LT5 | LT4 | ローカル温度 (上位バイト) |
| 01 | NA | 00 | RT11 | RT10 | RT9 | RT8 | RT7 | RT6 | RT5 | RT4 | リモート温度 (上位バイト) |
| 02 | NA | XX | BUSY | LHIGH | LLOW | RHIGH | RLOW | OPEN | RTHRM | LTHRM | ステータス レジスタ |
| 03 | 09 | 00 | MASK1 | SD | AL/TH | 0 | 0 | RANGE | 0 | 0 | 構成レジスタ |
| 04 | 0A | 08 | 0 | 0 | 0 | 0 | R3 | R2 | R1 | R0 | 変換レート レジスタ |
| 05 | 0B | 55 | LTH11 | LTH10 | LTH9 | LTH8 | LTH7 | LTH6 | LTH5 | LTH4 | ローカル温度上限 (上位バイト) |
| 06 | 0C | 00 | LTL11 | LTL10 | LTL9 | LTL8 | LTL7 | LTL6 | LTL5 | LTL4 | ローカル温度下限 (上位バイト) |
| 07 | 0D | 55 | RTH11 | RTH10 | RTH9 | RTH8 | RTH7 | RTH6 | RTH5 | RTH4 | リモート温度上限 (上位バイト) |
| 08 | 0E | 00 | RTL11 | RTL10 | RTL9 | RTL8 | RTL7 | RTL6 | RTL5 | RTL4 | リモート温度下限 (上位バイト) |
| NA | 0F | XX | X [2] | X | X | X | X | X | X | X | ワンショット開始 |
| 10 | NA | 00 | RT3 | RT2 | RT1 | RT0 | 0 | 0 | 0 | 0 | リモート温度 (下位バイト) |
| 11 | 11 | 00 | RTOS11 | RTOS10 | RTOS9 | RTOS8 | RTOS7 | RTOS6 | RTOS5 | RTOS4 | リモート温度オフセット レジスタ (上位バイト) [3] |
| 12 | 12 | 00 | RTOS3 | RTOS2 | RTOS1 | RTOS0 | 0 | 0 | 0 | 0 | リモート温度オフセット レジスタ (下位バイト) [3] |
| 13 | 13 | 00 | RTH3 | RTH2 | RTH1 | RTH0 | 0 | 0 | 0 | 0 | リモート温度上限 (下位バイト) |
| 14 | 14 | 00 | RTL3 | RTL2 | RTL1 | RTL0 | 0 | 0 | 0 | 0 | リモート温度下限 (下位バイト) |
| 15 | NA | 00 | LT3 | LT2 | LT1 | LT0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ローカル温度 (下位バイト) |
| 16 | 16 | 00 | LTH3 | LTH2 | LTH1 | LTH0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ローカル温度上限 (下位バイト) |
| 17 | 17 | 00 | LTL3 | LTL2 | LTL1 | LTL0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ローカル温度下限 (下位バイト) |
| 18 | 18 | 00 | NC7 | NC6 | NC5 | NC4 | NC3 | NC2 | NC1 | NC0 | n 係数補正 |
| 19 | 19 | 55 | RTHL11 | RTHL10 | RTHL9 | RTHL8 | RTHL7 | RTHL6 | RTHL5 | RTHL4 | リモート $\overline{\text{THERM}}$ 制限 |
| 1A | 1A | 1C | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | RES1 | RES0 | 分解能レジスタ |
| 20 | 20 | 55 | LTHL11 | LTHL10 | LTHL9 | LTHL8 | LTHL7 | LTHL6 | LTHL5 | LTHL4 | ローカル $\overline{\text{THERM}}$ 制限 |
| 21 | 21 | 0A | TH11 | TH10 | TH9 | TH8 | TH7 | TH6 | TH5 | TH4 | $\overline{\text{THERM}}$ ヒステリシス |
| 22 | 22 | 81 | TO_EN | 0 | 0 | 0 | C2 | C1 | C0 | 1 | 連続アラート レジスタ |
| 30 | 30 | FF | LMT11 | LMT10 | LMT9 | LMT8 | LMT7 | LMT6 | LMT5 | LMT4 | ローカル温度最小 (上位バイト) |
| 31 | 31 | F0 | LMT3 | LMT2 | LMT1 | LMT0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ローカル温度最小 (下位バイト) |
| 32 | 32 | 00 | LXT11 | LXT10 | LXT9 | LXT8 | LXT7 | LXT6 | LXT5 | LXT4 | ローカル温度最大 (上位バイト) |
| 33 | 33 | 00 | LXT3 | LXT2 | LXT1 | LXT0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ローカル温度最大 (下位バイト) |
| 34 | 34 | FF | RMT11 | RMT10 | RMT9 | RMT8 | RMT7 | RMT6 | RMT5 | RMT4 | リモート温度最小 (上位バイト) |
| 35 | 35 | F0 | RTM3 | RTM2 | RTM1 | RTM0 | 0 | 0 | 0 | 0 | リモート温度最小 (下位バイト) |
| 36 | 36 | 00 | RXT11 | RXT10 | RXT9 | RXT8 | RXT7 | RXT6 | RXT5 | RXT4 | リモート温度最大 (上位バイト) |
| 37 | 37 | 00 | RXT3 | RXT2 | RXT1 | RXT0 | 0 | 0 | 0 | 0 | リモート温度最大 (下位バイト) |


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

**表 9-1. レジスタ マップの概要 (続き)**

| ポインタ アドレス (16 進数) | | パワーオン リセット (16 進数) | ビットの詳細 | | | | | | | | レジスタの詳細 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 読み取り | 書き込み | | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | |
| NA | FC | XX | X (2) | X | X | X | X | X | X | X | ソフトウェア リセット |
| FE | NA | 55 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | メーカー ID |
| FF | NA | 12 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | TMP411A のデバイス ID |
| FF | NA | 13 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | TMP411B のデバイス ID |
| FF | NA | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | TMP411C のデバイス ID |
| FF | NA | 12 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | TMP411E のデバイス ID |

(1) NA = 非適用、レジスタは書き込みまたは読み取り専用です。
(2) X = 未確定。
(3) オフセット レジスタ 11 と 12 は、TMP411E デバイスでのみ使用できます。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

## 9.1 レジスタ情報

TMP411 には、構成情報、温度測定結果、温度コンパレータの上限および下限、ステータス情報を保持するための複数のレジスタがあります。これらのレジスタについては、図 9-1 と 表 9-1 を参照してください。

## 9.2 ポインタ レジスタ

TMP411 の内部レジスタの構造を、図 9-1 に示します。8 ビットのポインタ レジスタは、特定のデータ レジスタをアドレス指定します。ポインタ レジスタは、2 線式バス上の読み取り / 書き込みコマンドに対して、どのデータ レジスタを応答させなければならないかを識別します。このレジスタは、書き込みコマンドごとに設定されます。読み取りコマンドを実行する前に、ポインタ レジスタに適切な値を設定するために、書き込みコマンドを発行する必要があります。表 9-1 に、TMP411 で利用可能なレジスタのポインタ アドレスを示します。オフセット レジスタ 11 と 12 は、TMP411E デバイスでのみ使用できます。ポインタ レジスタのパワーオン リセット (POR) 値は 00h (0000 0000b) です。

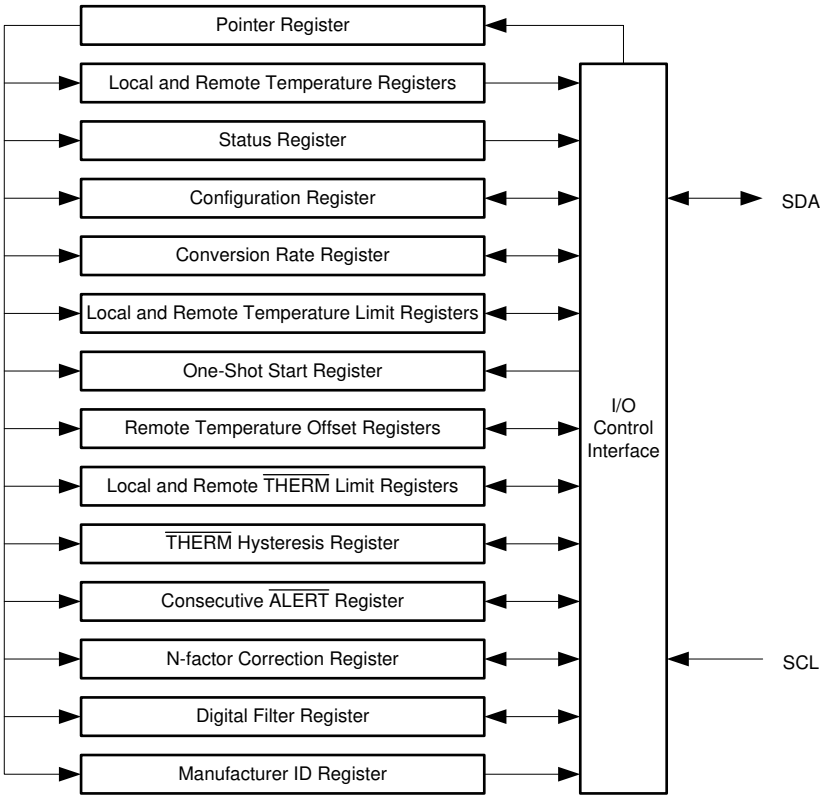



**図 9-1. 内部レジスタの構造**

## 9.3 温度レジスタ

TMP411 には、温度測定結果を保持できる 4 つの 8 ビット レジスタがあります。ローカル チャネルとリモート チャネルには、温度アナログ / デジタル コンバータ (ADC) の結果の最上位ビット (MSB) を含む上位バイト レジスタと、温度 ADC の結果の最下位ビット (LSB) を含む下位バイト レジスタがあります。ローカル チャネルの上位バイト アドレスは 00h、ローカル チャネルの下位バイト アドレスは 15h です。リモート チャネルの上位バイト アドレスは 01h、リモート チャネルの下位バイト アドレスは 10h です。これらのレジスタは読み取り専用で、温度測定が完了するたびに ADC によって更新されます。

TMP411 には、下位バイトのレジスタ読み取りコマンドが直前の上位バイト読み取りコマンドと同じ ADC 変換からデータを返すことを検証する回路が含まれています。この検証は、別のレジスタが読み取られるまでのみ有効です。正常に動作させるには、温度レジスタの上位バイトを最初に読み取る必要があります。下位バイトのレジスタは、次の読み取りコマンドで読み取る必要があります。下位バイト レジスタは、LSB が必要ない場合は読み取らずにおくことができます。温度レジスタ


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

は、ローカル チャネルの結果についてはアドレス 00h から、リモート チャネルの結果についてはアドレス 01h から、それぞれ単一の 2 バイトの読み取りコマンドを使用して 16 ビット レジスタとして読み取ることができます。最初に上位バイトが出力され、次に下位バイトが出力されます。この読み取り動作の両バイトは、同じ ADC 変換に由来します。両方の温度レジスタのパワーオン リセット値は 00h です。

## 9.4 制限レジスタ

TMP411 には 11 個のレジスタがあり、ローカル測定チャネルとリモート測定チャネルのコンパレータの限界値を設定します。これらのレジスタは読み取りと書き込みが可能です。両方のチャネルの上限レジスタと下限レジスタは、温度レジスタと同様に 2 つのレジスタにわたって存在しています。ローカル温度の上限は、ポインタ アドレス 0Bh に上位バイトを書き込むか、ポインタ アドレス 16h に下位バイトを書き込むか、ポインタ アドレス 0Bh に単一の 2 バイトの書き込みコマンド (上位バイトが先) を使用することで設定されます。ローカル温度の上限は、ポインタ アドレス 05h の上位バイト、ポインタ アドレス 16h の下位バイト、またはポインタ アドレス 05h からの 2 バイトの読み取りコマンドで読み取られます。ローカル温度上限のパワーオン リセット値は 55h または 00h です。ローカル温度上限のパワーオン リセット値は 55h または 00h (標準温度モードでは 85℃、拡張温度モードでは 21℃) です。

同様に、ローカル温度の下限は、ポインタ アドレス 0Ch に上位バイトを書き込むか、ポインタ アドレス 17h に下位バイトを書き込むか、ポインタアドレス 0Ch に単一の 2 バイトの書き込みコマンドを使用することで設定されます。ローカル温度の下限は、ポインタアドレス 06h の上位バイト、ポインタ アドレス 17h の下位バイト、またはポインタ アドレス 06h からの 2 バイトの読み取りコマンドで読み取られます。ローカル温度下限レジスタのパワーオン リセット値は 00h です (標準温度モードでは 0℃、拡張温度モードでは −64℃)。

リモート温度の上限は、ポインタ アドレス 0Dh に上位バイトを書き込むか、ポインタアドレス 13h に下位バイトを書き込むか、ポインタアドレス 0Dh に 2 バイトの書き込みコマンドを使用することで設定されます。リモート温度の上限は、ポインタアドレス 07h の上位バイト、ポインタ アドレス 13h の下位バイト、またはポインタ アドレス 07h からの 2 バイトの読み取りコマンドで読み取られます。リモート温度上限レジスタのパワーオン リセット値は、55h または 00h です (標準温度モードでは 85℃、拡張温度モードでは 21℃)。

リモート温度の下限は、ポインタ アドレス 0Eh に上位バイトを書き込むか、ポインタ アドレス 14h に下位バイトを書き込むか、ポインタアドレス 0Eh に 2 バイトの書き込みコマンドを使用することで設定されます。リモート温度の下限は、ポインタアドレス 08h の上位バイト、ポインタ アドレス 14h の下位バイト、またはポインタ アドレス 08h からの 2 バイトの読み取りコマンドで読み取られます。リモート温度下限レジスタのパワーオン リセット値は 00h です (標準温度モードでは 0℃、拡張温度モードでは −64℃)。

TMP411 には、ローカル チャネルとリモート チャネル用の $\overline{\text{THERM}}$ 制限レジスタがあります。これらのレジスタは 8 ビットで、$\overline{\text{THERM}}$ 制限を 1℃の分解能に設定できます。ローカル チャネルの $\overline{\text{THERM}}$ 制限は、ポインタ アドレス 20h に書き込むことで設定されます。リモート チャネルの $\overline{\text{THERM}}$ 制限は、ポインタ アドレス 19h に書き込むことで設定されます。ローカル チャネルの $\overline{\text{THERM}}$ 制限はポインタ アドレス 20h から読み取られ、リモート チャネルの $\overline{\text{THERM}}$ 制限はポインタ アドレス 19h から読み取られます。$\overline{\text{THERM}}$ 制限レジスタのパワーオン リセット値は 55h です (標準温度モードでは 85℃、拡張温度モードでは 21℃)。$\overline{\text{THERM}}$ 制限コンパレータにはヒステリシスがあります。コンパレータのヒステリシスは、ポインタ アドレス 21h に書き込むことで設定されます。ヒステリシスの値は、ポインタ アドレス 21h から読み取ることで取得できます。ヒステリシス レジスタの値は符号なしの値で、常に正の値です。このレジスタのパワーオン リセット値は 0Ah (10℃) です。

標準温度範囲と拡張温度範囲を切り替える際には、温度制限レジスタに保存されている温度が新しい温度範囲の形式に自動的に再フォーマットされないことに注意してください。これらの値は、適切な 2 進数形式または拡張 2 進数形式で再プログラムする必要があります。

## 9.5 ステータス レジスタ

TMP411 には、温度コンパレータの状態を報告するステータス レジスタがあります。表 9-2 に、ステータス レジスタのビットを示します。ステータス レジスタは、ポインタ アドレス 02h から読み取り専用です。

BUSY ビットは、ADC が変換を行っている場合は 1、ADC が変換を行っていない場合は 0 として読み取られます。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

ステータス レジスタの前回の読み取り以降にリモート トランジスタが OPEN として検出された場合、OPEN ビットは 1 として読み取られます。OPEN ステータスは、ADC がリモート温度を変換しようとしているときのみ検出されます。

RTHRM ビットは、図 8-6 に示すように、リモート温度がリモート $\overline{\text{THERM}}$ 制限を超え、リモート $\overline{\text{THERM}}$ 制限より高いままで、共有のヒステリシス レジスタの値より低い場合に、1 として読み取られます。

LTHRM ビットは、図 8-6 に示すように、ローカル温度がローカル $\overline{\text{THERM}}$ 制限を超え、ローカル $\overline{\text{THERM}}$ 制限より高いままで、共有のヒステリシス レジスタの値より低い場合に、1 として読み取られます。

LHIGH と RHIGH ビットの値は、構成レジスタの AL または TH ビットの状態によって異なります。AL または TH ビットが 0 なら、ステータス レジスタの前回クリア以降にローカル上限を超えた場合、LHIGH ビットは 1 として読み取られます。ステータス レジスタの前回クリア以降にリモート上限を超えた場合、RHIGH ビットは 1 として読み取られます。AL または TH ビットが 1 の場合、リモート上限とローカル上限によって $\overline{\text{THERM2}}$ 機能が実装されます。ローカル温度がローカル上限を超え、ローカル上限より高いままで、ヒステリシス レジスタの値より低い場合に、LHIGH は 1 として読み取られます。

リモート温度がリモート上限を超え、リモート上限より高いままで、ヒステリシス レジスタの値より低い場合に、RHIGH は 1 として読み取られます。

LLOW および RLOW ビットは、AL または TH ビットの影響を受けません。ステータス レジスタの前回クリア以降にローカル下限を超えた場合、LLOW ビットは 1 として読み取られます。ステータス レジスタの前回クリア以降にリモート下限を超えた場合、RLOW ビットは 1 として読み取られます。リモート ダイオードが接続されておらず、電源のランプ レートが 240V/s 未満のときは、RLOW フラグも設定されますが、無視してかまいません。

LLOW、RLOW、OPEN (および AL または TH が 0 の場合の LHIGH と RHIGH) の値はラッチされ、ステータス レジスタが読み取られるか、デバイス リセットが発生するまで、1 として読み取られます。これらのビットは、フラグが設定された原因となる状態が解消されれば、ステータス レジスタを読み取ることでクリアされます。BUSY、LTHRM、RTHRM (および $\overline{\text{ALERT}}$ または $\overline{\text{THERM2}}$ が 1 の場合の LHIGH と RHIGH) の値はラッチされず、ステータス レジスタを読み取ってもクリアされません。値は現在の状態を示し、対応する ADC 変換の終了時に適切に更新されます。ステータス レジスタのビットをクリアしても、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンの状態はクリアされません。SMBus のアラート応答のアドレス コマンドは、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンをクリアしなければなりません。

TMP411 は LHIGH、LLOW、RHIGH、RLOW、OPEN を NOR で接続しているため、これらのフラグのいずれかのステータスが 0 から 1 に変更されると、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンが自動的に Low になります。(これは $\overline{\text{ALERT}}$ または $\overline{\text{THERM2}}$ ピンが $\overline{\text{ALERT}}$ モードに構成されている場合にのみ適用されます)。

**表 9-2. ステータス レジスタの形式**

| ステータス レジスタ (読み取り = 02h、書き込み = NA) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ビット番号 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| ビット名 | BUSY | LHIGH | LLOW | RHIGH | RLOW | OPEN | RTHRM | LTHRM |
| POR 値 | 0 (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(1) BUSY ビットは、TMP411 デバイスが最初の温度変換を開始すると、パワーアップ後ほぼすぐに (<< 100µs) 1 に変わります。TMP411 デバイスが温度読み取り値を変換するときは、BUSY ビットは常に High です。

## 9.6 構成レジスタ

構成レジスタは温度範囲を設定し、シャットダウン モードを制御し、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンと $\overline{\text{THERM2}}$ ピンの機能を決定します。構成レジスタは、ポインタ アドレス 09h に書き込み、ポインタ アドレス 03h から読み取ることで設定されます。

MASK ビット (ビット 7) は、AL または TH = 0 の場合、$\overline{\text{ALERT}}$ ピン出力をイネーブルまたはディセーブルにします。AL または TH = 1 の場合、MASK ビットは影響しません。MASK が 0 に設定されている場合、いずれかの温度測定チャネルが、選択された連続変換回数の上限または下限を超えると、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンが Low になります。MASK ビットが 1 に設定されている場合、TMP411 は $\overline{\text{ALERT}}$ ピンの状態を保持しますが、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンは Low にはなりません。

シャットダウン (SD) ビット (ビット 6) は、温度測定回路をイネーブルまたはディセーブルにします。SD = 0 の場合、TMP411 は、変換レート レジスタで設定されたレートで連続的に変換を行います。SD が 1 に設定されると、TMP411 は


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

直ちに変換を停止し、シャットダウン モードに移行します。SD が 再度 0 に設定されると、TMP411 は連続的な変換を再開します。SD = 1 の場合は、ワンショット レジスタに書き込むことで、単一の変換が開始されます。

AL または TH ビット (ビット 5) は、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンが $\overline{\text{ALERT}}$ モードまたは $\overline{\text{THERM2}}$ モードのどちらで機能するかを制御します。AL または TH = 0 の場合、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンは割り込みピンとして動作します。このモードでは、温度測定が設定された回数連続して制限値から外れた後、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンが Low になります。

AL または TH = 1 の場合、$\overline{\text{ALERT/THERM2}}$ ピンは $\overline{\text{THERM}}$ 機能 ($\overline{\text{THERM2}}$) を実装します。このモードでは、$\overline{\text{THERM2}}$ は $\overline{\text{THERM}}$ ピンと同様に機能しますが、ローカル上限レジスタとリモート上限レジスタがスレッショルドに使用されます。RHIGH または LHIGH が設定されると、$\overline{\text{THERM2}}$ が Low になります。

温度範囲は、構成レジスタのビット 2 を構成することで設定されます。このビットを Low に設定すると、TMP411 デバイスは標準測定範囲 (0℃～127℃) に構成されます。温度変換は、標準 2 進数形式で保存されます。ビット 2 を High に設定すると、TMP411 は拡張測定範囲 (−55℃～+150℃) に構成されます。温度変換は、表 8-1 に示すように、拡張 2 進数形式で保存されます。

構成レジスタの残りのビットは予約済みで、0 に設定する必要があります。このレジスタのパワーオン リセット値は 00h です。表 9-3 に、構成レジスタのビットを示します。

**表 9-3. 構成レジスタのビットの説明**

| 構成レジスタ (読み取り = 03h、書き込み = 09h、POR = 00h) | | | |
|---|---|---|---|
| ビット | 名称 | 機能 | パワーオン リセット値 |
| 7 | MASK | 0 = $\overline{\text{ALERT}}$ イネーブル<br>1 = $\overline{\text{ALERT}}$ マスク | 0 |
| 6 | SD | 0 = 実行<br>1 = シャットダウン | 0 |
| 5 | AL または TH | 0 = $\overline{\text{ALERT}}$ モード<br>1 = $\overline{\text{THERM}}$ モード | 0 |
| 4、3 | 予約済み | — | 0 |
| 2 | 温度範囲 | 0 = 0℃～127℃<br>1 = -55℃～150℃ | 0 |
| 1、0 | 予約済み | — | 0 |

## 9.7 分解能レジスタ

分解能レジスタの RES1 ビットと RES0 ビット (分解能ビット 1 と 0) では、ローカル温度測定チャネルの分解能を設定します。リモート温度測定チャネルの分解能は、影響を受けません。ローカル チャネル分解能を変更すると、TMP411 の変換時間とレートに影響を与えます。分解能レジスタは、ポインタ アドレス 1Ah に書き込むことで設定され、ポインタ アドレス 1Ah から読み取られます。表 9-4 に、分解能レジスタの分解能ビットを示します。

**表 9-4. 分解能レジスタ：ローカル チャネルのプログラム可能な分解能**

| 分解能レジスタ (読み取り = 1Ah、書き込み = 1Ah、POR = 1Ch) | | | |
|---|---|---|---|
| RES1 | RES0 | 分解能 | 変換時間 (標準値) |
| 0 | 0 | 9 ビット (0.5℃) | 16.8ms |
| 0 | 1 | 10 ビット (0.25℃) | 16.8ms |
| 1 | 0 | 11 ビット (0.125℃) | 16.8ms |
| 1 | 1 | 12 ビット (0.0625℃) | 16.8ms |

分解能レジスタのビット 2～4 は 1 に設定する必要があります。分解能レジスタのビット 5～7 は 0 に設定する必要があります。このレジスタのパワーオン リセット値は 1Ch です。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

## 9.8 変換レート レジスタ

変換レート レジスタは、温度変換が実行されるレートを制御します。このレジスタは、変換間のアイドル時間を調整しますが、変換タイミングは調整せず、これにより TMP411 の消費電力が温度レジスタの更新レートに合わせて調整されます。表 9-5 に、変換レートのオプションと対応する消費電流を示します。


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

**表 9-5. 変換レート レジスタ**

| 変換レート レジスタ (読み取り = 04h、書き込み = 0Ah、POR = 08h) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R7 | R6 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R0 | 秒あたりの変換数 | 平均 IQ (標準値) (µA) |
| | | | | | | | | | V+ = 2.7V および 5.5V |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0625 | 1.5 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.125 | 1.8 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.25 | 2.5 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.5 | 3.8 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 6.5 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 12 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 23 |
| 07h～0Fh | | | | | | | | 8 | 45 |

## 9.9 n 係数補正レジスタ

TMP411 では、さまざまな n 係数値を使用して、リモート チャネル測定値を温度に変換できます。リモート チャネルはシーケンシャルな電流励起を使用して差動 $V_{BE}$ 電圧測定を抽出し、リモート トランジスタの温度を決定します。式 1 は、電圧と温度の関係です。

$$V_{BE2} - V_{BE1} = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \quad (1)$$

値 n は、リモート チャネルに使用される特定のトランジスタの特性です。TMP411 のデフォルト値は n = 1.008 です。表 9-6 の値は、式 2 および 式 3 に従って、実効 n 係数を調整します。

$$n_{eff} = \frac{1.008 \times 300}{(300 - N_{ADJUST})} \quad (2)$$

$$N_{ADJUST} = 300 - \left(\frac{300 \times 1.008}{n_{eff}}\right) \quad (3)$$

n 補正値は、表 9-6 に示すように、−128～127 の有効データ範囲を持つ 2 の補数形式で格納する必要があります。n 補正値は、ポインタ アドレス 18h に書き込まれ、そこから読み取られます。レジスタのパワーオン リセットの値は 00h ですが、その値が書き込まれるまでは影響しません。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

**表 9-6. n 係数の範囲**

| $N_{ADJUST}$ | | | N |
|---|---|---|---|
| 2 進数 | 16 進数 | 10 進数 | |
| 01111111 | 7F | 127 | 1.747977 |
| 00001010 | 0A | 10 | 1.042759 |
| 00001000 | 08 | 8 | 1.035616 |
| 00000110 | 06 | 6 | 1.028571 |
| 00000100 | 04 | 4 | 1.021622 |
| 00000010 | 02 | 2 | 1.014765 |
| 00000001 | 01 | 1 | 1.011371 |
| 00000000 | 00 | 0 | 1.008 |
| 11111111 | FF | -1 | 1.004651 |
| 11111110 | FE | -2 | 1.001325 |
| 11111100 | FC | -4 | 0.994737 |
| 11111010 | FA | -6 | 0.988235 |
| 11111000 | F8 | -8 | 0.981818 |
| 11110110 | F6 | -10 | 0.975484 |
| 10000000 | 80 | -128 | 0.706542 |

## 9.10 最小レジスタと最大レジスタ

TMP411 には、ローカル チャネルとリモート チャネルのパワー オン、チップ リセット、または最小 / 最大レジスタ リセット以降に測定された最低温度と最高温度が保存されます。ローカル温度最小レジスタはポインタ アドレス 30h から上位バイトが読み取られ、ポインタ アドレス 31h から下位バイトが読み取られます。ローカル温度最小レジスタは、ポインタアドレス 30h から 2 バイトの読み取りコマンドで読み取られます。ローカル温度最小レジスタは、チップ リセット コマンドを実行するか、またはポインタ アドレス 30h～37h のいずれかに値を書き込むことにより、パワー オン時にリセットされます。これらのレジスタのリセット値は FFh および F0h です。

ローカル温度最大レジスタはポインタ アドレス 32h から上位バイトが読み取られ、ポインタアドレス 33h から下位バイトが読み取られます。ローカル温度最大レジスタは、ポインタ アドレス 32h から 2 バイトの読み取りコマンドで読み取られます。ローカル温度最大レジスタは、チップ リセット コマンドを実行するか、またはポインタ アドレス 30h～37h のいずれかに値を書き込むことにより、パワー オン時にリセットされます。これらのレジスタのリセット値は 00h および 00h です。

リモート温度最小レジスタはポインタ アドレス 34h から上位バイトが読み取られ、ポインタ アドレス 35h から下位バイトが読み取られます。リモート温度最小レジスタは、ポインタアドレス 34h から 2 バイトの読み取りコマンドで読み取られます。リモート温度最小レジスタは、チップ リセット コマンドを実行するか、またはポインタ アドレス 30h～37h のいずれかに値を書き込むことにより、パワー オン時にリセットされます。これらのレジスタのリセット値は FFh および F0h です。

リモート温度最大レジスタはポインタ アドレス 36h から上位バイトが読み取られ、ポインタ アドレス 37h から下位バイトが読み取られます。リモート温度最大レジスタは、ポインタ アドレス 36h から 2 バイトの読み取りコマンドで読み取られます。リモート温度最大レジスタは、チップ リセット コマンドを実行するか、またはポインタ アドレス 30h～37h のいずれかに値を書き込むことにより、パワー オン時にリセットされます。これらのレジスタのリセット値は 00h および 00h です。


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

## 9.11 連続アラート レジスタ

連続アラート レジスタ (アドレス 22h) の値により、測定チャネルで連続して制限外測定が発生する必要がある回数が決まり、その回数に達すると $\overline{\text{ALERT}}$ 信号がアクティブになります。このレジスタの値は、ステータス レジスタのビットには影響しません。連続変換には、1 回、2 回、3 回、または 4 回の値を選択できます。デフォルトは 1 回です。この機能により、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンのフィルタリングを追加することできます。表 9-7 に、連続したアラートのビットを示します。

**表 9-7. 連続アラート レジスタ**

| 連続アラート レジスタ (読み取り = 22h、書き込み = 22h、POR = 01h) | | | |
|---|---|---|---|
| C2 | C1 | C0 | 制限外測定の連続回数 |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | 1 | 1 | 3 |
| 1 | 1 | 1 | 4 |

**注**

連続アラート レジスタのビット 7 は、タイムアウト機能のイネーブル / ディセーブルを制御します。この機能の説明については、「タイムアウト機能」セクションを参照してください。

## 9.12 $\overline{\text{THERM}}$ ヒステリシス レジスタ

表 9-9 に示す $\overline{\text{THERM}}$ ヒステリシス レジスタには、$\overline{\text{THERM}}$ ピン アラーム機能のヒステリシス値が保存されます。このレジスタには、ローカル温度上限レジスタ値、リモート温度上限レジスタ値、ローカル $\overline{\text{THERM}}$ 制限レジスタ値、リモート $\overline{\text{THERM}}$ 制限レジスタ値より小さい値でプログラムする必要があります。それ以外の場合、各温度コンパレータは測定温度の立ち下がりエッジでトリップしません。表 9-8 に、許容されるヒステリシス値を示します。デバイスが標準モード設定でも拡張モード設定でも、デフォルトのヒステリシス値は 10℃です。

**表 9-8. 許容される $\overline{\text{THERM}}$ ヒステリシスの値**

| 温度 (℃) | $\overline{\text{THERM}}$ ヒステリシスの値 | |
|---|---|---|
| | TH [11:1] (標準 2 進数) | (HEX) |
| 0 | 0000 0000 | 00 |
| 1 | 0000 0001 | 01 |
| 5 | 0000 0101 | 05 |
| 10 | 0000 1010 | 0A |
| 25 | 0001 1001 | 19 |
| 50 | 0011 0010 | 32 |
| 75 | 0100 1011 | 4B |
| 100 | 0110 0100 | 64 |
| 125 | 0111 1101 | 7D |
| 127 | 0111 1111 | 7F |
| 150 | 1001 0110 | 96 |
| 175 | 1010 1111 | AF |
| 200 | 1100 1000 | C8 |
| 225 | 1110 0001 | E1 |
| 255 | 1111 1111 | FF |

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

表 9-9. $\overline{\text{THERM}}$ ヒステリシス レジスタの形式

| $\overline{\text{THERM}}$ ヒステリシス レジスタ (読み取り = 21h、書き込み = 21h、POR = 0Ah) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ビット番号 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| ビット名 | TH11 | TH10 | TH9 | TH8 | TH7 | TH6 | TH5 | TH4 |
| POR 値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

## 9.13 リモート温度オフセット レジスタ

オフセット レジスタにより、TMP411E は高精度キャリブレーションによるシステム オフセット補償値を保存できます。レジスタの値は、温度の結果と同じ形式で保存され、変換後にリモート温度の結果に加算されます。η 係数補正と組み合わせると、温度範囲全体にわたって正確なシステム キャリブレーションが可能になります。

## 9.14 識別レジスタ

TMP411 では、2 線式バス コントローラがデバイスのメーカーとデバイス識別情報を問い合わせることができます。この機能により、特定の 2 線式バス アドレスでデバイスのソフトウェア識別が可能になります。メーカー ID は、ポインタ アドレス FEh から読み取ることで取得されます。TMP411 のメーカー コードは 55h です。デバイスの識別は、表 9-1 に示すように、特定のモデルによって異なります。これらのレジスタは読み取り専用です。

# 10 アプリケーションと実装

注

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

## 10.1 アプリケーション情報

TMP411 では、リモート温度測定用に D+ ピンと D- ピンの間にトランジスタを接続するだけです。リモート チャネルを使用せず、ローカル温度のみが測定される場合、D+ ピンを D- に接続してください。SDA ピン、$\overline{\text{ALERT}}$ ピン、$\overline{\text{THERM}}$ ピン (オープン ドレイン出力で駆動される場合は SCL も) には、通信バスの一部としてプルアップ抵抗が必要です。テキサス・インスツルメンツでは、ローカル バイパス用に、0.1µF の電源デカップリング コンデンサを使用することを推奨しています。図 8-1 に、TMP411 の代表的な構成を示します。

## 10.2 代表的なアプリケーション

### *10.2.1 設計要件*

TMP411 は、プロセッサ チップや ASIC に内蔵されたディスクリート トランジスタまたはサブストレート トランジスタと組み合わせて使用するように設計されています。ベース エミッタ接合部がリモート温度センサである限り、NPN または PNP トランジスタを使用できます。図 8-1 に示すように、トランジスタ接続またはダイオード接続を使用できます。

リモート温度センサの読み取り値の誤差は、特定のトランジスタに対する、TMP411 の動作電流とメーカー指定の動作電流の間における、理想係数と電流励起の影響によるものです。一部のメーカーでは、温度検出用サブストレート トランジスタに高レベル電流と低レベル電流を指定しています。TMP411 の $I_{LOW}$ 値は 6µA、$I_{HIGH}$ 値は 120µA です。表 9-6 に示すように、TMP411 ではさまざまな n 係数値を使用できます。

理想係数 (n) とは、理想ダイオードと比較した場合のリモート温度センサのダイオードの特性を示す測定値です。理想係数は 1.008 に低下します。理想係数が TMP411 と一致しないトランジスタの場合、式 4 で温度誤差を計算します。式で正しい結果を得るには、実際の温度 (°C) をケルビン (°K) に変換する必要があります。

$$T_{ERR} = \left(\frac{n - 1.008}{1.008}\right) \times \left(273.15 + T(^{\circ}C)\right) \quad (4)$$


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

ここで

- n = リモート温度センサの理想係数
- T (℃) = 実際の温度
- $T_{ERR}$ = n ≠ 1.008 によるデバイス読み取り誤差
- 温度差は℃と °K で同じ

n = 1.004、T (℃) = 100℃の場合、式 5 を使用します。

$$T_{ERR} = \left(\frac{1.004 - 1.008}{1.008}\right) \times (273.15 + 100^{\circ}C)$$
$$T_{ERR} = -1.48^{\circ}C \quad (5)$$

リモート温度センサとしてディスクリート トランジスタを使用する場合、以下の基準に従ってトランジスタを選択すると、最も精度が高くなります。

1. ベース エミッタ電圧 > 0.25V、6μA、最高検出温度時
2. ベース エミッタ電圧 < 0.95V、120μA、最低検出温度時
3. ベース抵抗 < 100Ω
4. わずかな $h_{FE}$ 変動 (50～150) で示される $V_{BE}$ 特性を厳密に制御する

これらの基準に基づき、テキサス・インスツルメンツでは、2N3904 (NPN) または 2N3906 (PNP) などの小信号トランジスタを 2 つ使用することを推奨しています。

### *10.2.2 詳細な設計手順*

TMP411 の 温度測定精度は、リモートまたはローカルの温度センサが、監視対象のシステム ポイントと同じ温度であることに依存するものです。温度センサが監視対象のシステムの部品と適切に熱接触していない場合、システムの温度変化に対するセンサの応答に遅延が生じます。デバイスの近くに配置されたサブストレート トランジスタ (または小型の SOT-23 トランジスタ) を使用するリモート温度検出アプリケーションでは、通常このような遅延は問題になりません。

TMP411 内部のローカル温度センサは、デバイスの周囲気温を監視します。TMP411 の熱時定数は約 2 秒です。この定数は、周囲気温が急速に 100℃変化した場合、TMP411 が最終的な温度に対して 1℃以内に収束するまでに約 10 秒 (5 つの熱時定数に相当) かかること意味します。ほとんどのアプリケーションでは、TMP411 パッケージはプリント基板 (PCB) と電気的 (および熱的) に接触しており、強制エアフローにさらされています。温度測定精度は、PCB の温度と強制エアフローの温度が、デバイスによって測定された温度をどの程度正確に表しているかに直接依存します。さらに、TMP411 の内部消費電力によって、温度が周囲温度や PCB 温度を上回る可能性があります。使用される電流が小さいため、リモート温度センサの励起による内部消費電力は無視できるほどわずかです。

電源電圧が 3.3V で、最大変換レートが毎秒 8 回の場合、TMP411 の消費電力は 0.149mW です (PD IQ = 3.3V × 45μA)。$\overline{ALERT}/\overline{THERM2}$ ピンと THERM ピンがそれぞれ 1mA でシンクしている場合、さらに 0.8mW の電力が消費されます (PD OUT = 1mA × 0.4V + 1mA × 0.4V = 0.8mW)。合計消費電力は 0.949mW (PD IQ + PD OUT) に相当し、($\theta_{JA}$ 値が 162℃/W の場合) 接合部温度は周囲よりも約 0.154℃高くなります。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

### 10.2.3 アプリケーション曲線

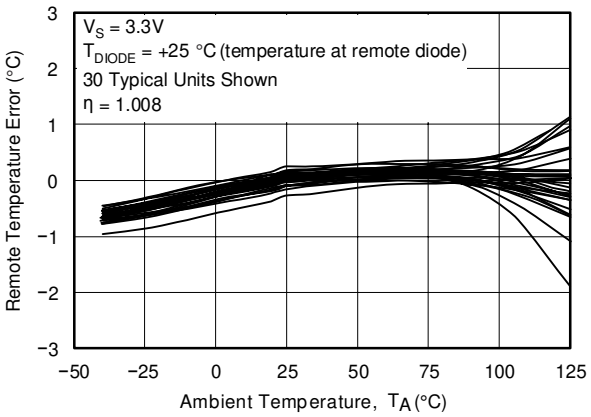



**図 10-1. リモート温度誤差と TMP411 周囲温度との関係**

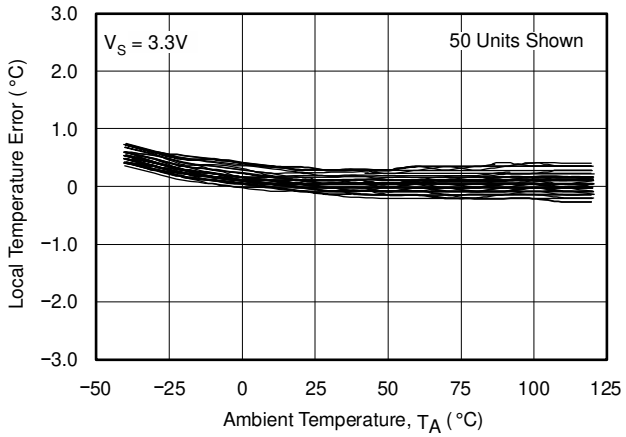



**図 10-2. ローカル温度誤差と TMP411 周囲温度との関係**

## 10.3 電源に関する推奨事項

TMP411 は、電源電圧範囲 2.7V～5.5V で動作します。このデバイスは 3.3V 電源で動作するように最適化されていますが、電源電圧範囲全体にわたって正確に温度を測定します。テキサス・インスツルメンツでは、電源バイパス コンデンサの使用を推奨しています。このコンデンサは、デバイスの電源ピンとグランド ピンにできるだけ近づけて配置してください。電源バイパス コンデンサの標準値は 0.1µF です。ノイズが多い、またはインピーダンスが高い電源を使ったアプリケーションでは、デカップリング コンデンサの追加による電源ノイズの除去が必要な場合があります。

## 10.4 レイアウト

### 10.4.1 レイアウトのガイドライン

TMP411 のリモート温度検出は、低電流を使用して小さな電圧を測定するため、デバイス入力でのノイズを最小限に抑える必要があります。TMP411 を使用するほとんどのアプリケーションは、ノイズ環境を引き起こす複数のクロックとロジック レベルの遷移を伴う高デジタル コンテンツを含んでいます。レイアウトは、以下のガイドラインに従う必要があります。

- TMP411 は、リモート接合部センサのできるだけ近くに配置します。
- 図 10-3 に示すように、D+ と D- のトレースは隣り合わせに配線し、グランド ガード トレースを使用して隣接する信号から遮蔽します。多層 PCB を使用する場合は、グランド プレーンまたは VDD プレーンの間にこれらのトレースを埋め込んで、外来ノイズ源からプレーンを遮蔽します。テキサス・インスツルメンツでは、5mm (0.127mm) の PCB トレースの使用を推奨しています。
- 銅とはんだの接続によって生じる余分な熱電対接合を最小限に抑えます。これらの接合を使用する場合は、熱電対効果を打ち消すために、D+ と D- の接続において、銅とはんだの接続を同じ数およびおおよその位置で行います。
- 図 10-4 に示すように、TMP411 の V+ ピンと GND ピンの間には、0.1µF ローカル バイパス コンデンサを直接接続します。最適な測定性能を得るために、D+ と D- の間のフィルタ容量を 1000pF 以下の最小限に抑えます。この容量には、リモート温度センサと TMP411 の間のケーブル容量も含まれます。
- リモート温度センサと TMP411 の間の接続が 8 インチ (20cm) 未満の場合、ツイスト ペア ワイヤ接続を使用します。接続が 8 インチ (20cm) を超える場合は、シールドが TMP411 のできるだけ近くで接地された、シールド付きツイスト ペアを使用します。ループが接地されたり、60Hz のノイズを拾ったりしないように、シールド ワイヤのリモート センサ接続端は空けておきます。


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

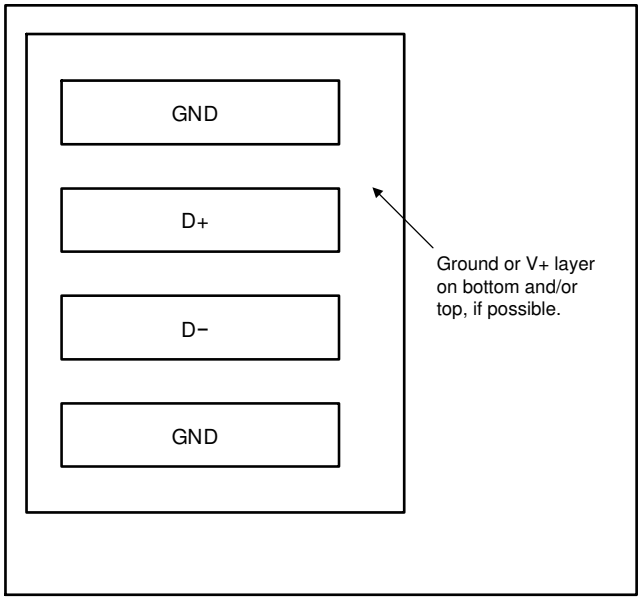



**図 10-3. 信号トレースの例**

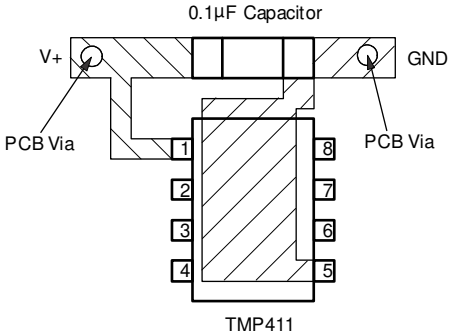



**図 10-4. 推奨されるバイパス コンデンサの配置**

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

### 10.4.2 レイアウト例

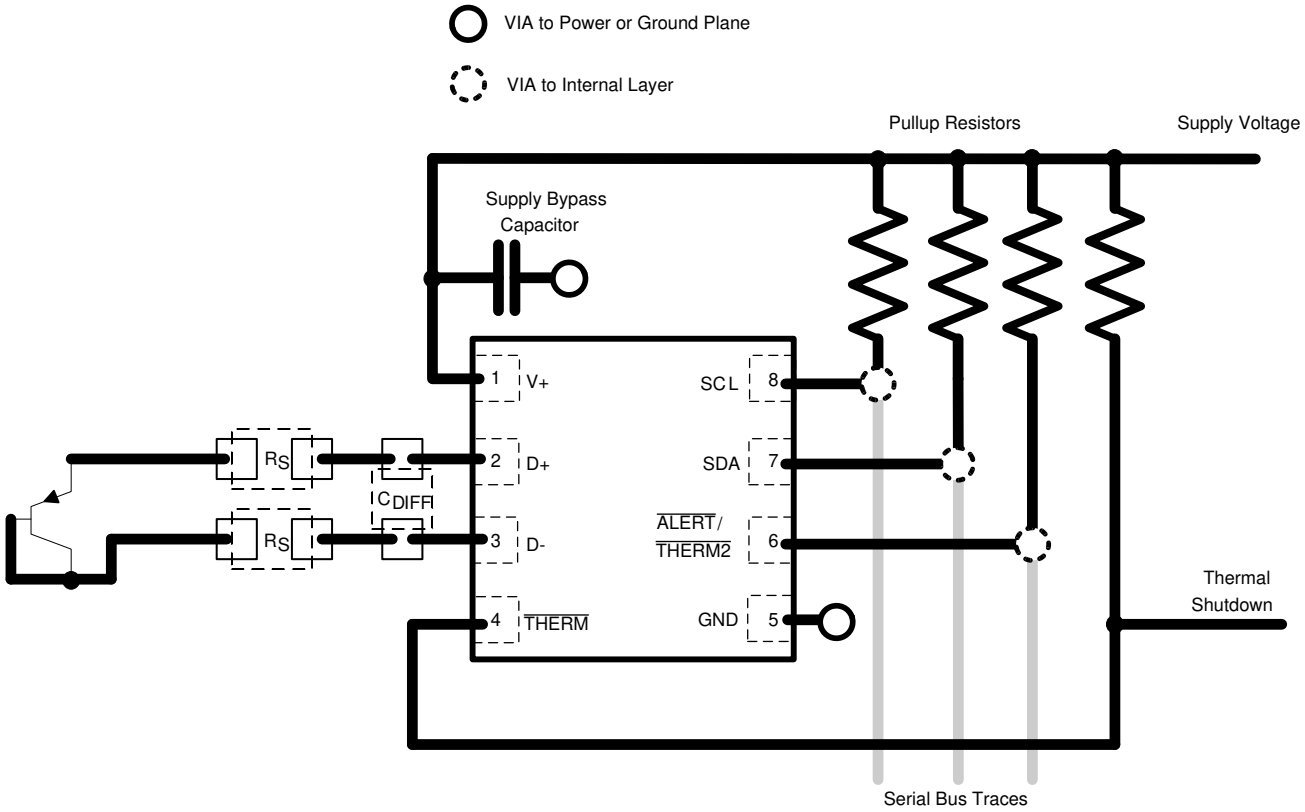



**図 10-5. TMP411 デバイスのレイアウト**

# 11 デバイスおよびドキュメントのサポート

## 11.1 ドキュメントのサポート

### 11.1.1 関連資料

- テキサス・インスツルメンツ、『リモート温度センサ設計の最適化』アプリケーション ノート
- テキサス・インスツルメンツ、『TMP451 η 係数およびオフセット補正、直列抵抗キャンセル、プログラム可能なデジタル フィルタ搭載、±1℃リモート / ローカル温度センサ』データ シート
- テキサス・インスツルメンツ、『±1℃リモート / ローカル温度センサ』データシート

## 11.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

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

## 11.3 サポート・リソース

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


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

### 11.4 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。

### 11.5 静電気放電に関する注意事項

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

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

### 11.6 用語集

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

## 12 改訂履歴

**Changes from Revision D (August 2016) to Revision E (September 2024)** **Page**

- ドキュメント全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新 ..... 1
- ドキュメント全体を通して、「マスタ」を「コントローラ」に、「スレーブ」を「ターゲット」にして用語を変更。 ..... 1
- ドキュメント全体を通して「変換時間」を更新。 ..... 1
- ドキュメント全体を通して、平均電流とシャットダウン電流を変更。 ..... 1
- D+ ピンと D- ピンの最大電圧定格を 2V に更新。 ..... 4
- ピン 4、ピン 6、ピン 7、ピン 8 の最大電圧定格を 6V に更新。 ..... 4
- D パッケージの「熱に関する情報」セクションを変更。 ..... 4
- DGK パッケージの「熱に関する情報」セクションを変更。 ..... 4
- 「電気的特性」表の「変換時間」を変更。 ..... 5
- 「電気的特性」表の「リモート センサ ソース電流」から中低を削除。 ..... 5
- ヒステリシスの標準値を 500mV から 170mV に変更して誤記を訂正。 ..... 5
- 「電気的特性」表のすべてのテスト条件について静止電流値を変更。 ..... 5
- $f_s$= 40kHz を $f_s$ = 400kHz に変更して誤記を訂正。 ..... 5
- 低電圧誤動作防止の制限を削除。 ..... 5
- 「電気的特性」表のパワーオン リセットのスレッショルド値を変更。 ..... 5
- 「電気的特性」表にブラウンアウト検出値を追加。 ..... 5
- 高速モードの $t_{(SUDAT)}$ を 10ns から 20ns に変更。 ..... 6
- 「代表的特性」セクションの、静止電流と変換レートとの関係、シャットダウン静止電流と SCL クロック周波数との関係、シャットダウン静止電流と電源電圧との関係の各グラフを変更。 ..... 8
- 実際のシリコンの動作に合わせて、「シャットダウン モード (SD)」セクションに説明を追加。 ..... 14
- 「ドキュメントのサポート」および「関連資料」セクションを追加。 ..... 34

**Changes from Revision C (May 2008) to Revision D (August 2016)** **Page**

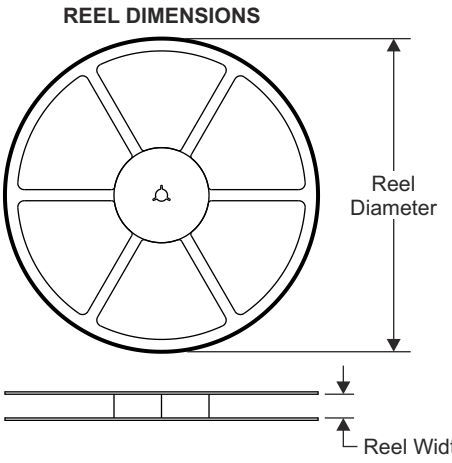
- 「特長」セクションに「システム キャリブレーション用のオフセット レジスタ」と「ADT7461 および ADM1032 と互換性のあるピンおよびレジスタ」を追加。 ..... 1
- POA と eMSG 情報が一致するように、「製品情報」表のパッケージ オプションとして VSSOP を継続。 ..... 1
- ドキュメント全体を通して、「MSOP-8」を「VSSOP-8」に変更。 ..... 1
- 「ピン構成および機能」セクションのピン配置の図にパッケージ指定子を追加。 ..... 3
- 「機能ブロック図」を追加 ..... 11
- 「タイミング図」セクションを追加。 ..... 15
- 「電源に関する推奨事項」の情報を追加 ..... 32

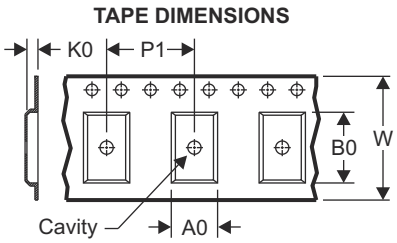
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

# 13 メカニカル、パッケージ、および注文情報

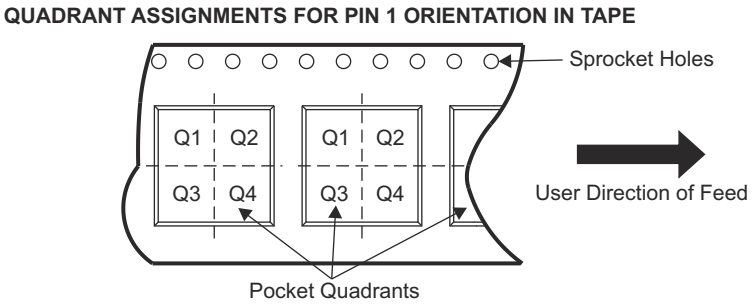
以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに使用できる最新のデータです。このデータは、予告なく、このドキュメントを改訂せずに変更される場合があります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

## 13.1 テープおよびリール情報



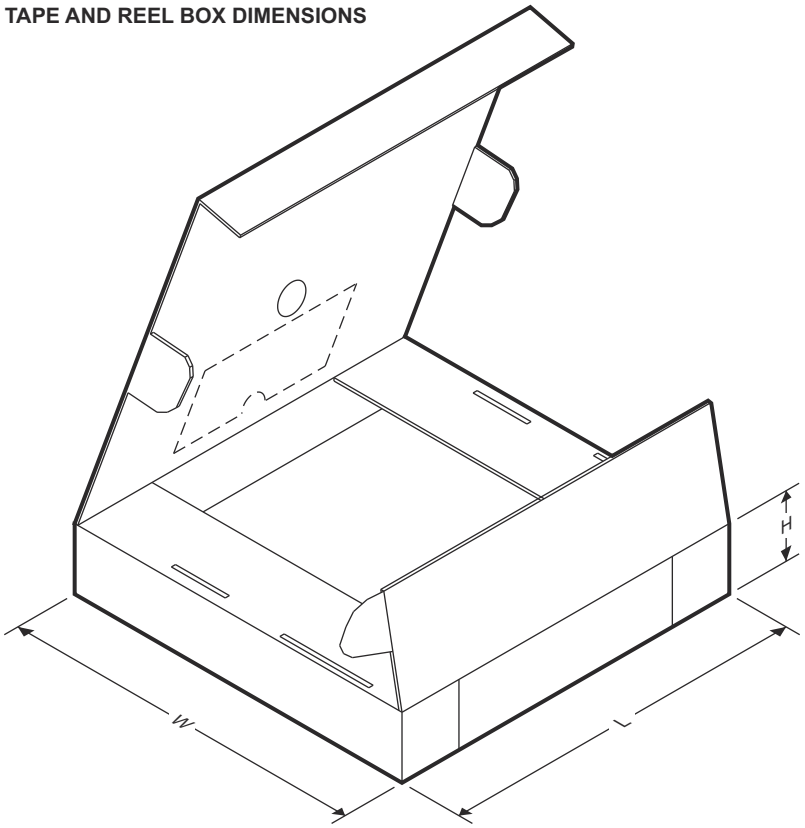

| | |
|---|---|
| A0 | Dimension designed to accommodate the component width |
| B0 | Dimension designed to accommodate the component length |
| K0 | Dimension designed to accommodate the component thickness |
| W | Overall width of the carrier tape |
| P1 | Pitch between successive cavity centers |




| デバイス | パッケージタイプ | パッケージ図 | ピン数 | 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TMP411ADGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330 | 12.4 | 5.3 | 3.3 | 1.3 | 8 | 12 | Q1 |
| TMP411ADGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330 | 12.4 | 5.3 | 3.4 | 1.4 | 8 | 12 | Q1 |
| TMP411ADR | SOIC | D | 8 | 2500 | 330 | 12.4 | 6.4 | 5.2 | 2.1 | 8 | 12 | Q1 |
| TMP411BDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330 | 12.4 | 5.3 | 3.4 | 1.4 | 8 | 12 | Q1 |
| TMP411BDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330 | 12.4 | 5.3 | 3.3 | 1.3 | 8 | 12 | Q1 |
| TMP411BDR | SOIC | D | 8 | 2500 | 330 | 12.4 | 6.4 | 5.2 | 2.1 | 8 | 12 | Q1 |
| TMP411CDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330 | 12.4 | 5.3 | 3.4 | 1.4 | 8 | 12 | Q1 |
| TMP411CDR | SOIC | D | 8 | 2500 | 330 | 12.4 | 6.4 | 5.2 | 2.1 | 8 | 12 | Q1 |
| TMP411EDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330 | 12.4 | 5.3 | 3.4 | 1.4 | 8 | 12 | Q1 |


Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

**TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS**




| デバイス | パッケージ タイプ | パッケージ図 | ピン数 | SPQ | 長さ (mm) | 幅 (mm) | 高さ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TMP411ADGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 367 | 367 | 38 |
| TMP411ADGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 366 | 364 | 50 |
| TMP411ADR | SOIC | D | 8 | 2500 | 356 | 356 | 35 |
| TMP411BDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 366 | 364 | 50 |
| TMP411BDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 367 | 367 | 38 |
| TMP411BDR | SOIC | D | 8 | 2500 | 356 | 356 | 35 |
| TMP411CDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 366 | 364 | 50 |
| TMP411CDR | SOIC | D | 8 | 2500 | 356 | 356 | 35 |
| TMP411EDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 366 | 364 | 50 |

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

# 重要なお知らせと免責事項

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

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

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

テキサス・インスツルメンツの製品は、テキサス・インスツルメンツの販売条件、または ti.com やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所:Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

## PACKAGING INFORMATION

| Orderable part number | Status (1) | Material type (2) | Package \| Pins | Package qty \| Carrier | RoHS (3) | Lead finish/ Ball material (4) | MSL rating/ Peak reflow (5) | Op temp (°C) | Part marking (6) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TMP411AD | Obsolete | Production | SOIC (D) \| 8 | - | - | Call TI | Call TI | -40 to 125 | T411A |
| TMP411ADGKR | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU \| NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411A |
| TMP411ADGKR.A | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411A |
| TMP411ADGKR.B | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411A |
| TMP411ADGKT | Obsolete | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | - | - | Call TI | Call TI | -40 to 125 | 411A |
| TMP411ADR | Active | Production | SOIC (D) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | T411A |
| TMP411ADR.A | Active | Production | SOIC (D) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | T411A |
| TMP411BD | Obsolete | Production | SOIC (D) \| 8 | - | - | Call TI | Call TI | -40 to 125 | T411B |
| TMP411BDGKR | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU \| NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411B |
| TMP411BDGKR.A | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411B |
| TMP411BDGKR.B | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411B |
| TMP411BDGKT | Obsolete | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | - | - | Call TI | Call TI | -40 to 125 | 411B |
| TMP411BDR | Active | Production | SOIC (D) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | T411B |
| TMP411BDR.A | Active | Production | SOIC (D) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | T411B |
| TMP411CD | Obsolete | Production | SOIC (D) \| 8 | - | - | Call TI | Call TI | -40 to 125 | T411C |
| TMP411CDGKR | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411C |
| TMP411CDGKR.A | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411C |
| TMP411CDGKR.B | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411C |
| TMP411CDGKT | Obsolete | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | - | - | Call TI | Call TI | -40 to 125 | 411C |
| TMP411CDR | Active | Production | SOIC (D) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | T411C |
| TMP411CDR.A | Active | Production | SOIC (D) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | T411C |
| TMP411CDR.B | Active | Production | SOIC (D) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | T411C |
| TMP411DADDFR | Active | Production | SOT-23-THIN (DDF) \| 8 | 3000 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-1-260C-UNLIM | -40 to 125 | 3M7F |
| TMP411DBDDFR | Active | Production | SOT-23-THIN (DDF) \| 8 | 3000 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-1-260C-UNLIM | -40 to 125 | 3LJF |
| TMP411DCDDFR | Active | Production | SOT-23-THIN (DDF) \| 8 | 3000 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-1-260C-UNLIM | -40 to 125 | 3M8F |
| TMP411DEDDFR | Active | Production | SOT-23-THIN (DDF) \| 8 | 3000 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-1-260C-UNLIM | -40 to 125 | 3MAF |
| TMP411EDGKR | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411E |
| TMP411EDGKR.A | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411E |
| TMP411EDGKR.B | Active | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | 2500 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 411E |

| 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TMP411EDGKT | Obsolete | Production | VSSOP (DGK) \| 8 | - | - | Call TI | Call TI | -40 to 125 | 411E |

(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.

**OTHER QUALIFIED VERSIONS OF TMP411 :**

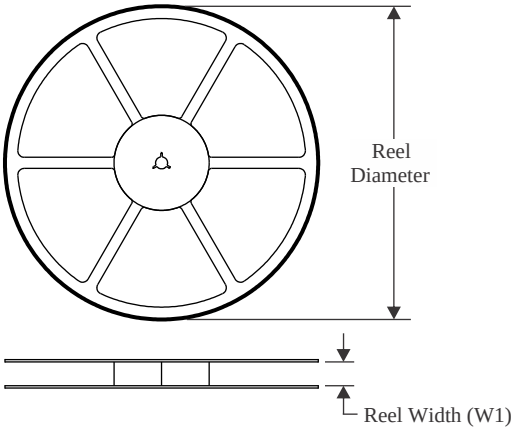
- Automotive : TMP411-Q1

NOTE: Qualified Version Definitions:

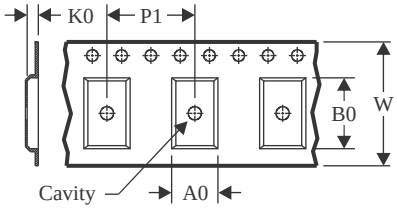
- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects

## TAPE AND REEL INFORMATION

**REEL DIMENSIONS**

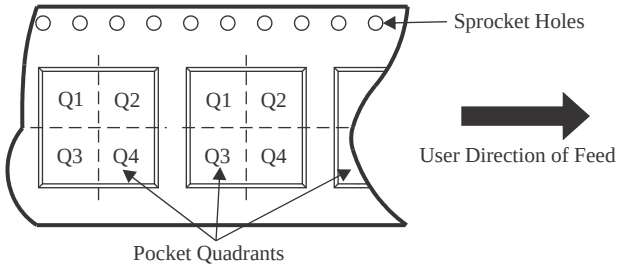



**TAPE DIMENSIONS**




| | |
|---|---|
| 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 |

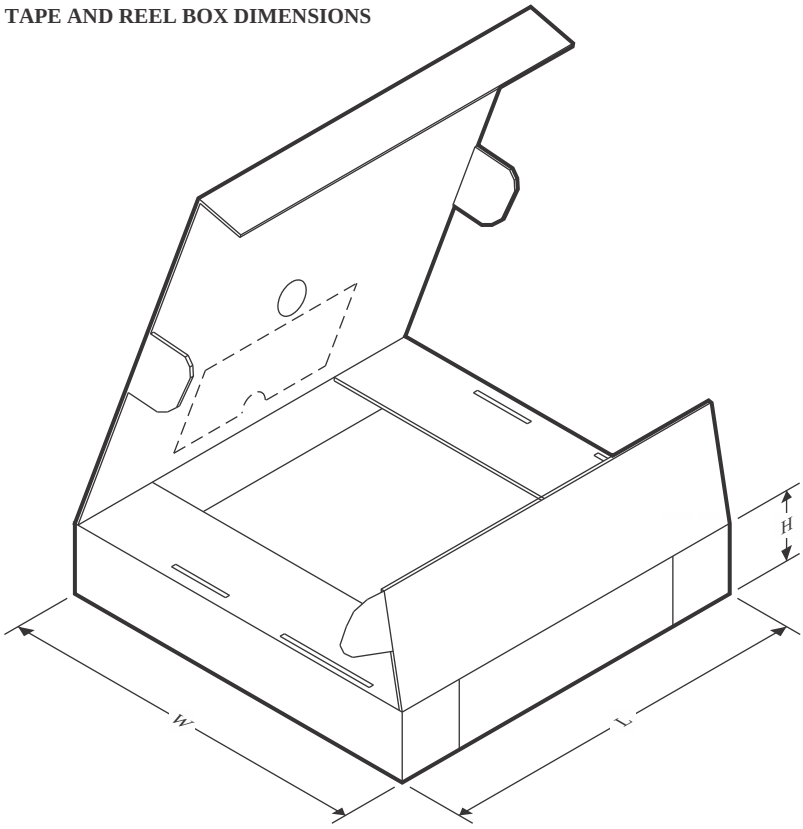
**QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE**




*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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TMP411ADGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330.0 | 12.4 | 5.3 | 3.3 | 1.3 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TMP411ADGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330.0 | 12.4 | 5.3 | 3.4 | 1.4 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TMP411ADR | SOIC | D | 8 | 2500 | 330.0 | 12.4 | 6.4 | 5.2 | 2.1 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TMP411BDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330.0 | 12.4 | 5.3 | 3.3 | 1.3 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TMP411BDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330.0 | 12.4 | 5.3 | 3.4 | 1.4 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TMP411BDR | SOIC | D | 8 | 2500 | 330.0 | 12.4 | 6.4 | 5.2 | 2.1 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TMP411CDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330.0 | 12.4 | 5.3 | 3.4 | 1.4 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TMP411CDR | SOIC | D | 8 | 2500 | 330.0 | 12.4 | 6.4 | 5.2 | 2.1 | 8.0 | 12.0 | Q1 |
| TMP411DADDFR | SOT-23-THIN | DDF | 8 | 3000 | 180.0 | 8.4 | 3.2 | 3.2 | 1.4 | 4.0 | 8.0 | Q3 |
| TMP411DBDDFR | SOT-23-THIN | DDF | 8 | 3000 | 180.0 | 8.4 | 3.2 | 3.2 | 1.4 | 4.0 | 8.0 | Q3 |
| TMP411DCDDFR | SOT-23-THIN | DDF | 8 | 3000 | 180.0 | 8.4 | 3.2 | 3.2 | 1.4 | 4.0 | 8.0 | Q3 |
| TMP411DEDDFR | SOT-23-THIN | DDF | 8 | 3000 | 180.0 | 8.4 | 3.2 | 3.2 | 1.4 | 4.0 | 8.0 | Q3 |
| TMP411EDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 330.0 | 12.4 | 5.3 | 3.4 | 1.4 | 8.0 | 12.0 | Q1 |

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS




*All dimensions are nominal

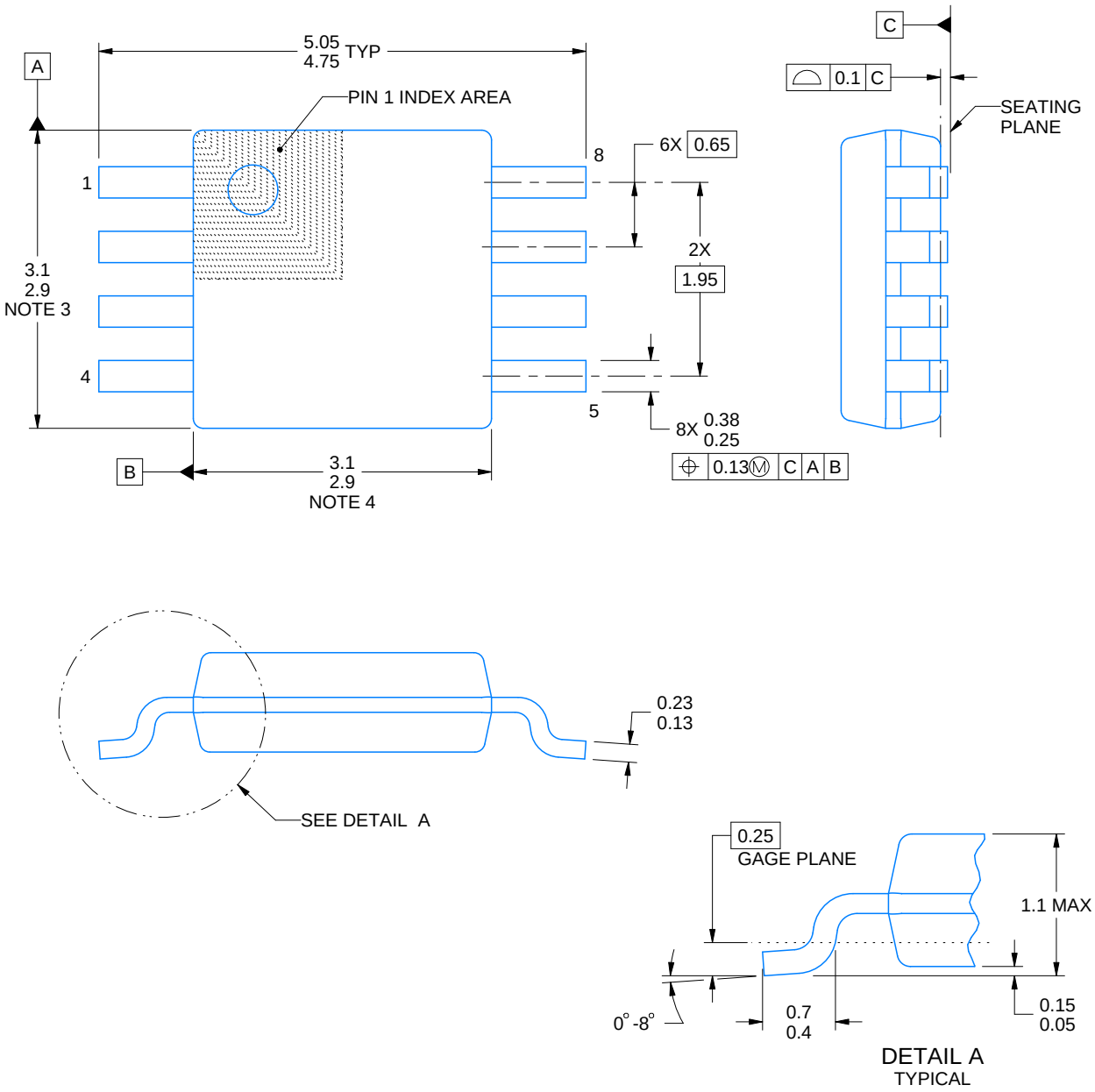
| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Length (mm) | Width (mm) | Height (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TMP411ADGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 367.0 | 367.0 | 38.0 |
| TMP411ADGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 366.0 | 364.0 | 50.0 |
| TMP411ADR | SOIC | D | 8 | 2500 | 353.0 | 353.0 | 32.0 |
| TMP411BDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 367.0 | 367.0 | 38.0 |
| TMP411BDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 366.0 | 364.0 | 50.0 |
| TMP411BDR | SOIC | D | 8 | 2500 | 353.0 | 353.0 | 32.0 |
| TMP411CDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 366.0 | 364.0 | 50.0 |
| TMP411CDR | SOIC | D | 8 | 2500 | 353.0 | 353.0 | 32.0 |
| TMP411DADDFR | SOT-23-THIN | DDF | 8 | 3000 | 210.0 | 185.0 | 35.0 |
| TMP411DBDDFR | SOT-23-THIN | DDF | 8 | 3000 | 210.0 | 185.0 | 35.0 |
| TMP411DCDDFR | SOT-23-THIN | DDF | 8 | 3000 | 210.0 | 185.0 | 35.0 |
| TMP411DEDDFR | SOT-23-THIN | DDF | 8 | 3000 | 210.0 | 185.0 | 35.0 |
| TMP411EDGKR | VSSOP | DGK | 8 | 2500 | 366.0 | 364.0 | 50.0 |

# PACKAGE OUTLINE

## DGK0008A

## VSSOP - 1.1 mm max height

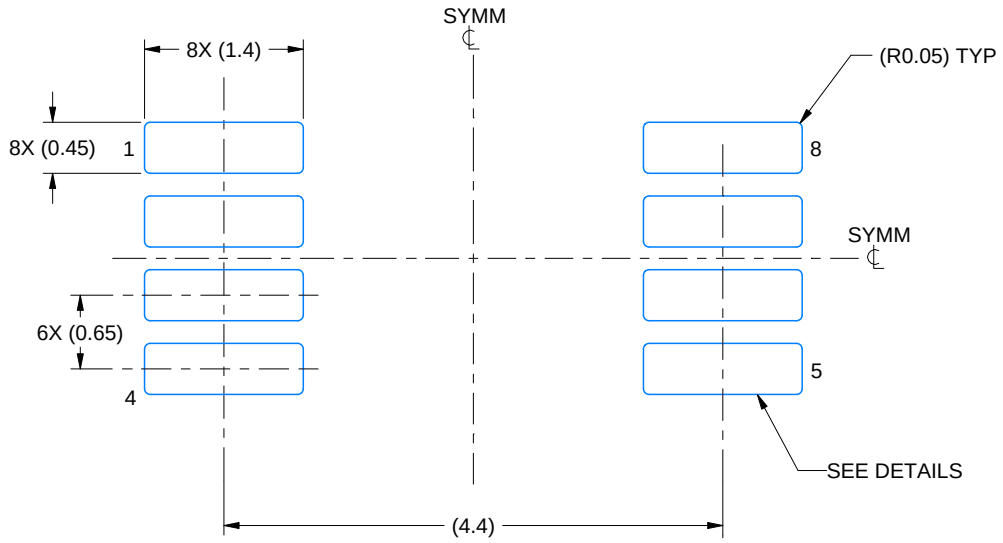
SMALL OUTLINE PACKAGE



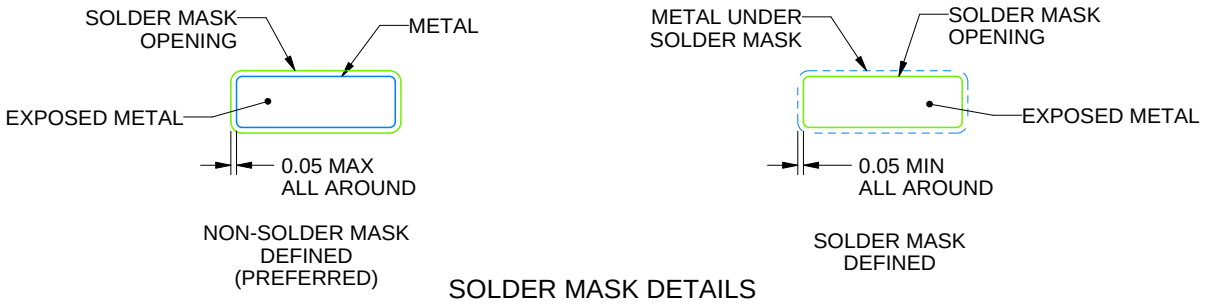

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

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. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.25 mm per side.
5. Reference JEDEC registration MO-187.




LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 15X

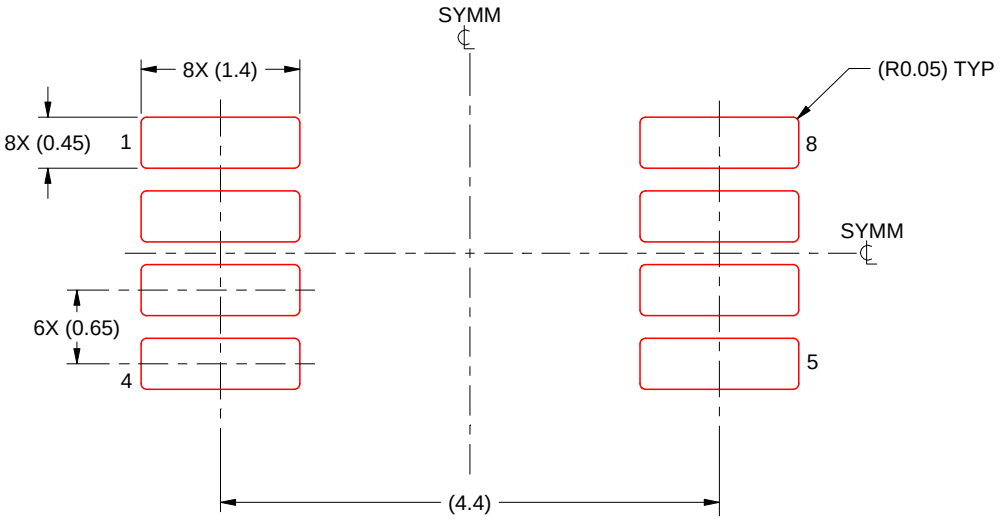



SOLDER MASK DETAILS

4214862/A 04/2023

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. 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.
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.




SOLDER PASTE EXAMPLE
SCALE: 15X

4214862/A 04/2023

NOTES: (continued)

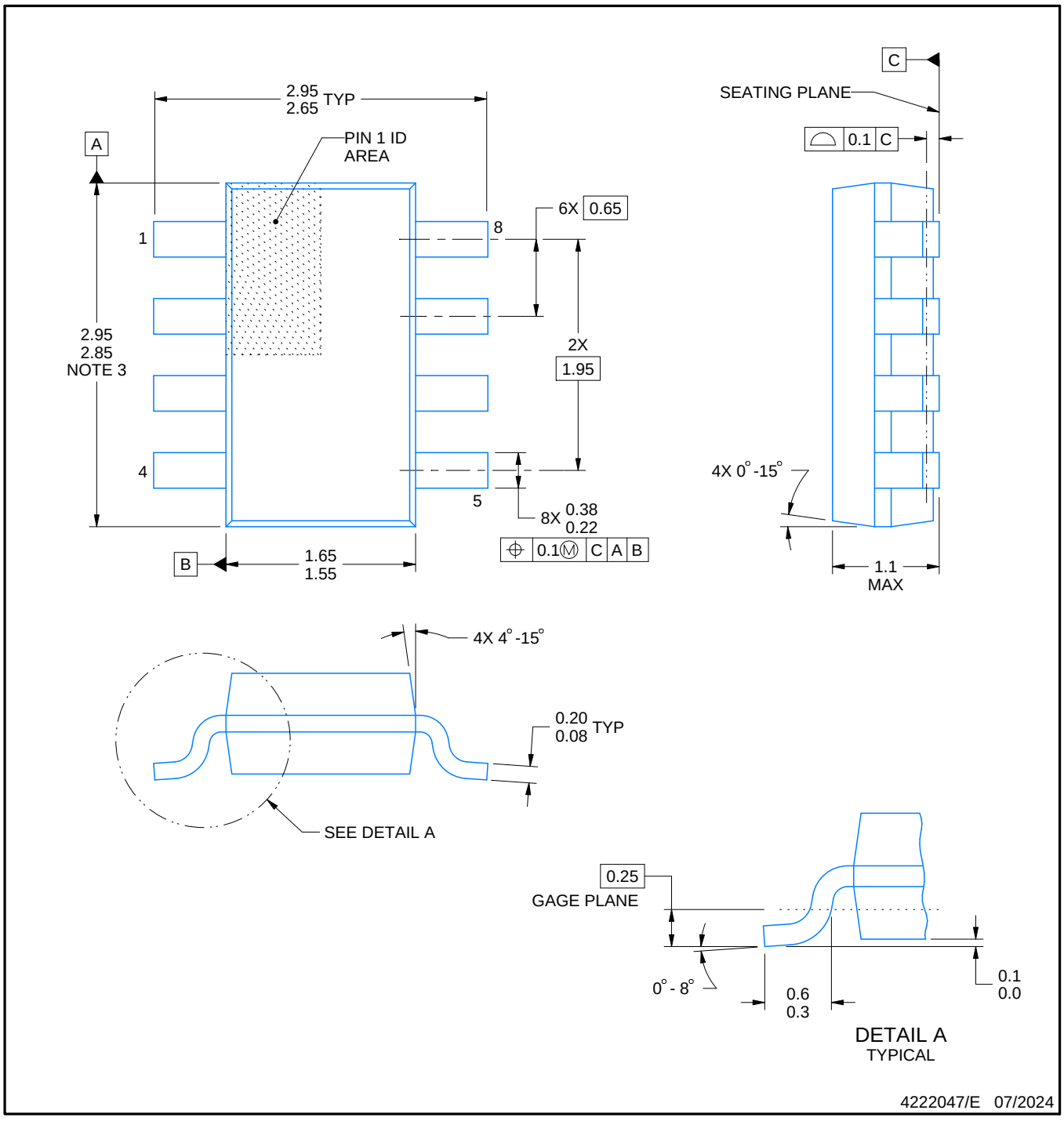
11. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
12. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

# PACKAGE OUTLINE

## DDF0008A

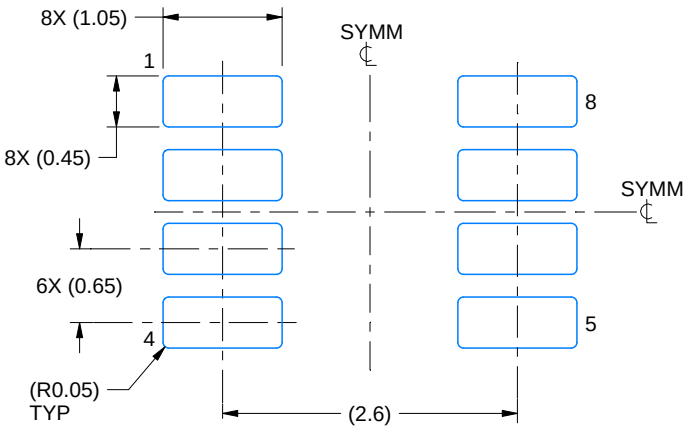
## SOT-23-THIN - 1.1 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE

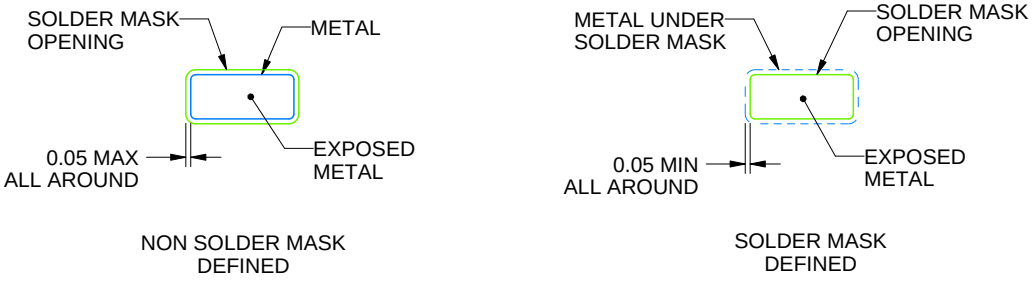



NOTES:

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. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.




LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:15X

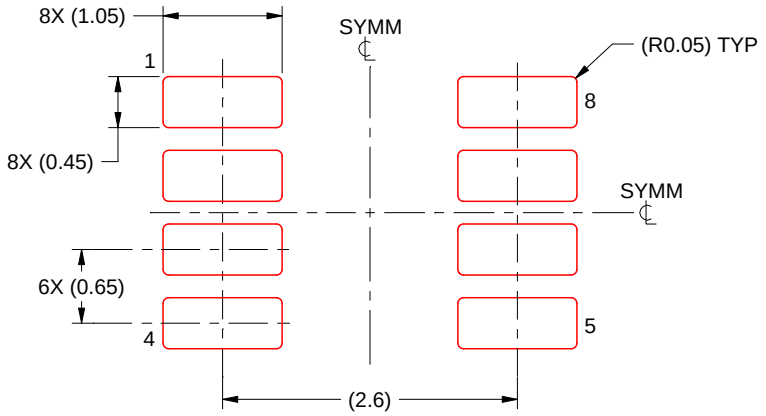



SOLDER MASK DETAILS

4222047/E 07/2024

NOTES: (continued)

4. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
5. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

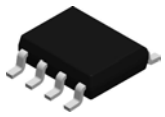



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:15X

4222047/E 07/2024

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
7. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

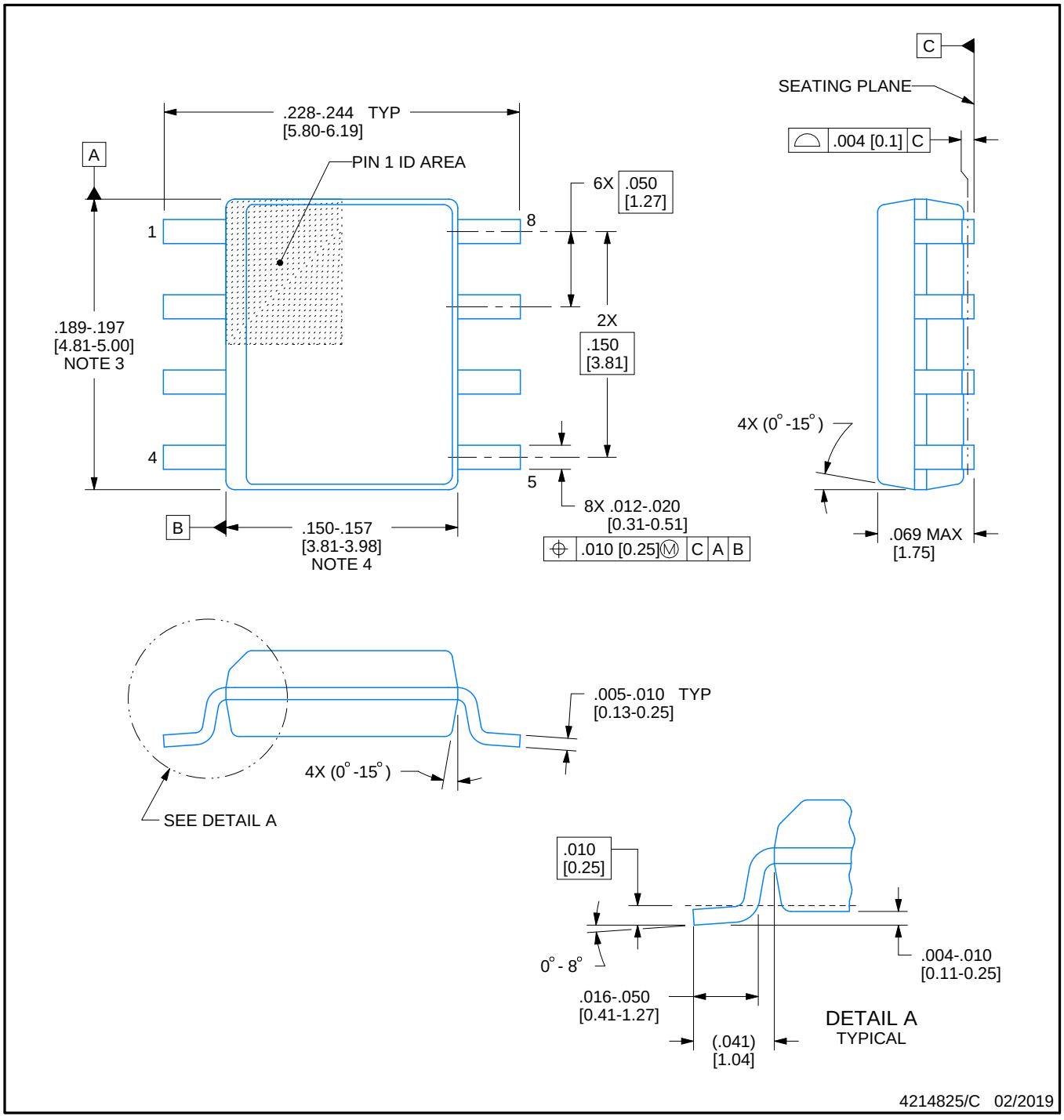


# PACKAGE OUTLINE

## D0008A

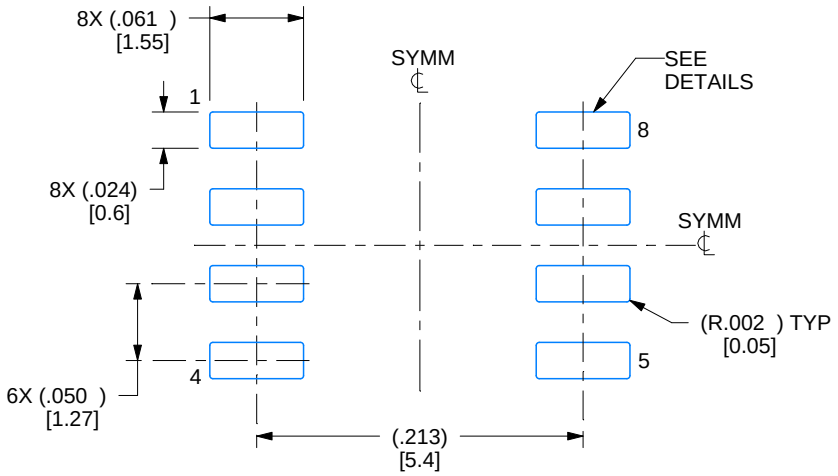
## SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT

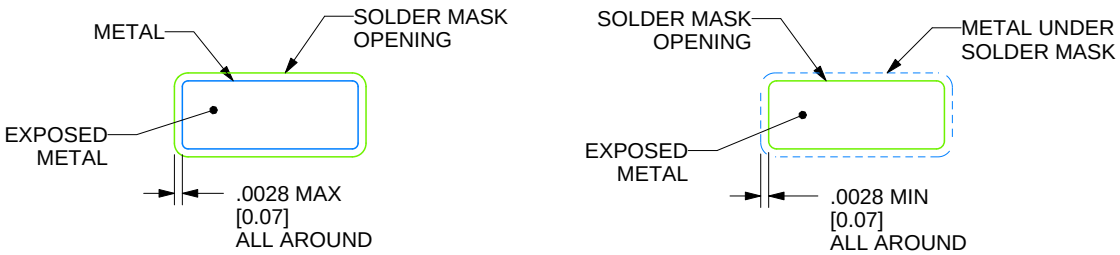



NOTES:

1. Linear dimensions are in inches [millimeters]. Dimensions in parenthesis are for reference only. Controlling dimensions are in inches. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed .006 [0.15] per side.
4. This dimension does not include interlead flash.
5. Reference JEDEC registration MS-012, variation AA.




LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:8X




SOLDER MASK DETAILS

4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

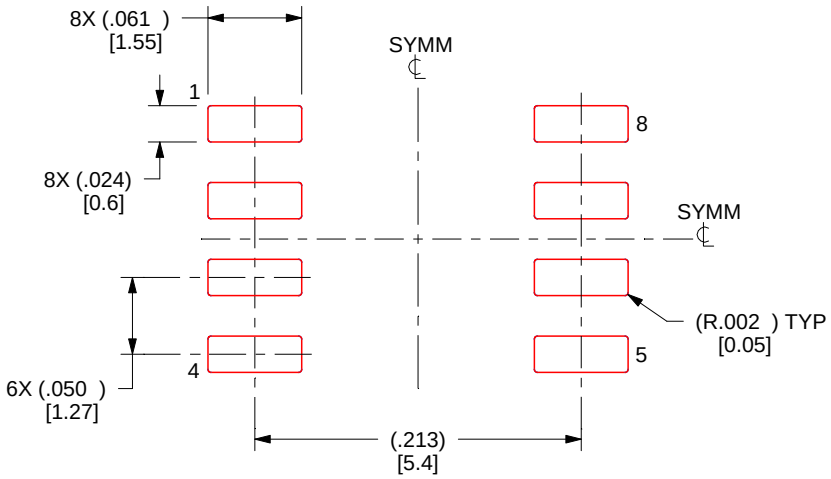
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

## D0008A

## SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT




SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON .005 INCH [0.125 MM] THICK STENCIL
SCALE:8X

4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

# 重要なお知らせと免責事項

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

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

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

テキサス・インスツルメンツの製品は、 テキサス・インスツルメンツの販売条件、または ti.com やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。 テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用される テキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、 テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated