

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

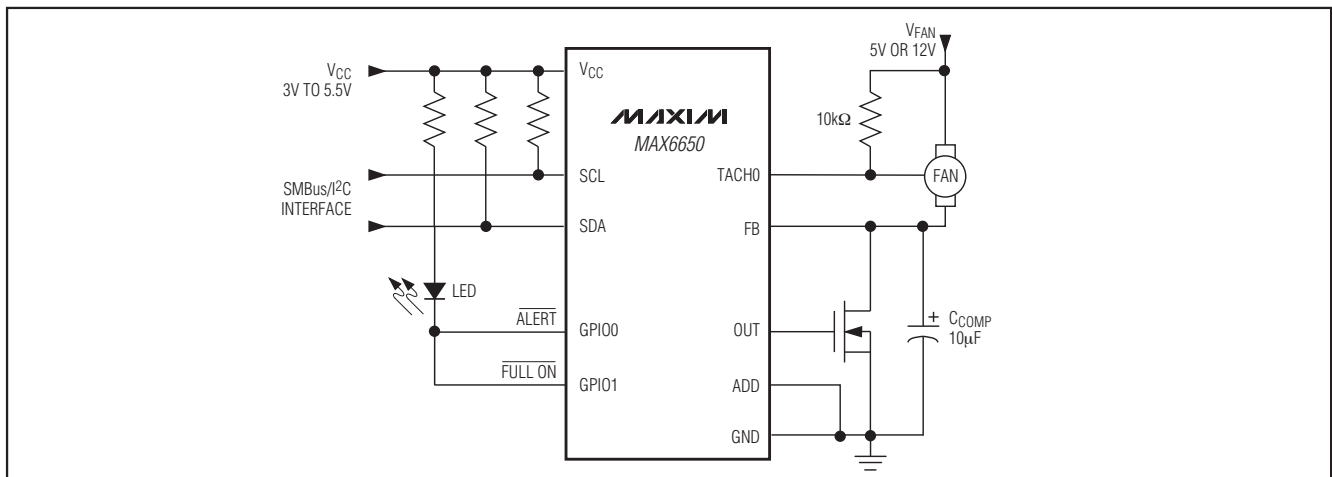
概要

MAX6650/MAX6651はSMBus™/I²Cコンパチブルのインタフェースを使用して、タコメータの内蔵された5VDC/12VDCブラシレスファンの速度を安定化させ、監視するファンコントローラです。これらのデバイスは、ファンのタコメータの周波数(ファン速度)をファンスピードレジスタにあらかじめ設定されている値に一致するように自動的に強制します。この操作は、外付MOSFET又はバイポーラトランジスタを使用してファンの電圧をリニア的に安定化させることにより行います。MAX6650は、単一ファンのタコメータ出力を監視してファンの速度を安定化させます。MAX6651は、単一ファンの速度を安定化させるほかに、追加のタコメータ入力によって最高4つのファンを監視し、これらが並列に接続されている時に単一ユニットとして制御します。

MAX6650/MAX6651は、デジタル入力、デジタル出力又は様々なハードウェアインタフェースとして機能する汎用の入出力(GPIO)ピンを備えています。10mAをシンクさせる能力を持つこれらのオープンドレイン入出力は、LEDを駆動できます。ハードウェア制御を追加するには、ソフトウェアに障害が発生した場合にファンを完全にターンオンするようGPIO1を設定します。障害条件が検出された時に割込みを生成するには、GPIO0を設定し、アクティブローの警告出力として動作するようにします。複数の部品を同期化させるには、GPIO2(MAX6651のみ)を内部クロック出力又は外部クロック入力として設定します。

MAX6650は省スペースの10ピンµMAXパッケージで提供され、MAX6651は小型の16ピンQSOPパッケージで提供されています。

標準動作回路



アプリケーション

RAID	デスクトップコンピュータ
サーバ	ネットワーキング
ワークステーション	テレコミュニケーション

特長

- ◆ 5V/12Vファンの閉/開ループファン速度制御
- ◆ 2線SMBus/I²Cコンパチブルインタフェース
- ◆ タコメータ出力の監視
 - 単一のタコメータ(MAX6650)
 - 最高4つのタコメータ(MAX6651)
- ◆ 設定可能な警告出力
- ◆ GPIO
- ◆ ハードウェアフルオンオーバーライド
- ◆ 複数ファンの同期化
- ◆ 4つの選択可能なスレーブアドレス
- ◆ 電源電圧: +3V~+5.5V
- ◆ 小型のパッケージ
 - 10ピンµMAX(MAX6650)
 - 16ピンQSOP(MAX6651)

型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	PKG CODE
MAX6650EUB	-40°C to +85°C	10 µMAX	U10-2
MAX6651EEE	-40°C to +85°C	16 QSOP	E16-1

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。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{CC} to GND	-0.3V to +6V	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
FB, TACH ₋	-0.3V to +13.2V	10-Pin μ MAX (derate 5.6mW/°C above +70°C)	444mW
All Other Pins	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	16-Pin QSOP (derate 8.3mW/°C above +70°C)	667mW
Output Voltages	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
Maximum Current		Junction Temperature	+150°C
Into V _{CC} , GND, V _{OUT}	100mA	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Into All Other Pins	50mA	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} = +3.0V to +5.5V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C and V_{CC} = +5V.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY (V_{CC})						
Supply Voltage	V _{CC}		3.0		5.5	V
Supply Current	I _{CC}	Full-on mode, I _{OUT} = 0			10	mA
OUTPUT (OUT)						
Output Voltage Range	V _{OUT}	I _{OUT} = \pm 100 μ A	0.3		V _{CC} - 0.3	V
Output Sink Current	I _{SINK}	V _{OUT} = 0.5V	10			mA
Output Source Current	I _{SOURCE}	V _{OUT} = V _{CC} - 1.8V	50			mA
TACHOMETER INPUTS (TACH₋)						
Tachometer Threshold	V _{TACH₋}	5V fan, 0 < V _{FB} < 4.5V	V _{FB} + 0.5		V _{FB} + 1.5	V
		12V fan, 0 < V _{FB} < 9V	V _{FB} + 1.0		V _{FB} + 3	
Tachometer Input Impedance	R _{TACH₋}	0 < V _{TACH₋} < 9V	70	100	150	k Ω
FEEDBACK (FB)						
DAC Differential Nonlinearity		Guaranteed monotonicity on FB (Note 1)			5	LSB
Useful DAC Resolution		Measured at FB (Note 1)			8	bits
Feedback Input Impedance	R _{FB}	0 < V _{FB} < 9V	70	100	150	k Ω
GENERAL-PURPOSE INPUTS/OUTPUTS (GPIO₋) (Note 2)						
Input Low Voltage	V _{IL(GPIO₋)}				0.8	V
Input High Voltage	V _{IH(GPIO₋)}	V _{CC} \leq 3.6V	2			V
		V _{CC} > 3.6V	3			
Input Hysteresis	V _{HYS}			200		mV
Pullup Resistor	R _{GPIO₋}			100		k Ω
Output Sink Current	I _{GPIO₋}	V _{GPIO₋} = 0.4V	10			mA

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C and V_{CC} = +5V.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ADDRESS SELECT (ADD)						
ADD Input Low Voltage	V _{IL(ADD)}	Selects slave address 1001 000 (Table 1)			0.1	V
ADD Input High Voltage	V _{IH(ADD)}	Selects slave address 1001 011 (Table 1)	V _{CC} - 0.05V			V
ADD External Pulldown Resistor to GND	R _{ADD}	Selects slave address 0011 111 (Table 1)	9.5		10.5	kΩ
Open Resistance	R _{OPEN}	Minimum resistance to GND, selects slave address 0011 011 (Table 1)	5			kΩ
ADD Pullup Current	I _{ADD}	V _{ADD} = 0.5V	40		80	μA
SMBus/I²C INTERFACE (SDA, SCL)						
Data Output Sink Current	I _{SDA}	V _{SDA} = 0.6V	6			mA
Input Leakage Current		0 < V _{IN} < V _{CC}			±1	μA
Input Low Voltage	V _{IL}				0.8	V
Input High Voltage	V _{IH}	V _{CC} ≤ 3.6V	2			V
		V _{CC} > 3.6V	3			
Input Hysteresis	V _{HYS}			200		mV

TIMING CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C and V_{CC} = +5V.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TACHOMETERS						
Glitch Rejection		Minimum pulse duration		500		μs
GPIO2 (Note 2)						
Clock Frequency	f _{CLK}			254		kHz
Clock Frequency Uncertainty	f _{CLK}	V _{CC} = 5V	-10		+10	%
SMBus/I²C INTERFACE (Figures 3, 4)						
SCL Clock Frequency	f _{SCL}		0		400	kHz
Bus Free Time Between Stop and Start Condition	t _{BUF}		1.3			μs
Hold-Time Start Condition	t _{HD:STA}		0.6			μs
Low Period of the SCL Clock	t _{LOW}		1.3			μs
High Period of the SCL Clock	t _{HIGH}		0.6			μs
Data Hold Time	t _{HD:DAT}	(Note 3)	0		900	μs
Data Setup Time	t _{SU:DAT}		100			ns
Rise-Time SDA/SCL Signal (Receiving)	t _R	(Note 4)	20 + 0.1C _B (pf)		300	ns
Fall-Time SDA/SCL Signal (Receiving)	t _F	(Note 4)	20 + 0.1C _B (pf)		300	ns
Fall-Time SDA Signal (Transmitting)	t _F	I _{SINK} < 6mA (Note 4)	20 + 0.1C _B (pf)		250	ns

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

TIMING CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C and V_{CC} = +5V.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Setup Time for Stop Condition	t _{SU:STO}		0.6			μs
Pulse Width of Spike Suppressed	t _{SPIKE}		0	50		ns

Note 1: For proper measurement of V_{FB}, connect OUT and FB as shown in the *Typical Operating Circuit*.

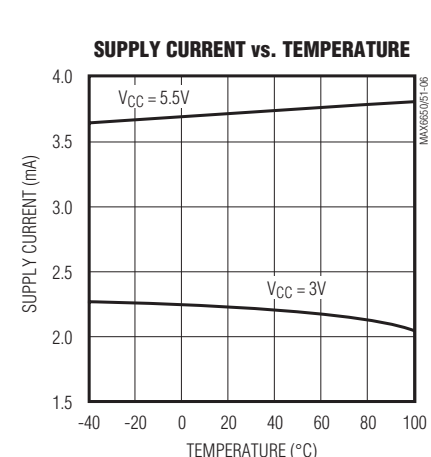
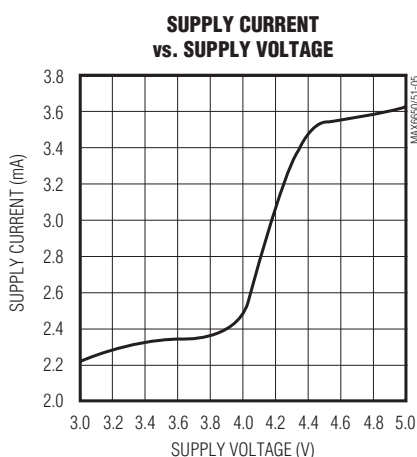
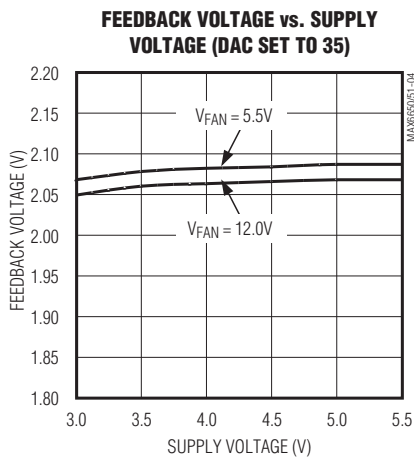
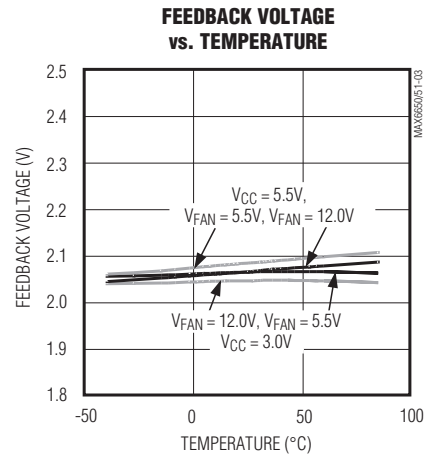
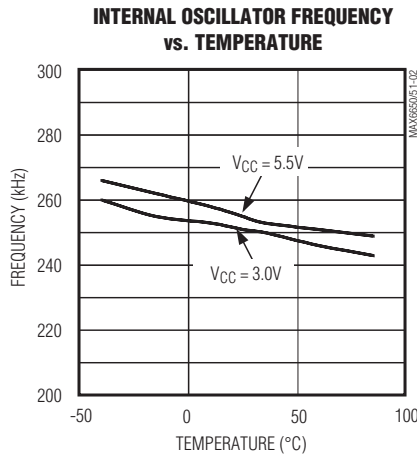
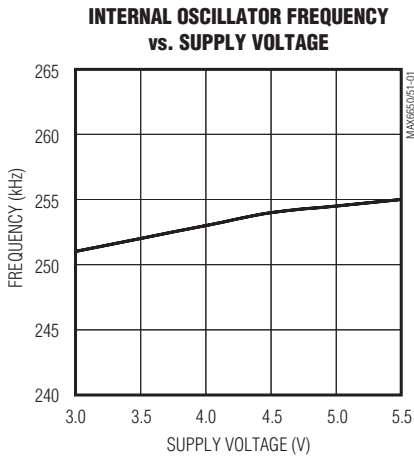
Note 2: GPIO2, GPIO3, and GPIO4 only in the MAX6651.

Note 3: Note that the transition must internally provide at least a hold time to bridge the undefined region (300ns max) of SCL's falling edge.

Note 4: C_B is the total capacitance of one bus line in pF. Tested with C_B = 400pF. Rise and fall times are measured between 0.3 x V_{CC} and 0.7 x V_{CC}.

標準動作特性

(T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

端子説明

端子	端子	名称	機能
MAX6650	MAX6651		
1	1	TACH0	タコメータ入力。タコメータの周りのループを閉じるために使用します。
—	2, 3, 16	TACH2, TACH3, TACH1	タコメータ入力。タコメータを監視するためにのみ使用します。
2	4	GND	グランド
3	5	SDA	2線シリアルデータ入出力(オープンドレイン)
4	6	SCL	2線シリアルクロック入力
5	8	ADD	スレーブアドレス選択入力(表1)
—	7, 12	GPIO4, GPIO3	汎用入出力(オープンドレイン)
6	9	GPIO1	汎用入出力(オープンドレイン)。出力又は入力として動作するよう設定できます(FULL ON又は汎用)。
7	10	GPIO0	汎用入出力(オープンドレイン)。汎用入出力ライン又はアクティブロー $\overline{\text{ALERT}}$ 出力として動作するよう設定できます。
—	11	GPIO2	汎用入出力(オープンドレイン)。汎用入出力ライン、内部クロック出力、又は外部クロック入力として動作するよう設定できます。
8	13	OUT	出力。外付MOSFET又はバイポーラトランジスタを駆動します。
9	14	VCC	+3.0V~+5.5V電源
10	15	FB	フィードバック入力。外付MOSFET又はバイポーラトランジスタの周りのループを閉じます。

詳細

MAX6650/MAX6651は、SMBus/I²Cインタフェースを使用して、オープンコレクタ/ドレインタコメータの内蔵された5VDC/12VDCブラシレスファンの速度を安定化させ、監視します。温度と比例したファン速度の安定化は、電力を節約し、ファンの寿命を延長し、音響ノイズを削減します。ファンの速度はファンの電圧に比例するため、MAX6650/MAX6651は外付MOSFET又はバイポーラトランジスタを使用してファンのローサイドの電圧を安定化させることによりファンの速度を制御します。

MAX6650/MAX6651は、それぞれ2つの内部制御ループを備えています。最初のループはファンの電圧を制御します。内部デジタルアナログコンバータ(DAC)が内部アンプのリファレンス電圧を設定し(図1)、内部アンプが次に外付NチャンネルMOSFET(又はバイポーラトランジスタのベース)のゲートを駆動して、ファンのローサイドの電圧を安定化させます。DACが提供するリファレンス電圧が変化すると、フィードバックアンプが自動的にフィードバック電圧を調整し、それによってファンの電圧が変化します。

2番目の制御ループは、ファンの速度を制御する内部デジタルロジックで構成されています。MAX6650/MAX6651は、タコメータの周波数がファンスピードレジスタ、プリスケアラ、及び内部発振器の設定したリファレンス周波数に等しくなるように強制して(「ファンスピードレジスタ」を参照)、ファンの速度を制御します。タコメータの周波数が高すぎる時は、レギュレータによってDACの入力レジスタの値が増加されます。DACの電圧が増加すると、アナログ制御ループがフィードバックの電圧を上げるよう強制し、それによってファンの電圧が下がります。ファンの速度はファンの電圧に比例するため、ファンの速度が低下します。

2線SMBus/I²Cデジタルインタフェース

MAX6650/MAX6651は、ソフトウェアには、速度制御、タコメータカウント、アラーム条件又は構成ビットを含むバイト幅のレジスタの集まりに見えます。MAX6650/MAX6651は、標準のSMBus/I²C 2線シリアルインタフェースを使用して内部レジスタにアクセスします。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

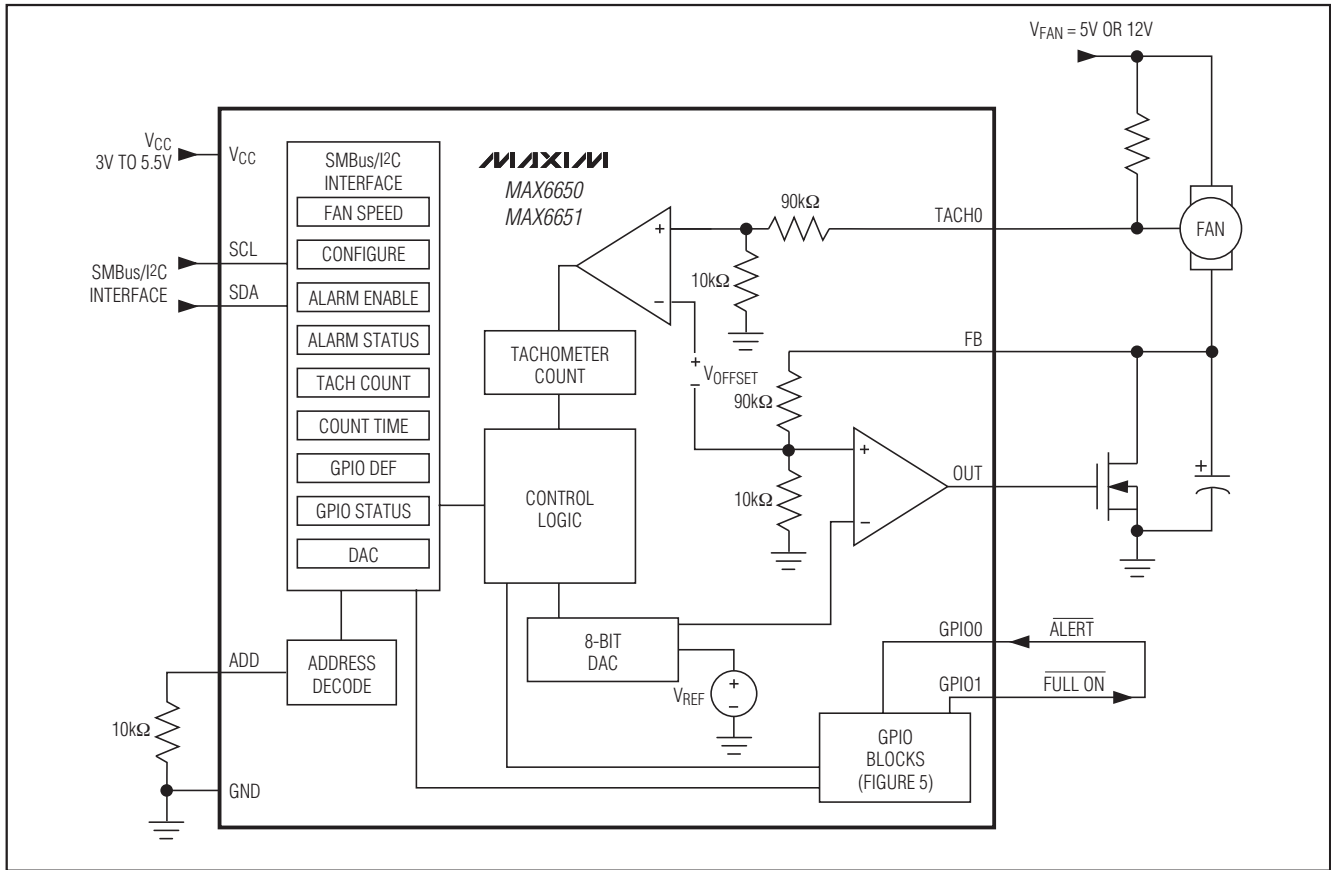


図1. ブロックダイアグラム

MAX6650/MAX6651は書き込みバイト、読み取りバイト、及び受信バイトの3つの標準SMBusプロトコルを採用しています(図2)。短いプロトコル(受信)は、正しいデータレジスタが前もって書き込み又は読み取りバイト命令によって選択されていることを条件として、ほかの2つよりも速い転送を行います。マルチマスターシステムで短いプロトコルを使用する場合は、2番目のマスターが第1マスターに通知することなくコマンドバイトを上書きしてしまうことがあるため注意が必要です。

スレーブアドレス

デバイスのアドレスには4種類の値のいずれかを設定できます。これは、ADDのピンをストラップし、複数のMAX6650/MAX6650がアドレスの競合を発生させることなく同じバスに常駐できるようにすることによって達成できます(表1)。

表1. スレーブアドレスのデコード(ADD)

ADD	ADDRESS
	BINARY
GND	1001 000
Vcc	1001 011
No connection (high-Z)	0011 011
10kΩ resistor to GND	0011 111

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

S	ADDRESS	\overline{WR}	ACK	COMMAND	ACK	DATA	ACK	P
	7 bits	0		8 bits		8 bits		

Slave Address

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).

図2a. SMBusプロトコル：書き込みバイトフォーマット

S	ADDRESS	\overline{WR}	ACK	COMMAND	ACK
	7 bits	0		8 bits	

Slave Address

Command byte: Selects which register you are reading from.

S	ADDRESS	RD	ACK	DATA	\overline{A}	P
	7 bits	1		8 bits		

Slave Address. Repeated due to change in data-flow direction

Data byte: Reads from the register set by the command byte.

図2b. SMBusプロトコル：読み取りバイトフォーマット

S	ADDRESS	RD	ACK	DATA	\overline{A}	P
	7 bits	1		8 bits		

Slave Address

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.

図2c. SMBusプロトコル：受信バイトフォーマット

S = 開始条件 影付き = スレーブ送信 WR = 書き込み = 0
 P = 終了条件 ACL = 確認済み = 0 RD = 読み取り = 1
 \overline{A} = 未確認 = 1

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

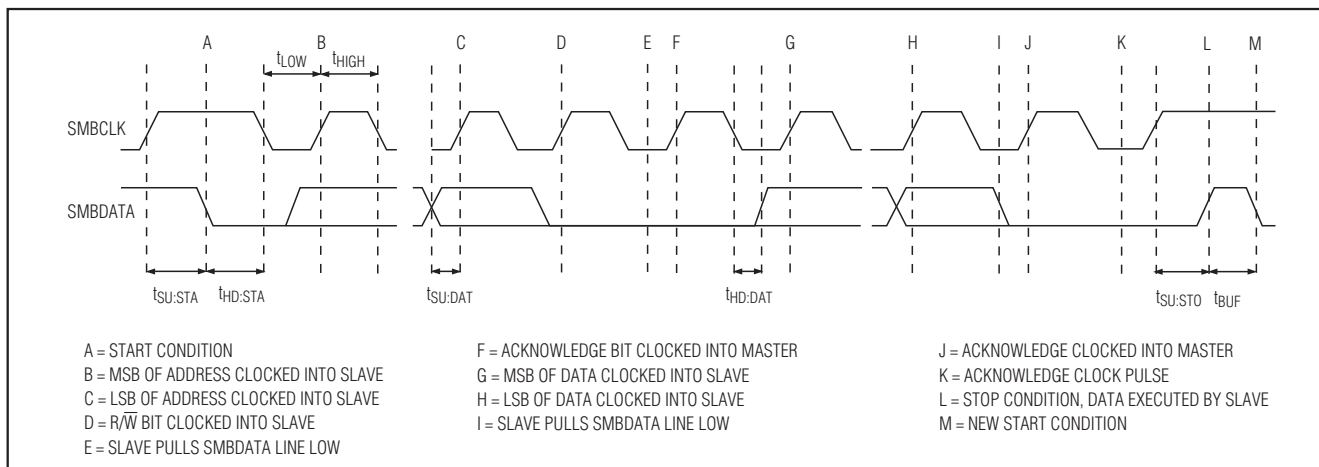


図3. SMBus書き込みタイミングダイアグラム

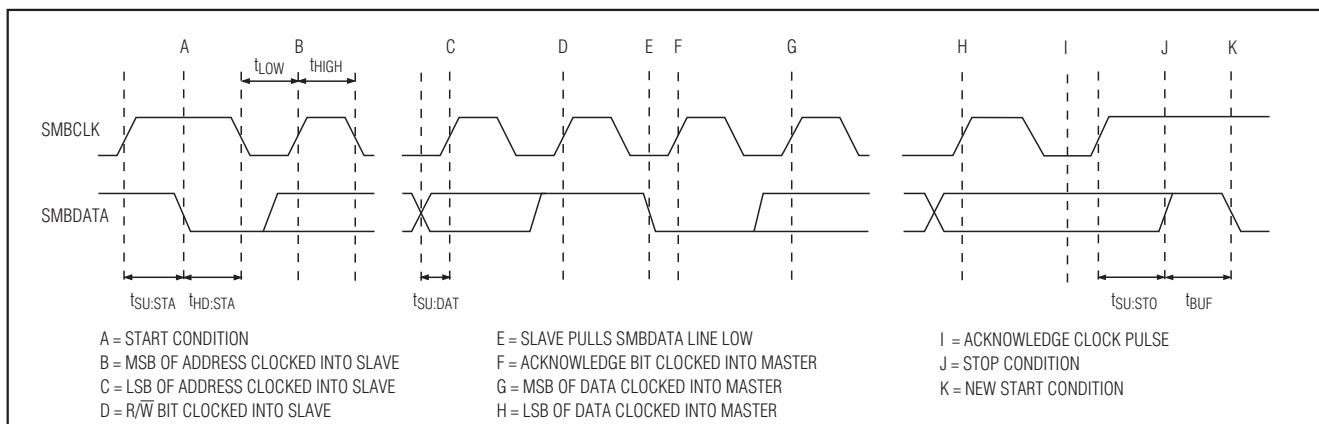


図4. SMBus読み取りタイミングダイアグラム

コマンドバイト機能

8ビットコマンドバイトレジスタ(表2)は、MAX6650/MAX6651内のその他様々なレジスタを指し示すマスターインデックスです。レジスタのパワーオンリセット(POR)状態は0000 0000であるため、PORの直後に発生した受信バイトの送信(コマンドバイトを持たないプロトコル)は現在の速度設定を返します。

ファンスピードレジスタ

閉ループモードでは、MAX6650/MAX6651はファンスピードレジスタを使用して、ファン速度を制御するタコメータ信号の期間を設定します。ファンスピードレジスタはその他の動作モードでは無視されます。MAX6650/MAX6651はタコメータ期間(t_{TACH})を基準のレジスタ値に等しくなるよう強制することによってファンの速度を安定化させます。ファンが1回転すると2つのタコメータパルスが生成されるため、必要なファンスピードレジスタ値(K_{TACH})は次のようにして計算できます。

$$t_{TACH} = 1 / (2 \times \text{ファン速度})$$

$$K_{TACH} = [t_{TACH} \times K_{SCALE} \times (f_{CLK} / 128)] - 1$$

ここで、ファン速度は1秒当たりの回転数(RPS)、 t_{TACH} はタコメータ信号の期間、 f_{CLK} は内部発振器の周波数(254kHz \pm 10%)、 K_{SCALE} はプリスケアラ値です(「構成バイトレジスタ」を参照)。ファンの速度はタコメータの期間に反比例するため、ファンスピードレジスタ値(K_{TACH})はファンの速度をリニア的に制御しません(表3)。レジスタ値が約64(0100 0000)の時にファンがフルスピードに達するようなプリスケアラ値を選択し、速度範囲と分解能を最適化して下さい。MAX6651は、内部発振器を無効にして外付発振器で制御することもできます(「汎用入出力」を参照)。外付発振器(f_{OSC})を使用する場合は、 f_{CLK} を f_{OSC} と等しくしてファン速度値を計算して下さい。F8h(1111 1000)を超えるコードを使用することもできますが、周波数はあまり減少しません。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

表2. コマンドバイトの割当

REGISTER	COMMAND	READ	WRITE	POR (DEFAULT) STATE	FUNCTION
SPEED	0000 0000	x	x	00h	Fan speed
CONFIG	0000 0010	x	x	0Ah	Configuration
GPIO DEF	0000 0100	x	x	FFh	GPIO definition
DAC	0000 0110	x	x	00h	DAC
ALARM ENABLE	0000 1000	x	x	00h	Alarm enable
ALARM	0000 1010	x	—	00h	Alarm status
TACH0	0000 1100	x	—	00h	Tachometer 0 count
TACH1	0000 1110	x	—	00h	Tachometer 1 count
TACH2	0001 0000	x	—	00h	Tachometer 2 count
TACH3	0001 0010	x	—	00h	Tachometer 3 count
GPIO STAT	0001 0100	x	—	h1Fh	GPIO status
COUNT	0001 0110	x	x	02h	Tachometer count time

表3. ファン速度

KTACH	tTACH			FAN SPEED (RPS)			FAN SPEED (RPM)		
	KSCALE (ms)			KSCALE			KSCALE		
	1	4	16	1	4	16	1	4	16
0000 0000	1.0	*	*	500	*	*	30,000	*	*
0000 0001	1.0	*	*	500	*	*	30,000	*	*
0000 0010	1.5	*	*	330	*	*	20,000	*	*
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0001 1110	16	3.9	*	32	128	*	1900	7700	*
0001 1111	16	4.0	1.0	31	124	500	1900	7400	30,000
0010 0000	17	4.2	1.0	30	120	480	1800	7200	29,000
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0100 0000	33	8.2	2.1	15.3	61.1	240	910	3700	15,000
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1111 1000	125	31	7.8	4	15.9	64	240	960	3830

* 最小許容タコメータ期間は1msです。

構成バイトレジスタ

構成バイトレジスタ(表4)はプリスケアラを調整し、タコメータのスレッシュホールド電圧を変更し、動作モードを設定します。3つの最下位ビットが、タコメータ期間を決めるためのプリスケアラ区分を構成します。レジスタ値が約64(0100 0000)の時にファンがフルスピードに達するようなプリスケアラ値を選択し、速度の範囲と分解能を最適化して下さい(「ファンスピードレジスタ」を参照)。4番目のビットはファンの動作電圧を選択します。

5番目と6番目のビットは動作モードを構成します。MAX6650/MAX6651には、フルオン、フルオフ(シャットダウン)、閉ループ及び開ループの4種類の動作モードがあります。閉モード動作では、外付のマイクロコントローラ(μC)が8ビットのワードをファン

スピードレジスタに書き込むことにより、希望した速度を設定します(「ファンスピードレジスタ」を参照)。MAX6650/MAX6651はファンのタコメータ出力を監視し、希望した速度に達するまで自動的にファンの電圧を調整します。開ループ動作では、μCがファンの速度を直接安定化させます。μCはタコメータカウントレジスタからファン速度を読み取ります。このタコメータカウントに基づき、μCはファンの速度を調整する必要があるかどうかを判断し、8ビットのワードをDACレジスタに書き込むことによってファンの電圧を変化させます。フルオンモードはファンに最大電圧を印可し、ファンがフルスピードで回転するよう強制します。GPIO1(「汎用入出力」を参照)をアクティブロー入力として設定すると、ファンを完全にターンオンし、ソフトウェアコマンドを全てオーバライドする追加のハードウェア制御が提供されます。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

表4. 構成バイトレジスタ

BIT	NAME	POR (DEFAULT) STATE	FUNCTION
7 (MSB) to 6	—	0	Always 0
5 to 4	MODE	00	Operating Mode: 00 = Software full-on (default) 01 = Software off (shutdown) 10 = Closed-loop operation 11 = Open-loop operation
3	$\bar{5}/12V$	1	Fan/Tachometer Voltage: 0 = 5V 1 = 12V (default)
2 to 0 (LSB)	SCALE	010	Prescaler Division: 000 = Divide by 1 001 = Divide by 2 010 = Divide by 4 (default) 011 = Divide by 8 100 = Divide by 16

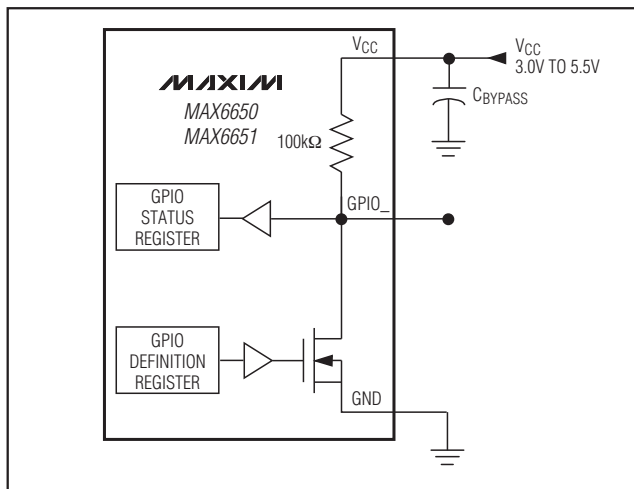


図5. 汎用入出力構造

汎用入出力

GPIOピンは、内蔵NチャネルMOSFET及びプルアップ抵抗のドレインに接続されています(図5)。NチャネルMOSFETがオフの時(表5)、プルアップ抵抗はロジックレベルハイの出力を提供します。但し、MOSFETがオフの時、GPIOは入力ピンとして機能でき、その状態はGPIOステータスレジスタから読み取られます(表6)。MAX6650/MAX6651はMOSFETがオフの状態でもパワーアップするため、入力信号をGPIOピンに接続しても問題はありません。GPIOピンを汎用出力として使用する場合は、GPIO定義レジスタに書き込みを行うことによって出力を変更して下さい。

GPIO0は、障害条件が検出された時にローになるALERT出力として構成できます(「アラームイネーブルレジスタ及びステータスレジスタ」を参照)。GPIO1はFULL ON入力として構成し、ソフトウェア又はμCに障害が発生した時にハードウェア制御によってファンが完全にターンオンされるように設定できます。GPIO2(MAX6651のみ)を内部クロック出力又は外部クロック入力として構成すると、複数の部品を同期化できます。

アラームイネーブルレジスタ及びステータスレジスタ

アラームは、アラームイネーブルレジスタの適切なビットが設定されている時にのみイネーブルされます(表7)。最大及び最小出力レベルアラームは、MAX6650/MAX6651が閉ループモードで動作するよう設定されている時にのみ機能します(「構成バイトレジスタ」を参照)。

アラームステータスレジスタは、どのアラームが警告出力を行ったかをシステムが判断できるようにします(表8)。アラーム設定出力及び警告出力は、アラームを発生させた条件が除去された後でアラームステータスレジスタを読み取った後にクリアされます。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

表5. GPIO定義レジスタ

BIT	POR (DEFAULT) STATE	PIN	STATE	FUNCTION
7 (MSB)	1	GPIO4 (MAX6651 only)	0	GPIO4 outputs a logic-level low.
			1	GPIO4 outputs a logic-level high or serves as an input.
6	1	GPIO3 (MAX6651 only)	0	GPIO3 outputs a logic-level low.
			1	GPIO3 outputs a logic-level high or serves as an input.
5 to 4	11	GPIO2 (MAX6651 only)	00	GPIO2 serves as an external clock input.
			01	GPIO2 serves as an internal clock output.
			10	GPIO2 outputs a logic-level low.
			11	GPIO2 outputs a logic-level high or serves as an input.
3 to 2	11	GPIO1	00	GPIO1 outputs a logic-level high or serves as an input.
			01	GPIO1 serves as a $\overline{\text{FULL ON}}$ input.
			10	GPIO1 outputs a logic-level low.
			11	GPIO1 outputs a logic-level high or serves as an input.
—	11	GPIO0	00	GPIO0 outputs a logic-level high or serves as an input.
			01	GPIO0 serves as an $\overline{\text{ALERT}}$ output.
			10	GPIO0 outputs a logic-level low.
			11	GPIO0 outputs a logic-level high or serves as an input.

表6. GPIOステータスレジスタ

BIT	NAME	POR (DEFAULT) STATE
7 (MSB) to 5	Always 0	0
4	GPIO4 (MAX6651 only)	1
3	GPIO3 (MAX6651 only)	1
2	GPIO2 (MAX6651 only)	1
1	GPIO1	1
0 (LSB)	GPIO0	1

タコメータ

タコメータカウントレジスタは、タコメータカウント時間レジスタが定義した期間中に、対応するタコメータ入力のパルス数を記録します。

MAX6651は3つの予備のタコメータ入力を備えており、これらは追加のファンを監視するために使用できます。複数のファンを正確に制御するために、同一のファンを使用して下さい。

タコメータカウント時間レジスタは、MAX6650/MAX6651がタコメータのパルスをカウントする統合時間を設定します。MAX6650/MAX6651は、選択されたカウント時間中に最高255(FFh)のパルスをカウントできます。255を超えるパルスが発生した場合、ICはオーバフローアラームを設定し、タコメータカウントレジスタは255の最大値を報告します。最悪の条件下でもカウントレジスタがオーバフローせず(最大ファン速度)、解像度が最大化される時間レジスタを設定して下さい。計測可能最大ファン速度と最小分解能は次式で計算して下さい。

$$\text{最大ファン速度(単位RPS)} = 255 / (2 \times t_{\text{COUNT}})$$

$$\text{最小分解能(単位RPS)} = 1 / (2 \times t_{\text{COUNT}})$$

ここで、 t_{COUNT} はタコメータのカウント時間です。MAX6650/MAX6651の最大許容タコメータの入力周波数は1kHzです。

タコメータカウント時間レジスタの最初の6ビットは常にゼロになり、最後の2ビットはカウント時間を設定します(表9)。カウント時間は次式で求めることができます。

$$t_{\text{COUNT}} = 0.25\text{s} \times 2^{K_{\text{COUNT}}}$$

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

表7. アラームイネーブルレジスタのビットマスク

BIT	NAME	POR (DEFAULT) STATE	FUNCTION
7 (MSB) to 5	—	0	Always 0
4	GPIO2 (MAX6651 only)	0	GPIO2 Alarm Enable/Disable (MAX6651 only)
3	GPIO1	0	GPIO1 Alarm Enable/Disable
2	TACH	0	Tachometer Overflow Alarm Enable/Disable
1	MIN	0	Minimum Output Level Alarm Enable/Disable
0 (LSB)	MAX	0	Maximum Output Level Alarm Enable/Disable

1=イネーブル

表8. アラームステータスレジスタビットの割当

BIT	NAME	POR (DEFAULT) STATE	FUNCTION
7 (MSB) to 5	—	0	Always 0
4	GPIO2 (MAX6651 only)	0	GPIO2 Alarm. Set when GPIO2 is low (MAX6651 only).
3	GPIO1	0	GPIO1 Alarm. Set when GPIO1 is low.
2	TACH	0	Tachometer Overflow Alarm
1	MIN	0	Minimum Output Level Alarm
0 (LSB)	MAX	0	Maximum Output Level Alarm

1 = アラーム条件

表9. タコメータカウント時間レジスタ

(1回転に2パルスを想定)

REGISTER VALUE (KCOUNT)	COUNT TIME (s)	MAXIMUM FAN SPEED (RPS)	MINIMUM RESOLUTION (Hz/COUNT)
0000 0000	0.25	512	2
0000 0001	0.5	256	1
0000 0010	1.0	128	0.5
0000 0011	2.0	64	0.25

ここで、K_{COUNT}は2つの2LSBの数値です。0.25係数には±10%の不確実性があります。

パワーアップ時に、タコメータカウントレジスタは00hにリセットされ、タコメータカウント時間レジスタは1sの統合時間を設定します。

デジタルアナログコンバータ

閉ループ動作モードを使用する場合は、DACレジスタがファンのローサイドの電圧を設定します。内部オペアンプが8ビットDACにより設定されたリファレンス電圧とフィードバック電圧(V_{FB})を比較し、2つの入力電圧が等しくなるまで出力電圧(V_{OUT})を調整します。FBピンにおける電圧は、次式で求めることができます。

$$V_{FB} = (10 \times V_{REF} \times K_{DAC}) / 256$$

ファンの電圧は次式で求めることができます。

$$V_{FAN} = \left(\frac{90k}{10k} + 1 \right) \left(\frac{K_{DAC}}{256} V_{REF} \right)$$

ここで、K_{DAC}はDACレジスタの数値で、V_{REF} = 1.5Vです。最小フィードバック電圧は外付MOSFETの電圧降下(R_{ON} × I_{FAN})により制限され、最大電圧はファンの電源電圧(V_{FAN})により制限されます。線形動作を行うには、08h~TBOhの範囲のDAC値を使用して下さい(「標準動作特性」を参照)。閉ループ動作モードを使用する場合、DACレジスタの内容は無視されます。DACに書き込む際は、読み戻しを行う前に少なくとも500μs間待機して下さい。

パワーオンリセット(POR)

MAX6650/MAX6651には揮発性メモリが備わっています。不安定な電源状態によりメモリのデータが破壊されてエラーが発生するのを防ぐために、V_{CC}が1.6V以下になるとPOR電圧検出器がV_{CC}を監視し、メモリをクリアします。電力が初めて印可され、V_{CC}が1.6V以上になると、ロジックブロックが動作します(但し、3V以下のV_{CC}レベルでの読み取りや書き込みは推奨できません)。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

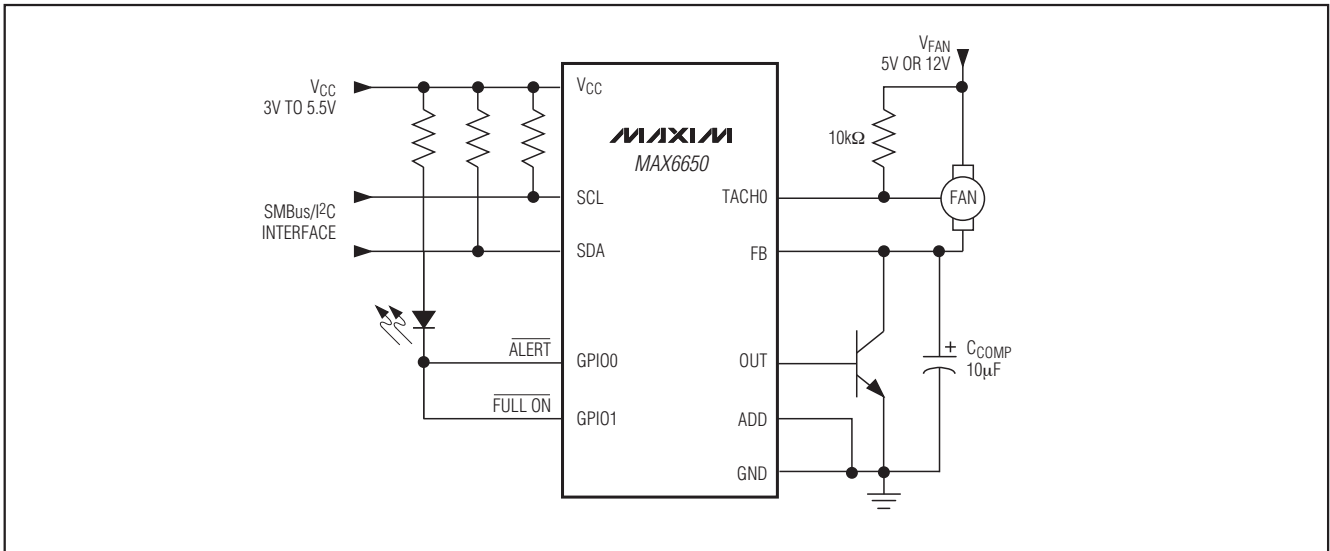


図6. バイポーラトランジスタを使用したファン制御

パワーアップ時のデフォルトは次のとおりです。

- アラームが全てディセーブルされます。
- プリスケール分圧器が4に設定されます。
- ファンの速度がフルオンモードに設定されます。

全レジスタのデフォルトのステータスについては表2を参照して下さい。

アプリケーション情報

MOSFET及びバイポーラトランジスタの選択

MAX6650/MAX6651は適切な選択を行うために、5つの重要なパラメータを必要とする外付NチャンネルMOSFETを駆動します。これらのパラメータとは、ゲートからソースまでの導電スレッショルド、ゲートからソースまでの最大電圧、ドレインからソースまでのブレイクダウン電圧、電流定格、及びドレインからソースまでのオン抵抗($R_{DS(ON)}$)です。ゲートからソースまでの導電スレッショルドは、使用可能な V_{CC} とコンパチブルであることが必要です。ゲートからソースまでの最大電圧とドレインからソースまでのブレイクダウン電圧定格は、どちらも少なくともファンの電源電圧(V_{FAN})よりも数ボルト高くなっている必要があります。最大ファン電流よりも高い最大連続ドレイン電流定格を持つMOSFETを選択して下さい。 $R_{DS(ON)}$ は、フィードバック電圧範囲を最大化する上で実用的な低さであることが必要です。パワートランジスタの最大消費電力は、 $P = (V_{FAN} \times I_{FAN(MAX)}) / 4$ で概算できます。バイポーラパワートランジスタは小型及び中型のファンを

駆動するのに実用的です(図6)。非常に電流の高いファンは、MAX6650の50mAの駆動能力を超える出力トランジスタベース電流を必要とする場合があります。バイポーラ・ダーリントン・トランジスタを使用することは可能ですが、飽和特性が劣り、2V~3Vの駆動電圧が失われることがあります。

抵抗の選択

タコメータ入力電圧($V_{TACH_}$)とフィードバック電圧(V_{FB})は、13.2V以下にする必要があります([Absolute Maximum Ratings]を参照)。13.2V以上の電源で駆動されるファン(V_{FAN})を使用する場合は、直列抵抗を使用してこれらの入力を過電圧条件から保護して下さい。これらのピンを保護するために必要な抵抗は、次式で計算できます。

$$R_{PROTECT} = [(V_{FAN(MAX)} - 13.2V) \times R_{IN} / 13.2V]$$

ここで、 $V_{FAN(MAX)}$ はファンに電力供給するために使用されるワーストケースの最大電源電圧で、 R_{IN} はタコメータ入力(150kΩ max)又はフィードバック入力(150kΩ max)の入力インピーダンスです。

補償コンデンサ

ファンのローサイドとグラウンドの間には補償コンデンサを使用して、アナログ制御ループを安定化させる必要があります。このコンデンサは通常10µFが適切ですが、使用するファンの種類に応じて1µF~100µFの範囲の値が必要となる場合があります。ファンのローサイドの電圧にリングングが発生していない時に、正しい値が選択されていることになります。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

ファンの選択

MAX6650/MAX6651は、閉ループ動作とファンの監視を行うために、タコメータ出力を備えたファンを必要とします。様々なメーカーの数多くのファンモデルでは、タコメータ出力は通常オプション仕様として提供されています。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)と結果レベルを確認し、それに従ってMAX6650/MAX6651への接続を構成して下さい。タコメータ出力が生成する1回転当たりのパルス数をチェックして下さい(この値はモデルやメーカー毎に異なりますが、1回転当たり2パルスが最も一般的です)。

表10に、代表的なファンメーカーと、これらのメーカーのモデルのうちタコメータ出力が付いているものを示します。

表10. ファンのメーカー

MANUFACTURER	FAN MODEL OPTION
Comair Rotron	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.

低速動作

ブラシレスDCファンの信頼性は、メカ式整流を電子的整流に置き換えることにより改善できます。ファンの電圧を低下させてその速度を落とすことによっても、MAX6650/MAX6651は電子的整流及びタコメータの電子部品用の電源電圧を節約しています。ファンに供給される電圧が低過ぎると、内部の電子部品が正しく機能しなくなります。これには例えば次のような症状が考えられます。

- ファンの回転が止まる。
- タコメータの出力が信号を生成しなくなる。
- タコメータの出力が1回転当たり3パルス以上生成するようになる。

発生する問題及び問題の発生時点における電源電圧は、使用しているファンに応じて異なります。大まかな指針として、12Vのファンは定格速度の1/4~1/2の速度で問題を発生させることを覚えておいて下さい。

ファン障害の予測

サーバやネットワーク機器など、最大の信頼性が必要なシステムでは、ファンが実際に故障する前にそれを予測し、システムオペレータに警告することによってダウンタイムを最小限に抑えることができると有利です。MAX6650では次のモードでファンの状態を監視できます。

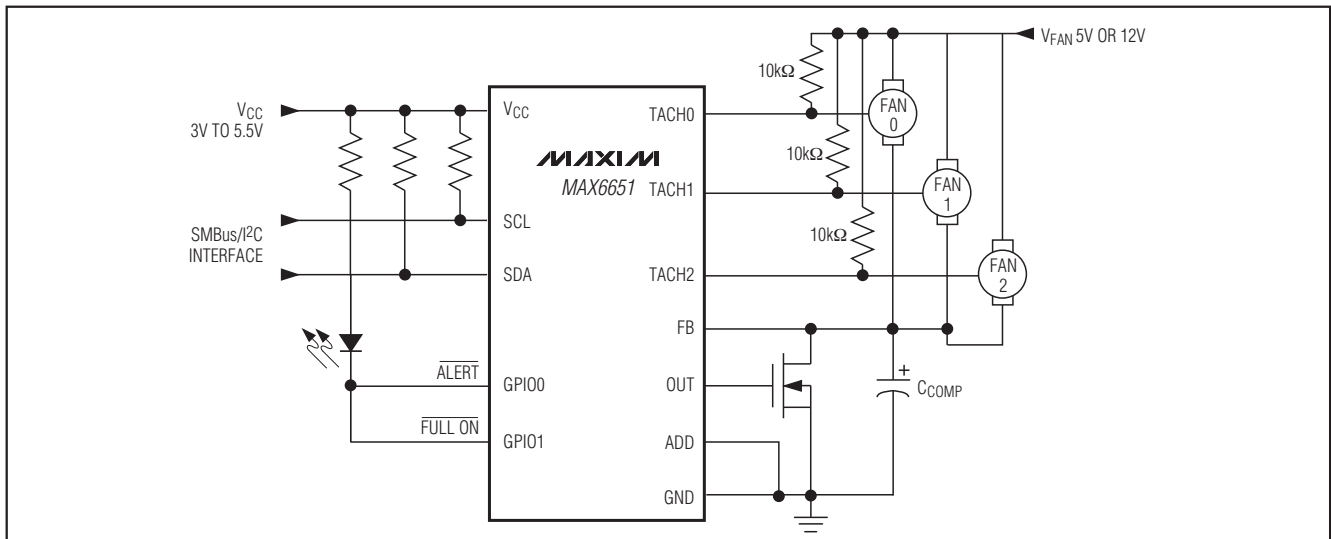


図7. MAX6651を使用した並列ファンの制御

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

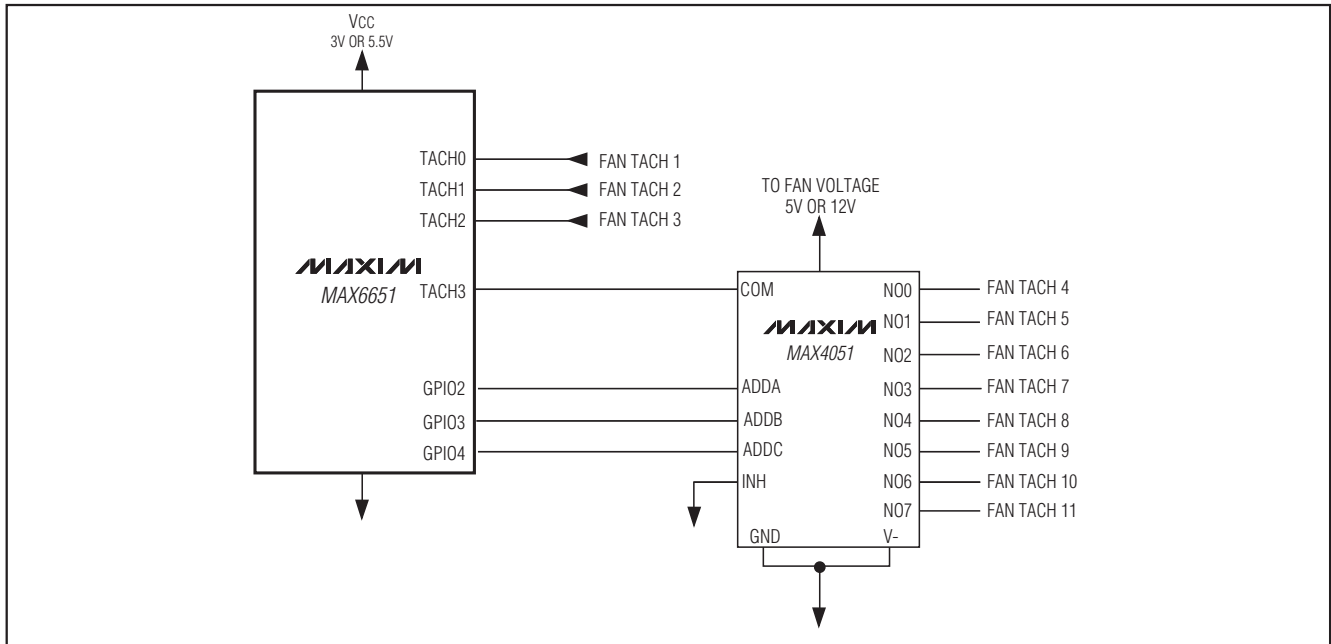


図8. 複数のファンの監視

フルオンモード

時折(数日毎又は数週間毎)ファンを完全にオンにして結果速度を計測し、任意の電源電圧において速度の低下傾向がないかどうかを確認することによって、問題のあるファンを検出できます。パワーアップ時は、ファンの最大速度を計測するための便利な機会です。

開ループモード

ファンの状態は、開ループモードを使用しても監視できます。ファンが新しいうちにその性能を確認しておけば、規定の値をDACに書き込んで結果のファン速度を計測することにより、問題のあるファンを検出できます。時間の経過と共に結果速度が低下している場合は、ファンに問題があることを示している可能性があります。

閉ループモード

MAX6650では、ファンの速度を安定化させるために使用するDAC値をシステムが読み取ることができるようになっています。必要なDAC値が任意の速度において大きく変化する場合は、ファンに将来問題が発生することを示している可能性があります。

5つ以上のファンの監視

MAX6651を使用すると、一度に最高4つのファンを監視できます(図7)。5つ以上のファンが必要なシステムに対しては、図8にアナログマルチプレクサ(mux)を使用して11個のファンを監視するアプリケーションが示さ

れています。GPIO2、GPIO3及びGPIO4はマルチプレクサのアドレスピンに接続されています。適切な値をGPIOピンに書き込むと、希望したタコメータが選択され、TACH3入力によってカウントされます。TACH入力にはダブルバッファが付いており、1つおきに時間スロットがサンプリングされるため、マルチプレクサのアドレスを変更した後は少なくともタコメータのカウント時間の4倍分待ってからレジスタを読み取るようにすることが大切です。極端なケースでは、TACH1、TACH2、及びTACH3に接続されている3つのマルチプレクサを使用して合計25個のファンを監視できます。MAX6651が閉ループモードで動作している時は、TACH0をマルチプレクサに接続しないで下さい。

N+1ファンのアプリケーション

図9に示すように、MAX6650が速度の安定性を維持できない場合、その他全てのファンが自動的に完全にターンオンされます。これは、1つのファンの故障によるダウンタイムを回避する必要がある信頼性の高いシステムにおいて役立ちます。システムを設計する際は、使用するファンの数を実際に必要な数よりも1つ多くすることを推奨します。こうすると、1つのファンが故障しても十分な冷却が行われます。又、全てのファンが正しく動作している時に、これらのファンを最高速度で回転させる必要がなくなります。ファンの速度を落とすとノイズも削減でき、ファンの寿命を延長できます。但し、一旦1つのファンが故障した場合は、残りのファンを最高速度で回転させることが大切です。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

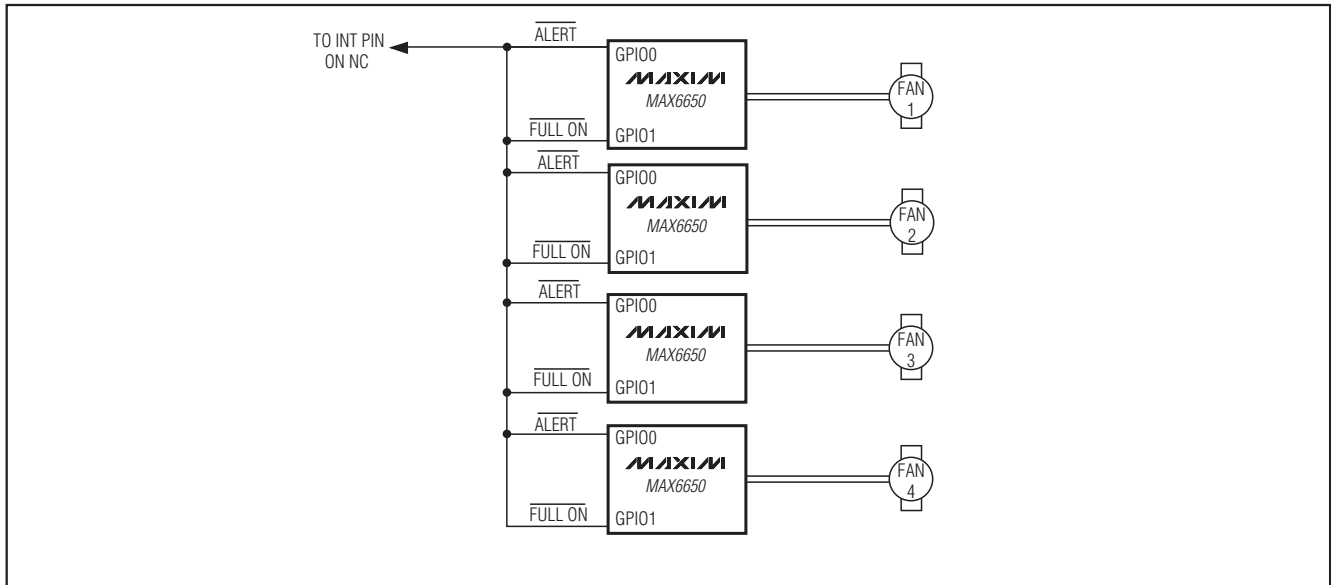


図9. N+1のアプリケーション

図9では、GPIO0は全てALERT出力として構成されており、GPIO1は全てFULLON入力として構成されています。MAX6650がALERT(故障を示す)を生成した場合、残りのMAX6650のファンは自動的に完全にターンオンされます。

温度監視とファン制御

図10に示されている回路は、完全な温度監視とファンの制御を行います。MAX1617A(SMBus付リモート/ローカル温度シリアルインタフェース)は、ダイオードの接続されたトランジスタで温度を監視します。MAX1617Aが読み取った温度に基づき、 μ Cは温度に比例させてファンの速度を調整できます。MAX1617AのALERT出力をMAX6650/MAX6651のFULL ON入力に接続すると(「汎用入出力」を参照)、MAX1617Aが過剰な温度条件を検出した場合にファンを完全にターンオンできます。

MAX6501のハードウェアフェイルセーフ

図11に、MAX6501をハードウェアのフェイルセーフとして使用しているアプリケーションを示します。MAX6650のGPIO1はFULLON入力として構成されています。MAX6501のTOVERピンは、MAX6501の温度が規定値を超えるとローになります。これによりFULL ONピン(GPIO1)がローに引き下げられ、ファンが最高速度で回転するよう強制されます。図12に、複数のMAX6501の使用例を示します。MAX6501にはオープンドレインの出力が備わっており、複数のデバイスからFULL ON入力へのワイヤードORを可能にしています。この構成により、システムの周りにある複数の場所におけるフェイルセーフ監視が可能になります。

ホットスワップアプリケーション

ファンのホットスワップは図13に示す回路を使用して検出できます。この回路では、GPIO2はローに引き下げられる度に警告を生成するよう構成されています。ファンカードが接続されている限り、GPIO2はハイになっています。但し、ファンカードが取り除かれると、2.2k Ω の抵抗がGPIO2をローに引き下げ、割込みを発生させます。これによって、ホットスワップが発生していることをシステムに通知されます。

ステップ毎の部品選択とソフトウェアのセットアップ

ファンシステム構成の決定

MAX6650/MAX6651は、3種類のファンシステム構成をサポートしています。これらは、単一ファン制御、パラレルファン制御、及び同期化ファン制御です。

単一ファン制御

最も単純なのは、それぞれのファンに対して単一のMAX6650を構成する方法です。1つのシステムに2つ以上のファンが必要な場合は、追加のMAX6650コントローラが使用されます(各ファンに1つ)。この構成は各ファンを個別に制御できることが利点ですが、コスト、サイズ及び複雑さの面で欠点があります。

単一ファン制御を行う場合は、MAX6650を使用して下さい(追加のGPIOが必要でない限り)。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

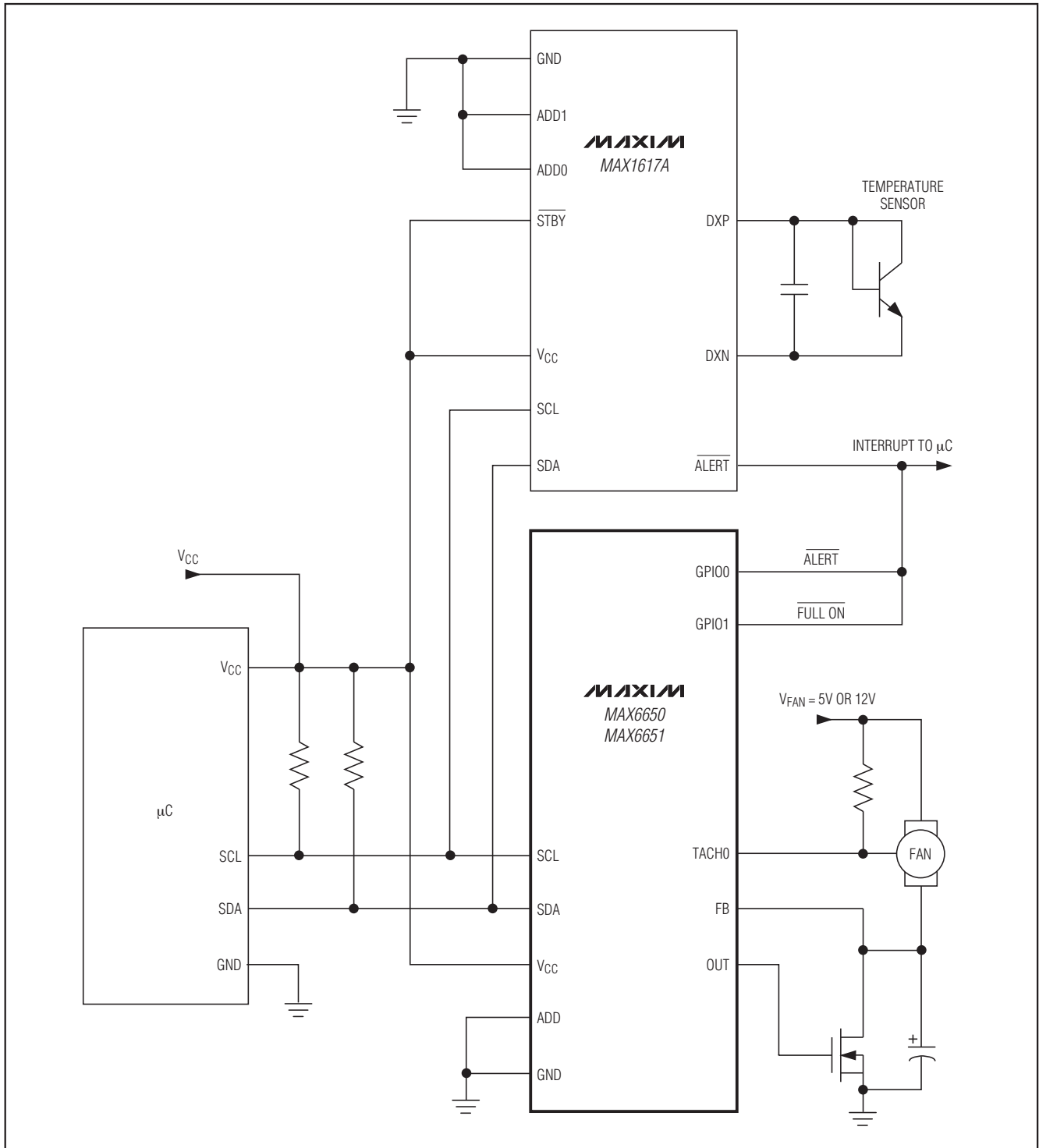


図10. 温度の監視とファンの制御

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

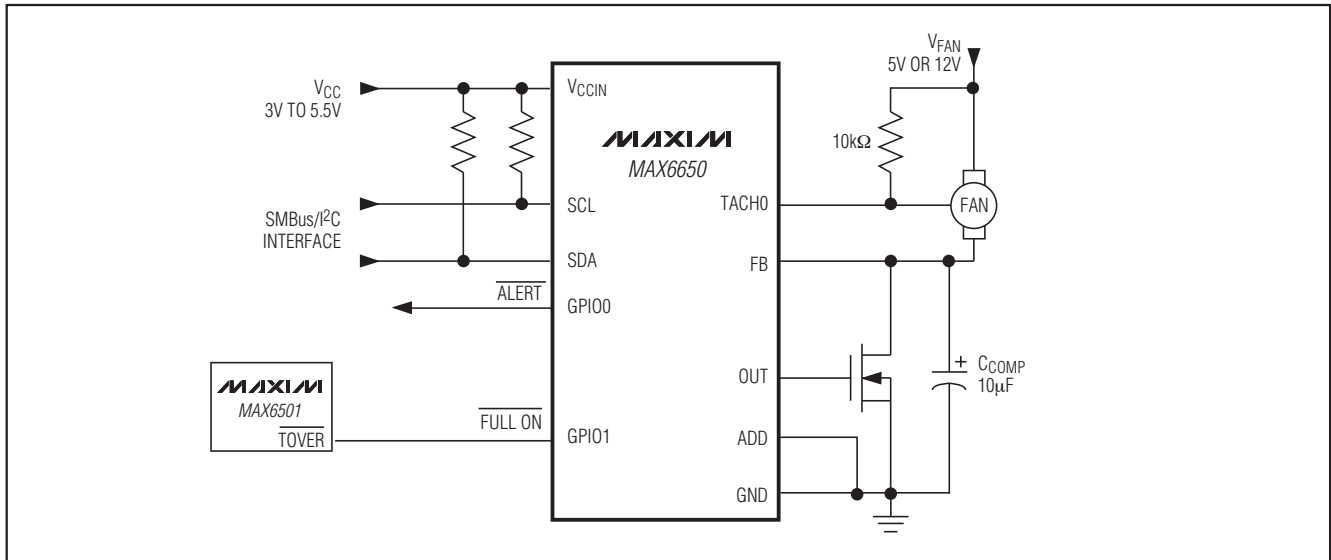


図11. MAX6501のハードウェアフェイルセーフ

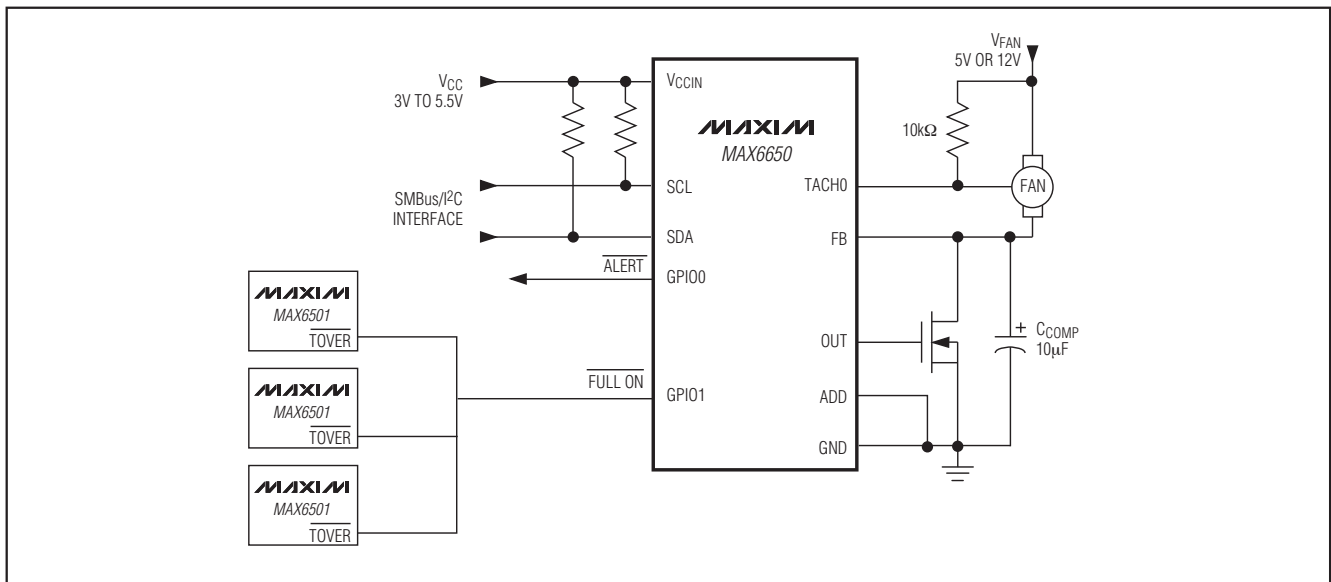


図12. MAX6501のハードウェアフェイルセーフ

パラレルファン制御

複数のファンが必要であっても、それらを個別に制御する必要がない場合には、2つ以上のファンを並列に接続されている単一のMAX6650/MAX6651を使用できます(図7)。この構成の明確な利点は、簡潔性及びサイズとコストの節約です。並列接続されているファンが全て同じタイプである場合、これらは同じような速度で回転する傾向にあります。但し、1つ又は複数のファンが消耗してくると、速度に相違が発生することがあります。MAX6651では最高4つまでのファンを監視でき、大きな速度の相違を検出することが保証されています。

最高4つのファンの速度を監視しながら並列のファン制御を行うには、MAX6651を選択して下さい。

1つだけのファンを監視しながら並列のファン制御を行うには、MAX6650を選択して下さい。

同期化ファン制御(MAX6651のみ)

複数のファンを持つシステムでは、ファン速度の不一致により可聴ビート周波数が検出されることがあります。これは、ファンが並列に接続されているシステムや、各ファンを制御している1つのMAX6650を持つシステムで発生します。並列接続のファンシステムでは、それぞれのファンが全く同一でないため速度の不一致が生じます。僅かな機械的な相違や負荷の相違によっても、可聴ビートの原因となる速度の不一致が発生することがあります。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

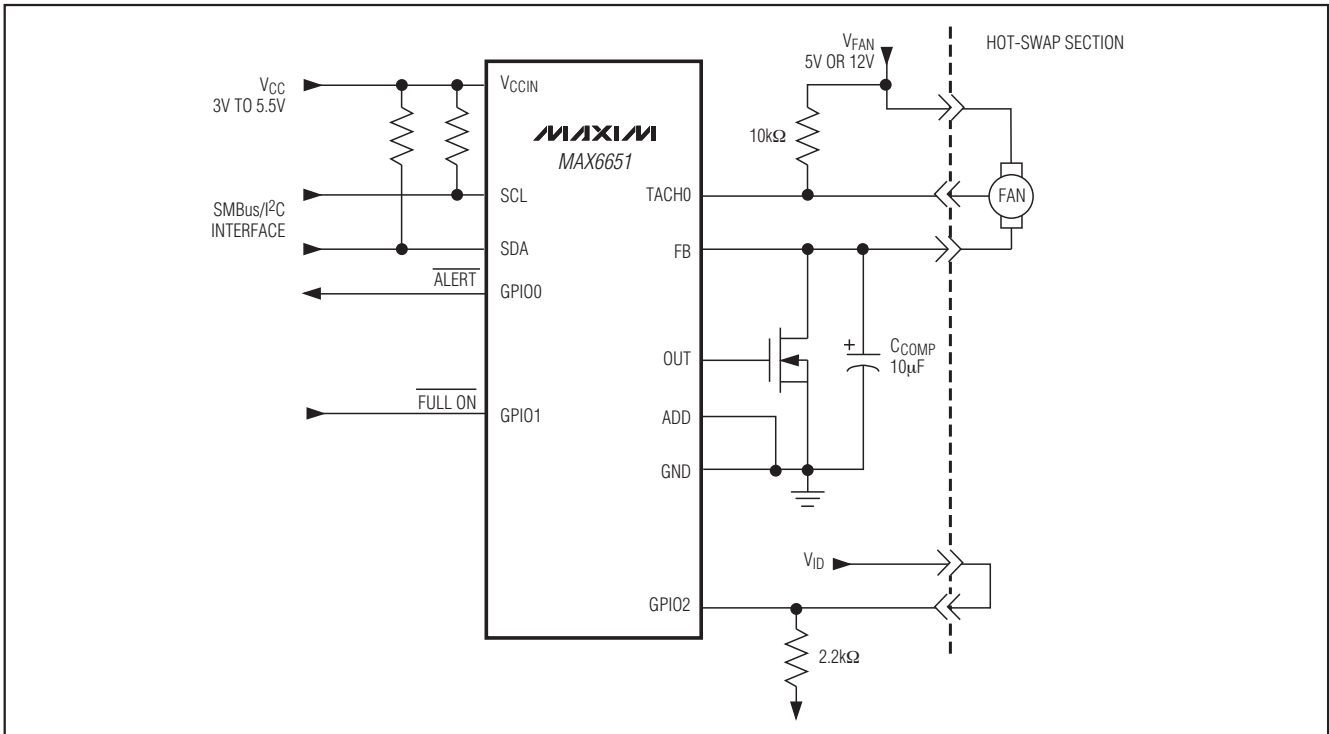


図13. ホットスワップアプリケーション

各ファンにMAX6650/MAX6651が存在するシステムにおいても、速度の不一致が発生されることがあります。これは主に発振器の公差によるものです。MAX6650/MAX6651の発振器の公差の仕様は±10%となっています。ワーストケースでは、これは20%の速度の不一致を生み出します(10%のハイ、10%のロー)。

これに対する解決策は、各ファンに1つのMAX6651を使用し、各MAX6651が1つの共有クロックを使用するよう構成します。共有クロックには外部システムクロック又はMAX6651の内部クロックの1つを使用できます。外部クロックを使用する場合の周波数の範囲は約50kHz~500kHzです。

同期化されたファンの制御を行うには、MAX6651を選択して下さい。

組合せ

さらに複雑なシステムでは、上記の制御タイプの幾つか又は全てが必要となる場合があります。

ファンの選択

構成を選択したら、次に行うステップはファンの選択です。該当する項を参照して下さい。

5Vのファンに対しては構成レジスタのビット3にゼロを入力し、12Vのファンに対しては1を入力します。

このビット構成を行うと、タコメータの入力スレッショルド電圧も調整されます。これにより、使用するファンの動作電圧に対してMAX6650/MAX6651の動作が最適化されます。

動作モードの設定

MAX6650/MAX6651には、フルオン、フルオフ、開ループ及び閉ループの4種類の動作モードがあり、これらは構成レジスタのビット5及びビット6によって決定されます。

フルオン

フルオンモードは最大使用可能電圧をファンに印可し、最大限の冷却を保証します。フルオンモードはソフトウェア又はハードウェアの制御により有効にできます。ハードウェアを使用してフルオンモードに切り替えるには、「GPIOの設定」を参照して下さい。ハードウェアによるフルオンはその他全てのモードをオーバライドすることに注意して下さい。

ソフトウェアによってMAX6650/MAX6651をフルオンモードで動作させるには、00を構成レジスタのビット5及びビット4に入力します。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

フルオフ

フルオフモードはファンの電圧を全て取り除き、ファンを停止させます。MAX6650/MAX6651はファンのローサイドの電圧を制御することによって動作します。5V又は12Vが両方のリードに流れます。

フルオフモードに切り替えるには、構成レジスタのビット5及びビット4に01を入力します。

開ループ

開ループモードでは、MAX6650/MAX6651は実質的にはファンの速度を安定化させません。速度を安定化させるには、外付μCが必要です。開ループモードでは最大の柔軟性が得られますが、ソフトウェア/プロセッサのオーバーヘッドも最も大きくなります。

開ループモードでは、MAX6650/MAX6651はSMB/I²C制御の電圧レギュレータとして機能します。μCは8ビットの値をDACレジスタに書き込むことによってファンの電圧を調整します。これにより、μCはファンの電圧を直接制御できるようになっています。速度は、定期的にタコメータレジスタを読み取り、DACレジスタを適切に調整することにより安定化されます。DAC値は次式に従ってファンの電圧を制御します。

$$V_{FAN} = V_{FAN_SUPPLY} - [(R2) / R1 + 1] \times V_{REF} \times K_{DAC} / 256$$

ここで、 V_{FAN} = ファンの電圧、 V_{FAN_SUPPLY} = ファンの電源電圧(5V又は12V)、 $R2$ = 90kΩ(typ)、 $R1$ = 10kΩ(typ)、 V_{REF} = 1.5(typ)、及び K_{DAC} = DACレジスタの値です。

この式にはいくつかの重要な要素があります。第1に、ファンの電圧はDAC値と反対の方向に移動するという事です。つまり、低いDAC値はファンの高い電圧に対応するため、ファンの速度が速くなります。第2に、90kΩよりも大きいDAC値では12Vのファンの電圧が0Vになります。同様に、76より大きいDAC値では5Vのファンの電圧が0Vになります。このため、DACの有効範囲は12Vのファンでは0~180に、5Vのファンでは0~76に制限されます。

部品の公差値により、出力電圧値がユニット毎及び温度によって大きく変化することに注意して下さい。但し、この電圧は速度制御された開ループ内にあるため、このようなエラーはループによって補正されます。

以下は、開ループモードにおいてファンを制御するための可能な手段です。

- 1) パワーアップ時に、00のDAC値(フルスピード)を使用してMAX6650/MAX6651を開ループモードにします。
- 2) ファンの速度が安定するまで待ちます。

3) TACHレジスタを読み取って速度を判断します。

4) 希望する速度に達するまで徐々にDACレジスタ値を増加させます(一度に1又は2ずつ)。

開ループモードでは、4つのタコメータレジスタのいずれか1つ(MAX6651)を使用してファンの速度を計測し、安定化させることができます。これは、最高で4つのファンが1つのユニットとして制御される並列接続のファンシステムでは特に便利です。

このモードではデバイスが不安定になるのを避けるための注意が必要です。不安定な状態は、ファンの速度を頻繁に更新しすぎたり、大きすぎる増分で調整しようとした場合に発生します。状態が不安定になると、ファンの速度が速くなったり遅くなったりする現象が繰り返し発生します。正しい更新レートの決定は、次の手順に示されるように主にファンの機械的定数及びシステムのループ利得に依存します(DACステップサイズ)。

- 1) 制御レジスタのビット5及びビット4を11に設定して開ループモードに切り替えます。
- 2) TACHレジスタを読み取ってファンの速度を判断します。
- 3) DACレジスタを増加又は減少させてファンの電圧を減少又は増加させ、ファンの速度を調整します。

閉ループ

閉ループモードでは、SMBus/I²Cマスター(通常はμC)が希望するファン速度をMAX6650/MAX6651に書き込み、ファンの電圧が自動的に調整されてこの速度が保持されます。この動作モードにおけるソフトウェア/プロセッサのオーバーヘッドは、開ループモードよりも小さくなります。希望する速度が書き込まれると、MAX6650/MAX6651は個別にファンの速度を制御するため、マスターからの割込みは不要になります。ファンの速度を希望する値に安定化させることができない場合は、割込みを生成するようMAX6650/MAX6651を構成することも可能です(「アラームの設定」を参照)。MAX6650/MAX6651はTACH0入力に接続されているファンの速度のみを安定化させることができます。TACH0ファンに並列に接続されているファンは同じような速度で回転する傾向にあります(類似のファンの場合)。フルオフから閉ループモードに移行するときには、以下の順番を守ることが重要です。

- 1) フルオフモード
- 2) フルオンモード(動作を開始するにあたり十分な休止期間があること)
- 3) 閉ループモード

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650は次の方法でファンの速度を安定化させます。254kHzの内部発振器の出力は128で割られ、約2kHzの信号を生成します。この信号は1にスピードレジスタの値を足したもので割られ、リファレンス周波数として使用されます。例えば、スピードレジスタの値が02hの場合、リファレンス周波数は667Hz [2kHz / 02h + 1] になり、この値が、プリスケアラ値で割られたタコメータ入力の周波数と比較されます。MAX6650/MAX6651は、ファンの電圧を調整することにより、プリスケアラ値で割られたタコメータの周波数がリファレンス周波数と等しく保たれるようにします。プリスケアラ値で割られたタコメータの周波数がリファレンス周波数より低い場合は、ファンの電圧が増加されます。タコメータはファン1回転当たり2パルスを生成することを覚えておいて下さい。この動作は次式で表されます。

安定化している時：

$$[f_{CLK} / (128 \times (K_{TACH} + 1))] = 2 \times \text{FanSpeed} / K_{SCALE}$$

ここで、 f_{CLK} = 発振器周波数(254kHzの内部発振器又は外部クロック)、 K_{TACH} = スピードレジスタの値、 FanSpeed = 1秒当たりのファン速度(回転数)(Hz)、 K_{SCALE} = プリスケアラ値(1、2、4、8、又は16)。

4つの変数の算出方法：

$$K_{TACH} = [(f_{CLK} \times K_{SCALE}) / (256 \times \text{FanSpeed})] - 1$$
$$K_{SCALE} = [256 \times \text{FanSpeed} \times (K_{TACH} + 1)] / f_{CLK}$$
$$\text{FanSpeed} = K_{SCALE} \times f_{CLK} / [256 \times (K_{TACH} + 1)]$$
$$f_{CLK} = 256 \times \text{FanSpeed} \times (K_{TACH} + 1) / K_{SCALE}$$

内部発振器を使用する場合、 f_{CLK} を254kHzに設定すると更に式が簡単になります。

$$\text{式1} : K_{SCALE} = \text{FanSpeed} \times (K_{TACH} + 1) / 992$$
$$\text{式2} : K_{TACH} = (992 \times K_{SCALE} / \text{FanSpeed}) - 1$$
$$\text{式3} : \text{FanSpeed} = 992 \times K_{SCALE} / (K_{TACH} + 1)$$

閉モードに切り替えるには、構成レジスタのビット5及びビット4に10を入力します。

式3では、ファンの速度が($K_{TACH} + 1$)に反比例していることに注意して下さい。これは、安定化されたファンの速度はスピードレジスタに書き込まれた値の非線形関数であることを意味します。スピードレジスタに低い値を書き込むと、ファンの速度が大きく変化してしまうことがあります。最適な結果を得るには、小さな値(02hなど)が必要としないシステムを設計するようにして下さい。これは、8ビットのスピードレジスタが使用されており、又16速度以上のファン速度制御は殆ど必要でないため、簡単に達成できます。好ましい妥協策としては、スピードレジスタが約64(10進)に等しかった時にファンの最大定格速度が達成されるような

システムを設計(適切なプリスケアラ値を選択することで可能)することです。64は良好な目標値ですが、20~100の範囲の値も使用できます。

プリスケアラ値も応答時間と速度制御ループの安定性に影響を与えます。プリスケアラ値を調整すると、効果的にループゲインを調整できます。プリスケアラ値を大きくすると応答時間は遅くなりますが安定性が向上し、プリスケアラ値を小さくすると応答時間が速くなります。応答時間と安定性に対する最適なプリスケアラ値は、ファンの機械的時定数に依存します。小型で回転の速いファンは小さい機械時定数を持つ傾向にあり、小さなプリスケアラ値を設定すると有利です。目安は、ターゲットシステムで選択されているプリスケアラ値を試してみることです。 K_{TACH} にはフルスケールの約75%の値を選択し、ファン速度のオーバシュートや発振に注意するようにして下さい。また、 K_{TACH} の値が変更された時(フルスケールの75%からフルスケールの90%に変更)のオーバシュートや発振にも注意して下さい。許容できないオーバシュートがある場合、又は K_{TACH} に伴ってファンの速度が速くなったり遅くなったりする場合は、 K_{TACH} に定数を設定し、プリスケアラ値を増加させて下さい。

構成レジスタのビット0からビット2に適切なプリスケアラ値を入力して下さい。

ファン速度は、冷却要件、ノイズ、電力及びファンの摩耗との間で相殺されます。一般的に、冷却の目標を達成できる速度のうち最も遅い速度でファンを回転させる(制限内で)ことが推奨されます。これにより消費電力が低下し、ファンの寿命が延長され、ノイズが最小限に抑えられます。希望するファン速度を計算する時、前述の式は1秒当たりの回転数(RPS)で表されていることを念頭に置いて下さい。一方、殆どのファンは1分当たりの回転数(RPM)で指定されています。

希望するファンの速度をスピードレジスタに書き込んで下さい。

例：

以下の条件が存在するとします。

- 12Vファンの定格は12Vで2000RPMです。
- 内部発振器($f_{CLK} = 254\text{kHz}$)を使用します。
- 希望するファン速度 = 1500RPM(25RPS)

まず、式1を使用して適切なプリスケアラ値(K_{SCALE})を計算します。2000RPMの最大速度に対し、64にできるだけ近い K_{TACH} の値を得るようにします。

- $\text{FanSpeed} = 33.3\text{RPS}(2000\text{RPM}/60)$ を使用します。
- $K_{TACH} = 64$ を使用します。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

- 式1により $K_{SCALE} = 2.18$ が算出されます。

まず $K_{SCALE} = 2$ から始めます(安定性を改善するには、4を使用できます。又、応答時間を改善するには、1を使用できます)。

次に、式2を使用して適切なスピードレジスタの値(K_{TACH})を計算します。

- $FanSpeed = 25RPS$ (1500PRM/60)を使用します。
- 式2の計算の結果、 $K_{SCALE} = 2$ の場合は $K_{TACH} = 78$ 、 $K_{SCALE} = 1$ の場合は $K_{TACH} = 39$ 、 $K_{SCALE} = 4$ の場合は $K_{TACH} = 158$ が求められます。

タコメータカウント時間の決定

SMBus/I²Cを使用してファンの速度を監視するための次のステップは、タコメータカウント時間の決定です。開ループモードで動作しているシステムではこれは必要な手順です。閉ループ又はフルスピードモードで動作しているシステムでは、タコメータの読み取りはファンと制御ループが正しく動作していることを確認するための重要なチェックとして機能します。

MAX6650/MAX6651は、8ビットカウンタを使用してタコメータのパルスをカウントします。これは、デバイスが0~255のタコメータパルスをオーバーフローせずにカウントできることを意味します。MAX6650/MAX6651はカウント間隔を設定可能にすることにより、広範囲のファン速度に対応しています。小型/高速のファンには小さいカウント時間を使用するようにして下さい。大型のファンにも小さいカウント時間を使用できますが、分解能が劣化します。最悪の条件下でもオーバーフローしないカウント時間のうち最も遅いものを選択して下さい。ファンは機械的な装置であり、その速度は公差値のばらつきに大きく影響します。オーバーフローが発生した場合、カウンタの読み取り値は255になります。MAX6650/MAX6651はオーバーフローに遭遇した場合に警告を生成するよう構成できます(「アラームの設定」を参照)。プリスケール値はTACH0レジスタには影響を全く及ぼさないことに注意して下さい。

適切なカウント時間値をタコメータカウント時間レジスタに入力して下さい。

例:

12Vファンの定格は2000RPMであると仮定します。

大きな公差のばらつきを考慮するには、3000RPMの最大速度に適したカウント時間を選択します。3000RPMは50RPSで、100Hz(2パルス/回転)タコメータ信号を

生成します。表9は、2秒のカウント時間が最適な分解能を生み出すことを示しています。2秒のカウント時間では、オーバーフローを発生させることなく最高3825RPMの速度を監視できます。最小の分解能は15RPM、つまり2000RPMの定格速度の0.75%になります。

GPIOの設定

多様性を向上させるために、MAX6650/MAX6651にはそれぞれ2つの汎用デジタル入力と5つの汎用デジタル出力が備わっています。これらのGPIOはSMBus/I²Cを使用して構成できます。

デジタル出力ロー

GPIOは全てロジックレベルローを出力するよう構成できます。MAX6650/MAX6651は最高10mAまでシンクするよう設計されています。この大シンク電流は、LEDを駆動するのに特に役立ちます。

GPIO3及びGPIO4に対しては、ゼロをGPIO定義レジスタの適切な場所に書き込みます。

GPIO0、GPIO1、GPIO2に対しては、10をGPIO定義レジスタの適切な場所に書き込みます。

デジタル出力ハイ

GPIOは全てロジックレベルハイを生成するよう構成できます。出力ハイは、公称100kΩの内蔵プルアップ抵抗付オープンドレイン出力段を使用して生成されます。MAX6650/MAX6651のパワーアップ時のデフォルト状態では、GPIOが全て出力ハイとして構成されています。

GPIO3及びGPIO4に対しては、1をGPIO定義レジスタの適切な場所に書き込みます。

GPIO0、GPIO1、GPIO2に対しては、11をGPIO定義レジスタの適切な場所に書き込みます。

デジタル入力

ロジックレベルハイの出力は内蔵プルアップ抵抗付オープンドレインであるため、外部の装置がこのピンをアクティブローに引き下げることができます。MAX6650/MAX6651では、ユーザがGPIOステータスレジスタを通じてGPIO値を読み取ることができるようにしています。

- GPIOを出力ロジックレベルハイとして構成します(上記参照)。
- GPIOステータスレジスタを読み取ってGPIOの状態を読み取ります。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、SMBus/I²Cインタフェース付

警告出力

GPIO0はALERT出力として機能することもできます。ALERT出力は、 μ C上の割込みを駆動するよう設計されています。ALERT出力は、イネーブルされたアラーム条件が発生した時にローになります(「アラームの設定」を参照)。

GPIO0をALERT出力として構成するには、01をGPIO定義レジスタのビット1及びビット0に書き込みます。

フルオン入力

GPIO1はフルオン入力としても構成できます。フルオンピンがローに引き下げられると、MAX6650/MAX6651は使用可能な電圧を全てファンに印可します。これは、ソフトウェアの動作モードに関わりなく発生します。これは、ソフトウェアの障害によるシステムのオーバーヒートを回避するよう設計されている信頼性の高いシステムにおいて特に役立つ機能です。

GPIO1をフルオン入力として構成するには、01をGPIO定義レジスタのビット3及びビット2に書き込みます。

ファンの同期化

GPIO2を構成して、複数のMAX6651によって駆動されるファンの速度を同期化することが可能です(図14)。同期化は、システム内のGPIO2の1つをクロック出力として構成し、MAX6651の1つ(又は外部クロック)をクロックマスターとして機能させることにより達成できます。システムの残りのGPIO2はクロック入力として構成する必要があります。

- MAX6651のGPIO2を全てまとめて電気接続します。
- GPIO定義レジスタを使用して(ビット5及びビット4を01に設定)、MAX6651のGPIO2の1つがクロック出力となるように構成します。
- GPIO定義レジスタを使用して(ビット5及びビット4を00に設定)、残りのGPIO2をクロック入力として構成します。
- MAX6651を全て閉ループモードに構成します。
- プリスケール値が全て等しくなるよう構成します。
- 同一の値をスピードレジスタ全てに書き込みます。

アラームの設定

MAX6650/MAX6651は、制御ループが不安定になったり、タコメータがオーバーフローしたり、GPIO1/GPIO2がローに駆動されたりといった特定のイベントが発生するとGPIO0にALERT出力を生成するように構成できます。これは、ファン制御システムの「一度設定したら後は心配無用」の機能を拡張するよう設計されているものです。

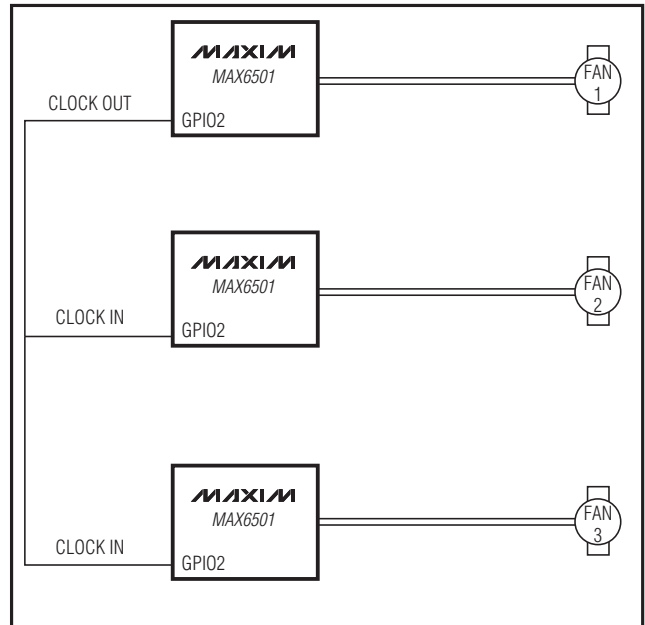


図14. ファンの同期化

GPIO0がALERT出力になるよう構成して下さい(上記参照)。

最小/最大出力レベルアラーム

最小/最大出力レベルアラームは、MAX6650/MAX6651が閉ループモードで速度の安定を維持できない時にシステムに警告を送るために設計されています。MAX6650/MAX6651は、ファンの電圧を調整することにより速度の安定を維持します。希望する速度が得られない場合は、これらのアラームの1つが生成されます。希望する速度が得られない原因には、システム設定の問題、初期段階のファンの故障、及びファンがサポートできない速度が設定された場合などが考えられます。

最小出力アラームは、DAC出力が00hの時に発生します。00hのDAC値は、MAX6650/MAX6651が使用可能な最大電圧をファンに印可していることを意味します。これは通常、ファンが希望する速度で回転できないことを意味します。

最大出力アラームは、DAC値がFFhの時に発生します。FFhのDAC値は、MAX6650/MAX6651がファンの電圧を0に減少させようとしたことを意味します。これはファンが希望する速度よりも速く回転していることを示しているように思われますが、そのようなことは殆ど発生しません。このアラームが発生した場合、何らかのシステムエラーが存在することを通常示しています。

最小/最大出力レベルアラームをイネーブルするには、アラームイネーブルレジスタのビット0及びビット1を11に設定して下さい。

ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

タコメータオーバーフローアラーム

タコメータカウンタのいずれかがオーバーフローすると(255のカウン트에達すると)、このアラームが設定されます。

オーバーフロー出力レベルアラームをイネーブルするには、アラームイネーブルレジスタのビット2を1に設定して下さい。

GPIO1/2のローへのプルダウン

このアラームをイネーブルすると、GPIO1又はGPIO2がローに引き下げられた時にALERT出力がローになります。これは、GPIO1又はGPIO2の構成に関わりなく発生します。

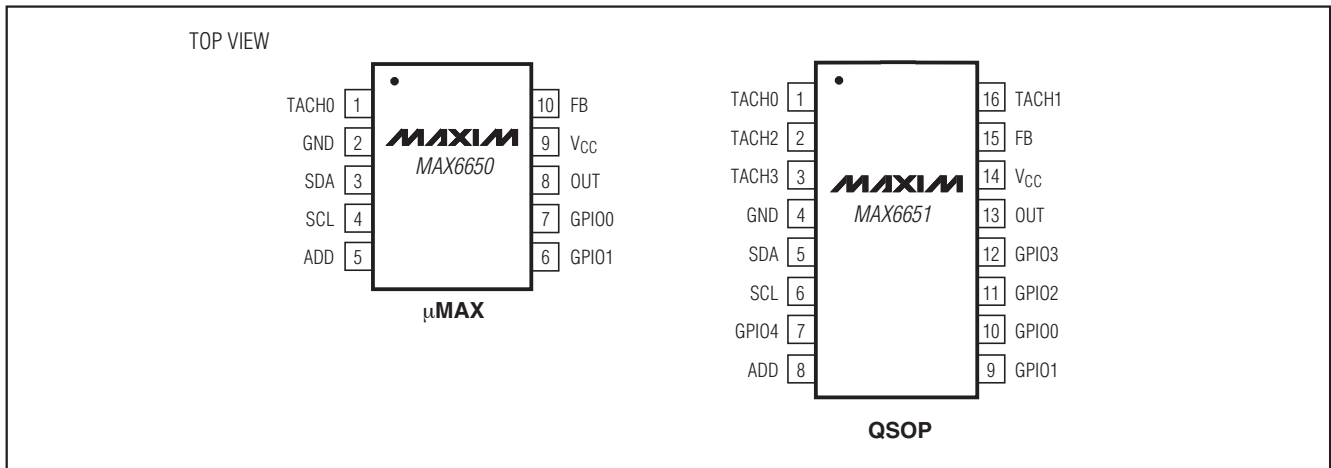
GPIO1/GPIO2の出力レベルアラームをイネーブルするには、アラームイネーブルレジスタのビット3又はビット4、あるいはこれらのビット両方を1に設定して下さい。

ALERTのクリア

ALERTが生成された場合は、どのアラームによってALERTピンがローになったかを判断して下さい。この判断は、アラームステータスレジスタを読み取ることによって行います。ALERT出力は、警告状態を発生させた条件が取り除かれてもアクティブ(ロー)のままになります。警告状態を発生させた条件が存在しなくなった時にアラームステータスレジスタを読み取ると、ALERTがクリアされます。条件がまだ存在する場合、ALERTはアクティブのままになります。アラームイネーブルレジスタを使用してアラームをディセーブルすると、ALERT出力が非アクティブになります。

アラームステータスレジスタを読み取って下さい。

ピン配置



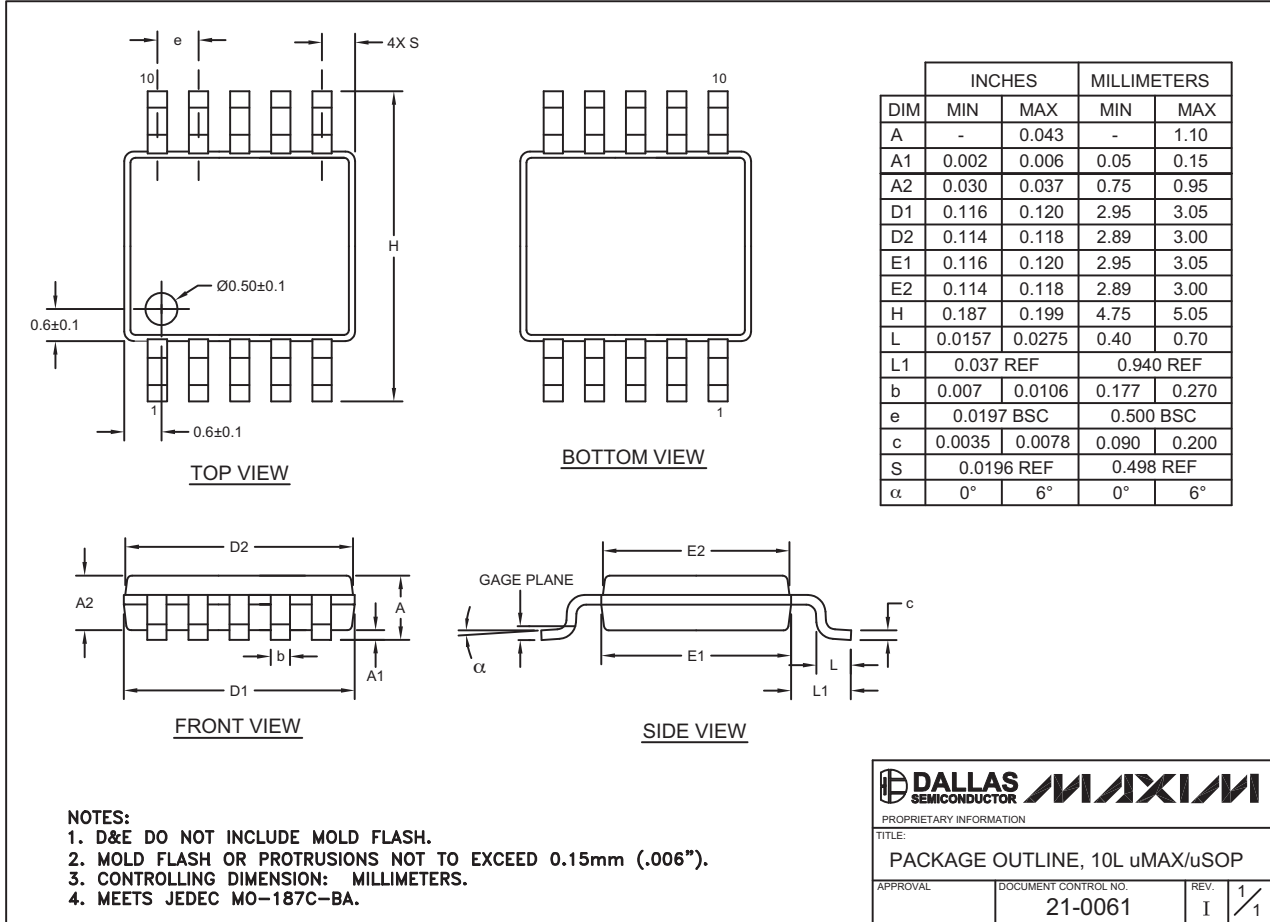
ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

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、japan.maxim-ic.com/packagesをご参照下さい。)

MAX6650/MAX6651

10LUMAX.EPS

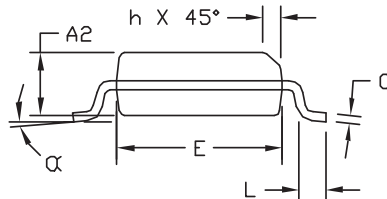
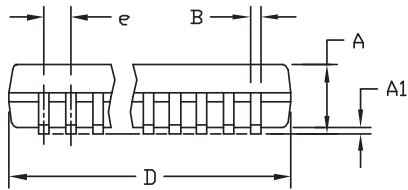
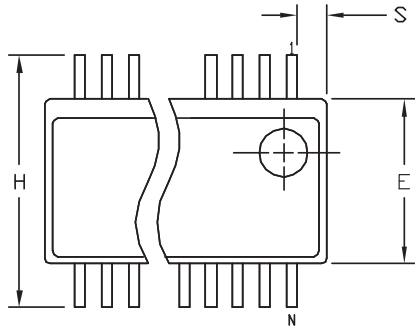


ファン速度レギュレータ及びモニタ、 SMBus/I²Cインタフェース付

MAX6650/MAX6651

パッケージ(続き)

(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、japan.maxim-ic.com/packagesをご参照下さい。)



DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	.053	.069	1.35	1.75
A1	.004	.010	.102	.254
A2	.049	.065	1.245	1.651
B	.008	.012	0.20	0.30
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 AB
S	.0020	.0070	0.05	0.18	
D	.337	.344	8.56	8.74	20 AD
S	.0500	.0550	1.270	1.397	
D	.337	.344	8.56	8.74	24 AE
S	.0250	.0300	0.635	0.762	
D	.386	.393	9.80	9.98	28 AF
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.

DALLAS SEMICONDUCTOR **MAXIM**
 PROPRIETARY INFORMATION
 TITLE:
 PACKAGE OUTLINE, QSOP .150", .025" LEAD PITCH
 APPROVAL: _____ DOCUMENT CONTROL NO. 21-0055 REV. F 1/1

OSOP:EPS

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

マキシムは完全にマキシム製品に組込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。マキシムは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 _____ 26