

新型超低靜態電流升降壓轉換器 爲工業系統及更多應用供電

■作者：ADI Power by Linear 產品部科學專家 John Bazinet / 設計中心經理 David Loconto / 資深產品行銷工程師 Steve Knoth

背景資訊

在電源設計者用來因應各種電源轉換情況的工具中，升降壓 DC/DC 轉換器可說是最實用的工具之一。在這些情況中，由於存在著非理想或多個輸入電源、暫態干擾或儲存元件的充放電，所以輸入電壓會在很寬廣的範圍內產生變化。單一電感、同相升降壓轉換器可無縫式地降低或升高輸入電壓，並調節輸出電壓，而無論輸入是高於、等於還是低於輸出，升降壓轉換器都能夠彈性地因應以上 3 種情況，因此可以代替兩個 IC(一個單獨的降壓轉換器或一個低壓差線性穩壓器再加上一個升壓轉換器)，而能節省在印刷電路板 (PCB) 上佔用的空間 / 面積，用料清單 (BOM) 也因而能得到簡化。這些轉換器可大幅延長可攜式系統的電池壽命，因為它們在調節輸出的同時，更利用了電池的有用輸入範圍。在可能有多個電源的情況下，視電源的不同而異，升降壓轉換器可以在完全降壓或升壓模式下運行。此外，在電源備份應用中，儲存元件的放電電壓曲線橫跨所需要的固定輸出，升降壓轉換器將運用兩種運行模式。

應用情況隨市場不同而有所變化

除消費性產品以外，視應用的不同而異，輸入和輸出電壓範圍可能具有大幅變化。例如，在汽車環境中，12V 汽車電池是所有電子設備的主電源。然而，在冷啟動時，標稱 12V 可能驟降至 3V，或者在拋載情況下，突升至將近 40V(受暫態電壓抑制器限制)。在工業應用中，標準電源匯流排電壓為 24V 或 12V，而且經常遇到電壓更高、持續時間從幾微秒到數百毫秒的電源尖峰。在這些系統中，電子設

備不僅必須承受瞬態電壓尖峰，而且在很多情況下還必須在發生暫態事件時，自始至終都能夠可靠地操作。工業和軍用 / 航空航太系統需要寬廣的工作溫度範圍以及可靠地為必要的下游電子設備供電，甚至在嚴苛的輸入電壓情況下(如同汽車環境)。此外，航空電子、軍用和航太環境都具有標準電源軌，但還可能運用各種電池配置和太陽能電池板運行，因此需要能夠因應寬廣輸入電壓範圍的電源。有些應用需要接受很多不同的輸入源，以便任何能源都可自動為系統供電。例如，許多軍事應用必須接受不同類型的電池、適配器、甚至於太陽能電池板等，以獲得所需電力。

這些系統需要多個良好穩定的電源軌，較低電壓的電源軌一般由降壓穩壓器或 LDO 供電。不過，為供電予感測器和各種不同的類比元件(運算放大器、電動機或收發器等)，還存在著對穩定的中至高壓 12V 和 24V 電源軌的需求。視電源匯流排電壓值或系統組態的不同而異，在這些系統中，很多是既需要降壓轉換又需要升壓轉換的。升降壓轉換器(有些情況下支援太陽能供電)能夠彈性地用於各種輸入電源，藉以調節輸出，而能最大限度減少設計中所需的電源轉換器的數量，並因此簡化了用料清單。

電源轉換設計挑戰

在過去，既需要以降壓模式又需要以升壓模式運行的設計一直是透過使用多個電源轉換器加以實現，這類設計的典型問題，包含：PCB 面積、尺寸、成本和複雜性較高、可靠性較低、靜態電流(I_Q)較大，且轉換效率較低。可替代拓撲，例如 SEPIC(單

端主電感轉換器)，儘管比多個電源轉換器設計簡單，但是效率比同步升降壓轉換器約低 10%，而且需要兩個電感和一個大電流耦合電容，這不僅提高了複雜性和潛在雜訊，更縮短電池壽命。

升降壓轉換器以升壓模式運行時，亦面臨著一些獨特的挑戰，尤其是當升壓型轉換器斷開時、或者在剛加上電源時。常規升壓轉換器在 V_{IN} 至 V_{OUT} 之間，透過電感和升壓二極體提供一條直接的電流通路。當電源加到 V_{IN} 上時，升壓轉換器的這個特點可能引起很大的、有可能造成損壞的湧浪電流，而當電源轉換器關斷時， V_{OUT} 則比 V_{IN} 低一個二極體壓降，因此 V_{OUT} 僅得到部分供電。幸運的是，ADI 的很多升降壓轉換器具備了輸出斷接功能，這是其 4 開關架構所固有的特點。因此，當電源一加到 V_{IN} 時，升降壓轉換器的輸入電流就便會受到控制，從零逐漸斜坡上升至電流限制值，同時 V_{OUT} 加電上升。當升降壓轉換器斷開時， V_{OUT} 和 V_{IN} 會徹底斷開，以便 V_{OUT} 能夠安全地放電直至零。

較新、但正在成熟發展的磷酸鋰離子電池化學組成可支援更長的執行時間，但是這種電池的放電曲線延長了，在電池電壓低於 3V 時還有大量能量可用。這種特性影響了相關電源轉換系統，使同步升降壓穩壓器必須產生 3V 或更高的輸出，這種情況在包括工業系統在內的許多系統中是常見的。

使用可在非常低的輸入電壓時運行的升降壓轉換器，更能夠滿足一些採用超級電容的備份應用之需求。例如，一組電容（超級電容、電解質電容等）被充電至某個電壓值。如果電源失效，那麼下游的升降壓轉換器就可保持輸出穩定，因為該轉換器具有允許使用電容全部能量的優勢。而這就能減少應用所需的電容量（減小電容值和電路板面積）。不過，較新式的轉換器仍然需要 2.xV 輸入電壓才能運行。因此，用戶如果想從一個低於 2.xV 的輸入獲得功率，需要運用一些技巧（反向饋送等），但很多 DC/DC 轉換器做不到這一點。

幸運的是，ADI 的升降壓轉換器產品解決了許多這類問題。就輸入要求達到 40V 的情況而言，LTC3115-1/-2 和 LTC3114-1 便是非常適合的選

擇。當輸入電壓高達 15V 時，可以使用 LTC3111、LTC3112 和超低靜態電流 LTC3129。不久的將來，LTC311x 系列產品將使輸入電壓能力可擴展至 18V，並在降壓模式下支援 5A 輸出電流。然而，目前業界仍然存在一個尚未彌合的差距，即可與 12V/24V 系統相容同時提供高達 600mA 的適度輸出電流、能夠在啟動後以低壓運行並具備超低靜態電流的升降壓 DC/DC 轉換器。

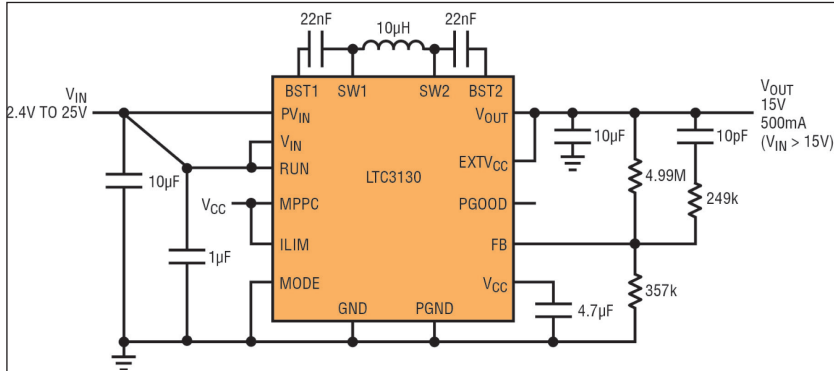
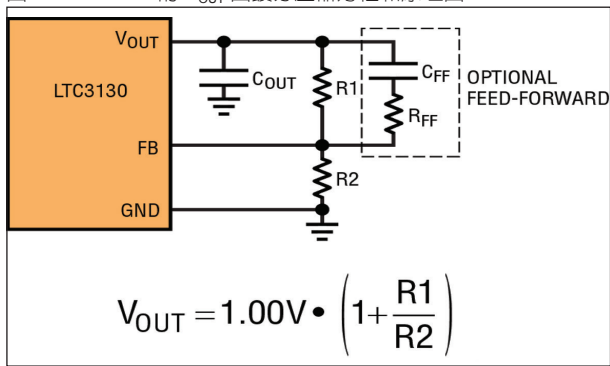
新型超低 I_Q 升降壓轉換器

顯然，解決上述這些問題的升降壓解決方案應該具備以下特性：

- 能在很寬廣的輸入 / 輸出電壓範圍內運行
- 能夠提供充足的輸出電流
- 超低 I_Q
- 低輸出雜訊 / 漣波
- 高效率運行
- 以升壓模式運行時，輸出斷接
- 僅需要最少的外部元件，易於設計
- 卓越的熱性能

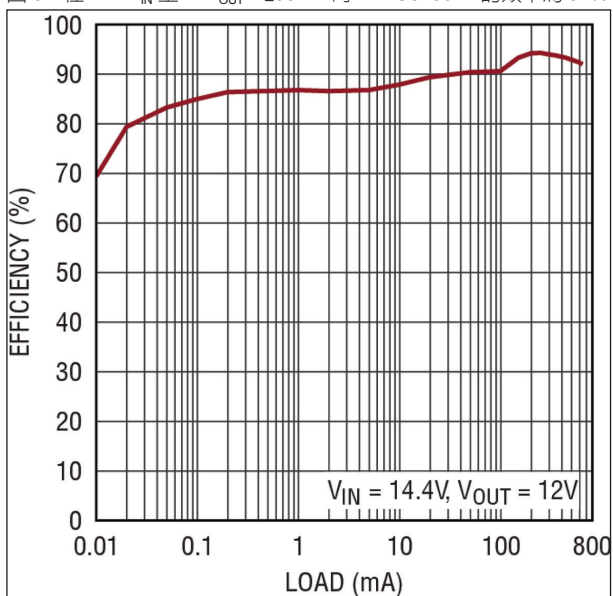
為了滿足這些需求，ADI 在不久前推出了 LTC3130 和 LTC3130-1。這些輸入和輸出額定值為 25V 的單晶同步升降壓轉換器在降壓模式能夠提供高達 600mA 輸出電流，同時具備極低的 1.2 μ A 無負載靜態電流（參見圖 1）。每個元件都提供 2.4V 至 25V 輸入電壓範圍和 1V 至 25V 輸出電壓範圍（LTC3130 是可調的，請參見圖 2），並在輸入高於、低於或等於輸出時，能夠提供穩定的輸出。一旦啟動，這些元件的典型輸入電壓要求僅為 0.6V。在用戶可選的 Burst Mode 運行下將靜態電流降至僅為 1.2 μ A，因而能提高輕負載時的效率，並延長了電池執行時間。LTC3130/-1 專有的升降壓拓撲在所有操作模式下均提供低雜訊、無抖動開關，因此非常適合對電源雜訊敏感的 RF 及高精度類比應用。這些元件還包括可編程設計最大功率點控制（MPPC）功能，從而確保從光伏電池等非理想電源可提供最大功率。LTC3130-1 提供了 LTC3130 所具

圖 1：LTC3130 的典型應用原理圖和功能

圖 2：LTC3130 的 V_{OUT} 回饋分壓器方程和原理圖表 1：LTC3130-1 的 V_{OUT} 編程設定值

VS2	VS1	V_{OUT}
0	0	1.8V
0	V_{CC}	3.3V
V_{CC}	0	5.0V
V_{CC}	V_{CC}	12V

備所有功能，同時
LTC3130-1 還具備
4 個用戶可選的固定
輸出電壓：1.8V、
3.3V、5V 和 12V，

圖 3：在 $14.4V_{IN}$ 至 $12V_{OUT}$ 、200mA 時，LTC3130-1 的效率為 94%

從而無需電阻器分壓器就可實現可調輸出版本 (參見表 1)。

LTC3130/-1 具有充足的電壓裕度，可因應 1 至 6 顆串聯鋰電池輸入系統和可能遭遇大的雜訊尖峰之標稱 12V 系統，以及能夠為 24V 感測器供電。具有保證的最低 660mA 電感電流限制提供升壓模式輸出電流能力，尤其是對於必須用 3.3V、5V、電池等低輸入電壓運行的 24V 感測器。

LTC3130/-1 包括 4 個內部低 $R_{DS(on)}$ N 通道 MOSFET，已提供高達 95% 的效率。轉換器啟動可透過能提供低至 $7.5\mu W$ 功率的電源而加以實現，從而使 LTC3130/-1 非常適合由薄膜太陽能電池等弱電源供電的應用。另外，也可透過禁止 Burst Mode 之運行，以提供低雜訊連續切換。LTC3130/-1 的固定 1.2MHz 開關切換頻率能確保低雜訊和高效率，同時使外部元件的尺寸能達到最小 (參見圖 3)。

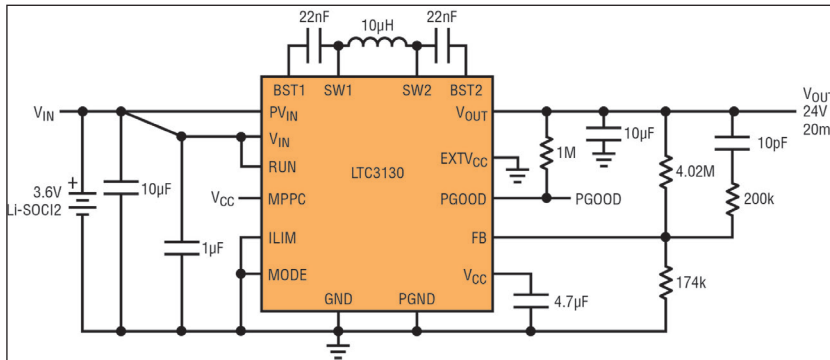
內建的迴路補償和軟啟動減少了外部零組件數量，並簡化了設計。其他特點包括一個電源良好指示器、針腳可選電流限制、一個準確的 RUN 針腳門檻、一個外部 V_{CC} 輸入和過熱關機。該元件兼具纖巧的外部元件、寬廣的操作電壓範圍、精小的封裝和超低靜態電流特色，非常適合於始終保持導通 (always-on) 應用，因為在這類應用中，延長電池執行時間最為重要。相關的應用包括長壽命電池供電的儀器、可攜式軍用無線電、低功率感測器和太陽能電池板後穩壓器 / 充電器電路。

LTC3130/-1 中整合了兩個低壓差 (LDO) 穩壓器以產生 V_{CC} ，一個來自 V_{IN} ，另一個來自 $EXTV_{CC}$ 。只要 V_{CC} 上保持充足的電壓，該轉換器便會透過任一輸入源運行。LTC3130/-1 採用耐熱增強型 20 接腳 3mm x 4mm QFN 和 16 接腳 MSOP 封裝。E 級和 I 級版本元件規定在 $-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$ 操作溫度範圍內運行。

24V 感測器應用

圖 4 所示是一個電池供電型 24V 感測器電源。

圖 4：具 200mA ILIM 以限制電池電壓下降的電池供電型 24V 轉換器

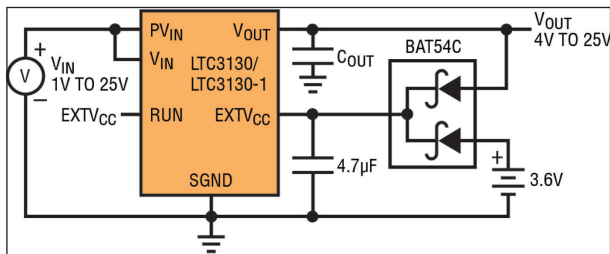


感測器功率由一個高可靠性、長壽命鋰亞硫醯氯主電池提供。為了最大限度延長使用壽命，感測器僅由持續時間很短的訊號來啟動，每次啟動之間的時間週期相當長，從而在感測器未啟動時，返回接近零功率的狀態。

LTC3130 可以選擇 200mA 輸入電流限制 (ILIM 針腳 = GND)，當感測器啟動時，該電流限制可用來最大限度降低從高輸出阻抗鋰亞硫醯氯主電池獲取的峰值電流，這進一步延長了電池的使用壽命。在很長的空間週期內，透過驅動 RUN 針腳至低位準可關閉 LTC3130，從而僅從 24V 輸出汲取 1µA 電流。在很長的空間週期中，感測器也與 24V 電源軌斷接，或關斷以最大限度減小 24V 輸出電容的放電。以這種方式保持 24V 輸出，感測器便能夠快速加電，進行所需測量，然後再次斷電，而不必等待 24V 電源軌充電。在感測器正常工作時，這個 DC/DC 轉換器可實現高達 83% 的效率。

EXTVCc 功能

如果 $>3V$ (範圍：3V 至 25V)，LTC3130 的 EXTVCc 就會為 IC 供電。EXTVCc 輸入可用來：

圖 5：LTC3130/-1 轉換器自舉至 V_{OUT} ，以排除電池洩漏，同時允許用一個 1V 或更低的 V_{IN} 電源啟動和穩壓

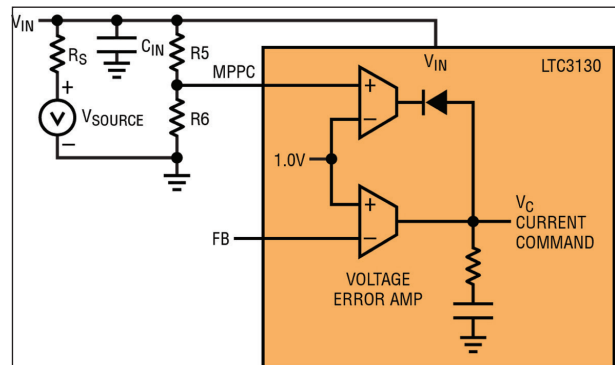
- 自舉至 V_{OUT} ，以允許更低的 V_{IN} 能力
- 自舉至 V_{OUT} ，以在高 V_{IN} 時提高效率
- 從一個外部電源啟動，以適合 V_{IN} 非常低的應用 (參見圖 5)

最大功率點控制

LTC3130/-1 的最大功率點控制 (MPPC) 輸入可與可選外部分壓器一起使用，以動態調節受指令控制的電

感電流，從而在使用光伏電池板等高阻抗電源時，保持最低輸入電壓，進而最大限度提高輸入功率傳送，防止 V_{IN} 在具有負載情況下降至太低。在依靠光伏電池等各種非理想電源運行時，這種 MPPC 電路可使轉換器的輸入電壓追隨一個可編程最大功率汲取點。請參閱圖 6 獲得詳細資訊。

圖 6：具外部電阻器分壓器的 MPPC 放大器



結論

單一電感、同相輸出升降壓轉換器是一種極度彈性、且實用的電源元件。ADI 的 LTC3130/-1 是輸入和輸出額定值為 25V 的單晶升降壓轉換器，降壓模式時輸出電流額定值為 600mA，靜態電流為極低的 1.2µA。這些元件擴大了升降壓應用的適用範圍，使這類應用能夠滿足種類繁多、富有挑戰性的電源要求，包括非精準穩定的 5V/12V/18V 適配器、多種類型的電池、小型太陽能電池板和充電電源。這些元件使用非常彈性，具 MPPC 和 EXTVCc 等功能，進而實現了一系列獨特、且非常適合用來解決多種應用問題的供電方案。 CTA