

离线式开关电源开关芯片

SM8513

一、概述：

SM8513 是一款高性能离线式小功率 PWM AC/DC 开关电源控制芯片，具有精确控制恒压/恒流输出性能。SM8513 只需采样原边信号来控制系统输出，可节省光耦和 431 等元件。SM8513 主要应用于低功率 AC/DC LED 照明驱动、充电器和适配器。

SM8513 采用软启动技术和多种可自动恢复的安全保护技术。包括：逐周期电流检测控制，VDD 过压保护，VDD 电压嵌位和 VDD 欠压锁定。SM8513 的线损补偿技术可以实现良好的负载调节。

二、特色说明：

1. 全电压范围可分别实现 5%恒压(CV)、5%恒流(CC) 输出
2. 原边控制，省光耦、431 等元件
3. 可调节的 CC 和 CV 模式
4. 可调整恒流电流点与输出功率
5. 峰值电流自适应调制
6. 原边电感量补偿
7. 可调节的线损补偿
8. 开机软启动
9. 前沿消隐(LEB)
10. 逐周期电流限制
11. VDD 欠压锁定、过压保护、电压嵌位

三、应用：

1. AC/DC LED 照明驱动
2. AC/DC 充电器、电源适配器

四、内部功能简单框图：

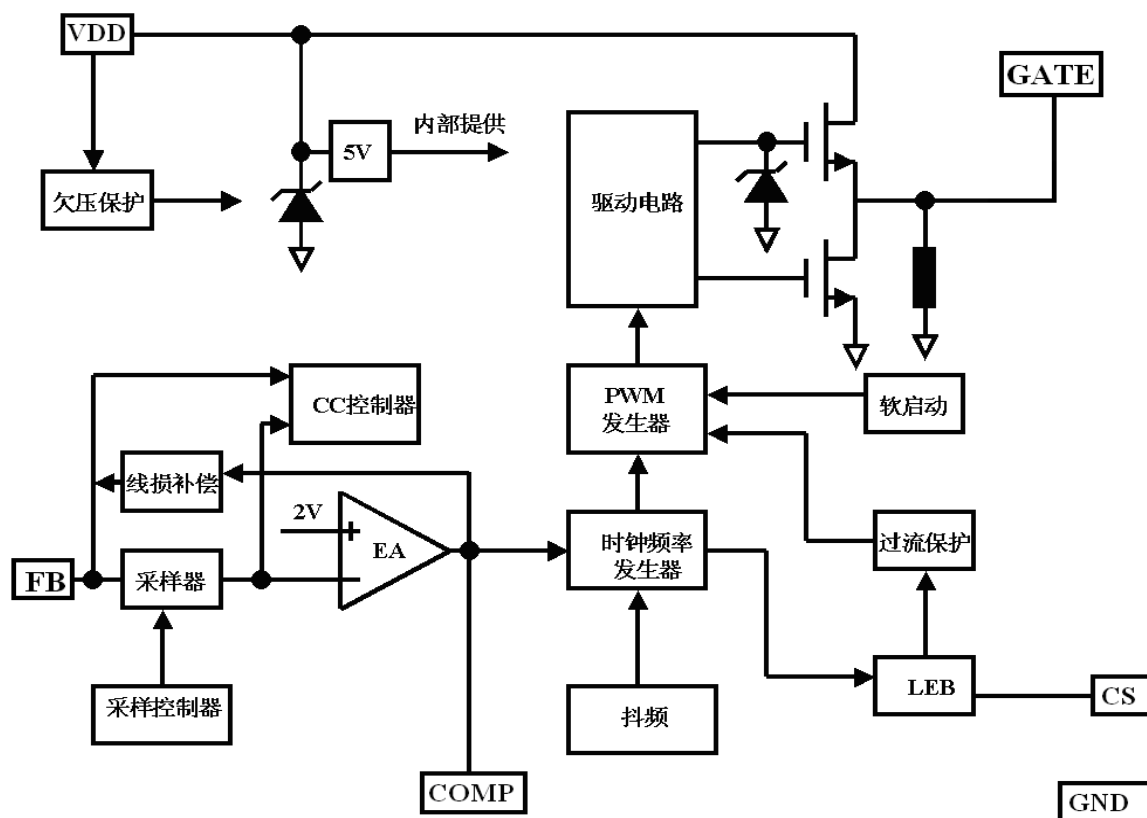
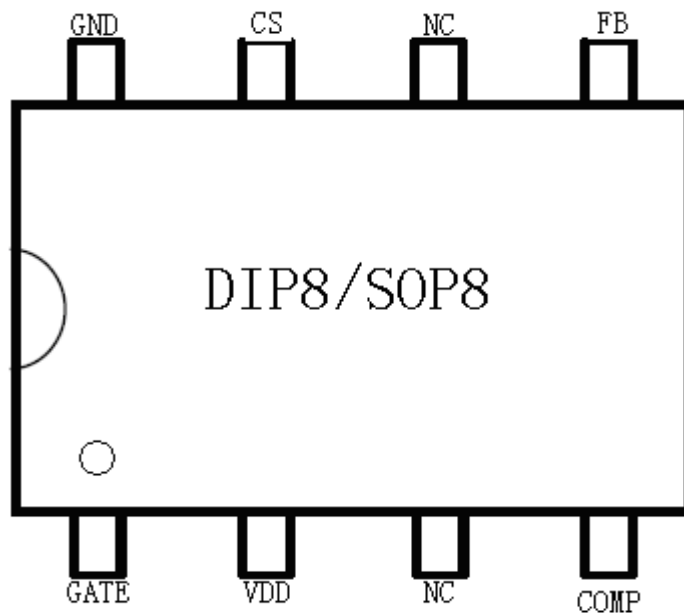


图 1 芯片内部功能框图

五、封装示意图



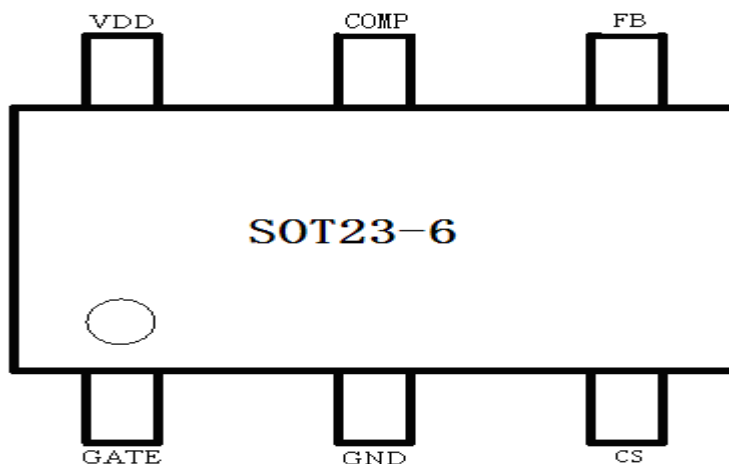


图 2 封装管脚图

六、管脚说明

管脚号		管脚名称	功能说明
DIP8/SOP8	SOT23-6		
1	1	GATE	驱动输出
2	6	VDD	芯片电源
4	5	COMP	恒压环路补偿输入
5	4	FB	反馈输入，反应系统的输出电压，PWM 占空比变化取决于 FB 误差放大和 SENSE 脚的输入电压
7	3	CS	电流检测输入
8	2	GND	芯片地
3、6		NC	悬空脚

七、元件参数 极限参数 (TA= 25°C)

符号	说明	范围	单位
VDD	芯片工作电压	-0.3~VDDclamp	V
VDDclamp	芯片嵌位电压	VDDOVP+0.1	V
IDDclamp	芯片嵌位电流	10	mA
VFB	FB 输入电压	-0.3——7	V
VCOMP	C 入电压	-0.3——7	V
VCS	CS 输入电压	-0.3——7	V
Tj	结温	-20——150	°C
Tstg	存储温度	-55——150	°C
VESD	人体放电模式	3000	V
Rθja	热阻	90	°C/W

八、电气工作参数

(除非特殊说明, 下列条件均为 $T_A=25^{\circ}\text{C}$)

符号	参数	测试条件	最小值	类型	最大值	单位
芯片 VDD 工作部分						
$I_{DDstart}$	启动电流	VDD=13V		5	20	μA
I_{DDop}	工作电流	FB=2V, CS=0V, VDD=20V	-	2.5	3.5	mA
V_{DDOFF}	VDD 关闭电压		7.5	8.5	10	V
V_{DDON}	VDD 启动电压		13.5	14.5	16.0	V
$V_{DDclamp}$	VDD 嵌位电压	$I_{DD}=10\text{mA}$	30.5	32.5	34.5	V
V_{DDOVP}	VDD 过压保护电平	VDD 上升 MOS 常断开	27.5	29.5	31.5	V
CS 电流检测输入部分						
T_{LEB}	LEB 时间			540		ns
V_{th_oc}	过流阈值		870	900	930	mV
T_{d_oc}	OCP 延时			150		ns
Z_{sense_IN}	输入阻抗			50		K Ω
T_{ss}	软启动时间			10		ms
频率部分						
$Freq_Max$	IC 最大频率		66	72	78	KHz
$Freq_Nom$	系统开关频率			60		KHz
$Freq_startup$		FB=0V, COMP=5V		14		KHz
$\Delta f/Freq$	抖频范围			± 4		%
FB 误差放大器部分						
V_{ref_EA}	EA 参考电压		1.97	2	2.03	V
Gain	EA 的 DC 放大系数			60		DB
I_{COMP_MAX}	最大线补偿电流	FB=2V, COMP=0V		42		μA

九、电路原理图

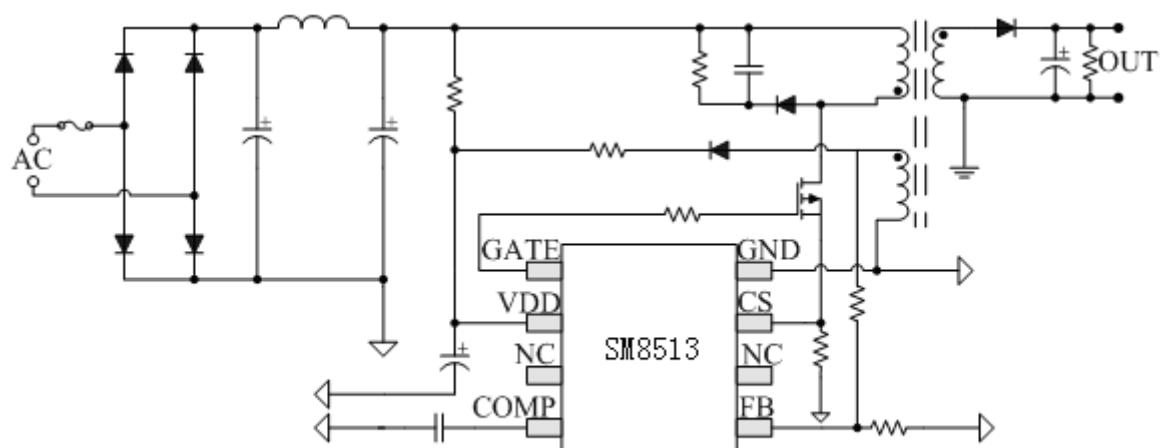


图 3 SM8513 电路原理图

十、功能表述

SM8513 是高度集成的 AC/DC 离线式小功率电源的 PWM 开关芯片，可应用于 LED 照明驱动、充电器、适配器电源。SM8513 通过采样原边信号来控制系统次级输出，可节省 431、光耦等相关器件。SM8513 的恒压(CV)、恒流(CC)两种工作模式，可分别精确的控制实现恒压、恒流输出。

- 启动电流和启动控制

SM8513 的启动电流很小，因此 VDD 电压可迅速达到欠压锁定的门限值，并且实现快速启动。并且应用系统中可以用一个较大的启动电阻就可满足芯片的启动电流要求，减小能量消耗。

- 工作电流

SM8513 的工作电流很小，只有 2.5mA。芯片的小工作电流和多模控制的特点提高了系统的传输效率。

- 软启动

SM8513 内部采用软启动控制方式来减小电源在启动瞬间输出电压过冲。当 VDD 电压达到芯片启动电压时，控制算法会控制芯片的限流门限电压从 0V 逐渐地增大到芯片正常的限流电压 0.9V。软启动电路会控制芯片每次重启过程。

- 恒流(CC)/恒压(CV)模式

在充电器应用方案中，充电电池的充电曲线首先从恒流阶段开始，直到电池充满，然后平缓的切换到恒压曲线阶段。

在 AC/DC 的电源适配器方案中，系统只正常工作在恒压曲线部分，恒流部分只实现限制输出电流的作用。在恒压工作模式中，芯片只通过原边信号来控制系统恒压输出。在恒流工作模式中，芯片只控制输出电流恒定，而输出电压逐渐下降。

- 工作原理

为了达到 SM8513 特有的恒流/恒压控制，反激电源应用系统必需工作在不连续模式 (DCM) 下。

芯片通过检测辅助线圈的电压来实现检测不连续模式下的反激电源的输出电压。当 MOS 导通时，负载电流由输出电容提供，而原边电流斜坡上升。当 MOS 断开时原边电流被传输到副边，其电流幅值为：

$$I_s = \frac{N_p}{N_s} I_p \quad (1)$$

辅助线圈电压值反映了系统的输出电压，其关系可表示为：

$$V_A = \frac{N_A}{N_s} (V_O + \Delta V) \quad (2)$$

其中 ΔV 是输出二极管的正向压降。

应用方案将辅助线圈的电压通过一个电阻分压电路输入到芯片的反馈端 FB，芯片采样辅助线圈消磁时间末端的电压，并将采样的电压值一直保持到下一次采样。每次采样得到的电压会和芯片内部的基准电压 $V_{ref}(2.0V)$ 进行比较，得到放大的误差信号。而误差放大器的输出脚 COMP 反映了负载情况，并且通过误差信号控制 PWM 的开关频率从而调整输出电压，使得输出电压保持恒定。

当采样电压低于 V_{ref} 时，误差放大器的输出电压 V_{COMP} 会达到最大值，开关频率由反馈采样电压控制，通过输出电压来调整输出电流，从而获得稳定恒流电流。

● 恒流电流和输出功率调整

SM8513 的恒流点和最大输出功率可以通过在 CS 脚外接的电流检测电阻 R_s 来调整，而输出功率随恒流点变化。当 R_s 增大，恒流点就会减小，输出功率就会降低，反之则相反。

● 工作频率

SM8513 的开关频率由带载大小和芯片工作模式来控制，不需要外接频率设置元件。在最大输出功率时，开关频率由芯片内部限制到 60Khz。

在不连续模式的反激电源中，最大输出功率为：

$$P_{O_{MAX}} = \frac{1}{2} L_p I_p^2 F_{SW} \quad (3)$$

其中 L_p 为原边线圈电感量， I_p 为原边线圈峰值电流。

由公式 3 可知，原边线圈电感量的改变会导致最大输出功率和恒流模式下输出的恒流电流的变化。为了补偿原边电感量变化，芯片内部环路将开关频率锁定，锁定的开关频率可表示为：

$$F_{SW} = \frac{1}{2 T_{DEMAG}} \quad (4)$$

因为消磁时间 T_{DEMAG} 和电感量成反比，通过频率锁定， L_p 和 F_{SW} 的乘积保持不变。

所以最大输出功率和恒流模式下的恒流电流不会随原边电感量变化。SM8513 能最大补偿电感量 $\pm 10\%$ 的变化。

- **抖频**

SM8513 采用了抖频技术。通过调制震荡频率，可以将噪音的能量频谱展开，达到减小 EMI 的效果，并使系统设计更简单。

- **电流检测和 LEB**

SM8513 电流模式的 PWM 控制中提供了逐周期电流限制。开关电流通过外接的检测电阻输入芯片限流脚 CS。芯片内部的前沿消隐电路将检测到的 MOS 导通瞬间的电压尖峰忽略，因此在电流检测脚可不接 RC 滤波电路。电流检测脚的输入电压与误差放大器的输出电压共同决定 PWM 占空比。

- **GATE 驱动**

SM8513 内部采用一种专用驱动电路驱动功率 MOS 来进行功率开关控制。如果驱动电路驱动能力太弱会增加 MOS 的开关损耗，而驱动电路驱动能力太强时，系统的 EMI 性能又会变差。

- **线损补偿**

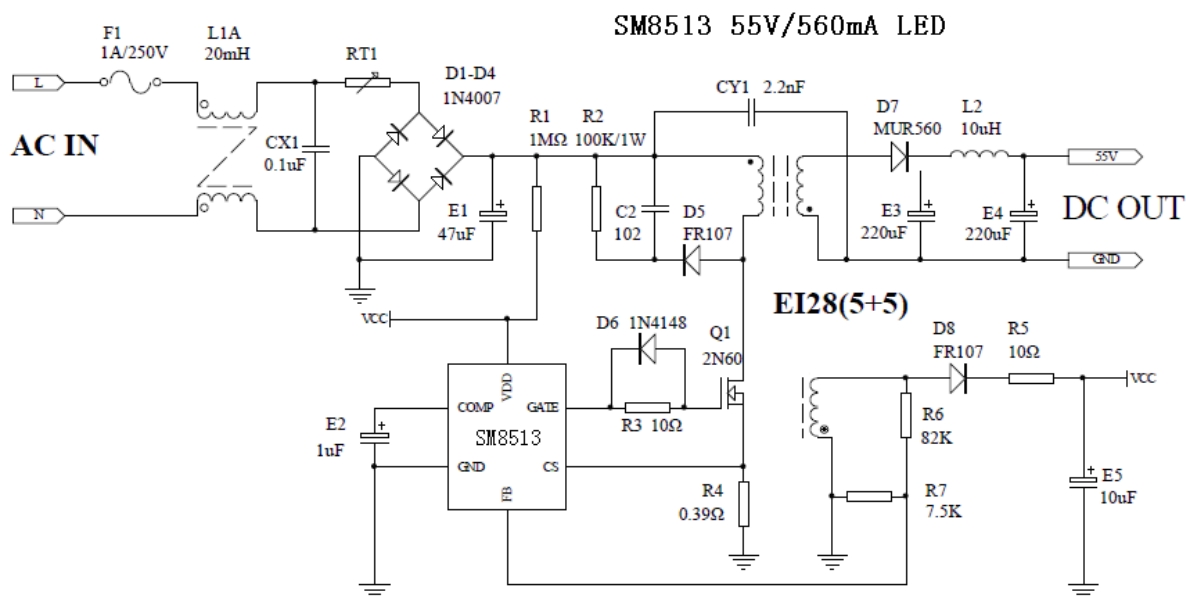
SM8513 通过内置线损补偿来实现优秀的负载调整。芯片 FB 输出电流经分压电阻产生一个补偿电压，来实现负载补偿。由于 FB 电流和 COMP 脚电压成反比，因此 FB 电流与输出负载电流成反比，从而使由于线压降而损失的输出电压得以补偿。当负载电流从满载降到空载，FB 产生的补偿电压会逐渐升高。因此通过改变分压电路的电阻阻值，可以补偿不同线损对输出电压的影响。

- **保护控制**

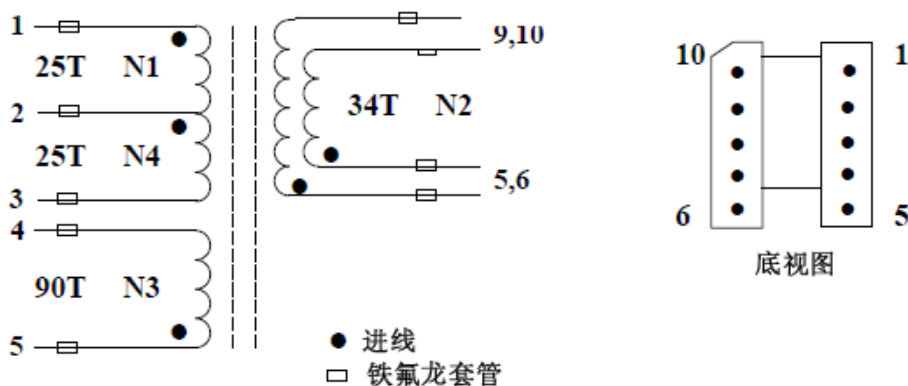
SM8513 的保护功能提高了电源系统的可靠性，包括：逐周期电流限制 (OCP), VDD 嵌位，软启动和欠压锁定等。

芯片正常工作时，由变压器辅助线圈提供芯片 VDD 电压。当 VDD 降到低于 VDD 关闭电压时，系统没有输出，芯片进入重启过程。

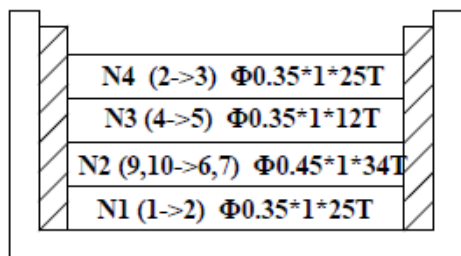
十一、典型应用方案



SM8513 55V/560mA LED



绕制方法与顺序

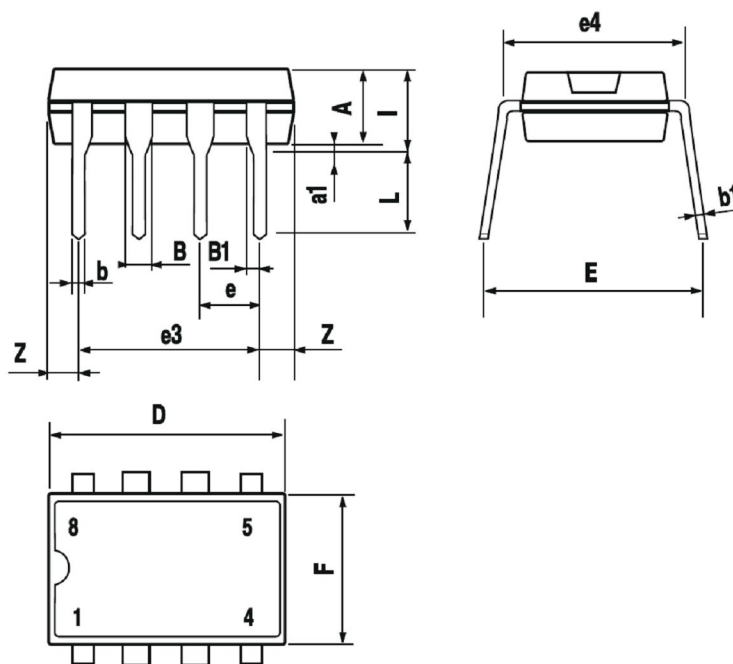


制作说明:

- 1、骨架 EI28(5+5) 普通磁芯
- 2、电感量: $L_p=0.8mH$ 漏感为 L_p 的5%以下
- 3、初级对次级打3500VAC漏电流 $<2mA(60s)$
- 4、初级对磁芯打1500VAC漏电流 $<2mA(60s)$
- 5、次级对磁芯打1500VAC漏电流 $<2mA(60s)$
- 6、DC500V绕组与磁芯之间 $1min$ 大于 $100M\Omega$
- 7、DC500V绕组与绕组之间 $1min$ 大于 $100M\Omega$

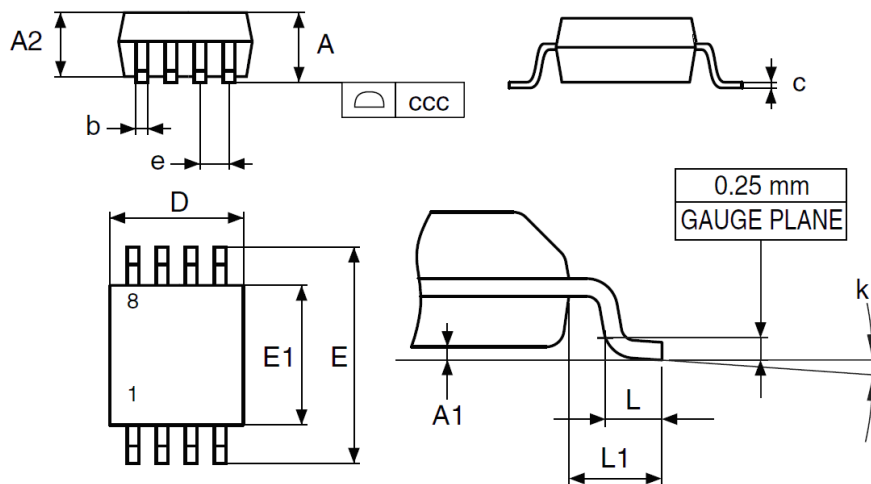
十二、封装形式

DIP8 封装形式:



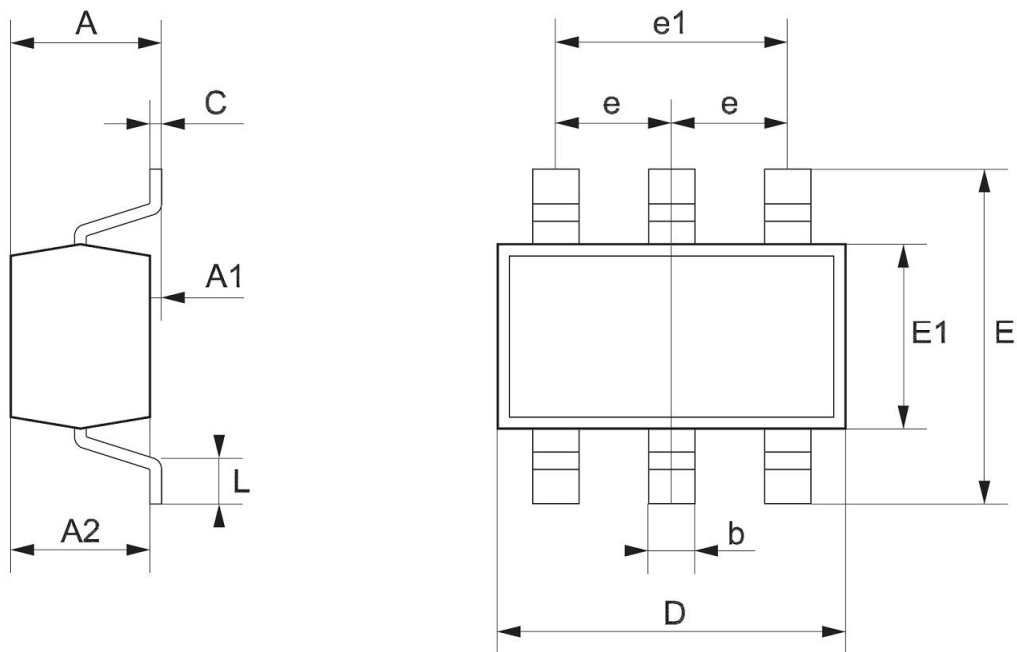
DIMENSIONS						
REF.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A		3.3			0.130	
a1	0.7			0.028		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
B1	0.91		1.04	0.036		0.041
b		0.5			0.020	
b1	0.38		0.5	0.015		0.020
D			9.8			0.386
E		8.8			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		7.62			0.300	
e4		7.62			0.300	
F			7.1			0.280
I			4.8			0.189
L		3.3			0.130	
Z	0.44			0.017		0.063

SOP8 封装形式:



DEMENSIONS						
REF.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.0689
A1	0.1		0.25	0.0039		0.0098
A2	1.25			0.0492		
b	0.28		0.48	0.011		0.0189
c	0.17		0.23	0.0067		0.0091
ccc			0.1			0.0039
D	4.8	4.9	5	0.189	0.1929	0.1969
E	5.8	6	6.2	0.2283	0.2362	0.2411
E1	3.8	3.9	4	0.1496	0.1535	0.1575
e		1.27			0.05	
h	0.25		0.5	0.0098		0.0197
k	0		8	0		8
L	0.4		1.27	0.0157		0.05
L1		1.04			0.0409	

SOT23-6 封装形式:



DIMENSIONS						
REF.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	0.90		1.45	0.354		0.571
A1	0.00		0.15	0.00		0.059
A2	0.90		1.30	0.354		0.512
b	0.35		0.50	0.137		0.197
C	0.09		0.20	0.035		0.078
D	2.80		3.00	1.102		1.1181
E	2.60		3.00	1.023		1.1181
E1	1.50		1.75	0.590		0.688
e		0.95			0.374	
e1		1.9			0.748	
L	0.35		0.55	0.137		0.216