

TPS02R

双通道热电阻隔离测温模块

UM01010101 V1.05 Date: 2019/11/28

产品用户手册

类别	内容
关键词	温度采集, IIC 时序, IIC 接口寄存器
摘要	TPS02R 双通道热电阻隔离测温模块, 主要用于配合温度传感器热阻 RTD 进行温度测量, 最多可进行两通道测试, 内部采用 24 位的 sigma-delta ADC 进行信号采样, 保证温度测试的高分辨率和高精度。通过 IIC 通信接口与外部设备通信。

修订历史

版本	日期	原因
V1.04	---	---
V1.05	2019/11/28	<ol style="list-style-type: none">1. 修改内容中的图文信息2. 修改免责声明内容3. 根据公司标准化模版修订通知，将手册页眉公司名称由“广州致远电子有限公司”

目 录

1. 功能简介.....	1
1.1 概述.....	1
1.2 产品特性.....	1
1.3 应用场合.....	1
2. 硬件说明.....	2
2.1 产品外观.....	2
2.2 引脚定义.....	2
2.3 典型应用电路.....	3
3. IIC 总线说明	5
3.1 IIC 总线工作状态	5
3.2 数据传输流程.....	5
3.2.1 主机发送数据流程.....	5
3.2.2 主机接收数据流程.....	6
3.3 IIC 时序与寄存器	7
3.3.1 IIC 时序	7
3.3.2 寄存器定义.....	8
4. 产品使用注意事项	14
5. 免责声明.....	15

1. 功能简介

1.1 概述

TPS02R 双通道热电阻隔离测温模块, 主要用于配合温度传感器 PT100 进行温度测试, 可同时进行两通道温度检测, 内部采用 24 位的 sigma-delta ADC 进行信号采样, 保证温度测试的高分辨率和高精度。模块通过 IIC 通信接口与外部设备通信。

1.2 产品特性

- ◆ 两通道 PT100 热电阻
- ◆ -200°C~850°C 测温范围
- ◆ 0.01°C 测温分辨率
- ◆ 0.02%±0.1°C 测温误差
- ◆ 10ppm±0.1°C 温漂
- ◆ IIC 通信接口
- ◆ 隔离耐压 2500Vrms
- ◆ 工作环境 -40°C~+85°C
- ◆ 3.3V 供电电压
- ◆ 小体积封装
- ◆ 温度报警输出

1.3 应用场合

- ◆ 工业恒温箱
- ◆ 测温仪表
- ◆ 温度监控器
- ◆ 高温炉
- ◆ 钢铁重工
- ◆ 医疗设备
- ◆ 电力温度监控
- ◆ 石油化工
- ◆ 天然气管道
- ◆ 热循环系统

2. 硬件说明

2.1 产品外观

产品外观如图 2.1 所示。



图 2.1 产品外观图

2.2 引脚定义

TPS02R 模块灌封在 24.98×16.90×8.10mm 塑胶外壳内，传感器端口与通信端口电气隔离，产品引脚排列如图 2.2 所示。

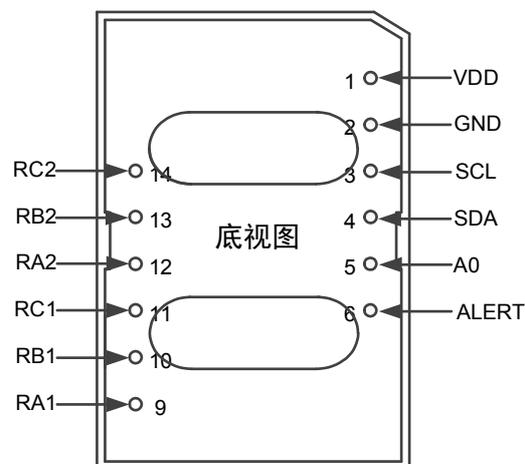


图 2.2 引脚排列

各引脚功能如表 2.1。

表 2.1 引脚功能描述

PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
VDD	1	I	供电电源, 3V 到 3.3V
GND	2	--	接地端
SCL	3	I	IIC 通信时钟引脚
SDA	4	I/O	IIC 通信数据引脚
A0	5	I	IIC 地址选择引脚, 接地(0x48), 接 VDD 或者悬空(0x49)
ALERT	6	O	报警信号输出引脚
RA1	9	--	外部热电阻 PT100 接口, 外接 1 通道热电阻 A 端
RB1	10	--	外部热电阻 PT100 接口, 外接 1 通道热电阻 B 端
RC1	11	--	外部热电阻 PT100 接口, 外接 1 通道热电阻 C 端
RA2	12	--	外部热电阻 PT100 接口, 外接 2 通道热电阻 A 端
RB2	13	--	外部热电阻 PT100 接口, 外接 2 通道热电阻 B 端
RC2	14	--	外部热电阻 PT100 接口, 外接 2 通道热电阻 C 端

2.3 典型应用电路

(1)双路测温应用电路如图 2.3 所示, TPS02R 双路热电阻测温模块只需要一个 IIC 主机和一个 3.3V 直流电源即可完成两路温度采集。TPS02R 模块的 RC2, RB2 和 RA2 与一路三线制热电阻 PT100 相连, 模块的 RC1, RB1 和 RA1 与另一路三线制热电阻 PT100 相连, IIC 主机通过标准 IIC 接口与 TPS02R 模块通信即可完成双路温度采集。

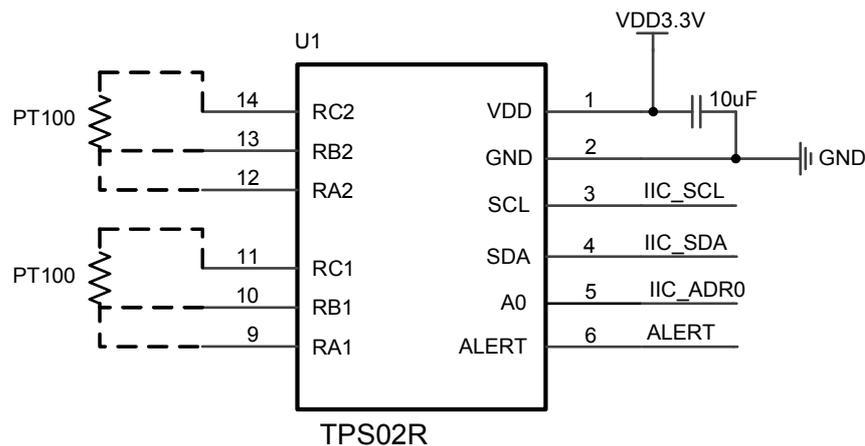


图 2.3 TPS02R 双路温度采集典型电路

(2)单路测温应用电路如图 2.4 和 2.5 所示，TPS02R 双路热电阻测温模块兼容单路温度采集，使用单路温度采集，另一路热电阻推荐短接，使用通道一做单路温度采集典型电路如图 2.4 所示，使用通道二做单路温度采集典型电路如图 2.5 所示。

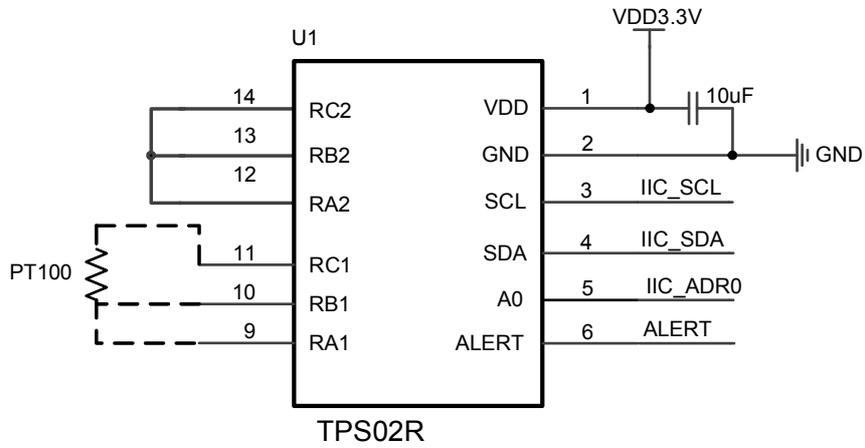


图 2.4 TPS02R 采集通道一温度典型电路

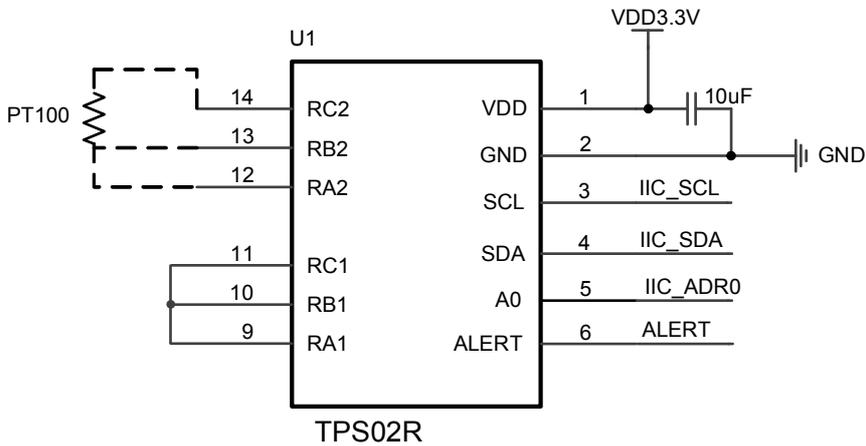


图 2.5 TPS02R 采集通道二温度典型电路

3. IIC 总线说明

3.1 IIC 总线工作状态

- 总线空闲：SDA 和 SCL 均保持为高电平。
- 数据传输开始：SDA 的状态由高到低，SCL 保持为高，这个状态即为数据传输开始的状态。
- 数据传输结束：SDA 的状态由低到高，SCL 保持为高，这个状态即为数据传输结束的状态。
- 数据传输：发送到 SDA 线上的每个字节必须是 8 位，每次传输可以发送的字节数量不受限制。每个字节后必须跟一个响应位。首先传输的是数据的最高位（MSB），如果从机要完成一些其他功能后（例如一个内部中断服务程序）才能接收或发送下一个完整的数据字节，可以使时钟线 SCL 保持为低电平，迫使主机进入等待状态，当从机准备好接收一个数据并释放时钟线 SCL 后，数据传输继续。
- 应答响应：数据传输必须带响应，相应的响应时钟脉冲由主机产生。在响应的时钟脉冲期间，发送器释放 SDA 线，接收器必须将 SDA 线拉低，使它这个时钟脉冲 SCL 的高电平期间保持稳定的低电平。通常被寻址的接收器在接收到每个字节后，必须产生一个响应。**a.**当从机不能响应从机地址时（例如它正在执行一些实时函数，不能接收或发送），从机必须使数据线保持为高电平，主机然后产生一个停止条件终止传输或者产生重复起始条件开始新的传输。**b.**如果从机接收器响应了从机地址，但是在传输了一段时间后，不能接收更多的数据字节，主机必须再次终止传输。这个情况用从机在第一个字节后没有产生响应来表示。从机使数据线保持高电平，主机产生一个停止或者重复起始条件。**c.**如果传输中有主机接收器，它必须通过在从机发出的最后一个字节时产生一个响应，向从机发送器通知数据结束，从机发送器必须释放数据线，允许主机产生一个停止或重复起始条件。
- 时钟同步：如果从机希望主机降低传送速度，可以通过将 SCL 主动拉低延长其低电平时间的方法来通知主机，当主机在准备下一次传送发现 SCL 的电平被拉低时就进行等待，直至从机完成操作并释放 SCL 线的控制权。因此，主机实际上受到从机的时钟同步控制。可见，SCL 线上的低电平，由时钟低电平最长的器件决定，高电平的时间由高电平时间最短的器件来决定。这就是时钟同步，它解决了 IIC 总线的速度同步问题。

3.2 数据传输流程

3.2.1 主机发送数据流程

1. 主机在检测到总线为“空闲状态”（即 SDA、SCL 线均为高电平）时，发送一个启动信号“S”，开始一次通信的开始。
2. 主机接着发送一个命令字节。该字节由 7 位的外围器件地址和一位读写控制位 R/W 组成（此时 R/W=0）。
3. 相对应的从机接收到命令字节后，向主机回馈应答信号 ACK（ACK=0）。
4. 主机接收到从机的应答信号后，开始发送第一个字节的数据。
5. 从机接收到数据后返回一个应答信号 ACK。
6. 主机接收到应答信号后，再发送下一个数据字节。

- 当主机发送最后一个数据字节并收到从机的 ACK 后，通过向从机发送一个停止信号 P 结束本次通信并释放总线。从机收到 P 信号后也退出与主机之间的通信。

以上所述即为主机发送数据的步骤，图 3.1 为主机发送的数据格式。



图 3.1 主机发送数据图示

主机通过发送地址码与对应的从机建立了通信关系，而挂接在总线上的其他从机虽然同时也收到了地址码，但因为与其自身的地址不相符，因此提前退出与主机的通信。主机的一次发送通信，其发送的数据数量不受限制。主机通过 P 信号通知发送结束，从机收到 P 信号后退出本次通信。主机的每一次发送后都是通过从机的 ACK 信号了解从机的接收情况，如果应答错误则重发。

3.2.2 主机接收数据流程

- 主机发送启动信号后，接着发送命令字节（其中 R/W=1）。
- 对应的从机收到地址字节后，返回一个应答信号并向主机发送数据。
- 主机收到数据后向从机反馈一个应答信号。
- 从机收到应答信号后再向主机发送了下一个数据。
- 当主机完成接收数据后，向从机发送一个“非应答信号(ACK=1)”，从机收到 ASK=1 的非应答信号后便停止发送。
- 主机发送非应答信号后，再发送一个停止信号，释放总线结束通信。

以上所述即为主机接收数据的步骤，图 3.2 为主机接收数据的图示。



图 3.2 主机接收数据图示

主机所接收数据的数量是由主机自身决定，当发送“非应答信号”时从机便结束传送并释放总线（非应答信号的作用有两个，前一个数据接收成功，通知从机再次发送）。

3.3 IIC 时序与寄存器

3.3.1 IIC 时序

IIC 总线的传输速率限制如图 3.3 所示。

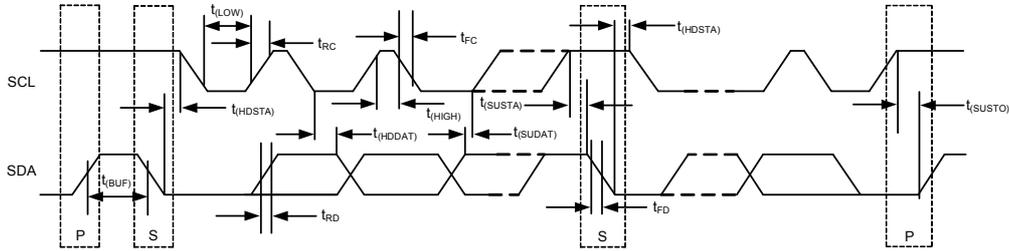


图 3.3 IIC 时钟与信号传输时间要求

表 3.1 时序传输时间统计

PARAMETER		MODE		UNIT
		MIN	MAX	
f_{SCL}	SCL operating frequency		100	KHz
t_{BUF}	Bus free time between STOP and START condition	4.7		μs
t_{HDSTA}	Hold time after repeated START condition. after this period, the first clock is generated.	4		μs
t_{SUSTA}	Repeated START condition setup time	4.7		μs
t_{SUSTO}	STOP condition setup time	4		μs
t_{HDDAT}	Data hold time	300		ns
t_{SUDAT}	Data setup time	250		ns
t_{LOW}	SCL clock LOW period	4.7		μs
t_{HIGH}	SCL clock HIGH period	4		μs
t_{RC}, t_{FC}	Clock rise and fall time		1000, 300	ns
t_{RD}, t_{FD}	Data rise and fall time		1000, 300	ns

IIC 总线主机发送数据时序，如图 3.4 所示。

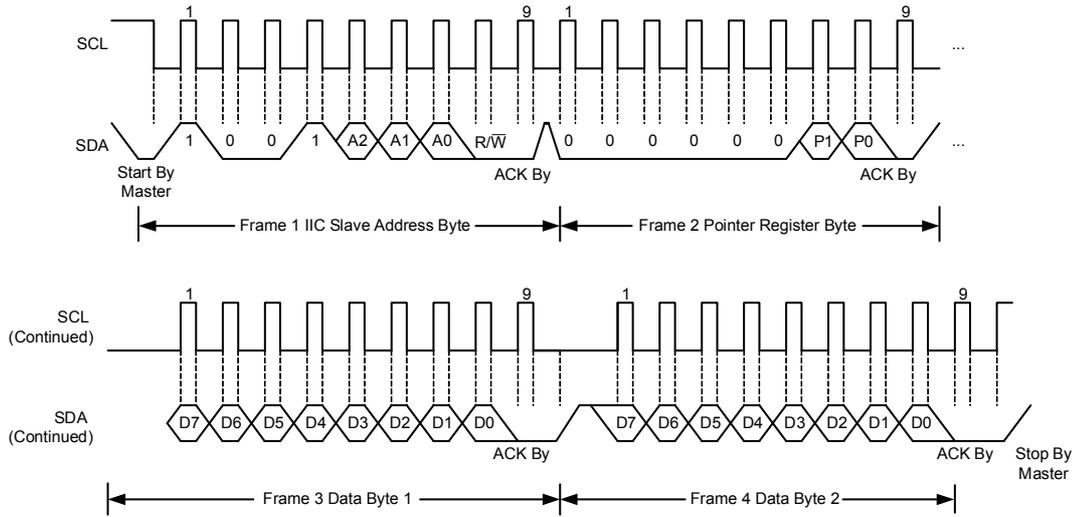


图 3.4 主机向 TPS02R 发送数据

温度测试模块 TPS02R 通过 IIC 向外进行通信时，测温模块作从机。主机接收 TPS02R 模块数据时序图如图 3.5 所示。

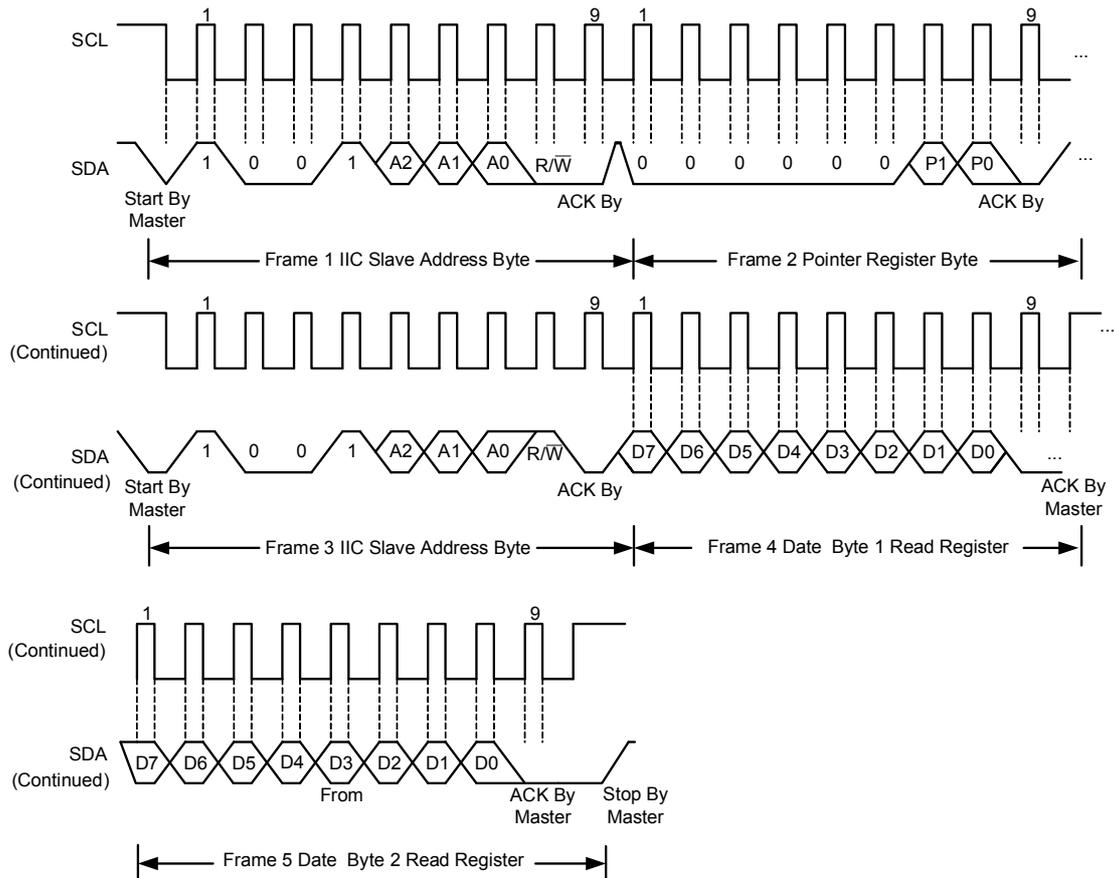


图 3.5 主机接收 TPS02R 数据

TPS02R 模块的 IIC 的地址与上图中的有差异，由于 TPS02R 测温模块只有一根地址线，所以现在 TPS02R 的地址设置为 100100x，即采用 7 位地址的方式，高 6 位固定为 100100。

3.3.2 寄存器定义

TPS02R 模块的 IIC 通信协议的寄存器内部结构示意图如图 3.6 所示。主要分为 Pointer 寄存器、Temperature 寄存器、Configuration 寄存器、 T_{LOW} 寄存器及 T_{HIGH} 寄存器。

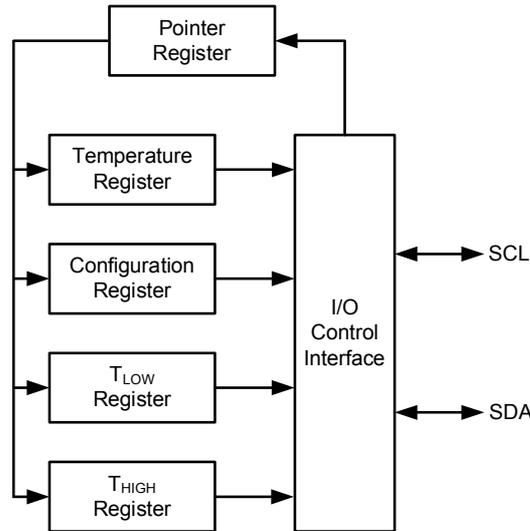


图 3.6 寄存器结构示意图

1. Pointer 寄存器

Pointer 寄存器的主要作用是指示 TPS02R 模块内部的其他四个寄存器地址。表 3.2 表明 Pointer 寄存器的结构定义，为一个字节的最后两位 bits。

表 3.2 Pointer 寄存器内部结构

P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
0	0	0	0	0	0	Register Bits	

Pointer 寄存器的指示定义如表 3.3 所示，分别指向图中的四个寄存器。

表 3.3 Pointer 寄存器定义说明

P1	P0	TYPE	REGISTER
0	0	R only,default	Temperature Register
0	1	R/W	Configuration Register
1	0	R/W	T_{LOW} Register
1	1	R/W	T_{HIGH} Register

2. Temperature 寄存器

Temperature 寄存器包含 2 个 24 位的寄存器，即包含 6 个字节，具体如下所示。表 3.4 为温度与寄存器位对应关系，Temperature 的两个寄存器前 3 个字节存储通道 1 的温度测试结果，后 3 个字节存储温度 2 的测试结果，通过 IIC 读取温度测试结果时，连续传输 6 个字节，先传输高字节，后传输低字节，下文写配置寄存器也是先传输高字节后传输低字节。

表 3.4 温度测试值寄存器

通道 1 温度寄存器	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	1	T23	T22	T21	T20	T19	T18	T17	T16
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	2	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	3	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0
通道 2 温度寄存器	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	4	T23	T22	T21	T20	T19	T18	T17	T16
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	5	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	6	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0

表 3.5 温度与寄存器位对应关系

温度值	数字输出	
	二进制	16 进制
1023.999878 °C	0111 1111 1111 1111 1111 1111	7F FF FFH
0 °C	0000 0000 0000 0000 0000 0000	000 00 00H
-0.000122 °C	1111 1111 1111 1111 1111 1111	FF FF FFH
-1024 °C	1000 0000 0000 0000 0000 0000	80 00 00H

如表 3.5 所示，TPS02R 的模块中，24 位的寄存器位设置与温度对应关系，24 位的分配如下，最高位为符号位，高 10 位作整数，低 13 位作小数显示。24 位的时候，温度测试分辨率为 0.000122 °C。

数据转换阐述：

两通道六字节数据，前三位字节数据对应通道 1，后三位字节数据对应通道 2，操作方法一样，取通道一数据分析如下：

$$value = Byte1 \ll 16 + Byte2 \ll 8 + Byte3$$

当 $value > 2^{23}$ 时，即当前测量温度为负温度值：

$$T = -(2^{24} - value) / 2^{13}$$

当 $value < 2^{23}$ 时，即当前测量温度为正温度值：

$$T = value / 2^{13}$$

3. Configurature 寄存器

这是 TPS02R 工作模式配置寄存器，主要用来配置测温模块的工作模式，以及采样率。具体的格式定义如表 3.6 所示。Configurature 包含两个字节，第一个字节配置通道 1，第二个字节配置通道 2。

表 3.6 Configurature 寄存器格式定义

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	EN	ALERT	R0	F1	F0	POL	TM	SD
BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
2	EN	ALERT	R0	F1	F0	POL	TM	SD

SD: 待机模式保留位, 现不支持待机模式, 因此 $SD = 0$ 。

TM: 报警信号状态控制。当 $TM=0$ 时, 报警信号输出为比较模式, $TM=1$ 时, 报警信号输出为中断模式。

POL: 报警引脚输出信号状态控制, 具体如图 3.7 所示。在比较模式下 (Comparator Mode), 即 $TM=0$, 当 $POL=0$ 时, ALERT 输出高电平, 当测试温度大于 T_{HIGH} 时, ALERT 变为 0, 直到测试温度小于 T_{LOW} , 则 ALERT 由变为 1。当 $POL=1$ 时, ALERT 输出 0, 当测试温度大于 T_{HIGH} 时, ALERT 变为 1, 直到测试温度小于 T_{LOW} , 则 ALERT 由变为 0。在中断模式下 (Interrupt mode), 即 $TM=1$, 当 $POL=0$ 时, ALERT 输出为 1, 当测试温度大于 T_{HIGH} 时, ALERT 输出为 0, 当外部设备读取 Temperature 寄存器时, ALERT 输出状态被清除, 变为初始状态为 1, 直到下一次温度测试值小于 T_{LOW} , ALERT 的状态再次改变。当 $POL=1$ 时, ALERT 输出为 0, 当测试温度大于 T_{HIGH} 时, ALERT 输出为 1, 当外部设备读取 Temperature 寄存器时, ALERT 输出状态被清除, 变为初始状态为 0, 直到下一次温度测试值小于 T_{LOW} , ALERT 的状态再次改变。

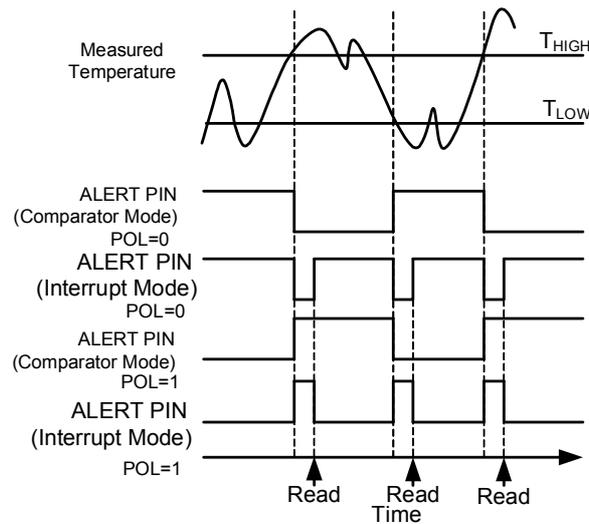


图 3.7 ALERT 信号输出状态设置图示

F1、F0: 当在过温或低温状态下, 触发 ALERT 输出信号的温度值测试个数, 具体如表 3.7 所示, 例如, 当 $F1=1$, $F0=1$ 时, 连续测试的温度值有 6 个温度值均在大于 T_{HIGH} 的情况下, 才能触发 ALERT 输出相应的状态。

表 3.7 触发 ALERT 信号的温度值测试个数

F1	F0	CONSECUTIVE FAULTS
0	0	1
0	1	2
1	0	4
1	1	6

R1、R0：控制 TPS02R 温度测试模块的采样速率，具体如表 3.8 所示。

表 3.8 采样速率与转换时间设置

R0	位数	分辨率	采样率	转换时间
0	24	0.000122 °C	10 bps	1.6s
1	24	0.000122 °C	40 bps	0.4s

ALERT：在比较模式下，读取 ALERT 位的状态，判断温度测试值是否正常。在刚开始进入比较状态时，ALERT 的输出状态与 POL 位相反。当 POL=1 时，ALERT=0，直到测试温度值大于或等于 T_H ，ALERT=1，测试温度值小于 T_L 时，ALERT=0；当 POL=0 时，ALERT=1，直到测试温度值大于或等于 T_H ，ALERT=0，当测试温度值小于 T_L 时，ALERT=1。

注：判断报警的方式有两种，一种是直接检测 ALERT 引脚的输出信号，具体判断规则如图 4 所示，另一种是通过 IIC 读取 TPS02R 的内部寄存器 Configurature 中的 ALERT 位来判断温度测试状态。

EN：EN=0 时，该配置有效，EN=1 时，该配置无效。设通道 1 的 EN 为 EN1，通道 2 的 EN 为 EN2，具体如表 3.9 所示。

表 3.9 模块的配置参数选择

EN1	EN2	配置参数选择	备注
0	0	选择通道 1 的配置参数	即模块的工作方式根据 Configurature 寄存器的字节 1 进行工作
1	1		
0	1		
1	0	选择通道 2 的配置参数	根据 Configurature 寄存器的字节 2 进行工作

对于 Configurature 寄存器，用户没配置时，默认为如表 3.10 所示。

表 3.10 默认配置参数

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	EN	ALERT	R0	F1	F0	POL	TM	SD
	0	*(只读)	0	1	1	1	0	0(固定)
2	EN	ALERT	R0	F1	F0	POL	TM	SD
	1	*(只读)	0	1	1	1	0	0(固定)

1. THIGH 与 TLOW 寄存器

这两个寄存器是设置测试温度值的上下限值，均为 6 个 Byte。前 3 个 Byte 为通道 1 的上限或下限，后 3 个 byte 是通道 2 的上限或下限，寄存器存储格式如表 3.11 和表 3.12 所示。

每次温度的测试值，均与 T_{HIGH} 、 T_{LOW} 比较，进而 ALERT 输出相应的信号。外部设备可以根据此信号作报警处理，初始状态时， T_{HIGH} 默认为 7F FF FF H， T_{LOW} 默认为 FF FF FF H。

表 3.11 T_{HIGH} 温度寄存器定义

通道 1 T_{HIGH} 寄存器	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	1	T23	T22	T21	T20	T19	T18	T17	T16
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	2	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	3	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0
通道 2 T_{HIGH} 寄存器	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	4	T23	T22	T21	T20	T19	T18	T17	T16
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	5	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	6	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0

表 3.12 T_{LOW} 温度寄存器定义

通道 1 T_{LOW} 寄存器	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	1	T23	T22	T21	T20	T19	T18	T17	T16
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	2	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	3	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0
通道 2 T_{LOW} 寄存器	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	4	T23	T22	T21	T20	T19	T18	T17	T16
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	5	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
	Byte	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	6	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0

外部主机设备直接连续设置 6 个字节 T_{HIGH} 温度寄存器，和 6 个字节的 T_{LOW} 温度寄存器。



4. 产品使用注意事项

- ◆ 不支持热插拔。
- ◆ 若需要更深入了解 TPS02R 产品的电气参数，请参考《TPS02R 数据手册》。

5. 免责声明

本着为用户提供更好服务的原则，广州致远电子股份有限公司（下称“致远电子”）在本手册中将尽可能地向用户呈现详实、准确的产品信息。但鉴于本手册的内容具有一定的时效性，致远电子不能完全保证该文档在任何时段的时效性与适用性。致远电子有权在没有通知的情况下对本手册上的内容进行更新，恕不另行通知。为了得到最新版本的信息，请尊敬的用户定时访问致远电子官方网站或者与致远电子工作人员联系。感谢您的包容与支持！