

特性

高性能

温度精度

±0.5°C(-40°C至+105°C, 2.7 V至3.6 V)

±0.4°C(-40°C至+105°C, 3.0 V)

16位温度分辨率: 0.0078°C

上电后快速完成首次温度转换: 6 ms

易于实施

用户无需进行温度校准/校正

无需线性校正

低功耗

1SPS(每秒采样率)省电模式

正常模式下为700 μW(3.3 V, 典型值)

关断模式下为7 μW(3.3 V, 典型值)

宽工作范围

温度范围: -55°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兼容接口

8引脚窄体SOIC封装, 符合RoHS标准

应用

医疗设备

环境控制系统

计算机热温监控

热保护

工业过程控制

电源系统监控器

手持式应用

概述

ADT7310是一款窄体SOIC封装高精度数字温度传感器。它内置一个带隙温度基准源和一个13位ADC, 用来监控温度并进行数字转换, 分辨率为0.0625°C。默认ADC分辨率设置为13位(0.0625°C)。可以通过设置配置寄存器(寄存器地址0x01)中的位7将分辨率更改为16位(0.0078°C)。

ADT7310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, 平均电源电流的典型值为210 μA。ADT7310提供关断模式来实现器件断电, 关断电流典型值为2 μA。ADT7310的额定工作温度范围为-55°C至+150°C。

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。默认临界温度限值为147°C。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和CT引脚能够以比较器模式或中断模式工作。

功能框图

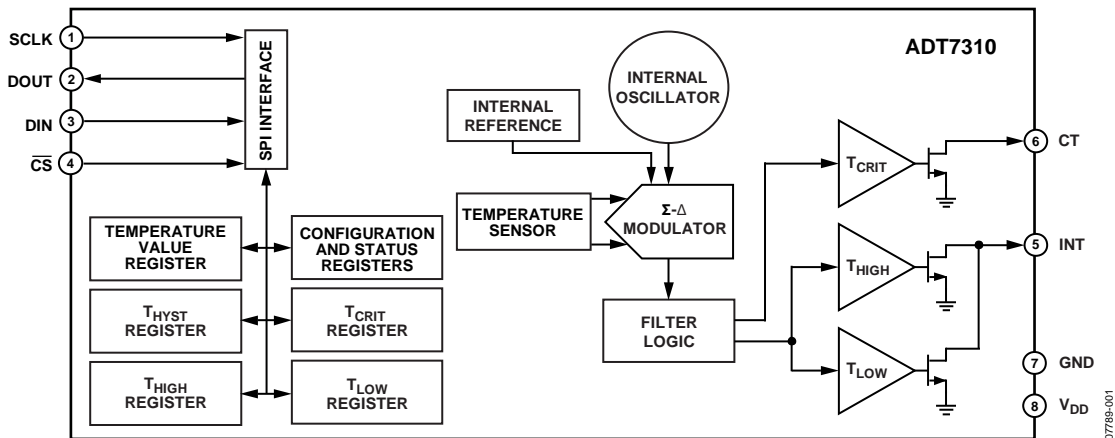


图1

Rev. A

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

©2009–2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

ADI中文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	状态寄存器.....	14
应用.....	1	配置寄存器.....	15
概述.....	1	温度值寄存器.....	16
功能框图.....	1	ID寄存器.....	16
修订历史.....	2	T _{CRIT} 设定点寄存器.....	16
技术规格.....	3	T _{HYST} 设定点寄存器.....	17
SPI时序规格.....	4	T _{HIGH} 设定点寄存器.....	17
绝对最大额定值.....	5	T _{LOW} 设定点寄存器.....	17
ESD警告.....	5	串行接口.....	18
引脚配置和功能描述.....	6	SPI命令字节.....	18
典型工作特性.....	7	写入数据.....	19
工作原理.....	9	读取数据.....	20
电路信息.....	9	与DSP或微控制器接口.....	20
转换器详解.....	9	串行接口复位.....	20
温度测量.....	9	INT和CT输出.....	21
单次采样模式.....	10	欠温和过温检测.....	21
1 SPS模式.....	10	应用信息.....	23
连续读取模式.....	12	热响应时间.....	23
关断.....	12	电源去耦.....	23
故障队列.....	12	温度监控.....	23
温度数据格式.....	13	外形尺寸.....	24
温度转换公式.....	13	订购指南.....	24
寄存器.....	14		
		更改表7.....	14
		更改表8.....	15
		更改表9.....	16
		更改表12、表13和表14.....	17
		更改“订购指南”.....	24
		2009年4月—修订版0：初始版	
修订历史			
2011年12月—修订版0至修订版A			
更改“特性”部分.....	1		
更改表1.....	3		
更改图6和图9.....	7		
更改图11.....	8		
更改“单次采样模式”部分和“1 SPS模式”部分.....	10		
更改“关断”部分和图16.....	12		

技术规格

除非另有说明, $T_A = -55^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 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		-0.05	$\pm 0.4^2$	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0\text{ V}$
			± 0.44	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.3 V
			± 0.5	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -55^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0\text{ V}$
			± 0.5	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V
			± 0.7	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -55^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V
			± 0.8	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V
			± 1.0	$^{\circ}\text{C}$	$T_A = -55^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 5.5 V
ADC分辨率		13		Bits	符号位加12 ADC位的二进制补码温度值(上电默认分辨率)
		16		Bits	符号位加15 ADC位的二进制补码温度值(配置寄存器中位7 = 1)
温度分辨率				$^{\circ}\text{C}$	13位分辨率(符号位 + 12位)
13位		0.0625		$^{\circ}\text{C}$	16位分辨率(符号位 + 15位)
16位		0.0078		$^{\circ}\text{C}$	连续转换模式和单次采样转换模式
温度转换时间		240		ms	仅首次上电转换
快速温度转换时间		6		ms	1 SPS模式的转换时间
1 SPS转换时间		60		ms	温度循环: 25°C 至 125°C 再返回至 25°C
温度迟滞		± 0.002		$^{\circ}\text{C}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$
可重复性 ³		± 0.015		$^{\circ}\text{C}$	
直流电源抑制比(DC PSRR)		0.1		$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$
数字输出(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
输出高电流			1	mA	$V_{OH} = 5.5\text{ V}$
输出低电压 V_{OL}			0.4	V	$I_{OL} = 2\text{ mA}$ @ 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}		3		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}	$V_{OH} - 0.3$			V	$I_{SOURCE} = I_{SINK} = 200\ \mu\text{A}$
输出低电压 V_{OL}			0.4	V	$I_{OL} = 200\ \mu\text{A}$
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					
3.3 V时		210	250	μA	转换时的峰值电流, SPI接口无效
5.5 V时		250	300	μA	转换时的峰值电流, SPI接口无效
1 SPS电流					
3.3V时		46		μA	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, 1 SPS模式, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$
5.5V时		65		μA	$V_{DD} = 5.5\text{ V}$, 1 SPS模式, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$
关断电流					
3.3 V时		2.0	15	μA	关断模式下的电源电流
5.5 V时		5.2	25	μA	关断模式下的电源电流
正常模式功耗		700		μW	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, 25°C 下, 正常模式
1 SPS模式功耗		150		μW	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 条件下的功耗

¹精度包括寿命漂移。

²等效3 σ 限值为 $\pm 0.33^{\circ}\text{C}$ 。提供该3 σ 规格的目的是支持与使用这些限值的其它供应商产品进行比较。

³基于10次读数的移动平均值。

ADT7310

SPI时序规格

除非另有说明, $T_A = -55^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 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	0	ns(最小值)	SCLK有效沿到数据有效延迟时间 ³
	60	ns(最大值)	$V_{DD} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V
	80	ns(最大值)	$V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V
t_7^4	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)	$V_{DD} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V
	80	ns(最大值)	$V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 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 $t_r = t_f = 5\text{ ns}$ (10%到90%的 V_{DD})并从1.6V电平起开始计时。

² 参见图2。

³ SCLK有效沿为SCLK的下降沿。

⁴ 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。

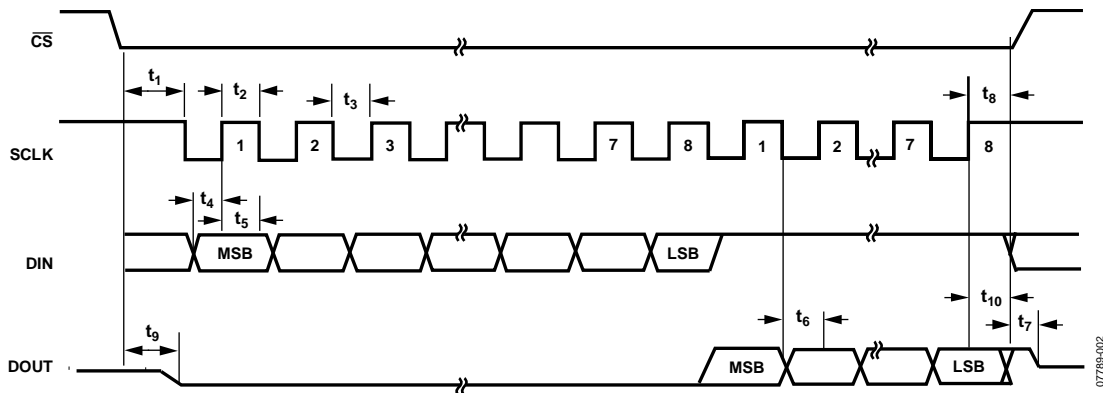


图2. SPI时序详图

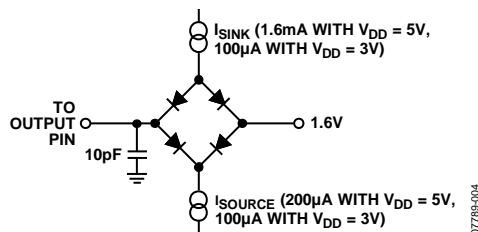


图3. 用于确定时序特性的负载电路

绝对最大额定值

表3

参数	额定值
V _{DD} 至GND	-0.3V至+7V
DIN输入电压至GND	-0.3V至V _{DD} +0.3V
DOOUT电压至GND	-0.3V至V _{DD} +0.3V
SCLK输入电压至GND	-0.3V至V _{DD} +0.3V
CS输入电压至GND	-0.3V至V _{DD} +0.3V
CT和INT输出电压至GND	-0.3V至V _{DD} +0.3V
ESD额定值(人体模型)	2.0 kV
工作温度范围	-55°C至+150°C
存储温度范围	-65°C至+160°C
最高结温T _{JMAX}	150°C
8引脚SOIC-N (R-8)	
功耗 ¹	$W_{MAX} = (T_{JMAX} - T_A) / \theta_{JA}$
热阻 ³	
θ _{JA} (结至环境, 静止空气)	121°C/W
θ _{JC} (结至外壳)	56°C/W
IR回流焊	220°C
峰值温度(符合RoHS 标准封装)	260°C (0°C)
峰值温度时间	20秒至40秒
上斜坡速率	3°C/秒(最大值)
下斜坡速率	-6°C/秒(最大值)
从25°C至峰值温度的时间	8分钟(最大值)

¹ 以上数值与器件封装相关(器件使用在标准2层PCB上)。由此可得出最差条件θ_{JA}和θ_{JC}。最大功耗与环境温度(T_A)的关系曲线见图4。

² T_A = 环境温度。

³ 结至外壳热阻适用于具有特定流向特性的元件, 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。

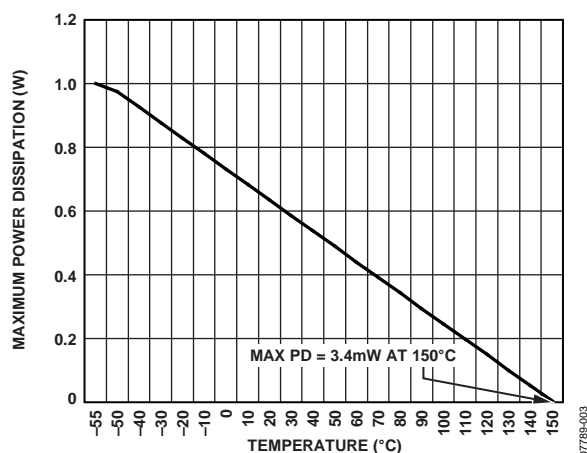


图4. SOIC_N最大功耗与温度的关系

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。

ADT7310

引脚配置和功能描述

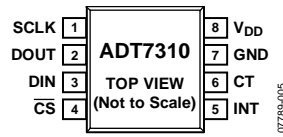


图5. 引脚配置

表4. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	SCLK	串行时钟输入。串行时钟用于向ADT7310的任一寄存器逐个输入数据或从其逐个输出数据。
2	DOUT	串行数据输出。数据在SCLK下降沿逐个输出，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的上升沿逐个输入寄存器。
4	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	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。
6	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。
7	GND	模拟地和数字地。
8	V _{DD}	正电源电压（2.7V至5.5V）。电源应通过一个0.1 μF陶瓷电容去耦至地。

典型工作特性

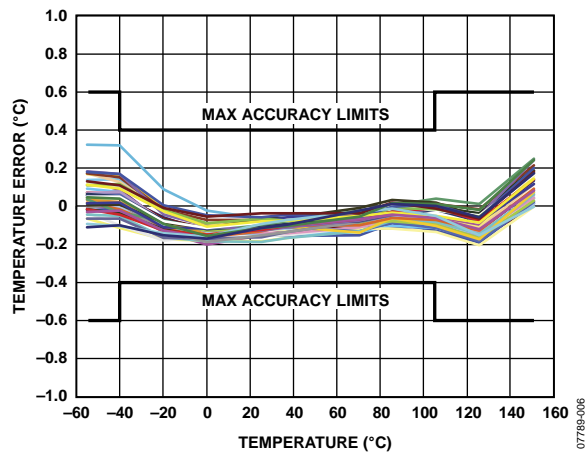


图6. 3 V时的温度精度

07789-006

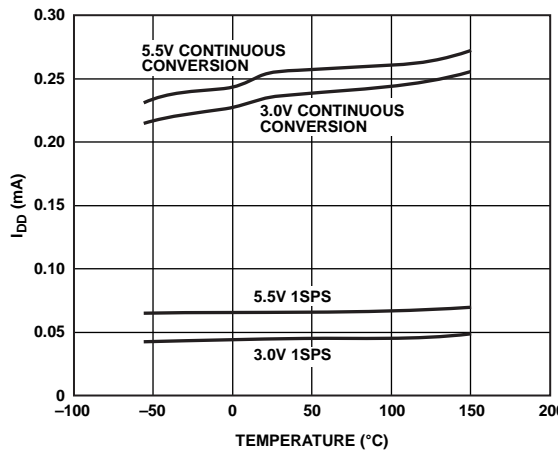


图8. 工作电流与温度的关系

07789-007

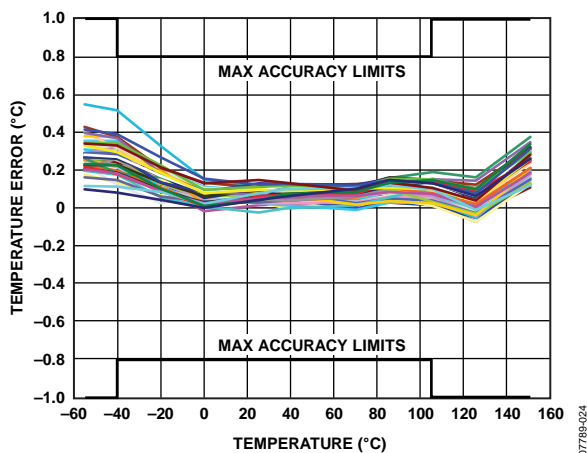


图7. 5 V时的温度精度

07789-024

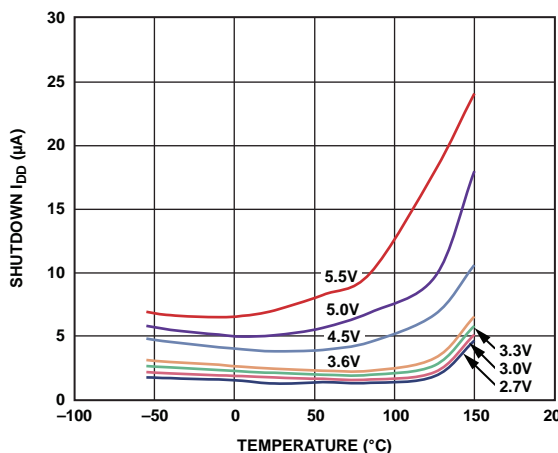


图9. 关断电流与温度的关系

07789-025

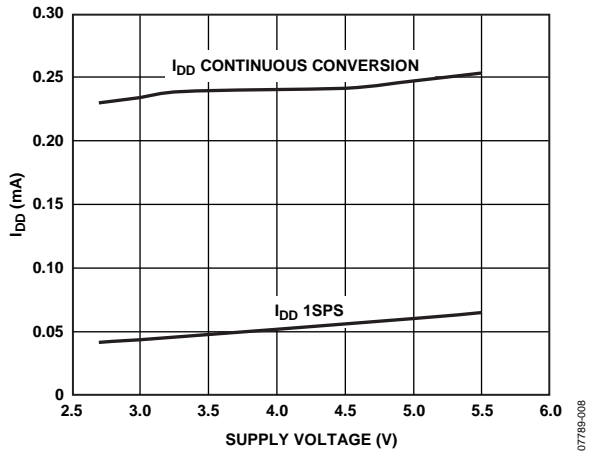


图10. 25°C时平均工作电源电流与电源电压的关系

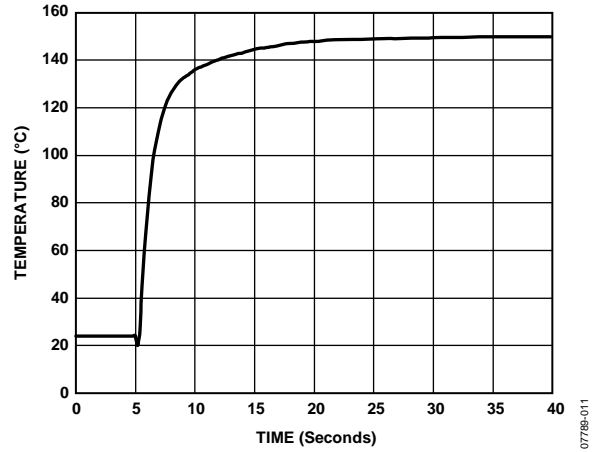


图12. 热冲击响应

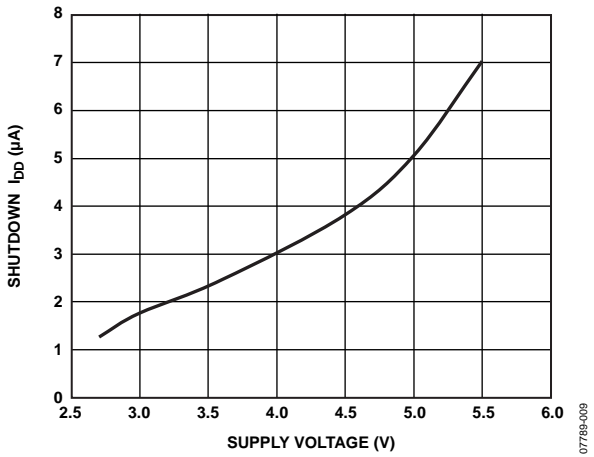


图11. 25°C时关断电流与电源电压的关系

工作原理

电路信息

ADT7310是一款13位数字温度传感器，可扩展至16位的更高分辨率。片上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。

片上温度传感器在整个额定温度范围内都具有出色的精度和线性度，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。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。

配置寄存器功能包括

- 在13位和16位分辨率之间切换
- 在正常工作模式和完全关断模式之间切换
- 对INT和CT引脚，在比较器模式和中断事件模式之间切换
- 设置CT和INT引脚的有效极性
- 设置激活CT和INT的故障数量
- 使能标准单次采样模式和1 SPS模式

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，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。

比较器的已调输出通过电路进行编码产生SPI温度数据。

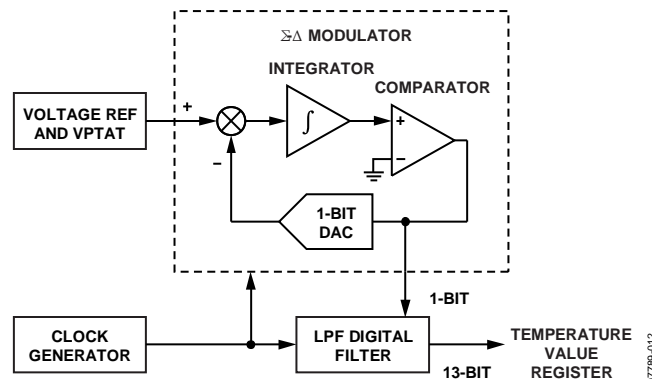


图13. Σ - Δ 调制器

温度测量

在正常模式下，ADT7310运行自动转换序列。在此自动转换序列期间，一次转换需240 ms完成，并且ADT7310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。

ADT7310

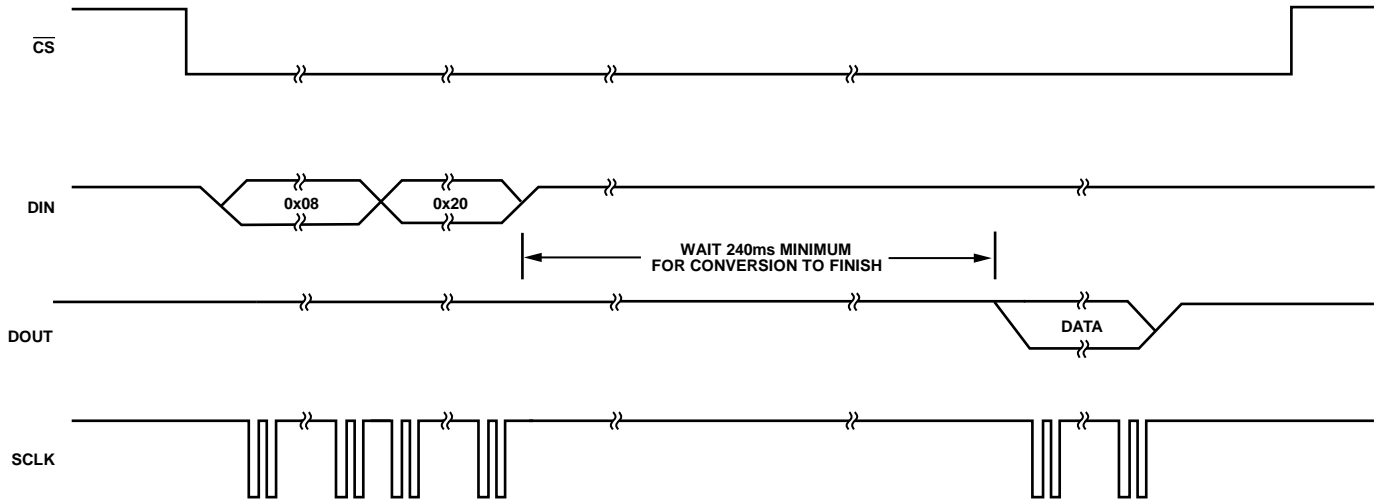


图14. 典型的SPI单次采样写入配置寄存器，然后读取温度值寄存器

单次采样模式

使能单次采样模式时，ADT7310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，单次采样模式非常有用。

要使能单次采样模式，请将配置寄存器(寄存器地址0x01)的位[6:5]设置为01。

写入工作模式位之后，从温度值寄存器读回温度之前至少应等待240 ms。此延迟时间确保ADT7310有足够的时间上电和完成一次转换。

要获得更新温度转换结果，请将配置寄存器(寄存器地址0x01)的位[6:5]设置为01。

1 SPS模式

此模式下，器件每秒测量一次。一次转换只需60 ms，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0x01)的位6和位5，使能此模式。

07789-026

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CT引脚工作的更多信息见图15。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，则写入单次采样位(配置寄存器的位5和位6，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，则写入单次采样位(配置寄存器的位5和位6，寄存器地址0x01)可复位CT引脚；参见图15。

注意，使用单次采样模式时，要确保刷新速率适合所使用的应用。

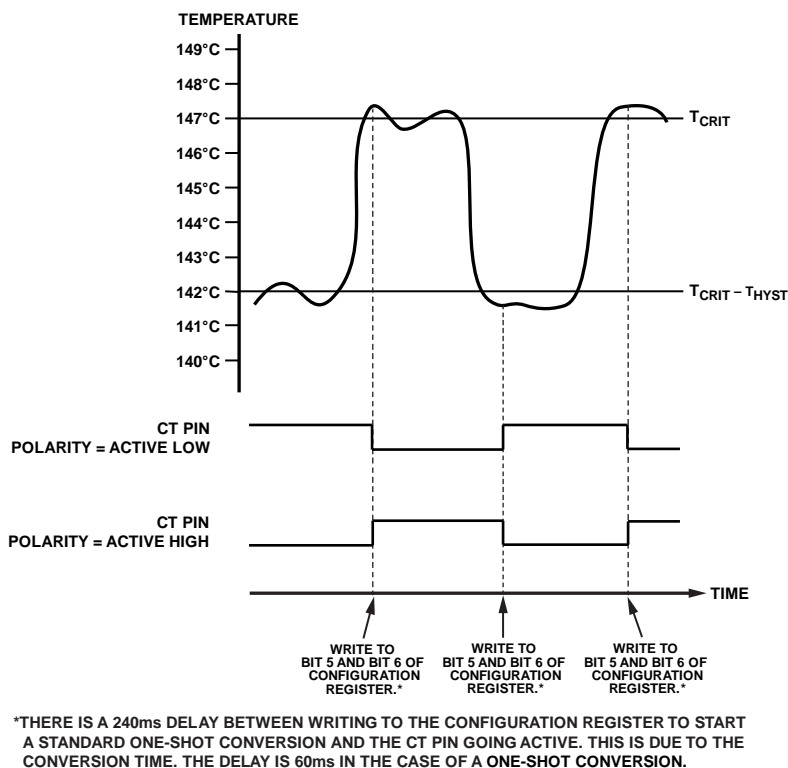


图15. 单次采样CT引脚

ADT7310

连续读取模式

当命令字节 = 01010100(0x54)时, 无需重复写入通信寄存器便可读出温度值寄存器的内容。通过向ADT7310发送16个SCLK时钟, 就能将温度值寄存器的内容输出到DOUT引脚。

要退出连续读取模式, 必须将命令字节01010000(0x50)写入ADT7310。

在连续读取模式下, 器件会监控DIN线路上的活动, 以便能接收指令, 退出连续读取模式。此外, 如果DIN引脚上连续出现32个1, 器件将复位。因此, 在连续读取模式下, 在有指令要写入器件前, DIN应保持低电平。

在连续读取模式下, 当转换正在进行时, 不能读取温度值寄存器。如果在转换过程中尝试读取温度值寄存器, 读取结果将为全0。这是因为连续读取模式禁止在转换期间对温度值寄存器执行读取访问。

关断

通过将1分别写入配置寄存器(寄存器地址0x01)中的位6和位5, 可以将ADT7310置于关断模式。通过将0分别写入配置寄存器(寄存器地址0x01)中的位6和位5, 可以使ADT7310退出关断模式。ADT7310退出关断模式的典型时间为1 ms(去耦电容为0.1 μ F)。即使ADT7310处于关断模式, 仍然可以从ADT7310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)的位0和位1用于设置故障队列。在高温噪声环境下使用ADT7310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, 且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超出, 则故障计数归零。

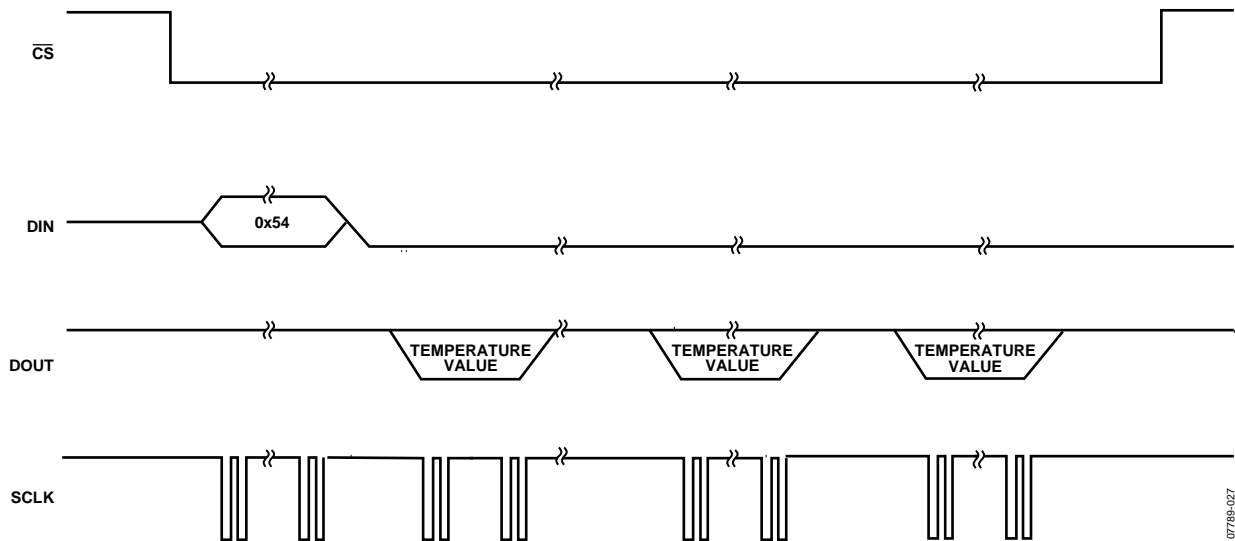


图16. 连续读取模式

温度数据格式

在13位模式下，ADC的一个LSB对应0.0625°C。ADC理论上可以测量255°C的温度范围，但ADT7310可以保证正常工作的测量范围是低值温度限值-55°C至高值温度限值+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，位0至位2这三个LSB不是温度转换结果的一部分，是 T_{CRIT} 、 T_{HIGH} 和 T_{LOW} 的标志位。表5所示为不带位0至位2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)中的位7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，位0至位2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字节读取。使用9位温度数据格式的设计人员仍可使用ADT7310，只需忽略13位温度值的后四个LSB。这四个LSB是表5中的位3至位6。

表5. 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)
-55°C	1 1100 1001 0000	0x1C90
-50°C	1 1100 1110 0000	0x1CE0
-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
+50°C	0 0011 0010 0000	0x320
+125°C	0 0111 1101 0000	0x7D0
+150°C	0 1001 0110 0000	0x960

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。

ADT7310

寄存器

ADT7310有8个寄存器：

- 1个状态寄存器
- 1个配置寄存器
- 5个温度寄存器
- 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。

表6. ADT7310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	0xCX
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)

状态寄存器

此8位只读寄存器(寄存器地址0x00)反映过温和欠温中断状态(中断可使CT和INT引脚变为有效)，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，RDY位复位。在单次采样模式和1 SPS模式下，写入单次采样位之后，RDY位复位。

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	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T _{LOW} + T _{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 _{HIGH} - T _{HYST} 设定点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T _{CRIT} - T _{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。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，写入单次采样位之后，此位复位。

配置寄存器

此8位读写寄存器存储ADT7310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、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ADT7310的工作模式。 00 = 连续转换(默认)。一次转换结束后，ADT7310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0.0078125°C。

ADT7310

温度值寄存器

温度值寄存器存储内部温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。

位2、位1和位0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，位2、位1和位0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位只读寄存器在位7至位3中存储制造商ID，在位2至位0

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	如果配置寄存器的第7位(寄存器地址0x01[7])= 0(13位分辨率)，则此位用作 T_{LOW} 事件的标志。温度值低于 T_{LOW} 时，此位置1。 如果配置寄存器的第7位(寄存器地址0x01[7])= 1(16位分辨率)，则此位包含15位温度值的LSB0。
1	0	R	T_{HIGH} 标志/LSB1	如果配置寄存器的第7位(寄存器地址0x01[7])= 0(13位分辨率)，则此位用作 T_{HIGH} 事件的标志。温度值高于 T_{HIGH} 时，此位置1。 如果配置寄存器的第7位(寄存器地址0x01[7])= 1(16位分辨率)，则此位包含15位温度值的LSB1。
2	0	R	T_{CRIT} 标志/LSB2	如果配置寄存器的第7位(寄存器地址0x01[7])= 0(13位分辨率)，则此位用作 T_{CRIT} 事件的标志。温度值超过 T_{CRIT} 时，此位置1。 如果配置寄存器的第7位(寄存器地址0x01[7])= 1(16位分辨率)，则此位包含15位温度值的LSB2。
[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	类型	名称	描述
[2:0]	XXX	R	版本ID	含芯片版本识别号。
[7:3]	11000	R	制造商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	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。

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}值减去或与T_{LOW}值相加。

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/ \overline{W}	T _{HYST}	迟滞值,范围从0°C至15°C。以直接二进制格式存储。默认设置为5°C。
[7:4]	0000	R/ \overline{W}	N/A	未用。

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/ \overline{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/ \overline{W}	T _{LOW}	16位欠温限值,以二进制补码格式存储。

串行接口

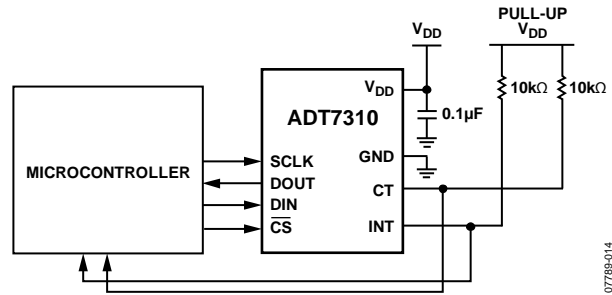


图17. 典型SPI接口连接

ADT7310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，数据时钟引脚(SCLK)用于向器件逐个输入及从中逐个输出数据，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下降沿逐个从ADT7310输出，在SCLK上升沿逐个输入器件。

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ADT7310该处理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/W	寄存器地址			连续读取	0	0

要成功开始总线处理，命令字节的位C7必须置0。如果将1写入此位，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。每个总线处理可以读取或写入一个寄存器。

位C2可激活仅对温度值寄存器的连续读取模式。当该位置1时，串行接口经过配置就可以连续从温度值寄存器读取数据。当命令字为01010100(0x54)时，无需重复写入设置地址位便可读出温度值寄存器的内容。只需向ADT7310发送16个SCLK时钟，就能将温度值寄存器的内容输出到DOUT引脚。

写入数据

数据以8位或16位形式写入ADT7310，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。ADT7310在SCLK上升沿将数据逐个输入命令字节所寻址的寄存器。主机将 \overline{CS} 拉高，完成写操作。

图18显示对一个8位寄存器的写操作，图19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。

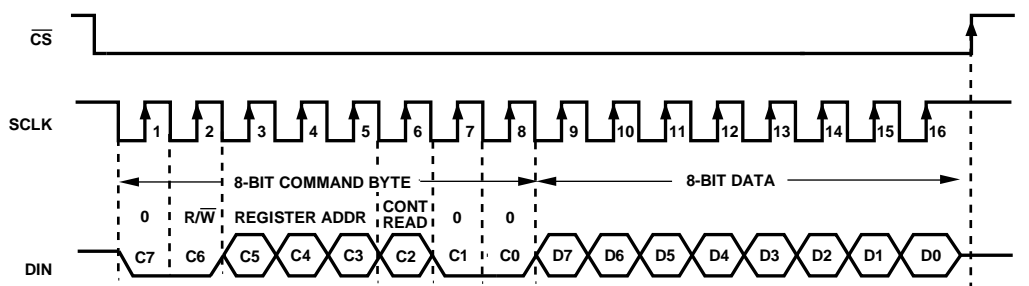


图18. 写入8位寄存器

07789-028

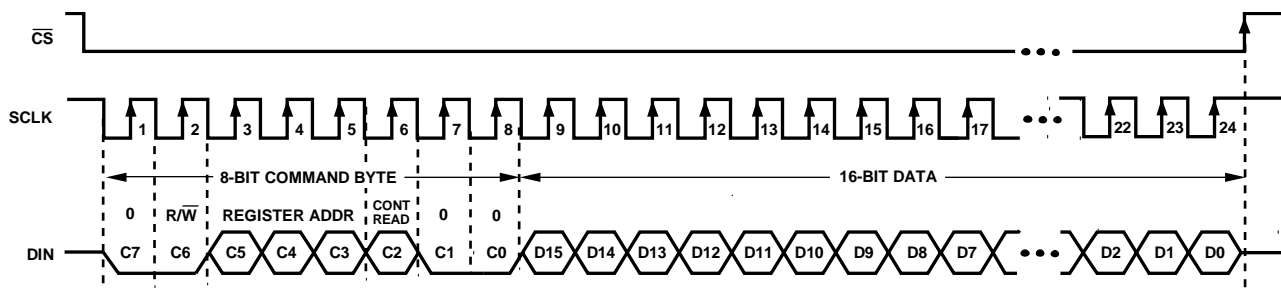


图19. 写入16位寄存器

07789-029

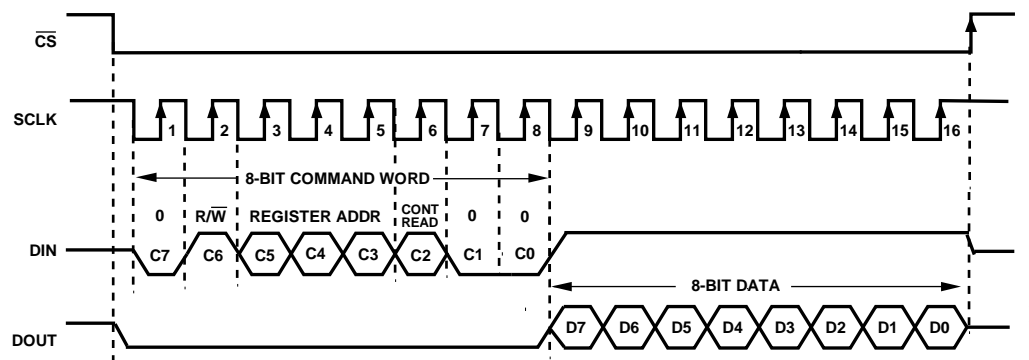


图20. 读取8位寄存器

07789-030

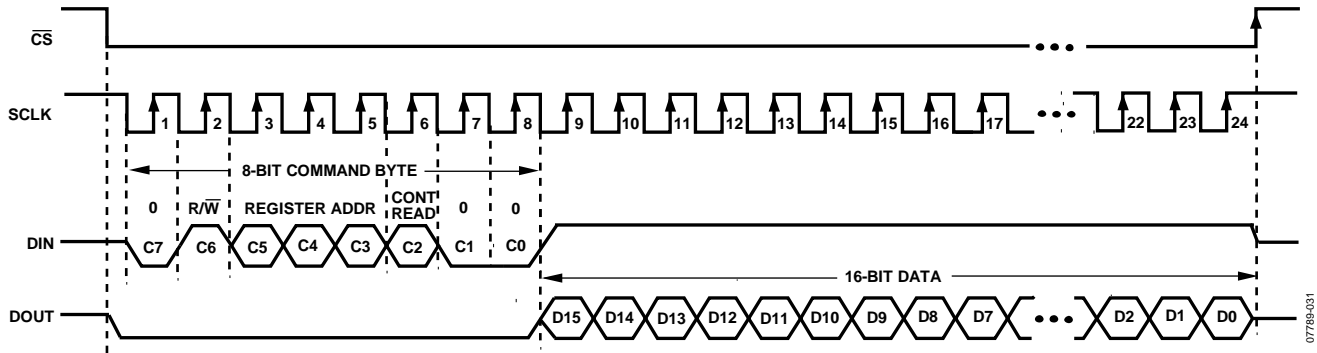


图21. 读取16位寄存器

读取数据

当主机将读写位置1的命令字节写入ADT7310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，ADT7310则在DOOUT线上从所寻址的寄存器逐个输出数据。数据在命令字节之后的第一个SCLK下降沿逐个输出。

主机将 \overline{CS} 拉高时，读取处理完成。

对于每个寄存器读操作，主机都必须在总线上开始一个新的读取处理。每个总线处理只能读取一个寄存器。但在连续读取模式下(命令字节C2 = 1)，可以连续读取温度值寄存器。主机在SCLK上发送16个时钟脉冲，温度值在DOOUT上输出。

与DSP或微控制器接口

ADT7310的 \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 \overline{CS} 有效地送出。只要遵守时序数要求，SCLK便可以在数据传输之间连续运行。

\overline{CS} 也可以与地相连，此时串行接口工作为3线模式，在此模式下DIN、DOOUT和SCLK用于与ADT7310通信。

在微控制器接口应用中，建议在每两次数据传输之间的空闲时间将SCLK置为高电平。

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。如在至少32个串行时钟内持续向ADT7310线路内写入逻辑1，可将该串行接口复位。如果软件错误或系统故障导致接口时序丢失，这种方法将可确保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10 kΩ电阻上拉至 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输出引脚变为有效状态。此引脚在此事件后的反应方式取决于所选的过温模式。

图22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23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，将ADT7310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ADT7310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。

该模式下，将ADT7310置于关断模式可复位INT引脚。

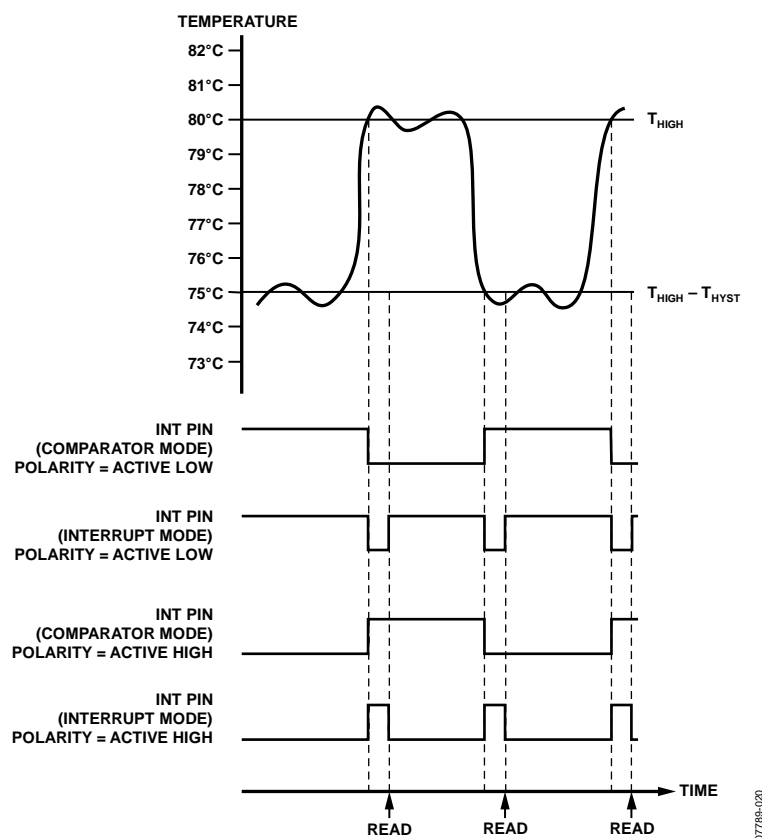
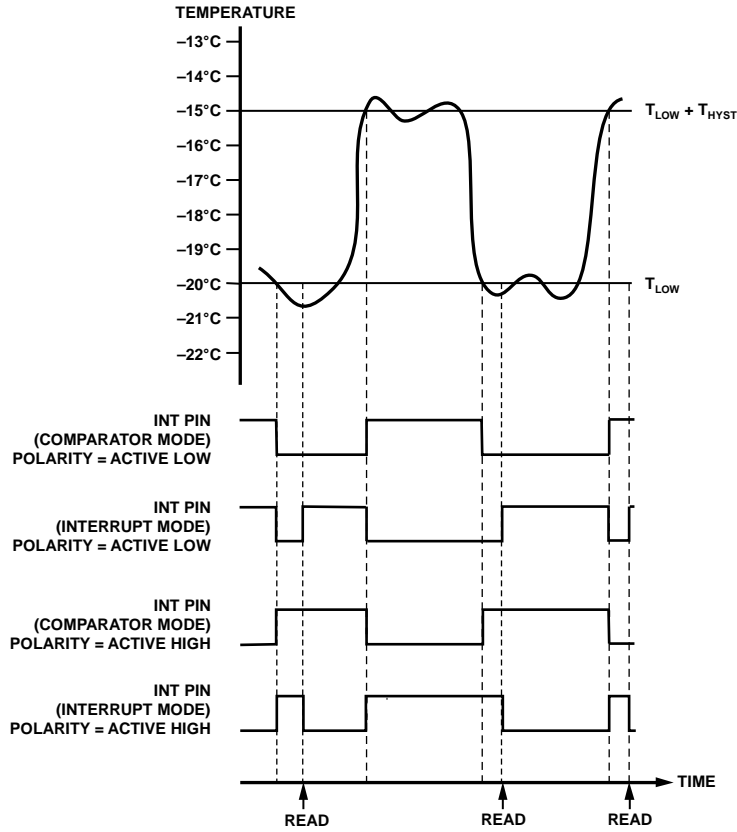


图22. T_{HIGH} 过温事件的INT输出温度响应图

07788-020



07789-021

图23. T_{LOW} 欠温事件的INT输出温度响应图

应用信息

热响应时间

温度传感器建立到额定精度所需的时间是传感器的热质量和传感器与检测对象之间的导热率的函数。一般认为热质量等效于电容。导热率常用符号 Q 表示，可以看作热阻，通常以通过热接点传输的功率($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)为单位。器件建立所需精度要求的时间取决于特定应用中确立的热接触和热源的等效功率。在大部分应用中，最好是凭经验确定建立时间。

电源去耦

应在 V_{DD} 与GND之间连接一个 $0.1\ \mu\text{F}$ 陶瓷电容来对ADT7310去耦。如果ADT7310安装于离电源较远处，这点尤其重要。ADT7310等精密模拟产品需要充分滤波的电源。

ADT7310采用单电源供电，因此利用数字逻辑电源看起来较为方便。但是，逻辑电源通常采用开关模式设计，会产生 $20\ \text{kHz}$ 至 $1\ \text{MHz}$ 范围内的噪声。此外，由于线路电阻和电感，高速逻辑门会产生幅度达到数百毫伏的毛刺。

如果可能，应直接从系统电源为ADT7310供电。图24所示

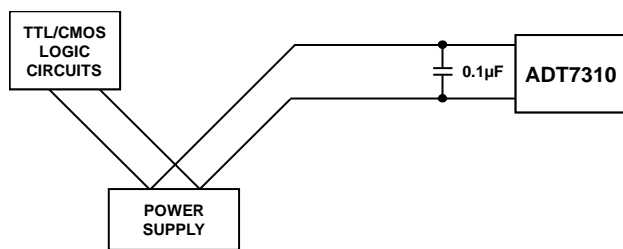


图24. 使用独立走线降低电源噪声

的配置可以将逻辑开关瞬变与模拟部分隔离开。即使不能使用独立的电源走线，适当的电源旁路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。此去耦电容必须尽可能靠近ADT7310的 V_{DD} 引脚放置。

温度监控

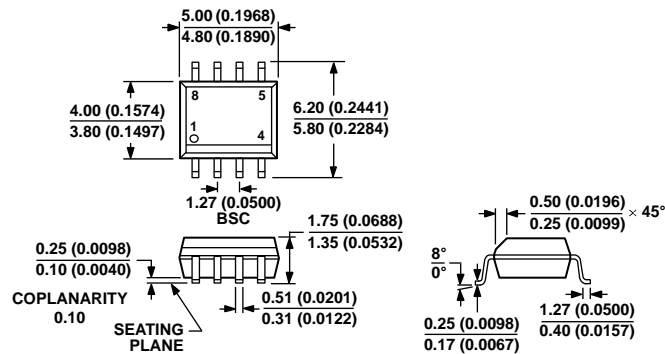
ADT7310非常适合于监控汽车应用中的热环境。裸片可精确反映影响附近集成电路的确切热条件。

ADT7310测量并转换其本身半导体芯片表面的温度。使用ADT7310测量附近热源的温度时，必须考虑热源和ADT7310之间的热阻。

如果热阻确定，则可从ADT7310的输出推导出热源的温度。从热源传输到ADT7310裸片上热传感器的热量有60%之多经由铜走线和焊盘散发掉。在ADT7310上的焊盘中，GND焊盘传输的热量最多。因此，要测量一个热源的温度，建议尽可能降低ADT7310的GND焊盘与热源之间的热阻。

ADT7310

外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AA
 CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS
 (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR
 REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

012407-A

图25. 8引脚标准小型封装[SOIC_N]

窄体
(R-8)

图示尺寸单位: mm和(inch)

订购指南

型号 ¹	温度范围	温度精度 ²	封装描述	封装选项
ADT7310TRZ	-55°C 至 +150°C	±0.5°C	8引脚 SOIC_N	R-8
ADT7310TRZ-REEL	-55°C 至 +150°C	±0.5°C	8引脚 SOIC_N	R-8
ADT7310TRZ-REEL7	-55°C 至 +150°C	±0.5°C	8引脚 SOIC_N	R-8
EVAL-ADT7X10EBZ			评估板	

¹ Z = 符合RoHS标准的器件。

² -40°C至+105°C温度范围内的最高精度。