

概述

M6006 是一款用于充电器或适配器的高性能 AC/DC 电源控制器。它满足小于 10mW 的待机功率的“能源之星”充电器标准。采用脉冲频率调制 PFM 非连续 DCM 模式，用于反激式电源。

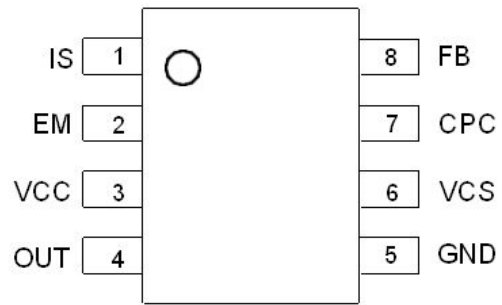
M6006 在不需要光耦的情况下，可提供精确恒压恒流和出色的动态性能，并具备环路补偿功能。

M6006 具有出色的调整率和极高的转换效率，低于 10mW 的待机功耗，低于 1S 的启动时间。

如果 M6006 和茂捷的 M3015 一起使用，可以实现良好的协作性能和更高的转换效率。

脚位图

顶视图



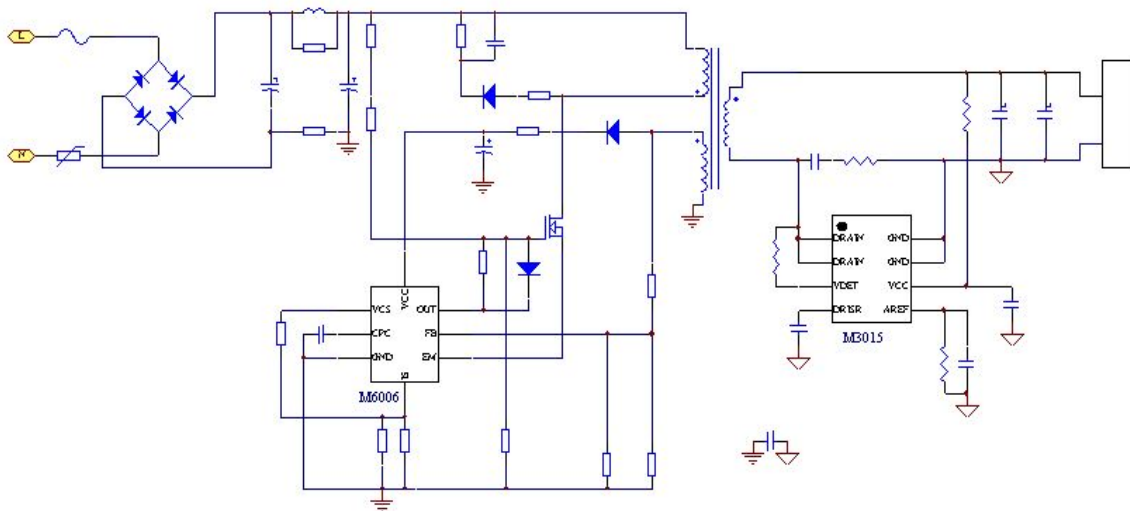
SO-8

特点

- 节省光耦和 431 器件
- 空载输入功耗低至 10mW
- 外部器件温度补偿
- DCM 反激式拓扑结构
- 频率调整技术以降低系统 EMI
- 高效率的谷底导通技术
- 过压保护和短路保护
- 软启动以及过温保护
- M3015 触发信号检测
- 自动降噪
- 内部线性补偿
- 封装: SOP-8

应用

- 适配器/剃须刀、手机、无声电话充电器，掌上电脑，MP3 和其他便携设备
- 备用电源和辅助电源

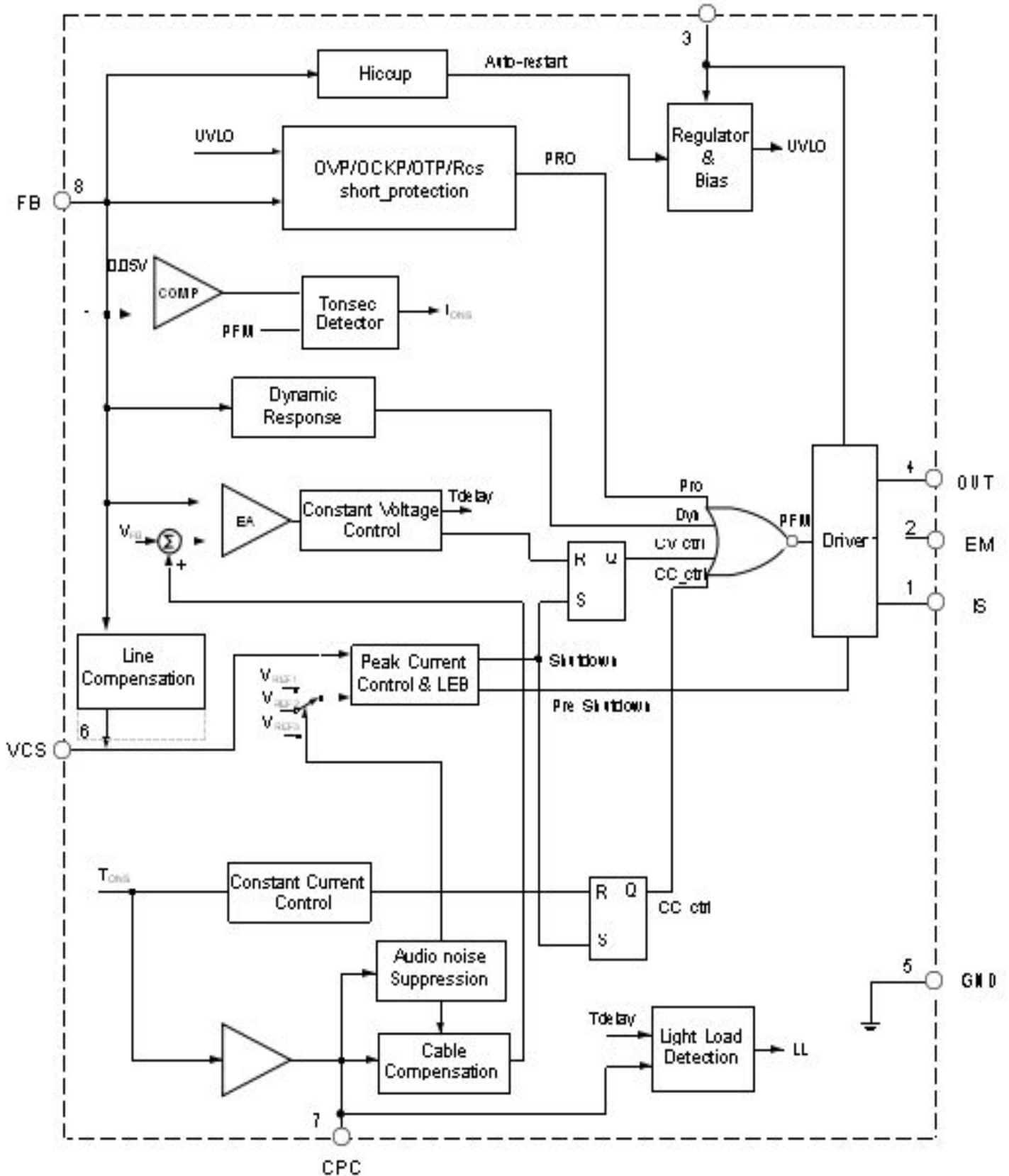


图片 1 典型应用电路

引脚功能描述:

位号	名称	功能
1	IS	原边电流检测
2	EM	连接到原边功率 MOS 管的源极
3	VCC	供电
4	OUT	外部功率 MOS 管栅极驱动
5	GND	地
6	VCS	电流检测电压
7	CPC	连接到外部电容做输出补偿
8	FB	反馈电压

内部框图



极限参数（备注 1）：

符号	参数	范围	单位	
VCC	VCC 到地电压	-0.3 to 28	V	
--	OUT, EM 到地电压	-0.3 to 23	V	
--	IS, VCS, CPC 到地电压	-0.3 to 7	V	
--	FB 输入电压	-40to 10	V	
--	OUT 脚输出电流	内部限制	A	
TJ	结温	+150	°C	
TSTG	储存温度	-65 to +150	°C	
TLEAD	过锡温度(焊接、10 秒)	+300	°C	
JA	热阻	+190	°C/W	
ESD	抗静电能力	人体模型	6000	V
		带电设备模型	2500	V
		机械模型	200	V

备注 1：应力大于那些列在“绝对最大额定值”可能会造成永久性损坏。长时间工作于“绝对最大额定参数”可能影响设备的可靠性。

电气参数（Ta=25°C, VCC=15V, 其余情况会做说明）

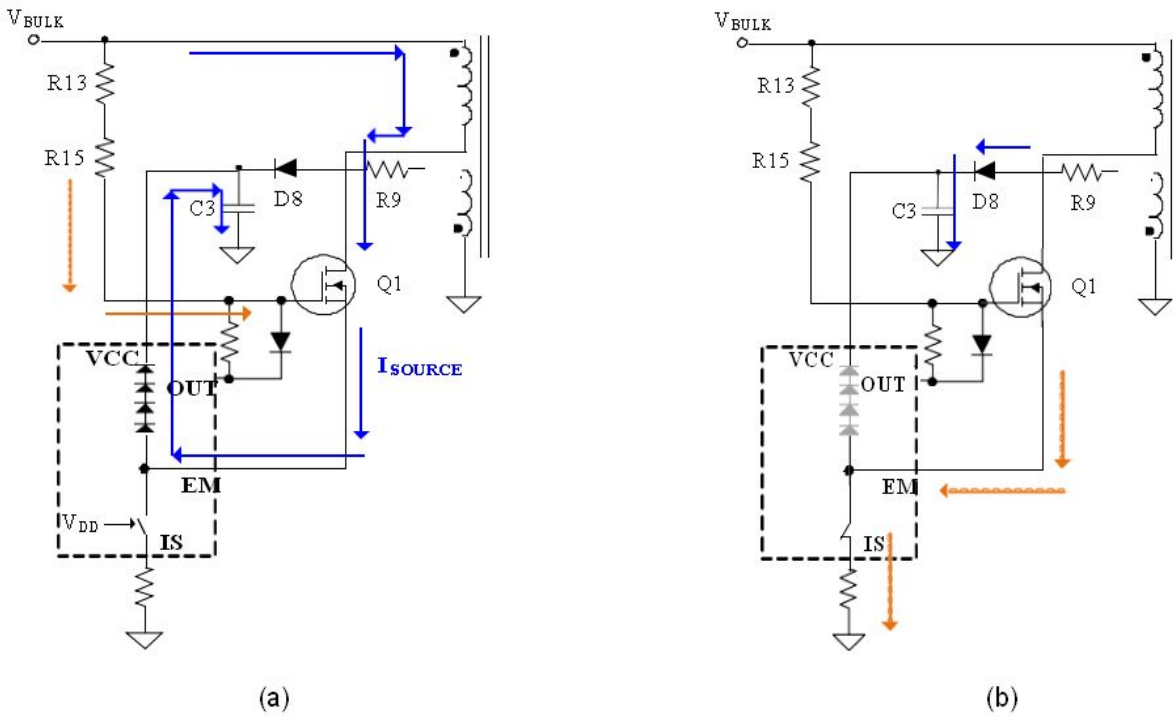
符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
UVLO 部分						
VTH(ST)	启动阈值	-	11	13	14	V
VOPR(Min)	最小工作电压	启动以后	5.3	6.1	7.0	
待机电流部分						
IST	启动电流	VCC=VTH(ST)-1V, 启动之前	0	0.2	0.6	μA
ICC(STB)	待机模式静态电流	空载 待机模式	60	100	130	
ICC(QST)	正常模式静态电流	空载 正常模式	160	280	330	
即时信号部分						
VCS	电流阈值电压	-	425	450	465	mV
tLEB	前沿消隐时间	-	300	500	700	ns
反馈输入信号部分						
RFB	FB 脚输入阻抗	VFB=4V	0.5	0.7	0.9	MΩ
VFB	反馈阈值电压	-	3.64	3.7	3.76	V
线性补偿部分						
gm	线性补偿部分跨导	-	0.55	0.7	0.85	μS
线补部分						
ΔVFB	线端补偿电压	-	6	7	8	%

电气参数 (Ta=25°C, VCC=15V, 其余情况会做说明)

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
驱动输出部分						
VGATE_CLAMP	栅极驱动电压	VCC=20V, CL=1nF	-	14	16	V
ISOURCE	源极电流	-	55	67	80	mA
ISINK	反向电流	-	400	500	600	mA
tOFF(MAX)	最大关断时间	-	15	19	30	ms
动态调整部分						
tD	动态调整延时时间	-	100	140	220	μs
VTRIGGER	动态调整触发电压	-	60	100	120	mV
保护部分						
tonp(MAX)	原边最大导通时间	-	16	25	40	μs
VFB(OVP)	过压保护	-	6.5	7.5	8.5	V
VFB(SCP)	短路保护	-	2.38	2.50	2.62	V
-	过温保护	-	+110	+130	+150	°C
-	滞后温度	-	-	+20	-	°C

工作过程描述

1, 启动



图片 (a) 是启动阶段,

当 Vcc 达到启动阈值 $V_{TH}(ST)$ 之前, VDD=0V, EM 到 IS 脚之间是打开的

C3 通过 ISOURCE 充电

电阻 R13 和 R15 应该取得尽量大以使功耗降低到最小

图片 (b) 是正常工作阶段,

当 Vcc 达到启动阈值 $V_{TH}(ST)$ 后, VDD 是高电平, EM 到 IS 脚之间是接通的

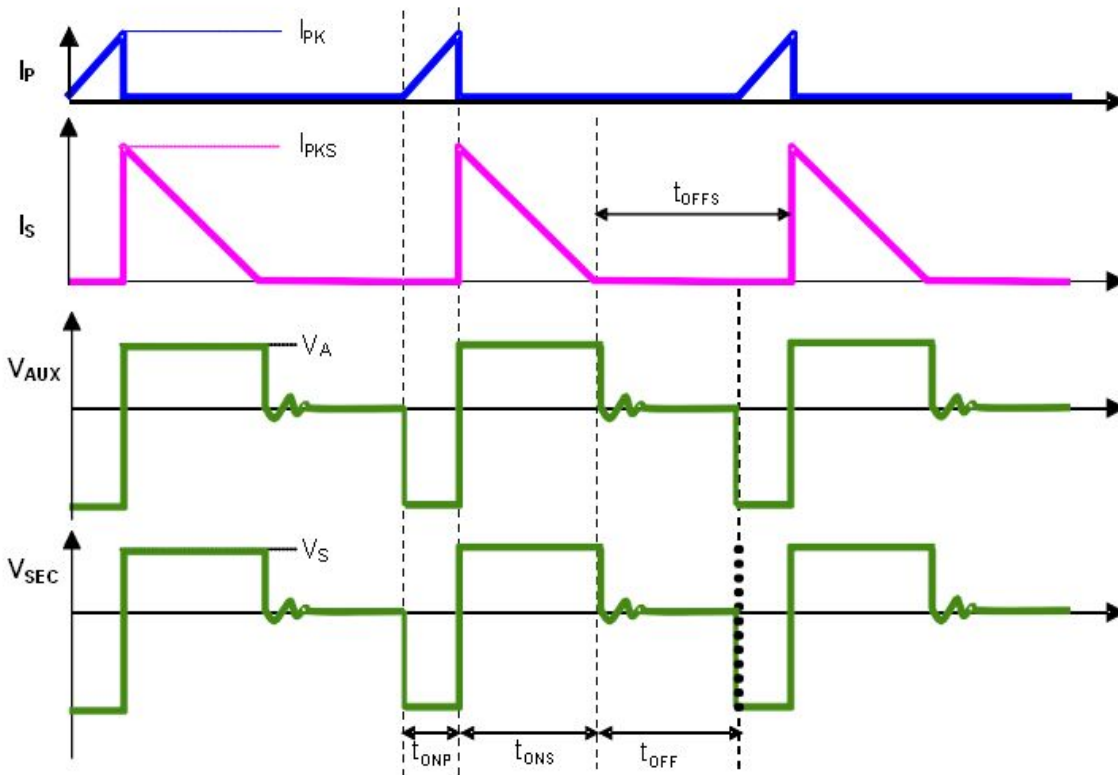
EM 脚电平低于 1v, 四个二极管截止

C3 通过变压器辅助绕组充电

2, 工作模式

M6006 的典型应用是用于反激式原边反馈转换器。变压器包括三个绕组, 初级绕组 (NP), 次级绕组 (NS) 和辅助绕组 (NAUX), 典型的应用电路如图 1 所示。辅助绕组用于提供 VCC 电压和传感 FB 脚的输出电压反馈信号。

图 2 显示了典型的波形, M6006 的基本工作原理、参数定义如下:



图片 2 原边反激控制工作波形

- IP——一次侧电流
- IS——二次侧电流
- IPK——一次侧峰值电流
- IPKS——二次侧峰值电流
- VSEC——二次绕组瞬态电压
- VS——二次绕组稳定输出电压 等于二次绕组电压和二极管的正向电压降之和
- VAUX——辅助绕组电压
- VA ——辅助绕组稳定输出电压, 等于 VCC 和辅助绕组二极管的正向电压降之和
- tSW——时间的开关频率
- tONP——一次侧导通时间
- tONS——二次侧导通时间
- tOFF——一次侧开关和二次侧二极管都不导通的死区时间
- toffs——二次侧二极管的截止时间

对于原边反馈应用，原边电流通过电流检测电阻 RCS (R5, R6) 采样检测，原边电流线性上升率为：

$$di_p(t)/dt = V_{in}(t)/L_M \quad (1)$$

如图 2 所示, 当前 $i_p(t)$ 上升 IPK 时, 开关 Q1 关闭。恒峰值电流为 (2) :

$$I_{pk} = V_{cs}/R_{cs} \quad (2)$$

每个周期储存在电感中的能量为：

$$E_g = 1/2 \times L_m \times I_{pk} \times I_{pk} \quad (3)$$

由输入传到输出的能量为：

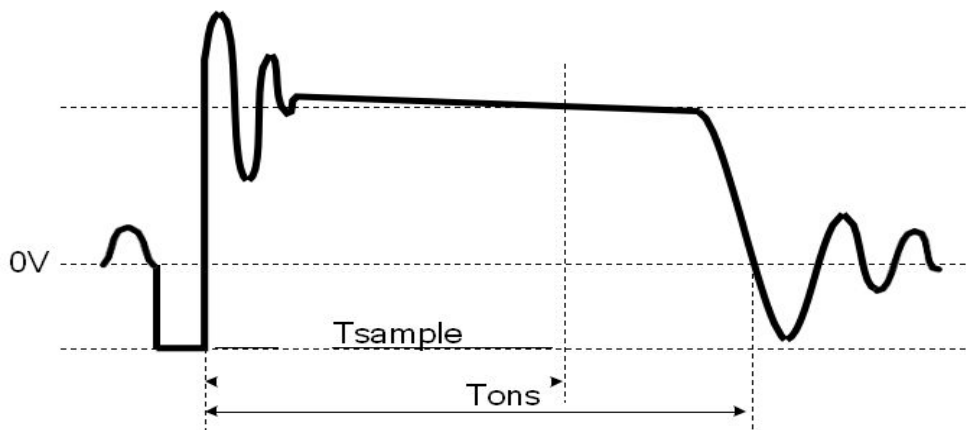
$$P = 1/2 \times L_m \times I_{PK} \times I_{PK} \times f_{SW} \quad (4)$$

f_{SW} 是开关频率，当 I_{PK} 确定以后，输出功率由开关频率确定，M6006 的最大开关频率为 84KHZ.

恒压工作模式

恒压 (CV) 工作模式，M6006 通过 FB 脚来检测辅助绕组电压来调节输出电压。辅助绕组电压上有二次侧绕组的耦合电压，所以当二次整流二极管 D1 导通时，辅助绕组电压是：

$$V_{AUX} = (N_{AUX} / N_S) (V_{OUT} + V_D) \quad (5)$$



V_{aux} 电压波形

电压检测点在 D1 导通时间的 2/3 处。电压检测点随着初级峰值电流的变化而变动。M6006 的环路控制器生成一个 D1 的截止时间来调节输出电压。

恒流工作模式

在恒流工作模式下，M6006 的恒流控制环使 D1 导通时间 T_{ons} 和截止时间 T_{offs} 保持一个固定的比值 T_{ons}/T_{offs}

输出电流和二次侧峰值电流 I_{PKS} 之间的关系是：

$$I_{out} = (1/2 \times I_{PKS}) \times (T_{ons} / (T_{ons} + T_{offs})) \quad (7)$$

对于紧密耦合的初次级，初级和次级峰值电流的关系是：

$$I_{PKS} = (N_P / N_S) \times I_{PK} \quad (8)$$

所以输出电流为：

$$\begin{aligned} I_{out} &= (1/2 \times (N_P / N_S) \times I_{PK}) \times (T_{ons} / (T_{ons} + T_{offs})) \\ &= 2/8 \times (N_P / N_S) \times I_{PK} \end{aligned}$$

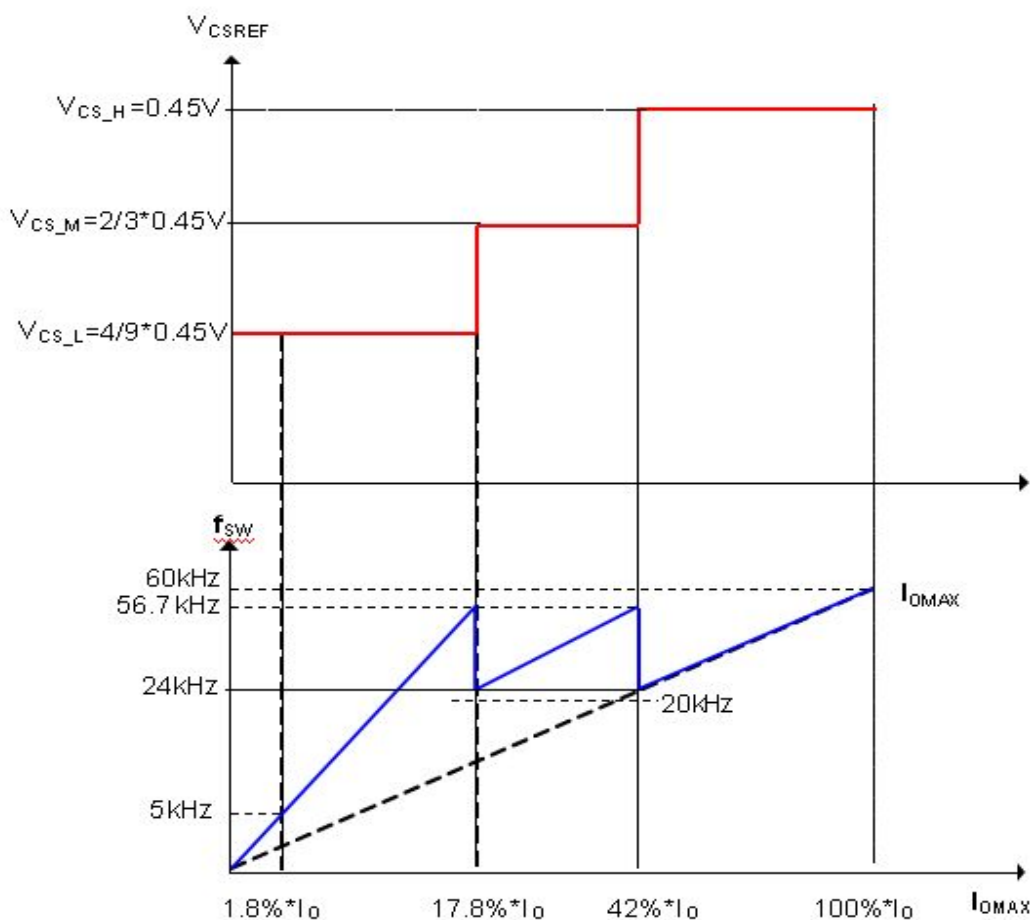
所以 M6006 可以实现恒流控制，电流值由初级峰值电流和初次级间的匝比决定。

不同阶段的峰值电流

对于传统的变频原边反馈系统，工作频率随着输出电流的减小而减低，当开关频率降低到小于 20KHZ，会产生可听到的噪声问题。

为了消除噪声问题，M6006 采用了三个阶段的峰值电流控制模式，在恒压工作模式阶段，电流阈值电压综合了不同负载的各个阶段。如图片 4 所示，VCS_H 是高负载，VCS_M 是中等和 VCS_L 轻负载，在恒流模式下，峰值电流电压阈值为 VCS_H。空载和超轻载条件(LL 模式)，电压阈值是 VCS_L。但是 LL 模式下，工作模式是不同的，这将在下一节中描述。

通过下面的图 4 所示的多个段峰值电流控制，从轻负载到重负荷，M6006 控制系统可以全程控制开关频率高于 24 khz，消除工作频率进入音频范围的可能，消除噪声。



图片 4

3. 超轻载工作模式（与 M3015 典型应用）

在空载和轻载下，M6006 工作在低轻载模式 (LL 模式)，输出电压由 M3015 检测。在低轻载模式 (LL 模式) 中，为了满足超低工作损耗的要求，M6006 的静态工作电流由 280uA 降低到 100uA。

- 退出低轻载模式(LL 模式)的条件—— $V_{CPC} > 65\text{ mV}$ 或 $t_{OFF} < t_{DELAY} + 30\ \mu\text{s}$
- 进入低轻载模式(LL 模式)的条件—— $V_{CPC} < 33\text{ mV}$ 和 $t_{OFF} \geq t_{DELAY} + 30\ \mu\text{s}$

在 LL 模式中，当 M3015 检测输出电压低于其触发电压时，M6006 的 VDET 脚产生周期性脉冲电流。这脉冲电流将产生一个脉冲电压通过变压器耦合到反馈绕组。当 M6006 检测这个脉冲电压 VPULSE (> 100 mv 是有效的)，主开关立即打开并提供一个能量脉冲到输出端和初级 VCC。为实现低待机功耗，降低开关频率是必要的，但是如果 LL 模式持续时间太长，VCC 电压将降低到非常低的水平。为了避免 VCC 低于 VOPR(Min)，由 M3015 (tDIS) 指定了最小开关频率。如果在 (tDIS) 时间内，输出电压不低于触发电压，M3015 的 VDET 脚将发出周期性脉冲电流，让主开关打开。

4, 前沿消隐

当打开电源开关时，接通高峰将出现在检测电阻，为了避免 IC 误判，预留了 500 ns 前沿消隐时间(从功率 MOSFET 开通开始计算)。这个消隐期间，电流比较器被禁用栅极驱动也不会关闭。

5, 可调线性补偿

因为从 CS 脚电压信号达到 IC 内部给定的 VCS 有一定延迟时间(相对于功率 MOSFET 关闭时)，实际的峰值电流的值与理想值总是有一个差距，该差距随着不同的输入线电压值变化而变化，这是因为不同电流斜率上升不同，结果导致了恒流值的差异。

为了消除由于线路电压变化而使电流偏差的情况，在 M6006 设计中引入了可调线性补偿技术设计。通过采样 FB 脚随着线电压变化而线性变化的反向电压，从 CS 脚流出一个正比于电阻 RLINE 的线电流 (ILINE)，产生一个可调补偿电压消除上面提到差距，从而实现优异的线性调节功能。

线性补偿电压为：

$$V_{cs-line} = R_{line} \times 0.4 \times (1/700k) \times (R_{FB2}/R_{FB1} + R_{FB2}) \times (N_{aux}/N_p) \times V_{in-dc}$$

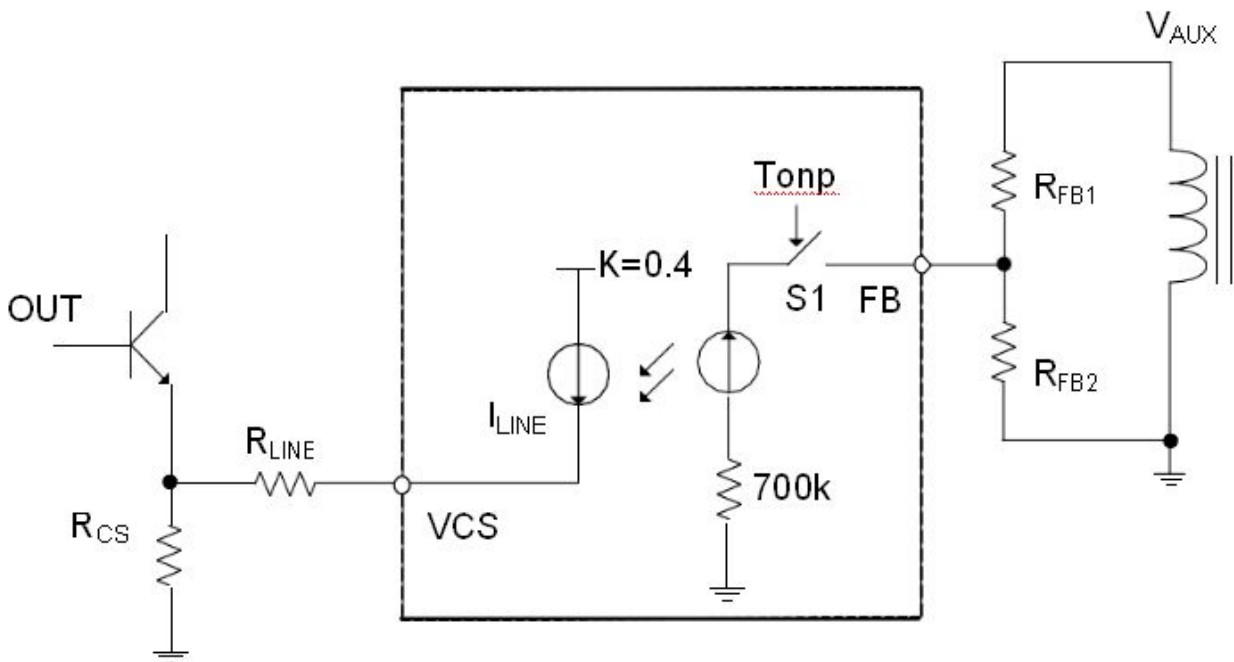


图 5 可调线性补偿环路

6, 固定线损补偿

正如我们所知, CPC 脚电压反映了变换器负荷变化。根据 FB 脚参考电压, 引入与 CPC 脚电压成比例的补偿电压, M6006 可以实现固定的线损补偿, 使输出与终端相匹配, 线损的电压降补偿是 7%(典型值)。

保护功能

1, FB 过电压保护 (OVP)

在 Tons 时间内, 当 FB 脚的电压超过 $V_{FB}(OVP)$ 时, M6006 立即关闭, 持续时间为 $t_{OFF}(MAX)$, 然后重新检测 FB 电压, 看电压是否低于 $V_{FB}(OVP)$ 。在 $t_{OFF}(MAX)$ 时间, VCC 电压将下降, 过了 $t_{OFF}(MAX)$ 时间之后, 若 VCC 仍高于 $V_{OPR}(Min)$ 且 $V_{FB}(OVP)$ 条件被解除, 系统电路将进入正常工作模式; 若 $V_{FB}(OVP)$ 条件未解除, M6006 仍将关闭, 等待另一个 $t_{OFF}(MAX)$ 时间。若过了 $t_{OFF}(MAX)$ 时间之后, 若 VCC 低于 $V_{OPR}(Min)$, M6006 将进入重启模式, VCC 电压维持在 $V_{TH}(ST)$ 和 $V_{OPR}(Min)$ 之间, 直到 $V_{FB}(OVP)$ 条件被解除。

2, 开路保护 (OCKP)

如果 FB 脚的下拉电阻短路或者开路, 将不会有电压在 FB 脚, 采样信号不能被监控, 开路保护 (OCKP) 将被触发。保护操作过程和过电压保护是一样的过程。

3, 短路保护 (SCP)

短路保护 (SCP) 检测原理类似于正常输出时反馈电压感应到 FB 脚电压的检测。当发现 FB 脚电压低于 $V_{FB}(SCP)$ 的持续时间为 $t_{OFF}(MAX)$, 短路保护 SCP 被触发, 然后 M6006 进入打嗝模式, 系统电路立即关闭然后重新启动, 所以 VCC 电压在 $V_{TH}(ST)$ 和 $V_{OPR}(Min)$ 之间变动, 直到开路保护条件被解除。

在系统正常启动时, FB 脚电压低于 $V_{FB}(SCP)$ 的时间应小于 $t_{OFF}(MAX)$, 避免系统进入短路保护 (SCP) 模式。但是当输出发生短路或输出电压低于一定水平时, 短路保护 (SCP) 模式就会启动。

图 6 显示了 M6006 正常启动的波形。当 VCC 到达 $V_{TH}(ST)$ 后, 在 $t_{OFF}(MAX)$ 时间内如果 FB 脚的电压超过 $V_{FB}(SCP)$, IC 不会进入 SCP 模式。图 7 显示的是输出发生短路时, 在 $t_{OFF}(MAX)$ 时间内 FB 脚的电压低于 $V_{FB}(SCP)$ 然后 M6006 触发 SCP 进入打嗝模式。

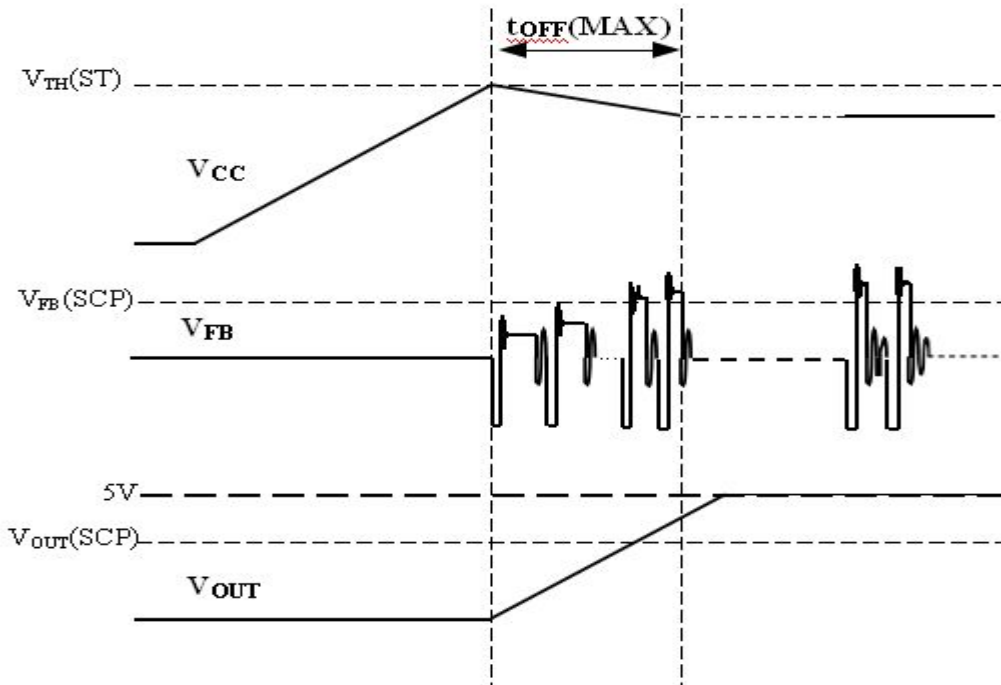


图 6 正常启动波形

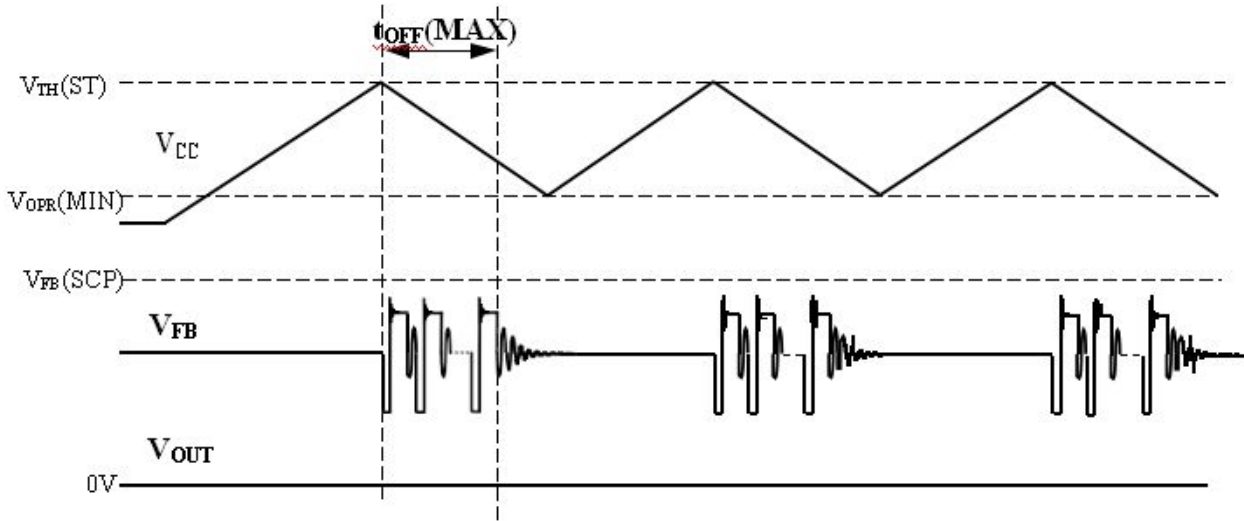


图 7 短路保护和打嗝模式波形

4, RCS 短路保护

当原边电流检测电阻短路时,一次侧电流会迅速增加,变压器饱和,从而导致一些组件的损坏。M6006 具有 RCS 短路保护功能以避免损失。在原边最大导通时间 $t_{onp}(MAX)$ 内,如果 CS 脚的电压小于 0.15 v, RCS 短路保护功能被触发, M6006 立即关闭,然后重新启动。

5, 过温度保护(OTP)

当 IC 结点温度超过过温度保护阈值+ 130°C 时,设备立即关闭。当结点温度降低以后系统将重新启动。

SOP-8 封装

