

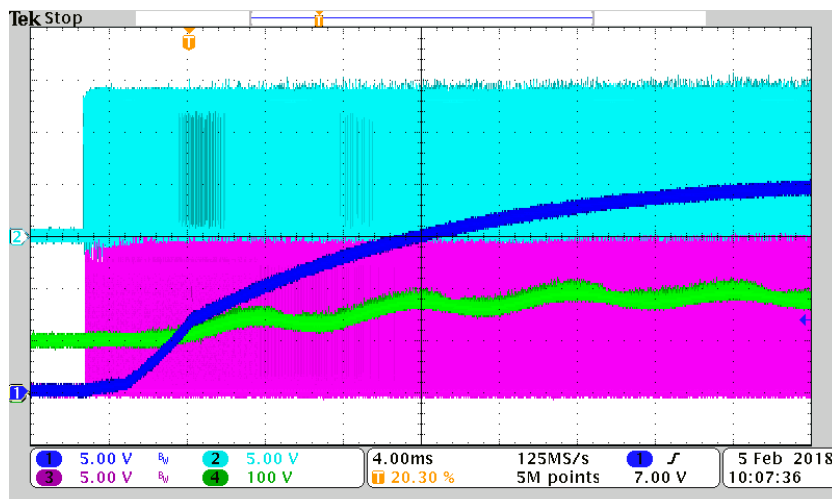
LD7792 PFC/PWM 集成控制器的应用

作者: 通嘉科技 - 吴隆彬

2020-Aug

全球暖化效应愈来愈明显之际, 环保议题随之愈受重视, 各种能效法规对效能的要求, 不论是待机模式、轻载效率、系统整体效率是越来越高。通嘉科技一直演进产品效能以符合种种需求, 总是不断追求减小设备体积, 效率优化设计, 以期最大限度地降低设备成本。其中, 提高系统效率是作为开关电源电路设计中, 最重要的一环。

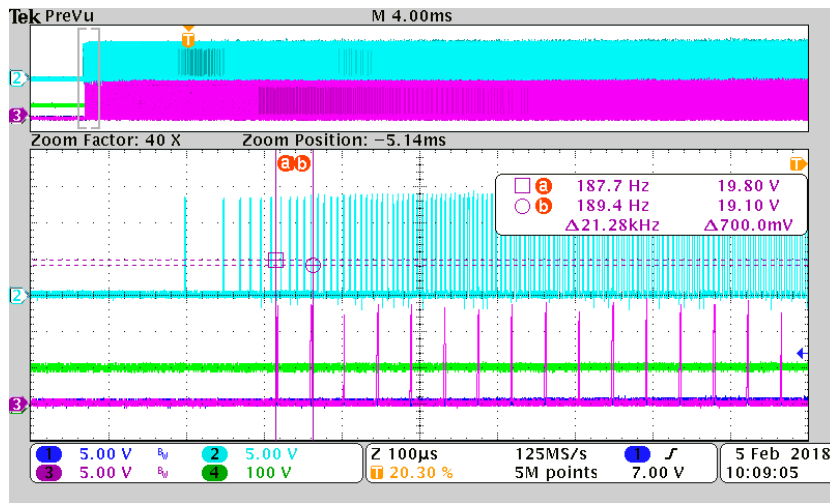
输入瓦数大于 75W 状况下, 需加入功率因数校正 (Power Factor Correction, PFC) 功能来提高功率因数 (Power Factor, PF) 以符合法规规范, 由于高功率因数可以降低电压与电流的相位差造成的交换功率损失, 从而提高了对电网的利用率。PFC 架构分为被动式 (Passive PFC) 与主动式 (Active PFC), 被动式 PFC 其 PF 值只有 0.7~0.8, 而主动式 PFC 其 PF 值大于 0.9 以上, 是为现今的 PFC 主流架构。LD7792 为一主动式 PFC 与 PWM 集成 IC, PFC 操作为 Transition Mode 模式, PWM 为返驰式变换器 (Flyback Converters) 架构, 操作在准谐振 (Quasi Resonant) 模式, 两者的操作模式皆可以减少切换损失 (Switching Loss), 对效率而言可以进一步提高。LD7792 针对开机音频噪音 (Audible Noise) 加以改善, 也增加降低 THDi 功能。PFC 音频噪音藉由降低开机过程 PFC 输出电压过冲, 切换频率 (Switching Frequency) 连续来改善, 如图一所示。



CH1:Vo , CH2:PFC gate , CH3:Flyback gate , CH4:Vbulk

图一: 降低开机过程 PFC 输出电压过冲来改善噪音问题

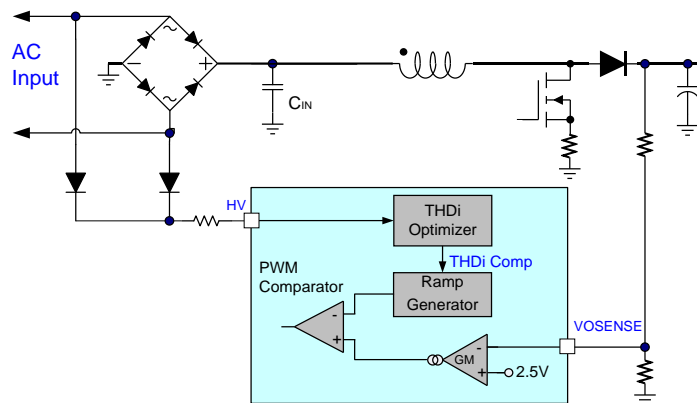
PWM 音频噪音藉由开机过程切换频率不落入音频(Audible Frequency)范围来改善, 如图二所示。



CH1:Vo , CH2:PFC gate , CH3:Flyback gate , CH4:Vbulk

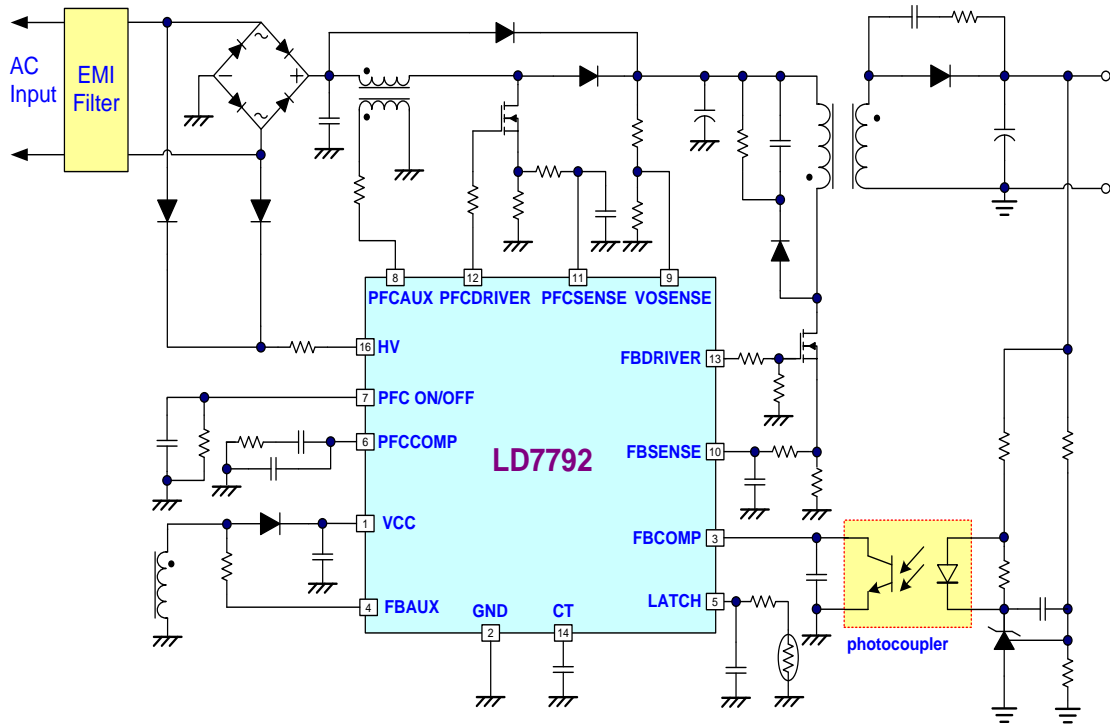
图二: 开机过程切换频率不落入音频范围

THDi 增加补偿机制, 当 AC 电压在较低相位时增加 PFC 切换开关导通时间, 改善因最大频率限制及 PFC 输入电容 C_{IN} 造成的失真现象, 如图三所示。



图三 : THDi 补偿逻辑

LD7792 为 SOP-16 包装，其保护功能相当齐全，举凡 UVP、OVP、BNI、BNO、OTP、OLP、OSCP...等，图四为系统电路图。



图四：系统电路

以下是 LD7792 的功能及应用说明。

VCC Pin1: OVP、OSCP 功能。

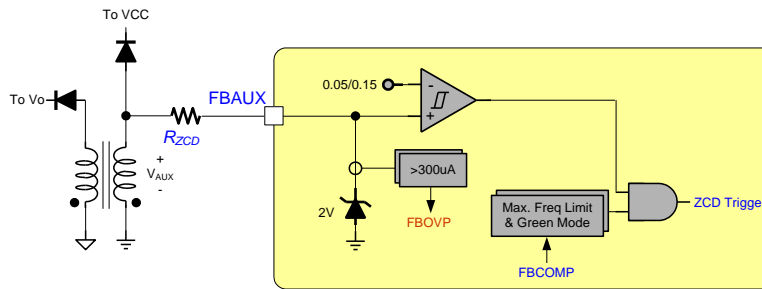
1. OVP: $V_{CC} > 31.5V$

当 V_{CC} 电压大于 31.5V 会触发保护，IC 停止 Switching 并重新启动，与 $FBAUX$ OVP 可以做到双重保护功能。

2. OSCP: $V_{FB\ COMP} > 4.2V/16mS$ & $V_{CC} < 10V$

在输出端短路时， V_{CC} 电压随之下降， V_{COMP} 电压上升，当电压上升至 4.2V 以上且时间超过 16mS，同时 V_{CC} 电压低于 10V 以下，此保护即被触发。

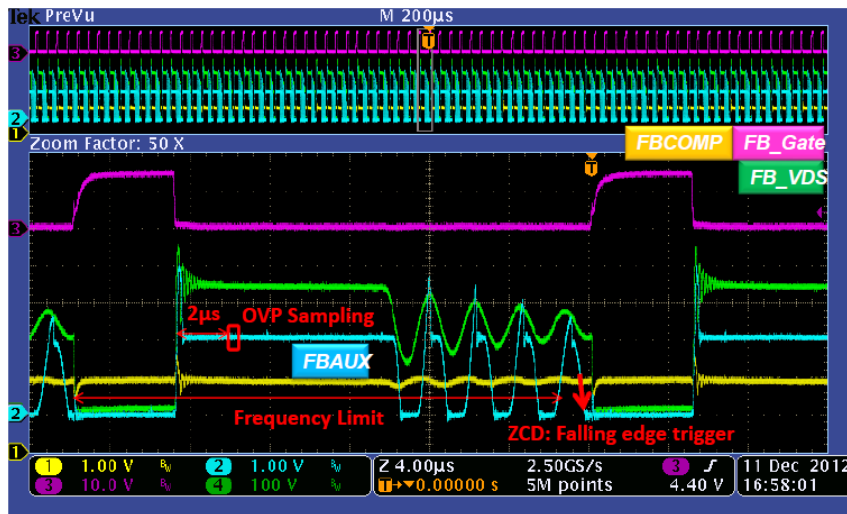
FBAUX Pin4: Flyback ZCD、OVP 功能。



图五：FBAUX 电路

1. ZCD : $V_{FBAUX} < 0.05V$

当 FBAUX 侦测到一负缘下降电压为 0.05V 时即将初级开关打开，如图六所示。



图六

2. OVP : $I_{FBAUX} > 300uA$

由 FBAUX 做输出过电压侦测较为准确，不会因轻载、重载而有太大的误差，如表一所示。当输出电压(V_O)变化时，FBAUX 平台电压会随着变压器圈比因素而变动，如果连续 4 个周期电流高过 300uA 将启动保护并将初级开关关闭，可透过调整 R_{ZCD} 设定 OVP 保护点。

$$I_{FBAUX} \approx [(V_O + V_D) \times \frac{N_{AUX}}{N_S} \times 2V] / R_{ZCT}$$

(V_O :输出保护电压点、 V_D : 次级二极管导通电压、 N_S :变压器次级绕组圈数、 N_{AUX} : 变压器辅助绕组圈数)

Input	19V/0A	19V/4.7A
90Vac/60Hz	25.9V	25.7V
264Vac/50Hz	25.9V	25.7V

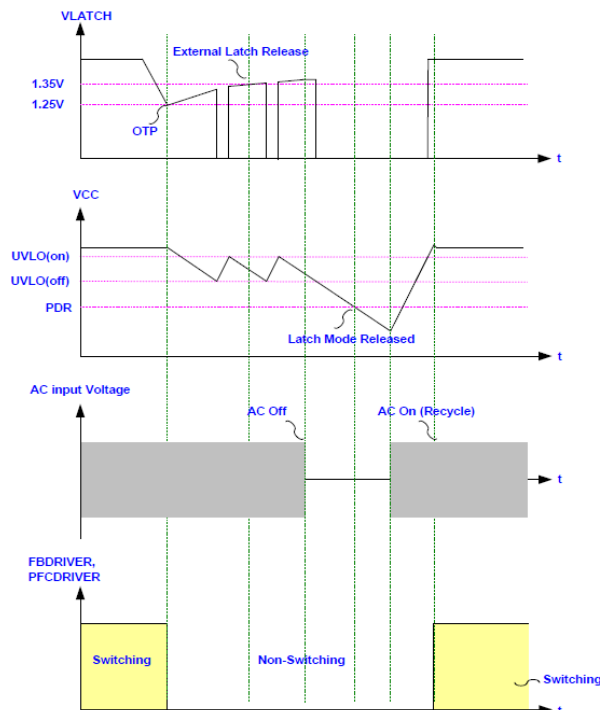
表一

Latch Pin5: OTP 功能。

1. OTP : $V_{LATCH} < 1.25V$

串联一颗 NTC 下地，温度上升阻值下降，当阻值跟源极电流乘积小于 1.25V 即进行保护。图七为动作示意图。

$$V_{LATCH} = 80\mu A \times R_{NTC}$$

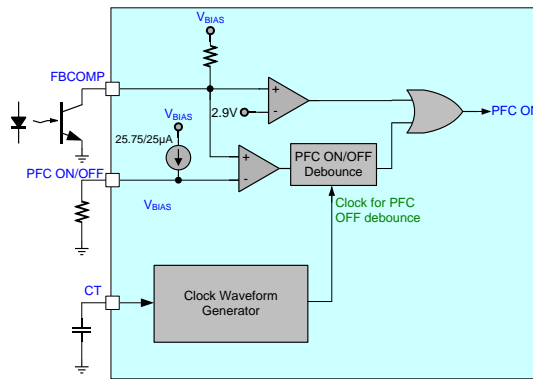


图七：OTP 示意图

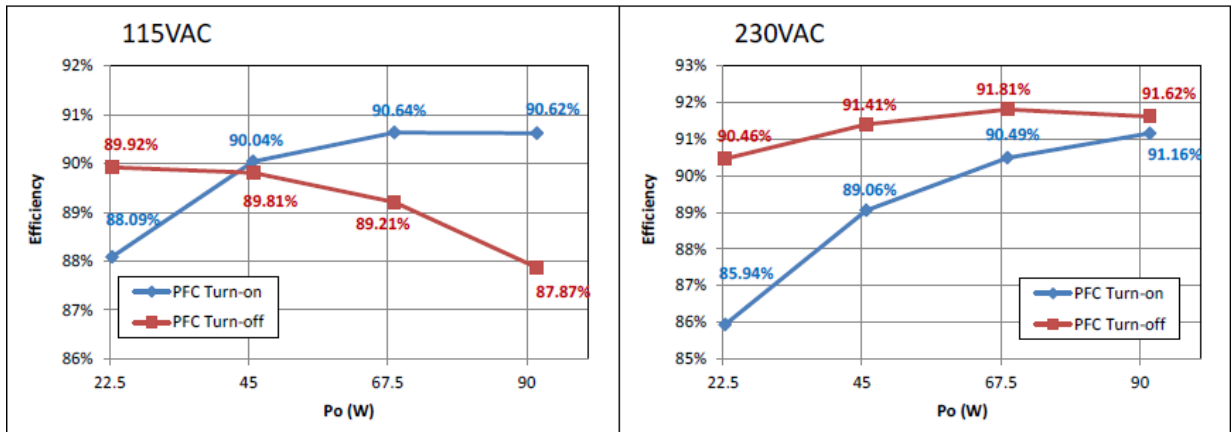
PFC ON/OFF Pin7: PFC ON/OFF 功能。

1. PFC ON/OFF : $V_{FBCOMP} < V_{PFC\ ON/OFF}$

$V_{PFC\ ON/OFF}$ 电压可以由串联下地电阻跟源极电流乘积设定，并与 V_{FBCOMP} 电压做比较来设定 PFC 开启关闭动作点(如图八所示)，让轻载、空载下将 PFC 关闭以提升效率及降低功耗(如图九所示)，让系统得到优化特性。 $V_{PFC\ ON/OFF}$ 电压也加入迟滞功能避免同一载点 PFC 开开关关现象产生，如表二所示。



图八：PFC ON/OFF 逻辑图



图九

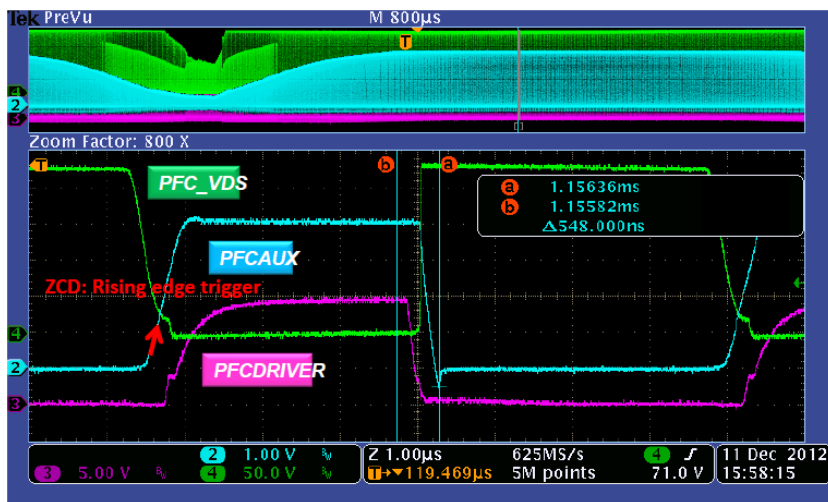
Input	PFC Turn on loading		PFC Turn off loading	
	Pin(W)	Io(A)	Pin(W)	Io(A)
90Vac/60Hz	57	2.46	45.4	2.01
115Vac/60Hz	57.4	2.55	46.3	2.06
230Vac/50Hz	57.4	2.61	52	2.28
264Vac/50Hz	60	2.73	53	2.31

表二

PFCAUX Pin8: PFC ZCD 功能。

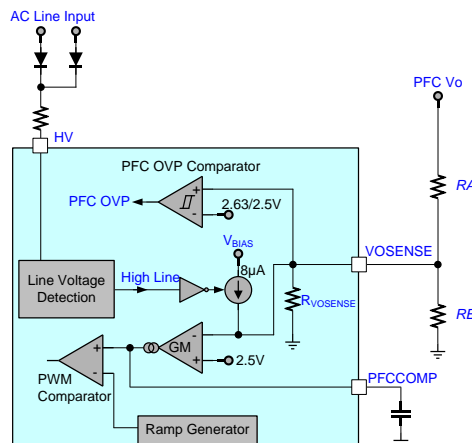
1. ZCD : $V_{PFCAUX} > 0.2V$

当 PFCAUX 侦测到一正缘上升电压为 0.2V 时即将 PFC 开关打开，如图十所示。



图十

VOSENSE Pin9: PFC Vo Control、OVP 功能。



图十一 : VOSENSE 逻辑图

1. **Vo Control** : $V_{REF} = 2.5V$

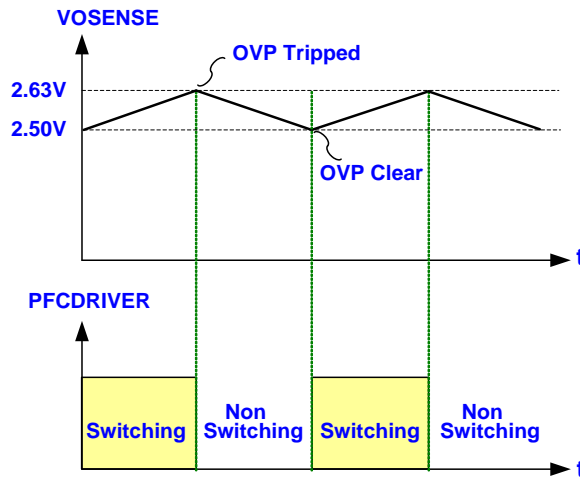
经由外部分压电阻设定输出电压，输入为低电压下内部会吐出一 $8\mu A$ 电流，使得输出电压较低，形成 High/Low line 其输出电压会有所不同，其目的是藉此可以优化系统整体效能。

$$\text{High Line PFC } V_o = 2.5 \times RA / (RB // R_{VOSENSE}) + 2.5 (V)$$

$$\text{Low Line PFC } V_o = (2.5 - 8\mu A \times RB) \times RA / (RB // R_{VOSENSE}) + 2.5 (V)$$

2. **OVP** : $V_{VOSENSE} > 2.63V$

当 $V_{VOSENSE} > 2.63V$ 将触动 OVP 机制并将 PFC DRIVER 功能关断，直到 $V_{VOSENSE}$ 降到 $2.5V$ 才再次启动，如图十二所示。



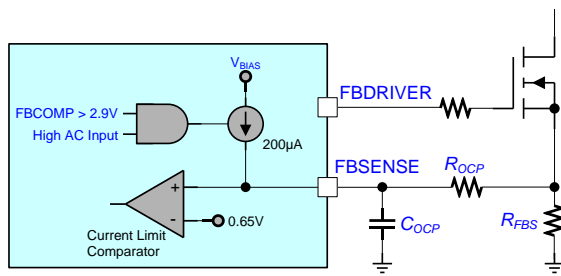
图十二 : OVP 示意图

FBSNSE Pin10: OCP 功能。

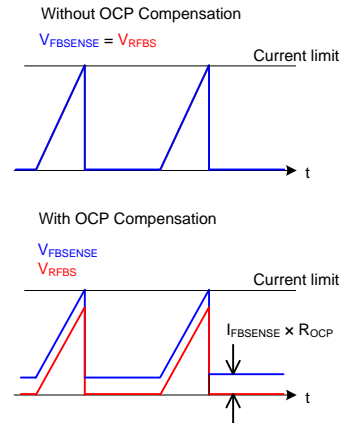
1. **OCP** : $V_{CS_Limit} = 0.65V$

$$I_{PEAK(MAX)} = \frac{0.65}{R_{FBS}}$$

为了让高、低压保护点趋近一致，做了电流补偿机制，当输入为高压且 FBCOMP 电压高于 2.9V 时内部吐出一 200uA 电流流经 ROCP 电阻，得到一补偿电压做调整，如图十四所示。



图十三 : FBSense 电路图



图十四 : OCP 补偿

Input Voltage	OCP
90Vac/60Hz	6.02A
115Vac/60Hz	6.02A
230Vac/50Hz	6.00A
264Vac/50Hz	6.02A

表三 : OCP 保护点

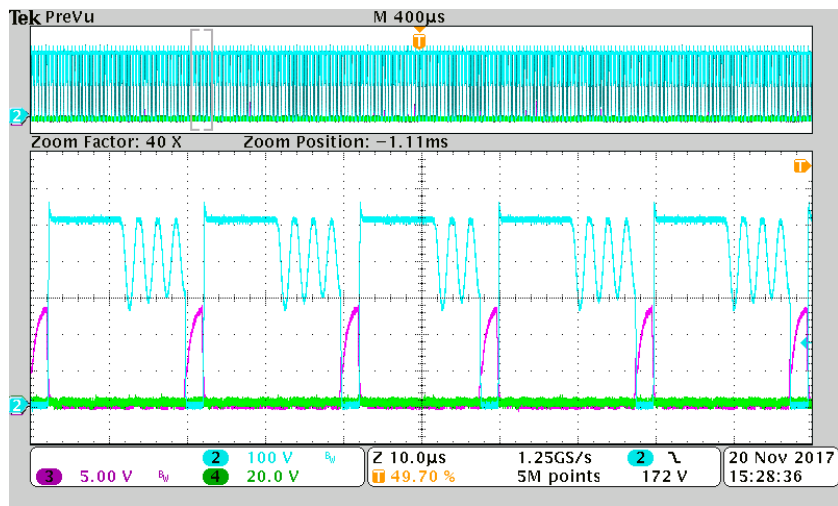
PFCSENSE Pin11: PWM, QRM 选择。

1. PWM/QRM : $R_{PFCSENSE} < 220 \Omega$ OR $R_{PFCSENSE} > 820 \Omega$

透过选择 PFCSENSE 外部串联的电阻 $R_{PFCSENSE}$ ，能让返驰式变换器(Flyback Converter)在降频区的操作模式做改变，电阻值小于 220Ω 为 PWM 操作(如图十五所示)，电阻值大于 820Ω 为 QRM 操作(如图十六所示)，两种模式各有优缺点(如表四所示)，设计者可以选择其一来进行设计。



图十五：PWM 切换



图十六：QRM 切换

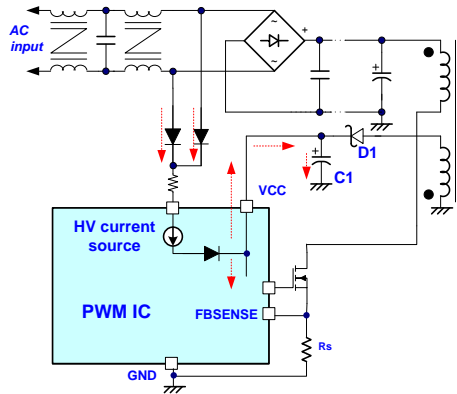
	Fixed Frequency	Valley switch
Audible Noise	Better	
Efficiency		Better
EMI		Better

表四

HV Pin16: High Voltage Startup、BNI、BNO、X-Cap Discharge 功能。

1. High Voltage Startup :

当输入导通后高压启动线路会对 VCC 电容充电，当电压达到 UVLO(on)之后，高压启动线路将会关闭以省下启动路径的功耗(如图十七所示)，让系统在空载下整体功耗降到最低，容易的达到法规要求。



图十七

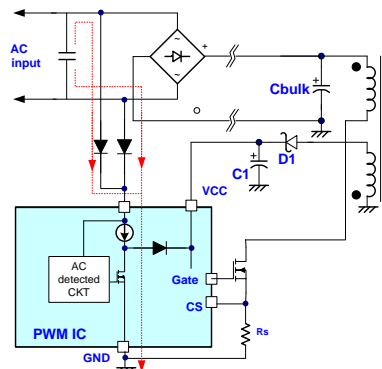
2. BNI : 105VDC

BNO : 95VDC

内建 BNI、BNO 避免输入电压过低时系统还在运作，可降低变压器饱和、零件温度过高等潜在危险性。

3. X-Cap Discharge : AC Off

当输入断开后 HV pin 会汲入一电流将 X-Cap 上的能量放掉以符合法规要求(如图十八)，所以不需外加将 X-Cap 能量泄放掉的泄放电阻，让空载的能耗进一步降低。



图十八

结论

此篇文章探讨 LD7792 产品，采用 SOP-16 封装 IC，适合 70~150W 开关电源，拥有快速启动、低功耗、高效率等优点；同时也拥很多的保护功能，能够在异常发生时实时的保护系统。透过以上的介绍，提供电源设计者完整的解决设计方案。如有更进一步的需求，欢迎跟通嘉科技联络。