















**步驟 6：變壓器偏壓繞組和偏壓元件**

向 BYPASS 接腳供電所需的偏壓電源供應器，使得即使在所有輸入和輸出條件下也能正常操作，同時還向 OC 接腳提供回授資訊以進行調節。整流器二極體可以是電壓額定值高於設計試算表 (PIVBS [E77]) 中所給定值 (通常大於 200 V) 且電流額定值大於 200 mA 的任何快速或超快速恢復型二極體。1N4936 和 UF4004 就是很好的範例。

**輸出整流器最大反向峰值電壓，PIV<sub>BS</sub> [E77]**

這是最大輸入電壓下偏壓二極體的最大應力電壓。

$$PIV_{BS} = BIAS_{TURNS/N} \times VAC_{MAX} \times \sqrt{2} + BIAS$$

可以使用填滿的儲存格 [C74] 和 [C76]，分別為  $V_{D_{BIAS}}$  和  $V_{BIAS}$  輸入所需的參數。

73	偏壓繞組參數				
74	VD_BIAS		0.70	VDC	偏壓繞組二極體順向降壓。
75	BIAS TURNS		21	圈數	偏壓繞組圈數。
76	VBIAS		12.0	VDC	偏壓電壓。檢查最小 VO 和 VACMAX 下的效能。
77	PIVBS		77.0	VDC	輸出整流器最大反向峰值電壓 (於 VACMAX 下計算得出)
78	CBIAS		22.0	uF	偏壓繞組整流電容器。
79	RBP		6.36	kΩ	偏壓供電電阻器，假設需要 1mA 電流才能向 BP 接腳供電。
80	CBP		2.2	uF	最小 BP 接腳電容。

圖 11. 設計試算表的變壓器偏壓繞組參數

**偏壓二極體順向壓降，VD\_BIAS [E74]**

偏壓整流器二極體的典型順向壓降的預設值為 0.7 V。

**偏壓繞組圈數，BIAS<sub>TURNS</sub> [E75]**

這是根據所選偏壓電壓及輸出電壓計算的偏壓繞組圈數。

$$BIAS_{TURNS} = (V_{BIAS} + VD_{BIAS}) / (V_O + VF_{DIODE}) \times N$$

**偏壓電壓，V<sub>BIAS</sub> [E76]**

預設值為 12 V (最小值)，以確保為偏壓提供電壓來支援 IC。不建議採用過大的電壓漣波，必須至少使用 10 μF 的電解電容濾波器，如果使用陶瓷型電容器，則建議使用 22 μF 值，以將電容器類型的巨大公差納入考量。

對於需要較寬 LED 電壓操作範圍的設計，建議將偏壓電壓增加至 20 V，以較低的 LED 電壓維持嚴格調節。

**步驟：7 二次側輸出二極體參數**

使用超快速二極體進行輸出整流，且建議的二極體額定值應是輸出電流的兩倍 (即  $2 \times I_O < I_{AVG(DIODE)}$ )，以提高效率。

**輸出二極體壓降，VF\_DIODE [E85]**

輸入輸出二極體的平均順向壓降。

針對 PN 二極體使用 0.7 V。此二極體的預估順向功率損失是採用  $I_O \times V_F$  的乘積來估算的。

**輸出二極體有效值電流，IRMS\_DIODE [E86]**

會計算經由二極體的有效值電流，此電流可用於計算電感器的銅損失。

**輸出二極體峰值電流，IP\_DIODE [E87]**

輸出二極體的峰值電流是在最差情況下計算得出，以引導使用者選取二極體電流額定值和封裝尺寸。

**二極體反向峰值電壓，PIV\_DIODE [88]**

在選取輸出二極體的電壓額定值時，請使用此參數。最差情況下反向峰值電壓是在開路負載狀況 (即最差情況) 下計算得出。

針對升降壓式；

$$PIV_{DIODE} = VAC_{MAX} \times \sqrt{2} + VO_{MAX}$$

84	二次側二極體參數				
85	VF_DIODE		0.7	VDC	輸出二極體順向壓降。
86	IRMS_DIODE		0.375	安培	LP_MIN、VACMIN 和 PO_MAX 條件下的二極體有效值電流。
87	IP_DIODE		1.520	安培	LP_MIN、VACMAX 和 PO_MAX 條件下的二極體峰值電流。
88	PIV_DIODE		506.0	VDC	VO_MAX 條件下輸出二極體的反向峰值電壓。

圖 12. 設計試算表的二次側二極體參數



**步驟 8：包含微調的回授和保護參數**

此部分將引導使用者選取要在設計中使用的外部零件，以達到目標輸出電流。如果將此部分留白，則建議在原型中使用初始值。建置原型後，可以使用填滿的儲存格 [C93]、[C96]、[C98]、[C99] 和 [C101] 來微調輸出電流。

建議使用低 ESR 的陶瓷型電容器。鋁電解電容器由於尺寸、成本、較高的 ESR 和高電容公差等原因，因此不建議使用。

**實際偏壓電壓，VBIAS\_MEASURED [E98]**

輸入實際偏壓電壓，以用於微調輸出電流。由於變壓器的漏電感，實際值可能與計算出的值大不相同。

92	回授和保護參數 (包含微調)				
93	值		3.74	MΩ	標準 (E96/1%) L 接腳電阻器。
94	OVP_LINE		317.3	VRMS	基於所用之實際 L 接腳電阻器的線電壓過壓。
95	RDC_THEORETICAL		2.84	Ω	理論上的 DS 接腳感測電阻器。
96	RDC		2.87	Ω	標準 (E96/1%) DS 接腳感測電阻器。
97	CDC		10.0	μF	與 DS 接腳感測電阻器並聯的標準電容器。
98	VBIAS_MEASURED		12.0	VDC	實際驗證中測出的實際偏壓電壓 (偏壓電容器上)。
99	VO_MEASURED		75.0	VDC	實際驗證中測出的實際負載電壓。
100	ROC		100.0	kΩ	標準 (E96/1%) OC 接腳電阻器。
101	IO_ACTUAL		160.0	mA	實際驗證中測出的實際輸出電流。
102	RFB_THEORETICAL		41.8	kΩ	使用 RDS、ROVP 和 RL 的標準值，計算出的 RFB 值。
103	RFB		42.2	kΩ	標準 (E96/1%) F 接腳電阻器。
104	CFB		150.0	nF	連接至 F 接腳的標準電容器。

圖 13. 設計試算表的回授和保護參數 (包含微調)

**線路感測電阻器，RL [E93]**

線路感測電阻器用於線電壓補償以進行調節、相位角調光測量、線電壓輸入過壓偵測。要實現精準的輸出電流調節和精準的線電壓測量，建議使用公差為 1% 的電阻器。此外，建議針對高壓應用使用 2-1206 或 2-1/4 W 封裝電阻器，針對低壓應用使用 1-1206 或 1-1/4 W 電阻器。

$$R_L = VAC_{MAX} \times \sqrt{2} / I_{LOV}$$

**線電壓過壓，OVP\_LINE [E94]**

此保護用於防止線電壓突波或線電壓上升。達到臨界值時，裝置將進入自動重新啟動。試算表將計算相等的有效值輸入電壓，以提供 OVP。

$$OVP_{LINE} = R_L \times I_{LOV} \times \sqrt{2}$$

其中；

$I_{LOV}$ ：產品規格型錄中採用 120 μA 典型值時發生輸入過壓的電流臨界值。

**理論上的汲極電流感測電阻器，RDC\_THEORETICAL [E95]**

會計算要用於汲極電流感測的理想電阻器值。電阻器上的壓降透過 DS 接腳進行感測，此感測電阻器上建議的平均壓降為 200 mV。

**標準汲極電流感測電阻器，RDC [E96]**

這可確定最接近 RDC\_THEORETICAL 的標準 1% 電阻器值，以減少並聯另一部電阻器來集中輸出的必要性，還可節省成本和空間 (圖 8)。

**汲極電流感測電阻器上的電容，CDC [E97]**

這是汲極電流感測電阻器 (RDC) 上的電容器 (CDC)，可對切換汲極電流進行濾波，以減少感測電阻器上的 IRMS 功率消耗。

**實際輸出電壓，VO\_MEASURED [E99]**

輸入 LED 負載下的實際輸出，以用於微調輸出電流。

**輸出電流補償電阻器，ROC [E100]**

透過經由補償電阻器 (ROC) 的偏壓電壓，監控負載變化、輸出過壓保護和輸出短路。試算表將根據實際偏壓電壓 (VBIAS\_MEASURED) 來計算此電阻。建議在此位置使用公差為 1% 的電阻器，以實現嚴格輸出電流公差。

**實際輸出電流，IO\_ACTUAL [E101]**

輸入從實際驗證中測出的實際電流，以用於微調外部元件，將輸出集中至所需位準。

**理論上的回授電阻器，RFB\_THEORETICAL [E102]**

試算表會根據測出的實際輸出電流來計算回授電阻器的確切電阻，以設定輸出電流。

**回授電阻器，RFB [E103]**

試算表將確定要用於 RFB 的最接近的單一電阻，以避免並聯元件來取得所需電流。但是，如果應用需要嚴格輸出電流公差，則使用由 RFB\_THEORETICAL 計算的電阻。

**回授濾波器電容，CFB [E104]**

回授電流的濾波器電容，用於將訊號均分為所需的回授接腳電壓平均等級。所需的時間常數在 3 ms 至 6 ms 範圍內，以透過嚴格電流調節維持穩定操作。

$$t_C = C_{FB} \times R_{FB}$$

其他架構的 PIXIs 設計試算表可從 PI 公用網站 (<https://piexpertonline.power.com/site/login>) 取得

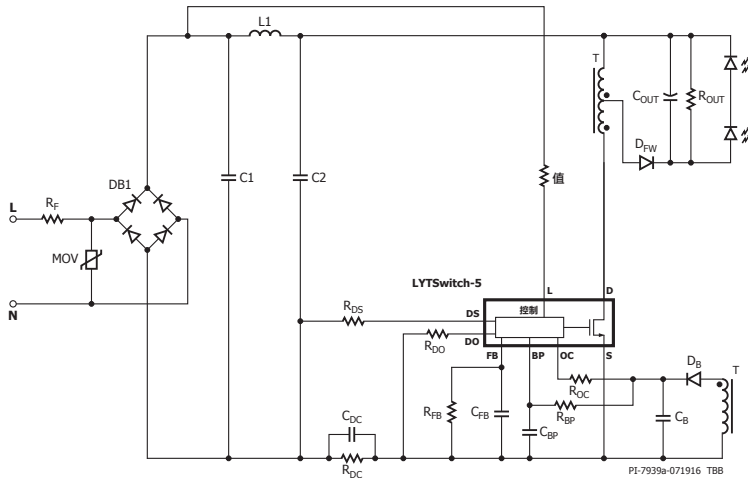
附錄 A :

LYTSwitch-5 架構結構

基本電路圖	主要特性
<p>PI-7938-071916 降壓式</p>	<p><b>降壓式</b></p> <p><b>優點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 最高效率</li> <li>• 所需元件最少 – 尺寸小</li> <li>• 簡單的低成本功率電感器</li> <li>• 汲源極間電壓應力低</li> <li>• 濾波器最佳 EMI/所需元件最少</li> </ul> <p><b>限制</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 非隔離式</li> </ul>
<p>PI-7939-071916 BB</p>	<p><b>升降壓式</b></p> <p><b>優點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 適用於非隔離式高輸出電壓設計</li> <li>• 高效率</li> <li>• 所需元件極少</li> <li>• 可以使用簡單的通用低成本功率電感器</li> <li>• 總諧波失真 (THD) 最低</li> </ul> <p><b>限制</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 最大 VOUT 受 MOSFET 崩潰電壓的限制</li> <li>• 非隔離式</li> </ul>
<p>PI-7942-071916 升壓式</p>	<p><b>升壓式</b></p> <p><b>優點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 適用於非隔離式高輸出電壓設計 ; <math>V_o &gt; V_{in}</math></li> <li>• 最高效率</li> <li>• 所需元件最少</li> <li>• 簡單的通用低成本功率電感器</li> </ul> <p><b>限制</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 最大 VOUT 受 MOSFET 崩潰電壓的限制</li> <li>• 單一輸入線電壓範圍</li> <li>• 非隔離式</li> <li>• 總諧波失真 (THD) 高</li> </ul>

圖 16. 升壓式架構

## 基本電路圖



## 主要特性

## 抽頭升降壓式

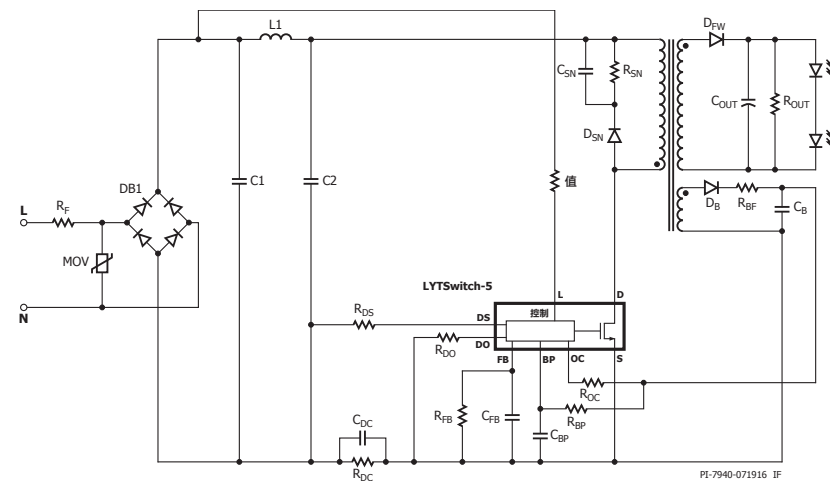
## 優點

- 適用於低輸出電壓設計 (小於 25 V)
- 簡單的通用低成本抽頭電感器
- 總諧波失真 (THD) 低

## 限制

- 最大 VOUT 受 MOSFET 崩潰電壓的限制

圖 17. 抽頭升降壓式架構



## 隔離返馳式

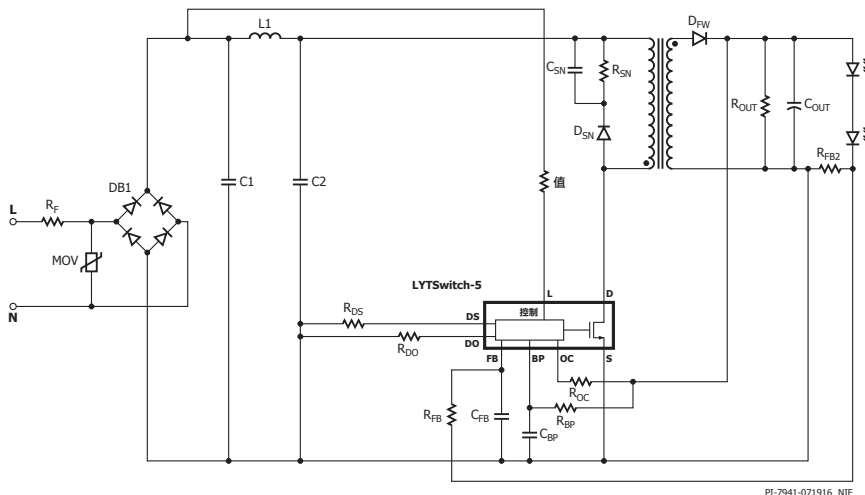
## 優點

- 提供隔離式輸出
- 支援的輸出電壓範圍最廣
- 總諧波失真 (THD) 最低

## 限制

- 返馳式變壓器
- 變壓器中的寄生電容和電感會降低整體效率
- 較大的 PCB 面積以達到隔離需求
- 需要額外元件 (一次側箝位和偏壓)
- 較高的有效值切換與繞組電流增加損失並降低效率

圖 18. 隔離返馳式架構



## 非隔離返馳式

## 優點

- 直接感測輸出電流
- 支援的輸出電壓範圍最廣
- 總諧波失真 (THD) 低

## 限制

- 返馳式變壓器
- 變壓器中的寄生電容和電感會降低整體效率
- 較大的 PCB 面積以達到隔離需求
- 需要額外元件 (一次側箝位和偏壓)
- 較高的有效值切換與繞組電流增加損失並降低效率

圖 19. 非隔離返馳式架構

修訂	附註	日期
A	初始版本。	7月16日

### 如需最新更新，請瀏覽我們的網站：[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 對因使用此處所述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、SENZero、SCALE-iDriver、Qspeed、PeakSwitch、LYTSwitch、LinkZero、LinkSwitch、InnoSwitch、HiperTFS、HiperPFS、HiperLCS、DPA-Switch、CAPZero、Clampless、EcoSmart、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。©2016, 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：+49-89-527-39110  
傳真：+49-89-527-39200  
電子郵件：eurosales@power.com

### 德國

HellwegForum 1  
59469 Ense  
Germany  
電話：+49-2938-64-39990  
電子郵件：  
igbt-driver.sales@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：eurosales@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  
(Power Integrations 的一家公司)  
Westbrook Centre, Block 5, 2nd Floor  
Milton Road  
Cambridge CB4 1YG  
電話：+44 (0) 1223-446483  
電子郵件：eurosales@power.com