

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik



Uludag, Ihsan-Timur

1. EINLEITUNG

Eine galvanische Isolierung ist bei der Entwicklung sicherer und zuverlässiger Hochleistungselektronik zwingend erforderlich. Im vorliegenden Kontext bezeichnet der Begriff die elektrische Trennung zweier Stromkreise ohne direkten elektrischen Kontakt, während eine Signal- oder Stromübertragung dennoch möglich ist. Szenarien, in denen eine solche Isolierung erforderlich ist, sind etwa Anwendungen mit großen Spannungsunterschieden zwischen Schaltungsabschnitten, solche, in denen die Signalintegrität in störbehafteten Umgebungen gewahrt bleiben soll, und Fälle, in denen Sicherheitsvorschriften eine elektrische Isolierung verlangen, um Anwender und Geräte vor gefährlichen Spannungen zu schützen.

In dieser Application Note untersuchen wir die verschiedenen Verfahren zur galvanischen Isolierung, beleuchten deren Vor- und Nachteile und erörtern, wie man unter Verwendung der Produktpalette von Würth Elektronik die jeweils geeignetste Isolierungslösung für verschiedene Industrieanwendungen auswählt.

2. WAS EINE ISOLIERUNG IST, WARUM SIE WICHTIG IST UND WELCHE ARTEN ES GIBT

In Industrieumgebungen erfüllt die galvanische Isolierung drei Hauptfunktionen. Sie erhöht die Sicherheit, verbessert das EMV-Verhalten und gewährleistet galvanische Isolierung (Tabelle 1). Darüberhinaus sollen im Folgenden wichtige Fachbegriffe zum Thema „galvanische Isolierung“ erklärt werden.

2.1 Schlagworte zum Thema „galvanische Isolierung“





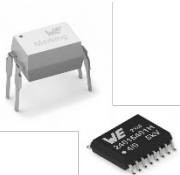

Im Zusammenhang mit dem Thema galvanische Isolierung fallen automatisch verschiedene Schlagworte (vgl. Abbildung 1).

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erstens erhöht sie die Sicherheit, indem sie die Übertragung lebensgefährlicher Spannungen in für Anwender zugängliche Stromkreise unterbindet und empfindliche Elektronik vor Spannungsspitzen schützt.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zweitens verbessert sie das EMV-Verhalten (elektromagnetische Verträglichkeit), indem sie Störgeräusche reduziert, Gleichtaktstörungen unterdrückt und Masseschleifen beseitigt, die andernfalls zu unvorhersehbarem Systemverhalten führen könnten.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Drittens schließlich gewährleistet die galvanische Isolierung die Signalintegrität, indem sie unerwünschte Störungen verhindert und somit eine fehlerfreie Datenübertragung auch bei Vorliegen elektrischer Störgrößen ermöglicht.

Tabelle 1: Hauptfunktionen der galvanischen Isolierung.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

Bauteilnorm					Gerätenorm
IEC60747-5-5	IEC60747-17	IEC61558-2-16	IEC60384-14	UL1577	IEC62368-1
Optokoppler	Digitalisolatoren	Übertrager	Kondensatoren	Optokoppler/ Digitalisolatoren	Powermodule
					

Allgemeine Sicherheitsvorschrift IEC 60664-1

Tabelle 2: Übersicht über die Normenkategorien.

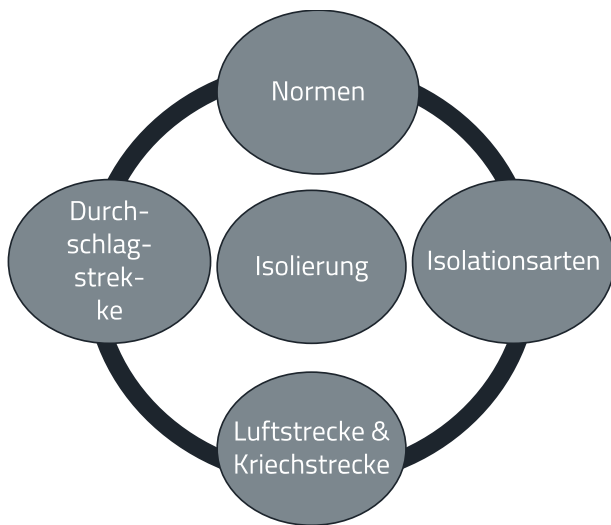


Abbildung 1: Schlagworte im Kontext der galvanischen Isolierung.

Im Folgenden geben wir zu jedem Thema eine vereinfachte Definition, um das Verständnis zu erleichtern.

2.2 Normenkategorien

Es gibt drei verschiedene Normenkategorien: Bauteilnormen, Gerätenormen und allgemeine Sicherheitsnormen. Bauteilnormen sind Spezifikationen, die für einzelne elektronische Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren, Induktivitäten und Optokoppler gelten. Gerätenormen gelten für elektronische Komplettgeräte oder -systeme, beispielsweise Smartphones, Computer oder Industrieanlagen. Eine allgemeine Sicherheitsnorm schließlich beschreibt grundlegende Sicherheitsprinzipien und -richtlinien, die für ein breites Spektrum von Produkten, Systemen oder Branchen gelten. Der Zweck allgemeiner Sicherheitsnormen besteht darin, ein einheitliches Verständnis von Sicherheitsanforderungen zu etablieren und die Einheitlichkeit von Sicherheitspraktiken zu fördern. Sie dienen häufig als Bezugsgrundlage für die Entwicklung spezifischerer Normen, die auf bestimmte Produkte oder Branchen zugeschnitten sind.

Tabelle 2 enthält eine Übersicht über die gängigsten Sicherheitsnormen und deren Normenkategorie.

2.3 Arten der Isolierung

Funktionsisolierung

Als Funktionsisolierung bezeichnet man das für den ordnungsgemäßen Betrieb einer Schaltung mindestens erforderliche Maß an Isolierung. **Sie bietet Anwender keinen Schutz** vor Stromschlägen oder Fehlfunktionen. Entwickler:innen verwenden eine Funktionsisolierung in der Regel, um Masseschleifenfehler zu vermeiden oder Signalstörungen zu minimieren. Allerdings gewährleistet diese Form der Isolierung keine Sicherheit bei gefährlichen Spannungen, und eine mangelhafte Isolierung kann zu einer unkontrollierten Stromübertragung führen.

Basisisolierung

Die Basisisolierung ist für Anwender das erste Schutzelement gegen Stromschläge. Sie besteht aus einer einzelnen Isolationsbarriere zwischen Hochspannungsbauteilen und für Anwender zugänglichen Bauteilen. Eine Basisisolierung kann unter normalen Betriebsbedingungen den direkten Kontakt mit gefährlichen Spannungen verhindern, bietet jedoch keinen Schutz bei einem Isolierungsfehler. Daher sehen Sicherheitsnormen in sicherheitskritischen Anwendungen häufig die Kombination einer Basisisolierung mit einem ergänzenden Schutz vor.

Ergänzende Isolierung

Die ergänzende Isolierung ist eine zusätzliche Isolationsschicht, die unabhängig von der Basisisolierung ist. Sie dient dazu, Anwender zu schützen, falls die Basisisolierung versagt. In Verbindung mit einer Basisisolierung ermöglicht eine ergänzende Isolierung die

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

Erfüllung der Anforderungen an eine doppelte Isolierung, indem sie eine Verbundstruktur bildet.

Doppelte Isolierung

Die doppelte Isolierung kombiniert Basis- und ergänzende Isolierung, um Anwender vor einem Stromschlag zu schützen, ohne dabei einen Schutzleiteranschluss zu nutzen. Bei Geräten der Klasse II ist eine doppelte Isolierung vorgeschrieben, die dafür ausgelegt ist, auch im Falle eines Einzelfehlers die Sicherheit zu gewährleisten.

Verstärkte Isolierung

Die verstärkte Isolierung bietet denselben Schutzgrad wie eine doppelte Isolierung, erreicht diesen jedoch durch ein einziges Isolationssystem, das nach strengeren Normen hinsichtlich Durchschlagfestigkeit, Kriechweg und Luftstrecke geprüft wurde.

Die verstärkte Isolierung vereinfacht die Konstruktion, indem sie die Anzahl der erforderlichen Isolationsbarrieren verringert und gleichzeitig Schutz sowohl im Normalbetrieb als auch im Fehlerfall bietet.

2.4 Kriech- und Luftstrecke bei der Isolierung

Die Kriech- und Luftstrecken sind zwei wesentliche Parameter bei der Auslegung von Isolationssystemen für elektronische und Hochspannungsgeräte. Sie bestimmen den physischen Abstand zwischen leitenden Bauteilen und beeinflussen direkt die Fähigkeit des Systems, elektrischen Belastungen standzuhalten, ohne dass es zu Lichtbogenbildung oder Isolationdurchschlägen kommt.

Als **Luftstrecke** wird der kürzeste Abstand durch die Luft zwischen zwei leitenden Elementen bezeichnet (siehe Abbildung 2). Sie gibt vor, wie hoch das elektrische Potential sein kann, dem der Luftzwischenraum standhält, bevor es durch einen dielektrischen Durchschlag zu einer Entladung kommt. Die erforderliche Luftstrecke hängt von der Systemspannung, der Überspannungskategorie, dem Verschmutzungsgrad (z. B. sauberes Labor oder Industriemilieu) und der Betriebshöhe ab. Bei Unterschreiten der Luftstrecke kann es zu einem Überschlag kommen, bei dem ionisierte Luft einen leitfähigen Pfad zwischen den Leitern bildet. Dies kann zu Schäden an Bauteilen führen oder eine Gefahr für Anwender darstellen.



Abbildung 2: Darstellung von Luft- und Kriechstrecke.

Die **Kriechstrecke** ist der kürzeste Abstand zwischen zwei leitenden Teilen über die Oberfläche eines Isoliermaterials (vgl. Abbildung 2). Sie berücksichtigt die Möglichkeit von Oberflächenschädigungen, Verschmutzungen oder Kriechwegbildung im zeitlichen Verlauf, was insbesondere in feuchten oder staubigen Umgebungen relevant ist. Die erforderliche Kriechstrecke hängt von der Systemspannung und dem CTI (Comparative Tracking Index) des Isoliermaterials ab. Mit dem CTI wird die Beständigkeit des Materials gegenüber der Bildung verkohlter leitfähiger Pfade auf der Oberfläche gemessen. Materialien mit einem höheren CTI-Wert (z. B. $\text{CTI} \geq 600$) erfordern eine geringere Kriechstrecke als solche mit einem niedrigeren Wert (z. B. $\text{CTI} < 175$).

Bei verstärkter Isolierung müssen sowohl die Kriechstrecke als auch die Luftstrecke strengsten Anforderungen genügen, wobei die Kriechstrecke aufgrund möglicher Verunreinigungen in der Regel größer ist.

2.5 Isolationsabstand

Der Isolationsabstand ist der kürzeste Weg durch ein Isoliermaterial zwischen zwei Leitern, der eine elektrische Isolierung gewährleistet (vgl. Abbildung 3)



Abbildung 3: Darstellung des Isolationsabstands.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

3. ISOLIERUNG IMPLEMENTIEREN

Es gibt verschiedene Verfahren zur galvanischen Isolierung, die jeweils spezifische Vor- und Nachteile hinsichtlich der Signal- oder Stromübertragung mit sich bringen. Im Folgenden beschreiben wir die gängigsten Methoden zur galvanischen Isolierung:



Abbildung 4: Methoden der galvanischen Isolierung im Überblick.

4. OPTOKOPPLER

Optokoppler – auch als Optoisolatoren bezeichnet – sorgen für eine galvanische Isolierung, indem sie Signale über ein optisches Medium statt über eine direkte Stromverbindung übertragen^[1]. Im Wesentlichen arbeitet ein Optokoppler mit einer Leuchtdiode (LED) und einem lichtempfindlichen Detektor, beispielsweise einem Fototransistor oder einer Fotodiode, um elektrische Signale über eine Isolationsbarriere hinweg zu übertragen (Abbildung 5).

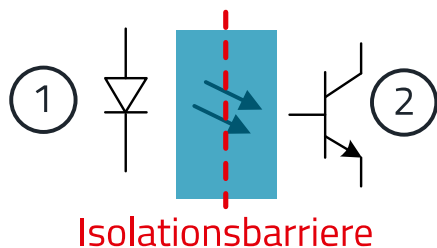


Abbildung 5: Das Prinzip der galvanischen Trennung mit einem Fototransistor-Optokoppler.

Ausgelöst wird die Funktion eines Optokopplers durch ein elektrisches Eingangssignal, das die interne LED ansteuert. Die LED (1) gibt Infrarotlicht ab, das anschließend vom Fotodetektor (2) auf der anderen Seite der Isolationsbarriere empfangen wird.

Der Fotodetektor wandelt das optische Signal wieder in ein elektrisches Ausgangssignal um und überträgt somit Informationen zwischen zwei elektrisch voneinander getrennten Schaltkreisen. Da die LED und der Fotodetektor keinen gemeinsamen direkten Strompfad haben, bleiben die Schaltkreise elektrisch voneinander getrennt, können aber dennoch miteinander kommunizieren.

Diese Isolationsmethode ist besonders wirksam in sicherheitskritischen Anwendungen, bei denen verhindert werden muss, dass Transientenspannungen empfindliche oder für Anwender zugängliche Bauteile erreichen. Aus diesem Grund finden Optokoppler in der industriellen Automatisierung, in der Leistungselektronik und bei Kommunikationsschnittstellen breite Anwendung, da sie eine zuverlässige Signalübertragung gewährleisten, ohne dass Niederspannungs-Steuerkreise gefährlichen Spannungen ausgesetzt werden.

4.1 Typische Anwendungsfälle für Optokoppler

Trotz ihrer Einschränkungen, wie z.B. begrenzte Übertragungsgeschwindigkeit, Alterung und Drift des Übertragungsfaktors (CTR), gehören Optokoppler auch heute noch zu den bevorzugten Isolationslösungen in zahlreichen Industrie- und Leistungsanwendungen, in denen Hochspannungssicherheit und Zuverlässigkeit Vorrang vor Geschwindigkeit und Energieeffizienz haben.

Leistungselektronik

In Stromwandlungssystemen werden Optokoppler zur Rückkopplungsisolierung in Schaltnetzteilen und isolierten DC-DC-Wandlern eingesetzt. Durch die Möglichkeit zur sekundärseitigen Regelung bei gleichzeitiger elektrischer Isolierung von der Hochspannungs-Primärseite tragen Optokoppler zu einem stabilen und effizienten Power-Management bei (vgl. Abbildung 6).

Wo werden Optokoppler eingesetzt?			
✓	✓	✓	✓

Tabelle 3: Anwendungsbeispiele für Optokoppler.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

Diese Art der Isolierung ist besonders wirksam in sicherheitskritischen Anwendungen, bei denen verhindert werden muss, dass Hochspannungsspitzen empfindliche oder für den Benutzer zugängliche Komponenten erreichen. Aus diesem Grund werden Optokoppler häufig in der industriellen Automatisierung, der Leistungselektronik und bei Kommunikationsschnittstellen eingesetzt, um eine zuverlässige Signalübertragung zu gewährleisten, ohne dass Niederspannungs-Steuerkreise gefährlichen Spannungen ausgesetzt werden.

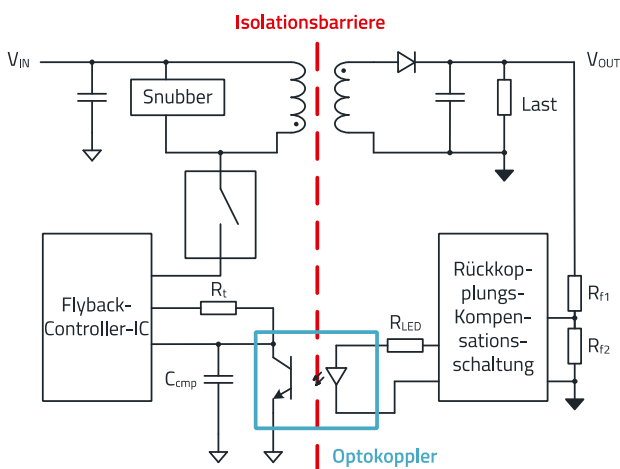


Abbildung 6: Optokoppler für den Regelkreis eines Flyback-Wandlers.

Kommunikation mit niedriger Übertragungsrate

Bei seriellen Kommunikationsschnittstellen mit niedriger Übertragungsrate wie RS-232, RS-485 und CAN-Bus sorgen Optokoppler für eine wirksame galvanische Entkopplung. Diese Protokolle nutzen Bandbreiten, die gut auf die Schaltgeschwindigkeit von Optokopplern abgestimmt sind. Daher eignen sich Optokoppler optimal für die Isolierung der Datenübertragung.

Medizinische Geräte

Auch in medizinischen Geräten kommen Optokoppler häufig zum Einsatz, da hier strenge Isolationsanforderungen gelten, um Patient:innen und Bedienpersonal vor Stromschlägen zu schützen.

Anwendungen wie Defibrillatoren, Patientenüberwachungssysteme und Geräte für die medizinische Bildgebung nutzen Optokoppler, um die elektrische Sicherheit bei der Signalübertragung zwischen verschiedenen Systemkomponenten zu gewährleisten.

Industrielle Automatisierung

Die industrielle Automatisierung ist ein weiterer Bereich, in dem Optokoppler ihre Stärken ausspielen. Dank ihrer Fähigkeit, Masseschleifen zu vermeiden und Gleichtaktstörungen zu unterdrücken, sind sie unverzichtbar für Eingänge von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS), Sensorschnittstellen und industriellen Kommunikationsnetzen.

4.2 Optokopplerprodukte von Würth Elektronik

Würth Elektronik bietet ein umfassendes Sortiment an Optokopplern für den Einsatz in Industrie- und Leistungselektronikanwendungen. Unsere WL-OCPT-Serie umfasst hochisolierende Fototransistor-Optokoppler mit robuster Bauform und hohen Nennspannungen. Diese Optokoppler zeichnen sich insbesondere durch folgende Merkmale aus:

- **Hohe Nennspannungen:** Mit Isolationsspannungen von bis zu 5 kV gewährleisten diese Optokoppler eine wirksame elektrische Isolierung.
- **Kompakte Bauformen:** Die Optokoppler von Würth Elektronik sind in DIP-, SOP- und LSOP-Gehäusen erhältlich und eignen sich auch für räumlich beengte Designs.
- **Beständiges Stromübertragungsverhältnis:** Die Optokoppler von Würth zeichnen sich durch strikte CTR-Chargen aus, die für gleichbleibende Leistung während der gesamten Lebensdauer des Bauteils sorgen.
- **Varianten in Industrie- und Automotive-Qualität:** Optokoppler von Würth überzeugen mit erweiterten Temperaturbereichen und einer robusten Bauweise für anspruchsvolle Umgebungen.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

5. DIGITALISOLATOREN

Digitalisolatoren erzielen eine galvanische Trennung durch kapazitive Kopplung anstelle des bei Optokopplern verwendeten optischen Übertragungsverfahrens^[4].

Der Digitalisolator (Blockschaltbild in Abbildung 7) besteht auf der Primärseite aus einem Oszillator und einem Modulator. Auf der Sekundärseite befinden sich ein Demodulator und ein Puffer. Die primärseitigen Bauteile sind durch eine Kondensatorstruktur mit einer Isolationsbarriere aus SiO₂ galvanisch von den sekundärseitigen Bauteilen isoliert. Die Signalübertragung über die Isolationsbarriere erfolgt mittels eines Modulationsverfahrens, das als OOK (On/Off-Keying) bezeichnet wird. Der in den Chip integrierte Oszillator moduliert das über einen Schmitt-Trigger ausgegebene Eingangssignal. Der Modulator erzeugt ein Differenzsignal, das über die kapazitiv getrennte und damit isolierte Barriere übertragen wird.

Der Demodulator befindet sich auf der Sekundärseite und dient dazu, das Eingangssignal zu verstärken, zu filtern und wiederaufzubauen. Signalverzögerung und Verzerrung sind minimal. Zum Schluss wird das Signal vom Ausgang des Demodulators über einen Puffer an den Ausgang weitergeleitet. Dabei bringt der Puffer das Signal auf den erforderlichen Pegel.

Digitalisolatoren sind besonders wirksam in sicherheitskritischen Anwendungen, bei denen verhindert werden muss, dass Transientenspannungen empfindliche oder den Anwender zugängliche Bauteile erreichen. Sie zeichnen sich durch ihre hohe Datenübertragungsraten aus, wobei einige Modelle Geschwindigkeiten von über 100 Mbit/s unterstützen. Dank dieser Eigenschaft sind Digitalisolatoren das Mittel der Wahl für Hochgeschwindigkeitsprotokolle wie SPI, I²C und USB, bei denen Optokoppler aufgrund der hohen Datenraten Schwierigkeiten hätten, die Signalintegrität aufrechtzuerhalten.

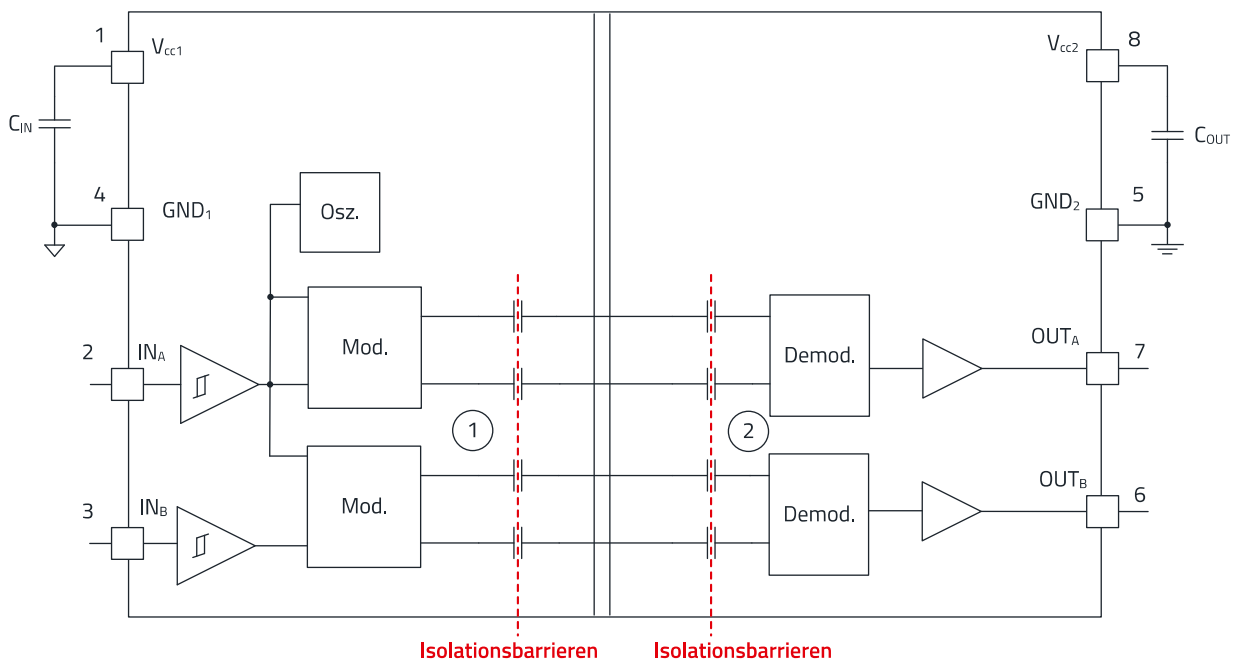


Abbildung 7: Blockschaltbild des Digitalisolators CDIS 18012x154 1 1x, das den Einsatz von Modulationsverfahren zur Kommunikation über eine Isolationsbarriere hinweg veranschaulicht.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

5.1 Typische Anwendungsfälle für Digitalisolatoren

Digitalisolatoren eignen sich am besten für Anwendungen, bei denen eine schnelle Datenübertragung und eine hohe Energieeffizienz gefragt sind.

Industrielle Automatisierung

In der industriellen Automatisierung werden Digitalisolatoren häufig in Feldbus-Kommunikationsprotokollen, Schnitstellen und Hochgeschwindigkeitsverbindungen zwischen Mikrocontrollern eingesetzt. Dank ihrer Fähigkeit, hohe Datenraten zu verarbeiten, eignen sie sich für den Einsatz in Echtzeit-Steuerungssystemen und der industriellen Netzwerktechnik.

Platzsparende Designs

Auch platzsparende Designs profitieren vom Einsatz von Digitalisolatoren, da diese mehrere Isolationskanäle im selben Gehäuse vereinen. Zudem hat man bei platzsparenden Designs häufig den Stromverbrauch im Blick, weshalb Digitalisolatoren eine gute Wahl darstellen. Dank ihrer kompakten Bauweise und der hohen Energieeffizienz eignen sie sich besonders für Anwendungen wie Unterhaltungselektronik, tragbare- und batteriebetriebene Geräte.

5.2 Digitalisatorprodukte von Würth Elektronik

Würth Elektronik bietet eine Reihe leistungsstarker Digitalisolatoren an. So ermöglicht etwa die **WPME-CDIS** Serie eine leistungsstarke Isolierung von Signalen für Systeme aus den Bereichen industrielle Automatisierung, Motorsteuerung, Stromwandlung und Batteriemangement. Diese Baureihe der Isolatoren zeichnet sich unter anderem durch folgende Merkmale aus:

- **Mehrkanalkonfigurationen:** Erhältlich in Zweikanal- und Vierkanalausführungen, um unterschiedlichen Isolationsanforderungen gerecht zu werden.
- **Hohe Isolationsspannung:** Unterstützt bis zu 5.000 V_{eff}.
- **Kompakte Gehäuseformen in industrietauglicher Qualität:** Erhältlich im SOIC-8NB-Gehäuse für Standardisolierung und im SOIC-16WB-Gehäuse für verstärkte Isolierung.
- **Schnelle Datenübertragung:** Erreicht Datenraten von bis zu 150 Mbit/s.
- **Überragende Störfestigkeit:** Bietet eine Impulsfestigkeit (Common-Mode Transient Immunity, CMTI) von ±150 kV/μs (typ.).
- **Industriezertifizierungen:** Entspricht den Normen UL 1577 und DIN EN IEC 60747-17 (VDE 0884-17).

Wo werden Digitalisolatoren eingesetzt?			
✓	✓	✓	✓

Tabelle 4: Anwendungsbeispiele für Digitalisolatoren.

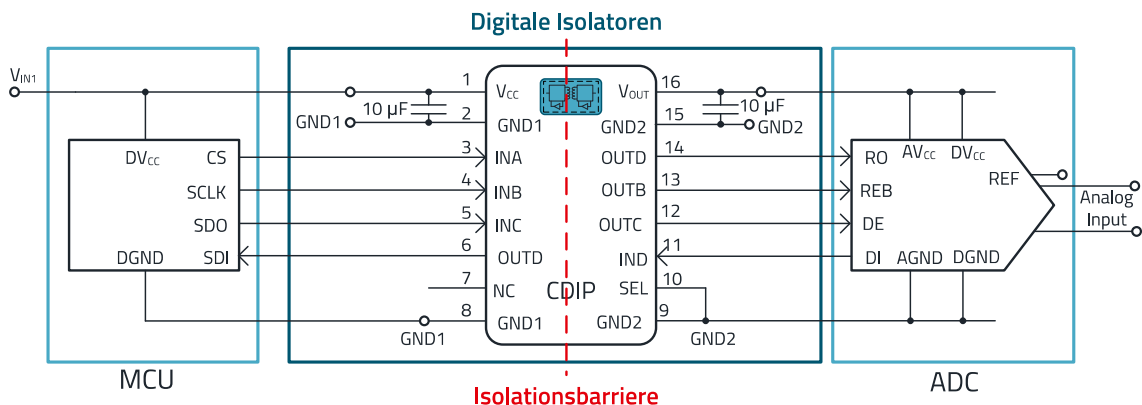


Abbildung 8: Einsatz eines Digitalisolators für die isolierte SPI-Bus-Kommunikation.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

6. ISOLIERTE POWERMODULE

Ein funktional isolierter DC/DC-Wandler wird in der Regel benötigt, wenn Strom zwischen zwei Schaltkreisen übertragen werden muss, wobei diese elektrisch voneinander getrennt bleiben sollen. Ein isoliertes Powermodul ist ein vollständig integrierter DC/DC-Wandler, der elektrischen Strom über eine galvanisch isolierte Barriere mithilfe eines Hochfrequenztransformators überträgt. Dabei sind die Primär- und Sekundärwicklungen magnetisch gekoppelt, aber elektrisch getrennt. Das Modul arbeitet in der Regel mit Pulsweitenmodulation (PWM) oder Resonanzschaltverfahren, um eine Eingangsgleichspannung in eine hochfrequente Wechselstromwellenform umzusetzen, die anschließend induktiv auf die Sekundärwicklung übertragen und wieder in Gleichstrom gerichtet wird. Die Isolationsbarriere verhindert dabei einen direkten Stromfluss zwischen Eingang und Ausgang, während gleichzeitig eine kontrollierte Energieübertragung über die wechselseitige Induktivität des Transformators gewährleistet bleibt (vgl. Abbildung 9).

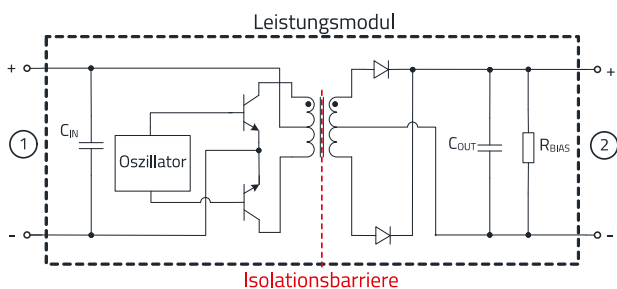


Abbildung 9: Blockschaltbild eines isolierten Powermoduls der FISM-Serie.

Durch Integration dieser Funktionen in ein einziges Modul stellen isolierte Powermodule eine zuverlässige und gebrauchsfertige Lösung für die isolierte Stromversorgung in komplexen Elektroanlagen dar.

6.1 Typische Anwendungsfälle für isolierte Powermodule

Industrielle Automatisierungs- und Steuerungssysteme

Industrielle Automatisierungsumgebungen mit leistungsstarken Maschinen und ausgedehnten Kommunikationsnetzwerken benötigen Lösungen, die sowohl hochzuverlässig als auch unempfindlich gegenüber elektrischen Störungen sind. Die Isolierung spielt dabei eine entscheidende Rolle, da sie Masseschleifen verhindert, die andernfalls HF- und Signalstörungen verursachen oder sogar Schäden an Geräten hervorrufen können. In Anwendungen wie Messsystemen, Kommunikationsschnittstellen und Audiogeräten ist dies von zentraler Bedeutung. Zudem gewährleistet die Isolierung einen sicheren und störungsfreien Betrieb, wenn Teilsysteme mit unterschiedlichen Massepotentialen betrieben werden; typische Anwendungsfälle sind hier Fernsensoren und dezentrale Stromversorgungssysteme.

Wo werden isolierte Powermodule eingesetzt?			

Tabelle 5: Anwendungsbeispiele für isolierte Powermodule.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

6.2 Isolierte Powermodule von Würth Elektronik

Würth Elektronik bietet ein umfangreiches Sortiment von isolierten Powermodulen an, die für Anwendungen wie Datenerfassung, Test- und Messsysteme sowie industrielle Steuerungen konzipiert sind.

Die isolierte Variante der Magi³C-Module nutzt Flyback-, Vollbrücken- und Gegentakttopologien, um eine funktionale Isolation von bis zu 4 kV zu gewährleisten, Masseschleifen zu vermeiden und ein Höchstmaß an Signalintegrität sicherzustellen.

Diese Baureihe zeichnet sich unter anderem durch folgende Merkmale aus:

- Funktionsisolation mit V_{iso} bis zu 4 kV
- Dauerausgangsleistung bis zu 2 W
- Stand-alone-Lösung (C_{in} und C_{out} integriert, keine externen Bauteile)
- Gehäuse und Anschlussbelegung nach Industriestandard
- Geringe leitungsgebundene und abgestrahlte Störemission (EMV gemäß EN 55032 Klasse B)
- Industriezertifizierungen: konform mit UL 62368-1

Diese Module werden zudem durch die Online-Designtools von Würth wie [REDEXPERT](#) und [Magi³C Power Module Designer](#) unterstützt, mit denen Entwickler:innen die Leistung isolierter Powermodule in ihren jeweiligen Anwendungen simulieren und optimieren können.

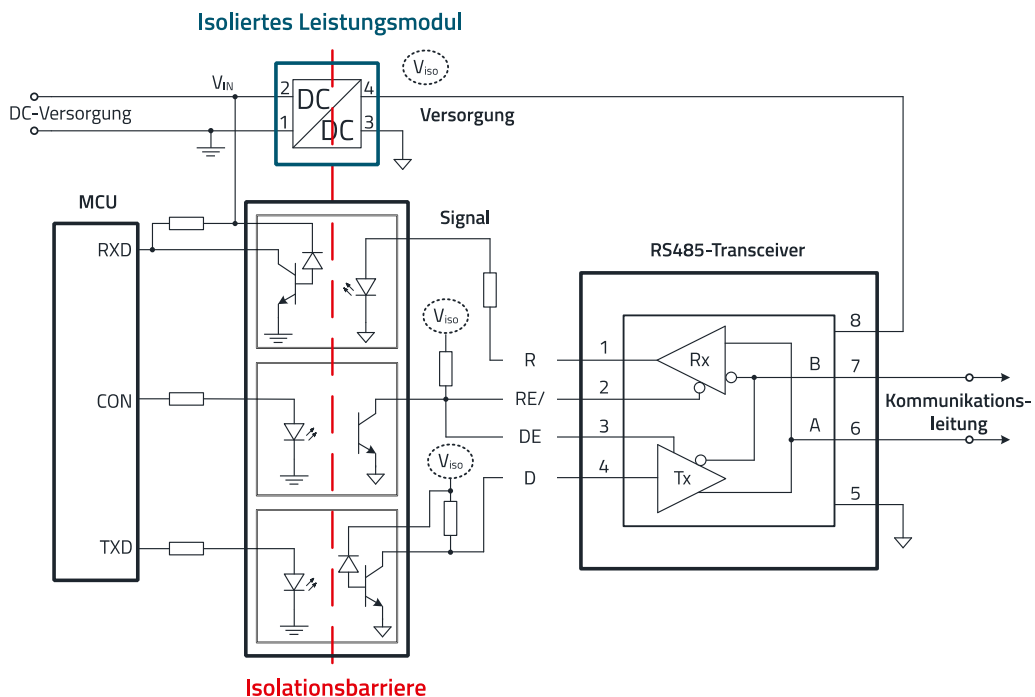


Abbildung 10: Isolierte RS-485-Kommunikation mit isoliertem Powermodul zur Trennung des Strompfads.

Darüber hinaus stellt Würth Referenzdesigns und Application Notes bereit, um die Integration in bestehende Leistungsarchitekturen zu erleichtern.

7. ÜBERTRAGER

Übertrager sorgen für eine galvanische Entkopplung, indem sie elektrische Energie mittels magnetischer Induktion zwischen Stromkreisen übertragen und dabei eine vollständige elektrische Trennung zwischen Primär- und Sekundärwicklung gewährleisten (vgl. Abbildung 11, Details 1 und 2). Bei dieser Anordnung erzeugt der Wechselstrom in der Primärwicklung ein zeitlich veränderliches Magnetfeld im Übertragerkern, das in der Sekundärwicklung eine entsprechende Spannung induziert. Dieses Verhalten ermöglicht eine effiziente Energieübertragung, während die elektrische Trennung aufrechterhalten und ein Gleichstromfluss zwischen Eingang und Ausgang verhindert wird.

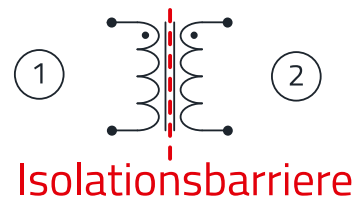


Abbildung 11: Schematische Darstellung eines Leistungstransformators mit Darstellung der magnetischen Kopplung zwischen Primär- und Sekundärspule.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

7.1 Typische Anwendungsfälle für Übertrager

Hohe Belastbarkeit

Übertrager zeichnen sich durch eine hohe Belastbarkeit aus, da die Energieübertragung nicht über einen direkten elektrischen Pfad, sondern über magnetische Induktion erfolgt. Dadurch lassen sich Spannung und Strom effizient anpassen, ohne dass nennenswerte ohmsche Verluste entstehen. Leistungstransformatoren, die in Stromnetzen zum Einsatz kommen, können mit Leistungen im Bereich von mehreren hundert Megawatt umgehen, während kleinere Übertrager in der Leistungselektronik Leistungen im Bereich von wenigen Watt bis zu einigen Kilowatt effizient bewältigen.

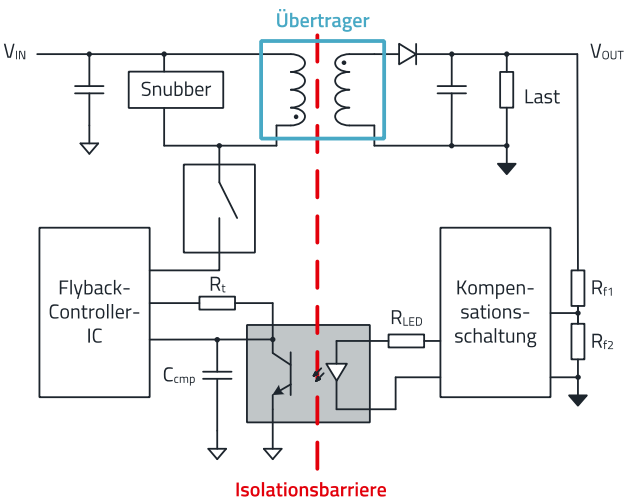


Abbildung 12: Übertrager für die Energieübertragung in einem Flyback-Wandler.

7.2 Gate-Treiber zur Hochspannungsisolation

Übertrager sind in Gate-Treibern für die Hochspannungsisolation von Nutzen, da sie isolierte Steuersignale für MOSFETs und IGBTs ermöglichen, wie sie in Motorantrieben, industriellen Wechselrichtern und Stromverteilungssystemen zum Einsatz kommen. Gate-Treiber-Übertrager sind darauf ausgelegt, eine schnelle, störungsfreie Signalübertragung mit hoher Gleichtaktspannungs-Unterdrückung zu gewährleisten.

Spezielle Ausführungen mit geringer parasitärer Kapazität können zudem zur Versorgung von Gate-Treiber-ICs mit einer isolierten Hilfsspannung eingesetzt werden.

Mit steigenden Anforderungen an Schaltgeschwindigkeit und Timing-Präzision stoßen Signaltransformatoren jedoch zunehmend an ihre Grenzen. Daher werden in modernen, schnell schaltenden Stromversorgungssystemen vermehrt integrierte, isolierte Gate-Treiber-ICs eingesetzt - insbesondere bei Halbleitern mit großem Bandabstand wie SiC und GaN, bei denen eine präzise Ansteuerung unerlässlich ist.

Auch wenn diese ICs modernste Isolations- und Timing-Funktionen bieten, benötigen sie noch immer eine separate, isolierte Hilfsspannungsversorgung zur Vorspannung der Gate-Treiberstufe. Dies führt zu einer stetigen Nachfrage nach Leistungstransformatoren, die die erforderlichen Spannungen und Isolationswerte bieten, die speziell auf Gate-Treiberanwendungen zugeschnitten sind. Zur Aufrechterhaltung der Eindeutigkeit in Bezug auf Spezifikationen und Anwendungskontext bezeichnen wir diese Bauteile als **Gate-Treiber-Hilfstransformatoren (Auxiliary Gate Drive Transformers, WE-AGDT)** und betonen damit ihre Funktion bei der Unterstützung einer isolierten Gate-Treiber-Funktionalität.

Signalisierung in leistungsstarken Wechselstrom-/Gleichstromsystemen

Bei leistungsstarken Wechselstrom-/Gleichstrom-Systemen entstehen häufig schnelle Schalttransienten und starke elektromagnetische Felder. In einem solchen Umfeld eignen sich Transformatoren ideal für die Signalisierung, da sie hohe Spannungspegel bewältigen und gleichzeitig eine zuverlässige Signalübertragung in Umgebungen mit starken elektrischen Störungen erlauben. Darüber hinaus ermöglicht ihre Doppelfunktion bei der Strom- und Signalisierung eine effiziente Übertragung von Steuersignalen bei gleichzeitiger Spannungserhöhung oder -senkung.

Wo werden Übertrager eingesetzt?			
✓	✓	✓	✓

Tabelle 6: Anwendungsbeispiele für Übertrager.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

Signalisierung bei Ethernet und RS-485

Ethernet-Transceiver und RS-485-Kommunikationsnetzwerke nutzen Transformatoren, da die bei diesen Protokollen eingesetzte differentielle Signalübertragung von deren Fähigkeit profitiert, Gleichtaktstörungen zu unterdrücken (Abbildung 10). Diese Eigenschaft sorgt dafür, dass nur die erwünschten Differenzsignale übertragen werden, während gleichzeitig äußere Störungen unterdrückt werden. Darüber hinaus ermöglichen Transformator Konstruktionen mit hoher Bandbreite, geringer Streuinduktivität und optimierter Impedanzanpassung eine schnelle und verzerrungsarme Signalübertragung auch über lange Kabelstrecken.

Transformatorprodukte von Würth Elektronik

Würth Elektronik bietet ein breites Sortiment an Transformatoren für die Leistungs- und Signaltrennung an. Hierzu gehören etwa die folgenden Produkte:

- **WE-AGDT-Gate-Treiber-Transformatoren:** Diese Transformatoren wurden speziell zum schnellen Schalten von MOSFETs und SiC/GaN-Bauelementen entwickelt. Sie liefern dank ihrer sehr niedrigen parasitären Kapazität, der geringen Streuinduktivität und der hohen Isolationsspannung die erforderliche isolierte Stromversorgung für Gate-Treiber-ICs.
- **WE-FB-Sperrwandlerübertrager:** Diese Transformatoren sind für isolierte DC/DC-Wandler und netzunabhängige Wechselstrom-/Gleichstrom-Netzteile optimiert und zeichnen sich durch hohen Wirkungsgrad, geringe Kernverluste und eine robuste Isolationsleistung aus.
- **WE-LPLN-Planarübertrager:** Diese Transformatoren wurden für Anwendungen mit hoher Leistungsdichte entwickelt und bieten Flachdrahtwicklungen mit niedrigem DCR sowie Isolationsspannungen bis 2.250 V_{DC}.
- **WE-GDTI-Gate-Treiber-Transformatoren:** Diese Transformatoren wurden für schnelle MOSFET- und IGBT-Schaltvorgänge entwickelt und zeichnen sich durch eine schnelle Signalübertragung, eine geringe Streuinduktivität und eine hohe Isolationsspannung aus.
- **WE-PPTI-Gegentaktwandler:** Entwickelt für Push-Pull-Schaltungen mit kleiner Leistung, deren Spannungs- und Leistungspegel für die meisten industriellen Anwendungen mit geringem Stromverbrauch geeignet sind. Beispiele sind isolierte Stromversorgungen für die serielle Kommunikation (RS-232, RS-485, CAN), E/A-Module für SPS und vieles mehr.
- **WE-UOST-Sperrwandlerübertrager:** Optimiert für isolierte, netzunabhängige Gleichstrom-/Wechselstrom-Netzteile, bieten diese Transformatoren einen hohen Wirkungsgrad, geringe Verluste und eine robuste Isolationsleistung sowie eine verstärkte Isolierung mit einer dielektrischen Spannungsfestigkeit von bis zu 4.200 V_{AC}.

8. TRENNKONDENSATOREN

Auch ein Kondensator kann eine galvanische Isolierung herstellen, indem er die Übertragung von Wechselstrom- oder Transientensignalen zwischen zwei Schaltkreisen ermöglicht, Gleichstromsignale jedoch sperrt. Dies gelingt, weil ein Kondensator aus zwei leitfähigen Platten besteht, die durch ein Isoliermaterial, das sogenannte Dielektrikum, voneinander getrennt sind (Abbildung 13, Details 1 und 2). Wenn an den Kondensator eine Wechselspannung angelegt wird, kann der Wechselstrom aufgrund des sich ändernden elektrischen Feldes fließen, während das Dielektrikum eine direkte elektrische Verbindung zwischen den beiden Seiten unterbindet. Dadurch wird sichergestellt, dass kein direkter Strompfad besteht, wodurch eine galvanische Isolierung erzielt wird. Diese Eigenschaft ist besonders nützlich in Anwendungen, in denen Gleichstrom-Massekreisläufe verhindert oder verschiedene Teile eines Stromkreises aus Sicherheits- oder Funktionsgründen voneinander getrennt werden müssen.

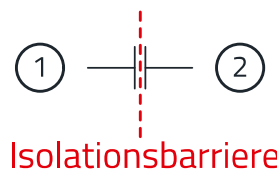


Abbildung 13: Trennkondensator.

Ebenso werden Kondensatoren in isolierten Systemen eingesetzt, da sie von Schaltkreisen erzeugte hochfrequente Störsignale umleiten und dämpfen können. Durch strategisches Platzieren von Kondensatoren in einer Isolationsbarriere zwischen Masse-zu-Masse (GND-GND) oder V_{DD}-zu-V_{DD} können Entwickler:innen leitungsgebundene und Störabstrahlungen reduzieren und so Konformität mit EMV-Vorschriften wie CISPR 32 und IEC 61000-6-3 gewährleisten.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

8.1 Typische Anwendungsfälle für Kondensatoren

Überwinden von Isolationsbarrieren

Kondensatoren werden häufig eingesetzt, um GND-GND- oder V_{DD} - V_{DD} -Verbindungen durch eine Isolationsbarriere hindurch herzustellen und so Spannungspotenziale zu stabilisieren und Störkopplungen zu verringern. In isolierten DC/DC-Wandlern und Schaltnetzteilen werden Kondensatoren strategisch zwischen isolierten Masseflächen angeordnet, um einen Rückleitungs Pfad für hochfrequente Störströme zu bilden, damit Schalttransienten die Systemleistung nicht beeinträchtigen.

EMV-Filterung

In isolierten Netzteilen leisten Kondensatoren einen Beitrag zur Unterdrückung von leitungsgebundenen Störungen und Störabstrahlungen, um die Einhaltung von EMV-Normen wie CISPR 32, FCC Part 15 und IEC 61000-6-4 zu gewährleisten. Durch die Integration von Y-Kondensatoren und X-Kondensatoren in Eingangs- und Ausgangsfilterkreise können Entwickler:innen Störungen im Gleichtakt- wie auch im Gegentaktmodus minimieren und die allgemeine Stabilität des Stromversorgungssystems verbessern (vgl. Abbildung 14).

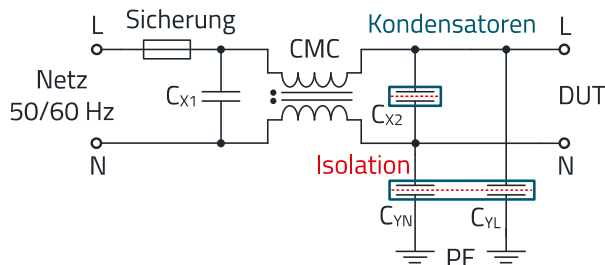


Abbildung 14: X- und Y-Kondensatoren.

8.2 Kondensatorprodukte von Würth Elektronik

Würth Elektronik bietet ein umfassendes Sortiment an Kondensatoren für Anwendungen in den Bereichen EMV-Unterdrückung, Störungsfilterung und Isolierung. Hierzu gehören etwa die folgenden Produkte:

- **WCAP-FTX2-Folienkondensatoren:** Diese X2-Kondensatoren bieten Störunterdrückung und EMV-Filterung in Wechselstrom-Netzanwendungen und erfüllen die Sicherheitsnormen ENEC 10, cULus und CQC.
- **WCAP-CSSA-Keramikkondensatoren:** Diese X1/Y2- und X2-Sicherheitskondensatoren ermöglichen eine wirksame Störungsunterdrückung und EMV-Filterung in Wechselstromleitungen und zeichnen sich durch eine stabile Kapazität sowie robuste keramische Dielektrika (NPO, X7R) aus.
- Künftige **WCAP-FTY2-Folienkondensatoren.** Können in Wechselstromnetzen mit Spannungen bis 310 V_{AC} eingesetzt werden, um die einzelnen Phasen mit Masse zu verbinden und Gleichtaktstörungen zu entfernen.

9. EINSATZMÖGLICHKEITEN DER VERSCHIEDENEN ISOLATIONSMETHODEN

9.1 Optokoppler: Hochspannungsisolation bei niedriger Übertragungsrate – SICHERHEIT

Optokoppler eignen sich vor allem für die Isolierung digitaler und analoger Signale mit niedriger Übertragungsrate in Anwendungen wie industriellen Steuerungssystemen, Schnittstellen für Mikrocontroller und medizinischen Geräten.

- **Anwendungsbeispiele:** Isolierte UARTs, Isolierung von digitalen Ein- und Ausgängen bei niedriger Übertragungsrate und analoge Signalübertragung.
- **Vorteile:** Hohe Isolationsspannung (bis 10 kV), einfache Schaltungsintegration und niedrige Kosten.
- **Einschränkungen:** Beschränkte Bandbreite (< 1 Mbit/s bei Standardmodellen), Alterungseffekte der LEDs und höherer Stromverbrauch im Vergleich zu Digitalisolatoren.

Wo werden Kondensatoren eingesetzt?			
✓	✓	✓	✓

Tabelle 7: Anwendungsbeispiele für Kondensatoren.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

9.2 Digitalisolatoren:

Hochgeschwindigkeitskommunikation in kompakten Bauformen – SICHERHEIT

Digitalisolatoren sind ideal für den Einsatz in der modernen industriellen Automatisierung, der Datenkommunikation mit hohen Übertragungsraten sowie in sicherheitskritischen Anwendungen.

- **Anwendungsbeispiele:** Isolierte SPI-, I²C-, CANbus- und RS-485-Transceiver für Systeme in der Automobil-, Medizin- und Industrieautomationstechnik.
- **Vorteile:** Hohe Übertragungsraten (> 100 Mbit/s), niedrigere Leistungsaufnahme und langfristige Zuverlässigkeit ohne Qualitätsverlust bei den LEDs.
- **Einschränkungen:** Geringere Isolationsnennspannungen als Optokoppler, Anfälligkeit gegenüber Gleichtaktstörungen und in manchen Fällen höhere Kosten.

9.3 Isolierte Powermodule: Vereinfachte Lösungen zur Stromisolierung – KEINE SICHERHEIT

Isolierte Powermodule kombinieren DC-DC-Wandlung und Isolierung im selben Gehäuse und eignen sich besonders für eine schnelle Projektimplementierung.

- **Anwendungsbeispiele:** Anwendungen, die eine optimierte Implementierung der Stromumwandlung und -isolierung erfordern, beispielsweise die Stromisolierung von Mikrocontrollern und Kommunikation.
- **Vorteile:** Plug-and-Play-Lösung, hoher Wirkungsgrad (85 – 95 %) und Konformität mit Sicherheitsnormen für verstärkte Isolierung.
- **Einschränkungen:** Feste Nennspannungen und -ströme schränken ggf. die Flexibilität ein. Auch sind die Kosten höher als bei diskreten, transformatorbasierten Lösungen.

9.4 Transformatoren: Hochleistungs- und Hochspannungsisolierung – SICHERHEIT

Transformatoren ermöglichen sowohl die Strom- als auch die Signalisolierung. Daher eignen sie sich besonders gut für Schaltnetzteile und industrielle Motorantriebe.

- **Anwendungsbeispiele:** Gate-Treiber-Transformatoren, Flyback-Wandler, Hochspannungs-Wechselrichter und Energiespeichersysteme.
- **Vorteile:** Bewältigt hohe Stromstärken, bietet verstärkte Isolierung und unterstützt die Stromumwandlung mit mehreren Ausgangsspannungen.
- **Einschränkungen:** Sperriger als Isolatoren auf Halbleiterbasis, erfordern ein sorgfältiges EMV-Management, weisen ein frequenzabhängiges Verhalten auf.

9.5 Kondensatoren: EMV-Minderung und Störunterdrückung – SICHERHEIT

Kondensatoren sorgen für eine Gleichstromisolierung, lassen jedoch – abhängig von ihrer Kapazität und der Betriebsfrequenz – Wechselstromsignale passieren. Daher werden sie häufig eingesetzt, um das EMV-Verhalten zu verbessern, leitungsgebundene und abgestrahlte Störgrößen zu reduzieren und Spannungsreferenzen in isolierten Systemen zu stabilisieren.

- **Anwendungsbeispiele:** Überbrückung von Masseflächen in isolierten Schaltungen, Störunterdrückung in Netzteilen und Wechselstromfilterung in isolierten DC/DC-Wandlern.
- **Vorteile:** Kompakt und kostengünstig, verbessert die Gesamtstabilität des Systems.
- **Einschränkungen:** Können eine galvanische Isolierung herstellen, erfordern jedoch eine sorgfältige Auswahl, um Probleme mit Leckströmen in Hochspannungssystemen zu vermeiden.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

10. FAZIT

Die galvanische Isolierung ist eine grundlegende Anforderung moderner Strom- und Signalverarbeitungsanwendungen. Allerdings kann die Auswahl der richtigen Isoliertechnologie sich mitunter schwierig gestalten. Entwickler:innen stehen in Bezug auf die Isolierung verschiedene Ansätze zur Verfügung, die jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile aufweisen. Die Entscheidung für eine bestimmte Technologie hängt von anwendungsspezifischen Faktoren wie den Anforderungen an die Spannungsisolierung, der Signalbandbreite, der Energieeffizienz, den räumlichen Gegebenheiten und Kostenaspekten ab.

Um eine optimale Systemleistung zu gewährleisten, müssen Entwickler:innen bei der Kompromissfindung sorgfältig abwägen. Ein umfassendes Verständnis der Auswahlkriterien – von der Isolationsspannung über die Geschwindigkeit bis hin zu Leistungsaufnahme und räumlichen Einschränkungen – ist für die Wahl der geeignetsten Lösung unerlässlich. Auch wenn ersichtlich ist, dass die Isolierung in vielen Anwendungsbereichen eine entscheidende Rolle spielt, erfordert die Wahl der richtigen Methode eine Abwägung dieser technischen Anforderungen gegenüber den Designzielen.

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

A. ANHANG

A.1 Literatur

- [1] Grundlagen zu Fototransistor-Optokopplern: <https://www.wonline.com/de/support/wissen/application-notes?d=ano007-understanding-optocouplers-de>
- [2] Lebensdauer von Optokopplern: <https://www.wonline.com/de/support/wissen/application-notes?d=ano006-lebensdauer-von-optokopplern>
- [3] Kompensation der Rückkopplungsschleife eines stromgesteuerten Sperrwandlers mit Optokoppler: <https://www.wonline.com/de/support/wissen/application-notes?d=anp-113-feedback-loop-compensation>
- [4] ANS020 | Digitale Isolatoren: https://www.wonline.com/components/media/o823102v410%20ANS020a_DE.pdf
- [5] ANS021 | Sicherheit ohne Beeinträchtigung der Datenintegrität: Kritische Eigenschaften digitaler Isolatoren: https://www.wonline.com/components/media/o827499v410%20ANS021_DE.pdf
- [6] ANS019 | Bipolare Spannungsversorgung und isolierte Signalübertragung mit Mag³C-FIMM: <https://www.wonline.com/components/media/o742199v410%20ANS019a%20DE.pdf>
- [7] ANS022 | Brückenkondensator für isolierte Power Module, die ganze Wahrheit, keine Mythen: https://www.wonline.com/components/media/o856431v410%20ANS022a_Brueckenkondensator%20fuer%20isolierte%20Power%20Module_DE.pdf
- [8] ABC der Power Module: Funktionsweise, Aufbau und Handling eines Power Moduls: https://www.wonline.com/de/components/products/ABC_OF_POWER_MODULES_GERMAN
- [9] ANP113 | Kompensation der Rückkopplungsschleife eines stromgesteuerten Sperrwandlers mit Optokoppler: <https://www.wonline.com/components/media/o760911v410%20ANP113a%20DE.pdf>
- [10] ANP015 | Netzfilter im Schaltnetzteil: https://www.wonline.com/components/media/o108996v410%20ANP015d_DE.pdf
- [11] ANP109 | Impedance Spectra of Different Capacitor Technologies: <https://www.wonline.com/components/media/o720421v410%20ANP109b%20EN.pdf>
- [12] ABC der Kondensatoren. Grundlagen, Kenngrößen und Kondensatortypen: https://www.wonline.com/de/components/products/ABC_OF_CAPACITORS_DE

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden

hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfälle ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes
www.we-online.com/apnotes



REDEXPERT Design Platform
www.we-online.com/redexpert



Toolbox
www.we-online.com/toolbox



Produkt Katalog
www.we-online.com/products

KONTAKT INFORMATION



apnotes@we-online.com
Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 1 74638 Waldenburg Germany
www.we-online.com

APPLICATION NOTE

ANP151 | Galvanische Isolierung im Griff: Sicherheit in der Hochleistungselektronik mit Produkten von Würth Elektronik

REVISIONSHISTORIE

Dokument Version	Veröffentlichungsdatum	Änderungen
ANP151a	2026/03/26	Ursprüngliche Version der Application Note

Hinweis: Die aktuelle Version des Dokuments und das Veröffentlichungsdatum sind in der Fußzeile jeder Seite dieses Dokuments angegeben.