

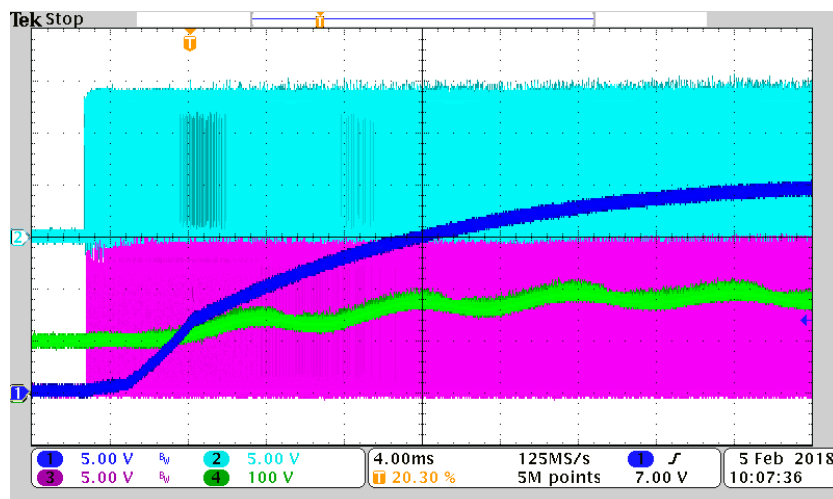
LD7792 PFC/PWM 集成控制器的應用

作者: 通嘉科技 – 吳隆彬、

2020-Jun

全球暖化效應愈來愈明顯之際，環保議題隨之愈受重視，各種能效法規對效能的要求，不論是待機模式、輕載效率、系統整體效率是越來越高。通嘉科技一直演進產品效能以符合種種需求，總是不斷追求減小設備體積，效率優化設計，以期最大限度地降低設備成本。其中，提高系統效率是作為開關電源電路設計中，最重要的一環。

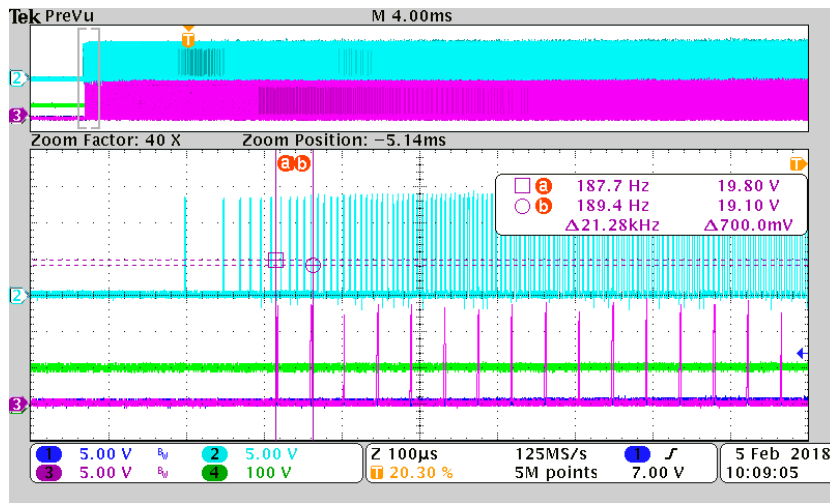
輸入瓦數大於 75W 狀況下，需加入功率因數校正(Power Factor Correction, PFC)功能修正功率因數(Power Factor, PF)以符合法規規範，為將電壓與電流的相位差減少以提高功率因數，功率因數越高對電能的利用率越高。PFC 架構分為被動式(Passive PFC)與主動式(Active PFC)，被動式 PFC 其 PF 值只有 0.7~0.8，而主動式 PFC 其 PF 值大於 0.9 以上，為現今的 PFC 主流架構。LD7792 為一主動式 PFC 與 PWM 集成 IC，PFC 操作為 Transition Mode 模式，PWM 為返馳式變換器 (Flyback Converters) 架構，操作在准諧振(Quasi Resonant)模式，兩者的操作模式皆可以減少切換損失(Switching Loss)，對效率而言可以進一步提高。LD7792 針對開機音頻噪音(Audible Noise)加以改善，也增加降低 THDi 功能。PFC 音頻噪音藉由降低開機過程 PFC 輸出電壓過衝，切換頻率(Switching Frequency)連續來改善，如圖一所示。



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

圖一

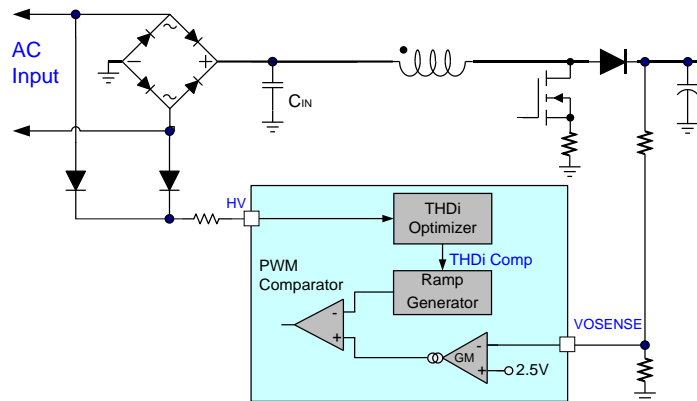
PWM 音頻噪音藉由開機過程切換頻率不落入音頻(Audible Frequency)範圍來改善，如圖二所示。



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

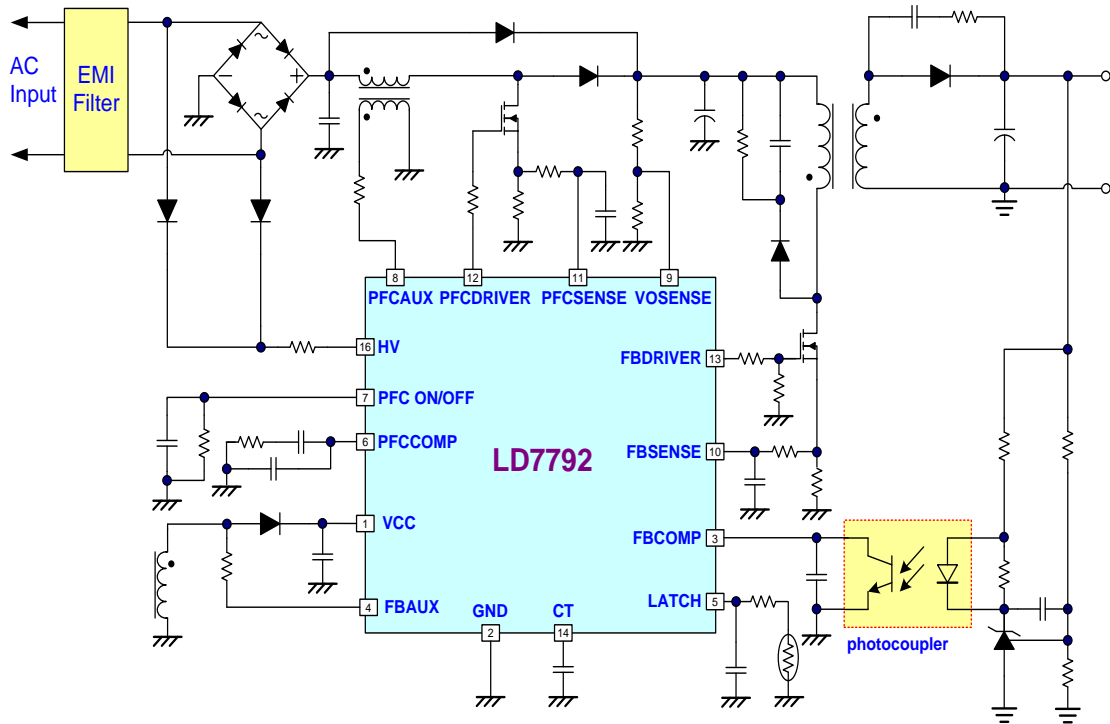
圖二

THDi 增加補償機制，當 AC 電壓在較低相位時增加 PFC 切換開關導通時間，改善因最大頻率限制及 PFC 輸入電容 C_{IN} 造成的失真現象，如圖三所示。



圖三 : THDi 補償邏輯

LD7792 為 SOP-16 包裝，其保護功能相當齊全，舉凡 UVP、OVP、BNI、BNO、OTP、OLP、OSCP...等，圖四為系統電路圖。



圖四：系統電路

以下是 LD7792 的功能及應用說明。

VCC Pin1： OVP、OSCP 功能。

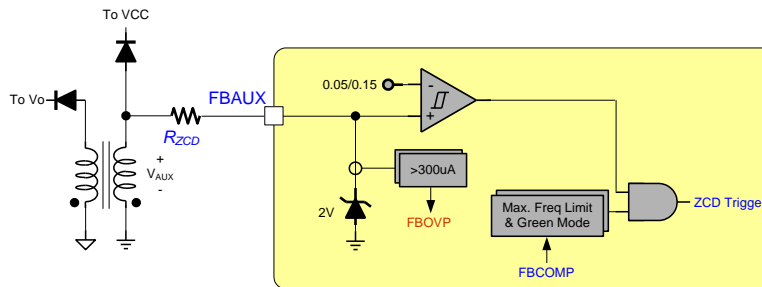
1. **OVP** : $V_{CC} > 31.5V$

當 V_{CC} 電壓大於 31.5V 會觸發保護，IC 停止 Switching 並重新啟動，與 F_{BAUX} OVP 可以做到雙重保護功能。

2. **OSCP** : $V_{FBCOMP} > 4.2V/16mS$ & $V_{CC} < 10V$

在輸出端短路時， V_{CC} 電壓隨之下降， V_{COMP} 電壓上升，當電壓上升至 4.2V 以上且時間超過 16mS，同時 V_{CC} 電壓低於 10V 以下，此保護即被觸發。

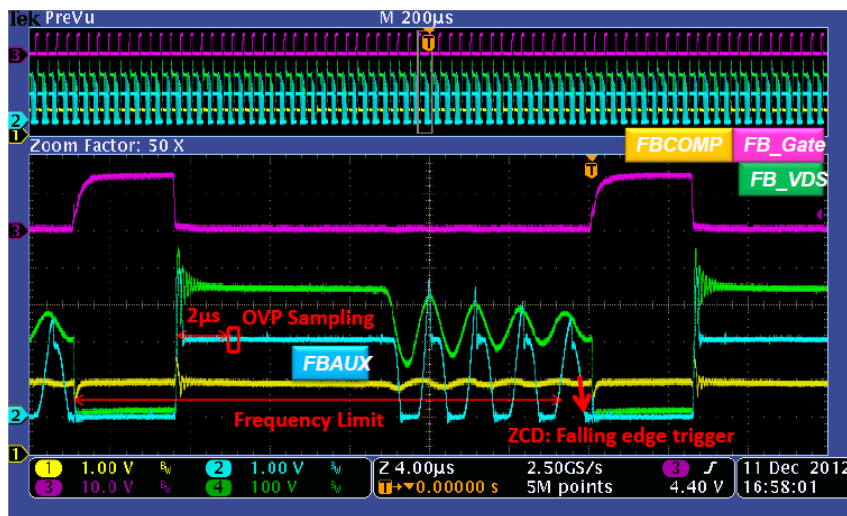
FBAUX Pin4 : Flyback ZCD · OVP 功能。



圖五：FBAUX 電路

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

當 FBAUX 偵測到一負緣下降電壓為 0.05V 時即將初級開關打開，如圖六所示。



圖六

2. OVP : $I_{FBAUX} > 300\mu A$

由 FBAUX 做輸出過電壓偵測較為準確，不會因輕載、重載而有太大的誤差，如表一所示。當輸出電壓(V_o)變化時，FBAUX 平台電壓會隨著變壓器圈比因素而變動，如果連續 4 個週期電流高過 300uA 將啟動保護並將初級開關關閉，可透過調整 R_{ZCD} 設定 OVP 保護點。

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

(V_O :輸出保護電壓點、 V_D :次級二極體導通電壓、 N_S :變壓器次級繞組圈數、 N_{AUX} :變壓器輔助繞組圈數)

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

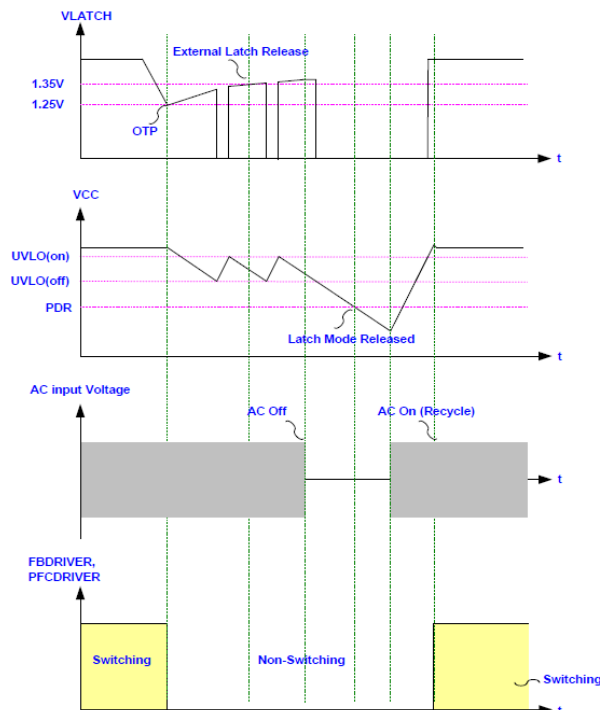
表一

Latch Pin5 : OTP 功能。

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

串聯一顆 NTC 下地，溫度上升阻值下降，當阻值跟源極電流乘積小於 1.25V 即進行保護。圖七為動作示意圖。

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

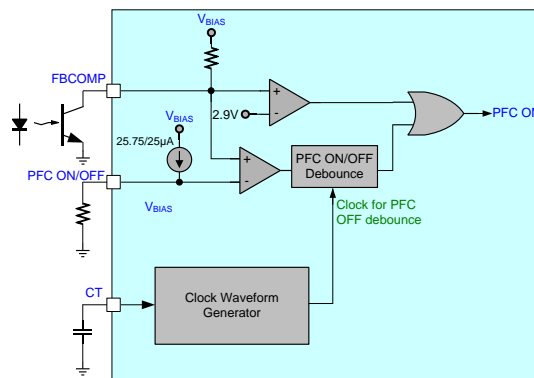


圖七：OTP 示意圖

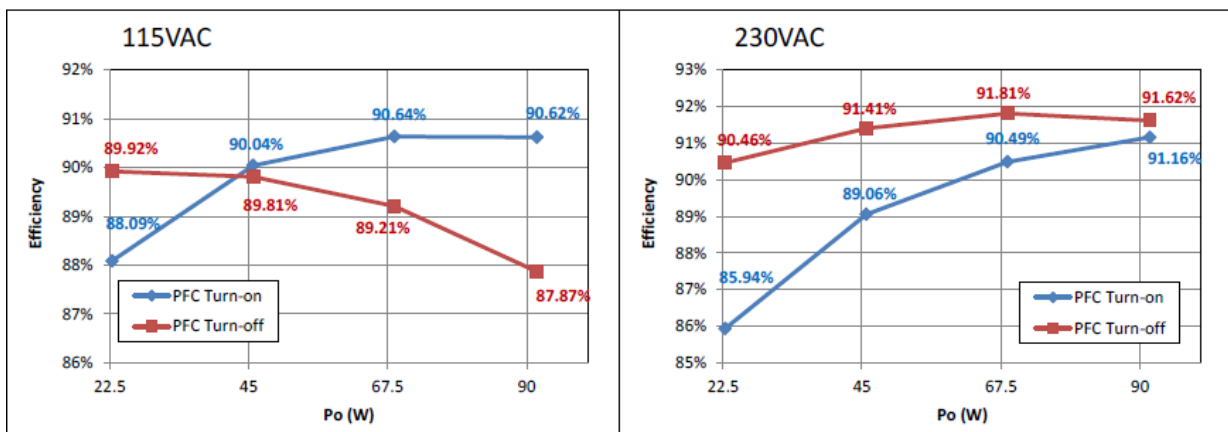
PFC ON/OFF Pin7： PFC ON/OFF 功能。

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

$V_{PFC\ ON/OFF}$ 電壓可以由串聯下地電阻跟源極電流乘積設定，並與 V_{FBCOMP} 電壓做比較來設定 PFC 開啟關閉動作點(如圖八所示)，讓輕載、空載下將 PFC 關閉以提升效率及降低功耗(如圖九所示)，讓系統得到最佳化特性。 $V_{PFC\ ON/OFF}$ 電壓也加入遲滯功能避免同一載點 PFC 開開關關現象產生，如表二所示。



圖八：PFC ON/OFF 邏輯圖



圖九

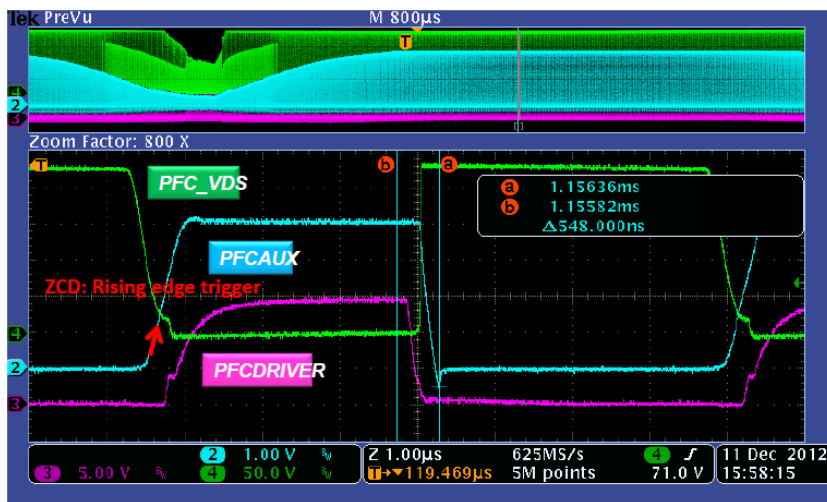
Input	PFC Turn on loading		PFC Turn off loading	
	Pin(W)	Io(A)	Pin(W)	Io(A)
90Vac/60Hz	57	2.46	45.4	2.01
115Vac/60Hz	57.4	2.55	46.3	2.06
230Vac/50Hz	57.4	2.61	52	2.28
264Vac/50Hz	60	2.73	53	2.31

表二

PFCAUX Pin8 : PFC ZCD 功能。

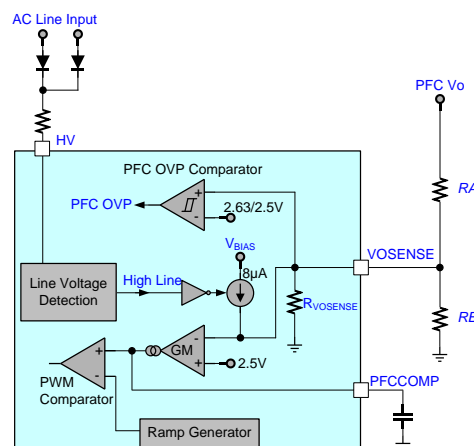
1. ZCD : $V_{PFCAUX} > 0.2V$

當 PFCAUX 偵測到一正緣上升電壓為 0.2V 時即將 PFC 開關打開，如圖十所示。



圖十

VOSENSE Pin9 : PFC Vo Control、OVP 功能。



圖十一：VOSENSE 邏輯圖

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

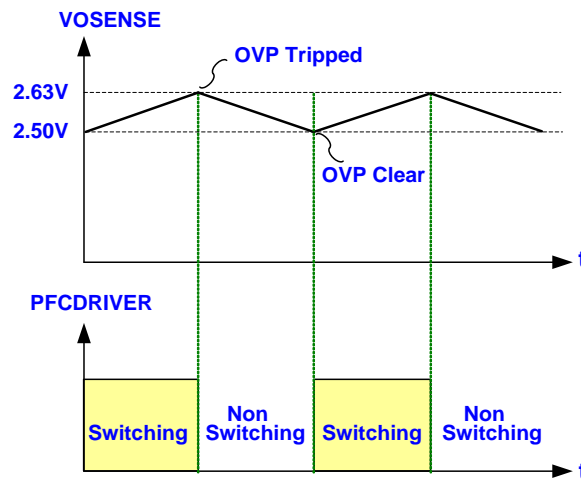
經由外部分壓電阻設定輸出電壓，輸入為低電壓下內部會吐出一 $8\mu A$ 電流，使得輸出電壓較低，形成 High/Low line 其輸出電壓會有所不同，其目的是藉此可以優化系統整體效能。

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

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

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

當 $V_{VOSENSE} > 2.63V$ 將觸動 OVP 機制並將 PFC DRIVER 功能關斷，直到 $V_{VOSENSE}$ 降到 $2.5V$ 才再次啟動，如圖十二所示。



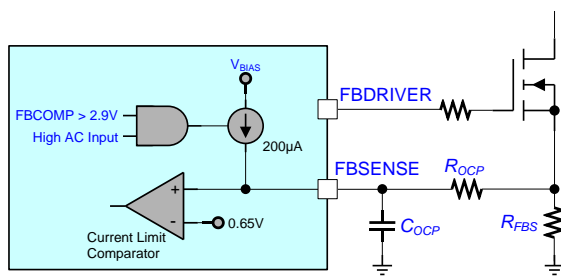
圖十二：OVP 示意圖

FBSense Pin10 : OCP 功能。

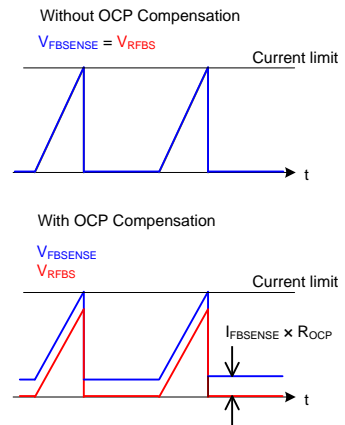
1. **OCP** : $V_{CS_Limit} = 0.65V$

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

為了讓高、低壓保護點趨近一致，做了電流補償機制，當輸入為高壓且 FBCOMP 電壓高於 2.9V 時內部吐出一 200uA 電流流經 ROCP 電阻，得到一補償電壓做調整，如圖十四所示。



圖十三：FBSense 電路圖



圖十四：OCP 補償

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

表三：OCP 保護點

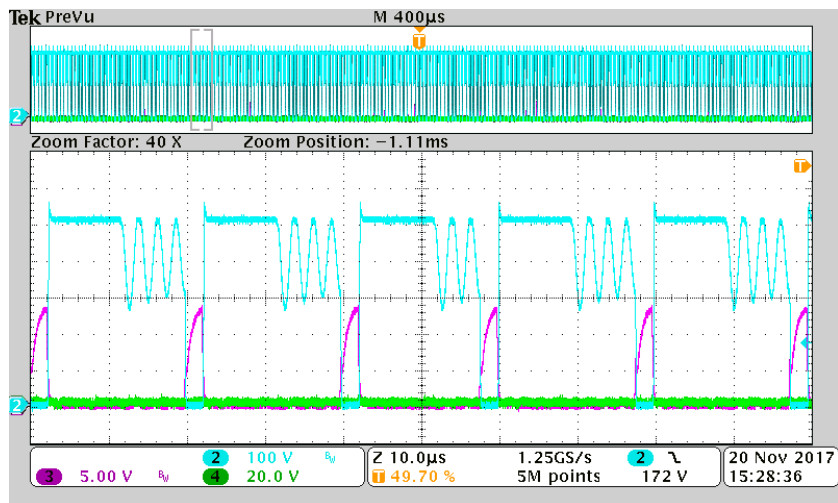
PFCSENSE Pin11：PWM, QRM 選擇。

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

透過選擇 PFCSENSE 外部串聯的電阻 $R_{PFCSENSE}$ ，能讓返馳式變換器(Flyback Converter)在降頻區的操作模式做改變，電阻值小於 220Ω 為 PWM 操作(如圖十五所示)，電阻值大於 820Ω 為 QRM 操作(如圖十六所示)，兩種模式各有優缺點(如表四所示)，設計者可以選擇其一來設計。



圖十五：PWM 切換



圖十六：QRM 切換

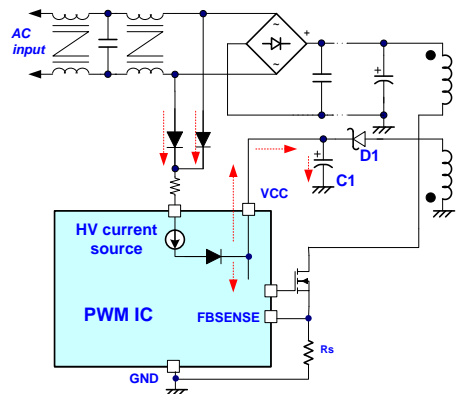
	Fixed Frequency	Valley switch
Audible Noise	Better	
Efficiency		Better
EMI		Better

表四

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

1. High Voltage Startup :

當輸入導通後高壓啟動線路會對 VCC 電容充電，當電壓達到 UVLO(on)之後，高壓啟動線路將會關閉以省下啟動路徑的功耗(如圖十七所示)，讓系統在空載下整體功耗降到最低，容易的達到法規要求。



圖十七

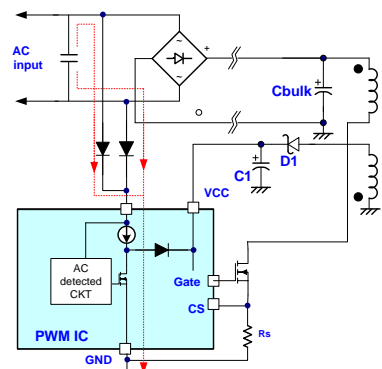
2. BNI : 105VDC

BNO : 95VDC

內建 BNI、BNO 避免輸入電壓過低時系統還在運作，可降低變壓器飽和、零件溫度過高等潛在危險性。

3. X-Cap Discharge : AC Off

當輸入斷開後 HV pin 會汲入一電流將 X-Cap 上的能量放掉以符合法規要求(如圖十八)，所以不需外加將 X-Cap 能量洩放掉的洩放電阻，讓空載的能耗進一步降低。



圖十八

結論

此篇文章探討 LD7792 產品，採用 SOP-16 封裝 IC，適合 70~150W 開關電源，擁有快速啟動、低功耗、高效率等優點；同時也擁有很多的保護功能，能夠在異常發生時即時的保護系統。透過以上的介紹，提供電源設計者完整的解決設計方案。如有更進一步的需求，歡迎跟通嘉科技聯絡。