

特性**高性能****温度精度:****±0.2°C(-10°C至+85°C, 3V~3.3V)****±0.25°C(-20°C至+105°C, 3V~3.6V)****16位温度分辨率: 0.0078°C****超低温漂: 0.0073°C****NIST可溯源或相当功能****6 ms快速首次上电温度转换****易于实现****用户无需温度校准/校正****无需线性校正****低功耗****1 SPS(每秒采样率)省电模式****正常模式: 700 μW(典型值, 3.3 V)****关断模式: 7 μW(典型值, 3.3 V)****宽工作范围****温度范围: -40°C至+150°C****电压范围: 2.7 V至5.5 V****可编程中断****临界过温中断****过温/欠温中断****SPI兼容型接口****16引脚、4 mm × 4 mm LFCSP封装, 符合RoHS标准****应用****RTD及热敏电阻的替代产品****热电偶冷结补偿****医疗设备****工业控制与测试****食物运输与储存****环境监控和HVAC****激光二极管温度控制****概述**

ADT7320是一款4 mm × 4 mm LFCSP封装高精度数字温度传感器, 可在较宽的工业温度范围内提供突破性的性能。它内置一个带隙温度基准源, 一个温度传感器和一个16位模数转换器(ADC), 用来监控温度并进行数字转换, 分辨率为0.0078°C。默认ADC分辨率设置为13位(0.0625°C)。ADC分辨率为用户可编程模式, 可通过串行接口更改。

ADT7320的保证工作电压范围为2.7 V至5.5 V。工作电压为3.3 V时, 平均供电电流的典型值为210 μA。ADT7320具有关断模式, 可关断器件, 3.3 V时的关断电流典型值为2 μA。额定工作温度范围为-40°C至+150°C。

CT引脚属于开漏输出, 当温度超过可编程临界温度限值时, CT引脚进入有效状态。INT引脚也属于开漏输出, 当温度超过可编程限值时, INT引脚进入有效状态。INT和CT引脚能够以比较器模式或中断模式工作。

产品特色

1. 易于使用, 不需要用户校正或校准。
2. 低功耗。
3. 极佳的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。
5. 采用16引脚、4 mm × 4 mm LFCSP封装, 符合RoHS标准。

Rev. PrD

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 www.analog.com
Fax: 781.461.3113 ©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

功能框图

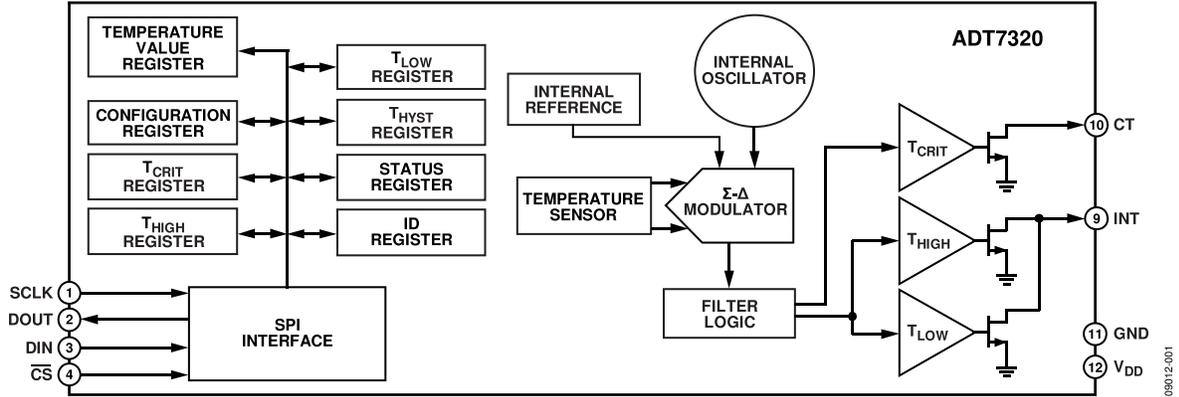


图1.

目录

特性.....	1	配置寄存器.....	16
应用.....	1	温度值寄存器.....	17
概述.....	1	ID寄存器.....	17
产品特点.....	1	T _{CRIT} 设定点寄存器.....	17
功能框图.....	2	T _{HYST} 设定点寄存器.....	18
修订历史.....	3	T _{HIGH} 设定点寄存器.....	18
技术规格.....	4	T _{LOW} 设定点寄存器.....	18
SPI时序规格.....	5	串行接口.....	19
绝对最大额定值.....	7	SPI命令字节.....	19
ESD警告.....	7	写入数据.....	20
引脚配置和功能描述.....	8	读取数据.....	21
典型性能参数.....	9	DSP或微控制器接口.....	21
工作原理.....	11	串行接口复位.....	21
电路信息.....	11	INT和CT输出.....	22
转换器详解.....	11	欠温和过温检测.....	22
连续转换模式.....	11	应用信息.....	24
单次转换模式.....	12	热响应时间.....	24
1 SPS模式.....	13	电源去耦.....	24
关断模式.....	13	从开关电源供电.....	24
故障队列.....	13	温度测量.....	24
温度数据格式.....	14	温度测量快速指南.....	24
温度转换公式.....	14	外形尺寸.....	25
寄存器.....	15	订购指南.....	25
状态寄存器.....	15		

修订历史

11/11—Pr.D:原始修订版本

技术规格

除非另有说明, $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 5.5 V 。

表1.

参数	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		0.0017	$\pm 0.20^2$	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -10^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0\text{ V}$ 至 3.3 V
			± 0.25	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -20^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0\text{ V}$ 至 3.6 V
			± 0.25		$T_A = -20^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$
			± 0.30	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0\text{ V}$
			± 0.35	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.3 V
			± 0.50	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0\text{ V}$ 至 3.6 V
			$\pm 0.50^3$	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -10^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V
			± 0.65	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V
	-0.85			$^{\circ}\text{C}$	$T_A = +150^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V
	-1.0			$^{\circ}\text{C}$	$T_A = +150^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V
ADC分辨率		13		位	符号位加12 ADC位的二进制补码温度值(上电默认分辨率)
		16		位	符号位加15 ADC位的二进制补码温度值(配置寄存器中Bit7 = 1)
温度分辨率					
13位		0.0625		$^{\circ}\text{C}$	13位分辨率(符号位 + 12位)
16位		0.0078		$^{\circ}\text{C}$	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转换模式仅首次上电转换
快速温度转换时间					
1 SPS转换时间		60		ms	1 SPS模式的转换时间
温度迟滞		± 0.002		$^{\circ}\text{C}$	温度循环 = 25°C 至 125°C 并返回至 25°C
可重复性 ⁴		± 0.015		$^{\circ}\text{C}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$
漂移 ⁵		0.0073		$^{\circ}\text{C}$	150°C 、 $V_{DD} = 5.0\text{ V}$ 下进行500小时压力测试
直流电源抑制比		0.1		$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$
数字输出(CT, INT),开漏					
高输出漏电流 I_{OH}		0.1	5	μA	CT和INT引脚上拉至 5.5 V
输出低电压 V_{OL}			0.4	V	$I_{OL} = 3\text{ mA}$ @ 5.5 V , $I_{OL} = 1\text{ mA}$ @ 3.3 V
输出高电压 V_{OH}	$0.7 \times V_{DD}$			V	
输出电容 C_{OUT}		2		pF	
数字输入					
输入电流			± 1	μA	$V_{IN} = 0\text{ V}$ 至 V_{DD}
输入低电压 V_{IL}			0.4	V	
输入高电压 V_{IH}	$0.7 \times V_{DD}$			V	
引脚电容		5	10	pF	
数字输出(DOUT)					
输出高电压 V_{OH}	$V_{DD} - 0.3$			V	$I_{SOURCE} = I_{SINK} = 200\text{ }\mu\text{A}$
输出低电压 V_{OL}			0.4	V	$I_{OL} = 200\text{ }\mu\text{A}$
输出电容 C_{OUT}			50	pF	
电源要求					
电源电压	2.7		5.5	V	
电源电流					Peak current while converting, SPI interface inactive
3.3 V时		210	265	μA	
5.5 V时		250	300	μA	
1 SPS电流					1 SPS模式, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$

参数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
3.3 V时		46		μA	$V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$
5.5 V时		65		μA	$V_{\text{DD}} = 5.5\text{ V}$
关断电流					关断模式下的电源电流
3.3 V时		2.0	15	μA	
5.5 V时		5.2	25	μA	
关断电流		700		μW	$V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$, 25°C 下正常模式
关断电流		150		μW	$V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$ 、 $T_{\text{A}} = 25^\circ\text{C}$ 条件下的功耗

¹ 精度规格包括可重复性。

² 等效 $3\text{-}\Sigma$ 限值为 $\pm 0.15^\circ\text{C}$ 。提供该 $3\text{-}\Sigma$ 规格是为了方便用户与使用这些限值的其它供应商产品进行比较。

³ 5 V工作电压下如需更高精度，请联系ADI公司。

⁴ 基于10次读数的移动平均值。

⁵ 漂移包括按照JEDEC标准JESD22-A108执行的焊接热阻和寿命测试。

SPI时序规格

除非另有说明， $T_{\text{A}} = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ ， $V_{\text{DD}} = 2.7\text{ V}$ 至 5.5 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 ^{1,2}	在 T_{MIN} 和 T_{MAX} 条件下的限值 (B级)	单位	条件/注释
t_1	0	ns, 最小值	$\overline{\text{CS}}$ 下降沿到SCLK有效沿建立时间 ³
t_2	100	ns, 最小值	SCLK高电平脉冲宽度
t_3	100	ns, 最小值	SCLK低电平脉冲宽度
t_4	30	ns, 最小值	数据有效到SCLK沿建立时间
t_5	25	ns, 最小值	数据有效到SCLK沿保持时间
t_6	5	ns, 最小值	SCLK有效沿到数据有效延迟时间 ³
	60	ns, 最大值	$V_{\text{DD}} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V
	80	ns, 最大值	$V_{\text{DD}} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V
t_7^3	10	ns, 最小值	$\overline{\text{CS}}$ 无效沿后的总线释放时间
	80	ns, 最大值	
t_8	0	ns, 最小值	$\overline{\text{CS}}$ 上升沿到SCLK沿保持时间
t_9	0	ns, 最小值	$\overline{\text{CS}}$ 下降沿到DOUT有效时间
	60	ns, 最大值	$V_{\text{DD}} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V
	80	ns, 最大值	$V_{\text{DD}} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V
t_{10}	10	ns, 最小值	SCLK无效沿到DOUT高电平

¹ 样片在初次发布期间均经过测试，以确保符合标准要求。所有输入信号均指定 $t_{\text{R}} = t_{\text{F}} = 5\text{ ns}$ (10%到90%的 V_{DD})并从1.6V电平起开始计时。

² 参见图2。

³ 这意味着，时序特性所给出的时间是该器件真正的总线释放时间，因而与外部总线负载电容无关。

ADT7320

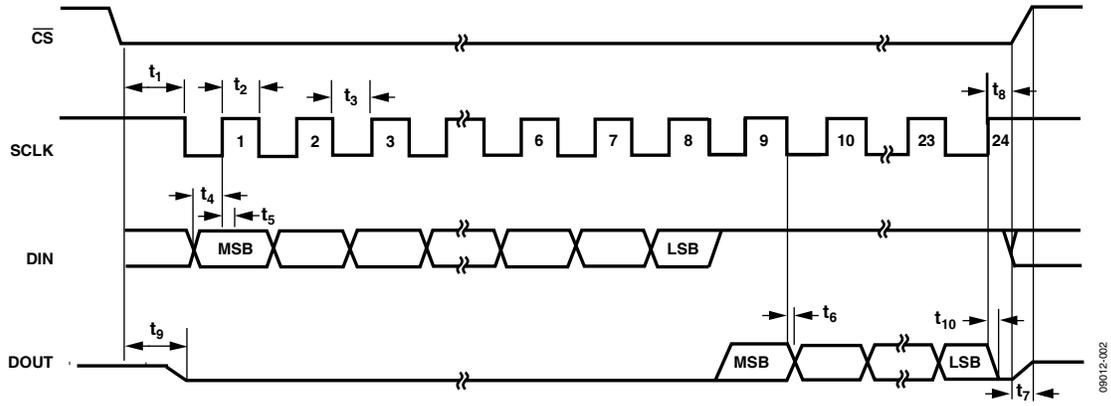


图2. SPI时序详图

06012-002

绝对最大额定值

表3.

参数	额定值
V_{DD} 至GND	-0.3 V至+7 V
DIN输入电压至GND	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
DOUT电压至GND	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
SCLK输入电压至GND	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
\overline{CS} 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
ESD额定值(人体模型)	2.0 kV
工作温度范围 ¹	-40°C至+150°C
存储温度范围	-65°C至+160°C
最高结温 T_{JMAX}	150°C
功耗 ²	
16引脚LFCSP	$W_{MAX} = (T_{JMAX} - T_A)/\theta_{JA}$
热阻 ⁴	
θ_{JA} 结至环境(静止空气)	37°C/W
θ_{JC} 结至外壳	33°C/W
IR回流焊	220°C
峰值温度(符合RoHS标准封装)	260°C (0°C/-5°C)
峰值温度时间	20秒至40秒
上斜坡速率	3°C/秒(最大值)
下降斜坡速率	-6°C/秒(最大值)
从25°C至峰值温度的时间	8分钟(最大值)

¹ 在125°C以上长时间工作会导致产品寿命缩短。更多信息请联系ADI公司。

² 值与标准2层PCB上使用的封装相关。由此可得出最差条件 θ_{JA} 和 θ_{JC} 。

³ T_A = 环境温度。

⁴ 结至外壳热阻适用于具有优先流向特性的元件，例如安装在散热器上的元件。结至环境更适用于PCB式安装的气冷元件。

注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。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。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

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

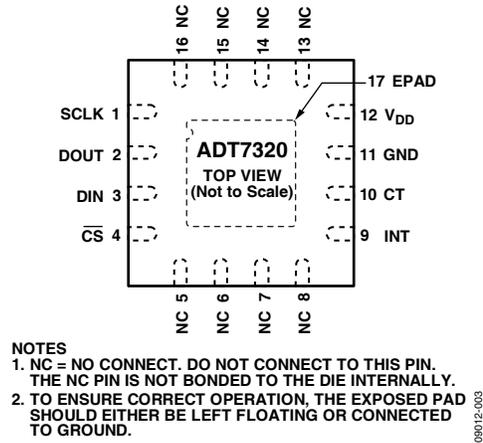


图3. 引脚配置

表4. 引脚功能描述

引脚编号	引脚编号	描述
1	SCLK	串行时钟输入。串行时钟用于向ADT7320的任一寄存器输入数据或输出数据提供时钟。
2	DOUT	串行数据输出。数据在SCLK下降沿输出，而且在SCLK上升沿有效。
3	DIN	串行数据输入。此输入端提供要载入器件控制寄存器的串行数据。数据在SCLK的上升沿输入寄存器。
4	\overline{CS}	片选输入引脚。此输入为低电平时，选择该器件。此引脚为高电平时，该器件禁用。
5	NC	不连接。NC引脚未从内部焊接到芯片。
6	NC	不连接。NC引脚未从内部焊接到芯片。
7	NC	不连接。NC引脚未从内部焊接到芯片。
8	NC	不连接。NC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。上电默认设置作为低电平有效比较器中断。开漏配置。需要上拉电阻，典型值10 kΩ。
10	CT	临界过温指示器逻辑输出。上电默认极性为低电平有效。开漏配置。需要上拉电阻，典型值10 kΩ。
11	GND	模拟地和数字地。
12	V _{DD}	正电源电压(2.7 V至5.5 V)。电源应通过一个0.1 μF陶瓷电容去耦至GND。
13	NC	不连接。NC引脚未从内部焊接到芯片。
14	NC	不连接。NC引脚未从内部焊接到芯片。
15	NC	不连接。NC引脚未从内部焊接到芯片。
16	NC	不连接。NC引脚未从内部焊接到芯片。
17	EPAD	底焊盘。为确保正常工作，底焊盘应保持浮空或连接到地。

典型性能参数

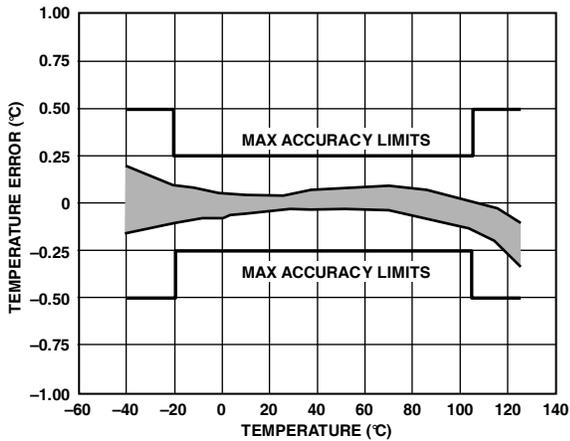


图4. 3 V时的温度精度

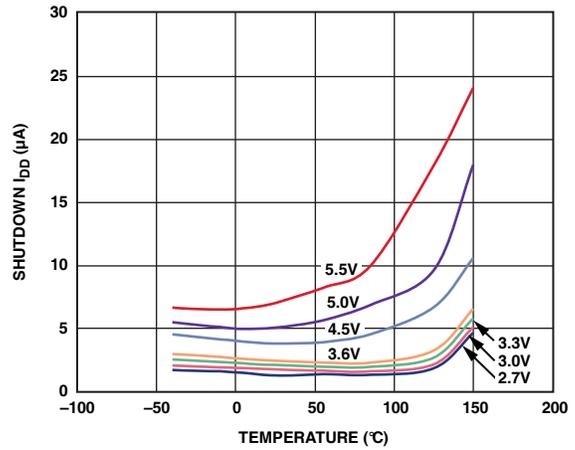


图7. 关断电流与温度的关系

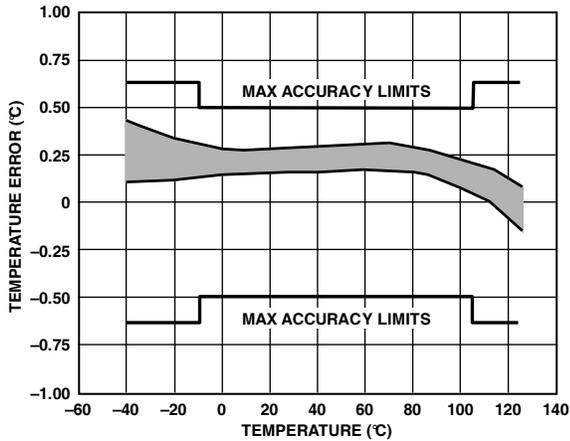


图5. 5 V时的温度精度

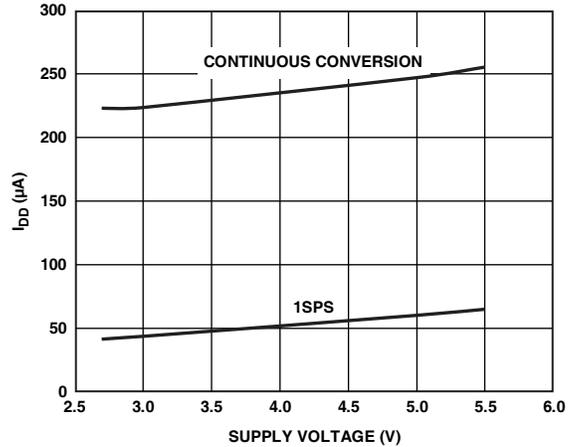


图8. 25°C时平均工作电源电流与电源电压的关系

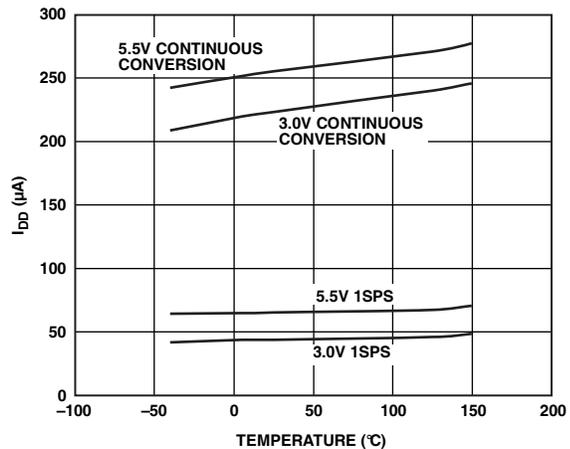


图6. 工作电流与温度的关系

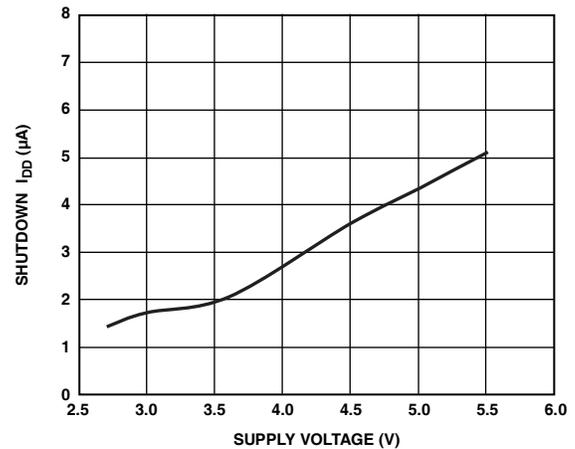


图9. 25°C时关断电流与电源电压的关系

ADT7320

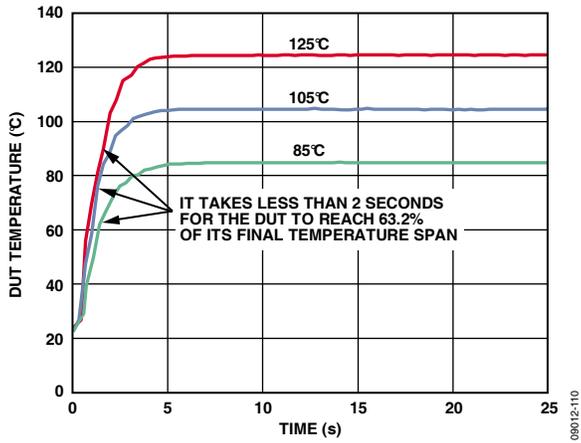


图10. 热响应时间

工作原理

电路信息

ADT7320是一款高精度数字温度传感器，使用16位ADC以0.0078°C的分辨率对温度进行监控和数字化处理。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至精密数字调制器。

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(亦称电荷平衡型模数转换器)进行数字化处理。这种转换器利用时域过采样和一个高精度比较器在一个极紧凑的电路中实现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来产生一个负反馈环路并将积分器输出降至最小。比较器以比输入采样频率高得多的速率来对积分器的输出进行采样。此过采样在比输入信号宽得多的频带内扩展量化噪声，从而改善总体噪声性能并提高精度。

比较器的输出通过调制电路进行编码产生SPI温度数据。

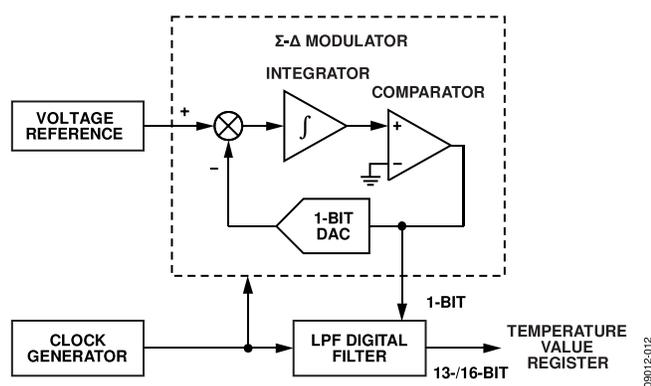


图11. Σ - Δ 调制器

ADT7320可配置成以任意四种工作模式之一工作：正常模式(连续转换模式)、单次采样、1 SPS模式和关断模式

连续转换模式

在连续转换模式(上电缺省模式)下，ADT7320运行自动转换序列。在此自动转换序列期间，转换需240 ms完成，并且ADT7320连续进行转换。这意味着，一个温度转换一旦完成，另一温度转换立即开始。每个温度转换结果都存储在温度值寄存器中并可通过SPI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 $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内。

器件的转换时钟内部产生。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} 设定点读取/写入寄存器中)、高温限值(存储在16位 T_{HIGH} 设定点读取/写入寄存器中)和低温限值(存储在16位 T_{LOW} 设定点读取/写入寄存器中)相比较。如果该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针对极性进行编程，也可经由配置寄存器针对中断模式进行编程。

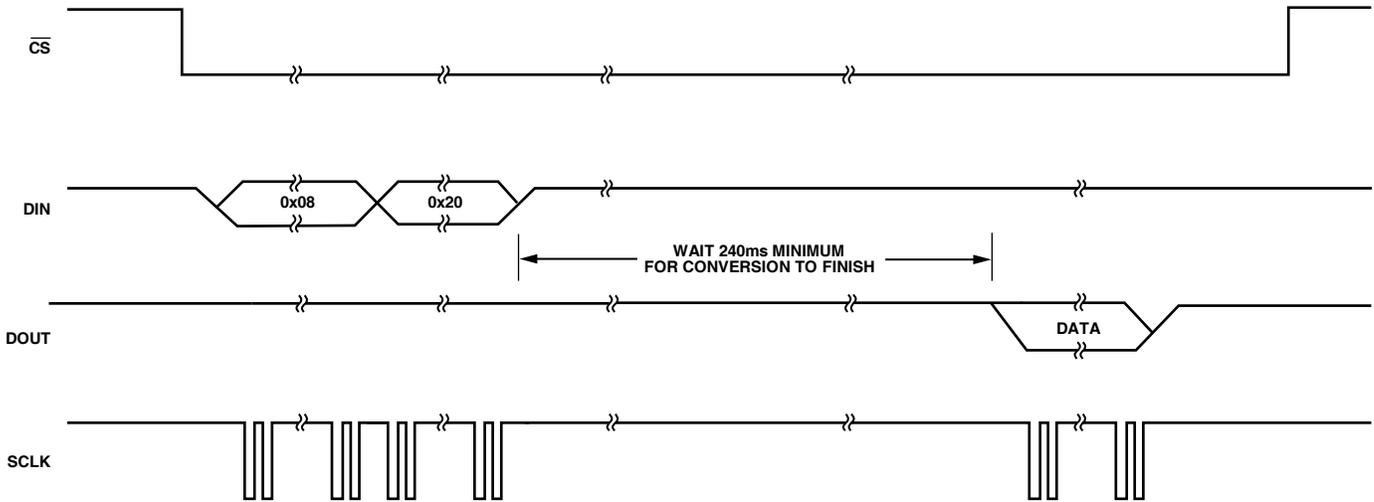


图12. 典型的SPI单次转换写入配置寄存器，然后读取温度值寄存器

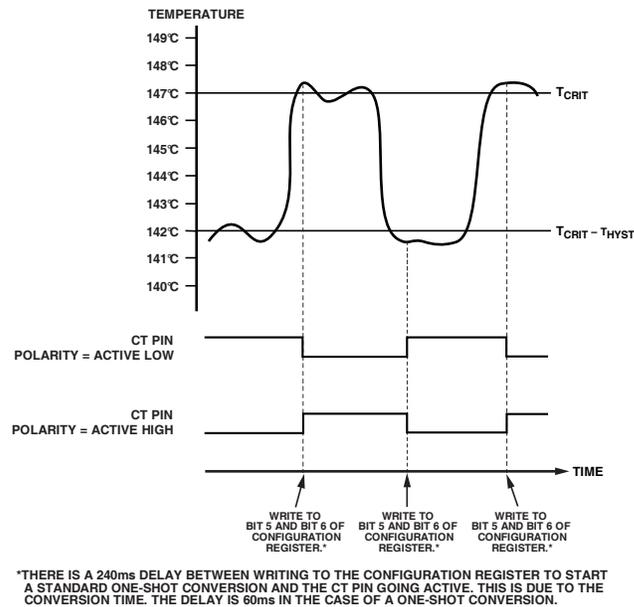


图13. 单次转换CT引脚

单次转换模式

使能单次转换模式时，ADT7320立即完成一次转换，然后进入关断模式。电路设计优先考虑降低功耗时，单次转换模式非常有用。

将配置寄存器(寄存器地址0x01)的Bits[6:5]设置为01，使能单次转换模式。

从温度值寄存器读回温度之前，在写入工作模式位之后等待至少240 ms。此等待时间确保ADT7320有足够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(0x01)中的Bits[6:5]复位至01。

单次转换模式下的CT和INT工作

超过一个限值时，针对 T_{CRIT} 过温事件的单次转换CT引脚工作的更多信息见图13。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。

对于比较器模式下的INT引脚，如果温度降至 $T_{HIGH} - T_{HYST}$ 值以下或升至 $T_{LOW} + T_{HYST}$ 值以上，则写工作模式位(配置寄存器的Bit5和Bit6，寄存器地址0x01)可复位INT引脚。

对于比较器模式下的CT引脚，如果温度降至 $T_{CRIT} - T_{HYST}$ 值以下，则写工作模式位(配置寄存器的Bit5和Bit6，寄存器地址0x01)可复位CT引脚，参见图13。

使用单次转换模式时，要确保刷新率适合所使用的应用。

1 SPS模式

在1 SPS模式下，器件每秒测量一次。一次转换典型情况下需要60 ms，其余940 ms时间内，器件都保持在空闲状态。将10写入配置寄存器(寄存器地址0x01)的Bits[6:5]，使能此模式。

关断模式

通过将11写入配置寄存器(寄存器地址0x01)中的Bits[6:5]，可以将ADT7320置于关断模式。通过将00写入配置寄存器(寄存器地址0x01)中的Bits[6:5]，可以使ADT7320退出关断模式。ADT7320退出关断模式的典型时间为1 ms(0.1 μ F去耦电容)。即使ADT7320处于关断模式，仍然可以从

ADT7320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0x01)的Bit0和Bit1用于设置故障队列。在高噪声温度环境下使用ADT7320时，队列可提供最多4个故障以防误触发INT和CT引脚。队列中所设故障必须连续发生以设置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，而且每次结果都超过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。

温度数据格式

ADC的一个LSB在13位模式下对应0.0625°C，在16位模式下对应0.0078°C。ADC理论上可以测量255°C的温度范围，但ADT7320的保证测量范围是低值温度限值-40°C至高温温度限值+150°C。温度测量结果存储在16位温度值寄存器中，并与存储在 T_{CRIT} 设定点寄存器和 T_{HIGH} 设定点寄存器中的高温限值相比较，还与存储在 T_{LOW} 设定点寄存器中的低温限值相比较。

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，Bit0至Bit2这三个LSB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5所示为不带Bit0至Bit2的13位温度数据格式。

可以通过将配置寄存器(寄存器地址0x01)中的Bit7设置为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，Bit0至Bit2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。

从温度值寄存器读回温度需要2字节读操作。使用9位温度数据格式的设计人员仍可使用ADT7320，只需忽略13位温度值的后四个LSB。这四个LSB是表5中的Bit3至Bit6。

表5. 13位温度数据格式

温度	数字输出(二进制)位[15:3]
-40°C	1 1101 1000 0000
-25°C	1 1110 0111 0000
-0.0625°C	1 1111 1111 1111
0°C	0 0000 0000 0000
+0.0625°C	0 0000 0000 0001
+25°C	0 0001 1001 0000
+105°C	0 0110 1001 0000
+125°C	0 0111 1101 0000
+150°C	0 1001 0110 0000

温度转换公式

16位温度数据格式

$$\text{正温度} = \text{ADC码 (十进制)} / 128$$

$$\text{负温度} = (\text{ADC码 (十进制)} - 65,536) / 128$$

其中，ADC码使用所有16位数据字节，包括符号位。

$$\text{负温度} = (\text{ADC码 (十进制)} - 32,768) / 128$$

其中，ADC码去除了MSB。

13位温度数据格式

$$\text{正温度} = \text{ADC码 (十进制)} / 16$$

$$\text{负温度} = (\text{ADC码 (十进制)} - 8192) / 16$$

其中，ADC码使用所有13位数据字节，包括符号位。

$$\text{负温度} = (\text{ADC码 (十进制)} - 4096) / 16$$

其中，ADC码去除MSB。

10位温度数据格式

$$\text{正温度} = \text{ADC码 (十进制)} / 2$$

$$\text{负温度} = (\text{ADC码 (十进制)} - 1024) / 2$$

其中，ADC码使用所有10位数据字节，包括符号位。

$$\text{负温度} = (\text{ADC码 (十进制)} - 512) / 2$$

其中，ADC码去除了MSB。

9位温度数据格式

$$\text{正温度} = \text{ADC码 (十进制)}$$

$$\text{负温度} = \text{ADC码 (十进制)} - 512$$

其中，ADC码使用全部9位数据字节，包括符号位。

$$\text{负温度} = \text{ADC码 (十进制)} - 256$$

其中，ADC码去除MSB。

寄存器

ADT7320内置8个寄存器：

- 1个状态寄存器
- 1个配置寄存器
- 5个温度值寄存器
- 1个ID寄存器

状态寄存器、温度值寄存器和ID寄存器都是只读寄存器。

状态寄存器

此8位只读寄存器(寄存器地址0x00)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，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， $\overline{\text{RDY}}$ 位复位。在单次转换模式和1 SPS模式下，写入工作模式位之后， $\overline{\text{RDY}}$ 位复位。

表6. ADT7320寄存器

寄存器地址	描述	上电默认值
0x00	状态	0x80
0x01	配置	0x00
0x02	温度值	0x0000
0x03	ID	0xC3
0x04	T_{CRIT} 设定点	0x4980 (147°C)
0x05	T_{HYST} 设定点	0x05 (5°C)
0x06	T_{HIGH} 设定点	0x2000 (64°C)
0x07	T_{LOW} 设定点	0x0500 (10°C)

表7. 状态寄存器(寄存器地址0x00)

位	默认值	类型	名称	描述
[3:0]	0000	R	不用	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 $T_{\text{LOW}} + T_{\text{HYST}}$ 设定点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 $T_{\text{HIGH}} - T_{\text{HYST}}$ 设定点寄存器中设置的限值时，此位清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 $T_{\text{CRIT}} - T_{\text{HYST}}$ 设定点寄存器中设置的限值时，此位清0。
[7]	1	R	RDY	温度转换结果写入温度值寄存器中时，此位变为低电平。 读取温度值寄存器时，此位复位至1。 在单次转换模式和1 SPS模式下，在配置寄存器中写入工作模式位之后，此位复位。

ADT7320

配置寄存器

此8位读写寄存器(寄存器地址0x01)存储ADT7320的各种配置模式,包括关断、过温和欠温中断、单次转换、连续转换、中断引脚极性和过温故障队列。

表8. 配置寄存器(寄存器地址0x01)

位	默认值	类型	名称	描述
[1:0]	00	R/W	故障队列	这两个位设定在设置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		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		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		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		这两个位设置ADT7320的工作模式。 00 = 连续转换(默认)。一次转换结束后,ADT7320开始另一次转换。 01 = 单次转换模式。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		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。

温度值寄存器

温度值0度传感器测量的温度，存储格式为16位二进制补码。温度以16位值的形式从温度值寄存器(寄存器地址0x02)回读。

Bit2、Bit1和Bit0分别是 T_{CRIT} 、 T_{HIGH} 和 T_{LOW} 的事件报警标志。如果ADC配置为将温度转换成16位数字值，Bit2、Bit1和Bit0则不再用作标志位，而是用作扩展数字值的LSB位。

ID寄存器

此8位只读寄存器(寄存器地址0x03)在Bit7至Bit3中存储制造商ID，在Bit2至Bit0中存储芯片版本。

T_{CRIT} 设定点寄存器

16位 T_{CRIT} 设定点寄存器(寄存器地址0x04)存储临界过温限值。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，临界过温事件发生。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。

T_{CRIT} 设定点的默认设置是147°C。

表9. 温度值寄存器(寄存器地址0x02)

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0x01[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。 如果配置寄存器的寄存器地址0x01[7]=1(16位分辨率)，则包含15位温度值的最低有效位0。
[1]	0	R	T_{HIGH} 标志/LSB1	如果配置寄存器的寄存器地址0x01[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。 如果配置寄存器的寄存器地址1x01[7]=1(16位分辨率)，则包含15位温度值的最低有效位1。
[2]	0	R	T_{CRIT} 标志/LSB2	如果配置寄存器的寄存器地址0x01[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。 如果配置寄存器的寄存器地址2x01[7]=1(16位分辨率)，则包含15位温度值的最低有效位2。
[7:3]	00000	R	温度	温度值为二进制补码格式。
[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10. ID寄存器(寄存器地址0x03)

位	默认值 ¹	类型	名称	描述
[2:0]	011	R	版本ID	含芯片版本识别号。
[7:3]	11000	R	制造ID	含制造商识别号。

表11. T_{CRIT} 设定点寄存器(寄存器地址0x04)

位	默认值 ¹	类型	名称	描述
[15:0]	0x4980	R/W	T_{CRIT}	16位临界过温限值，以二进制补码格式存储。

ADT7320

T_{HYST} 设定点寄存器

8位 T_{HYST} 设定点寄存器(寄存器地址0x05)存储 T_{HIGH} 、 T_{LOW} 和 T_{CRIT} 温度限值的温度迟滞值。温度迟滞值以标准二进制格式使用4个LSB来存储。增量可以1°C为步进，范围为0°C至15°C。将此寄存器中的值从 T_{HIGH} 和 T_{CRIT} 值减去并与 T_{LOW} 值相加来实现迟滞。

T_{HYST} 设定点的默认设置是5°C。

T_{HIGH} 设定点寄存器

16位 T_{HIGH} 设定点寄存器(寄存器地址0x06)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，MSB作为温度符号位。

T_{HIGH} 设定点的默认设置是64°C。

T_{LOW} 设定点寄存器

16位 T_{LOW} 设定点寄存器(寄存器地址0x07)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。

T_{LOW} 设定点的默认设置是10°C。

表12. T_{HYST} 设定点寄存器(寄存器地址0x05)

位	默认值	类型	名称	描述
[3:0]	0101	R/W	T_{HYST}	迟滞值，范围从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/W	N/A	不用。

表13. T_{HIGH} 设定点寄存器(寄存器地址0x06)

位	默认值	类型	名称	描述
[15:0]	0x2000	R/W	T_{HIGH}	16位过温限值，以二进制补码格式存储。

表14. T_{LOW} 设定点寄存器(寄存器地址0x07)

位	默认值	类型	名称	描述
[15:0]	0x0500	R/W	T_{LOW}	16位欠温限值，以二进制补码格式存储。

串行接口

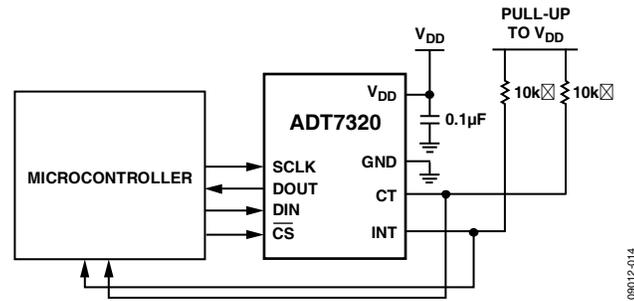


图14. 典型SPI接口连接

ADT7320配有一个4线串行外设接口(SPI)。该接口的数据输入引脚(DIN)用于向器件输入数据，数据输出引脚(DOUT)用于从器件回读数据，串行数据时钟引脚(SCLK)用于向器件提供数据时钟，片选引脚(\overline{CS})用于使能或禁用串行接口。 \overline{CS} 对于该接口的正确操作必不可少。数据在SCLK下降沿输出ADT7320，在SCLK上升沿输入ADT7320。

SPI命令字节

总线上的所有数据处理都是以主机将 \overline{CS} 从高电平拉到低电平并发出命令字节开始。命令字节告知ADT7320该传输是读操作还是写操作，并提供数据传输的寄存器地址。表15显示了命令字节的组成。

表15. 命令字节

C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0
0	R/ \overline{W}	寄存器地址			0	0	0

要成功开始总线传输，命令字节的位C7、位C2、位C1和位C0必须置0。如果将1写入这些位中的任一位，SPI接口将不能正常工作。

位C6是读写位，1表示读操作，0表示写操作。

位[C5:C3]包含目标寄存器地址。每次总线传输可以读取或写入一个寄存器。

ADT7320

写入数据

数据以8位或16位形式写入ADT7320，具体取决于所寻址的寄存器。写入器件的第一个字节是命令字节，读写位置0。然后，主机在DIN线上提供8位或16位输入数据。ADT7320在SCLK上升沿将数据读入被寻址的寄存器。主机将CS拉高，完成写操作。

图15显示对一个8位寄存器的写操作，图16显示对一个16位寄存器的写操作。

对于每个寄存器写操作，主机都必须在总线上开始一个新的写入处理。每个总线处理只能写入一个寄存器。

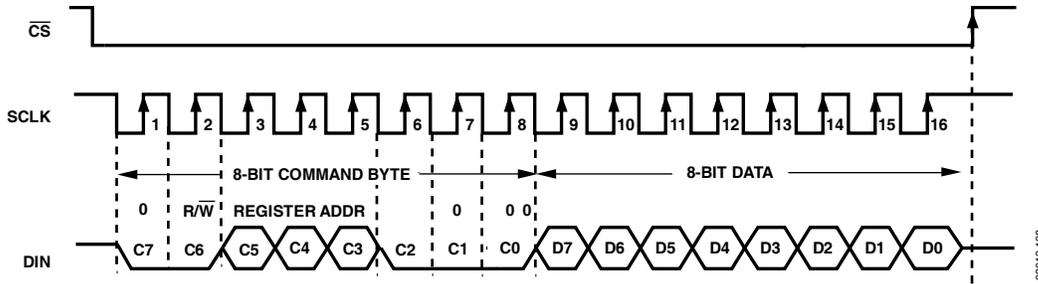


图15. 写入8位寄存器

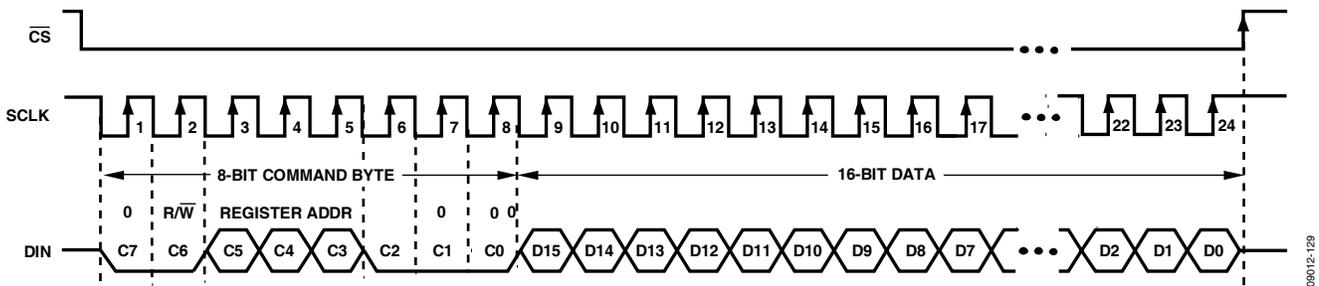


图16. 写入16位寄存器

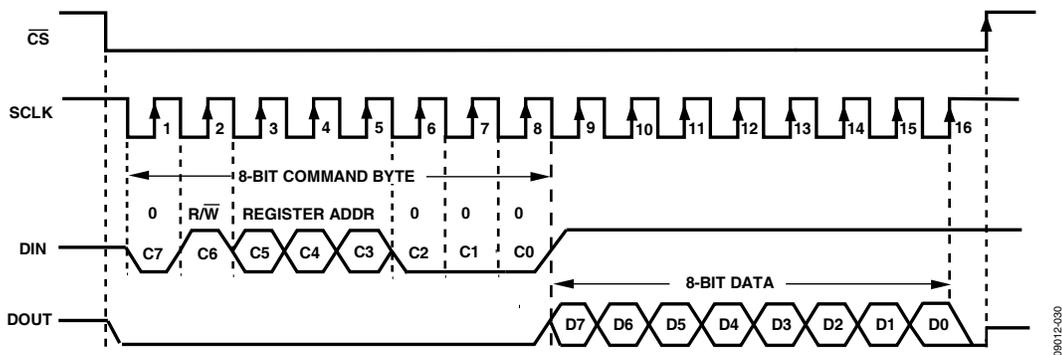


图17. 读取8位寄存器

09012-030

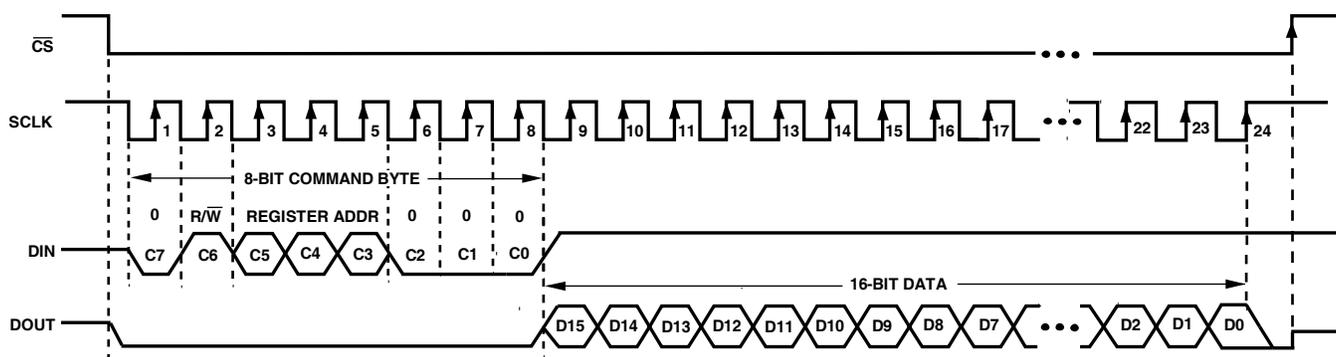


图18. 读取16位寄存器

09012-031

读取数据

当主机向ADT7320写R/W位为1的命令字节时，开始读取处理。然后，主机根据所寻址的寄存器提供8个或16个时钟脉冲，ADT7320则把所寻址的寄存器数据在DOUT上输出出来。数据在命令字节之后的第一个SCLK下降沿开始输出。

主机将 \overline{CS} 拉高时，读取处理完成。

DSP或微控制器接口

\overline{CS} 也可以用作帧同步信号。这种方案适用于DSP接口。此时，由于在DSP中， \overline{CS} 一般出现在SCLK的下降沿之后，因此第一位(MSB)会被有效地送出。只要遵守定时要求，SCLK便可以在数据转换之间连续运行。

\overline{CS} 也可以与地相连，此时串行接口采用3线工作模式，DIN、DOUT和SCLK用于与ADT7320通信。

在微控制器接口应用中，建议在每两次数据传输之间将SCLK置为空闲高电平。

串行接口复位

对DIN输入写入一连串的1，可以复位串行接口。如果在至少32个串行时钟内持续向ADT7320 DIN写入逻辑1，可将该串行接口复位。如果由于软件错误或系统中的毛刺而导致接口丢失时，这种复位可以将接口复位到已知状态。复位操作使接口返回到等待对通信寄存器执行写操作的状态。该操作会将所有寄存器的内容复位到其上电值。复位后，用户应等待500 μ s再访问串行接口。

INT和CT输出

INT和CT引脚均为开漏输出，两个引脚都需要至 V_{DD} 的10 k Ω 上拉电阻。在读INT和CT数据之前，ADT7320必须完全上电至 V_{DD} 。

欠温和过温检测

INT和CT引脚有两种欠温/过温模式：比较器模式和中断模式。中断模式是默认上电过温模式。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。此引脚在此事件后的反应方式取决于所选的过温模式。

图19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20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，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。

该模式下，使ADT7320处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ADT7320寄存器时，INT引脚将进入无效状态。当INT引脚复位时，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。

该模式下，将ADT7320置于关断模式可复位INT引脚。

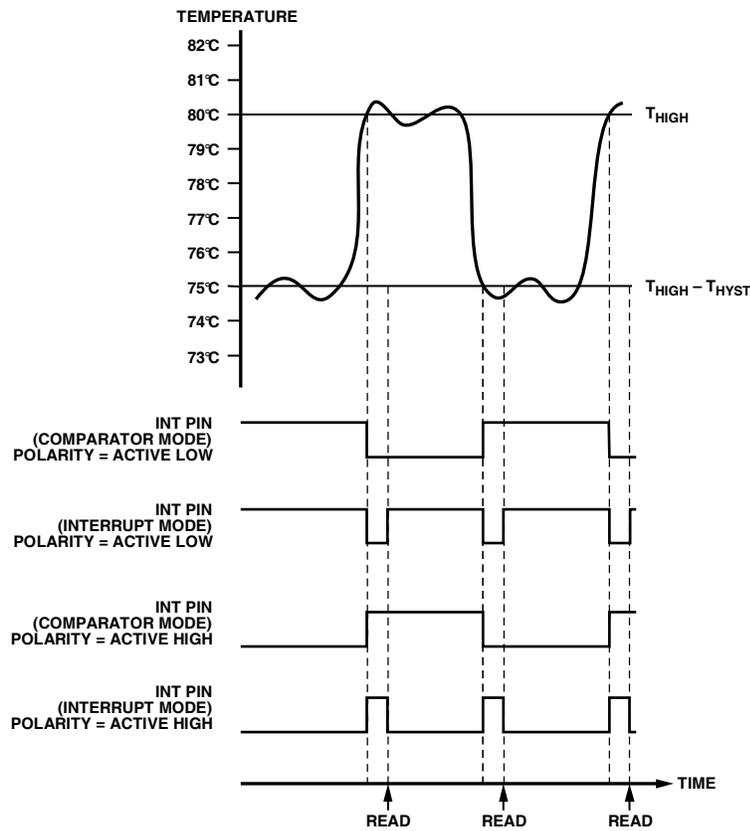
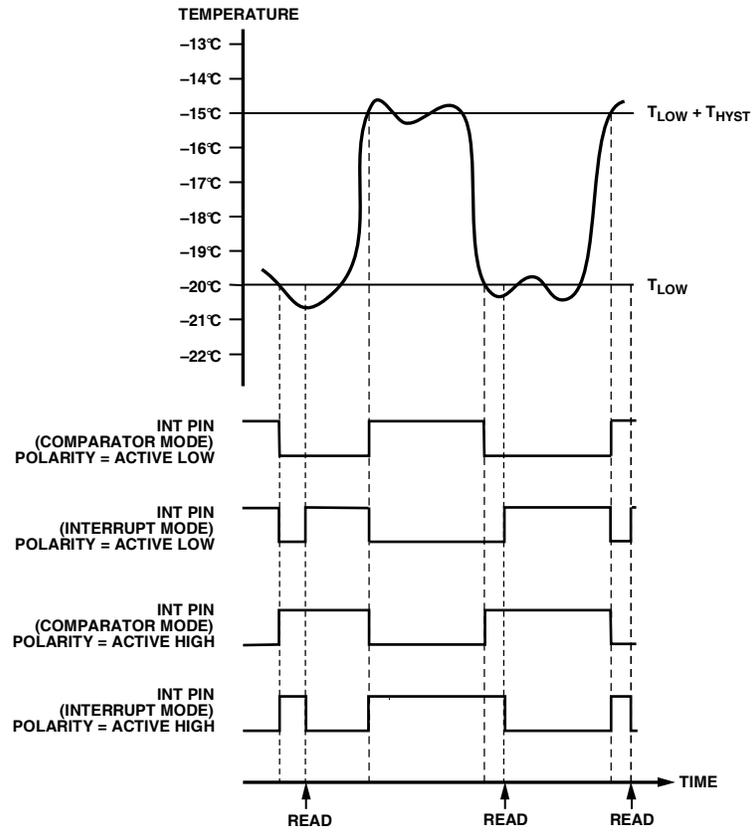


图19. T_{HIGH} 过温事件的INT输出温度响应图



09012-021

图20. 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，但也会明显受IC被贴装对象质量的影响。例如，包含大量铜走线的大块PCB像一个大热沉，从而减缓热响应。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10显示的典型响应时间为在两秒之内可达到被测件温度值的63.2%。温度值为通过数字接口读回的数字字节。响应时间包括信号处理期间芯片上的所有延迟。

电源去耦

ADT7320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 $0.1\ \mu\text{F}$ 的去耦电容，例如高频陶瓷型，并且尽可能靠近ADT7320的 V_{DD} 引脚安装。

如果可能，应直接从系统电源为ADT7320供电。图21所示的连接可以将逻辑开关电路与模拟部分隔离开。即使不能使用独立的电源走线，增加电源去耦仍能降低电源线路引起的误差。包括 $0.1\ \mu\text{F}$ 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。

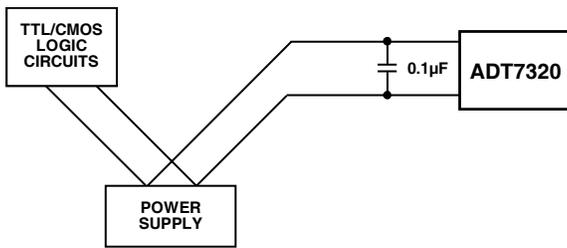


图21. 使用独立走线降低电源噪声

从开关电源供电

ADT7320等精密模拟器件需要充分滤波的电源。如果ADT7320从开关电源供电，可能产生50 kHz以上的噪声，从而影响温度精度规格。为了防止这一问题，应在电源和ADT7320 V_{DD} 间使用RC滤波器。所用的元件值应仔细考虑，确保电源噪声峰值小于1 mV。RC滤波器应尽可能远离ADT7320安装，以确保热质尽可能低。

温度测量

ADT7320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、底焊盘和塑料封装。使用ADT7320测量附近热源的温度时，必须考虑热源和ADT7320之间的热阻，因为它会影响测量精度和热响应。

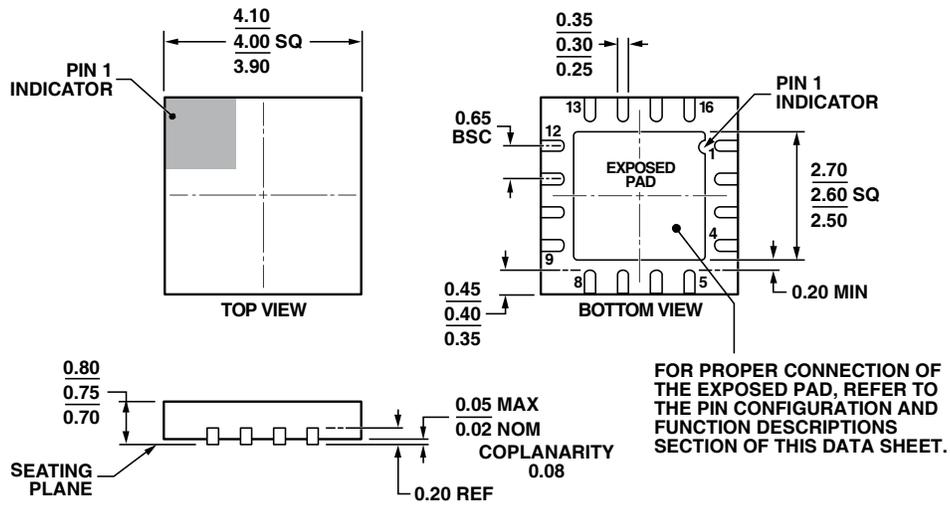
对于空气或表面温度测量，应注意隔离封装、引脚、底焊盘与周围空气温度。使用导热型粘结剂有助于实现更精确的表面温度测量。

温度测量快速指南

下面是在连续转换模式(默认上电模式)下测量温度的快速指南。顺序执行以下步骤：

1. 上电后，复位串行接口(在DIN上连续输入32个逻辑1)。这可以确保所有内部电路被适当复位
2. 通过读取器件ID验证设置(寄存器地址0x03)。应读取0xC3。
3. 如果步骤2中的读数正常，继续读取配置寄存器(0x03)、 T_{CRIT} (0x04)、 T_{HIGH} (0x06)和 T_{LOW} (0x07)寄存器。与表6中的缺省进行比较。如果所有读数匹配，接口运行正常。
4. 向配置寄存器执行写入，将ADT7320设为所需配置。读取温度值寄存器，应该得到一个有效的温度测量。

外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-220-WGGC.

08-16-2010-C

图22. 16引脚引脚架构芯片级封装[LFCSP_WQ]
4 mm x 4 mm, 超薄体
(CP-16-17)
图示尺寸单位: mm

订购指南

型号 ¹	温度范围 ²	封装描述	封装选项
ADT7320UCPZ-R2	-40°C至+150°C	16引脚 LFCSP_WQ	CP-16-17
ADT7320UCPZ-RL7	-40°C至+150°C	16引脚 LFCSP_WQ	CP-16-17
EVAL-ADT7X20EBZ		评估板	

¹ Z = 符合RoHS标准的器件

² 长时间在超限温度情况下工作会缩短器件寿命。

注释