

特性

13或16位用户可选温度数字转换器
温度精度: ±0.5°C (−40°C至+105°C)
用户无需温度校准/校正
1 SPS (每秒采样率) 省电模式
6 ms快速首次上电转换
I²C兼容接口
工作温度范围: −55°C至+150°C
工作电压范围: 2.7 V至5.5 V
临界过温指示器
可编程过温/欠温中断
低功耗: 700 μW (典型值, 3.3 V)
低功耗关断模式: 7 μW (典型值, 3.3 V)
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

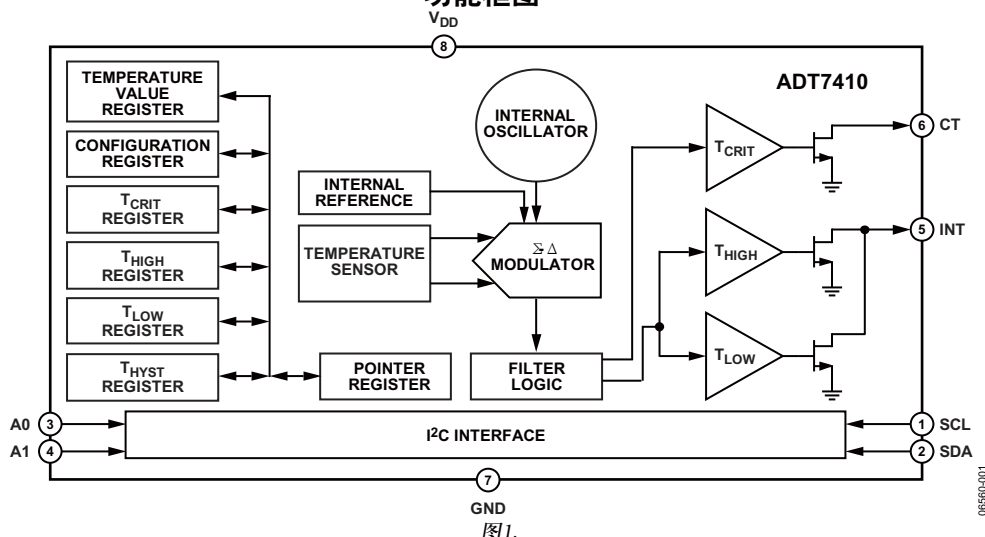
概述

ADT7410是一款窄体SOIC封装高精度数字温度传感器。器件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0x03)中的位7将分辨率更改为16位(0.0078°C)。

ADT7410的保证工作电源电压范围是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。ADT7410具有关断模式, 可关断器件, 关断电流典型值为2 μA。ADT7410的额定工作温度范围为−55°C至+150°C。

引脚A0和引脚A1可用于地址选择, 使ADT7410具有四个可能的I²C®地址。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。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。

功能框图



Rev. 0

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 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

目录

特性	1	温度值寄存器	13
应用	1	状态寄存器	14
概述	1	配置寄存器	14
功能框图	1	T _{HIGH} 设定点寄存器	15
修订历史	2	T _{LOW} 设定点寄存器	15
技术规格	3	T _{CRIT} 设定点寄存器	15
I ² C时序规格	4	T _{HYST} 设定点寄存器	16
绝对最大额定值	5	ID寄存器	16
ESD警告	5	串行接口	17
引脚配置和功能描述	6	串行总线地址	17
典型工作特性	7	写入数据	18
工作原理	9	读取数据	19
电路信息	9	复位	19
转换器详解	9	广播	19
温度测量	9	INT和CT输出	21
单稳态模式	10	欠温和过温检测	21
1 SPS模式	10	应用信息	23
关断	11	热响应时间	23
故障队列	11	电源去耦	23
温度数据格式	12	温度监控	23
温度转换公式	12	外形尺寸	24
寄存器	13	订购指南	24
地址指针寄存器	13		

修订历史

2009年4月—版本0：初始版

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			± 0.5 ± 0.7 ± 0.8 ± 1.0	$^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V $T_A = -55^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V $T_A = -55^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 5.5 V
ADC分辨率		13 16		位 位	符号位加12 ADC位的二进制补码温度值 (上电默认分辨率) 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 13位 16位		0.0625 0.0078		$^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$	13位分辨率 (符号位 + 12位) 16位分辨率 (符号位 + 15位)
温度转换时间		240		ms	连续转换模式和单稳态转换模式
快速温度转换时间		6		ms	仅首次上电转换
1 SPS转换时间		60		ms	1 SPS模式的转换时间
温度迟滞		0.02		$^{\circ}\text{C}$	温度循环 = 25°C 至 125°C 并返回至 25°C
可重复性		0.01		$^{\circ}\text{C}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$
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	
SCL、SDA毛刺抑制		50		ns	输入滤波抑制小于50 ns的噪声尖峰
引脚电容		5	10	pF	
电源要求					
电源电压	2.7		5.5	V	
电源电流 3.3 V时 5.5 V时		210 230	250 300	μA μA	转换时的峰值电流, I ² C接口无效 转换时的峰值电流, I ² C接口无效
1 SPS电流 3.3 V时 5.5 V时		46 65		μA μA	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, 1 SPS 模式, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ $V_{DD} = 5.5\text{ V}$, 1 SPS 模式, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$
关断电流 3.3 V时 5.5 V时		2.0 4.4	15 25	μA μA	关断模式下的电源电流 关断模式下的电源电流
功耗正常模式		700		μW	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, 25°C 下正常模式
功耗1 SPS		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。

ADT7410

I²C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	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
串行接口 ^{1, 2}					参见图2
SCL频率	0		400	kHz	
SCL高脉冲宽度 t_{HIGH}	0.6			μs	
SCL低脉冲宽度 t_{LOW}	1.3			μs	
SCL、SDA上升时间 t_R			0.3	μs	
SCL、SDA下降时间 t_F			0.3	μs	
保持时间（起始条件） $t_{\text{HD:STA}}$	0.6			μs	此周期结束后，产生首次时钟与重复起始条件相关
建立时间（起始条件） $t_{\text{SU:STA}}$	0.6			μs	
数据建立时间 $t_{\text{SU:DAT}}$	0.25			μs	$V_{DD} \geq 3.0\text{ V}$
	0.35			μs	$V_{DD} < 3.0\text{ V}$
建立时间（停止条件） $t_{\text{SU:STO}}$	0.6			μs	
数据保持时间 $t_{\text{HD:DAT}}$ （主）	0			μs	
总线空闲时间（停止条件与起始条件之间） t_{BUF}	1.3			μs	

¹ 样片在初次发布期间均经过测试，以确保符合标准要求。
² 所有输入信号均指定输入上升时间/下降时间 = 3 ns ，在10%与90%点范围内测得。输入和输出的时序基准点处于50%处。输出负载 = 10 pF 。

时序图

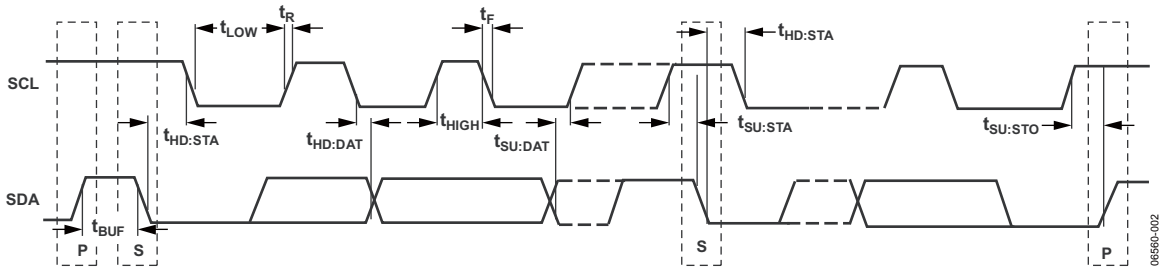


图2.串行接口时序图

绝对最大额定值

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
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	260°C (0°C)
(符合 RoHS 标准封装)	
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 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} 。最大功耗与环境温度 (T_A) 的关系坐标图见图 3。

² T_A = 环境温度。

³ 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。这只是额定应力值，不涉及器件在这些或任何其它条件下超出本技术规格指标的功能性操作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

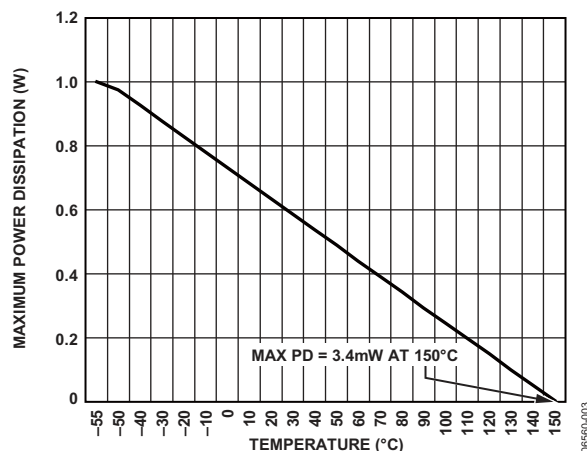


图3. SOIC_N最大功耗与温度的关系

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。

ADT7410

引脚配置和功能描述

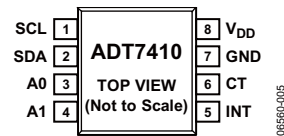


图4.引脚配置

表4.引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	SCL	I ² C串行时钟输入。串行时钟用于向ADT7410的任一寄存器时钟输入数据或从其时钟输出数据。开漏配置。需要上拉电阻，典型值10 kΩ。
2	SDA	I ² C串行数据输入/输出。此引脚提供输入输出器件的串行数据。开漏配置。需要上拉电阻，典型值10 kΩ。
3	A0	I ² C串行总线地址选择引脚。逻辑输入。连接至GND或V _{DD} ，设置一个I ² C地址。
4	A1	I ² C串行总线地址选择引脚。逻辑输入。连接至GND或V _{DD} ，设置一个I ² C地址。
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(2.7 V至5.5 V)。电源应使用一个0.1 μF陶瓷电容去耦至接地。

典型工作特性

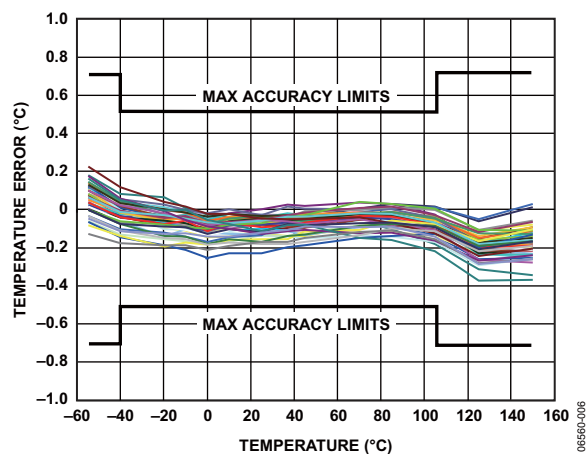


图5. 3 V时的温度精度

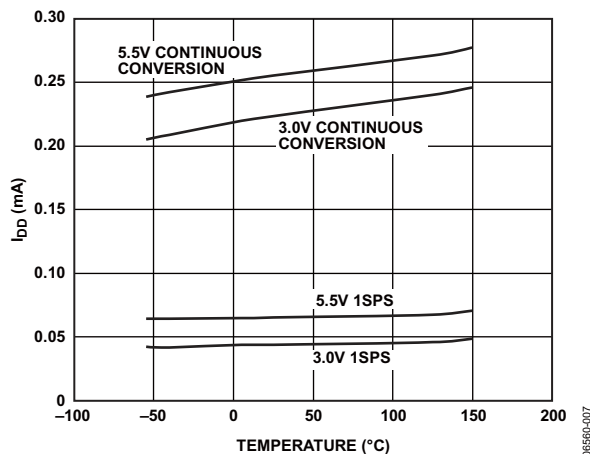


图7. 工作电流与温度的关系

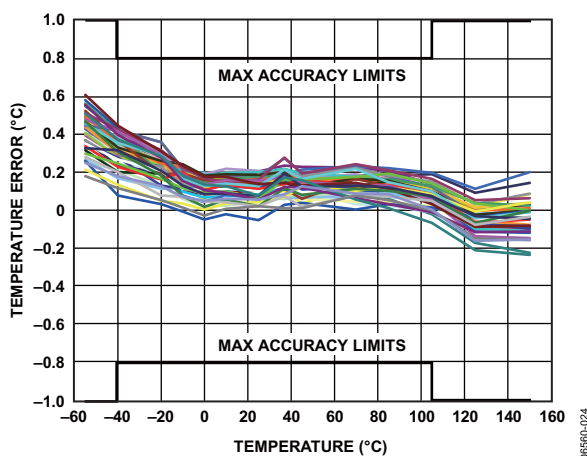


图6. 5 V时的温度精度

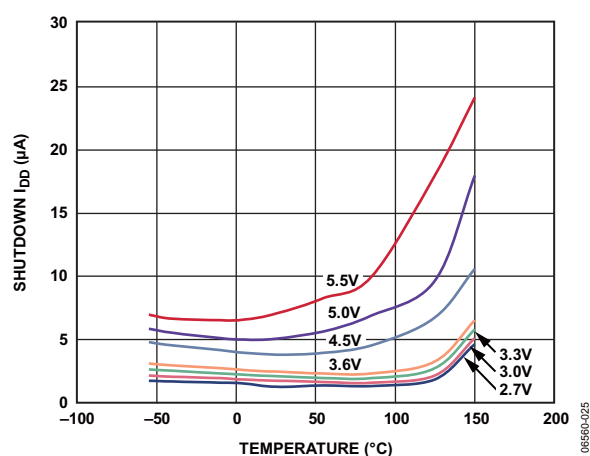


图8. 关断电流与温度的关系

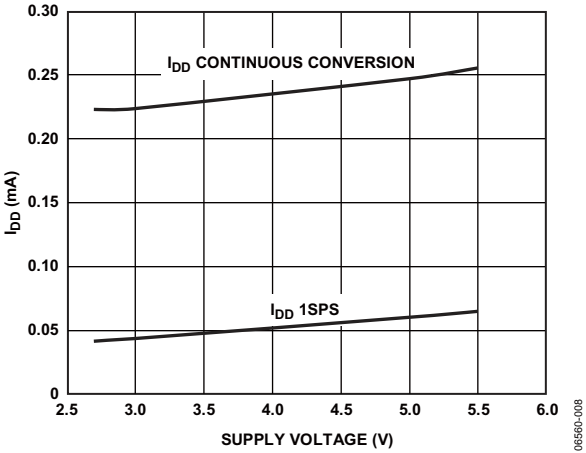


图9. 25°C时平均工作电源电流与电源电压的关系

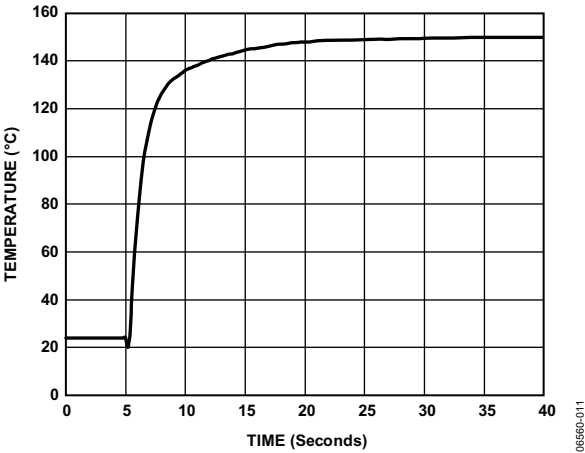


图11.热冲击响应

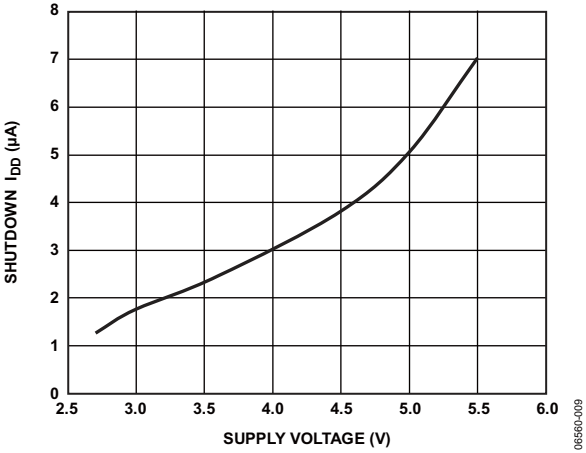


图10. 25°C时关断电流与电源电压的关系

工作原理

电路信息

ADT7410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
- 在正常工作模式和全省电模式之间切换
- 在INT和CT引脚上，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
- 使能标准单稳态模式和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频带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I²C温度数据。

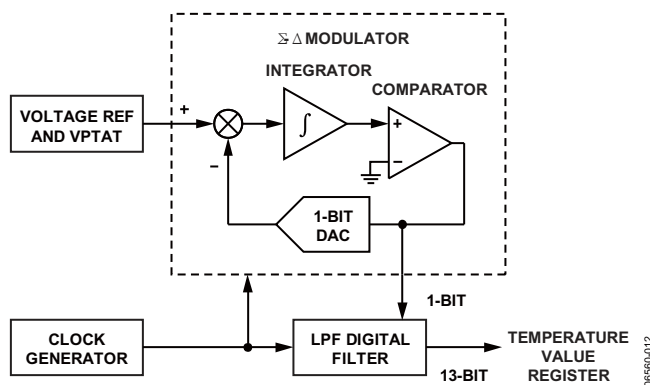


图12. Σ - Δ 调制器

温度测量

在普通模式下，ADT7410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ADT7410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。

单稳态模式

将配置寄存器（寄存器地址0x03）的位5和位6分别设置为1和0，使能单稳态模式。使能此模式时，ADT7410立即完成一次转换，然后进入关断模式。

从温度值寄存器读回温度之前，在写入单稳态位之后等待至少240 ms。此等待时间确保ADT7410有时间上电和完成一次转换。

电路设计优先考虑降低功耗时，单稳态模式非常有用。

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0和1分别写入配置寄存器（寄存器地址0x03）的位5和位6，使能此模式。

单稳态模式下的CT和INT工作

超过一个限值时，针对 T_{CRIT} 过温事件的单稳态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，则写入单稳态位(配置寄存器的位5和位6，寄存器地址0x03)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，则写入单稳态位(配置寄存器的位5和位6，寄存器地址0x03)可复位CT引脚。参见图13。

注意，使用单稳态模式时，要确保刷新率适合所使用的应用。

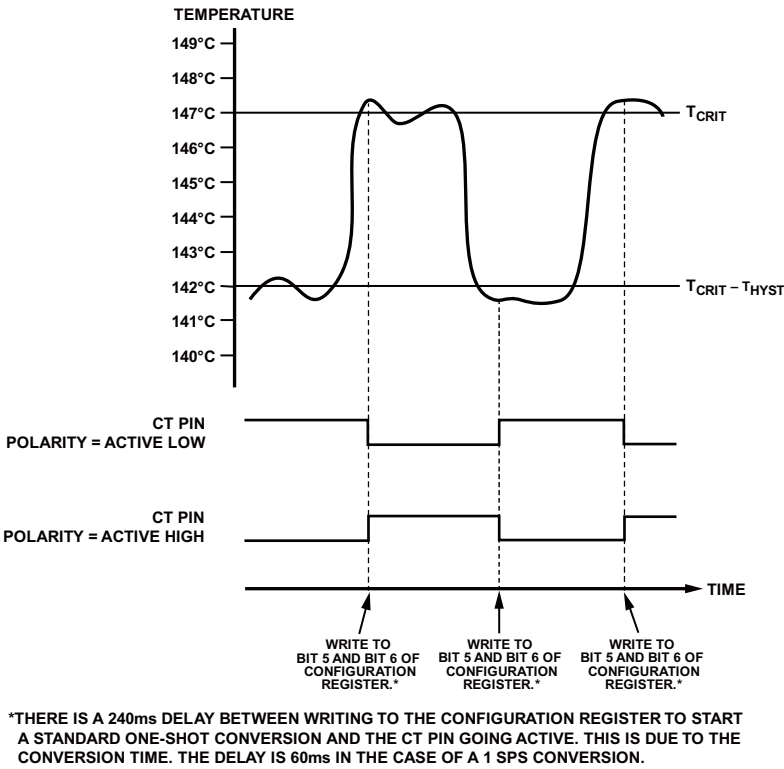


图13.单稳态CT引脚

关断

通过将1分别写入配置寄存器(寄存器地址0x03)的位5和位6, 可以将ADT7410至于关断模式, 在这种情况下, 整个IC都被关断, 在ADT7410退出关断模式之前, 不会启动任何转换。通过将0分别写入配置寄存器(寄存器地址0x03)中的位5和位6, 可以使ADT7410退出关断模式。ADT7410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ADT7410处于关断模式, 仍然可以从ADT7410读取关断前最后一次转换所引起的转换。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ADT7410时, 队列可帮助最多4个故障事件防止INT和CT引脚的误触发。队列中所设故障的数目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, 并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, 则故障计数复位回零。

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ADT7410的保证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0x03）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ADT7410，只需忽略13位温度值的后四个LSB。这四个LSB是表5中的位6至位3。

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

正温度 = ADC码 (十进制)/128

负温度 = (ADC码 (十进制) - 65,536)/128

其中，ADC码使用全部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

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

正温度 = ADC码 (十进制)/2

负温度 = (ADC码 (十进制) - 1024)/2

其中，ADC码使用全部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

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

ADT7410内置14个寄存器：

- 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

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并指向温度值寄存器MSB。

表6. ADT7410寄存器

寄存器地址	描述	上电默认
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	THIGH设定点最高有效字节	0x20 (64°C)
0x05	THIGH设定点最低有效字节	0x00 (64°C)
0x06	TLOW设定点最高有效字节	0x05 (10°C)
0x07	TLOW设定点最低有效字节	0x00 (10°C)
0x08	TCRIT设定点最高有效字节	0x49 (147°C)
0x09	TCRIT设定点最低有效字节	0x80 (147°C)
0x0A	THYST设定点	0x05 (5°C)
0x0B	ID	0xCX
0x2F	软件复位	0xFF

表8.温度值MSB寄存器（寄存器地址0x00）

位	默认值	类型	名称	描述
[8:14]	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9.温度值LSB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[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0x03[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0x03[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0x03[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0x03[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2x03[7] = 1（16位分辨率），则包含15位温度值的最低有效位2。
[3:7]	00000	R	温度	温度值为二进制补码格式。

地址指针寄存器

在写入ADT7410期间，此寄存器始终是第一个被写入的寄存器。该寄存器应设置为写入或读取处理的目标寄存器的地址。表7所示为ADT7410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7.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

温度值最高有效字节(MSB)寄存器和温度值最低有效字节(LSB)寄存器存储内部温度传感器测量的温度。温度以二进制补码格式存储，MSB作为温度符号位。读取这些寄存器时，首先从寄存器地址0x00读取8个MSB(位7至位15)，然后从寄存器地址0x01读取8个LSB(位0至位7)。因为地址指针自动递增至温度值最低有效字节地址(寄存器地址0x01)，所以只需将温度值最高有效字节(寄存器地址0x00)载入地址指针寄存器。

位0至位2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0至位2则不再用作标志位，而是用作扩展数字值的LSB位。

ADT7410

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，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。在单稳态模式和1 SPS模式下，写入单稳态位之后， $\overline{\text{RDY}}$ 位复位。

配置寄存器

此8位读写寄存器存储ADT7410的各种配置模式，包括关断、过温和欠温中断、单稳态、连续转换、中断引脚极性和过温故障队列。

表10.状态寄存器（寄存器地址0x02）

位	默认值	类型	名称	描述
[0:3]	0000	R	未使用	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 $T_{\text{LOW}} + T_{\text{HYST}}$ 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 $T_{\text{HIGH}} - T_{\text{HYST}}$ 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 $T_{\text{CRIT}} - T_{\text{HYST}}$ 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。在单稳态模式和1 SPS模式下，写入单稳态位之后，此位复位。

表11.配置寄存器（寄存器地址0x03）

位	默认值	类型	名称	描述
[0:1]	00	R/W	故障队列	这两个位设置在设置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
[5:6]	00	R/W	工作模式	这两个位设置ADT7410的工作模式。 00 = 连续转换（默认）。一次转换结束后，ADT7410开始另一次转换。 01 = 单稳态。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MSB和T_{HIGH} 设定点LSB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，MSB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LSB)，所以只需将寄存器地址0x04(T_{HIGH} 设定点MSB)载入地址指针寄存器中。

THIGH设定点的默认设置是64°C。

T_{LOW} 设定点寄存器

T_{LOW} 设定点MSB和T_{LOW} 设定点LSB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LSB)，所以只需将寄存器地址0x06(T_{LOW} 设定点MSB)载入地址指针寄存器中。

T_{LOW} 设定点的默认设置是10°C。

T_{CRIT} 设定点寄存器

T_{CRIT} 设定点MSB和T_{CRIT} 设定点LSB寄存器存储临界过温限值。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。

从此寄存器读取时，首先从寄存器地址0x08读取8个MSB(位15至位8)，然后从寄存器地址0x09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LSB)，所以只需将寄存器地址0x08(T_{CRIT} 设定点MSB)载入地址指针寄存器中。

T_{CRIT} 限值的默认设置是147°C。

表12.T_{HIGH} 设定点MSB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} MSB	过温限值的MSB，以二进制补码格式存储。

表13.T_{HIGH} 设定点LSB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} LSB	过温限值的LSB，以二进制补码格式存储。

表14.T_{LOW} 设定点MSB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} MSB	欠温限值的MSB，以二进制补码格式存储。

表15.T_{LOW} 设定点LSB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} LSB	欠温限值的LSB，以二进制补码格式存储。

表16.T_{CRIT} 设定点MSB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} MSB	临界过温限值的MSB，以二进制补码格式存储。

表17.T_{CRIT} 设定点LSB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} LSB	临界过温限值的LSB，以二进制补码格式存储。

ADT7410

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。

ID寄存器

此8位只读寄存器在位3中位7中存储制造商ID，在位0至位2中存储芯片版本。

表18. THYST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，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/ $\overline{W}$	N/A	未使用。

表19. ID寄存器(寄存器地址0x0B)

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]	11001	R	制造ID	含制造商识别号

串行接口

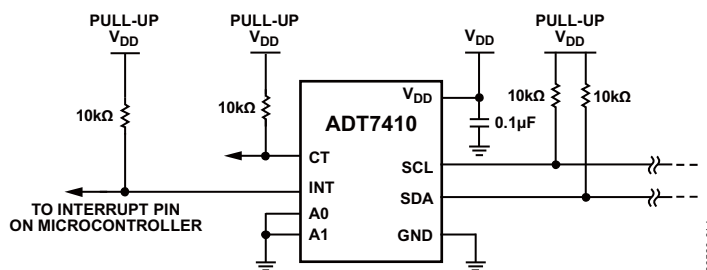


图14.典型I²C接口连接

ADT7410的控制经由I²C兼容串行接口实现。ADT7410作为从器件连接至此总线，受主器件控制。

图14所示为一个典型I²C接口连接。

串行总线地址

与其它I²C兼容器件一样，ADT7410也具有7位串行地址。此ADT7410地址的5个MSB设置为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20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20. 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

串行总线协议如下工作：

1. 主机通过建立起始条件而启动数据传输；起始条件要求串行数据线(SDA)发生从高到低的转换，同时串行时钟线(SCL)保持高电平。这表示随后将产生地址/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，并读取接下来的8位数据，包括一个7位地址(MSB优先) 加一个读写(R/W)位。R/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/W位为0，则主器件对从器件写入。如果R/W位为1，则主器件由从器件读取。
3. 数据按9个时钟脉冲(8个数据位后跟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，并在高电平周期期间稳定保持。当时钟处于高电平时，数据线上低电平至高电平的转换可视为一个停止信号。
4. 读取或写入所有数据字节后，停止条件建立。在写入模式下，主器件在第10个时钟脉冲期间将数据线拉至高电平，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。这称为无应答。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。

写入数据

可将单字节数据或2字节数据写入ADT7410，具体取决于要写入哪些寄存器。

写入单字节数据要求串行总线地址和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。这如图15所示。

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MSB寄存器和LSB寄存

器。将2字节数据写入这些寄存器要求串行总线地址和写入地址指针寄存器的MSB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。这如图16所示。

如果将超过要求数目的数据字节写入一个寄存器，该寄存器忽略这些额外的数据字节。要写入一个不同的寄存器，需要一个起始或重复起始。

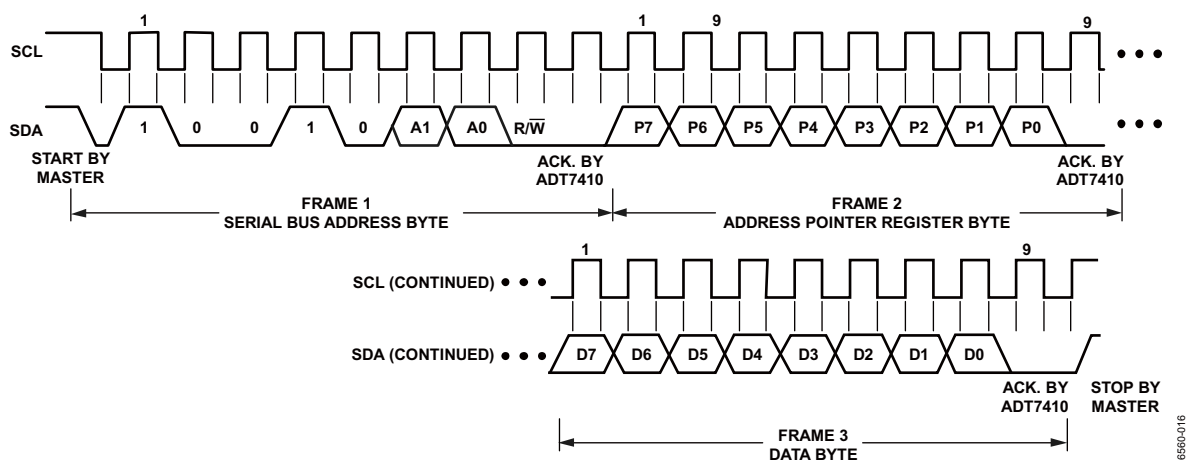


图15.写入一个寄存器，后跟单字节数据

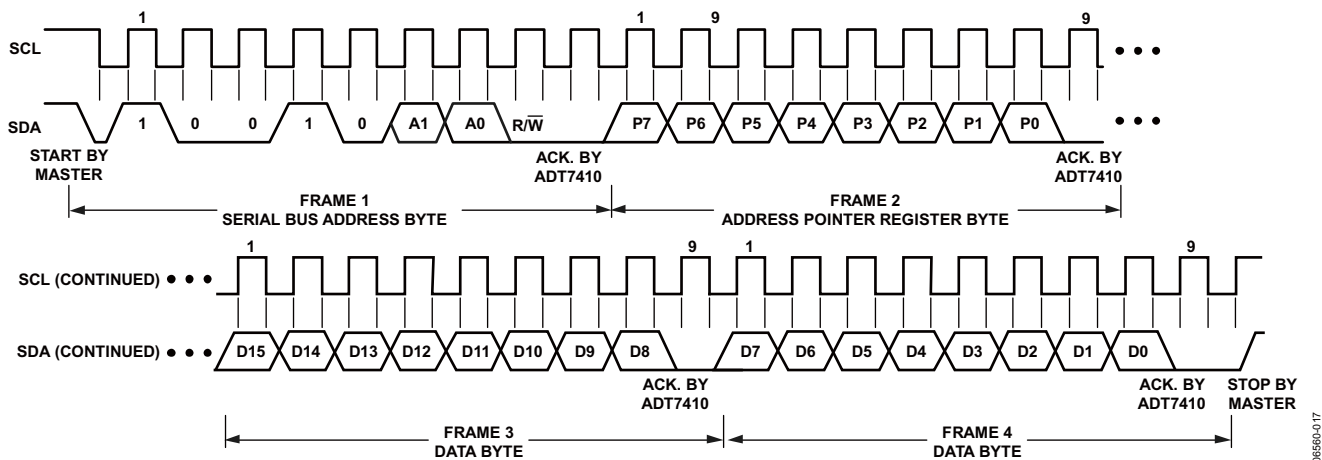


图16.写入一个寄存器，后跟2字节数据

读取数据

从ADT7410读取数据在对配置寄存器、状态寄存器、 T_{HYST} 寄存器、ID寄存器的单数据字节操作中完成。温度值寄存器、 T_{HIGH} 设定寄存器、 T_{LOW} 设定寄存器和 T_{CRIT} 设定寄存器需要两数据字节读取操作。图17所示为读回类似于配置寄存器的8位寄存器的内容。图18所示为读回温度值寄存器的内容。

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，来设置要读取的寄存器的地址。在从2字节寄存器读回的情况下，地址指针自动从MSB寄存器地址递增至LSB寄存器地址。

要从另一寄存器读取，需对地址指针寄存器执行另一写入操作来设置相关寄存器地址。因此，不能进行块读取，即只有从16位寄存器读回时才能进行I²C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。

复位

可提供明确的复位命令来复位ADT7410，而不复位整个I²C总线，即，使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。ADT7410在默认值上传期间不对I²C总线命令做出响应(不应答)，时间约200 μ s。

复位命令地址字是0x2F。

广播

主机发出包括7个0且第8位(R/W位)设置为0的从机地址时，这被称为广播地址。广播地址用于对连接至I²C总线的每个器件进行寻址。ADT7410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，ADT7410复位，完全上传所有默认值。ADT7410在默认值上传时不对I²C总线命令做出响应(不应答)，时间约200 μ s。

ADT7410不应答任何其他广播命令。

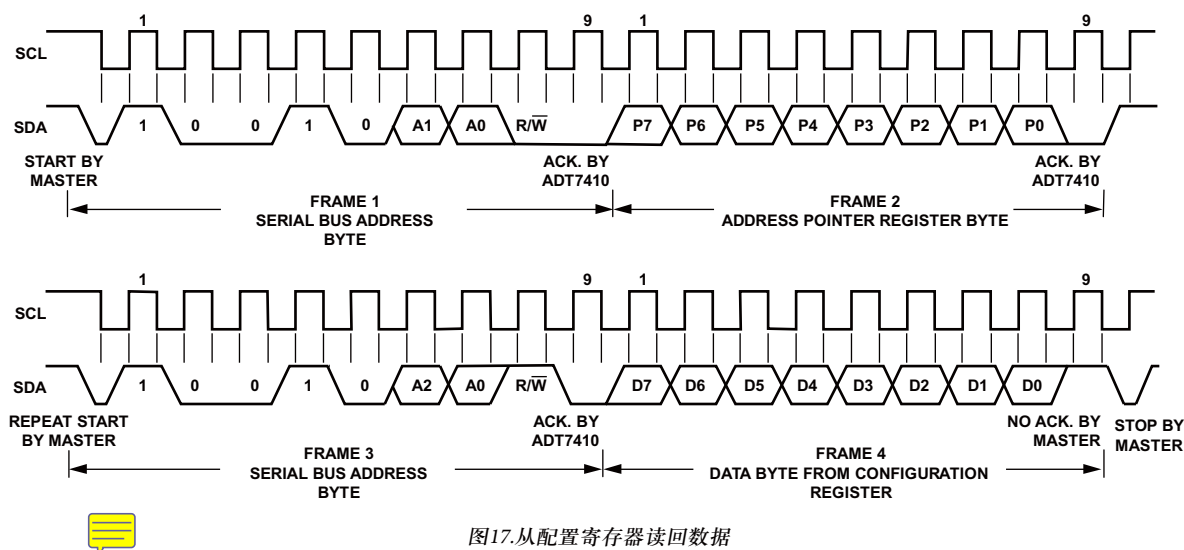
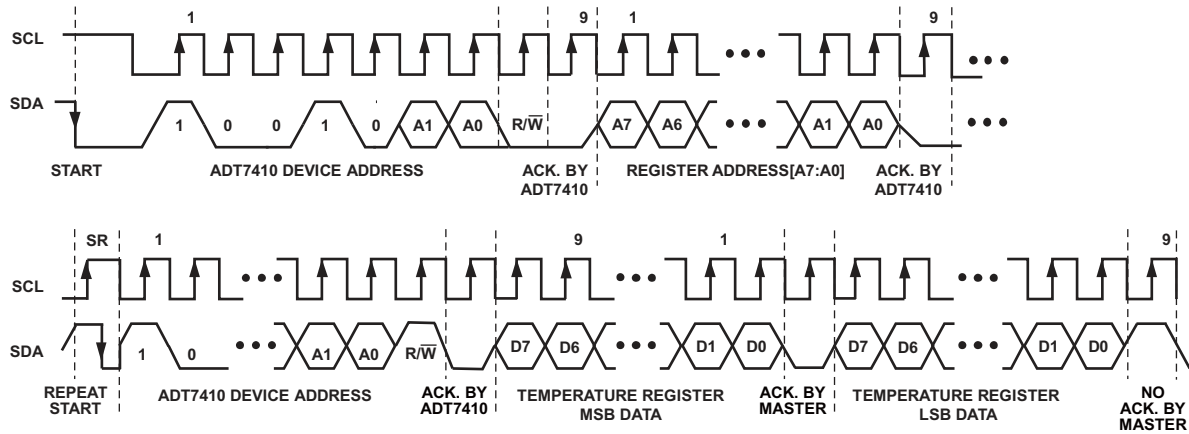


图17.从配置寄存器读回数据

ADT7410



- NOTES
1. A START CONDITION AT THE BEGINNING IS DEFINED AS A HIGH-TO-LOW TRANSITION ON SDA WHILE SCLK REMAINS HIGH.
 2. A STOP CONDITION AT THE END IS DEFINED AS A LOW-TO-HIGH TRANSITION ON SDA WHILE SCLK 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 REGISTER MSB DATA AND TEMPERATURE 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.

06560-023

图18.从温度值寄存器读回数据

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。

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} 设定寄存器中的温度或低于存储在 T_{LOW} 设定寄存器中的温度时，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ADT7410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ADT7410寄存器时，INT引脚进入无效状态。一旦INT引脚复位，只有在温度高于存储在 T_{HIGH} 设定寄存器中的温度或低于存储在 T_{LOW} 设定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ADT7410置于关断模式可复位INT引脚。

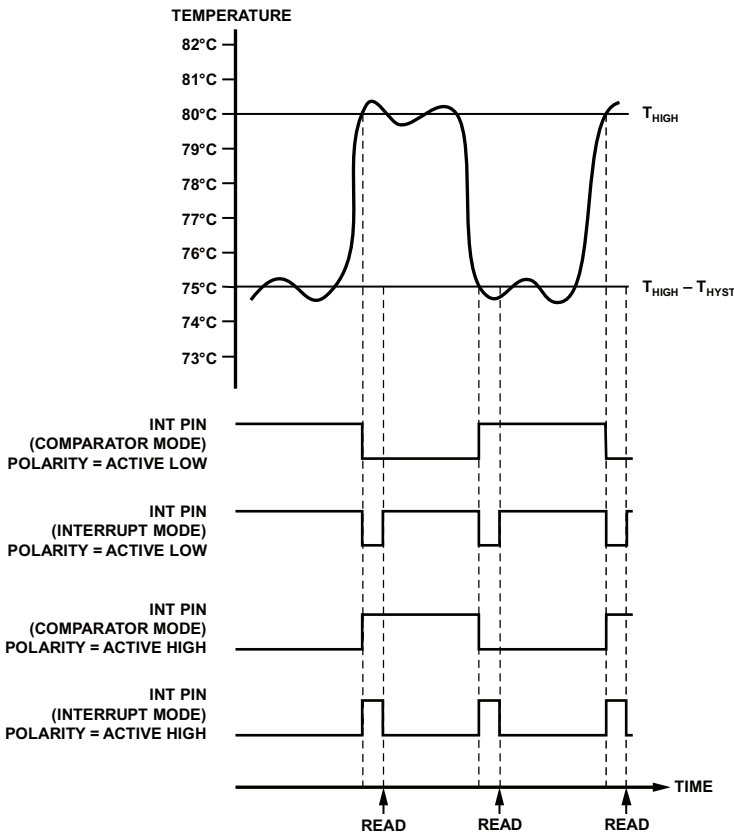


图19. T_{HIGH} 过温事件的INT输出温度响应图

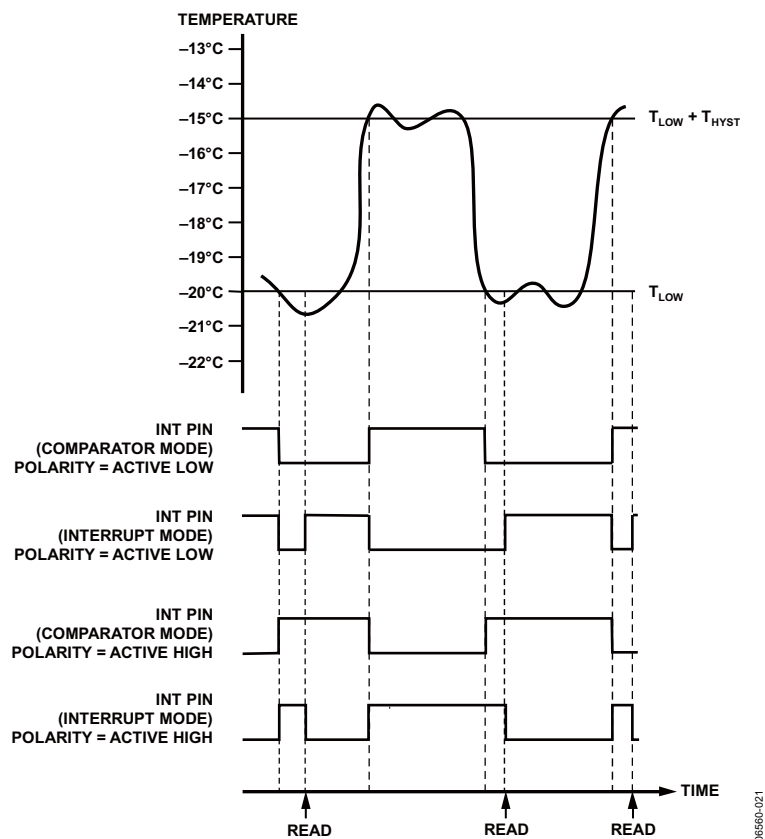


图20. T_{LOW} 欠温事件的INT输出温度响应图

应用信息

热响应时间

温度传感器建立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，通常以跨热接点传输功率的°C/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触点和热源的有效功率。在大部分应用中，最好是凭经验确定建立时间。

电源去耦

在V_{DD}和GND之间连接一个0.1μF陶瓷电容来去耦ADT7410。如果ADT7410离电源较远安装，这点尤其重要。ADT7410等精密模拟产品需要充分滤波的电源。ADT7410采用单电源供电，因此利用数字逻辑电源看起来较为方便。不幸的是，逻辑电源通常属于开关模式设计，产生20 kHz至1 MHz范围内的噪声。此外，由于线路电阻和电感，高速逻辑门会产生振幅达到数百毫伏的毛刺。

如果可能，应直接从系统电源为ADT7410供电。图21所示的配置可以隔离模拟部分和逻辑开关瞬变。即使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陶瓷电容的局部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ADT7410的V_{DD}引脚放置。

温度监控

ADT7410非常适合于监控电子设备内的热环境。例如，表贴封装可精确反映影响附近集成电路的确切热条件。

ADT7410测量并转换其本身半导体芯片表面的温度。使用ADT7410测量附近热源的温度时，必须考虑热源和ADT7410之间的热阻。

如果热阻确定，则可从ADT7410的输出推导出热源的温度。从热源传输到ADT7410裸片上的热传感器的热量有60%之多经由铜走线、封装引脚和焊盘散发掉。ADT7410上的引脚中，GND引脚传输的热量最多。因此，要测量一个热源的温度，建议尽可能降低ADT7410的GND引脚和热源的热阻。

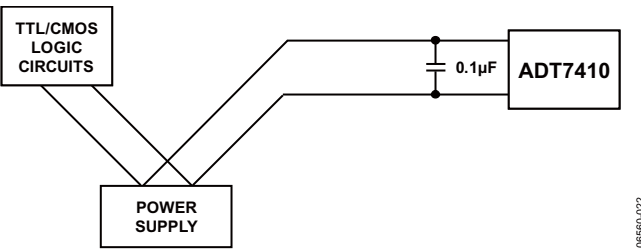
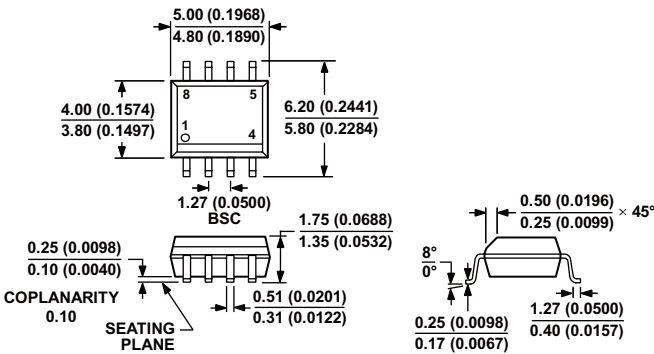


图21.使用独立走线降低电源噪声

ADT7410

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22. 8引脚标准小型封装[SOIC_N]

窄体(R-8)

图示尺寸单位：mm和(inches)

订购指南

型号	温度范围	温度精度 ¹	封装描述	封装选项
ADT7410TRZ ²	-55°C 至 +150°C	±0.5°C	8引脚SOIC_N	R-8
ADT7410TRZ-REEL ²	-55°C 至 +150°C	±0.5°C	8引脚SOIC_N	R-8
ADT7410TRZ-REEL7 ²	-55°C 至 +150°C	±0.5°C	8引脚SOIC_N	R-8
EVAL-ADT7410EBZ ²			评估板	

¹ -40°C至+105°C温度范围内的最高精度。

² Z=符合RoHS标准的兼容器件

Purchase of licensed I²C components of Analog Devices or one of its sublicensed Associated Companies conveys a license for the purchaser under the Philips I²C Patent Rights to use these components in an I²C system, provided that the system conforms to the I²C Standard Specification as defined by Philips.