

Technical Article

차세대 차량용 BMS 개발 시 하드웨어 에뮬레이션의 중요성



차량 전기화의 경쟁 환경에서 OEM(Original Equipment Manufacturer)이 타협할 수 없는 한 가지는 하이브리드 및 전기 차량의 안전과 안정성입니다.

차량의 BMS(배터리 관리 시스템)는 다음을 통해 안전과 안정성을 달성하는 데 필수적입니다.

- 셀 고장 방지
- 셀 및 환경 센서 감시를 통해 고장을 빠르게 감지하고 대응
- 차량의 고전압 시스템 내의 절연을 지속적으로 모니터링
- 차량 주행 거리 추정
- 충전 또는 주행 시의 최대 전력 평가
- 배터리 팩 용량에 따른 주행 범위 확장
- 배터리 팩을 교체하거나 재활용해야 하기 전까지 사용 가능한 배터리 사이클 수 증가

더 높은 수준의 BMS 안정성에 대한 요구가 증가함에 따라, 더 빠른 개발 사이클에 대한 필요성도 커졌습니다. 이러한 유형의 시스템이 복잡해짐에 따라 OEM은 개발 간소화를 위해 시스템 개발자, 반도체 회사 및 타사 파트너들과 긴밀한 협력을 모색하고 있습니다. [그림 1](#)에서는 EV(전기 차량) BMS의 예를 보여줍니다.



그림 1. EV의 일반적인 BMS 및 배터리

이러한 협업은 BMS 개발 과정에서 사용되는 소프트웨어 기반 시뮬레이션 기능에서 분명히 드러나며, 이 과정에서 부품과 시스템은 물리적 하드웨어나 값비싼 테스트 공간 없이 개발 사이클 초기에 정상 조건 및 과도한 조건에서 테스트를 거칩니다. 하드웨어 인 더 루프 시뮬레이터와 같은 툴은 배터리 모듈이나 팩을 에뮬레이션하여 개발 가속화, 컴팩트한 테스트 설정, 가상 프로토타입 제작, 자동 테스트를 구현하고 물리적 배터리 팩 없이도 BMS용 소프트웨어를 개발할 수 있는 능력을 제공합니다.

에뮬레이터는 테스트 프로세스를 간소화함으로써 BMS 분야의 혁신을 가속화하는 데 중요한 역할을 할 수 있습니다.

차량용 BMS 개발 시 에뮬레이터 사용의 이점

하드웨어 인 더 루프 솔루션은 배터리 셀, 모듈 또는 팩의 2극 동작을 시뮬레이션할 수 있는 안전한 방법을 제공합니다. 모든 셀에 대한 실제 고정밀 전압의 출력력을 전압 레벨 하드웨어 인 더 루프 테스트라고 합니다.

또한 신호 수준에서 BMS 메인 컨트롤러를 테스트하고 배터리 셀 및 CSU(셀 감시 유닛)를 시뮬레이션할 수 있습니다. 이 접근 방식의 초점은 실제 고전압을 사용하지 않고 BMS 컨트롤러의 기능과, 차량 네트워크(또는 다른 환경)와의 상호 작용을 테스트하는 것입니다. 이는 최종 하드웨어에 대한 더욱 심층적인 표현을 제공하며, 이를 에뮬레이터라고 합니다.

전체 배터리 팩(또는 모듈)과 셀 및 팩 모니터 모듈을 에뮬레이션하여 심층적이고 반복적인 테스트가 가능합니다. 예를 들어 BQ79616-Q1 배터리 모니터와 같이 시뮬레이션된 통합 회로를 사용하여 극초기 개발 단계에서 테스트할 수 있습니다. 신호 수준에서 BMS 컨트롤러를 테스트하기 위한 또 다른 잠재적 사용 사례는 모터 컨트롤러나 온보드 충전기와 같은 기타 제어 유닛과의 통합 테스트입니다.

BMS 에뮬레이터의 기능

dSPACE CCV(셀 컨트롤러 가상화)는 완전한 하드웨어가 필요 없고 고전압 안전 장비 없이도 셀 컨트롤러 기능에 대한 포괄적인 신호 수준 BMS 테스트를 수행할 수 있습니다(그림 2 참조).

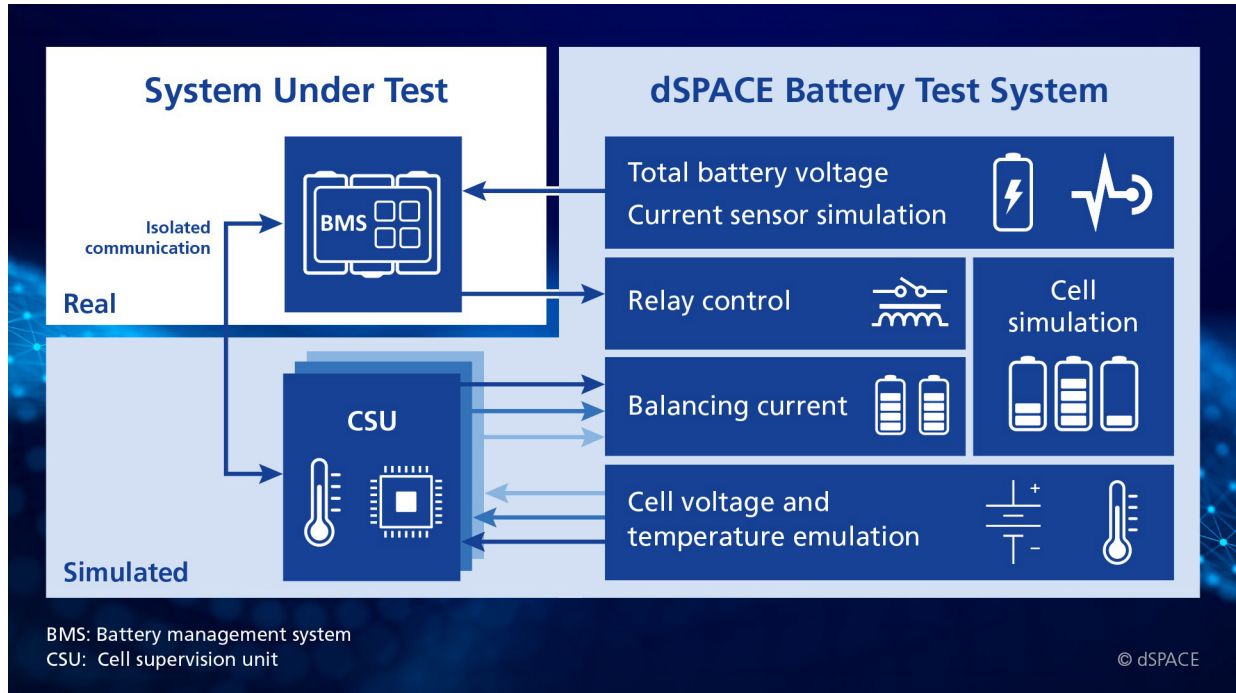


그림 2. dSPACE 솔루션을 사용하여 신호 수준 BMS 테스트 시 배터리 셀, CSU 및 메인 BMS 컨트롤러와의 통신 시뮬레이션 다이어그램

dSPACE CCV와 같은 BMS 테스트 에뮬레이터의 이점 중 하나는 비용이 많이 들고 예약이 어려운 고전압 실험실 환경 외부에서 테스트를 수행할 수 있다는 것입니다. 고전압 BMS 테스트와 비교했을 때, 신호 수준 접근 방식은 가격 효율성과 보다 컴팩트한 테스트 시스템 풋프린트 측면에서 장점을 제공합니다. 신호 수준 테스트에는 실제 셀 전압이 필요하지 않으므로, 테스트 시스템이 덜 복잡하고 안전 설비가 덜 필요합니다.

신호 수준 테스트는 설계 유연성도 제공합니다. 시스템 기능을 초기에 테스트하면 설계자는 실제 배터리 또는 배터리 팩 모니터링 하드웨어(예: CSU)가 출시되기 전에도 최적화에 집중할 수 있습니다. dSPACE 솔루션은 셀 컨트롤러를 시뮬레이션하는 것 외에도 메인 BMS 컨트롤러, 차량 전자 제어 유닛, 실시간 테스트 컴퓨터 또는 차량 하드웨어와의 통신을 에뮬레이션할 수도 있습니다.

dSPACE 셀 컨트롤러 가상화 솔루션의 일반적인 사용 사례로는 메인 BMS 컨트롤러에서 통합 테스트를 실행하여 하이브리드 및 전기 차량의 전기 모터 컨트롤러(인버터) 또는 온보드 충전기와 같은 기타 차량 제어 유닛과의 통신을 검증하는 것이 있습니다. 또한 오류 감지 및 대응을 위해 충전 상태 및 구동 상태 알고리즘을 테스트하고, 시스템이나 전체 차량 하드웨어 인 더 루프 시뮬레이터에서 통합 테스트를 수행할 수도 있습니다.

이러한 에뮬레이터는 강력한 필드 프로그래머블 게이트 어레이(그림 3 참조)를 기반으로 하며 까다로운 타이밍 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 또한 빠르고 안전한 절연 통신을 위해 광범위한 통신 프로토콜을 지원합니다. 이를 통해 하이브리드 에뮬레이션된 하드웨어 환경이나 실제 하드웨어 환경에서 에뮬레이션된 배터리 팩을 배터리 관리 유닛에 연결하는 등의 보다 유연한 테스트 기능을 구현할 수 있습니다.

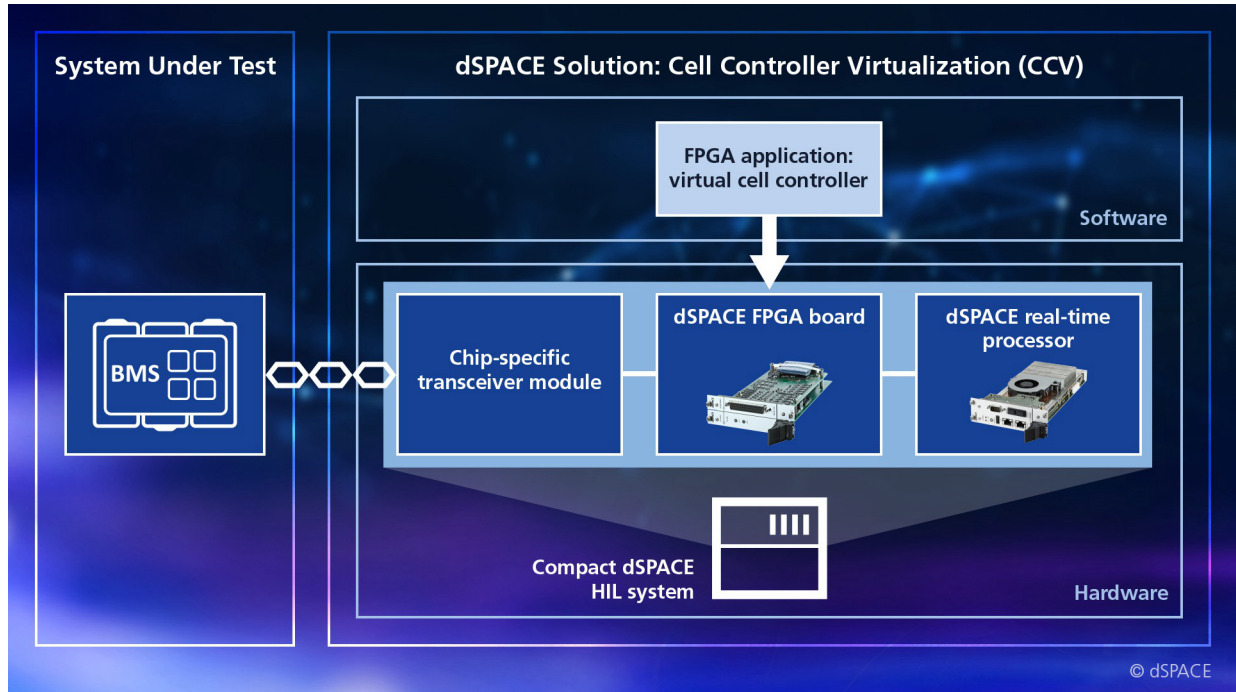


그림 3. 신호 수준에서 BMS를 테스트하기 위한 dSPACE CCV 솔루션 개요

결론

차량용 BMS 혁신이 20년 이상 이어진 지금, 에뮬레이션 솔루션에서도 그에 상응하는 발전이 이루어지는 모습을 보는 것은 흥미롭습니다. dSPACE 셀 컨트롤러 가상화 솔루션은 TI 배터리 관리 IC를 에뮬레이션함으로써 설계 프로세스 초기에 시스템 개발을 용이하게 해줍니다. 신속한 프로세스를 통해 하드웨어가 출시되기 전에 소프트웨어를 진행할 수 있으며 실제 또는 극한의 조건을 테스트하여 시스템의 안전과 안정성을 향상시킬 수 있습니다.

상표

모든 상표는 각 소유권자의 자산입니다.

중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [ti.com](https://www.ti.com)에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: 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