

宽供电范围高效反激 PWM 控制器

1. 概述

MK2688T 是专为 PD/快充应用优化的多模式 PWM 控制器。其宽 VCC 工作电压范围(10V-42V) 可以使其覆盖 PD/PPS 的 4.5V-12V 输出范围而不需要使用额外 VCC 绕组或者线性降压电路。针对于能效要求, MK1688T 采用了自适应多模式控制, 以支持 PD/快充有多个不同输出电压的应用。其不同负载以及不同输出下, 调整工作于 DCM/QR/CCM 不同模式。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。

MK2688T 具有全面的保护功能, 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的短路保护、CS 短路保护等。

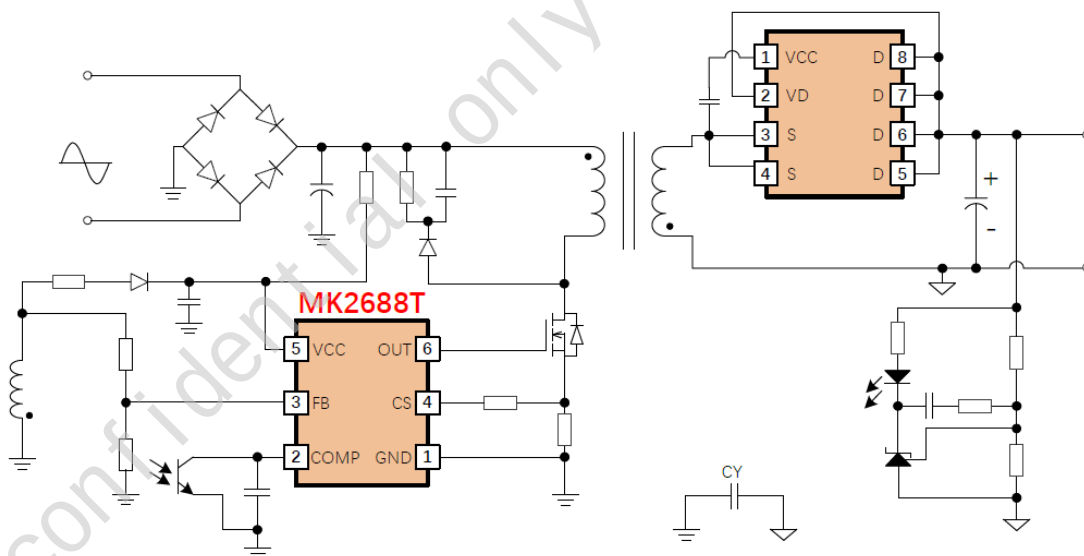
2. 典型应用

- PD 快充
- AC-DC 适配器

3. 特点

- 宽范围 VCC 工作电压 (10V-42V)
- 专有软启动电路可降低同步整流管 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

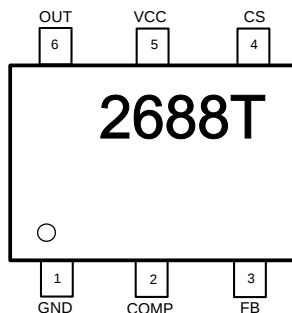
4. 简化应用电路



5. 订购信息

订购型号	包装
MK2688TGSA	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℃
焊接温度 (10s)		+260℃

推荐最大工作条件

VCC		10V - +42V
结温 (T _J)		-40-+125℃

热阻⁽²⁾

SOT23-6		100 66 °C/W
---------	-------	-------------

 θ_{JA} θ_{JC}

注:

(1) 超过这个范围, 芯片可能会损坏.

(2) 在 JESD51-7, 4 层 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

The schematic diagram illustrates the internal architecture of the ADXL055. Key components and their connections include:

- VCC and GND:** The top rail is VCC, and the bottom rail is GND. Both are connected to pins 5 and CS.
- UVLO (17V/7V):** A UVLO block is connected to VCC and the internal logic.
- COMP:** A comparator input pin connected to a resistor network and the PFM Comparator.
- FB:** A feedback input pin connected to the Valley detection and Brown in/OUT, UVP, OVP detection blocks.
- PFM Comparator:** Receives inputs from COMP and the feedback path, and outputs to the Enable & Protection Logic.
- Enable & Protection Logic:** Receives inputs from the PFM Comparator, UVLO, and feedback path, and outputs to the CLAMP block and the CS pin.
- CLAMP:** A clamp block connected to VCC and the output pin.
- Line compensation:** A block that receives inputs from the feedback path and the CS pin, and outputs to the CLAMP block.
- Valley detection and Brown in/OUT, UVP, OVP detection..:** These blocks process the feedback signal and output to the Enable & Protection Logic.
- OUT:** The output pin, which is also connected to the CS pin.

图 1: 逻辑框图

		Value	Units
ESD 放电模式	人体模式 (HBM), ANSI/ESDA/JEDEC JS-001	±2000	V
	机器模式 (CDM), JEDEC specification JESD22-C101	±1000	V

- (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_{ST}	VCC=15V	2	4	10	μA
VCC 正常工作电流	I_{OP}	COMP=2V	1	1.5	1.9	mA
Burst 工作模式电流	I_{BURST}	COMP=0V	240	290	340	μA
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	63	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	μA
Burst 模式进入阈值	V_{BM_ON}		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	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	1.3	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}	IFB=100uA	0.72	0.77	0.82	V
辅助绕组检测 (FB)						
Brown in 电流阈值	I_{BNI}		82	96	106	uA
Brown out 电流阈值	I_{BNO}		74	88	96	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}		3.4	3.6	3.8	V
中输出过压保护阈值	V_{FB_OVPM}		2.4	2.6	2.8	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_{OL}			0.2	0.5	V
驱动高电平电压	V_{OH}		9	9.6	10.2	V
驱动高电平钳位电压	V_{G_HC}	VCC>14V	10.5	11.3	12	V
驱动上升时间	T_R	Cload=1nF	200	250	400	ns
驱动下降时间	T_F	Cload=1nF	10	25	60	ns
振荡器部份						
正常工作频率	F_{SW_MAX}	COMP=2V	60	65	70	kHz
节能模式工作频率	F_{SW_GREEN}	COMP=0.4V	21	25	30	kHz
频率抖动范围*	F_{JT}			±6		%
频率抖动周期*	T_{JT}			8		ms

最大占空比	D_{MAX}		74	77	80	%
过温保护*	T_{HSD}			155		°C
过温保护迟滞 *	T_{HSD_HYS}			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芯片 VCC 电容充电, 由于 MK2688T 启动电流 I_{ST} 非常小 ($\sim 5\mu A$), 启动电阻可以取较大值 (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, 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, MK2688T 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, MK2688T 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, MK2688T 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, MK2688T 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 pin 流出的电流 IFB 为 $V_{bulk} * (N_p/N_s) / R_u$, 只有当此电流大于 I_{BNI} 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, MK2688T 也会在原边 MOS 开通过程里, 检测 FB 流出的电流 IFB, 当 $IFB < I_{BNO}$, 并且持续时间 $\geq T_{BL_BNO}$ 时, 芯片认为 V_{bulk} 电压欠压, 会关闭驱动输出, 进入重启过程。

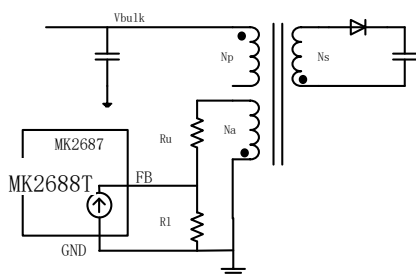


图 2: Brown in/Brown out

控制机制

MK2688T 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 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, 因此内部 CS 采样电路加入了约 300ns 的前沿消隐。

MK2688T 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。

输入电压功率补偿

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 CS_{pk} 值, 会对应不同的输出限流点。MK2688T 采用了输入电压补偿, 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

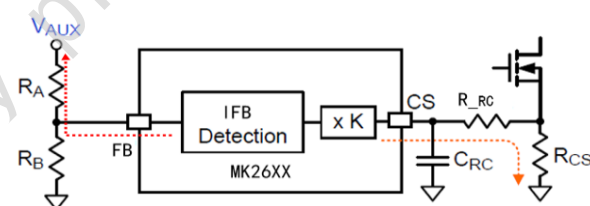


图 3: 高低压功率补偿

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。MK2688T 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。

绕组电压检测

在次级电流续流时间内, FB 脚上的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:

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 脚电压低于 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。

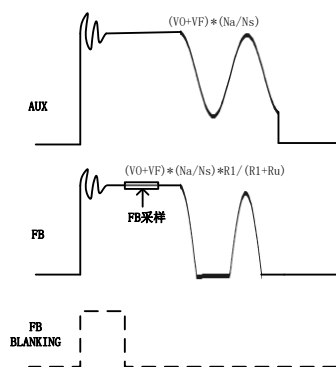


图 4: FB 检测

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, MK2688T 保护机制为重启

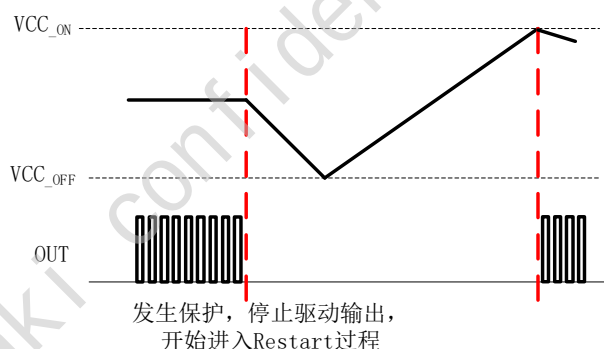


图 5: 保护机制

MK2688T 保护功能	MK2688T 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 $> 42ms$, MK2688T 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 MK2688T 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, MK2688T 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, 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 50mV, 则 MK2688T 强制关闭驱动。如果连续三个周期都发生此状况, 进入保护, 并进入重启模式。

VCC 过压保护

MK2688T 支持宽 VCC 工作范围。当 VCC 达到 V_{VCC_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_{VCC_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

MK2688T 提供了内部的 OTP 保护，其触发点为 $\sim 155^{\circ}\text{C}$ ，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 VCS_CBC 连续 15 个周期，即发生保护，并进入重启模式。

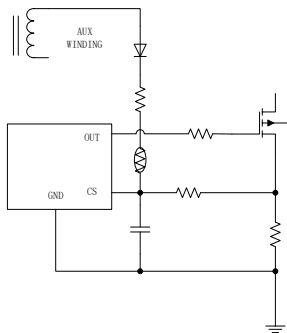


图 6：外部过温保护

智能的输出过压保护

MK2688T 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** 输出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. 编带和料盘规格

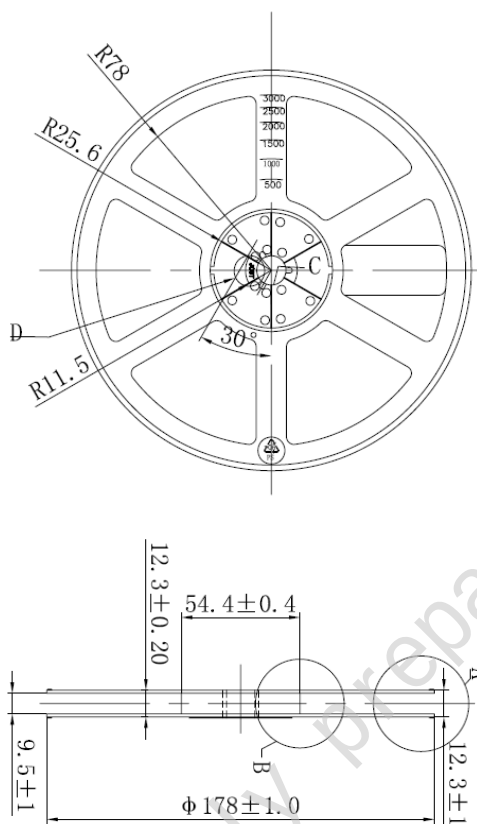
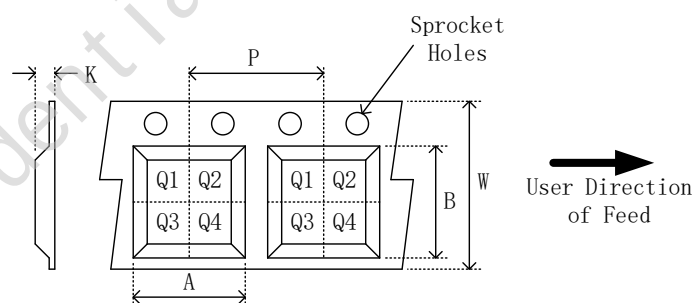


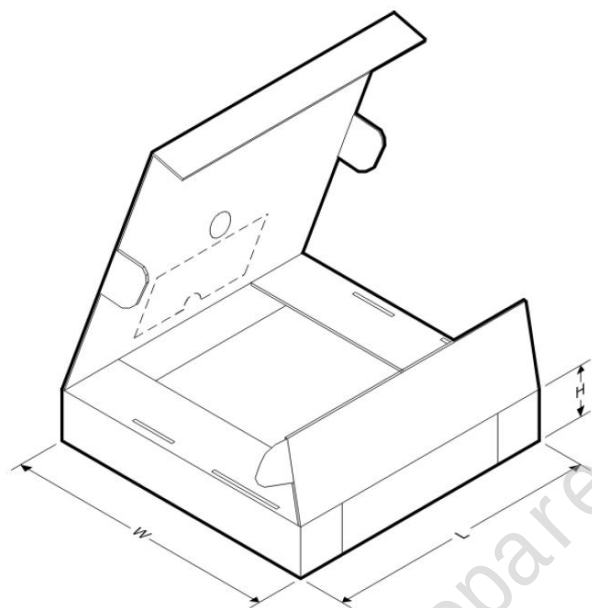
图 7: 料盘尺寸



器件	封装	Pins	SPQ (pcs)	A (mm)	B (mm)	K (mm)	P (mm)	W (mm)	Pin1 象限
MK2688TGSA	SOT23-6	6	3000	3.23	3.17	1.37	4	8	Q3

图 8: 卷带尺寸与 pin1 象限

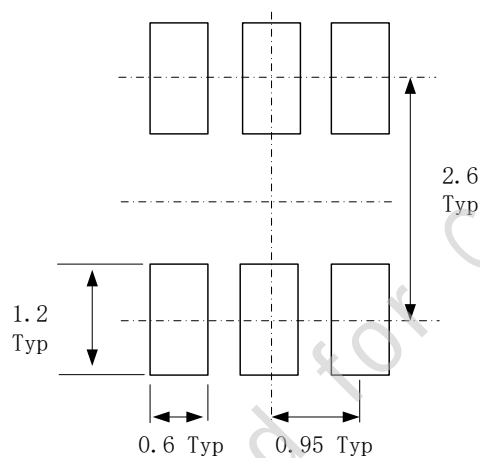
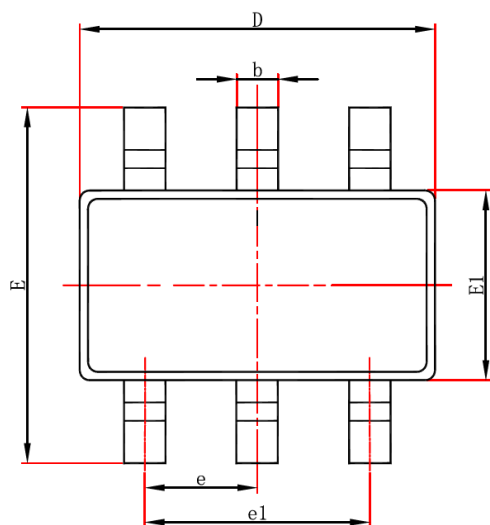
13. 外盒规格



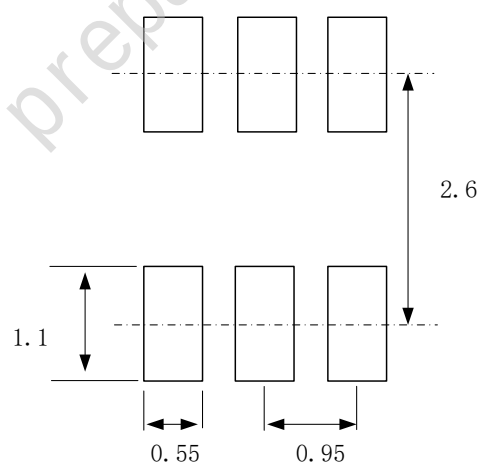
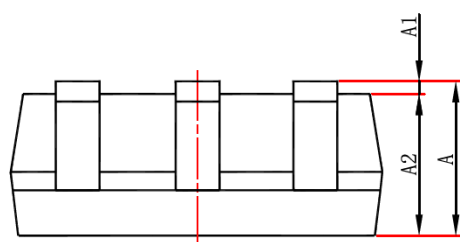
器件	封装	Pins	SPQ (pcs)	L (mm)	W (mm)	H (mm)
MK2688TGSA	SOT23-6	6	30000	203	203	195

图 9：外盒尺寸

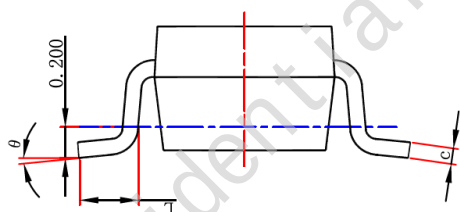
14. 封装信息 (SOT23-6)



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°