

電源管理簡介

簡介

本文是在一系列幫助用戶熟悉電源管理元件之文章中的第一篇。首先，介紹不同的電源管理架構，其次，特別介紹主要的選擇標準，最後也會提供產品組合的完整清單，有助於加速在電源管理設計時選擇適當的元件。

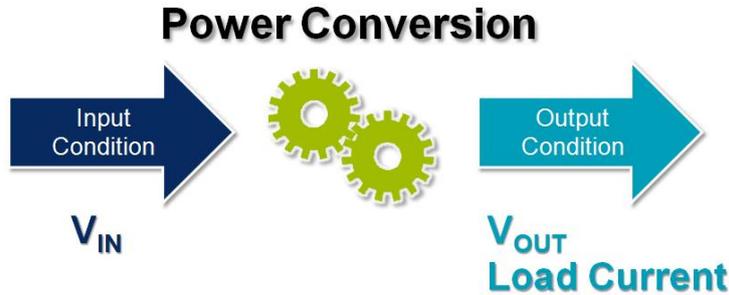
目錄

簡介.....	1
1. 電源轉換的基本需知.....	2
2. 電源管理 IC 的選用標準.....	3
3. 檢視主要電源架構及電源管理元件.....	3

1. 電源轉換的基本需知

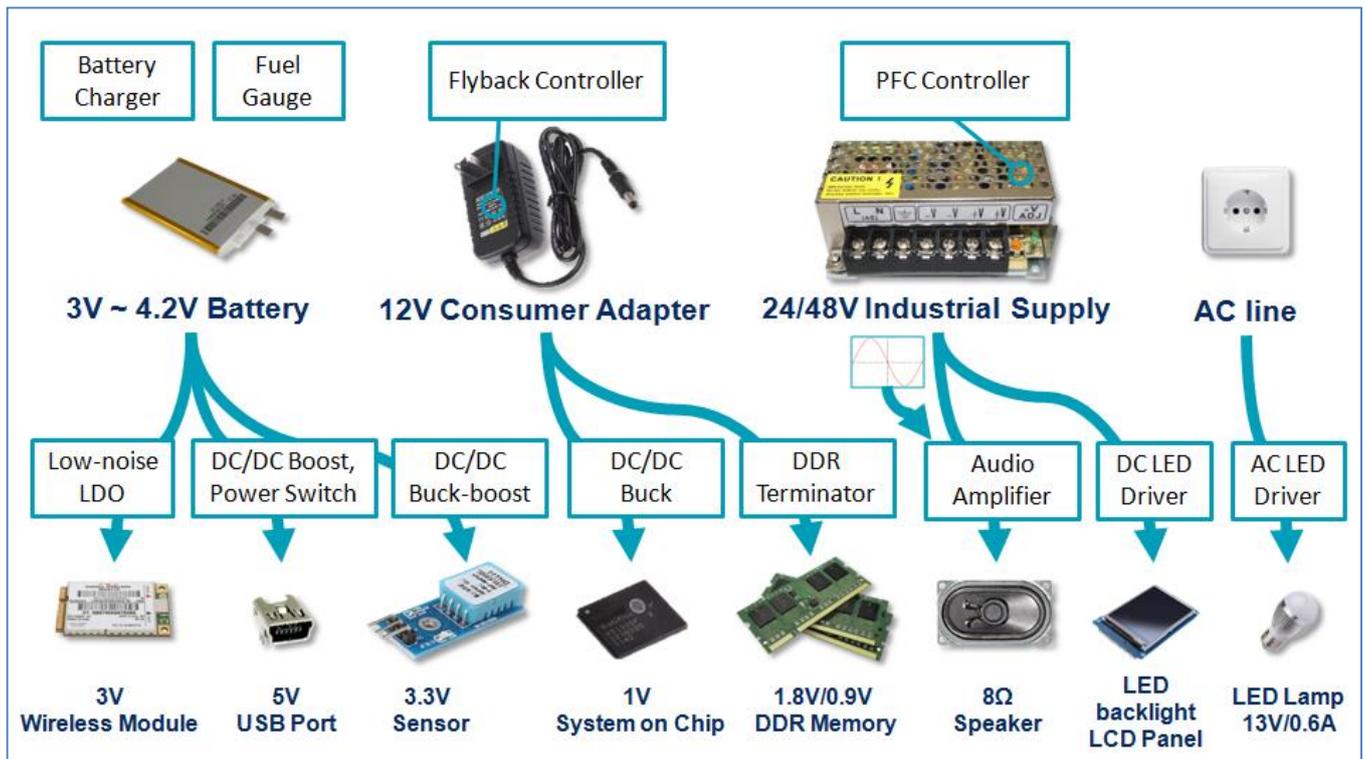
選擇適當的電源管理元件取決於該應用的輸入和輸出條件。

電源輸入是交流 (AC) 或直流 (DC)? 輸入電壓是高於或低於所需的輸出電壓? 所需的負載電流是多少? 負載是否對雜訊敏感, 或需定電流 (如 LED 的應用), 又或是變化較大的電流?



各應用基於其特殊的需求, 會選擇不同電源轉換元件。

下圖顯示數個應用實例和其典型常用的電源轉換元件; 而這些元件均可在立錡科技的产品目錄中找到。



圖一、電源管理的應用實例

從上述實例可清楚知道, 欲得最佳元件選擇就必須考量各種參數。以下將會詳細介紹這些參數。

2. 電源管理 IC 的選用標準

立錡科技擁有大規模低壓差線性穩壓器 (LDO) 和直流 - 直流轉換器 / 控制器的產品組合。下表可快速地檢視一般選用低壓差穩壓器 (LDO) 和直流 - 直流切換式電壓轉換器產品的標準。在設計時，首先考慮的是輸入到输出的電壓差 ($V_{IN} - V_{OUT}$)。在選擇最佳的電源解決方案時，該應用的特殊需求，如效率、散熱限制、雜訊、複雜度和成本等都必須考慮。

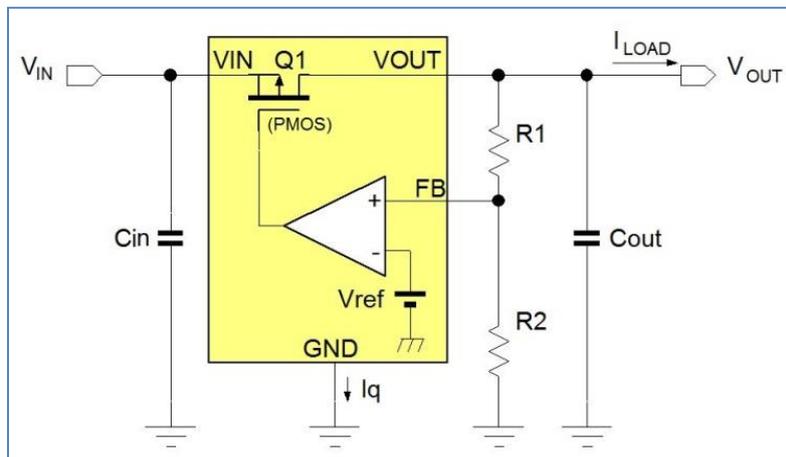
Condition	Topology	Advantage	Disadvantage	When to Use
$V_{OUT} < V_{IN}$	LDO (Linear Regulator)	<ul style="list-style-type: none"> Simple Cheap Low noise Fast 	<ul style="list-style-type: none"> Low efficiency Thermal limit 	<ul style="list-style-type: none"> Low current Low $V_{IN} \rightarrow V_{OUT}$ ratio Noise sensitive application
	Buck	<ul style="list-style-type: none"> High efficiency Flexible 	<ul style="list-style-type: none"> Switch noise 	<ul style="list-style-type: none"> Higher current High $V_{IN} \rightarrow V_{OUT}$ ratio,
$V_{OUT} > V_{IN}$	Boost	<ul style="list-style-type: none"> Good efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> Switch noise 	<ul style="list-style-type: none"> When $V_{OUT} > V_{IN}$
$V_{OUT} \lessgtr V_{IN}$ (Changing V_{IN})	Buck-Boost	<ul style="list-style-type: none"> Good efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> Switch noise 	<ul style="list-style-type: none"> When V_{IN} can be smaller or larger than V_{OUT} i.e.: Battery input

表一、選擇低壓差穩壓器、降壓、升壓、升 - 降壓轉換器的基本標準

3. 檢視主要電源架構及電源管理元件

當 V_{OUT} 小於 V_{IN} ，所需輸出電流和 V_{IN} / V_{OUT} 比是考量選擇低壓差線性穩壓器 (LDO) 或降壓轉換器 (Buck) 的重要因素。

低壓差線性穩壓器 (LDO) 非常適合需要低雜訊、低電流及低 V_{IN} / V_{OUT} 比之應用。其基本電路圖可見圖二。低壓差線性穩壓器 (LDO) 藉由線性方式控制導通元件的導通，以調節輸出電壓。線性穩壓器提供準確且無雜訊的輸出電壓，能快速因應輸出端的負載變化。然而，線性調節意謂著輸入输出的電壓差乘上平均負載電流就是線性穩壓器導通元件所消耗的功率，即 $P_d = (V_{IN} - V_{OUT}) * I_{LOAD}$ 。高 V_{IN} / V_{OUT} 比與高負載電流都會導致過多額外的功率損耗。

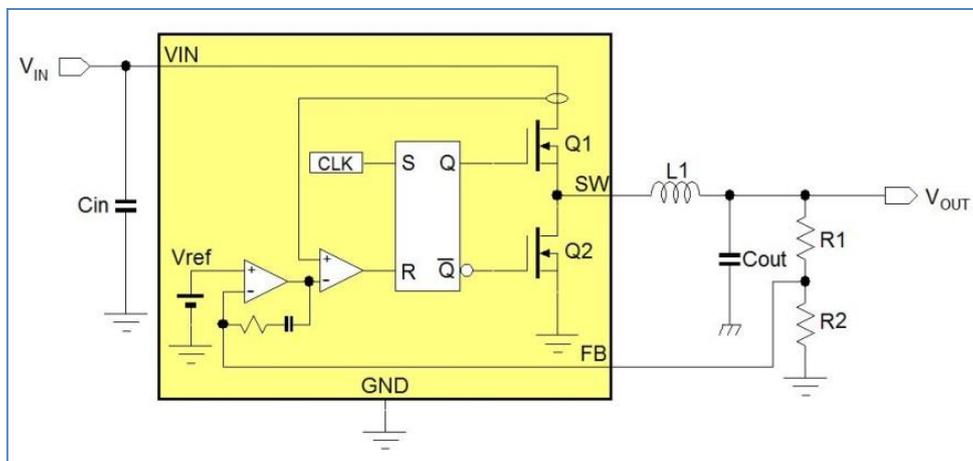


圖二、低壓差線性穩壓器 (LDO) 基本電路示意圖

功率消耗較高的低壓差線性穩壓器 (LDO) 需要較大的封裝尺寸，而這會增加成本、PCB 板空間和熱能消耗。所以當 LDO 功耗超過 $\sim 0.8W$ 時，較明智的作法是改採降壓轉換器作為替代方案。

在選擇 LDO 時，須考慮輸入和輸出電壓的範圍、LDO 的電流大小和封裝的散熱能力。LDO 電壓差是指在可調節範圍內， $V_{IN} - V_{OUT}$ 的最小電壓。在微功率應用中，如靠單一電池供電很多年之應用，LDO 靜態電流 I_Q 必須夠低，以減少電池不必要的消耗；而這類應用就需要特殊的、具低靜態電流 I_Q 之低壓差線性穩壓器 (LDO)。

降壓轉換器是一種切換式降壓轉換器，它可在較高的 V_{IN} / V_{OUT} 比和較高的負載電流之下，提供高效率和高彈性的輸出。它的基本電路如圖三所示。大多數降壓轉換器包含一個內部高側 MOSFET 和一個低側作為同步整流器的 MOSFET，藉著內部責任週期控制電路來控制兩者的交替開、關 (ON / OFF) 以調節平均輸出電壓。切換造成的雜訊可由外部 LC 濾波器來過濾。

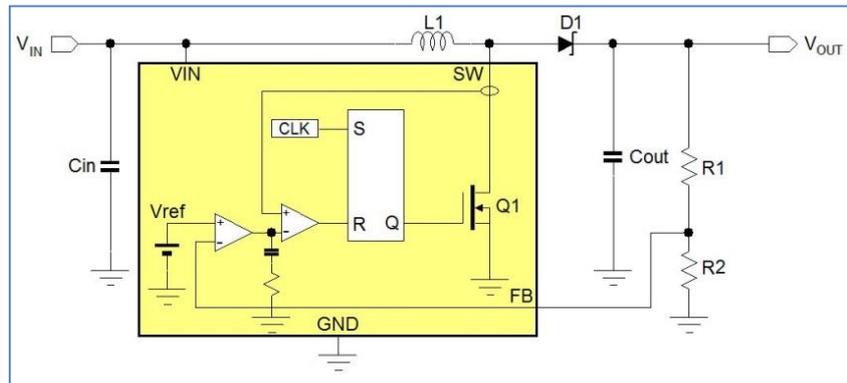


圖三、降壓轉換器基本電路

由於兩個 MOSFET 是交替開關 (ON 或 OFF)，所以功率消耗非常小；藉由控制責任週期，可以產生較大 V_{IN} / V_{OUT} 比的輸出。內部 MOSFET 的導通電阻 R_{DS} (ON) 決定了降壓轉換器的電流處理能力，而 MOSFET 的額定電壓決定最大輸入電壓。切換頻率與外部 LC 濾波器元件則共同決定輸出端的漣波電壓大小；較高切換頻率之降壓轉換器所用之濾波元件可較小，但開關切換造成的功耗則會增加。具脈衝跳躍模式 (PSM) 的降壓轉換器會在輕載時降低其切換頻率，從而提高輕載時的效率，此特性對需低功耗待機模式之應用是非常重要的。有些特殊降壓型架構，如 ACOT™，具有非常快的迴路響應，非常適合需要非常快速的負載瞬態反應，如 DDR，Core SoC，FPGA 和 ASIC 等的電源應用。

升壓轉換器是用於 V_{OUT} 高於 V_{IN} 之應用。基本電路圖如圖四所示。升壓轉換器將輸入電壓升至較高的輸出電壓。其操作原理是經由內部 MOSFET 對電感器充電，而當 MOSFET 斷路時，透過至負載端之整流器將電感放電。電感充電轉為放電會使電感電壓變為反向，從而升高輸出電壓使之高於 V_{IN} 。MOSFET 開關的 ON/OFF 責任週期將決定升壓比 V_{OUT}/V_{IN} ，並且回授迴路也控制責任週期以維持穩定的輸出電壓。輸出電容是緩衝元件，用來減小輸出電壓連波。

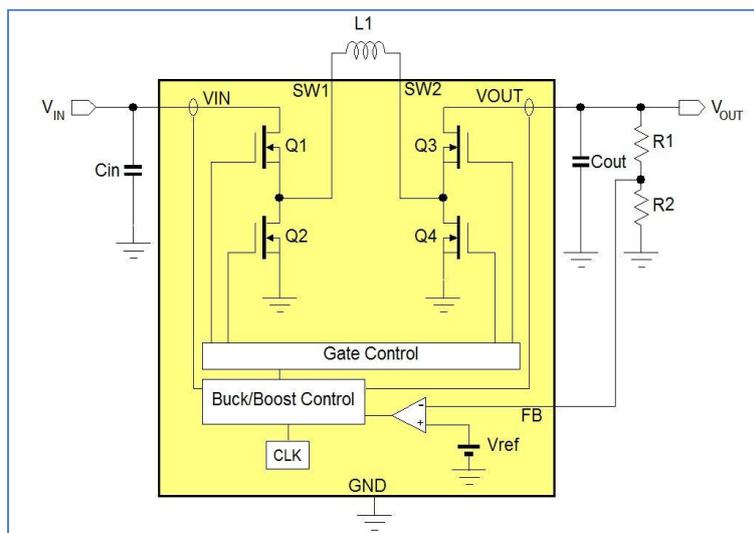
MOSFET 的電流額定值和升壓比一起決定最大負載電流，而 MOSFET 的電壓額定值決定最大輸出電壓。有些升壓轉換器則會將整流器以 MOSFET 整合於內部，達到同步整流之功效。



圖四、升壓轉換器基本電路示意圖

升 - 降壓轉換器用於輸入電壓可能會改變，可低於或高於輸出電壓之應用。如圖五所示的升 - 降壓轉換器中，當 V_{IN} 高於 V_{OUT} 時，四個內部的 MOSFET 開關將自動配置成降壓轉換器，而當 V_{IN} 低於 V_{OUT} 時則轉為升壓操作模式。這使得升 - 降壓轉換器非常適合以電池作為供電之應用，特別是當電池電壓低於調節輸出電壓值時，得以延長電池使用時間。因為四開關升 - 降壓轉換器是完全同步的操作模式，故可達較高的效率。降壓模式時的輸出電流能力比升壓模式時為高；因為在相同的負載條件下，升壓模式和降壓模式相比之下，前者需要較高的開關電流。

MOSFET 的電壓額定值將決定最大輸入和輸出電壓範圍。在輸出電壓不需要參考接地的應用中，如 LED 驅動器，可使用只有單開關和整流器的升 - 降壓轉換器。而在大多數情況下，輸出電壓是參考到 V_{IN} 。



圖五、有四個內部開關的升 - 降壓轉換

多數的電源管理元件都是使用上述四個轉換器架構其中一種。

採用內部或外部的 MOSFET ?

需要非常大開關電流（如 > 10A）的應用，通常都會使用外部的開關 MOSFET，並且配合使用降壓控制器或升壓控制器。這類配置方式通常都是用在輸出功率超過 25W 的功率轉換器。

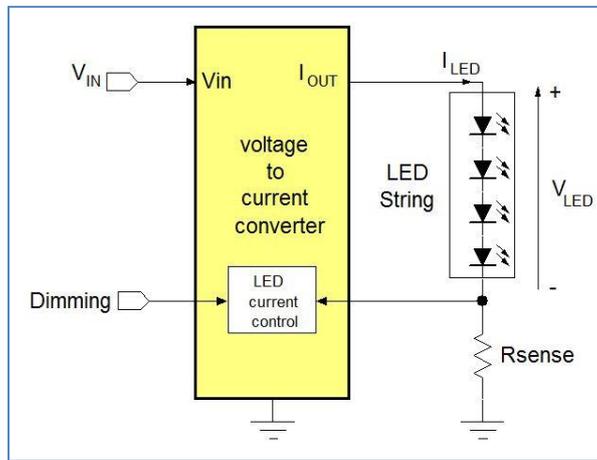
輸出電流 > 25A 的降壓應用多使用多相位降壓控制器，即不同的相位階段分享同一電流。具非常高切換電壓的電路，例如從 AC 線電壓供電的應用電路中，通常會採用的控制器是使用外部、耐高壓的 MOSFET。（例如返馳式控制器和 PFC 控制器）

LED 驅動器調節的是穩定輸出電流，而不是穩定輸出電壓，因為 LED 特定的光輸出是完全由電流來決定。大多數高亮度 LED 的正向電壓是 3 ~ 3.5V；而根據輸入電壓和 LED 串中 LED 的數量，轉換器可以是降壓，升壓或升 - 降壓型（例如，某些應用甚至需要配合不同的 LED 串）。

LCD 背光系統須驅動大量的 LED，因此會使用到多串型 LED 驅動器。

某些離線式 LED 驅動器則會使用線性 LED 驅動器的架構。

大多數 LED 驅動器還包括調光功能，以便能夠控制輸出電流，並進而控制 LED 的光輸出。



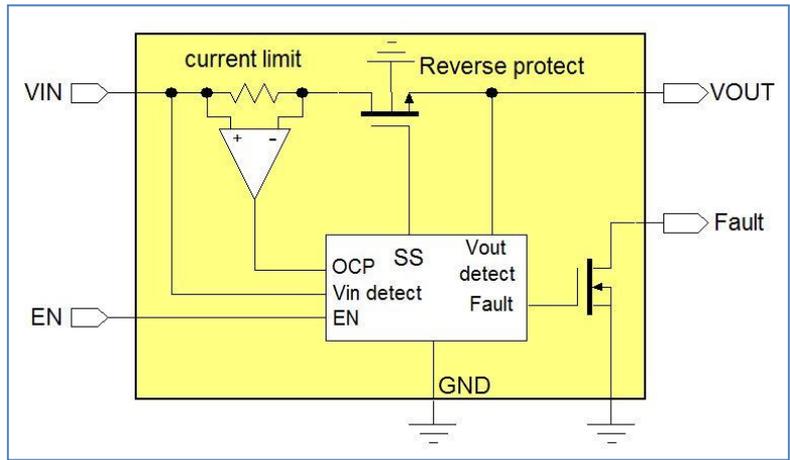
圖六、LED 驅動器基本電路

選擇適當的 LED 驅動器的主要考慮因素是輸入電壓，LED 串電壓和 LED 串電流，單 / 多串 LED 燈和是否調光。從交流線路供電的 LED 驅動器中，重要的是要先知道該電路是否需是隔離式的或非隔離式的，及 LED 驅動器是否需要滿足功率因數 (power factor) 和總諧波失真率 (THD) 的要求。

保護功能

安全性和可靠性是電源供應器需特別注意的。大多數轉換器都包括保護功能，使其能在負載過大或工作溫度過高的情況下，將電源供應器安全地關閉。

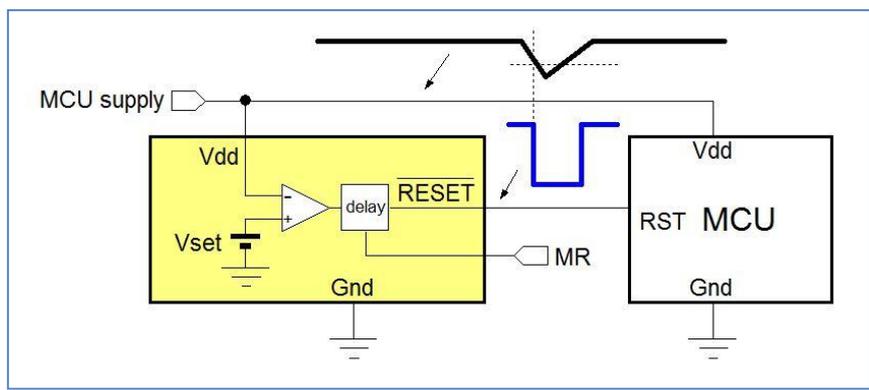
功率開關可用來控制電源軌是否接通於電路。其基本電路如圖七所示。**EN** 接腳用於啟動由 **MOSFET** 所構成的導通元件，它所具有之特殊井狀結構可阻擋通過本體二極體的反向電流。當輸出電流超過限流門檻值時，電流限制電路會將開關打開 (**Open**)。當任何保護功能被啟動時，則 **FAULT** 腳會被拉至低電位，並且以此信號來告知系統故障已發生。功率開關通常也被用於保護 **USB** 接口，因通常 **USB** 對電流的需要最大，也必須有短路保護。功率開關主要的選擇標準是電流限制值的大小，不論電流限制是固定或可調的。



圖七、搭配不同保護功能的功率開關

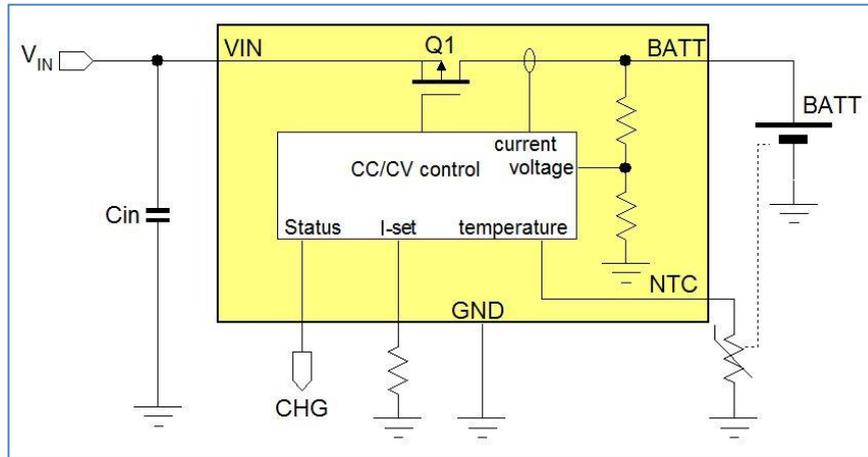
供應器的監控 IC 會監控電源過壓或欠壓的情形。圖八顯示一個典型的電源監控器偵測電源欠壓的情形。當電源低於特定電壓時，**IC** 將啟動重置 (**RESET**) 信號。這個信號被用來重置由同一電源供電的 **MCU**，以避免任何可能由 **MCU** 電源電壓過低而造成的數據損壞。當電源電壓回復到正常水平，監控 **IC** 將延遲一段時間後回復重置信號，以確保 **MCU** 正確初始化。有些監控 **IC** 也有可外部控制的重置接腳，藉著外部重置開關來重置 **MCU**。

監控 **IC** 的選擇標準是電壓門檻值，重置延遲時間，開路汲極式或推挽式輸出，和是否可外部控制的重置功能。



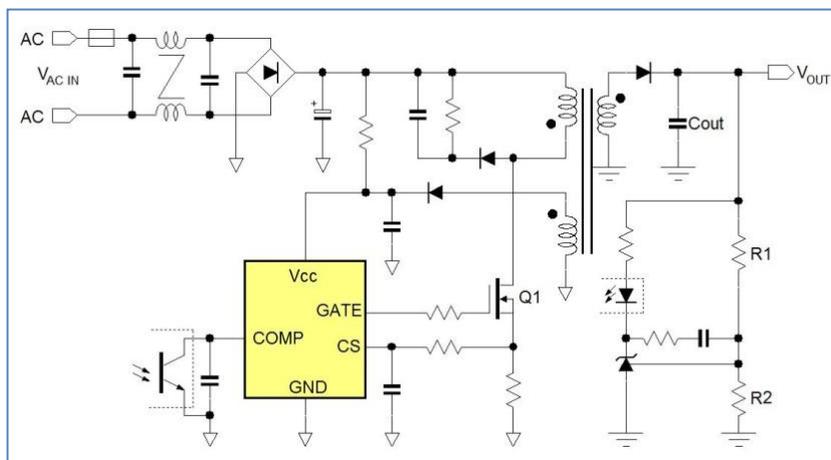
圖八、電源監控 IC 偵測電源欠壓狀態

電池充電器 IC 可於應用中針對特定的電池提供正確的充電電流和電壓。目前大多數電池充電器是為鋰離子電池所設計的，因為是手持裝置最常用的。電池充電器會量測電池充電電流和電池電壓，並控制 MOSFET 的導通，以按所要求的電池充電操作模式來提供充電電流：預充電 - 定電流 - 定電壓 - 電流截止。最大充電電流可以透過一個外部電阻進行調整；置於電池附近的熱敏電阻 NTC 會將電池的溫度訊息送至充電器。充電狀態接腳則顯示充電狀態。大多數適用於單節鋰離子電池的**線性充電器**是使用 5V 電源並適合 1A 以下的充電電流，該充電器較適合不超過 1Ah 電池容量的電池。大容量電池的充電則是需要較高的充電電流；在這種情況下，就必須選擇**切換式充電器**（降壓架構）。**有些電池充電器包含電源路徑控制**，使系統能透過電源轉接器或電池供電。電池充電器可以在線性 / 切換式架構，單 / 雙輸入，固定 / 可調節的電流，有 / 無 NTC 感測，電源轉接器輸入電流限制及自動電源路徑等中作適當的選擇。



圖九、線性電池充電器之基本電路

AC / DC 返馳式控制器用於需將 AC 線電壓轉為一個穩定、隔離的電源電壓之應用。圖十所示為一個基本的返馳式電源。首先將 AC 線電壓整流成一個高直流電壓。返馳式電源和單開關升降壓轉換器的工作原理類似，只不過當中的電感被分開，如同形成一個變壓器。返馳式控制器會控制耐高壓開關 MOSFET Q1 的導通 (ON) 時間，然後藉由電流流過初級繞組，儲存變壓器的磁能。當開關 MOSFET 斷路 (OFF) 時，變壓器的能量就轉移到次級繞組，並進而對輸出電容進行充電。變壓器使初級（熱）側和次級（冷）側之間達到隔離的目的。透過電阻網絡感測次級輸出電壓，再將它與參考電壓進行比較，並藉由一個光耦合器將調節用的回授信號傳回初級側控制器，而控制器調整 MOSFET 的導通時間 (ON) 以保持次級穩定輸出電壓。返馳式控制器是由變壓器的輔助繞組供電。返馳式電源可以用於廣泛的應用中，從微小的充電器電源轉接到高達 100W 較大的主電源。在待機模式需低輸入功率的應用中，必須儘可能減少功率元件的開關損耗。大多數返馳式控制器可以在輕載情況下，切換至特殊叢發操作模式以減低切換造成的損耗。返馳式控制器的其他重要特點還有各種保護模式、抑制 EMI 的功能和快速啟動所需的高電壓啟動電路等。在低功率，如充電器的電源轉接器之應用中，所使用的返馳式控制器往往是使用**初級側調節 (PSR)** 的回授方式：這些控制器不需次級側的光耦合器和回授網絡；它們透過輔助繞組感測開關電壓，並且從輔助繞組的開關波形和初級側電流而得到次級輸出電壓作為回授。



圖十、基本 AC / DC 返馳式電

功率額定值大於 75W 的電源供應器（如開架式工業電源）需要滿足功率因數的要求，所以會加 PFC 升壓轉換級作預處理。此 PFC 升壓轉換級會使用 **PFC 控制器**，來控制輸入電流，以滿足功率因數及電流諧波的要求。

許多**隔離、離線式 LED 驅動器**也採用返馳式架構；為能精確控制 LED 電流且不用光耦合器，這類 LED 返馳式控制器會用初級側檢測方式以控制次級繞組的電流。交流供電之 LED 照明應用對功率因數 (PF) 和交流線電流諧波都有較嚴格的要求，所以大部分離線返馳式 LED 控制器還需具備優良功率因數和低 THDi 之特性。

相關資源

立錡科技電子報

[訂閱立錡科技電子報](#)

Richtek Technology Corporation

14F, No. 8, Tai Yuen 1st Street, Chupei City

Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

Tel: 886-3-5526789

Richtek products are sold by description only. Richtek reserves the right to change the circuitry and/or specifications without notice at any time. Customers should obtain the latest relevant information and data sheets before placing orders and should verify that such information is current and complete. Richtek cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Richtek product. Information furnished by Richtek is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Richtek or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Richtek or its subsidiaries.