

MK2697G -宽供电高频 QR PWM 控制器

1. 概述

MK2697G 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。

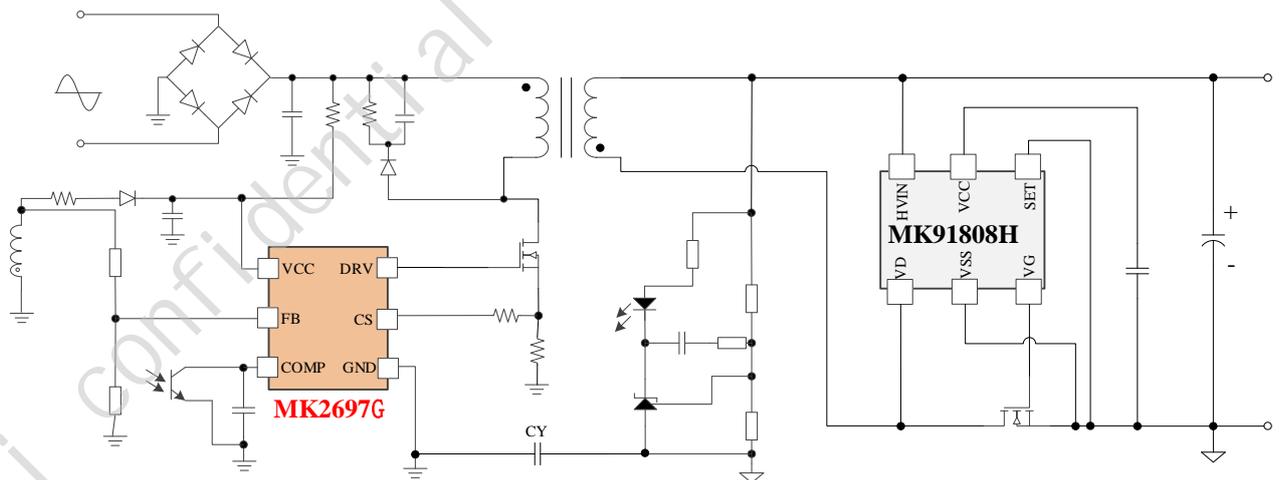
MK2697G 针对 E-GaN 做了驱动优化,简化了驱动电路设计。

MK2697G 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。

2. 典型应用

- AC/DC PD 适配器
- 高功率密度电源

4. 应用框架



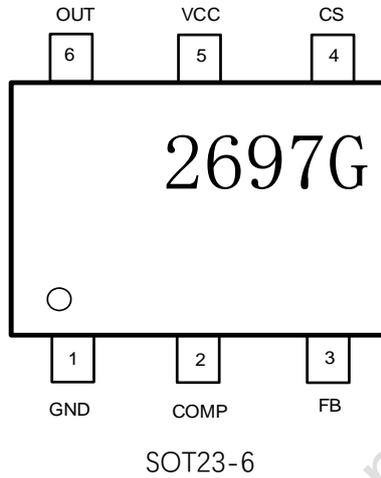
3. 特征

- 优化驱动电压可直驱 E-GaN
- 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

5. 订购信息

订购代码	概述
MK2697GGSA	SOT23-6, 编带卷装, 3000 颗/卷

6. 引脚封装



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
工作结温	+150°C

推荐工作条件

VCC	-9V to 90V
最高工作结温 (T _J)	+125°C

热阻 ⁽²⁾

	θ_{JA}	θ_{JC}
SOT23-6	110	74 °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

7. 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}		14.5	17	19.5	V
UVLO 欠压保护关闭电压	V_{CC_OFF}		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, GATE=1nF to GND, Fsw=200kHz		1.5		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	9.6	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 pin open-circuited	3.5	4.4	5	V
COMP 短路电流	I_{COMP_SHORT}	COMP=0V	100	175	250	μA
Burst 模式进入阈值	V_{BM_ET}		0.2	0.3	0.4	V
Burst 模式迟滞电压	V_{BM_HYS}			0.05		V
OPP 过功率保护阈值	V_{OPP}		2.7	3	3.3	V
OPP 屏蔽时间 ⁽¹⁾	T_{D_OPP}			TSS*6		ms
COMP 与 CS 的比例	A_{VCS}		2	2.5	3	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}		200	330	500	ns
整流管短路保护阈值	V_{SR_SH}		1.1	1.2	1.3	V
整流管短路保护屏蔽时间 ⁽¹⁾	T_{LEB_SH}			90		ns
整流管短路保护触发周期 ⁽¹⁾	T_{SR_SH}			3		Cycles
逐周期最大电流限制	V_{CS_CBC}	VFB<1V, IFB=100 μA	0.75	0.85	1.2	V
逐周期最大电流限制	V_{CS_CBC}	VFB<1V, IFB=300 μA	0.5	0.6	0.8	V
环路和控制延迟	T_{DL_CS}			130	200	ns
辅助绕组电压检测 (FB 管脚)						
Brown in 电流阈值	I_{BNI}		84	94	106	μA

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}		0.1	0.2	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		1.4		us
谷底检测电流阈值	I_{FB_VALLEY}		5	10	25	uA
驱动部分 (OUT 管脚)						
驱动低电平电压	V_{G_L}	Gate Load=20mA		0.15	0.5	V
驱动高电平钳位电压	V_{G_HC}	$V_{CC}=V_{CC_OVP}$		5.5	6	V
驱动上升时间	T_r	$C_{load}=1nF$		150	400	ns
驱动下降时间	T_f	$C_{load}=1nF$	5	15		ns
控制部分						
正常工作频率	F_{sw_max}		180	200	220	kHz
节能模式工作频率	F_{sw_green}			25		kHz
频率抖动范围 ⁽¹⁾				±6		%
频率抖动周期 ⁽¹⁾				8		ms
最大 Toff 时间	T_{off_MAX}		80	130	200	us
过温保护 ⁽¹⁾	T_{hSD}			155		°C
过温保护迟滞 ⁽¹⁾	T_{hSD_hys}			30		°C

注:

(1) 参数取决于设计

8. 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

9. 内部功能框图

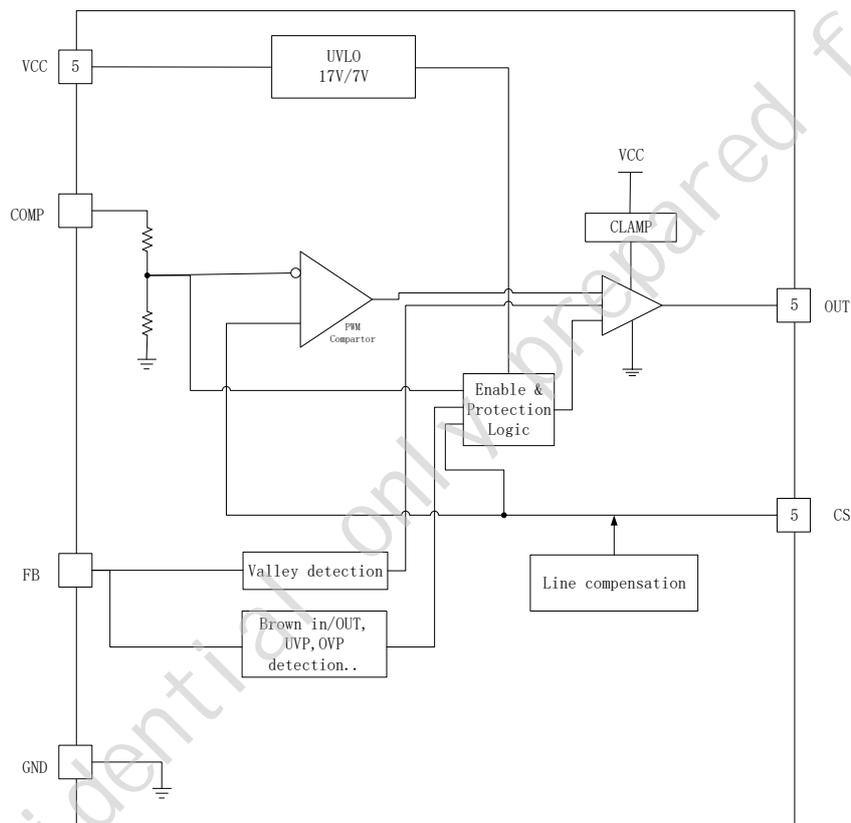


Figure 1. 内部功能框图

10. 功能描述

供电启动

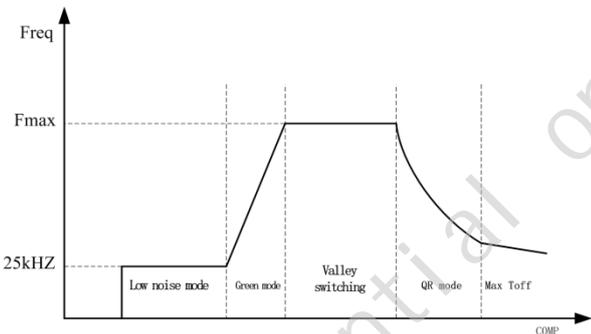
启动时母线电容通过启动电阻给芯片 VCC 充电。由于芯片启动电流非常小 (~5 uA)，启动电阻可以取的比较大(选择阻值大小时也需要考虑启机延时)，以降低待机损耗。启动过程中，VCC 达到 V_{CC_ON} 后，芯片发出脉冲。

软启动

在启动开始过程中，由于输出电压很低。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。MK2697G 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

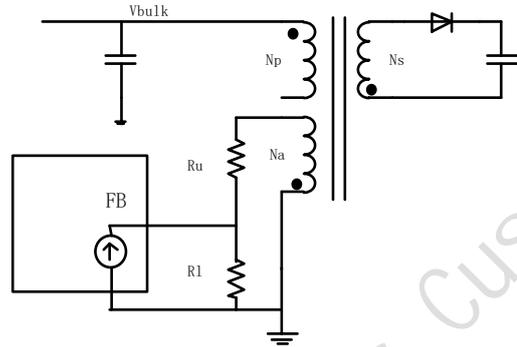
MK2697G 具有多种工作模式，可以通过监测 COMP 的电压变化来切换，而 COMP 的电压值的变化与负载的变化方向是一致的，因此 IC 可以根据不同的负载自动切换成较优的工作模式，工作模式的切换曲线示意图如下



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 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} 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。



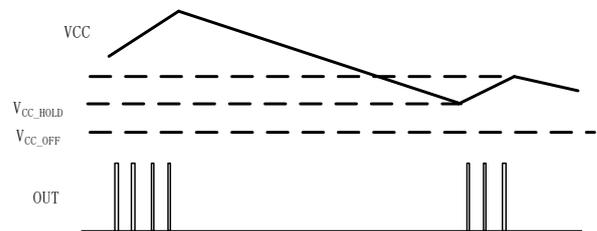
输入欠压(BROWN OUT)

在正常工作过程中，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 BULK 电压 BROWN OUT，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 $N_a * V_o / N_s$ 。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} 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。



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。

输入线补

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。MK2697G 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，以使高低压输入的峰值功率尽可能相同。

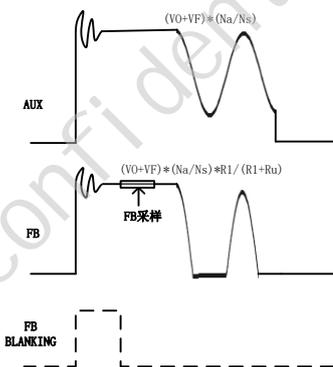
环路反馈

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

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 并不和不同阈值进行比较，可以完成下述功能。

1. 输出过压保护 V_O OVP。FB 脚电压高于 V_{FB_OVP} 持续 7 个周期
2. 输出欠压保护 FB_UVP (或称输出短路保护 V_O_SCP)。FB 脚低于 V_{FB_ST} 持续 7 个周期

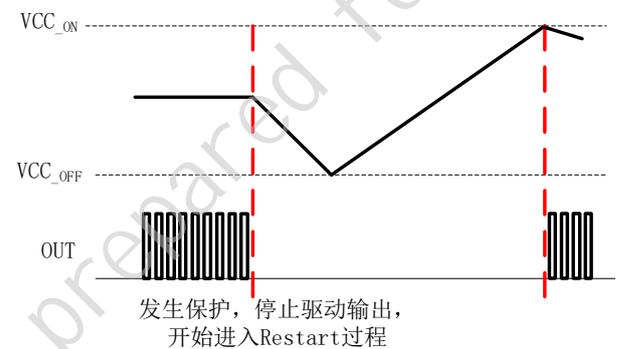
3. 根据检测到的输出电压，以确定工作控制曲线。

谷底开通

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，并判断可能的谷底进行开通。

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。



MK2697G 保护功能	MK2697G 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} 且持续时间 $> T_{SS} * 6$ ，芯片认为发生 OPP，芯片进入重启过程。

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，导致原边峰值电流 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，过了电流前沿消隐时间 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 T_{LEB_SRSH} 后，芯片检测到 CS PIN 电压超过了 T_{SR_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，芯片认为发生了副边整流管短路状况，停止驱动，进入重启过程。

CS 短路保护

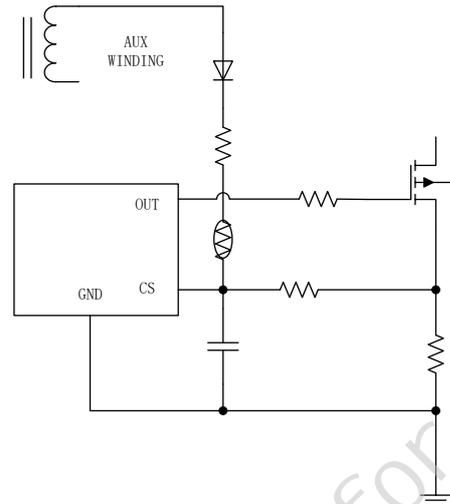
如果在 T_{CS_SHORT} 结束时，CS 仍然未能达到 50mV，则芯片强制 GATE 关掉。如果连续三个周期都发生此状况，则芯片进入保护，并进入 RESTART 模式。

VCC 过压保护

MK2697G 有很宽的 VCC 范围。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)

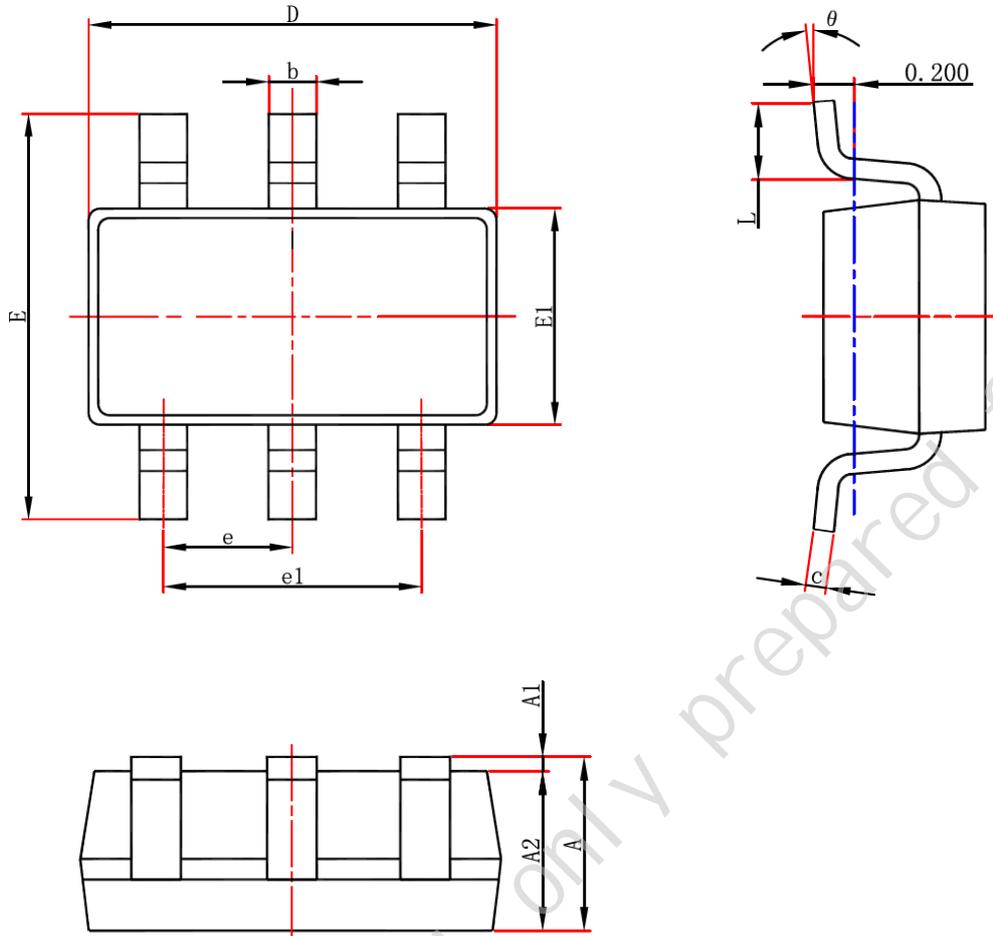
芯片提供了内部的 OTP 保护，其触发点为 T_{HSD} 。客户也可以通过增加外部 NTC 电阻的方式，在 CS PIN 上实现 OTP 保护功能。即板上温度升高的时候，NTC 电阻阻值变低，使得 CS 电阻上电压超过 V_{CS_CBC} 连续 15 个周期，即进入重启过程。



其他保护功能

MK2697G 亦提供了多种对芯片管脚异常连接的保护。临近管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，芯片也会进入保护，停止输出驱动。

11. 包装信息 (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°