

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、SMBusシリアルインタフェース付

概要

MAX6654[†]は、リモートP-Nジャンクション及びIC自身のチップ温度を測定する高精度デジタル温度デバイスです。リモートジャンクションには、従来のサーミスタ又は熱電対の代わりに、ダイオード接続トランジスタ(通常は2N3904 NPNタイプ又は2N3906 PNPタイプ等、低コストで実装の容易なもの)を用いることができます。複数のトランジスタメーカに対するリモート精度は $\pm 1^\circ\text{C}$ で、キャリブレーションは不要です。リモートジャンクションには、マイクロプロセッサ(μP)のサブストレートPNP等、コモンコレクタ方式のPNPを使用することもできます。

本デバイスは、2線シリアルインタフェースにより、システムマネジメントバス(SMBus[™])の標準バイト書込み、バイト読取り、バイト送信及びバイト受信コマンドを受け付け、警報スレッシュホールドの設定及び温度データの読取りを行います。測定は自動的かつ独立して行われます。変換速度はユーザによる設定、又はシングルショットモードでの動作に設定できます。変換速度が調整可能であるため、システムのニーズに合わせて消費電流及び温度更新速度を最適化できます。変換速度が1Hzより速い場合、変換結果は1のLSBを持つ7ビット+符号バイトとして提供されます。変換速度が1Hz以下の場合、MAX6654は拡張モードになります。このモードでは拡張分解能レジスタに3ビットの温度データが追加されるため、0.125のLSBを持つ10ビット+符号分解能が提供されます。変換速度が1Hz以下の時のシングルショット変換も、0.125のLSB分解能になります。

1Hz以下の変換速度に対しては、構成レジスタのビット4を1に設定することで、寄生抵抗相殺(PRC)モードを呼び出すことができます。PRCモードでは、外部ダイオードのリードにおける直列抵抗の影響が相殺されます。PRCモードでの11ビットの変換は500ms以下で実行され、1Hzを超える変換速度ではディセーブルされます。11ビットのワンショット変換も500ms以下で実行されます。

MAX6654のデフォルトの低温測定制限値は0で、構成レジスタのビット5を1に設定すると-64まで拡張できます。

MAX6654は小型の16ピンQSOP表面実装パッケージで提供されています。

アプリケーション

デスクトップコンピュータ ワークステーション
ノートブックコンピュータ 試験及び測定
サーバ マルチチップモジュール
シンクライアント

SMBusはIntel Corp.の商標です。

I²CはPhilips Corp.の商標です。

[†]特許出願中

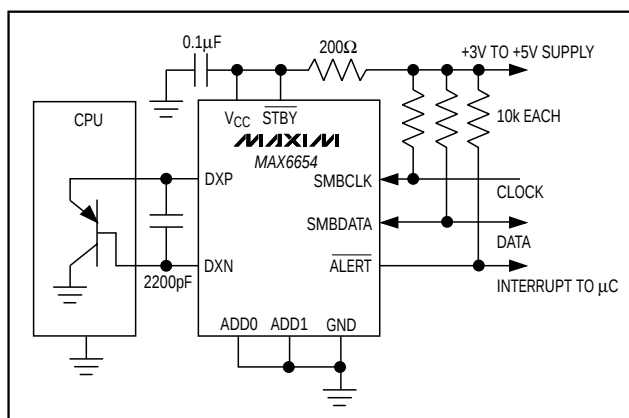
特長

- ◆ 高精度： $\pm 1^\circ\text{C}$ (max)(+70 ~ +100、リモート)
- ◆ 分解能：11ビット、0.125
- ◆ デュアルチャネル：リモート及びローカルの温度を測定
- ◆ キャリブレーション不要
- ◆ 設定可能な高温/低温警報
- ◆ I²C[™]コンパチブル/SMBusインタフェース
- ◆ 電源範囲：+3V ~ +5.5V

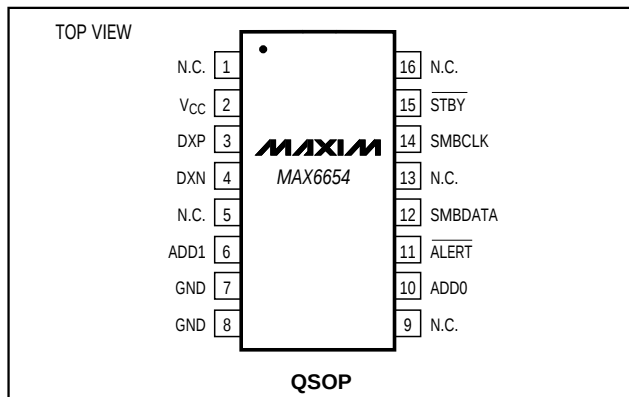
型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6654MEE	-55°C to +125°C	16 QSOP

標準動作回路



ピン配置



1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(All voltages are referenced to GND unless otherwise noted.)

V _{CC}	-0.3V to +6V
DXP, ADD_	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)
DXN	-0.3V to +0.8V
SMBCLK, SMBDATA, ALERT, STBY	-0.3V to +6V
SMBDATA, ALERT Current	-1mA to +50mA
DXN Current	±1mA
ESD Protection (all pins, Human Body Model)	2000V

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)

16-Pin QSOP (derate 8.30mW/°C above +70°C)	667mW
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
Junction Temperature	+150°C
Storage Temperature Range	-65°C to +165°C
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3V to +5.5V, T_A = -55°C to +125°C, unless otherwise noted. Typical values are at V_{CC} = +3.3V and T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TEMPERATURE-TO-DIGITAL CONVERTER						
Accuracy (Local Sensor)		+60°C ≤ T _A ≤ +100°C, V _{CC} = +3.3V	-1.3		+1.3	°C
		0°C ≤ T _A ≤ +100°C, V _{CC} = +3.3V	-2		+2	
		-55°C ≤ T _A ≤ +120°C, V _{CC} = +3.3V	-5		+5	
Accuracy (Remote Sensor)		+70°C ≤ T _{RJ} ≤ +100°C, V _{CC} = +3.3V (Note 1)	-1		+1	°C
		0°C ≤ T _{RJ} ≤ +100°C, V _{CC} = +3.3V (Note 1)	-2		+2	
		-55°C ≤ T _{RJ} ≤ +120°C, V _{CC} = +3.3V (Notes 1, 2)	-5		+5	
Line Regulation				0.2	0.5	°C
Resolution (Legacy Mode)		Conversion rate >1Hz	+1			°C
				+8		Bits
Resolution (Extended Mode)		Conversion rate ≤1Hz	+0.125			°C
				+11		Bits
Undervoltage Lockout Threshold	UVLO	V _{CC} input, disables A/D conversion, rising edge	+2.60	+2.80	+2.95	V
Undervoltage Lockout Hysteresis				+90		mV
Supply Voltage Range	V _{CC}		+3.0		+5.5	V
Power-On Reset (POR) Threshold		V _{CC} , falling edge	+1.5	+2.0	+2.5	V
POR Threshold Hysteresis				+90		mV
Standby Current		SMBus static		+3	+10	μA
Operating Current		During conversion		+0.55	+1	mA
Average Operating Current		0.25 conversion/s (Note 3)		+40	+70	μA
		2 conversion/s (Note 3)		+150	+250	
Conversion Time	t _{CONV}	From stop bit to conversion completed, in legacy mode (Note 3)	+95	+125	+156	ms
Conversion Timing Error					±25	%
Remote Diode Current	I _{RJ}	High level	+80	+100	+120	μA
		Low level	+8	+10	+12	

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

MAX6654

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{CC} = +3V$ to $+5.5V$, $T_A = -55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$, unless otherwise noted. Typical values are at $V_{CC} = +3.3V$ and $T_A = +25^{\circ}C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Logic Input Low Voltage	V_{IL}	$V_{CC} = +3.0V$ to $+5.5V$			+0.8	V
Logic Input High Voltage	V_{IH}	$V_{CC} = +3.0V$	+2.2			
		$V_{CC} = +5.5V$	+2.6			V
Input Leakage Current	I_{LEAK}	$V_{IN} = GND$ or V_{CC}			± 2	μA
Output Low Sink Current	I_{OL}	$V_{OL} = +0.6V$	+6			mA
		$V_{OL} = +0.4V$	+1			
Input Capacitance	C_{in}			+5		pF
Output High Leakage Current		$V_{OH} = +5.5V$			+1	μA
Serial Clock Frequency	f_{SCL}	(Note 4)	0		+100	kHz
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t_{BUF}		+4.7			μs
START Condition Setup Time			+4.7			μs
Repeat START Condition Setup Time	$t_{SU:STA}$	90% to 90%	+50			μs
START Condition Hold Time	$t_{HD:STA}$	10% of SMBDATA to 90% of SMBCLK	+4			μs
STOP Condition Setup Time	$t_{SU:STO}$	90% of SMBCLK to 10% of SMBDATA662	+4			μs
Clock Low Period	t_{LOW}	10% to 10%	+4.7			μs
Clock High Period	t_{HIGH}	90% to 90%	+4			μs
Data Setup Time	$t_{SU:DAT}$	90% of SMBDATA to 10% of SMBCLK	+250			ns
Data Hold Time	$t_{HD:DAT}$	(Note 5)	0			μs
Receive SCL/SDA Rise Time	t_R				+1	μs
Receive SCL/SDA Fall Time	t_F				+300	ns
SMBus Timeout	$t_{TIMEOUT}$	SMBDATA and SMBCLK time low for reset of serial interface	+25		+40	ms

Note 1: $+25^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$.

Note 2: If both the MAX6654 and the remote junction are below $T_A = -20^{\circ}C$, then $V_{CC} > 3.15V$.

Note 3: The conversion time doubles for the extended resolution mode. This causes the average operating current to approximately double.

Note 4: The serial interface resets when SMBCLK is low for more than $t_{TIMEOUT}$.

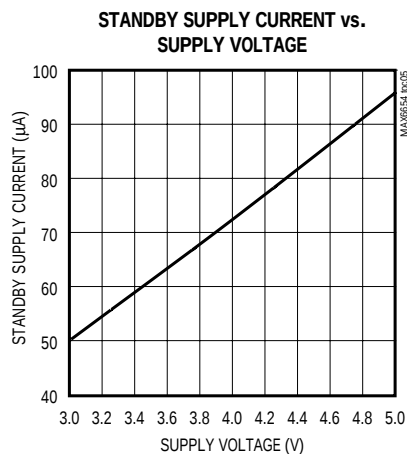
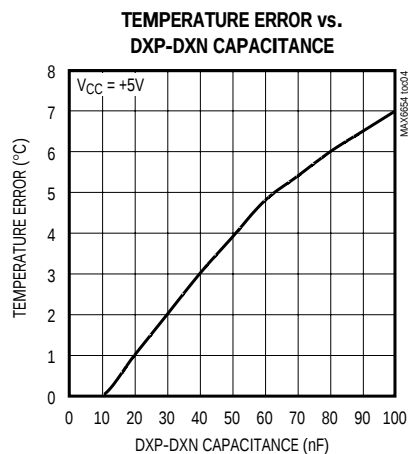
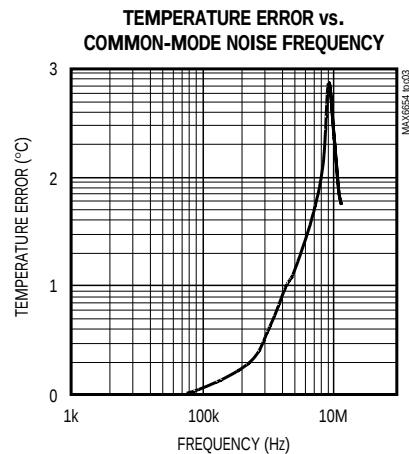
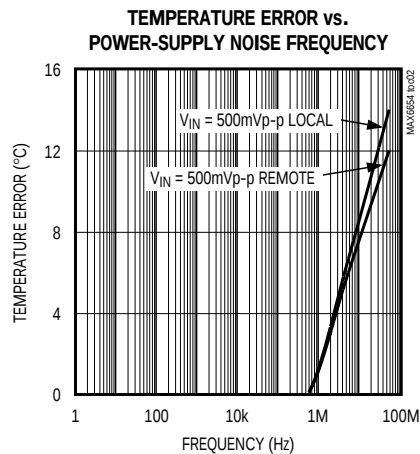
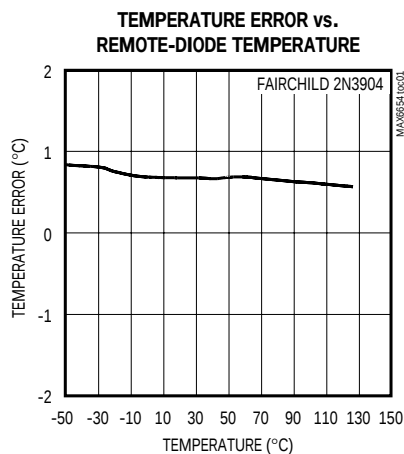
Note 5: Note that a transition must internally provide at least a hold time to bridge the undefined region (300ns max) of SMBCLK's falling edge.

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

MAX6654

標準動作特性

($V_{CC} = +3.3V$ to $+5.5V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

MAX6654

端子説明

端子	名称	機能
1, 5, 9, 13, 16	N.C.	無接続。内部接続されていません。PCボードトレースの配線に使用できます。
2	VCC	電源電圧入力(+3.0V ~ +5.5V)。0.1 μ FのコンデンサでGNDにバイパスして下さい。ノイズを更に除去するために200 Ω の直列抵抗を推奨しますが、必ずしも必要ではありません。
3	DXP	リモートジャンクションチャンネル用の電流ソースとADC正入力との組合せ。リモート検出ジャンクションを使用しない場合は、DXPをDXNに接続して下さい。
4	DXN	電流シンクとADC負入力との組合せ。DXNはグランドよりもダイオード電圧だけ上に内部でバイアスされています。
6	ADD1	SMBusスレーブアドレス選択入力。ADD0及びADD1はパワーアップ時にサンプリングされます。
7, 8	GND	グランド
10	ADD0	SMBusスレーブアドレス選択入力。ADD0及びADD1はパワーアップ時にサンプリングされます。
11	$\overline{\text{ALERT}}$	SMBusアラート(割込み)出力、オープンドレイン。
12	SMBDATA	SMBusシリアルデータ入出力、オープンドレイン。
14	SMBCLK	SMBusシリアルクロック入力。
15	$\overline{\text{STBY}}$	ハードウェアスタンバイ入力。スタンバイモードでは、温度及び比較スレッショルドデータが保持されます。ロー = スタンバイモード、ハイ = 動作モード。

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、SMBusシリアルインタフェース付

詳細

MAX6654は、SMBus/I²Cコンパチブルインタフェースを介してサーマルマネジメントアプリケーションの μ Pと通信する温度センサです。高性能フロントエンド付の11ビットシリアルアナログディジタルコンバータ(ADC)であるMAX6654は、異なる電流レベルにおけるダイオード電圧の変化を測定し、温度を計算します。このデバイスは、電流ソース、マルチプレクサ、ADC、SMBusインタフェース及び付属制御ロジックを備えています(図1)。ADCからの温度データはデータレジスタにロードされ、予め4つの高温/低温警報レジスタに保存されていたデータと自動的に比較されます。

ADC及びマルチプレクサ

ADCは、8ビットの「レガシー」モードにおいて各チャンネルを60ms(typ)に渡って積分する平均タイプで、優れたノイズ除去特性を備えています。

マルチプレクサは自動的にバイアス電流をリモート及びローカルダイオードに流し、ADC及び関連回路がその順方向電圧を測定することにより温度を計算します。一旦変換プロセス(フリーランニング又はシングルショットモード)が始まると、両方のチャンネルが自動的に変換されます。2つのチャンネルのうち1つしか使用されていない場合も、デバイスは両方の測定を行います。未使用チャンネルの結果は無視して下さい。リモートダイオードチャンネルを使用しない場合はピンをオープンのままにせず、DXPをDXNに接続して下さい。

DXN入力は内部ダイオードによってグラウンドの1V_{BE}上にバイアスされ、ADC入力を差動測定用に設定します。最悪条件でのDXP-DXN差動入力電圧範囲は0.28V ~ 0.9Vです。

リモートダイオードとの直列抵抗が大きくなると、寄生抵抗相殺モードを使用していない時1オーム当たり約+1/2 の誤差が生じます。寄生抵抗相殺モードを使用している時は、最高100 Ω までの過剰抵抗が存在しても識別可能な誤差は生じません。DXP-DXNに200 μ Vのオフセット電圧が与えられると、約1 の誤差が生じます。

A/D変換シーケンス

変換シーケンスは、ローカル温度及びリモート温度の測定で構成されています。フリーランニング自動変換モード(RUN/STOP = 0)で自動的に発生するか、「ワンショット」コマンドが書き込まれて変換が始まる度に両方のチャンネルが変換され、変換終了後に両方の測定結果が得られます。ステータスバイトのBUSYステータスビットは、デバイスが新たな変換を実行中であることを示します。但し、ADCがビジーであっても、前の変換の結果は常に得ることができます。

表1. リモートセンサトランジスタのメーカー

MANUFACTURER	MODEL NUMBER
Central Semiconductor (USA)	CMPT3904
Fairchild Semiconductor (USA)	2N3904, 2N3906
ON Semiconductor (USA)	2N3904, 2N3906
Rohm Semiconductor (USA)	SST3904
Samsung (Korea)	KST3904-TF
Siemens (Germany)	SMBT3904
Zetex (England)	FMMT3904CT-ND

注：トランジスタはダイオード接続(ベースがコレクタに短絡)になっていることが必要です。

リモートダイオードの選択

MAX6654は、「標準動作回路」に示されるように、温度検出ダイオードを内蔵したCPUやその他の集積回路のチップ温度を直接測定できます。又、ダイオード接続ディスクリートランジスタの温度も測定できます。最高の精度を得るためには、ディスクリートランジスタはコレクタとベースと一緒に接続された小信号デバイスでなければなりません。表1に挙げたデバイス全ての精度は実験により確認されています。

このトランジスタは比較的順方向電圧の高い小信号タイプでなければなりません。それ以外の場合、A/D入力電圧範囲を超える恐れがあります。順方向電圧は10 μ Aにおいて0.28V以上であることが必要です。予想される最高の温度でこれが成り立つことを確認して下さい。又、順方向電圧は100 μ Aにおいて0.9V以下である必要があります。予想される最低の温度でこれが成り立つことを確認して下さい。大きなパワートランジスタは不適です。尚、ベース抵抗は必ず100 Ω 以下にして下さい。順電流利得に対する厳しい仕様(例えば+50 ~ +150)から、メーカーのプロセス制御が適切であり、デバイスが一定したVBE特性を持っていることが分かります。

ヒートシンクに取り付ける場合は、Fenwal Electronics社の500-32BT02-000サーマルセンサが適しています。このデバイスはダイオード接続トランジスタ、ねじ穴付アルミ板及びツイストペアケーブルで構成されています(Fenwal Inc., Milford, MA, 508-478-6000)。

熱容量及び自己発熱

熱容量は、温度センサが突然の温度変化に反応するのに必要な時間に大きく影響を及ぼすことがあります。16ピンQSOPパッケージの熱時間定数は静止空気では約140秒です。空気温度が+100 急変した後で、静止空気内のMAX6654の接合部温度が+1 以内にまで落ち着くには時間定数の約5倍、即ち12分かかります。但し、MAX6654は周囲温度の計測を意図して設計

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

MAX6654

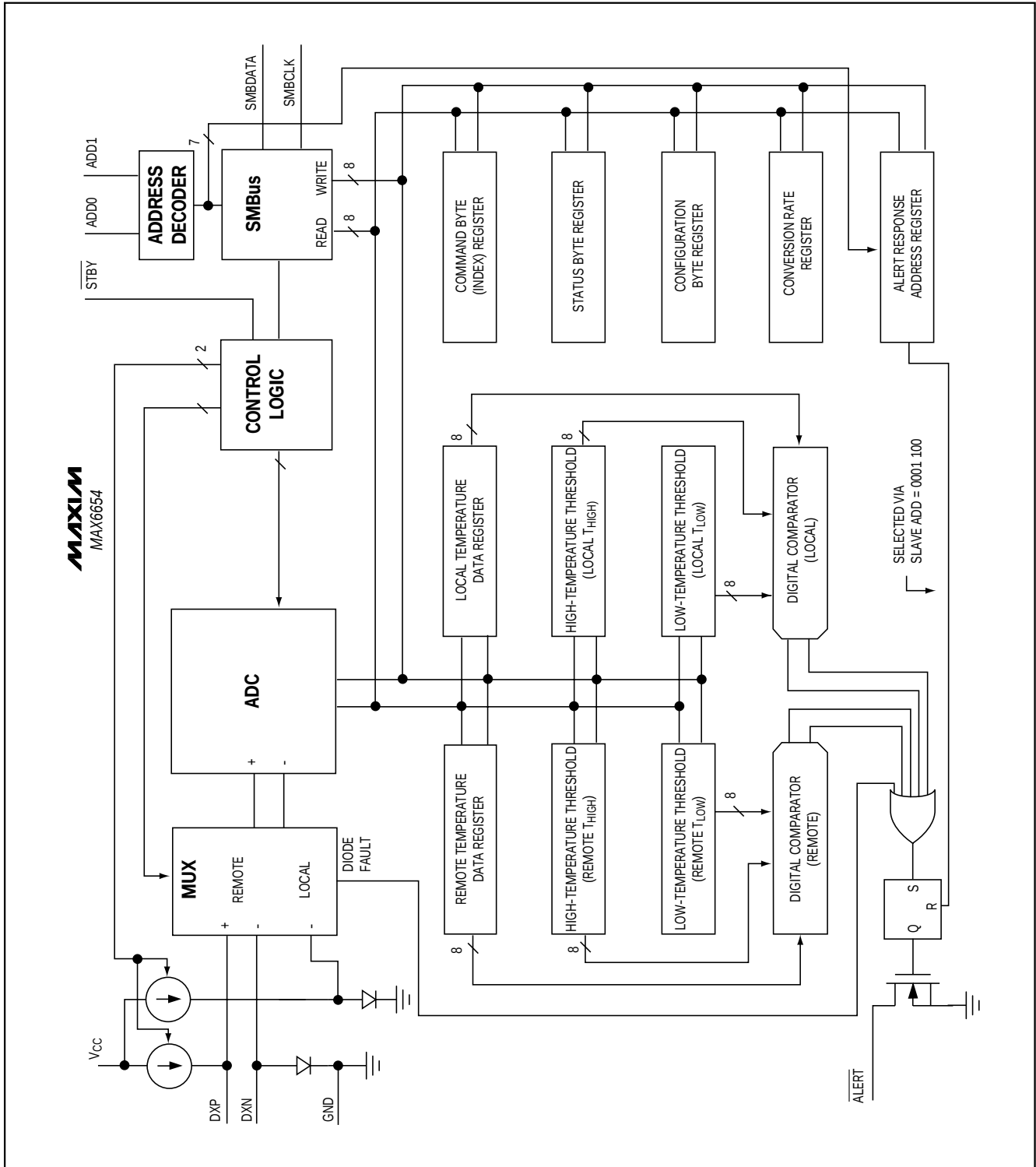


図1. ファンクションダイアグラム

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、SMBusシリアルインタフェース付

されたものではありません。ローカル温度を測定する時、MAX6654はハンダ付けされているPCボードの温度を検出します。リードはPCボードトレースとMAX6654のチップ間に良好な熱経路を提供します。これに比べ、MAX6654のチップと周囲温度間の熱伝導性は劣っています。PCボードの熱容量はMAX6654の熱容量よりもはるかに大きいため、デバイスは殆ど遅延なくPCボードの温度変化に反応することができます。

ディスクリートリモートセンサで温度を測定する時、SOT23等の小型のパッケージを使用すると最高の熱反応時間が得られます。熱源とセンサ間の熱勾配を考慮に入れ、センサのパッケージをよぎるフローティング空気流が測定精度を低下させないように注意して下さい。内蔵検出ジャンクション付のCPU又はその他のICの温度を測定する時、熱容量は殆ど影響を及ぼしません。ジャンクションの測定温度は変換サイクル内の実際の温度になります。

自己発熱は測定精度にそれほど影響を及ぼしません。ダイオードソース電流に起因するリモートセンサの自己発熱は無視できます。ローカルダイオードの場合、最悪の条件での誤差は、最高変換速度で自動変換しながら同時にALERT出力で最大電流をシンクしている時に生じます。例えば、変換速度が8HzでALERTが1mAをシンクしている場合、標準消費電力は $V_{CC} \times 450\mu A + 0.4V \times 1mA$ になります。パッケージのシータJ-Aは約150 /Wであるため、 $V_{CC} = 5V$ で銅製PCボードのヒートシンクがない場合の最終温度上昇は次式で与えられます。

$$\Delta T = 2.7mW \times 150^{\circ}C/W = 0.4^{\circ}C$$

このように最悪の条件下でも、大きな自己発熱誤差が生じにくくなっています。

ADCノイズ除去

ADCは積分タイプで、特に60Hz/120Hzの電源ハム等の低周波信号に対して本質的に優れたノイズ除去率を発揮します。マイクロパワー動作のため、高周波ノイズ除去はよくありません。従って、電氣的にノイズの大きい環境で高精度のリモート測定を行う場合にはPCボードのレイアウトを注意深く行い、適切な外部ノイズ除去を行う必要があります。

高周波EMIの除去は、DXP及DXNに外部2200pFコンデンサを取り付けることで達成できます。この値は、ケーブル容量を含めて約3300pF(max)まで増加することが可能です。3300pFよりも容量を大きくすると、スイッチドソース電流の立上がり時間に起因する誤差が生じます。テストされた殆どのノイズ源は、ADCの測定値を実際の温度よりも高くみせる傾向を示しています。その差は周波数と振幅に依存しますが、通常は+1 ~ +10 です(「標準動作特性」を参照)。

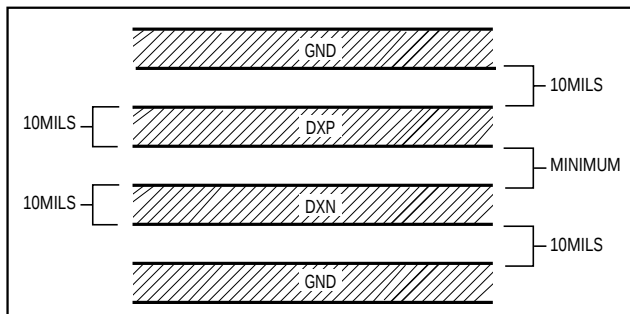


図2. 推奨DXP/DXN PCトレース

PCボードレイアウト

- 1) MAX6654を可能な限りリモートダイオードの近くに配置して下さい。コンピュータのマザーボードのようなノイズの大きな環境ではこの距離を10cm ~ 20cm(typ)にします。最悪のノイズ源(CRT、クロック発振器、メモリバス及びISA/PCIバス等)を避けることができる場合はそれ以上の距離も可能です。
- 2) DXP-DXNラインをCRTの偏向コイルの近くに配線しないで下さい。又、トレースが高速メモリバスを横切らないようにして下さい。ノイズ除去が良好であってもすぐに+30 の誤差が生じてしまうためです。他のノイズ源は、殆どが比較的無害です。
- 3) DXPトレースとDXNトレースは互いに並行かつ近接して配線し、+12VDC等の高電圧トレースから遠ざけて下さい。PCボードの汚染に起因するリーク電流には注意する必要があります。DXPとグランドの間に20MΩのリーク経路があると、約+1 の誤差が生じます。
- 4) DXP-DXNトレースの両側でガードトレースをGNDに接続して下さい(図2)。ガードトレースが所定の位置にあれば、高電圧トレースの近くに配線しても問題はありません。
- 5) 銅/ハンダの熱電対効果を最小限に抑えるため、ビアやクロスアンダーをできるだけ使用せず配線して下さい。
- 6) 熱電対を使用する時は、DXP経路とDXN経路に整合した熱電対を付けるようにして下さい。一般的に、PCボードによる熱電対は重大な問題にはなりません。銅とハンダの熱電対は $3\mu V/$ であるのに対し、+1 の測定誤差を生じさせるにはDXP-DXNで約200μVの電圧誤差が必要です。この為、殆どの寄生熱電対誤差は無視できます。
- 7) 広いトレースを使用して下さい。狭いトレースは誘導性が強く、放射ノイズを拾いやすくなります。図2で推奨されている0.25mmの幅と間隔は必ずしも必要ではありません(これによるリーク電流とノイズの改善は僅かです)。しかし、可能な限りこれに従って下さい。

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、SMBusシリアルインタフェース付

MAX6654

- 8) 銅はEMIシールドとして使用できないことに注意して下さい。鋼鉄のような鉄材料のみ有効です。DXP-DXNトレースと、高周波ノイズ信号のトレースの間に銅のグランドプレーンを挟んでも、EMIの低減には役立ちません。

PCボードレイアウトのチェックリスト

- MAX6654をリモート検出ジャンクションの近くに配置します。
- トレースを高電圧(+12Vバス)から遠ざけます。
- トレースを高速データバス及びCRTから遠ざけます。
- 推奨トレース幅及び間隔を使用します。
- トレースの下にグランドプレーンを配置します。
- ガードトレースはDXP及びDXNの両側に配置し、GNDに接続します。
- MAX6654の近くにノイズフィルタと0.1μFのV_{CC}バイパスコンデンサを配置します。
- 最高のノイズ除去を達成するには、V_{CC}と直列に200Ωの抵抗を追加します(「標準動作回路」を参照)。

ツイストペア及びシールド付ケーブル

リモートセンサの距離が20cm以上の場合、又は特にノイズの大きな環境では、ツイストペアを推奨します。ノイズの大きい実験室での実験によると、長さが1.8m~3.6m(typ)を超えるとノイズが問題になってきます。これより距離が大きい場合には、オーディオマイクロフォンに使用するようなシールド付ツイストペアが最適です。例えば、Belden #8451はノイズの大きな環境で30mまでの距離に問題なく使用できます。ツイストペアをDXP及びDXNに接続し、シールドをGNDに接続して下さい。その場合シールドのリモート側の端は終端処理しないで下さい。

DXN及びDXPに過剰な容量があると、適切なリモートセンサ距離が制限されます(「標準動作特性」を参照)。ケーブルが極めて長い場合、ケーブルの寄生容量によりノイズが除去されるため、2200pFコンデンサが不要になったり、コンデンサの値を小さくすることができます。ケーブル抵抗もリモートセンサの精度に影響します。1Ωの直列抵抗では約+1/2の誤差が生じます。設定レジスタのビット4を1に設定すると、寄生抵抗相殺モードになります。これにより100Ωを超える外部抵抗が除去され、変換精度が維持されます。

低電力スタンバイモード

スタンバイモードではADCがディセーブルされ、消費電流が10μA以下に低減します。スタンバイモードにするには、STBY/ピンを強制的にローにするか、構成バイトレジスタのRUN/STOPビットを使用して下さい。

ハードウェアスタンバイモードとソフトウェアスタンバイモードは殆ど同じ動作をします。即ち、全てのデータはメモリに保持され、SMBインタフェースは読取りコマンド及び書込みコマンド待ちの状態となります。唯一の違いは、ハードウェアスタンバイモードにおいてはワンショットコマンドで変換が始まらないことです。

スタンバイモードはシャットダウンモードではありません。SMBusがアクティブであるため、消費電流が大きくなります(「標準動作特性」を参照)。ソフトウェアスタンバイモードでは、RUN/STOPビットがハイであっても、ワンショットコマンドによってMAX6654に強制的にA/D変換を行わせることができます。

STBYピンを強制的にローにすると、ハードウェアスタンバイモードになります。ノートブックコンピュータの場合、このラインはシステムSUSSTAT#サスペンドステート信号に接続可能です。

STBYピンがローの状態では、ソフトウェア変換コマンドは無効になります。変換進行中にハードウェア又はソフトウェアスタンバイコマンドを受け取った場合は、変換サイクルが短縮され、その変換からのデータはいずれの温度読取りレジスタにもラッチされません。以前のデータは変更されないため引き続き利用できます。

125msの変換期間中の消費電流は常に約550μAです。変換速度を遅くすると平均消費電流が減少します(「標準動作特性」を参照)。変換の合間の消費電流は、変換速度タイマで消費されるために約25μAとなります。スタンバイモードにおける消費電流は約3μAにまで低減します。電源電圧が非常に低い(パワーオンリセットスレッシュホールドよりも低い)場合、アドレスピンのバイアス電流により消費電流は増加します。ADD0及びADD1の設定によっては、100μAになることもあります。

SMBusディジタルインタフェース

ソフトウェアからは、MAX6654は温度データ、警報スレッシュホールド値又は制御ビットが格納されたバイト幅のレジスタのセットのように見えます。温度データの読取り、制御ビット及び警報スレッシュホールドデータの書込みには、標準SMBus 2線シリアルインタフェースが使用されています。本デバイスは、全機能にアクセスするのと同じSMBusスレーブアドレスに対応しています。

MAX6654は、4つの標準SMBusプロトコル(バイト書込み、バイト読取り、バイト送信及びバイト受信)を採用しています(図3、4、5)。バイト読取り命令によって正しいデータレジスタが予め選択されている限り、受信バイトプロトコルが短いほど転送は速くなります。マルチマスタシステムにおいて短いプロトコルを使用する場合は、第2のマスタが第1のマスタに知らせることなくコマンドバイトを上書きする可能性があるため注意が必要です。

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

Write Byte Format

S	ADDRESS	WR	ACK	COMMAND	ACK	DATA	ACK	P
	7 bits			8 bits		8 bits		1

Slave Address: equivalent to chip-select line of a 3-wire interface

Command Byte: selects which register you are writing to

Data Byte: data goes into the register set by the command byte (to set thresholds, configuration masks, and sampling rate)

Read Byte Format

S	ADDRESS	WR	ACK	COMMAND	ACK	S	ADDRESS	RD	ACK	DATA	///	P
	7 bits			8 bits			7 bits			8 bits		

Slave Address: equivalent to chip-select line

Command Byte: selects which register you are reading from

Slave Address: repeated due to change in data-flow direction

Data Byte: reads from the register set by the command byte

Send Byte Format

S	ADDRESS	WR	ACK	COMMAND	ACK	P
	7 bits			8 bits		

Command Byte: sends command with no data, usually used for one-shot command

Receive Byte Format

S	ADDRESS	RD	ACK	DATA	///	P
	7 bits			8 bits		

Data Byte: reads data from the register commanded by the last Read Byte or Write Byte transmission; also used for SMBus Alert Response return address

S = Start condition Shaded = Slave transmission
P = Stop condition /// = Not acknowledged

図3. SMBusプロトコル

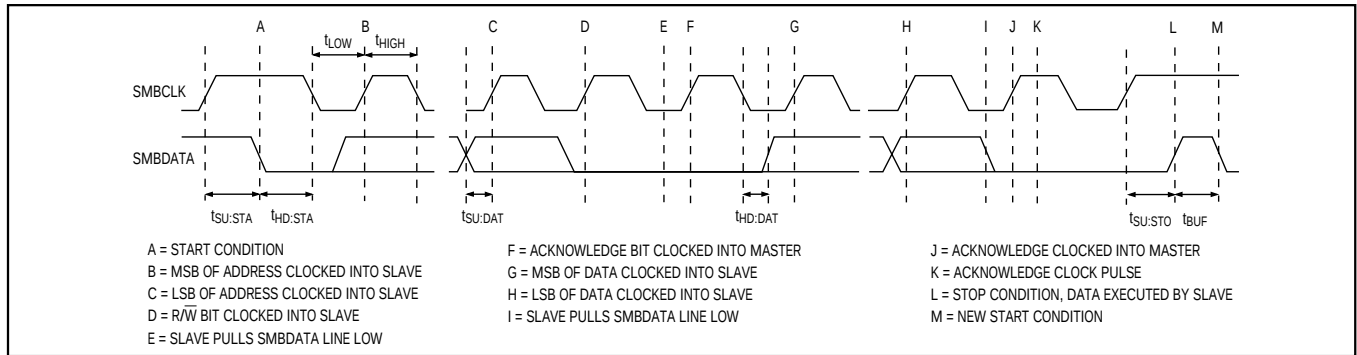


図4. SMBus書込みタイミング図

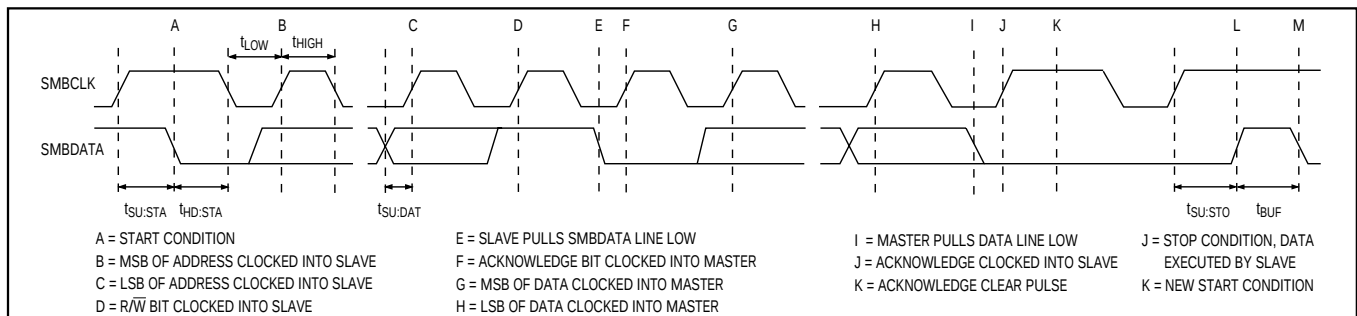


図5. SMBus読取りタイミング図

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

MAX6654

表2. データフォーマット

TEMP (°C)	ROUNDED TEMP (°C)	DIGITAL OUTPUT
130.00	+127	0 111 1111
127.00	+127	0 111 1111
126.00	+126	0 111 1110
25.25	+25	0 001 1001
0.50	+1	0 000 0001
0.00	0	0 000 0000
<0.00 (Note 1)	(Normal mode)	1 000 0000
-1	(Extended temp mode)	1 111 1111
<-64	(Extended temp mode)	1 000 0000
Diode fault (short or open)		1 000 0000

表3. 拡張分解能レジスタ

FRACTIONAL TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT
0.000	000X XXXX
0.125	001X XXXX
0.250	010X XXXX
0.375	011X XXXX
0.500	100X XXXX
0.625	101X XXXX
0.750	110X XXXX
0.875	111X XXXX

変換速度が1Hzより速い場合、温度データは読み取り内部温度レジスタ(00h)及び読み取り外部温度レジスタ(01h)から読み取ることができます。温度データフォーマットは、各チャンネルについて2の補数形式を取る7ビットと符号ビットとなっています。LSBは1 を表し(表2)、MSBから先に送信されます。変換速度が1Hz以下の場合、拡張データは読み取り外部拡張温度レジスタ(10h)及び読み取り内部拡張温度レジスタ(11h)から読み取ることができ、レジスタの最初の3ビットが1 の1/2、1/4、及び1/8を表します。内部丸め誤差を最小限に抑えるため、測定は+1/2 だけオフセットされています。例えば、+99.6 は+100 として伝えられます。

変換速度が1Hz以下の場合、温度データの最初の8ビットは読み取り内部温度レジスタ(00h)及び読み取り外部温度レジスタ(01h)から読み取ることができます。これはより高速な変換速度の場合と同じです。追加の3ビットは読み取り外部拡張温度レジスタ及び読み取り内部拡張温度レジスタから読み取ることができます。これらの拡張温度レジスタは分解能を1LSB当たり0.125 に拡張します(表3)。

メインレジスタの読み取り後、且つ拡張レジスタの読み取り前に変換が終了した場合、拡張レジスタには新しい変換からの3LSBが含まれ、メインレジスタには前の変換からの8MSBが含まれます。この場合の拡張データは意味を持ちません。この問題を避けるには、次の方法のどちらかを使用して拡張分解能温度データを読み取って下さい。

- 1) 構成レジスタのビット6を1に設定してMAX6654をスタンバイモードにします。コマンドバイト0Fhを使用してワンショット変換を開始します。この変換の完了後、温度データレジスタの内容を読み取ります。
- 2) MAX6654が自動変換モードになっていて、変換速度が1Hz又は8Hzのどちらにも設定されていない場合は、ステータスバイトを読み取ります。変換中であることがBUSYビットにより示されている場合は、変換が完了したことがBUSYビットにより示されるまで待ちます。その後直ちに温度データレジスタの内容を読み取ります。変換が行われていない場合数 μ s以内にデータを読み取ることができます。この短い時間中に、データ読み取り終了前に新しい変換が行われることはありません。

注：拡張分解能は1Hz以下の変換速度に対してのみ適用されます。

警報スレッシュホールドレジスタ

4つのレジスタに警報スレッシュホールドデータが格納されます。各A/Dチャンネル用に高温(T_{HIGH})レジスタと低温(T_{LOW})レジスタがあります。測定された温度が対応する警報スレッシュホールド値と等しいか、それを超える場合はALERT割込みがアサートします。

いずれの T_{HIGH} レジスタも、パワーオンリセット(POR)状態はフルスケール(0111 1111、即ち+127)です。いずれの T_{LOW} レジスタも、POR状態は1100 1001、即ち-55 です。

ダイオード障害警報

DXPにはリモートダイオードがオープン回路状態にあるかどうか、或いはDXPがDXN、GND又は V_{CC} に短絡されているかどうかを検出する連続性障害検出器が内蔵されています。オープン回路が存在する場合、温度レジスタは1000 0000でロードされ、変換の終了時にステータスレジスタのビット3が1に設定されます。即ち、PORの直後には、最初の変換が終了するまで障害が存在しないことがステータスバイトにより示されます。

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、SMBusシリアルインタフェース付

表4. アラート応答アドレス(0001100)の
読取りフォーマット

BIT	NAME	FUNCTION
7 (MSB)	ADD7	Provide the current MAX6654 slave address that was latched at POR (Table 9)
6	ADD6	
5	ADD5	
4	ADD4	
3	ADD3	
2	ADD2	
1	ADD1	
0 (LSB)	1	Logic 1

ALERT割込み

ALERT割込み出力信号はラッチされ、障害条件が存在しなくなった場合に、ステータスレジスタを読取るか、アラート応答アドレスを受信することによってのみクリアされます。割込みは T_{HIGH} 及び T_{LOW} の比較、及びリモートダイオードの切断(連続性障害検出の場合)に対する応答として発生します。割込みがあっても自動変換は停止しません。ALERTがアサートした後も引き続きSMBusインタフェースを通じて新しい温度データを利用することができます。割込み出力ピンはオープンドレインであるため、複数のデバイスが共通の割込みラインを共有できます。割込み速度が変換速度を超えることは決してありません。

MAX6654はSMBusアラート応答アドレス(割込みポインタのリターンアドレス機能)にตอบสนองします(「アラート応答アドレス」を参照)。修正処置を講じる前に、必ずその時の温度を読取って、割込みが正当なものであることを確認して下さい。

アラート応答アドレス

SMBusアラート応答割込みポインタは、バスマスタに必要な複雑で高価なロジックを持たない単純なスレーブデバイスの障害を迅速に認識する手段として利用できます。ALERT割込み信号を受けたホストマスタは、アラート応答スレーブアドレス(0001 100)に受信バイトを伝送することができます。次に、割込みを発生したスレーブデバイスは、自分のアドレスをバスに乗せることによって自分がどのデバイスであるかを知らせます(表4)。

アラート応答は、 I^2C のジェネラルコールと同様に、いくつかの異なるスレーブデバイスを同時に起動できます。2つ以上のスレーブが応答しようとした場合、バスの仲裁規則により、アドレスコードの低い方のデバイスが優先されます。他方のデバイスはアクノレッジを発生せず、クリアされるまで引き続きALERTラインを

ローに保持します。(ALERTをクリアするための条件は、スレーブデバイスのタイプにより異なります。ALERTを発生させた条件が存在しなくなった場合は、アラート応答アドレスの読取りに成功すると、割込みラッチがクリアされます。又、ALERTはスレーブアドレスがホストに戻された後にクリアされます。)

コマンドバイトの機能

8ビットのコマンドバイトレジスタ(表5)は、MAX6654内の様々な他のレジスタを指し示すマスタインデックスです。このレジスタのPOR状態は0000 0000であるため、PORの直後に受信バイトの転送(コマンドバイトを持たないプロトコル)が行われると、その時のローカル温度データが戻されます。ワンショットコマンドは直ちに新しい変換サイクルの開始を強制します。MAX6654がソフトウェアスタンバイモード(RUN/STOPビット=ハイ)の時にワンショットコマンドを受け取った場合は新しい変換が始まり、その後デバイスはスタンバイモードに戻ります。ワンショットコマンドを受け取ったときに変換が進行中である場合、そのコマンドは無視されます。自動変換モード(RUN/STOPビット=ロー)で変換の合間にワンショットコマンドを受け取った場合は新たに変換が始まり、変換速度タイマがリセットされ、全遅延を経て次の自動変換が行われます。

構成バイトの機能

構成バイトレジスタ(表6)は、複数の機能を持つ読取り/書込みレジスタです。ビット7は割込みをマスク(ディセーブル)するために使用されます。ビット6はMAX6654をソフトウェアスタンバイモード(STOP)又は自動変換(RUN)モードにします。ビット5は拡張温度範囲モードを選択し、それにより温度データを-65℃まで読み取ることができます。ビット4はMAX6654を寄生抵抗相殺モード(PRCM)モードにし、検出ジャンクションへの直列抵抗に起因する温度測定誤差を低減します。ビット3は常にゼロ(デフォルト値)に設定する必要があります。ビット2、1及び0は内部でゼロに設定されます。

寄生抵抗相殺モード

リモート検出ジャンクションへの直列抵抗は、1オーム当たり約0.5℃の変換誤差を発生させます。MAX6654はPRCMを使用することで、寄生直列抵抗の影響を相殺できます。構成バイトのビット4がHIGHに設定され、且つ変換速度が1Hz以下に設定されている場合はPRCMが呼び出されます。変換速度が1Hzより速い場合、構成レジスタのビット4の設定は無視されます。PRCMでは変換時間は倍になります(500ms(typ)でローカル及びリモートダイオードの読取りを実施)が、100Ωまでの外部抵抗を補償できます。

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

MAX6654

表5. コマンドバイトのビット割当

REGISTER	ADDRESS	POR STATE	FUNCTION
RLTS	00h	0000 0000	Read Internal Temperature
RRTE	01h	0000 0000	Read External Temperature
RSL	02h	0000 0000	Read Status Byte
RCL	03h	0000 0000	Read Configuration Byte
RCRA	04h	0000 0010	Read Conversion Rate Byte
RLHN	05h	0111 1111	Read Internal High Limit
RLLI	06h	1100 1001	Read Internal Low Limit
RRHI	07h	0111 1111	Read External High Limit
RRLS	08h	1100 1001	Read External Low Limit
WCA	09h	N/A	Write Configuration Byte
WCRW	0Ah	N/A	Write Conversion Rate Byte
WLHO	0Bh	N/A	Write Internal High Limit
WLLM	0Ch	N/A	Write Internal Low Limit
WRHA	0Dh	N/A	Write External High Limit
WRLN	0Eh	N/A	Write External Low Limit
OSHT	0Fh	N/A	One-Shot
RRET	10h	0000 0000	Read External Extended Temperature
RLET	11h	0000 0000	Read Internal Extended Temperature
N/A	FEh	4D	Read Device ID
N/A	FFh	08	Read Device Revision

表6. 構成バイトのビット割当

BIT	NAME	POR STATE	FUNCTION
7 (MSB)	MASK1	0	Masks $\overline{\text{ALERT}}$ interrupts if high.
6	RUN/STOP	0	Standby mode control bit; if high, standby mode is initiated.
5	ETA	0	If high, lower temperature range will be extended from 0°C to -64°C.
4	PRCM	0	If high, parasitic resistance cancellation mode is enabled.
3	SPNP	0	Set high for operation with CPU.
2 to 0	RFU	0	Reserved.

ステータスバイトの機能

ステータスバイトレジスタ(表7)は、どの温度スレッシュホールドを超過したかを表示します(存在する場合)。更に、ADCが変換中であるか、及びリモートダイオードのDXP-DXN経路にオープン回路があるかどうかを表示します。PORの後、警報状態が存在しないと仮定すれば全てのフラグビットの標準状態はゼロになっています。ステータスバイトの読取りに成功すると、障害が引き続き生じていない限りステータスバイトはクリアされます。 $\overline{\text{ALERT}}$ を示すステータスフラグビットがクリア

されても、 $\overline{\text{ALERT}}$ 割込みラッチは自動的にクリアされないことに注意して下さい。障害条件は $\overline{\text{ALERT}}$ がクリアされる前に除去される必要があります。

ステータスバイトを読取る時は、非同期ADCタイミングに起因する内部バス衝突をチェックするか、ステータスバイトを読取る前に、構成バイトのRUN/STOPビットを通じてADCをディセーブルして下さい。ワンショットモードでは、変換が完了するのを待ってからステータスバイトを読取って下さい。変換はワンショット変換のコマンドを受け取ってから150ms(max)後に完了します。

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、SMBusシリアルインタフェース付

表7. ステータスバイトのビット割当

BIT	NAME	POR STATE	FUNCTION
7 (MSB)	BUSY	0	ADC is busy converting when high.
6	LHIGH	0	Internal high-temperature alarm has tripped when high; cleared by POR or readout of the entire status byte if the fault condition no longer exists.
5	LLOW	0	Internal low-temperature alarm has tripped when high; cleared by POR or readout of the entire status byte if the fault condition no longer exists.
4	RHIGH	0	External high-temperature alarm has tripped when high; cleared by POR or readout of the entire status byte if the fault condition no longer exists.
3	RLOW	0	External low-temperature alarm has tripped when high; cleared by POR or readout of the entire status byte if the fault condition no longer exists.
2	OPEN	0	A high indicates an external diode open; cleared by POR or readout of the entire status byte if the fault condition no longer exists.
1 or 0	RFU	0	Reserved.

MAX6654は衝突回避機能を取り入れているため、SMBus動作と温度変換間で完全に非同期の動作を行うことができます。

自動変換中、 T_{HIGH} 制限と T_{LOW} 制限が互いに近い場合、ステータス読取り動作の時間間隔によっては(特に最高速度で変換している場合)、高温ステータスビットと低温ステータスビットの両方が設定される可能性があります。こうした状況では、長期間の温度変化の反転を検出する際にステータスビットを使用せず、現在の温度読取り値を使用することにより変化の方向を定めることを推奨します。

変換速度バイト

変換速度レジスタ(表8)は、フリーランニング自動変換モードにおける変換の時間間隔を設定します。この可変速度制御によって、ポータブル機器アプリケーションにおける消費電流を低減できます。変換速度バイトのPOR状態は02h(0.25Hz)です。MAX6654はこのレジスタの3つのLSBビットのみを対象とするため、上位5ビットは「任意」ビットとなります(これらはゼロに設定して下さい)。変換速度の許容誤差はどの速度設定でも $\pm 25\%$ です。

変換を開始してから1つの全変換時間(公称125ms、最大156ms)だけ経過した後で、両方のチャンネルの有効A/D変換結果が得られます。これは、RUN/STOPビット、ハードウェアSTBY/ピン、ワンショットコマンド、或いは最初のパワーアップのいずれの方法で変換が開始されて

いても同じです。1Hz以下の変換速度では、拡張分解能及び寄生抵抗相殺モードを利用できます。

スレーブアドレス

MAX6654のデバイスアドレスは、ADD0及びADD1のピン接続によって9つの異なる値のうちの1つに設定できるため、アドレスの競合を起こさずに2つ以上のMAX6654が同じバス上に存在できます(表9)。

アドレスピン状態はPOR時にのみチェックされ、アドレスデータはラッチされたままになります。これはHigh-Z状態の検出に必要なバイアス電流に起因する自己消費電流を低減するためです。

MAX6654は、SMBusアラート応答スレーブアドレスにも応答します(「アラート応答アドレス」を参照)。

POR及びUVLO

MAX6654は揮発性のメモリを備えています。曖昧な電源条件によってメモリ内のデータが破壊されて誤動作を起こさないように、POR電圧検出器が V_{CC} を監視し、 V_{CC} が2V(typ、「Electrical Characteristics」を参照)よりも低くなるとメモリをクリアします。電源投入時に V_{CC} が2.0V(typ)を超えると、ロジックブロックが動作し始めます(3V以下の V_{CC} レベルでの読書きは避けて下さい)。第2の V_{CC} コンパレータ、即ちADC低電圧ロックアウト(UVLO)コンパレータは、ヘッドルームが十分となる($V_{CC} = 2.8V$ typ)までADCの変換を阻止します。

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

MAX6654

表8. 変換速度制御バイト

DATA	CONVERSION RATE (Hz)
00h	0.0625
01h	0.125
02h	0.25
03h	0.5
04h	1
05h	2
06h	4
07h	8
08h-FFh	Reserved

パワーアップ時のデフォルト：

- ・ 割込みラッチがクリアされます。
- ・ アドレス選択ピンがサンプリングされます。
- ・ ADCが0.25Hzの速度で自動変換を開始します。
- ・ コマンドバイトが00hに設定されます。これは受信バイトのリモートクエリを簡単に行うためです。
- ・ T_{HIGH} 及び T_{LOW} レジスタがそれぞれ最大及び最小制限値に設定されます。

表 9. スレーブアドレスデコーディング
(ADD0及びADD1)

ADD0	ADD1	ADDRESS
0	0	0011 000
0	High-Z	0011 001
0	1	0011 010
High-Z	0	0101 001
High-Z	High-Z	0101 010
High-Z	1	0101 011
1	0	1001 100
1	High-Z	1001 101
1	1	1001 110

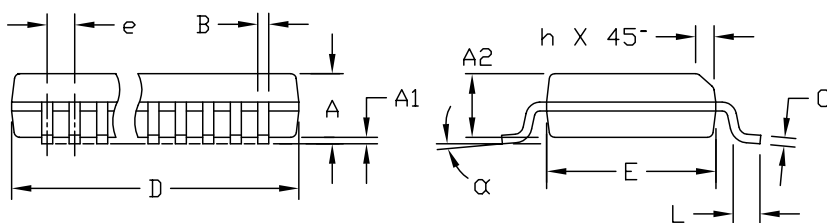
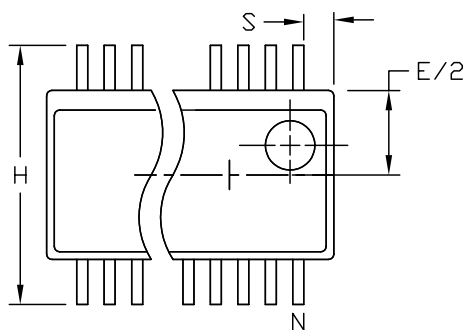
注：High-Zは、ピンが接続されずにフローティング状態であることを意味します。

チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 12,504

1 精度、リモート/ローカル温度センサ、 SMBusシリアルインタフェース付

パッケージ



DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	.061	.068	1.55	1.73
A1	.004	.0098	0.102	0.249
A2	.055	.061	1.40	1.55
B	.008	.012	0.20	0.31
C	.0075	.0098	0.191	0.249
D	SEE VARIATIONS			
E	.150	.157	3.81	3.99
e	.025 BSC		0.635 BSC	
H	.230	.244	5.84	6.20
h	.010	.016	0.25	0.41
L	.016	.035	0.41	0.89
N	SEE VARIATIONS			
α	0°	8°	0°	8°

VARIATIONS:

	INCHES		MILLIMETERS		N	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.		
D	.189	.196	4.80	4.98	16	AA
S	.0020	.0070	0.05	0.18		
D	.337	.344	8.56	8.74	20	AB
S	.0500	.0550	1.270	1.397		
D	.337	.344	8.56	8.74	24	AC
S	.0250	.0300	0.635	0.762		
D	.386	.393	9.80	9.98	28	AD
S	.0250	.0300	0.635	0.762		

NOTES:

- 1). D & E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS.
- 2). MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .006" PER SIDE.
- 3). CONTROLLING DIMENSIONS: INCHES.
- 4). MEETS JEDEC MO137.

MAXIM	
PROPRIETARY INFORMATION	
TITLE:	
PACKAGE OUTLINE, QSDP, .150", .025" LEAD PITCH	
APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO.
	21-0055
REV	1/1

販売代理店

マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16(ホリゾン1ビル)
TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

マキシム社では全体がマキシム社製品で実現されている回路以外の回路の使用については責任を持ちません。回路特許ライセンスは明言されていません。マキシム社は随時予告なしに回路及び仕様を変更する権利を保留します。

16 _____ Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600