

Technical Article

So helfen Squib- und Schütztreiber bei der Optimierung der Sicherheit und Effizienz von HEV/EV-Batterieabschaltsystemen



Jennifer Jordan



Die Stromverteilung in Batteriemanagementsystemen (BMS) für Hybrid-Elektrofahrzeuge (HEV) und Elektrofahrzeuge (EV) versorgt die Kernfunktionen des Fahrzeugs mit Strom und bietet zugleich Mechanismen zur sicheren Trennung von Hochspannungs- oder Hochstromereignissen. Zwei Kernkomponenten des Stromverteilungssystems, Hochspannungsrelais und Trennsicherungen, stehen vor immer größeren Designherausforderungen aufgrund der steigenden Anforderungen an die Unterstützung höherer Spannungen, Ströme, Wirkungsgrade und Zuverlässigkeit. [Abbildung 1](#) zeigt einen Überblick über die Hochspannungsrelais und Trennsicherungen.

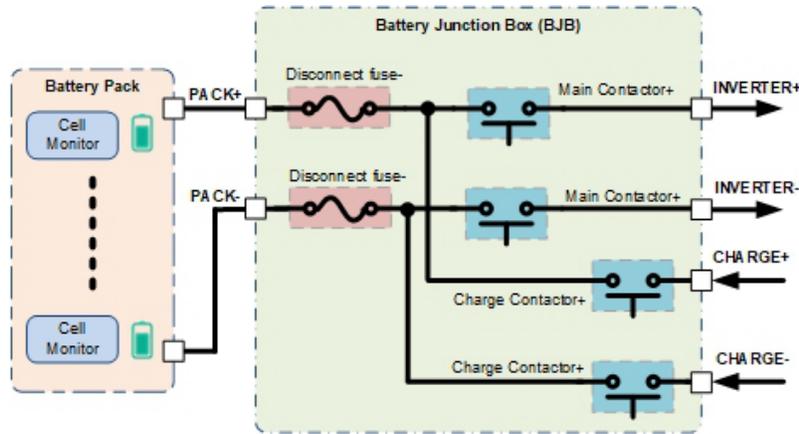


Abbildung 1. Batterietrennsicherung und Hochspannungsrelais in der Stromverteilung

Die nicht rückstellbare Batterietrennsicherung wird in Notfallszenarien aktiviert, um die Verbindung zwischen der Batterie und dem Rest des Fahrzeugs zu unterbrechen. Hochspannungsrelais, auch bekannt als Schütze, verbinden und trennen während des normalen Betriebs Versorgungsleitungen in einem HEV oder EV. In diesem Artikel bespreche ich die kommenden Technologien im Bereich Schütze und Trennsicherungstreiber, die BMS intelligenter, sicherer und effizienter machen.

Ermöglichung eines schnellen und zuverlässigen Batterietrennsystems

Im Falle eines Zusammenstoßes muss die Stromversorgung nachgelagerter Systeme abgeschaltet werden, um weitere Komplikationen oder Schäden zu vermeiden. Die beiden gängigen Lösungen sind heute Schmelzsicherungen und Pyro-Sicherungen. Schmelzsicherungen werden je nach den thermischen Bedingungen eines Überstromereignisses ausgelöst, und diese Sicherungen sind werkseitig voreingestellt. Pyro-Sicherungen erfordern einen elektronischen Treiber, der ein Signal sendet, um die Verbindung zu unterbrechen. Sie werden hauptsächlich von diskreten Schaltkreisen oder älteren Airbag-Squib-Treibern angesteuert. Da HEV- und EV-Systeme immer leistungstärker werden, bieten Pyro-Sicherungen höhere Zuverlässigkeit und schnellere Bereitstellung. Gängige Lösungen zur Ansteuerung dieser Pyro-Sicherungen werden jedoch schnell komplex, wenn es um schnelle Reaktionszeiten geht. Durch die Anforderungen der International Organization for Standardization (ISO), ISO26262 werden diese Designs immer komplexer.

Um eine schnellere Reaktionszeit zu erzielen, ist im Pyro-Sicherungstreiber [DRV3901-Q1](#) eine direkte 2-polige Hardwareschnittstelle implementiert, die die serielle Peripherieschnittstelle (SPI) umgehen kann. Der Treiber DRV3901-Q1 kann für eine noch schnellere Bereitstellung mit einem Spannungs-, Strom- und Widerstandssensor (UIR) gekoppelt werden. Ein UIR-Sensor, wie der [Baustein BQ79731-Q1](#), kann über die Hardware-Pins direkt mit dem Treiber DRV3901-Q1 kommunizieren und macht so eine MCU überflüssigen.

Eine der wichtigsten Funktionen für die Pyro-Sicherung ist das Trennen der Batterie vom Rest des Systems im Falle eines Absturzes oder eines anderen kritischen Ausfalls. Systementwickler müssen sicherstellen, dass die Pyro-Sicherungsfunktion für eine zuverlässige Aktivierung verfügbar ist. Die integrierten Diagnosefunktionen der DRV3901-Q1-Bausteine überwachen den Treiberstatus, den Zustand der Pyro-Sicherung und die Verfügbarkeit der Backup-Stromversorgung. Zur Überwachung der Verfügbarkeit der Backup-Stromversorgung wird der Reservoirkondensator gemessen. Dieser Kondensator dient als Backup-Stromquelle für das Pyro-Sicherungssystem, wenn die Hauptversorgung der Batterie nicht mehr verfügbar ist. Durch regelmäßige Überprüfung der Entladespannung dieses Kondensators können der DRV3901-Q1-Treiber und die MCU einen Ausfall dieser Backup-Stromversorgung erkennen, bevor er benötigt wird, und das Fahrzeug alarmieren.

Es ist wichtig, dass die Sicherung bei Bedarf ausgelöst wird. Ebenso wichtig ist aber auch, dass sie keine Fehlzündung auslöst. Der Treiber DRV3901-Q1 verfügt über eine integrierte Sicherheitsdiagnose, um ein unbeabsichtigtes Auslösen von Pyro-Sicherungssystemen zu verhindern. Dies wird durch verschiedene Funktionen erreicht, einschließlich separater High-Side- und Low-Side-Treiber, redundanter Pins für die direkte Hardwarebeschaltung und Schutz durch zyklische Redundanzprüfung (CRC) an der seriellen Peripherieschnittstelle.

Verbesserung der Energieverteilung im gesamten Fahrzeug

Die gebräuchlichsten Anschlüsse in den Stromversorgungsleitungen eines HEV oder EV sind die Hauptschütze, die das Hochspannungsbatteriesystem mit dem Traktionswechselrichter verbinden. Es können auch andere Stromschienen vorhanden sein, z. B. AC/DC-Ladeschütze, die den Anschluss einer Ladestation an die Batterie bilden, und Hilfsschütze, die andere elektrische Verbraucher wie Innenleuchten oder Heizungen verbinden.

Ein Schütz ist ein Niederspannungs-Magnetventil, das einen mechanischen Relaischalter steuert, der hohen Strom bei hoher Spannung liefern kann. Schütze in HEV- und EV-Fahrzeugen entwickeln sich weiter, um Systeme mit höherer Leistung zu handhaben. Das Niederspannungs-Magnetventilelement des Schütz wird oft von einem Steuerkreis, einem sogenannten Economizer, angetrieben. Die Economizer-Schaltung ist immer wichtiger und komplexer geworden, um höhere Anforderungen an Effizienz, Zuverlässigkeit und Sicherheit zu erfüllen und zur Verbesserung der Energieeffizienz bei Hochleistungsbedingungen beizutragen. Diese Schaltkreise tragen zur Reduzierung des Stromverbrauchs bei, der erforderlich ist, um das Schütz geschlossen zu halten. Dieser Economizer kann entweder direkt in das Schütz integriert oder extern hinzugefügt werden. Schütze, die einen externen Economizer benötigen, können schnell komplex werden, wenn Sicherheitsziele auf Systemebene erreicht werden sollen.

Ein vollständig integrierter Hochleistungs-Schütztreiber, wie der [Treiber DRV3946-Q1](#), kann komplexe Economizer-Designs ersetzen. Der Treiber DRV3946-Q1 ermöglicht ein effizientes Ein- und sicheres Ausschalten des Schützes. Um ein effizienteres Einschalten zu erreichen, verfügt der Treiber DRV3946-Q1 über eine programmierbare Spitzen- und Haltestromregelung. [Abbildung 2](#) zeigt diese Funktion in Aktion. Während des Starts kann mehr Strom bereitgestellt werden, um den ersten Anschluss herzustellen. Nachdem die Verbindung hergestellt wurde, kann der Strom in der Phase „Halten“ auf einen niedrigeren Pegel reduziert werden. Die Möglichkeit, die integrierten Spitzen- und Haltephasen zu programmieren, ermöglicht ein stabileres und effizienteres Drehen des Schütz.

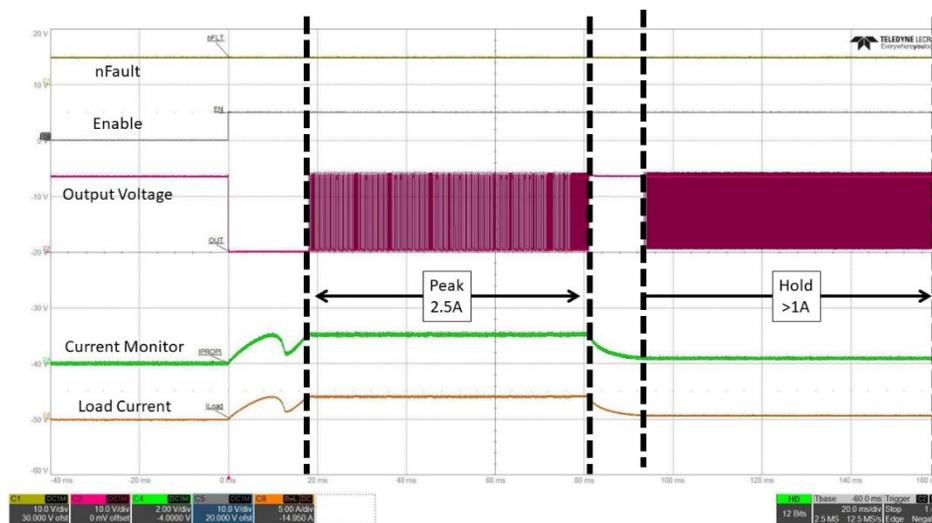


Abbildung 2. Spitzen- und Haltestromregelung im DRV3946-Q1

Das Ausschalten des Schütz ist ebenfalls von entscheidender Bedeutung. Die Fähigkeit, ein Schütz schnell zu trennen, verhindert Kontaktschweißen und bietet eine erste Abwehrlinie für die übrigen Fahrzeugsysteme, wenn etwas schief geht. Gängige Lösungen zur Implementierung von Spitzen- und Haltestromregelung mit schneller Entladung führen zu komplexen Schaltungen. Der DRV3946-Q1-2-Treiber kombiniert diese beiden Funktionen in einem einzigen Chip, um die Systemkomplexität zu reduzieren sowie die Effizienz und Sicherheit zu verbessern.

Fazit

Die Verbesserung der Effizienz und Zuverlässigkeit des Schütz trägt dazu bei, die Fahrleistung zu erhöhen und die Sicherheit im täglichen Betrieb von HEVs und EVs zu erhöhen. Die Integration des Treibers mit Pyro-Sicherung in einer ein-Chip-Lösung ermöglicht intelligentere und schnellere Entscheidungen darüber, wann

die Batterieverbinding unterbrochen werden soll. Der DRV3901-Q1-Pyro-Sicherungstreiber und der DRV3946-Q1-Schütztreiber bieten Systemdesignern die Möglichkeit, intelligentere und sicherere Fahrzeuge zu entwickeln.

Marken

Alle Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

WICHTIGER HINWEIS UND HAFTUNGSAUSSCHLUSS

TI STELLT TECHNISCHE UND ZUVERLÄSSIGKEITSDATEN (EINSCHLIESSLICH DATENBLÄTTER), DESIGNRESSOURCEN (EINSCHLIESSLICH REFERENZDESIGNS), ANWENDUNGS- ODER ANDERE DESIGNBERATUNG, WEB-TOOLS, SICHERHEITSMITTELSYSTEME UND ANDERE RESSOURCEN „WIE BESEHEN“ UND MIT ALLEN FEHLERN ZUR VERFÜGUNG, UND SCHLIESST ALLE AUSDRÜCKLICHEN UND STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN AUS, EINSCHLIESSLICH UND OHNE EINSCHRÄNKUNG ALLER STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN DER MARKTGÄNGIGKEIT, DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK ODER DER NICHTVERLETZUNG VON RECHTEN.

Diese Ressourcen sind für qualifizierte Entwickler gedacht, die mit TI-Produkten entwickeln. Sie allein sind verantwortlich für (1) die Auswahl der geeigneten TI Produkte für Ihre Anwendung, (2) das Design, die Validierung und den Test Ihrer Anwendung und (3) die Sicherstellung, dass Ihre Anwendung die geltenden Normen sowie alle anderen Sicherheits-, regulatorischen und sonstigen Vorgaben erfüllt.

Diese Ressourcen können jederzeit und ohne Vorankündigung geändert werden. Sie erhalten von TI die Erlaubnis, diese Ressourcen ausschließlich für die Entwicklung von Anwendungen mit den in der Ressource beschriebenen TI-Produkten zu verwenden. Jede andere Vervielfältigung und Darstellung dieser Ressourcen ist untersagt. Es wird keine Lizenz für andere Rechte am geistigen Eigentum von TI oder an Rechten am geistigen Eigentum Dritter gewährt. TI übernimmt keine Verantwortung für und Sie schützen TI und seine Vertreter gegen Ansprüche, Schäden, Kosten, Verluste und Verbindlichkeiten, die sich aus Ihrer Nutzung dieser Ressourcen ergeben.

Produkte von TI werden gemäß den [Verkaufsbedingungen von TI](#) oder anderen geltenden Bedingungen bereitgestellt, die entweder auf [ti.com](#) verfügbar sind oder in Verbindung mit diesen TI-Produkten bereitgestellt werden. Durch die Bereitstellung dieser Ressourcen durch TI werden die geltenden Garantien oder Gewährleistungsausschlüsse von TI für TI-Produkte weder erweitert noch verändert.

TI widerspricht allen zusätzlichen oder abweichenden Bedingungen, die Sie möglicherweise vorgeschlagen haben, und lehnt sie ab.

Postanschrift: 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