

LD5523E2 Flyback 原邊回授(PSR)及多重模式(QR+CCM)控制器之應用

作者:張偉群(Darron)

1. Flyback 副邊回授(SSR)及原邊回授控制(PSR)背景說明

Flyback 電路電壓環回授控制分為副邊(SSR)及原邊(PSR)回授電路,圖 1 為 SSR 副邊回授電路,採用 AP431 內部的參考電壓 2.5V 搭配外部回授補償電路調整,圖 2 為 PSR 原邊回授電路,採用初級 IC FB pin 內部參考電壓 2V 並搭配 comp pin 回授補償電路調整。

PSR 原邊回授控制特性

優點：電路元件少及成本優勢適用於小型化設計

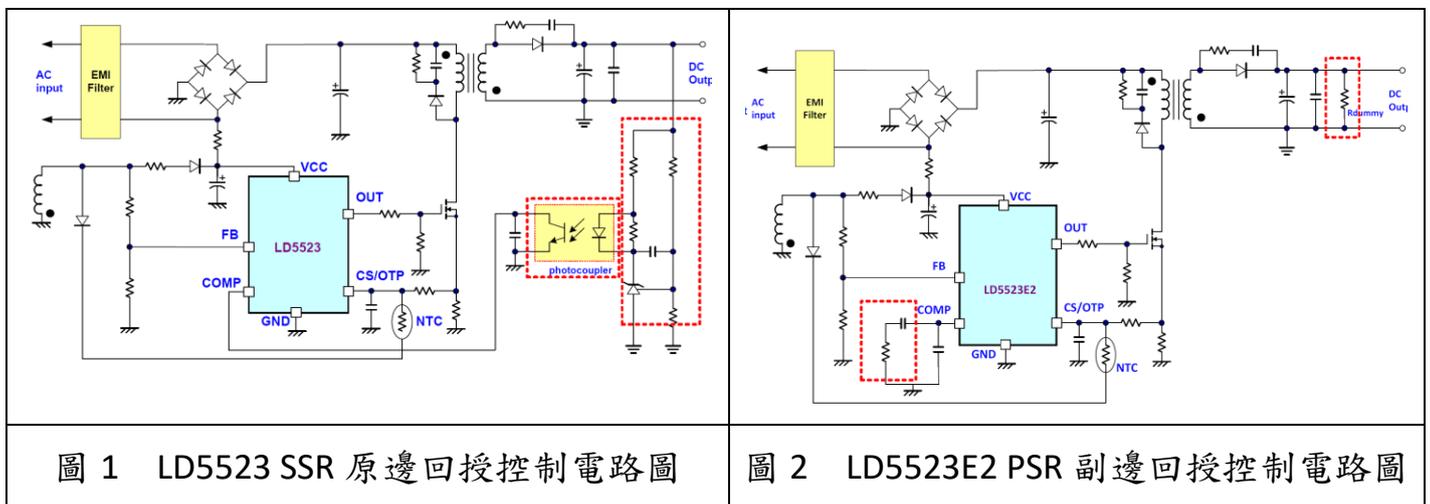
缺點：因電壓回授回應速度慢於動態負載,電壓調整率相較 SSR 略差些

以 PSR LD5523E2 替換 SSR LD5523 說明

兩套方案 Pin-Pin 可以直接替換,步驟說明如下

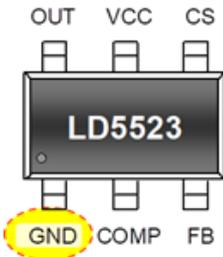
步驟 1：移除二次側 431 及光耦合器參考圖 1 紅圈

步驟 2：Comp pin 增加 RC 電路及輸出加假負載參考圖 2 紅圈



2. Flyback SSR 及 PSR 功能及保護差異

表 1 說明 SSR 及 PSR 功能及保護差異

表 1 LD5523 SSR 及 LD5523E2 PSR 功能對比表		
項目	LD5523 SSR 副邊回授	LD5523E2 PSR 原邊回授
		
輸出電壓調整	$V_{out}=2.5V \times (RA+RB)/RB$ 2.5V 為 AP431 參考電壓 輸出電壓誤差與 IC 無關	$V_{out}=V_{FB} \times [1+(RA/RB)] \times (NS/NA) - V_F$ VFB= IC 內部 2V 參考電壓
過流保護	OCP 誤差量 +/-20%	OCP 誤差量 +/-8%
過壓保護 (OV)	SSR 及 PSR 設計原理採用 Vcc OVP 及 VFB OVP Vcc pin Vcc_ovp =28V 及 FB pin VFB_OVP=2.4V	
AC Brown in /out Buck OVP	SSR 及 PSR 設計原理採用偵測 FB pin 電流 AC Brown in IBNI=95uA, AC Brown out IBNO=85uA Buck OVP LD5523 : IBULK_OVP=418uA, LD5523E2 : IBULK_OVP=380uA,	
過溫度保護 OTP	SSR 及 PSR 設計原理偵測 CS pin 平臺電壓 LD5523: Vcs_OTP=0.5V, LD5523E2CS : Vcs_OTP=0.3V	
線損補償	無此功能	PCB 端的電壓隨輸出電流增加而提升

3. PSR LD5523E2 特點

1. QR+CCM 控制(Multit-mode controller)

QR+CCM 控制主要對應能效 DOE6 及 COC2 的規範, 當負載條件 10%-50%操作在 QR 模式波谷切換降低切換損失, 負載條件 75%-100%操作在 CCM 提升滿載時的效率, 相較於 QR 控制的方案, QR+CCM 控制變壓器可降低 Bmax 及提升利用率。

2. CCM 操作頻率 75KHZ(低壓輸入)及 65KHZ(高壓輸入)

低壓輸入 CCM 頻率 75KHZ 設計可降低變壓器磁飽和, 高壓輸入系統操作在 QR 時可降低切換損失提升效率

3. 啟動時調整 Vcs_max 限制變壓器磁飽和(Adjustable start-up Vcs-max limit for Bsat)

當 AC 輸入時初級的開關會提供最大的能量, 使輸出電壓建立到設定的範圍, 此時為避免變壓器有磁飽和的風險, 調整 CS pin 串聯電阻可以調整 VCS_max level 並限制能量。

4. 低壓輸入輸出電壓紋波補償功能

(Output voltage ripple reduce at low line input voltage)

低壓輸入時, 橋式整流後的高壓電容之電壓紋波會影響輸出電壓紋波, 此電壓紋波補償主要是在高壓電容電壓在波谷時進行補償達到降低輸出紋波功能。

5. OLP 設計

SSR LD5523 原邊回授 OLP 誤差約為 $\pm 20\%$

影響 OLP 誤差參數: 變壓器電感 $\pm 7\%$, 電流檢測電阻 $\pm 1\%$, IC 內部 Vcs $\pm 4\%$, 切換頻率 $\pm 8\%$

PSR LD5523E2 副邊回授 OLP 誤差約為 $\pm 8\%$:

影響 OLP 誤差參數: IC 參數 $\pm 7\%$ 及電阻 $\pm 1\%$

4. LD5523E2 功能應用說明

圖 3 說明各 Pin 功能應用, 以下功能為 IC 的特點說明其中保護功能包含輸出過壓保護 (OVP), 輸出超載保護(OLP), 副邊二極體短路保護(SDCP)輸入啟動/輸入欠壓保護(AC Brown in/Brown out), 過溫度保護(CS OTP), 波谷(QR)偵測等功能。

Vcc Pin	Vcc UVLO on=16.5V, UVLO off=7V, Vcc OVP=28V。
OUT pin	驅動電流 Source current 40mA 及 Sink current -170mA
Comp pin	外部連結二階補償電路調整系統回應速度
FB pin	AC Brown in /Brown out/Bulk OVP, QR Detect, FB OVP 功能
CS pin	啟動降低變壓器磁飽和功能(VCS_max)及過溫度保護(CS OTP)功能

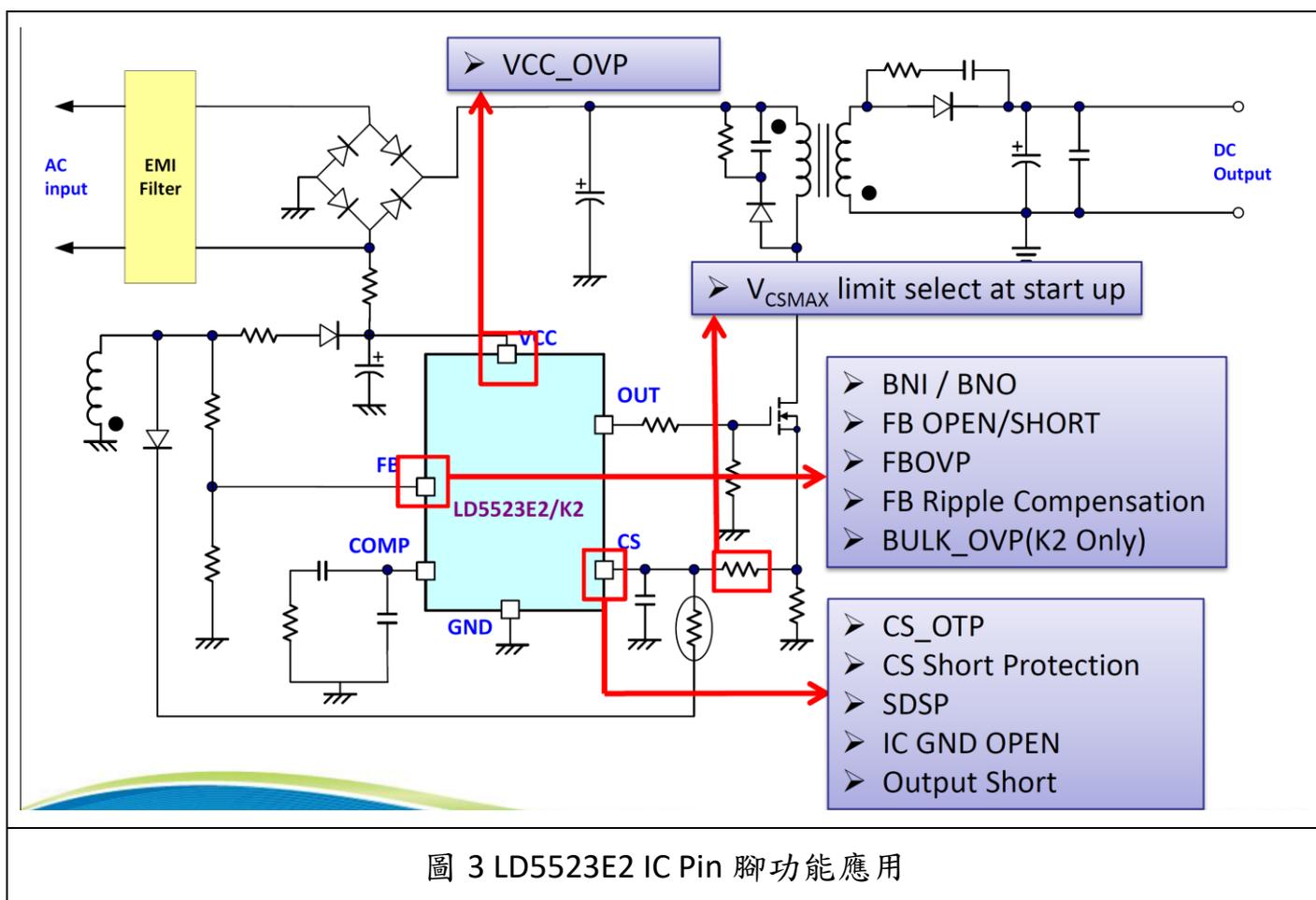


圖 3 LD5523E2 IC Pin 腳功能應用

4.1 FB Pin 應用說明

4.1.1 輸出電壓及線補設定

輸出電壓調整設定如圖 4 說明: FB pin 依據 VFB 正半周總時間的 40% 為取樣電壓並以 IC 內部參考電壓 2V 作比較, 設計公式 $V_o=2X(1+(R_a/R_b))X(N_s/N_a)-V_F$, 設計需留意 Vcc diode 需採用快回復式的 $T_{rr}<500ns$

輸出電壓線補設定:

輸出電壓線補設定如圖 5 說明: IC 依據滿載 (I_{RATED}) 及 OLP (I_{OLP}) 設定線損補償的電流 (I_{LC})

設計公式 $V_o=(2+I_{LC}X(R_a//R_b))X(1+R_a/R_b)X(N_s/N_a)-V_F$

案例說明:

參數設定變壓器 $N_p=69T$, $N_a=12T$, $N_s=9T$, FB pin $R_a=200K$, $R_b=28K$, $I_{OLP}=2.9A$, $I_{RATED}=2A$,

$V_F=0.1$

輸出電壓 $V_o=2X(1+(R_a/R_b))X(N_s/N_a)-V_F=2X(1+(200K/28K))X(9/12)-0.1=12.11V$

輸出電壓線補 $V_o=(2+I_{LC}X(R_a//R_b))X(1+R_a/R_b)X(N_s/N_a)-V_F=(2.1X8.14X0.75)-0.1=12.7V$

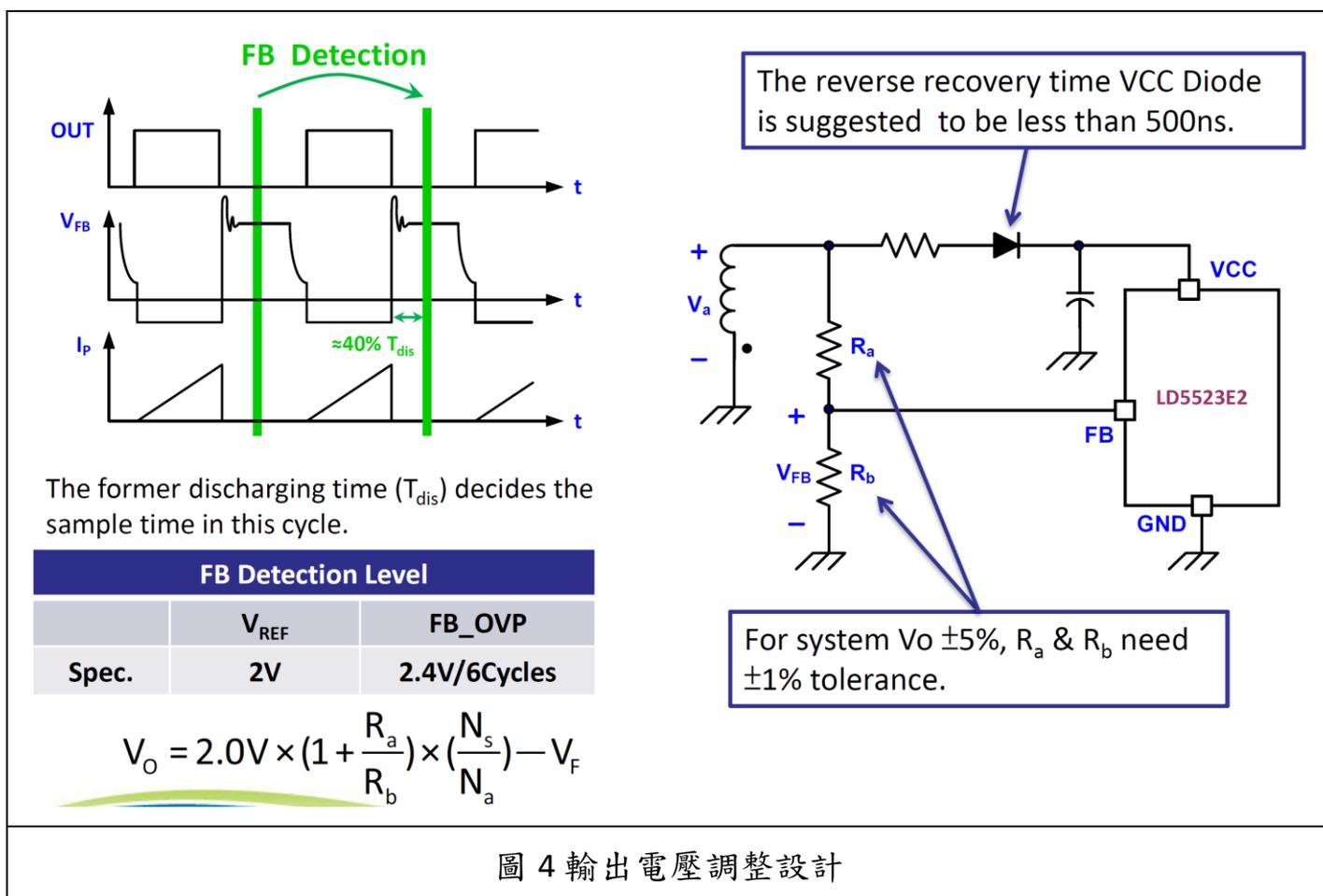


圖 4 輸出電壓調整設計

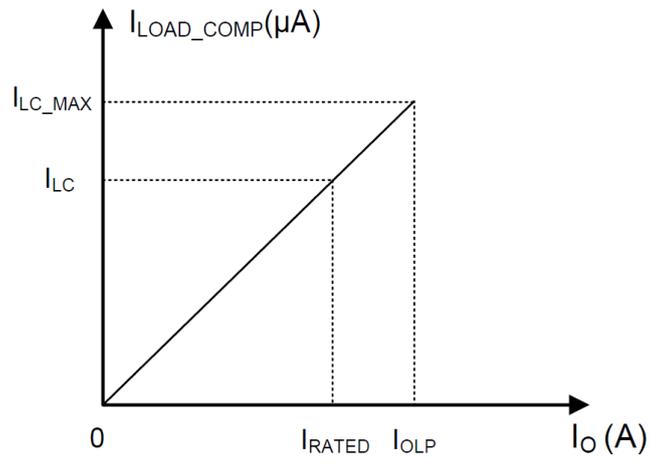


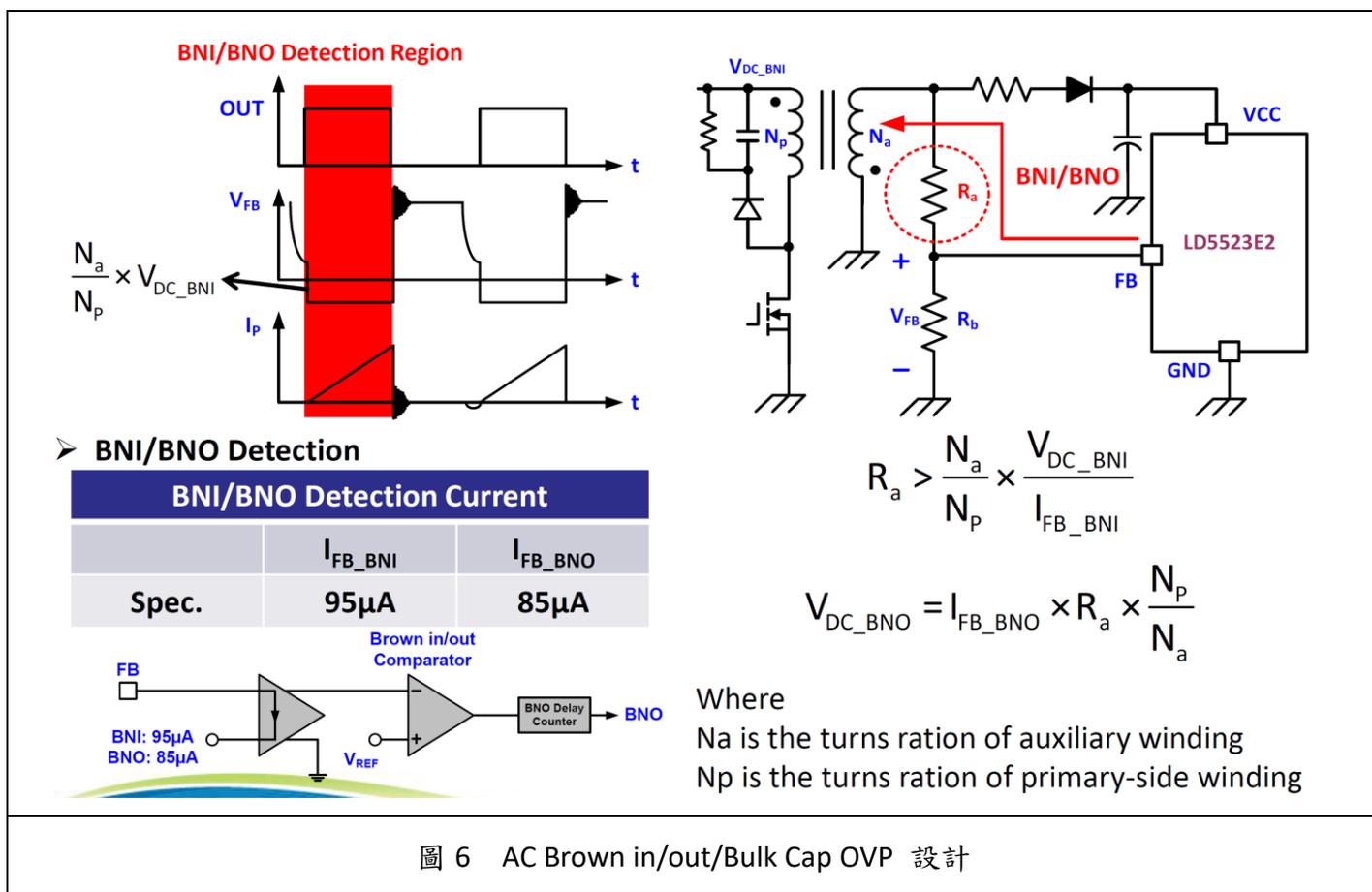
圖 5 線損補償電流(I_{LC})設計

4.1.2 AC Brown in/out, Buck OVP 設定

當初級 MOS 導通時 FB pin V_{FB} 為負半周時此電壓為 $V_{DC} \times (N_a/N_p)$ 其中 V_{DC} 為高壓電容電壓, 此負半周電壓除以 FB pin 上偏電阻 R_a 所得到的電流 I_{FB} , 當 V_{DC} 電壓越高表示輸入電壓越高, 當 I_{FB} 電流高於 I_{BNI} 時進行 AC Brown in 低於 I_{BNO} 時進行 AC Brown out 如圖 6 AC, 另外 I_{FB} 電流大於 $I_{BulkCap}$ 時 IC 進行 Bulk OVP 設定時進行保護。

AC Brown in/out/OVP 計算方式：

設定項目	IC 內部參數	計算公式
Brown in Trip level	IBNI :90uA-100uA-110uA	$V_{DC_BNI} = (N_p/N_a) \times I_{BNI} \times R_a$ AC Brown out(Vac)= $V_{DC_BNI} \times 1.414$
Brown out Trip level	IBNO: 80uA-90uA-100uA	$V_{DC_BNO} = (N_p/N_a) \times I_{BNO} \times R_a$ AC Brown out(Vac)= $V_{DC_BNO} \times 1.414$
Bulk cap OVP Trip level	IBulkcap:358uA-380uA-412uA	$V_{DC_Bulkcap} = (N_p/N_a) \times I_{Bulkcap} \times R_a$ AC Bulkcap OVP(Vac)= $V_{DC_Bulkcap} \times 1.414$



案例說明：

參數設定 變壓器 NP=69T, Na=12T, Ns=9T, FB pin Ra=200K, Rb=28K, I_{OLP} =2.9A, I_{RATED}=2A,

VF=0.1, 計算結果

AC Brown in	IBNI=90uA	IBNI=100uA	IBNI=110uA
	72.7Vac	77.3Vac	81.9Vac
AC Brown out	IBNO=80uA	IBNO=90uA	IBNO=100uA
	64.6Vac	69Vac	73Vac
AC OVP	IBulkcap=358uA	IBulkcap=380uA	IBulkcap =412uA
	306Vac	309Vac	312Vac

4.1.3 低壓輸入輸出電壓紋波補償功能(Output voltage ripple reduce at low line input voltage)

電壓紋波補償功能設計公式

設定項目	IC 內部參數	計算公式
Low line ripple compensation courrent level	IFBLLRC =96uA	VLLRC=RaXIFBLLRC , Vdc=VLLRCX(NP/NW) 高壓電容電壓低於 Vdc 啟動紋波補償

案例說明：

參數設定:變壓器 NP=69T, Na=12T, Ns=9T, FB pin Ra=200K, Rb=28K, I_{OLP} =2.9A, I_{RATED}=2A,

計算結果

$$VLLRC=RaXIFBLLRC=200K X96uA=19.2V$$

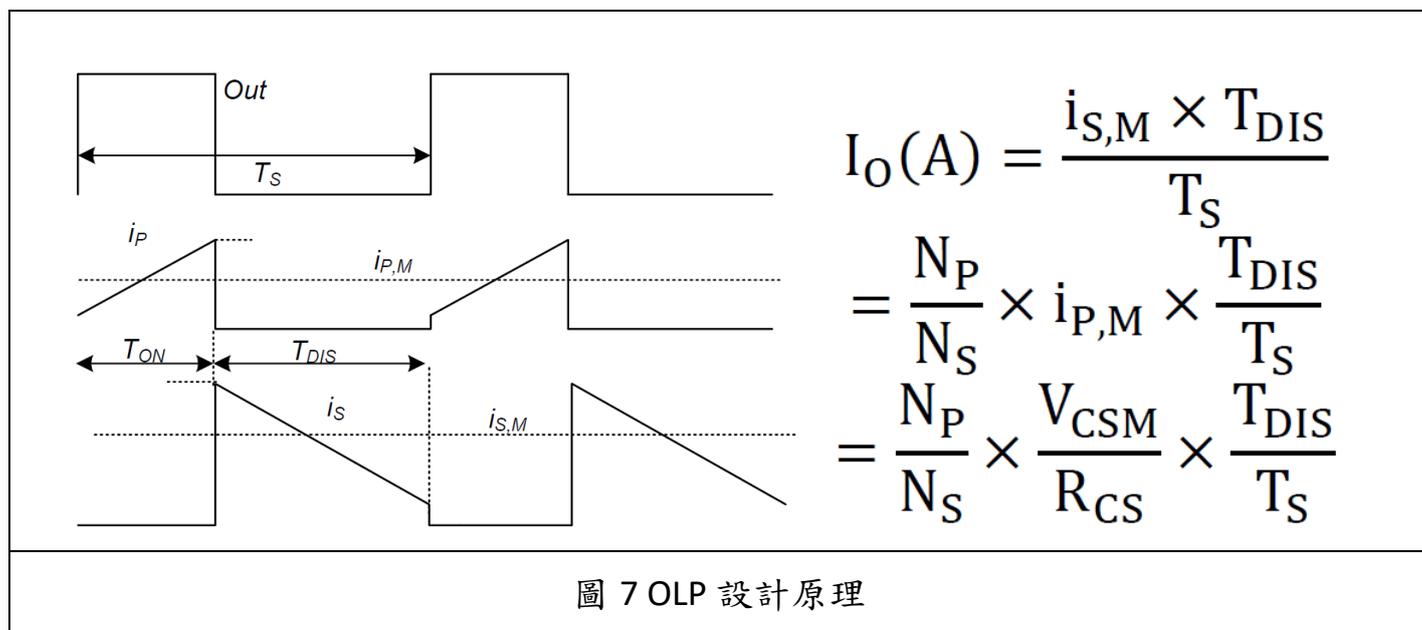
$$Vdc=VLLRCX(NP/NW)=19.2VX(69/12)=110V \text{ (高壓電容電壓低於 110V 啟動紋波補償)}$$

4.2 CS Pin 應用說明：

4.2.1 Over Load Proteciton (OLP)說明

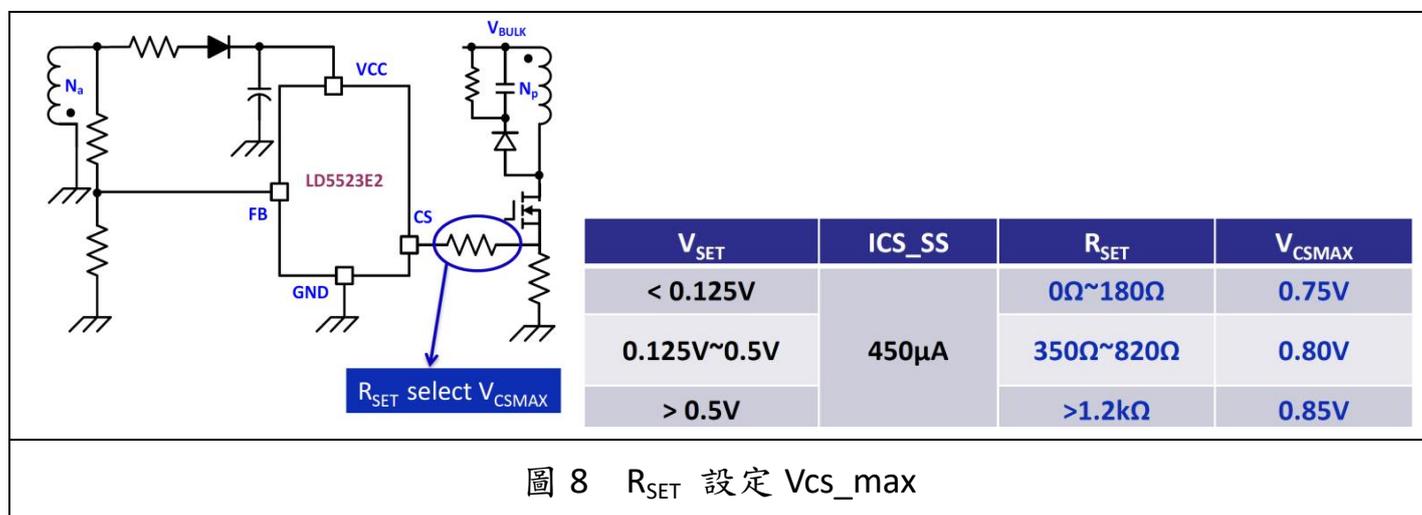
OLP 計算公式為 $I_{OLP} = (N_P/N_S) \times (I_{CC}/R_{CS})$ 如圖 7 推導出來其中 $I_{CC} = V_{CSMAX} \times (T_{DIS}/T_S) = 0.25$

其中 $I_{CC} = 0.25$ (IC 內部參數 +/- 7%), R_{CS} (初級電流檢測電阻 +/- 1), 變壓器初級繞組圈數 N_P 及次級繞組圈數 N_S



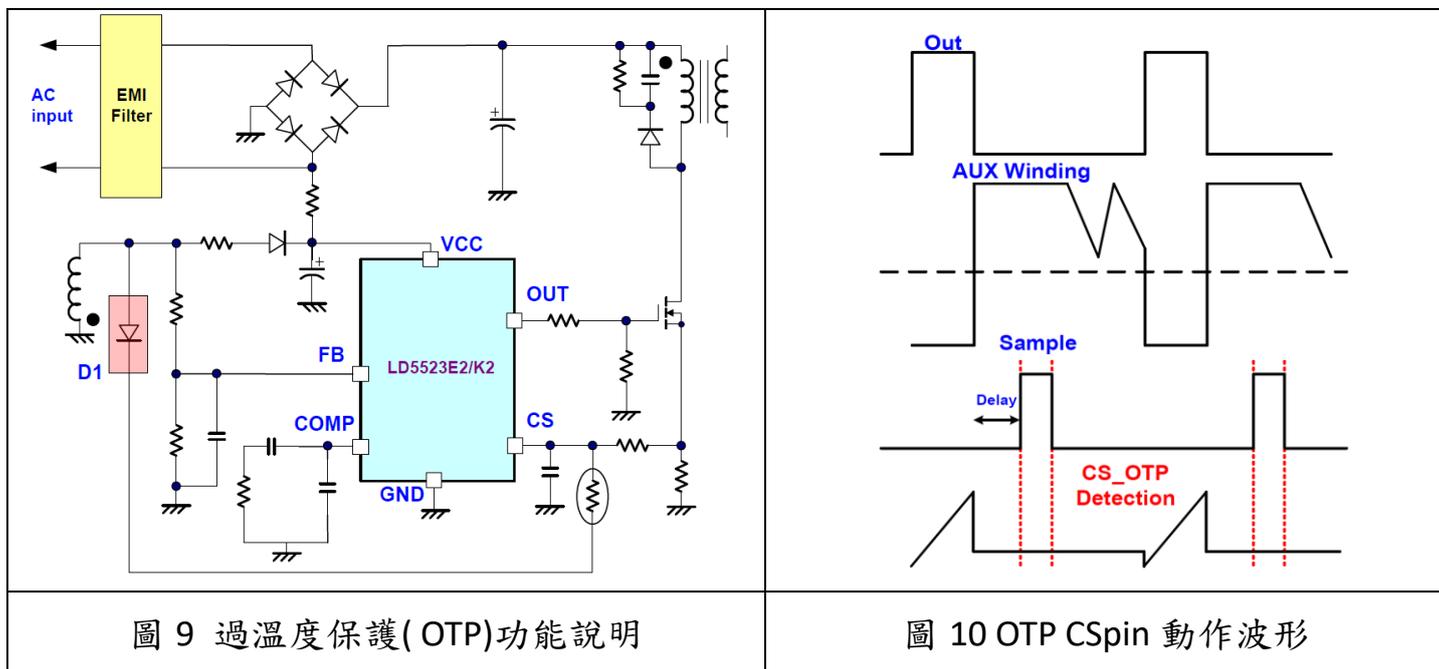
4.2.2 啟動時調整 Vcs_max 限制變壓器磁飽和 (Adjustable start-up Vcs_max limit for Bsat)

當 AC 輸入時初級的開關會提供最大的能量, 使輸出電壓建立到設定的範圍, 此時為避免變壓器有磁飽和的風險, 調整 CS pin 串聯電阻可以調整 VCS_max level 並限制能量如圖 8 說明。調整 CS pin 外部串聯電阻 R_{SET} 設定調整 Vcsmax 的 3 個 level 於起機的條件如下, 可利用以下公式計算變壓器磁飽和 $I_{CS} = V_{CS}/R_{CS}$ 及 $B_{max} = (L_p \times I_{CS}) / (N_p \times A_e)$



4.2.3 過溫度保護(OTP)功能說明

CS OTP 電路中二級管建議採用 $T_{rr} < 500\text{ns}$ 如圖 9。初級 MOS 關閉時 CS pin 增加平臺電壓, 當此電壓平臺高於 0.3V 且維持 1ms 之後 IC 進入保護模式, 如圖 10 說明。



4.2.4 二極體短路保護功能(Secondary diode short protection SDSP)：

當安規進行短路及開路實驗時，判定標準以電源板不能冒煙冒火的現象，對於零件損壞無要求，為了符合客戶故障實驗時不能有零件損壞包含初級 MOS。

CS pin 增加 SDSP 保護功能，當次級二極體短路時初級的電流會瞬間沖高，當 CS pin 電壓超過 1.2V 且維持 4 Cycle 時驅動會關閉，IC 進入保護模式並限制能量，避免初級 MOS 損壞如圖 11 說明

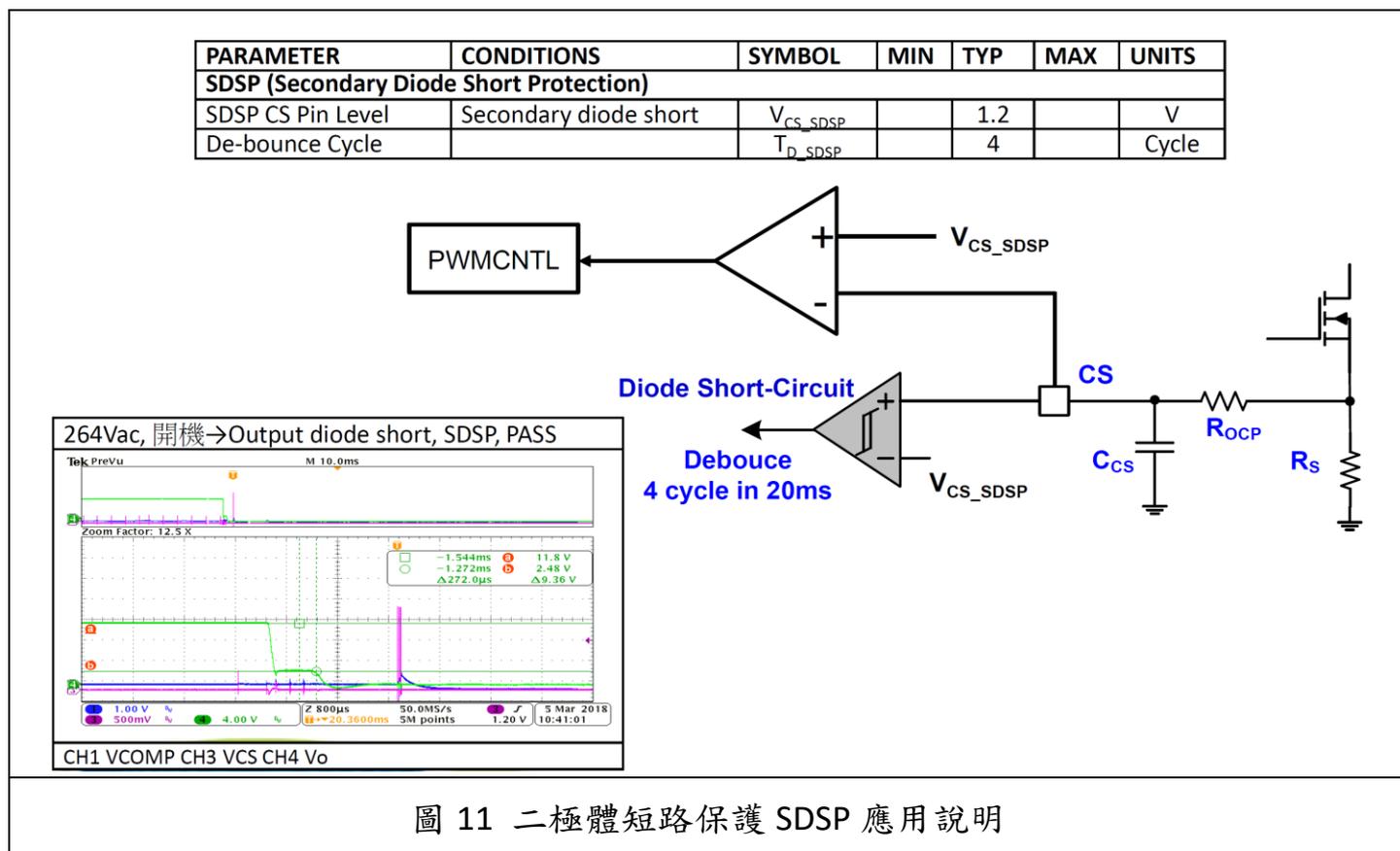


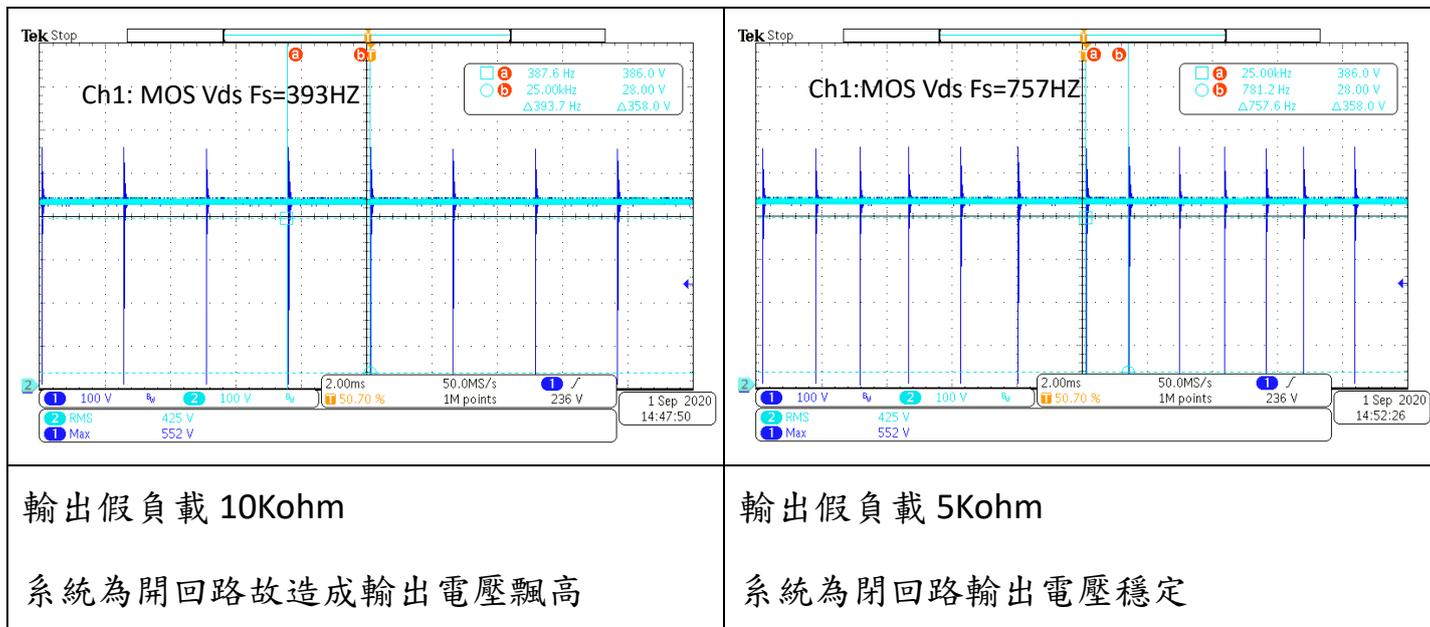
圖 11 二極體短路保護 SDSP 應用說明

5. 問題案例說明

問題點：300Vac 12V/0A 輸出電壓飄高問題

原因：切換頻率為393HZ 觸發到 IC 最小頻率 $F_{min SPEC} = 300HZ-350HZ-400HZ$

改善方式：輸出假負載由 10K(14mW) 變更為 5K(28mW), 假負載功率消耗增加 14mW, 待機功耗可以滿足



LD5523E2 設計應用於網通產品可減少元件數對應產品小型化設計且可容易替換副邊回授控制方案, 如需要交流, 可以與我聯繫, 我將提供最詳細的資訊及應用說明給您

FAE 張偉群(Darron)

聯繫方式：Mobile: +86-13686154850

E-mail：Darronchang@leadtrend.com.tw

參考文獻：通嘉科技 LD5523E2 應用手冊及 IC 規格書

