

PFS7523-7529/7533-7539 HiperPFS-3 系列

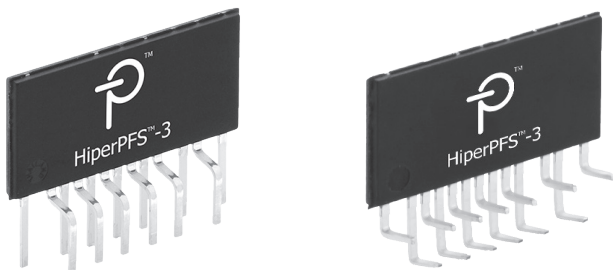
具備針對整個負載範圍內高功率因數 (PF) 和效率最佳化之整合式高電壓 MOSFET 和 Qspeed 二極體的 PFC 控制器

主要優點

- 在整個負載範圍內都具有高效率和功率因數 (PF)
 - 從 10% 負載到滿載的效率超過 95%
 - 230 VAC 條件下無負載功耗小於 60 mW
 - 20% 負載條件下功率因數 (PF) 可輕鬆超過 0.92
 - 符合 EN61000-3-2 C 級和 D 級標準
- 高度整合為外觀尺寸最小的升壓式 PFC
 - 整合的控制器、MOSFET 及超低反向恢復損失二極體 (Qspeed)
- 封裝製程最佳化，可達到高產量
 - 不需要絕緣墊/熱擴散板
- 增強功能
 - 可設定的電源備妥 (PG) 訊號
 - 使用者可選的功率限制：使不同的 HiperPFS-3 系列成員能夠在同一設計中接受測試，以實現最佳裝置選擇
 - 整合式非線性放大器，可實現快速輸出 OV 和 UV 保護及暫態回應
 - 可提供效能強大的數位線峰偵測，即使是使用從 UPS 或發電機輸入的失真電壓
 - 數位功率因數增強器可針對 EMI 濾波器和橋式失真進行補償，在 20% 負載條件下提供超過 0.92 的高壓功率因數 (PF)
- 線電壓和每個線電壓週期間的頻率調整
 - 高於 60 kHz 窗口間的展頻，可簡化 EMI 濾波要求
 - 升壓電感較低
- 為通用應用提供高達 450 W 的峰值輸出功率，為僅高壓應用提供 1 kW 的峰值輸出功率
- 保護功能包括：UVLO、UV、OV、OTP、電壓啟動/關閉、逐週期限電流及功率限制，以提供過載保護
- 無鹵素且符合 RoHS 標準

應用

- PC
- 印表機
- LCD TV
- 電玩遊戲主機
- 80 Plus™ Platinum 設計
- 高功率轉換器
- 高功率 LED 照明設備
- 工業機具和家電用品
- 一般 PFC 轉換器



eSIP-16D (H 封裝)

eSIP-16G (L 封裝)

圖 2. 封裝選項

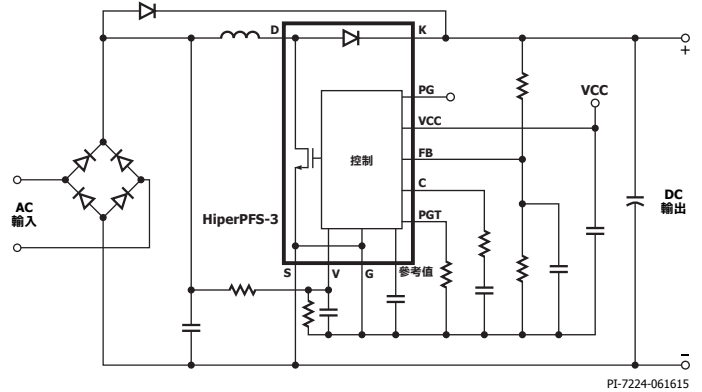


圖 1. 典型應用電路圖

輸出功率表

全電壓輸入裝置		
產品	90 VAC 條件下的最大連續輸出功率額定值 (全功率模式)	峰值輸出功率 (全功率模式)
PFS7523L/H	110 W	120 W
PFS7524L/H	130 W	150 W
PFS7525L/H	185 W	205 W
PFS7526H	230 W	260 W
PFS7527H	290 W	320 W
PFS7528H	350 W	385 W
PFS7529H	405 W	450 W
高壓輸入裝置		
產品	180 VAC 條件下的最大連續輸出功率額定值 (全功率模式)	峰值輸出功率 (全功率模式)
PFS7533H	255 W	280 W
PFS7534H	315 W	350 W
PFS7535H	435 W	480 W
PFS7536H	550 W	610 W
PFS7537H	675 W	750 W
PFS7538H	810 W	900 W
PFS7539H	900 W	1000 W

表 1. 輸出功率表 (請參閱第 11 頁表 2 的最大連續輸出功率額定值)

說明

HiperPFS™-3 裝置將連續導通模式 (CCM) 升壓式功率因數修正 (PFC) 控制器、閘極驅動器、超低反向恢復 (Qspeed™) 二極體和高壓功率 MOSFET 整合到單一、小型的 (連接接地接腳的) 功率封裝中。使用 HiperPFS-3 裝置，就能減少為 PFC 轉換器加裝外部電流感測電阻器的需求及相關功率損失；此外，HiperPFS-3 裝置也善用創新的控制技術，可調整輸出負載、輸入線電壓，甚至是輸入線電壓週期的切換頻率。

這項控制技術可使整個轉換器負載範圍的效率達到最大，特別是針對輕負載的情況。此外，藉由這項控制技術的寬頻展頻效應，使得 EMI 濾波器要求大幅降到最低。HiperPFS-3 使用進階數位技術來增強線電壓監控功能、前饋線電壓比例及功率因數 (PF)，同時對核心控制器採用類比技術來維持極低的無負載功耗。HiperPFS-3 還配備一個可增強負載暫態回應的整合式非線性誤差放大器，一個使用者可設定的電源備妥 (PG) 訊號，以及使用者可選擇的功率限制功能。HiperPFS-3 包含了 Power Integrations 的全面保護標準功能組，例如整合式 UV、OV、電壓啟動/關閉，以及磁滯回復過溫保護。HiperPFS-3 也提供功率 MOSFET 的逐週期限電流及安全工作區 (SOA) 保護、過載保護的輸出功率限制，以及接腳間短路保護。

HiperPFS-3 的創新可變頻率連續導通模式操作 (VF-CCM) 能保持較低的平均切換頻率，使切換損失達到最少，同時還可調變切換頻率來抑制 EMI，這是向來存在於連續導通模式解決方案的挑戰。使用 HiperPFS-3 的系統通常可減少轉換器的總 X 和 Y 電容需求、降低升壓式電感器和 EMI 雜訊抑制电感器的電感，進而減少整體系統尺寸和成本。此外，相較於使用分離式 MOSFET 和控制器的設計，HiperPFS-3 裝置不僅大幅減少元件數量和電路板面積，同時還簡化系統設計並增強可靠性。創新的可變頻率連續導通模式控制器，讓 HiperPFS-3 從連續導通模式操作的所有優點中獲益，同時可善用低成本、小體積的簡易 EMI 濾波器。

許多地區針對具有高功率需求的許多電子產品強制實施高功率因數 (PF)。這些規定與眾多應用特定標準相結合，要求電源供應器在整個負載範圍內 (從滿載至低至 10% 的負載) 都具有高效率。在輕負載下達到高效率是傳統 PFC 解決方案所面臨的挑戰，在傳統解決方案中，固定式 MOSFET 切換頻率會導致每個週期、甚至在輕負載時都發生固定切換損失。除了在整個負載範圍內提供相對平穩的效率之外，HiperPFS-3 還可在 20% 負載條件下提供超過 0.92 的高功率因數 (PF)。HiperPFS-3 可在電腦、LCD 電視、筆記型電腦、家用電器、幫浦、馬達、風扇、印表機及 LED 照明等應用中，輕鬆符合電路板市場領域中新制定的及制定中的能效標準。

HiperPFS-3 的進階功率封裝技術和高效率，簡化了裝載 IC 與散熱管理的複雜度，同時以單一輕巧封裝提供了非常高的功率能力；這些裝置適用於 75 W 到 900 W 範圍內的 PFC 應用。

產品特色

保護齊全的功率因數修正解決方案

- 整合高壓功率 MOSFET、超低反向恢復損失 Qspeed 二極體、控制器與閘極驅動器。
- 符合 EN61000-3-2 C 級和 D 級標準。
- 整合式保護功能減少了外部元件數目。
 - 精準的內建電壓啟動/關閉保護。
 - 精準的內建欠壓 (UV) 保護。
 - 精準的內建過壓 (OV) 保護。
 - 磁滯回復過溫保護 (OTP)。
 - 內部功率限制功能，可提供過載保護。
 - 週期性功率切換限電流。
 - 內部非線性誤差放大器，可強化負載暫態回應。
- 無需外部電流感測電阻器。
 - 透過感測 FET 提供「無功損」內部感測。
 - 減少元件數目和系統損失。
 - 將高電流閘極驅動迴路面積縮至最小。
- 可使啟動期間的過衝電壓與應力降至最小
 - 整合式功率限制。
- 改善的動態回應。
 - 數位控制的輸入線電壓前饋增益調整，可在整個輸入電壓範圍內達到平穩的迴路增益。
- 減少高達 40 個分離式元件，可靠性更高且成本更低。

可實現高效率、低 EMI 與高功率因數 (PF) 的解決方案

- 連續導通模式 PFC 使用最新的恆定安培-秒 [開啟時間] 電壓-秒 [關閉時間] 控制引擎。
 - 在整個負載範圍內都具有高效率。
 - 在整個負載範圍內都具有高功率因數 (PF)。
 - 低成本的 EMI 濾波器。
- 採用頻率滑動技術，可改善輕負載效率。
 - 在標準輸入電壓下，從負載 10% 到滿載的效率超過 95%。
- 可變切換頻率可簡化 EMI 濾波器設計。
 - 隨著線輸入電壓而變化，可最大化效率並最小化 EMI 濾波器要求。
 - 高於 60 kHz 時隨輸入線電壓週期電壓而變化，可最大化展頻效應。

適用於高功率應用的進階封裝

- 在極為輕薄小巧的封裝中，峰值輸出功率能力高達 450 W [通用]、1 kW [僅高壓]。
- 以簡易的黏著或夾扣方式安裝到散熱片上。
 - 無需絕緣墊，可直接連接到散熱片。
- 接腳錯開排列，讓電路板 Trace 佈線簡潔並符合高壓安規距離要求。
- PFC 轉換器適用的單一封裝解決方案可降低組裝成本與佈局尺寸。

接腳功能說明

偏壓功率 (VCC) 接腳：

這是用於為 IC 供電的 10.2-15 VDC [12 V 典型操作電壓] 偏壓供電元件。為確保長期可靠性，偏壓電壓必須從外部箝制，以避免偏壓功率接腳超過 15 VDC。

參考 (REF) 接腳：

此接腳將連接至外部旁路電容器，並用於設定滿載或效率功率模式的 IC。外部電容器在參考接腳與訊號接地 [G] 接腳之間連接。附註：到 G 的迴線 Trace 不得與其他迴線 Trace 共用，以防在發生突波事件時出現較大迴線電流。參考接腳有兩個有效的電容器值，用以選取「滿載」(1.0 $\mu\text{F} \pm 20\%$) 及「效率」(0.1 $\mu\text{F} \pm 20\%$) 功率模式。

訊號接地 (G) 接腳：

回授電路中使用的分離式元件，包括迴路補償、偏壓功率 (VCC) 的去耦合電容器、參考 (REF) 及電壓監測器 (V) 都必須以訊號接地 (G) 接腳為參考。訊號接地接腳也會連接至裝置的墊片。訊號接地接腳不能直接連接至 IC 外部的源極接腳。

電壓監測器 (V) 接腳：

電壓監測器接腳透過 100:1、1% 高阻抗分壓電阻器連接到整流高壓 DC 軌道，可將功率消耗和待機功耗降至最低。建議的電阻值介於 8 M Ω 與 16 M Ω 之間。修改此分壓電阻器比率會影響峰值功率限制、電壓啟動/關閉臨界值，將降低輸入電流品質 (降低功率因數 (PF) 並增加總諧波失真 (THD))。在電壓監測器接腳到訊號接地接腳之間，需要一個可構成 80 μs 標準時間常數的小型陶瓷電容器，以忽略整流 DC 匯流排中出現的任何切換雜訊。

此接腳亦可提供電壓啟動/關閉偵測臨界值，並將弱電源併入 IC，以在出現開路狀況時作為下拉。

補償 (C) 接腳：

此接腳透過連接電容器網路和補償接腳與訊號接地接腳之間的電阻器，可實現 OTA 誤差放大器的迴路極點/零補償。補償接腳從內部連接至 OTA 誤差放大器的輸出端，而輸入端連接至開啟時間及關閉時間控制器。

回授 (FB) 接腳：

此接腳連接到主電壓調節回授分壓電阻器網路，亦用於快速過壓和欠壓保護。此接腳也會在啟動時和操作期間偵測是否存在回授電壓分壓網路。分壓比率應與電壓監測器接腳相同，以達到正確且最佳化的功率限制及功率因數。建議使用介於 8 M Ω 與 16 M $\Omega \pm 1\%$ 之間的大型上方電阻器。在回授與訊號接地接腳之間需要一個小型陶瓷電容器，與底部電阻器一起構成一個標準 80 μs 時間常數。

電源備妥 (PG) 接腳：

可選擇是否使用 PG 功能。電源備妥接腳是一個低態有效的開汲極連接，會在輸出電壓處於穩壓狀態時降低電流。在啟動時，當回授接腳電壓上升至內部參考電壓的約 95% 時，電源備妥接腳就會被宣稱為低。在啟動之後，PG 訊號會變成高阻抗的輸出電壓臨界值，是根據電源備妥臨界值接腳電阻器設定的臨界值而定。未使用時，電源備妥接腳保持未連接狀態。

電源備妥臨界值 (PGT) 接腳：

此接腳用於設定輸出電壓臨界值，此時 PG 訊號會變成「高阻抗」，代表 PFC Stage 位於穩壓範圍之外。可利用電源備妥臨界值 (PGT) 接腳與訊號接地接腳之間的電阻器來設定 PG 訊號的低臨界值。將電源備妥臨界值連接至參考接腳會停用電源備妥功能 (即電源備妥接腳仍然是高阻抗)。

源極 (S) 接腳：

這些接腳是功率切換的源極連接以及大電容器負端連接。

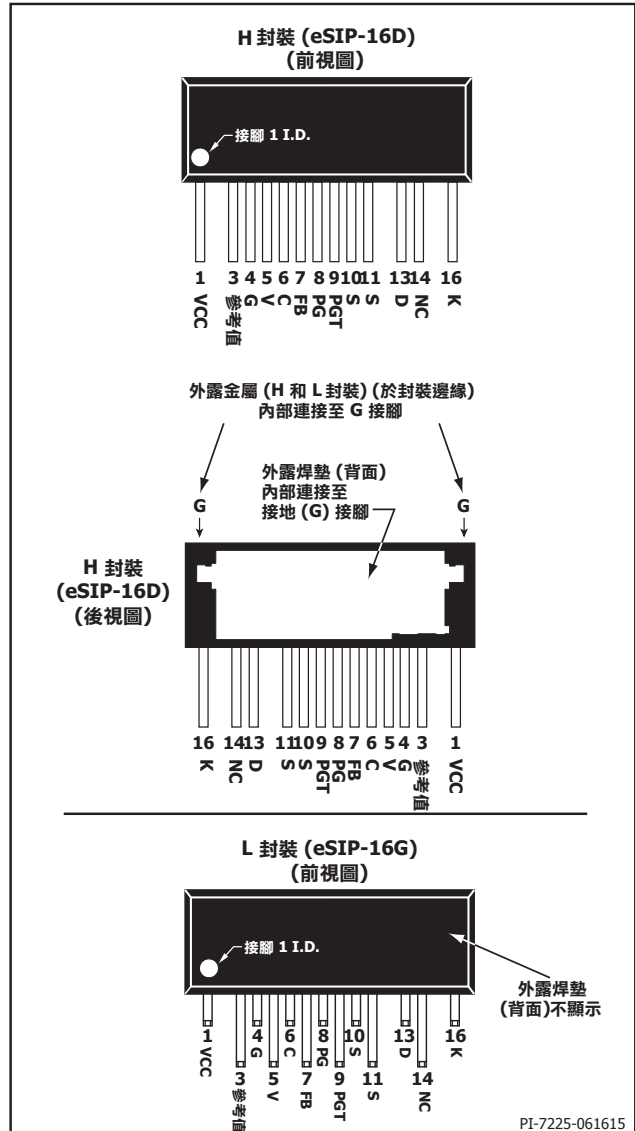


圖 3. 接腳配置

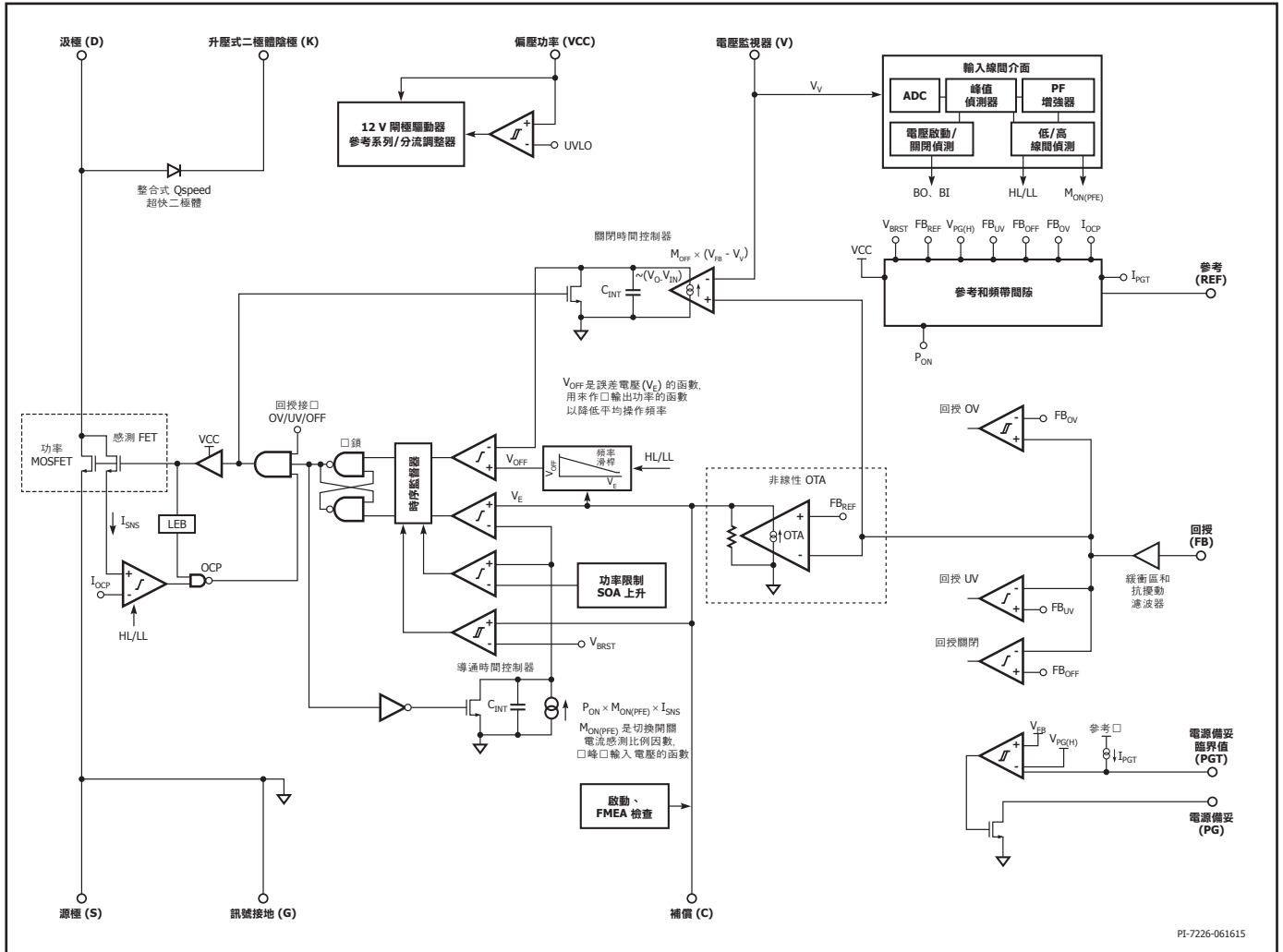


圖 4. 功能區塊圖

汲極 (D) 接腳：

此接腳是內部功率切換的汲極連接。

升壓式二極體陰極 (K) 接腳：

此接腳是內部 Qspeed 二極體的陰極連接。

功能說明

HiperPFS-3 是可變切換頻率升壓式 PFC 解決方案。更具體地說，它採用恆定安培-秒開啟時間和恆定伏特-秒關閉時間控制演算法。此演算法用於調節輸出電壓，並形成輸入電流以符合法定諧波限電流 (高功率因數 (PF))。整合切換開關電流並對其進行控制，以提供一種在切換開關開啟時間內具有恆定安培-秒的產品，使平均輸入電流跟隨輸入電壓。整合輸入輸出電壓差，可維持受升壓式電感器之電磁性質影響的恆定伏特-秒平衡，從而調節輸出電壓和功率。

更具體地說，控制技術會設定關閉時間 (t_{OFF}) 的恆定伏特-秒。關閉時間以如下方式控制：

$$(V_O - V_{IN}) \times t_{OFF} = K_1 \tag{1}$$

由於開啟時間的伏特-秒必須等於關閉時間的伏特-秒，為維持 PFC 電感器的磁通平衡，開啟時間 (t_{ON}) 會以如下方式控制：

$$V_{IN} \times t_{ON} = K_1 \tag{2}$$

控制器也會在功率 MOSFET 的每個導通週期期間設定電荷的常值。每週期的電荷會因應負載的改變，在多個切換週期內逐漸變化，因此可視為在半個線間電壓週期內大致恆定。使用此恆定電荷 (或安培-秒) 控制，下述關係也同樣成立：

$$I_{IN} \times t_{ON} = K_2 \tag{3}$$

將 (2) 的 t_{ON} 代入 (3) 即求得：

$$I_{IN} = V_{IN} \times \frac{K_2}{K_1} \tag{4}$$

(4) 的關係表明，藉由控制恆定安培-秒開啟時間及恆定伏特-秒關閉時間，輸入電流 I_{IN} 與輸入電壓 V_{IN} 成正比，從而能達到功率因數修正的基本要求。

此控制功能可在半個線間電壓週期內產生頻率和峰值電流值皆有變化的連續模式功率切換電流波形，以產生與輸入電壓成正比的輸入電流。

控制引擎

此控制器配備低頻寬、高增益的 OTA 誤差放大器，可將控制器的非反相端子連接到 3.85 V 的內部參考電壓。外部回授接腳上具有誤差放大器的反相端子，能夠以 1:100 的分壓比率連接到輸出電壓分壓網路，名義上可將輸出電壓調節為 385 V。回授接腳直接連接到分壓網路，以快速取得暫態負載回應。

內部感測 FET 切換開關電流會依輸入電壓峰值偵測器電流感測增益 (M_{ON}) 進行調整，然後與誤差放大器訊號 (V_E) 進行整合並比較，進而確定週期開啟時間。會在內部產生輸出入電壓差，然後會對結果進行調整、整合，並與參考電壓 (V_{OFF}) 比較以確定週期關閉時間。謹慎選擇內部比例係數，可在極低失真和高功率因數 (PF) 下產生輸入電流波形。

前饋線電壓比例係數 (M_{ON}) 及功率因數 (PF) 增強器

會對電壓監測器 (V) 接腳電壓進行取樣，並透過 Δ - Σ ADC 轉換為量化數位值。數位線電壓週期峰值偵測器具備動態時間常數和多週期濾波功能，可分流並穩定輸入線電壓的峰值。此峰值可在內部用於透過 M_{ON} 變數來調整電流感測訊號的增益。需要此結果才能縮減控制回授訊號的動態範圍，以及平穩高於操作輸入線間範圍的迴路增益。線路感測前饋增益調整與峰值整流 AC 線電壓的平方成正比，且作為電壓監測器接腳電壓的函數進行調整。

在高線間且輕負載時，會在整個線間週期動態調整前饋 M_{ON} 變數，以透過 EMI 濾波器和全橋網路補償線電流失真，進而提高功率因數。

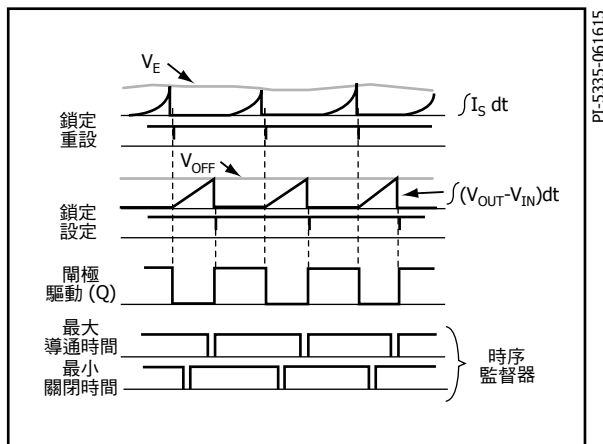


圖 5. 理想的轉換器波形

對於提供高於輸入範圍的切換開關功率限制，線路感測前饋增益也很重要。

此特性經過最佳化，可在從 90 到 230 VAC 的滿載時維持相對恆定的內部錯誤電壓等級。

超出裝置的指定峰值功率額定值時，內部功率限制功能會將輸出電壓調節為低於設定穩壓臨界值，作為輸出過載的函數以維持恆定的輸出功率。圖 6 展示作為負載函數的典型調節特性。

低於電壓啟動臨界值 (V_{BR+}) 時，如果裝置在「全功率」模式下運作，則會降低功率限制，如圖 7 所示。當輸入線電壓降低至接近電壓關閉臨界值 (V_{BR})，且如果負載超過功率限制降額，則升壓式輸出電壓將不再進行穩壓，如圖 6 所示。

當裝置在「節能功率」模式下運作時，表 1 中顯示的額定峰值功率不會降額至低於電壓啟動臨界值。

具有接腳之間短路保護的啟動

在啟動時，引擎會執行一系列作業檢查和接腳短路/開路評估，如圖 8 所示，然後再開始切換。當輸入電壓峰值高於電壓啟動時，引擎即會進行切換。

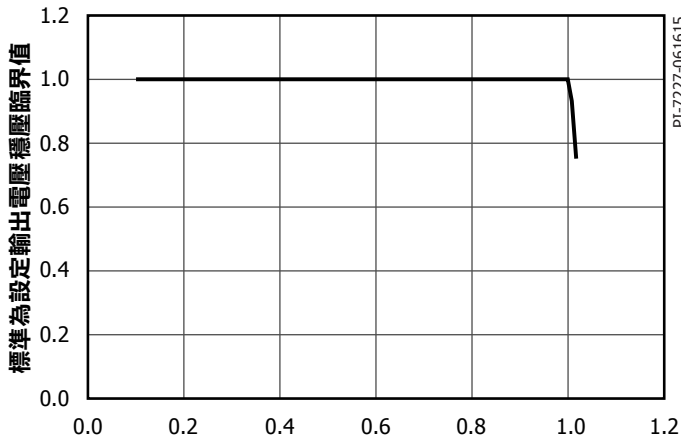
OTA 誤差放大器提供非線性放大器 (NLA) 機制，以在回授接腳上感測到的輸出電壓超出其調節範圍時排除固有慢速回授迴路回應。這可讓誤差放大器功能限制負載暫態事件期間的最大過衝和下衝。

為了降低啟動時切換開關和輸出二極體電流應力，HiperPFS-3 會根據啟動時的輸出電壓 (V_{OUT}) 計算關閉時間，以進行相對緩和且受控制的啟動。

當施加的 VCC 高於 $V_{CC,UVLO+}$ 臨界值，且晶片上 V_{REF} 調整器的輸出高於 REF_{UV+} 時，將會偵測參考接腳電容器的值，並且鎖定全功率或節能功率模式。執行接腳開路/短路測試後，且如果回授接腳電壓是有效的，則過溫 OTP 會被檢查為 False。一旦順利執行完前面的檢查，就會透過電壓監測器接腳監測輸入電壓，直到其超出 V_{BR+} 臨界值 [但峰值偵測器並未飽和]。此時就是切換啟用的時機。

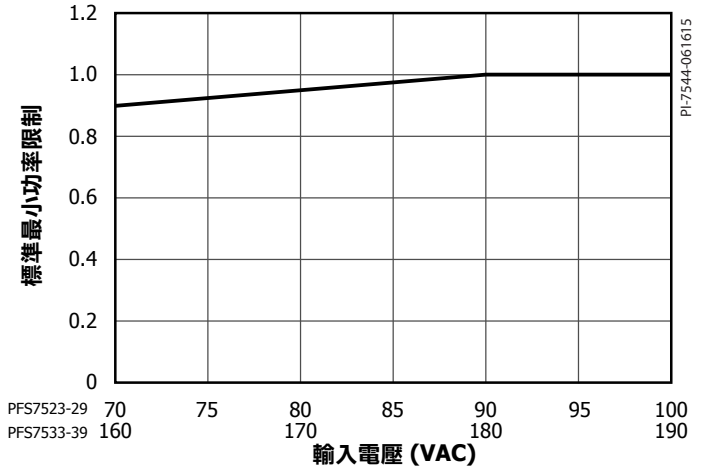
時序監督器和工作頻率範圍

由於控制器預計是以線電壓頻率半週期 (通常跨 22 - 123 kHz 範圍，以 CCM 運作時) 的可變切換頻率運作，因此控制器也具有時序監督器功能，可監控並限制最大切換開關開啟時間和關閉時間，以及確保最小週期開啟時間。圖 9(a) 顯示裝置切換頻率在峰值負載條件下作為輸入電壓函數時的典型半線電壓頻率曲線。圖 9(b) 顯示在 115 VAC 指定線電壓條件下，EcoSmart™ 作為負載函數對於切換頻率的影響。切換頻率在 CCM (連續導通模式) 操作中不是升壓式電感器電感的函數。



標準為峰值輸出功率額定值

圖 6. 作為標準峰值負載額定值之函數的典型標準輸出電壓特性



輸入電壓 (VAC)

圖 7. 作為輸入電壓之函數的標準最小功率限制

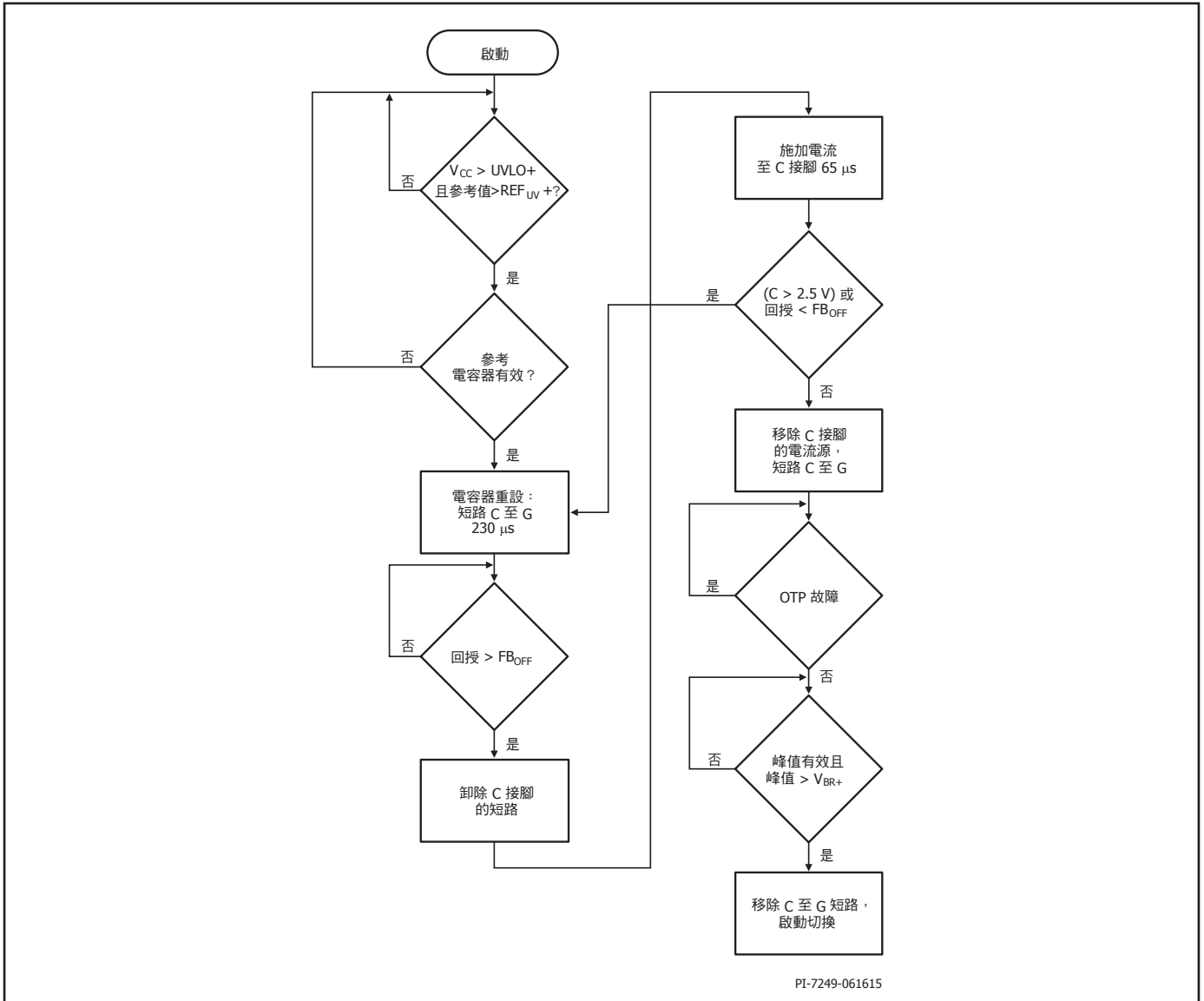


圖 8. 啟動流程圖

EcoSmart

HiperPFS-3 具備 EcoSmart 函數，在該函數中，內部誤差訊號 (V_E) 用於偵測轉換器輸出功率。由於內部誤差訊號與輸出功率相關，此訊號等級用於將平均切換頻率設為輸出功率的函數。

如圖 10 所示，關閉時間集成器控制參考 (V_{OFF}) 的內部誤差電壓等級 (輸出功率) 會受到控制，以便讓轉換器維持輸出電壓調節，並在 20% 到 100% 的額定負載間維持相對平穩的效率，這是符合許多效率指令的必要條件。頻率滑動的程度也會作為輸入線間電壓的函數受到控制。較低的 V_{OFF} 斜率會作為輸入電壓的函數，以降低高線電壓輸入操作的平均頻率極端值。

無負載功耗降低的突波模式

在無負載狀況下，HiperPFS-3 引擎預設會進入突波模式，該模式可在固定的誤差電壓等級之間控制電源開啟和關閉。這可確保透過在突波模式

中切換來降低功耗，以在漏電流佔負載大部分時維持穩壓。輕負載時較高的輸出電壓漣波可實現高效的突波模式操作。

電源備妥 (PG) 訊號

HiperPFS-3 具有由內部比較器組成的「電源備妥」(PG) 電路，在啟動期間，當回授接腳上感測到的輸出電壓升高至設定輸出電壓臨界值的 $\sim 95\%$ (V_{PG+}) 時，比較器就會開啟開汲極切換開關。在輸出電壓達到 V_{PG+} 前的啟動期間，PG 訊號會處於高阻抗狀態 (內部切換開關處於「關閉」狀態)。

當回授接腳上感測到的輸出電壓落到使用者選取的臨界值 (利用電源備妥臨界值 (PGT) 接腳上的電阻器設定的) 時，電源備妥訊號就會從「開啟」轉變為「關閉」狀態。電源備妥臨界值接腳會供應固定電流 I_{PGT} 。此電流結合了電源備妥臨界值電阻器來設定當 PFC 輸出落在調節範圍外時，電源備妥訊號從「開啟」狀態轉變為高阻抗「關閉」狀態的臨界值。

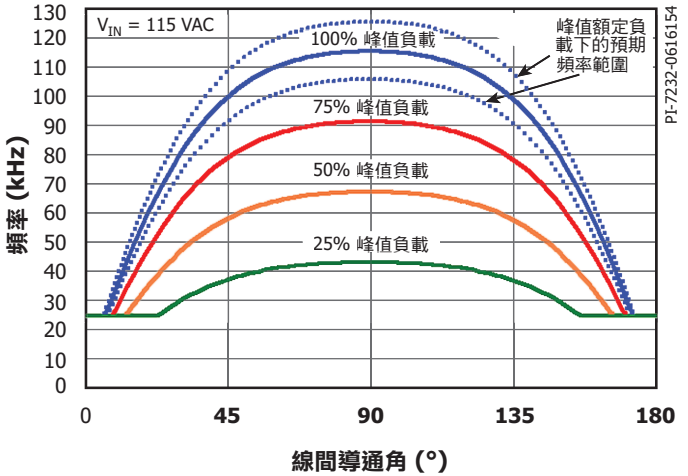
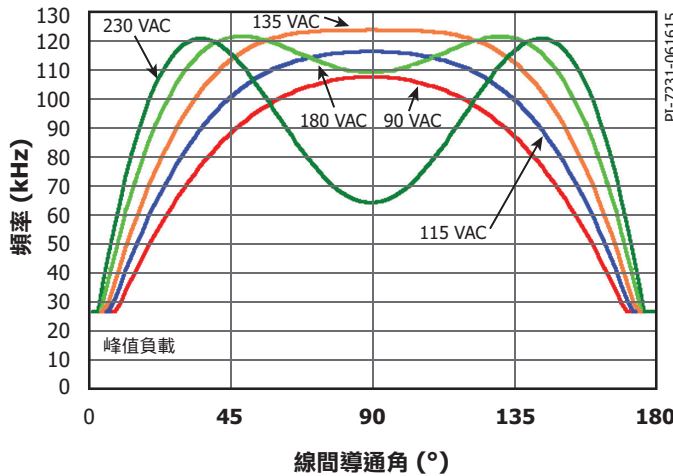


圖 9. (a) 作為輸入電壓之函數的線間電壓半週期可變頻率 (b) 作為負載之函數的線電壓半週期可變頻率
附註：所顯示的頻率分析是透過分析產生的，反映整個線間電壓週期的 CCM 操作。

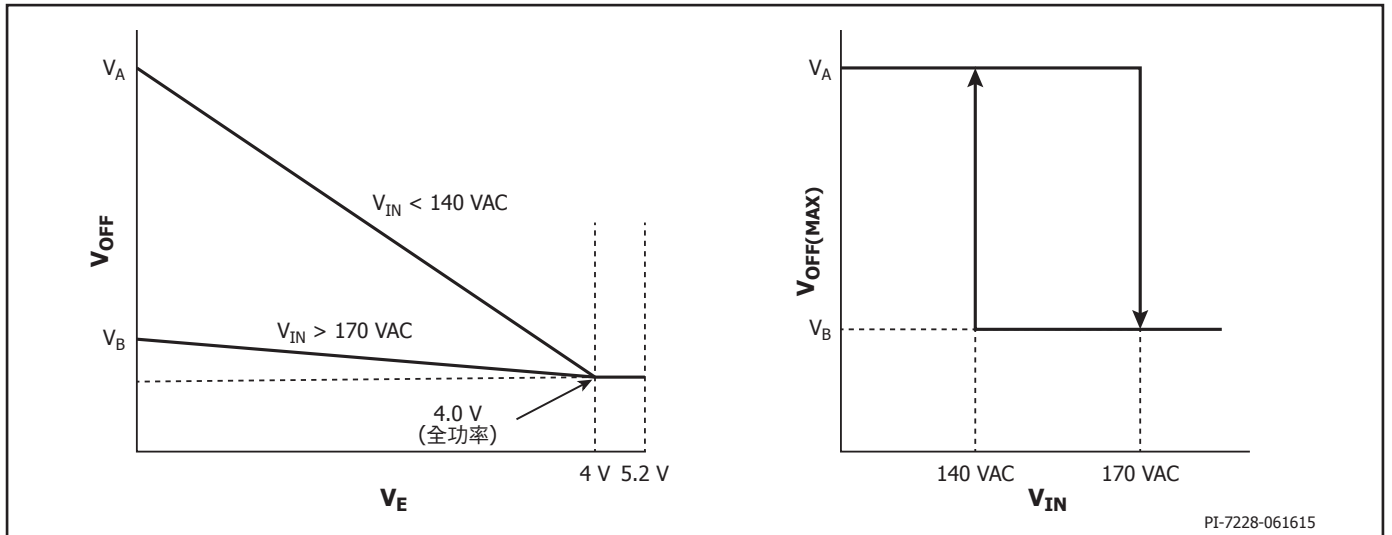


圖 10. EcoSmart 頻率滑動 V_{OFF} 與 V_E 和 $V_{OFF(MAX)}$ 與輸入電壓

電源備妥比較器具有內部 81 μs 抗擾動濾波器 (tPGD)，可避免雜訊事件錯誤地觸發設定的 VPG- 臨界值。

發生負載故障導致無法經由取得調節 (設定輸出電壓臨界值的 ~95% 以上) 進行升壓時，PG 功能會維持在高阻抗狀態，且不會在輸出電壓降到使用者設定的 V_{PG-} 臨界值以下時發出指示。當達到 V_{PG+} 臨界值時，就會啟用使用者設定的 V_{PG-} 臨界值。

如果電源備妥臨界值設定接腳與參考接腳相接，就會停用電源備妥功能，且 PG 保持在高阻抗 (「關閉」) 狀態。當 PG 不在使用中時，這是偏好的配置。如果電源備妥臨界值接腳短路至訊號接地接腳，PG 訊號會在 V_{PG+} 時轉換為「開啟」狀態並維持低 (「開啟」) 狀態，直到 PFC 輸出電壓降至低於 V_{FB_UV} 臨界值達 t_{FB_UV} 秒以上。

與上述情況類似，如果 PGT 電阻器的值使得 V_{PG-} 臨界值大於 V_{PG+} 臨界值，則 PG 訊號會鎖閉並維持在高阻抗關閉狀態。

在下列條件下，電源備妥功能將失效：

- A. VCC 或 VREF 不在有效的操作範圍內。VCC 低於 UVLO- 或 VREF 低於 REF_{UV}，當電源備妥接腳處於高阻抗狀態時，電源備妥功能將失效。
- B. 當過溫故障 (OTP) 起始了軟關機，電源備妥會進入高阻抗狀態，以儘早向二次側電路提示 OT 故障。
- C. PGT 在 225 V 到 360 V 的有效設定範圍外。如果 PGT 電壓高於此範圍 (包含 PGT 浮動)，將使 PG 無法轉換到主動下拉。PGT 電壓低於此範圍會導致 PG 在輸出欠壓 (V_{FB_UV}) 臨界值設為非使用中狀態。
- D. 一旦啟動序列通過檢查，轉換器也進入啟動，如果 PGT 為開啟狀態，則 PG 訊號會在高阻抗狀態下維持鎖閉，直到重設控制器。

可選功率限制

參考接腳上的電容器可讓使用者針對每個裝置選取「全功率」模式和「節能功率」模式功率限制。「節能功率」模式可讓使用者針對指定的輸出功率要求選擇大型裝置來因應提升的轉換效率。

在「全功率」模式中，參考接腳電容器是 1.0 μF ±20%，而「節能功率」限制模式則選用 0.1 μF ±20% 電容器。

如果參考接腳意外短路至接地，IC 將會停用切換，而且會一直停用直到啟動序列的所有條件都被滿足。

如果參考接腳開路，將因缺少旁路電容器而無法啟動。在操作期間，開路可能會產生足夠的參考接腳雜訊，進而導致 VREF REF_{UV} 關機。

保護模式

電壓啟動保護 (V_{BR+})

電壓監測器接腳具有線電壓輸入欠壓偵測，可限制最小啟動電壓。此偵測臨界值會禁止裝置在輸入 AC 電壓低於電壓啟動，且輸入峰值電壓高於 400 V_{PK} 的情況下啟動。

電壓關閉保護 (V_{BR-})

電壓監測器接腳具有電壓關閉保護模式，當電壓監測器接腳電壓低於線電壓欠壓臨界值 (V_{BR-}) 的時間超出 t_{BRWN_OUT} (電壓關閉閉回跳期間) 時，HiperPFS-3 就會關閉。如果不存在單一半線電壓週期 (正常工作線電壓頻率為 47 Hz 到 63 Hz)，電壓關閉偵測就不會啟動。一旦觸發了電壓關閉，HiperPFS-3 軟關機會在 1 ms 期間內將內部誤差電壓逐漸降低至零伏特，來將功率 MOSFET 開啟時間上升至零。軟關機的啟動將在下一個線間週期過零處開始，來將反應元件 di/dt 暫態最小化，從而給予足夠的時間讓能源儲存在升壓式電感器中，以及讓輸入 EMI 濾波器消散。這可將橋式整流器後面的電壓暫態最小化，有助於避免錯誤重新啟動。裝置將執行自動重新啟動，包括在檢查線間電壓是否因為電壓監測器接腳高於 V_{BR+} 而超過電壓啟動的電壓之前執行 FMEA 接腳故障檢查和其他的啟動資格。

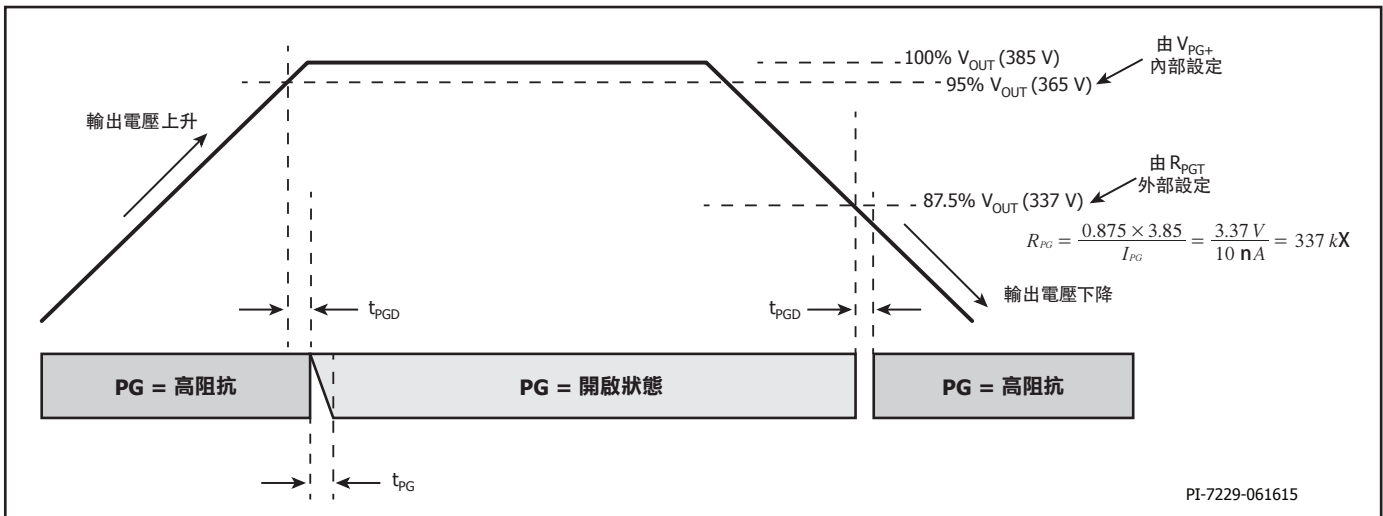


圖 11. 電源備妥功能說明

在電壓啟動事件後，直到 t_{STARTUP} 計時器過期之後，線間電壓的電壓關閉臨界值會降低至 $V_{\text{BR-NTC}}$ ，且電壓關閉計時器會延長為 $t_{\text{BRWN_OUT_NTC}}$ ，以允許在線間電壓偵測到的壓降（因為浪湧限制負溫度係數（NTC）與輸入線串聯。

如果由感測到的線間電壓下降觸發的 $t_{\text{BRWN_OUT_NTC}}$ 防回跳計時器低於 $V_{\text{BR-NTC}}$ 臨界值，但線間電壓在 $t_{\text{BRWN_OUT_NTC}}$ 到期前恢復到高於 $V_{\text{BR-NTC}}$ 臨界值，則 t_{STARTUP} 計時器會重新啟動。如果在 $t_{\text{BRWN_OUT_NTC}}$ 防回跳計時器到期前，線間電壓並未恢復到高於 $V_{\text{BR-NTC}}$ 臨界值，就會進行關機。

在 t_{STARTUP} 計時器到期後，如果電壓監測器接腳電壓高於限定的 $V_{\text{BR-NTC}}$ ，電壓關閉防回跳計時器將會切換至正常週期（ $t_{\text{BRWN_OUT}}$ ），而電壓關閉臨界值會切換至 V_{BR} 。在後續的 $t_{\text{BRWN_OUT}}$ 計時器到期後，如果電壓監測器接腳未高於限定的 V_{BR} ，則電壓關閉會進行關機。

HiperPFS-3 整合了輸入波形判別功能，可判斷線間訊號峰值與平均比更適合代表 Sine 波還是高工作週期方波。當偵測到高工作週期（UPS）方波時，電壓關閉臨界值會降至 $V_{\text{BR_SQ}}$ 。

VCC 欠壓保護 (UVLO)

偏壓功率 (VCC) 接腳具有欠壓鎖閉保護，除非施加的 VCC 電壓高於 $V_{\text{CC_UVLO+}}$ 臨界值，否則此功能會禁止 IC 啟動。當偏壓功率接腳電壓超過 $V_{\text{CC_UVLO+}}$ 臨界值時，IC 會起始啟動。在啟動之後，IC 會繼續運作，直到偏壓功率接腳電壓降至 $V_{\text{CC_UVLO-}}$ 等級以下。偏壓功率接腳的絕對最大電壓是 17.5 V，必須從外部限制此值以防止 IC 長期損壞。

取決於線間電壓的過電流保護 (OCP) 限制

裝置具有逐週期過電流保護 (OCP) 機制，可在發生故障時保護裝置。此裝置中的 OCP 保護是用於保護內部功率 MOSFET，而非用於特別保護轉換器免於輸出短路或過載故障情況。

對於全線間輸入零件，OCP 限制會設定為輸入線間電壓的函數，其中一個設定用於低線間電壓，另一個設定則用於高線間電壓。這可將功率限制連結到短路，並且有助於將因電流在較高線電壓輸入條件下過載而導致的切換壓力降到最低。圖 12 展示作為電壓監測器接腳線間感測函數的 OCP 等級磁滯調整。這等同於在輸入線間電壓的峰值降至低於 140 VAC 達 3 個連續半週期時選取低線間 OCP（兩個設定中的較大者），以及在輸入線間電壓升至高於 170 VAC 達 1 個半週期時選取高線間 OCP 等級（兩個設定中的較小者），（在耦隨器模式則不然，如後續章節所述）。

在偵測到電壓監測器接腳高於高線間臨界值 $V_{\text{HIGH+}}$ 後，HiperPFS-3 會採用高輸入線間 OCP。只有在 3 個連續半線電壓週期峰值低於低線間臨界值 $V_{\text{HIGH-}}$ 後，控制器才會回復至低線間 OCP（以及低線間頻率滑動）。如果線間退出，控制器可能會在退出超過 37 ms（標準值）時從高線間或低線間參數回復。僅高線間的輸入零件使用單一的固定 OCP 臨界值。

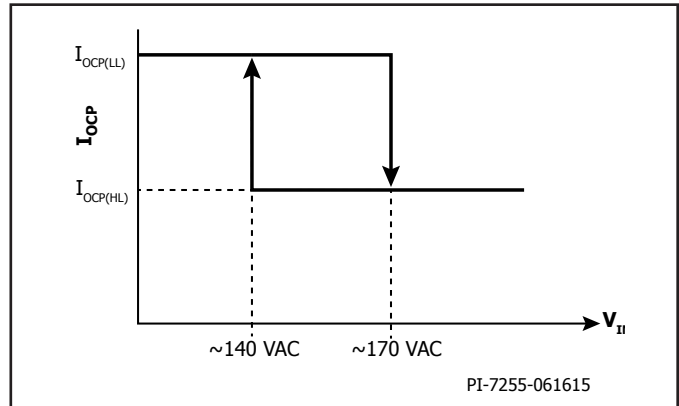


圖 12. 取決於線間電壓的 OCP

只要輸入電壓一超過 $V_{\text{HIGH+}}$ ，耦隨器模式功能就會立即將控制器更新為高線間狀態。此功能對於其中峰值偵測器可能開始指出低線間電壓輸入情況的 AC 線間退出後的高線間硬啟動特別有用。

開啟功率 MOSFET 後，前緣雜訊消除電路會在短期 (t_{EB}) 內禁止使用限電流比較器。此上升邊緣遮蔽時間會設定為適當的值，讓汲極電容和整流器反向恢復引起的切換電流突波不會導致 MOSFET 導通期間過早終止。

安全工作區 (SOA) 模式

由於上述的逐週期 OCP 機制無法避免發生電感器電流「梯段」的可能性，因此也提供 SOA 模式。當電感器飽和或輸入和輸出電壓差很小且電感器重設時間很短時，切換電流會快速累積。

每當切換電流達到限電流 (I_{OCP}) 且開啟時間小於 t_{SOA} 時，將會觸發 SOA 模式。SOA 模式會將關閉時間強制為等於 $t_{\text{OFF(SOA)}}$ ，並且將內部誤差電壓 (V_e) 降低至其最大值的 1/2，以確保切換維持在其 SOA 範圍內。

快速輸出電壓過壓保護 (FB_{OV})

HiperPFS-3 在回授接腳上提供電壓回授臨界值比較器，它可偵測輸出電壓過壓情況，使裝置得以快速回應（不依賴於補償接腳回應），以避免發生危險的電壓情況。此過壓保護屬於磁滯保護，即回授接腳上的電壓必須下降 0.1 V（相當於輸出電壓下降 10 V），然後切換才能重新啟動。

回授接腳至補償接腳短路偵測

PFC 控制器會持續監測回授接腳和補償接腳，以確保相鄰的回授接腳和補償接腳之間沒有潛在的短路情況，如果未偵測到潛在的短路情況，則可能導致輸出過壓。如果偵測到潛在短路，將會執行快速的短路檢查，並且會在證實可疑的短路時執行關機。

開路回授接腳保護

回授接腳會持續降低 I_{FBPD} [$VCC > VCC_{UVLO+}$] 靜態電流，以防止發生開路回授接腳或不完整回授分壓網路相關的故障。內部電流降低會在輸出調節中採用小型靜態偏移，在選取輸出回授調節元件 (分壓回授接腳) 時可將此納入考慮。

磁滯回復過溫保護

過溫保護電路會感測控制器的晶片溫度，該電路透過接地的外露焊墊與散熱片良好接合。臨界值設為 117 °C，通常具有 36 °C 磁滯。當控制器晶片溫度上升至此臨界值 (OTP) 之上時，控制器會起始軟關機，並保持停用直到控制器晶片溫度下降至 ~36 °C 時，裝置才會重新起始啟動序列。

在偵測到 OTP 事件後發生軟關機的最大延遲時間為 t_{OTP} (不含下一個過零處)。

HiperPFS-3 的其他功能和變更

附註：HiperPFS-3 對許多功能進行了變更和最佳化，因此它不是 HiperPFS-2 的接腳對接腳直接替代元件。

- 已改進工作電源電壓上限：15 V。
- 減少了外部元件數量。
- 改進了廣泛溫度範圍內關鍵參數的公差。
- 修改了架構，可改進噪音耐受性和操作準確性。
- 回授網路分壓器已從迴路補償元件去耦合。
- 僅高壓零件系列新增到 HiperPFS-3 系列。
- 峰值偵測器支援針對啟動時的浪湧電流限制採用抗擾動方法。
- 數位功率因數增強器演算法改進了高壓輕負載功率因數。
- OTA 誤差放大器取代了 HiperPFS-2 的電壓誤差放大器。
- 為實現快速動態響應而透過固定電源執行的 NLA，取代了 HiperPFS-2 中的交換電壓增益。
- 關閉時間控制器能夠感測實際回授電壓來計算關閉時間，以防發生電感器飽和。
- 電壓監測器接腳使用電壓模式感測，而不是 HiperPFS-2 的電流模式感測，從而允許在選擇分壓電阻器的幅度時提供靈活度。
- 降低的最小線路前饋增益在線間弛波事件期間支援更高的功率傳輸。
- 已透過真值平方函數執行線路前饋增益，而不是採用分段線性近似法。
- 已在數位網域中執行線電壓函數：峰值偵測、前饋、電壓啟動/電壓關閉和功率因數 (PF) 增強。
- 峰值偵測器整合了濾波功能，以使不同週期間的差異趨於平順。
- 已使用更嚴格的公差最佳化電壓啟動/電壓關閉臨界值。
- 多數計時器都是源自一個提供準確計時的內部高速時鐘。
- 已修改 eSIP-16 封裝接腳引出，以實現最佳操作和內部接地。
- 無負載/輕負載功耗已由重新進行工程設計的突波模式操作進行最佳化。
- 已降低控制引擎功耗：待機電流已減少 HiperPFS-2 標準的約 4~5 倍。
- HiperPFS-3 參考接腳取代了 HiperPFS-2 參考接腳；外部旁路電容器取代了外部 1% 電阻器。
- $V_{FB(REF)}$ 已從 HiperPFS-2 中的 6.0 V 標準值減少至 3.85 V 標準值。
- 在失真波形和線路退出情況下操作時，峰值偵測器已在最大操作條件之間進行最佳化。
- 提供方波偵測器功能以改進 UPS 操作。
- 電源備妥功能在操作期間不依賴於引擎，OTP 事件除外。
- 在操作期間總是啟用 FB_{OFF} 故障檢查。
- 最大 CCM 峰值切換頻率已從約 100 kHz 增加到 123 kHz。

輸出功率表

eSIP 封裝

產品	節能功率模式 $C_{REF} = 0.1 \mu F$			全功率模式 $C_{REF} = 1.0 \mu F$		
	90 VAC 條件下的 最大連續輸出功率 額定值 ²		90 VAC 條件下的峰值輸出 功率額定值 ⁴	90 VAC 條件下的 最大連續輸出功率 額定值 ²		90 VAC 條件下的峰值輸出 功率額定值 ⁴
	最小 ³	最大		最小 ³	最大	
PFS7523L/H	65 W	90 W	100 W	85 W	110 W	120 W
PFS7524L/H	80 W	110 W	125 W	100 W	130 W	150 W
PFS7525L/H	110 W	150 W	170 W	140 W	185 W	205 W
PFS7526H	140 W	190 W	215 W	180 W	230 W	260 W
PFS7527H	175 W	235 W	265 W	220 W	290 W	320 W
PFS7528H	210 W	285 W	320 W	270 W	350 W	385 W
PFS7529H	245 W	335 W	375 W	300 W	405 W	450 W

產品	節能功率模式 $C_{REF} = 0.1 \mu F$			全功率模式 $C_{REF} = 1.0 \mu F$		
	180 VAC 條件下的 最大連續輸出功率 額定值 ²		180 VAC 條件下的峰值輸出 功率額定值 ⁴	180 VAC 條件下的 最大連續輸出功率 額定值 ²		180 VAC 條件下的峰值輸出 功率額定值 ⁴
	最小 ³	最大		最小 ³	最大	
PFS7533H	155 W	205 W	230 W	195 W	255 W	280 W
PFS7534H	200 W	260 W	290 W	240 W	315 W	350 W
PFS7535H	275 W	360 W	400 W	335 W	435 W	480 W
PFS7536H	350 W	460 W	510 W	415 W	550 W	610 W
PFS7537H	430 W	560 W	625 W	520 W	675 W	750 W
PFS7538H	520 W	675 W	750 W	625 W	810 W	900 W
PFS7539H	575 W	745 W	830 W	690 W	900 W	1000 W

表 2. 輸出功率表

附註：

1. 請參閱關鍵應用考量。
2. 在 90 VAC 散熱足夠的開放式架構設計中，環境溫度為 50°C 條件下所測出的最大實際連續功率。
3. 最大連續功率發揮最佳輕負載效率的建議較低範圍；低於此值時，HiperPFS-3 能夠操作並執行。
4. 內部輸出功率限制。

應用範例

高效率 275 W、385 VDC 全輸入 PFC

圖 13 所示電路是使用 HiperPFS3 系列整合 PFC 控制器中的裝置所設計。此設計的額定連續輸出功率為 275 W，具有 385 VDC 標準的穩壓輸出電壓，能維持高輸入功率因數 (PF)，以及從輕負載到滿載的整體效率。

保險絲 F1 能保護電路，如有故障，能將電路與 AC 電源隔離。橋式整流二極體 BR1 能對 AC 輸入電壓進行整流。電容器 C1-C7 與電感器 L2 和 L3 共同構成 EMI 濾波器，可降低共模及差模雜訊。需要電阻器 R1、R2 及 CAPZero IC U2，以便在電路切斷時將 EMI 濾波器的電容器放電。當 AC 斷除時，CAPZero 只將這些元件接到輸入線間，所以能免除 R1 及 R2 的靜態損失。

金屬氧化物可變電阻器 (MOV) RV1 可透過有效箝制電源供應器所能見的輸入電壓，在發生線電壓突波事件時提供保護。

升壓式轉換器階段由電感器 L1 及 HiperPFS-3 IC U1 所組成。這個轉換器階段用作升壓式轉換器，能控制電源供應器的輸入電流，同時調節輸出 DC 電壓。二極體 D2 能旁通電感器 L1，同時為輸出電容器 C17 充電，可防止啟動時輸出電壓的諧振累積。

熱敏電阻 RT1 能限制啟動時電路的浪湧輸入電流，並防止 L1 飽和。就大多數高效能的設計而言，會使用繼電器在啟動後將熱敏電阻旁通，以提高電源供應器的效率。在輸出電壓處於穩壓且來自 U1 的電源備妥訊號被宣稱為低後，熱敏電阻 RT1 會透過電機繼電器 RL1 旁通。電阻器

R3、R4 和 Q1 會驅動繼電器 RL1 和光耦合器 U3。二極體 D1 會在無效轉換期間箝制繼電器線圈反向電壓。電阻器 R5 會將電流限制到光耦合器中的二極體。如果需要，IC U3 會透過接頭 J2 為電源備妥輸出訊號提供光耦合器隔離。

電容器 C15 用來縮短迴路的長度與輸出電路的面積，以降低 EMI 與在每個切換邊緣 U1 中 MOSFET 的汲極與源極間電壓的過衝。

PFS7527H IC 需要 12 V 穩壓供電用於操作，不可超過 15 V。電阻器 R6、R7、R8、積納二極體 VR1 及電晶體 Q2 構成串聯穩壓器，防止對 IC U1 的供電壓超過 15 V。電容器 C8 及 C9 能對供電電壓進行濾波並提供旁通和去耦合，以確保 IC U1 的可靠操作。二極體 D3 提供相反極性保護。

電阻器 R15 會設定輸出電壓等級 [透過電源備妥臨界值 (PGT) 接腳]，低於此值時，電源備妥 [PG] 接腳會進入高阻抗狀態。電容器 C14 可在電源備妥臨界值接腳上提供噪音耐受性。

IC U1 是在全功率模式下由電容器 C10 設定，該電容器連接至參考接腳。

IC U1 是以電阻器 R10-R13 感測電源供應器的整流後 AC 輸入電壓。這些電阻器值太大，無法使功耗最小化。與底部電阻器 R13 並聯的電容器 C11 可將耦合至電壓監測器接腳的雜訊濾除。

以電阻器 R16-R19 構成的輸出分壓網路用於按比例調整輸出電壓，並提供回授給 IC。與電阻器 R19 並聯的電容器 C16 能減小高頻雜訊。

需要 R14、C12 和 C13 來形成回授網路的迴路回應。

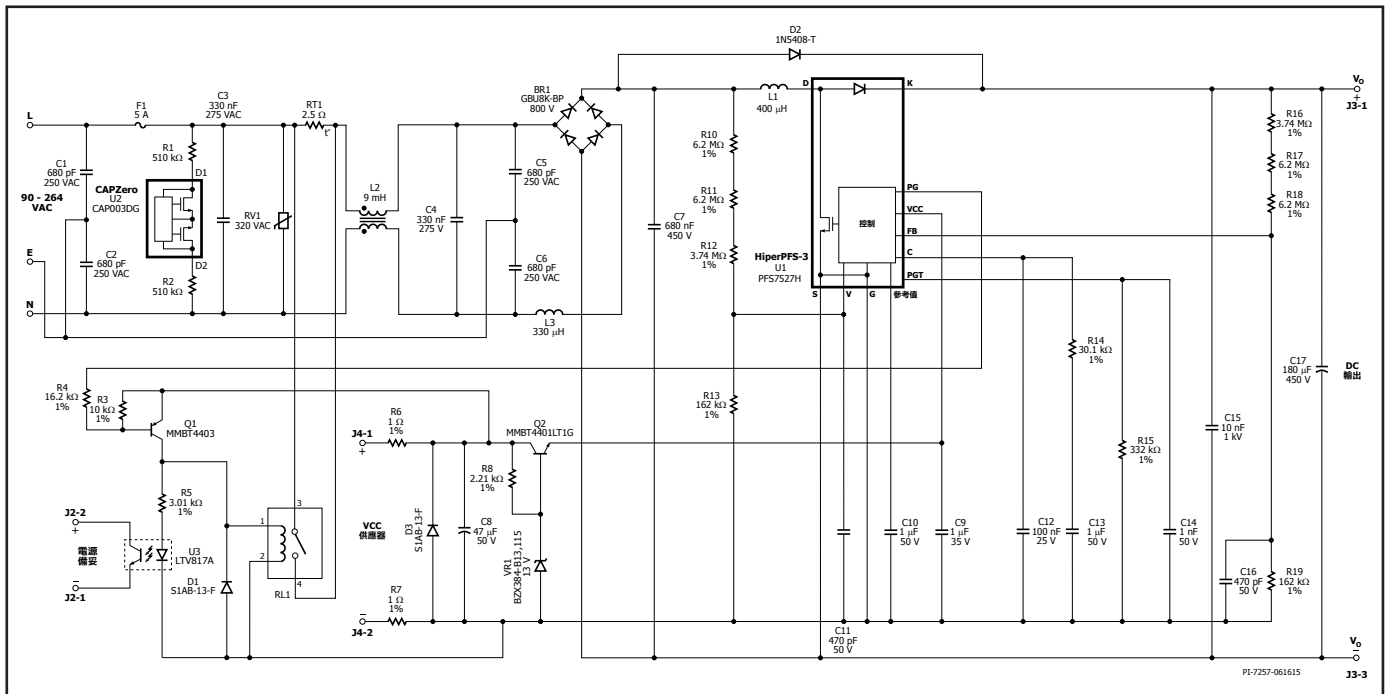


圖 13. 使用 PFS7527H 的 275 W 功率因數修正 (PFC)

設計、組裝及佈局考量

功率表

如表 2 所示，本產品規格型錄功率表展示了實際最大連續輸出功率，所依據的條件如下：

對於全電壓輸入裝置 (PFS7523L/H – PFS7529H)：

1. 輸入電壓範圍為 90 VAC 至 264 VAC。
2. 在最低工作電壓時，整體效率至少達 93%。
3. 385 V 標準輸出。
4. 充分散熱，以保持裝置溫度 $\leq 100^\circ\text{C}$ 。

超過前述限制的操作將需要降額。在溫度升高條件下操作可能會導致 MTBF 縮短和效能降低，例如效率降低、功率限制降低、功率因數 (PF) 以及可能會觀察到磁滯回復電壓關閉等，因此不建議這麼做。對於以 HiperPFS-3 為基礎的設計，不建議使用高於 395 V 的標準輸出電壓。在高於 395 V 的電壓下操作，會導致線電壓和負載暫態期間的汲源極間電壓高於預期。

HiperPFS-3 選擇

選擇最佳的 HiperPFS-3 零件取決於所需的最大輸出功率、PFC 效率和整體系統效率 (與二次側階段 DC-DC 轉換器搭配用時)、散熱限制、系統需求和成本目標。設計中採用的 HiperPFS-3 零件可輕鬆地更換為功率表中的下一個更高或更低的零件，以最佳化效能、改善效率，或是針對具有散熱設計限制的應用更換零件。當現有設計中使用下一個更高或下一個更低的 HiperPFS-3 零件來最佳化效能時，部分設計中可能需要微幅調整電感值和 EMI 濾波器元件。

每個 HiperPFS-3 系列零件都具有可提供大多數值的最佳負載等級。零件的工作頻率會根據負載等級而變動。變更頻率會導致所使用電感中峰間電流漣波產生變化。電流漣波的變化會影響輸入功率因數 (PF) 和輸入電流的總諧波失真。

輸入保險絲和保護電路

輸入保險絲的額定連續電流應高於輸入電流，當輸入欠壓時，PFC 就會關閉。此電壓稱為電壓關閉電壓。

此保險絲也應具有足夠的 I^2t 額定值，以避免啟動時發生惱人的故障。在啟動時，會從輸入提取大電流作為輸出電容器充電所施加電壓的峰值。充電電流僅由任何浪湧限制熱敏電阻、EMI 濾波器電感器的阻抗及輸入整流器二極體的順向電阻所限制。通常需要 MOV 來保護 PFC 避免線電壓突波。MOV 的選擇取決於 PFC 必須符合的能源等級 (EN1000-4-5 類別等級)。

輸入側應使用適合的 NTC 熱敏電阻以提供突波電流限制。選擇此熱敏電阻應取決於電源供應器的突波電流規格。NTC 熱敏電阻可能無法放置在電路中的任何其他位置，因為它們在線間暫態時無法限制零件的壓力，也無法以可預測的方式限制突波電流。圖 13 中顯示的範例展示在輸入側具有浪湧限制 NTC 熱敏電阻的電路配置，它會在 PFC 啟動後使用繼電器執行旁路功能。此安排可確保電路達到一致的浪湧限制效能。

輸入 EMI 濾波器

HiperPFS-3 的可變切換頻率可以有效地調整切換頻率，並且降低與基礎切換頻率的諧波相關的傳導 EMI 峰值。這尤其有益於 EMI 測量中所用的平均偵測模式。

PFC 是切換轉換器，在輸入端需要 EMI 濾波器，才能符合大多數安全機構對於傳導和輻射 EMI 制訂的標準。通常，使用線間連接著 X 電容器的共模濾波器，會為輸入電流的高頻元件提供可接受等級的衰減。共模濾波電感器和 X 電容器的漏電抗構成低通濾波器。在某些設計中，可能需使用其他差模濾波電感器來補充共模電感器的差模電感。

具有低 ESR 和高漣波電流能力的濾波電容器應在輸入橋式整流器的輸出端連接。電容器會降低切換頻率元件產生的輸入電流漣波並簡化 EMI 濾波器的設計。通常，每 100 W 0.33 μF 應用於全輸入設計，而每 100 W 0.15 μF 輸出功率應只用於 230 VAC 設計。

通常會在橋式整流器後面使用值較高的電容，並降低 EMI 濾波器中的 X 電容。

監管機構的法規要求在橋式整流器的 AC 側上使用連接到輸入 (X) 電容的放電電阻器。這是為了確保當電容高於 0.1 μF 時，在移除輸入電壓後會耗散殘留的電荷。使用 Power Integrations 的 CAPZero 積體電路，有助於消除因使用 X 電容器之間永久連接之放電電阻器所造成的穩態損失。

電感器設計

對於鐵氧體電感器，最佳設計具有 0.3 至 0.45 的 K_p (K_p 定義為目前峰間值除以最小 AC 電壓和 90° 相位角、滿載條件下的峰值)。 $K_p < 0.3$ (更連續) 會產生過大的電感器大小，而因為大的高頻 AC 電流，更高的 $K_p > 0.45$ 會產生過大的繞組 AC 電阻損失，尤其是由於大多數鐵氧體電感器設計都需要 3 個以上繞組層。最大限電流條件下的磁通密度應該在 3900 高斯以下，以防止鐵芯飽和。

如果使用了鐵鋁矽合金鐵芯材料，建議使用 90m 或 125m 的材料，因為材料的 m 越高，在更低電流條件下就容易產生越大的電感，因此能在更低線間相位角 ($<45^\circ$) 條件下減少峰間電感器電流，從而減少損失，提高更輕負載和更高輸入電壓條件下的功率因數 (PF)。峰值電流 (低壓、滿載、90° 線間相位角) 條件下 H 的設計目標為約 60 A-t/cm。較高的 H 會導致過大的鐵芯損失，而低於此值會增加 AC 銅損失。

HiperPFS-3 設計試算表簡化了此流程，並且會為鐵氧體或 Sendust 自動建議鐵芯尺寸和設計。

若要達成高效能的設計，建議使用 Litz 線以減少因集膚效應和鄰近效應造成的銅損失。對於環形電感器，層數應少於 3 層，而線軸繞組電感器應使用層間絕緣來將層間電容降至最低。

輸出電容器

對於 385 V 標準 PFC，建議使用具有 450 V 或更高連續額定值的電解電容器。所需的電容取決於輸出漣波的可接受程度及任何電壓維持時間需求。下面的公式提供確定可同時符合電壓維持時間需求及輸出漣波需求之所需電容的簡易方式。要求使用兩個值中較高的值：使用以下公式計算：

$$C_o = \frac{2 \times P_{OUT} \times t_{HOLD_UP}}{V_{OUT}^2 - V_{OUT(MIN)}^2}$$

- C_o PFC 輸出電容 (單位為 F)。
- P_o PFC 輸出功率 (單位為 W)。
- t_{HOLD_UP} 電源供應器的電壓維持時間規格 (單位為秒)。
- V_{OUT} PFC 的最低標準輸出電壓 (單位為 V)。
- $V_{OUT(MIN)}$ 電壓維持時間結束時 PFC 的最低允許輸出電壓 (單位為 V)。

使用以下公式可計算為符合低頻漣波規格的所需電容：

$$C_o = \frac{I_{O(MAX)h}}{2 \times \pi \times f_L \times \Delta V_o \times \eta_{PFC}}$$

- f_L 輸入頻率 (單位為 Hz)。
- ΔV_o 峰值間輸出電壓漣波 (單位為 V)。
- η_{PFC} PFC 操作效率。
- $I_{O(MAX)}$ 最大輸出電流 (單位為 A)。

考慮到使用期限和耐用性，應適當增加使用上述方法計算出來的電容。

IC 的電源供應器

HiperPFS-3 應使用 12 V 穩壓供電。如果 VCC 超過 15 V，HiperPFS-3 可能會損壞。在大多數應用中，使用 NPN 電晶體和積納二極體製成的簡易串聯線性穩壓器即已足夠，因為 HiperPFS-3 最高僅需大約 $I_{CC(ON)}$ 即可運作。

建議使用 1 μ F 或更大的低 ESR 陶瓷電容器來為 VCC 供電去耦合。此電容器應直接置於電路板上的 IC 接腳。

線路感測網路

連接到電壓監測器接腳的線路感測網路可將輸入電壓資訊提供給 HiperPFS-3。此設計範例選擇了 16 MW 的值，以將這些電阻器中的功耗降至最低。建議使用僅 1% 公差的電阻器。

必須將 470 pF 的去耦合電容器與底部電阻器以並聯方式從 HiperPFS-3 的電壓監測器接腳連接到接地接腳。此電容器應直接置於電路板上的 IC 接腳。

回授網路

在額定輸出電壓下，應使用在回授接腳提供 3.85 V 的分壓電阻器網路，以獲得最佳效能。它應該以與電壓監測器接腳分壓電阻器網路成正比的方式進行調整，以確保適當調節和功率傳輸。HiperPFS-3 控制器已

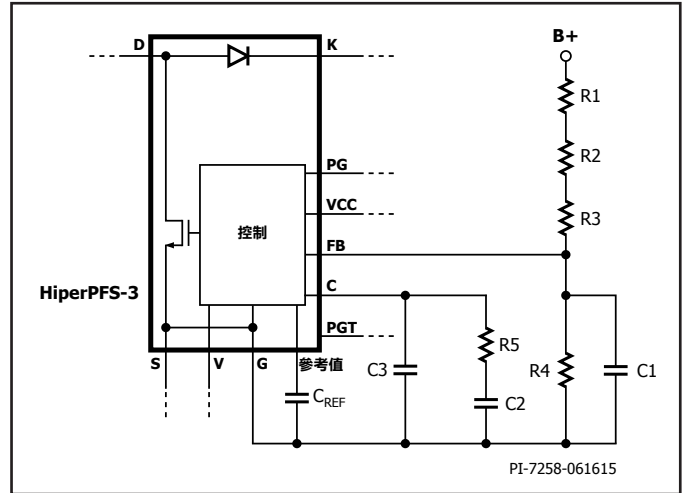


圖 14. 建議的回授電路

經過最佳化，以在 385 VDC 的輸出電壓下操作。一些應用需要偏離此標準參數的電壓，因此需要建議的 100:1 以外的回授接腳分壓比率的應用都應進行評估，以針對特定設計的關鍵目標參數做出取捨。例如：可以修改電壓監測器接腳分壓比率，使其相當於回授分壓比率，以最佳化功率因數 (PF)。然而，這種做法將會對功率限制以及電壓啟動/電壓關閉臨界值等產生影響。修改範圍在標準值 ± 10 V 內應該不會導致效能受到大幅影響，但應經過徹底驗證。不建議超過此範圍的變更。這種類型的分項權衡不在本產品規格型錄的說明範圍內。

圖 14 顯示建議的電路和相關的元件值。

電阻器 R1 至 R4 構成主輸出分壓網路。電阻器 R1、R2 及 R3 集合為上方分壓電阻器，下方回授電阻器則由 R4 構成。電容器 C1 會將一切切換雜訊濾除，以免耦合至回授接腳。電阻器 R5、電容器 C2 和 C3 是客製迴路反應所需的迴路補償網路，以確保交越頻率低，並有足夠的相位裕餘。以下是所使用元件的建議值：

- R1 = 3.74 M Ω
- R2 = 6.2 M Ω
- R3 = 6.2 M Ω
- R5 = 30.1 k Ω
- C1 = 470 pF
- C2 = 1 μ F
- C3 = 100 nF

使用上述的元件值之後，即可使用下列公式計算電阻器 R4 的值：

$$R_4 = \frac{(R_1 + R_2 + R_3)}{\left(\frac{V_o}{V_{FB(REF)h}} - 1\right)}$$

- V_o 輸出電壓。
- $V_{FB(REF)}$ 回授接腳電壓，3.85 V。

在某些設計中，必須調整電阻器 R5 的值，此外，作為準則，可以使用下列計算出來的值：

$$R_5 = R_Z = \frac{P_o}{0.3 \times V_o^2 \times C_o} (k\Omega)$$

- P_o 最大連續輸出功率 (單位為 Ω)。
- V_o 標準功率因數修正 (PFC) 輸出電壓 (單位為 V)。
- C_o 功率因數修正 (PFC) 輸出電容 (單位為 F)。

散熱與散熱設計

圖 15、16、17 顯示建議之 HiperPFS-3 組裝的範例。在此組裝中，不需要絕緣墊，且 HiperPFS-3 可透過機械夾或黏性散熱膏直接連接到散熱片。

HiperPFS-3 背面金屬是以電氣方式連接到散熱片，而此散熱片必須連接到 HiperPFS-3 源極端子才能降低 EMI。

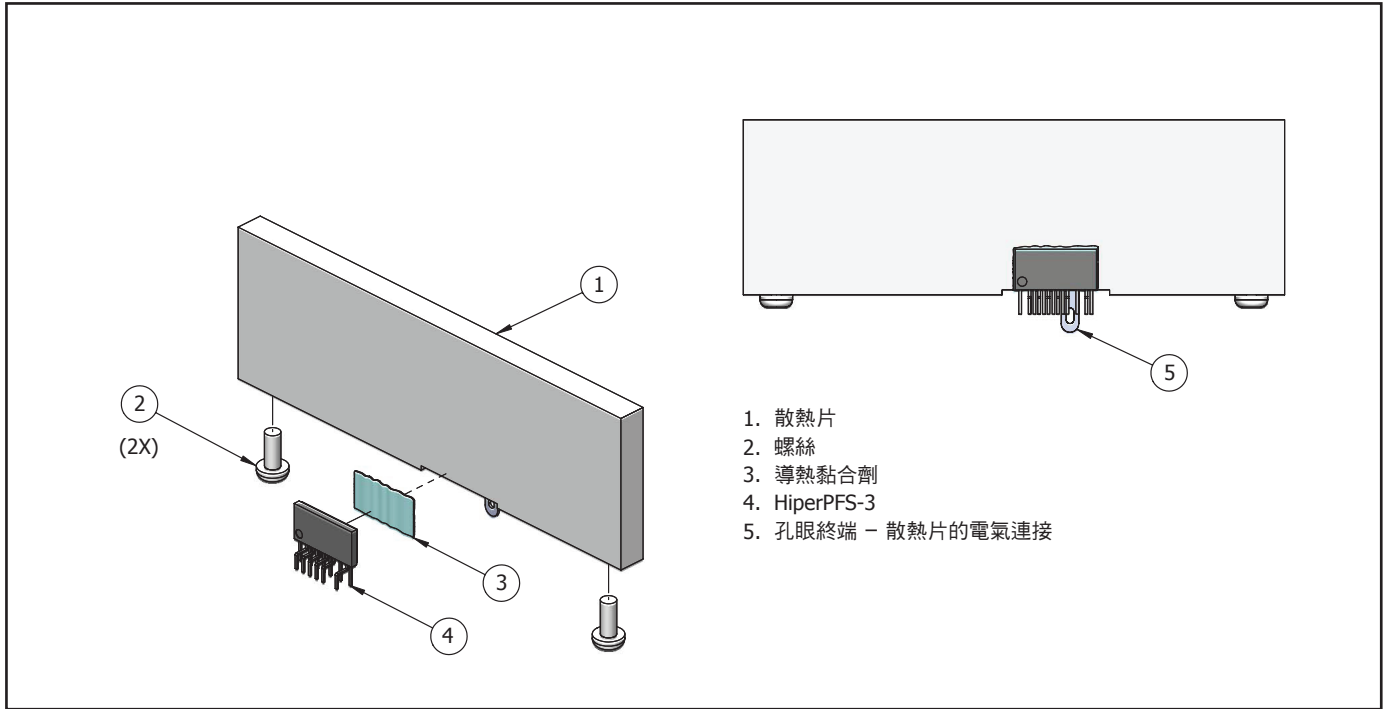


圖 15. 散熱片組裝 – 使用導熱黏合劑

- 1. 散熱片
- 2. 螺絲
- 3. 導熱黏合劑
- 4. HiperPFS-3
- 5. 孔眼終端 – 散熱片的電氣連接

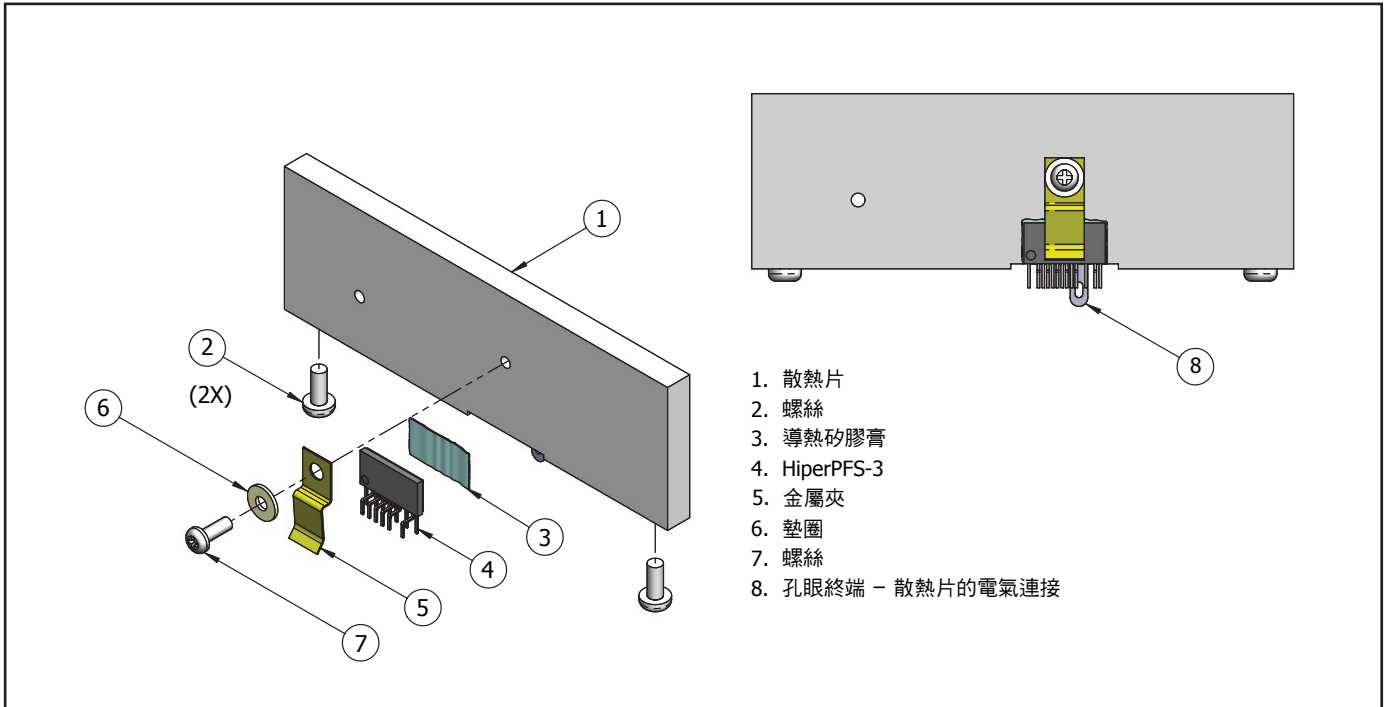


圖 16. 散熱片組裝 - 使用金屬夾

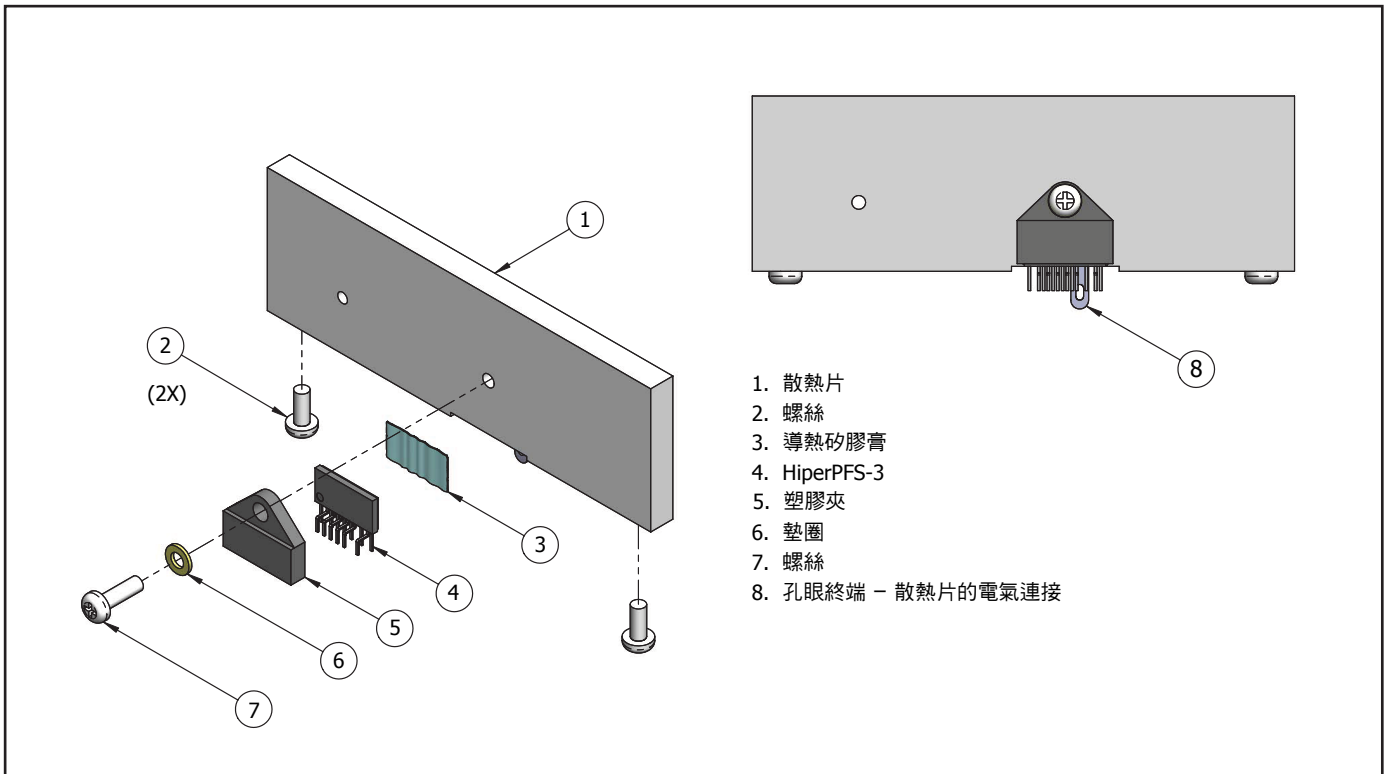


圖 17. 散熱片組裝 - 使用塑膠夾

PCB 設計準則與設計範例

線路感測網路與回授電路採取高電阻值，以便使回授網路與線路感測網路的功率消耗降至最低。必須注意將回授電路與線路感測網路元件安排遠離高電壓與高電流的節點，以儘量降低一切干擾。若有雜訊注入回授網路或線路感測網路，通常會從功率因數 (PF) 衰退表現出來。注入雜訊過多時，可能導致波形不穩定或不對稱。

EMI 濾波器元件應集合在一起，以提高濾波效用。EMI 濾波器元件放在電路板上的位置應該要讓輸入電路遠離功率因數修正 (PFC) 電感器的汲極節點。

應該在橋式整流器的輸出端放置濾波器或去耦合電容器。這個電容器連同 EMI 濾波器中的 X 電容以及 EMI 濾波器區段的差模電感和電源阻抗，共同成為一個濾波器，以降低輸入電流中切換頻率的電流漣波。這個電容器也有助於儘量縮小切換頻率電流迴路的迴路面積，因此能降低 EMI。

HiperPFS-3 的汲極節點、輸出二極體的汲極端子與功率因數修正 (PFC) 電感器之間的接線應盡可能短。

功率因數修正 (PFC) 輸出二極體的陰極與 HiperPFS-3 的源極端子之間應該連接低損失的陶瓷電介質電容器。如此可確保於 MOSFET 轉換時，由迴路的迴路面積荷載高頻電流，並且因為透過迴路來回流動的二極體電流具有高頻脈動性質，而有助於降低輻射 EMI。

在電路板上放置元件時，最好先將電壓監測器、回授、參考及偏壓功率去耦合電容器放在最接近接腳的地方，再進行其餘元件的放置及佈線。參考接腳去耦合電容器必須有連接到接地接腳的專用迴線路徑。否則，在突波和 ESD 測試期間可能會減少雜訊耐受性。來自接地接腳的電源供應器迴線 Trace 應從將回授電路元件連接到接地接腳的 Trace 分離。

為了盡量減少 Trace 阻抗對穩壓的影響，輸出回授應直接取自輸出電容器的正端。線路感測電阻器的上端應連接到接在橋式整流器輸出端的高頻濾波電容器。

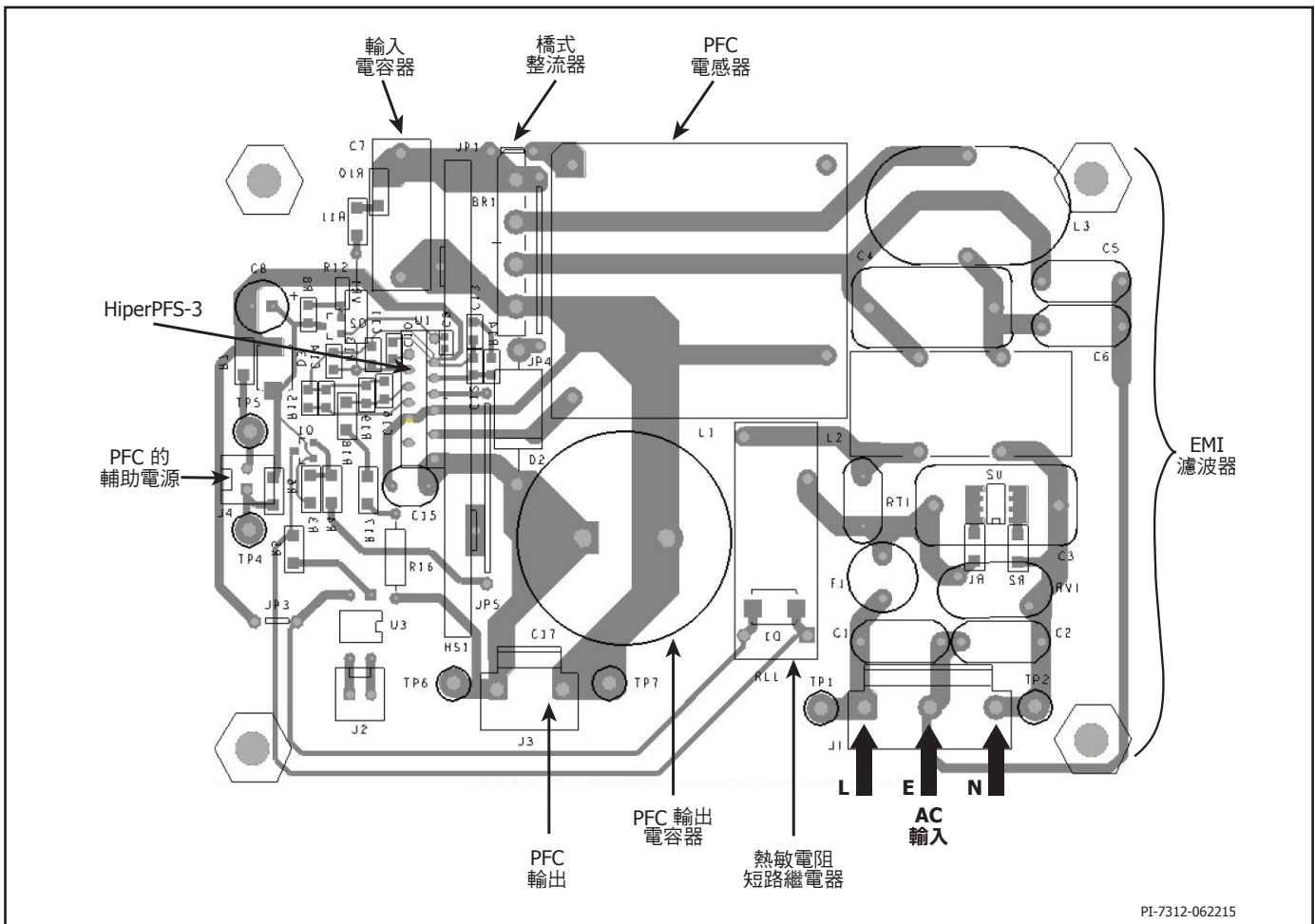


圖 18. PCB 佈局範例

快速設計檢查清單

如同一切電源供應器設計，所有 HiperPFS-3 設計都應該實際驗證，以確保在最差情況下不會超出元件規格。強烈建議至少要進行以下測試：

1. 最大汲極電壓 – 確認在最低輸入電壓和最大過載輸出功率條件下，VDS 峰值不會超過 530 V。當輸出過載至剛剛超過最高額定負載，或在電源供應器的輸出電壓開始失去穩壓之前，便會出現最大過載輸出功率。如果超過此電壓，則應使用額外的外部突波吸收器。在大多數設計中，加入連接到功率因數修正 (PFC) 輸出二極體且範圍在 33 pF 到 100 pF 之間的陶瓷電容器，會將最大汲源極間電壓降至 BV_{DSS} 額定值以下的等級。測量 MOSFET 的汲源極間電壓時，應使用高電壓探棒。若將探棒的尖端取下，可以看見此尖端的附近有個銀環。這個環處於接地電位，是進行無雜訊測量的最佳接地連接點。將硬質線繞在接地環周圍，再以盡可能短的線將接地線連接到電路，然後將探棒尖端連接到要測量的點，確保測量正確無誤。應根據探棒製造商的準則補償探棒，以確保測量正確無誤。
2. 最大汲極電流 – 可由監測電感器電流間接測量汲極電流。電流探棒應該插在橋式整流器與電感器接線之間。在最高環境溫度、最小輸入電壓和最大輸出負載條件下，確認啟動時的汲極電流波形，查看是否有任何電感器飽和的徵兆。使用鐵鋁矽合金電感器執行此測量時，通常會看到電感器波形因為磁導率下降而呈現電流快速增加的情形。這不應與硬飽和混淆。
3. 散熱檢查 – 在最高輸出功率、最小輸入電壓和最大環境溫度下，確認 HiperPFS-3、功率因數修正 (PFC) 電感器、輸出二極體和輸出電容器未超出溫度規格。不同零件的 HiperPFS-3 $R_{DS(ON)}$ 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。建議以 100 °C 作為最高封裝溫度，以容許這些變異存在。
4. 輸入功率因數 (PF) 應與負載一起提升，如果發現負載效能日益衰退，就是電壓監測器接腳電路或回授分壓網路和補償電路可能出現雜訊的徵兆。

絕對最大額定值^(1,2)

汲極接腳峰值電流：	PFS7523/PFS75337.5 A	附註：
	PFS7524/PFS7534 9.0 A	1. 所有電壓均參考源極， $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 。
	PFS7525/PFS753511.3 A	2. 一次可以套用一個指定的最大額定值，而不會造成產品永久損壞。在絕對最大額定值情況下長時間運行可能會影響產品的可靠性。
	PFS7526/PFS753613.5 A	3. VCC 的絕對最大額定值為 17.5 V。這是絕對最大條件，不得超過此條件。應儘量避免出現最大工作電壓 (15 V) 與這一絕對最大額定值之間的電壓，且其持續時間應較短 (例如，在啟動或暫時故障的情況下)。這個條件並非預期做為產品最高達到絕對最大額定值時的可靠性保證，而是做為應用電壓等級準則，超過這一等級將有立即損壞產品的風險。
	PFS7527/PFS753715.8 A	4. 通常由內部電路限制。適用於控制器 $T_{J(C)}$ 、MOSFET $T_{J(M)}$ 和二極體接腳溫度 $T_{J(D)}$ 。
	PFS7528/PFS753818.0 A	5. 1/16"。焊接時間為 5 秒。
	PFS7529/PFS753921.0 A	6. 持續時間小於 15 ns，且 $I_{DS} \leq I_{OCP(TYP)}$ 。
汲極接腳電壓 -0.3 V 至 530 V / 540 V ⁽⁶⁾	7. $T_{C(D)}$ 二極體外殼溫度。
VCC ⁽³⁾ 接腳電壓-0.3 V 至 17.5 V	
PG-0.3 V 至 17.5 V	
PG 接腳電流10 mA	
V、PGT、FB、C、REF 接腳電壓 -0.3 V 至 5.6 V	
儲存溫度 -65 °C 至 150 °C	
接腳溫度 ⁽⁴⁾ -40 °C 至 150 °C	
焊接溫度 ⁽⁵⁾260 °C	

Qspeed 二極體

		PFS7523-7529 PFS7533-7535	PFS7536-7539
峰值重複反向電壓 (VRRM)		530 V	530 V
平均順向電流 IF(AV)	$T_{J(D)} = 150\text{ }^\circ\text{C}$	3 A	6 A
非重複峰值突波電流 (IFSM)	60 Hz, 1/2 週期, $T_{C(D)}^{(7)} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	50 A	100 A
非重複峰值突波電流 (IFSM)	t = 500 μs , $T_{C(D)}^{(7)} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	130 A	260 A

熱阻

熱阻：H/L 封裝：		附註：
$(q_{JA})^{(1)}$	103 °C/W	1. 控制器接腳溫度 ($T_{J(C)}$) 可能低於 MOSFET 接腳溫度 ($T_{J(M)}$) 和二極體接腳溫度 ($T_{J(D)}$)。
(q_{JC})	(請參見圖 21)	

參數	符號	條件	接腳	最小值	典型值	最大值	單位
		源極 = 0 V ; $V_{CC} = 12\text{ V}$, -40 °C < $T_{J(C)} < 125\text{ }^\circ\text{C}$ (附註 C) (除非另有指定)					
電流							
鐵芯和積納二極體啟動後的欠壓電流消耗	$I_{CC(UVLO)}$	$V_{CC} < UVLO+(min)$ $V = 1\text{ V}$, $C = 0\text{ V}$, $FB = 3.85\text{ V}$ $0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$	VCC		140		μA
待機電流消耗 – 在電壓啟動之前沒有切換	$I_{CC(STBY)}$	$V = 1\text{ V}$, $C = 0\text{ V}$, $FB = 3.85\text{ V}$ $0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$	VCC		320		μA
電流消耗 – 在突波模式下，未切換	$I_{CC(BURST)}$	$FB = 3.85\text{ V}$, $C < V_{ERR_MIN}$, $V = 1.414\text{ V}$ (高線間電壓零件則應為 2.828 V) $0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$	VCC		395	470	μA

參數	符號	條件		最小值	典型值	最大值	單位
		源極 = 0 V ; $V_{CC} = 12\text{ V}$, $-40\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 125\text{ }^\circ\text{C}$ (附註 C) (除非另有指定)					
電流 (續)							
工作電流	$I_{CC(ON)}$	REF 上無負載 於 F_{MIN} 切換 ($T_{OFF} = T_{OFF(MIN)}$, $T_{ON} = T_{ON(MAX)}$) $0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$	PFS7523 PFS7533	0.64	0.75	0.90	mA
			PFS7524 PFS7534	0.67	0.79	0.95	
			PFS7525 PFS7535	0.74	0.88	1.05	
			PFS7526 PFS7536	0.79	0.93	1.12	
			PFS7527 PFS7537	0.85	1.00	1.20	
			PFS7528 PFS7538	0.91	1.07	1.28	
			PFS7529 PFS7539	0.98	1.15	1.38	
UVLO 狀態下的漏電流	I_{OZ}	$0 < \text{接腳電壓} < \text{參考值}$ $0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$	V、FB、C、PGT		± 10		nA
		$V_{PG} = 12\text{ V}$	PG		± 0.1		μA
回授上的下拉電流	$I_{FB(PD)}$	當 $V_{CC} < UVLO+$ 時， 為非作用中狀態 $0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$	FB		100		nA
電壓上的下拉電流	$I_{V(PD)}$	當 $V_{CC} < UVLO+$ 時， 為非作用中狀態 $0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$	V		100		nA
導通時間控制器							
最大工作「導通」時間	$t_{ON(MAX)}$	$0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$		29	34	40	μs
關閉時間控制器							
最大工作「關閉」時間	$t_{OFF(MAX)}$	$0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$		36	43	48	μs
關閉時間準確度	$t_{OFF(ACCURACY)}$	$0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$ $V = 1.414\text{ V}$ (高線間電壓則應為 2.828 V) $FB = 3.85\text{ V}$ $C > = 4\text{ V}$			± 4.0		%
回授							
回授電壓參考	$V_{FB(REF)}$	$T_{J(C)} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		3.82	3.85	3.88	V
		$0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$		3.75	3.85	3.95	
回授誤差放大器跨導增益	G_M	$3.75\text{ V} < V_{FB} < 3.95\text{ V}$ $V_C = 4\text{ V}$ $0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$		75	95	105	$\mu\text{A/V}$
緩關機時間	$t_{SHUTDWN}$	請參見附註 A		0.86	1.00	1.16	ms
回授接腳啟動/故障臨界值	$V_{FB(OFF)}$	$0\text{ }^\circ\text{C} < T_{J(C)} < 100\text{ }^\circ\text{C}$		0.57	0.64	0.71	V

參數	符號	條件		最小值	典型值	最大值	單位
		源極 = 0 V ; V _{CC} = 12 V , -40 °C < T _{J(C)} < 125 °C (附註 C) (除非另有指定)					
回授 (續)							
回授接腳欠壓有效臨界值	V _{FB(UV)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C		2.09	2.25	2.36	V
回授接腳過壓有效臨界值	V _{FB(OV+)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C		4.00	4.10	4.20	V
回授接腳過壓有效相對臨界值	V _{FB(OV+REL_FB)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C		V _{FBREF} +0.19	V _{FBREF} +0.245	V _{FBREF} +0.30	
回授接腳過壓無效臨界值	V _{FB(OV-)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C		3.90	4.00	4.10	V
回授接腳過壓無效相對臨界值	V _{FB(OV-REL_FB)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C		V _{FBREF} +0.11	V _{FBREF} +0.16	V _{FBREF} +0.21	
回授接腳過壓磁滯	V _{FB(OVHYST)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C		0.070	0.085	0.115	V
補償接腳功率因數 (PF) 增強器停用臨界值	V _{LOW(Load+)}	請參見附註 A			1.1		V
補償接腳功率因數 (PF) 增強器啟用臨界值	V _{LOW(Load-)}	請參見附註 A			1.0		V
補償接腳功率因數 (PF) 增強器臨界值磁滯	V _{LOW(Load_HYST)}	請參見附註 A			0.1		V
補償接腳突波停用臨界值	V _{ERR(MIN+)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C			0.19		V
補償接腳突波啟用臨界值	V _{ERR(MIN-)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C			0.1		V
補償接腳突波臨界值磁滯	V _{ERR(HYST)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C			0.09		V
線路感測/峰值偵測器							
線路感測輸入電壓範圍	V _{V(RANGE)}	請參見附註 A		0		4	V
電壓啟動臨界值電壓	V _{BR+}	通用電壓輸入裝置 (PFS7523-PFS7529) 0 °C < T _{J(C)} < 100 °C		1.08	1.12	1.16	V
		高線間電壓輸入裝置 (PFS7533-PFS7539) 0 °C < T _{J(C)} < 100 °C		2.30	2.35	2.42	

參數	符號	條件			最小值	典型值	最大值	單位
		源極 = 0 V ; $V_{CC} = 12\text{ V}$, -40 °C < $T_{J(C)} < 125\text{ °C}$ (附註 C) (除非另有指定)						
線路感測/峰值偵測器 (續)								
電壓關閉臨界值電壓	V_{BR}	通用電壓輸入裝置 (PFS7523-PFS7529) $0\text{ °C} < T_{J(C)} < 100\text{ °C}$			0.93	0.97	1.02	V
		高線間電壓輸入裝置 (PFS7533-PFS7539) $0\text{ °C} < T_{J(C)} < 100\text{ °C}$			2.15	2.21	2.27	
電壓啟動/關閉磁滯 (在 NTC 暖機時間後)	$V_{BR(HYS)}$	$0\text{ °C} < T_{J(C)} < 100\text{ °C}$			0.13	0.145	0.160	V
高工作週期方波的電壓關閉 臨界值	$V_{BR(SQ)}$	通用電壓輸入裝置 (PFS7523-PFS7529)				0.86		V
		高線間電壓輸入裝置 (PFS7533-PFS7539)				1.93		
啟動電壓關閉臨界值電壓 (在 NTC 暖機時間內)	$V_{BR(NTC)}$	通用電壓輸入裝置 (PFS7523-PFS7529)				0.74		V
		高線間電壓輸入裝置 (PFS7533-PFS7539)				1.57		
電壓關閉 NTC 防回跳計時器	$t_{BRWNOUT(NTC)}$	請參見附註 A			875	1000	1160	ms
電壓關閉防回跳計時器	$t_{BRWNOUT}$	請參見附註 A			43	54	66	ms
適用於使用較低的電壓關閉臨 界值的啟動計時器 (V_{BR-NTC})	$t_{STARTUP}$	請參見附註 A			875	1000	1160	ms
電壓接腳高壓有效臨界值	$V_{V(HIGH+)}$	請參見附註 A				2.42		V
電壓接腳高壓無效臨界值	$V_{V(HIGH-)}$	請參見附註 A				2.00		V
電壓接腳最小聲稱峰值	$V_{PK(MIN)}$	請參見附註 A				0.71		V
限電流/ 電路保護								
過電流 保護		PFS7523L/H $di/dt = 250\text{ mA/ms}$ $T_{J(C)} = 25\text{ °C}$	$V_V < 2\text{ V}$	3.8	4.1	4.3	A	
			$V_V > 2.42\text{ V}$	2.6	2.8	3.0		
		PFS7524L/H $di/dt = 300\text{ mA/ms}$ $T_{J(C)} = 25\text{ °C}$	$V_V < 2\text{ V}$	4.5	4.8	5.1		
			$V_V > 2.42\text{ V}$	3.0	3.3	3.5		

參數	符號	條件		最小值	典型值	最大值	單位
		SOURCE = 0 V; $V_{CC} = 12$ V, -40 °C < $T_{J(C)}$ < 125 °C (附註 C) (除非另行指定)					
限電流/電路保護 (續)							
過電流 保護	I_{OCP}	PFS7525L/H di/dt = 400 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C	$V_V < 2$ V	5.5	5.9	6.2	A
			$V_V > 2.42$ V	3.6	4.0	4.4	
		PFS7526H di/dt = 500 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C	$V_V < 2$ V	6.8	7.2	7.5	
			$V_V > 2.42$ V	4.6	4.9	5.25	
		PFS7527H di/dt = 650 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C	$V_V < 2$ V	8.0	8.4	8.8	
			$V_V > 2.42$ V	5.35	5.8	6.2	
		PFS7528H di/dt = 800 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C	$V_V < 2$ V	9.0	9.5	9.9	
			$V_V > 2.42$ V	6.0	6.5	7.1	
		PFS7529H di/dt = 920 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C	$V_V < 2$ V	10	10.5	11	
			$V_V > 2.42$ V	6.7	7.2	7.7	
		PFS7533H di/dt = 250 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C		3.8	4.1	4.3	
		PFS7534H di/dt = 300 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C		4.5	4.8	5.1	
		PFS7535H di/dt = 400 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C		5.5	5.9	6.2	
		PFS7536H di/dt = 500 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C		6.8	7.2	7.5	
		PFS7537H di/dt = 650 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C		8.0	8.4	8.8	
		PFS7538H di/dt = 800 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C		9.0	9.5	9.9	
PFS7539H di/dt = 920 mA/ms $T_{J(C)} = 25$ °C		10	10.5	11			

參數	符號	條件 SOURCE = 0 V; V _{CC} = 12 V, -40 °C < T _{J(C)} < 125 °C (附註 C) (除非另行指定)	最小值	典型值	最大值	單位
限電流/電路保護 (續)						
功率限制下的標準頻率	F _{LIM}	C _{REF} = 1.0 μF T _{J(C)} = 25 °C		±7		%
		0 °C < T _{J(C)} < 100 °C		±10		
SOA 保護固定關閉時間	t _{OFF(SOA)}	T _{J(C)} = 25 °C	200	250	300	μs
前緣雜訊消除 (LEB) 時間	t _{LEB}	T _{J(C)} = 25 °C 請參見附註 A		220		ns
IOCP 中的最小開啟時間	t _{ON_OCP(MIN)}	T _{J(C)} = 25 °C		400		ns
VCC 輔助電源供應器						
VCC 操作範圍	VCC		UVLO+	12	15	V
啟動 VCC (上升邊緣)	VCC _{UV(LO+)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C	9.6	9.85	10.1	V
關機 VCC (下降邊緣)	VCC _{UV(LO-)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C	9.05	9.3	9.55	V
VCC 磁滯	VCC _(HYS)	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C	0.50	0.57	0.65	V
UVLO 關機延遲計時器	t _{UV(LO-)}	請參見附註 A		500		ns
從 VCC > VCC _{UVLO+} 直到裝置 開始切換的時間	t _{RESET}	V > V _{BR+} 請參見附註 A		60	75	ms
串聯穩壓器						
參考接腳電壓	V _{REF}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C	4.95	5.25	5.45	V
參考接腳所需的電容	C _{REF}	全功率模式	0.8	1.0		μF
		效率模式	0.08	0.1	0.2	
參考接腳 UVLO 上升邊緣	REF _{UV+}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C 請參見附註 A			5.0	V
參考接腳 UVLO 下降邊緣	REF _{UV-}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C 請參見附註 A	4.4			V
電源備妥						
電源備妥無效臨界值輸出參考 電流	I _{PG(T)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C; V _{PGT} = 3.0 V	-10.65	-10	-9.35	μA
電源備妥延遲時間 (從 FB > V _{PG+} 到 PG < 1 V)	t _{PG}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C; PG = 20 kW 上拉至 VCC, 請參見附註 A		<15		μs
電源備妥抗擾動時間	t _{PG(D)}	請參見附註 A	57	81	108	μs

參數	符號	條件 SOURCE = 0 V; V _{CC} = 12 V, -40 °C < T _{J(C)} < 125 °C (附註 C) (除非另行指定)	最小值	典型值	最大值	單位	
電源備妥 (續)							
電源備妥內部有效臨界值	V _{PG(+)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C	3.55	3.65	3.75	V	
電源備妥相對臨界值	V _{PG+REL(FB)}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C	V _{FBREF} -0.24	V _{FBREF} -0.20	V _{FBREF} -0.16		
電源備妥無效臨界值	V _{PG(-)}	V (PGT) = 3 V 0 °C < T _{J(C)} < 100 °C	2.94	V (PGT) ±30 mV	3.06	V	
關閉狀態下的電源備妥接腳漏電流	IOZH _{PG}	FB < V _{PG-} 0 °C < T _{J(C)} < 100 °C			500	nA	
電源備妥接腳開啟狀態電壓	VOL _{PG}	0 °C < T _{J(C)} < 100 °C I _{PG} = 2.0 mA; FB = 3.85 V			2	V	
熱保護 (OTP)							
用於關機的控制器接面溫度 (T _{J(C)})	T _{OTP+}	請參見附註 A		117		°C	
用於重新啟動的控制器接面溫度 (T _{J(C)})	T _{OTP-}	請參見附註 A		81		°C	
過溫磁滯	T _{OTP(HYST)}	V > V _{BR+} 請參見附註 A		36		°C	
VTS MOSFET							
開啟狀態電阻	R _{DS(ON)}	I _D = 0.5 × I _{OCF}	PFS7523 PFS7533	T _{J(M)} = 25 °C	0.61	0.76	Ω
				T _{J(M)} = 100 °C		1.10	
			PFS7524 PFS7534	T _{J(M)} = 25 °C	0.51	0.63	
				T _{J(M)} = 100 °C		0.92	
			PFS7525 PFS7535	T _{J(M)} = 25 °C	0.41	0.51	
				T _{J(M)} = 100 °C		0.73	
			PFS7526 PFS7536	T _{J(M)} = 25 °C	0.34	0.42	
				T _{J(M)} = 100 °C		0.62	
			PFS7527 PFS7537	T _{J(M)} = 25 °C	0.30	0.36	
				T _{J(M)} = 100 °C		0.52	
			PFS7528 PFS7538	T _{J(M)} = 25 °C	0.26	0.32	
				T _{J(M)} = 100 °C		0.46	
PFS7529 PFS7539	T _{J(M)} = 25 °C	0.22	0.27				
	T _{J(M)} = 100 °C		0.40				

參數	符號	條件		最小值	典型值	最大值	單位
		SOURCE = 0 V; V _{CC} = 12 V, -40 °C < T _{J(C)} < 125 °C (附註 C) (除非另行指定)					
VTS MOSFET							
有效輸出電容	C _{oss}	T _{J(M)} = 25 °C V _{GS} = 0 V, V _{DS} = 0 to 80% BV _{DSS} 請參見附註 A	PFS7523 PFS7533			176	pF
			PFS7524 PFS7534			210	
			PFS7525 PFS7535			265	
			PFS7526 PFS7536			312	
			PFS7527 PFS7537			369	
			PFS7528 PFS7538			420	
			PFS7529 PFS7539			487	
崩潰電壓	BV _{DSS}	T _{J(M)} = 25 °C, V _{CC} = 12 V I _D = 250 mA, V _{FB} = V _V = 0 V		530			V
崩潰電壓溫度係數	BV _{DSS(TC)}	請參見附註 A			0.048		%/°C
關閉狀態汲極漏電流	I _{DSS}	V _{DS} = 80% BV _{DSS} V _{CC} = 12 V V _{FB} = V _V = V _C = 0	PFS7523 PFS7533	T _{J(M)} = 100 °C		80	μA
			PFS7524 PFS7534	T _{J(M)} = 100 °C		100	
			PFS7525 PFS7535	T _{J(M)} = 100 °C		120	
			PFS7526 PFS7536	T _{J(M)} = 100 °C		150	
			PFS7527 PFS7537	T _{J(M)} = 100 °C		170	
			PFS7528 PFS7538	T _{J(M)} = 100 °C		200	
			PFS7529 PFS7539	T _{J(M)} = 100 °C		235	
關閉電壓上升時間	t _R	請參見附註 A、B、C			50		ns
開啟電壓下降時間	t _F	請參見附註 A、B、C			100		ns

參數	符號	條件	最小值	典型值	最大值	單位
Qspeed 二極體 (3A) PFS7523-7529/7533-7535						
DC 特性						
反向電流	I_R	$V_R = 530\text{ V}$	$T_{J(D)} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.4	μA
			$T_{J(D)} = 100\text{ }^\circ\text{C}$		0.07	mA
順向電壓	V_F	$I_F = 3\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		1.55	V
			$T_{J(D)} = 100\text{ }^\circ\text{C}$		1.47	
接面電容	C_j	$V_R = 10\text{ V}, 1\text{ MHz}$			18	pF
動態特性 (附註：請參見圖 19、20 瞭解動態特性定義)						
反向恢復時間	t_{RR}	$di/dt = 200\text{ A}/\mu\text{s},$ $V_R = 400\text{ V}$ $I_F = 3\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		26.5	ns
			$T_{J(D)} = 100\text{ }^\circ\text{C}$		32	
反向恢復充電	Q_{RR}	$di/dt = 200\text{ A}/\mu\text{s},$ $V_R = 400\text{ V}$ $I_F = 3\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		40.6	nC
			$T_{J(D)} = 100\text{ }^\circ\text{C}$		65.7	
最大反向恢復電流	I_{RRM}	$di/dt = 200\text{ A}/\mu\text{s},$ $V_R = 400\text{ V}$ $I_F = 3\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		2.1	A
			$T_{J(D)} = 100\text{ }^\circ\text{C}$		3.0	
緩因數 = t_b/t_a	S	$di/dt = 200\text{ A}/\mu\text{s},$ $V_R = 400\text{ V}$ $I_F = 3\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		1	
			$T_{J(D)} = 100\text{ }^\circ\text{C}$		0.45	

參數	符號	條件	最小值	典型值	最大值	單位
Qspeed 二極體 (6A) PFS7536-7539						
DC 特性						
反向電流	I_R	$V_R = 530\text{ V}$	$T_{J(D)} = 25\text{ °C}$	0.8		μA
			$T_{J(D)} = 100\text{ °C}$	0.15		mA
順向電壓	V_F	$I_F = 6\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ °C}$	1.51		V
			$T_{J(D)} = 100\text{ °C}$	1.44		
接面電容	C_J	$V_R = 10\text{ V}, 1\text{ MHz}$		41		pF
動態特性 (附註：請參見圖 19、20 瞭解動態特性定義)						
反向恢復時間	t_{RR}	$di/dt = 200\text{ A}/\mu\text{s},$ $V_R = 400\text{ V}$ $I_F = 6\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ °C}$	28.5		ns
			$T_{J(D)} = 100\text{ °C}$	37.3		
反向恢復充電	Q_{RR}	$di/dt = 200\text{ A}/\mu\text{s},$ $V_R = 400\text{ V}$ $I_F = 6\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ °C}$	58		nC
			$T_{J(D)} = 100\text{ °C}$	105.5		
最大反向恢復電流	I_{RRM}	$di/dt = 200\text{ A}/\mu\text{s},$ $V_R = 400\text{ V}$ $I_F = 6\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ °C}$	2.95		A
			$T_{J(D)} = 100\text{ °C}$	4.05		
緩因數 = t_b/t_a	S	$di/dt = 200\text{ A}/\mu\text{s},$ $V_R = 400\text{ V}$ $I_F = 6\text{ A}$	$T_{J(D)} = 25\text{ °C}$	0.53		
			$T_{J(D)} = 100\text{ °C}$	0.31		

附註：

- 未經測試的參數。由設計保證。
- 在典型升壓功率因數修正應用電路中測試。
- 通常由內部電路限制。
- 在此條件下測試時，由於自發熱，可能需要脈衝操作。脈衝參數 (持續時間、重複間隔) 待定。
- BV_{DSS} 540 V 最多持續 10 ns。

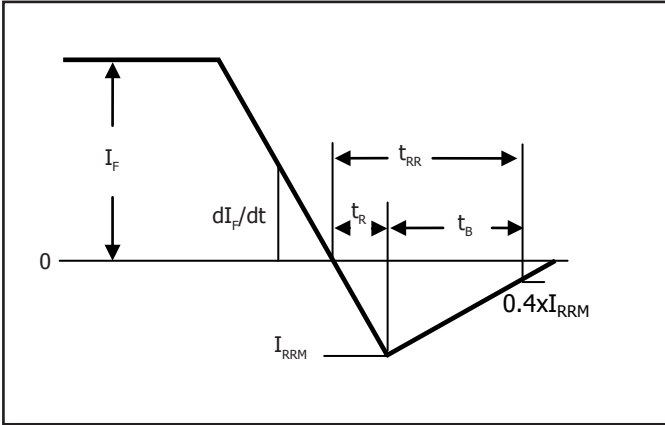


圖 19. 反向恢復定義

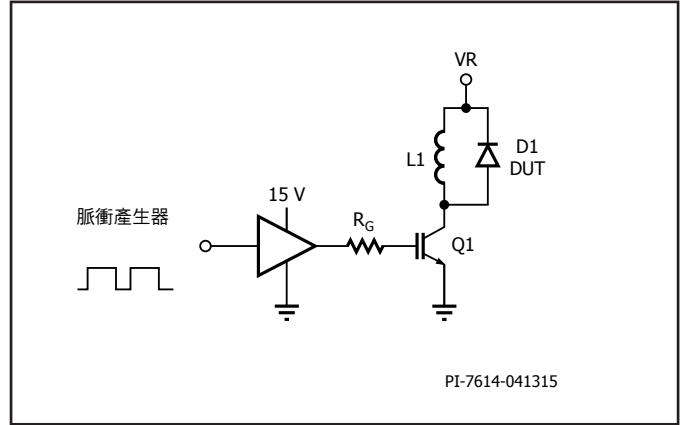


圖 20. 反向恢復測試電路

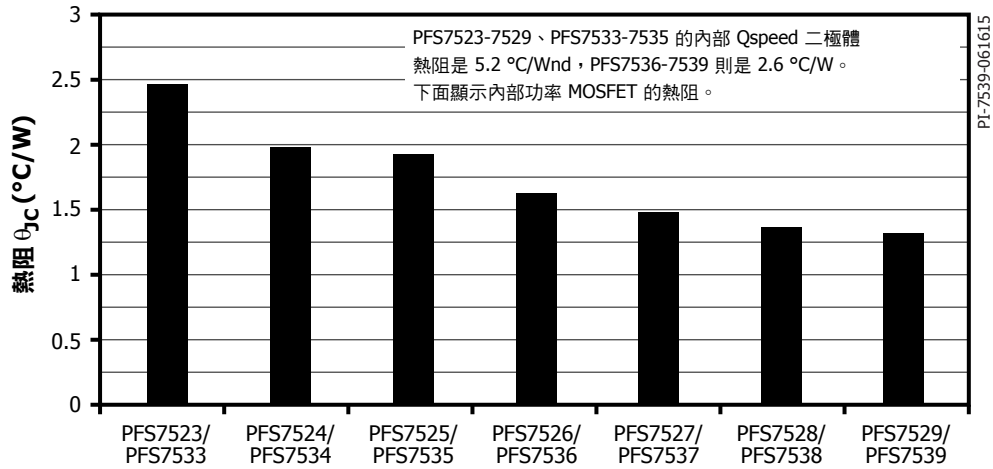


圖 21. 熱阻 eSIP-16D / eSIP-16G 封裝 (θ_{JC})

典型效能特性

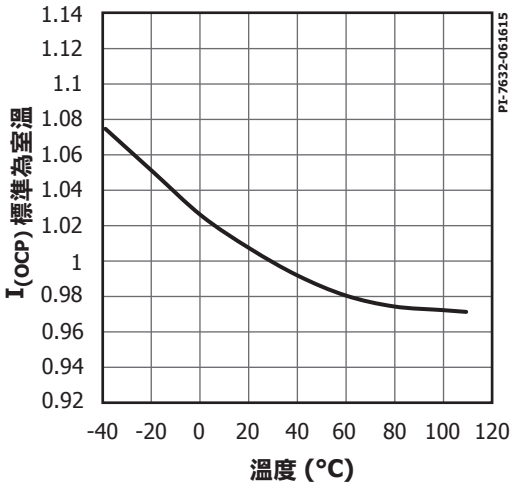


圖 22. 標準 $I_{(OCP)}$ 與溫度

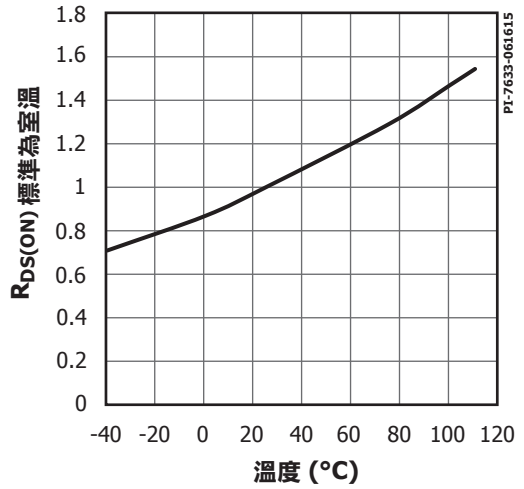


圖 23. 標準 $R_{DS(ON)}$ 與溫度

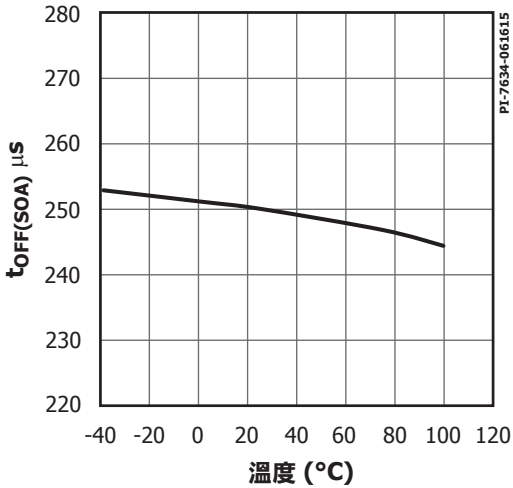


圖 24. $t_{OFF(SOA)}$ 與溫度

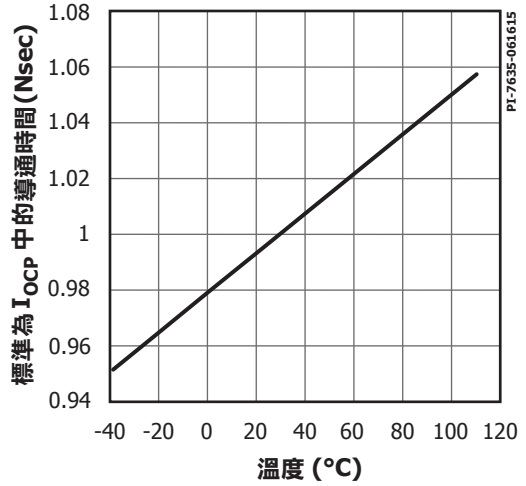


圖 25. I_{OCP} 與溫度下的標準開啟時間

典型效能特性

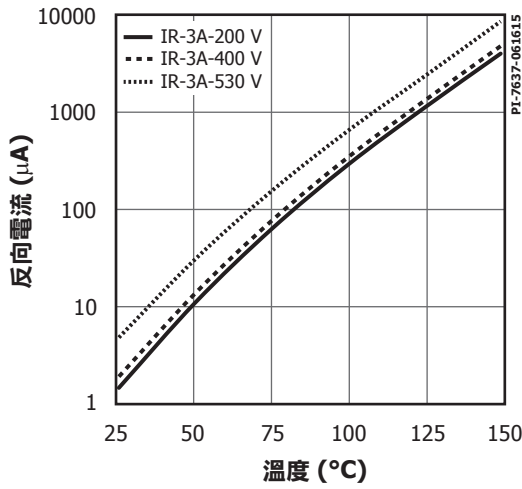


圖 26. 3 A Qspeed 二極體的溫度相依性反向電流

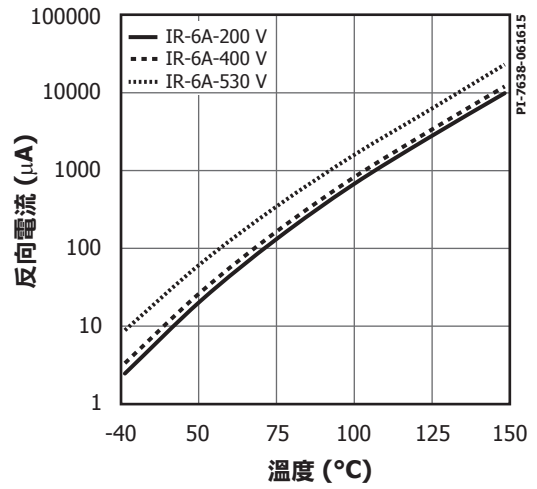


圖 27. 6 A Qspeed 二極體的溫度相依性反向電流

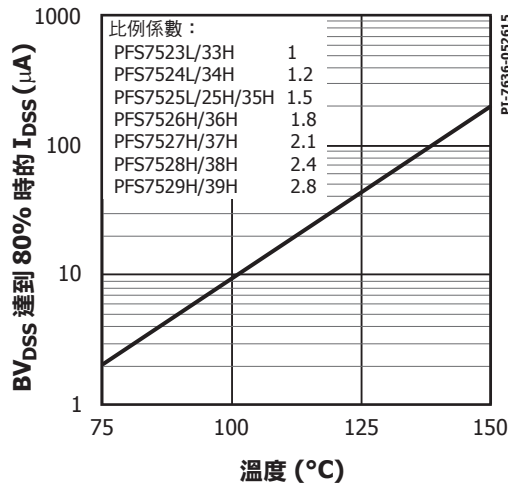
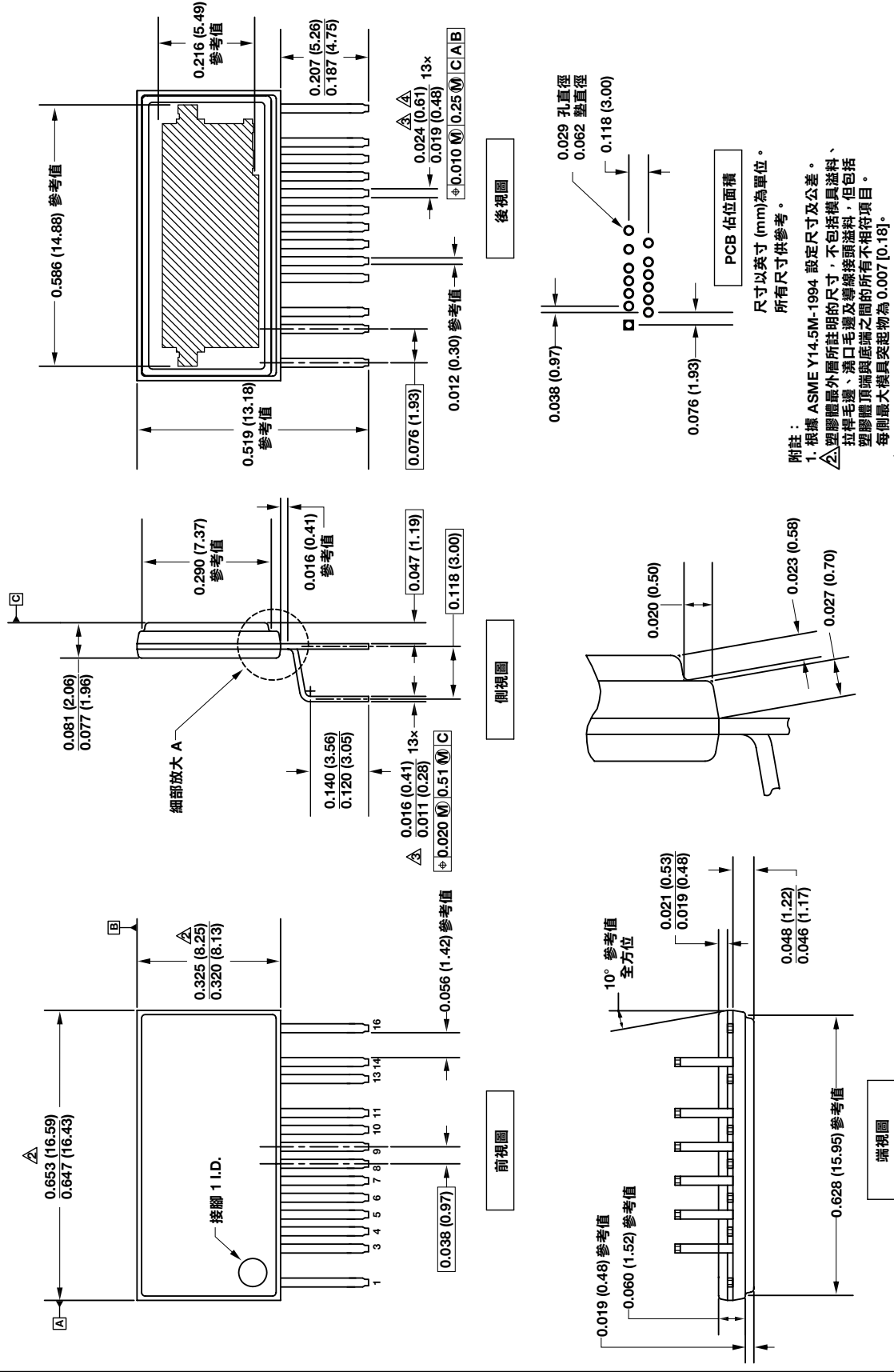


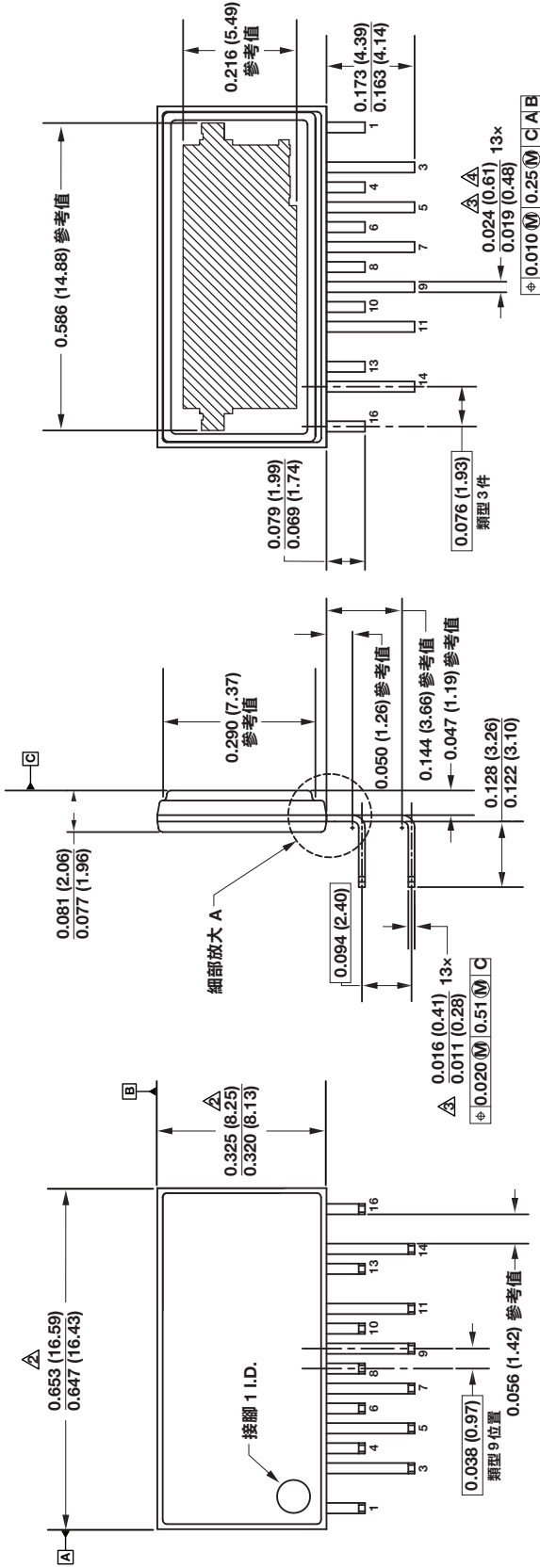
圖 28. I_{DSS} 在 80% 時的典型溫度相依性 BV_{DSS}

eSIP-16D (H 封装)



PI-7242-010614

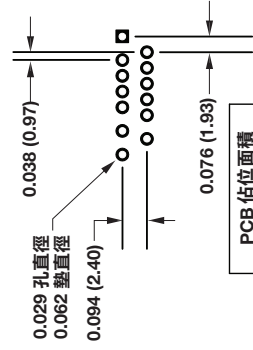
eSIP-16G (L 封装)



前视图

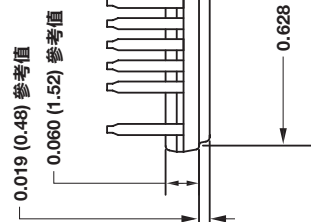
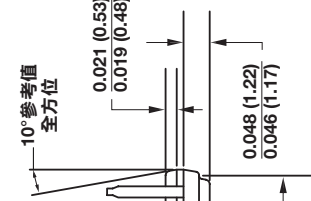
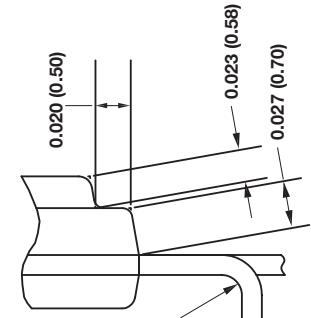
侧视图

后视图



尺寸以英寸 (mm) 為單位。
所有尺寸供參考。

- 附註:
- 1. 根據 ASME Y14.5M-1994 設定尺寸及公差。
 - △ 塑膠體最外層所註明的尺寸，不包括模具溢料、拉桿毛邊、洞口毛邊及導線接頭溢料，但包括塑膠體頂端與底端之間的所有不相符項目。每側最大模具突起物為 0.007 [0.18]。
 - △ 註明的尺寸包括電鍍的厚度。
 - △ 不包括導線接頭溢料或突起物。
 - 5. 比照尺寸，以英寸(公釐)為單位。

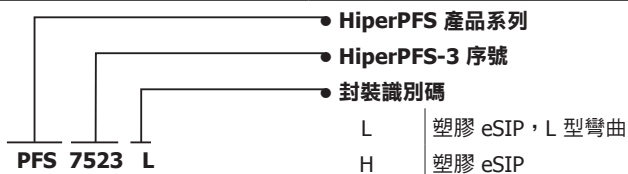


端视图

零件訂購資訊

零件編號	選項	數量
PFS7523L/H	管裝	30
PFS7524L/H	管裝	30
PFS7525L/H	管裝	30
PFS7526H	管裝	30
PFS7527H	管裝	30
PFS7528H	管裝	30
PFS7529H	管裝	30
PFS7533H	管裝	30
PFS7534H	管裝	30
PFS7535H	管裝	30
PFS7536H	管裝	30
PFS7537H	管裝	30
PFS7538H	管裝	30
PFS7539H	管裝	30

零件打標資訊



附註

修訂	附註	日期
A	初始版本。	06/15

如需最新更新資訊，請參考我們的網站：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)

Rm 2410, Charity Plaza, No. 88
North Caoxi Road
Shanghai, PRC 200030
電話：+86-21-6354-6323
傳真：+86-21-6354-6325
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
傳真：+86-755-8672-8690
電子郵件：chinasales@power.com

德國

Lindwurmstrasse 114
80337 Munich
德國
電話：+49-895-527-39110
傳真：+49-895-527-39200
電子郵件：eurosales@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

5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec.1
Nei Hu Dist.
Taipei 11493, Taiwan R.O.C.
電話：+886-2-2659-4570
傳真：+886-2-2659-4550
電子郵件：taiwansales@power.com

英國

First Floor, Unit 15, Meadway Court,
Rutherford Close, Stevenage, Herts.
SG1 2EF
United Kingdom
電話：+44 (0) 1252-730-141
傳真：+44 (0) 1252-727-689
電子郵件：eurosales@power.com