

## Technical Article

# eFuse 如何協助推動軟體定義車輛的區域架構革命



Sreenath Unnikrishnan

過去十年來，汽車產業中最重大的顛覆變革就是轉向軟體定義車輛。傳統車輛設計採用專用於特定功能的硬體架構子系統，例如動力系統或車載資訊娛樂等。由於需快速升級車型，因此透過建置模組化且靈活的子系統 (又稱為「區域」) 來整合多種功能，成為較有效率的做法。除了專用網域控制單元外，汽車也可支援具備整合式功能的二至三個區域控制單元。

轉換至區域架構的過程包含以稱為 eFuse 的半導體開關來取代傳統的熔斷絲保險絲。相較於離散式熔斷保險絲，eFuse 具有數項優勢。其具有可重設輸出，讓汽車架構師能將其安置在最佳位置，因為其再也不需於發生故障後進行更換。由於其不需要容易觸及，因此有助於減少從電源到負載的纜線長度。eFuse 也具有更佳的保險絲時間電流特性，且變異性大幅降低更低，因此具備縮減纜線直徑、重量與線束成本的潛力。為電源管理系統提供額外的功能，可改善預防性與故障診斷，進而協助管理電子系統功耗，實現最長的電動車行駛距離。

圖 1 顯示從熔斷保險絲轉換至 eFuse 的情況。

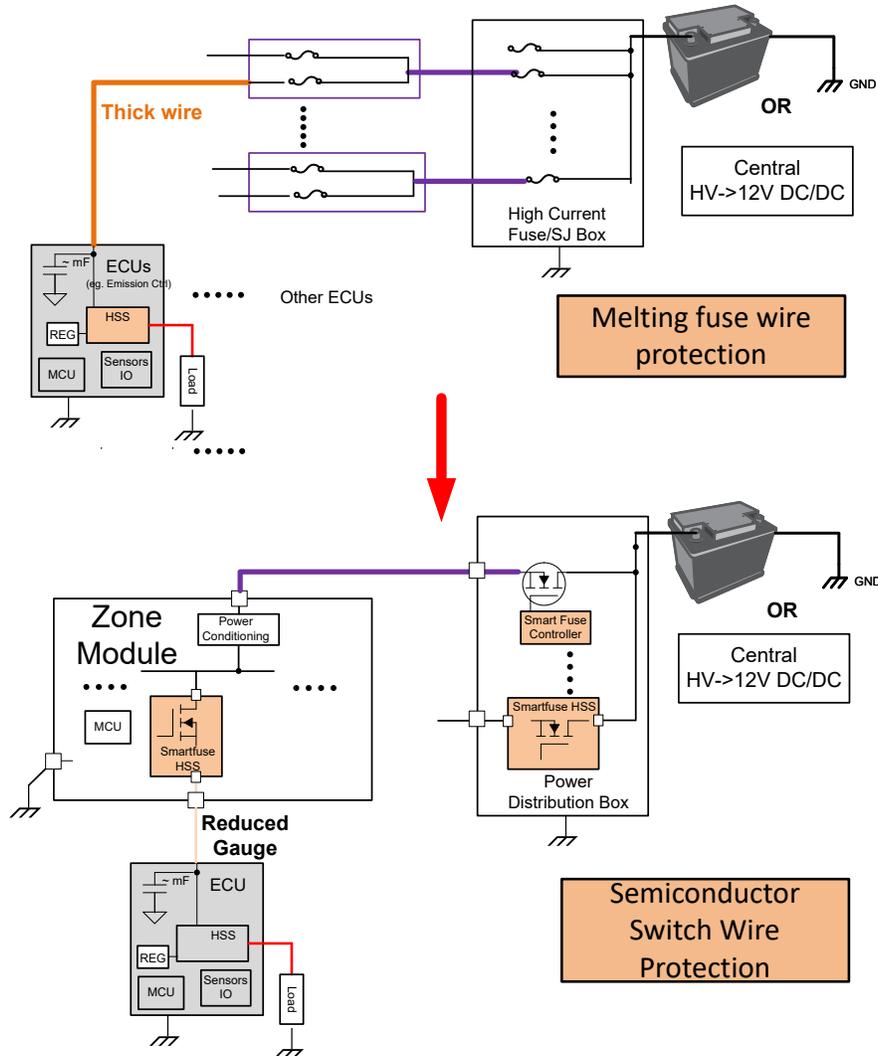


圖 1. 更換區域控制器和配電盒中的熔斷保險絲

在此文章中，我將說明可設定的 eFuse 如何加速推動轉換至軟體定義車輛架構。

## 利用 eFuse 進行設計

連線汽車必須能夠隨時讀取系統狀態，從進階感測器功能到保險絲元件均不例外。此外，當保險絲需求因所供電的負載而發生變更時，區域平台會需要彈性。eFuse (如 [TPS2HCS10-Q1](#)) 可以使用序列周邊介面 (SPI) 等介面，以根據負載需求動態設定交換器，並透過讀取負載診斷來為決策提供相關資訊，進而協助解決這兩項問題。雖然具有額外功能，但整體系統成本和元件數量仍較少，因為 eFuse 不需要外部被動元件來設定保護和診斷功能。

數項切換和負載故障診斷功能都會繼續透過 SPI 提供，減少微控制器 (MCU) 的負擔。裝置中的整合式類比轉數位轉換器 (ADC) 可透過 SPI 進行完整的數位診斷讀出，讓以 MCU 為基礎的 ADC 不需要讀取電流和電壓輸出。圖 1 顯示 eFuse 如何在無需外部零組件的情況下感測輸出電壓，並偵測電池短路或開路負載故障。

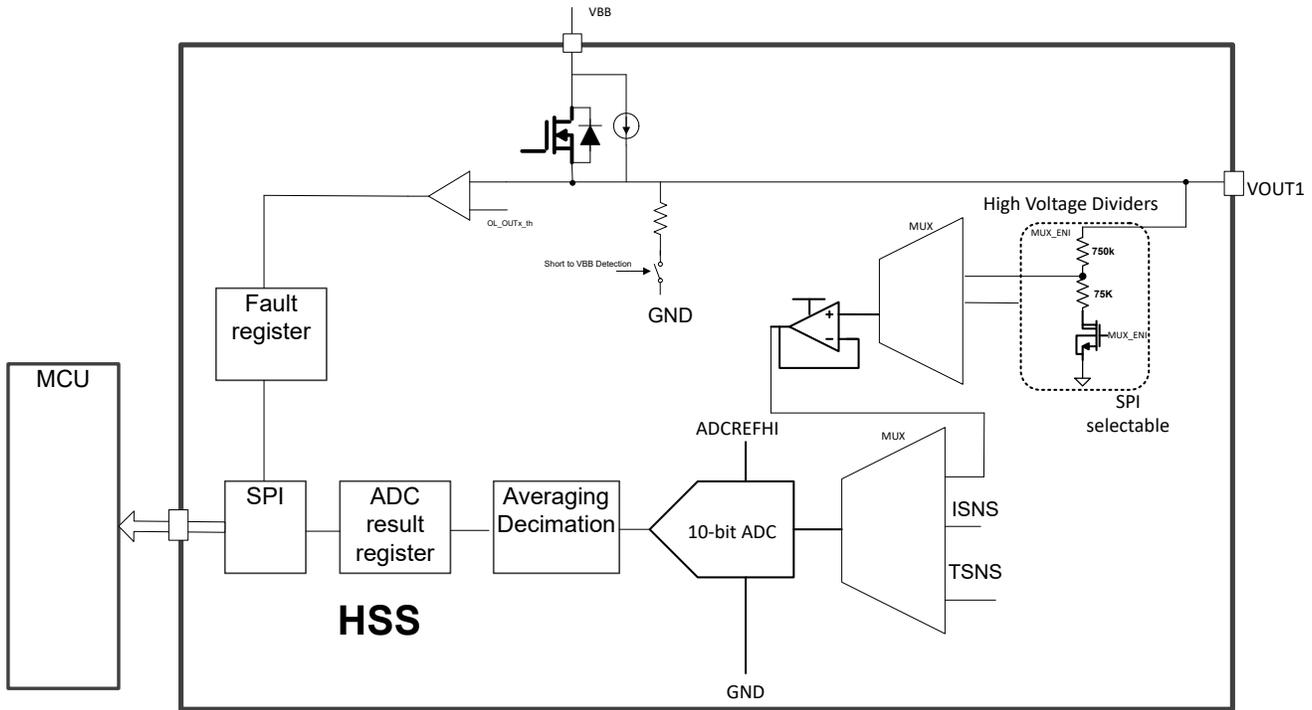


图 2. 在無需外部元件且 MCU 負擔最低的情況下，進行輸出電壓感測和電池短路開路負載故障偵測

轉換至軟體定義車輛時，開發中最具挑戰性的層面之一就是簡化軟體和韌體開發，以實現緊密相連的系統。驗證不同車型的多個系統會增加週期時間和成本。eFuse 可在低電流負載和高電流負載之間進行調整，同時保有通用介面，以編程和讀取具有不同輸出負載特性的多種車型資訊。擁有可進行軟體設定、控制與診斷的數位介面，也可降低對 MCU 輸入/輸出 (I/O) 接腳的需求，進而減少額外的 I/O 擴展器成本與印刷電路板 (PCB) 面積。

讓軟體可設定 eFuse 成為理想選擇的原因何在？

- 可設定的時間電流設定檔。** 嵌入式保險絲特有的時間電流曲線會根據負載電流的時間和期間，判斷開關何時關閉或開關是否關閉，而不是以標準的平電流限制為根據。如此可讓 eFuse 在短暫期間內傳送高負載電流 (例如馬達突波和熄火電流)，但會在過載條件下關閉以保護線束、PCB 佈線和連接器。此外，SPI 設定只需兩個參數即可讓保險絲曲線實現大規模的編程範圍：那就是額定電流和關閉能量觸發閾值。圖 1 說明完整電流範圍中的範例保護機制。

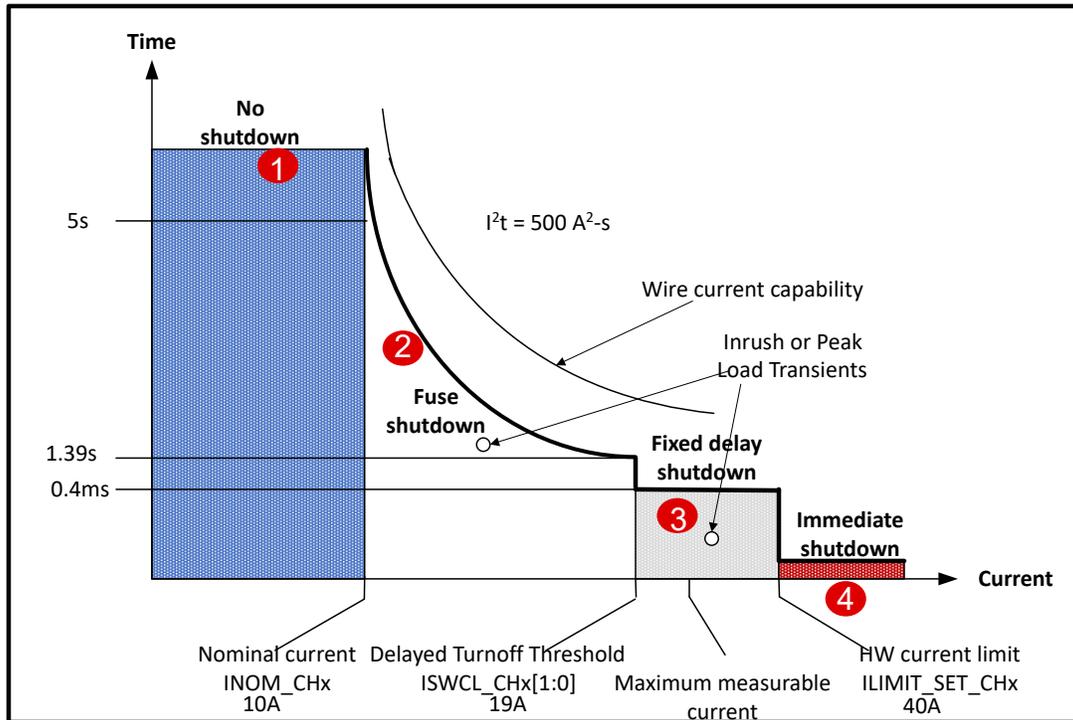


图 3. 可編程保險絲特性

- **低靜態電流。**許多電子控制單元 (ECU) 在車輛停駐時仍維持開啟。為這些 ECU 供電的 eFuse 必須消耗極低的運作電流，讓電池不會太快耗盡，且讓必要的負載能維持啟動。儘管電流需求較低，不過保護功能仍保持啟動，以保護系統免受短路事件影響。更重要的是，eFuses 可透過偵測負載條件，得知時在主動和低功率設定間切換的時機，以在不增加 MCU 負擔的情況下自主運作。TI eFuse 產品組合能以極低的靜態電流等級滿足前述所有要求。
- **可設定的電容負載驅動模式。**許多區域負載本質為電容性負載；因此用於為其供電的開關必須能進行有效率的電容充電。傳統保險絲和開關無法為電容器充電，但是 eFuse 可提供恆定電流充電模式，這是專為充電期間具有顯著負載電流的情況所設計的模式，或者也可提供固定暫態電壓模式，可因應以極低充電電流進行充電的超大型電容負載。在前述任一情況下，突波電流都會在可編程充電期間限制為低值。eFuse 的其中一個優勢是裝置可透過調整充電電流或電壓閾值，以驅動大型和小型電容負載。設定裝置為電容充電模式是因應電容與並聯負載電流消耗的最佳選擇。

### eFuses 正快速取代傳統的半導體開關

TI 的智慧型高壓側開關產品組合，具備整合式場效電晶體及廣泛的導通電阻範圍，可支援多種負載電流，協助減輕區域架構的設計挑戰。TPS2HCS10-Q1 eFuse 可利用 SPI 通訊、低功率模式、I<sup>2</sup>T 電流限制和智慧型電容器充電等功能，因應開發和技術挑戰。這些開關可實現更為進化的配電形式，同時為致動器驅動應用提供保護和診斷功能。

### 結論

包括 TPS2HCS10-Q1 在內的 TI eFuse，可滿足智慧配電及軟體定義區域 ECU 的系統需求，同時在開發中提供成本、空間和時間效率。未來，汽車中的傳統保險絲可能再也不需要更換，因為其每日都變得更智慧且更安全。

### 註冊商標

所有商標均為其各自所有者的財產。

## 重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

## 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