

宽供电范围高效率反激 PWM 控制器

1. 概述

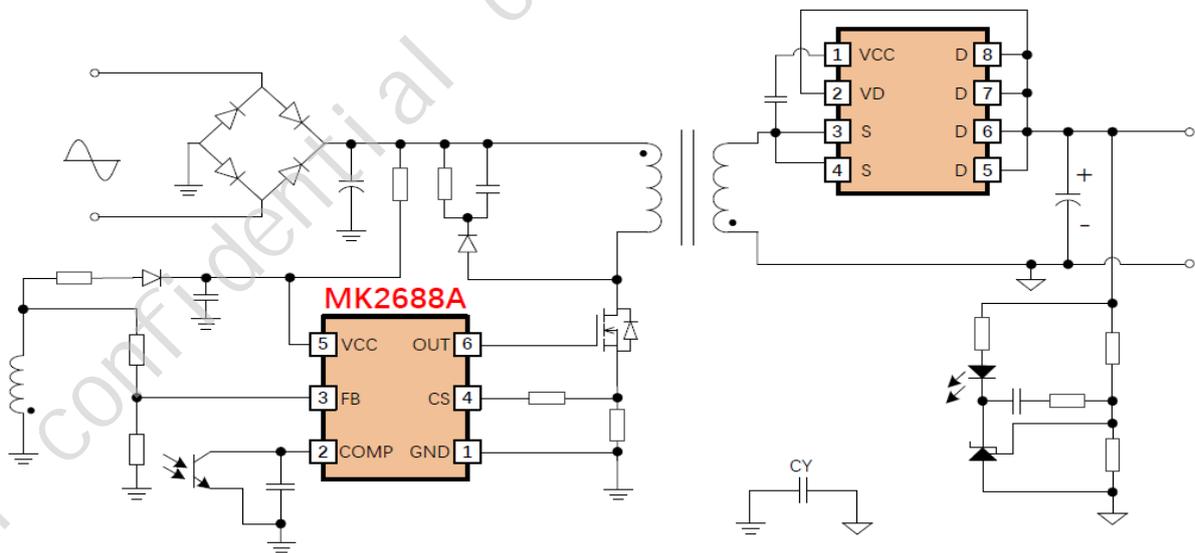
MK2688A 是专为 PD/快充应用优化的多模式 PWM 控制器。其很宽的 VCC 工作电压范围 (10V-50V) 可以使其覆盖 PD/PPS 从 4.5V-12V 的输出范围而不需要使用额外的 VCC 绕组或者线性降压电路。针对于能效要求,由于 PD/快充有多个不同的输出电压,因此采用了自适应的多模式。其不同负载以及不同输出下,调整工作于 DCM/QR/CCM。在轻载时则会工作于 Burst 模式,以提升效率。其最高工作频率为 130kHz。

MK2688A 提供了全面的保护功能,包含输出过压保护, VCC 过压保护, 过功率保护, Brown in/out, 还提供了副边整流管短路保护、CS 短路保护等。

2. 典型应用

- AC/DC PD 适配器
- AC/DC 辅助电源

4. 简化应用电路



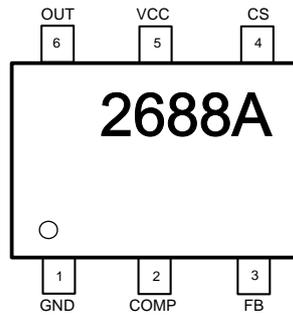
3. 特点

- 宽范围 VCC 工作电压 (10V-50V)
- 最高可达 130kHz 的开关频率
- 专有软启动电路可降低同频整流 Vds 应力
- 优化的各点效率-容易满足能效标准
- 副边整流管短路保护
- CS 短路保护
- Brown in/Brown out 功能
- VCC 过压/输出过压保护
- 支持 PPS 宽范围输出
- SOT23-6 封装

5. 订购信息

订购型号	包装
MK2688AGSA	SOT23-6, 编带卷装, 3000 颗/卷

6. 引脚信息



SOT23-6

极限参数⁽¹⁾

VCC	-0.3V - +60V
COMP, FB	-0.3V - + 5.5V
CS	-0.7V - +5.5V
OUT	-3V - +20V
结温 (T _J)	-40-+155°C
焊接温度 (10s)	+260°C

推荐最大工作条件

VCC	+9V - +42V
结温 (T _J)	-40-+125°C

热阻⁽²⁾

	θ_{JA}	θ_{JC}
SOT23-6	100	66 °C/W

注:

- (1) 超过这个范围, 芯片可能会损坏.
- (2) 在 JESDSD51-7, 4 layers PCB 上进行测量

7. 引脚功能

引脚序号	引脚名称	功能描述
1	GND	参考地
2	COMP	电压反馈输入管脚
3	FB	辅助绕组电压检测与谷底检测引脚
4	CS	电流检测输入管脚
5	VCC	芯片电源管脚
6	OUT	驱动输出管脚

8. 逻辑框图

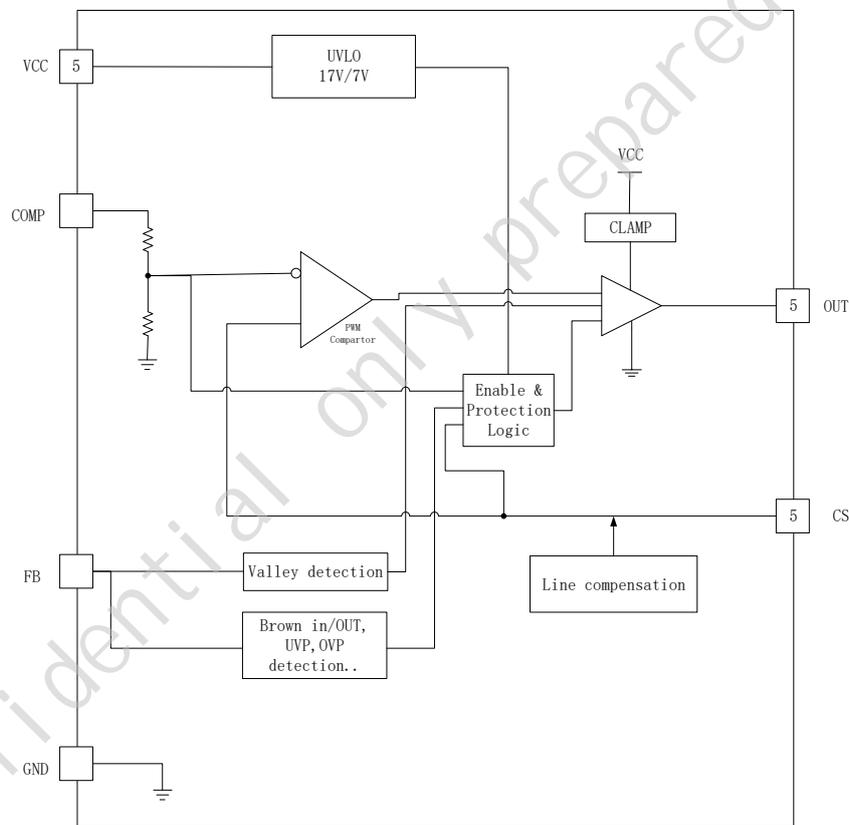


图 1: 逻辑框图

9. ESD 性能

		值	单位
ESD 参数 V_{ESD}	人体模型 (HBM), 根据 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 测试标准对所有管脚进行了测试 ⁽¹⁾	±2000	V
	组件充电模型 (CDM), 根据 JEDEC JESD22-C101 标准对所有管脚进行了测试 ⁽²⁾	±1000	V

注:

- (1) 根据 JEDEC JEP155 标准要求, 标准安全生产需要的人体模型(HBM) ESD 级别为 500V
- (2) 根据 JEDEC JEP157 标准要求, 标准安全生产需要的组件充电模型(CDM) ESD 级别为 250V

10. 电气参数

测试条件为 $V_{CC}=13V$, $T_A=25^{\circ}C$, 除非特别说明

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电输入部份 (VCC)						
UVLO 欠压保护开启电压	V_{CC_ON}	VCC 上升至开启	15.5	17.2	19.5	V
UVLO 欠压保护关闭电压	V_{CC_OFF}	VCC 下降至关闭	7.9	8.5	10	V
UVLO 欠压保护迟滞	V_{CC_HYST}		7	8.5	10	V
VCC 启动电流	$I_{STARTUP}$	VCC=15V	2	5	10	uA
VCC 正常工作电流	I_{OP}	COMP=2V OUT 对 GND 1nF 电容	2	2.8	4	mA
Burst 工作模式电流	I_{BURST}	COMP=0V	240	290	340	uA
VCC 过压保护阈值	V_{CC_OVP}	VCC 上升至过压 保护	47	50	54	V
VCC 钳位阈值	V_{CC_CLAMP}	VCC 上升至钳位 电压	59	62	68	V
闭环控制部份 (COMP)						
COMP 开环电压	V_{COMP_OP}	COMP 开路	4	4.4	4.7	V
COMP 短路电流	I_{COMP_SHORT}	COMP=0V	130	160	190	uA
Burst 模式进入阈值	V_{BM_ET}		0.3	0.35	0.4	V
Burst 模式退出阈值	V_{BM_HY}		0.25	0.3	0.35	V
OPP 过功率保护阈值	V_{OPP}		2.8	3.0	3.2	V
OPP 屏蔽时间*	T_{D_OPP}			$T_{SS} * 6$		ms
COMP 与 CS 的比例	A_{VCS}		2.4	2.5	2.6	V/V
斜坡补偿电压	V_{SLOPE}	Duty=75%	0.2	0.3	0.4	V
电流检测 (CS)						
软启动时间	T_{SS}		4	7	10	ms
次级同步整流短路保护阈值	V_{SR_SH}		1.1	1.2	1.2	V

同步整流短路保护屏蔽时间*	T _{SR-SH}			3		周期
逐周期最大电流限制	V _{CS_CBC}	V _{FB} <1V, I _{FB} =100 uA	0.72	0.77	0.78	V
辅助绕组检测 (FB)						
Brown in 电流阈值	I _{BNI}		78	94	109	uA
Brown out 电流阈值	I _{BNO}		69	85	100	uA
Brown out 屏蔽时间*	T _{BL_BNO}			T _{ss} *7		ms
谷底检测电流	I _{VALLEY}		5	10	25	uA
输出过压保护阈值	V _{FB_OVP}		3.3	3.6	3.9	V
输出过压保护屏蔽时间*	T _{BL_OVP}			7		周期
输出欠压保护阈值	V _{FB_ST}		0.8	0.9	1	V
输出欠压保护屏蔽时间*	T _{BL_ST}			7		周期
开机时的输出欠压保护屏蔽时间*	T _{D_ST}			T _{ss} *2		ms
驱动部份						
驱动低电平电压	V _{G_L}				1	V
驱动高电平电压	V _{G_H}		9	9.6	10.2	V
驱动电高钳位电压	V _{G_HC}	V _{CC} >14V			12	V
驱动上升时间	T _R	Cl _{oad} =1nF	200	250	400	ns
驱动下降时间	T _F	Cl _{oad} =1nF	10	25	60	ns
振荡器部份						
正常工作频率	F _{SW_MAX}	COMP=2V	110	130	150	kHz
节能模式工作频率	F _{SW_GREEN}	COMP=0.4V	21	25	29	kHz
频率抖动范围*	F _{JT}			±6		%
频率抖动周期*	T _{JT}			4		ms

最大占空比	D _{MAX}		70	75	80	%
过温保护*	T _{HSD}			155		°C
过温保护迟滞 *	T _{HSD_HYS}			30		°C

***备注**

参数取决于设计

11. 功能描述

VCC 启动

启动时母线电容通过启动电阻给 VCC 电容充电，由于 MK2688A 启动电流 I_{ST} 非常小 ($\sim 5 \mu A$)，启动电阻可以取比较大数值 (也需要考虑启机延时)，以降低待机损耗，当 VCC 达到 V_{CC_ON} ($\sim 17V$) 后，芯片开始发出脉冲。

软启动

在启动开始过程中，由于输出电压很低。如果不控制频率和 CS 电压，由于环路的作用，芯片会尝试以最大开关频率及最大峰值电流工作，带来较高的原副边应力，MK2688A 采用了多段控制，以实现启动过程中原副边应力的优化。

工作曲线

对不同的输出负载条件，会对应不同的 COMP 电压值，MK2688A 会自动根据 COMP 电压调整适合的振荡频率，当 COMP 极低时，此时振荡频率为 25K，同时也会进入 Burst 模式，当 COMP 逐渐增大到 V_{GM_BT} 时，振荡频率开始升高，进入节能模式，当 COMP 增大到 V_{GM_ED} 时，振荡频率升高到正常工作的最大振荡频率 130K。

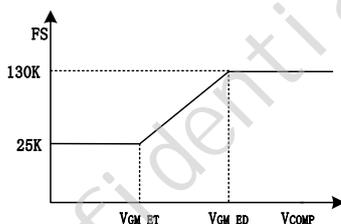


图 2: 工作曲线

输入欠压恢复(Brown in)

在开机过程中，MK2688A 发出一系列窄脉冲，在其中完成 Brown in 检测。在原边 MOS 开通过程中，FB pin 电压约为 0V，此时从 FB pin 流出的电流 I_{fb} 为 $V_{bulk} * (N_a / N_p) / R_u$ ，只有当此电流大于 I_{BNI} ($\sim 95 \mu A$) 时，芯片才认为已经满足 Brown in 条件，进行正常启动。

如果检测到未满足 Brown in 条件，则在窄脉冲后，

芯片进入重启过程。

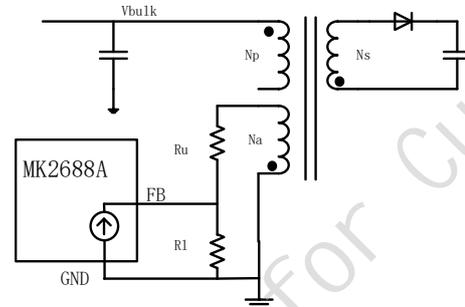


图 3: Brown in/Brown out

输入欠压(Brown Out)

在正常工作过程中，MK2688A 也会在原边 MOS 开通过程里，检测 FB 流出的电流，当流出电流 $< I_{BNO}$ ，并且持续时间 $\geq T_{BL_BNO}$ ($\sim 42ms$) 时，认为 Vbulk 电压 Brown out，会关闭驱动输出。芯片进入重启过程。

控制机制

MK2688A 为电流型控制，将 CS 上检测电压在芯片内部和电压环反馈电压作比较，决定占空比大小。由于驱动电流在 CS 电阻上电压，以及 DRAIN 节点上折算电容 C_{sw} 的影响，在开通驱动瞬间，在 CS 电阻上会产生尖峰，如果不做处理会导致芯片发出的占空比过小，或者导致误保护，因此芯片内部 CS 采样电路中加入了 300ns 的前沿消隐。

芯片还实施了最大占空比限制，即无论何种状况，其最大占空比都不会超过 D_{MAX} ，并且在占空比达到 D_{MAX} 时，会关掉驱动。

AC 线电压过功率补偿

在输入电压高和低的时候，即使相同的电流峰值，其输出的最大功率也会不同，即不同的输入电压，相同的 C_{Spk} 值，会对应不同的输出限流点。MK2688A 采用了输入电压补偿，芯片通过检测到的 I_{fb} 电流，按一定的比例补偿到 CS 的 RC 网络上，使得不同输入电压的峰值功率尽可能相同

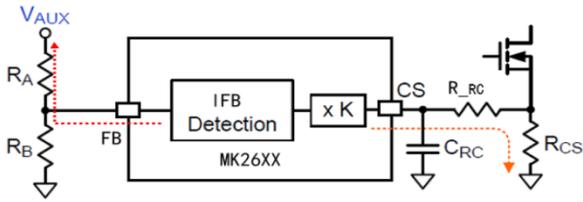


图 4: 高低压功率补偿

内置斜坡补偿

电流型控制在 CCM 模式且占空比超过 50%时, 会有次谐波震荡的问题, 常用解决办法是加斜坡补偿。MK2688A 内部增加了斜坡补偿功能, 会自动根据不同的占空比调整补偿幅度, 无需外部调节。

电压环路调整

COMP 是副边输出经 TL431, 光耦 到原边的电压反馈环电压。其和电流信号进行比较, 产生驱动。从环路调试角度考虑, 建议在副边光耦二极管串联的电阻上留并联电容位置。

辅助绕组电压检测

在副边电流续流时间内, FB 管脚上电压为辅助绕组电压的分压, 间接反映了输出电压。

在驱动关闭后, 经过一个约 1.4us 的滤波消隐 (BLANKING) 时间, FB 采样电压在变压器去磁时间内和不同阈值进行比较, 可以完成下述功能:。

1. 输出过压保护 VOUT_OVP。FB 脚电压高于 V_{FB_OVP} ($\sim 3.6V$) 连续 7 个周期, 发生保护并进入重启。
2. 输出欠压保护 VOUT_UVP (或称输出短路保护)。FB 脚低于 V_{FB_ST} ($\sim 0.9V$) 连续 7 个周期, 发生保护并进入重启。
3. 根据检测到的输出电压, 以确定工作控制曲线。

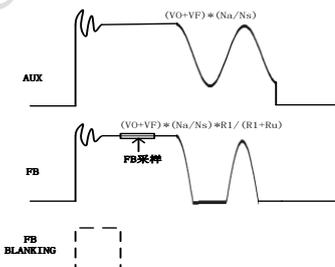


图 5: FB 检测

谷底检测

在 DCM/QR 模式中, 当副边续流结束后, 主功率 MOS Coss 和变压器 Lp 谐振, 辅助绕组波形也开始谐振。当辅助绕组震荡到负后, FB 被钳到 $\sim 0V$, 芯片检测此时流出 FB 脚的电流, 当 I_{FB} 大于 I_{VALLEY} ($\sim 10uA$) 时, 判断可能的谷底进行开通。

保护功能

诸如过功率保护、过压保护等保护, MK2688A 保护机制为重启。

重启之前 IC 会主动把 VCC 拉低至 VCC OFF, 下拉电流约为 200uA, 如果因为启动电阻设置太小, 导致启动电流大于 IC 的下拉电流, MK2688A 将不能完成重启动作。

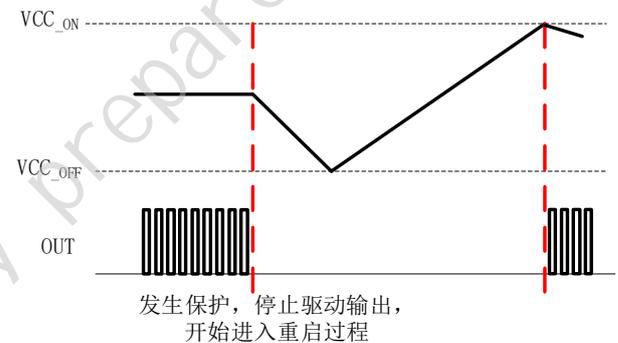


图 6: 保护机制

MK2688A 保护功能	MK2688A 保护机制
过功率保护	重启
输出过压保护	重启
VCC 过压保护	重启
CS 短路保护	重启
同步整流短路保护	重启
输出短路保护	重启

过功率保护 OPP

OPP 保护通过检测 COMP 电压, 如果 COMP 电压高于 V_{OPP} ($\sim 3V$) 且持续时间 $> 42ms$, MK2688A 认为功率超出设定值, 发生过功率保护 OPP, VCC 进入重启。

逐周期最大电流限制

电流型控制芯片把 CS 信号和 COMP 逐周期比较,但是当诸如输出短路或者光耦开路状况下,COMP 电压可能会冲的很高,导致 I_{PK} 电流过大,引起变压器饱和。因此 MK2688A 又增加了一重保护,即 CS 电压会逐周期与 V_{CS_CBC} 比较,经过约 300ns 的前沿消隐时间后,只要 CS 到了 V_{CS_CBC} 就立刻斩波。

输出次级同步整流短路保护

如果次级的同步整流 MOS 或者肖特基二极管短路,则原边驱动发出后,峰值电流会急剧增加,需要快速的短路保护,如果在驱动发出后 90ns,芯片检测到 CS pin 电压超过了 V_{SR_SH} ($\sim 1.2V$),则立即停止当前驱动输出。如果连续三个周期,都发生此情况, MK2688A 认为发生了次级短路状况,停止驱动,进入重启模式。

CS 短路保护

如果在初级 MOS 开通 3.6us 后,CS 仍然未能达到 V_{CS_SH} ($\sim 50mV$), MK2688A 会强制关闭驱动。如果连续三个周期都发生此状况,发生保护,并进入重启模式。

VCC 过压保护

MK2688A 有很宽的 VCC 范围,当 VCC 达到 V_{CC_OVP} ($\sim 50V$) 后,芯片立刻停止驱动输出,并进入重启模式。

如果由于 VCC 启动电阻大小不合适的原因,导致 VCC 电压继续升高,当 VCC 达到 V_{CC_CLAMP} ($\sim 60V$) 后,芯片会内部 sink 18mA 电流,防止 VCC 电压进一步升高超过 VCC ABS MAX 造成损坏。

过温保护 OTP

MK2688A 提供了内部的 OTP 保护,其触发点为 $150^{\circ}C$,回滞温度 $30^{\circ}C$ 。

客户也可以通过增加外部 NTC 电阻的方式,在 CS pin 上实现 OTP 保护功能。即板上温度升高的时候,NTC 电阻阻值变低,使得驱动关闭的时候,CS 电阻上电压超过 V_{CS_CBC} 连续 15 个周期,即发生保护,并进入重启模式。

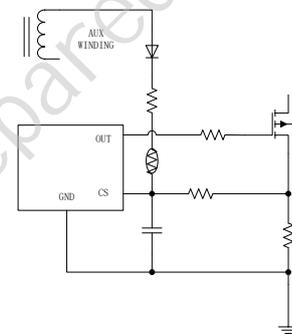
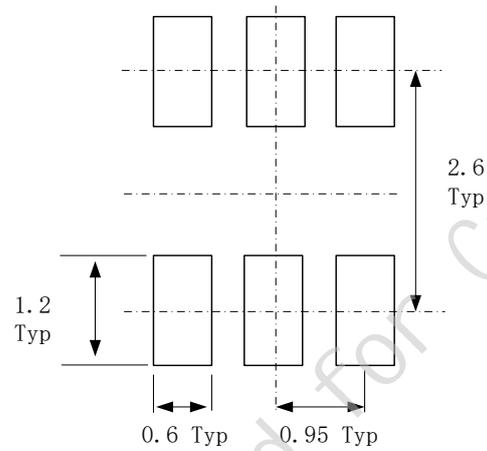
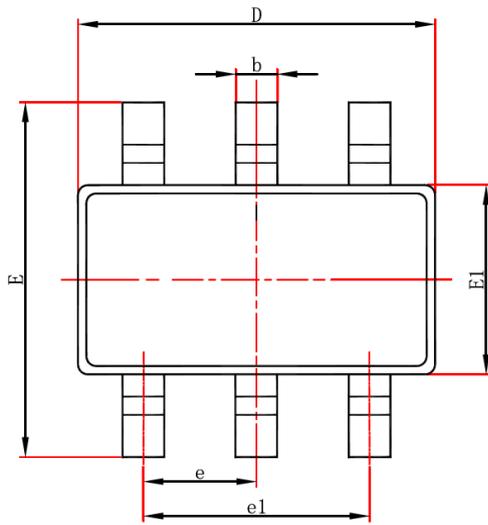
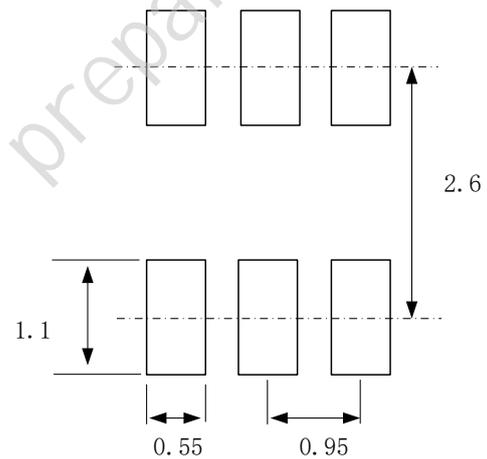
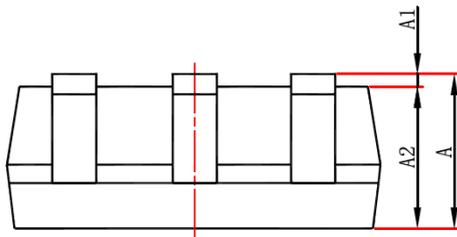
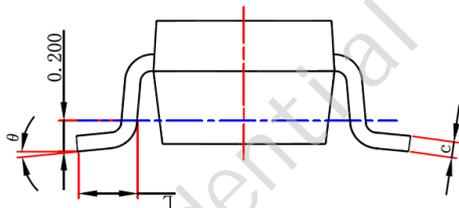


图 7: 外部过温保护

12. 封装信息 (SOT23-6)

推荐的封装尺寸

推荐的钢网尺寸


Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	1.050	1.250	0.041	0.049
A1	0.000	0.100	0.000	0.004
A2	1.050	1.150	0.041	0.045
b	0.300	0.500	0.012	0.020
c	0.100	0.200	0.004	0.008
D	2.820	3.020	0.111	0.119
E1	1.500	1.700	0.059	0.067
E	2.650	2.950	0.104	0.116
e	0.950(BSC)		0.037(BSC)	
e1	1.800	2.000	0.071	0.079
L	0.300	0.600	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°