

Garantiert isoliert

Messung des Isolationswiderstands mit Optokopplern. Ob Industriemotor, Solaranlage oder Batteriemangement im Elektrofahrzeug – in Systemen mit hohen Spannungen ist eine zuverlässige Isolation unverzichtbar. Optokoppler gewährleisten eine Hochspannungsisolierung und stellen die Messung des Isolationswiderstands sicher.

Bei hohen Spannungen verursachen Isolationsprobleme hohe Leckströme, die Elektronikbaugruppen zerstören und Anwender verletzen können. Die wichtigste Messung, um herauszufinden, ob ein System ohne Sicherheitsrisiko eingesetzt werden darf, ist die des Isolationswiderstands.

Da dieser sich aufgrund der hohen Spannungen und der thermischen Belastung mit der Zeit abbaut, muss er in definierten zeitlichen Abständen immer wieder neu bestimmt werden. Deswegen ist es wichtig, dass die Applikation eine Funktion zur Messung des Isolationswiderstands enthält, die eine schnelle Reaktion und Abhilfe ermöglicht – und zwar bevor Fehler auftreten.

So funktioniert die Isolationswiderstandsmessung

Um den Isolationswiderstand zu bestimmen, wird zuerst eine Gleichspannung von mehr als 500 V angelegt (**Bild 1**). Für Industriemotoren gelten die Daten für Gleichspannungen nach dem IEEE-Standard 43-200 (**Tabelle A**). Aus der über dem Shunt (R_{shunt}) gemessenen Spannung V_{sense} lässt sich der Leckstrom (I_{leakage}) bestimmen. Der Isolationswiderstand (R_{iso}) zwischen Motorwicklungen und Gehäuse ergibt sich dann gemäß dem Ohmschen Gesetz.

Das Widerstandsnetzwerk (R_{sel}) dient dazu, den gesamten Bereich der Isolationswiderstände abzudecken. Mit dem

IEEE-Standard 43-200 als Referenz gilt die Faustregel, dass ein guter Isolationswiderstand über $10 \text{ M}\Omega$ liegt (**Tabelle B**).

In der Solarenergiegewinnung spezifizieren die Standards DIN EN 61646 und DIN IEC 61215 den Isolationswiderstand für PV-Module ($R_{\text{iso}} > 40 \text{ M}\Omega \text{m}^2$) und die DIN VDE 0126-1-1 für PV-Inverter ($R_{\text{iso}} > 1 \text{ k}\Omega/\text{V}$, mindestens $500 \text{ k}\Omega$) [2].

Die hohe Testspannung während der Isolationswiderstandsmessung muss galvanisch getrennt werden, um den Anwender und den Niederspannungs-Mikrocontroller zu schützen. Die Messung lässt sich mithilfe einfacher analoger und digitaler Optokoppler mit diskreten Spannungssensoren und Umschaltern durchführen. Broadcom bietet eine Vielfalt an Optokopplern mit integrierten Funktionen an,

die eine kompakte und einfache Lösung ermöglichen.

Optokoppler für die Messung des Isolationswiderstands

Broadcom-Optokoppler kommen in vielen industriellen und Automotive-Hochspannungsapplikationen zum Einsatz, etwa bei Wandlern in Motorantrieben und beim Antrieb von Elektrofahrzeugen. Sie liefern eine verstärkte (reinforced) galvanische Isolation, die von den Regelungsbehörden IEC/EN/DIN, UL und CSA zertifiziert wurde. Die hohe Immunität gegen Gleichtaktschwankungen (Common Mode Transient Immunity, CMTI) stellt die Signalintegrität in verrauschten Industrie- und Automobilumgebungen sicher. **Bild 2** zeigt, wie Isolation, Relais

FAZIT

Sichere Hochspannungssysteme. Die Messung des Isolationswiderstands ist wichtig, um die Zuverlässigkeit und Sicherheit von Hochspannungssystemen zu garantieren. Broadcom bietet Optokoppler mit integrierten Funktionen an, die für die Isolationswiderstandsmessung geeignet sind.

Der Beitrag zeigt anhand der Spannungssensoren ACPL-C87B/C87BT und der Foto-MOSFETs ASSR-601J/JV/JT, wie die Isolationsanforderungen erreicht und die Spannungsmessung und Umschaltung mit Relais ausgeführt werden, um eine Isolationswiderstandsmessung in einem 1000-V-System zügig zu entwickeln.

Für höhere Testspannungen über 2000 V ist ein ähnlicher Sensor verfügbar: der ACNT-H87B mit 15 mm Kriechstrecke und einer Betriebsspannung von $2262 \text{ V}_{\text{peak}}$. Digitale Optokoppler – ACNT-H60L/H51L – gibt es ebenso mit $2262 \text{ V}_{\text{peak}}$; sie lassen sich zur Steuerung der Relais nutzen. Der ASSR-601J kann dann in Serie geschaltet werden, um die Isolationswiderstandsmessung einer 2000-V-Applikation zu vervollständigen.

und Spannungssensor von **Bild 1** durch das isolierte Halbleiterrelais ASSR-601J/JV/JT und den Spannungssensor ACPL-C87B/C87BT von Broadcom ersetzt werden können (Produktdetails im **Online-Service**).

ASSR-601J und ASSR-601JV/JT sind Foto-MOSFETs für Automotive- und Industrieanwendungen mit Temperaturen bis 125 °C. Der ASSR-601J enthält eine optisch gekoppelte LED-Eingangsstufe, die zwei diskrete Hochspannungs-MOSFETs mit Durchbruchspannungen über 1500 V schaltet. Die Isolation zwischen LED-Eingang und MOSFET-Ausgang ist durch IEC 60747-5-5 mit einer Betriebsspannung von 1414 V zertifiziert. Die MOSFET-Durchbruchspannung und Eingangs-zu-Ausgangs-Isolationsspannung bieten geeignete Voraussetzungen für die hohen Testspannungen bei Isolationswiderstandsmessungen.

Bei 1000 V beträgt der Leckstrom des ASSR-601J weniger als 1 µA im Sperrzustand. Das ergibt also einen Sperrwiderstand von 1 GΩ, der zwei Größenordnungen über dem empfohlenen Widerstand von 10 MΩ liegt. Der ASSR-601J hat einen niedrigen Durchlasswiderstand von 100 Ω, der die Genauigkeit der Messung nicht beeinflusst, sowie einen maximal zulässigen Laststrom von 50 mA. Das ist normalerweise mehr als ausreichend bei den applikationstypischen Lastströmen von weniger als 10 mA (**Tabelle C**).

Wicklungs-nennspannung (V)	Vorgeschriebene Testspannung des Isolationswiderstands (V)
unter 1000	500
1000 bis 2500	500 bis 1000
2501 bis 5000	1000 bis 2500

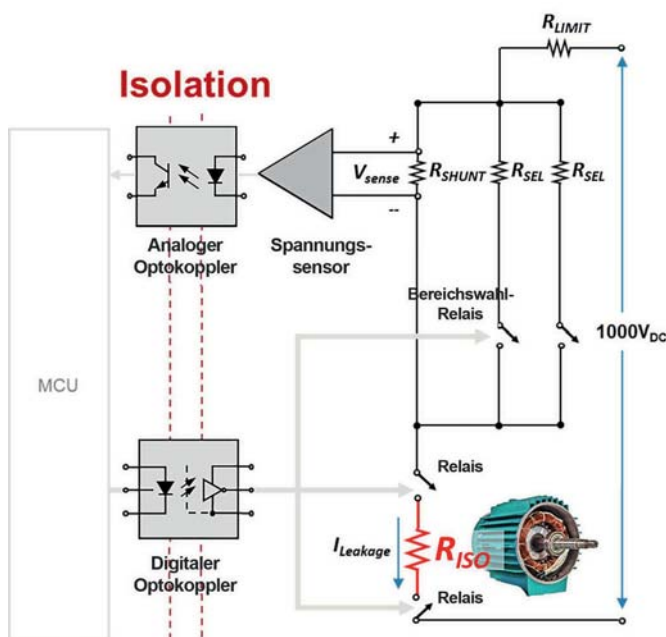
A | Testspannungen: Richtlinien für Gleichspannungen in Isolationswiderstandsmessungen von Industriemotoren [1]

Isolationswiderstand (MΩ)	Isolationsniveau
unter 10	Schlecht
10 bis 50	Gut
50 bis 100	Sehr gut
über 100	Hervorragend

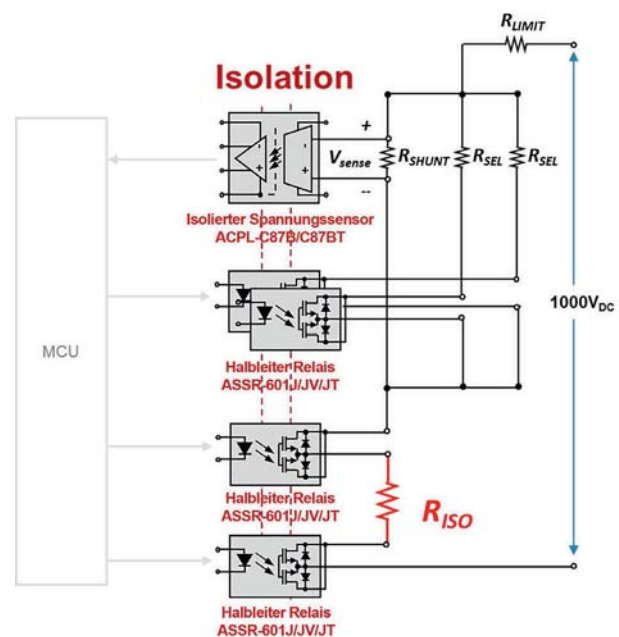
B | Isolationswiderstand: Empfohlene Werte gemäß IEEE-Standard 43-200

Merkmale	ASSR-601J	ASSR-601JV	ASSR-601JT
Grade Type	Industrie	Automotive	Automotive
Betriebstemperatur	-40 bis +110 °C	-40 bis +105 °C	-40 bis +125 °C
AEC-Q101-qualifiziert	Nein	Ja	Ja
Sperrverluste I _{off}	≤1 µA @ V _{DS} = 1000 V und Raumtemperatur	≤1 µA @ V _{DS} = 1000 V über den gesamten Temperaturbereich	≤5 µA @ V _{DS} = 1000 V über den gesamten Temperaturbereich
Durchlasswiderstand R _{DS(on)}	100 Ω	100 Ω	100 Ω
V _{ISO} (UL1577 1 min. Rating)	5 kV _{RMS}	5 kV _{RMS}	5 kV _{RMS}
Arbeitsspannung V _{IORM}	1414 V _{PEAK}	1414 V _{PEAK}	1414 V _{PEAK}

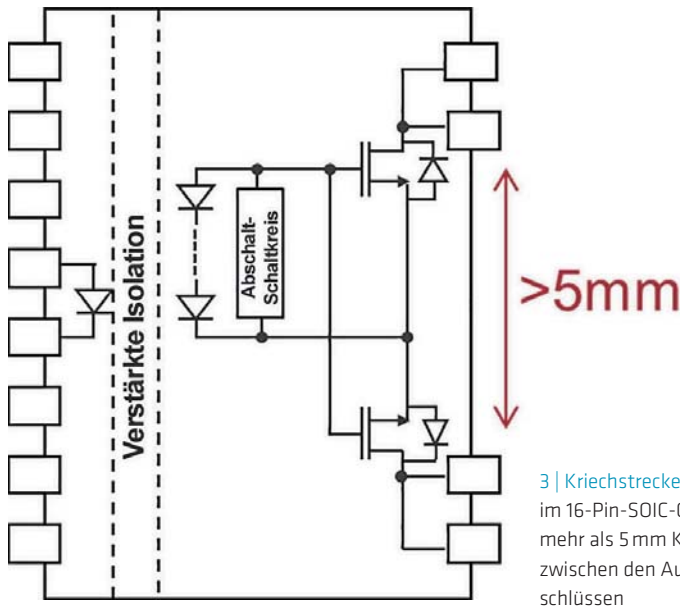
C | ASSR-601J/JV/JT: Vergleich der industrie- und automobilspezifizierten Foto-MOSFETs



1 | R_{ISO}: Aus der gemessenen Spannung über dem Shunt lässt sich der Isolationswiderstand bestimmen



2 | Isolationswiderstandsmessung: Kompaktere Lösung mit Spannungssensor und isolierten MOSFET-Halbleiterrelais



In Hochtemperaturapplikationen wie BMS in Elektrofahrzeugen bietet der automobilspezifizierte ASSR-601JV einen garantierten Sperrleckstrom von weniger als $1\ \mu\text{A}$ (bis $105\ ^\circ\text{C}$) und der ASSR-601JT weniger als $5\ \mu\text{A}$ (bis $125\ ^\circ\text{C}$). Die hohe Widerstandseigenschaft in Sperrrichtung ist kritisch, da der Isolationswiderstand bei steigenden Temperaturen abnimmt. Der IEEE-Standard 43-200 besagt, dass sich der Isolationswiderstand bei jedem Temperaturanstieg um $10\ ^\circ\text{C}$ halbiert. Der bei Raumtemperatur gemessene Isolationswiderstand muss demnach bei hohen Betriebstemperaturen um den Temperaturkorrekturfaktor reduziert werden. Aufgrund der besonderen Eigenschaften der Sperrleckströme des ASSR-601JV und ASSR-601JT auch bei hohen Temperaturen, wird die Messung des Isolationswiderstands nicht beeinflusst – gleichgültig, welche Betriebstemperaturen vorherrschen.

Das Gehäuse des ASSR-601J wurde speziell entwickelt, um den funktionellen Isolationsanforderungen zu entsprechen. Das Risiko eines Überschlags zwischen

den Ausgangsanschlüssen beim Anliegen hoher Spannungen wurde reduziert. Der ASSR-601J entspricht einem 1-Form-EMR (elektromechanischen Relais) im 16-Pin-SOIC-Gehäuse mit 7,6-mm-Pitch. Dieses Gehäuse garantiert mehr als 5 mm Kriechstrecke zwischen den Drain-Anschlüssen des MOSFET (Bild 3). Eine funktionelle Isolation erfordert 1 mm Kriechstrecke pro 200 V anliegender Spannung. Dieses Gehäuse erlaubt also eine Isolationswiderstandstestspannung bis zu 1000 V.

Spannungssensoren für bis zu $125\ ^\circ\text{C}$

Die Spannungssensoren ACPL-C87B und ACPL-C87BT sind optisch isolierte Trennverstärker, die speziell für die Anforderungen an die Spannungsmessung in Automotive- und Industrieapplikationen bis $125\ ^\circ\text{C}$ entwickelt wurden. Sie sind durch IEC 60747-5-5 zertifiziert, mit einer Betriebsspannung von $1414\ \text{V}_{\text{peak}}$, und eignen sich für eine Isolationswiderstandstestspannung bis zu 1000 V. Der ACPL-87B/87BT hat eine Verstärkungstoleranz

von $\pm 0,5\%$, sehr gute Linearität, einen großen 2-V-Eingangsbereich und – vor allen Dingen – eine Eingangsimpedanz von $1\ \text{G}\Omega$, die für eine isolierte Spannungsmessung über einem Shunt geeignet ist.

Üblicherweise ist der Shunt-Widerstand (R_{shunt}) mit typischen $2\ \text{k}\Omega$ niedrig. Bei einer Parallelschaltung kann die Eingangsimpedanz des Spannungssensors die Genauigkeit beeinflussen. Eventuell muss sie kompensiert werden. Dank seiner deutlich höheren Eingangsimpedanz ist der Einfluss des ACPL-87B/87BT auf den Gesamtshunt-Widerstand vernachlässigbar (weniger als $0,001\%$) – und somit wirkt er sich auch nicht auf die Genauigkeit der Shunt-Spannung aus. skr

Autoren

Andy Poh ist Application Development Manager, Thomas Sng und Chun Keong Tee sind Product Marketing Engineers bei Broadcom.

Literatur

- 1 IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery; IEEE Std 43-2000 (R2006)
- 2 Insulation Resistance (R_{iso}) of Non-Galvanically Isolated PV Plants, SMA Solar Technology AG, Riso-UEN123622

Online-Service

ASSR-601J und ACPL-C87B: Produktinformation, Datenblatt und User Guide

www.elektronik-informationen.de/54061

KONTAKT

Broadcom Limited Europe,
Charles-de-Gaulle-Straße 2,
81737 München,
Tel. 06085 98713-21,
www.avagotech.com