

因應汽車資訊娛樂系統的一體化電源解決方案：

# 單一 IC 直接從電池產生 五個電源軌

■作者：Jin-Jyh Su/ADI 電池管理系統部門  
Terry Groom/ 電源設計部門負責人

科技融入我們生活的各個層面，帶來了共通互聯、媒體驅動的生活方式，而新的生活方式也在推動技術的進一步發展，包括當今高度整合的汽車資訊娛樂系統。汽車資訊娛樂系統中包含各種複雜的電子元件組合，例如消費性電子元件：高性能微控制器、記憶體、介面和驅動器 IC。電源設計也同樣複雜，因為每個元件都可能需要各種具有寬廣範圍功率要求的低電壓電源軌。這樣的複雜性不僅局限於資訊娛樂系統，汽車性能、燃油效率和駕駛員操控的便捷性都需要更加先進的電子系統來實現。電源系統還需要同時面對敏感的電子系統和嚴苛的汽車運行條件：即較寬的電壓範圍和可預見的瞬變電池環境。精心設計的電源系統必須既能為電子系統供電又可提供保護，即使製造商採用啓停 (start-stop) 技術等功能使汽車環境不適合採用電子系統時，也不例外。

啓停技術會加劇電子系統必須面對的極端條件，尤其是在反覆發動引擎的情況下。採用啓停技術的汽車會反覆重啓引擎，每次重啓都會讓電池電源經歷一次冷啓動，即便如此，關鍵系統也必須保持正常運行。而另一種情形如車載音樂聲突然停止，駕駛員變成無伴奏清唱，這種體驗雖然不是災難性的，但也不會帶來正面評價。

另一方面，超低靜態電流是汽車電源系統的關鍵要求。汽車可能會被閒置一個月或更久，當一些關鍵電子系統始終導通並安靜運行時，必須保證不會耗盡電池。

ADI Power by Linear 的 LTC3372 一體化高壓控制器能夠承受汽車電池環境帶來的極端電壓變化，保持穩壓狀態。由於它具有超低靜態電流，可以讓始終導通的元件保持運行，而不會耗盡電池。LTC3372 採用 4 個可配置的單晶片穩壓器，可為資訊娛樂系統或其他電子系統提供多達五個輸出通道。

## 汽車多通道電源

LTC3372 顯著減少了產生多路電源軌所需的元件數量。它將成熟的高電壓汽車控制器技術與 4 個可配置的單晶片降壓型穩壓器相結合，構建了一個節省空間和成本的汽車多通道電源解決方案。

高電壓降壓型控制器輸入可承受高達 60 V 的輸入湧浪 (例如在負載突降期間所看到的)，並且還可以操作在採用標準降壓型配置時低至 4.5 V 的輸入電壓、採用 SEPIC 配置時低至 3 V 的輸入電壓。該輸入操作範圍可在面臨顯著瞬變時為敏感型電子系統提供不斷電供應系統。LTC3372 的 4 個低電壓降壓型穩壓器可以在 8 個 1A 功率級中選擇組合功率級進行單獨配置。透過組合功率級來滿足每個穩壓器的功率要求，並提供 8 種可能的獨特 4 輸出通道配置，所有這些都直接來自汽車電池電源。

單晶片 IC 多通道電源解決方案的一個優勢，是共用內部參考電壓和偏置電源。與獨立的多個 IC 相比，這種偏置共用使多通道電源的每通道  $I_Q$  值更低。對於始終導通的單通道電源， $V_{IN}$  參考偏置  $I_Q$  的

典型值為  $23\ \mu\text{A}$ ，最大值為  $46\ \mu\text{A}$  ( $150^\circ\text{C}$  時)。所有 5 個通道在 Burst Mode 下穩壓時，典型偏置電流總共僅為  $60\ \mu\text{A}$ ，即每通道  $12\ \mu\text{A}$ 。由於 LTC3372 的 5 個通道的總偏置  $I_Q$  與使用舊技術的單通道相當，因此支援全新的始終導通的汽車應用。

## 單晶片控制器和穩壓器

LTC3372 包括一個前端  $60\ \text{V}$  高電壓 (HV) 降壓控制器和 4 個低電壓 (LV)  $5\ \text{V}$  單晶片降壓型穩壓器，支援低  $I_Q$  Burst Mode 模式。LTC3372 透過將控制器和單片式穩壓器整合在一起，能夠以低成本和精小的尺寸由高輸入電壓提供多達 5 個獨立電源軌。高壓控制器的輸出電壓可選擇為  $3.3\ \text{V}$  或  $5\ \text{V}$ ，具體取決於  $V_{\text{OUTPRG}}$  針腳的位準；低壓穩壓器的輸出電壓

可透過 FB1 至 FB4 針腳使用外部電阻分別配置。

圖 1 和圖 2 顯示了一個典型應用中高壓控制器的效率。雖然高壓控制器通常用於為低壓穩壓器饋電，且每個穩壓器可透過各個通道的致能和輸入針腳獨立操作。8 個功率級可提供更多靈活性。8 個開關可分佈在低壓穩壓器之間，透過 C 位 (C1、C2、C3) 進行數位化組合配置，以滿足特定電源軌的最大電流限制。表 1 顯示了每個穩壓器編號的 C 位設定和最高輸出電流限制配置。圖 3 顯示了效率如何隨並聯開關數量變化。

LTC3372 還提供了晶片上溫度感測器和看門狗計時器功能。溫度感測器允許使用者在啓用 LV 穩壓器時密切監測晶片溫度。如果微處理器在發生故障時無法清除計時器，則看門狗計時器會發出重定信號。

圖 1:LTC3372  $60\ \text{V}$  輸入的典型應用。高壓控制器為 4 個  $2\text{A}$ ,  $1\ \text{V}/1.2\ \text{V}/1.8\ \text{V}/2.5\ \text{V}$  的低壓穩壓器提供饋電。 $3.3\ \text{V}/5\ \text{V}$  高壓控制器輸出可用作額外的  $3\ \text{A}$  電流軌。

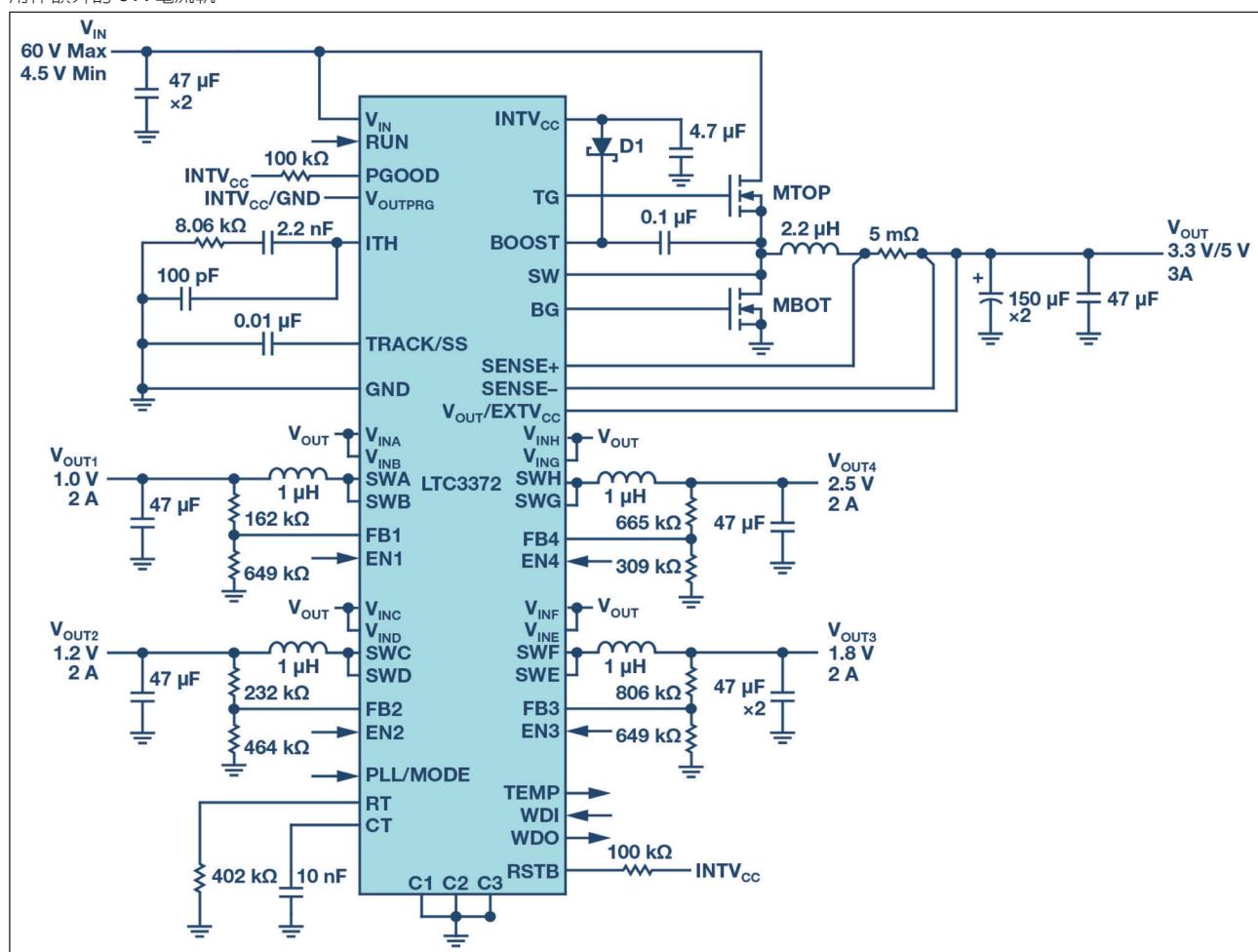


圖 2：圖 1 中的 Burst Mode 操作效率與高壓控制器輸出電流的關係。輸出電流最高可達 10 A，足以為 4 個滿載低壓穩壓器和一個 3 A、3.3 V/5 V 負載饋電。

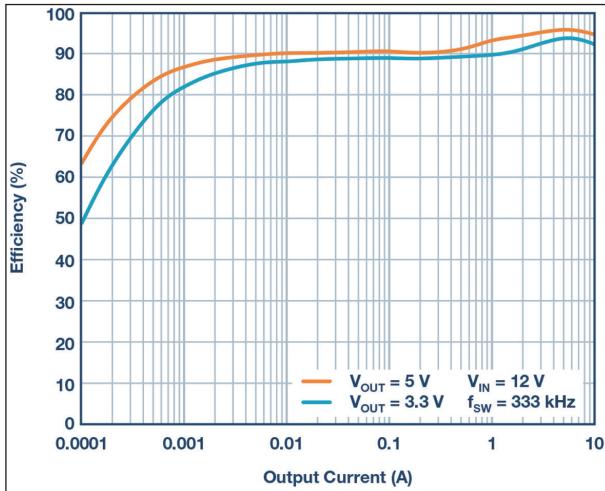


表 1：透過 C1、C2 和 C3 代碼設定低壓穩壓器配置；採用任何少於 4 個 LV 穩壓器的配置時，未被使用的穩壓器的致能針腳和回饋針腳均連接至地

C3	C2	C1	BUCK 1	BUCK 2	BUCK 3	BUCK 4
0	0	0	2 A	2 A	2 A	2 A
0	0	1	3 A	1 A	2 A	2 A
0	1	0	3 A	1 A	1 A	3 A
0	1	1	4 A	1 A	1 A	2 A
1	0	0	3 A	2 A		3 A
1	0	1	4 A		2 A	2 A
1	1	0	4 A		1 A	3 A
1	1	1	4 A			4 A

## 功耗優化

通常，我們會根據效率來評價 DC/DC 轉換器，因此設計要使其效率最大化，但在功耗（而不僅是效率）方面來優化 DC/DC 轉換器，通常會在高功率應用中獲得更高的性能回報。對於多級轉換器系統（例如可使用 LTC3372

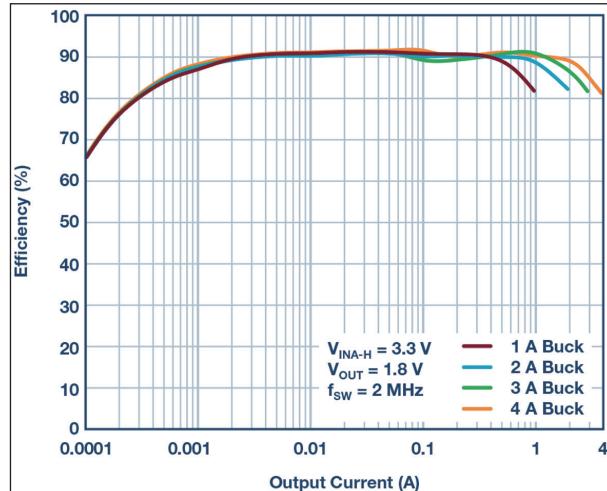
進行構建），當部分效率源於高壓控制器和低壓穩壓器的共同作用時，效率測量結果可能會產生誤導。

請記住，功耗優化

表 2: 1.2 V (3 A)、1.8 V (3 A)、2.5 V (0.5 A) 的低壓穩壓器在各種配置下的 Burst Mode 操作總功耗；VIN-H 為 3.3 V，開關頻率為 2 MHz；最佳配置比最差配置所產生的功耗要低 0.332W

C3	C2	C1	BUCK 1	BUCK 2	BUCK 3	BUCK 4	損耗 (W)
0	1	0	1.2 V (3 A)	2.5 V (0.5 A)	關斷	1.8 V (3 A)	2.523
1	0	0	1.2 V (3 A)	2.5 V (0.5 A)		1.8 V (3 A)	2.486
1	1	0	1.2 V (3 A)		2.5 V (0.5 A)	1.8 V (3 A)	2.204
1	1	0	1.8 V (3 A)		2.5 V (0.5 A)	1.2 V (3 A)	2.181

圖 3: Burst Mode 操作效率與低壓穩壓器輸出電流的關係。1 A、2 A、3 A 和 4 A 降壓型穩壓器分別代表 1 個、2 個、3 個和 4 個開關並聯連接時的配置。



並不是簡單地將總功耗降至最低，而是在元件之間平衡損耗分佈。一種良好的途徑是從低壓穩壓器著手，因為 LTC3372 系統的大部分損耗就是所有低壓穩壓器產生的總功耗。透過考量所有適用的低壓穩壓器配置，設計人員可以比較大量的功耗選項。表 2 列出了在 1.2 V、1.8 V、2.5 V 應用中以及 3 A、3 A、0.5 A 最大負載下的所有適用配置和相應功耗。最佳配置和最差配置之間的功耗相差 0.432 W。在正常情況下，將最大可能的開關遞迴分配給最高功率通道會產生最佳結果。

高壓控制器可以採用更通用的效率優化程式。稍有不同的是，高壓控制器的全部 / 部分負載變成低壓穩壓器的輸入電流。當低壓穩壓器是其唯一負載時，即使每個低壓穩壓器都滿載，對高壓控制器來說也只是一個中等負載。設計人員應該關注操作電流的目標範圍，而不是一味地選擇低 RDS 的 FET 或追求最高峰值效率。具有不同 RDS 的 3 個 FET

的效率與輸出電流曲線如圖 4 所示。對於表 2 中的低壓穩壓器，使用 RDS 最高但 QG 最低的 FET 在

圖 4: 高壓控制器中採用 3 個不同 FET 時 Burst Mode 的操作效率與輸出電流的關係。高側和低側使用相同的 FET。該圖針對 1 A 至 6 A 部分曲線進行了放大，可以清楚看到交叉部分，從而確定適合表 2 中低壓穩壓器的最佳 FET。3.759 A 是低壓穩壓器滿載時的最大負載電流。結果說明，最佳選擇是 RDS 最高但 QG 最低的 FET(BSZ099N06LS5)。

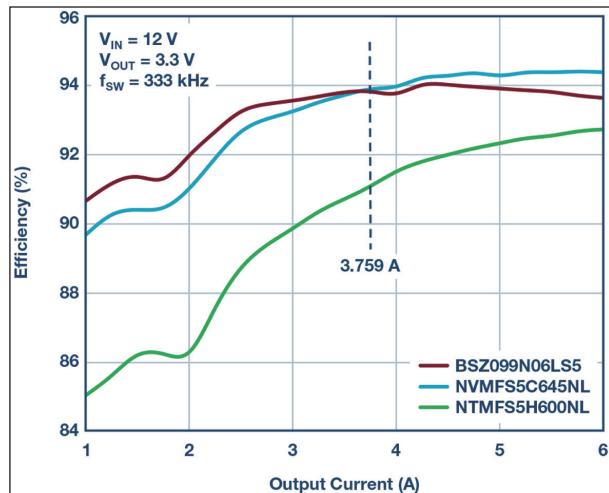


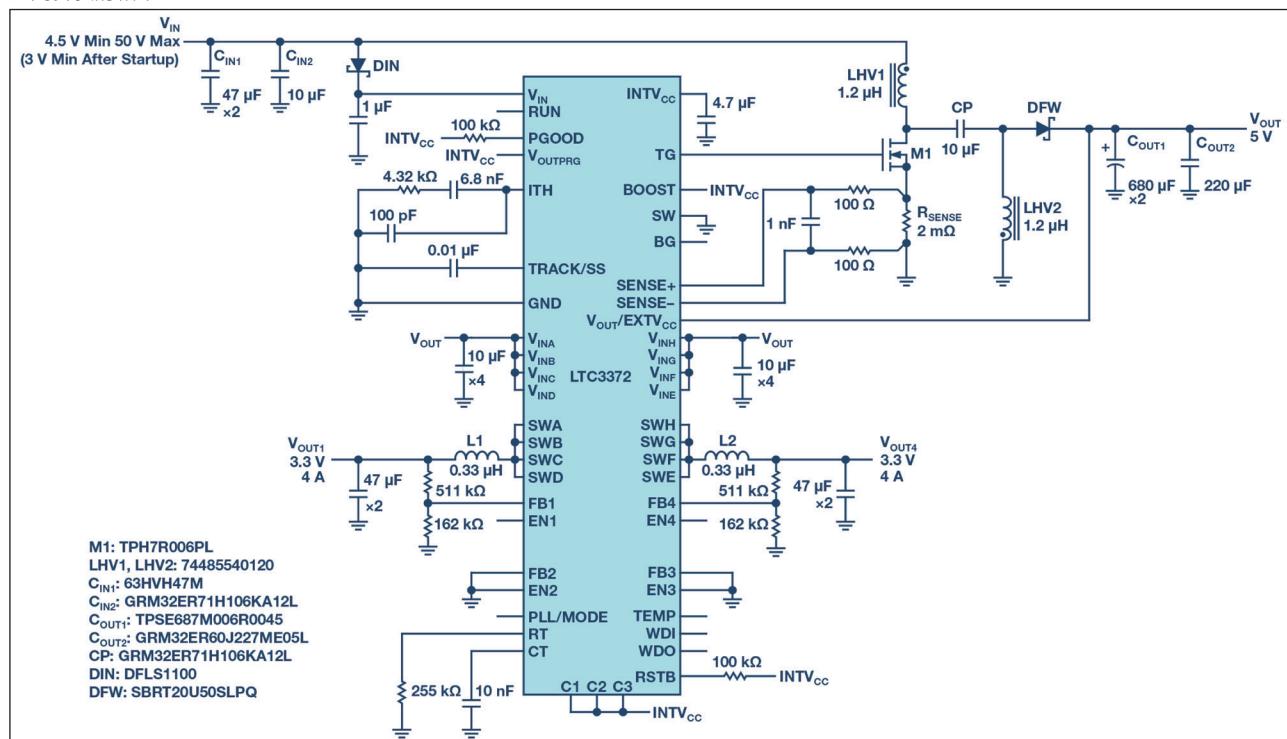
圖 5:4.5 V 至 50 V 輸入的非同步高壓 SEPIC 轉換器為兩個 3.3 V/4 A 低壓穩壓器饋電。啓動後，當兩個低壓穩壓器滿載時，SEPIC 轉換器可以保持  $V_{OUT}$  為 5 V， $V_{IN}$  最小值為 3 V。如果降低 SEPIC 的負載，則  $V_{IN}$  最小值可以降至 1.5 V。當  $V_{IN}$  低於 5 V 時，SEPIC 的輸出必須設置為 5 V 才能維持連續操作狀態。 $D_{IN}$  和  $1\mu F$  的電容需連接到 IC  $V_{IN}$ ，以防止反向電流和瞬態尖峰。建議使用差分電流感測方案和低電感感測電阻，以便在電流比較器輸入端提供乾淨的訊號。低電感 (LHV1 和 LHV2)、最大開關頻率和低頻寬是右半平面零點和電流漣波之間折衷的結果。

低於最大負載 (最佳配置時為 3.759 A) 的範圍內產生的效率最高。

SEPIC 控制器

在汽車應用中，冷啓動一直是 DC/DC 轉換器面臨的挑戰。在冷啓動情形下如果輸出電壓高於輸入電壓，就會迫使降壓轉換器在壓差狀態下操作。使用 LTC3372 的高壓控制器中提供的可用資源，可以實現兩種前端拓撲（即升壓和 SEPIC），以避免在壓差狀態下操作。

即使升壓較為簡單一點，它也會將任何高電壓輸入湧浪傳送到下一個降壓級。而這妨礙了將高效率的低電壓降壓型穩壓器用作次級降壓級。在圖 5 中，我們採用非同步 SEPIC 拓撲配置 LTC3372 高壓控制器。SEPIC 轉換器將產生一個 5 V 中間電源軌，為兩個 3.3 V/4 A 的低壓穩壓器供電，使高壓控制器連續操作。



當兩個 4 A 低壓穩壓器滿載時，從 SEPIC 輸出的電流大於 5 A。由於開關電流是兩個電感繞組電流的總和，通過感測電阻的峰值電流很容易超過 10 A。考慮到感測電阻位於熱迴路內，需要費些功夫才能在電流比較器的輸入端產生乾淨的波形。一種解決方案是採用 SEPIC 原理圖中所示的差分濾波方案，並使用一個採取反向封裝製造的低電感電阻。

圖 6 顯示了 Burst Mode 操作時的 SEPIC 效率，圖 7 則顯示了在輸入端施加一個 12 V 至 3 V 的瞬變電壓時的 SEPIC 輸出電壓。設計人員也不應忽視

圖 6：圖 5 中非同步 SEPIC 控制器的 Burst Mode 操作效率與輸出電流的關係。輸出電流最高可達 6 A，足以為兩個滿載的 3.3 V/4 A 的低壓穩壓器饋電。

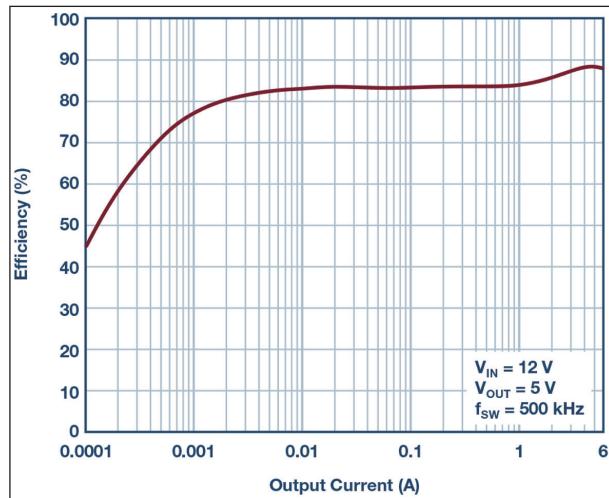
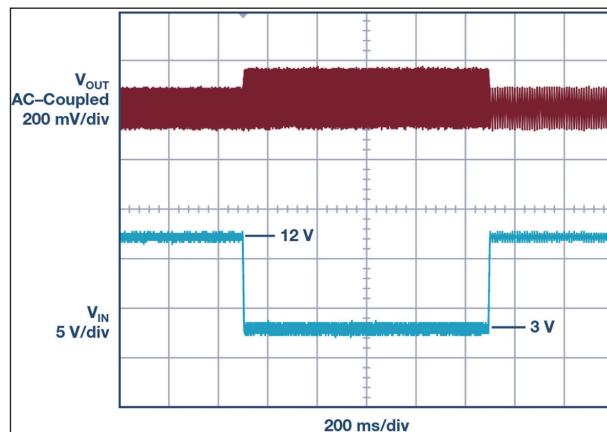


圖 7: SEPIC 對輸入瞬變的輸出回應與冷啓動條件下的情形類似。輸入在 2 ms 內從 12 V 降至 3 V，並在恢復至 12 V 之前在 3 V 保持 1 秒鐘。在 3 V 瞬變期間會觀察到更大的漣波，這是由通過環流二極體流向輸出電容的較高峰值電流引起的。這是採用兩個滿載的 3.3 V/4 A 低壓穩壓器在 500 kHz SEPIC 開關頻率下的波形。



PCB 設計過程中環流二極體產生的熱量。透過為相對較大的二極體保留額外空間並使用較厚的覆銅，可以滿足熱限制要求。另一個二極體和濾波電容連接到  $V_{IN}$  針腳，以避免由於輸入瞬變引起的反向電流和突發電壓尖峰。

## 結論

LTC3372 為高電壓多通道降壓轉換器提供單晶片解決方案。它的每通道低  $I_Q$  操作和低成本特性使其非常適合汽車應用中始終導通的系統。

## ADI 與 First Sensor 合作開發 LIDAR 產品加速邁向自動駕駛的未來

ADI 宣佈與 First Sensor AG 合作開發可加速推出自主感測技術之產品，以用於交通、智慧農業、工業製造及其他產業應用之無人駕駛汽車、飛行器和水下交通工具。作為合作的一部分，ADI 和 First Sensor 將開發更小尺寸的 LIDAR 訊號鏈，以使製造商為其自主安全系統注入感測和感知技術時能實現更高的系統性能，以及更小尺寸、更低重量、功耗和成本。兩家公司並計畫開發針對汽車和工業製造應用的其他 LIDAR 產品。

在超過 25 年的時間裡，ADI 持續開發用於交通安全的感測器技術。最新進展包括專為將寬動態範圍光電流轉換為低阻抗電壓訊號而設計的多通道 TIA。First Sensor 於 LIDAR APD 之製造也擁有超過 25 年的經驗，APD 是將光轉換為光電流的高度敏感的探測器陣列。優化 APD 和 TIA 之間的互連至關重要，因為它對雜訊基準和所能實現的頻寬具有非常關鍵的影響。對這兩個參數的改善將直接轉換為 LIDAR 系統的更高性能，使該系統可在更遠的距離以更高的精度檢測到物件。

Analog Devices and First Sensor Developing LIDAR Offerings for Autonomous Driving

