

以新型超低 IQ 升降壓轉換器超越傳統供電方案

■作者：凌力爾特（現隸屬ADI公司）
電源產品部科學專家 John Bazinet
電源產品部設計中心經理 David Loconto
電源產品部資深產品行銷工程師 Steve Knoth

背景

由於存在非理想或多個輸入電源、暫態干擾以及儲存元件充放電，DC/DC 轉換器的輸入電壓往往在寬廣的範圍內產生變化。升降壓 DC/DC 轉換器是電源設計者用來因應此類變化的工具中，最有用的工具之一。單一電感、同相升降壓轉換器無縫式地降低或升高輸入電壓並調節輸出電壓，無論輸入高於、等於或低於輸出時。升降壓轉換器能夠彈性地因應此 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，加上一個升壓轉換器），從而大幅度延長可攜式系統的電池壽命。用料清單 (BOM) 也更為簡化了，因此可節省在印刷電路板 (PCB) 上佔用的空間 / 面積。在有多個潛在電源的情況下，視電源不同而不同，升降壓轉換器可以在完全降壓或升壓模式下運行。反過來說，在電源備份應用中，儲存元件放電的放電電壓曲線橫跨所需要的固定輸出，這時升降壓轉換器將採用兩種模式操作。

針對不同市場的電源配置

除消費性產品以外，視應用不同的情況，輸入和輸出電壓範圍變化都很大。例如，標準工業電源匯流排電壓為 24V 或 12V。大多數系統都需要多個良好穩定的電源軌來供電，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），還存在對穩定的 12V 和 24V 電源軌的需求。取決於電源匯流排狀態或系統組態，很多這些系統既需要降壓轉換又需要升壓轉換。升降壓轉換器能夠彈性地運用各種輸入電源運行，而將設計中所需的電源轉換器數量和物料清單中的數目降至最低。

汽車電池電壓範圍寬廣且要求嚴格

在汽車應用中，12V 汽車電池是所有電子系統的主電源。標稱 12V 在冷啟動時可能降至 3V，在拋載時可能上升至近 40V（受到暫態電壓抑制器的限制）。這種環境對電子產品造成了嚴酷考驗，其被要求在各種條件下都能強固和可靠地運作。因此，很多內部系統都會遇到約為 24V 雙倍的電池電壓（例如拖車快速啟動時）。這些極端電壓情況以及引擎罩內可能出現的極端高溫，都要求使用堅固可靠的電子系統。出於這些原因，採用升降壓轉換器產生系統電壓 – 包括汽車電氣系統中常見的 5V 至 12V 電源軌是該採取的審慎做法。

航空電子、軍用和航太環境採用標準電源軌，但也可能靠各種不同的電池配置和太陽能電池板運行，因此要求電源能夠因應非常寬廣的輸入電壓範圍。有些應用要求接受很多不同的輸入源，以便任何能源都可以自動地為系統供電。例如，許多軍事應用必須接受由不同類型的電池、電源轉接器甚至太陽能電池板供電。

工業和軍用 / 航太系統要求向必要的下游電子

系統可靠供電，甚至在類似於汽車環境的嚴苛輸入電壓情況下。此外，這類系統一般還要求寬廣的工作溫度範圍。

電源轉換設計挑戰

過去以來，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來實現，這類設計的典型問題包括 PCB 面積、尺寸、成本和複雜性較高、可靠性較低、靜態電流 (I_Q) 較大以及轉換效率較低。如 SEPIC(單端主電感轉換器) 等可替代性拓撲，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，如此提高了複雜性和潛在雜訊，並縮短了電池壽命。

升降壓轉換器以升壓模式運行時，其面臨著一些獨特的挑戰，尤其是當升壓轉換器斷開，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，升壓轉換器的相關特點可能引起很大並可能造成損壞的湧浪電流，而當電源轉換器關斷時， V_{OUT} 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，凌力爾特的許多升降壓轉換器具輸出斷接功能，這是其 4 開關架構所固有的特點。因此，當電源一加到 V_{IN} 上時，升降壓轉換器的輸入電流就受到控制，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伏。

使用可在非常低輸入電壓時運行的升降壓轉換器，更能滿足一些採用超級電容器的備份應用之需求。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以保持輸出穩定，因為該轉換器具有允許使用電容全部能量的優勢。如此將可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，便需要運用一些技巧（反向饋送等）。很多 DC/DC 轉換器做不到這一點。

幸運的是，凌力爾特的升降壓轉換器產品解決了這類問題。就輸入要求達到 40V 的情況而言，LTC3115-1/-2 和 LTC3114-1 便非常適合。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擴展至 18V，並在降壓模式支援 5A 輸出電流。然而，業界仍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、能夠在啓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

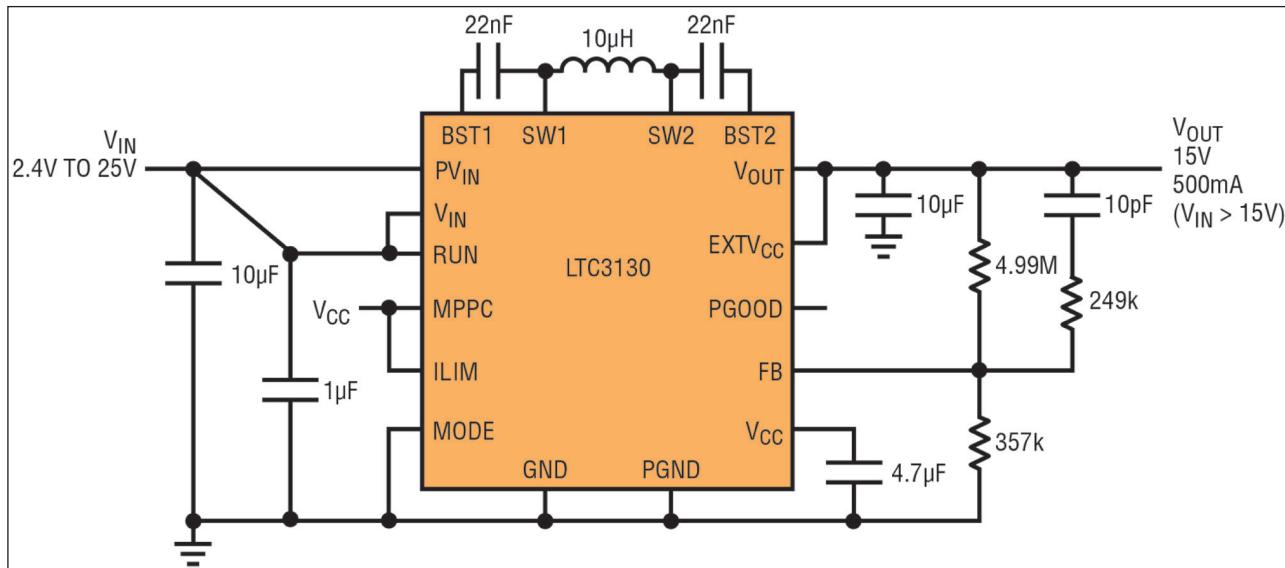
顯然，解決上述這些問題的升降壓解決方案應該具備以下特性：

- 能操作於寬廣的輸入 / 輸出電壓範圍
- 能夠提供充足的輸出電流
- 超低 I_Q
- 低輸出雜訊 / 漣波
- 以高效率運行
- 以升壓模式運行時，輸出斷接
- 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，凌力爾特不久前推出了 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 $1.2\ \mu A$ 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，參見圖 2），並在輸入高於、低於或等於輸出時提供穩定的輸出。一旦啓動，這些元件的典型輸入電壓要求僅為 0.6V。用戶可選的高載模式（Burst Mode）運作將靜態電流降至僅為 $1.2\ \mu A$ ，從而提高了輕負載時的效率，並延長了電池運作時間。



圖 1 : LTC3130 的典型應用原理圖和功能



LTC3130/-1 專有的升降壓拓撲在所有工作模式下均提供低雜訊、無抖動開關，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最大功率點控制 (MPPC) 功能，以確保從光伏電池等非理想電源提供最大功率。LTC3130 的所有功能 LTC3130-1 都具備，但 LTC3130-1 更提供 4 個用戶可選的固定輸出電壓：1.8V、3.3V、5V 和 12V，從而無需電阻分壓器便可實現可調輸出版本（請參考表 1）。

LTC3130/-1 具備充足的電壓裕度，可因應 1 至 6 節串聯鋰電池輸入系統和可能遭遇大的雜訊尖峰的標稱 12V 系統，以及能夠為 24V 感測器供電。具保證的最低 660mA 電感器電流限制提供升壓模式輸出電流能力，尤其是對必須用 3.3V、5V 或電池等低輸入電壓運行的 24V 感測器而言。

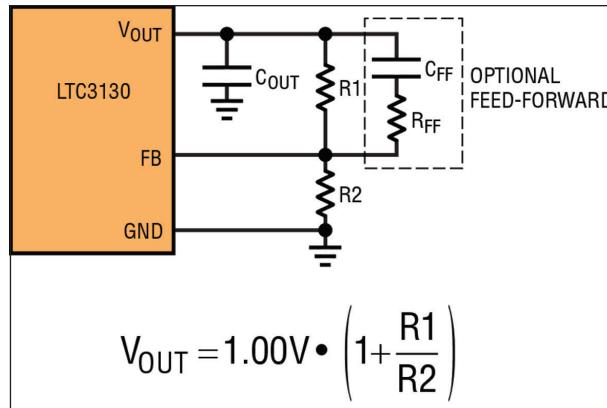
LTC3130/-1 包括 4 個內部低 $R_{DS(ON)}$ N 通道 MOSFET，已提供高達 95% 的效率。轉換器啓動可透過能提供低至 $7.5 \mu\text{W}$ 功率的電源實現，從而使

表 1 : LTC3130-1 的 V_{OUT} 編程設定值

VS2	VS1	VOUT
0	0	1.8V
0	VCC	3.3V
VCC	0	5.0V
VCC	VCC	12V

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，可以禁止高載模式運行，

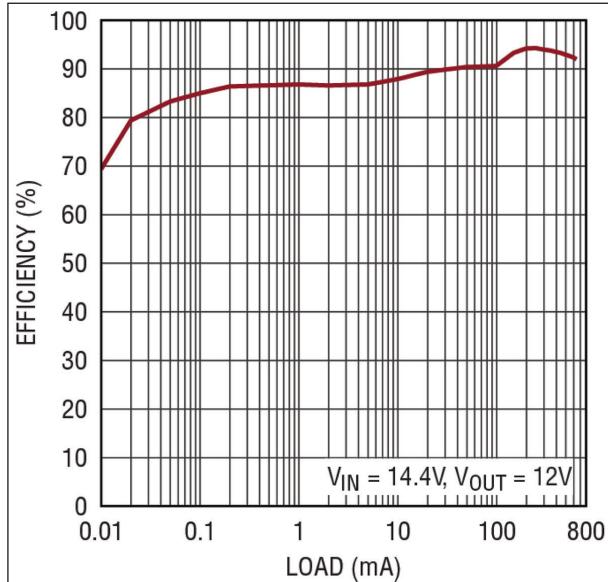
圖 2 : LTC3130 的 V_{OUT} 回饋分壓器方程和原理圖



以提供低雜訊連續切換。LTC3130/-1 的恒定 1.2MHz 開關頻率確保低雜訊和高效率，同時最大限度減小了外部元件的尺寸（參見圖 3）。

內建迴路補償和軟啓動減少了外部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、一個精準的 RUN 針腳門檻、一個外部 V_{CC} 輸入和過熱關機。元件兼具纖巧的外部元件、寬廣的工作電壓範圍、精小的封裝和超低靜態電流特色，非常適合始終保持導通應用，因為在這類應用中，延長電池執行時間至關重要。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

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

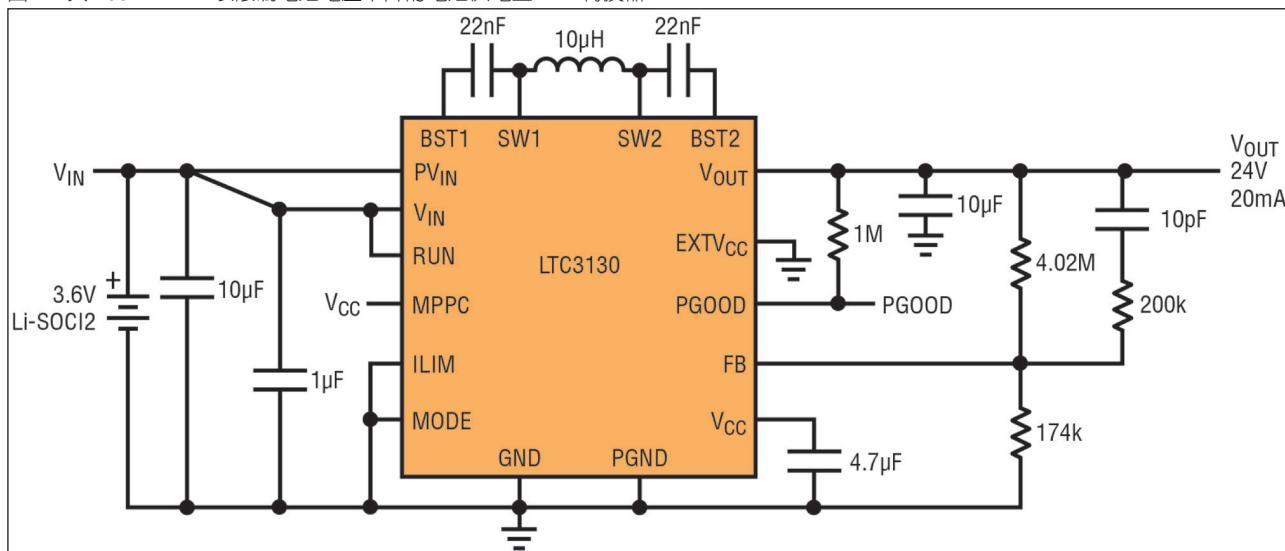
壓器以產生 V_{CC} ，一個來自 V_{IN} ，另一個來自 $EXTV_{CC}$ 。只要 V_{CC} 上保持充足的電壓，該轉換器就會用任一輸入源運行。

LTC3130/-1 採用散熱加強型 20 接腳 3mm x 4mm QFN 和 16 接腳 MSOP 封裝。E 級和 I 級版本元件規定操作於 -40°C 至 125°C 溫度範圍。

24V 感測器應用

圖 4 所示是一個電池供電型 24V 感測器電源。感測器功率由一個高可靠性、長壽命鋰亞硫醯氯主

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



電池提供。為了儘可能達到最長的使用壽命，感測器僅由持續時間很短的訊號啟動，每次啟動之間的時間間隔很長，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 ($LLIM$ 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，如此進一步延長了電池使用壽命。在很長的空閒週期，透過驅動 RUN 針腳至低位準，關閉 LTC3130，從 24V 輸出僅汲取 $1\mu\text{A}$ 。在很長的空閒週期，感測器與 24V 電壓軌斷接，或關斷以最大限度減小 24V 輸出電容器的放電。以這種方式保持 24V 輸出，感測器就可以快速地加電，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 轉換器實現高達 83% 的效率。

EXTVcc 功能

如果 $>3\text{V}$ (範圍：3V 至 25V)，LTC3130 的 $EXTV_{CC}$ 就給 IC 供電。 $EXTV_{CC}$ 輸入可用來：

- 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)



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

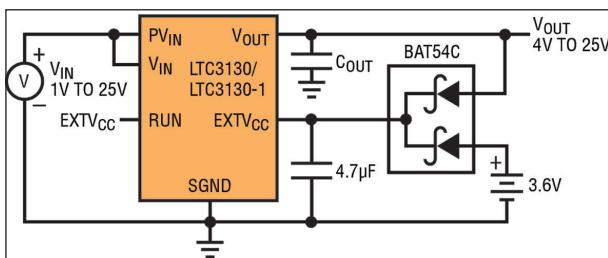
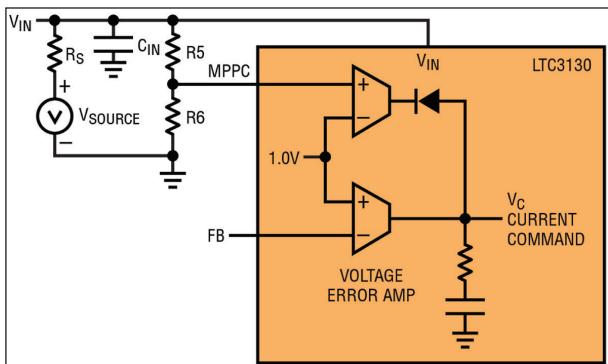


圖 6：具外部電阻器分壓器的 MPPC 放大器



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，這種方法可使轉換器的輸入電壓追隨一個可編程最大功率抽取點。詳細資訊可參考圖 6。

結論

單一電感、同相升降壓轉換器是一種極度彈性和實用的電源元件。凌力爾特的 LTC3130/-1 為輸入和輸出額定值為 25V 的單晶升降壓轉換器，在降壓模式時輸出電流額定值為 600mA，靜態電流為極低的 $1.2 \mu A$ 。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和富挑戰性的電源要求，包括非精準穩定的 5V/12V/18V 電源轉接器、多種類型的電池、小型太陽能電池板和可再充電電源。這些元件的使用具備高度彈性，具 MPPC 和 $EXTV_{cc}$ 等功能，可實現一系列獨特和非常適合解決多種應用問題的供電方案。[CTA](#)

電路板協會、研華、迅得 聯手資策會及工研院共組 PCB 聯盟隊

在經濟部工業局支持下、台灣電路板協會結合資策會創新應用與服務研究所（創研所）、與工研院電子與光電系統研究所（電光系統所），兩大法人的能量與資源下，由經濟部工業局呂正華代局長與台灣印刷電路板產業的指標性廠商、及產業菁英要角，以啟航儀式誓師成立「PCB 智慧製造國家聯盟」，引領產業航向智慧製造大未來。

因應全球消費市場對於電子產品的需求改變，印刷電路板產業面臨將原來標準規格大量生產的模式，轉化成為「少量多樣」與「多量多樣」的特色化生產模式，特別是面對中國、日本與韓國電路板廠商的競爭，如何協助產業鏈智慧化升級、結合資通訊與智慧機械的技術改善整體製程的效率及彈性，已成為台灣印刷電路板產業必須嚴肅面對的重要課題。

台灣電路板協會吳永輝理事長則表示，希望可以凝聚產業共識，加強智慧製造能力，讓 PCB 製造設備彼此可整合、鏈接，因此之前協會成員以半導體產業為師，決定統一 PCB 設備通訊標準，讓系統一體化，透過聯盟方式，分享彼此資源，進一步強化競爭力。

目前印刷電路板智慧製造國家聯盟主要係由台灣電路板協會、資策會、工研院共同推動，以研華科技、迅得機械為首的智慧製造解決方案業者，鏈結國內國內電路板廠欣興、敬鵬、耀華，致力架構印刷電路板智慧製造共通技術平台，及設備聯網統一通訊協定標準，加速台灣電路板產業朝智慧化與高值化發展。