

高壓數位電源系統管理的發展

■作者：Hellmuth Witte/ 凌力爾特電源管理產品設計工程師

新型降壓控制器 LTC3886 可接受高達 60V 輸入，產生兩個 0.5V 至 13.8V 輸出，從而使該元件能夠非常容易地應用在工業、伺服器 and 汽車環境以作為一個中間匯流排或負載點 (POL) 電源使用。元件具備同等輸入 / 輸出範圍的其他控制器所無法媲美之數位管理功能，基於 I²C 的 PMBus 相容序列介面允許電源設計師透過基於 PC 以及具圖形化使用者介面的 LTpowerPlay 以配置、監視、控制和擴展功能，然後在 LTC3886 的內建 EEPROM 中儲存最佳生產設置。無需更改電路板，因為功能和優化設置 (包括補償) 都可以透過軟體更改。

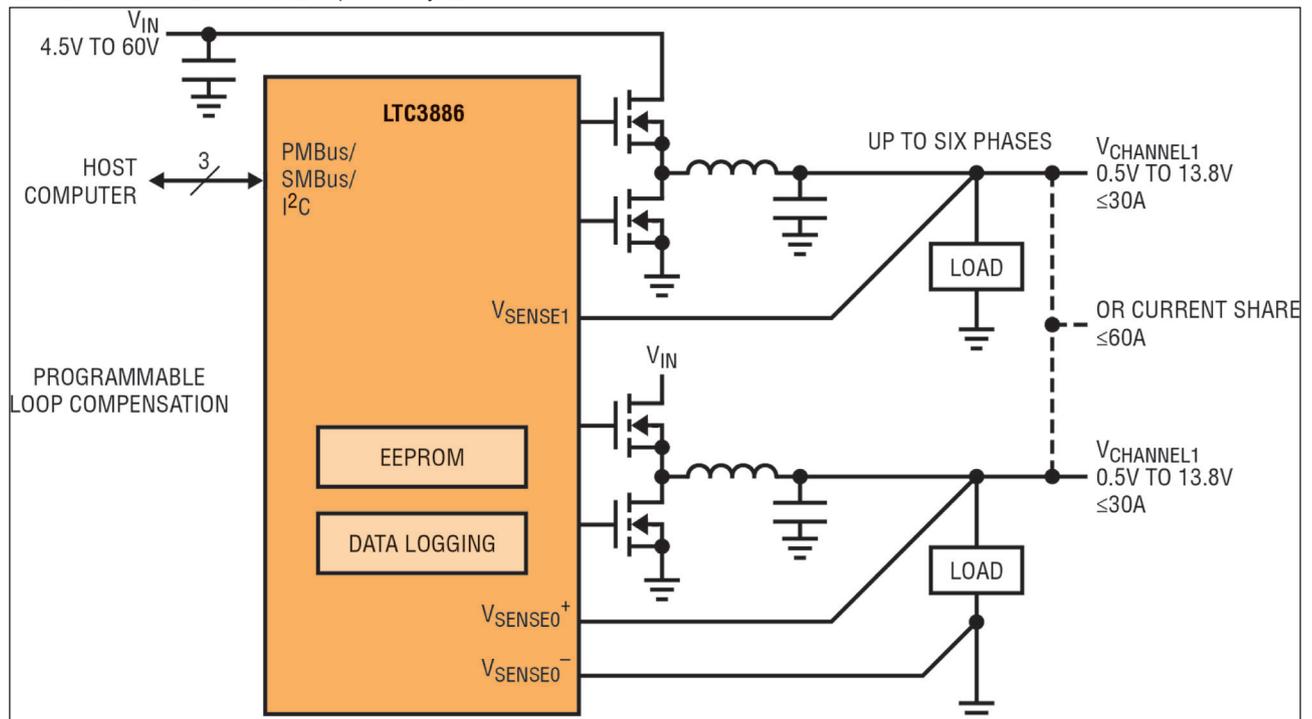
這款兩通道 PolyPhase DC/DC 同步降壓開關穩壓器控制器採用定頻、電流模式架構，提供準確的輸入和輸出電流檢測和可編程迴路補償，採用 52

接腳 (7mm x 8mm) QFN 封裝。準確的電壓和電流檢測、可調補償以及專用 PGOOD 針腳使 LTC3886 非常適合需要通用電源系統設計、控制、監視、設定和高準確度的工業應用。

彈性的功能集

圖 1 顯示了一個概括性的 LTC3886 原理圖。100kHz 至 750kHz PWM 開關頻率範圍和低 R_{DS(ON)} 整合式 N 通道 MOSFET 閘極驅動器支援大量外部元件，可用來實現電源功能及系統成本優化。由於彈性的可編程功能集可以因應眼前的具體應用，因此 LTC3886 可以輕而易舉地用於多種工業、醫療和負載點應用。

圖 1：LTC3886 是一款通用和彈性的元件。提供寬廣的輸入和輸出範圍，可透過 PMBus 非常方便地客製化。還可透過數位匯流排實現準確的遙測。所有功能都可以透過 LTpowerPlay 控制。



透過可編程性實現適用性

LTC3886 的以下參數可透過 I²C/SMBus 介面在內建 EEPROM 中配置和儲存：

- 輸出電壓、過壓、欠壓和過流限制
- 輸入 ON/OFF 電壓、輸入過壓和輸入過流警報
- 數位軟啟動 / 停止、排序、裕度調節
- 控制迴路補償
- PWM 開關頻率和相位關係
- 透過 FAULT 針腳的故障響應和故障傳播
- 元件地址

開關頻率、元件相位和輸出電壓也可透過外部配置電阻編程。此外，所有 128 個可能的位址都是可透過電阻選擇的。

電源良好針腳、排序和可編程故障響應

每個通道專用的 PGOOD 針腳簡化了跨多個 LTC3886 和其他電源系統管理 IC 實現基於事件的排序任務。LTC3886 還支援基於時間的排序。RUN 針腳變高後，再等待長度為 TON_DELAY 的時間，一項 PMBus 指令可導通該元件，或者 V_{IN} 針腳電壓上升至高於一個預設定的電壓，然後輸出被啟動。

基於時間的斷電排序也以類似方式處理。為了確保恰當基於時間的排序，只需將所有 SHARE_CLK 針腳連接到一起，將所有電源系統管理 IC 的 RUN 針腳連接到一起。LTC3886 FAULT 針腳是可配置的，以指示各種故障，包括 OV、UV、OC、OT、定時故障和峰值電流故障。此外，FAULT 針腳還可以由外部電源拉低，以指示系統其他某個部分有故障。LTC3886 的故障響應是可配置的，允許以下選擇：

- 忽略
- 立即關機 — 鎖斷
- 立即關機 — 按照 MRF_RETRY_DELAY 規定的時間間隔無限次地重試

故障記錄和遙測

LTC3886 支援故障記錄，將遙測和故障狀態資料儲存到一個不斷更新的 RAM 緩衝器中。故障事件發生後，將緩衝資料從 RAM 複製到 EEPROM，並成為一個持久有效的故障記錄，這個記錄可以在稍後回讀，以確定引起故障的原因。

EXTV_{CC} 針腳用於實現最高效率

EXTV_{CC} 針腳用來最大限度降低應用功耗，並支援 5V 至 14V 電壓。該針腳可實現具最佳電路效率和最低晶片溫度的設計，並使 LTC3886 能夠用輸出電壓高效率地為自身提供偏置電源。

準確度和精度

新式應用要求電源電壓調節和監視具備嚴格的容限。這些要求是用一個高速類比控制迴路和一個整合式 16 位元 ADC 和幾個 12 位元 DAC 所因應的。在整個工作溫度範圍內，LTC3886 的輸出電壓準確度確保為 ±0.5%。此外，輸出電壓的過壓和欠壓比較器隨溫度變化的誤差在 ±2% 以內。LTC3886 的調節和監視準確度允許使用更少的輸出電容器，從而降低了系統的總體成本，同時仍滿足下游 IC 嚴格的輸入電壓要求。

獨特的高壓側 60V 輸入電流檢測放大器隨溫度變化以少於 ±1.2% 的誤差測量輸入電流。輸出電流隨溫度變化確保 ±1.5% 的準確度。LTC3886 的內部晶片溫度測量確保準確至 0.25°C，外部溫度遙測誤差在 ±1°C 以內。

圖 2：LTpowerPlay

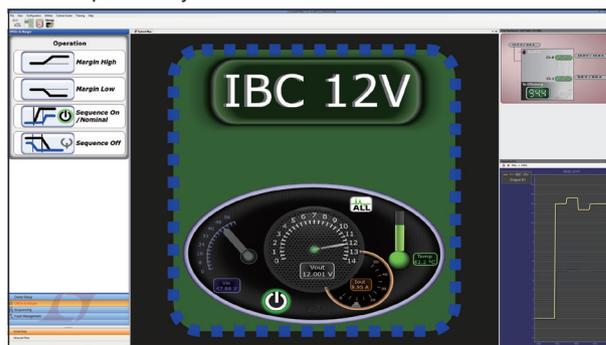
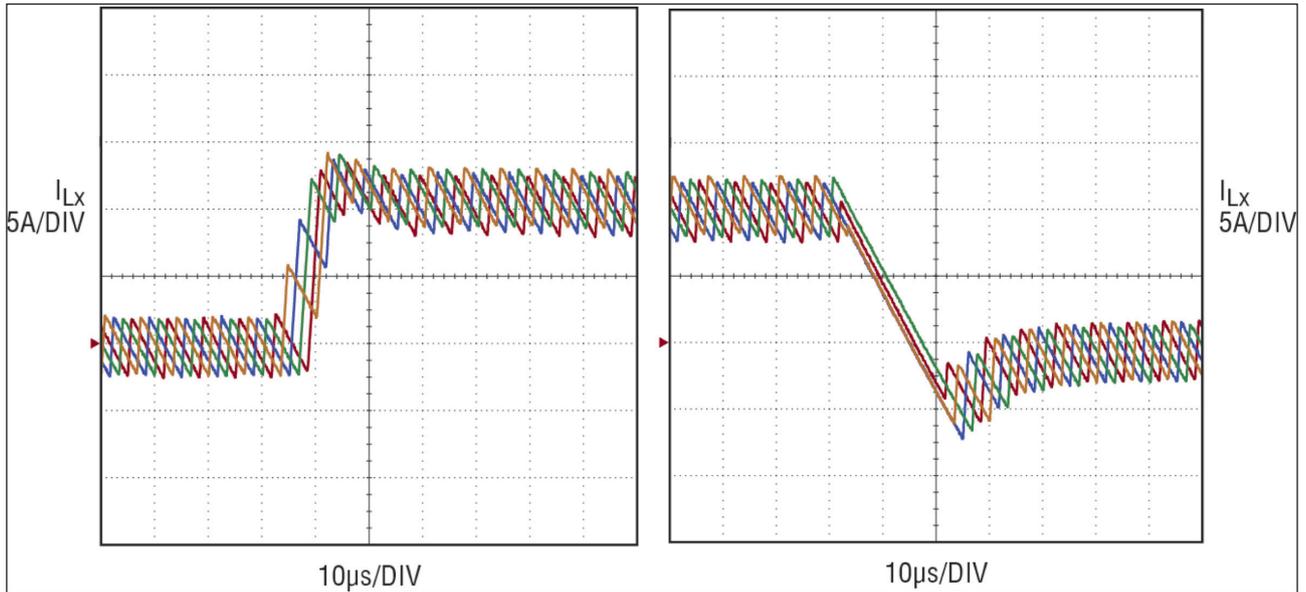


圖 4：圖 3 所示 4 相電路的動態均流；負載階躍 (a) 上升和 (b) 下降



低的峰值輸入電流和最低的輸出電壓漣波，並降低對輸入和輸出電容的要求。

系統設計者常常對電源系統分段，以滿足功能和電路板空間要求：LTC3886/LTC3870 多相軌通過分離電源和控制元件簡化了分段工作，從而使這些元件能夠非常容易地放置到可用空間中。分段還可以在 PCB 上擴散電源系統產生的熱量，從而全面簡化了熱量提取，並減少了發熱區。

發展

圖 2 顯示了 LTpowerPlay 的一個截圖，LTpowerPlay 是一款基於 Windows 的強大軟體發展工具，提供圖形化使用者介面 (GUI)，全面支援 LTC3886。LTpowerPlay 可連接展示電路板和直接連接應用硬體，增強了評估能力。LTpowerPlay 提供無與倫比的開發、診斷和調試功能。遙測、系統故障狀態和 PMBus 命令值全都可以輕而易舉地透過該 GUI 存取。LTC3886 和其他電源系統管理 IC 可以輕鬆地用 LTpowerPlay 進行獨特的配置。完整資訊請參考 www.linear.com.cn/ltpowerplay 網站。

可調補償

LTC3886 提供可編程迴路補償，以無需改

變任何外部組件，就能確保環路穩定性和優化控制器的瞬態回應。為了實現理想的補償而辛苦地焊上、焊下大量組件的日子一去不復返了。使用 LTpowerPlay 時，只需點擊幾下滑鼠，LTC3886 就可以得到最佳補償了。控制迴路可以快速、輕鬆地實現精細調節，而無論最後一分鐘元件進行了如何的更換或改變。這使設計者能夠去掉不必要的輸出電容，而達到最高系統性能，同時節省電路板空間、降低成本。

圖 5、6 和 7 概述了設定迴路補償的過程。誤差放大器 g_m (圖 5) 可採用 MFR_PWM_COMP 命令的位 [7:5] 設定在 1.0mmho 至 5.73mmho 之間，而 LTC3886 內部的補償電阻 R_{TH} 則可採用 MFR_PWM_COMP 命令的位 [4:0] 設定在 0k Ω 至 62k Ω

圖 5：可程式設計環路補償

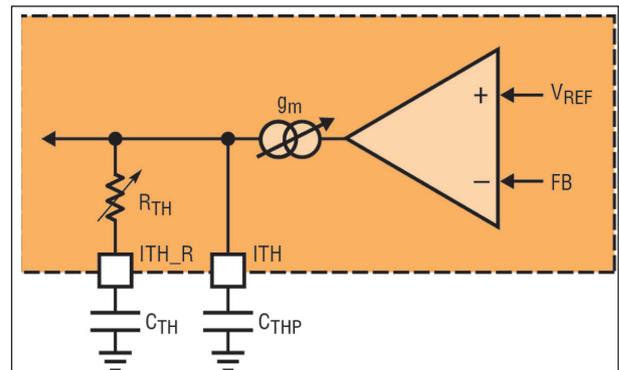
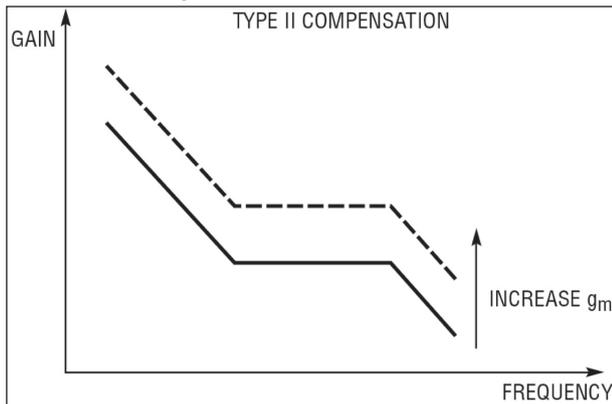


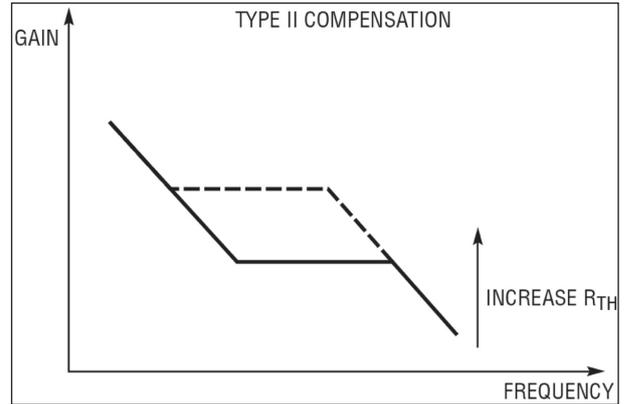
圖 6：誤差放大器 gm 調節



範圍內。設計中僅需要兩個外部補償電容 C_{TH} 和 C_{THP}，C_{TH} 和 C_{THP} 之間的比率通常設定為典型值 10。

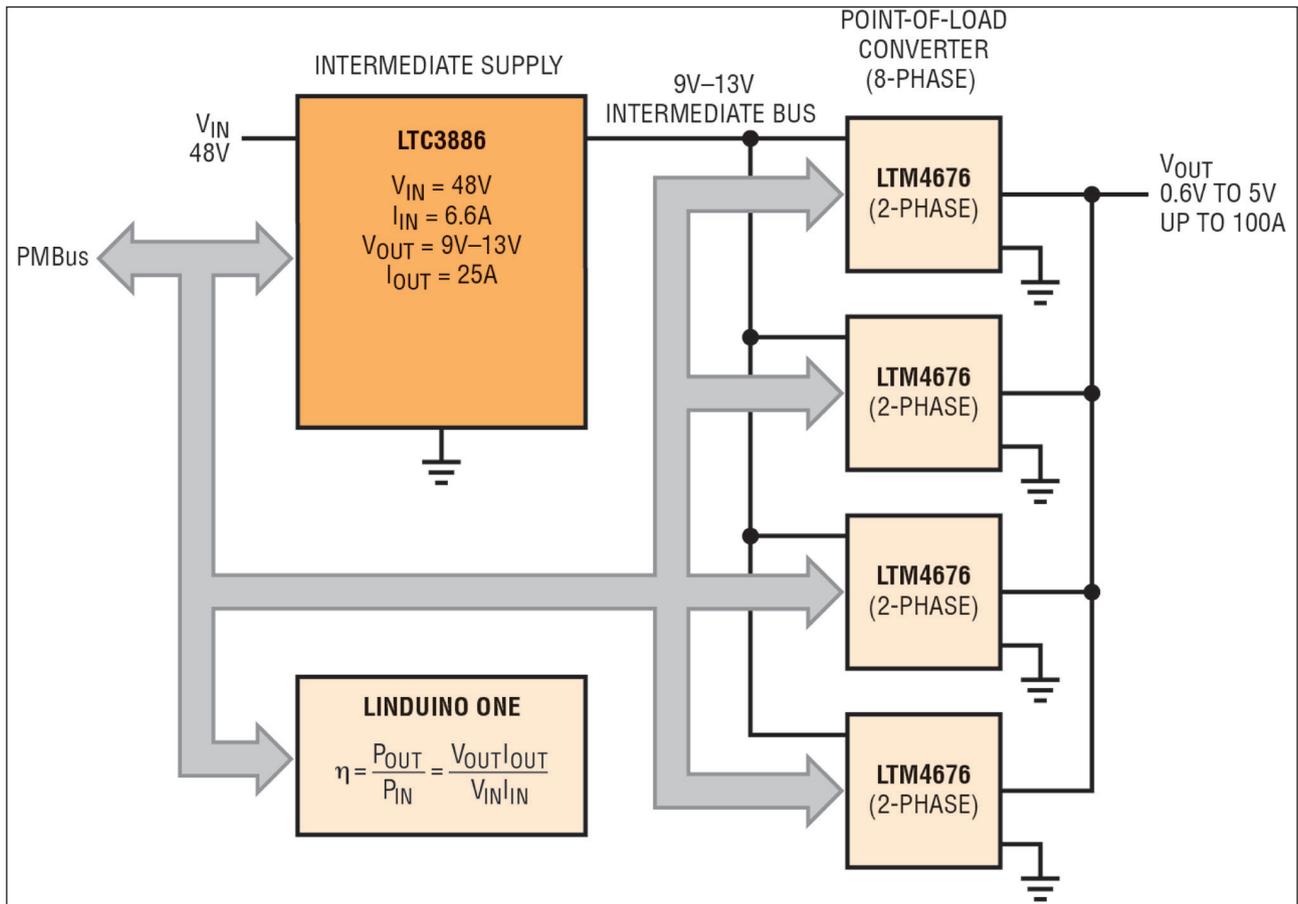
僅透過調節 gm 和 R_{TH}，LTC3886 就可提供一個可編程 II 型補償網路，從而在多種輸出電容和補

圖 7：R_{TH} 調節



償元件容限範圍內優化迴路。調節誤差放大器的 gm，可成比例地在整個頻率範圍內改變補償環路的增益，但極點和零點位置不會移動，如圖 6 所示。調節 R_{TH} 電阻，可改變極點和零點的位置，如圖 7 所示。一旦 LTC3886 的電壓和電流範圍確定了，輸出

圖 8：LTC3886 設定為中間匯流排電源，驅動一個電源管理 IC POL 轉換器。Linduino One 展示電路利用來自 LTC3886 中間匯流排電源和 POL IC 的遙測資料，透過隨負載電流變化調節中間匯流排電壓，以優化系統效率。



電壓或電流限制的改變就不會影響迴路增益。當透過改變電壓命令或通過裕度調節修改輸出電壓時，電路的暫態響應保持恒定不變。

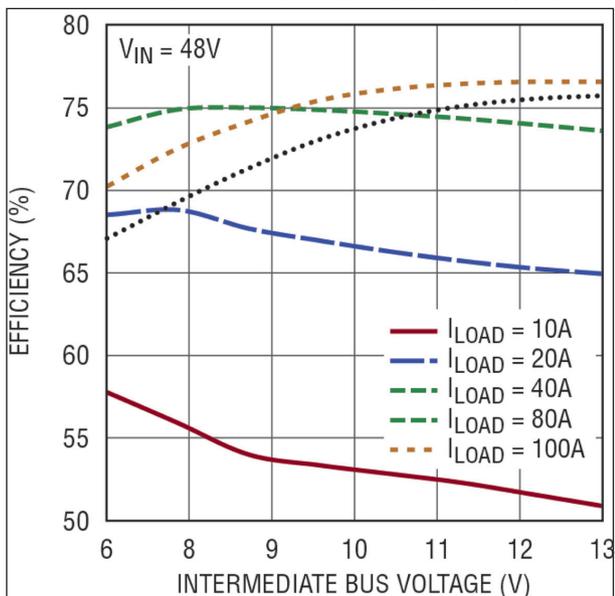
準確的遙測用來優化中間匯流排系統的效率

LTC3886 具備寬廣的 4.5V 至 60V 輸入電壓範圍和 0.5V 至 13.8V 輸出電壓範圍。這在將高壓輸入電源電壓高效地調低至中間匯流排電壓時，使 LTC3886 成為一種絕佳選擇。中間匯流排電壓則為下游的負載點轉換器 (POL) 供電。

當用作中間匯流排轉換器為下游電源系統管理 POL 供電時，LTC3886 讓使用者能夠優化中間匯流排電壓，以實現最高效率。既然 LTC3886 提供電壓和電流遙測資料，且電源系統管理 IC 如此準確，那麼就有可能即時產生準確的系統效率測量值。這接下來又使開發一個優化程式成為可能，在這個程式中，一個微控制器針對各種條件決定最佳中間匯流排電壓。

為了顯示這個優化過程，一個輸出為 9V 至 13V 的 LTC3886 中間匯流排電源用來給 LTM 4676 8 相展示電路的輸入供電，該展示電路配置為負載點轉換器，如圖 8 所示。凌力爾特 Linduino One 展

圖 9：LTC3886 的效率在不同負載電流時隨輸出電壓的變化



示電路 (www.linear.com.cn/solutions/linduino) 透過 PMBus 從 LTC3886 和 LTM4676 讀取準確的電壓和電流遙測資料，依此測量和計算系統的總體效率。Linduino 應用在多個中間匯流排電壓上測量總體系統效率，並修改中間匯流排電壓以得到最低輸入功率，從而無需用戶干預就可實現最高系統效率。

LTC3886 的效率隨中間匯流排電壓的變化如圖 9 所示。總體系統效率隨中間匯流排電壓的變化如圖 10 所示。這些曲線是以負載點電流為 10A、20A、40A、80A 和 100A 時測得的，峰值效率隨負載電流變化而改變。較大的負載電流需要較高的中間匯流排電壓，以在峰值效率上運行。如果將中間匯流排電壓設定在太高的固定電壓上，那麼在小負載電流時會降低系統的總體效率。與使用標準固定 12V 中間匯流排電壓相比，用 LTC3886 優化中間匯流排電壓，可在 10A 負載電流時將效率提高 6.2%，在 20A 時提高 3.5%，在 40A 時提高 1%。這種方法在系統的整個工作負載範圍內實現了效率優化。

總結

LTC3886 將凌力爾特電源系統管理控制器系列的用途擴展到了高壓領域。0.5V 至 13.8V 的寬廣輸出電壓範圍以及準確的電壓和電流檢測、可調補償

圖 10：系統效率

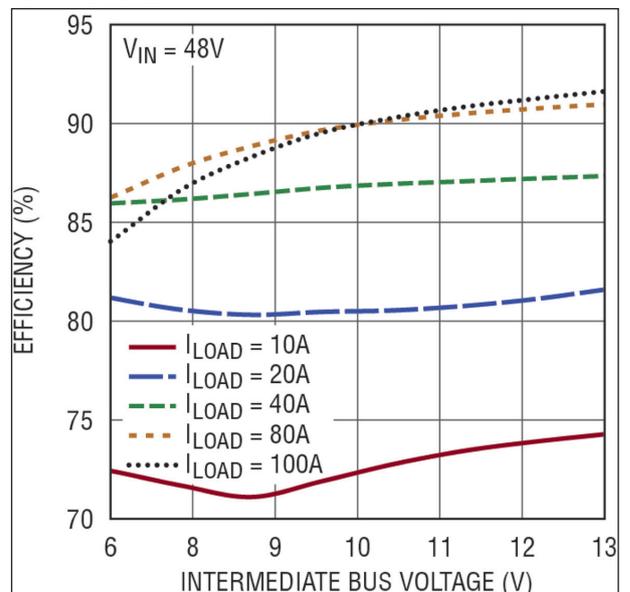


表 1：凌力爾特電源系統管理控制器和 PSM 微型模組 (μ Module) 穩壓器總結

	μ Module 穩壓器			控制器					
	LTM4675	LTM4676A	LTM4677	LTC3880	LTC3882	LTC3883	LTC3884	LTC3886	LTC3887
V _{OUT} 範圍 (V)	0.5-5.5	0.5-5.5	0.5-5.5	0.5-4.0， 通道 0 0.5-5.4， 通道 1	0.5-5.3	0.5-5.4	0.5-5.4	0.5-13.2	0.5-5.5
V _{IN} 範圍 (V)	4.5-17	4.5-17	4.5-17	4.5-24	3-38	4.5-24	4.5-38	4.5-60	4.5-24
V _{OUT} 準確度 (%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
輸入電流感測	已校準	已校準	已校準	推斷					推斷
I _{OUT} 最大值	雙通道 9A 或 單通道 18A	雙通道 13A 或 單通道 26A	雙通道 13A 或 單通道 26A	每相 30A ¹	每相 40A ¹	每相 30A ¹	每相 30A ¹	每相 30A ¹	每相 30A ¹
DCR 感測	未提供	未提供	未提供	低	超低	低	非常低	低	低
以數位方式可調的迴路補償									

¹ 控制器最大 IOUT 取決於外部組件。

和專用 PGOOD 針腳為 LTC3886 用戶提供了最高的設計彈性和性能。LTC3886 非常適合需要通用電

源系統設計、控制、監視、設定和高準確度的工業應用。 

經濟部長鼓勵外商持續與臺廠共創商機

今年由經濟部舉辦之「2016 年電子資訊國際夥伴績優廠商頒獎暨感謝晚宴」(2016 IPO Awards) 日前盛大舉行，由李世光部長親自頒發六大類獎項給對臺有卓越貢獻之資通訊績優外商，獎項包括「技術加值夥伴」、「策略亮點夥伴」、「綠色系統夥伴」、「創新應用夥伴」、「軟性價值夥伴」和「市場擴大夥伴」，分別由 19 家資通訊外商獲獎。

根據資策會 MIC 的調查，今年 IPO Forum 資通訊外商整體對臺採購金額達到 1,061 億美元，同時，外商在台投資也從硬體採購擴大到技術與創新應用等多面向發展。經濟部以公開表揚方式，感謝國際夥伴對我國資通訊電子產業發展之貢獻，並鼓勵外商夥伴持續與臺廠緊密合作，創造雙贏。

今年 IPO Awards 得獎名單如下：Applied Materials 與 DuPont 擴大在臺研發獲技術加值夥伴獎；Micron、Mitsubishi Electric、Qualcomm 與 TDK 配合政策發展，並持續與臺廠合作或對臺投入研發資源獲策略亮點夥伴獎；Google、HP、Panasonic 長期致力於綠色產品及解決方案獲綠色系統夥伴獎；Hewlett Packard Enterprise、IBM、Microsoft 攜手臺廠打造新興應用獲創新應用夥伴獎；Aiming、Sony、Synopsys 在軟體技術方面與臺灣產學研共同合作，在臺培育軟體人才獲軟性價值夥伴獎，Apple、Dell、NVIDIA、Broadcom、HP 等在臺採購排名前五之外商獲市場擴大夥伴獎；以上獲獎外商對於協助我國資通訊產業轉型及多元發展助益良多。