

## 概述

SIC9654S/SIC9654A/SIC9655/SIC9656 是一款高精度原边反馈的LED 恒流驱动芯片。芯片工作在电感电流断续模式，适用于85Vac~265Vac 全范围输入电压、功率18W/24W 以下的反激式隔离LED 恒流电源。

SIC9654S/SIC9654A/SIC9655/SIC9656 芯片内部集成650V 功率开关，采用原边反馈模式，无需次级反馈电路，也无需补偿电路，只需要极少的外围元件即可实现优异的恒流特性。芯片的工作电流极低，无需变压器辅助绕组检测和供电，进一步减少外围元器件，极大的节约了系统成本和体积。

SIC9654S/SIC9654A/SIC9655/SIC9656 芯片内带有高精度的电流采样电路，可实现高精度的LED 恒流输出和优异的线电压调整率。通过调整外部电阻可精确控制LED 开路电压。

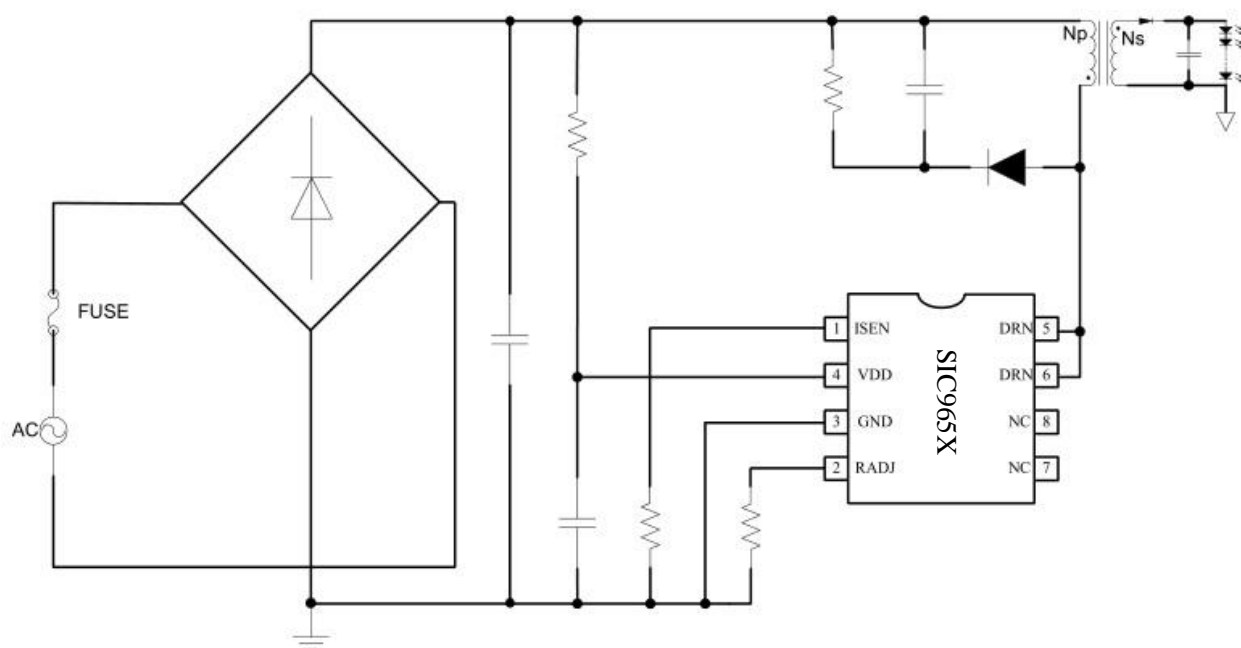
SIC9654S/SIC9654A/SIC9655/SIC9656 具有多重保护功能，包括 LED 开路/短路保护，RISEN 电阻短路保护，欠压保护，芯片温度过热调节等。

SIC9654S 采用 SOP-8 封装，SIC9654A/SIC9655/SIC9656 采用 DIP-7 封装。

## 特性

- 内部集成650V 功率管
- 原边反馈恒流控制，无需次级反馈电路
- 无需辅助绕组检测和供电
- LED开路电压可通过外部电阻调整
- 芯片超低工作电流
- 宽输入电压
- $\pm 5\%$  LED 输出电流精度
- LED 开路保护
- LED 短路保护
- ISEN电阻短路保护
- 芯片供电欠压保护
- 过热调节功能

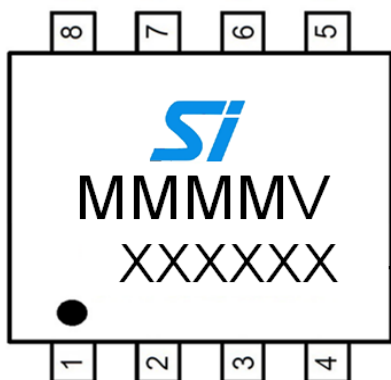
## 典型应用图



## 订购信息

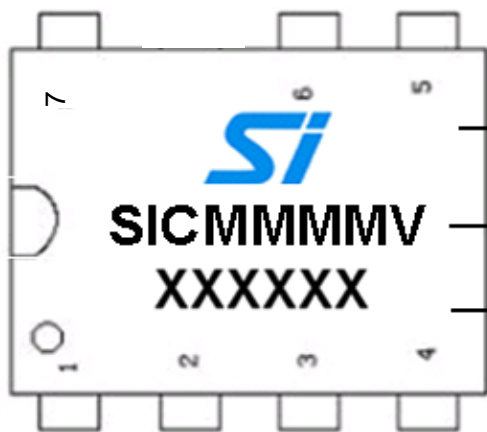
订购型号	封装	包装形式	打印
SIC9654A (SOP-8)	SOP-8	编带 4,000pcs/盘	Si 9654S XXXXXX
SIC9654A (DIP-7)	DIP-7	条管 50pcs/条	Si SIC9654A XXXXXX
SIC9655 (DIP-7)	DIP-7	条管 50pcs/条	Si SIC9655 XXXXXX
SIC96556 (DIP-7)	DIP-7	条管 50pcs/条	Si SIC9656 XXXXXX

## 引脚图



SOP-8 产品

“Si”-深爱公司产品徽标  
 MMMM--产品型号(4位); V--产品版本号(1位, 可选)  
 XXXXXX--批码(6位)



DIP-7 产品

“Si”-深爱公司产品徽标  
 MMMM--产品型号(4位); V--产品版本号(1位, 可选)  
 XXXXXX--批码(6位)

## 引脚说明

引脚号	符号	功能
1	ISEN	电流采样, 外接电阻
2	RADJ	设置开路保护, 外接电阻
3	GND	电源地
4	VDD	工作电源
5、6	DRN	功率 MOSFET 的漏端
7、8	NC	空脚

## 推荐工作范围

规格	符号	参数条件	范围	单位
SIC9654S	Pout1	输入电压 180-264V	15W	W
	Pout2	输入电压 85-264V	12W	
SIC9654A	Pout1	输入电压 180-264V	18W	W
	Pout2	输入电压 85-264V	12W	
SIC9655	Pout1	输入电压 180-264V	24W	W
	Pout2	输入电压 85-264V	18W	
SIC9656	Pout1	输入电压 180-264V	30W	W
	Pout2	输入电压 85-264V	24W	

注：超出“绝对最大额定值”可能损毁器件。推荐工作范围内器件可以工作，但不保证其特性长时间运行在绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

## 极限参数

项目	符号	参数范围	单位
漏极电压	VDRN	-0.3~650	V
电流采样端电压	VISEN	-0.3~6	V
电压保护端电压	VRadj	-0.3~6	V
最大工作电流	IDDMAX	10	mA
最大耗散功率(Ta=25°C)	P <sub>tot</sub>	0.90@ DIP-7	W
热阻结-环境	Rthj-a	80@ DIP-7	°C/W
工作结温范围	TJ	-40~125	°C
存储温度范围	TSTG	-55~150	°C
ESD		2,000	V

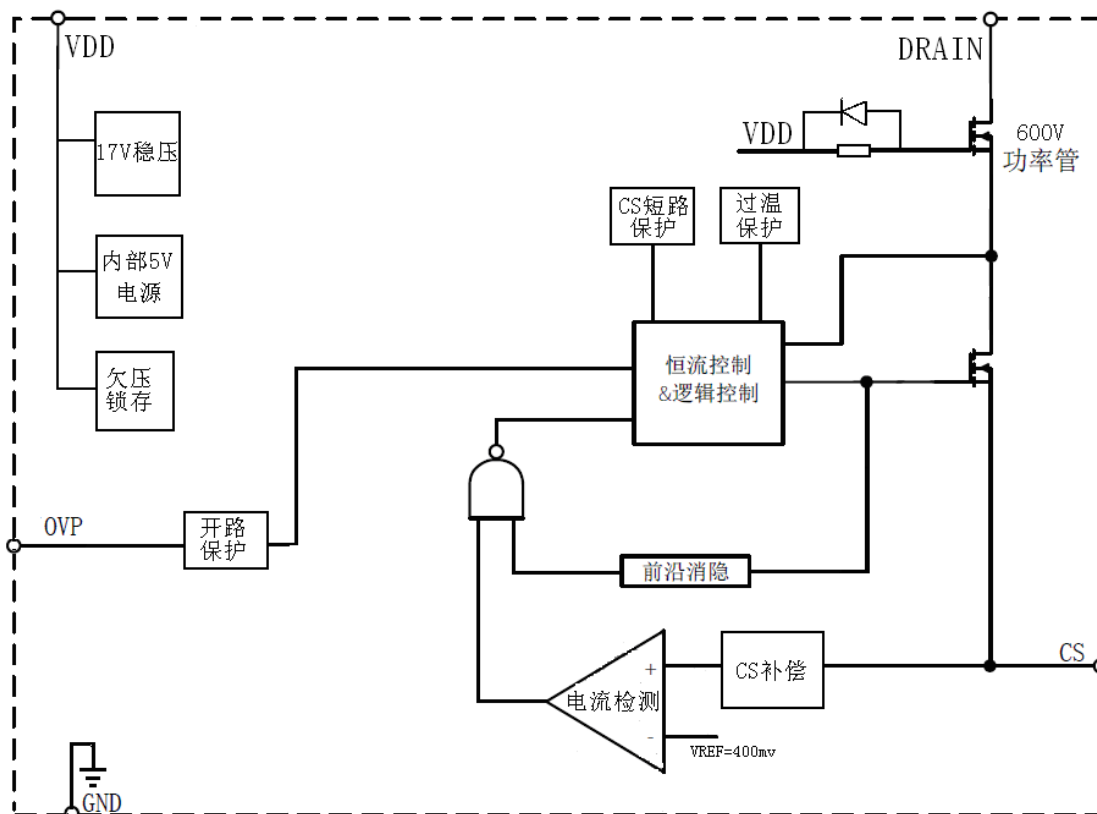
注：超过极限参数范围，本产品的性能及可靠性将得不到保障，实际使用中不得超过极限参数范围

## 电气特性

电气特性 (V <sub>DD</sub> =17V, T <sub>C</sub> = 25°C)						
项目	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDD 钳位电压	V <sub>DD_CLAMP</sub>	1mA		17		V
VDD 启动电压	V <sub>DD_ON</sub>	VDD 上升		14		V
VDD欠压保护阈值	V <sub>DD_UVLO</sub>	VDD 下降		9		V
VDD 启动电流	I <sub>ST</sub>	VDD= V <sub>DD_ON</sub> -1V		50	100	uA
VDD 工作电流	I <sub>OP</sub>	F =70KHZ		100	150	uA
电流检测阈值	V <sub>CS_TH</sub>		388	400	412	mV
前沿消隐时间	T <sub>LEB</sub>			500		ns
芯片关断延迟	T <sub>DELAY</sub>			200		ns
最小工作频率	F <sub>MIN</sub>			3		KHZ
最大工作频率	F <sub>MAX</sub>			120		KHZ
最大占空比	D <sub>MAX</sub>			42		%
Radj 引脚电压	V <sub>radj</sub>			0.5		V

项目	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	项目
SIC9654S	MOSFET 导通电阻	$R_{DS\_ON}$	$V_{GS}=15V/I_{DS}=0.5A$		4.5	5.5	$\Omega$
SIC9654A					4.0	5.0	
SIC9655					2.7	3.5	
SIC9656					2.5	2.8	
功率管的击穿电压	$B_{VDSS}$	$V_{GS}=0V/I_{DS}=250\mu A$	650				V
功率管漏电流	$I_{DSS}$	$V_{GS}=0V/V_{DS}=600V$				1	$\mu A$
过热调节温度	$T_{REG}$					150	$^{\circ}C$

## 功能框图



## 应用说明

SIC9654S/SIC9654A/SIC9655/SIC9656 是一款专用于 LED 照明的恒流驱动芯片，芯片内部集成 650V 功率开关，只需要极少的外围组件就可以达到优异的恒流特性。采用了原边反馈技术，芯片无需光耦及 TL431 反馈，也无需辅助绕组供电和检测，系统成本极低。

### 1、启动

系统上电后，母线电压通过启动电阻对电容充电，当 VDD 电压达到芯片开启阈值时，芯片内部控制电路开始工作。芯片内置 17V 稳压管，用于钳位 VDD 电压。芯片正常工作时，需要的 VDD 电流极低，所以无需辅助绕组供电。

### 2、恒流控制

芯片逐周期检测电感的峰值电流，ISEN 端连接到内部的峰值电流比较器的输入端，与内部 400mV 阈值电压进行比较，当 ISEN 电压达到内部检测阈值时，功率管关断。

变压器原边峰值电流的计算公式为：

$$I_{PK} = \frac{400}{R_{CS}} \text{ (mA)}$$

其中， $R_{ISEN}$  为电流采样电阻阻值。

$I_{SEN}$  比较器的输出还包括一个 500ns 前沿消隐时间。LED 输出电流计算公式为：

$$I_{LED} = \frac{I_{P\_PK}}{4} \times \frac{N_P}{N_S}$$

其中， $N_P$  是变压器主级绕组的匝数，

$N_S$  是变压器次级绕组的匝数，

$I_{P\_PK}$  是主级侧的峰值电流。

### 3、工作频率

系统工作在电感电流断续模式，无需环路补偿，最大占空比为 42%。推荐芯片最大工作频率为 120KHZ。芯片限制了系统的极限最小工作频率，以保证系统的稳定性。工作频率的计算公式为：

$$f = \frac{N_P^2 \times V_{LED}}{8 \times N_S^2 \times L_P \times I_{LED}}$$

其中， $L_P$  是变压器主级侧电感。

### 4、开路过压保护电阻设置

开路保护电压可以通过  $R_{ADJ}$  引脚电阻来设置， $R_{ADJ}$  引脚电压为 0.5V。

当 LED 开路时，输出电压逐渐上升，退磁时间变短。因此可以根据需要设定的开路保护电压，来计算退磁时间  $T_{ovp}$ 。

$$T_{ovp} \approx \frac{L_m \times V_{CS}}{N_{PS} \times R_{CS} \times V_{ovp}}$$

其中，

$L_m$  是原边电感量

$V_{ISEN}$  是  $I_{SEN}$  关断阈值 (400mV)

$N_{PS}$  是变压器的原副边匝比

$V_{ovp}$  是需要设定的过压保护点

然后根据  $T_{ovp}$  时间来计算  $R_{ovp}$  的电阻值，公式如下：

$$R_{ovp} \approx 5 * T_{ovp} * 10^6 \quad (\text{kohm})$$

#### 5、保护功能

SIC9654S/SIC9654A/SIC9655/SIC9656 内置多种保护功能,包括 LED 开路/短路保护,ISEN 电阻短路保护, $V_{DD}$  欠压保护,芯片温度过热调节等。当输出 LED 开路时,系统会触发过压保护逻辑并停止开关工作。

当 LED 短路时,系统工作在 5KHz 低频,ISEN 关断阈值降低到 200mV,所以功耗很低。当有些异常的情况发生时,比如 ISEN 采样电阻短路或者变压器饱和,芯片内部的快速探测电路会触发保护逻辑,系统马上停止开关工作。

系统进入保护状态后, $V_{DD}$  电压开始下降;当  $V_{DD}$  到达欠压保护阈值时,系统将重启。同时系统不断的检测负载状态,如果故障解除,系统会重新开始正常工作。

#### 6、过温调节功能

SIC9654S/SIC9654A/SIC9655/SIC9656 具有过热调节功能,在驱动电源过热时逐渐减小输出电流,从而控制输出功率和温升,使电源温度保持在设定值,以提高系统的可靠性。芯片内部设定过热调节温度点为 150℃。

#### 7、PCB 设计注意事项

在设计 SIC9654S/SIC9654A/SIC9655/SIC9656 PCB 时,需要遵循以下指南:

**旁路电容:** VDD 的旁路电容需要紧靠芯片 VDD 和 GND 引脚。

**Radj 电阻:** 开路保护电压设置电阻需要尽量靠近芯片 Radj 引脚。

**地线:** 电流采样电阻的功率地线尽可能短,且要和芯片的地线及其它小信号的地线分头接到母线电容的地端。

**功率环路的面积:** 减小功率环路的面积,如功率电感、功率管、母线电容的环路面积,以及功率电感、续流二极管、输出电容的环路面积,以减小 EMI 辐射。

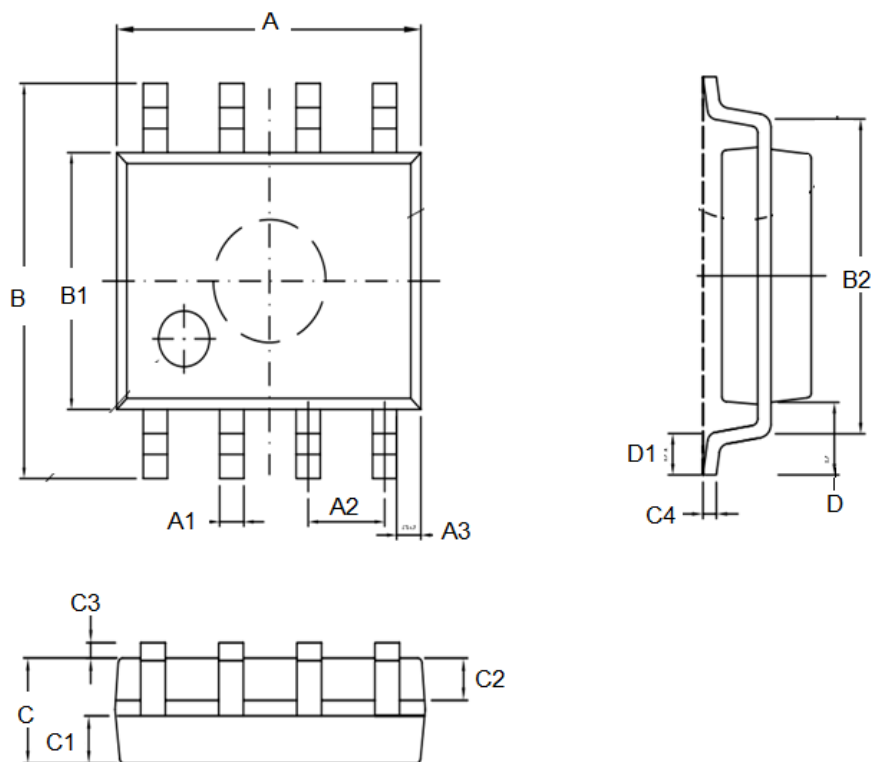
**NC 引脚:** NULL 引脚内部无连接,建议将其接到芯片地 (Pin1),加强 ROVP Pin 抗干扰能力。

**DRAIN 引脚:** 增加 DRAIN 引脚的铺铜面积以提高芯片散热。

## SOP8 封装机械尺寸 SOP8 MECHANICAL DATA

单位:毫米/UNIT: mm

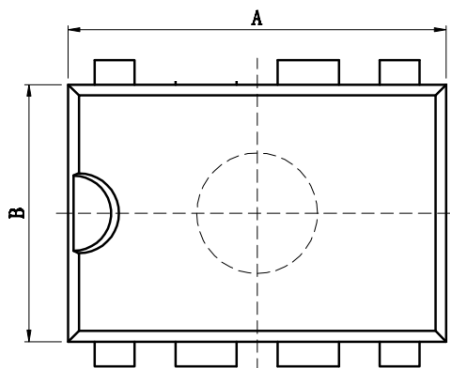
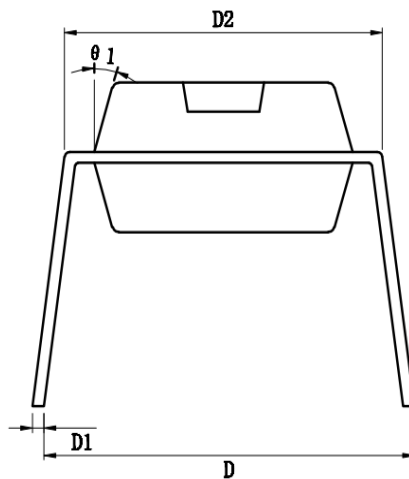
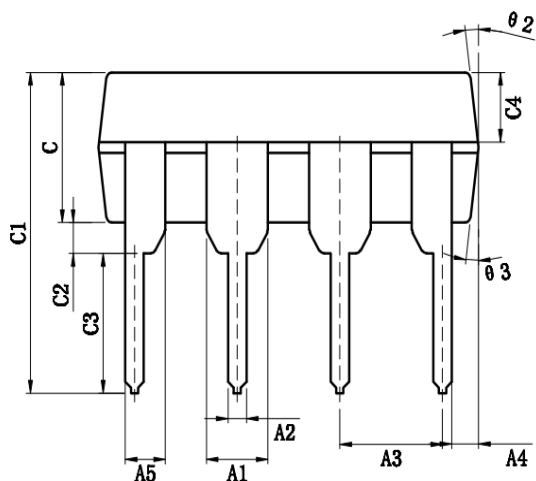
符号 SYMBOL	最小值 min	典型值 nom	最大值 max	符号 SYMBOL	最小值 min	典型值 nom	最大值 max
A	4.80		5.10	C	1.30		1.50
A1	0.37		0.47	C1	0.55		0.75
A2		1.27 TYP		C2	0.55		0.65
A3		0.41 TYP		C3	0.05		0.25
B	5.80		6.20	C4	0.19	0.20TYP	0.23
B1	3.80		4.00	D		1.05TYP	
B2		5.0TYP		D1	0.40		0.62



## DIP7 封装机械尺寸 DIP7 MECHANICAL DATA

单位:毫米/UNIT: mm

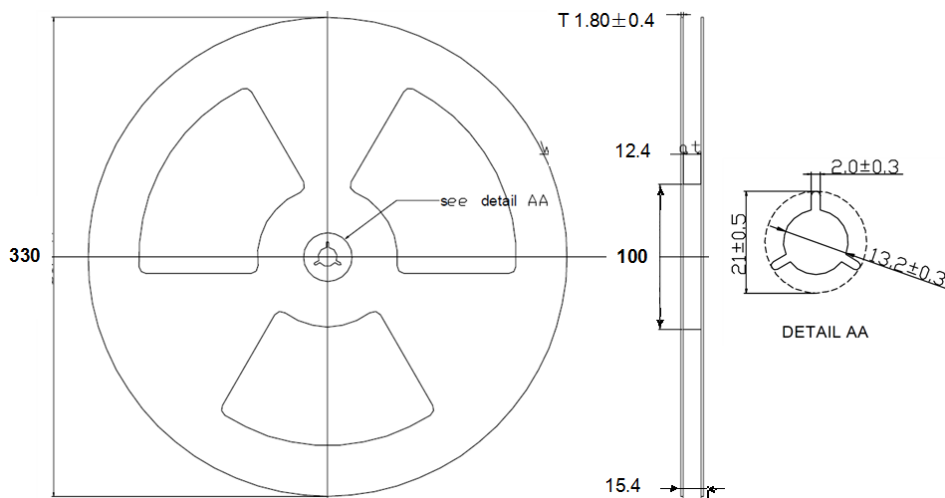
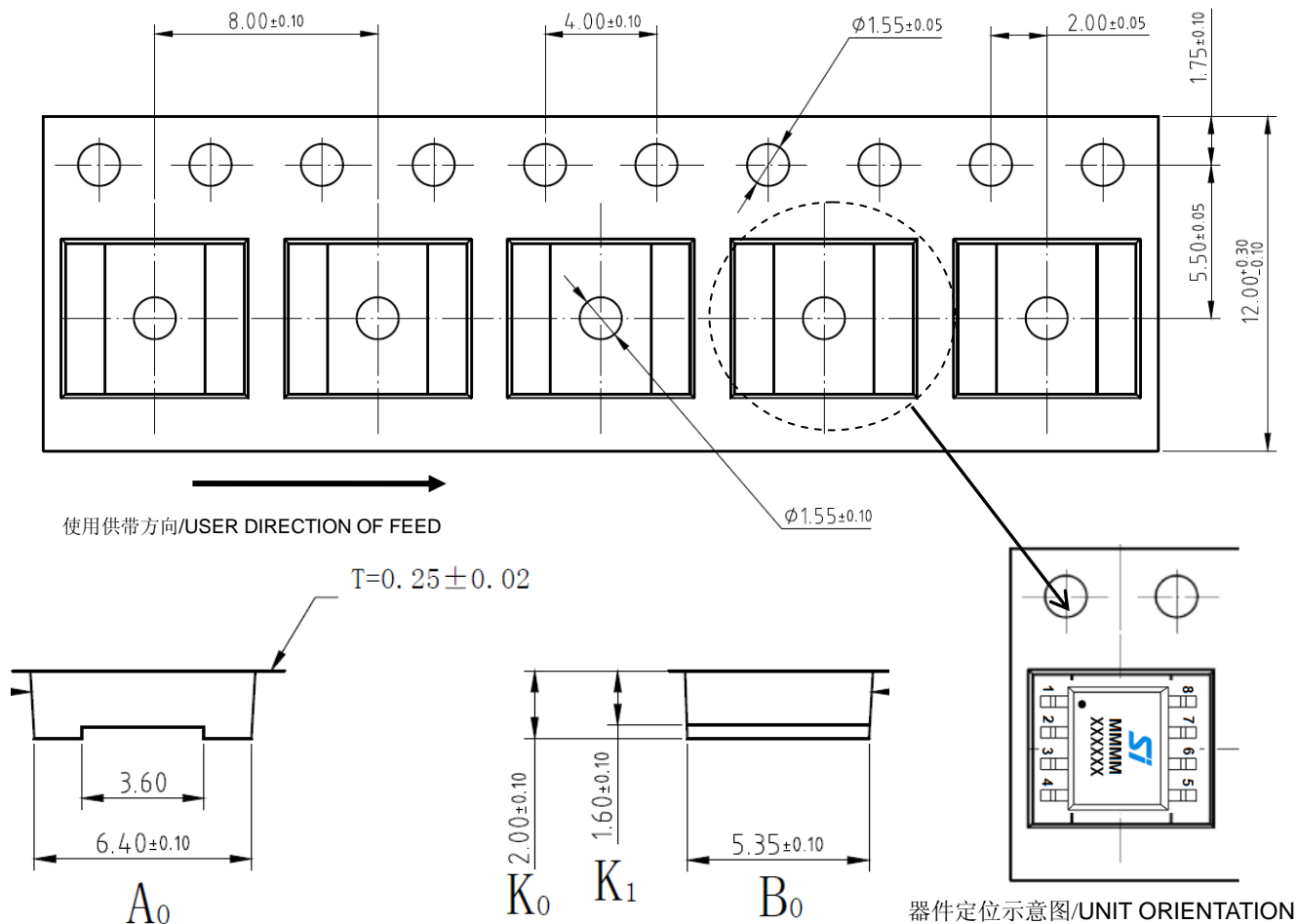
符号 SYMBOL	最小值 min	典型值 nom	最大值 max	符号 SYMBOL	最小值 min	典型值 nom	最大值 max
A	<b>9.10</b>		<b>9.50</b>	C2		0.50TYP	
A1	1.474		1.574	C3	3.20		3.40
A2	0.41		0.51	C4	1.47		1.57
A3	2.44		2.64	D	<b>8.00</b>		8.80
A4		0.51TYP		D1	0.244		0.264
A5		0.99TYP		D2	<b>7.45</b>		7.87
B	6.10		<b>6.40</b>	∅1		17°TYP4	
C	3.20		3.40	∅2		10°TYP4	
C1	<b>6.80</b>		<b>7.40</b>	∅3		8°TYP	





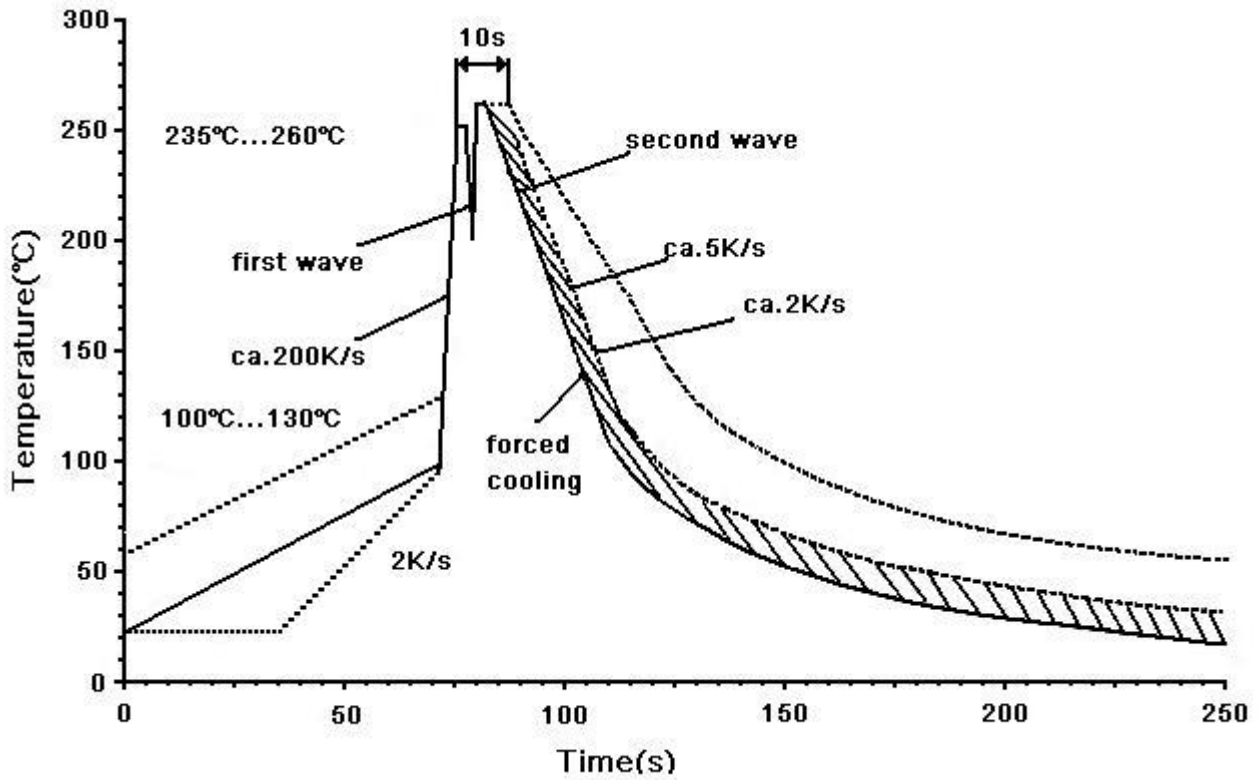
## SOP8 (13")编带规格 SOP8 (13")TAPE AND REEL DATA

单位:毫米/UNIT: mm

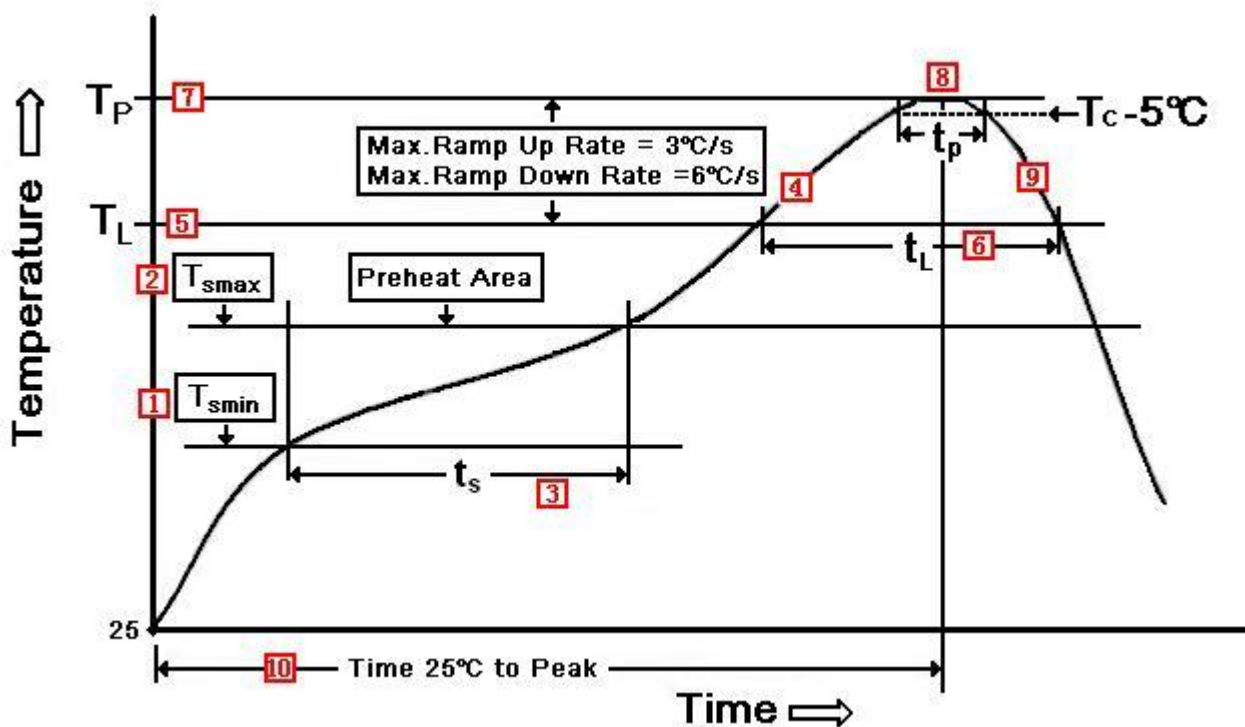


13"卷盘/REEL

### 波峰焊指引曲线



### 回流焊指引曲线



下表为回流焊具体数值:

关键数值	名称	主要特征值	安全可靠数值
R.1	Tsmin	预加热最小温度	150°C
R.2	Tsmax	预加热最大温度	200°C
R.3	ts	预热区加热时间 (Tsmin to Tsmax)	120sec
R.4	Dt/dt up	平均上升速率 (Tsmax to Tp)	3°C/sec max
R.5	TL	回流温度	217°C
R.6	tL	回流区内持续时间	Min.90 sec
R.7	Tp	峰值温度	Min.250 for package <350mm3 Min.245 for package <350mm3
R.8	tp	熔断点时间	Min.30 sec
R.9	dT/dt down	平均下降速率 (Tp to Tsmax)	6°C/sec max
R.10	Tpeak	从 25°C 上升至峰值温度所需时间	8 min max

修订历史

版本号	修订时间	修订内容
6.1	2018-3-7	增加有关波峰焊与回流焊的信息