适合VSM应用的±0.1°C精度、16位数字I²C温度传感器

数据手册

ADT7422

特性

焊接到最终PCB上时，精度满足ASTM E1112临床测温规范要求
- **±0.1°C（3.0 V，25°C至50°C）**
- **±0.25°C（−20°C至+105°C，2.7 V至3.3 V）**

超低温漂：0.0073°C
- **美国国家标准与技术研究院(NIST)备案或等效方式**
- **6 ms快速首次上电温度转换**

使用简单
- **无需温度校准或校正**
- **无需线性校正**

低功耗
- **1 SPS模式下为140 µW（3.0 V，典型值）**
- **关断模式下为6 µW（3.0 V，典型值）**

可编程中断
- **临界过温中断**
- **过温和欠温中断**

I²C兼容接口

符合RoHS标准的16引脚、4 mm × 4 mm、LFCSP封装

应用

生命体征监测(VSM)
医疗设备
电阻温度检测器(RTD)及热敏电阻的替代产品
食物运输与储存
热电偶冷结补偿
环境监测及暖通空调(HVAC)
激光二极管温度控制

概述

ADT7422是一款高精度数字I²C温度传感器，在焊接到最终的印刷电路板(PCB)上时，能够满足ASTM E1112标准的临床测温规范要求。

ADT7422包含一个内置带隙基准电压源、一个温度传感器和一个精密模数转换器(ADC)。ADT7422在进行PCB焊接之后无需进行校准，能够提供25°C至50°C温度范围内分辨率为0.0078°C、精度高达±0.1°C的16位温度测量结果。

工作电压为3.0 V时，平均供电电流的典型值为210 µA。ADT7422具有关断模式，可关断器件，3.0 V时的关断电流典型值为2.0 µA，额定工作温度范围为−40°C至+125°C。

引脚A0和A1用于选择地址，可为ADT7422提供4个I²C地址。CT引脚属于开漏输出，当温度超过临界温度限值（可编程）时，该引脚变为有效。INT引脚也属于开漏输出，当温度超过限值（可编程）时，该引脚变为有效。INT引脚和CT引脚可在比较器模式和中断事件模式下工作。

产品聚焦

1. 不需要用户校正或校准。
2. 低功耗。
3. 长期稳定性和可靠性。
4. 适合工业、仪器仪表和医疗应用的高精度。

功能框图

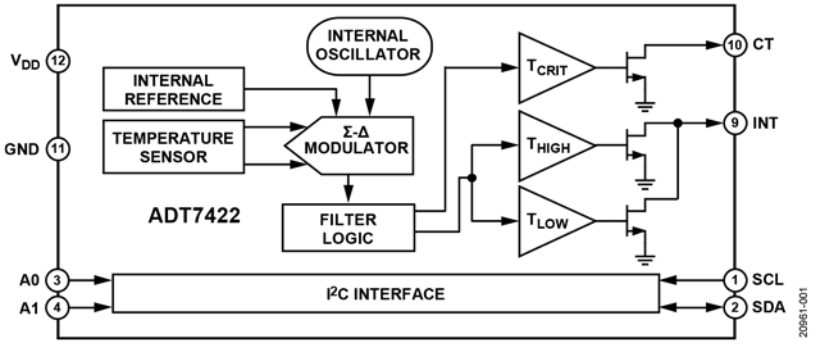


图1.

Rev. A
Document Feedback
Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700
©2020 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
Technical Support
www.analog.com/cn

ADI 中文版数据手册是英文版数据手册的译文，敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误，ADI 不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性，请参考 ADI 提供的最新英文版数据手册。

目录

特性 1
应用 1
概述 1
产品聚焦 1
功能框图 1
修订历史 2
技术规格 3
I²C时序规格 4
绝对最大额定值 5
热阻 5
ESD警告 5
引脚配置和功能描述 6
典型性能参数 7
工作原理 9
电路信息 9
转换器详解 9
正常模式 9
单次采样模式 9
1 SPS模式 11
关断模式 11
故障队列 11
温度数据格式 12
温度换算公式 12
寄存器 13
地址指针寄存器 13
温度值寄存器 13
状态寄存器 14
配置寄存器 14
T_{HIGH}设定点寄存器 15
T_{LOW}设定点寄存器 15
T_{CRIT}设定点寄存器 10
T_{HYST}设定点寄存器 15
ID寄存器 15
串行接口 16
串行总线地址 16
写入数据 17
读取数据 18
复位 19
广播 19
INT和CT输出 20
欠温和过温检测 20
应用信息 22
热响应时间 22
电源去耦 22
从开关稳压器供电 22
温度测量 22
温度测量快速指南 22
外形尺寸 23
订购指南 23

修订历史

2020年4月—修订版0至修订版A

更改数据手册标题、“产品特性”部分和“概述”部分 1
更改表1中的精度参数 3

2020年1月—修订版0：初始版

技术规格

除非另有说明，T_A = −40°C至+125°C，V_{DD} = 2.7 V至3.3 V。

表1.

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
温度传感器和ADC						
精度[1]				±0.1[2]	°C	T_A = 25°C至50°C，V_{DD} = 3.0 V
				±0.25	°C	T_A = −20°C至+105°C，V_{DD} = 2.7 V至3.3 V
				±0.50	°C	T_A = −40°C至+125°C，V_{DD} = 2.7 V至3.3 V
ADC分辨率			13		位	符号位加12 ADC位的二进制补码温度值
			16		位	符号位加15 ADC位的二进制补码温度值
温度分辨率						
13位			0.0625		°C	13位分辨率（符号位 ＋12位）
16位			0.0078125		°C	16位分辨率（符号位 ＋15位）
温度转换时间			240		ms	连续转换模式和单次采样转换模式
快速温度转换时间			6		ms	仅首次上电转换
1 SPS模式的转换时间			60		ms	1 SPS模式的转换时间
温度迟滞[3]			±0.002		°C	温度循环：25°C至125°C再返回至25°C
可重复性			±0.015		°C	T_A = 25°C，10次读数的平均值
漂移[4]			0.0073		°C	150°C下的500小时压力测试
直流电源电压抑制比(PSRR)			0.1		°C/V	T_A = 25℃
数字输出（CT、INT、SDA—开漏极）						
高输出漏电流	I_{OH}		0.1	5	µA	CT引脚和INT引脚上拉至V_{DD}
输出低电压	V_{OL}			0.4	V	3.3 V时，低输出漏电流(I_{OL}) = 1 mA
输出高电压	V_{OH}	0.7 × V_{DD}			V	
输出电容	C_{OUT}		2		pF	
数字输入（SCL、SDA、A0、A1）						
输入电流				±1	µA	输入电压(V_{IN}) = 0 V至V_{DD}
输入低电压	V_{IL}			0.3 × V_{DD}	V	仅针对SCL和SDA
				0.4	V	仅针对A0和A1
输入高电压	V_{IH}	0.7 × V_{DD}			V	仅针对SCL和SDA
		2			V	仅针对A0和A1
SCL、SDA毛刺抑制			50		ns	输入滤波可抑制<50 ns的噪声尖峰
引脚电容			2	10	pF	
电源要求						
电源电压		2.7	3.0	3.3	V	
电源电流			210	265	µA	转换时V_{DD} = 3.3 V，I^2C接口无效
1 SPS电流			46		µA	V_{DD} = 3.3 V，1 SPS模式，T_A = 25°C
关断电流			2.0	15	µA	V_{DD} = 3.3 V
正常模式功耗			700		µW	V_{DD} = 3.3 V，T_A = 25°C
1 SPS模式功耗			140		µW	V_{DD} = 3.0 V，T_A = 25°C
功耗关断模式			6		µW	V_{DD} = 3.0 V，T_A = 25°C

[1] 精度规格包含可重复性。
[2] 这些限值表示将器件焊接到 PCB 时，器件处于连续转换模式下使用 16 点滚动平均滤波器在 300 ms 采样周期内得到的 3Σ 分布。
[3] 温度迟滞规格参数不包含可重复性。
[4] 漂移包括按照 JEDEC 标准 JESD22-A108 执行的焊接热阻和寿命测试。

I²C时序规格

除非另有说明，T_A = −40°C至+125°C，V_{DD} = 2.7 V至3.3 V。所有输入信号均指定上升时间(t_R) = 下降时间(t_F) = 5 ns（10%至90%的V_{DD}）并从1.6 V电平起开始计时。

表2.

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
串行接口						参见图2。样片在开发期间均经过测试，以确保符合标准要求。
SCL频率		0		400	kHz	
SCL高电平脉宽	t_{HIGH}	0.6			µs	
SCL低电平脉宽	t_{LOW}	1.3			µs	
SCL和SDA上升时间	t_R			0.3	µs	
SCL和SDA下降时间	t_F			0.3	µs	
保持时间（起始条件）	$t_{HD:STA}$	0.6			µs	此周期结束后，产生首次时钟。
建立时间（起始条件）	$t_{SU:STA}$	0.6			µs	与重复起始条件相关。
数据建立时间	$t_{SU:DAT}$	0.02			µs	
建立时间（停止条件）	$t_{SU:STO}$	0.6			µs	
数据保持时间（主器件）	$t_{HD:DAT}$	0.03			µs	
总线空闲时间（停止条件和起始条件之间）	t_{BUF}	1.3			µs	
各条总线的容性负载	C_B			400	pF	

时序图

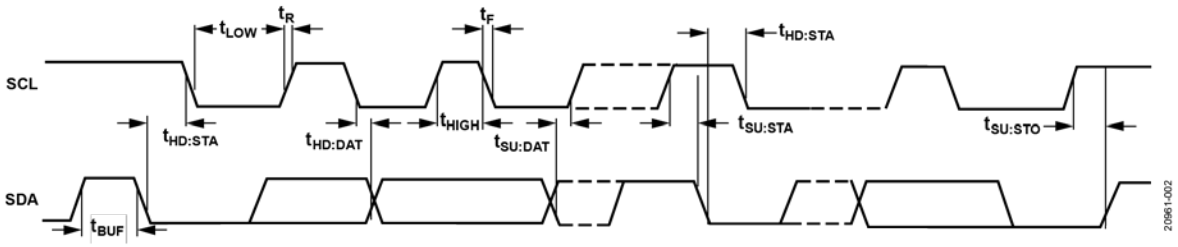


图2. 串行接口时序图

绝对最大额定值

除非另有说明，T_A = 25°C。

表3.

参数	额定值
V_{DD}至GND	−0.3 V至+7 V
SDA电压至GND	−0.3 V至V_{DD} + 0.3 V
SCL输出电压至GND	−0.3 V至V_{DD} + 0.3 V
A0输入电压至GND	−0.3 V至V_{DD} + 0.3 V
A1输入电压至GND	−0.3 V至V_{DD} + 0.3 V
CT和INT输出电压至GND	−0.3 V至V_{DD} + 0.3 V
工作温度范围	−40°C至+125°C
存储温度范围	−65°C至+150°C
最高结温	150°C
ESD	
人体模型(HBM)	2 kV
场感应元件充电模式(FICDM)	1 kV
回流焊（无铅）	JEDEC J-STD-020
峰值温度	260°C
峰值温度时间	10秒至40秒

注意，等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值，不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，器件能够正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

热阻

热性能与 PCB 设计和工作环境直接相关。必须慎重对待 PCB 散热设计。θ_{JA} 和 θ_{JC} 指定器件焊接在有 16 个热通孔的 JEDEC 4 层测试板上以实现表贴封装。表 4 所示值基于仿真数据。

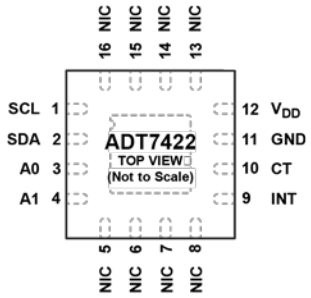
表4. 热阻

封装类型	θ_{JA}	θ_{JC}	单位
CP-16-17	37	33	°C/W

ESD警告

ESD（静电放电）敏感器件。
带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路，但在遇到高能量ESD时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的ESD防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。

引脚配置和功能描述



NOTES
1. NIC = NOT INTERNALLY CONNECTED. THE NIC PINS ARE NOT BONDED TO THE DIE INTERNALLY.
2. EXPOSED PAD. TO ENSURE CORRECT OPERATION, EITHER LEAVE THE EXPOSED PAD FLOATING OR CONNECT THE EXPOSED PAD TO GROUND. SOLDER THE EXPOSED PAD TO A PAD ON THE PCB TO CONFER MECHANICAL STRENGTH TO THE PACKAGE.

20961-003

图3. 引脚配置

表5. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	SCL	I^2C串行时钟输入，开漏配置。串行时钟用于向ADT7422的任一寄存器逐个输入数据或从其逐个输出数据。需要的上拉电阻的典型值为10 kΩ。
2	SDA	I^2C串行数据输入/输出，开漏配置。此引脚提供输入输出器件的串行数据。需要的上拉电阻的典型值为10 kΩ。
3	A0	I^2C串行总线地址选择引脚，逻辑输入。将此引脚连接至GND或V_{DD}，可设置一个I^2C地址。
4	A1	I^2C串行总线地址选择引脚，逻辑输入。将此引脚连接至GND或V_{DD}，可设置一个I^2C地址。
5至8、13至16	NIC	内部不连接。NIC引脚未从内部焊接到芯片。
9	INT	过温和欠温指示器、逻辑输出、开漏配置。上电默认设置为低电平有效比较器中断。需要的上拉电阻的典型值为10 kΩ。
10	CT	临界过温指示器、逻辑输出、开漏配置。上电默认极性为低电平有效。需要的上拉电阻的典型值为10 kΩ。
11	GND	模拟地和数字地。
12	V_{DD}	正电源电压（2.7 V至3.3 V）。电源可通过一个0.1 μF陶瓷电容去耦至地。
	EPAD	裸露焊盘。为确保正常工作，裸露焊盘应保持浮空或连接至地。将裸露焊盘焊接到PCB上的焊盘，以将其机械强度赋予封装。

典型性能参数

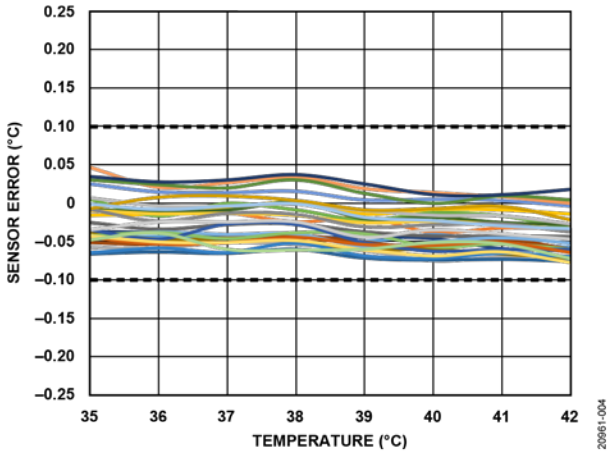


图4. EVAL-ADT7422MBZ根据EDEC J-STD-020要求焊接之后的VSM温度范围，V_{DD} = 3 V

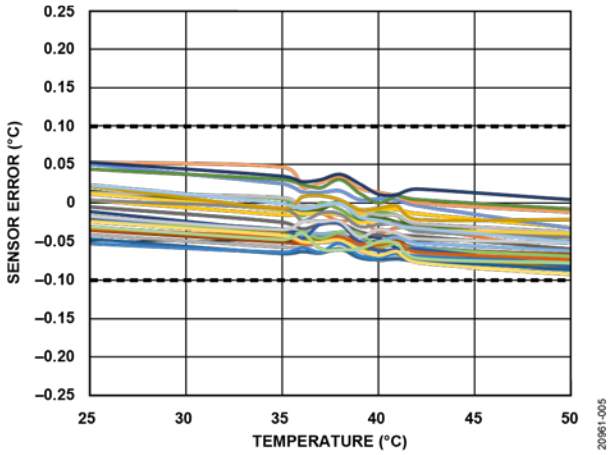


图5. EVAL-ADT7422MBZ根据EDEC J-STD-020要求焊接之后的狭窄温度范围，V_{DD} = 3 V

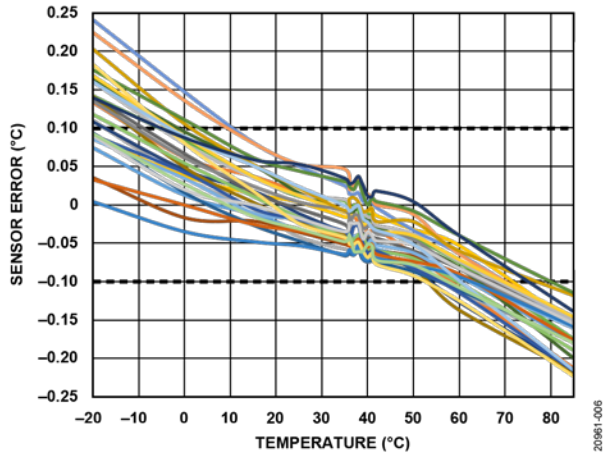


图6. EVAL-ADT7422MBZ根据EDEC J-STD-020要求焊接之后的宽温度范围，V_{DD} = 3 V

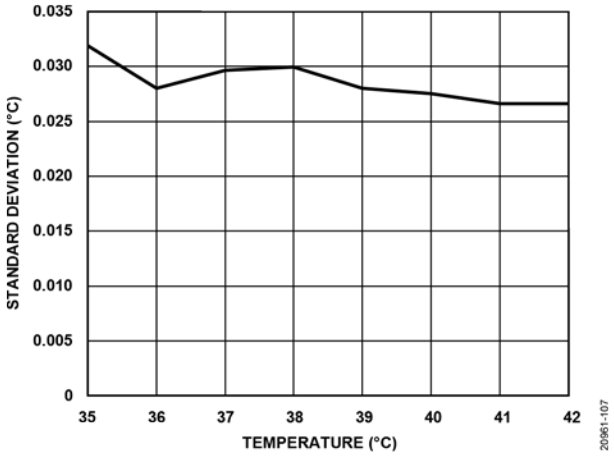


图7. EVAL-ADT7422MBZ根据EDEC J-STD-020要求焊接之后的标准偏差，V_{DD} = 3 V

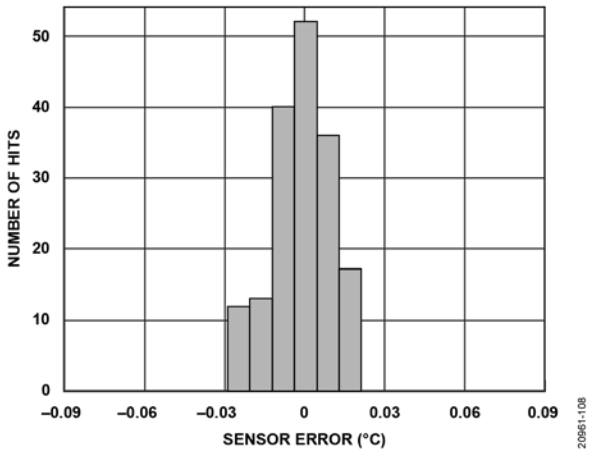


图8. 170个器件在38°C时的出厂校准误差直方图分布，V_{DD} = 3 V

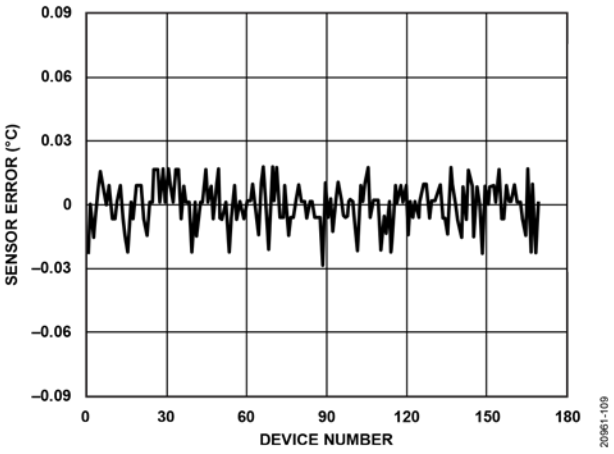


图9. 170个器件在38°C时的出厂校准误差，V_{DD} = 3 V

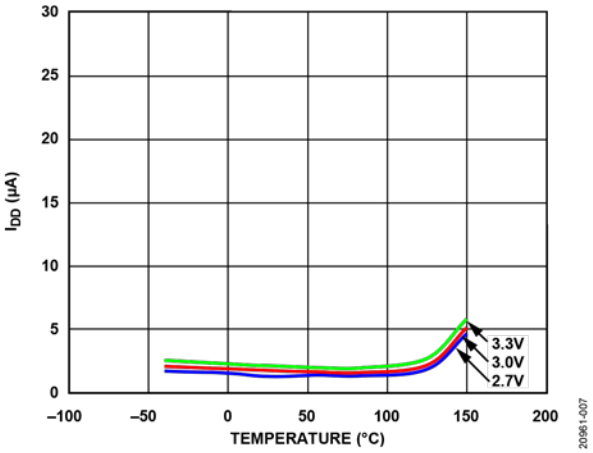


图10. 关断工作模式电源电流(I_{DD})与不同电压下温度的关系

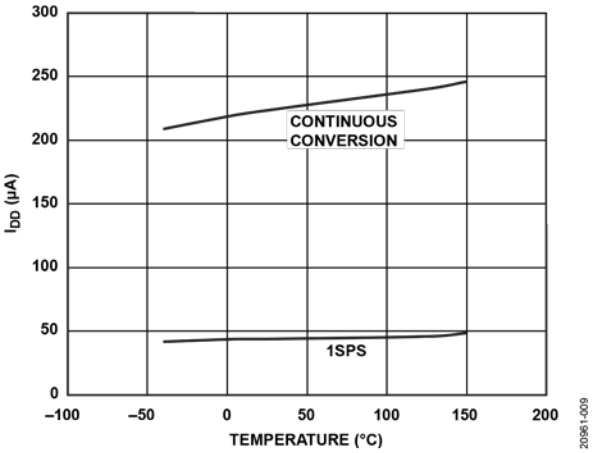


图12. 3 V时I_{DD}与温度的关系

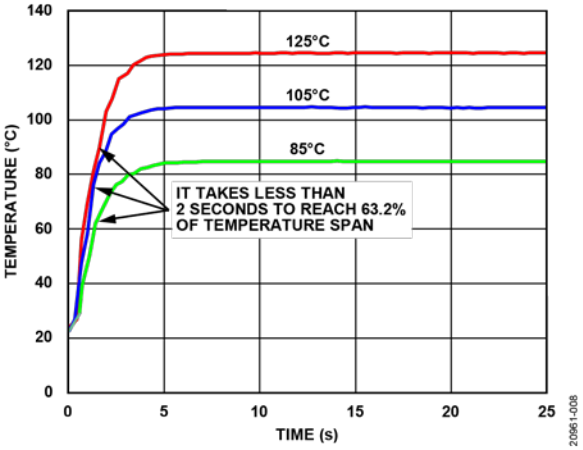


图11. 不同温度下的热响应时间

工作原理

电路信息

ADT7422是一款高精度、数字I²C温度传感器，使用16位ADC来监控温度，并进行数字化转换，分辨率为0.0078°C。默认ADC分辨率设置为13位(0.0625°C)。内部温度传感器产生与绝对温度成比例的电压，该电压与内部基准电压相比较并输入精密数字调制器中（参见图13）。

内部温度传感器在整个额定温度范围内都具有高精度和线性度，用户无需进行校正或校准。

传感器输出通过一个Σ-Δ调制器（亦称电荷平衡型ADC）进行数字化。这种转换器利用时域过采样和一个高精度比较器在一个紧凑的电路中实现16位分辨率。

转换器详解

Σ-Δ调制器包括一个输入采样器、一个求和网络、一个积分器、一个比较器和一个1位数模转换器(DAC)。此架构通过响应输入电压变化而改变比较器输出的占空比，从而产生一个负反馈环路，将积分器输出降至最小。比较器以高于输入采样频率的速率对积分器的输出进行采样。此过采样将量化噪声分布在比输入信号宽的频带内，从而改善总体噪声性能并提高精度。

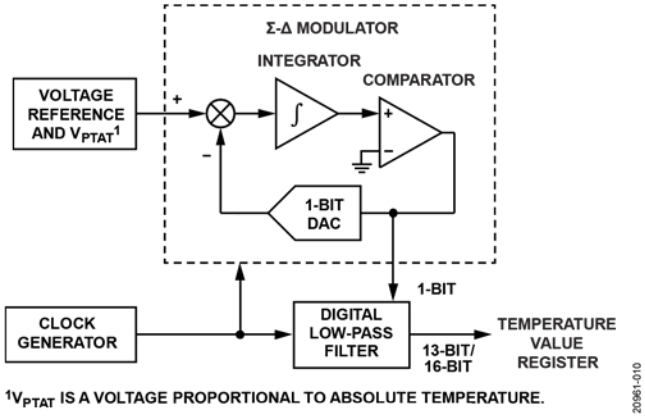


图13. Σ-Δ调制器

ADT7422可以采用四种工作模式：正常、单次采样、1 SPS和关断。

正常模式

在正常模式（默认上电模式）下，ADT7422运行自动转换序列。在自动转换序列期间，完成一次转换一般需要240 ms。ADT7422在自动转换序列期间连续转换，一次温度转换完成后，立即开始下一次温度转换。每个温度转换结果都存储在16位温度值寄存器中，该寄存器由8位温度值最高有效字节寄存器和8位温度值最低有效字节寄存器组成（参见表13），可通过I²C接口获得。在连续转换模式下，读取操作提供最近的转换结果。

上电时，首次转换属于快速转换，典型转换时间为6 ms。如果温度超过147°C，则CT引脚置位低电平。如果温度超过64°C，则INT引脚置位低电平。快速转换温度精度典型值在±5°C以内。

器件的转换时钟在内部产生。只有在从串行端口读取或写入串行端口时才需要外部时钟。

所测得的温度值与临界温度限值（存储在16位T_{CRIT}设定点读/写寄存器中）、高温限值（存储在16位T_{HIGH}设定点读/写寄存器中）和低温限值（存储在16位T_{LOW}设定点读/写寄存器中）相比较。如果测量值超过这些限值，则激活INT引脚。如果测量值超过T_{CRIT}限值，则激活CT引脚。INT和CT引脚可经由配置寄存器（寄存器地址0x03）针对极性进行编程，也可经由配置寄存器（寄存器地址0x03）针对中断模式进行编程。

单次采样模式

将配置寄存器（寄存器地址0x03）的位6和位5分别设置为0和1，可使能单次采样模式。使能此模式时，ADT7422立即完成一次转换，然后进入关断模式。

写入工作模式位之后等待至少240 ms，再从温度值寄存器（寄存器地址0x00和寄存器地址0x01，如表13所示）读回温度。此等待时间确保ADT7422有时间上电和完成一次转换。

要获得更新的温度转换，请将配置寄存器（寄存器地址0x03）中的位6和位5分别复位至0和1。

电路设计优先考虑降低功耗时，单次采样模式非常有用。

T_{CRIT}设定点寄存器

T_{CRIT}设定点最高有效字节寄存器和T_{CRIT}设定点最低有效字节寄存器存储临界过温限值。当存储在温度值寄存器中的温度值超过此寄存器中存储的值时，就会发生临界过温事件。如果发生临界过温事件，则CT引脚被激活。温度以二进制补码格式存储，MSB作为温度符号位。

从此寄存器读取时，首先从寄存器地址0x08（T_{CRIT}设定点最高有效字节寄存器）读取8个MSB（位15至位8），然后从寄存器地址0x09（T_{CRIT}设定点最低有效字节寄存器）读取8个LSB（位7至位0）。因为地址指针自动递增至寄存器地址0x09（T_{CRIT}设定点最低有效字节寄存器），所以只需将寄存器地址0x08（T_{CRIT}设定点最高有效字节寄存器）载入地址指针寄存器中。

T_{CRIT}设定点寄存器的默认设置是147°C。

表6. T_{HIGH}设定点最高有效字节寄存器（寄存器地址0x04）

位	默认值	类型	名称	描述
[15:8]	0x20	R/W	T_{HIGH}最高有效字节	过温限值的MSB，以二进制补码格式存储。

表7. T_{HIGH}设定点最低有效字节寄存器（寄存器地址0x05）

位	默认值	类型	名称	描述
[7:0]	0x00	R/W	T_{HIGH}最低有效字节	过温限值的LSB，以二进制补码格式存储。

表8. T_{LOW}设定点最高有效字节寄存器（寄存器地址0x06）

位	默认值	类型	名称	描述
[15:8]	0x05	R/W	T_{LOW}最高有效字节	欠温限值的MSB，以二进制补码格式存储。

表9. T_{LOW}设定点最低有效字节寄存器（寄存器地址0x07）

位	默认值	类型	名称	描述
[7:0]	0x00	R/W	T_{LOW}最低有效字节	欠温限值的LSB，以二进制补码格式存储。

表10. T_{CRIT}设定点最高有效字节寄存器（寄存器地址0x08）

位	默认值	类型	名称	描述
[15:8]	0x49	R/W	T_{CRIT}最高有效字节	临界过温限值的MSB，以二进制补码格式存储。

表11. T_{CRIT}设定点最低有效字节寄存器（寄存器地址0x09）

位	默认值	类型	名称	描述
[7:0]	0x80	R/W	T_{CRIT}最低有效字节	临界过温限值的LSB，以二进制补码格式存储。

单次采样模式下的CT和INT工作

超过一个限值时，针对T_{CRIT}过温事件的单次采样模式CT引脚工作的更多信息见图14。注意，在中断模式下，从任何寄存器读取都会复位INT和CT引脚。

在比较器模式下，如果温度降至$T_{HIGH} - T_{HYST}$以下或升至$T_{LOW} + T_{HYST}$以上，则写入工作模式位（寄存器地址0x03，位[6:5]）可复位INT引脚。

在比较器模式下，如果温度降至$T_{CRIT} - T_{HYST}$以下，则写入工作模式位（寄存器地址0x03，位[6:5]）可复位CT引脚（参见图14）。

使用单次采样模式时，要确保刷新速率适合给定的应用。

1 SPS模式

在1 SPS模式下，器件每秒测量一次。一次转换一般需要60 ms，在其余940 ms周期内，器件都保持在空闲状态。将1和0分别写入配置寄存器（寄存器地址0x03）的位6和位5，可使能1 SPS模式。

关断模式

将1分别写入配置寄存器（寄存器地址0x03）的位6和位5，可以将ADT7422置于关断模式，在这种情况下，整个IC都被关断，在ADT7422退出关断模式之前，不会继续启动任何转换。将0分别写入配置寄存器（寄存器地址0x03）的位6和位5，可以使ADT7422退出关断模式。ADT7422退出关断模式的典型时间为1 ms（0.1 μF去耦电容）。即使ADT7422处于关断模式，仍然可以从ADT7422读取关断前最后一次转换的结果。器件退出关断模式时，内部时钟启动，并启动一次转换。

故障队列

配置寄存器（寄存器地址0x03）的位0和位1用于设置故障队列。在高噪声温度环境下使用ADT7422时，队列可提供最多4个故障事件以防误触发INT和CT引脚。队列中所设故障的数目必须连续发生才能设置INT和CT输出。例如，如果队列中所设故障的数目为4，则在INT和CT引脚被激活之前，必须有4次连续温度转换发生，每次结果都超过任一限值寄存器中的温度限值。如果两次连续温度转换超过一个温度限值而第三次转换没有，则故障计数归零。

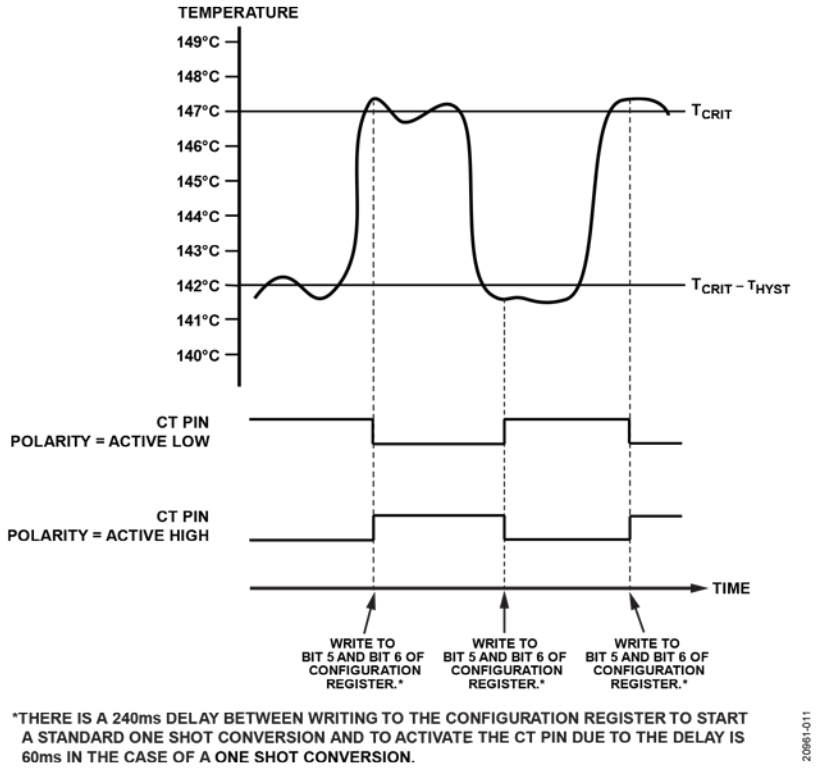


图14. 单次采样CT引脚

温度数据格式

ADC的一个LSB对应0.0625°C（13位模式）或0.0078°C（16位模式）。ADT7422可以测量255°C的温度范围，可以保证正常工作的测量范围是低值温度限值−40°C至高值温度限值+125°C。温度测量结果存储在16位温度值寄存器中，并与存储在16位T_{CRIT}设定点寄存器（由8位T_{CRIT}设定点最高有效字节寄存器和8位T_{CRIT}设定点最低有效字节寄存器组成）和16位T_{HIGH}设定点寄存器（由8位T_{HIGH}设定点最高有效字节寄存器和8位T_{HIGH}设定点最低有效字节寄存器组成）中的高温限值相比较。还将温度值与存储在T_{LOW} 设定点寄存器中的低温限值相比较，该寄存器由8位T_{LOW}设定点最高有效字节寄存器和8位T_{LOW}设定点最低有效字节寄存器组成。

温度值寄存器、T_{CRIT}设定点寄存器、T_{HIGH}设定点寄存器和T_{LOW}设定点寄存器中的温度数据由13位二进制补码字表示。MSB是温度符号位。上电时，三个LSB、位[2:0]不是温度转换结果的一部分，而是T_{CRIT}、T_{HIGH}和T_{LOW}的标志位。表12所示为不带位[2:0]的13位温度数据格式。

可以通过置位配置寄存器（寄存器地址0x03）中的位[7:1]，将温度数据字中的位数扩展至16位（二进制补码）。使用16位温度数据值时，位[2:0]并不用作标志位，而是用作温度值的LSB位。上电默认设置具有13位温度数据值。

从温度值寄存器读取温度需要双字节读取操作。ADT7422仍然可与9位温度数据格式一起使用，只需忽略13位温度值的后四个LSB。这四个LSB是表12中的位[6:3]。

表12. 13位温度数据格式

温度	数字输出（二进制）位[15:3]	数字输出（十六进制）
−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

温度换算公式

16位温度数据格式

使用以下公式计算ADT7422的输出码（16位格式）的测量温度（单位：°C）：

正温度 = *ADC码*（十进制）/128

负温度 =（*ADC码*（十进制）− 65,536）/128

其中，*ADC码*使用所有16位数据字节，包括符号位。

负温度 =（*ADC码*（十进制）− 32,768）/128

其中，ADC码去除位15（符号位）。

13位温度数据格式

使用以下公式计算ADT7422的输出码（13位格式）的测量温度（单位：°C）：

正温度 = *ADC码*（十进制）/16

负温度 =（*ADC码*（十进制）− 8192）/16

其中，*ADC码*使用前13个MSB的数据字节，包括符号位。

负温度 =（*ADC码*（十进制）− 4096）/16

其中，ADC码去除位15（符号位）。

10位温度数据格式

使用以下公式计算ADT7422的输出码（10位格式）的测量温度（单位：°C）：

正温度 = *ADC码*（十进制）/2

负温度 =（*ADC码*（十进制）− 1024）/2

其中，*ADC码*使用所有10位数据字节，包括符号位。

负温度 =（*ADC码*（十进制）− 512）/2

其中，ADC码去除位9（符号位）。

9位温度数据格式

使用以下公式计算ADT7422的输出码（9位格式）的测量温度（单位：°C）：

正温度 = *ADC码*（十进制）

负温度 = *ADC码*（十进制）− 512

其中，*ADC码*使用全部9位数据字节，包括符号位。

负温度 = *ADC码*（十进制）− 256

其中，ADC码去除位8（符号位）。

寄存器

ADT7422包含13个寄存器，如表13所示，以及地址指针寄存器。寄存器包括：

- 9个温度寄存器
- 1个状态寄存器
- 1个ID寄存器
- 1个配置寄存器
- 1个地址指针寄存器
- 1个软件复位寄存器

全部寄存器均为8位宽。温度值寄存器、状态寄存器和ID寄存器是只读寄存器。软件复位寄存器是只写寄存器。上电时，地址指针寄存器装载0x00并指向温度值最高有效字节寄存器（寄存器地址0x00）（参见表13）。

表13. 寄存器

寄存器地址	描述	上电默认值
0x00	温度值最高有效字节	0x00
0x01	温度值最低有效字节	0x00
0x02	状态	0x00
0x03	配置	0x00
0x04	T_{HIGH}设定点最高有效字节	0x20 (64°C)
0x05	T_{HIGH}设定点最低有效字节	0x00 (64°C)
0x06	T_{LOW}设定点最高有效字节	0x05 (10°C)
0x07	T_{LOW}设定点最低有效字节	0x00 (10°C)
0x08	T_{CRIT}设定点最高有效字节	0x49 (147°C)
0x09	T_{CRIT}设定点最低有效字节	0x80 (147°C)
0x0A	T_{HYST}设定点	0x05 (5°C)
0x0B	ID	0xCB
0x0C	保留	0xXX
0x0D	保留	0xXX
0x2E	保留	0xXX
0x2F	软件复位	0xXX

地址指针寄存器

在写入ADT7422期间，地址指针寄存器始终是第一个被写入的寄存器。地址指针寄存器应设置为写入或读取处理的目标寄存器的地址。表13所示为ADT7422上每个寄存器的寄存器地址。地址指针寄存器的默认值为0x00。

表14. 地址指针寄存器

P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
ADD7	ADD6	ADD5	ADD4	ADD3	ADD2	ADD1	ADD0

温度值寄存器

温度值由2个字节组成：1个最高有效字节和1个最低有效字节。这些值可分两次读取，每次读取1个字节，或者一次性读取2个字节。对于2字节读取，最高有效字节的地址必须载入地址指针寄存器。读取最高有效字节后，地址指针自动递增，以便能够在同一次处理中读取最低有效字节。

位0至位2是T_{LOW}、T_{HIGH}和T_{CRIT}设定点最高有效字节寄存器和最低有效字节寄存器的事件报警标志。如果ADC配置为将温度转换成16位数字值，位0至位2则不再用作标志位，而是用作扩展数字值的LSB。

表15. 温度值最高有效字节寄存器（寄存器地址0x00）

位	默认值	类型	名称	描述
[14:8]	0000000	R	温度	温度值为二进制补码格式
15	0	R	符号	符号位，表示温度值的正负

表16. 温度值最低有效字节寄存器（寄存器地址0x01）

位	默认值	类型	名称	描述
0	0	R	T_{LOW}标志/LSB0	如果配置寄存器的寄存器地址0x03，位7 = 0（13位分辨率），则标志一个T_{LOW}事件。温度值低于T_{LOW}时，此位置1。 如果配置寄存器（寄存器地址0x03）的位7 = 1（16位分辨率），则此位包含15位温度值的最低有效位位0。
1	0	R	T_{HIGH}标志/LSB1	如果配置寄存器的寄存器地址0x03，位7 = 0（13位分辨率），则标志一个T_{HIGH}事件。温度值高于T_{HIGH}时，此位置1。 如果配置寄存器（寄存器地址0x03）的位7 = 1（16位分辨率），则此位包含15位温度值的最低有效位位0。
2	0	R	T_{CRIT}标志/LSB2	如果配置寄存器的寄存器地址0x03，位7 = 0（13位分辨率），则标志一个T_{CRIT}事件。温度值超过T_{CRIT}时，此位置1。 如果配置寄存器（寄存器地址0x03）的位7 = 1（16位分辨率），则此位包含15位温度值的最低有效位位0。
[7:3]	00000	R	温度	温度值为二进制补码格式。

状态寄存器

此8位只读寄存器反映可引起CT和INT引脚进入有效状态的过温和欠温中断状态，状态寄存器还反映温度转换工作状态。对状态寄存器进行读取操作和/或温度值返回温度限值范围内（包括迟滞）时，此寄存器中的中断标志复位。读取温度值寄存器之后，$\overline{RDY}$位复位。在单次采样模式和1 SPS模式下，写入配置寄存器的工作模式位之后，$\overline{RDY}$位复位。

配置寄存器

此8位读/写寄存器存储ADT7422的各种配置模式，包括关断、过温和欠温中断、单次采样、连续转换模式、中断引脚极性和过温故障队列。

表17. 状态寄存器（寄存器地址0x02）

位	默认值	类型	名称	描述
[3:0]	0000	R	未用	读回0。
4	0	R	T_{LOW}	温度降至T_{LOW}温度限值以下时，此位置1。读取状态寄存器时和/或所测得温度返回至高于设定点$T_{LOW}+T_{HYST}$寄存器中设置的限值时，该位清0。
5	0	R	T_{HIGH}	温度升至T_{HIGH}温度限值以上时，此位置1。读取状态寄存器时和/或所测得温度返回至低于设定点$T_{HIGH}-T_{HYST}$寄存器中设置的限值时，该位清0。
6	0	R	T_{CRIT}	温度升至T_{CRIT}温度限值以上时，此位置1。读取状态寄存器时和/或所测得温度返回至低于设定点$T_{CRIT}-T_{HYST}$寄存器中设置的限值时，此位清0。
7	1	R	$\overline{RDY}$	温度转换结果写入温度值寄存器中时，此位变为低。读取温度值寄存器时，此位复位至1。在单次采样模式和1 SPS模式下，写入配置寄存器的工作模式位之后，此位复位。

表18. 配置寄存器（寄存器地址0x03）

位	默认值	类型	名称	描述
[1:0]	00	R/W	故障队列	这两个位选择在设置INT和CT引脚之前会发生的欠温/过温故障的数目。这有助于避免温度噪声所引起的误触发。 00 = 1个故障（默认）。 01 = 2个故障。 10 = 3个故障。 11 = 4个故障。
2	0	R/W	CT引脚极性	此位选择CT引脚的输出极性。 0 = 低电平有效。 1 = 高电平有效。
3	0	R/W	INT引脚极性	此位选择INT引脚的输出极性。 0 = 低电平有效。 1 = 高电平有效。
4	0	R/W	INT/CT模式	此位在比较器模式与中断模式之间进行选择。 0 = 中断模式。 1 = 比较器模式。
[6:5]	00	R/W	工作模式	这两个位设置ADT7422的工作模式。 00 = 连续转换（默认）。一次转换结束后，ADT7422开始另一次转换。 01 = 单次采样。转换时间的典型值为240 ms。 10 = 1 SPS模式。转换时间的典型值为60 ms。此工作模式降低平均功耗。 11 = 关断。关断除接口电路以外的所有电路。
7	0	R/W	分辨率	此位设置ADC转换时的分辨率。 0 = 13位分辨率。符号位 + 12位提供温度分辨率0.0625°C。 1 = 16位分辨率。符号位 + 15位提供温度分辨率0.0078°C。

T_{HIGH}设定点寄存器

T_{HIGH}设定点最高有效字节寄存器和T_{HIGH}设定点最低有效字节寄存器存储过温限值。存储在温度值寄存器中的温度值超过此寄存器中存储的值时，过温事件发生。如果发生过温事件，则INT引脚被激活。温度以二进制补码格式存储，最高有效字节作为温度符号位。

从此寄存器读取时，首先从寄存器地址0x04读取8个MSB（位15至位8），然后从寄存器地址0x05（T_{HIGH}设定点最低有效字节寄存器）读取8个LSB（位7至位0）。因为地址指针自动递增至寄存器地址0x05（T_{HIGH}设定点最低有效字节寄存器），所以只需将寄存器地址0x04（T_{HIGH}设定点最高有效字节寄存器）载入地址指针寄存器中。

T_{HIGH}设定点寄存器的默认设置是64°C。

T_{LOW}设定点寄存器

T_{LOW}设定点最高有效字节寄存器和T_{LOW}设定点最低有效字节寄存器存储欠温限值。存储在温度值寄存器中的温度值小于此寄存器中存储的值时，欠温事件发生。如果发生欠温事件，则INT引脚被激活。温度以二进制补码格式存储，MSB作为温度符号位。

从此寄存器读取时，首先从寄存器地址0x06读取8个MSB（位15至位8），然后从寄存器地址0x07读取8个LSB（位7至位0）。因为地址指针自动递增至寄存器地址0x07（T_{LOW}设定点最高有效字节寄存器），所以只需将寄存器地址0x06（T_{LOW}设定点最高有效字节寄存器）载入地址指针寄存器中。

T_{LOW}设定点寄存器的默认设置是10°C。

T_{HYST}设定点寄存器

此8位读写寄存器存储T_{HIGH}、T_{LOW}和T_{CRIT}温度限值的温度迟滞值。温度迟滞值以直接二进制格式使用4个LSB来存储。增量以1°C为步进，范围为0°C至15°C。实现迟滞的方式是将此寄存器中的值从T_{HIGH}和T_{CRIT}值中减去或与T_{LOW}值相加。

ID寄存器

此8位只读寄存器在位3至位7中存储制造商ID，在位0至位2中存储芯片版本。ID寄存器的默认设置是0xCB。

表19. T_{HYST}设定点寄存器（寄存器地址0x0A）

位	默认值	类型	名称	描述
[3:0]	0101	R/$\overline{W}$	T_{HYST}	迟滞值，0°C至15°C。以标准二进制格式存储。默认设置为5°C。
[7:4]	0000	R/$\overline{W}$	不适用	未使用。

表20. ID寄存器（寄存器地址0x0B）

位	默认值	类型	名称	描述
[2:0]	011	R	版本ID	含芯片版本识别号。
[7:3]	11001	R	制造商ID	含制造商识别号。

串行接口

ADT7422的控制经由I²C兼容串行接口实现。ADT7422作为从器件连接至此总线，受主器件控制。

图15所示为一个典型I²C接口连接。

串行总线地址

与大多数I²C兼容器件一样，ADT7422也具有7位串行地址。对于ADT7422，此地址的5个MSB在内部硬连线为10010。引脚A1和引脚A0设置2个LSB。这些引脚可以配置成低和高两种电平，以提供4种不同的地址选项。表21显示可用的不同总线地址选项。SDA线和SCL线的推荐上拉电阻值为10 kΩ。

表21. I²C总线地址选项

二进制							十六进制
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

串行总线协议按如下方式工作：

1. 主器件通过建立起始条件而启动数据传输；起始条件定义为在串行时钟线(SCL)保持高电平时，串行数据线(SDA)发生高低转换。起始条件表示随后将出现地址和数据流。所有连接至串行总线的从外设器件都对起始条件做出响应，并在接下来包括一个7位地址（MSB优先）加一个读写（R/$\overline{W}$）位的8个位中移位。R/$\overline{W}$位决定数据是否写入从器件或由从器件读出。
2. 地址与所发送地址相对应的外设通过在第9个时钟脉冲（亦称应答位）之前的低电平周期期间将数据线拉至低电平来做出响应。然后，当所选器件等待被读取或写入数据时，总线上的所有其他器件保持空闲状态。如果R/$\overline{W}$位为0，则主器件写入从器件。如果R/$\overline{W}$位为1，则主器件由从器件读取数据。
3. 数据按9个时钟脉冲8数据位后跟1个来自数据接收器的应答位的顺序通过串行总线发送。数据线上的转换必须发生在时钟信号的低电平周期期间，并且当时钟处于高电平时保持稳定，因为在时钟线高电平周期期间的数据线低电平至高电平转换，将被视为一个停止信号。
4. 读取或写入所有数据字节之后，停止条件随即建立。在写入模式下，主机在第10个时钟脉冲期间拉高数据线，以置位停止条件。在读取模式下，主器件在第9个时钟脉冲之前的低电平周期期间将数据线拉至高电平。这称为不应答。主器件在第10个时钟脉冲之前的低电平周期期间将数据线置于低电平，然后在第10个时钟脉冲期间将数据线拉至高电平，以置位停止条件。

因为操作类型在开始时已确定，且随后如果不开始一个新操作便无法更改，因此不能在一个操作中混合读取和写入。

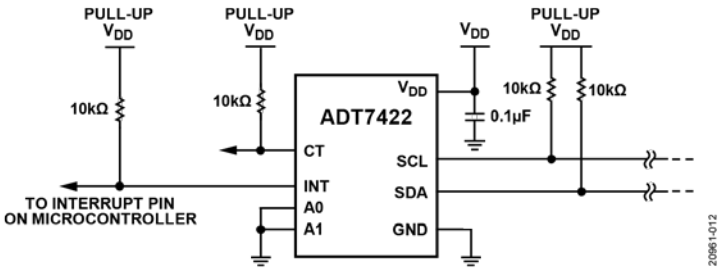


图15. 典型I²C接口连接

写入数据

可将单字节数据或双字节数据写入ADT7422，具体取决于要写入哪些寄存器。

写入单字节数据需要串行总线地址（写入地址指针寄存器的数据寄存器地址），后跟写入所选数据寄存器的数据字节。图16显示了该时序。

对于T_{HIGH}设定点寄存器、T_{LOW}设定点寄存器和T_{CRIT}设定点寄存器，可在同一写入处理中写入最高有效字节寄存器和最低有效字节寄存器。将两字节数据写入这些寄存器需要串行总线地址（写入地址指针寄存器的最高有效字节寄存器的数据寄存器地址），后跟写入所选数据寄存器的两个数据字节。图17显示了该时序。

如果将超过要求数目的数据字节写入一个寄存器，该寄存器将忽略这些额外的数据字节。需要起始或重复起始条件才能写入不同的寄存器。

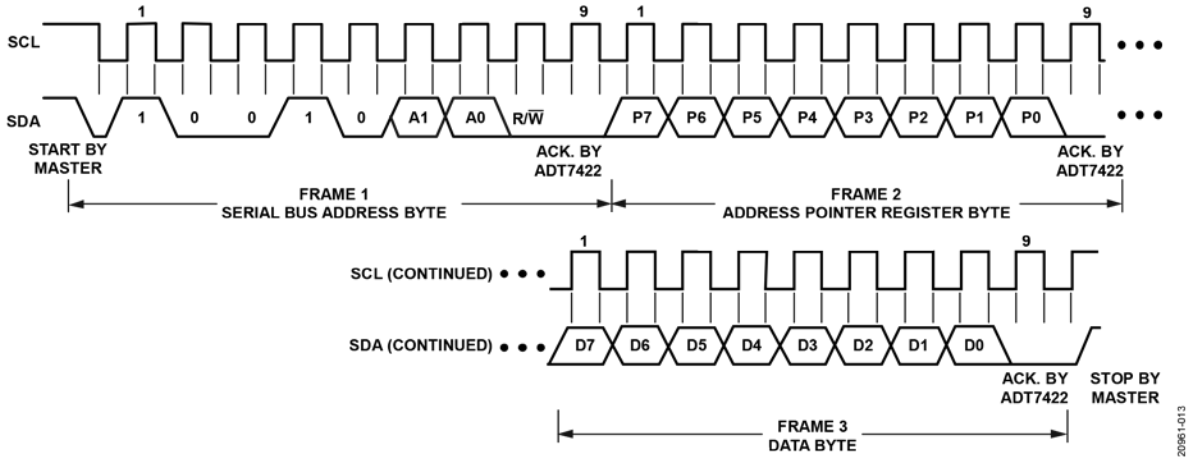


图16. 写入一个寄存器，后跟单字节数据

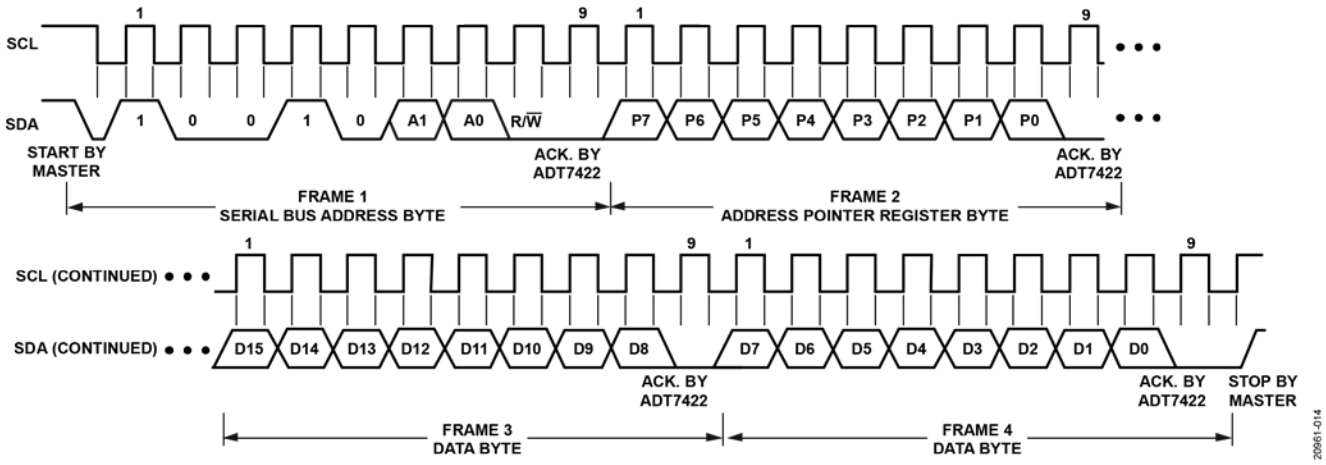


图17. 写入一个寄存器，后跟两字节数据

读取数据

从ADT7422读取数据通过对配置寄存器、状态寄存器、T_{HYST}设定点寄存器和ID寄存器的单字节数据操作来完成。温度值寄存器、T_{HIGH}设定点寄存器、T_{LOW}设定点寄存器和T_{CRIT}设定点寄存器需要双字节数据读取操作。回读8位配置寄存器的内容如图18所示。回读温度值寄存器的内容如图19所示。

从任何寄存器读回首先需要对地址指针寄存器进行单字节写入操作。此操作会设置将要读取的寄存器的地址。从2字节寄存器读回时，地址指针会自动从最高有效字节寄存器地址递增至最低有效字节字节寄存器地址。

要从另一寄存器读取，需要对地址指针寄存器执行另一写操作来设置相关寄存器地址。因此，不能进行块读取，因为只有从16位寄存器读回时才能进行I^2C地址指针自动递增。如果之前已使用要接收读取命令的寄存器的地址来设置地址指针寄存器，则无需重复写入操作来再次设置寄存器地址。

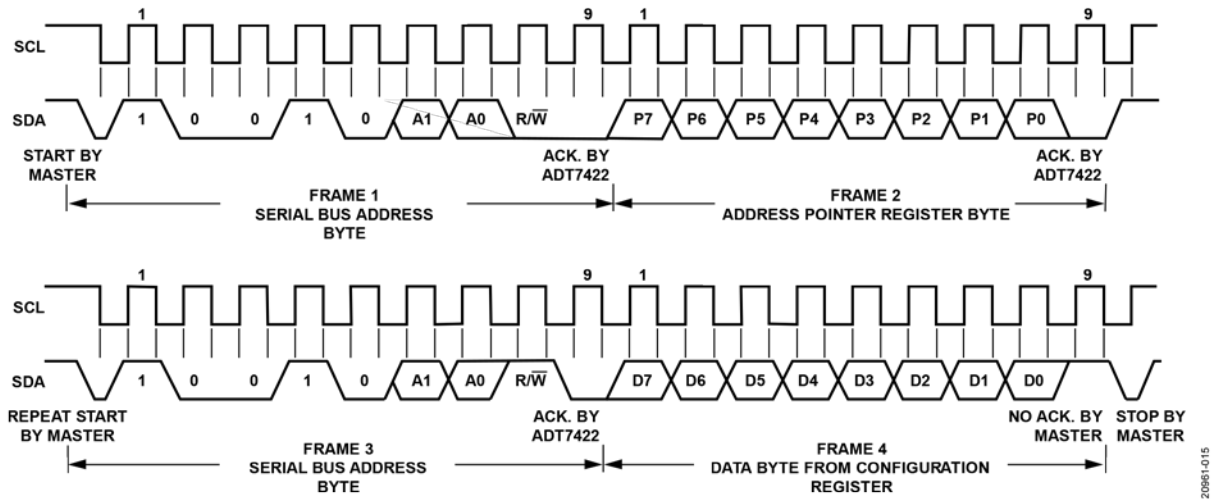


图18. 从配置寄存器读回数据

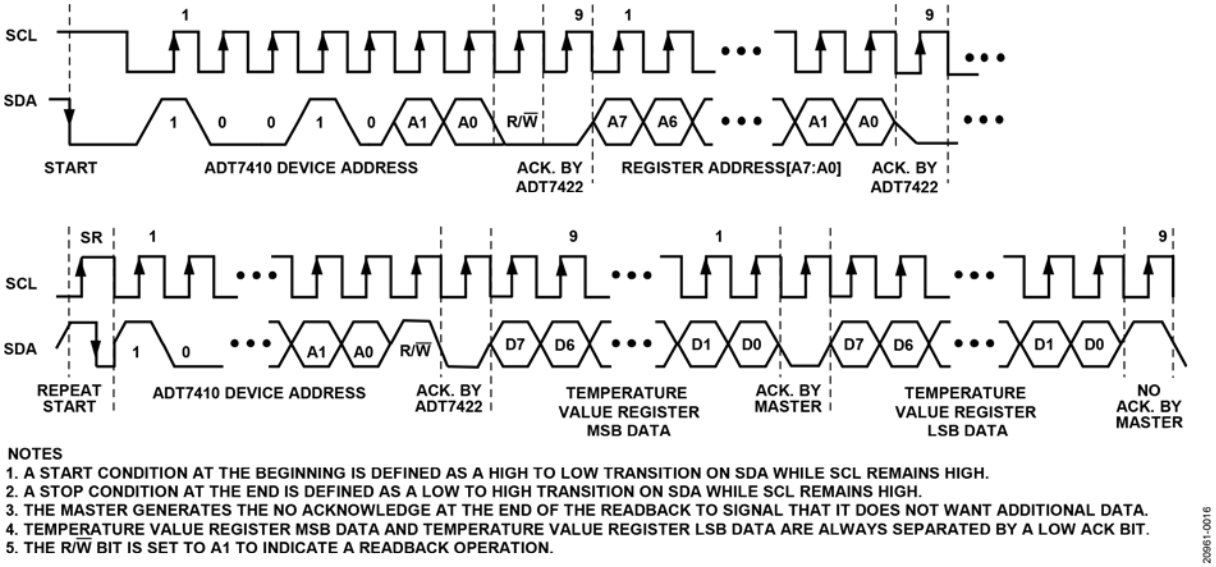


图19. 从温度值寄存器读回数据

复位

可提供一个明确的复位命令来复位ADT7422，而不复位整个I^2C总线。这个命令利用特定地址指针字作为命令字来复位器件并上传所有默认设置。ADT7422在默认值载入时不对I^2C总线命令做出响应（不应答），时间约200 μs。使用以下序列执行复位：

1. 使用适当的地址写入ADT7422。
2. 读取应答位。
3. 将寄存器地址设为0x2F。
4. 读取应答位。
5. 应用停止条件。
6. 等待200 μs，使器件将寄存器复位至默认上电设置。

广播

主器件发出包括7个0且第8位（R/$\overline{W}$位）设置为0的从器件地址时，该地址被称为广播地址。广播地址用于对连接至I^2C总线的每个器件进行寻址。ADT7422对此地址做出应答并读取后面的数据字节。

如果第2个字节是0x06，则ADT7422完全复位，并上传所有默认值。ADT7422在默认值载入时不对I^2C总线命令做出响应（不应答），时间约200 μs。

ADT7422不应答任何其他广播命令。

INT和CT输出

INT和CT引脚均为开漏输出，两个引脚都需要10 kΩ上拉电阻接至V_{DD}。读取INT和CT数据前，ADT7422必须完全上电至V_{DD}。

欠温和过温检测

INT引脚和CT引脚有两种欠温/过温模式：比较器模式和中断模式。中断模式是上电后的默认过温模式。温度高于存储在T_{HIGH}设定点寄存器中的温度或低于存储在T_{LOW}设定点寄存器中的温度时，INT输出引脚进入有效状态。INT引脚在此事件后的反应方式取决于所选的过温模式。

图20所示为两种引脚极性设置情况下，针对超过T_{HIGH}限值的事件的比较器模式和中断模式。图21所示为两种引脚极性设置情况下，针对超过T_{LOW}限值的事件的比较器模式和中断模式。

比较器模式

在比较器模式下，当温度降至T_{HIGH} − T_{HYST}限值以下或升至T_{LOW} + T_{HYST}限值以上时，INT引脚返回无效状态。

在比较器模式下，将ADT7422置于关断模式不会复位INT状态。

中断模式

在中断模式下，读取任何ADT7422寄存器时，INT引脚将进入无效状态。一旦INT引脚复位，只有在温度高于存储在T_{HIGH}设定点寄存器中的温度，或低于存储在T_{LOW}设定点寄存器中的温度的情况下，INT引脚才会再次进入有效状态。

在中断模式下，将ADT7422置于关断模式可复位INT引脚。

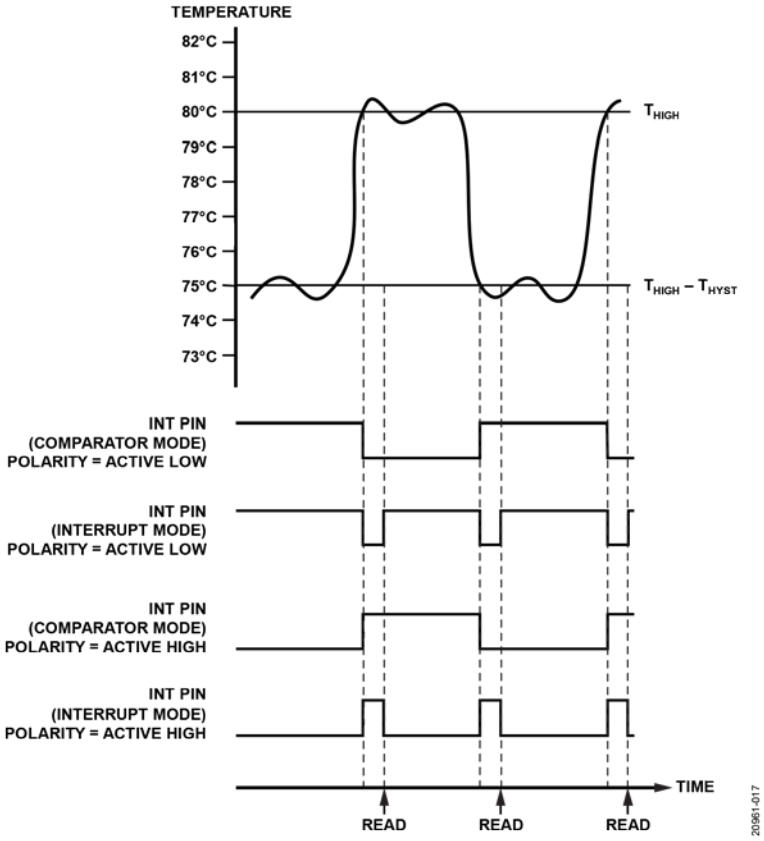


图20. T_{HIGH}过温事件的INT输出温度响应图

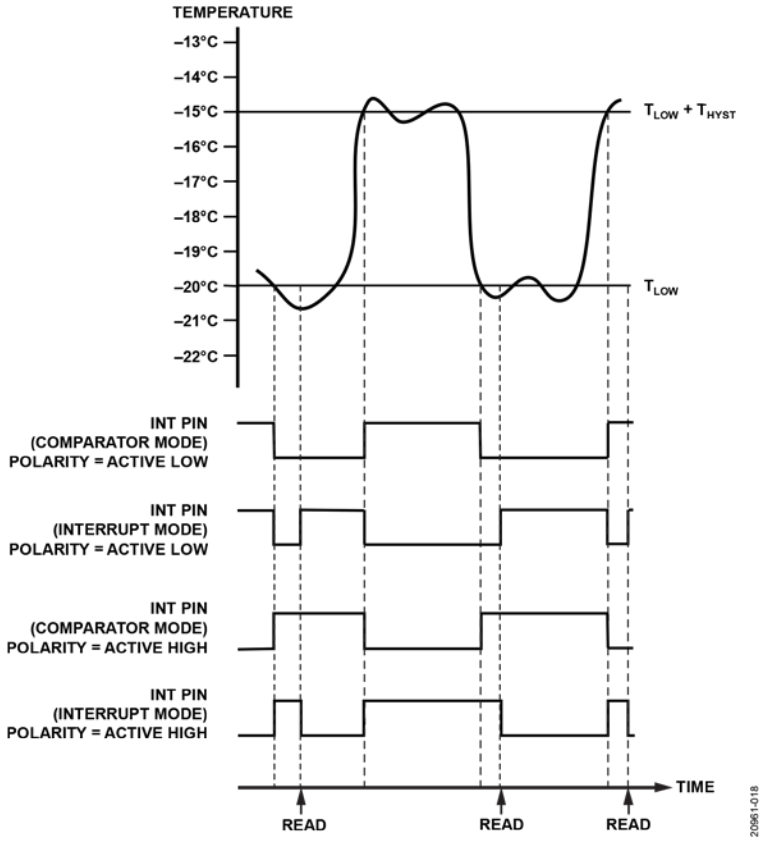


图 21. T_{LOW} 欠温事件的 INT 输出温度响应图

应用信息

热响应时间

热响应与温度传感器的热质成函数关系，并且受IC贴装对象质量的影响很大。例如，包含大量铜走线的大型PCB可起大散热器的作用，并减缓热响应。为了获得更快的热响应，建议将传感器贴装在尽可能小的PCB上。

图11显示不到两秒的典型响应时间，可达到其温度范围的63.2%。温度值通过数字接口作为16位值回读。响应时间包括信号处理期间芯片上引起的所有延迟。

电源去耦

ADT7422必须在V_{DD}和GND之间连接去耦电容。否则将获得错误的温度读数。必须使用0.1 µF的去耦电容，例如高频陶瓷型，并且尽可能靠近ADT7422的V_{DD}引脚安装。

如果可能，应直接从系统电源为ADT7422供电。图22所示的配置可以将逻辑开关瞬变与模拟部分隔离开。如果不能使用独立的电源走线，大量的电源旁路仍能降低电源线路引起的误差。包括0.1 µF陶瓷电容的本地电源旁路对要实现的温度精度规格来说至关重要。

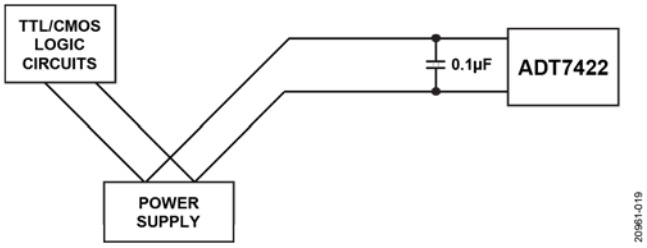


图22. 使用独立走线降低电源噪声

从开关稳压器供电

ADT7422等精密模拟器件需要充分滤波的电源。如果ADT7422从开关稳压器供电，可能产生50 kHz以上的噪声，从而影响温度精度规格。为了避免此问题，应在电源和ADT7422 V_{DD}引脚之间使用RC滤波器。应仔细考虑所用的元件值，确保电源噪声峰值小于1 mV。RC滤波器应尽可能远离ADT7422安装，以确保热质尽可能低。

温度测量

ADT7422准确测量并转换其本身半导体芯片表面的温度。热路径经过引脚、裸露焊盘和塑料封装。使用ADT7422测量附近热源的温度时，必须考虑热源和ADT7422之间的热阻，因为它会影响测量精度和热响应。

对于空气或表面温度测量，应注意将封装、引脚、裸露焊盘与周围空气温度隔离。使用导热型粘结剂有助于实现更精确的表面温度测量。

温度测量快速指南

在连续转换模式（默认上电模式）下测量温度时，请遵循以下步骤：

1. ADT7422上电后，通过读取器件ID（寄存区地址0x0B）验证设置。ID为0xCB。
2. 如果步骤1中的连续读数一致，读取配置寄存器（寄存器地址0x03）、T_{CRIT}设定点寄存器（寄存器地址0x08和寄存器地址0x09）、T_{HIGH}设定点寄存器（寄存器地址0x04和寄存器地址0x05）和T_{LOW}设定点寄存器（寄存器地址0x06和寄存器地址0x07）。将这些值与表13中的额定默认值进行比较。如果所有读数匹配，接口运行正常。
3. 向配置寄存器执行写操作，将ADT7422设为所需配置。
4. 读取温度值最高有效字节寄存器的值，然后读取温度值最低有效字节寄存器的值。两个寄存器都产生有效的温度测量。

封装和订购信息

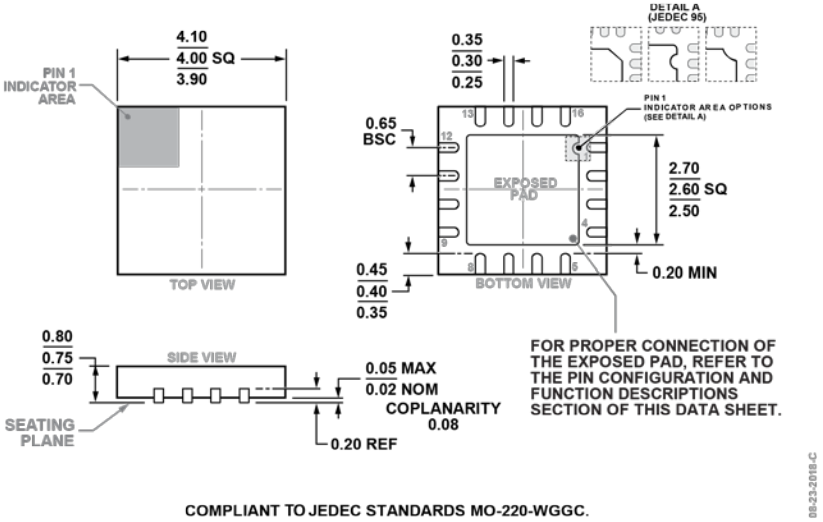


图23. 16引脚引脚框架芯片级封装[LFCSP]
4 mm × 4 mm本体、0.75 mm封装高度
(CP-16-17)
尺寸单位：mm

订购指南

型号 [1]	温度范围	封装描述	封装选项
ADT7422CCPZ-RL7	−40℃ 至+125℃	16 引脚引脚框架芯片级封装[LFCSP]	CP-16-17

[1] Z = 符合 RoHS 标准的兼容器件。

©2020 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
D20961sc-4/20(A)