

適合使用理想二極體控制器的汽車應用備援電源拓撲

Abhijeet Godbole
Lead Systems Engineer

Praveen GD
Lead Applications Engineer

簡介

備援電源使用多個電源設備為負載提供必要的電源。這些特色有助提升系統可靠性與可用性，並在其中一個電源供應單元故障時確保系統安全。在汽車系統中，備援電源供應器對於安全應用尤其重要 (例如自動駕駛)，因為萬一發生斷電時可能會導致嚴重後果。

ORing 和優先電源多工是在汽車系統中實作備援電源的兩種常見技術。在 ORing 中，系統從多個輸入中選擇最高電壓的電源，而電源多工則可讓系統根據優先權或其他標準，在不同的電源供應器間切換。設計人員過去曾使用過蕭特基二極體、P 通道場效電晶體或兩者的組合，以用於電源供應器中的備援電路。

理想二極體控制器是可控制外部金屬氧化半導體場效電晶體 (MOSFET) 以模擬理想二極體行為的積體電路 (IC)。這

些二極體擁有比傳統二極體更多的優勢，例如更低的功率消耗、更高的電流能力、反極性防護、反向電流阻斷與負載突降防護。理想二極體控制器也可提供突波電流限制、過電壓與過電流防護。

在本文中，我們主要探討使用理想二極體控制器進行 ORing 和電源多工的概念和優勢、ORing 和電源多工電路的不同類型和架構，以及在汽車系統中使用理想二極體控制器實作 ORing 和電源多工的挑戰和解決方案。

ORing 和電源多工技術

ORing 和電源多工技術使用理想二極體將多個輸入電源連接至單一輸出負載，但它們在不同輸入來源間選擇和切換的方式有所不同。圖 1 展示電源供應 ORing 和優先多工處理的典型使用案例。

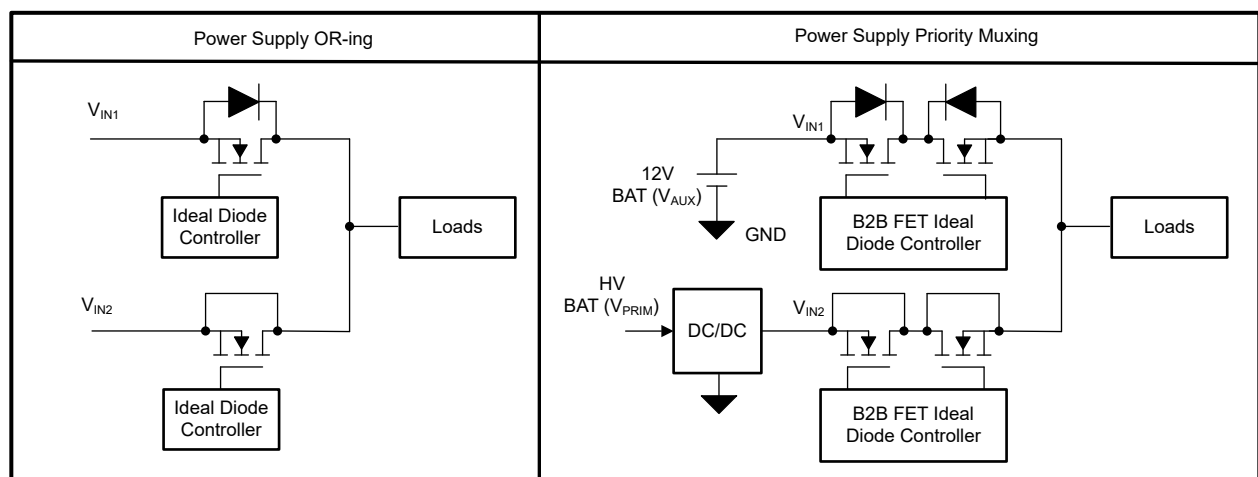


圖 1. ORing 和優先電源多工器解決方案的典型應用實例。

ORing 電路協助系統根據最高輸入電壓從多個輸入中選擇最佳可用電源。理想二極體可做為在輸入電壓高於輸出電

壓時開啟的開關，在輸入電壓低於輸出電壓時則會關閉。如此一來，ORing 電路可確保具有最高電壓的輸入來源連

接至輸出，並防止輸入來源間的逆電流和交叉傳導。如果輸入電源幾乎相等，則兩個電源都可能共享負載，而它們之間沒有任何循環電流。因此，反向電流阻斷是實現 ORing 電路所需的主要特性。

電源多工電路可讓系統根據來源優先順序或輸入電壓可用性及幅度等標準運作，因此不論電壓幅度為何，都能在不同的電源間切換。在此配置中，控制電路需要切換各電源供應器和負載之間的電源路徑，並由其優先順序邏輯或外部訊號控制，例如微控制器通用輸入/輸出接腳。電源多工電路可確保在任何時間點只有一個輸入源連接到輸出，並防止輸入來源之間的反向電流和交叉傳導。所以此配置中的電路需要具有反向電流阻斷和負載路徑開啟和關閉控制功能，才能使具優先權的電源供應器為負載供電。

電源供應 ORing 的典型應用電路

ORing 電路在資訊娛樂、車身控制模組、先進駕駛輔助系統與照明模組等車用子系統中十分常見，因此可在電源供

應器故障或中斷連線時提供備援與可靠性。圖 2 展示使用理想二極體控制器 IC 與外部 N 通道 MOSFET 結合的不同 ORing 拓撲。

有效的 ORing 解決方案必須要非常快速，如此才能在其中一個電源故障時限制逆電流的持續時間和數量。ORing 配置中的理想二極體控制器可持續感應陽極和陰極針腳之間的電壓差，它們分別是電源 (V_{IN1} 、 V_{IN2} 和共負載 (V_{OUT}) 點的電壓電平。快速比較器會透過快速下拉功能關閉閘極驅動器，只要 $V_{IN} - V_{OUT}$ 低於指定的逆低限，通常只有幾毫伏。除了快速逆電流偵測比較器，TI 理想二極體控制器也具備線性閘極穩壓機制，可確保在輸入供應損耗時提供零 DC 逆電流。

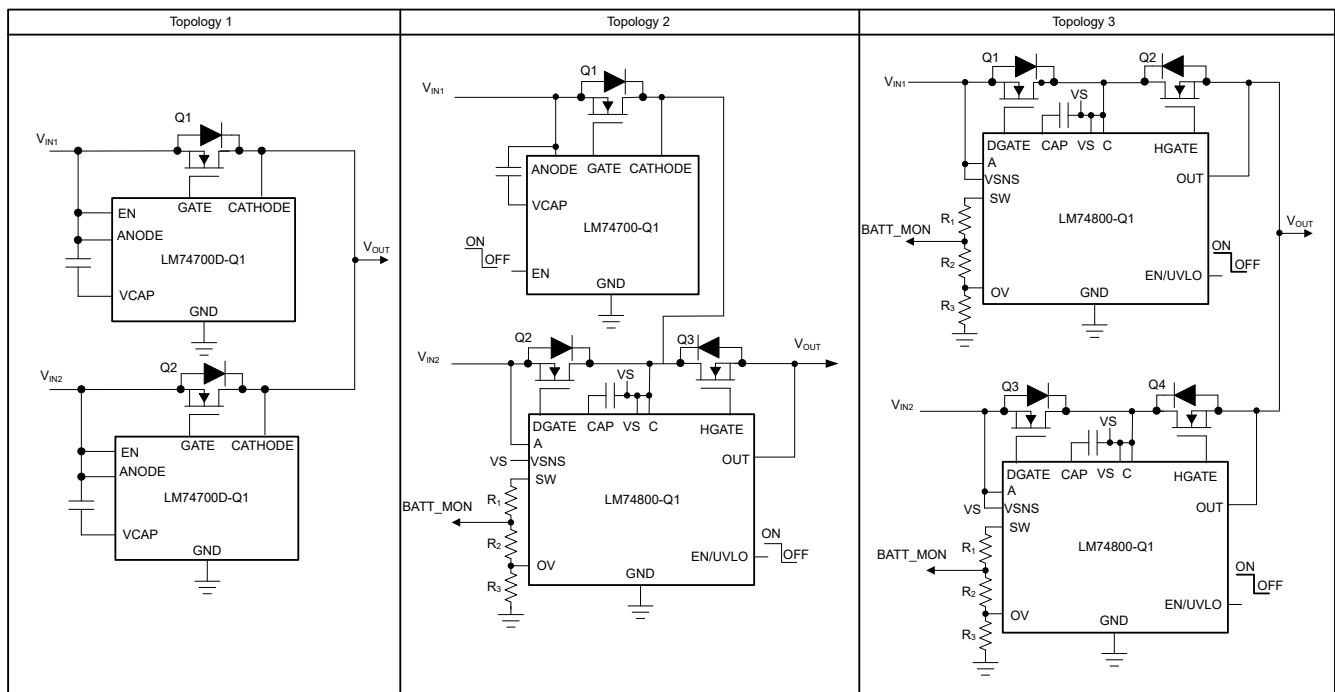


圖 2. 使用理想二極體控制器的典型 ORing 拓撲。

有些子系統需要斷開電源的負載，以達到低靜態電流或保護系統以防受故障狀況影響。圖 2 中的 2 號拓撲展示使用 TI 的 LM7480-Q1 和 LM7470-Q1 裝置，進行共負載斷開控制的雙電源輸入 ORing 的典型應用電路。由 LM7470-

Q1 和 LM7480-Q1 驅動的 FET Q1 和 Q2 分別提供 ORing 功能，而由 LM7480-Q1 驅動的 Q3 FET 則可隔離負載與電源供應器。當 V_{IN1} 大於 V_{IN2} 時，LM7480-Q1 獨立控制

FET 允許 Q2 阻斷逆電流，而 Q3 保持開啟狀態，將 V_{IN1} 連接到 V_{OUT} 。

圖 2 中的拓撲 3 號展示了具有獨立軌負載斷開功能的 ORing 的典型應用電路，可讓系統設計人員為各軌指派不同的負載斷開標準。

圖 3 和 圖 4 展示兩個電源軌之間的電源 ORing 切換性能，其中 $V_{IN1} = 12V$ ， $V_{IN2} = 15V$ 。

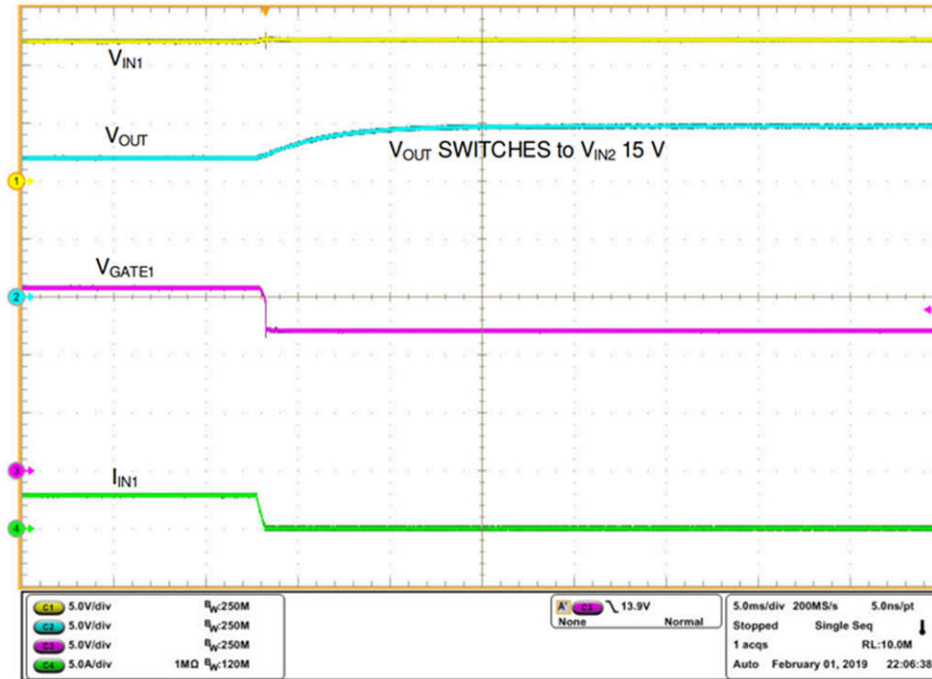


圖 3. 電源從 V_{IN1} 切換到 V_{IN2} 。

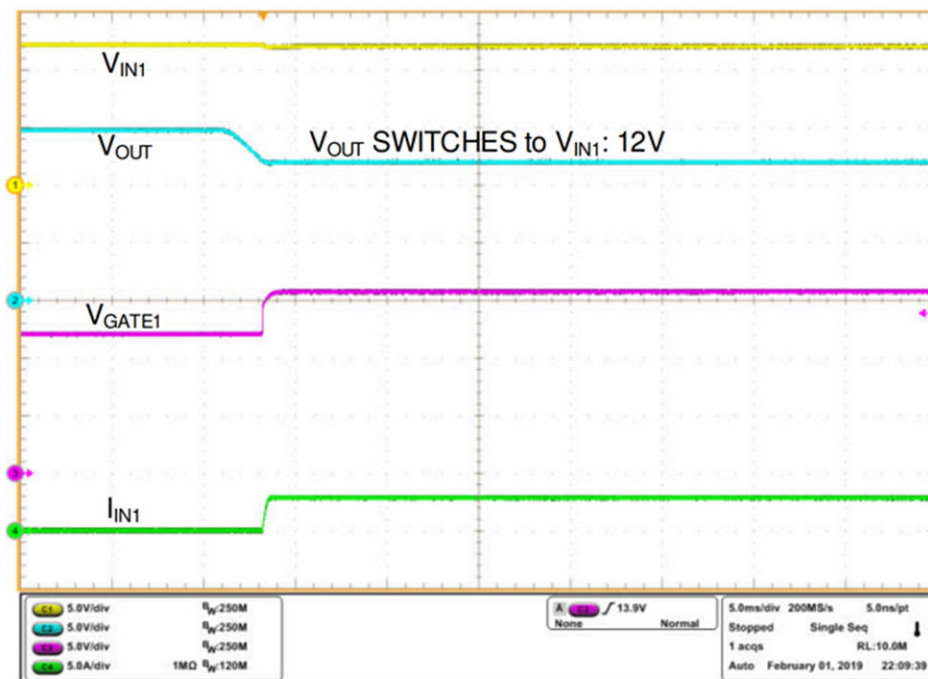


圖 4. 電源從 VIN2 切換到 VIN1。

優先電源多工器配置

當一次電源電壓降至指定閾值以下時，優先電源多工器會自動將主電源轉換為輔助電源 (AUX) 或二次電源供應器。如果可用且在可接受的限制範圍內，一次電源供應器始終是為負載供電的第一個來源。舉例來說，如果配電單元中的上游智慧型保險絲在子系統的主電源上跳開，優先電源多工器電路會自動將輔助電源連接到輸出，並斷開一次電源供應器與此輸出的連接，以避免子系統運作出現任何中斷。如果上游智慧型保險絲復位，且一次電源電壓上升到可接受的閾值，則優先電源多工器電路會將一次電源自動連接回輸出，並斷開輔助電源。

電源多工器電路需要 LM74800-Q1 或 **LM74900-Q1** 等控制器，才能控制各電源軌上的兩個背對背 MOSFET。當一

次電源和輔助電源均存在，且在可接受的範圍內，並且一次電源正在為負載供電時，輔助路徑控制器必須在一次電源電壓高於輔助電源時阻止反向電流。同樣，當一次電壓低於輔助電壓時，輔助路徑控制器必須阻止正向電流。這可確保具有最高優先權的一次電源為負載供電，而且輔助電源與一次電源和負載隔離。

LM74900-Q1 理想二極體控制器可驅動和控制外部背對背 N 通道 MOSFET，以模擬具電源路徑開啟和關閉控制及過電壓防護的理想二極體整流器。圖 5 是在通用汲極拓撲中使用兩部 **LM74900-Q1** 裝置的優先電源多工器電路圖。在 V_{AUX} 路徑中，**LM74900-Q1** 的過電壓接腳經過配置後，可在 V_{PRIM} 因任何原因中斷連接時，由 V_{AUX} 電源供應器立即連接至負載，並確保持續供電給負載。

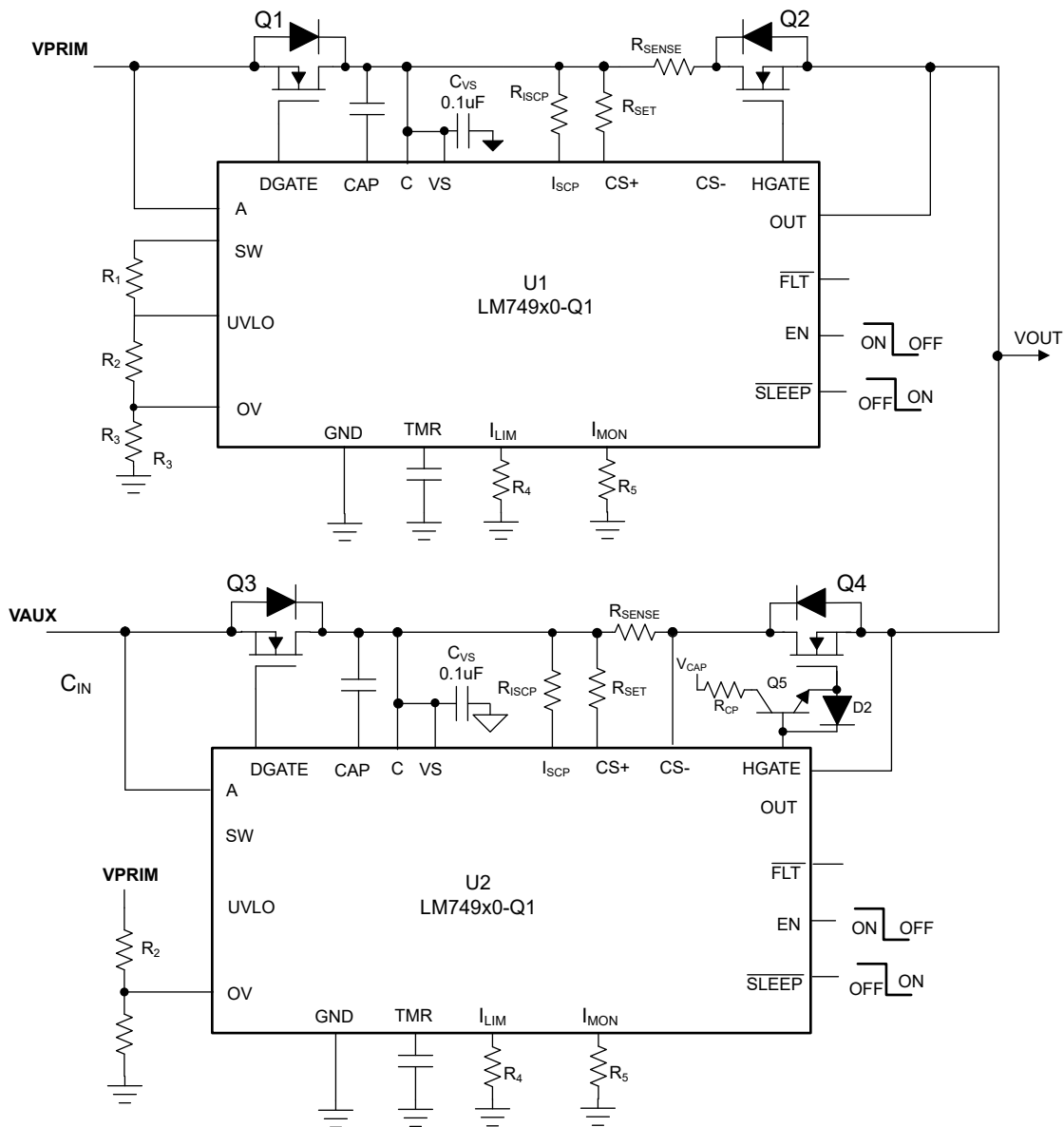


圖 5. 使用 LM74900-Q1 的一般優先電源多工器應用電路。

電源多工器電路旨在當 V_{PRIM} 切斷或超出可接受範圍時，負載會切換為由 V_{AUX} 供電，以保持輸出壓降低。若要讓轉換期間保持輸出壓降低，在 V_{AUX} 路徑中由 **LM74900-Q1** 驅動的負載開關 FET (Q4) 必須在關閉 V_{PRIM} 的電源路徑時 (透過關閉 Q2) 迅速開啟。但 HGATE 接腳的設計為了做到突波電流限制的緩慢啟動，所以僅供應 55µA 閘極電流，但這麼做會變得太低以致無法快速將 HGATE 轉高。具備帶電阻器 (R_{CP}) 電晶體 (Q5) 和二極體管 (D2) 的小電路會增高 HGATE 來源電流。也可透過將 Q5 的發射器連接到 Q4 的閘極來增加閘極電流，因為 Q5 允許電荷泵電容器直接將 HGATE 拉高。或者，您也可透過更改 R_{CP} 的電

阻值來調整 Q4 閘極來源電流。D2 提供 Q5 周圍路徑以關閉 Q4。

圖 6 顯示在 V_{PRIM} 斷開以及負載快速轉換至 V_{AUX} 軌道的實例期間擷取的波形。AUX 軌道的 HGATE 在 $20\mu s$ 內打開，以減少輸出電壓壓降。

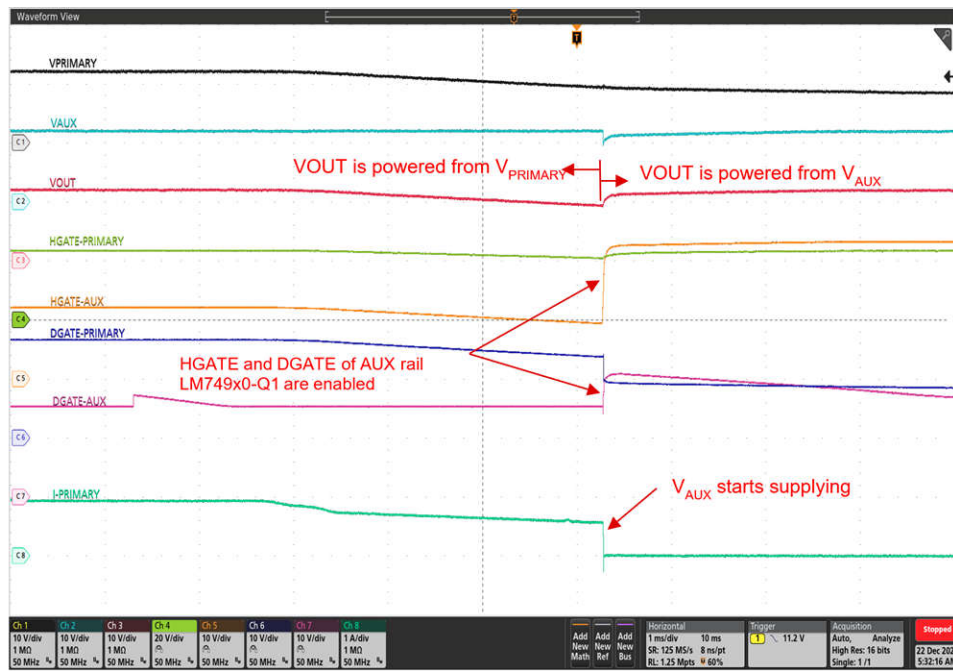


圖 6. 在電源多工器應用中，從 V_{PRIM} 切換到 V_{AUX}

圖 7 顯示當 V_{PRIM} 恢復到可接受水平時的即時波形，優先電源多工器電路在最小壓降的情況下平穩地將負載轉換為 V_{PRIM} ，因為它具有比 V_{AUX} 更高的優先權。

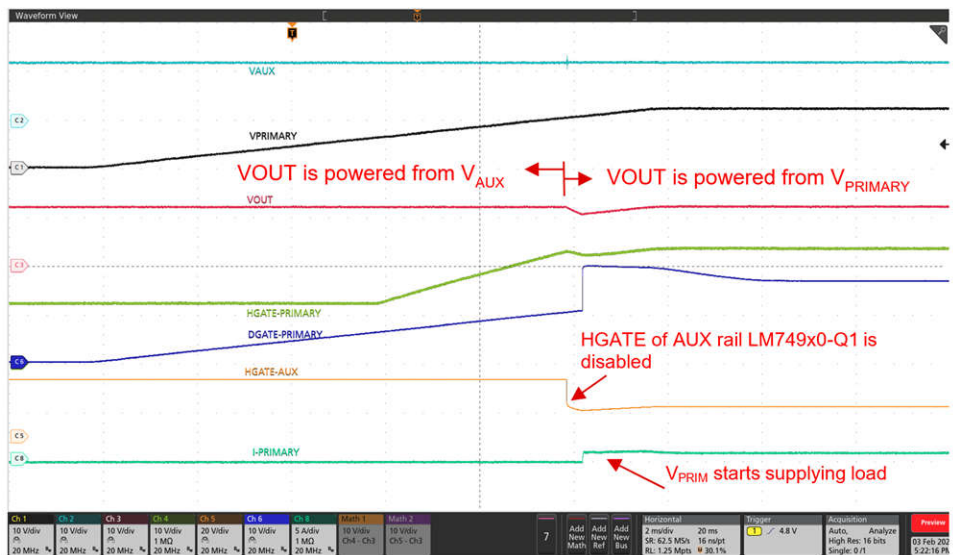


圖 7. 在電源多工器應用中，從 V_{AUX} 切換到 V_{PRIM} 。

表 1 顯示各種理想二極體控制器，以及可根據個別功能集支援的備援電源拓撲。

理想二極體控制器	ORing 配置	電源多工配置 (背對背 FET 控制)	
		共汲極拓撲	共源極拓撲
LM5050-1-Q1	✓	✗	✗
LM70700-Q1	✓	✗	✗
LM7480-Q1	✓	✓	✓
LM74720-Q1	✓	✓	✗
LM74900-Q1	✓	✓	✗
LM74930-Q1	✓	✗	✓

表 1. 備援電源拓撲的理想二極體控制器清單。

結論

具有先進功能的理想二極體控制器可實現 ORing 和電源多工電路的不同架構。理想二極體控制器提供反向極性防護、反向電流阻斷、負載突降防護、主動式整流、過電壓防護與突波電流限制等功能與優勢，可協助實現完整的輸入電源路徑防護，並確保系統可靠性與安全性。

參考

- 德州儀器：[使用理想二極體控制器的六種系統架構與穩固的反向電池保護。](#)
- 德州儀器：[利用 LM749x 0-Q1 解決車用反向電池保護拓撲。](#)
- 德州儀器：[在車用區域模組中使用理想二極體的優先功率多工器。](#)

重要聲明：本文所述德州儀器及其子公司相關產品與服務經根據 TI 標準銷售條款及條件。建議客戶在開出訂單前先取得 TI 產品及服務的最新完整資訊。TI 不負責應用協助、客戶的應用或產品設計、軟體效能或侵害專利等問題。其他任何公司產品或服務的相關發佈資訊不構成 TI 認可、保證或同意等表示。

所有商標均為其各自所有者的財產。

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated