

## 高精度数字温度传感器 IC

### 基本性能

- 完全校准和线性化的数字输出
- 电源电压：2.2 V ~ 5.5 V
- 具有高达1 MHz通信速度和两个用户可选地址的I2C接口
- 典型精度：±0.2°C
- 启动速度快，测量时间短
- 测温范围：-45 ~ 130°C
- 在2ms内将温度转换为16-Bit数字输出
- 35 ~ +42°C范围内测温精度为±0.1°C

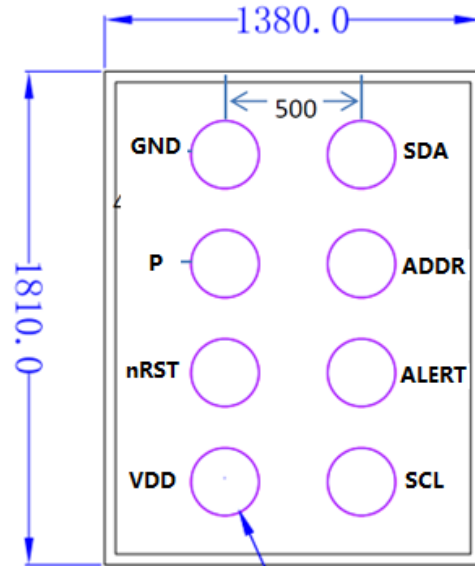
### 产品说明

GXTS02S是中科银河芯的新型高精度数字温度传感器。其功能包括增强的信号处理、两个独特且用户可选的I2C地址和高达1 MHz的通信速度。GXTS02S采用WLCSP封装，尺寸为1.3\*1.8mm<sup>2</sup>。可以集成到各种应用场合中。此外，2.4 V至5.5 V的宽电源电压范围保证了与各种应用的兼容性。

### 目录

1 传感器性能.....	2
2 规格.....	3
3 引脚配置.....	5
4 操作和通信.....	6
5 封装.....	15

### 引脚配置



### 芯片信息

型号	封装	尺寸
GXTS02S	WLCSP	1.38mm*1.81mm

## 1 传感器性能

### 1.1 温度传感器性能

表 1 温度传感器规格

参数	条件	值	单位
精度	典型值, 35°C ~ 45°C	±0.1	°C
精度	典型值, 0°C ~ 90°C	±0.3	°C
重复率	低	0.24	°C
	中	0.12	°C
	高	0.06	°C
分辨率	典型值	0.015	°C
工作范围	-	-40 ~ 125	°C
响应时间	$\tau_{63\%}$	>1	S
长期飘移	最大值	<0.02	°C/y

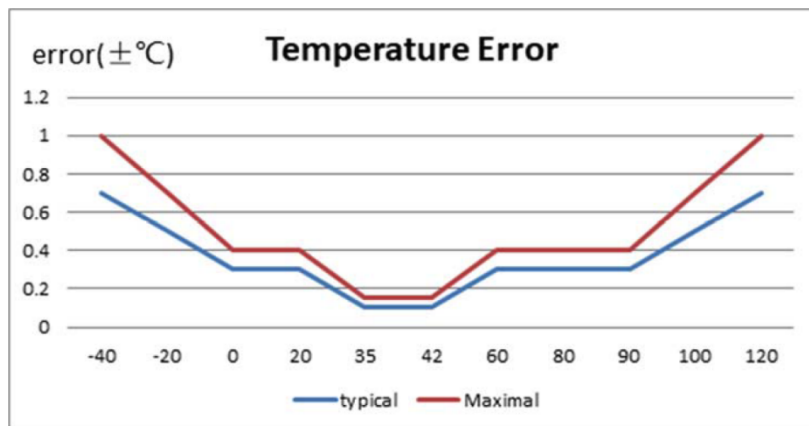


图 2. GXTS02S 传感器的测温精度

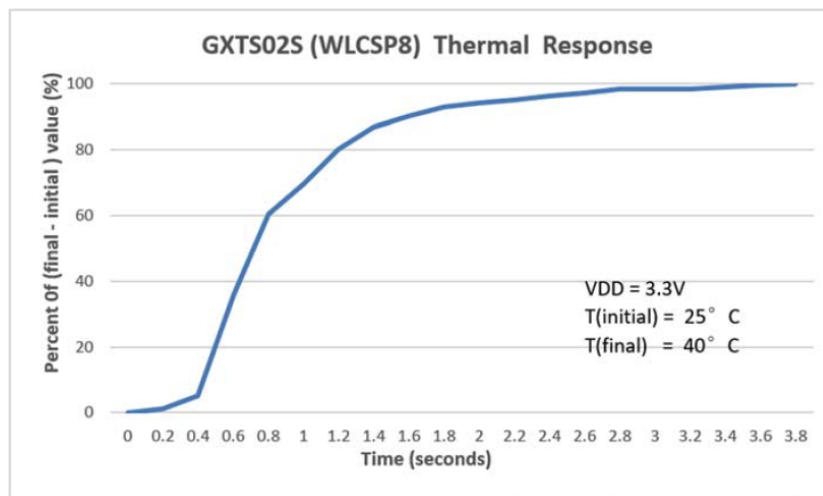


图 3. GXTS02S 传感器的热相应

## 2 规格

### 2.1 电气规格

**表 2 电气规格（在 25°C 和典型 VDD 下有效）**

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位	附
供电电压	V <sub>DD</sub>		2.2	3.3	5.5	V	
上电/断电电平	V <sub>POR</sub>		2	2.1	2.2	V	
电源电压的摆率变化	V <sub>DD,slew</sub>		-	-	20	V/ms	V <sub>DD,min</sub> 和V <sub>DD,max</sub> 之间VDD线上的电压变化应低于最大压摆率
供电电流	I <sub>DD</sub>	空闲状态 (单次转换模式)	-	0.15	2.0	μA	传感器在单次模式期间未执行测量时的电流
		空闲状态 (周期数据采集模式)	-	45	70	μA	传感器在周期数据采集模式期间未执行测量时的电流
		测量中	-	600	1200	μA	传感器在测量时的电流消耗
		平均值	-	2	5	μA	电流消耗（以最低重复性每秒一次测量的操作，单次模式）
警报输出驱动强度	IOH		0.8x V <sub>DD</sub>	1.5x V <sub>DD</sub>	2.1x V <sub>DD</sub>	mA	详情见3.5节

### 2.2 传感器系统的时序规范

**表 3 系统规格（在-40°C 至 125°C 和 2.4 V 至 5.5 V 范围内有效）**

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位	附
上电时间	t <sub>PU</sub>	硬复位之后, V <sub>DD</sub> ≥ V <sub>POR</sub>	-	0.5	1	ms	V <sub>DD</sub> 达到V <sub>POR</sub> 和传感器进入空闲状态之间的时间
软复位时间	t <sub>SR</sub>	软复位之后	-	0.5	1	ms	软复位命令的ACK和传感器进入空闲状态之间的时间
复位脉冲持续时间	t <sub>RESETN</sub>		350	-	-	ns	见3.6节
测量持续时间	t <sub>MEAS,l</sub>	低重复性		2	4	ms	三种可重复性模式在测量持续时间、噪声和能耗方面有所不同
	t <sub>MEAS,m</sub>	中重复性		4.5	6	ms	
	t <sub>MEAS,h</sub>	高重复性		12.5	15	ms	

## 2.3 极限工作指标

超出表4中列出的极限工作条件可能会对器件造成永久性损坏或影响传感器的可靠性。这些只是额定条件，不保证器件在这些条件下的功能操作。

**表 4 最小和最大限制（最小值和最大值只能在短时间内使用）**

参数	符号	单位
供电电压V <sub>DD</sub>	-0.3 ~ 6	V
引脚最大电压（pin 1 (SDA); pin 2 (ADDR); pin 3 (ALERT); pin 4 (SCL); pin 6 (nRESET)）	-0.3 ~ VDD+0.3	V
任意引脚的输入电流	±100	mA
工作温度范围	-40 ~ 125	°C
存储温度范围	-40 ~ 150	°C
ESD HBM (human body model) <sup>4</sup>	4	kV
ESD CDM (charge device model) <sup>5</sup>	750	V

<sup>4</sup> 应用配置中的传感器（引脚 7 连接到 VSS）。ESD HBM 2kV，符合 JEDEC JS-001。

<sup>5</sup> 根据 JEDEC JS-002

### 3 引脚配置

GXTS02S采用WLCSP8封装，如表5 所示。

**表 5 GXTS02S 的引脚配置**

引脚	名称	附
1	GND	地
2	P	无用端口
3	nRESET	复位引脚，低电平有效；输入，如果不使用，建议连接到VDD
4	VDD	供电电压；输入
5	SCL	串行时钟；输入\输出
6	ALERT	指示报警状态；输出；如果没有使用，必须保持悬空
7	ADDR	地址引脚；输入；连接到VDD或VSS，不要悬空 ADDR = 0, I2C地址为0x44； ADDR = 1, I2C地址为0x45
8	SDA	串行数据；输入\输出

#### 3.1 电源引脚（VDD VSS）

GXTS02S的电气规格如表2所示。电源引脚必须使用100nF电容去耦，该电容应尽可能靠近传感器放置。

#### 3.2 串行时钟和串行数据（SCL, SDA）

SCL用于同步微控制器和传感器之间的通信。时钟频率可以在0到1 MHz之间自由选择。支持根据I2C标准的clock stretching模式。

SDA引脚用于将数据传入和传出传感器。频率高达400kHz的通信必须符合I2C快速模式标准。支持高达1 MHz的通信频率。

SCL和SDA线都是开漏I/O，带有连接到VDD和VSS的二极管。它们应该连接到外部上拉电阻。I2C总线上的设备只能将线路驱动到地。需要外部上拉电阻（例如 $R_p = 4.7k\Omega$ ）将信号拉高。确定电阻器尺寸时，请考虑总线容量和通信频率。需要注意的是，上拉电阻可以包含在微控制器的I/O电路中。建议根据应用电路对传感器进行接线，如图5所示。

#### 3.3 ADDR 引脚

通过ADDR引脚的适当接线，可以选择I2C地址。ADDR引脚可以连接到逻辑高电平或低电平。通过切换ADDR引脚上的电平，可以在操作期间动态更改传感器的地址。唯一的限制是电平必须从I2C开始条件开始保持恒定，直到通信完成。允许将两个GXTS02S连接到同一总线上。

动态切换需要单独的ADDR线连接到传感器。

请注意，I2C地址通过I2C读或写头的7个MSB表示。LSB在读写的header之间切换。默认地址的接线如表6和图4所示。ADDR引脚不得悬空。请注意，只有I2C读/写header的7个MSB构成I2C地址。

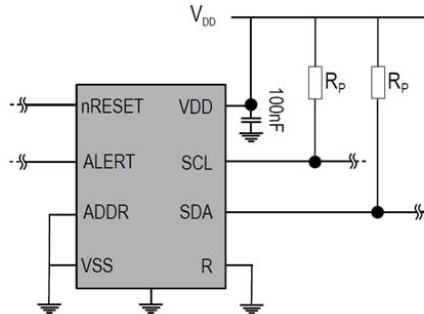


图 4. 典型应用电路

(注意，引脚的位置并不反映真实传感器上的位置，如表 5 所示)

表 6 I2C 设备地址

GXTS02S	16进制I2C地址	条件
I2C Address A	0x44 (默认)	ADDR (引脚7) 接到逻辑低电平
I2C Address A	0x45	ADDR (引脚7) 接到逻辑高电平

## 4 操作与通信

GXTS02S支持I2C快速模式（频率高达1000 kHz）。可以通过适当的用户命令启用和禁用clock stretching模式。有关I2C协议的详细信息，请参阅NXP I2C总线规范<sup>7</sup>。

所有GXTS02S命令和数据都映射到16-bit地址空间。此外，数据和命令都受CRC校验和保护用于提高通信可靠性。传感器的16-bit命令已经包含3-bit CRC校验。传感器发送和接收的数据后附带8-bit CRC。

在写入方向，必须传输CRC校验值，因为GXTS02S仅在数据后跟正确的CRC校验值时才接受数据。在读取方向，由主机读取和处理校CRC校验值。

### 4.1 上电和通信开始

传感器在达到表2中指定的上电阈值电压 $V_{POR}$ 后开始上电。达到此阈值电压后，传感器需要时间 $t_{PU}$ 进入空闲状态。一旦进入空闲状态，它就准备好接收来自自主控制器（微控制器）的命令。

每个传输序列都以START条件（S）开始，以STOP条件（P）结束，如I2C总线规范中所述。停止条件是可选的。每当传感器上电，但不执行测量或通信时，它会自动进入空闲状态以节省能源。这种空闲状态不能由用户控制。

## 4.2 开始测量

测量通信序列由START条件、I2C写header（7-bit I2C设备地址加0作为write bit）和16-bit测量命令组成。每个字节的正确接收由传感器指示。它在第8个SCL时钟的下降沿后将SDA引脚拉低（ACK bit）以指示接收。完整的测量周期如表7所示。

确认测量命令后，GXTS02S开始测量温度。

## 4.3 单次数据采集模式的测量命令

在这种模式下，一个发出的测量命令会触发采集16-bit温度值。在传输过程中，该值后面总是跟着一个CRC校验值，见4.4节。

在单次模式下，可以选择不同的测量命令。16-bit命令如表7所示。它们在可重复性（低、中和高）和clockstretching（启用或禁用）方面有所不同。

可重复性设置会影响测量持续时间，从而影响传感器的整体功耗。这将在2.2节中解释。

## 4.4 读取单次模式的测量结果

传感器完成测量后，主机可以通过发送START条件和I2C读取header来读取测量结果。传感器将确认接收到读取报头并发送一个字节的温度数据，后跟一个字节的CRC校验值。微控制器必须使用ACK条件确认每个字节，传感器才能继续发送数据。如果传感器在任何字节数据后都没有收到来自主机的ACK，它将不会继续发送数据。

接收到温度值的校验值后，主机应发送NACK和停止命令（参见表7）。

如果I2C主机对不需要CRC结果，可以在任何数据字节后发送NACK中止读取传输。

例如，如果用户需要温度数据但不想处理CRC数据，建议读取这两个温度字节，然后通过NACK中止读取传输。

### 4.4.1 无时钟延长

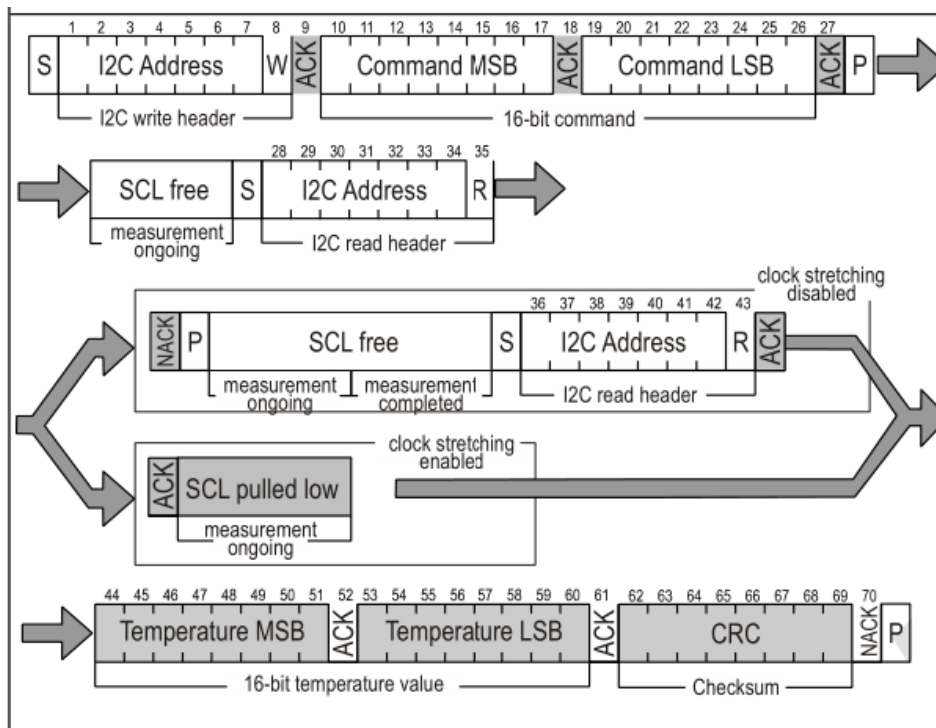
如果工作在clock stretching禁用模式，上位机在传感器温度转换未完成时读取温度数据，那么传感器会返回NACK。

### 4.4.2 有时钟延长

如果工作在clock stretching模式，上位机在传感器温度转换未完成时读取温度数据，传感器会返回ACK信号，然后把SCL总线拉低，直到传感器完成温度转换后才释放SCL总线。

**表 7 单次模式下的测量指令（白色块部分由微控制器控制，灰色块部分由传感器控制）**

条件		十六进制编码	
重复性	clock stretching	MSB	LSB
高	开启	0x2C	06
中			0D
低			10
高	关闭	0x24	00
中			0B
低			16



例如，0x2C06：高重复性测量，时钟延时使能。

#### 4.5 周期数据采集模式的测量命令

在收到周期转换温度命令后，芯片会周期性转换温度，可以选择不同的周期转换模式。这些命令的差别在于重复率贺周期转换频率，在周期转换模式下 clock stretching 不能开启。周期转换频率贺重复率的不同会影响测量的时间和功耗，具体见第二节说明。

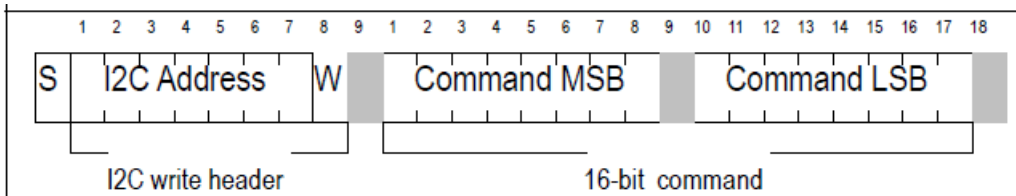


**表 8 周期采集模式下的测量指令（透明块由微控制器控制，灰色块由传感器控制）**

**注意：在最高 mps 设置下，传感器可能会发生自热。**

条件		十六进制编码	
重复性	每秒测量次数 (mps)	MSB	LSB
高	0.5	0x20	32
中			24
低			2F
高	1	0x21	30
中			26
低			2D
高	2	0x22	36
中			20
低			2B
高	4	0x23	34
中			22
低			29
高	10	0x27	37
中			21
低			2A

例如，0x2130：重复性高，每秒测量1次。

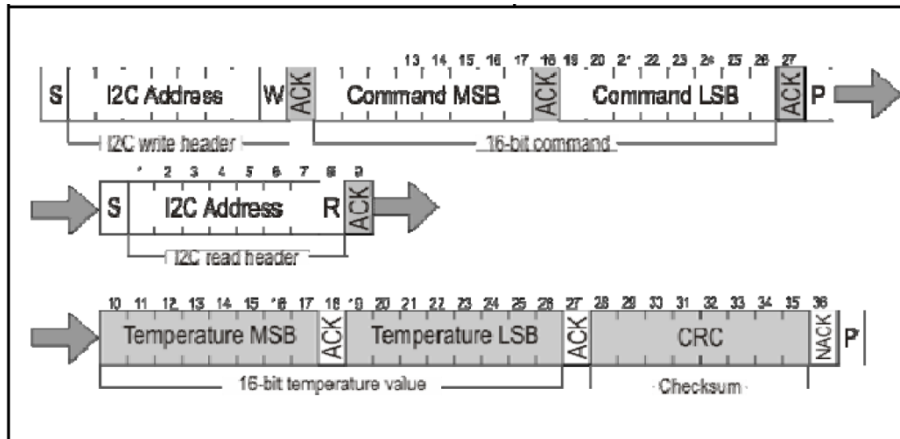


#### 4.6 读取周期模式的测量结果

可以通过表 9 中所示的获取数据命令启动测量数据的传输。如果不存在测量数据，则 I2C 读取标头以 NACK（表 9 中的 Bit 9）进行响应，并且通信停止。获取数据命令将提供相同的数据，直到新的测量值更新温度值。

**表 9 获取数据命令（透明块由微控制器控制，灰色块由传感器控制）**

命令	十六进制编码
获取数据	0x E0 00

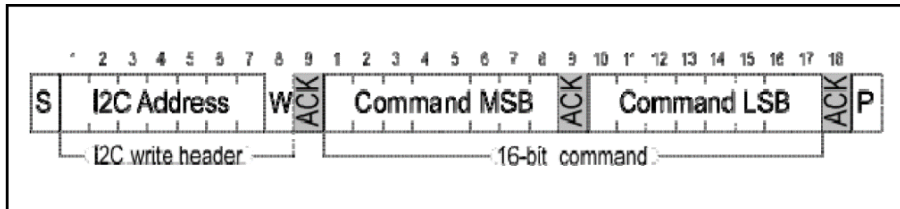


### 4.7 中断命令 / 停止周期数据采集模式

可以使用表 10 中所示的中断命令停止周期性数据采集模式。建议在使用中断命令发送另一个命令（获取数据命令除外）之前停止周期性数据采集。在接收到中断命令后，传感器在完成正在进行的测量后进入单次模式。这可能需要长达 15 毫秒，具体取决于所选的可重复性。

**表 10 中断命令（透明块由微控制器控制，灰色块由传感器控制）**

命令	十六进制编码
中断	0x3093



### 4.8 复位

GXTS03 的系统复位可通过发出命令（软复位）或向专用复位引脚（nReset 引脚）发送脉冲从外部产生。此外，上电期间会在内部产生系统复位。在重置过程中，传感器不会处理命令。

为了在不断开电源的情况下实现传感器的完全复位，建议使用 GXTS03 的 nRESET 引脚。

#### 4.8.1 接口复位

如果与设备的通信丢失，以下信号序列将复位串行接口：在 SDA 保持高电平时，触发 SCL 九次或更多次。这必须跟在下一个命令之前的传输启动序列。此序列仅重置接口。状态寄存器保留其内容。

#### 4.8.2 接口复位软复位 / 重新初始化

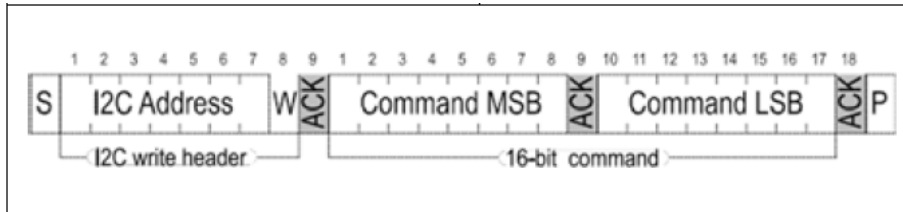
GXTS03 提供了一种软复位机制，可强制系统进入明确定义的状态，而无需移除电源。当系统处于空闲状态时，可以向 GXTS03 发送软复位命令。这会触发传感器重置其系统控制器并从内存重新加载校准数据。为了启动软复位程

序，应发送表 11 中所示的命令。

需要注意的是，默认情况下，传感器会在每次测量之前重新加载校准数据。

表 11 软复位命令（透明块由微控制器控制，灰色块由传感器控制）

命令	十六进制编码
软复位	0x30A2

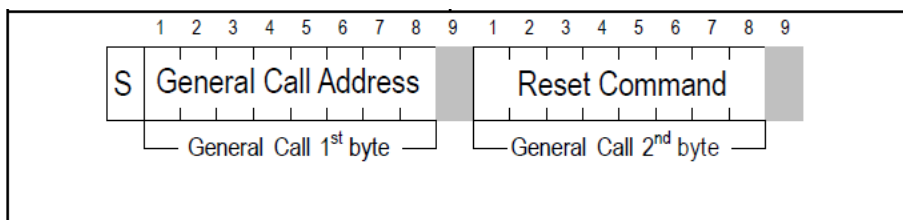


### 4.8.3 通过全局响应命令复位

此外，根据 I2C 总线规范 7，还可以使用“全局响应”（General Call）模式进行传感器复位。这会产生一个与使用 nReset 引脚功能相同的复位。这种方式生成的复位并不是特定于某一设备的。同一 I2C 总线上支持全局响应模式的所有设备都将执行复位。此外，此命令仅在传感器能够处理 I2C 命令时才有效。正确的命令由两个字节组成，如表 12 所示。

表 12 通过全局响应地址复位（透明块由微控制器控制，灰色块由传感器控制）

命令	编码
地址字节	0x00
第二个字节	0x06
通过全局响应地址复位命令	0x0006



### 4.8.3 通过 nReset 引脚复位

将 nReset 引脚拉低（参见表 5）会产生类似于硬复位的复位。nReset 引脚通过一个上拉电阻在内部连接到 VDD，因此低电平有效。nReset 引脚必须被拉低至少 350 ns 以使传感器复位。

### 4.8.4 硬复位

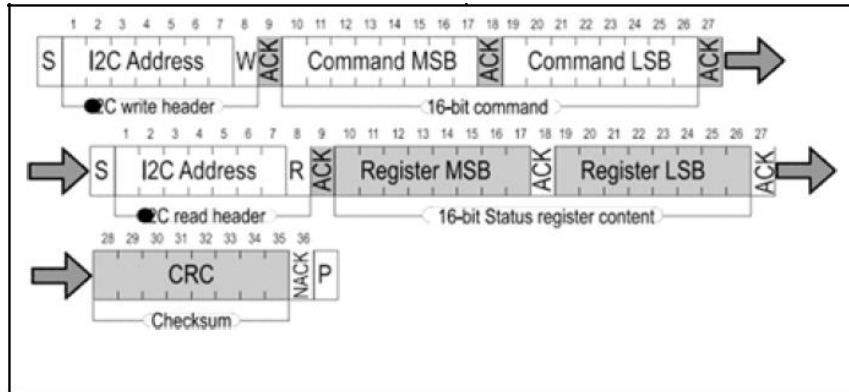
硬复位是通过将 VDD 引脚的电源电压关闭然后再打开来实现的。为了防止通过 ESD 二极管为传感器供电，还需要移除引脚 1（SDA），4（SCL）和 2（ADDR）的电压。

### 4.10 状态寄存器

状态寄存器包含有关加热器操作状态、警报模式以及最后命令和最后写入序列的执行状态的信息。读取状态寄存器的命令如表 14 所示，内容说明见表 16。

**表 14 读取状态寄存器命令（透明块由微控制器控制，灰色块由传感器控制）**

命令	十六进制编码
读出状态寄存器	0XF32D

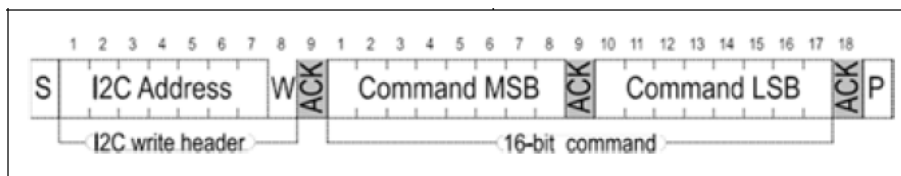


### 清除状态寄存器

通过发送表 15 中所示的命令，可以清除状态寄存器中的所有标志（Bit 15、10、4）（设置为零）。

**表 15 清除状态寄存器命令（透明块由微控制器控制，灰色块由传感器控制）**

命令	十六进制编码
清除状态寄存器	0X3041



**表 16 状态寄存器说明**

Bit	说明	默认值
15	警报待处理状态 '0': 没有待处理的警报 '1': 至少有一个待处理的警报	'1'
14	预留的	'0'
13	预留的	'0'
12:11	预留的	'00'
10	T跟踪警报 '0': 无警报 '1': 警报	'0'

9:5	预留的	'XXXX'
4	检测到系统重置 '0': 自上次清除状态寄存器命令后未检测到复位 '1': 检测到复位 (硬复位、软复位命令或电源故障)	'1'
3:2	预留的	'00'
1	命令状态 '0': 最后一条命令执行成功 '1': 最后一个命令未处理。 它要么无效, 要么集成命令校验和失败	'0'
0	写入数据校验和状态 '0': 最后一次写入传输的校验和是正确的 '1': 最后一次写入传输的校验和失败	'0'

#### 4.11 校验和计算

每个数据字之后传输的 8-Bit CRC 校验和由 CRC 算法生成。其属性如表 17 所示。CRC 涵盖了两个先前传输的数据字节的内容。为了计算校验和, 仅使用这两个先前传输的数据字节。

**表 17 I2C CRC 属性**

属性	值
名称	CRC-8
宽度	8-Bit
受保护的数据	读取和/或写入的数据
多项式	$0X31(x^8 + x^5 + x^4 + 1)$
初始化	0xFF
反映输入	False
反映输出	False
最终XOR	0x00
示例	$CRC(0xBEEF) = 0x92$

#### 4.12 信号输出转换

测量数据始终以 16-Bit 值 (无符号整数) 传输。这些值已经线性化并针对电源电压影响进行了补偿。可以使用以下公式将这些原始值转换为物理比例。

温度换算公式 (结果为 °C & °F):

$$T[°C] = -45 + 175 \cdot \frac{S_T}{2^{16} - 1}$$

$$T[°F] = -49 + 315 \cdot \frac{S_T}{2^{16} - 1}$$

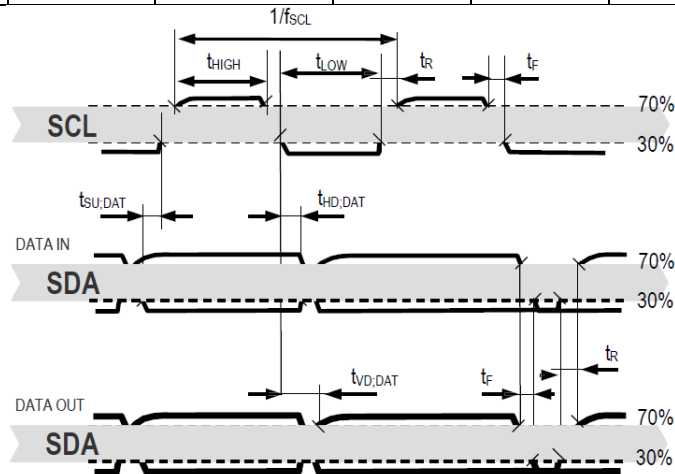
S<sub>T</sub> 表示温度的原始传感器输出。只有当 S<sub>T</sub> 用于十进制表示时，这些公式才能正确工作。

### 4.1.13 通信时间

**表 18 I2C 快速模式的通信时间规范（25°C 和典型 VDD）**

以下数据根据 I2C 规范（UM10204, Rev. 6, April 4, 2014）

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位	附
SCL时钟频率	f <sub>SCL</sub>		0	-	1000	kHz	
START条件保持时间（重复）	t <sub>HD,STA</sub>	过后产生第一个时钟脉冲	0.24	-	-	μs	
SCL时钟的低电平周期	t <sub>LOW</sub>		0.65	-	-	μs	
SCL时钟的高电平周期	t <sub>HIGH</sub>		0.26	-	-	μs	
SDA保持时间	t <sub>HD,DAT</sub>		60	-	250	ns	传输数据
			0	-	-	ns	接收数据
SDA建立时间	t <sub>SU,DAT</sub>		100	-	-	ns	
SCL/SDA上升时间	t <sub>r</sub>		-	-	300	ns	
SCL/SDA下降时间	t <sub>f</sub>		-	-	300	ns	
SDA有效时间	t <sub>VD,DAT</sub>		-	-	0.9	μs	
重复START条件的建立时间	t <sub>SU,STA</sub>		0.6	-	-	μs	
STOP条件的建立时间	t <sub>SU,STO</sub>		0.6	-	-	μs	
总线上的容性负载	CB		-	-	400	pF	
低电平输入电压	V <sub>IL</sub>		-0.5	-	0.3xV <sub>DD</sub>	V	
高电平输入电压	V <sub>IH</sub>		0.7xV <sub>DD</sub>	-	1xV <sub>DD</sub>	V	
低电平输出电压	V <sub>OL</sub>	3 mA灌电流	-	-	0.66	V	



## 5 封装

### 5.1 封装外形

WLCSP

尺寸: um

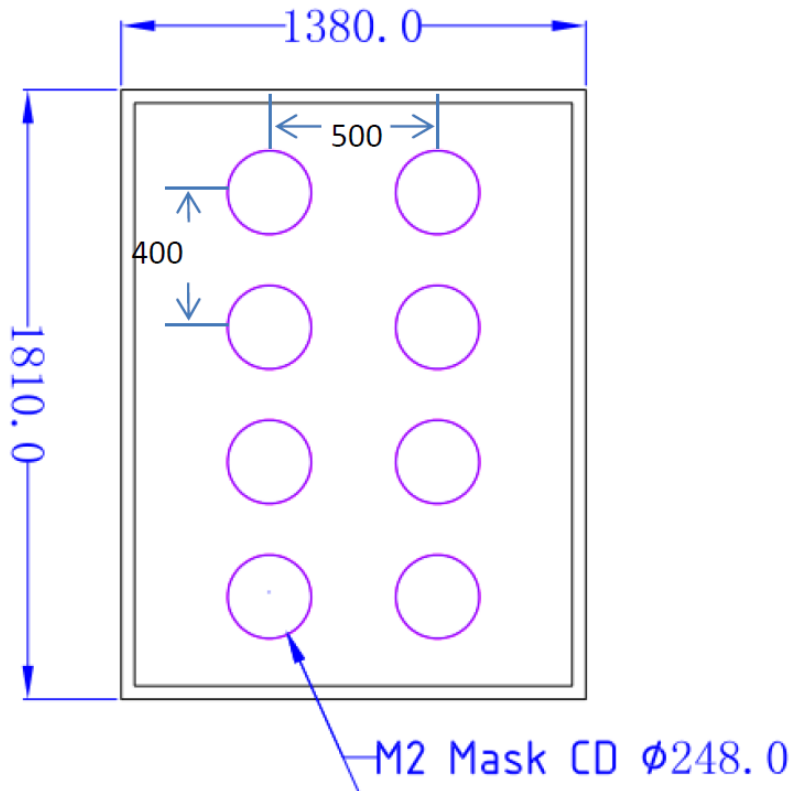
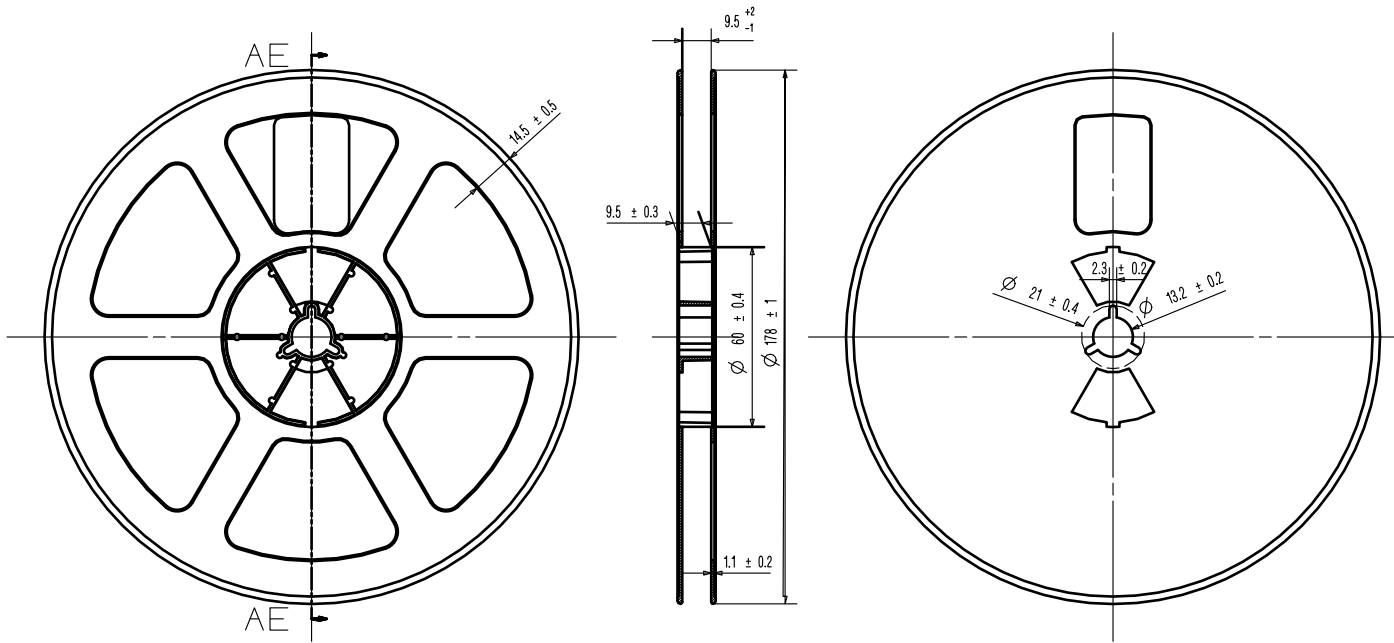


图 6 GXTS02S 封装外形

# GXTS02S



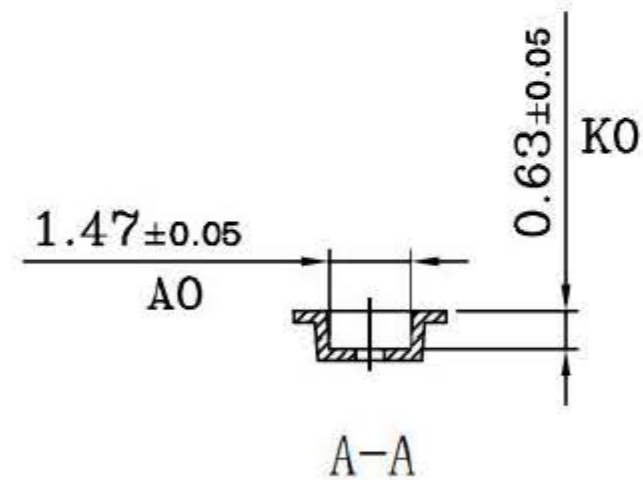
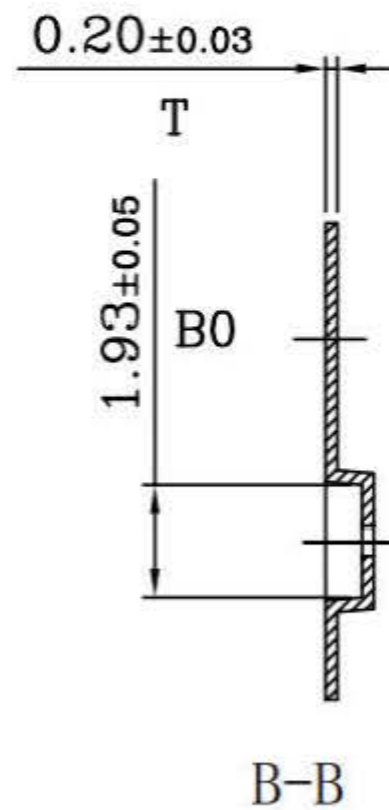
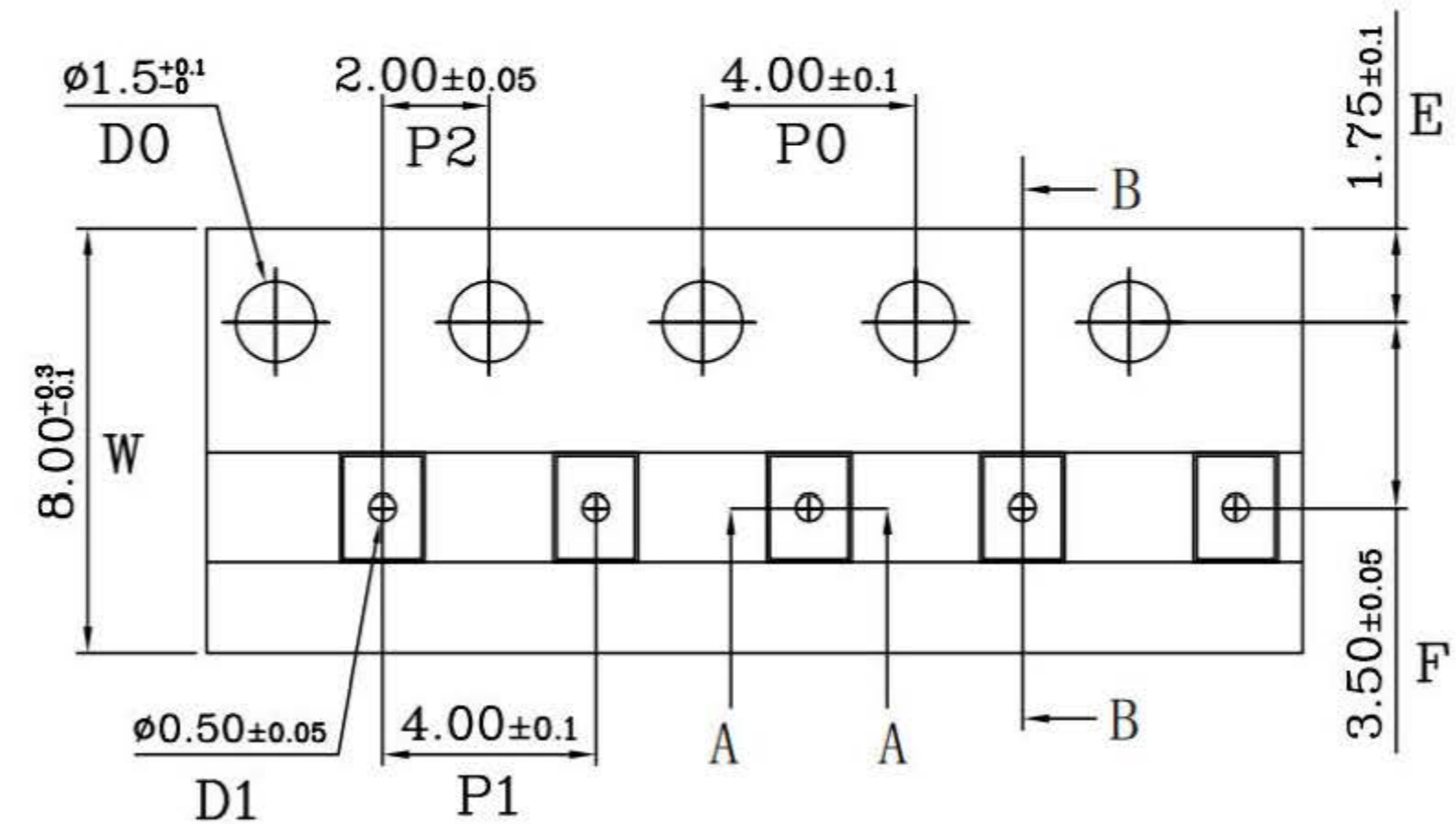
SECTION AE - AE

技术要求



產品尺寸規格 (UNIT:mm)

規格	W	P1	E	F	D0	D1	P0	P2	10P0
尺寸	$8.0^{+0.3}_{-0.1}$	$4.00 \pm 0.10$	$1.75 \pm 0.10$	$5.5 \pm 0.05$	$1.50^{+0.10}_{-0}$	$0.5 \pm 0.1$	$4.0 \pm 0.1$	$2 \pm 0.05$	$40 \pm 0.2$
規格	A0	A1	B0	B1	K0	K1	T		
尺寸	$1.47 \pm 0.05$	/	$1.93 \pm 0.05$	/	$0.63 \pm 0.05$	/	$0.2 \pm 0.03$	/	/



## 6 订购信息

购买编码	器件	封装	标准包装数量	备注
GXTS02S-T&R	GXTS02S	WLCSP (8)	3000	Tape and reel