

Technical Article

開發下一代汽車 BMS 時硬體模擬的重要性



在競爭激烈的汽車電氣化領域中，原始設備製造商 (OEM) 絕對不能妥協的一件事，就是混合動力車與電動車的的安全性及可靠性。

為達成安全性與可靠性，車輛的電池管理系統 (BMS) 不可或缺，其透過以下方式：

- 避免電池芯故障。
- 透過電池與環境感測器監控，快速偵測故障並做出反應。
- 持續監控車輛高壓系統內的隔離。
- 估計車輛行駛距離。
- 評估充電或驅動的最大功率。
- 依電池組容量延長行駛距離。
- 增加需要更換或回收電池組前的電池循環次數。

隨著對 BMS 可靠性水準的要求日益提高，對更快開發週期的需求也隨之增加。鑑於這類系統的複雜性，OEM 廠商正尋求與系統開發商、半導體公司及其第三方夥伴更緊密的合作，以簡化開發流程。圖 1 顯示電動車 (EV) BMS 的範例。



圖 1. EV 中的典型 BMS 和電池

在 BMS 開發過程中使用的軟體模擬能力，就體現了這種合作關係。在開發週期的早期，無需實體硬體或昂貴的測試空間，即可在正常和極端條件下測試元件和系統。如迴路硬體模擬器等工具可模擬電池模組或電池組，進而加速開發、實現精簡測試設定、進行虛擬原型設計、自動化測試，且能在沒有實體電池組的情況下開發 BMS 軟體。

透過簡化測試程序，模擬器可在加速 BMS 領域創新方面發揮重要作用。

開發汽車 BMS 時使用模擬器的優點

迴路硬體解決方案提供了安全的方式來模擬電池芯、模組或電池組的雙極行為。所有電池芯的真實高精度電壓輸出，稱為電壓位準迴路硬體測試。

也可在訊號位準測試 BMS 主控制器，並模擬電池和電池芯監控單元 (CSU)。此方法的重點是在不使用實際高電壓的情況下測試 BMS 控制器的功能及其與車輛網路 (或任何其他環境) 的互動。這提供了更深層、趨近最終硬體的呈現方式，並稱為模擬器。

模擬整個電池組 (或模組) 以及電池芯和電池組監控器，可進行深度重複的測試。例如，您可在早期開發階段使用 BQ79616-Q1 電池監控器等模擬積體電路進行測試。另一個在訊號位準測試 BMS 控制器的潛在使用案例，是與其他控制單元進行整合測試，例如馬達控制器或車載充電器。

BMS 模擬器的功能

dSPACE 電池芯控制器虛擬化 (CCV) 技術，無需完整硬體及高壓安全設備，即可執行電池芯控制器功能的全面訊號位準 BMS 測試 (如 圖 2 中所示)。

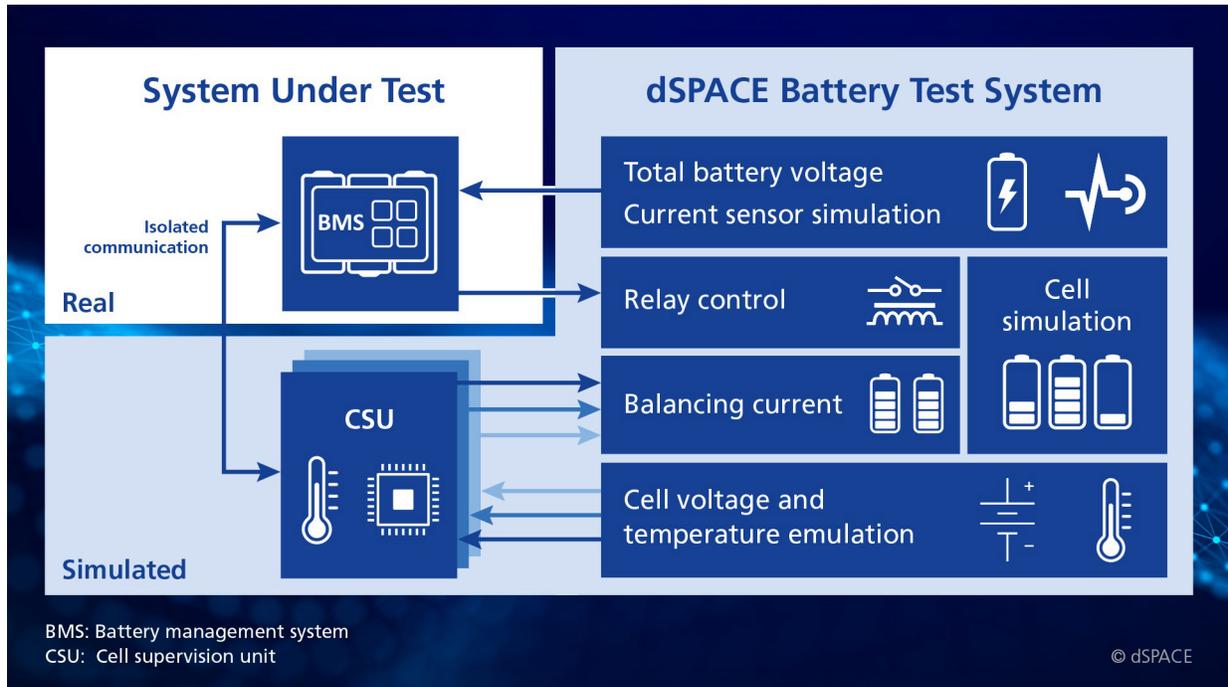


圖 2. 使用 dSPACE 解決方案進行訊號位準 BMS 測試時，電池芯、CSU 及與主要 BMS 控制器的通訊圖表

像 dSPACE CCV 這樣的 BMS 測試模擬器的優勢之一，是讓您能在成本高昂且經常預約滿檔的高壓實驗室環境之外測試。相較於高電壓 BMS 測試，訊號位準方法在價格效率和更精巧的測試系統體積方面有許多優點。由於訊號位準測試不需要任何真實電池電壓，因此測試系統較不複雜，且所需的安全安裝也較少。

訊號位準測試也可提供設計靈活性。及早測試系統功能，能讓設計人員在實際電池或電池組監控硬體 (如 CSU) 推出前就專注於最佳化。除了模擬電池芯控制器外，dSPACE 解決方案也可模擬與主要 BMS 控制器、車輛電子控制單元、即時測試電腦或車輛硬體的通訊。

dSPACE 電池控制器虛擬化解決方案的典型應用案例包括：在主 BMS 控制器上執行整合測試，以驗證其與其他車輛控制單元 (如混合動力車和電動車中的電動馬達控制器 (逆變器) 或車載充電器) 之間的通訊。您還可以測試充電狀態和健康狀態演算法，以進行故障偵測和反應，並在系統級或整車迴路硬體模擬器上執行整合測試。

這些模擬器以強大的現場可編程邏輯閘陣列為基礎 (如 圖 3 中所示)，能夠滿足嚴苛的時序要求。這些模擬器支援各種通訊協定，以實現快速、安全且隔離的通訊。如此即可實現更靈活的測試功能，例如將模擬的電池組連接至混合模擬/實際硬體環境中的電池管理單元。

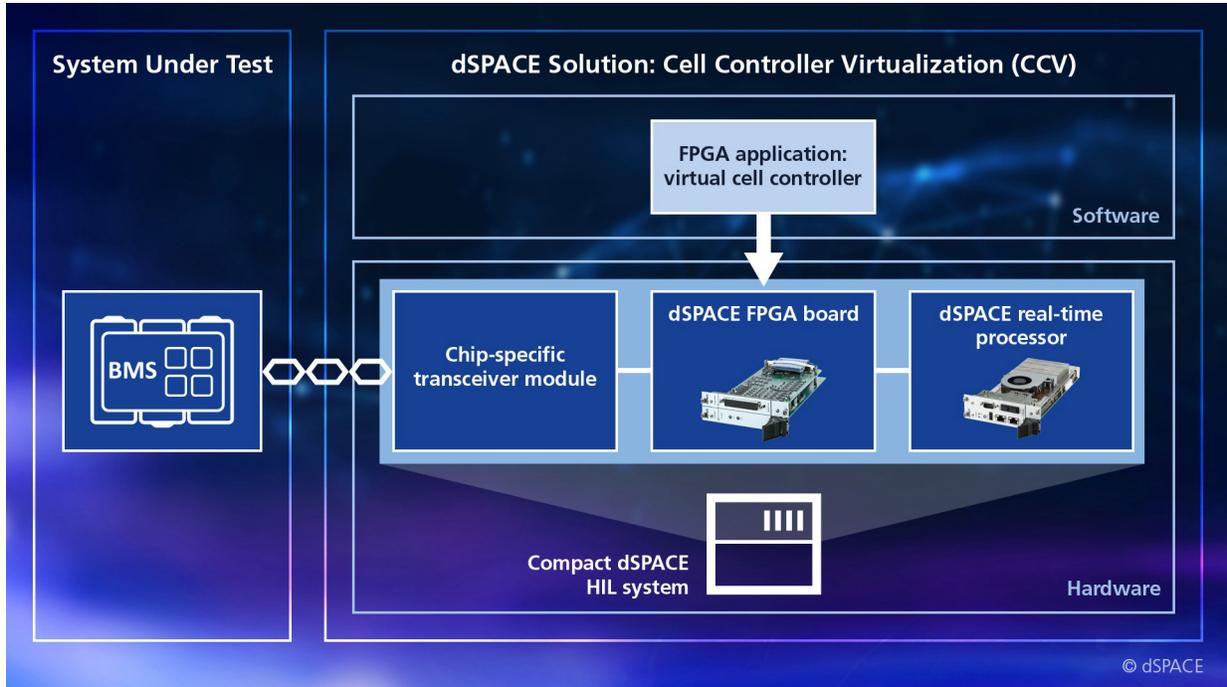


圖 3. 用於在訊號位準測試 BMS 的 dSPACE CCV 解決方案概覽

結論

歷經二十年的汽車 BMS 創新，很高興看到模擬解決方案也同步發展。透過模擬 TI 電池管理 IC，dSPACE 電池控制器虛擬化解決方案有助於在設計過程的早期階段促進系統開發。加速的流程使得軟體開發能先於硬體完成，並可測試真實或極端條件，有助於提升系統的安全性與可靠性。

註冊商標

所有商標皆屬於其各自所有者之財產。

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 © 2025, 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 © 2025, Texas Instruments Incorporated