

設計永不失敗的快速啟動電源應用

作者：David Berry
首席應用工程師



設計一款快速啟動的隔離式電源系統，是一個滿挑戰的工作。這些用於快速啟動應用中的系統每次都要在毫秒內完成啟動。

隔離式穩壓電源系統的設計往往注重效能，特別是適應負載電壓需求迅速電壓變化的能力。假設電源電壓一直都會穩定持續存在，這個效能上的焦點就會造成忽略其它越來越重要的因素。例如，需要提供可靠的快速（10ms 以下）啟動。

但有些系統裡在尚未有電源啟動前，系統必須在施加輸入電源後幾毫秒內啟動。這些系統通常需要與電源隔離，才能讓接地保持隔離，或者也可建立負電壓，在高壓電源尖峰事件中確保系統安全。

例如，越來越多的汽車使用啟停引擎技術來節省燃油及電池電量，以因應交通號誌和其它車輛靜止不動的情況。在這些應用中，一些在車輛怠速時會消耗大量能量的電氣系統可能會被關斷。然而，這些系統也需要再次快速、可靠地通電。這就是快速啟動系統的用武之地。

設計可靠的快速啟動電源系統

隔離式電源系統的三个條件需要更謹慎的對待，因為它們是可靠快速啟動功能的關鍵：

1. 輸入 dV/dt 不應超過電源元件的額定值；
2. 輸入電容不能讓供電元件超過其額定值；
3. 應選擇輸出電容值，確保系統既不會高過限流保護值，也不會表現出不穩定情況。

必須使用適當的輸入濾波器建構輸入 dV/dt 的控制。許多 DC-DC 轉換器的輸入部分都有一個 LC 濾波器。但如果這個 LC 濾波器被加以階躍電壓，也就是將 DC 施加至電源系統瞬間，該 LC 濾波器便會產生足以損壞電源元件內部電路的振盪電壓。最大輸入 dV/dt 的常見規格是 10V/ms。此外，閉合過快的機械開關或場效應電晶體 (FET) 可能很容易超過 10V/ μ s 的上升時間。設計人員應選擇一款支援限流的輸入濾波器將 DC-DC 轉換器的輸入保持在其輸入 dV/dt 規格內。

需要為穩壓 DC-DC 轉換器確保低電源阻抗和整個線路及負載變化過程穩定性的輸入電容，應該最佳化，才能讓電源元件保持在其最大額定值範圍內。圖 1 是電源系統方塊圖，圖 2 是典型輸入濾波器的內部構件方塊圖。輸入電容必須緩慢充電，才能避免超過 dV/dt 的最大值，但要有一定的速度，才能為電源系統實現不到 10ms 的啟動時間。從應用系統輸入電壓開始，圖 2 中的 Q1 就已關閉。在電壓過低保護開啟情況下，圖 2 中的電荷泵／控制區塊將開始增強 Q1 至飽和，並提高濾波器的輸出電壓。此一輸出電壓的提升可控制為不超過轉換器的輸入 dV/dt ，並從電源控制流耗。

圖 1
電源系統方塊圖

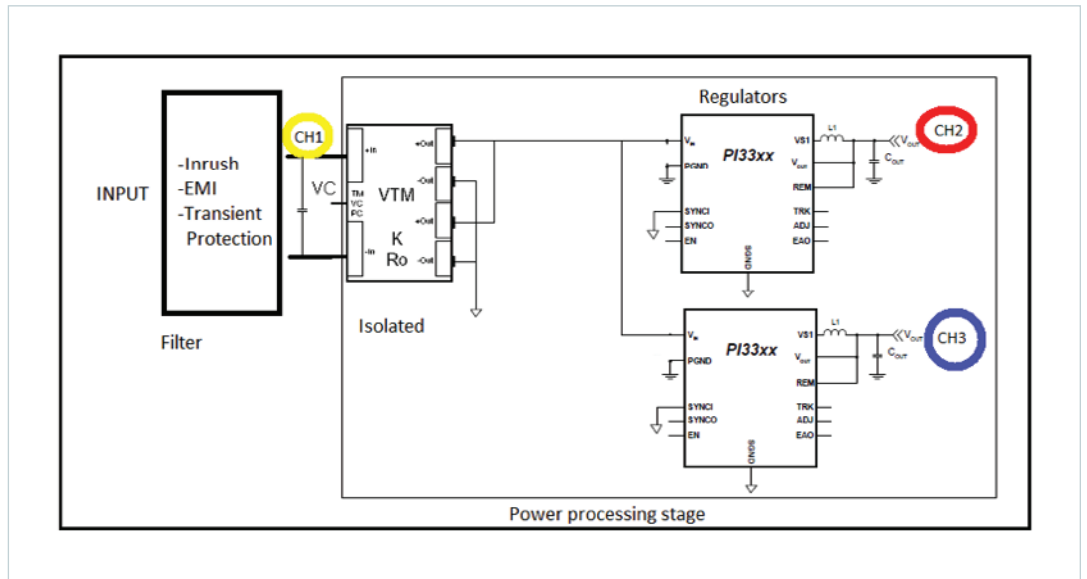
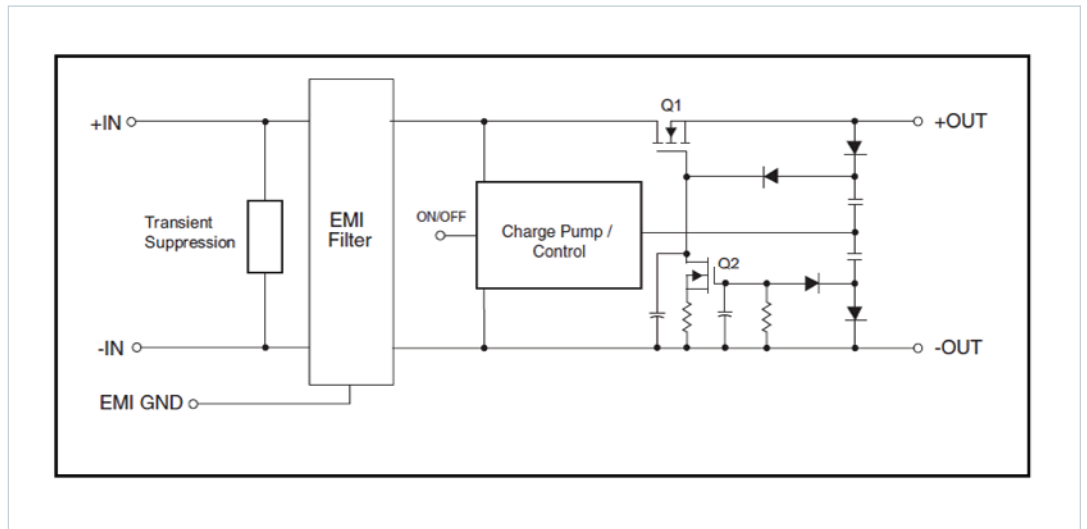


圖 2
典型輸入濾波器的
內部工作



電容：快速電源啟動過程中的一個重要因素

為了達到小於 10ms 的啟動時間，系統上的輸入濾波器必須儘快為其輸出電容充電，因此設計人員應該儘量選擇最小值的電容器。在針對快速開啟時間展開設計時，建議在濾波器的輸出端部署一款未穩壓的隔離器，因為這些隔離器基本上（甚至完全）不需要輸入電容，而且因為不提供穩壓，因此也不會影響控制迴路。

如果在濾波器的輸出端使用一款隔離器，而且濾波器輸出的上升時間可控制，則該隔離器的輸出就可控制。隔離器的輸出透過轉換器的電壓比來反映輸入。這將使圖 1 所示的下游穩壓器保持在其輸入 dV/dt 規格範圍內。出於電源阻抗要求和穩定性考量，穩壓級的確需要輸入電容，因此在確定濾波器的輸出電容時，這需要納入考量範圍。隔離器將在其輸入端反映其輸出電容，而且這會透過輸入濾波器傳達。

電容反射為隔離器輸出／輸入電壓比的平方再乘以隔離器輸出電容。如果輸出／輸入電壓比是 1/2，隔離器輸出電容是 47 F，那反射至濾波器的電容就是 1/2 的平方再乘以 47 F，等於 11.75 F。在該應用中，隔離器的效能非常關鍵。隔離器只能有極小的電感作為其功率級的一部分。小電感值有助於電流迅速從輸入流向輸出，並保持固定的輸入輸出電壓比。部分隔離器的功率級內部電感在 nH 範圍內。

此外，輸入濾波器還可防止電源超過其最大額定值，這對於整體系統可靠性而言非常重要。濾波器將從高 dV/dt 事件中遮罩電容，如熱插拔、機械開關或場效應電晶體開關關閉。電源系統電源的最大電流額定值受電源容量、連接器以及連接電源的線跡影響，隨著時間的推移，這些元件的功能可能會衰退，甚至會變成潛在的故障，或者在電流高於其額定值時直接出現故障。在要求啟動時間低於 10 毫秒的電源系統中，電源的輸入電壓必須迅速升高，因為該時序是啟動時序的一部分，但快速啟動進入電容將導致高突波電流。濾波器可幫助減少突波電流。許多濾波器的額定突波電流使用安培/輸出 F 為單位。因此對於 0.007A/F 的額定值，如果濾波器輸出端為 47 F，突波電流即為 $0.007A \times 47 F = 0.329A$ 。

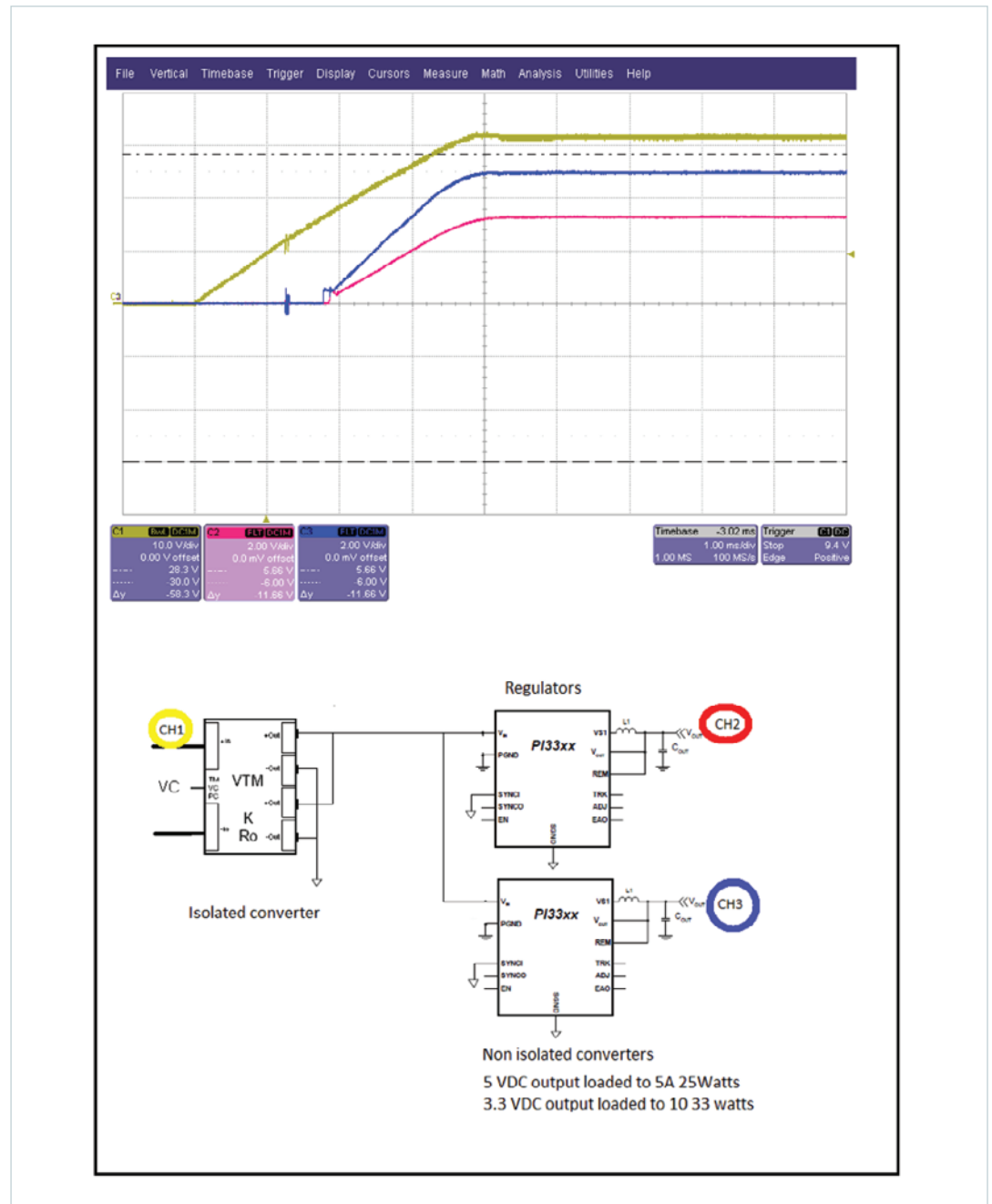
如果電源上的輸出電容導致轉換器超過其電流限制，該電容則會在快速啟動應用中造成延遲。過電流情況可能會導致轉換透過關閉並重新啟動，也可能會造成壓降，這兩種情況都會顯著延長整個啟動時間。在許多應用中，電源都有其自己的輸出電容和負載電容，這些電容由轉換器的輸出電壓充電。把這一點納入考量範圍內，最好儘量使用最少的輸出電容展開設計。為輸出電容充電的輸出電流可透過以下公式計算： $I = C \cdot dV/dt$ ，其中 I 是轉換器輸出電流，C 是輸出電容， dV/dt 是轉換器輸出電壓的上升時間。如果負載在上升時間處於工作狀態，這就需要增加至轉換器提供的電流。無論何種情況，電流都不應該超過電流最大值。如果電流確實超過了最大值，可以並行增加一個轉換器來提升該輸出的電流額定值。

轉換器的輸出電容可降低輸出漣波，使轉換器在運作過程中保持穩定，但使用高切換頻率的轉換器，則對電容的要求更低。500kHz 至 1MHz 範圍內的切換頻率將允許設計使用低電感電容值，使負載輸出漣波低至 30mV。

在設計圖 1 所示啟動時間不到 10ms 的電源系統時，有幾個元件必須處於工作狀態並保持在每個元件的功耗、電壓及電流額定值範圍內。在應用系統輸入電壓時，濾波器控制器必須喚醒並開始控制濾波器的輸出電壓，讓電源電流保持在其最大值以下並讓下游轉換器保持在其最大輸入 dV/dt 範圍內。當下游轉換器達到其低壓保護開啟位準時，其內部控制器必須喚醒並有效控制其輸出電壓，為輸出電容充電，而且在許多情況下這是為了因應負載電流要求。

這些喚醒時間具有級聯關係，而且最終喚醒時間必須小於 10ms。圖 3 是使用由一個 Vicor VTM 和兩個下游 Vicor PI33xx 穩壓器組配、啟動時間不到 10ms 的電源系統的效能。該系統配備一個隔離器和兩個非隔離式穩壓器。隔離器有助於系統在輸入和輸出之間提供獨立的接地。穩壓器開始進入 25W 和 33W 的負載，而施加輸入電壓的啟動時間則測定為 4ms 左右。該系統極具擴充性，只需以並聯方式新增電源元件或使用有更高功率級的電源元件即可。此外，以並聯方式新增元件還可實現冗餘工作。

圖 3
為不到 10ms 的啟動時間
配置的電源系統



結論

快速啟動電源系統帶來了一些不尋常的設計挑戰。管理電容是設計和部署完美系統的一個重要環節。今天，越來越多的應用為隔離式電源系統帶來了頻繁快速啟動的情況，這為傳統電源轉換器帶來了壓力。因此，電源系統設計必須降低由高輸入輸出電容引起的快速電壓尖峰及大電流情況所帶來的風險。

在使用正確元件的情況下，設計啟動時間不到 10ms 的隔離式電源系統不僅可行，而且可靠。效率高、體積小的組件最適合大量行動、空中或地面應用。Vicor 所提供、快速、高效的小型電源元件可提供快速啟動的可靠電源。

聯絡我們：<http://www.vicorpower.com/zh-tw/contact-us>

Vicor Corporation

台北市內湖區 114

洲子街 79-1 號 9 樓

電話：+886 2-8751 6139

www.vicorpower.com

電子郵件

客戶支援：taiwan@vicorpower.com