

宽供电范围高效率反激 PWM 控制器

1. 概述

MK2687X 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(9V-90V) 可以使其覆盖 PD/PPS 从 3.3V-23V 的输出范围而不需要使用额外的绕组或者线性降压电路。

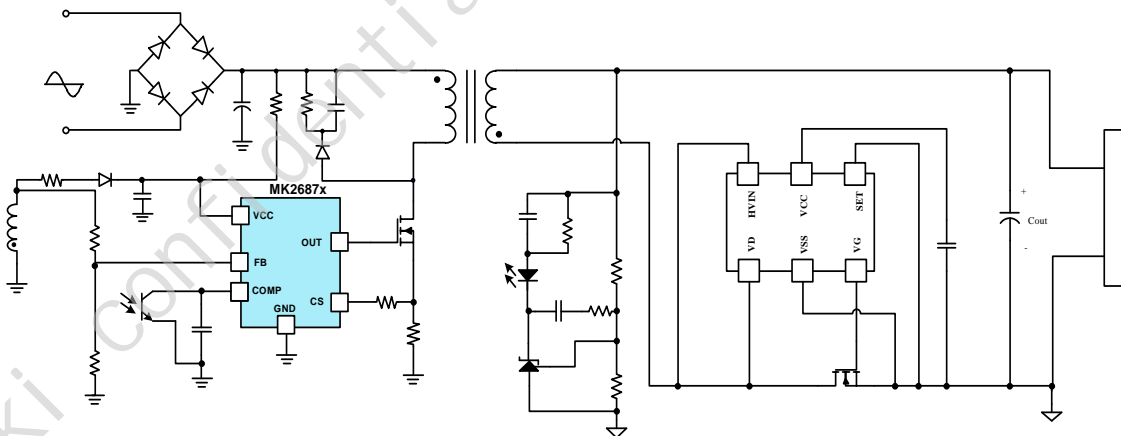
针对于能效要求, 由于 PD/快充有多个不同的输出电压, 因此采用了自适应的多模式。其不同负载以及不同输出下, 调整工作于 DCM/QR/CCM。在轻载时则会工作于 burst 模式, 以提升效率。其最高开关频率可达 130k Hz。

MK2687X 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 电源

4. 简化应用电路



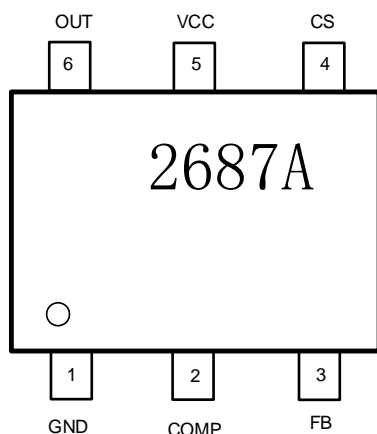
3. 特点

- 宽范围 VCC 工作电压 (10V-88V)
- 针对于不同输出电压和负载的多模式控制
- 最高开关频率 130kHz (MK2687A)
- 最高开关频率 100kHz (MK2687B)
- 专有软启动电路可降低 SR Vds 应力
- 优化的效率容易满足能效标注
- 过功率 保护
- Brown in /Brown out 功能
- VCC 过压保护/Vo 过压保护
- 整流管短路保护
- 外部 OTP 设置保护
- 支持 PPS 宽范围输出
- SOT23-6 封装

5. 订购信息

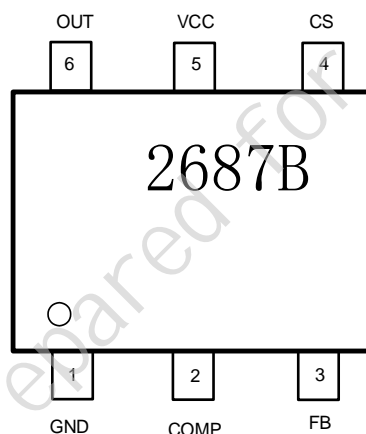
订购代码	描述
MK2687AGSA	SOT23-6, 编带卷装, 3000 颗/卷
MK2687BGSA	SOT23-6, 编带卷装, 3000 颗/卷

6. 引脚封装



SOT23-6

MK2687A



SOT23-6

MK2687B

极限参数范围 ⁽¹⁾

VCC	-0.3V to +100V
COMP, FB.....	-0.3V to +5.5V
CS.....	-0.7V to +5.5V
OUT	-0.3V to +20V
工作结温.....	-40°C to +155°C

推荐工作条件

VCC	10V to 88V
最高工作结温 (T) _J	+125°C

热阻 ⁽²⁾

	θ_{JA}	θ_{JC}
SOT23-6.....	100	66 °C/W

注:

(1) 超过这个范围可能会损坏芯片

(2) 在 JESD51-7, 4 layers PCB 上进行测量

7. ESD 性能

		Value	Units
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

8. 电气参数

无特殊说明情况下, $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=13\text{V}$ 。

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电电源部分(VCC 管脚)						
UVLO 欠压保护开启电压	V_{CC_ON}	VCC 上升至开启	14.5	17	19.5	V
UVLO 欠压保护关闭电压	V_{CC_OFF}	VCC 下降至关闭	6	7.2	8.5	V
UVLO 欠压保护迟滞 ⁽¹⁾	V_{CC_HYST}			10		V
VCC 启动电流	$I_{STARTUP}$		2	5	10	uA
VCC 正常工作电流	I_{OP}	COMP=2V, FB pin pull 150uA, CS=1V, GATE=1nF to GND	1	1.4	2.5	mA
Burst 工作模式电流	I_{burst}	COMP=0V, GATE=1nF to GND	200	280	400	uA
VCC 保持阈值	V_{CC_HOLD}		7	8.3	9.5	V
VCC 过压保护阈值	V_{CC_OVP}		89	93		V
VCC 钳位阈值	V_{CC_CLAMP}			103		V
闭环控制部分(COMP 管脚)						
COMP 开环电压	V_{COMP_OP}	COMP 管脚开路		4.4		V
COMP 短路电流	I_{COMP_SHORT}	COMP=0V	100	160	250	uA
Burst 模式进入阈值	V_{BM_ET}		0.3	0.34	0.4	V

Burst 模式迟滞电压	V _{BM_HY}		0.02	0.05	0.09	V
OPP 过功率保护阈值	V _{OPP}		2.8	3	3.2	V
OPP 屏蔽时间 ⁽¹⁾	T _{D_OPP}			T _{SS} *6		ms
COMP 与 CS 的比例	A _{VCS}		2.3	2.5	2.7	V/V
斜坡补偿电压	V _{SLOPE}	Duty=75%		0.3		V
电流检测部分(CS 管脚)						
软启动时间	T _{SS}		4	7	10	ms
前沿消隐时间	T _{LEB}			280		ns
整流管短路保护阈值 (OC FAULT)	V _{SR_SH}		1.1	1.2	1.3	V
整流管短路保护触发周期 ⁽¹⁾	T _{SR-SH}			3		Cycles
逐周期最大电流限制	V _{CS_CBC}		0.7	0.77	0.84	V
辅助绕组电压检测(FB 管脚)						
谷底检测电流阈值	I _{FB_VALLEY}			10		uA
Brown in 电流阈值	I _{BNI}		82	94	106	uA
Brown out 电流阈值	I _{BNO}		74	85	96	uA
Brown out 屏蔽时间 ⁽¹⁾	T _{BL_BNO}			T _{SS} *7		ms
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 ⁽¹⁾	T _{BL_OVP}			7		cycles
输出短路保护阈值	V _{FB_ST}		0.15	0.2	0.25	V
输出短路保护屏蔽时间 ⁽¹⁾	T _{BL_ST}			7		cycles
FB 采样时间	T _{SAMPL}	CS=0.5V		1.1		us
FB 高判断阈值	V _{FB_H}		1.7	1.9	2.1	V
FB 中判断阈值	V _{FB_M}		0.9	1	1.1	V
驱动部分						
驱动低电平电压	V _{G_L}				0.5	V

驱动高电平电压	V _{G_H}	VCC=13V, Gate Load=20mA	8			V
驱动高电平钳位电压	V _{G_HC}	VCC=V _{CC_OVP}		11		V
驱动上升时间	Tr	Cload=1nF		210		ns
驱动下降时间	Tf	Cload=1nF		30		ns
控制部分						
正常工作频率	Fsw_nom	MK2687A	120	130	140	kHz
		MK2687B	92	100	108	kHz
节能模式工作频率	Fsw_green			25		kHz
频率抖动范围 ⁽¹⁾				±6		%
频率抖动周期 ⁽¹⁾				8		ms
最大占空比	D _{MAX}		74	77	80	%
过温保护 ⁽¹⁾	ThSD			155		°C
过温保护迟滞 ⁽¹⁾	ThSD_hys			30		°C

注:

(1) 参数取决于设计

9. 管脚功能

管脚号	管脚名称	描述
1	GND	地
2	COMP	电压反馈输入管脚
3	FB	辅助绕组电压检测管脚
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

10. 内部功能框图

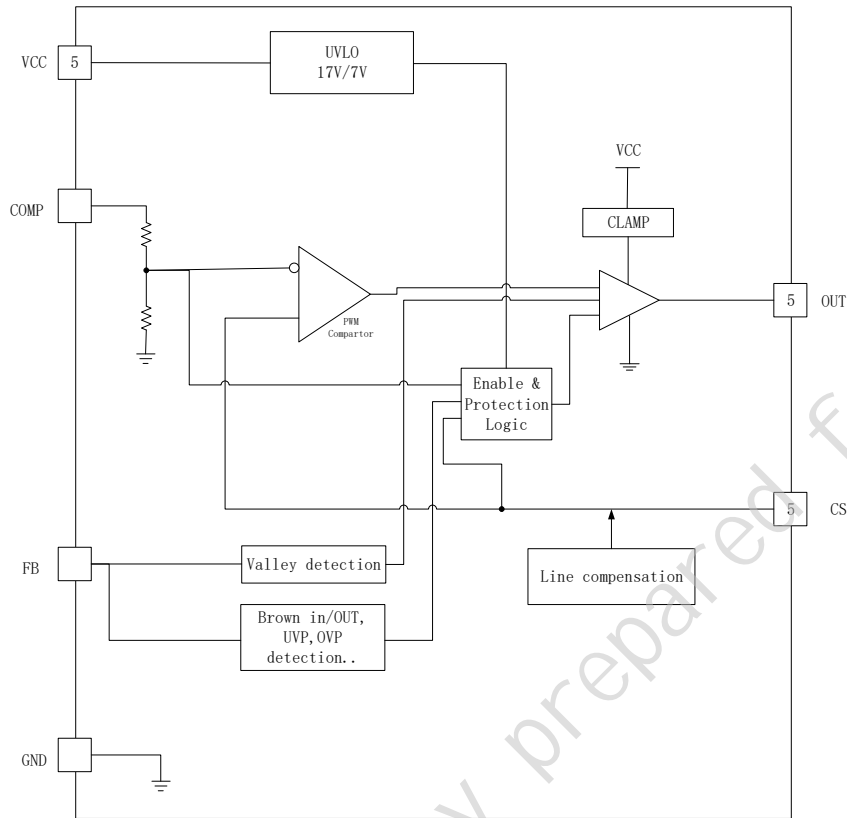


Figure 1. 内部功能框图

11. 功能描述

供电启动

启动时母线电容通过启动电阻给芯片 VCC 充电。由于芯片启动电流非常小 (~5 uA)，启动电阻可以取的比较大(选择阻值大小时也需要考虑启机延时)，以降低待机损耗。启动过程中，VCC 达到 V_{CC_ON} 后，芯片发出脉冲。

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 电压的话，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，会造成系统工作于很深 CCM，带来较高的原副边应力。MK2687 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

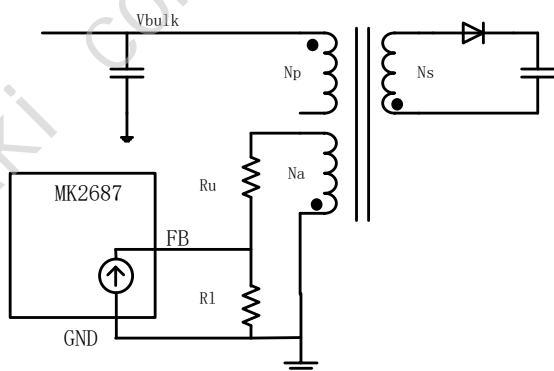
针对 PD 应用，芯片在不同的输出电压有不同的工作频率曲线。芯片通过在副边续流期间，检测 FB 脚电压，来判断输出电压并采用不同的频率曲线，以优化各个输出电压点的效率。

为了改善 EMI 影响，芯片也采用了抖频技术，频率会分布在 ±6% 的区间内。

输入欠压恢复(BROWN IN)

在开机过程中，PWM 控制器发出一系列窄脉冲，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，此时由 FB 管脚流出的电流 $= \frac{V_{BULK} \cdot N_p}{R_u \cdot N_p}$ ，只有当此电流大于 IBNI 时，芯片才认为已经满足 BROWN IN 条件，进行正常启机。

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。



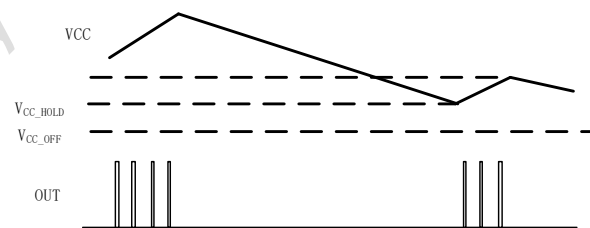
输入欠压(BROWN OUT)

在正常工作过程中，芯片也一直在原边 MOS 开通过程里，检测流出 FB 电流，当流出电流 $< IBNO$ ，并且持续时间 $\geq TBL_BNO$ 时，认为母线电压欠压，会关闭驱动输出。芯片进入重启过程。

VCC 供电保持

负载特别轻，以及输出电压非常低时，VCC 电压约等于 $NA \cdot VO / NS$ ，如果开关频率很低，则 VCC 电压可能会降的很低。芯片加入了供电保持模式，当 VCC 电压掉到 VCC_HOLD 后，芯片强制发出脉冲，以使 VCC 电压不会掉落到关机区间。由于强制脉冲的作用，VCC 会回升，当回升到 ~9.5V 后，芯片不再强制打脉冲。

但在系统设计中，希望通过设计 VCC 电容大小，辅助绕组匝比，最小负载等使 VCC 一直在 VCC_HOLD 以上，避免进入供电保持工作模式。因为进入此种模式是和环路调整相违背的，强制打脉冲会使输出电压上升，看起来增大了纹波。



控制机制

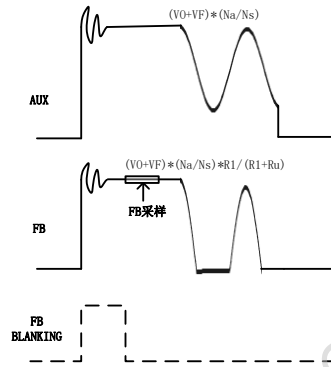
此芯片为电流型控制，将 CS 上检测电压在芯片内部和电压环反馈电压作比较，决定占空比大小。

由于驱动电流在 CS 电阻上产生电压，以及漏极节点上折算电容 CSW 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 DMAX，并且在占空比达到 DMAX 时，会关掉驱动。

输入线补

在输入电压高或者低的时候，相同的关断延时带来了不同的峰值电流增量。即如果不同输入电压时，即使芯片看到相同的 VCS 时开始关断驱动，但实际的 IPK 峰值电流也会不同。会带来高低压输入，不同的限流点。MK2687X 采用了输入电压补偿，根据芯片检测到的输入电压不同，会补偿检测到的 CS 电压，以使得不同输入电压的限流点一致。



内部斜坡补偿

电流型控制在占空比超过 50% 时有次谐波震荡的问题，常用解决办法是加斜坡补偿。芯片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。

环路反馈

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。

通过采样 FB 在变压器去磁时间内的电压并和不同阈值进行比较，可以完成下述功能。

输出过压保护 VOUT_OVP。FB 脚电压高于 VFB_OVP 连续 7 个周期，发生保护并进入重启。

输出欠压保护 VOUT_UVP (或称输出短路保护)。FB 脚低于 VFB_ST 连续 7 个周期，发生保护并进入重启。

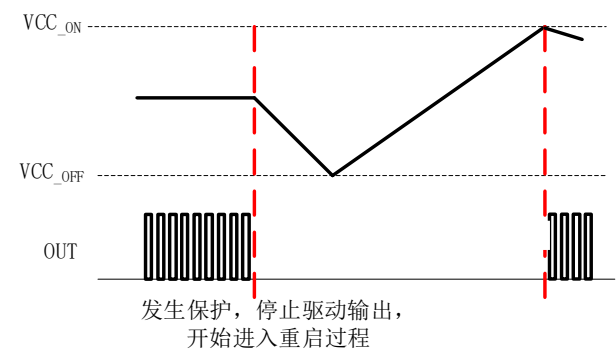
根据检测到的输出电压，以确定工作控制曲线。

谷底开通

在 DCM/QR 模式中，当副边续流结束。主功率 MOS COSS 和变压器激磁电感 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 ~0V，芯片检测此时流出 FB 脚的电流，当此电流达到 IFB_VALLEY 后，芯片认为这是可能的谷底，延时后进行开通。

保护功能

诸如过功率、输出短路、整流管短路等保护，芯片保护机制为重启



MK2687A/B 保护功能	MK2687A/B 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 VO_{PP} 且持续时间>TSS*6, 芯片认为功率超出设计值, 发生过功率保护 OPP, 芯片进入重启过程。

逐周期最大电流限制

电流型控制芯片本身就把 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, 导致原边峰值 IPK 电流过大, 引起变压器饱和。因此芯片又增加了一重保护, 即 CS 电压会逐周期与 VCS_CBC 比较, 过了消隐时间 TLEB 后, 只要 CS 到了 VCS_CBC 就立刻斩波。

整流管短路保护 (SSCP)

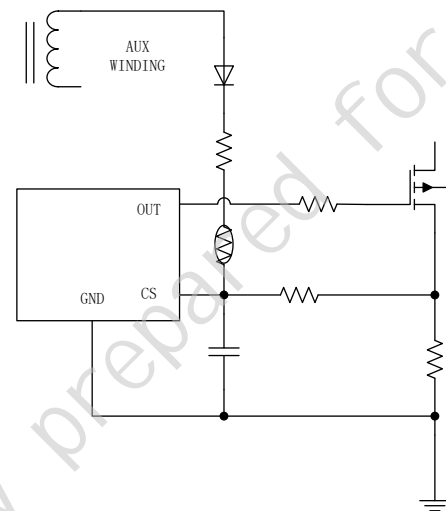
还有一种额外状况, 需要较短的消隐时间。即如果副边的同步整流 MOS 或者肖特基二极管短路, 则原边驱动发出后, 峰值电流会急剧增加, 需要快速的短路保护。如果在驱动发出后 TLEB_SRSH, 芯片检测到 CS PIN 电压超过了 TSR_SH, 则立即停止当前驱动输出。如果连续三个周期, 都发生此情况, 芯片认为发生了整流管短路状况, 停止驱动, 进入重启过程。

VCC 过压保护

当 VCC 达到 VCC_OVP 后, 芯片立刻停止驱动输出, 并进入重启过程。

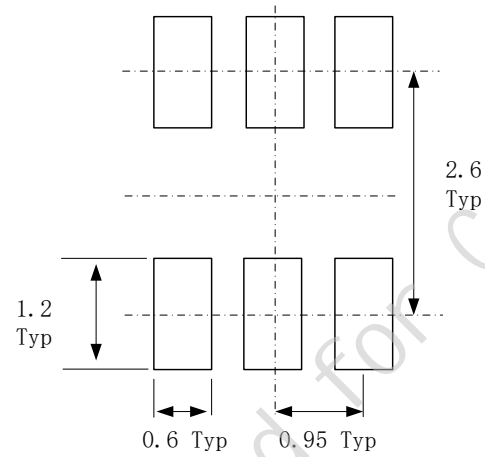
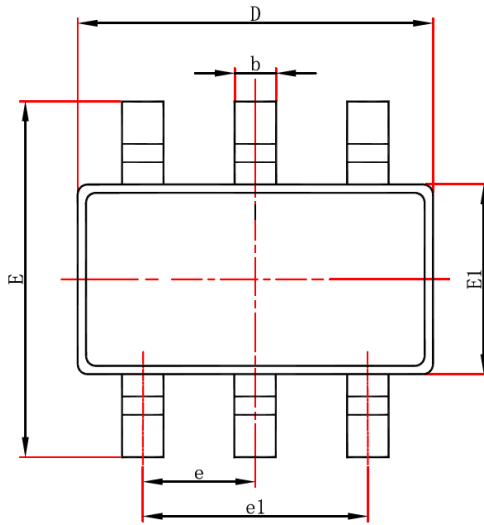
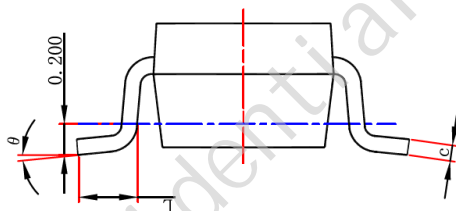
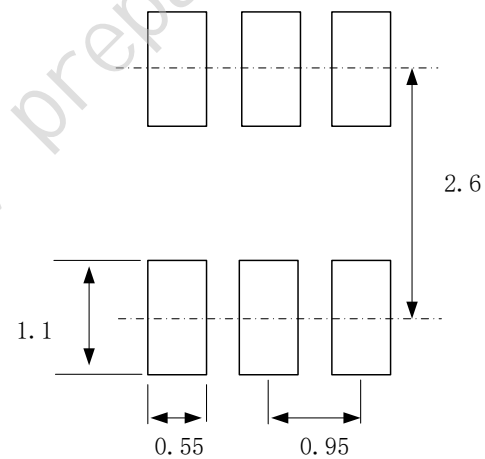
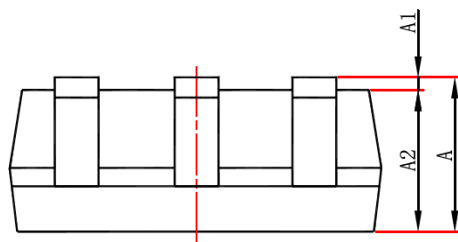
过温保护(OTP)

芯片提供了内部的 OTP 保护, 其触发点为 THSD。客户也可以通过增加外部 NTC 电阻的方式, 在 CS 管脚上实现 OTP 保护功能。即板上温度升高的时候, NTC 电阻阻值变低, 使得 CS 电阻上电压超过 VCS_CBC 连续 15 个周期, 即发生保护, 并进入重启过程。



其他保护功能

MK2687X 亦提供了多种对芯片管脚异常连接的保护。临近 PIN 脚间的短路保护包括 PIN1&PIN2, PIN2&PIN3, PIN3&PIN4, PIN4&PIN5, PIN5&PIN6; 而当芯片的 PIN 脚未焊好以至于出现悬空状态, 芯片也会进入保护, 停止输出驱动。

12. 封装尺寸(SOT23-6)

RECOMMENDED LAND PATTERN

RECOMMENDED STENCIL OPENINGS

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°