

宽供电范围高效反激 PWM 功率开关

1. 概述

MK2760 是专为 PD/快充应用优化的多模式 PWM 功率开关。其很宽的 VCC 工作电压范围(12V-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控制。其不同负载以及不同输出下, 调整工作于 DCM/QR/CCM 模式。在轻载时的 DCM 控制, 则会工作于 Burst 模式, 以提升效率。其最高工作频率为 65kHz。

MK2760 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, 以及副边整流管短路保护、CS 短路保护等。

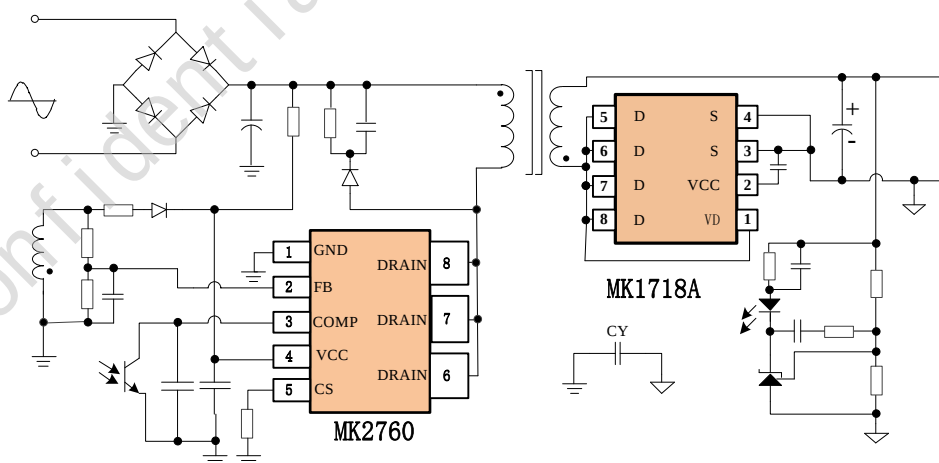
2. 典型应用

- 最大 33W AC/DC PD 适配器

3. 特点

- 内置 650V, 0.46 Ω 功率 MOSFET
- 宽范围 VCC 工作电压 (12V-85V)
- 专有软启动电路可降低同步整流 Vds 应力
- 优化的各点效率易于达到能效标准
- 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
- ESOP-6 封装

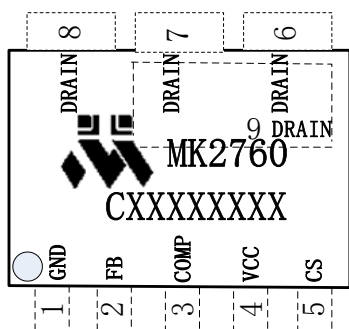
4. 简化应用电路



5. 订购信息

订购型号	包装
MK2760CAG	ESOP-6, MSL-3, 编带卷装, 5000 颗/卷
MK2760EAG	ESOP-6, MSL-3, 编带卷装, 5000 颗/卷

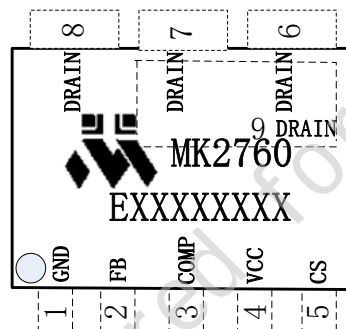
6. 引脚信息



XXXXXXXX: Lot code

ESOP-6 顶视图

MK2760CAG



XXXXXXXX: Lot code

ESOP-6 顶视图

MK2760EAG

6.1 极限参数⁽¹⁾

VCC	-0.3V - +100V
COMP, FB	-0.3V - + 5.5V
CS	-0.7V - +5.5V
DRAIN	-3V- +650V
连续漏极电流 I_D	10A ⁽²⁾
脉冲漏极电流 I_{DM}	32A ⁽³⁾
结温 (T_J)	+150°C
焊接温度 (10s)	+260°C

注:

- (1) 超过些条件可能会造成器件永久损坏;
- (2) $T_c=25^\circ\text{C}$, 最大连续漏极电流基于最大允许结温计算;
- (3) $T_c=25^\circ\text{C}$, 重复额定值, 最大脉宽取决于最大结温;
- (4) 基于 JESD51-7, 4 layers PCB.

6.2 推荐最大工作条件

VCC	12V - +85V
结温 (T_J)	-20- +125°C
热阻 ⁽⁴⁾	θ_{JA}
ESOP-6	40.5 °C/W

7. 引脚功能

引脚序号	引脚名称	功能描述
1	GND	参考地
2	FB	辅助绕组电压检测与谷底检测引脚
3	COMP	电压反馈输入管脚
4	VCC	芯片电源管脚
5	CS	电流检测输入管脚，外接电流取样电阻
6,7,8	DRAIN	内部 MOSFET 漏极
9	DRAIN	连接内部 MOSFET 漏极，散热使用

8. 逻辑框图

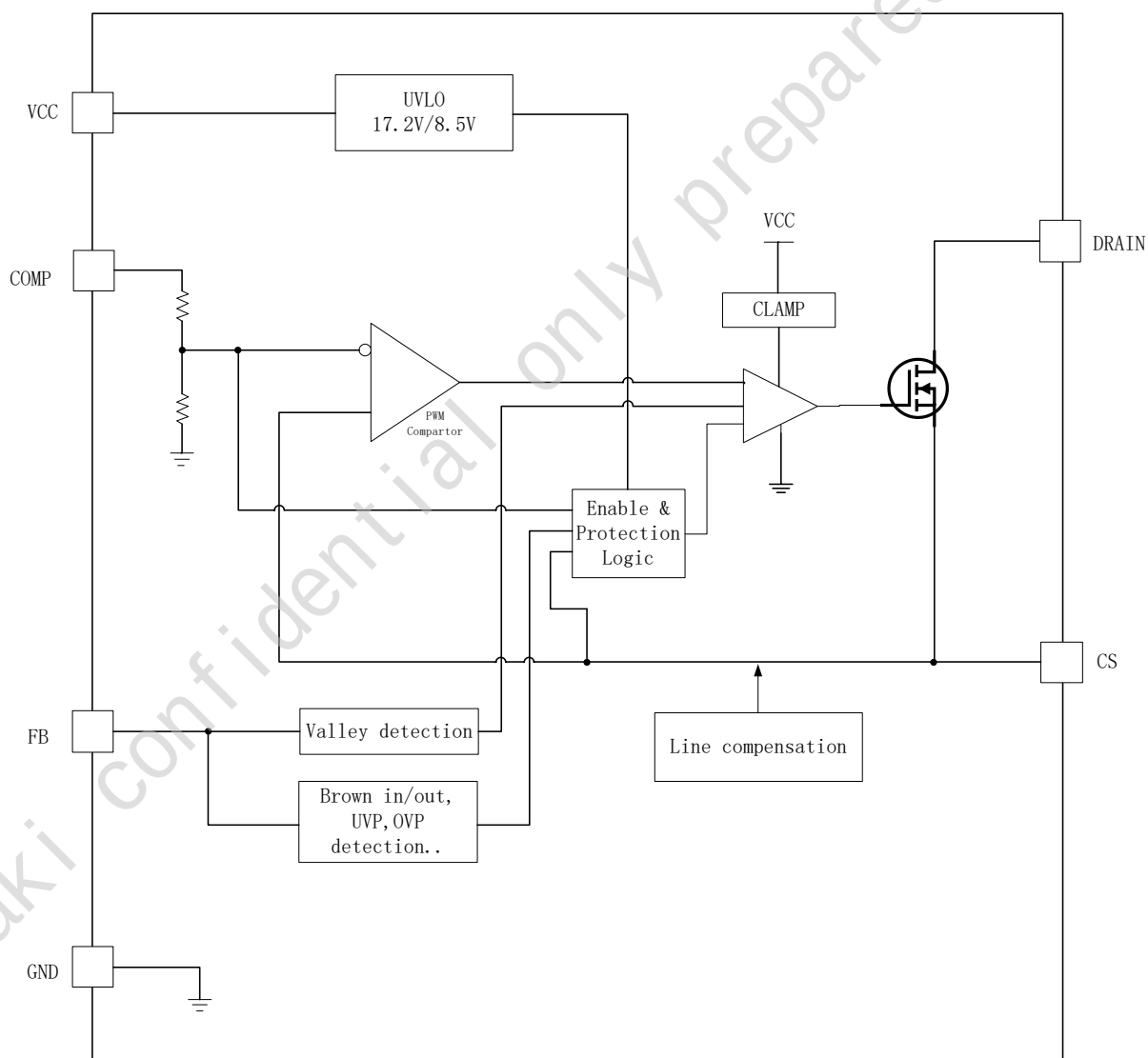


图 1: 逻辑框图

9. ESD 性能

		Value	Units
ESD 放电模式	人体模式 (HBM), ANSI/ESDA/JEDEC JS-001	± 1000	V
	机器模式 (CDM), JEDEC specification JESD22-C101	± 2000	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 $V_{CC}=13V$, $T_A=25^{\circ}C$, 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
内置 MOSFET 参数						
漏源耐压	BV_{DSS}	$I_D=250\mu A$	650			V
导通阻抗	$R_{DS(ON)}$	$I_D=500mA$		0.46	0.63	Ω
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	15.2	17.2	19.5	V
UVLO 欠压保护关闭电压	V_{CC_OFF}	VCC 下降至关闭	7.5	8.5	10	V
UVLO 欠压保护迟滞	V_{CC_HYST}			8.7		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	0.5	1	1.5	mA
Burst 工作模式电流	I_{BURST}	COMP=0V	200	290	400	μA
VCC 过压保护阈值	V_{CC_OVP}	VCC 上升至过压保护	88	93	100	V
VCC 钳位阈值	V_{CC_CLAMP}	VCC 上升至钳位电压	89	101	110	V
闭环控制部份 (COMP)						
COMP 开环电压	V_{COMP_OP}	COMP 开路	4.0	4.4	5.0	V
COMP 短路电流	I_{COMP_SHORT}	COMP=0V	100	160	250	μA
Burst 模式进入阈值	V_{BM_ON}		0.30	0.35	0.40	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}			$T_{SS} \times 6$		ms
COMP 与 CS 的比例	A_{VCS}		2.3	2.5	2.7	V/V
斜坡补偿电压	V_{SLOPE}	Duty=75%		0.3		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	0.70	0.77	0.84	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}			3.6		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}			0.3		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
振荡器部份						
正常工作频率	F _{SW_MAX}	COMP=2V	58	65	70	kHz
节能模式工作频率	F _{SW_GREEN}	COMP=0.4V	21	25	29	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 MK2760 启动电流 I_{ST} 非常小 ($\sim 4\mu A$), 可以采用比较大的启动电阻 (也需要考虑启机延时), 以降低待机损耗。当 VCC 达到 V_{CC_ON} ($\sim 17.2V$) 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。MK2760 采用了多段启动控制, 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, MK2760 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, MK2760 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, MK2760 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 I_{FB} 为 $V_{BULK} \cdot (N_A/N_P)/R_U$, 只有当此电流大于 I_{BNI} ($\sim 96\mu A$) 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, 芯片进入重启过程。

输入欠压(Brown out)

在正常工作过程中, MK2760 也会在原边 MOS 开通时, 检测 FB 流出的电流 I_{FB} , 当 $I_{FB} < I_{BNO}$ ($\sim 88\mu A$), 并且持续时间 $\geq T_{BL_BNO}$ ($\sim 42ms$) 时, 芯片认为 V_{BULK} 电压欠压, 会关闭驱动输出, 进入重启过程。

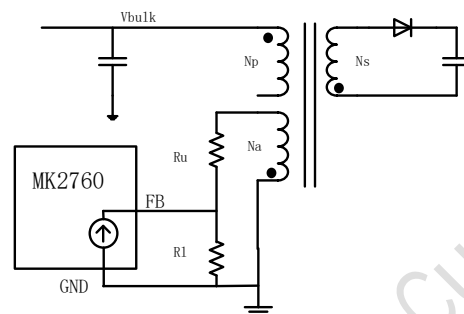


图 2: Brown in/Brown out

控制机制

MK2760 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 采样电路中加入了 300NS 的前沿消隐。

MK2760 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

在输入电压高和低的时候, 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 C_{SPK} 值, 会对应不同的输出限流点。MK2760 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, 使得不同输入电压的峰值功率尽可能相同。

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。MK2760 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。
4. 为了提高 FB PIN 抗干扰能力，建议 FB PIN 对地并一个 10pF 瓷片电容。

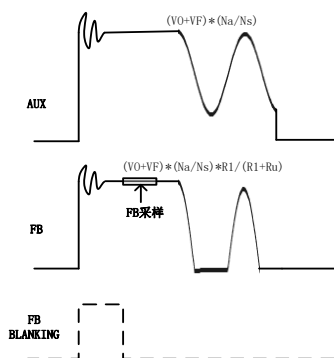


图 4: FB 检测

谷底检测

在 DCM/QR 模式中，当副边续流结束后，主功率 MOS 的 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 0V，芯片检测此时流出 FB 脚的电流，当 IFB 大于 IVALLEY ($\sim 10\mu A$) 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，MK2760 保护机制为重启

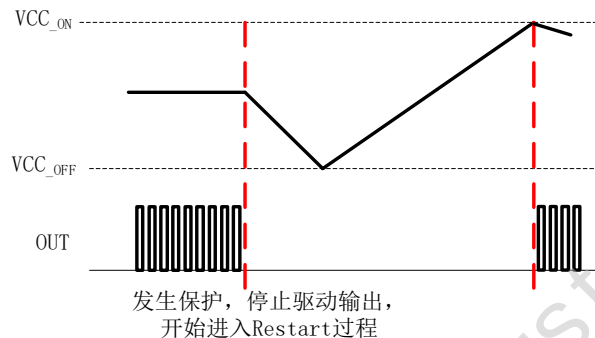


图 5: 保护机制

MK2760 保护功能	MK2760 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 VOPP ($\sim 3V$) 且持续时间 $> 42MS$ ，MK2760 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 IPK 电流过大，引起变压器饱和。因此 MK2760 又增加了一重保护，即 CS 电压会逐周期与 VCS_CBC 比较，经过约 300NS 的前沿消隐时间后，只要 CS 到了 VCS_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 MOS 的峰值电流会急剧增加，为了避免损坏内部 MOS，驱动发出开始计时，经过约 90NS 的前沿消隐时间后，IC 如果检测到 CS 管脚电压超过了 VSR_SH ($\sim 1.2V$)，则立即停止当前周期驱动输出。如果连续三个周期检测到 $VCS \geq VSR_SH$ ($\sim 1.2V$)，MK2760 判断系统发生了次级短路，关闭内部驱动，VCC 电压随之下掉，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 MK2760 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

MK2760 有很宽的 VCC 范围, 当 VCC 达到 VCC_OVP (~93V) 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 VCC_CLAMP (~101V) 后, 芯片会内部 SINK 18mA 电流, 防止 VCC 电压进一步升高并超过 VCC 的 ABS MAX 而造成损坏。

过温保护 OTP

MK2760 提供了内部的 OTP 保护, 其触发点约 155℃, 回滞温度约 30℃。

智能的输出过压保护

MK2760 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。

在最高额定输出电压时, V_{FB} 电压平台应设计在

3.0V, 对应的输出过压点电压为: $V_{OUT_OVP} \approx$

$3.6(R_a + R_b) / R_b * N_s / N_a$; 其中, V_{OUT_OVP} 为输出过压保护值, R_a 为 FB 上偏电阻值, R_b 为 FB 下偏电阻值, N_s 、 N_a 分别为次级和 VCC 绕组圈数。

12. 封装信息 (ESOP-6)

