

設計範例報告

標題	使用 HiperLCS™ LCS701HG 的 125 W LLC DC-DC 諧振轉換器
規格	380 VDC 輸入；24 V，4 A 和 12 V、2.4 A 輸出
應用	LCD 電視
作者	應用工程部門
文件編號	DER-270
日期	2011 年 9 月 13 日
修訂	1.0

摘要與功能

- 薄型設計
 - 高 11 mm，最適合用於薄型 LCD TV 設計
- 低零件數的解決方案
 - 控制器、驅動器和 MOSFET 半橋整合至單一 HiperLCS IC，大幅降低元件數量與複雜度
- 高操作頻率 (190 kHz)
 - 能使用陶瓷輸出電容器
 - 能使用薄型 EFD35 鐵芯尺寸
- 高效能
 - 滿載效率超過 94%
 - 優異的輸出交叉調節
 - 無損失電容式電流感測，可減少損失
 - 突波模式可確保於無負載條件下進行調節

專利資訊

Power Integrations 的一項或多項美國及國外專利 (或可能正在申請的美國及國外專利) 可能涵蓋本文件中所示的產品和應用 (包括產品外部的變壓器構造和電路)。www.powerint.com 上提供了 Power Integrations 專利的完整清單。Power Integrations 授予其客戶某些特定專利權的授權，詳情請參閱 <<http://www.powerint.com/ip.htm>>。

Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

電話：+1 408 414 9200 傳真：+1 408 414 9201

www.powerint.com

目錄

1	簡介	4
1.1	重要附註	4
2	電源供應器規格	6
3	電路圖	7
4	電路說明	8
4.1	一次側	8
4.2	輸出整流	10
5	PCB 佈局	11
6	物料表	12
7	變壓器規格	14
7.1	電氣圖	14
7.2	電氣規格	15
7.3	材料	15
7.4	變壓器建置圖	16
7.5	變壓器構造	16
7.6	構造圖示	17
8	變壓器設計試算表	21
9	輸出電感器規格	26
9.1	電氣圖	26
9.2	電氣規格	26
9.3	材料清單	26
10	散熱片組裝	27
10.1	二極體散熱片	27
10.1.1	二極體散熱片圖面	27
10.1.2	二極體散熱片組裝圖面	28
10.2	HiperLCS 散熱片	29
10.2.1	HiperLCS 散熱片圖面	29
10.2.2	HiperLCS 散熱片製造組裝圖面	30
10.2.3	HiperLCS 和散熱片組裝圖面	31
11	效能資料	32
11.1	效率 – 100%、50%、20% 及 10% 負載	32
11.1.1	效率資料	32
11.2	輸出交叉調節	32
11.2.1	交叉調節資料	32
11.3	啓動與關機大電壓	33
11.3.1	大電壓啓動與關機資料 (最大負載)	33
12	波形	34
12.1	半橋式電壓和電流，標準操作	34
12.2	輸出電壓啓動輪廓	35



12.3	輸出電壓關閉.....	36
12.4	輸出二極體反向峰值電壓.....	37
12.5	短路.....	38
12.6	輸出漣波的測量.....	39
12.6.1	漣波測量技術.....	39
12.6.2	輸出漣波測量結果.....	40
12.7	輸出負載步階回應.....	42
13	溫度測量.....	43
13.1	條件：380 VDC，滿載，浸泡 1 小時.....	43
14	增益-相位測量.....	46
15	修訂記錄.....	47

重要事項：

雖然此電路板的設計滿足安全隔離需求，但其工程原型未經相關機構核准。



1 簡介

本文件為工程報告，描述運用 LCS701HG 整合式 LLC 功率級 IC 的 12 V 和 24 V，125 W LLC DC-DC 轉換器。此電源供應器適用於有 LED 背光的 LCD TV。電路板需要 12 VDC 和 380 VDC 輸入。

本文件內容涵蓋電源供應器的規格、電路圖、物料表、變壓器文件、印刷電路板佈局和效能資料。

1.1 重要附註

為能正常操作，RD-270 在介於 +380 V 輸入與直接置於端子間的輸入迴線之間，必須使用至少 10 μF 的大電容器。

注意：此電源供應器有短路保護，但未佈建過壓保護。以停用 TL431 (U3) 或光耦合器 (U2) 的方式執行過壓測試，會使輸出電壓高至足使輸出蕭特基整流器 (D2-D4) 崩壞。

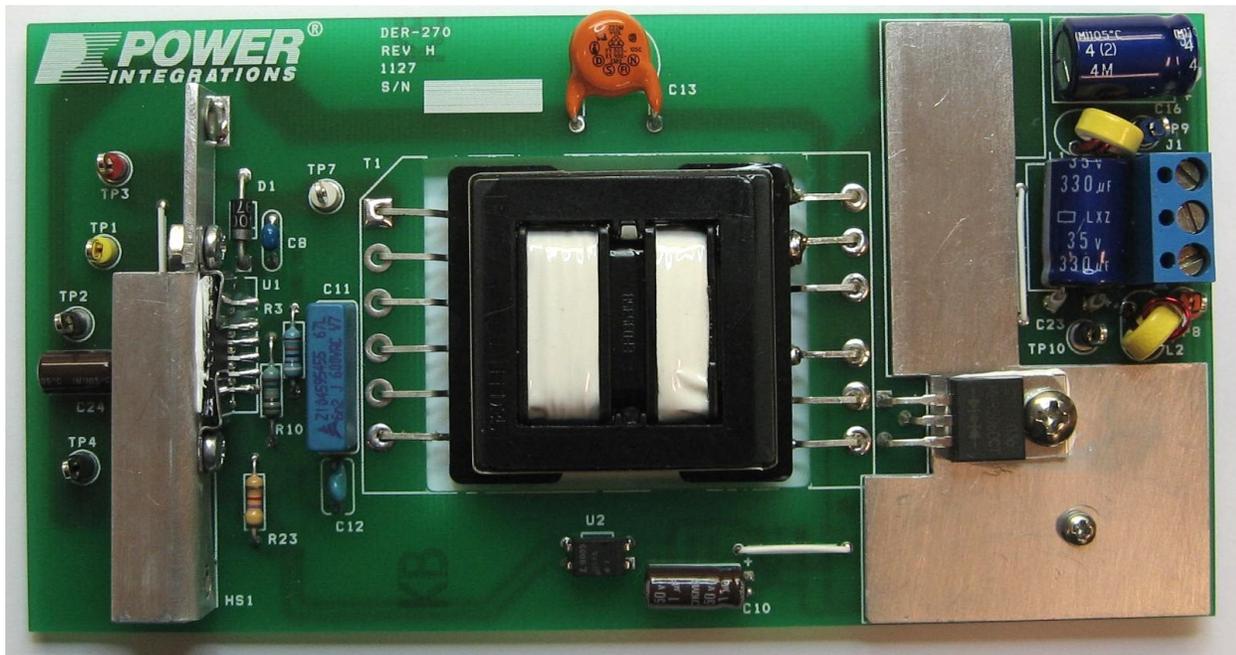


圖 1 – 植入的電路板照片，俯視圖。2.97" x 5.8" (75.44 mm x 147.32 mm)

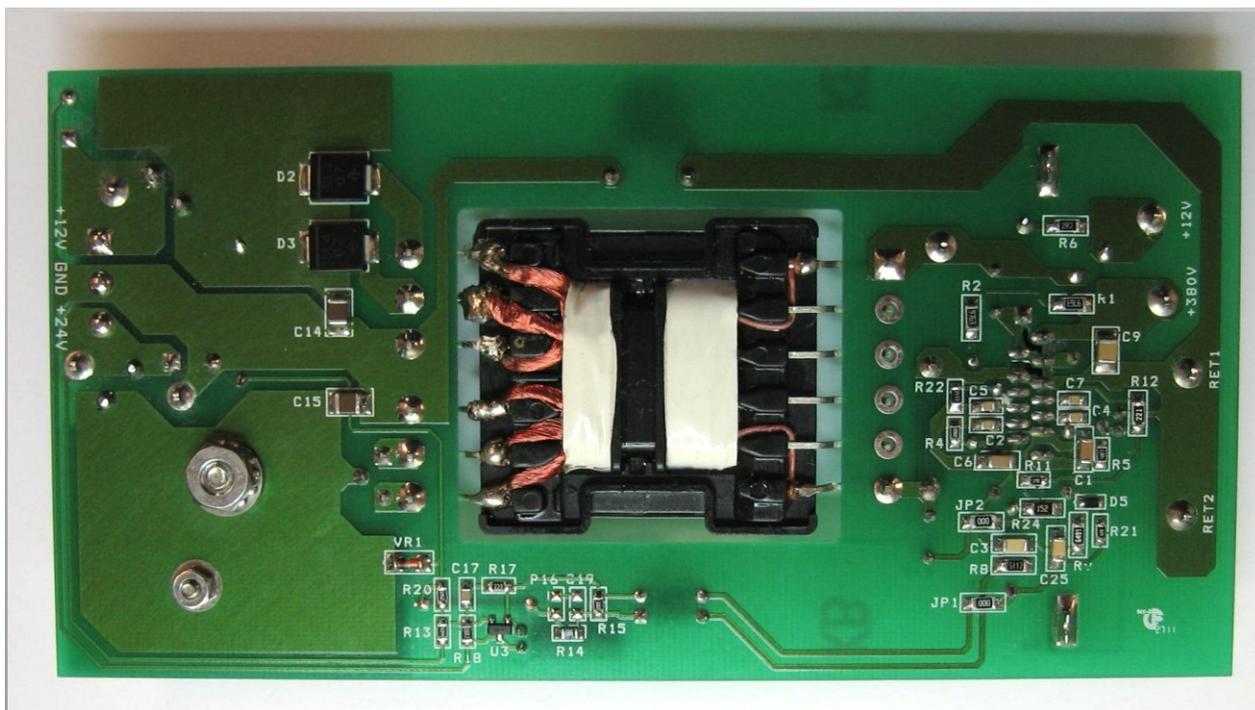


圖 2 – 植入的電路板照片，仰視圖。



2 電源供應器規格

下表展示設計的最低可接受效能。實際效能列在結果部分。

說明	符號	最小值	類型	最大值	單位	註解
輸入 電壓 頻率 無負載輸入功率 (230 VAC)	V_{IN} f_{LINE}	300	380 N/A	420	VDC Hz W	僅限 DC 輸入 N/A
輸出 輸出電壓 1 輸出 P-P 漣波電壓 1 輸出電流 1 輸出電壓 2 輸出 P-P 漣波電壓 2 輸出電流 2	V_{OUT1} $V_{RIPPLE1}$ I_{OUT1} V_{OUT2} $V_{RIPPLE2}$ I_{OUT2}	11.4 0.02 22.8 0.00	12 2.4 24 4	12.6 120 2.4 25.2 240 4	V mV A V mV A	$\pm 5\%$ 20 MHz 頻寬 兩輸出的總負載：125 W 以內 $\pm 5\%$ 20 MHz 頻寬 兩輸出的總負載：100 W 以內
總輸出功率 連續輸出功率 峰值輸出功率	P_{OUT} P_{OUT_PEAK}			125 125	W W	
效率 20% 負載 50% 負載	η η	87.5 93.5	88 94.0		% %	DC-DC 轉換器效率目標，在 25 °C、 380 VDC 輸入下測得 DC-DC 轉換器效率目標，在 25 °C、 380 VDC 輸入下測得
100% 負載	η	94.0	94.2		%	DC-DC 轉換器效率目標，在 25 °C、 380 VDC 輸入下測得
無負載輸入功率			0.350			突波模式操作是專為輸出無負載之下 維持輸出調節所設計



3 電路圖

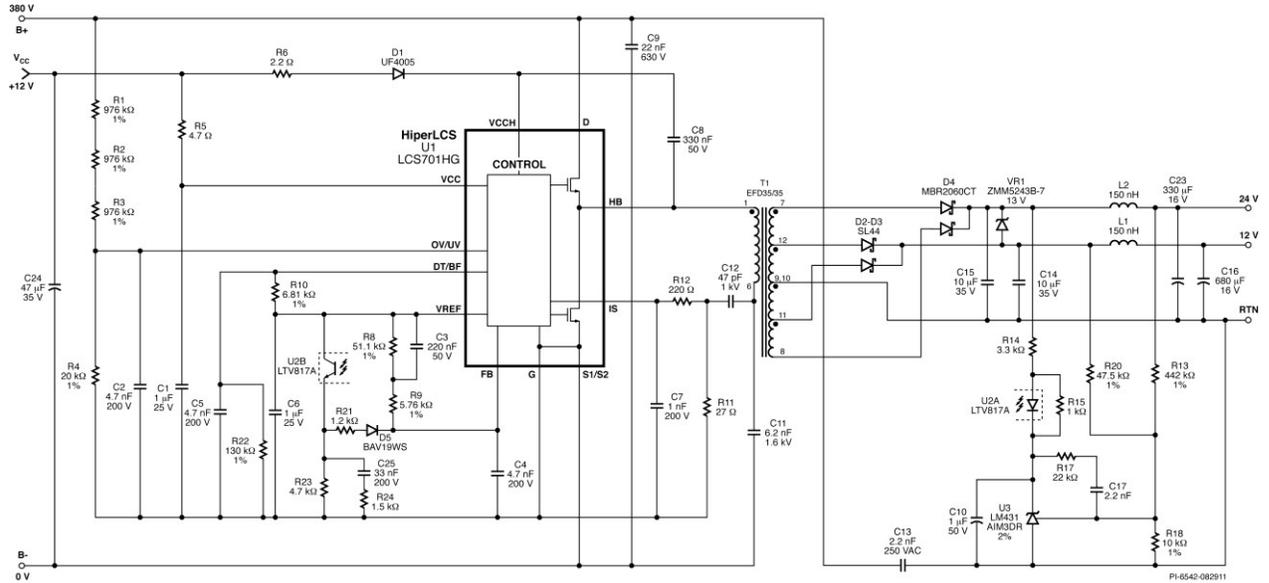


圖 3 - 電路圖



4 電路說明

圖 3 中的電路圖所示為作為 LCD TV 應用，以 LCS701HG 實作的 12 V 及 24 V，125 W LLC DC-DC 轉換器。此電路需要 +12 V 及 +380 V 供電以便操作。

為能正常操作，RD-270 在介於 +380 V (B+) 輸入與直接置於端子間的輸入迴線 (0 V) 之間，必須使用至少 10 μ F 的大電容器。

4.1 一次側

積體電路 U1 納入 LLC 諧振半橋轉換器所需的控制電路、驅動器和輸出裝置。U1 的 HB 輸出會經由阻隔/諧振電容器 (C11) 驅動輸出變壓器 T1。此電容器應依照操作漣波電流訂出額定值，同時所選的電壓額定值也必須能耐受故障狀況下存在的電壓。

變壓器 T1 具有 100 μ H 漏電感的設計，配合諧振電容器 C11 可如以下公式所示，將一次側串聯諧振頻率設為 ~202 kHz：

$$f_R = \frac{1}{6.28\sqrt{L_L \times C_R}}$$

其中 f_R 是以赫茲為單位的串聯諧振頻率， L_L 是以亨利為單位的變壓器漏電感， C_R 是以法拉為單位的諧振電容器 (C11) 值。

變壓器圈數比的設定方式是調整一次側圈數，使得標準輸入電壓並且滿載下的操作頻率接近、但略低於先前描述的諧振頻率 (~190 kHz)。二次側圈數是在鐵芯與銅損失之間折衷之下所選定。一次側係使用 AWG #42 Litz 線，二次側使用 AWG #40 Litz 線。此一線徑規格組合於 200 kHz 具有良好效率。各自的線股數量是在大小適合與銅損失之間求取平衡而選定。從變壓器尺寸、輸出濾波器電容與效率之間看來，200 kHz 操作頻率是良好的折衷值。

元件 D1、R6 及 C8 組成自舉電路，供電給 U1 的頂端驅動器。元件 R5、C1 及 C24 係執行 +12 V 輸入的濾波及旁路功能。R1 至 R4 的分壓器可設定 U1 的高電壓開啓與過壓的臨界值。選定的分壓器值可設定 360 VDC 下的 LLC 開啓點，以及 285 VDC 下的關閉點，其中輸入過壓點為 473 VDC。

電容器 C9 為 +380 V 輸入的高頻率旁路電容器。



電容器 C12 與 C11 組成分流器，用於對一次側電流的一部分取樣。以電阻器 R11 感測此電流，產生的訊號由 R12 及 C7 濾波。電容器 C12 應依照故障狀況下的峰值電壓訂定額定值，並應使用穩定的低損失電介質，例如薄膜、SL 陶瓷或 NPO/COG 陶瓷。本設計中使用的電容器為一種具有 SL 溫度特性的盤式陶瓷電容器，常用於 CCFL 管的驅動器。選定的值可如以下公式所示設定 4.1 A 的 1 圈 (快速) 限電流，與 2.3 A 的 8 圈 (慢速) 限電流。

$$I_{CL} = \frac{0.5V}{\left(\frac{C12}{C11+C12}\right)(R11)}$$

I_{CL} 是以安培為單位的 8 圈限電流，R11 是以歐姆 (Ohms) 為單位的限電流電阻器，C11 及 C12 分別是以毫微法拉為單位的諧振和電流取樣電容器值。至於單圈限電流，請在上述公式中以 0.9 V 取代 0.5 V。

電阻器 R12 和電容器 C7 將一次側電流訊號濾波至 IS 接腳。電阻器 R12 設為最大容許電阻 220 Ohms。C7 的值設為 1 nF 以免因雜訊而產生錯誤動作，但不致於高到大幅影響依以上方式計算的限電流設定值。這些元件應置於 IS 接腳附近，以得到最高效用。IS 接腳能承受負電流，因此電流感測電路不需要複雜的整流設計。

電阻器 R10 可設定停滯時間為 320 nS，U1 最大操作頻率成為 847 kHz。U1 的 F_{MAX} 輸入是由 C5 進行濾波。U1 由 C5 濾波。R10 與 R22 的組合也為 U1 選擇突波模式 "1"。如此可將突波臨界值頻率的上下限分別設定為 382 kHz 和 437 kHz。

FEEDBACK 接腳具有入至 FEEDBACK 接腳每 μA 2.6 kHz 的近似特性。驅入 FEEDBACK 接腳的電流會提高 U1 的操作頻率，因而降低輸出電壓。R8 與 R9 的串聯組合可設定 U1 的最低操作頻率 (~124 kHz)。此值一般設為比以滿載且大電容器最低電壓進行調節所需頻率略低的值。電阻器 R8 由 C3 執行旁路功能，藉由當回授迴路開啓時，起初允許較高的電流流入 FEEDBACK 接腳，達成啓動過程的輸出軟啓動。這會造成切換頻率開始時高之後降低，至輸出電壓調節穩定為止。R9 一般設為與 R10 等值，以便軟啓動時的初始頻率等於以 R10 所設的最高切換頻率。如果 R9 的值低於此，會導致開始切換之前有所延遲。

光耦合器 U2 驅動 U1 FEEDBACK 接腳直到 R21，可限制進入 FEEDBACK 接腳的最大光耦合器電流。電容器 C4 能為 FEEDBACK 接腳濾波。電阻器 R23 能負載光耦合器的輸出，迫使其在相當高的靜態電流之下運作，因而提高增益。電阻器 R21 和 R23 也能增進大訊號步階回應與突波模式的輸出漣波。二極體 D5 能將 R23 與 F_{MAX} /軟啓動網路隔離。



4.2 輸出整流

變壓器 T1 的輸出經過 D2-4 及 C14、C15 的整流和濾波。這些電容器是 X5R 電介質，是依照輸出漣波電流額定值所精心選擇。標準 Z5U 電容器於本應用中不起作用。輸出整流器 D4 是針對高效率所選擇的 60 V 蕭特基整流器。變壓器半二次側的相互纏繞 (參閱變壓器構造章節) 能減少半二次側之間的漏電感，使得 24 V 輸出整流器的最壞狀況 PIV 降為 57 V，允許使用 60 V 蕭特基二極體，因而可提高效率。其他輸出濾波是由 L1-2、C16 及 C23 所完成。電容器 C16 和 C23 也能降低 LLC「虛擬」輸出串聯 R-L 與陶瓷輸出電容器 C14

和 C15 造成的 LLC 輸出阻抗峰值。還能將回應提升為快速、高振幅的負載步階。電阻器 R13、R18、R20 連同 U3 參考電壓可設定供電的輸出電壓。輸出分壓器經過權衡，使得以 12 V 輸出為主，因為其負載預期相對恆定。誤差放大器 U3 經由 R14 驅動回授光耦合器 U2。元件 C17、C25、R14、R17 和 R23 決定供電的增益-相位特性。所選擇的這些值能在標準與極端負載/輸入電壓組合下提供穩定操作。電阻器 R15 允許光耦合器 U2 的 LED 無電流發生時，所需最低的操作電流能流入 U3。電容器 C10 可提供「軟關閉」，以免除開啓時發生輸出過衝。其 ESR 高至足以讓 TL431 (U3) 的輸出阻抗主宰增益-相位回應。



想要更多資訊？

用您的智慧型手機以及從 www.neoreader.com 獲得的免費軟體 (或從您智慧型手機的 App Store 下載任何其他免費 QR Code Reader)，即可連線至我們的網站以取得更多相關內容。



5 PCB 佈局

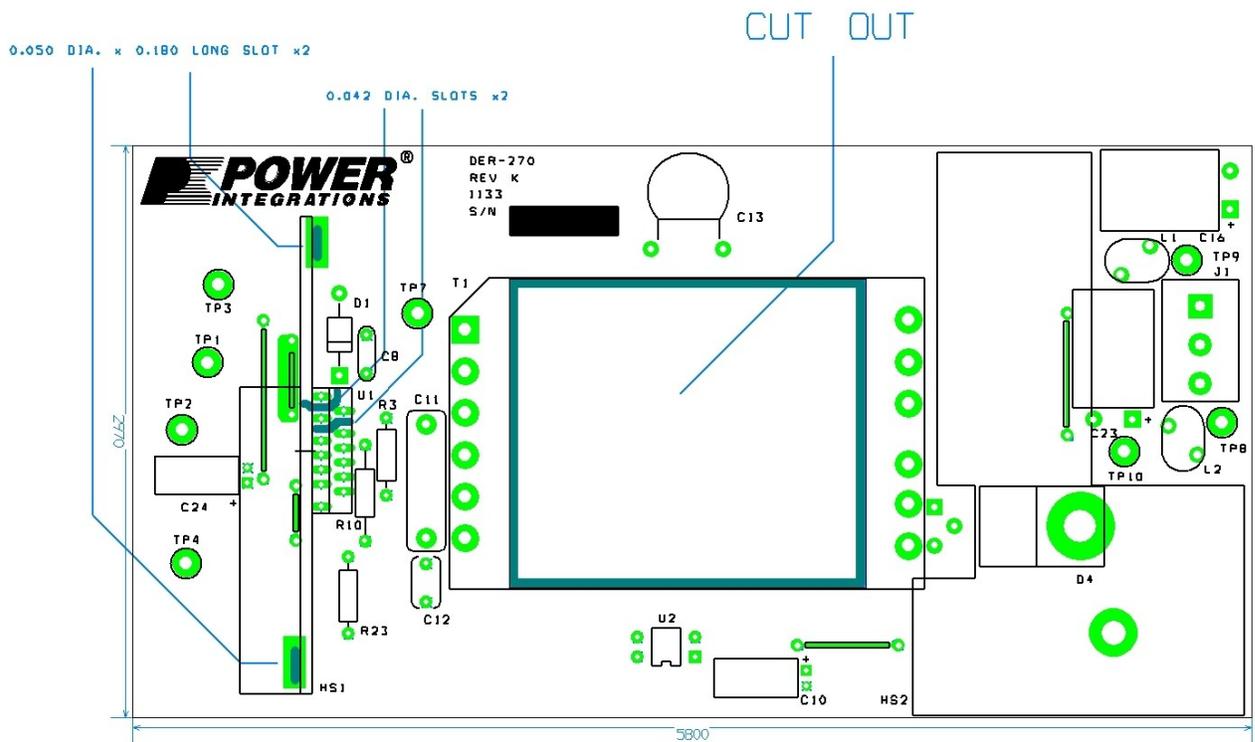


圖 4 – 印刷電路佈局，頂面。

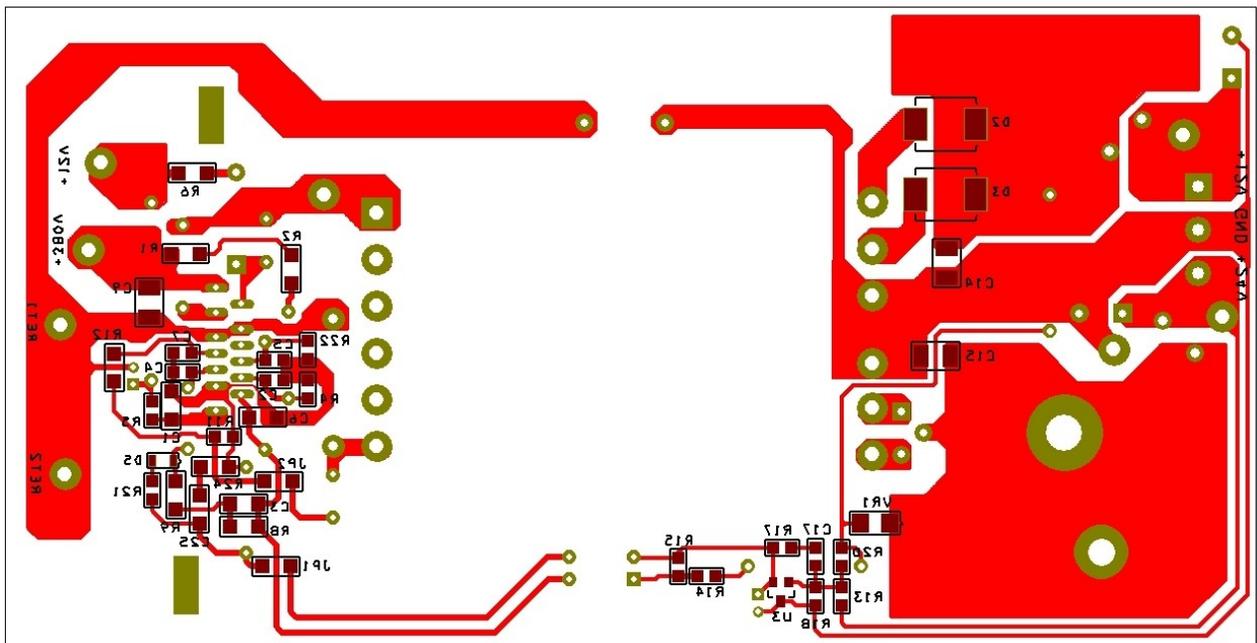


圖 5 – 印刷電路佈局，底面。



6 物料表

項目	數量	參考說明	說明	製造商零件編號	製造商
1	2	C1 C6	1 μ F、25 V、陶瓷、X7R、1206	C3216X7R1E105K	TDK
2	3	C2 C4 C5	4.7 nF、200 V、陶瓷、X7R、0805	08052C472KAT2A	AVX
3	1	C3	220 nF、50 V、陶瓷、X7R、1206	ECJ-3YB1H224K	Panasonic
4	1	C7	1 nF、200 V、陶瓷、X7R、0805	08052C102KAT2A	AVX
5	1	C8	330 nF、50 V、陶瓷、X7R	FK24X7R1H334K	TDK
6	1	C9	22 nF、630 V、陶瓷、X7R、1210	GRM32QR72J223KW01L	Murata
7	1	C10	1 μ F、50 V、電解，一般用途，(5 x 11)	EKMG500ELL1R0ME11D	Nippon Chemi-Con
8	1	C11	6.2 nF、1,600 V、薄膜	B32672L1622J000	Epcos
9	1	C12	47 pF、1 kV、盤式陶瓷	DEA1X3A470JC1B	Murata
10	1	C13	2.2 nF、陶瓷、Y1	440LD22-R	Vishay
11	2	C14 C15	10 μ F、35 V、陶瓷、X5R、1210	GMK325BJ106KN-T	Taiyo Yuden
12	1	C16	680 μ F、16 V、電解、低 ESR、68 m Ω 、(10 x 16)	ELXZ160ELL681MJ16S	Nippon Chemi-Con
13	1	C17	2.2 nF、200 V、陶瓷、X7R、0805	08052C222KAT2A	AVX
14	1	C23	330 μ F、35 V、電解、低 ESR、68 m Ω 、(10 x 16)	ELXZ350ELL331MJ16S	Nippon Chemi-Con
15	1	C24	47 μ F、35 V、電解，一般用途，(5 x 11)	EKMG350ELL470ME11D	Nippon Chemi-Con
16	1	C25	33 nF、200 V、陶瓷、X7R、1206	12062C333KAT2A	AVX
17	1	D1	600 V、1 A、超快速恢復型、75 ns、DO-41	UF4005-E3	Vishay
18	2	D2 D3	40 V、4 A、蕭特基，SMD，DO-214AB	SL44-E3/57T	Vishay
19	1	D4	60 V、20 A、雙蕭特基、TO-220AB	MBR2060CT	Vishay
20	1	D5	100 V、0.2 A、快速切換、50 ns、SOD-323	BAV19WS-7-F	Diodes, Inc.
22	1	HS1	散熱片，自訂，鋁，3003，厚 0.62		自訂
23	1	HS2	散熱片，DER-270 二極體，鋁 3003，寬 1.720" x 高 2.920" x 厚 0.062"		自訂
24	1	J1	連接器端子台 5.08MM 3POS	ED120/3DS	On Shore Tech
25	2	JP1 JP2	0 Ω 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEY0R00V	Panasonic
26	2	L1 L2	自訂，150 nH， \pm 15%，建構在 Micrometals T30-26 環形鐵芯上		Power Integrations
27	2	NUT1 NUT2	六角螺帽，Kep 4-40，S ZN 鍍 Cr3，符合 RoHS 標準	4CKNTZR	任何符合 RoHS 標準的製造商
28	1	NUT3	六角螺帽，Kep 6-32，鍍鋅	6CKNTZR	任何符合 RoHS 標準的製造商
29	1	NUT4	六角螺帽，2-56，SS	2CHNTS	Olander
30	2	R1 R2	976 k Ω 、1%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8ENF9763V	Panasonic
31	1	R3	976 k Ω 、1%、1/4 W、金屬薄膜	MFR-25FBF-976K	Yageo
32	1	R4	20 k Ω 、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF2002V	Panasonic
33	1	R5	4.7 Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ4R7V	Panasonic
34	1	R6	2.2 Ω 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ2R2V	Panasonic
35	1	R8	51.1 k Ω 、1%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8ENF5112V	Panasonic
36	1	R9	5.76 k Ω 、1%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8ENF5761V	Panasonic
37	1	R10	6.81 k Ω 、1%、1/4 W、金屬薄膜	MFR-25FBF-6K81	Yageo
38	1	R11	27 Ω 、5%、1/4 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ270V	Panasonic
39	1	R12	220 Ω 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ221V	Panasonic
40	1	R13	442 k Ω 、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF4423V	Panasonic
41	1	R14	3.3 k Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ332V	Panasonic
42	1	R15	1 k Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
43	1	R17	22 k Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ223V	Panasonic
44	1	R18	10 k Ω 、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF1002V	Panasonic



45	1	R20	47.5 kΩ、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF4752V	Panasonic
46	1	R21	1.2 kΩ、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ122V	Panasonic
47	1	R22	130 kΩ、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF1303V	Panasonic
48	1	R23	4.7 kΩ、5%、1/4 W、碳膜	CFR-25JB-4K7	Yageo
49	1	R24	1.5 kΩ、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ152V	Panasonic
50	2	SCREW1 SCREW2	十字機械螺絲 4-40 X 1/4 SS	PMSSS 440 0025 PH	Building Fasteners
51	1	SCREW3	十字機械螺絲 6-32 X 5/16 SS	PMSSS 632 0031 PH	Building Fasteners
52	1	SCREW4	十字機械螺絲 2-56 X 0.250" SS	2C25PPMS	Olander
53	1	T1	變壓器，EFD35/35，水平，12 接腳 線軸 線軸罩 鐵芯	SNX R1608 TB21061SNX TC2106SNX ACEFD35/35BJPP95SNX	Santronics
54	1	TP1	測試點，YEL、穿孔式接合	5014	Keystone
55	3	TP2 TP4 TP10	測試點、BLK、穿孔式接合	5011	Keystone
56	1	TP3	測試點、RED、穿孔式接合	5010	Keystone
57	1	TP7	測試點、WHT、穿孔式接合	5012	Keystone
58	1	TP8	測試點、ORG、穿孔式接合	5013	Keystone
59	1	TP9	測試點、BLU、穿孔式接合	5127	Keystone
60	1	U1	HiperLCS，ESIP16/13	LCS701HG	Power Integrations
61	1	U2	光耦合器，35 V，CTR 80-160%，4 -DIP	LTV-817A	Liteon
62	1	U3	IC，積納二極體分流調整器 ADJ SOT-23	LM431AIM3/NOPB	National Semi
63	1	VR1	13 V、5%、500 mW、DO-213AA (MELF)	ZMM5243B-7	Diodes, Inc.
64	1	WASHER1	平墊圈 #6，SS，鍍鋅，外徑 0.267 x 內徑 0.143 x 厚 0.032	620-6Z	Olander
65	2	WASHER2 WASHER3	平墊圈 #4 SS	FWSS 004	Building Fasteners
66	2	WASHER4 WASHER5	平墊圈 #2，SS，外徑 0.149 x 內徑 0.089 x 厚 0.016	620C2	Olander



7 變壓器規格

7.1 電氣圖

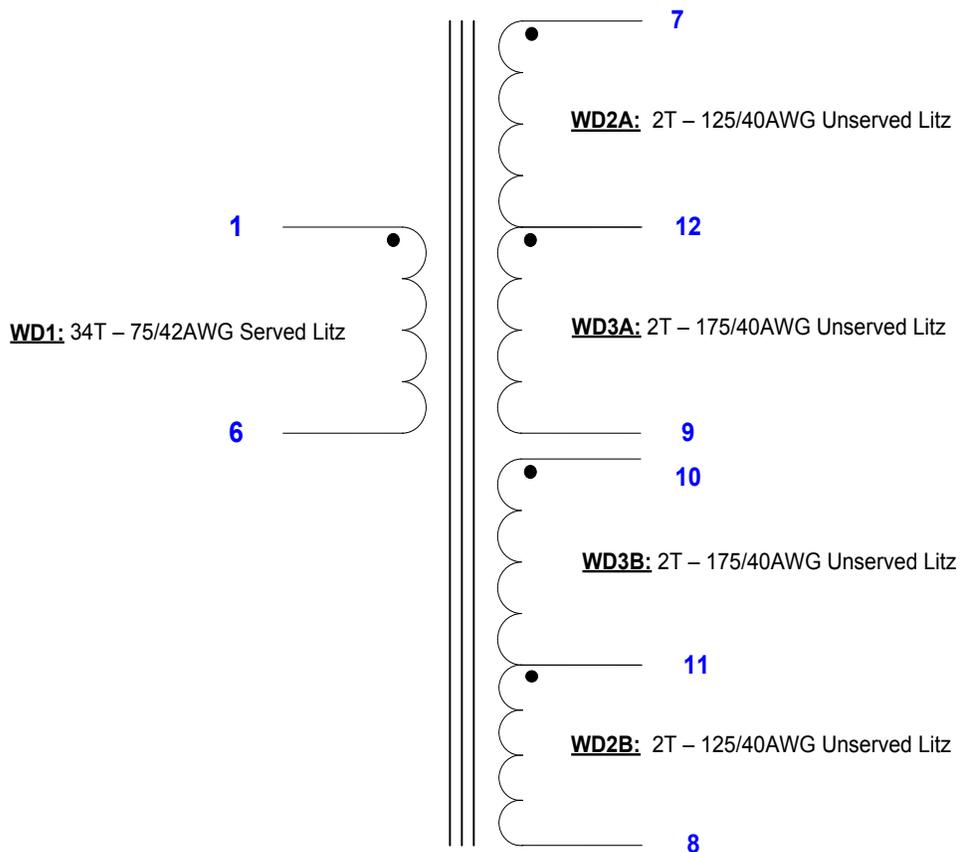


圖 6 – 變壓器電氣圖。

7.2 電氣規格

電氣強度	1 秒，60 Hz，從接腳 1-6 至接腳 7-12	3000 VAC
一次側電感	接腳 1-6，所有其他繞組開路，在 100 kHz、0.4 V _{RMS} 進行測量	580 μH，±10%
諧振頻率	接腳 1-6，所有其他繞組開路	1400 kHz (最低)
一次側漏電感	接腳 1-6，接腳 7-12 短路情況下，於 100 kHz，0.4 V _{RMS} 條件下測量	100 μH ±5%
一次側 DCR	接腳 1-6	最大 140 MΩ
二次側 DCR #1	接腳 7-12	最大 5.1 MΩ
二次側 DCR #2	接腳 8-11	最大 4.2 MΩ
二次側 DCR #3	接腳 7-9	最大 8.1 MΩ
二次側 DCR #4	接腳 8-10	最大 7.2 MΩ

7.3 材料

項目	說明
[1]	鐵芯對組：鐵芯對組：EFD35B 無間隙。Acore Ferrite ACEFD35/35BJPP95SNX 或等效品。
[2]	線軸：EFD35 水平 12 接腳，2 腔，PI P/N：25-00958-00。Santronics P/N：TB21061SNX。
[3]	線軸外殼，EFD35，PI P/N：25-00958-01。Santronics P/N：TC2106SNX。
[4]	膠帶：聚酯纖維膠膜，3M 1350F-1 或等效，9.0 mm 寬。
[5]	膠帶：聚酯纖維膠膜，3M 1350F-1 或等效，6.0 mm 寬。
[6]	Litz 線：75/#42 單塗層，有包覆。
[7]	Litz 線：125/#40 單塗層，未包覆。
[8]	Litz 線：175/#40 單塗層，未包覆。
[9]	變壓器凡立水：Dolph BC-359 或等效。



7.4 變壓器建置圖

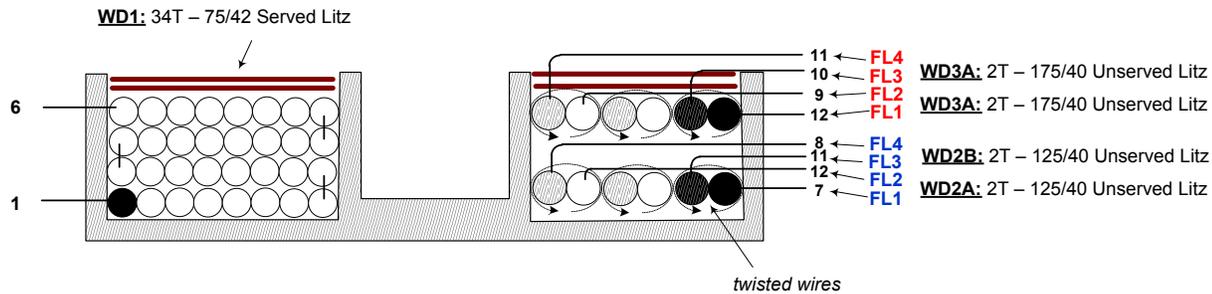
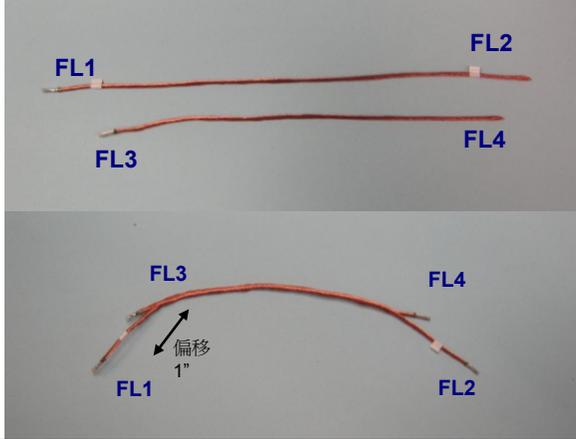
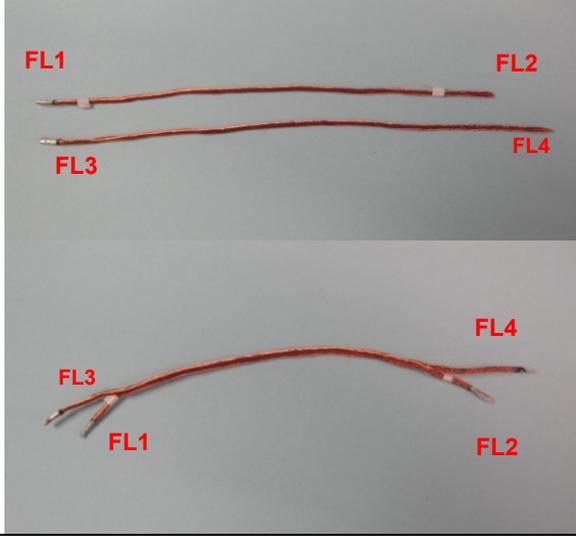
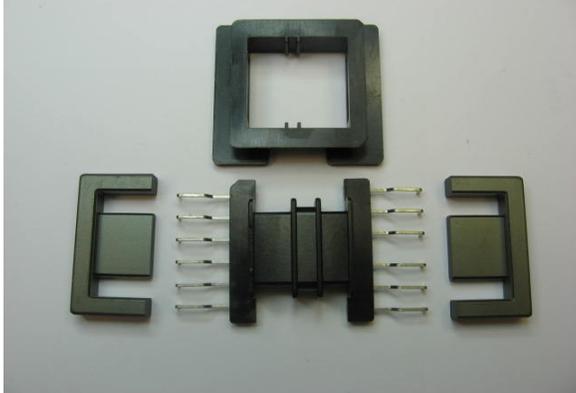


圖 7 – 變壓器建置圖。

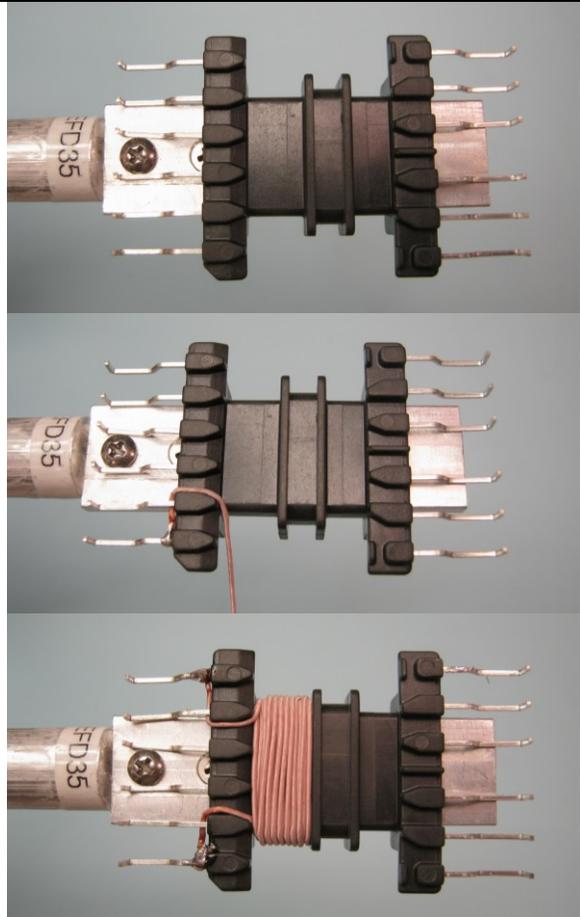
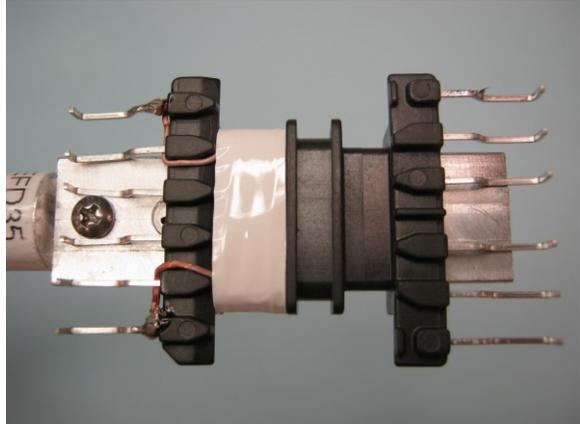
7.5 變壓器構造

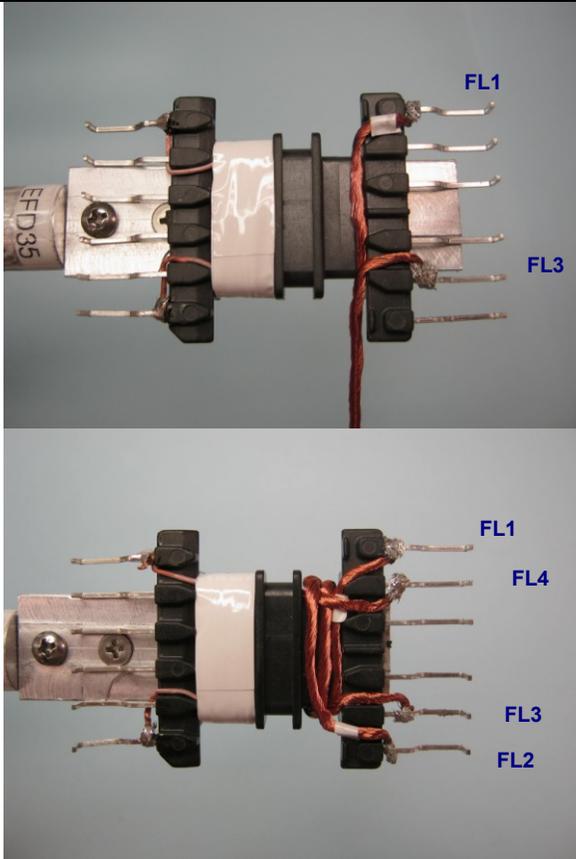
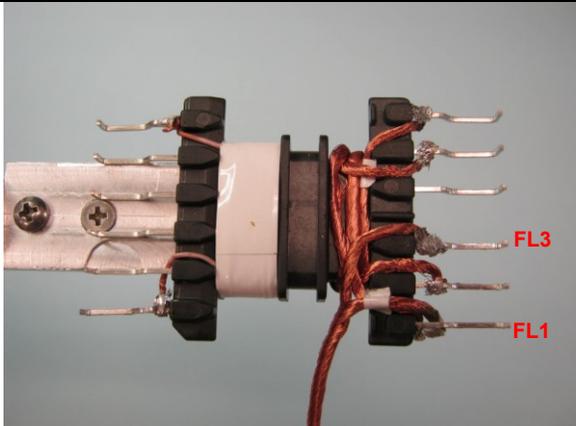
<p>步驟 1： 24 V 二次側線材的準備</p>	<p>準備 6.5” 長的 1 股線材 [7]，一端焊錫，將這股線的兩端加上標示，指定為 FL1、FL2。 以同樣的 5” 線材 [7] 製作出另一股，一端焊錫，並指定為 FL3、FL4。 將這 2 股並排放置，偏移 ~ 3/4”，再沿著長端均勻相捻出 ~ 25 個扭結。 將兩股線的另一端焊錫。參閱下圖。</p>
<p>步驟 2： 12 V 二次側線材的準備</p>	<p>準備 6” 長的 1 股線材 [8]，一端焊錫，將這股線的兩端加上標示，指定為 FL1、FL2。 以同樣的 6.5” 線材 [8] 製作出另一股，一端焊錫，並指定為 FL3、FL4。 將這 2 股並排放置，偏移 ~ 1/2”，再沿著長端均勻相捻出 ~ 25 個扭結。將兩股線的另一端焊錫。參閱下圖。</p>
<p>WD1 (一次側)</p>	<p>將線軸項目 [2] 放置在軸心上，使得一次側位於左側。 從接腳 1 開始，在左側線軸腔分 4 層繞 34 圈有包覆的 Litz 線材 [6]，到接腳 6 結束。用 2 圈膠帶固定繞組 [4]。</p>
<p>WD2A 和 WD2B (24 V 二次側)</p>	<p>利用步驟 1 所製作的 24 V 無包覆 Litz 組裝件，從線軸 [2] 的接腳 7 的 FL1，和接腳 11 的 FL3 開始 (參閱圖示)。緊緊往線軸右腔內纏繞 2 圈。至線軸接腳 12 的 FL2 和接腳 8 的 FL4 結束。</p>
<p>WD3A 和 WD3B (12 V 二次側)</p>	<p>利用步驟 2 所製作的 12 V 無包覆 Litz 組裝件，從線軸 [2] 的接腳 12 的 FL1，和接腳 10 的 FL3 開始 (參閱圖示)。緊緊往線軸右腔內纏繞 2 圈。至線軸接腳 9 的 FL2 和接腳 11 的 FL4 結束。</p>
<p>線軸外殼</p>	<p>依照圖示將線軸外殼 [3] 滑裝到纏繞好的線軸上。確定外殼穩固就定位。</p>
<p>完成</p>	<p>研磨鐵芯半側 [1] 以達到電感 580 μH ±10%。裝配及固定鐵芯半側。浸凡立水 [9]。</p>

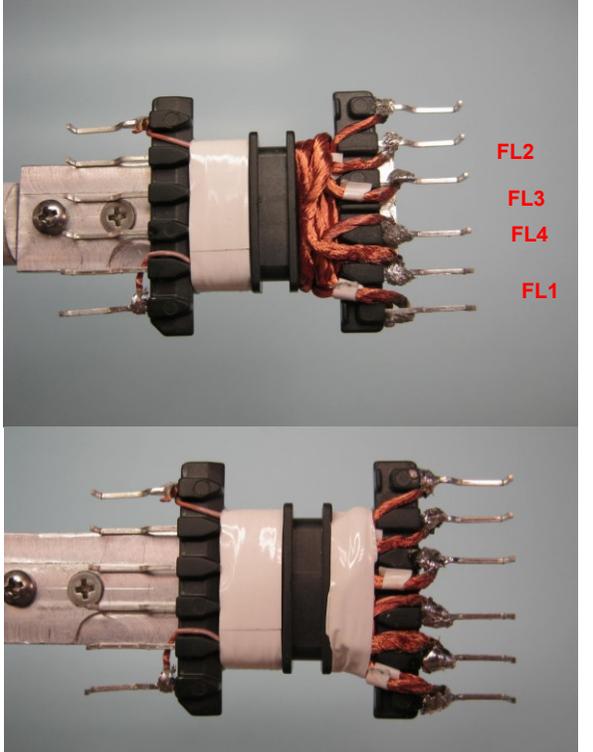
7.6 構造圖示

<p>步驟 1: 24 V 二次側線材的準備</p>		<p>準備 6.5" 長的 1 股線材 [7]，一端焊錫，將這股線的兩端加上標示，指定為 FL1、FL2。以同樣的 5" 線材 [7] 製作出另一股，一端焊錫，並指定為 FL3、FL4。</p> <p>將這 2 股並排放置，偏移 $\sim \frac{3}{4}$"，再沿著長端均勻相捻出 ~ 25 個扭結。將兩股線的另一端焊錫。參閱下圖。</p>
<p>步驟 2: 12 V 二次側線材的準備</p>		<p>準備 6" 長的 1 股線材 [8]，一端焊錫，將這股線的兩端加上標示，指定為 FL1、FL2。以同樣的 6.5" 線材 [8] 製作出另一股，一端焊錫，並指定為 FL3、FL4。</p> <p>將這 2 股並排放置，偏移 $\sim \frac{1}{2}$"，再沿著長端均勻相捻出 ~ 25 個扭結。將兩股線的另一端焊錫。參閱下圖。</p>
<p>線軸準備工作</p>		



<p>WD1 (一次側)</p>		<p>將線軸項目 [2] 放置在軸心上，使得一次側位於左側。</p> <p>從接腳 1 開始，在左側線軸腔分 4 層繞 34 圈有包覆的 Litz 線材 [6]，到接腳 6 結束。</p>
<p>WD1 (一次側) (續上頁)</p>		<p>用 2 圈膠帶固定繞組 [4]。</p>

<p>WD2A 和 WD2B (24 V 二次側)</p>		<p>利用步驟 1 所製作的 24 V 無包覆 Litz 組裝件，從線軸 [2] 的接腳 7 的 FL1，和接腳 11 的 FL3 開始 (參閱圖示)。緊緊往線軸右腔內纏繞 2 圈。至線軸接腳 12 的 FL2 和接腳 8 的 FL4 結束。</p>
<p>WD3A 和 WD3B (12 V 二次側)</p>		<p>利用步驟 2 所製作的 12 V 無包覆 Litz 組裝件，從線軸 [2] 的接腳 12 的 FL1，和接腳 10 的 FL3 開始 (參閱圖示)。</p>

		<p>緊緊往線軸右腔內纏繞 2 圈。 至線軸接腳 9 的 FL2 和接腳 11 的 FL4 結束。</p>
<p>線軸外殼</p>		<p>依照圖示將線軸外殼 [3] 滑裝到纏繞好的線軸上。確定外殼穩固就定位。</p>
<p>完成</p>		<p>研磨鐵芯半側 [1] 以達到電感 $580 \mu\text{H} \pm 10\%$。 裝配及固定鐵芯半側。 浸凡立水 [9]。</p>

8 變壓器設計試算表

HiperLCS_062411 ; 修訂版 1.1 ; Copyright Power Integrations 2011	輸入	資訊	輸出	單位	HiperLCS_062411_Rev1-1.xls ; HiperLCS 半橋 ; 連續模式 LLC 諧振轉換器設計試算表
輸入「輸入參數」					
Vbulk_nom			380	V	標準 LLC 輸入電壓
Vbrownout			280	V	電壓關閉臨界值電壓。HiperLCS 會在壓降低於此值時關閉。允許的值介於 Vbulk_nom 的 65% 至 76% 之間。最大維持時間設為 65%
Vbrownin			353	V	大電容器的啟動臨界值
VOV_shut			465	V	大電壓的 OV 保護
VOV_restart			448	V	OV 保護後的重新啟動電壓
CBULK			86	uF	達到維持時間需求的大電容器最小值；調整維持時間和 Vbrownout 以變更大電容器值
tHOLDUP			21.8	ms	大電容器維持時間
輸入 LLC (二次側) 輸出					試算表假設了二次側 AC 堆疊
VO1	24.00		24.00	V	主輸出電壓。試算表假設此為調節輸出
IO1	4.00		4.00	A	主輸出最大電流
VD1			0.70	V	主輸出中的二極體順向電壓
PO1			96	W	一次側 LLC 輸出的輸出功率
VO2	12.00		12.00	V	二次側輸出電壓
IO2	2.40		2.40	A	二次側輸出電流
VD2	0.50		0.50	V	二次側輸出中的二極體順向電壓
PO2			28.80	W	二次側 LLC 輸出的輸出功率
P_LL_C			125	W	指定的 LLC 輸出功率
LCS 裝置選擇					
裝置	自動		LCS701		LCS 裝置
RDS-ON (最大值)			1.86	Ω	所選裝置的 RDS-ON (最大值)
Coss			187	pF	所選裝置的等效 Coss
Cpri			40	pF	變壓器一次側雜散電容
Pcond_loss			1.3	W	標準線間電壓與滿載時的導通損失
Tmax-hs			90	deg C	最大散熱片溫度
Theta J-HS			9.5	deg C/W	接面至散熱片熱阻 (使用散熱膏而非絕緣墊)
預期的接面溫度			102	deg C	預期的接面溫度
Ta 最大值			50	deg C	預期的最大環境溫度
Theta HS-A			32	deg C/W	環境所需的熱阻散熱片
LLC 諧振參數和變壓器計算 (產生紅色曲線)					
Po			129	W	包含二極體損失在內，來自 LLC 轉換器的輸出
Vo			24.70	V	變壓器繞組主要輸出 (包含二極體壓降)
f_target	200.00		200	kHz	所需的 PFC 和 LLC 滿載切換頻率。66 kHz 至 300 kHz，建議為 250 kHz
Lpar	5		476	uH	並聯電感。(整合式變壓器為 Lpar = Lopen - Lres；非整合式低漏電變壓器為 Lpar = Lmag)
Lpri	580.00		580	uH	整合式變壓器一次側開路電感；對於低漏電變壓器則為一次側電感和串聯電感器的總和。若維持空白，自動計算顯示會在 Vnom 的 80% 時 ZVS 損失的必要值
Lres	104.00		104.0	uH	整合式變壓器的串聯電感或一次側漏電感；如果留白，自動計算適用於 K=4
Kratio			4.6		Lpar 對 Lres 比率。保持 K 值，使 2.1 < K < 11。偏好的 Lres 則為 K<7
Cres	6.20		6.2	nF	串聯諧振電容器。紅色背景儲存格產生紅色圖表。若 Lpar、Lres、Cres 和 n_RATIO_red_graph 皆留空，則將會自動計算



Lsec	8.100		8.100	uH	主要輸出一個相位的二次側電感；測量並輸入或調整值，直到 f_predicted 與所測量的結果相符
m			48	%	漏電分佈係數 (一次側至二次側)。99% 表示漏電多半在一次側
n_eq			7.67		LLC 等效電路理想變壓器之圈數比
Npri	34.0		34.0		一次側圈數；如果輸入為留白，預設值將自動計算使得 f_predicted = f_target
Nsec	4.0		4.0		二次側圈數 (主輸出的每個相位)。預設值是依保持 BAC<=200 mT 所估算
f_predicted			190	kHz	標準輸入電壓和滿載下的預期頻率；深受 n_Ratio 和一次側圈數影響
f_res			198	kHz	串聯諧振頻率 (由串聯電感 Lres 和 C 所定義)
f_brownout			132	kHz	Vbrownout、滿載時的切換頻率
f_par			84	kHz	並聯諧振頻率 (由 Lpar + Lres 和 C 所定義)
f_inversion			123	kHz	在 Vbrownout 和滿載時的最小頻率。請將 HiperLCS 的最小頻率設為此值。此頻率以下的操作將導致在增益反向區內不操作
Vinversion			261	V	在低頻增益反向點之前，LLC 傳動元件的最小輸入電壓。最佳值等於 Vbrownout
有效值電流和電壓					
IRMS_LLC_Primary			0.82	A	滿載和標準輸入電壓 (Vbulk) 和 fnominal_actual 下的一次側繞組有效值電流
繞組 1 (較低二次側電壓) 有效值電流			5.1	A	繞組 1 (較低二次側電壓) 有效值電流
較低二次側電壓電容器的有效值電流			2.0	A	較低二次側電壓電容器的有效值電流
繞組 2 (較高二次側電壓) 有效值電流			1.9	A	繞組 2 (較高二次側電壓) 有效值電流
較高二次側電壓電容器的有效值電流			1.2	A	較高二次側電壓電容器的有效值電流
Cres_Vrms			111	V	滿載和標準輸入電壓下的諧振電容器的 AC 有效值電壓
虛擬變壓器試驗 - (產生藍色曲線)					
新的一次側圈數			34.0		試驗變壓器一次側圈數；預設值來自諧振區段
新的二次側圈數			4.0		試驗變壓器二次側圈數；預設值來自諧振區段
新的 Lpri			580	uH	試驗變壓器開路電感；預設值來自諧振區段
新的 Cres			6.1	nF	串聯電容器的試驗值 (如果將所選的經過計算的值留白，則 f_res = f_target)
新的估計 Lres			104.0	uH	試驗變壓器的估計 Lres
新的估計 Lpar			476	uH	試驗變壓器的 Lpar 估計值
新的估計 Lsec			8.100	uH	二次側漏電感估計值
新的 Kratio			4.6		試驗變壓器 Lpar 對 Lres 比率
新的等效電路變壓器圈數比			7.67		估計的有效變壓器圈數比
新的 V 傳動元件反向			262	V	大電容器上的電壓，低於此值將導致 ZVS 損失
f_res_trial			200	kHz	新的串聯諧振頻率
f_predicted_trial			192	kHz	新的標準操作頻率
IRMS_LLC_Primary			0.82	A	滿載和標準輸入電壓 (Vbulk) 和 f_predicted_trial 下的一次側繞組有效值電流
繞組 1 (較低二次側電壓) 有效值電流			5.0	A	通過輸出 1 繞組的有效值電流，假設為半正弦波形
較低二次側電壓電容器的有效值電流			1.9	A	較低二次側電壓電容器的有效值電流
繞組 2 (較高二次側電壓) 有效值電流			3.1	A	通過輸出 2 繞組的有效值電流；輸出 1 繞組 AC 堆疊在輸出 2 繞組的上方
較高二次側電壓電容器的有效值電流			1.1	A	較高二次側電壓電容器的有效值電流



變壓器鐵芯計算 (從諧振參數區段進行計算)					
變壓器鐵芯		EFD35/35B		變壓器鐵芯	
Ae	0.57	0.57	cm ²	輸入變壓器鐵芯截面積	
Ve	4.57	4.57	cm ³	輸入鐵芯體積	
Aw	60.56	60.6	mm ²	窗口面積	
Bw	21.00	21.0	mm	線軸總寬度	
損失密度		200.0	mW/cm ³	鍵入在切換頻率和 BAC (單位同 kW/m ³) 的每單位體積損失	
MLT	5.10	5.1	cm	平均每圈長度	
Nchambers		2		線軸腔數量	
Wsep	7.00	7.0	mm	繞組分離器距離 (將造成繞組面積損失)	
功率損失		0.9	W	估計的鐵芯損失	
Bpkmin		206	mT	最小頻率時的第一象限峰值磁通密度	
BAC		285	mT	AC 峰值到峰值磁通密度 (在 f_predicted、Vbulk 滿載時進行計算)	
一次側繞組					
Npri		34.0		一次側圈數；取決於 LLC 諧振區段	
一次側規格	42	42	AWG	用於一次側繞組的個別線徑股數規格	
等效一次側標準線徑規格		0.060	mm	等效線徑 (標準單位)	
一次側 Litz 股數	75	75		Litz 線中的股數；對於非 Litz 一次側繞組則設為 1	
一次側繞組分配係數		50	%	一次側窗口分配係數 - 分配給一次側的繞組空間百分比	
AW_P		20	mm ²	一次側繞組窗口面積	
填充係數		60%	%	% 一次側繞組填充係數 (典型最大填充為 60%)	
Resistivity_25 C_Primary		79.06	m-ohm/m	電阻率 (毫歐姆/公尺)	
一次側 DCR 25 C		137.08	m-ohm	25 C 時的估計電阻	
一次側 DCR 100 C		183.69	m-ohm	估計的 100 C 的電阻 (較 25 C 時高出約 33%)	
一次側有效值電流		0.82	A	所測得通過一次側繞組的有效值電流	
ACR_Trif_Primary		293.91	m-ohm	測得的 AC 電阻 (在 100 kHz，室溫下) 乘以 1.33 估算出繞組溫度為 100 C 時的電阻	
一次側銅損失		0.20	W	在 85 C 時的總一次側繞組銅損失	
二次側繞組 1 (較低二次側電壓或單組輸出)				附註 - 功率損失計算基於每半二次側的繞組	
輸出電壓		12.00	V	輸出電壓 (假設 AC 堆疊繞組)	
二次側 1 圈數		2.00		二次側繞組圈數 (每個相位)	
二次側 1 有效值電流 (總值, AC+DC)		5.1	A	通過輸出 1 繞組的有效值電流，假設為半正弦波形	
繞組電流 (DC 元件)		3.20	A	繞組電流的 DC 元件	
繞組電流 (AC 有效值元件)		3.96	A	繞組電流的 AC 元件	
二次側 1 線徑規格		40	AWG	用於二次側繞組的個別線徑股數規格	
等效二次側 1 標準線徑規格		0.080	mm	等效線徑 (標準單位)	
二次側 1 Litz 股數	175	175		用於 Litz 線中的股數；對於非 Litz、非整合式變壓器設為 1	
Resistivity_25 C_sec1		21.31	m-ohm/m	電阻率 (毫歐姆/公尺)	
DCR_25C_Sec1		2.17	m-ohm	25 C 時每相位的估計電阻 (僅供參考)	
DCR_100C_Sec1		2.91	m-ohm	100 C 時每相位的估計電阻 (較 25 C 時高出約 33%)	
DCR_Ploss_Sec1		0.24	W	由 DC 電阻所致的估計的功率損失 (兩個二次側相位)	
ACR_Sec1		4.66	m-ohm	測得的每相位 AC 電阻 (在 100 kHz，室溫下) 乘以 1.33 估算出繞組溫度為 100 C 時的電阻。ACR 的預設值是 100 C 下 DCR 值的兩倍	
ACR_Ploss_Sec1		0.15	W	估計的 AC 銅損失 (兩個二次側相位)	
總繞組 1 銅損失		0.38	W	兩個二次側相位的總 (AC + DC) 繞組銅損失	
電容器的有效值電流		1.2	A	輸出電容器的有效值電流	
Co1		5.4	uF	二次側 1 的輸出電容器	
電容器的漣波電壓		3.0	%	二次側 1 的輸出電容器上的峰值到峰值漣波電壓	



輸出整流器有效值電流		1.9	A	蕭特基損失是較負載 DC 電流更強的函數。同步整流器損失是有效值電流的函數
二次側繞組 2 (較高二次側電壓)				附註 - 功率損失計算基於每半二次側的繞組
輸出電壓		24.00	V	輸出電壓 (假設 AC 堆疊繞組)
二次側 2 圈數		2.00		二次側繞組圈數 (每相位), AC 堆疊在二次側繞組 1 的上方
二次側 2 有效值電流 (總值, AC+DC)		3.2	A	通過輸出 2 繞組的有效值電流; 輸出 1 繞組 AC 堆疊在輸出 2 繞組的上方
繞組電流 (DC 元件)		2.0	A	繞組電流的 DC 元件
繞組電流 (AC 有效值元件)		2.5	A	繞組電流的 AC 元件
二次側 2 線徑規格		40	AWG	用於二次側繞組的個別線徑股數規格
等效二次側 2 標準線徑規格		0.080	mm	等效線徑 (標準單位)
二次側 2 Litz 股數	125	125		用於 Litz 線中的股數; 對於非 Litz、非整合式變壓器設為 1
Resistivity_25 C_sec2		29.83	m-ohm/m	電阻率 (毫歐姆/公尺)
變壓器二次側 MLT		5.10	cm	平均每圈長度
DCR_25C_Sec2		3.04	m-ohm	25 C 時每相位的估計電阻 (僅供參考)
DCR_100C_Sec2		4.08	m-ohm	100 C 時每相位的估計電阻 (較 25 C 時高出約 33%)
DCR_Ploss_Sec1		0.05	W	由 DC 電阻所致的估計功率損失 (兩個二次側半側)
ACR_Sec2		6.52	m-ohm	測得的每相位 AC 電阻 (在 100 kHz, 室溫下) 乘以 1.33 估算出繞組溫度為 100 C 時的電阻。ACR 的預設值是 100 C 下 DCR 值的兩倍
ACR_Ploss_Sec2		0.08	W	估計 AC 銅損失 (兩個二次側半側)
總繞組 2 銅損失		0.13	W	兩個二次側半側的總 (AC + DC) 繞組銅損失
電容器的有效值電流		2.0	A	輸出電容器的有效值電流
Co2		4.5	uF	二次側 2 的輸出電容器
電容器的漣波電壓		3.0	%	二次側 1 的輸出電容器上的峰值到峰值漣波電壓
輸出整流器有效值電流		3.2	A	蕭特基損失是較負載 DC 電流更強的函數。同步整流器損失是有效值電流的函數
變壓器損失計算				不包含來自間隙的邊緣磁通損失
一次側銅損失 (來自一次側區段)		0.20	W	在 85 C 時的總一次側繞組銅損失
二次側銅損失		0.51	W	二次側繞組中的總銅損失
變壓器總銅損失		0.71	W	變壓器 (一次側 + 二次側) 中的總銅損失
AW_S		20.19	mm^2	二次側繞組窗口面積
二次側填充係數		50%	%	二次側繞組填充係數百分比; 有包覆 Litz 典型最大填充為 60%, 無包覆 Litz 則為 75%
訊號接腳電阻器值				
停滯時間	350	350	ns	停滯時間
突波模式	1	1		選取突波模式: 1、2 和 3 有磁滯並有不同的頻率臨界值
f_max		774	kHz	最大內部時鐘頻率, 取決於停滯時間的設定。也是啟動頻率
f_burst_start		347.1	kHz	突波模式的較低臨界值頻率, 提供磁滯。這是突波暫停期間過後, 重新啟動時的切換頻率
f_burst_stop		396.6	kHz	突波模式的頻率臨界值上限; 這是突波暫停期間停止時的切換頻率
DT/BF 接腳上方分壓電阻器		7.62	Ω	從 DT/BF 接腳到 VREF 接腳的電阻器
DT/BF 接腳下方分壓電阻器		144.9	Ω	從 DT/BF 接腳到 G 接腳的電阻器
Rstart		6.50	Ω	啟動電阻器 - 以串聯方式接合電阻器和軟啟動電容器; 啟動時從 FB 至 VREF 接腳產生的等效電阻。除非需要額外的啟動延遲時間, 否則使用預設值。
啟動延遲		0.0	ms	啟動延遲; 在切換開始之前延遲。降低 R_START 以增加延遲
Rfmin		50.9	Ω	從 VREF 至 FB 接腳的電阻器, 用以設定最小操作頻率; 此電阻器加 Rstart 可決定 f_MIN
C_softstart		0.33	uF	軟啟動電容器。建議值介於 0.1uF 和 0.47uF 之間
Ropto		1.3	Ω	電阻器與光耦合器的射極串聯



OV/UV 接腳下方電阻器			22.0	Ω	OV/UV 接腳分壓中的下方電阻器
OV/UV 接腳上方電阻器			3.21	M-ohm	OV/UV 接腳分壓中的總上方電阻
LLC 電容分壓電流感測電路					
慢速限電流			2.30	A	8 週期限電流 - 在電壓關閉和啟動期間檢查正數半週期
快速限電流			4.14	A	1 週期限電流 - 在啟動期間檢查正數半週期
LLC 感測電容器			47	pF	HV 感測電容器，與主要諧振電容器組成分流器
RLLC 感測電阻器			28.9	Ω	LLC 電流感測電阻器，在感測電容器中感測電流
IS 接腳限電流電阻器			220	Ω	感測 R 上的電壓低於 -0.5V 時從感測電阻器流入 IS 接腳的限電流
IS 接腳噪音濾波器電容器			1.0	nF	IS 接腳旁路電容器；與 IS 接腳限電流電容器組成極點
IS 接腳噪音濾波器極點頻率			724	kHz	此極點會削減 IS 接腳訊號
損失預算					
LCS 裝置導通損失			1.3	W	標準線間電壓與滿載時的導通損失
輸出二極體損失			2.8	W	估計的二極體損失
估計的變壓器總銅損失			0.71	W	變壓器 (一次側 + 二次側) 中的總銅損失
估計的變壓器總鐵芯損失			0.9	W	估計的鐵芯損失
變壓器總損失			1.6	W	變壓器總損失
估計的總損失			5.7	W	在 LLC 級的總損失
估計的效率			96%	%	估計的效率
接腳			130	W	LLC 輸入功率
二次側圈數及電壓中心化計算機					協助您選擇二次側圈數 - 輸出並未連接至試算表的其他部分
V1			24.00	V	目標調節輸出電壓 Vo1 變更以查看從屬輸出的效應
V1d1			0.70	V	二極體壓降電壓 Vo1
N1			4.00		Vo1 的總圈數
V1_Actual			24.00	V	預期輸出
V2			12.00	V	目標輸出電壓 Vo2
V2d2			0.50	V	二極體壓降電壓 Vo2
N2			2.00		Vo2 的總圈數
V2_Actual			11.85	V	預期輸出電壓
分離式串聯電感器 (僅限非整合式變壓器)					如果使用整合式磁化元件則不適用 - 未連接至試算表的其他部分
Lsep			104.00	uH	所需的分離式電感器的電感
Ae_Ind			0.53	cm^2	電感器鐵芯截面積
電感器圈數			16		一次側圈數
BP_fnom			153	mT	用於鐵芯損失計算的 AC 磁通 (在 f_predicted 及滿載時)
預期峰值一次側電流			2.3	A	預期峰值一次側電流
BP_fmin			285	mT	峰值磁通密度，在最小頻率 fmin 時計算
電感器 Litz 線徑規格			43	AWG	用於一次側繞組的個別線徑股數規格
等效電感器標準線徑規格			0.055	mm	等效線徑 (標準單位)
電感器 Litz 股數			125		Litz 線使用的股數
電感器並聯線數			1		用於補充 Litz 線的並聯個別線數
Resistivity_25 C_Sep_Ind			59.8	m-ohm/m	電阻率 (毫歐姆/公尺)
電感器 MLT			7.00	cm	平均每圈長度
電感器 DCR 25 C			67.0	m-ohm	估計的 25 C 的電阻 (供參考)
電感器 DCR 100 C			89.8	m-ohm	估計的 100 C 的電阻 (較 25 C 時高出約 33%)
ACR_Sep_Inductor			143.6	m-ohm	測得的 AC 電阻 (在 100 kHz, 室溫下) 乘以 1.33 估算出繞組溫度為 100 C 時的電阻
電感器銅損失			0.10	W	在 85 C 時的總一次側繞組銅損失



9 輸出電感器規格

9.1 電氣圖

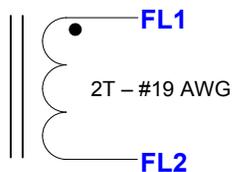


圖 8 – 電感器電氣圖。

9.2 電氣規格

電感	接腳 FL1-FL2，所有其他繞組為開路情況下， 在 100 kHz，0.4 V _{RMS} 條件下測得	150 nH ±15%
----	--	-------------

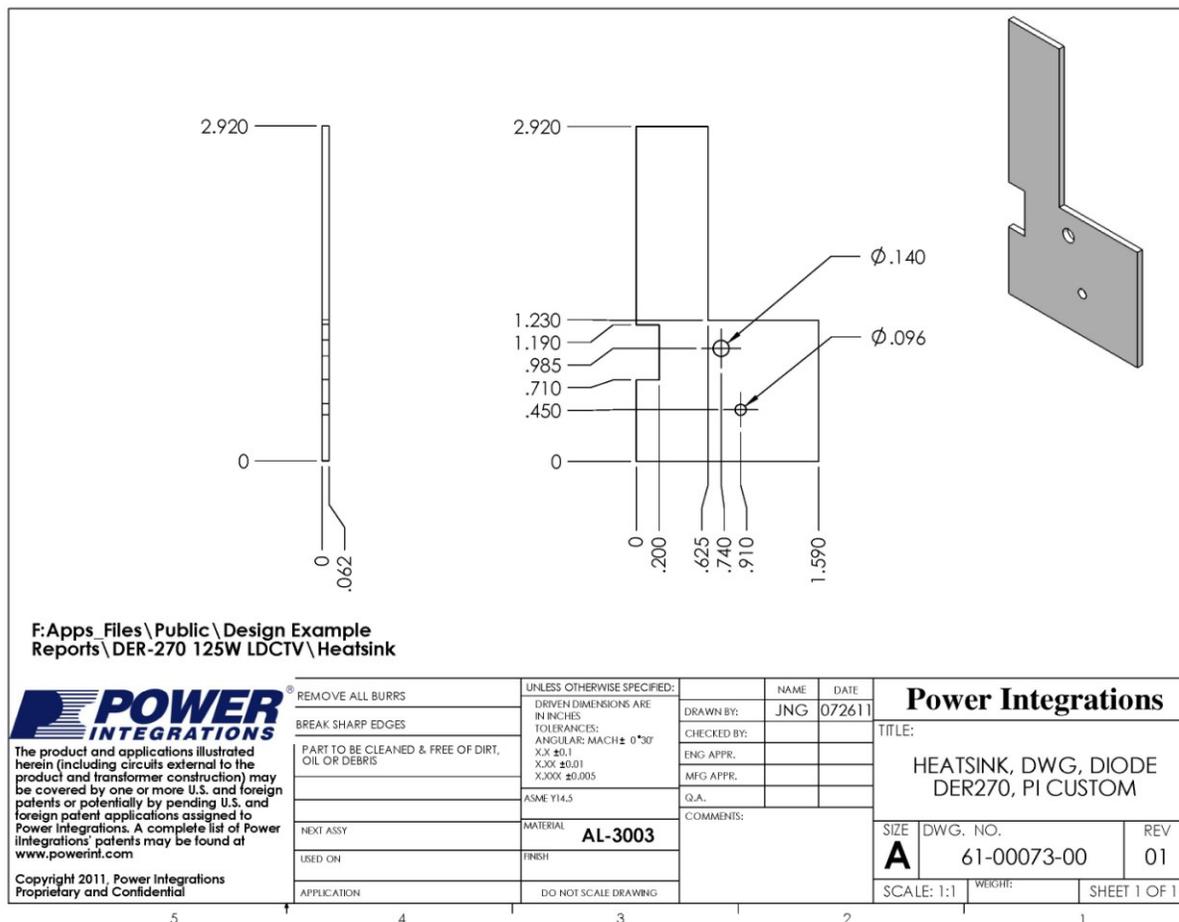
9.3 材料清單

項目	說明
[1]	粉狀鐵環形鐵芯：Micrometals T30-26
[2]	磁線：19 AWG，可焊接雙塗層

10 散熱片組裝

10.1 二極體散熱片

10.1.1 二極體散熱片圖面



10.1.2 二極體散熱片組裝圖面

(FOR ASSEMBLY REFERENCE)

(PCB FOR ILLUSTRATE ONLY)

F:\Apps Files\Public\Design Example Reports\DER-270 125W LDCTV\Heatsink

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00073-00	HEATSINK, DER270 DIODE AL 3003, 60 V, 20 A, DUAL	1
2	15-00346-00	SCHOTKY TO-220AB	1
3	75-00069-00	NUT, HEX, KEP 6-32, Zinc Plate	1
4	75-00008-00	SCREW MACHINE PHIL 6- 32 X 5/16 SS PAN HEAD	1
6	75-00167-00	WASHER FLAT #6, SS, ZINC PLATE	2
7	75-00001-00	SCREW MACHINE PHIL 4- 40 1/4 SS	1
8	75-00032-00	WASHER FLAT #4 Zinc, OD 0.219, ID 0.125, THK 0.032.	2
9	75-00055-00	NUT, HEX, METRIC, M3 SS	1
10	60-00035-00	THERMAL GREASE, SILICONE, 5 oz TUBE	1

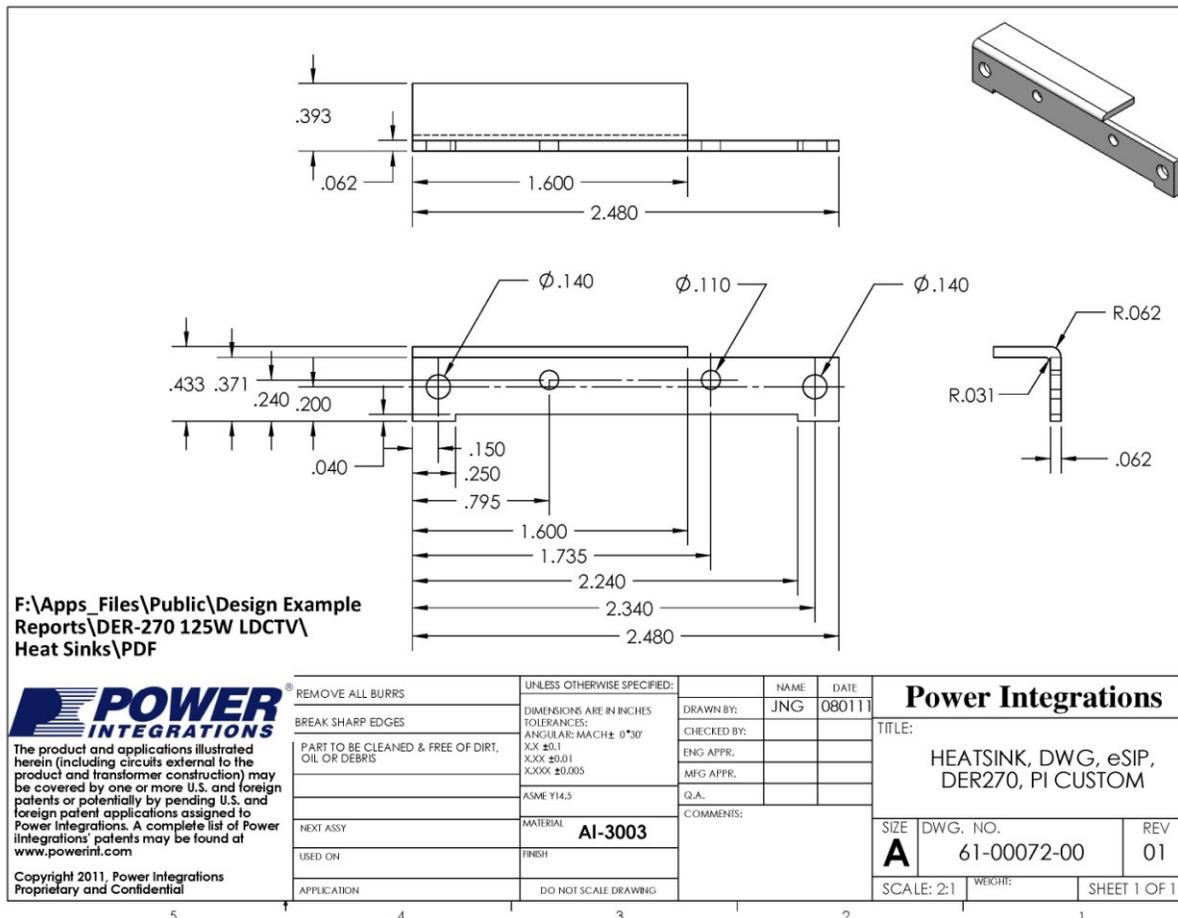
<p>REMOVE ALL BURRS BREAK SHARP EDGES PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS NEXT ASSY USED ON APPLICATION</p>	<p>UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30' XX ±0.1 XXX ±0.01 XXXX ±0.005 ASME Y14.5 MATERIAL FINISH DO NOT SCALE DRAWING</p>	NAME	DATE	<p>Power Integrations</p> <p>TITLE: HEATSINK, ASSY, DIODE DER270-PI CUSTOM</p> <p>SIZE DWG. NO. REV A 61-00073-02 01</p> <p>SCALE: 1:4 WEIGHT: SHEET 1 OF 1</p>
		DRAWN BY:	JNG 072611	
		CHECKED BY:		
		ENG APPR.		
		MFG APPR.		
		Q.A.		
COMMENTS:				

5 4 3 2 1



10.2 HiperLCS 散熱片

10.2.1 HiperLCS 散熱片圖面



10.2.2 HiperLCS 散熱片製造組裝圖面

1 FOR COMPLETED ASSEMBLY
SEE 61-00072-02

61-00072-00-HEATSINK

FABRICATOR TO INSTALL
ITEM 2 AS SHOWN.

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00072-00	HEATSINK, CUSTOM, AL, 3003, 0.062" THK	1
2	60-00016-00	TERMINAL, EYELET, ZIERICK PN 190	2

F:\Apps_Files\Public\Design Example Reports\DER-270 125W LDCTV\Heat Sinks\PDF

POWER INTEGRATIONS

The product and applications illustrated herein (including circuits external to the product and transformer construction) may be covered by one or more U.S. and foreign patents or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations' patents may be found at www.powerint.com

Copyright 2011, Power Integrations
Proprietary and Confidential

REMOVE ALL BURRS	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	DRAWN BY:	NAME:	DATE:
BREAK SHARP EDGES	DIMENSIONS ARE IN INCHES	JNG	JNG	072611
PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS	TOLERANCES:	CHECKED BY:		
	ANGULAR: MACH ± 0°30'	ENG APPR:		
	XXX ±0.1	MFG APPR:		
	XXXX ±0.005	Q.A.:		
	ASME Y14.5	COMMENTS:		
NEXT ASSY	MATERIAL			
USED ON	FINISH			
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			

Power Integrations

TITLE:

HEATSINK, FAB,ESIP WITH BRKTS, PI CUSTOM

SIZE	DWG. NO.	REV
A	61-00072-01	01

SCALE: 1:1 SHEET 1 OF 1



10.2.3 HiperLCS 和散熱片組裝圖面

(FOR ASSEMBLY REFERENCE)

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00072-00	HEATSINK, CUSTOM, AL, 3003, 0.062" THK	1
2	60-00037-00	EDGE CLIP 14.3mm L x 6.35mm W	2
3	10-00513-00	HiperLCS, LC701HG, ESIP16/T3	1
4	75-00001-00	SCREW MACHINE PHIL 4-40 1/4 SS	2
5	75-00068-00	NUT, HEX, KEP 4-40, S 7N CR3 PLATE	2
6	66-00035-00	THERMALLY SILICONE GREASE, 5 OZ TUBE	1

F:\Apps_Files\Public\Design Example Reports\DER-270 125W LDCTV\Heat Sinks\PDF

<p>REMOVE ALL BURRS BREAK SHARP EDGES PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS</p> <p>The product and applications illustrated herein (including circuits external to the product and transformer construction) may be covered by one or more U.S. and foreign patents or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations' patents may be found at www.powerint.com</p> <p>Copyright 2011, Power Integrations Proprietary and Confidential</p>	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	<p>Power Integrations</p> <p>TITLE: HEATSINK, ASSY, ESIP WITH BRKTS, DER270, PI CUSTOM</p> <p>SIZE DWG. NO. REV A 61-00072-02 01</p> <p>SCALE: 1:2 WEIGHT: SHEET 1 OF 1</p>	
	DIMENSIONS ARE IN INCHES	DRAWN BY: JNG	072611		
	TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30'	CHECKED BY:			
	XXX ±0.1	ENG APPR.			
	XXX ±0.01	MFG APPR.			
	XXX ±0.005	Q.A.			
ASME Y14.5	COMMENTS:				
NEXT ASSY	MATERIAL				
USED ON	FINISH				
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING				



11 效能資料

11.1 效率 – 100%、50%、20% 及 10% 負載

11.1.1 效率資料

P _{IN}	V _{OUT1}	I _{OUT1}	V _{OUT2}	I _{OUT2}	P _{OUT}	效率 (%)
133	24.12	4	12.02	2.4	125.328	94.23
66.8	24.17	2	12.02	1.2	62.764	93.96
28.59	24.19	0.8	12.02	0.48	25.1216	87.87
15.46	24.19	0.4	12.02	0.24	12.5608	81.25
8.86	24.19	0.2	12.01	0.12	6.2792	70.87
5.01	24.21	0.08	12.02	0.05	2.5378	50.65
3.52	24.17	0.04	12.02	0.02	1.2072	34.30
0.326	24.86	0	11.98	0	0	

11.2 輸出交叉調節

為取得下述資料，一個輸出調整為最大負載，另一則與最大總輸出功率 125 W 一致，於零負載與最大負載之間不等。

11.2.1 交叉調節資料

交叉調節 1				交叉調節 2			
V _{OUT1}	I _{OUT1}	V _{OUT2}	I _{OUT2}	V _{OUT1}	I _{OUT1}	V _{OUT2}	I _{OUT2}
24.14	4	12.01	2.4	24.14	4	12.01	2.4
24.25	2	12	2.4	24.09	4	12.03	1.5
24.31	1	11.99	2.4	24.05	4	12.04	1
24.37	0.5	11.99	2.4	24	4	12.04	0.5
24.41	0.25	11.98	2.4	23.94	4	12.05	0.2
24.46	0.1	11.98	2.4	23.9	4	12.06	0.1
24.49	0.05	11.97	2.4	23.85	4	12.06	0.05
24.55	0.02	11.97	2.4	23.8	4	12.07	0.02
24.57	0.01	11.96	2.4	23.78	4	12.07	0.01
24.8	0	11.94	2.4	20.32	4	12.45	0



11.3 啓動與關機大電壓

11.3.1 大電壓啓動與關機資料 (最大負載)

對 VCC 輸入施加 +12 VDC 之下，啓動電壓爲 356 VDC，並於 283 VDC 關閉輸出。



12 波形

12.1 半橋式電壓和電流，標準操作

以 380 VDC 輸入測得。

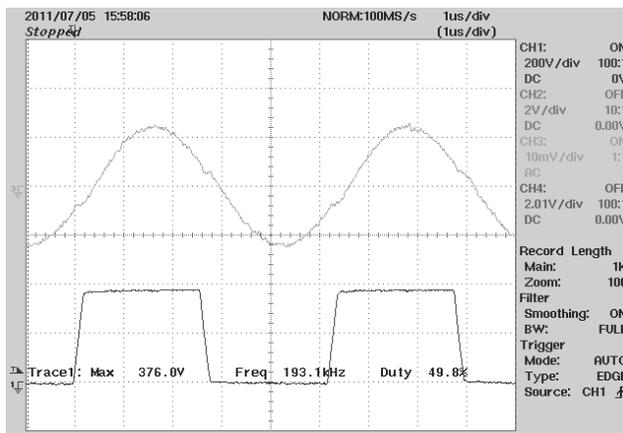


圖 9 – 一次側 V_{IN} ，滿載。

上：一次側電流，每格 1 A

下：一次側電壓，100 V，每格 2 μ s

12.2 輸出電壓啟動輪廓

圖 10 至 14 取自被動電阻器負載的情形。

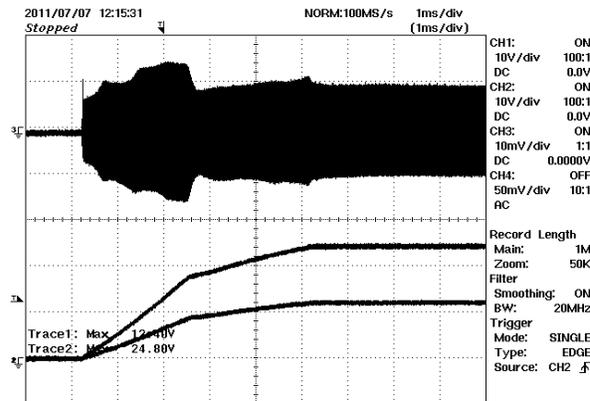


圖 10 – 滿載啟動，電阻負載。
上：一次側電流，每格 1 A
下：輸出電壓，10 V，每格 2 ms

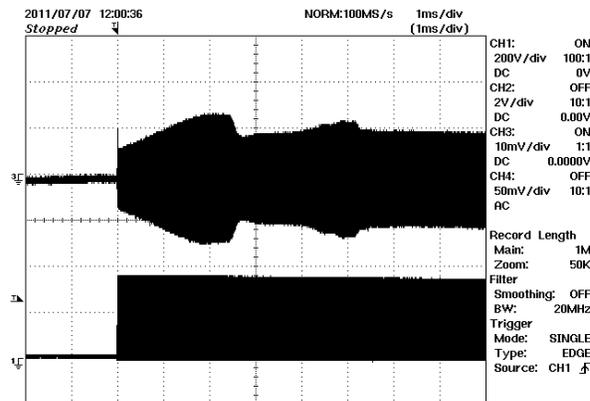


圖 12 – 滿載啟動，電阻負載。
上：一次側電流，每格 1 A
下：一次側電壓，200 V，每格 1 ms

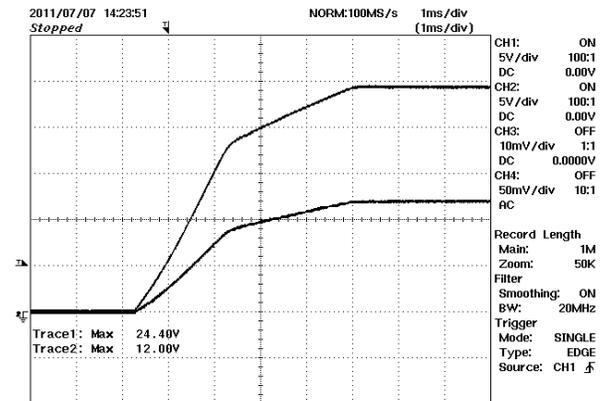


圖 11 – 啟動時無負載輸出電壓，5 V，每格 1 ms

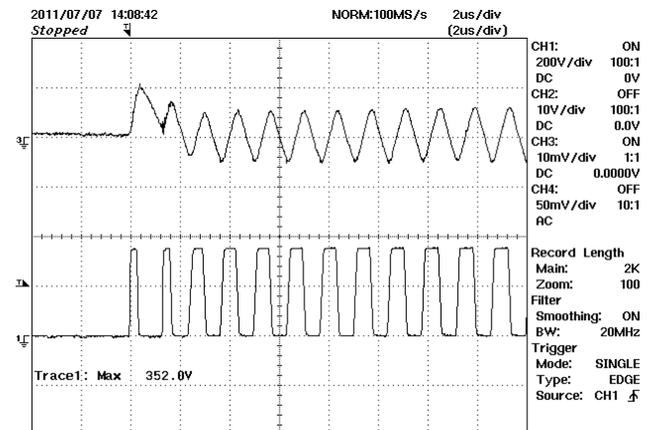


圖 13 – 滿載啟動表現出初始電流突波，電阻負載。
上：一次側電流，每格 1 A
下：一次側電壓，200 V，每格 2 μ s



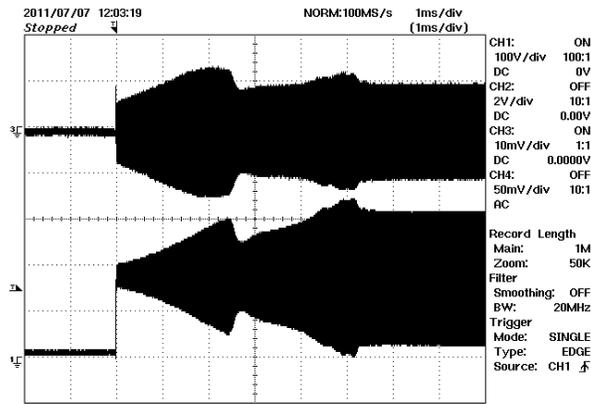


圖 14 – 滿載啓動，電阻負載
 上：一次側電流，每格 1 A
 下：諧振電容器電壓，100 V，每格 1 ms

12.3 輸出電壓關閉

圖 15 至 17 取自關閉輸入電壓供應，並於一次側電流升高時觸發示波器。

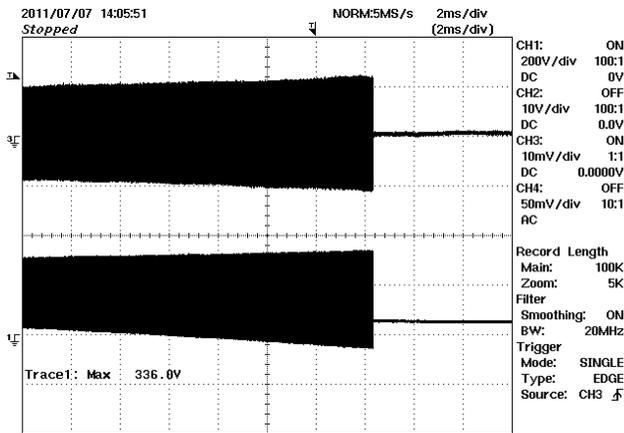


圖 15 – 輸出電壓關閉。
 上：一次側電流，每格 2 A
 下：一次側電壓，200 V，每格 2 ms

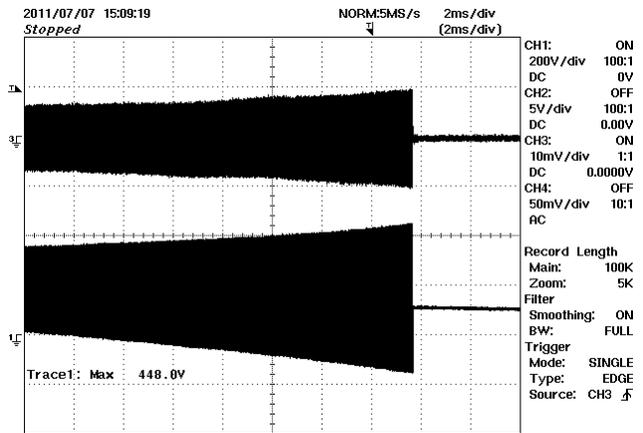


圖 16 – 輸出電壓關閉。
 上：一次側電流，每格 2 A
 下：諧振電容器電壓，200 V，每格 2 ms



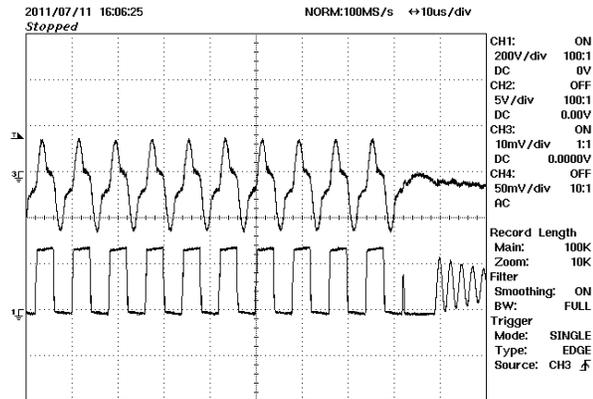


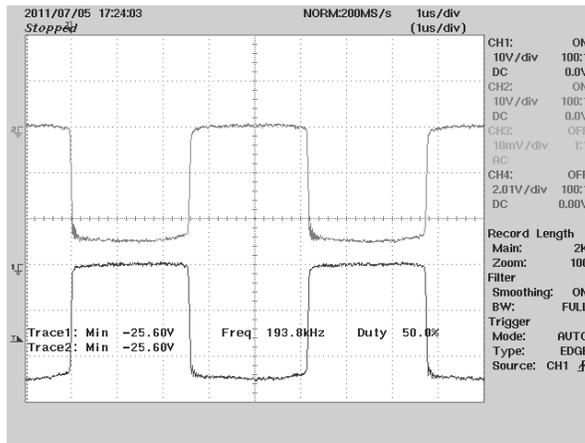
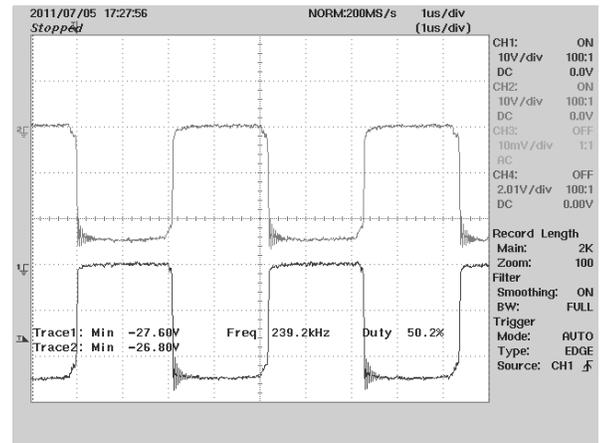
圖 17 – 輸出電壓關閉。

上：一次側電流，每格 2 A

下：一次側電壓，200 V，每格 10 μ s關機前最低頻率 \sim 125 kHz。

12.4 輸出二極體反向峰值電壓

下列波形是在滿載且 380/420 VDC 輸入之下測得。

圖 18 – 12 V 輸出二極體反向峰值電壓，380 VDC 輸入，10 V，每格 1 μ s圖 19 – 12 V 輸出二極體反向峰值電壓，420 VDC 輸入，10 V，每格 1 μ s

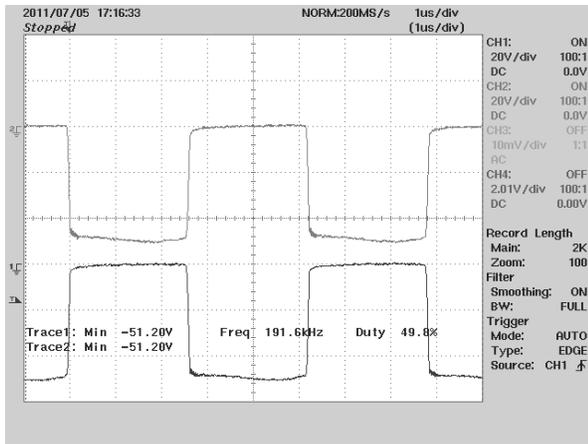


圖 20 – 24 V 輸出二極體反向峰值電壓，380 VDC 輸入，20 V，每格 1 μ s

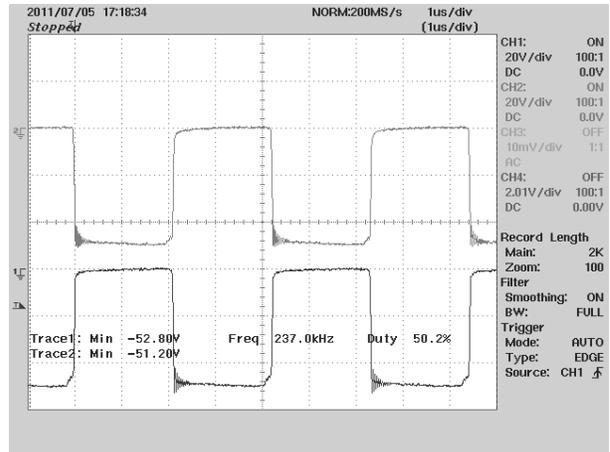


圖 21 – 輸出二極體反向峰值電壓，420 VDC 輸入，20 V，每格 1 μ s

12.5 短路

針對下示測試，供電輸出在 125 W 負載，380 VDC 輸入以汞位移繼電器進行短路。示波器設為在電流增加時觸動。

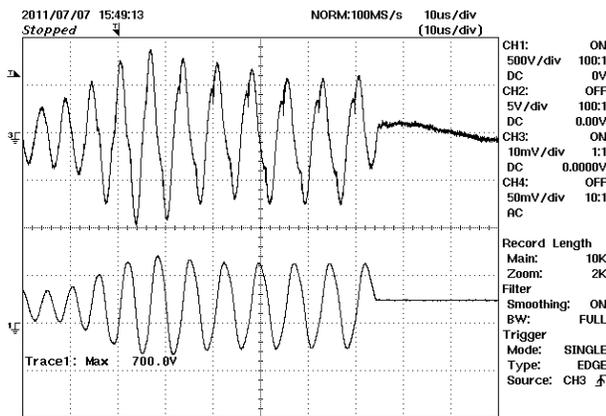


圖 22 – 12 V 輸出短路期間的一次側波形。
上：一次側電流，每格 2 A
下：諧振電容器電壓，500 V，每格 10 μ s

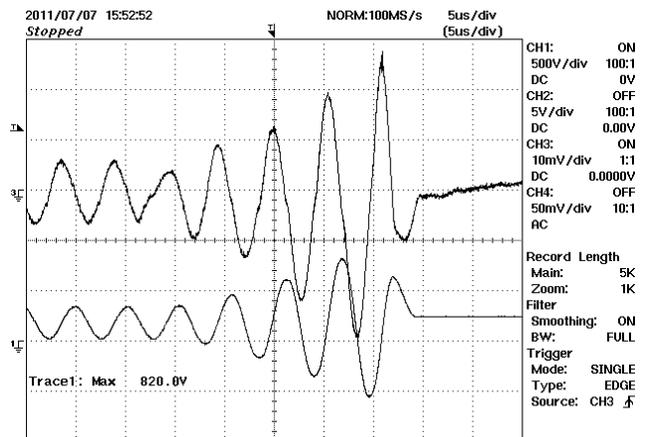


圖 23 – 24 V 輸出短路期間的一次側波形。
上：一次側電流，每格 2 A
下：諧振電容器電壓，500 V，每格 5 μ s

12.6 輸出漣波的測量

12.6.1 漣波測量技術

針對 DC 輸出漣波測量，必須利用改裝後的示波器測試探棒，以降低由於提取所導致的寄生訊號。改裝探棒的詳細資料如下圖所示。

4987BA 探棒轉換器在探棒尖端上附接著並聯的兩個電容器。這些電容器包括一個 (1) 0.1 $\mu\text{F}/50\text{ V}$ 陶瓷型和一個 (1) 1.0 $\mu\text{F}/50\text{ V}$ 鋁電解型。鋁電解型電容器經過極化，因此 DC 輸出上必須維持適當極化 (參閱下圖)。

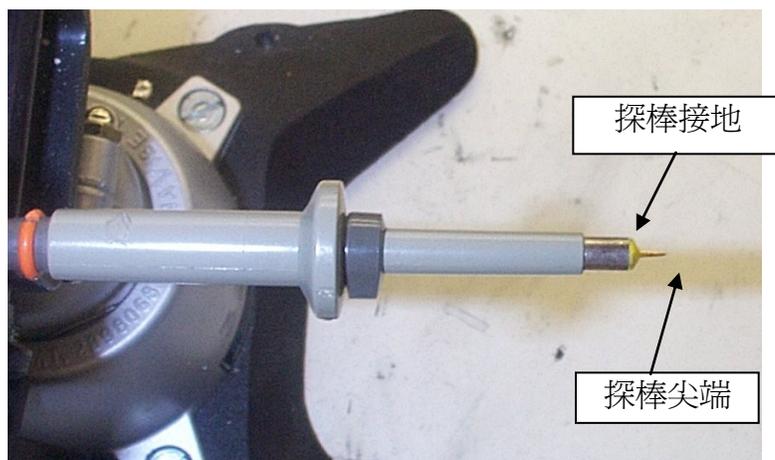


圖 24 – 為測量漣波所準備的示波器探棒。(端蓋與接地線已去除)



圖 25 – 使用 Probe Master (www.probemaster.com) 4987A BNC 轉換器的示波器探棒。
(經以適用於漣波測量的線材改裝，並添加兩個並聯去耦合電容器)

12.6.2 輸出漣波測量結果

下圖所示為兩個輸出皆卸載之下的輸出行為，此情形於本應用中一般不會發生。兩個輸出皆為零負載時，供電以突波模式運作維持調節。LCS 裝置的突波模式為此目的之最佳化，但是不可倚賴此達到無負載的低功率消耗，因為針對效率最佳化時，供電在無負載和標準輸入電壓之下可能無法進入突波模式。

各突波期開始時的初始突波起因是突波週期之間的鬆弛時期，一次側諧振電容器放電所致。任何 LLC 轉換器在突波模式中操作都會發生此突波。圖 28 所示的 12 V 電壓突波可視需要用具有低 ESR 的濾波電容器 (C16) 加以降低。

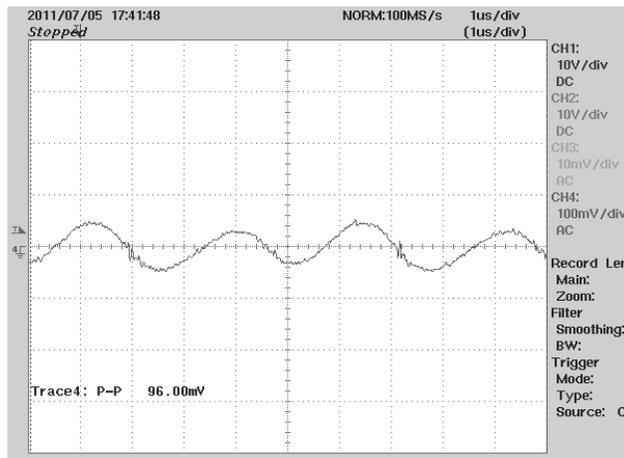


圖 26 – 12 V 漣波，380 VDC 輸入，100% 負載輸出漣波電壓，每格 100 mV，每格 1 μ s

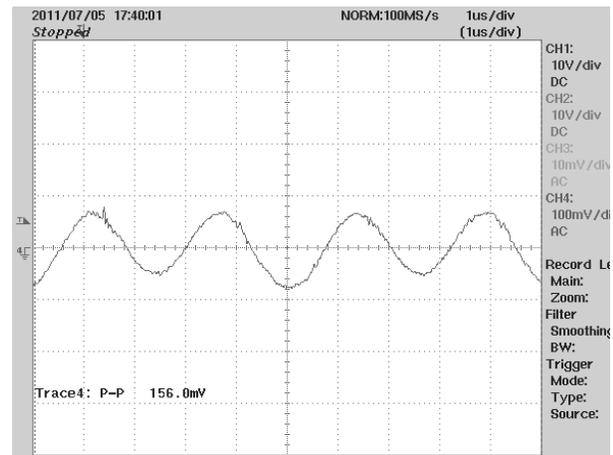


圖 27 – 24 V 漣波，380 VDC 輸入，100% 負載輸出漣波電壓，每格 100 mV，每格 1 μ s

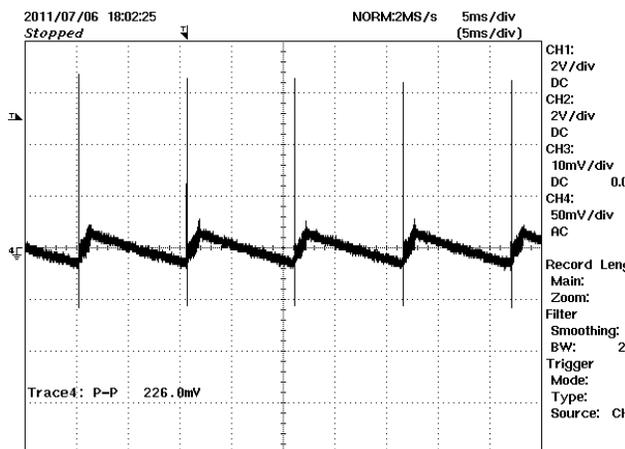


圖 28 – 12 V 輸出漣波電壓，兩輸出皆為零負載，每格 50 mV，每格 5 ms。電源供應器為突波模式。

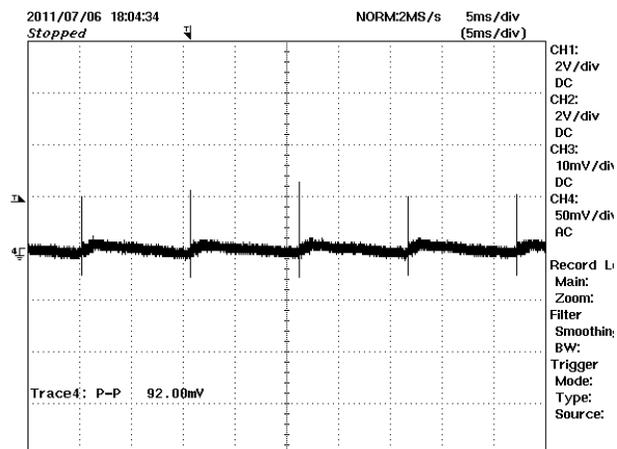


圖 29 – 24 V 輸出漣波電壓，兩輸出皆為零負載，每格 50 mV，每格 5 ms。電源供應器為突波模式。



12.7 輸出負載步階回應

針對以下圖片，測量的示波器設為平均模式，於輸出電流步階的上升邊緣觸發。如此可將輸出漣波加以平均，否則會遮蔽暫態反應。

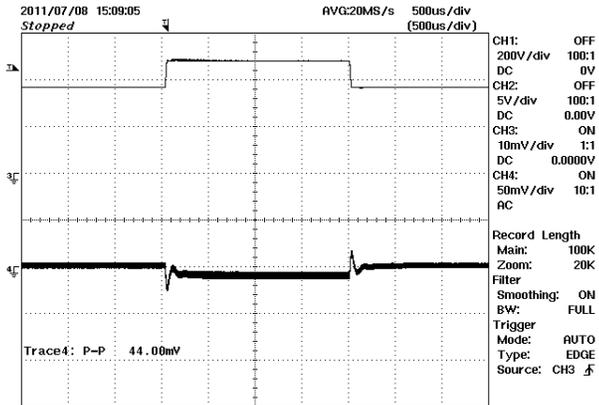


圖 30 – 12 V 輸出負載步階回應。
 12 V 輸出的 75% 至 100% 至 75% 負載步階。
 上：12 V 負載電流，每格 2 A
 下：12 V 輸出回應，50 mV，每格 500 μ s

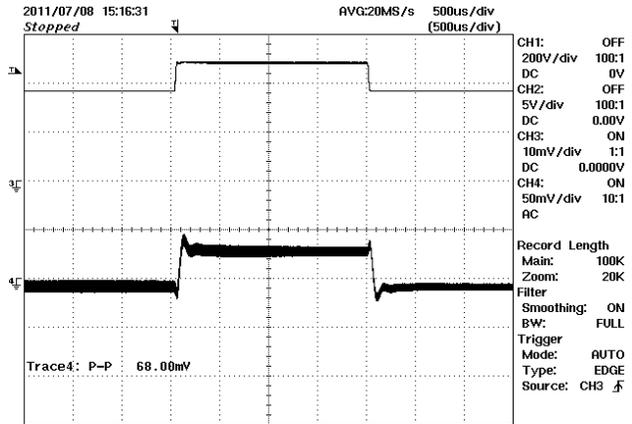


圖 31 – 24 V 輸出負載步階回應。
 12 V 輸出的 75% 至 100% 至 75% 負載步階。
 上：12 V 負載電流，每格 2 A
 下：24 V 輸出回應，500 mV，每格 500 μ s

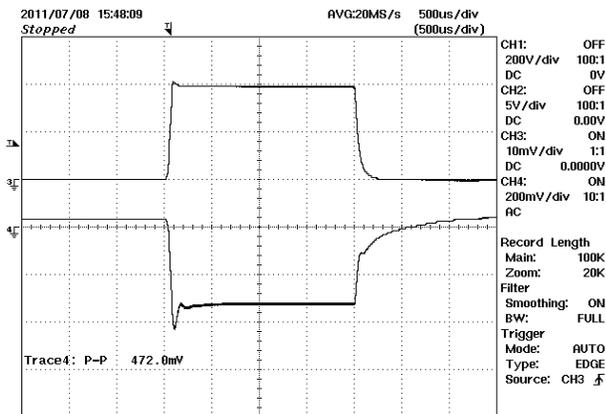


圖 32 – 24 V 輸出負載步階回應。
 24 V 輸出的 1% 至 100% 至 1% 負載步階。
 上：24 V 負載電流，每格 2 A
 下：24 V 輸出回應，200 mV，每格 500 μ s

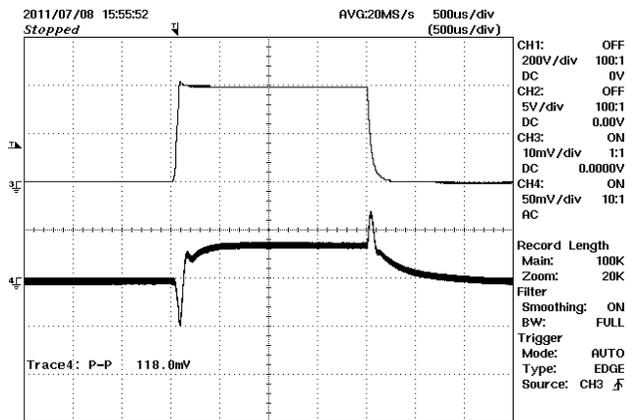


圖 33 – 24 V 輸出負載步階回應。
 12 V 輸出的 1% 至 100% 至 1% 負載步階。
 上：24 V 負載電流，每格 2 A
 下：12 V 輸出回應，50 mV，每格 500 μ s

13 溫度測量

13.1 條件：380 VDC，滿載，浸泡 1 小時

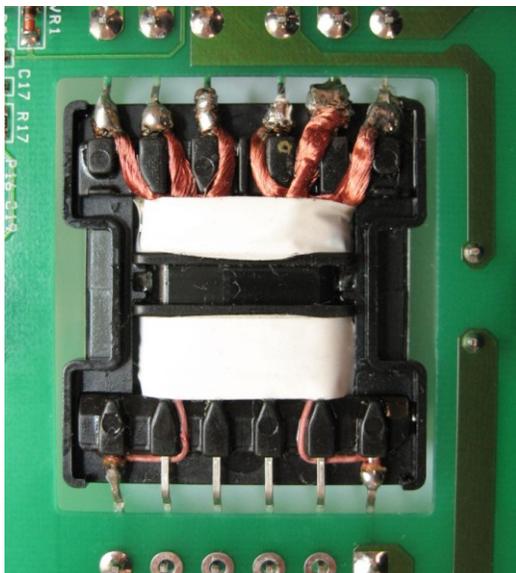


圖 34 – 變壓器 (T1)。可見光仰視圖。



圖 34 – 變壓器 (T1)。熱跡仰視圖，滿載，室溫。

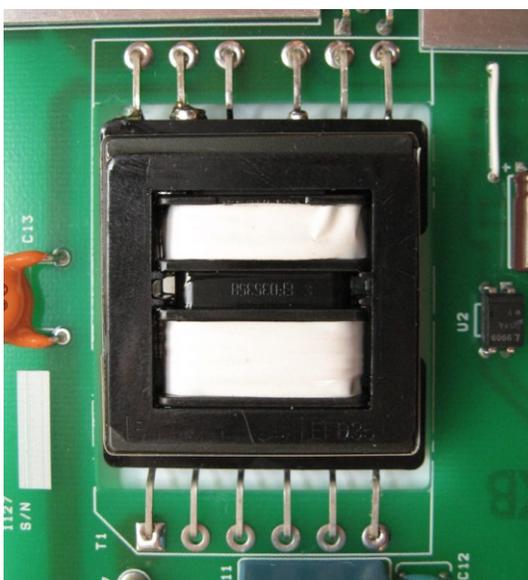


圖 36 – 變壓器 (T1)。可見光俯視圖。

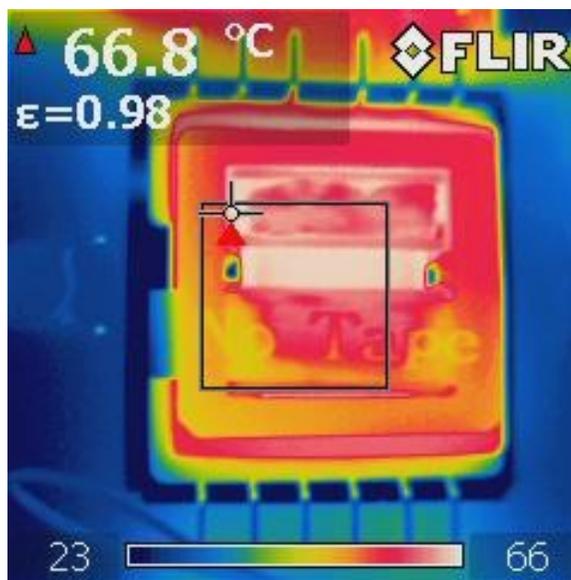


圖 37 – 變壓器 (T1)。熱跡俯視圖，滿載，室溫。

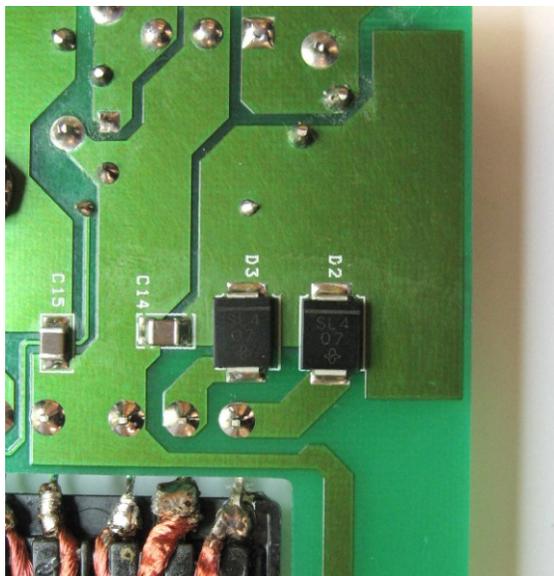


圖 38 – 12 V 輸出整流器 (D2-D3)。可見光視圖。

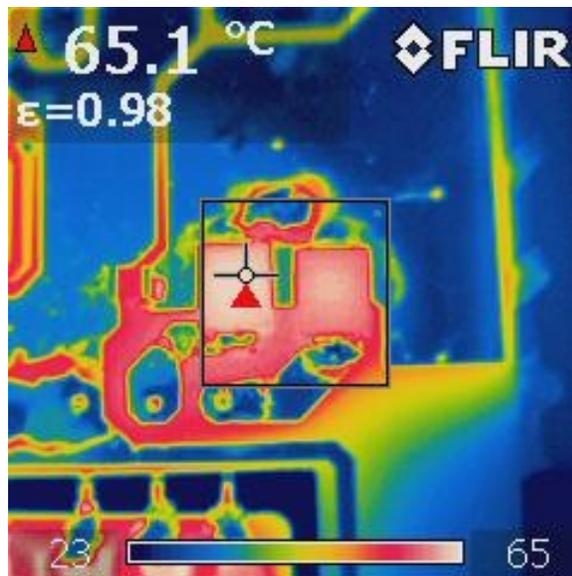


圖 39 – 12 V 輸出整流器 (D2-D3)。滿載熱跡圖，室溫。

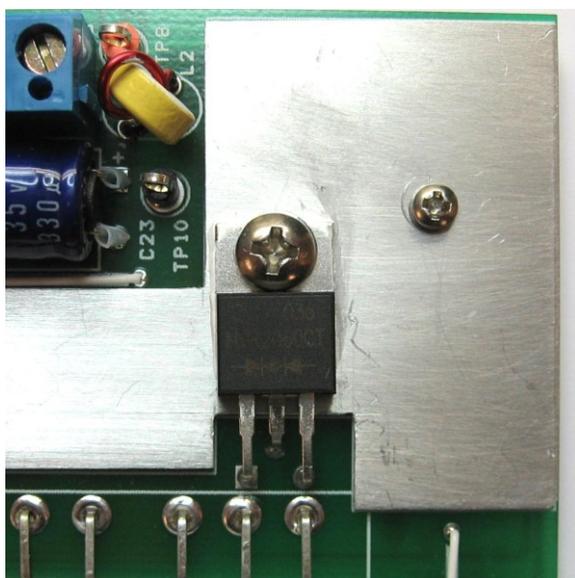


圖 40 – 24 V 輸出整流器 (D4)。可見光視圖。

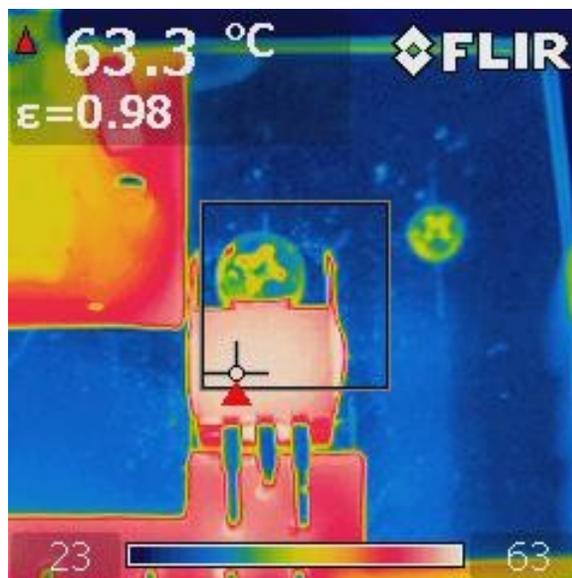


圖 41 – 24 V 輸出整流器 (D4)。滿載熱跡圖，室溫。



圖 42 – HiperLCS (U1)。可見光視圖。

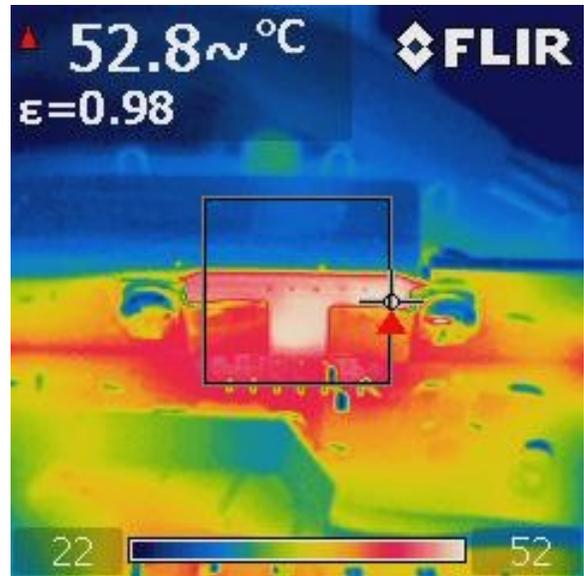


圖 43 – 滿載 HiperLCS (U1)。熱跡圖，室溫。

14 增益-相位測量

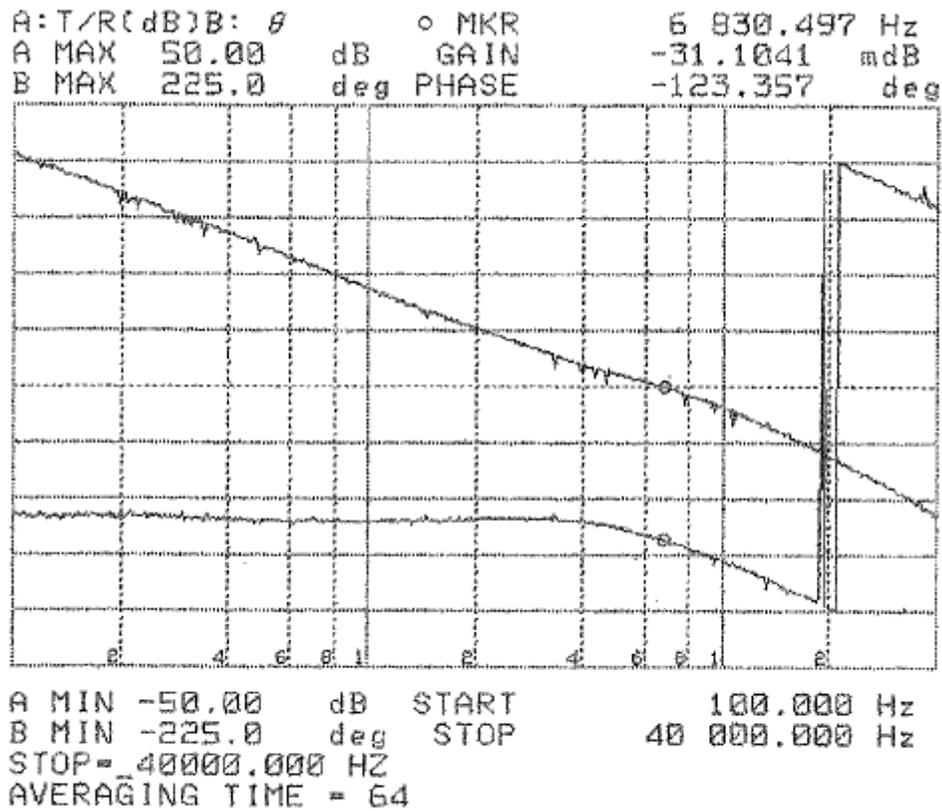


圖 44 – 增益-相位回應，滿載，380 VDC 輸入。增益交越頻率為 6.8 kHz，相位餘裕為 57 度。

15 修訂記錄

日期	作者	修訂	說明與變更	已審核
2011 年 9 月 13 日	RH	1.0	初始版本	應用與行銷部門



For the latest updates, visit our website: www.powerint.com

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

PATENT INFORMATION

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits' external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations' patents may be found at www.powerint.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at <http://www.powerint.com/ip.htm>.

The PI Logo, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, CAPZero, SENZero, LinkZero, HiperPFS, HiperTFS, HiperLCS, Qspeed, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StackFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. © Copyright 2011 Power Integrations, Inc.

Power Integrations Worldwide Sales Support Locations

WORLD HEADQUARTERS

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138, USA.
Main: +1-408-414-9200
Customer Service:
Phone: +1-408-414-9665
Fax: +1-408-414-9765
e-mail:
usasales@powerint.com

GERMANY

Rueckertstrasse 3
D-80336, Munich
Germany
Phone: +49-89-5527-3911
Fax: +49-89-5527-3920
e-mail:
eurosales@powerint.com

JAPAN

Kosei Dai-3 Building
2-12-11, Shin-Yokohama,
Kohoku-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa 222-0033
Japan
Phone: +81-45-471-1021
Fax: +81-45-471-3717
e-mail: japansales@powerint.com

TAIWAN

5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1
Nei Hu District
Taipei 114, Taiwan R.O.C.
Phone: +886-2-2659-4570
Fax: +886-2-2659-4550
e-mail:
taiwansales@powerint.com

CHINA (SHANGHAI)

Rm 1601/1610, Tower 1
Kerry Everbright City
No. 218 Tianmu Road West
Shanghai, P.R.C. 200070
Phone: +86-021-6354-6323
Fax: +86-021-6354-6325
e-mail:
chinasales@powerint.com

INDIA

#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052
India
Phone: +91-80-4113-8020
Fax: +91-80-4113-8023
e-mail:
indiasales@powerint.com

KOREA

RM 602, 6FL
Korea City Air Terminal B/D, 159-6
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,
Seoul, 135-728
Korea
Phone: +82-2-2016-6610
Fax: +82-2-2016-6630
e-mail: koreasales@powerint.com

EUROPE HQ

1st Floor, St. James's House
East Street, Farnham
Surrey GU9 7TJ
United Kingdom
Phone: +44 (0) 1252-730-141
Fax: +44 (0) 1252-727-689
e-mail:
eurosales@powerint.com

CHINA (SHENZHEN)

Rm A, B & C 4th Floor, Block C,
Electronics Science and
Technology Building
2070 Shennan Zhong Road
Shenzhen, Guangdong,
P.R.C. 518031
Phone: +86-755-8379-3243
Fax: +86-755-8379-5828
e-mail:
chinasales@powerint.com

ITALY

Via De Amicis 2
20091 Bresso MI
Italy
Phone: +39-028-928-6000
Fax: +39-028-928-6009
e-mail:
eurosales@powerint.com

SINGAPORE

51 Newton Road,
#19-01/05 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
Fax: +65-6358-2015
e-mail:
singaporesales@powerint.com

APPLICATIONS HOTLINE

World Wide +1-408-414-9660

APPLICATIONS FAX

World Wide +1-408-414-9760

