

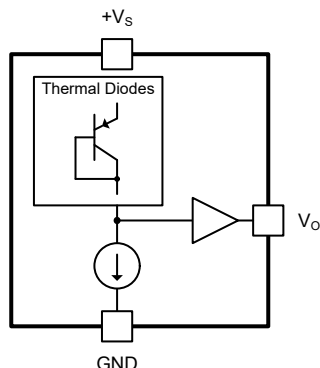
LM60-Q1 車載用 2.7V、SOT-23 動作温度

1 特長

- 車載アプリケーション向けに AEC-Q100 認定済み
 - デバイス温度グレード 1 (LM60-Q1): $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ の動作時周囲温度
 - デバイス HBM ESD 分類レベル 2
- 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
- 業界標準のセンサのゲイン / オフセット:
 - $6.25\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, 0°C で 424mV
- LM60-Q1 温度精度:
 - 25°C で $\pm 3^{\circ}\text{C}$ (最大値)
 - $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ の範囲で $\pm 4^{\circ}\text{C}$ (最大値)
- 幅広い電源電圧範囲: $2.7\text{V} \sim 10\text{V}$
- 25°C での静止電流: $110\mu\text{A}$ (最大値 / レガシー チップ) および $70\mu\text{A}$ (最大値 / 新チップ)
- 供給されるパッケージ オプション
 - SOT-23 (3 ピン)
- 非線形性: $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ (最大値)
- DC 出力インピーダンス: $120\Omega / 800\Omega$ (標準値 / 最大値)
- 安全アプリケーション用に設計

2 アプリケーション

- 車載用
- 携帯電話、PC およびノート PC
- 電源モジュール
- バッテリー管理
- 家庭用プリンタおよび複合機 (マルチファンクション プリンタ)
- HVAC およびソリッド ステートドライブ
- 電化製品



概略回路図

3 説明

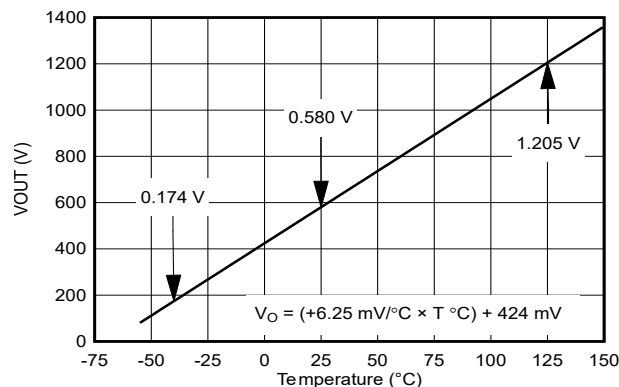
LM60-Q1 デバイスは高精度の統合回路温度センサです。 $2.7\text{V} \sim 10\text{V}$ の単一電源で動作し、 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲を検出できます。デバイスの出力電圧は摂氏温度に直線的に比例 ($6.25\text{mV}/^{\circ}\text{C}$) し、DC オフセットは 424mV です。このオフセットにより、負電源を必要とせずに負温度を読み取ることができます。デバイスの公称出力電圧は、 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で $174\text{mV} \sim 1205\text{mV}$ です。このデバイスは、(レガシー チップの場合) または の精度、また、室温で $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 、 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲全体で $\pm 4^{\circ}\text{C}$ の精度を提供できるように較正されています。

デバイスの線形出力、 424mV のオフセット、工場での較正により、単一電源の環境で負温度の読み取りが要求される場合に必要な外部回路が簡素化されます。デバイスの静止電流は $110\mu\text{A}$ 未満 (レガシー チップの場合)、 $70\mu\text{A}$ 未満 (新チップの場合) なので、自己発熱は、SOT-23 パッケージの静止空气中で非常に低い 0.1°C に制限されます。このデバイスは本質的に低消費電力であり、様々な論理ゲートの出力から直接電源を供給できるので、専用の制御端子を備えていなくても容易にシャットダウンができます。

パッケージ情報

部品番号	パッケージ ⁽¹⁾	パッケージ サイズ ⁽²⁾
LM60-Q1	DBZ (SOT-23, 3)	$2.37\text{mm} \times 2.92\text{mm}$

- 利用可能なすべてのパッケージについては、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。
- パッケージサイズ (長さ×幅) は公称値であり、該当する場合はピンも含まれます。



全範囲の摂氏温度センサ
($-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$)



目次

1 特長	1	7.4 デバイスの機能モード	10
2 アプリケーション	1	8 アプリケーションと実装	11
3 説明	1	8.1 アプリケーション情報.....	11
4 デバイスの比較	3	8.2 代表的なアプリケーション.....	12
5 ピン構成および機能	3	8.3 システム例.....	14
6 仕様	4	8.4 電源に関する推奨事項.....	14
6.1 絶対最大定格.....	4	8.5 レイアウト.....	14
6.2 ESD 定格.....	4	9 デバイスおよびドキュメントのサポート	17
6.3 推奨動作条件.....	4	9.1 ドキュメントのサポート.....	17
6.4 熱に関する情報.....	4	9.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	17
6.5 電気的特性.....	5	9.3 サポート・リソース.....	17
6.6 代表的特性.....	6	9.4 商標.....	17
7 詳細説明	10	9.5 静電気放電に関する注意事項.....	17
7.1 概要.....	10	9.6 用語集.....	17
7.2 機能ブロック図.....	10	10 改訂履歴	17
7.3 機能説明.....	10	11 メカニカル、パッケージ、および注文情報	18

4 デバイスの比較

表 4-1. デバイスの比較

発注型番	パッケージ	温度に対する精度	仕様温度範囲
LM60BIM3X/NOPB	SOT-23 (DBZ) 3 ピン	$\pm 3^{\circ}\text{C}$	$-25^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}^{(1)}$ (レガシーチップ)
LM60CIM3X/NOPB			$-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (新チップ)
LM60QIM3X/NOPB		$\pm 4^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$
LM60BIZ/LFT3	TO-92 (LP) 3-ピン 成形リード	$\pm 3^{\circ}\text{C}$	$-25^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}^{(1)}$ (レガシーチップ)
LM60BIZ/NOPB			$-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (新チップ)
LM60CIZ/NOPB	TO-92 (LP) 3-ピン ストレートリード	$\pm 3^{\circ}\text{C}$	$-25^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}^{(1)}$ (レガシーチップ)
			$-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (新チップ)
		$\pm 4^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$

(1) LM60B (レガシーチップ) は、 -40°C まで損傷せずに動作しますが、精度は -25°C から 125°C までの範囲でしか検証されていません。

表 4-2. デバイスの命名規則

製品名	説明
LM60 xlyyy/NOPB LM60xlyyy/LFT3	x は、デバイスが B、C または Q (AEC-Q100 規格に準拠したグレード-1 デバイス) と同種であることを示しています。これらのデバイスは、レガシーチップ (CSO: GF6 または SHE) もしくは新チップ (CSO: RFB) で別の日付コードのものを搭載して出荷できます。リール包装ラベルには、使用されているチップを識別するために日付コード情報が記載されています。新チップおよびレガシーチップのデバイス性能は、本書全体にわたって記載されています。 yyy は、デバイスのパッケージタイプを示しており、M3X/NOPB (SOT-23 3 ピン) または Z/LFT3 (TO-92 3 ピン成形リード) または Z/NOPB (TO-92 3 ピン・ストレートリード) を使用することができます。 TO-92 パッケージオプションの詳細については、次の資料を参照してください: TO-92 のパッケージ オプションと発注の手順

5 ピン構成および機能

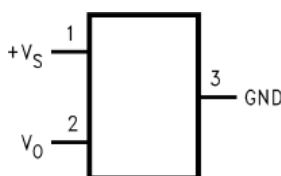


図 5-1. DBZ パッケージ
3 ピン SOT-23
上面図

表 5-1. ピンの機能

ピン		タイプ	説明
名称	SOT-23		
GND	3	GND	デバイスのグラウンド。電源の負端子に接続
V_{OUT}	2	出力	温度センサのアナログ出力。
$+V_S$	1	電源	正電源ピン

6 仕様

6.1 絶対最大定格

動作 (自由通気) 温度範囲内にて (特に注記のない限り)。(1)

		最小値	最大値	単位
電源電圧、 $+V_S$	LM60-Q1	-0.2	12	V
出力電圧、 V_O		-0.6	$+V_S + 0.6$	V
出力電流、 I_{OUT}			10	mA
各ピンの入力電流 (2)			5	mA
最大接合部温度、 T_{JMAX}	LM60-Q1		125	°C
保管温度、 T_{stg}		-65	150	

- (1) 絶対最大定格を超えた動作は、デバイスに恒久的な損傷を与える可能性があります。「絶対最大定格」は、これらの条件において、または「推奨動作条件」に示された値を超える他のいかなる条件でも、本製品が正しく動作することを暗示するものではありません。「絶対最大定格」の範囲内であっても「推奨動作条件」の範囲外で使用情况、本デバイスは完全に機能するとは限らず、このことが本デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、本デバイスの寿命を縮める可能性があります。
- (2) いずれかのピンの入力電圧 (V_I) が電源電圧 ($V_I < GND$ または $V_I > +V_S$)を上回る場合、そのピンの電流を 5 mA に制限する必要があります。

6.2 ESD 定格

			値	単位
$V_{(ESD)}$ 、静電放電 (1)	LM60-Q1	人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 準拠 (2)	±2500	V
		デバイス帯電モデル (CDM)、JEDEC 仕様 JESD22-C101 に準拠 (3)	±1000	

- (1) 人体モデルは 1.5k Ω の抵抗を介して各ピンに 100pF のコンデンサで放電します。マシン モデルは、200pF のコンデンサから各ピンに直接放電した場合です。
- (2) AEC Q100-002 は、HBM ストレス試験を ANSI / ESDA / JEDEC JS-001 仕様に従って実施しなければならないと規定しています。
- (3) JEDEC のドキュメント JEP157 に、250V CDM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。

6.3 推奨動作条件

自由空気での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

			最小値	最大値	単位
$+V_S$	電源電圧	LM60-Q1	2.7	10	V
T_A 、($T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$)	規定温度	LM60-Q1	-40	125	°C

6.4 熱に関する情報

熱評価基準 ⁽¹⁾		LM60-Q1		単位
		DBZ (SOT-23) 3 ピン		
		従来のチップ	新しいチップ	
R _{θJA} ⁽²⁾	接合部から周囲への熱抵抗	266	240.6	°C/W
R _{θJC(top)}	接合部からケース (上面) への熱抵抗	135	144.5	°C/W
R _{θJB}	接合部から基板への熱抵抗	59	72.3	°C/W
Ψ _{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	18	28.7	°C/W
Ψ _{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	58	71.7	°C/W

- (1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『半導体および IC パッケージの熱評価基準』アプリケーション ノートを参照してください。
- (2) 接合部から周囲への熱抵抗 ($R_{\theta JA}$) は、静止空気中のヒートシンクなしで規定されています。

6.5 電気的特性

特に注記のない限り、これらの仕様は $+V_S = 3V$ (DC) および $I_{LOAD} = 1\mu A$ に適用されます。特に注記のない限り、すべての限界値は $T_A = T_J = 25^\circ C$ です。

パラメータ		テスト条件		最小値 ⁽¹⁾	標準値 ⁽²⁾	最大値 ⁽¹⁾	単位
センサの精度							
T _{ACY}	温度精度 ⁽³⁾	LM60-Q1		-3		3	℃
			T _A = T _J = T _{MIN} ~ T _{MAX}	-4		4	
センサ出力							
V ₀ ℃	0℃での出力電圧オフセット			424			mV
T _C	温度係数(センサゲイン)			6.25			mV/℃
			T _A = T _J = T _{MIN} ~ T _{MAX}	6		6.5	
V _{ONL}	出力の非直線性 ⁽⁴⁾		T _A = T _J = T _{MIN} ~ T _{MAX}	-0.8		0.8	℃
Z _{OUT}	出力インピーダンス		T _A = T _J = T _{MIN} ~ T _{MAX}			800	Ω
T _{LTD}	長期安定性とドリフト ⁽⁵⁾	T _J = T _{MAX} = 125℃(1000時間)		±0.2			℃
電源							
I _{DD}	動作電流	LM60-Q1、2.7V ≤ +V _S ≤ 10V	従来のチップ	82		110	μA
			新しいチップ	52		70	
			T _A = T _J = T _{MIN} ~ T _{MAX} レガシーチップ			125	
			T _A = T _J = T _{MIN} ~ T _{MAX} 新チップ			90	
PSR	ラインレギュレーション ⁽⁶⁾	LM60-Q1、2.7V ≤ +V _S ≤ 3.3V	T _A = T _J = T _{MIN} ~ T _{MAX}	-2.3		2.3	mV
		LM60-Q1、3V ≤ +V _S ≤ 10V	T _A = T _J = T _{MIN} ~ T _{MAX}	-0.3		0.3	mV/V
ΔI _{DD}	静止電流の変化	LM60-Q1、2.7V ≤ +V _S ≤ 10V	従来のチップ	±5			μA
			新しいチップ	±6.5			
I _{DD_TEM P}	静止電流の温度係数			0.2			μA/℃

- (1) 制限値はテキサス・インスツルメンツの平均出検品質限界 (AOQL) で規定されています。
- (2) 標準値は $T_J = T_A = 25^\circ C$ であり、最も可能性の高いパラメータ基準値を表します。
- (3) 精度は、電圧、電流、温度 ($^\circ C$ で表記) の指定条件における出力電圧と、デバイスのケース温度に $6.25mV/^\circ C$ を乗じた値に $424mV$ を加えた値との誤差として定義されます。
- (4) 非線形性は、デバイスの定格温度範囲における出力電圧と温度との関係を示す曲線と最も適合する直線との偏差として定義されます。
- (5) 最善の長期安定性を確保するためには、どのような精密回路であれ、両方の温度で長期寿命テストを開始する前に、ユニットを暖かい温度でエージングし、少なくとも 46 時間の温度サイクルを実施することで、最良の結果が得られます。これは、小さな(表面実装)部品がウェーブはんだ付けされている場合に特に当てはまります。応力緩和が発生するまでの時間がかかるためです。ドリフトの大部分は、温度が上昇してから 1000 時間程度で発生します。1000 時間後のドリフトは、最初の 1000 時間のレートでは継続されません。
- (6) レギュレーションは、一定の接合部温度で、低いデューティサイクルでのパルステストを使用して測定されます。自己発熱による出力の変化は、内部消費電力に熱抵抗値を乗じると算出できます。

6.6 代表的特性

これらの曲線を生成するため、[図 8-9](#) または [図 8-10](#) に示すようにデバイスをプリント基板に取り付け。

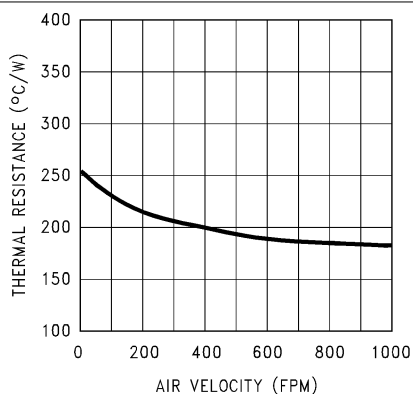


図 6-1. 接合部 - 大気間の熱抵抗 (レガシーチップ)

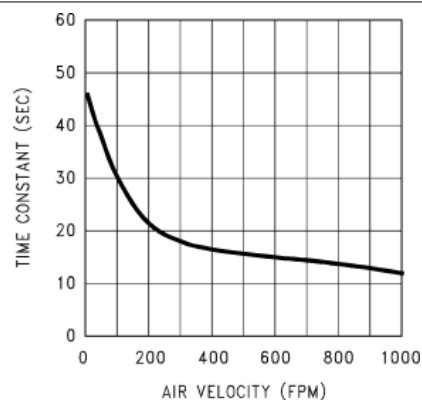


図 6-2. 熱時定数 (レガシーチップ)

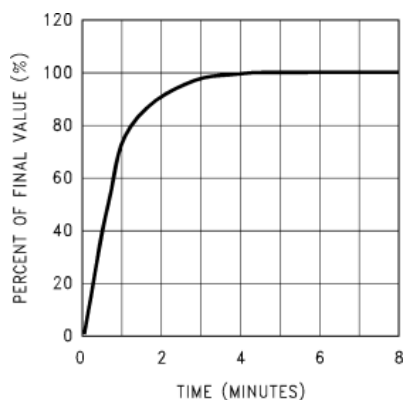


図 6-3. ヒートシンクによる静止空気中の熱応答 (レガシーチップ)

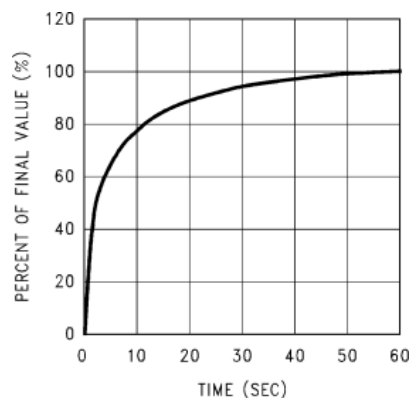


図 6-4. ヒートシンク付き攪拌オイルバスの熱応答 (レガシーチップ)

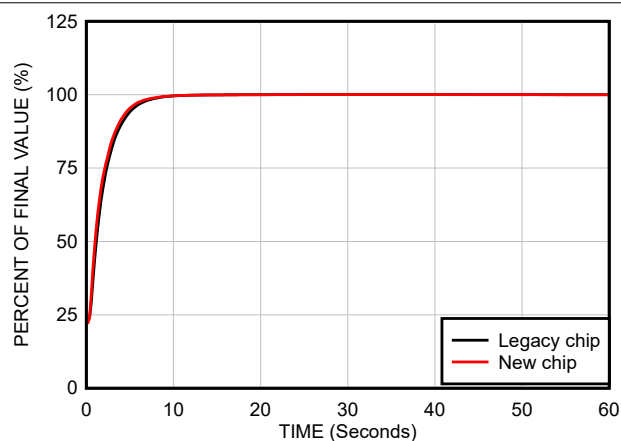


図 6-5. ヒートシンク付き攪拌オイルバスの熱応答 (0.5 インチ × 0.5 インチ PCB 基板)

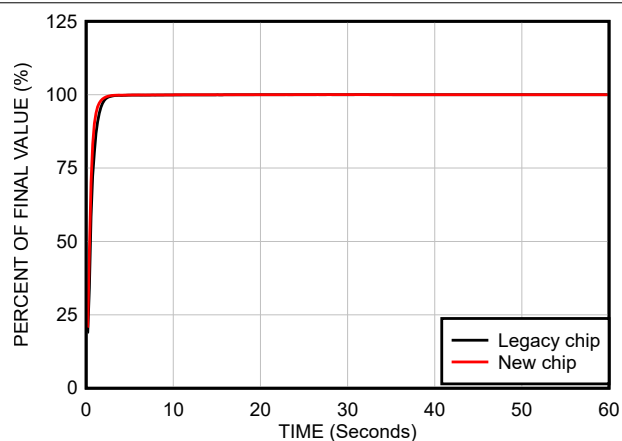


図 6-6. ヒートシンクなしの攪拌オイルバスにおける熱応答

6.6 代表的特性 (続き)

これらの曲線を生成するため、図 8-9 または図 8-10 に示すようにデバイスをプリント基板に取り付け。

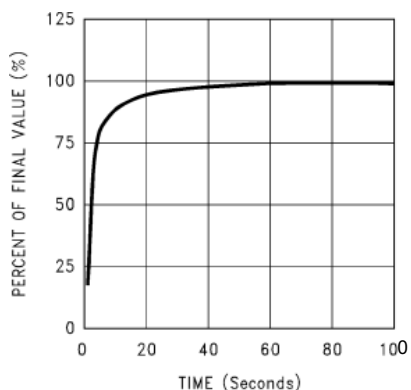


図 6-7. ヒートシンクなしの静止空気中における熱応答 (レガシーチップ)

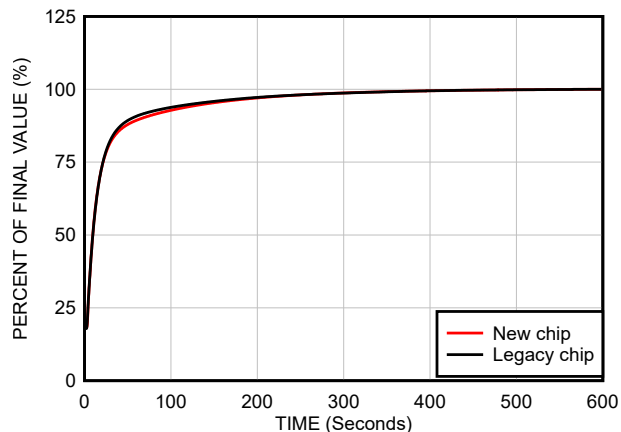


図 6-8. ヒートシンクなしの静止空気中における熱応答 (新しいテスト設定。レガシーチップと新チップの両方)

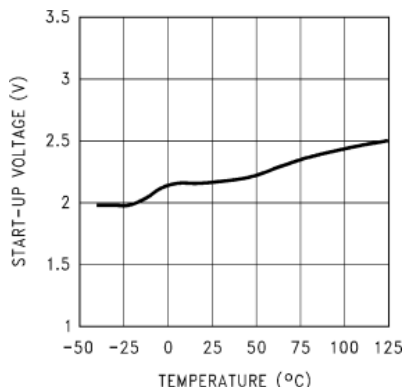


図 6-9. スタートアップ電圧と温度との関係 (レガシーチップ)

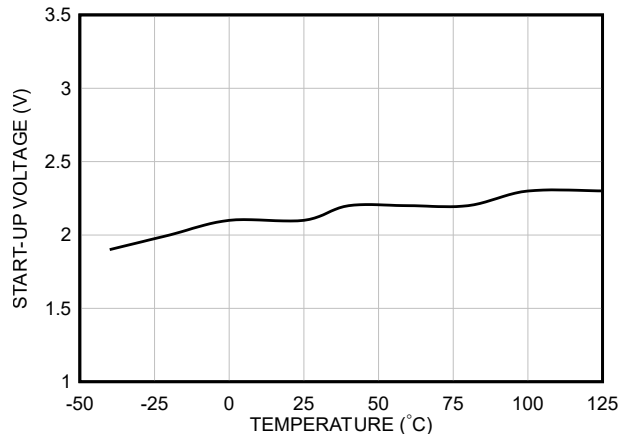


図 6-10. スタートアップ電圧と温度との関係 (新チップ)

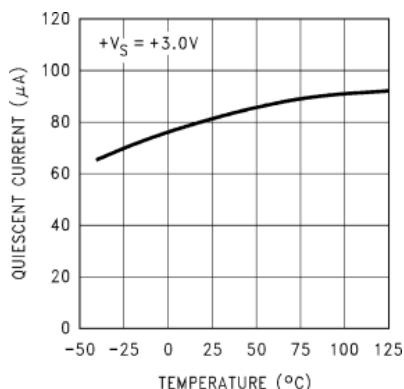


図 6-11. 静止電流と温度との関係 (レガシーチップ)

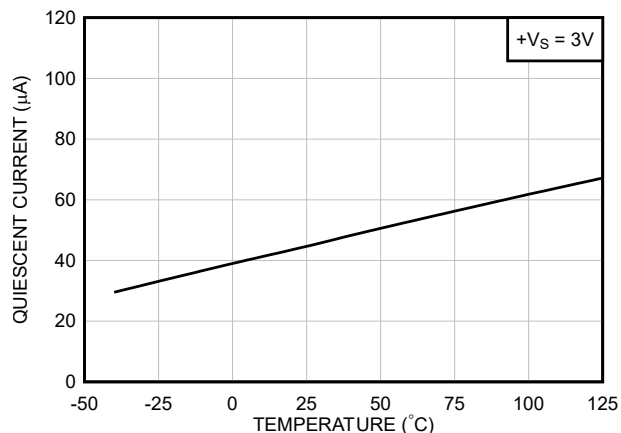


図 6-12. 静止電流と温度との関係 (新チップ)

6.6 代表的特性 (続き)

これらの曲線を生成するため、[図 8-9](#) または [図 8-10](#) に示すようにデバイスをプリント基板に取り付け。

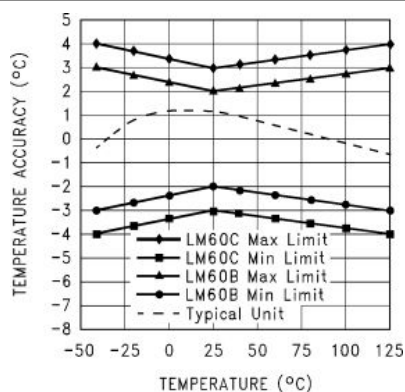


図 6-13. 精度と温度との関係 (レガシーチップ)

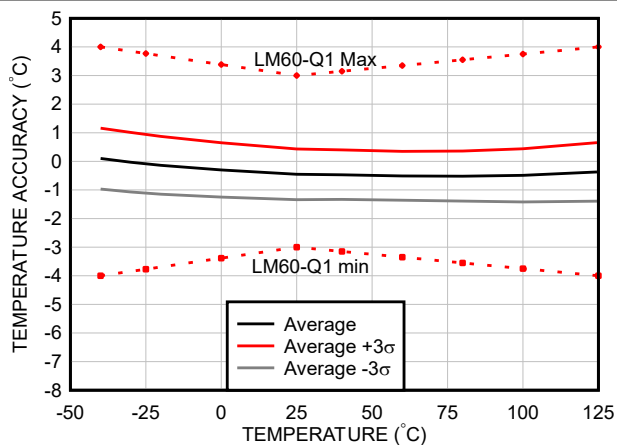


図 6-14. 精度と温度との関係 (新チップ)

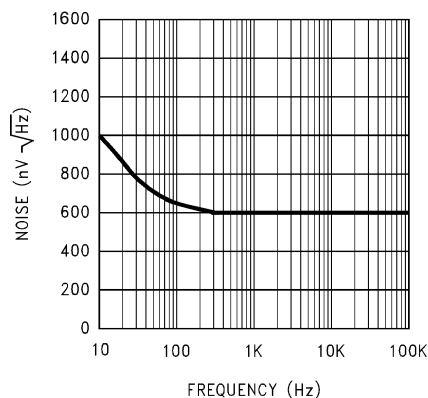


図 6-15. ノイズ電圧 (レガシーチップ)

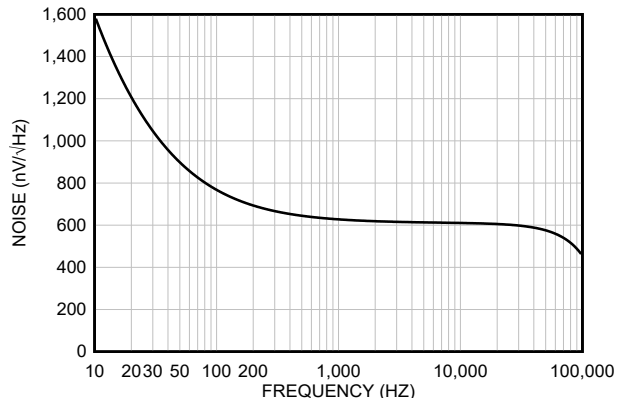


図 6-16. ノイズ電圧 (新チップ)

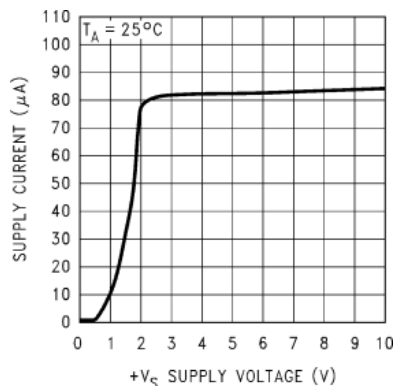


図 6-17. 電源電流と電源電圧との関係 (レガシーチップ)

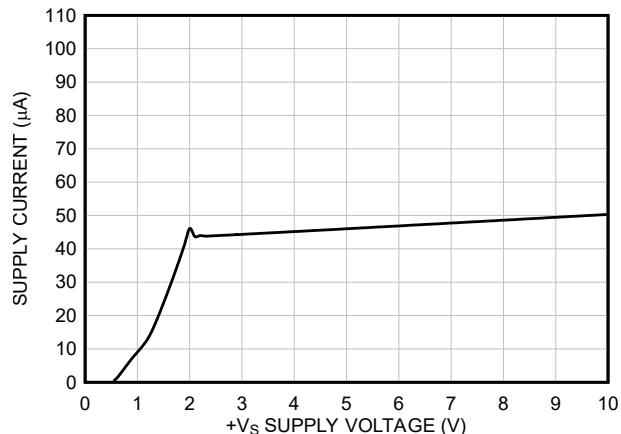


図 6-18. 電源電流と電源電圧との関係 (新チップ)

6.6 代表的特性 (続き)

これらの曲線を生成するため、図 8-9 または図 8-10 に示すようにデバイスをプリント基板に取り付け。

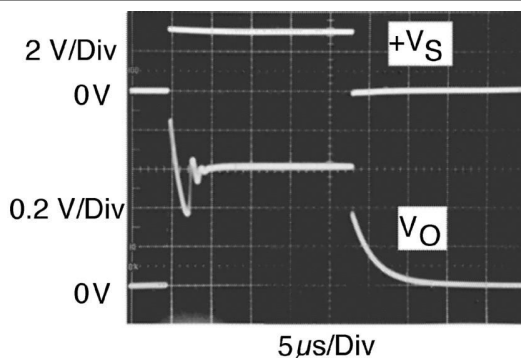


図 6-19. 起動応答 (レガシーチップ)

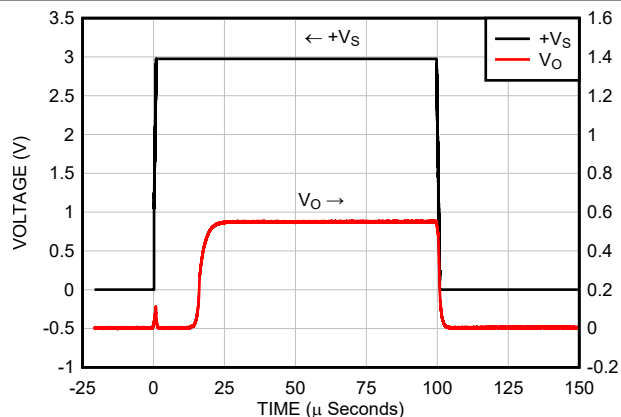


図 6-20. 起動応答 (新チップ)

7 詳細説明

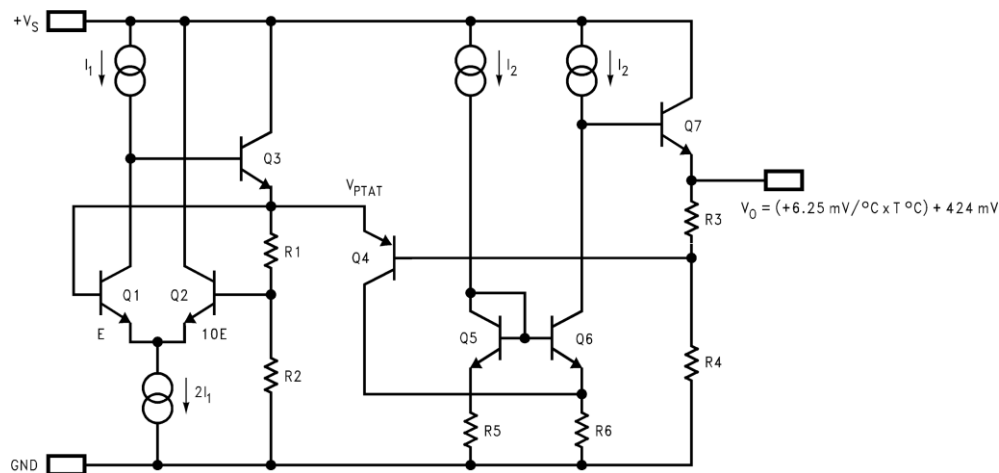
7.1 概要

LM60-Q1 デバイスは高精度の統合回路温度センサです。2.7V の単一電源で動作し、 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲を検出できます。LM60-Q1 の出力電圧は摂氏温度に直線的に比例 ($6.25\text{mV}/^{\circ}\text{C}$) し、DC オフセットは 424mV です。このオフセットにより、正の単一電源で負温度を読み取ることができます。デバイスの公称出力電圧は、 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で $174\text{mV} \sim 1205\text{mV}$ です。このデバイスは、(レガシー チップの場合) または の精度、また、室温で $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 、 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲全体で $\pm 4^{\circ}\text{C}$ の精度を提供できるように較正されています。

デバイスの静止電流は $110\mu\text{A}$ 未満 (レガシー チップの場合)、または $70\mu\text{A}$ 未満 (新チップの場合) なので、自己発熱は、SOT-23 パッケージの静止空气中で非常に低い 0.1°C に制限されます。このデバイスは本質的に低消費電力であり、様々な論理ゲートの出力から直接電源を供給できるので、専用の制御端子を備えていなくても容易にシャットダウンができます。

LM60-Q1 の出力はクラス A ベースエミッタフォロワであるため、LM60-Q1 は、 $1\mu\text{A}$ よりもシンクしながらかなりの電流を供給できます。いずれにしても、総温度誤差への影響を制限するため、負荷電流を最小化する必要があります。

7.2 機能ブロック図



7.3 機能説明

7.3.1 LM60-Q1 の伝達関数

LM60-Q1 は、単純な線形伝達関数に従い、次のように [電氣的特性](#) に記載されている精度を実現します:

$$V_O = (6.25\text{mV}/^{\circ}\text{C} \times T^{\circ}\text{C}) + 424\text{mV} \quad (1)$$

ここで、

- T は温度です
- V_O は LM60-Q1 の出力電圧です

7.4 デバイスの機能モード

このデバイスの唯一の機能モードは、温度に正比例するアナログ出力です。

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、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。

8.1 アプリケーション情報

このデバイスは、供給電流が小さく、電源電圧範囲が広いので、バッテリーで簡単に駆動できます。

8.1.1 容量性負荷

このデバイスは容量性負荷を適切に処理します。特別な注意がない場合、[図 8-1](#) に示すように、デバイスは任意の容量性負荷を駆動できます。規定温度範囲におけるデバイスの最大出力インピーダンスは 800Ω です。非常にノイズの多い環境では、ノイズのピックアップを最小限に抑えるために、何らかのノイズフィルタを追加する必要がある場合があります。テキサス インストルメンツでは、[図 8-2](#) に示すように、電源電圧をバイパスするために、 $+V_S$ と GND の間に $0.1\mu F$ を追加することを推奨しています。ノイズの多い環境では、出力とグランドとの間にコンデンサを追加する必要があります。出力インピーダンスが 800Ω の $1\mu F$ 出力コンデンサは、 199Hz のローパスフィルタを形成します。デバイスの熱時定数は RC によって形成される 6.3ms 時定数よりもはるかに遅いため、デバイス全体の応答時間は大きな影響を受けません。大容量のコンデンサを使用する場合、この追加の時間遅延により、デバイス全体の応答時間が長くなります。

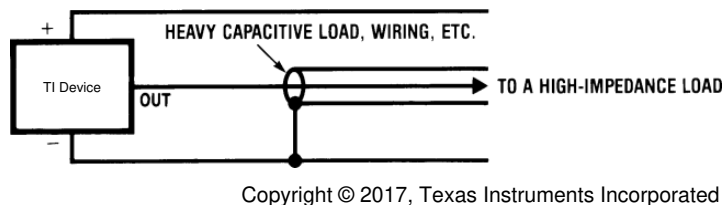


図 8-1. 容量性負荷のデカップリングは不要

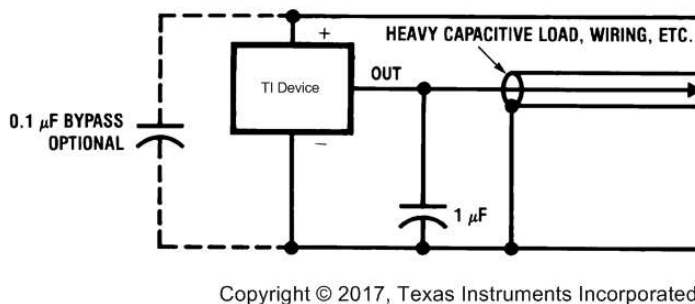
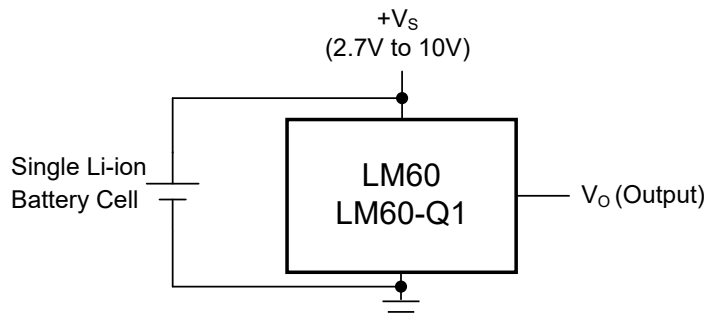


図 8-2. ノイズの多い環境向けにフィルタを追加

8.2 代表的なアプリケーション

8.2.1 全範囲の摂氏温度センサ

LM60-Q1 はアナログ出力を供給するシンプルな温度センサなので、レイアウトに関連する設計要件も重要です。詳細については、[セクション 8.5](#) を参照してください。



$$V_O = (6.25\text{mV}/^{\circ}\text{C} \times T^{\circ}\text{C}) + 424\text{mV}$$

**図 8-3. 全範囲の摂氏温度センサ(−40°C 125°C)
、単一のリチウムイオンの電池セルで動作**

8.2.1.1 設計要件

この設計例では、[表 8-1](#) に記載されている設計パラメータを使用します。

表 8-1. 温度および [図 8-3](#) の標準 V_O 値

温度 (T)	標準的な V_O
125°C	1205mV
100°C	1049mV
25°C	580mV
0°C	424mV
−25°C	268mV
−40°C	174mV

8.2.1.2 詳細な設計手順

LM60-Q1 の選定は、出力電圧の伝達関数に基づいており、システムの他の部分の要件を満たすことができます。

8.2.1.3 アプリケーション曲線

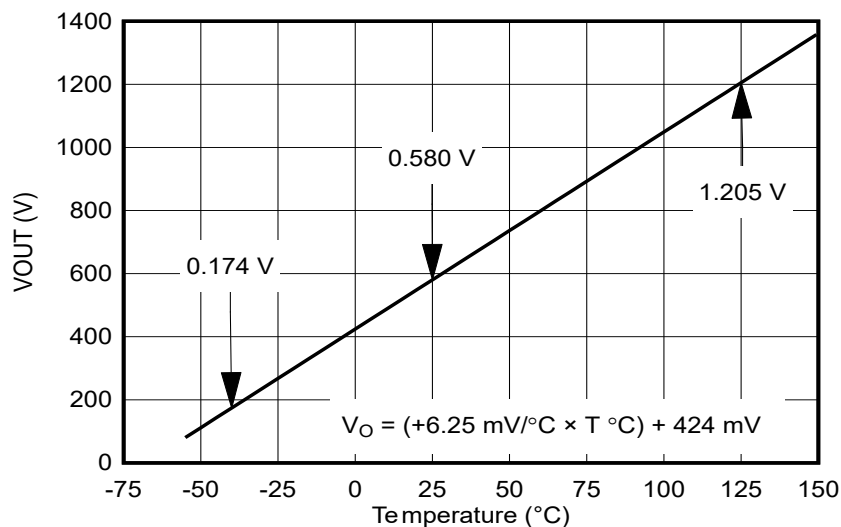
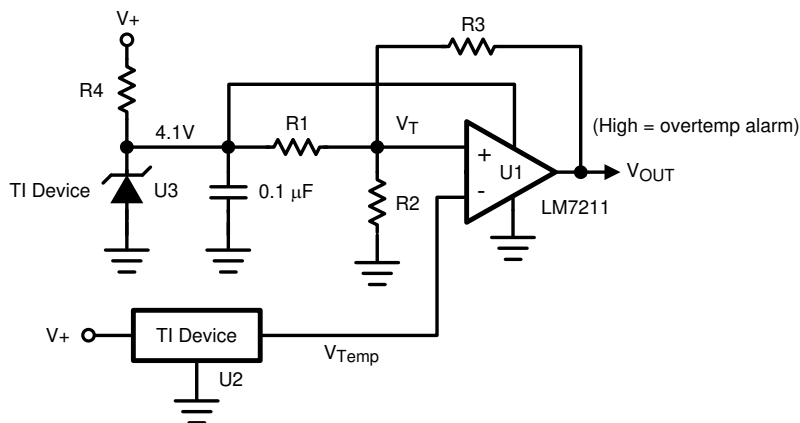


図 8-4. LM60-Q1 の出力伝達関数

8.2.2 摂氏サーモスタット アプリケーション



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

図 8-5. 摂氏サーモスタット

8.2.2.1 設計要件

図 8-5 に示すように、リファレンス (LM4040) とコンパレータ (LM7211 または LMC7211-N) を使用すれば、シンプルなサーモスタットを作成することができます。

8.2.2.2 詳細な設計手順

式 2 と式 3 を使用して、T1 および T2 のしきい値を計算します。

$$V_{T1} = \frac{(4.1)R2}{R2 + R1 \parallel R3} \quad (2)$$

$$V_{T2} = \frac{(4.1)R2 \parallel R3}{R1 + R2 \parallel R3} \quad (3)$$

8.2.2.3 アプリケーション曲線

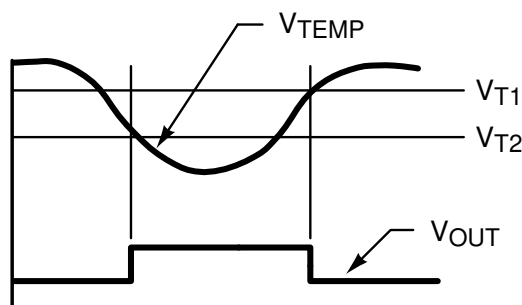
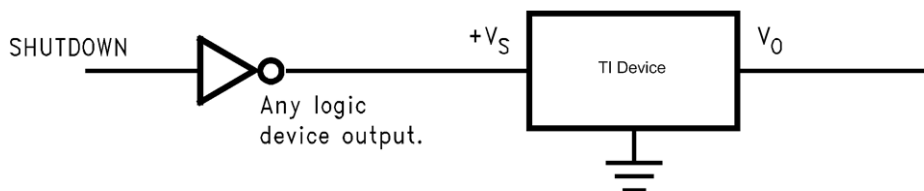


図 8-6. サーモスタット出力波形

8.3 システム例

8.3.1 シャットダウンによる消費電力の低減

LM60-Q1 は消費電力がごくわずかなので、図 8-7 に示すように、LM60-Q1 の電源ピンをロジックゲートの出力で駆動するだけで、デバイスをシャットダウンできます。



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

図 8-7. シャットダウンによる消費電力の低減

8.4 電源に関する推奨事項

非常にノイズの多い環境では、ノイズのピックアップを最小限に抑えるために、何らかのノイズフィルタを追加します。図 8-2 に示すように、電源電圧をバイパスするために $+V_S$ から GND に $0.1\mu\text{F}$ を追加することを推奨します。ノイズの多い環境では、出力とグラウンドとの間にコンデンサを追加します。

8.5 レイアウト

8.5.1 レイアウトのガイドライン

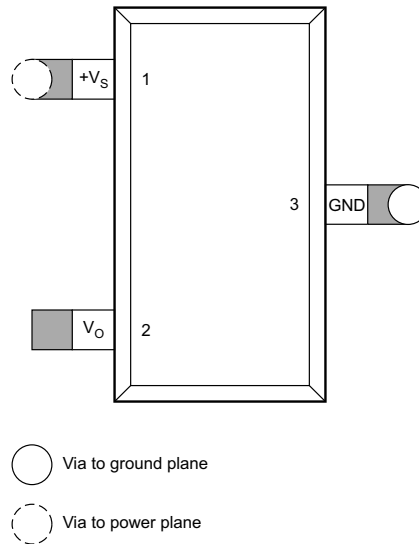
LM60-Q1 は、他の IC 温度センサと同じように簡単に取り付け可能です。このデバイスは、表面に接着またはセメント固定することができます。LM60-Q1 が検出している温度は、取り付けした LM60-Q1 のリード端子が接続されている表面温度から約 $+0.1^\circ\text{C}$ の範囲内です。

これは、周囲の気温がプリント基板の表面温度とほぼ同じであると仮定した場合です。気温が表面温度よりもはるかに高い、または低い場合、デバイスダイの実際の温度は、表面温度と気温の間の中間温度になります。

良好な熱伝導率を確保するため、デバイスダイの裏面を GND ピンに直接接続します。デバイスへのランドおよびトレースは、温度測定対象物であるプリント基板の一部です。これらのプリント基板のランドおよびトレースが、デバイスの希望温度からの逸脱を引き起こさないようにします。

代わりに、密閉された金属チューブ内に デバイスを取り付け、バスに浸したり、タンク内のねじ穴にねじ込んだりすることもできます。他の IC と同様に、デバイスと関連する配線や回路は、リーケージや腐食を避けるため、絶縁と乾燥状態を維持する必要があります。特に、結露が発生する可能性のある低温環境でデバイスが動作している場合です。多くの場合、湿気によりデバイスやその接続部が腐食しないように、コンフォーマルコーティングやエポキシ塗料あるいはディップ材などのプリント回路コーティングやワニスを使用します。

8.5.2 レイアウト例



2-オンス銅ホイルまたは同等品を使用した 1/2 インチ四方プリント基板。

図 8-8. PCB レイアウト

8.5.3 熱に関する注意事項

接合部と周囲との間の熱抵抗 ($R_{\theta JA}$) は、デバイスの電力散逸による接合部温度の上昇を計算するために使用されるパラメータです。式 4 を使用しデバイスのダイ温度の上昇を計算します。

$$T_J = T_A + R_{\theta JA} [(+V_S I_Q) + (+V_S - V_O) I_L] \quad (4)$$

ここで、

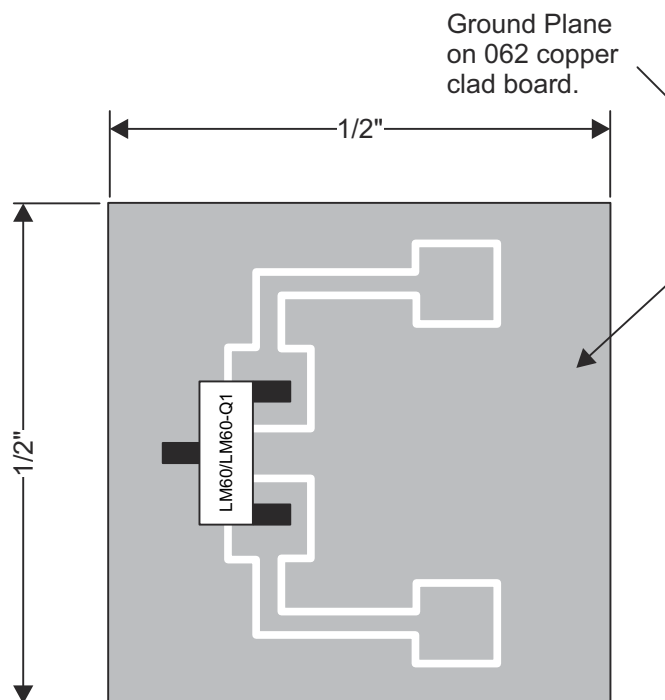
- I_Q は静止電流
- I_L は出力の負荷電流です

表 8-2 に、無負荷での LM60-Q1 のダイ温度の上昇と、さまざまな条件での熱抵抗をまとめています。表 8-2 の値は、実際には、セクション 6.4 に示す値として測定され、半導体および IC パッケージの熱評価基準のアプリケーションレポートに記載されたモデル化手法を用いて算出されています。

表 8-2. 自己発熱および熱抵抗 ($R_{\theta JA}$) による LM60-Q1 の温度上昇

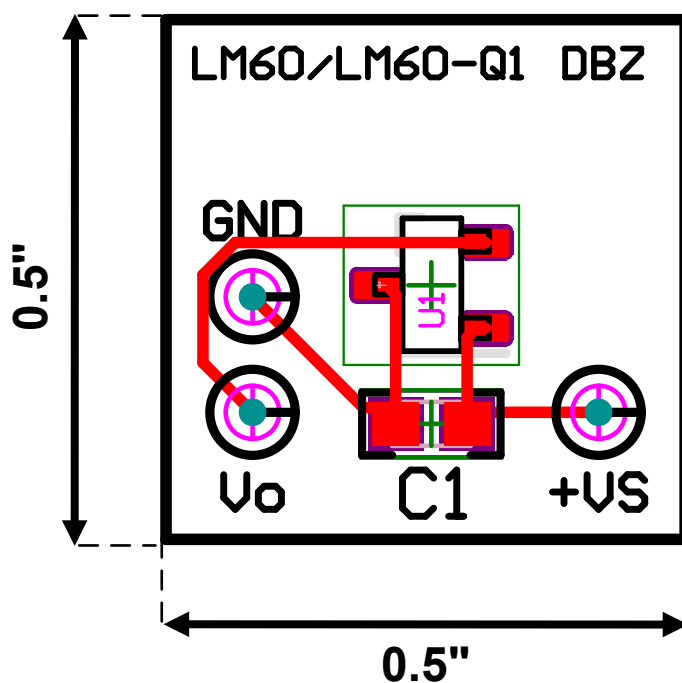
	SOT-23 ⁽¹⁾ ヒートシンクなし		SOT-23 ⁽²⁾ 小型ヒートフィン		TO-92 ⁽¹⁾ ヒートフィンなし		TO-92 ⁽³⁾ 小型ヒートフィン	
	$R_{\theta JA}$	$T_J - T_A$	$R_{\theta JA}$	$T_J - T_A$	$R_{\theta JA}$	$T_J - T_A$	$R_{\theta JA}$	$T_J - T_A$
	(°C/W)	(°C)	(°C/W)	(°C)	(°C/W)	(°C)	(°C/W)	(°C)
静止空気 レガシーチップ	450	0.17	260	0.1	180	0.07	140	0.05
移動空気 レガシーチップ	—	—	180	0.07	90	0.034	70	0.026

- (1) 30 ゲージのワイヤにはんだ付けされた部品。
- (2) 使用したヒートシンクは、図 8-9 に示すように、部品に 2 オンスのホイルを採用した 1/2 インチ (正方形) プリント基板です。
- (3) 2 オンスのホイルまたは同等品を使用した 1 平方インチの 1/16 インチプリント基板に接着した、またはリード線をはんだ付けした部品



2 オンスの 1/2 インチ四方プリント基板銅ホイルまたは同等品。

図 8-9. 熱応答曲線生成のためのヒートシンクに使用するプリント基板（レガシーチップ）



FR-4 素材を使用した 1/2 インチ四方プリント基板

図 8-10. 熱応答曲線の生成に使用するプリント基板（新チップおよびレガシーチップ両方の新しいテスト設定）

9 デバイスおよびドキュメントのサポート

9.1 ドキュメントのサポート

9.1.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。

- テキサスインスツルメンツ、[LM60 2.7V、SOT-23 または TO-92 温度センサ](#)、データシート
- テキサス インスツルメンツ、[LM50 および LM50-Q1 SOT-23 単一電源摂氏温度センサ](#)、データシート
- テキサス インスツルメンツ、[TMP23x 低消費電力、高精度アナログ出力温度センサ](#)、データシート
- テキサス インスツルメンツ、[LM60 評価基板](#)、EVM ユーザー ガイド
- テキサス インスツルメンツ、[LM60-Q1 機能安全 平均故障率\(FIT\)および故障モード分布\(FMD\)](#)、機能安全情報

9.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

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

9.3 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。

9.4 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。

9.5 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。

9.6 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。

10 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 * (April 2017) to Revision A (April 2025)	Page
• ドキュメント全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新.....	1
• 既存の OPN とデバイスの項目表記表を追加してデバイス比較セクションを更新.....	3
• マシンモデル (MM) の 静電放電をデバイス帯電モデル (CDM) に変更.....	4
• 新チップの DBZ パッケージの「熱に関する情報」セクションを変更.....	4
• 新しいチップの「動作電流」および「静止電流の変更」を追加.....	5
• 新しいチップのグラフを追加し、従来のチップのグラフを並べ替え、訂正.....	6
• 「熱抵抗接合部から大気へ (レガシーチップ)」グラフを訂正.....	6

- レガシーチップと新チップの両方について、ヒートシンクを含む攪拌オイルバス (0.5 インチ × 0.5 インチ PCB 基板) グラフに熱応答を追加..... 6
- レガシーチップと新チップの両方について、ヒートシンクなしの攪拌オイルバスグラフに熱応答を追加..... 6
- レガシーチップと新チップの両方について、ヒートシンクなしの静止空気中における熱応答のグラフを追加 (新しいテスト・セットアップではレガシーチップと新チップの両方)..... 6
- 新しいチップのスタートアップ電圧と温度との関係、静止電流と温度、精度と温度、ノイズ電圧、電源電流と電源電圧、およびスタートアップ応答のグラフを追加..... 6

11 メカニカル、パッケージ、および注文情報

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

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 © 2025, 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)
LM60QIM3X/NOPB	Active	Production	SOT-23 (DBZ) 3	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	L60Q
LM60QIM3X/NOPB.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) 3	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	L60Q
LM60QIM3X/NOPB.B	Active	Production	SOT-23 (DBZ) 3	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	L60Q

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

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

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

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

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

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

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

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

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

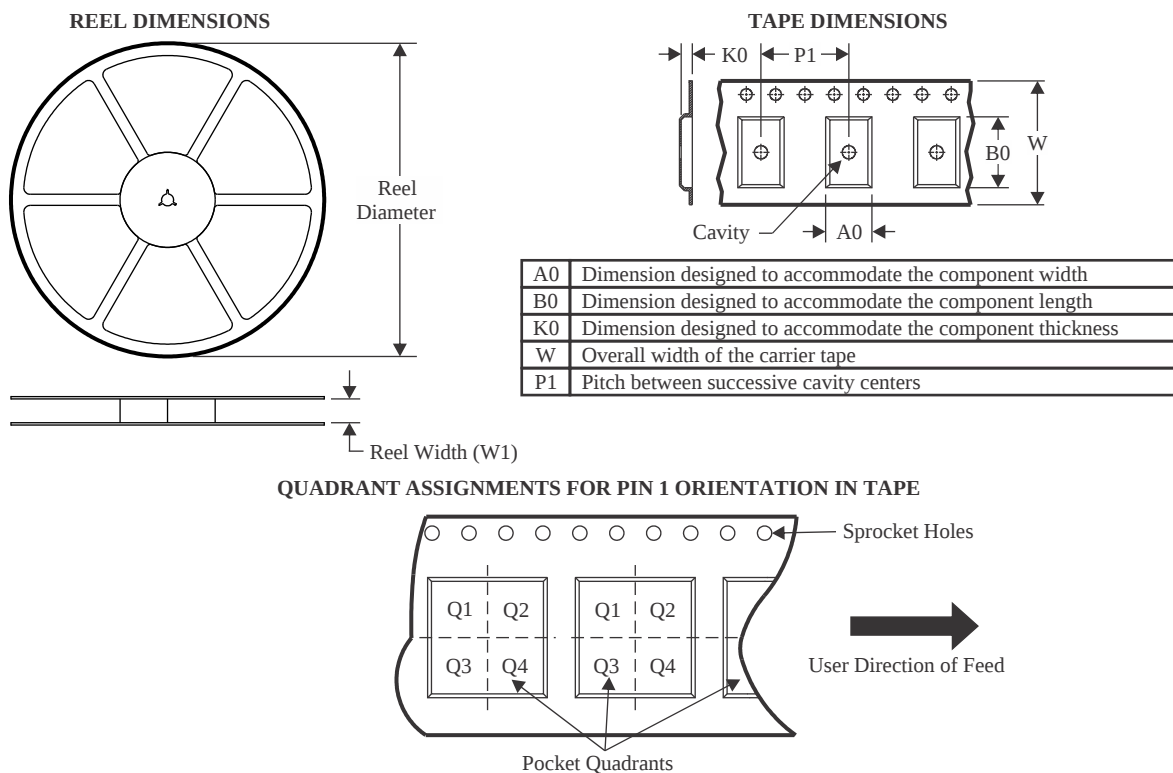
OTHER QUALIFIED VERSIONS OF LM60-Q1 :

- Catalog : [LM60](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Catalog - TI's standard catalog product

TAPE AND REEL INFORMATION



*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
LM60QIM3X/NOPB	SOT-23	DBZ	3	3000	178.0	8.4	3.3	2.9	1.22	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)
LM60QIM3X/NOPB	SOT-23	DBZ	3	3000	208.0	191.0	35.0

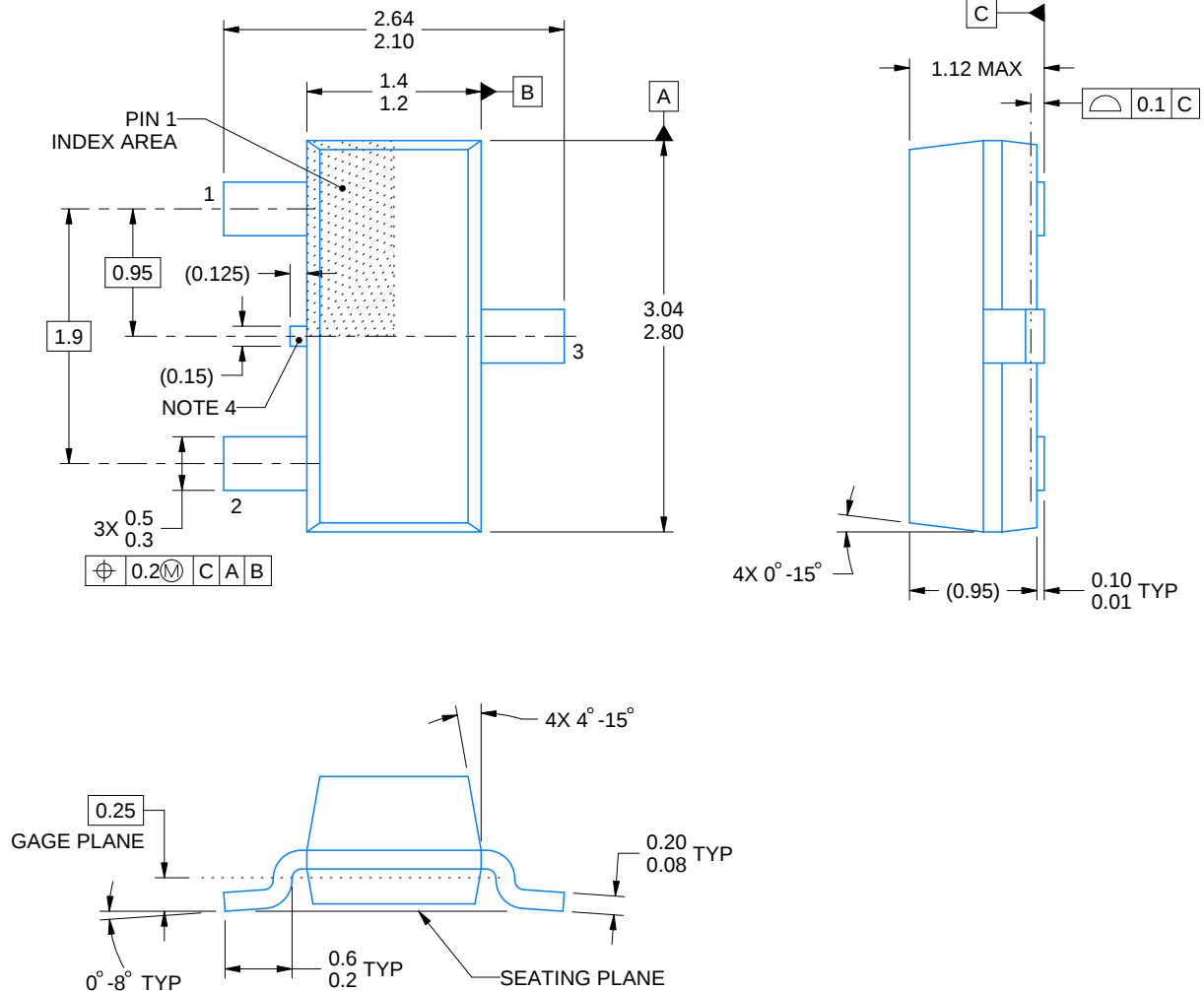
DBZ0003A



PACKAGE OUTLINE

SOT-23 - 1.12 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



4214838/F 08/2024

NOTES:

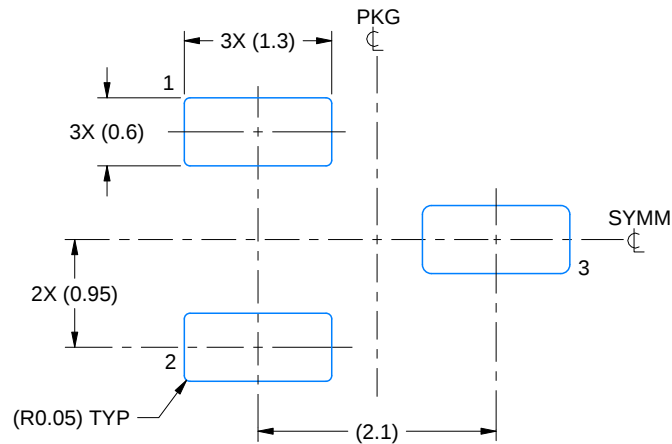
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Reference JEDEC registration TO-236, except minimum foot length.
4. Support pin may differ or may not be present.
5. Body dimensions do not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.25mm per side

EXAMPLE BOARD LAYOUT

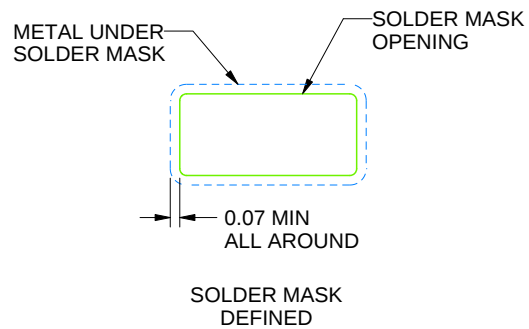
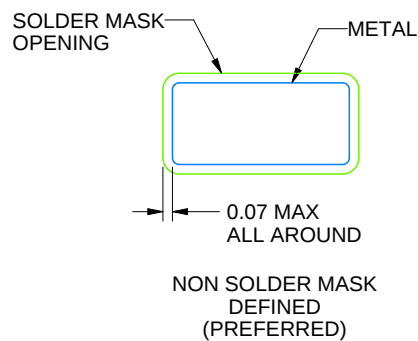
DBZ0003A

SOT-23 - 1.12 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:15X



SOLDER MASK DETAILS

4214838/F 08/2024

NOTES: (continued)

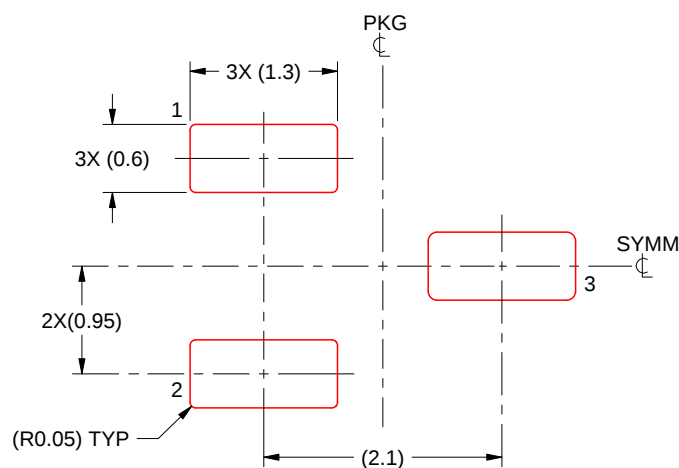
5. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
6. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DBZ0003A

SOT-23 - 1.12 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



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

4214838/F 08/2024

NOTES: (continued)

7. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
8. 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みいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

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

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

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) 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