

Technical Article

통합 저항 분할기가 EV 배터리 시스템 성능을 개선하는 방법



Jacob Fattakhov

최신 전기 자동차(EV)와 하이브리드 전기차(HEV)에서 BMS(배터리 관리 시스템)는 배터리 팩의 두뇌로 사용되며 배터리 성능, 안전 및 수명을 보장하는 역할을 합니다. BMS는 충전 상태와 같은 매개 변수를 모니터링하여 사용 가능한 남은 에너지 및 배터리 셀의 전체 상태 및 노후화를 평가하는 상태 등의 매개 변수를 모니터링합니다. 이러한 메트릭은 효율적인 에너지 사용을 유지하고 조기 배터리 성능 저하를 지연시키는 데 도움이 됩니다.

배터리 효율과 환경 지속 가능성에 관한 규정을 준수하기 위해 자동차 제조업체는 차량 수명 전반에 걸쳐 높은 수준의 배터리 상태를 유지해야 합니다. 예를 들어, 캘리포니아 항공 자원 위원회는 EV가 10년 동안 전기 범위의 80% 또는 2030년까지 150,000 마일 이상을 유지하도록 규정하는 표준을 도입했습니다. 이는 2026년식부터 시행될 보다 낮은 요건의 절정이며, 2031년식 이후에도 계속 규제를 강화할 것을 규정하고 있습니다. 유사한 표준이 이미 전 세계에 적용되어 감지 정확도를 향상시키기 위해 BMS 내에서 더 발전된 통합 솔루션이 필요합니다. 이 문서에서는 통합된 고전압 저항 분할기가 개별 저항 체인에 비해 전압 감쇠에 대한 보다 정밀하고 공간 효율적인 접근 방식을 제공하여 BMS가 배터리 팩의 균형을 더 잘 맞추고 수명을 향상시킬 수 있도록 하는 방법을 보여드리겠습니다.

그림 1에는 EV 내부의 배터리 셀과 배터리 관리 시스템이 나와 있습니다.



그림 1. $\geq 400V$ EV 배터리는 나머지 BMS와 상호 작용하기 위해 저항 분할기에 의해 감쇠됩니다

애플리케이션 기본 사항

일반적인 EV 배터리 전압은 $\geq 400V$ 이며, 업계는 1kV 이상의 높은 전압을 지향하고 있습니다. 고전압 배터리는 최대 전류 요구 사항을 줄이고 효율성을 극대화하는 데 도움이 됩니다. 이 전압을 측정하고 관련 차량 시스템과 통신하려면 일반적으로 약 5V의 전압으로 전원을 공급하는 ADC(아날로그-디지털 컨버터)로 신호 변환이 필요합니다. ADC는 해당 전압보다 큰 입력 신호를 받을 수 없습니다.

상대적으로 큰 배터리의 전압에서 ADC 및 기타 저전압 부품을 보호하려면 고전압 도메인 및 저전압 도메인 사이에 장벽을 유지하기 위해 절연 증폭기와 같은 장치가 필요합니다. 두 전압 영역 사이에 브리지를 사용하지만, 절연 증폭기는 ADC와 유사한 전압 범위만 수용할 수 있으므로 절연 증폭기에 도달하기 전에 배터리 전압 감쇠가 필요합니다. 저항 분할기는 일반적으로 이 목적으로 사용하여 고전압 신호를 낮은 전압의 풀 스케일 범위로 줄입니다.

그림 2은 배터리 전압을 허용 가능한 수준으로 감쇠하기 위해 긴 스트링의 저항을 사용하여 설계된 DC 버스 측정용 회로 다이어그램입니다.

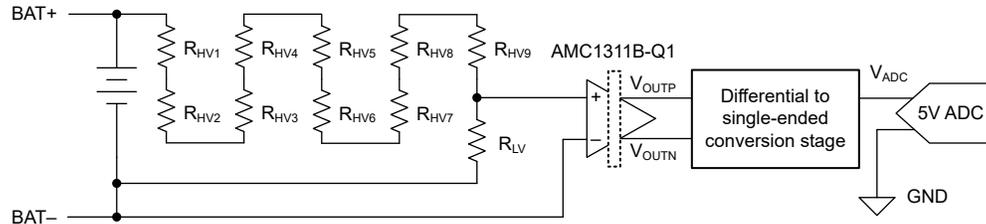


그림 2. 개별 저항 래더를 사용하는 배터리 전압 측정을 위한 회로

개별 저항 체인의 단점

400V 이상의 전압을 처리할 때는 전기 아크를 방지하고 안전한 절연을 위해 연면 및 간극 거리를 고려해야 합니다. 기존의 저항 분할기에는 두 개의 저항만 필요하지만, 고전압 감쇠는 종종 고전압 노드와 저전압 노드 사이의 물리적 거리를 늘리기 위해 긴 저항 체인을 특징으로 하는 연면과 간극용입니다. IEC 60115-8에 따라 각 저항에 대한 최대 지속 전압 강하가 제한됩니다. 일반적으로 1206 케이스 크기의 표면 실장 저항에 대해 200V이고 각 0805 케이스 크기 저항에 대해 150V입니다.

이 설계 방법에는 몇 가지 단점이 포함되어 있습니다. 정밀 저항을 사용하더라도 각 개별 저항의 고유한 허용 오차가 변동하면 전압 분할 비율에 큰 불일치가 발생할 수 있어 부정확한 전압 측정을 초래할 수 있습니다. 개별 저항은 온도 변화 및 노화로 인한 저항 변화에도 취약합니다. 이러한 저항의 양끝에 있는 솔더 지점도 노출되므로 컨포멀 코팅이나 기타 보호 기능을 통합할 경우 솔루션 비용이 증가하지 않는 한 추가적인 누출 및 기생 정전 용량 또는 인덕턴스가 발생할 수 있습니다.

긴 개별 저항의 긴 체인에서 이러한 효과가 복합적으로 작용하여 시간이 지남에 따라 전압 감지 정확도가 더욱 저하되고, 충전 상태 및 성능 상태 예측 오류가 발생하여 잘못된 충전 및 방전 주기와 같은 배터리 관리 결정을 내림으로써 궁극적으로 배터리 수명을 단축하고 EV의 주행 거리가 약화될 수 있습니다.

통합의 장점

RES60A-Q1 통합 저항 분할기의 넓은 본체 SOIC 패키지는 국제 전기 기술 위원회 61010 표준에 의해 정의된 연면 및 간극 표준을 충족하도록 특별히 설계되었으며, 최대 1.7kV의 전압을 처리합니다.

이 장치는 성능 및 안정성 측면에서 큰 이점을 제공합니다. 초기 비용과 초과 시간 허용 오차에 대한 지정된 최대 제한은 온도 변화와 같은 환경 변화의 영향이나 노화로 인한 영향에도 불구하고 전압 분할 비율이 정확하게 유지되도록 도와줍니다. 이러한 안정성은 일관된 성능이 우선시되는 애플리케이션에 중요합니다.

집적 회로 패키지 설계는 긴 개별 저항의 체인이 필요하지 않으므로 필요한 인쇄 회로 기판 풋프린트를 줄여줍니다. 이러한 통합은 회로 레이아웃을 간소화할 뿐만 아니라 조립 비용을 줄입니다. 노출된 노드가 적을수록 누출 또는 기생으로 인한 오류 가능성이 줄어들어 컴포멀 코팅이 필요하지 않으며 비용이 절감됩니다.

그림 3은 RES60A-Q1, RES11A-Q1 및 AMC1311B-Q1이 절연 장벽을 통과하는 전압을 측정하고 1% 미만의 최대 눈금 범위 오류를 달성하는 DC 버스 측정용 회로 다이어그램입니다.

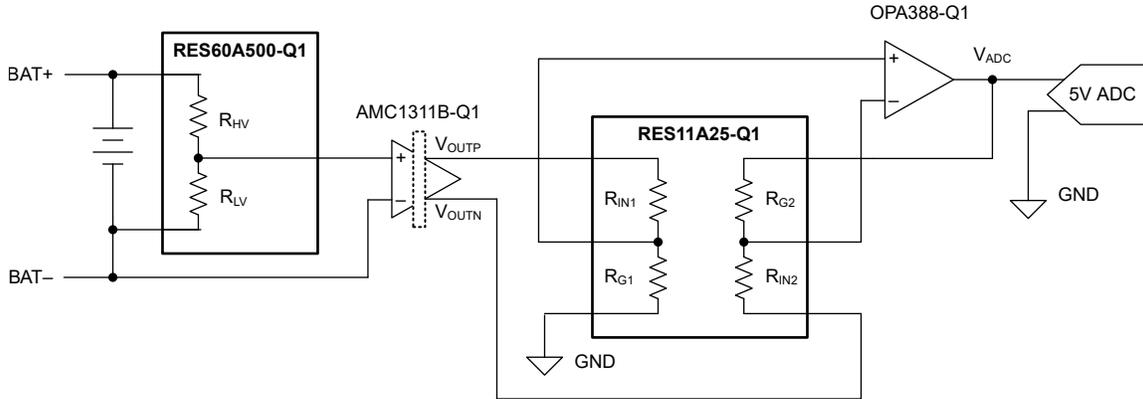


그림 3. RES60A-Q1, RES11A-Q1 및 AMC1311B-Q1을 사용한 배터리 전압 측정용 회로

차동-신호 중단 변환

차동 출력을 지원하는 TI의 AMC1311B-Q1과 같은 절연 증폭기는 차동 출력이 더 먼 거리에서 신호를 전달하는 데 적합하기 때문에 널리 사용되고, 설계자는 안전을 위해 저전압 부품을 고전압 소스에서 멀리 배치하는 경우가 많습니다. 이 신호를 단일 중단 ADC로 공급하려면 통합 차동 증폭기 또는 증폭기에 구성된 4개의 개별 저항을 추가하여 차동-단일 중단 변환이 필요합니다(그림 3 참조).

개별 저항 분할기가 감쇠 중 오류를 유발할 수 있는 것과 같은 이유로 개별 저항은 개별 차동 증폭기 구현에서 비율 드리프트를 유발할 수 있습니다. RES11A-Q1 과 같은 통합 저항을 OPA388-Q1 같은 고정밀 증폭기와 결합하면 높은 공통 모드 제거 비율이 있는 차동 증폭기를 생성할 수 있어 잡음 및 기타 오류를 줄이는 데 도움이 될 수 있습니다.

마무리

개별 저항 체인에서 RES60A-Q1과 같은 솔루션으로 전환하면 BMS를 위한 고전압 감쇠 회로를 설계할 때 수많은 이점을 얻을 수 있습니다. 이러한 통합 디바이스는 차동 신호 변환을 위한 RES11A-Q1 과 같은 보완 구성 요소와 결합하면 EV가 장기간 동안 배터리 상태를 유지하는 데 도움이 될 수 있습니다.

추가 리소스

- RES60A-Q1 데이터 시트를 참조하십시오.
- 애플리케이션 노트, "정밀 일치 저항 분할기 쌍을 사용하여 차동 증폭기 회로에서 CMRR 최적화"를 참조하십시오.
- TI.com에서 평가 모듈(RES60EVM)을 주문하고 지금 바로 시작하세요.

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 침해에 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 © 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