



±0.10°C精度のVSMアプリケーション 用16ビット・デジタルI²C温度センサー

データシート

ADT7422

特長

最終 PCB にハンダ付けした状態で ASTM E1112 の医療体温計仕様を満たす精度

25°C~50°C で±0.10°C (3.0V 時)

-20°C~+105°C で±0.25°C (2.7V~3.3V 時)

超低温度ドリフト : 0.0073°C

NIST (アメリカ国立標準技術研究所) 標準に準拠可能
または同等の性能

パワーアップ時の高速な最初の温度変換 : 6ms

容易な実装

温度のキャリブレーションや補正は不要

直線性の補正は不要

低消費電力

1 SPS モードで 140μW (代表値、3.0V 時)

シャットダウン・モードで 6μW (代表値、3.0V 時)

プログラマブル割込み

クリティカル過熱割込み

過熱および低温割込み

I²C 互換インターフェース

16ピン、4mm × 4mm、RoHS 準拠 LFCSP パッケージ

アプリケーション

バイタル・サインのモニタリング(VSM)

医療機器

測温抵抗体 (RTD) とサーミスタの代替

食料の輸送と保管

熱電対冷接点補償機能

環境モニタリングと暖房、換気、空調 (HVAC)

レーザー・ダイオードの温度制御

概要

ADT7422 は、最終プリント基板 (PCB) にハンダ付けした状態で ASTM E1112 規格の医療体温計仕様を満たすように設計された、高精度デジタル I²C 温度センサーです。

ADT7422 は、内部バンド・ギャップ・リファレンス、温度センサー、高精度 A/D コンバータ (ADC) を内蔵しています。ADT7422 は温度計測結果の 16 ビット値を 0.0078°C の分解能で生成します。精度は 25°C~50°C の温度範囲で最大 ±0.10°C であり、PCB ハンダ処理プロセス後のキャリブレーションは不要です。

3.0V 動作時の平均電源電流は 210μA (代表値) です。ADT7422 にはデバイスをパワーダウンさせるシャットダウン・モードがあり、シャットダウン電流は 3.0V 時に 2.0μA (代表値) です。ADT7422 の定格動作温度範囲は-40°C~+125°C です。

ピン A0 とピン A1 はアドレスの選択に利用可能で、ADT7422 に 4 つの I²C アドレスを指定できます。CT ピンはオープンドレイン出力で、温度がプログラマブルなクリティカル温度制限値を超えるとアクティブになります。INT ピンもオープンドレイン出力で、温度がプログラマブルな制限値を超えるとアクティブになります。INT ピンと CT ピンは、コンパレータ・モードと割込みイベント・モードで動作可能です。

製品のハイライト

1. キャリブレーションや補正は不要。
2. 低消費電力。
3. 優れた長期的安定性と信頼性。
4. 工業用、計測用、医療用アプリケーションに適した高精度。

機能ブロック図

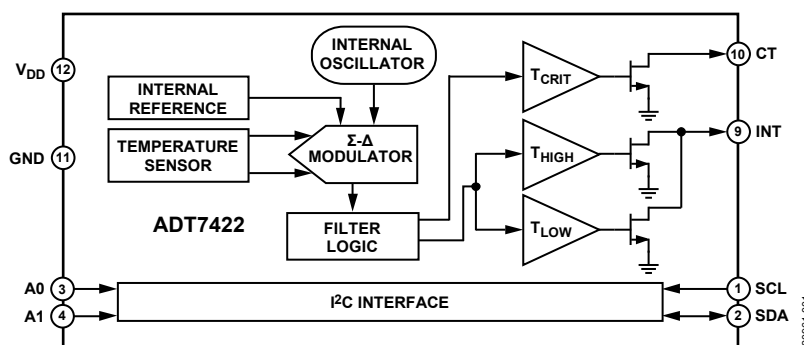


図 1.

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本誌記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

Rev. 0

©2020 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル 10F
電話 03 (5402) 8200

大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー 10F
電話 06 (6350) 6868

名古屋営業所 / 〒451-6038 愛知県名古屋市中区牛島町 6-1 名古屋ルーセントタワー 38F
電話 052 (569) 6300

目次

特長.....	1	温度値レジスタ.....	12
アプリケーション.....	1	ステータス・レジスタ.....	13
概要.....	1	設定レジスタ.....	13
製品のハイライト.....	1	T _{HIGH} セットポイント・レジスタ.....	14
機能ブロック図.....	1	T _{LOW} セットポイント・レジスタ.....	14
改訂履歴.....	2	T _{CRIT} セットポイント・レジスタ.....	14
仕様.....	3	T _{HYST} セットポイント・レジスタ.....	15
I ² C タイミングの仕様.....	4	ID レジスタ.....	15
絶対最大定格.....	5	シリアル・インターフェース.....	16
熱抵抗.....	5	シリアル・バス・アドレス.....	16
ESD に関する注意.....	5	データの書込み.....	17
ピン配置およびピン機能の説明.....	6	データの読出し.....	18
代表的な性能特性.....	7	リセット.....	19
動作原理.....	9	ジェネラル・コール.....	19
回路説明.....	9	INT の出力と CT の出力.....	20
コンバータの詳細.....	9	低温状態と過熱状態の検出.....	20
ノーマル・モード.....	9	アプリケーション情報.....	22
ワンショット・モード.....	9	熱応答時間.....	22
1 SPS モード.....	10	電源のデカップリング.....	22
シャットダウン・モード.....	10	スイッチング・レギュレータを電源にする場合.....	22
障害キュー.....	10	温度計測.....	22
温度データ・フォーマット.....	11	温度計測のためのクイック・ガイド.....	22
温度変換式.....	11	外形寸法.....	23
レジスタ.....	11	オーダー・ガイド.....	23
アドレス・ポインタ・レジスタ.....	12		

改訂履歴

1/2020–Revision 0: 初版

仕様

特に指定がない限り、 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD} = 2.7\text{V} \sim 3.3\text{V}$ 。

表 1.

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions/Comments
TEMPERATURE SENSOR AND ADC						
Accuracy ¹				$\pm 0.10^2$	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 50°C , $V_{DD} = 3.0\text{V}$
				± 0.25	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -20^{\circ}\text{C}$ to $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{V}$ to 3.3V
				± 0.50	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{V}$ to 3.3V
ADC Resolution			13		Bits	Twos complement temperature value of the sign bit plus 12 ADC bits
			16		Bits	Twos complement temperature value of the sign bit plus 15 ADC bit
Temperature Resolution						
13-Bit			0.0625		$^{\circ}\text{C}$	13-bit resolution (sign + 12 bits)
16-Bit			0.0078125		$^{\circ}\text{C}$	16-bit resolution (sign + 15 bits)
Temperature Conversion Time			240		ms	Continuous conversion and one-shot conversion modes
Fast Temperature Conversion Time			6		ms	First conversion on power-up only
1 SPS Mode Conversion Time			60		ms	Conversion time for 1 SPS mode
Temperature Hysteresis ³			± 0.002		$^{\circ}\text{C}$	Temperature cycle = 25°C to 125°C to 25°C
Repeatability			± 0.015		$^{\circ}\text{C}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, average of 10 readings
Drift ⁴			0.0073		$^{\circ}\text{C}$	500-hour stress test at 150°C
DC Power Supply Rejection Ratio (PSRR)			0.1		$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$
DIGITAL OUTPUTS (CT, INT, SDA—OPEN-DRAIN)						
High Output Leakage Current	I_{OH}		0.1	5	μA	CT pin and INT pin pulled up to V_{DD}
Output Low Voltage	V_{OL}			0.4	V	Low output leakage current (I_{OL}) = 1 mA at 3.3 V
Output High Voltage	V_{OH}	$0.7 \times V_{DD}$			V	
Output Capacitance	C_{OUT}		2		pF	
DIGITAL INPUTS (SCL, SDA, A0, A1)						
Input Current				± 1	μA	Input voltage (V_{IN}) = 0 V to V_{DD}
Input Low Voltage	V_{IL}			$0.3 \times V_{DD}$	V	SCL and SDA only
				0.4	V	A0 and A1 only
Input High Voltage	V_{IH}	$0.7 \times V_{DD}$			V	SCL and SDA only
		2			V	A0 and A1 only
SCL and SDA Glitch Rejection			50		ns	Input filtering suppresses noise spikes of <50 ns
Pin Capacitance			2	10	pF	
POWER REQUIREMENTS						
Supply Voltage		2.7	3.0	3.3	V	
Supply Current			210	265	μA	$V_{DD} = 3.3\text{V}$ while converting, I ² C inactive
1 SPS Current			46		μA	$V_{DD} = 3.3\text{V}$ in 1 SPS mode, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$
Shutdown Current			2.0	15	μA	$V_{DD} = 3.3\text{V}$
Power Dissipation Normal Mode			700		μW	$V_{DD} = 3.3\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$
Power Dissipation 1 SPS			140		μW	$V_{DD} = 3.0\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$
Power Dissipation Shutdown Mode			6		μW	$V_{DD} = 3.0\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$

¹ 精度の仕様には繰り返し精度が含まれています。

² これらの制限値は、デバイスが PCB にハンダ付けされた状態での 3σ を表します (16 点ローリング平均フィルタ、300ms のサンプリング期間、連続変換モードを使用)。

³ 温度ヒステリシスの仕様には繰り返し精度は含まれていません。

⁴ ドリフトには、ハンダの熱抵抗と、JEDEC 規格 JESD22-A108 に従って実施される寿命テストが含まれます。

I²C タイミングの仕様

特に指定がない限り、 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD} = 2.7\text{V} \sim 3.3\text{V}$ 。すべての入力信号の仕様は、立上がり時間 (t_R) = 立下がり時間 (t_F) = 5ns (V_{DD} の 10%~90%) で規定され、計時開始点を電圧レベル 1.6V とした場合の値です。

表 2.

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions/Comments
SERIAL INTERFACE						
SCL Frequency		0		400	kHz	See Figure 2. Sample tested during development to ensure compliance. After this period, the first clock is generated. Relevant for repeated start condition.
SCL High Pulse Width	t_{HIGH}	0.6			μs	
SCL Low Pulse Width	t_{LOW}	1.3			μs	
SCL and SDA Rise Time	t_R			0.3	μs	
SCL and SDA Fall Time	t_F			0.3	μs	
Hold Time (Start Condition)	$t_{\text{HD:STA}}$	0.6			μs	
Setup Time (Start Condition)	$t_{\text{SU:STA}}$	0.6			μs	
Data Setup Time	$t_{\text{SU:DAT}}$	0.02			μs	
Setup Time (Stop Condition)	$t_{\text{SU:STO}}$	0.6			μs	
Data Hold Time (Master)	$t_{\text{HD:DAT}}$	0.03			μs	
Bus Free Time (Between Stop and Start Condition)	t_{BUF}	1.3			μs	
Capacitive Load for Each Bus Line	C_B			400	pF	

タイミング図

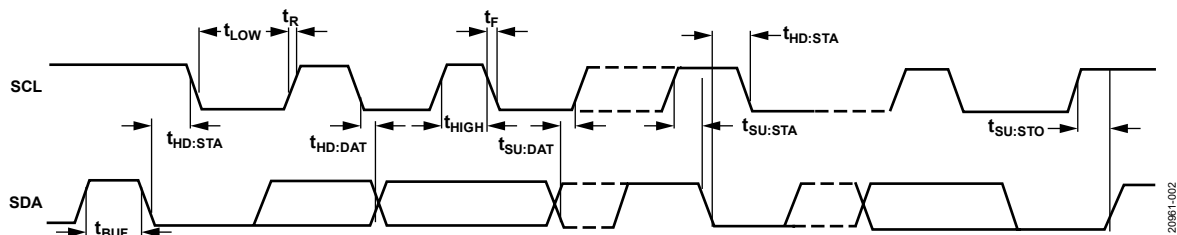


図 2. シリアル・インターフェースのタイミング図

絶対最大定格

特に指定がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表 3.

Parameter	Rating
V_{DD} to GND	-0.3 V to +7 V
SDA Voltage to GND	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V
SCL Output Voltage to GND	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V
A0 Input Voltage to GND	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V
A1 Input Voltage to GND	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V
CT and INT Output Voltage to GND	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V
Operating Temperature Range	-40°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Maximum Junction Temperature	150°C
ESD	
Human Body Model (HBM)	2 kV
Field Induced Charge Device Model (FICDM)	1 kV
Reflow Soldering (Pb-Free)	JEDEC J-STD-020
Peak Temperature	260°C
Time at Peak Temperature	10 sec to 40 sec

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えると、デバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。この規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

熱抵抗

熱性能は、PCB の設計と動作環境に直接関連します。PCB の熱設計には細心の注意が必要です。 θ_{JA} と θ_{JC} は、サーマル・ビアが 16 個ある表面実装パッケージ用の JEDEC 4 層テスト・ボードにハンダ付けされたデバイスで仕様規定されています。表 4 に記載された値は、シミュレートされたデータに基づく値です。

表 4. 熱抵抗

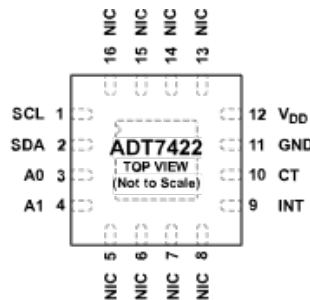
Package Type	θ_{JA}	θ_{JC}	Unit
CP-16-17	37	33	°C/W

ESD に関する注意



ESD（静電放電）の影響を受けやすいデバイスです。電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵していますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

ピン配置およびピン機能の説明



- 注:
1. NICは「内部では未接続」を意味します。NICピンは内部でダイに接続されていません。
 2. デバイスを正しく動作させるには、露出パッドをフロート状態のままにするか、グラウンドに接続する必要があります。露出パッドは、パッケージの機械的強度を高めるためPCB上のパッドにハンダ付けします。

20061-009

図 3. ピン配置

表 5. ピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
1	SCL	I ² C シリアル・クロック入力、オープンドレイン構成。ADT7422 のすべてのレジスタのデータの入力クロックと出力クロックには、シリアル・クロックが使用されます。プルアップ抵抗（通常は 10kΩ）が必要です。
2	SDA	I ² C シリアル・データ入出力、オープンドレイン構成。デバイスのシリアル・データの入出力は、このピンで行います。プルアップ抵抗（通常は 10kΩ）が必要です。
3	A0	I ² C シリアル・バス・アドレス選択ピン、ロジック入力。このピンを GND または V _{DD} に接続して、I ² C アドレスを設定します。
4	A1	I ² C シリアル・バス・アドレス選択ピン、ロジック入力。このピンを GND または V _{DD} に接続して、I ² C アドレスを設定します。
5 to 8, 13 to 16	NIC	内部では未接続。NIC ピンは内部でダイに接続されていません。
9	INT	過熱および低温インジケータ、ロジック出力、オープンドレイン構成。パワーアップ時のデフォルト設定は、アクティブ・ローのコンパレータ割込みです。プルアップ抵抗（通常は 10kΩ）が必要です。
10	CT	クリティカル過熱インジケータ、ロジック出力、オープンドレイン構成。パワーアップ時のデフォルト極性は、アクティブ・ローです。プルアップ抵抗（通常は 10kΩ）が必要です。
11	GND	アナログおよびデジタル・グラウンド。
12	V _{DD}	正側（供給）電源電圧（2.7V~3.3V）。電源は 0.1μF のセラミック・コンデンサを使用してグラウンドにデカップリングすることができます。
	EPAD	露出パッド。デバイスを正しく動作させるには、露出パッドをフロート状態のままにするか、グラウンドに接続する必要があります。露出パッドは、パッケージの機械的強度を高めるため PCB 上のパッドにハンダ付けします。

代表的な性能特性

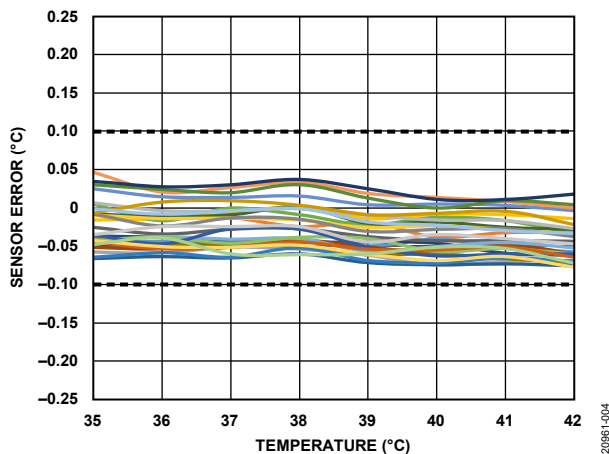


図 4. JEDEC J-STD-020 に基づくハンダ処理後の EVAL-ADT7422MBZ の VSM 温度範囲、 $V_{DD} = 3V$

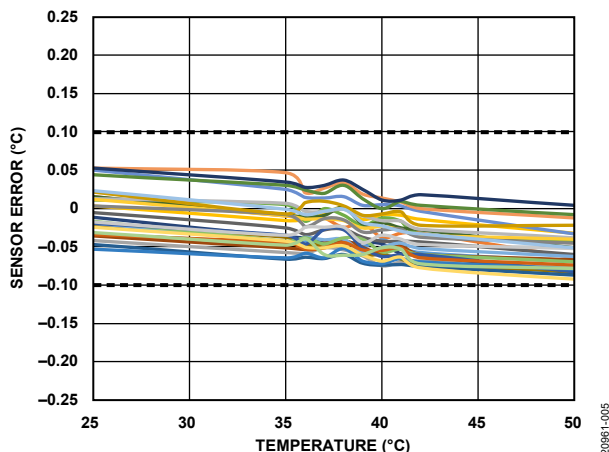


図 5. JEDEC J-STD-020 に基づくハンダ処理後の EVAL-ADT7422MBZ の狭い温度範囲、 $V_{DD} = 3V$

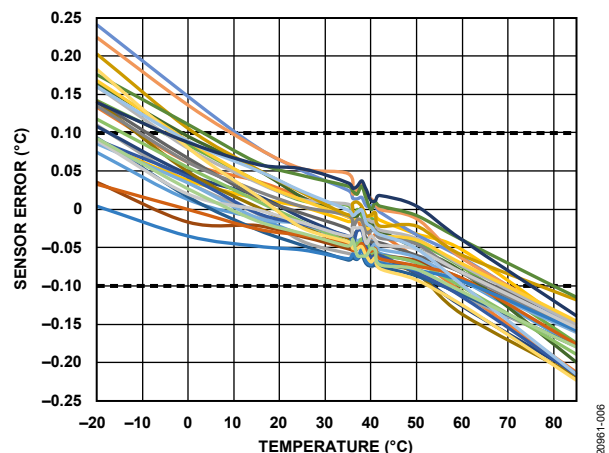


図 6. JEDEC J-STD-020 に基づくハンダ処理後の EVAL-ADT7422MBZ の広い温度範囲、 $V_{DD} = 3V$

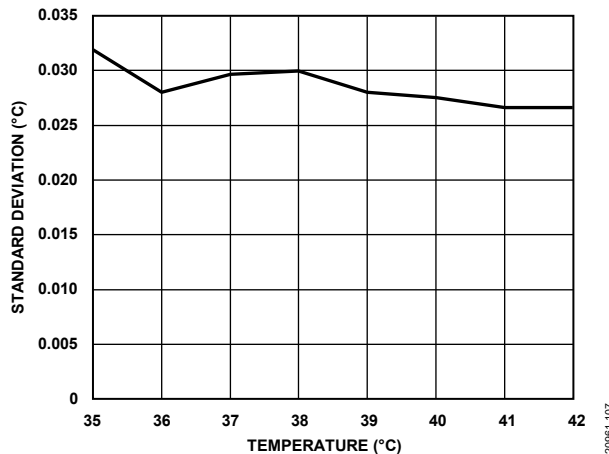


図 7. JEDEC J-STD-020 に基づくハンダ処理後の EVAL-ADT7422MBZ の標準偏差、 $V_{DD} = 3V$

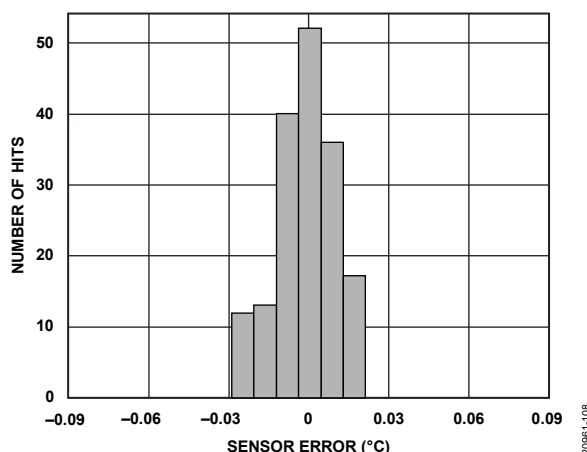


図 8. 170 個のデバイスの 38°C での工場出荷時キャリブレーション誤差のヒストグラム分布、 $V_{DD} = 3V$

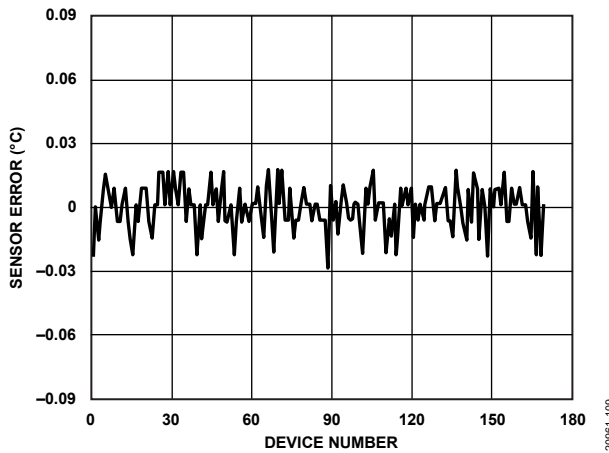


図 9. 170 個のデバイスの 38°C での工場出荷時キャリブレーション誤差、 $V_{DD} = 3V$

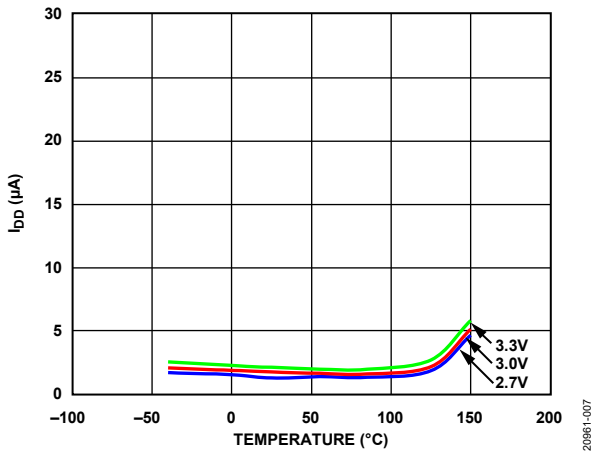


図 10. 様々な電圧でのシャットダウン動作電源電流 (I_{DD}) の温度特性

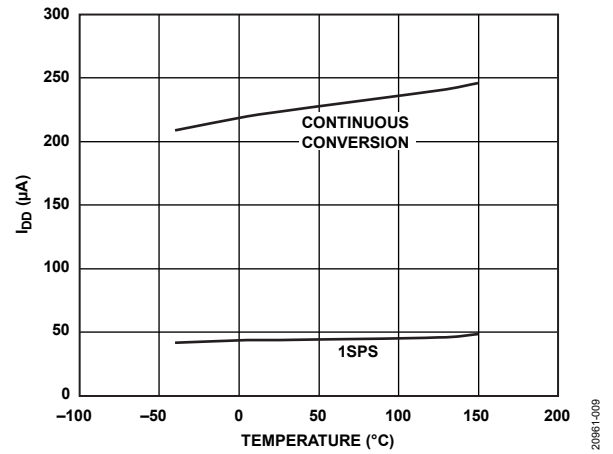


図 12. I_{DD} の温度特性、3V

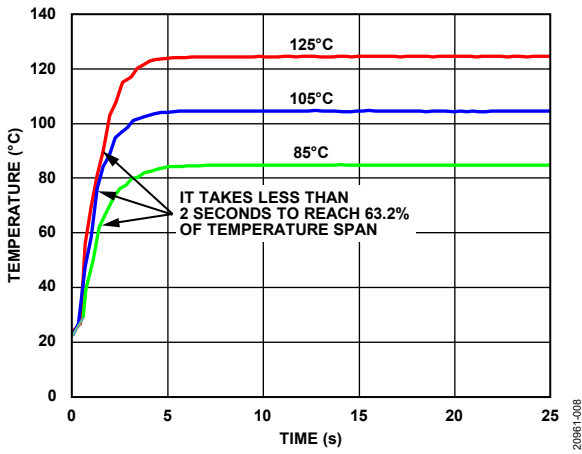


図 11. 様々な温度での熱応答時間

動作原理

回路説明

ADT7422 は高精度のデジタル I²C 温度センサーであり、16 ビット ADC を使用して最大 0.0078°C の分解能で温度をモニタしてデジタル化します。ADC の分解能は、デフォルトでは 13 ビット (0.0625°C) に設定されています。内部温度センサーが絶対温度に比例した電圧を生成し、この電圧は内部電圧リファレンスと比較され、高精度デジタル変調器に入力されます (図 13)。

内部温度センサーは、定格温度範囲全体にわたる高い精度と直線性を備えており、補正やキャリブレーションは不要です。センサーの出力は、(電荷平衡型 ADC と呼ばれる) Σ - Δ モジュレータによってデジタル化されます。このタイプのコンバータは、時間領域オーバーサンプリングと高精度コンパレータを使用して、コンパクトな回路で 16 ビットの分解能を提供します。

コンバータの詳細

Σ - Δ モジュレータは、入力サンプリング、サミング・ネットワーク、積分器、コンパレータ、および 1 ビット D/A コンバータ (DAC) で構成されます。このアーキテクチャは負の帰還ループを形成し、入力電圧の変動に応じてコンパレータの出力のデューティ・サイクルを変化させることにより、積分器の出力を可能な限り小さく抑えます。コンパレータは、積分器の出力を入力のスAMPLING 周波数より高いレートでサンプリングします。このオーバーサンプリングにより、量子化ノイズが入力信号の帯域より広い帯域に分散されるため、全体的なノイズ性能が改善され、精度が向上します。

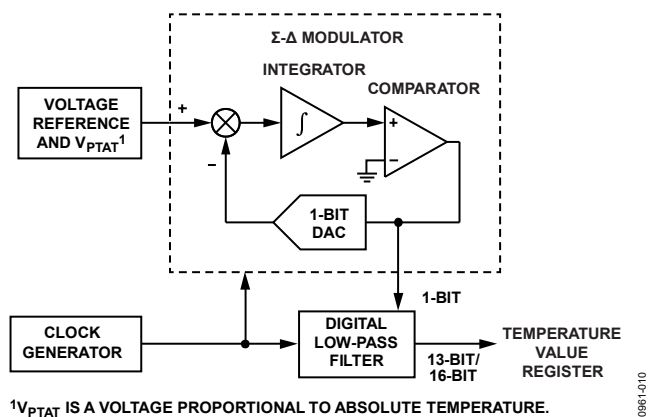


図 13. Σ - Δ モジュレータ

ADT7422 は、ノーマル・モード、ワンショット・モード、1 SPS モード、シャットダウン・モードの 4 つの動作モードで動作できます。

ノーマル・モード

ノーマル・モード (パワーアップ時のデフォルト・モード) では、ADT7422 は自動変換シーケンスを実行します。この自動変換シーケンス中は、1 つの変換が終了するまでに通常 240ms かかります。このシーケンスの間、ADT7422 は連続して変換を実行します。1 つの温度変換が完了すると、すぐに次の温度変換が開始されます。それぞれの温度変換結果は、16 ビット温度値レジスタに格納されます。このレジスタは 8-ビット温度値上位バイト・レジスタと 8-ビット温度値下位バイト・レジスタ (表 7 を参照) で構成され、I²C インターフェースを介して読み出すことができます。連続変換モードで読出しを実行すると、最後に行われた変換の結果が得られます。

パワーアップ時の最初の変換は高速で実行され、標準的な所要時間は 6ms です。温度が 147°C を超えると、CT ピンがローにアサートされます。温度が 64°C を超えると、INT ピンがローにアサートされます。高速変換の温度精度は、標準で $\pm 5^\circ$ C 以内です。

デバイスの変換クロックは内部で生成されます。シリアル・ポートを使用して読出しや書込みを行う場合を除き、外部クロックは必要ありません。

計測された温度値は、(16 ビットの T_{CRIT} セットポイント読出し/書込みレジスタに格納される) クリティカル温度制限値、(16 ビットの T_{HIGH} セットポイント読出し/書込みレジスタに格納される) 高温制限値、および (16 ビットの T_{LOW} セットポイント読出し/書込みレジスタに格納される) 低温制限値と比較されます。計測値がこれらの制限値を超えると、INT ピンがアクティブになります。計測値が T_{CRIT} 制限値を超えると、CT ピンがアクティブになります。INT ピンと CT ピンは、設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03) によってどちらの極性にも設定できます。また、設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03) によって割込みモードを設定できます。

ワンショット・モード

ワンショット・モードを有効にするには、設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03) のビット 6 を 0 に設定し、ビット 5 を 1 に設定します。このモードを有効にすると、ADT7422 は直ちに変換を終了してシャットダウン・モードに移行します。

動作モード・ビットへの書込み後、少なくとも 240ms 待機してから、レジスタ・アドレス 0x00 およびレジスタ・アドレス 0x01 の温度値から温度を読み出します (表 7 を参照)。ADT7422 はこの時間内にパワーアップして変換を完了します。

最新の温度変換結果を得るには、設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03) のビット 6 を 0 にリセットし、ビット 5 を 1 にリセットします。

ワンショット・モードは、消費電力の削減が回路設計の優先事項である場合に役に立ちます。

ワンショット・モードでの CT と INT の動作

温度がいずれかの制限値を超えて T_{CRIT} 過熱イベントが発生した場合のワンショット・モードの CT ピンの動作については、図 14 を参照してください。割込みモードでは、任意のレジスタからの読出しによって INT ピンと CT ピンがリセットされることに注意してください。

コンパレータ・モードでは、温度が $T_{HIGH} - T_{HYST}$ より低くなるか、 $T_{LOW} + T_{HYST}$ より高くなると、動作モード・ビット (レジスタ・アドレス 0x03、ビット[6:5]) への書込みによって INT ピンがリセットされます。

コンパレータ・モードでは、温度が $T_{CRIT} - T_{HYST}$ より低くなると、動作モード・ビット (レジスタ・アドレス 0x03、ビット[6:5]) への書込みによって CT ピンがリセットされます(図 14 を参照)。

ワンショット・モードを使用するときは、アプリケーションに適した更新レートを使用していることを確認してください。

1 SPS モード

1 SPS モードでは、1 秒ごとに 1 回の計測を実行します。1 回の変換には通常 60ms かかるため、残りの 940ms の間デバイスはアイドル状態になります。1 SPS モードを有効にするには、設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03) のビット 6 に 1 を書き込み、ビット 5 に 0 を書き込みます。

シャットダウン・モード

ADT7422 をシャットダウン・モードにするには、設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03) のビット 6 とビット 5 に 1 を書き込みます。この場合、IC 全体がシャットダウンされ、

ADT7422 がシャットダウン・モードを終了するまで、次の変換は開始されません。ADT7422 のシャットダウン・モードを終了するには、設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03) のビット 6 とビット 5 に 0 を書き込みます。シャットダウン・モードが終了するまでに、通常 1ms かかります (0.1 μ F のデカップリング・コンデンサ使用時)。ADT7422 がシャットダウン・モードになっていても、シャットダウン前の最後の変換結果を読み出すことは可能です。シャットダウン・モードを終了すると、内部クロックが始動して変換が開始されます。

障害キュー

設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03) のビット 0 とビット 1 を使用して、障害キューを設定できます。このキューには、ノイズの多い温度環境で ADT7422 を使用する場合に INT ピンと CT ピンの誤作動を防ぐために、最大 4 つの障害イベントを設定できます。INT と CT の出力をセットするには、キューに設定された数の障害が連続して発生する必要があります。例えば、キューに設定された障害の数が 4 の場合、INT ピンと CT ピンがアクティブになるためには、温度変換が 4 回連続して行われ、それぞれの結果がすべて、いずれかの制限値レジスタに格納されている温度制限値を超える必要があります。温度変換の結果が 2 つ連続して温度制限値を超え、3 番目の変換は制限値を超えなかった場合、障害カウントは 0 にリセットされます。

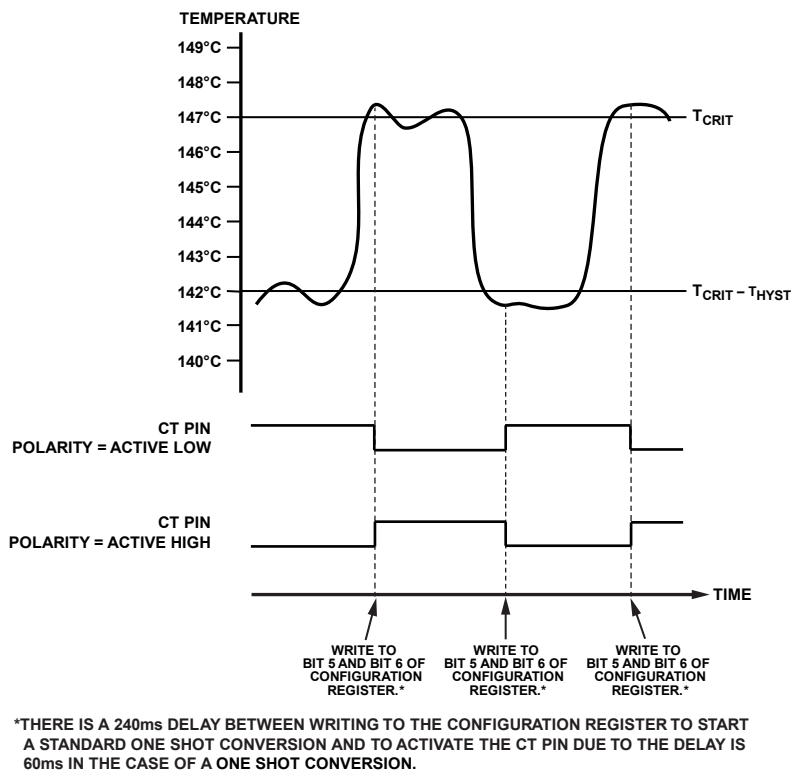


図 14. ワンショット CT ピン

温度データ・フォーマット

ADC の 1 LSB は、13 ビット・モードでは 0.0625°C、16 ビット・モードでは 0.0078°C に相当します。ADT7422 は 255°C の温度範囲を計測できますが、ADT7422 で計測可能な低温制限値は-40°C、高温制限値は+125°C まで確保されています。温度計測の結果は 16 ビット温度値レジスタに格納され、(8-ビット T_{CRIT} セットポイント上位バイト・レジスタと 8-ビット T_{CRIT} セットポイント下位バイト・レジスタで構成される) 16 ビット T_{CRIT} セットポイント・レジスタおよび (8-ビット T_{HIGH} セットポイント上位バイト・レジスタと 8-ビット T_{HIGH} セットポイント下位バイト・レジスタで構成される) 16 ビット T_{HIGH} セットポイント・レジスタに格納される高温制限値と比較されます。また、この温度値は、(8-ビット T_{LOW} セットポイント上位バイト・レジスタと 8-ビット T_{LOW} セットポイント下位バイト・レジスタで構成される) T_{LOW} セットポイント・レジスタに格納される低温制限値とも比較されます。

温度値レジスタ、T_{CRIT} セットポイント・レジスタ、T_{HIGH} セットポイント・レジスタ、および T_{LOW} セットポイント・レジスタ内の温度データは、13 ビットの 2 の補数ワードで表されます。MSB は温度符号ビットです。パワーアップ時の 3 つの LSB (ビット[2:0]) は温度変換結果の一部ではなく、T_{CRIT}、T_{HIGH}、T_{LOW} のフラグ・ビットです。ビット[2:0]を除く 13 ビット温度データ・フォーマットを表 6 に示します。

温度データ・ワードのビット数を 16 ビット (2 の補数) に拡張するには、設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03) のビット[7:1]を設定します。16 ビット温度データ値を使用する場合、ビット[2:0]は、フラグ・ビットとしてではなく温度値の LSB ビットとして使われます。パワーオン時のデフォルト設定では、13 ビット温度データ値を使用します。温度値レジスタから温度を読み出すには、2 バイト読出しを実行する必要があります。ADT7422 は、9 ビット温度データ・フォーマットも使用できます。この場合、13 ビット温度値の最後の 4 つの LSB は無視されます。これら 4 つの LSB は、表 6 のビット[6:3]です。

表 6. 13 ビット温度データ・フォーマット

Temperature	Digital Output (Binary) Bits[15:3]	Digital Output (Hexadecimal)
-40° C	1 1101 1000 0000	0x1D80
-25° C	1 1110 0111 0000	0x1E70
-0.0625° C	1 1111 1111 1111	0x1FFF
0° C	0 0000 0000 0000	0x000
+0.0625° C	0 0000 0000 0001	0x001
+25° C	0 0001 1001 0000	0x190
+105° C	0 0110 1001 0000	0x690
+125° C	0 0111 1101 0000	0x7D0
+150° C	0 1001 0110 0000	0x960

温度変換式

16 ビット温度データ・フォーマット

次式を使用して、ADT7422 の 16 ビット・フォーマットの出力コードから、計測された温度を°C 単位で計算します。

$$\text{正の温度} = \text{ADC コード (10 進数)} / 128$$

$$\text{負の温度} = (\text{ADC コード (10 進数)} - 65,536) / 128$$

ここで、ADC コードは、符号ビットを含む 16 ビットのデータ・バイトすべてを使用します。

$$\text{負の温度} = (\text{ADC コード (10 進数)} - 32,768) / 128$$

ここで、ビット 15 (符号ビット) は ADC コードから除かれます。

13 ビット温度データ・フォーマット

次式を使用して、ADT7422 の 13 ビット・フォーマットの出力コードから、計測された温度を°C 単位で計算します。

$$\text{正の温度} = \text{ADC コード (10 進数)} / 16$$

$$\text{負の温度} = (\text{ADC コード (10 進数)} - 8192) / 16$$

ここで、ADC コードは、符号ビットを含むデータ・バイトの最初の 13 MSB を使用します。

$$\text{負の温度} = (\text{ADC コード (10 進数)} - 4096) / 16$$

ここで、ビット 15 (符号ビット) は ADC コードから除かれます。

10 ビット温度データ・フォーマット

次式を使用して、ADT7422 の 10 ビット・フォーマットの出力コードから、計測された温度を°C 単位で計算します。

$$\text{正の温度} = \text{ADC コード (10 進数)} / 2$$

$$\text{負の温度} = (\text{ADC コード (10 進数)} - 1024) / 2$$

ここで、ADC コードは、符号ビットを含む 10 ビットのデータ・バイトすべてを使用します。

$$\text{負の温度} = (\text{ADC コード (10 進数)} - 512) / 2$$

ここで、ビット 9 (符号ビット) は ADC コードから除かれます。

9 ビット温度データ・フォーマット

次式を使用して、ADT7422 の 9 ビット・フォーマットの出力コードから、計測された温度を°C 単位で計算します。

$$\text{正の温度} = \text{ADC コード (10 進数)}$$

$$\text{負の温度} = \text{ADC コード (10 進数)} - 512$$

ここで、ADC コードは、符号ビットを含む 9 ビットのデータ・バイトすべてを使用します。

$$\text{負の温度} = \text{ADC コード (10 進数)} - 256$$

ここで、ビット 8 (符号ビット) は ADC コードから除かれます。

レジスタ

ADT7422 は、表 7 に示す 13 個のレジスタとアドレス・ポインタ・レジスタを内蔵しています。次のようなレジスタがあります。

- 9 個の温度レジスタ
- 1 個のステータス・レジスタ

- 1 個の ID レジスタ
- 1 個の設定レジスタ
- 1 個のアドレス・ポインタ・レジスタ
- 1 個のソフトウェア・リセット

すべてのレジスタは 8 ビット幅です。温度値レジスタ、ステータス・レジスタ、ID レジスタは読み出し専用レジスタです。ソフトウェア・リセット・レジスタは書き込み専用レジスタです。パワーアップ時に、アドレス・ポインタ・レジスタには 0x00 がロードされ、温度値上位バイト・レジスタ（レジスタ・アドレス 0x00）をポイントします（表 7 を参照）。

表 7. レジスタ

レジスタ・アドレス	説明	パワーオン時のデフォルト
0x00	温度値上位バイト	0x00
0x01	温度値下位バイト	0x00
0x02	ステータス	0x00
0x03	設定	0x00
0x04	T _{HIGH} セットポイント上位バイト	0x20 (64°C)
0x05	T _{HIGH} セットポイント下位バイト	0x00 (64°C)
0x06	T _{LOW} セットポイント上位バイト	0x05 (10°C)
0x07	T _{LOW} セットポイント下位バイト	0x00 (10°C)
0x08	T _{CRIT} セットポイント上位バイト	0x49 (147°C)
0x09	T _{CRIT} セットポイント下位バイト	0x80 (147°C)
0x0A	T _{HYST} セットポイント	0x05 (5°C)
0x0B	ID	0xCB
0x0C	予備	0XX
0x0D	予備	0XX
0x2E	予備	0XX
0x2F	ソフトウェア・リセット	0XX

アドレス・ポインタ・レジスタ

ADT7422 への書き込み時には、必ず最初にアドレス・ポインタ・レジスタへの書き込みが実行されます。アドレス・ポインタ・レジスタは、書き込みまたは読み出しトランザクションの対象となるレジスタのアドレスに設定されます。ADT7422 の各レジスタのレジスタ・アドレスを表 7 に示します。アドレス・ポインタ・レジスタのデフォルト値は 0x00 です。

表 8. アドレス・ポインタ・レジスタ

P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
ADD 7	ADD 6	ADD 5	ADD 4	ADD 3	ADD 2	ADD 1	ADD 0

温度値レジスタ

温度値は、2 バイト（1 つの上位バイトと 1 つの下位バイト）で構成されます。これらの値は、1 バイトずつ 2 回の読み出し、1 回の 2 バイト読み出しで読み出すことができます。2 バイト読み出しでは、上位バイトのアドレスだけがアドレス・ポインタ・レジスタにロードされます。上位バイトが読み出された後、アドレス・ポインタは自動的にインクリメントされるため、同じトランザクションで下位バイトも読み出すことができます。

ビット 0～ビット 2 は、T_{LOW}、T_{HIGH}、T_{CRIT} セットポイント上位バイト・レジスタおよび下位バイト・レジスタ用のイベント・アラーム・フラグです。ADC が温度を 16 ビット・デジタル値に変換するように設定されている場合、ビット 0～ビット 2 はフラグ・ビットとしてではなく、拡張されたデジタル値の LSB として使われます。

表 9. 温度値上位バイト・レジスタ（レジスタ・アドレス 0x00）

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[14:8]	0000000	R	Temp	2 の補数フォーマットで表される温度値
15	0	R	Sign	温度値が負か正かを示す符号ビット

表 10. 温度値下位バイト・レジスタ（レジスタ・アドレス 0x01）

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
0	0	R	T _{LOW} flag/LSB0	設定レジスタ（レジスタ・アドレス 0x03）のビット 7 = 0（13 ビット分解能）の場合、T _{LOW} イベントにフラグを立てます。温度値が T _{LOW} より低くなると、このビットは 1 に設定されます。 設定レジスタ（レジスタ・アドレス 0x03）のビット 7 = 1（16 ビット分解能）の場合、15 ビット温度値の最下位ビット（ビット 0）を格納します。
1	0	R	T _{HIGH} flag/LSB1	設定レジスタ（レジスタ・アドレス 0x03）のビット 7 = 0（13 ビット分解能）の場合、T _{HIGH} イベントにフラグを立てます。温度値が T _{HIGH} より高くなると、このビットは 1 に設定されます。 設定レジスタ（レジスタ・アドレス 0x03）のビット 7 = 1（16 ビット分解能）の場合、15 ビット温度値の最下位ビット（ビット 1）を格納します。
2	0	R	T _{CRIT} flag/LSB2	設定レジスタ（レジスタ・アドレス 0x03）のビット 7 = 0（13 ビット分解能）の場合、T _{CRIT} イベントにフラグを立てます。温度値が T _{CRIT} を超えると、このビットは 1 に設定されます。 設定レジスタ（レジスタ・アドレス 0x03）のビット 7 = 1（16 ビット分解能）の場合、15 ビット温度値の最下位ビット（ビット 2）を格納します。
[7:3]	00000	R	Temp	2 の補数フォーマットで表される温度値。

ステータス・レジスタ

この 8 ビット読み専用レジスタには、CT ピンと INT ピンをアクティブにする過熱割込みと低温割込みのステータスが反映されます。ステータス・レジスタには、温度変換動作のステータスも反映されます。このレジスタの割込みフラグは、ステータス・レジスタの読み動作が実行された場合、または温度がヒステリシスを含む温度制限の範囲内に戻った場合にリセットされます。RDYビットは、温度値レジスタからの読み出し後にリセットされます。ワンショット・モード

と 1 SPS モードでは、RDYビットは、設定レジスタの動作モード・ビットへの書き込み後にリセットされます。

設定レジスタ

この 8 ビット読み/書き専用レジスタには、シャットダウン・モード、過熱および低温割込み、ワンショット・モード、連続変換モード、割込みピンの極性、過熱障害キューなど、ADT7422 のさまざまな設定モードが格納されます。

表 11. ステータス・レジスタ (レジスタ・アドレス 0x02)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[3:0]	0000	R	Unused	0 が読み出されます。
4	0	R	T _{LOW}	このビットは、温度が温度制限値の T _{LOW} より低くなると、1 にセットされます。このビットは、ステータス・レジスタが読み出されるか、計測された温度がセットポイント・レジスタに設定された制限値 (T _{LOW} + T _{HYST}) より高い値に戻ると、0 にクリアされます。
5	0	R	T _{HIGH}	このビットは、温度が温度制限値の T _{HIGH} より高くなると、1 にセットされます。このビットは、ステータス・レジスタが読み出されるか、計測された温度がセットポイント・レジスタに設定された制限値 (T _{HIGH} - T _{HYST}) より低い値に戻ると、0 にクリアされます。
6	0	R	T _{CRIT}	このビットは、温度が温度制限値の T _{CRIT} より高くなると、1 にセットされます。ステータス・レジスタが読み出されるか、計測された温度がセットポイント・レジスタに設定された制限値 (T _{CRIT} - T _{HYST}) より低い値に戻ると、0 にクリアされます。
7	1	R	RDY	このビットは、温度変換結果が温度値レジスタに書き込まれると、ローになります。温度値レジスタが読み出されると、1 にリセットされます。ワンショット・モードと 1 SPS モードでは、このビットは、設定レジスタの動作モード・ビットへの書き込み後にリセットされます。

表 12. 設定レジスタ (レジスタ・アドレス 0x03)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[1:0]	00	R/W	Fault queue	これらの 2 ビットによって設定された数の低温/過熱障害が発生すると、INT ピンと CT ピンがセットされます。これにより、温度ノイズによるトリガの誤作動を防ぐことができます。 00 = 1 回の障害 (デフォルト)。 01 = 2 回の障害。 10 = 3 回の障害。 11 = 4 回の障害。
2	0	R/W	CT pin polarity	このビットは、CT ピンの出力極性を選択します。 0 = アクティブ・ロー。 1 = アクティブ・ハイ。
3	0	R/W	INT pin polarity	このビットは、INT ピンの出力極性を選択します。 0 = アクティブ・ロー。 1 = アクティブ・ハイ。
4	0	R/W	INT/CT mode	このビットは、コンパレータ・モードと割込みモードの選択を行います。 0 = 割込みモード。 1 = コンパレータ・モード。
[6:5]	00	R/W	Operation mode	これらの 2 ビットは、ADT7422 の動作モードを設定します。 00: 連続変換 (デフォルト)。1 つの変換が終了すると、ADT7422 は次の変換を開始します。 01 = ワンショット。変換時間は通常 240ms です。 10 = 1 SPS モード。変換時間は通常 60ms です。この動作モードでは、平均消費電流が低減されます。 11 = シャットダウン。インターフェース回路を除くすべての回路がパワーダウンします。
7	0	R/W	Resolution	このビットは、変換時の ADC の分解能を設定します。 0 = 13 ビット分解能。符号ビット + 12 ビットで 0.0625°C の温度分解能が得られます。 1 = 16 ビット分解能。符号ビット + 15 ビットで 0.0078°C の温度分解能が得られます。

T_{HIGH} セットポイント・レジスタ

T_{HIGH} セットポイント上位バイト・レジスタと T_{HIGH} セットポイント下位バイト・レジスタは、過熱制限値を格納します。温度値レジスタに格納される温度値が、このレジスタに格納されている値を超えると、過熱イベントが発生します。過熱イベントが発生すると、INT ピンがアクティブになります。温度は 2 の補数フォーマットで格納され、最上位ビットは温度符号ビットです。

このレジスタから値を読み出すと、最初に上位 8 ビット (ビット 15~ビット 8) がレジスタ・アドレス 0x04 から読み出され、次に下位 8 ビット (ビット 7~ビット 0) がレジスタ・アドレス 0x05 (T_{HIGH} セットポイント下位バイト・レジスタ) から読み出されます。アドレス・ポインタ・レジスタには、レジスタ・アドレス 0x04 (T_{HIGH}、セットポイントの上位バイト) の設定をするだけです。というのは、上位バイト書き込み後、ポインタの内容は自動的にインクリメントされ T_{HIGH} の下位バイトのレジスタ・アドレス、0x05 になるからです。

T_{HIGH} セットポイント・レジスタのデフォルトの設定値は 64°C です。

T_{LOW} セットポイント・レジスタ

T_{LOW} セットポイント上位バイト・レジスタと T_{LOW} セットポイント下位バイト・レジスタは、低温制限値を格納します。温度値レジスタに格納される温度値が、このレジスタに格納されている値より低くなると、低温イベントが発生します。低温イベントが発生すると、INT ピンがアクティブになります。温度は 2 の補数フォーマットで格納され、MSB は温度符号ビットです。

このレジスタから値を読み出すと、最初に上位 8 ビット (ビット 15~ビット 8) がレジスタ・アドレス 0x06 から読

み出され、次に下位 8 ビット (ビット 7~ビット 0) がレジスタ・アドレス 0x07 から読み出されます。アドレス・ポインタ・レジスタには、レジスタ・アドレス 0x06 (T_{LOW}、セットポイントの上位バイト) の設定をするだけです。というのは、上位バイト書き込み後、ポインタの内容は自動的にインクリメントされ T_{LOW} の下位バイトのレジスタ・アドレス、0x07 になるからです。

T_{LOW} セットポイント・レジスタのデフォルトの設定値は 10°C です。

T_{CRIT} セットポイント・レジスタ

T_{CRIT} セットポイント上位バイト・レジスタと T_{CRIT} セットポイント下位バイト・レジスタは、クリティカル過熱制限値を格納します。温度値レジスタに格納される温度値が、このレジスタに格納されている値を超えると、クリティカル過熱イベントが発生します。クリティカル過熱イベントが発生すると、CT ピンがアクティブになります。温度は 2 の補数フォーマットで格納され、MSB は温度符号ビットです。

このレジスタから値を読み出すと、最初に上位 8 ビット (ビット 15~ビット 8) がレジスタ・アドレス 0x08 (T_{CRIT} セットポイント上位バイト・レジスタ) から読み出され、次に下位 8 ビット (ビット 7~ビット 0) がレジスタ・アドレス 0x09 (T_{CRIT} セットポイント下位バイト・レジスタ) から読み出されます。アドレス・ポインタ・レジスタには、レジスタ・アドレス 0x08 (T_{CRIT}、セットポイントの上位バイト) の設定をするだけです。というのは、上位バイト書き込み後、ポインタの内容は自動的にインクリメントされ T_{CRIT} の下位バイトのレジスタ・アドレス、0x09 になるからです。T_{CRIT} セットポイント・レジスタのデフォルトの設定値は 147°C です。

表 13. T_{HIGH} セットポイント上位バイト・レジスタ (レジスタ・アドレス 0x04)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[15:8]	0x20	R/W	T _{HIGH} most significant byte	2 の補数フォーマットで格納される、過熱制限値の MSB。

表 14. T_{HIGH} セットポイント下位バイト・レジスタ (レジスタ・アドレス 0x05)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[7:0]	0x00	R/W	T _{HIGH} least significant byte	2 の補数フォーマットで格納される、過熱制限値の LSB。

表 15. T_{LOW} セットポイント上位バイト・レジスタ (レジスタ・アドレス 0x06)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[15:8]	0x05	R/W	T _{LOW} most significant byte	2 の補数フォーマットで格納される、低温制限値の MSB。

表 16. T_{LOW} セットポイント下位バイト・レジスタ (レジスタ・アドレス 0x07)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[7:0]	0x00	R/W	T _{LOW} least significant byte	2 の補数フォーマットで格納される、低温制限値の LSB。

表 17. T_{CRIT} セットポイント上位バイト・レジスタ (レジスタ・アドレス 0x08)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[15:8]	0x49	R/W	T _{CRIT} most significant byte	2 の補数フォーマットで格納される、クリティカル過熱制限値の MSB。

表 18. T_{CRIT} セットポイント下位バイト・レジスタ (レジスタ・アドレス 0x09)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[7:0]	0x80	R/W	T _{CRIT} least significant byte	2 の補数フォーマットで格納される、クリティカル過熱制限値の LSB。

T_{HYST} セットポイント・レジスタ

この 8 ビット読み出し/書き込みレジスタは、T_{HIGH}、T_{LOW}、および T_{CRIT} 温度制限値の温度ヒステリシス値を格納します。温度ヒステリシス値は、下位 4 ビットを使用してストレート・バイナリ・フォーマットで保存されます。0°C から 15°C まで 1°C ステップでのインクリメントが可能です。このレジスタの値は、T_{HIGH} および T_{CRIT} 値からは減算され、T_{LOW} 値には加算されて、ヒステリシスが実現されます。

ID レジスタ

この 8 ビット読み出し専用レジスタは、ビット 3～ビット 7 に製造 ID を格納し、ビット 0～ビット 2 にシリコン・リビジョンを格納します。ID レジスタのデフォルト設定は 0xCB です。

表 19. T_{HYST} セットポイント・レジスタ (レジスタ・アドレス 0x0A)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[3:0]	0101	R/W	T _{HYST}	0°C から 15°C までのヒステリシス値。ストレート・バイナリ・フォーマットで格納されます。デフォルトの設定値は 5°C です。
[7:4]	0000	R/W	Not applicable	未使用。

表 20. ID レジスタ (レジスタ・アドレス 0x0B)

ビット	デフォルト値	タイプ	名前	説明
[2:0]	011	R	Revision ID	シリコン・リビジョンの ID 番号が格納されています。
[7:3]	11001	R	Manufacture ID	製造 ID 番号が格納されています。

シリアル・インターフェース

ADT7422 の制御は、I²C 互換のシリアル・インターフェースを介して実行されます。ADT7422 は、このバスにスレーブとして接続され、マスタ・デバイスによって制御されます。図 15 に、代表的な I²C インターフェース接続を示します。

シリアル・バス・アドレス

ほとんどの I²C 互換デバイスと同様に、ADT7422 には 7 ビットのシリアル・アドレスが与えられます。ADT7422 では、このアドレスの上位 5 ビットは内部で 10010 に配線接続されています。下位 2 ビットはピン A1 とピン A0 で設定されます。これらのピンをローまたはハイに設定することにより、4 つの異なるアドレスを選択できます。利用可能なバス・アドレスの選択肢を表 21 に示します。SDA ラインと SCL ラインの推奨プルアップ抵抗値は 10kΩ です。

表 21. I²C バス・アドレス・オプション

Binary							Hexadecimal
A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
1	0	0	1	0	0	0	0x48
1	0	0	1	0	0	1	0x49
1	0	0	1	0	1	0	0x4A
1	0	0	1	0	1	1	0x4B

シリアル・バス・プロトコルは次のように動作します。

1. マスタが開始条件を確立して、データ転送を開始します。開始条件は、シリアル・クロック・ライン (SCK) がハイに保たれている状態でのシリアル・データ・ライン (SDA) のハイからローへの遷移として規定されます。この開始条件は、アドレスとデータ・ストリームが後に続くことを示します。シリアル・バスに接続されているすべてのスレーブ・ペリフェラルが開始条件に応答し、次の 8 ビットをシフトして取り込みます。これらのビットは、7 ビットのアドレス (MSB ファースト) + 読出し/書込み (R/W) ビットで構成されます。R/W ビットは、スレーブ・デバイスにデータを書き込むのか、スレーブ・デバイスからデータを読み出すのかを決定します。

2. 送信されたアドレスに対応するアドレスを持つペリフェラルは、ACK ビットと呼ばれる 9 番目のクロック・パルスの前のロー期間中に、データ・ラインをローにプルダウンして応答します。選択されたデバイスが、そのデバイスからのデータの読出しまたはそのデバイスへのデータの書込みを待機する間、バス上の他の全てのデバイスはアイドル状態を維持します。R/W ビットが 0 に設定されている場合は、マスタがスレーブ・デバイスにデータを書き込みます。R/W ビットが 1 に設定されている場合は、マスタがスレーブ・デバイスからデータを読み出します。
3. データは、9 個の連続したクロック・パルスにより、8 ビットのデータとそれに続くデータ受信側からの ACK ビットの順で、シリアル・バスを介して送信されます。クロックがハイのときにデータ・ラインがローからハイへ遷移すると、停止信号として解釈される可能性があります。したがって、データ・ラインの遷移が起こるのはクロック信号のロー期間中でなければならず、ハイ期間中は安定している必要があります。
4. すべてのデータ・バイトの読出しまたは書込みが終了すると、停止条件が確立されます。書込みモードでは、10 番目のクロック・パルスでマスタがデータ・ラインをハイに引き上げ、停止条件をアサートします。読出しモードでは、9 番目のクロック・パルスの前のロー期間中にマスタ・デバイスがデータ・ラインをハイに引き上げます。これはノー・アクノレッジと呼ばれます。マスタは、10 番目のクロック・パルスの前のロー期間中にデータ・ラインをローにしてから、10 番目のクロック・パルスでハイにして停止条件をアサートします。

動作のタイプはプロセスの始めに決定され、その後は新しい動作を開始するまでタイプを変更することはできません。このため、1 つの動作に読出しと書込みを混在させることはできません。

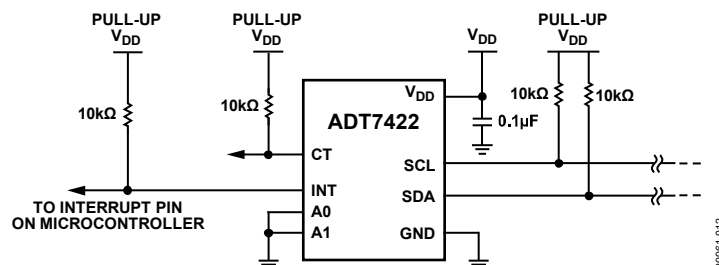


図 15. 代表的な I²C インターフェース接続

データの書込み

ADT7422 は、どのレジスタに書き込むかに応じて、1 バイトまたは2 バイトのデータを書き込むことができます。

1 バイトのデータを書き込むには、シリアル・バス・アドレス（アドレス・ポインタ・レジスタに書き込まれるデータ・レジスタ・アドレス）が必要で、選択したデータ・レジスタに書き込まれるデータ・バイトがその後に続きます。このシーケンスを図 16 に示します。

T_{HIGH} セットポイント、T_{LOW} セットポイント、および T_{CRIT} セットポイント・レジスタは、同じ書込みトランザクションで上位バイト・レジスタと下位バイト・レジスタの両方に書

き込むことが可能です。これらのレジスタに 2 バイトのデータを書き込むには、シリアル・バス・アドレス（アドレス・ポインタ・レジスタに書き込まれる上位バイト・レジスタのデータ・レジスタ・アドレス）が必要で、選択したデータ・レジスタに書き込まれる 2 バイトのデータがその後に続きます。このシーケンスを図 17 に示します。

必要な数を超えるデータ・バイトがレジスタに書き込まれた場合、余分なデータ・バイトは無視されます。別のレジスタに書き込むには、トランザクションを開始するか、開始を繰り返す必要があります。

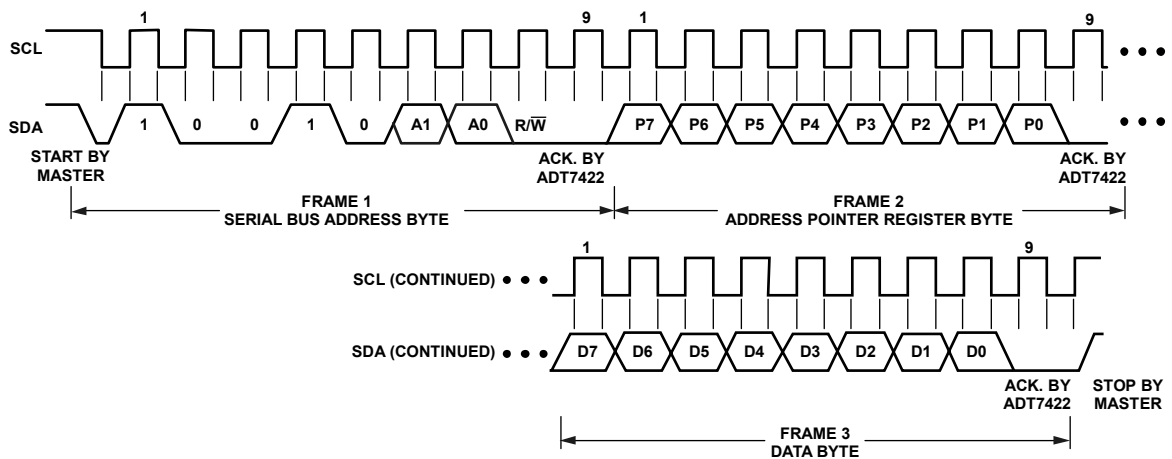


図 16. レジスタへのアドレスの書込みとそれに続く 1 バイトのデータの書込み

20861-013

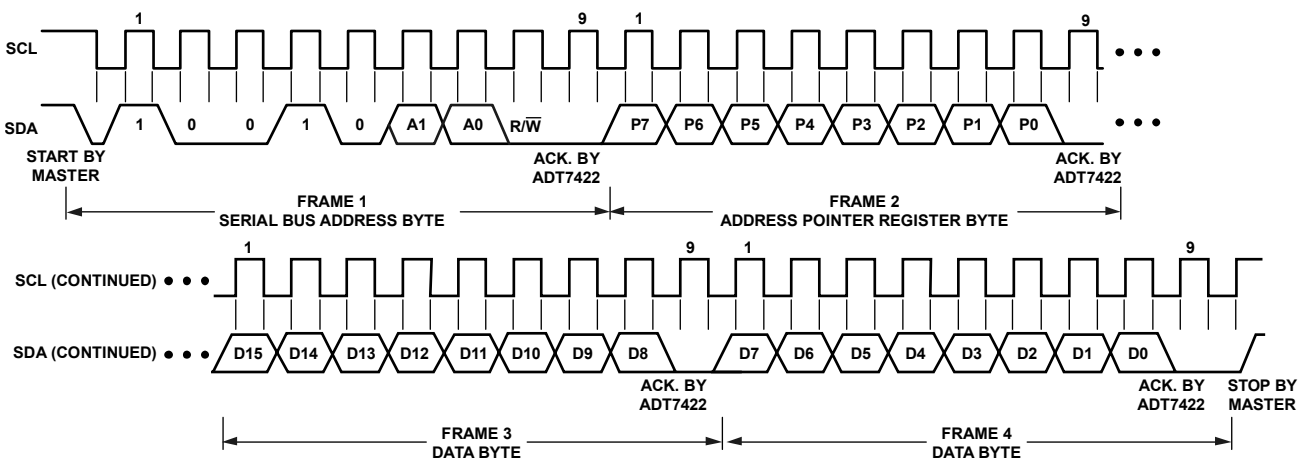


図 17. レジスタへのアドレスの書込みとそれに続く 2 バイトのデータの書込み

20861-014

データの読出し

ADT7422 の設定レジスタ、ステータス・レジスタ、 T_{HYST} セットポイント・レジスタ、および ID レジスタは、データの読出しが 1 バイト・データの操作で実行されます。温度値レジスタ、 T_{HIGH} セットポイント・レジスタ、 T_{LOW} セットポイント・レジスタ、および T_{CRIT} セットポイント・レジスタは、2 バイト・データの読出し動作が必要です。8 ビット設定レジスタの内容の読出しを図 18 に示します。温度値レジスタの内容の読出しを図 19 に示します。

どのレジスタからの読出しにも、最初にアドレス・ポインタ・レジスタへの 1 バイトの書込み動作が必要です。この操作により、読み出されるレジスタのアドレスを設定します。

2 バイト・レジスタからの読出しの場合、アドレス・ポインタは、上位バイト・レジスタのアドレスから下位バイト・レジスタのアドレスへ自動的にインクリメントします。別のレジスタからデータを読み出すには、アドレス・ポインタ・レジスタにもう一度書込みを実行し、該当するレジスタ・アドレスを設定します。16 ビット・レジスタから読み出す場合以外は、I²C アドレス・ポインタは自動インクリメントしないため、ブロック読出しは実行できません。アドレス・ポインタ・レジスタが、読出しコマンドを受けるレジスタのアドレスに既に設定されている場合は、書込み動作を繰り返してレジスタ・アドレスを設定し直す必要はありません。

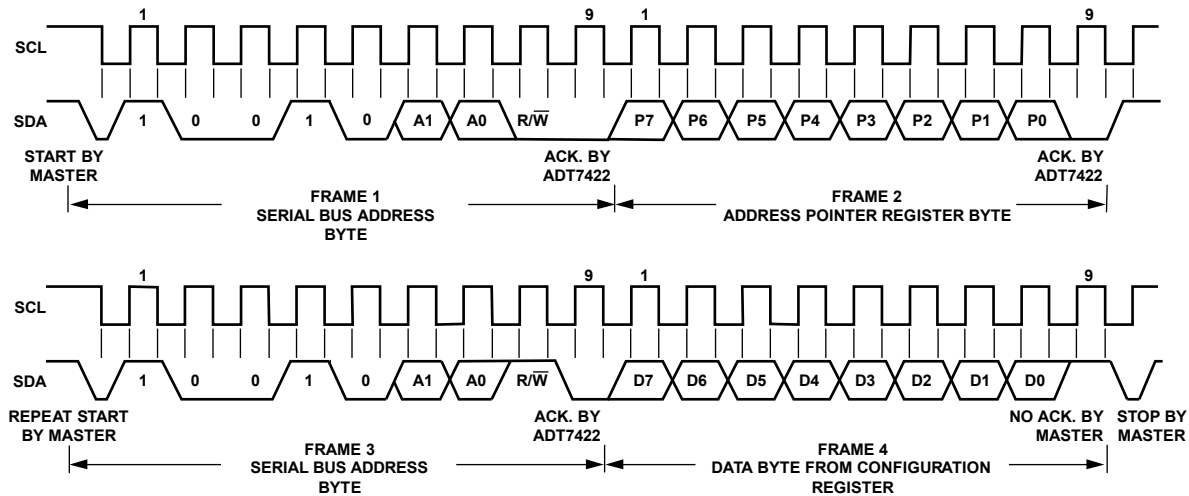
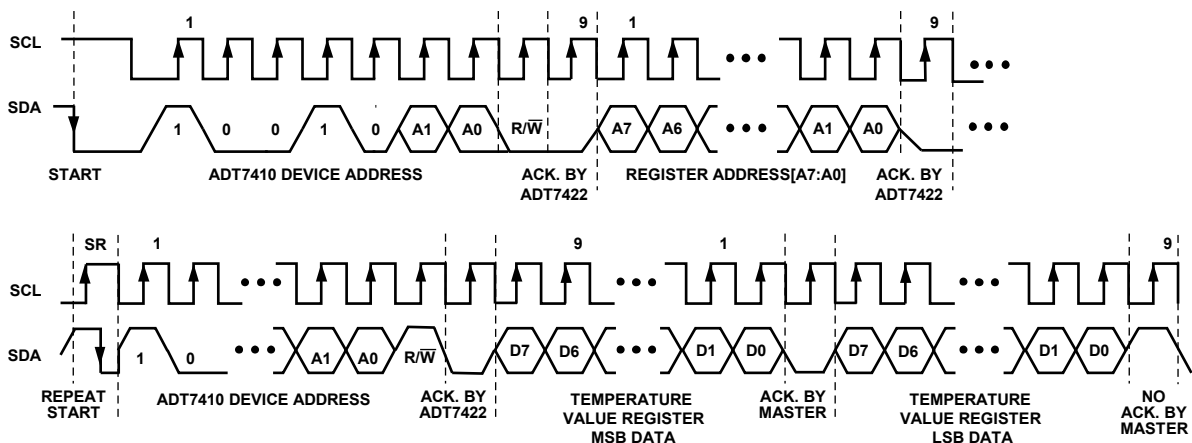


図 18. 設定レジスタからのデータの読出し



NOTES

1. A START CONDITION AT THE BEGINNING IS DEFINED AS A HIGH TO LOW TRANSITION ON SDA WHILE SCL REMAINS HIGH.
2. A STOP CONDITION AT THE END IS DEFINED AS A LOW TO HIGH TRANSITION ON SDA WHILE SCL REMAINS HIGH.
3. THE MASTER GENERATES THE NO ACKNOWLEDGE AT THE END OF THE READBACK TO SIGNAL THAT IT DOES NOT WANT ADDITIONAL DATA.
4. TEMPERATURE VALUE REGISTER MSB DATA AND TEMPERATURE VALUE REGISTER LSB DATA ARE ALWAYS SEPARATED BY A LOW ACK BIT.
5. THE R/W BIT IS SET TO A1 TO INDICATE A READBACK OPERATION.

図 19. 温度値レジスタからのデータの読出し

リセット

I²C バス全体をリセットしなくても ADT7422 をリセットできるように、明示的なリセット・コマンドが用意されています。このコマンドは、特定のアドレス・ポインタ・ワードをコマンド・ワードとして使用してデバイスをリセットし、すべてのデフォルト設定値をアップロードします。デフォルト値をアップロードする約 200μs の間、ADT7422 は I²C バス・コマンドにตอบสนองしません（アクノレッジを返しません）。次の手順に従ってリセットを実行します。

1. 適切なアドレスを使用して ADT7422 に書き込みます。
2. ACK ビットを読み出します。
3. レジスタ・アドレスを 0x2F に設定します。
4. ACK ビットを読み出します。
5. 停止条件を適用します。
6. デバイスがレジスタをパワーアップ時のデフォルト設定にリセットするまで 200μs 待ちます。

ジェネラル・コール

マスタが、7 ビットの 0 と、0 に設定された 8 番目のビット（R/W ビット）で構成されるスレーブ・アドレスを発行した場合、このアドレスはジェネラル・コール・アドレスと見なされます。ジェネラル・コール・アドレスは、I²C バスに接続されたすべてのデバイスをアドレス指定するためのアドレスです。ADT7422 はこのアドレスに対してアクノレッジを返し、次のデータ・バイトを読み出します。

2 番目のバイトが 0x06 の場合、ADT7422 は完全にリセットされ、すべてのデフォルト値をアップロードします。デフォルト値をアップロードする約 200μs の間、ADT7422 は I²C バス・コマンドにตอบสนองしません（アクノレッジを返しません）。

ADT7422 は、これ以外のどのジェネラル・コール・コマンドにもアクノレッジを返しません。

INTの出力とCTの出力

INT ピンと CT ピンはオープンドレイン出力で、いずれも V_{DD} との間に $10k\Omega$ のプルアップ抵抗が必要です。ADT7422 は、INT と CT のデータを読み出す前に、 V_{DD} までのパワーアップが完了していなければなりません。

低温状態と過熱状態の検出

INT ピンと CT ピンには 2 つの低温/過熱モード、すなわちコンパレータ・モードと割込みモードがあります。パワーアップ時のデフォルトの過熱モードは、割込みモードです。温度が T_{HIGH} セットポイント・レジスタに格納された温度より高くなるか、 T_{LOW} セットポイント・レジスタに格納された温度より低くなると、INT 出力ピンがアクティブになります。このイベントの後に INT ピンがどのように反応するかは、選択された過熱モードによって異なります。

温度が T_{HIGH} 制限値より高くなった場合のコンパレータ・モードと割込みモードでの反応を、ピンの両方の極性設定と共に図 20 に示します。温度が T_{LOW} 制限値より低くなった場合のコンパレータ・モードと割込みモードでの反応を、ピンの両方の極性設定と共に図 21 に示します。

コンパレータ・モード

コンパレータ・モードでは、温度が $T_{HIGH} - T_{HYST}$ で表される制限値より低くなるか、 $T_{LOW} + T_{HYST}$ で表される制限値より高くなると、INT ピンは非アクティブ状態に戻ります。コンパレータ・モードでは、ADT7422 をシャットダウン・モードにしても INT の状態はリセットされません。

割込みモード

割込みモードでは、ADT7422 のいずれかのレジスタが読み出されると、INT ピンは非アクティブ状態になります。INT ピンがリセットされると、温度が T_{HIGH} セットポイント・レジスタに格納された温度より高くなるか、 T_{LOW} セットポイント・レジスタに格納された温度より低くなった場合にのみ、INT ピンは再びアクティブになります。

割込みモードでは、ADT7422 をシャットダウン・モードにすると INT ピンはリセットされます。

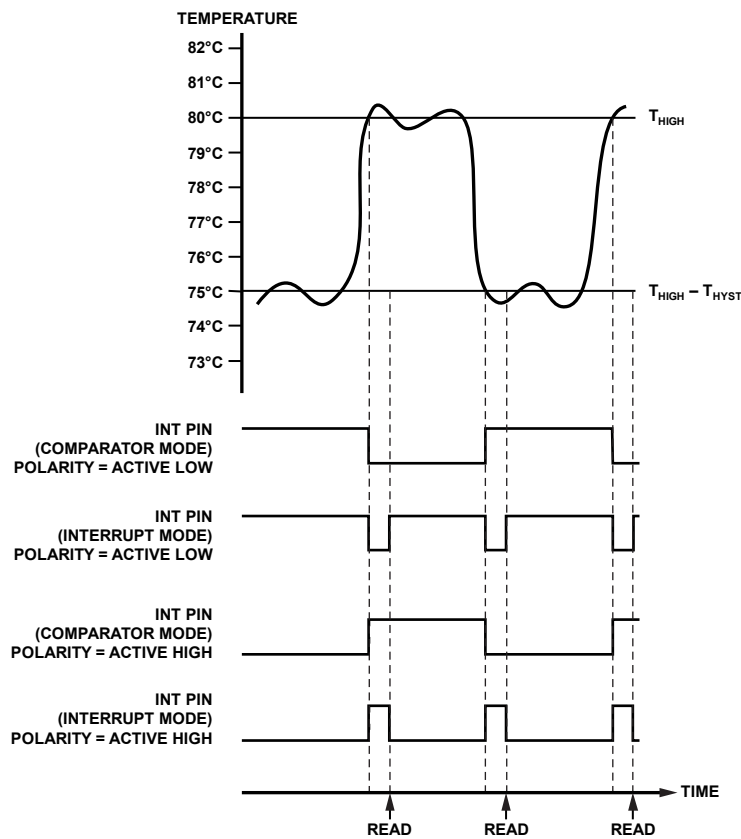


図 20. T_{HIGH} 過熱イベント発生時の INT 出力の温度反応図

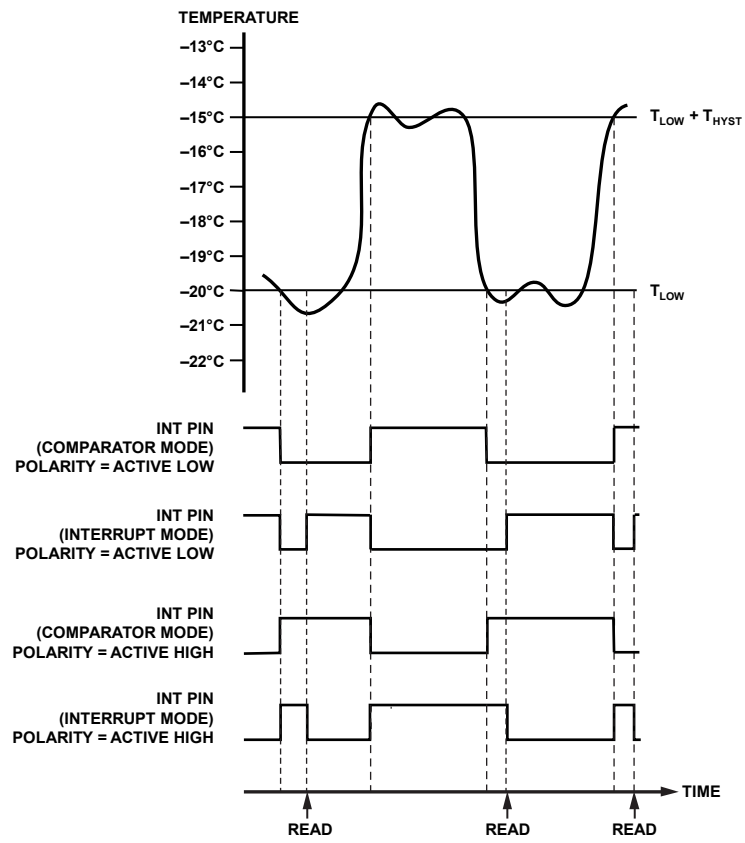


図 21. T_{LOW} 低温イベント発生時の INT 出力の温度反応図

アプリケーション情報

熱応答時間

熱応答は温度センサーの熱質量と相関関係がありますが、IC を取り付ける物体の質量にも大きく左右されます。例えば、大量の銅配線を含む大型 PCB は大きなヒートシンクとして機能するため、熱応答を低下させます。熱応答を改善するには、できるだけ小さい PCB を選んでセンサーを取り付けることを推奨します。

図 11 は標準的な応答時間で、センサーの温度スパンの 63.2%に達するまでに要する時間は 2 秒以内です。温度値は、デジタル・インターフェースから 16 ビット値として読み出されます。応答時間には、信号処理中にチップ上で発生するすべての遅延が含まれます。

電源のデカップリング

ADT7422 は、 V_{DD} と GND の間にデカップリング・コンデンサを接続する必要があります。接続しなければ、正確な温度の計測値が得られません。高周波セラミック・タイプなどの $0.1\mu\text{F}$ のデカップリング・コンデンサを使用し、ADT7422 の V_{DD} ピンのできるだけ近くに接続する必要があります。

可能であれば、ADT7422 の電力はシステム電源から直接供給してください。この配置 (図 22 を参照) は、ロジックが切り替わるときのトランジエントからアナログ部分を分離しています。独立した電源パターンが利用できない場合でも、十分な電源バイパスを使用すれば、電源ラインによる誤差を減らすことができます。仕様どおりの温度精度を実現するには、 $0.1\mu\text{F}$ のセラミック・コンデンサを使用したローカル電源バイパスが必要です。

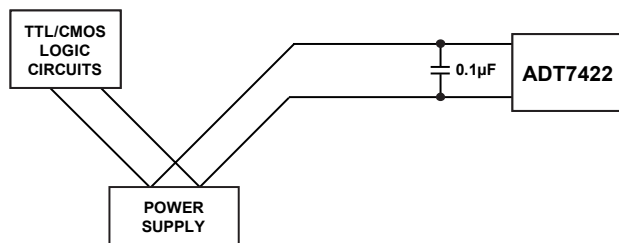


図 22. 独立したパターンを使用して電源ノイズを低減

スイッチング・レギュレータを電源にする場合

ADT7422 のような高精度アナログ・デバイスには、良質のフィルタ電源が必要です。ADT7422 の電源にスイッチング・レギュレータを使用すると、50kHz を超える周波数帯でノイズが発生し、温度精度の仕様を満たせなくなるおそれがあります。この問題を防ぐため、電源と ADT7422 の V_{DD} ピンの間に RC フィルタを取り付けます。使用する部品の値は、電源ノイズのピーク値が 1mV 未満となるように慎重に検討する必要があります。熱質量を極力小さくするために、RC フィルタはできるだけ ADT7422 から離れた位置に取り付けてください。

温度計測

ADT7422 は、半導体チップ表面の温度を正確に計測して変換します。熱は、ピン、露出パッド、およびプラスチック・パッケージを介して伝達されます。ADT7422 を使用して近くの熱源の温度を計測するときは、熱源と ADT7422 の間の熱インピーダンスが計測の精度と熱応答に影響するため、その値を考慮に入れる必要があります。

空気温度や表面温度を計測する場合は、パッケージ、ピン、および露出パッドが周囲温度の影響を受けないように、断熱措置を施してください。熱伝導性のある接着剤を使用すると、より正確な表面温度の計測が可能になります。

温度計測のためのクイック・ガイド

連続変換モード (パワーアップ時のデフォルト・モード) で温度を計測するには、次の手順を実行します。

1. ADT7422 がパワーアップしたら、デバイス ID (レジスタ・アドレス $0x0B$) を読み出してセットアップを確認します。読み出される ID の値は $0xCB$ です。
2. ステップ 1 で一貫した値が続けて得られたら、設定レジスタ (レジスタ・アドレス $0x03$)、 T_{CRIT} セットポイント・レジスタ (レジスタ・アドレス $0x08$ およびレジスタ・アドレス $0x09$)、 T_{HIGH} セットポイント・レジスタ (レジスタ・アドレス $0x04$ およびレジスタ・アドレス $0x05$)、および T_{LOW} セットポイント・レジスタ (レジスタ・アドレス $0x06$ およびレジスタ・アドレス $0x07$) を読み出します。読み出した値と、表 7 の仕様規定されているデフォルト値を比較します。すべての値が一致すれば、インターフェースは正常に動作しています。
3. 設定レジスタに値を書き込み、ADT7422 を目的の構成に設定します。
4. 温度値上位バイト・レジスタを読み出し、続いて温度値下位バイト・レジスタを読み出します。両方のレジスタから有効な温度計測値が得られます。

外形寸法

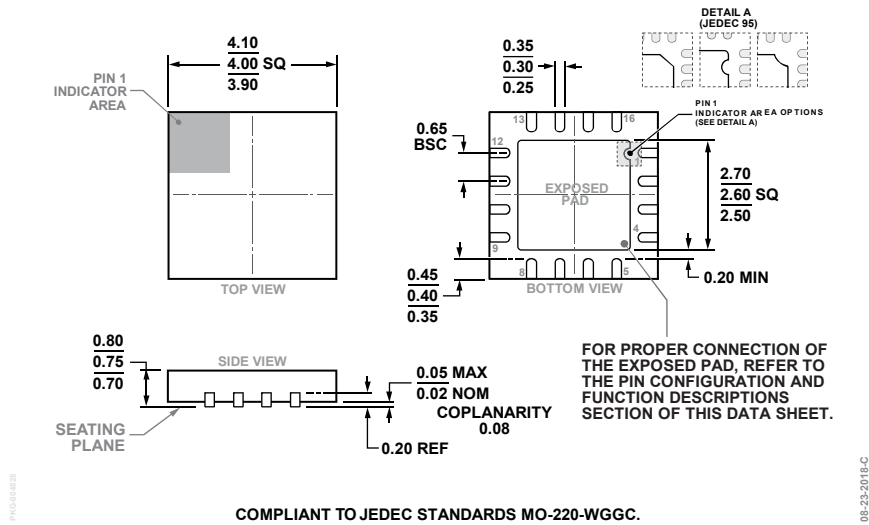


図 23. 16 ピン・リードフレーム・チップスケール・パッケージ [LFCSP]
 4 mm × 4 mm ボディ、0.75 mm パッケージ高
 (CP-16-17)
 寸法 : mm

オーダー・ガイド

Model ¹	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADT7422CCPZ-RL7	-40°C to +125°C	16-Lead Lead Frame Chip Scale Package [LFCSP]	CP-16-17

¹ Z = RoHS 準拠製品