# 汽車應用中的備援電源供應 – 正確實現優先切換

**Björn Görner**
Systems engineer, power design services

## 簡介

汽車應用中的安全關鍵系統通常仰賴備援電源供應，以達到所需的汽車安全完整性等級。特別是專為自動駕駛設計的系統，在任何情況下都必須正常運作，至少要能讓車輛進入安全狀態。針對備援電源供應，設計人員通常會採用以下兩種實作方式其中之一：ORing 切換或優先切換。雖然這兩種實作方式幾乎完全相同，但若沒有妥善處理，某些細節仍可能會引發問題。

## ORing 和優先切換之間的差異

ORing 應用是透過二極體將兩個或多個輸入連接在一起。如果系統需求需要更高的功率，則會改用理想二極體或 ORing 控制器。**图 1** 顯示此 ORing 方案的典型實作方式。此實作會將最高的輸入電壓傳輸到輸出。當輸入電壓相等時，各個電源所分擔的負載也相對均等。

ORing 方法容易實作，非常適合提供同等可用電源的系統。因為當兩個電源供應的電壓等級接近時，它們會同時分擔負載，因此能非常順暢地從一個電源切換到另一個電源。在此實作中，只要不需要中斷其中一個或兩個電源，背對背場效電晶體 (FET) 便是選擇性的配置。

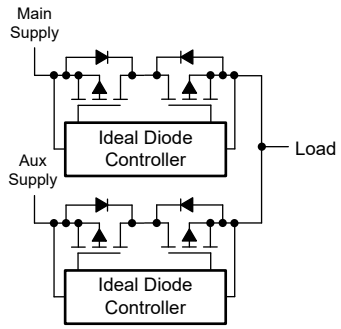



***图 1.*** *輸入 ORing*

對於配備高電壓動力電池 (配有強力降壓轉換器) 與小型 12V 或 48V 輔助電池的電動車來說，標準的 ORing 方法可能不適用。這是因為輔助電池及其充電電路的容量較低，兩者皆僅針對緊急運作而設計。在此情況下，優先切換方法可以在不對小型輔助電池造成不必要負載的前提下，實現電源備援。

如**图 2** 所示，優先切換會透過輔助電源的理想二極體控制器來監控主電源，且只有在主電源降至特定閾值以下時，才會切換至輔助電源。此時，理想二極體控制器必須支援過電壓保護功能，在此情況下，該功能將用來偵測主電源的欠電壓事件。LM74900-Q1 裝置系列就是具備過電壓保護功能的理想二極體控制器範例。在此應用中，必須強制使用背對背 FET，以避免從已停用的電源端汲取電流。

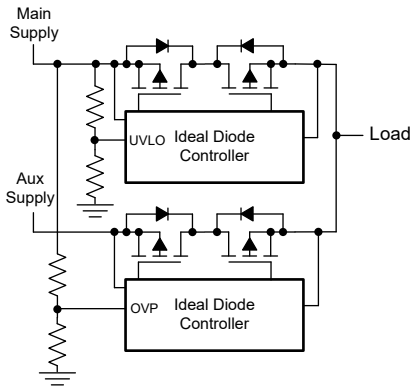



***图 2.** 優先切換*

## 優先切換詳細資料

一般而言，用於 ORing 與優先切換的電路並沒有太大差異，但優先切換架構的運作行為需要特別注意細節。

ORing 解決方案會在兩個電源路徑電壓接近相等時同時導通，而優先切換方法則會保持輔助電源路徑關閉，直到主電源路徑的電壓降至特定閾值以下。一旦達到該閾值，系統便會關閉主電源路徑並導通輔助電源路徑，這會導致負載突然從一個電源轉移到另一個電源，並在兩個電源上產生突發的電壓步進。由於這種突然的負載轉移，主電源的電壓通常會在完全崩潰前出現短暫的突波，不過這取決於導致最初電壓下降的失效原因。

因為輔助電源是根據主電源的電壓進行切換，這種電壓突波可能會導致系統切換回主電源，而切換回去又會立即使主電源電壓下降，進而導致系統再次倒退回輔助電源。這將導致兩個電源之間發生無法控制的振盪，並在輸出產生巨大的漣波，進而可能破壞系統功能。各個電源上產生電壓偏移的原因，是電源路徑內所有寄生電阻與寄生電感的總和，例如印刷電路板走線、導線以及 MOSFET 的漏極至源極導通電阻 ($R_{DS(on)}$)。

**图 3** 顯示這種行為的範例。在斷開主電源供應期間，當輸入電壓一降至切換閾值以下時，就會發生短暫的突發振盪。**图 3** 中的通道 1 顯示輔助電源的電壓，而通道 3 則顯示輸出電壓。在此情況下，輔助電源的電壓值低於主電源的電壓值，且切換閾值設定在剛好高於輔助電源電壓的位置。

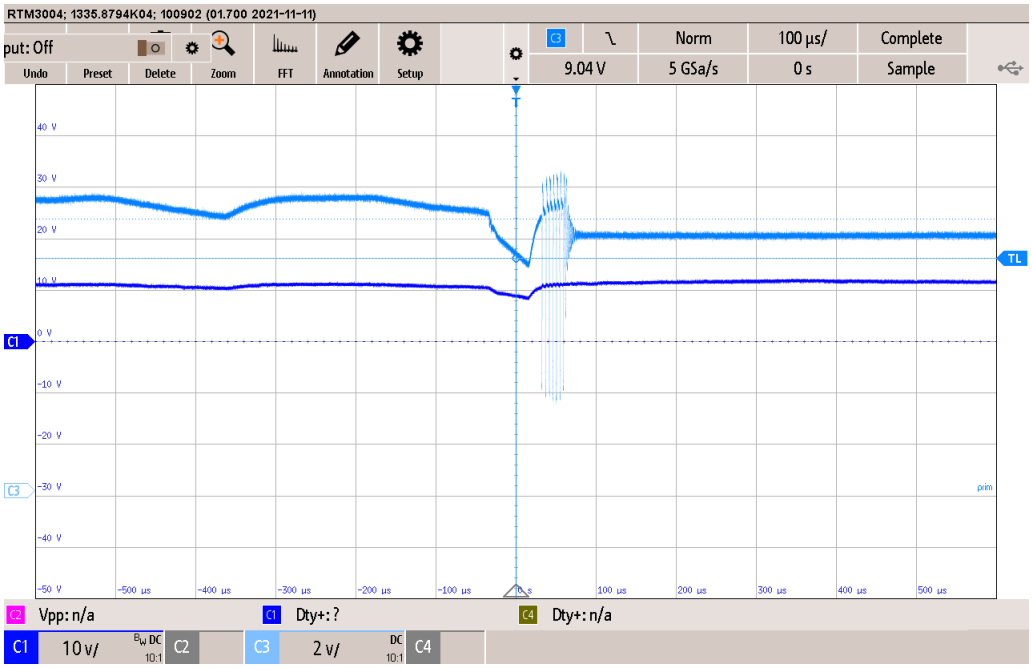



*圖 3. 優先切換系統中輸入切換期間的振盪*

取決於導致主電源下降的失效原因，這種振盪甚至可能是持續不斷的；例如，當主電源的纜線局部受損，導致巨大的壓降而非完全斷開時。在許多情況下，理想二極體控制器內建的遲滯功能，再搭配夠大的輸入電容器，就能抑制這種行為。但在某些情況下，僅靠內建的遲滯可能不足以避免使用不必要的大型輸入電容器。

雖然我們無法改變裝置內部的遲滯，但在某些裝置上，有一個簡單的解決方案可以透過外部方式來增加遲滯。許多裝置 (例如 LM74910H-Q1) 提供了故障輸出，利用它便能以極少的元件數量來增加外部遲滯。在 LM74910H-Q1 上，故障針腳是一個汲極斷路輸出，當發生過電壓情況或其他故障時會拉低電位。此輸出還可以控制一個外部電晶體，藉此改變過電壓輸入的回饋分壓器。**圖 4** 說明這種典型的實作方式。

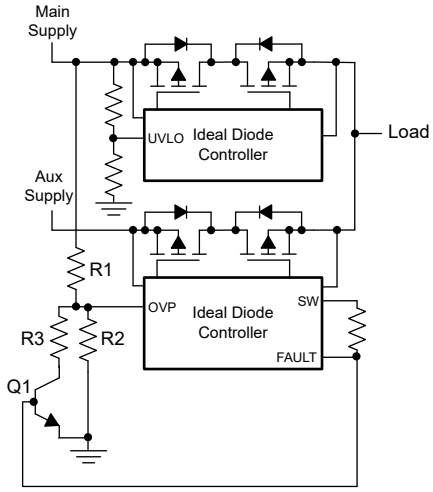



*圖 4. 外部磁滯*

由於故障輸出是汲極斷路輸出，因此您需要一個偏壓電阻器來導通雙極性接面電晶體。此電阻器連接到積體電路的軟體針腳，該針腳提供了一條通往輸入、可切換的低電流路徑，當系統關機時，會停用該路徑，以將靜態電流降至最低。

只要主電源高於切換閾值，輔助控制器就會處於過電壓故障狀態，進而關閉功率開關並將故障輸出拉低。拉低故障輸出，會停用電晶體 Q1；因此，過電壓輸入的回饋分壓器只會包含 R1 和 R2 。這使得過電壓回饋電壓由這兩個電阻器的比例以及切換閾值決定，如**方程式 1** 所示：

$$V_{ov_falling} = V_{sense_falling} \frac{R1}{R2} \quad (1)$$

一旦主電源電壓降至此過電壓閾值以下，故障輸出便不再拉低，隨之電晶體將會導通。這會使 R3 與 R2 形成並聯，進而降低出現在過電壓輸入的電壓。**方程式 2** 提供了升壓閾值的新數值：

$$V_{ov_rising} = V_{sense_rising} \frac{R1}{\frac{R2 \; R3}{R2 + R3}} \quad (2)$$

透過改變 R3 的值，即可輕鬆調整所產生的遲滯大小，進而提供極佳的設計彈性。

## 結論

選擇 ORing 或優先切換的備援電源解決方案，需視您的系統設計而定。儘管兩種設計提供相同的基本功能，但就實際硬體而言，ORing 實作方式的要求較不苛刻。電路板電感、電路板電阻、功率電晶體的 $R_{DS(on)}$ 以及纜線電阻等寄生效應，皆可能會對優先切換架構的切換行為造成負面影響。在某些情況下，控制器內建的內部遲滯足以抵消寄生元件的影響，但並非總是如此。

本文所介紹的電路展示了一種以極少元件數量增加外部遲滯的簡單解決方案。唯一的硬體要求是，控制器必須提供一個合適的訊號，在兩種電壓等級之間進行切換。此控制器有助於減少為了實現乾淨切換所需配置的電源輸入電容量，進而帶來更穩定的系統，同時節省成本。

## 作者簡介

身為電源設計服務團隊的一員，Björn Görner 擁有八年設計自訂電源解決方案與參考設計的經驗，其主要核心專注於汽車應用。他也是 TI 電源供應設計研討會的常任講者，該研討會由德州儀器每兩年舉辦一次，旨在教育並協助對電源轉換技術感興趣的工程師。

**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。

所有商标均为其各自所有者的财产。

© 2026 Texas Instruments Incorporated

# IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), 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 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, TI’s General Quality Guidelines, or other applicable terms available either on 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. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

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

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025