

標題	使用 HiperLCS™ LCS702HG 的 150 W LLC 高電壓 DC-DC 諧振轉換器參考設計報告
規格	380 VDC 輸入；24 V、6.25 A 輸出
應用	HiperLCS 的評估
作者	應用工程部門
文件編號	RDR-239
日期	2011 年 9 月 13 日
修訂	1.0

摘要與功能

- 低零件數，低成本的簡式諧振 (LLC) 轉換器
 - 控制器、高壓側與低壓側 MOSFETS 與驅動器的整合，可減省元件數量與設計心力
- 高操作頻率 (250 kHz)
 - 可縮小變壓器鐵芯尺寸 (EEL25) 和轉換器尺寸
 - 能以陶瓷輸出電容器取代電解輸出電容器
- 高效率
 - 滿載下的效率超過 95%
 - 平均效率大於 95% (負載點 20%、50%、100%)
- 電容式電流感測，達成低功率消耗
- 突波模式確保無負載調節

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>>。

目錄

1	簡介	4
1.1	重要附註	4
2	電源供應器規格	9
3	電路圖	10
4	電路說明	11
4.1	一次側	11
4.2	輸出整流	13
5	PCB 佈局	14
6	物料表	16
7	變壓器設計試算表	18
8	變壓器規格	24
8.1	電氣圖	24
8.2	電氣規格	24
8.3	材料	24
8.4	變壓器建置圖	25
8.5	變壓器構造	25
8.6	繞線示意圖	26
9	輸出電感器規格	29
9.1	電氣圖	29
9.2	電氣規格	29
9.3	材料清單	29
10	散熱片組裝	30
10.1	二極體散熱片	30
10.1.1	二極體散熱片圖面	30
10.1.2	二極體散熱片製造組裝圖面	31
10.1.3	二極體和散熱片組裝圖面	32
10.2	HiperLCS 散熱片	33
10.2.1	HiperLCS 散熱片圖面	33
10.2.2	HiperLCS 散熱片製造組裝圖面	34
10.2.3	HiperLCS 和散熱片組裝圖面	35
11	效能資料	36
11.1	效率曲線 – 100%、50%、20% 及 10% 負載	36
11.2	負載調節曲線 – 100%、50%、20%、10% 及 0 負載	37
11.3	資料表	37
12	波形	38
12.1	半橋電壓和電流，標準操作	38
12.2	輸出電壓啓動輪廓	39
12.3	輸出電壓關閉	40
12.4	輸出過載	40



12.5	輸出二極體反向峰值電壓.....	41
12.6	短路.....	41
12.7	負載步階回應，380 VDC 輸入.....	42
12.8	負載步階回應，400 VDC 輸入.....	45
12.9	輸出漣波的測量.....	48
12.9.1	漣波測量技術.....	48
12.9.2	輸出漣波測量結果.....	49
13	溫度測量.....	50
13.1	條件：380 VDC，滿載，浸泡 1 小時.....	50
14	增益-相位圖.....	52
15	修訂記錄.....	53

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 LCS702HG 整合式 LLC 功率級 IC 的 24 V、150 W LLC DC-DC 轉換器。本報告與電路板係作為一般用途的測試平台，以展現 HiperLCS 裝置系列的操作與性能。

本設計於 300 V 至 420 V DC 的輸入電壓範圍操作，需要 12 V 輔助電源。典型系統中的高壓 DC 輸入可從 PFC 級供應，12 V 部分則從系統偏壓或待機電源供應器供應。

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-239 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 μ F 的電容器。

將此轉換器作為二次側監督電路或輸出 OV 撬棍的系統，大多具有輸出過壓的保護。因此本設計有短路保護，但未佈建輸出過壓保護。以停用 TL431 (U3) 或光耦合器 (U2) 的方式執行過壓測試，會使輸出電壓提高，終至超過輸出蕭特基整流器 (D2) 的電壓額定值而導致故障。



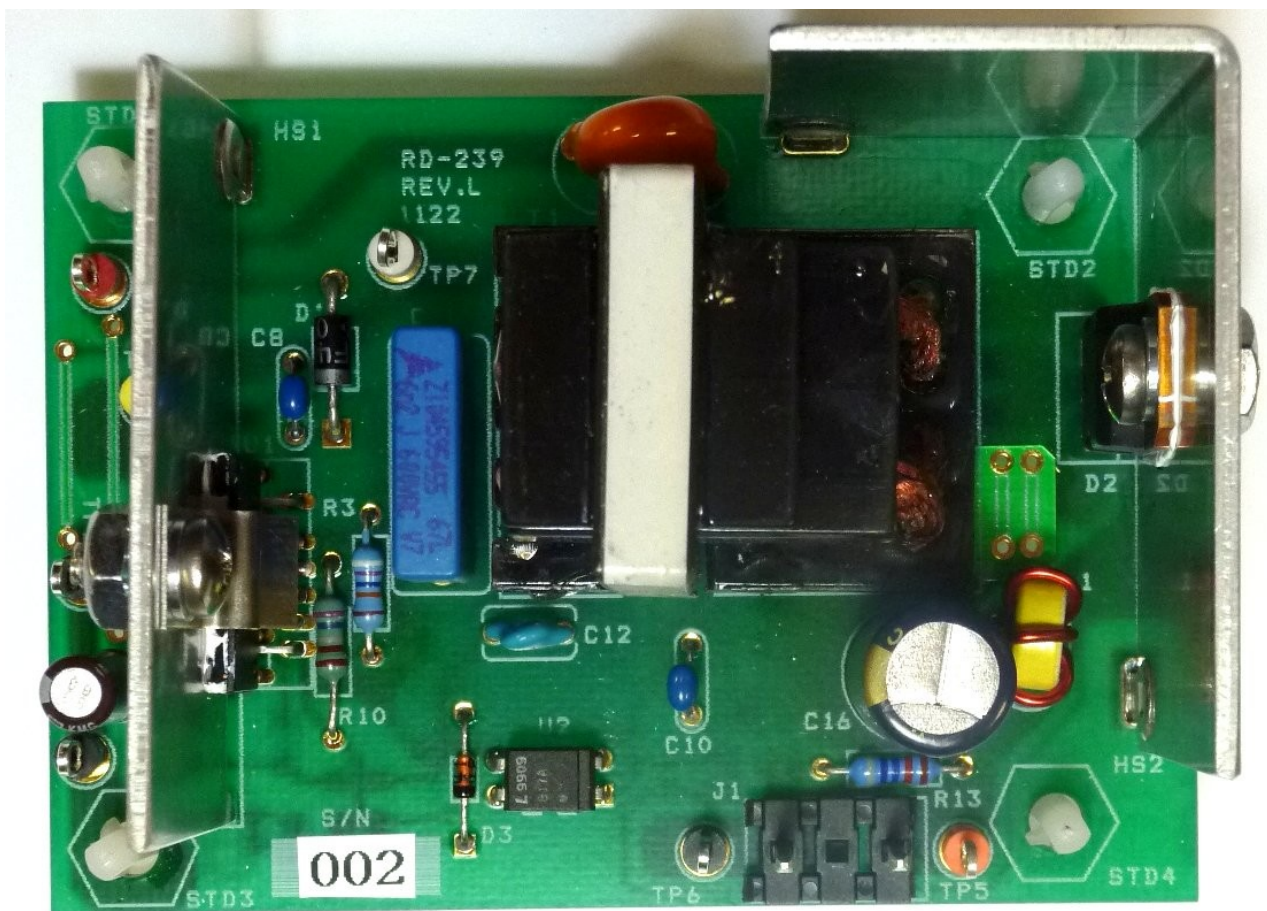


圖 1 – 植入的電路板照片，俯視圖。





圖 2 – 植入的電路板照片，側視圖 (1)。



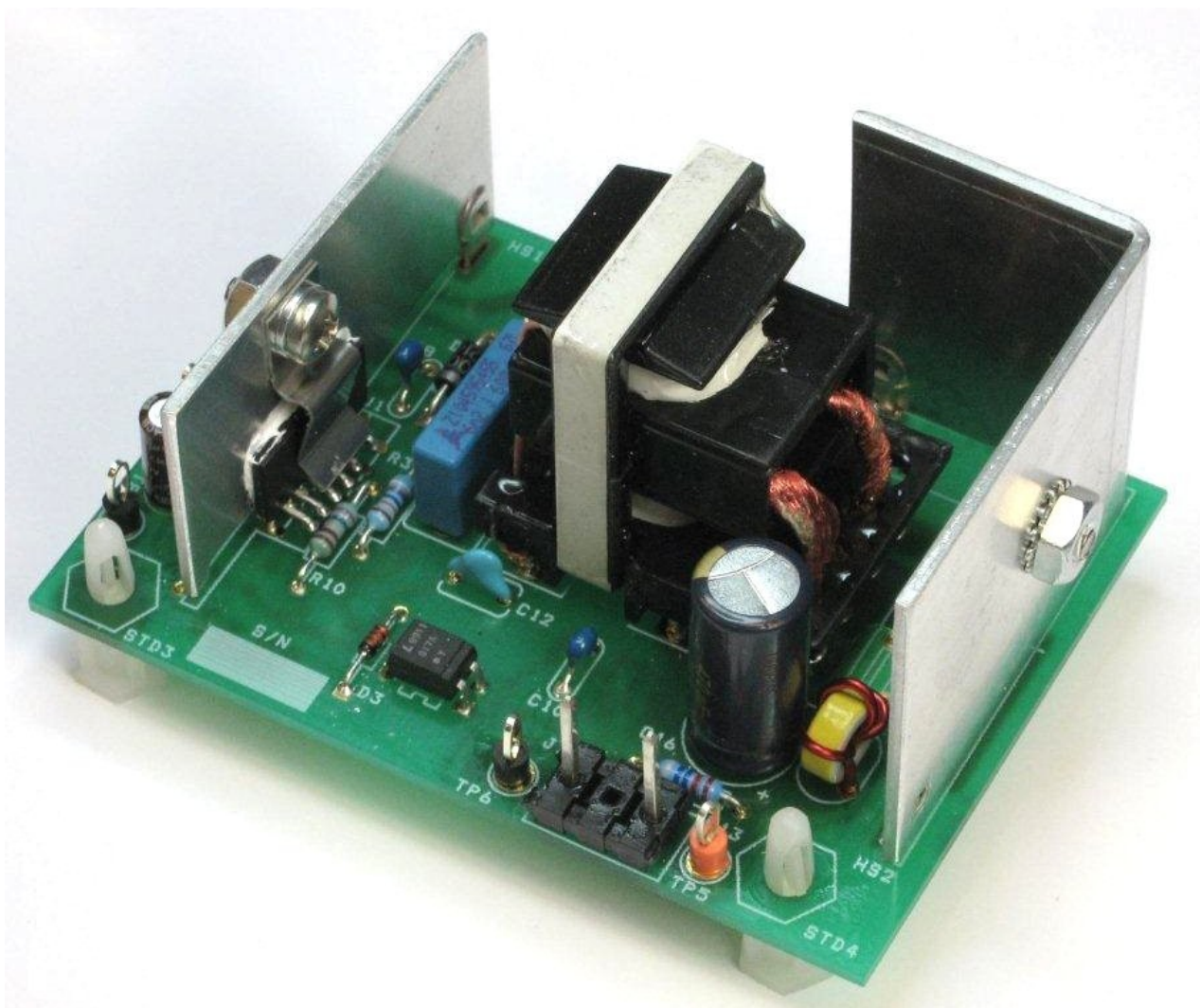


圖 3 – 植入的電路板照片，側視圖 (2)。



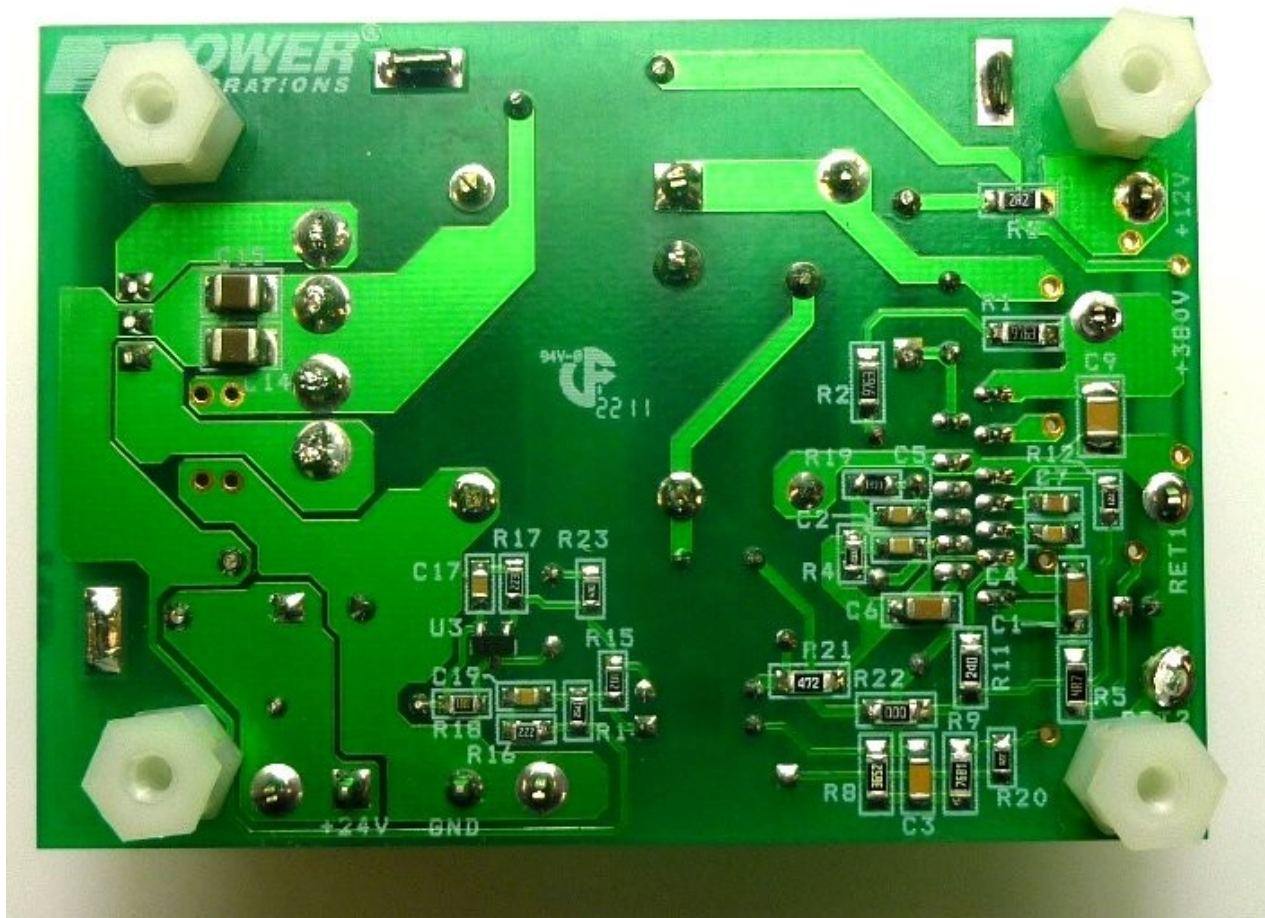


圖 4 – 植入的電路板照片，仰視圖。



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						
DC 匯流排電壓	V_{IN}	300	380	420	VDC	僅限 DC 輸入。 大於 15 V 可能會損傷 U1
VCC 電壓	V_{CC}	11.4		14.5	VDC	
無負載輸入功率 (380 VDC)			N/A		W	
啟動電壓	V_{START}		360		VDC	
關機電壓	V_{STOP}		285		VDC	
輸出						
輸出電壓	V_{OUT}	22.8	24	25.2	V	± 5% 20 MHz 頻寬
輸出 P-P 漣波電壓	V_{RIPPLE}			240	mV	
輸出電流	I_{OUT}	0	6.25	6.25	A	
總輸出功率						
連續輸出功率	P_{OUT}			150	W	
峰值輸出功率	P_{OUT_PEAK}			150	W	
效率						在 25°C、380 VDC 輸入下測得
20% 負載	η	93.0	93.5		%	
50% 負載	η	95.0	96		%	
100% 負載	η	94.7	95.5		%	
尺寸		82.5 x 58.4 x 34.8			mm	長 x 寬 x 高
環境溫度	t_{AMB}	0		40	°C	對於 IC1 與輸出二極體而言， 工作環境溫度越高，所需散熱片 的熱阻抗則越低



4 電路說明

圖 5 中的電路圖說明使用 LCS702HG 實作的 24 V、150 W LLC DC-DC 轉換器，旨在示範 HiperLCS 裝置操作。設計上是由 380 V 的標準 DC 輸入電壓與 12 V 偏壓電源供應器所供應。

為能正常操作，RD-239 必須使用直接放置在 +380 V 輸入 (B+) 與直接置於端子間的輸入迴線 (0 V) 之間的至少 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 (HB) 轉換器所需的控制電路、驅動器和輸出 MOSFET。U1 的 HB 輸出會經由阻隔/諧振電容器 (C11) 驅動輸出變壓器 T1。此電容器的額定值是依照操作漣波電流所訂，能耐受故障狀況下存在的高電壓。

變壓器 T1 具有 53 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 ~278 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。

從變壓器尺寸、輸出濾波器電容 (因而能使用陶瓷電容器) 與效率之間看來，250 kHz 操作頻率是良好的折衷值。

選定的二次側繞組圈數能在鐵芯與銅損失之間提供良好的折衷辦法。一次側係使用 AWG #44 Litz 線，二次側使用 AWG #42 Litz 線，此一組合在操作頻率 (~250 kHz) 之下具有高效率。各 Litz 線徑規格內的股數是在繞組合適度與銅損失之間求取平衡而選定。

所選的鐵芯材料為 NC-2H (Nicera 出品)。此材料能產出可接受的 (低損失) 效能，然而選擇更適合高頻操作的材料如 PC95 (TDK 出品)，可進一步降低鐵芯損失並提高效率。

元件 D1、R6 及 C8 組成自舉電路，供電給 U1 內部的高壓側驅動器。

為 U1 供應 V_{CC} 的 +12 V 輸入，由元件 C20、R5 及 C1 為其提供濾波及旁路功能。
注意： V_{CC} 電壓高於 15 V 可能會損傷 U1。



R1 至 R4 的分壓器可設定 U1 的高電壓開啓、關閉與過壓的臨界值。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，其中輸入過壓關閉點為 473 VDC。內建磁滯將輸入欠壓關閉點設為 280 VDC。

電容器 C9 是 +380 V 輸入的高頻率旁路電容器，連接 U1 的 D 及 S1/S2 接腳之間的短 Trace。

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，例如金屬化薄膜、SL 陶瓷或 NPO/COG 陶瓷。RD-239 中使用的電容器為具有“SL”溫度特性的盤式陶瓷，常見使用於 CCFL 管的驅動器。選定的值可如以下公式所示設定 5.5 A 的 1 圈 (快速) 限電流，與 3 A 的 7 圈 (慢速) 限電流。

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

I_{CL} 是以安培為單位的 7 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 220 Ω ，即建議值。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，因此電流感測不需要複雜的整流設計。

電阻器 R10 可設定停滯時間為 330 ns，U1 最大操作頻率成為 773 kHz。U1 的 F_{MAX} 輸入是由 C5 進行濾波。R10 與 R19 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 338 kHz 和 386 kHz。

FEEDBACK 接腳具有入至 FEEDBACK 接腳每 μA 2.6 kHz 的近似特性。隨著流入 FEEDBACK 接腳的電流提高，U1 的操作頻率也會提高，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 (~115 kHz)。此值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 以 C3 旁通，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，至輸出電壓達到調節穩定為止。電阻器 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，會導致在施加輸入電壓時，於開始切換之前有所延遲。



光耦合器 U2 驅動 U1 FEEDBACK 接腳直到 R20，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 R21 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 R20 和 R21 也能增進大訊號步階回應與突波模式的輸出漣波。二極體 D3 能將 R21 與 F_{MAX} /軟啟動網路隔離。

4.2 輸出整流

變壓器 T1 的輸出經過 D2 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 D2 是針對高效率所選的 60 V 蕭特基整流器，將變壓器的二次側半相互纏繞 (參閱第 8 節的變壓器構造詳細資訊)，能降低這兩個二次側半之間的漏電感，並將最壞狀況的 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 和 C16 所完成。電容器 C16 也能在 ~30 kHz 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 和 R18 連同 U3 參考電壓可設定供電的輸出電壓。誤差放大器 U3 經由 R14 驅動回授光耦合器 U2。元件 C17、C19 及 R14、R16、R17 及 R21 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。元件 C10 和 R23 為軟關閉網路，用以免除開啓時的輸出過衝。電阻器 R23 為 C23 營造高 ESR，以便由 TL431 (U3) 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

0.042 DIA. SLOTS x 2

0.050 DIA.x 0.180 LONG SLOTS x 3

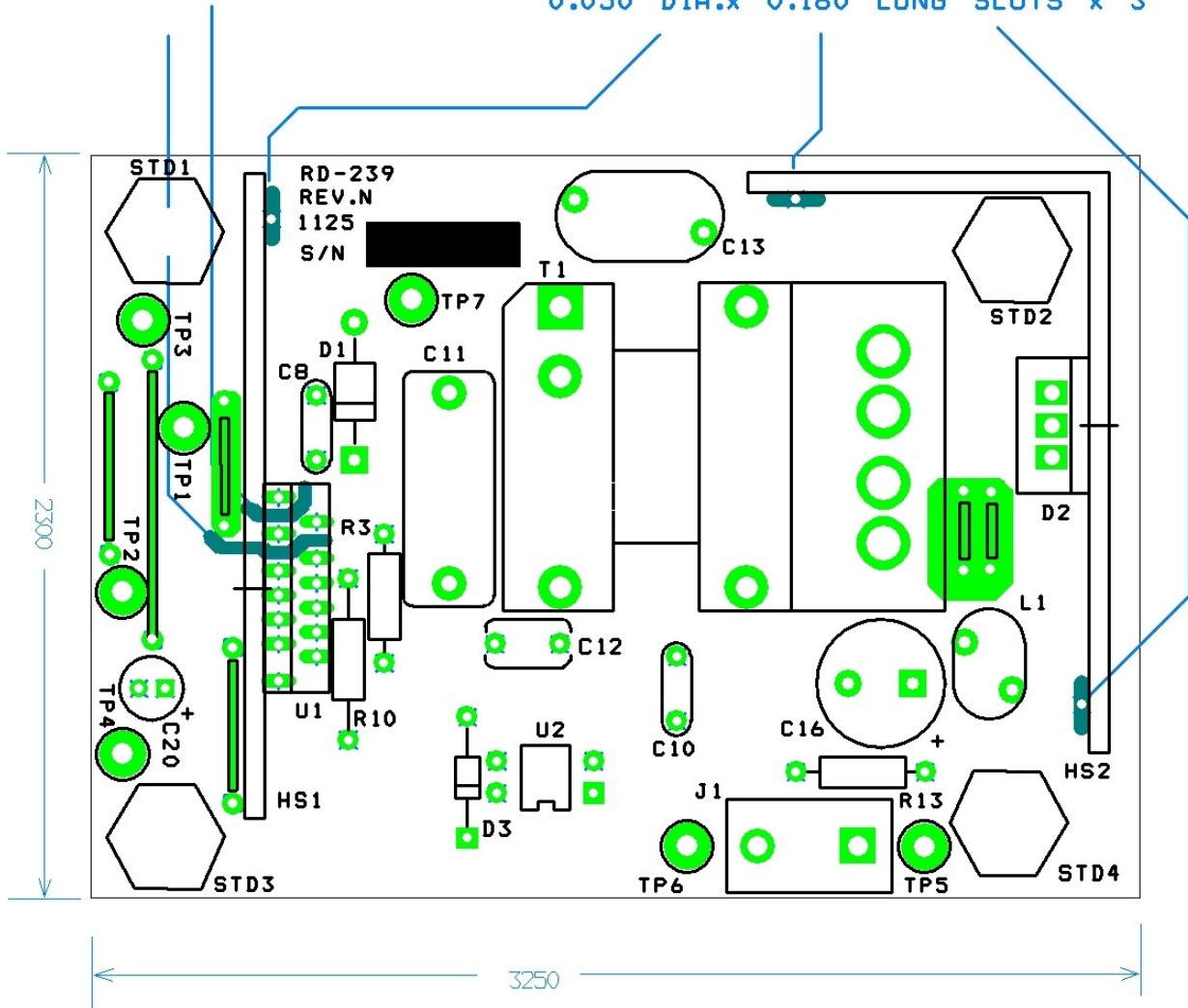


圖 6 – 印刷電路佈局，頂面。



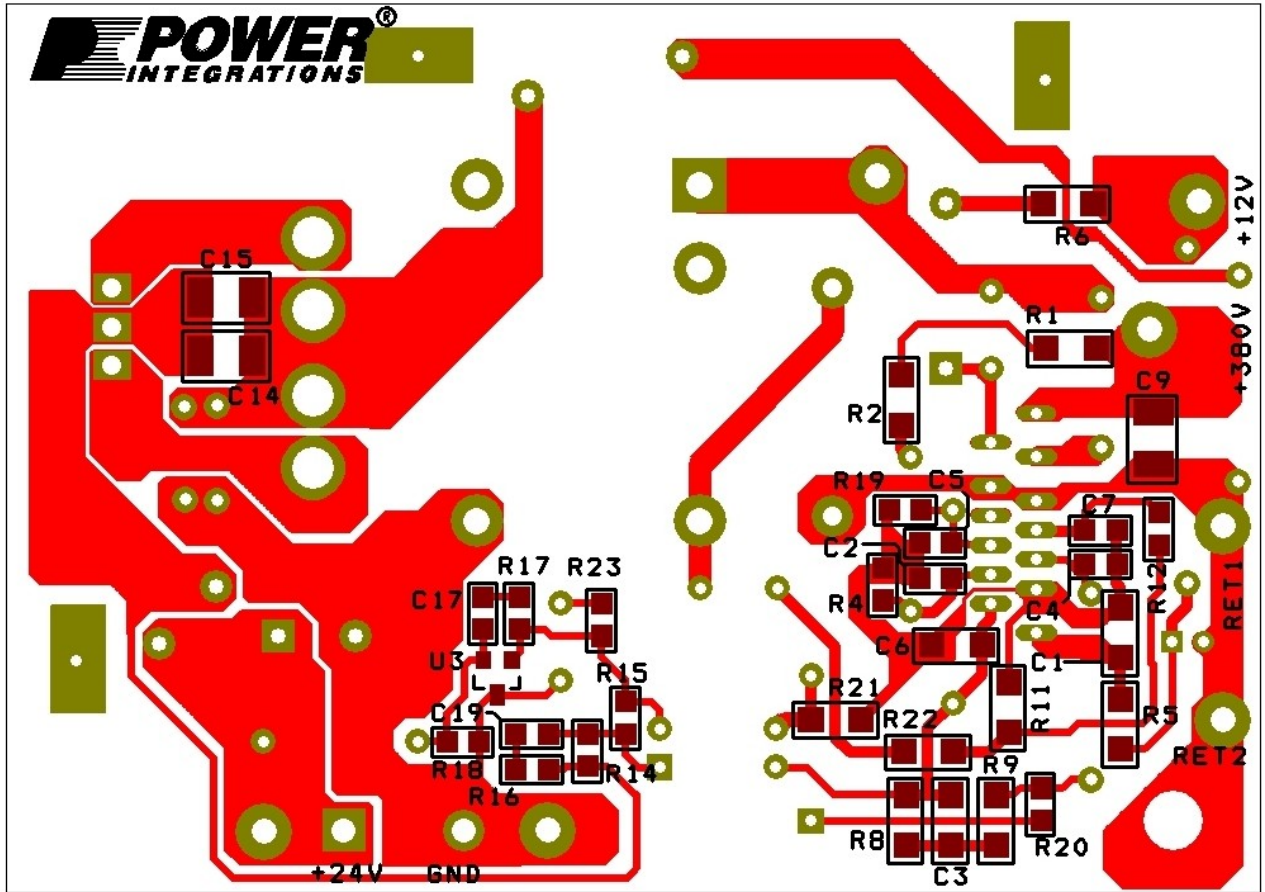


圖 7 – 印刷電路佈局，底面。



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	2	C8 C10	330 nF、50 V、陶瓷、X7R	FK24X7R1H334K	TDK
6	1	C9	22 nF、630 V、陶瓷、X7R、1210	GRM32QR72J223KW01L	Murata
7	1	C11	6.2 nF、1,600 V、薄膜	B32672L1622J000	Epcos
8	1	C12	47 pF、1 kV、盤式陶瓷	DEA1X3A470JC1B	Murata
9	1	C13	2.2 nF、陶瓷、Y1	440LD22-R	Vishay
10	2	C14 C15	10 μ F、35 V、陶瓷、X5R、1210	GMK325BJ106KN-T	Taiyo Yuden
11	1	C16	470 μ F、35 V、電解、極低 ESR、23 m Ω 、(10 x 20)	EKZE350ELL471MJ20S	Nippon Chemi-Con
12	1	C17	2.2 nF、200 V、陶瓷、X7R、0805	08052C222KAT2A	AVX
13	1	C19	3.3 nF、200 V、陶瓷、X7R、0805	08052C332KAT2A	AVX
14	1	C20	47 μ F、35 V、電解、一般用途、(5 x 11)	ECA-1VHG470	Panasonic
15	1	D1	600 V、1 A、超快速恢復型、75 ns、DO-41	UF4005-E3	Vishay
16	1	D2	60 V、30 A、雙蕭特基、TO-220AB	STPS30L60CT	ST Micro
17	1	D3	75 V、300 mA、快速切換、DO-35	1N4148TR	Vishay
18	1	ESIPCLIP M4 METAL1	散熱片硬體、邊緣夾， 長 20.76 mm x 寬 8 mm x 厚 0.015 mm	NP975864	Aavid Thermalloy
19	1	HS1	散熱片，二極體，自訂，鋁，3003，厚 0.62		自訂
20	1	HS2	散熱片，二極體，自訂，鋁，3003，厚 0.062		自訂
21	1	J1	3 位 (1 x 3) 排針座，0.156 間距，垂直， 中央接腳去除	26-48-1031	Molex
22	1	L1	自訂，150 nH，+/- 15%，建構在 Micrometals T30-26 環形鐵芯上	SNX R1595	Santronics USA
23	2	NUT1 NUT2	六角螺帽，Kep 6-32，鍍鋅	6CKNTZR	任何符合 RoHS 標準 的製造商
24	2	R1 R2	976 k Ω 、1%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8ENF9763V	Panasonic
25	1	R3	976 k Ω 、1%、1/4 W、金屬薄膜	MFR-25FBF-976K	Yageo
26	1	R4	20 k Ω 、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF2002V	Panasonic
27	1	R5	4.7 Ω 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ4R7V	Panasonic
28	1	R6	2.2 Ω 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ2R2V	Panasonic
29	1	R8	36.5 k Ω 、1%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8ENF3652V	Panasonic
30	1	R9	7.68 k Ω 、1%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8ENF7681V	Panasonic
31	1	R10	7.68 k Ω 、1%、1/4 W、金屬薄膜	MFR-25FBF-7K68	Yageo
32	1	R11	24 Ω 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ240V	Panasonic
33	1	R12	220 Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ221V	Panasonic
34	1	R13	86.6 k Ω 、1%、1/4 W、金屬薄膜	MFR-25FBF-86K6	Yageo
35	1	R14	7.5 k Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ752V	Panasonic
36	1	R15	1 k Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
37	1	R16	1.5 k Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ152V	Panasonic
38	1	R17	22 k Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ223V	Panasonic
39	1	R18	10 k Ω 、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF1002V	Panasonic
40	1	R19	143 k Ω 、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF1433V	Panasonic
41	1	R20	1.2 k Ω 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ122V	Panasonic
42	1	R21	4.7 k Ω 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ472V	Panasonic
43	1	R22	0 Ω 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEY0R00V	Panasonic



44	1	R23	47 Ω、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ470V	Panasonic
45	2	RTV1 RTV2	導熱矽膠膏	120-SA	Wakefield
46	2	SCREW1 SCREW2	十字機械螺絲 6-32 X 5/16 SS	PMSSS 632 0031 PH	Building Fasteners
47	4	STD1 STD2 STD3 STD4	電路板柱，母，六角，6-32，彈力式，0.375L， 尼龍	561-0375A	Eagle Hardware
48	1	T1	自訂變壓器，線軸，EEL25.4，垂直，11 接腳 (2 個接合接腳)	SNX R1545	Santronics USA
49	1	TP1	測試點，YEL、穿孔式接合	5014	Keystone
50	3	TP2 TP4 TP6	測試點、BLK、穿孔式接合	5011	Keystone
51	1	TP3	測試點、RED、穿孔式接合	5010	Keystone
52	1	TP5	測試點、ORG、穿孔式接合	5013	Keystone
53	1	TP7	測試點、WHT、穿孔式接合	5012	Keystone
54	1	U1	HiperLCS，ESIP16/13	LCS702HG	Power Integrations
55	1	U2	光耦合器，35 V，CTR 80-160%，4 -DIP	LTV-817A	Liteon
56	1	U3	IC，積納二極體分流調整器 ADJ SOT-23	LM431AIM3/NOPB	National Semr
57	2	WASHER1 WASHER2	平墊圈 #6，SS，鍍鋅，外徑 0.267 x 內徑 0.143 x 厚 0.032	620-6Z	Olander



7 變壓器設計試算表

HiperLCS_041311 ; 修訂版 1.0 ; Copyright Power Integrations 2011	輸入	資訊	輸出	單位	HiperLCS_041311_Rev1-0.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			103	uF	達到維持時間需求的大電容器最小值；調整維持時間和 Vbulkmin 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		24.0	V	主輸出電壓。試算表假設此為調節輸出
IO1	6.25		6.3	A	主輸出最大電流
VD1	0.60		0.60	V	主輸出中的二極體順向電壓
PO1			150	W	一次側 LLC 輸出的輸出功率
VO2			0.0	V	二次側輸出電壓
IO2			0.0	A	二次側輸出電流
VD2			0.70	V	二次側輸出中的二極體順向電壓
PO2			0.00	W	二次側 LLC 輸出的輸出功率
P_LLC			150	W	指定的 LLC 輸出功率
LCS 裝置選擇					
裝置	LCS702		LCS702		LCS 裝置
RDSON (最大值)			1.39	Ω	所選裝置的 RDSON (最大值)
Coss			250	pF	所選裝置的等效 Coss
Cpri			40	pF	變壓器一次側雜散電容
PCOND_LOSS			1.4	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			9.1	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			29	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			154	W	包含二極體損失在內，來自 LLC 轉換器的輸出
Vo			24.60	V	變壓器繞組主要輸出 (包含二極體壓降)
f_target			250	kHz	所需的 PFC 和 LLC 滿載切換頻率。66 kHz 至 300 kHz，建議為 250 kHz
Lpar			287	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			340	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	53.00		53.0	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			5.4		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			5.098	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			50	%	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			7.50		LLC 等效電路理想變壓器之圈數比
Npri	49.0		49.0		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	6.0		6.0		二次側圈數（主輸出的每個相位）。預設值依保持 $BAC \leq 2000$ 高斯所估算
f_predicted			280	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			278	kHz	串聯諧振頻率（由串聯電感 Lres 和 C 所定義）
f_brownout			180	kHz	VBULK_MIN、滿載時的切換頻率
f_par			110	kHz	並聯諧振頻率（由 Lpar + Lres 和 C 所定義）
f_inversion			164	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			256	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			0.99	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			4.8	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			2.8	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			0.0	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			0.0	A	較高二次側電壓電容器的有效值電流
Cres_Vrms			91	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			49.0		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			6.0		試驗變壓器二次側圈數；預設值來自諧振區段
新的 Lpri			340	uH	試驗變壓器開路電感；預設值來自諧振區段
新的 Cres			7.6	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			53.0	uH	試驗變壓器的估計 Lres
新的估計 Lpar			287	uH	試驗變壓器的 Lpar 估計值
新的估計 Lsec			5.098	uH	二次側漏電感估計值
新的 Kratio			5.4		試驗變壓器 Lpar 對 Lres 比率
新的等效電路變壓器圈數比			7.50		估計的有效變壓器圈數比
新的 V 傳動元件反向			246	V	大電容器上的電壓，低於此值將導致 ZVS 損失
f_res_trial			250	kHz	新的串聯諧振頻率
f_predicted_trial			252	kHz	新的標準操作頻率



IRMS_LLC_Primary			1.01	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			3.2	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			5.0	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			0.0	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	EEL25		EEL25		變壓器鐵芯
Ae			0.4	cm ²	輸入變壓器鐵芯截面積
Ve			3.0	cm ³	輸入鐵芯體積
Aw			107.9	mm ²	窗口面積
Bw			22.0	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			3.1	cm	平均每圈長度
N_CHAMBERS			2.0		線軸腔數量
W_SEP			3.0	mm	繞組分離器距離 (將造成繞組面積損失)
功率損失			0.6	W	估計的鐵芯損失
Bpkfmin			141	mT	最小頻率時的第一象限峰值磁通密度
BAC			181	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			49.0		一次側圈數；取決於 LLC 諧振區段
一次側規格			44	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			0.050	mm	等效線徑 (標準單位)
一次側 Litz 股數	125		125		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			47	mm ²	一次側繞組窗口面積
填充係數			43%	%	% 一次側繞組填充係數 (典型最大填充為 60%)
Resistivity_25 C_Primary			75.42	m-ohm/m	電阻率 (毫歐姆/公尺)
一次側 DCR 25 C			114.42	m-ohm	25 C 時的估計電阻
一次側 DCR 100 C			153.32	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			0.99	A	所測得通過一次側繞組的有效值電流
ACR_Trif_Primary			245.31	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			0.24	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			24.00	V	輸出電壓 (假設 AC 堆疊繞組)
二次側 1 圈數			6.00		二次側繞組圈數 (每個相位)
二次側 1 有效值電流 (總值, AC+DC)			4.8	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)			3.13	A	繞組電流的 DC 元件
繞組電流 (AC 有效值元件)			3.68	A	繞組電流的 AC 元件
二次側 1 線徑規格			42	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			0.060	mm	等效線徑 (標準單位)



二次側 1 Litz 股數	270		270		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			21.96	m-ohm/m	電阻率 (毫歐姆/公尺)
DCR_25C_Sec1			4.08	m-ohm	25 C 時每相位的估計電阻 (僅供參考)
DCR_100C_Sec1			5.47	m-ohm	100 C 時每相位的估計電阻 (較 25 C 時高出約 33%)
DCR_Ploss_Sec1			0.43	W	由 DC 電阻所致的估計的功率損失 (兩個二次側相位)
ACR_Sec1			8.75	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			0.24	W	估計的 AC 銅損失 (兩個二次側相位)
總繞組 1 銅損失			0.66	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			2.8	A	輸出電容器的有效值電流
Co1			4.8	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
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			0.00	V	輸出電壓 (假設 AC 堆疊繞組)
二次側 2 圈數			0.00		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)			4.8	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)			0.0	A	繞組電流的 DC 元件
繞組電流 (AC 有效值元件)			0.0	A	繞組電流的 AC 元件
二次側 2 線徑規格			42	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			0.060	mm	等效線徑 (標準單位)
二次側 2 Litz 股數			0		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			59292.53	m-ohm/m	電阻率 (毫歐姆/公尺)
變壓器二次側 MLT			3.10	cm	平均每圈長度
DCR_25C_Sec2			0.00	m-ohm	25 C 時每相位的估計電阻 (僅供參考)
DCR_100C_Sec2			0.00	m-ohm	100 C 時每相位的估計電阻 (較 25 C 時高出約 33%)
DCR_Ploss_Sec1			0.00	W	由 DC 電阻所致的估計功率損失 (兩個二次側半側)
ACR_Sec2			0.00	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			0.00	W	估計 AC 銅損失 (兩個二次側半側)
總繞組 2 銅損失			0.00	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			0.0	A	輸出電容器的有效值電流
Co2			N/A	uF	二次側 2 的輸出電容器
電容器的漣波電壓			N/A	%	二次側 1 的輸出電容器上的峰值到峰值漣波電壓
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)			0.24	W	在 85 C 時的總一次側繞組銅損失
二次側銅損失			0.66	W	二次側繞組中的總銅損失
變壓器總銅損失			0.91	W	變壓器 (一次側 + 二次側) 中的總銅損失
AW_S			46.59	mm^2	二次側繞組窗口面積
二次側填充係數			33%	%	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	330		330	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			773	kHz	最大內部時鐘頻率，取決於停滯時間的設定
f_burst_start			338	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			386	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			145	Ω	從 DT/BF 接腳到 G 接腳的電阻器
Rstart			7.62	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
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			34.7	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		0.2	uF	軟啟動電容器。建議值介於 0.1uF 和 10uF 之間
Ropto			3.9	Ω	電阻器與光耦合器的射極串聯
OV/UV 接腳下方電阻器	20.00		20.0	Ω	OV/UV 接腳分壓中的下方電阻器
OV/UV 接腳上方電阻器			2.92	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			2.78	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			5.00	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			23.9	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			1.4	W	標準線間電壓與滿載時的導通損失
輸出二極體損失			3.8	W	估計的二極體損失
估計的變壓器總銅損失			0.91	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			0.6	W	估計的鐵芯損失
變壓器總損失			1.5	W	變壓器總損失
估計的總損失			6.6	W	在 LLC 級的總損失
估計的效率			96%	%	估計的效率
接腳			157	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			0.60	V	二極體壓降電壓 Vo1
N1			6.00		Vo1 的總圈數
V1_Actual			24.00	V	預期輸出
V2			0.00	V	目標輸出電壓 Vo2
V2d2			0.70	V	二極體壓降電壓 Vo2
N2			0.00		Vo2 的總圈數
V2_Actual			-0.70	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			53.00	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			10		一次側圈數
BP_fnom			1502	高斯	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			2.8	A	預期峰值一次側電流
BP_fmin			2804	高斯	峰值磁通密度，在最小頻率 fmin 時計算
電感器規格			44	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			0.050	mm	等效線徑 (標準單位)
電感器 Litz 股數			125.00		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			75.4	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			52.8	m-ohm	估計的 25 C 的電阻 (供參考)
電感器 DCR 100 C			70.7	m-ohm	估計的 100 C 的電阻 (較 25 C 時高出約 33%)
ACR_Sep_Inductor			113.2	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			0.11	W	在 85 C 時的總一次側繞組銅損失



8 變壓器規格

8.1 電氣圖

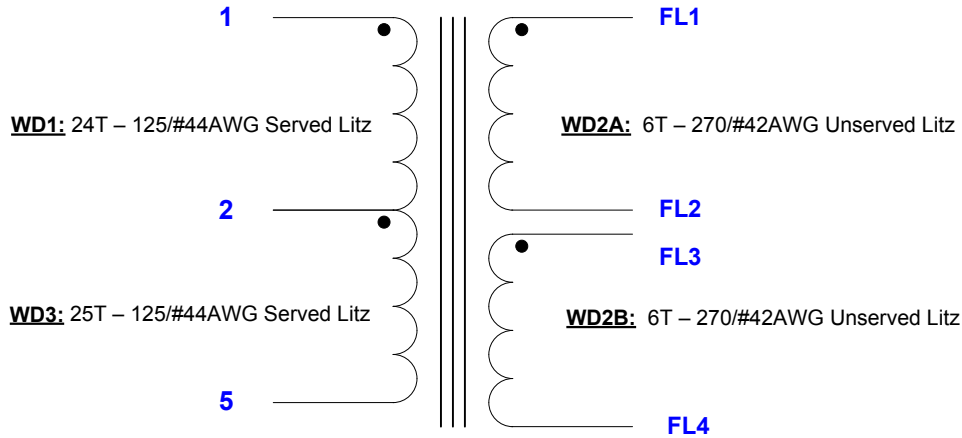


圖 8 – 變壓器電氣圖。

8.2 電氣規格

電氣強度	1 秒，60 Hz，從接腳 1-5 到 FL1、FL2、FL3、FL4	3000 VAC
一次側電感	接腳 1-5，所有其他繞組開路，在 300 kHz、0.4 V _{RMS} 進行測量	350 μH，±10%
諧振頻率	接腳 1-5，所有其他繞組開路	1400 kHz (最低)
一次側漏電感	接腳 1-5，FL1、FL2、FL3、FL4 短路情況下，於 300 kHz，0.4 V _{RMS} 條件下測量	53 μH ±7%

8.3 材料

項目	說明
[1]	鐵芯對組：EEL25.4 Nippon Ceramic FEEL25.4-NC-2H，無間隙。
[2]	線軸：EEL25 垂直，3 腔，5 接腳。PI P/N 25-00960-05。
[3]	線軸外殼，PI P/N 25-00961-00。
[4]	膠帶：聚酯纖維膠膜，3M 1350F-1 或等效，7.0mm 寬。
[5]	Litz 線：270/#42 單塗層，未包覆。
[6]	Litz 線：125/#44 單塗層，有包覆。
[7]	變壓器凡立水：Dolph BC-359 或等效。



8.4 變壓器建置圖

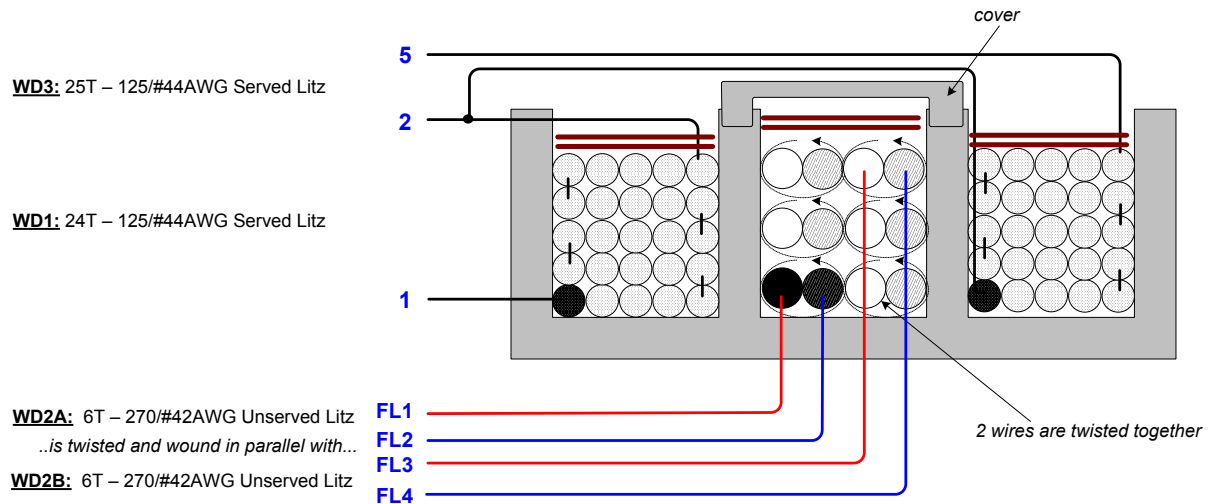
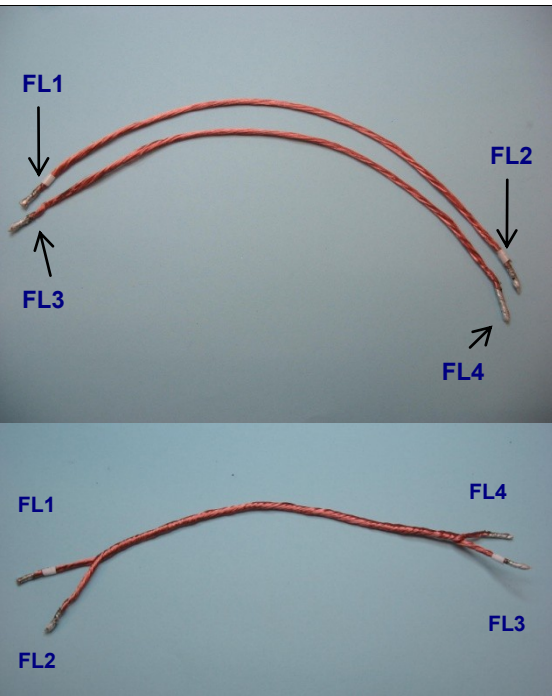
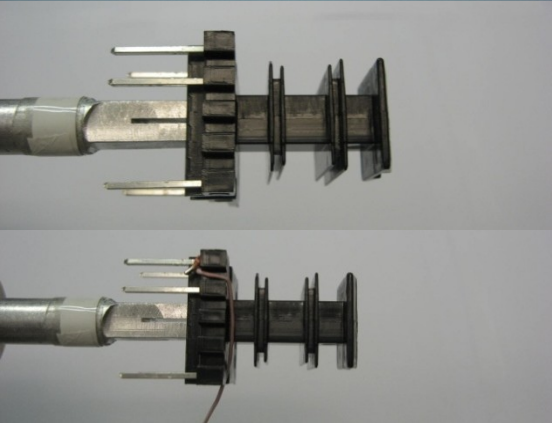
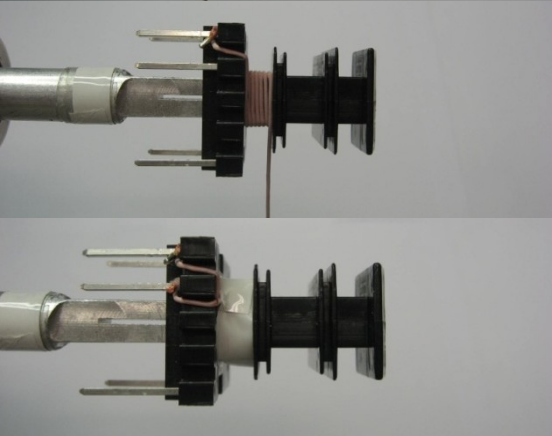


圖 9 – 變壓器建置圖。

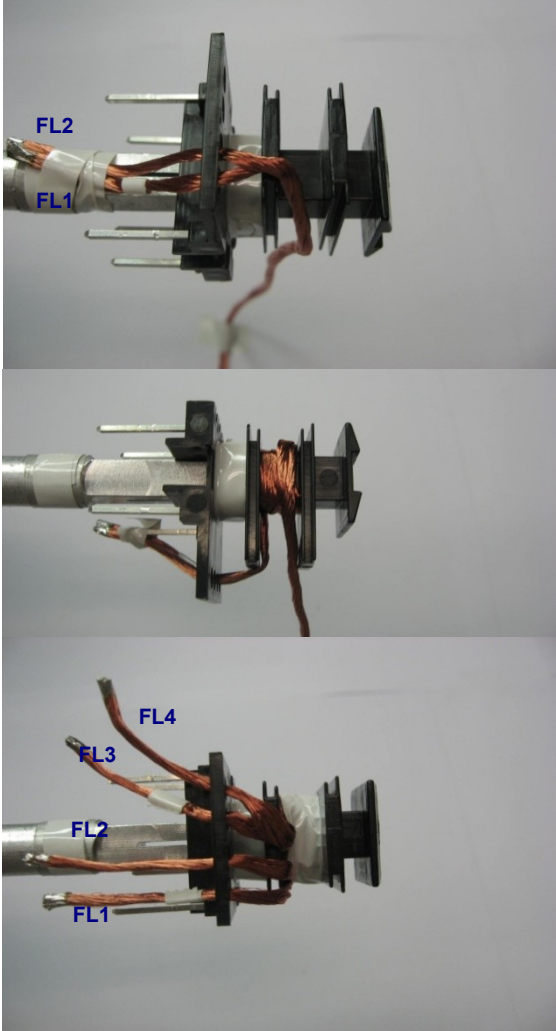
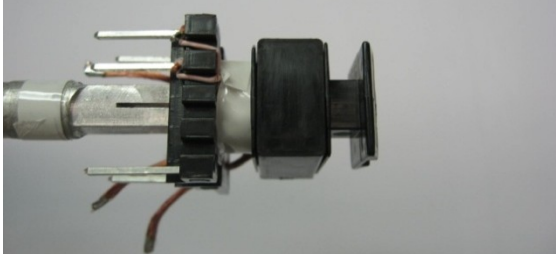
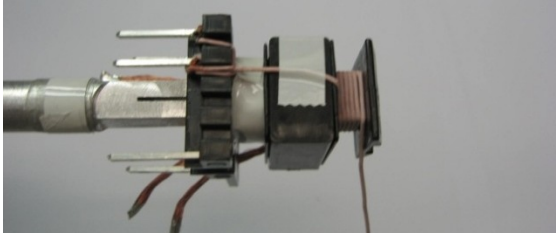
8.5 變壓器構造

二次側線材的準備	準備長度 13” 的 2 股線材 [5]，兩端焊錫，標示一股以彼此區分，並指定為 FL1、FL2。另一股指定為 FL3 和 FL4。將這 2 股線沿著長端均勻相捻出 ~30 個扭結，兩端各留出 1”。參閱下圖。
WD1 (一次側)	將線軸項目 [2] 放置在軸心上，使得接腳側位於左側。 從接腳 1 開始，分 5 層繞 24 圈有包覆的 Litz 線材 [6]，到接腳 2 結束。用一圈膠帶固定繞組 [4]。
WD2A 和 WD2B (二次側)	利用步驟 1 所製作的無包覆 Litz 組裝件，首先將 FL1 和 FL3 插入線軸底端凸緣 [2] 的孔 1 和孔 2 (參閱圖示)。緊緊往線軸中腔內纏繞 6 圈。至 FL2 插入線軸底端凸緣的孔 3，FL4 插入孔 4 即告完成。用一圈膠帶固定繞組 [4]。
線軸外殼	依圖所示將線軸外殼 [3] 滑入線軸凸緣內的溝槽，外殼閉端指向線軸的接腳 1-5 側 (參閱圖示)。確定外殼穩固就定位。
WD 3 (一次側)	從線軸的接腳 2 開始 [2]，纏繞 25 圈的有包覆 Litz 線 [6]，至接腳 5 結束。依照圖示用膠帶 [4] 將繞組開端的導線固定並且絕緣。用一圈膠帶固定繞組 [4]。
完成	研磨鐵芯半側 [1] 以達到電感 $350 \mu\text{H} \pm 10\%$ 。裝配及固定鐵芯半側。依照圖示將所有二次側導線焊錫至距線軸孔洞 ~1/4”，並修剪至 1/2”。 浸凡立水 [7]。

8.6 繞線示意圖

<p>二次側線材的準備</p>		<p>準備長度 13” 的 2 條纜線 [5]，兩端焊錫，標示一根以彼此區分，並指定為 FL1、FL2。另一根纜線指定為 FL3 和 FL4。將這 2 根纜線沿著長端均勻相捻出 ~15 個扭結，兩端各留出 1”。參閱下圖。</p>
<p>WD1 (一次側)</p>		<p>將線軸項目 [2] 放置在軸心上，使得接腳側位於左側。</p>
<p>WD1 (一次側) (續上頁)</p>		<p>從接腳 1 開始，分 5 層繞 24 圈有包覆的 Litz 線材 [6]，到接腳 2 結束。用一圈膠帶固定繞組 [4]。</p>



<p>WD2A 和 WD2B (二次側)</p>		<p>利用步驟 1 所製作的無包覆 Litz 組裝件，首先將 FL1 和 FL3 插入線軸底端凸緣 [2] 的孔 1 和孔 2 (參閱圖示)。緊緊往線軸中腔內纏繞 6 圈。至 FL2 插入線軸底端凸緣的孔 3，FL4 插入孔 4 即告完成。用一圈膠帶固定繞組 [4]。</p>
<p>線軸外殼</p>		<p>依圖所示將線軸外殼 [3] 滑入線軸凸緣內的溝槽，外殼閉端指向線軸的接腳 1-5 側 (參閱圖示)。確定外殼穩固就定位。</p>
<p>WD 3 (一次側)</p>		<p>從線軸的接腳 2 開始 [2]，分 5 層纏繞 25 圈的有包覆 Litz 線 [6]，至接腳 5 結束。</p> <p>依照圖示用膠帶 [4] 將繞組開端的導線固定並且絕緣。用一圈膠帶固定繞組 [4]。</p>

		
<p>完成</p>	 <p>正面</p> <p>背面</p>	<p>研磨鐵芯半側 [1] 以達到電感 $350 \mu\text{H} \pm 10\%$。裝配及固定鐵芯半側。依照圖示將所有二次側導線焊錫至距線軸孔洞 $\sim 1/4$"，並修剪至 $1/2$"。浸凡立水 [7]。</p>



9 輸出電感器規格

9.1 電氣圖

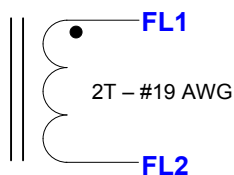


圖 10 – 電感器電氣圖。

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

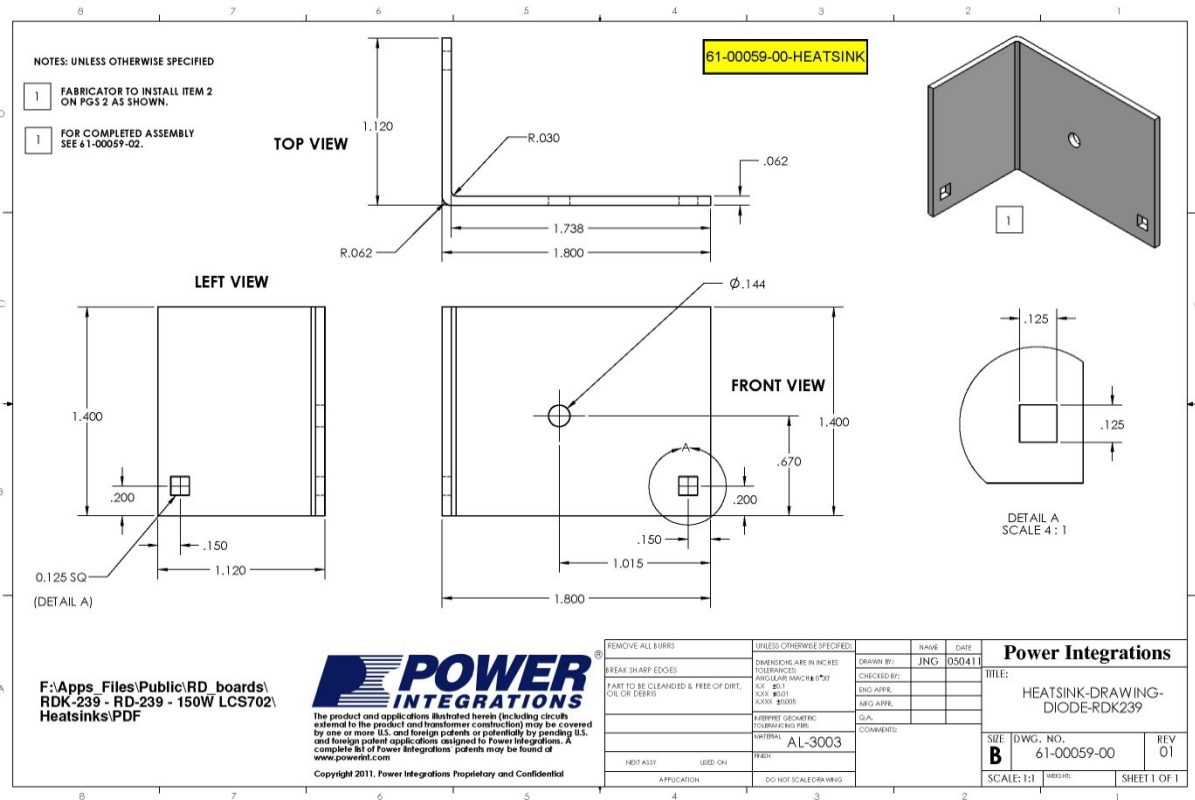
項目	說明
[1]	粉狀鐵環形鐵芯：Micrometals T30-26
[2]	磁線：#19 AWG，可焊接雙塗層



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 二極體散熱片製造組裝圖面

2 FOR COMPLETED ASSEMBLY
SEE 61-00059-02

(FOR FABRICATION REFERENCE
TO INSTALL ITEM 2.)

61-00059-01-HEAT

1 FABRICATOR TO INSTALL
ITEM 2 AS SHOWN.

F:\Apps_Files\Public\RD_boards\
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\
Heatsinks\PDF

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00059-01	HEATSINK, DIODE, CUSTOM AL, 3003, .062 THK	1
2	60-00016-00	TERMINAL, EYELET, ZIERICK PN 190	2

<p>POWER INTEGRATIONS</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.powerintf.com</p> <p>Copyright 2011, Power Integrations Proprietary and Confidential</p>	<p>REMOVE ALL BURRS</p> <p>BREAK SHARP EDGES</p> <p>PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS</p> <p>NEXT ASSY</p> <p>USED ON</p> <p>APPLICATION</p>	<p>UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:</p> <p>DIMENSIONS ARE IN INCHES</p> <p>TOLERANCES:</p> <p>ANGULAR: MACH ± 0°30'</p> <p>X.X #0.1</p> <p>X.XX ±0.01</p> <p>X.XXX ±0.005</p> <p>ASME Y14.5</p> <p>MATERIAL</p> <p>FINISH</p> <p>DO NOT SCALE DRAWING</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>NAME</td> <td>DATE</td> </tr> <tr> <td>JNG</td> <td>050411</td> </tr> <tr> <td>CHECKED BY:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENG APPR.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MFG APPR.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q.A.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COMMENTS:</td> <td></td> </tr> </table>	NAME	DATE	JNG	050411	CHECKED BY:		ENG APPR.		MFG APPR.		Q.A.		COMMENTS:	
NAME	DATE																
JNG	050411																
CHECKED BY:																	
ENG APPR.																	
MFG APPR.																	
Q.A.																	
COMMENTS:																	
<p>Power Integrations</p> <p>TITLE:</p> <p>HEATSINK, FAB, DIODE WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM</p>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>SIZE</td> <td>DWG. NO.</td> <td>REV</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>61-00059-01</td> <td>01</td> </tr> </table>		SIZE	DWG. NO.	REV	A	61-00059-01	01								
SIZE	DWG. NO.	REV															
A	61-00059-01	01															

SCALE: 1:1 SHEET 1 OF 1



10.1.3 二極體和散熱片組裝圖面

(FOR ASSEMBLY REFERENCE)

F:\Apps_Files\Public\RD_boards\
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\
Heatsinks\PDF

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00059-01	HEATSINK, DIODE, CUSTOM AL, 3003, .062 THK	1
3	15-00820-00	60V, 30 A, DUAL SCHOTTKY, TO-220AB	1
4	75-00002-00	SCREW MACHINE PHIL 6-32 X 5/16 SS	1
5	75-00069-00	NUT, HEX, KEP 6-32, ZINC PLATE	1
6	66-00084-00	THERMAL CONDUCTIVE SILICONE GREASE	1
7	75-00167-00	WASHER FLAT #6, SS, ZINC PLATE	1

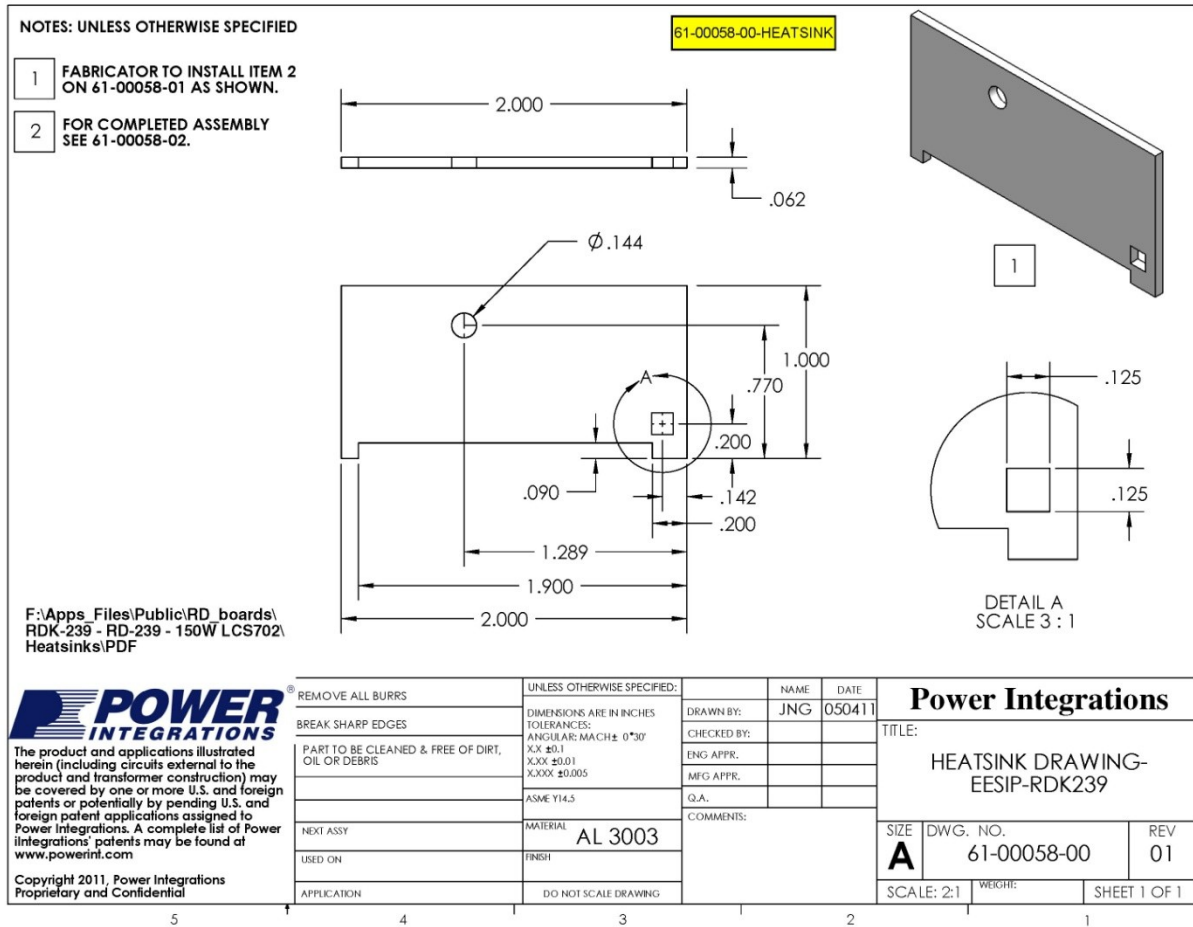
REMOVE ALL BURRS	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME:	DATE:	Power Integrations
BREAK SHARP EDGES	DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30'	DRAWN BY: JNG	050411	
PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS	X.X .±0.1 X.XX ±0.01 X.XXX ±0.005	CHECKED BY:		TITLE:
	ASME Y14.5	ENG APPR.		HEATSINK, ASSY, DIODE WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM
NEXT ASSY	MATERIAL	MFG APPR.		SIZE DWG. NO. REV
USED ON	FINISH	Q.A.		A 61-00059-02 01
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING	COMMENTS:		SCALE: 1:2 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

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

2 FOR COMPLETED ASSEMBLY
SEE 61-00058-02

FABRICATOR TO INSTALL
ITEM 2 AS SHOWN.

F:\Apps_Files\Public\RD boards\
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\
Heatsinks\PDF

BOM Table			
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00058-01	HEATSINK-EESIP-RD239	1
2	60-00016-00	TERMINAL, EYELET, ZIERICK PN 190	1

REMOVE ALL BURRS	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	<p>Power Integrations</p> <p>TITLE:</p> <p>HEATSINK, FAB, EESIP WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM</p> <p>SIZE DWG. NO. REV</p> <p>A 61-00058-01 01</p> <p>SCALE: 2:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1</p>
BREAK SHARP EDGES	DIMENSIONS ARE IN INCHES	DRAWN BY: JNG	050411	
PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS	TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30' XX ±0.1 XXX ±0.01 XXXX ±0.005	CHECKED BY:		
	ASME Y14.5	ENG APPR.		
NEXT ASSY	MATERIAL	MFG APPR.		
USED ON	FINISH	Q.A.		
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING	COMMENTS:		



10.2.3 HiperLCS 和散熱片組裝圖面

(FOR ASSEMBLY REFERENCE)

F:\Apps_Files\Public\RD boards\
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\
Heatsinks\PDF

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00058-01	HEATSINK-EESIP-RD239	1
3	10-00342-00	LCSwitch, LCS702HG, ESIP16/13	1
4	66-00084-00	THERMALLY CONDUCTIVE SILICONE GREASE	1
5	60-00042-00	EDGE CLIP, 20.76mm L x 8 mm WX 0.015mm THK	1
6	75-00002-00	SCREW MACHINE PHIL 6-32 X 5/16 SS	1
7	75-00069-00	NUT, HEX, KEP 6-32, ZINC PLATE	1
8	75-00167-00	WASHER FLAT #6, SS, 0.267 OD x 0.143 ID x 0.032 Thk	1

REMOVE ALL BURRS	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	Power Integrations
BREAK SHARP EDGES	DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30' X.X ±0.1 X.XX ±0.01 X.XXX ±0.005	DRAWN BY: JNG	050411	
PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS	ASME Y14.5	CHECKED BY:		TITLE:
		ENG APPR.		HEATSINK, ASSY, EESIP WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM
NEXT ASSY	MATERIAL	MFG APPR.		Q.A.
USED ON	FINISH	COMMENTS:		SIZE DWG. NO. REV
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			A 61-00058-02 01
				SCALE: 1:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

5 4 3 2 1



11 效能資料

11.1 效率曲線 – 100%、50%、20% 及 10% 負載

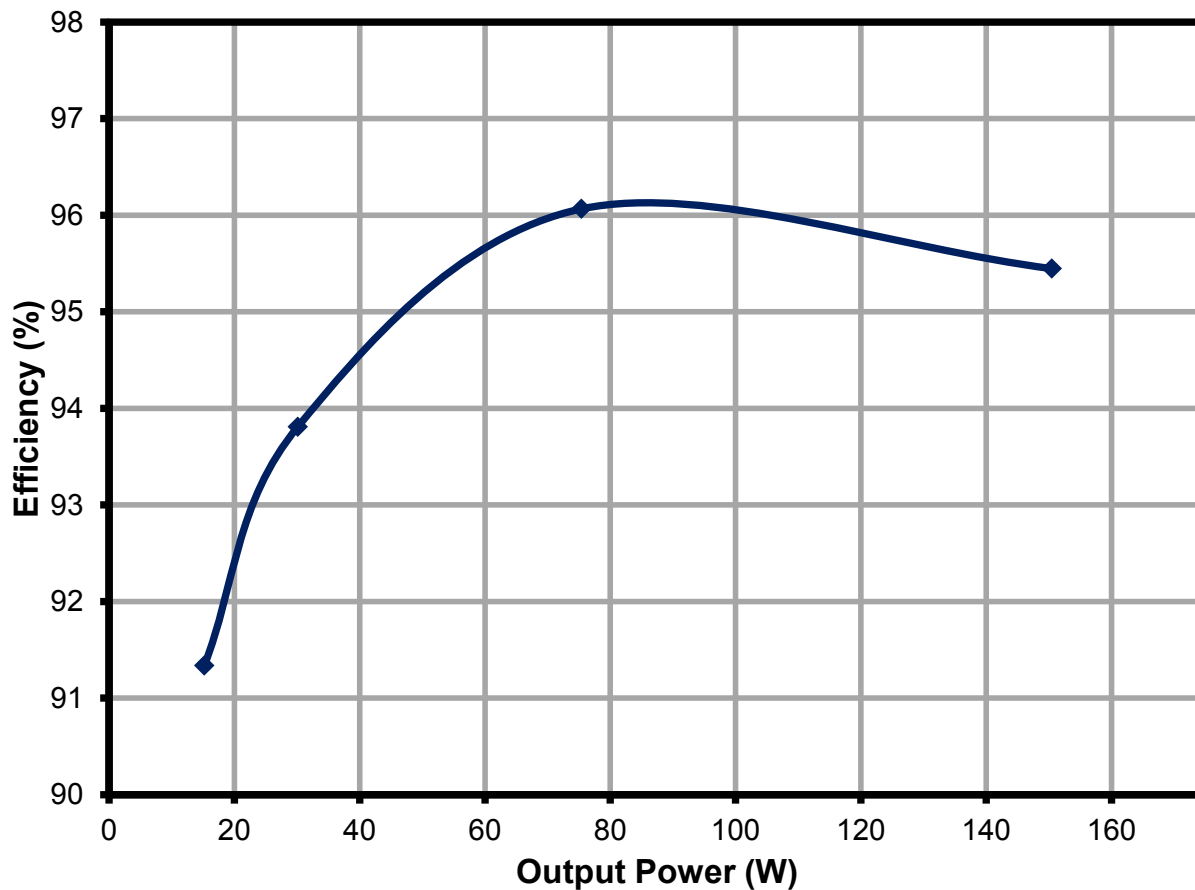


圖 11 – 效率資料



11.2 負載調節曲線 – 100%、50%、20%、10% 及 0 負載

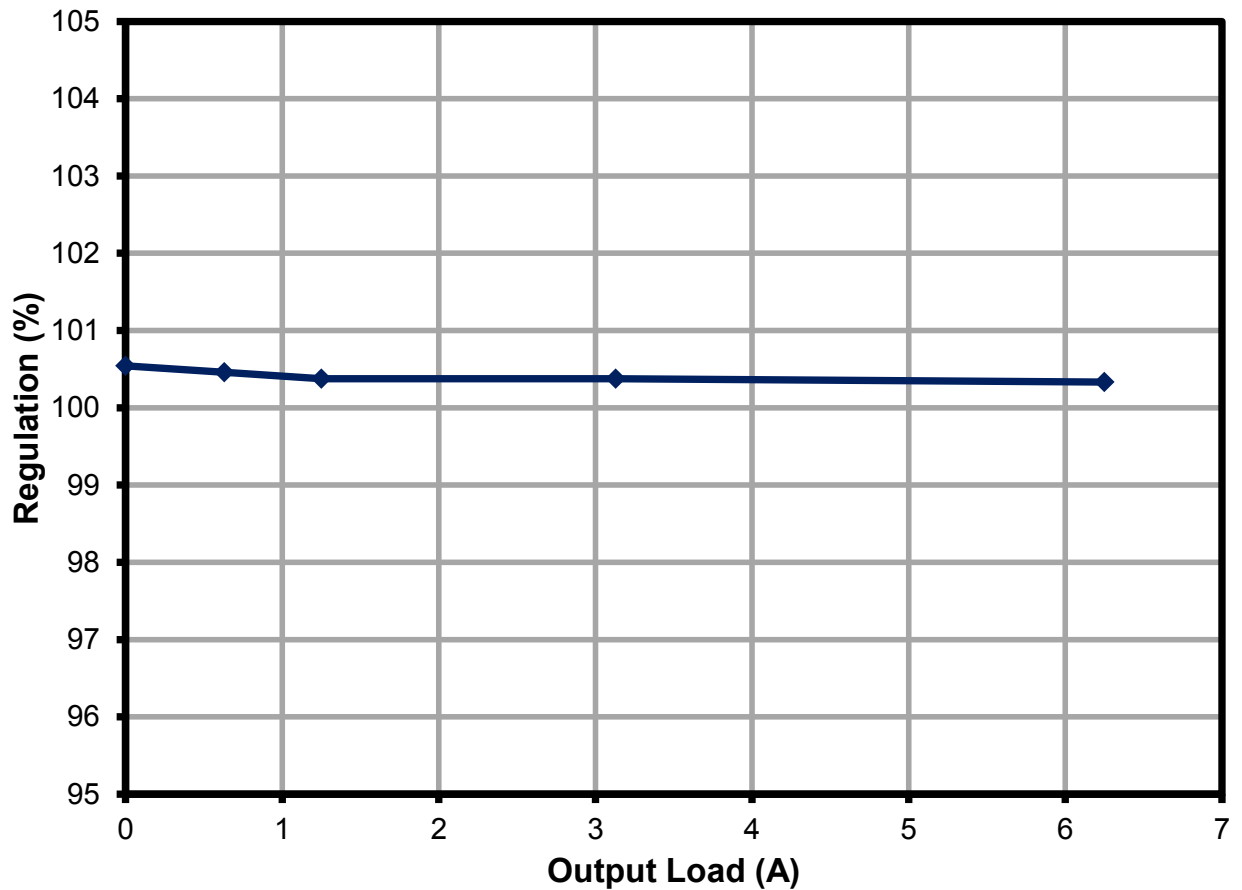


圖 12 – 輸出負載調節

11.3 資料表

V _{IN} (V)	P _{IN} (W)	V _{OUT} (V)	I _{OUT} (A)	f _{OP} (kHz)	P _{OUT} (W)	效率 (%)	調節 (%)	V _{TON} (V)	V _{TOFF} (V)
380	157.68	24.08	6.25	245.1	150.500	95.45	100.333	357	283
380	78.49	24.09	3.13	255.1	75.402	96.07	100.375		
380	32.1	24.09	1.25	257.1	30.113	93.81	100.375		
380	16.63	24.11	0.63	260.4	15.189	91.34	100.458		
380	0.42	24.13	0	BM	0.000	0.00	100.542		



12 波形

12.1 半橋電壓和電流，標準操作

以 380 VDC 輸入測得

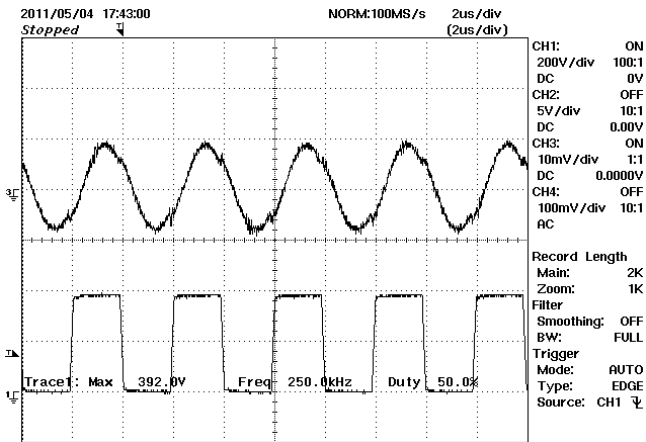


圖 13 - 一次側 V-I，半負載。
上：一次側電流，每格 1 A
下：一次側電壓，100 V，每格 2 μs

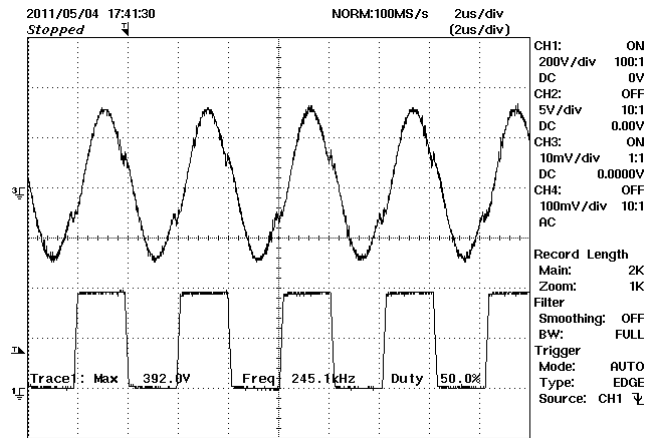


圖 14 - 一次側 V-I，滿載。
上：一次側電流，每格 1 A
下：一次側電壓，100 V，每格 2 μs



12.2 輸出電壓啟動輪廓

圖 15 和 16 取自使用被動電阻器負載的情形。

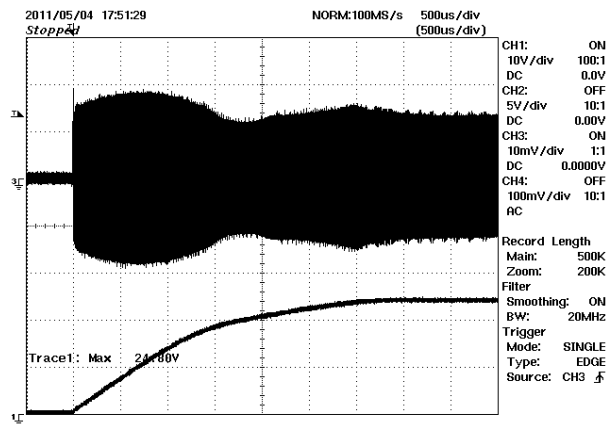


圖 15 – 滿載啟動，電阻負載
 上：一次側電流，每格 2 A
 下： V_{OUT} ，10 V，每格 500 μ s

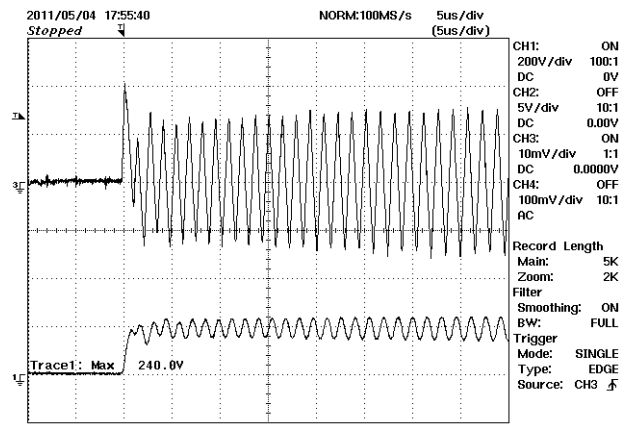


圖 16 – 滿載啟動，電阻負載
 上：一次側電流，每格 2 A
 下：諧振電容器 (C11) 電壓，200 V，每格 5 μ s

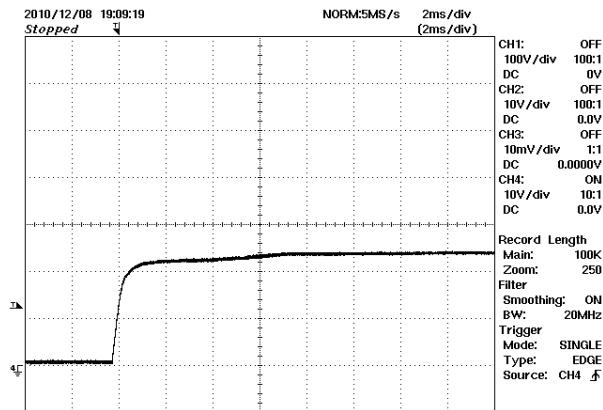


圖 17 – 啟動時無負載輸出電壓，10 V，每格 2 ms



12.3 輸出電壓關閉

圖 18 和 19 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。

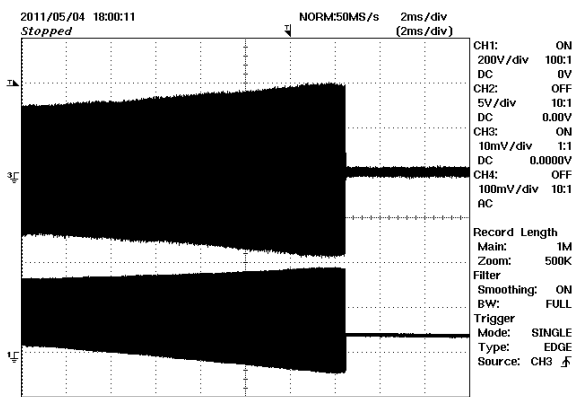


圖 18 - 輸出電壓關閉
 上：一次側電流，每格 2 A
 下：一次側電壓，200 V，每格 2 ms

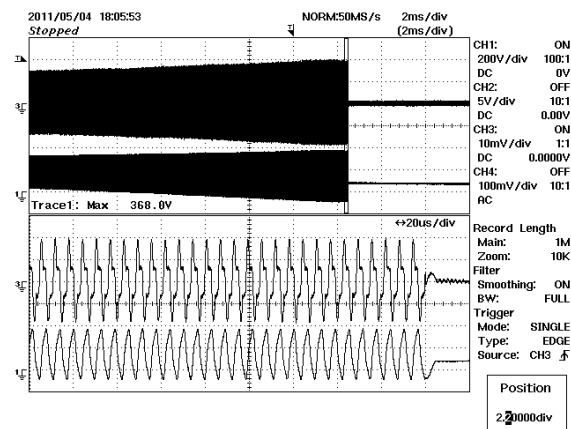


圖 19 - 輸出電壓關閉，放大圖。
 上：一次側電流，每格 2 A
 下：諧振電容器電壓，200 V，每格 20 μ s

12.4 輸出過載

圖 20 取自將輸出負載增加至觸發一次側過電流，電源進入自動重新啟動。

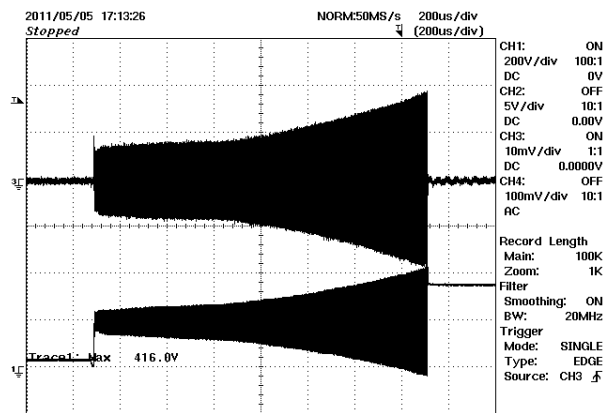


圖 20 - 輸出過載
 上：一次側電流，每格 2 A
 下：諧振電容器電壓，200 V，每格 200 μ s

12.5 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。

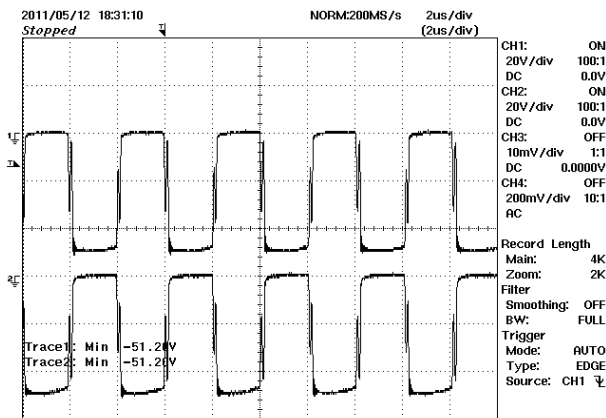


圖 21 – 輸出二極體反向峰值電壓，380 VDC 輸入，20 V，每格 2 μ s

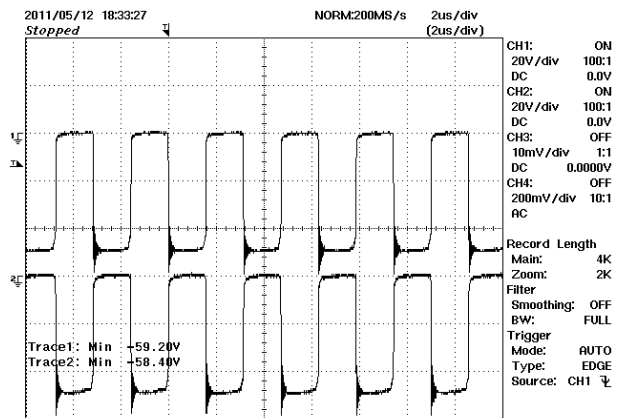


圖 22 – 輸出二極體反向峰值電壓，420 VDC 輸入，20 V，每格 2 μ s

12.6 短路

針對下示測試，供電輸出在 150 W 負載，380 VDC 輸入以汞位移繼電器 (無觸點顫動且抗阻極低) 進行短路。示波器設為在電流增加時觸動。

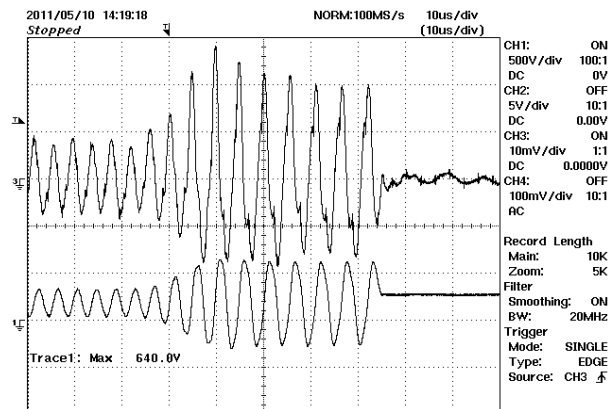


圖 23 – 輸出短路時的一次側波形
上：一次側電流，每格 2 A
下：諧振電容器電壓，500 V，每格 10 μ s

12.7 負載步階回應，380 VDC 輸入

下圖所示為，示波器以負載電流步階作為觸發來源所觸發的情形。圖 24 中是以訊號平均模式將電源供應器的步階回應訊號與輸出漣波相區隔。

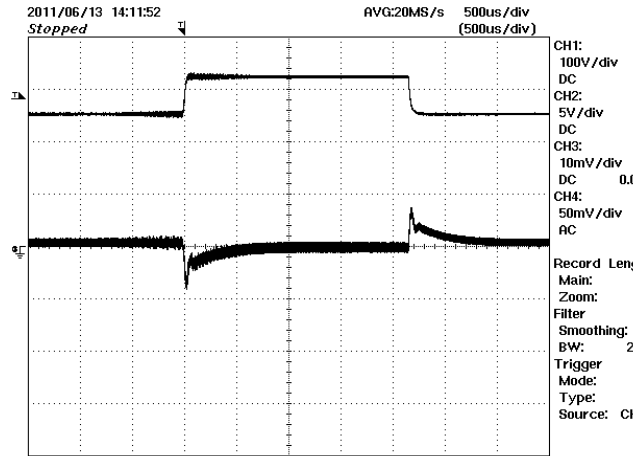


圖 24 - 暫態反應，75%-100%-75% 負載步階。
 上：I_{OUT}，每格 2 A
 下：V_{OUT}，50 mV，每格 500 μs

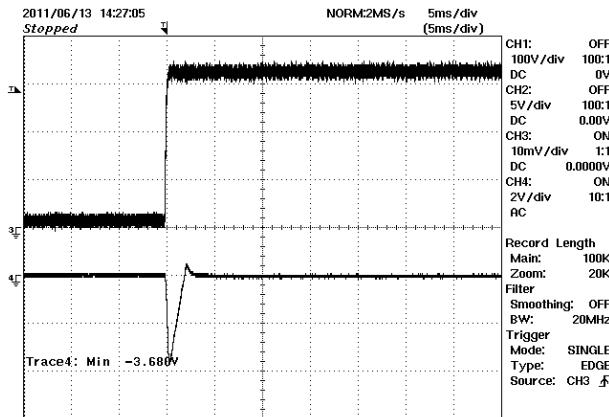


圖 25 - 負載步階，0-100% 負載，380 V 輸入。
 上：I_{OUT}，每格 2 A
 下：V_{OUT}，2 V，每格 5 ms

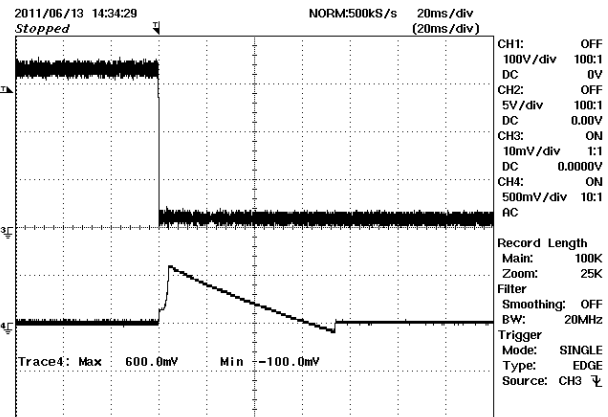


圖 26 - 負載步階，100%-0 負載，380 V 輸入。
 上：I_{OUT}，每格 2 A
 下：V_{OUT}，500 mV，每格 20 ms



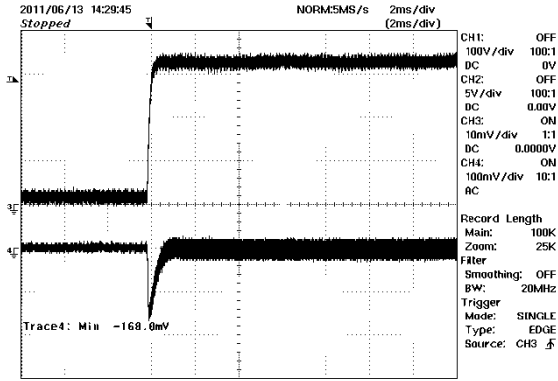


圖 27 - 負載步階，20 mA-100% 負載，380 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

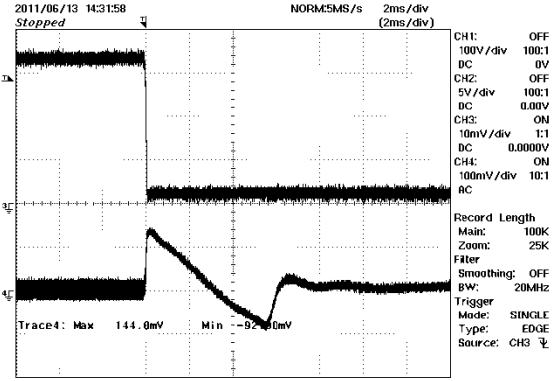


圖 28 - 負載步階，100%-20 mA 負載，380 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

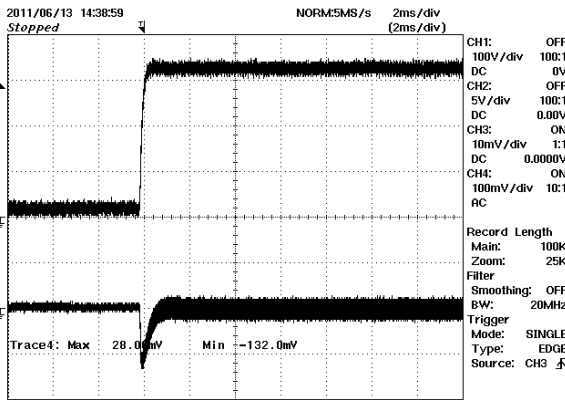


圖 29 - 負載步階，1%-100% 負載，380 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

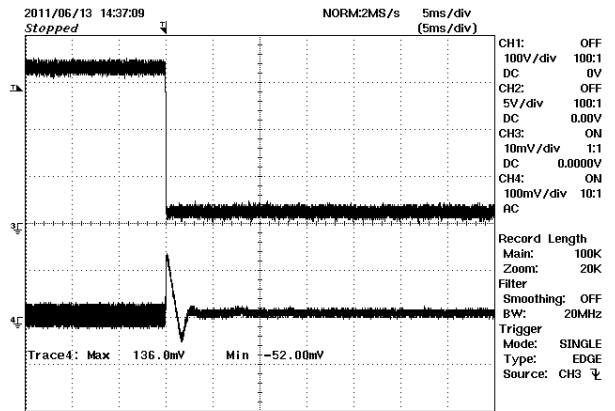


圖 30 - 負載步階，100%-1% 負載，380 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 5 ms



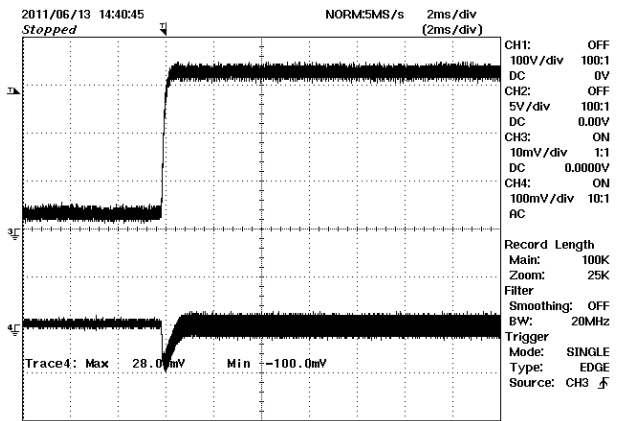


圖 31 - 負載步階，5%-100% 負載，380 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

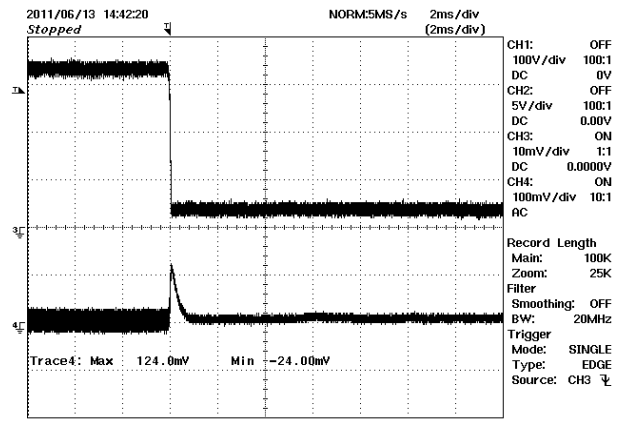


圖 32 - 負載步階，100%-5% 負載，380 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

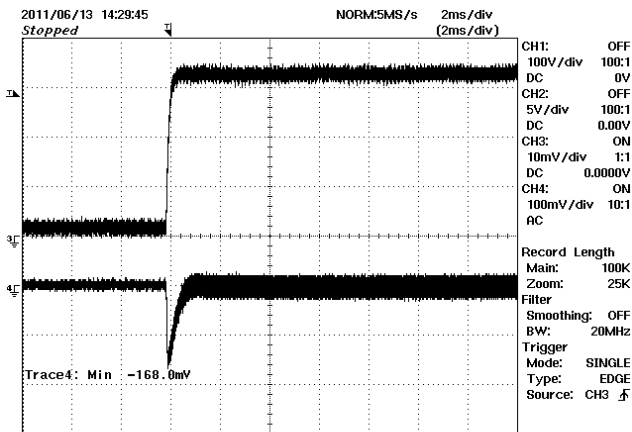


圖 33 - 負載步階，10%-100% 負載，380 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

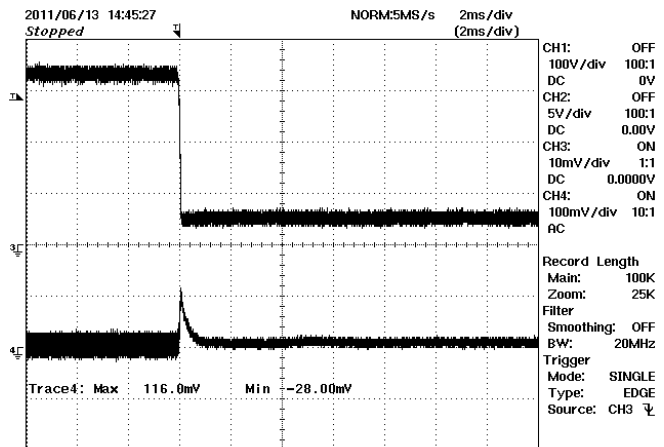


圖 34 - 負載步階，100%-10% 負載，380 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms



12.8 負載步階回應，400 VDC 輸入

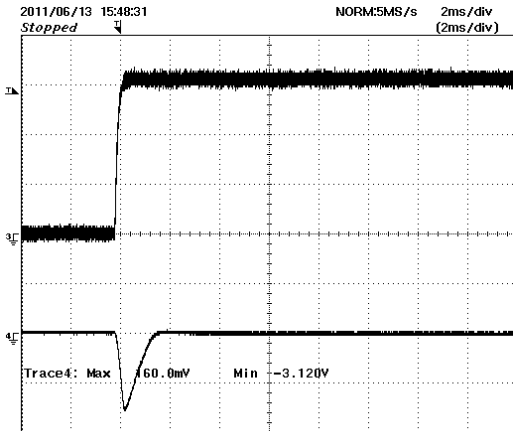


圖 35 - 負載步階，0-100% 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，2 V，每格 2 ms

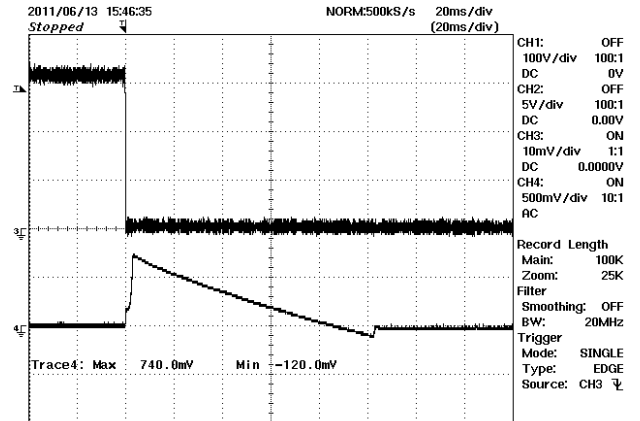


圖 36 - 負載步階，100%-0 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，500 mV，每格 20 ms

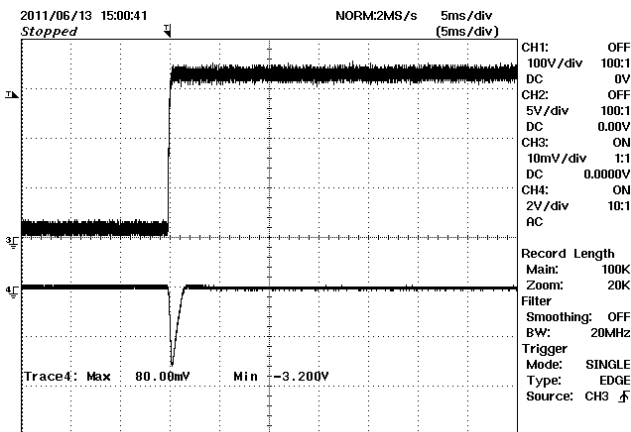


圖 37 - 負載步階，20 mA-100% 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，2 V，每格 5 ms

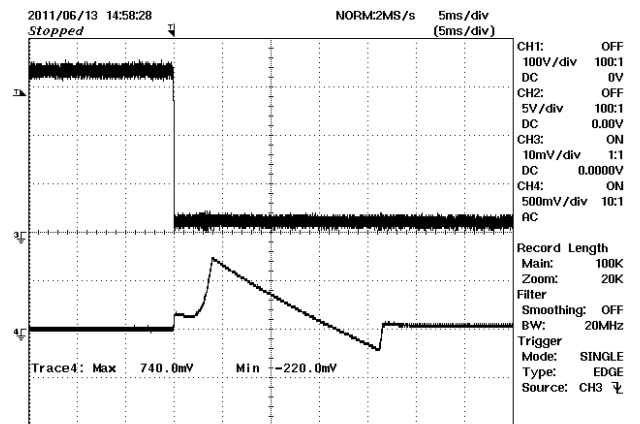


圖 38 - 負載步階，100%-20 mA 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，500 mV，每格 5 ms



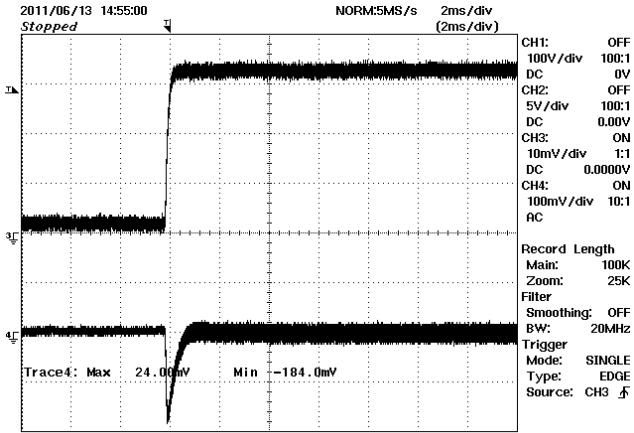


圖 39 - 負載步階，1%-100% 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

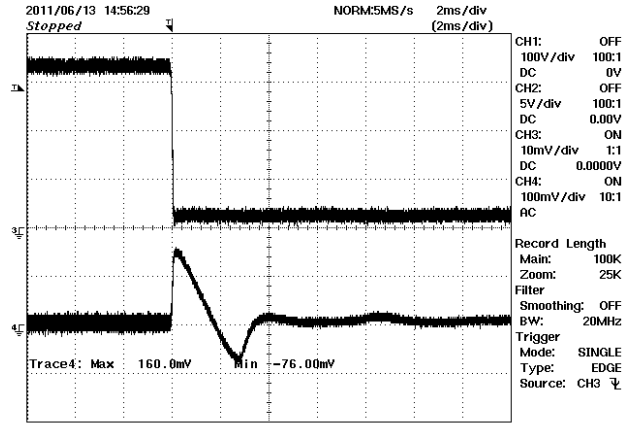


圖 40 - 負載步階，100%-1% 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

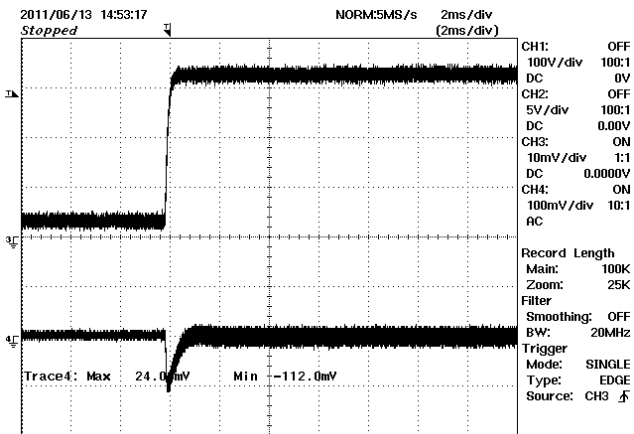


圖 41 - 負載步階，5%-100% 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

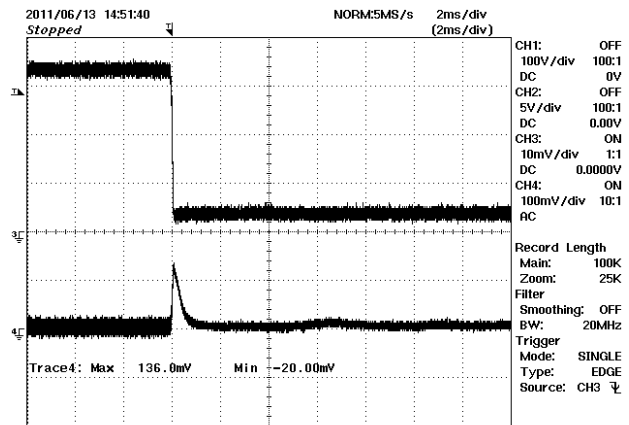


圖 42 - 負載步階，100%-5% 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

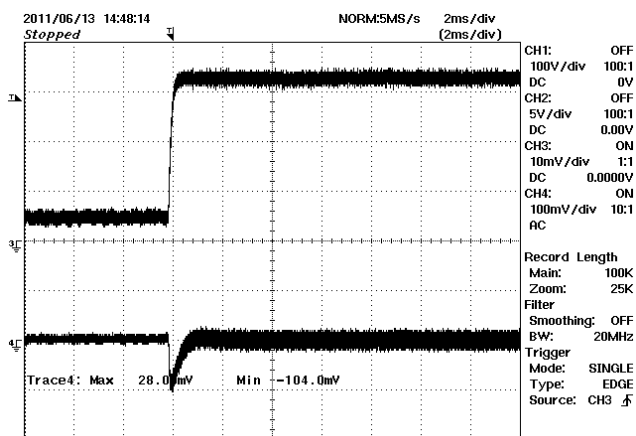


圖 43 - 負載步階，10%-100% 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms

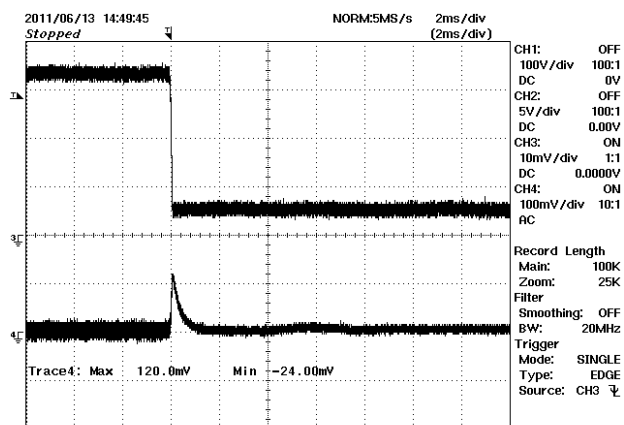


圖 44 - 負載步階，100%-10% 負載，400 V 輸入。
上： I_{OUT} ，每格 2 A
下： V_{OUT} ，100 mV，每格 2 ms



12.9 輸出漣波的測量

12.9.1 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，以降低由於噪音擷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)。

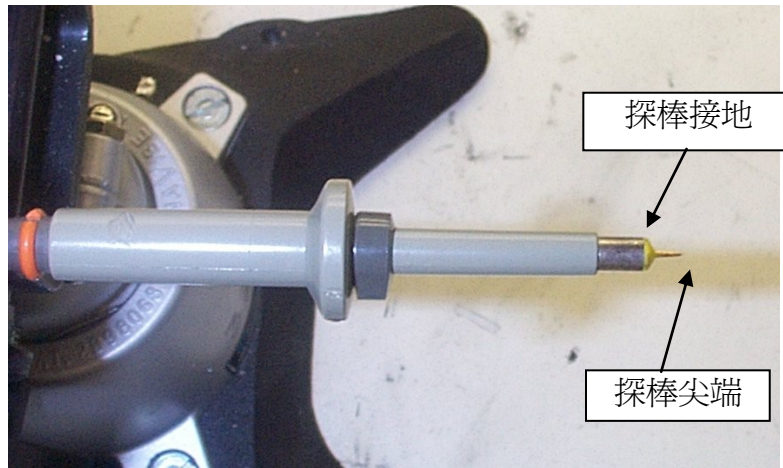


圖 45 - 為測量漣波所準備的示波器探棒 (端蓋與接地線已去除)

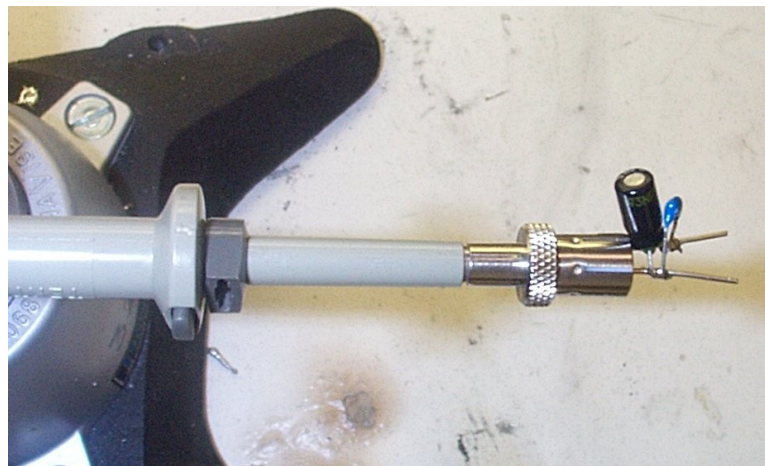


圖 46 - 使用 Probe Master (www.probemaster.com) 4987A BNC 轉換器的示波器探棒 (經以適用於漣波測量的線材改裝，並添加兩個並聯去耦合電容器)



12.9.2 輸出漣波測量結果

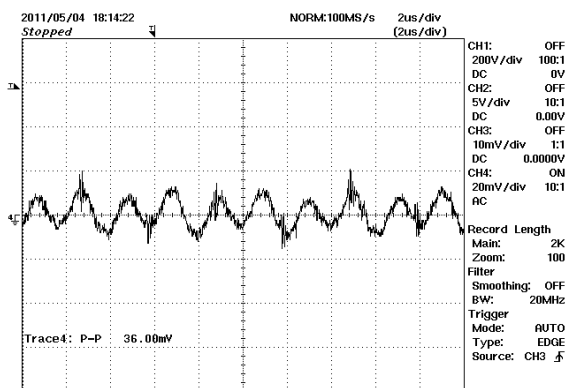


圖 47 - 漣波，380 VDC 輸入，100% 負載。
上：輸出漣波電壓，
每格 20 mV，每格 2 μ s

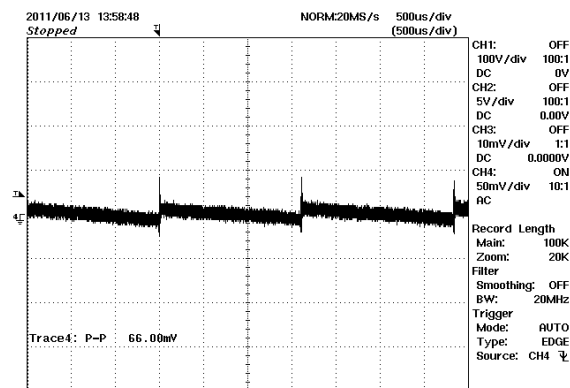


圖 48 - 漣波，400 VDC 輸入，無負載。
上：輸出漣波電壓，
每格 50 mV，每格 500 μ s
電源供應器處於突波模式。



13 溫度測量

13.1 條件：380 VDC，滿載，浸泡 1 小時



圖 49 – 變壓器可見光前視圖

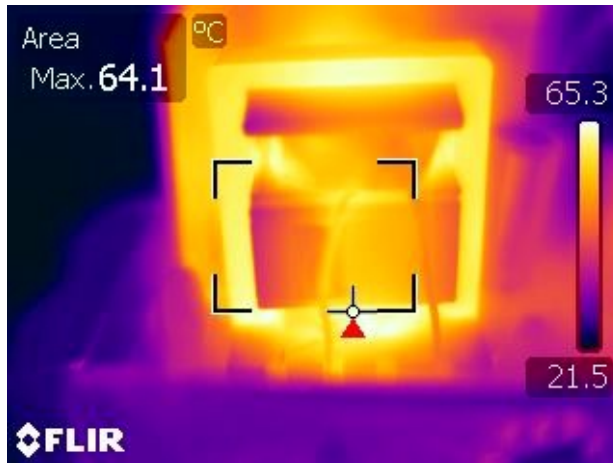


圖 50 – 變壓器滿載熱跡前視圖，室溫

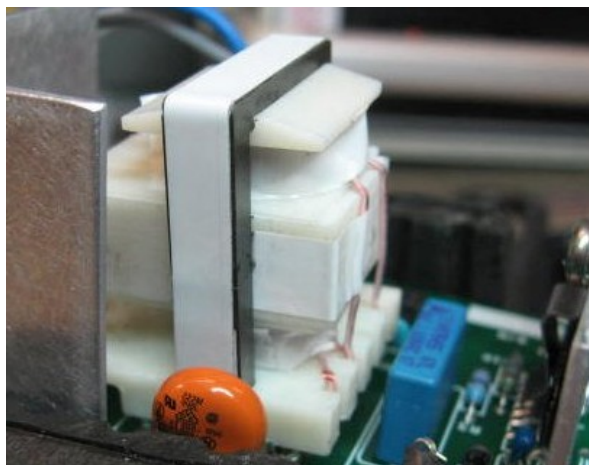


圖 51 – 變壓器可見光側視圖

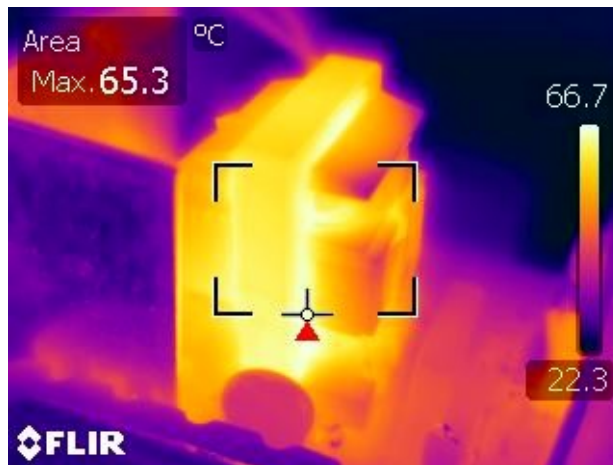


圖 52 – 變壓器滿載熱跡側視圖，室溫

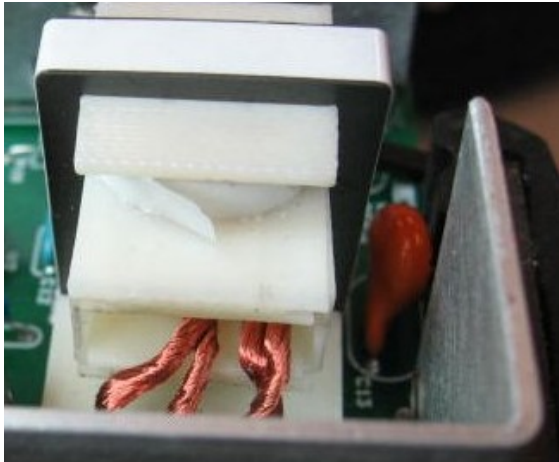


圖 53 – 變壓器可見光後視圖

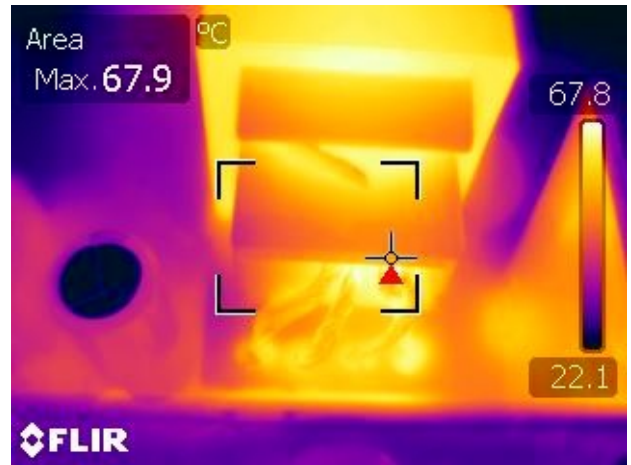


圖 54 – 變壓器滿載熱跡後視圖，室溫

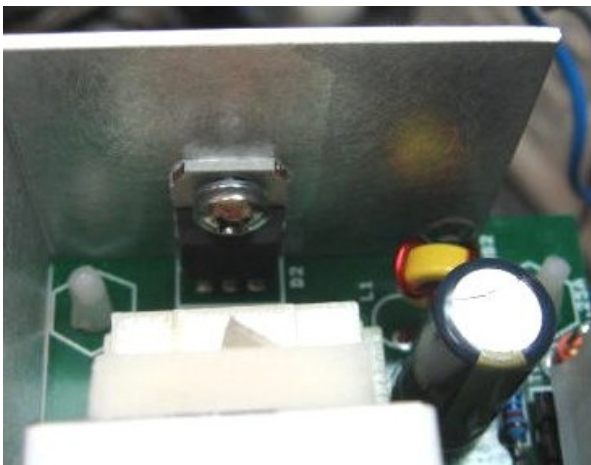


圖 55 – 輸出整流器可見光前視圖

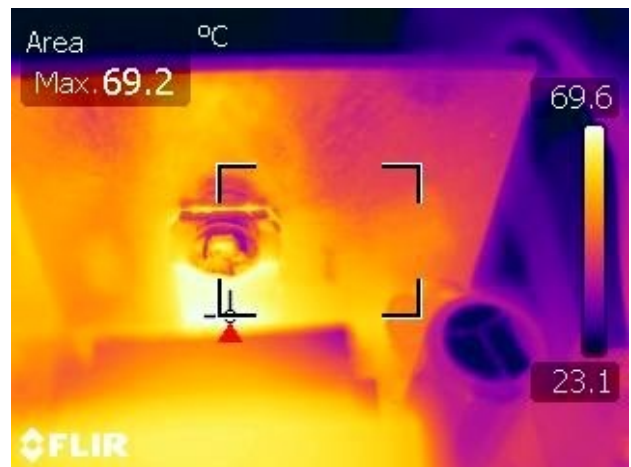


圖 56 – 輸出整流器滿載熱跡圖，室溫

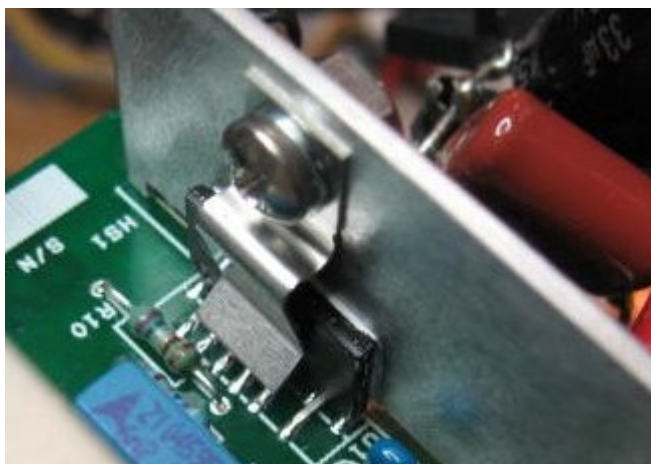


圖 57 – HiperLCS 可見光前視圖



圖 58 – HiperLCS 滿載熱跡圖，室溫



14 增益-相位圖

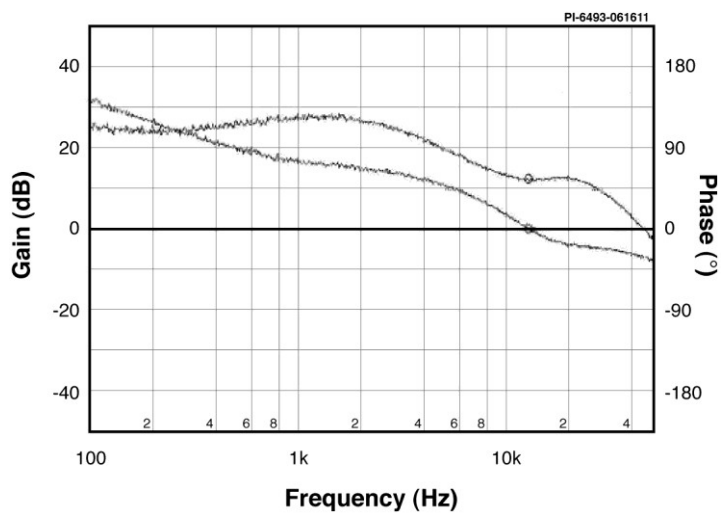


圖 59 – 增益-相位，0.06 V 激發電壓。增益交越為 12.9 kHz，相位餘裕為 57 度。



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

