

GXTS04 I²C 通信的高精度、低功耗数字温度传感器

1 基本性能

- -40° C ~ +125° C 内的温度精度：≤0.5° C
- 封装：DFN6 (2mm × 2 mm)
- 电源电压：1.6 V ~ 5.5 V
- 低功耗
正常工作：≤1μA (1Hz)
关断模式：≤100nA
- 分辨率：16 Bits
- 温度转换时间1.5ms
- 数字输出：I²C接口

2 应用场景

- 人体皮肤测温
- 电源温度监控
- 电脑外部设备热保护
- 笔记本电脑
- 电池管理
- 办公机器
- 恒温控制
- 机电设备温度
- 一般温度测量：
 - 工业控制
 - 测验设备
 - 医疗仪器
- 便携式、电池供电应用

3 芯片概述

GXTS04是一款高精度、低功耗、可替代NTC / PTC热敏电阻的数字温度传感器。集成在芯片内部的16位ADC分辨率低至0.00267° C。GXTS04在全温范围内可提供≤0.5° C的温度精度，并具有良好的温度线性度。在30-42度人体测温范围精度可到±0.1° C。

GXTS04采用2mm×2mm的DFN封装，采用标准I²C接口。GXTS04的额定工作电压范围为1.6V~5.5V，平均功耗低至1uA（测温频率1Hz时）。

芯片封装信息

产品编号	封装信息	芯片封装面积
GXTS04	DFN(6)	2 mm × 2mm

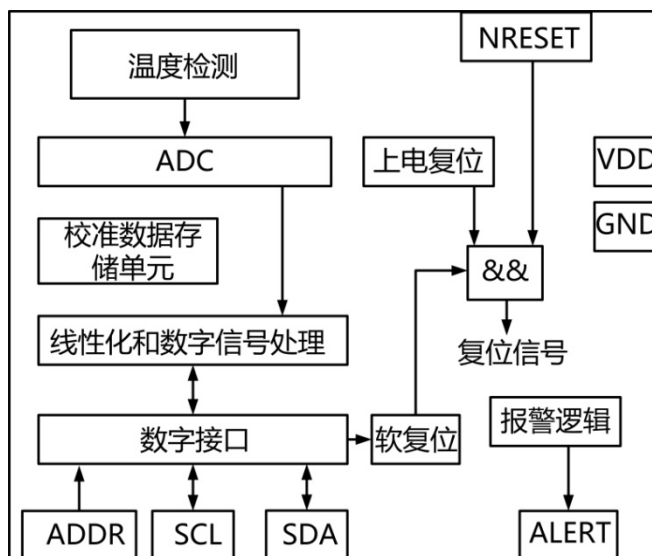


图 1 GXTS04 系统原理框图

目 录

1 基本性能	1	6 详细说明	6
2 应用场景	1	6.1 上电和开始通信	6
3 芯片概述	1	6.2 温度测量	7
4 引脚配置和功能	2	6.3 复位	11
5 技术指标	3	6.4 C R C 校验	12
5.1 极限工作指标	3	6.5 输出数据转换	12
5.2 静电保护	3	7 封装	13
5.3 建议使用范围	3	8 订购信息	14
5.4 电学特性	4		
5.5 时序要求	5		

4 引脚配置和功能

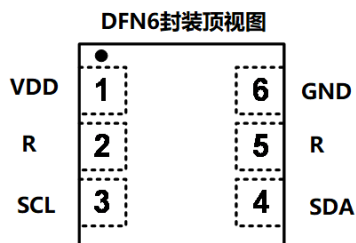


图 2 GXTS04 封装管脚示意图

PIN		DESCRIPTION
NO.	NAME	
1	VDD	供电电源，输入
2	R	无用端口，建议接地
3	SCL	I2C时钟端口，双向
4	SDA	I2C数据端口，双向
5	R	无用端口，建议接地
6	GND	地

表 1 GXTS04 的端口说明

5 技术指标

5.1 极限工作指标

	MIN	MAX	UNIT
电源电压 V_{DD}	-0.3	6	V
SCL、SDA引脚电压	-0.3	6	V
工作范围	-40	125	°C
结温, T_J		150	°C
存放温度, T_{stg}	-40	125	°C

表 2 GXTS04 的极限工作指标

除非另有说明，上述表格中均指在大气温度范围内的指标。超出上述表格所给范围可能会导致芯片永久损坏。

5.2 静电保护

		Value	UNIT
静电放电电压 V_{ESD}	Human Body Mode (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001	±4000	V
	Machine Mode (MM), per JEDEC-STD Classification	300	V

表 3 GXTS04 的 ESD 保护能力

5.3 建议使用范围

	MIN	NOM	MAX	UNIT
电源电压 V_+	1.58	3.3	5.5	V
工作温度范围 T_A	-40		125	°C

表 4 建议工作条件

除非另有说明，上述表格中均指在大气温度范围内的指标。

5.4 电 学 特 性

若非特殊说明，以下数据均为芯片在+25℃、电源电压处于 1.6V~5.5V 区间内的特性。

参 数		测 试 条 件	MIN	TYP	MAX	UNIT
TEMPERATURE INPUT						
温 度 范 围			-40	125		°C
精 度 （ 温 度 误 差 ）		30-42°C, V+ = 3.3V		±0.1	±0.3	°C
		0°C to +65°C, V+ = 3.3V		±0.2	±0.5	°C
		−40 °C to +125 °C		±0.5	±1	°C
电 源 电 压 敏 感 度		−40°C to +125 °C		10		m°C/V
长 时 间 温 漂		3000 hours at 125°C		±0.0625		°C
分 辨 率 （ L S B ）				0.00267		°C
DIGITAL INPUT/OUTPUT						
输 入 电 容				3		pF
输入逻辑电平	V _{IH}		0.7(V _{DD})	5.5		V
	V _{IL}		-0.5	0.3(V _{DD})		
输 入 电 流		0 < V _{IN} < 5.5V		1		μA
输出逻辑电平	V _{OL} on SDA	V+ > 2V, I _{OL} = 3 mA	0	0.4		V
		V+ < 2V, I _{OL} = 3 mA	0	0.2(V _{DD})		
	V _{OL} on ALERT	V+ > 2V, I _{OL} = 3 mA	0	0.4		
		V+ < 2V, I _{OL} = 3 mA	0	0.2(V _{DD})		
分 辨 率				16		Bits
转 换 时 间				1.5	15	ms
POWER SUPPLY						
电 源 工 作 电 压			+1.6		+5.5	V
上 电 电 压 V _{POR}			+1.6	2.3	+5.5	V
供 电 电 流		空闲状态（T=25°C）， 单次转换模式		0.1	1.5	uA
		空闲状态（T=125°C）， 单次转换模式			5	uA
		空闲状态（T=25°C）， 周期转换模式		40		uA
		温度转换期间		600		uA
		平均功耗（单次转换模式，每秒转换一次次， 低重复率）			1	uA

表 5 GXTS02S 电学特性指标

5.5 时序要求

参 数	测 试 条 件	MIN	TYP	MAX	UNIT	说 明
上 电 时 间 t_{pu}	硬复位之后, $V_{DD} > V_{POR}$		0.5	1	ms	上电达到 V_{POR} 与传感器进入空闲状态的间隔时间
软 复 位 时 间	软复位之后		0.5	1	ms	收到软复位命令与传感器进入空闲状态的间隔时间
复 位 持 续 时 间			1		us	
温度转换持续时间	低重复率		1.5	2.5	ms	三种重复率模式对应不同的温度转换时间, 噪声水平和功耗
	中重复率		3	5	ms	
	高重复率		10	12	ms	

表 6 GXTS04 的传感器工作时序要求

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

表 7 GXTS04 的通信时序要求

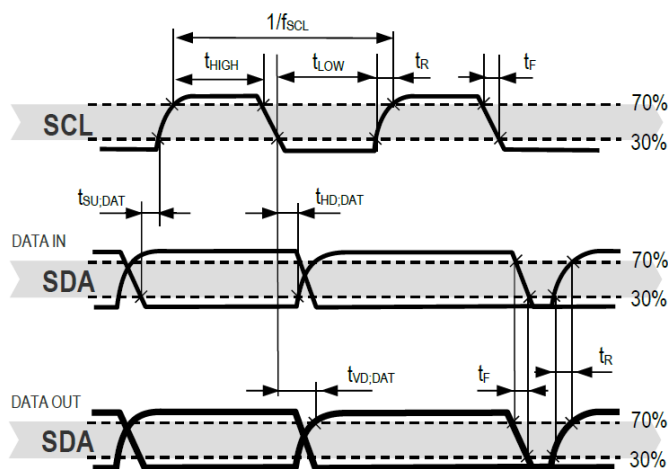


图 3 I2C 输入输出 PAD 的时序图

6 详细说明

GXTS04 支持标准的 I2C 通信协议，更详细的 I2C 协议说明可以参考 NXP 的 I2C 总线协议。所有的 GXTS04 命令和数据都映射到 16 位的地址空间。此外所有数据和命令都附带 CRC 校验，用于增强数据传输的可靠性。16 位的命令已经在低三位附带了 CRC 结果。传感器发送和接收的数据后面都要单独跟随一个 8bit 的 CRC 校验结果。当上位机向传感器写数据时必须强制附带 CRC 校验字节，因为 GXTS04 只接收 CRC 正确的数据。当读取传感器的数据时需要上位机来处理 CRC 校验。

6.1 上电和开始通信

当电源电压超过 V_{POR} 后传感器开始进入上电初始化过程，至少需要等待 0.5ms 才能完成上电初始化的过程，进入空闲状态。一旦进入空闲状态后芯片就可以接收上位机的命令和数据。

依据 I2C 通信协议规定，传感器芯片每次通信都要以 START 信号开头，以 STOP 信号结束。当传感器完成上电初始化后，如果没有接收到通信或温度转换命令后会一直停留在空闲状态，便于降低芯片的功耗。空闲状态由芯片内部确定，不受用户控制。

6.1.1 I2C 地址

GXTS04 的 I2C 地址如表 8 所示

GXTS04	十六进制	二进制地址
I2C 地址	0x70	111'0000

表 8 GXTS04 的 I2C 地址

6.1.2 上电，休眠和唤醒命令

当供电电压超过 V_{POR} 后芯片启动，等待 t_{pu} 之后芯片完成上电启动，进入空闲状态。进入该状态之后，上位机应该发送休眠命令，如表 9 所示，让芯片进入休眠模式已节省功耗。

命令	十六进制码	二进制码
Sleep	0xB098	1011'0000'1001'1000

表 9 GXTS04 的休眠命令

当传感器在休眠模式时，如果需要进行温度测量或者其它的通信操作，需要先发送唤醒命令，如表 10 所示：

命令	十六进制码	二进制码
Wakeup	0x3517	0011'1010'0001'0111

表 10 GXTS04 的唤醒命令

6.2 温度转换

6.2.1 温度转换命令

当传感器在唤醒状态时，需要发送温度转换命令去触发传感器的温度测量，温度测量命令如表 11 所示：

命令	十六进制码	二进制码
正常模式	0x7866	0111'1000'0110'0110
低功耗模式	0x609c	0110'0000'1001'1100

表 11 GXTS04 温度测量命令

6.2.2 温度的转换和读取流程

每次完整的温度转换和温度数据的读取包括如下四个步骤：

1. 发送 wakeup 命令。
2. 发送温度转换命令。
3. 读取温度数据。
4. 发送 sleep 命令。

详细的流程如图 4 所示，上位机先发送 Wakeup 命令启动 GXTS04，等待 1ms 后发送温度转换命令，芯片收到温度转换命令后启动温度转换，转换时间见表 6，GXTS04 转换完成之后，上位机开始读取温度数据，读取完温度数据之后上位机需要发送 sleep 命令将 GXTS04 进行休眠，完成一个完整的温度数据转换和读取流程。

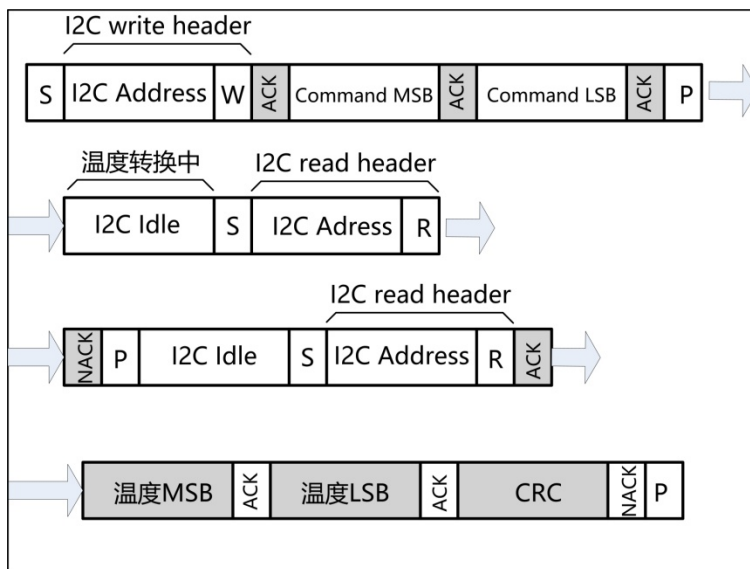


图 4 温度转换和读取流程图

6.2.3 单次转换模式

芯片收到单次转换命令后会进行单次温度转换，完成一次完整的温度转换后，将温度数据存放在接口寄存器，等待上位机读取测量数据。在单次转换模式中可以选择不同的转换命令，具体说明见表 9 所示。例如发送命令 0X2416，代表选择了低重复率，clock stretching 模式关闭的转换模式。

条件		16 进制码字	
重复率	Clock stretching	MSB	LSB
高	开启	0x2c	06
中			0D
低			10
高	关闭	0x24	00
中			0B
低			16

表 9 单次转换模式的命令

图 4 单次转换模式的时序图

单次转换模式的时序图如图 4 所示，其中白色框代表上位机发送的数据，灰色框代表 GXTS02S 发送的数据。上位机发送温度转换命令后，需要等待温度转换完成后才能发送读地址头来读取温度数据。

Clock stretching 关闭

如果 clock stretching 功能关闭, 如果温度转换还没有完成就发送读地址头去读取温度数据, 那么芯片会给出 NACK。只有等待时间足够长, 保证温度转换完成再去读去温度数据才会得到芯片的 ACK 响应, 具体的温度转换 时间见表 6。

Clock stretching 开启

如果 clock stretching 开启, 不论温度转换是否完成, 只要上位机发送读地址头, 芯片都会给出 ACK 信号, 然后将 SCL 拉低。芯片一旦完成温度转换会立刻释放 SCL 总线, 使得上位机可以读取温度数据。

6.2.4 周期转换模式

进入周期转换模式

芯片收到周期转换命令后, 会周期性的进行温度转换。周期转换命令的说明见表 10, 命令的主要差别在于重复率和周期转换频率。需要注意在周期转换模式下 clock stretching 不能开启。周期转换频率和重复率的不同会影响测量的时间和功耗, 具体说明见表 5 和表 6。

条件		十六进制码字	
重复率	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

表 10 周期转换命令说明（例如 0x212D：低重复率，每秒转换 1 次）

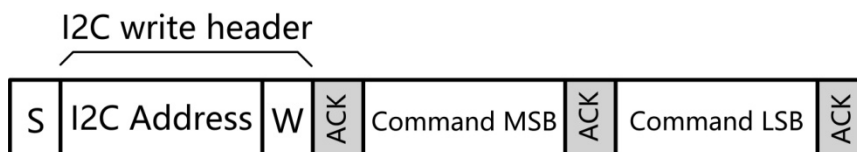


图 5 进入周期转换模式的时序图（白色框由上位机控制，灰色框由芯片控制）

读取周期转换模式下的温度数据

如果要读取周期转换得到的温度数据需要额外发送数据读取命令，如表 11 所示。芯片收到读取温度数据的命令后，如果当前没有测量数据，那么芯片会对上位机发送的读地址头给出 NACK 响应。如果有测量数据，会发送给上位机，然后芯片内部的温度数据缓存会被清除，直到下一次测量得到的温度数据被装载。

命令	十六进制码字
Fetch Data	0xE0 00

表 11 读取周期转换模式下的温度数据命令

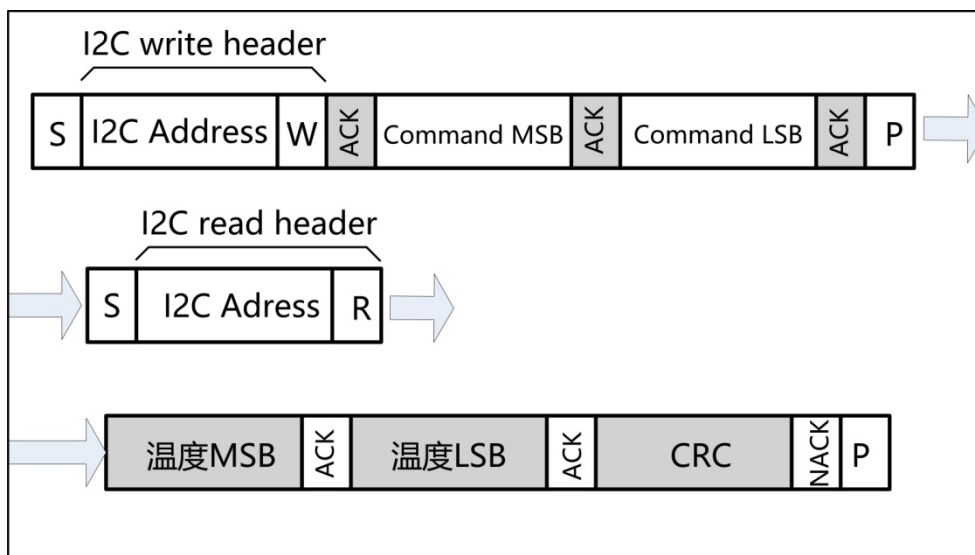


图 6 周期转换模式中读取温度数据的时序图

中断周期转换模式

发送表 12 中的命令可以中断芯片的周期转换模式。除了读取温度数据的命令外，发送任何其它命令之前建议先发送中断周期转换模式的命令。芯片收到这个命令之后会在当前转换完成之后退出周期转换模式，进入空闲状态。这个模式的切换时间需要 1ms。

命令	十六进制码字
中断周期转换模式	0x30 93

表 12 中断周期转换模式命令



图 7 发送中断周期转换模式的命令时序图

6.3 复位

GXTS02S 的系统复位可以通过发送复位命令（软复位）或者给 nRST 端口发送低电平信号实现。此外上电也会复位芯片，需要注意在复位期间芯片不会处理任何来自上位机的命令。为了在不断电的情况下完全复位芯片，建议采用 nRST 复位方式。

软复位

GXTS02S 提供一种软复位机制，可以在不断电的情况下将系统复位到预定义的状态。当芯片处于空闲状态时可以发送软复位命令

命令	十六进制码字
软复位	0x30 A2

表 13 软复位的命令

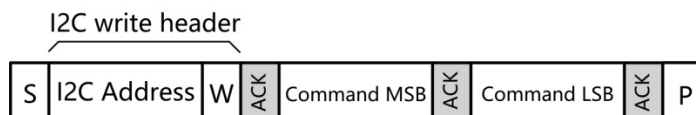


图 8 发送软复位命令时序图

General Call 复位

芯片可以通过符合 I2C 标准的 General call 对芯片进行复位。这种复位功能和通过 nRST 复位的功能是一样的。需要注意这个命令不是单独对 GXTS02S 进行复位，所有在 I2C 总线上并支持 General call 功能的 I2C 设备在收到该命令之后都会复位。General call 命令见表 13。

命令	十六进制码字
General call	0x00 06

表 13 General call 复位的命令



图 9 General call 复位命令的时序图

nRST 管脚复位

将 nRST 管脚拉低也可以产生和上电复位同样的复位效果。nRST 在芯片内部通过上拉电阻连接到 VDD，所以它是低电平有效。nRST 管脚拉低时间需要至少持续 1us。

硬复位

硬复位是通过将芯片断电后重新上电实现的，为了避免 I2C 总线上的电压通过 ESD 二极管给芯片供电，SDA 和 SCL 的电压也应该在复位期间被移除。

6.4 CRC 校验

数据传输的 CRC 校验算法如表 14 所示。CRC 的校验对象是在它之前传输的两个字节数据。

属性	值
名字	CRC-8
宽度	8bit
校验对象	读取或者写入的数据
生成多项式	$0x31 (x^8+x^5+x^4+1)$
初始化值	0xFF
反射输入	False
反射输出	False
最终 XOR	0x00
举例	CRC (0xBEEF)

表 14 CRC8 属性

6.5 输出数据转换

输出的温度数据是 16 位无符号位，这些数据已经经过线性化处理和温度补偿。将这些原始数据转换成真实的温度需要采用如下公式：

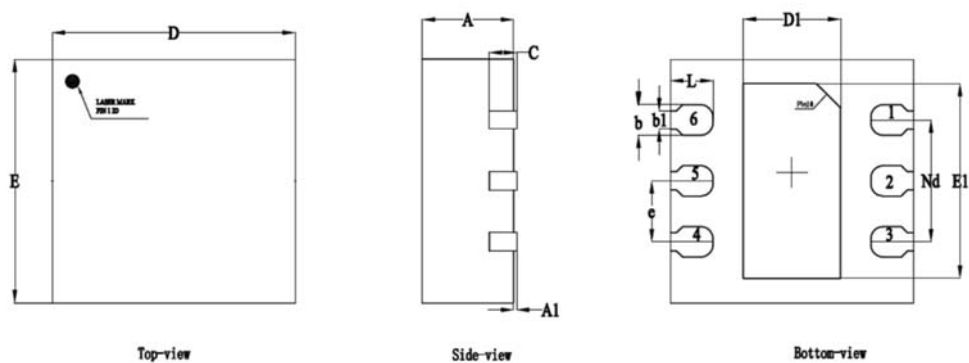
$$T[^{\circ}\text{C}] = -45 + 175 \cdot \frac{S_T}{2^{16}-1}$$

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

其中 S_T 代表读取的 16 位温度原始码字。需要注意公式计算时 S_T 需要转换为十进制数字。

7 封装

GXTS04 采用 DFN6 封装形式，封装尺寸为 2*2mm，具体尺寸见图 10。



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	—	0.02	0.05
b	0.20	0.25	0.30
b1	—	0.15	—
L	0.30	0.35	0.40
c	0.203 REF		
D	1.90	2.00	2.10
E	1.90	2.00	2.10
D1	0.60	0.70	0.80
E1	1.50	1.60	1.70
Nd	1.0 BSC		
e	0.50 BSC		

图 10 GXTS04 封装尺寸

8 订购信息

GXTS04 可以订购编带型式的包装，芯片订购信息如下表所示：

型号	最小包装数量	编号
GXTS04D	2000	2002001-01