

单总线数字温度传感器

特点

- 12 位数字温度读数，分辨率为 0.0625°C
- 在 -10°C ~ +85°C 范围内最大误差 ±0.8°C
- 在 -55°C ~ +125°C 范围内最大误差 ±1.5°C
- 单总线通信接口，带 CRC 校验功能
- 可设置 40 位的从机通信地址
- 提供过温报警功能，可设置阈值及迟滞量
- 工作电压范围 2.7V ~ 5.5V
- 管脚兼容 DS18B20

描述

SD5020 是一款高准确度温度传感器芯片。支持单总线通信，输出 12 位数字温度读数，在 -10°C ~ +85°C 范围内典型误差小于 ±0.5°C，在 -55°C ~ +125°C 范围内典型误差小于 ±0.8°C。过温报警阈值和报警恢复迟滞阈值可通过寄存器设定。

每颗芯片可设置一个长达 40 位的独特地址，适用于多从机通信系统。

注意 SD5020 替换 DS18B20 需要做通信协议修改；因为本芯片内部没有 EEPROM，配置寄存器、迟滞阈值寄存器和过温阈值寄存器的掉电保存功能不支持，不过可以通过预先烧录到 SD5020 芯片内部的 OTP 来实现这些寄存器的掉电保存；另外如果使用到总线供电功能，需要加外围电路。

应用领域

温控系统、工业过程控制、电源热保护、环境温度检测等

订购信息

封装形式	订货名称
TO-92	SD5020A
SOP8	SD5020B

管脚图和管脚描述

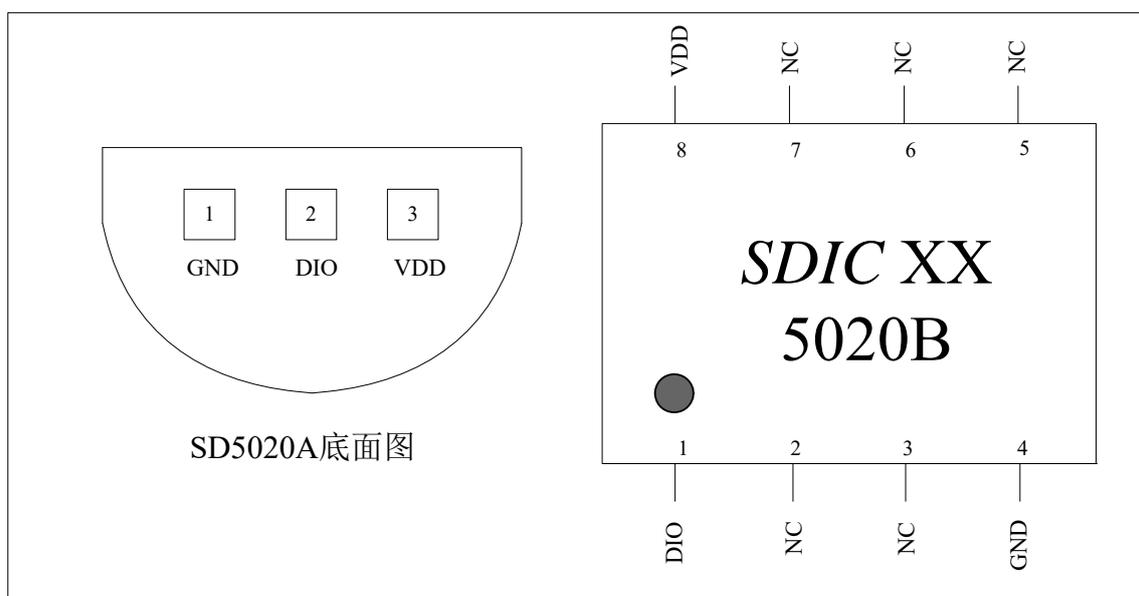


图 1. TO-92 和 SOP8 管脚图

表 1. 管脚描述

序号		管脚名称	属性	管脚描述
SD5020A (TO-92)	SD5020B (SOP8)			
2	1	DIO	输入/输出	开漏端口，单总线数据通信口
--	2--3, 5--7	NC	--	悬空
1	4	GND	地	地
3	8	VDD	电源	电源

功能描述

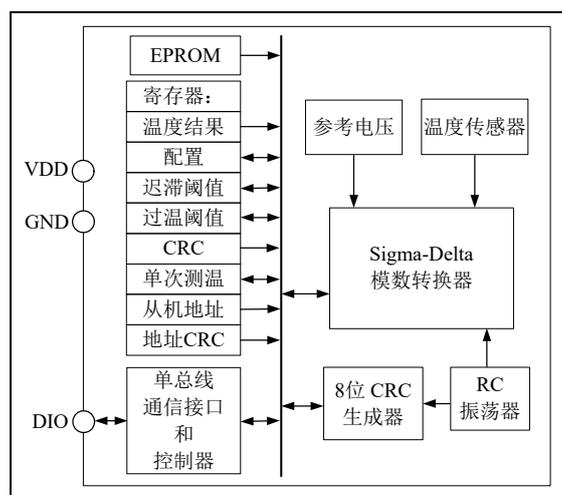


图 2. 功能框图

图 2 是 SD5020 的功能模块框图。SD5020 是一个单总线通信的数字温度传感器，DIO 管脚需要外接一个上拉电阻。每一颗芯片内都设置了独特的 40 位从机地址，适合多从机通信。

芯片内部的温度传感器产生一个跟温度成正比变化的电压信号，再经过自带电压基准的 ADC 转换成数字信号，保存为 12 位二进制补码形式，以便表示正温度或者负温度。芯片内有过温阈值寄存器和迟滞阈值寄存器，测温值会与这些寄存器值作比较，决定是否产生过温报警信号。

片内 RC 振荡器提供系统时钟，完成一次温度测量的时间约为 85ms。测温过程中 ADC、电压基准、时钟等电路都工作，系统功耗最大。

温度值的读出以及寄存器的设置可通过一个单总线通信接口进行。CRC 产生电路对地址 00H-07H 的寄存器进行 CRC 校验，可以确保读到的寄存器数据是正确的，增强通信可靠性。

SD5020 工作在单次测温模式，测温一次后进入待机状态，通过单总线接口发送命令可启动下一次测温。

SD5020 还提供了极低功耗的“关断模式”，若设置“配置寄存器”的 bit0 为“1”，芯片进入关断模式，片内所有电路停止工作，工作电流小于 1uA。若该位设置为“0”，则退出关断模式。

温度格式

测温结果以补码形式存到 16 位的温度结果寄存器中，该寄存器的高 12 位可用，低 4 位无效。其最高位为符号位。

该温度寄存器的高字节（0001H）为温度的整数部分，低字节（0000H）的高 4 位为温度的小数部分，因此分辨率为 $2^{-4}=0.0625^{\circ}\text{C}$ 。如果测量温度结果超出 $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ 范围，则可能会超出最大误差。如果分辨率 1°C 就可以满足用户要求，可以只使用温度寄存器的高 8 位。

表 2. 温度测量结果

温度	温度测量结果（二进制）
-55°C	1100 1001 0000 XXXX
-40°C	1101 1000 0000 XXXX
-25°C	1110 0111 0000 XXXX
-0.0625°C	1111 1111 1111 XXXX
0	0000 0000 0000 XXXX
0.0625°C	0000 0000 0001 XXXX
25°C	0001 1001 0000 XXXX
75°C	0100 1011 0000 XXXX
80°C	0101 0000 0000 XXXX
85°C	0101 0101 0000 XXXX
125°C	0111 1101 0000 XXXX

温度测量结果转换公式如下：

对于 8 位温度测量结果：

正温度值=温度测量结果

负温度值=温度测量结果-256

对于 10 位温度测量结果：

正温度值=温度测量结果/4

负温度值=(温度测量结果-1024)/4

对于 12 位温度测量结果：

正温度值=温度测量结果/16

负温度值=(温度测量结果-4096)/16

单次测温模式

本芯片工作在单次测温模式，在非测温时为待机状态。

向单次测温命令寄存器（0008H）写任意值可启动一次温度测量，测温过程一般为 85ms，测温结束后芯片立即回到待机状态。最新温度值存放在温度结果寄存器，其最高 8 位亦存放在单次测温寄存器。

单次测温得到新的温度值后，会与过温阈值寄存器（0005H-0006H）的值相比较，如果大于等于该寄存器的值，配置寄存器（0002H）的 bit7 会置“1”，表示有过温出现。

在待机状态期间，芯片的功耗小于 1uA。

芯片上电后第一次测温前，配置寄存器的 bit5 需要设为“1”，芯片才能正常测温。

寄存器说明

SD5020 有温度结果寄存器、配置寄存器、迟滞阈值寄存器、过温阈值寄存器、CRC 寄存器、单次测温命令、从机地址、地址 CRC 等，具体见表 3。

表 3. 寄存器列表

地址	名称	R/W	默认值
0000H	温度结果寄存器低 4 位于 bit7-bit4 中，小数部分	R	0X00
0001H	温度结果寄存器高 8 位，整数部分	R	0X00
0002H	配置寄存器	R/W	0X40
0003H	迟滞阈值寄存器低 4 位于 bit7-bit4 中	R/W	0X00(75℃)
0004H	迟滞阈值寄存器高 8 位	R/W	0X4B
0005H	过温阈值寄存器低 4 位于 bit7-bit4 中	R/W	0X00(80℃)
0006H	过温阈值寄存器高 8 位	R/W	0X50
0007H	CRC 校验码	R	0X2B
0008H	单次测温命令	R/W	00
000BH	SD5020 从机地址[39:32]	R	*
000CH	SD5020 从机地址[31:24]	R	*
000DH	SD5020 从机地址[23:16]	R	*
000EH	SD5020 从机地址[15:8]	R	*
000FH	SD5020 从机地址[7:0]	R	*
0010H	地址 0BH~0FH 的 CRC 校验字	R	*

*每颗 SD5020 在出厂前皆已刻上独特从机地址，如需要具体地址请与厂方联系。

温度结果寄存器 (0000H-0001H):

12 位数字温度结果的高 8 位放在地址 0001H 中，低 4 位放在地址 0000H 的 bit7-bit4 中，而 bit3-bit0 为无效位。测温结果以补码形式存放，0001H 寄存器的最高位是符号位：“0”表示正温度，“1”表示负温度。

配置寄存器 (0002H):

配置寄存器是一个 8 位可读/写寄存器，具体每个位的定义如表 4。

表 4. 寄存器列表

bit	配置功能
7	报警标志位，只读
6	保留
5	保留，必须写入“1”
4	过温事件发生次数
3	过温事件发生次数
2	保留
1	保留
0	关断模式

Bit7: 报警标志位。位值为“1”表示发生高温报警，温度大于等于过温阈值寄存器。位值为“0”表示没有报警，温度小于等于迟滞阈值寄存器。

Bit6: 保留

Bit5: 保留，上电后第一次测温前必须写“1”。

Bit4-3: 选择过温事件发生次数 (N)，防止误判过温。只有过温事件连续发生 N 次后才确认过温，具体关系见表 5。

表 5. Bit4-3 与过温次数关系

bit4-3	过温次数
00	1
01	2
10	4
11	6

Bit2: 保留

Bit1: 保留

Bit0: 关断模式, 设定“1”时芯片进入关断模式, 工作电流小于 1uA, 片内所有电路停止工作。进行正常测温前须设为“0”, 此时芯片进入待机状态。

迟滞阈值寄存器 (0003H-0004H):

16 位寄存器, 低 4 位无效, 可以读/写, 用于设置过温报警恢复的下限温度, 默认设置是 75℃。数据格式是补码形式, 最高位是符号位: “0”表示正温度, “1”表示负温度。

该寄存器的高 8 位数据放在地址 0004H 中, 低 4 位数据放在地址 0003H 的 bit7-bit4 中, bit3-bit0 无效。

过温阈值寄存器(0005H-0006H):

16 位寄存器, 低 4 位无效, 可以读/写, 用于设置报警值的上限, 默认设置是 80℃。数据格式是补码形式, 最高位是符号位: “0”表示正温度, “1”表示负温度。

该寄存器的高 8 位数据放在地址 0006H 中, 低 4 位数据放在地址 0005H 的 bit7-bit4 中, bit3-bit0 无效。

CRC 寄存器 (0007H):

CRC 循环冗余校验码是数据通信领域中最常用的一种差错校验码, 为了保证温度结果读取以及芯片设置的正确性, 对 0000H-0006H 的所有寄存器做 CRC 校验, CRC 校验的生成多项式为:

$$CRC = X^8 + X^5 + X^4 + 1$$

生成的 8 位校验码放到地址 0007H 中。

主机读 0000H-0007H 的数据后, 根据生成多项式计算出校验码为 0, 说明读到的数据是准确的, 否则要重新读取。

单次测温命令寄存器 (0008H):

参考单次测温模式段。

SD5020 从机地址寄存器 (000BH-000FH):

存放从机地址, 地址 000BH-000FH 是从高到低排列。每颗芯片都有自己独特的地址。

地址 CRC 寄存器 (0010H):

地址 000BH-000FH 的 CRC 校验字。

单总线通信口

SD5020 有一个单总线通信接口, 图 3 为一种单从机典型应用案例, 通信口 DIO 需要一个上拉电阻。

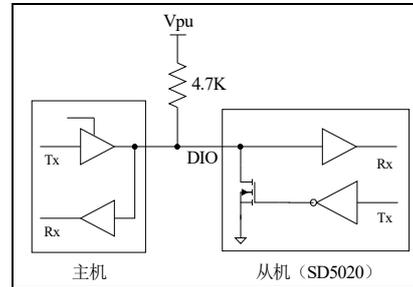


图 3. 单总线连接图

单总线通信协议

图 4 为单总线通信数据格式, 数据编码格式为: 引导码+8 位数据+停止码。

发送数据时每个字节数据的顺序: 低位在前, 高位在后。

为便于主机编程, 主机发送的时序允许有一定的范围, 各个数据的时间范围规定如下:

- 引导码: 低电平, 取 820us ~ 1000us 为有效。
- 数据“0”和“1”表示方式均为先高电平后低电平。
- 数据“0”和数据“1”的低电平时间都取 200us ~ 420us 为有效。
- 数据“0”的高电平时间取 160us ~ 210us 为有效。
- 数据“1”的高电平时间取 700us ~ 800us 为有效。
- 停止码: 高电平, 取 250us ~ 500us 为有效。

从机发送的时间范围总是较为宽松, 具体范围见表 8。

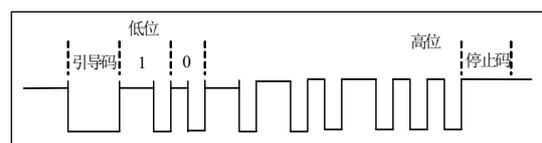


图 4. 一线通信数据传输时序

图 5 为单总线通信流程，包括握手动作、读/写寄存器、读从机地址等过程。

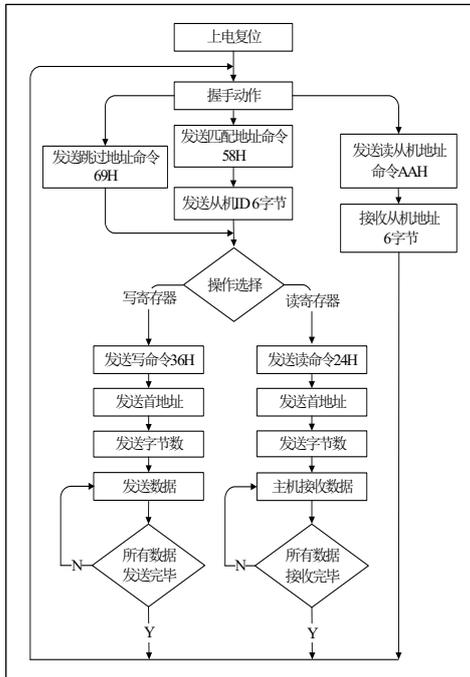


图 5. 单总线通信

命令集总结如下：

表 6 命令集

命令	命令字
读从机地址	AAH
匹配地址命令	58H
跳过地址命令	69H
写操作	36H
读操作	24H

握手动作

主机和从机通信前必须进行握手。握手的目的是为通信做好准备。握手的过程（图 6）为：

主机拉低总线 5~8ms，从机检测到主机的握手信号有效后，会延时一段时间（180us-500us），然后拉低总线，时间为 100us~250us。主机检测到从机的响应信号后，即表明双方握手成功。

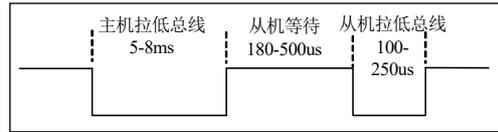


图 6. 读写寄存器时握手动作

读/写寄存器前准备动作

握手之后，主机向从机发送命令。从机对收到的第一个字节数据进行判断：

- 如果是读地址命令 AAH，参考读从机地址段。
- 如果是匹配地址命令 58H，说明接下来主机要发送 6 字节数据（从高到低共 5 字节地址+前五字节的 1 字节 CRC 校验值）寻找从机。从机对接收到的地址进行判断，是否匹配。如果匹配，接下来主机就可以读寄存器或写寄存器了。
- 如果是跳过地址命令 69H，则主机可以直接对从机进行读写操作。这种模式适合于单个从机的情况。

写寄存器

写寄存器时，主机依次发送写命令 36H、首地址高字节、首地址低字节，字节数高字节、字节数低字节。接下来主机发送要写入寄存器的数据。数据可以连续发送，直至所有数据发送完毕。

读寄存器

读寄存器时，主机依次发送读命令 24H、首地址高字节、首地址低字节，字节数高字节、字节数低字节。然后主机接收数据。从机从首地址开始连续发送数据，直到发完指定字节数量的数据为止。

读从机地址

主机发送读从机地址命令 AAH，然后接收从机地址共 6 个字节。从机发送地址数据的顺序为：从机地址（从高到低共 5 个字节）→前五字节数据的 CRC 校验值。

自热效应

SD5020 温度测量的准确性会受到自身功耗和芯片封装热阻的影响，虽然 SD5020 自身功耗很小(3V 工作电压下典型值为 0.51mW)，但仍会带来一定的温升。

对应 SD5020A，温度变化值为：

$$\Delta T \approx 0.51mW \times 162^{\circ}C/W = 0.08^{\circ}C$$

对应 SD5020B，温度变化值为：

$$\Delta T = 0.51mW \times 240^{\circ}C/W = 0.123^{\circ}C$$

温度校准

SD5020 出厂前已经校正，用户无须再校准。

典型应用图

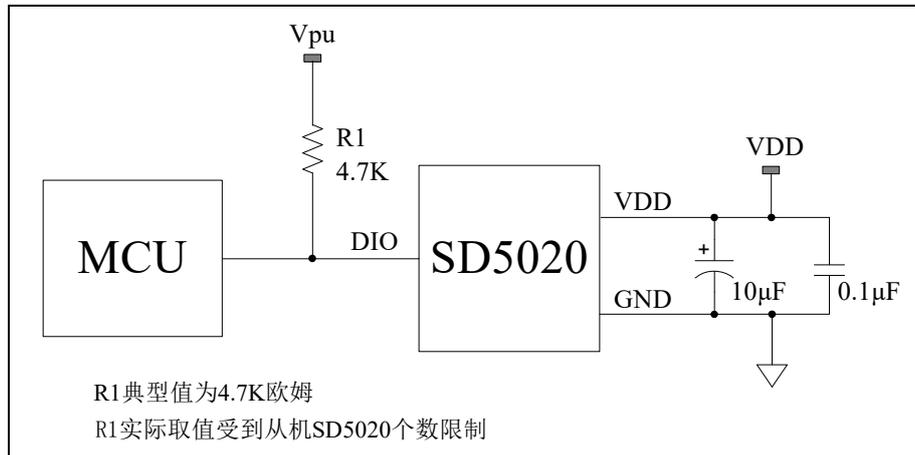


图 7. 典型应用图

DIO 管脚描述

SD5020 的 DIO 管脚为开漏端口，方便跟不同电源的信号接口，需要外接上拉电阻，如图 7 所示。

应用注意事项

SD5020 测量的是芯片内部温度，因此用来测量热源时，需要将芯片尽量靠近热源，减少芯片和热源之间的热阻。

电气特性

表 7. 极限参数

标识	参数	最小值	最大值	单位
TA	工作温度	-55	+125	°C
TS	储存温度	-65	+150	°C
VDD	供电电压	-0.3	+7.0	V
VIN, VOUT	数字输入、输出	-0.3	VDD+0.3	V
I _{out_max}	最大输出电流	--	10	mA
ESD	人体模型	2000	--	V
TL	回流焊温度曲线	参考 IPC/JEDECJ-STD-020C		°C

注:

1. CMOS 器件易被高能静电损坏，芯片必须储存在导电泡沫，注意避免工作电压超出范围。
2. 在插拔芯片前请关闭电源。

表 8. 电气参数 (VDD=3.0V ~ 5.0V, T_A=25°C。黑体部分适用于 T_A=-55°C ~ +125°C。)

标识	参数名称	最小值	典型值	最大值	单位	条件
VDD	工作电压	2.7	3.0	5.5	V	
Toper	工作温度	-55		+125	°C	
LSB	温度分辨率	--	0.0625	--	°C	12 位数字输出
T _{err}	温度准确度	--	±0.5	±0.8	°C	-10°C ~ +85°C, VDD=2.7~5.5V
		--	±0.8	±1.5		-55°C ~ +125°C, VDD=2.7~4.0V
I _{vdd1}	工作电流	--	170		uA	系统测温过程中, 通信停止
I _{vdd2}		--	--	2		系统待机或关断模式
T _{conv}	测温周期	65	85	110	ms	
PSRR	电源抑制比	--	0.1	--	°C/V	VDD=2.7V ~ 5.5V (注 1)
DIO 开漏驱动能力						
I _{sink}	低电平 Sink 电流	4	--	--	mA	VOL=0.3V
I _{leak}	高电平泄漏电流	--	--	1	uA	VOH=VDD
单总线通信时序 (从机 SD5020 发送给主机)						
	引导码	750	940	1200	us	
	数据低电平	250	312	400	us	
	数据“0”高电平	150	188	240	us	
	数据“1”高电平	600	750	960	us	
	停止码	250	312	--	us	
	主机发送握手信号后从机延时等待时间	250	--	500	ms	
	从机握手应答低电平时间	125	--	200	us	

单总线通信时序（主机发送给从机 SD5020）					
引导码	820	940	1000	us	
数据低电平	200	312	420	us	
数据“0”高电平	160	188	210	us	
数据“1”高电平	700	750	800	us	
停止码	250	375	--	us	
握手时间	5	6.5	8	ms	

注：PSRR 参数值以 VDD=3.0V 时的测温值为基准温度计算得到，因为该芯片出厂前在 VDD=3.0V 下进行温度校准的。

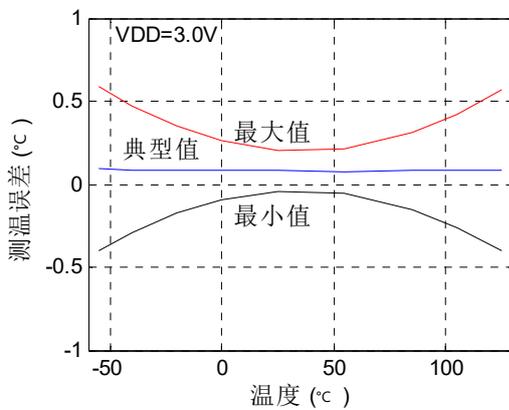


图 8. 测温误差曲线 (3.0V)

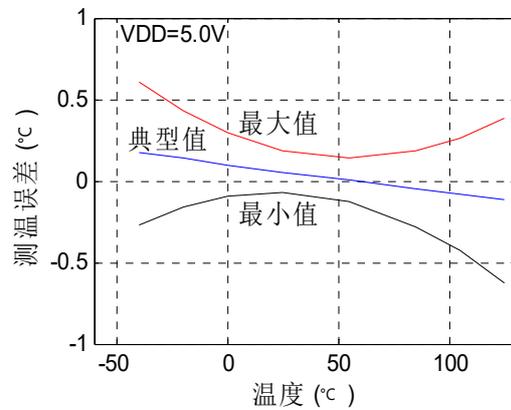


图 9. 测温误差曲线 (5.0V)

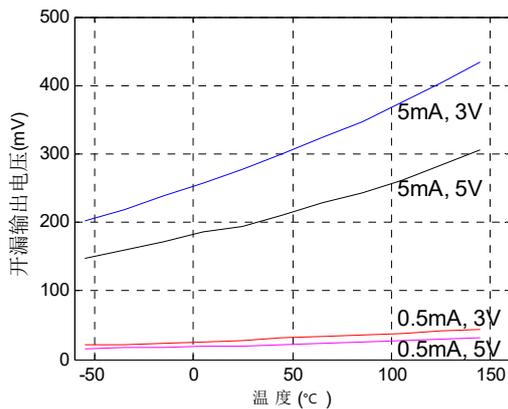


图 10. 典型开漏电压曲线

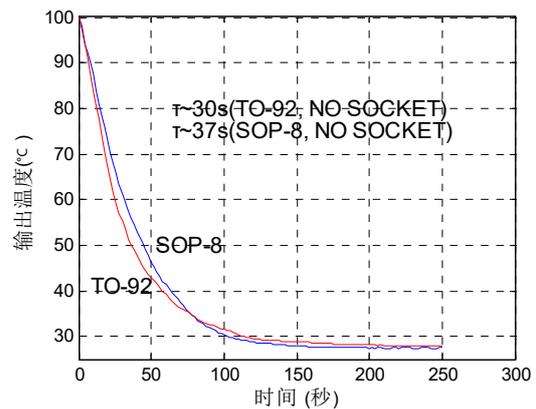


图 11. 温度响应时间

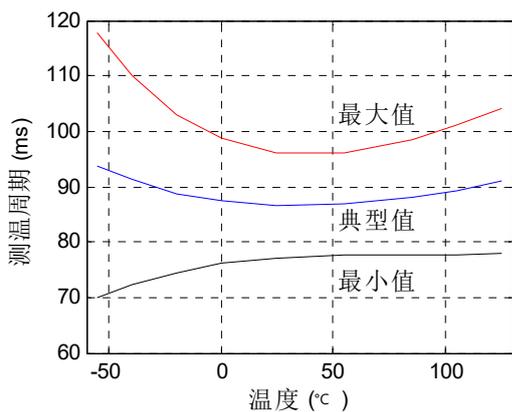


图 12. 测温周期

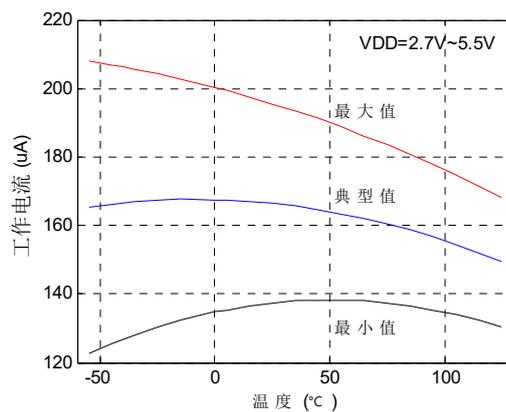


图 13. 测温工作电流

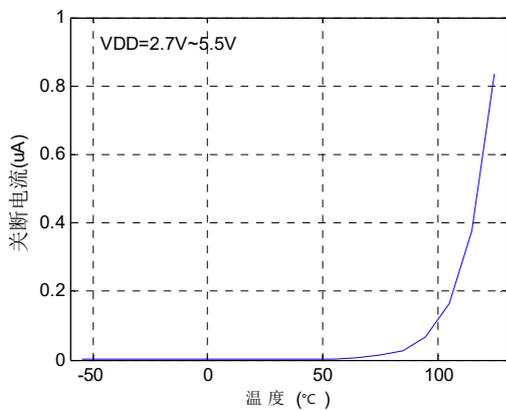
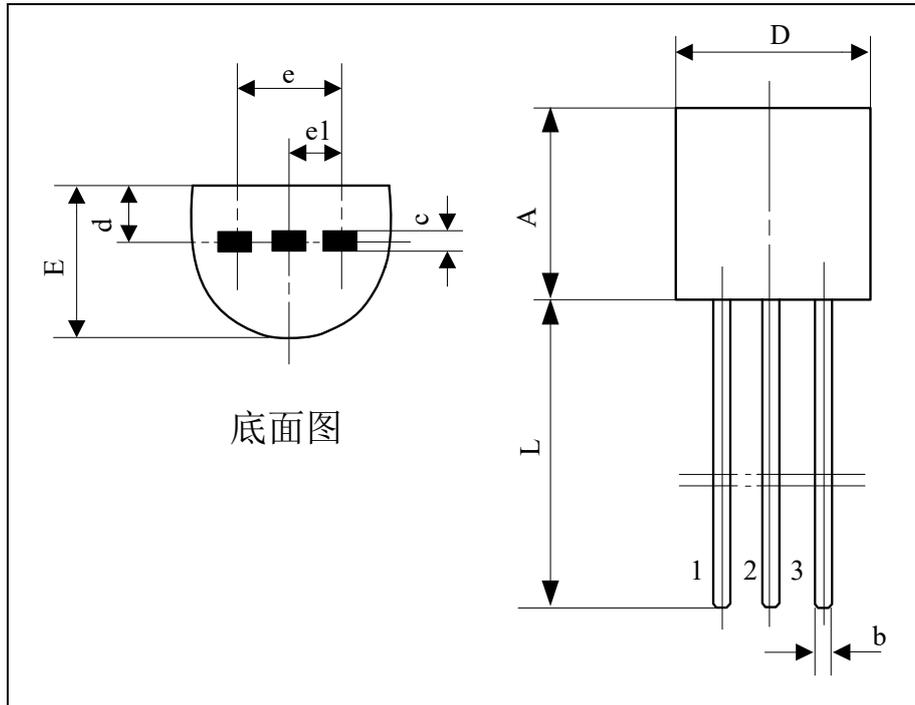


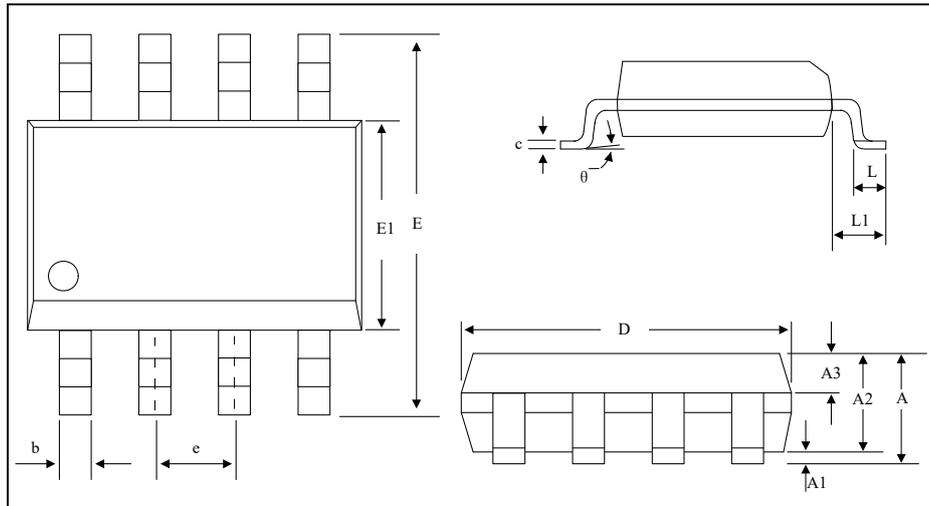
图 14. 关断模式下 VDD 电流

封装规格


尺寸: 毫米

Symbol	Min.	Nom.	Max.
A	4.3	---	5.3
b	0.3	---	---
c	0.3	---	---
ϕD	4.3	---	5.2
D	4.3	---	5.2
d	1.0	---	1.7
E	3.2	---	4.2
e	---	2.54	---
e1	---	1.27	---
L	12.7	---	---

图 15. TO-92 封装外形图



尺寸: 毫米

Symbol	Min.	Nom.	Max.
A	1.35	---	1.80
A1	0.10	---	0.25
A2	1.25	1.40	1.55
A3	0.60	0.65	0.70
D	4.78	4.90	5.00
E	5.80	6.00	6.30
E1	3.80	3.90	4.00
L	0.40	---	1.27
L1	1.05BSC		
b	0.33	---	0.51
c	0.19	---	0.25
e	1.27BSC		
θ	0°	---	8°

图 16. SOP8 封装外形图