

# 9 路 LED 控制芯片

## 简介

SN3112-09 是一款 9 路呼吸灯驱动芯片，每路单独 256 级细腻亮度可控。单路最大输出电流可以通过一个外部电阻设定，最大电流为 38mA。

主控器件通过 I2C 接口对 SN3112-09 进行编程控制，通过将 SDB 脚拉低或软件设置可关断芯片，进入低功耗模式。SN3112-09 从地址为“1010 1000”。

SN3112-09 使用 QFN-20 (3mm × 3mm) 的封装形式。工作电压在 2.7V ~ 5.5V，可在 -40°C ~ +85°C 的温度范围内工作。

## 特性

- 工作电压 2.7V ~ 5.5V
- I2C 接口通信，支持连续写数据，地址自加功能
- 内置复位寄存器
- 每路 LED 可独立控制
- LED 亮度支持 256 级细腻调节
- -40°C ~ +85°C 的工作温度
- QFN-20 (3mm × 3mm) 封装

## 应用

- 手机和其它掌上电子设备的 LED 显示
- 家电类 LED 显示

## 典型应用电路图

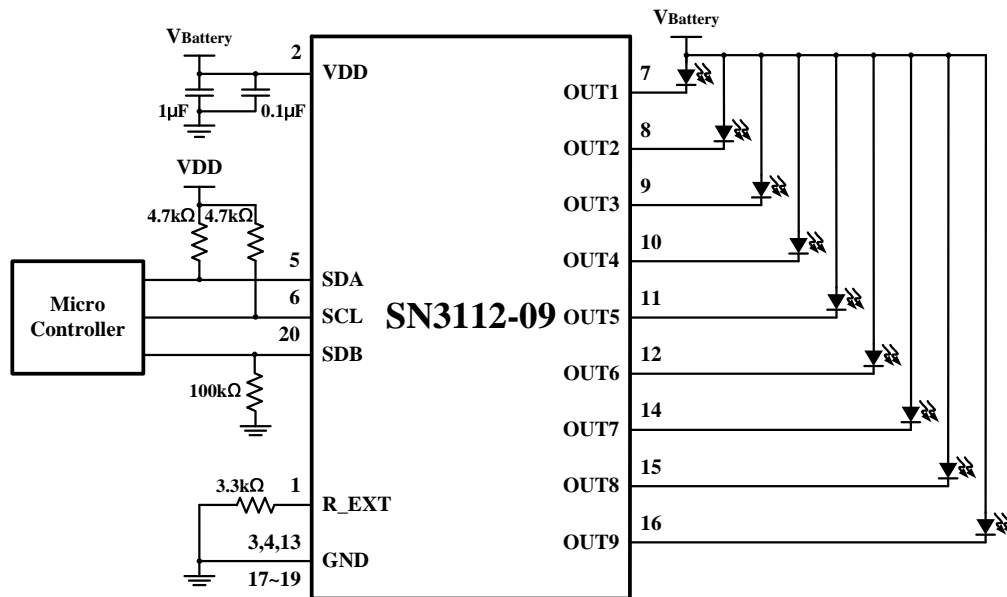
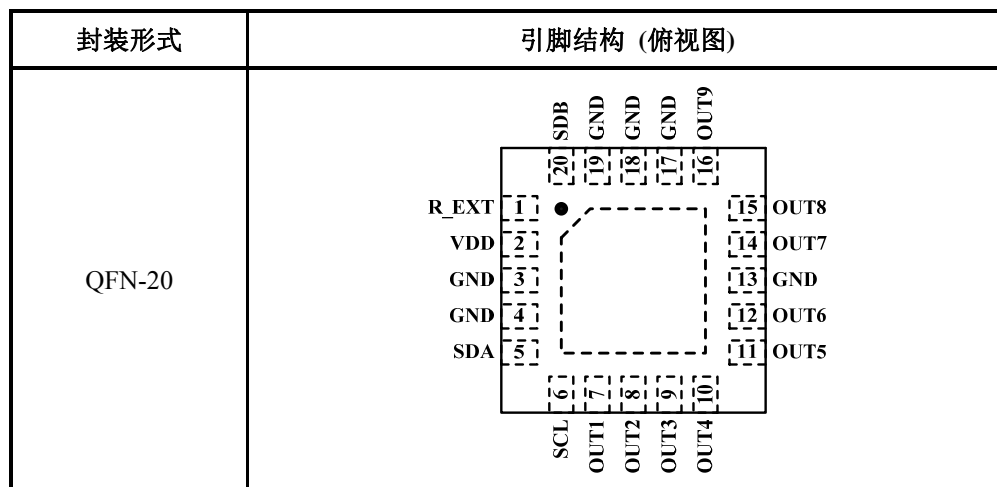


图 1 典型应用电路

注 1:  $R_{EXT} = 3.3k\Omega$  时，每路最大输出电流为 23mA。最大电流可通过外接电阻  $R_{EXT}$  设置，详情请见第 8 页。

注 2: PCB 布线时，芯片需远离手机天线放置，防止天线对芯片辐射造成影响。

## 引脚结构



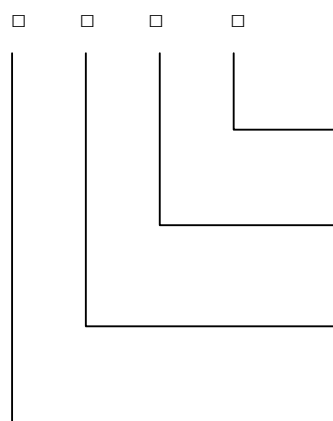
## 引脚说明

引脚号	引脚名	I/O	描述
1	R_EXT	I	外接电阻输入引脚，设定输出电流值。
2	VDD	-	电源电压输入。
3,4,13,17~19	GND	-	接地。
5	SDA	I/O	I2C 数据线。
6	SCL	I	I2C 时钟线。
7~12	OUT1~OUT6	O	输出端口。
14~16	OUT7~OUT9	O	输出端口。
20	SDB	I	关断芯片，低电平有效。
	散热片	-	接地。

## 供应信息

产品型号	封装形式	包装规格	工作温度范围
SN3112I320E-09	QFN-20	2500 片/盘	-40°C ~ +85°C

SN3112



环保代码

E: 无铅

引脚代码

20: 20 引脚

封装形式

3: QFN, 3mm × 3mm

温度代码

I: 工业标准, -40°C ~ +85°C

## 绝对最大额定范围

电源电压, $V_{DD}$	-0.3V ~ +6.0V
引脚 SCL, SDA, SDB 电压	-0.3V ~ $V_{DD}+0.3V$
引脚 $OUT_x$ 电压	+5.0V
工作温度范围	-40°C ~ +85°C
贮存温度范围	-55°C ~ +150°C
封装热阻, $\theta_{JA}$ (QFN-20)	30°C/W
ESD HBM	4kV

如果器件工作条件超过上述各项极限值, 可能对器件造成永久性损坏。上述参数仅仅是工作条件的极限值, 不建议器件工作在推荐条件以外的情况。器件长时间工作在极限工作条件下, 其可靠性及寿命可能受到影响。

## 电气特性

测试条件:  $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 2.7\text{V} \sim 5.5\text{V}$  (除非有特殊说明)。典型测试值为  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 3.6\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{DD}$	电源电压		2.7		5.5	V
$I_{MAX}$	每路输出最大电流	$V_{DD} = 4.2\text{V}$ , $V_{OUT} = 0.8\text{V}$ $R_{EXT} = 2\text{k}\Omega$ (注释1)		38		mA
$I_{DD}$	静态电流	$R_{EXT} = 3.3\text{k}\Omega$		5.25		mA
$I_{SD}$	关断电流	$V_{SDB} = 0\text{V}$ 或软件关断		3.1		$\mu\text{A}$
$I_{OZ}$	输出漏电流	$V_{SDB} = 0\text{V}$ 或软件关断, $V_{OUT} = 5\text{V}$			1	$\mu\text{A}$
$V_{EXT}$	R-EXT 脚输出电压			1.3		V
<b>数字逻辑控制电平特性(SDA, SCL, SDB)</b>						
$V_{IL}$	逻辑“0”输入电压	$V_{DD} = 2.7\text{V}$			0.4	V
$V_{IH}$	逻辑“1”输入电压	$V_{DD} = 5.5\text{V}$	1.4			V
$I_{IL}$	逻辑“0”输入电流			5 (注释2)		nA
$I_{IH}$	逻辑“1”输入电流			5 (注释2)		nA

## 数字输入信号开关特性(注释2)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{SCL}$	串行时钟频率			400		kHz
$t_{BUF}$	“开始”条件和“停止”条件间的空闲时间		1.3			$\mu s$
$t_{HD, STA}$	重复“开始”条件的保持时间		0.6			$\mu s$
$t_{SU, STA}$	重复“开始”条件的启动时间		0.6			$\mu s$
$t_{SU, STO}$	“停止”条件的启动时间		0.6			$\mu s$
$t_{HD, DAT}$	数据保持时间				0.9	$\mu s$
$t_{SU, DAT}$	数据设定时间		100			ns
$t_{LOW}$	时钟线低电平周期		1.3			$\mu s$
$t_{HIGH}$	时钟线高电平周期		0.7			$\mu s$
$t_R$	时钟信号和数据信号的上升时间, 接收状态	(注释3)		20+0.1Cb	300	ns
$t_F$	时钟信号和数据信号的下降时间, 接收状态	(注释3)		20+0.1Cb	300	ns

注释1:  $R_{EXT} = 2k\Omega$  为推荐使用的最小阻值, 否则会使输出电流过大。

注释2: 设计保证。

注释3: Cb 为一条总线上 pF 级的总电容。  $I_{SINK} \leq 6mA$ 。  $t_R$  和  $t_F$  在  $0.3 \times V_{DD}$  到  $0.7 \times V_{DD}$  时测量。

## 详细介绍

### I2C 通信接口

SN3112-09 使用两条符合 I2C 通信协议的串行传输线 SDA 和 SCL 来控制芯片的工作方式。SN3112-09 使用固定的 8 位从地址“1010 1000”。本芯片只支持写操作。

I2C 总线支持数据双向传输。SCL 为单向端口，SDA 为双向端口，开漏输出驱动，需外接上拉电阻（典型值为 4.7kΩ）。最大时钟频率为 400kHz。在这种情况下，主控制器为单片机等控制器，从器件为 SN3112-09。

图 2 为 I2C 的时序图，在 SCL 为稳定的高电平时，SDA 为闭锁状态并且在不使用的时候应保持高电平。

“开始”信号是由 SCL 为高电平时将 SDA 拉低产生的。首先传送 8 位从地址。当 SCL 为高电平时，SDA 上的每个地址位必须保持稳定。

在最后一位数据传送出去后，主控制器会检测 SN3112-09 的应答信号。主控制器通过上拉电阻释放 SDA 线为高电平，然后使 SCL 发送一个脉冲。如果 SN3112-09 正确的接收到 8 位数据，在 SCL 的脉冲期

间它将使 SDA 拉低；如果 SDA 线不为低，则表示数据没有正确接收，主控制器将会发送一个“停止”信号（稍候介绍）并且中断数据传递。

在 SN3112-09 的应答信号发送之后，寄存器的地址将被发送。寄存器地址发出后，SN3112-09 也必须产生一个应答位来表示寄存器地址是否被正确接收。

接下来传送的是 8 位寄存器数据。在 SCL 保持稳定的高电平时每位数据位都是有效的。8 位数据传送完后，SN3112-09 同样需要产生一个应答位来表示数据的正确接收。

“停止”信号将结束数据的传送。当 SCL 信号为高电平时将 SDA 拉高就产生了“停止”信号。

### 地址自加

如果有多个数据要传送给 SN3112-09，只需发送第一个数据写入的寄存器地址。在 SN3112-09 接收数据期间，寄存器地址会自动加 1，下一个传送的数据将写入新的寄存器地址中，如此继续，在数据连续传送期间寄存器地址会一直增加，直到 I2C 写入“停止”信号（见图 5）。

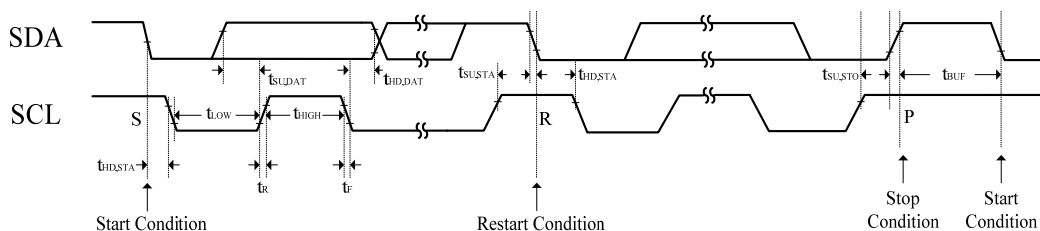


图 2 传送时序

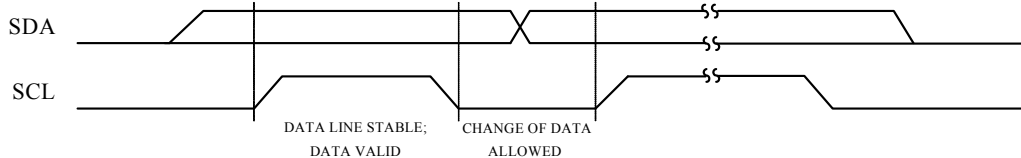


图 3 传送位

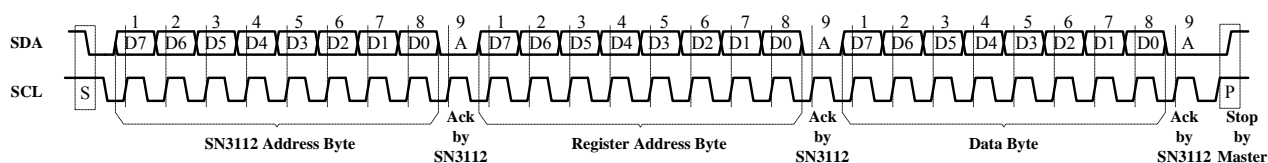


图 4 典型方式写入 SN3112-09

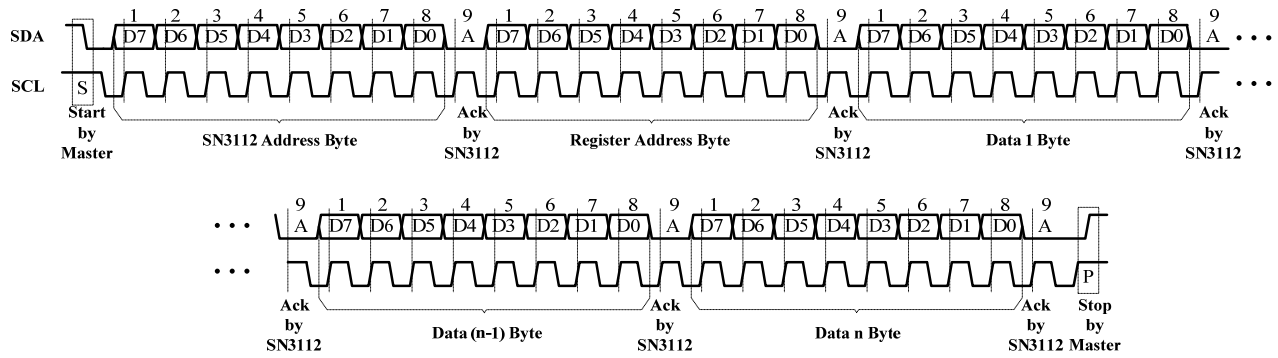


图5 地址自加方式写入 SN3112-09

寄存器定义

表格 1 寄存器功能列表

地址	名称	功能	表格	默认值
00h	关断寄存器	软件关断 SN3112-09	2	0000 0000
04h~0Ch	PWM 寄存器	存储 9 路 LED 的 PWM 亮度值	3	
13h	LED 控制寄存器 1	存储 1~3 路的 LED 开关状态	4	
14h	LED 控制寄存器 2	存储 4~9 路的 LED 开关状态	5	
16h	数据更新寄存器	更新 PWM 寄存器和 LED 控制寄存器的数据	-	XXXX XXXX
17h	复位寄存器	重置所有寄存器数据为默认值	-	

表格 2 00h 关断寄存器

位	D7:D1	D0
名称	-	SSD
默认值	0000000	0

关断寄存器设定软件关断 SN3112-09。

**SSD** 软件关断使能位  
 0 软件关断模式  
 1 标准工作模式

表格 3 04h~0Ch PWM 寄存器

位	D7:D0
名称	PWM
默认值	0000 0000

PWM 寄存器对每路 LED 亮度设置 256 级细腻调节。  
 PWM 寄存器设置每路输出电流的平均值，电流平均值可由公式 (1) 计算：

$$I_{OUT} = \frac{I_{MAX}}{256} \cdot \sum_{n=0}^7 D[n] \cdot 2^n \quad (1)$$

其中 n 代表在各自 PWM 寄存器中 bit 的位置。

例如：D7:D0 = 10110101

$$I_{OUT} = I_{MAX} (2^0 + 2^2 + 2^4 + 2^5 + 2^7) / 256$$

$I_{MAX}$  计算方法见第 8 页公式 (2)。

每路 LED 的  $I_{MAX}$  相等，通过 PWM 寄存器可设定每路 LED 的亮度不同。

表格 4 13h LED 控制寄存器 1

位	D7:D6	D5:D3	D2:D0
名称	-	OUT3:OUT1	-
默认值	00	000	000

表格 5 14h LED 控制寄存器 2

位	D7:D6	D5:D3	D2:D0
名称	-	OUT9:OUT4	
默认值	00	000	000

LED 控制寄存器存储每路 LED 的开关状态。

**OUTx** LED 开关使能位  
 0 LED 关闭  
 1 LED 开启

## 16h 数据更新寄存器

发送给 PWM 寄存器(04h~0Ch)和 LED 控制寄存器(13h~14h)的数据会被存储到临时寄存器里。写入任意 8 位数据到数据更新寄存器可使数据配置生效。

## 17h 复位寄存器

写入任意 8 位数据到复位寄存器中可使 SN3112-09 的所有寄存器数据重置为默认值。

在初始上电时，SN3112-09 寄存器数据也将被复位成默认值。

## 应用说明

### PWM 控制

通过设置 PWM 寄存器(04h~0Ch)来调节每路 LED 的亮度值。如在 PWM 寄存器中写入“0000 0100”，则输出为第 4 级亮度。

连续写入数据使 PWM 亮度逐渐升高或降低即可实现 LED 呼吸效果。

### R<sub>EXT</sub> 设置

SN3112-09 的每路输出最大电流可通过外接电阻 R<sub>EXT</sub> 设置。计算公式 (2) 如下：

$$I_{MAX} = x \cdot \frac{V_{EXT}}{R_{EXT}} \quad (2)$$

$x = 58.5$ ,  $V_{OUT} = 0.8V$ ,  $V_{EXT} = 1.3V$ 。

例如,  $R_{EXT} = 3.3k\Omega$  时,  $I_{MAX} = (58.5 \times 1.3) / 3.3 = 23mA$ 。

R<sub>EXT</sub> 推荐使用的最小阻值为 2kΩ, 最大电流达 38mA。

### LED 呼吸灯非线性修正

使用 SN3112-09 实现 LED 呼吸效果时, 为得到更好的呼吸效果, 建议对呼吸控制进行非线性修正。

SN3112-09 内部实现线性的 256 级灰度的 PWM 调光。由于人视觉对亮度的误差, 电流线性增加时, 视觉上会感觉到呼吸开始时亮度变化快, 然后很快进入亮度饱和的问题。为了解决这个问题, 在呼吸时, 应该采用伽玛补偿的方法, 达到视觉效果的线性。

采用 32 级亮度的伽玛补偿数据:

C(0)	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)
0	1	2	4	6	10	13	18
C(8)	C(9)	C(10)	C(11)	C(12)	C(13)	C(14)	C(15)
22	28	33	39	46	53	61	69
C(16)	C(17)	C(18)	C(19)	C(20)	C(21)	C(22)	C(23)
78	86	96	106	116	126	138	149
C(24)	C(25)	C(26)	C(27)	C(28)	C(29)	C(30)	C(31)
161	173	186	199	212	226	240	255

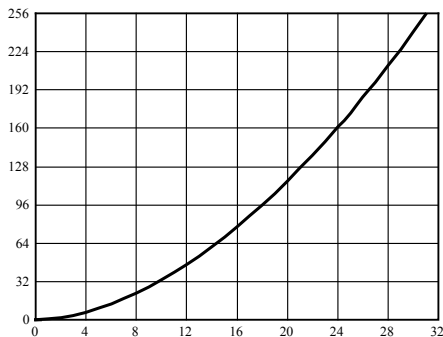


图6 伽玛补偿修正曲线 (32 级)

为了显示更细腻的效果, 可采取更多的输出级数, 防止呼吸时产生可观察到的亮度的跳变。推荐的经验值是, 从最暗到最亮的一个呼吸周期 T 内, 当 T=1s, 推荐采用有伽玛补偿的 32 个亮度等级; 当 T=2s, 推荐采用有伽玛补偿的 64 个亮度等级, 以此类推。上述推荐值是 LED 没有任何遮挡的条件下, 测试得到的经验值。如果采用挡光板等遮挡 LED, 使 LED 发光更加柔和, 可以采用更少的亮度等级实现。具体的等级数, 需要根据实际的挡光材料具体测试。

采用 64 级亮度的伽玛补偿数据:

C(0)	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)
0	1	2	3	4	5	6	7
C(8)	C(9)	C(10)	C(11)	C(12)	C(13)	C(14)	C(15)
8	10	12	14	16	18	20	22
C(16)	C(17)	C(18)	C(19)	C(20)	C(21)	C(22)	C(23)
24	26	29	32	35	38	41	44
C(24)	C(25)	C(26)	C(27)	C(28)	C(29)	C(30)	C(31)
47	50	53	57	61	65	69	73
C(32)	C(33)	C(34)	C(35)	C(36)	C(37)	C(38)	C(39)
77	81	85	89	94	99	104	109
C(40)	C(41)	C(42)	C(43)	C(44)	C(45)	C(46)	C(47)
114	119	124	129	134	140	146	152
C(48)	C(49)	C(50)	C(51)	C(52)	C(53)	C(54)	C(55)
158	164	170	176	182	188	195	202
C(56)	C(57)	C(58)	C(59)	C(60)	C(61)	C(62)	C(63)
209	216	223	230	237	244	251	255

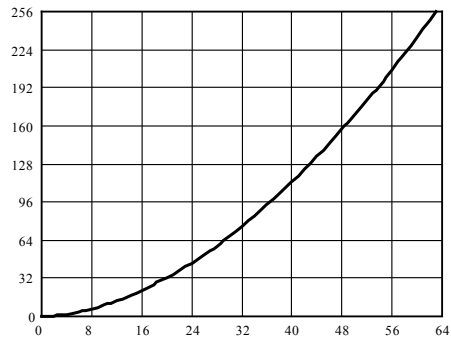


图7 伽玛补偿修正曲线 (64 级)

注意: 上表的 32 级伽玛补偿数据为计算出的标准值, 64 级伽玛补偿数据为实验结果的推荐值。



## 芯片关断模式

芯片关断模式可以用于减少功耗。在芯片关断模式时，所有的寄存器保持原数据不变。

## 软件关断

通过对配置寄存器（00h）中的 SSD 位置“0”，SN3112-09 进入软件关断模式。在此模式时，芯片只消耗 3.1 $\mu$ A（典型的）的电流。当 SN3112-09 进入软件关断模式时，所有的电流输出端口都将关闭，9 路 LED 无显示。

## 硬件关断

当 SN3112-09 的 SDB 脚拉低时，芯片进入硬件关断模式。

## 回流焊接特性参数

Profile Feature	Pb-Free Assembly
<b>Preheat &amp; Soak</b> Temperature min (T <sub>sm</sub> ) Temperature max (T <sub>sm</sub> ) Time (T <sub>sm</sub> to T <sub>sm</sub> ) (t <sub>s</sub> )	150°C 200°C 60-120 seconds
Average ramp-up rate (T <sub>sm</sub> to T <sub>p</sub> )	3°C/second max.
Liquidous temperature (T <sub>L</sub> ) Time at liquidous (t <sub>L</sub> )	217°C 60-150 seconds
Peak package body temperature (T <sub>p</sub> )*	Max 260°C
Time (t <sub>p</sub> )** within 5°C of the specified classification temperature (T <sub>c</sub> )	Max 30 seconds
Average ramp-down rate (T <sub>p</sub> to T <sub>sm</sub> )	6°C/second max.
Time 25°C to peak temperature	8 minutes max.

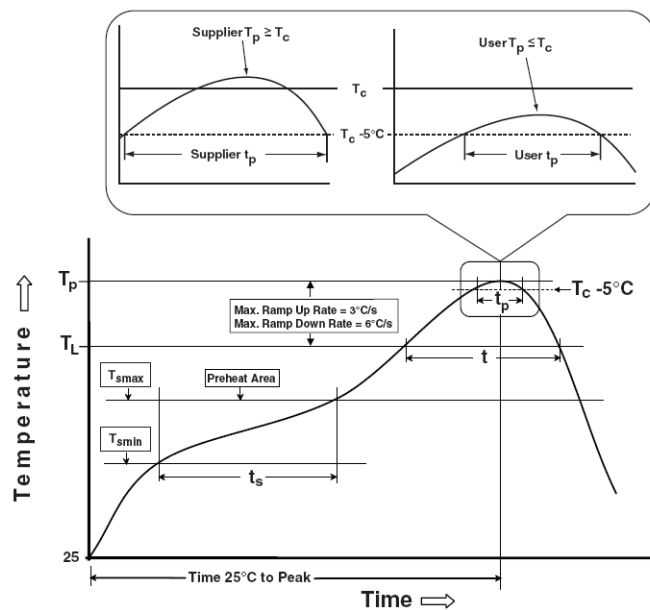
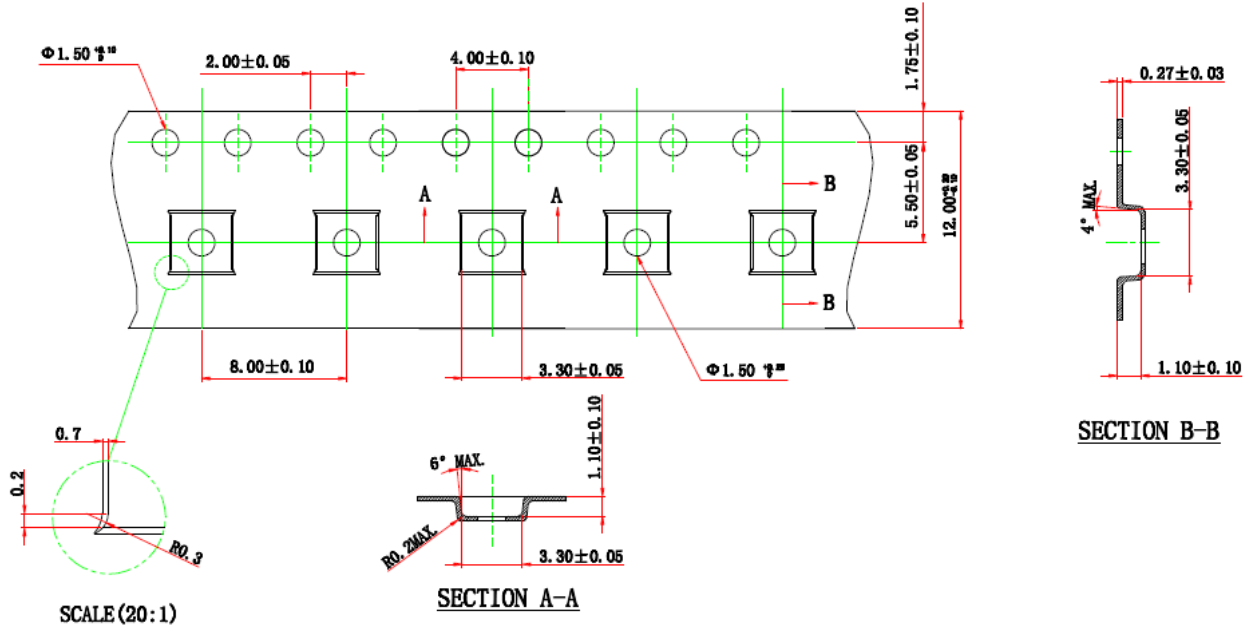


图8 回流焊接温度曲线

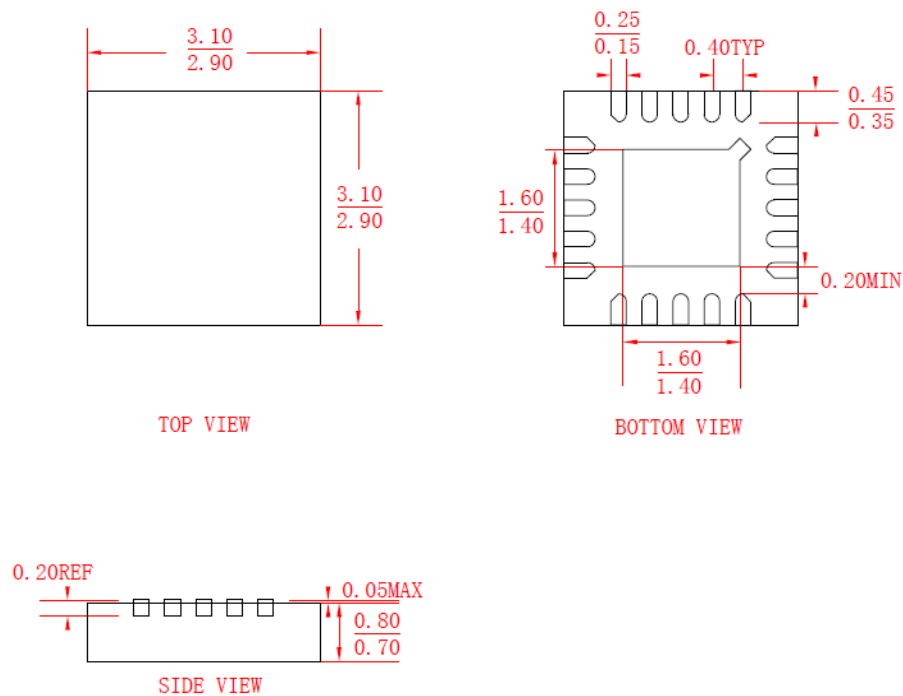
卷带包装信息



- NOTES: [技术要求]:
- CARRIER TAPE COLOR: BLACK [卷带颜色为黑色]
  - COVER TAPE WIDTH:  $9.80 \pm 0.10$  [覆盖9.8宽度卷带]
  - COVER TAPE COLOR: TRANSPARENT [卷带颜色无色透明]
  - SURFACE ANTISTATIC COATED  $10^9 \sim 10^{10}$  OHMS/SQ. [单位面积表面阻抗:  $10^9 \sim 10^{10}$  Ω/□]
  - 10 SPROCKET HOLE PITCH CUMULATIVE TOLERANCE  $\pm 0.20 \text{ MAX.}$  [10个特征定位孔间距累积公差:  $0.20 \text{ MAX.}$ ]
  - CAMBER NOT TO EXCEED 1 MM IN 100 MM [卷带直线度公差:  $\leq 1 \text{ mm}/100 \text{ mm}$ ]
  - MOLDING WBFBP(3×3) [卷带成型规格(3×3)]
  - ALL DIMS IN mm. [所有单位为mm]
  - BAN TO USE THE ENVIRONMENT-RELATED SUBSTANCES OF JICET PRESCRIBING. [禁止使用长电科技规定的一级环保管理物质]
  - THE DIRECTION OF VIEW: [视图方向:

## 封装信息

## QFN-20



注意：除非特殊说明，上图所有尺寸单位均为毫米（mm）。

## 重要声明

矽恩微电子有限公司不对本公司产品以外的任何电路的使用负责，也不提供其专利许可。矽恩微电子有限公司保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。客户应该在发送订单之前取得最新的相关信息并且核对信息的正确和完整性。