

## 宽供电范围高效率反激 PWM 控制器

### 1. 概述

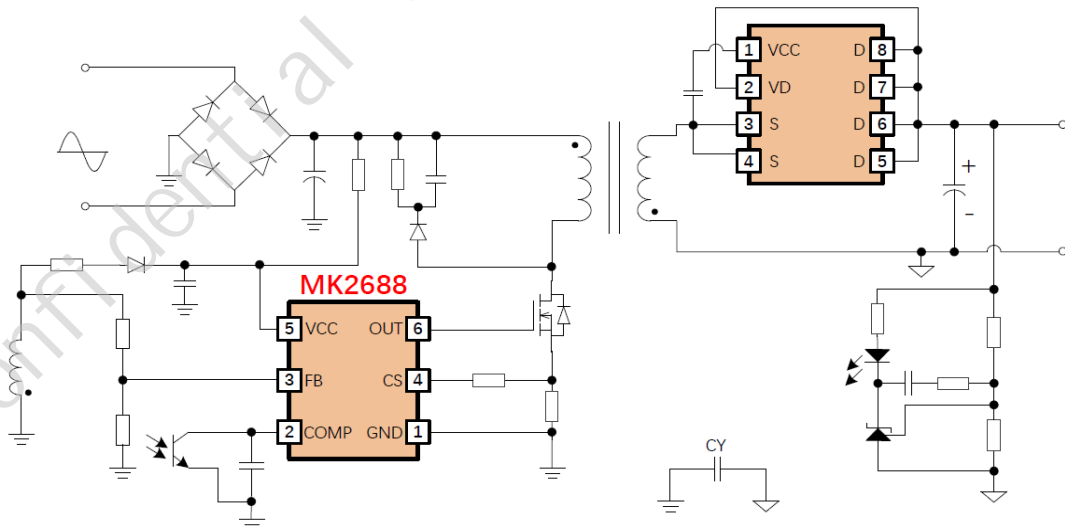
MK2688 是专为 PD/快充应用优化的多模式 PWM 控制器。其很宽的 VCC 工作电压范围 (10V-85V) 可以使其覆盖 PD/PPS 从 3.3V-21V 的输出范围而不需要使用额外的 VCC 绕组或者线性降压电路。针对于能效要求, 由于 PD/快充有多个不同的输出电压, 因此采用了自适应的多模式。其不同负载以及不同输出下, 调整工作于 DCM/QR/CCM。在轻载时则会工作于 Burst 模式, 以提升效率。其最高工作频率为 65kHz。

MK2688 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, 输入欠压 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

- PD 快充
- AC-DC 适配器

### 4. 简化应用电路



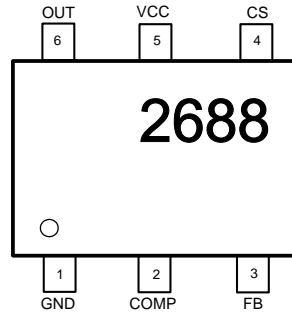
### 3. 特点

- 宽范围 VCC 工作电压 (10V-85V)
- 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
- 次级整流管短路保护
- CS 短路保护
- 智能的输出过压保护
- 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
MK2688GSA	SOT23-6, 编带卷装, 3000 颗/卷

## 6. 引脚信息



**SOT23-6**

### 极限参数<sup>(1)</sup>

VCC .....	.. ... -0.3V - +100V
COMP, FB .....	... -0.3V - + 5.5V
CS .....	. -0.7V - +5.5V
OUT.....	... ..-3V - +20V
结温 (T <sub>J</sub> ) .....	.. ..+155°C
焊接温度 (10s) .....	.. +260°C

### 推荐最大工作条件

VCC .....	...10V - +85V
结温 (T <sub>J</sub> ) .....	.....+125°C

### 热阻<sup>(2)</sup>

	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$
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

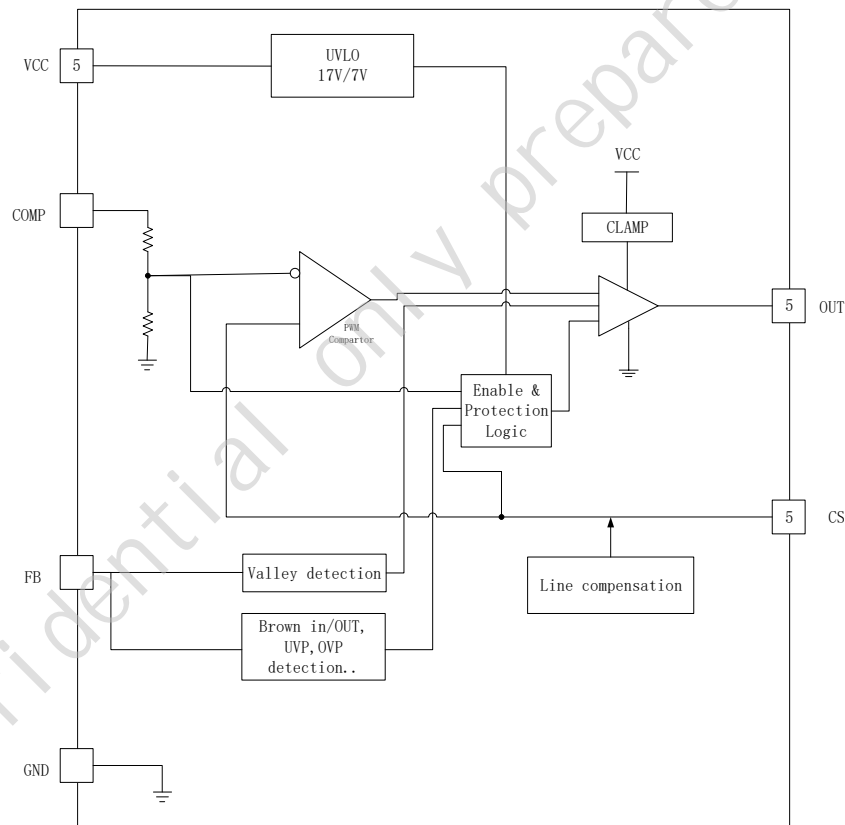


图 1: 逻辑框图

## 9. ESD 性能

		Value	Units
ESD 放电模式 $V_{ESD}$	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 <sup>(1)</sup>	$\pm 2000$	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 <sup>(2)</sup>	$\pm 1000$	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 VCC=12V, T<sub>A</sub>=25°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
<b>供电输入部份 (VCC)</b>						
UVLO 欠压保护开启电压	V <sub>CC_ON</sub>	VCC 上升至开启		17.2		V
UVLO 欠压保护关闭电压	V <sub>CC_OFF</sub>	VCC 下降至关闭		8		V
UVLO 欠压保护迟滞	V <sub>CC_HYST</sub>			10		V
VCC 启动电流	I <sub>STARTUP</sub>	VCC=15V		5		uA
VCC 正常工作电流	I <sub>OP</sub>	COMP=2V OUT 对 GND 1nF 电容		1.5		mA
Burst 工作模式电流	I <sub>BURST</sub>	COMP=0V		290		uA
VCC 过压保护阈值	V <sub>CC_OVP</sub>	VCC 上升至过压 保护		93		V
VCC 钳位阈值	V <sub>CC_CLAMP</sub>	VCC 上升至钳位 电压		102		V
<b>闭环控制部份 (COMP)</b>						
COMP 开环电压	V <sub>COMP_OP</sub>	COMP 开路		4.4		V
COMP 短路电流	I <sub>COMP_SHORT</sub>	COMP=0V		160		uA
Burst 模式进入阈值	V <sub>BM_ET</sub>			0.30		V
Burst 模式迟滞电压	V <sub>BM_HY</sub>			0.05		V
节能模式进入电压阈值	V <sub>GM_ET</sub>			1		V
节能模式退出电压阈值	V <sub>GM_ED</sub>			1.3		V
OPP 过功率保护阈值	V <sub>OPP</sub>			3.0		V
OPP 屏蔽时间*	T <sub>D_OPP</sub>			T <sub>SS</sub> *6		ms
COMP 与 CS 的比例	A <sub>VCS</sub>			2.5		V/V
斜坡补偿电压	V <sub>SLOPE</sub>	Duty=75%		0.3		V
<b>电流检测 (CS)</b>						

软启动时间	T <sub>SS</sub>		4	7	10	ms
次级同步整流短路保护阈值	V <sub>SR_SH</sub>			1.2		V
同步整流短路保护屏蔽时间*	T <sub>SR-SH</sub>			3		周期
逐周期最大电流限制	V <sub>CS_CBC</sub>	VFB<1V,IFB=100 uA		0.77		V
CS 短路保护阈值	V <sub>CS_SH</sub>			0.05		V
CS 短路保护屏蔽时间	T <sub>CS_SH</sub>			3		周期
<b>辅助绕组检测 (FB)</b>						
Brown in 电流阈值	I <sub>BNI</sub>		78	94	109	uA
Brown out 电流阈值	I <sub>BNO</sub>		69	85	100	uA
Brown out 屏蔽时间*	T <sub>BL_BNO</sub>			T <sub>SS</sub> *7		ms
谷底检测电流	I <sub>VALLEY</sub>			10		uA
谷底检测窗口时间	T <sub>VALLEY</sub>			3		us
输出过压保护阈值	V <sub>FB_OVP</sub>			3.6		V
中输出过压保护阈值	V <sub>FB_OVPM</sub>			2.15		V
低输出过压保护阈值	V <sub>FB_OVPL</sub>			1.05		V
输出过压保护屏蔽时间*	T <sub>BL_OVP</sub>			7		周期
输出欠压保护阈值	V <sub>FB_ST</sub>			0.3		V
输出欠压保护屏蔽时间*	T <sub>BL_ST</sub>			7		周期
开机时的输出欠压保护屏蔽时间*	T <sub>D_ST</sub>			T <sub>SS</sub> *2		ms
高电压输出阈值	V <sub>FB_H</sub>			1.9		V
中电压输出阈值	V <sub>FB_M</sub>			1.1		V
<b>驱动部份</b>						
驱动低电平电压	V <sub>G_L</sub>			0.2		V

驱动高电平电压	V <sub>G_H</sub>			8.6		V
驱动高电平钳位电压	V <sub>G_HC</sub>	VCC>14V			12	V
驱动上升时间	T <sub>R</sub>	Clload=1nF		250		ns
驱动下降时间	T <sub>F</sub>	Clload=1nF		25		ns
<b>振荡器部份</b>						
正常工作频率	F <sub>SW_MAX</sub>	COMP=2V	60	65	70	kHz
节能模式工作频率	F <sub>SW_GREEN</sub>	COMP=0.4V	21	25	29	kHz
频率抖动范围*	F <sub>JT</sub>			±6		%
频率抖动周期*	T <sub>JT</sub>			8		ms
最大占空比	D <sub>MAX</sub>			75		%
过温保护*	T <sub>HSD</sub>			155		°C
过温保护迟滞 *	T <sub>HSD_HYS</sub>			30		°C

备注

\* 设计保证

## 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 MK2688 启动电流  $I_{ST}$  非常小 ( $\sim 5 \mu A$ )，启动电阻可以取的比较大(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，MK2688 采用了多段控制，以实现启动过程中原副边应力的优化。

### 工作频率

针对 PD 应用，MK2688 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  $\pm 6\%$  的区间内。

### 输入欠压恢复(Brown in)

在开机过程中，MK2688 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。

### 输入欠压(Brown out)

在正常工作过程中，MK2688 也会在原边 MOS 开通过程里，检测 FB 流出的电流，当流出电流  $< I_{BNO}$  ( $\sim 86\mu A$ )，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

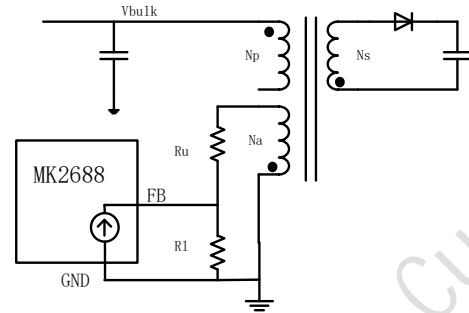


图 2: Brown in/Brown out

### 控制机制

MK2688 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low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 CSpk 值，会对应不同的输出限流点。MK2688 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

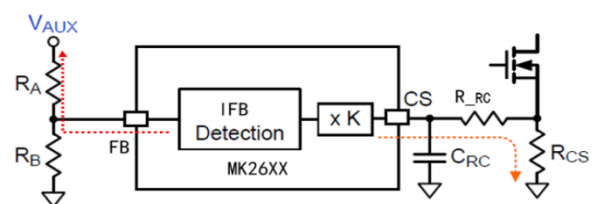
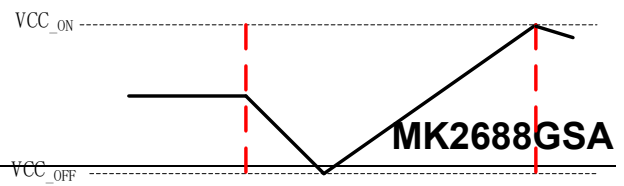


图 3: 高低压功率补偿





## 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。MK2688 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  $V_{FB\_OVP}$  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  $V_{FB\_ST}$  ( $\sim 0.3V$ ) 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。

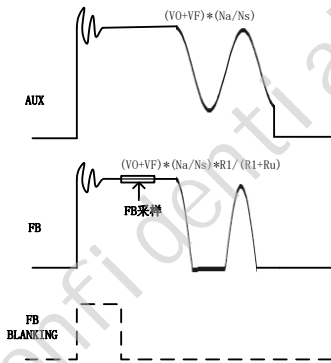


图 4: FB 检测

## 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  $I_{VALLEY}$  ( $\sim 10\mu A$ ) 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，MK2688 保护机制为重启。发生保护，停止驱动输出，开始进入重启过程。

图 5: 保护机制

MK2688 保护功能	MK2688 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
整流管短路保护	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  $> 42ms$ ，MK2688 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 MK2688 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，MK2688 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 5us 后，CS 仍然未能达到  $V_{CS\_SH}$  ( $\sim 50mV$ )，MK2688 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

MK2688 有很宽的 VCC 范围, 当 VCC 达到  $V_{CC\_OVP}$  (~92V) 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  $V_{CC\_CLAMP}$  (~102V) 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

MK2688 提供了内部的 OTP 保护, 其触发点为 150°C, 回滞温度 30°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。

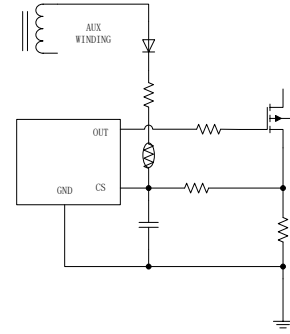
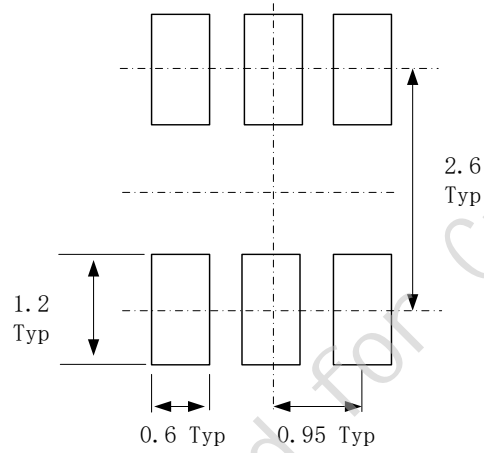
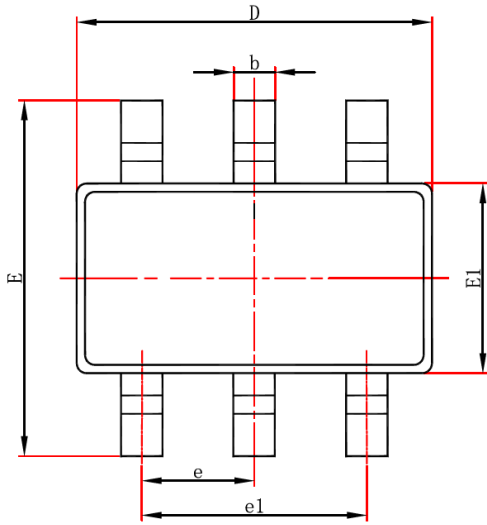


图 6: 外部过温保护

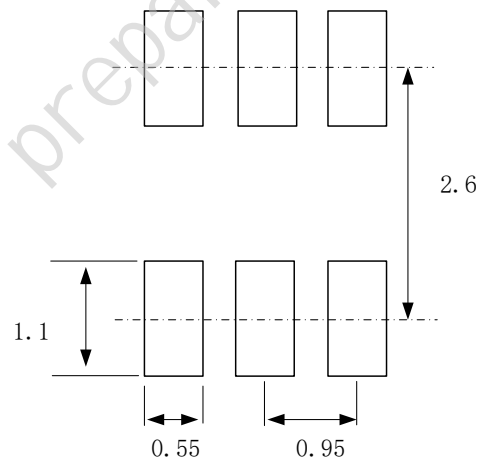
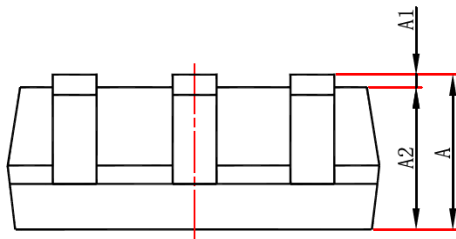
### 智能的输出过压保护

MK2688 会自动根据当前的输出电压调整对应的输出过压保护阈值, 当电源故障发生保护时, 保护的电压也不会超过负载设备的耐压, 而当发生过压保护进入重启后, 如果故障仍然没有解除, 芯片会默认以 5V 来设定过压保护参考, 过压点约为 7V 左右, 确保设备负载不被过高的电压损坏。

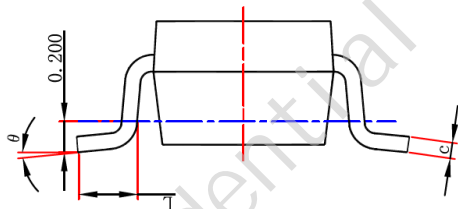
12. 封装信息 (SOT23-6)



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°