

優先考慮效率和成本

Lattice CertusPro-NX FPGA 評估板的解決方案

現代現場可編程陣列 (FPGA) 系列 (如 Lattice Semiconductor CertusPro-NX) 適用面廣泛，但需滿足根據特定市場驅動的需求而客製化的電源要求。如果不清楚該如何平衡成本、性能和尺寸這三個要素，則可能難以為這些元件選擇合適的供電方式。本文介紹了適用於 CertusPro-NX 評估板的解決方案，同時針對特定需求闡明了各種解決方案實現優化的原理和原因。 μ Module 電源解決方案尺寸精巧、設計簡單，為 FPGA 系統提供了一種非常實用的設計方法，但還有其他選項可供電源系統架構者選擇。

■文：James R. Staley / ADI 應用工程師
Matthias Bust / ADI 資深工程師

簡介

Lattice Semiconductor CertusPro-NX 評估板目的在方便用戶研究和試驗 CertusPro-NX FPGA 的特性。其特性可以協助用戶快速製作原型和測試特定設計。該評估系統包括了晶片穩壓器，用於為 FPGA 提供電源選項。大多數的電源軌都可以根據使用者的喜好進行選擇。

本文旨在為 Lattice Semiconductor CertusPro-NX FPGA 評估板的每個電源選項提供更新的電源建議。考慮到設計複雜性、效率、解決方案尺寸和成本，此電源解決方案必須包括更為先進、性能更優的電源產品。通常，評估板會設計能夠展示 FPGA 完整特性集的電源架構。此種方法對於評估是必要的，但可能不適用於不需要全部性能的系統。對於那些針對精巧物理尺寸電路板進行優化的縮小版實現方案來說，此種電源架構可能太大了。哪種解決方案更適合特定的 CertusPro-NX 應用，將取決於系統架構師認為該特定項目應更優先考慮哪些因素。

分立解決方案由專用電源 IC 和週邊電源元件組成，此類方案側重於效率性能和成本，其次才是物理佈局尺寸。在更重視精巧外型的系統中，ADI 的 μ Module 解決方案可帶來常規佈局無法實現的無與

倫比的能量密度，同時仍具有超越現有 CertusPro-NX 參考設計的性能優勢。此參考設計在這方面具有專業優勢，支援系統架構師根據其對預期的平台設計目標和限制條件的深入瞭解，選擇需要整合到平台中的電源解決方案版本。架構師可以透過仔細研究兩個版本的資料，慎重權衡相關尺寸、性能和成本，為更大程度地符合專案工程規範而做出更合適的選擇。

CertusPro-NX 評估板電源架構

CertusPro-NX 評估板的大多數晶片穩壓器由外部 12 V 電源供電。FPGA 的每個 VCCIO 接腳都有預設電源選項，使用者也可以根據其應用的具

圖 1: CertusPro-NX FPGA VCCIO 接腳電壓選項

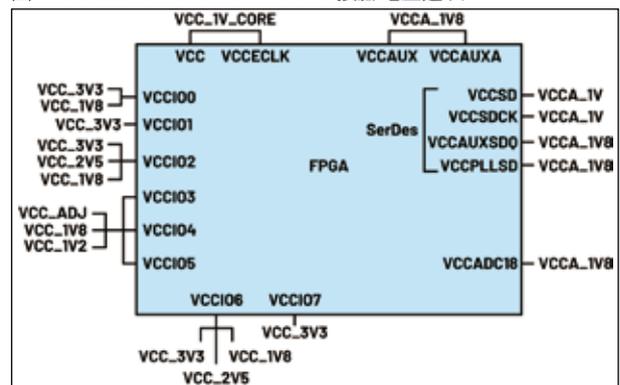


表 1: VCCIO 電源選項

VCCIO 組	3.3V	2.5V	1.8V	1.5V	1.2V	V-ADJ
VCCIO0	可選		預設值			
VCCIO1	固定					
VCCIO2	預設值	可選	可選			
VCCIO3						
VCCIO4			可選		可選	預設值
VCCIO5						
VCCIO6	預設值	可選	可選			
VCCIO7	固定					

體情況選擇偏好的電源選項。圖 1 顯示了連接到 FPGA 特定 VCCIO 接腳的可用電壓軌。表 1 總結了 VCCIO 接腳可用的電壓選項。

FPGA 的 VCCIO 接腳使用的各個電壓軌均由各種晶片穩壓器產生。主電源通過外部 12 V 直流電源提供，這在 CertusPro-NX 評估板使用者指南的第 1.4 節中進行了討論。圖 2 顯示了由外部 12 V 直流電源供電的晶片穩壓器所產生的不同電壓輸出軌。LDO 穩壓器也用於後調節，以產生較低的電壓，同

圖 2: CertusPro-NX 評估板電源配置

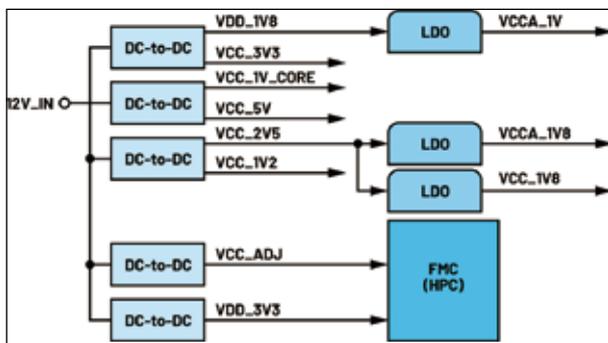
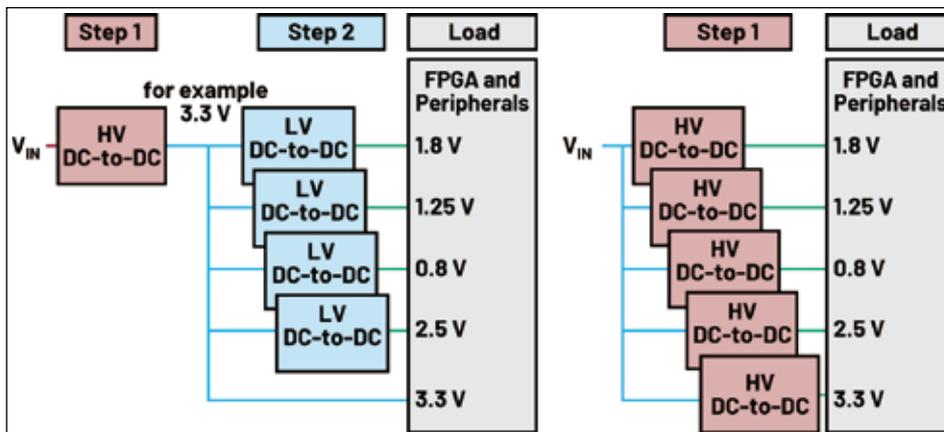


圖 3: 兩次降壓法與單次降壓法



時降低輸出處的雜訊。

推薦電源解決方案架構

穩壓 12 V 牆式電源轉接器用於評估板的輸入電壓。給定此輸入源和評估板上所需的電壓位準，可以使用單次降壓法直接從 12 V 產生所有必要的電壓軌。如果使用者需要更寬廣的輸入電壓範圍，或使用更高的輸入電壓（例如 24 V），則可以考慮採用兩次降壓法：首先產生一個中間電壓軌（例如 5.0 V 或 3.3 V），然後使用中間電壓軌為後續穩壓器供電以產生更低電壓，如圖 3 所示。

拓撲的選擇將影響效率、各轉換器的開關頻率和解決方案總體尺寸等參數。在每個新的建置方案中都需要仔細考慮這些因素，以優化每個新產品設計的電源架構。此外，可能還需要適當的輸入保護和濾波電路。

CertusPro-NX 評估板的兩種電源解決方案在設計時考慮了不同的優先事項，二者均使用前文所述的單次降壓法。第一種是分立解決方案，其使用單體式 DC-DC 穩壓器，提供週邊電路，並允許使用者對針對每個電源軌單獨優化元件以獲得最優性能。第二種是採用 ADI μ Module 技術的全整合解決方案，盡最大可能為應用提供更精巧、更簡單的佈局方案，同時還能提供卓越的電源配置性能。

LTPowerPlanner 為一種支援優化系統級電源樹的工具，其中提供了 CertusPro-NX 評估板的新型電源解決方案架構。LTpowerCAD 可用來為每個

選定的 DC-DC IC 提供詳細的電路方案，包括根據輸入的 IC 使用情況和周圍被動元件估算電路性能。這些程式是適用於 Windows 的工具套件的一部分，可從 LTpowerCAD 網頁下載。此網頁還提供了入門文件、培訓材料和影片可供參考。

分立電源解決方案

分立電源解決方案支援設計人員針對特定解決方案優化外部電路元件，進而為每個電壓軌提供更優的獨立 DC-DC 穩壓器性能。相較於現有電源解決方案，新推薦的分立電源解決方案實現了明顯的性能改善。所有 DC-DC 穩壓器都使用同步內部開關來大幅提高效率，同時仍保持精巧的設計和卓越的 EMI 性能。圖 4 為 CertusPro-NX 評估板的分立解決方案電源樹。

開關穩壓器

LT8653S

LT8653S 採用第二代 Silent Switcher 架構，更大幅降低了 EMI 輻射，同時可在高開關頻率下實現高效率。具有寬 V_{IN} 範圍和雙通道 2 A 輸出，為一款理想的候選元件。

ADP2387

需要兩個電壓分別為 1.8 V 和 3.3 V 的電壓軌，

圖 4: 使用 LTPowerPlanner 工具建模的分立解決方案電源樹

以提供高於 LT8653S 所能提供的輸出電流，具體分別為 4 A 和 3 A。根據這些要求，ADP2387 被確定為該應用的理想候選元件。

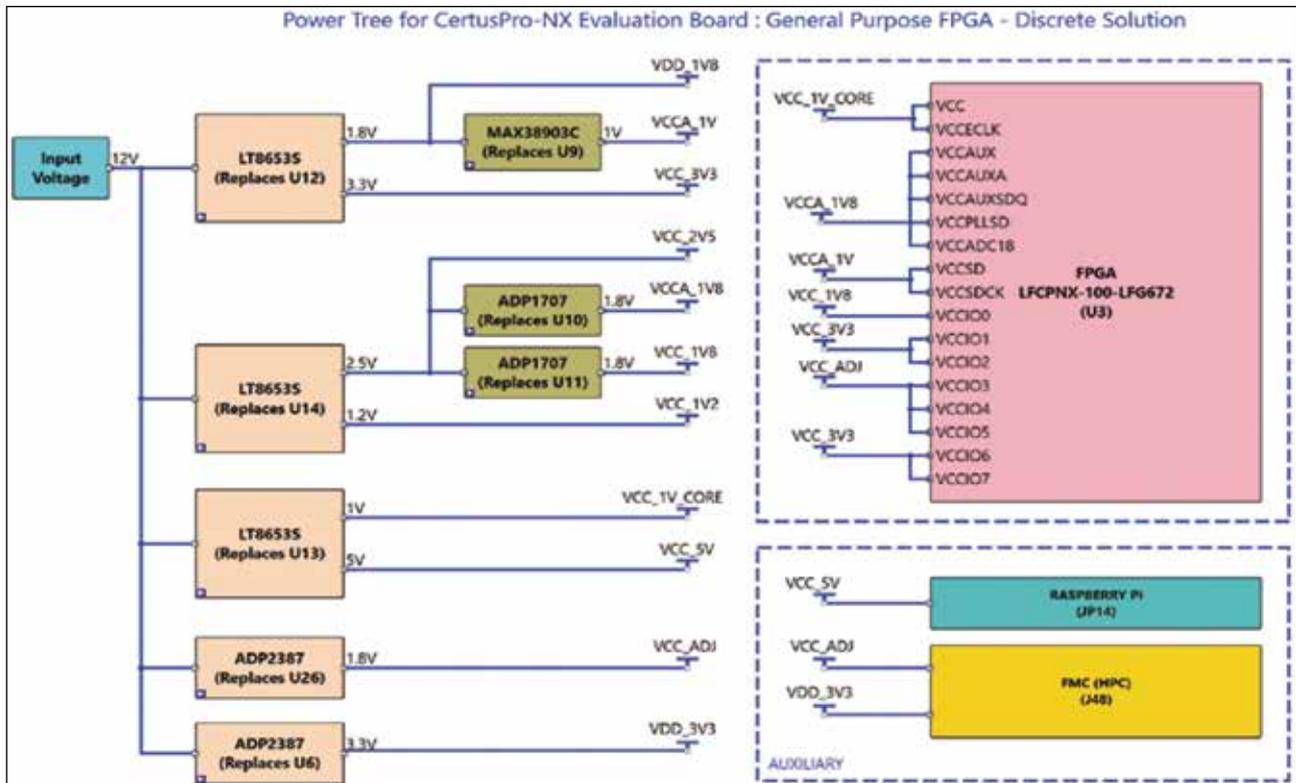
線性穩壓器

MAX38903C

MAX38903C 在 CertusPro-NX 評估板的 1 V 電壓軌上用於後置穩壓器，以抑制高雜訊。該元件為一款低雜訊線性穩壓器，可提供高達 1 A 的輸出電流，在 10 Hz 至 100 kHz 範圍內的輸出雜訊僅為 5.5 $\mu\text{V rms}$ 。MAX38903C 具有低輸出雜訊和高雜訊抑制特性，是用於 CertusPro-NX 評估板電源解決方案的明智選擇。

ADP1707

ADP1707-1.8 為一款 CMOS 低壓差線性穩壓器，輸出電壓為 1.8 V，輸出電流高達 1 A，採用 3 mm \times 3 mm 外露焊墊 LFCSP 封裝。因此，解決方案非常精巧，並能為輸出電流需高達 1 A 的小



精巧外形應用提供卓越的熱性能，因而也十分適用於 CertusPro-NX 評估板的電源解決方案。

μModule 電源解決方案

另一方面，利用 ADI 的 μModule 技術可進一步

圖 5: μModule 解決方案電源樹

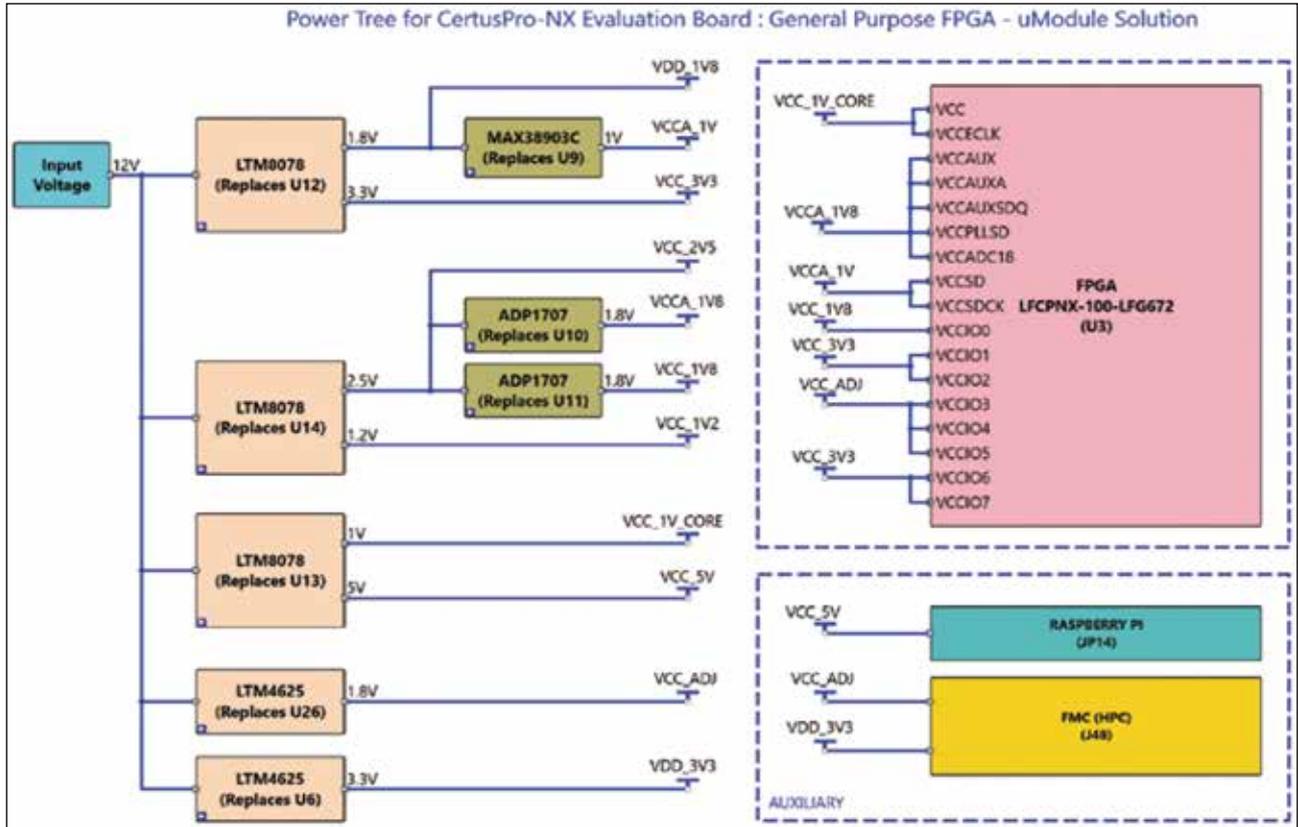
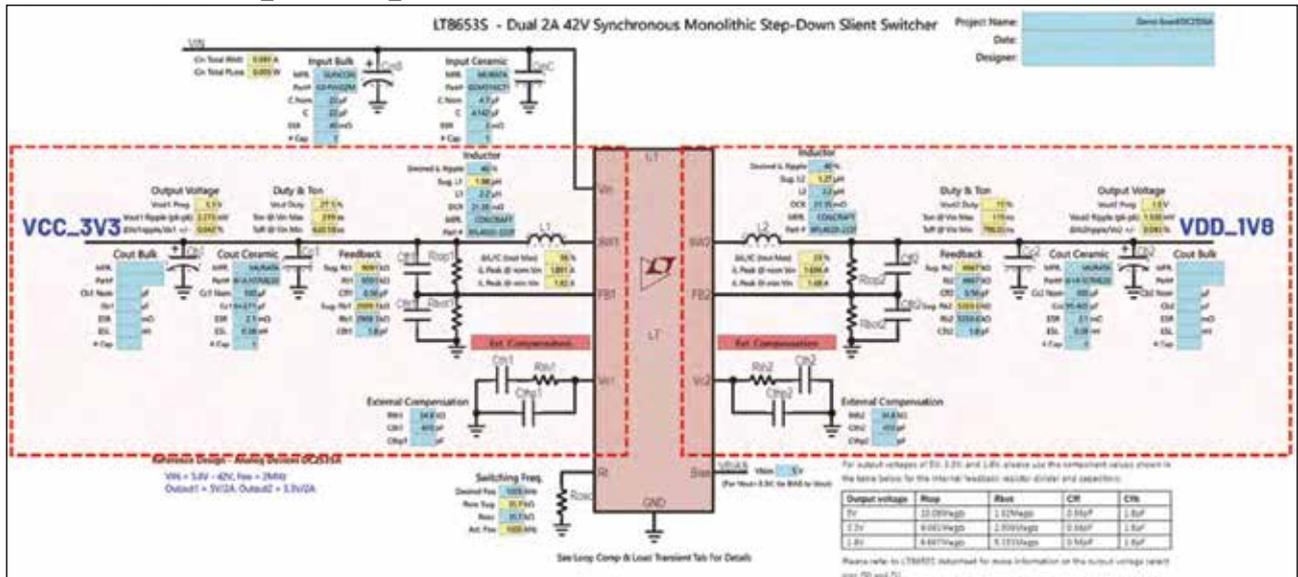


圖 6: 分立解決方案的 VDD_1V8 和 VCC_3V3 電壓軌原理圖



μ Module 電源產品支援降壓、降壓-升壓、電池充電器、隔離式轉換器和 LED 驅動器等功能。

圖 5 為使用 μ Module 元件的 CertusPro-NX 評估板的電源解決方案樹。外部 12 V 輸入電源之後的第一級是 μ Module DC-DC 穩壓器陣列。下一級由線性穩壓器組成。 μ Module 設計 (圖 5) 和分立解決方案 (圖 4) 選擇了相同的線性穩壓器。

開關穩壓器模組

LTM8078

LTM8078 為一款 40 V_{IN}、雙通道 1.4 A/單通道 2.8 A、降壓型 Silent Switcher μ Module 穩壓器。Silent Switcher 架構可進一步降低 EMI，同時在高達 3 MHz 的頻率下實現高效率運行。封裝中內建控制器、功率開關、電感和其他相關元件。元件的輸入電壓工作範圍較寬，開關頻率範圍為 300 kHz 至 3 MHz (由單個電阻設定)，只需使用輸入和輸出濾波器體電容就可以完成設計。因此，該元件也是 CertusPro-NX 評估板電源解決方案的理想選擇。

LTM4625

LTM4625 為一款完整的 5 A 降壓型開關模式 μ Module 穩壓器，採用小型 6.25 mm × 6.25 mm × 5.01 mm BGA 封裝。其高效率設計提供高達 5 A 的連續輸出電流。僅需要大容量輸入和輸出電容。該元件提供高開關頻率和電流模式控制，可以對線路和負載變化作出快速瞬態響應，而不會降低穩定性。

LTM8078 和 LTM4625 μ Module 開關穩壓器提供了更簡單的優質解決方案，消除了複雜性並避免了空間限制。

分立解決方案設計

根據 CertusPro-NX FPGA 數據手冊所述的推薦工作條件，電源電壓應在典型值的 $\pm 5\%$ 以內。

表 2: 分立設計效率和漣波性能資料

電壓軌	元件	V _{out} (V)	負載 (A)	功效比 (%)	漣波 p-p(%)
VDD_1V8	LT8653S	1.8	1.35	86.20	0.91
VCC_3V3	LT8653S	3.3	1.35	90.65	0.42
VCC_ADJ	ADP2387	1.8	4.00	90.92	0.67
VDD_3V3	ADP2387	3.3	3.00	94.31	0.72

在設計中，由回饋電阻和穩壓器 VREF 電壓的容差帶來的直流輸出誤差、輸出電壓漣波和負載瞬態響應已經考慮在該 5% 的容差中。在存在這些誤差的情況下，該器件仍處於 FPGA 推薦工作條件的 5% 允許值範圍內。

可從 ADICustomer Office Solutions Group 取得所有電壓軌的完整資料，但表 2 中選定的一些電壓軌顯示了 1.35 A LT8653S 和 3 A/4 A ADP2387 輸出的典型代表性能。

電壓軌 1: VDD_1V8

此電壓軌需要 1.8 V 輸出電壓，並且應能提供高達 1.35 A 的輸出電流。使用 LT8653S 的一個通道可以滿足此一要求。設計中嚴格遵循了應用輸出負載電流的 $\pm 5\%$ 總輸出電壓誤差，以確保符合推薦的工作條件。

為實現高直流精度，使用了內部基準電壓源。該元件的通道配置為 1.8 V 回饋基準電壓，進而消除電阻值和容差引起的誤差。圖 6 顯示了 LTPowerCAD 生成的 VDD_1V8 和 VCC_3V3 原理圖。

在評估電壓軌以確保輸出處於推薦工作條件範圍



圍內的過 表 3: VDD_1V8 電壓軌瞬態負載資料

參數	電壓 (V)	百分比 (%)	目標限值 (%)
過沖	0.057	3.2	4.0
欠沖	0.055	3.2	4.0

程中，以非常快速且非常高的負載階躍作為激發來評估負載瞬態響應。階躍負載設定為 0 A 至 1 A 階躍，擺率為 10 A/μs，脈衝持續時間為 150 μs。圖 7 顯示了 VDD_1V8 電壓軌的瞬態負載響應。上方波形 CH2 顯示輸出響應，下方波形 CH4 顯示輸出負載電流。

從結果來看，綜合考慮負載瞬態期間的過沖、欠沖以及輸出漣波後，電壓仍處於 ±5% 的推薦工作條件內。

電壓軌 2 : VCC_3V3

VCC_3V3 電壓軌與 VDD_1V8 一起使用 LT8653S 的第二個通道。就像 VDD_1V8 一樣，VCC_3V3 電壓軌必須能夠提供 1.35 A 輸出電流，作為 CertusPro-NX FPGA 的 VCCIO 接腳上的電源。還有一個固定 3.3 V 輸出的 IC 選項，該選項帶有一個內部微調回饋分壓器，因此可實現高直流精度。圖 6 中還顯示了原理圖和電路元件值，圖 8 中顯示了瞬態響應。上方波形 CH2 顯示輸出回應，下方波形 CH4 顯示輸出負載電流。表 4 顯示了瞬態負載響應結果，

表 4: VCC_3V3 電壓軌瞬態負載資料

參數	電壓 (V)	百分比 (%)	目標限值 (%)
過沖	0.054	1.6	4.0
欠沖	0.052	1.6	4.0

圖 8: VCC_3V3 電壓軌負載瞬態響應



沖以及輸出漣波情況後，電壓仍保持在 ±5% 的推薦工作條件內。

電壓軌 7 : VCC_ADJ

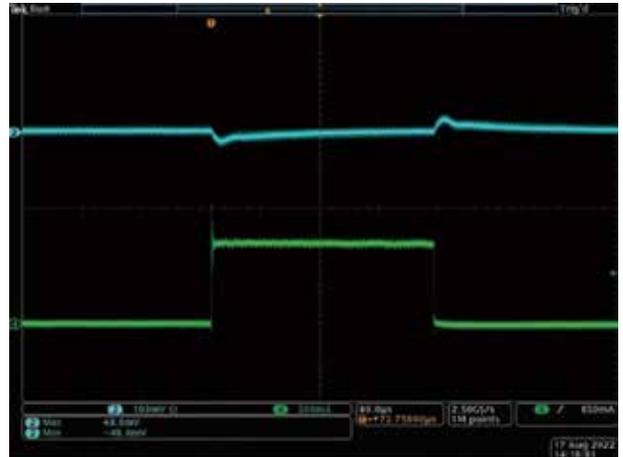
VCC_ADJ 電壓軌需要 1.8 V 輸出電壓，並且應能向 VCCIO 和 FMC 連接器提供最高 4 A 的輸出電流。設計中嚴格遵循了應用輸出負載電流的 ±3% 總輸出電壓誤差，以確保符合推薦的工作條件。

為實現高直流精度，使用了內部基準電壓源。該元件的誤差放大器配置 1.8 V 回饋基準電壓，以補償電阻值和容差。

使用高擺率電流階躍評估電壓軌瞬態響應，以確保運行期間的輸出電壓始終保持在容差限值範圍內。階躍負載設定為 0 A 至 1 A 階躍，擺率為 10 A/μs，脈衝持續時間為 150 μs。圖 9 顯示了 VDD_1V8 電壓軌的瞬態負載響應。上方波形 CH2 顯示輸出回應，下方波形 CH4 顯示輸出負載電流。

從結果來看，綜合考慮負載瞬態期間的過沖、

圖 9: VCC_ADJ 瞬態負載回應



欠沖以及 表 5: VDD_1V8 電壓軌瞬態負載資料

參數	電壓 (V)	百分比 (%)	目標限值 (%)
過沖	0.048	2.7	3.0
欠沖	0.048	2.7	3.0

輸出漣波後，電壓仍處於

±5% 的推薦工作條件內，優於目標值 3%。

電壓軌 8 : VDD_3V3

VDD_3V3 電壓軌必須能夠提供 3 A 輸出電流，

作為 CertusPro-NX FPGA 板的 FMC 連接器接腳的電源。瞬態響應如圖 11 所示。上方波形 CH2 顯示輸出回應，下方波形 CH4 顯示輸出負載電流。表 6 顯示了瞬態負載響應結果，綜合考慮過沖、欠沖以及輸出漣波情況後，電壓仍保持在 $\pm 3\%$ 的推薦工作條件內。

表 6: VDD_3V3 電壓軌瞬態負載資料

參數	電壓 (V)	百分比 (%)	目標限值 (%)
過沖	0.09	2.7	3.0
欠沖	0.082	2.5	3.0

圖 10: VDD_3V3 電壓軌負載瞬態響應



μModule 解決方案設計

與上文中分立設計的相同規範也適用於 μModule 建議方案，因此這裡不再詳細討論。μModule 解決方案透過犧牲一些性能來換取更小的佈局尺寸。下表顯示了相同的樣本點以進行比較。

可從 ADI 客戶服務中心獲取所有電壓軌的完整資料，表 7 中選定的一些電壓軌顯示了 1.35 A LTM8078 和 3 A/4 A LTM4625 輸出的典型代表性能。

表 7: μModule 設計效率和漣波性能資料

電壓軌	元件	V _{out} (V)	負載 (A)	功效比 (%)	漣波 p-p (%)
VDD_1V8	LTM8078	1.8	1.35	83.38	0.25
VCC_3V3	LTM8078	3.3	1.35	88.88	0.19
VCC_ADJ	LTM4625	1.8	4.00	83.02	0.11
VDD_3V3	LTM4625	3.3	3.00	89.60	0.11

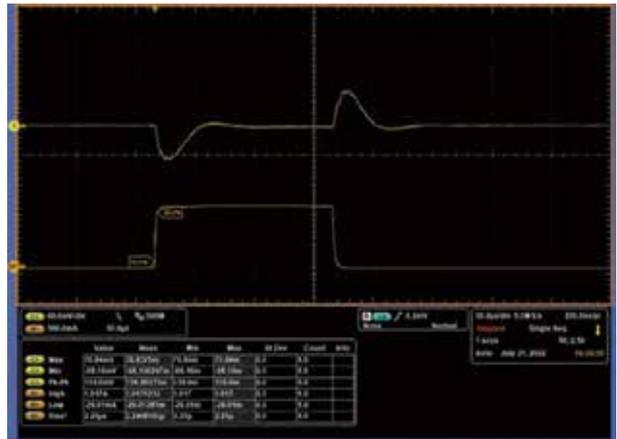
電壓軌 1 : VDD_1V8

通道 表 8: VDD_1V8 電壓軌瞬態負載資料

1 電壓軌	參數	電壓 (V)	百分比 (%)	目標限值 (%)
使用 0.1% 電阻來確	過沖	0.0708	3.9	4.0
	欠沖	0.0682	3.8	4.0

保符合應用的直流和瞬態總容差裕量要求。圖 11 顯示了最壞情況負載階躍下擷取的波形資料，表 8 匯總了所擷取的游標資料。

圖 11: VDD_1V8 瞬態負載響應

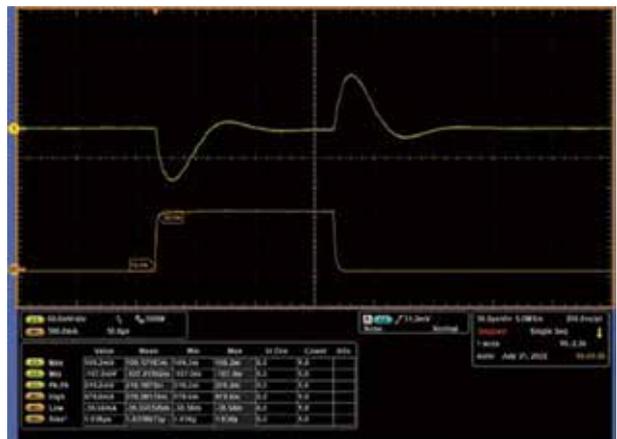


電壓軌 2 : VCC_3V3

VCC_3V3 電壓軌 (LTM8078 的通道 2) 也使用了 0.1% 電阻來確保符合應用的電壓餘裕要求。圖 12 顯示了最壞情況負載階躍下擷取的波形資料，表 9 匯總了表 9: VCC_3V3 電壓軌瞬態負載資料

所擷取的游標資料。	參數	電壓 (V)	百分比 (%)	目標限值 (%)
游標資料。	過沖	0.109	3.3	4.0
	欠沖	0.107	3.2	4.0

圖 12: VCC_3V3 瞬態負載響應



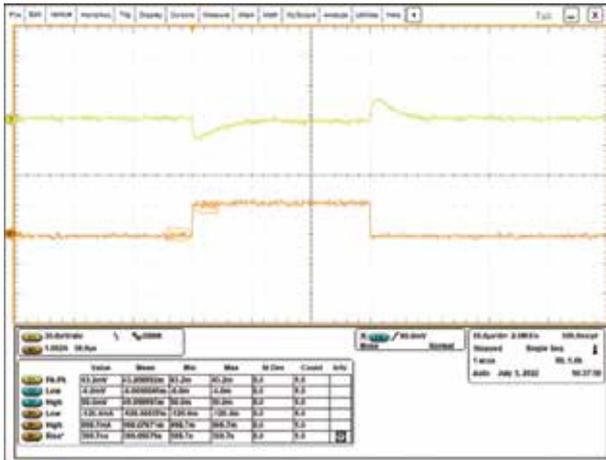
電壓軌 7 : VCC_ADJ

LTM4625 通道 1 電壓軌使用標準 1% 電阻來確保符合應用的直流要求和瞬態總容差餘裕要求。圖 13 顯示了最壞情況負載階躍下擷取的波形資料，表 10 匯總了

表 10: VCC_ADJ 電壓軌瞬態負載資料

參數	電壓 (V)	百分比 (%)	目標限值 (%)
過沖	0.019	1.1	3.0
欠沖	0.024	1.3	3.0

圖 13: VCC_ADJ 瞬態負載響應



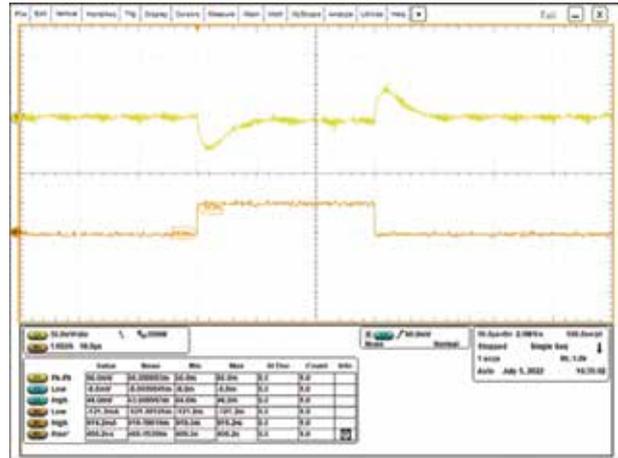
電壓軌 8 : VDD_3V3

VDD_3V3 電壓軌 (LTM3625 的通道 2) 也使用了 1% 電阻來確保符合應用的電壓餘裕要求。圖 14 顯示了最壞情況負載階躍下擷取的波形資料，表 11 匯總了所

表 11: VDD_3V3 電壓軌瞬態負載資料

參數	電壓 (V)	百分比 (%)	目標限值 (%)
過沖	0.03	1.7	3.0
欠沖	0.036	2.0	3.0

圖 14: 1VDD_3V3 瞬態負載響應



結論

在設計健全的電源架構時，需要謹慎平衡尺寸、性能和成本這三方面要素。任何的 CertusPro-NX 平台都可以從兩種設計方案中挑選到更適合的選項。如前所述，兩種設計方案中所有電壓軌的效率、漣波和瞬態等完整資料均可應要求提供。結果顯示，分立式設計或模組式設計方法都能夠滿足 CertusPro-NX 對性能參數的要求，並且留有餘量。任何用於未來的設計都應該採用更適合目標市場的方法。本文對數據集和設計理念進行了仔細分析，作者希望能由此幫助設計人員更有把握地實現 Lattice FPGA 電源整合，也希望設計工程師、系統架構師和專案經理等相關人員都可以對與電源元件和拓撲選擇相關的權衡產生共同的理解。無論具體設計規範要求優先考慮什麼，ADI 都可以針對特定標準，客製出更合適的電源解決方案。 

COMPOTECHAsia 臉書

每週一、三、五與您分享精彩内容

<https://www.facebook.com/lookcompotech>