具有恒流恒压控制的 PWM 降压转换器

■ 芯片概述

该芯片为宽电压输入、高效率的降压转换器，可工作于恒压输出或者恒流输出模式，在 125kHz 的开关频率时输出电流可高达 3.1A。

无需在主电流回路上串联采样电阻便可实现恒流输出控制。集成了自适应的栅极驱动，在实现高效率转换时无需额外增加任何 EMI 器件便可达到很好的 EMI 性能，通过 EN55022 的 B 级 EMC 标准。

集成的保护包括逐周期电流限制、过温关断及短路频率折返。

该芯片采用 ESOP8 封装，应用外围需求器件较少。

■ 典型应用

- 车载充电器
- 通用恒流/恒压电源
- 可再充电的便携设备

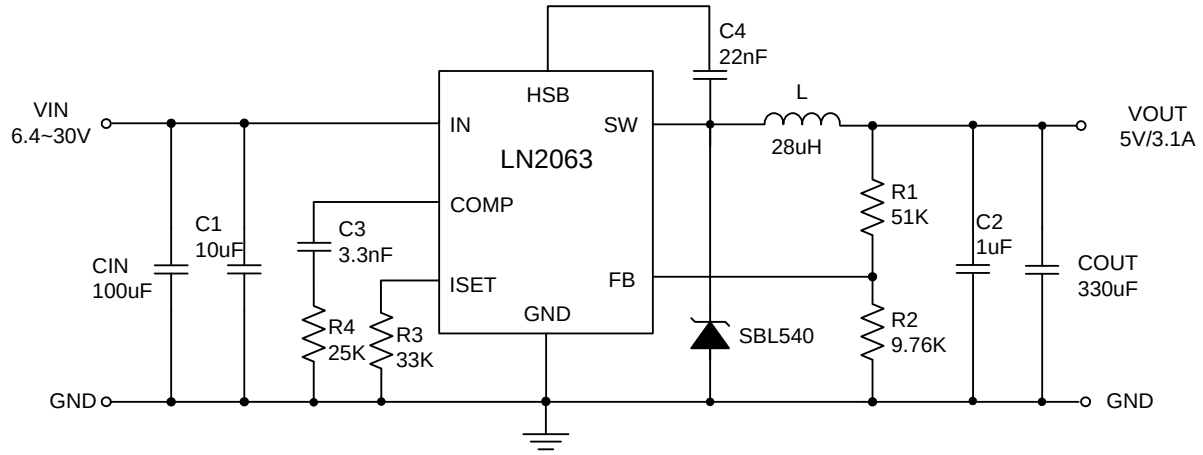
■ 特点

- 输出电流 3.1A
- 125K 工作频率，整机易过 EMI
- 效率达 91%（Vout=5V@2.4A at Vin=12V）
- 可外编程线损补偿
- 过流、过压(冲击)，过温、欠压保护
- 内置软启动
- 恒流精度±7.5%
- 恒压精度±2%
- High-Side Rdson 50mΩ

■ 封装

- ESOP8

■ 典型应用

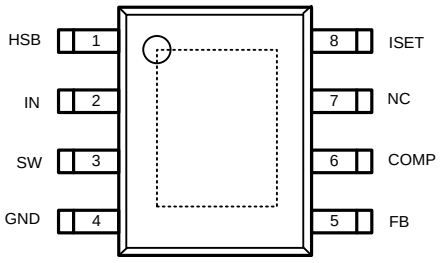


■ 订购信息

LN2063 ①②-③

项目	符号	描述
①	封装形式	
	S	ESOP8
②	卷盘编带	
	R	编带方向正向
	L	编带方向反向
③	G	绿料

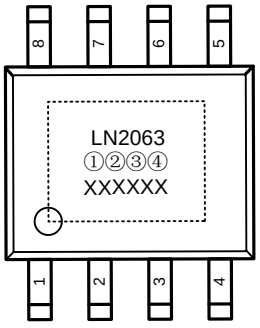
■ 管脚示意图和功能



ESOP8
(TOP VIEW)

管脚	管脚名	功能
1	HSB	上端电源旁路引脚，该引脚连接一个电容到 SW 引脚，以提供芯片内部的上端开关管的栅极驱动能量。
2	IN	电源输入引脚，该引脚连接一个电容到 GND 引脚。
3	SW	功率开关输出引脚，连接到电感。
4	GND	接地引脚，需要直接通过铜或通孔连到裸露铜面，以便有良好散热及抗干扰性。与 FB，COMP 及 ISET 信号相关的通路连接到信号地，信号地与功率地要做抗干扰处理。
5	FB	反馈输入引脚，该引脚电压为 800mV，连接到输出与 GND 之前的分压电阻，并可通过调节分压电阻的比率调节输出的电压。
6	COMP	误差运放输出引脚，用于对转换器进行补偿。
7	NC	浮空脚。
8	ISET	输出电流设置引脚，连接一个电阻到 GND 以设置输出电流。
Exposed Pad	Exposed Pad	散热引脚，连接到 PCB 上的裸露散热区。

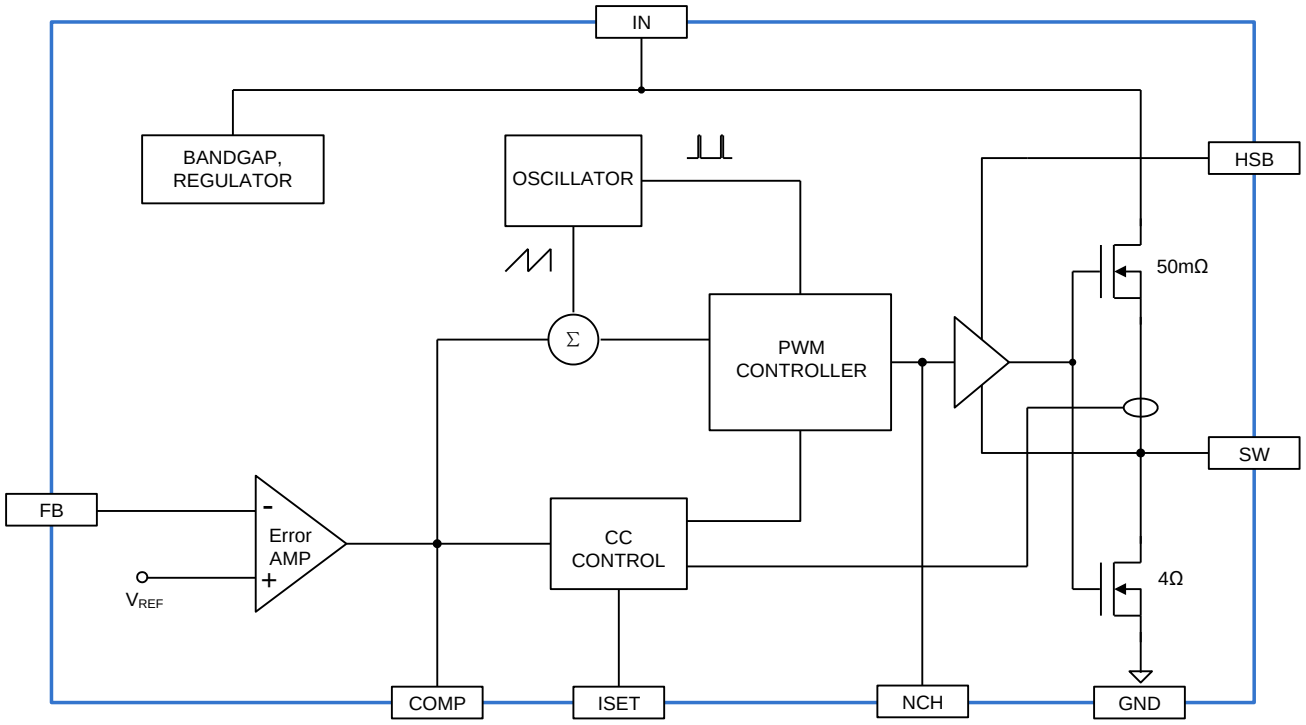
■ 打印信息



ESOP8
(TOP VIEW)

符号	描述
第一行	产品系列号：例如 LN2063
第二行	晶圆版本号
第三行	质量信息，用于内部质量追踪

■ 功能框图



■ 最大极限参数

项目	符号	极限范围	单位
IN到GND	V_{IN}	-0.3 到 32	V
SW到GND	V_{SW}	-1 到 V_{IN}+1	V
HSB到GND	V_{GATE}	V_{SW}-0.3 到 V_{SW}+7	V
FB, ISET, COMP到GND	I_{VIN}	-0.3 到 6	V
存储温度范围	T_{STG}	-40 到 150	℃
工作结温	T_J	-40 到 150	℃
ESD HBM模式	V_{ESD}	4000	V

■ 电参数

项目	条件	最小	典型	最大	单位
输入电压浪涌	-	-	-	32	V
VIN 开启电压	输入电压上升	5.6	6	6.4	V
VIN UVLO 迟滞	输入电压下降	-	0.5	-	V
待机电流	VFB=1V，无开关振荡	-	0.88	1.4	mA
反馈电压	-	785	800	815	mV
内部软启时间	-	-	500	-	μs
误差运放跨导	VFB=VCOMP=0.8V ΔICOMP=±10μA	-	650	-	μA/V
误差运放直流增益	-	-	4000	-	V/V
开关频率	VFB=0.8V	-	125	-	kHz
折叠开关频率	VFB=0V	-	18	-	kHz
最大占空比	-	-	87	-	%
最小开启时间	-	-	300	-	ns
峰值电流相对于 COMP 电压的跨导	VCOMP=1.7V	-	3.47	-	A/V
逐周期峰值电流限制	-	-	6.4	-	A
斜坡补偿	Duty=DMAX	-	3	-	A
ISET 电压	-	-	1	-	V
室温下 IOUT 相对于 ISET 直流增益	IOUT/ISET，RISET=25kΩ	-	90000	-	A/A
恒流	RISET=24.9kΩ, VOUT=4.0V	-	3500	-	mA
上端功率管导通电阻	不含绑定线	-	50	-	mΩ
过温保护	温度上升，开关停止	-	155	-	℃
过温保护解除迟滞	-	-	25	-	℃

■ 应用信息

● 恒流/恒压校准

LN2063 是具有恒流恒压控制的脉宽调制电流模转换器，工作如下：

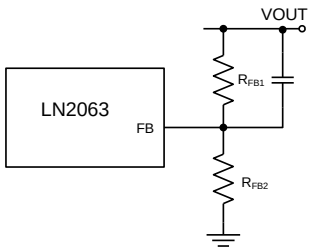
振荡器的下降沿触发并打开内置上端功率管，同时关闭下端功率管，与电感连接的 SW 端通过上端功率管连接到了 IN 端，电感电流斜坡上升并储能在电感里。电流采样放大器监测电感的电流，并把采样的信号叠加到振荡器的斜坡信号上。如果叠加后的信号高于COMP的电压，PWM比较器输出高电平。当 PWM 比较器输出高电平或者振荡器时钟输出高压平时，上端功率管将被关断。此时由于电感续流的特性，SW 端的电压相对于地 GND 会跳到低于 GND 一个正向正极管的电压，导致电感电流下降并将能量传递到输出，这样的状态持续到下一个周期开始。上端功率管由以 HSB 为正极电源的逻辑电路驱动，当下端功率管开启时 HSB 引脚被充电到 VSW+5V。COMP 引脚的电压为输入FB与芯片内部基准电压0.8V的误差放大输出。如果 FB 比内部基准电压低，COMP 的电压就会升高以便增加输出的电流。输出的电流将增加到 ISET 引脚的电阻所设置的内部电流极限值，此时这个应用系统会从输出电压调准转换到输出电流调准的模式，输出的电压会随着负载电流的增加而下降。

通常情况下开关的频率为 125kHz，如果 FB 电压低于 0.6V，开关频率将逐渐减小直到 18kHz，此时 FB=0.15V。

● 过温保护

温度高于 155°C 时 IC 关断，且温度下降 25 度后降压转换系统将重新启动并工作。

● 输出电压设置

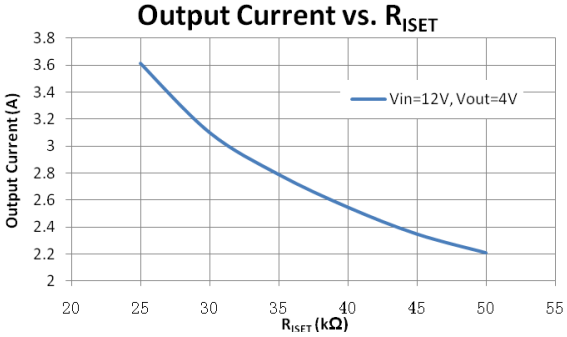


如图所示，选定连接到 VOUT 不同比例的 R_{FB1} 与 R_{FB2}，通常选 R_{FB2}=10KΩ，则 R_{FB1} 可以由下式确定：

$$R_{FB1} = R_{FB2}\left(\frac{V_{OUT}}{0.8V} - 1\right)$$

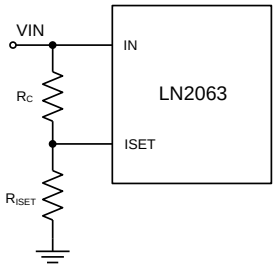
● 输出恒流设置

连接于 ISET 引脚与地之间的电阻用来设置恒定电流值，恒流输出的电流线性正比于 ISET 引脚流出的电流。ISET 的电压为 1V，从 ISET 到输出的电流增益约为 90000。输出电流与 ISET 引脚的电阻关系可参照下图。



● 恒定电流的输入线性补偿

当工作于恒流模式时，输出的限制电流会随着输入电压的的上升有轻微的增加。对于宽电压输入的应用，可以在 ISET 引脚与 IN 引脚之间连接一个电阻 RC 来补偿输入电压的变压对输出电流的影响，以提高输出电流的精度，如下图。



● 电感的选择

电感为负载提供连续的电流，电感电流的纹波取决于电感值。

高电感值可以减小电流峰峰值，但高电感值会增加电感的尺寸及等效串联电阻，且降低了输出电流的容量。一般情况下，电感值 L 的选择基于纹波的要求：

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} \times f_{SW} \times I_{LOADMAX} \times K_{RIPPLE}}$$

这里 V_{IN} 为输入电压，V_{OUT} 为输出电压，f_{SW} 为开关频率，$I_{LOADMAX}$ 为最大负载电流，K_{RIPPLE} 为纹波系数。通常情况下，选择 K_{RIPPLE}=30%，相当于电流峰峰值纹波为最大负载电流的 30%。

选定电感值时，峰峰值电流纹波约为：

$$I_{LPK-PK} = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{L \times V_{IN} \times f_{SW}}$$

电感峰值电流约为：

$$I_{LPK} = I_{LOADMAX} + \frac{1}{2} I_{LPK-PK}$$

选定的电感应保证电感的电流 I_{LPK} 不会饱和。最大输出电流可以下式算出：

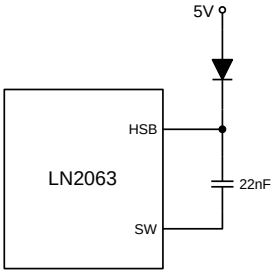
$$I_{OUTMAX} = I_{LIM} - \frac{1}{2} I_{LPK-PK}$$

I_{LIIM} 为内置最大限制电流，典型值为 5.4A，如电学特性参数表中所示。

- **外部高压偏置二极管**

当系统中有固定的 5V 输入或转换的输出为 5V 时，建议外部增加一个高压偏置二极管，以便提高调整器的效率，可以选用低成本的高压偏置二极管如 IN4148 或 BAT54 等，如下图。

在高占空比及高输出电压的应用中也建议增加这个高压偏置二极管。



- **输入电容**

输入电容需要认真的选择以保证转换器的输入纹波足够小，在此特别推荐使用低 ESR 的电容。开关时有大电流会流进或流出该电容，ESR 会影响转换器的效率。

输入电容需要大于 10uF，最好选择陶瓷电容。低 ESR 的钽电容或电解电容也是可选的，但输出电流的有效纹波将超过 50%。输入电容需要尽可能的靠近 IC 的 IN 引脚及 GND 引脚。当有一个 O.1uF 的陶瓷电容很靠近地连接于 IN 与 GND 引脚时，钽电容或者电解电容可以放置得稍远一些。

- **输出电容**

输出电容同样也需要低 ESR 以便使输出电压纹波小，输出纹波为：

$$V_{RIPPLE} = I_{OUTMAX} \times K_{RIPPLE} \times R_{ESR} + \frac{V_{IN}}{28 \times f_{SW}{}^2 L C_{OUT}}$$

在此，I_{OUTMAX} 为最大输出电流，K_{RIPPLE} 为纹波系数，R_{ESR} 为输出电容的等效串联电阻，f_{SW} 为开关频率，L 为电感值，C_{OUT} 为输出电容。陶瓷电容的 R_{ESR} 非常小，以至于几乎不会产生纹波，所以当用陶瓷电容时其电容值可以用较小的。当用钽电容或电解电容时，电压纹波为 R_{ESR} 乘以电流纹波，这种情况下，要选足够小 ESR 的输出电容。

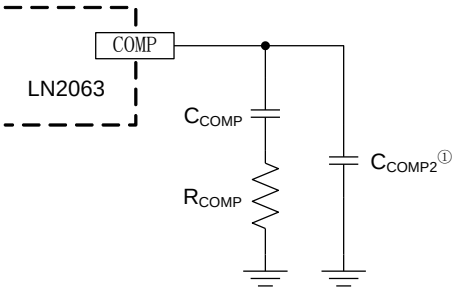
通常选 22uF 的陶瓷电容作为输出电容，当选钽电容或者电解电容作为输出电容时，需要选 ESR 小于 50mΩ 的电容。

- **整流二极管**

当上端功率管关断时用一个肖特基作为整流二极管来进行续流，肖特基二极管的最大额定值要大于输出电流的最大值，且肖特基的反向电压要大于最大输出电压。

- **稳定性补偿**

IC 的反馈环路补偿通过连接到 COMP 引脚的器件来实现，如下图所示。



系统的 DC 环路增益为：

$$A_{VDC} = \frac{0.8V}{I_{OUT}} \times A_{VEA} \times G_{COMP}$$

主极点 P1 取决于 C_{COMP}：

$$f_{P1} = \frac{G_{EA}}{2\pi A_{VEA} C_{COMP}}$$

第二极点 P2 输出极点：

$$f_{P2} = \frac{I_{OUT}}{2\pi V_{OUT} C_{OUT}}$$

主零点 Z1 取决于 R_{COMP} 及 C_{COMP}：

$$f_{Z1} = \frac{1}{2\pi R_{COMP} C_{COMP}}$$

最后，第三极点取决于 R_{COMP} 及 C_{COMP2}（如果有用到 C_{COMP2}）：

$$f_{P3} = \frac{1}{2\pi R_{COMP} C_{COMP2}}$$

补偿 IC 可以参考如下步骤：

第一步，通过 R_{COMP} 设定开关频率的 1/10 处为交越频率，则 R_{COMP} 为:

$$R_{COMP} = \frac{2\pi V_{OUT} C_{OUT} f_{SW}}{10 G_{EA} G_{COMP} \times 0.8V}$$

$$= 5.17 \times 10^{7} V_{OUT} C_{OUT} .....(\Omega)$$

第二步，设定零点 f_{Z1} 为交越频率的 1/4 处，如果 R_{COMP} 小于 15kΩ，则 C_{COMP} 由以下等式可得：

$$C_{COMP} = \frac{2.83 \times 10^{5}}{R_{COMP}} .....(F)$$

如果 R_{COMP} 限定为 15kΩ，那么实际的交越频率为 $6.58/(V_{OUT}C_{OUT})$，所以：

$$C_{COMP} = 6.45 \times 10^{-6} V_{OUT} C_{OUT} .....(F)$$

第三步，如果输入电容的 ESR 足够大以致于产生一个低于 4 倍交越频率的零点，则需要额外增加一个 C_{COMP2} 的补偿电容，C_{COMP2} 由如下条件决定：

$$R_{ESRCOUT} \geq \left(Min \frac{1.77 \times 10^{-6}}{C_{OUT}}, 0.06 \times V_{OUT} \right) .....(\Omega)$$

即 C_{COMP2} 为：

$$C_{COMP2} = \frac{C_{OUT} R_{ESRCOUT}}{R_{COMP}}$$

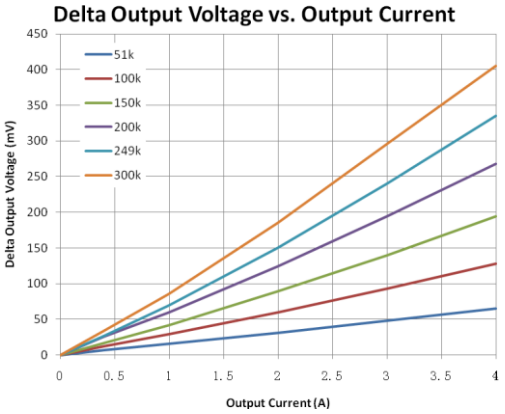
当输出电容有足够小的 ESR 时，虽然 C_{COMP2} 可以不需要，但 100pF 的一个小电容 C_{COMP2} 可以改善稳定性，消除 PCB 寄生参数的影响。

- **恒流环路稳定性**

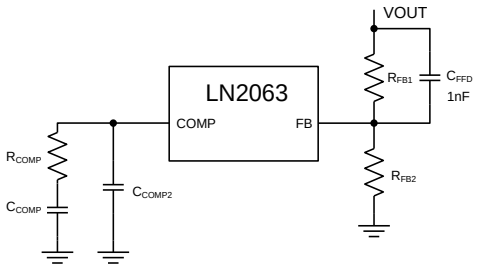
内部补偿了恒流控制回路，恒流范围输出电流 2000mA-3500mA，外部不需要对恒流的稳定性进行补偿。

- **输出线损补偿**

对输出线损的补偿，IC 集成了电路，可以简单地通过 FB 引脚就能实现外部可编程补偿线损压降，如下图所示选择不同的反馈电阻来实现不同的线损补偿，R_{FB1} 为反馈分压电阻的高边电阻。



不同的 R_{FB1}，需要相应调整不同的频率补偿。如下图所示，给 R_{FB1} 并联一个电容或者增大 COMP 引脚上的补偿电容可以提高系统的稳定性。



- **PCB 布布局建议**

印刷电路板可参考以下所列的条款，以保证 IC 能很好的工作。

1） 尽量减小功率器件的 AC 回路尺寸，包括 C_{IN}，IN 引脚，SW 引脚及肖特基二极管。

2） 去耦陶瓷电容 C_{IN} 尽可能的靠近引脚 IN，C_{IN} 经通孔或者粗线连接到 GND。

3） 与 FB，COMP 及 ISET 信号相关的通路连接到信号地，信号地与功率地要做抗干扰处理。

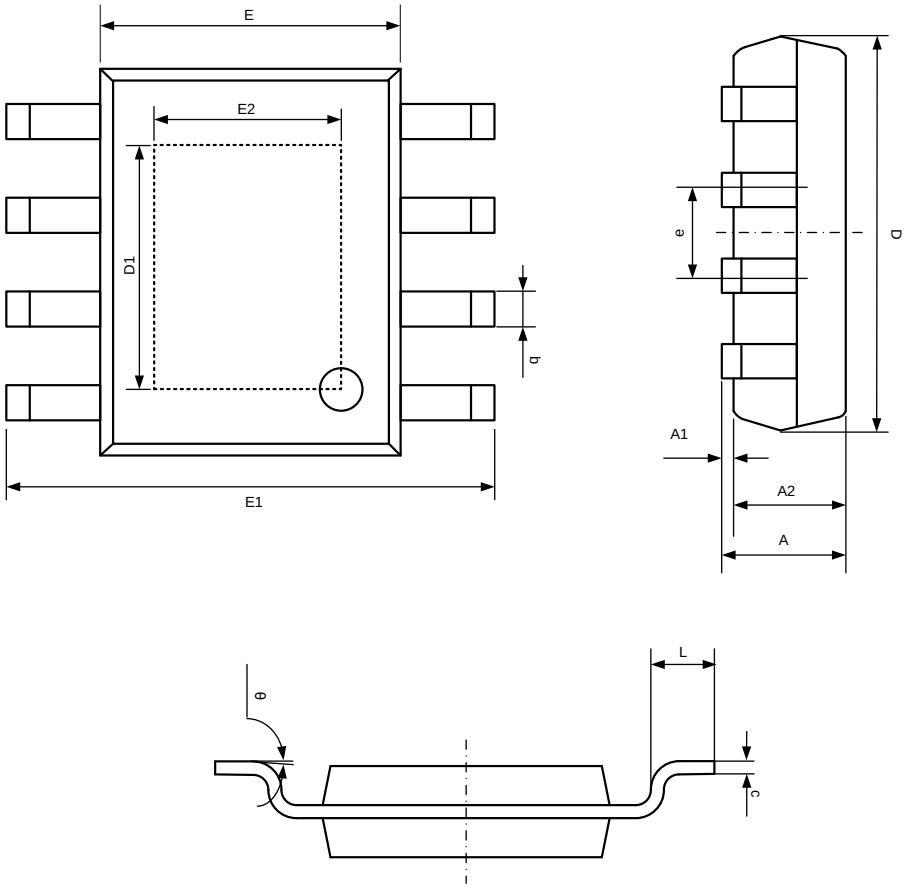
4） 功率地需要直接通过铜或通孔连到裸露铜面，以便有良好散热及抗干扰性。

5） 反馈电阻尽量靠近 FB 引脚。

6） HSB-C_{HSB}-SW 即引脚到电容到引脚的通路尽量短。

■ 封装尺寸

- ESOP8



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.007	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
D1	3.202	3.420	0.126	0.134
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
E2	2.313	2.513	0.091	0.099
e	1.270(BSC)		0.050(BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°