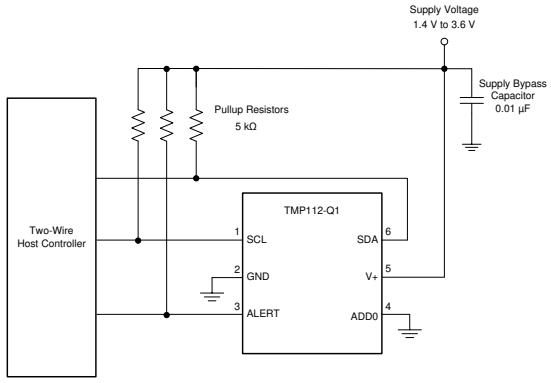
TMP112-Q1 車載グレード、高精度、低消費電力、デジタル温度センサ、SOT563 パッケージ

1 特長

- 次の測定結果により AEC-Q100 認定済み:
  - 温度グレード 1:-40℃～125℃の周囲動作温度範囲
  - デバイス HBM ESD 分類レベル 2
  - デバイス CDM ESD 分類レベル C6
- 機能安全対応
  - 機能安全システムの設計に役立つ資料を利用可能
- SOT563 パッケージ (1.6mm × 1.6mm):SOT23 よりも 68% 小さいフットプリント
- 較正なしでの精度:
  - 0°C～65°C で 0.5°C 以下
  - -40°C～125°C で 1°C 以下
- 低い静止電流:
  - アクティブ時 10µA (最大値)
  - シャットダウン時 1µA (最大値)
- 電源電圧範囲:1.4～3.6V
- 分解能:12 ビット
- デジタル出力:SMBus、2 線式、I²C インターフェイス互換
- NIST トレース可能

2 アプリケーション

- 空調の自動制御
- インフォテインメント・プロセッサ管理
- 気流センサ
- バッテリ制御ユニット
- エンジン制御ユニット
- UREA センサ
- 水ポンプ
- HID ランプ
- エアバッグ制御ユニット



概略回路図

3 概要

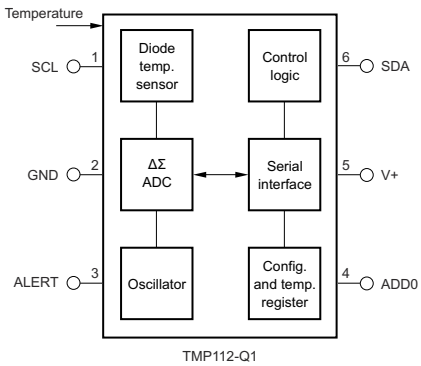
TMP112-Q1 デバイスは、高精度が必要な場合に NTC/PTC サーミスタの代替品として理想的なデジタル温度センサです。このデバイスは、較正や外部部品による信号コンディショニングを必要とせず、±0.5℃の精度を実現します。デバイス温度センサは直線性が高く、複雑な計算やルックアップ・テーブルなしに温度を導き出すことができます。精度向上のための較正機能により、ユーザーは約 ±0.17℃ の精度にまで較正することができます (「*精度向上のための較正*」セクションを参照)。オンチップの 12 ビット ADC は、最小で 0.0625℃の分解能があります。

1.6mm × 1.6mm の SOT563 パッケージは、SOT23 パッケージよりも 占有面積が 68% 小さくなります。TMP112-Q1 デバイスは SMBus™、2 線式、および I²C インターフェイスとの互換性があり、最大 4 つのデバイスを 1 つのバスに接続できます。このデバイスは SMBus アラート機能も備えています。デバイスは 1.4～3.6V の電源電圧で動作が規定されており、動作範囲の全体にわたって、最大静止電流は 10µA です。

デバイス情報(1)

部品番号	パッケージ	本体サイズ (公称)
TMP112-Q1	SOT563 (6)	1.60mm × 1.20mm

(1) 利用可能なパッケージについては、このデータシートの末尾にある注文情報を参照してください。



ブロック図

英語版の TI 製品についての情報を翻訳したこの資料は、製品の概要を確認する目的で便宜的に提供しているものです。該当する正式な英語版の最新情報は、www.ti.com で閲覧でき、その内容が常に優先されます。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、必ず最新版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 改訂履歴.....2
5 概要 (続き).....3
6 ピン構成と機能.....4
7 仕様.....5
7.1 絶対最大定格.....5
7.2 ESD 定格.....5
7.3 推奨動作条件.....5
7.4 熱に関する情報.....5
7.5 電気的特性.....5
7.6 ユーザー較正済みシステムの仕様.....6
7.7 タイミング要件.....7
7.8 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.....10
8.3 機能説明.....11
8.4 デバイスの機能モード.....18
8.5 プログラミング.....19
9 アプリケーションと実装.....24
9.1 アプリケーション情報.....24
9.2 代表的なアプリケーション.....27
10 電源に関する推奨事項.....28
11 レイアウト.....29
11.1 レイアウトのガイドライン.....29
11.2 レイアウト例.....29
12 デバイスおよびドキュメントのサポート.....30
12.1 ドキュメントのサポート.....30
12.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....30
12.3 コミュニティ・リソース.....30
12.4 商標.....30
13 メカニカル、パッケージ、および注文情報.....30

4 改訂履歴

Changes from Revision E (December 2018) to Revision F (June 2022) **Page**

- 文書全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新.....1
- I^2C に言及している場合、すべての旧式の用語をコントローラおよびターゲットに変更.....1
- 「*特長*」セクションに機能安全の情報を追加.....1

Changes from Revision D (December 2015) to Revision E (December 2018) **Page**

- SDA および SCL への接続用 ADD0 ピンの説明を更新.....4
- 電源電圧の最大値を 5V から 4V に変更.....5
- SCL、ADD0、SDA の各ピンの入力電圧の最大値を 5V から 4V に変更.....5
- ALERT ピンの入力電圧の最大値を (V+) + 0.5V から (V+) + 0.3 および ≦ 4 に変更.....5
- 接合部から周囲への熱抵抗を 200℃/W から 210.3℃/W に更新.....5
- 接合部からケース (上面) への熱抵抗を 73.7℃/W から 105.0℃/W に更新.....5
- 接合部から基板への熱抵抗を 34.4℃/W から 87.5℃/W に更新.....5
- 接合部から上面への特性パラメータを 3.1℃/W から 6.1℃/W に更新.....5
- 接合部から基板への特性パラメータを 34.2℃/W から 87.0℃/W に更新.....5
- 「ドキュメントの更新通知を受け取る方法」セクションを追加.....30

Changes from Revision C (March 2015) to Revision D (December 2015) **Page**

- 「特長」に NIST トレース可能の箇条書き項目を追加.....1
- 「*概要*」セクションに最後の段落を追加.....1

Changes from Revision B (November 2014) to Revision C (March 2015) **Page**

- 回路図のピン番号を更新.....1
- 「取り扱い定格」表を「ESD 定格」表に変更し、保存温度のパラメータを「絶対最大定格」表に移動.....5
- 温度精度 (温度誤差) パラメータの最小値、標準値、最大値を変更.....5
- 「電気的特性」表の「電源」セクションで周波数を 2.85 から 3.4MHz に変更.....5
- 「代表的特性」セクションの「25℃での温度誤差」グラフを変更.....8
- 「代表的特性」セクションの「温度誤差と温度との関係」グラフを変更.....8

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

Changes from Revision A (October 2014) to Revision B (November 2014) **Page**

- *デバイスのステータスを製品プレビューから量産データへ*変更 1

5 概要 (続き)

TMP112-Q1 デバイスは、制御ユニット、空調、インフォテインメント、センサ・モジュールでの拡張温度測定に理想的です。このデバイスは、-40℃～125℃の温度範囲での動作が規定されています。

TMP112-Q1 の量産品は、NIST トレース可能なセンサに対して 100%テストされ、さらに、ISO/IEC 17025 規格に合格した較正により NIST トレース可能な機器を使用して検証されています。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

6 ピン構成と機能

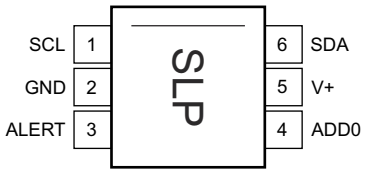


図 6-1. DRL パッケージ 6 ピン SOT563 上面図

表 6-1. ピン機能

ピン		I/O	説明
番号	名称		
1	SCL	I	シリアル・クロック。オープン・ドレイン出力。プルアップ抵抗が必要。
2	GND	—	グランド
3	ALERT	O	過熱アラート。オープン・ドレイン出力。プルアップ抵抗が必要。
4	ADD0	I	アドレス選択。V+、GND、SDA、または SCL に接続
5	V+	I	電源電圧、1.4V～3.6V
6	SDA	I/O	シリアル・データ。オープン・ドレイン出力。プルアップ抵抗が必要。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

7 仕様

7.1 絶対最大定格

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り) (1)

		最小値	最大値	単位
電源電圧	V+		4	V
SCL、ADD0、SDA の電圧		-0.5	4	V
ALERT の電圧		-0.5	(V+) + 0.3 および ≦ 4	V
出力電圧		-0.5	5	V
動作温度範囲		-55	150	℃
接合部温度、T_J			150	℃
保存温度、T_{stg}		-60	150	℃

(1) 絶対最大定格を上回るストレスが加わった場合、デバイスに永続的な損傷が発生する可能性があります。これはストレスの定格のみについての話で、絶対最大定格において、またはこのデータシートの「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。絶対最大定格の状態に長時間置くと、本製品の信頼性に影響を与えることがあります。

7.2 ESD 定格

			値	単位
$V_{(ESD)}$	静電気放電	人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 に準拠 (1)	±2000	V
		デバイス帯電モデル (CDM)、AEC Q100-011 に準拠	±1000	

(1) AEC Q100-002 は、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 仕様に従って HBM ストレス試験を実施することを示します。

7.3 推奨動作条件

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

		最小値	公称値	最大値	単位
V+	電源電圧	1.4	3.3	3.6	V
T_A	自由気流での動作温度	-40		125	℃

7.4 熱に関する情報

熱評価基準 (1)		TMP112-Q1 DRL (SOT563) 6 ピン	単位
$R_{\theta JA}$	接合部から周囲への熱抵抗	210.3	℃/W
$R_{\theta JC(top)}$	接合部からケース (上面) への熱抵抗	105.0	℃/W
$R_{\theta JB}$	接合部から基板への熱抵抗	87.5	℃/W
ψ_{JT}	接合部から上面への熱特性パラメータ	6.1	℃/W
ψ_{JB}	接合部から基板への熱特性パラメータ	87.0	℃/W

(1) 従来および新しい熱評価基準の詳細については、『IC パッケージの熱評価基準』アプリケーション・レポート、SPRA953 を参照してください。

7.5 電気的特性

T_A = 25℃、V+ = 1.4～3.6V (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
温度入力					
温度範囲		-40		125	℃

T_A = 25℃、V+ = 1.4～3.6V (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
	温度精度 (温度誤差)	25℃、V+ = 3.3V		±0.1	±0.5	℃
		0℃～65℃、V+ = 3.3V		±0.25	±0.5	
		-40℃～125℃		±0.5	±1.0	
	精度と電源電圧との関係	-40℃～125℃		0.0625	±0.25	℃/V
	長期安定性	3000 時間		< 1		LSB
	分解能 (LSB)			0.0625		℃
デジタル入出力						
	入力容量			3		pF
V_{IH}	入力ロジック High		0.7 × (V+)		3.6	V
V_{IL}	入力ロジック Low		-0.5		0.3 × (V+)	V
I_I	入力電流	0 < V_I < 3.6V			1	μA
$V_{OL(SDA)}$	出力ロジック Low、SDA	V+ > 2V、I_{OL} = 3mA	0		0.4	V
		V+ < 2V、I_{OL} = 3mA	0		0.2 × (V+)	
$V_{OL(ALERT)}$	出力ロジック Low、ALERT	V+ > 2V、I_{OL} = 3mA	0		0.4	V
		V+< 2V、I_{OL} = 3mA	0		0.2 × (V+)	
	分解能			12		ビット
	変換時間	ワンショット・モード		26	35	ms
	変換モード	CR1 = 0、CR0 = 0		0.25		変換/s
		CR1 = 0、CR0 = 1		1		
		CR1 = 1、CR0 = 0 (デフォルト)		4		
		CR1 = 1、CR0 = 1		8		
	タイムアウト時間			30	40	ms
電源						
	動作電源電圧範囲		1.4		3.6	V
I_Q	平均静止電流	シリアル・バスが非アクティブ、CR1 = 1、CR0 = 0 (デフォルト)		7	10	μA
		シリアル・バスがアクティブ、SCL 周波数 ($f_{(SCL)}$) = 400kHz		15		
		シリアル・バスがアクティブ、$f_{(SCL)}$ = 3.4MHz		85		
I_{SD}	シャットダウン電流	シリアル・バスが非アクティブ		0.5	1	μA
		シリアル・バスがアクティブ、$f_{(SCL)}$ = 400kHz		10		
		シリアル・バスがアクティブ、$f_{(SCL)}$ = 3.4MHz		80		

7.6 ユーザー較正済みシステムの仕様

この表に記載されている傾きの詳細については、「較正による精度向上」セクションを参照してください。

パラメータ	条件	最小値	最大値	単位
平均傾き (温度誤差と温度との関係)(1)	V+ = 3.3、-40℃～25℃	-7	0	m℃/℃
	V+ = 3.3、25℃～85℃	0	5	m℃/℃
	V+ = 3.3、85℃～125℃	0	8	m℃/℃

(1) 量子化ノイズにより、ユーザー較正済みの温度精度を ±1LSB 以内にできます。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

7.7 タイミング要件

タイミング図については、「タイミング図」セクションを参照してください。

			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 の動作周波数	V+	0.001	0.4	0.001	2.85	MHz
$t_{(BUF)}$	STOP 条件と START 条件との間のバス解放時間	「2 線式タイミング図」を参照	600		160		ns
$t_{(HDSTA)}$	繰り返し START 条件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。		600		160		ns
$t_{(SUSTA)}$	繰り返し START 条件のセットアップ時間		600		160		ns
$t_{(SUSTO)}$	STOP 条件のセットアップ時間		600		160		ns
$t_{(HDDAT)}$	データ・ホールド時間		100	900	25	105	ns
$t_{(SUDAT)}$	データ・セットアップ時間		100		25		ns
$t_{(LOW)}$	SCL クロックの Low 期間	V+、「2 線式タイミング図」を参照	1300		210		ns
$t_{(HIGH)}$	SCL クロックの High 期間	「2 線式タイミング図」を参照	600		60		ns
t_{FD}	データ立ち下がり時間	「2 線式タイミング図」を参照		300		80	ns
t_{RD}	データ立ち上がり時間	「2 線式タイミング図」を参照		300			ns
		SCLK ≦ 100kHz、「2 線式タイミング図」を参照		1000			ns
t_{FC}	クロック立ち下がり時間	「2 線式タイミング図」を参照		300		40	ns
t_{RC}	クロック立ち上がり時間	「2 線式タイミング図」を参照		300		40	ns

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

7.8 代表的特性

特に記述のない限り、T_A = 25℃、V+ = 3.3V

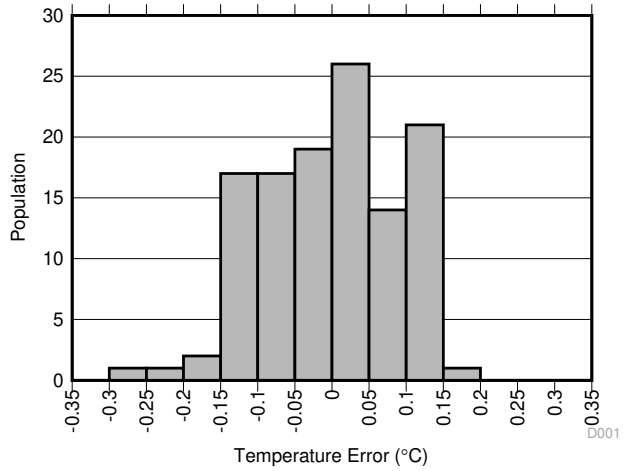


図 7-1. 25℃での温度誤差

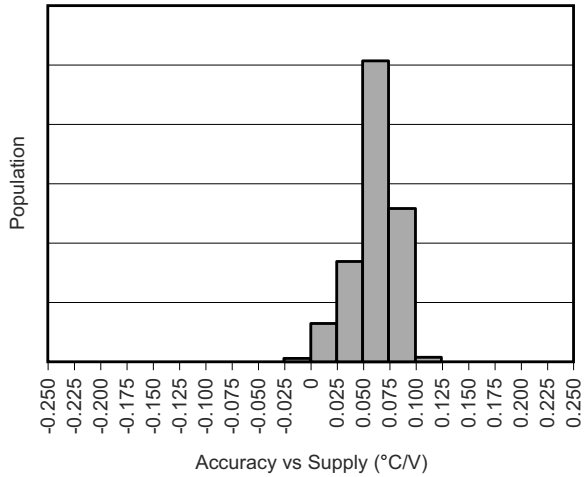


図 7-2. 精度と電源電圧との関係

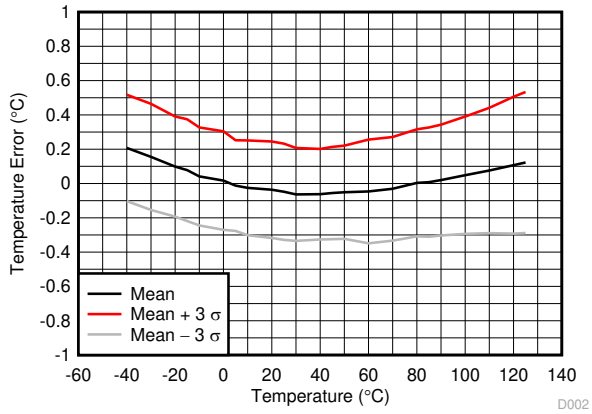
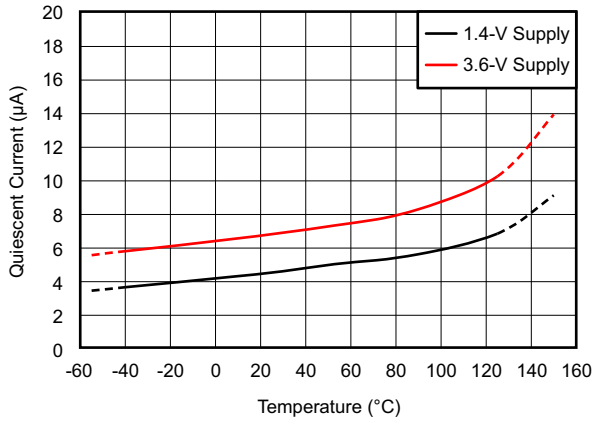


図 7-3. 温度誤差と温度との関係



毎秒 4 回の変換

図 7-4. 平均静止電流と温度との関係

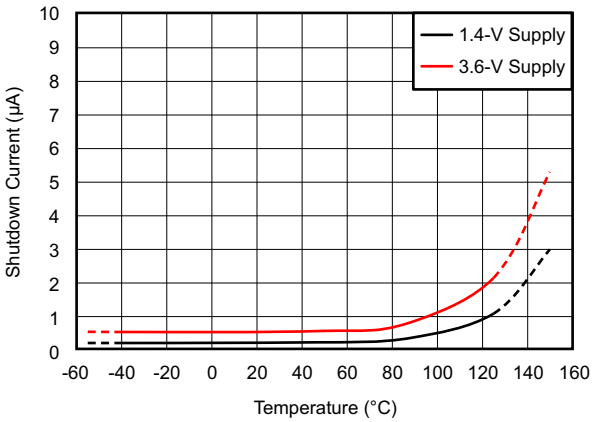
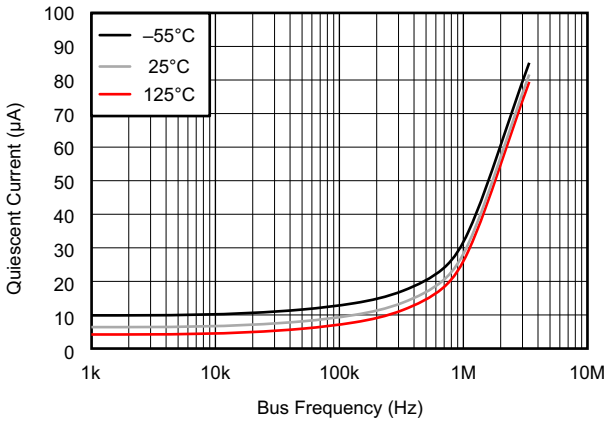


図 7-5. シャットダウン電流と温度との関係



3.3V 電源での温度

図 7-6. 静止電流とバス周波数との関係

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

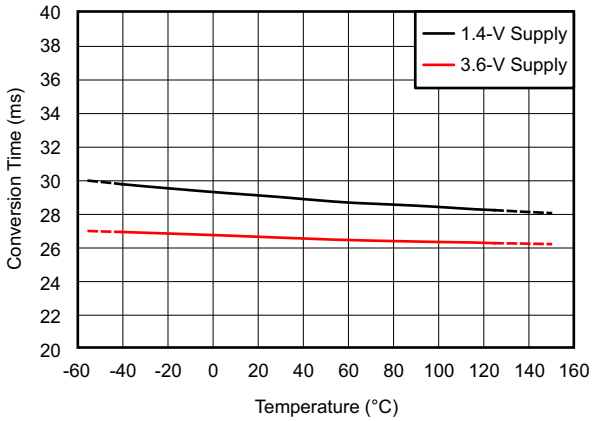


図 7-7. 変換時間と温度との関係

8 詳細説明

8.1 概要

TMP112-Q1 デバイスは、熱管理および熱保護アプリケーションに最適なデジタル温度センサです。TMP112-Q1 デバイスは、2 線式の SMBus および I²C インターフェイスと互換性があります。このデバイスは、-40℃～125℃の温度範囲で動作が規定されています。TMP112-Q1 デバイスのブロック図を、図 8-1 に示します。TMP112-Q1 デバイスに搭載されている ESD 保護回路を、図 8-2 に示します。

TMP112-Q1 デバイスの温度センサはチップ自体です。熱パスは、パッケージのリードとプラスチック・パッケージを通っています。金属は熱抵抗が低いことから、パッケージのリードが主な熱パスになります。

TMP112-Q1 デバイスの代替バージョンを入手可能です。TMP102-Q1　デバイスは、精度が低く、同じマイクロパッケージで、ピン互換です。

表 8-1. TMP112-Q1 と TMP102-Q1 の優位点の比較

デバイス	互換性のあるインターフェイス	パッケージ	電源電流	電源電圧 (最小値)	電源電圧 (最大値)	分解能	ローカル・センサの精度 (最大値)	指定キャリブレーションのドリフト勾配
TMP112-Q1	I²C SMBus	SOT563 1.2 × 1.6 × 0.6	10µA	1.4V	3.6V	12 ビット 0.0625℃	0.5℃:(0℃～65℃) 1℃:(-40℃～125℃)	あり
TMP102-Q1	I²C SMBus	SOT563 1.2 × 1.6 × 0.6	10µA	1.4V	3.6V	12 ビット 0.0625℃	2℃:(25℃～85℃) 3℃:(-40℃～125℃)	なし

8.2 機能ブロック図

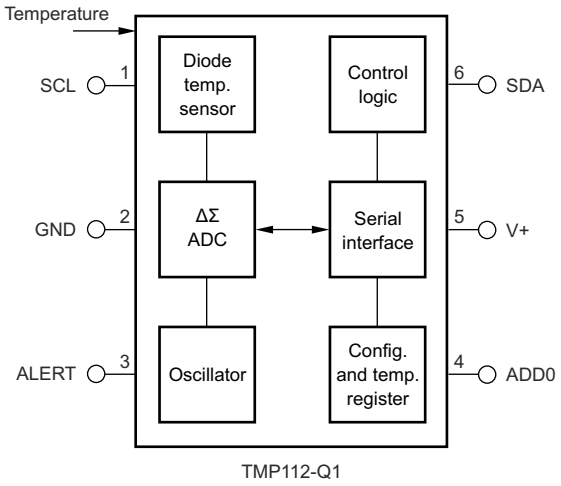


図 8-1. 内部ブロック図

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

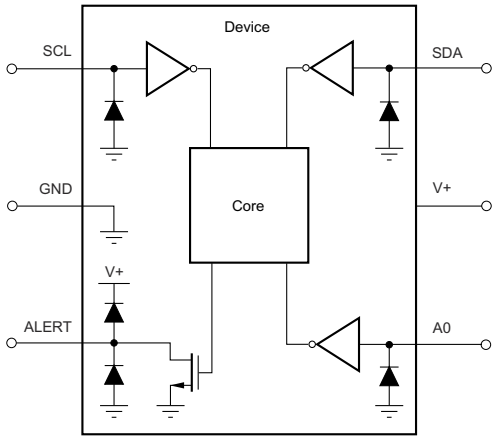


図 8-2. 等価な内部 ESD 回路

8.3 機能説明

8.3.1 デジタル温度出力

それぞれの温度測定変換のデジタル出力は、読み取り専用の温度レジスタに保存されます。TMP112-Q1 デバイスの温度レジスタは、12 ビットの読み取り専用レジスタ (構成レジスタの EM ビットを 0 にセットします。拡張モード (EM)セクションを参照) または 13 ビットの読み取り専用レジスタ (構成レジスタの EM ビットを 1 にセットします) として構成され、最新の変換の出力を保存します。データを取得するには、表 8-8 に示されている 2 バイトを読み取る必要があります。バイト 1 は最上位バイト (MSB) で、バイト 2 は最下位バイト (LSB) です。温度を示すため、最初の 12 ビット (拡張モードでは 13 ビット) が使用されます。最下位バイトの情報が必要ない場合は、そのバイトを読み取る必要はありません。温度のデータ形式を、表 8-2 および表 8-3 に示します。1 LSB は 0.0625℃に相当します。負の数値は 2 の補数形式で表現されます。パワーアップまたはリセットの後で、最初の変換が完了するまで、温度レジスタの読み出し値は 0℃になります。バイト 2 のビット D0 は通常モード (EM ビット = 0) または拡張モード (EM ビット = 1) を示し、2 つの温度レジスタのデータ形式を区別するために使用できます。温度レジスタの未使用ビットは常に読み出し値 0 です。

表 8-2. 12 ビットの温度データ形式(1)

温度 (℃)	デジタル出力 (バイナリ)	16 進
128	0111 1111 1111	7FF
127.9375	0111 1111 1111	7FF
100	0110 0100 0000	640
80	0101 0000 0000	500
75	0100 1011 0000	4B0
50	0011 0010 0000	320
25	0001 1001 0000	190
0.25	0000 0000 0100	004
0	0000 0000 0000	000
-0.25	1111 1111 1100	FFC
-25	1110 0111 0000	E70
-55	1100 1001 0000	C90

(1) 内部温度モードでの温度 ADC の分解能は、0.0625℃/カウントです。

表 8-2 は、すべての温度の一覧ではありません。特定の温度に対応するデジタル・データ形式、または特定のデジタル・データ形式に対応する温度を取得するには、次のルールを使用します。

正の温度をデジタル・データ形式に変換するには:

1. 温度を分解能で除算します。
2. その結果を 12 ビットの左揃え形式でバイナリ・コードに変換し、正の符号を示すために MSB = 0 をセットします。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

例：(50℃) / (0.0625℃/LSB) = 800 = 320h = 0011 0010 0000

正のデジタル・データ形式を温度に変換するには：

1. 12 ビットで左揃えされており、正の符号を示すため MSB = 0 がセットされているバイナリ温度の結果を、10 進数に変換します。
2. 得られた 10 進数に分解能を乗算すると、正の温度が得られます。

例：0011 0010 0000 = 320h = 800 × (0.0625℃/LSB) = 50℃

負の温度をデジタル・データ形式に変換するには：

1. 温度の絶対値を分解能で除算し、結果を 12 ビットの左揃え形式でバイナリ・コードに変換します。
2. 結果の 2 進数を補数に変換して 1 を加算し、2 の補数を生成します。MSB = 1 をセットして負の数値を表します。

例：(|-25℃|) / (0.0625℃/LSB) = 400 = 190h = 0001 1001 0000

2 の補数形式：1110 0110 1111 + 1 = 1110 0111 0000

負のデジタル・データ形式を温度に変換するには：

1. 温度の結果の 2 進数を補数に変換して 1 を加算し、結果を 12 ビットの左揃え形式で 2 の補数に変換します (MSB = 1 で負の温度の結果を表します)。これは、温度の絶対値の 2 進数値を表します。
2. 10 進数に変換し、分解能を乗算して絶対温度を求めてから、-1 を乗算して符号を負にします。

例：1110 0111 0000 の 2 の補数は 0001 1001 0000 = 0001 1000 1111 + 1 です

温度に変換：0001 1001 0000 = 190h = 400、400 × (0.0625℃/LSB) = 25℃ = (|-25℃|)、(|-25℃|) × (-1) = -25℃

表 8-3. 13 ビットの温度データ形式

温度 (℃)	デジタル出力 (バイナリ)	16 進
150	0 1001 0110 0000	0960
128	0 1000 0000 0000	0800
127.9375	0 0111 1111 1111	07FF
100	0 0110 0100 0000	0640
80	0 0101 0000 0000	0500
75	0 0100 1011 0000	04B0
50	0 0011 0010 0000	0320
25	0 0001 1001 0000	0190
0.25	0 0000 0000 0100	0004
0	0 0000 0000 0000	0000
-0.25	1 1111 1111 1100	1FFC
-25	1 1110 0111 0000	1E70
-55	1 1100 1001 0000	1C90

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

8.3.2 シリアル・インターフェイス

TMP112-Q1 デバイスは、I²C、SMBus、および 2 線式インターフェイス互換バス上でのみターゲット・デバイスとして動作します。バスへの接続は、オープン・ドレインの I/O ラインである SDA と SCL を経由して行われます。SDA 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。TMP112-Q1 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～2.85MHz) をサポートしています。すべてのデータ・バイトは、MSB が最初に送信されます。

8.3.2.1 バスの概要

転送を開始するデバイスを「コントローラ」、コントローラによって制御されるデバイスを「ターゲット」と呼びます。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ため、SCL ピンが High のときに、データ・ライン (SDA) をロジック・レベル High から Low にして、START 条件を開始します。バス上のすべてのターゲットは、クロックの立ち上がりエッジでターゲットのアドレス・バイトを取り込みます。このバイトの最下位ビットは、読み取りと書き込みのどちらの動作が意図されているかを示しています。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を生成し、SDA ピンを Low にして、コントローラに応答します。

それから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、その後でアクノリッジ・ビットが送られます。データ転送中、SCL ピンが High の間は SDA ピンが安定している必要があります。SCL ピンが High のときに SDA ピンが変化すると、START または STOP 信号と解釈されるためです。

すべてのデータが伝送された後で、コントローラは SCL ピンが High のときに SDA ピンを Low から HIgh にして、STOP 条件を生成します。

8.3.2.2 シリアル・バス・アドレス

TMP112-Q1 デバイスと通信するには、コントローラは最初にターゲット・アドレス・バイトを使用してターゲット・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 ビットのアドレスと、読み取りと書き込みのどちらを実行するのかを示す方向ビットで構成されます。

TMP112-Q1 デバイスはアドレス・ピンを搭載しており、1 つのバスで最大 4 つのデバイスをアドレス指定できます。4 つまでのデバイスを正しく接続するため使用されるピン・ロジックのレベルを、表 8-4 に示します。

表 8-4. アドレス・ピンとターゲット・アドレス

デバイスの 2 線式アドレス	A0 ピンの接続
1001 000	グランド
1001 001	V+
1001 010	SDA
1001 011	SCL

8.3.2.3 読み取りと書き込みの動作

TMP112-Q1 の特定のレジスタにアクセスするには、ポインタ・レジスタに対応する値を書き込みます。ターゲット・アドレス・バイトの後で、R/ $\overline{W}$ ビットが Low のとき転送される最初のバイトが、ポインタ・レジスタの値です。TMP112-Q1 デバイスでは、書き込み動作ごとにポインタ・レジスタの値が必要です (図 8-4 を参照)。

TMP112-Q1 から読み取りを行うときは、ポインタ・レジスタに最後に書き込まれた値により、どのレジスタを読み取るのか決定されます。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。このためには、R/ $\overline{W}$ 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、R/ $\overline{W}$ 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できます。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。TMP112-Q1 デバイスは、次の書き込み動作によって値が変更されるまでポインタ・レジスタ値を保持するので、同じレジスタからの読み取りを繰り返す場合、ポインタ・レジスタ・バイトを連続的に送信する必要はありません。

レジスタのバイトは、最初に上位バイト、次に下位バイトの順に送信されます。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

8.3.2.4 ターゲット・モードの動作

TMP112-Q1 デバイスは、ターゲット・レシーバまたはターゲット・トランスミッタとして動作します。TMP112-Q1 デバイスがターゲット・デバイスのときは、SCL ラインを駆動しません。

8.3.2.4.1 ターゲット・レシーバ・モード

コントローラから送信される最初のバイトは、R/ $\overline{W}$ ビットを Low にセットしたターゲット・アドレスです。その後で、TMP112-Q1 デバイスは有効なアドレスの受信をアクノリッジします。コントローラから送信される次のバイトは、ポインタ・レジスタです。その後で、TMP112-Q1 デバイスはポインタ・レジスタ・バイトの受信をアクノリッジします。次の 1 バイトまたは 数バイトは、ポインタ・レジスタにより、指定されたレジスタに書き込まれます。TMP112-Q1 デバイスは、データ・バイトを受信するたびにアクノリッジします。コントローラは、START 条件または STOP 条件を生成することによりデータ転送を終了できます。

8.3.2.4.2 ターゲット・トランスミッタ・モード

コントローラから送信される最初のバイトは、R/ $\overline{W}$ ビットを High にセットしたターゲット・アドレスです。ターゲットは、有効なターゲット・アドレスの受信をアクノリッジします。ターゲットから次のバイトが送信されます。これは、ポインタ・レジスタによって指定されたレジスタの上位バイトです。コントローラは、データ・バイトの受信をアクノリッジします。ターゲットから送信される次のバイトは、下位バイトです。コントローラは、データ・バイトの受信をアクノリッジします。コントローラは、任意のデータ・バイトを受信したときに非アクノリッジ応答を生成するか、START 条件または STOP 条件を生成することにより、データ転送を終了できます。

8.3.2.5 SMBus のアラート機能

TMP112-Q1 デバイスは、SMBus のアラート機能をサポートしています。TMP112-Q1 デバイスが割り込みモード (TM = 1) で動作しているときは、ALERT ピンを SMBus のアラート信号として接続できます。アラート・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 (0001 1001) をバスに送信します。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・アドレスを返すことで応答します。ターゲット・アドレス・バイトの 8 番目のビット (LSB) は、アラート状況が $T_{(HIGH)}$ を超える温度と $T_{(LOW)}$ を下回る温度のどちらで発生したのかを示します。温度が $T_{(HIGH)}$ より高い場合は LSB が High に、$T_{(LOW)}$ より小さい場合は Low になります。このシーケンスの詳細については、図 8-6 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・アドレス部分での調停によって、どのデバイスが ALERT ステータスをクリアするのかが決定されます。調停では、2 線式アドレスが最も小さいデバイスが優先されます。TMP112-Q1 デバイスが調停で優先権を得た場合は、SMBus のアラート・コマンドが完了した時点で、TMP112-Q1 の ALERT ピンが非アクティブになります。TMP112-Q1 デバイスが調停で優先されなかった場合、TMP112-Q1 の ALERT ピンはアクティブのままです。

8.3.2.6 ゼネラル・コール

TMP112-Q1 デバイスは、8 ビット目が 0 ならば、2 線式のゼネラル・コール・アドレス (0000 000) に応答します。このデバイスは、ゼネラル・コール・アドレスをアクノリッジし、2 バイト目にあるコマンドに応答します。2 番目のバイトが 0000 0110 の場合、TMP112-Q1 の内部レジスタはパワーアップ値にリセットされます。TMP112-Q1 デバイスは、ゼネラル・アドレス収集コマンドをサポートしていません。

8.3.2.7 ハイスピード (Hs) 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 Hs モードのコントローラ・コード (0000 1xxx) 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。TMP112-Q1 デバイスはこのバイトを認識しませんが、SDA および SCL ピンの入力フィルタと SDA ピンの出力フィルタが Hs モードで動作するように切り替えることで、最大 2.85MHz 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。バスは、STOP 条件が発生するまで Hs モードで動作を継続します。STOP 条件を受信すると、TMP112-Q1 デバイスは入力と出力のフィルタをファスト・モード動作に戻します。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

8.3.2.8 タイムアウト機能

TMP112-Q1 デバイスは、SCL ピンが START 条件と STOP 条件の間に 30ms (標準値) にわたって Low に保持されている場合、シリアル・インターフェイスをリセットします。SCL ピンが Low にされると、TMP112-Q1 は SDA ラインを解放し、ホスト・コントローラからの 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に、SCL の動作周波数として、少なくとも 1 kHz の通信速度を維持する必要があります。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

8.3.2.9 タイミング図

TMP112-Q1 デバイスは、2 線式の SMBus および I²C インターフェイスと互換性があります。TMP112-Q1 デバイスの各種動作を、図 8-3 から図 8-6 に示します。図 8-3 のパラメータ を、「タイミング要件」表に示します。バスの状態は次のように定義されます。

バス・アイドル: SDA ラインと SCL ラインの両方が High。

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

データ転送の終了: SCL ラインが High のとき、SDA ラインの状態が Low から High へ変化することで、STOP 条件が定義されます。START 条件または STOP 条件を繰り返すと、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。TMP112-Q1 デバイスを使用して単一バイトの更新を行うこともできます。上位 (MS) バイトのみを更新するには、バス上で START または STOP 通信を発行して通信を終了します。

アクノリッジ: 各受信側デバイスは、アドレス指定された場合、アクノリッジ・ビットを生成する義務があります。アクノリッジを行うデバイスは、アクノリッジ・クロック・パルスの間に SDA ラインをプル・ダウンします。このとき、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 に維持される必要があります。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。コントローラは、受信を行うとき、ターゲットから送信された最後のバイトに対して非アクノリッジ (1) を生成することで、データ転送の終了を通知できます。

8.3.2.9.1 2 線式タイミング図

タイミング仕様については、「タイミング要件」表を参照してください。

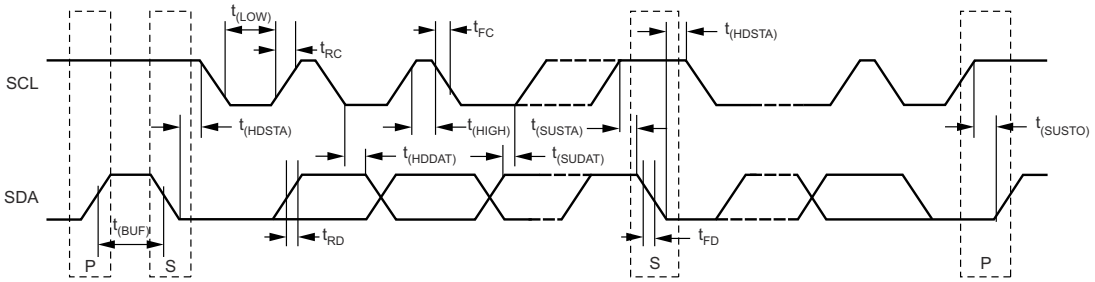
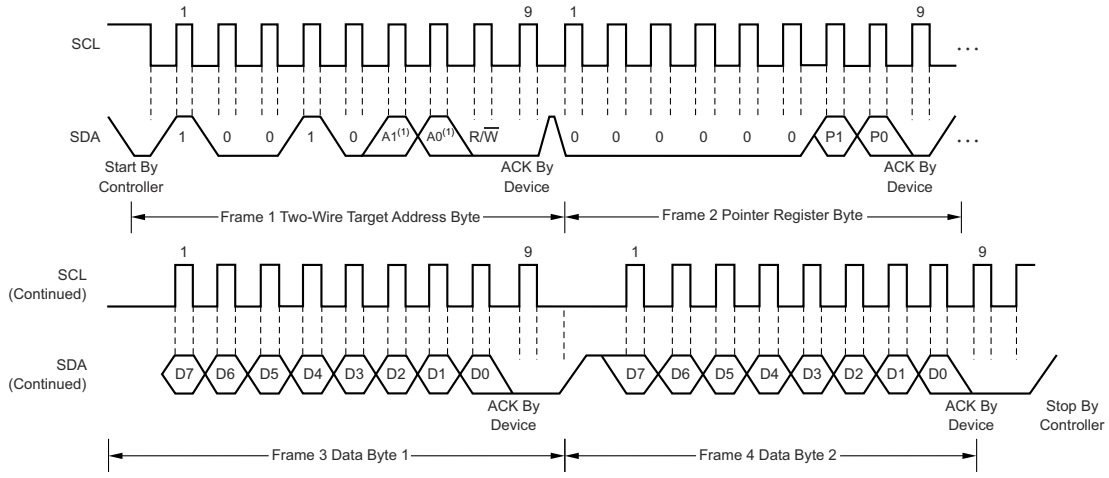


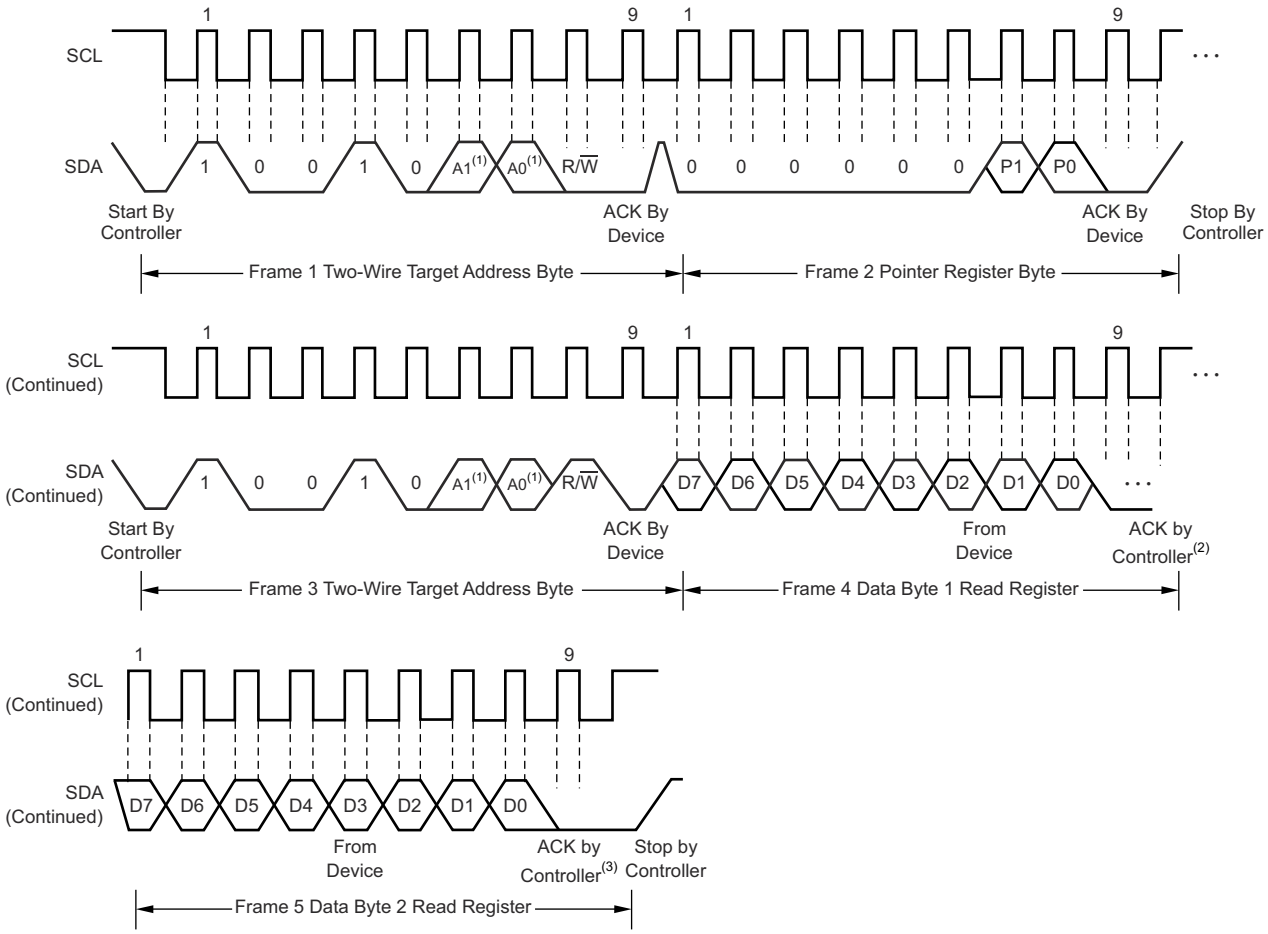
図 8-3. 2 線式タイミング図



A. A0 および A1 の値は、ADD0 ピンによって決定されます。

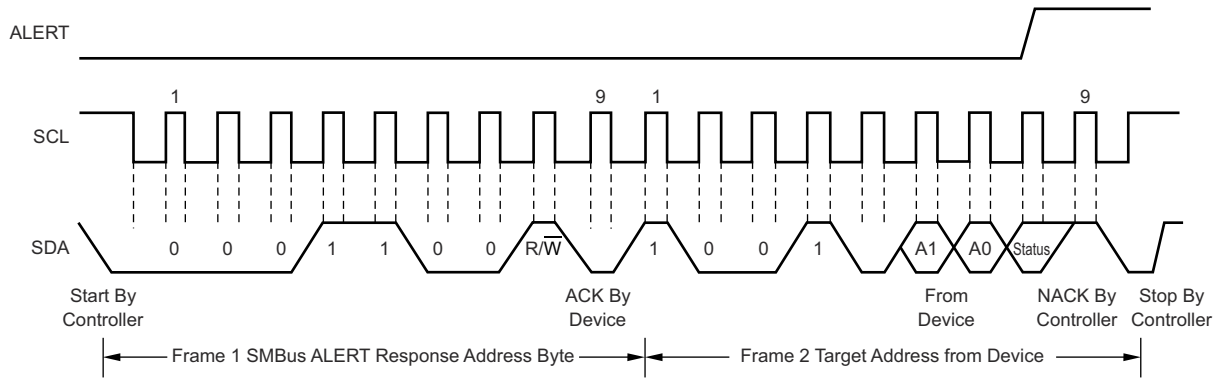
図 8-4. ワード形式書き込みでの 2 線式タイミング図

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated



A. A0 および A1 の値は、ADD0 ピンによって決定されます。
B. 単一バイトの読み取り動作を終了するには、コントローラは SDA ピンを High のままにする必要があります。
C. 2 バイトの読み取り動作を終了するには、コントローラは SDA ピンを High のままにする必要があります。

図 8-5. ワード形式読み取りでの 2 線式タイミング図



A. A0 および A1 の値は、ADD0 ピンによって決定されます。

図 8-6. SMBus アラートのタイミング図

8.4 デバイスの機能モード

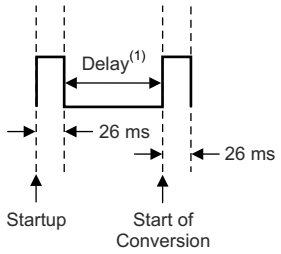
8.4.1 連続変換モード

TMP112-Q1 デバイスのデフォルト・モードは連続変換モードです。連続変換モードでは、ADC は連続的な温度変換を実行し、各結果を温度レジスタに保存して、前回の変換結果を上書きします。TMP112-Q1 デバイスは、変換レート・ビット CR1 および CR0 によって、0.25Hz、1Hz、4Hz、8Hz の変換レートに構成されます。デフォルトのレートは 4Hz です。TMP112-Q1 デバイスの標準変換時間は 26ms です。TMP112-Q1 デバイスがさまざまな変換レートを実行するときは、変換を行ってからパワーダウンし、CR1 および CR0 で設定された適切な遅延時間だけ待機します。CR1 と CR0 の設定を、表 8-5 に示します。

表 8-5. 変換レートの設定

CR1	CR0	変換レート
0	0	0.25Hz
0	1	1Hz
1	0	4Hz (デフォルト)
1	1	8Hz

パワーアップまたは汎用コール・リセットの後で、TMP112-Q1 デバイスは図 8-7 に示すように変換を直ちに開始します。最初の結果は 26ms (標準値) 後に得られます。変換時のアクティブ静止電流は 40µA です (27℃での標準値)。遅延中の静止電流は 2.2µA です (27℃での標準値)。



A. 遅延は、構成レジスタの CR1 および CR0 ビットによって設定されます。

図 8-7. 変換の開始

8.4.2 拡張モード (EM)

拡張モード・ビットは、デバイスを通常モード動作 (EM = 0) または拡張モード動作 (EM = 1) に設定します。通常モードでは、温度レジスタと上限および下限レジスタは 12 ビットのデータ形式を使用します。通常モードは、TMP112-Q1 デバイスを TMP75 デバイス互換にするために使用されます。

拡張モード (EM = 1) では、温度レジスタと上限および下限レジスタを 13 ビットのデータ形式に構成することで、128℃を超える温度を測定できます。

8.4.3 シャットダウン・モード (SD)

シャットダウン・モード・ビットは、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まで低減し、消費電流は通常 0.5µA 未満に低下します。シャットダウン・モードは、SD ビットが 1 にセットされたときイネーブルになります。このビットが 1 にセットされているとき、電流変換が完了するとデバイスはシャットダウンします。SD ビットが 0 にセットされているとき、デバイスは連続変換状態を維持します。

8.4.4 ワンショットおよび変換準備モード (OS)

TMP112-Q1 デバイスには、ワンショット温度測定モードがあります。デバイスがシャットダウン・モードのとき、1 を OS ビットに書き込むと、単一の温度変換が開始されます。変換中、OS ビットの読み出し値は 0 です。単一の変換が完了すると、デバイスはシャットダウン状態に戻ります。変換後、OS ビットの読み出し値は 1 になります。この機能は、継続的な温度監視が必要ないとき、TMP112-Q1 デバイスの消費電力を減らすために役立ちます。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

変換時間が短いため、TMP112-Q1 デバイスは高い変換レートを実現できます。1 回の変換は通常 26ms で行われ、20µs 以内に読み取り可能です。ワンショット・モードを使用すると、毎秒 30 回以上の変換が可能です。

8.4.5 サーモスタット・モード (TM)

サーモスタット・モード・ビットは、コンパレータ・モード (TM = 0) と割り込みモード (TM = 1) のどちらで動作すべきかをデバイスに指示します。

8.4.5.1 コンパレータ・モード (TM = 0)

コンパレータ・モード (TM = 0) では、温度が $T_{(HIGH)}$ レジスタの値と等しいか上回ると ALERT ピンがアクティブになり、温度が $T_{(LOW)}$ レジスタの値を下回るまでアクティブに維持されます。コンパレータ・モードの詳細については、「上限および下限レジスタ」セクションを参照してください。

8.4.5.2 割り込みモード (TM = 1)

割り込みモード (TM = 1) では、温度が $T_{(HIGH)}$ レジスタを超えるか、$T_{(LOW)}$ レジスタを下回ると、ALERT ピンがアクティブになります。ホスト・コントローラが温度レジスタを読み取ると、ALERT ピンはクリアされます。割り込みモードの詳細については、「上限および下限レジスタ」セクションを参照してください。

8.5 プログラミング

8.5.1 ポインタ・レジスタ

TMP112-Q1 デバイスの内部レジスタの構造を、図 8-8 に示します。デバイスの 8 ビットのポインタ・レジスタは、特定のデータ・レジスタを指定するために使用されます。ポインタ・レジスタは、下位 2 ビットを使用して、読み取りまたは書き込みコマンドに応答するデータ・レジスタを指定します (表 8-12 を参照)。P[1:0] バイトのパワーアップ・リセット値は 00 です。デフォルトでは、TMP112-Q1 デバイスはパワーアップ時の温度を読み取ります。

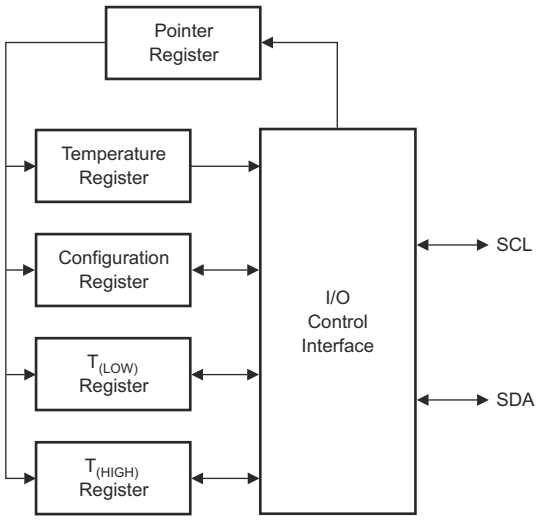


図 8-8. 内部レジスタの構造

TMP112-Q1 デバイスで使用可能なレジスタのポインタ・アドレスの一覧を、表 8-6 に示します。ポインタ・レジスタのバイトのビットについては、表 8-7 に示します。書き込みコマンドのとき、バイト P2 から P7 までは常に 0 の必要があります。

表 8-6. ポインタ・アドレス

P1	P0	レジスタ
0	0	温度レジスタ (読み取り専用 (R))
0	1	構成レジスタ (読み取り / 書き込み (R/W))
1	0	$T_{(LOW)}$ レジスタ (R/W)
1	1	$T_{(HIGH)}$ レジスタ (R/W)

表 8-7. ポインタ・レジスタ・バイト

P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
0	0	0	0	0	0	レジスタ・ビット	

8.5.2 温度レジスタ

TMP112-Q1 デバイスの温度レジスタは、12 ビットの読み取り専用レジスタ (構成レジスタの EM ビットを 0 にセットします。拡張モード (EM)セクションを参照) または 13 ビットの読み取り専用レジスタ (構成レジスタの EM ビットを 1 にセットします) として構成され、最新の変換の出力を保存します。データを取得するには、表 8-8 に示されている 2 バイトを読み取る必要があります。バイト 1 は最上位バイト (MSB) で、バイト 2 は最下位バイト (LSB) です。温度を示すため、最初の 12 ビット (拡張モードでは 13 ビット) が使用されます。最下位バイトの情報が必要ない場合は、そのバイトを読み取る必要はありません。

表 8-8. 温度レジスタのバイト 1 とバイト 2(1)

バイト	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	T11	T10	T9	T8	T7	T6	T5	T4
	(T12)	(T11)	(T10)	(T9)	(T8)	(T7)	(T6)	(T5)
2	T3	T2	T1	T0	0	0	0	0
	(T4)	(T3)	(T2)	(T1)	(T0)	(0)	(0)	(1)

(1) 拡張モードの 13 ビット構成を括弧内に示します。

8.5.3 構成レジスタ

構成レジスタは、16 ビットの読み取り / 書き込みレジスタで、温度センサの動作モードを制御するビットを保存するため使用されます。読み取り / 書き込み動作は、MSB から先に行われます。構成レジスタの形式とパワーアップおよびリセット値を、表 8-9 に示します。互換性のため、最初のバイトは TMP75 および TMP275 デバイスの構成レジスタに対応しています。すべてのレジスタはバイト単位で更新されます。

表 8-9. 構成とパワーアップおよびリセットの形式

バイト	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	OS	R1	R0	F1	F0	POL	TM	SD
	0	1	1	0	0	0	0	0
2	CR1	CR0	AL	EM	0	0	0	0
	1	0	1	0	0	0	0	0

8.5.3.1 シャットダウン・モード (SD)

シャットダウン・モード・ビットは、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まで低減し、消費電流は通常 0.5μA 未満に低下します。シャットダウン・モードは、SD ビットが 1 にセットされたときイネーブルになります。このビットが 1 にセットされているとき、電流変換が完了するとデバイスはシャットダウンします。SD ビットが 0 にセットされているとき、デバイスは連続変換状態を維持します。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

8.5.3.2 サーモスタット・モード (TM)

サーモスタット・モード・ビットは、コンパレータ・モード (TM = 0) と割り込みモード (TM = 1) のどちらで動作すべきかをデバイスに指示します。コンパレータ・モードと割り込みモードの詳細については、「上限および下限レジスタ」セクションを参照してください。

8.5.3.3 極性 (POL)

極性ビットは、ALERT ピン出力の極性を指定します。POL ビットが 0 (デフォルト) にセットされているとき、ALERT ピンはアクティブ Low になります。POL ビットが 1 にセットされると、ALERT ピンはアクティブ High になり、ALERT ピンの状態が反転します。各モードでの ALERT ピンの動作を、図 8-9 に示します。

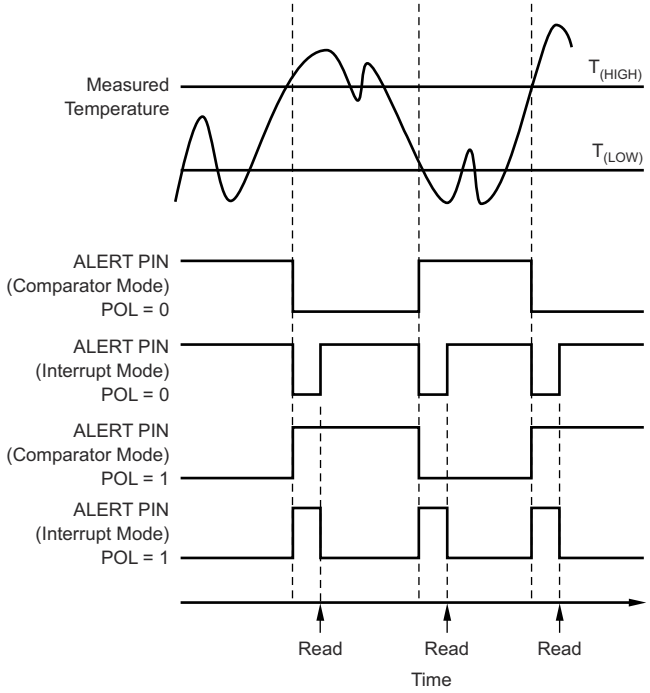


図 8-9. 出力転送機能の図

8.5.3.4 フォルト・キュー (F1/F0)

測定された温度が、ユーザーにより $T_{(HIGH)}$ レジスタと $T_{(LOW)}$ レジスタに定義された限界を超えると、フォルト条件が発生します。また、フォルト・キューを使用して、フォルト条件が何回発生するとアラートを引き起こすかをプログラムすることもできます。フォルト・キューは、周囲のノイズなどによる誤ったアラート生成を防止する目的で用意されています。フォルト・キューは、フォルトとなる測定値が連続して発生した場合のみアラート機能をトリガします。フォルトが何回測定されたらデバイスのアラート条件をトリガするかについて、プログラム可能な回数を、表 8-10 に示します。$T_{(HIGH)}$ と $T_{(LOW)}$ レジスタの形式とバイト順序については、「上限および下限レジスタ」セクションを参照してください。

表 8-10. TMP112-Q1 のフォルト設定

F1	F0	連続したフォルトの回数
0	0	1
0	1	2
1	0	4
1	1	6

8.5.3.5 コンバータの分解能 (R1 および R0)

コンバータの分解能ビット R1 および R0 は読み取り専用ビットです。TMP112-Q1 コンバータの分解能はスタートアップ時に 11 に設定され、これによって温度レジスタは 12 ビットの分解能に設定されます。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

8.5.3.6 ワンショット (OS)

デバイスがシャットダウン・モードのとき、1 を OS ビットに書き込むと、単一の温度変換が開始されます。変換中、OS ビットの読み出し値は 0 です。単一の変換が完了すると、デバイスはシャットダウン状態に戻ります。ワンショット変換モードの詳細については、「ワンショットおよび変換準備モード (OS)」セクションを参照してください。

8.5.3.7 拡張モード (EM)

拡張モード・ビットは、デバイスを通常モード動作 (EM = 0) または拡張モード動作 (EM = 1) に設定します。通常モードでは、温度レジスタと上限および下限レジスタは 12 ビットのデータ形式を使用します。拡張モードの詳細については、「拡張モード (EM)」セクションを参照してください。

8.5.3.8 アラート (AL)

AL ビットは読み出し専用の機能です。AL ビットを読み出すと、コンパレータ・モードのステータスに関する情報が示されます。POL ビットの状態は、AL ビットから返されるデータの極性を反転したものです。POL ビットが 0 に等しい場合、AL ビットは、プログラムされた連続フォルト回数だけ温度が $T_{(HIGH)}$ 以上になるまで 1 として読み出され、それ以後は 0 が読み出されます。その後で AL ビットは、プログラムされた連続フォルト回数だけ温度が $T_{(LOW)}$ を下回るまで引き続き 0 として読み出され、それ以後は再び 1 が読み出されます。TM ビットのステータスは、AL ビットのステータスに影響を与えません。

8.5.3.9 変換レート (CR)

TMP112-Q1 デバイスは、変換レート・ビット CR1 および CR0 によって、0.25Hz、1Hz、4Hz、8Hz の変換レートに構成されます。デフォルトのレートは 4Hz です。変換レート・ビットの詳細については、「連続変換モード」セクションを参照してください。

8.5.4 上限および下限レジスタ

温度制限は、温度結果と同じ形式で $T_{(LOW)}$ および $T_{(HIGH)}$ レジスタに保存され、変換のたびに温度結果と比較されます。比較の結果として、ALERT ピンの動作が駆動されます。このピンはコンパレータ出力または割り込みとして動作し、構成レジスタの TM ビットによって設定されます。

コンパレータ・モード (TM = 0) では、フォルト・ビット F1、F0 で設定された回数だけ連続して、温度が $T_{(HIGH)}$ レジスタの設定値以上になった場合、ALERT ピンがアクティブになります。ALERT ピンは、フォルトと同じ回数だけ温度が $T_{(LOW)}$ の設定値を下回るまで、アクティブに維持されます。

割り込みモード (TM = 1) では、フォルト条件の回数だけ連続して、温度が $T_{(HIGH)}$ の設定値以上となったとき、ALERT ピンがアクティブになります (表 8-10 に示す)。任意のレジスタが読み取られる、またはデバイスが SMBus のアラート応答アドレスへの応答に成功するまで、ALERT ピンはアクティブを維持します。デバイスをシャットダウン・モードに移行したときも、ALERT ピンはクリアされます。ALERT ピンがクリアされると、温度が $T_{(LOW)}$ を下回った場合のみ再びアクティブになり、任意のレジスタの読み取り動作によってクリアされるか、SMBus のアラート応答アドレスへの応答が成功するまではアクティブに維持されます。ALERT ピンがクリアされると上記のサイクルが繰り返され、温度が $T_{(HIGH)}$ 以上になった場合、ALERT ピンはアクティブになります。ゼネラル・コール・リセット・コマンドによるデバイス・リセットでも、ALERT ピンをクリアできます。このアクションにより、デバイスの内蔵レジスタの状態もクリアされ、デバイスはコンパレータ・モード (TM = 0) に戻ります。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

両方の動作モードを、図 8-9 に示します。$T_{(HIGH)}$ および $T_{(LOW)}$ レジスタの形式を、表 8-11 と表 8-12 に示します。上位バイトが先に送信され、その後に下位バイトが送信されます。$T_{(HIGH)}$ と $T_{(LOW)}$ のパワーアップ・リセット値は、次のとおりです。

- $T_{(HIGH)}$ = 80℃
- $T_{(LOW)}$ = 75℃

$T_{(HIGH)}$ および $T_{(LOW)}$ のデータ形式は、温度レジスタのものと同じです。

表 8-11. $T_{(HIGH)}$ レジスタのバイト 1 とバイト 2(1)

バイト	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	H11	H10	H9	H8	H7	H6	H5	H4
	(H12)	(H11)	(H10)	(H9)	(H8)	(H7)	(H6)	(H5)
2	H3	H2	H1	H0	0	0	0	0
	(H4)	(H3)	(H2)	(H1)	(H0)	(0)	(0)	(0)

(1) 拡張モードの 13 ビット構成を括弧内に示します。

表 8-12. $T_{(LOW)}$ レジスタのバイト 1 とバイト 2(1)

バイト	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	L11	L10	L9	L8	L7	L6	L5	L4
	(L12)	(L11)	(L10)	(L9)	(L8)	(L7)	(L6)	(L5)
2	L3	L2	L1	L0	0	0	0	0
	(L4)	(L3)	(L2)	(L1)	(L0)	(0)	(0)	(0)

(1) 拡張モードの 13 ビット構成を括弧内に示します。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

9 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。

9.1 アプリケーション情報

9.1.1 較正による精度向上

多くの温度監視アプリケーションでは、限定された温度範囲にわたって 0.5℃以内の精度が必要です。特定の温度における温度センサのオフセットと、固定範囲における平均温度範囲 (傾き) 誤差を把握していれば、この高精度を実現できます。

TMP112-Q1 デバイスには、固有の曲率を控えめに近似する 3 つの異なる傾き領域があります。傾き領域には次のものがあります。

1. 傾き 1 は -40℃～25℃に適用されます。
2. 傾き 2 は 25℃～85℃に適用されます。
3. 傾き 3 は 85℃～125℃に適用されます。

ユーザー較正済みシステムの仕様表はこれらの傾きの定義で、図 9-1 にも示されています。

注

ユーザー較正済みシステムの仕様表に示されているそれぞれの傾きは、25℃を基準とした増加割合を示しています。

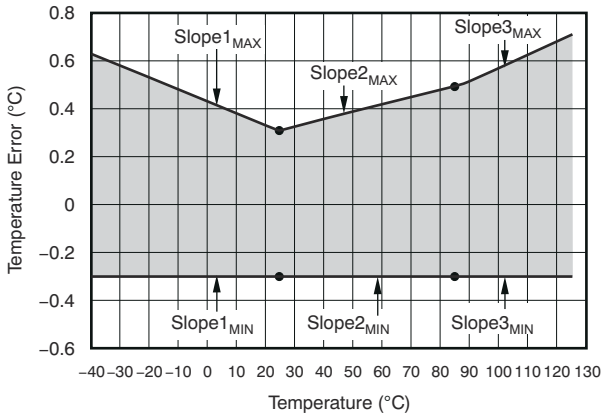


図 9-1. 温度に応じた精度と傾きの曲線

式 1 を使用して、特定の温度におけるワーストケースの精度を計算します。

$$Accuracy_{(worst\text{-}case)} = Accuracy_{(25°C)} + \Delta T \times Slope \quad (1)$$

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

9.1.1.1 事例 1：-15℃～50℃でのワーストケース精度を調べる

たとえば、-15℃～50℃での温度精度のみが問題の場合、式 2 および 式 4 に示す 2 つの勾配計算を使用してワーストケースの精度を決定できます。

$$\text{Accuracy}_{(\text{worst-case})} = \text{Accuracy}_{(25°C)} + \Delta T \times \text{Slope} \quad (2)$$

$$\text{Accuracy}_{(\text{MAX}[-15°C \text{ to } 25°C])} = 0.3°C + (-15°C - 25°C) \times \left(-7\frac{m°C}{°C}\right) = 0.58°C \quad (3)$$

$$\text{Accuracy}_{(\text{MAX}[25°C \text{ to } 50°C])} = \text{Accuracy}_{(25°C)} + \Delta T \times \text{Slope2}_{(\text{MAX})} \quad (4)$$

$$\text{Accuracy}_{(\text{MAX}[25°C \text{ to } 50°C])} = 0.3°C + (50°C - 25°C) \times \left(5\frac{m°C}{°C}\right) = 0.425°C \quad (5)$$

同じ計算を最小のケースに適用する必要があります。

$$\text{Accuracy}_{(\text{MIN}[-15°C \text{ to } 25°C])} = \text{Accuracy}_{(25°C)} + \Delta T \times \text{Slope1}_{(\text{MIN})} \quad (6)$$

$$\text{Accuracy}_{(\text{MIN}[-15°C \text{ to } 25°C])} = -0.5°C + \left[(-15°C - 25°C) \times \left(0\frac{m°C}{°C}\right)\right] = -0.5°C \quad (7)$$

$$\text{Accuracy}_{(\text{MIN}[25°C \text{ to } 50°C])} = \text{Accuracy}_{(25°C)} + \Delta T \times \text{Slope2}_{(\text{MIN})} \quad (8)$$

$$\text{Accuracy}_{(\text{MIN}[25°C \text{ to } 50°C])} = -0.5°C + \left[(50°C - 25°C) \times \left(0\frac{m°C}{°C}\right)\right] = -0.5°C \quad (9)$$

これらの計算に基づいて、-15℃～50℃の温度範囲で、ワーストケースの精度は 0.58℃～-0.5℃と予測できます。

9.1.1.2 事例 2：25℃～100℃でのワーストケース精度を調べる

目的の温度範囲が傾き 3 の領域内にある場合は、まずワーストケースの値を 25℃～85℃で計算し、温度変化を傾き 3 のスパン誤差で乗算した値に、その値を加算します。たとえば、式 10 に示すように、25℃～125℃の温度範囲を考えます。

$$\text{Accuracy}_{(\text{MAX}[25°C \text{ to } 100°C])} = \text{Accuracy}_{(25°C)} + \Delta T \times \text{Slope2}_{(\text{MAX})} + \Delta T \times \text{Slope3}_{(\text{MAX})} \quad (10)$$

$$\text{Accuracy}_{(\text{MAX}[25°C \text{ to } 100°C])} = 0.3°C + (85°C - 25°C) \times \left(4.5\frac{m°C}{°C}\right) + (100°C - 85°C) \times \left(8\frac{m°C}{°C}\right) = 0.69°C \quad (11)$$

次に、式 12 に示す最小ケースに対して同じ計算を実行します。

$$\text{Accuracy}_{(\text{MIN}[25°C \text{ to } 100°C])} = \text{Accuracy}_{(25°C)} + \Delta T \times \text{Slope2}_{(\text{MIN})} + \Delta T \times \text{Slope3}_{(\text{MIN})} \quad (12)$$

$$\text{Accuracy}_{(\text{MIN}[25°C \text{ to } 100°C])} = -0.5°C + \left[(85°C - 25°C) \times \left(0\frac{m°C}{°C}\right)\right] + \left[(100°C - 85°C) \times \left(0\frac{m°C}{°C}\right)\right] = -0.5°C \quad (13)$$

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

9.1.2 傾き仕様を 1 点キャリブレーションで使用する方法

25℃での傾き領域に対する初期精度の保証により、ほとんどのアプリケーションで十分高い精度が得られます。ただし、より高い精度が必要な場合は、25℃での 1 点キャリブレーションで精度を上げることができます。このキャリブレーションを行うと、室温でのオフセットが除去されるため、TMP112-Q1 の温度読み取りでの誤差の発生源が曲率まで減少します。キャリブレーション済み TMP112-Q1 デバイスの誤差を、図 9-2 に示します。

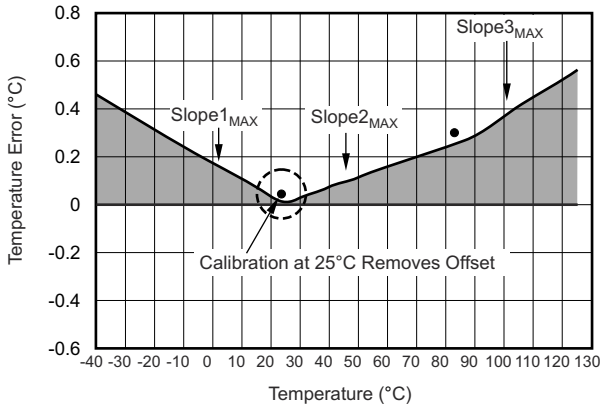


図 9-2. キャリブレーション後の精度および傾き曲線と温度との関係

前の例に示した温度範囲である 0℃～50℃を使用すると、25℃でのオフセット (すなわち、最大および最小温度誤差 0.3℃および -0.5℃) が除去されるため、ワーストケースの温度誤差がワーストケースの傾きにまで減少します。したがって、ワーストケースの精度が 0.175℃まで改善されることを期待できます。

9.1.2.1 電源レベルの精度への影響

TMP112-Q1 デバイスで達成できる優れた精度は、3.3V 電源電圧からの DC 変動への耐性によって補助されています。この耐性が重要なのは、精度を達成するために他の LDO レギュレータを使用して 3.3V を生成する必要がなくなるためです。ただし、電源電圧の変化に起因するノイズ量子化により、温度測定精度が多少変化する可能性があります。たとえば、ユーザーがデバイスを 1.8V で動作させることを選択した場合、精度で予測されるワーストケースの変化は、式 14 で計算できます。

$$\text{Accuracy}_{(\text{PSR})} = \pm(\text{V+} - 3.3\ \text{V}) \times \left[\frac{0.25°\text{C}}{\text{V}}\right] \tag{14}$$

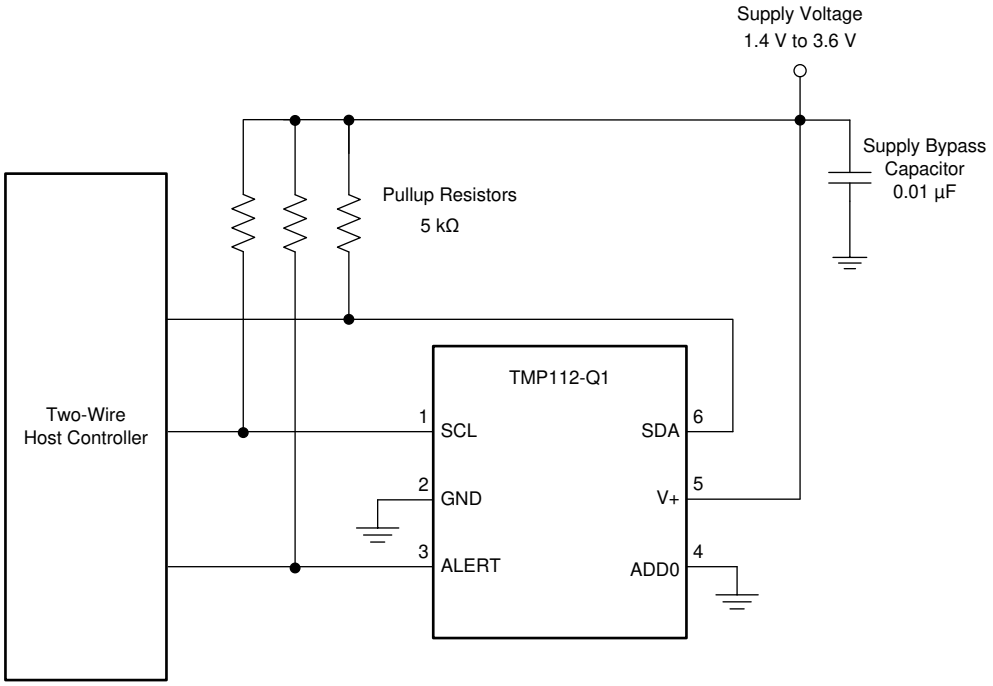
$$\text{Accuracy}_{(\text{PSR})} = \pm(1.8\ \text{V} - 3.3\ \text{V}) \times \left[\frac{0.25°\text{C}}{\text{V}}\right] = \pm 0.375°\text{C} \tag{15}$$

この例は、電源の変動および 1 点キャリブレーションによって発生するすべての誤差を含んだワーストケースです。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

9.2 代表的なアプリケーション

TMP112-Q1 デバイスは、デバイスが取り付けられている基板の PCB 温度を測定するために使用されます。プログラム可能なアドレス・オプションにより、1 つのシリアル・バスで基板上の最大 4 つの場所を監視できます。



SCL、SDA、ALERT ピンにはプルアップ抵抗が必要です。

図 9-3. 一般的な接続

9.2.1 設計要件

TMP112-Q1 デバイスの SCL、SDA、ALERT ピンにはプルアップ抵抗が必要です。プルアップ抵抗の推奨値は 5kΩ です。一部のアプリケーションでは、プルアップ抵抗を 5kΩ よりも低く、または高くしてもかまいませんが、どのピンも電流が 3mA を超えないようにする必要があります。図 9-3 に示すように、電源に 0.01µF のバイパス・コンデンサを接続することをお勧めします。SCL と SDA のラインは、プルアップ抵抗を介して V+ と等しい、またより電位の高い電源にプルアップできます。バス上で 4 つのアドレスのいずれかを構成するには、ADD0 ピンを GND、V+、SDA、SCL のいずれかのピンに接続します。

9.2.2 詳細な設計手順

TMP7112-Q1 デバイスは、適切な熱結合が行われるよう正しくレイアウトして、監視が必要な熱源の近くに配置します。この配置により、温度の変化を可能な限り短い時間間隔で捕捉できます。空気や表面の温度測定が必要なアプリケーションで精度を維持するには、パッケージとリードを周囲の気温と遮断するよう配慮します。熱伝導性の接着剤は、表面温度を正確に測定するのに役立ちます。

TMP112-Q1 デバイスは非常に低消費電力のデバイスで、電源バスに発生するノイズはごくわずかです。TMP112-Q1 デバイスの V+ ピンに RC フィルタを適用すると、TMP112-Q1 デバイスが他の部品に伝搬する可能性のあるノイズをさらに低減できます。図 9-4 の $R_{(F)}$ は 5kΩ 未満で、$C_{(F)}$ は 10nF より大きい必要があります。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

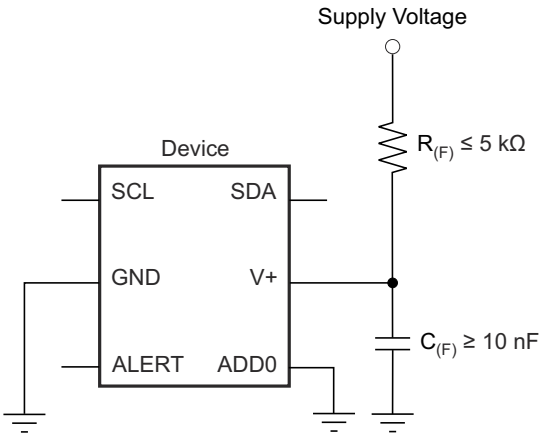


図 9-4. ノイズの低減手法

9.2.3 アプリケーション曲線

室温 (27℃) で 100℃の油槽に浸けたときの TMP112-Q1 デバイスのステップ応答を、図 9-5 に示します。時定数、すなわち出力が入力ステップの 63% に達するまでの時間は 0.8s です。時定数の結果は、TMP112-Q1 デバイスが搭載されているプリント基板 (PCB) によって異なります。このテストでは、TMP112-Q1 デバイスが大きさ 0.375 インチ × 0.437 インチの 2 層 PCB に半田付けされています。

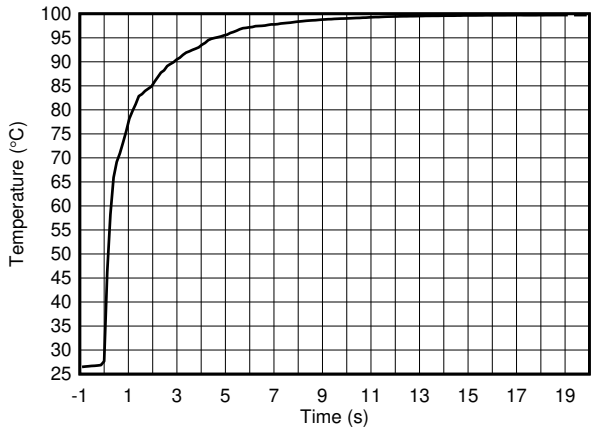


図 9-5. 温度ステップ応答

10 電源に関する推奨事項

TMP112-Q1 デバイスは、1.4～3.6V の範囲の電源で動作します。このデバイスは 3.3V 電源で動作するよう最適化されていますが、電源電圧範囲全体で温度を正確に測定できます。電源がデバイスの精度に及ぼす影響の詳細については、「電源レベルの精度への影響」セクションを参照してください。

正常な動作のため、電源バイパス・コンデンサが必要です。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ます。この電源バイパス・コンデンサの標準値は 0.01μF です。ノイズの多い、または高インピーダンスの電源を使用するアプリケーションは、電源のノイズを除去するために、デカップリング・コンデンサの追加が必要となることがあります。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

11 レイアウト

11.1 レイアウトのガイドライン

電源バイパス・コンデンサは、電源ピンとグランド・ピンにできるだけ近づけて配置します。このバイパス・コンデンサの推奨値は 0.01µF です。ノイズが多い、または高インピーダンスの電源を補償するため、デカップリング容量を追加してもかまいません。5kΩ のプルアップ抵抗を使用して、オープン・ドレイン出力ピン (SDA、SCL、ALERT) をプルアップします。

11.2 レイアウト例

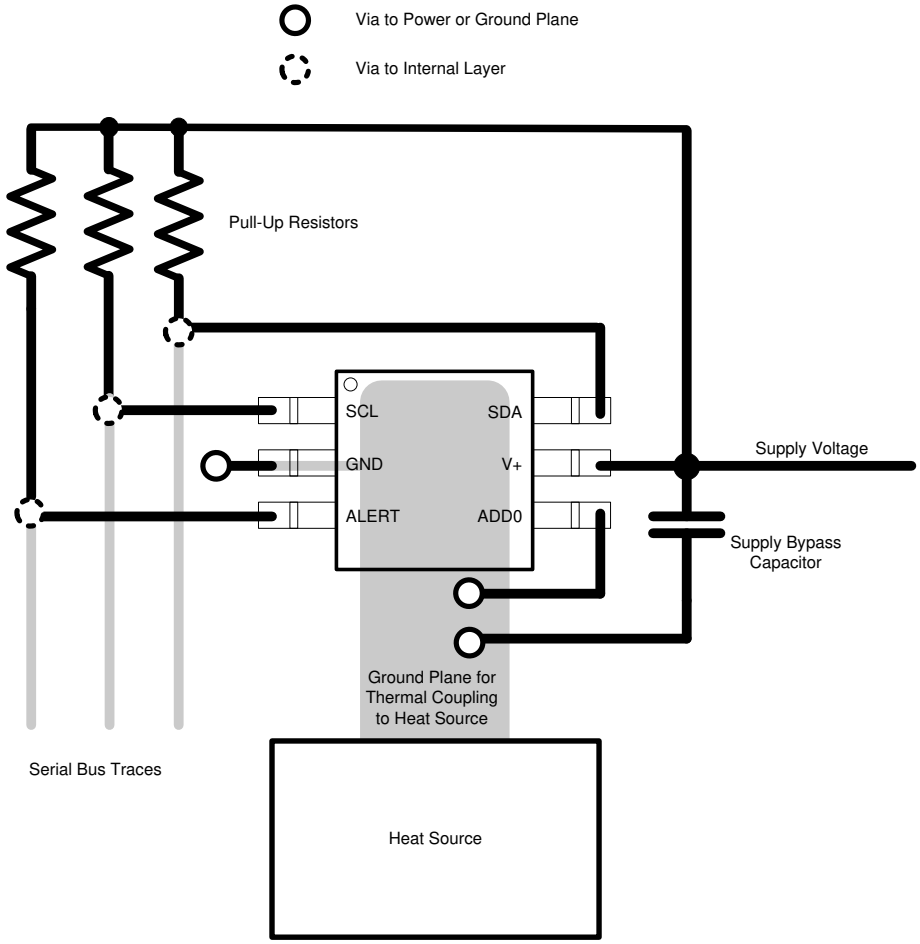


図 11-1. レイアウト例

12 デバイスおよびドキュメントのサポート

12.1 ドキュメントのサポート

12.1.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。

TMP112 データシート、SBOS473

または、http://www.ti.com/product/TMP112 にある TMP112 のプロダクト・フォルダを参照してください。

12.2 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、ti.com のデバイス製品フォルダを開いてください。右上の「アラートを受け取る」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れます。変更の詳細については、修正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。

12.3 コミュニティ・リソース

12.4 商標

SMBus™ is a trademark of Intel, Inc.
すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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、指定のデバイスに対して提供されている最新のデータです。このデータは予告なく変更されることがあり、ドキュメントが改訂される場合もあります。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。

Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead finish/ Ball material (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
TMP112AQDRLRQ1	ACTIVE	SOT-5X3	DRL	6	4000	RoHS & Green	NIPDAUAG	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	SLP	Samples

(1) The marketing status values are defined as follows:
ACTIVE: Product device recommended for new designs.
LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.
NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.
PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.
OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "Pb-Free".
RoHS Exempt: TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.
Green: TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JS709B low halogen requirements of <=1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the <=1000ppm threshold requirement.

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) Lead finish/Ball material - Orderable Devices 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.

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 TMP112-Q1 :

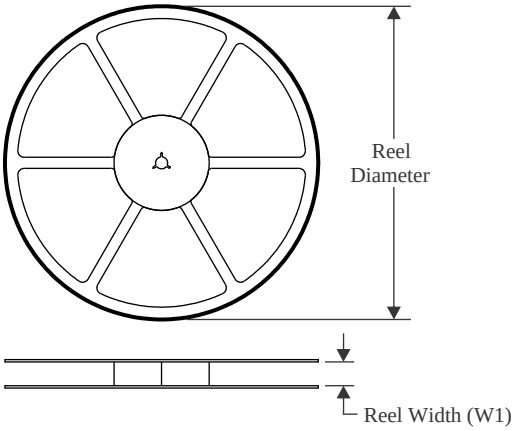
- Catalog : TMP112

NOTE: Qualified Version Definitions:

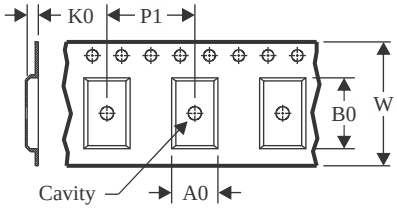
- Catalog - TI's standard catalog product

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

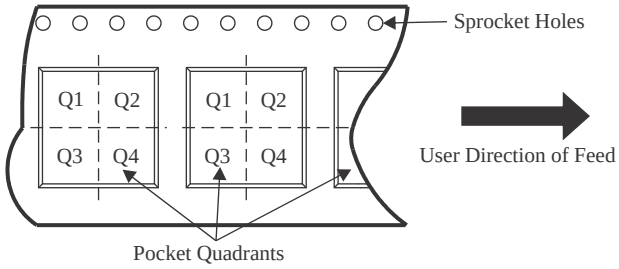


TAPE DIMENSIONS



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

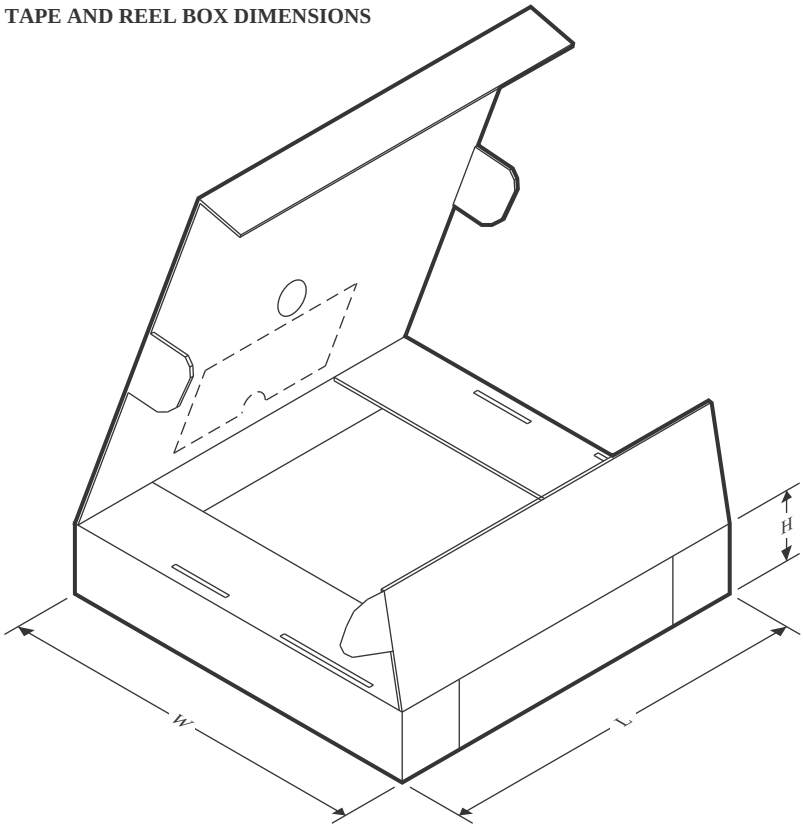
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*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
TMP112AQDRLRQ1	SOT-5X3	DRL	6	4000	180.0	8.4	1.98	1.78	0.69	4.0	8.0	Q3

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

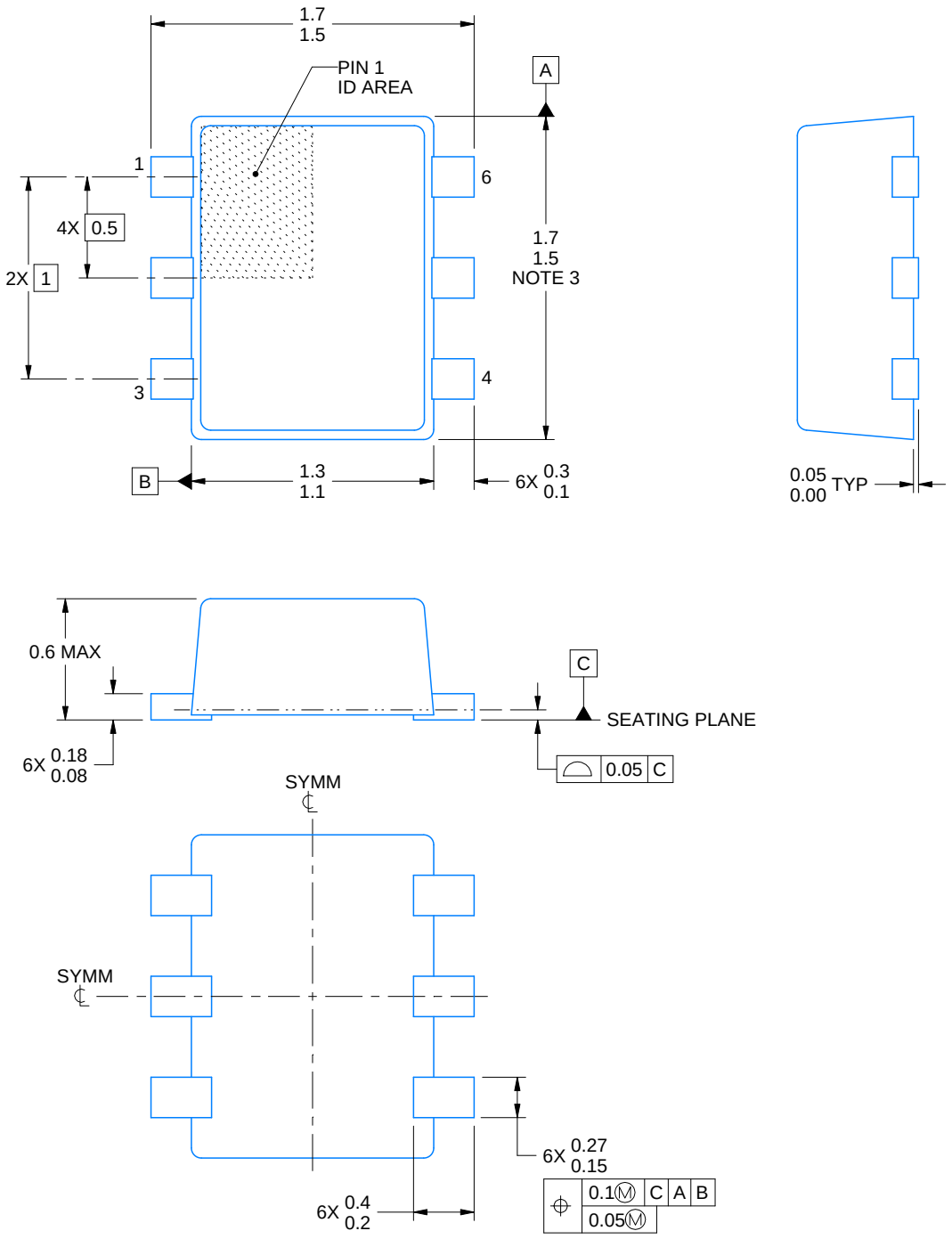
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TMP112AQDRLRQ1	SOT-5X3	DRL	6	4000	223.0	270.0	35.0

PACKAGE OUTLINE

DRL0006A

SOT - 0.6 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



NOTES:

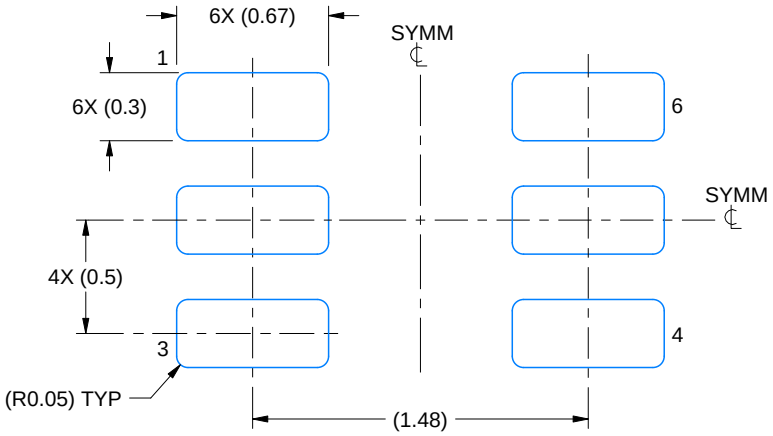
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC registration MO-293 Variation UAAD

EXAMPLE BOARD LAYOUT

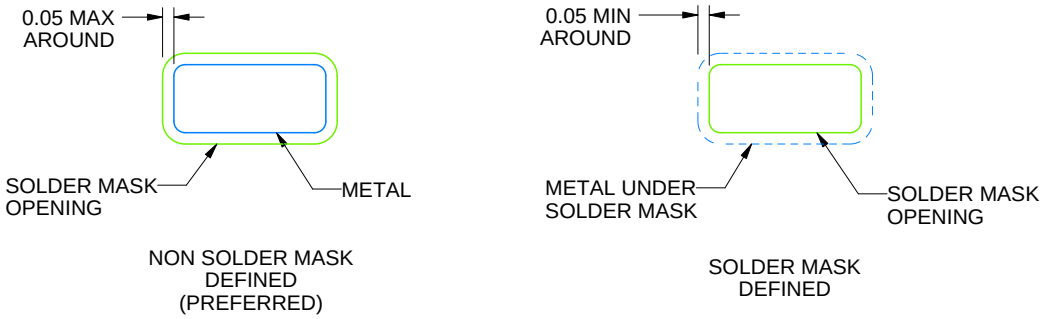
DRL0006A

SOT - 0.6 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:30X



SOLDERMASK DETAILS

4223266/C 12/2021

NOTES: (continued)

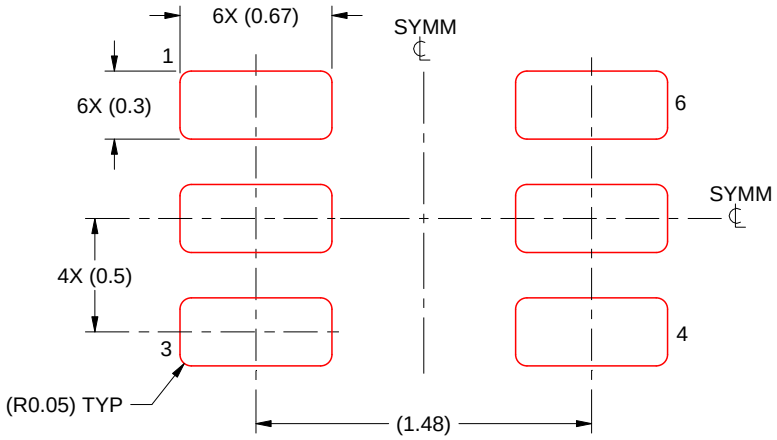
5. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
6. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
7. Land pattern design aligns to IPC-610, Bottom Termination Component (BTC) solder joint inspection criteria.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DRL0006A

SOT - 0.6 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
SCALE:30X

4223266/C 12/2021

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

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ます。

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

TI の製品は、TI の販売条件、または ti.com やかかる TI 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。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。

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、TI 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 © 2022, Texas Instruments Incorporated