

LM89

*LM89 $\pm 0.75^{\circ}\text{C}$ Accurate, Remote Diode and Local Digital Temperature Sensor
with Two-Wire Interface*



Literature Number: JAJSA09



LM89

2線式インタフェース対応精度 ± 0.75 リモートおよびローカル・ダイオード・デジタル温度センサ

概要

LM89は、2線式の SMBus シリアル・インタフェースを採用した 11 ビットのデジタル温度センサです。LM89 は自分自身のローカル温度を正確に測定するだけでなく、ダイオード接続にした 2N3904 npn トランジスタや、プロセッサのサーマル・ダイオードなどの外部デバイスの温度も正確に測定します。そのほか、ダイオードに専用ダイオード (pn 接合) を備えた ASIC であれば、LM89 を用いて正確な温度測定が可能です。LM89 リモート・センサは、インテル® Pentium®4 プロセッサとモバイルインテル Pentium4 プロセッサ -M のサーマル・ダイオードを持つ直列抵抗および非理想係数の代表値 1.0021 に合わせたトリミング調整を工場出荷時に行って、精度 ± 0.75 を維持しています。また、そのほかの理想因子を持つダイオードでも、ソフトウェアによる補正処理なしに正確な温度測定が行えるオフセット・レジスタを備えています。なお新プロセッサに関する理想因子などのデータは、hardware.monitor.team@nsc.com までご連絡ください。

LM89 と LM89-1 は、機能は同一ですが、SMBus スレーブ・アドレスが異なります。そのため、それぞれ 1 つずつを同一バス上に存在させることが可能です。

測定したローカル温度とリモート温度のどちらかが、それぞれの HIGH 設定ポイント上限または LOW 設定ポイント下限レジスタにあらかじめプログラミングされている温度範囲を外れたときか、もしくは T_CRIT 設定ポイント上限を超えると、ALERT 出力がアサートされます。また温度がプログラムされた T_CRIT 設定ポイント上限を超えると、T_CRIT_A 出力がアサートされます。LM89 は、LM86、LM90、Analog Devices 社の ADM1032、Maxim 社の MAX6657/8 とピン互換およびレジスタ互換です。

特長

リモート IC もしくはダイオードによる温度の高精度な測定

さまざまなサーマル・ダイオードに対応するオフセット・レジスタを装備

内蔵温度センサによるローカル温度測定

10 ビット+サイン形式のリモート・ダイオード温度データ・フォーマット、分解能 0.125

システム・シャットダウン用 T_CRIT_A 出力

SMBus 2.0 プロトコルに対応した ALERT 出力

TIMEOUT 仕様をサポートした SMBus 2.0 のインタフェース

8 ピン MSOP および SOIC パッケージ

主な仕様

電源電圧 3.0V ~ 3.6V

電源電流 0.8mA (代表値)

ローカル検出精度 (量子化誤差を含む)

$T_A = 25 \sim 125 \pm 3.0$ (最大)

リモート・ダイオード検出精度 (量子化誤差を含む)

$T_A = 30, T_D = 80 \pm 0.75$ (最大値)

$T_A = 30 \sim 50, T_D = 60 \sim 100 \pm 1.0$ (最大)

$T_A = 0 \sim 85, T_D = 25 \sim 125 \pm 3.0$ (最大)

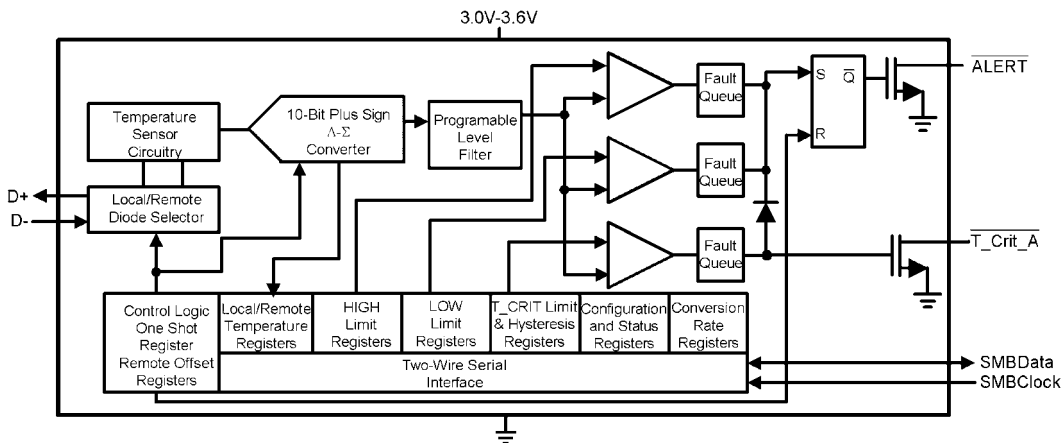
アプリケーション

プロセッサ / コンピュータ・システムの温度管理 (ラップトップ、デスクトップ、ワークステーション、サーバなど)

電気的テストシステム

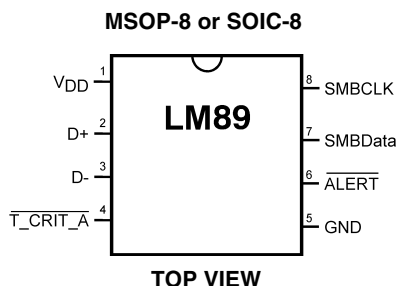
O/A 機器

ブロック図



Pentium はインテル社の登録商標です。

配置図



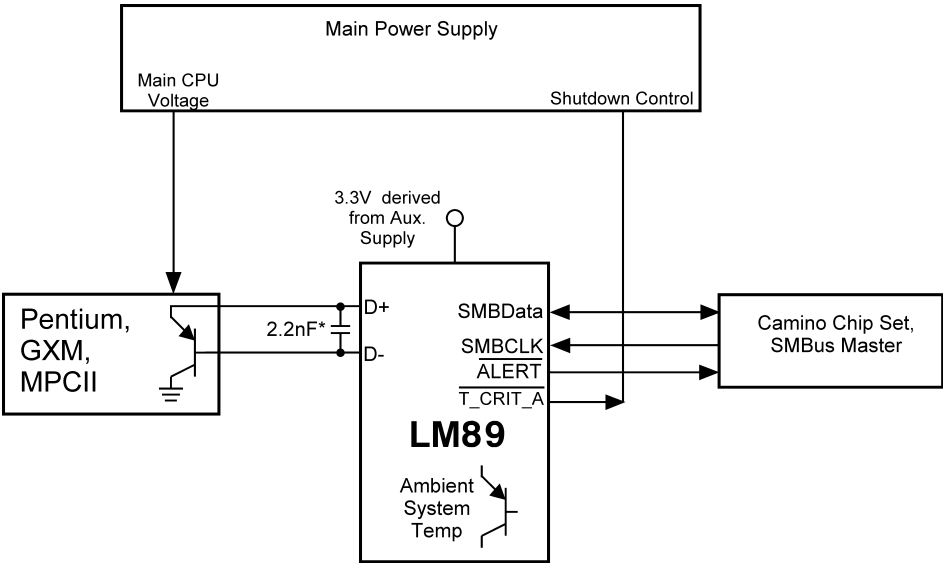
製品情報

Part Number	Package Marking	NS Package Number	Transport Media
LM89C1MM	T15C	MUA08A (MSOP-8)	1000 Units onTape and Reel
LM89-1C1MM	T19C	MUA08A (MSOP-8)	1000 Units onTape and Reel
LM89C1MMX	T15C	MUA08A (MSOP-8)	3500 Units on Tape and Reel
LM89-1C1MMX	T19C	MUA08A (MSOP-8)	3500 Units on Tape and Reel
LM89CIM	LM89CIM	M08A (SOIC-8)	95 Units in Rail
LM89-1CIM	LM89-1CIM	M08A (SOIC-8)	95 Units in Rail
LM89CIMX	LM89CIM	M08A (SOIC-8)	2500 Units on Tape and Reel
LM89-1CIMX	LM89-1CIM	M08A (SOIC-8)	2500 Units on Tape and Reel

端子説明

ラベル	端子 #	機能	一般的な接続
V _{DD}	1	正電源電圧入力	DC 電圧 3.0V ~ 3.6V。V _{DD} は 100pF のコンデンサを並列に接続した 0.1μF のコンデンサでバイパスを行ってください。100pF のコンデンサは電源ピンのできるだけ近くに配置してください。10μF 程度のバルク・コンデンサを LM89 V _{DD} の周囲に配置する必要があります。
D+	2	ダイオード電流ソース	リモート・ダイオードのアノード接続。外部のダイオード接続トランジスタ、またはダイ温度を測定するために IC に内蔵されているダイオード接続トランジスタの、アノード側に接続します。高周波ノイズをフィルタするために 2.2nF のダイオード・バイパス・コンデンサが必要です。2.2nF のコンデンサは LM89 の D +ピンと D -ピン間にできるだけ近くに配置してください。2.2nF コンデンサ両端子へのトレースは整合させてください。
D -	3	ダイオード帰路電流シンク	リモート・ダイオードのカソード接続。
T_CRIT_A	4	T_CRIT アラーム出力、オープンドレイン、アクティブ LOW	抵抗でプルアップしてください。外部コントローラへの割り込み、または電源のシャットダウン制御に使用します。
GND	5	電源グラウンド	グラウンド
ALERT	6	割り込み出力、オープンドレイン、アクティブ LOW	抵抗でプルアップしてください。コントローラへの割り込み、またはアラートを示します。
SMBData	7	SMBus 双方向データ・ライン、オープンドレイン出力	コントローラのデータ出力、コントローラのデータ入力両用、抵抗でプルアップしてください。
SMBCLK	8	SMBus 入力	コントローラからのクロック入力、抵抗でプルアップしてください。

代表的なアプリケーション



*Note: 2.2nF のコンデンサは LM89 の D+ ピンと D- ピンのできるだけ近くに実装してください。

絶対最大定格 (Note 1)

本データシートには軍用・航空宇宙用の規格は記載されていません。関連する電氣的信頼性試験方法の規格を参照ください。

電源電圧	- 0.3V ~ 6.0V
SMBData、SMBCLK、 $\overline{\text{ALERT}}$ 、 $\overline{\text{T_CRIT_A}}$ 端子電圧	- 0.5V ~ 6.0V
その他の端子電圧	- 0.3V ~ ($V_{DD} + 0.3V$)
D - 入力電流	$\pm 1\text{mA}$
上記以外の各端子の入力電流 (Note 2)	$\pm 5\text{mA}$
パッケージの入力電流 (Note 2)	30 mA
SMBData、 $\overline{\text{ALERT}}$ 、 $\overline{\text{T_CRIT_A}}$ 出力シンク電流	10 mA
保存温度範囲	- 65 ~ + 150

ハンダ付け条件、リード温度
SOIC-8 および MSOP-8
パッケージ (Note 3)

ペーパ・フェーズ (60 秒)	215
赤外線 (15 秒)	220
ESD 耐圧 (Note 4)	
人体モデル	2000V
マシン・モデル	200 V

動作定格 (Note 1、5)

動作温度範囲	0 ~ + 125
電氣的特性温度範囲	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
LM89	0 T_A 85
電源電圧範囲 (V_{DD})	3.0V ~ 3.6V

温度 - デジタル変換電氣的特性

特記のない限り、以下の仕様は、 $V_{DD} = + 3.0V_{DC} \sim + 3.6V_{DC}$ に対して適用されます。太文字表記のリミット値は $T_A = T_J = T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ にわたって適用され、その他のすべてのリミット値は $T_A = T_J = + 25$ に対して適用されます。

Parameter	Conditions	Typical (Note 6)	Limits (Note 7)	Units (Limit)
Temperature Error Using Local Diode	$T_A = +25^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, (Note 8)	± 1	± 3	$^\circ\text{C}$ (max)
Temperature Error Using Remote Diode of 0.13 micron Pentium 4 with typical non-ideality of 1.0021 and series $R = 3.64\Omega$. For other processors email hardware.monitor.team@nsc.com to obtain the latest data. (T_D is the Remote Diode Junction Temperature)	$T_A = +30^\circ\text{C}$ $T_D = +80^\circ\text{C}$		± 0.75	$^\circ\text{C}$ (max)
	$T_A = +30^\circ\text{C}$ to $+50^\circ\text{C}$ $T_D = +60^\circ\text{C}$ to $+100^\circ\text{C}$		± 1	$^\circ\text{C}$ (max)
	$T_A = +0^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ $T_D = +25^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$		± 3	$^\circ\text{C}$ (max)
Remote Diode Measurement Resolution		11		Bits
		0.125		$^\circ\text{C}$
Local Diode Measurement Resolution		8		Bits
		1		$^\circ\text{C}$
Conversion Time of All Temperatures at the Fastest Setting	(Note 10)	31.25	34.4	ms (max)
Quiescent Current (Note 9)	SMBus Inactive, 16Hz conversion rate	0.8	1.7	mA (max)
	Shutdown	315		μA
D- Source Voltage		0.7		V
Diode Source Current	(D+ - D-) = + 0.65V; high level	160	315	μA (max)
			110	μA (min)
	Low level	13	20	μA (max)
			7	μA (min)
$\overline{\text{ALERT}}$ and $\overline{\text{T_CRIT_A}}$ Output Saturation Voltage	$I_{OUT} = 6.0\text{mA}$		0.4	V (max)
Power-On Reset Threshold	Measure on V_{DD} input, falling edge		2.4	V (max)
			1.8	V (min)
Local and Remote HIGH Default Temperature settings	(Note 11)	+70		$^\circ\text{C}$
Local and Remote LOW Default Temperature settings	(Note 11)	0		$^\circ\text{C}$
Local $\overline{\text{T_CRIT}}$ Default Temperature Setting	(Note 11)	+85		$^\circ\text{C}$

温度 - デジタル変換電気的特性 (つづき)

特記のない限り、以下の仕様は、 $V_{DD} = +3.0V_{DC} \sim +3.6V_{DC}$ に対して適用されます。太文字表記のリミット値は $T_A = T_J = T_{MIN}$ 、 T_A 、 T_{MAX} にわたって適用され、その他のすべてのリミット値は $T_A = T_J = +25$ に対して適用されます。

Parameter	Conditions	Typical (Note 6)	Limits (Note 7)	Units (Limit)
Remote T_CRIT Default Temperature Setting	(Note 11)	+110		°C

ロジック電気的特性

DIGITAL DC 特性

特記のない限り、以下の仕様は、 $V_{DD} = +3.0V_{DC} \sim +3.6V_{DC}$ に対して適用されます。太文字表記のリミット値は $T_A = T_J = T_{MIN}$ 、 T_A 、 T_{MAX} にわたって適用され、その他のすべてのリミット値は $T_A = T_J = +25$ に対して適用されます。

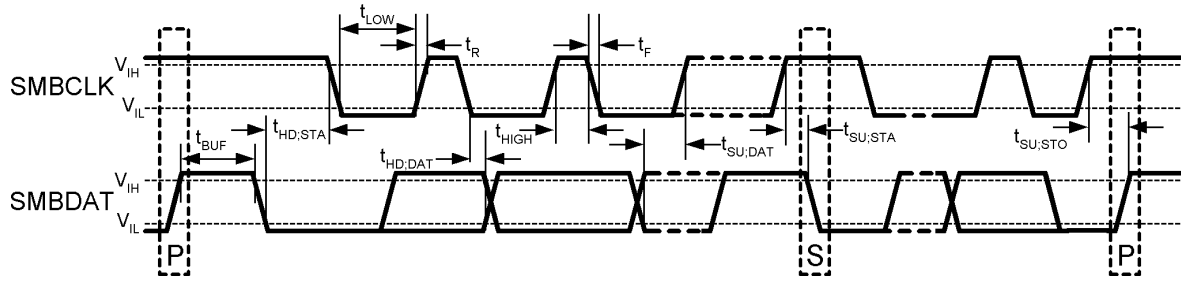
Symbol	Parameter	Conditions	Typical (Note 6)	Limits (Note 7)	Units (Limit)
SMBData, SMBCLK INPUTS					
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage			2.1	V (min)
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage			0.8	V (max)
$V_{IN(HYST)}$	SMBData and SMBCLK Digital Input Hysteresis		400		mV
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current	$V_{IN} = V_{DD}$	0.005	±10	μA (max)
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current	$V_{IN} = 0$ V	-0.005	±10	μA (max)
C_{IN}	Input Capacitance		5		pF
ALL DIGITAL OUTPUTS					
I_{OH}	High Level Output Current	$V_{OH} = V_{DD}$		10	μA (max)
V_{OL}	SMBus Low Level Output Voltage	$I_{OL} = 4$ mA $I_{OL} = 6$ mA		0.4 0.6	V (max)

SMBus デジタル・スイッチング特性

特記のない限り、以下の仕様は $V_{DD} = +3.0V_{DC} \sim +3.6V_{DC}$ 、 $C_L = 80$ pF (容量性負荷) に対して適用されます。太文字表記のリミット値は $T_A = T_J = T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ にわたって適用され、その他のすべてのリミット値は $T_A = T_J = +25$ に対して適用されます。LM89のスイッチング特性は、一般に公表されている SMBus(version 2.0) の規定に完全に合致するかまたはそれより優れています。以下のパラメータは、の SMBCLK 信号と SMBData 信号との間のタイミング関係を示したものです。これらパラメータは SMBus 仕様に従うものですが、必ずしも同一ではありません。

Symbol	Parameter	Conditions	Typical (Note 6)	Limits (Note 7)	Units (Limit)
f_{SMB}	SMBus Clock Frequency			100 10	kHz (max) kHz (min)
t_{LOW}	SMBus Clock Low Time	from $V_{IN(0)max}$ to $V_{IN(0)min}$		4.7 25	μs (min) ms (max)
t_{HIGH}	SMBus Clock High Time	from $V_{IN(1)min}$ to $V_{IN(1)max}$		4.0	μs (min)
$t_{R,SMB}$	SMBus Rise Time	(Note 12)	1		μs (max)
$t_{F,SMB}$	SMBus Fall Time	(Note 13)	0.3		μs (max)
t_{OF}	Output Fall Time	$C_L = 400$ pF, $I_O = 3$ mA, (Note 13)		250	ns (max)
$t_{TIMEOUT}$	SMBData and SMBCLK Time Low for Reset of Serial Interface (Note 14)			25 35	ms (min) ms (max)
$t_{SU, DAT}$	Data In Setup Time to SMBCLK High			250	ns (min)
$t_{HD, DAT}$	Data Out Stable after SMBCLK Low			300 900	ns (min) ns (max)
$t_{HD, STA}$	Start Condition SMBData Low to SMBCLK Low (Start condition hold before the first clock falling edge)			100	ns (min)
$t_{SU, STO}$	Stop Condition SMBCLK High to SMBData Low (Stop Condition Setup)			100	ns (min)
$t_{SU, STA}$	SMBus Repeated Start-Condition Setup Time, SMBCLK High to SMBData Low			0.6	μs (min)
t_{BUF}	SMBus Free Time Between Stop and Start Conditions			1.3	μs (min)

SMBus Communication



Note 1: 「絶対最大定格」とは、デバイスに破壊が発生する可能性のある制限値をいいます。デバイスが記載の試験条件下で動作しない場合、いくつかの性能特性が低下することがあります。

Note 2: いずれかの端子で入力電圧 (V_{IN}) が電源電圧を超えた場合 ($V_{IN} < GND$ または $V_{IN} > V_{DD}$)、その端子の入力電流を 5mA 以下に制限しなければなりません。

LM89 の端子に接続する寄生ダイオード・コンポーネントや ESD のための内部保護用回路を下に示します。D3 の公称降伏電圧は 6.5V です。D + および D - の各端子に存在する寄生ダイオード D1 には、順方向バイアスをかけないよう注意してください。50mV を超える順方向バイアスをかけると、温度測定に支障を生じます。

Pin Name	PIN #	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	R1	SNP	ESD CLAMP
V_{DD}	1										x
D+	2	x	x				x	x	x		x
D-	3	x	x			x	x	x			x
\bar{T}_{CRIT_A}	4							x	x	x	
\bar{ALERT}	6							x	x	x	
SMBData	7							x	x	x	
SMBCLK	8									x	

Note: “ x ” はダイオードが存在することを示します。

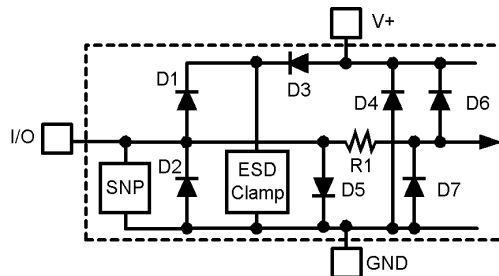


FIGURE 1. ESD Protection Input Structure

Note 3: 表面実装部分のハンダ付けに関するその他の推奨条件と方法については、“ <http://www.national.com/packaging/> ” を参照してください。

Note 4: 人体モデルの場合、100pF のコンデンサから直列抵抗 1.5k を通して各端子に放電させます。マシン・モデルの場合は、200pF のコンデンサを介して直接各端子に放電させます。

Note 5: 2 オンス箔のプリント回路基板に実装したときの接合部から周囲への熱抵抗は次のようになります。

- SOIC-8 = 168 /W
- MSOP-8 = 210 /W

Note 6: 代表値 (Typical) は、 $T_A = 25$ で得られる最も標準的な数値です。

Note 7: リミット値はナショナル セミコンダクター社の平均出荷品質レベル AOQL に基づき保証されます。

Note 8: ローカル温度精度には、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内部消費電力と熱抵抗の積となります。(Note 5) 記載の熱抵抗値を用いて自己発熱を求めてください。

Note 9: 待機時消費電流は SMBus がアクティブになってもあまり増えません。

Note 10: この仕様は、温度データがどれくらいの頻度でアップデートされるかを示すためにのみ規定されています。LM89 は変換状態に関係なくいつでも読み出しが可能です (その時の最後の変換結果を読み出しデータとして生成します) 。

Note 11: デフォルト値は、電源投入時に設定されます。

Note 12: 出力立ち上がり時間は、($V_{IN(0)max} + 0.15V$) から ($V_{IN(1)min} - 0.15V$) の時間として測定されています。

Note 13: 出力立ち下がり時間は、($V_{IN(1)min} - 0.15V$) から ($V_{IN(1)min} + 0.15V$) の時間として測定されています。

Note 14: SMBData または SMBCLK ラインを $t_{TIMEOUT}$ 時間以上 LOW に保持すると、LM89 内部の SMBus ステート・マシンはリセットされ、SMBData 端子および SMBCLK 端子はそれぞれハイ・インピーダンスになります。

1.0 機能説明

LM89 温度センサは、ローカルまたはリモート・ダイオードを使用した V_{BE} 温度センサと 10 ビット+サイン A/D コンバータ (デルタ-シグマ型 A/D コンバータ) を組み合わせたものです。LM89 は、シリアル SMBus (version 2) 2 線式インタフェースと互換性があります。デジタル・コンパレータは、測定されたローカル温度 (LT) を、ユーザーが設定可能なローカル HIGH (LHS)、ローカル LOW (LLS)、 T_{CRIT} (LCS) の各設定ポイント・レジスタの温度リミットと比較します。また測定されたリモート温度 (RT) は、同様にデジタル・コンパレータにより、ユーザーが設定可能なリモート HIGH (RHS)、リモート LOW (RLS)、 T_{CRIT} (LCS) の各設定ポイント・レジスタの温度リミットと比較されます。ALERT 出力は、比較結果が T_{CRIT} 設定ポイントまたは HIGH 設定ポイントを超えたか、もしくは LOW 設定ポイントを下回ったことを示します。 T_{CRIT_A} 出力はヒステリシス特性を有するデジタル・コンパレータの比較結果です。ヒステリシス特性は、 $[T_{CRIT}$ ヒステリシス・レジスタ] (TH) に設定可能です。 T_{CRIT_A} 出力は、温度が T_{CRIT} 設定ポイントを超えるとアサートされ、温度が ($T_{CRIT} - TH$) に下がるまで保持されます。 $[T_{CRIT}$ ヒステリシス・レジスタ] の設定値は、リモート温度とローカル温度の両方に適用されます。

[構成レジスタ] の RUN/STOP ビットをセットすると、LM89 は低消費電力 (シャットダウン) モードに入ります。シャットダウン・モードでは、SMBus インタフェース部を除き、そのほかのすべての回路はターン・オフされます。

[ローカル温度レジスタ] と [ローカル HIGH/LOW 設定ポイント・レジスタ] のデータ・フォーマットは 8 ビット幅です。一方、[リモート温度レジスタ] と [リモート HIGH/LOW 設定ポイント・レジスタ] のデータ・フォーマットは 11 ビット幅で、16 ビット・レジスタに左詰め (上位詰め) されています。[リモート温度レジスタ] と [リモート HIGH/LOW 設定ポイント・レジスタ] の各レジスタは、HIGH バイトと LOW バイトの 2 つの 8 ビット・レジスタで構成されています。[リモート温度オフセット・レジスタ] (RTOLB と RTOHB) は、「4.1 ダイオード理想因子」の項で述べるように、ダイオードの理想因子による誤差を補正します。すなわち実際の温度取り込み値に、オフセット・レジスタの値を加算や減算した値がリモート温度として読み出されます。

1.1 A/D 変換順序

LM89 は、ローカル温度 (LT) の変換、リモート温度 (RT) の変換、および各レジスタの更新を、およそ 31.25ms で一巡して処理します。変換処理が行われている間、[ステータス・レジスタ] (02h) の Busy ビット (D7) が HIGH になります。変換処理順はラウンド・ロビン式です。変換レートは [変換レート・レジスタ] (04h) で変更できます。変換レートを変更しても、一連の変換処理と次の変換処理の間にディレイが挿入されるだけで、実際の変換処理は 31.25ms のままです。なお変換レートを変更すると、LM89 の消費電流は Figure 2 に示すように変わります。

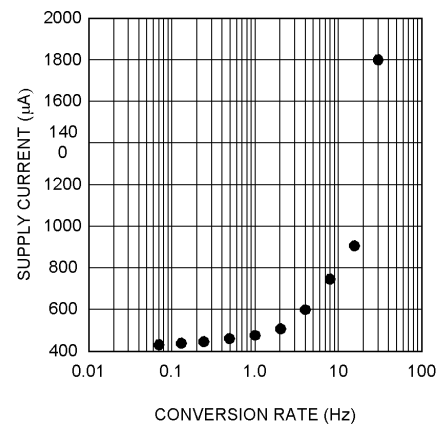


FIGURE 2. Conversion Rate Effect on Power Supply Current

1.2 ALERT 出力

LM89 の ALERT 端子はアクティブ LOW のオープンドレイン出力で、温度が設定ポイント・レジスタのリミットから外れたときにアサートされます。一方、ALERT 出力のリセット方法は下記に述べるように、使い方によって異なります。LM89 の ALERT 出力は広範な用途に対応できるように単純な温度コンパレータ出力、温度による割り込みフラグ出力、SMBus アラート・システムの 3 つの動作モードを持ち、システム設計者は最適な使用方法を選択できます。これら 3 つの使用法は後述しますが、温度コンパレータ出力動作と温度による割り込みフラグ出力動作は、LM89 に対する処理が単に異なるだけです。

LT と RT それぞれの温度変換ごとに、 $[T_{CRIT}$ 設定ポイント・レジスタ] (LCS と RCS)、 $[HIGH$ 設定ポイント・レジスタ] (LHS と RHS) および $[LOW$ 設定ポイント・レジスタ] (LLS と RLS) が比較されます。温度変換サイクルの終了時点で、取り込んだ温度が HIGH 設定ポイントまたは T_{CRIT} 設定ポイントより高いか、あるいは LOW 設定ポイントより低いかわ、デジタル・コンパレータにより判断します。比較結果が該当しければ [構成レジスタ] の ALERT マスク・ビットが "0" であれば、[ステータス・レジスタ] の Busy (D7) と OPEN (D2) を除く対応するビットがセットされ、ALERT 出力が LOW にセットされます。すなわち温度変換の結果が各設定ポイント・レジスタのリミットから外れた場合、ALERT がセットされます。なおそれぞれの動作モードで [構成レジスタ] の ALERT マスク・ビットをクリアしないと、ALERT 出力はリセットされません。

1.2.1 温度コンパレータとしての ALERT 出力

温度監視を割り込みサービスによって処理しないシステムに LM89 を適用する場合、ALERT を単なる温度コンパレータ出力として用います。この使用方法では ALERT 出力を LOW にセットした条件が解消されると、ただちに ALERT 出力はリセットされます (Figure 3)。たとえば ALERT 出力が $LT > LHS$ の比較結果により LOW にセットされても、その後この条件が成立しなくなれば ALERT 出力はリセットされ信号ラインはプルアップにより HIGH に戻ります。本モードでは、セットアップ時にレジスタを設定すれば、その後ソフトウェアの介入は必要ありません。温度コンパレータとして ALERT 出力を使うには、[フィルタおよびアラート構成レジスタ] (xBF) の D0 ビット (ALERT 構成ビット) を "1" にします。パワーオン・デフォルトではないので注意してください。

1.0 機能説明 (つづき)

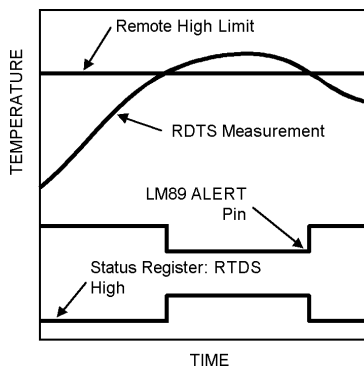


FIGURE 3. ALERT Comparator Temperature Response Diagram

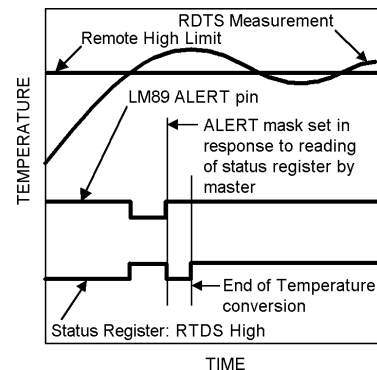


FIGURE 4. ALERT Output as an Interrupt Temperature Response Diagram

1.2.2 割り込みフラグとしての ALERT 出力

LM89 の ALERT 出力は、割り込みルーチンをトリガする単純な割り込み信号として実装できます。そうしたシステムでは、割り込み処理が完了するまで、割り込みが繰り返し出力されるのは望ましくありません。本動作モードで [ステータス・レジスタ] の Busy(D7) と OPEN(D2) を除く任意のビットがセットされている場合、[ステータス・レジスタ] の読み出しにより ALERT マスク・ビット ([構成レジスタ] の D7) が自動的にセットされます。このマスクにより、外部マスタが割り込みルーチンの完了時に ALERT マスク・ビットをクリアするまで、ALERT 出力の余分なアサートが抑止されます。[ステータス・レジスタ] の各ビットは、マスタからの読み出しでのみクリアされ (Figure 4)、次の変換サイクルで温度条件が続いていれば再びセットされます。以上のように ALERT 出力を割り込みフラグとして使うには、[フィルタおよびアラート構成レジスタ] (xBF) の D0 ビット (ALERT 構成ビット) を "0" にします。これはパワーオン・デフォルトです。

ALERT 出力を割り込みフラグとして用いた場合のシステムの処理手順を以下に示します。

1. 外部マスタが ALERT 出力が LOW にセットされたことを感知します。
2. 外部マスタは LM89 の [ステータス・レジスタ] を読み出し、ALERT の原因を判定します。
3. LM89 は [ステータス・レジスタ] の該当ビットをクリアし、ALERT 出力をリセットし、ALERT マスク・ビット ([構成レジスタ] の D7 ビット) をセットします。
4. マスタは ALERT をトリガした原因に対して、ファンを回転させる、設定ポイント・リミットを変更するなどの処理を行います。
5. マスタは ALERT マスク・ビット ([構成レジスタ] の D7 ビット) をリセットします。

1.2.3 SMBus ALERT としての ALERT 出力

ALERT 出力を、1 つ以上の SMBus 互換デバイスの ALERT 出力とともに SMBus マスタに接続すると、SMBus ALERT ラインが構成されます。この方法では、LM89 の ALERT は ARA (アラート・レスポンス・アドレス) プロトコルを使って動作します。SMBus version 2.0 仕様書の Appendix A で定義されている SMBus 2.0 ARA プロトコルは、システム動作に対する影響を抑えながら、マスタが割り込みを発生したスレーブ・デバイスの同定と、続く割り込みサービスを行えるように設計されたプロトコルです。

SMBus ALERT ラインには SMBus 上のすべてのデバイスのオープンドレイン出力が接続されるので、ワイヤード・オア構成となります。ARA は、SMBus マスタがどのデバイスが SMBus ALERT ラインを LOW に引き込んでいるかを単一コマンドで識別し、かつ同じトリガ条件によって再び LOW に引き込まれるのを防ぐ方式です。バス上のすべてのデバイスが ARA コマンドを受信しますが、そのうち SMBus ALERT ラインを LOW にしたデバイスがマスタにアドレスを送信し、アドレスが正しく送信されたことを認識したあとで SMBus ALERT ラインをリセットします。

SMBus version 1.1 と version 2.0 の両仕様書では、ARA (アラート・レスポンス・アドレス) に対する応答を「デバイスはスレーブ・アドレスがアクラッジされたあと、SMBALERT のプルダウンを開放しなければならない」とおよび「メッセージ送信の完了後もホストから SMBALERT が LOW として見える場合、再び ARA メッセージを送出するように対応していなければならない」と規定しています。SMBus で要求されている上記の「SMBALERT の開放」は、SMBALERT ラインのロックアップを防ぎます。この「SMBALERT の開放」要求を、LM89 の競合デバイスは備えていないか異なる方法で実装しています。LM89 が推奨する ARA プロトコルを実装した SMBus システムは、すべての競合デバイスと互換性を有します。

LM89 は、ALERT マスク・ビット ([構成レジスタ] (09h) のビット D7) をセットすると、ARA に対する応答として自身のアドレスを正しく送出し終えたあと ALERT 出力を開放にするので、「SMBALERT の開放」要求を満たします。ALERT マスク・ビットがセットされると、ソフトウェアによってクリアされるまで ALERT 出力は開放のままとなります。ALERT を再びインペブルにするには、マスタは割り込みサービス・ルーチンでアドレス 02h にある [ステータス・レジスタ] を読み出し、次に割り込みサービス・ルーチンの終わりで [構成レジスタ] 内の ALERT マスク・ビットをクリアしなければなりません。

ARA 応答プロトコルのシーケンスは次の通りです。

1.0 機能説明 (つづき)

1. マスタが SMBus ALERT ラインの LOW レベルを検知します。
2. マスタは START ビットに続いて、アラート・レスポンス・アドレス (ARA) とリード・コマンドを送出します
3. アラートを出力しているデバイス (複数の場合あり) は ACK を送出します。
4. アラートを出力しているデバイス (複数の場合あり) は自身のアドレスを送出します。アドレスを送出中、アラートを出力しているデバイスは、自身のアドレスが正しく送信されているかをモニタします。(LM89はアドレスが正しく送出されると、ALERT 出力を開放し ALERT マスク・ビットをセットします)。
5. マスタは NoACK 信号によりリード終了をスレーブに伝えます。
6. マスタは STOP を送出します。
7. マスタは ALERT をトリガした原因に対して、[ステータス・レジスタ] の読み出し、ファンを回転させる、設定ポイント・リミットを変更するなどの処理を行います。
8. マスタは ALERT マスクをクリアします ([構成レジスタ] の D7 ビット)。

ARA 000 1100 はゼネラル・コール・アドレスです。このアドレスにはデバイスは割り当てられていません。

[フィルタおよびアラート構成レジスタ] (BFh) の Bit D0 (ALERT Configure ビット) は、LM89 を ARA コマンドに回答させるために "0" にしなければなりません。

ALERT 出力は、[構成レジスタ] の D7 ビットである ALERT マスクをセットするとディスエーブルできます。ALERT マスク・ビットと ALERT Configure ビットのパワーオン・デフォルトはどちらも "0" です。

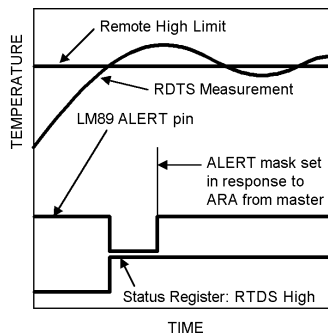
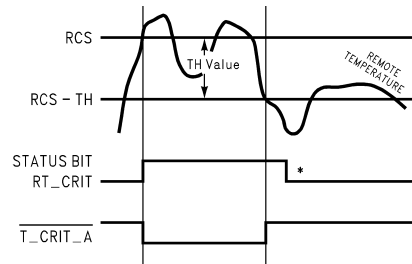


FIGURE 5. ALERT Output as an SMBus ALERT Temperature Response Diagram

1.3 T_CRIT_A 出力、T_CRIT リミット

T_CRIT_A 出力が LOW にセットされるのは、Figure6 に示すように、温度比較結果が、あらかじめ設定された [T_CRIT 設定ポイント・レジスタ] の値を超えたことを表しています。どの要因でアラートが起こったかは、[ステータス・レジスタ] の読み出しにより判別できます。すなわち [ステータス・レジスタ] で "1" になっているビットが、どのダイオードからの温度取り込み時に T_CRIT 設定ポイントを超えてアラートの原因となったかを示しています。ステータス・レジスタのビット定義については、セクション 2.3 を参照してください。

ローカル・ダイオードと 3 つのリモート・ダイオードは、A/D コンバータによって順番にサンプリングされます。T_CRIT_A 出力と [ステータス・レジスタ] の各フラグは、ローカル温度とリモート温度の変換サイクルごとに更新されます。T_CRIT_A 出力には比較の状態が反映されますが、温度が (RCS 設定ポイント - TH スレッシュホールド) を下回るとセットされます。[ステータス・レジスタ] の当該フラグは、Figure6 に示すように [ステータス・レジスタ] を読み取り、かつ温度変換結果が T_CRIT 設定ポイントより低いときのみクリアされます。



* Note: Status Register Bits are reset by a read of Status Register.

FIGURE 6. T_CRIT_A Temperature Response Diagram

1.4 パワーオン・デフォルト

LM89 はパワーオン後にデフォルト状態になります。最初の温度変換が開始されるまで、デフォルト状態を保ちます。

1. [コマンド・レジスタ] は 00h に設定されています。
2. ローカル温度は 0 になっています。
3. 最初の変換の終了時点までリモート温度は 0 になっています。
4. [ステータス・レジスタ] は 00h に設定されています。
5. [構成レジスタ] のデフォルト値は 00h です。ALERT マスクはイネーブル、Remote T_CRIT_A mask はイネーブル、および Local T_CRIT_A mask はイネーブルです。
6. ローカルの T_CRIT 設定ポイントのデフォルト温度は 85 です。
7. リモートの T_CRIT 設定ポイントのデフォルト値は 110 です。
8. ローカルとリモートの HIGH 設定ポイントのデフォルト値は 70 です。
9. ローカルとリモートの LOW 設定ポイントのデフォルト値は 0 です。
10. [フィルタおよびアラート構成レジスタ] のデフォルト値は 00h です。フィルタはディスエーブル、ALERT 出力は SMBusALERT モードです。
11. [変換レート・レジスタ] のデフォルト値は 8h で、変換レートは 16 回 / 秒になります。

1.5 SMBus インタフェース

LM89 は、SMBus 上でスレーブとして動作します。このとき、SMBCLK ラインはクロック入力として、SMBData ラインは双方向にデータラインとして動作します。LM89 は SMBCLK ラインを駆動することはありません、またクロック・ストレッチングには対応していません。SMBus 仕様に基づき LM89 は 7 ビットのスレーブ・アドレスを持っています。アドレス A6 から A0 の各ビットはあらかじめ設定されており、ソフトウェアまたはハードウェア的に変更はできません。LM89 と LM89-1 の SMBus スレーブ・アドレスは以下のとおりです。

Version	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
LM89	1	0	0	1	1	0	0
LM89-1	1	0	0	1	1	0	1

1.0 機能説明 (つづき)

1.6 温度データ・フォーマット

温度データは、[ローカル温度レジスタ]および[リモート温度レジスタ]から読み出されます。各設定ポイント・レジスタ (T_CRIT、LOW、HIGH) はそれぞれ読み出し/書き込みが可能です。

このうちすべてのリモート温度データは 11 ビットで表され、LSB (最下位ビット) が 0.125 に相当する 2 の補数です。データは 2 つの 8 ビット・レジスタに分けられており、16 ビット・ワードに対して左詰めとなっています。

Temperature	Digital Output	
	Binary	Hex
+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

一方ローカル温度は 8 ビットで表され、LSB (最下位ビット) が 1 に相当する 2 の補数です。

Temperature	Digital Output	
	Binary	Hex
+125°C	0111 1101	7Dh
+25°C	0001 1001	19h
+1°C	0000 0001	01h
0°C	0000 0000	00h
-1°C	1111 1111	FFh
-25°C	1110 0111	E7h
-55°C	1100 1001	C9h

1.7 オープンドレイン出力

SMBData、ALERT および T_CRIT_A 出力はオープンドレイン出力で内部プルアップはされていません。一般的には、プルアップ抵抗によって何らかの外周ソースからプルアップ電流が供給されるまでこの端子が、High レベルになることはありません。抵抗値の選択は、多くのシステムファクタに依存しますが、一般的にはプルアップ抵抗はできるだけ大きくしてください。これにより、LM89 の内部発熱に起因する内部温度読み出し値の誤差を最小限に抑えられます。2.1V の HIGH レベルが得られるプルアップ抵抗の最大値は、電源電圧が 3.0V のときの LM86 の High Level Output Current 特性に基づいて求められ、82k (5%) または 88.7k (1%) となります。

1.8 ダイオード障害検出

LM89 はリモート・ダイオードの故障検出回路を内蔵しています。D+ 端子が V_{DD} に短絡または端子が開放の場合、[リモート温度レジスタ]の HIGH バイト (RTHB) には 127 が、LOW バイト (RTLB) には 0 がそれぞれ入り、また [ステータス・レジスタ]の OPEN ビット (D2) は "1" にセットされます。そのため、[リモート T_CRIT レジスタ] (RCS) が 127 未満に設定されていた場合、ALERT マスクと T_CRIT マスクがディスエーブルであれば、ALERT 出力と T_CRIT_A 端子出力は LOW になります。また [リモート HIGH 設定ポイント・レジスタ]の HIGH バイト (RHSB) が 127 未満に設定されている場合、ALERT マ

スクがディスエーブルであれば ALERT 出力がアサートされます。なお OPEN ビットは ALERT 出力をトリガすることはありません。

D+ 端子がグラウンドに短絡もしくは D- 端子に短絡している場合、[リモート温度レジスタ]の HIGH バイト (RTHB) には -128 (1000 0000) が入り、[ステータス・レジスタ]の OPEN ビット (D2) はセットされません。-128 は動作定格範囲を超えており LM89 の動作条件としてありえないので、このような温度読み出しが得られた場合は、短絡故障が起きているとみなすべきです。[リモート LOW 設定ポイント・レジスタ]の HIGH バイト (RLSHB) が -128 より高く、かつ ALERT マスクがディスエーブルであれば、この状態のときに ALERT 出力がアサートされます。

以前にリリースされた同様の製品 (たとえば LM84 など) では、ダイオードが短絡しているときは 0 のコードが読み出されるようになっていました。LM89 で仕様を変更した理由は、本来の 0 と解釈されてしまうため、故障状態の判別ができないためです。

1.9 LM89 との通信

LM89 のデータ・レジスタは [コマンド・レジスタ]によって選択します。パワーオン・デフォルトでは [コマンド・レジスタ]は "00" となっており、[ローカル温度レジスタ]がアドレスされています。[コマンド・レジスタ]は、次に設定するまで最後に設定された値を保持します。各データ・レジスタには、4 種類のアクセス区分があります。

1. 読み出しのみ
2. 書き込みのみ
3. 同一アドレスに対する読み出しと書き込み
4. 異なるアドレスに対する読み出しと書き込み

LM89 への書き込みは、常にアドレス・バイトとコマンド・バイトが必要です。各レジスタへの書き込みには、1 データ・バイト (8 ビット幅) が必要です。

LM89 の読み出しは次の 2 つの方法のうちどちらかによって行われます。

1. [コマンド・レジスタ]にラッチされているアドレスのレジスタに対する読み出しは、SMBus のアドレス・バイトとこれに続くデータ・バイトで構成されます (LM89 で最も頻繁にアクセスされるレジスタは [ローカル/リモート温度レジスタ]であり、ほとんどの場合、[コマンド・レジスタ]はこれらレジスタのアドレスを示していると考えられます)。
2. [コマンド・レジスタ]に新たにアドレスを設定する場合は、アドレス・バイトとコマンド・バイトによりアドレスを書き込み、続いてマスタが再びスタートとアドレス・バイトを送出して所望のレジスタの読み出しを行います。

SMBus におけるシリアル・データの送出順は MSB が最初です。読み出し終了時には、LM89 はマスタからの ACK もしくは NACK の両方に対応します (NACK は一般的に、マスタが最後のバイトを読み出したことをスレーブに示すために使われます)。LM89 がリモート・ダイオードと内蔵ダイオードから温度を測定するには 31.25ms かかります。最新のダイオード温度測定から 10 ビットすべてを読み取る場合、マスタはその 10 ビットすべてを同じ温度変換結果から読み込まなければなりません。そこで、ワンショット・モードを使用するか、変換レートを設定している場合は温度測定データの MSB と LSB の読み出しの間に変換が発生していないことをビジー・ビットでモニタします。

1.0 機能説明 (つづき)

1.9.1 SMBus タイミング図

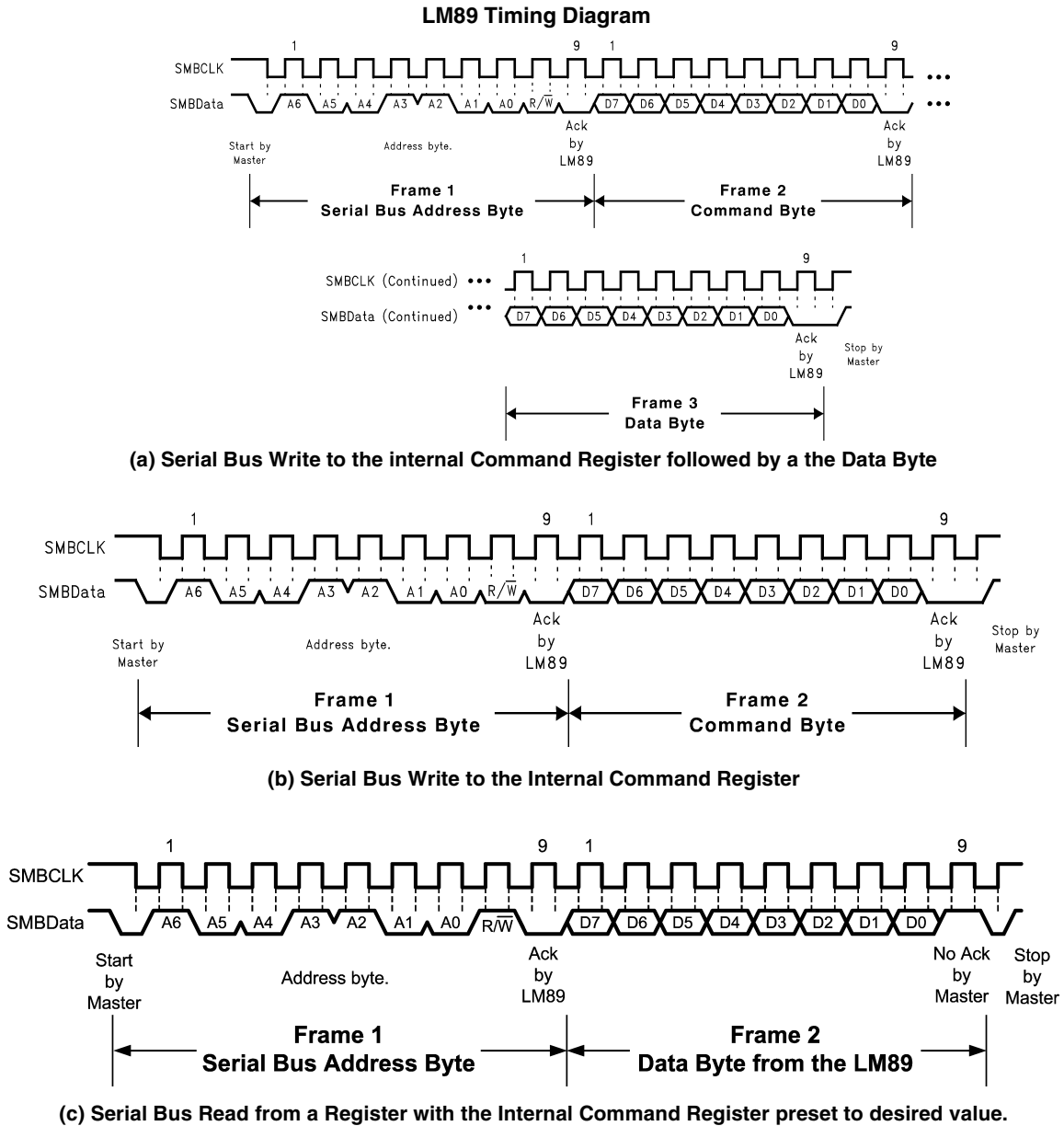


FIGURE 7. SMBus Timing Diagrams

1.10 シリアル・インタフェースのリセット

LM89 が SMB Data ラインにデータを送出しているときに SMBus マスタがリセットされた場合、コミュニケーション・プロトコルにおける既知の状態に LM89 を遷移させなければなりません。これには 2 つの方法があります。

1. SMBData が LOW のとき、SMBCLK のどちらかが 35ms (t_{TIMEOUT}) 以上 LOW が続くと、LM89 の SMBus ステート・マシンは SMBus をアイドル・ステートにリセットします。SMBus 仕様 2.0 では、SMBCLK もしくは SMBData ラインが 25 ~ 35ms LOW になった場合、すべてのデバイスはタイムアウトすると規定されています。そのため、バス上のすべてのデバイスを確実にタイムアウトさせるために、SMBCLK か SMBData ラインを短くとも 35ms は LOW に保持しなければなりません。

2. SMBData が HIGH のとき、マスタは SMBus スタートを開始します。LM89 はコミュニケーションの任意のタイミングで、SMBus スタートに適切に応答します。スタート後、LM89 は SMBus アドレス・バイトを待ち受けます。

1.11 デジタル・フィルタ

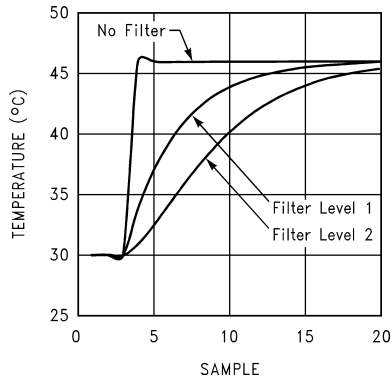
ノイズによるリモート温度の読み出し誤りを防ぐため、LM89 は設定可能なデジタル・フィルタを内蔵しています。フィルタは、アドレス BFh の [フィルタおよびアラート構成レジスタ] から設定でき、次のようになります。

1.0 機能説明 (つづき)

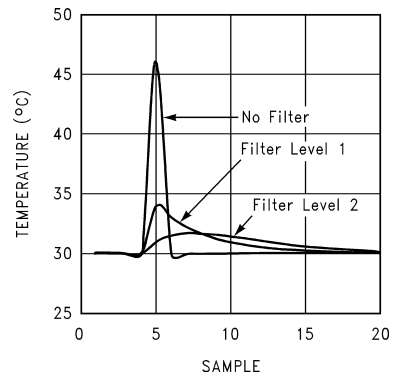
D2	D1	Filter
0	0	No Filter
0	1	Level 1
1	0	Level 1
1	1	Level 2

Level 2 が最もフィルタ効果が高くなります。

Figure 8 に、ステップ入力とインパルス入力におけるフィルタ出力の応答特性を示します。Figure 9 は、インテル Pentium4 プロセッサ・システムにデジタル・フィルタを適用した場合です。2つの曲線はフィルタありとフィルタなしの場合ですが、わかりやすくするために温度オフセットを与えています。なお実際にはフィルタをオンにしても、図のように温度オフセットが加わることはありません。



a) Step Response



b) Impulse Response

FIGURE 8. Filter Output Response to a Step Input

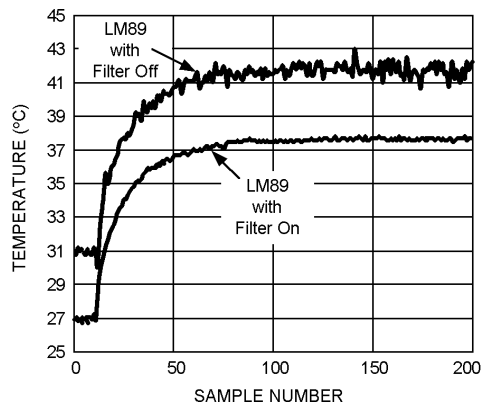


FIGURE 9. Digital Filter Response in a Pentium 4 processor System. The filter on and off curves were purposely offset to better show noise performance.

1.0 機能説明 (つづき)

1.12 フォルト・キュー

ALERT および T_CRIT の誤トリガを防ぐため、LM89 はフォルト・キューを内蔵しています。フォルト・キューは、リモート測定温度が確実に HIGH、LOW、T_CRIT の各設定ポイントを超えたことを保証する方式で、Figure10 に示すように 3 回連続するまではトリガをしません。フォルト・キュー機能はパワーオン・デフォルトはディスエーブルで、[構成レジスタ] (09h) の D0 ビットを "1" にするとイネーブルになります。

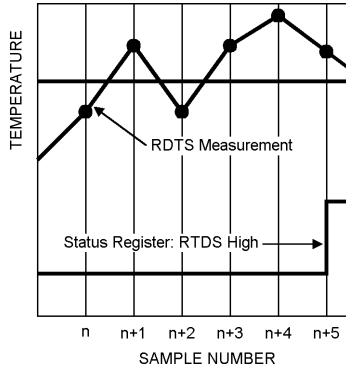


FIGURE 10. Fault Queue Temperature Response Diagram

1.13 ワンショット・レジスタ

[ワンショット・レジスタ] は、デバイスがスタンバイ・モードのとき単一の変換サイクルを起動するために用いられ、その後デバイスはスタンバイ・モードに戻ります。[ワンショット・レジスタ] はデータ・レジスタではなく、ワンショット変換をトリガする書き込み動作レジスタです。したがって本アドレスに書き込まれたデータは無視されます。また本レジスタを読み出すと、常にゼロが返されます。

2.0 LM89 のレジスタ

2.1 コマンド・レジスタ

読み出したり書き込みが行われ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・バイト期間に送信します。

P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
Command Select							

P0-P7: コマンド・セレクト

Command Select Address		Power-On-Default State		Register Name	Register Function
Read Address <P7:P0> hex	Write Address <P7:P0> hex	<D7:D0> binary	<D7:D0> decimal		
00h	NA	0000 0000	0	LT	Local Temperature
01h	NA	0000 0000	0	RTHB	Remote Temperature High Byte
02h	NA	0000 0000	0	SR	Status Register
03h	09h	0000 0000	0	C	Configuration
04h	0Ah	0000 1000	8 (16 conv./sec)	CR	Conversion Rate
05h	0Bh	0100 0110	70	LHS	Local HIGH Setpoint
06h	0Ch	0000 0000	0	LLS	Local LOW Setpoint
07h	0Dh	0100 0110	70	RHSHB	Remote HIGH Setpoint High Byte
08h	0Eh	0000 0000	0	RLSHB	Remote LOW Setpoint High Byte
NA	0Fh			One Shot	Writing to this register will initiate a one shot conversion
10h	NA	0000 0000	0	RTLB	Remote Temperature Low Byte
11h	11h	0000 0000	0	RTOHB	Remote Temperature Offset High Byte

2.0 LM89 のレジスタ (つづき)

Command Select Address		Power-On-Default State		Register Name	Register Function
Read Address <P7:P0> hex	Write Address <P7:P0> hex	<D7:D0> binary	<D7:D0> decimal		
12h	12h	0000 0000	0	RTOLB	Remote Temperature Offset Low Byte
13h	13h	0000 0000	0	RHSLB	Remote HIGH Setpoint Low Byte
14h	14h	0000 0000	0	RLSLB	Remote LOW Setpoint Low Byte
19h	19h	0110 1110	110	RCS	Remote T_CRIT Setpoint
20h	20h	0101 0101	85	LCS	Local T_CRIT Setpoint
21h	21h	0000 1010	10	TH	T_CRIT Hysteresis
B0h-BEh	B0h-BEh				Manufacturers Test Registers
BFh	BFh	0000 0000	0	RDTF	Remote Diode Temperature Filter
FEh	NA	0000 0001	1	RMD	Read Manufacturer's ID
FFh	NA	LM89 0011 0001 LM89-1 0011 0100	49 52	RDR	Read Stepping or Die Revision Code

2.2 ローカル温度レジスタ (LT) およびリモート温度レジスタ (RTHB、RTLb)

(読み出し専用アドレス 00h、01h):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	SIGN	64	32	16	8	4	2	1

LT と RTHB の D7 ~ D0: 温度データは、LSB が 1 に相当する 2 の補数です。

(読み出し専用アドレス 10h):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	0.5	0.25	0.125	0	0	0	0	0

RTLb D7 ~ D5: 温度データは、LSB (D5) が 0.125 に相当する 2 の補数です。

[ローカル温度レジスタ] の最大値は 127 で、最小値は - 128 です。また [リモート温度レジスタ] の最大値は 128.875 で、最小値は - 128.875 です。

2.3 ステータス・レジスタ (SR)

(読み出し専用アドレス 02h):

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Busy	LHIGH	LLOW	RHIGH	RLOW	OPEN	RCRIT	LCRIT

パワーオン・デフォルトは全ビット "0" です。

D0: LCRIT: "1" のとき、ローカル・ダイオードのクリティカル温度アラートを示します。

D1: RCRIT: "1" のとき、リモート・ダイオードのクリティカル温度アラートを示します。

D2: OPEN: "1" のとき、リモート・ダイオードが接続されていないことを示します。

D3: RLOW: "1" のとき、リモート・ダイオードの LOW 温度アラートを示します。

D4: RHIGH: "1" のとき、リモート・ダイオードの HIGH 温度アラートを示します。

D5: LLOW: "1" のとき、ローカル・ダイオードの LOW 温度アラートを示します。

D6: LHIGH: W"1" のとき、ローカル・ダイオードの HIGH 温度アラートを示します。

D7: Busy: "1" のとき、A/D コンバータが変換処理中であることを示します。

2.4 構成レジスタ

(読み出しアドレス 03h/書き込みアドレス 09h):

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ALERT mask	RUN/STOP	0	Remote T_CRIT_A mask	0	Local T_CRIT_A mask	0	Fault Queue

パワーオン・デフォルトは全ビット "0" です。

D7: ALERT マスク。"1" のとき、ALERT 出力がマスクされます。

2.0 LM89 のレジスタ (つづき)

D6: RUN/STOP: "1" のとき、シャットダウン・モードになります。

D5: 未定義ビットでデフォルトは "0" です。

D4: Remote T_CRIT mask: "1" のとき、リモート・ダイオードの温度取り込み値が T_CRIT 設定ポイントを超えていても T_CRIT_A 出力を LOW にセットしません。

D3: 未定義ビットでデフォルトは "0" です。

D2: "1" のとき、ローカル・ダイオードの温度取り込み値が T_CRIT 設定ポイントを超えていても T_CRIT_A 出力を LOW にセットしません。

D1: 未定義ビットでデフォルトは "0" です。

D0: Fault Queue: "1" のとき、温度取り込み値が HIGH、LOW、または T_CRIT 設定ポイントを連続して 3 回超えないと、対応する [ステータス・レジスタ] のビットのセットおよび対応する出力端子をセットしません。

2.5 変換レート・レジスタ

(読み出しアドレス 04h/
書き込みアドレス 0Ah)

Value	Conversion Rate
00	62.5 mHz
01	125 mHz
02	250 mHz
03	500 mHz
04	1 Hz
05	2 Hz

(読み出しアドレス 04h/
書き込みアドレス 0Ah)

Value	Conversion Rate
06	4 Hz
07	8 Hz
08	16 Hz
09	32 Hz
10-255	Undefined

2.6 ローカル HIGH 設定ポイント・レジスタ (LHS) およびリモート HIGH 設定ポイント・レジスタ (RHSB、RHSB)

(読み出しアドレス 05h、07h/書き込みアドレス 0Bh、0Dh):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	SIGN	64	32	16	8	4	2	1

LHS、RHSB: HIGH 設定ポイントの温度データです。パワーオン・デフォルトは LHIGH = RHIGH = 70 で、LSB が 1 に相当する 2 の補数で設定します。

(読み出し / 書き込みアドレス 13h):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	0.5	0.25	0.125	0	0	0	0	0

RHSB: リモート HIGH 設定ポイントの LOW バイト温度データです。パワーオン・デフォルトは 0 で、LSB(D5) が 0.125 に相当する 2 の補数で設定します。

2.7 ローカル LOW 設定ポイント・レジスタ (LLS) およびリモート LOW 設定ポイント・レジスタ (RLSB および RLSB)

(読み出しアドレス 06h、08h/書き込みアドレス 0Ch、0Eh):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	SIGN	64	32	16	8	4	2	1

LLS、RLSB: LOW 設定ポイントの温度データです。パワーオン・デフォルトは LHIGH = RHIGH = 0 で、LSB が 1 に相当する 2 の補数で設定します。

(読み出し / 書き込みアドレス 14h):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	0.5	0.25	0.125	0	0	0	0	0

RLSB: リモート LOW 設定ポイントの LOW バイト温度データです。パワーオン・デフォルトは 0 で、LSB(D5) が 0.125 に相当する 2 の補数で設定します。

2.8 リモート温度オフセット・レジスタ (RTOHB、RTOLB)

(読み出し / 書き込みアドレス 11h):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	SIGN	64	32	16	8	4	2	1

2.0 LM89 のレジスタ (つづき)

RTOHB: リモート温度オフセットの HIGH バイトです。パワーオン・デフォルトは LHIGH = RHIGH = 0 で、LSB が 1 に相当する 2 の補数で設定します。

(読み出し / 書き込みアドレス 12h):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	0.5	0.25	0.125	0	0	0	0	0

RTOLB: リモート温度オフセットの LOW バイトです。パワーオン・デフォルトは 0 で、LSB(D5) が 0.125 に相当する 2 の補数で設定します。実際の温度取り込み値に、オフセット・レジスタの値を加算もしくは減算した値が [リモート温度レジスタ] から読み出されます。

2.9 ローカル T_CRIT 設定ポイント・レジスタ (LCS) およびリモート T_CRIT 設定ポイント・レジスタ (RCS)

(読み出し / 書き込みアドレス 20h, 19h):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	SIGN	64	32	16	8	4	2	1

D7 ~ D0: T_CRIT 設定ポイントの温度データです。パワーオン・デフォルトは Local T_CRIT = 85 および Remote T_CRIT = 110 です。LSB が 1 に相当する 2 の補数で設定します。

2.10 T_CRIT HYSTERESIS REGISTER (TH)

(読み出し / 書き込みアドレス 21h):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value				16	8	4	2	1

D7 ~ D0: T_CRIT 出力のヒステリシス温度です。パワーオン・デフォルトは TH = 10 で、LSB が 1 に相当します。最大値は 31 です。

2.11 フィルタおよび ALERT 構成レジスタ

(読み出しおよび書き込みアドレス BFh):

BIT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Value	0	0	0	0	0	Filter Level		ALERT Configure

D7 ~ D3: 未定義ビットでデフォルトは "0" です。

D2 ~ D1: 入力フィルタの設定で次の表に示します。

D2	D1	Filter Level
0	0	No Filter
0	1	Level 1
1	0	Level 1
1	1	Level 2

Level 2 が最もフィルタ効果が高くなります。

D0: "0" のとき ALERT 出力はコンパレータ・モードとなります。

2.12 製造メーカ ID レジスタ

(読み出しアドレス FEh) デフォルト値は 01h です。

2.13 ダイ・レビジョン・コード・レジスタ

(読み出しアドレス FFh) LM89 バージョンのデフォルト値は 31h または 10 進で 49 です。LM89-1 バージョンのデフォルト値は 34h または 10 進で 52 です。本レジスタはダイのレビジョン (ステッピング) が上がるごとに、ナショナル セミコンダクター社によって 1 が加算されます。

3.0 アプリケーション・ヒント

LM89 は、他の IC 温度センサと同様な方法で容易に応用でき、そのリモート・ダイオード検出機能によって、新しい方法でも使用可能になっています。LM89 はプリント回路基板にハンダ付けでき、ダイと端子の間が最良の熱伝導率の経路なので、LM89 の温度は、その端子にハンダ付けされているプリント回路基板のランドやトレースの温度を効率よく反映します。

ただし、これは、周囲空気温度がプリント回路基板の表面温度とほとんど同じである前提で成立します。周囲空気温度が基板の表面温度よりずっと高かったり、低かった場合は、LM89 のダイの実際の温度は基板表面温度と周囲空気温度の間の温度になります。主要な熱伝導経路はやはりリードを介してであり、したがって、回路基板の温度の方が、周囲空気温度より先はるかに大きくダイ温度に寄与します。

3.0 アプリケーション・ヒント (つづき)

LM89 で外界の温度を測定するには、リモート・ダイオードを使用します。測定対象 IC 内部のダイオード接続を利用すると、LM89 の温度とは独立して対象となる IC の温度を測定できます。LM89 は 0.13µm の Pentium4 プロセッサ、またはモバイル Pentium4 プロセッサ-M のサーマルダイオードの測定に最適化されています。ディスクリット・ダイオードを使用しても、外部の対象物または周囲空気の温度を検出できます。ディスクリット・ダイオードの温度は、リードの温度に影響を受け、多くの場合はその温度に支配されることを忘れないでください。

ほとんどのシリコン・ダイオードが、LM89 でそれ自体の温度を測定する用途には適していません。コレクタをベースに接続した 2N3904 ランジスタのベースとエミッタに D +、D - を接続して使用することを推奨します。

LM89 にダイオード接続した 2N3904 を組み合わせると、LM89 に Pentium4 プロセッサを組み合わせた場合の温度読み取り値からおよそ 1 低い近似値が得られます。

$$T_{2N3904} = T_{P4} - 1^{\circ}\text{C}$$

3.1 ダイオードの理想因子

3.1.1 精度に対するダイオード理想因子の影響

トランジスタをダイオード接続した場合、 V_{BE} 、 T および I_F の間には次の関係があります。

$$I_F = I_S \left[e^{\frac{V_{be}}{\eta V_t}} - 1 \right]$$

ここで、

$$V_t = \frac{kT}{q}$$

- q = 電子の電荷量で 1.6×10^{-19} C (クローン)
- T = 単位を K とする絶対温度
- k = 1.38×10^{-23} joules/K (ボルツマン定数)
- η = ダイオードの製造プロセスに依存する理想因子
- I_S = 飽和電流でプロセスに依存
- I_F = ベース・エミッタ接合を流れる順方向電流
- V_{BE} = ベース・エミッタ間の電圧降下

動作領域では、右の (-1) 項は無視できるため省略可能で、それにより次式が導かれます。

$$I_F = I_S \left[e^{\frac{V_{be}}{\eta V_t}} \right]$$

上式で、 I_S と I_F は対象となるダイオードの製造で用いられたプロセスに依存します。2 つの電流 I_F と I_S の比 (N) を充分制御し、結果として生じる電圧差分を測定して、 I_S 項を省略できます。順方向電圧の差で式を解くと、

$$V_{be} = \eta \frac{kT}{q} \ln(N)$$

LM89 によって観測される電圧には直列抵抗による電圧降下 $I_F R_S$ も含まれます。理想因子 η は算出できない唯一のパラメータで、測定に使用するダイオードに依存します。 V_{BE} は T の両方に比例するので、 η の変動は温度の変動と区別できません。理想因子は、温度センサでは制御できないため、センサの誤差に直接加算されます。インテルは、Pentium4 プロセッサとモバイル Pentium4 プロセッサ-M で、 η に $\pm 0.1\%$ のばらつきが部品間に存在すると規定しています。例として、温度センサの 25 の室温における精度仕様が ± 1 で、使用するダイオード製造工程の理想因子のばらつきが $\pm 0.1\%$ だとします。結果の室温における温度センサの精度は次のようになります。

$$T_{ACC} = \pm 1^{\circ}\text{C} + (\pm 0.1\% \text{ of } 298^{\circ}\text{K}) = \pm 1.4^{\circ}\text{C}$$

各温度センサを、組み合わせるリモート・ダイオードの特性に含ませて校正すれば、 η に起因する温度測定上の誤差を排除できます。

Processor Family	η , non-ideality		
	min	typ	max
Pentium III CPUID 67h	1	1.0065	1.0125
Pentium III CPUID 68h/PGA370Socket/Celeron	1.0057	1.008	1.0125
Pentium 4, 423 pin	0.9933	1.0045	1.0368
Pentium 4, 478 pin	0.9933	1.0045	1.0368
0.13 micron, Pentium 4	1.0011	1.0021	1.0030
MMBT3904		1.003	
AMD Athlon MP model 6	1.002	1.008	1.016

3.1.2 ダイオード理想因子の補正

温度センサで理想因子による測定誤差を補正するには、特定のプロセッサに対応させた校正が必要です。ナショナル セミコンダクター社の温度センサは、所定プロセッサの理想因子の代表値に合わせて常に校正されています。LM89 はモバイル Pentium4 プロセッサの理想因子 1.0021 で校正されています。あるプロセッサ向けに校正された温度センサを、理想因子が異なる同じプロセッサ、または別のプロセッサに適用した場合は誤差が生じます。

理想因子によって生じる温度誤差は、[リモート温度オフセット・レジスタ] (11h と 12h) を使用して、特定の温度範囲内で低減できます。

異なるプロセッサにおける [リモート温度オフセット・レジスタ] の推奨値については、hardware.monitor.team@nsc.com までご連絡ください (英文で受け付けます)。

3.0 アプリケーション・ヒント (つづき)

3.2 ノイズを最小限に抑えるための PCB レイアウト



FIGURE 11. Ideal Diode Trace Layout

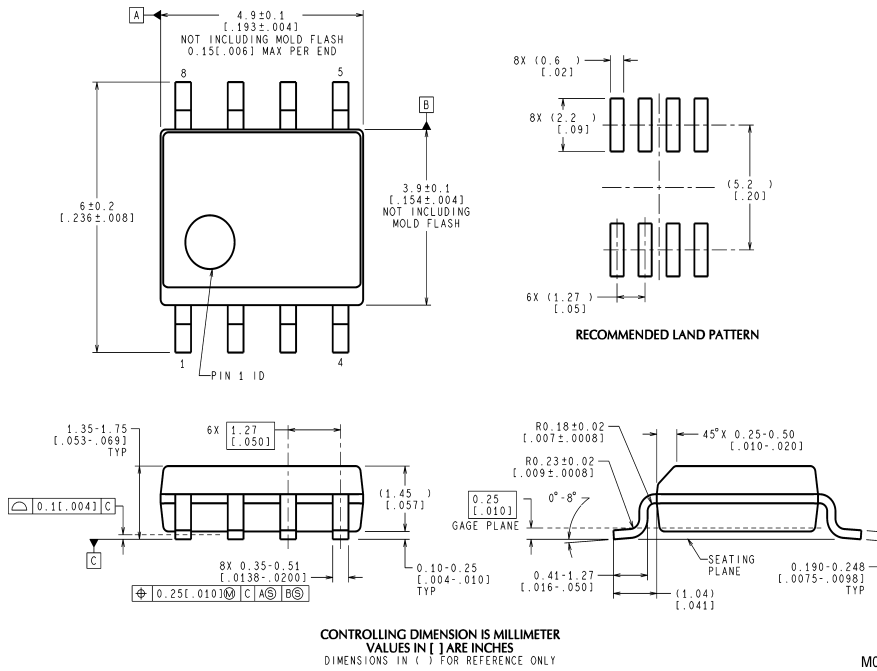
プロセッサのマザー・ボードのようにノイズの多い環境では、プリント基板のレイアウトに対する配慮が極めて重要です。リモート温度ダイオード・センサとの間をつないでいるトレースに誘導されるノイズが、温度変換誤差の原因になる場合があります。LM89 が測定する電圧は、 μV レベルであることに留意してください。レイアウトについては、以下のガイドラインに従ってください。

1. V_{DD} は 100pF のコンデンサを並列に接続した 0.1 μF のコンデンサでバイパスを行ってください。100pF のコンデンサは電源ピンのできるだけ近くに配置してください。10 μF 程度のバルク・コンデンサを LM89 の周囲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に 2.2nF のダイオード・バイパス・コンデンサが必要です。2.2nF のコンデンサは LM89 の D +ピンと D -ピン間のできるだけ近くに配置してください。2.2nF のコンデンサまでの両トレースを必ず一致させるようにします。
3. 理想的には、はプロセッサ・ダイオードの両端子から 10cm 以内に配置し、両者間の両トレースを可能な限り直線にし、かつ同じにします。1 の配線抵抗で 1 の誤差が生じます。[リモート温度オフセット・レジスタ] を用いると、実際の温度取り込み値にオフセット・レジスタの値を加算または減算した値がリモート温度として読み出されるので、誤差を補正できます。

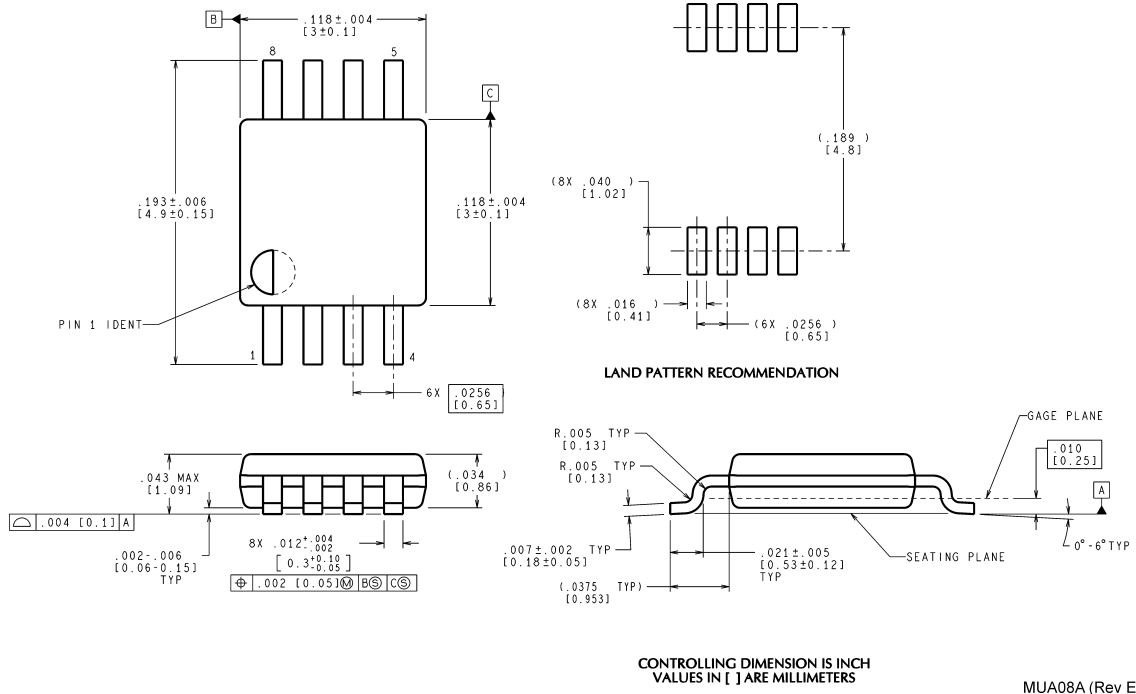
4. ダイオード用トレースを上下いずれかの面で、可能であれば上下両面で GND のガード・リングで囲みます。この GND ガードは D +ラインと D -ラインの間にあってはなりません。ダイオード・ラインへのノイズの結合が避けられない場合は、同相で結合させる、つまり D +および D -両ラインへの結合量を一致させることが理想的です。
5. ダイオード用トレースは、電源スイッチング用やフィルタ用のインダクタに近接させて配線しないようにします。
6. ダイオード用トレースは、高速デジタル・ラインやバス・ラインと近接させたり、並行に配線しないようにします。ダイオード・トレースは、高速デジタル・トレースとは最低 2cm は離しておかなければなりません。
7. 高速デジタル・トレースと交差させる必要がある場合は、ダイオード用トレースと高速デジタル・トレースとは 90 の角度で交差させるようにしてください。
8. LM89 の GND 端子の理想的な接続配置は、測定ダイオードにつながるプロセッサの GND に可能なかぎり近接させることです。
9. D +と GND 間のリーク電流を最小に抑えるようにします。1nA のリーク電流があると、ダイオードの温度読み取りに 1 の誤差を生じます。プリント基板を清潔な状態に保つと、リーク電流を抑えられます。

デジタル信号へのクロストーク・ノイズが 400mVp-p (ヒステリシス電圧の TYP 値) より大きい場合や GND に対して 500mV 未満のアンダーシュートがあると、LM89 の SMBus の伝送は正常に行われない可能性があります。SMBus から ack (認識) 応答が返されないのが最も一般的な現象であり、その結果、バス上に不要な区間 (LOW 状態に保持された期間) が発生します。SMBus の最高通信周波数は比較的低い (最高 100kHz) ですが、それでも SMBus は、それにつらなる多数のデバイスや長いプリント回路基板のトレースによりシステム内で適切な終端を保证するように注意が必要です。LM89 の SMBCLK 入力には、- 3dB のコーナー周波数が約 40MHz とする RC ローパス・フィルタが内蔵されています。さらに SMBData と SMBCLK に、ノイズおよびリンギングを抑止するためにシリーズ抵抗を挿入しても構いません。また SMBData および SMBCLK 配線と高速なデジタル信号を基板層間で交差させる場合は直角とし、あわせてクロストークを抑えるため、デジタル信号はスイッチング電源部 (VRM) からなるべく離して配線してください。

外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



**8-Lead (0.150" Wide) Molded Narrow Small-Outline Package (SOIC),
JEDEC Registration Number MS-012
Order Number LM89CIM or LM89CIMX
NS Package Number M08A**



**8-Lead Molded Mini-Small-Outline Package (MSOP),
JEDEC Registration Number MO-187
Order Number LM89CIMM or LM89CIMMX
NS Package Number MUA08A**

このドキュメントの内容はナショナル セミコンダクター社製品の関連情報として提供されます。ナショナル セミコンダクター社は、この発行物の内容の正確性または完全性について、いかなる表明または保証もいたしません。また、仕様と製品説明を予告なく変更する権利を有します。このドキュメントはいかなる知的財産権に対するライセンスも、明示的、黙示的、禁反言による惹起、またはその他を問わず、付与するものではありません。

試験や品質管理は、ナショナル セミコンダクター社が自社の製品保証を維持するために必要と考える範囲に用いられます。政府が課す要件によって指定される場合を除き、各製品のすべてのパラメータの試験を必ずしも実施するわけではありません。ナショナル セミコンダクター社は製品適用の援助や購入者の製品設計に対する義務は負いかねます。ナショナル セミコンダクター社の部品を使用した製品および製品適用の責任は購入者にあります。ナショナル セミコンダクター社の製品を用いたいかなる製品の使用または供給に先立ち、購入者は、適切な設計、試験、および動作上の安全手段を講じなければなりません。

それら製品の販売に関するナショナル セミコンダクター社との取引条件で規定される場合を除き、ナショナル セミコンダクター社は一切の義務を負わないものとし、また、ナショナル セミコンダクター社の製品の販売が使用、またはその両方に関連する特定目的への適合性、商品の機能性、ないしは特許、著作権、または他の知的財産権の侵害に関連した義務または保証を含むいかなる表明または黙示的保証も行いません。

生命維持装置への使用について

ナショナル セミコンダクター社の製品は、ナショナル セミコンダクター社の最高経営責任者 (CEO) および法務部門 (GENERAL COUNSEL) の事前の書面による承諾がない限り、生命維持装置または生命維持システム内のきわめて重要な部品に使用することは認められていません。

ここで、生命維持装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

National Semiconductor とナショナル セミコンダクターのロゴはナショナル セミコンダクター コーポレーションの登録商標です。その他のブランドや製品名は各権利所有者の商標または登録商標です。

Copyright © 2006 National Semiconductor Corporation
製品の最新情報については www.national.com をご覧ください。

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

www.national.com/jpn/

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは是認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されてもありません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されてもありません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
 - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
 4. 機械的衝撃
 - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
 5. 熱衝撃
 - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
 6. 汚染
 - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
 - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上