

# LM95231 高精度デュアル リモート ダイオード温度センサ、SMBus インターフェイスおよび TruTherm™ 技術対応

## 1 特長

- リモート IC またはダイオード接続部のダイ温度を高精度で測定
- TruTherm 技術を使用して、高精度の「サーマル ダイオード」温度測定を実現
- アナログ フィルタリング付きサーマル ダイオード入力段
- サーマル ダイオードのデジタル フィルタリング
- 90nm プロセスの Intel Pentium 4 プロセッサまたは 2N3904 の非理想性を選択
- リモート ダイオードの障害検出
- オンボードのローカル温度センシング
- デジタル フィルタリングなしのリモート温度読み取り:
  - 0.125°C (LSb)
  - 10 ビット + 符号、または 11 ビットのプログラマブル分解能
  - 11 ビットで 127°C を上回る温度を検出可能
- デジタル フィルタリングを使用したリモート温度読み取り:
  - 0.03125°C LSb (フィルタリングを使用)
  - 12 ビット + 符号、または 13 ビットのプログラマブル分解能
  - 13 ビットで 127°C を上回る温度を検出可能
- ローカル温度読み取り値:
  - 0.25°C
  - 9 ビット + 符号
- ステータス レジスタのサポート
- プログラム可能な変換レートにより消費電力をユーザーが最適化可能
- シャットダウン モードのワンショット変換制御
- TIMEOUT をサポートした SMBus 2.0 互換のインターフェイス
- 8 ピン VSSOP パッケージ
- 主な仕様:
  - リモート温度精度:  $\pm 0.75^\circ\text{C}$  (最大値)
  - ローカル温度精度:  $\pm 3.0^\circ\text{C}$  (最大値)
  - 電源電圧: 3.0V ~ 3.6V
  - 消費電流: 402  $\mu\text{A}$  (標準値)

## 2 アプリケーション

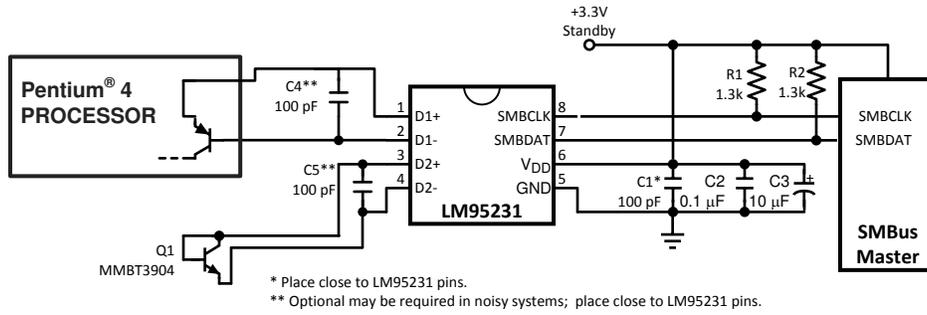
- プロセッサ / コンピュータ システムの温度管理
  - 例: ラップトップ、デスクトップ、ワークステーション、サーバー)
- 電子機器の試験装置
- オフィス用電子機器

## 3 概要

LM95231 は、テキサス・インスツルメンツの TruTherm 技術を使用した高精度デュアル リモート ダイオード温度センサ (RDTS) です。LM95231 の 2 線式シリアル インターフェイスは、SMBus 2.0 と互換性があります。LM95231 は 3 つの温度ゾーンを検出できます。それ自体のダイと、2 つのダイオード接続トランジスタの温度を測定できます。LM95231 には、デジタル フィルタリング、アナログ フィルタリングを含む高度な入力段、プロセッサ間の非理想性のばらつきを低減する TruTherm 技術が搭載されています。ダイオード接続トランジスタは、Intel や AMD のプロセッサに搭載されているサーマル ダイオード、またはダイオード接続 MMBT3904 トランジスタにできます。TruTherm 技術を使用すると、90nm 以下の微細なプロセスで採用されているサーマル ダイオードを正確に測定できます。LM95231 では、90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサまたは 2N3904 のいずれかのサーマル ダイオード非理想性をユーザーが選択できます。

LM95231 のリモート温度の読み取り用の分解能フォーマットは、デジタル フィルタリングが無効の場合、11 ビット符号付きまたは符号なしにプログラムできます。フィルタリングが有効の場合、分解能は 13 ビット符号付きまたは符号なしに向上します。符号なしモードでは、LM95231 のリモート ダイオードの読み取り値は、127°C を超える温度を検出できます。ローカル温度の読み取り値の分解能は、9 ビット + 符号です。





## 目次

<b>1 特長</b> .....	1	7.5 リモート ダイオード モデル タイプ 選択レジスタ	21
<b>2 アプリケーション</b> .....	1	7.6 リモートの TruTherm モード制御	21
<b>3 概要</b> .....	1	7.7 ローカルおよびリモート MSB および LSB 温度レジスタ	22
<b>4 ピン構成および機能</b> .....	4	7.8 メーカー ID レジスタ	23
<b>5 仕様</b> .....	5	7.9 ダイリビジョンコード レジスタ	23
5.1 絶対最大定格	5	<b>8 アプリケーションと実装</b> .....	24
5.2 動作定格	5	8.1 アプリケーション情報	24
5.3 温度 / デジタル コンバータの特性	6	8.2 代表的なアプリケーション	24
5.4 ロジック電氣的特性 デジタル DC 特性	8	<b>9 レイアウト</b> .....	28
5.5 ロジック電氣的特性 SMBus デジタル スイッチング特性	8	9.1 ノイズを最小限に抑えるための PCB レイアウト	28
5.6 代表的な性能特性	10	<b>10 デバイスおよびドキュメントのサポート</b> .....	29
<b>6 詳細説明</b> .....	11	10.1 ドキュメントのサポート	29
6.1 概要	11	10.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法	29
6.2 機能ブロック図	12	10.3 サポート・リソース	29
6.3 機能説明	13	10.4 商標	29
<b>7 レジスタ</b> .....	19	10.5 静電気放電に関する注意事項	29
7.1 LM95231 のレジスタ	19	10.6 用語集	29
7.2 ステータス レジスタ	19	<b>11 改訂履歴</b> .....	30
7.3 構成レジスタ	20	<b>12 メカニカル、パッケージ、および注文情報</b> .....	30
7.4 リモート ダイオード フィルタ制御レジスタ	21		

## 4 ピン構成および機能

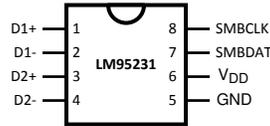


図 4-1. VSSOP-8 の上面図

表 4-1. ピン説明

ラベル	ピン番号	機能	代表的な接続
D1+	1	ダイオードの電流ソース	ダイオード アノードへの接続。リモートのディスクリット ダイオード接続トランジスタ接合部、またはダイ温度を検出するリモート IC のダイオード接続トランジスタ接合部に接続されます。D1+ と D1- の間にコンデンサは必要ありません。D1+ と D1- の間に 100pF コンデンサを追加すると、ノイズの多いシステムでの性能が向上する可能性があります。
D1-	2	ダイオードのリターン電流シンク	ダイオード カソードへの接続。D1+ と D1- の間にコンデンサは必要ありません。D1+ と D1- の間に 100pF コンデンサを追加すると、ノイズの多いシステムでの性能が向上する可能性があります。
D2+	3	ダイオードの電流ソース	ダイオード アノードへの接続。リモートのディスクリット ダイオード接続トランジスタ接合部、またはダイ温度を検出するリモート IC のダイオード接続トランジスタ接合部に接続されます。D2+ と D2- の間にコンデンサは必要ありません。D2+ と D2- の間に 100pF コンデンサを追加すると、ノイズの多いシステムで性能が向上する可能性があります。
D2-	4	ダイオードのリターン電流シンク	ダイオード カソードへの接続。D2+ と D2- の間にコンデンサは必要ありません。D2+ と D2- の間に 100pF コンデンサを追加すると、ノイズの多いシステムで性能が向上する可能性があります。
GND	5	電源グランド	システム低ノイズ グランド
V <sub>DD</sub>	6	正電源電圧入力	DC 電圧は 3.0V~3.6V です。V <sub>DD</sub> は、100 pF と並列に接続した 0.1μF コンデンサを使用してバイパスする必要があります。100pF コンデンサは、電源ピンのできるだけ近くに配置する必要があります。ノイズは 200mVp-p 未満に維持する必要があります。これを達成するため、10μF コンデンサが必要になる場合があります。
SMBDAT	7	SMBus 双方向データライン、オーブンドレイン出力	コントローラから、およびコントローラへの接続。外部プルアップ抵抗が必要な場合があります。
SMBCLK	8	SMBus クロック入力	コントローラからの接続。外部プルアップ抵抗が必要な場合があります。

## 5 仕様

### 5.1 絶対最大定格

(1) を参照

電源電圧		
SMBDAT、SMBCLK の電圧		-0.3V~6.0V、-0.5V~6.0V
その他のピンの電圧		-0.3V~(+V <sub>DD</sub> + 0.3V)
すべてのピンの入力電流 <sup>(2)</sup>		±5 mA
パッケージ入力電流 <sup>(2)</sup>		30mA
SMBDAT 出力シンク電流		10mA
接合部温度 <sup>(3)</sup>		125°C
保存温度		-65°C~+150°C
ESD 感受性 <sup>(4)</sup>	人体モデル	2000V
	マシン モデル	200 V
半田付けプロセスは、テキサス・インスツルメンツのリフロー温度プロファイル仕様に準拠する必要があります。 <a href="https://www.ti.com/ja-jp/support-packaging/packaging.html">https://www.ti.com/ja-jp/support-packaging/packaging.html</a> を参照してください。 <sup>(5)</sup>		

- (1) 絶対最大定格は、それらを超えると、デバイスが破壊される可能性がある制限値を示します。動作定格は、デバイスが確実に機能する条件を示しますが、特定の性能限界を保証するわけではありません。保証された仕様、および試験条件については「電気的特性」を参照してください。保証された仕様は、記載されているテスト条件にのみ適用されます。本デバイスを記載されているテスト条件以外で動作させると、一部の性能特性が低下する可能性があります。本デバイスを最大動作定格を超えて動作させることは推奨されません。
- (2) いずれかのピンの入力電圧 (V<sub>I</sub>) が電源を超えた場合 (V<sub>I</sub> < GND または V<sub>I</sub> > V<sub>DD</sub>)、そのピンの電流を 5mA に制限する必要があります。LM95231 のピンの寄生部品および ESD 保護回路を図 5-1 と表 5-1 に示します。次のピンに存在する寄生ダイオード D1 が順バイアスされないように注意する必要があります: D1+, D2+, D1-, D2-。50mV を超える順バイアスが印加されると、温度測定値が破損する可能性があります。
- (3) プリント基板を 1oz フォイルに接続したときの接合部から周囲への熱抵抗 (エアフローなし):  
— VSSOP-8 = 210°C/W
- (4) 人体モデル、1.5kΩ 抵抗を介して 100pF を放電。マシン モデル、200pF を各ピンに直接放電。
- (5) リフロー温度プロファイルは、鉛 (Pb) を含有するパッケージと含有しないパッケージで異なります。

### 5.2 動作定格

(1) (2) を参照

動作温度範囲 <sup>(1) (2)</sup>	0°C~+125°C
電気的特性温度範囲	T <sub>MIN</sub> ≤ T <sub>A</sub> ≤ T <sub>MAX</sub>
LM95231BIMM、LM95231CIMM	0°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ +85°C
電源電圧範囲 (V <sub>DD</sub> )	+3.0V~+3.6V

- (1) 絶対最大定格は、それらを超えると、デバイスが破壊される可能性がある制限値を示します。動作定格は、デバイスが確実に機能する条件を示しますが、特定の性能限界を保証するわけではありません。保証された仕様、および試験条件については「電気的特性」を参照してください。保証された仕様は、記載されているテスト条件にのみ適用されます。本デバイスを記載されているテスト条件以外で動作させると、一部の性能特性が低下する可能性があります。本デバイスを最大動作定格を超えて動作させることは推奨されません。
- (2) プリント基板を 1oz フォイルに接続したときの接合部から周囲への熱抵抗 (エアフローなし):  
— VSSOP-8 = 210°C/W

### 5.3 温度 / デジタル コンバータの特性

特に記述のない限り、これらの仕様は  $V_{DD} = +3.0Vdc \sim 3.6Vdc$  に適用されます。太字の制限値は、 $T_A = T_J = T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  に適用されます。その他の制限値は、特に記述のない限り、 $T_A = T_J = +25^\circ C$  に適用されます。 $T_J$  は LM95231 の接合部温度です。 $T_D$  はリモート サーマル ダイオードの接合部温度です。

パラメータ	テスト条件	標準値 <sup>(1)</sup>	LM9523	LM9523	単位
			1 の BIMM 制限値 <sup>(2)</sup>	1 の CIMM 制限値 <sup>(2)</sup>	
ローカル ダイオードを使用した場合の精度	$T_A = 0^\circ C \sim +85^\circ C$ <sup>(3)</sup> (4)	±1	±3	±3	°C (最大)
リモートダイオードを使用した場合の精度 (サーマルダイオードプロセッサのタイプについては <sup>(5)</sup> を参照)。	$T_A = +20^\circ C \sim +40^\circ C$ 、 $T_D = +45^\circ C \sim +85^\circ C$	Intel 90nm サーマルダイオード	<b>±0.75</b>		°C (最大)
	$T_A = +20^\circ C \sim +40^\circ C$ 、 $T_D = +45^\circ C \sim +85^\circ C$	MMBT3904 サーマルダイオード	<b>±1.25</b>		°C (最大)
	$T_A = +20^\circ C \sim +40^\circ C$ 、 $T_D = +45^\circ C \sim +85^\circ C$	Intel 90nm および MMBT3904 サーマルダイオード	<b>±1.25</b>		°C (最大)
	$T_A = +0^\circ C \sim +85^\circ C$ 、 $T_D = +25^\circ C \sim +140^\circ C$	Intel 90nm および MMBT3904 サーマルダイオード	<b>±2.5</b>	<b>±2.5</b>	°C (最大)
フィルタリングをオフにした場合のリモートダイオード測定分解能		10 + 符号 / 11			ビット
		0.125			°C
デジタルフィルタリングをオンにした場合のリモートダイオード測定分解能		12 + 符号 / 13			ビット
		0.03125			°C
ローカルダイオード測定分解能		9 + 符号			ビット
		0.25			°C
最速設定におけるすべての温度の変換時間	(6) を参照、TruTherm モード無効	75.8	<b>83.9</b>	<b>83.9</b>	ms (最大値)
		TruTherm モード有効	79.2	<b>87.7</b>	<b>87.7</b>
平均静止電流 <sup>(7)</sup>	SMBus 非アクティブ、1Hz の変換レート	402	<b>545</b>	<b>545</b>	μA (最大値)
		シャットダウン	272		
D - ソース電圧		0.4			V
ダイオードソース電流比		16			
ダイオードソース電流	$(V_{D+} - V_{D-}) = +0.65V$ 、 高レベル	176	<b>300</b>	<b>300</b>	μA (最大値)
			<b>100</b>	<b>100</b>	μA (最小値)
	低レベル	11			μA
パワーオンリセットのスレッショルド	$V_{DD}$ 入力、立ち下がりエッジで測定		<b>2.7</b> <b>1.8</b>	<b>2.7</b> <b>1.8</b>	V (最大値) V (最小値)

(1) 標準値は  $T_A = 25^\circ C$  における値であり、製品特性評価時の最も一般的なパラメータの基準値を表します。標準仕様は保証されていません。

(2) 制限値は平均出検品質限界 (AOQL) で規定されています。

(3) ローカル温度の精度には、自己発熱の影響は含まれていません。自己発熱による温度上昇は、LM95231 の内部消費電力と熱抵抗の積です。自己発熱の計算に使用する熱抵抗については、「動作定格」表の注 2 を参照してください。

(4) プリント基板を 1oz フォイルに接続したときの接合部から周囲への熱抵抗 (エアフローなし):  
— VSSOP-8 =  $210^\circ C/W$

- (5) LM95231 の精度は、リモート ダイオード モデル 選択レジスタで選択された 90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサのサーマル ダイオードまたは MMBT3904 タイプのトランジスタを使用した場合に保証されます。
- (6) この仕様は、温度データが更新される頻度を示す目的にのみ提供されています。LM95231 は、変換状態にかかわらず、いつでも読み取ることができます (最後の変換結果を生成)。
- (7) SMBus がアクティブのときは、静止電流は大きく増加しません。

## 5.4 ロジック電気的特性デジタル DC 特性

特に記述のない限り、これらの仕様は  $V_{DD} = +3.0 \sim 3.6Vdc$  に適用されます。太字の制限値は、 $T_A = T_J = T_{MIN} \sim T_{MAX}$  に適用されます。その他の制限値は、特に記述のない限り、 $T_A = T_J = +25^\circ C$  に適用されます。

記号	パラメータ	条件	標準値 <sup>(1)</sup>	制限値 <sup>(2)</sup>	単位 (制限値)
<b>SMBDAT、SMBCLK 入力</b>					
$V_{IN(1)}$	論理「1」入力電圧			<b>2.1</b>	V (最小値)
$V_{IN(0)}$	論理「0」入力電圧			<b>0.8</b>	V (最大値)
$V_{IN(HYST)}$	SMBDAT および SMBCLK デジタル入力ヒステリシス		400		mV
$I_{IN(1)}$	論理「1」入力電流	$V_{IN} = V_{DD}$	0.005	<b>±10</b>	μA (最大値)
$I_{IN(0)}$	論理「0」入力電流	$V_{IN} = 0V$	-0.005	<b>±10</b>	μA (最大値)
$C_{IN}$	入力容量		5		pF
<b>SMBDAT 出力</b>					
$I_{OH}$	High レベル出力電流	$V_{OH} = V_{DD}$		<b>10</b>	μA (最大値)
$V_{OL}$	SMBus の Low レベル出力電圧	$I_{OL} = 4mA$ $I_{OL} = 6mA$		<b>0.4</b> <b>0.6</b>	V (最大値)

(1) 標準値は  $T_A = 25^\circ C$  における値であり、製品特性評価時の最も一般的なパラメータの基準値を表します。標準仕様は保証されていません。

(2) 制限値は平均出検品質限界 (AOQL) で規定されています。

## 5.5 ロジック電気的特性 SMBus デジタル スイッチング特性

特に記述のない限り、これらの仕様は  $V_{DD} = +3.0Vdc \sim +3.6Vdc$ 、出力ライン = 80pF の  $C_L$  (負荷容量) に適用されます。太字の制限値は、 $T_A = T_J = T_{MIN} \sim T_{MAX}$  に適用されます。その他の制限値は、特に記述のない限り、 $T_A = T_J = +25^\circ C$  に適用されます。

LM95231 のスイッチング特性は、SMBus バージョン 2.0 で公開されている仕様を完全に満たすか、それを上回ります。以下のパラメータは、LM95231 に関連する SMBCLK 信号と SMBDAT 信号のタイミング関係を示します。これらは SMBus バスの仕様に準拠していますが、必ずしも SMBus バスの仕様であるとは限りません。

記号	パラメータ	条件	標準値 <sup>(1)</sup>	制限値 <sup>(2)</sup>	単位 (制限値)
$f_{SMB}$	SMBus クロック周波数			<b>100</b> <b>10</b>	kHz (最大値) kHz (最小値)
$t_{LOW}$	SMBus クロック Low 時間	$V_{IN(0)max}$ から $V_{IN(0)min}$		<b>4.7</b> <b>25</b>	μs (最小値) ms (最大値)
$t_{HIGH}$	SMBus クロック High 時間	$V_{IN(1)min}$ から $V_{IN(1)max}$		<b>4.0</b>	μs (最小値)
$t_{R,SMB}$	SMBus 立ち上がり時間	(3) を参照	1		μs (最大値)
$t_{F,SMB}$	SMBus 立ち下がり時間	(4) を参照	0.3		μs (最大値)
$t_{OF}$	出力立ち下がり時間	$C_L = 400pF$ 、 $I_O = 3mA$ <sup>(4)</sup>		<b>250</b>	ns (最大値)
$t_{TIMEOUT}$	シリアル インターフェイスがリセットされるまでに SMBDAT および SMBCLK が Low である時間 <sup>(5)</sup>			<b>25</b> <b>35</b>	ms (最小値) ms (最大値)
$t_{SU,DAT}$	SMBCLK が High になるまでのデータ入力のセットアップ時間			<b>250</b>	ns (最小値)
$t_{HD,DAT}$	SMBCLK が Low になった後データ出力が安定している時間			<b>300</b> <b>1075</b>	ns (最小値) ns (最大値)
$t_{HD,STA}$	スタート条件 SMBDAT Low から SMBCLK Low まで (最初のクロックの立ち下がりエッジまでのスタート条件ホールド)			<b>100</b>	ns (最小値)
$t_{SU,STO}$	ストップ条件 SMBCLK High から SMBDAT Low まで (ストップ条件のセットアップ)			<b>100</b>	ns (最小値)
$t_{SU,STA}$	SMBus 繰り返しスタート条件のセットアップ時間、SMBCLK High から SMBDAT Low まで			<b>0.6</b>	μs (最小値)

特に記述のない限り、これらの仕様は  $V_{DD} = +3.0Vdc \sim +3.6Vdc$ 、出力ライン = 80pF の  $C_L$  (負荷容量) に適用されます。太字の制限値は、 $T_A = T_J = T_{MIN} \sim T_{MAX}$  に適用されます。その他の制限値は、特に記述のない限り、 $T_A = T_J = +25^\circ C$  に適用されます。LM95231 のスイッチング特性は、SMBus バージョン 2.0 で公開されている仕様を完全に満たすか、それを上回ります。以下のパラメータは、LM95231 に関連する SMBCLK 信号と SMBDAT 信号のタイミング関係を示します。これらは SMBus バスの仕様準拠に準拠していますが、必ずしも SMBus バスの仕様であるとは限りません。

記号	パラメータ	条件	標準値 <sup>(1)</sup>	制限値 <sup>(2)</sup>	単位 (制限値)
$t_{BUF}$	ストップ条件とスタート条件間の SMBus 解放時間			1.3	$\mu s$ (最小値)

- (1) 標準値は  $T_A = 25^\circ C$  における値であり、製品特性評価時の最も一般的なパラメータの基準値を表します。標準仕様は保証されていません。
- (2) 制限値は平均出検品質限界 (AOQL) で規定されています。
- (3) 出力の立ち上がり時間は、 $(V_{IN(0)max} + 0.15V)$  から  $(V_{IN(1)min} - 0.15V)$  までで測定されます。
- (4) 出力の立ち下がり時間は、 $(V_{IN(1)min} - 0.15V)$  から  $(V_{IN(1)min} + 0.15V)$  までで測定されます。
- (5) SMBDAT ラインと SMBCLK ラインの一方または両方を  $t_{TIMEOUT}$  を超える時間だけ Low に保持すると、LM95231 の SMBus ステートマシンがリセットされ、SMBDAT ピンと SMBCLK ピンが高インピーダンス状態に設定されます。

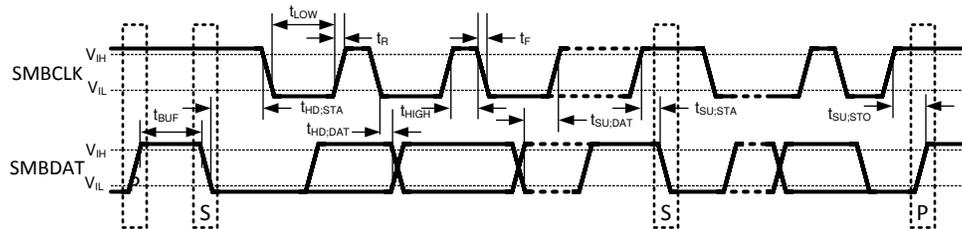


図 5-1. SMBus 通信

表 5-1. 寄生部品と ESD 保護回路

ピン番号	回路	ピン ESD 保護構造回路
1	A	
2	A	
3	A	
4	A	
5	B	
6	B	
7	C	
8	C	

## 5.6 代表的な性能特性

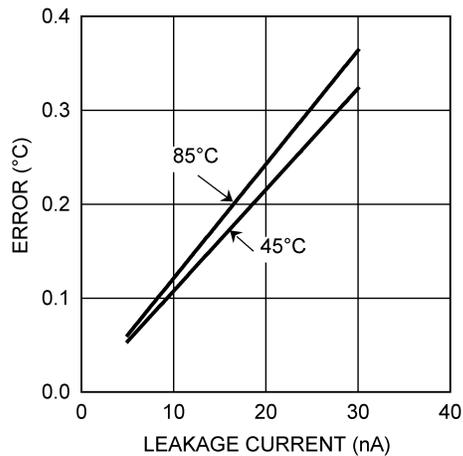


図 5-2. リモートダイオード温度読み取り値に対するサーマルダイオードコンデンサまたはPCBリーク電流の影響

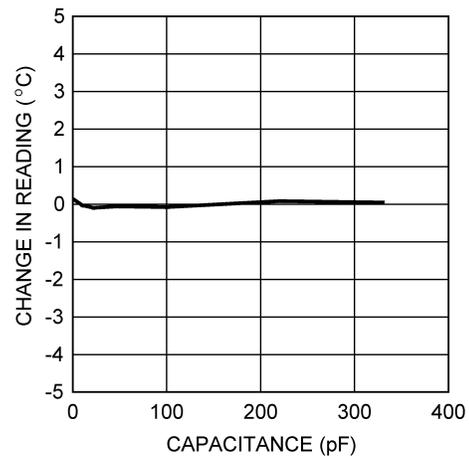


図 5-3. サーマルダイオードのフィルタ容量に対するリモート温度読み取り感度

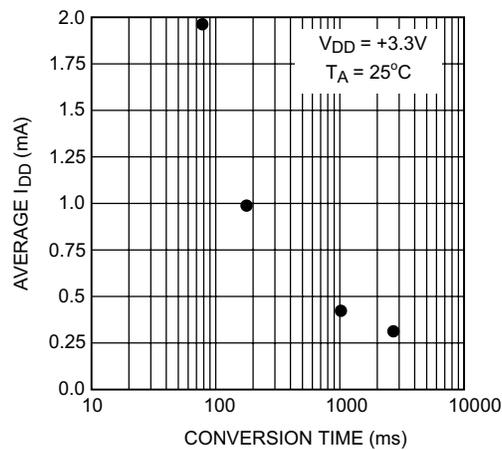


図 5-4. 平均電源電流に対する変換レートの影響

## 6 詳細説明

### 6.1 概要

LM95231 は、シグマ デルタ A/D コンバータを使用して 3 つの熱ゾーンの温度を検出できるデジタル センサです。ΔV<sub>be</sub> 温度センシング手法を使用して、ローカル ダイ温度と 2 つの外部トランジスタ接合部の温度を測定できます。LM95231 は、90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサのサーマル ダイオード、または 2N3904 ダイオード接続トランジスタの 2 種類の外部トランジスタをサポートしています。トランジスタ タイプはレジスタでプログラム可能であり、初期化後にソフトウェアによる介入を必要としません。LM95231 は、テキサス・インスツルメンツの TruTherm 技術を使用した高度な入力段を備えており、90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサに見られる非理想性のばらつきを低減できます。サーマル ダイオード入力段には内部アナログ フィルタリングが組み込まれているため、外付けサーマル ダイオード フィルタ コンデンサの必要性を最小限に抑えることができます。さらに、デジタル フィルタも追加されています。アナログ入力段におけるこれらのノイズ耐性の改善とデジタル フィルタリングにより、従来のサーマル ダイオード センサ デバイスよりもサーマル ダイオードへのトレース配線やケーブル配線を長くできます。

LM95231 の 2 線式シリアル インターフェイスは、SMBus 2.0 および I2C と互換性があります。I2C バスと SMBus の違いについての詳細は、SMBus 2.0 仕様を参照してください。

温度変換レートはプログラム可能で、ユーザーはシステム要件に応じて LM95231 の消費電流を最適化できます。LM95231 は、温度データが不要なときにシャットダウン状態にすることで、消費電力を最小限に抑えることができます。シャットダウン時には、ワンショット変換モードにより変換レートをシステム制御できるため、最大限の柔軟性が得られます。

リモートダイオードの温度分解能は可変で、デジタル フィルタがアクティブになっているかどうかによって異なります。デジタル フィルタがアクティブの場合の分解能は 13 ビットで、13 ビット符号なしまたは 12 ビット + 符号にプログラム可能です。両方の分解能の最下位ビット (LSb) 重み付けは 0.03125°C です。デジタル フィルタが非アクティブの場合の分解能は 11 ビットで、11 ビット符号なしまたは 10 ビット + 符号にプログラム可能です。両方の分解能の最下位ビット (LSb) 重みは 0.125°C です。符号なしの分解能では、リモートダイオードは 127°C を超える温度を検出できます。ローカル温度の分解能はプログラムできず、常に 9 ビット + 符号であり、LSb は 0.25°C です。

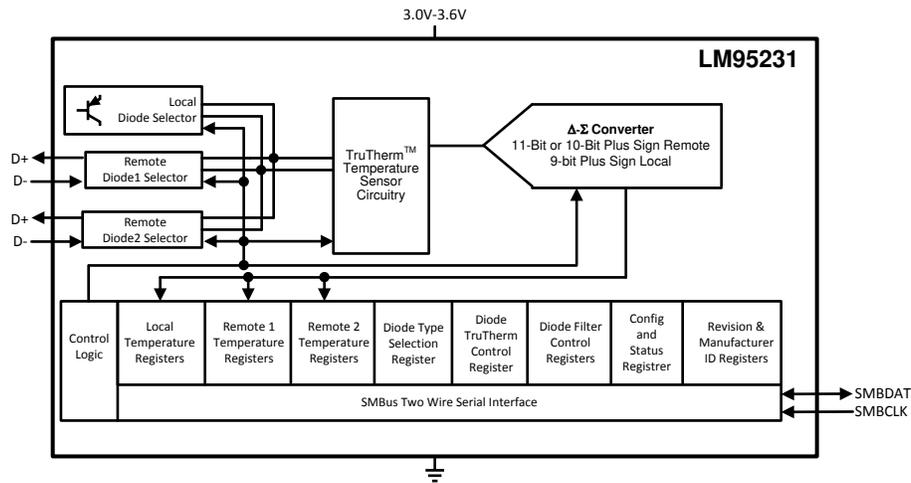
LM95231 リモート ダイオードの温度精度は、90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサのサーマル ダイオードまたは 2N3904 トランジスタ用にトリムされ、これらのダイオードのいずれかが適切に選択された場合にのみ精度が保証されます。90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサを測定する場合は TruTherm モードを有効にし、2N3904 トランジスタを測定する場合は無効にする必要があります。2N3904 トランジスタを接続した状態で TruTherm モードを有効にすると、温度読み取り値が予期しないものになることがあります。

LM95231 のダイオード障害検出回路は、リモートダイオードの存在を検出できます。D+ が V<sub>DD</sub>、D-、またはグラウンドに短絡しているか、D+ がフローティング状態になっているかを検出できます。

LM95231 のレジスタ セットは 8 ビットのデータ構造を持ち、以下のものが含まれています。

1. 最上位バイト (MSB) のローカル温度レジスタ
2. 最下位バイト (LSB) のローカル温度レジスタ
3. MSB リモート温度 1 レジスタ
4. LSB リモート温度 1 レジスタ
5. MSB リモート温度 2 レジスタ
6. LSB リモート温度 2 レジスタ
7. ステータス レジスタ: ビジー、ダイオード障害
8. 構成レジスタ: 分解能制御、変換レート制御、スタンバイ制御
9. リモートダイオード フィルタ設定
10. リモートダイオード モデル選択
11. リモートダイオードの TruTherm モード制御
12. ワンショットレジスタ
13. メーカー ID
14. リビジョン ID

## 6.2 機能ブロック図



## 6.3 機能説明

### 6.3.1 変換シーケンス

電源オンのデフォルト状態では、LM95231 はローカル温度、リモート温度 1、2 の変換と、すべてのレジスタの更新に最大 77.5ms を要します。変換プロセス中のみ、ステータスレジスタ (02h) のビジービット (D7) が High になります。これらの変換は、ラウンドロビンシーケンスで処理されます。変換レートは、構成レジスタ (03h) にある変換レートビットを使用して変更できます。変換レートを変更すると、変換の間に遅延が挿入され、実際の最大変換時間は 87.7ms のままになります。図 6-1 に示すように、変換レートによって、LM95231 が引き込む電源電流の量は異なります。

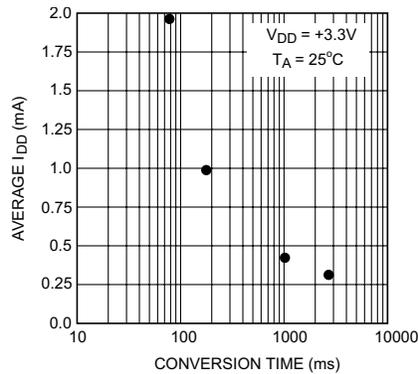


図 6-1. 電源電流に対する変換レートの影響

### 6.3.2 電源オンのデフォルト状態

LM95231 に電源投入すると、常にこれらの既知のデフォルト状態になります。LM95231 は、最初の変換が終了するまでこれらの状態に保持されます。

1. コマンドレジスタを 00h に設定
2. 最初の変換が終了するまでローカル温度を 0°C に設定
3. 最初の変換が終了するまでリモートダイオード温度を 0°C に設定
4. リモートダイオードのデジタルフィルタはオン。
5. リモートダイオード 1 モデルを 90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサに設定し、TruTherm モードを有効化。リモートダイオード 2 モデルを 2N3904 に設定し、TruTherm モードを無効化。
6. ステータスレジスタは、サーマルダイオード入力の状態に依存
7. 構成レジスタを 00h に設定、連続変換、リモート 1 のみ TruTherm モードが有効の場合の標準時間 = 85.8ms

### 6.3.3 SMBus インターフェイス

LM95231 は SMBus 上でスレーブとして動作するため、SMBCLK ラインは入力、SMBDAT ラインは双方向です。LM95231 は SMBCLK ラインを駆動せず、クロックストレッチングをサポートしていません。SMBus 仕様によると、LM95231 には 7 ビットのスレーブアドレスがあります。A6~A0 のすべてのビットは内部でプログラムされており、ソフトウェアまたはハードウェアで変更することはできません。SMBus スレーブアドレスは、注文された LM95231 の型番によって異なります。

部品番号	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
LM95231BIMM、 LM95231CIMM	1	0	1	0	1	1	1
LM95231BIMM-1、 LM95231CIMM-1	0	0	1	1	0	0	1
LM95231BIMM-2、 LM95231CIMM-2	0	1	0	1	0	1	0

### 6.3.4 温度のデータ形式

温度データは、ローカルおよびリモート温度レジスタからのみ読み取ることができます。

デジタル フィルタがオフのときのリモート温度データは、11 ビットの 2 の補数ワードまたは符号なしバイナリワードで表現され、LSb (最下位ビット) は 0.125°C です。データ形式は左揃えの 16 ビットワードで、2 つの 8 ビットレジスタから取得できます。未使用のビットは常に 0 を返します。

表 6-1. 11 ビット、2 の補数 (10 ビット + 符号)

温度	デジタル出力	
	2 進	16 進
+125°C	0111 1101 0000 0000	7D00h
+25°C	0001 1001 0000 0000	1900h
+1°C	0000 0001 0000 0000	0100h
+0.125°C	0000 0000 0010 0000	0020h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.125°C	1111 1111 1110 0000	FFE0h
-1°C	1111 1111 0000 0000	FF00h
-25°C	1110 0111 0000 0000	E700h
-55°C	1100 1001 0000 0000	C900h

表 6-2. 11 ビット、符号なしバイナリ

温度	デジタル出力	
	2 進	16 進
+255.875°C	1111 1111 1110 0000	FFE0h
+255°C	1111 1111 0000 0000	FF00h
+201°C	1100 1001 0000 0000	C900h
+125°C	0111 1101 0000 0000	7D00h
+25°C	0001 1001 0000 0000	1900h
+1°C	0000 0001 0000 0000	0100h
+0.125°C	0000 0000 0010 0000	0020h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h

デジタル フィルタがオンの場合のリモート温度データは、13 ビットの 2 の補数ワードまたは符号なしバイナリワードで表現され、LSb (最下位ビット) は 0.03125°C (1/32°C) です。データ形式は左揃えの 16 ビットワードで、2 つの 8 ビットレジスタから取得できます。未使用のビットは常に 0 を返します。

表 6-3. 13 ビット、2 の補数 (12 ビット + 符号)

温度	デジタル出力	
	2 進	16 進
+125°C	0111 1101 0000 0000	7D00h
+25°C	0001 1001 0000 0000	1900h
+1°C	0000 0001 0000 0000	0100h
+0.03125°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.03125°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-1°C	1111 1111 0000 0000	FF00h
-25°C	1110 0111 0000 0000	E700h
-55°C	1100 1001 0000 0000	C900h

**表 6-4. 13 ビット、符号なしバイナリ**

温度	デジタル出力	
	2 進	16 進
+255.875°C	1111 1111 1110 0000	FFE0h
+255°C	1111 1111 0000 0000	FF00h
+201°C	1100 1001 0000 0000	C900h
+125°C	0111 1101 0000 0000	7D00h
+25°C	0001 1001 0000 0000	1900h
+1°C	0000 0001 0000 0000	0100h
+0.03125°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h

ローカル温度データは、10 ビットの 2 の補数ワードで表現され、LSb (最下位ビット) は 0.25°C です。データ形式は左揃えの 16 ビットワードで、2 つの 8 ビットレジスタから取得できます。未使用のビットは常に 0 を返します。+127.875°C を超えるローカル温度の読み取り値は +127.875°C にクランプされ、負の温度の読み取り値にロールオーバーされることはありません。

温度	デジタル出力	
	2 進	16 進
+125°C	0111 1101 0000 0000	7D00h
+25°C	0001 1001 0000 0000	1900h
+1°C	0000 0001 0000 0000	0100h
+0.25°C	0000 0000 0100 0000	0040h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.25°C	1111 1111 1100 0000	FFC0h
-1°C	1111 1111 0000 0000	FF00h
-25°C	1110 0111 0000 0000	E700h
-55°C	1100 1001 0000 0000	C900h

### 6.3.5 SMBDAT オープン ドレイン出力

SMBDAT 出力はオープン ドレイン出力で、内部プルアップはありません。何らかの外部ソース (通常はプルアップ抵抗) によってプルアップ電流が供給されるまで、このピンは High レベルになりません。抵抗値の選択は多くのシステム要因によって異なりますが、一般的には、プルアップ抵抗が SMBus のデータレートに影響を与えない範囲で、できるだけ大きくする必要があります。このようにすると、LM95231 の内部発熱による内部温度読み取り誤差を最小限に抑えることができます。2.1V の High レベルを供給するためのプルアップ抵抗の最大値は、LM95231 の電源電圧が 3.0V のときの High レベル出力電流の仕様にに基づき、82kΩ (5%) または 88.7kΩ (1%) です。

### 6.3.6 ダイオードの障害検出

LM95231 には、リモート ダイオードに関する障害を検出するように設計された動作回路が搭載されています。D+ ピンが GND、D-、V<sub>DD</sub>、または D+ に短絡されているか、フローティング状態であると検出されると、リモート温度の読み取り値は、符号付き形式が選択されている場合は  $-128.000^{\circ}\text{C}$ 、符号なし形式が選択されている場合は  $+255.875^{\circ}\text{C}$  になります。それに加え、該当するステータスレジスタビット RD1M または RD2M (D1 または D0) が設定されます。TruTherm モードがアクティブの場合、ダイオードの D+ から D- への短絡状態は検出されません。TruTherm モードがアクティブのときに 2N3904 トランジスタを接続すると、ダイオード障害が検出される可能性があります。

### 6.3.7 LM95231 との通信

LM95231 のデータレジスタは、コマンドレジスタで選択します。コマンドレジスタは、電源投入時に「00」(ローカル温度の読み取りレジスタの位置) に設定されます。コマンドレジスタは、最後に設定された場所をラッチします。LM95231 の各データレジスタは、以下に示す 4 種類のユーザー アクセス機能のいずれかに分類されます。

1. 読み取り専用
2. 書き込み専用
3. 同じアドレスの書き込み / 読み取り
4. 異なるアドレスの書き込み / 読み取り

LM95231 への書き込みには、常にアドレス バイトとコマンド バイトが含まれます。レジスタへの書き込みには、1 データバイトが必要です。

LM95231 の読み取りは、次の 2 つの方法のいずれかで実行できます。

1. コマンドレジスタにラッチされている位置が正しい場合 (LM95231 から最も頻繁に読み出されるデータは温度読み取りレジスタのデータであるため、ほとんどの場合コマンドレジスタは温度読み取りレジスタの 1 つを指定)、読み取りはアドレスバイトで構成され、その後データバイトが取得されます。
2. コマンドレジスタを設定する必要がある場合は、アドレスバイト、コマンドバイト、繰り返シスタート、および別のアドレスバイトで読み取りを実行します。

データバイトは MSB ファーストです。読み取りの最後に、LM95231 はマスタからアクノリッジまたはノー アクノリッジを受信できます (No Acknowledge は通常、マスタが最後のバイトを読み取ったことを示すスレーブへの信号として使用されます)。直前のリモート ダイオード温度測定値からの 11 ビットすべてを取得する場合、マスタは 11 ビットすべてが同じ温度変換からのものであることを確認する必要があります。これには、最初に MSB レジスタを読み出します。MSB が読み取られると、LSB はロックされます。読み取りが終了すると、LSB のロックは解除されます。ユーザーが MSB を連続して読み取ると、MSB が読み取られるたびに、その温度に関連付けられた LSB がロックされ、以前にロックされていた LSB 値がオーバーライドされます。

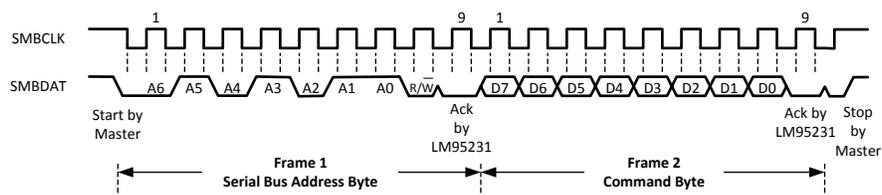


図 6-2. 内部コマンドレジスタへのシリアルバス書き込み

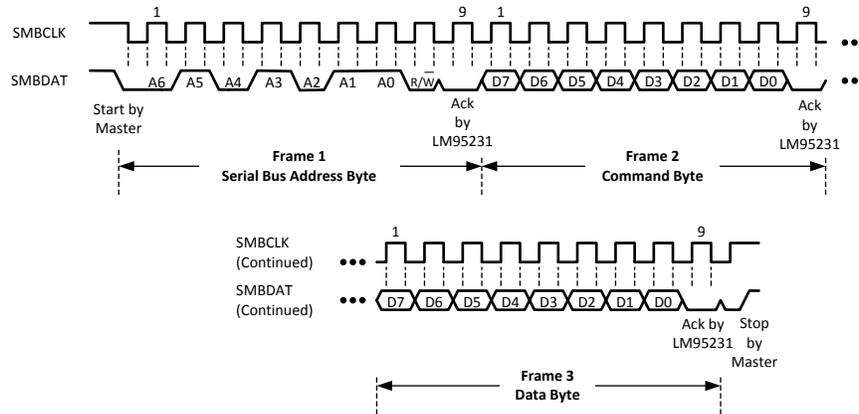


図 6-3. 内部コマンドレジスタへのシリアルバス書き込みと、それに続くデータバイト

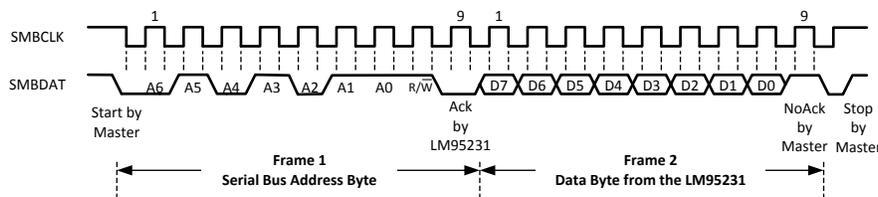
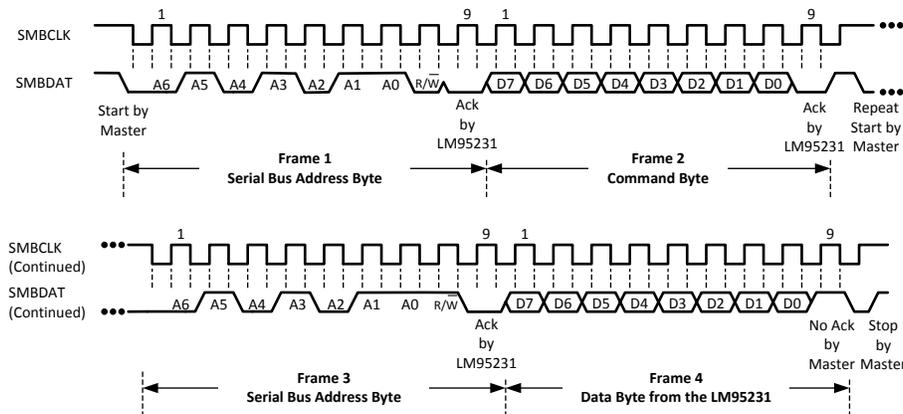


図 6-4. 内部コマンドレジスタが目的値にプリセットされている場合のレジスタからのシリアルバスバイト読み出し



(d) シリアルバス書き込み後、レポートスタートおよび即時読み取り

図 6-5. データアクセス時の SMBus のタイミング図

### 6.3.8 シリアルインターフェイスのリセット

LM95231 が SMBDAT ラインで送信中に SMBus マスタがリセットされた場合、LM95231 を通信プロトコルの既知の状態に戻す必要があります。これには、次の 2 つの方法のいずれかを使用します。

1. SMBDAT が Low の場合、SMBDAT または SMBCLK が 35ms ( $t_{\text{TIMEOUT}}$ ) より長い時間 Low に保持されていると、LM95231 SMBus ステートマシンは SMBus アイドル状態にリセットされます。SMBus 仕様 2.0 に従い、SMBCLK または SMBDAT のいずれかのラインが 25~35ms の間 Low に保持されると、すべてのデバイスがタイムアウトすることに注意してください。そのため、バス上のすべてのデバイスが確実にタイムアウトするには、SMBCLK または SMBDAT ラインを 35ms 以上 Low に保持する必要があります。

2. SMBDAT が High の場合は、マスタから SMBus スタートを開始します。LM95231 は、通信のどの時点でも、SMBus のスタート条件に適切に応答します。開始後、LM95231 は SMBus アドレス バイトを待機します。

### 6.3.9 ワンショット変換

ワンショットレジスタは、デバイスがスタンバイモードのときに 1 回の変換および比較サイクルを開始するために使用され、その後デバイスはスタンバイに戻ります。ワンショット変換は、データレジスタによってではなく、書き込み動作によって行われます。このアドレスに書き込まれたデータは無関係であり、保存されません。このレジスタからは常に 0 が読み取られます。

## 7 レジスタ

### 7.1 LM95231 のレジスタ

コマンドレジスタは、読み書きするレジスタを選択します。このレジスタのデータは、SMBus 書き込み通信のコマンド バイト中に送信する必要があります。

P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
コマンド							

P0～P7:コマンド

表 7-1. レジスタの要約

名称	コマンド (16 進)	電源オンのデフォルト値 (16 進)	読み出し / 書き込み	使用ビット数	備考
ステータスレジスタ	02h	-	RO	5	4 つのステータスビットと 1 つのビジービット
構成レジスタ	03h	00h	R/W	5	変換レート制御を含みます。
リモートダイオードフィルタ制御	06h	05h	R/W	2	サーマルダイオードフィルタ設定を制御します。
リモートダイオードモデルタイプ選択	30h	01h	R/W	2	2N3904 または 90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサのサーマルダイオードモデルを選択します。
リモートダイオードの TruTherm モード制御	07h	01h		8	リモートダイオード測定用の TruTherm 技術を有効または無効にします。
ワンショット	0Fh	-	WO	-	チップがスタンバイモード (RUN/STOP ビット = 1) の場合に、3 つのチャネルすべてに対して 1 回の変換をアクティブにします。ホストから送信されたデータは LM95231 によって無視されます。
ローカル温度 MSB	10h	-	RO	8	
リモート温度 1 MSB	11h	-	RO	8	
リモート温度 2 MSB	12h	-	RO	8	
ローカル温度 LSB	20h	-	RO	2	未使用のビットはすべて 0 を返します。
リモート温度 1 LSB	21h	-	RO	3/5	未使用のビットはすべて 0 を返します。
リモート温度 2 LSB	22h	-	RO	3/5	未使用のビットはすべて 0 を返します。
メーカー ID	FEh	01h	RO		
リビジョン ID	FFh	A1h	RO		

### 7.2 ステータスレジスタ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ビジー	予約済み			R2TME	R1TME	RD2M	RD1M
	0	0	0				

ビット	名称	説明
7	ビジー	1 の場合、デバイスは変換中です。
6-4	予約済み	読み取り値は 0 です。

ビット	名称	説明
3	リモート 2 TruTherm モード有効 (R2TME)	1 の場合、リモート ダイオード 2 の TruTherm モードがアクティブになっていることを示します。TruTherm モードを有効にした後、完全にアクティブになるまでに最大 1 変換サイクルかかります。
2	リモート 1 TruTherm モード有効 (R2TME)	1 の場合、リモート ダイオード 1 の TruTherm モードがアクティブになっていることを示します。TruTherm モードを有効にした後、完全にアクティブになるまでに最大 1 変換サイクルかかります。
1	リモート ダイオード 2 なし (RD2M)	1 の場合、リモート ダイオード 2 がないことを示します (D2+ は V <sub>DD</sub> 、グランド、または D2- に短絡されているか、D2+ はフローティング)。符号なし形式が選択されている場合は温度読み取り値は FFE0h (255.875°C)、符号付き形式が選択されている場合は温度読み取り値は 8000h (-128.000°C) になります。TruTherm モードがアクティブな状態で 2N3904 トランジスタをリモート 2 入力に接続すると、このビットがセットされる場合があることに注意してください。
0	リモート ダイオード 1 なし (RD1M)	1 の場合、リモート ダイオード 1 がないことを示します (D1+ は V <sub>DD</sub> 、グランド、または D1- に短絡されているか、D1+ はフローティング)。符号なし形式が選択されている場合は温度読み取り値は FFE0h (255.875°C)、符号付き形式が選択されている場合は温度読み取り値は 8000h (-128.000°C) になります。TruTherm モードがアクティブな状態で 2N3904 トランジスタをリモート 1 入力に接続すると、このビットがセットされる場合があることに注意してください。

### 7.3 構成レジスタ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	RUN/STOP	CR1	CR0	0	R2DF	R1DF	0

ビット	名称	説明
7	予約済み	読み取り値は 0 です。
6	RUN/STOP	ロジック 1 は変換をディセーブルし、デバイスをスタンバイ モードにします。変換は、ワンショット レジスタへの書き込みによりアクティブにできます。
5-4	変換レート (CR1:CR0)	00: 連続モード 75.8ms、13.2Hz (標準) (両方のリモート チャネルでダイオード モードが選択されている場合)。77.5ms、12.9Hz (標準) (1 つのリモート チャネルで TruTherm モードが有効な場合)。 01: 182ms ごとに変換、5.5Hz (標準値) 10: 1 秒ごとに変換、1Hz (標準) 11: 2.7 秒ごとに変換、0.37Hz (標準) 注: ダイオード モードでは、リモート ダイオードの変換に通常 30ms かかります。TruTherm モードでは、変換時間は 1.7ms 長くなります。ローカル変換には 15.8ms かかります。
3	予約済み	読み取り値は 0 です。
2	リモート 2 データ形式 (R2DF)	ロジック 0: 符号なし温度形式 (0°C ~ +255.875°C) ロジック 1: 符号付き温度形式 (-128°C ~ +127.875°C)
1	リモート 1 データ形式 (R1DF)	ロジック 0: 符号なし温度形式 (0°C ~ +255.875°C) ロジック 1: 符号付き温度形式 (-128°C ~ +127.875°C)
0	予約済み	読み取り値は 0 です。

電源オンのデフォルト状態では、すべてのビットが 0 です。

## 7.4 リモート ダイオード フィルタ制御レジスタ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	R2FE	0	R1FE

ビット	名称	概要
7-3	予約済み	読み取り値は 0 です。
2	リモート 2 フィルタ イネーブル (R2FE)	0:フィルタ オフ 1:ノイズ フィルタ オン
1	予約済み	読み取り値は 0 です。
0	リモート 1 フィルタ イネーブル (R1FE)	0:フィルタ オフ 1:ノイズ フィルタ オン

電源オンのデフォルト値は 05h です。

## 7.5 リモート ダイオード モデルタイプ選択レジスタ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	R2MS	0	R1MS

ビット	名称	概要
7-3	予約済み	読み取り値は 0 です。
2	リモート ダイオード 2 モデル選択 (R2MS)	0:2N3904 モデル (TruTherm モードが無効であることを確認してください) 1:90nm プロセス モデルの Pentium 4 プロセッサ (TruTherm モードが有効であることを確認してください) 電源オンのデフォルト値は 0 です。
1	予約済み	読み取り値は 0 です。
0	リモート ダイオード 1 モデル選択 (R1MS)	0:2N3904 モデル (TruTherm モードが無効であることを確認してください) 1:90nm プロセス モデルの Pentium 4 プロセッサ (TruTherm モードが有効であることを確認してください) 電源オンのデフォルト値は 1 です。

電源オンのデフォルト値は 01h です。

## 7.6 リモートの TruTherm モード制御

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
予約済み	R2M2	R2M1	R2M0	予約済み	R1M2	R1M1	R1M0

ビット数	説明	
7	予約済み	0 のままにする必要があります。
6-4	R2M2:R2M0	000:リモート 2 の TruTherm モード無効、MMBT3904 トランジスタの測定に使用 001:リモート 2 の TruTherm モード有効、プロセッサ測定時に使用 111:リモート 2 TruTherm モード有効、プロセッサの測定時に使用 注:他のすべてのコードは不特定の結果となるため、使用しないでください。
3	予約済み	0 のままにする必要があります。
2-0	R1M2:R1M0	000:リモート 1 の TruTherm モード無効、MMBT3904 トランジスタの測定に使用 001:リモート 1 の TruTherm モード有効、プロセッサ測定時に使用 111:リモート 1 TruTherm モード有効、プロセッサの測定時に使用 注:他のすべてのコードは不特定の結果となるため、使用しないでください。

電源オンのデフォルト値は 01h です。

## 7.7 ローカルおよびリモート MSB および LSB 温度レジスタ

### 7.7.1 ローカル温度 MSB

(読み取り専用アドレス 10h) 9 ビット + 符号形式:

ビット	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
値	SIGN	64	32	16	8	4	2	1

温度データ:LSb = 1°C

### 7.7.2 ローカル温度 LSB

(読み取り専用アドレス 20h) 9 ビット + 符号形式:

ビット	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
値	0.5	0.25	0	0	0	0	0	0

温度データ:LSb = 0.25°C

### 7.7.3 リモート温度 MSB

(読み取り専用アドレス 11h、12h) 10 ビット + 符号形式:

ビット	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
値	SIGN	64	32	16	8	4	2	1

温度データ:LSb = 1°C

(読み取り専用アドレス 11h、12h) 11 ビット符号なし形式:

ビット	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
値	128	64	32	16	8	4	2	1

温度データ:LSb = 1°C

### 7.7.4 リモート温度 LSB

12 ビット + 符号または 13 ビット符号なしバイナリ形式、フィルタ オン:

ビット	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
値	0.5	0.25	0.125	0	0	0	0	0

温度データ:LSb = 0.125°Cまたは 1/8°C.

12 ビット + 符号または 13 ビット符号なしバイナリ形式、フィルタ オン:

ビット	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
値	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0	0	0

温度データ:LSb = 0.03125°Cまたは 1/32°C.

MSB レジスタと LSB レジスタの両方を読み取る場合は、データ同期のため、最初に MSB レジスタを読み出す必要があります。MSB が読み取られると、LSB はロックされます。読み取りが終了すると、LSB のロックは解除されます。ユーザーが MSB を連続して読み取ると、MSB が読み取られるたびに、その温度に関連付けられた LSB がロックされ、以前にロックされていた LSB 値がオーバーライドされます。

## 7.8 メーカー ID レジスタ

(読み取りアドレス FEh) デフォルト値は 01h です。

## 7.9 ダイ リビジョン コード レジスタ

(読み取りアドレス FFh) デフォルト値は A1h です。このレジスタは、テキサス・インスツルメンツによってダイが改訂されるたびに、1 ずつインクリメントします。

## 8 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、テキサス・インスツルメンツの製品仕様に含まれるものではなく、テキサス・インスツルメンツ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。

### 8.1 アプリケーション情報

LM95231 は、他の IC 温度センサと同様に簡単に適用でき、またリモート ダイオード センシング機能があるため新しい方法でも使用できます。プリント基板に半田付けできます。熱伝導率が最良の得る経路はダイとピンの間であるため、その温度は実質的にプリント基板のランドおよび LM95231 のピンに半田付けされたトレースと同じになります。これは、周囲気温がプリント基板の表面温度とほぼ同じであると想定した場合です。気温が表面温度よりもはるかに高いか低い場合、LM95231 ダイの実際の温度は、表面温度と気温の間になります。ここでも、主な熱伝導経路はリード線を通しているため、ダイの温度には気温よりも回路基板の温度のほうが大きく影響します。

LM95231 のダイの外部温度を測定するには、リモート ダイオードを使用します。このダイオードはターゲット IC のダイ上に配置でき、LM95231 の温度とは別に IC の温度を測定できます。ディスクリート ダイオードを使用して、外部物体の温度や周囲気温を検出することもできます。ディスクリート ダイオードの温度は、そのリード線の温度の影響を受け、多くの場合はそれが温度を決定する主要な要因となります。ほとんどのシリコン ダイオードは、この用途には適していません。コレクタをベースに接続した MMBT3904 トランジスタのベース エミッタ接合部を使用することをお勧めします。

LM95231 の TruTherm 技術により、プロセッサに搭載されているような内蔵サーマル ダイオードを正確に検出できます。TruTherm 技術をオフにした場合、LM95231 は MMBT3904 などのダイオード接続トランジスタを測定できます。

LM95231 は、90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサに内蔵されたリモート サーマル ダイオード、または MMBT3904 トランジスタの測定用に最適化されています。リモート ダイオード モデル選択レジスタを使用すると、どちらのリモート入力ペアも、90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサまたは MMBT3904 のいずれかに割り当てることができます。

### 8.2 代表的なアプリケーション

#### 8.2.1 ダイオードの非理想性

##### 8.2.1.1 ダイオードの非理想係数が精度に及ぼす影響

トランジスタがダイオードとして接続されている場合、変数  $V_{BE}$ 、 $T$ 、 $I_F$  の関係は次のようになります。

$$I_F = I_S \times \left[ e^{\left[ \frac{V_{BE}}{\eta \times V_t} \right]} - 1 \right] \quad (1)$$

ここで、

- $V_t = \frac{kT}{q}$
- $q = 1.6 \times 10^{-19}$  クーロン (電子電荷)、
- $T =$  絶対温度 (ケルビン)
- $k = 1.38 \times 10^{-23}$  ジュール/K (ボルツマン定数)、
- $\eta =$  ダイオードが製造されたプロセスの非理想係数、
- $I_S =$  飽和電流 (プロセスに依存)、
- $I_F =$  ベース エミッタ接合部を流れる順方向電流
- $V_{BE} =$  ベース エミッタの電圧降下

アクティブ領域では、-1 項は無視できるほど小さく除去できるので、次の式が得られます。

$$I_F = I_S \left[ \frac{V_{be}}{e \eta V_t} \right] \quad (2)$$

式 2 で、 $\eta$  と  $I_S$  はダイオードの製造に使用されたプロセスに依存します。2 つの電流を強制的に厳密に制御された比率 ( $I_{F2}/I_{F1}$ ) にし、その結果得られる電圧差を測定すると、 $I_S$  項を除去できます。順方向電圧の差を求めると、次の関係が得られます。

$$\Delta V_{BE} = \eta \times \frac{K \times T}{q} \times \ln \left( \frac{I_{F2}}{I_{F1}} \right) \quad (3)$$

式 3 を温度を求める式にすると、次のようになります。

$$T = \frac{\Delta V_{BE} \times q}{\eta \times k \times \ln \left( \frac{I_{F2}}{I_{F1}} \right)} \quad (4)$$

MMBT3904 などのダイオード接続トランジスタを使用する場合は、式 4 が適用されます。図 8-1 に示すように、プロセッサトランジスタのような内蔵ダイオードでコレクタが GND に接続されている場合にこの式を適用すると、非理想性のばらつきが広がります。このように非理想性のばらつきが広がるのは、真のプロセスの変動によるものではなく、式 4 が近似値であるためです。

TruTherm 技術では、トランジスタ用の式 5 を使用します。これは、FPGA またはプロセッサに内蔵されているサーマルダイオードのトポロジをより正確に表現しています。

$$T = \frac{\Delta V_{BE} \times q}{\eta \times k \times \ln \left( \frac{I_{C2}}{I_{C1}} \right)} \quad (5)$$

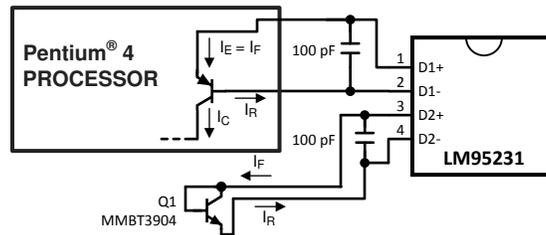


図 8-1. サーマル ダイオードの電流経路

TruTherm は、図 8-1 に示すようなプロセッサに内蔵されたトランジスタの温度を測定する場合にのみ有効にする必要があります。式 5 はこのトポロジにのみ適用されます。

### 8.2.1.2 システム全体の精度の計算

LM95231 で検出される電圧には、直列抵抗の  $I_F R_S$  電圧降下も含まれます。非理想係数  $\eta$  がその他考慮されていない唯一のパラメータであり、これは測定に使用するダイオードによって異なります。 $\Delta V_{BE}$  は  $\eta$  と  $T$  の両方に比例するため、 $\eta$  の変動と温度の変動を区別することはできません。非理想係数は温度センサで制御されないため、センサの精度を悪化させる直接要因となります。90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサでは、回路でプロセッサダイオードを測定し、ダイオード用の式 4 が正しいと想定した場合、Intel は  $\eta$  の部品間の変動を  $+1.19\%/ -0.27\%$  と規定しています。たとえば、温度が  $65^\circ\text{C}$  (338 ケルビン) のときの温度センサの精度仕様が  $\pm 0.75^\circ\text{C}$ 、プロセッサダイオードの非理想性変動が  $+1.19\%/ -0.27\%$  であるとすると、検出されるプロセッサ温度のシステム精度は次のようになります。

$$T_{ACC} = \pm 0.75^\circ\text{C} + (338\text{K の } +1.19\%) = +4.76^\circ\text{C} \quad (6)$$

および

$$T_{ACC} = \pm 0.75^{\circ}\text{C} + (338\text{K の } -0.27\%) = -1.65^{\circ}\text{C} \quad (7)$$

TrueTherm 技術ではトランジスタ用の式 5 を使用するので、プロセスの変動を真に反映する非理想性のばらつきは非常に小さくなります。90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサでは、トランジスタ式の非理想性のばらつきは  $\pm 0.1\%$  です。TruTherm 技術を使用すると、結果の精度は次のように向上します。

$$T_{ACC} = \pm 0.75^{\circ}\text{C} + (338\text{K の } \pm 0.1\%) = \pm 1.08^{\circ}\text{C} \quad (8)$$

次に説明する誤差項は、サーマル ダイオードとプリント基板トレースの直列抵抗に起因するものです。サーマル ダイオードの直列抵抗は、ほとんどのプロセッサのデータシートに規定されています。90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサでは、これは標準値  $3.33\Omega$  に規定されています。LM95231 は、90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサの標準的な直列抵抗を調整できます。考慮されていない誤差は Pentium の直列抵抗のばらつき ( $3.242\Omega \sim 3.594\Omega$  または  $+0.264\Omega \sim -0.088\Omega$ ) です。LM95231 の直列抵抗 ( $T_{ER}$ ) による温度誤差は、次の式で計算します。

$$T_{ER} = R_{PCB} \times 0.62^{\circ}\text{C}/\Omega \quad (9)$$

$R_{PCB}$  が  $+0.264\Omega$  および  $-0.088\Omega$  である場合に式 9 を計算すると、 $+0.16^{\circ}\text{C} \sim -0.05^{\circ}\text{C}$  の直列抵抗のばらつきにより追加の誤差が発生します。誤差のばらつきを相殺するには、個別のサーマル ダイオード デバイスを測定する必要があるため、不可能です。これは非常に困難で、大量生産環境では実用的ではありません。

式 9 は、プリント基板の直列抵抗に起因する付加誤差の計算にも使用できます。PCB 直列抵抗の変動は最小限であるため、誤差項の大部分は常に正であり、LM95231 の出力読み取り値からその誤差を減算するだけで相殺できます。

プロセッサ ファミリ	ダイオード式の $\eta_D$ 、非理想性			直列 R
	最小値	標準値	最大値	
Pentium III CPUID 67h	1	1.0065	1.0125	
Pentium III CPUID 68h/PGA370Socket/ Celeron	1.0057	1.008	1.0125	
Pentium 4、423 ピン	0.9933	1.0045	1.0368	
Pentium 4、478 ピン	0.9933	1.0045	1.0368	
0.13 ミクロン プロセスの Pentium 4、2~3.06GHz	1.0011	1.0021	1.0030	3.64 $\Omega$
90nm プロセスの Pentium 4	1.0083	1.011	1.023	3.33 $\Omega$
Pentium M プロセッサ (Centrino)	1.00151	1.00220	1.00289	3.06 $\Omega$
MMBT3904		1.003		
AMD Athlon MP モデル 6	1.002	1.008	1.016	
AMD Athlon 64	1.008	1.008	1.096	
AMD Opteron	1.008	1.008	1.096	
AMD Sempron		1.00261		0.93 $\Omega$

### 8.2.1.3 異なる非理想性の補償

非理想性によって生じる誤差を補償するため、温度センサは特定のプロセッサ用に較正されています。テキサス・インスツルメンツの温度センサは、特定のプロセッサ タイプの標準的な非理想性および直列抵抗に対して較正されています。LM95231 は、2 つの非理想係数と直列抵抗値に対して較正されているため、追加トリムを必要とせず、MMBT3904 トランジスタと 90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサをサポートします。最も正確な測定値を得るには、90nm プロセスの Pentium 4 プロセッサを測定する際は TruTherm モードをオンにして、非理想性のばらつきによる誤差を最小限に抑える必要があります (セクション 8.2.1.1 を参照)。特定のプロセッサ タイプ用に較正された温度センサを別のプロセッサ タイプに使用すると、追加の誤差が発生します。

さまざまなプロセッサ タイプの非理想性に関連する温度誤差は、ソフトウェア較正を使用することにより、特定の温度範囲で低減できます。標準的な非理想性仕様の違いにより、伝達関数のゲイン変動が発生するため、対象の温度範囲の中心を較正のターゲット温度とする必要があります。LM95231 がサポートするのは異なるターゲット非理想性を補償するのに必要な温度補正係数 ( $T_{CF}$ ) を計算するには、次の式を使用できます。

$$T_{CF} = [(\eta_S - \eta_{Processor}) \div \eta_S] \times (T_{CR} + 273 \text{ K}) \quad (10)$$

ここで、

- $\eta_S$  = LM95231 の精度仕様の非理想性
- $\eta_T$  = ターゲット サーマル ダイオードの標準的な非理想性
- $T_{CR}$  = 対象の温度範囲の中心 (°C)

式 10 の補正係数は、LM95231 で生成される温度読み取り値に直接追加する必要があります。たとえば、LM95231 を使用し、3904 モードを選択して AMD Athlon プロセッサを測定する場合、標準的な非理想性が 1.008 であるため、温度範囲 60°C~100°C の補正係数は次のように計算されます。

$$T_{CF} = [(1.003 - 1.008) \div 1.003] \times (80 + 273) = -1.75^\circ\text{C} \quad (11)$$

そのため、標準的な非理想性ターゲットとの違いを補償するため、LM95231 の温度読み取り値から 1.75°C を差し引く必要があります。

## 9 レイアウト

### 9.1 ノイズを最小限に抑えるための PCB レイアウト

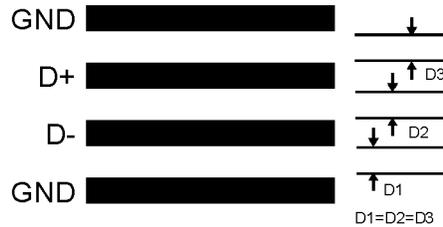


図 9-1. 理想的なダイオードのトレース レイアウト

プロセッサのマザーボードなどのノイズの多い環境では、レイアウトに関する考慮事項は非常に重要です。リモート温度ダイオード センサと LM95231 の間のトレースに起因するノイズは、温度変換誤差を引き起こす可能性があります。LM95231 が測定する信号レベルは、 $\mu\text{V}$  の単位であることに注意してください。以下のガイドラインに従う必要があります。

1.  $V_{\text{DD}}$  は、100pF と並列に接続した 0.1 $\mu\text{F}$  コンデンサを使用してバイパスする必要があります。100pF コンデンサは、電源ピンのできるだけ近くに配置する必要があります。約 10 $\mu\text{F}$  のバルク容量を LM95231 の近くに配置する必要があります。
2. 高周波ノイズをフィルタするため 100pF のダイオード バイパス コンデンサを推奨しますが、これは不要な場合もあります。100pF のコンデンサへのトレースが一致するようにします。フィルタ コンデンサは LM95231 ピンの近くに配置します。
3. 理想的には、LM95231 はプロセッサのダイオード ピンから 10cm 以内に配置し、トレースはできるだけまっすぐ、短く、同一にする必要があります。1 $\Omega$  のトレース抵抗は、最大 0.62 $^{\circ}\text{C}$  の誤差を発生させる可能性があります。この誤差は、単純なソフトウェア オフセット補償を使用して補償できます。
4. 可能であれば、ダイオードトレースの左右と上下を GND ガードリングで囲む必要があります。この GND ガードは、D+ ラインと D- ラインの間に配置しないでください。ノイズがダイオード ラインに結合する場合、ノイズが同相結合するのが理想的です。これは D+ ラインおよび D- ラインに等しくなります。
5. ダイオードトレースを電源のスイッチングまたはフィルタリング インダクタの近くに配線するのは避けてください。
6. ダイオードトレースを高速デジタル ラインおよびバス ラインの近く、またはそれらと並列に配線するのは避けてください。ダイオードトレースは、高速デジタルトレースから 2cm 以上離す必要があります。
7. 高速デジタルトレースを交差させる必要がある場合は、ダイオードトレースと高速デジタルトレースを 90 度の角度で交差させる必要があります。
8. LM95231 の GND ピンは、センス ダイオードに関連付けられているプロセッサの GND のできるだけ近くに接続するのが理想的です。
9. D+ と GND の間、および D+ と D- の間のリーク電流は、最小限に抑える必要があります。13nA のリーク電流は、ダイオードの温度読み取り値に最大 0.2 $^{\circ}\text{C}$  の誤差を発生させる可能性があります。プリント基板をできるだけクリーンに保つことで、リーク電流を最小限に抑えることができます。

デジタル ラインに結合するノイズが 400mVp-p (標準ヒステリシス) を上回り、GND を 500mV 以上下回るアンダーシュートがある場合、LM95231 との SMBus 通信が正常に行われなくなる可能性があります。SMBus のノーマルアクリッジが最も一般的な症状で、バス上に不必要なトラフィックを発生させます。SMBus の最大通信周波数は比較的低いですが (最大 100kHz)、バス上に複数の部品が存在し、プリント基板のトレースが長いシステムでは、注意して適切に終端する必要があります。LM95231 の SMBCLK 入力には、3db コーナー周波数が約 40MHz である RC ローパス フィルタが含まれています。SMBDAT ラインおよび SMBCLK ラインと直列に抵抗を追加することで、ノイズとリングングをさらにフィルタできます。デジタルトレースをスイッチング電源領域から遠ざけ、高速データ通信を含むデジタル ラインが SMBDAT ラインおよび SMBCLK ラインと直角に交差するようにすることで、ノイズ結合を最小限に抑えます。

## 10 デバイスおよびドキュメントのサポート

テキサス・インスツルメンツでは、幅広い開発ツールを提供しています。デバイスの性能の評価、コードの生成、ソリューションの開発を行うためのツールとソフトウェアを以下で紹介합니다。

### 10.1 ドキュメントのサポート

### 10.2 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](http://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。

### 10.3 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、設計に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。

### 10.4 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。

### 10.5 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。

### 10.6 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。

## 11 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

---

### Changes from Revision E (March 2013) to Revision F (January 2024) Page

- 新しいテキサス・インスツルメンツのレイアウトおよびフローに合わせてフォーマットを更新。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
- 

---

### Changes from Revision D (August 2006) to Revision E (March 2013) Page

- ナショナル セミコンダクターのデータシートのレイアウトを テキサス・インスツルメンツ形式に変更..... 1
- 

## 12 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している場合は、画面左側のナビゲーションをご覧ください。

## 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](https://www.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)
<a href="#">LM95231BIMM-1/NOPB</a>	Active	Production	VSSOP (DGK)   8	1000   SMALL T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 85	T25B
LM95231BIMM-1/NOPB.A	Active	Production	VSSOP (DGK)   8	1000   SMALL T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 85	T25B
<a href="#">LM95231CIMM-1/NOPB</a>	Active	Production	VSSOP (DGK)   8	1000   SMALL T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 85	T25C
LM95231CIMM-1/NOPB.A	Active	Production	VSSOP (DGK)   8	1000   SMALL T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 85	T25C
<a href="#">LM95231CIMM-2/NOPB</a>	Active	Production	VSSOP (DGK)   8	1000   SMALL T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 85	T26C
LM95231CIMM-2/NOPB.A	Active	Production	VSSOP (DGK)   8	1000   SMALL T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 85	T26C
<a href="#">LM95231CIMM/NOPB</a>	Obsolete	Production	VSSOP (DGK)   8	-	-	Call TI	Call TI	0 to 85	T23C
<a href="#">LM95231CIMMX/NOPB</a>	Active	Production	VSSOP (DGK)   8	3500   LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 85	T23C
LM95231CIMMX/NOPB.A	Active	Production	VSSOP (DGK)   8	3500   LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 85	T23C

(1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

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

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

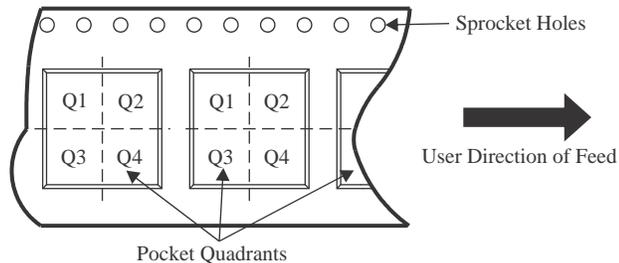
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

**Important Information and Disclaimer:**The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative

and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

**TAPE AND REEL INFORMATION**

**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
LM95231BIMM-1/NOPB	VSSOP	DGK	8	1000	177.8	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
LM95231CIMM-1/NOPB	VSSOP	DGK	8	1000	177.8	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
LM95231CIMM-2/NOPB	VSSOP	DGK	8	1000	177.8	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
LM95231CIMMX/NOPB	VSSOP	DGK	8	3500	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)
LM95231BIMM-1/NOPB	VSSOP	DGK	8	1000	208.0	191.0	35.0
LM95231CIMM-1/NOPB	VSSOP	DGK	8	1000	208.0	191.0	35.0
LM95231CIMM-2/NOPB	VSSOP	DGK	8	1000	208.0	191.0	35.0
LM95231CIMMX/NOPB	VSSOP	DGK	8	3500	367.0	367.0	35.0

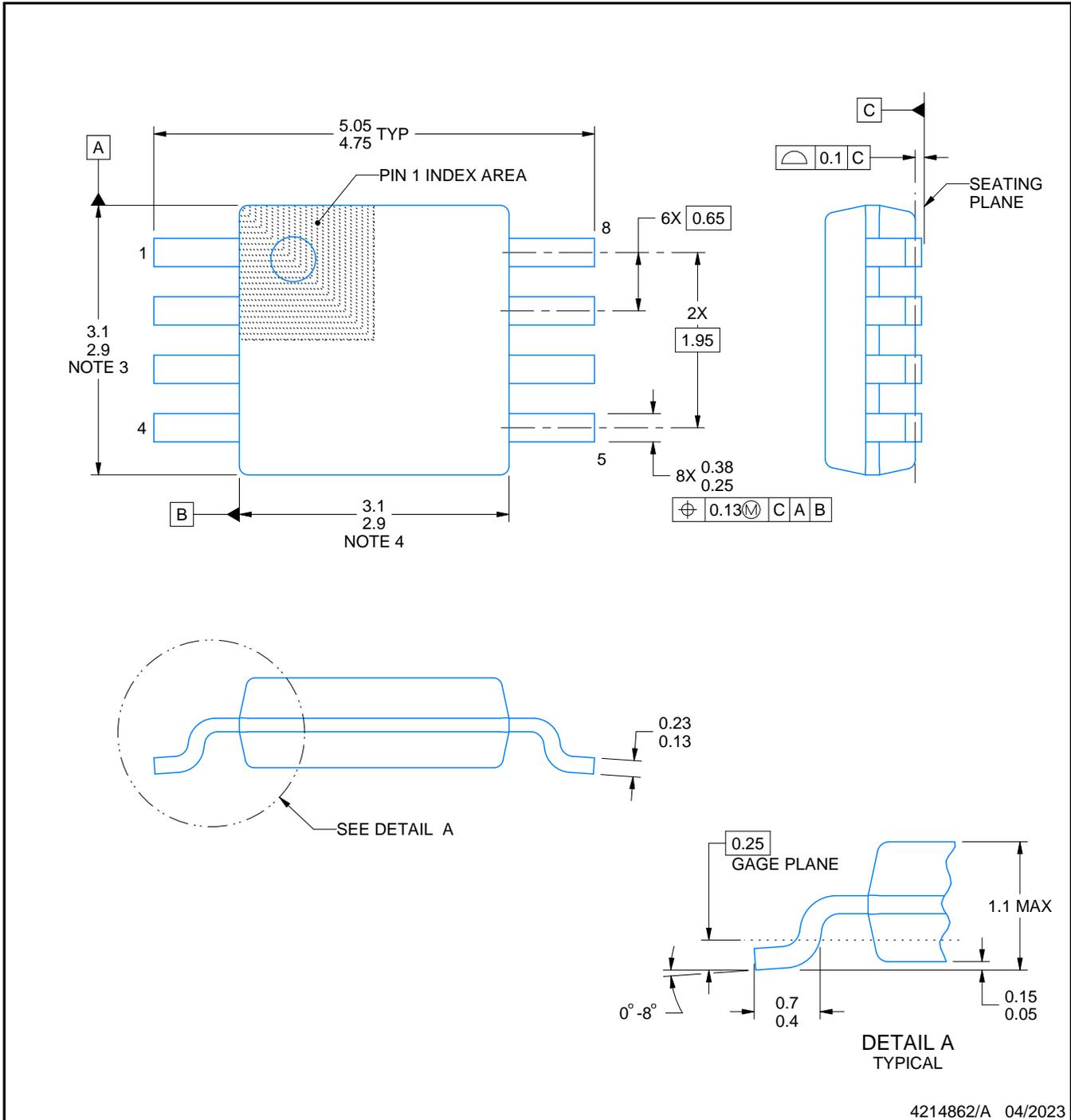
# DGK0008A



# PACKAGE OUTLINE

VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



4214862/A 04/2023

**NOTES:**

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

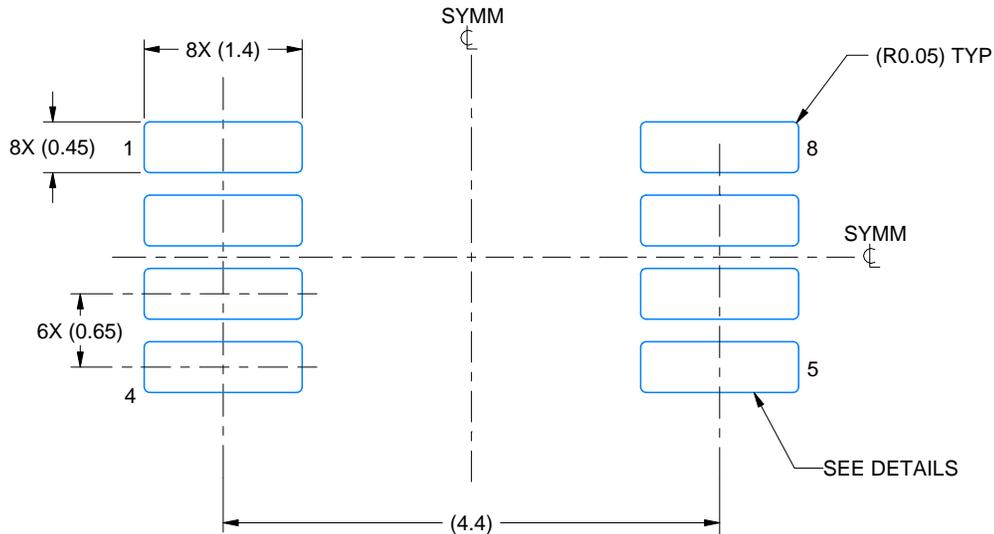
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or 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.

# EXAMPLE BOARD LAYOUT

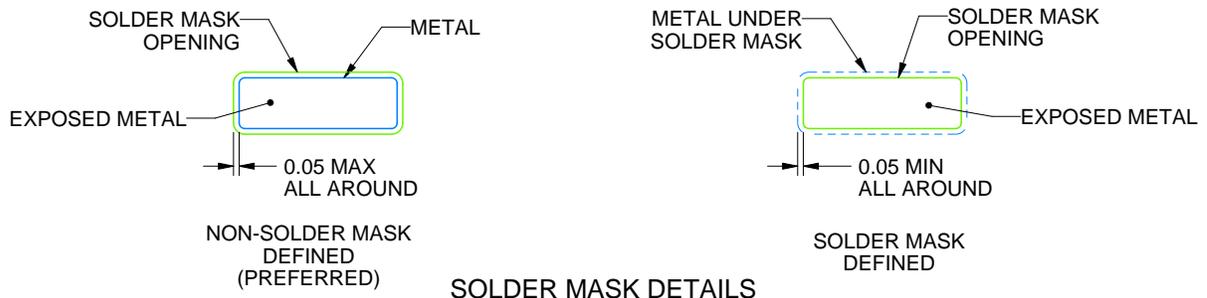
DGK0008A

™ VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



LAND PATTERN EXAMPLE  
EXPOSED METAL SHOWN  
SCALE: 15X



SOLDER MASK DETAILS

4214862/A 04/2023

NOTES: (continued)

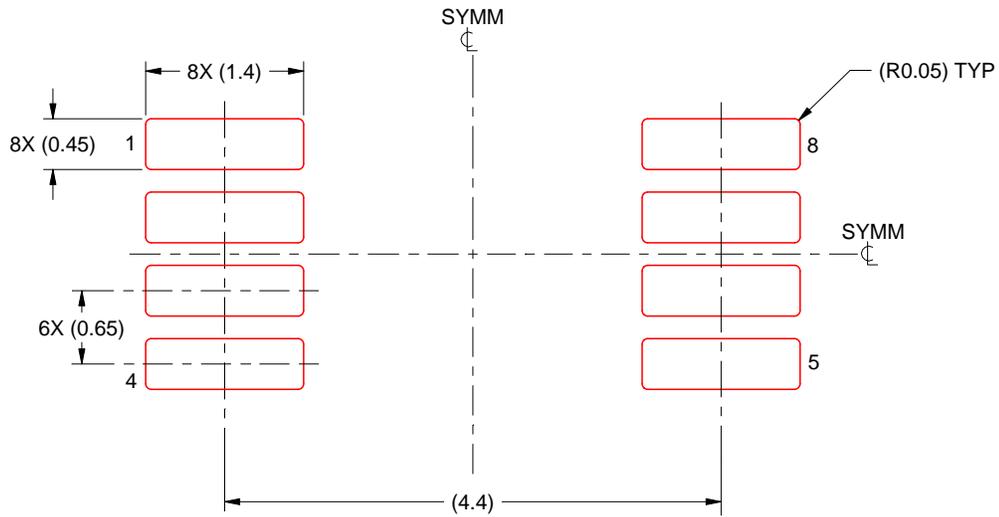
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

DGK0008A

™ VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



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.

## 重要なお知らせと免責事項

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

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

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

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

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

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月