

MK2697 -宽供电高频 QR PWM 控制器

DESCRIPTION

MK2697 是专为 PD/快充应用优化的 QR 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。

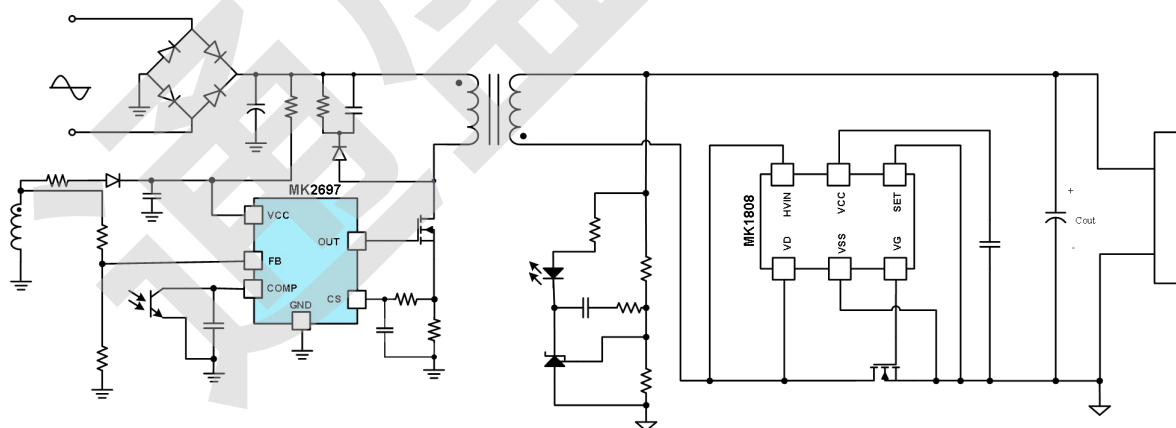
针对于能效要求，由于 PD/快充有多个不同的输出电压，因此采用了自适应的多模式。其不同负载以及不同输出下，调整工作于 DCM/QR。在轻载时则会工作于 burst 模式，以提升效率。

MK2697 提供了全面的保护功能，有输出 OVP, OPP, VCC OVP, BROWN-IN/OUT, 还提供了副边 SR 短路保护, PIN 脚 OPEN/SHORT 保护等。

TYPICAL APPLICATIONS

- AC/DC PD 适配器
- 高功率密度电源

SIMPLIFIED APPLICATION



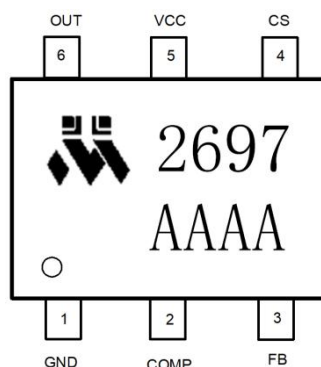
FEATURES

- 宽范围 VCC 工作电压(9V-90V)
- 最高可达 200k Hz 的开关频率
- 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
- 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
- SOT23-6 封装

ORDERING INFORMATION

Ordering No.	Description
MK2697GSA	SOT23-6, 3000 pcs/reel

Package Reference



AAAA: Lot code
SOT23-6

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ⁽¹⁾

VCC	-0.3V to +105V
COMP, FB	-0.3V to +5.5V
CS	-0.7V to +5.5V
OUT	-0.3V to +20V
Junction Temperature	+150°C

Recommended Operation Conditions

VCC	-9V to 90V
Maximum Junction Temp. (TJ)	+125°C

Thermal Resistance ⁽²⁾

	θ_{JA}	θ_{JC}
SOT23-6	110	74 °C/W

Notes:

- (1) Exceeding these ratings may damage the device.
- (2) Measured on JESD51-7, 4 layers PCB

Electrical Characteristics

$T_A=25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted.

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Units
SUPPLY MANAGEMENT SECTION						
VCC UVLO Rising	V_{CC_ON}			17		V
VCC UVLO Falling	V_{CC_OFF}			7		V
VCC UVLO Hysteresis	V_{CC_HYST}			10		V
VCC Startup current	$I_{STARTUP}$			5		uA
VCC Normal Operating Current	I_{OP}	COMP=2V, GATE=1nF to GND		3.8		mA
Burst Operating Current	I_{BURST}	COMP=0V, GATE=1nF to GND		290		uA
VCC Hold Threshold	V_{CC_HOLD}			8.2		V
VCC OVP Threshold	V_{CC_OVP}			96		V
VCC CLAMP Threshold	V_{CC_CLAMP}			104		V
VCC Latch Release Voltage	V_{CC_LATCH}			4		V
COMP INPUT SECTION						
COMP Open Voltage	V_{COMP_OP}	COMP pin open-circuited		4.4		V
COMP Short-Circuit Current	I_{COMP_SHORT}	COMP=0V		155		uA
Green Mode Entry Voltage	V_{GM_ET}			0.81		V
Burst Mode Entry Voltage	V_{BM_ET}			0.3		V
Burst Mode Hysteresis				0.05		V
OPP Protection Threshold	V_{OPP}			3		V
OPP Deglitch Time	T_{D_OPP}			42		ms
COMP to CS Gain	A_{VCS}			2.5		V/V
CURRENT SENSE INPUT (CS PIN) SECTION						
Soft Start Time of CS Threshold	T_{SS}			7		ms
Leading Edge Blanking Time	T_{LEB}			280		ns
Secondary Rectifier short circuit trigger	V_{SR_SH}			1.2		V

voltage (OC FAULT)						
SR Short circuit deglitch cycles				3		Cycles
Cycle by Cycle Current Limit	V_{CS_CBC}			0.9		V
Comp and Control Delay	T_{DL_CS}			100		ns
FB INPUT SECTION						
Brown-in Detection Threshold	I_{BNI}			90		uA
Brown-out Detection Threshold	I_{BNO}			84		uA
Brown-out Deglitch Time	T_{BL_BNO}			$T_{ss} \times 7$		ms
FB OVP Threshold	V_{FB_OVP}			3.6		V
FB OVP Deglitch Time	T_{BL_OVP}			7		cycles
FB UVP Threshold (Output Short)	V_{FB_ST}			0.2		V
FB UVP Threshold (Output Short) Deglitch Time	T_{BL_ST}			7		cycles
FB Sampling Time	T_{SAMPL}	CS=0.5V		1.2		us
UVP Blanking time after SS	T_{D_ST}			14		ms
GATE DRIVE (OUT PIN) Section						
GATE Low Level	V_{G_L}				1	V
GATE High Level	V_{G_H}		8			V
GATE Clamp Voltage	V_{G_HC}			11		V
GATE Rising Time	T_r	Load=1nF		300		ns
GATE Falling Time	T_f	Load=1nF		30		ns
Control Law						
Normal Mode Frequency	F_{sw_max}				200	kHz
Green Mode Frequency	F_{sw_green}		22	25	28	kHz
Dithering Range				± 6		%
Dithering Period				0.8		ms
Maximum Toff Time	T_{off_MAX}			140		us
Thermal Shutdown Threshold ⁽¹⁾	T_{HSD}			155		°C
Thermal Shutdown Hysteresis	T_{HSD_hys}			30		°C

Notes

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

(2) Optional function

PIN FUNCTIONS

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

BLOCK DIAGRAM

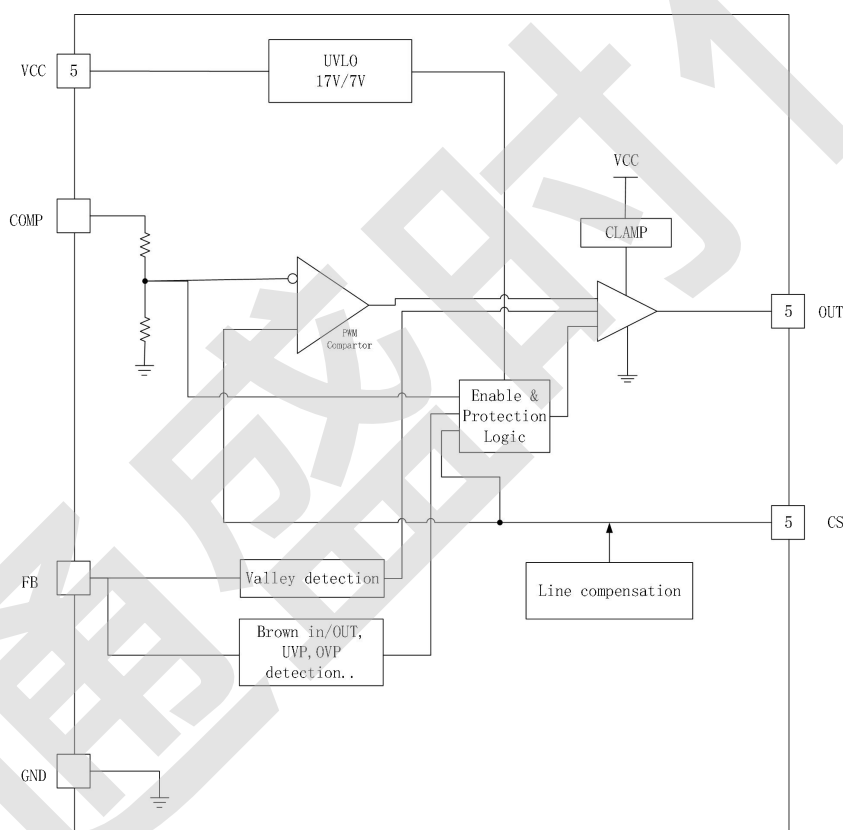


Figure 1. Functional Block Diagram

OPERATION DESCRIPTIONS

VCC AND STARTUP

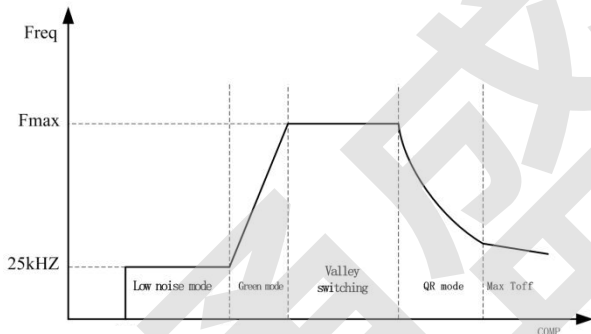
启动时母线电容通过启动电阻给芯片 VCC 充电。由于芯片启动电流非常小($\sim 5 \mu A$), 启动电阻可以取的比较大(也需要考虑启机延时), 以降低待机损耗。启动过程中, VCC 达到 V_{CC_ON} 后, 芯片开始发出脉冲。

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, 带来较高的原副边应力。MK2697 采用了多段控制, 以实现启动过程中原副边应力的优化。

OPERATION CURVE

MK2697 具有多种工作模式, 可以通过监测 COMP 的电压变化来切换, 而 COMP 的电压值的变化与负载的变化方向是一致的, 因此 IC 可以根据不同的负载自动切换成较优的工作模式, 工作模式的切换曲线示意图如下



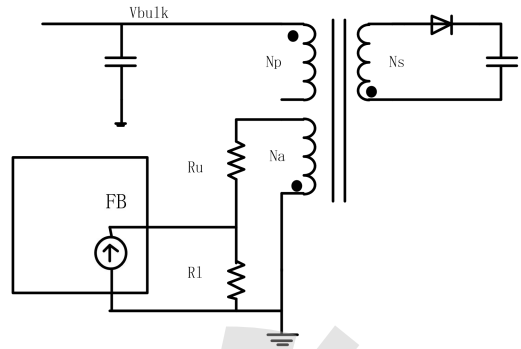
BROWN IN

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 $= \frac{V_{BULK} \cdot N_a}{R_u \cdot N_p}$, 只有当此电流大于

IBNI($\sim 90 \mu A$)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。



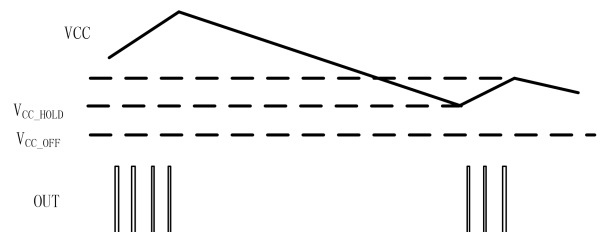
BROWN OUT

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 $< I_{BNO}$ ($\sim 84 \mu A$), 并且持续时间 $\geq T_{BL_BNO}$ ($\sim 50ms$)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 $N_a \cdot V_o / N_s$. 如果开关频率很低, 则 VCC 电压可能会降的很低。芯片加入了 MAINTAIN MODE, 当 VCC 电压掉到 V_{CC_HOLD} ($\sim 8.2V$) 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 $\sim 9.5V$ 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(OPP)

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 V_{CS_CBC} / RCS . 即系

统设计中至少需要满足变压器不饱和的限流点为 V_{CS_CBC}/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, TLEB.

LINE COMPENSATION

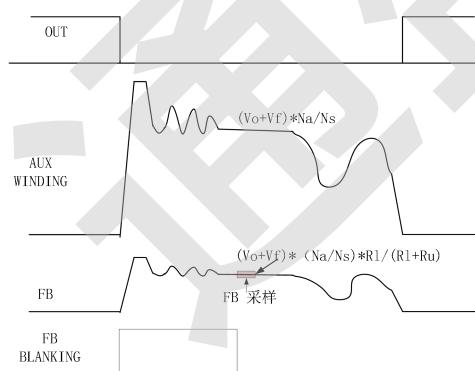
在不同的输入电压情况下, 相同的 CS 峰值会带来不同的输出功率。即不同的输入电压, 即使相同的 CSpk 值, 也会对应不同的输出限流点。MK2697 采用了输入电压补偿, 根据芯片检测到的输入电压 (反映出不同的 I_{fb}) 不同, 会在芯片内部采到的 CS 电压上加入电流补偿, 以使高压输入的峰值功率尽可能相同。

VOLTAGE FEEDBACK LOOP

COMP 是副边输出经 TL431, 光耦 到原边的电压反馈环电压。其和电流环进行比较前, 经过了约 1/2.5 的分压。

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 VO OVP。FB 脚电压高于 V_{FB_OVP} ($\sim 3.6V$) for 7 Cycles

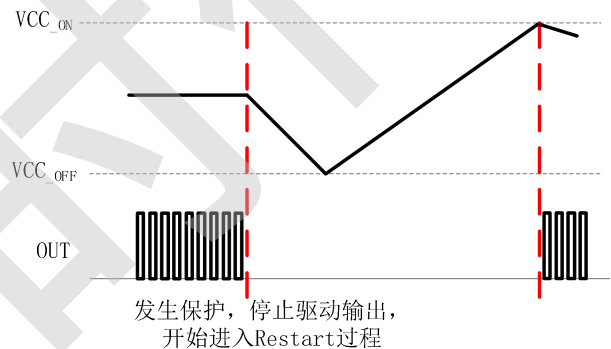
2. 输出欠压保护 FB_UVP(或称输出短路保护 VO_SCP)。FB 脚低于 V_{FB_ST} ($\sim 0.2V$) for 7 Cycles
3. 根据检测到的输出电压, 以确定工作控制曲线。

VALLEY SWITCHING

在 DCM/QR 模式中, 当副边续流结束。主功率 MOS Coss 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, 并判断可能的谷底进行开通。

PROTECTION

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



MK2697 保护功能	MK2697 保护机制
OCP	RESTART
OPP	RESTART
VO_OVP	RESTART
VCC_OVP	RESTART
CS_SHORT	RESTART
LINE_OVP	RESTART
SSCP	RESTART
FB_UVP (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 $> T_{ss} \times 7$, 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} 比较，过了 CBC 消隐时间 TD_{CS_CBC} (~100ns) 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 90ns，芯片检测到 CS PIN 电压超过了 T_{SR_SH} (~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。

CS SHORT PROTECTION

如果在 T_{CS_SHORT} (~5us) 结束时，CS 仍然未能达到 50mV，则芯片强制 GATE 关掉。如果连续三个周期都发生此状况，则芯片进入保护，并进入 RESTART 模式。

VCC OVP

MK2697 有很宽的 VCC 范围。其 VCC 过压点为 ~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。

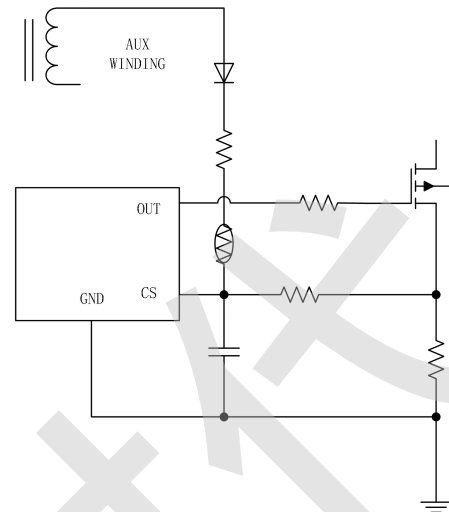
如果由于诸如 VCC 串联电阻大小不合适的原因，导致 VCC 电压继续升高，当 VCC 达到 V_{CC_CLAMP} (~104V) 后，芯片会内部 sink 18mA 电流，防止 VCC 电压进一步升高超过 VCC ABS MAX 造成损坏。

OTP

芯片提供了内部的 OTP 保护，其触发点为 150°C，

回滞温度 30°C

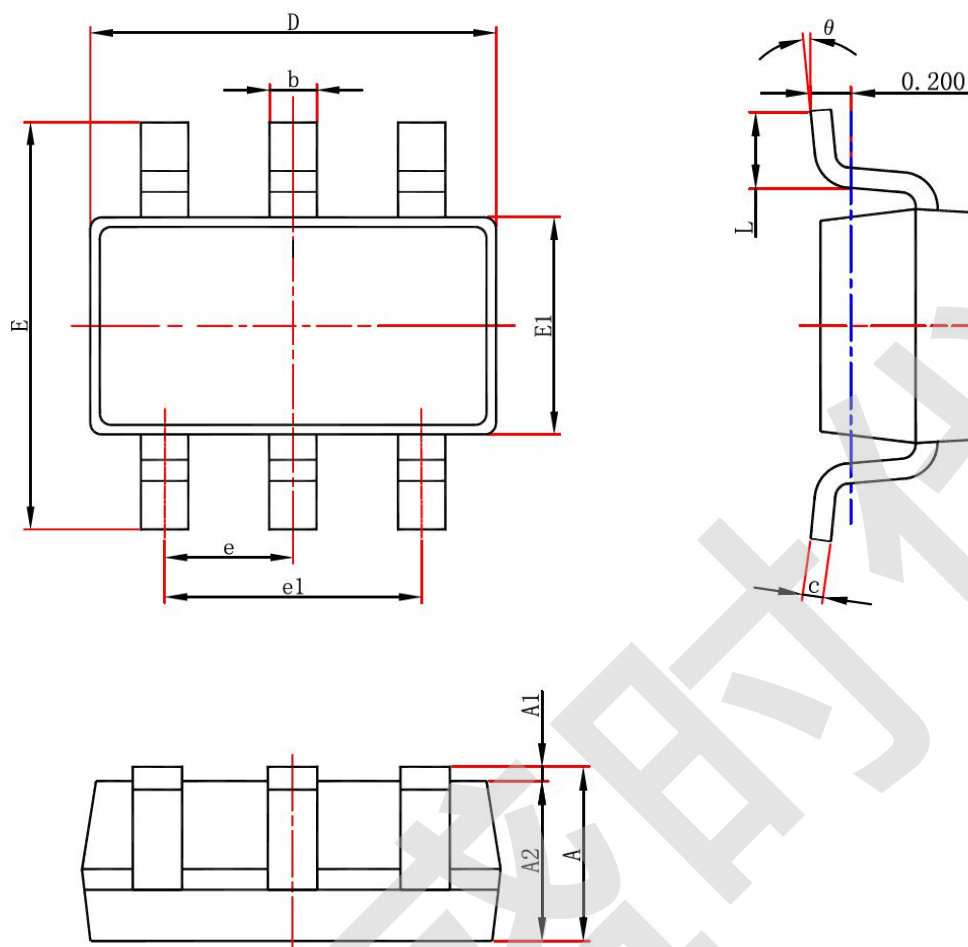
客户也可以通过增加外部 NTC 电阻的方式，在 CS PIN 上实现 OTP 保护功能。即板上温度升高的时候，NTC 电阻阻值变低，使得 CS 电阻上电压超过 V_{CS_CBC} 连续 15 个周期，即进入 RESTART 过程。



PIN OPEN SHORT PROTECTION

MK2697 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，芯片也会进入保护，停止输出驱动。

PACKAGE INFORMATION (SOT23-6)



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°