

宽供电范围高效率 Offline PWM 控制器

概述

MK2687 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。其最高工作频率为 65k Hz。

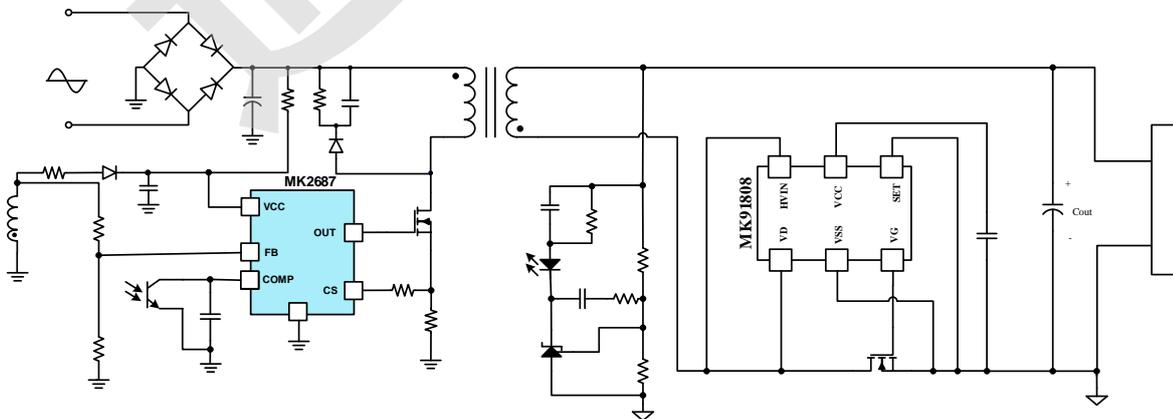
MK2687 提供了全面的保护功能，包含输出 OVP, OPP, VCC OVP, BROWN-IN/OUT, 还提供了副边 SR 短路保护, PIN 脚 OPEN/SHORT 保护, 以及输入电压 OVP 保护 (可选)等。

提供了 SOT23-6 封装

应用

- AC/DC PD 适配器
- AC/DC 电源

简化应用电路



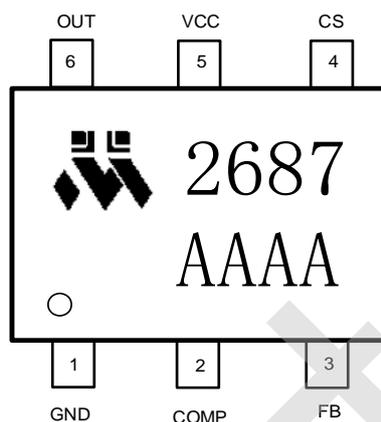
特点

- 宽范围 VCC 工作电压(9V-90V)
- 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
- 优化的各点效率-容易满足能效标准
- OCP/OPP/SSCP 保护
- Brown in /Brown out 功能
- VCC OVP /VO OVP 保护
- PIN OPEN/SHORT 保护
- 外部 OTP 设置保护
- 支持 PPS 宽范围输出
- 抖频提升 EMI 特性
- SOT23-6 封装

订购信息

Ordering No.	Description
MK2687GSA	SOT23-6, 3000 pcs/reel

管脚封装



AAAA: Lot code

SOT23-6

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
Operating Junction Temperature	-40°C to +150°C

推荐工作条件

VCC	9V to 90V
Maximum Junction Temp. (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，芯片可能会损坏。

(2) 在 JESDSD51-7, 4 layers PCB 上进行测量

ESD 性能

		Value	Units
Electrostatic discharge V_{ESD}	Human body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001	± 2000	V
	Charged device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101	± 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

电气参数

无特殊情况说明下, $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 。

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	Units
SUPPLY MANAGEMENT SECTION						
VCC UVLO Rising	V_{CC_ON}		14.5	17	19.5	V
VCC UVLO Falling	V_{CC_OFF}		6	7.2	8.5	V
VCC UVLO Hysteresis	V_{CC_HYST}		9	10	11	V
VCC Startup current	$I_{STARTUP}$		2	5	10	μA
VCC Normal Operating Current	I_{OP}	COMP=2V, FB pin pull 150 μA , CS=1V, GATE=1nF to GND	1	1.4	2.5	mA
Burst Operating Current	I_{burst}	COMP=0V, GATE=1nF to GND	200	280	400	μA
VCC Hold Threshold	V_{CC_HOLD}		7	8.3	9.6	V
VCC OVP Threshold	V_{CC_OVP}		90	95		V
VCC CLAMP Threshold	V_{CC_CLAMP}			105		V
VCC Latch release voltage	V_{CC_LATCH}		3	4	5	V
COMP INPUT SECTION						
COMP Open Voltage	V_{COMP_OP}	COMP pin open-circuited	4.2	4.4	4.6	V
COMP Short-Circuit Current	$I_{COMP_SHOR T}$	COMP=0V	125	150	175	μA

Green Mode Entry Voltage	V_{GM_ET}		0.9	1	1.1	V
Burst Mode Entry voltage	V_{BM_ET}		0.27	0.3	0.33	V
Burst Mode Hysteresis			0.04	0.05	0.06	V
OPP Protection Threshold	V_{OPP}		2.7	3	3.3	V
OPP Deglitch Time ⁽¹⁾	T_{D_OPP}			$T_{ss} * 6$		
COMP to CS Gain	A_{VCS}		2.4	2.5	2.6	V/V
CURRENT SENSE INPUT (CS PIN) SECTION						
Soft Start Time of CS Threshold	T_{SS}		4	7	10	ms
Leading Edge Blanking Time	T_{LEB}		280	330	380	ns
Secondary Rectifier short circuit trigger voltage (OC FAULT)	V_{SR_SH}		1.1	1.2	1.3	V
SR Short circuit deglitch cycles ⁽¹⁾				3		Cycles
Cycle by Cycle Current Limit	V_{CS_CBC}		0.72	0.77	0.82	V
Comp and Control Delay	T_{DL_CS}		100	130	160	ns
Slope Compensation Saturation Voltage	V_{SLOPE}		230	300	370	mv
FB INPUT SECTION						
Valley Detection Threshold	I_{FB_VALLEY}		8	10	13	uA
Valley Window Time	T_{W_VALLEY}		2.5	3	3.5	us
Brown-in Detection Threshold	I_{BNI}		78	90	102	uA
Brown-out Detection Threshold	I_{BNO}		70	81	92	uA
Brown-out Deglitch Time ⁽¹⁾	T_{BL_BNO}			$T_{ss} * 7$		ms

FB OVP Threshold	V_{FB_OVP}		3.3	3.6	3.9	V
FB OVP Deglitch Time ⁽¹⁾	T_{BL_OVP}			7		cycles
FB UVP Threshold (Output Short) ⁽¹⁾	V_{FB_ST}			0.2		V
FB UVP Threshold (Output Short) Deglitch Time ⁽¹⁾	T_{BL_ST}			7		cycles
FB Sampling Time	T_{SAMPL}	CS=0.5V	1.4	1.9	2.1	us
UVP Blanking time after SS	T_{D_ST}			$T_{SS} * 2$		ms
FB High Threshold	V_{FB_H}		1.7	1.9	2.1	V
FB Middle Threshold	V_{FB_M}		0.9	1	1.1	V
GATE DRIVE Section						
GATE Low Level	V_{G_L}			0.2	1	V
GATE High Level	V_{G_H}		8	8.6		V
GATE Clamp Voltage ⁽¹⁾	V_{G_HC}			11		V
GATE Rising Time	T_r	Load=1nF	200	250	300	ns
GATE Falling Time	T_f	Load=1nF	20	25	30	ns
Control Law						
Normal Mode Frequency	F_{sw_nom}		60	65	70	kHz
Green Mode Frequency	F_{sw_green}		23	26	29	kHz
Dithering Range ⁽¹⁾				± 6		%
Dithering Period ⁽¹⁾				8		ms
Maximum Duty Cycle	D_{MAX}		74	77	80	%
Thermal Shutdown Threshold ⁽¹⁾	T_{hSD}			155		°C
Thermal Shutdown Hysteresis ⁽¹⁾	T_{hSD_hys}			30		°C

Notes

(1) Values are verified by characterization on bench, not tested in production

(2) Optional function

管脚描述

Pin #	Name	Description
1	GND	Ground
2	COMP	Voltage feedback pin
3	FB	Auxiliary voltage sense
4	CS	Current Sense input
5	VCC	Power supply
6	OUT	Output to drive MOSFET

结构框图

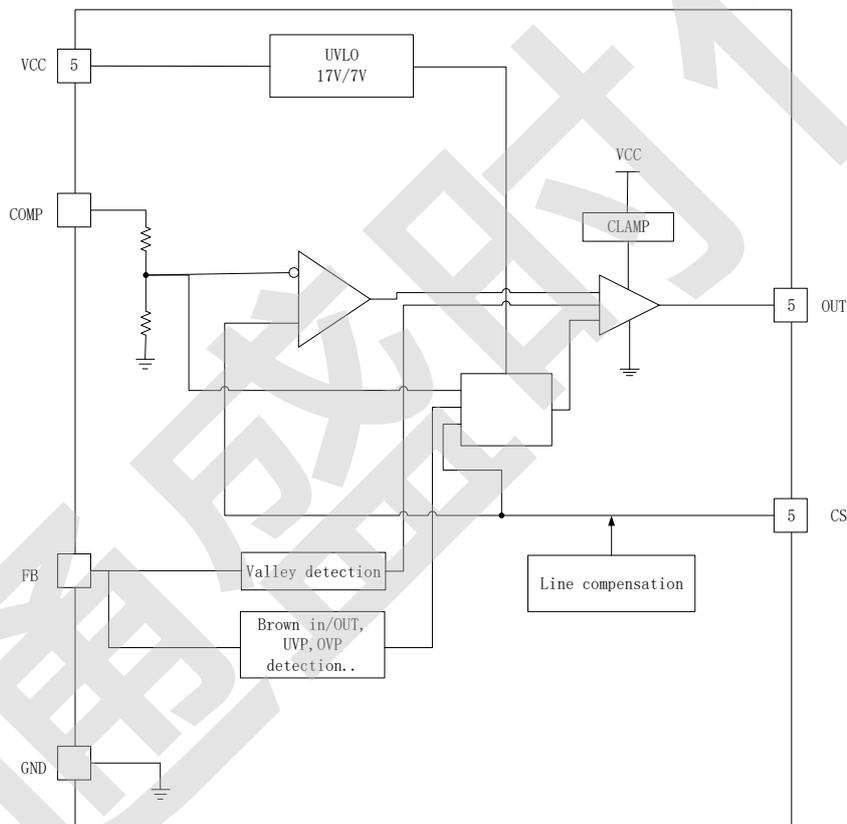


Figure 1. Functional Block Diagram

功能描述

VCC AND STARTUP

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(阻值大小同时需要考虑启机延时)，以降低待机损耗。启动过程中，VCC 达到 V_{CC_ON} 后，芯片开始发出脉冲。

SOFT START

在启动开始过程中，由于输出电压很低。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。

OSCILLATOR FREQUENCY

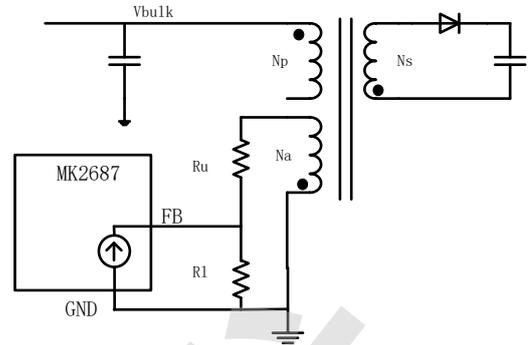
针对 PD 应用，芯片在不同的输出电压有不同的工作频率曲线。芯片通过在副边续流期间，检测 FB 脚电压，来判断输出电压并采用不同的频率曲线，以优化各个输出电压点的效率。

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

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 pin 流出的电流 $= \frac{V_{BULK} * N_a}{R_u * N_p}$ ，只有当此电流大于 I_{BNI} (~90uA) 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 RESTART 过程。



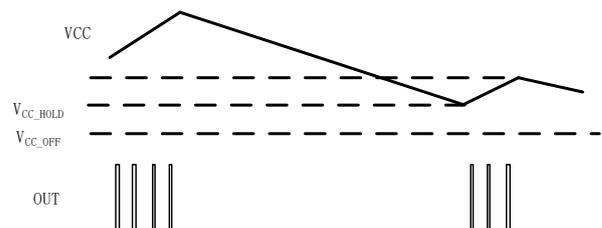
BROWN OUT

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 $\frac{V_{BULK} * N_a}{R_u * N_p} < I_{BNO}$ (~84uA)，并且持续时间 $\geq T_{BL_BNO}$ (~50ms) 时，认为 BULK 电压 BROWN OUT，会关闭驱动输出。芯片进入 RESTART 过程。

VCC MAINTAIN MODE

负载特别轻，以及输出电压非常低时，VCC 电压约等于 $N_a * V_o / N_s$ 。如果开关频率很低，则 VCC 电压可能会降的很低。芯片加入了 MAINTAIN MODE，当 VCC 电压掉到 V_{CC_HOLD} (~8.2V) 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 MAINTAIN MODE 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。



CURRENT SENSE

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。

在 COMP 最大时，芯片也会逐周期限制原边峰值电流，其最大逐周期限流点为 $0.77V/RCS$ 。即系统设计中至少需要满足变压器不饱和的限流点为 $0.77/RCS$ 。

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 leading edge blanking 时间， T_{LEB} 。

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。

LINE COMPENSATION

在输入电压高或者低的时候，相同的 CS 峰值会带来不同的最大输出功率 OPP。即不同的输入电压，及时相同的 CS_{pk} 值，也会对应不同的输出限流点。MK2687 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峰值功率尽可能相同

INTERNAL SLOPE COMPENSATION

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。芯片内部实现了斜坡补偿功能，其斜坡补偿电压和占空比成线性比例关系。

VOLTAGE FEEDBACK LOOP

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。

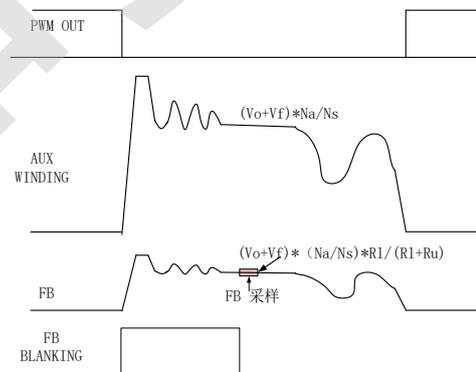
从环路调试角度考虑，建议在副边光耦二极管串联的电阻上留并联电容位置。

FB VOLTAGE DETECTION

在副边电流续流时间内，FB PIN 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。

1. 输出过压保护。输出过压保护阈值 V_{FB_OVp} 约为 $\sim 3.6V$ 。
2. 输出欠压保护(短路保护)。输出欠压保护阈值 V_{FB_ST} 约为 $\sim 0.2V$ 。
3. 根据检测到的输出电压，决定控制曲线，以优化效率

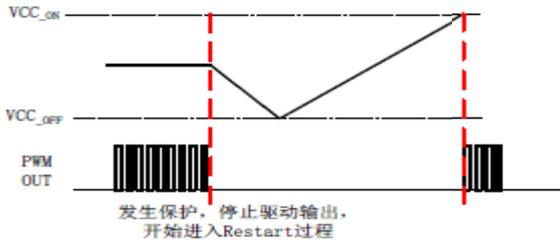


VALLEY SWITCHING

在 DCM/QR 模式中，当副边续流结束。主功率 MOS C_{oss} 和变压器 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 I_{FB_VALLEY} 后，芯片认为这是可能的谷底，延时后进行开通。

PROTECTION

诸如 OCP, OPP, VOUT OVP 等保护, 芯片保护机制为 RESTART



MK2687 保护功能	MK2687 保护机制
OPP	RESTART
VO OVP	RESTART
VCC_OVP	RESTART
CS_SHORT	RESTART
SSCP	RESTART
VO SCP	RESTART

OVER POWER PROTECTION

OPP 保护通过检测 COMP 电压, 如果 COMP 电压高于 V_{OPP} 且持续时间 $>T_{SS} \times 6$, 芯片认为 OPP, VCC 进入重启打嗝(RESTART)。

CYCLE BY CYCLE CURRENT LIMITING

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 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 V_{CS_CBC} ($\sim 0.77V$) 比较, 过了 Blanking 时间 T_{LEB} 后, 只要 CS 到了 V_{CS_CBC} 就立刻斩波。

SECONDARY SHORT CIRCUIT PROTECTION (SSCP)

还有一种额外状况, 需要较短的 blanking 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} ($\sim 90ns$), 芯片检测到 CS PIN 电压超过了 T_{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, 芯片认为发生了副边短路状况, 停止驱动, 进入 RESTART 模式。

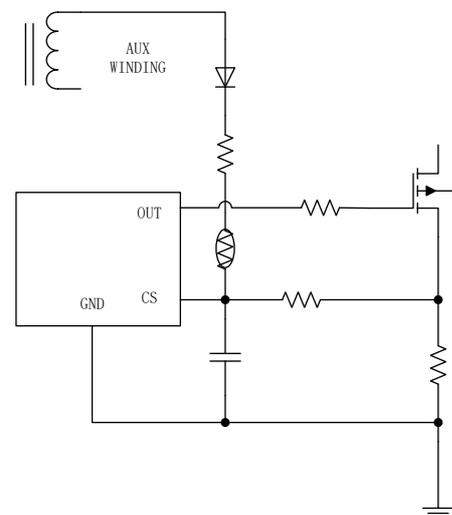
VCC OVP

MK2687 有很宽的 VCC 范围。其 VCC 过压点为 $\sim 95V$, 当 VCC 达到 V_{CC_OVP} 后, 芯片立刻停止驱动输出, 并进入 RESTART 模式。

OTP

芯片提供了内部的 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 CS 电阻上电压超过 V_{CS_CBC} 连续 15 个周期, 即进入 RESTART 过程。



PIN OPEN SHORT PROTECTION

MK2687 亦提供了多种对芯片 PIN 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。

通盛时代

TAPE AND REEL INFORMATION

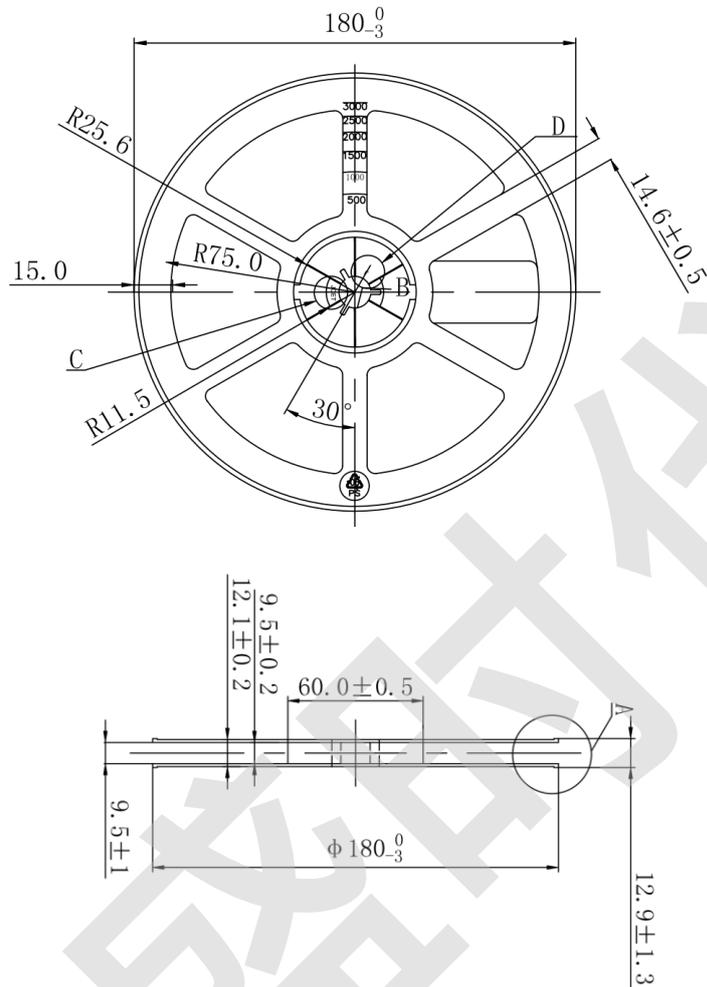
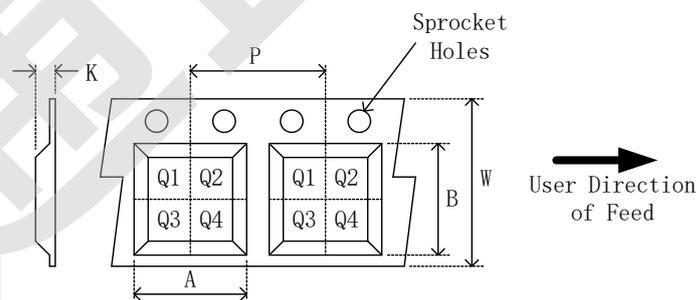


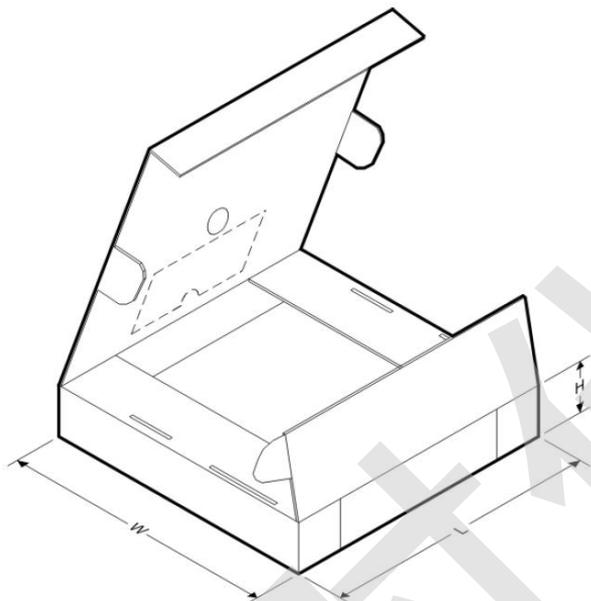
Figure 2. Reel Dimensions



Device	Package Type	Pins	SPQ (pcs)	A (mm)	B (mm)	K (mm)	P (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
MK2687GSA	SOT23-6	6	3000	3.23	3.17	1.37	4	8	Q3

Figure 3. Tape Dimensions and Quadrant Assignments for PIN 1 Orientation in Tape

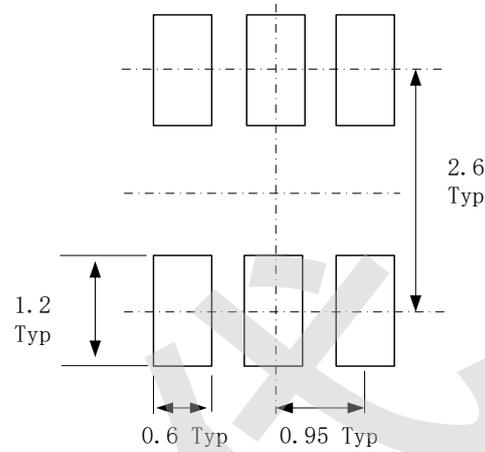
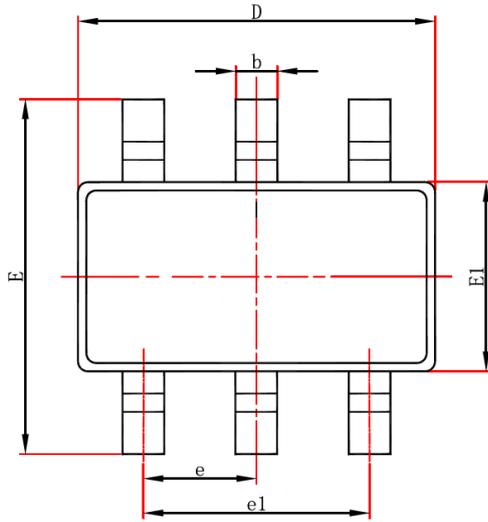
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



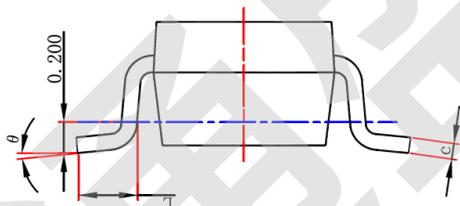
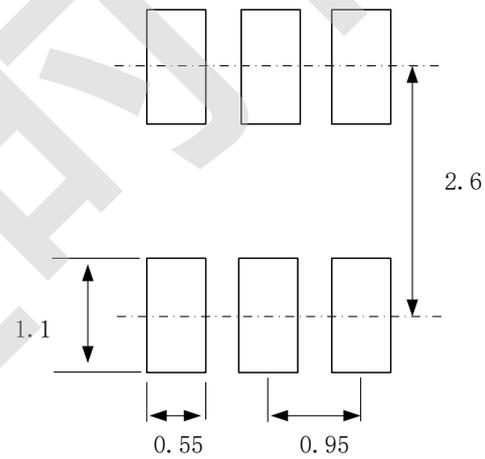
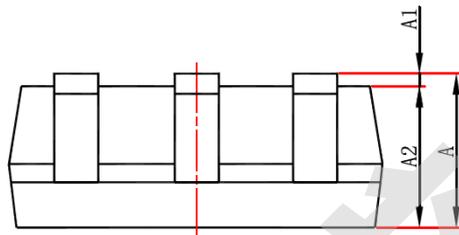
Device	Package Type	Pins	SPQ (pcs)	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
MK2687GSA	SOT23-6	6	30000	203	203	195

Figure 4. Box Dimensions

PACKAGE INFORMATION (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°