

## 簡介

以下是與 [PI 學院](#) 視訊課程「修正輸出無法達到穩壓的返馳式電源供應器」相關的課程要點。在本課程中，您將學習如何診斷 Power Integrations 設計總是進入自動重新啓動模式，從而導致無法達到穩壓的原因。

開始本課程之前，您應該已經製作了返馳式電源供應器，並且已透過啓動程序，發現輸出沒有達到穩壓及/或會自動回復 (即進入自動重新啓動保護模式)。這種情況可能會在啓動後立即發生，也可能發生在套用輸出負載的時候。

自動重新啓動是 Power Integrations IC 的功能，可以在出現故障或電路過載時保護電路。

## 需要的設備

若要完成本課程中的測試，您需要具有以下設備：

- 可設定交流電源或自耦變壓器
- 幾個數位萬用表
- 電子負載
- 附有一個高電壓探棒和電流探棒的示波器

### Equipment Needed to Complete this Course:

- Programmable AC Source
- DMM
- Electronic Load
- Oscilloscope
- Current Probe

需要的設備

## 常見問題

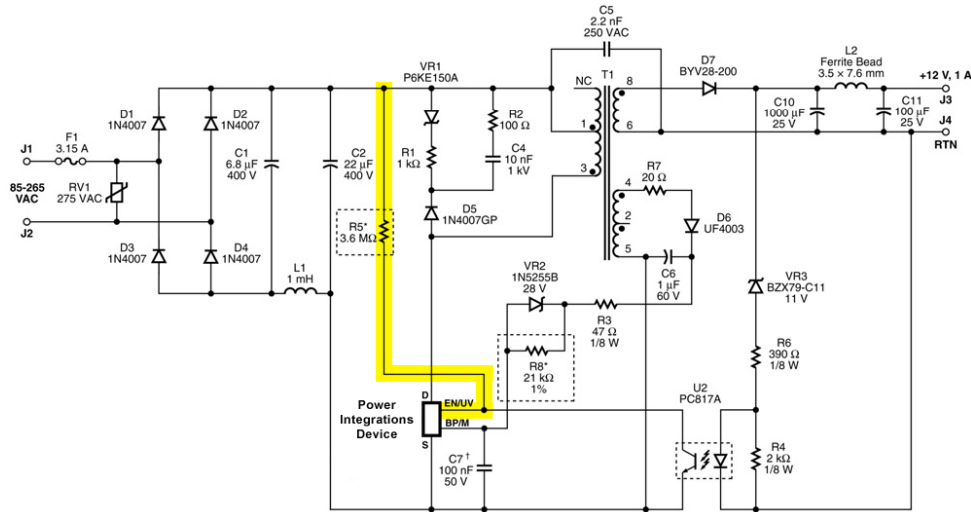
電源供應器無法啓動或會進入自動重新啓動模式的常見原因有：

1. 欠壓接腳周圍的電路佈局不佳
2. 交流電源過小
3. 負載特性
4. 輸出二極體接反了
5. 箝位電路故障或設計錯誤
6. 回饋路徑開路
7. 使用的回饋元件值不正確
8. 輸出及/或偏壓繞組二極體的反向恢復時間較長
9. 汲極節點上的電容太大
10. 變壓器偏壓繞組斷開 (僅限於採用 [TOPSwitch](#) 裝置系列的設計)
11. 變壓器繞組的極性反了

以下將逐一檢查上述每個可能的原因。

### 1. 欠壓接腳周圍的電路佈局不佳

部分 Power Integrations 裝置具有欠壓鎖閉 (UVLO) 功能，可以防止在啟動時產生輸出擾動。該功能會感測直流匯流排的電壓，並延遲啟動，直到輸入達到使用者定義的電壓。如果欠壓接腳上出現雜訊，或是使用太大的欠壓電阻值，都可能造成 Power Integrations 裝置無法正常啟動。

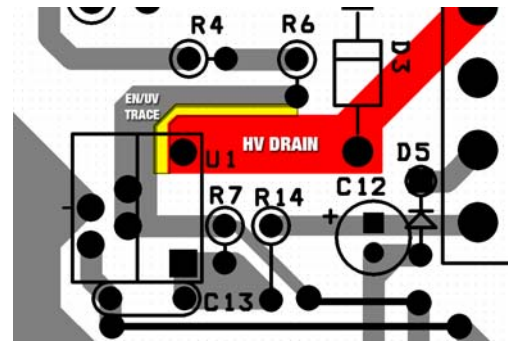


欠壓鎖閉電阻

首先，請確保電路板上所安裝欠壓電阻的值與 [PI Expert](#) 相符。如果兩者相符，或是您的設計沒有使用欠壓電阻，請在電路板底面的 BP 接腳和欠壓接腳之間連接 100 kΩ 的電阻，藉此確認是否由於欠壓接腳的漏電流導致了問題。然後再測試一次。如果問題已解決，請確認電路板是否沒有磁通，並且欠壓 Trace 附近沒有高電壓 Trace。

例如，在右側所示的佈局中，EN/UV Trace 非常接近高壓汲極 Trace。這會導致汲極 Trace 和 EN/UV 接腳之間出現雜訊耦合和漏電流。若要解決這個問題，您需要重新配置電路板，或是在設計中保留 100 kΩ 電阻。

如需配置準則，請參閱適用的 Power Integrations 裝置產品規格型錄。



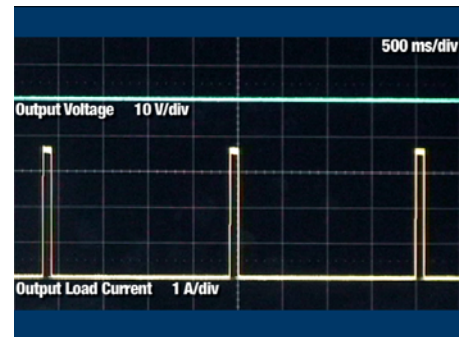
EN/UV Trace 非常接近  
高壓汲極 Trace

### 2. 交流電源過小

請檢查交流電源的額定值，確認其是否可以為您的電源供應器提供預期的輸入功率。如果不可提供，則交流電源會限制提供給轉換器的功率，進而阻止正常啟動和穩壓。通常，交流電源功率額定值應該大於電源供應器最大輸出功率的兩倍。交流電源太小是高功率設計的常見問題。

### 3. 負載特性

接下來，請檢查電源供應器上的負載。任何電源供應器都應該設計為至少輸送負載所需的最大輸出功率。在啟動時，如果輸出電壓在指定的自動重新啟動開啓時間內無法達到穩壓，則 Power Integrations 裝置會進入自動重新啟動保護模式。自動重新啟動功能旨在出現故障時限制電源供應器所輸送的平均功率，藉此防止損壞元件。特定的自動重新啟動開啓時間可以在相關的 Power Integrations 裝置產品規格型錄中找到。



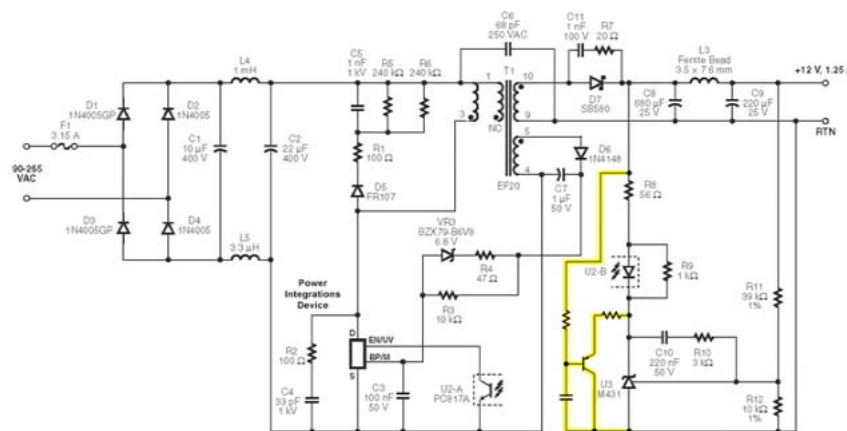
代表自動重新啟動的  
輸出電壓和電流

在達到全速前汲取大電流的馬達，或白熾燈，都屬於會在電源供應器啟動時導致其自動重新啟動的非線性負載。在啟動時，白熾燈的有效電阻接近零歐姆，然後會隨溫度升高而逐漸增大。這兩種情況下，輸出電壓都可能無法在自動重新啟動開啓時間內達到穩壓。

例如，將 10 W 鹵素燈接到 12 V/1 A 電源供應器 (例如參考設計 [RD-91](#)) 時，電源供應器將不會啟動，在電源供應器進入自動重新啟動模式時，燈會閃爍。

若要確認問題的原因是否在於負載，請先將其換成電子負載，並設定為汲取設計所指定的最大電流。如果使用電子負載時電源供應器可正常啟動，則問題在於實際負載所消耗的功率大於電源供應器可輸出的功率。請再次檢驗負載的特性，確認您的電源供應器規格是否正確。

如果在啟動時您的負載是非線性負載，則加入下圖所示的軟關閉電路可以為輸出電壓提供足夠的時間來達到穩壓。



軟關閉電路有助於具有非線性負載的供應器進行啟動

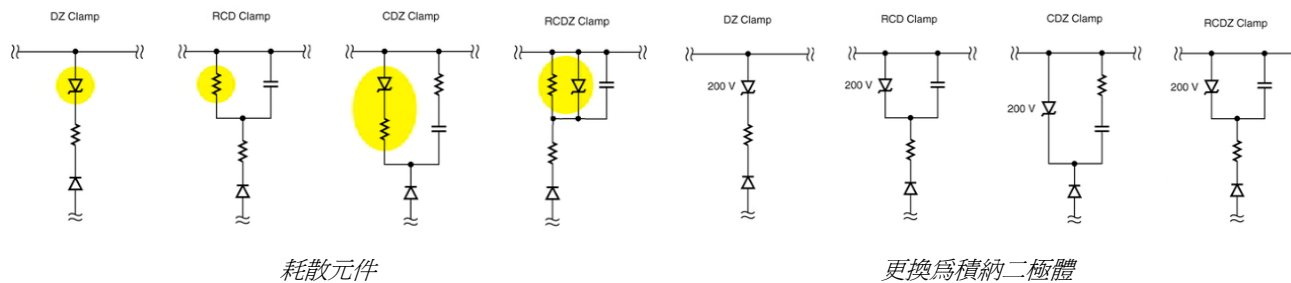
#### 4. 輸出二極體接反了

如果電源供應器在使用電子負載時仍無法啟動，則接下來應檢查輸出二極體是否接反了。如果是，請使用新二極體進行更換，然後重新測試電路板。

#### 5. 箝位電路故障或設計錯誤

如果問題並非由於輸出二極體導致，請接下來檢查箝位電路中的二極體方向是否正確。如果二極體的安裝不正確，請更換為新元件並進行正確安裝。

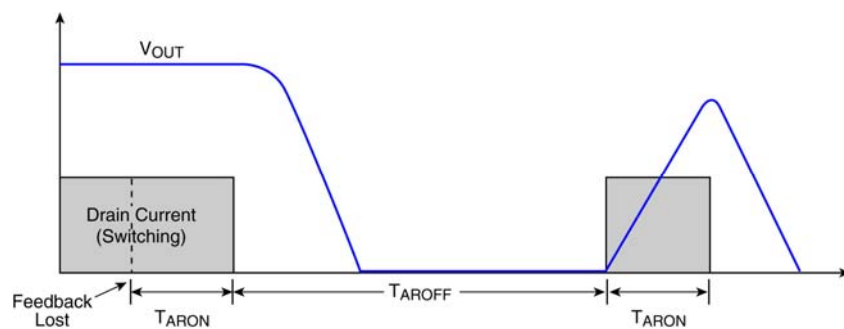
若要判斷自動回復情況是否起因於設計不當的箝位電路，請將下圖標示的箝位電路耗散部分，換成 200 V 積納二極體。



現在，重新測試電路板。如果自動回復輸出問題已解決，則問題的起因在於箝位電路。

#### 6. 回饋路徑開路

接下來要檢查電路板的回饋電路區域。如果 Power Integrations 裝置因故在自動重新啟動開啓時間內無法收到回饋，就會進入自動重新啟動保護模式。回饋迴路開路時，經常會發生這種情況。

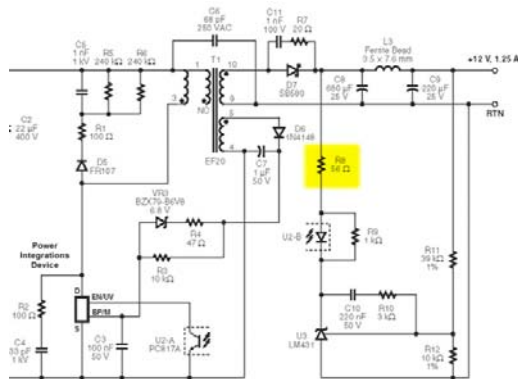


缺少回饋會觸發自動重新啟動模式

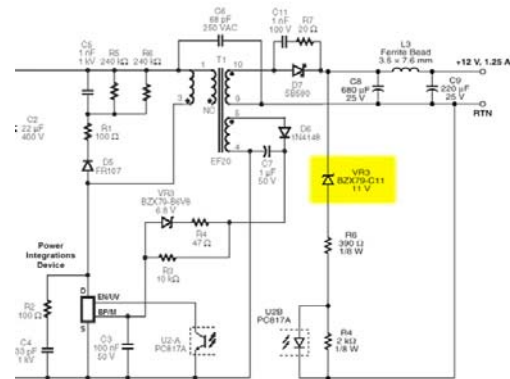
首先，請檢查電路板背面是否有可能導致光耦合器 LED 等回饋元件短接的雜物。此外，使用一點額外的焊錫碰觸每個接點，以檢查回饋電路中是否有冷焊點。冷焊點通常看起來是正常的接點，但充其量只能進行間斷性的導通。

### 7. 使用的回饋元件值不正確

如果您的設計使用二次側回饋電路，請確認安裝的回饋元件是否遵照了 [PI Expert](#) 的指定。如果為 Power Integrations 裝置回饋的電流過小，會導致裝置進入自動重新啟動模式。光電串聯電阻的值太高時，便可能發生此情況。或者，在採用積納二極體的回饋電路中，如果積納二極體電壓太高，也會出現此情況。



回饋電阻值太高



回饋積納二極體電壓太高

最後，如果使用 LM-431 參考 IC，則斷開連接的上感測電阻也可能導致裝置進入自動重新啟動模式。

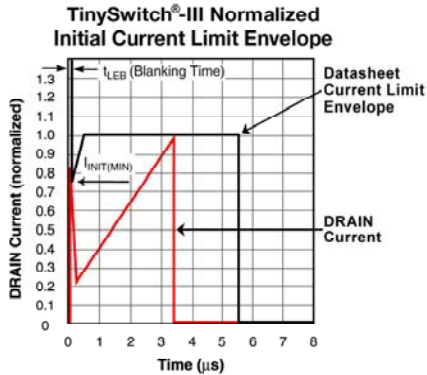
如果您的設計使用一次側回饋電路，而不是二次側電路，請確認分壓電阻的值是否符合 [PI Expert](#) 的指定值。

### 8. 輸出及/或偏壓繞組二極體的反向恢復時間較長

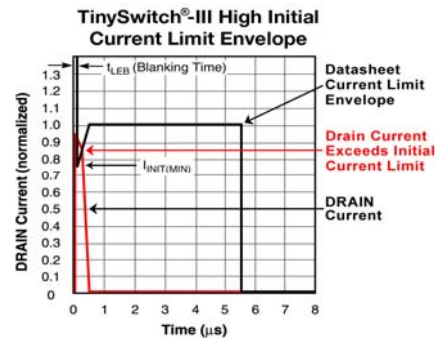
接下來，請確認所有的輸出二極體是否為超快速型或蕭特基型。

Power Integrations 裝置會執行上升邊緣遮沒 (leading edge blanking) 功能，該功能在 MOSFET 開啓後，會立刻停用限電流一段固定的時間。這會防止初始電流突波觸發限電流，從而過早終止切換週期。但是，如果開啓突波大於正常值，還是會觸發裝置的初始限電流，導致裝置限制向輸出端輸送功率。

在輸出繞組上使用慢速恢復二極體，會增加反向恢復電流。此電流會回流至二次側繞組，透過圈數比變壓到一次側，並增加 MOSFET 所感測到的初始開啓突波。開啓突波可能足以觸發初始限電流，從而降低功率傳輸，並使電源供應器無法達到穩壓。



上升邊緣遮蔽 (Leading edge blanking)



大的開啓突波觸發初始限電流

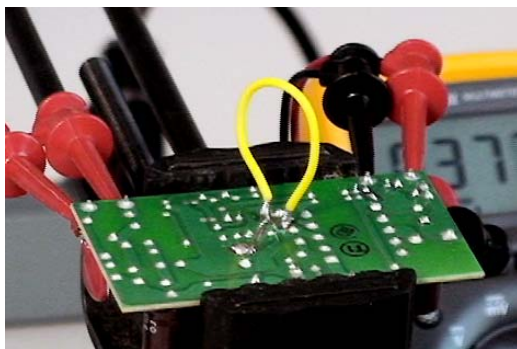
目視檢查所有輸出二極體，確保未使用快速或標準恢復二極體。如果安裝的類型不正確，請換成超快速恢復型或蕭特基型二極體，然後重新測試。

儘管電路中使用串聯電阻時，會較少發生此情況，但是反向恢復時間較長的偏壓繞組二極體可能會導致類似問題。如果您的設計使用了慢速恢復二極體，請嘗試換成 1N4937 整流器。如果問題獲得解決，請參閱 [PI Expert](#)，以確認所用的偏壓繞組二極體是否符合提供的規格。如果二極體不符合規格，請將偏壓繞組二極體換成 [PI Expert](#) 建議的規格。

### 9. 汲極節點上的電容太大

汲極節點上的電容過大，也會導致產生大的開啓電流突波。此電容可能來自變壓器繞組電容、裝置 MOSFET 上的大 RC 突波吸收器或是變壓器一次側繞組。若要確認是否由於電容導致了問題，您需要偵測汲極切換電壓和電流。

首先，關閉並斷開交流輸入，並使輸入電容放電。切斷電路板上的 MOSFET 汲極 Trace，插入線電流迴路，以偵測汲極電流。請確保斷開 Power Integrations 裝置的汲極接腳與設計中所有箝位電路元件之間的連接。如果從其他點沿此 Trace 進行測量，則無法正確診斷設計的所有問題。



加入電路板的電流迴路

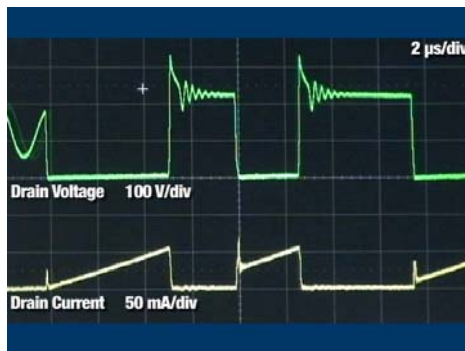


電壓和電流探棒的連接

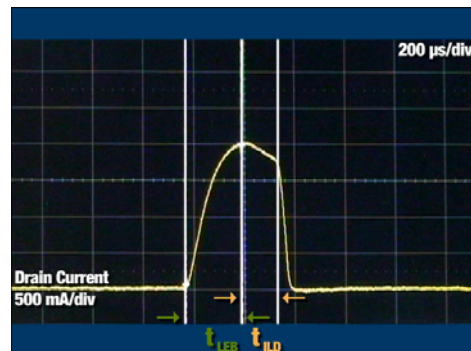
請使用高電壓示波器探棒連接汲極節點到源極接腳，以測量 MOSFET 上的切換電壓。另外，將電流探棒連接到剛剛做好的電流迴路上。現在，重新連接交流輸入，將輸入電壓設為您設計的最

大值。配置示波器，檢視 MOSFET 電壓和電流，並將它設為正常觸發模式。在 MOSFET 電壓的上升訊號緣觸發，以確保得到穩定的讀值。

請參閱 Power Integrations 裝置的產品規格型錄，以確定您設計的上升邊緣遮蔽 (leading edge blanking) 時間，以及上升邊緣遮蔽 (leading edge blanking) 結束時的初始限電流。然後，測量上升邊緣遮蔽 (leading edge blanking) 時間結束後，流過 MOSFET 的電流。將此值與產品規格型錄中的初始限電流做比較。如果您測得的值大於初始限電流，則上升邊緣遮蔽 (leading edge blanking) 時間結束時會看到非常短暫的電流脈衝終止。這可能會導致功率傳輸問題。



汲極電壓和電流



上升邊緣遮蔽 (leading edge blanking) 時間  
結束時電流脈衝終止

斷開所有一次側突波吸收器與電路的連接，重新測量上升邊緣遮蔽 (leading-edge blanking) 後的初始電流。如果斷開一次側突波吸收器可解決問題，且初始電流突波降至可接受的程度，則您需要降低一次側突波吸收器電路的電容。如果問題仍舊存在，請確認變壓器繞組電容是否太大。

#### 10. 變壓器偏壓繞組斷開

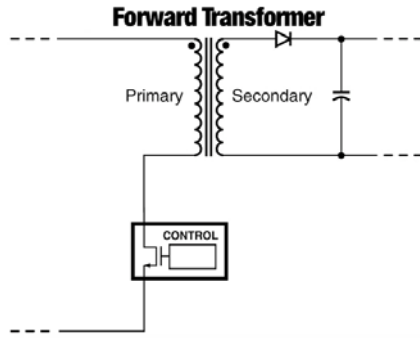
(僅限於採用 [TOPSwitch](#) 裝置系列的設計)

如果使用 TOPSwitch 裝置，請確認變壓器偏壓繞組的迴線 0 伏特端，是否連接到一次側迴線。這是輸入電容的負端。如果變壓器偏壓繞組保持浮接，則光耦合器沒有供應電壓，因此無法提供回饋訊號給 Power Integrations 裝置，進而導致裝置進入自動重新啟動模式。

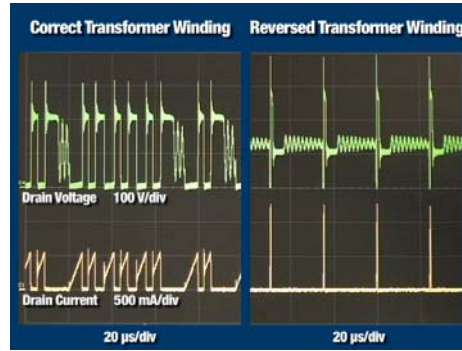
#### 11. 變壓器繞組的極性反了

如果电路板依然無法達到穩壓，最後要檢查變壓器繞組的極性。如有繞組接反了，則該繞組就會顯示成正向繞組。如果變壓器繞組接反，會使電源供應器無法作為返馳式轉換器，從而限制輸送至輸出端的功率。

下圖展示了 [RD-91](#) 电路板汲極接腳的電壓和電流波形。左邊是功能正常的返馳式供應器的波形，右邊是同一供應器上二次側繞組接反時顯示的波形。這兩個波形的時間基準均設為每格 20 μs，可清楚看到，接反的繞組電流脈衝遠遠短於正常的變壓器。



變壓器一次側繞組接反

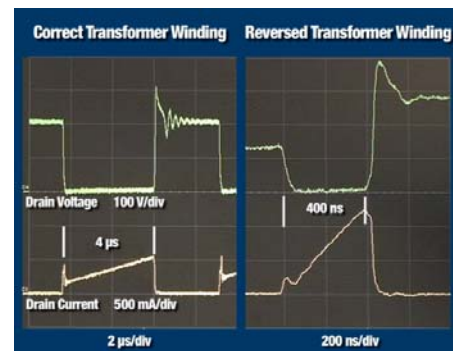


RD-91 汲極電流和電壓波形 – 繞組接反和沒有接反的情況

在右圖中延長了時間基準，以測量脈衝持續時間。正常脈衝的 MOSFET 開啓時間約為 4 微秒，而接反的繞組變壓器脈衝只有 400 納秒。如果在您的設計中存在類似的開啓時間短暫的情況，可能是其中一個變壓器繞組接反了。

#### 如需更多資訊

對於本課程所提供的資訊，如有任何疑問或意見，請寄電子郵件到 [PIUniversity@powerint.com](mailto:PIUniversity@powerint.com)。



變壓器繞組接反時，縮短的汲極電流脈衝