

GX103 系列 WCSP 封装、兼容 SMBus 和 I²C 通信的低功耗数字温度传感器

1 基本性能

- 多芯片访问（Multiple Device Access, MDA）

——全局读写操作

- 测温范围：-40°C ~ +125°C
- 测温精度：±1°C (-40°C ~ +125°C)
- 封装：4-Ball WCSP (DSBGA)

- 电源电压

GX103 : 1.4V ~ 2.8V

GX103S : 1.4V ~ 3.6V

- 低静态电流

正常工作：≤3μA (0.25Hz)

关断模式：≤1μA

- 分辨率

GX103 : 8Bits

GX103S : 11Bits

- 数字输出：兼容SMBus™、I²C接口

2 应用场景

- 手机
- 笔记本电脑
- 固态硬盘（SSDs）
- 服务器
- 机顶盒
- 低功耗环境
- 传感器

3 芯片概述

GX103 系列温度传感器均采用四球晶圆级封装，其中 GX103 的测温分辨率为 1°C，GX103S 的测温分辨率为 0.125°C。

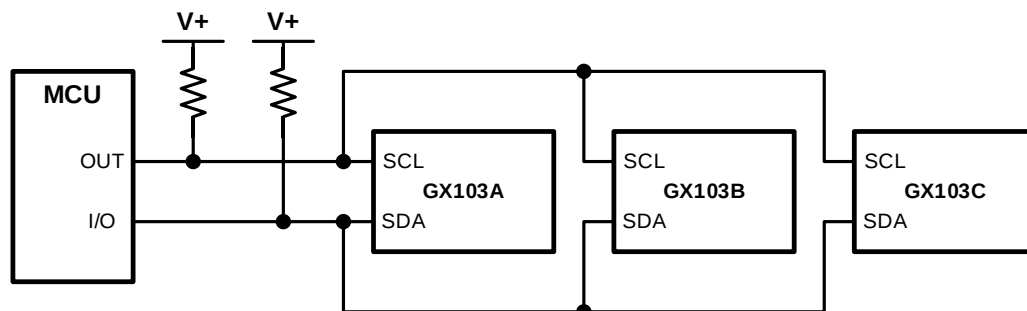
GX103 系列的两线接口兼容 SMBus 和 I²C 通信方式，并支持多芯片访问（MDA）命令，可实现主机同时与总线上多个芯片进行通信，无需向每个 GX103 系列芯片单独发送读写命令。其中 GX103 支持在一条主线上最多挂载 8 个不同地址芯片，GX103S 支持挂载 16 个不同地址芯片。

GX103 系列适用于测温区域受限、对温度敏感、需对多温度区域进行测量监控的系统中。GX103 系列额定工作温度范围均为 -40°C ~ +125°C。

芯片信息

产品编号	封装信息	芯片主体面积
GX103	WCSP (4)	0.88 mm × 0.88 mm
GX103S	WCSP (4)	0.88 mm × 0.88 mm

GX103 系列应用框图

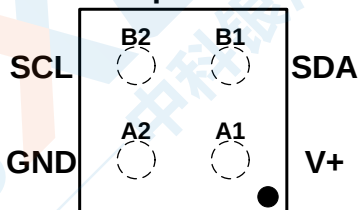


目 录

1 基本性能.....	1	6 详细说明.....	5
2 应用场景.....	1	6.1 功能模块框图.....	5
3 芯片概述.....	1	6.2 芯片功能模式.....	5
4 引脚配置和功能.....	2	6.3 串行接口.....	7
5 技术指标.....	3	6.4 寄存器说明.....	12
5.1 极限工作指标.....	3	7 具体应用.....	16
5.2 静电保护.....	3	8 封装信息.....	17
5.3 建议使用范围.....	3		
5.4 电学特性.....	4		

4 引脚配置和功能

4-Ball DSBGA
Top View



引脚功能

PIN		DESCRIPTION
NO.	NAME	
A1	V+	电源电压引脚。
A2	GND	地引脚。
B1	SDA	串行数据引脚。开漏输出，需要上拉电阻。
B2	SCL	串行时钟引脚。开漏输出，需要上拉电阻。

5 技术指标

5.1 极限工作指标

	MIN	MAX	UNIT
电源电压 V+		4	V
SCL、SDA引脚电压	-0.3	((V+)+0.3) and ≤4	V
工作范围	-55	160	°C
结温		150	°C
存放温度	-60	150	°C

除非另有说明，上述表格中均指在大气温度范围内的指标。超出上述表格给出的范围可能会导致芯片永久损坏。长时间处于上述条件下可能会影响芯片的可靠性。

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	±5000	V
	Machine Mode (MM), per JEDEC-STD Classification	300	V

5.3 建议使用范围

		MIN	NOM	MAX	UNIT
电源电压 V+	GX103	1.4		2.8	V
	GX103S	1.4		3.6	
工作温度范围 T _A		-40		125	°C

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，以下数据均为在温度为+25°C、电源电压处于 1.4V ~ 2.8V（GX103） / 1.4V ~ 3.6V（GX103S）区间内的 GX103 系列芯片的特性。

参 数	测 试 条 件	MIN	TYP	MAX	UNIT
温 度 范 围		-40		125	°C
精 度 （ 温 度 误 差 ）	-10°C to 100°C, V+ = 1.8V	-2	0	2	°C
	-40°C to 125°C, V+ = 1.8V	-3	±1	3	°C
	vs Supply	-0.5	±0.2	0.5	°C/V
分 辨 率	GX103	1			°C
		8			Bits
	GX103S	0.125			°C
		11			Bits
转 换 时 间			26	35	ms
转 换 模 式	CR1 = 0, CR0 = 0 (default)	0.25			Conv/s
	CR1 = 0, CR0 = 1	1			
	CR1 = 1, CR0 = 0	4			
	CR1 = 1, CR0 = 1	8			
超 时 时 间			30	40	ms
通 信 频 率		0.001		2.75	MHz
电 源 工 作 电 压	GX103	1.4		2.8	V
	GX103S	1.4		3.6	
平 均 静 态 电 流 I _Q	总线未激活, CR1=0,CR0=0(default) V+=1.8V		1.5	3	μA
	总线激活, SCL frequency=400 kHz		15		
	总线激活, SCL frequency=3.4 MHz		85		
关 断 电 流 I _{SD}	总线未激活, V+=1.8V		0.5		μA
	总线激活, SCL frequency=400 kHz		10		
	总线激活, SCL frequency=3.4 MHz		80		

6 详细说明

6.1 功能模块框图

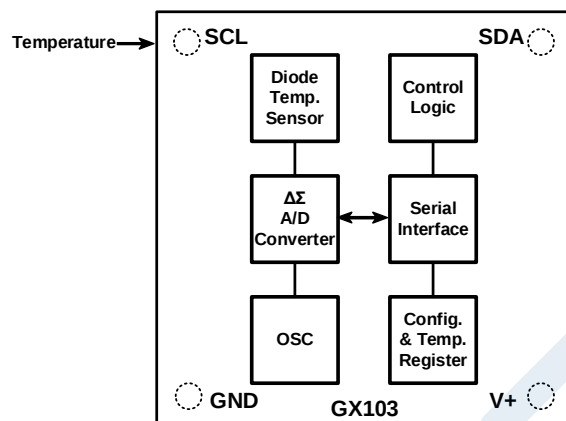


图 1 GX103 系列内部模块框图

6.2 芯片功能模式

6.2.1 连续转换模式

将 GX103 系列配置寄存器中的 M1 位写为 1，芯片将处于连续转换模式，GX103 系列的测温速率可配置为 0.25Hz、1Hz、4Hz 或 8Hz。可通过改变配置寄存器中的 CR1、CR0 位以改变 GX103 系列的测温速率；GX103 系列将在完成当次转换后，掉电并等待由 CR1、CR0 设置的延时，之后再进行下次转换，如图 2 所示。表 1 给出了 CR1 和 CR0 位的配置情况。

表 1 测温速率配置

CR1	CR0	转换速率
0	0	0.25Hz (default)
0	1	1Hz
1	0	4Hz
1	1	8Hz

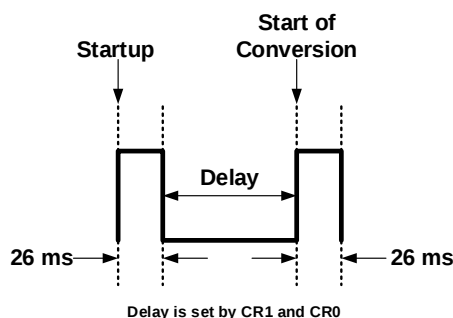


图 2 连续转换示意图

6.2.2 关断模式 (Shutdown Mode)

将 GX103 系列配置寄存器中的 M1、M0 位写为 00，芯片将进入关断模式，在完成当次转换后关断。在此模式下除串行接口以外的所有电路均停止工作，从而将 GX103 系列的电流降至 0.5 μ A（典型值）以下。

6.2.3 单次转换模式 (One-Shot Mode)

当 GX103 系列处于关断模式时，将配置寄存器的 M1 和 M0 位写为 01 可开启单次温度转换。转换期间，M1 和 M0 位读为 01。单次转换完成后，芯片将返回至关断状态，M1 和 M0 位读为 00。当不需要连续测温时，此功能可大幅度降低芯片功耗。

由于 GX103 系列单次测温时间仅需 26ms（典型值），因此可通过此模式实现更高的测温速率。通过将 GX103 系列连续配置为 One-Shot 模式，每秒可实现 30 次甚至更多次的温度测量。

6.2.4 温度监控功能

GX103 系列具有温度监控功能。当配置寄存器中的 LC 位被写为 0 时，芯片进入比较模式。此时测温结果若高于 T_{HIGH} 寄存器中的阈值，则配置寄存器中的高温标志位 FH 被置为 1，否则该位被置为 0；若低于 T_{LOW} 寄存器中的阈值，则低温标志位 FL 被置为 1，否则该位被置为 0。

当配置寄存器中的 LC 位被写为 1 时，芯片进入中断模式，此时 FH、FL 位被置为 1 的条件和比较模式中的相同。但在被置为 1 后 FH、FL 位将保持该状态，直到主机向配置寄存器发出读命令，FH、FL 位才会被重新置为 0。

上述过程如图 3 中所示。上电时上述位的默认值为 FH=0，FL=0，LC=0。

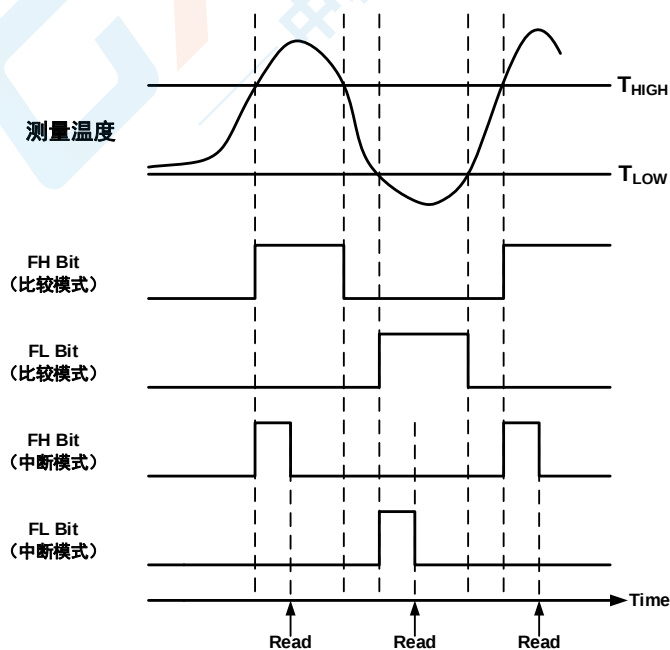


图 3 温度监控功能示意图

6.3 串行接口

6.3.1 总线概述

GX103 系列兼容 SMBus 和 I²C 接口。在 SMBus 协议中，启动传输的设备称为主机，由主机控制的设备称为从机。总线必须由主机控制，主机产生串行时钟线（SCL），控制总线访问并产生 START 和 STOP 信号。为了寻址特定从机，主机会在 SCL 为高电平时将数据线（SDA）从高电平拉至低电平，以产生 START 信号。总线上的所有从机均在时钟的上升沿接收 8bits 从机地址，其中最后一位表示进行读还是写操作。在第九个时钟中，被寻址的从机通过产生 Acknowledge 位并将 SDA 拉低来应答主机。此后数据传输开始并在每八个时钟后发送一个 Ack 位。在数据传输期间 SCL 为高电平时，SDA 须保持稳定。因为 SCL 为高电平时，SDA 的任何变化都将被视作 START 或 STOP 信号。

数据传输完成后，主机会在 SCL 为高电平时通过将 SDA 从低电平拉为高电平来产生 STOP 信号以结束通信。

6.3.2 串行总线地址

为了与 GX103 系列通信，主机须先通过从机地址字节对从机进行寻址。从机地址字节由七个地址位和一个指示执行读或写操作的标志位组成。其中 GX103 可提供 8 种不同地址的版本，GX103S 可提供 16 种不同地址的版本，分别如表 2、表 3 所示。这些地址可用作测量位置或温度区域的指示符。

表 2 GX103 从机地址

产品编号	两线地址	温度区域
GX103A	1110000	Zone1
GX103B	1110001	Zone2
GX103C	1110010	Zone3
GX103D	1110011	Zone4
GX103E	1110100	Zone5
GX103F	1110101	Zone6
GX103G	1110110	Zone7
GX103H	1110111	Zone8

表 3 GX103S 从机地址

产品编号	两线地址	温度区域
GX103SA	1110000	Zone1
GX103SB	1110001	Zone2
GX103SC	1110010	Zone3
GX103SD	1110011	Zone4
GX103SE	1110100	Zone5
GX103SF	1110101	Zone6
GX103SG	1110110	Zone7
GX103SH	1110111	Zone8
GX103SI	1111000	Zone9
产品编号	两线地址	温度区域

GX103SJ	1111001	Zone10
GX103SK	1111010	Zone11
GX103SL	1111011	Zone12
GX103SM	1111100	Zone13
GX103SN	1111101	Zone14
GX103SO	1111110	Zone15
GX103SP	1111111	Zone16

6.3.3 读写操作

当向 GX103 系列写数据时，通过将适当的值写入指针寄存器以访问 GX103 系列中的特定寄存器。指针寄存器的值是在 $\overline{R/W}$ 位为低时，从机地址字节之后传输的第一个字节。对 GX103 系列的每次写操作都需要指针寄存器的值。

当从 GX103 系列读取数据时，通过将值写入指针寄存器，指示读操作应读取哪个寄存器。要更改读操作的寄存器指针，必须将一个新值写入指针寄存器。此操作的实现方法为先发出一个 $\overline{R/W}$ 位为低的从机地址字节，其次发出目标指针寄存器字节。此后主机产生一个 START 信号，并发送 $\overline{R/W}$ 位为高的从机地址字节，以启动读命令。如果需要从同一个寄存器重复读取数据，则不必连续发送指针寄存器字节，因为 GX103 系列会保持指针寄存器的值，直到下一次写操作将其更改为止。

需要注意的是，寄存器字节应优先发送 MSB，然后发送 LSB。图 4、图 5 给出了上述读写操作的示意图，均以 GX103 为例。

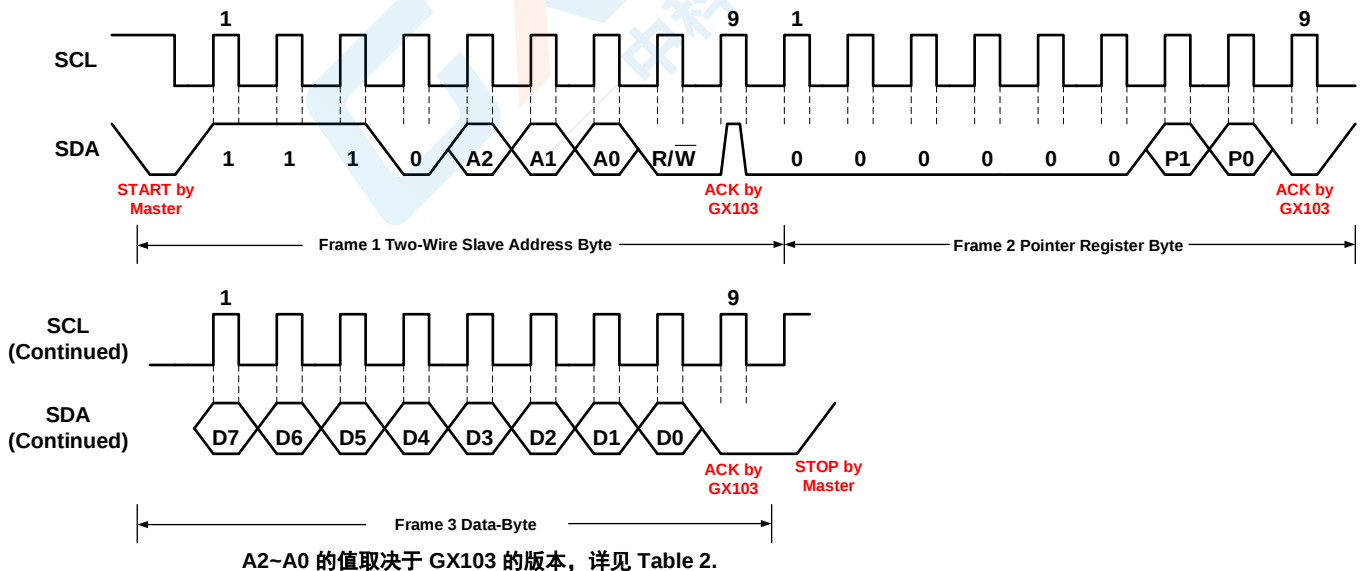


图 4 两线制写命令时序图

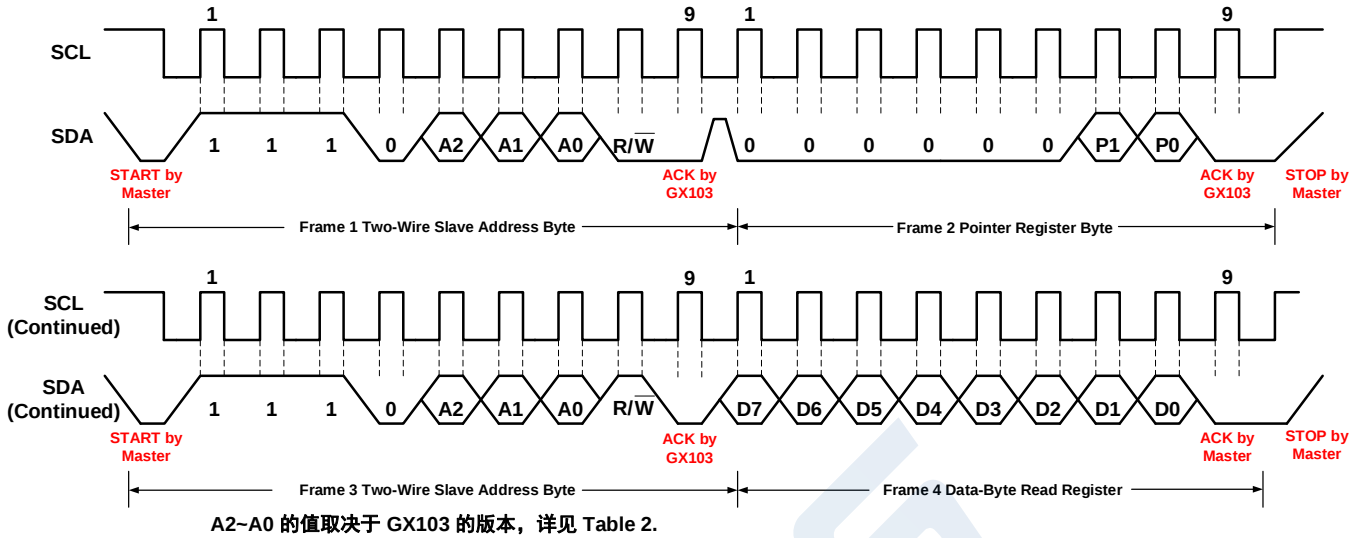


图 5 两线制读命令时序图

6.3.4 多芯片访问 (Multiple Device Access)

GX103 系列支持多芯片访问 (MDA)，允许主机与同一条总线上多个不同地址的 GX103 系列芯片同时进行通信。MDA 命令由 MDA 读地址 (01h) 和 MDA 写地址 (00h) 组成，芯片通过确认 MDA 地址并响应命令。为了使 MDA 命令正常执行，必须在系统中使用 GX103 单个系列中的不同编号产品，见表 2、表 3。必须注意的是，在使用 MDA 功能时，不可以跨系列使用，比如不可以同一根总线上同时挂载 GX103A、GX103B 和 GX103SC。

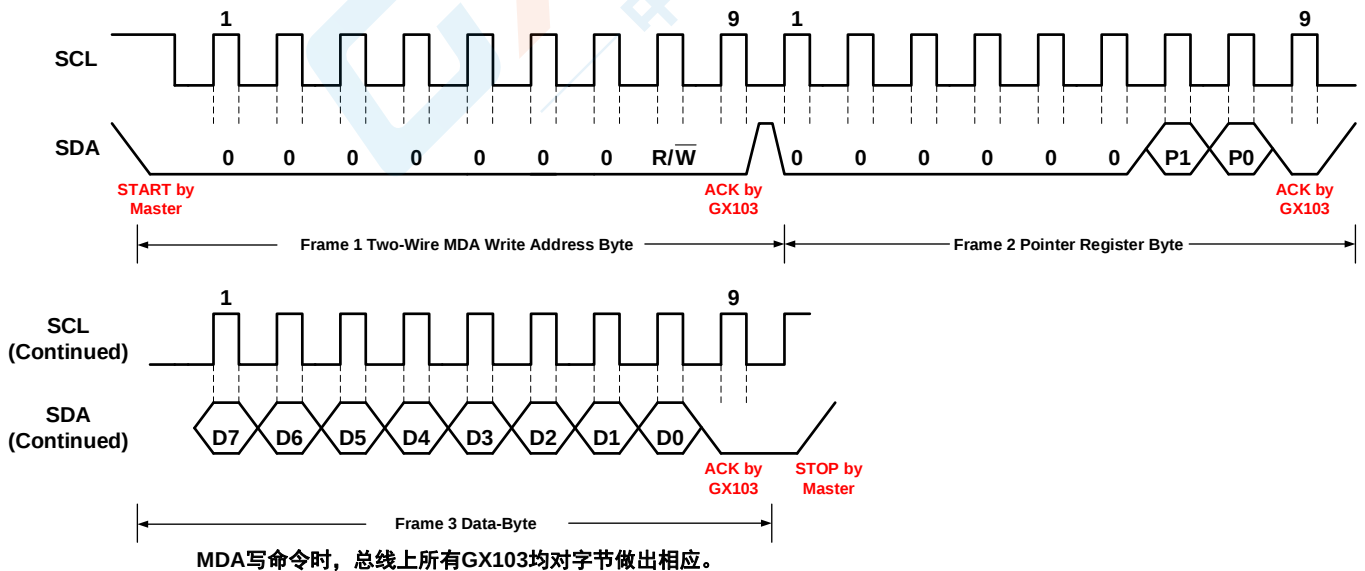


图 6 两线制 MDA 写命令时序图

当使用 MDA 写命令时，主机应优先发送 MDA 写地址，之后发送需要访问的寄存器的指针地址。在发送指针地

址后，总线上的所有 GX103 系列芯片都会对此应答。主机将继续发送需被写入相应寄存器的字节，总线上的多颗 GX103 系列芯片均将存储并应答该字节。上述过程如图 6 所示。

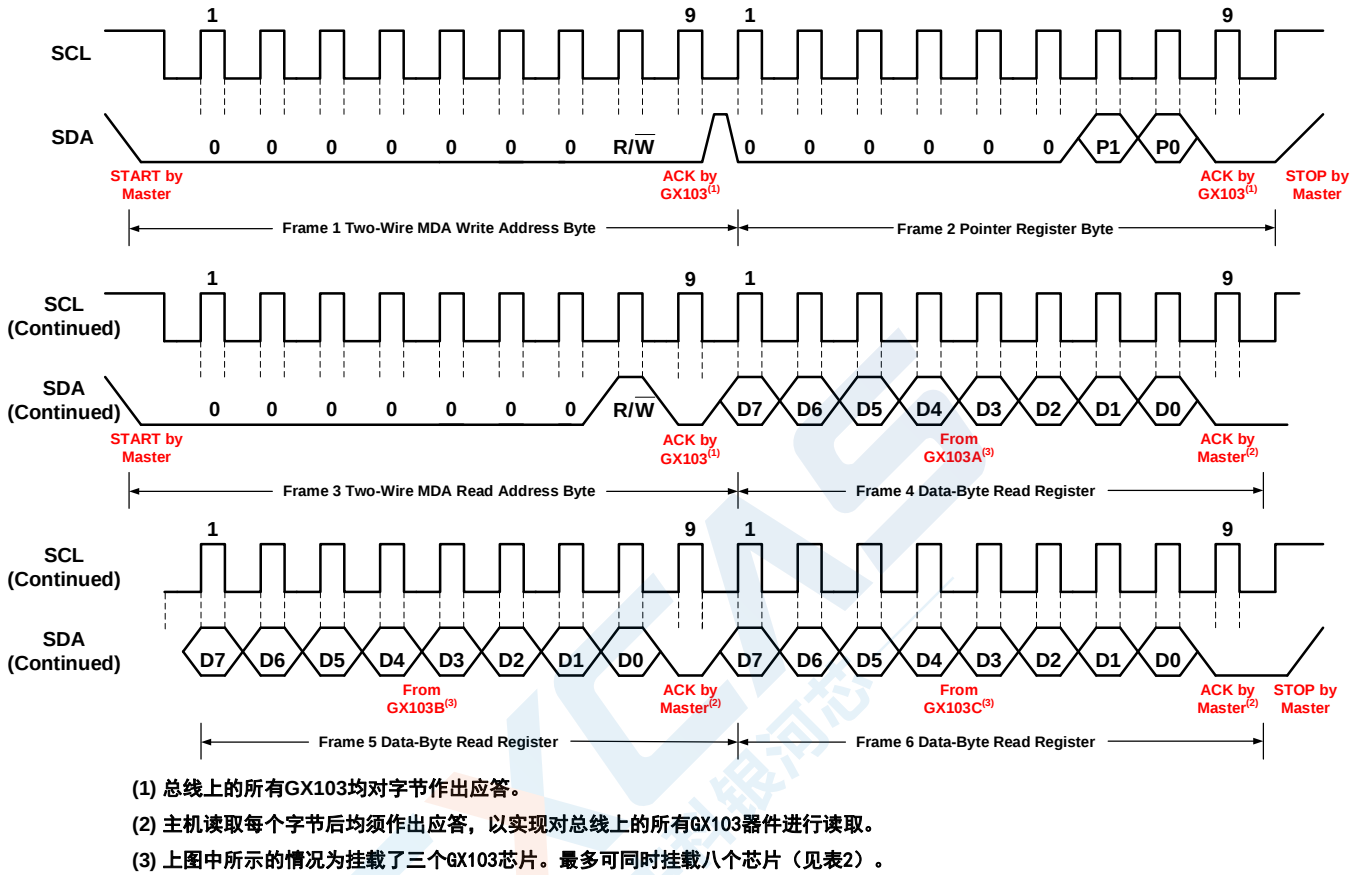


图 7 两线制 MDA 读命令时序图

当使用 MDA 读命令时，主机须首先发送 MDA 写命令和需要访问的寄存器的指针地址。此后主机继续发送 MDA 读地址，总线上的 GX103 系列芯片依次返回需被读取的字节，主机须为读取的每个字节均发出一个 ACK 信号。如果主机对其中某个返回的字节未作出应答，则后续所有的从机均将停止返回数据。上述过程如图 7 所示，以总线同时挂载了 GX103A、GX103B 和 GX103C 为例。

对于 GX103S 而言，在使用 MDA 命令读取其温度寄存器和温度极限寄存器时，每个不同型号的芯片均需两个字节来返回数据，此时主机对高低两个字节均需作出应答。

NOTE

如果总线上包含一个不完整的 GX103 系列地址序列，则主机必须为空闲的芯片地址发送所有必需的字节，以保证正常的 MDA 读操作。例如，如果 GX103A、GX103B 和 GX103D 挂载在总线上，则主机首先发送 MDA 读地址，其后必须为四个读寄存器数据字节，主机需对每个数据字节均作出应答，以完成 MDA 读操作。在原本需要读 GX103C 的第三个字节中，由于主线上并未挂载 GX103C，则在该数据字节中 SDA 应保持为 1。如果挂载的是 GX103S 的 A、B、D 型号，当使用 MDA 命令读取温度寄存器时，则主机首先发送 MDA 读地址，其后必须为八个读寄存器数据字节，主机需对每个数据字节均作出应答。在原本需要读 GX103SC 的第五、六个字节中，由于主线上并未挂载 GX103SC，则在这两个字节中 SDA 应均保持为 1。

6.3.5 全局响应复位 (General Call Reset)

GX103 系列可响应两线制全局响应复位命令 00h，并执行其后第二个字节中的命令。如果第二个字节是 06h，则 GX103 系列的内部寄存器均将复位为上电初始值。若第二个字节为其它值，则 GX103 系列不会对其做出应答。

6.3.6 高速模式 (High Speed Mode)

GX103 系列支持总线以高于 400kHz 的频率工作。主机在 START 信号后发出高速模式指令 (00001xxxb)，可将总线切换至高速模式。GX103 系列不应答该字节，但会将其内部 SDA 和 SCL 引脚上的输入滤波器和 SDA 引脚上的输出滤波器切换到高速模式工作，实现总线以最高 2.75MHz 的频率进行传输。当发出高速模式指令后，主机将继续发送从机地址，以启动数据传输。总线将持续以高速模式工作，直到总线上出现 STOP 信号为止。接收到 STOP 信号后，GX103 系列将切换至快速模式。

6.3.7 超时功能 (Timeout Mode)

如果 SCL 在 START 和 STOP 信号之间保持 30ms（典型值）的低电平，则 GX103 系列将复位其串行接口。即如果 SCL 被拉低超过 30ms，GX103 系列会释放 SDA 并等待 START 信号。为避免激活超时功能，SCL 工作频率应大于 1kHz。

6.4 寄存器说明

6.4.1 指针寄存器

图 8 给出了 GX103 系列的内部寄存器结构。其中 8 位指针寄存器用于寻址特定的数据寄存器。指针寄存器使用两个 LSB 来标识哪个数据寄存器应响应读或写命令。表 4 给出了指针寄存器字节各个位的配置情况。在写命令期间，P2 至 P7 须始终为 0。表 5 给出了 GX103 系列中可用寄存器的指针地址。P1/P0 上电复位值为 00。GX103 系列默认上电读取温度。

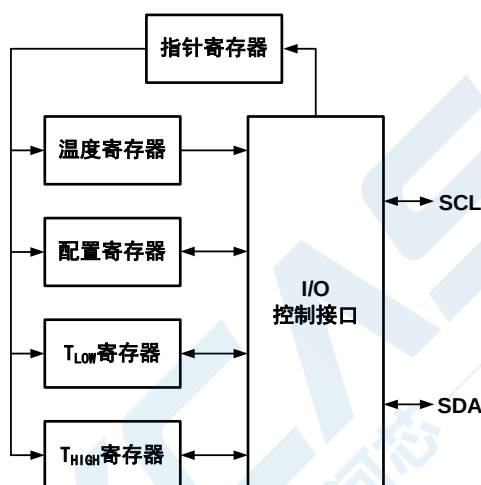


图 8 内部寄存器结构

表 4 指针寄存器字节各个位

P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
0	0	0	0	0	0	寄存器位	

表 5 指针地址

P1	P0	寄存器
0	0	温度寄存器 (R)
0	1	配置寄存器 (R/W)
1	0	T _{LOW} 寄存器 (R/W)
1	1	T _{HIGH} 寄存器 (R/W)

6.4.2 温度寄存器

GX103 系列的温度寄存器均为只读寄存器，用于存储最近一次的测温结果，其中负温度以二进制补码的形式来表示。上电或复位后，温度寄存器的读数默认为 0°C。

6.4.2.1 GX103 中的温度寄存器

GX103 的温度寄存器为 8 位的只读寄存器，1LSB=1°C。具体的配置和温度数据格式如表 6、表 7 所示。

表 6 GX103 中的温度寄存器

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0

表 7 GX103 的温度数据格式

温度 (°C)	数字输出 (二进制)	十六进制
128	0111 1111	7F
127	0111 1111	7F
100	0110 0100	64
80	0101 0000	50
75	0100 1011	4B
50	0011 0010	32
25	0001 1001	19
0	0000 0000	00
-1	1111 1111	FF
-25	1110 0111	E7
-55	1100 1001	C9

6.4.2.2 GX103S 中的温度寄存器

GX103S 的温度寄存器为 11 位的只读寄存器，1LSB=0.125°C。GX103S 采用两个字节来存储测温数据，其中字节 1 为 MSB，字节 2 为 LSB，高 11 位用于指示温度。具体的配置和温度数据格式如表 6、表 7 所示。

表 8 GX103S 温度寄存器的字节 1

字节	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Byte1	T10	T9	T8	T7	T6	T5	T4	T3
Byte2	T2	T1	T0	0	0	0	0	0

表 9 GX103S 的温度数据格式

温度 (°C)	数字输出 (二进制)	十六进制
128	011 1111 1111	3FF
127.875	011 1111 1111	3FF
100	011 0010 0000	320
80	010 1000 0000	280
75	010 0101 1000	258
50	001 1001 0000	190
25	000 1100 1000	0C8
0.25	000 0000 0010	002
0	000 0000 0000	000
-0.25	111 1111 1110	7FE
-25	111 0011 1000	738
-55	110 0100 1000	648

6.4.3 配置寄存器

表 10 GX103 系列配置寄存器说明

Bit	Field	Default	Description
7	ID (R)	0	BLANK
6	CR1 (R/W)	0	连续转换速率选择位 Default: 00=0.25Hz, 见表 1
5	CR0 (R/W)	0	
4	FH (R)	0	高温标志位 1=测温结果高于 T_{HIGH} 0=测温结果低于 T_{HIGH}
3	FL (R)	0	低温标志位 1=测温结果低于 T_{LOW} 0=测温结果高于 T_{LOW}
2	LC (R/W)	0	温度监控模式选择位 1=中断模式 0=比较模式
1	M1 (R/W)	1	芯片功能模式选择位 00=关断模式 01=单次转换模式 10、11=连续转换模式
0	M0 (R/W)	0	

6.4.4 温度极限寄存器

T_{HIGH} 和 T_{LOW} 寄存器用于存储 GX103 系列温度监控功能的温度极限阈值。每次测温结束后，GX103 系列会将测温结果与温度极限阈值进行比较。GX103 系列中的温度极限寄存器均为 8 位的读写寄存器，其中 1LSB=1°C，如表 11、表 12 所示。

值得注意的是，当 GX103S 进行温度比较时，是将其温度寄存器的高 8 位（字节 1）结果与 T_{HIGH} 、 T_{LOW} 寄存器中的值进行比较。

T_{HIGH} 和 T_{LOW} 的上电复位值为： $T_{HIGH}=60^{\circ}\text{C}$ ； $T_{LOW}=-10^{\circ}\text{C}$ 。

表 11 GX103 系列中的 T_{HIGH} 寄存器

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
H7	H6	H5	H4	H3	H2	H1	H0

表 12 GX103 系列中的 T_{LOW} 寄存器

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1	L0

7 具体应用

GX103 系列作为低功耗芯片，在其 V+ 引脚上添加一个 RC 滤波器可以进一步降低外部噪声的影响，如图 9 所示，其中的 R_F 必须小于 $5k\Omega$ ， C_F 必须大于 $10nF$ 。

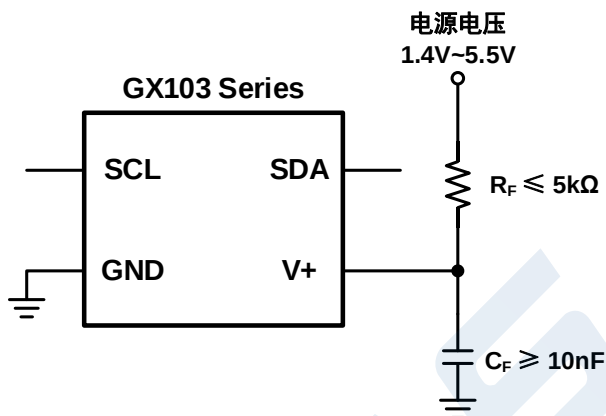


图 9 噪声消除技术

在实际测温中，需将 GX103 系列芯片放置在被监控的热源附近，并采用适当的布局以实现良好的热耦合，确保在最短的时间间隔内捕获温度变化。为了在需要测量空气或表面温度的应用中保持精度，请注意将封装与环境温度隔离。导热粘合剂有助于实现精确的表面温度测量。