

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

概要

MAX6660は、総合的なファン制御ソリューションを提供するリモート温度センサとファン速度レギュレータです。リモート温度センサは、一般に、マイクロプロセッサのサブストレートPNPなどのコモンコレクタ方式のPNP、またはダイオード接続トランジスタで、通常低コストで実装が容易な2N3904 NPNタイプまたは2N3906 PNPタイプです。

また、このデバイスはタコメータフィードバックによりファン速度を安定化する閉ループファンコントローラを内蔵しています。MAX6660は、温度データをユーザがSMBus™上でプログラムしたファンスレッシュホールド温度及びゲイン設定と比較します。その結果、リモートジャンクション温度に比例した自動ファン制御が行われます。温度フィードバックループは、ファン速度に対するシステム制御のために随時切断できます。

ファン速度はPWM制御とは対照的に電圧制御されるので、騒音が非常に小さくファンの信頼性がきわめて高くなっています。内蔵パワーデバイスがファンを定格の250mAまで駆動します。

温度データは0.25sごとに更新され、SMBusインタフェース上で随時読み取ることができます。リモートジャンクションが+60 ~ +100 のとき、MAX6660の精度は1 (最大)です。データは、分解能が0.125 の10ビット+符号ワードでフォーマットが指定されています。

MAX6660は、-40 ~ +125 で仕様が指定され、16ピンQSOPパッケージで供給されます。

アプリケーション

PC

ノートブック

電気通信システム

産業用制御システム

サーバ

ワークステーション

SMBusはIntel Corp.の商標です。

ピン配置はデータシートの最後に記載されています。

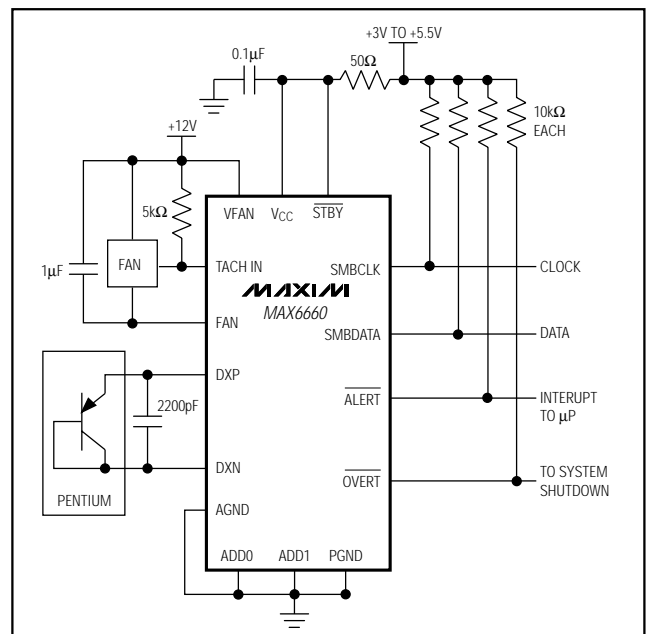
特長

- ◆ 温度検出とファンレギュレーションソリューションを集積化
- ◆ ファンスレッシュホールド温度がプログラム可能
- ◆ フルスケールファン速度の温度範囲がプログラム可能
- ◆ 高精度の閉ループファン速度レギュレーション
- ◆ 内蔵パワーデバイスがファンを定格250mAまで駆動
- ◆ 温度過冷/温度過昇警報がプログラム可能
- ◆ タイムアウト付SMBus 2線シリアルインタフェース (SMBusロックアップ不可)
- ◆ SMBusアラート応答をサポート
- ◆ $\overline{\text{OVERT}}$ システムシャットダウン機能を含むACPI対応
- ◆ 温度検出精度: ± 1 (+60 ~ +100)
- ◆ MAX6660EVKITあり

型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6660AEE	-40°C to +125°C	16 QSOP

標準動作回路



リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

All Voltages Referenced to GND
 V_{CC}, ADD0, ADD1, SMBDATA,
 SMBCLK, ALERT, OVERT-0.3V to +6V
 V_{FAN}, TACH IN, FAN-0.3V to +16V
 DXP, GAIN.....-0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
 DXN.....-0.3V to 1V
 SMBDATA, ALERT, OVERT Current-1mA to +50mA
 DXN Current±1mA

FAN Out Current500mA
 ESD Protection (Human Body Model).....2000V
 Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 16-Pin QSOP (derate 8.3mW/°C above +70°C).....667mW
 Operating Temperature Range-40°C to +125°C
 Junction Temperature+150°C
 Storage Temperature Range-65°C to +150°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, V_{FAN} = +12V, T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise specified. Typical values are at V_{CC} = +3.3V and T_A = +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
ADC AND POWER SUPPLY							
V _{CC} Supply Voltage	V _{CC}			3.0		5.5	V
V _{FAN} Supply Voltage	V _{FAN}			4.5		13.5	V
Operating Supply Current	I _{CC}	Fan off			250	500	μA
Shutdown Supply Current	I _{SHDN}	Shutdown			3	10	μA
Temperature Resolution					0.125		°C
					11		Bits
Temperature Error (Note 2)	T _E	T _A = +85°C, V _{CC} = +3.3V	T _{RJ} = +60°C to +100°C	-1		+1	°C
			T _{RJ} = +25°C to +125°C	-3		+3	
			T _{RJ} = -40°C to +125°C	-5		+5	
Internal Reference Frequency Accuracy				+25		-25	%
Temperature Conversion Time					0.25		s
Conversion Rate Timing Error				-25		+25	%
Undervoltage Lockout Threshold	V _{UVLO}	V _{CC} falling		2.50	2.80	3.00	V
Undervoltage Lockout Threshold Hysteresis	V _{HYST}				90		mV
Power-On-Reset (POR) Threshold (V _{CC})		V _{CC} rising		1.4	2.0	2.5	V
POR Threshold Hysteresis					90		mV
Remote-Junction Source Current	I _{RJ}	High level		80	100	120	μA
		Low level		8	10	12	
DXN Source Voltage	V _{DXN}				0.7		V

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3V to +5.5V, V_{FAN} = +12V, T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise specified. Typical values are at V_{CC} = +3.3V and T_A = +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Tach Input Transition Level		V _{FAN} = 12V		10.5		V
Tach Input Hysteresis		V _{FAN} = 12V		190		mV
Current-Sense Tach Threshold				20		mA
Current-Sense Tach Hysteresis				0.3		mA
Fan Output Current			250			mA
Fan Output Current Limit (Note 3)				320	410	mA
Fan Output On-Resistance	R _{ONF}	250mA load		4		Ω
SMBus INTERFACE: SMBDATA, ALERT, STBY, OVERT						
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
		V _{CC} = +5.5V	2.6			
Input Leakage Current	I _{leak}	V _{IN} = GND or V _{CC}	-2		+2	μA
Output Low Sink Current	I _{OL}	V _{OL} = 0.4V	6			mA
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 SMBDATA	4			μs
Clock Low Time	t _{LOW}	10% to 10%	4.7			μs
Clock High Time	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 SMBCLK/SMBDATA Rise Time	t _R				1	μs
Receive SMBCLK/SMBDATA 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: Junction Temperature = T_A. This implies zero dissipation in pass transistor (no load, or fan turned off).

Note 2: T_{RJ}, Remote Temperature accuracy is guaranteed by design, not production tested.

Note 3: Guaranteed by design. Not production tested.

Note 4: The MAX6660 includes an SMBus timeout, which resets the interface whenever SMBCLK or SMBDATA has been low for greater than 25ms. This feature can be disabled by setting bit 2 of the Fan Gain register at 16h/1Bh to a 1. When the timeout is disabled, the minimum clock frequency is DC.

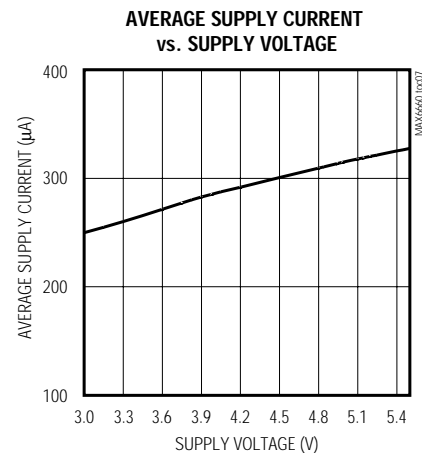
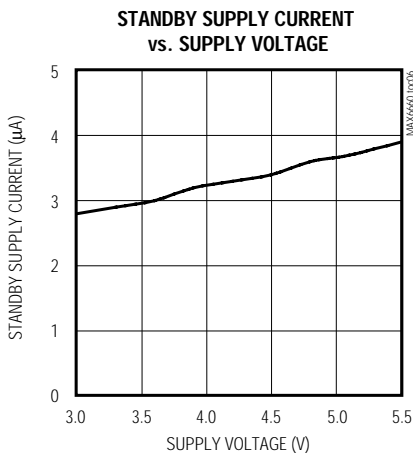
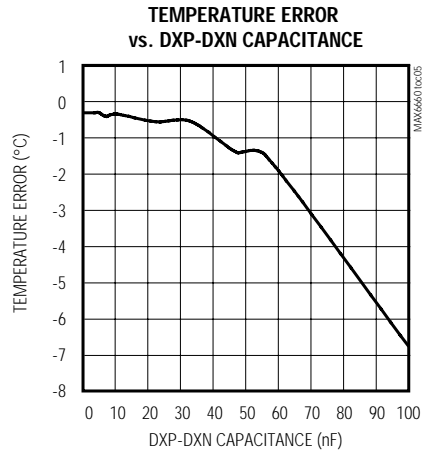
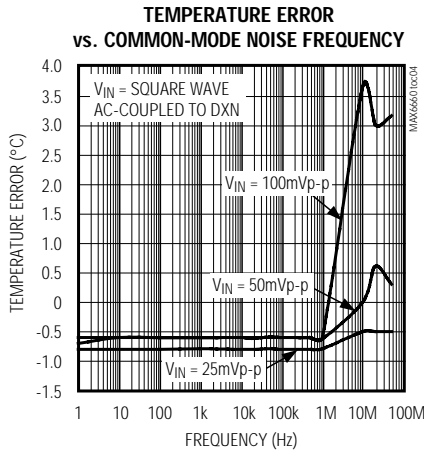
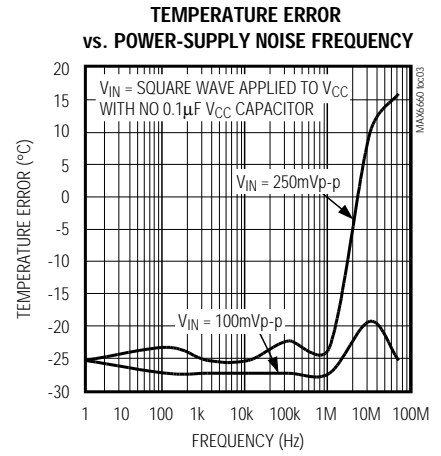
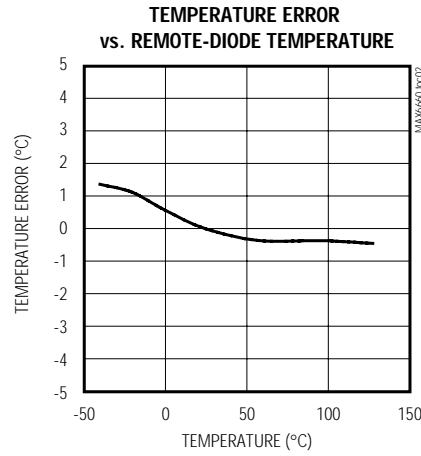
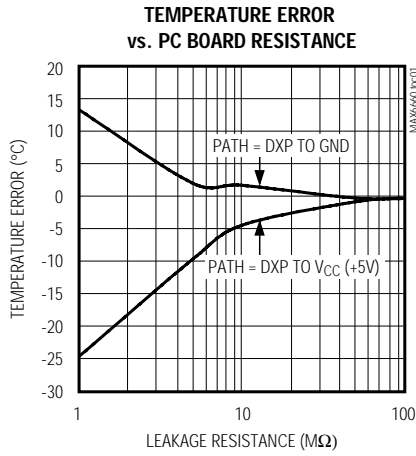
Note 5: Note that a transition must internally provide at least a hold time in order to bridge the undefined region (300ns max) of SMBCLK's falling edge.

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

標準動作特性

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



リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

端子説明

端子	名称	機能
1	VFAN	ファン駆動電源入力。4.5V ~ 13.5V。
2	V _{CC}	電源電圧入力。+3V ~ +5.5V。0.1μFのコンデンサでV _{CC} をグランドにバイパスして下さい。
3	DXP	入力：リモートジャンクションアノード。ノイズフィルタリングのため、2200pFのコンデンサをDXPとDXNの間に接続して下さい。
4	DXN	入力：リモートジャンクションカソード。DXNは、内部でグランド電位よりも高いダイオード電圧にバイアスされています。
5	FAN	ファンローサイドへのオープンドレイン出力。1μF以上のコンデンサをFANとVFANの間に接続して下さい。
6	ADD1	SMBusアドレス選択端子。パワーアップすると、ADD0とADD1がサンプリングされます。
7	PGND	電源グランド
8	AGND	アナロググランド
9	OVER \bar{T}	温度過昇シャットダウン出力。アクティブロー出力(必要に応じてアクティブハイもプログラム可能)。オープンドレイン。
10	ADD0	SMBusスレーブアドレス選択端子。パワーアップすると、ADD0とADD1がサンプリングされます。
11	ALERT \bar{T}	SMBusアラート(割込み)出力。オープンドレイン、アクティブロー出力。
12	SMBDATA	SMBusシリアルデータ入力/出力。オープンドレイン
13	GAIN	ゲイン制御。外部抵抗器をGAINからV _{CC} に接続して、電流検出モードのゲインを下げて下さい。
14	SMBCLK	コントローラのSMBusクロックライン。MAX6660が給電されていない場合でも、このラインは最大V _{CC} の入力を受け入れます。
15	STBY \bar{B}	ハードウェアスタンバイ入力。電源電流を減らすには、STBYをローに駆動して下さい。スタンバイモードでは、温度と比較データが保存されます。
16	TACH IN	ファンタコメータ入力。最大VFANの電圧を受け入れます。

詳細

MAX6660は、SMBusインタフェースを備えたリモート温度センサとファンコントローラです。MAX6660は、リモートジャンクション温度センサの温度を10ビット+符号デジタルワードに変換します。リモート温度センサには、2N3906や多くのプロセッサICのサブストレートによく見られるタイプなどのダイオード接続トランジスタが使用できます。温度情報はファン速度レギュレータに送られ、SMBusインタフェースを介して読み取られます。SMBus経由の温度データは、10ビット+符号の2の補数ワードとして0.125 (LSB)の分解能で読み取ることができ、0.25sごとに更新されます。

MAX6660は、タコメータフィードバックによりファン速度を安定化する閉ループファンコントローラを内蔵しています。温度情報は、スレッシュホールド及び範囲設定と比較され、これによりMAX6660は温度に比例するファン速度を自動的に設定できます。温度制御ループまたはファン制御ループのいずれかを開ループにできることを含め、これらのモードによる制御がすべて利用できます。図1に簡略化したブロック図を示します。

ADC

ADCは、60msの期間にわた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。リモートダイ

オードにバイアス電流を流し、順方向電圧を測定して温度を算出します。DXN端子は、リモートダイオードのカソードで、内部ダイオードによりグランドよりも0.65V高い電位にバイアスされています。これはADC入力を差動測定用に設定するためです。ワーストケースのDXP-DXN差動入力電圧範囲は、0.25V ~ 0.95Vです。リモートダイオードとの直列抵抗が過剰になると、1当たり約+1/2の誤差が生じます。同様に、DXP-DXNに200mVのオフセット電圧が加わると、約1の誤差を生じます。

A/D変換シーケンス

変換シーケンスは、フリーランニング自動変換モード(構成レジスタのビット6=0)で250msごとに開始し、またはワンショットコマンドを書き込むことにより直ちに開始します。新しい測定結果は、変換終了後に得られます。前回の変換シーケンスの結果は、ADCが変換を行っているときも利用できます。

リモートダイオードの選択

温度精度は、高品質のダイオード接続小信号トランジスタを使用できるか否かによります。精度は、表1に示すデバイスすべてに対して実験により確認されています。また、MAX6660は、温度検出ダイオードを内蔵したCPUとその他のICのダイ温度を直接測定できます。

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

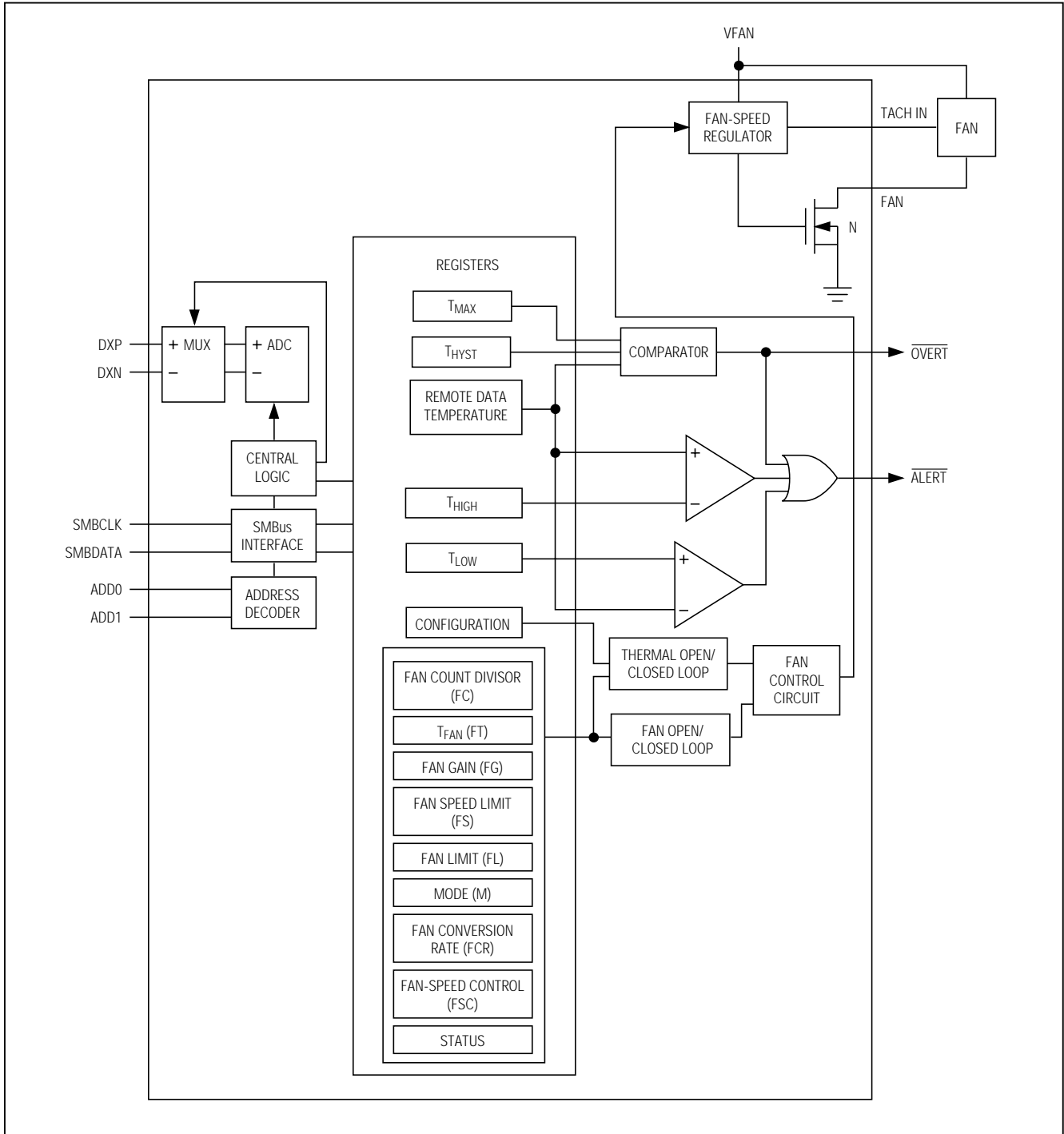


図1. MAX6660のブロック図

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

トランジスタは、順方向電圧の比較的高い小信号タイプでなければなりません。そうでない場合、A/Dの入力範囲を満たさなくなる可能性があります。順方向電圧は、 $10\mu\text{A}$ で 0.25V よりも大きいものとします。この条件が予想最高温度で満たされることを確認して下さい。順方向電圧は、 $100\mu\text{A}$ で 0.95V 未満でなければなりません。この条件が予想最低温度で満たされることを確認して下さい。大型のパワートランジスタ、パワーダイオード、または小信号ダイオードを使用しないで下さい。また、ベース抵抗は 100Ω 未満とします。順方向電流ゲインに対する仕様が厳しい(例えば、 $50 < \beta < 150$)ことは、メーカーが適切な工程管理を実施しており、デバイスが一定したVBE特性を持つことを示します。モードレジスタのビット5~2は、推奨リストに記載されていないダイオードの温度を正確に測定したり、特定の制御システムで使用するMAX6660を個別に調整したりするためのADCゲインの調整に使用することができます。

サーマルマスと自己発熱

内蔵された検出ジャンクションを備えたCPUやその他のICの温度を測定するとき、サーマルマスは事実上何も影響を与えません。すなわち、ジャンクション温度の測定から、変換サイクル中に実際の温度が判明します。個別のリモートセンサの温度を測定するとき、小型のパッケージ(例えば、SOT23)ほど熱応答時間が短くなります。熱源とセンサの間の温度勾配を考慮して、センサパッケージ周辺に漂う空気の流れが測定精度に影響を与えないようにして下さい。自己発熱は、測定精度に重大な影響を与えません。ダイオードの電流源によるリモートセンサの自己発熱は無視できます。

ADCのノイズフィルタリング

ADCは、特に $60\text{Hz}/120\text{Hz}$ の電源ハムなどの低周波信号に対して優れたノイズ除去特性を有する積分タイプです。微小電力動作では高周波のノイズ除去特性に制約があり、そのため、電氣的ノイズの多い環境における高精度のリモート測定では、慎重なプリント基板レイアウトと外部ノイズの適切なフィルタリングが必要です。

高周波EMIは、DXPとDXNにおいて外部に 2200pF のコンデンサを接続することで最良のフィルタリングができます。この値は、ケーブルの容量を含め、約 3300pF (最大)まで増加できます。 3300pF よりも大きい容量を使用すると、電流源切替えの立上り時間が原因で誤差が発生します。ほとんどすべてのノイズ源の試験が行われる場合、ADCの測定値が実際の温度よりも標準で $+1 \sim +10$ (周波数と振幅によりますが)高くなります。

表1. リモートセンサトランジスタ

MANUFACTURER	MODEL NO.
Central Semiconductor (USA)	2N3904, 2N3906
Fairchild Semiconductor (USA)	2N3904, 2N3906
Rohm Semiconductor (Japan)	SST3904
Samsung (Korea)	KST3904-TF
Siemens (Germany)	SMBT3904
Zetex (England)	FMMT3904CT-ND

Note: Transistors must be diode connected (base shorted to collector).

プリント基板レイアウト

以下の指針に従って温度センサの測定誤差を低減して下さい。

- 1) MAX6660をリモートダイオードにできる限り近づけて配置します。コンピュータのマザーボードなど、ノイズの多い環境では、この距離を $10\text{cm} \sim 20\text{cm}$ (typ)とすることができます。最大のノイズ源を回避できれば、この距離は長くすることが可能です。ノイズ源には、CRT、クロック発生器、メモリバス、ISA/PCIバスがあります。
- 2) DXP-DXNラインの経路をCRTの偏向コイルの近くに配置しないで下さい。また、高速デジタル信号の近くにトレースを配置しないで下さい。適切なフィルタリングを行っても $+30$ の誤差が容易に生じる場合があります。
- 3) DXPとDXNのトレースを平行にし互いに近づけて、 $+12\text{VDC}$ などの高電圧トレースから遠ざけて配置します。プリント基板を汚染する漏洩電流は、注意して処理する必要があります。DXPとグラウンドの間に 20M (の漏洩経路があると、約 $+1$ の誤差が生じるからです。高電圧のトレースが避けられない場合は、DXP-DXNトレースのいずれかの側のGNDにガードトレースを接続して下さい(図2)。
- 4) ビアやクロスアンダーをできるだけ使用せずに経路を定め、銅とハンダによる熱電対効果を最小限に抑えて下さい。
- 5) 熱電対が形成されるときは、DXPとDXNの両経路が同じ熱電対となるようにして下さい。銅とハンダの熱電対は $3\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ を発生しますが、 $+1$ の測定誤差に相当するDXP-DXNでの電圧誤差は約 $200\mu\text{V}$ です。したがって、数箇所の熱電対が加算されても誤差は無視できます。
- 6) トレースの幅は広くして下さい。幅が狭いと誘導性になり、放射ノイズを拾いやすくなります。図2で推奨する 10mil の幅と間隔は、絶対に必要なわけではありません。狭いトレースでの漏洩とノイズが僅かに改善されるに過ぎないからです。可能な限り幅の広いトレースを使用して下さい。

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

7) ノイズフィルタリングの効果を最大限に高めるため V_{CC} と直列に $50\ \Omega$ の抵抗器を追加します(標準動作回路を参照)。

プリント基板レイアウトのチェックリスト

- MAX6660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とCRTから遠ざけます。
- 推奨のトレース幅と間隔を適用します。
- トレースの下にグランドプレーンを配置します。
- DXPとDXNをガードトレースで取り囲み、これをGNDに接続します。
- ノイズフィルタと $0.1\ \mu\text{F}$ の V_{CC} バイパスコンデンサをMAX6660の近くに配置します。

ツイストペアとシールド付ケーブル

リモートセンサまで距離が20cmよりも長い場合やノイズが非常に多い環境では、ツイストペアケーブルを使用してリモートセンサを接続します。ツイストペアケーブルの長さは、ノイズが過大な誤差を生じることがなければ、180cm~360cmとすることができます。距離がさらに長い場合は、音響マイクロフォンに使用されるようなシールド付ツイストペアケーブルが最適です。例えば、Belden #8451は、ノイズの多い環境で最大30mの距離に利用できます。デバイス側では、ツイストペアをDXPとDXNに接続し、シールドをGNDに接続します。リモートセンサ側では、シールドを接続しないでおきます。

非常に長いケーブルを布設する場合は、ケーブルの寄生容量がノイズフィルタ作用をする場合が多いので、 $2200\ \text{pF}$ のコンデンサをときには除去したりその値を小さくしたりすることができます。ケーブルの抵抗もリモートセンサの精度に影響します。直列抵抗 $1\ \Omega$ につき、誤差は約 $+1/2\ \%$ です。

低電力スタンバイモード

スタンバイモードでは、ADC、制御ループ、ファンドライバをディセーブルすることにより、電源電流が $10\ \mu\text{A}$ 以下に減少します。ハードウェアスタンバイモードに入るには STBY を強制的にローにし、ソフトウェアスタンバイに入るには構成バイトレジスタのRUN/STOPビットを1に設定します。ハードウェアとソフトウェアのスタンバイはよく似ています。つまり、全データがメモリに保存され、SMBインタフェースがアクティブな状態にありSMBusコマンドを待っている点が共通しています。唯一の違いは、ソフトウェアスタンバイモードではワンショットコマンドが変換を開始する点です。

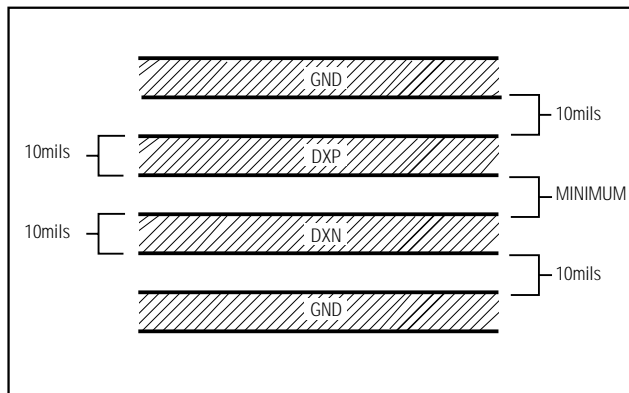


図2. 推奨されるDXP-DXNのプリント基板トレース

ハードウェアスタンバイでは、ワンショットコマンドが無視されます。SMBusが動作すると、デバイスに流れる電源電流が増加します。

STBY をローに駆動すると、ソフトウェアの変換コマンドが無効になります。変換が進行中にハードウェアまたはソフトウェアのスタンバイコマンドが受信されると、変換サイクルが中断して温度レジスタは更新されません。以前のデータは変更されずにそのまま利用できます。

SMBusデジタルインタフェース

ソフトウェアの観点からは、MAX6660は温度データ、警報スレッシュホールド値、制御ビットを格納した1組のバイト幅レジスタとして機能します。デバイスは、すべての機能へのアクセスに対して同じSMBusスレーブアドレスに応答します。

MAX6660では、警報スレッシュホールドのプログラム、温度データの読み取り、すべてのファン制御ループレジスタへの読み書きを行うために、バイト書込み、バイト読み取り、バイト送信、バイト受信(図3、4、5)の4つの標準SMBusプロトコルを採用しています。短いバイト受信プロトコルでは、バイト読み取り命令により正しいデータレジスタが予め選択されていると、転送を速くすることができます。マルチマスタシステムの短いプロトコルを使用するときは、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。

表2. 温度データ形式(2の補数)

TEMP. ($^{\circ}\text{C}$)	DIGITAL OUTPUT
+127	0111 1111 111
+125.00	0111 1101 000
+25	0001 1001 000
+0.125	0000 0000 001
0	0000 0000 000
-0.125	1111 1111 111
-25	1110 0111 111
-40	1101 1000 111

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

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

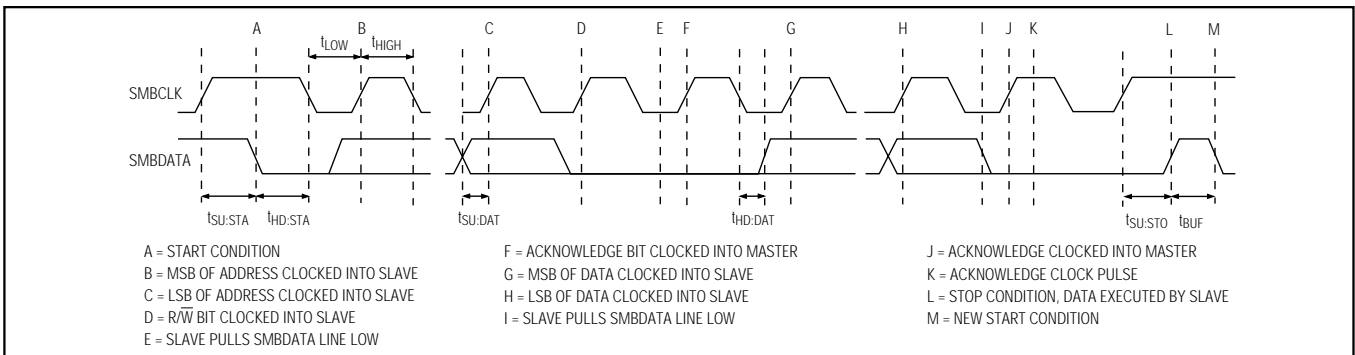


図4. SMBus書込みタイミング図

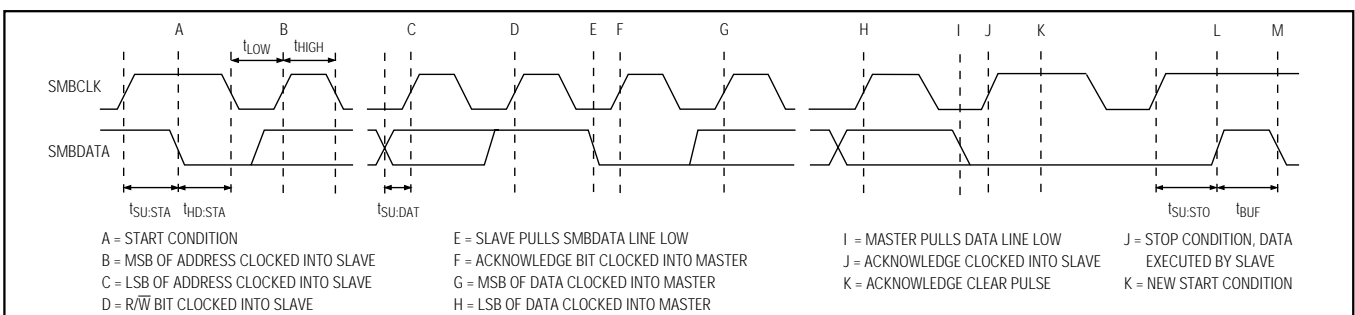


図5. SMBus読取りタイミング図

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

SMBusインタフェースにはタイムアウト機能があり、これはデータまたはクロックラインが35ms以上ローに保たれているときは随時インタフェースをリセットしてMAX6660がバスを「ロック」できないようにすることが可能です。

リモート温度データレジスタ

アドレスが00hと01hの2つのレジスタは、リモートダイオードの測定温度データを保存します。リモートダイオード温度のデータ形式は、10ビット+符号で、各ビットは2の補数形式で0.125 に相当します(表2)。レジスタ01hには、符号ビットと最初の7ビットが含まれます。レジスタ00hのビット7、6、5は、3つのLSBです。この2つのレジスタを同時に読み取らない場合は、それらの内容が2つの異なる温度測定値データであり、間違った温度データをもたらすかもしれません。このため、パリティビットが00hレジスタに付加されています。これのビット4は、00hと01hのデータが同じ温度変換によるものであれば0、そうでなければ1です。残りのビットは「ドントケア(任意)」です。温度データを読み取るとき、レジスタ01hを最初に読み取る必要があります。

警報スレッシュホールドレジスタ

MAX6660は、各ビットが1 に相当する2の補数温度値を用いてプログラムできる4つの警報スレッシュホールドレジスタを備えています。これらのレジスタは、 T_{HIGH} 、 T_{LOW} 、 T_{MAX} 、 T_{HYST} です。測定温度が T_{HIGH} 以上であるか、 T_{LOW} 未満の場合、 \overline{ALERT} 割込みがアクティブな状態になります。測定温度が T_{MAX} 以上である場合、 \overline{OVERT} 出力がアクティブな状態になります(温度過昇出力(\overline{OVERT})の項を参照)。 T_{MAX} を超える温度により、 \overline{ALERT} と \overline{OVERT} がアクティブになった場合、温度が T_{HYST} よりも下がって初めてアクティブな状態を取り消すことが可能です。POR状態での T_{HIGH} は+127、 T_{LOW} は-55、 T_{MAX} は+100、 T_{HYST} は+95 です。

温度過昇出力(\overline{OVERT})

MAX6660は、リモートダイオードの温度が T_{MAX} レジスタで設定された限界値をよぎると設定される温度過昇出力(\overline{OVERT})を備えています。(\overline{OVERT})は、リモートダイオードの温度が T_{MAX} を超えていれれば必ずアクティブです。温度が T_{HYST} 未満に下がると、 \overline{OVERT} ラインはクリアされます。構成レジスタのビット1は、 \overline{OVERT} 出力をマスクするのに使用できます。通常、 \overline{OVERT} 出力は電源シャットダウンラインに接続されてシステム電源を停止します。パワーアップの際は、 \overline{OVERT} のデフォルトがアクティブローですが、構成レジスタのビット5を設定することにより極性を反転できます。

\overline{OVERT} ラインは、MAX6660によるか、外部ソースで駆動するかのいずれかによりアクティブにすることができます。外部ソースは、構成レジスタのビット2によりマスクできます。 \overline{OVERT} がアクティブのとき、ファンループがファンを強制的に最高速度にし、ステータスレジスタのビット1をセットします。

ダイオードフォルト警報

DXPの連続性フォルト検出器は、DXPとDXNの間のオープン回路を検出します。オープン回路または短絡が存在すると、レジスタ01hに000 0000がロードされます。さらに、フォルトがオープン回路である場合、ステータスバイトのビット2が1にセットされ、変換の終了時にALERT状態がアクティブになります。PORの直後、ステータスレジスタは最初の変換の終了時までフォルトが存在しないことを表示します。

\overline{ALERT} 割込み

リモートダイオードの温度が T_{LOW} 未満であるか、 T_{HIGH} を超えているとき、 \overline{ALERT} 割込み出力信号がアクティブになります(この信号が構成レジスタのビット7によりマスクされていない場合)。リモートダイオードが接続されていない場合(連続性検出のため)、ダイオードが短絡されている場合、または \overline{OVERT} も、 \overline{ALERT} 信号がアクティブになります。 \overline{ALERT} 信号がアクティブになると、ステータスレジスタの対応するビットがセットされます。 \overline{ALERT} をクリアする方法には、ALERT応答アドレスの送信、またはステータスレジスタの読取りの2つがあります。

自動変換は、割込みがあっても停止しません。 \overline{ALERT} がアクティブ状態になった後も、新しい温度データはSMBus上で利用できます。 \overline{ALERT} はアクティブローのオープンドレイン出力なので、複数のデバイスが同じ割込みラインを共有できます。割込みは各温度変換の終了時に更新されます。そのため、クリアされた後もフォルトの原因が排除されていないければ、次の温度変換の後に割込みが再び現れます。

構成レジスタのビット0を1にセットすると、ステータスレジスタはSMBusアラート応答アドレス(アラート応答アドレスの項を参照)を送信することによってのみクリアされます。是正処置をとる前に、現在の温度を読み取ることで割込みが有効であることを必ずチェックして下さい。割込みの再発を防止するため、MAX6660は所定の温度スレッシュホールドを1回よぎるたびに一度だけ \overline{ALERT} をアクティブにします。新しい割込みをイネーブルするには、割込みをトリガするリミットレジスタの値を書き換える必要があります。もう一方の温度スレッシュホールドをよぎることにより他の割込み状態が発生する

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

可能性があります。あるいは、ダイオードのフォルトも割込みの発生原因となる可能性があります。

例えば、リモート温度読取りが T_{HIGH} をよぎり、 \overline{ALERT} をアクティブにします。ホストは、割込みに応答してアラート応答アドレスを読み取って割込みをクリアします。このとき、システムモステータスバイトを読み取ることができます。状態が持続すると、割込みが再び現れます。最後に、ホストは新しい値を T_{HIGH} に書き込みます。こうすることで、アラート状態がなお続く場合はデバイスが新しい T_{HIGH} 割込みを発生することができます。

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回路を持たない単純なスレーブデバイスのフォルトを素早く識別します。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に受信バイトを一斉送信することができます(スレーブアドレスの項を参照)。次に、割込みを発生したスレーブデバイスはそのアドレスをバスに送出することにより、割込みを発生したのはどのデバイスであるかを知らせます(表3)。

アラート応答は、 I^2C ™のジェネラルコールと同様に、複数の異なるスレーブデバイスを同時に起動できます。複数のスレーブが応答しようとする、バスの仲裁規則により、下位アドレスコードを持ったデバイスが優先されます。他方のデバイスは受信通知を送信せず、 \overline{ALERT} ラインをクリアされるまでローに保持します(アラートをクリアする条件は、スレーブデバイスのタイプに応じて異なります)。アラート応答プロトコルが無事終了すると、アラートを発した条件がもはや存在しなければ割込みラッチがクリアされます。条件がまだ存在する場合は、デバイスは次の変換の終了時にALERT割込みを再びアクティブにします。

表3. アラート応答アドレスの読取り形式

BIT	NAME	FUNCTION
7 (MSB)	ADD7	Provide the current MAX6660 slave address
6	ADD6	
5	ADD5	
4	ADD4	
3	ADD3	
2	ADD2	
1	ADD1	Logic 1
0 (LSB)	1	

I^2C はPhilips Corp.の商標です。

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4)は、MAX6660内の他のレジスタを指し示すマスタインデックスです。レジスタのPORは0000 0000なので、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、現在のリモート温度データが返されます。

ワンショット

ワンショットコマンドは、新しい変換サイクルを直ちに開始させます。ソフトウェアスタンバイモード(RUN/STOPビット=ハイ)では、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信したとき変換が進行中であれば、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)で変換と変換の間にワンショットコマンドを受信すると、新しい変換が直ちに始まります。

構成バイトの機能

構成バイトレジスタ(表5)は、 \overline{ALERT} 信号をマスク(ディセーブル)するために使用して、デバイスのソフトウェアスタンバイモードへの設定、 \overline{OVERT} の極性の変更、MAX6660の温度開/閉ループモードへの設定、 \overline{OVERT} 信号の抑止、 \overline{OVERT} 出力のマスク、ALERT信号のクリアを行います。MAX6660には、構成レジスタのビット6~3への書き込みコマンドを禁止する書き込み防止機能(ビット4)があります。また、これは、 T_{MAX} 、 T_{HYST} 、ファン変換速度の各レジスタへの書き込みを禁止します。

ステータスバイトの機能

ステータスバイト(表6)は、複数のフォルト状態を報告します。これは、MAX6660のファンドライバトランジスタが過熱状態及び/またはサーマルシャットダウン状態にあること、温度が温度スレッシュホールド T_{LOW} と T_{HIGH} を超えていること、及びDXP-DXN経路にオープン回路があるかどうかを示します。また、レジスタは \overline{ALERT} と \overline{OVERT} の各ラインの状態を報告し、ファンドライバが完全にオンであることを示します。ステータスレジスタの最終ビットは、ファンの故障が発生していることを示します。

PORの後、アラートまたは温度過昇の状態でないものとする、フラグビットの正常な状態はゼロです。ステータスレジスタのビット2~6は、フォルトが持続していない限り、ステータスレジスタを順調に読み取るによりクリアされます。 \overline{ALERT} 出力がステータスフラグビットの後に続きます。読取りが無事終了すると両者はクリアされますが、条件が存在する場合、次の変換の終了時に \overline{ALERT} が再びアクティブになります。

MAX6660は衝突回避機能を備えているので、SMBus動作と温度変換の間は完全に非同期で動作します。

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

表4. コマンドバイトのビット割当

REGISTERS	COMMAND	POR STATE	FUNCTION
RRL	00h	00000000	Read Remote Temperature Low Byte (3MSBs)
RRH	01h	00000000	Read Remote Temperature High Byte (Sign Bit and First 7 Bits)
RSL	02h	00000000	Read Status Byte
RCL/WCL	03h/09h	00000000	Read/Write Configuration Byte
RFCR/WFCR	04h/0Ah	00000010	Read/Write Fan-Conversion Rate Byte
RTMAX/WTMAX	10h/12h	01100100 at +100°C	Read/Write Remote T _{MAX}
RTHYST/WTHYST	11h/13h	01011111 at +95°C	Read/Write Remote T _{HYST}
RTHIGH/WTHIGH	07h/0Dh	01111111 at +127°C	Read/Write Remote T _{HIGH}
RTLOW/WTLOW	08h/0Eh	11001001 at -55°C	Read/Write Remote T _{LOW}
SPOR	FCh	N/A	Write Software POR
OSHT	0Fh	N/A	Write One-Shot Temperature Conversion
RTFAN/WTFAN	14h/19h	00111100 at +60°C	Read/Write Fan-Control Threshold Temperature T _{FAN}
RFSC/WFSC	15h/1Ah	00000000	Read/Write Fan-Speed Control
RFG/WFG	16h/1Bh	10000000	Read/Write Fan Gain
RFTC	17h	00000000	Read Fan Tachometer Count
RFTCL/WFTCL	18h/1Ch	11111111	Read/Write Fan Tachometer Count Limit (Fan Failure Limit)
RFCD/WFCD	1Dh/1Eh	00000001	Read/Write Fan Count Divisor
RFS/WFS	1Fh/20h	11111111	Read/Write Full-Scale Register
RM/WM	FAh/FBh	00000000	Read/Write Mode Register
ID Code	FEh	01001101	Read Manufacturer ID Code
ID Code	9Dh	00001001	Read Device ID Code

自動変換を行っているとき、T_{HIGH}とT_{LOW}の限界値が互いに接近していると、ステータス読取り動作間の時間の長さによっては、高温と低温のステータスビットがともにセットされる可能性があります。こうした状況では、長期的な温度変化によって反転したステータスビットは当てにしない方が得策です。それよりも、現在の温度読取り値を用いて傾向を見極めます。

メーカーとデバイスのIDコード

2つのROMレジスタでメーカーとデバイスのIDコードを提供します。メーカーのIDを読み取ると4Dが戻されますが、これはASCIIコードM(マキシムの場合)です。デバイスIDを読み取ると09hが戻されますが、これはMAX6660デバイスを示します。READ WORD 16ビットSMBusプロトコルを採用していれば(8ビットREAD BYTEでなく)、どちらの場合もLSBはデータを含み、MSBは00hを含んでいます。

スレーブアドレス

MAX6660は、ピンストラッピングADD0とADD1により9種類のアドレスの1つを持つようにプログラムできるので、アドレスが重複することなく同じバスに最大9つのMAX6660が設置できます。アドレス情報については、表7を参照して下さい。

アドレス端子状態は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。これはハイインピーダンス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。

また、MAX6660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の項を参照)。

PORとUVLO

MAX6660は揮発性メモリを内蔵しています。信頼性の低い電源状態で、メモリ内のデータが破壊されたり不安定な動作が生じたりしないよう、POR電圧検出器がV_{CC}を監視し、V_{CC}が1.91V(標準、電気的特性を参照)よりも下がるとメモリをクリアします。電源が最初に印加されV_{CC}が2.0V(typ)よりも高くなるとロジックブロックが動作を開始しますが、3.0V未満のV_{CC}レベルでの読取りと書込みは推奨できません。第2のV_{CC}コンパレータである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標準)までADCの変換を阻止します。

SPORソフトウェアのPORコマンドは、シリアルインタフェースを介してMAX6660レジスタのパワーオンリセットを強制的に行うことができます。SEND BYTEプロトコルでCOMMAND=FChを使用します。

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

表5. 構成バイトのビット割当

BIT	NAME	POR STATE	DESCRIPTION
7(MSB)	$\overline{\text{ALERT}}$ Mask	0	When set to 1, $\overline{\text{ALERT}}$ is masked from internally generated errors.
6	Run/Stop	0	When set to 1, the MAX6660 enters low-power standby.
5	$\overline{\text{OVERT}}$ Polarity	0	0 provides active low, 1 provides active high.
4	Write Protect	0	When set to 1, Write Protect is in effect for the following applicable registers: 1. Configuration register bits 6, 5, 4, 3 2. T _{MAX} register 3. T _{HYST} register 4. Fan Conversion Rate register
3	Thermal Closed/ Open Loop	0	When set to 1, the thermal loop is open. The Fan Speed Control retains the last closed-loop value unless overwritten by a bus command (in closed loop, the Fan Speed Control is read only). If Fan Mode is set to Open Loop by writing a 1 to bit 0 of the Fan Gain register, then this bit is automatically set.
2	$\overline{\text{OVERT}}$ Input Inhibit	0	When set to 1, an external signal on $\overline{\text{OVERT}}$ is masked from bit 1 of the Status register.
1	Mask $\overline{\text{OVERT}}$ Output	0	Mask the $\overline{\text{OVERT}}$ output from an internally generated overtemperature error.
0	$\overline{\text{ALERT}}$ Clear Mode	0	When 0, reading the Status register clears or sending an Alert Response Request clears $\overline{\text{ALERT}}$ (if the fault condition is no longer true). When set high, only an Alert Response Request clears $\overline{\text{ALERT}}$.

表6. ステータスバイトのビット割当

BIT	NAME	POR STATE	DESCRIPTION
7 (MSB)	MAX6660 Overheat	0	When high, indicates that the fan driver transistor of the MAX6660 has overheated (temp > +150°C) and is in thermal shutdown. The fan driver remains disabled until temperature falls below +140°C.
6	$\overline{\text{ALERT}}$	0	When high, indicates $\overline{\text{ALERT}}$ has been activated (pulled low), regardless of cause (internal or external).
5	Fan Driver Full Scale	0	When high, indicates the fan driver is at full scale. Only valid in fan closed-loop mode (Register FG B170 = 0). Set to high in fan open-loop mode (Register FG B170 = 1).
4	Remote High	0	When high, the remote-junction temperature exceeds the temperature in the Remote High register.
3	Remote Low	0	When high, the remote-junction temperature is lower than the temperature in the Remote Low register.
2	Diode Open	0	When high, the remote-junction diode is open.
1	$\overline{\text{OVERT}}$	0	When high, indicates that $\overline{\text{OVERT}}$ has been activated, regardless of cause (internal or external).
0	Fan Failure	0	When high, indicates the count in the Fan Tachometer Count register is higher than the limit set in the Fan Tachometer Count Limit register.

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

表7. PORスレーブアドレスデコーディング
(ADD0とADD1)

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

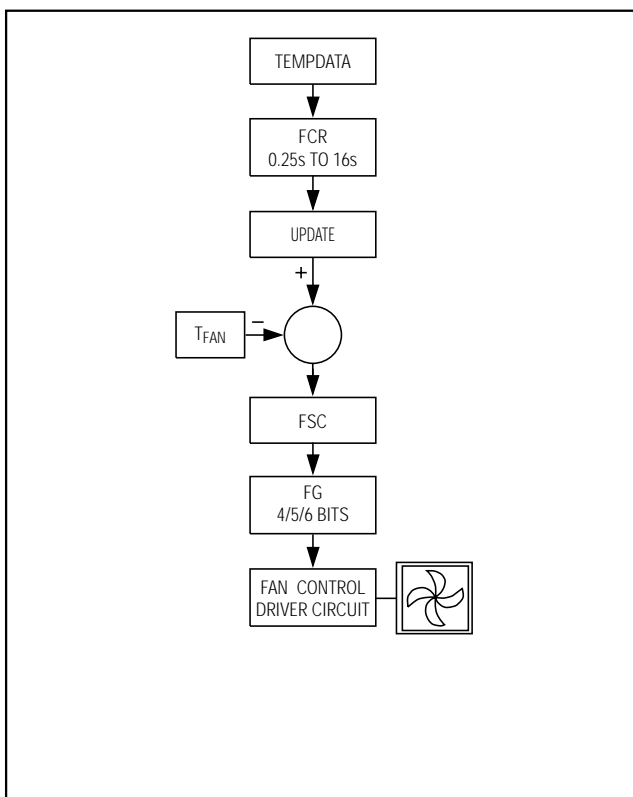


図6. MAX6660温度ループ

パワーアップのデフォルトの内容は、次の通りです。

- 割込みラッチがクリアされます。
- ADCが自動変換を開始します。
- コマンドレジスタが00hにセットされます。これは内部の受信バイトの高速クエリーを簡単に行うためです。
- T_{HIGH} と T_{LOW} の各レジスタが、それぞれ+127 と -55 に設定されます。
- T_{HYST} と T_{MAX} が、それぞれ+95 と+100 に設定されます。

ファン制御

ファンの制御機能は、温度ループ、ファン速度レギュレーションループ(ファンループ)、ファン故障センサに分けられます。温度ループは温度に基づいて希望するファン速度を設定しますが、ファン速度レギュレーションループは内部で分周されたリファレンス発振器を用いてファン速度を同期させ安定化します。ファン速度レギュレーションループには、ファンドライバとタコメータセンサが含まれます。ファン故障センサは、ファンタコメータの計数がファンタコメータ値よりも大きくなったこと(これはファンが限界値よりも低速の状態です)を知らせるFAN FAIL警報を備えています。ファンドライバは、Nチャンネル、4(、320mAのMOSFETで、最大 V_{DS} は16Vです。このMOSFETのドレイン端子はファンのローサイドに接続されます。MAX6660のタコメータセンサ(TACH IN)は、ファンのタコメータ出力で駆動され、ファン速度を制御するファン速度レギュレーションループに信号をフィードバックします。タコメータ出力を持たないファンの場合は、MAX6660が整流電流パルスをも니터することによりタコメータパルスを発生できます(整流電流パルスの項を参照)。

温度ループ

温度閉ループ

MAX6660は、温度ループとファンループの両方を閉じた完全な閉ループモードで動作することができます。この場合、リモートダイオードセンサ温度がファン速度を直接制御します。構成レジスタのビット3をゼロに設定すると、MAX6660は温度閉ループに入りません(図6)。リモートダイオード温度センサは250msごとに更新されます。値は一時レジスタ(TEMPDATA)に保存され、 T_{HIGH} 、 T_{LOW} 、 T_{HYST} 、 T_{MAX} 、 T_{FAN} の各レジスタ内のプログラムされた温度値と比較され、エラー出力OVERTとALERTを発生します。

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

ファン変換速度(FCR)レジスタ(表8)は、0.25s~16s 毎にTEMPDATAを更新するようにプログラムが可能で、データを更新レジスタ(UPDATE)に保存します。こうして、温度フィードバックループのタイミングを制御して最適な安定性を得ることができます。

ファンスレッシュホールド(T_{FAN})レジスタの値は、UPDATEレジスタの値から差し引かれます。UPDATEがT_{FAN}温度を超えると、ファン速度制御(FSC)レジスタ(表9)は、ビット4~0についてはLSBが0.5、ビット5=16として7ビットワード形式で超過分の温度を保存します。T_{FAN}レジスタとUPDATEレジスタの差が32よりも大きければ、ビット6はビット5~1とともに1にセットされます。温度閉ループでは、ファン速度制御レジスタは読取り専用です。

ファンゲイン(FG)レジスタ(表10)は、ファン速度制御レジスタで使用されるビット数を決定します。このゲインは、4、5、または6に設定できます。ビット6と5が10にセットされるとTEMPDATAの6ビットすべてがファン速度を直接プログラムするのに使用されるので、温度ループはファン停止から定格ファン速度まで64温度ステップの+32の制御範囲を有することになります。

ビット6と5が01にセットされると、温度制御ループはファン停止から定格ファン速度まで32温度ステップの

16の制御範囲を有することになります。ビット6と5が00にセットされると、温度制御ループはファン停止から定格ファン速度まで16温度ステップの8の制御範囲を有することになります。

温度開ループ

構成レジスタ(表5)のビット3を1にセットすると、MAX6660が温度開ループに入ります。温度開ループモードでは、FSCレジスタは読取り/書込みを行い、T_{FAN}から差し引かれる7ビットのUPDATEの結果を格納します。

ファン開ループでは、FSCレジスタが0~64(40h)から受入れ可能な値のファン電圧をプログラムします。例えば、ファン開ループモードで、0はゼロ出力に対応し、40hは定格ファン電圧に対応(例えば11.3V標準)します。絶対定格速度を64(40h)として0~63(3Fh)の範囲で比例制御が適用されます。ファン閉ループモードでは、0がゼロファン速度に対応し、10hが100%ファン速度に対応します。この場合、FGレジスタは4ビットに設定され、5ビット設定は20hに、6ビット設定は3Fhに対応します。

ファンループ

ファンコントローラ(図7)はアップダウンカウンタを基本に構成されています。ここには、希望するファン速度のカウントアップを表わすリファレンスクロックがあり、タコメータパルスはカウントダウンします。リファレンスクロック周波数はMAX6660内部クロックから8415Hzの周波数に分周されます。このクロック周波数はファンフルスケール(FS)レジスタ(表11)でさらに分周され、33Hz~66Hzのリファレンスクロックのフルスケール周波数範囲に対して127~255の値に制限されます。さらに分周を行って実際に必要なファン速度を設定します。この値は、温度閉ループモードでファン

表8. ファン変換更新速度

DATA	BINARY	FAN UPDATE RATE (Hz)	SECONDS BETWEEN UPDATES
00h	00000000	0.0625	16
01h	00000001	0.125	8
02h	00000010	0.25	4 (POR)
03h	00000011	0.5	2
04h	00000100	1	1
05h	00000101	2	0.5
06h	00000110	4	0.25

表9. ファン速度制御レジスタ(RFSC/W FSC)

REGISTER/ ADDRESS	FSC (15h = READ, 1Ah = WRITE)							
COMMAND	READ/WRITE FAN DAC REGISTER							
Bit	7 N/A	6 Overflow Bit	5 (MSB)	4 Data	3 Data	2 Data	1 Data	0 Data
POR State	0	0	0	0	0	0	0	0

Note: In thermal closed-loop mode, the fan DAC is read only and contains the difference between the measured temperature and the fan threshold temperature. The LSB is 0.5°C and bit 5 is 16°C. If the difference is higher than 32°C, then bit 6 is set to 1, together with bits 5-0. Bit 6 can be regarded as an overflow bit for differences higher than 32°C. Bit 7 is always zero. The FSC register can be programmed directly in thermal open mode. In fan closed-loop mode, FSC programs fan speed with acceptable values from 0 to 10h, when FG is set to 4 bits or 20h when FG is set to 5 bits, or 3F when FG is set to 6 bits. In fan open-loop mode, FSC programs fan voltage with acceptable values from 0 to 64 (40h). For example, in fan closed-loop mode, zero corresponds to zero fan speed and 10h corresponds to 100% fan speed. In fan open-loop mode, zero corresponds to zero volts out and 40h corresponds to full fan voltage (11.3V typ).

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

速度制御レジスタに現れます。温度ループが開いていてファン速度制御ループが閉じている場合、この値はファンDACでプログラムできます。ファン開ループモード(温度ループを強制的に開く)にあるFSCレジスタは完全なDACになり、 V_{VFAN} に対してゼロから約12Vまでのファン両端の電圧をプログラムします。

タコメータ入力(TACH IN)には、プログラム可能な(1/2/4/8)プリスケアラがあります。ファンカウント除数(FCD)レジスタ(表12)に(1/2/4/8)プリスケアラの分周比は保存されます。一般に、FCの値は、プリスケアラにより分周された定格速度ファン周波数が33Hz~66Hzの範囲に入るように設定しなければなりません。

(UP/DN)カウンタは6ビット抵抗ラダーDACの入力を形成する6段からなり、DACの電圧は V_{VFAN} から分圧されます。このDACはファンの印加電圧を決定します。

ファン閉ループモード(温度閉ループを含む)にあるとき、0~32の範囲の大きい値は大きいファン速度とファン両端の高い電圧に対応するように内部コーディングを行います。ファン開ループモード(温度ループを強制的に開く)では、比例制御の場合の受入れ可能な値の範囲は0~63(3Fh)で、64(40h)の値は絶対定格速度を示します。

ファン変換速度バイト

FCRレジスタ(表8)は、フリーランニング自立モード($\overline{RUN}/STOP=0$)におけるファンの更新時間間隔をプログラムします。POR時の変換速度バイトは、02h(0.25Hz)です。MAX6660では、このレジスタの3つのLSBしか使用しません。4つのMSBは「ドントケア(任意)」です。更新速度の許容範囲は、どの速度設定でも $\pm 25\%$ (最大)です。

表10. ファンゲインレジスタ(RFG/WFG)

REGISTER/ ADDRESS	FG (16h = READ, 1Bh = WRITE)							
COMMAND	READ/WRITE FAN GAIN REGISTER							
Bit	7 Reserved	6 Fan Gain	5 Fan Gain	4	3	2 SMBus Timeout	1 Fan Feedback Mode	0 Fan Driver Mode
POR State	1	0	0	x	x	x	0	0

Notes:

- Bit 7: Reserved. Always 1. If bit 7 is written to zero, then bits 7, 6, and 5 are set to 100.
- Bits 6, 5: Fan gain of the fan loop, where 00 = 8°C with resolution = 4 bits. This means that the fan reaches its full-scale (maximum) speed when there is an 8°C difference between the remote-diode temperature and the value stored in TFAN, 01 = 16°C, with a 5-bit resolution and 10 = 32°C with a 6-bit resolution.
- Bits 4, 3: Reserved.
- Bit 2: SMBus Timeout. When 1, the SMBus timeout is disabled. This permits full I²C compatibility with minimum clock frequency to DC.
- Bit 1: Fan feedback mode. When bit 1 is set to 1, the fan loop uses driver current sense rather than tachometer feedback.
- Bit 0: Fan Driver Mode. When bit 0 is set to 1, the fan driver is in fan open-loop mode. In this mode, the fan DAC programs the fan voltage rather than the fan speed. Tachometer feedback is ignored, and the user must consider minimum fan drive and startup issues. Thermal open loop is automatically set to 1 (see Configuration register). Fan Fail (bit 0 of the Status register) is set to 1 in this mode and should be ignored.

表11. ファンフルスケールレジスタ(RFS/WFS)

REGISTER/ ADDRESS	FS (1Fh = READ, 20h = WRITE)							
COMMAND	READ/WRITE MAXIMUM TEMPERATURE LIMIT BYTE							
Bit	7 (MSB)	6 Data Bit	5 Data Bit	4 Data Bit	3 Data Bit	2 Data Bit	1 Data Bit	0 Data Bit
POR State	1	1	1	1	1	1	1	1

Note: This register determines the maximum reference frequency at the input of the phase detector. It controls a programmable divider that can be set anywhere between 127 and 255. The value in this register must be set in accordance with the procedure described in the TACH IN section (equivalent to 8415/(Fan Frequency/Fan Count Divisor)). Programmed value below 127 defaults to 127. POR value is 255.

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

表12. ファンカウント除数レジスタ(RFCD/WFCD)

REGISTER/ ADDRESS	FCD (1Dh = READ, 1Eh = WRITE)							
COMMAND	READ LIMIT/FAILURE REGISTER							
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
POR State	0	0	0	0	0	0	0	1

Notes: This byte sets the prescaler division ratio for tachometer or current-sense feedback. (This register does not apply to the tach signal used in the Fan-Speed register). Select this value such that the fan frequency (RPM/60 x number of poles) divided by the FCD falls in the 33Hz to 66Hz range. See *TACH IN* section.
Bits 1, 0: 00 = divide by 1, 01 = divide by 2, 10 = divide by 4, 11 = divide by 8.

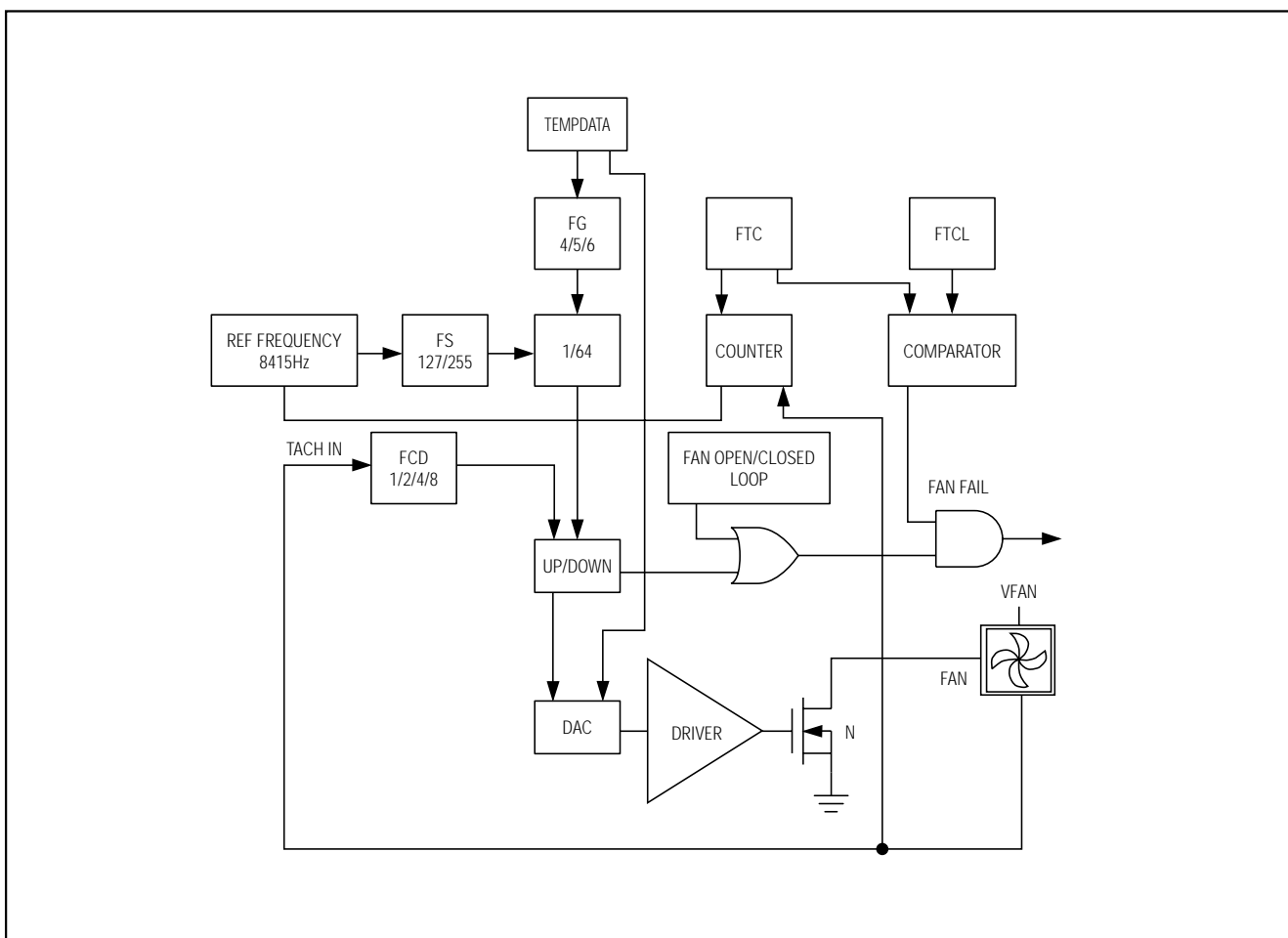


図7. MAX6660ファンループのファンクションダイアグラム

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

ファン閉ループ

ファン閉ループモードを除く温度開ループでは、フィードバックループの切断が可能で、温度データを直接読み取ることができます。外部操作を行った後、ファン速度を制御するため結果をFSCレジスタに書き込むことによりファン制御ループに戻すことができます。ファン閉ループモードは、FGのビット0をゼロにセットすることにより選択します。

ファン開ループ

FGレジスタのビット0を1に設定することにより選択したファン制御開ループモードでは、ゲインブロックがバイパスされ、FSCレジスタはファン速度ではなくファン電圧をプログラムするのに使用されます。ファン開ループモードでは、温度フィードバックループとファン速度制御ループの両方が切断され、その結果、TACH IN入力がディセーブルされます。FSCレジスタを用いて温度を読み取った後、外部制御アルゴリズムの自由度が大きいファンに直流電圧を印加することができます。ファン開ループモードを選択すると、MAX6660は自動的に温度開ループモードを呼び出します。

ファンドライバ

ファンドライバは、アンプとローサイドNMOSデバイスで構成され、NMOSのドレインはFANに接続され、ファンのローサイドの入力です。FETは、オン抵抗が4 (typ)で、最大電流制限値が320mA(typ)です。このドライバは、ドライバの温度を検出するサーマルシャットダウンセンサを備えています。これは、温度が+150 を超えるとドライバを停止します。このドライバは、温度が+140 よりも下がると再びアクティブになります。

TACH IN

TACH IN入力は、ファンのタコメータ出力に直接接続されます。市販のファンのほとんどは、1回転につき2つのタコメータパルスを発生します。タコメータ入力は、タコメータ信号に完全に対応しており、 V_{VFAN} にプルアップされます。

整流電流パルス

ファンがタコメータ出力を備えていないとき、MAX6660では整流により発生する電流パルスを速度検出に利用します。このモードは、FGレジスタのビット1を1にセットすることにより設定されます。ファン電流がステップ状に増加した場合は、内部で電流パルスが発生します。GAIN端子と V_{CC} の間に外部抵抗器を接続すると、ファン電流の変化に対する電流パルスの感度を下げることができます。一般に、抵抗器の値を下げると感度が下がり、ファンはターンオンし易く、その端子両端の外部コンデンサは小さなもので済みます。適当な抵抗値範囲は、1k ~ 5k です。

ファン故障検出

MAX6660は、読取り専用レジスタであるファンタコメータ計数(FTC)レジスタの値をファンタコメータ計数制限(FTCL)レジスタ(表13)に保存された限界値と比較することによりファンの故障を検出します。カウンタが連続したタコメータパルス間の内蔵発振器パルス数を計数し、タコメータパルスが到着するたびにFTCレジスタをロードします。FTCの値がFTCLの値よりも大きい場合は、故障が表示されます。ファン閉ループでは、ファンが定格速度になるとフラグがアクティブになります。

ファンタコメータ制限バイトを下記のように設定します。

$$f_L = 8415/[N \times f]$$

ここで、N=ファン故障比で、f=ファンタコメータの周波数です。

係数Nは、1よりも小さい値であり、ファンが定格速度で動作しているはずなのにその予想周波数の係数Nまでしか達していないときにファンの故障が表示されます。係数Nは、通常すべてのファンに対して0.75に設定します。ただし、 f_L ではなくファン速度カウンタのオーバーフローによりファン故障が表示される非常に低い速度は対象外です。オーバーフローフラグはステータスバイトで別途表示できませんが、ファン故障ビットであるビット0とOR接続されます。

表13. ファンタコメータ計数制限(RFTCL/WFTCL)

REGISTER/ ADDRESS	FL (18h = READ, 1Ch = WRITE)							
COMMAND	READ LIMIT/FAILURE REGISTER							
BIT	7 (MSB)	6	5	4	3	2	1	0
POR STATE	1	1	1	1	1	1	1	1

Note: The Fan Limit register is programmed with the maximum speed that is compared against the value in the FS register (Address 17) to produce an error output to the Status register.

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

アプリケーション情報

モードレジスタ

リモート検出ジャンクションとの直列抵抗は、1 につき0.5 程度の変換誤差を生じます。

MAX6660のモードレジスタを用いると、リモート温度測定に際して最大数百(の外部直列抵抗の影響を排除し、様々なタイプのリモートダイオードセンサに合せて温度測定ADCを調整することができます。リモートセンサへの接続に外付けスイッチや長いケーブルを使用するシステムでは、モードレジスタビット7=1をセットすることにより、寄生抵抗相殺モードを入力できます。このモードは、長い変換時間を必要とするので、1Hz以下のファン変換速度の場合しか使用できません。ビット6、1、0は予備です。ビット5~2を用いてADCゲインを調整し、推奨リストに記載されていないダイオードでの正確な測定や、特定の制御システムに使用するMAX6660個々の調整を行います。これらのビットは、ゲインを調整して、+25 での温度読取り値を2の補数形式で設定します。ビット5は符号(1=増加、0=減少)、ビット4=2 シフト、ビット3=1 シフト、ビット2=1/2 シフトです。

一般的なプログラミング方法

ファンレギュレーションループのフルスケール範囲は、1000rpm~8000rpmの範囲で動作する各種ファンを考慮して定めてあります。内蔵8415Hz発振器を使用して、33Hz~66Hzのリファレンス周波数を発生します。ファンの定格速度周波数をプリスケール値で割った値が33Hz~66Hzの範囲に入るようにプリスケール値を選定します。フルスケールリファレンス周波数をさらにFSCレジスタの値で割って希望するファン周波数(読取り:速度)を得ます。

- 1) ファンの最大タコメータ周波数を次式により決定します。

$$f = \left(\frac{\text{RPM}}{60} \right) \times \text{poles}$$

ここで、polesはタコメータの極数(1回転当たりのパルス)。多くのファンは2極なので、1回転当たり2パルスです。

- 2) 前記周波数が33Hz~66Hzの範囲に入るように、プログラム可能なFCDを値Pに設定します。
- 3) ファンFSレジスタに必要な値を次式により決定します。

$$FS = \frac{8415}{\left(\frac{f}{P} \right)}$$

例: ファンAは定格速度が2500rpmです。

2500rpm/60sから41.7Hzが得られます。

41.7Hz x 2 pulses = 83.4Hz

83.4Hzの値は、33Hz~66Hzのディクリメント/インクリメント範囲外です。

- 4) FCレジスタのビットを設定して、信号を33Hz~66Hzの範囲内に分周します。ビット1、0=10(2分周: P=2)

$$83.4 / 2 = 41.7\text{Hz}$$

- 5) FSレジスタを設定して、約42Hzを発生させます。

$$42 = 8415 / \text{FS(値)}$$

$$\text{FS(値)} = 200$$

$$\text{FSレジスタ} = 11001000$$

- 6) 電流検出フィードバックでは、ファン電流がステップ状に増加すると電流パルスが発生します。その際、パルス周波数の決定要因には、ファンのrpmと極数だけでなくファンドライバがファン両端の電圧を強制的に増加させる更新の速度もあります。最大電流パルス周波数は次式で与えられます。

$$f_C = f \times P / (P-1)$$

ここで、 $f = \{ \text{RPM} / 60 \} \times \text{poles}$ で、PはFCDの値です。

ファンFSレジスタに必要な値は次の通りです。

$$FS = 8415 / \{ f / (P-1) \}$$

FCTLのファン速度制限は、下記のように設定します。

$$f_L = 8415 / (N \times f_C)$$

P=1の値は、電流検出モードでは使用できません。

ファンの選択

閉ループ動作とファンモニタリングの場合、MAX6660はタコメータ出力を備えたファンを必要とします。タコメータ出力は、一般に、様々なメーカーの多くのファンモデルでオプションに指定されています。タコメータ出力の特性(オープンコレクタ、トータムポール)と最終的なレベルを確認し、MAX6660に接続します。オープンドレイン/コレクタ出力を備えたファンでは、5k (typ)のプルアップ抵抗器をFANとVFANの間に接続する必要があります。タコメータ出力で発生する1回転当たりのパルス数に注意して下さい(これは、モデルに

リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

表14. ファンメーカー

MANUFACTURER	FAN MODEL OPTION
Comair Roton	All DC brushless models can be ordered with optional tachometer output.
EBM-Papst	Tachometer output optional on some models.
NMB	All DC brushless models can be ordered with optional tachometer output.
Panasonic	Panaflo and flat unidirectional miniature fans can be ordered with tachometer output.
Sunon	Tachometer output optional on some models.

よりまたメーカーごとに異なりますが、1回転あたり2パルスが最も一般的です)。表14に、代表的なファンメーカーとタコメータ出力付で入手できるモデルを示します。

低速動作

ブラシレスDCファンは、機械的整流を電氣的整流で置き換えることにより信頼性を向上させたものです。

ファン両端の電圧を下げてその速度を落とすと、MAX6660も電氣的整流とタコメータエレクトロニクスの電源電圧を下げます。ファンに供給される電圧が下がり過ぎると、内部エレクトロニクスが正常に働かなくなるおそれがあります。その際に現れる徴候として下記の項目が挙げられます。

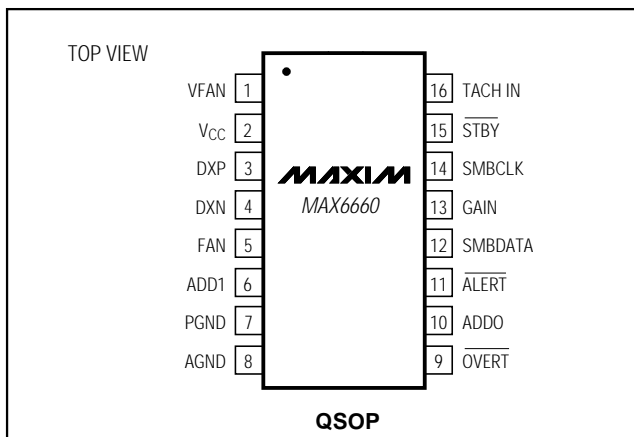
- ファンが回転を停止することがあります。
- タコメータ出力が信号の発生を停止することがあります。
- タコメータ出力が1回転あたり2パルスより多くなることがあります。
- 発生した問題とそのときの電源電圧は、使用しているファンにより異なります。経験則によると、12Vファンは定格速度のおよそ1/4～1/2で問題を発生する可能性があります。

チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 22,142

PROCESS: BiCMOS

ピン配置



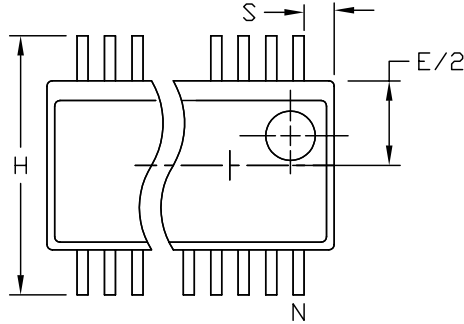
リモートジャンクション温度制御 ファン速度レギュレータ、SMBusインタフェース付

MAX6660

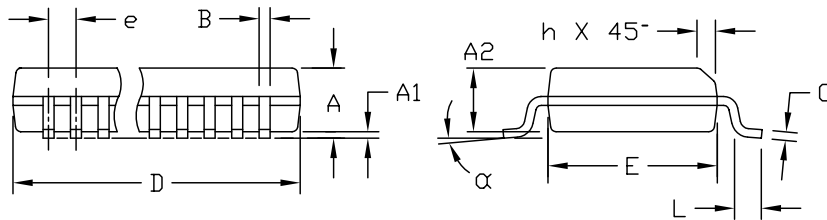
QSOP-EPS

パッケージ

(このデータシートに掲載されているパッケージ仕様は、最新版が反映されているとは限りません。最新のパッケージ情報は、www.maxim-ic.com/ja/packagesをご参照下さい。)



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:

DIM	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, QSOP, .150", .025" LEAD PITCH
 APPROVAL: _____ DOCUMENT CONTROL NO: 21-0055 REV: D 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(ホリソン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。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 21