

InnoSwitch3-CE 系列

內含整合式 650 V MOSFET、同步整流和 FluxLink 回授的離線式定電壓 (CV)/定電流 (CC) QR 返馳式切換開關 IC。
適用於高達 65 W 的應用

產品特色

高度整合、佔用面積小

- 整個滿載範圍內的效率高達 94%
- 整合了多模準諧振 (QR)/CCM 返馳式控制器、650 V MOSFET、二次側感測和同步整流驅動器
- 整合式 FluxLink™、HIPOT 隔離式回授連結
- 卓越的定電壓 (CV)/定電流 (CC) 準確度，不受外部元件的影響
- 使用外部感測電阻器，實現精準的輸出電流感測調節

EcoSmart™ – 節能

- 無負載時功率低於 15 mW (包含線電壓感測)
- 輕鬆符合全球所有節能法規
- 低散熱

進階保護/安全功能

- 二次側 MOSFET 或二極體短路保護
- 開路 SR FET 閘極偵測
- 快速輸入線電壓 UV/OV 保護

選用功能

- 具有多種設定的纜線壓降補償
- 可變輸出電壓、定電流分析
- 輸出 OVP/UV 的自動重新啟動或鎖定故障回應
- 多重輸出 UV 故障臨界值
- 鎖定或磁滯一次側過溫保護

絕對安全且符合法規

- 增強絕緣
- 絕緣電壓大於 4000 VAC
- 100% 符合生產 HIPOT 測試
- 通過 UL1577 和 TUV (EN60950) 安全認證
- 優異的噪音耐受性讓設計輕鬆符合達到 A 級效能的 EN61000-4 一系列測試標準；EN61000-4-2、4-3 (30 V/m)、4-4、4-5、4-6、4-8 (100 A/m) 和 4-9 (1000 A/m)

綠色環保封裝

- 無鹵素，符合 RoHS 標準

應用

- 高達 65 W 的高效率返馳式設計
- 適合行動裝置的高電流充電器和轉換器
- 消費性電子產品 – 機上盒、網路、遊戲、LED

說明

InnoSwitch™3-CE IC 系列可大幅簡化返馳式電源轉換器的設計與製造，尤其針對需要高效率 and/或小型尺寸的電源轉換器。InnoSwitch3-CE 系列將一次側和二次側控制器及安全額定回授機制整合在單一 IC 中。

InnoSwitch3-CE 系列裝置整合了多項保護功能，包括線電壓過壓和欠壓保護、輸出過壓和過電流限制，以及過溫關機。提供的裝置支援鎖定與自動重新啟動行為的常見組合，而充電器、轉換器、消費性電子產品和工業系統等應用均需要這類組合。我們提供的裝置帶有纜線壓降補償，但也不可能不含此功能。

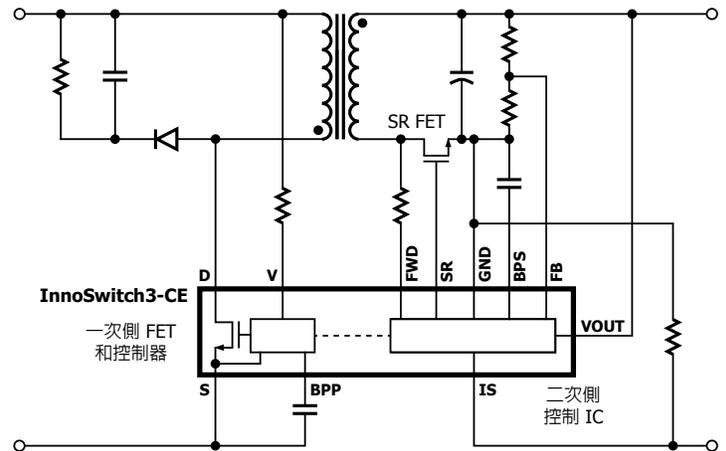


圖 1. 典型應用電路圖



圖 2. 高安規距離、符合安全要求的 InSOP-24D 封裝

輸出功率表

產品 ³	230 VAC ± 15%		85-265 VAC	
	轉換器 ¹	開放式架構 ²	轉換器 ¹	開放式架構 ²
INN3162C	10 W	12 W	10 W	10 W
INN3163C	12 W	15 W	12 W	12 W
INN3164C	20 W	25 W	15 W	20 W
INN3165C	25 W	30 W	22 W	25 W
INN3166C	35 W	40 W	27 W	36 W
INN3167C	45 W	50 W	40 W	45 W
INN3168C	55 W	65 W	50 W	55 W

表 1. 輸出功率表

附註：

1. 在典型無通風設計、一般大小的密封式轉換器中，環境溫度為 40 °C 條件下所測出的最小連續功率。在封裝溫度必須低於 125 °C 的條件下，最大輸出功率取決於設計。
2. 最小峰值功率容量。
3. 封裝：InSOP-24D。

接腳功能說明

ISENSE (IS) 接腳 (接腳 1)

連接到電源供應器輸出端。此接腳與 GND 接腳之間應連有一個外部電流感測電阻器。若不需要電流調節，應將該接腳連接至 GND 接腳。

二次側接地 (GND) (接腳 2)

二次側 IC 的 GND。請注意，這不是電源供應器輸出 GND，因為此接腳與 ISENSE 接腳之間存在感測電阻器。

回授 (FB) 接腳 (接腳 3)

連接到外部分壓電阻器，以設定電源供應器輸出電壓。

二次側 BYPASS (BPS) 接腳 (接腳 4)

二次側 IC 電源供應器之外部 BYPASS 電容器的連接點。

同步整流器驅動 (SR) 接腳 (接腳 5)

外部 SR FET 的閘極驅動器。若未使用 SR FET，請將此接腳連接到 GND。

輸出電壓 (VOUT) 接腳 (接腳 6)

直接連接到輸出電壓，以便為二次側的控制器提供電流，並提供二次側保護。

順向 (FWD) 接腳 (接腳 7)

變壓器輸出繞組上切換節點 (提供一次側切換計時的相關資訊) 的連接點。在 V_{OUT} 低於臨界值時，為二次側控制器提供電力。

NC 接腳 (接腳 8-12)

保持開路。不應連接到任何其他接腳。

輸入欠壓/過壓 (V) 接腳 (接腳 13)

連接到輸入電橋之 AC 或 DC 端的高壓接腳，用於偵測電源供應器輸入端的欠壓和過壓情況。此接腳應連接到源極接腳，以停用 UV/OV 保護。

一次側 BYPASS (BPP) 接腳 (接腳 14)

一次側電源供應器之外部 BYPASS 電容器的連接點。這也是 ILIM 選擇接腳，用於選擇標準 ILIM 或 ILIM+1。

NC 接腳 (接腳 15)

保持開路。不應連接到任何其他接腳。

源極 (S) 接腳 (接腳 16-19)

這些接腳是功率 MOSFET 的源極連接。也是一次側 BYPASS 接腳的接地參考。

汲極 (D) 接腳 (接腳 24)

功率 MOSFET 的汲極連接。

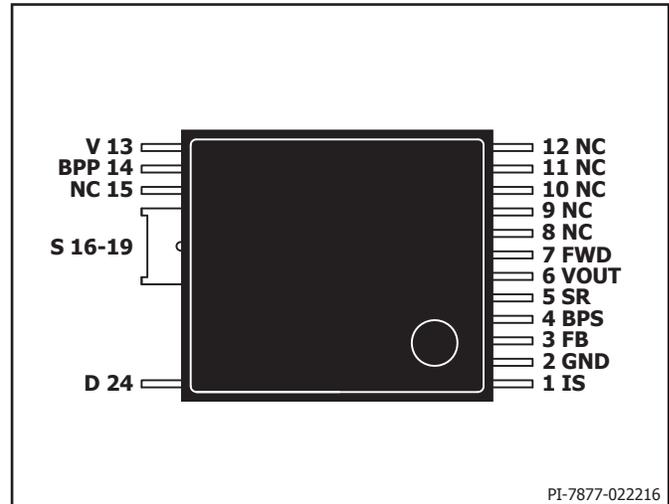


圖 5. 接腳配置

InnoSwitch3-CE 功能說明

InnoSwitch3-CE 將高電壓功率 MOSFET 切換開關及一次側與二次側控制器結合在一個裝置中。

該架構整合了新型的電感耦合回授方案 (FluxLink)，使用封裝導線架與黏接線來提供一種安全、可靠且具成本效益的方法，可準確地將輸出電壓與電流資訊從二次側控制器傳送至一次側控制器。

InnoSwitch3-CE 上的一次側控制器是一種準諧振 (QR) 返馳式控制器，能夠在連續導通模式 (CCM)、臨界模式 (CrM) 及不連續導通模式 (DCM) 下運作。該控制器採用變頻和可變電流控制方案。一次側控制器包含一個頻率抖動振盪器、一個磁性耦合至二次側控制器的接收器電路、一個限電流控制器、一次側 BYPASS 接腳上的 5 V 穩壓器、用於輕負載操作的降噪引擎、BYPASS 過壓偵測電路、無功損輸入線電壓感測電路、限電流選擇電路、過溫保護、上升邊緣遮蔽、二次側輸出二極體/SR FET 短路保護電路，以及一個 650 V 功率 MOSFET。

InnoSwitch3-CE 二次側控制器包含一個磁性耦合至一次側接收器的發射器電路、定電壓 (CV) 與定電流 (CC) 控制電路、二次側 BYPASS 接腳上的 4.4 V 穩壓器、同步整流器 FET 驅動器、QR 模式電路、振盪器與計時電路，以及諸多整合式保護功能。

圖 3 和圖 4 顯示一次側和二次側控制器的功能區塊圖，重點列出了一些最重要的功能。

一次側控制器

InnoSwitch3-CE 具有變頻 QR 控制器以及 CCM/CRM/DCM 操作，可提高效率並擴充輸出功率能力。

一次側 BYPASS 接腳穩壓器

每當功率 MOSFET 關閉時，一次側 BYPASS 接腳的內部穩壓器就會從汲極接腳汲取電流，將一次側 BYPASS 接腳電容器充電至 V_{BPP} 。一次側 BYPASS 接腳是內部供應電壓節點。當功率 MOSFET 開啟時，裝置會利用一次側 BYPASS 接腳電容器內儲存的能量進行運作。

此外，透過外部電阻器為一次側 BYPASS 接腳提供電流時，分流調整器會將一次側 BYPASS 接腳的電壓箝制在 V_{SHUNT} 。如此便可透過偏壓繞組從外部為 InnoSwitch3-CE 供電，以將無負載功耗降至 15 mW 以下 (5 V 輸出設計中)。

一次側 BYPASS ILIM 程式化

InnoSwitch3-CE IC 可讓使用者選擇一次側 BYPASS 接腳電容值，來調整限電流 (ILIM) 設定。可使用陶瓷電容器。

有兩種電容器尺寸可供選擇 - 0.47 μF 和 4.7 μF ，分別用於設定標準值和增加 ILIM 設定。

一次側 BYPASS 欠壓臨界值

當一次側 BYPASS 接腳電壓在穩態操作中降至約 4.5 V ($V_{BPP} - V_{BP(H)}$) 以下時，一次側 BYPASS 接腳欠壓電路會停用功率 MOSFET。一旦一次側 BYPASS 接腳電壓降至此臨界值以下，必須升至 V_{SHUNT} 才能重新啟用 (開啟) 功率 MOSFET。

一次側 BYPASS 輸出過壓功能

一次側 BYPASS 接腳具有鎖定 OV 保護功能。與串聯一次側 BYPASS 接腳電容器的電阻器並聯的積納二極體，通常用來偵測一次側偏壓繞組的過壓，並啟用此保護機制。如果進入一次側 BYPASS 接腳的電流超過 ISD，則裝置會將功率 MOSFET 切換鎖閉或停用一段時間 ($t_{AR(OFF)}$)，在此時間過後，控制器將重新啟動並嘗試恢復穩壓狀態 (請參閱功能代碼附錄中的「二次側故障回應」)。

V_{OUT} OV 保護也做為二次側控制器上的一項整合式功能提供 (請參閱「輸出電壓保護」)。

過溫保護

過溫保護電路會感測一次側 MOSFET 晶片溫度。臨界值設為 T_{SD} ，具有磁滯或鎖閉回應。

磁滯回應：如果晶片溫度上升至超過臨界值，功率 MOSFET 將一直停用，直到晶片溫度下降達 $T_{SD(H)}$ 時才會重新啟用切換。提供高磁滯溫度，用於防止 PCB 因持續故障狀態而過熱。

鎖閉回應：如果晶片溫度上升至超過臨界值，功率 MOSFET 將會停用。將一次側 BYPASS 接腳降至 $V_{BPP(RESET)}$ 以下，或者降至輸入欠壓/過壓接腳 UV (I_{UV}) 臨界值以下，即會重設鎖閉狀態。

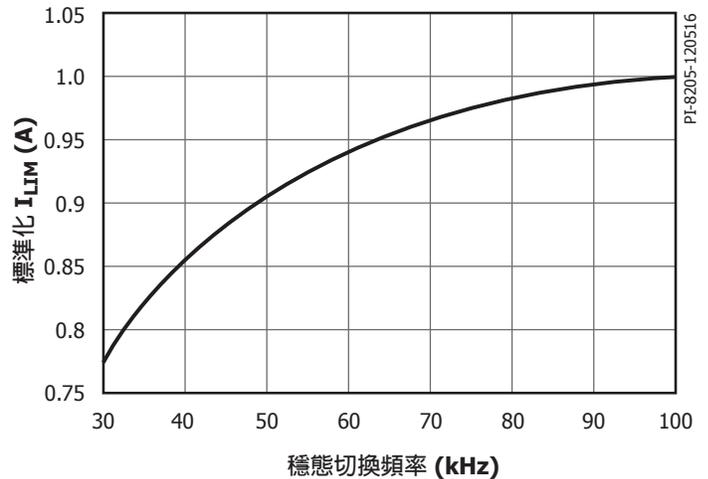


圖 6. 標準化一次側電流與頻率關係圖

限電流操作

一次側控制器具有限電流臨界值斜坡，此斜坡會線性下降到上一個一次側切換週期結束時 (即，一次側 MOSFET 在切換週期結束後關閉時)。

此特性會產生一次側限電流，隨著切換頻率 (負載) 的增加而增加 (圖 6)。

透過此演算法，可最高效地利用一次側切換開關，具有的優勢是，在收到回授切換週期要求時，此演算法會立即回應數位回授資訊。

在高負載下，切換週期具有接近 100% I_{LM} 的最大電流。隨著負載減少，會逐漸降低至滿載限電流的 30%。一旦達到 30% 限電流，限電流便不會再降低 (因為這已低到足以避免產生噪音)。隨著負載減少，兩個切換週期之間的時間間隔將繼續增加。

抖動

在調變頻率 f_M 下，標準化限電流會在 100% 與 95% 之間調變。這會產生大約 7 kHz 的頻率抖動以及大約 100 kHz 的平均頻率。

自動重新啟動

如果出現故障 (如輸出過載、輸出短路或外部元件/接腳故障)，InnoSwitch3-CE 會進入自動重新啟動 (AR) 或鎖閉。將一次側 BYPASS 接腳降至約 3 V 以下，或者降至輸入欠壓/過壓接腳 UV (I_{UV}) 臨界值以下，就會重設鎖閉狀態。

在自動重新啟動模式下，功率 MOSFET 切換會停用 $t_{AR(OFF)}$ 。進入自動重新啟動有以下兩種方式：

1. 在高於過載偵測頻率 f_{OVL} (約 110 kHz) 下，二次側連續發出要求的時間超過 82 ms (t_{AR})。
2. 二次側未發出任何切換週期要求的時間超過 $t_{AR(SK)}$ 。

第二種方式可確保在通訊中斷的情況下，一次側會嘗試重新啟動。雖然正常操作下絕不會發生此情況，但在系統 ESD 事件 (例如) 因噪音干擾二次側控制器而導致通訊中斷時會很有用。當一次側在自動重新啟動截止時間後重新啟動時，該問題會得到解決。

第一次自動重新啟動截止時間較短 ($t_{AR(OFF)SH}$)。這個短暫的自動重新啟動時間可在快速重設狀況下提供快速恢復。短暫的自動重新啟動截止時間可讓控制器快速檢查，以確定在 $t_{AR(OFF)SH}$ 過後是否維持自動重新啟動狀況。若是，控制器將採用完整的自動重新啟動截止時間。只要發生 AC 重設，就會重設自動重新啟動。

SOA 保護

如果連續兩個週期在大約 500 ns (遮蔽時間 + 限電流延遲時間) 內達到 I_{LIM} ，控制器就會跳離 2.5 個週期或大約 25 μ s (基於 100 kHz 的全頻操作)。這提供了足夠的時間來重設變壓器，而無需延長大電容負載的啟動時間。

二次側整流器/SR MOSFET 短路保護 (SRS)

如果輸出二極體或 SR FET 在一次側導通週期之前或期間發生短路，汲極電流 (在上升邊緣遮蔽時間結束前) 可能會遠高於最大限電流臨界值。如果控制器關閉高電壓功率 MOSFET，產生的峰值汲極電壓可能會超過裝置額定的 BV_{DSS} ，進而導致災難性故障，即便是最小開啟時間也如此。

為解決這一問題，控制器配有一個電路，可在汲極電流於上升邊緣遮蔽時間結束前超過最大限電流臨界值時做出回應。如果上升邊緣電流在某個週期 (200 ns) 內超過限電流，一次側控制器將觸發 30 μ s 截止時間事件。如果連續兩個週期在 t_{ES} (約 500 ns) 內超過限電流，就會觸發 SOA 模式。如果在 30 μ s 截止時間過後的 200 ns 內達到限電流，SRS 模式還會觸發約 200 ms 的截止時間。

輸入線電壓監控

輸入欠壓/過壓接腳用於輸入欠壓與過壓感測及保護。

4 M Ω 電阻器連接於高電壓 DC 大電容器 (在電橋之後，或連至橋式整流器的 AC 端以實現 AC 快速重設) 與輸入欠壓/過壓接腳之間，以啟用此功能。將輸入欠壓/過壓接腳短路至源極接腳，即可停用此功能。

開機時，在一次側 BYPASS 電容器充電且 ILIM 狀態鎖定之後、切換之前，會檢查輸入欠壓/過壓接腳的狀態，以確認其高於啟動臨界值且低於過壓關機臨界值。

在正常操作中，如果輸入欠壓/過壓接腳電流降至電壓關閉臨界值以下，且持續低於啟動臨界值的時間超過 t_{UV} ，則控制器會進入自動重新啟動。只有在輸入欠壓/過壓接腳電流高於啟動臨界值時，切換才會繼續。

如果輸入欠壓/過壓接腳電流高於過壓臨界值，控制器也會進入自動重新啟動。同樣地，只有在輸入欠壓/過壓接腳電流恢復到正常運作範圍內時，切換才會繼續。

輸入線電壓 UV/OV 功能利用輸入欠壓/過壓接腳上的內部高電壓 MOSFET 來減少功耗。如果週期截止時間 t_{OFF} 大於 50 μ s，內部高電壓 MOSFET 將中斷外部 4 M Ω 電阻器與內部 IC 的連接，以消除透過 4 M Ω 電阻器汲取的電流。線電壓感測功能將在下一個切換週期開始時重新啟動。

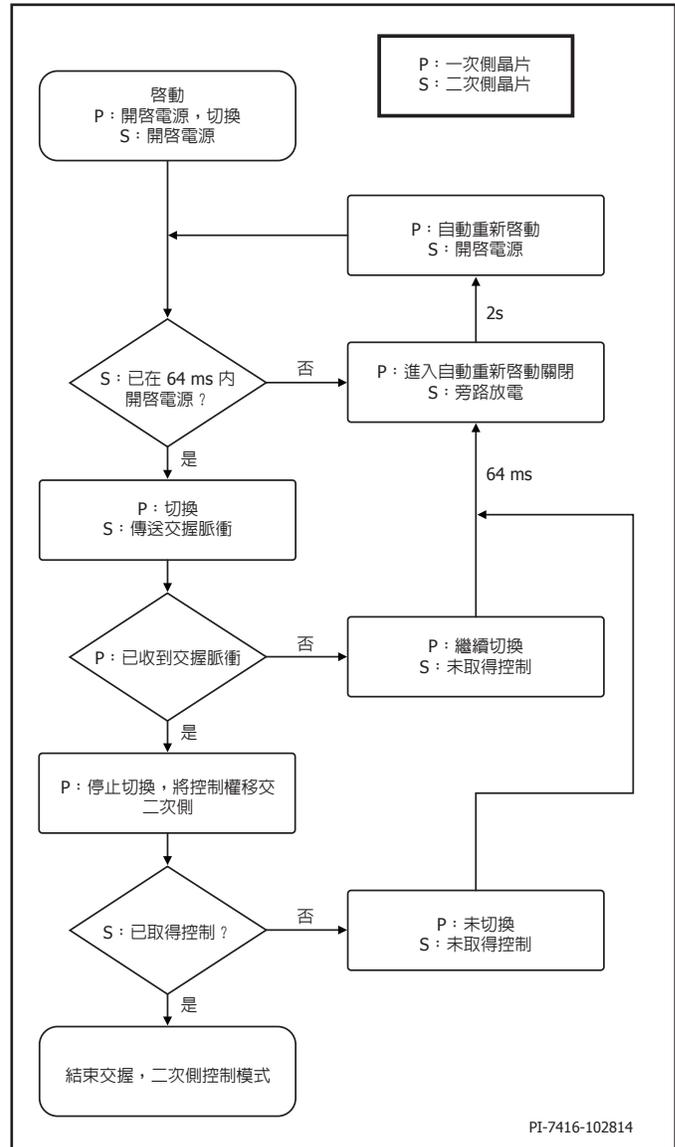


圖 7. 一次側與二次側交握流程圖

一次側與二次側交握

在啟動時，最初的一次側切換並不會有任何回授資訊 (這非常類似於標準 TOPSwitch™、TinySwitch™ 或 LinkSwitch™ 控制器的運作方式)。

如果在自動重新啟動開啟期間 (t_{AR}) 未收到任何回授訊號，一次側就會進入自動重新啟動模式。在正常情況下，二次側控制器將透過順向接腳或由輸出電壓接腳供電，然後接手控制。自此之後，二次側便會控制切換。

當二次側取得控制時，如果一次側控制器在正常運作期間停止切換或未回應二次側發出的週期要求，則會啟動交握通訊協定，以確保二次側準備好在一次側再次開始切換時取得控制。如果二次側偵測到一次側提供的週期多於要求的數目，還會觸發其他交握。

當一次側因短暫的線電壓欠壓輸入事件而停止切換時，最有可能需要其他交握。當一次側恢復運作時，它會依預設進入啟動狀態，並嘗試偵測來自二次側的交握脈衝。

如果二次側未偵測到一次側回應切換要求達 8 個連續週期，或二次側偵測到一次側在沒有週期要求的情況下切換達至少 4 個連續週期，則二次側控制器會啟動第二個交握序列。如此可在一次側進行切換時提供額外保護，避免發生 SR FET 跨導通狀況。如果一次側在二次側仍掌握控制權時進行重設，此保護模式也可防止發生輸出過壓狀況。

等候與監聽

當一次側從輸入線電壓故障 (UV 或 OV) 恢復初始通電後或在自動重新啟動事件後繼續進行切換，它將取得控制，並且需要成功交握才會放棄對二次側控制器的控制。

做為額外的安全措施，一次側將在自動重新啟動開啟期間 t_{AR} (約 82 ms) 暫停，然後再進行切換。在這個「等候」期，一次側將「監聽」是否有二次側傳來的要求。如果偵測到二次側連續傳送兩次要求 (間隔約 30 μ s)，一次側將推斷出二次側掌握控制權，並開始在從屬模式下切換。如果在 t_{AR} 「等候」期間未發生脈衝，一次側將在一次側掌控下開始切換，直到收到交握脈衝為止。

降噪引擎

InnoSwitch3-CE 具有主動式降噪模式，藉由此模式，控制器 (透過「頻率跳變」運作模式) 可避免諧振頻帶 (電源供應器的機械結構最有可能產生諧振 - 增加噪音幅度) 介於 7 kHz 和 12 kHz - 143 μ s 和 83 μ s 之間。如果自上一個導通週期起，二次側控制器在此時間範圍內發生切換要求，則會禁止開極驅動至功率 MOSFET。

二次側控制器

如圖 4 中的區塊圖所示，IC 由 4.4 V (V_{BPS}) 穩壓器供電，而穩壓器由 VOUT 或 FWD 供電。二次側 BYPASS 接腳連接到外部去耦合電容器，並從穩壓器區塊內部饋入。

順向接腳也連接到同時用於交握和計時的下降邊緣偵測區塊，以開啟連接到同步整流器驅動接腳的 SR FET。順向接腳電壓用於決定何時關閉以不連續導通模式運作的 SR FET。亦即，在 SR FET 的 $R_{DS(ON)}$ 電壓降至零伏以下時。

在連續導通模式 (CCM) 下，SR FET 會在向一次側傳送回授脈衝以請求下一個切換週期時關閉，這提供了優異的同步作業，而不會與關閉的 FET 有任何重疊。

輸出電壓與二次側接地接腳之間的外部分壓電阻器網路的中點，會連接到回授接腳來調節輸出電壓。內部電壓比較器參考電壓為 V_{FB} (1.265 V)。

ISENSE 與二次側接地接腳之間連接的外部電流感測電阻器用於在定電流調節模式下調節輸出電流。

最小截止時間

二次側控制器使用與一次側的電感連接來啟動週期要求。二次側週期要求的最大頻率受最小週期截止時間 $t_{OFF(MIN)}$ 的限制。這是為了確保在一次側導通後，有足夠的重設時間將能量傳遞到負載。

最大切換頻率

二次側控制器的最大切換要求頻率為 f_{SREQ} 。

頻率緩啟動

在啟動時，一次側控制器限制在最大切換頻率 f_{SW} ，而在 100 kHz 的切換要求頻率下，則限制在最大程式化限電流的 75%。

二次側控制器會暫時抑制回授短路保護臨界值 ($V_{FB(OFF)}$)，直到緩啟動 ($t_{SS(RAMP)}$) 時間結束為止。交握完成後，二次側控制器會在 $t_{SS(RAMP)}$ 時間段內，將切換頻率從 f_{SW} 線性上升至 f_{SREQ} 。

如果在啟動時發生短路或過載，裝置將直接進入定電流 (CC) 模式。如果在發生交握後，輸出電壓未在緩啟動計時器 ($t_{SS(RAMP)}$) 到期前上升至 $V_{FB(AR)}$ 臨界值以上，則裝置將進入自動重新啟動 (AR)。

二次側控制器會在 $t_{SS(RAMP)}$ 時間段結束時啟用回授接腳短路保護模式 ($V_{FB(OFF)}$)。如果輸出短路將回授接腳保持在短路臨界值以下，二次側將停止要求會觸發自動重新啟動週期的脈衝。

如果輸出電壓在 $t_{SS(RAMP)}$ 時間段內達到穩壓，頻率上升會立即中止，且二次側控制器可進入全頻模式。這樣，在實現穩壓後不久突發暫態負載狀況時，控制器便可維持穩壓。僅在已發生準諧振偵測程式化時，才會中止頻率上升。

最大二次側禁止期

會禁止二次側要求啟動一次側切換，以將運作維持在最大頻率以下並確保最小截止時間。除了這些限制外，還會在一次側切換的「導通」時間週期 (週期要求與順向接腳下降邊緣偵測之間的時間) 內禁止二次側週期要求。如果在要求的週期之後未偵測到順向接腳下降邊緣，則最大逾時大約為 30 μ s。

輸出電壓保護

如果感測到回授接腳上的電壓比穩壓臨界值高出 2%，則會對輸出電壓接腳施加約 2.5 mA (最大 3 mA) 的洩漏電流 (弱洩漏)。如果回授接腳電壓上升至超過內部回授接腳參考電壓達 10% 左右，則此洩漏電流會增加至約 200 mA (強洩漏)。減少輸出電壓接腳上的電流是為了在瞬間過衝事件之後對輸出電壓進行放電。二次側不會在此運作模式期間放棄對一次側的控制。

如果感測到回授接腳上的電壓比穩壓臨界值高出 20%，則會向一次側傳送一條指令，以進行鎖閉或開始自動重新啟動序列 (請參閱功能代碼附錄中的「二次側故障回應」)。此整合式 V_{OUT} OVP 可獨立於一次側感測的 OVP 使用，也可搭配使用。

回授接腳短路偵測

如果在啟動時感測到回授接腳電壓低於 $V_{FB(OFF)}$ ，二次側控制器將完成交握以控制一次側的完整 $t_{SS(RAMP)}$ ，並且將停止啟動自動重新啟動的要求週期 (未向一次側提出週期要求的時間超過 $t_{AR(SK)}$ 秒即會觸發自動重新啟動)。

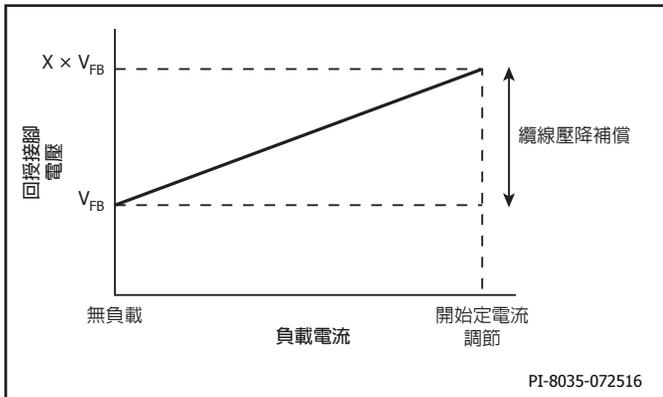


圖 8. 纜線壓降補償特性

在正常運作期間，當回授接腳電壓降至 $V_{FB(OFF)}$ 臨界值以下時，二次側會停止來自一次側啟動自動重新啟動週期的要求脈衝。保護模式下抗擾動濾波器的開啟時間大約少於 $10 \mu s$ 。透過此機制，在偵測到回授接腳短路至接地後，二次側會放棄控制。

纜線壓降補償 (CDC)

纜線壓降補償量是與定電流調節臨界值相關之負載的函數，如圖 8 所示。

自動重新啟動臨界值

回授接腳包含比較器，用於偵測輸出電壓降至 V_{FB} 的 $V_{FB(AR)}$ 以下的持續時間何時超過 $t_{FB(AR)}$ 。感測到此故障狀況時，二次側控制器會放棄控制。此臨界值可用於限制定電流 (CC) 工作的範圍。

二次側 BYPASS 接腳過壓保護

InnoSwitch3-CE 二次側控制器具有類似於一次側 BYPASS 接腳 OV 功能的二次側 BYPASS 接腳 OV 功能。當二次側掌握控制權時：如果二次側 BYPASS 接腳電流超過 $I_{BPS(SD)}$ (約 7 mA)，二次側將向一次側傳送一條指令，以啟動自動重新啟動截止時間 ($t_{AR(OFF)}$) 或鎖閉事件 (請參閱功能代碼附錄中的「二次側故障回應」)。

輸出定電流

InnoSwitch3-CE 透過 ISENSE 與二次側接地接腳之間的外部電流感測電阻器來調節輸出電流，其中，電阻器上產生的電壓會與內部參考 $I_{SV(TH)}$ (約 35 mV) 進行比較。若不需要定電流調節，必須將 ISENSE 接腳連接至二次側接地接腳。

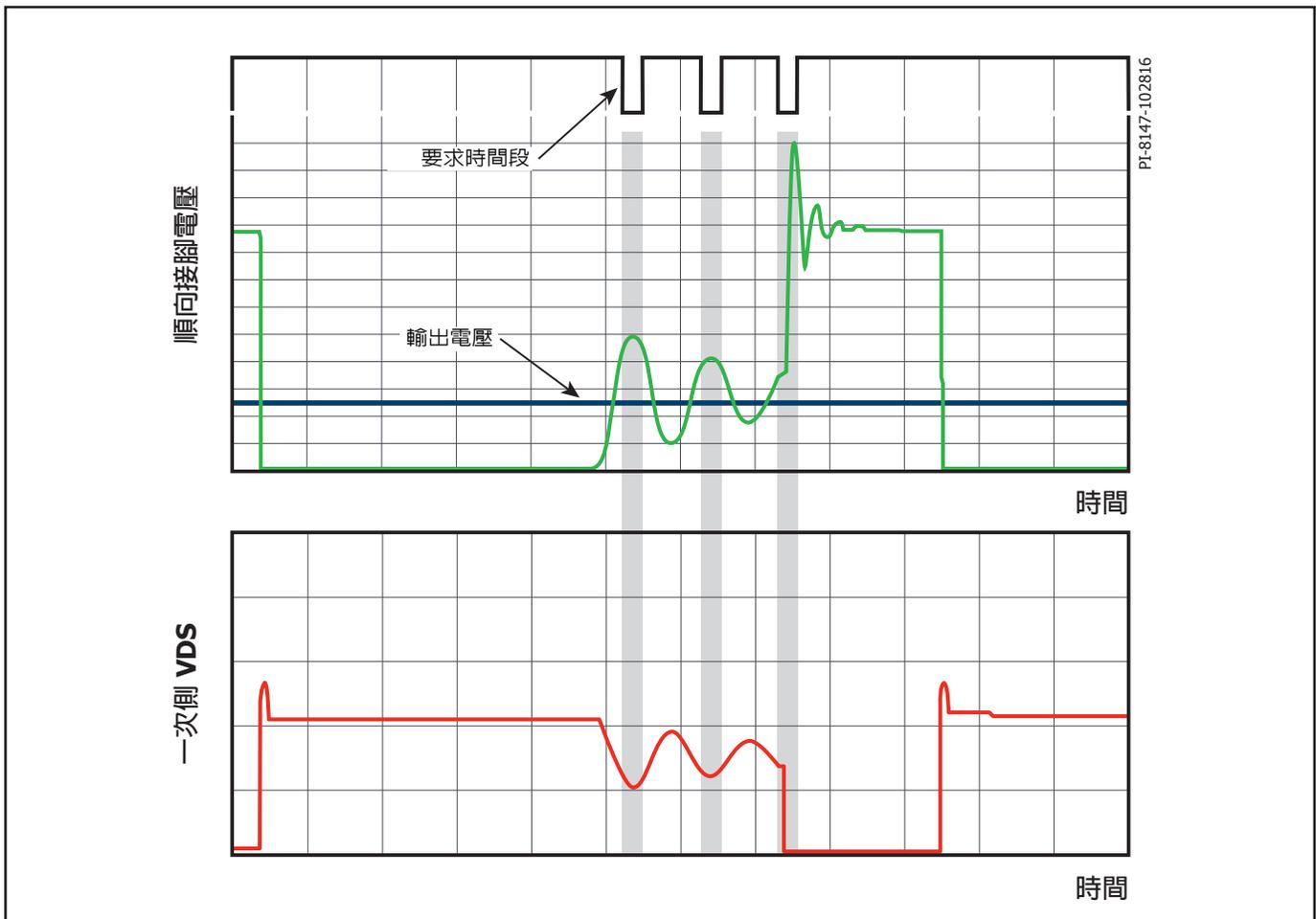


圖 9. 智慧準諧振模式切換

SR 停用保護

在每個週期中，僅當二次側控制器要求設定週期且在順向接腳上偵測到下降邊緣時，才會使用 SR。如果 ISENSE 接腳上的電壓超過定電流 (CC) 臨界值大約 3 倍，將會停用 SR FET 驅動，直到突波電流降至標準等級為止。

SR 靜態下拉

為確保在二次側未接手控制權時 SR 閘極保持低電平，同步整流器驅動接腳具有標準的「導通」裝置，可將接腳下拉，並減少 SR 閘極上因來自順向接腳的電容耦合而產生的任何電壓。

開路 SR 保護

為了防止發生開路同步整流器驅動接腳系統故障，二次側控制器具有保護模式，可確保同步整流器驅動接腳連接到外部 FET。如果同步整流器驅動接腳上的外部電容低於 100 pF，則裝置將假設同步整流器驅動接腳處於「開路」，並且沒有要驅動的 FET。如果偵測到的接腳電容高於 100 pF，控制器將假設已連接 SR FET。

如果偵測到同步整流器驅動接腳處於開路，二次側控制器將停止從一次側要求脈衝以啟動自動重新啟動。

如果在啟動時，同步整流器驅動接腳已接地，則會停用 SR 驅動功能，同時停用開路同步整流器驅動接腳保護模式。

智慧準諧振模式切換

為了改提升轉換效率並減少切換損失，InnoSwitch3-CE 提供一種方式，可在轉換器以不連續導通模式 (DCM) 運作時，於一次側切換開關上的電壓接近其最小電壓時強制切換。在 DCM 中會自動使用此運作模式，一旦轉換器進入連續導通模式 (CCM)，便會停用此運作模式。

順向接腳電壓的峰值電壓 (上升至輸出電壓等級以上時) 用於禁止二次側在一次側控制器中啟動切換開關「導通」週期的要求，而不是用於偵測一次側的磁化振盪谷值。

二次側控制器會偵測控制器何時進入不連續模式，並開啟對應於一次側功率 MOSFET 上最小切換電壓的二次側週期要求時間段。

準諧振 (QR) 模式會在偵測到 DCM 後或在振盪幅度 (pk-pk) 超過 2 V 時啟用 20 μ s。之後，QR 切換會停用，此時只要啟動二次側要求，便可能發生切換。

二次側控制器包含約 1 μ s 的遮蔽時間，以防止在順向接腳於負電壓下振盪時錯誤地偵測到一次側「導通」週期。請參閱圖 9。

應用範例

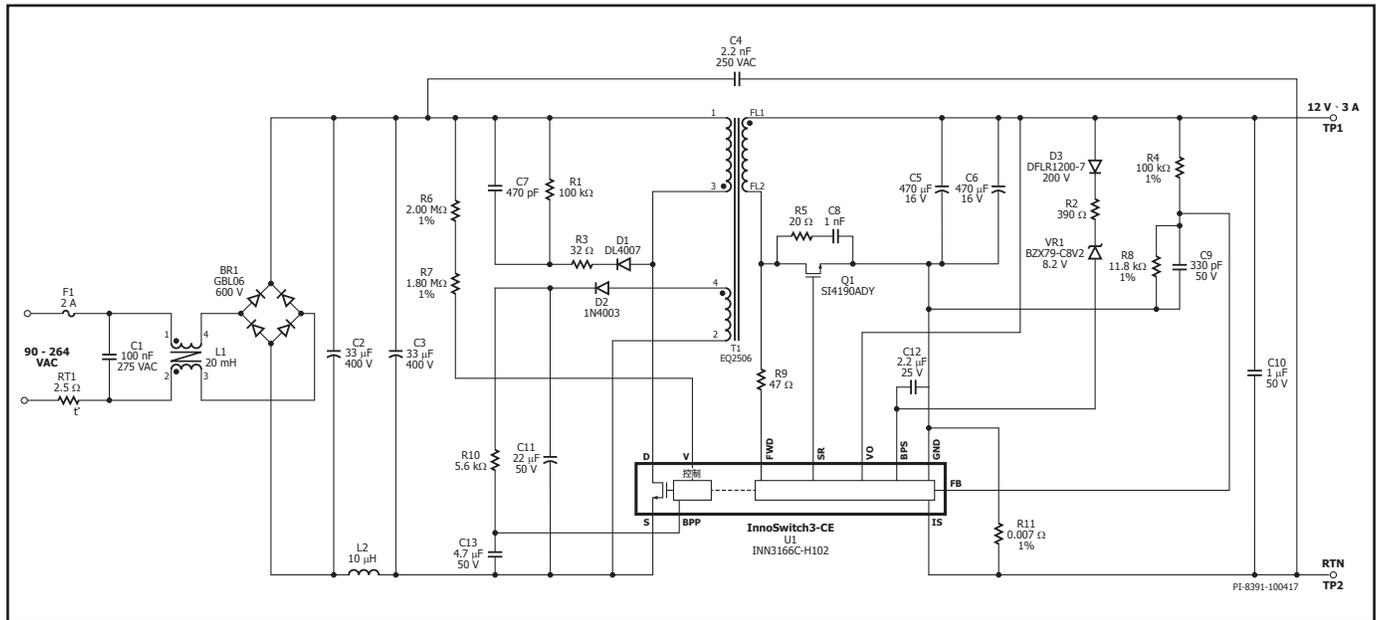


圖 10. 12 V、3 A 充電器/轉換器

圖 10 所示電路是使用 INN3166C 的低成本 12 V、3 A 電源供應器。此單一輸出設計符合 DoE 第 6 級與 EC CoC 5 標準。

橋式整流器 BR1 可對 AC 輸入電源供應器進行整流。電容器 C2 和 C3 提供整流 AC 輸入的濾波，並與電感器 L2 共同構成 pi 濾波器以削減差模 EMI。電源供應器輸出端連接的電容器 C4 及輸入共模扼流圈可協助降低共模 EMI。

將電源供應器連接至輸入 AC 電源供應器時，熱敏電阻器 RT1 會限制突波電流。

輸入保險絲 F1 能提供保護，防止因電源供應器中的元件發生災難性故障而導致輸入電流過大。變壓器一次側的一端連接到整流 DC 匯流排，另一端則連接到 InnoSwitch3-CE IC (U1) 內 MOSFET 的汲極端子。

由二極體 D1、電阻器 R3 與 R1 及電容器 C7 構成的低成本 RCD 箝位，會在 U1 內關閉 MOSFET 的瞬時限制 U1 汲極峰值電壓。該箝位有助於釋放變壓器 T1 的漏電抗中儲存的能量。

InnoSwitch3-CE IC 可自行啟動，會在初次施加 AC 時，利用內部高電壓電流源為 BPP 接腳電容器 (C13) 充電。在正常運作期間，一次側區域由變壓器 T1 上的輔助繞組供電。輔助 (或偏壓) 繞組的輸出是由二極體 D2 進行整流，由電容器 C11 進行濾波。電阻器 R10 會限制為 InnoSwitch3-CE IC (U1) 的 BPP 接腳提供的電流。

InnoSwitch3-CE IC 的二次側控制器提供輸出電壓感測和輸出電流感測，並驅動 MOSFET 提供同步整流。變壓器的二次側由 SR FET Q1 進行整流，由電容器 C5 與 C6 進行濾波。切換暫態期間產生的高頻振盪，可透過突波吸收器 (電阻器 R5 與電容器 C8) 加以降低，否則會產生輻射性 EMI。

同步整流 (SR) 由 MOSFET Q1 提供。Q1 的閘極是由 IC U1 內的二次側控制器根據透過電阻器 R9 感測並饋送至 IC 之 FWD 接腳的繞組電壓進行開啟。

在連續導通模式下運作時，MOSFET 會在二次側控制來自一次側的新切換週期之前關閉。在不連續導通模式下運作時，功率 MOSFET 會在 MOSFET 上的壓降降至 0 V 的臨界值以下時關閉。對一次側功率 MOSFET 進行二次側控制可避免兩個 MOSFET 跨導通的可能性，並提供非常可靠的同步整流。

IC 的二次側可從二次側繞組順向電壓或輸出電壓自行供電。電容器 C12 連接到 InnoSwitch3-CE IC U1 的 BPS 接腳，為內部電路提供去耦合。

在定電流 (CC) 運作模式期間，當輸出電壓下降時，裝置會直接從二次側繞組自行供電。在一次側功率 MOSFET 開啟期間，二次側繞組上出現的順向電壓將用於透過電阻器 R9 和內部穩壓器為去耦合電容器 C12 充電。這可讓輸出電流調節持續降低至約 3 V。低於此水平時，裝置就會進入自動重新啟動，直到輸出負載降低為止。

輸出電流是在 IS 和 GND 接腳之間進行感測，臨界值為大約 35 mV，以減少損失。一旦超過電流感測臨界值，裝置就會調整切換脈衝數目，以維持固定的輸出電流。

輸出電壓是透過分壓電阻器 R4 和 R8 進行感測的。輸出電壓會進行調節，以便在回授接腳上達到 1.265 V 的電壓。電容器 C9 可對回授接腳上的訊號進行噪音濾波。

電阻器 R6 與 R7 提供線電壓感測，並為 U1 提供電流，該電流與電容器 C3 上的 DC 電壓成正比。若施加大約 95 V DC，通過這些電阻器的電流會超過線電壓欠壓臨界值，導致啟用 U1。若施加大約 435 V DC，通過這些電阻器的電流會超過線電壓過壓臨界值，導致停用 U1。

主要應用考量

輸出功率表

本產品規格型錄輸出功率表 (表 1) 展示了最大實際連續輸出功率等級，在以下條件下可獲得該等級：

1. 在 85 VAC 輸入下的最小 DC 輸入電壓為 90 V 或以上，在 230 VAC 輸入下為 220 V 或以上，或者在使用倍壓器時為 115 VAC。輸入電容器電壓應經過調整，以符合這些 AC 輸入設計標準。
2. 假設的效率取決於功率等級。最小裝置功率等級是假設效率達 84% 以上，對於最大型裝置，此效率增加到 89% 以上。
3. 變壓器一次側電感公差為 $\pm 10\%$ 。
4. 對於通用線電壓，將輸出反射電壓 (VOR) 設定為在最小輸入電壓下維持 $K_p = 0.8$ ，對於高輸入線電壓設計，則將 VOR 設定為維持 $K_p = 1$ 。
5. 轉換器的最大導通損耗限制為 0.6 W，在開放式架構設計中限制為 0.8 W。
6. 為峰值與開放式架構功率欄選擇了更高的限電流，為轉換器欄則選擇了標準限電流。
7. 零件安裝於板上，源極接腳焊接在足夠大的銅箔上，且/或使用散熱片將源極接腳的溫度維持在 110 °C 或以下。
8. 開放式架構設計的環境溫度為 50 °C，密封式轉換器則為 40 °C。
9. 值小於 1 時， K_p 是漣波與峰值一次側電流之比。建議使用至少 0.25 的暫態 K_p 限制，以防因切換週期過早終止而導致功率傳輸降低。這會防止在 MOSFET 開啟時超過初始限電流 (I_{INT})。

一次側過壓保護 (鎖閉模式)

InnoSwitch3-CE IC 提供的一次側輸出過壓保護使用內部鎖定，當臨界值電流 I_{SD} 流入一次側 BYPASS 接腳時會觸發該鎖定。除了構成內部濾波器外，一次側 BYPASS 接腳電容器還構成外部濾波器，以協助抗受噪音。要使 BYPASS 電容器如同高頻濾波器一樣高效，電容器應盡量靠近裝置的源極和一次側 BYPASS 接腳。

要實現一次側感測的 OVP 功能，可從已整流和已濾波的偏壓繞組電源，將積納二極體、電阻器與阻隔二極體的串聯組合連接到一次側 BYPASS 接腳。由於偏壓繞組與輸出繞組的耦合不佳，並導致偏壓繞組電壓波形產生振盪，已整流和已濾波的偏壓繞組輸出電壓可能會高於預期 (最高達期望值的 1.5 倍或 2 倍)。因此，建議測量已整流的偏壓繞組電壓。理想情況下，應在輸入電壓最低和輸出負載最高時完成此項測量。應使用此測量得出的電壓來選取實現一次側感測 OVP 所需的元件。建議選取箝位電壓比偏壓繞組整流電壓大約低 6 V 的積納二極體，在此電壓下，預期會觸發 OVP。可以假設阻隔二極體的順向壓降為 1 V。建議使用小型訊號標準恢復二極體。阻隔二極體在啟動期間會防止對偏壓電容器進行任何反向電流放電。最後，可以計算所需串聯電阻器的值，使高於 I_{SD} 的電流在輸出過壓期間流入一次側 BYPASS 接腳。

減少無負載功耗

InnoSwitch3-CE IC 可從經由內部電流源充電的 BYPASS 接腳電容器，以自行供電模式啟動，從而汲取能量。但在 InnoSwitch3-CE IC 開始切換後，就必須使用偏壓繞組來為一次側 BYPASS 接腳提供電流。變壓器上的輔助 (偏壓) 繞組可用於此用途。偏壓繞組驅動器為一次側 BYPASS 接腳供電，可讓電源供應器設計的無負載功耗低於 15 mW。圖 10 所示的電阻器 R10 應加以調整，才能達到最低無負載輸入功率。

二次側過壓保護 (自動重新啟動模式)

InnoSwitch3-CE IC 提供的二次側輸出過壓保護使用內部自動重新啟動電路，超過 $I_{BPS(SD)}$ 臨界值的輸入電流流入二次側 BYPASS 接腳時會觸發該電路。藉由將積納二極體從輸出電源連接到二次側 BYPASS 接腳，即可實現直接輸出感測的 OVP 功能。積納二極體電壓必須是 $1.25 \times V_{OUT}$ 與 4.4 V 之差 - 二次側 BYPASS 接腳電壓。必須新增與 OVP 積納二極體串聯的低值電阻器，以限制流入二次側 BYPASS 接腳的最大電流。

選擇元件

InnoSwitch3-CE 一次側電路的元件

BPP 電容器

從 InnoSwitch3-CE IC 的一次側 BYPASS 接腳連接到 GND 的電容器，為一次側控制器提供去耦合，也會選擇限電流。可以使用 0.47 μ F 或 4.7 μ F 的電容器。雖然可以使用電解電容器，但在雙面電路板上偏好使用表面接合多層陶瓷電容器，因為這種電容器可裝配於靠近 IC 的位置，其小尺寸也使其成為小巧電源供應器的理想之選。建議選用額定 16 V 或 25 V 的 X5R 或 X7R 電介質電容器，以確保符合最小電容要求。

偏壓繞組和外部偏壓電路

從 MOSFET 的汲極接腳連接到 InnoSwitch3-CE 一次側控制器之一次側 BYPASS 接腳的內部穩壓器，會為連接到一次側 BYPASS 接腳的電容器充電以進行啟動。變壓器應提供偏壓繞組並採用適當的整流器和濾波電容器，以建置可用於為一次側 BYPASS 接腳供應至少 1 mA 電流的偏壓電源供應器。

應選擇偏壓繞組的圈數比，以便在最低負載情況下，電源供應器處於最低額定輸出電壓時，偏壓繞組產生的電壓為 7 V。如果電壓低於此值，則無負載輸入功率將會增加。

來自外部電路的偏壓電流應設為約 300 μA ，以便電源供應器在 230 VAC 輸入 ($V_{\text{BPP}} > 5 \text{ V}$) 條件下運作時，實現最低的無負載功耗。建議選擇低接面電容的玻璃鈍化標準恢復整流器二極體，以防快速或超快速二極體特有的瞬間恢復功能導致較高的輻射性 EMI。

建議選用的鋁電容器為：至少 22 μF ，且電壓額定值為電容器產生之最高電壓的 1.2 倍。當電源供應器在最低輸入 AC 供應電壓條件下以最高額定輸出電壓和負載運作時，此電容器通常會產生最高電壓。

線電壓欠壓與過壓保護

從輸入電壓欠壓/過壓接腳連接到 DC 匯流排的電阻器可感測輸入電壓，以提供線電壓欠壓與過壓保護。對於典型的通用電壓輸入應用，建議使用 3.8 M Ω 的電阻器值。圖 15 所示電路配置可以僅啟用線電壓欠壓或過壓功能。

InnoSwitch3-CE 具備一次側感測的過壓保護功能，該功能可用於鎖閉電源供應器。鎖閉電源供應器後，若輸入電壓欠壓/過壓接腳電流降至零，會重設電源供應器。關閉電源供應器後，即使在關閉輸入供電之後，仍需要很長時間才能重設 InnoSwitch3-CE 控制器，因為 DC 匯流排中儲存的能量仍會繼續向控制器提供電流。使用圖 16 所示的修改後電路配置，可以快速重設 AC。在輸入供電中斷連接後，電容器 C_s 上的電壓會快速降低，從而會降低流入 InnoSwitch3-CE IC 輸入電壓監測器接腳的電流，並重設 InnoSwitch3-CE 控制器。

一次側感測的 OVP (過壓保護)

偏壓繞組輸出產生的電壓會追蹤電源供應器輸出電壓。雖然不是十分精確，但使用偏壓繞組電壓的一次側控制器偵測輸出電壓振幅的準確度仍令人滿意。從偏壓繞組輸出連接到一次側 BYPASS 接腳的積納二極體，能夠可靠偵測二次側過壓故障，進而使一次側控制器鎖閉。建議應針對滿載和最低輸入電壓下的穩態條件，以及在暫態負載狀況下，測量偏壓繞組輸出的最高電壓。額定值為此測得電壓 1.25 倍的積納二極體，通常可確保 OVP 保護功能僅在出現故障狀況時運作。

一次側突波吸收器箝位

應在一次側使用突波吸收電路，如圖 10 所示。雖然可以使用傳統的 RCD 箝位，但這可防止在每個切換週期內一關閉 MOSFET，MOSFET 的汲極就立即產生過量的電壓突波。RCDZ 箝位提供的效率最高。圖 10 顯示的電路範例採用 RCD 箝位，並且有電阻器與箝位二極體串聯。此電阻器可抑制汲極的振盪，還能限制在反向恢復期間流經箝位二極體的反向電流。建議選擇低接面電容的標準恢復玻璃鈍化二極體，它們可以從箝位恢復部分能量，進而提高效率。

InnoSwitch3-CE 二次側電路的元件

二次側 BYPASS 接腳 – 去耦合電容器

應使用 2.2 μF 、25 V 多層陶瓷電容器為 InnoSwitch3-CE IC 的二次側 BYPASS 接腳去耦合。由於二次側 BYPASS 接腳電壓需為 4.4 V，輸出電壓才能達到調節電壓等級，因此太高的 BPS 電容器值會使輸出電壓在啟動期間過衝。而低於 1.5 μF 的值提供的電容可能不足，這會導致運作異常。此電容器需放置在與 IC 接腳相鄰的位置。由於陶瓷電容器的電容會因施加的電壓下降，因此需要 25 V 額定值才能保證運作時的實際值。基於此原因，不建議採用額定值為 10 V 的電容器。應選用具有 X5R 或 X7R 電介質的電容器，以達到最佳效果。

順向接腳電阻器

建議選用 47 Ω 、5% 電阻器，以確保 IC 供應電流足夠。不應使用較高或較低的電阻器值，因為會影響裝置運作，例如同步整流器驅動時序。下面的圖 11、12、13 和 14 顯示了無法接受和可以接受的順向接腳電壓波形的範例。 V_D 是在 SR 上的順向壓降。

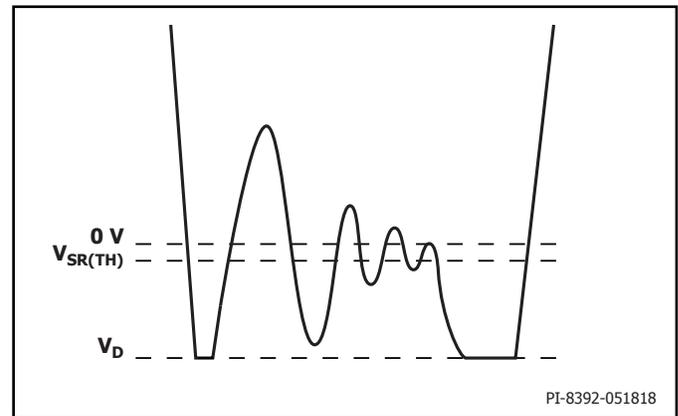


圖 11. 在返馳週期內，與 SR MOSFET 導通交接後無法接受的順向接腳波形

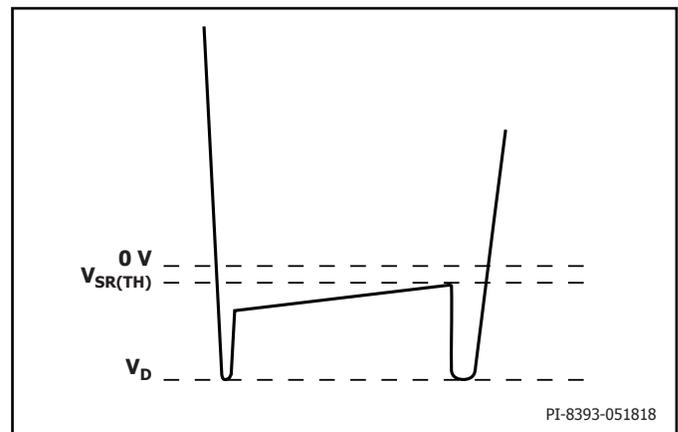


圖 12. 在返馳週期內，與 SR MOSFET 導通交接後可以接受的順向接腳波形

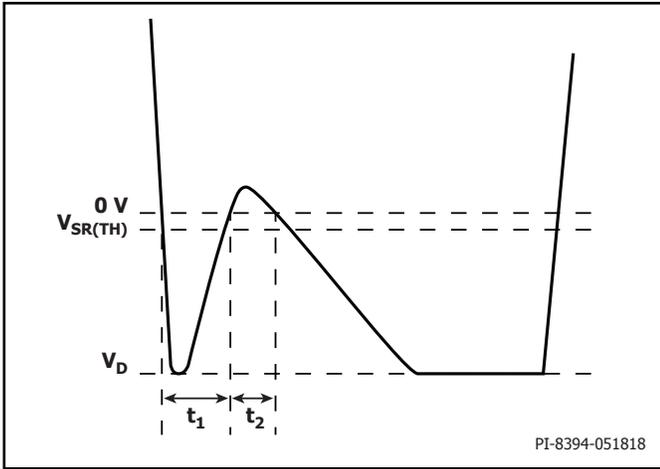


圖 13. 在返馳週期內，與本體二極體導通交握後的無法接受的順向接腳波形附註：
如果 $t_1 + t_2 = 1.5 \mu\text{s} \pm 50 \text{ ns}$ ，控制器可能無法交握和觸發一次側偏壓繞組 OVP 鎖閉。

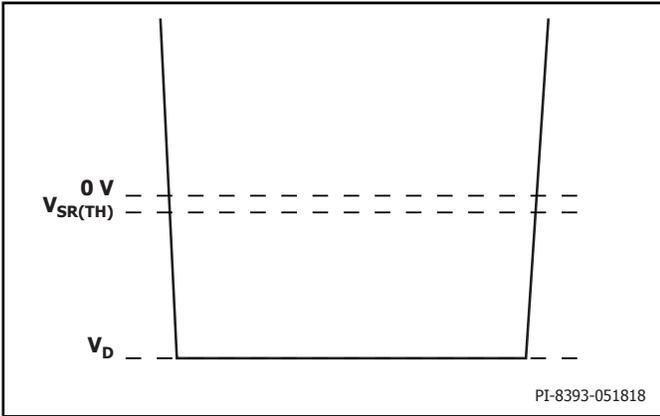


圖 14. 在返馳週期內，與本體二極體導通交握後的可以接受的順向接腳波形

SR MOSFET 運作與選擇

雖然簡單的二極體整流器和濾波器適用於輸出，但使用 SR FET 可將運作效率大幅提升到符合歐盟行為準則 (CoC) 與美國能源部效率要求。一旦返馳週期開始，二次側控制器就會立即開啟 SR FET。SR FET 閘極應直接連接至 InnoSwitch3-CE IC 的同步整流器驅動接腳，且在 SR FET 的閘極電路中不應連接其他電阻器。一旦 SR FET 的 V_{DS} 達到 0 V，就會立即關閉 SR FET。

具有 $18 \text{ m}\Omega R_{DS(ON)}$ 的 FET 適用於 5 V、2 A 輸出，而具有 $8 \text{ m}\Omega R_{DS(ON)}$ 的 FET 則適用於額定值 12 V、3 A 輸出的設計。SR FET 驅動器採用二次側 BYPASS 接腳來做為其電源軌，而此電壓通常是 4.4 V，因此具有太高臨界值電壓的 FET 並不適用；雖然可能採用臨界值電壓 (絕對最大值) 高達 4 V 的 MOSFET，但具有 1.5 V 到 2.5 V 低臨界值電壓的 FET 才是理想之選，前提是其產品規格型錄針對 4.5 V 的閘極電壓指定各種溫度下的 $R_{DS(ON)}$ 。

返馳週期開始與 SR FET 關閉之間有短暫延遲。在這段延遲時間裡，SR FET 的本體二極體會導通。如果選用外部並聯蕭特基二極體，此電流大部分會流經蕭特基二極體。一旦 InnoSwitch3-CE IC 偵測到返馳週期結束，SR FET $R_{DS(ON)}$ 上的電壓會達到 0 V，而返馳週期的任何剩餘部分會利用整流到 SR FET 的主體二極體或外部並聯蕭特基二極體的電流來完成。使用與 SR FET 並聯的蕭特基二極體，可提供更高效率，且通常一個 1 A 表面接合蕭特基二極體就足夠。但是，增益並不高。對 5 V、2 A 的設計而言，外部二極體在 85 VAC 條件下的滿載效率增加約 0.1%，在 230 VAC 下增加約 0.2%。

根據變壓器所用的圈數比而定，蕭特基二極體和 SR FET 的電壓額定值應至少為預期反向峰值電壓 (PIV) 的 1.4 倍。額定電壓為 60 V 的 FET 和二極體適用於使用 V_{OR} 小於 60 V 的大多數 5 V 設計，而額定電壓為 100 V 的 FET 和二極體則適用於 12 V 設計。

輸出繞組與 SR FET 電容 (C_{OSS}) 之間的相用作用，會導致因為一次側 MOSFET 開啟而使繞組上電壓反轉的情況下，電壓波形發生振盪。可選用連接到 SR FET 的 RC 突波吸收器來抑制此振盪。可使用 10Ω 到 47Ω 範圍的突波吸收電阻器，但太高的電阻值會大幅降低效率。對大多數設計而言， 1 nF 到 2.2 nF 的電容值即已足夠。

輸出電容器

低 ESR 鋁電解電容器適合與大多數高頻率返馳切換式電源供應器搭配使用，但普遍使用的是鋁聚合物固體電容器，因為後者具有尺寸小巧、溫度穩定、極低 ESR 和高 RMS 漣波電流額定值等特性。這些電容器適合用於超小型充電器和轉換器的設計。

通常，每安培輸出電流 $200 \mu\text{F}$ 到 $300 \mu\text{F}$ 的鋁聚合物電容即已足夠。另一個影響電容選擇的因素是輸出漣波。請確保所使用之電壓額定值高於最大輸出電壓的電容器具有足夠的餘裕。

輸出電壓回授電路

輸出電壓回授接腳電壓是 $1.265 \text{ V } [V_{FB}]$ 。分壓網路應連接於電源供應器的輸出來分流輸出電壓，如此，當輸出電壓處於其所需的電壓時，回授接腳上的電壓就會是 1.265 V 。下方回授分壓電阻器應連接至二次側接地接腳。 300 pF 或更小的去耦合電容器應在 InnoSwitch3-CE IC 的回授接腳連接至二次側接地接腳。此電容器應放置在接近 InnoSwitch3-CE IC 的位置。

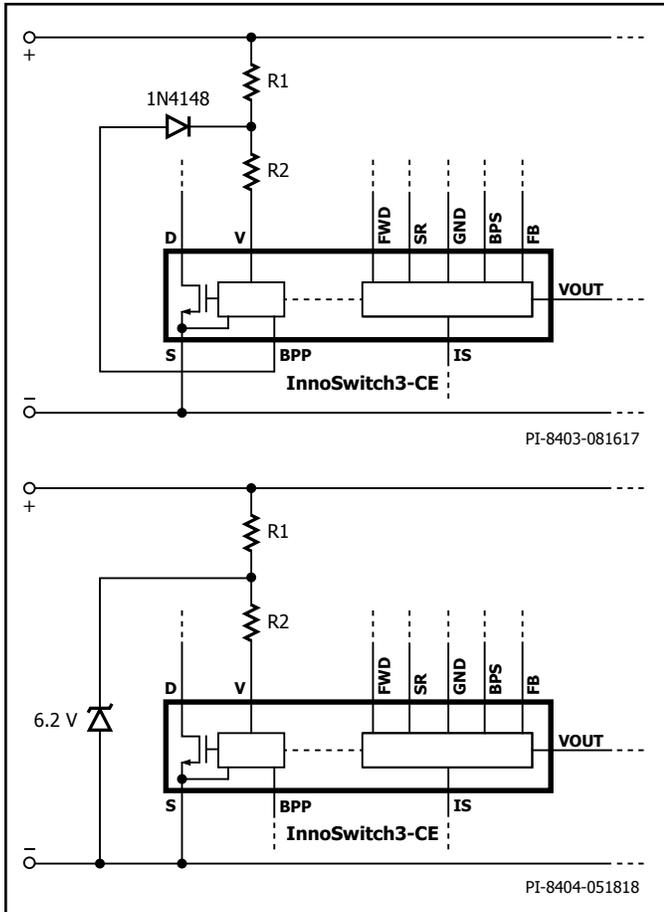


圖 15. (頂部) 僅線電壓過壓；(底部) 僅線電壓欠壓

電路板佈局的建議

請參閱圖 17，以取得建議用於採用 InnoSwitch3-CE 之電源供應器的電路板佈局。

單點接地

從輸入濾波電容器到連接至源極接腳的銅質區域，使用單點接地連接。

旁路電容器

一次側 BYPASS 接腳和二次側 BYPASS 接腳電容器的位置必須各自緊鄰一次側 BYPASS-源極接腳和二次側 BYPASS-二次側接地接腳，且這些電容器必須以短 Trace 佈線連接。

一次側迴路面積

連接輸入濾波電容器、變壓器一次側及 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。若要降低 EMI，應盡量縮短從箝位元件至變壓器和 IC 之間的迴路。

散熱考量

源極接腳自內部連接到 IC 導線架，並提供從裝置中去除熱能的主路徑。因此，源極接腳應連接至 IC 下的銅箔，以不僅作為單點接地，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，以便很好地散熱但不影響 EMI 效能。輸出 SR MOSFET 也是如此，封裝上連接至接腳的 PCB 面積應儘可能大，SR MOSFET 就能達到良好的散熱效果。

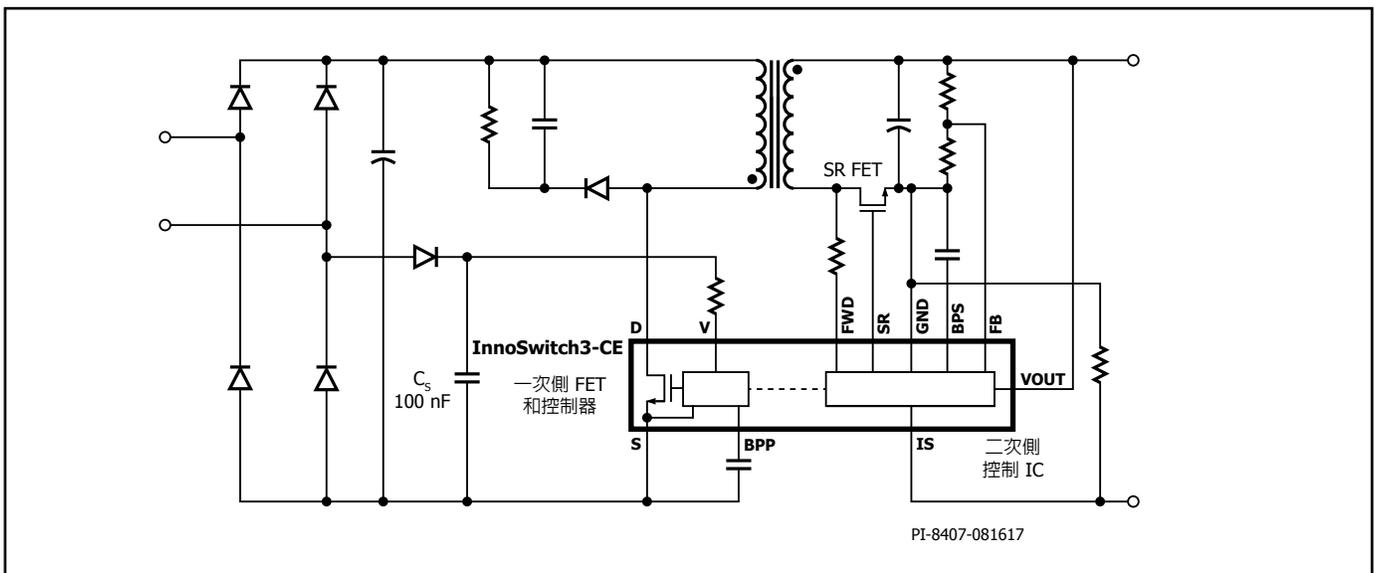


圖 16. 快速 AC 重設配置

電路板上應有足夠大的銅箔，以便將 IC 溫度安全地保持在絕對最大限值以下。建議為焊接 IC 之源極接腳所在的銅板提供足夠大的銅箔，以便在電源供應器以滿載額定值及最低額定輸入 AC 供應電壓運作時，將 IC 溫度保持在 85 °C 以下。

Y 電容器

Y 電容器應該直接置於一次側輸入濾波電容器正端與變壓器二次側的輸出正端或迴線端之間。這會將高振幅共模突波電流引離 IC。附註 – 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的負端之間。

輸出 SR MOSFET

為獲得最佳效能，連接二次側繞組、輸出 SR MOSFET 與輸出濾波電容器的迴路面積應該盡可能縮小。

ESD

在一次側電路與二次側電路之間應留有足夠間隔 (8 公釐以上)，以利符合任何 ESD/Hi-Pot 要求。

火花間隙的最佳位置是直接放置在輸出正導軌與其中一個 AC 輸入的中間。在這個配置中，通常 6.4 mm 的火花間隙就足以符合許多適用之安全標準的安規距離與間隔要求。這個距離小於一次側與二次側的間距，因為火花間隙上的電壓不會超過 AC 輸入的峰值。

汲極節點

汲極切換節點是主要的雜訊產生器。因此，連接到汲極節點的元件應置於接近 IC 但遠離敏感回授電路的位置。箝位電路元件的位置應盡可能遠離一次側 BYPASS 接腳，而 Trace 長度應盡可能短。

由輸入整流濾波電容器、一次側繞組及 IC 一次側 MOSFET 構成之迴路的迴路面積應盡可能小。

佈局範例

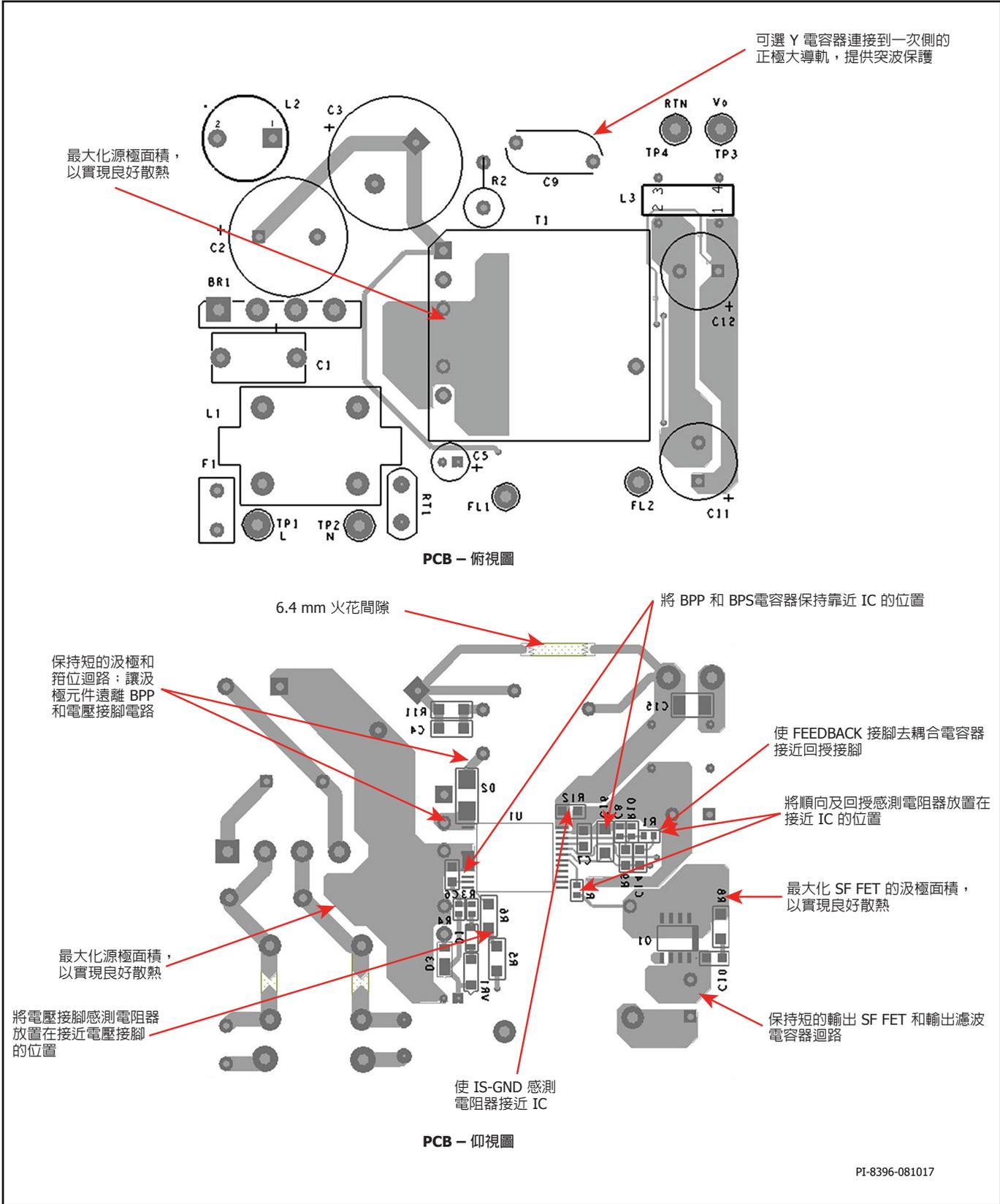


圖 17. PCB

降低 EMI 的建議

- 適當放置元件，以及盡可能縮小一次側與二次側電源電路的迴路面積，有助於將輻射性和傳導性 EMI 降到最低。應注意使迴路面積盡可能小。
- 與一次側上的箝位二極體並聯的小尺寸電容器，有助於降低輻射性 EMI。
- 與偏壓繞組串聯的電阻器，有助於降低輻射性 EMI。
- 電源供應器的輸入通常需要使用共模扼流圈來大幅減弱共模雜訊。但是，在變壓器上使用遮蔽繞組也可達到相同效能。遮蔽繞組也可用於和位於輸入的共模濾波電感器搭配使用，以改善傳導性與輻射性 EMI 餘裕的目的。
- 調整 SR MOSFET RC 突波吸收器元件值可協助降低高頻輻射性與傳導性 EMI。
- 由差模電感器和電容器構成的 pi 形濾波器，可用於在輸入整流器電路中減少低頻率差模 EMI。
- 連接到電源供應器的輸出的 1 μ F 陶瓷電容器有助於降低輻射性 EMI。

變壓器設計的建議

變壓器設計必須確保電源供應器可在最低輸入電壓條件下供應額定功率。整流 DC 匯流排的最低電壓取決於所使用之濾波電容器的電容。建議至少 2 μ F/W，即可讓 DC 匯流排電壓始終保持在 70 V 以上，但 3 μ F/W 可提供足夠餘裕。應測量 DC 匯流排的漣波，以確認設計對於變壓器一次側繞組電感選擇的計算。

切換頻率 (f_{sw})

InnoSwitch3-CE 的一個獨有功能，對於滿載，設計人員可將切換頻率設為介於 25 kHz 到 95 kHz 之間。為實現最低溫度，切換頻率應設為約 60 kHz。對於較小的變壓器，滿載切換頻率必須設為 95 kHz。設定滿載切換頻率時，請務必考量一次側電感和峰值電流公差，以確保平均切換頻率不會超過 110 kHz (可能會因過載保護而觸發自動重新啟動)。下表提供了根據裝置尺寸選擇頻率的指南。這表示根據整合式高電壓 MOSFET 的尺寸，整體裝置損失 (導通損失與切換損失) 之間的最佳折衷方案。

INN3162C 和 INN3163C	85-90 kHz
INN3164C 和 INN3165C	80 kHz
INN3166C	75 kHz
INN3167C	70 kHz
INN3168C	65 kHz

輸出反射電壓, V_{OR} (V)

此參數說明在二極體/SR 導通期間對二次側繞組電壓的一次側 MOSFET 汲極電壓的效應，透過變壓器的圈數比反映回一次側。為充分利用 QR 功能並確保線電壓/負載的最平穩效率，請將輸出反射電壓 (V_{OR}) 設定為在通用輸入的最小輸入電壓下維持 $K_p = 0.8$ ，並且在僅高壓條件下維持 $K_p = 1$ 。

為了最佳化設計，請考慮以下事項：

- 較高的 V_{OR} 允許 V_{MIN} 提高功率傳輸，這會將輸入電容器的值降至最小，並將特定 InnoSwitch3-CE 裝置的功率傳輸升至最高。
- 較高的 V_{OR} 可降低輸出二極體和 SR MOSFET 的電壓壓力。
- 較高的 V_{OR} 會增加漏電感，並會降低電源供應器的效率。
- 較高的 V_{OR} 會增加二次側的峰值與 RMS 電流，可能會增加二次側銅與二極體損失。

以下是一些例外情況。對於極高的輸出電流，應降低 V_{OR} 以達成最高效率。若輸出電壓高於 15 V， V_{OR} 應該更高才能在整個輸出同步整流器上維持可接受的 PIV。

波與峰值電流比, K_p

K_p 小於 1 時，表示連續導通模式，其中 K_p 是漣波電流與峰值一次側電流之比 (圖 18)。

$$K_p \equiv K_{RP} = I_R / I_p$$

K_p 值大於 1 時，表示不連續導通模式。在此情況下， K_p 是一次側 MOSFET 關閉時間與二次側二極體導通時間之比。

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

在最小預期 DC 匯流排電壓 (大多數 InnoSwitch3-CE 設計應採用) 條件下，建議 K_p 接近 0.9。 K_p 值小於 1 時，會透過降低一次側有效值電流 (RMS) 來提高變壓器效率，但一次側 MOSFET 切換損失會升高，進而導致 InnoSwitch3-CE 溫度上升。 K_p 的進一步下降，導致準諧振切換的優勢開始減弱。

對於需要廣泛輸出電壓範圍的典型 USB 效率傳輸和快速充電設計， K_p 將會隨著輸出電壓變化而顯著變更。在高輸出電壓條件下的 K_p 較高，並且會隨著輸出電壓的降低而下降。PIXIs 試算表可用於高效地最佳化 K_p 選擇、一次側繞組電感、變壓器圈數比和操作頻率，並同時確保適當的設計餘裕。

鐵芯類型

合適鐵芯的選擇條件，取決於電源供應器外殼的實際限制。建議僅選用低損失的鐵芯，來降低散熱挑戰。

安全餘裕, M (mm)

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，則線軸每邊使用的安全餘裕寬度十分重要。通用電壓輸入設計通常需要共計 6.2 mm 的餘裕 - 繞組的每側需要 3.1 mm。若是垂直線軸，擋牆可能不對稱。但是，如果需要共計 6.2 mm 的餘裕，則實際餘裕將僅放置在線軸的一側。對於使用三層絕緣線的設計，可能仍需要新增小的餘裕值，以滿足所需的安規距離。有很多適用每種鐵芯大小的線軸存在，每個都有不同的機械間距。請參照線軸產品規格型錄或尋求指引，以決定所需的特定餘裕。由於餘裕減小繞組的可用面積，小型鐵芯的繞組面積將不成比例地減小。

對於採用 InnoSwitch3-CE IC 的小尺寸電源供應器設計，建議使用三層絕緣線。

一次側層數, L

一次側層數的範圍需為 $1 \leq L \leq 3$ ，一般而言，應為符合一次側電流密度限制 (CMA) 的最低數目。 ≥ 200 Cmil/Amp 的值可做為大多數設計的起點。由於散熱限制，可能需要更高的值。3 層以上的設計雖可行，但必須考量增加的漏電感，以及繞組實際上是否適合。分割一次側構造可能對漏電感太高造成箱位消耗的設計有幫助。在分割一次側構造的三層式安排中，半數的一次側繞組置於二次側 (與偏壓) 繞組的任一側。這種安排通常不利於低功率設計，因為這通常會增加共模雜訊，導致輸入濾波成本的增加。

最大工作磁通密度, B_M (高斯)

在啟動與輸出短路狀況下，建議在峰值裝置限電流 (頻率為 132 kHz) 下使用最高 3800 高斯的值，以限制峰值磁通密度。在這些狀況下，輸出電壓很低，且在 MOSFET 關閉時會引起變壓器重設。這會讓變壓器磁通密度累積到超過正常工作水平。在所選裝置的峰值限電流下採用 3800 高斯，搭配內建 InnoSwitch3-CE IC 保護功能，可提供足夠的餘裕，在啟動或輸出短路條件下避免鐵芯飽和。

變壓器一次側電感, (LP)

一旦確定最低工作輸入電壓、滿載條件下的切換頻率及所需的 VOR，即可計算變壓器的一次側電感。PIXIs 設計試算表可用於協助設計變壓器。

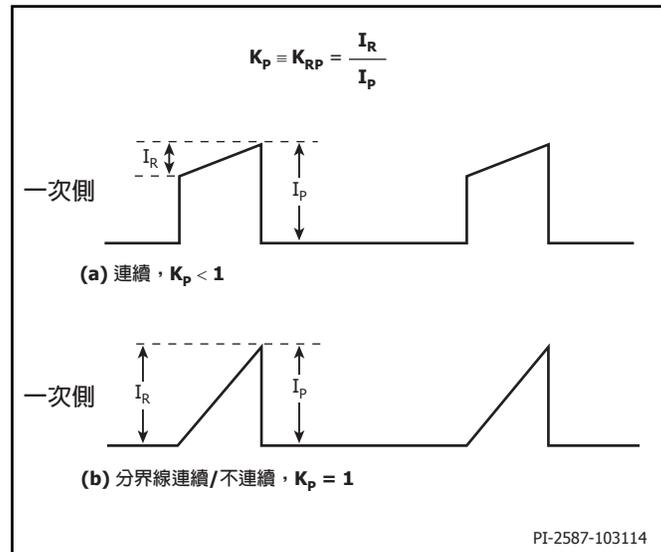


圖 18. 連續導通模式電流波形, $K_p < 1$

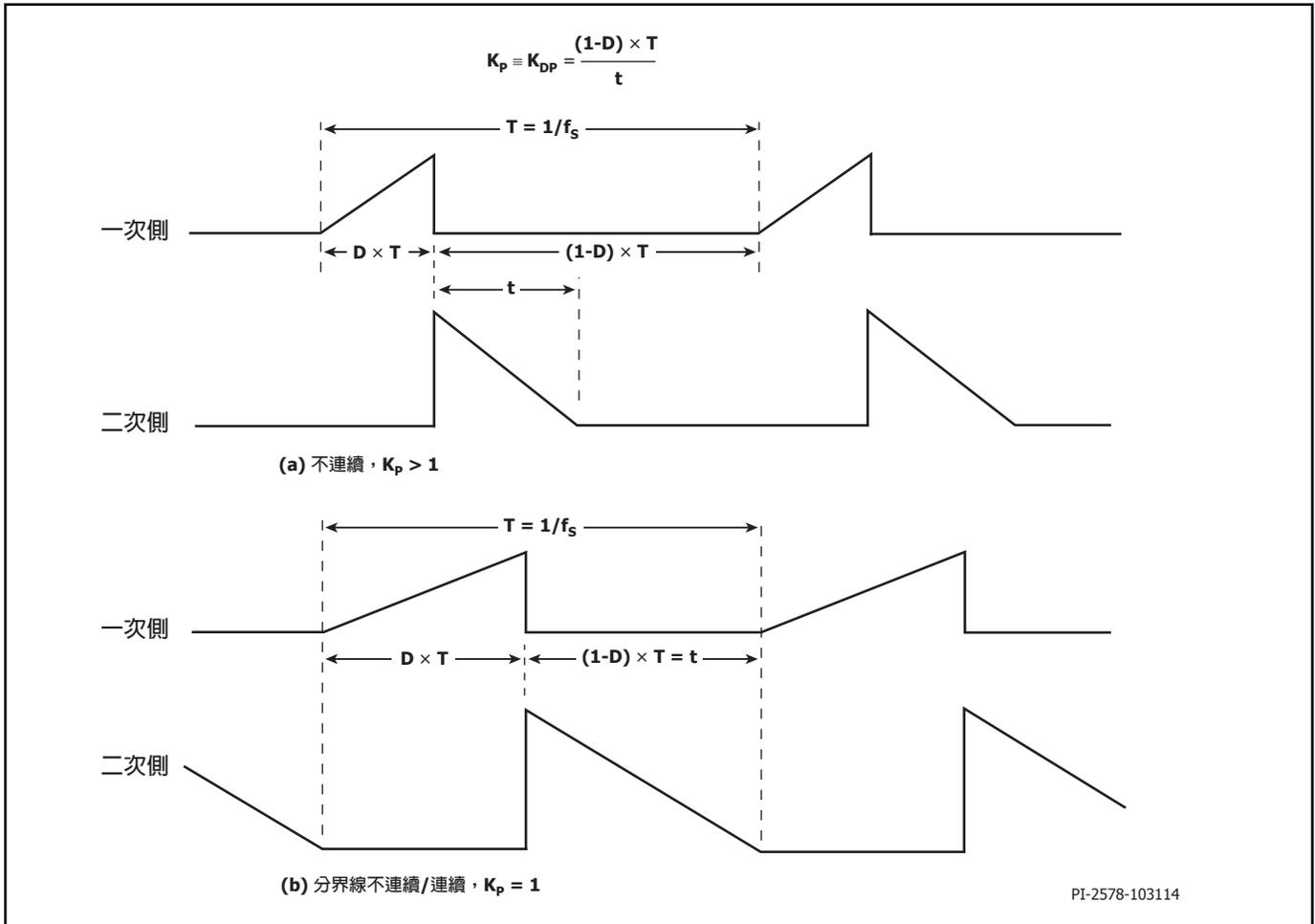


圖 19. 不連續導通模式電流波形, $K_p > 1$

快速設計檢查清單

與所有電源供應器相同，所有 InnoSwitch3-CE 設計的操作都應該進行實際驗證，以確保在最差條件下不會超出元件限制。

做為最低要求，強烈建議進行下列測試：

1. 最大汲極電壓 – 確認在正常運作下和啟動期間的最高輸入電壓和峰值 (過載) 輸出功率條件下，InnoSwitch3-CE 和 SR FET 的 V_{DS} 不會超過崩潰電壓的 90%。
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，檢閱汲極電流波形，查看是否有任何變壓器飽和徵兆或啟動時是否出現過高的上升邊緣電流突波。在穩態條件下重複測試，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，一次側 MOSFET 的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、最小輸入電壓和最大環境溫度下，確認未超出 InnoSwitch3-CE IC、變壓器、輸出 SR FET 和輸出電容器的溫度規格限制。InnoSwitch3-CE IC 不同零件的 $R_{DS(ON)}$ 有所差異，因此應留有足夠的散熱餘裕。考慮到這些差異，在低線間電壓和最大功率條件下，建議 InnoSwitch3-CE 源極接腳最高溫度為 110 °C。

絕對最大額定值^{1,2}

汲極接腳電壓	.....-0.3 V 至 650 V
汲極接腳峰值電流	INN3162C..... 880 mA (1.65 A) ³
	INN3163C..... 1.04 A (1.95 A) ³
	INN3164C..... 1.52 A (2.85 A) ³
	INN3165C..... 1.84 A (3.45 A) ³
	INN3166C..... 2.32 A (4.35 A) ³
	INN3167C..... 2.64 A (4.95 A) ³
	INN3168C..... 2.96 A (5.55 A) ³
BPP/BPS 接腳電壓	..... -0.3 至 6 V
BPP/BPS 電流	..... 100 mA
FWD 接腳電壓	.....-1.5 V 至 150 V
FB 接腳電壓	..... -0.3 V 至 6 V
SR 接腳電壓	..... -0.3 V 至 6 V
VOUT 接腳電壓	.....-0.3 V 至 27 V
V 接腳電壓	.....-0.3 V 至 650 V
儲存溫度	..... -65 至 150 °C
工作接面溫度 ⁴	..... -40 至 150 °C
環境溫度	..... -40 至 105 °C
焊接溫度 ⁵	..... 260 °C

附註：

1. 所有電壓均參考源極和二次側接地， $T_A = 25\text{ °C}$ 。
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。
3. 當汲極電壓同時低於 400 V 時，允許使用較高的峰值汲極電流。
4. 通常由內部電路限制。
5. 1/16"。焊接時間為 5 秒。

熱阻

熱阻：

(θ_{JA})	76 °C/W ¹ , 65 °C/W ²
(θ_{JC})	8 °C/W ³

附註：

1. 焊接至 0.36 sq. inch (232 mm²)、2 oz. (610 g/m²) 銅箔。
2. 焊接至 1 sq. inch (645 mm²)、2 oz. (610 g/m²) 銅箔。
3. 殼體溫度在封裝頂部測得。

參數	條件	額定值	單位
UL1577 的額定值			
一次側電流額定值	從接腳 (16-19) 到接腳 24 的電流	1.5	A
一次側功率額定值	$T_{AMB} = 25\text{ °C}$ (裝置接合於插槽中，導致 $T_{CASE} = 120\text{ °C}$)	1.35	W
二次側功率額定值	$T_{AMB} = 25\text{ °C}$ (裝置接合於插槽中)	0.125	W

參數	條件	額定值	單位
封裝特性			
間隔		12.1	mm (typ)
安規距離		11.7	mm (typ)
絕緣穿透距離 (DTI)		0.4	mm (min)
暫態絕緣電壓		6	kV (min)
比較追蹤指數 (CTI)		600	-

參數	符號	條件		最小值	典型值	最大值	單位	
		源極 = 0 V $T_J = -40\text{ °C}$ 至 125 °C (除非另有指定)						
控制功能								
啟動切換頻率	f_{SW}	$T_J = 25\text{ °C}$		23	25	27	kHz	
抖動調變頻率	f_M	$T_J = 25\text{ °C}$ $f_{SW} = 100\text{ kHz}$		0.80	1.25	1.70	kHz	
最大導通時間	$t_{ON(MAX)}$	$T_J = 25\text{ °C}$		12.4	14.6	16.9	μs	
最小一次側回授阻擋計時器	t_{BLOCK}					$t_{OFF(MIN)}$	μs	
BPP 供應器電流	I_{S1}	$V_{BPP} = V_{BPP} + 0.1\text{ V}$ (MOSFET 未切換) $T_J = 25\text{ °C}$		145	200	425	μA	
		I_{S2}	$V_{BPP} = V_{BPP} + 0.1\text{ V}$ (MOSFET 於 132 kHz 切換) $T_J = 25\text{ °C}$		INN3162C	0.29	0.39	0.58	mA
	INN3163C		0.32	0.43	0.61			
	INN3164C		0.38	0.50	0.69			
	INN3165C		0.49	0.65	1.03			
	INN3166C		0.64	0.86	1.21			
	INN3167C		0.77	1.03	1.38			
	BPP 接腳充電電流	I_{CH1}	$V_{BP} = 0\text{ V}$, $T_J = 25\text{ °C}$		-1.75	-1.35	-0.88	mA
I_{CH2}		$V_{BP} = 4\text{ V}$, $T_J = 25\text{ °C}$		-5.98	-4.65	-3.32		
BPP 接腳電壓	V_{BPP}			4.65	4.9	5.15	V	
BPP 接腳電壓磁滯	$V_{BPP(H)}$	$T_J = 25\text{ °C}$		0.22	0.39	0.55	V	
BPP 分流電壓	V_{SHUNT}	$I_{BPP} = 2\text{ mA}$		5.15	5.36	5.65	V	
BPP 開機重設臨界值電壓	$V_{BPP(RESET)}$	$T_J = 25\text{ °C}$		2.8	3.15	3.5	V	
UV/OV 接腳電壓啟動臨界值	I_{UV+}	$T_J = 25\text{ °C}$		23.95	26.06	28.18	μA	
UV/OV 接腳電壓關閉臨界值	I_{UV-}	$T_J = 25\text{ °C}$		21.96	23.72	25.47	μA	
電壓關閉延遲時間	t_{UV-}	$T_J = 25\text{ °C}$ 請參閱功能代碼附錄					ms	
UV/OV 接腳線電壓過壓臨界值	I_{OV+}	$T_J = 25\text{ °C}$		106	115	118	μA	
UV/OV 接腳線電壓過壓磁滯	$I_{OV(H)}$	$T_J = 25\text{ °C}$		6	7	8	μA	

參數	符號	條件 源極 = 0 V $T_J = -40\text{ }^\circ\text{C}$ 至 $125\text{ }^\circ\text{C}$ (除非另有指定)		最小值	典型值	最大值	單位
線電壓故障保護							
VOLTAGE 接腳線電壓過壓 抗擾動濾波器	t_{OV+}	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 請參閱附註 B			3		μs
VOLTAGE 接腳電壓額定值	V_V	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 請參閱附註 B		650			V
電路保護							
標準限電流 (BPP) 電容器 = $0.47\text{ }\mu\text{F}$ 請參閱附註 C	I_{LIMIT}	di/dt = $137.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3162C	418	450	482	mA
		di/dt = $162.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3163C	511	550	589	
		di/dt = $187.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3164C	697	750	803	
		di/dt = $212.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3165C	883	950	1017	
		di/dt = $237.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3166C	1162	1250	1338	
		di/dt = $300\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3167C	1348	1450	1552	
		di/dt = $375\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3168C	1534	1650	1766	
提高的限電流 (BPP) 電容器 = $4.7\text{ }\mu\text{F}$ 請參閱附註 C	$I_{LIMIT+1}$	di/dt = $137.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3162C	500	550	600	mA
		di/dt = $162.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3163C	591	650	709	
		di/dt = $187.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3164C	864	950	1036	
		di/dt = $212.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3165C	1046	1150	1254	
		di/dt = $237.5\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3166C	1319	1450	1581	
		di/dt = $300\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3167C	1501	1650	1799	
		di/dt = $375\text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	INN3168C	1683	1850	2017	
過載偵測頻率	f_{OVL}	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		102	110	118	kHz

參數	符號	條件		最小值	典型值	最大值	單位
		源極 = 0 V $T_j = -40\text{ °C}$ 至 125 °C (除非另有指定)					
電路保護 (續)							
BYPASS 接腳鎖定關機臨界值電流	I_{SD}	$T_j = 25\text{ °C}$		6.0	8.9	11.3	mA
自動重新啟動導通時間	t_{AR}	$T_j = 25\text{ °C}$		75	82	89	ms
自動重新啟動觸發跳離時間	$t_{AR(SK)}$	$T_j = 25\text{ °C}$ 請參閱附註 A			1.3		sec
自動重新啟動截止時間	$t_{AR(OFF)}$	$T_j = 25\text{ °C}$		1.70		2.11	sec
短暫的自動重新啟動截止時間	$t_{AR(OFF)SH}$	$T_j = 25\text{ °C}$		0.17	0.20	0.23	sec
輸出							
開啟狀態電阻	$R_{DS(ON)}$	INN3162C $I_D = I_{LIMIT+1}$	$T_j = 25\text{ °C}$		6.50	7.48	Ω
			$T_j = 100\text{ °C}$		10.08	11.60	
		INN3163C $I_D = I_{LIMIT+1}$	$T_j = 25\text{ °C}$		4.90	5.64	
			$T_j = 100\text{ °C}$		7.60	8.74	
		INN3164C $I_D = I_{LIMIT+1}$	$T_j = 25\text{ °C}$		3.20	3.68	
			$T_j = 100\text{ °C}$		4.96	5.70	
		INN3165C $I_D = I_{LIMIT+1}$	$T_j = 25\text{ °C}$		1.95	2.24	
			$T_j = 100\text{ °C}$		3.02	3.47	
		INN3166C $I_D = I_{LIMIT+1}$	$T_j = 25\text{ °C}$		1.30	1.50	
			$T_j = 100\text{ °C}$		2.02	2.53	
		INN3167C $I_D = I_{LIMIT+1}$	$T_j = 25\text{ °C}$		1.02	1.17	
			$T_j = 100\text{ °C}$		1.58	1.82	
		INN3168C $I_D = I_{LIMIT+1}$	$T_j = 25\text{ °C}$		0.86	0.99	
			$T_j = 100\text{ °C}$		1.34	1.54	

參數	符號	條件 源極 = 0 V $T_j = -40\text{ °C}$ 至 125 °C (除非另有指定)	最小值	典型值	最大值	單位
輸出 (續)						
關閉狀態汲極漏電流	I_{DSS1}	$V_{BPP} = V_{BPP} + 0.1\text{ V}$ $V_{DS} = 150\text{ V}$ $T_j = 25\text{ °C}$		15		μA
	I_{DSS2}	$V_{BPP} = V_{BPP} + 0.1\text{ V}$ $V_{DS} = 325\text{ V}$ $T_j = 25\text{ °C}$			200	μA
崩潰電壓	BV_{DSS}	$V_{BPP} = V_{BPP} + 0.1\text{ V}$ $T_j = 25\text{ °C}$	650			V
汲極供應電壓			50			V
過溫保護	T_{SD}	請參閱附註 A	135	142	150	$^{\circ}\text{C}$
過溫保護磁滯	$T_{SD(H)}$	請參閱附註 A		70		$^{\circ}\text{C}$
二次側						
回授接腳電壓	V_{FB}	$T_j = 25\text{ °C}$	1.250	1.265	1.280	V
最大切換頻率	f_{SREQ}	$T_j = 25\text{ °C}$	118	132	145	kHz
輸出電壓接腳自動重新啟動 臨界值	$V_{FB(AR)}$ $V_{VO(AR)}$	請參閱功能代碼附錄				
輸出電壓接腳自動重新啟動 計時器	$t_{FB(AR)}$ $t_{VO(AR)}$ $t_{IS(AR)}$	$T_j = 25\text{ °C}$		49.5		ms
電流感測接腳自動重新啟動 計時器	$V_{IS(AR)}$	請參閱附註 B			$I_{SV(TH)}$	
無負載時的 BPS 接腳電流	I_{SNL}	$T_j = 25\text{ °C}$		325	485	μA
BPS 接腳電壓	V_{BPS}		4.20	4.40	4.60	V
BPS 接腳欠壓臨界值	$V_{BPS(UVLO)(TH)}$		3.60	3.80	4.00	V
BPS 接腳欠壓磁滯	$V_{BPS(UVLO)(H)}$	$T_j = 25\text{ °C}$		0.65		V
限電流電壓臨界值	$I_{SV(TH)}$	由外部電阻器設定 $T_j = 10\text{ °C}$ 至 125 °C	33.94	35.90	37.74	mV
FWD 接腳電壓	V_{FWD}		150			V
最小截止時間	$t_{OFF(MIN)}$		2.48	3.38	4.37	μs
緩啟動頻率上升時間	$t_{SS(RAMP)}$	$T_j = 25\text{ °C}$	7.5	11.8	16.0	ms
續線壓降補償	ϕ_{CD}	請參閱功能代碼附錄				mV

參數	符號	條件		最小值	典型值	最大值	單位
		源極 = 0 V $T_j = -40\text{ }^\circ\text{C}$ 至 $125\text{ }^\circ\text{C}$ (除非另有指定)					
二次側 (續)							
BPS 接腳鎖定指令關機臨界值電流	$I_{BPS(SD)}$			5.2	8.9		mA
回授接腳短路	$V_{FB(OFF)}$		$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		112	135	mV
同步整流器 @ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$							
SR 接腳驅動電壓	V_{SR}				4.4		V
SR 接腳電壓臨界值	$V_{SR(TH)}$				0		mV
SR 接腳上拉電流	$I_{SR(PU)}$		$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $C_{LOAD} = 2\text{ nF}$, $f_{SW} = 100\text{ kHz}$	135	165	195	mA
SR 接腳下拉電流	$I_{SR(PD)}$		$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $C_{LOAD} = 2\text{ nF}$, $f_{SW} = 100\text{ kHz}$	87	97	107	mA
上升時間	t_r	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $C_{LOAD} = 2\text{ nF}$	0-100%		71		ns
			10-90%		40		
下降時間	t_f	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $C_{LOAD} = 2\text{ nF}$	0-100%		32		ns
			10-90%		15		
輸出上拉電阻	R_{PU}		$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $V_{BPS} = 4.4\text{ V}$ $I_{SR} = 10\text{ mA}$	7.2	8.3	9.4	Ω
輸出下拉電阻	R_{PD}		$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $V_{BPS} = 4.4\text{ V}$ $I_{SR} = 10\text{ mA}$	10.8	12.1	13.4	Ω

附註：

- A. 此參數源自特性。
- B. 此參數由設計提供保證。
- C. 為確保限電流正確，建議使用標準 0.47 μF /4.7 μF 電容器。此外，在目標應用的環境溫度內，BPP 電容器值公差應等於或優於以下所示。最小與最大電容器值由特性保證。

標準 BPP 接腳電容器值	相對於標準電容器值的公差	
	最小	最大
0.47 μF	-60%	+100%
4.7 μF	-50%	N/A

典型效能曲線

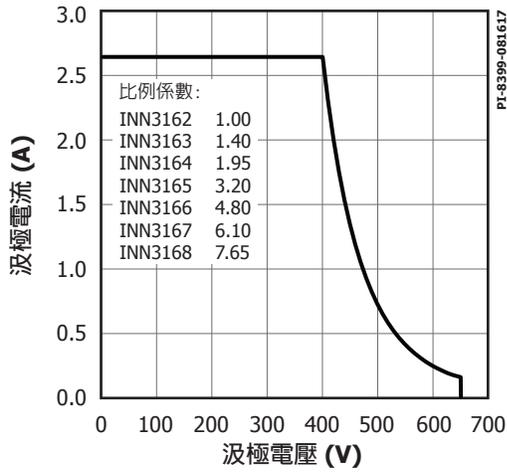


圖 20. 最大允許的汲極電流與汲極電壓關係圖

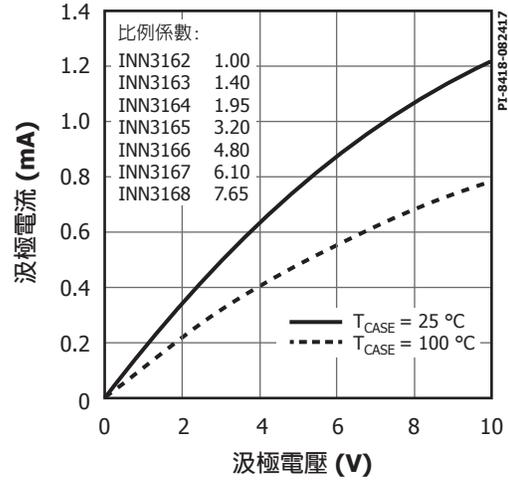


圖 21. 輸出特性

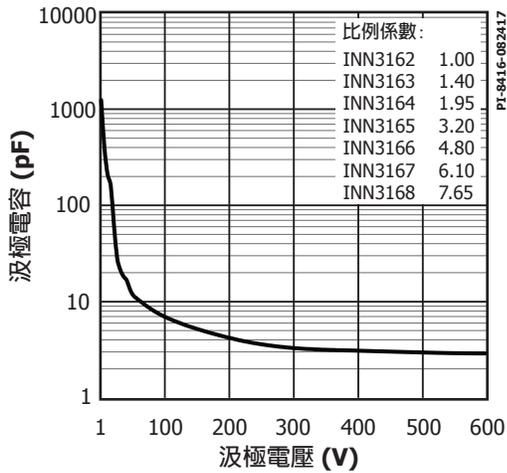


圖 22. C_{oss} 與汲極電壓關係圖

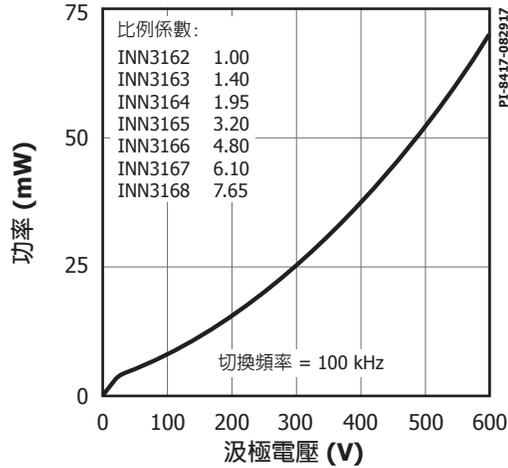


圖 23. 汲極電容功率

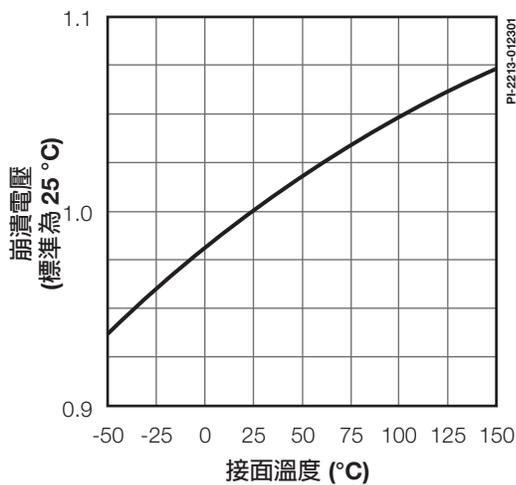


圖 24. 崩潰電壓與溫度關係圖

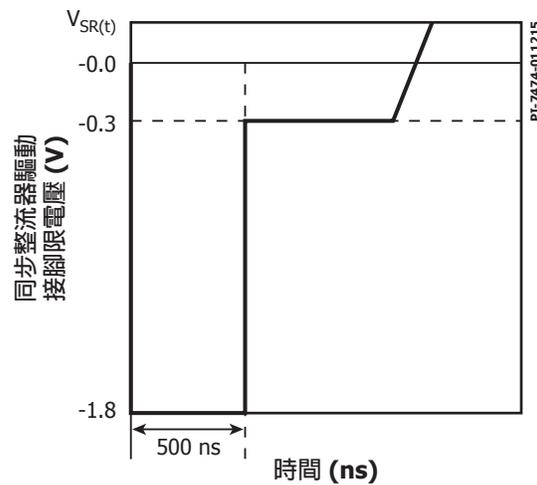


圖 25. 同步整流器驅動接腳負電壓

典型效能曲線 (續)

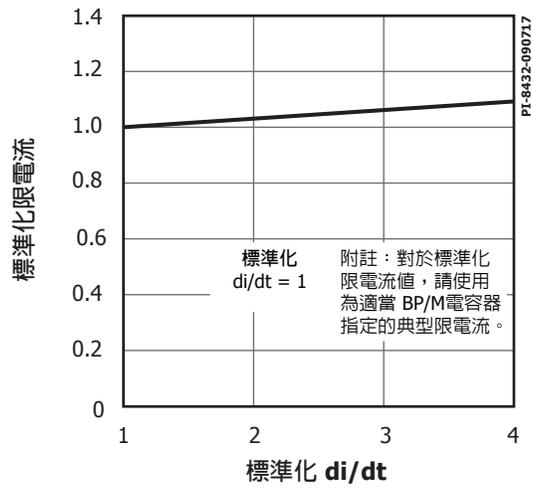
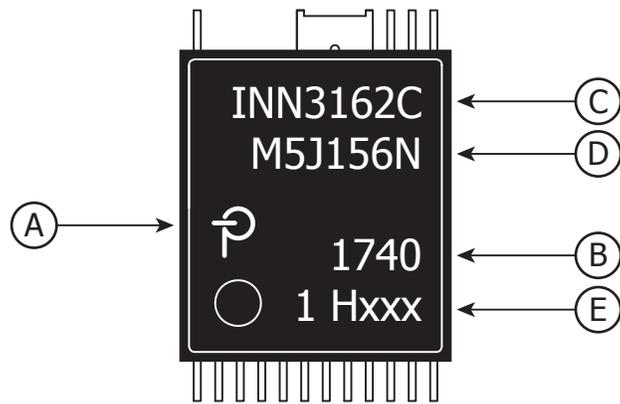


圖 26. 標準限電流與 di/dt 關係圖

封裝標記

InSOP-24D



- A. Power Integrations 註冊商標
- B. 裝配日期代碼 (前兩位數為年份的後兩個數字，後兩位數為工作週)
- C. 產品識別 (零件編號/封裝類型)
- D. 批次 ID 編碼
- E. 測試子插槽和功能代碼

PI-8725-050418

零件訂購表^{1,2}

功能代碼	CDC	AR 臨界值	OTP 回應	AR 和 OVL 回應	輸出配置	V _{OUT} OVP	二次側故障 回應
H101	0 mV	63%	磁滯	AR	固定的定電流 (CC)	120%	AR
H102	300 mV	63%	磁滯	AR	固定的定電流 (CC)	120%	AR
H103	250 mV	63%	磁滯	AR	固定的定電流 (CC)	120%	AR
H104	270 mV	63%	磁滯	AR	固定的定電流 (CC)	120%	AR
H105	240 mV	63%	磁滯	AR	固定的定電流 (CC)	120%	AR
H107	380 mV	OL	鎖閉	鎖閉	固定的定電流 (CC)	120%	鎖閉
H109	0 mV	3.45 V	磁滯	AR	固定的定電流 (CC)	120%	AR
H110	380 mV	OL	鎖閉	AR	固定的定電流 (CC)	120%	鎖閉

零件	常見功能代碼							
	H101	H102	H103	H104	H105	H107	H109	H110
INN3162C-H1XX	✓	✓						
INN3163C-H1XX	✓	✓						
INN3164C-H1XX	✓	✓				✓		
INN3165C-H1XX	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
INN3166C-H1XX	✓	✓			✓		✓	✓
INN3167C-H1XX	✓				✓	✓	✓	
INN3168C-H1XX	✓				✓	✓	✓	✓

¹如需最新更新，請瀏覽 www.power.com InnoSwitch 系列頁面中的「建立您自己的 InnoSwitch」。

²若要下載功能代碼產品規格型錄附錄，請瀏覽 www.power.com。

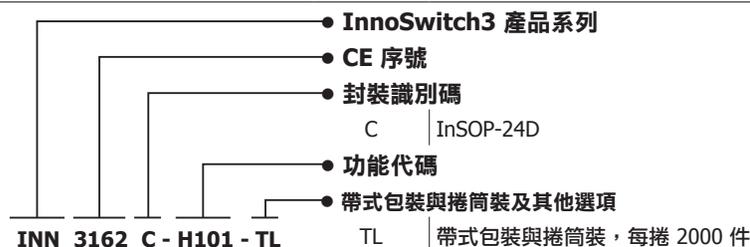
MSL 表格

零件編號	MSL 等級
INN3162C - INN3168C	3

ESD 與鎖閉表

測試	條件	結果
於 125 °C 鎖閉	JESD78D	所有接腳均大於 ±100 mA 或大於 1.5 × V _{MAX}
人體模型 ESD	ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2014	所有接腳均大於 ±2000 V
充電裝置模型 ESD	ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2014	所有接腳均大於 ±500 V

零件訂購資訊



修訂	附註	日期
A	初版。	2017年2月
B	代碼 B 與代碼 S 合併發行版本。	2017年5月
C	代碼 A 發行版本。	2017年9月
D	更新了圖 10，增加了 InSOP-24D 封裝標記並進行了少量文字編輯。	2018年6月
D	更新了第 1 頁的「絕對安全且符合法規」一節，並在參數表中增加了 CTI。	2018年8月

如需最新更新，請瀏覽我們的網站：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。

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。©2018, 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)

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
電子郵件：chinasales@power.com

德國 (AC-DC/LED 銷售)

Lindwurmstrasse 114
D-80337 München
Germany
電話：+49-89-5527-39100
電子郵件：eurosales@power.com

德國 (開極驅動器銷售)

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：eurosales@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：
singaporesales@power.com

台灣

台灣台北市內湖區內湖路一段
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：eurosales@power.com