

# 應用說明 AN-62

## LYTSwitch-2 系列

### 設計指南與考量

#### 簡介

LYTSwitch™-2 系列包含一組高度整合的單晶片切換開關 IC，設計用於輸出功率高達 12 W 的離線式電源供應器。LYTSwitch-2 IC 非常適用於電子安定器 (外部) 和燈泡 (內部) 應用中的 LED 驅動器，其提供定電壓和定電流 (CV/CC) 輸出調節，而無需使用光耦合器或二次側回授電路。開/關控制可最佳化負載和線電壓範圍內的效率，使得設計能夠輕鬆符合低無負載和高效率要求。

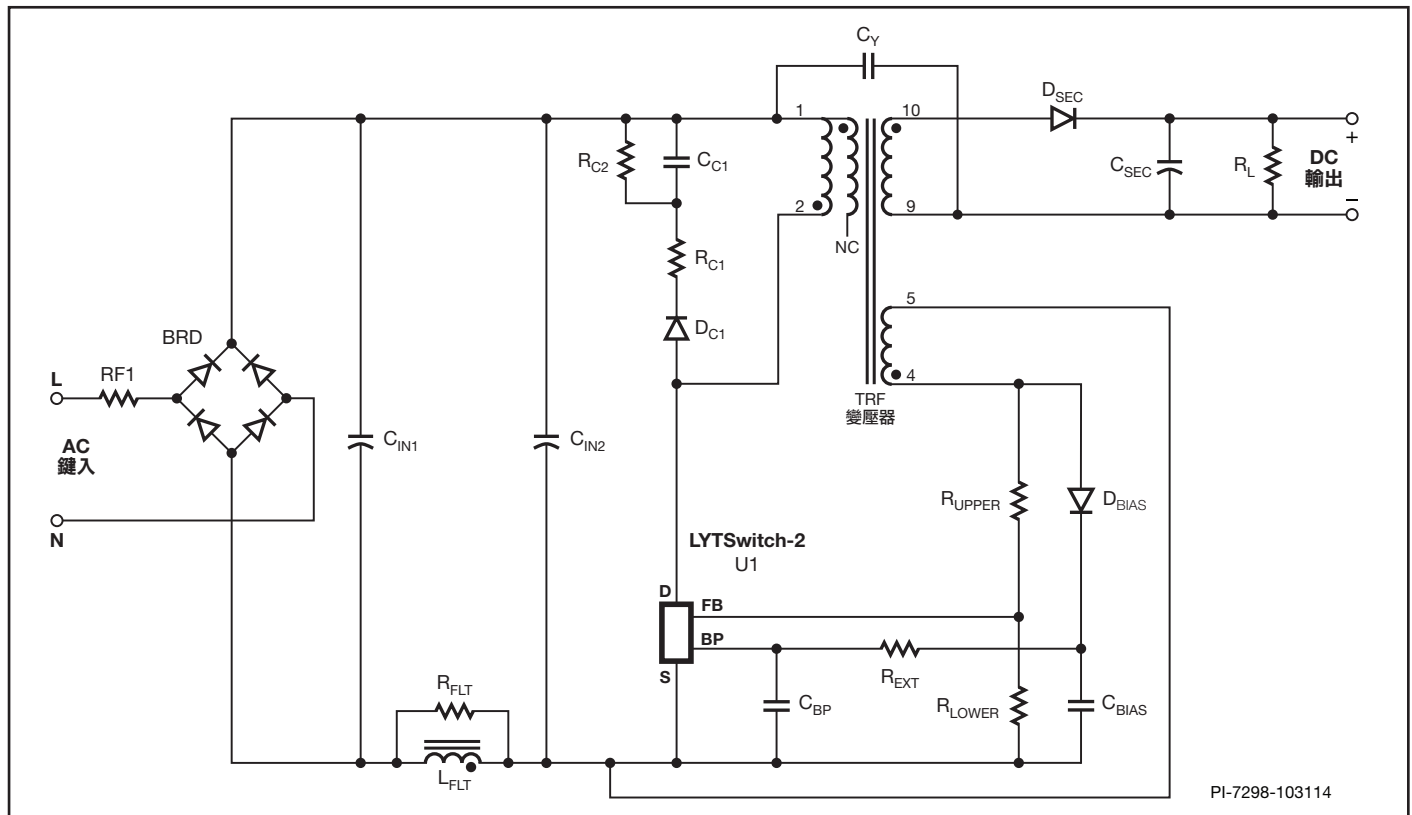
LYTSwitch-2 系列的每款產品都在同一晶片上整合了高電壓功率 MOSFET 和控制器。內部啟動偏壓電流汲取自與 DRAIN 接腳連接的高電壓電流源，省去了對外部啟動電路的需求。內部振盪器經過頻率調變 (抖動) 降低 EMI。此外，IC 具有整合式系統級保護功能。自動重新啟動功能限制

了功率 MOSFET、變壓器及輸出二極體在過載、輸出短路和開迴路情況時的功耗。自動恢復磁滯回復過溫保護功能會在發生過熱故障時停用 MOSFET 切換。

Power Integrations 的 EcoSmart™ 技術使得專為 LYTSwitch-2 系列而設計的電源供應器在不使用外部偏壓電路時於 230 VAC 條件下的無負載功耗小於 200 mW，在使用低成本外部偏壓電路時小於 30 mW。

#### 基礎電路配置

圖 1 中的電路顯示了使用 LYTSwitch-2 IC 的返馳式電源供應器。由於 LYTSwitch-2 IC 高度整合，因此，幾乎沒有需要外部解決的設計問題，從而產生一個適用於所有應用的通用電路配置。



PI-7298-103114

圖 1. 使用一次側已感測回授和偏壓供應器的典型 LYTSwitch-2 返馳式電源供應器

## 適用範圍

本應用說明專供使用 LYTSwitch-2 IC 系列來設計隔離式 AC-DC 返馳式電源供應器的工程師之用。其提供相關準則，供工程師快速選取主要元件，並完成適合的變壓器設計。本應用說明利用 PIXIs 設計試算表，此試算表是 PI Expert™ 設計軟體套件的一部分，您可從 <http://www.power.com/en/design-support/pi-expert-design-software> 下載此套件。

除了此應用說明外，您還可以找到 LYTSwitch-2 參考配套設計 (RDK) (包含工程原型板和裝置樣品)，將其用作新設計的起點。

如需有關下載 PI Expert 及取得 RDK 與文件更新的詳細資訊，請造訪 [www.power.com](http://www.power.com)。

## 快速入門

若想快速入門，請使用以下方法來設計變壓器，並選取第一個原型所使用的元件。僅需將下述資訊輸入 PIXIs 試算表中；系統會自動選取其他參數。試算表儲存格位置參照以方括號表示，如：[儲存格參照]。

- 鍵入 AC 輸入電壓範圍  $V_{AC\_MIN}$ 、 $V_{AC\_MAX}$  與最低線電壓頻率  $f_L$  [B3、B4、B5]。
- 鍵入應用類型 (定電壓 (CV) 或定電流 (CC) 電子安定器，或燈泡) [B6]。
- 鍵入標準輸出電壓  $V_O$  [B7]。
- 鍵入標準輸出電流 [B8]。
- 鍵入預估效率 [B10] – 精確到小數位。
  - 全電壓輸入電壓 (90-265 VAC) 或單一 100/115 VAC (90-132 VAC) 設計為 0.8，單一 230 VAC (180-265 VAC) 設計為 0.85。在最大負載和  $V_{AC\_MIN}$  條件下測量第一個原型板的效率後，您可以視需要調整數字。
- 鍵入損失分配係數  $Z$  [B11]。
  - 典型應用為 0.5 (評估第一個原型板後，相應地調整數字)
- 鍵入  $C_{IN}$  輸入電容 [B13]。
  - 全輸入 (90-265 VAC) 或單一 (100/115 VAC) 線電壓為 2  $\mu$ F/W 以上。
  - 單一 (230 VAC) 或單一 (180-265 VAC) 線電壓為 1  $\mu$ F/W 以上。
  - 注意：選取 LYTSwitch-2 裝置後，如果計算出來的最大工作週期 [D64] 大於 55%，您需要增加輸入電容。
- 從下拉式清單中選取 LYTSwitch-2 裝置，或選取 [自動] [B18]。
  - 使用表 1 中的資訊選取裝置。
- 鍵入最大工作頻率  $f_S$  [B22]。( $f_S$  是具有標準元件值的最大工作頻率。)
  - 注意：建議的頻率在 60 kHz 與 90 kHz 之間。
- 鍵入開啟狀態下的汲源極間壓降  $V_{DS}$  [B24]。如果沒有更好的資料可供使用，請使用 10 V。
- 鍵入輸出整流器的順向壓降  $V_{D}$  [B25]。針對蕭特基二極體使用 0.5，針對超快或標準 PN 接面二極體使用 0.7。
- 確認  $K_p$  [D26] 是否大於 1.3，以確保不連續運作。為獲得最佳調節效能，請為  $K_p$  選取一個大於 1.5 的值。
- 選取 [外部偏壓] 或 [自偏壓] [B35]。
  - 選取 [外部偏壓]，以提高效率並將無負載輸入功率降至最低。
  - 如果在 [B35] 中選取了 [外部偏壓]，請輸入所需的偏壓電壓 [B36] 建議的值为 10 V，以便在  $V_O$  低於 10 V 時，將無負載輸入功率降至最低。

輸出功率表<sup>2</sup>

產品 <sup>5</sup>	90-308 VAC	
	密封式燈泡 <sup>3</sup>	電子安定器驅動器 <sup>4</sup>
LYT2002D	5 W	6 W
LYT2003D	6 W	7 W
LYT2004D	7 W	8 W
LYT2004E/K	9 W	10 W
LYT2005E/K	10 W	12 W

表 1. 輸出功率表

附註：

1. 標準輸入電壓和偏壓供電適用於 BYPASS 接腳。
2. 典型設計的效能。
3. 在一般的無通風設計的燈泡中，環境溫度為 +50 °C、裝置  $T_j \leq 100$  °C 條件下所測出的最大連續功率。
4. 在散熱足夠的開放式架構設計中，溫度為 +50 °C 條件下所測出的最大實際連續功率。
5. 封裝：D：SO-8C，E：eSIP-7C，K：eSOP-12B。

- 為輸出整流器導通時間  $D_{CON}$  [B40] 輸入一個大於 4.6  $\mu$ s 的值。
- 從下拉式功能表中鍵入鐵芯類型 [B48]。如果所需的鐵芯未列出，則鍵入鐵芯特性  $A_c$ 、 $L_E$ 、 $A_L$  和  $B_w$  ([B51] [B52] [B53] [B54])。
- 如果需要餘裕，請在 [B55] 中輸入餘裕寬度。
  - 注意：這會將繞組寬度減少為輸入值的一半。
- 鍵入一次側層數  $L$  [B56]。使用最大值 4 層來限制一次側漏電感值。
- 鍵入一次側電感公差  $L_{P(TOLERANCE)}$  [B73]。
- 鍵入變壓器鐵芯最大磁通密度  $B_M$  TARGET [B76]。
  - 注意：將磁通密度限制在 2500 高斯，以便將變壓器噪音保持在可接受的程度。遵循 F 欄中的指引。
- 確認鐵芯間隙  $L_G$  [D81]、線規規格 AWG [D85] 和一次側的繞組電流密度 CMA [D88] 是否可接受。
- 確認 LYTSwitch-2 汲極電壓是否低於 680 V。
- $R_{UPPER}$  [D43] 和  $R_{LOWER}$  [D44] 回授電阻器值會自動提供 (圖 1)。
- 使用 PIVS [D100] 和  $I_{SRMS}$  [D93] 可確定適當的輸出整流器。
- 選取輸入電容器電壓額定值 (高於  $V_{MAX}$  [D61])，然後選取漣波電流額定值 (高於  $I_{RIPPLE}$  [D67])。
- 使用  $V_O$  [B7]、 $I_{SP}$  [D92] 和  $I_{RIPPLE}$  [D94] 來選取適當的輸出濾波電容器。
- 使用  $I_{AVG}$  [D65] 以及 600 V 到 1000 V 的預估反向峰值電壓，選取輸入整流器二極體 (通常為 1N4006 或 1N4007 類型)。
- 使用  $I_{AVG}$  [D65] 可確定適當的輸入濾波電感器的電流額定值。通常，1 mH 到 3 mH 的電感器值足以符合傳導 EMI 限值。
- 建置電源供應器原型後，測量峰值功率下的輸出電壓和電流。在儲存格 [B103] 和 [B104] 中分別輸入  $R_{UPPER\_ACTUAL}$  和  $R_{LOWER\_ACTUAL}$  所使用的值。
- 在儲存格 [B105] 中輸入測量到的電壓。在儲存格 [B106] 中輸入從定電壓 (CV) 轉換至定電流 (CC) 模式運作時所測量到的電流。PIXIs 會微調電源供應器的回授電阻器值。安裝  $R_{UPPER\_FINE}$  [D107] 和  $R_{LOWER\_FINE}$  [D108] 的最接近 1% 值電阻器。

## 逐步設計程序

步驟 1. 鍵入應用變數  $V_{AC\_MIN}$ 、 $V_{AC\_MAX}$ 、 $f_L$ ，  
應用類型  $V_O$ 、 $I_O$ 、 $\eta$ 、 $Z$ 、 $t_C$ 、 $C_{IN}$

鍵入應用變數			
VACMIN		90 V	最小 AC 輸入電壓
VACMAX		265 V	最大 AC 輸入電壓
fL		50 Hz	AC 主電源頻率
應用類型	電子安定器- 定電流	電子安定器- 定電流	選擇應用類型
VO		30.00 V	輸出電壓。建議此值高於 LED 最大電壓的 10%
IO		0.30 A	電源供應器輸出電流 (與峰值功率對應)
功率		9.00 W	連續輸出功率
n		0.85	輸出端的預估效率
Z		0.50	Z 係數。二次側損失與電源供應器中損失總計的比率 如果沒有更好的資料可供使用，請使用 0.5
tC		3.00 ms	橋式整流器導通時間估計值
CIN		24.00 uF	輸入電容

圖 2. 設計試算表的「應用變數」部分

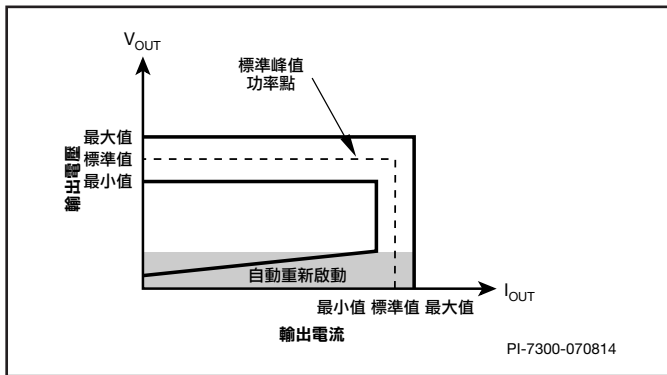


圖 3. 輸出特性包絡線定義

根據表 2 確定輸入電壓範圍。

標準輸入電壓 (VAC)	$V_{AC\_MIN}$	$V_{AC\_MAX}$
100/115	90	132
230	180	265
通用	90	265

表 2. 標準全球輸入線間電壓範圍

注意：對於具有 DC 而不是 AC 輸入的設計，請直接在設計試算表上填滿灰色的儲存格中輸入最小和最大 DC 輸入電壓  $V_{MIN}$  和  $V_{MAX}$  的值 (請參見圖 4)。

線電壓頻率  $F_L$ 

全輸入電壓或單一電壓 100 VAC 輸入的典型線電壓頻率為 50 Hz，單一電壓 115 VAC 輸入為 60 Hz，單一電壓 230 VAC 輸入為 50 Hz。這些值代表典型頻率，而不是最低頻率，但對於大多數應用而言，這給予了適當的總體設計餘裕。若要針對絕對最壞情況進行設計，請將頻率減少 6% (減至 47 Hz 或 56 Hz)。對於半波整流，請使用  $F_L/2$ 。對於 DC 輸入，請直接在儲存格 [B60] 和 [B61] 中輸入電壓。

標準輸出電壓， $V_O$  (V)

對於定電流 (CC) 電子安定器或燈泡設計，請將  $V_O$  值設為比最大 LED 負載電壓高 10%。對於定電壓 (CV) 電子安定器設計， $V_O$  設為標準輸出電壓。輸出電壓是在標準輸出電流所流經的已連接纜線末端測得的。

標準輸出電流， $I_O$  (A)

對於定電流 (CC) 電子安定器或燈泡設計， $I_O$  是標準輸出電壓處的標準輸出電流。對於定電壓 (CV) 電子安定器設計，請輸入指定的輸出電流加上 10%。10% 的係數可確保電源供應器保持在定電壓 (CV) 模式，同時在所有條件下都能提供所需的輸出電流。如果使用外部轉換器，標準輸出電壓和電流可能不同於標示規格。標示規格通常描述的是最小輸出電壓和電流。請參閱圖 3，瞭解呈現的輸出電壓和電流。輸出電流公差為  $\pm 5\%$  (包括初始公差和整個溫度範圍)。

電源供應器效率， $\eta$ 

輸入電源供應器的預估效率。在滿載條件和最差線電壓 (通常是最低輸入電壓) 條件下，測量輸出纜線末端的電壓和電流 (如適用)。全電壓輸入電壓 (90-265 VAC) 或單一 100/115 VAC (90-132 VAC) 輸入電壓設計從 0.8 開始，單一 230 VAC (180-265 VAC) 輸入電壓設計從 0.85 開始。在峰值輸出功率以及  $V_{AC\_MIN}$  和  $V_{AC\_MAX}$  條件下測量第一個原型板的效率後，請調整數字。

電源供應器損失分配係數， $Z$ 

此係數代表電源供應器的二次側功率損失與一次側和二次側總功率損失之比。 $Z$  與算出的效率一併使用，以確定輸入功率階段必須傳輸的功

DC 輸入電壓參數			
V <sub>MIN</sub>		100.12 V	最小 DC 匯流排電壓
V <sub>MAX</sub>		374.77 V	最大 DC 匯流排電壓

圖 4. 設計試算表的「DC 輸入電壓參數」部分

率。例如，在輸入階段的損失 (EMI 濾波器、整流等) 並未由此功率階段進行處理 (透過變壓器傳送)，因此，雖然效率降低，但變壓器設計並不會受影響。

$$Z = \frac{\text{Secondary Side Losses}}{\text{Total Losses}}$$

如果沒有其他資料可供使用，請使用 0.5 的值。

#### 橋式整流器導通時間， $t_c$ (ms)

這是輸入 AC Sine 波的持續時間，在此期間，輸入二極體會給輸入電容充電。此值用於計算在  $V_{AC(MIN)}$  條件下整個輸入電容的最小電壓。透過測量輸入電流波形，可得出  $t_c$  的實際值。如果沒有其他資料可供使用，請使用 3 ms 的值。

#### 總輸入電容， $C_{IN}$ (μF)

輸入總輸入電容 (請參閱表 3 中的指引)。電容用於計算整個大電容器的最低電壓  $V_{MIN}$ 。為  $C_{IN}$  選取一個值，使  $V_{MIN}$  保持在 70 V 以下。

每瓦輸出功率的總輸入電容 (μF/W)	
AC 輸入電壓 (VAC)	全波整流
100/115	2
230	1
90-265	3

表 3. 對於不同的輸入電壓範圍建議的總輸入電容

### 步驟 2 – 輸入 LYTSwitch-2 變數：LYTSwitch-2 裝置和封裝， $F_s$ 、 $V_{DS}$ 和 $V_D$

從表 4 中選取適當的 LYTSwitch-2 裝置。如果選擇了 [自動]，PIXI's 將相應地選擇適當的裝置尺寸。

#### 輸出功率表

產品	90-308 VAC	
	密封式燈泡	電子安定器驅動器
LYT2002D	5 W	6 W
LYT2003D	6 W	7 W
LYT2004D	7 W	8 W
LYT2004E/K	9 W	10 W
LYT2005E/K	10 W	12 W

表 4. 輸出功率表

#### 選取工作頻率 $F_s$

輸入標準工作切換頻率  $F_s$ 。 $F_s$  是電源供應器在標準峰值輸出功率點運作時的切換頻率。變更  $F_s$  的值可用於調整  $K_p$ 、 $L_p$  和  $N_p$ 。選取處於 60 kHz 與 90 kHz 之間的頻率範圍。最小和最大工作頻率因  $L_p$  公差和內部限電流而異。如果算出的最小或最大頻率超出 60 kHz 到 90 kHz 的範圍，則會顯示警告。

#### LYTSwitch-2 開啟狀態汲源極間電壓， $V_{DS}$ (V)

此參數是跨 LYTSwitch-2 汲極與源極接腳產生的平均開啟狀態電壓。如果未輸入值，PIXI's 會使用 10 V 的預設值。

#### 輸出二極體順向式壓降， $V_D$ (V)

輸入輸出二極體的平均順向式壓降。如果無法使用指定的二極體資料，請針對蕭特基二極體使用 0.5 V，或針對 PN 接面二極體使用 0.7 V。 $V_D$  具有 0.5 V 的預設值。

#### MOSFET 關閉時間與二次側二極體導通時間之比， $K_p$

為進行適當調節，LYTSwitch-2 需要電源供應器在不連續導通模式 (DCM) 下運作。確認  $K_p$  是否大於 1.3，以確保不連續運作。建議使用大於 1.5 的值。 $K_p$  應始終大於 1，用以表示不連續導通模式，並且是一次側 MOSFET 關閉時間與二次側二極體導通時間之比：

$$K_p \equiv K_{DP} = \frac{(1-D) \times T}{t} = \frac{V_{OR} \times (1-D_{MAX})}{(V_{MIN} - V_{DS}) \times D_{MAX}}$$

#### 回授繞組參數

回授繞組參數由 PIXI's 計算得出。 $N_{FB}$  是變壓器中的回授繞組圈數。 $V_{FLY}$  及  $V_{FOR}$  代表 MOSFET 開啟 ( $V_{FOR}$ ) 或關閉 ( $V_{FLY}$ ) 時回授繞組上的電壓。

#### 偏壓繞組參數

如果已在儲存格 [B35] 中選擇外部偏壓，則為  $V_B$  鍵入偏壓 (圖 7)。 $N_B$  為堆疊在回授圈數頂部之額外圈數 (AC 堆疊)。

### 步驟 3 – 選取輸出二極體導通時間， $D_{CON}$ (μs)

$D_{CON}$  為峰值輸出功率條件下的輸出二極體導通時間。變更  $D_{CON}$  的值可調整二次側及回授繞組圈數，進而更好地利用線軸繞組窗口。增加  $D_{CON}$  會增加圈數。

鍵入 LYTSwitch-2 變數			
選擇的裝置	自動	LYT2004K/E	選擇的 LYTSwitch-2 裝置
ILIMITMIN		0.46 A	最小限電流
ILIMITTYP		0.50 A	典型限電流
ILIMITMAX		0.53 A	最大限電流
FS		80.00 kHz	最大功率條件下的典型裝置切換頻率
VOR		94.71 V	輸出反射電壓 (建議 VOR 小於 135 V)
VDS		10.00 V	LYTSwitch-2 開啟狀態下的汲源極間電壓
VD		0.50 V	輸出繞組二極體順向壓降
KP		1.28	設計可正常工作，但為達到最佳的定電流調節並降低噪音，請使用大於 1.30 的 KP。您可以增加 VMIN 或減小 FS，或者增加零件大小來達到此數值

圖 5. 設計試算表的「鍵入 LYTSwitch-2 變數」部分

回授繞組參數			
NFB		13.00	回授繞組圈數
VFLY		20.87 V	返馳式電壓 - 切換開關關閉期間回授繞組上的電壓
VFOR		22.06 V	順向式電壓 - 切換開關開啟期間回授繞組上的電壓

圖 6. 設計試算表的「回授繞組參數」部分

偏壓繞組參數			
偏壓	自偏壓	自偏壓	選取自偏壓或外部偏壓，以便為 IC 供電
VB		N/A V	回授繞組電壓 (VFLY) 大於 20 V。回授繞組本身可用於為 LYTSwitch 提供外部偏壓。不需要其他偏壓繞組
NB		N/A	偏壓繞組圈數
REXT		N/A kΩ	BYPASS 接腳電阻器的建議值 (使用標準 5% 電阻器)

圖 7. 設計試算表的「偏壓繞組參數」部分

設計參數			
DCON		4.60 us	所需輸出二極體導通時間
DCON_FINAL		4.65 us	最終輸出導通二極體 (假設 NP 與 NS 為整數值)
TON		4.40 us	LYTSwitch-2 導通時間 (處於最低電感時計算)
RUPPER		83.54 kΩ	回授分壓電阻器中的上方電阻器。執行初始原型後，需要使用本試算表的「微調」部分來調整為正確的輸出電流
RLOWER		8.56 kΩ	分壓電阻器中的下方電阻器

圖 8. 設計試算表的「設計參數」部分

對回授繞組進行取樣時， $D_{CON}$  的最小值將限制在 4.6  $\mu$ s，以確保輸出二極體在輕載下仍受控制 (內部 MOSFET 關閉後為 2.5  $\mu$ s)。 $D_{CON}$  的最大值通常由  $K_p$  值所限制。達到最小值 1.3 之前， $K_p$  會隨著  $D_{CON}$  的增加而降低。

電阻器  $R_{UPPER}$  及  $R_{LOWER}$  (圖 1) 為針對回授繞組電阻器 (圖 1) 的初始計算值。

#### 步驟 4 – 根據輸出功率選擇鐵芯和線軸並鍵入

$$A_E、L_E、A_L、B_W、L$$

這些符號分別代表鐵芯有效截面積  $A_E$  (mm<sup>2</sup>)、鐵芯有效路徑長度  $L_E$  (mm)、鐵芯無間隙有效電感  $A_L$  (nH/Turn<sup>2</sup>)、線軸寬度  $B_W$  (mm) 以及一次側層數  $L$ 。

依預設，如果鐵芯選擇儲存格留空，則試算表會選取符合峰值磁通密度

限制的最小鐵芯尺寸。使用者可變更此選擇，並在常用鐵芯清單中選擇替代鐵芯 (如表 6 所示)。

表 5 提供特定鐵芯尺寸之功率能力的相關指引。

填滿灰色的儲存格 [B48 到 B55] 可用於直接鍵入鐵芯與線軸參數。

鐵芯尺寸	輸出功率能力
EF12.6	3.3 W
EE13	3.3 W
EE16	6.1 W
EF20	11 W

表 5. LYTSwitch-2 設計中常用尺寸的輸出功率能力

鍵入變壓器鐵芯/結構變數			
鐵芯類型	自動	EF20	鍵入變壓器鐵芯
Custom_Core			如果下拉式功能表上的選取項目為 [自訂]，則鍵入鐵芯名稱
線軸		EF20_BOBBIN	一般 EF20_BOBBIN
AE		33.50 mm^2	鐵芯有效截面積
LE		44.90 mm	鐵芯有效路徑長度
AL		1570.00 nH/turn^2	無間隙鐵芯有效電感
BW		12.20 mm	線軸實體繞組寬度
M		0.00 mm	安全邊緣寬度 (一次側至二次側安規距離的一半)
L		3.00	一次側層數
NS		19.00	二次側圈數。若要調整二次側圈數，請變更 DCON

圖 9. 設計試算表的「鍵入變壓器鐵芯/構造變數」部分

對於要求一次側與二次側之間安全隔離 (但不使用三層絕緣線) 的設計，需在方塊 [B55] 中鍵入線軸 (參數 M) 每邊使用的安全邊緣寬度。通用電壓輸入設計一般需要 6.2 mm 的總邊緣 (在試算表中鍵入的值為 3.1 mm)。若是垂直線軸，邊緣可能不對稱。如果需要 6.2 mm 的總擋牆，即使實際邊緣僅存在線軸的一邊，仍要鍵入 3.1 mm。

鍵入一次側層數 (L) [B56]。建議的最大一次側層數為三層。層數越多，漏電感越高，損失亦隨之增加。

變壓器鐵芯尺寸		
EE8	EF12.6	EI16
EE10	EF16	EI19
EE12.9	EF20	EI22
EE13	EFD10	EI25
EE26	EFD12	EEL16
EE16W	EFD15	EEL19
EE1616	EFD20	EEL22
EE19	EFD25	RM5
EE22	EPC13	RM6
EE25	EPC17	RM7
EEM12.4	EPC19	EE10/10

表 6. LYTSwitch-2 PIXIs 試算表中提供的鐵芯清單

NS 為二次側圈數。若要增加圈數，請增加 D<sub>CON</sub> 的值 [B40]。

### 步驟 5 – 變壓器重新設計及產生主要變壓器設計參數

重新設計，確定不會顯示任何警告。任何建議值範圍外的參數都可以依照右手邊欄位的指引修正。標記有「Info」的訊息提供了可進一步最佳化之參數的相關資訊。將所有警告解決後，請使用此資訊來建置變壓器。

#### 一次側電感， $L_{P(TYP)}$ 、 $L_{P(MIN)}$ (μH)、 $L_{P(TOLERANCE)}$ (%)

主要變壓器電氣參數為  $L_{P(TYP)}$ 、 $L_{P(MIN)}$  (μH)、 $L_{P(TOLERANCE)}$ ，代表提供標準峰值輸出功率 ( $V_o \times I_o$ ) 所需的最小一次側電感。

由於給供應商指定一次側電感做為包含公差之標準值更為常見，因此  $L_{P(TYP)}$  值可按如下公式計算得出：

$$L_{P(TYP)} = L_{P(MIN)} \times \left( 1 + \frac{L_{P(TOLERANCE)}}{100} \right)$$

其中  $L_{P(TOLERANCE)}$  為百分比公差。如果沒有鍵入任何值，則 PIXIs 會依預設使用 7，表示  $L_{P(TOLERANCE)}$  為 ±7%。

#### 一次側繞組圈數， $N_p$

這是一次側總圈數。

#### 有間隙鐵芯有效電感， $A_{LG}$ (nH/T<sup>2</sup>)

這是  $L_{P(MIN)}$  的目標鐵芯有效電感，由  $A_{LG}$  的典型值乘以  $1 + (L_{P(TOLERANCE)}/100)$  計算得出。

#### 目標磁通密度， $B_{M\_TARGET}$ (高斯)

$B_{M\_TARGET}$  為運作鐵芯磁通密度及 AC 磁通擺幅。使用最大值 2600 (0.26 T) 以將噪音降至最低。

DC 輸入電壓參數			
VMIN		100.12 V	最小 DC 匯流排電壓
VMAX		374.77 V	最大 DC 匯流排電壓

圖 10. 設計試算表的「DC 輸入電壓參數」部分

電流波形參數			
DMAX		0.43	在 VMIN 情況下所測出的最大工作週期
Iavg		0.12 A	平均輸入電流
IP		0.46 A	一次側峰值電流
IR		0.46 A	一次側漣波電流
IRMS		0.20 A	一次側有效值電流

圖 11. 設計試算表的「電流波形參數」部分

變壓器一次側設計參數			
LPMIN		958.16 uH	一次側最小電感
LPTYP		1030.28 uH	一次側典型電感
LP_TOLERANCE		7.00 %	一次側電感公差
NP		59.00	一次側圈數。若要調整一次側圈數，請變更 BM_TARGET
ALG		295.97 nH/turn <sup>2</sup>	有間隙鐵芯有效電感
BM_TARGET		2600.00 高斯	目標磁通密度
BM		2580.25 高斯	最大工作磁通密度 (處於標準電感時計算)，建議 BM 小於 2600
BP		2956.08 高斯	峰值工作磁通密度 (處於最大電感及最大限電流時計算)，建議 BP 小於 3100
BAC		1290.13 高斯	鐵芯損失曲線的 AC 磁通密度 (0.5 X 峰間值)
ur		167.45	無間隙鐵芯的相對磁導率
LG		0.13 mm	間隙長度 (LG 大於 0.1 mm)
BWE		36.60 mm	有效線軸寬度
OD		0.62 mm	最大一次側線徑 (包括絕緣層)
INS		0.07 mm	估計絕緣層總厚度 (= 2 * 薄膜厚度)
DIA		0.55 mm	裸線直徑
AWG		24 AWG	一次側線徑規格 (取整進位到下一個較小的標準 AWG 值)
CM		406.37 Cmils	裸線有效面積 (以圓密爾為單位)
CMA		2036.33 Cmils/A	!!! 資訊。CMA 採用數值較大的建議值，但設計可正常工作 請考慮減少一次側層數

圖 12. 設計試算表的「變壓器一次側設計參數」部分

變壓器二次側設計參數			
ISP		1.43 A	二次側峰值電流
ISRMS		0.64 A	二次側有效值電流
IRIPPLE		0.56 A	輸出電容器有效值漣波電流
CMS		127.43 Cmils	二次側裸線最小圓密爾數
AWGS		29.00	二次側線徑規格 (取整進位到下一個較大的標準 AWG 值)

圖 13. 設計試算表的「變壓器二次側設計參數」部分

**鐵芯間隙長度， $L_g$  (mm)**

$L_g$  為鐵芯間隙長度的估計值。一般不建議對中心接腳間隙鐵芯使用低於 0.1 mm 的值，因為這樣做會導致一次側電感的公差增大。

**最大一次側繞組線外徑，OD (mm)**

這是使一次側繞組適合指定層數的最大線徑。選取線類型時，我們建議使用雙塗層磁線 (而非單塗層類型)，以便提升可靠性並降低一次側電容 (降低無負載輸入功率)。

**一次側繞組線的裸線直徑，DIA (mm)**

這是未絕緣的線的直徑。

**一次側繞組線的線徑規格，AWG**

這是四捨五入為下一版標準美國線徑規格尺寸的線徑。

**一次側繞組裸線有效面積，CM ( $C_{MILS}$ )**

CM 是以圓密爾為單位的有效導線面積。

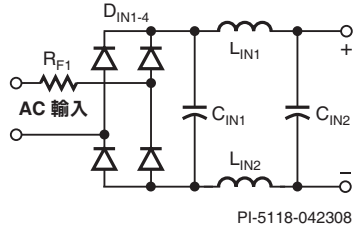
**一次側繞組線電流能力，CMA ( $C_{MILS}/A$ )**

CMA 是以每安培圓密爾 (1 密爾 = 1/1000th 英寸) 為單位的一次側導線面積。如果測量出最差情況下的繞組溫度 (在最高環境溫度、最低 AC 輸入電壓、最大輸出功率條件下) 且低於 100 °C，達到 A 類安全限制，則可能低於建議最小值 200 的值也可以接受。

步驟 6 – 輸入階段的選擇

建議的輸入階段請參見表 7。輸入階段由可熔元件、輸入整流以及線濾波器網路組成。

可熔元件可以是可熔電阻器或是保險絲。如果選取可熔電阻器，則建議採用防火類型的可熔電阻器。根據線差動電壓輸入突波要求，可能需要使用繞線類型。避免使用金屬薄膜或碳膜類型，因為這類電阻器可能會因  $V_{AC\_MAX}$  反復施加至電源供應器時的突波電流而損壞。



- $R_{F1}$  : 8.2  $\Omega$ 、2 W、防火可熔電阻器
- $L_{IN1}$  : 470  $\mu$ H – 4.7 mH、0.05 A – 0.3 A
- $L_{IN2}$  : 鐵氧體磁珠或 470  $\mu$ H – 4.7 mH、0.05 A – 0.3 A
- $C_{IN1} + C_{IN2}$  :  $\geq 2 \mu$ F/ $W_{OUT}$ 、400 V、90 VAC - 265 VAC  
 $\geq 2 \mu$ F/ $W_{OUT}$ 、200 V、100 VAC - 115 VAC  
 $\geq 1 \mu$ F/ $W_{OUT}$ 、400 V、180 VAC - 265 VAC
- $D_{IN1-4}$  : 1N4007、1 A、1000 V

表 7. 輸入階段建議

電壓應力參數			
VDRAIN		593.66 V	最大汲極電壓估計值 (假設 20% 的箝位電壓公差和額外的 10% 溫度公差)
PIVS		150.69 V	輸出整流器最大反向峰值電壓

圖 14. 設計試算表的「電壓應力」部分

微調			
RUPPER_ACTUAL		83.54 k $\Omega$	PCB 上使用之上方電阻器 (RUPPER) 的實際值
RLOWER_ACTUAL		8.56 k $\Omega$	PCB 上使用之下方電阻器 (RLOWER) 的實際值
實際 (測得) 輸出電壓 (VDC)		30.00 V	從第一個原型測得的輸出電壓
實際 (測得) 輸出電流 (ADC)		0.30 Amp	從第一個原型測得的輸出電流
RUPPER_FINE		83.54 k $\Omega$	回授分壓電阻器中上方電阻器 (RUPPER) 的新值 最近的標準值為 84.5 k $\Omega$
RLOWER_FINE		8.56 k $\Omega$	回授分壓電阻器中下方電阻器 (RLOWER) 的新值 最近的標準值為 8.66 k $\Omega$

圖 15. 設計試算表的「微調」部分

步驟 7 – BYPASS 接腳電容器、偏壓繞組及回授元件的選擇

BYPASS 接腳電容器

使用電壓額定值大於 7 V 的 1  $\mu$ F BYPASS 接腳電容器 (圖 16 中的 C5)。電容器的類型無關緊要。但絕對最小值 (包括公差和溫度) 必須大於或等於 0.5  $\mu$ F。電容器的實體位置必須位於 LYTSwitch-2 BYPASS 接腳和源極接腳附近。

外部偏壓電路

新增的偏壓電路可以將無負載輸入功率從 ~200 mW 降至 30 mW 以下。

圖 16 所示的電源供應器電路圖使用了二極體 D2、電容器 C6 及電阻器 R6 構成的偏壓電路。如果輸出電壓低於 8 V，則需要額外的變壓器繞組，如圖 19 所示。在任何情況下，這都能提供足夠電壓為 BYPASS 接腳供電。

新增的偏壓繞組 (從接腳 2 到接腳 1) 堆疊在回授繞組 (接腳 4 到接腳 2) 的頂部。二極體 D6 會整流輸出，C5 則是濾波電容器。建議使用至少 1  $\mu$ F 的電容器，以便在無負載情況下於低頻率工作期間保持偏壓電壓。電壓額定值應高於  $V_{BIAS}$  的最大值。建議通到 BYPASS 接腳的電流等於 IC 供應電流 (~0.5 mA)。R4 值可根據以下公式計算得出：

$$R_4 = (V_{BIAS} - V_{BP}) / I_{S2}$$





序號	類型	電壓範圍 (V)	電流額定值 (A)	封裝
1N5817 至 1N5819	蕭特基	20-40	1	含鉛
SB120 至 SB1100	蕭特基	20-100	1	含鉛
1N5820 至 1N5822	蕭特基	50-60	1	含鉛
MBR320 至 MBR360	蕭特基	20-40	3	含鉛
SK12-L 至 SK110-L	蕭特基	20-100	1	SMD
SK22-L 至 SK220-L	蕭特基	20-200	2	SMD
SK1150-L 至 SK1200-L	蕭特基	150-200	1	SMD
UF4002 至 UF4006	超快	100-600	3	含鉛
UF5401 至 UF5408	超快	100-800	3	含鉛
ES1A 至 ES1D	超快	50-200	1	SMD
ES2A 至 ES2D	超快	50-200	1	SMD
US1A 至 US1M	超快	50-1000	1	SMD

表 8. 建議可與 LYTSwitch-2 設計搭配使用的二極體清單

### 步驟 8 – 輸出二極體及預載的選擇

輸出整流器二極體應採用快速或超快速恢復型 PN 接面或蕭特基屏障類型。

選取具有足夠電壓餘裕 (VR) 的二極體。一般而言, VR 大於或等於  $1.2 \times PIVs$ , 其中 PIVs 可從 PIXIs 試算表的「電壓應力參數」部分取得。原型完成後, 使用示波器來確認  $V_{AC,MAX}$  下的實際二極體應力。

選取連續額定值最接近  $2 \times I_o$  的二極體, 其中  $I_o$  為輸出電流。可在必要時使用較大的二極體, 以符合散熱或效率要求。

表 8 列出了 LYTSwitch-2 電路可能會使用的一些合適的蕭特基及超快速二極體。

在切換頻率下對輸出電壓進行取樣時, 無負載條件下會維持最小切換頻率, 以便提供良好的暫態負載反應。因此, 如果供應器可在無負載狀況下運作, 則需要使用預載電阻器來防止輸出電壓在負載低於 10 mW (請參閱圖 16 中的電阻器 R7) 時出現升高的情況。選取代表標準輸出電壓下約 10 mW 的負載值。例如, 對於 24 V 的輸出, 請使用 57.6 kΩ 的預載電阻器值。

對於在無負載狀況下輸出電壓可升高的設計, 選取的預載電阻器值應可讓輸出電壓保持在最大輸出電壓限制範圍內。將無負載時的電壓最大升高值限制在低於標準輸出電壓的 50%, 以使因一次側箝位和偏壓繞組消耗的增加而引起的無負載輸入功率降至最小。

### 步驟 9 – 選取輸出電容器及選用的後置濾波器

選取大於或等於  $1.2 \times V_{O(MAX)}$  的電容器電壓。

使用下方最大允許的等效串聯電阻 (ESR) 運算式來選取電容器：

$$ESR_{MAX} = \frac{V_{RIPPLE(MAX)}}{I_{SP}}$$

其中,  $V_{RIPPLE(MAX)}$  指定的最大的輸出漣波和噪音, 而  $I_{SP}$  則是從設計試算表的「變壓器二次側設計參數」部分取得的二次側峰值電流。

絕對最小電容 (排除 ESR 的影響) 由以下運算式計算得出：

$$C_{OUT(MIN)} = \frac{I_{O(MAX)} \left( \frac{1}{F_S} - D_{CON} \right)}{V_{RIPPLE(MAX)}}$$

其中,  $I_{O(MAX)}$  為最大輸出電流,  $F_S$  為切換頻率,  $D_{CON}$  為輸出二極體導通時間,  $V_{RIPPLE(MAX)}$  為允許的最大輸出漣波電壓。

確認電容器的漣波電流額定值大於或等於  $I_{RIPPLE}$  值 (取自設計試算表的「變壓器二次側設計參數」部分)。如果不是, 則選取符合  $I_{RIPPLE}$  要求的最小電容值。由於電容器作業溫度會升高, 因此很多電容器製造商都會提供增加漣波電流額定值的係數。而使用者則可使用此資訊來減小電容器尺寸。

常見一次側箝位配置

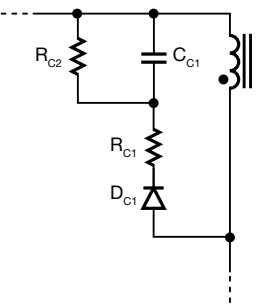
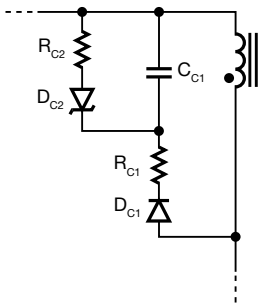
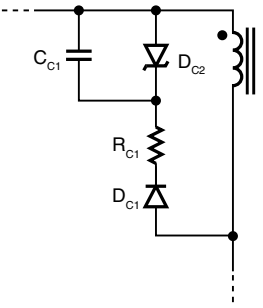
RCD	RCDZ (積納二極體洩漏)	RDZ (積納二極體)
 <p style="text-align: center;">PI-5107-110308</p>	 <p style="text-align: center;">PI-7315-070814</p>	 <p style="text-align: center;">PI-5109-041308</p>
<p><math>D_{C1}</math> : 1N4007、1 A、1000 V</p> <p><math>R_{C1}</math> : 100 <math>\Omega</math> - 300 <math>\Omega</math>、1/4 W</p> <p><math>C_{C1}</math> : 470 pF - 1000 pF</p> <p><math>R_{C2}</math> : 330 k<math>\Omega</math> - 680 k<math>\Omega</math>、1/2 W</p>	<p><math>D_{C1}</math> : 1N4007、1 A、1000 V</p> <p><math>D_{C2}</math> : BZY97Cxxx (xxx = 90 V 至 120 V)</p> <p><math>R_{C1}</math> : 100 <math>\Omega</math> - 300 <math>\Omega</math>、1/4 W</p> <p><math>R_{C2}</math> : 47 k<math>\Omega</math> - 150 k<math>\Omega</math>、1/2 W</p> <p><math>C_{C1}</math> : 470 pF - 1000 pF</p>	<p><math>D_{C1}</math> : 1N4007、1 A、1000 V</p> <p><math>R_{C1}</math> : 100 <math>\Omega</math> - 300 <math>\Omega</math>、1/4 W</p> <p><math>C_{C1}</math> : 470 pF - 1000 pF (選用)</p> <p><math>D_{C2}</math> : P6KExxx (xxx = 150 V 至 200 V)</p>

表 9. 適用於 LYTSwitch-2 設計的一次側箝位配置

若要減小輸出電容器的實體尺寸，可以使用輸出 LC 後置濾波器來減少與 ESR 相關的切換噪音。在此情況下，選取電流額定值大於或等於  $I_o$ 、範圍在 1  $\mu$ H 到 3.3  $\mu$ H 之間的電感器。鐵氧體磁珠可用於  $I_o$  小於約 1 A 的設計。二次側電容器通常為 100  $\mu$ F 或 220  $\mu$ F，並且 ESR 較低，可取得良好的暫態反應。由於二次側漣波電流不會通過此電容器，因此對 ESR 或漣波電流沒有特定要求。

所需的輸出電容器也可以分為兩個電容器。在本例中，整體漣波電流額定值等於每個電容器額定電流值的總和。

### 步驟 10 — 一次側箝位元件的選擇

表 9 所示的三種常見的一次側箝位排列一般適用於 LYTSwitch-2 設計。

RCD 配置成本最低。對於 RCD 及 RCDZ 類型的電路，將  $C_{C1}$  的值最小化並將  $R_{C2}$  的值最大化，同時將峰值汲極電壓限制在 680 V 以下。因為影響回授繞組取樣電壓之箝位電壓的設定時間會更長，因此較高的  $C_{C1}$  值可能會導致輸出漣波電壓更高。

對於 RDZ 配置， $C_{C1}$  為選用並且可協助恢復部分漏電感能量。電阻器  $R_{C1}$  可抑制振盪，應對其進行調整以使負尖峰 (請參閱「設計技巧」部分) 減至最小並降低傳導性 EMI。RCDZ 電路會維持 RCD 配置的低 EMI，但會降低無負載輸入功耗。 $R_{C2}$  將流經積納二極體的電流限制在只有幾 mA，因此應力極低，這就允許使用非 TVS 積納二極體，而無需顧慮可靠性問題。RDZ 配置提供最低的無負載功耗，但代價是 EMI 更高並且需要 TVS 類型的積納二極體 (承受較高的瞬間功率)。

### 變壓器繞組排列範例 (包括 E-Shields™)

完成 PIXIs 試算表設計後，即可取得用於建立變壓器設計所需的一切資訊。本部分將提供有關繞線順序以及如何使用 Power Integrations E-Shield 專利技術的一些實用技巧。遮蔽繞組不僅可以消除共模電感器的需求，還可以降低連接在一次側與二次側之間 Y 級電容器的值，甚至無需 Y 級電容器，從而提高傳導性 EMI 效能並簡化輸入濾波器階段。如需參考繞組數 (WD1)，請參閱圖 17 和 18。

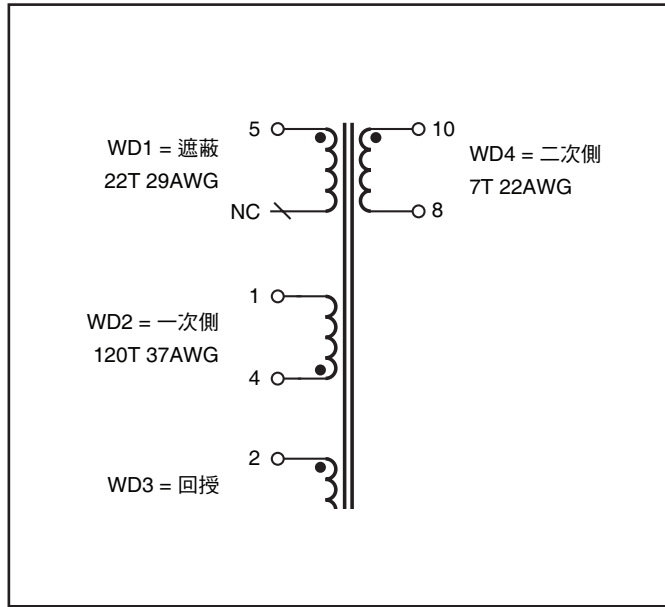


圖 17. 使用 E-Shield 的典型變壓器電路圖 (WD1)

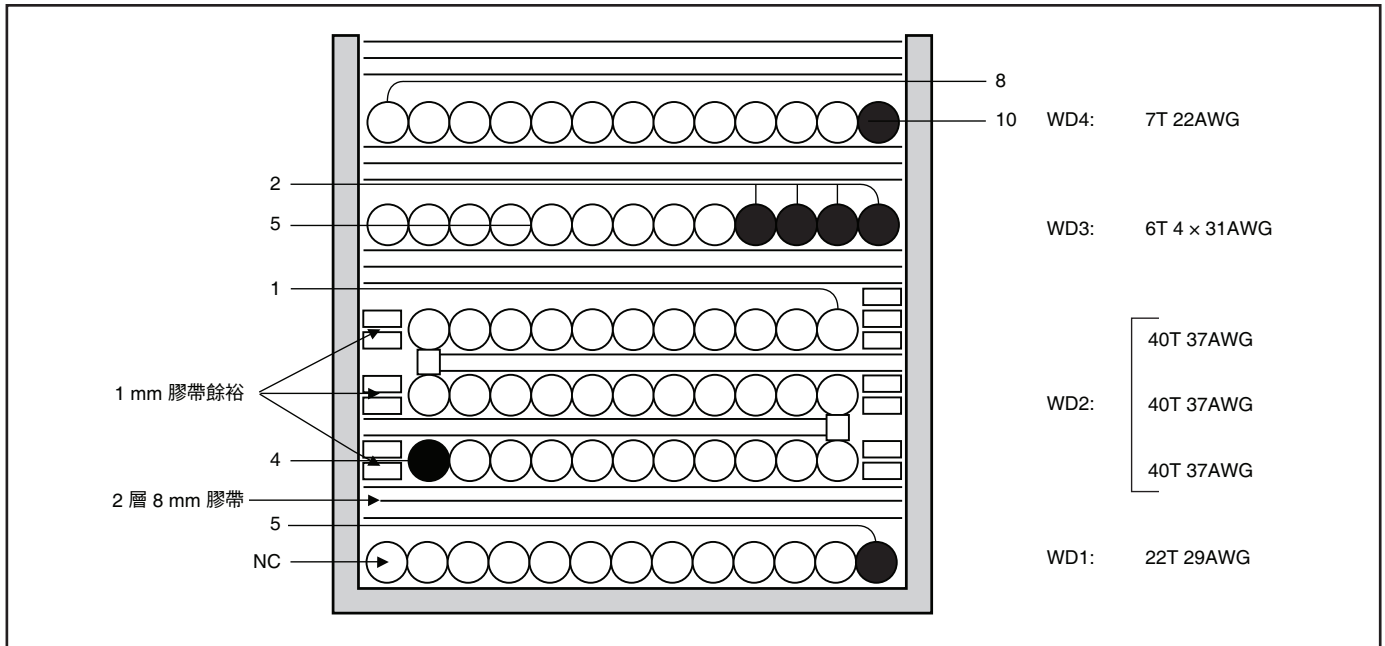


圖 18. 使用遮蔽繞組的 LYTSwitch-2 變壓器的典型機械構造

**遮蔽繞組**

變壓器的第一層是遮蔽繞組 (WD1)。從 PIXIs 取得一次側圈數 NP [D74] 然後除以層數 L [D56]，藉此計算出圈數。將結果除以 2 ( $NS_{EILD} = 0.5 \times (NP/L)$ )。此會得出開始值。請注意，遮蔽繞組的起點 (黑色圓點) 位於與一次側繞組起點相反方向的線軸端上。遮蔽繞組的終止端為浮接。選取完全填滿線軸寬度的線徑規格。

**一次側繞組**

第二個繞組 (WD2) 為一次側繞組。從 PIXIs 尋找圈數 NP [D74]、層數 L [D56] 以及線徑規格 AWG [D86]。1 mm 的膠帶層降低了變壓器設計對生產差異的敏感性，可用於提升 EMI 重複性。若要包含膠帶擋牆，請在 PIXIs 試算表的儲存格 [B55] 中鍵入 1 mm 的擋牆值。

**回授繞組**

回授繞組為線軸上的第三個繞組 (WD3)。從 PIXIs 尋找圈數 NFB [D30]。為了降低傳導性 EMI，此繞組必須涵蓋完整的線軸寬度。使用多股繞組才可達成上述目標，且可能需要進行一些實驗才能找到最佳線徑規格和繞組的並繞線數。基於製造性考量，多股繞組連接到單一線軸接腳時，通常建議不超過 4 股。

**二次側繞組**

最後一個繞組為二次側繞組 (WD4)。從 PIXIs 尋找二次側圈數 NS [D57]。在與回授繞組起點相同方向的線軸端上起始二次側繞組。選取線徑規格以完全填滿線軸繞組窗口的寬度。建議針對二次側繞組使用三層絕緣線，以便無需寬膠帶擋牆即可符合安全間距要求 (通常為 6 mm 至 6.2 mm)，並將所需的變壓器鐵芯尺寸降至最低。

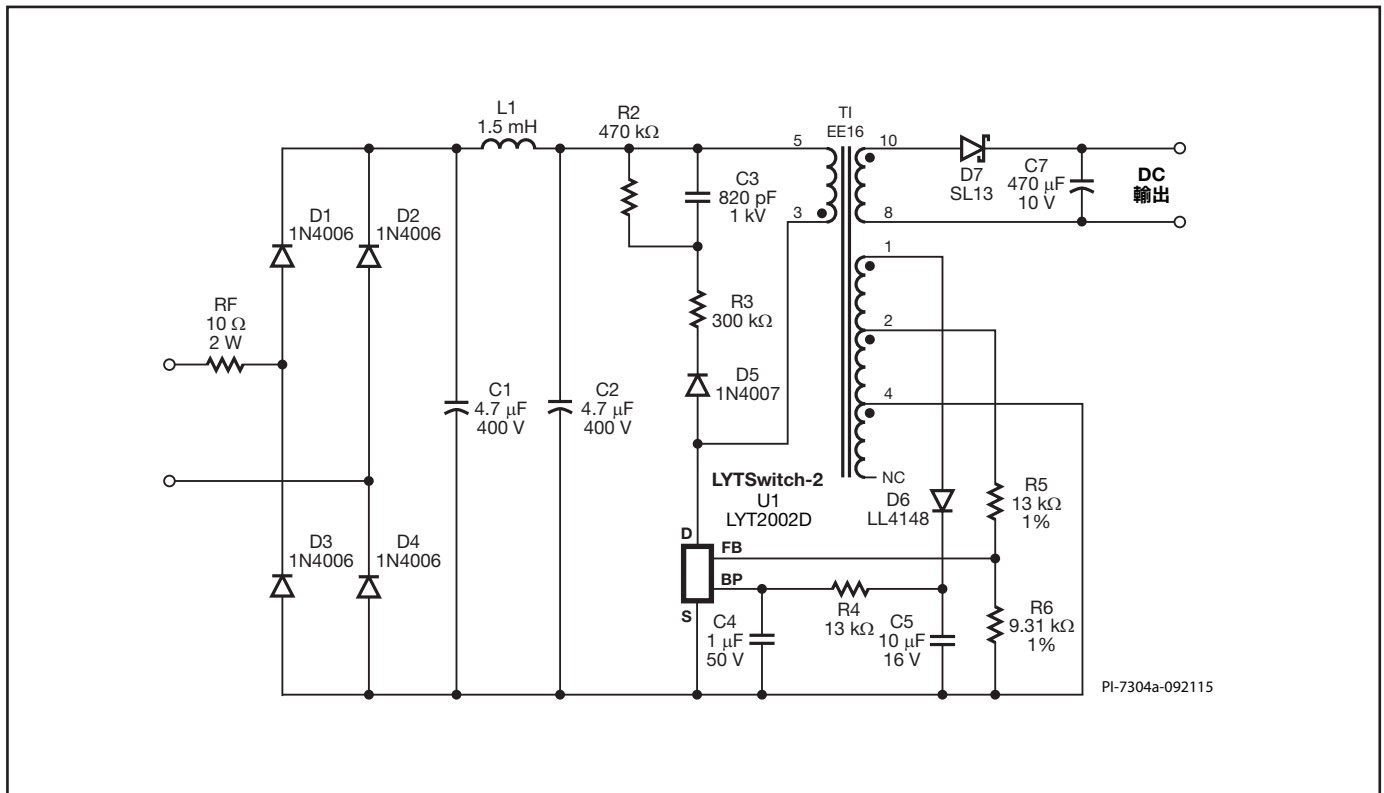


圖 19. 使用用於降低無負載輸入功率以及提高輕負載效率之偏壓電路的 LYTSwitch-2 返馳式電源供應器

使用其他偏壓繞組的變壓器範例

圖 20 和 21 分別為適用於需要偏壓繞組之變壓器的電路圖和建構圖。

此變壓器適用的構造技術與無需偏壓繞組之變壓器適用的構造技術相同，除非在一次側和回授繞組層之間插入偏壓繞組。新增至回授繞組的額外圈數在 PIXIs 的儲存格 [D37] 中顯示為 (NB)。

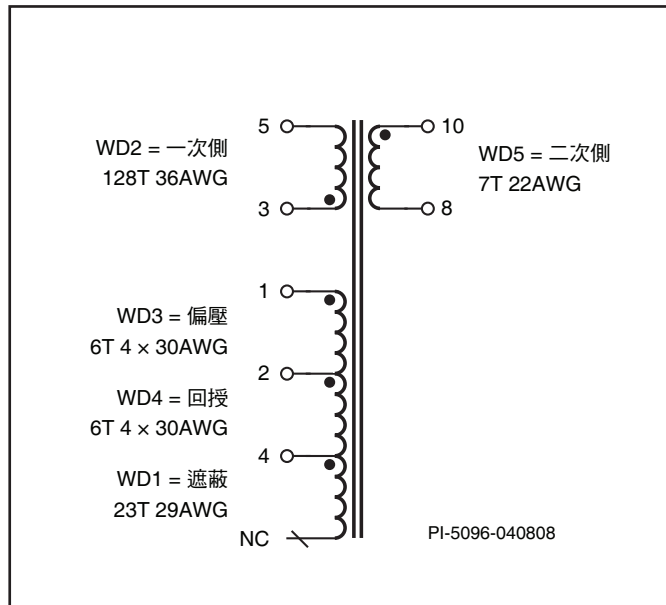


圖 20. 使用其他偏壓繞組的變壓器電路圖

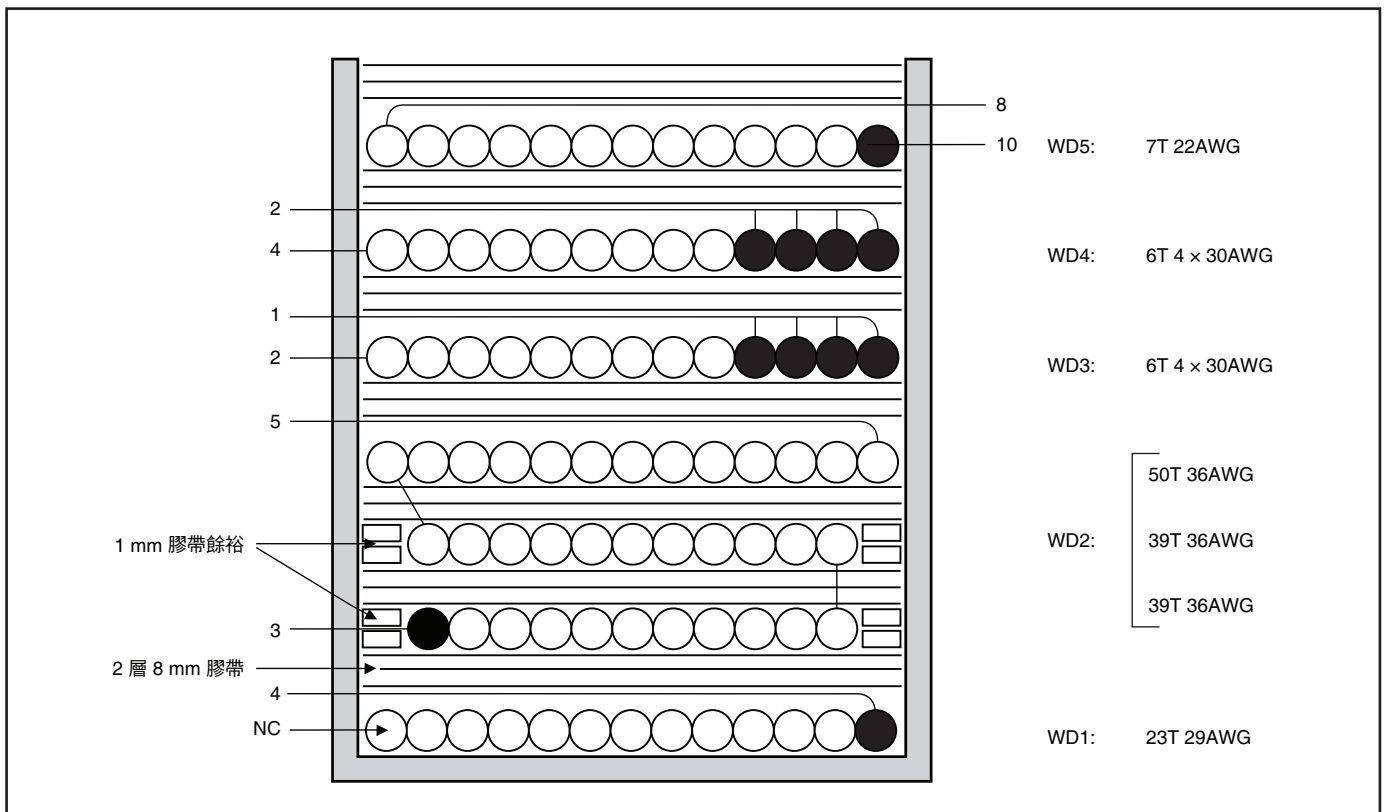


圖 21. 使用其他偏壓繞組和遮蔽繞組建置圖的變壓器

## 設計技巧

### 輸出反射電壓 ( $V_{OR}$ ) 調整

其他 Power Integrations 裝置系列設計試算表的使用者可能會注意到部分重要參數 ( $K_p$ 、 $V_{OR}$ 、 $N_s$  以及  $N_p$ ) 無法在 LYTSwitch-2 試算表中直接變更。若要變更這些參數，請使用下方顯示的關係：

- $K_p$ ：減少  $F_s$  或增加  $C_{IN}$  會增加  $K_p$ 。
- $V_{OR}$ ：增加  $D_{CON}$  或  $F_s$  會減少  $V_{OR}$  的值
- $N_s$ ：增加  $D_{CON}$  會增加  $N_s$
- $N_p$ ：由  $B_{M(TARGET)}$  確定

### 輸出公差

工廠使用典型電源供應器測試模組，對每一個 LYTSwitch-2 裝置進行調整，從而確保相當精確的初始 CC 公差。這在產品規格型錄中透過參數  $I_O$  (標準化輸出電流) 表示。

回授接腳電壓 ( $V_{FBH}$ ) 和低溫度係數 (TCVFB) 的精確公差可在定電壓 (CV) 期間提供精確的輸出電壓調節。

在 E 和 K 封裝中，LYTSwitch-2 為定電壓 (CV) 中的輸出電壓提供精確的輸出整體公差 (包括線間、元件差異和溫度)，為定電流 (CC) 工作期間的輸出電流提供  $\pm 5\%$  的接面溫度範圍 (0 °C 到 100 °C)。

對於 D 封裝 (SO-8C)，可能因製造流程 (例如，焊液浸沒或  $I_R$  迴焊) 產生的壓力而發生其他定電流 (CC) 變化。因而建議使用電源供應器建置範例查核每款設計的生產公差。

## 設計建議

### 電路板佈局

LYTSwitch-2 IC 系列是高度整合的電源供應器解決方案，此方案將控制器與高電壓功率 MOSFET 整合在同一晶片上。將高切換電流及電壓與類比訊號搭配使用，請務必遵循良好的 PCB 設計做法，以確保穩定與輕鬆自如的電源供應器作業。請參閱圖 22 和 23，瞭解分別適用於 LYTSwitch-2 E 和 SO-8C 封裝的建議電路板佈局 (K 封裝的佈局類似於 SO-8C)。

為以 LYTSwitch-2 為基礎的電源供應器設計印刷電路板佈局時，一定要遵循以下指南：

### 單點接地

請在用於 LYTSwitch-2 源極接腳和偏壓繞組迴線之輸入濾波電容器的負端使用單點 (Kelvin) 連接。這樣可藉由將突波電流從偏壓繞組直接傳回至輸入濾波電容器，改善突波與 ESD 的耐受性。

### BYPASS 接腳電容器

BYPASS 接腳電容器應該盡可能接近源極接腳和 BYPASS 接腳。

### 回授接腳電阻器

將回授電阻器直接放置在與 LYTSwitch-2 裝置的回授接腳相鄰的位置。這樣可將雜訊耦合降至最低。 $R_{UPPER}$  應儘可能接近回授接腳， $R_{LOWER}$  應位於源極接腳和回授接腳之間。

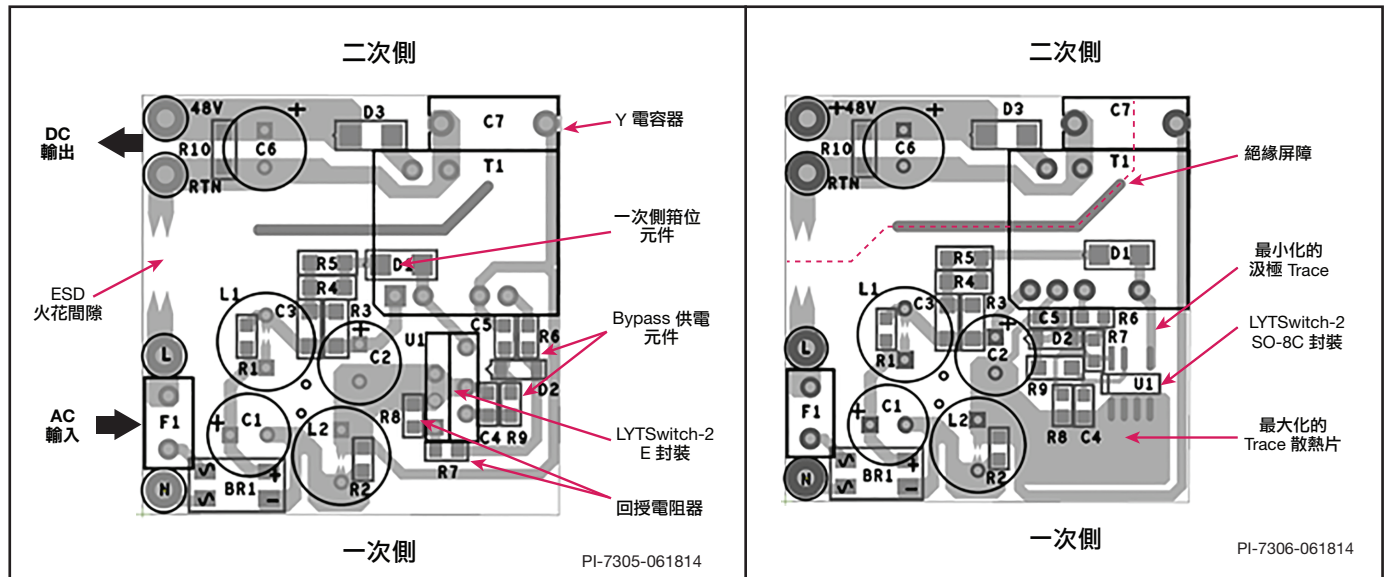


圖 22. 使用 eSIP 封裝的 PCB 佈局範例

圖 23. 使用 SO-8C 封裝的 PCB 佈局範例

**散熱考量 (D 和 K 封裝)**

與源極接腳相連接的銅箔可用於散熱。預期的功率消耗的理想估算方式是，假設 LYTSwitch-2 將消耗輸出功率的 5%。提供足夠大的銅箔讓源極接腳的溫度維持在 100 °C 以下。

雖然允許更高的溫度，但會增加輸出電流 (CC) 公差。

**二次側和偏壓迴路面積**

若要將反射 Trace 電感和 EMI 最小化，應將連接二次側繞組的迴路面積、輸出二極體與輸出濾波器電容最小化。此外，應在二極體的陽極與陰極提供足夠的銅箔，以進行散熱。由於較大的陽極面積會增加高頻率輻射 EMI，請在靜態陰極端子提供較大面積。

對於偏壓供應器迴路面積，請套用相同的佈局考量。

**靜電放電火花間隙**

其中一個 AC 線間輸入會放置 Trace，以構成火花間隙的電極。二次側上的另一個電極則由輸出迴線節點構成。發生突波事件時，火花間隙會將大部分 ESD 能源從二次側導回至 AC 輸入。從 AC 輸入到火花間隙電極的 Trace 應與其他 Trace 隔開，以避免發生損壞。在圖 22 中，如果移除了 R1 和 R2，則 EMI 濾波電感器 (L1 和 L2) 上應有其他的火花間隙，以避免它們在發生突波時累積過量的電壓，並因內部電弧而發生損壞。

**汲極箝位最佳化**

LYTSwitch-2 會感測隔離屏障一次側上的回授繞組以調節輸出。回授繞組上的電壓是內部 MOSFET 關閉時二次側繞組電壓的反映。因此，任何漏電感感生的振盪都會影響輸出調節。

將汲極箝位最佳化，可將高頻率振盪降至最低，以提供最佳的調節。圖 24 所示為理想的汲極電壓波形。將此與圖 25 所示的由於漏電感產生的振盪而發生的大規模下衝進行比較。此振盪及其效應會降低輸出電壓調節。若要降低此振盪 (以及其導致的下衝)，請調整與箝位二極體串聯之電阻器的值。

**Y 電容器連接**

使用 Y 電容器時變壓器上的建議連接是一次側和二次側輸出繞組迴線中的大 (+) 輸入，如圖 26 所示。不過，在此區域連接至一次側中的大 (-) 輸入並不罕見，因此，請遵循單點接地佈局建議，即應直接連接至輸入濾波電容器的負端。

**快速設計檢查清單**

如同一切電源供應器設計，請實際驗證您的 LYTSwitch-2 設計，以確保在最差條件下不會超出元件規格。

**強烈建議至少要進行以下測試：**

- 最大汲極電壓 – 確認在最高輸入電壓和最高輸出功率條件下，峰值  $V_{DS}$  不會超過 680 V。
- 汲極電流 – 在最高環境溫度、最大和最小輸入電壓和最大輸出負載條件下，檢查啟動時的汲極電流波形，查看是否有變壓器飽和的任何徵兆或過大的上升邊緣電流突波。LYTSwitch-2 裝置具有上升邊緣遮蔽時間，可防止開啟週期過早終止，但會將上升邊緣突波限制為低於產品規格型錄中指定的最大值。
- 散熱檢查 – 在最高輸出功率，最小和最大輸入電壓及最高環境溫度下，確認 LYTSwitch-2、變壓器、輸出二極體和輸出電容器未超出溫度限制。應提供散熱餘裕，以因應 LYTSwitch-2 裝置中不同零件的  $R_{DS(ON)}$  變化。若要達到最佳的調節，建議的源極接腳溫度低於 100 °C。

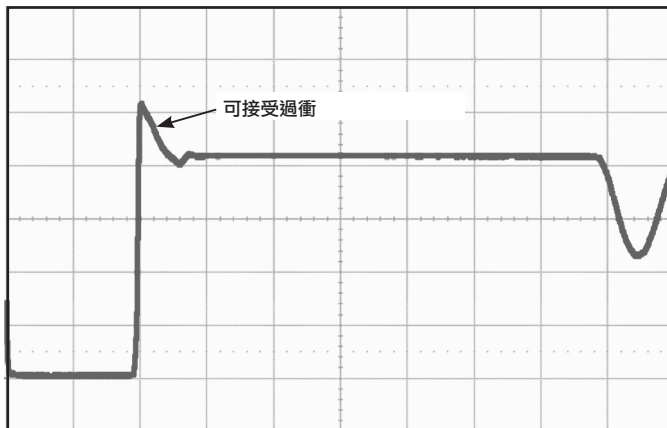


圖 24. 漏電振盪下衝最小的理想汲極電壓波形

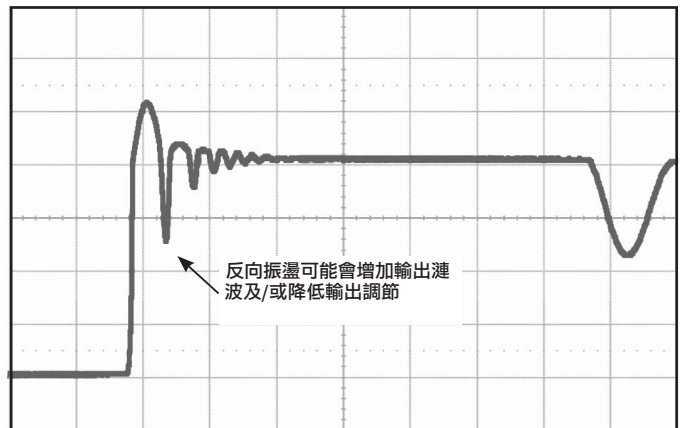


圖 25. 漏電振盪下衝太大的不良汲極電壓波形



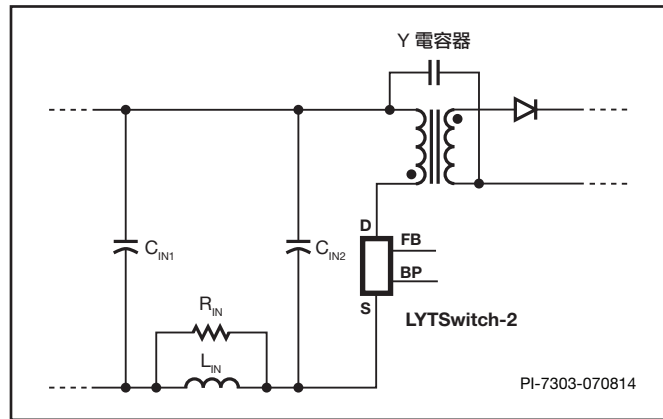


圖 26. 使用 Y 電容器時輸入電感器的正確位置

修訂版本	附註	日期
A	初始版本。	12月14日
B	移除了 LYT2001D 零件編號。使用新品牌風格進行了更新。	9月15日

### 如需最新更新資訊，請參考我們的網站：[www.power.com](http://www.power.com)

Power Integrations 保有隨時對其產品進行變更以提升可靠性或可製造性的權利。Power Integrations 對因使用此處所說明的任何裝置或電路所造成的損失概不負責。POWER INTEGRATIONS 在本文中不提供任何保證，並明確否認所有保證，包括但不限於對適售性、特定目的之適用性以及不侵犯第三方權利的默示保證。

### 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結構和電路)。www.power.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.power.com/ip.htm>。

### 生命支援政策

未經 POWER INTEGRATIONS 總裁明確的書面許可，不可將 POWER INTEGRATIONS 產品用作生命支援裝置或系統的關鍵元件。具體說明如下：

1. 生命支援裝置或系統係指 (i) 透過外科手術植入人體的裝置，或 (ii) 支援或維持生命的裝置，以及 (iii) 根據合理推斷，遵循使用指示正確使用而無法正常執行功能時，會導致使用者重大傷害或死亡的裝置。
2. 關鍵元件係指生命支援裝置或系統中，根據合理推斷，無法正常執行功能時會導致生命支援裝置或系統出現故障，或是影響其安全或有效性的任何元件。

PI 標誌、TOPSwitch、TinySwitch、LinkSwitch、LYTSwitch、InnoSwitch、DPA-Switch、PeakSwitch、CAPZero、SENZero、LinkZero、HiperPFS、HiperTFS、HiperLCS、Qspeed、EcoSmart、Clamless、E-Shield、Filterfuse、FluxLink、StakFET、PI Expert 和 PI FACTS 均為 Power Integrations, Inc. 的商標。其他商標為其個別公司之財產。©2015, Power Integrations, Inc.

## Power Integrations 全球銷售支援地點

### 全球總部

5245 Hellyer Avenue  
San Jose, CA 95138, USA.  
總機：+1-408-414-9200  
客戶服務：  
電話：+1-408-414-9665  
傳真：+1-408-414-9765  
電子郵件：usasales@power.com

### 中國 (上海)

中國上海  
漕溪北路 88 號  
聖愛廣場 2410 室  
郵遞區號：200030  
電話：+86-21-6354-6323  
傳真：+86-21-6354-6325  
電子郵件：chinasales@power.com

### 中國 (深圳)

中國深圳南山區科技南八道 2 號路  
豪威大廈 17 樓，郵遞區號：518057  
電話：+86-755-8672-8689  
傳真：+86-755-8672-8690  
電子郵件：chinasales@power.com

### 德國

Lindwurmstrasse 114  
80337 Munich  
Germany  
電話：+49-895-527-39110  
傳真：+49-895-527-39200  
電子郵件：eurossales@power.com

### 印度

#1, 14th Main Road  
Vasanthanagar  
Bangalore-560052 India  
電話：+91-80-4113-8020  
傳真：+91-80-4113-8023  
電子郵件：indiasales@power.com

### 義大利

Via Milanese 20, 3rd.Fl.  
20099 Sesto San Giovanni (MI)  
Italy  
電話：+39-024-550-8701  
傳真：+39-028-928-6009  
電子郵件：eurossales@power.com

### 日本

Kosei Dai-3 Bldg.  
2-12-11, Shin-Yokohama,  
Kohoku-ku  
Yokohama-shi Kanagawa  
222-0033 Japan  
電話：+81-45-471-1021  
傳真：+81-45-471-3717  
電子郵件：japansales@power.com

### 韓國

RM 602, 6FL  
Korea City Air Terminal B/D, 159-6  
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,  
Seoul, 135-728, Korea  
電話：+82-2-2016-6610  
傳真：+82-2-2016-6630  
電子郵件：koreasales@power.com

### 新加坡

51 Newton Road  
#19-01/05 Goldhill Plaza  
Singapore, 308900  
電話：+65-6358-2160  
傳真：+65-6358-2015  
電子郵件：singaporesales@power.com

### 台灣

台灣台北市內湖區內湖路  
1 段 318 號 5 樓  
郵遞區號：11493  
電話：+886-2-2659-4570  
傳真：+886-2-2659-4550  
電子郵件：taiwansales@power.com

### 英國

Cambridge Semiconductor,  
a Power Integrations company  
Westbrook Centre, Block 5, 2nd Floor  
Milton Road  
Cambridge CB4 1YG  
電話：+44 (0) 1223-446483  
電子郵件：eurossales@power.com