

### 概述

PT4209 是一款带有源功率因数校正的高精度隔离式原边反馈恒流控制芯片，支持无闪烁的 PWM/模拟调光。芯片集成了有源功率因数校正电路，可以实现很高的功率因数和极低的总谐波失真。它专门针对LED固态照明应用，支持反激式拓扑，在无需TL431和光耦的情况下采用专利的恒流控制技术实现极佳的恒流控制效果。

PT4209工作在准谐振模式以优化EMI并降低MOSFET开关损耗。配合芯片极低的启动电流和工作电流实现较高的系统效率。

PT4209内置齐全的保护功能来应对可能发生的故障，包括VCC欠压保护，VCC过压保护，逐周期限流保护，输出开/短路保护，采样电阻开路，变压器绕组短路和过温保护。

PT4209支持SOP-8封装。

### 特点

- 原边反馈的恒流控制器
- 无闪烁的 PWM /模拟调光 (10%~100%)
- 精确的恒流输出
- 准谐振工作模式
- 极低的输入电流总谐波失真 (<10%)
- 极低的启动电流(10 $\mu$ A)
- 低静态电流 (1mA)
- VCC 欠压保护
- VCC 过压保护
- 逐周期电流限制
- Rcs 开路保护
- 变压器绕组短路保护
- 输出开/短路保护
- 过温保护

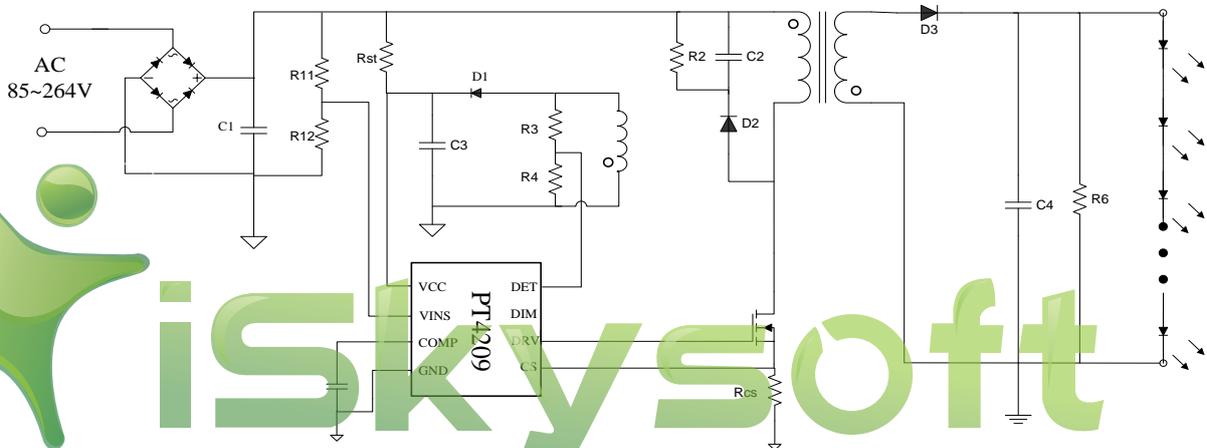
### 应用

- 固态照明
- 工业和商业照明
- 住宅照明

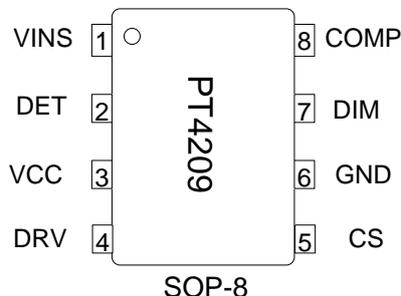
### 订购信息

封装	温度范围	订购型号	包装打印	产品打印
SOP-8	-40 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C	PT4209ESOH	2500 颗/盘 编带	PT4209 xxxxxX

### 典型应用电路图



### 管脚



### 管脚描述

引脚序号	引脚名称	描述
1	VINS	输入电压检测端
2	DET	反馈信号采样端，检测副边零电流和输出电压
3	VCC	芯片电源端
4	DRV	外部 MOSFET 栅极驱动端
5	CS	电流检测端
6	GND	芯片地
7	DIM	PWM 和模拟调光输入端
8	COMP	环路补偿端

### 最大极限值 (注 1)

符号	参数	额定值	单位
$V_{CC}$	芯片供电电源	30	V
$V_{VCC\_Clamp}$	VCC 钳位电压	31	V
$I_{VCC\_Clamp}$	VCC 钳位连续电流	10	mA
$I_{DET\_MAX}$	DET 引脚最大电流	-50~10	mA
$I_{DRV\_MAX}$	DRV 引脚最大输出电流	1.2	A
$V_{DRV}$	DRV 引脚电压范围	-0.3~31	V
$V_{CS}$	CS 引脚电压范围	-0.3~31	V
$V_{I/O}$	其他 I/O 引脚电压范围	-0.3~7	V
$T_{OPT}$	工作温度范围	-40~125	°C
$T_{STG}$	贮存温度范围	-55~150	°C
$\theta_{JA}$	SOP-8 封装热阻	184	°C/W
HBM	ESD 保护参数 (注 2)	2	kV

### 推荐工作范围

符号	参数	额定值	单位
V <sub>CC</sub>	电源电压	10 ~ 23.5	V
T <sub>OPT</sub>	环境温度	-40 ~ 85	°C

**注 1:** 最大极限值是指超出该工作范围，芯片有可能损坏。推荐工作范围是指在该范围内，器件功能正常，但并不完全保证满足个别性能指标。电气参数定义了器件在工作范围内并且在保证特定性能指标的测试条件下的直流和交流电参数规范。对于未给定上下限值的参数，该规范不予保证其精度，但其典型值合理反映了器件性能。

**注 2:** 人体模型，100pF 电容通过 1.5kΩ 电阻放电。

### 电气参数

(无特别说明 T<sub>A</sub>=25°C, V<sub>CC</sub>=14V)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>供电电压</b>						
V <sub>VCC_ON</sub>	VCC 启动电压	VCC 上升	13.5	15	16.5	V
V <sub>VCC_OFF</sub>	VCC 关断电压	VCC 下降	7.5	8.5	9.5	V
V <sub>VCC_OVP</sub>	VCC 过压保护阈值	VCC 上升	24	26	28	V
V <sub>VCC_OVP_HYS</sub>	VCC 过压保护迟滞			1.3		V
V <sub>VCC_Clap</sub>	VCC 钳位电压	I <sub>CC</sub> =10mA		31		V
I <sub>Startup</sub>	VCC 启动电流	VCC=11V		10	30	μA
I <sub>VCC_QUIET</sub>	VCC 输入电流 (无开关动作)			1	2	mA
I <sub>VCC_OPER</sub>	VCC 工作电流 (开关正常工作)	F <sub>DRV_AVG</sub> =70KHz, C <sub>DRV</sub> =1nF		2	5	mA
<b>乘法器 (注 3)</b>						
V <sub>VINS_RANG</sub>	VINS 电压范围		0		4	V
K	乘法器增益		0.5	0.6	0.8	
<b>误差放大器</b>						
V <sub>Ref</sub>	恒流环路基准电压		0.392	0.4	0.408	V
G <sub>EA</sub>	EA 跨导			35		μA/V
V <sub>COMP</sub>	COMP 电压范围		0.8		5	V
<b>电流采样</b>						
T <sub>LEB</sub>	电流采样前沿消隐时间			280		ns
V <sub>CS_Clap</sub>	CS 钳位电压		1.8	2.0	2.2	V
V <sub>CS_PROT</sub>	CS 过流保护阈值		4.1	4.5	4.9	V

DET Pin Sense						
V <sub>ZCD</sub>	电流过零检测阈值电压	下降沿		0		V
V <sub>ZCD_H</sub>	电流过零检测迟滞电压			1.4		V
V <sub>DET_OVP</sub>	DET 过压保护阈值	开关关断 1μs 后检测	3.6	4	4.4	V
T <sub>OFF_MIN</sub>	最小关断时间			10		μs
T <sub>ON_MIN</sub>	最小导通时间				1	μs
T <sub>Start</sub>	启动计时器周期	V <sub>DET</sub> <0.35V		50		μs
DIM Set 引脚						
V <sub>DIM</sub>	DIM 悬空电压		5.5	6	6.5	V
V <sub>DIMH</sub>	DIM 高电平		2.4			V
V <sub>DIML</sub>	DIM 低电平				0.7	V
V <sub>DIM_DC</sub>	DIM 模拟调光电压范围		0.7		2.4	V
I <sub>DIM</sub>	DIM 上拉电流	V <sub>DIM</sub> =0V		20		μA
DRV 输出						
V <sub>DRV_Clap</sub>	DRV 钳位电压		11	14	17	V
I <sub>DRV_Source</sub>	最大驱动拉电流			1		A
I <sub>DRV_Sink</sub>	最大驱动灌电流			-1.2		A
PROTECTION						
T <sub>SD</sub>	热关断温度			150		°C

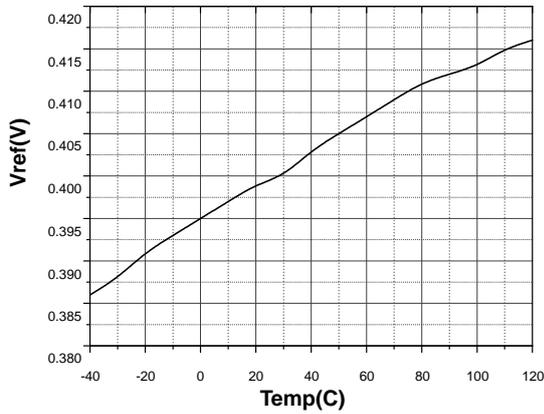
注 3: 乘法器输出电压:  $V_{CS}=K \cdot V_{VINS} \cdot (V_{COMP}-0.8)$



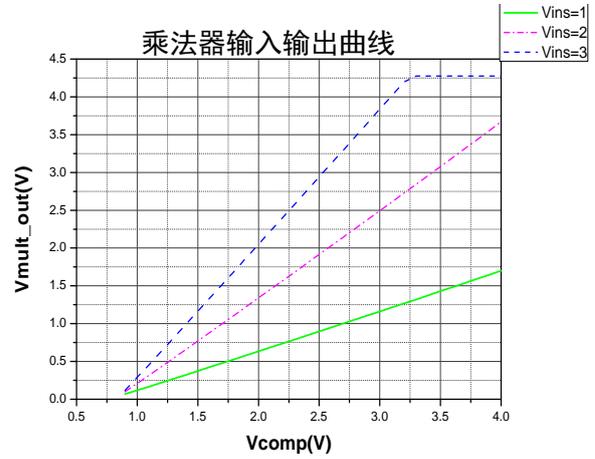
iSkysoft  
PDF Editor

### 典型性能参数

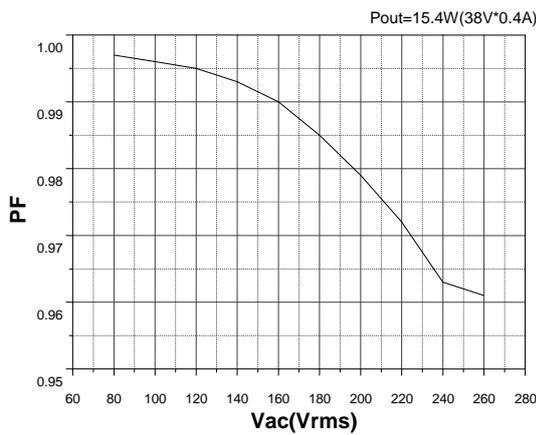
参考电压温度特性



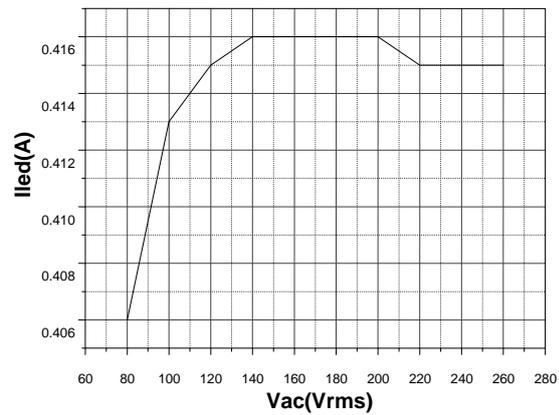
乘法器输入输出曲线



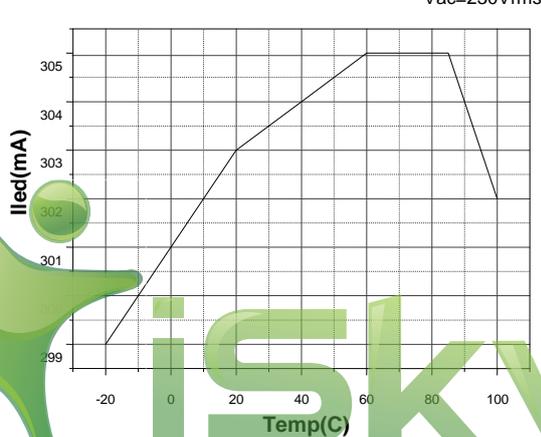
功率因数线性调整率



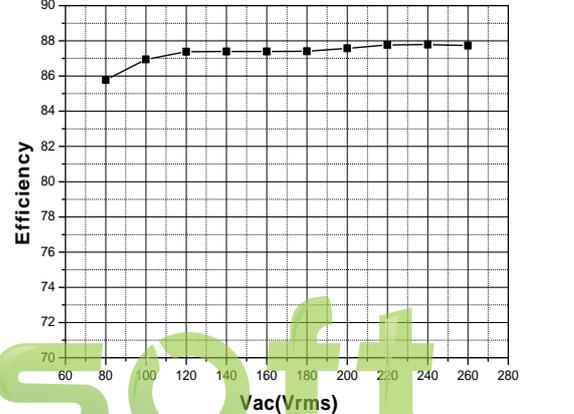
LED 电流线性调整率



LED 电流温度特性



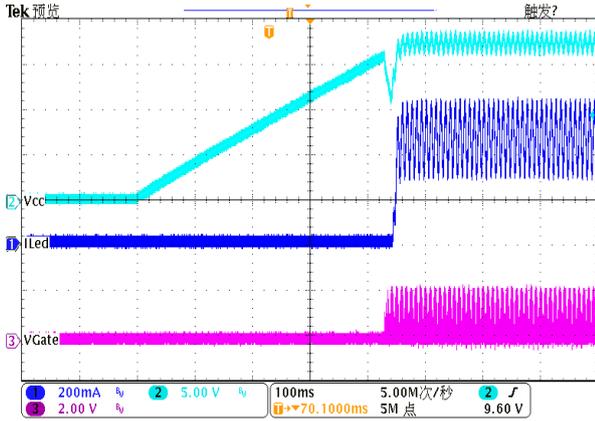
系统效率



### 典型工作波形

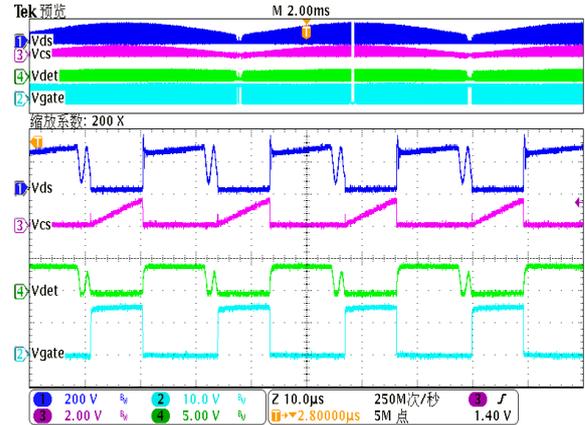
启动波形

Vin=90V 负载=16\*1W



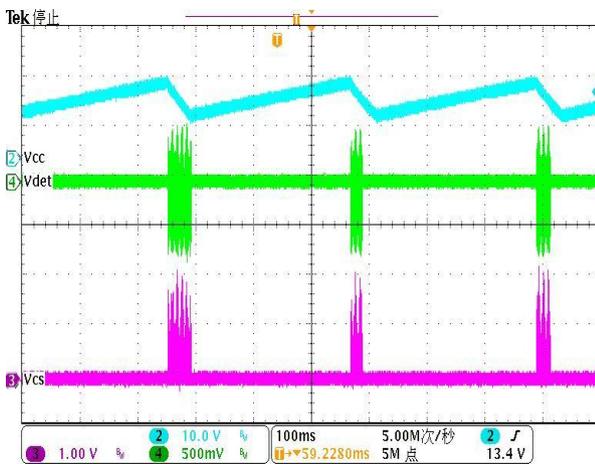
准谐振工作模式

Vin=90V 负载=16\*1W



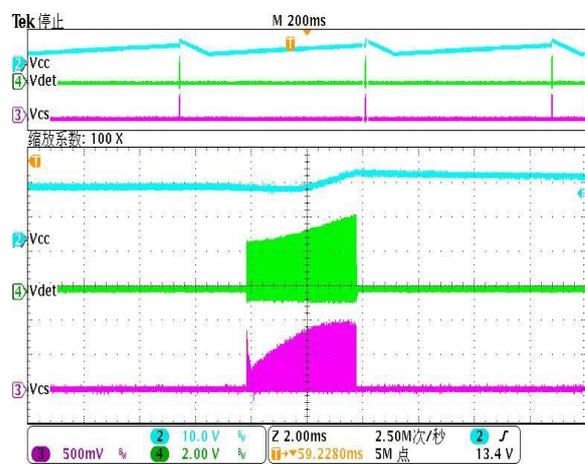
输出短路保护

Vin=90V 负载=16\*1W



输出开路保护

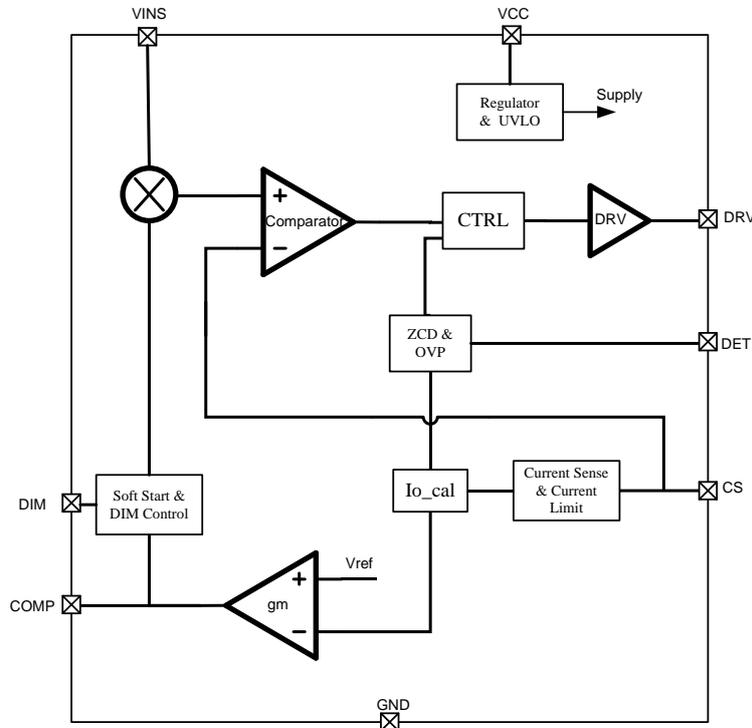
Vin=90V 负载=16\*1W



# iSkysoft

# PDF Editor

### 原理框图



### 功能描述

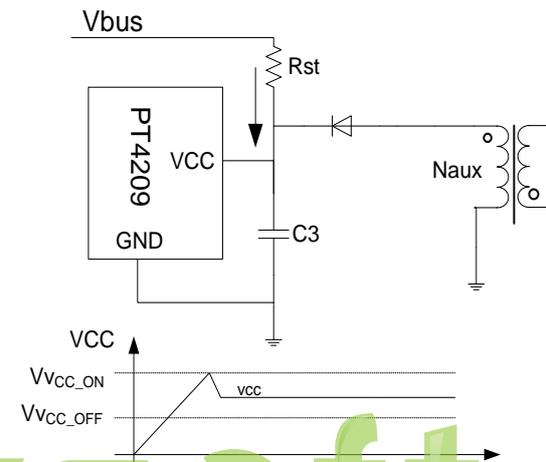
PT4209 是一款带有源功率因数校正的高精度隔离式原边反馈恒流控制芯片，支持无闪烁的 PWM/模拟调光。芯片集成了有源功率因数校正电路，可以实现很高的功率因数和极低的总谐波失真。它专门针对 LED 固态照明应用，支持反激式拓扑，在无需 TL431 和光耦的情况下采用专利的恒流控制技术实现极佳的恒流控制效果。

PT4209 工作在准谐振模式以优化 EMI 并降低 MOSFET 开关损耗。配合芯片极低的启动电流和工作电流实现较高的系统效率。

PT4209 内置齐全的保护功能来应对可能发生的故障，包括 VCC 欠压保护，VCC 过压保护，逐周期限流保护，输出开/短路保护，采样电阻开路，变压器绕组过温保护。

在系统上电后，母线电压  $V_{bus}$  通过启动电阻  $R_{st}$  给 VCC 电容  $C_3$  充电。当 VCC 电压上升超过启动阈值电压  $V_{VCC\_ON}$  后，PT4209 开始输出脉冲信号驱动功率开关，通过变压器将输入的能量传递到输出。随

着输出电压的上升，辅助绕组的正向电压跟着逐渐增大，当辅助绕组正向电压超过此时的 VCC 电压时，辅助绕组和 C3 间的二极管正向导通，VCC 电压转为辅助绕组供电。



由于 PT4209 的启动电流非常小， $R_{st}$  可采用的高阻值的电阻来降低启动电阻损耗。VCC 到 GND 还有一个齐纳二极管，能将 VCC 电压钳位在芯片安全工作范围内。

### 输出电流设置

输出电流可以通过以下方程式计算：

$$I_O = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{ref}}{R_{CS}} \cdot N_{PS} \cdot \eta$$

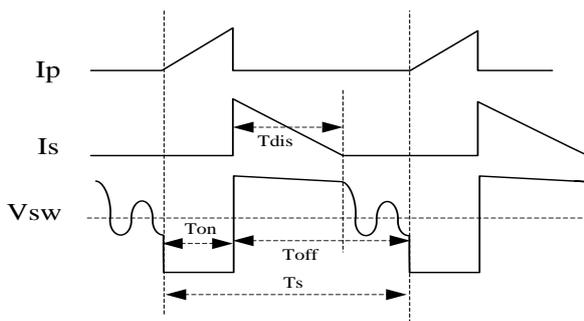
其中  $V_{ref}$  是芯片内部的参考电压，其典型值为 400mV。  $R_{CS}$  是原边电流采样电阻，  $N_{PS}$  是变压器原边和副边的匝比，  $\eta$  是变压器效率。

### 单级PFC

PT4209采用高线性度、宽输入/输出电压范围的乘法器实现高功率因数和低输入电流谐波。它有两个输入端：VINS端用于检测输入正弦参考；COMP端是恒流环路误差放大器的输出端，稳态时近似为一个直流信号。因此乘法器的输出也是一个正弦波形，用作CS的参考电压。加之芯片内部采用的THD优化技术，输入电流成为和输入电压同步的正弦信号。系统可以获得较高的PF值和极低的THD。

### 准谐振工作模式

PT4209工作在准谐振模式以减少功率MOS开关损耗。为了检测到一个更准确的Tdis（变压器去磁时间），功率开关跳过一个谷底，在第二谷底导通（Vsw为功率MOS的漏端电压波形）。



### PWM 调光控制

PT4209通过DIM引脚检测PWM调光信号（10%-90%），用于调节芯片内部基准电压，从而调节输出电流。PWM信号的频率大于20kHz，以避免 audible noise。

### 模拟调光控制

PT4209同样通过DIM引脚检测模拟调光信号（0.7-2.4V），然后转化为20kHz的PWM信号，用于调节芯片内部基准电压，从而调节输出电流。

### 逐周期限流

PT4209在每次开关导通的LEB时间后，通过采样电阻Rcs检测原边电流，当CS电压超过设定阈值VCS\_Clamp时，开关马上关断。但下次开关动作仍可正常进行，实际的效果是电流的峰值被钳位住了。

### VCC过压保护

PT4209内置VCC过压保护电路，当VCC电压超过其保护阈值V<sub>VCC\_OVP</sub>后，停止开关动作。VCC引脚的电压停止上升。当VCC电压下降1.4V后，VCC过压保护解除，开关动作才能恢复。

### 输出短路保护

当输出短路时，DET正向电压近似为零。芯片检测不到正常工作时的准谐振导通机制。一旦发现这种情况，开关频率降低至20kHz，并且逐周期限流阈值变为正常的1/3左右，以减小功率回路中的电流应力，降低短路功耗。由于辅助绕组的供电中断，VCC电压会掉电到关断电压。在这种情况下，系统进入打嗝模式。一旦短路状态解除，系统自动恢复到正常工作模式。

### 输出开路保护

当输出开路时，输出电压持续上升，DET正向电压也上升，当超过保护阈值V<sub>DET\_OVP</sub>且持续连续三个开关周期后，停止开关动作。VCC由于辅助绕组供电中断而下掉到关断电压。在这种情况下，系统进入打嗝模式。一旦输出开路状态解除，系统自动恢复到正常工作模式。

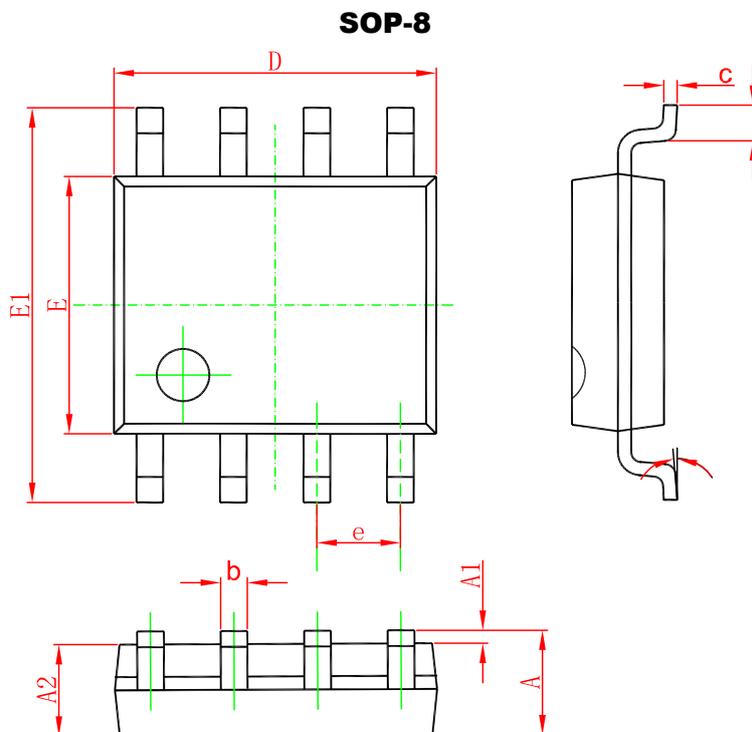
### 变压器绕组短路保护电路

当变压器绕组短路时，原边绕组相当于一根导线，开关只要导通，电流快速上升，只要发现CS电压大于4.5V，开关马上关断，避免功率回路器件受损。VCC掉电至关断电压，在这种情况下，系统进入打嗝模式。一旦绕组短路状态解除，系统自动恢复到正常工作模式。

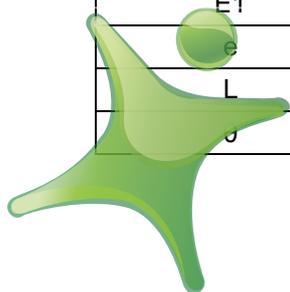
### 过温保护

过热保护电路检测芯片的结温，一旦温度超过过热保护阈值温度T<sub>sd</sub>，开关马上关断以避免温度继续升高造成器件损坏。

### 封装信息



符号	公制 (mm)		英制 (inch)	
	最小	最大	最小	最大
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.006	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
e	1.270(BSC)		0.050(BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°



iSkysoft  
PDF Editor