



±1°Cリモート/ローカル温度センサ、 N-Factor、寄生抵抗成分の補正

特長

- ±1°Cのリモート・ダイオード・センサ
- ±1°Cのローカル温度センサ
- プログラミング可能な非イデアル係数
- 配線の寄生抵抗成分のキャンセル
- アラート機能
- プログラミング可能な分解能：9～12ビット
- プログラミング可能なスレッショールド・リミット
- 2線式/SMBus™シリアル・インターフェイス
- 最低および最高温度監視
- 複数のインターフェイス・アドレス
- ALERT/THERM2ピン構成
- ダイオード障害検出

アプリケーション

- LCD/DLP™/LCOSプロジェクタ
- サーバ
- 産業用制御装置
- 電話局用通信機器
- デスクトップおよびノートPC
- SAN (Storage Area Network)
- 産業および医療機器
- プロセッサ/FPGA温度監視

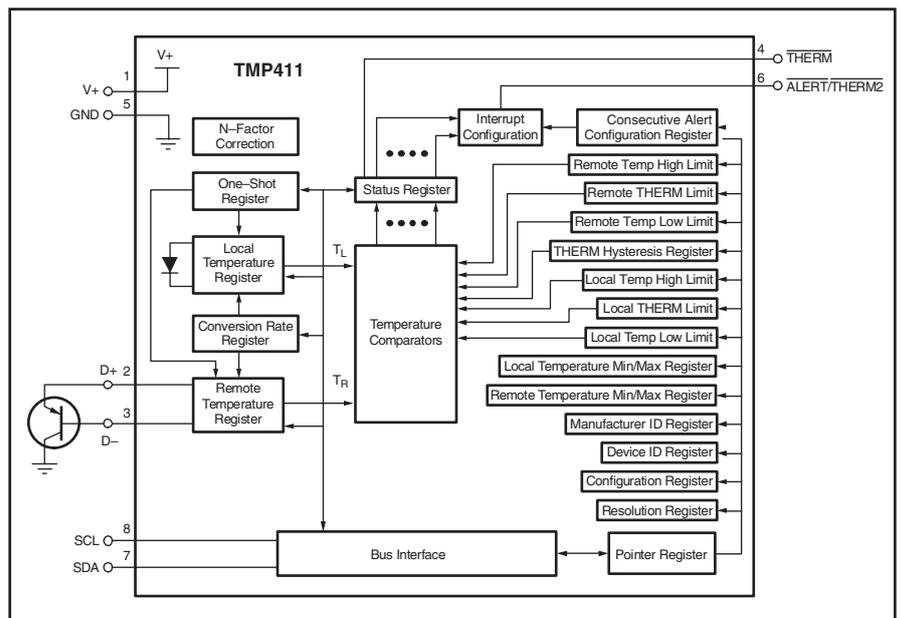
概要

TMP411は、ローカル温度センサを内蔵したリモート温度センサ・モニタです。リモート温度センサのダイオード接続トランジスタは、一般に低コストなNPN型またはPNP型トランジスタまたはダイオードであり、これらはマイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、またはFPGAを構成する部品です。

リモート精度は、複数のICメーカーに対して±1°Cであり、校正の必要がありません。2線式シリアル・インターフェイスによってSMBusのバイト書き込み、バイト読み出し、バイト送信、バイト受信、コマンドによるアラーム・スレッショルドのプログラミングや温度データの読み出しが可能です。

TMP411の主な機能には、配線の寄生抵抗成分のキャンセル、プログラミング可能な非イデアル係数、プログラミング可能な分解能、プログラミング可能なスレッショールド・リミット、最低および最高温度監視、幅広いリモート温度測定範囲(最大+150°C)、ダイオード障害検出、温度アラート機能などがあります。

TMP411は、MSOP-8およびSO-8 (2007年第1四半期より提供)のパッケージで提供されます。



DLPは、テキサス・インスツルメンツの登録商標です。SMBusは、インテル社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

この資料は、Texas Instruments Incorporated (TI) が英文で記述した資料を、皆様のご理解の一助として頂くために日本テキサス・インスツルメンツ (日本TI) が英文から和文へ翻訳して作成したものです。資料によっては正規英語版資料の更新に対応していないものがあります。日本TIによる和文資料は、あくまでもTI正規英語版をご理解頂くための補助的参考資料としてご使用下さい。製品のご検討およびご採用にあたりましては必ず正規英語版の最新資料をご確認下さい。TIおよび日本TIは、正規英語版にて更新の情報を提供しているにもかかわらず、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては何なる責任も負いません。



絶対最大定格 (1)

電源, V_S	7.0V
入力電圧, ピン2, 3, 4のみ	-0.5V ~ $V_S + 0.5V$
入力電圧, ピン6, 7, 8のみ	-0.5V ~ 7V
入力電流	10mA
動作温度範囲	-55°C ~ +127°C
保存温度範囲	-60°C ~ +130°C
ジャンクション温度 (T_J max)	+150°C
ESD 耐圧:	
人体モデル (HBM)	3000V
放電モデル (CDM)	1000V
マシン・モデル (MM)	200V

(1) 絶対最大定格以上のストレスは、致命的なダメージを製品に与えることがあります。絶対最大定格の状態に長時間置くと、本製品の信頼性に影響を与えることがあります。これはストレスの定格のみについて示しており、このデータシートに示された値を越える状態での本製品の機能動作は含まれていません。



静電気放電対策

これらのデバイスは、限定的なESD (静電破壊) 保護機能を内蔵しています。保存時または取り扱い時に、MOSゲートに対する静電破壊を防止するために、リード線どうしを短絡しておくか、デバイスを伝導性のフォームに入れる必要があります。

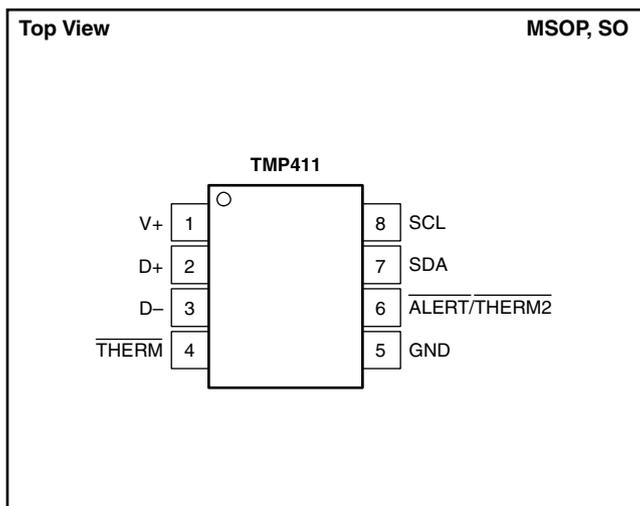
製品名 (1)

製品名	説明	I ² C アドレス	パッケージ リード	パッケージ 識別子	パッケージ 捺印
TMP411A	リモート・ジャンクション温度センサ	100 1100	MSOP-8	DGK	411A
			SO-8	D	T411A
TMP411B	リモート・ジャンクション温度センサ	100 1101	MSOP-8	DGK	411B
			SO-8	D	T411B
TMP411C	リモート・ジャンクション温度センサ	100 1110	MSOP-8	DGK	411C
			SO-8	D	T411C

(1) 最新のパッケージおよびご注文情報については、このドキュメントの巻末にある「付録：パッケージ・オプション」を参照するか、またはTIのWebサイト (www.ti.co.jp) をご覧ください。

(2) 2007年第1四半期より提供

ピン構成



ピン配置

ピン	名前	説明
1	V+	正電源 (2.7V ~ 5.5V)
2	D+	リモート温度センサの正接続
3	D-	リモート温度センサの負接続
4	THERM	サーマル・フラグ、負論理、オープン・ドレイン; V+へプルアップ抵抗が必要
5	GND	グラウンド
6	ALERT/THERM2	アラート (2番目のサーマル・フラグとして再構成可能)、負論理、オープン・ドレイン; V+へプルアップ抵抗が必要
7	SDA	SMBusシリアル・データ・ライン, オープン・ドレイン; V+へプルアップ抵抗が必要
8	SCL	SMBusシリアル・クロック, オープン・ドレイン; V+へプルアップ抵抗が必要

電気的特性

特に記述のない限り、 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 、 $V_S = 2.7\text{V} \sim 5.5\text{V}$ のとき。

パラメータ	条件	TMP411			単位
		MIN	TYP	MAX	
温度誤差					
ローカル温度センサ TE _{LOCAL}	$T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$		±1.25	±2.5	°C
リモート温度センサ(1) TE _{REMOTE}	$T_A = +15^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$, $V_S = 3.3\text{V}$ $T_A = +15^{\circ}\text{C} \sim +75^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{DIODE}} = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$, $V_S = 3.3\text{V}$ $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{DIODE}} = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$, $V_S = 3.3\text{V}$ $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{DIODE}} = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$		±0.0625 ±0.0625	±1 ±1	°C °C
対電源 ローカル/リモート	$V_S = 2.7\text{V} \sim 5.5\text{V}$		±1 ±3	±3 ±5	°C
			±0.2	±0.5	°C/V
温度測定					
変換時間(チャンネル当り)	ワンショット・モード	105	115	125	ms
分解能					
ローカル温度センサ(プログラマブル)		9		12	Bits
リモート温度センサ			12		Bits
リモート・センサ・ソース電流	寄生直列抵抗 3kΩ (Max)				
High			120		μA
Medium High			60		μA
Medium Low			12		μA
Low			6		μA
リモート・トランジスタ・イデアル係数	η		1.008		
SMBus インターフェイス					
ロジック入力 High 電圧 (SCL, SDA)	V _{IH}	2.1			V
ロジック入力 Low 電圧 (SCL, SDA)	V _{IL}			0.8	V
ヒステリシス			500		mV
SMBus 出力シンク電流		6			mA
ロジック入力電流		-1		+1	μA
SMBus 入力容量(SCL, SDA)			3		pF
SMBus クロック周波数				3.4	MHz
SMBus タイム・アウト		25	30	35	ms
SCL 立ち下りから SDA 有効まで				1	μs
デジタル出力					
Low 出力電圧	V _{OL}		0.15	0.4	V
High レベル出力リーク電流	I _{OH}		0.1	1	μA
ALERT/THERM2 出力シンク電流		6			mA
THERM Low 出力シンク電流		6			mA
電源					
仕様電圧範囲	V _S	2.7		5.5	V
静止電流	I _Q		28	30	μA
	毎秒0.0625 回変換, $V_S = 3.3\text{V}$		400	475	μA
	毎秒8回変換, $V_S = 3.3\text{V}$		3	10	μA
	シリアル・バス無効、シャットダウン・モード		3	10	μA
	シリアル・バス有効、 $f_S = 400\text{kHz}$ 、シャットダウン・モード		90		μA
	シリアル・バス有効、 $f_S = 3.4\text{MHz}$ 、シャットダウン・モード		350		μA
低電圧ロック・アウト		2.3	2.4	2.6	V
パワーオン・リセット・スレッショールド POR			1.6	2.3	V
温度範囲					
仕様温度範囲		-40		+125	°C
保存温度範囲		-60		+130	°C
熱抵抗					
MSOP-8, SO-8			150		°C/W

(1) 5Ω未満の実効直列抵抗および100pFの差動入力容量を使用して測定。

代表的特性

特に記述がない限り、 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5.0\text{V}$ のとき。

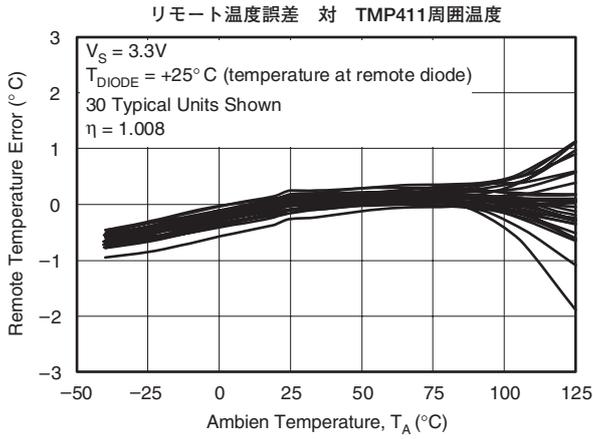


図 1

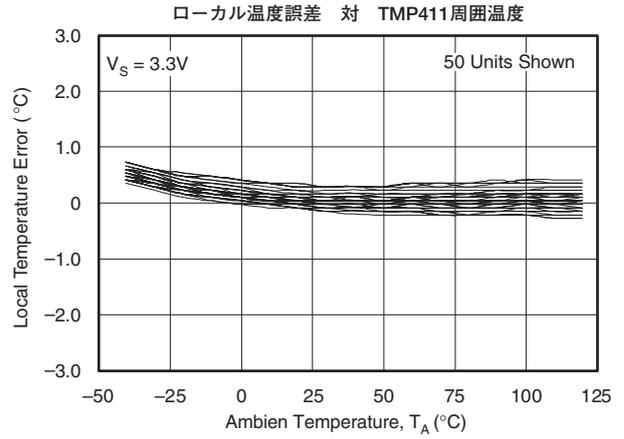


図 2

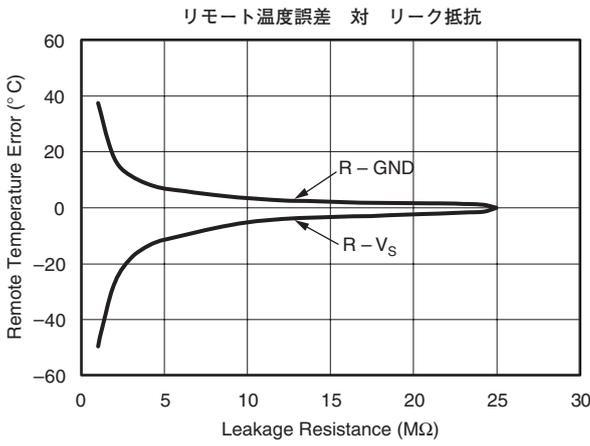


図 3

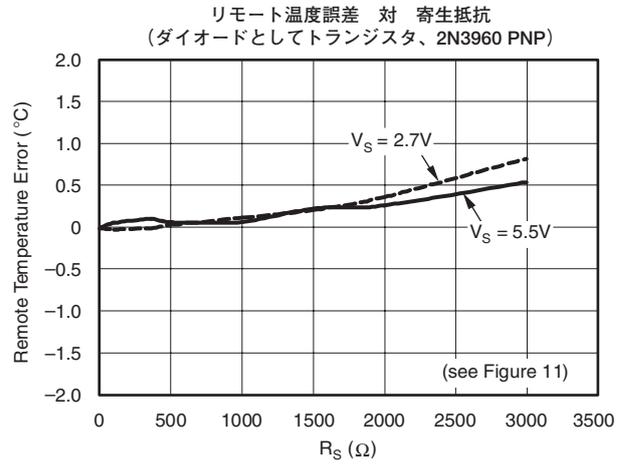


図 4

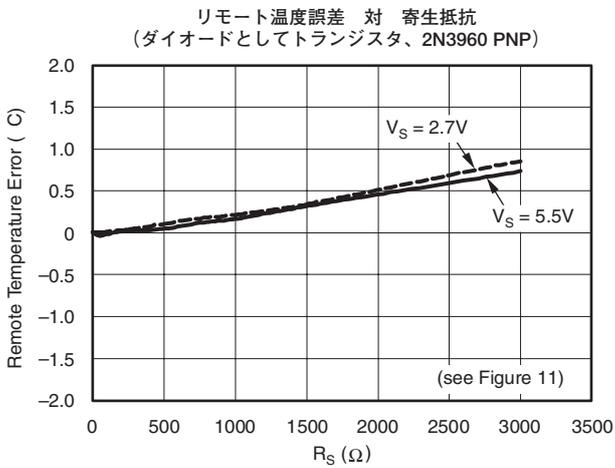


図 5

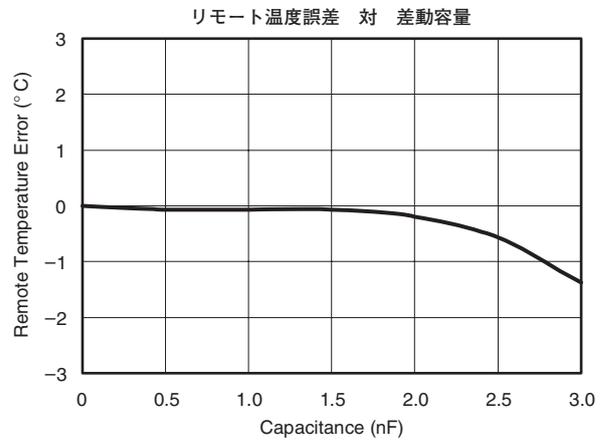


図 6

代表的特性

特に記述がない限り、 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5.0\text{V}$ のとき。

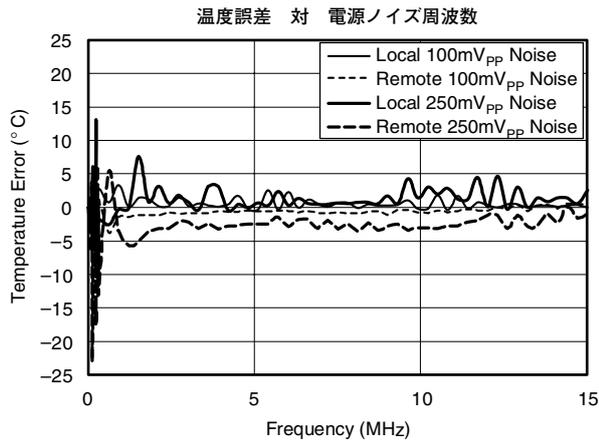


図 7

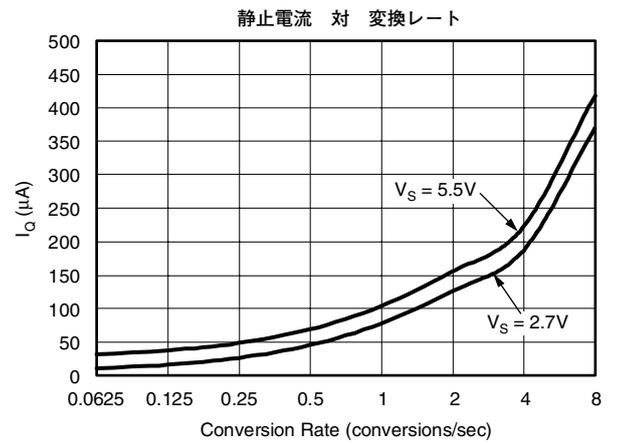


図 8

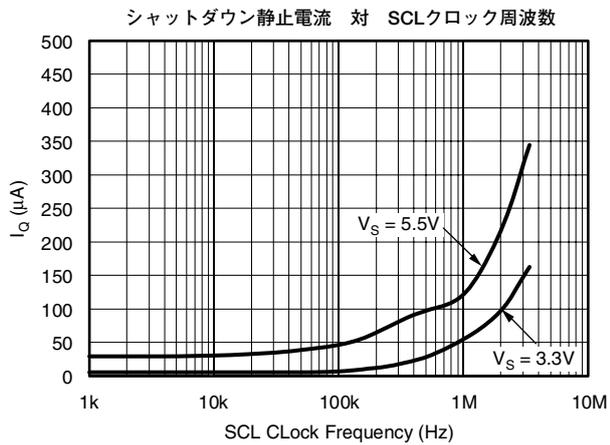


図 9

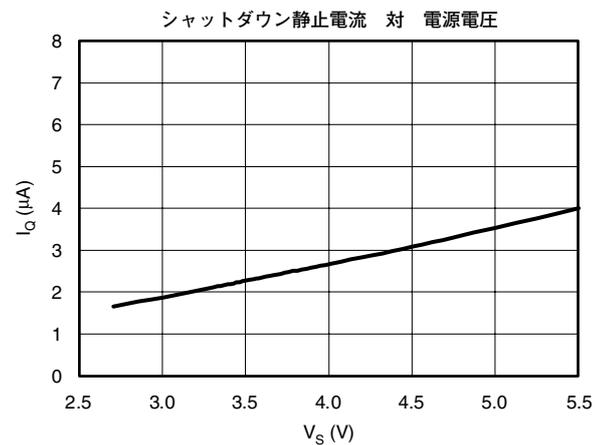


図 10

アプリケーション情報

TMP411は、デバイス自体のダイ温度測定チャンネルとリモートの接合部温度測定チャンネルを1つのMSOP-8またはSO-8パッケージに搭載した、デュアル・チャンネル・デジタル温度センサです。TMP411は、2線式およびSMBusインターフェイスと互換性を持ち、 $-40^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で仕様が規定されています。TMP411には、構成情報、温度測定結果、温度コンパレータの最大/最小制限値、およびステータス情報を保持する、複数のレジスタが搭載されています。

TMP401に格納されたユーザ設定の上限/下限温度を使用して、ローカルおよびリモートの温度を監視し、過熱/低温アラーム (ALERT) をトリガできます。TMP411に追加の温度制限をプログラミングすることで、温度上昇へのシステム応答を開始するための別のフラグ (THERM) をトリガできます。

TMP411で適切にリモート温度センサ動作を行うには、D+とD-の間にトランジスタを接続することだけが必要です。SCLおよびSDAインターフェイス・ピンには、通信バスの一部としてプルアップ抵抗が必要です。また、ALERTおよびTHERMはオープン・ドレイン出力であり、やはりプルアップ抵抗が必要です。ALERTおよびTHERMは、ワイヤードOR実装での必要に応じて、他のデバイスと共有することができます。適切なローカル・バイパスのために、 $0.1\mu\text{F}$ の電源バイパス・コンデンサを推奨します。図11に、TMP411の標準的な構成を示します。

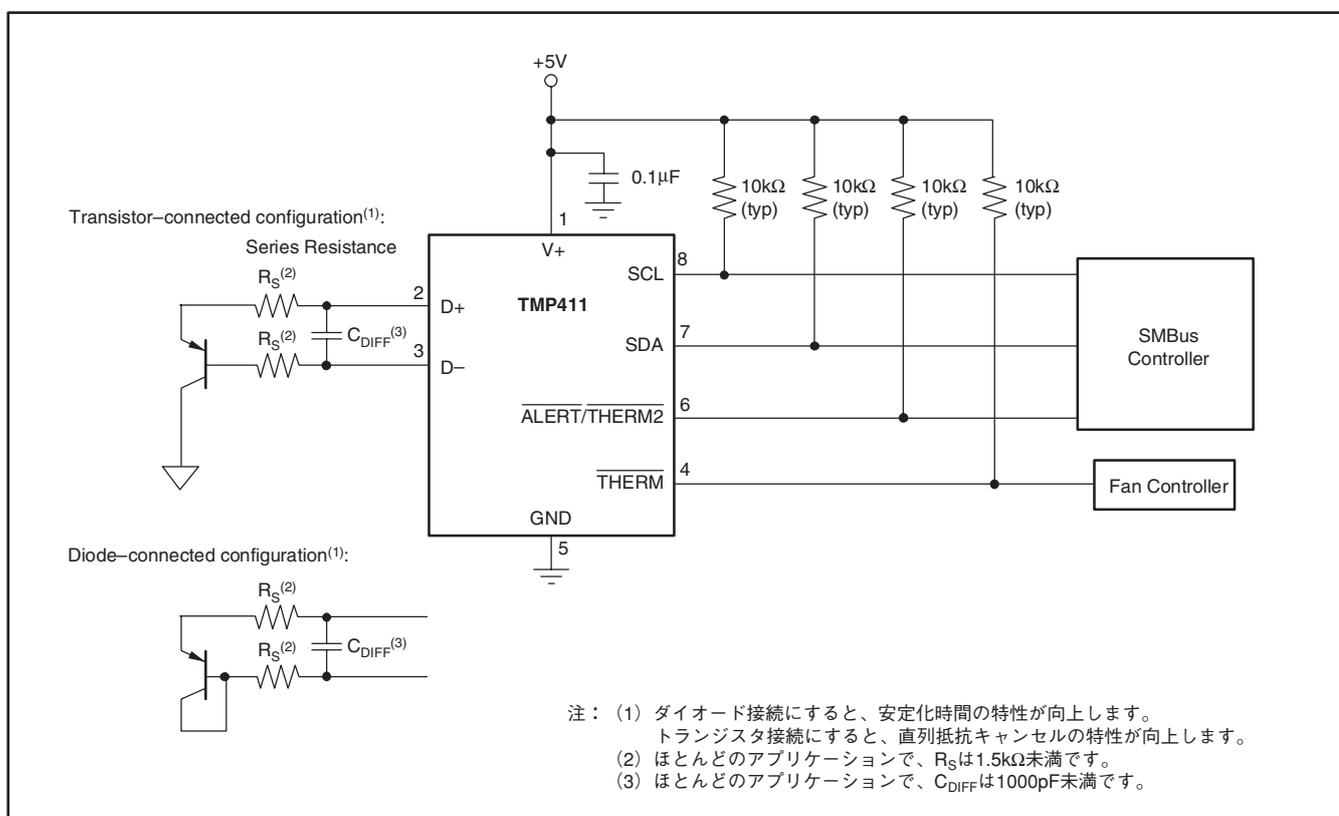


図 11. 基本的接続

寄生抵抗キャンセル

TMP411では、一般にプリント基板(PCB)配線の抵抗およびリモート・ライン長(図11を参照)によって生じる、アプリケーション回路内の寄生抵抗成分がキャンセルされ、温度オフセットの発生を防ぎます。

TMP411では合計で最大3kΩの直列ライン抵抗がキャンセルされるため、追加の特性付けや温度オフセット補正が不要となります。

寄生抵抗および電源電圧がリモート温度センス値の誤差に与える影響については、リモート温度誤差対寄生抵抗の2つの代表的特性曲線を参照してください。

差動入力容量

TMP411では、温度誤差に最小限の影響しか与えずに、最大1000pFの差動入力容量を許容できます。容量がリモート温度センス値の誤差に与える影響については、代表的特性の図6「リモート温度誤差 対 差動容量」を参照してください。

温度測定データ

温度測定データは、ローカルとリモートの両方において、デフォルトの範囲0°C~+127°Cで取得されます。TMP411で拡張温度範囲を設定することにより、ローカルとリモートの両方で-55°C~+150°Cの測定が可能です。TMP411の設定を標準から拡張温度範囲に変更するには、構成レジスタのビット2(RANGE)を“Low”から“High”に切換えます。

デフォルトの測定範囲内で変換によって得られた温度データは、表1の「標準バイナリ」列に示されるように、バイナリ形式で表されます。0°Cを下回る温度はすべてデータ値がゼロ(00h)となっていることに注意してください。同様に、+127°Cを超える温度は、値が127(7Fh)になります。デバイスは、構成レジスタのビット2を“Low”から“High”に切換えることにより、拡張温度範囲で測定するように設定できます。標準バイナリからの測定範囲およびデータ形式の変更は、次の温度変換から有効になります。表1の「拡張バイナリ」列に示されるように、拡張温度範囲設定で取得されたデータでは、標準バイナリ値に64(40h)のオフセットが加算されます。この設定では、0°Cより低い温度の測定が可能です。最低で-64°C、最高で+191°Cまでの温度に対応するバイナリ値が可能です。ただし、ほとんどの温度センス・ダイオードでは、-55°C~+150°Cの範囲しか測定できません。また、TMP411は、-40°C~+125°Cの周囲温度範囲でのみ仕様が規定されています。「絶対最大定格」の表に示されたパラメータに従う必要があります。

温度 (°C)	ローカル/リモート温度レジスタ 上位バイト値 (+1°C 分解能)			
	標準バイナリ		拡張バイナリ	
	BINARY	HEX	BINARY	HEX
-64	0000 0000	00	0000 0000	00
-50	0000 0000	00	0000 1110	0E
-25	0000 0000	00	0010 0111	27
0	0000 0000	00	0100 0000	40
1	0000 0001	01	0100 0001	41
5	0000 0101	05	0100 0101	45
10	0000 1010	0A	0100 1010	4A
25	0001 1001	19	0101 1001	59
50	0011 0010	32	0111 0010	72
75	0100 1011	4B	1000 1011	8B
100	0110 0100	64	1010 0100	A4
125	0111 1101	7D	1011 1101	BD
127	0111 1111	7F	1011 1111	BF
150	0111 1111	7F	1101 0110	D6
175	0111 1111	7F	1110 1111	EF
191	0111 1111	7F	1111 1111	FF

表 1. 温度データ形式(ローカルおよびリモート温度の上位バイト)

注：標準温度範囲と拡張温度範囲の間で切換えるときには、温度制限レジスタに格納されている温度が、新しい温度範囲形式に自動的に切り替わらないことに注意してください。これらの温度制限値は、選択したバイナリまたは拡張バイナリ形式で再プログラミングする必要があります。ローカルおよびリモートの温度データは、いずれも2バイトを使用してデータを格納します。上位バイトは、温度を1°Cの分解能で格納します。2番目のバイト(下位バイト)は、温度の小数点以下の値を格納し、より高い測定分解能を可能にします(表2を参照してください)。リモート・チャンネルの測定分解能は0.0625°Cであり、調整はできません。ローカル・チャンネルの測定分解能は、調整可能です。分解能レジスタのRES1およびRES0ビットを使用して、0.5°C、0.25°C、0.125°C、または0.0625°Cに設定できます。分解能レジスタの項を参照。

温度 (°C)	リモート温度 レジスタ下位 バイト値		ローカル温度レジスタ下位バイト値							
	分解能 0.0625°C		分解能 0.5°C		分解能 0.25°C		分解能 0.125°C		分解能 0.0625°C	
	標準および 拡張バイナリ	HEX	標準および 拡張バイナリ	HEX	標準および 拡張バイナリ	HEX	標準および 拡張バイナリ	HEX	標準および 拡張バイナリ	HEX
0.0000	0000 0000	00	0000 0000	00	0000 0000	00	0000 0000	00	0000 0000	00
0.0625	0001 0000	10	0000 0000	00	0000 0000	00	0000 0000	00	0001 0000	10
0.1250	0010 0000	20	0000 0000	00	0000 0000	00	0010 0000	20	0010 0000	20
0.1875	0011 0000	30	0000 0000	00	0000 0000	00	0010 0000	20	0011 0000	30
0.2500	0100 0000	40	0000 0000	00	0100 0000	40	0100 0000	40	0100 0000	40
0.3125	0101 0000	50	0000 0000	00	0100 0000	40	0100 0000	40	0101 0000	50
0.3750	0110 0000	60	0000 0000	00	0100 0000	40	0110 0000	60	0110 0000	60
0.4375	0111 0000	70	0000 0000	00	0100 0000	40	0110 0000	60	0111 0000	70
0.5000	1000 0000	80	1000 0000	80	1000 0000	80	1000 0000	80	1000 0000	80
0.5625	1001 0000	90	1000 0000	80	1000 0000	80	1000 0000	80	1001 0000	90
0.6250	1010 0000	A0	1000 0000	80	1000 0000	80	1010 0000	A0	1010 0000	A0
0.6875	1011 0000	B0	1000 0000	80	1000 0000	80	1010 0000	A0	1011 0000	B0
0.7500	1100 0000	C0	1000 0000	80	1100 0000	C0	1100 0000	C0	1100 0000	C0
0.8125	1101 0000	D0	1000 0000	80	1100 0000	C0	1100 0000	C0	1101 0000	D0
0.8750	1110 0000	E0	1000 0000	80	1100 0000	C0	1110 0000	E0	1110 0000	E0
0.9375	1111 0000	F0	1000 0000	80	1100 0000	C0	1110 0000	E0	1111 0000	F0

表 2. 小数点以下の温度データ形式(ローカルおよびリモート温度の下位バイト)

レジスタ情報

TMP411には、構成情報、温度測定結果、温度コンパレータの最大/最小制限値、およびステータス情報を保持する、複数のレジスタが搭載されています。これらのレジスタを図12および表3に示します。

ポインタ・レジスタ

図12に、TMP411の内部レジスタ構造を示します。8ビットのポインタ・レジスタを使用して、特定のデータ・レジスタをアドレス指定しています。ポインタ・レジスタは、2線式バス上の読み出しまたは書き込みコマンドに対して、どのデータ・レジスタが応答するのかを識別します。このレジスタは、すべての書き込みコマンドによって設定されます。読み出しコマンドを実行する前に、書き込みコマンドを発行してポインタ・レジスタに適切な値を設定する必要があります。表3に、TMP411に用意されているレジスタのポインタ・アドレスを示します。ポインタ・レジスタのパワーオン・リセット (POR) 値は、00h (0000 0000b) です。

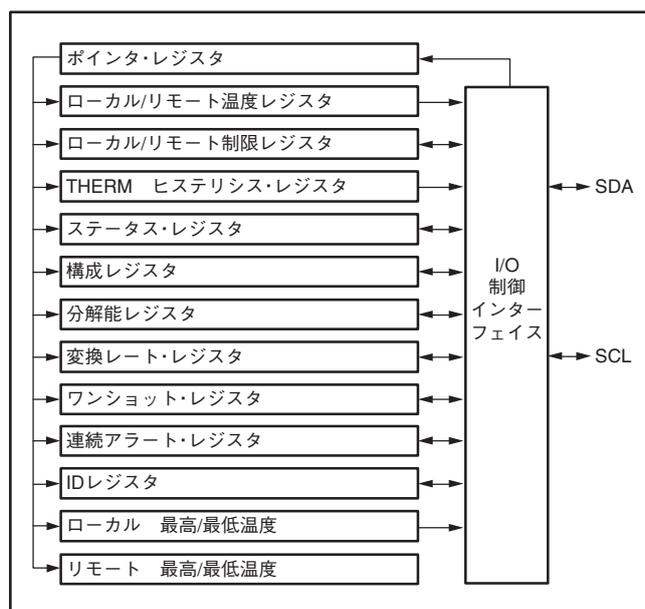


図 12. 内部レジスタ構造

ポインタ・アドレス (HEX)		パワーオン・リセット (HEX)	ビット								レジスタ説明
READ	WRITE		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
00	NA ⁽¹⁾	00	LT11	LT10	LT9	LT8	LT7	LT6	LT5	LT4	ローカル温度 (上位バイト)
01	NA	00	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	リモート温度 (上位バイト)
02	NA	XX	BUSY	LHIGH	LLOW	RHIGH	RLOW	OPEN	RTHRM	LTHRM	ステータス・レジスタ
03	09	00	MASK1	SD	AL/TH	0	0	RANGE	0	0	構成レジスタ
04	0A	08	0	0	0	0	R3	R2	R1	R0	変換レート・レジスタ
05	0B	55	LTH11	LTH10	LTH9	LTH8	LTH7	LTH6	LTH5	LTH4	ローカル温度 上限 (上位バイト)
06	0C	00	LTL11	LTL10	LTL9	LTL8	LTL7	LTL6	LTL5	LTL4	ローカル温度 下限 (上位バイト)
07	0D	55	RTH11	RTH10	RTH9	RTH8	RTH7	RTH6	RTH5	RTH4	リモート温度 上限 (上位バイト)
08	0E	00	RTL11	RTL10	RTL9	RTL8	RTL7	RTL6	RTL5	RTL4	リモート温度 下限 (上位バイト)
NA	0F	XX	X ⁽²⁾	X	X	X	X	X	X	X	ワンショット・スタート
10	NA	00	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	0	リモート温度 (下位バイト)
13	13	00	RTH3	RTH2	RTH1	RTH0	0	0	0	0	リモート温度 上限 (下位バイト)
14	14	00	RTL3	RTL2	RTL1	RTL0	0	0	0	0	リモート温度 下限 (下位バイト)
15	NA	00	LT3	LT2	LT1	LT0	0	0	0	0	ローカル温度 (下位バイト)
16	16	00	LTH3	LTH2	LTH1	LTH0	0	0	0	0	ローカル温度 上限 (下位バイト)
17	17	00	LTL3	LTL2	LTL1	LTL0	0	0	0	0	ローカル温度 下限 (下位バイト)
18	18	00	NC7	NC6	NC5	NC4	NC3	NC2	NC1	NC0	N-ファクタ補正
19	19	55	RTHL11	RTHL10	RTHL9	RTHL8	RTHL7	RTHL6	RTHL5	RTHL4	リモートTHERM 制限
1A	1A	1C	0	0	0	1	1	1	RES1	RES0	分解能レジスタ
20	20	55	LTHL11	LTHL10	LTHL9	LTHL8	LTHL7	LTHL6	LTHL5	LTHL4	ローカルTHERM 制限
21	21	0A	TH11	TH10	TH9	TH8	TH7	TH6	TH5	TH4	THERM ヒステリシス
22	22	81	TO_EN	0	0	0	C2	C1	C0	0	連続アラート・レジスタ
30	30	FF	LMT11	LMT10	LMT9	LMT8	LMT7	LMT6	LMT5	LMT4	ローカル最低温度 (上位バイト)
31	31	F0	LMT3	LMT2	LMT1	LMT0	0	0	0	0	ローカル最低温度 (下位バイト)
32	32	00	LXT11	LXT10	LXT9	LXT8	LXT7	LXT6	LXT5	LXT4	ローカル最高温度 (上位バイト)
33	33	00	LXT3	LXT2	LXT1	LXT0	0	0	0	0	ローカル最高温度 (下位バイト)
34	34	FF	RMT11	RMT10	RMT9	RMT8	RMT7	RMT6	RMT5	RMT4	リモート最低温度 (上位バイト)
35	35	F0	RMT3	RMT2	RMT1	RMT0	0	0	0	0	リモート最低温度 (下位バイト)
36	36	00	RXT11	RXT10	RXT9	RXT8	RXT7	RXT6	RXT5	RXT4	リモート最高温度 (上位バイト)
37	37	00	RXT3	RXT2	RXT1	RXT0	0	0	0	0	リモート最高温度 (下位バイト)
NA	FC	XX	X ⁽²⁾	X	X	X	X	X	X	X	ソフトウェア・リセット
FE	NA	55	0	1	0	1	0	1	0	1	製造者 ID
FF	NA	12	0	0	0	1	0	0	1	0	TMP411A デバイスID
FF	NA	13	0	0	0	1	0	0	1	1	TMP411B デバイスID
FF	NA	10	0	0	0	1	0	0	0	0	TMP411C デバイスID

表 3. レジスタ・マップ

(1) NA = 該当せず。レジスタが書き込み専用または読み出し専用。
(2) X = 不定状態。

温度レジスタ

TMP411には、温度測定結果を保持する8ビットのレジスタが4つあります。ローカル・チャンネルおよびリモート・チャンネルの両方に対して、温度のADC結果の上位8ビット (MSB) を格納する上位バイト・レジスタと、温度のADC結果の下位8ビット (LSB) を格納する下位バイト・レジスタがあります。ローカル・チャンネルの上位バイトのアドレスは00h、ローカル・チャンネルの下位バイトのアドレスは15hです。リモート・チャンネルの上位バイトのアドレスは01h、リモート・チャンネルの下位バイトのアドレスは10hです。これらのレジスタは読み出し専用であり、温度測定が完了するごとにADCによって更新されます。

TMP411には、下位バイトのレジスタ読み出しコマンドが、直前の上位バイト読み出しコマンドと同じADC変換からデータを返すことを確保するための回路が含まれています。この確実性は、別のレジスタが読み出されるまでの間だけ有効です。適切な動作のためには、温度レジスタの上位バイトを先に読み出してください。下位バイト・レジスタは、次の読み出しコマンドで読み出します。LSBが必要でない場合、下位バイト・レジスタは読み出さなくてもかまいません。温度レジスタは、16ビット・レジスタとして読み出すこともできます。その場合は、アドレス00h (ローカル・チャンネルの結果) またはアドレス01h (リモート・チャンネルの結果) からの1つの2バイト読み出しコマンドを使用します。上位バイトが最初に出力され、次に下位バイトが出力されます。この読み出し動作では、両方のバイトが同じADC変換から取得されます。両方の温度レジスタのパワーオン・リセット (POR) 値は、00hです。

制限レジスタ

TMP411には、ローカルとリモートの両方の測定チャンネルに対してコンパレータの制限値を設定する、11個のレジスタがあります。これらのレジスタは、読み出しと書き込みが可能です。温度レジスタと同様に、両方のチャンネルに対して、上限および下限レジスタがそれぞれ2つのレジスタに分かれています。ローカル温度の上限は、ポインタ・アドレス0Bhに上位バイトを書き込んで、ポインタ・アドレス16hに下位バイトを書き込むか、または、ポインタ・アドレス0Bhへの1つの2バイト書き込みコマンド (上位バイトが先) を実行することで、設定されます。ローカル温度の上限は、ポインタ・アドレス05hから上位バイトを読み出し、ポインタ・アドレス16hから下位バイトを読み出すことで、取得できます。ローカル温度の上限のパワーオン・リセット値は、55h/00hです (標準温度モードでは+85°C、拡張温度モードでは+21°C)。

同様に、ローカル温度の下限は、ポインタ・アドレス0Chに上位バイトを書き込んで、ポインタ・アドレス17hに下位バイトを書き込むか、または、ポインタ・アドレス0Chへの1つの2バイト書き込みコマンドを実行することで、設定されます。ロー

カル温度の下限は、ポインタ・アドレス06hから上位バイトを読み出し、ポインタ・アドレス17hから下位バイトを読み出すか、または、ポインタ・アドレス06hから2バイト読み出しを実行することで、設定されます。ローカル温度下限レジスタのパワーオン・リセット値は、00h/00hです (標準温度モードでは+0°C、拡張モードでは-64°C)。

リモート温度の上限は、ポインタ・アドレス0Dhに上位バイトを書き込んで、ポインタ・アドレス13hに下位バイトを書き込むか、または、ポインタ・アドレス0Dhへの2バイト書き込みコマンドを実行することで、設定されます。リモート温度の上限は、ポインタ・アドレス07hから上位バイトを読み出し、ポインタ・アドレス13hから下位バイトを読み出すか、または、ポインタ・アドレス07hからの2バイト読み出しコマンドを実行することで、設定されます。リモート温度上限レジスタのパワーオン・リセット値は、55h/00hです (標準温度モードでは+85°C、拡張温度モードでは+21°C)。

リモート温度の下限は、ポインタ・アドレス0Ehに上位バイトを書き込んで、ポインタ・アドレス14hに下位バイトを書き込むか、または、ポインタ・アドレス0Ehへの2バイト書き込みを実行することで、設定されます。リモート温度の下限は、ポインタ・アドレス08hから上位バイトを読み出し、ポインタ・アドレス14hから下位バイトを読み出すか、または、ポインタ・アドレス08hから2バイト読み出しを実行することで、設定されます。リモート温度下限レジスタのパワーオン・リセット値は、00h/00hです (標準温度モードでは+0°C、拡張モードでは-64°C)。

TMP411には、ローカルとリモートの両方のチャンネルに対するTHERM制限レジスタもあります。これらのレジスタは、8ビットで構成され、THERM制限値を1°Cの分解能で設定できます。ローカル・チャンネルのTHERM制限値は、ポインタ・アドレス20hに書き込むことで設定されます。リモート・チャンネルのTHERM制限値は、ポインタ・アドレス19hに書き込むことで設定されます。ローカル・チャンネルのTHERM制限値は、ポインタ・アドレス20hを読み出すことで取得されます。リモート・チャンネルのTHERMは、ポインタ・アドレス19hを読み出すことで取得されます。THERM制限レジスタのパワーオン・リセット値は、55hです (標準温度モードでは+85°C、拡張温度モードでは+21°C)。THERM制限コンパレータには、ヒステリシスもあります。両方のコンパレータのヒステリシスは、ポインタ・アドレス21hに書き込むことで設定されます。ヒステリシスの値は、ポインタ・アドレス21hを読み出すことで取得されます。ヒステリシス・レジスタの値は、符号なし数値 (常に正) です。このレジスタのパワーオン・リセット値は、0Ah (+10°C) です。

標準温度範囲と拡張温度範囲の間で切替えるときには、温度制限レジスタに格納されている温度が、新しい温度範囲形式に自動的に切り替わらないことに注意してください。これらの値は、選択したバイナリまたは拡張バイナリ形式で再プログラミングする必要があります。

ステータス・レジスタ

TMP411には、温度コンパレータの状態を通知するステータス・レジスタがあります。表4に、ステータス・レジスタのビットを示します。ステータス・レジスタは、読み出し専用であり、ポインタ・アドレス02hからの読み出しによって読み出すことができます。

BUSYビットは、ADCが変換を実行中の場合、'1'として読み出されます。ADCが変化中でない場合は、'0'が読み出されます。

OPENビットは、ステータス・レジスタの最後の読み出し以降にリモート・トランジスタがオープンと検出された場合に、'1'として読み出されます。OPENステータスは、ADCがリモート温度の変換を試みているときにのみ検出されます。

RTHRMビットは、リモート温度がリモートTHERM制限値を超えた状態を維持した後、リモートTHERM制限値が共有ヒステリシス・レジスタの値より小さくなったとき、'1'として読み出されます(図18を参照)。

LTHRMビットは、ローカル温度がローカルTHERM制限値を超えた状態を維持した後、ローカルTHERM制限値が共有ヒステリシス・レジスタの値より小さくなったとき、'1'として読み出されます(図18を参照)。

LHIGHおよびRHIGHビットの値は、構成レジスタのAL/THビットの状態に依存します。AL/THビットが'0'のとき、ステータス・レジスタを最後にクリアした後でローカル温度が上限を超えた場合に、LHIGHビットが'1'として読み出されます。ステータス・レジスタを最後にクリアした後でリモート温度が上限を超えた場合に、RHIGHビットが'1'として読み出されます。AL/THビットが'1'のときは、リモート上限およびローカル上限を使用してTHERM2機能が使用されます。LHIGHは、ローカル温度がローカル上限値を超えた状態を維持した後、ローカル上限値が共有ヒステリシス・レジスタの値より小さくなったとき、'1'として読み出されます。

RHIGHビットは、リモート温度がリモート上限値を超えた状態を維持した後、リモート上限値がヒステリシス・レジスタの値より小さくなった場合に、'1'として読み出されます。

LLOWおよびRLOWビットは、AL/THビットの影響を受けません。ステータス・レジスタを最後にクリアした後でローカル温度が下限を超えた場合に、LLOWビットが'1'として読み出されます。ステータス・レジスタを最後にクリアした後でリモート温度が下限を超えた場合に、RLOWビットが'1'として読み出されます。

LLOW、RLOW、およびOPEN (AL/THが'0'のときの、LHIGHおよびRHIGHも)の値はラッチされ、ステータス・レジスタが読み出されるかデバイスをリセットするまでの間、'1'として読み出されます。これらのビットは、ステータス・レジスタの読み出しによってクリアされます(フラグがセットされる条件が既に存在しない場合)。BUSY、LTHRM、およびRTHRM (ALERT/THERM2が'1'の場合は、LHIGHおよびRHIGHも)の値はラッチされず、ステータス・レジスタを読み出してもクリアされません。これらは常に現在の状態を示し、対応するADC変換の終わりに、適切に更新されます。ステータス・レジスタのビットをクリアしても、ALERTピンの状態はクリアされません。ALERTピンをクリアするには、SMBusのアラート応答アドレス・コマンドを使用する必要があります。

TMP411は、LHIGH、LLOW、RHIGH、RLOW、およびOPENのNORを取るため、これらのフラグのいずれかが'0'から'1'に変化すると、ALERTピンが自動的に“Low”になります (ALERT/THERM2ピンがALERTモードに設定されている場合のみ)。

ステータス・レジスタ (読み取り = 02h、書き込み = NA)								
ビット #	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ビット名	BUSY	LHIGH	LLOW	RHIGH	RLOW	OPEN	RTHRM	LTHRM
パワーオン・リセット値	0(1)	0	0	0	0	0	0	0

表 4. ステータス・レジスタの形式

(1) BUSYビットは、電源投入直後に(<< 100μs)、TMP411が最初の温度変換を開始するときに、'1'に変化します。TMP411が温度測定値を変換しているときは、このビットが“High”になります。

構成レジスタ

構成レジスタは、温度範囲の設定、シャットダウン・モードの制御、およびALERT/THERM2ピン機能の選択に使用します。構成レジスタは、ポインタ・アドレス09hへの書き込みによって設定し、ポインタ・アドレス03hからの読み出しによって読み出します。

MASKビット (ビット7) は、AL/TH = 0の場合にALERTピン出力をイネーブ爾またはディスエーブ爾します。AL/TH = 1の場合、MASKビットは無効です。MASKを '0' に設定した場合、ALERTピンは、いずれかの温度測定チャンネルが、選択した回数の変換で連続して上限または下限を超えたときに、"Low" になります。MASKビットを '1' に設定した場合、TMP411はALERTピンのステータスを保持し、ALERTピンは "Low" になりません。

シャットダウン (SD) ビット (ビット6) は、温度測定回路をイネーブ爾またはディスエーブ爾にします。SD = 0の場合、TMP411は、変換レート・レジスタに設定されたレートで連続的に変換を行います。SDを '1' に設定すると、TMP411は直ちに変換を停止し、シャットダウン・モードに入ります。SDを再度 '0' に設定すると、TMP411は連続変換を再開します。ワンショット・レジスタにSD = 1を書き込むことによりワンショット変換を行うことができます。

AL/THビット (ビット5) は、ALERTピンがALERTモードとTHERM2モードのどちらで機能するかを制御します。AL/TH = 0の場合、ALERTピンは割り込みピンとして動作します。このモードでは、設定した回数だけ温度測定値が制限を超えると、ALERTピンが "Low" になります。

AL/TH = 1の場合、ALERT/THERM2ピンはTHERM機能を実現します (THERM2)。このモードでは、ローカル上限値およびリモート上限値レジスタがスレッシュホールドとして使用されることを除き、THERM2はTHERMピンと同様に機能します。RHIGHまたはLHIGHが設定されると、THERM2は "Low" になります。

温度範囲は、構成レジスタのビット2を使用して設定します。このビットを "Low" に設定すると、TMP411は標準測定範囲 (0°C ~ +127°C) に設定されます。温度変換は、標準バイナリ形式で格納されます。ビット2を "High" に設定すると、TMP411は拡張測定範囲 (-55°C ~ +150°C) に設定されます。温度変換は、拡張バイナリ形式で格納されます (表1を参照)。

構成レジスタの残りのビットは予約されており、常に '0' に設定する必要があります。このレジスタのパワーオン・リセット値は、00hです。表5に、構成レジスタのビットの一覧を示します。

構成レジスタ (読み込み = 03h、書き込み = 09h、POR = 00h)			
ビット	名前	機能	パワーオン・リセット値
7	MASK	0 = ALERT イネーブ爾 1 = ALERT マスク	0
6	SD	0 = Run 1 = シャットダウン	0
5	AL/TH	0 = ALERT モード 1 = THERM モード	0
4, 3	予約	—	0
2	温度範囲	0 = 0°C ~ +127°C 1 = -55°C ~ +150°C	0
1, 0	予約	—	0

表 5. 構成レジスタのビット説明

分解能レジスタ

分解能レジスタのRES1およびRES0ビット(分解能ビット1および0)は、ローカル温度測定チャンネルの分解能を設定します。リモート温度測定チャンネルの分解能には影響しません。ローカルチャンネルの分解能を変更すると、TMP411の変換時間およびレートが影響を受けます。分解能レジスタは、ポインタ・アドレス1Ahへの書き込みによって設定し、ポインタ・アドレス1Ahからの読み出しによって読み出します。表6に、分解能レジスタの分解能ビットを示します。

分解能レジスタ(読み取り = 1Ah、書き込み = 1Ah、POR = 1Ch)			
RES1	RES0	分解能	変換時間(Typ)
0	0	9 Bits (0.5°C)	12.5ms
0	1	10 Bits (0.25°C)	25ms
1	0	11 Bits (0.125°C)	50ms
1	1	12 Bits (0.0625°C)	100ms

表 6. 分解能レジスタ：ローカルチャンネルのプログラミング可能な分解能

分解能レジスタのビット2~4は、常に '1' に設定する必要があります。分解能レジスタのビット5~7は、常に '0' に設定する必要があります。このレジスタのパワーオン・リセット値は、1Chです。

変換レート・レジスタ

変換レート・レジスタは、温度変換が実行されるレートを制御します。このレジスタは、変換のタイミング自体ではなく、変換と変換の間のアイドル時間を調整することで、TMP411の消費電力と温度レジスタの更新レートとのバランスを取ります。表7に、変換レートのオプションおよび対応する消費電流を示します。

ワンショット変換

TMP411は、シャットダウン・モードのとき(構成レジスタのSD=0)ポインタ・アドレス0Fhのワンショット・スタート・レジスタに任意の値を書き込むことにより両チャンネル共、シングル変換を開始します。この書き込み動作による一回の変換の開始でTMP411はシャットダウンから復帰して変換を完了します。このデータ値の送出手続きは書き込みコマンドの動作に関係なく、データはTMP411に格納されません。ここで、TMP411はワンショット・コマンドの200μs前にシャットダウン・モードに入っている必要があります。(注意：シャットダウン・コマンドを発行するとき、TMP411は、シャットダウンの前の変換を完了しています。)この200μsのウェイト時間はシャットダウン直後の変換にのみ適用します。ワンショット・コマンドは、遅れの後で発行することができます。

変換レート・レジスタ(読み取り = 04h、書き込み = 0Ah、POR = 08h)										
R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	R0	変換/Sec	平均 I _Q (TYP) (μA)	
									V _S = 2.7V	V _S = 5.5V
0	0	0	0	0	0	0	0	0.0625	11	32
0	0	0	0	0	0	0	1	0.125	17	38
0	0	0	0	0	0	1	0	0.25	28	49
0	0	0	0	0	0	1	1	0.5	47	69
0	0	0	0	0	1	0	0	1	80	103
0	0	0	0	0	1	0	1	2	128	155
0	0	0	0	0	1	1	0	4	190	220
07h to 0Fh								8	373	413

表 7. 変換レート・レジスタ

Nファクタ補正レジスタ

TMP411では、リモート・チャンネルの温度測定に対して、異なるNファクタ値を使用することができます。リモート・チャンネルでは、シーケンシャルな電流励起を使用して差動 V_{BE} 電圧測定値を抽出することで、リモート・トランジスタの温度を決定します。この電圧と温度の関係は、式(1)で示されます。

$$V_{BE2} - V_{BE1} = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \quad (1)$$

式(1)の値 n は、リモート・チャンネルに使用される特定のトランジスタの特性です。TMP411のデフォルト値は、 $n = 1.008$ です。Nファクタ補正レジスタの値を使用して、実効 n ファクタを式(2)および式(3)により調整できます。

$$n_{\text{eff}} = \frac{1.008 \cdot 300}{(300 - N_{\text{ADJUST}})} \quad (2)$$

$$N_{\text{ADJUST}} = 300 - \left(\frac{300 \cdot 1.008}{n_{\text{eff}}}\right) \quad (3)$$

n 補正值は、2の補数形式で格納する必要があり、有効データ範囲は-128~+127となります。 n 補正值は、ポインタ・アドレス18hに書き込み、このアドレスから読み出すことができます。このレジスタのパワーオン・リセット値は、00hであり、書き込まれない限り何も影響を与えません。

N _{ADJUST}			N
2進	16進	10進	
01111111	7F	127	1.747977
00001010	0A	10	1.042759
00001000	08	8	1.035616
00000110	06	6	1.028571
00000100	04	4	1.021622
00000010	02	2	1.014765
00000001	01	1	1.011371
00000000	00	0	1.008
11111111	FF	-1	1.004651
11111110	FE	-2	1.001325
11111100	FC	-4	0.994737
11111010	FA	-6	0.988235
11111000	F8	-8	0.981818
11110110	F6	-10	0.975484
10000000	80	-128	0.706542

表 8. N係数の範囲

最低温度および最高温度レジスタ

TMP411は、ローカルとリモートの両方のチャンネルに対して、パワーオン、チップ・リセット、または最低温/最高温度レジスタ・リセットが行われた以降に測定された、最低および最高の温度を格納しています。ローカル最低温度レジスタは、ポインタ・アドレス30hから上位バイトを読み出し、ポインタ・アドレス31hから下位バイトを読み出すことで、読み出すことができます。ローカル最低温度レジスタは、ポインタ・アドレス30hからの2バイト読み出しコマンドを使用して読み出すこともできます。ローカル最低温度レジスタは、パワーオン時、チップ・リセット・コマンドの実行時、またはポインタ・アドレス30h~37hのいずれかに任意の値を書き込んだ場合に、リセットされます。これらのレジスタのリセット値は、FFh/F0hです。

ローカル最高温度レジスタは、ポインタ・アドレス32hから上位バイトを、ポインタ・アドレス33hから下位バイトを読み出すことができます。ローカル最高温度レジスタは、ポインタ・アドレス32hからの2バイト読み出しコマンドを使用して読み出すこともできます。ローカル最高温度レジスタは、パワーオン時、チップ・リセット・コマンドの実行時、またはポインタ・アドレス30h~37hのいずれかに任意の値を書き込んだ場合に、リセットされます。これらのレジスタのリセット値は、00h/00hです。

リモート最低温度レジスタは、ポインタ・アドレス34hから上位バイトを、ポインタ・アドレス35hから下位バイトを読み出すことができます。リモート最低温度レジスタは、ポインタ・アドレス34hからの2バイト読み出しコマンドを使用して読み出すこともできます。リモート最低温度レジスタは、パワーオン時、チップ・リセット・コマンドの実行時、またはポインタ・アドレス30h~37hのいずれかに任意の値を書き込んだ場合に、リセットされます。これらのレジスタのリセット値は、FFh/F0hです。

リモート最高温度レジスタは、ポインタ・アドレス36hから上位バイトを、ポインタ・アドレス37hから下位バイトを読み出すことができます。リモート最高温度レジスタは、ポインタ・アドレス36hからの2バイト読み出しコマンドを使用して読み出すこともできます。リモート最高温度レジスタは、パワーオン時、チップ・リセット・コマンドの実行時、またはポインタ・アドレス30h~37hのいずれかに任意の値を書き込んだ場合に、リセットされます。これらのレジスタのリセット値は、00h/00hです。

ソフトウェア・リセット

TTMP411は、ポインタレジスタFChに任意の値を書き込むことでリセットできます。これにより、TMP411のすべてのレジスタがパワーオン・リセット状態に復元されるとともに、実行中の変換が中止され、ALERTおよびTHERMピンがクリアされます。

TMP411は、2線式の一齐呼び出しアドレス(00000000)を紹介したリセットもサポートしています。TMP411は、一齐呼び出しアドレスを認識して、2番目のバイトにตอบสนองします。2番目のバイトが00000110である場合、TMP411はソフトウェア・リセットを実行します。2番目のバイトが他の値である場合には、TMP411は何も行いません。

連続アラート・レジスタ

連続アラート・レジスタ(アドレス22h)の値は、測定チャネルで制限を超えた測定値が連続して何回発生した場合にALERT信号がアクティブになるかを決定します。このレジスタの値は、ステータス・レジスタのビットには影響を与えません。値として1回、2回、3回、または4回の連続変換を選択できます。デフォルトは1回です。この機能により、ALERTピンに対して追加のフィルタリングが可能になります。表9に、連続アラート・ビットを示します。

連続アラート・レジスタ (READ = 22h, WRITE = 22h, POR = 01h)			
C2	C1	C0	制限を越えた測定値が連続して発生した回数
0	0	0	1
0	0	1	2
0	1	1	3
1	1	1	4

表 9. 連続アラート・レジスタ

注：連続アラート・レジスタのビット7は、タイムアウト機能のイネーブル/ディスエーブルを制御します。この機能については、「タイムアウト機能」を参照してください。

THERMヒステリシス・レジスタ

THERMヒステリシス・レジスタは、表11をご覧ください、THERMピンのアラーム機能に使用されるヒステリシス値が格納されています。このレジスタには、ローカル温度上限レジスタ、リモート温度上限レジスタ、ローカルTHERM制限レジスタ、およびリモートTHERM制限レジスタの各値よりも、小さい値をプログラミングする必要があります。それ以外の場合、測定温度の立ち下がりエッジで各温度コンパレータがトリップしなくなります。表10に、許容されるヒステリシスの値を示します。デバイスが標準モード設定と拡張モード設定のどちらで動作しているかに関係なく、デフォルトのヒステリシス値は10°Cです。

温度 (°C)	THERM ヒステリシス値	
	TH[11:4] (標準バイナリ)	(16進)
0	0000 0000	00
1	0000 0001	01
5	0000 0101	05
10	0000 1010	0A
25	0001 1001	19
50	0011 0010	32
75	0100 1011	4B
100	0110 0100	64
125	0111 1101	7D
127	0111 1111	7F
150	1001 0110	96
175	1010 1111	AF
200	1100 1000	C8
225	1110 0001	E1
255	1111 1111	FF

表 10. 許容されるTHERMヒステリシス値

バスの概要

TMP411は、SMBusインターフェイス互換です。SMBusプロトコルでは、転送を開始するデバイスをマスタと呼び、マスタによって制御されるデバイスをスレーブと呼びます。バスはマスタ・デバイスによって制御される必要があり、マスタ・デバイスはシリアル・クロック(SCL)を生成し、バス・アクセスを制御し、STARTおよびSTOP条件を生成します。

特定のデバイスをアドレス指定するには、START条件を開始します。STARTは、SCLが“High”の間にデータ・ライン(SDA)を“High”から“Low”にすることで示されます。バス上のすべてのスレーブは、スレーブ・アドレス・バイトをシフト・インします。読み出しと書き込みのどちらの動作を行うかは、最後のビットで示されます。アドレス指定対象のスレーブは、9番目のクロック・パルス中に、アクノリッジ応答を生成してSDAを“Low”にすることで、マスタにตอบสนองします。

それに続いてデータ転送が開始されアクノリッジ応答後、8個のクロック・パルスにわたって送信されます。転送中は、SCLが“High”の間、SDAが安定している必要があります。SCLが“High”のときにSDAが変化すると、制御信号として解釈されます。

すべてのデータが転送されると、マスタはSTOP条件を生成します。STOPは、SCLが“High”の間にSDAを“Low”から“High”にすることで示されます。

シリアル・インターフェイス

TMP411は、2線式バスとSMBusのいずれでも、スレーブ・デバイスとしてのみ動作します。どちらのバスへの接続も、オープン・ドレインのI/OラインであるSDAおよびSCLを介して行われます。SDAおよびSCLピンには、スパイク抑制フィルタおよびシュミット・トリガが内蔵され、入力スパイクやバス雑音の影響を最小限に抑えます。TMP411は、ファースト・モード(1kHz~400kHz)および高速モード(1kHz~3.4MHz)の転送プロトコルをサポートしています。すべてのデータ・バイトは、MSBファーストで送信されます。

シリアル・バス・アドレス

TMP411と通信する場合、マスタは最初に、スレーブ・アドレス・バイトを使用してスレーブ・デバイスをアドレス指定する必要があります。スレーブ・アドレス・バイトは、7つのアドレス・ビットと、読み出しと書き込みのどちらであるかを示す方向ビットから構成されます。

TMP411Aのアドレスは4Ch(1001100b)、TMP411Bのアドレスは4Dh(1001101b)、TMP411Cのアドレスは4Eh(1001110b)です。

読み出し/書き込み動作

TMP411の特定のレジスタにアクセスするには、ポインタ・レジスタに対応する値を書き込みます。ポインタ・レジスタへの値は、R/ \overline{W} ビットを“Low”にしたスレーブ・アドレス・バイトの後で最初に転送されるバイトです。TMP411への書き込み動作では、常にポインタ・レジスタへの値が必要です(図14を参照)。

TMP411から読み出すときには、書き込み動作でポインタ・レジスタに前回格納された値を使用して、読み出すレジスタを決定します。読み出し動作に対してレジスタ・ポインタを変更するには、ポインタ・レジスタに新しい値を書き込む必要があります。これは、R/ \overline{W} ビットを“Low”にしたスレーブ・アドレス・バイトに続けて、ポインタ・レジスタ・バイトを送信することで実行されます。追加のデータは必要ありません。それにより、マスタはSTART条件を生成し、R/ \overline{W} ビットを“High”にしたスレーブ・アドレス・バイトを送信して、読み出しコマンドを開始します。シーケンスの詳細については、図15を参照してください。同じレジスタから繰り返し読み出す場合、ポインタ・レジスタ・バイトを連続して送信する必要はありません。これは、次の書き込み動作で変更されるまでの間、TMP411がポインタ・レジスタ値を保持しているためです。レジスタ・バイトはMSBファーストで送信されることに注意してください。以下LSBまで。

THERM ヒステリシス・レジスタ(読み取り = 21h, 書き込み = 21h, POR = 0Ah)								
ビット番号	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ビット名	TH11	TH10	TH9	TH8	TH7	TH6	TH5	TH4
POR 値	0	0	0	0	1	0	1	0

表 11. THERMヒステリシス・レジスタの形式

タイミング図

TMP411は、2線式インターフェイスおよびSMBusインターフェイスと互換性があります。図13～図16に、TMP411での各種の動作を示しています。バスの定義を以下に示します。図13のパラメータは、表12で定義されています。

バス・アイドル：SDAおよびSCLラインが両方とも“High”に保持されています。

データ転送開始：SCLラインが“High”のときにSDAラインの状態が“High”から“Low”に変化することで、START条件を定義します。各データ転送は、START条件によって開始されます。

データ転送停止：SCLラインが“High”のときにSDAラインの状態が“Low”から“High”に変化することで、STOP条件を定義します。各データ転送は、STARTまたはSTOP条件の繰り返しによって停止されます。

データ転送：START条件からSTOP条件までの間に転送されるデータ・バイト数に制限はなく、マスタ・デバイスによって決定されます。受信側はデータ転送に対してアクノリッジ応答を行います。

アクノリッジ応答：アドレス指定されている各受信デバイスは、アクノリッジ応答ビットを生成する必要があります。アクノリッジ応答クロック・パルスの“High”期間中にSDAラインが“Low”に保持されるように、アクノリッジ応答を行うデバイスは、アクノリッジ応答クロック・パルス中にSDAラインをプル・ダウンする必要があります。設定時間と保持時間の考慮が必要です。マスタでの受信完了後は、スレーブによって送信された最後のバイトに対して否定応答を生成することで、データ転送終了を通知することができます。

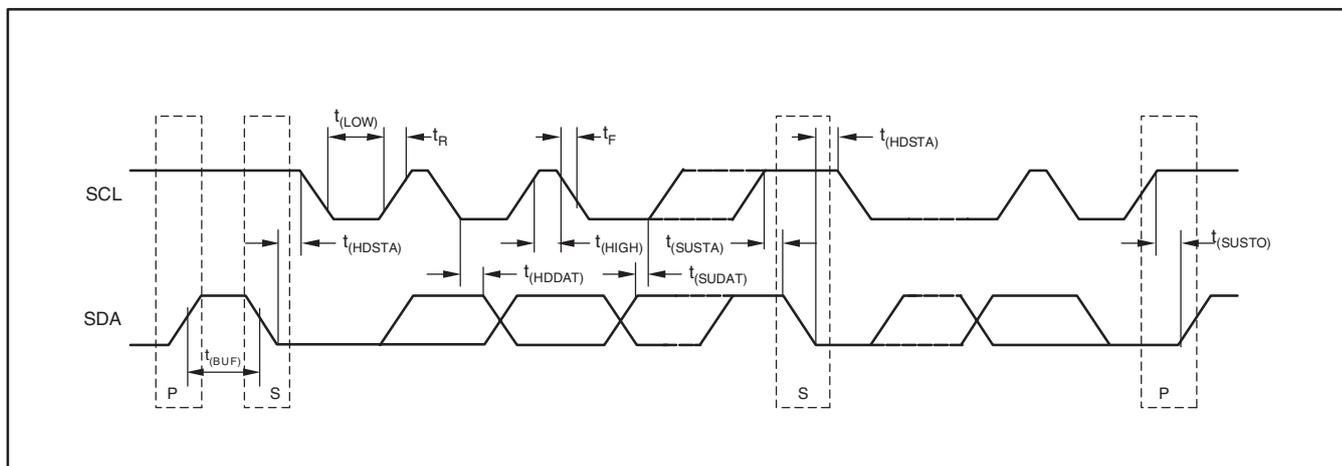


図 13. 2線式のタイミング図

パラメータ	ファースト・モード		高速モード		単位	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
SCL動作周波数	$f_{(SCL)}$	0.001	0.4	0.001	3.4	MHz
STOPコンディションとTARTコンディション間のバス空き時間	$t_{(BUF)}$	600		160		ns
STARTコンディション後の保持時間 繰り返し後、最初のクロックまで	$t_{(HDSTA)}$	100		100		ns
再度のSTARTコンディション・セットアップ時間	$t_{(SUSTA)}$	100		100		ns
STOPコンディション・セットアップ時間	$t_{(SUSTO)}$	100		100		ns
Data保持時間	$t_{(HDDAT)}$	0(1)		0(2)		ns
Dataセットアップ時間	$t_{(SUDAT)}$	100		10		ns
SCLクロック“Low”周期	$t_{(LOW)}$	1300		160		ns
SCLクロック“High”周期	$t_{(HIGH)}$	600		60		ns
Clock/Data立ち上がり	t_F		300		160	ns
Clock/Data立ち下がり	t_R		300		160	ns
SCLK ≤ 100kHzのとき	t_R		1000			ns

表 12. 図13のタイミング図定義

- (1) SCLの立ち下がり時間は20nsより小さく、かつまたは立ち上がりまたは、SDAの立ち下がり時間が20nsより小さく、20ns以上保持すること。
- (2) SCLの立ち下がり時間は10nsより小さく、かつまたは立ち上がりまたは、SDAの立ち下がり時間が10nsより小さく、10ns以上保持すること。

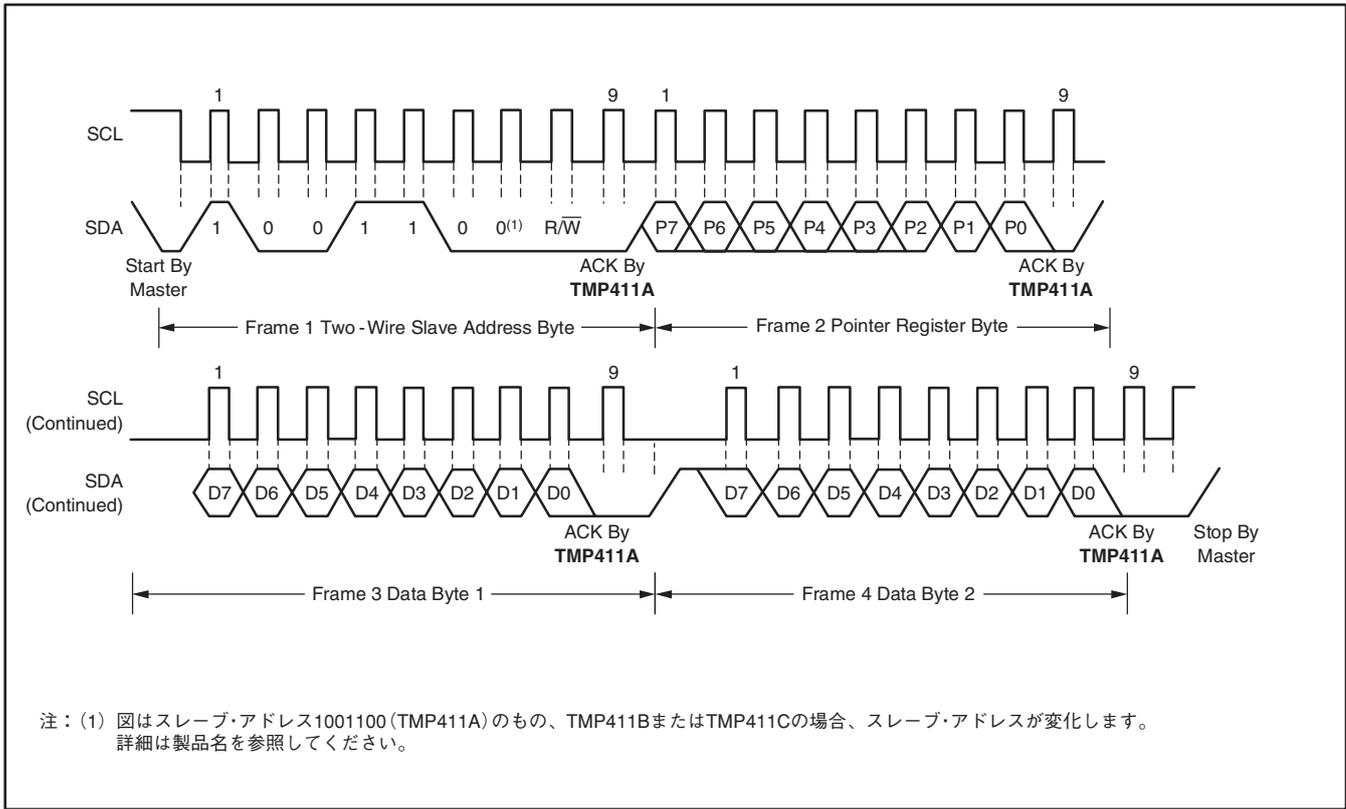


図 14. 2線式のワード書き込みタイミング図

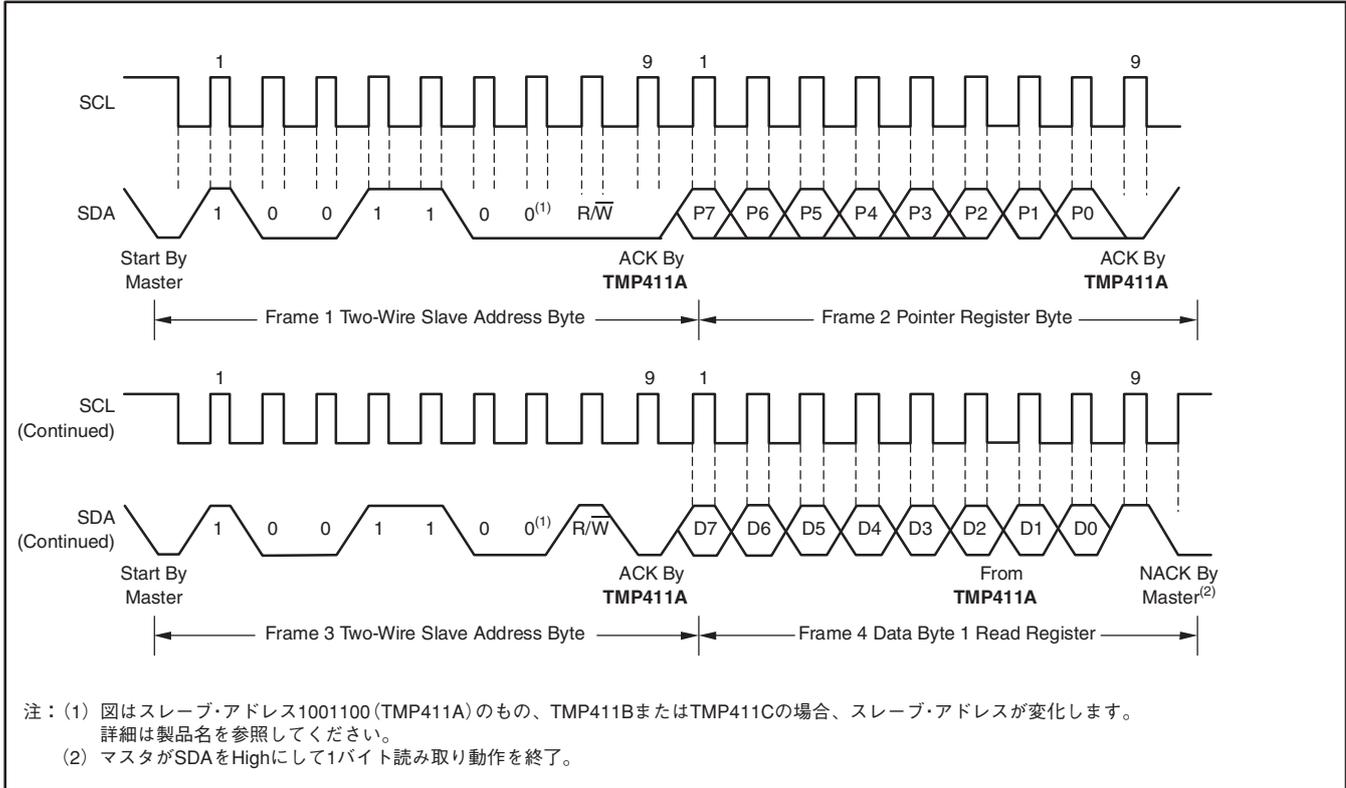


図 15. 2線式の1バイト読み出しタイミング図

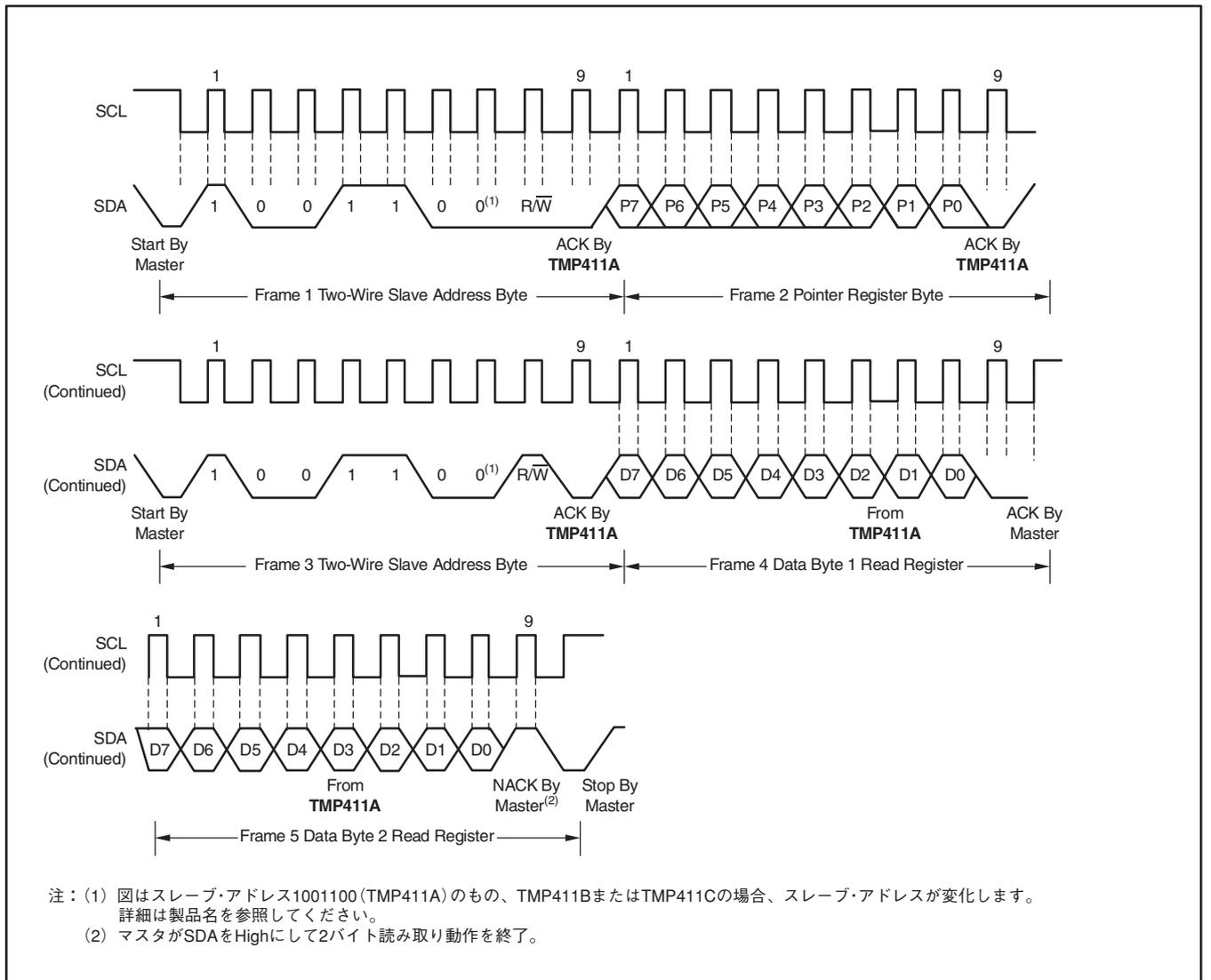


図 16. 2線式の2バイト読み出しタイミング図

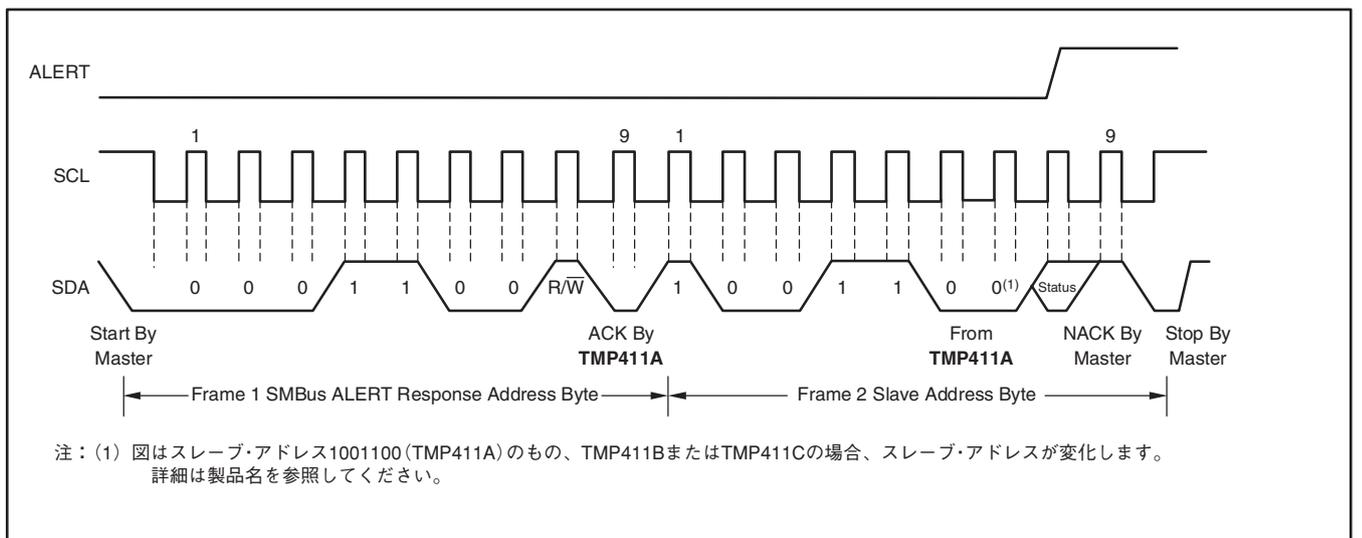


図 17. SMBusのアラート・タイミング図

高速モード

400kHzを超える周波数で2線式バスを動作させる場合、マスタ・デバイスは、START条件後の最初のバイトとして高速モード(Hsモード)マスタ・コード(00001XXX)を発行することにより、バスを高速動作に切り替える必要があります。TMP411は、このバイトに対してアクノリッジ応答を行いませんが、SDAおよびSCL上の入力フィルタとSDA上の出力フィルタをHsモード動作に切り替え、最大3.4MHzでの転送を可能にします。Hsモード・マスタ・コードの発行後、マスタは、2線式スレーブ・アドレスを送信して、データ転送動作を開始します。バス上にSTOP条件が発生するまでの間、バスは引き続きHsモードで動作します。STOP条件を受信すると、TMP411は入力および出力フィルタを再びファースト・モード動作に切り替えます。

タイム・アウト機能

連続アラート・レジスタのビット7が“High”になると、TMP411のタイム・アウト機能がイネーブルされます。START条件とSTOP条件の間にSCLまたはSDAが30ms(標準)“Low”に保持されると、TMP411はシリアル・インターフェイスをリセットします。TMP411がバスを“Low”に保持している場合は、バスを解放し、START条件を待ちます。タイム・アウト機能がアクティブになるのを防ぐには、SCL動作周波数で1kHz以上の通信速度を維持する必要があります。タイム・アウト機能は、デフォルトでイネーブルされています(ビット7=“High”)。

THERM(ピン4)およびALERT/THERM2(ピン6)

TMP411には、アラーム機能専用の2本のピン、THERMおよびALERT/THERM2があります。どちらのピンも、オープン・ドレイン出力であり、それぞれV+へのプルアップ抵抗が必要です。これらのピンは、複数のセンサのシステム監視のために、他のアラーム・ピンとワイヤードOR接続にすることができます。THERMピンは、ソフトウェアではディスエーブルできない熱割り込みを提供します。ALERTピンは、早期の警告割り込みとしての使用を目的とし、ソフトウェアでディスエーブル

(マスク)することができます。ALERT/THERM2ピンは、第2のTHERMピンであるTHERM2として使用するようにも設定できます(構成レジスタ:AL/THビット=1)。デフォルトでは、ピン6はALERTとして機能するように設定されています(AL/TH=0)。

THERMピンは、ローカルまたはリモート温度の測定値が、対応するローカル/リモートTHERM制限レジスタにプログラミングされた温度範囲を超えている場合に、“Low”にアサートされます。THERM温度制限範囲は、制限レジスタの範囲よりも広い範囲にプログラミングすることができ、それにより、ALERTでTHERMよりも早く警告を発することができます。THERMアラームは、測定温度が(THERM温度制限範囲-THERMヒステリシス・レジスタに格納されているヒステリシス値)の範囲内に戻ると、自動的にリセットされます。表10に、許容されるヒステリシスの値を示しています。デフォルトのヒステリシスは、10°Cです。ALERT/THERM2ピンが第2の熱アラームとして設定されている(構成レジスタ:ビット7=0、ビット5=1)場合は、THERMと同じように機能しますが、ローカル/リモート温度上限/下限レジスタに格納されている温度を使用して比較範囲を設定します。

ALERT/THERM2(ピン6)がALERTとして設定されている(構成レジスタ:ビット7=0、ビット5=0)場合は、測定されたローカルまたはリモート温度が、対応するローカル/リモート温度上限/下限レジスタで設定されている範囲を超えた場合に、“Low”にアサートされます。このアラート機能は、温度が特定の回数(1、2、3、または4回)連続して範囲を超えた場合にだけアサートされるように、設定することができます。連続連反制限は、連続アラート・レジスタに設定されます。連続発生を条件とすることで、環境内の雑音により誤ってアラートが発生するのを防ぐことができます。また、ALERTは、リモート温度センサがオープンの場合にも、“Low”にアサートされます。MASK機能がイネーブル(構成レジスタ:ビット7=1)の場合、ALERTはディスエーブル(つまり、マスク)されます。マスタがデバイス・アドレスを読み出したときに、アラートの原因となった条件が既に存在せず、ステータス・レジスタがリセットされていれば、ALERTはリセットされます。

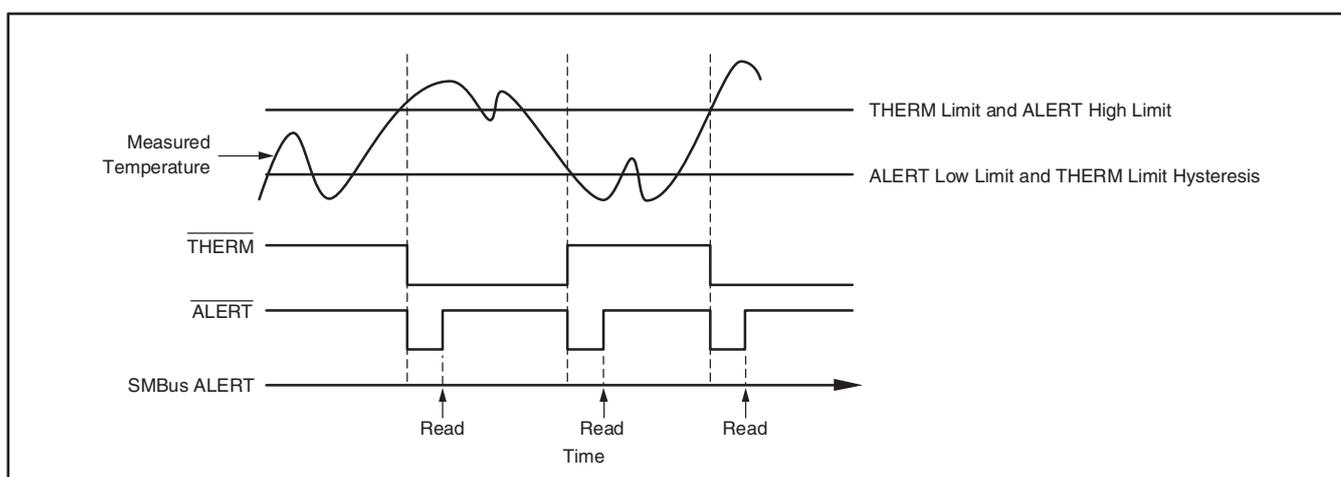


図 18. SMBus Alert Timing Diagram

SMBusアラート機能

TMP411は、SMBusのアラート機能をサポートしています。ピン6をアラート出力として設定すると、TMP411のALERTピンをSMBusアラート信号として接続できます。マスタは、ALERTラインにアラート条件を検出すると、バス上にSMBusアラート・コマンド(00011001)を送信します。TMP411のALERTピンがアクティブの場合、デバイスはSMBusアラートに対してアクノリッジ応答を行い、SDAライン上にスレーブ・アドレスを返します。スレーブ・アドレス・バイトの8ビット目(LSB)は、アラーム条件が発生した原因が、温度がいずれかの温度上限設定を超えた、またはいずれかの温度下限設定を下回ったかを示します。温度がいずれかの温度上限設定と等しいかそれを上回った場合、このビットは“High”になります。温度がいずれかの温度下限設定を下回った場合、このビットは“Low”になります。シーケンスの詳細については、図16を参照してください。

バス上の複数のデバイスがSMBusアラート・コマンドに 응답した場合、SMBusアラート・コマンドのスレーブ・アドレス部分における調停によって、どのデバイスがアラート・ステータスをクリアするかが決まります。TMP411が調停で選ばれた場合は、SMBusアラート・コマンドの完了時にTMP411のALERTピンが非アクティブになります。TMP411が調停で選ばれなかった場合、ALERTピンはアクティブのままです。

シャットダウン・モード (SD)

TMP411のシャットダウン・モードでは、シリアル・インターフェイス以外のすべてのデバイス回路をシャットダウンして、消費電流を標準で3 μ A未満まで低減することで、最大限の電力節減が可能になります。代表的特性の「シャットダウン静止電流 対 電源電圧」を参照してください。シャットダウン・モードは、構成レジスタのSDビットが“High”のときにイネーブルになります。電流変換が完了した時点で、デバイスがシャットダウンされます。SDが“Low”の場合、デバイスは連続変換状態を維持します。

センサ障害

TMP411は、D+入力によりダイオードの誤接続や回路のオープン状態の障害を検出します。検出回路は、D+の電圧が(V+) - 0.6V(標準)を超えたときにトリップする電圧コンパレータによって構成されます。コンパレータ出力は、変換中に連続して確認されます。障害が検出された場合、最後に測定された有効な温度が温度測定結果として使用され、OPENビット(ステータス・レジスタのビット2)が“High”に設定され、また、アラート機能がイネーブルであれば、ALERTが“Low”にアサートされます。

TMP411でリモート・センサを使用しない場合は、D+入力とD-入力を互いに接続して、無意味な障害警告の発生を防ぐ必要があります。

低電圧ロック・アウト

TMP411は、電源電圧がADCコンバータの機能に必要な最低電圧レベルに達したことを検知できます。検出回路は、電源電圧(V+)が2.45V(標準)を超えてからADCコンバータをイネーブルする電圧コンパレータによって構成されます。コンパレータ出力は、変換中に連続して確認されます。電源が有効なレベルでない場合、TMP411は温度変換を行いません。最後に測定された有効な温度が、温度測定結果として使用されます。

ジェネラル・コール・リセット

TMP411は、2線式のジェネラル・コール・アドレス00h(0000 0000b)を介したリセットをサポートしています。TMP411は、ジェネラル・コール・アドレスを認識して、2番目のバイトに応答します。

2番目のバイトが06h(0000 0110b)である場合、TMP411はソフトウェア・リセットを実行します。このソフトウェア・リセットにより、TMP411のすべてのレジスタがパワーオン・リセット状態に還元されるとともに、実行中の変換が中止され、ALERTおよびTHERMピンがクリアされます。2番目のバイトが他の値である場合には、TMP411は何も行いません。

IDレジスタ

TMP411は、2線式バス・コントローラがデバイスのメーカーおよびデバイスIDを問い合わせ、特定の2線式バス・アドレスのデバイスをソフトウェアで識別することができます。メーカーIDは、ポインタ・アドレスFEhを読み出すことで取得されます。デバイスIDは、ポインタ・アドレスFFhを読み出すことで取得されます。TMP411は、メーカー・コードとして55h、デバイスIDとして11hを返します。これらのレジスタは、読み出し専用です。

フィルタリング

通常、リモート接合部温度センサは、雑音の多い環境に実装されます。多くの場合、雑音は高速のデジタル信号によって発生し、測定値に影響を与える可能性があります。TMP411では、D+およびD-の入力に65kHzのフィルタが内蔵され、雑音の影響を最小限に抑えています。ただし、不要なカップリング信号に対してアプリケーションをより堅牢にするために、リモート温度センサの差動入力にバイパス・コンデンサを配置することを推奨します。コンデンサの値は、100pF~1nFとしてください。いくつかのアプリケーションでは、寄生抵抗を追加することで全体の精度が向上しますが、この精度の向上は各アプリケーション構成に固有のもので、寄生抵抗を追加する場合は、値が3k Ω を超えないようにしてください。

もし、フィルタリングが必要であるならば、正確な値はアプリケーションにより異なりますが、各入力に100PFと50 Ω を提案します。

リモート・センス

TMP411は、ディスクリートのトランジスタ、またはプロセス・チップおよびASICに組み込まれるサブストレート・トランジスタとともに使用されるよう設計されています。ベース・エミッタ接合をリモート温度センスに使用することで、NPNトランジスタとPNPトランジスタのどちらでも使用できます。トランジスタ接続またはダイオード接続も使用できます。図11を参照してください。

リモート温度センサの測定値の誤差は、TMP411で使用されている理想係数および電流励起と、特定のトランジスタに対するメーカー指定の動作電流との差によって発生します。いくつかのメーカーでは、温度センス・サブストレート・トランジスタに対して、高レベルおよび低レベルの電流を指定しています。TMP411では、 I_{LOW} に6 μ A、 I_{HIGH} に120 μ Aを使用しています。TMP411では、異なるnファクタ値を使用できます。「Nファクタ補正レジスタ」の項を参照してください。

理想係数(n)は、理想ダイオードと比較した、リモート温度センサ・ダイオードで測定される特性です。TMP411の理想係数は、1.008に調整されています。理想係数がTMP411と一致しないトランジスタについては、式(4)を使用して温度誤差を計算できます。式を正確に使用するには、実際の温度($^{\circ}$ C)をケルビン($^{\circ}$ K)に変換する必要があることに注意してください。

$$T_{ERR} = \left(\frac{n - 1.008}{1.008} \right) \times (273.15 + T(^{\circ}\text{C})) \quad (4)$$

ここで

n = リモート温度センサの理想係数

T($^{\circ}$ C) = 実際の温度

$T_{ERR} = n \neq 1.008$ によるTMP411での測定誤差

温度の差は、 $^{\circ}$ Cでも $^{\circ}$ Kでも同じです。

n = 1.004および T($^{\circ}$ C) = 100 $^{\circ}$ Cの場合：

$$T_{ERR} = \left(\frac{1.004 - 1.008}{1.008} \right) \times (273.15 + 100^{\circ}\text{C})$$

$$T_{ERR} = -1.48^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

TMP411とともにリモート温度センサとしてディスクリートのトランジスタを使用する場合は、以下の条件に従ってトランジスタを選択することで、最良の精度が得られます。

1. 最高の検出温度時に6 μ Aでベース・エミッタ電圧 > 0.25V
2. 最低の検出温度時に120 μ Aでベース・エミッタ電圧 < 0.95V
3. ベース抵抗 < 100 Ω
4. h_{FE} の変動が小さい(50~150)ことで、 V_{BE} 特性の厳密な制御が示されている

これらの条件に基づき、2N3904 (NPN) および2N3906 (PNP) の2つの小信号トランジスタが推奨されます。

測定精度および熱に関する考慮事項

TMP411の温度測定精度は、リモートおよびローカル温度センサが、監視対象のシステム・ポイントと同じ温度であることに依存します。明らかに、温度センサが監視対象システムと熱的に良好な接触状態にない場合は、システムの温度変化に対してセンサの応答に遅延が発生します。サブストレート・トランジスタ(または小さなSOT23トランジスタ)を使用したリモート温度センス・アプリケーションが、監視対象デバイスの近くに配置されている場合、この遅延は通常問題になりません。

TMP411内部のローカル温度センサは、デバイスの周囲の大気を監視します。TMP411の熱時定数は、約2秒です。この定数は、周囲の大気温度が急激に100 $^{\circ}$ C変化した場合に、TMP411が最終値から1 $^{\circ}$ C以内に安定するまでに約10秒(つまり、熱時定数 \times 5)かかることを意味します。ほとんどのアプリケーションでは、TMP411パッケージはプリント基板(PCB)と電気的に、したがって熱的にも、接触していて、強制エアフローも備えられています。測定される温度の精度は、PCBおよび強制エアフローの温度が、TMP411で測定中の温度をどれだけ正確に表しているかに直接依存します。また、TMP411内部の電力消費によって、温度が周囲またはPCBの温度を上回る場合もあります。使用される電流が小さいため、リモート温度センサの励起によって消費される内部電力は無視できます。5.5Vの電源で、最大変換レートが毎秒8回である場合、TMP411は1.82mW ($PD_{IQ} = 5.5V \times 330\mu A$)を消費します。 $\overline{ALERT}/THERM2$ ピンと \overline{THERM} ピンがともに1mAをシンクする場合は、さらに0.8mWが消費されます($PD_{OUT} = 1mA \times 0.4V + 1mA \times 0.4V = 0.8mW$)。合計消費電力は2.62mW ($PD_{IQ} + PD_{OUT}$)であり、 θ_{JA} が150 $^{\circ}$ C/Wであるため、接合部温度は周囲温度を約0.393 $^{\circ}$ C上回ります。

レイアウトについての考察

TMP411のリモート温度センサでは、非常に小さい電流を使用して非常に低い電圧を測定するため、IC入力での雑音を最小限に抑える必要があります。TMP411を使用するほとんどのアプリケーションでは、ハイ・レベルのデジタル・コンテンツを扱い、雑音の多い環境を作り出すいくつかのクロックおよび論理レベル遷移が含まれます。レイアウトは、以下のガイドラインに従う必要があります。

1. TMP411をリモート接合部センサのできる限り近くに配置してください。
2. D+とD-のトレースをそれぞれ隣接させて配線し、グラウンド保護トレースを使用して隣接信号から遮蔽します(図19を参照)。多層PCBを使用する場合は、これらのトレースをグラウンドまたはV_{DD}プレーン間に埋め込んで、外部の雑音源から遮蔽します。5milのPCBトレースを推奨します。
3. 銅 - 半田接続によって生じる追加の熱カップリング接合を最小限に抑えます。これらの接合を使用する場合は、D+接続とD-接続の両方で同じ数の銅・半田接合をほぼ同じ場所に作成し、熱カップリング効果を相殺します。
4. TMP411のV+とGNDの間に直接、0.1μFのローカル・バイパス・コンデンサを使用します(図20を参照)。最適な測定性能を得るために、D+とD-の間のフィルタ容量を1000pF以下に低減します。この容量には、リモート温度センサとTMP411の間のケーブル容量も含まれます。
5. リモート温度センサとTMP411の間の接続が8インチ~12フィートの長さである場合は、ツイストペア線を使用します。この距離を超える(最大100フィート)場合は、ツイスト・シールドペア線を使用し、TMP411のできる限り近くでシールドを接地します。グラウンド・ループおよび60Hzのピックアップを避けるために、シールド線のリモート・センサ接続端はオープンにしてください。

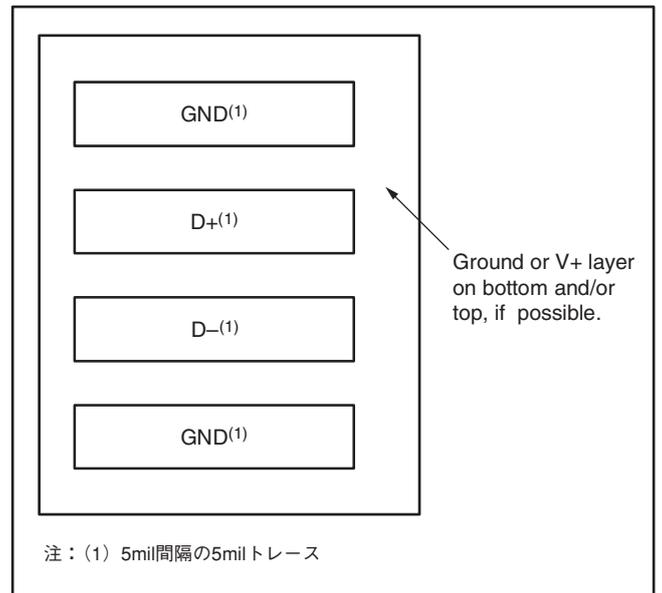


図 19. 信号トレース例

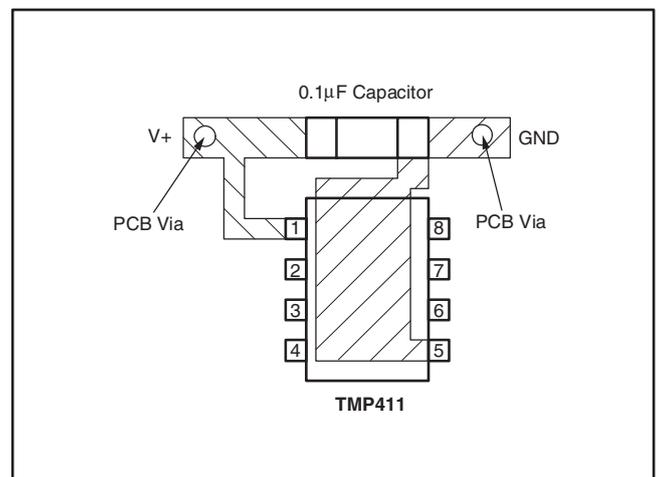


図 20. 推奨バイパス・コンデンサ配置

パッケージ情報

製品情報

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
TMP411AD	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411ADG4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411ADGKR	ACTIVE	MSOP	DGK	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411ADGKRG4	ACTIVE	MSOP	DGK	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411ADGKT	ACTIVE	MSOP	DGK	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411ADGKTG4	ACTIVE	MSOP	DGK	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411ADR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411ADRG4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411BD	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411BDG4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411BDGKR	ACTIVE	MSOP	DGK	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411BDGKRG4	ACTIVE	MSOP	DGK	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411BDGKT	ACTIVE	MSOP	DGK	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411BDGKTG4	ACTIVE	MSOP	DGK	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411BDR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411BDRG4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411CD	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411CDGKR	ACTIVE	MSOP	DGK	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411CDGKRG4	PREVIEW	SOIC	D	8		TBD	Call TI	Call TI
TMP411CDGKT	ACTIVE	MSOP	DGK	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411CDGKTG4	PREVIEW	SOIC	D	8		TBD	Call TI	Call TI
TMP411CDR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TMP411CDRG4	PREVIEW	SOIC	D	8		TBD	Call TI	Call TI

(1) マーケティング・ステータスは次のように定義されています。

ACTIVE：製品デバイスが新規設計用に推奨されています。

LIFEBUY：TIによりデバイスの生産中止予定が発表され、ライフタイム購入期間が有効です。

NRND：新規設計用に推奨されていません。デバイスは既存の顧客をサポートするために生産されていますが、TIでは新規設計にこの部品を使用することを推奨していません。

PREVIEW：デバイスは発表済みですが、まだ生産が開始されていません。サンプルが提供される場合と、提供されない場合があります。

OBSOLETE：TIによりデバイスの生産が中止されました。

(2) エコ・プラン - 環境に配慮した製品分類プランであり、Pb-Free (RoHS)、Pb-Free (RoHS Expert) およびGreen (RoHS & no Sb/Br) があります。最新情報および製品内容の詳細については、<http://www.ti.com/productcontent>でご確認ください。

TBD：Pb-Free/Green変換プランが策定されていません。

Pb-Free (RoHS)：TIにおける“Lead-Free”または“Pb-Free”(鉛フリー)は、6つの物質すべてに対して現在のRoHS要件を満たしている半導体製品を意味します。これには、同種の材質内で鉛の重量が0.1%を超えないという要件も含まれます。高温で半田付けするように設計されている場合、TIの鉛フリー製品は指定

された鉛フリー・プロセスでの使用に適しています。

Pb-Free (RoHS Exempt)：この部品は、1) ダイとパッケージの間に鉛ベースの半田バンプ使用、または 2) ダイとリードフレーム間に鉛ベースの接着剤を使用、が除外されています。それ以外は上記の様にPb-Free (RoHS) と考えられます。

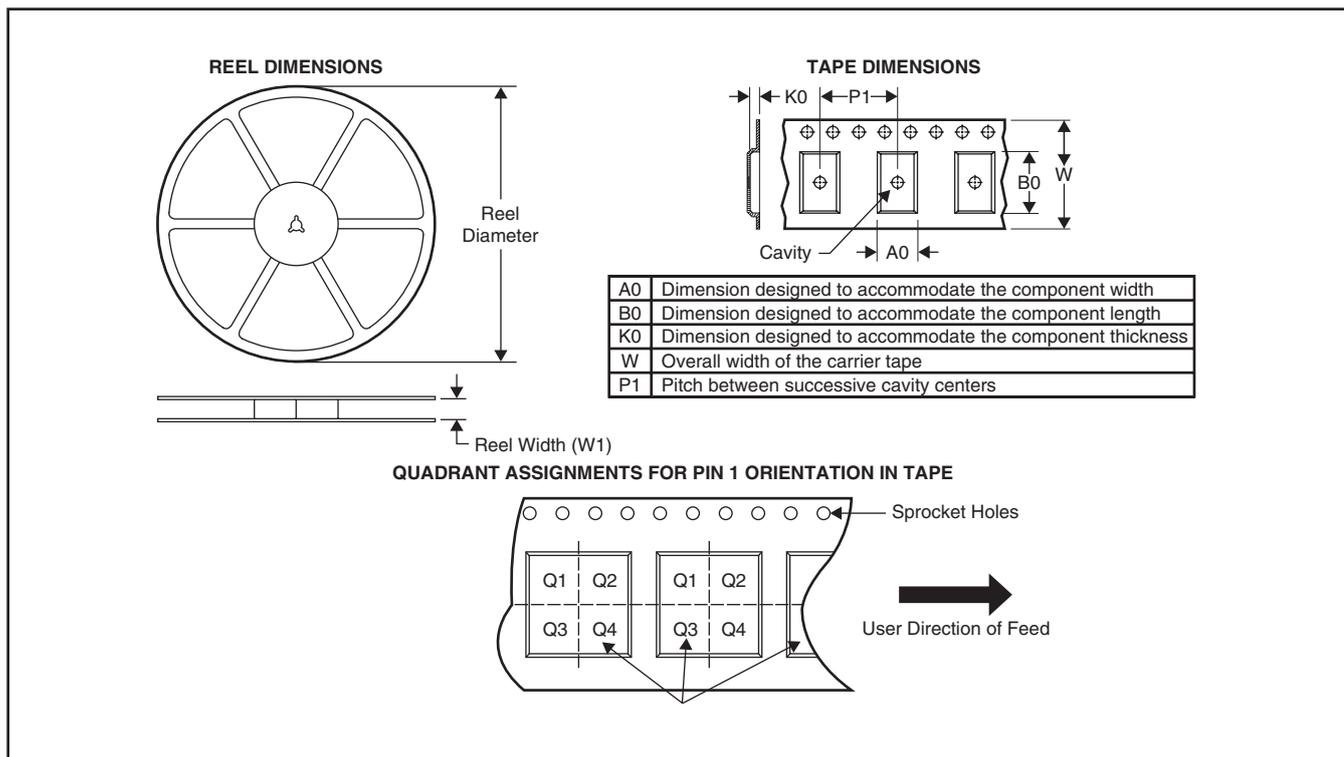
Green (RoHS & no Sb/Br)：TIにおける“Green”は、“Pb-Free”(RoHS互換)に加えて、臭素 (Br) およびアンチモン (Sb) をベースとした難燃材を含まない(均質な材質中のBrまたはSb重量が0.1%を超えない)ことを意味しています。

(3) MSL、ピーク温度 -- JEDEC業界標準分類に従った耐湿性レベル、およびピーク半田温度です。

重要な情報および免責事項：このページに記載された情報は、記載された日付時点でのTIの知識および見解を表しています。TIの知識および見解は、第三者によって提供された情報に基づいており、そのような情報の正確性について何らの表明および保証も行わないものとさせていただきます。第三者からの情報をより良く統合するための努力は続けております。TIでは、事実を適切に表す正確な情報を提供すべく妥当な手順を踏み、引き続きそれを継続してゆきますが、受け入れる部材および化学物質に対して破壊試験や化学分析は実行していない場合があります。TIおよびTI製品の供給者は、特定の情報を機密情報として扱っているため、CAS番号やその他の制限された情報が公開されない場合があります。

パッケージ・材料情報

テープおよびリール・ボックス情報

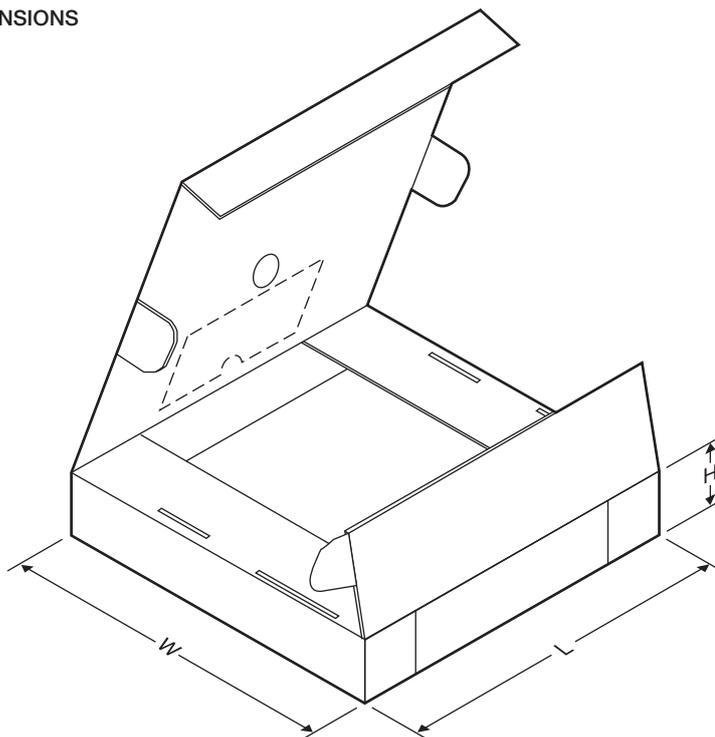


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TMP411ADGKR	MSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.3	1.3	8.0	12.0	Q1
TMP411ADGKT	MSOP	DGK	8	250	330.0	12.4	5.3	3.3	1.3	8.0	12.0	Q1
TMP411ADR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TMP411BDGKR	MSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.3	1.3	8.0	12.0	Q1
TMP411BDGKT	MSOP	DGK	8	250	330.0	12.4	5.3	3.3	1.3	8.0	12.0	Q1
TMP411BDR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TMP411CDGKR	MSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.3	1.3	8.0	12.0	Q1
TMP411CDGKT	MSOP	DGK	8	250	180.0	12.4	5.3	3.3	1.3	8.0	12.0	Q1
TMP411CDR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1

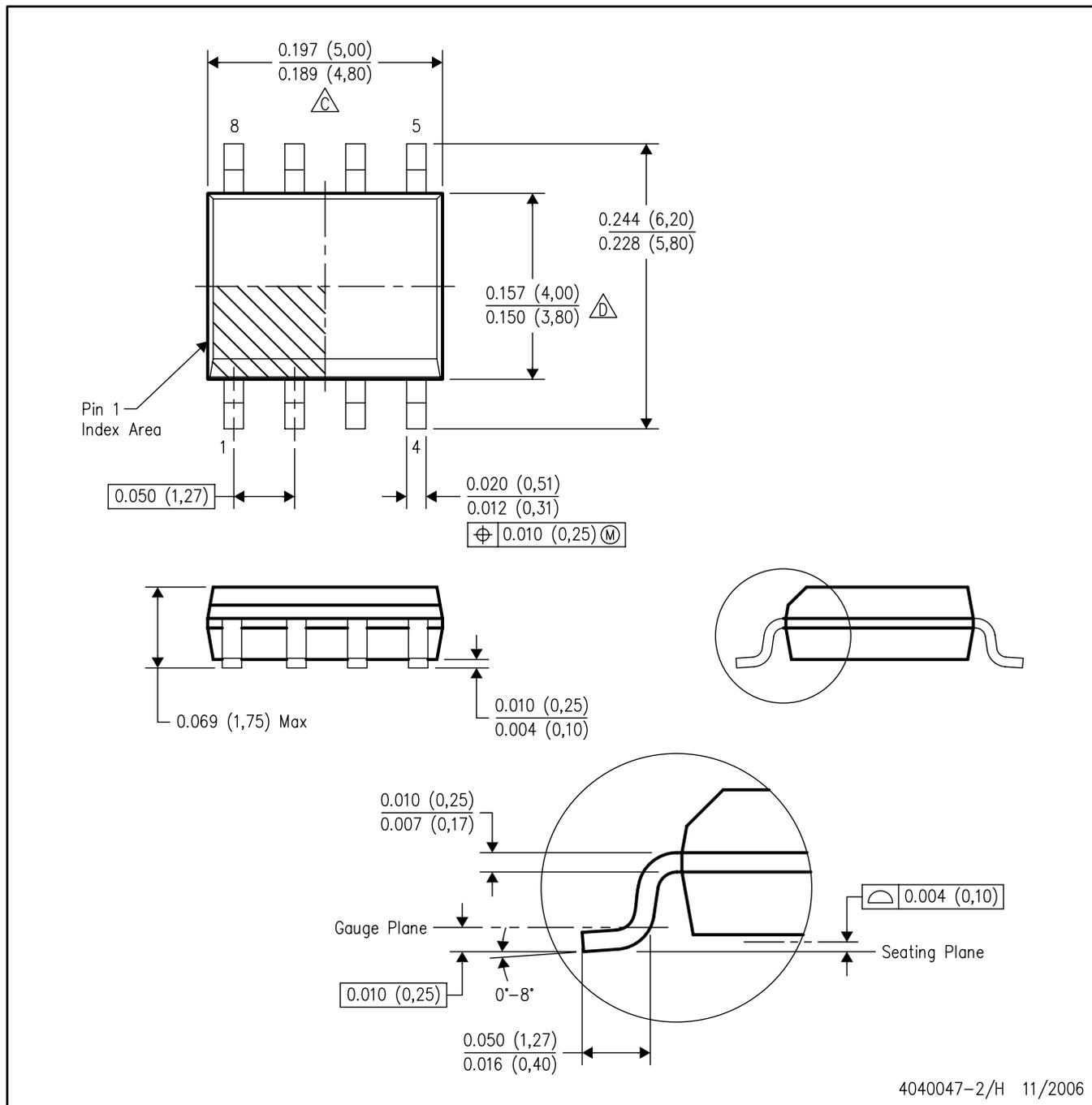
パッケージ・マテリアル情報

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TMP411ADGKR	MSOP	DGK	8	2500	370.0	355.0	55.0
TMP411ADGKT	MSOP	DGK	8	250	370.0	355.0	55.0
TMP411ADR	SOIC	D	8	2500	346.0	346.0	29.0
TMP411BDGKR	MSOP	DGK	8	2500	370.0	355.0	55.0
TMP411BDGKT	MSOP	DGK	8	250	370.0	355.0	55.0
TMP411BDR	SOIC	D	8	2500	346.0	346.0	29.0
TMP411CDGKR	MSOP	DGK	8	2500	370.0	355.0	55.0
TMP411CDGKT	MSOP	DGK	8	250	195.0	200.0	45.0
TMP411CDR	SOIC	D	8	2500	346.0	346.0	29.0



注： A. 全ての線寸法の単位はインチ(ミリメートル)です。

B. 図は予告なく変更することがあります。

△ ボディ長には、モールド・フラッシュや突起、ゲート・バーは含まれません。モールド・フラッシュや突起、ゲート・バーは、片側で.006 (0.15) を超えることはありません。

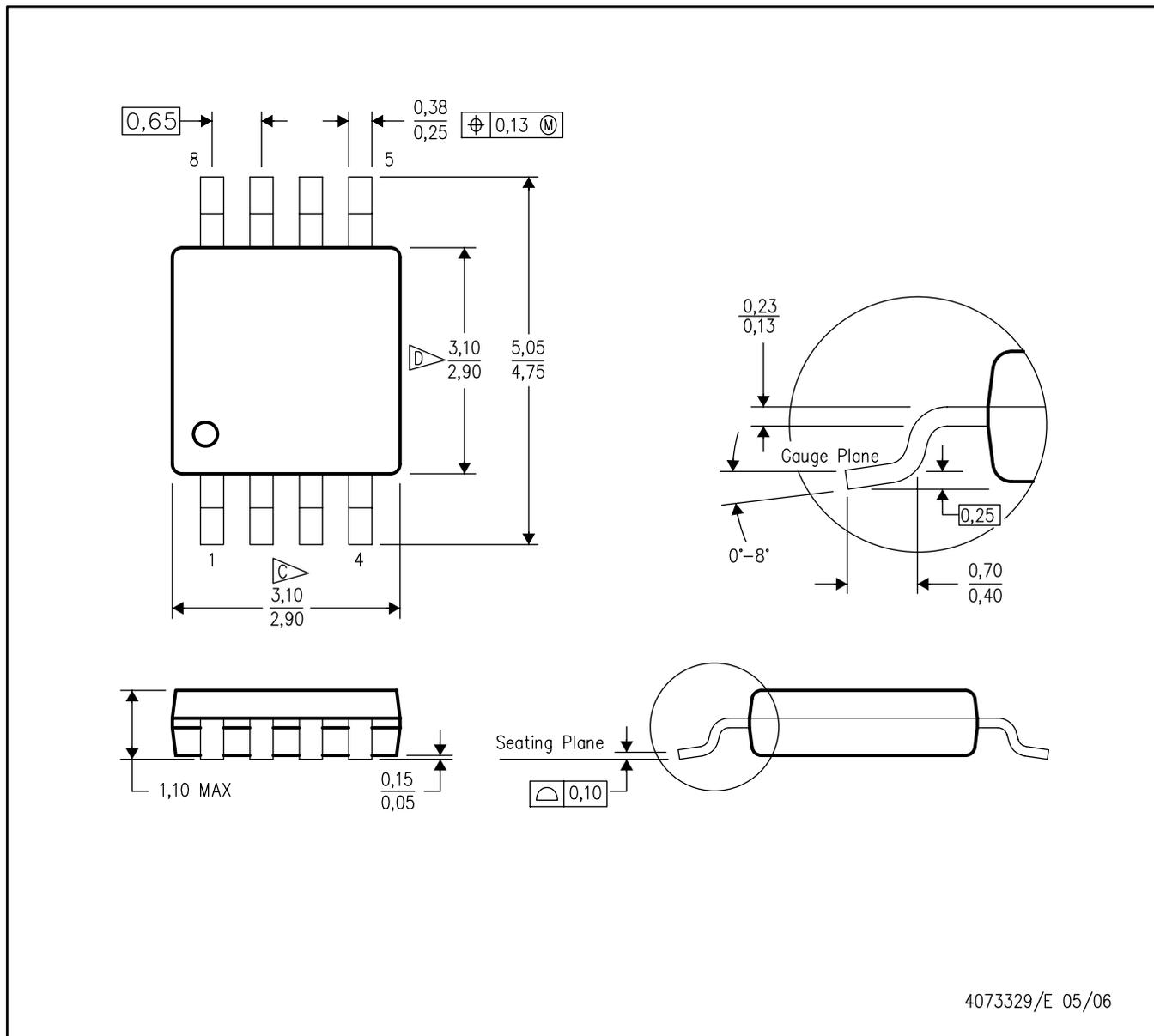
△ ボディ幅には、インターリード・フラッシュは含まれません。インターリード・フラッシュは、片側で0.17 (0.43mm) を超えることはありません。

E. JEDEC MS-012 バリエーション AA を参照。

メカニカル・データ

DGK (S-PDSO-G8)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



4073329/E 05/06

注： A. 全ての線寸法の単位はミリメートルです。

B. 図は予告なく変更することがあります。

C. 本体の長さにはバリや突起、またはゲートのバリを含みません。バリや突起、またはゲートのバリは、各辺0.15を超えてはなりません。

D. 本体の幅は、リード間のバリを含みません。リード間のバリは、各辺0.50を超えてはなりません。

E. リード間のバリを除き、JEDEC M-187 Variation AAに適合しています。

(SBOS383C)

ご注意

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Copyright © 2010, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

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

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

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

2. 温・湿度環境

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

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

以上