

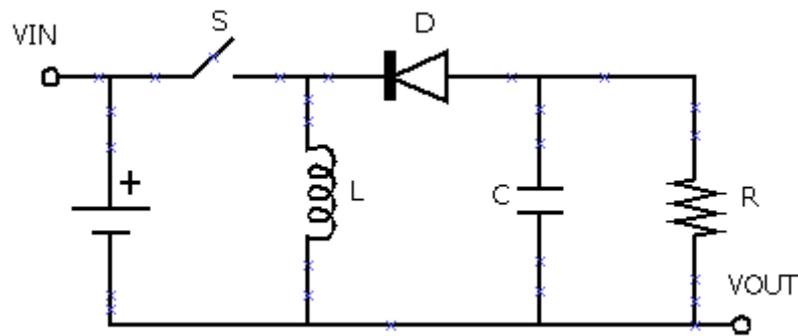
手持式裝置的升降壓轉換器介紹

一、前言

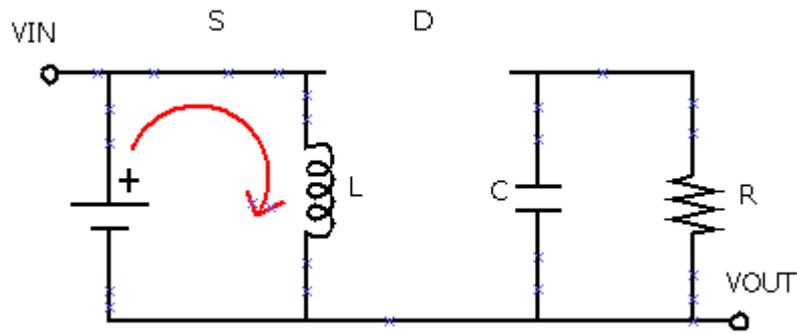
手持式裝置大多是指手機、數位相機、GPS、平板電腦等電池裝置。隨著科技的日新月異與輕薄快速多功能的市場需求，手持式設備已趨向方便且多功能的發展，甚至能夠全面執行消費者與企業所需的應用功能。因此，手持式產品需更進一步達成電源省電與降低成本的需求。以手持式鋰離子電池為例，一個鋰離子電池的最大變動電壓範圍為 4.2 伏特至 2.7 伏特，若須提供 3.3 伏特的應用電壓時，一般設計方式是使用兩組 DC/DC 轉換器，先升壓至 4.5 伏特以上再降壓至 3.3 伏特。而此設計所需零件甚多，不但成本高且增加體積。有鑑於此，本文將藉由新型高效率同步升降壓轉換器(Buck-Boost Converter)的使用方案，達成此一目標。

二、升降壓轉換器架構與工作原理

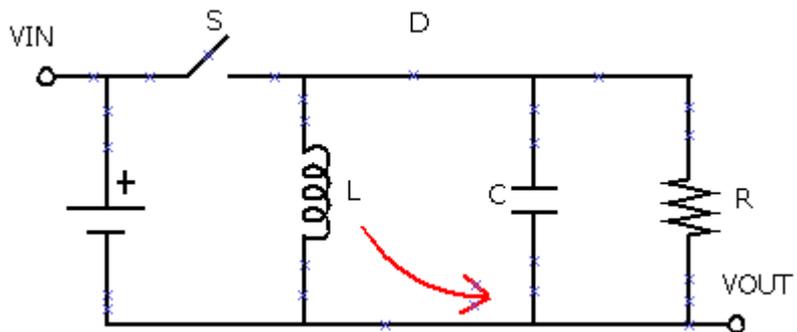
傳統升降壓轉換器顧名思義就是將降壓(Buck)和升壓(Boost)串接組合而成，如圖 1(a)所示。當主開關 S 導通二極體 D 截止，輸入端將能量儲存在電感上，如圖 1(b)所示。當主開關 S 截止二極體 D 導通，電感能量將釋放至輸出端，如圖 1(c)所示。而升降壓轉換器最大的優點是允許輸入電壓大於小於或等於輸出電壓，但卻付出諸多缺點：(1)主開關 S 與二極體 D 的電壓應力等於輸入電壓與輸出電壓之和，與降壓或升壓轉換器相較下的電壓應力大、(2)輸入電流與輸出電流皆不連續，會產生電磁干擾(EMI)與高輸出雜訊、(3)輸入端與輸出端不共地(GND)、(4)能量必須透過電感來傳遞，需要使用大的電感器。



(a)



(b) S 導通 D 截止之等效電路。



(c) S 截止 D 導通之等效電路。

圖 1 傳統升降壓轉換器電路

新型升降壓電路架構使用兩個 P-MOSFET 和兩個 N-MOSFET，如圖 2(a)所示，開關依不同的切換方式，同時完成降壓、升壓、升降壓的電路架構。

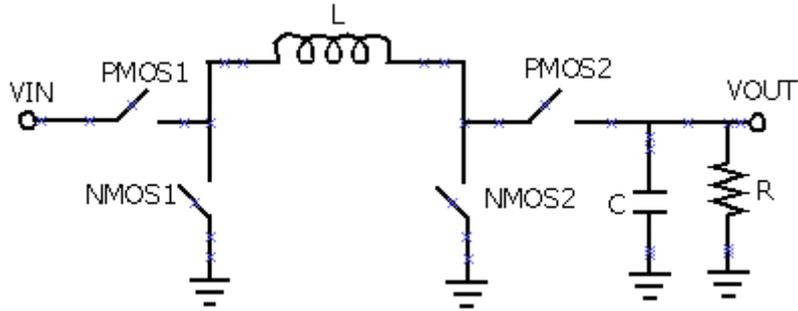
當開關 PMOS2 永遠導通與開關 NMOS2 永遠截止時，則開關 PMOS1 與開關 NMOS1 構成降壓的電路架構。當開關 PMOS1 永遠導通與開關 NMOS1 永遠截止時，則開關 PMOS2 與開關 NMOS2 構成升壓的電路架構。

當輸入電壓接近輸出電壓時，會進入升降壓工作模式，而升降壓工作模式有 4 個階段，第一階段將開關 PMOS1 和 NMOS2 導通，開關 NMOS1 和 PMOS2 截止，輸入端將能量儲存在電感上，如圖 2(b)所示。第二階段將開關 PMOS1 和 PMOS2 導通，開關 NMOS1 和 NMOS2 截止，若輸入電壓大於輸出電壓，則輸入端提供能量至負載與電感儲能，若輸入電壓小於輸出電壓，則輸入端與電感提供能量至輸出端，若輸入電壓等於輸出電壓，則輸出端的能量完全由輸入端提供，電感能量不變，如圖 2(c)所示。第三階段將開關 NMOS1 和 PMOS2 導通，開關 PMOS1 和 NMOS2 截止，電感能量釋放至輸出端，如圖 2(d)所示，而第四階段如同第二階段。

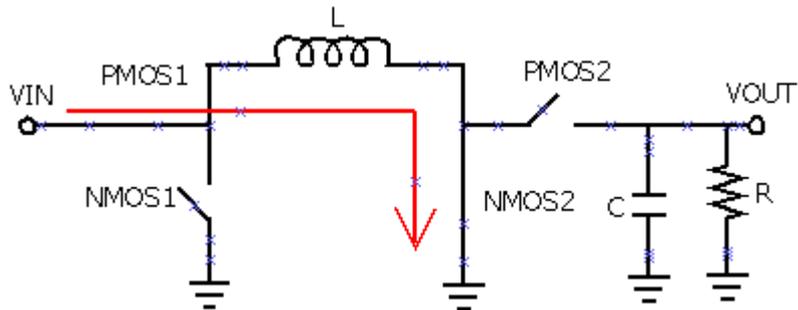
與傳統升降壓相比，雖然多了兩個開關，但也改善許多缺點：(1)降壓開關 (PMOS1、NMOS1) 電壓應力為輸入電壓，升壓開關 (PMOS2、NMOS2) 電壓應力為輸出電壓，並非輸入電壓與輸出電壓之和，可減少體積和成本、(2)轉壓比接近的條件下，允許使用第二與第四階段工作模式，因電感上較無電壓差，所以電感



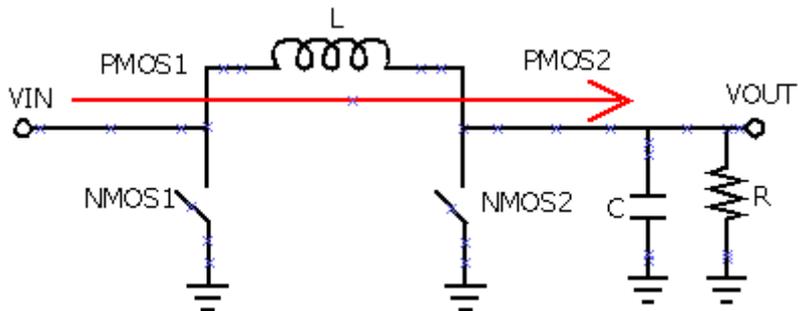
電流無劇烈的變動，有效的減小電感交流電流的大小與輸出入不連續電流的切換頻率，所以降低輸出的雜訊與 EMI 產生問題、(3)輸入端與輸出端為共地訊號。



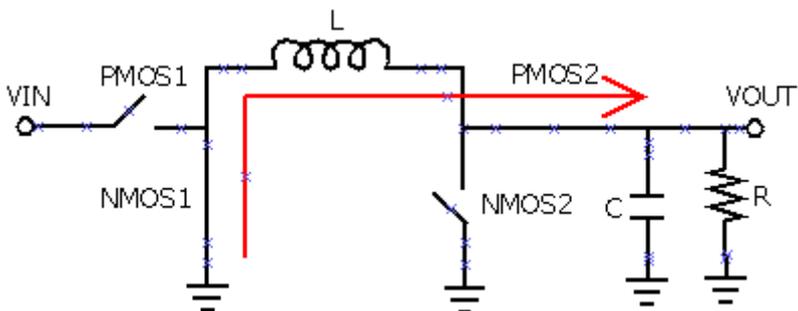
(a)



(b) PMOS1、NMOS2 導通 NMOS1、PMOS2 截止之等效電路。



(c) PMOS1、PMOS2 導通 NMOS1、NMOS2 截止之等效電路。

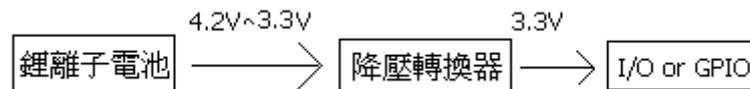


(d) NMOS1、PMOS2 導通 PMOS1、NMOS2 截止之等效電路。

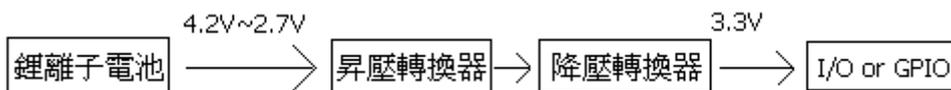
圖 2 AIC2341 升降壓轉換器電路。

三、鋰離子電池升降壓的應用電路與功能

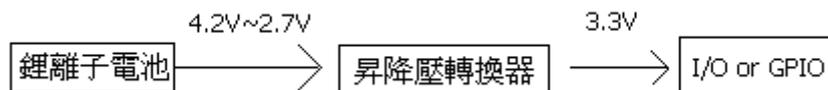
平板電腦電源應用中，一般的 I/O 裝置與 LED 顯示器都需一組固定電源 3.3 伏特，而鋰離子電池正常工作電壓範圍為 2.7V 至 4.2V，在電源轉換設計上可選擇一組降壓，如圖 3(a)所示，但缺點就是電池電壓只能使用到 3.3V，導致電池剩餘 15%至 20%的能量無法完全提供。使用兩組直流轉換器，如圖 3(b)所示，效率與空間成本都會提高。或可採用升降壓轉換器技術，如圖 3(c)所示，但傳統升降壓所提供的電源為負極，不適合此應用。筆者在此以 AIC2341 升降壓類比晶片為例，設計一顆可攜式鋰離子電池升降壓的應用電路與功能。



(a)



(b)



(c)

圖 3 平板電腦的 I/O 直流電源轉換器方塊圖。

圖 4 為一個將升壓與降壓轉換器組合而成的升降壓晶片應用線路，線路外部元件只需一個電感、輸出電容與分壓電阻外，不需任何主動元件，電路相當簡單成本低。且有固定輸出電壓的版本，不需外部分壓電阻，滿足節省成本縮小體積的需求。此晶片為電流控制模式的脈波寬度調變(PWM)轉換器，最高效率可達 95%，內建軟起動 300 微秒防止輸出電壓與輸入電流瞬間過大。內部補償使系統穩定，外部 MODE 腳位可選擇省電模式(Power Save Mode, PSM)外，亦可控制切換頻率範圍在 2.2MHz 到 2.8MHz 之間，使外部元件設計上更為彈性。此外，產品還有輸出短路保護、過電流限制保護與過溫度保護等功能。

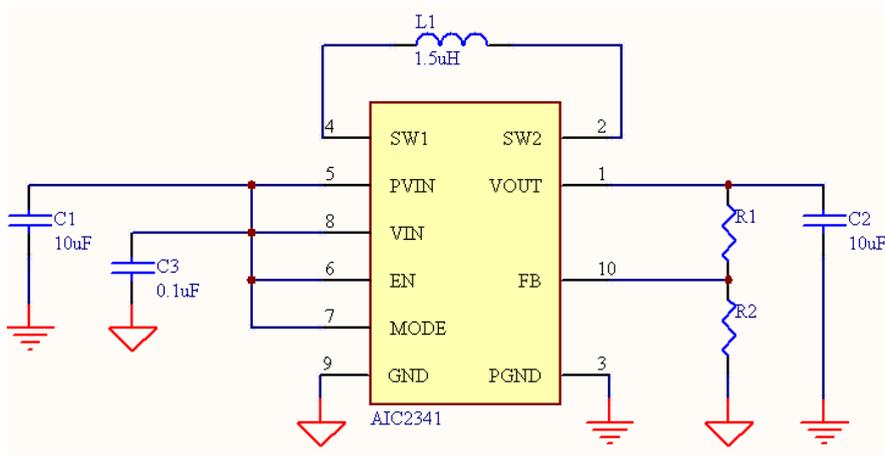


圖 4 升降壓轉換器的應用電路。

四、量測結果

本文實際製作圖 3(a)之應用電路，其輸入電壓範圍在 2.5 伏特到 5.5 伏特，可調輸出電壓範圍在 1.8 伏特到 5.5 伏特，最大可輸出電流為 1 安培。該晶片可應用在鋰離子電池或多個鹼性電池等的電池裝置，以單顆鋰離子電池供電轉換 3.3 伏特應用的輸出電壓為例子，並實際量測之應用電路。若欲提升電池的續行能力，固選擇上會以省電模式為主，圖 4 為 PSM 模式在不同的輸入電壓與負載電流變化下，其轉換器最高效率可達 90% 以上。若應用上要求輸出電壓漣波變動量很低或無 EMI 問題，則可選擇 PWM 模式的工作方式，圖 5 為 PWM 模式升降壓轉換器開關切換波形 SW1、SW2、輸出電壓漣波波形與電感電流波形，其輸出電壓漣波為 9.6mV。

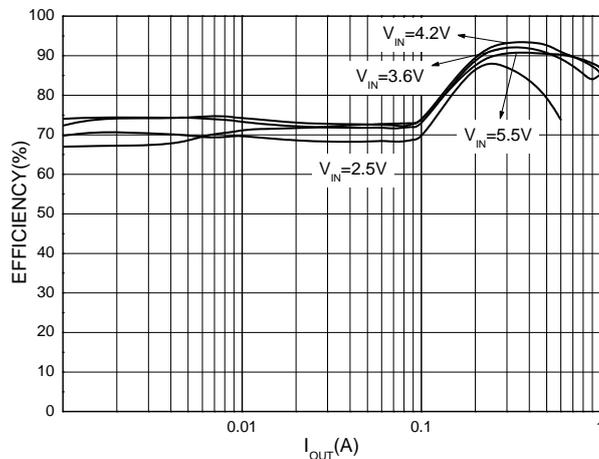


圖 5 PSM 模式的效率與輸出電流特性圖。

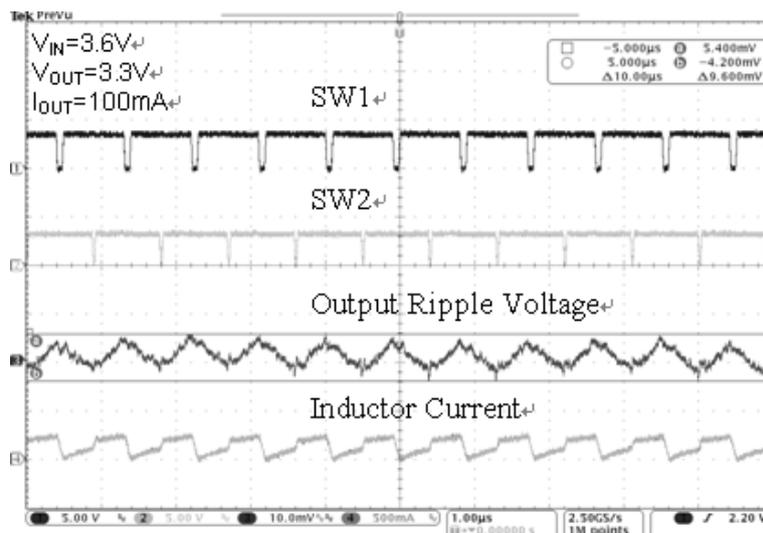


圖 6 PWM 模式的升降壓波形圖。

五、結語

獨特的升降壓轉換器可使輸入電壓大於、小於或等於輸出電壓外，還提供穩定低雜訊的直流電源。此外，晶片採用 10 支腳的平面尺寸 3mm 乘 3mm DFN 包裝，外部只需單一電感適合用於體積小型的產品，以及省電模式使電池續行能力更為持久。無論是體積、成本、電源穩定度與環保省電等，都優於傳統升降壓轉換器或兩組 DC/DC 轉換器的應用。綜合以上優勢，我們可以針對電池裝置設計一組安全、省電且價格低廉的同步升降壓轉換器。