

宽供电范围高效率反激 PWM 控制器

1. 概述

MK2687P 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-88V) 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。支持 peak Load 功能,最高开关频率可达 130kHz。

MK2687P 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。

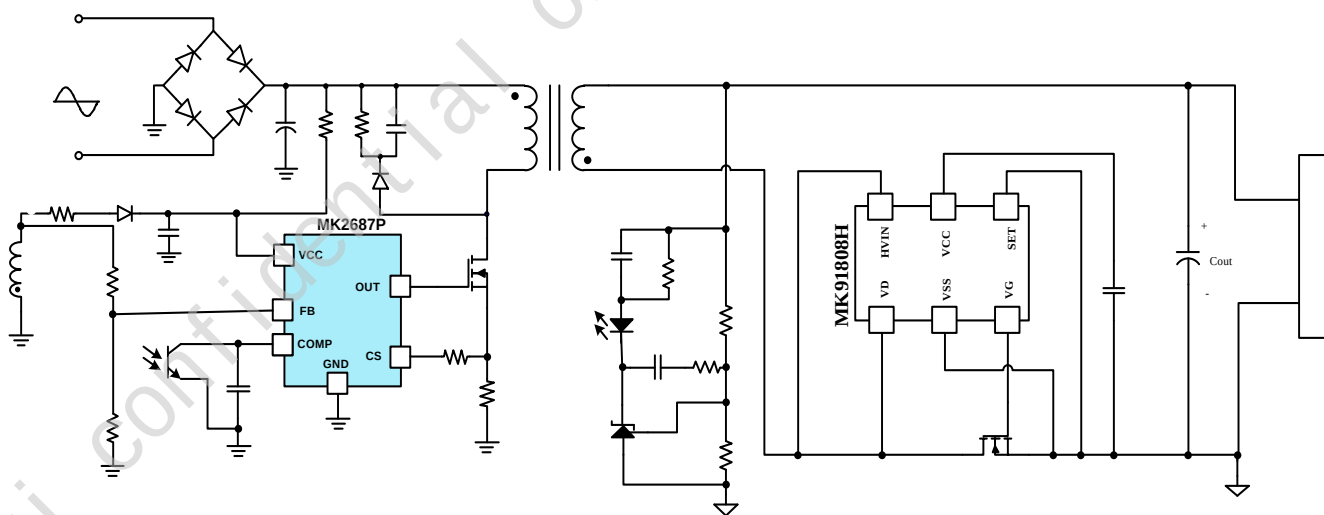
3. 特点

- 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
- 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准
- 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
- 支持 Peak Load 功能
- SOT23-6 封装

2. 典型应用

- AC/DC PD 适配器
- AC/DC 电源

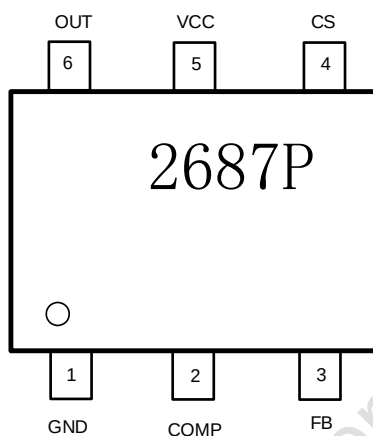
4. 简化应用电路



5. 订购信息

订购代码	描述
MK2687PGSA	SOT23-6, 编带卷装, 3000 颗/卷

6. 引脚封装



SOT23-6

MK2687P

极限参数范围 ⁽¹⁾

VCC	-0.3V to +100V
COMP, FB.....	-0.3V to +5.5V
FB.....	-0.7V ⁽³⁾
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
 (3) 重复脉冲宽度 <500ns

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:

- 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
- 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	μA
VCC 正常工作电流	I_{OP}	COMP=2V, FB pin pull 150 μA , 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	μA
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	μA
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
Peak Load 模式进入阈值	V_{PM_ED}			2.6		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}			$T_{SS} \times 9$		ms
COMP 与 CS 的比例	A_{VCS}		2.3	2.5	2.7	V/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
OCP 保护阈值 (CS OCP Level)	V_{CS_OCP}	$V_{FB} > V_{FB_H}$	0.36	0.4	0.44	V
OCP 保护阈值 (CS OCP Level)	V_{CS_OCP}	$V_{FB_M} < V_{FB} < V_{FB_H}$	0.45	0.5	0.55	V
OCP 保护阈值 (CS OCP Level)	V_{CS_OCP}	$V_{FB} < V_{FB_M}$	0.54	0.6	0.66	V
OCP Deglitch Time	T_{D_OCP}			$T_{SS} \times 15$		
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}			$T_{SS} \times 7$		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}			0.3		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		1.7		us
FB 高判断阈值	$V_{\text{FB_H}}$		1.7	1.9	2.1	V
FB 中判断阈值	$V_{\text{FB_M}}$		0.9	1	1.1	V
驱动部分						
驱动低电平电压	$V_{\text{G_L}}$				0.5	V
驱动高电平电压	$V_{\text{G_H}}$	VCC=13V, Gate Load=20mA	8			V
驱动高电平钳位电压	$V_{\text{G_HC}}$	VCC=V _{CC_OVP}		11		V
驱动上升时间	T_r	Cload=1nF		250		ns
驱动下降时间	T_f	Cload=1nF		30		ns
控制部分						
正常工作频率	Fsw_nom		60	65	70	kHz
Peak Load 工作频率	Fsw_peak		120	130	140	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⁾	Th _{SD}			155		°C
过温保护迟滞 ⁽¹⁾	Th _{SD_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

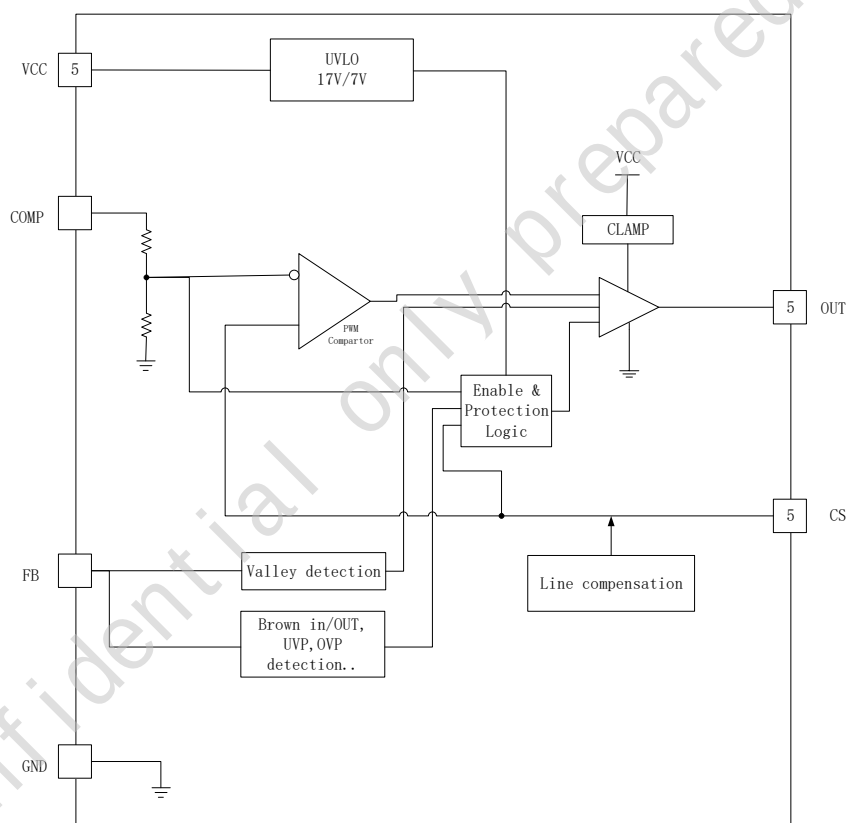


Figure 1. 内部功能框图

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)，启动电阻可以较大的值 (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。MK2687P 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。并且在 PEAK LOAD 模式时，以更高的频率工作，示意图如 FIGURE 2。

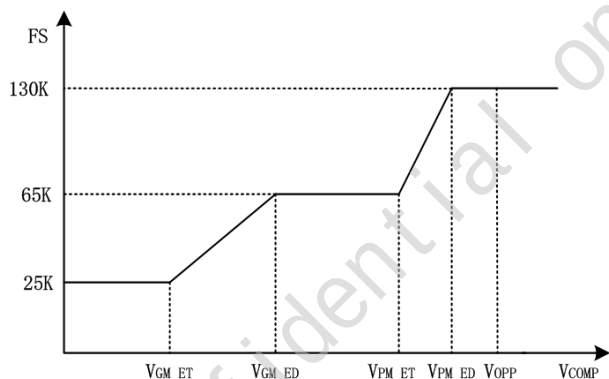


Figure 2. Peak Load 模式

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 $= \frac{V_{BULK} \cdot N_a}{R_u \cdot N_p}$ ，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。

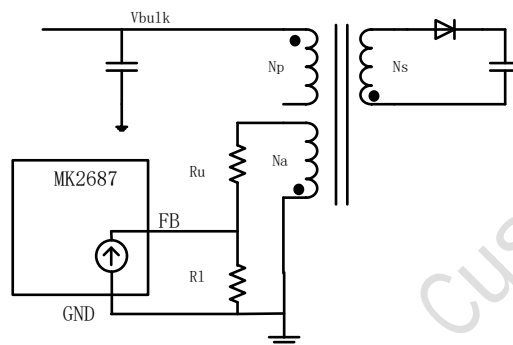


Figure 3. FB 电压检测

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 $< I_{BNO}$ ，并且持续时间 $\geq T_{BL_BNO}$ 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 $N_a \cdot V_o / N_s$ ，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 V_{CC_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 V_{CC_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。

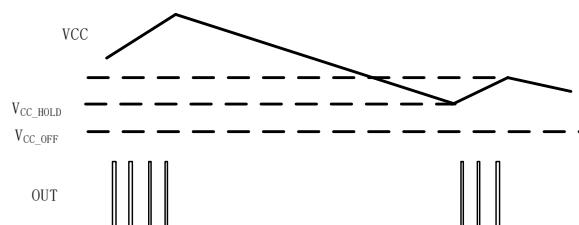


Figure 4. VCC 供电保持

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 V_{cs} 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。MK2687P 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。

1. 输出欠压保护 VOUT_UVP (或称输出短路保护)。FB 脚低于 V_{FB_ST} 连续 7 个周期，发生保护并进入重启。
2. 根据检测到的输出电压，以确定工作控制曲线。

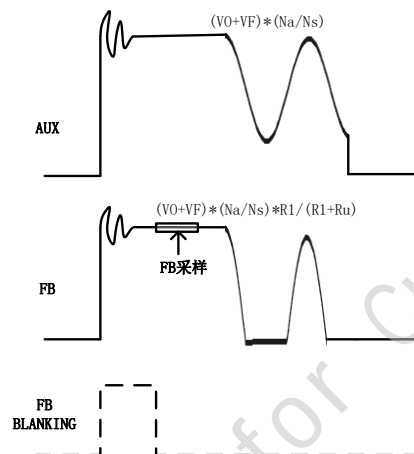


Figure 5. 辅助绕组电压检测

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 L_p 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

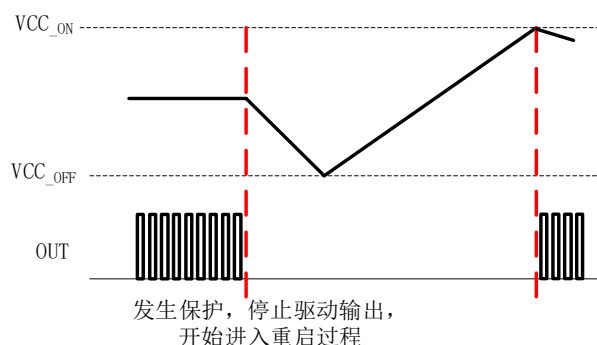


Figure 6. 保护重启

MK2687P 保护功能	MK2687P 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} 且持续时间 $>T_{SS} \times 9$, 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。

过流保护(OCP)

芯片通过采样峰值电流信号, 以及去磁时间, 通过计算得到输出电流。

$$\text{理想情况过流保护点 } I_{ocp} = \frac{V_{cs_ocp} \times N}{2 \times R_{CS}}$$

N 为变压器匝比, 芯片根据不同输出电压也会调整对应的 OCP 点, 如当 $V_{FB} > v_{FB_H}$, v_{CS_OCP} 为 0.4 当 $V_{FB_M} < V_{FB} < v_{FB_H}$, v_{CS_OCP} 为 0.5, 当 $V_{FB} < v_{FB_M}$, v_{CS_OCP} 为 0.5, 当 IC 采样到 OCP 被触发后, 会启动 OCP 计时, 经过 OCP Deglitch Time (约 105ms) 后关闭输出。

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 I_{PK} 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 V_{CS_CBC} 比较, 过了消隐时间 T_{LEB} 后, 只要 CS 到了 V_{CS_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 T_{LEB_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 V_{CC_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 V_{CS_CBC} 连续 15 个周期, 即发生保护, 并进入重启过程。

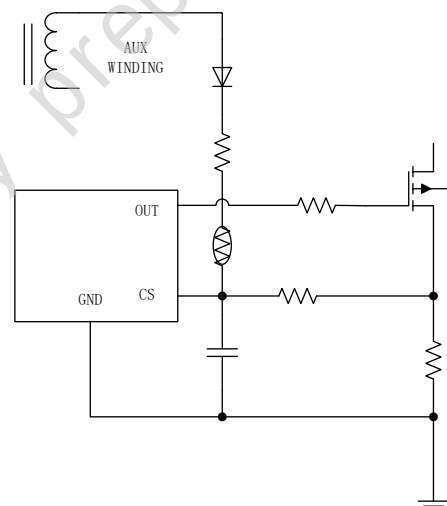
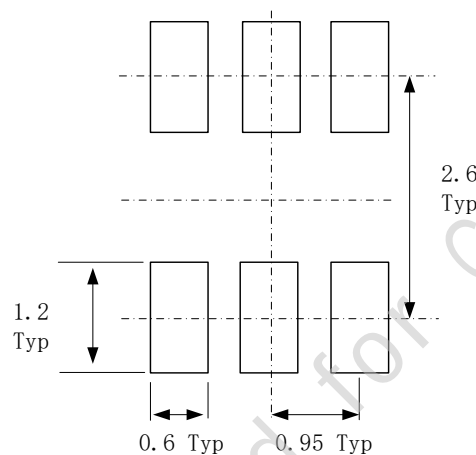
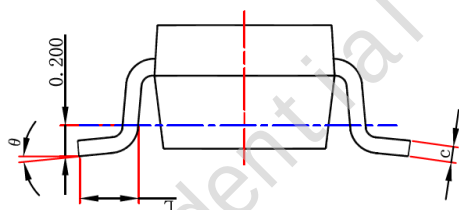
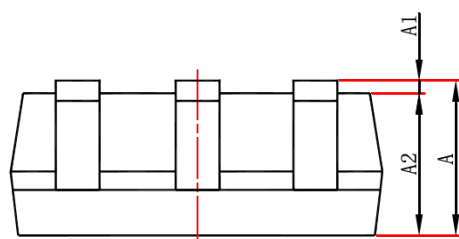
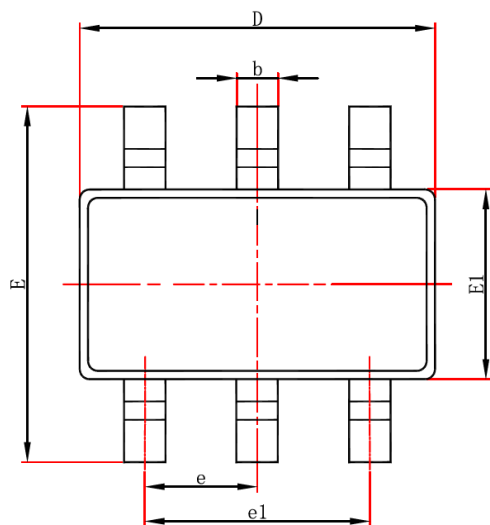


Figure 7. 外部过温保护

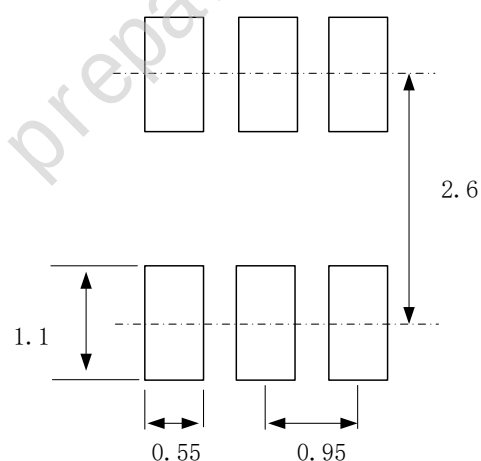
其他保护功能

MK2687P 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; 而当芯片的管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°