

# LNK3604、LNK3694 與 3696 LinkSwitch-XT2 系列

節能型、低功率離線式切換開關 IC  
具備整合式系統級保護

## 產品特色

### 容易設計

- 所需元件最少的切換開關解決方案
- 可選的裝置限電流
- 完全整合式自動重新啟動功能，提供短路和開迴路保護
- 選取自偏壓供電
- 頻率抖動功能可將電磁干擾 (EMI) 降至最低
- 無論在 PCB 板上還是在封裝上，汲極與其他所有接腳之間均滿足 HV 安規距離的要求
- 接腳引出可簡化 PCB 散熱

### 優於線性/RCC 的功能

- 輸出過壓保護 (OVP)
- 輸入線電壓過壓保護 (OVL)
- 磁滯過溫保護 (OTP)
- 加大汲極接腳與其他所有接腳之間的安規距離，進而改善現場工作的可靠性
- 725 V MOSFET 額定值系列，可實現優異的突波承受度
- 900 V MOSFET 額定值系列，適用於工業設計或額外的安全餘裕
- 所需元件極少，可提高可靠性
  - 實現單面 PCB 和雙面 SMD 的可製造性

### EcoSmart™ – 高度節能

- 輕鬆符合全球所有節能法規
- 在 265 VAC 輸入且沒有偏壓繞組時的無負載消耗低於 100 mW (有偏壓繞組時低於 10 mW)
- 開/關控制可為極輕負載提供恆定效率

### 應用

- 返馳式轉換器
- 家電、工業系統及計量表等的電源供應器

### 說明

LinkSwitch™-XT2 將一個 725 V/900 V 功率 MOSFET、振盪器、簡易型開/關控制設計、一個高電壓切換式電流源、頻率抖動、週期性電流限制與過熱關機電路整合到單晶片 IC 中。啟動和運作時的功率直接由汲極接腳產生，因此免除了偏壓繞組及相關的電路。

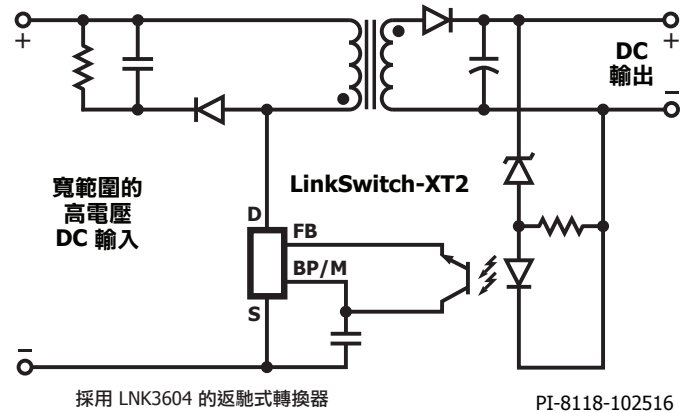


圖 1. LinkSwitch-XT2 的典型應用



圖 2. 封裝選項。P：PDIP-8C、G：SMD-8C、D：SO-8C。

### 輸出功率表<sup>(4)</sup>

產品 <sup>(3)</sup>	峰值或開放式架構 <sup>1、2</sup>	
	725 V MOSFET	
	230 VAC ± 15%	85-265 VAC
<b>LNK3604P/G/D</b>	9.2 W	6.1 W
產品 <sup>(3)</sup>	900 V MOSFET	
	230 VAC ± 15%	85-484 VAC
<b>LNK3694P/G</b>	6 W	4 W
<b>LNK3696P/G</b>	11 W	8 W

表 1. 輸出功率表

附註：

1. 在典型無通風設計的密封式轉換器中，環境溫度為 50 °C 條件下所測得的最大連續功率。
2. 在充分散熱的開放式架構設計中，環境溫度為 50 °C 條件下所測得的最大實際連續功率。
3. 封裝：P：DIP-8C、G：SMD-8C、D：SO-8C。請參閱〈零件訂購資訊〉。
4. 請參閱〈主要應用考量〉一節，以取得完整的假設說明。

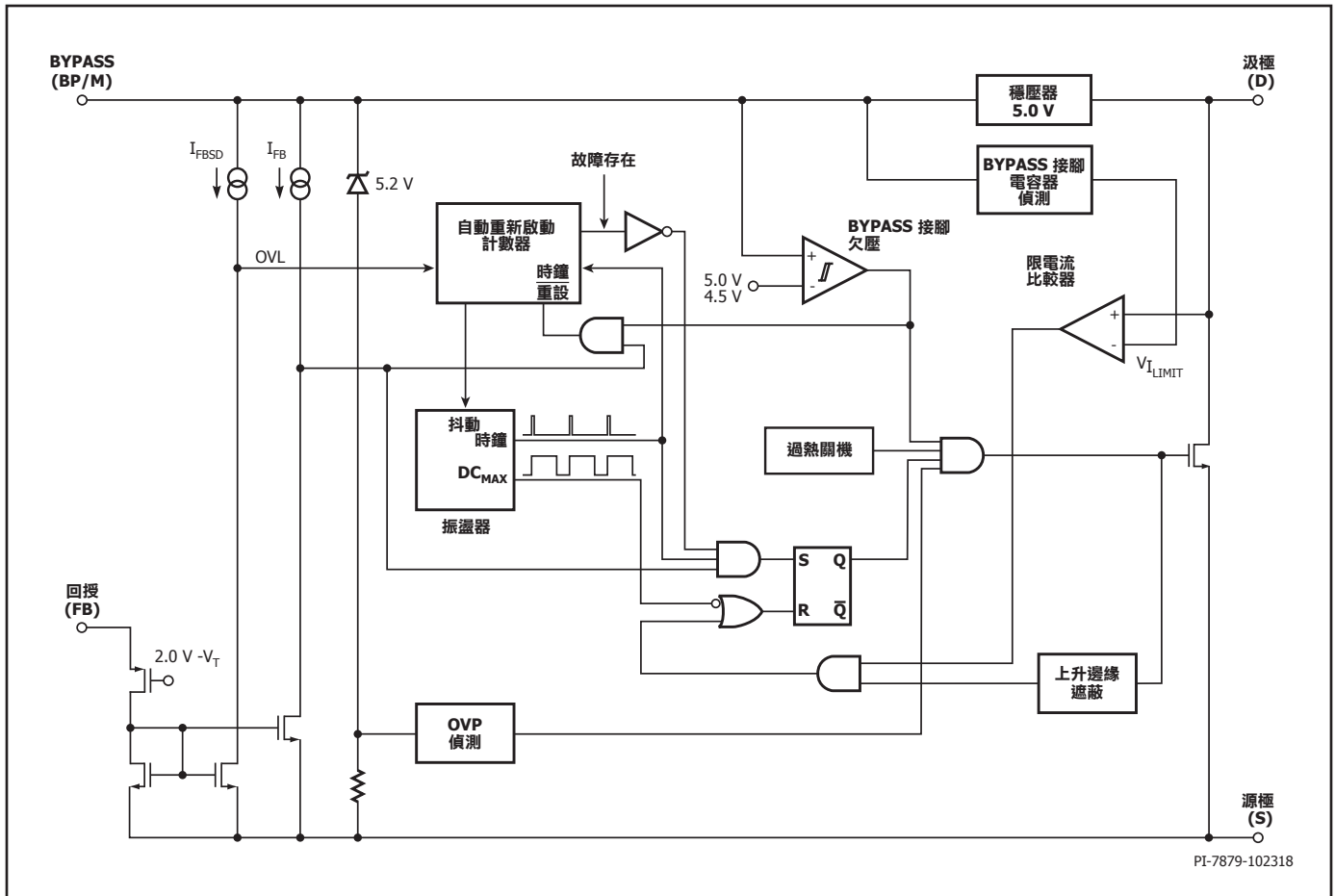


圖 3. 功能區塊圖

## 接腳功能說明

### 汲極 (D) 接腳：

功率 MOSFET 的汲極連接。提供內部工作電流，用於啟動和穩態操作。

### BYPASS (BP/M) 接腳：

此接腳具有多重功能：

- 它是內部所產生 5.0 V 電源供應器之外部 BYPASS 電容器的連接點。
- 它是限電流值的模式選擇器，具體取決於所增加的電容值。使用 0.1  $\mu\text{F}$  電容器會產生標準限電流值。使用 1  $\mu\text{F}$  電容器則會導致限電流下降，以符合較低功率設計。
- 它提供關機功能。如果流入 BYPASS 接腳的電流超出  $I_{BP(SD)}$  的時間相當於內部振盪器的兩到三個週期 ( $f_{OSC}$ )，則裝置會進入自動重新啟動模式。此功能可為外部電路提供輸出電壓過壓保護功能。

### 回授 (FB) 接腳：

正常操作期間，回授接腳可控制功率 MOSFET 的切換。如果傳送至此接腳的電流大於  $I_{FB}$  (49  $\mu\text{A}$ )，則將終止功率 MOSFET 切換。當大於  $I_{FBSD}$  (670  $\mu\text{A}$ ) 的電流傳送至此接腳達 2 個連續週期時，會偵測到線電壓過壓保護。

### 源極 (S) 接腳：

此接腳是功率 MOSFET 的源極連接。它也是 BYPASS 和回授接腳的接地參考。

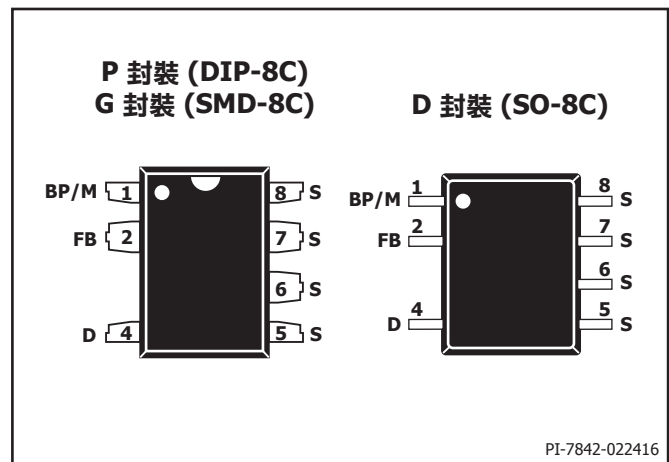


圖 4. 接腳配置

## LinkSwitch-XT2 功能說明

LinkSwitch-XT2 IC 將高壓功率 MOSFET 切換開關及電源供應器控制器結合在一部裝置中。與傳統的 PWM (脈衝寬度調變器) 控制器不同，LinkSwitch-XT2 IC 使用簡易型開/關控制來調節輸出電壓。LinkSwitch-XT2 控制器由以下元件組成：振盪器、回授 (感測和邏輯) 電路、5.0 V 穩壓器、BYPASS 接腳欠壓電路、過溫保護、線電壓過壓保護和輸出過壓保護、頻率抖動、限電流電路、上升邊緣遮蔽以及高壓功率 MOSFET。LinkSwitch-XT2 還整合了其他電路，以實現自動重新啟動。

### 振盪器

典型的振盪器頻率在內部通常設為平均值  $f_{OSC}$  (66 kHz 或 132 kHz)。從振盪器會產生兩個訊號：最大工作週期訊號 ( $DC_{MAX}$ ) 以及指示各個週期開始的時脈訊號。

LinkSwitch-XT2 振盪器整合的電路引入了小幅度頻率抖動，通常是 4 kHz 的峰值間頻率 (LNK369X) 和 8 kHz 的峰值間頻率 (LNK3604)，以將 EMI 輻射降至最低。頻率抖動的調變率設為 1 kHz，以最大程度地降低 EMI 的平均值與準峰值。測量頻率抖動時，應將示波器觸發設定在汲極電壓波形的下降邊緣。圖 5 中的波形展示了 LinkSwitch-XT2 IC 的頻率抖動。

### 回授輸入電路

回授接腳的回授輸入電路包含一個輸出電壓設為  $V_{FB}$  (2.0 V) 的低阻抗源極耦合隨器。傳送到此接腳的電流超過  $I_{FB}$  (49  $\mu$ A) 時，回授電路的輸出端會產生低邏輯準位 (停用)。此每個週期開始時，會於時脈訊號的上升邊緣對此輸出進行取樣。如果為高，會針對該週期開啟功率 MOSFET (啟用)；否則功率 MOSFET 會保持關閉 (停用)。取樣僅在每個週期開始時進行。此週期的剩餘時間內回授接腳電壓或電流的後續變更不會對 MOSFET 啟用/停用狀態產生影響。如果流入回授接腳的電流高於  $I_{FB(SD)}$ ，而功率 MOSFET 已啟用至少兩個連續週期，則零件會停止切換並進入自動重新啟動關閉時間。一般切換會在自動重新啟動關閉時間到期後繼續運作。此關機功能允許實作線電壓過壓保護 (請參閱圖 7)。流入回授接腳的電流應該低於 1.2 mA。

### 5.0 V 穩壓器和 5.2 V 分流電壓箝位電路

只要功率 MOSFET 關閉，5.0 V 穩壓器就會從汲極電壓汲取電流，將連接至 BYPASS 接腳的 BYPASS 電容器充電至  $V_{BP}$ 。BYPASS 接腳是 LinkSwitch-XT2 IC 的內部供應電壓節點。功率 MOSFET 開啟時，LinkSwitch-XT2 IC 會耗盡 BYPASS 電容器內儲存的能量。內部電路的極低功耗讓 LinkSwitch-XT2 IC 可以依靠自汲極接腳汲取的電流持續運作。BYPASS 電容器值為 0.1  $\mu$ F，對於高頻率去耦合和能量儲存而言已經足夠。

此外，透過外部電阻器為 BYPASS 接腳提供電流時，會有一個分流調整器將 BYPASS 接腳的電壓箝位在  $V_{BP(SHUNT)}$  (5.2 V)。這有助於透過偏壓繞組從外部對 LinkSwitch-XT2 進行供電，進而將無負載功耗降至約 10 mW (返馳式)。當傳送至 BYPASS 接腳的電流大於等於  $I_{BP(SD)}$  時，裝置會立即停止切換並進入自動重新啟動模式。從輸出電壓到 BYPASS 接腳新增一個外部積納二極體，可實現磁滯 OVP 功能 (請參閱圖 6)。流入 BYPASS 接腳的電流應該低於 16 mA。

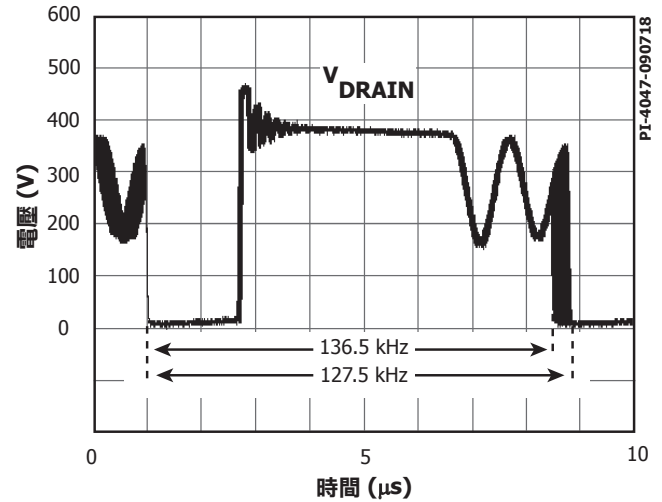


圖 5a. 頻率抖動 (LNK3604)

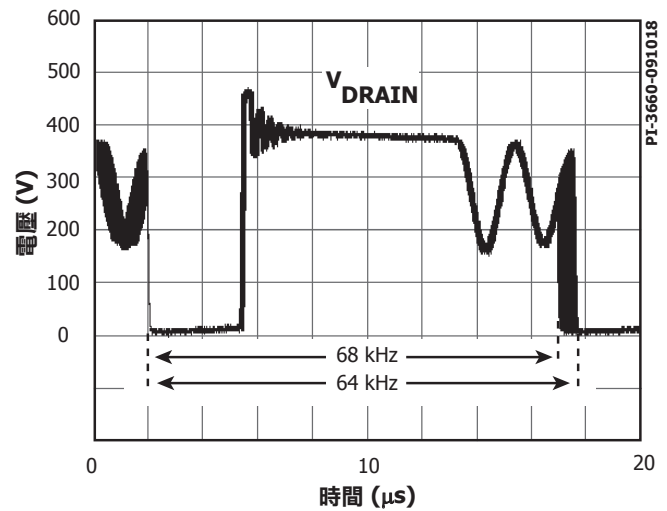


圖 5b. 頻率抖動 (LNK369X)

### BYPASS 接腳欠壓

當 BYPASS 接腳電壓下降至  $V_{BP} - V_{BP(H)}$  (約 4.5 V) 以下時，BYPASS 接腳欠壓電路會停用功率 MOSFET。一旦 BYPASS 接腳電壓降至此臨界值以下，必須回升至  $V_{BP}$  才能啟用 (開啟) 功率 MOSFET。

### 過溫保護

過熱關機電路會感測晶片溫度。只有設為 TSD (典型值 142 °C) 並具有 75 °C ( $T_{SD(H)}$ ) 的磁滯溫度。當晶片溫度上升超過  $T_{SD}$  時，會停用功率 MOSFET，並在晶片溫度下降達  $T_{SD} - T_{SD(H)}$  時才重新啟用。

### 限電流

限電流電路會感測功率 MOSFET 中的電流。如果該電流超出內部臨界值 ( $I_{LIMIT}$ )，則會在該週期的剩餘時間內關閉功率 MOSFET。開啟功率 MOSFET 後，上升邊緣遮蔽電路會在短期 ( $t_{LEB}$ ) 內禁止使用限電流比較器。此上升邊緣遮蔽時間已設定，以防因電容和整流器反向恢復時間引起的電流突波造成切換脈衝過早終止。使用 BYPASS 接腳電容器可選擇限電流 (0.1  $\mu$ F 代表正常限電流/1  $\mu$ F 代表降低的限電流)。LinkSwitch-XT2 IC 可在切換前開機時選取正常限電流或降低的限電流。

## 自動重新啟動

如果出現故障 (如輸出過載、輸出短路或開迴路狀況), LinkSwitch-XT2 IC 會進入自動重新啟動運作。只要回授接腳被拉高, 振盪器所計時的內部計數器就會重設。如果回授接腳被拉高的時間不超過  $t_{AR(ON)}$  (50 ms), 則功率 MOSFET 切換的停用時間相當於自動重新啟動關閉時間。首次宣稱故障時, 關閉時間是 150 ms ( $t_{AR(OFF)}$  首次關閉期間)。如果故障仍然存在, 隨後的關閉時間將為 1500 ms ( $t_{AR(OFF)}$  後續期間)。自動重新啟動功能會交替啟用和停用功率 MOSFET 切換, 直到消除故障狀況為止。自動重新啟動計數器是由切換振盪器控制。

## 磁滯輸出過壓保護

LinkSwitch-XT2 IC 提供的輸出過壓保護使用自動重新啟動功能, 此功能將在流入接腳電容的電流大於  $I_{BP(SD)}$  時觸發。除內部濾波器外, BYPASS 接腳電容器構成外部濾波器, 以免受意外觸發的噪音干擾。為使 BYPASS 電容器成為有效的高頻濾波器, 電容器應儘量靠近裝置的源極接腳和 BYPASS 接腳。

透過將積納二極體從輸出電源連接至 BYPASS 接腳, 可實現 OVP 功能。圖 6 顯示的電路範例描述了一種實作輸出過壓保護的簡單方法。插入一個與 OVP 積納二極體串聯的低值 ( $10\ \Omega$  到  $47\ \Omega$ ) 電阻器, 可以增加其他濾波。與 OVP 積納二極體串聯的電阻器還會限制流入 BYPASS 接腳的最大電流。電流應限制在 16 mA 以下。

由於失去回授而導致故障時, 輸出電壓會快速上升至標準電壓以上。輸出端電壓超出積納二極體 (從輸出端連接至 BYPASS 接腳) 的電壓額定值與旁路電壓的總和, 會導致超出  $I_{BP(SD)}$  的電流流入 BYPASS 接腳, 進而觸發自動重新啟動, 並防止電源供應器出現過壓。

## 線電壓過壓保護

在返馳式轉換器中, LinkSwitch-XT2 IC 會在功率 MOSFET 導通時間內, 透過監控流入回授接腳的電流來間接感測 DC 匯流排過壓狀況。圖 7 顯示一種可能的電路實作。在功率 MOSFET 導通時間內, 流過二次側繞組的電壓與流過輸入繞組的電壓成正比。因此, 流經電晶體 Q3 的電流表示  $V_{BUS}$ 。間接線電壓感測會將功率消耗降至最低, 並用於線間 OV 保護。如果在至少 2 個連續切換週期內, 回授接腳電流超過線電壓過壓臨界值電流  $I_{FB(SD)}$ , 則 LinkSwitch-XT2 IC 將進入自動重新啟動模式。

為了獲得準確的線間 OV 臨界電壓以及良好的效率、調節效能和穩定性, 應儘量降低變壓器漏電感。低漏電可以最大限度地減少對二次側繞組產生的振盪, 進而避免線間 OV 取樣出錯。在某些設計中, 對線電壓進行取樣時, 可能需要使用整流器二極體上的 RC 突波吸收器來減弱二次側繞組的振盪。

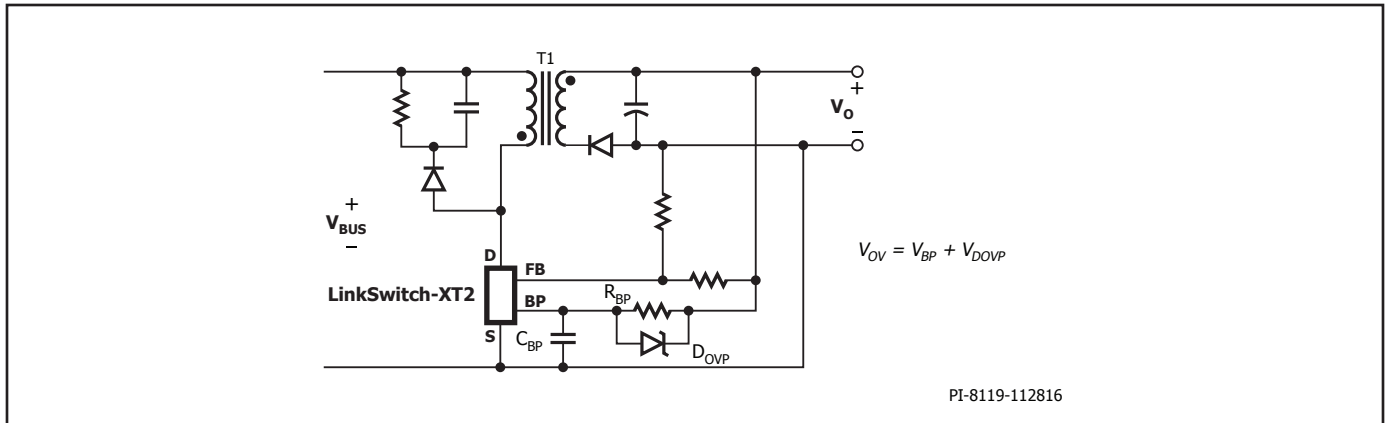


圖 6. 具有輸出過壓保護功能的非隔離返馳式轉換器

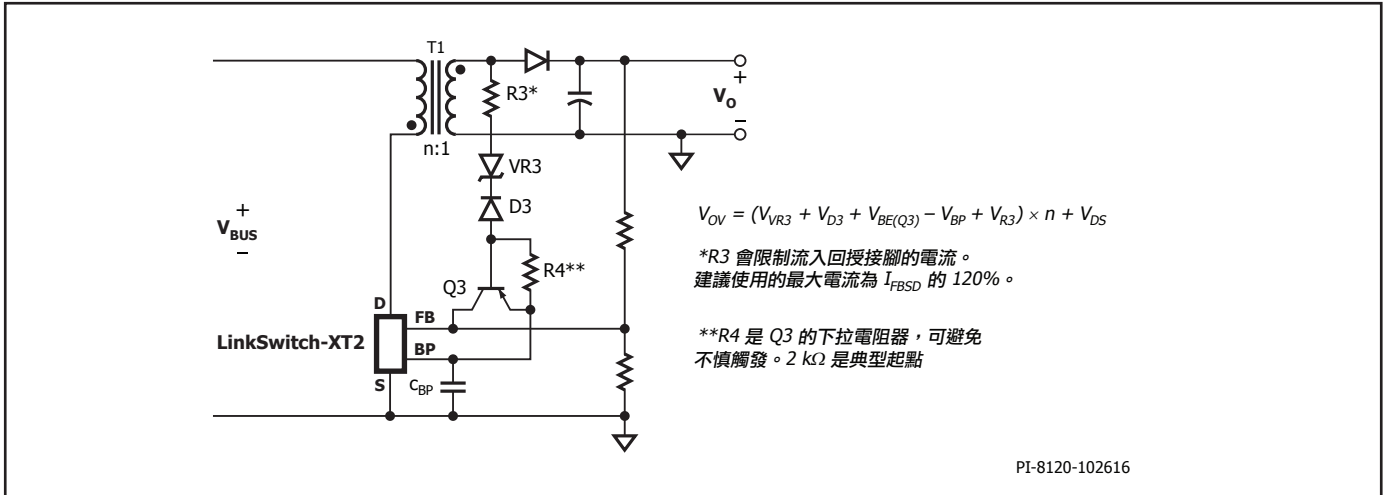


圖 7. 使用回授接腳，進行線路感測以提供過壓保護

## 應用範例

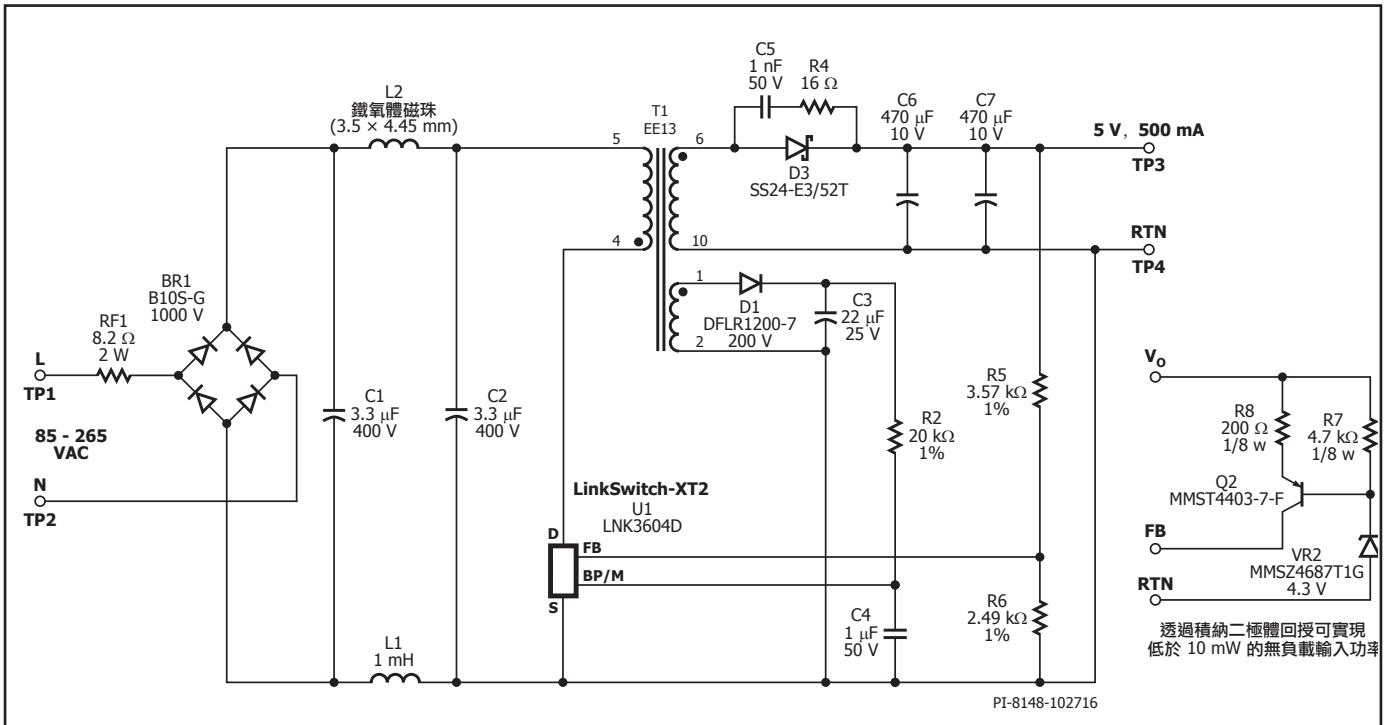


圖 8. 使用 LNK3604 的 2.5 W 通用電壓輸入設計

### 5 V、500 mA (2.5 W) 設計

圖 8 顯示的圖示是使用 LNK3604D 的通用電壓輸入、5 V ±5%、500 mA 轉換器的典型實作。此電路採用 Clampless 技術，無需使用一次側箝位元件，降低了電路的複雜性。

內建於 LinkSwitch-XT2 系列的 EcoSmart 功能讓這一設計輕鬆滿足所有現行和擬議的能效標準，包括加州能源委員會 (California Energy Commission, CEC) 對平均作業能效所制定的強制要求。

AC 輸入是由橋式整流器 BR1 進行整流並由大容量電容器 C1 和 C2 進行濾波。電阻器 RF1 是防火、可熔的繞線型電阻，起到保險絲和限制突波電流的作用，同時搭配由 C1、C2、L1 和 L2 構成的濾波器對差模雜訊進行衰減。

使用此簡單的輸入級電路，搭配 LinkSwitch-XT2 IC 的頻率抖動以及在 T1 內部使用的 PI E-Shield™ 繞組，使設計能夠滿足傳導的 EMI 限制並具有大於等於 10 dBV 的餘裕。

經過整流和濾波的輸入電壓會套用到 T1 的一次側繞組。一次側的另外一端則會由 U1 中的整合式功率 MOSFET 驅動。LNK3604D IC 的內部限電流具有較低值和嚴格公差，可利用 LNK3604D 內變壓器一次側繞組電容與功率 MOSFET 汲極源間電容為漏電感峰值汲極電壓突波提供足夠的箝位，因此無需使用一次側箝位。返馳式變壓器 T1 的二次側由 D3 (蕭特基二極體) 進行整流，由 C6、C7 (低 ESR 電容器) 進行濾波。輸出電壓是透過分壓電阻器 R5 和 R6 進行感測的。輸出電壓會進行調節，以便在回授接腳上達到 2 V 的電壓。若要使無負載輸入功率低於

10 mW，可以使用積納二極體進行回授感測。流過 VR2 上的壓降、電晶體 Q2 的射極-基極間壓降 ( $V_{EB(Q2)}$ ) 以及 R8 上的壓降共同確定輸出電壓。當輸出電壓超出這一水平時，電流將流經電晶體 Q2。電流增加時，饋送至 U1 回授接腳的電流會隨之增加，達到關閉臨界值電流 (~49 μA) 時，即會停用 U1 的後續切換週期。達到滿載時，會啟用幾乎所有切換週期；而在極輕負載時，則會停用幾乎所有切換週期，此設計可使等效頻率降低並提供較高的輕負載效率和較低的無負載功耗。

電阻器 R7 透過 VR2 提供約 150 μA 的電流，以偏置積納二極體使其接近測試電流。所使用的二極體是採用低測試電流的積納二極體 (僅需要 50 μA 的導通電流)，這將使無負載輸入功率低於 10 mW。電阻器 R8 將流入回授接腳的電流限制為低於 1.2 mA，以達到保護目的。若要獲得較高的輸出精確度，可使用 TL431 等參考 IC 來取代積納二極體。

LinkSwitch-XT2 IC 僅需要將一個小型陶瓷電容器 C3 連接到 BYPASS 接腳，即可實現從汲極接腳完全自行供電。電阻器 R2 透過輔助繞組從外部為 BYPASS 接腳供電，可大幅度降低無負載輸入功率並提高所有負載條件下的效率。若要達到最低無負載功耗，饋入 BYPASS 接腳的電流應略高於 120 μA。為獲得最佳滿載效率和散熱效能，饋入 BYPASS 接腳的電流應略高於 257 μA。

## 主要應用考量

### LinkSwitch-XT2 設計考量 輸出功率表

本產品規格型錄最大輸出功率表 (表 1) 展示了在以下假定條件下可獲得的最大實際連續輸出功率等級：

1. 在 85 VAC 輸入下的最小 DC 輸入電壓為 90 V 或以上，或在 230 VAC 輸入下為 240 V 或以上，或者在使用倍壓器時為 115 VAC。輸入電容值應足夠高，才能符合這些 AC 輸入設計標準。
2. 使用快速 PN 整流器二極體時的二次側輸出電壓為 6 V。
3. 假設效率為 70%。
4. 僅電壓輸出 (無二次側定電流電路)。
5. 使用一次側箝位 (RCD 或積納二極體)。
6. 零件安裝於板上，透過源極接腳焊接在足夠大的銅區域上，以使源極接腳的溫度維持在 100 °C 或以下。
7. 開放式架構設計的環境溫度為 50 °C，轉換器設計的內部外殼溫度則為 60 °C。

建議針對 LNK3604 使用不連續模式運作 ( $KP > 1$ )。值小於 1 時， $KP$  是漣波與峰值一次側電流之比。高於值 1 時， $KP$  是一次側功率 MOSFET 關閉時間與二次側二極體導通時間之比。由於如下所述的磁通密度要求，LinkSwitch-XT2 設計一般是不連續的，這不僅允許使用快速 (代替超快速) 輸出二極體，還可以降低 EMI。

### Clampless 設計

Clampless 設計完全依賴於極節點電容來限制漏電感感生的汲源極間峰值電壓。因此，最大 AC 輸入線電壓、VOR 的值、漏電感能量 (漏電感和峰值一次側電流的函數) 以及一次側繞組電容決定了峰值汲極電壓。在沒有任何重大耗散元件時，就像外部箝位一樣，更長的漏電感振盪持續時間可能會使 EMI 增加。

對於通用電壓輸入或僅 230 VAC Clampless 設計，建議參考如下要求：

1. Clampless 設計只能在  $P_o$  小於等於 2.5 W、使用降低的限電流模式 ( $C_{bp} = 1 \mu\text{F}$ ) 以及 VOR\*\* 小於等於 90 V 的情況下使用。
2. 對於  $P_o$  小於等於 2 W 的設計，應採用雙層一次側繞組來確保足夠的繞組內電容 (範圍從 25 pF 到 50 pF)。
3. 對於  $P_o$  處於 2 到 2.5 W (含) 之間的设计，應在使用標準恢復整流器二極體的變壓器中增加一個偏壓繞組，以作為箝位使用。透過將電阻器從偏壓繞組電容器連接至 BYPASS 接腳，還可以使用此偏壓繞組從外部向裝置供電。這一設計禁止使用內部高壓電流源，從而減少了裝置消耗以及無負載功耗。
4. 對於  $P_o$  大於 2.5 W 的設計，Clampless 設計不可行，因此應使用外部 RCD 或積納二極體箝位。
5. 確保最差情況下的高線電壓、峰值汲極電壓低於內部功率 MOSFET 的  $BV_{DSS}$  規格；理想情況是小於  $V_{DSS} \times 0.9$  以便為多變的設計留有餘裕。

對於採用 110 VAC 的僅電壓輸入設計，可以擴大 Clampless 設計的功率範圍，以納入標準限電流模式。但增強的漏電振盪可能會降低 EMI 效能。

\*\*VOR 是二次側輸出電壓外加輸出二極體順向壓降，在二極體導通期間內透過變壓器圈數比反射至一次側。對 DC 匯流排電壓以及漏電感波增加 VOR 以決定峰值汲極電壓。

### 可聞噪音

LinkSwitch-XT2 IC 中所使用的週期跳離模式，會在變壓器中產生音頻分量。為抑制產生噪音，設計變壓器時應使峰值磁通密度低於 1500 高斯 (150 mT)。遵照這個準則，並採用標準的變壓器浸凡立水的製造技術，基本上就能消除噪音。請勿對變壓器採用真空浸漬方式，這會引起較高的一次側電容，因而導致更大損失。也可使用更高的磁通密度，然而必須仔細對變壓器噪音進行評估，最好在設計核准前使用量產變壓器樣品進行測試。

使用 Z5U 等電介質的陶瓷電容器在用於箝位電路時，也會產生噪音。此時，可嘗試將其更換為採用其他不同電介質或構造的電容器 (例如，薄膜類型的電容器)。

### LinkSwitch-XT2 佈局考量

請參閱圖 9、10 和 11，以取得建議用於 LinkSwitch-XT2 (D、P 和 G 封裝) 的電路板佈局。

### 單點接地

從輸入濾波電容器到連接至源極接腳的銅區域使用單點接地連接。

### BYPASS 電容器 $C_{bp}$

BYPASS 接腳電容器應該儘可能靠近 BYPASS 接腳和源極接腳放置。

### 一次側迴路面積

連接輸入濾波電容器、變壓器一次側及 LinkSwitch-XT2 IC 的一次側迴路的面積應儘可能小。

### 一次側箝位電路

使用箝位電路來限制關閉時汲極接腳上的電壓峰值。在一次側繞組上使用 RCD 箝位電路或積納二極體 (約 200 V) 和二極體箝位電路，可以達到此目的。在所有情況下，為了使 EMI 降至最低，應注意儘量縮短從箝位元件至變壓器和 LinkSwitch-XT2 IC 之間的電路支路。

### 散熱考量

LinkSwitch-XT2 IC 下方的銅箔不僅作為單點接地，也兼有散熱片的功能。由於此銅箔連接至無干擾的源極節點，因此應儘可能大，使 LinkSwitch-XT2 IC 可以更好地散熱。這也適用於輸出二極體的陰極。

### Y 電容器

Y 電容器通常不用於此功率等級。如果想要使用，Y 型電容器應該直接置於一次側輸入濾波電容器正端到變壓器二次側的共用/迴線端之間。這樣的放置方式會將高幅度共模突波電流引離 LinkSwitch-XT2 裝置。注意，如果使用輸入 pi (C、L、C) 形 EMI 濾波器，其中的電感器應該置於輸入濾波電容器的負端之間。

## 回授訊號

將電晶體 Q2 實體放置在接近 LinkSwitch-XT2 IC 的位置，以盡量減少電晶體到回授接腳的 Trace 長度。讓高電流、高電壓汲極和箝位 Trace 遠離回授訊號，以防止噪音干擾。

## 輸出二極體

為獲得最佳能效，連接二次側繞組、輸出二極體與輸出濾波電容器的迴路區域應該儘可能縮小。此外，應在二極體的陽極與陰極端提供足夠的銅箔，以進行散熱。最好在靜態陰極端子處保留更大的銅箔。大的陽極區域可能會增加高頻輻射 EMI。

## 快速設計檢查清單

如同任何電源供應器設計，所有 LinkSwitch-XT2 設計都應經實際驗證，以確保在最差條件下不會超出元件規格。強烈建議至少進行以下測試：

1. 最大汲極電壓 – 確認在最高輸入電壓和峰值（過載）輸出功率條件下，VDS 不會超過  $BV_{DSS}$  的 90%。10% 餘裕與  $BV_{DSS}$  規格為多變的設計（尤其是 Clampless 設計）留有餘裕。

2. 最大汲極電流 – 在最高環境溫度、最大輸入電壓和峰值輸出（過載）功率條件下，確認汲極電流波形，查看是否有任何變壓器飽和徵兆以及啟動時是否出現過高的上升邊緣電流突波。在穩態條件下重複操作，並確認上升邊緣電流突波在  $t_{LEB(MIN)}$  結束時，低於  $I_{LIMIT(MIN)}$ 。在所有情況下，最大汲極電流應低於指定的絕對最大額定值。
3. 散熱檢查 – 在指定的最大輸出功率、最小輸入電壓和最高環境溫度下，確認 LinkSwitch-XT2 IC、變壓器、輸出二極體和輸出電容器未超出溫度規格限制。LinkSwitch-XT2 IC 不同零件的  $R_{DS(ON)}$  有所差異（如產品規格型錄中所指定），因此應留有足夠的散熱餘裕。考慮到這些差異，在低線電壓和最大功率條件下，建議 LinkSwitch-XT2 源極接腳最高溫度為 100 °C。

## 設計工具

Power Integrations 網站上提供了有關設計工具的最新資訊，網址為：[www.power.com](http://www.power.com)

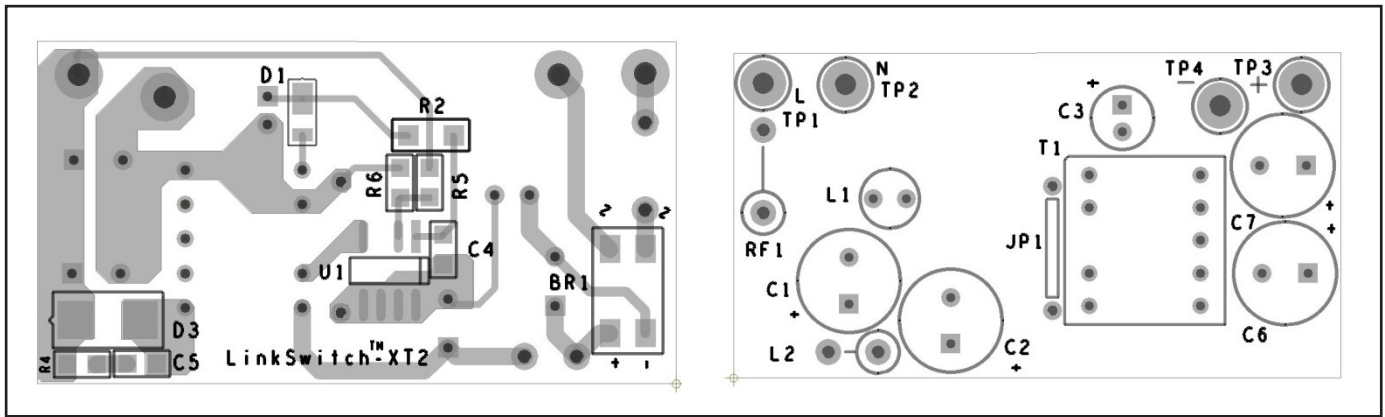


圖 9. 在返馳式轉換器結構（左下、右上）中採用 D 封裝的 LinkSwitch-XT2 的建議印刷電路板佈局

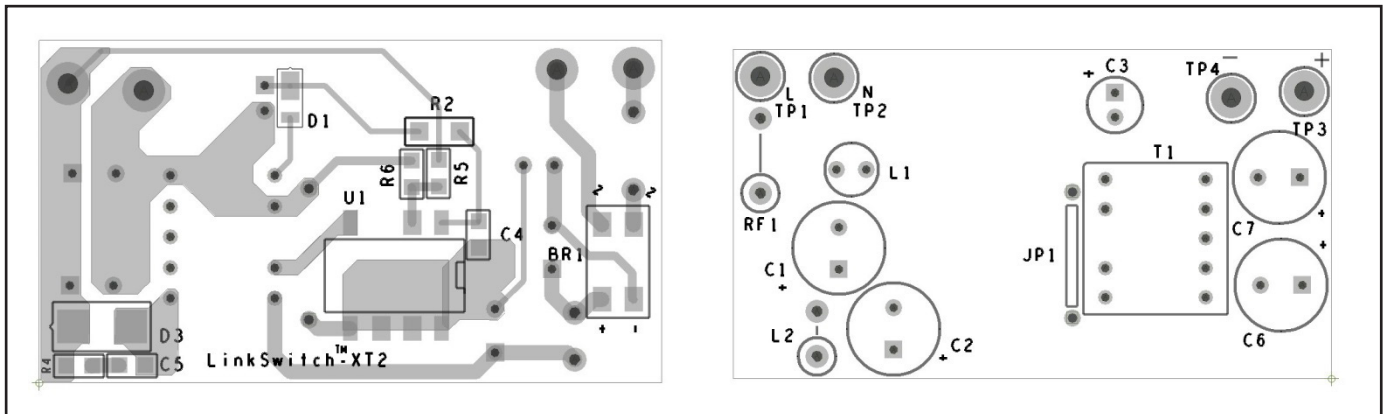


圖 10. 在返馳式轉換器結構（左下、右上）中採用 G 封裝的 LinkSwitch-XT2 的建議印刷電路板佈局



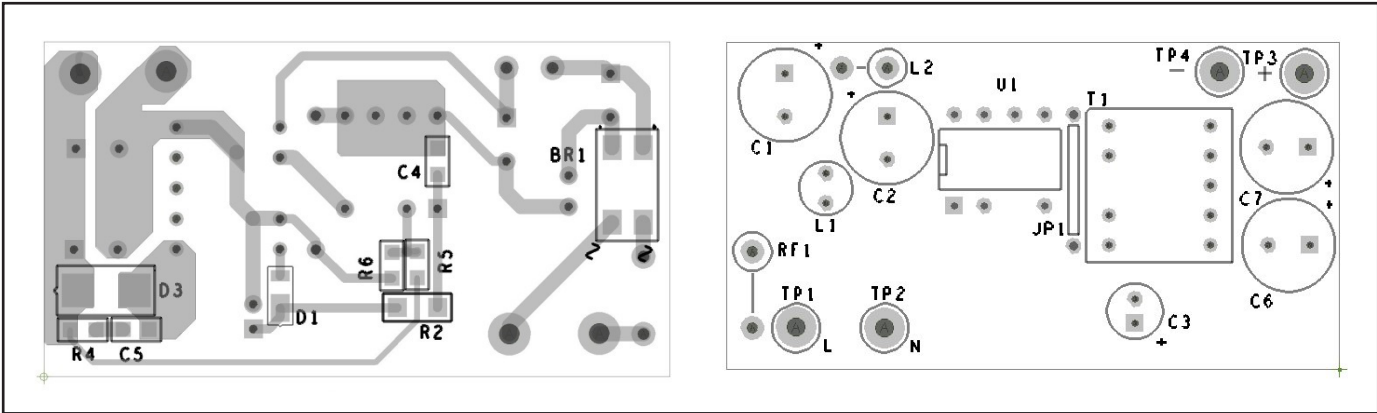


圖 11. 在返馳式轉換器結構 (左下、右上) 中採用 P 封裝的 LinkSwitch-XT2 的建議印刷電路板佈局

## 絕對最大額定值<sup>(1,5)</sup>

汲極接腳電壓：	LNK3604.....	-0.3 V 至 725 V
	LNK369X.....	-0.3 V 至 900 V
汲極接腳峰值電流：	LNK3604.....	1230 mA <sup>(2)</sup>
	LNK3694.....	968 mA <sup>(2)</sup>
	LNK3696.....	3194 mA <sup>(2)</sup>
回授接腳電壓.....		-0.3 V 至 7 V
回授接腳電流.....		100 mA
BYPASS 接腳電壓.....		-0.3 V 至 7 V
儲存溫度.....		-65 °C 至 150 °C
工作接面溫度 <sup>(3)</sup> .....		-40 °C 至 150 °C
焊接溫度 <sup>(4)</sup> .....		260 °C

附註：

1. 所有電壓均參考源極， $T_A = 25\text{ °C}$ 。
2. 請參閱圖 17 和圖 25 中  $V_{DS} > 400\text{ V}$  的情況。
3. 通常由內部電路限制。
4. 1/16 英寸。焊接時間為 5 秒。
5. 在不導致產品永久損壞的情況下，一次可以套用一個指定的最大額定值。在絕對最大額定值情況下長時間運行可能會影響產品可靠性。

## 熱阻

熱阻：P 或 G 封裝：

$(\theta_{JA})$ .....	70 °C/W <sup>(2)</sup> ; 60 °C/W <sup>(3)</sup>
$(\theta_{JC})^{(1)}$ .....	11 °C/W
D 封裝：	
$(\theta_{JA})$ .....	100 °C/W <sup>(2)</sup> ; 80 °C/W <sup>(3)</sup>
$(\theta_{JC})^{(1)}$ .....	30 °C/W

附註：

1. 在接近塑膠介面的接腳 8 (源極) 上測量。
2. 焊接至 0.36 sq. in. (232 mm<sup>2</sup>)、2 oz. (610 g/m<sup>2</sup>) 銅箔。
3. 焊接至 1 sq. in. (645 mm<sup>2</sup>)、2 oz. (610 g/m<sup>2</sup>) 銅箔。

參數	符號	條件			最小值	典型值	最大值	單位
		源極 = 0 V ; $T_J = -40$ 至 $125\text{ °C}$ 請參閱圖 12 (除非另有指定)						
<b>控制功能</b>								
輸出頻率	$f_{OSC}$	LNK3604 $T_J = 25\text{ °C}$	平均值	124	132	140	kHz	
			峰值間頻率抖動		8			
		LNK3694/LNK3696 $T_J = 25\text{ °C}$	平均值	62	66	70		
			峰值間頻率抖動		4			
最大工作週期	$DC_{MAX}$	S2 開啟	LNK3604	66			%	
			LNK3694/LNK3696	65				
回授接腳關閉臨界值電流	$I_{FB}$	$V_{BP} = 5.0\text{ V}$ 至 $5.5\text{ V}$ $T_J = 25\text{ °C}$		44	49	54	$\mu\text{A}$	
處於關閉臨界值時的回授接腳電壓	$V_{FB}$	$V_{BP} = 5.0\text{ V}$ 至 $5.5\text{ V}$ $T_J = 25\text{ °C}$		1.97	2.00	2.03	V	
回授接腳即時關機電流	$I_{FB(SD)}$	$T_J = 25\text{ °C}$		520	675	800	$\mu\text{A}$	
回授接腳即時關機延遲		$T_J = 25\text{ °C}$			2		切換開關週期	
處於關機電流的回授接腳電壓	$V_{FB(SD)}$	$V_{BP} = 5.0\text{ V}$ 至 $5.5\text{ V}$ $T_J = 25\text{ °C}$	LNK3604		3.3		V	
			LNK3694/LNK3696		3.1			
汲極接腳供應電流	$I_{S1}$	$V_{FB} = 2.1\text{ V}$ (MOSFET 未切換) 請參閱附註 A			75		$\mu\text{A}$	
	$I_{S2}$	回授開路 (MOSFET 切換) 請參閱附註 A、B	LNK3604		150		$\mu\text{A}$	
			LNK3694		120			
			LNK3696		205			
BYPASS 接腳充電電流	$I_{CH1}$	$V_{BP} = 0\text{ V}$ $T_J = 25\text{ °C}$		-11	-7	-3	mA	
	$I_{CH2}$	$V_{BP} = 4\text{ V}$ $T_J = 25\text{ °C}$		-7.5	-5	-2.5		

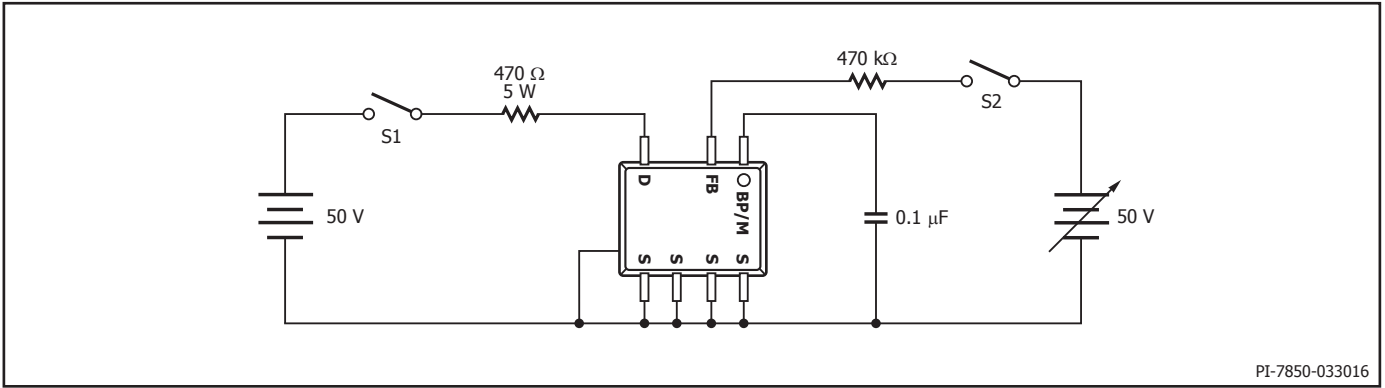
參數	符號	條件		最小值	典型值	最大值	單位
		源極 = 0 V ; $T_J = -40$ 至 $125$ °C 請參閱圖 12 (除非另有指定)					
<b>控制功能 (續)</b>							
BYPASS 接腳電壓	$V_{BP}$			4.7	5.0	5.2	V
BYPASS 接腳關機臨界值電流	$I_{BP(SD)}$		$T_J = 25$ °C		6	8	mA
BYPASS 接腳分流電壓	$V_{BP(SHUNT)}$		$I_{BP} = 2$ mA	4.95	5.2	5.45	V
BYPASS 接腳電壓磁滯	$V_{BP(H)}$				0.47		V
BYPASS 接腳供應電流	$I_{BP(SC)}$		請參閱附註 C	55			μA
<b>電路保護</b>							
標準限電流 ( $C_{BP} = 0.1$ μF , 請參閱附註 D、H)	$I_{LIMIT}$	di/dt = 65 mA/μs $T_J = 25$ °C	LNK3604	240	257	275	mA
		di/dt = 415 mA/μs $T_J = 25$ °C		278	317	356	
		di/dt = 33 mA/μs $T_J = 25$ °C	LNK3694	240.5	260	279.5	
		di/dt = 210 mA/μs $T_J = 25$ °C		265.5	287	308.5	
		di/dt = 60 mA/μs $T_J = 25$ °C	LNK3696	446	482	518	
		di/dt = 385 mA/μs $T_J = 25$ °C		496	535	575	
降低的限電流 ( $C_{BP} = 1$ μF , 請參閱附註 D、H)	$I_{LIMIT(RED)}$	di/dt = 65 mA/μs $T_J = 25$ °C	LNK3604	180	205	230	mA
		di/dt = 415 mA/μs $T_J = 25$ °C		227	258	289	
		di/dt = 33 mA/μs $T_J = 25$ °C	LNK3694	189	205	220	
		di/dt = 210 mA/μs $T_J = 25$ °C		212	230	247	
		di/dt = 60 mA/μs $T_J = 25$ °C	LNK3696	347	375	404	
		di/dt = 385 mA/μs $T_J = 25$ °C		388.5	420	451.5	
最小導通時間	$t_{ON(MIN)}$	請參閱附註 I	LNK3604	356	475	594	ns
			LNK3694	110	250	390	
			LNK3696	200	345	490	
上升邊緣遮蔽時間	$t_{LEB}$	$T_J = 25$ °C 請參閱附註 E	LNK3604	300	450	ns	
			LNK3694/LNK3696	140	215		
過熱關機溫度	$T_{SD}$		請參閱附註 F	135	142	150	°C
過熱關機磁滯溫度	$T_{SD(H)}$		請參閱附註 F		75		°C

參數	符號	條件		最小值	典型值	最大值	單位
		源極 = 0 V ; $T_j = -40$ 至 $125$ °C 請參閱圖 12 (除非另有指定)					
<b>輸出</b>							
開啟狀態電阻	$R_{DS(ON)}$	LNK3604 $I_D = 25$ mA	$T_j = 25$ °C		24	27.6	$\Omega$
			$T_j = 100$ °C		38	44.2	
		LNK3694 $I_D = 86$ mA	$T_j = 25$ °C		17	19.6	
			$T_j = 100$ °C		27	31	
		LNK3696 $I_D = 163$ mA	$T_j = 25$ °C		5.3	6.1	
			$T_j = 100$ °C		8.4	9.7	
關閉狀態汲極漏電流	$I_{DSS}$	$V_{BP} = 5.4$ V , $V_{FB} \geq 2.1$ V , $V_{DS} = 560$ V , $T_j = 25$ °C	LNK3604			50	$\mu$ A
		$V_{BP} = 5.4$ V , $V_{FB} \geq 2.1$ V , $V_{DS} = 720$ V , $T_j = 25$ °C	LNK3694/LNK3696				
崩潰電壓	$BV_{DSS}$	$V_{BP} = 5.4$ V , $V_{FB} \geq 2.1$ V , $T_j = 25$ °C	LNK3604	725			V
			LNK3694/LNK3696	900			
汲極接腳供應電壓		$T_j = 25$ °C		50			V
自動重新啟動導通時間	$t_{AR(ON)}$	$T_j = 25$ °C 請參閱附註 G			50		ms
自動重新啟動 關閉時間	$t_{AR(OFF)}$	$T_j = 25$ °C 請參閱附註 G	首次關閉期間		150		ms
			後續期間		1500		
自動重新啟動 工作週期	$DC_{AR}$	後續期間			3		%

附註：

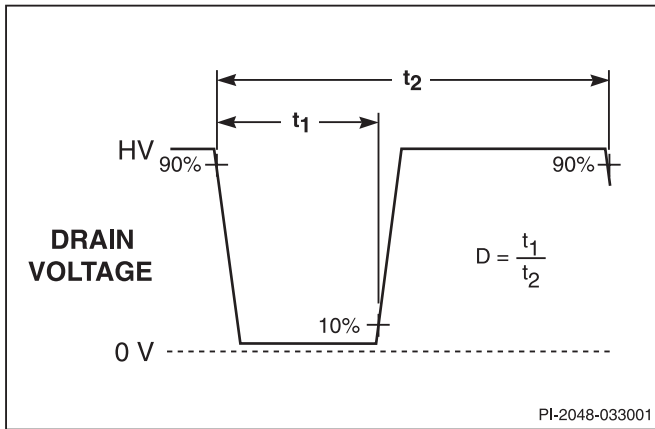
- 當回授接腳電壓為 2.1 V (MOSFET 未切換) 時，總電流消耗為  $I_{S1}$  和  $I_{DSS}$  的總和，而當回授接腳到源極短路 (MOSFET 切換中) 時，總消耗為  $I_{S2}$  和  $I_{DSS}$  的總和。
- 由於輸出 MOSFET 正在切換，因此很難將切換電流與汲極供應電流隔離開來。替代方案是測量 5.1 V 下的 BYPASS 接腳電流。
- 此電流僅用於供電給連接在 BYPASS 和回授接腳之間的選用光耦合器，而不是任何其他外部電路。
- 對於其他 di/dt 值的限電流，請參閱圖 22、23、32 和 33。
- 此參數由設計提供保證。
- 此參數源自特性。
- 自動重新啟動導通時間與振盪器有相同的溫度特性 (與頻率成反比)。
- 在目標應用的環境溫度內，BP/M 電容器值公差應等於或優於以下所示。
- 使用圖 14 中的電路透過 50 W 汲極上拉進行測量。測量從  $V_{FALL} = 42$  V 到  $V_{RISE} = 40$  V ( $VDR = 50$  V) 所用時間內汲極脈衝的寬度。

標準 BP/M 接腳 電容器值	相對於最小電容器值 的公差	
	最小值	最大值
0.1 $\mu$ F	-60%	+100%
1 $\mu$ F	-50%	+100%



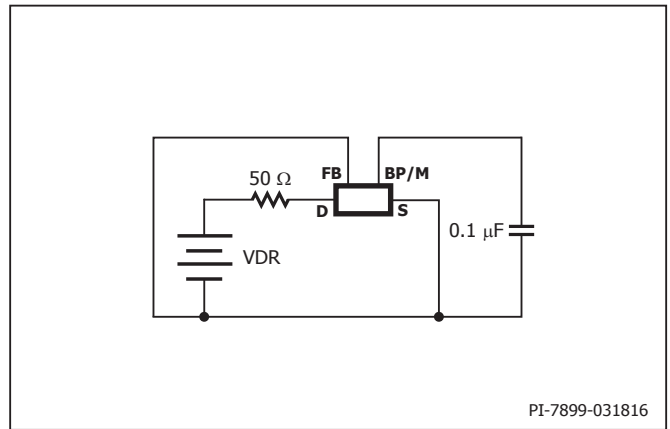
PI-7850-033016

圖 12. LinkSwitch-XT2 一般測試電路



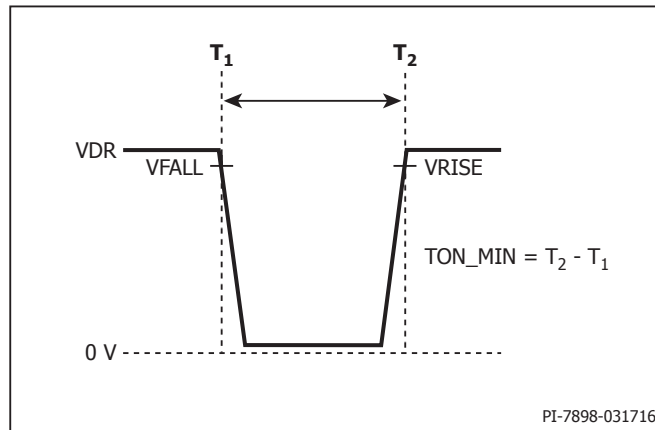
PI-2048-033001

圖 13. LinkSwitch-XT2 工作週期的測量



PI-7899-031816

圖 14. LinkSwitch-XT2 最小導通時間測試電路



PI-7898-031716

圖 15. LinkSwitch-XT2 最小導通時間測量

## 典型效能特性

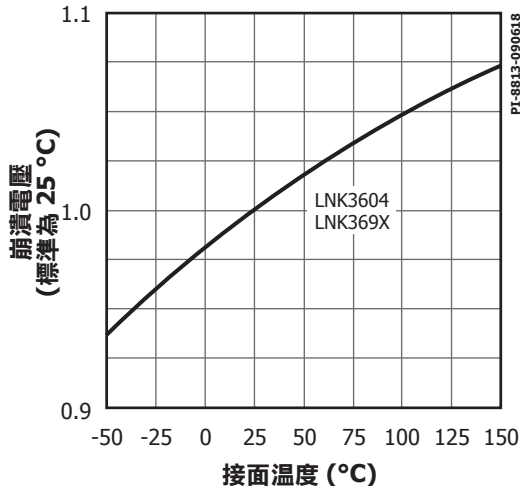


圖 16. 崩潰電壓與溫度關係圖

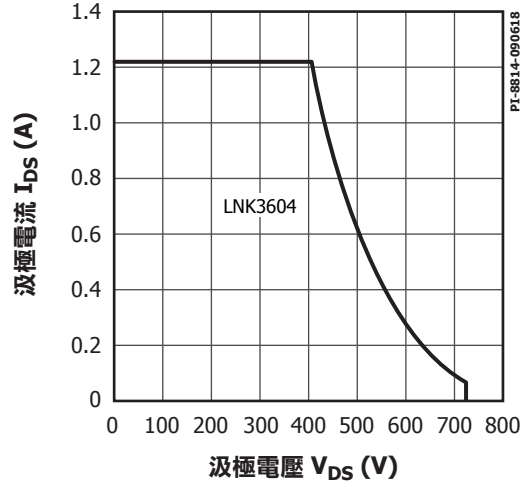


圖 17. 最大允許的汲極電流與汲極電壓關係圖

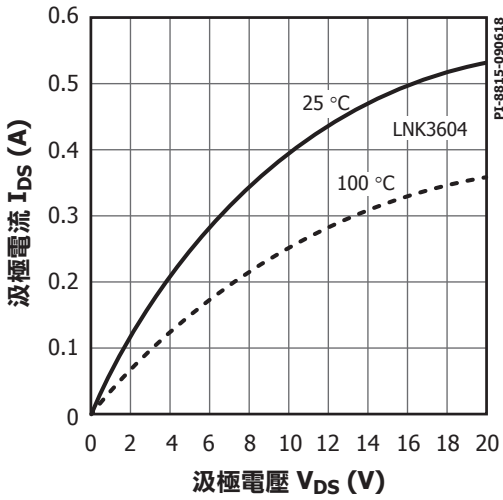


圖 18. 輸出特性

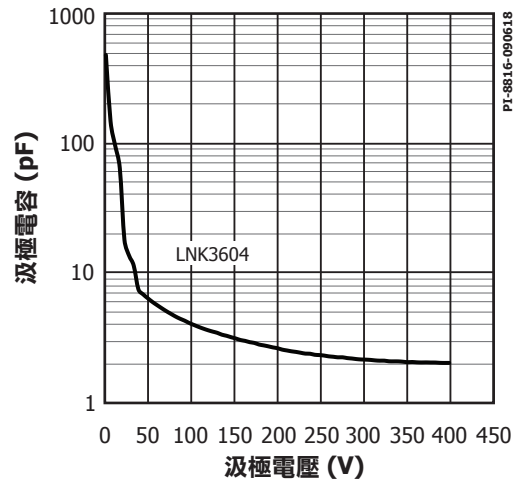


圖 19.  $C_{oss}$  與汲極電壓關係圖

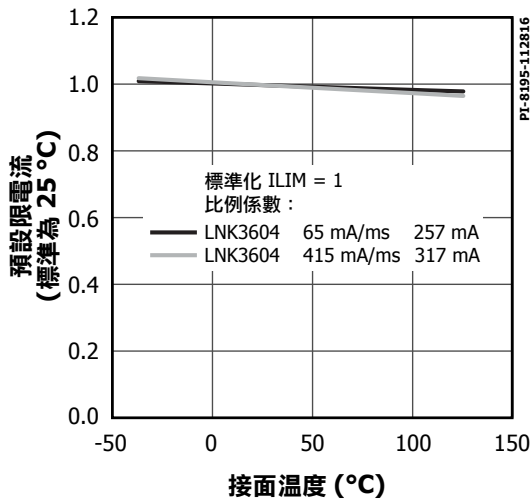


圖 20. 預設限電流與接面溫度關係圖

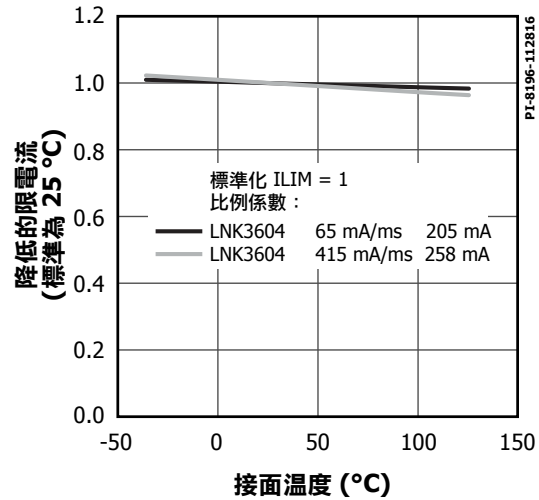


圖 21. 降低的限電流與接面溫度關係圖

典型效能特性

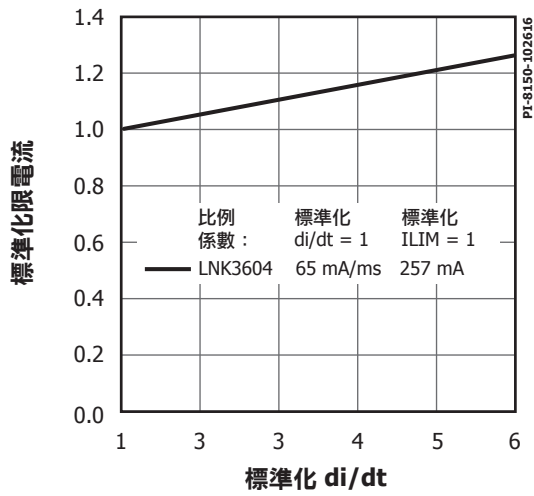


圖 22. 預設限電流與 di/dt 關係圖

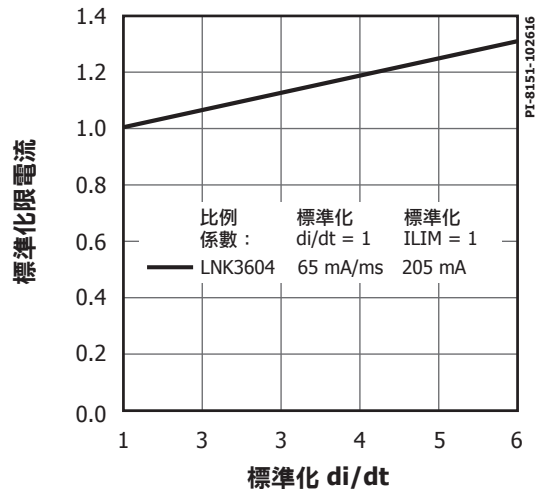


圖 23. 降低的限電流與 di/dt 關係圖

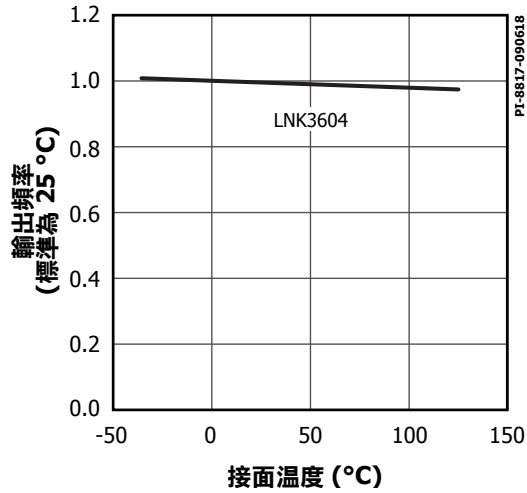


圖 24. 輸出頻率與接面溫度關係圖

## 典型效能特性

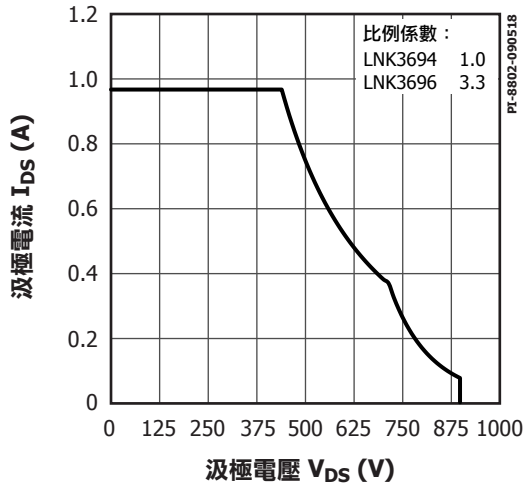


圖 25. 最大允許的汲極電流與汲極電壓關係圖

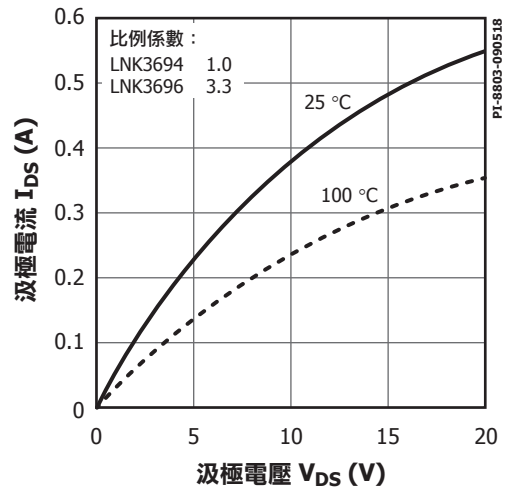


圖 26. 輸出特性

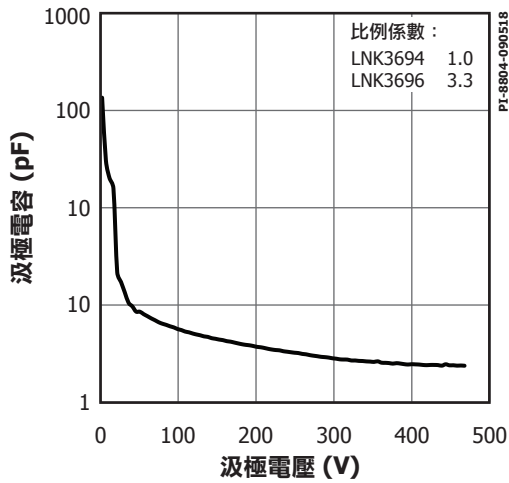


圖 27.  $C_{oss}$  與汲極電壓關係圖

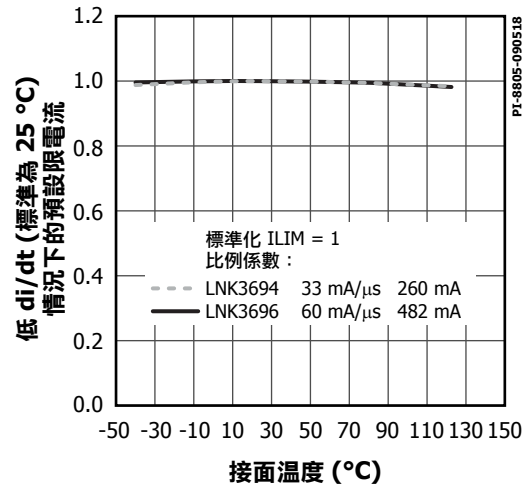


圖 28. 預設限電流與接面溫度關係圖

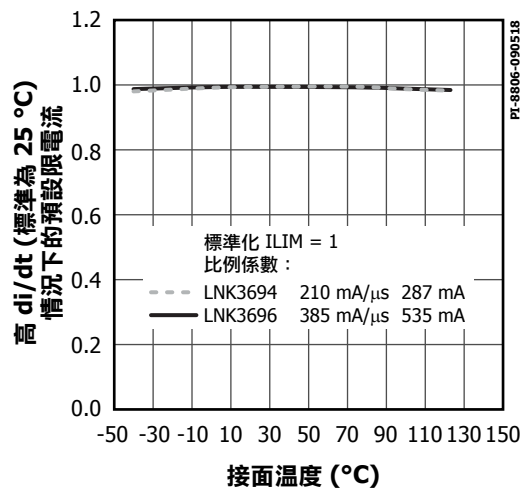


圖 29. 預設限電流與接面溫度關係圖



典型效能特性

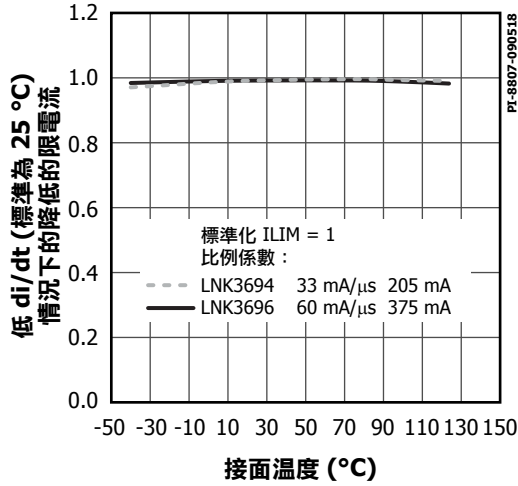


圖 30. 降低的限電流與接面溫度關係圖

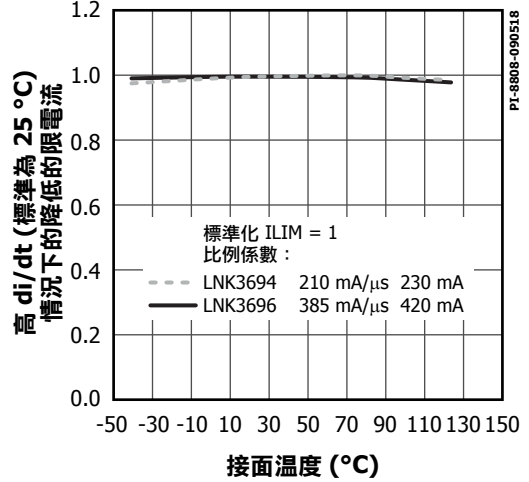


圖 31. 降低的限電流與接面溫度關係圖

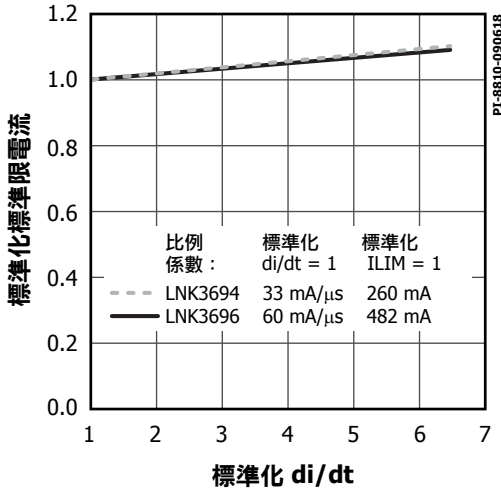


圖 32. 標準限電流與 di/dt 關係圖

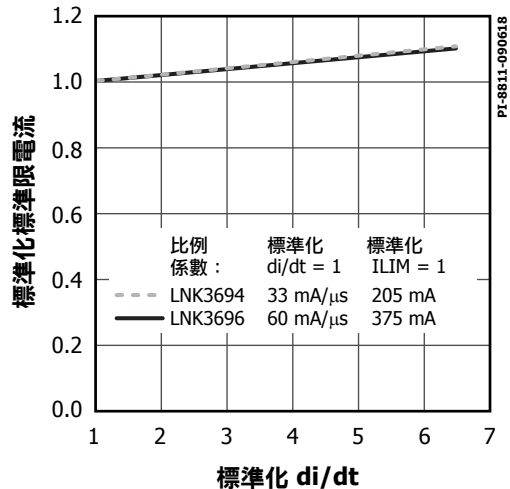


圖 33. 降低的限電流與 di/dt 關係圖

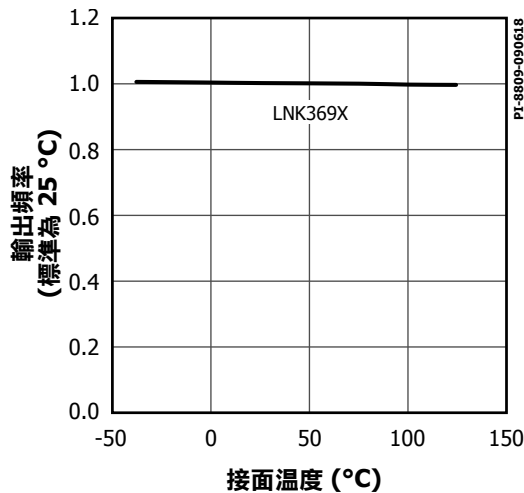
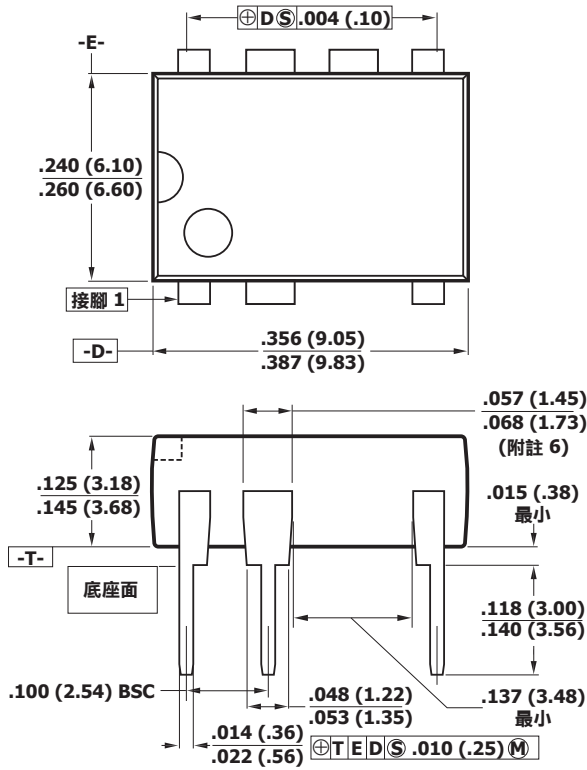


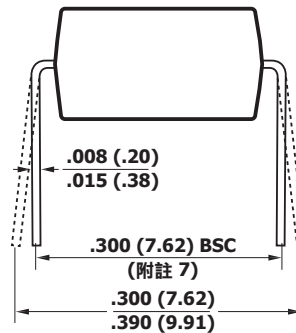
圖 34. 輸出頻率與接面溫度關係圖

### PDIP-8C (P 封裝)



附註：

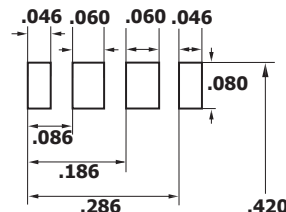
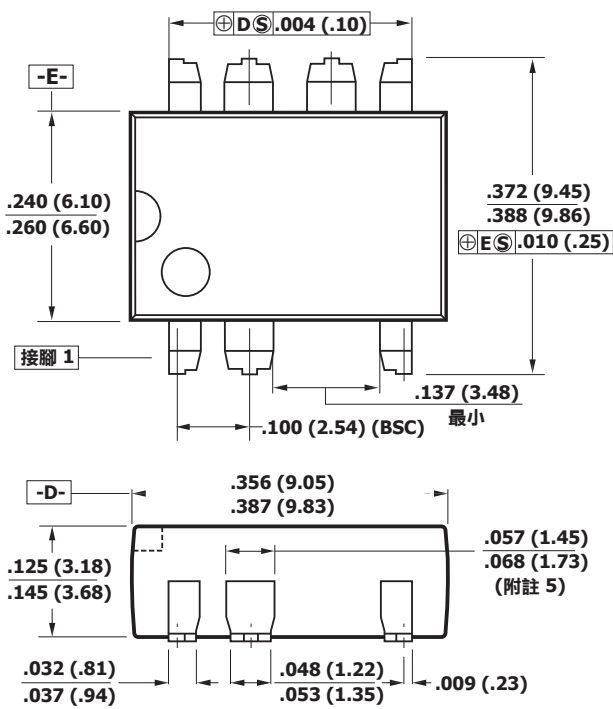
1. 封裝尺寸符合針對 .300 英寸排距之標準雙列直插 (DIP) 封裝的 JEDEC 規格 MS-001-AB (Issue B 7/85)。
2. 控制尺寸以英寸為單位。括號內顯示公釐單位的尺寸。
3. 註明的尺寸不含模具溢料或其他突起物。模具溢料或突起物每側不應超過 .006 (.15)。
4. 接腳位置開始編號為「接腳 1」，然後以逆時針方向繼續編號至「接腳 8」(俯視)。凹槽和/或凹處幫助固定接腳 1。接腳 3 略過不用。
5. 封裝本體上用於略過引線位置的最小金屬間隔為 .137 英寸 (3.48 公釐)。
6. 封裝本體上測得的引線寬度。
7. 將引線約束為與平面 T 垂直時測得的引線間距。



P08C

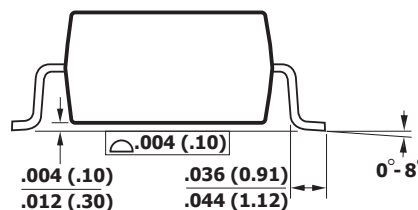
PI-3933-081716

### SMD-8C (G 封裝)



附註：

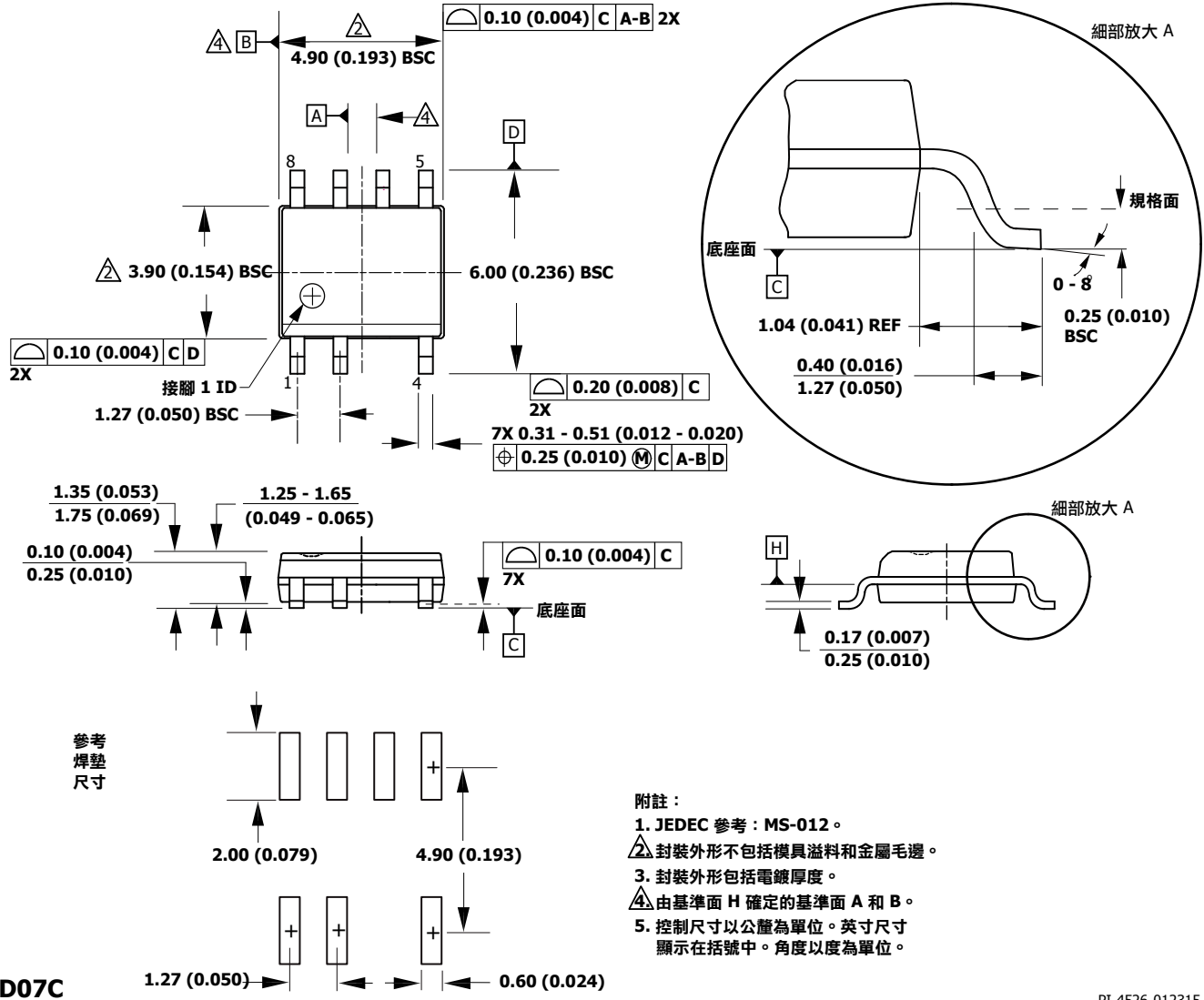
1. 控制尺寸以英寸為單位。括號內顯示公釐單位的尺寸。
2. 註明的尺寸不含模具溢料或其他突起物。模具溢料或突起物每側不應超過 .006 (.15)。
3. 接腳位置開始編號為「接腳 1」，然後以逆時針方向繼續編號至「接腳 8」(俯視)。接腳 3 略過不用。
4. 封裝本體上用於略過引線位置的最小金屬間隔為 .137 英寸 (3.48 公釐)。
5. 封裝本體上測得的引線寬度。
6. D 和 E 是封裝本體上的參考基準面。



G08C

PI-4015-081716

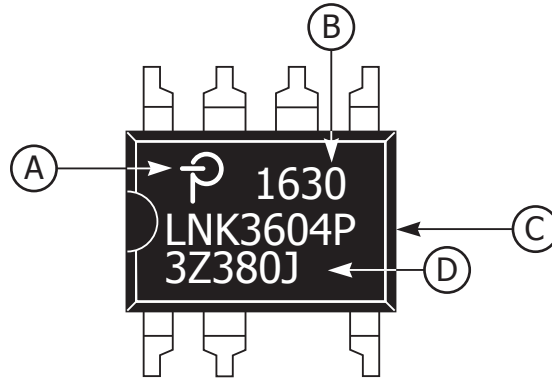
### SO-8C (D 封裝)



D07C

PI-4526-012315

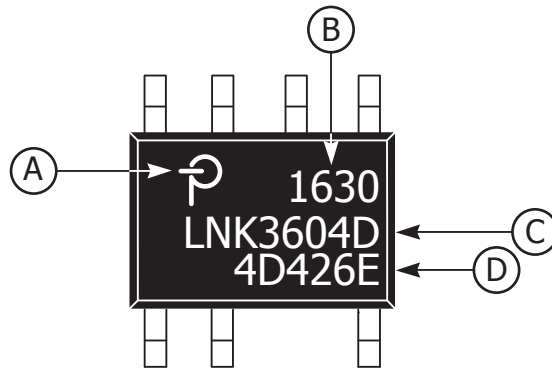
PDIP-8C (P) 和 SMD-8C (G) 封裝標誌



- A. Power Integrations 註冊商標
- B. 裝配日期代碼 (前兩位數為工作週，後兩位數為年份)
- C. 產品識別 (零件編號/封裝類型)
- D. 批次 ID 編碼

PI-8127-100516

SO-8C (D) 封裝標誌



- A. Power Integrations 註冊商標
- B. 裝配日期代碼 (前兩位數為工作週，後兩位數為年份)
- C. 產品識別 (零件編號/封裝類型)
- D. 批次 ID 編碼

PI-8126-100516

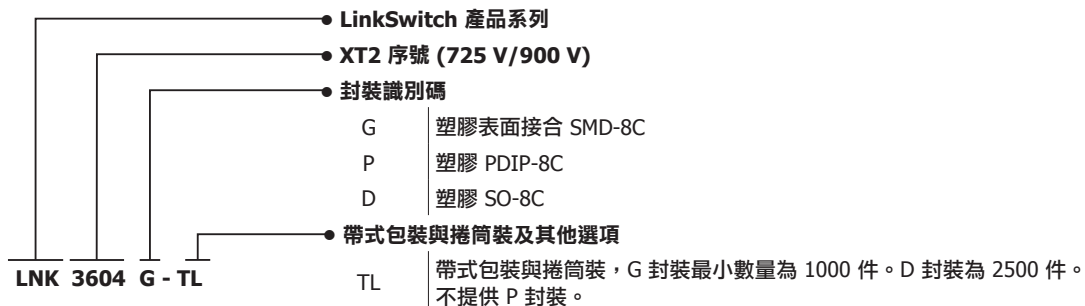
## MSL 表格

零件編號	MSL 等級
LNK3604P	N/A
LNK3694P	N/A
LNK3696P	N/A
LNK3604G	4
LNK3694G	4
LNK3696G	4
LNK3604D	1

## ESD 與鎖閉

測試	條件	結果
於 125 °C 鎖閉	EIA/JESD78	所有接腳均大於 $\pm 100$ mA 或大於 $1.5 \times V_{MAX}$
人體模型 ESD	EIA/JESD22-A114-A	> $\pm 2$ kV (除汲極 (D) 接腳以外的所有接腳) > $\pm 1.5$ kV (汲極 (D) 接腳 725 V 零件) > $\pm 2$ kV (汲極 (D) 接腳 900 V 零件)
機器模型 ESD	EIA/JESD22-A115-A	所有接腳均大於 $\pm 200$ V

## 零件訂購資訊



修訂	附註	日期
A	代碼 B。	10/16
B	代碼 S。	11/16
C	代碼 A。	11/16
D	已修正汲極接腳峰值電流，以符合圖 17；已修正「絕對最大額定值」中的第 2 條附註。	01/06/17
D	已修正有關表 1 的第 1 條和第 2 條附註；已更新第 5 頁的圖 5 和參考編號。	01/16/17
E	新增了 LNK3694 和 LNK3696 零件。	09/18
F	更新了表 1 中的 900 V MOSFET VAC 範圍。	12/18
G	更新了 ESD 與鎖閉表的 [結果] 欄。	04/19

#### 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 將某些特定專利授權給客戶，詳情請參閱 [www.power.com/ip.htm](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。

Power Integrations、Power Integrations 標誌、CAPZero、ChiPhy、CHY、DPA-Switch、EcoSmart、E-Shield、eSIP、eSOP、HiperPLC、HiperPFS、HiperTFS、InnoSwitch、功率轉換技術的創新、InSOP、LinkSwitch、LinkZero、LYTSwitch、SENZero、TinySwitch、TOPSwitch、PI、PI Expert、SCALE、SCALE-1、SCALE-2、SCALE-3 和 SCALE-iDriver 均為 Power Integrations, Inc. 的商標。其他商標為其各自公司之財產。

©2019, 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：  
全球：+1-65-635-64480  
美洲：+1-408-414-9621  
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  
電子郵件：chinasales@power.com

##### 中國 (深圳)

17/F, Hivac Building, No. 2, Keji  
Nan 8th Road, Nanshan District,  
Shenzhen, China, 518057  
電話：+86-755-8672-8689  
電子郵件：chinasales@power.com

##### 德國 (AC-DC/LED 銷售)

Einsteinring 24  
85609 Dornach/Aschheim  
Germany  
電話：+49-89-5527-39100  
電子郵件：eurossales@power.com

##### 德國 (閘極驅動器銷售)

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  
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  
電子郵件：eurossales@power.com

##### 日本

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Bldg.  
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku  
Yokohama-shi,  
Kanagawa 222-0033 Japan  
電話：+81-45-471-1021  
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  
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  
電子郵件：  
singapore@power.com

##### 台灣

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

##### 英國

Building 5, Suite 21  
The Westbrook Centre  
Milton Road  
Cambridge  
CB4 1YG  
電話：+44 (0) 7823-557484  
電子郵件：eurossales@power.com