

elektronik industrie

WAS ENTWICKLER WISSEN MÜSSEN

TRENDTHEMEN

EMV-Tests für Raumfahrttechnik: Störfestigkeit kritischer Bordelektronik sicherstellen.

Seite 44

MESSTECHNIK

Dehnungsmessstreifen zur exakten Krafterfassung im Einsatz in der Antriebstechnik.

Seite 50

HV-Leistungsmodulare für 48-V-Netze

Für den Wechsel von 12-V-Systemen auf 48-V-Netze: Bidirektionale HV-Leistungsmodulare von Vicor Seite 12

BLICKPUNKT SCHWEIZ

Aktuelle Technologietrends, Wirtschaftszahlen und neue Produkte aus der Alpenrepublik.

Ab Seite 54



A high-angle, wide shot of a modern industrial facility, likely a warehouse or factory floor. The structure is composed of a complex network of grey metal beams and scaffolding. A prominent feature is a series of yellow metal railings that form a walkway or staircase. A red banner with white text and icons is attached to the structure. The text on the banner reads "Auf Tempo ausgelegt". Below the banner, a person in a red shirt and blue jeans is walking across a concrete floor. In the background, there are various pieces of industrial equipment, including what appears to be a conveyor belt system with orange rollers.

Auf Tempo ausgelegt

Das Ziel unserer hochmodernen
Einrichtung ist die schnellstmögliche
Lieferung der von Ihnen benötigten
Komponenten.

**Entdecken Sie Millionen von
Komponenten unter [digikey.de](https://www.digikey.de) oder
rufen Sie uns an: (+49) 30 915 884 91**

DigiKey

we get technical

DigiKey ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. DigiKey und Digi-Key Electronics sind eingetragene Marken von DigiKey Electronics in den USA und anderen Ländern. © 2025 DigiKey Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ECIA MEMBER
Supporting The Automation Climate

Trends in der Sensorik

Passend zur Rubrik „Mess- und Sensortechnik“, die in dieser elektronik industrie vertreten ist, hat am 20. März der AMA-Verband für Sensorik und Messtechnik und der VDI seine Studie „Sensor Trends 2030“ veröffentlicht. Diese wurde von 69 Autoren aus Forschung und Industrie über fünf Jahre hinweg erarbeitet und zeigt die zentralen Entwicklungen und Herausforderungen der Sensorik auf.

Manche Trends der letzten Jahre setzten sich weiter fort. So messen Sensoren immer genauer und die Messungenauigkeit sinkt. Auch die Miniaturisierung bleibt im Trend, allerdings erreichen wir hier zunehmend die Grenzen, die durch Wirtschaftlichkeit und physikalische Gesetze gegeben sind. Wie zu erwarten gehören auch Nachhaltigkeit und KI zu den aktuellen Trends in der Sensorik.

Insgesamt steigt durch den Wandel zu einer digitalen Informationsgesellschaft die Nachfrage nach Informationen, und damit nach Sensoren, die diese Informationen liefern, exponentiell. Allerdings liefern Sensoren hierfür zunehmend relevante Entscheidungsgrundlagen statt reiner Messwerte: Sie sollen helfen, Entscheidung auf Datenbasis zu fällen und nicht nur physikalische oder chemische Größen bestimmen. Außerdem fragen Nutzer zunehmend nach Sensorsystemen, die sie direkt einsetzen können, und weniger nach dem optimierten Messwandlern.

Der Bedarf an Sensoren ist also ungebrochen hoch und er steigt weiter an, je mehr wir uns hin zu einer smarten, digitalisierten Gesellschaft entwickeln. Das zeigt sich auch in der Innovationsbereitschaft der Sensorik-Branche: Bei einer jährlichen Wachstumsrate von 6,3 Prozent beim Umsatz, investiert die Branche 11 Prozent ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung. Trotzdem sollten wir uns in Europa ranhalten, denn der



Sabine Synkule,
ELEKTRONIK INDUSTRIE

technologische Fortschritt in Asien überholt unsere Innovationskraft zunehmend.

Die Ergebnisse der Studie bestätigen eine Aussage, die ein befreundeter Professor der Elektrotechnik vor Kurzem machte: „Wir befinden uns aktuell in einem Zeitalter der Sensorik“. Denn Sensoren sind aktuell so gut wie überall zu finden und aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken.

Darüber dachte ich auf der Rückfahrt im Zug vom AMA-Fachpresstetag nach. Danach schloss ich mit dem Berührungs-Sensor ein Dokument auf meinem Smartphone, legte meine Bluetooth-Ohrenstöpsel in das Case, wo sie sich mittels Hallensensor automatisch abschalteten, und stellte mich in den Gang, um zu warten, bis der Zug anhielt. Als ich gerade aussteigen wollte, wurde ich von der automatischen Schiebetür eingeklemmt. Ich blieb Gott sei Dank unverletzt, aber auch hier hätte ein Sensor geholfen!

IHR KONTAKT ZUR REDAKTION
sabine.synkule@huethig-medien.de
Tel.: +49 8191 125 403

Strangkühlkörper

- umfangreiches Standardprogramm
- zeitoptimierte, automatische Lagerhaltung für kürzere Lieferzeiten
- kundenspezifische Fräsbearbeitungen
- losgrößenoptimierte Fertigung
- diverse Oberflächenausführungen
- Sonderprofile nach Ihren Vorgaben



Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de/sk

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

Nottebohmstraße 28
58511 Lüdenscheid
DEUTSCHLAND
Telefon +49 2351 435-0
Telefax +49 2351 45754
service@fischerelektronik.de



INHALT 05/2025



HV-Leistungsmodule für 48-V-Netze

48-V-Netze ersetzen zunehmend 12-V-Systeme im Auto. Dies wird angetrieben durch höhere Leistungsanforderungen, Gewichts- und Kosteneinsparungen sowie Sicherheitsaspekte. Seite 12

EMV-Test für Raumfahrttechnik

Elektromagnetische Störungen stellen eine ernstzunehmende Gefahr für Raumfahrtsysteme dar. EMV-Prüfungen sind daher unerlässlich, um die Störfestigkeit kritischer Bordelektronik sicherzustellen. Seite 44

Märkte + Technologien

News und Meldungen 06

Coverstory

Die Zukunft braucht 48 V
HV-Leistungsmodule für den Übergang zu 48-V-Versorgungsnetzen 12

Power

Signalrelais für komplexe Schaltaufgaben
Elektromechanische Relais sicher auswählen und nutzen 18

Vergussmassen schlagen Gehäuse im Härtestest
High-Performance-Vergussmassen für Automobilelektronik 22

Für ein ungestörtes Umfeld
Elektromagnetische Phänomene: Prüfverfahren und Schutzmaßnahmen 26

Die Sprache des Rauschens
Design von Stromversorgungssystemen und EMI 30

Für eine bessere Leistungsfähigkeit
Gesamt-Streuinduktivität einer TLVR-Schaltung messen 34

Aktuelle Trendthemen

Neue Maßstäbe in der Silizium-Photonik
Photonik: Das Rennen um die perfekte III-V-Laser-Integration 38

Störsicherheit für kritische Systeme gewährleisten
EMV-Tests für Raumfahrttechnik 42

Bluetooth Low Energy erobert jede Branche
Warum BLE-Technik heute unverzichtbar geworden ist 44

Mess- und Sensortechnik

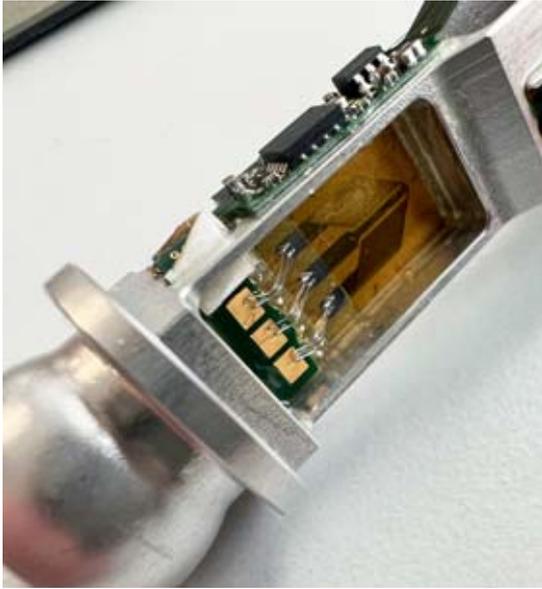
Leistungshalbleiter treffen auf Strom-Shunt-Messlösung
Präzise Messung schnell schaltender Signale 46

Exakte, wiederholgenaue Krafterfassung durch DMS-Sensorik
Kräftemessen für die Antriebstechnik 50

LightCube zur Absicherung in der Außenlicht-Elektronik
Testen komplexer Leuchten-Systeme 52



Titelseite gesponsert von Vicor Bild: Vicor



Kräfte messen für die Antriebstechnik

Mit steigender Bedeutung elektrischer Antriebe rückt die kraftbasierte Sensorik in den Fokus. Dehnungsmessstreifen zur exakten Kräfte erfassung funktionieren dabei auch unter rauen Bedingungen. Seite 50

Schweiz-Special

Was treibt die Elektronik-Entwicklung in der Schweiz in 2025 um?

Produktentwicklung in Zeiten von KI und Quantencomputern 54

Rubriken

Editorial

Trends in der Sensorik 03

Hidden Champion

Power-Management-IC 16

Neue Produkte 62

Verzeichnisse / Impressum 65

Forschung + Entwicklung

Verbesserte elektronische Haut mit Magnetsinn 66



**WÜRTH
ELEKTRONIK**
MORE THAN
YOU EXPECT

**WE meet @
PCIM Europe**
Halle 6 - 342

**YOUR
CONNECTION
TO US: MYWE**

Mit MyWE haben Sie rund um die Uhr, 7 Tage die Woche, alle Prozesse im Blick. Greifen Sie schnell und einfach auf alle relevanten Produktdaten zu, versenden Sie Anfragen und geben Sie Bestellungen auf. Dank des klaren Designs und Ihres anpassbaren Dashboards erreichen Sie Ihr Ziel mit nur wenigen Klicks.

Die Sendungsverfolgung für alle gängigen Spediteure zeigt Ihnen, wann Ihre Lieferungen ankommen. So sind Sie immer auf dem neuesten Stand.

Jetzt registrieren: www.we-online.com/mywe

Highlights

- Sendungsverfolgung aller gängigen Spediteure
- Übersicht über alle Anfragen, Angebote und Bestellungen
- Umfangreiche Informationen zu Produkten
- Lagerbestände in Echtzeit
- Wissenspanel mit interessanten Inhalten und Services

#mywe



Bild: imec

Chiplets für Automotive-Anwendungen

Das imec kommt nach Deutschland

Das imec eröffnet in Heilbronn ein Kompetenzzentrum für Chiplet-Technologie. Mit Automotive-Fokus und KI entsteht ein Knotenpunkt, der Europas digitale Souveränität im Halbleitersektor stärken soll.

Imec, ein weltweit führendes Forschungs- und Innovationszentrum für Nanoelektronik und digitale Technologien, und die baden-württembergische Landesregierung haben auf der Hannover Messe den Start des Advanced Chip Design Accelerator (ACDA) bekannt gegeben. Das neue Kompetenzzentrum wird im Rahmen des Automotive Chiplet Program (ACP) aktuelle Chip-, Packaging-, Systemintegrations-, Sensing- und (Edge-)AI-Technologie entwickeln (im Bild: Luc Van den hove, Präsident und CEO des imec, und Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus des Landes Baden-Württemberg). Indem das neue Kompetenzzentrum das bestehende F&E-Angebot von imec im Bereich Automotive ergänzt, kann es die lokale und internationale Automobilindustrie besser dabei unterstützen, die Einführung von Automotive Chiplets in die Fertigung zu beschleunigen.

Die Ministerpräsidenten von Baden-Württemberg und Flandern haben bereits im vergangenen Jahr ein MoU zur Intensivierung der Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Mikroelektronik unterzeichnet.

Der Advanced Chip Design Accelerator ist Teil einer Chip-Design-Strategie des Landes Baden-Württemberg. Das Projekt ist eingebettet in die Strategie der Europäischen Kommission zur Stärkung der digitalen

Souveränität Europas. Das Kompetenzzentrum wird vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg mit 40 Millionen Euro gefördert, zunächst für einen Zeitraum von fünf Jahren. Es wird im Innovationspark Künstliche Intelligenz (IPAI) in Heilbronn angesiedelt sein.

Das Ziel des neuen Zentrums ist eine Antwort auf den sich abzeichnenden Wechsel von traditionellen Chiptechnologien hin zu Chiplet-basierten Rechenarchitekturen in der Automobilindustrie, einer Technologie, die sich besser eignet, um anspruchsvolle Funktionen wie autonomes Fahren und ein verbessertes Fahrerlebnis in der Kabine zu ermöglichen.

Chiplets sind modulare Chips, die für die Ausführung spezieller Funktionen entwickelt wurden und eine schnelle Anpassung und Aufrüstung ermöglichen, während sie gleichzeitig den Stromverbrauch, die Entwicklungszeit und die Kosten senken. Das Projekt entspricht auch dem strategischen Ziel der Europäischen Kommission, die europäische Allianz für vernetzte und autonome Fahrzeuge ins Leben zu rufen. Darüber hinaus wird das Land Baden-Württemberg das Chip-Ökosystem mit weiteren 5 Millionen Euro für ein Netzwerkbüro und die Förderung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit zu Chiplets unter der Leitung der Fraunhofer-Gesellschaft unterstützen.

Foundries.io: Neue Preise

Foundries.io, eine Tochtergesellschaft des Qualcomm Innovation Center, kündigt ein neues, gestaffeltes Preismodell an, das die Kosten des FoundriesFactory-Service für OEMs in der Entwicklungsphase neuer Edge-KI oder Linux-OS-basierender Produkte reduziert und Herstellern großer Stückzahlen von Embedded-Produkten einen Mehrwert bietet. Das neue Preismodell ersetzt ab sofort das jährliche Festpreis-Abonnement für alle Neukunden. Unter dem gestaffelten Preismodell zahlen Kunden in der Produktentwicklungsphase eigener Hardware eine monatliche Abo-Gebühr für die Professional Edition. Die Hardwareentwicklungen der OEMs können auf einer Reihe von SoCs unterstützter Hersteller aufbauen. Dazu gehören aktuell Intel, TI, NXP und Qualcomm. Start-ups, die noch keinen Gewinn machen, können die Leistungen zu Beginn der Produktentwicklung zu niedrigeren Preisen in Anspruch nehmen. Eine kostenlose Community Edition mit einer eingeschränkten Auswahl an Entwicklungs- und Sicherheitsfunktionen macht die Leistungen der Maker Community zugänglich.

Neues Festplattenlabor

Toshiba Electronics Europe eröffnet mit dem HDD Innovation Lab ein neues Festplattenlabor am Standort in Düsseldorf und erweitert damit die HDD-Evaluierungskapazitäten. Kunden und Partner aus Europa und dem Nahen Osten können hier die optimalen Festplattenkonfigurationen für spezifische Anwendungen herausfinden. Der Fokus liegt auf der Bewertung von HDD-Setups für größere IT-Systeme wie beispielsweise Storage Area Networks (SAN), Network Attached Storage (NAS), Überwachungssysteme oder Cloud Storage. Das Labor ist für die Evaluierung von Festplatten sowie kundenspezifischen Speicherarchitekturen konzipiert. Es stellt eine Plattform für Proof-of-Concept-Aktivitäten und die Konfiguration von Speicher-Setups bereit.



Bild: Toshiba



Lacon

Electronics with your name

Was ist ODM?

Elektronik mit Ihrem Namen.
Vom Individualdesign bis zur Industrialisierung.

ODM ist Ihr komplettes Elektronik-
unternehmen, einen Anruf weit entfernt.
Lacon bietet Ihnen sämtliche EMS-
Leistungen und produziert Ihre Idee:

- Design & Engineering
- Geräte- und Systembau
- Embedded & IoT
- Connectivity Solutions

Original Design Manufacturing

lacon.de



Projekt starten.

+49 8131 591-0

Bild: COGD



Mehr Risikobewusstsein in der Elektronikindustrie gefordert

COGD sieht Obsoleszenz-Risiko

Die COGD sieht in der Obsoleszenz ein systemisches Risiko für die Elektronikindustrie – und fordert strategische Antworten auf allen Ebenen.

Die Component Obsolescence Group Deutschland (COGD, im Bild v.l.: Sven Sander (Schaeffler Automotive Buehl), stellvertretender Vorstandsvorsitzender Martin Steinleitner (Sylliom), Janine Keller (OneSubsea), Vorstandsvorsitzender Axel Wagner (Asteelflash), Dieter Paatsch (Festo), Stefanie Kölbl (TQ Group), Frank Mütznert (Plastic Omnium Lighting Systems) und Oliver Hoffmann (General Manager EMEA Z2Data)) warnt vor einer zunehmenden Verschärfung der Obsoleszenzproblematik in der Industrie.

Hintergrund sind anhaltende geopolitische Spannungen, fragile Lieferketten und ein wachsender Druck auf europäische Produktionsstandorte. Das neu gewählte Vorstandsgremium des Obsoleszenz-Verbands sieht insbesondere bei langlebigen Wirtschaftsgütern Handlungsbedarf – sowohl auf strategischer als auch operativer Ebene. Anlässlich des ersten Quartalsmeetings 2025 hat der gemeinnützige Verein sein Vorstandsteam turnusgemäß neu aufgestellt. Gemeinsam plädiert das Gremium für einen Paradigmenwechsel im Umgang mit Auslaufprodukten und schwer beschaffbaren Komponenten.

„Obsoleszenz ist kein Randthema mehr, sondern ein strategischer Risikofaktor“, betont Axel Wagner. Zwar habe der COGD in den letzten zwanzig Jahren zahlreiche

Initiativen ins Leben gerufen – etwa zur Standardisierung von Obsoleszenzmeldungen (smartPCN), zur Kooperation mit Behörden und Kanzleien oder zum Abbau bürokratischer Hürden in der Elektronikbranche. Doch trotz dieser Fortschritte fehle es in vielen Unternehmen nach wie vor an proaktiven Maßnahmen.

Wagners Appell: Obsoleszenz-Management dürfe nicht isoliert betrachtet werden. Entscheidend sei vielmehr eine ganzheitliche Risikobetrachtung der gesamten Supply Chain – von der Entwicklung über die Beschaffung bis in die Instandhaltung. Unternehmen müssten lernen, Risiken frühzeitig zu antizipieren und ihre Liefernetzwerke resilienter aufzustellen.

Mit inzwischen rund 175 Mitgliedsunternehmen bietet der COGD ein breites Spektrum an Informations- und Austauschformaten: Neben den vierteljährlichen Mitgliederversammlungen mit Expertenvorträgen und Arbeitsgruppen gehören dazu auch Workshops, Kooperationsprojekte und internationale Netzwerkaktivitäten – etwa im Rahmen des International Institute of Obsolescence Management (IIOM). Im Industrie-Interessenverband COGD e.V. beschäftigen sich Gleichgesinnte mit dem Thema Obsolescence Management. Ziel ist es, die Folgen der Nichtverfügbarkeit von Komponenten in Produkten zu minimieren.

E2W-Ökosystem von Microchip

Der Markt für elektrische Zweiräder wächst rasant und stellt Hersteller vor neue Herausforderungen in den Bereichen Energieeffizienz, Sicherheit und Systemintegration. Um die Entwicklung zu erleichtern und zu beschleunigen, hat Microchip Technology das Electric-Two-Wheeler-(E2W)-Ökosystem vorgestellt – eine skalierbare, vorvalidierte Plattform für die Entwicklung von E-Scootern und E-Bikes. Das neue Ökosystem kombiniert fahrzeugaugliche Bauelemente mit modularen Referenzdesigns und bietet eine anpassbare Lösung für unterschiedlichste Leistungsstufen und Funktionen. Entwickler profitieren von Designdateien, Schaltplänen und globalem technischen Support, um ihre Produkte schnell zur Marktreife zu bringen. Zentrale Bestandteile des Ökosystems sind die optimierte Batterienutzung, flexible Ladelösungen, leistungsstarke Traktionsmotorsteuerungen, intelligente Fahrzeugsteuerung und Konnektivität, Display- und Touch-Technologie sowie Cloud-fähige Ferndiagnose, die Wartung und Flottenmanagement optimiert.

Neuer Geschäftsführer

Die dataTec Schweiz AG begrüßt mit Marco Pompa einen neuen Geschäftsführer, der bereits zum 1. März 2025 die Leitung des Unternehmens übernommen hat. Pompa übernimmt die Verantwortung in einer Zeit, in der sich das Unternehmen auf den weiteren Ausbau seiner Präsenz und die Erweiterung seines Portfolios konzentriert. „Wir sind seit mehr als 30 Jahren im Schweizer Markt als kompetenter Ansprechpartner für Mess- und Prüftechnik aktiv und etablieren uns nun mehr seit zwei Jahren zunehmend unter der Marke dataTec“, erklärt Marco Pompa. Seit 2023 gehört das Unternehmen zur europaweit agierenden dataTec Gruppe, die in Ländern wie zum Beispiel Deutschland, Österreich, Spanien, Schweden, Finnland und Estland aktiv ist.



Bild: data Tec

Imec und ZEISS bündeln Kräfte für Halbleitertechnologien

Das belgische Forschungszentrum imec und ZEISS Semiconductor Manufacturing Technology (SMT) setzen ihre erfolgreiche Zusammenarbeit in der Halbleiterforschung fort. Eine neue strategische Partnerschaftsvereinbarung verlängert die Kooperation der beiden Unternehmen um weitere zehn Jahre bis 2029. Ziel ist es, die weltweit modernste Forschungs- und Entwicklungsinfrastruktur für Halbleitertechnologien im Sub-2-nm-Bereich weiter auszubauen und die Wettbewerbsfähigkeit

Europas in diesem Schlüsselbereich zu stärken. Kern der Partnerschaft ist die Unterstützung der NanoIC-Pilotlinie von imec, einer Entwicklungsplattform, die den gesamten Halbleiterfertigungsprozess abbildet und eine zentrale Rolle für die Forschung an zukünftigen Chip-Generationen spielt. ZEISS bringt in diese Kooperation nicht nur technologische Expertise ein, sondern investiert gezielt in die Weiterentwicklung der Fertigungs-, Prozess- und Messtechnologien der Pilotlinie.



Bild: Zeiss / imec

59.260

Patentanmeldungen gingen 2024 laut Jahresstatistik beim Deutschen Patent- und Markenamt ein. *Quelle: DPMA*

Distributionsabkommen

Mouser Electronics hat sein Sortiment um die SEN6x-Luftqualitätsensoren von Sensirion ergänzt. Die kompakten Bauteile vereinen mehrere Messfunktionen und erfassen bis zu neun Umweltparameter – darunter Feinstaub (PM1, PM2.5, PM4, PM10), Temperatur, Luftfeuchtigkeit, VOCs, NOx, CO₂ und Formaldehyd. Sie eignen sich für Luftreinigung, Smart Homes und Gebäudeautomatisierung. Für den Automotive-Sektor ist nun der LED-Treiber LP5899-Q1 von TI bei Mouser erhältlich. Das SPI-kompatible Bauteil kommuniziert mit der LP589x-Q1-Familie und bietet Diagnosefunktionen für den zuverlässigen Betrieb von LED-Matrix-Anzeigen.

Farnell nimmt die Raspberry Pi-basierten Produkte und Lösungen der Eda Technology Company (Edatec) in das Sortiment auf und ergänzt damit ihr bestehendes Angebot im Segment Einplatinencomputer (SBCs).

TTI bietet ab sofort die Hochspannungsschütze der ECP-Serie von TE Connectivity an. Die Modelle ECP150B, ECP250B und ECP350B wurden speziell für Anwendungen wie Schnellladestationen, Batteriespeichersysteme und Solarwechselrichter entwickelt.

Alle Teile des Erfolgs

Maschinenstillstand – jetzt zählt jede Minute!

Vermeiden Sie ungeplanten Bedarf. Mit Conrad.

Fertigungsprozesse und damit auch die Maschinenwartung werden immer komplexer. Darüber hinaus können externe Faktoren zu kostenintensiven Produktionsstopps führen:



Elektrische Störungen

Ausfälle in der Stromversorgung, in Steuerungselementen oder aufgrund von Spannungsschwankungen.



Konstruktionsänderungen

Veränderte Kundenanforderungen erfordern kurzfristig den Einsatz neuer oder angepasster Bauteile.



Materialversagen

Versteckte Schäden oder plötzliche Spannungsrisse durch thermische oder mechanische Belastung.



Umweltbedingte Einflüsse

Unerwartete Hitze, Kälte oder Feuchtigkeit beeinträchtigen die Funktion von Maschinen und Materialien.

CONRAD



Funktionieren Ihre Prozesse, wenn es darauf ankommt? Passende Lösungen und eine Checkliste finden Sie unter conrad.de/ungeplanter-bedarf

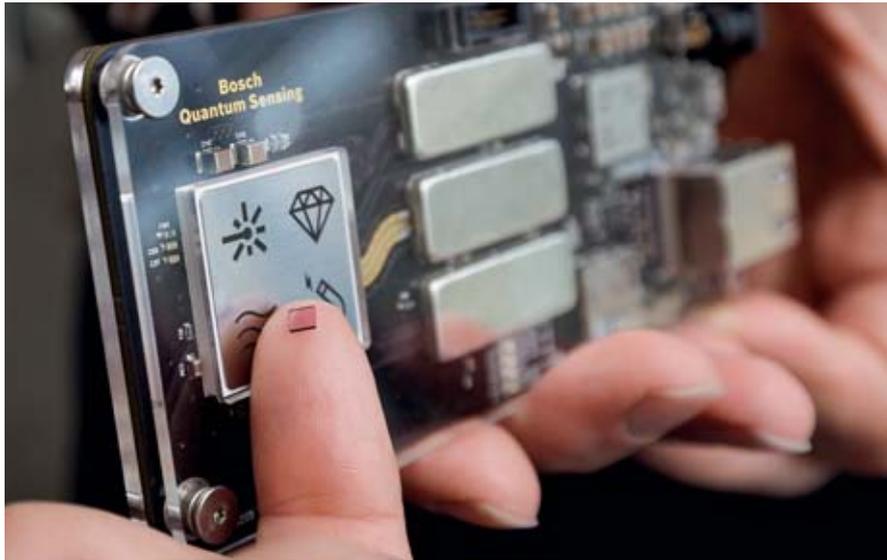


Bild: Bosch

Bosch und Element Six

Unternehmen für Quantensensorik

Bosch gründet mit dem Lösungsanbieter für synthetische Diamanten Element Six ein Unternehmen, das die Zukunftstechnologie Quantensensorik voranbringen soll.

Greifbar sind sie nicht, weder im wörtlichen noch im übertragenen Sinne. Dabei haben sie revolutionäres Potenzial und sind eine Schlüsseltechnologie der Zukunft. Die Rede ist von Quanten. Bosch forscht seit mehr als zehn Jahren in diesem Bereich und treibt die Kommerzialisierung von Quantensensoren entscheidend voran. Das Technologieunternehmen weitet seine seit 2023 bestehende Entwicklungszusammenarbeit mit Element Six, dem weltweit führenden Lösungsanbieter synthetischer Diamanten, deutlich aus und gründet das Gemeinschaftsunternehmen Bosch Quantum Sensing. Dieses geht aus dem bisherigen und gleichnamigen 2022 aufgebauten internen Bosch-Start-up hervor. Bosch Quantum Sensing mit Sitz in Ludwigsburg beschäftigt derzeit 30 Mitarbeitende. Federführend und operativ verantwortlich ist der Stuttgarter Technologiekonzern, Element Six hält künftig 25 Prozent der Anteile. Über weitere finanzielle Details wurde Stillschweigen vereinbart. Die Unternehmensgründung steht noch unter Vorbehalt behördlicher Genehmigungen. Bosch Quantum Sensing sieht vielfältige Einsatzgebiete für die neuartigen Quantensensoren, von der Exploration von Bodenschätzen über Flugzeugnavigation bis hin zur Medizintechnik. Das globale Marktpotenzial von Anwendungen für Medizin und Mobilität schätzt Bosch zur Mitte der kom-

menden Dekade auf einen mittleren einstelligen Milliardenbetrag jährlich. Schlüsselkomponente der Bosch-Quantensensoren sind synthetische Diamanten. Bosch treibt mit der Intensivierung seiner Element Six-Partnerschaft die Kommerzialisierung von Quantensensoren gezielt voran. „Quantensensorik ist eine Zukunftstechnologie mit großem Potenzial. Sie wird bahnbrechende Veränderungen in vielen Sektoren unserer Wirtschaft herbeiführen und das Leben der Menschen besser machen. Mit der Gründung des neuen Unternehmens unterstreichen wir die strategische Bedeutung dieser Technologie für Bosch“, sagt Stefan Hartung, Vorsitzender der Geschäftsführung der Robert Bosch GmbH. Aufgrund der besonderen Eigenschaften der speziellen, künstlich hergestellten Diamanten können Quantensensoren, die auf solchen Diamanten basieren, auch kleinste Magnetfelder messen. Damit können sie anspruchsvolle Marktanforderungen erfüllen und ermöglichen so echte Innovation. „Gemeinsam mit Element Six wollen wir Quantensensoren wirtschaftlich und industriell skalierbar machen. Somit schaffen wir die Grundlage für innovative Anwendungen, die neue Maßstäbe in Präzision und Effizienz setzen werden“, sagt Katrin Kobe, Geschäftsführerin von Bosch Quantum Sensing.

Cyberbedrohung Ransomware

Cyberkriminalität wird für deutsche Unternehmen zunehmend zur Existenzbedrohung: Laut dem aktuellen Report von Riedel Networks bleibt Ransomware der dominierende Angriffsvektor, während sich Cyberkriminelle weiter professionalisieren. Besonders betroffen sind der Finanzsektor, das Gesundheitswesen und die Industrie. Mit über 100 dokumentierten Sicherheitsvorfällen zeigt der Report, dass fast die Hälfte (47 Prozent) aller Angriffe auf Ransomware zurückzuführen ist – ein Anstieg gegenüber der ersten Jahreshälfte. Gleichzeitig nehmen staatlich gelenkte Cyberangriffe (23 Prozent) zu, insbesondere auf kritische Infrastrukturen und den öffentlichen Sektor. Ein weiteres Risiko stellt der verstärkte Einsatz von KI-gestützter Malware dar, die Angriffe noch raffinierter und schwerer abwehrbar macht. 42 Prozent der Angriffe stammen von Erpressergruppen, die wirtschaftliche Interessen verfolgen. Phishing und Social Engineering sind mit einem Anteil von zwölf Prozent nach wie vor ein großes Problem – menschliche Fehler bleiben eine der größten Schwachstellen.

Projekt AI.Auto-Immune

Forscher der TU Dresden, der HAW Hamburg, der Alpha Strike Labs und der Traversals Analytics und Intelligence wollen im mit 3,79 Millionen Euro unterstützten BMBF-Verbundprojekt „AI.Auto-Immune“ das Internet vor KI-Angriffen schützen. Die Partner werden an neuen Methoden arbeiten, um mithilfe von KI Kommunikationsdaten und Netzwerkflüsse auszuwerten und so Schwachstellen zu finden. Die Analyse der Netzwerkdienste hilft, frühzeitig Muster und sich entwickelnde Bedrohungen zu erkennen und die Sicherheitsmaßnahmen anzupassen. So können Gefahrenstellen automatisiert vorhergesagt und dafür Schutzempfehlungen abgegeben werden, indem die KI Lagebilder von Angriffspunkten für bestimmte Netzbereiche wie interne Firmennetze generiert.



Bild: iStockphoto - iStock.adobe.com

Ethernet: Infineon und Marvell

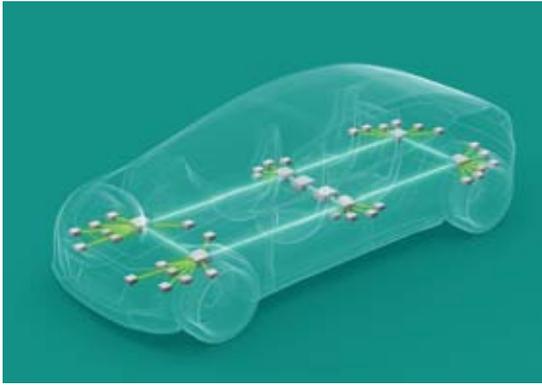


Bild: Infineon

Infineon Technologies stärkt die Systemkompetenz für softwaredefinierte Fahrzeuge mit der Übernahme des Automotive-Ethernet-Geschäfts von Marvell Technology. Damit ergänzt Infineon sein Mikrocontroller-Geschäft und baut es weiter aus. Infineon und Marvell haben einen Vertrag über die Transaktion zu einem Kaufpreis von 2,5 Milliarden US-Dollar in bar geschlossen. Die Übernahme unterliegt den erforderlichen behördlichen Genehmigungen. Ethernet ist eine Schlüsseltechnologie für Kommunikations- und Konnektivitätslösungen mit geringer Latenz und hoher Bandbreite, die für softwaredefinierte Fahrzeuge entscheidend ist. Darüber hinaus birgt sie großes Potenzial für angrenzende Anwendungsbereiche wie humanoide Roboter. Die geplante Investition wird die bereits feste Verankerung in den USA weiter verstärken, einschließlich umfangreicher Aktivitäten im Bereich Forschung und Entwicklung.

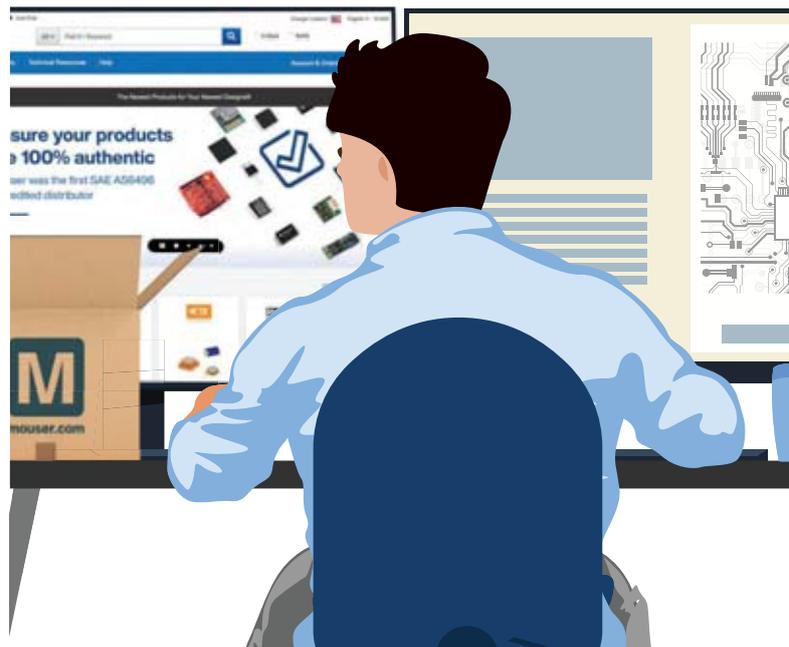
Marvells Brightlane-Automotive-Ethernet-Portfolio an PHY-Transceivern, Switches und Bridges unterstützt Datenübertragungsraten von den heutigen 100 Mbps bis zu 10 Gbps). Außerdem unterstützt es die für die heutigen und zukünftigen Fahrzeugnetzwerke erforderlichen Sicherheitsfunktionen.

Ethernet-Konnektivitätslösungen sind für softwaredefinierte Fahrzeuge von entscheidender Bedeutung. Sie bilden die Grundlage für hocheffiziente E/E-Architekturen, die aus zentralen Recheneinheiten, Zonen und Endpunkten bestehen. Komplexe Funktionen wie Fahrerassistenzsysteme, autonomes Fahren und Over-the-Air Software-Updates erfordern die sichere Verarbeitung, Vernetzung und Speicherung enormer Datenmengen. In Kombination mit der Infineon AURIX-Mikrocontroller-Familie ergibt sich ein umfassendes Angebot, das sowohl Kommunikationslösungen als auch Echtzeit-Steuerung umfasst. Der Zukauf zielt darauf ab, die Spitzenposition von Infineon als Nummer eins im Bereich der Microcontroller weiter zu stärken.

Zur Finanzierung der geplanten Übernahme des Automotive-Ethernet-Geschäfts von Marvell in einer All-Cash-Transaktion wird Infineon vorhandene liquide Mittel nutzen und zusätzlich Fremdkapital aufnehmen. Infineon hat sich die Akquisitionsfinanzierung von Banken gesichert. Die Transaktion unterliegt den üblichen Abschlussbedingungen, einschließlich behördlicher Genehmigungen, und wird voraussichtlich innerhalb des Kalenderjahres 2025 vollzogen.

Sie designen. Wir liefern.

Die neuesten Produkte für Ihre neuesten Designs.™



**MOUSER
ELECTRONICS**

[mouser.de/new](https://www.mouser.de/new)

Auf einen Blick

- Die 12-V-Versorgung wird zunehmend durch 48 V ersetzt, weil sie effizienter, verlustärmer und besser skalierbar ist.
- Die fortschreitende Elektrifizierung erfordert leistungsstarke 48-V-Module für eine flexible und bidirektionale Stromversorgung.

Die Zukunft braucht 48 V

HV-Leistungsmodule für den Übergang zu 48-V-Versorgungsnetzen

Die zunehmende Elektrifizierung im Transport- und Industriesektor erfordert leistungsfähige Stromversorgungssysteme. Aktuelle 48-V_{DC}-Netze ersetzen zunehmend 12-V-Systeme – angetrieben durch höhere Leistungsanforderungen, Gewichts- und Kosteneinsparungen sowie Sicherheitsaspekte. Bidirektionale HV-zu-48-V_{DC}-Leistungsmodule können eine effiziente Lösung für diesen Technologiewandel sein.

Im Transportwesen und in Industrieanlagen aller Art werden Maschinen elektrifiziert, die einst mit fossilen Brennstoffen betrieben wurden. Die Treiber sind sowohl ökologischer als auch wirtschaftlicher Natur, da Wind- und Solarenergie immer häufiger als Energiequellen dienen. Wie bei E-Fahrzeugen ersichtlich, ermöglichen Elektromotoren ein hohes Drehmoment und aktuelle Batterietechnologien eine beeindruckende Reichweite.

Eine hohe Gleichspannung ist dabei von Vorteil, um Leistungsverluste in der Verkabelung zwischen Stromquelle und Last zu verringern. Zu den Lasten zählen Linear- und Drehmotoren, Aktuatoren, Sensoren, Prozessoren und Low-Voltage-/LV-Regler am Lastpunkt. High-Voltage-Systeme ermöglichen auch die Übertragung hoher mechanischer Kräfte, sowohl linear als auch für Drehbewegungen. 270 bis 1000 V_{DC} werden üblicherweise in elektrischen Geräten und Fahrzeugen verwendet. Wichtig ist, dass Gleichspannung ab 120 V als potenziell gefährlich gilt (also nicht SELV – Safety

Extra Low Voltage, Schutzkleinspannung) und ordnungsgemäß isoliert werden muss.

DC/DC-Wandler wandeln hohe Spannungen in niedrigere um – mit oder ohne Isolierung, Regelung und Umkehrbetrieb – und das in Elektrofahrzeugen, Datenzentren, Kommunikationssystemen und Industrieanlagen aller Art. Diese Leistungswandler lassen sich mit diskreten Bauelementen oder in modularer Bauweise umsetzen.

Die vorherrschende 12-V_{DC}-Spannung des Versorgungsnetzes (PDN; Power Delivery Network) geht nun auf 48 V über, angetrieben durch den deutlich gestiegenen Leistungsbedarf und die Notwendigkeit, SELV aufrechtzuerhalten. Dies hat zur Entwicklung von HV-zu-48-V_{DC}-Wandlern geführt. Dieser evolutionäre Wandel der PDN-Spannung in Subsystemen wird durch 48-V_{DC}-Leistungsmodule unterstützt, die Vorteile wie Benutzerfreundlichkeit, Leistungsdichte/-skalierung und geringes Gewicht mit sich bringen. Sie ermöglichen auch einen bidirektionalen Betrieb und regenerative Anwen-

Autorin

Maury Wood,
Fizepräsident strategisches Marketing bei Vicor



Bild: Vicor

dungen. Dabei wird Energie in die primäre Stromquelle zurückgeführt. Das regenerative Bremsen in Elektrofahrzeugen ist hier ein weit verbreitetes Beispiel.

Zunehmender Einsatz hoher Gleichspannung

Für mobile (kabellose) und tragbare Anwendungen werden häufig Elektrolytbatterien (mit einer wachsenden Vielfalt an chemischen Zusammensetzungen) als HV- und LV-DC-Quellen verwendet, die sich ideal zu diesem Zweck eignen. Die meisten Batterietypen, von Blei-Säure-Akkus bis hin zu den neuesten Natrium-Ionen- und Graphen-Typen sowie aktuelle Superkondensatoren, sind wiederaufladbar und unterstützen somit auch regenerative Energieanwendungen, von denen insgesamt enorme Energieeinsparungen weltweit erwartet werden.

Die üblichen Nennspannungen von Batteriepacks in Elektrofahrzeugen sind 400 und 800 V_{DC}. Aufgrund der zunehmenden Energiedichte werden 800-V-Batteriepacks in Zukunft dominieren. Mild-Hybrid-Fahrzeuge sind in der Regel mit 48-V_{DC}-Batterien ausgestattet,

wobei einige Hersteller sich für mehrzellige 12-V_{DC}-Batterien entscheiden. Die Bandbreite der E-Fahrzeuge ist recht groß. Dazu gehören nicht nur Lkw und Pkw, sondern auch industrielle und landwirtschaftliche Fahrzeuge (einschließlich Baufahrzeuge wie Bagger und Traktoren) sowie alle Arten von Freizeitfahrzeugen (Wasserfahrzeuge, Allrad-/Geländewagen, Schneemaschinen, Motorräder usw.). Abgesehen von der Reichweite und der Zeit, die zum Laden von E-Fahrzeugen benötigt wird, bringen diese eine höhere Leistungsfähigkeit für den Endverbraucher mit (Beschleunigung, Drehmoment, Fahrqualität) als Alternativen mit Verbrennungsmotor.

48-V_{DC} - statt 12-V_{DC}-Verteilung

Ein einfaches Ergebnis der physikalischen Gesetze, insbesondere des Ohmschen Gesetzes, ist, dass höhere Verteilerspannungen die gleiche Leistung bei geringerem Strom liefern. Die Leistungsverluste bei der Stromverteilung (über Kupfer- oder Aluminium-Sammel-

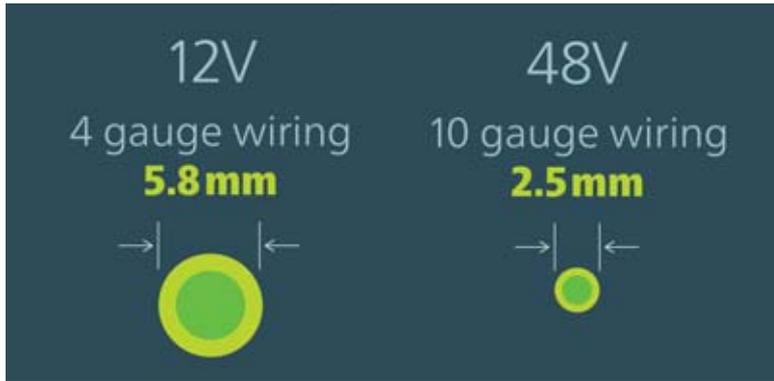


Bild 1: 48V-PNDs bieten im Vergleich zu 12 V deutliche Gewichts- und Kosteneinsparungen bei der Verkabelung.

Bild: Vicor

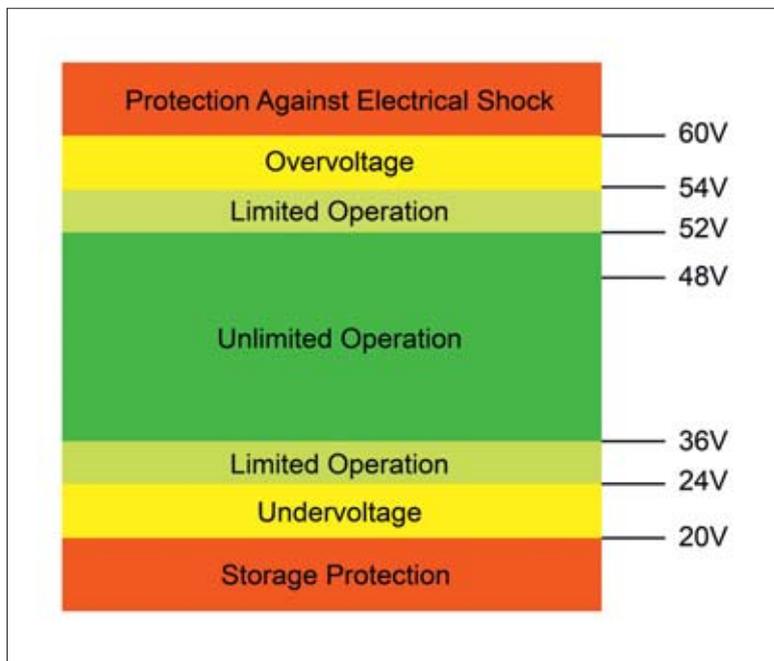


Bild 2: Die Empfehlung VDA 320 für den 48-VDC-Spannungsbereich verdeutlicht die Notwendigkeit eines breiten Eingangsspannungsbereichs bei DC/DC-Wandlern. Die BCM-Serie (520 bis 920 V) unterstützt zahlreiche DC-Verteilungsstandards.

Bild: VDA

schienen/-Kabel) sind eine quadratische Funktion des Stroms ($P = I^2R$). Diese ohmschen Verluste können mitunter beträchtlich sein (einige 10 oder 100 W), sie lassen sich aber durch höhere Verteilungsspannungen minimieren. Stromschienen und Kabel werden nach der Strombelastbarkeit (in A) dimensioniert. Eine vierfache Erhöhung der Spannung und eine vierfache Verringerung des Stroms hat erhebliche Auswirkungen auf Größe, Gewicht und Kosten. Um z. B. 200 A Strom zu übertragen, benötigt eine Kupfersammelschiene einen Querschnitt von etwa $0,4 \text{ cm}^2$, während 800 A eine Querschnittsfläche von etwa 2 cm^2 erfordern – ein Unterschied um den Faktor fünf.

48-V_{DC}-Sammelschienen und -Kabel sind also dünner, leichter und damit günstiger als jene, die mit 12-V_{DC}-Versorgungsnetzen verbunden sind. Kupfer ist ein teures Material, so dass die Kosteneinsparungen im Verhältnis zu den Gesamtsystemkosten erheblich sein können.

Festverhältnis-Wandlermodul

Aktuelle 48-V-Leistungsmodule erschließen aufgrund ihrer technischen Möglichkeiten neue Effizienz- und Leistungsniveaus. Eine neue Serie isolierter (4,24 kV), bidirektionaler Buswandler-Leistungsmodule mit festem Übersetzungsverhältnis und integrierter Magnetik unterstützt neue regenerative Batterieanwendungen.

Ein Mitglied dieser Serie, ein Leistungsmodul mit 2,5 kW Dauerausgang, hat einen ratiometrischen K-Faktor (entspricht dem Windungszahlverhältnis eines herkömmlichen Transformators) von 1/16 und ist für die Wandlung von 800 V hinab auf 50 V ausgelegt.

Die Buswandler BCM6135 basieren auf einer SAC-Topologie (Sinus-Amplituden-Konverter Topologie) sowie ZVS- (Nullspannungs-) und VCS-MOSFET-Schaltungen (Nullstrom-Schaltung) (Bild 4). Das Design erzielt einen Spitzenwirkungsgrad von 97,3 Prozent, was zu einer Verlustleistung von 83,7 W (2,7 Prozent \times 3,1 kW) führt, die bei einer Spitzenlastleistung (3,1 kW) bei T_{CASE} von 70 °C thermisch zu bewältigen ist. Die kontinuierliche volumetrische Leistungsdichte ist mit 159 kW/L hoch. Die Modulabmessungen betragen $61,3 \text{ mm} \times 35,4 \text{ mm} \times 7,3 \text{ mm}$; die Modulmasse liegt bei 58 g, was eine kontinuierliche massebezogene Leistungsdichte von 43,1 W/g ergibt.

Die maximale Verlustleistungsdichte des BCM6135 beträgt etwa $0,04 \text{ W/mm}^2$. Dies entspricht dem Vierfachen der flächenbezogenen Verlustleistungsdichte einer 1500-W-Bratpfanne. Um die Gehäusetemperatur von 70 °C bei Betrieb mit Spitzenleistung aufrechtzuerhalten, werden diese Module in der Regel flüssigkeitsgekühlt. Vicor empfiehlt dabei eine beidseitige Kühlung.

Diese BCM-Serie unterstützt sofortigen bidirektionalen und stationären Betrieb. Darüber hinaus dient der BCM6135 als Kapazitätsmultiplikator, der die Kapazität des HV-Busses (HI) auf den LV-Bus (LO) mit dem Quadrat des K-Faktors skaliert ($16^2 = 256$). Diese Eigenschaft spart Kosten, Gewicht und Platz für die Bypass- oder Bulk-Kondensatoren, die andernfalls auf dem LV-Bus erforderlich wären.

Darüber hinaus ermöglicht die Schaltfrequenz von $>1,25 \text{ MHz}$ und der nahezu 100-Prozent-ZVS-Tastgrad der Module eine sehr schnelles Lastsprungverhalten (ca. 8 Mio. A/s oder 8 A/ms). Mit dieser Bandbreite kann das Modul Zusatzbatterien und Superkondensatoren ersetzen, die sonst zur Unterstützung der transienten Lastsprünge in anspruchsvollen Anwendungen erforderlich wären, z. B. in Hochleistungsrechnern und E-Fahrzeugen (Bild 3).

Ein Vorteil dieses schnellen Einschwingverhaltens ist die niedrige Ausgangsimpedanz des Buswandlers. Wird die Spannung über der gesamten verteilten Ausgangskapazität (sowohl intern als auch in Ausgangsschaltungen) kontinuierlich und schnell aktualisiert (bei einer MOSFET-Schaltfrequenz von 1,3 MHz), ist der Strombedarf zum Aufrechterhalten der vollständigen Ausgangskapazität gering. Dies ergibt sich aus:

$$i = C \times (dV/dt)$$

Darin ist dV/dt (die Änderung der Spannung über dem Kondensator in Bezug auf die Zeit) klein, da die kapazitiv gespeicherte Ladung nur wenig Zeit ($<1 \mu\text{s}$) hat, um von Schaltzyklus zu Schaltzyklus abzufallen, d. h. die Last zu versorgen. Daher ist nur wenig Strom nötig, um

die verteilte Ausgangskapazität wieder aufzuladen, und die Spannung an dieser Kapazität fällt nicht wesentlich ab. Formal ausgedrückt: Mit steigender MOSFET-Schaltfrequenz sinkt der kapazitive Blindwiderstand (Reaktanz) und die Gesamtausgangs impedanz. Daher sorgt der BCM6135 im Vergleich zu herkömmlichen Batterien mit niedriger Ausgangsimpedanz und Superkondensatoren für Kosteneinsparungen (unter Berücksichtigung von Größe und Gewicht).

Spezifische Anforderungen

Der Eingangsspannungsbereich der BCM-Serie 520 bis 920 V unterstützt zahlreiche DC-Verteilungsstandards und ist eines der Leistungsmerkmale der BCM-eigenen Schaltungstopologie. Seine Bedeutung für E-Fahrzeuge wird durch die Empfehlung des Verbands der Automobilindustrie (VDA) veranschaulicht: „VDA 320: Elektrische und elektronische Komponenten im 48-V-Fahrzeug-Bordnetz – Anforderungen und Prüfungen“ (Version 20.01.2025). Die auch LV 148 genannte Version wurde von den Fahrzeugherstellern Audi, BMW, Daimler, Porsche und VW als gemeinsamer OEM-Standard für Komponenten mit 48-V_{DC}-Spannungsbereich entwickelt. Der Leitfaden empfiehlt, dass die Batterie einen unbegrenzten Spannungsbetriebsbereich zwischen 36 und 52 V, begrenzte Betriebsmodi zwischen 20 und 60 V sowie eine dynamische Überspannung bis 70 V abdeckt (Bild 2).

Mechanische Eigenschaften der ChiP-Module

Die flachen BCM-Module (7,3 mm) sind umspritzt und galvanisch beschichtet. Die internen aktiven Bauelemente befinden sich so in unmittelbarer Nähe des Kühlkörpers oder der Kühlplatte, was die thermische Flexibilität verbessert. Die für Vicors ChiP-Gehäuse verwendete Vergussmasse ist dielektrisch und verbessert die Spannungsfestigkeit. Hinzu kommt ein hohes Elastizitätsmodul, das die Chassis-, SMD- und Land-Grid-Array-/LGA-Montage unterstützt. Die galvanisierte Oberfläche bildet eine Faradaysche Abschirmung und reduziert elektromagnetische Abstrahlung. Die vergoldete Oberfläche ist elektrisch und thermisch leitfähig sowie oxidationsbeständig.

Das dreidimensional verschaltete (3DI) ChiP-Gehäuse ermöglicht einen niedrigen Wärmewiderstand und eine flache (koplanare) Wärmeschnittstelle zu Kühlkörpern/-platten. Einige Vicor-Module verfügen über 3DI-Zinnen (Castellations), die optimale Lötbarkeit für die SMD-Montage bieten.

48 V ersetzt 12 V

Die wirtschaftlichen Vorteile und die Lebensqualität durch Elektrifizierung treiben den Übergang der DC/DC-Wandlung von hohen Spannungen (HV) auf 48 V in allen Bereichen weltweit voran.

Mit integrierten HV-zu-48-V-Leistungsmodulen lassen sich die Anforderungen an moderne Stromversorgungssysteme effizienter erfüllen. Leistungsmodul mit festem Übersetzungsverhältnis bieten dabei Vorteile, die über die traditionellen diskreten DC/DC-Wandler hinausgehen. Aktuelle bidirektionale Buswandlermodule mit fester Übersetzung erfüllen die hohen elektrischen und thermischen Anforderungen von Anwendungen

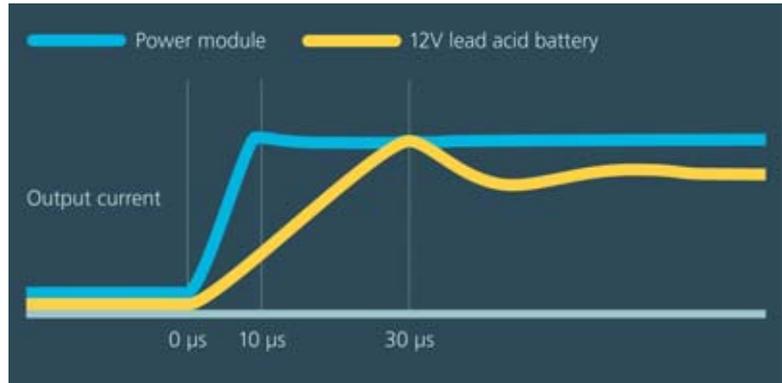


Bild 3: Vergleich der BCM-Reihe mit der Lastsprungantwort einer 12-V-Last an einem Bleiakku. BCM bietet ein um 20 µs schnelleres Einschwingverhalten. Bild: Vicor

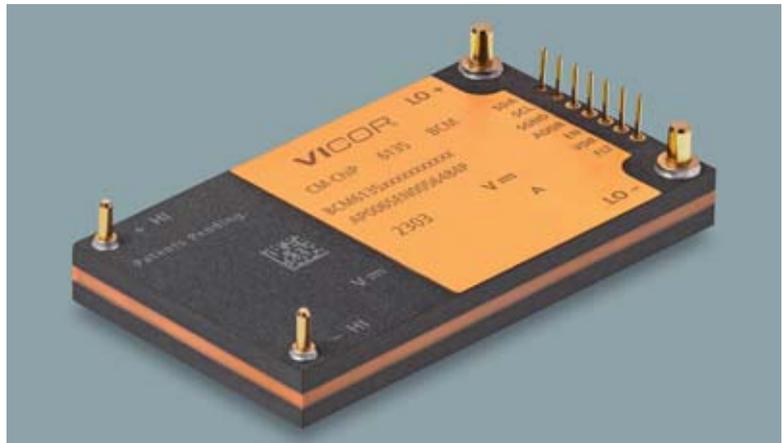
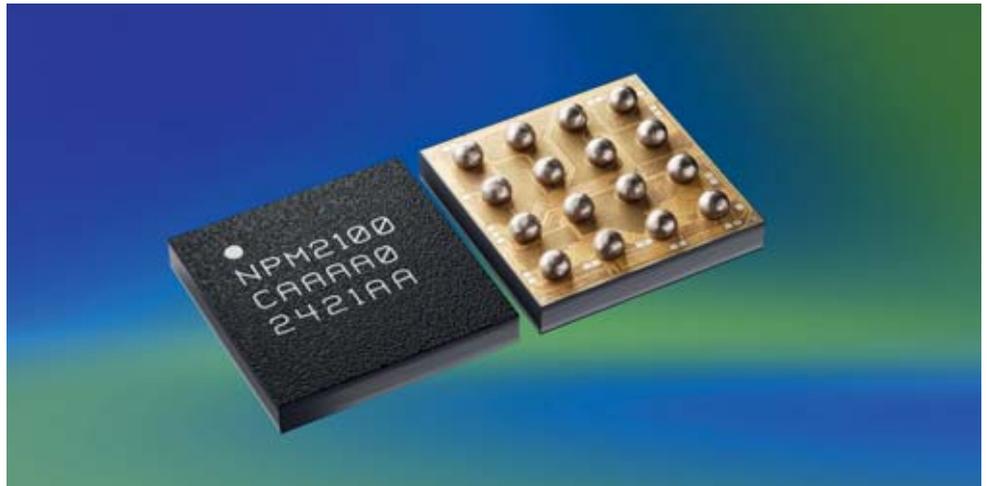
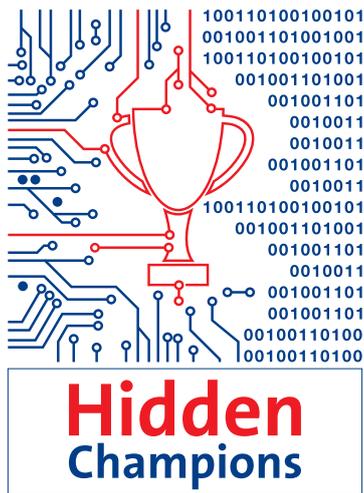


Bild 4: Der robuste, umspritzte und galvanisch beschichtete modulare Aufbau des BCM6135 – ein thermisch optimierter, koplanarer DC/DC-Buswandler mit K-Faktor = 1/16. Bild: Vicor



Bild 5: Die Bandbreite der E-Fahrzeuge ist groß. Dazu gehören nicht nur Lkw und Pkw, sondern auch industrielle Fahrzeuge. chesky - stock.adobe.com

mit transients Rückeinspeisung, wie aktive Federung in E-Fahrzeugen. Darüber hinaus sind sie aufgrund ihrer hohen Leistungsdichte und einfachen Skalierbarkeit deutlich vielseitiger und lassen sich an verschiedene Stromversorgungsanforderungen in der Industrie anpassen. Da sich die Leistungselektronik immer mehr auf 48-V-Versorgungsnetze konzentriert, werden die Leistungsmodul von Vicor zum DC/DC-Wandler der Wahl. (bs)



Power-Management-IC

Der Power-Management-IC nPM2100 von Nordic Semiconductor verlängert die Akkulaufzeit von Bluetooth-Low-Energy-Produkten mit Primärzellen-Stromversorgung.

Nordic Semiconductor präsentiert ein weiteres Mitglied seiner nPM-Familie von Power-Management-ICs (PMICs). Der PMIC nPM2100 verlängert die Batterielaufzeit von (nicht wiederaufladbaren) Primärbatterieanwendungen. Dazu verwaltet er die Energieressourcen mithilfe eines Boost-Reglers und einer Vielzahl von Energiesparfunktionen. Der Boost-Regler und die Energiesparfunktionen – darunter die Ladezustandsmessung von Primärzellen – beheben Ineffizienzen beim Energiemanagement und gewährleisten zugleich, dass die gesamte in der Batterie gespeicherte Energie genutzt wird, bevor die Zelle entsorgt wird. Entwickler können so einen viel größeren Teil der in diesen Primärzellen gespeicherten Energie nutzen, so dass Produkte länger halten, bevor die Batterien gewechselt werden müssen. Zu den Anwendungsbeispielen für den PMIC zählen kabellose Mäuse und Tastaturen, die Warenverfolgung für Verbrauchsgüter, Fernbedienungen und am Körper getragene medizinische Geräte.

Der PMIC ist in erster Linie für Batterieanwendungen vorgesehen. Beispiele für unterstützte Batterien sind eine oder zwei AA/AAA/LRxx-Batterien (in Serie) oder eine 3-V-LiMnO₂-Zelle. Ein- oder zweizellige Silberoxid- und Zink-Luft-Knopfzellen werden ebenso unterstützt wie jede andere Primärbatterie, die innerhalb des Eingangsspannungsbereichs des PMIC nPM2100 arbeitet. Das neue Bauteil verfügt über einen Boost-Regler mit einem Ausgangsspannungs-



Power-Management-IC

- *Verwaltet die Energieressourcen mithilfe eines Boost-Reglers und Energiesparfunktionen.*
- *Boost-Regler mit Ausgangsspannung von 1,8 bis 3,3 V.*
- *Wandlungseffizienz von bis zu 95 % bei 50 mA und 90,5 % bei 10 µA.*

bereich von 1,8 bis 3,3 V, der von einem Eingangsspannungsbereich von 0,7 bis 3,4 V gespeist wird. Der Boost-Regler kann einen maximalen Strom von bis zu 150 mA liefern. Er versorgt auch einen Lastschalter/LDO mit bis zu 50 mA über einen Ausgangsbereich von 0,8 bis 3,0 V. Weiter hat der Regler einen Ruhestrom (IQ) von 150 nA und ermöglicht eine Wandlungseffizienz von bis zu 95 Prozent bei 50 mA und 90,5 Prozent bei 10 µA.

Außerdem verfügt der PMIC über einen Low-Current-Ship-Modus, der den Transport von Produkten mit eingelegter Batterie ermöglicht. Der Ship-Modus unterstützt einen Sleep-Strom von 35 nA mit mehreren Wake-Up-Optionen, einschließlich einer zum Patent angemeldeten „Break-to-Wake“-Funktion. Darüber hinaus enthält er einen stromsparenden Wake-up-Timer, der gleichzeitig mit dem Ship-Modus betrieben werden kann, um zeitgesteuerte Wake-ups zu ermöglichen. Der Timer kann verwendet werden, um einen tieferen Schlafmodus zu erreichen, als dies durch das Abschalten eines SoC oder einer MCU möglich ist. Die Gesamtstromaufnahme des nPM2100 im Sleep-Modus beträgt weniger als 200 nA.

Eine spannungs- und temperaturbasierte Ladezustandsanzeige, die auf dem Host-Mikroprozessor ausgeführt wird, ermöglicht zudem genauere Messungen des Batteriestatus und erlaubt den Anwendern einen sicheren Zugriff auf die gesamte Energie in der Batteriezelle. ●

Warum Hidden Champions

Die meisten elektronischen Baugruppen haben eine zentrale Komponente, die auf den ersten Blick ihre Leistungsfähigkeit definiert. Das kann zum Beispiel ein FPGA oder ein Embedded-Prozessor für die nächste Generation an Rechenzentren oder auch ein GaN-HEMT für Hochfrequenzanwendungen, ein Image-Sensor für hochauflösende Bildgebung oder ein SiC-MOSFET für noch kleinere, aber effizientere Stromversorgung sein. Aber keiner dieser Stars auf der Platine kann ohne die Hidden Champions an der Peripherie funktionieren. Passive Bauelemente, Kühlkörper, Kabel, Stecker, einfachere Logik-ICs etc. werden immer wieder gern übersehen oder gelten als „langweilig“, sind aber essenziell wichtig. Genau um solche Hidden Champions geht es hier, denn auch sie sind High-Tech: Der PMIC verlängert die Batterielaufzeit, sodass Produkte länger halten.

Für BLDC- und PMSM-Motoren

Motor Control Software aktualisiert

Toshiba Electronics Europe hat das MCU Motor Studio 4,0 (MMS) herausgegeben, das neueste Update des Software-Tools und der aktualisierten Firmware zur MCU-Motorsteuerung der MCU-Familie TXZ+.

Mit dieser Version von MCU Motor Studio werden nun Bare-Metal-Konfigurationen hinzugefügt, die alle unterstützten MCU-Versionen abdecken und den Einsatz ohne Echtzeitbetriebssystem ermöglichen. Damit deckt das MMS auch Toshibas jüngstes MCU-Familienmitglied TMPM4KNF10x ab. Zu den Features, die in dieser Version implementiert wurden, gehören die Unterstützung einer Step-Down-Stufe, die einen sanften Übergang von Vektor- zu Sinuskommutierung (Force-Modus) ermöglicht, sowie die PWM-Shift-2-Erweiterung der 1-Shunt-Strommessung. Letztere unterstützt die Vektor-Engine (VE)-basierte Hardware-Steuerung als auch die softwarebasierte feldorientierte Regelung (FOC). Richtungswechsel/Rückwärtsdrehung mit FOC auf Basis des Flussbeobachters sowie der „STOP Brake“-Modus wurden ebenfalls hinzugefügt. MMS 4,0 enthält ein freilaufendes digitales Speicheroszilloskop (DSO) für die kontinuierliche Echtzeitprotokollierung von bis zu vier Parametern als Ergänzung zur bestehenden DSO-Echtzeitprotokollierung, die im Gegensatz dazu in kürzeren Zeitintervallen mit einer vordefinierten Anzahl



Das aktualisierte MCU Motor Studio 4,0 unterstützt jetzt auch die MCU-Familie TXZ+. Bild: Toshiba

von Abtastwerten und -raten erfolgt. MMS 4,0 ist kompatibel mit Windows 11 und kann von der Toshiba Website heruntergeladen werden. Ein für die Zukunft geplantes Update wird es den Benutzern ermöglichen, das Motor Tuning Studio (MTS) als eigenständige Bibliothek innerhalb von MMS zu installieren. (na) ●



PolarFire® FPGA Ethernet Sensor Bridge für NVIDIA® Holoscan

Flexible Integration unterstützt KI-gesteuerte Sensorverarbeitung vom Edge bis zur Cloud

Die PolarFire® FPGA Ethernet Sensor Bridge für NVIDIA® Holoscan bietet eine flexible Integration für KI-gesteuerte Sensorverarbeitung vom Edge bis zur Cloud. Das Board unterstützt mehrere Protokolle, Energieeffizienz, Sicherheit und Zuverlässigkeit in einem umfassenden Paket. NVIDIA genehmigt diese Lösung für den Einsatz in seinem Holoscan-Ökosystem.

Leistungsmerkmale

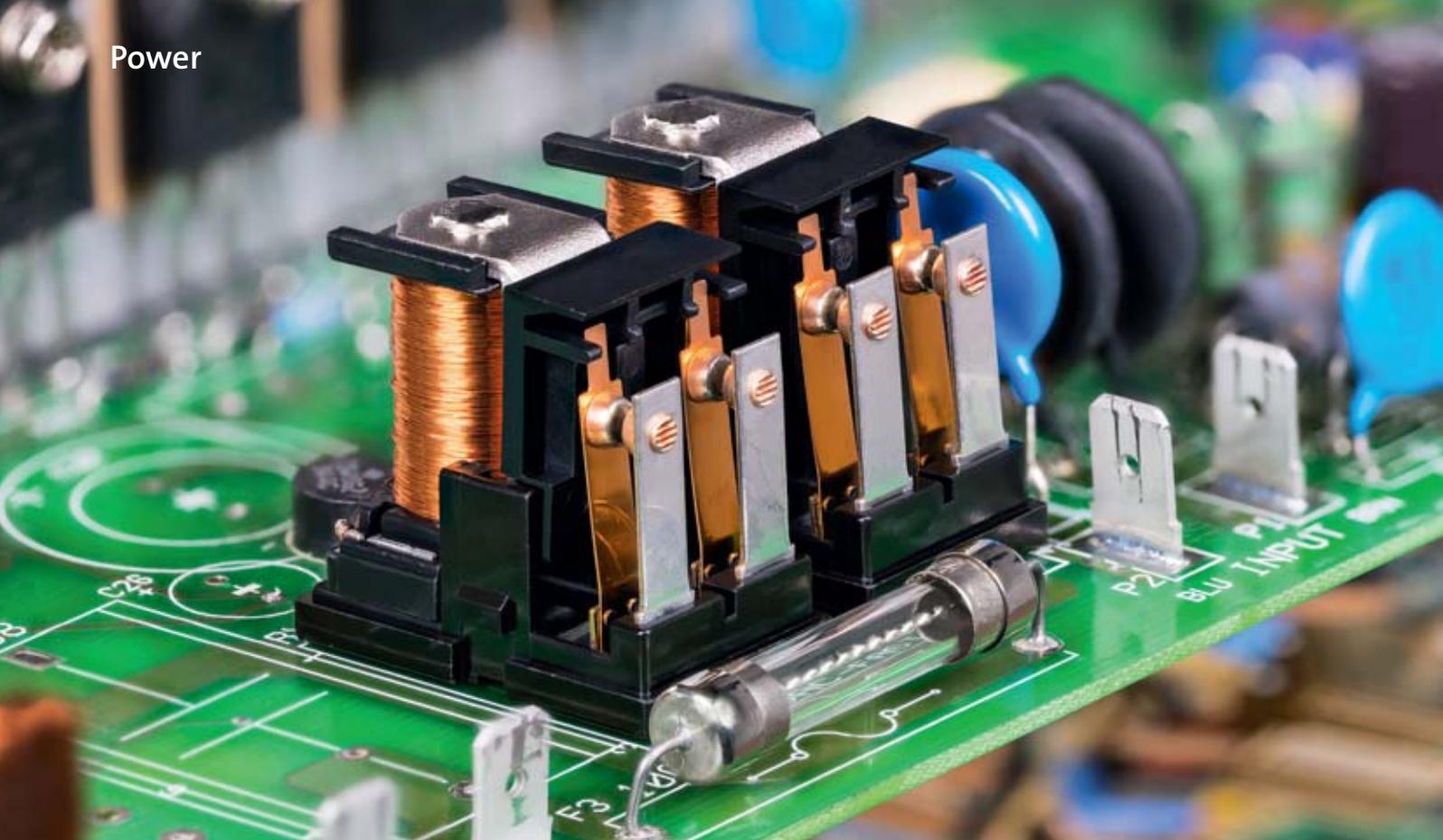
- Energieeffiziente Protokollkonvertierung
- Hochsicher
- SEU-immun (Single Event Upset) für hohe Zuverlässigkeit

Sie können sich bedenkenlos für die PolarFire FPGA Ethernet Sensor Bridge für NVIDIA Holoscan entscheiden – eine umfassende Lösung, die für technisches Know-how und kundenorientiertes Design bekannt ist.



microchip.com/EthernetSensorBridge

Der Name Microchip und das Microchip-Logo sind eingetragene Warenzeichen von Microchip Technology Incorporated in den USA und in anderen Ländern. Alle anderen Marken sind im Besitz der jeweiligen Eigentümer. © 2025 Microchip Technology Inc. Alle Rechte vorbehalten. MEC2601A-GER-03-25



Wie lassen sich elektromechanische Relais gezielt auswählen und anwenden? Lösungen für zuverlässiges Schalten von AC-, DC- und HF-Signalen.

Bild: KPixMining – stock.adobe.com

Signalrelais für komplexe Schaltaufgaben

Elektromechanische Relais sicher auswählen und nutzen

Signalrelais gelten als unverzichtbare Komponenten, wenn zuverlässiges Schalten verschiedenster Signalarten gefordert ist. Elektromechanische Relais verbinden robuste Technik mit Flexibilität – selbst im Hochfrequenzbereich bis in den Gigahertz-Bereich.

Anwendungen wie Telekommunikations- und Netzwerkgeräte, automatische Testgeräte (ATE) und Sicherheitsgeräte müssen zunehmend zuverlässig einzelne oder mehrere DC-, AC- (Analog) und Radiofrequenzsignale (HF) auf niedriger bis mittlerer Ebene schalten und weiterleiten. Elektromechanische Relais (EMR) sind für diese Aufgabe gut geeignet.

EMRs bieten eine hervorragende Ein- und Ausschaltleistung sowie eine Eingangs-/Ausgangsisolierung und sind in mehrpoligen Konfigurationen erhältlich, um Flexibilität und Vielseitigkeit zu bieten. Darüber hinaus kann ein einziges Relais verschiedene Signaltypen (AC, DC, Niederfrequenz, HF) mit ein und derselben Komponente unterstützen, was seinen Wert noch erhöht.

Obwohl sie bewegliche Teile und physische Kontakte haben, sind sie aufgrund ihrer langen Anwendungsgeschichte vollständig charakterisiert. Als solche sind sie zuverlässige „Problemlöser“, die viele Jahre lang ihren Dienst tun können. Auch wenn EMRs von Natur aus robuste Geräte sind, müssen geeignete Relais ausgewählt (sowohl für die Spulen- als auch für die Kontaktnennwerte) und richtig eingesetzt werden, um eine maximale Langlebigkeit zu gewährleisten. In diesem Artikel werden Signalrelaistypen und ihre Anwendungen kurz

erläutert. Anschließend wird anhand von Beispielen von Omron Electronic Components beschrieben, wie man EMRs auswählt und verwendet.

Relaistypen und Unterscheidung

EMR bezieht sich auf eine Komponente mit vielen anwendungsspezifischen Untertypen. Beispielsweise haben Leistungsrelais Kontakte für einen Nennstrom von 2 A oder mehr, während Signalrelais für Kontaktströme unterhalb dieses Wertes ausgelegt sind.

Signalrelais können bezüglich zweier Signaltypen unterteilt werden: Nicht-HF-Signale und HF-Signale. Während alle Relais durch grundlegende Durchgangsparameter und Maximalwerte für Strom und Spannung charakterisiert sind, gibt es für HF-Relais zusätzliche Leistungskennzahlen. Dazu gehören:

- **Isolierung:** Hochfrequenzsignale entweichen durch die Streukapazität zwischen den Kontakten, selbst wenn die Kontakte getrennt sind. Die Isolierung wird in Dezibel (dB) gemessen.
- **Einfügedämpfung:** Bei hohen Frequenzen entstehen Signalstörungen aufgrund von Selbstinduktion, Widerstand, dielektrischem Verlust sowie durch Reflexionen aufgrund von Impedanzfehlanspassungen.

Auf einen Blick

- EMRs sind zuverlässige Problemlöser mit langer Lebensdauer.
- Bei der Auswahl ist auf Isolierung, Einfügedämpfung und Spannungs-Stehwellenverhältnis zu achten.
- Einige Relais sind für HF-Anwendungen gut geeignet.

- Spannungs-Stehwellenverhältnis (VSWR): Dies ist auf die konstruktive/zerstörerische Interferenz zwischen einer Eingangssignalwelle und einem reflektierten Signal zurückzuführen. Bei diesem Maß handelt es sich um eine einheitenlose Zahl, die das Verhältnis eines maximalen Wellenformwerts zu seinem minimalen Wert angibt.

Vereinfachung der Stückliste

Relaiskonfigurationen werden durch die Anzahl der Kontakte oder Pole (P) und die normalen (d. h. nicht bestromten) Öffnungs-/Schließsituationen definiert (Bild 1). Sie können normal offen (NO, Schließer) oder normal geschlossen (NC, Öffner) sein. Am häufigsten werden einpolige (SP) und zweipolige (DP) Konfigurationen verwendet, obwohl auch Komponenten mit mehreren Kontaktpolen erhältlich sind. Der Stellweg (T für das englische „Throw“) ist die Endstellung des Aktuators.

Die Fähigkeit von EMRs, mehrere Pole und NO/NC-Optionen zu unterstützen, macht deutlich, wie sie die Schaltung vereinfachen, Platz auf der Leiterplatte sparen, die Stückliste reduzieren und die Kosten senken können. Der Grund dafür ist, dass ein einzelnes Relais je nach Pol- und Auslösekonfiguration mehrere Stromkreispfade ein- oder ausschalten oder eine Kombination aus beiden schalten kann. Dasselbe Relais kann sowohl Wechsel- als auch Gleichstromsignale schalten und ermöglicht so den gleichzeitigen Betrieb über mehrere Stromkreispfade.

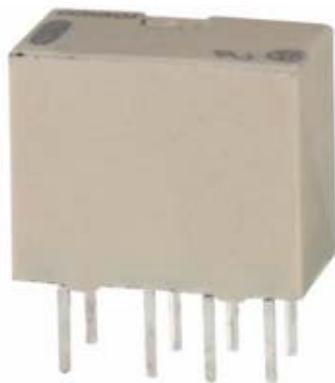
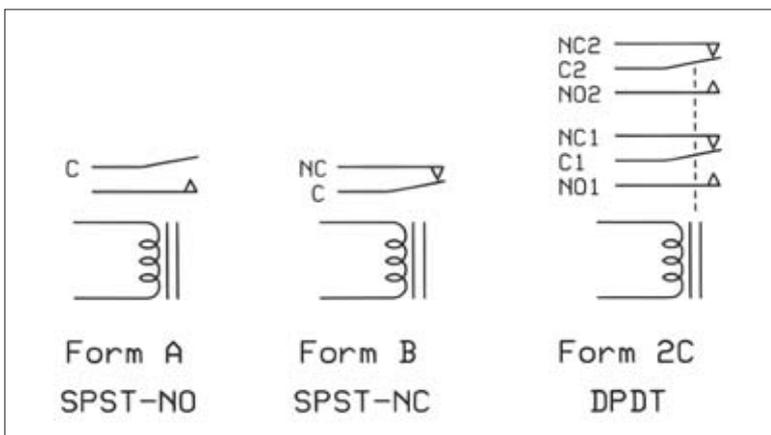


Bild 2: Das G6J-2P-Y DC12 ist ein ultraflaches DPDT-Relais mit einer Spule für 12 V, 12,3 mA; es gehört zu einer Familie von Relais mit identischer Größe und Kontaktleistung, aber unterschiedlichen Kombinationen von Spulenspannung und -strom.

Bild: Omron



In einigen Fällen werden EMRs mit einem zusätzlichen Polpaar zur Versorgung eines Hilfsstromkreises verwendet, z. B. eines LED-Stromkreises, der dem Benutzer anzeigt, dass das Relais erregt wurde und den gewünschten Kontaktzustand hergestellt hat. Darüber hinaus verwenden einige erfahrene Entwickler ein DPDT-Relais (Double Pole, Double Throw), wenn sie nur ein SPDT-Relais (Single Pole, Double Throw) benötigen (SPDT- und DPDT-Relais haben oft den gleichen Footprint), so dass sie ein Kontaktpaar für den Fall der Fälle haben, um ein Problem oder ein Versehen zu beheben, das später im Konstruktionszyklus entdeckt wird.

Das G6J-2P-Y DC12 (Bild 2) von Omron ist ein ultraflaches DPDT-Relais (Form 2C) mit einer 977 Ω Spule, das mit 12 V bei 12,3 mA betrieben werden kann. Zu beachten ist, dass andere Mitglieder dieser Familie verschiedene Spulenspannungs-/Strom-Paarungen bis zu 24 V_{DC} anbieten, um mit fast jedem Antriebskreis oder jeder Situation kompatibel zu sein.

Dieses winzige Relais mit Abmessungen von nur 5,7 × 10,6 × 9 mm³ eignet sich für Leiterplatten mit hoher Packungsdichte. Das G6J-2P-Y DC12 wird für die Durchkontaktierung geliefert, aber identische Versionen bieten auch kurze oder lange oberflächenmontierbare Anschlüsse für maximale Flexibilität.

Die Kontakte dieses Relais und aller anderen in dieser Familie sind für bis zu 0,3 A bei 125 V_{AC} und 1 A bei 30 V_{DC} ausgelegt.

Bild 1: Dargestellt sind Kontaktanordnungen und Standardbezeichnungen für verschiedene Typen von EMRs; die gestrichelten Linien im Form-2C-Relais zeigen an, dass beide Anker eine nichtleitende Verbindung haben, die beide Kontakte gleichzeitig bewegt, wenn die Relaispule Strom erhält.

Bild: Sealevel Systems

Besuchen Sie uns auf der
iVT Expo in Köln Halle 4.1, Stand 7050

DEUTRONIC 
EDWANZ group

✓ DC/DC-Wandler und Stromversorgungen
für Ihre Anwendungen

Power



Charging Technology

Transportation

Logistics

Test & Automation

DEUTRONIC-systems

+ MORE

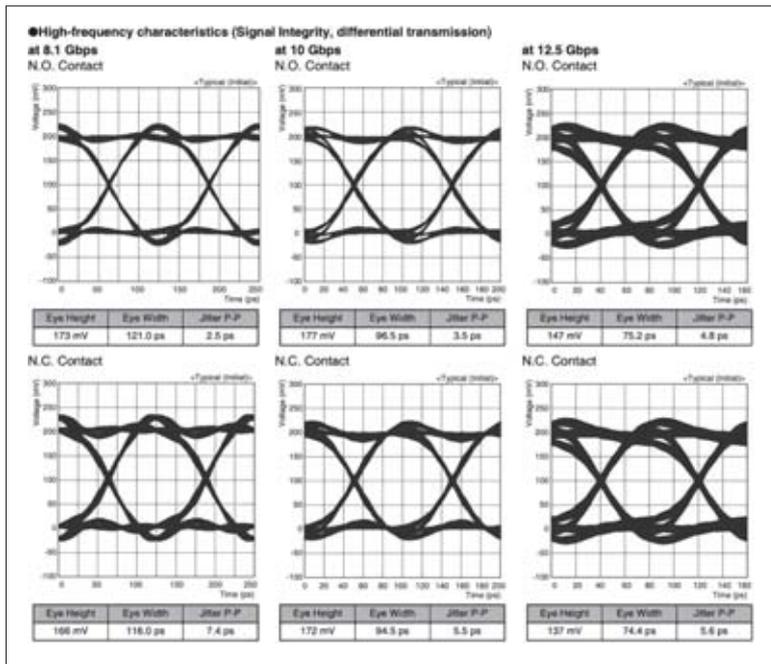


Bild 3: Das Miniatur-DPDT-Relais G6K-2F-RF-V DC für die Oberflächenmontage schaltet Differenzsignale und ist für 8 GHz und darüber hinaus spezifiziert, wie diese Augendiagramme für 8,1, 10 und 12,5 Gbit/s zeigen.

Bild: Omron

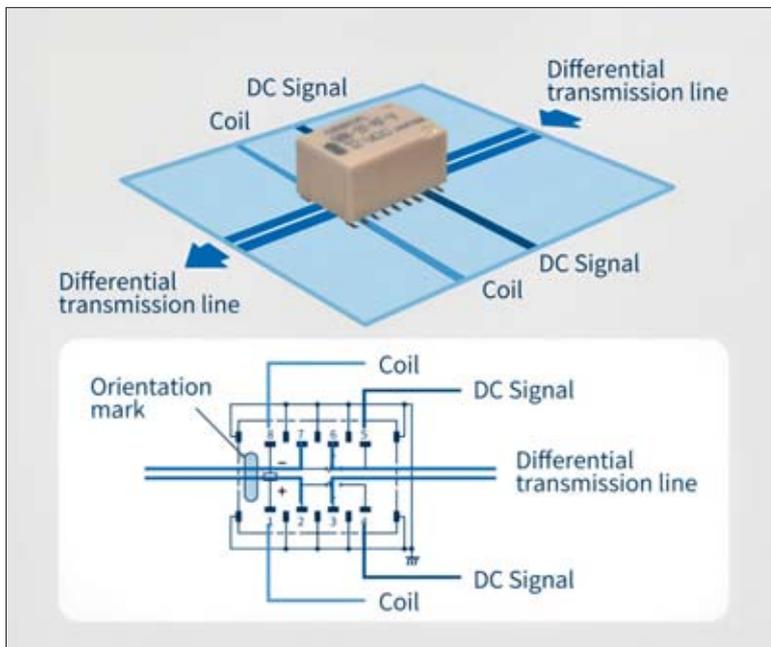


Bild 4: Das Gigahertz-Relais G6K-2F-RF-V verwendet ein inhärentes Differenzdesign, das das Layout der Leiterplatte vereinfacht und die nachteiligen Auswirkungen dieses Layouts auf die HF-Leistung minimiert.

Bild: Omron

Relais und HF

Die Einsatzmöglichkeiten von Relais beschränken sich nicht nur auf das einfache Schließen von „trockenen“ Kontakten oder das Schalten von Gleichspannungen/-strom und niederfrequenten Wechselstromsignalen. Einige Modelle sind ausdrücklich für Ultraschallfrequenzanwendungen, wie z. B. ATE, konzipiert.

Das G6K-2F-RF-V DC4,5 von Omron ist ein oberflächenmontierbares DPDT-Miniaturrelais, das die

Schaltung von Differenzsignalen unterstützt. Die Einfügedämpfung für dieses $11,7 \times 7,9 \times 7,1 \text{ mm}^3$ große Relais beträgt 3 dB oder weniger bei 8 GHz. Es kann auch bei höheren Frequenzen eingesetzt werden, wie sein Augendiagramm für ein 200mV-Differenzsignal mit einer Anstiegszeit von 25 ps zeigt (Bild 3).

Diese Performance im GHz-Bereich ist zum Teil auf ein elektrisches und mechanisches Design zurückzuführen, das von Haus aus Differenzsignale unterstützt. Dies trägt dazu bei, die gewünschte Performance zu gewährleisten, wie sie durch HF-Isolation (unabhängig von galvanischer Isolation), Einfügedämpfung und VS-WR definiert ist (Bild 4).

Das Relais verwendet ein aktuelles internes Layout, das das Leiterplattenlayout vereinfacht und die Notwendigkeit einer komplexen mehrlagigen Signalpfadführung auf der Leiterplatte eliminiert, die die HF-Leistung beeinträchtigt. Durch die Verwendung eines Kunststoffgehäuses anstelle eines Metallgehäuses wird das Problem vermieden, dass Prüfstifte durch ein Metallgehäuse kurzgeschlossen werden und bei der Prüfung der Relaishalterung Schäden an der Platine und den Bauteilen verursachen.

Relais und Stromverbrauch

Der Stromverbrauch ist bei fast allen Schaltungen und Systemen ein kritischer Parameter. Sie bestimmt die Dimensionierung der Stromversorgung, wirkt sich auf die Laufzeit von batteriebetriebenen Designs aus und die damit verbundene Wärme beeinflusst die thermische Performance. Dies hat Auswirkungen auf herkömmliche nicht selbsthaltende Relais, bei denen die Spule während der gesamten Zeit, in der das Relais erregt sein muss, unter Spannung bleiben muss.

Alternative Architekturen zum grundlegenden Ein/Aus-Design (formell als einseitig stabil bezeichnet) tragen diesem Problem Rechnung. Das selbsthaltende Relais (auch Halterelais genannt) ist so konstruiert, dass es, wenn es einmal erregt ist, in dieser Stellung verbleibt, auch wenn die Spule stromlos ist.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Haltefunktion zu implementieren. Das G6JU-2P-Y DC3 und andere Komponenten dieser Familie verwenden eine Einzelwicklungs-Verriegelungstechnik, bei der der „Set“-Eingangsimpuls die Aufrechterhaltung des Betriebszustands über einen benachbarten Permanentmagneten bewirkt. Der „Reset“-Eingangsimpuls (ein Eingang mit der umgekehrten Polarität des „Set“-Eingangs) versetzt das Relais in einen nicht angezogenen Zustand.

Relais und Zuverlässigkeit

Relais haben bewegliche Teile und physische elektrische Kontakte, so dass man davon ausgehen kann, dass sie nach einer bescheidenen Anzahl von Ein- und Ausschaltzyklen unzuverlässig werden. Das ist jedoch nicht der Fall.

Erstens sind die unterschiedlichen Auswirkungen des Öffnens und Schließens von Kontakten bei der Übertragung von Wechselstrom und Gleichstrom mit verschiedenen Pegeln gut bekannt und werden im Datenblatt des Relais ausführlich beschrieben. Vorzeitiger Kontaktverschleiß sollte kein Thema sein, wenn die festgelegten Bedingungen eingehalten werden.

Ebenso wichtig ist, dass die jahrzehntelange Nutzung, die Erfahrung mit zahllosen Einheiten in der Praxis, die metallurgische Forschung und Entwicklung, die Modellierung und Analyse, die kontrollierten Lebensdauer-tests, die Verbesserungen in der Produktion und Fertigung und andere technische Faktoren dazu geführt haben, dass die Konstruktion und Fertigung von Spulen und Kontakten zu gut verstandenen, ausgereiften und hochentwickelten Prozessen und den daraus resultierenden Komponenten geworden sind.

Die Lebensdauer von Relais hängt mit der Lebensdauer von Kontakten und Spulen zusammen. Die Lebensdauer der Spulen beginnt mit einem Standardwert von 40.000 Stunden, da die Isolationseigenschaften aufgrund der Wärmeentwicklung abnehmen, wenn die Nennspannung kontinuierlich an die Spule angelegt wird. Wenn das Relais intermittierend eingesetzt wird, ist die Lebensdauer der Spule viel länger.

Die Langlebigkeit wird auch anhand von zwei Faktoren beurteilt, die häufig in den Datenblättern stehen:

- Die mechanische Lebensdauer gibt an, wie oft ein Relais den Kontakt ohne Last öffnen und schließen kann, wobei mechanische Fehlfunktionen und Eigenschaften berücksichtigt werden.
- Die elektrische Lebensdauer ist die Anzahl der Male, die ein Relais den Kontakt mit einer Nennlast (z. B. $125 V_{AC}$, $0,3 A$ / $30 V_{DC}$, $1 A$) öffnen und schließen kann.

Relaiskontakte gibt es in verschiedenen Konfigurationen mit zunehmendem Niveau der Langzeitzuverlässigkeit: Einzelkontakt, Doppelkontakt und Kreuzschienen-Doppelkontakt. Das Design des Kreuzschienen-Doppelkontakts bietet einen außergewöhnlich stabilen Kontaktwiderstand und minimiert Kontaktausfälle. Die Mitglieder der Familie G6J-2P-Y haben einen gegabelten Querbalken (ähnlich dem Kreuzschienen-Doppelkontakt) mit einem Silberkontakt, der mit einer Goldlegierung beschichtet ist.

Die bekannte Zuverlässigkeit dieser Relais macht sie zu einer guten Wahl für alle Anwendungen, bei denen Ausfallzeiten oder Betriebsunterbrechungen nicht akzeptabel sind oder bei denen die Performance der Relais eine entscheidende Rolle spielt.

Fazit

Aktuelle elektromechanische Relais sind entscheidende Problemlösungskomponenten in einer Vielzahl der heutigen Systeme, die sich mit vielen Problemen des Signalwegs befassen und diese lösen. Sie bieten einzigartige und unersetzliche Signalverarbeitungseigenschaften, eine genau definierte Leistung und langfristige Zuverlässigkeit.

Signalrelais sind für Gleichstrom-, Niederfrequenz- und sogar für Hochfrequenzanwendungen bis in den GHz-Bereich erhältlich, was ihre Einsatzmöglichkeiten erweitert. (na)

Autor

Rolf Horn,
Applikationsingenieur bei DigiKey



DC/DC WANDLER 75 to 500W

- HOHE LEISTUNGSDICHTE
- TRIMM- UND SENSE-EINSTELLUNG
- FESTE SCHALTFREQUENZEN
- EINHALTUNG VON :

- MIL-STD-461
- MIL-STD-704
- MIL-STD-1275
- ABD100
- DO160
- VG96916-5



Quarter brick
2.3"x1.45"x0.5"

Weiter Eingangsbereich :
9-45Vdc, 16-80Vdc, 155-480Vdc

MGDM75 - 75W
MGDM160 - 160W
MGDM205 - 205W
MGDM250 - 250W



Half brick
2.3"x2.4"x0.5"

Weiter Eingangsbereich :
9-36Vdc, 16-80Vdc, 90-210Vdc

MGDM500 - 500W
PARALLELBETRIEB

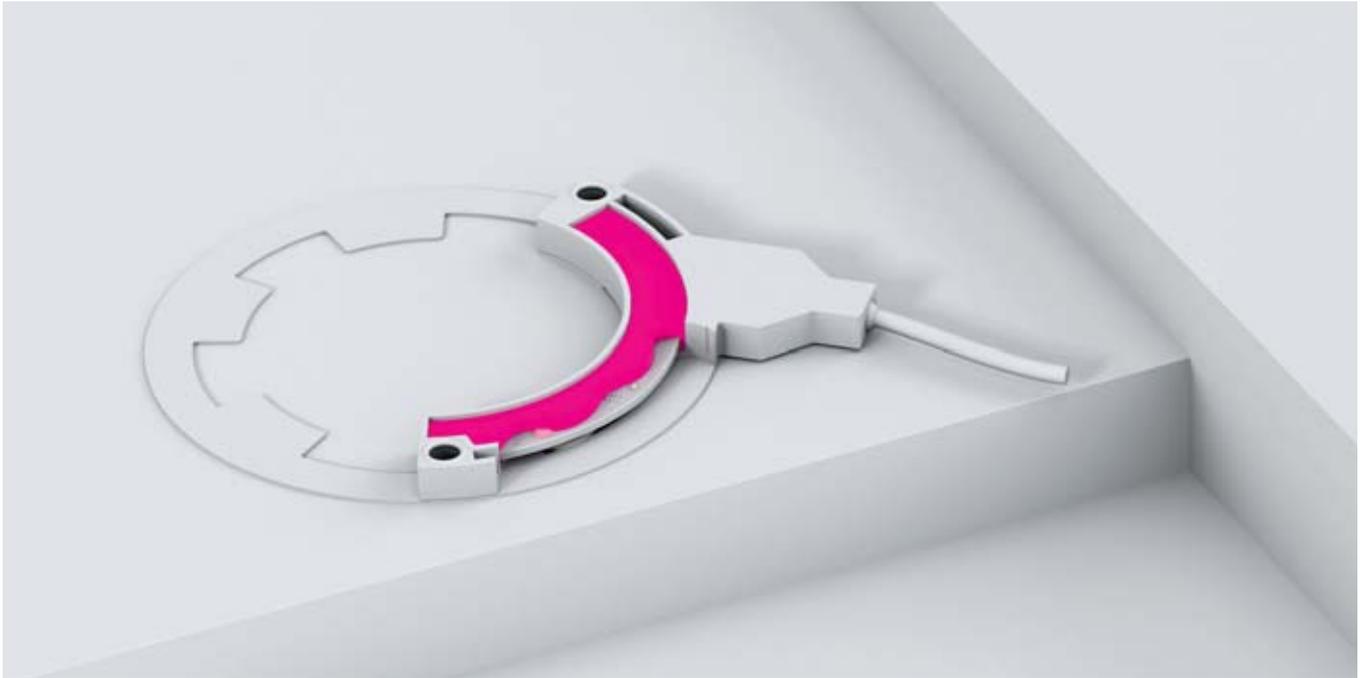


Bild 1: Schutz einer Leiterplatte innerhalb eines Sensors durch einen Klebstoffverguss.

Vergussmassen schlagen Gehäuse im Härtetest

High-Performance-Vergussmassen für Automobilelektronik

Steigende Temperaturen, aggressive Medien und enge Einbauräume: Herkömmliche Gehäuse stoßen beim Schutz aktueller Automobilelektronik oft an ihre Grenzen. High-Performance-Vergussmassen übernehmen – flexibel, widerstandsfähig und vor allem prozessoptimiert.

Das selbstfahrende Elektroauto gilt als Zukunftsmodell, das hochzuverlässige Elektronikbauteile erfordert. Allerdings sind die Umgebungsbedingungen im Automotive-Bereich eine große Herausforderung. Elektronische Komponenten im Fahrzeuginneren sind häufig Öl- und Kühlflüssigkeiten ausgesetzt. Zusätzlich wirken hohe Temperaturen in der Nähe des Motors und im Bereich von Leistungselektronik auf sie ein. Auch im Außenbereich kommt es durch extreme Wettereinflüsse oder Autowäschen zu starken Dauerbelastungen an den Bauteilen. Hinzu kommen Trends wie die voranschreitende Miniaturisierung der Elektronik, die die Komponenten fragiler macht und, gerade bei Leistungselektronik, zu verstärkter Wärmeentwicklung führt.

Der Einsatz von Gehäusedeckeln als Schutz für Sensoren oder Platinen umfasst bestimmte Vorteile, wie eine einfache Bauteilgeometrie oder eine leichte Demontage. Die Spritzgussbauteile der Gehäuse sind kostengünstig in ihrer Herstellung und können bestimmte Designvorgaben leicht erfüllen – Farben und Formen können gezielt angepasst werden. Doch angesichts steigender Anforderungen stoßen sie zunehmend auf Einschränkungen und können nicht immer den entsprechenden

Schutz und die notwendige Dichtigkeit garantieren. Auf Klebstoffe basierende Vergussmassen rücken daher als Schutz sensibler Elektronik zunehmend in den Fokus.

Vergussmassen als Bauteilschutz

Meist unsichtbar im Bauteil versteckt, sind sie es, die bestimmte Technologien oft erst ermöglichen und Innovationen vorantreiben. Vergussmassen können nahezu geometrieunabhängig direkt an elektronische Bauteile und Steckerpins anfließen und diese überdecken (Bild 1). Dadurch wird der entsprechende Schutz inklusive Dichtigkeit gewährleistet. Auch kann die Masse zwischen verschiedene Komponenten fließen und somit eine Verstärkung des strukturellen Verbundes erwirken. Insbesondere als Bauteilschutz spielen die mechanischen Eigenschaften, die komplexen Bauteilgeometrien, die Medien- und Temperaturbeständigkeit, der Aushärtungsprozess sowie das Dosieren eine wichtige Rolle.

Oft sind es gerade die Kombinationen aus diesen Eigenschaften und Anforderungen, welche eine hohe Expertise in allen genannten technologischen Bereichen erfordert und eine ständige Weiterentwicklung im Vergussbereich verlangt. Vergussmassen müssen z. B. weich sein, um thermische Ausdehnungen und bauteilbe-

Auf einen Blick

- Bei Vergussmassen im Automobilbereich liegt der Fokus oft auf Epoxidharzen.
- Eigenschaften wie Fließverhalten, Temperatur- und Medienbeständigkeit sowie Wärmeausdehnungskoeffizient sind wichtige Auswahlkriterien.

dingte Verformungen zu kompensieren und dennoch unter Dauerbelastung in aggressiven Medien beständig bleiben. Zudem sollte der Klebstoff mit Licht aushärten, um schnelle, automatisierbare Prozesse mit wenig Energieverbrauch und wenig CO₂-Ausstoß zu ermöglichen. Der Verguss muss gleichzeitig in die Kavitäten der Bauteile fließen und dort vollständig aushärten. Auf diese Weise wird ein oberflächlicher Schutz gewährleistet, und das Entstehen von Luftpneinschlüssen weitestgehend vermieden.

Den richtigen Verguss finden

Für Vergussmassen als Bauteilschutz gibt es keine Pauschallösungen. Das Angebot ist breit: von weich bis hart, von Epoxidharzen und Polyurethanen über Silikone bis zu Acrylaten. Für Automotive-Anwendungen liegt der Fokus wegen der hohen Anforderungen häufig auf Epoxidharzen, denn sie besitzen für diese Anwendungen ein besonders geeignetes Eigenschaftsprofil. Wichtig sind dabei passende Fließeigenschaften, sehr gute Medien- und Temperaturbeständigkeit, ein niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient, ein hohe Glasübergangstemperatur und ein hoher E-Modul (Elastizitätsmodul).

Beim Dosieren des Klebstoffes in das zu Bauteil sind dessen Fließeigenschaften maßgebend. Fließt er nicht gut genug, kann Luft eingeschlossen oder ein unzureichendes Benetzen und damit eine ungenügende Haftung verursacht werden. Ist der Verguss zu dünnflüssig, kann dieser in kleine Spalten und somit in Bereiche des Bauteils eindringen, in denen kein Klebstoff sein soll.

Temperatur- und Medienbeständigkeit sind im Automotive-Bereich die wichtigsten Auswahlkriterien. Geprüft werden diese in der Designphase unter anderem durch Temperaturschockprüfungen von -40 °C bis +160 °C und Einlagerungen in Medien wie Getriebeöl und Kühlflüssigkeiten von bis zu 3000 h Lagerungsdauer – ebenfalls unter anspruchsvollen Temperaturbedingungen.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) spielt insbesondere bei der Auswahl von harten Klebstoffen eine wesentliche Rolle, da eine Abweichung der CTE von Klebstoff und Bauteil bei Temperaturveränderungen zu Spannungen und dadurch Ablösungen oder Rissen führen kann. Der CTE des Klebstoffes sollte demnach möglichst an den CTE der Bauteile angepasst werden. Damit zusammenhängend ist die Glasübergangstemperatur, also die Temperatur, bei der sich die physikalischen Eigenschaften des Klebstoffes, wie die Elastizität, reversibel und temporär verändern. Um eine signifikante Änderung des CTEs während des Gebrauchs der vergossenen Komponenten zu verhindern, sowie um Spannungen zwischen Bauteilen und Klebstoff zu minimieren, eignen sich Vergussmassen, deren Glasübergangstemperatur außerhalb des Temperatureinsatzbereichs der Anwendung liegt.

Beim E-Modul gibt es einen Zielkonflikt, der zu lösen ist: Einerseits sind stark vernetzte, harte Klebstoffe mit hohem E-Modul besonders geeignet, um stark belastete Vergussmassen widerstandsfähig gegenüber Temperatureinflüssen und Medien zu machen. Andererseits können flexible Klebstoffe mit niedrigerem E-Modul größere Verformungen ausgleichen und sind ideal für Materialkombinationen mit unterschiedlichen Wärme-

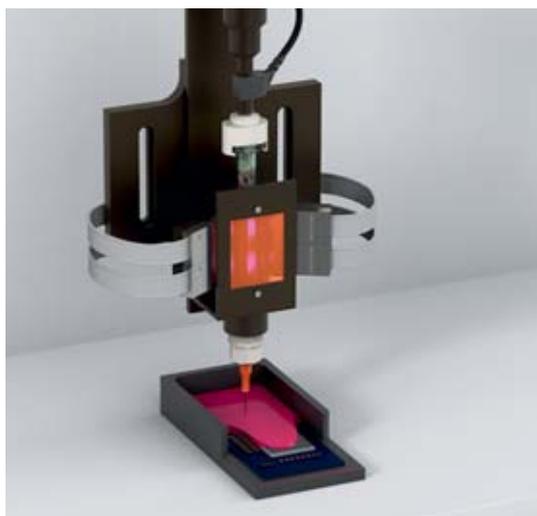


Bild 2: Dosieren und Belichten eines Gehäuses in einem Schritt.

ausdehnungskoeffizienten. Allerdings ist das weitmaschigere Netzwerk von flexiblen Klebstoffen angreifbarer und weniger geeignet für die harschen Bedingungen in der Automobilelektronik.

Abhilfe können hier neu entwickelte Klebstofflösungen schaffen. Sie kombinieren erstmals die Vorteile einer weichen Vergussmasse mit gleichzeitig hoher Beständigkeit für die Anwendungen im Automotive-Bereich und bieten sowohl Flexibilität als auch Widerstandsfähigkeit gegen extreme Bedingungen. Mit dem Ziel schnellere und umweltfreundlichere Prozesse zu etablieren, wurde ein dazu passendes Verfahren namens „Durchflussaktivierung“ entwickelt.

Durchflussaktivierung als Allround-Lösung

Die Durchflussaktivierung ist eine Weiterentwicklung der in der Industrie bekannten Voraktivierung. Sie unterscheidet sich im Zeitpunkt der Belichtung. Diese findet nicht nach, sondern bereits während des Dosierens statt. Dadurch ergeben sich für die Produkt- und Prozessgestaltung von Vergussgeometrien neue Möglichkeiten. Darüber hinaus beschleunigt das neue Belichtungsverfahren Fertigungsprozesse, senkt den CO₂-Fußabdruck und reduziert die Produktionskosten.

Bei der Durchflussaktivierung werden spezielle Produkte auf Epoxidharzbasis verwendet, die mit so-

Autor

Martin Kröger,
Product Manager
Automotive Sensor
Applications bei
Delo



SYKO[®]
50 Jahre POWER

**UIC-Bordnetz
Batterie-Ladung
Frontendversorgung
Bahnzulassung**

SYSTEMKOMPONENTEN

1000V / 16 2/3 Hz (10AC)
1500V / 50 Hz (15AC)
1500 VDC (15DC)
28V / 84 V / 126 V
3,0kw / 3,6kw 4 sek. I²t

BLG.UIC15DC.56.067

SYKO Gesellschaft für Leistungselektronik mbH
+49 (0)6182 9352-0 / www.syko.de / info@syko.de

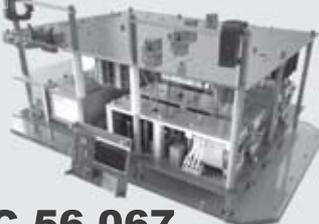




Bild 3: UV-Fixierung mit 365 nm.

Bild 4: Finale Aushärtung bei Raumtemperatur.



nannten „Dual-Initiatoren“ ausgestattet sind. Die Klebstoffe reagieren auf zwei verschiedenen Wellenlängen – eine zum Voraktivieren des Klebstoffes, eine zur unmittelbaren Fixierung. Die Produkte sind mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften ausgestattet und weisen im ausgehärteten Zustand eine hohe Medien- und Temperaturbeständigkeit auf.

Bereits während des Dosiervorganges wird das gesamte Klebstoffvolumen mit einer Wellenlänge von typischerweise 460 nm belichtet. Das Licht aktiviert die Klebstoffaushärtung, die sogenannte Offenzeit beginnt. Innerhalb von fünf bis zehn Minuten besitzt der Klebstoff sowohl eine gute Fließfähigkeit als auch eine ausreichende Benetzungsfähigkeit, um zuverlässig zu fügen und zu vergießen.

Anschließend können offenliegende Klebstoffbereiche via UV-Fixierung erneut belichtet werden. Dadurch erhält der Verguss eine Art Deckelung und somit eine sofortige Anfangsfestigkeit und kann in der

Produktionskette direkt weiterverarbeitet werden, ohne dass etwa Bauteile verrutschen.

Anschließend härtet der durchflussaktivierte Verguss bei Raumtemperatur bis zur Endfestigkeit aus und hat anschließend seine charakteristischen Eigenschaften.

Die Durchflussaktivierung eignet sich dadurch insbesondere für lichtundurchlässige Bauteile mit Hinterschnitten bei komplexeren Geometrien und Schattenzonen. Auch temperaturempfindliche Bauteile verkleben sie ohne Wärmeeintrag schonend und spannungsarm. Optimal nutzbar ist die Durchflussaktivierung zum Beispiel bei Vergüssen für Sensoren, Pins und Stecker, da sie die Bauteile trotz Schattenzonen und Hinterschnitten zuverlässig abdichten, ohne deren Funktionen einzuschränken.

CO₂-Fußabdruck und Ersparnisse

Die Durchflussaktivierung ist ein ressourcenschonender und effizienter Vergussprozess. Das zeigt sich besonders im Vergleich zu Warmhärtungsprozessen, wie sie bislang in der Automobilbranche wegen der hohen Beständigkeitsanforderungen an den Klebstoff typisch sind. Dadurch dass ein ganzer Prozessschritt eingespart wird, verringern sich Prozesskosten (Equipmentkosten, Kosten für Räumlichkeiten, Energiekosten). Bei großflächigen Produktionslinien mit Ofenstationen und Produktionsmengen von 500.000 Bauteilen pro Jahr kann die Durchflussaktivierung ebenfalls die CO₂-Emissionen um mehr als 98 Prozent reduzieren.

Fazit

Klebstoffe als Vergussmasse bieten einen optimalen und zielgerichteten Schutz für Elektronikbauteile im Automobil. Voraussetzungen hierfür sind die Wahl der richtigen thermomechanischen Eigenschaften, das Fließverhalten des Klebstoffes und die Bauteilgeometrie an sich. Die neue Generation an Produkteigenschaften und Aushärtprozessen erfüllen zudem schwierig zu erreichende Anforderungskombination. Die Durchflussaktivierung ist ein Verfahren, das sowohl die Anforderungen an den zuverlässigen Schutz der Elektronik als auch an energieeffiziente und nachhaltige Produktionsprozesse ermöglicht. (na)



Bild 5: Pinabdichtung via Durchflussaktivierung.

Bilder: Delo

Mit 1,5 kW Leistung

Programmierbare AC/DC-Netzteile

XP Power bietet mit den Netzteilen der Serie HDA1500, die für viele Anwendungen in verschiedenen Branchen geeignet sind, hohe Flexibilität für Stromversorgungen zur Chassismontage.



Die neuen Netzteile sind für eine Leistung von 1,5 kW ausgelegt und bieten einen Wirkungsgrad von bis zu 93 Prozent.

Bild: XP Power

In Bereichen wie Robotik, Laser, LED-Heizung und Halbleiterfertigung bietet HDA1500 eine vielseitige und effiziente Lösung mit den Vorteilen digitaler Steuerung und Kommunikation sowie umfangreichen Status-LEDs. Fortschrittliche digitale Steuerung bei der Stromversorgung war nicht immer weit verbreitet. HDA1500 ändert dies, indem die Netzteile eine präzise digitale Regelung des Ausgangsstroms und der Ausgangsspannung von 0 bis 105 Prozent ermöglichen und dem Nutzer so vollständige Kontrolle geben.

Die neuen Netzteile sind für eine Leistung von 1,5 kW ohne Mindestlast ausgelegt und bieten einen Wirkungsgrad von bis zu 93 Prozent. Dies reduziert die Abwärme und ermöglicht eine kompaktere Bauform sowie geringere Betriebskosten. Wenn in einem Rack mehr Leistung benötigt wird, können HDA1500-Einheiten problemlos parallel mit aktiver Stromaufteilung betrieben werden. Die Flexibilität der Serie HDA1500 basiert auf ihrer digitalen Steuerung, die standardmäßig integriert ist. Das Netzteil lässt sich bequem über eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) steuern und über mehrere digitale Protokolle (PMBus, RS485/232, MODBUS und Ethernet) anpassen. Diese ermöglichen auch eine einfache Integration in fortschrittlichere Stromsteuerungssysteme.

HDA1500-Netzteile werden über einen universellen einphasigen Netzeingang (90 bis 264 V_{AC}) betrieben und bieten eine der branchenweit umfangreichsten Auswahlmöglichkeiten für Einzelschienausgänge. Sie decken alle gängigen Spannungen zwischen 12 und 400 V_{DC} in einer Reihe mit elf Versionen ab. Bei Betrieb mit niedriger Netzspannung können die Einheiten mehr Leistung liefern als viele Konkurrenzprodukte.

Die Netzteile arbeiten im Temperaturbereich von -25 bis +60 °C und erfordern erst ab +50 °C Maßnahmen für das Thermal Derating. Sie verfügen über Schutzfunktionen für Übertemperatur, Überlast, Überspannung und Kurzschluss. Eine nützliche 5-V_{DC}/1A-Standby-Schiene versorgt externe Schaltkreise auch dann mit Strom, wenn die Hauptstromversorgung ausgeschaltet ist. (na)



COOL BLEIBEN WENN'S HEISS HERGEHT

- WÄRMELEITMATERIALIEN
- SPEZIALFOLIEN
- TECHNISCHE KERAMIKEN

Ihre T.I.M.-Lösung
ist nur einen Klick entfernt
www.ict-suedwerk.de



Besuchen Sie uns
auf der PCIM Europe:
06. – 08.05.2025
Halle 7, Stand 145

Besucherkarten erhalten Sie
unter info@ict-suedwerk.de

Wir freuen uns
auf Ihren Besuch!

ICT SUEDWERK GmbH

Bajuwarenring 12a ■ 82041 Oberhaching

T +49 (0)89 21 23 102-0 ■ info@ict-suedwerk.de

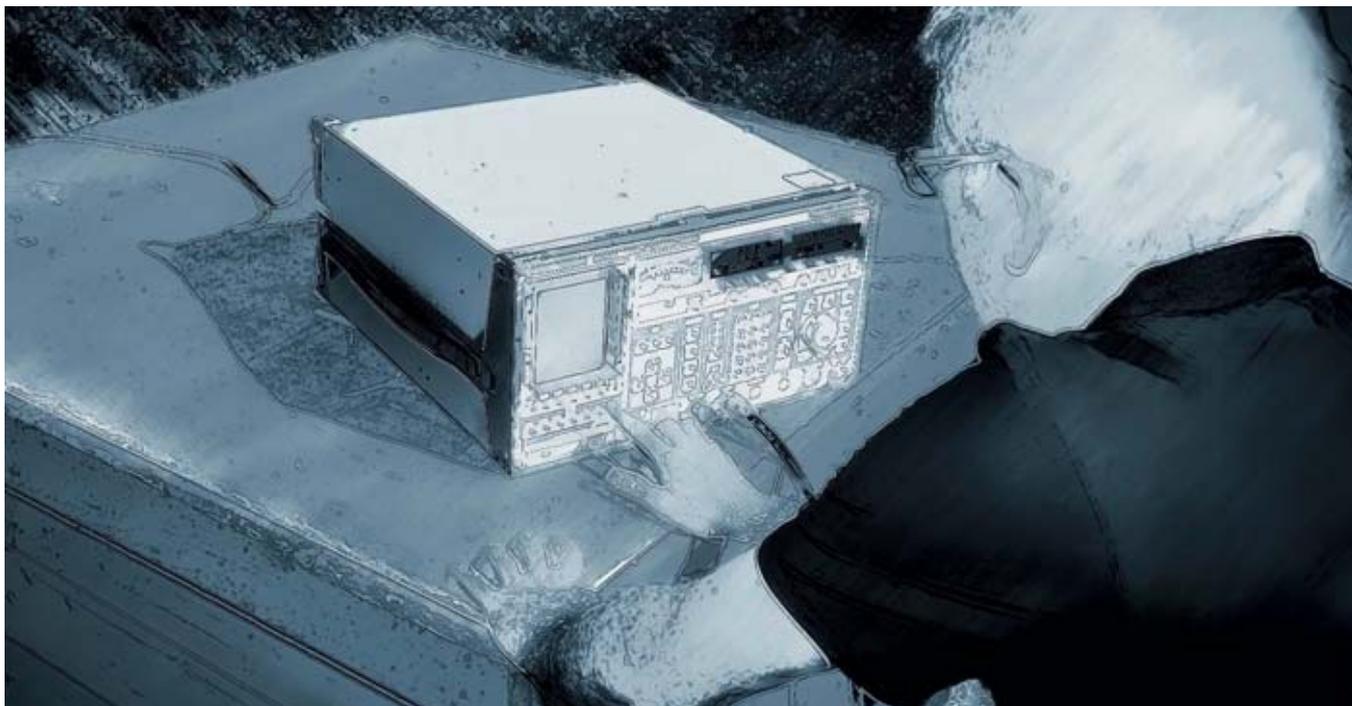


ALL YOU NEED TO MANAGE YOUR HEAT
INSPIRED CUSTOMIZED T.I.M. SOLUTIONS

Für ein ungestörtes Umfeld

Elektromagnetische Phänomene: Prüfverfahren und Schutzmaßnahmen

Dieser Beitrag behandelt einige der wichtigsten Phänomene der elektromagnetischen Interferenz (EMI) und unerwünschten HF-Störungen, leitungsgeführten Signalen sowie Störungen, die von Geräten ausgehen können. Die relevanten Normen und Messgrenzen werden erläutert und Möglichkeiten aufgezeigt, entsprechende Prüfungen im eigenen Labor durchzuführen.



EMV-Prüfungen sorgen dafür, dass unsere Geräte ihr Umfeld nicht stören.

Bilder: Traco Power

Die meisten Elektronik-Entwickler wissen über Funkstörungen Bescheid. Störungen können aber auch von einem Produkt über Netzkabel auf andere Geräte übertragen werden. Solche Störungen fallen unter die Kategorie der leitungsgeführten Störaussendungen.

Leitungsgeführte Störaussendungen

Bei leitungsgeführten Störaussendungen kann es sich um Gleich- oder Gegentaktstörungen handeln. Gleichtaktstörungen (CM-Störungen) breiten sich über einen Leiter, z. B. über einen stromführenden Leiter, einen Neutral- oder einen Signalleiter, zur Masse oder Erde aus. Gegentaktstörungen werden in beiden Richtungen über ein Leiterpaar übertragen, z. B. über einen stromführenden und einen Neutraleiter oder über zwei serielle Schnittstellenkabel. Dieses Wissen ist unerlässlich, um bei der Prüfung leitungsgeführter Störaussendungen Fehler zu vermeiden.

Die Prüfgeräte und -verfahren sind in der Norm CISPR 16-2-1 beschrieben, um einen einheitlichen Ansatz für reproduzierbare Messungen zu gewährleisten.

Die Tests werden in der Regel im Bereich von 150 kHz bis 30 MHz bei einer Auflösungsbandbreite von 9 oder 10 kHz durchgeführt. Die „Pass/Fail“-Grenzwerte sind jedoch an anderer Stelle definiert. Die Norm EN 55032 gilt beispielsweise für Multimedia-Geräte und sieht für die Klasse B, die Produkte für den Wohnbereich umfasst, strengere Grenzwerte vor als für die Klasse A, die alle übrigen Produkte einschließt.

Bei der Prüfung muss ein Spektrumanalysator das zu prüfende Gerät (EUT, Equipment Under Test), auch Prüfling genannt, überwachen, das über eine Netznachbildung (LISN, Line Impedance Stabilization Network) mit der vorgesehenen Stromquelle betrieben wird. Die LISN gewährleistet eine feste Impedanz von 50 Ω während der Messung, wodurch Impedanzschwankungen, die durch die verwendete Stromquelle entstehen, ausgeglichen werden. Netznachbildungen unterscheiden sich in ihren Funktionen. Beispielsweise verfügen nicht alle Netznachbildungen über einen integrierten Überspannungsschutz. Daher kann es erforderlich sein, den Spektrumanalysator vor dem Ein- und Ausschalten des Prüflings zu trennen.

Auf einen Blick

- EMV-Prüfungen sorgen dafür, dass unsere Geräte ihr Umfeld nicht stören.
- Es wird überprüft, ob Geräte durch externe Signale beeinträchtigt werden.
- EMV-Herausforderungen sollte man früh angehen.

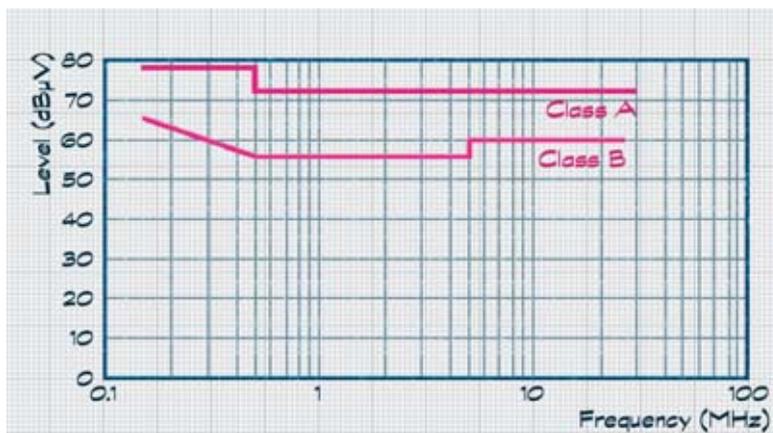
Leitungsgeführte Störaussendungsprüfungen können fehlschlagen, selbst wenn das verwendete Standard-Netzteil konform ist. Netzteile werden in der Regel mit einer festen Gleichstromlast getestet. Die vom Prüfling aufgenommene Last ist jedoch wahrscheinlich nicht konstant und stabil, was zu Problemen führen kann. Daher ist es hilfreich, am Prüftag ein oder sogar zwei alternative Netzteile bereitzuhalten.

Einige Probleme lassen sich durch die Modifikation des Netzteilfilters lösen. Mit X-Kondensatoren zwischen den Leitungen können Gegentaktströme abgeleitet und mit Y-Kondensatoren zwischen Leitung und Masse Gleichtaktströme verringert werden. Eine Gleichtakt-drossel blockiert die Signale mit höherer Frequenz.

Andere Probleme können jedoch nur physische Änderungen lösen. Beispielsweise verursachen Quarzoszillatoren, die in Kombination mit Mikrocontrollern oder FPGAs verwendet werden, Störungen in ihrer Betriebsfrequenz, wenn sie nicht ausreichend geerdet sind. Das lässt sich möglicherweise nur durch eine Modifikation der Leiterplatte beheben. Bei Problemen, die durch die einfache Abschirmung minderwertiger Steckverbinder entstehen, kann es erforderlich sein, diese durch hochwertigere Alternativen zu ersetzen.

Störstrahlungen

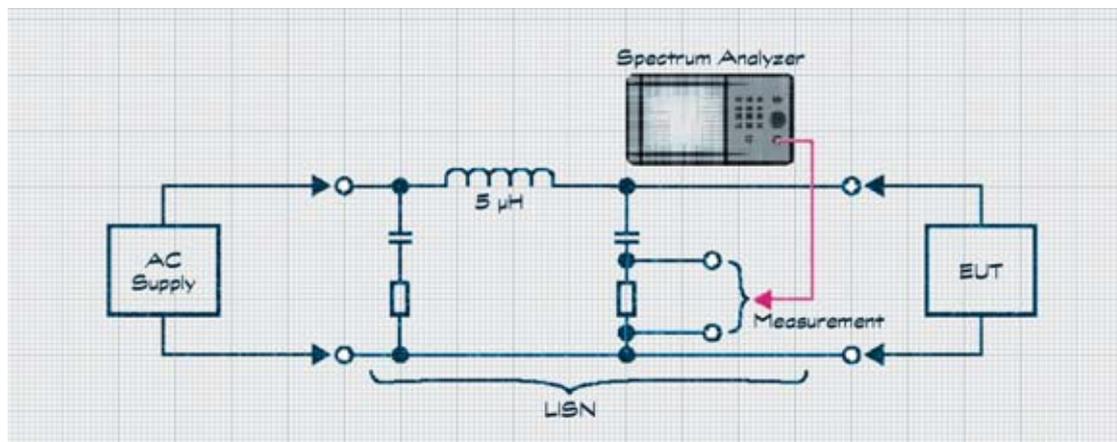
Einige der Störungen werden natürlich als HF-Energie abgestrahlt. Hier kommt die Norm CISPR 16-2-3 ins



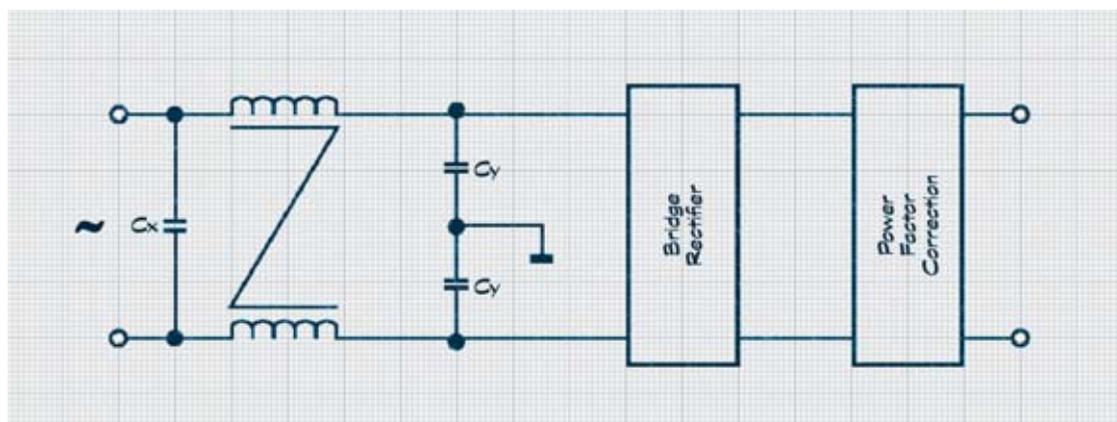
Spiel, die die entsprechenden Prüfverfahren sowie die erforderlichen Messgeräte festlegt und den Frequenzbereich von 9 kHz bis 18 GHz abdeckt. Leider erschweren WLAN- und Mobilfunkmasten sowie Radio-, Fernseh- und Telekommunikationssignale Störstrahlungsmessungen im eigenen Labor. Daher empfiehlt es sich, sich eher auf qualitative EMV-Prüfungen mit einer H-Feldsonde konzentrieren.

Dieses Beispiel für die Grenzwerte bei der Prüfung leitungsgeführter Störaussendungen zeigt, dass Produkte für den Wohnbereich (Klasse B) strengeren Anforderungen unterliegen.

Prüflabore bieten Freifeldmessplätze (OATS, Open Area Test Sites) und Halbabsorberkammern (SAC, Semi-Anechoic Chambers) an. Ein Freifeldmessplatz ist ein im Freien befindlicher Messplatz, der speziell ausge-



Typischer Prüfaufbau für leitungsgeführte Störaussendungen mit einer LISN.

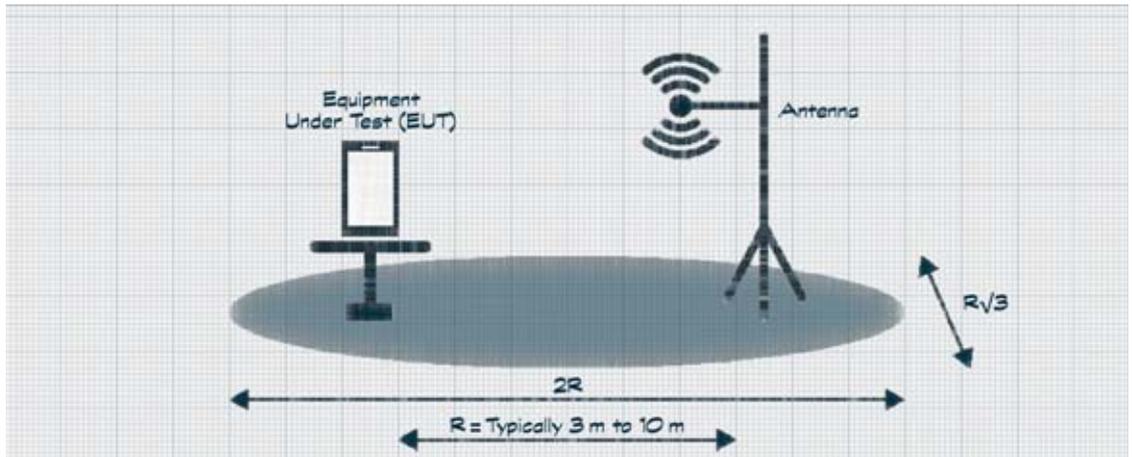


Durch den Einsatz eines Netzteilfilters können leitungsgeführte Gleichtakt- und Gegentaktstörungen reduziert werden. Allerdings lassen sich damit nicht alle Probleme im Zusammenhang mit leitungsgeführten Störaussendungen beheben.

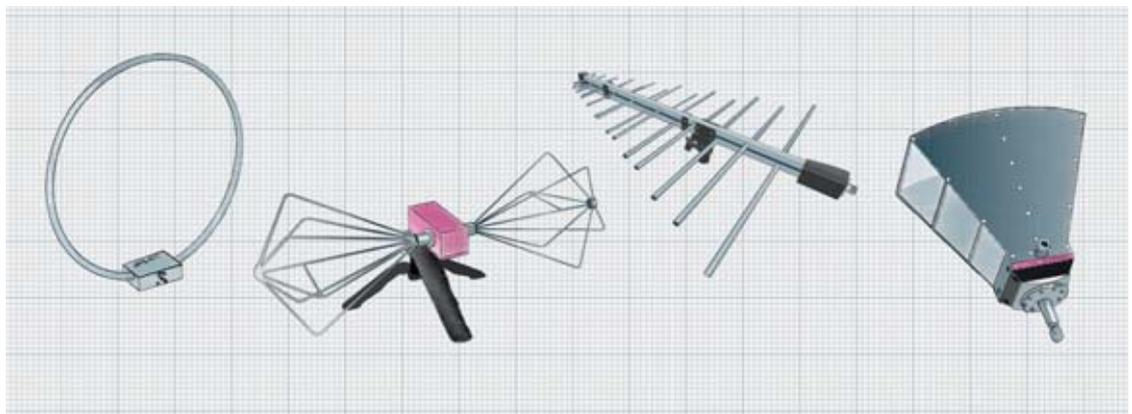
Autor

Simeon Tremp,
Produktmanager
bei Traco Power

Dieses typische Beispiel eines Freifeldmessplatzes zeigt, wie groß die benötigte Freifläche ist.



Verschiedene Antennen, die zur Messung von Störstrahlungen verwendet werden. Von links nach rechts: Rahmenantenne (10 kHz – 30 MHz), Doppelkonusantenne (30 MHz bis 300 MHz), logarithmisch-periodische Antenne (300 MHz bis 1 GHz) und Hornantenne (>1 GHz).



wählt wurde, um lokale Störungen auf ein Minimum zu reduzieren. Er befindet sich auf einer geerdeten Fläche zwischen dem Prüfling, der HF-Antenne und der Messausrüstung. Der Abstand zwischen dem Prüfling und der Antenne beträgt in der Regel 3, 10 oder 30 m. Die Tests sind zwangsläufig auf Tage mit akzeptablen Wetterbedingungen beschränkt, auch wenn einige Standorte für Freifeldmessungen über wetterfeste, HF-durchlässige Abdeckungen verfügen. Der Prüfling wird auf einer isolierten Drehscheibe platziert, was die Messung von Störstrahlungen aus allen Winkeln ermöglicht.

Eine Halbabsorberkammer ist ein metallisch geschirmter Raum, der die Testumgebung vor externen HF-Quellen schützt. Kegelförmige HF-Absorber minimieren Reflexionsstörungen. Im Gegensatz zu Freifeldmessplätzen können Halbabsorberkammern jederzeit genutzt werden. Ihre Errichtung ist jedoch für den Betreiber deutlich teurer.

Das Prüfverfahren ist sehr umfangreich, und es wird erwartet, dass der Prüfling in allen Betriebsmodi getestet wird. Bei prozessorbasierten Anwendungen kann eine spezielle Software-/Firmware-Version zur Automatisierung dieses Prozesses erforderlich sein. Das Gerät muss auch zusammen mit allen Hilfsgeräten getestet werden, wie z. B. einem USB-Stick oder einer seriellen Schnittstelle, die im regulären Betrieb zum Einsatz kommen könnten. Es empfiehlt sich, während der Tests mehrere periphere Hilfsgeräte und -kabel bereitzuhalten, falls eines davon eine Störung verursacht.

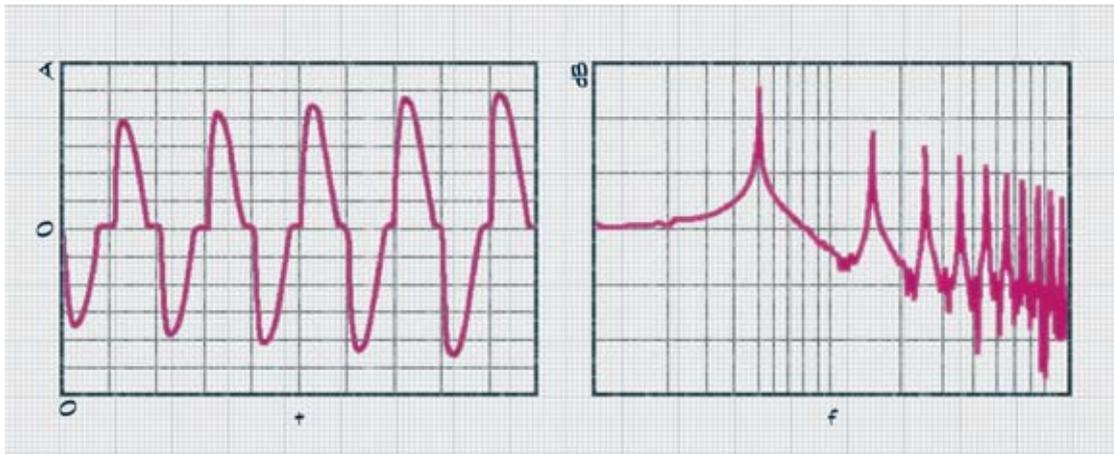
Je nach Messfrequenzbereich können unterschiedliche Antennen eingesetzt werden. Es kann zudem erforder-

lich sein, einen HF-Verstärker vor dem Anschluss an einen geeigneten Spektrumanalysator zu verwenden. Dieser sollte eine Bandpassfilter-Einstellung mit einem Abfall von 6 dB pro Dekade unterstützen und Quasi-Peak-Messungen umfassen. Die Messgrenzen hängen von der Art des Prüflings ab. Zum Beispiel umfasst die Prüfung eines Geräts der Klasse B, Gruppe 1, nach der Norm CISPR 11 Produkte wie Laborgeräte, Schaltnetzteile und Werkzeugmaschinen.

Viele Probleme sind auf das Leiterplattendesign, die Kabelführung und die Erdung zurückzuführen. Bei der Prüfung auftretende Störungen können in einigen Fällen durch den Einsatz von Ferriten, Drosseln oder sogar durch Abschirmung behoben werden. Störungen, die durch Schaltkreise verursacht werden, lassen sich durch Aktivierung der Spreizspektrum-Modulation von Taktern beseitigen, falls verfügbar.

Netzüberschwingungen

Im Idealfall sollte die Stromaufnahme der Geräte mit der Spannung der Netzstromversorgung in Phase sein. Nichtlineare Lasten sind jedoch mit einer diskontinuierlichen Stromaufnahme verbunden, wie z. B. der klassische Gleichrichter-Kondensator in Netzteilen. Der Strom sieht dann nicht mehr wie eine Sinuswelle aus und weist bei der Überprüfung mit einem Spektrumanalysator einen hohen Anteil an Oberschwingungen auf. Man sollte davon ausgehen, dass die eigenen Geräte Netzüberschwingungen erzeugen, weshalb geprüft werden muss, ob sie den Anforderungen der Norm EN 61000-3-2 entsprechen.



Nicht sinusförmiger Netzstrom (links) in einer Brückgleichrichterschaltung und dessen Spektren (rechts).

Diese Norm betrifft Geräte mit einer Stromaufnahme von weniger als 16 A, sie gilt jedoch trotz einiger Ausnahmen für die meisten Anwendungen. Normalerweise stellt ein einzelnes Gerät kein Problem dar. Es ist vielmehr der gemeinsame Betrieb vieler Computer, Monitore und Lampen (z. B. in einem Büro oder Krankenhaus), der aufgrund der daraus resultierenden Kombination von Oberschwingungsströmen zu einer geringeren Leistung oder Zuverlässigkeit führt. Dies kann auch Störungen bei Audiogeräten zur Folge haben.

Ein Prüfaufbau liefert Ergebnisse für alle oder einige Oberschwingungen bis zur 40. Ordnung und je nach Geräteklasse zudem einen „Pass/Fail“-Status für jedes Ergebnis. Computer, Monitore und Fernseher fallen in die Klasse D, während tragbare Tools der Klasse B angehören. Zu den erforderlichen Messgeräten, deren Kombination in der Regel auch Flickermessungen ermöglicht, zählen eine verzerrungsarme Wechselstromquelle, ein Oberschwingungsanalysator und ein Stromwandler.

Flicker

Sicherlich hat jeder schon einmal erlebt, dass die Lichter zuhause oder im Büro für einen Moment flackerten oder schwächer wurden. Dies wird oft durch Spannungseinbrüche verursacht, die auf Probleme im Stromnetz zurückzuführen sind. Aber dieses Phänomen kann auch durch das lokale Einschalten eines elektrischen Hoch-

leistungsgeräts, wie z. B. eines Staubsaugers, eines Ofens oder eines Wasserkochers, verursacht werden. Im schlimmsten Fall können Geräte zu kontinuierlichen Schwankungen der Leuchtdichte von Lampen führen, was Kopfschmerzen oder sogar epileptische Anfälle zur Folge haben kann. Die in der Norm EN 61000-3-3 definierten Tests beziehen sich auf die ersten Elektroinstallationen, bei denen abgenutzte elektrische Glühlampen das Flackern von Lampen auf derselben Stromleitung verursachen.

Die Norm legt Grenzwerte für die Spannungsschwankungen fest, die ein elektrisches Gerät erzeugen darf. Sie betrifft hauptsächlich Haushaltsgeräte, die mit etwa 220 V_{AC} betrieben werden und weniger als 16 A benötigen. Zweck der Norm ist es nicht, Helligkeitsschwankungen bei lokalen Leuchten vollständig zu beseitigen. Vielmehr definiert die Norm akzeptable Werte für Helligkeitsschwankungen.

Für das Prüfverfahren wird ein Flickermeter oder -analysator verwendet. Bei einer stabilen Stromversorgung werden die Spannungsschwankungen an den Anschlussklemmen des Prüflings überwacht. Anschließend folgen komplexe Berechnungen zur Bewertung der während des Betriebs verursachten Schwankungen. Da der Prüfaufbau für Flickermessungen dem für Netzoberschwingungsmessungen ähnelt, werden in der Regel dieselben Messgeräte für beide Prüfungen verwendet. (bs)



XGL3020 Serie

Leistungsinduktivitäten mit sehr geringen Verlusten

Coilcraft



- Derzeit niedrigster DC-Widerstand auf dem Markt – bis zu 50% niedriger als andere
- Nennstromstärken bis 14,8 Ampere mit weicher Sättigung
- Fünfzehn Induktivitätswerte von 0,10 bis 4,5 µH
- Geeignet für DC-DC Wandler mit großem Eingangsspannungsbereich

e-mail: sales@coilcraft-europe.com

Kostenlose Muster bei coilcraft.com



Elektromagnetisches Rauschen ist das Ergebnis von elektrischen Strömen, Magnetfeldern und elektromagnetischen Feldern.

Bild: Best-stock.adobe.com

Die Sprache des Rauschens

Design von Stromversorgungssystemen und EMI

In der Entwicklung elektronischer Systeme spielt das Management von elektromagnetischem Rauschen eine zentrale Rolle. Der Beitrag erklärt Ursachen, Arten und Auswirkungen von leitungsgebundenen und abgestrahlten Störungen, gibt einen Überblick über relevante Normen und zeigt, wie sich EMV-konforme Designs umsetzen lassen.

Auf einen Blick

- EMI muss früh im Designprozess berücksichtigt werden.
- Störungen treten als leitungsgebundene und abgestrahlte Emissionen auf.
- Ursachen, Wirkungen und Gegenmaßnahmen müssen im Stromversorgungsdesign adressiert werden.

Elektromagnetisches Rauschen ist allgegenwärtig, als Ergebnis von elektrischen Strömen, Magnetfeldern und elektromagnetischen Feldern. In der Praxis heißt das, dass das Rauschen durch natürliche Phänomene wie Blitze und Sonneneruptionen sowie durch menschengemachte elektrische oder elektronische Geräte wie Funksender und Schaltnetzteile erzeugt wird.

Das Rausch-Management in elektronischen Systemen ist ein wichtiger Bestandteil bei jedem ersten Design, da eine Rauschminimierung nach Abschluss des Designs oder bei der Herstellung eines Prototypen immer schwieriger und teurer wird. Ein erster Schritt zum Management des Rausch-Managements besteht darin,

das Vokabular, die Ursachen und die Auswirkungen von Rauschen zu verstehen.

Design von Stromversorgungssystemen

Im Zusammenhang mit dem Design von Stromversorgungssystemen tritt Rauschen – allgemein als elektromagnetische Interferenz (EMI) oder Funkstörung (RFI) bezeichnet – in Form unerwünschter Ströme auf. Diese beeinträchtigen die Leistung jedes empfindlichen Geräts. Die Mechanismen dieser unerwünschten Ströme werden sowohl von der störenden Quelle als auch vom empfindlichen Empfänger aus betrachtet. Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ist die Fähigkeit der

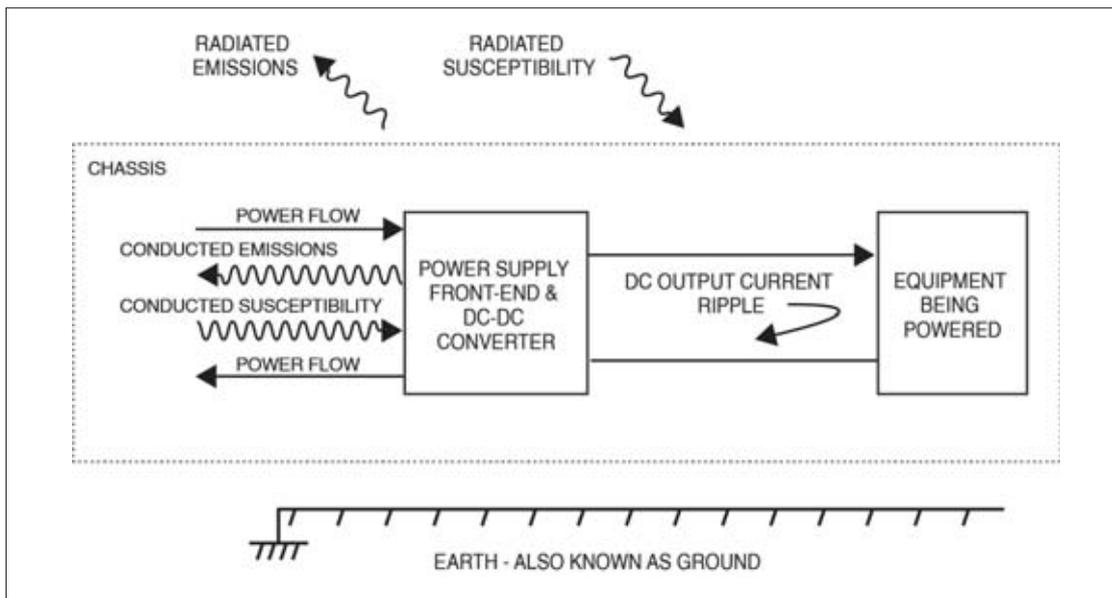


Bild 1: Typischer Aufbau eines Elektronikgehäuses. Bild: Bel-Fuse

Quelle und des Empfängers, in einer bestimmten elektromagnetischen Umgebung zu funktionieren.

Arten von Emissionen

Elektrische Ströme, die vom Stromversorgungseingang zur Spannungsquelle fließen, werden als leitungsgebundene Emissionen bezeichnet, wie in Bild 1 zu sehen. Leitungsgebundene Emissionen werden am Eingang (Wechsel- oder Gleichstrom) auf zwei Arten erzeugt: durch Gegentaktstörungen und Gleichtaktstörungen (Bild 2). Gegentaktstörungen werden zwischen zwei Leitern gemessen. Gleichtaktstörungen sind auf jedem der Eingangsleiter vorhanden und fließen zur Erde. Leitungsgebundene Emissionen sind dem Eingangsstrom überlagert, der die Leistung von der Spannungsquelle (Wechsel- oder Gleichstrom) liefert. Sie können die Stromversorgung verlassen oder in sie eintreten.

Verlassen Ströme die Stromversorgung und fließen zur Eingangsspannungsquelle, werden sie allgemein als leitungsgebundene Emissionen bezeichnet. Wenn ein Strom aus Störquellen dem Eingangsstrom überlagert ist und in die Stromversorgung fließt, wird dies als leitungsgebundene Störfestigkeit bezeichnet. Gelegentlich wird man auf Anforderungen an die „leitungsgebundene

Störfestigkeit“ stoßen, die die Reaktion eines Geräts auf unerwünschte Signale ist, die an der Stromleitungen anliegen. Bei militärischen Anwendungen sind Spezifikationen zur leitungsgebundenen Störfestigkeit üblich. Ein weiterer unerwünschter Strom ist dem Ausgangsgleichstrom überlagert, der die Last speist: der Ausgangs-Rippelstrom. In der Regel basiert jede Spezifikation hierfür auf den jeweiligen Geräten, so dass hier kein Standard eines Drittanbieters herangezogen wird.

Abgestrahlte EMI bezieht sich auf eine elektromagnetische Welle, die das Gehäuse, in dem sich das Produkt befindet, verlässt oder in dieses eintritt. Verlassen elektromagnetische Wellen das Gehäuse, werden sie als abgestrahlte Emissionen bezeichnet. Wirken elektromagnetische Wellen auf das Produkt ein, werden sie als abgestrahlte Störfestigkeit bezeichnet. Abgestrahlte Störfestigkeit ist die Reaktion des Geräts auf unerwünschte Strahlung, die auf das Gehäuse einwirkt.

Rippelstrom

Es gibt einen vierten Bereich des Störstroms, der jedoch gewöhnlich nicht spezifiziert wird, da er für den Endbenutzer des Geräts nicht sichtbar ist. Wenn es sich bei der Eingangsspannung um eine Wechselspannung handelt,



DC-DC-Optimierungstool

Coilcraft



- Findet die geeignetsten Standard-Induktivitäten für Ihre Abwärts-, Aufwärts- und Abwärts-Aufwärtswandler
- Basiert auf Mess- statt Simulationsdaten von Induktivitäten
- Bietet applikationsspezifische Signalkurven und vollständige DC- und AC-Verlustanalysen

Starten Sie jetzt @ coilcraft.com

Bild 2: Leitungsgelungene Emissionen werden am Eingang durch Gengentaktstörungen und Gleichtaktstörungen erzeugt.

Bild: Bel-Fuse

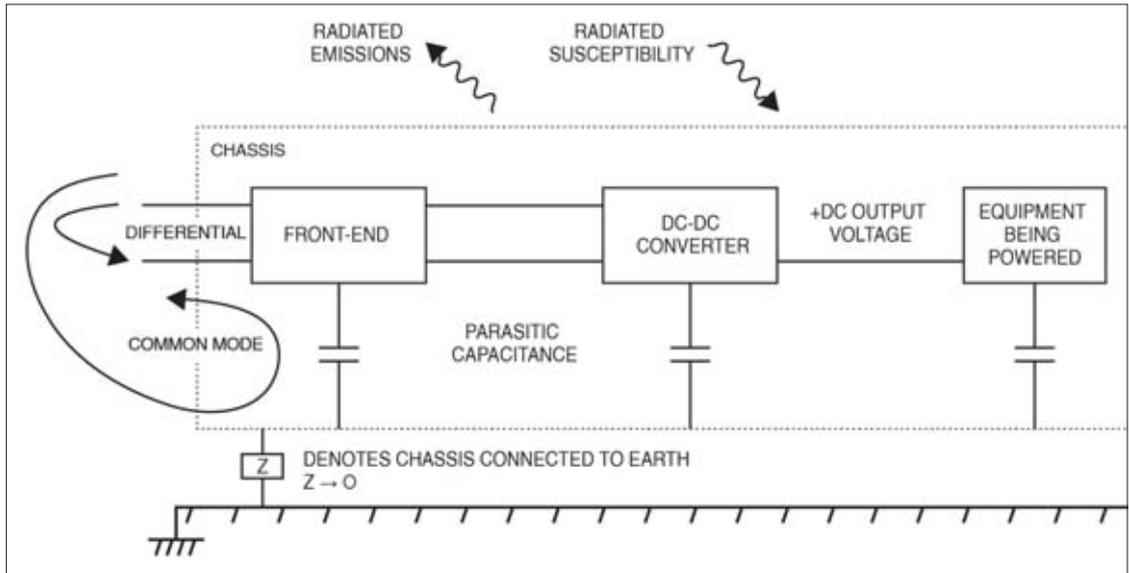
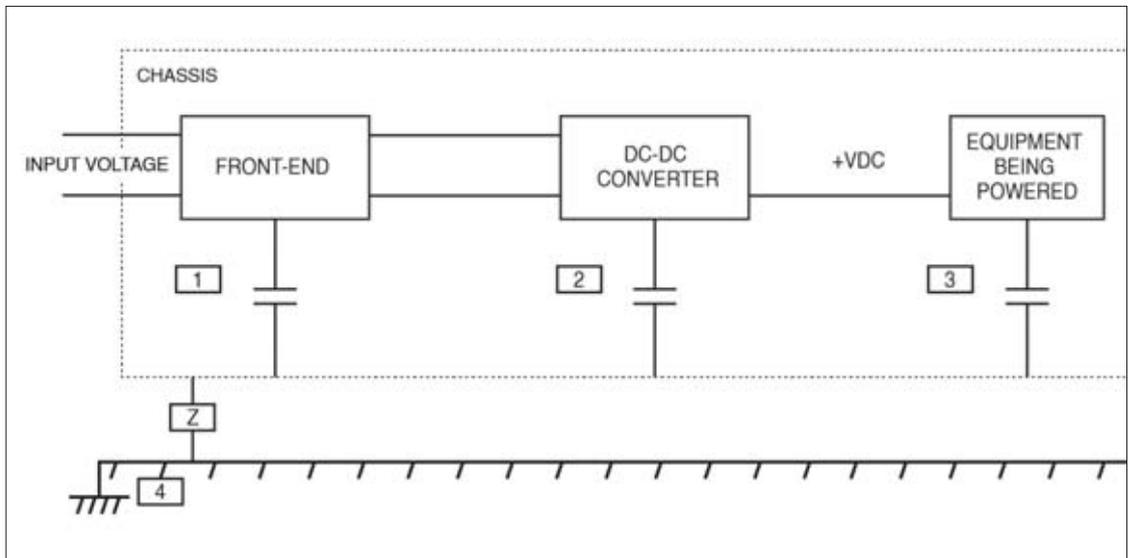


Bild 3: Korrekte Erdung eines Stromversorgungssystems.

Bild: Bel-Fuse



sind für die Gleichrichtung zur Erzeugung eines Gleichstrompegels Kondensatoren zur Energiespeicherung nötig. Der Gleichstrompegel an den Kondensatoren wird von einer Rippelspannung überlagert. Diese Rippelspannung hängt neben anderen Faktoren vom Kapazitätswert, der Netzfrequenz und dem Leistungspegel ab. Dies ist nur selten in einer Produktspezifikation enthalten. Diese Welligkeit (bei einer einphasigen Spannung ist sie doppelt so hoch wie die Netzfrequenz) kann eine messbare Komponente sein, die zur Ausgangsspannungswelligkeit der Schaltfrequenz des DC-DC-Wandlers hinzukommt. Die drei Arten von Rauschen werden durch das Ein- und Ausschalten von Bauteilen verursacht. Nach dem Wechselstromeingang findet im Front-End eine Gleichrichtung statt, um einen Gleichstrompegel zu erzeugen. Die Gleichrichtung erfolgt durch Dioden, wobei der Ausgang der Diode die Kapazität speist. Die Dioden schalten sich bei jedem Wechselstromzyklus ein und aus. Wenn die Dioden sich ausschalten, geschieht dies in $< 1 \mu\text{s}$, wodurch Schaltströme nicht nur bei Vielfachen der Netzfrequenz, sondern auch im MHz-Bereich entstehen. Die Ströme fließen

zurück zum Wechselstromeingang und bilden einen Teil des Spektrums leitungsgebundener Emissionen.

Weitere Schaltelemente befinden sich in den nachgeschalteten DC/DC-Wandlern. In der Regel handelt es sich dabei um einen oder mehrere Schalt-MOSFETs auf der Primärseite des Wandlers und Gleichrichterioden (oder MOSFETs) auf der Sekundärseite. Die Bauteile schalten sich hier in der Regel in $< 20 \text{ ns}$ ein und aus. So können die Frequenzen der Ströme leicht bis zu 30 MHz betragen. Dies ist die maximale Frequenz, die in den kommerziellen Standards für die Messung leitungsgebundener Störungen festgelegt ist. Wenn die Schaltung zur Leistungsfaktorkorrektur (PFC) auch im Front-End enthalten ist, treten weitere Ströme aufgrund der schaltenden MOSFETs und Dioden der PFC-Schaltung auf.

Umgang mit Rauschströmen

Die Gleichstromausgänge haben auch hochfrequente Schaltströme, die zur Last fließen. Die Ströme, die zum Eingang zurückfließen, sowie die Ströme, die zur Last fließen, können aufgrund parasitärer Kapazität innerhalb der Stromversorgung und der Ausrüstung selbst

viele Leitungswege finden. Da sich die Bauteile mit den genannten Geschwindigkeiten ein- und ausschalten, bildet jedes Paar paralleler Drähte, mechanischer Halterungen oder Komponentenbefestigungen eine parasitäre Kapazität und bietet so hochfrequenten Strömen einen Leitungsweg, selbst wenn die Kapazität nur wenige Piko-Farad beträgt.

Es gibt auch parasitäre Induktivitäten durch Verdrahtung und Leiterbahnführungen auf der Leiterplatte. Alle Leitungslängen sind induktiv und tragen zu induktiven Spannungen bei, die ebenfalls kapazitive Ableitpfade finden werden.

Da die Ströme in der Eingangs- und Ausgangsverdrahtung zeitlich variieren, erzeugen sie elektromagnetische Wellen. Diese abgestrahlten Störungen können unerwünschte Effekte in benachbarten Schaltkreisen oder Geräten verursachen. Nach den Prüfvorschriften der US-amerikanischen FCC und der EU werden diese Störungen mit einer Antennen-/Empfängerkombination in 10 m Abstand gemessen.

Erdung und Rauschminderung

Durch eine korrekte Erdung werden die Effekte aller Rauschquellen minimiert, da diese den Strömen einen niederohmigen Weg zur Erde bietet. In einem Stromversorgungssystem gibt es vier Stellen, die von Interesse sind (Bild 3). Je nachdem, ob es sich um einen Wechselstrom- oder Gleichstromeingang handelt, sind die Punkte 1, 2, 3 und 4 nicht identisch. Der Front-End-Eingang und -Ausgang (Punkte 1 und 2) weisen aufgrund des Leitungswiderstands und der induktiven Komponenten zur Filterung unterschiedliche Potentiale auf. Eingang und Ausgang des DC/DC-Wandlers (Punkte 2 und 3) sind aufgrund der Verwendung eines Trenntransformators unterschiedlich.

Normalerweise ist nur das Chassis (Punkt 4) mit der Erde (Masse) verbunden. Der Erdungsanschluss des Chassis ist dann am besten, wenn $Z \rightarrow 0$ ist. Es kann sinnvoll sein, sich ein Blockschaltbild des Systems anzusehen und zu entscheiden, welche Wege die hochfrequenten Störströme wahrscheinlich nehmen werden, je nachdem, wie diese Punkte ausgewählt und ihre Verbindungen implementiert sind. Bei $Z = 0$ wird jeder Störstrom, der zum Chassis fließt, zur Erde geleitet. Dies ist das Hauptziel. Ein Beispiel für einen unerwünschten

anderen Weg wäre es, wenn die Störströme vom Front-End zu dem Gerät fließen, das mit Strom versorgt wird, und eine Änderung von dessen Verhalten verursachen. Darüber hinaus ist es bei einer EMI-Qualifikationsprüfung wünschenswert, dass alle Störströme zur Erde und nicht zum Messgerät fließen, da dies die Messungen von Gegentakt- wie auch Gleichtaktstörungen beeinflussen würde.

Sicherstellung der EMV-Konformität

Die Anforderungen hinsichtlich leitungsgebundener und abgestrahlter Emissionen werden in der Regel durch eine Spezifikation einer Drittpartei vorgeschrieben. Für leitungsgebundene Emissionen sind drei Spezifikationen gebräuchlich: FCC Part 15, Class A oder Class B in den Vereinigten Staaten; EN 55032, die EN 55022 ersetzt hat, Klasse A oder Klasse B in Europa; MIL-STD-461 für militärische Anwendungen. Zu beachten sind hier die Unterschiede im Niederfrequenzbereich.

Die FCC-Norm beginnt bei 450 kHz, die EN 55032 bei 150 kHz. MIL-STD-461 beginnt bei 10 kHz für CE 102. Es ist ratsam, dass Entwickler die Revisionsstände der betreffenden Spezifikationen prüfen und in der jeweiligen Spezifikation angeben. Für leitungsgebundene Emissionen gibt es zwei Messverfahren: Quasi-Peak und Mittelwert (Average). Die jeweiligen Spezifikationsgrenzwerte sind in der Norm EN 55032 angegeben. Es können eine oder beide Messungen erforderlich sein. Schließlich werden zwei Klassen für die FCC- und EN-Spezifikationen gezeigt: Klasse B erfordert bei Bedarf eine zusätzliche Dämpfung im Vergleich zu Klasse A. Die Ausgangsbrummspannung wird in der Regel als Prozentsatz der Ausgangsspannung angegeben und in Millivolt Peak-to-Peak ausgedrückt. Ein Oszilloskop mit einer Bandbreite von 20 MHz misst standardmäßig diesen Parameter.

Elektromagnetische Strahlung tritt in der Regel aus dem Eingangs- und/oder Ausgangskabel aus, weil die Kabel ungeschützt sind. Die elektromagnetischen Wellen, die im Inneren des Gehäuses von Stromversorgung und Elektronik vorhanden sind, werden höchstwahrscheinlich gedämpft, bevor sie das Gehäuse verlassen. (bs)

Dieser Beitrag basiert auf Unterlagen von Bel-Fuse.

ak>tec

GERÄTE FÜR DIE INDUSTRIELLE AUTOMATION

- Digitalanzeigen
- Kleinsteuerungen
- I/O-Module
- Prozessregler

**MEHR LEISTUNG.
WENIGER KOSTEN**



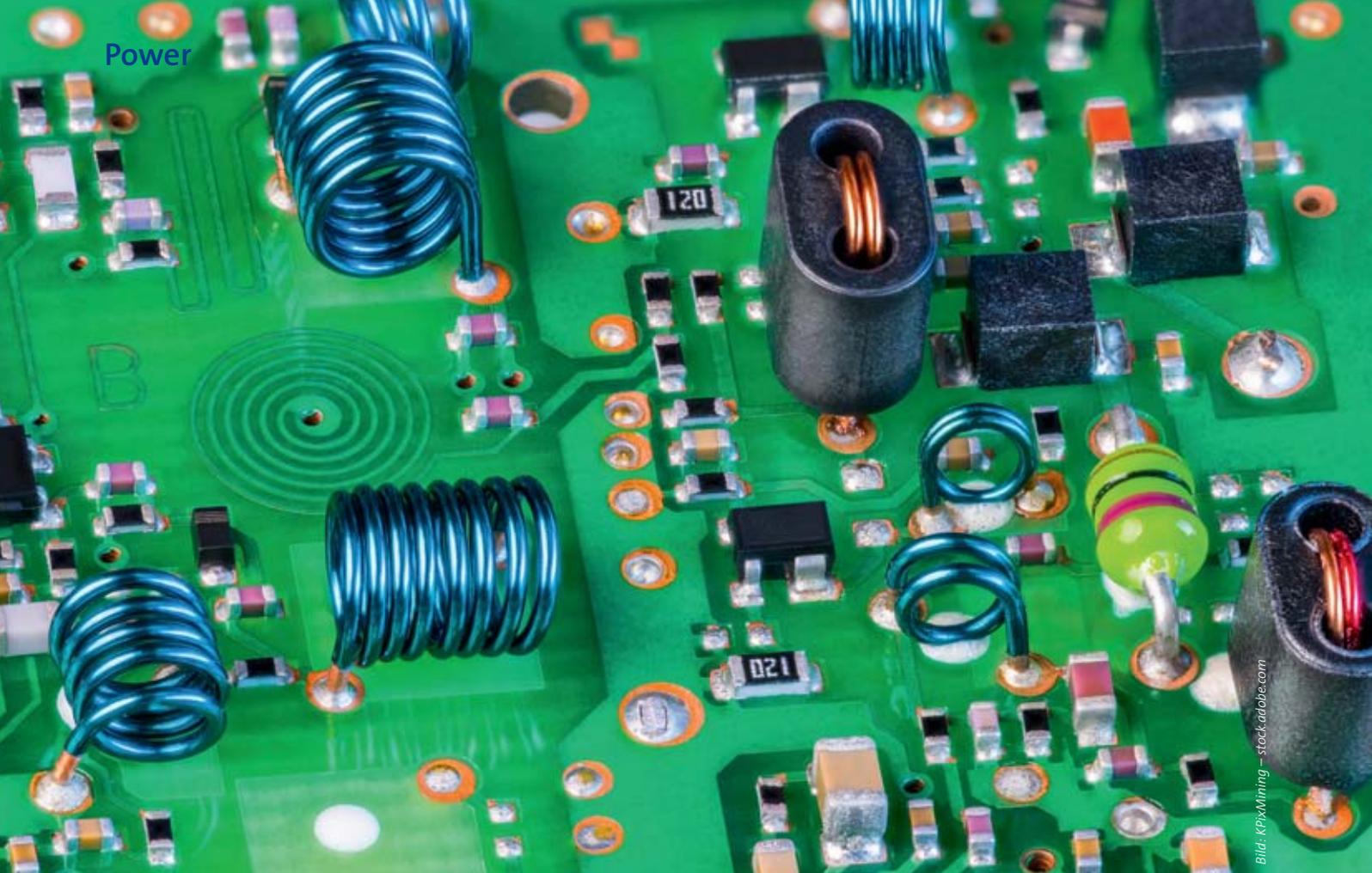


Bild: KPXMining – stock.adobe.com

Power

Auf einen Blick

- Die Gesamt-Streuinduktivität bestimmt Flankensteilheit und Verluste der TLVR-Schaltung.
- Sie lässt sich über LC-Spannungsmessung ermitteln.
- Durch Anpassung oder Verzicht auf LC wird die TLVR-Schaltung auf maximale Flankensteilheit oder minimale Verluste optimiert.

Autor

Josh Mandelcorn, Applikationsingenieur bei TI

Für eine bessere Leistungsfähigkeit

Gesamt-Streuinduktivität einer TLVR-Schaltung messen

TLVR-Schaltungen ermöglichen eine verbesserte Reaktion auf Lastsprünge – allerdings nur bei optimal abgestimmter sekundärer Schleifeninduktivität. Wie lässt sich die Gesamt-Streuinduktivität zuverlässig bestimmen, um Flankensteilheit und Verlustleistung gezielt zu optimieren? Ein Designbeispiel hilft bei der Analyse.

Ein TLVR (Trans-Inductor Voltage Regulator) stellt eine Abwandlung des konventionellen mehrphasigen Abwärtswandlers dar. Hier erhöht sich die Flankensteilheit des Ausgangsstroms, um den steilen Lastsprüngen auf der Core-Versorgungsspannung von schnellen Prozessoren oder applikationsspezifischen integrierten Schaltungen gerecht zu werden. Die Ausgangsinduktivitäten erhalten zu diesem Zweck jeweils sekundäre Wicklungen, die zu einer sekundären Schleife in Reihe geschaltet werden, um das Lastsprungverhalten zu beschleunigen.

Nachteilig an dieser Methode ist allerdings, dass die Verbesserung der Lastsprungeigenschaften mit einer erhöhten Welligkeit im statischen Zustand sowie mit erhöhten Verlusten erkauft werden muss. Das Problem liegt darin, dass es schwierig ist, die tatsächliche Gesamtinduktivität der sekundären Schleife abzuschätzen. Diese aber hat großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit, da sie in hohem Maße vom Leiterplatten-Layout bestimmt wird. Nachfolgend wird deshalb beschrieben,

wie es mithilfe einer einfachen Messung möglich ist, die tatsächliche Streuinduktivität in der sekundären TLVR-Schleife abzuschätzen, um auf dieser Basis die Leistungsfähigkeit zu optimieren.

Bisheriger Ansatz

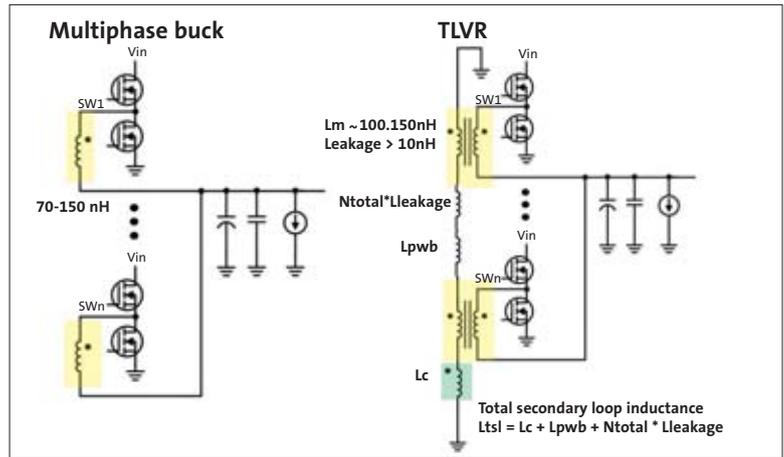
Bild 1 zeigt ein vereinfachtes Schaltbild des mehrphasigen Abwärtswandlers – einmal ohne und einmal mit TLVR-Schaltung. Zu beachten ist die zusätzliche sekundäre Schleife in der TLVR-Schaltung, die aus den Sekundärwicklungen der Ausgangsspulen, der zu kompensierenden Induktivität L_c und den ebenfalls dargestellten parasitären Elementen besteht. Die Summe aller dieser Induktivitäten wird als die Gesamtinduktivität der sekundären Schleife (L_{sl}) bezeichnet. Der Wert von L_{sl} hat entscheidenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit, denn sowohl die Verbesserung der Strom-Anstiegsgeschwindigkeit als auch der hochfrequenten Welligkeitsstrom der TLVR-Schleife sind proportional zu L_{sl} . Wegen der fehlenden Vorhersagbarkeit der parasitären

Induktivitäten wurde die TLVR-Schaltung bei ihrer ersten Einführung mit einer fest vorgegebenen Kompensations-Induktivität L_C versehen.

Der bisherige Ansatz sieht vor, mit L_C die parasitären Induktivitäten in den Hintergrund zu drängen – basierend auf der Annahme, dass sie deutlich kleiner als L_C sind. Mit einer oszilloskopischen Messung an L_C lässt sich diese Annahme entweder verifizieren, oder es kann anderenfalls die Information eingeholt werden, dass L_{tsl} abgeschätzt werden muss. Anschließend lässt sich L_C so anpassen, dass sich eine bessere Anpassung an die Gesamt-Streuinduktivität ergibt und optimale Eigenschaften sowohl hinsichtlich der Anstiegsgeschwindigkeit als auch in Bezug auf die Welligkeit erzielt werden. In bestimmten Situationen kann L_C sogar ganz entfallen.

Die Leistungsfähigkeit der TLVR-Schaltung bemisst sich nach der Steilheit der fallenden Ausgangsstromflanke $\Delta I/\Delta t$, angegeben in der Einheit Ampere pro Mikrosekunde ($A/\mu s$). Einige neuere Anwendungen verlangen hier Werte bis zu $5000 A/\mu s$. Die Steilheit der steigenden Flanken ist von gleicher Wichtigkeit, aber da V_{IN} mit typisch 12 V üblicherweise deutlich größer ist als V_{OUT} (typisch 0,7 V bis 1,8 V), sind die steigenden Flanken normalerweise deutlich steiler und potenziell sogar übermäßig steil. Zu steile steigende Flanken lassen sich übrigens meist abflachen, indem man die Anzahl der gleichzeitig einschaltenden Phasen begrenzt.

Den Gleichungen in Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass die Beschleunigung des Lastsprungverhaltens umgekehrt proportional zu L_{tsl} ist. Aus Tabelle 2 geht darüber hinaus hervor, dass die hochfrequenten TLVR-Ströme



ebenfalls umgekehrt proportional zu L_{tsl} sind. Tabelle 3 führt die an L_C zu erwartenden Spannungen auf, wenn $V_{OUT} \cdot N_{phasen} < V_{IN}$ ist, unter der Annahme, dass $L_{tsl} \approx L_C$, sowie die Neuberechnung von L_{tsl} , wenn kleinere Spannungen vorgefunden werden.

Designbeispiel

Es ist nun an der Zeit, ein Designbeispiel zu präsentieren – beginnend mit den Anforderungen und dem allgemeinen Ansatz, wie in Tabelle 4 gezeigt. Hier stellt sich jedoch die Frage, ob der L_C -Wert von 100 nH dem wahren L_{tsl} -Wert der 16-stufigen Schleife entspricht. Hierzu sei auf eine große Sekundärschleife verwiesen. Wie stimmig diese Annahme ist, erhellt sich durch eine Messung des tatsächlichen Spannungsverlaufs an L_C

Bild 1: Vereinfachtes Schaltbild eines mehrphasigen Abwärtswandlers ohne bzw. mit TLVR-Schaltung. Bilder: TI

Fallende Flanke Abwärtswandler $\Delta I/\Delta t$	$\downarrow Slope_{(buck)} = -N_{total} \left(\frac{V_{out}}{L} \right)$	L ist der Wert der diskreten Ausgangs-Induktivität jeder Stufe
Fallende Flanke TLVR $\Delta I/\Delta t$	$\downarrow Slope_{(TLVR)} \approx -N_{total} \left(\frac{V_{out}}{L_m} \right) - N_{total} \left[\frac{N_{total} \times V_{OUT}}{L_{tsl}} \right]$	L_m ist der Wert der Magnetisierungs-Induktivität jeder Stufe
L_{tsl}	$L_{tsl} = L_C + L_{pwb} + N_{total} \times L_{leakage}$ (unter der Annahme, dass $L_{tsl} = L_{c[1]}$)	$L_{leakage}$ ist als die Streuinduktivität der einzelnen Ausgangs-Induktivitäten definiert

Tabelle 1: Gleichungen für die Steilheit der fallenden Flanken von Abwärtswandlern und TLVR.

KEEP IT COOL



CTX THERMAL SOLUTIONS

Effiziente Kühllösungen für industrielle Elektronik-anwendungen

Tabelle 2: Hochfrequente Ströme in der TLVR-Schaltung in der Sekundärwicklung und allen Phasen, wenn $V_{OUT} \cdot N_{phasen} < V_{IN}$.

Zeitspanne, in der alle Phasen abgeschaltet sind (T_{OFF})	$T_{OFF} = \frac{V_{IN} - V_{OUT} \times N_{phase}}{F_{sw} \times N_{phase} \times V_{IN}}$	F_{sw} ist die Schaltfrequenz der einzelnen Phasen
Hochfrequenz-Stromwelligkeit (Peak-to-Peak) (ΔI_{Ltsl})	$\Delta I_{Ltsl} = T_{OFF} \times N_{total} \times V_{OUT}/Lst$	In der Sekundärschleife und in jeder Leistungsstufe
Effektivwert (RMS) dieses Stroms	$I_{RMS(Lts)} \approx \frac{\Delta I_{Ltsl}}{\sqrt{12}}$	

Tabelle 3: Zu erwartende Spannungen an L_c , wenn $V_{OUT} \cdot N_{phasen} < V_{IN}$ ist, unter der Annahme, dass $L_{tsl} \approx L_c$ sowie Neuberechnung von $Ltsl$, wenn kleinere Spannungen vorgefunden werden.

Spannung an L_{tsl} (und L_c , wenn $L_{tsl} \approx L_c$), wenn eine Phase eingeschaltet ist	$V_{Ltsl(on)} = -\frac{V_{in} \times N_{total}}{N_{phase}} + N_{total} \times V_{OUT}$	Unter der Annahme der Polarität von L_c gemäß Bild 1
Spannung an L_{tsl} (und L_c , wenn $Ltsl \approx L_c$), wenn alle Phasen abgeschaltet sind	$V_{Ltsl(off)} = N_{total} \times V_{OUT}$	Unter der Annahme der Polarität von L_c gemäß Bild 1
RMS-Wert der Wellenform	$V_{Ltsl_{rms}} = \sqrt{-V_{Ltsl(on)} \times V_{Ltsl(off)}}$	
Abschätzung von L_{tsl} , wenn die tatsächliche Wellenform kleiner ist als erwartet	$L_{tsl} = V_{Ltsl_{rms}} \times \frac{L_c}{V_{Lc_{rms}}}$	Verwendet den berechneten $V_{Ltsl_{rms}}$ - und den gemessenen $V_{Lc_{rms}}$ -Wert

Tabelle 4: Designanforderungen und allgemeiner Ansatz.

V_{IN}	12 V	TLVR-Schleifen	2 Schleifen versetzt
V_{OUT}	1,0 V	Pro Schleife	> 2500 A/ μ s
I_{OUT} (max.)	1000 A	Stufen N_{total}	16
Leistungsstufen	32	Phasen N_{phasen}	8
Phasen	16	L_m	120 nH
Stufen pro Phase	2	Zielwert L_{tsl}	100 nH
F_{sw} pro Phase	570 kHz	Welligkeitsfrequenz	4,56 MHz
Maximale Lastensprung	500 A	Welligkeit p-p/RMS	11,7 A/3,4 A
lastensprung-Steilheit	5000 A/ μ s	V_{Ltsl} on/off	-8 V/+ 16 V
		$V_{Ltsl_{rms}}$	11,3 V _{RMS}

(hier: L_{36}), wenn alle 16 Stufen und alle acht Phasen aktiv sind. Bei $L_{tsl} \approx L_c$ und unter Verwendung der Formeln aus Tabelle 3 sollte man eine zwischen +8 V und -16 V wechselnde Rechteckwelle erwarten, die das Achtfache der Schaltfrequenz einer Phase aufweist. Der RMS-Wert dieser Welle sollte 11,3 V betragen.

Messergebnis

Die tatsächliche Messung ergab folgendes: Sowohl der tatsächliche Spannungsverlauf an L_{36} als auch der erwartete Spannungsverlauf an der Gesamt-Streuinduktivität sowie der RMS-Wert (5,02 V gegenüber 11,3 V) deuten darauf hin, dass L_c halb so groß ist wie L_{tsl} und dass in der Sekundärschleife weitere 100 nH auf Streuinduktivitäten und Leiterbahnen entfallen. Vergleicht man anstelle der Spitzenwerte die tatsächlichen und erwarteten RMS-Werte, verringern sich die Unklarheiten durch das parasitäre Schwingen, das im gemessenen Spannungsverlauf erkennbar ist.

Durch die Gesamtinduktivität von 200 nH in der Sekundärschleife reduziert sich die Steilheit der fallenden Ausgangsstromflanke für das 32-stufige Design

auf -2827 A/ μ s. In der Anwendung mit dem Zielwert 5000 A/ μ s wurde durch Kurzschließen der tatsächlichen Kompensations-Induktivität L_c die Gesamt-Sekundär-induktivität wieder auf 100 nH reduziert. In Anwendungen, deren maximale Flankensteilheit kleiner als 3000 A/ μ s ist, reduziert das Belassen der Kompensations-Induktivitäten die zirkulierenden Ströme jedoch um die Hälfte, wodurch die auf diese Ströme zurückzuführenden Verluste um 75 Prozent verringert werden.

Ermittlung der Streuinduktivität

Wenn man über die tatsächliche Streuinduktivität in der TLVR-Schleife Bescheid weiß, hat man die besten Voraussetzungen, die angestrebte Flankensteilheit des Ausgangsstroms zu erreichen und gleichzeitig die von der TLVR-Schleife erzeugten Verluste zu minimieren. Die Erkenntnis, dass bereits eine einfache Messung die gewünschten Informationen liefern kann, ist ein Beispiel für den Nutzen der Anstrengungen, die bei Texas Instruments für die Optimierung von Stromversorgungen unternommen werden. (bs)

120 W Leistung

DC/DC-Wandler für New-Space-Anwendungen

Die DC/DC-Wandler von Fortec-Power mit EMI-Filter bieten bis zu 120 W Leistung



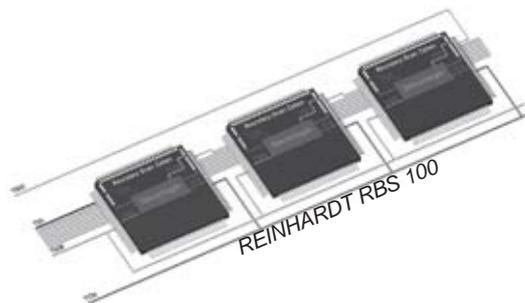
Bild: Fortec-Power

Zuverlässige DC/DC-Konverter der Interpoint-rMOR Serie eignen sich für New Space-Anwendungen im erdnahen Orbit.

Neu im Portfolio von Fortec-Power ist die Interpoint-rMOR Serie. Die DC/DC-Wandler in einem flachen Gehäuse mit einem Eingang von 15 bis 50 V werden in vollständig nach

MIL-PRF-38534 Klasse H bzw. K zertifizierten Produktionsstätten hergestellt und in hermetisch versiegelten Stahlgehäusen verpackt. Die volle Leistung ohne Derating über den gesamten Temperaturbereich von -55 °C bis +105 °C macht die Serie zur geeigneten Wahl für militärische, Luft- und Raumfahrt-Anwendungen. In Verbindung mit dem Interpoint EMI-Filter FMCE-1528 werden die Anforderungen von MIL-STD-461C CE03 und MIL-STD-461D-G CE102 an leitungsgebundene Emissionen voll erfüllt. Die Wandler werden mit Standard-Screening oder „ES“-Screening angeboten. (bs) ●

In-Circuit-, Funktions- und Boundary Scan-Test vom Praktiker für Praktiker



- ▷ In-Circuit- und Funktionstest und Boundary Scan
- ▷ Komplettpaket Boundary Scan-Erweiterung 6.800 € netto (Entwicklungs- und Testumgebung)
- ▷ Boundary Scan-Testprogramm für typisch 200 € netto
- ▷ Boundary Scan in einem Testdurchlauf mit ICT und FKT
- ▷ grafische Fehlerortdarstellung, auch für Boundary Scan
- ▷ schnelle, praxisnahe und anwenderfreundliche Testprogramm-erstellung über Programmieroberflächen
- ▷ ODBC-Schnittstelle, Flash-Programmierung, Feldbussysteme
- ▷ externe Programmeinbindung, CAD-Import, QS-Management
- ▷ eigene Prüfadapter und automatisches Adaptererstellungssystem
- ▷ höchste Zuverlässigkeit und geringe Folgekosten
- ▷ vorbildlicher Service mit sofortiger Reaktion und Hotline
- ▷ geringer Schulungsaufwand

REINHARDT

System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen Tel. +49 8196 934100 Fax +49 8196 7005
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

Wirkungsgraden bis zu 95,1 Prozent

DIN-Schienen-Stromversorgungen

TDK gibt die Einführung der einphasigen D1SE-Serie von TDK-Lambda bekannt. Diese Einstiegsreihe von DIN-Schienen-Stromversorgungen verfügt über einen AC- und DC-Eingang.

Die DIN-Schienen-Stromversorgungen der einphasigen D1SE-Serie sind für den Dauerbetrieb bei 120 W, 240 W oder 480 W ausgelegt und liefern eine nominale Ausgangsspannung von 24 V, der Wirkungsgraden beträgt bis zu 95,1 Prozent. Weiter sind die Stromversorgungen mit Push-In-Klemmen ausgestattet. Neben der herkömmlichen Versorgungsspannung von 100 bis 240 VAC sind die Stromversorgungen für den Betrieb mit einer Gleichspannung von 93 bis 300 VDC sicherheitszertifiziert. Das Modell mit 120 W Nennleistung kann für 80 s eine Boost-Leistung von 156 W liefern, das Modell mit 240 W Nennleistung 312 W für 10 s und das Modell mit 480 W Nennleistung 552 W für 200 s. Die Ausgangsspannung kann von 22,5 V bis 29 V eingestellt werden. Alle Stromversorgungen sind mit oder ohne DC-OK-Kontakt erhältlich. Für Anwendungen in anspruchsvollen Umgebungen ist



Die DIN-Schienen-Stromversorgungen der einphasigen D1SE-Serie sind für den Dauerbetrieb bei 120 W, 240 W oder 480 W ausgelegt.

Bild: TDK-Lambda

eine schutzlackierte Leiterplatte möglich. Die Geräte verfügen über ein Metallgehäuse, mit einer Breite von jeweils 38 mm (120 W),

44 mm (240 W) und 60 mm (480 W). Die Isolierung zwischen Eingang und Ausgang beträgt 5000 VDC, zwischen Eingang und Erde 3100 VDC und zwischen Ausgang und Erde 750 VDC. Die Serie ist konvektionsgekühlt und für den Dauerbetrieb bei Umgebungstemperaturen von -25 bis +70 °C ausgelegt (Anlauf bei -40 °C). Über 55 °C ist eine Leistungsreduzierung seitens der Endanwendung erforderlich. Die Stromversorgungen sind nach den Sicherheitsnormen IEC/EN/UL/CSA 61010-1, 61010-2-201, 62368-1 (Ed.3) und IS 13252-1 zertifiziert und tragen die CE- und UKCA-Kennzeichnung gemäß den Richtlinien für Niederspannung, EMV und RoHS. Sie erfüllen die Normen EN 55011-B und CISPR11-B für abgestrahlte und leitungsgeführte Emissionen sowie EN 61000-3-2 (Klasse A) für Oberschwingungsströme und IEC/EN 61000-6-2 für Störfestigkeit. (bs) ●

Neue Maßstäbe in der Silizium-Photonik

Photonik: Das Rennen um die perfekte III-V-Laser-Integration

Gelingt die direkte Integration von III-V Lasern auf Silizium, verändert das die Photonik grundlegend. Mit Nano-Ridge Engineering wurde erstmals ein CMOS-kompatibler 300-mm-Prozess realisiert – ein technologischer Meilenstein mit industrieller Tragweite.

In unserer zunehmend datengetriebenen Welt steigt der Bedarf an schnellerer und effizienterer Datenverarbeitung rasant an. Besonders die Anforderungen an den Datenaustausch zwischen Geräten und Maschinen (Machine-to-Machine, M2M) gewinnt durch Anwendungen der künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens immer mehr an Bedeutung. Für diese datenhungrigen Technologien ist eine Hochgeschwindigkeitskommunikation mit hohen Datenraten und minimalem Energieverbrauch unerlässlich.

Um diese Anforderung bewältigen zu können, muss die optische Datenübertragung, die aufgrund ihrer Vorteile gegenüber der elektrischen Datenübertragung bereits in traditionellen Langstreckennetzen genutzt wird, erweitert und näher an die Chipzebene herangeführt werden. Zu den relevanten Anwendungen gehören z. B. Fibre-to-the-X-Technologien (FTTX), bei denen „X“ verschiedene Endpunkte im Netzwerk bezeichnet, sowie Chip-zu-Chip-Verbindungen, die eine ultraschnelle und energieeffiziente Datenübertragung ermöglichen.

Der limitierende Faktor: Die Lichtquelle auf Silizium

Ein wesentlicher Akteur dieser Entwicklung ist die Silizium-Photonik, die den etablierten CMOS-Fertigungsprozess (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) nutzt, um kompakte Systeme für die optische Datenübertragung in großem Maßstab herzustellen. Allerdings gibt es noch eine entscheidende Herausforderung

für eine kostengünstige Implementierung photonischer integrierter Schaltkreise (Photonic Integrated Circuits, PICs): Die Lichtquelle. Silizium selbst kann aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften Licht nicht effizient emittieren, weshalb III-V-Materialien, also Materialien aus der dritten und fünften Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente, als Alternative eingesetzt werden. Diese Verbindungshalbleiter verfügen über hervorragende optoelektronische Eigenschaften und haben daher einen eigenen III-V-Industriezweig hervorgebracht. Die Integration von III-V-Bauelementen, insbesondere Lasern, in die Silizium-Photonik stellt jedoch eine große technologische Herausforderung dar.

III-V-Integration zu Silizium

Gegenwärtig werden III-V-basierte Laser auf separaten III-V-Substraten abgeschieden, prozessiert und dann sequenziell mit den anderen optischen Bauelementkomponenten in einem Gehäuse befestigt oder via hochpräzisen Flip-Chip-Montage-Techniken mit den Photonik-Chips verbunden. Diese hybriden Integrationsmethoden sind zwar effektiv, aber teuer und nur begrenzt skalierbar, weshalb sie sich nur eingeschränkt für die Massenproduktion eignen.

Um dieses Problem zu lösen, werden alternative Integrationsmethoden erforscht. Eine vielversprechende Strategie ist der Mikrotransferdruck (Micro-Transfer-Printing, μ TP) ein Back-End-of-Line-Ansatz, der eine parallele Übertragung von mehreren prozessierten III-

Auf einen Blick

- Für die Hochgeschwindigkeitskommunikation muss die optische Datenübertragung näher an die Chipzebene herangeführt werden.
- Ermöglicht wird dies durch Nano-Ridge-Laser, die sich auf 300-mm-Si-Wafern herstellen lassen.

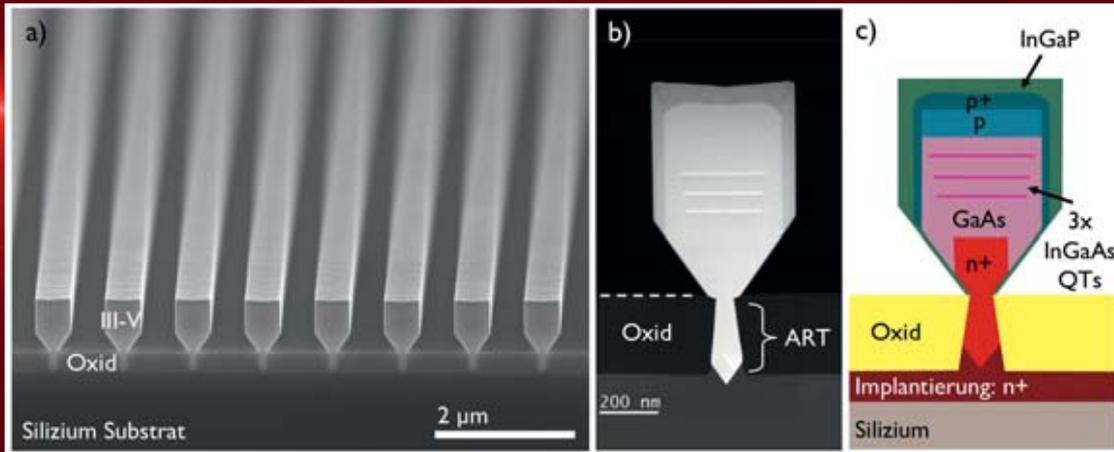


Bild 1: a) Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme eines III-V-Nano-Ridge-Arrays. b) Rastertransmissionselektronenmikroskopie-Aufnahme eines Nano-Ridge-Lasers im Querschnitt, welche die verschiedenen III-V-Materialsysteme hervorhebt. c) Detaillierte Skizze des Nano-Ridge Bauelementstapels (QTs: Quantentöpfe; n und p stehen jeweils für dotiertes GaAs. Das „+“ steht für einen höheren Dotierungsgrad).

Alle Bilder: imec

V-Komponenten auf Silizium-Photonik Wafer ermöglicht und damit die Produktionseffizienz erheblich steigert. Eine weitere Methode ist die heterogene Integration, bei der unprozessierte III-V-Chips via Die-to-Wafer (D2W) Bonding mit Silizium-Photonik Wafern verbunden werden. Die Bauelementprozessierung erfolgt dann nach diesem Transfer in einer CMOS-Fertigungslinie. Diese heterogene Integration wird zunehmend kommerziell genutzt und ist bereits in mindestens zwei industriellen Fertigungslinien verfügbar. Doch trotz ihrer deutlichen Fortschritte bleibt sie durch die Notwendigkeit komplexer Bonding-Techniken und teurer III-V-Substrate limitiert. Die nur für das epitaktische Wachstum benötigten III-V-Substrate werden während des Herstellungsprozesses als Abfall entsorgt, was zusätzliche Bedenken hinsichtlich Sicherheit und Umweltverträglichkeit aufwirft.

Das ultimative Ziel wäre das direkte, monolithische Wachstum von III-V-Materialien auf Silizium-Substraten, wodurch die Abhängigkeit von III-V-Substraten und komplexen Transferprozessen entfällt. Jedoch führen die großen Kristallgitterunterschiede zwischen Silizium und III-V-Materialien zu Gitterfehlpassungen und Relaxationsdefekten in der III-V-Schicht, die sich negativ auf die Leistung des Lasers auswirken.

Fortschritte im III-V-Wachstum auf Silizium

Seit Jahrzehnten arbeiten Forscher daran, die Ausbreitung dieser Kristalldefekte zu kontrollieren. Techniken, wie die Verwendung von dicken Pufferstrukturen, thermische Behandlungen oder das Hinzufügen von Übergitterschichten wurden entwickelt, um Kristalldefekte von den aktiven Bauelementschichten fernzuhalten, jedoch mit begrenztem Erfolg. Ein bedeutender Fortschritt war die monolithische Integration von InAs-Quantenpunktlasern direkt auf Si. Im Gegensatz zu herkömmlichen Multi-Quantentopf-Lasern sind Quantenpunkte toleranter gegenüber Kristalldefekten und haben sich bereits durch ihre Zuverlässigkeit als vielversprechend für zukünftige Anwendungen bewiesen.

Ein weiterer Durchbruch bei der III-V-Integration wurde durch das selektive Wachstum (Selective Area

Growth, SAG) erzielt. Bei diesem Ansatz werden mit dickem Siliziumdioxid beschichtete Silizium Substrate verwendet, deren Oberfläche so strukturiert ist, dass Öffnungen im Oxid die Siliziumoberfläche freilegen. Während des Wachstums wird III-V-Material ausschließlich innerhalb dieser vordefinierten Öffnungen epitaktisch abgeschieden. Gleichzeitig führen sehr schmale und tiefe Oxidöffnungen dazu, dass Relaxationsdefekte nach dem Prinzip des Aspect Ratio Trapping (ART) darin gefangen werden.

Da ART nur in sehr kleinen Oxidöffnungen effizient ist, bleibt jedoch das Volumen des integrierten III-V Materials gering, was die Vielfalt der realisierbaren Bauelemente stark einschränkt.

Nano-Ridge Engineering: Das Prinzip des kontrollierten Wachstums

Hier kommt das Nano-Ridge Engineering (NRE) ins Spiel, ein einzigartiger Integrationsansatz, der bei imec in Löwen, Belgien entwickelt wurde. Dabei werden strukturierte Silizium-Substrate mit schmalen und länglichen Gräben durch metallorganische Gasphase-epitaxie (metalorganic vapor phase epitaxy, MOVPE) selektiv überwachsen. Die Wahl von sehr schmalen Öffnungen garantiert hierbei eine effiziente Defektreduktion. Nachdem die Gräben mit III-V-Material gefüllt worden sind, wird das Wachstum fortgeführt und Nano-Ridges (NR) mit deutlich größerem Volumen oberhalb der Siliziumoxid-Strukturierung realisiert. Die Form und Größe dieser NRs kann durch die gewählten Wachstumsbedingungen gezielt manipuliert (engineering) werden, wodurch sich der Name herleitet.

Durch diese deutliche Vergrößerung des integrierten III-V-Volumens eröffnen sich eine Vielzahl neuer Gestaltungsmöglichkeiten für potenzielle Bauelemente. Diese NRs können als Wellenleiter in optoelektronischen Bauelementen wie Lasern, Modulatoren und Fotodioden dienen. Wenn mehrere NRs parallel kontaktiert werden, können diese außerdem in einem Bipolartransistor als Leistungsverstärker ausreichend Strom liefern.

Autoren

Bernardette Kunert,
Scientific Director,
imec

Joris Van Campenhout,
Program Director
Optical I/O, imec

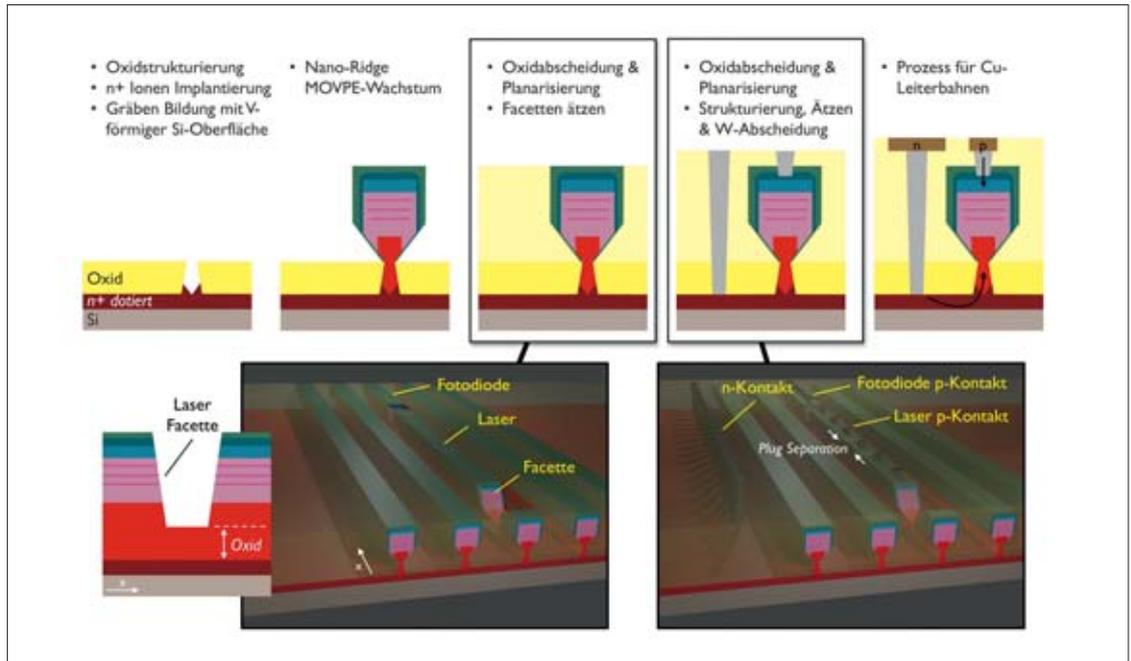
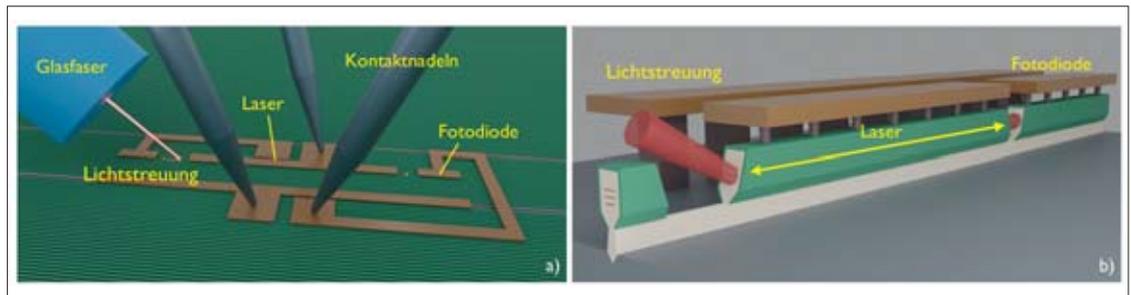


Bild 2: Vereinfachtes Schema des 300-mm-Prozessflusses in der CMOS-Prototypenfertigungslinie von imec.

Bild 3: a) Schema des Auslesetestaufbaus für den Laser und die Fotioden. b) Schematische Darstellung (ohne das Oxid) des Nano-Ridge-Resonators, der aus zwei geätzten Facetten besteht.



Durchbruch auf 300-mm-Wafern

Ein entscheidender Meilenstein gelang imec mit der ersten Demonstration von Nano-Ridge-Lasern auf 300-mm-Silizium-Substraten in einer CMOS-Prototypenfertigungslinie. Damit dieses ambitionierte und neuartige Integrationskonzept ermöglicht werden konnte, mussten drei wesentlich Herausforderungen bewältigt werden:

- Defektfreies Nano-Ridge Laser Wachstum: Da sehr verschiedene III-V-Materialien für die Realisierung eines Lasers notwendig sind, musste ein großer MOVPE-Parameterbereich optimiert werden. Kathodolumineszenz-Messungen ergaben schließlich eine Defektdichte von weniger als $6 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-2}$ in den NR-Lasern, was ein bemerkenswerter niedriger Wert für eine derart dünne III-V-Schicht auf Silizium ist.
- Verlustfreie Kontaktierung: Die Elektroneninjektion über das Silizium-Substrat war relative einfach zu realisieren, während das Design des p-Kontakts auf der NR-Oberseite eine größere Herausforderung darstellte. Ein durchgehender Metallstreifen hätte zu übermäßigen optischen Verlusten geführt, so dass stattdessen isolierte p-Plugs entlang der NRs verteilt wurden. Die periodische Anordnung führte aufgrund von Interferenzbildung zu diskreten Wellenleitermoden innerhalb der NRs mit minimaler Überlappung mit den Metall-Plugs – ein Phänomen, das auch den Single-Mode-Laserbetrieb unterstützt. Um den Fabry-Pérot-Laser-Resonator zu erzeugen, wurden Facetten in die NRs geätzt.
- CMOS-kompatible III-V-Prozessierung: Da Standard-300-mm-Halbleiterfertigungsanlagen nicht für III-V-Materialien ausgelegt sind, mussten zahlreiche Fertigungsprozesse komplett neu entwickelt werden. Angesichts der Unwägbarkeiten, die mit neuartigen sequenziellen Prozessschritten verbunden sind, wur-

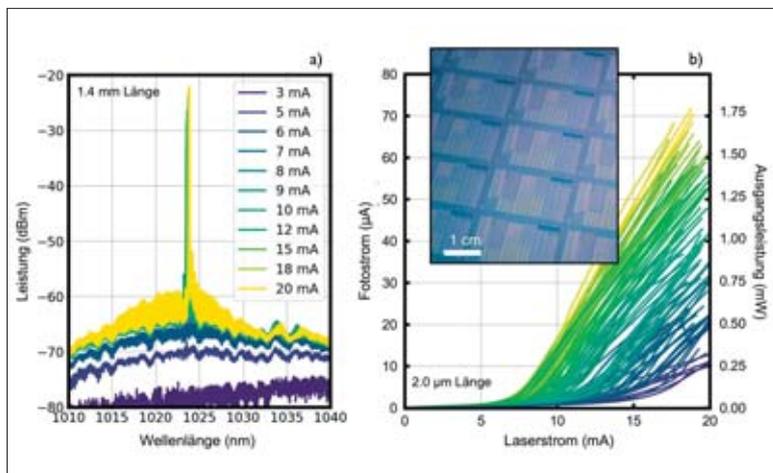


Bild 4: a) Optische Spektren emittiert von einer gespaltenen Facette für verschiedene Antriebsströme. b) 2-mm-Laser-Wafermap: Fotodiodenstrom (links) und zugehörige Gesamtausgangsleistung (rechts) in Abhängigkeit vom Laserantriebsstrom aller III-V NR-Laser mit einer Resonatorlänge von 2 mm.

de ein Chiplayout konzipiert, das NR-Bauelemente mit sehr unterschiedlichen Designparametern enthält, um die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Laser-Demonstration zu erhöhen. Um eine schnelle Charakterisierung der NR-Laser im Wafer-Maßstab zu ermöglichen, wurden NR-Fotodioden direkt vor den Laser-Facetten integriert.

Das Potenzial von Nano-Ridge-Lasern

Durch die 300-mm-Fertigung konnten Tausende NR-Bauelemente einem elektrischen Wafer-Maßstab-Test unterzogen werden. Dabei wurden über 300 funktionelle NR-Laser mit einer Lichtwellenlänge von ca. 1025 nm nachgewiesen. Dieses Ergebnis ist angesichts der Herausforderungen, die mit der Einführung eines völlig neuen 300-mm-Prozessflusses verbunden ist, sehr motivierend. Risiken wie Kurzschlüsse, eine unzureichende Facettenqualität und hohe Kontaktwiderstände hätten einen Laserbetrieb einfach verhindern können.

Weitere Tests ergaben einen minimalen Schwellenstrom von unter 5 mA, eine Steigungseffizienz von bis zu 0.5 W/A und eine maximale Gesamtausgangsleistung von 1,75 mW – ein vielversprechender Wert angesichts des Submikrometer-Querschnitts der NRs. Zudem wurde ein Single-Mode-Betrieb mit einer Seitenmodenunterdrückung (SMSR) von über 30 dB beobachtet. Untersuchungen zeigten außerdem, dass zu geringe Abstände zwischen den p-Plugs zu hohe Ab-

sorptionsverluste für den Laserbetrieb verursachen, während große Abstände zu hohen Stromdichten an den einzelnen Plugs führen, die langfristig lokale Defektbildung hervorrufen. Eine Optimierung des Kontaktdesigns könnte daher die Zuverlässigkeit der NR Laser deutlich weiter verbessern.

Langfristige Perspektiven: Vom Labor auf den Markt

Die monolithische III-V-Laser-Integration in PICs mittels Nano-Ridge-Engineering hat das Potenzial die Produktionskosten zu senken, die Skalierbarkeit zu erhöhen und eine nachhaltigere Fertigung zu ermöglichen. Trotz der ersten vielversprechenden Erfolge, befindet sich die Nano-Ridge-Engineering-Technologie noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Diese Forschungsarbeit ist Teil einer umfassenderen Pathfinding-Mission bei imec, um III-V-Integrationskonzepte zu einer höheren technologischen Reife zu führen. Kurzfristig liegt der Schwerpunkt weiterhin auf hybriden Ansätzen wie Flip-Chip-Montage und dem Mikrotransferdruck.

Mittelfristig wird erwartet, dass heterogene Methoden die Integrationseffizienz weiter steigern werden. Das langfristige Ziel ist die monolithische Integration, deren Realisierung auf 300-mm-Si-Wafern mit diesem Beitrag erstmals gezeigt worden ist und damit einen wichtigen Meilenstein setzte. (na) ●

Bürklin bringt's

Elektronik für Einkäufer.
Ab 1 Stück.

Elektronikbeschaffung leicht gemacht!

Bürklin Elektronik ist Ihr
verlässlicher Partner für
hochwertige elektronische
Komponenten führender
Hersteller.

70.000 sofort verfügbare
Produkte - heute bestellt,
morgen geliefert.



buerkli n. com

Jetzt entdecken!

Bluetooth Low Energy erobert jede Branche

Warum BLE-Technik heute unverzichtbar geworden ist

Ob Medizin, Smart Home oder Wearables: BLE ist aus modernen Anwendungen nicht mehr wegzudenken. Die Technik ermöglicht energieeffiziente Konnektivität – überall dort, wo lange Laufzeit, Zuverlässigkeit und geringe Baugrößen gefragt sind.



Wofür ist BLE wichtig? Diese Technik treibt Medizin, Smart Home, Audio, Wearables und IoT mit minimalem Energiebedarf voran.

Bild: Bilal Ulker – stock.adobe.com

Das Verständnis der BLE-Technik und ihrer Bedeutung ist aufgrund der großen Verbreitung dieser Technik bedeutsam für die unterschiedlichsten Anwendungen vom Consumer-Sektor bis zu industriellen Applikationen. BLE wird außerdem fortlaufend weiterentwickelt und bietet unbegrenzte Möglichkeiten zum Entwickeln von Applikationen.

Anwendungsfälle

BLE ist in zahlreichen Branchen sehr verbreitet und beeinflusst unser tägliches Leben auf die unterschiedlichste, wenn auch oftmals unbemerkte Weise. Ist man mit BLE vertraut, kann man die Fähigkeiten dieser Technik in den verschiedensten Sparten verstehen und nutzen. Es folgen einige Beispiele von Bereichen, in denen BLE einen wichtigen Beitrag leistet und die gewohnten Abläufe revolutioniert.

Medizin-Anwendungen für BLE

Eine entscheidende Rolle spielt BLE im Bereich der Medizin, denn hier ermöglicht diese Technik die Verwendung von Geräten wie etwa Blutzucker-Messgeräten, Blutdruckmonitoren und sogar Implantaten wie zum Beispiel Schrittmachern, die nach sehr geringer Leistungsaufnahme verlangen. Geräte dieser Art können Daten erfassen und in Echtzeitreports ausgeben – sei es

für die Patienten selbst oder für das medizinische Personal. Auch für das Tracking von Patienten (mit Angabe von Stockwerk und Zimmernummer) sowie zum Übertragen von Informationen an das Klinikpersonal wird BLE genutzt.

BLE für Tracker

BLE kommt in aktuellen Trackern oder Smart Tags zum Einsatz, die beispielsweise an Koffern, Schlüsselbunden oder sogar Haustieren angebracht werden können, um diese auffinden zu können. Derartige Tags sind sehr klein und energieeffizient konstruiert, sodass es hier auf die Stromspar-Fähigkeiten von BLE ankommt. Auch in der Industrie wird die BLE-Technik verwendet und wird zum Überwachen von Lagerorten, im Einzelhandel oder für die Indoor-Navigation eingesetzt.

BLE in Wearables

Wearables verlangen nach kleinen Abmessungen und langer Batterielebensdauer, sodass BLE auch hier die passende Technik ist. Produkte wie etwa Smartwatches, Fitnessbänder und smarte Brillen nutzen BLE, wenn es auf drahtlose Konnektivität im Verbund mit geringem Stromverbrauch ankommt.

BLE für das Audio-Streaming

Auch in Audio-Streaming-Anwendungen spielt BLE eine entscheidende Rolle, denn durch die Einführung von LE Audio erlaubt BLE ein latenzarmes Audio-Streaming mit einer Verbesserung der wahrgenommenen Klangqualität. LE Audio umfasst den Low Complexity Communications Codec (LC3), der ohne Abstriche an der Audioqualität mit niedrigen Datenraten auskommt, was wiederum neue Möglichkeiten für den drahtlosen Konsum von Audioinhalten erschließt.

BLE im Home-Automation-Sektor

Im Bereich Home Automation stellt BLE eine grundlegende Technik zur Realisierung von Smart-Home-Installationen dar. Das IoT wird in diesem Bereich intensiv genutzt, und BLE ermöglicht die nahtlose Konnektivität zwischen verschiedenen smarten Geräten. Auf dem Markt gibt es inzwischen ein breites Spektrum BLE-basierter smarterer Geräte wie etwa Schlüsselanhänger, Home Beacons, Schalter und vieles mehr. Mit BLE lassen sich verschiedene Aspekte eines Wohngebäudes steuern und überwachen. Die Spanne reicht hier vom Smart Lighting über das Energiemanagement zur Steigerung der Effizienz, smarte Türschlösser, drahtlose Lautsprecher-systeme und Heimroboter bis hin zu Sicherheitssystemen.

Der BLE-Protokollstapel

Im BLE-Protokollstapel durchlaufen die Applikationsdaten verschiedene Schichten, bevor sie die entsprechende Anwendung auf einem anderen Gerät erreichen, das über seinen eigenen BLE-Protokollstapel verfügt. Der Ablauf ist wie folgt:

- Anwendungsschicht: Die Anwendung wählt das Attribut, das die zu sendenden Daten enthält.
- ATT-Schicht: Auf der ATT-Schicht wird ein Paket erzeugt, das die zum gewählten Attribut des entfernten Geräts gehörenden Informationen enthält.
- L2CAP-Schicht: Das Paket aus der ATT-Schicht durchläuft die L2CAP-Schicht, die sich nötigenfalls um die Datenfragmentierung und -defragmentierung kümmert. Jedes L2CAP-Paket wird außerdem mit einem L2CAP-Header versehen.
- Verbindungsschicht: Das L2CAP-Paket wird an die Verbindungsschicht (Link Layer) übergeben, die es wiederum für die drahtlose Übertragung an die Bit-Übertragungsschicht weiterreicht. Die Verbindungsschicht versieht das Paket, das in seiner Gesamtheit als PDU bezeichnet wird, mit einem weiteren Header.
- Bit-Übertragungsschicht: Vor dem eigentlichen Senden fügt die Bit-Übertragungsschicht (Physical Layer) der PDU die notwendige Präambel, die Zugriffsadresse und einen CRC-Code hinzu. Anschließend erfolgt die drahtlose Übertragung.

Das empfangsseitige BLE-Gerät empfängt das Paket und führt die beschriebenen Vorgänge in umgekehrter Reihenfolge aus, um die Daten zu extrahieren. Bei der Implementierung von BLE in den Anwendungen kommt es im Interesse der Effizienz und Optimierung darauf an, die richtige Hardware zu wählen. ADI bietet eine Vielzahl BLE-fähiger MCUs an, die sich für unterschiedliche Anforderungen und Anwendungen eignen.

Mikrocontroller für BLE-Designs

Die stromsparenden Mikrocontroller der DARWIN-Familie (mit den Bausteinen MAX32665, MAX32666, MAX32667 und MAX32668) sind für eine breite Palette praktischer Anwendungen ausgelegt. Die MCUs unterstützen die Funkübertragung per Bluetooth 5 Low Energy und erlauben damit in IoT-Anwendungen die drahtlose Anbindung an die verschiedensten Geräte, wobei der Stromverbrauch im aktiven Betrieb ebenso wie im Standby-Modus auf ein Minimum reduziert wird. Die DARWIN-MCUs zeichnen sich ferner durch die größte integrierte Speicherkapazität ihrer Klasse aus und unterstützen deshalb umfangreichere Applikationen und mehr Stacks. Diese Flexibilität und die gebotenen Fähigkeiten eröffnen zahllose Möglichkeiten für das Design und die Vorbereitung auf beliebige Herausforderungen des IoT-Sektors. Sie bilden ferner die Grundlage heutiger IoT-Lösungen und ebnen den Weg für die weitere Entwicklung. (na)

Autor

Erick Reyes, Senior Firmware Engineer in der Software and Security Group bei ADI
 Mary Grace Legaspi, Firmware Engineer in der Software and Security Group bei ADI
 Eric Peña, Embedded Software Architect in der Software and Security Group bei ADI

POWERFUL PRODUCTS FOR POWER ELECTRONICS



Powertrain Inverter

DC/DC Converters

Battery Interconnections

Power Distribution Unit

Electrical Power Steering

On Board Charger

pcim Nuremberg, 06-08 May 2025
 EUROPE Hall 9, Booth 446

curamik[®]
 ENABLING POWER EFFICIENCY

ROLINX[®]
 MADE FOR POWER



Elektronische Systeme im Weltraum sind einer Vielzahl elektromagnetischer Einflüsse ausgesetzt.

Bild: dataTec

Störsicherheit für kritische Systeme gewährleisten

EMV-Tests für Raumfahrttechnik

Elektromagnetische Störungen stellen eine ernstzunehmende Gefahr für Raumfahrtssysteme dar. Um die Störfestigkeit kritischer Bordelektronik zuverlässig zu gewährleisten, sind normgerechte EMV-Prüfungen unerlässlich.

Elektronische Systeme in Satelliten und Raumfahrzeugen sind einer Vielzahl elektromagnetischer Einflüsse ausgesetzt. Hochfrequenzstörungen (EMI) durch Bordelektronik, externe Funkquellen oder Sonnenwinde können Signalstörungen verursachen. Kosmische Strahlung und geladene Teilchen im Orbit können zu Datenfehlern (z. B. Bit-Flips) oder Bauteilschäden führen. Auch terrestrische Funkquellen wie Bodenstationen oder Radar können in Kommunikationssysteme einstrahlen und die Leistung beeinträchtigen.

Anforderungen an EMI

Raumfahrtnormen wie ECSS-E-ST-20-07C und militärische Standards wie MIL-STD-461 legen Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) von Raumfahrtssystemen fest. Sie definieren Grenzwerte für abgestrahlte und leitungsgebundene Emissionen sowie die Störfestigkeit gegenüber externen elektromagnetischen Einflüssen, um eine zuverlässige Funktionalität auch unter extremen Bedingungen sicherzustellen.

Elektromagnetische Störungen betreffen verschiedene Subsysteme von Raumfahrzeugen in unterschiedlichem Ausmaß. Besonders empfindliche Komponenten sind in Tabelle 2 aufgelistet. Durch gezielte EMV-Prüfungen lassen sich diese potenziellen Probleme frühzeitig identi-

fizieren und durch geeignete Korrektur- und Schutzmaßnahmen minimieren.

Messtechnik für EMV-Prüfungen

Zur Analyse abgestrahlter Hochfrequenzemissionen werden unter anderem Spektrumanalysatoren eingesetzt, die über einen weiten Frequenzbereich arbeiten (MHz bis GHz). Diese ermöglichen es, kontinuierliche sowie transiente Störsignale zu detektieren, die durch digitale Hochgeschwindigkeits-Schaltungen, Taktgeneratoren oder Hochfrequenzsender entstehen. Echtzeit-Spektrumanalysatoren bieten die Möglichkeit, kurzzeitige Emissionsereignisse sichtbar zu machen, die konventionelle Verfahren nicht zuverlässig erfassen.

Die Lokalisation von Störquellen auf Leiterplatten oder Kabelbäumen erfolgt mit Nahfeldsonden, die elektrische und magnetische Felder erfassen. Dadurch können ungewollte Kopplungen und Schwachstellen im PCB-Layout aufgedeckt werden, um gezielte Abschirmmaßnahmen oder Designoptimierungen vorzunehmen.

Leistungsfähige Oszilloskope kommen ebenfalls bei der EMI-Fehlersuche zum Einsatz, indem ihre FFT-Funktion eine detaillierte Signalanalyse im Frequenzbereich ermöglicht. FFT-verwandte Zusatzfunktionen wie Frequenzmaskentrigger oder Spitzenwertlisten unter-

stützen insbesondere auch die Identifikation von sporadisch auftretenden Emissionsfrequenzen.

Störfestigkeit testen

Neben der Ermittlung eigener Störaussendungen ist die Überprüfung der Störresistenz von Raumfahrtelektronik essenziell, um sicherzustellen, dass Systeme unter realistischen elektromagnetischen Bedingungen zuverlässig arbeiten. Elektronische Systeme können durch EMV-Störungen über Kabelverbindungen beeinträchtigt werden. In leitungsgebundenen Störfestigkeitstests werden HF-Störsignale gezielt in Strom- und Signalleitungen eingekoppelt, um die Immunität gegen elektromagnetische Einflüsse zu testen. Netzwerkanalysatoren bewerten die Übertragungseigenschaften von HF-Signalen innerhalb der Schaltung und identifizieren Reflexionen oder unerwünschte Resonanzeffekte frühzeitig.

Um die Widerstandsfähigkeit gegen elektromagnetische Strahlung zu bewerten, werden Systeme kontrollierten Hochfrequenzfeldern ausgesetzt. Dies simuliert reale Bedingungen im Orbit, in denen externe HF-Quellen wie Satellitenkommunikation oder terrestrische Radarsysteme Einfluss auf die Bordelektronik nehmen. Hierbei werden gezielte Prüfverfahren genutzt, um Fehlfunktionen durch HF-Einstrahlung auf Antennen, Verstärker oder digitale Schaltungen frühzeitig zu erkennen.

In der Raumfahrt sind elektrostatische Entladungen (ESD) eine spezielle Herausforderung. Um die Robustheit elektronischer Systeme gegenüber solchen transienten Hochspannungseignissen zu bewerten, kommen Impulsgeneratoren zur Simulation von ESD- und Burst-Phänomenen zum Einsatz. Ergänzend wird die Leistungsaufnahme von Bauteilen unter Störbelastung überprüft, um mögliche Schäden oder Funktionsbeeinträchtigungen frühzeitig zu identifizieren.

Fazit

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) von Raumfahrtssystemen ist entscheidend für die zuverlässige Funktion von Kommunikations-, Navigations- und Steuerungssystemen im Orbit. Strahlungsbedingte Ladungsverschiebungen, Hochfrequenzinterferenzen zwischen Subsystemen und terrestrische Funkquellen erfordern

Tabelle 1: Typische EMV-Störquellen in Raumfahrtssystemen.

Interne Störungen	Externe Störungen
Hochfrequenzmodule & Sender erzeugen breitbandige Störungen	Kosmische Strahlung beeinflusst Elektronik & verursacht Bit-flops
DC/DC-Wandler & Leistungselektronik verursachen leistungsgebundene Störungen	Sonnenwinde bringen elektromagnetische Störungen durch geladenen Teilchen
digitale Hochgeschwindigkeitsschaltungen erhöhen Rauschen & Kopplungseffekte	Terrestrische Funkquellen: Interferenzen durch Bodenstationen & andere Satelliten

Tabelle 2: Betroffene Raumfahrtssysteme und ihre Anfälligkeit für EMV-Störungen.

Subsystem	Anfälligkeiten für EMV-Störung
Kommunikationssysteme (S-/X-Band)	Hochfrequenzstörungen können zu Datenverlusten oder Latenzproblemen führen
GNSS-Empfänger (L-Band)	Besonders anfällig für Interferenzen durch terrestrische Sender, was die Positionsgenauigkeit stark beeinträchtigen kann.
Lageregelung & Sensorik	Hochfrequenzrauschen kann Beschleunigungssensoren und Kreisel beeinflussen, was zu Navigationsfehlern führen
Leistungselektronik & Solarzellen	Induzierte Störungen können Spannungsschwankungen oder Effizienzverluste hervorrufen.

eine präzise Charakterisierung und Absicherung der Bordelektronik. Spektrumanalysatoren und Oszilloskope ermöglichen die detaillierte Erfassung und Bewertung von Hochfrequenzstörungen, insbesondere im Bereich der L-, S- und X-Band-Kommunikation. Nahfeldmessungen identifizieren lokale Kopplungseffekte und optimieren das Schaltungsdesign, während HF-Bestrahlungstests die Widerstandsfähigkeit von Subsystemen gegenüber externer Einstrahlung und Selbststörungen durch Bordelektronik validieren. Zuverlässige EMV-Tests sind essenziell, um unerwartete Funktionsstörungen durch leitungsgebundene oder abgestrahlte Interferenzen zu vermeiden und um sicherzustellen, dass Raumfahrtssysteme den Normen entsprechen. (bs) ●

Dieser Beitrag beruht auf Unterlagen von dataTec.

Thomapren®-EPDM/PP-Schläuche – FDA konform

www.rct-online.de



Elastischer Pumpen-, Pharma- und Förderschlauch für höchste Ansprüche

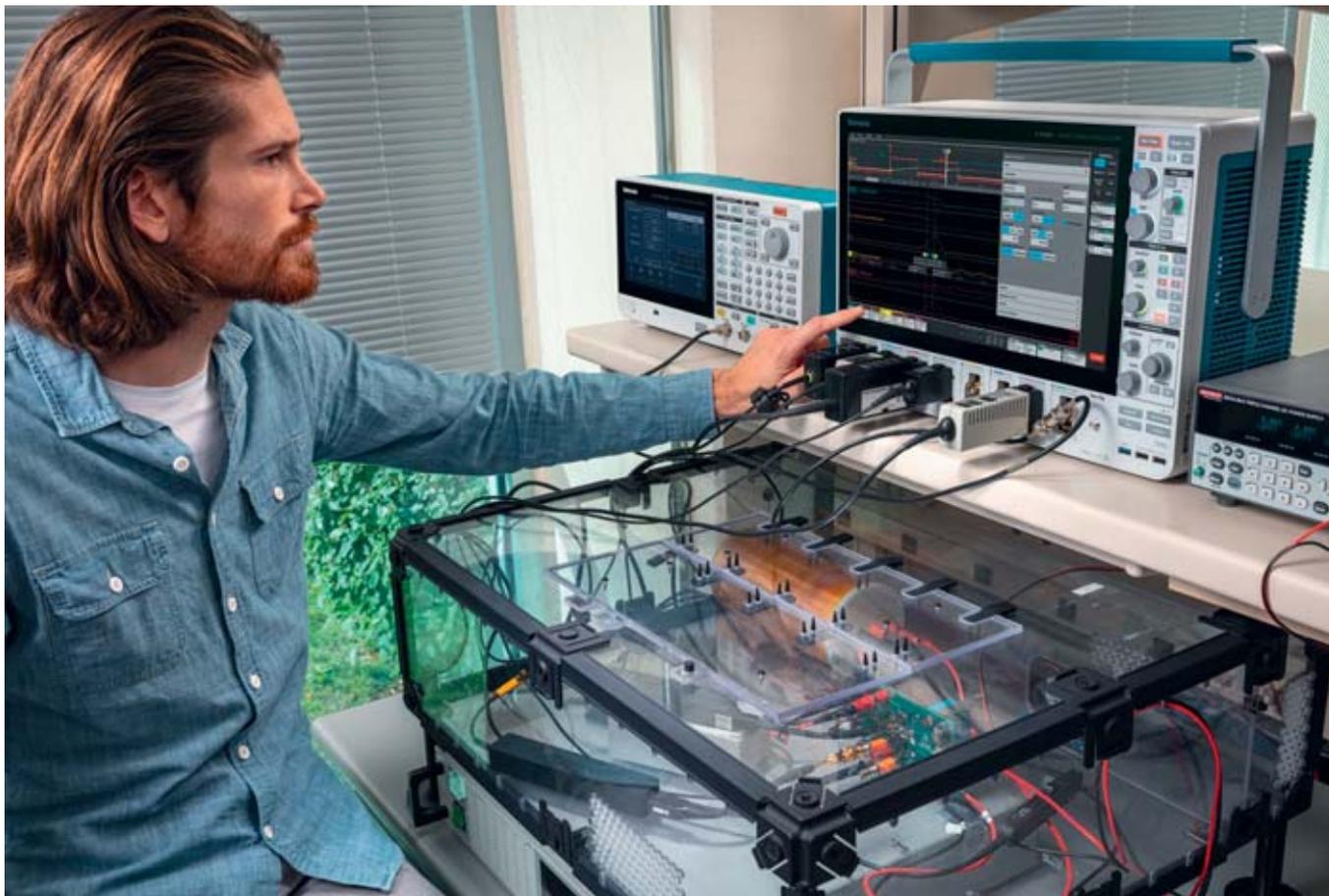
- **High-Tech-Elastomer EPDM/PP:** Temperaturbeständig bis +135 °C, UV-beständig, chemikalienresistent, niedrige Gaspermeabilität
- **Für Schlauchquetschventile und Peristaltikpumpen:** Bis zu 30 mal höhere Standzeiten gegenüber anderen Schläuchen
- **Biokompatibel und sterilisierbar:** Zulassungen nach FDA, USP Class VI, ISO 10993, EU 2003/11/EG



Reichelt
Chemietechnik
GmbH + Co.

Englerstraße 18
D-69126 Heidelberg
Tel. 0 62 21 31 25-0
Fax 0 62 21 31 25-10
rct@rct-online.de





Leistungshalbleiter wie SiC-MOSFETs und GaN-HEMTs stellen hohe Anforderungen an die Messtechnik.

Bilder: Tektronix

Leistungshalbleiter treffen auf Strom-Shunt-Messlösung

Präzise Messung schnell schaltender Signale

SiC-MOSFETs und GaN-HEMTs stellen hohe Anforderungen an die Messtechnik. Der isolierte Strom-Shunt-Tastkopf TICP1 ist eine Lösung, die hochfrequente Schaltströme mit bis zu 1 GHz Bandbreite exakt und sicher erfassen kann. Durch die Kombination aus kompakter Shunt-Technologie, galvanischer Trennung und HF-Isolation lassen sich Messungen in anspruchsvollen Leistungsumgebungen zuverlässig durchführen.

Auf einen Blick

- Leistungshalbleiter erfordern präzise, hochfrequente Strommessungen.
- Der isolierte Strom-Shunt-Tastkopf TICP1 von Tektronix ermöglicht dank HF-Isolation und genaue Messungen schnell schaltender Ströme bis 1 GHz.

Eine der wichtigsten Grundregeln in der Prüf- und Messtechnik bezieht sich auf das Verhältnis zwischen der Bandbreite des Messsystems und der Signalanstiegszeit. Die Bandbreite eines Oszilloskops wird nach diesem Kriterium ausgewählt, da sie die kleinste ablesbare Anstiegs- und Abfallzeit bestimmt, die genau gemessen werden kann. Die Regel besagt, dass die Anstiegszeit des Oszilloskops weniger als 1/5 der schnellsten Anstiegszeit des gemessenen Signals betragen sollte.

Wenn also ein Signal zwischen 3 und 4 ns wechselt, sollte das Oszilloskop in der Lage sein, eine Zeit zwischen 600 und 800 ps zu messen, was der typischen Leistung eines 1-GHz-Oszilloskops entspricht.

Wide-Bandgap-Technologien ermöglichen Schaltsignale mit hoher Anstiegsrate. Dadurch wurde der Einsatz von 1-GHz-Oszilloskopen immer gängiger, und die Anbieter mussten schnell reagieren, um eine höhere vertikale Auflösung in diesen Bandbreiten anbieten zu können. Es wurde sofort deutlich, dass es zwar schon seit einiger Zeit Oszilloskope mit einer Bandbreite von 1 GHz gab, dass aber Hochspannungs- und Stromtastköpfe den Bandbreitenanforderungen nicht gerecht wurden und schnell zu einem Engpass in der Messkette wurden.

Die Einführung neuer isolierter Spannungstastköpfe mit optischer Technologie hat enorme Fortschritte ermöglicht. Sie garantieren eine präzise Messung schnell schaltender Signale, die mit der 1-GHz-Bandbreite des

Oszilloskops kompatibel sind. Dank eines ausgeklügelten Abschirmungsdesigns und neuer Best Practices für die Kontaktierung wird zudem das Rauschen der Schaltvorgänge eliminiert.

Was blieb, waren Tastköpfe, die darauf beschränkt waren, sich an eine Leitung, einen Pin oder einen Leiter zu klemmen, wo Strom floss. Stromzangen führen berührungslose Strommessungen durch, indem sie einen Stromwandler für Wechselstrom und einen Hall-Effekt-Sensor für Gleichstrom nutzen. Sie sind per Definition galvanisch isoliert und haben eine niedrige Impedanzbelastung für einen Stromkreis, sättigen jedoch bei Strömen von über 80 A und die Bandbreite beträgt nicht mehr als 150M Hz. Wie kann man also Ströme messen, die mit schnelleren Anstiegs-/Abfallzeiten schalten?

Akzeptanz von Sense/Shunt-Widerständen

Das Ohm'sche Gesetz bietet die Möglichkeit, den Stromfluss über den Spannungsabfall an einem Widerstand zu berechnen. Entwickler mögen es nicht, einen Widerstand einem Stromkreis hinzuzufügen, nur um zu messen, ganz zu schweigen von der Tatsache, dass dadurch die wertvolle Energie, die sie effizient umwandeln wollen, verloren geht. Es bedeutet auch, dass man etwas physisch in den Stromkreis einfügt und direkt mit ihm verbindet. Der Vorteil liegt in der Möglichkeit, sehr kleine Ströme und schnell schaltende Hochstromsignale fast ohne Bandbreitenbeschränkung genau zu messen.

Leistungshalbleiter wie SiC-MOSETs oder GaN-HEMTs arbeiten mit schnellen Schaltzeiten. Entwickler sind in der Regel besorgt über die Oszillationen während der Schalttransienten, die zu Störaussendungen oder Funktionsproblemen in der gesamten Schaltung führen können. Um diese Transienten und Oszillationen „sehen“ zu können, haben Entwickler begonnen, CVR (Current View Resistors) zu verwenden und in Bauteile mit hoher Wärmekapazität und möglichst geringer parasitärer Induktivität zu investieren. Die beobachteten Oszillationen könnten tatsächlich eine Folge der parasitären Induktivität des verwendeten Shunts sein, ein Faktor, der natürlich ausgeschlossen werden muss.

Die Entwickler der Leistungselektronik begannen auch, koaxiale Shunts zu verwenden, die sich für Hochfrequenzmessungen eignen, auch wenn sie einige thermische Probleme aufweisen (insbesondere bei Dauerbetrieb). Der koaxiale Shunt ist recht gut in Bezug auf einen flachen Frequenzgang und eine schnelle Reaktion bei Hochstrommessungen, aber natürlich nicht klein genug, um auf einer Leiterplatte Platz zu finden. Shunts verhalten sich jedoch wie ein Wellenleiter mit Luft als Dielektrikum und können auch Rauschen aufnehmen. Ein Shunt wird im Allgemeinen als geerdete Verbindung verwendet, um Messungen mit Erdbezug der Drain-Ströme durchzuführen.

Ein echter Fortschritt bei Strommessungen wäre zum Beispiel die Einführung von kompakteren Shunts mit

Autor

Andrea Vinci,
Senior Technical
Marketing Manager
bei Tektronix

Test&Measurement
YOKOGAWA ◆



Die Zukunft der Leistungselektronik
(SiliziumCarbid)

PCIM 6. - 8. Mai 2025

Halle 9 | Stand 400

Diese neue Halbleitertechnologie will beherrscht werden.

Mit unserem Leistungsmodul mit integrierter Sensorversorgung profitieren Sie von einer höheren Genauigkeit, höheren Störfestigkeit und einem einfachen Aufbau Ihres Messsystems.

WT5000

Präzisions-Leistungsanalysator



Precision Making
tmi.yokogawa.com/de/WT5000



Ein Doppelpuls-Prüfaufbau mit mehreren Tastköpfen, die an die Wandlerstufe angeschlossen sind.

Ein isolierter Stromtastkopf von Tektronix auf Shunt-Basis, angeschlossen an einen CVR auf einer Wandlerplatine.

einer geringeren parasitären Induktivität, die nicht zu den Messstörungen beitragen.

Aktuelle Lösungen

Tektronix beschloss, eine aktuelle Isolationstechnologie für Spannungstastköpfe zu patentieren, die als Ergänzung zu Shunts für die Strommessung eingesetzt werden kann. Dieser Tastkopf sollte ursprünglich die kontinuierliche Überwachung von Strömen mit niedrigem Pegel und niedriger Frequenz auf Stromschienen mit hoher Genauigkeit unterstützen und dank der robusten Abschirmung externes Rauschen abweisen, und genau das tut er auch. Da aktuelle Shunt-Widerstände jedoch problemlos mit hohen Pegel- und Hochfrequenz-Schaltströmen umgehen können, fand diese kompakte, isolierte und geschirmte Lösung auch eine interessante Anwendung bei der Prüfung im Bereich der Leistungselektronik.

Sie löste auch das Sicherheitsproblem durch den Einsatz einer robusten galvanischen Isolierung bei der Messung über Shunts, die durch eine spezielle HF-Isolationstechnik implementiert wird, die Masseschleifen eliminiert und das Gleichtaktrauschen beim Betrieb mit Gleichtaktspannungen von bis zu 1800 V reduziert. Dies bedeutet, dass Entwickler der Leistungselektronik frei entscheiden können, welchen Hochpräzisionsshunt mit kleinem Widerstand Sie bevorzugen, je nachdem welche spezifischen Strombereiche gemessen werden. Sobald die messbare Spannung durch den Shunt zur Verfügung steht, wird sie über eine abgeschirmte Tastkopfspitze in den Tastkopfkörper mit einer HF-Isolierung geleitet. Der Tastkopf konvertiert das Signal in den Mikrowellenfrequenzbereich und passiert durch einen patentierten Mechanismus die physikalische Trennbarriere, die Sicherheit und Signalintegrität gewährleistet. Nach dem Passieren der Isolationsbarriere wird das Signal in seine ursprüngliche Form heruntergemischt, hat aber nun einen Massebezug zum Messgerät.

Die potentialfreie Auslegung ermöglicht die Messung von Strömen über Shunts/CVRs, die direkt auf dem Hochspannungsbus platziert sind, so dass sie nicht auf die Masse bezogen sind. Dies wird als „High Side Sensing“ bezeichnet und hat den Vorteil, dass der Strom gemessen wird, wenn er die Versorgung verlässt, und nicht erst, nachdem er durch die Last geflossen ist. Dadurch wird vermieden, dass ein unbeabsichtigter Rückkanal zur Erdung potenzielle Störungen aufnimmt, die

zu Ungenauigkeiten führen. Das High-Side-Sensing vermeidet auch eine Anhebung des Massepotenzials der Last, obwohl dieses bei einem Shunt mit sehr niedrigem Widerstand nur minimal ist. Schließlich wird das High Side Sensing verwendet, wenn mehrere Lasten an dieselbe Masse angeschlossen sind (d. h. sich diese teilen). Der TICP1 von Tektronix löst die Notwendigkeit eines isolierten Verstärkers zur Messung der Shunt-Spannung, die auf die hohe Busspannung bezogen ist.

Während T&M-Anbieter die vertikale Auflösung der Oszilloskope weiter verbessern, das Grundrauschen des Front-Ends verringern und die Entwickler mit immer ausgefeilteren Tastköpfen ausstatten, bietet die Forschung an speziellen Metalllegierungen, Materialien und Komponenten weiterhin Shunt-Widerstände, die stabil und genau im Milliohm-Bereich sind. Das bedeutet, dass sie mit Wärme umgehen können, ohne auszufallen oder einen signifikanten Driftwiderstand aufzuweisen. Spezielle Geometrien für Shunts werden jetzt untersucht, um die parasitäre Induktivität unter den Schwellenwert von 1 nH zu senken, der für die Messung schnell schaltender Bauteile unerlässlich ist. Außerdem müssen sie einfach zu handhaben sein und über lötbare Anschlüsse verfügen, um eine sichere Verbindung auf den Leiterplatten der Leistungswandler zu gewährleisten.

Fazit

Leistungshalbleiter mit breiter Bandlücke erhöhen die Anforderungen an Oszilloskope und Tastköpfe. Bei den Tastköpfen geht der Trend hin zu Shunt-Messungen und damit auch zu höheren Anforderungen an die Stromsensoren.

Die Quintessenz ist, dass Stromsensoren keine Induktivität in einen Lastkreis einbringen sollten, die den Schaltvorgang beeinflusst und die Signaltreue beeinträchtigt. Während die Shunts immer weiter verbessert werden, werden neue Typen von isolierten Tastköpfen speziell für Stromshunt-Messungen auf den Markt gebracht. Der isolierte Strom-Shunt-Tastkopf TICP1 von Tektronix ist der erste HF-isolierte Tastkopf auf dem Markt. Er bietet eine Bandbreite von bis zu 1 GHz für isolierte, sichere Messungen, wenn er auf erdfreien Shunts platziert wird, und gewährleistet eine extreme Genauigkeit bei der Messung schneller Schaltströme ohne unbeabsichtigte Schwingungen, die durch das Messsystem selbst verursacht werden. (bs) ●

Streulichtunterdrückung von 73 dB

Spektrumanalysator für Produktionsprüfungen

Yokogawa gibt die Einführung des optischen Spektrumanalysators AQ6361 für Produktionsprüfungen bekannt. Er eignet sich zur Analyse von Komponenten der Daten- und Telekommunikationstechnik wie Laserdioden, optischen Transceivern und optischen Verstärkern.

Der optische Spektrumanalysator AQ6361 erreicht durch einen RAPID-Empfindlichkeitsmodus eine Messgeschwindigkeit, die bis zu 20-mal schneller ist als die des AQ6370E. So lässt sich das Spektrum eines CW-Lasers (Span 100 nm, 50.001 Abtastpunkte, Rauschpegel ca. -60 dBm) mit dem AQ6361 in 0,23 s erfassen. Mit etwa der halben Größe des AQ6370E erfüllt das neue Gerät die Anforderung nach einem platzsparenden Messgerät. Es sind zwei Modelle verfügbar: das Standardmodell AQ6361-10 und das Hochleistungsmodell AQ6361-20. Zusätzlich zum Standardwellenlängenbereich von 1200–1700 nm, bietet der Spektrumanalysator optional einen erweiterten Wellenlängenbereich von 700 bis 1700 nm. Die Wellenlängenauflösung lässt sich beim AQ6361-10 von 0,05 bis 2 nm und beim AQ6361-20 von 0,03 bis 2 nm einstellen. Darüber hinaus ermöglichen beide Modelle eine Streulichtunterdrückung von 73 dB. Der Freistrahleingang erlaubt den Einsatz von Singlemode-, Multimode- und Großkernfasern an dem-



Der Optische Spektrumanalysator AQ6361 erlaubt optional einen erweiterten Wellenlängenbereich von 700 bis 1700 nm.

Bild: Yokogawa

selben OSA. Dabei sorgt die geringe Schwankung der Einfügedämpfung am Eingangsstecker für eine höhere Messwiederholbarkeit. Des Weiteren entstehen durch eine berührungslose Verbindung beim Anschließen der Fasern keine Schäden. (bs)

 **SIGLENT**[®]

www.siglenteu.com

**Effizient testen, präzise qualifizieren:
Doppelpulse für Ihre Leistungselektronik**



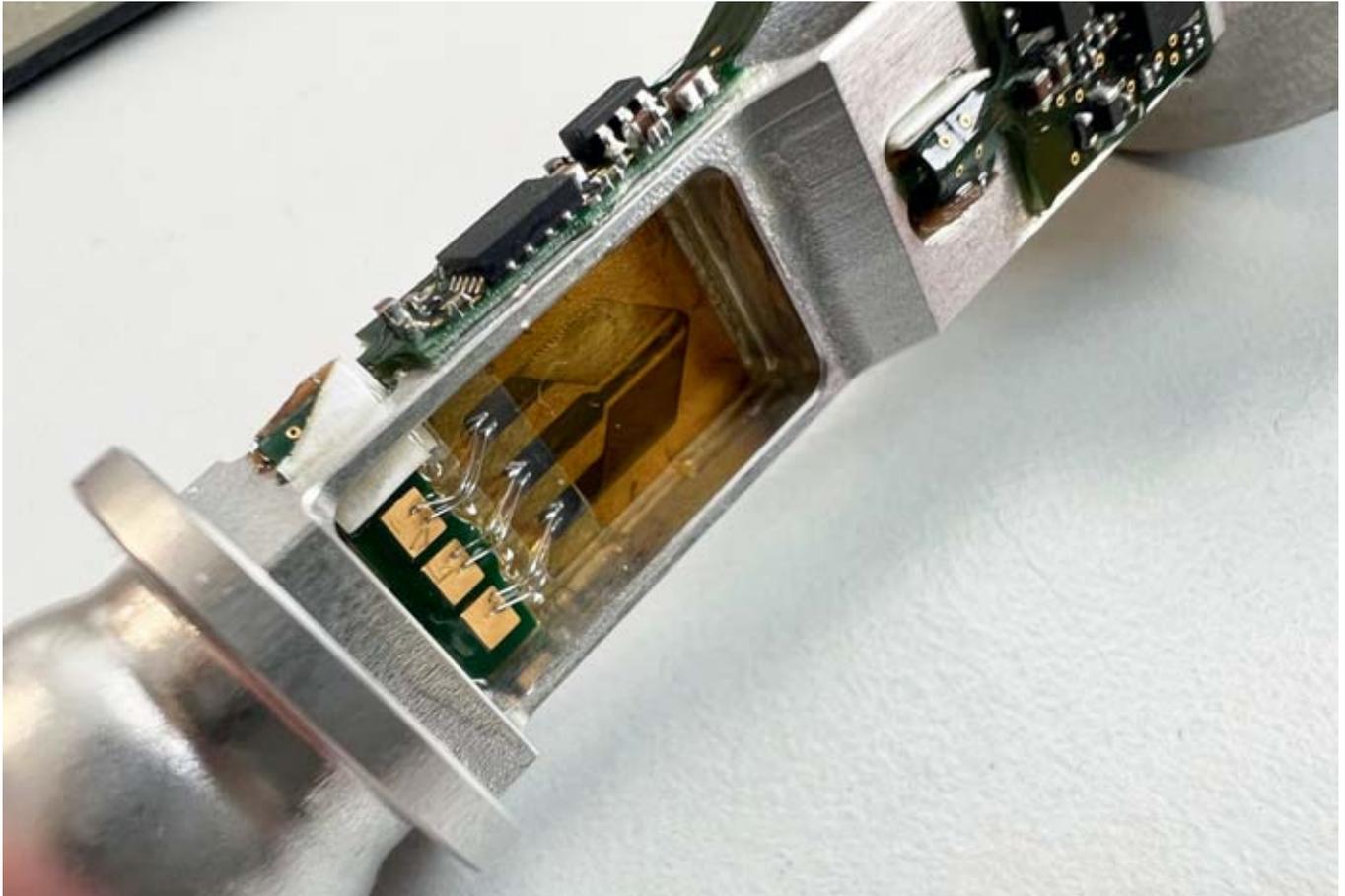
pcim

Nürnberg, 06. – 08.05.2025

Halle 6, Stand 217



Learn More



DMS-Sensoren zur präzisen Krafterfassung wandeln minimale Verformungen an der Oberfläche von Bauteilen in elektrische Widerstandsänderung um.

Bilder: RAFI

Exakte, wiederholgenaue Krafterfassung durch DMS-Sensorik

Kräftemessen für die Antriebstechnik

Mit steigender Bedeutung elektrischer Antriebe rückt die kraftbasierte Sensorik in den Fokus. Präzise Dehnungsmessstreifen (DMS) zur exakten Krafterfassung funktionieren auch unter rauen Einsatzbedingungen. Dank optimierter Fertigungsprozesse lassen sich selbst große Stückzahlen wiederholgenau realisieren – von industriellen Steuerungen bis zu ergonomischen Joysticks und medizintechnischen Assistenzsystemen.

Dehnungs- oder Dehnungsmessstreifen sind äußerst empfindliche Messinstrumente beziehungsweise Sensoren, die minimale Verformungen an der Oberfläche von Bauteilen erfassen. Hierzu wandeln sie die mechanische Deformation in elektrische Widerstandsänderung um. Ihre Funktionsweise gründet auf dem piezoelektrischen Effekt, durch den ein Draht aus piezoelektrischem Material beim Strecken oder Stauchen seinen elektrischen Widerstand proportional zur Verformung ändert.

Aktuelle DMS bestehen meist aus extrem dünnen Messgittern von etwa 5 µm Schichtdicke. Sie sind in verschiedenen Ausführungen als Einzelelemente, Halbbrücken oder Vollbrücken mit unterschiedlichen

Mäandern zur Messung von Biegespannungen, Torsions- und Schubspannungen erhältlich. Zu den Vorteilen von DMS-Sensoren zählen die Gewinnung absoluter Messwerte, Zug- und Druckmessungen ohne Vorspannung sowie statische Langzeitmessungen. Neben der hohen Messgenauigkeit zeichnen sich die Messstreifen bei akkurater Verarbeitung durch ihre langlebige Funktionstüchtigkeit aus.

Anforderungen an DMS-Applikation

Eine zentrale Voraussetzung für die Messgenauigkeit besteht in der qualitativ hochwertigen Verbindung des DMS-Sensors mit der Oberfläche des Grundkörpers. Hierzu müssen die Vorspannungen im Trägermaterial



Bild 2: Zum Schutz vor Partikeleintrag werden sensible Arbeitsschritte unter Reinraumbedingun- gen durchgeführt.

vor der Messtreifen-Applikation mittels Temperaturlagerung gelöst werden. Da das im einstelligen mV-Bereich liegende Sensor- signal verstärkt werden muss, darf es nicht durch Rauschen oder andere Störfaktoren verzerrt werden. Zum Schutz vor Partikeleintrag sollten sensible Arbeitsschritte unter Reinraumbedingun- gen durchgeführt werden.

Durch Laserpolitur erhält das Objekt an der Klebestelle eine geeignete Oberflächen- rauheit von 0,4 µm bis 4 µm. Zudem wird die wenige Nanometer dicke Oxidschicht verdampft, da ihre harte Beschaffenheit die Übertragung der mechanischen Dehnung auf den DMS beeinträchtigt. Nach der auto- matisierten DMS-Applikation per Vakuum- pipette muss das auf die Klebestelle aufge- tragene Epoxidharz einige Minuten aus- dampfen, um die Bildung von Luftblasen beim thermischen Aushärten des Klebstoffs zu verhindern. Das an die Aushärtung im Ofen anschließende Tempern oder Nach- härten entfernt prozessbedingte mechani- sche Restspannungen und sichert die Lang- lebigkeit der Klebestelle. Die Verdrahtung der Dehnungsmessstreifen erfolgt durch automatisiertes Dickdrahtbonding. Um die Baugruppe vor dem Eindringen von Feuch- tigkeit zu schützen, wird sie abschließend mit Speziallack lackiert oder vergossen.

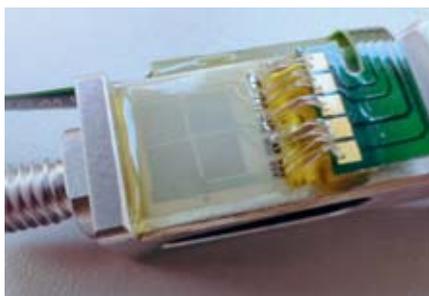


Bild 3: Sicher unter Verguss: Ein Speziallack versiegelt den Sensor, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern.

Offset und Sensorkalibrierung

In umfangreichen Testreihen wird die Kraft- einwirkung und Auswertung in Relation zu Umweltfaktoren wie Feuchte und Tempera- tur sowie dem optimalen Applikationsort am Messobjekt geprüft, um eine homogene Kraftmessung zu sicherzustellen. Da die mechanischen Einflüsse auf die Dehnungs- streifen einen geringen Offset hinterlassen, der nicht vollständig eliminiert werden kann, muss der Offset per Messung ermittelt werden, um im Anschluss beispielsweise die Nullstellung von Joysticks kalibrieren zu können. Ähnliches gilt für Temperaturab- hängigkeit der Messung, die sich durch die Verwendung eines Vollbrücken-DMS-Sen- sors reduzieren oder mithilfe eines zusätz- lichen Temperatursensors und einer tempe- raturabhängigen Kalibrierung herausrech- nen lässt.

Fazit

Wegen der hohen Messpräzision, der Wie- derholgenauigkeit und der vielseitigen Eignung auch unter rauen Bedingungen stellt die Kraftmessung per Dehnungsstreifen eine gefragte Option für die Steuerungs- technik elektrischer Antriebssysteme dar. In vielen Fällen bieten kraftgeregelte An- wendungen eine intuitive, motorisch und ergonomisch vorteilhafte Alternative zu wegbasiert gesteuerten Systemen. Um der wachsenden Nachfrage zu entsprechen, hat Elektronikhersteller RAFI seine Kapazitäten zur DMS-Applikation automatisiert und auf Industrie-Maßstab hochgefahren. Aktuell entwickelt der Spezialist für die Mensch-Maschine-Interaktion Bedien- lösungen, die von kraftbasierten Joysticks über die Antriebsmessung für medizini- sche Assistenzsysteme bis zur Rege- lung der elektrischen Antriebswelle von E-Bikes reichen. (bs) ●

Dieser Beitrag basiert auf Unterlagen von RAFI.



**Weil
manchmal
alles von
genau
18 Volt
abhängt.**

datatec.eu/future



LightCube zur Absicherung in der Außenlicht-Elektronik

Testen komplexer Leuchten-Systeme

Mit dem LightCube steht ein Prüfkonzept für komplexe Außenlicht-Elektronik zur Verfügung. Das System ermöglicht eine automatisierte Absicherung aktueller Leuchten-Funktionen, inklusive realistischer Fehlerinduktion, Variantenmanagement und vollintegrierter Testautomatisierung. Durch modulare Bauweise und Web-Interface lässt sich der LightCube flexibel konfigurieren und in bestehende Prüfketten einbinden.

Autor

Osman Ali,
Systemarchitekt
bei CREAT

Mit der gestiegenen Komplexität aktueller Leuchten haben auch die erforderlichen Testfälle massiv zugenommen, um eine ausreichende Testtiefe zu gewährleisten. Diese Testfälle müssen zudem oft separat für eine Vielzahl unterschiedlicher Varianten durchgeführt werden, was nicht nur zeitintensiv ist, sondern auch spezielle Hardware für jede Variante erfordert.

Durch den Wunsch nach automatisierter Absicherung und die zunehmende technische Komplexität moderner

Leuchten, steigt auch die Komplexität des Testequipments, insbesondere bei der Überwachung der Leuchten. Die aktuell üblichen Absicherungsmethoden stoßen im Bereich der Fehlerinjektion allerdings an ihre Grenzen. Das System LightCube von CREAT ermöglicht eine automatisierte, schnelle und tiefgehende Absicherung. Es deckt alle heute üblichen Funktionen eines typischen Lichtsystems ab.

Funktionen und Merkmale

Der LightCube besteht aus Modulen, die mit realen LED-Ketten ausgestattet sind (Bild 2). Die Strangspannung dieser LED-Ketten lassen sich automatisiert an die Bedürfnisse des Steuergerätes anpassen. So emuliert das Steuergerät eine Last, die der einer realen Leuchte entspricht. Die Anzahl und Art der LED-Module können basierend auf der Variantenvielfalt und dem Umfang des Steuergerätes individuell festgelegt werden. Das Prüfsystem ist dabei dynamisch und ohne manuelle Eingriffe vollständig konfigurierbar. Dies betrifft neben der Konfiguration der LED-Ketten, auch die Verbindung der Module mit den Ein- und Ausgängen des Steuergerätes.

Aufgrund steigender Komplexität innerhalb der Leuchten wird auch die Fehlerinduktion zur Absicherung der Diagnoseumfänge eines Steuergerätes immer komplexer. Die LED-Module des LightCube können verschiedene Fehlerzustände nachbilden und damit eine detailliertere und schnellere Diagnoseabsicherung ermöglichen. Ein Merkmal des Ansatzes ist die Bestückung der Module mit realen, marktüblichen LED-Controllern oder Stromquellen, wie Matrix-Controllern oder Lineartreibern. So können typische Schaltungselemente in Leuchten, wie dynamische Lichtfunktionen oder Animationen, nachgebildet werden.

Zum Standardumfang eines LED-Moduls gehört auch die Messung von elektrischen Parametern der LED-Kette während des Betriebs. Dazu zählen Strangspannung und -strom sowie das Tastverhältnis der Pulsweitenmodulation. Zusätzlich kann die Kommunikation zwischen Steuergerät und LED-Treiber über Schnittstellen wie CAN oder UART/I2C überwacht und aufgezeichnet werden. Damit lassen sich zusätzliche Statusinformationen zur LED-Kette gewinnen.

Jedes Prüfsystem kann zudem Temperatursensoren und Binningwiderstände elektrisch emulieren. Dadurch wird es möglich, eine temperaturabhängige Degradation sowie die automatische Anpassung an verschiedene



Bild 1: Frontansicht LightCube.

Bilder: CREAT



Bild 2: LightCube Module.

LED-Klassen nachzubilden. Dies entspricht dem Standardfunktionsumfang eines typischen Lichtsteuergeräts.

Detailbetrachtung

Der Anschluss des Steuergeräts erfolgt über eine generische Schnittstelle, die alle relevanten Komponenten innerhalb der Leuchte umfasst: LED-Kanäle (Stromquellen), Spannungsquellen, Sensoreingänge, Schaltausgänge und Kommunikationsbusse. Die LED-Kanäle sind dynamisch mit verschiedenen LED-Modulen verknüpfbar, sodass Treibermodule auf einem LED-Modul jederzeit an den passenden Steuergerätekanal geschaltet werden können. Diese Flexibilität gewährleistet eine präzise Anpassung und Steuerung der LED-Module, was die Effizienz und Vielseitigkeit des Systems deutlich erhöht.

Hierzu wird ein entsprechendes Submodul, wie beispielsweise ein Matrix-Controller, auf dem LED-Modul installiert und aktiviert. Es stehen Submodule für Controller gängiger Hersteller zur Verfügung. In beiden Fällen ist eine detaillierte Überwachung der LED-Streifen gewährleistet. Bei Verwendung einfacher LED-Leuchtmitteln werden Parameter wie Strom, Spannung und PWM digital gemessen. Mit Submodulen ist zusätzlich die Überwachung einzelner Segmente möglich, was eine präzise Steuerung erlaubt.

Im Bereich der Diagnoseabsicherung haben modulare Konfigurationen zahlreiche Vorteile. Die Spannungen der LED-Ketten können in kleinen Schritten variiert werden, wodurch Kurzschluss- und Leerlaufszenerien getestet und Fehlerdetektionsschwellen des Steuergeräts präzise überprüft werden können. Submodule ermöglichen die Emulation von Fehlern in einzelnen Segmenten, was die Testgenauigkeit erhöht. Auch Ther-

momagementmodelle können abgesichert werden, indem jedes LED-Modul einen Thermowiderstand mit beliebiger Kennlinie emuliert und diese Daten dem Steuergerät analog zur Verfügung stellt. Dies ermöglicht eine effektive, kostengünstige und zeitnahe temperaturspezifische Absicherung ohne den Einsatz teurer Klimaschränke. Als Modulvarianten stehen ein Hochstrom- und ein Niedrigstrommodul zur Verfügung. Das Hochstrommodul besteht aus einer LED-Kette, die vom zu testenden Steuergerät mit einer Stromquelle betrieben wird. Im Gegensatz dazu sind die Niedrigstrommodule mit verschiedenen Linearstromquellen ausgestattet und werden vom Steuergerät über eine Spannungsquelle versorgt.

Hochstrommodule lassen sich bei Bedarf mit je einem Matrix-Controller bestücken, wie sie auch in der Leuchte Verwendung finden. Dadurch können einzelne LEDs oder Teilketten dynamisch geschaltet werden. Bei Niedrigstrommodulen ist zwingend der Einsatz von einer Linearstromquelle auf den Modulen erforderlich, um die vom Steuergerät zur Verfügung gestellten Spannung in Ströme für bis zu 16 LED-Ketten pro Modul umzusetzen. Die Steuerung der Linearstromquellen erfolgt über das zu testende Steuergerät, analog zu einer realen Leuchte. Ein Mischbetrieb von Hoch- und Niedrigstrommodulen ist jederzeit möglich.

Bedienung des LightCube

Die Bedienung und Konfiguration des Prüfstands erfolgt ausschließlich über ein Web-Interface, das alle Optionen bezüglich Konfiguration, Überwachung der Parameter sowie manueller Fehlerinduktion bietet. Die webbasierte Oberfläche ermöglicht zudem eine einfache Remotenutzung und -überwachung. Verschiedene Leuchten-Varianten können direkt im LightCube konfiguriert und bei Bedarf abgerufen werden.

Zusätzlich steht für die Integration in bestehende Testautomatisierungs-Frameworks eine API zur Verfügung, die alle Möglichkeiten der Überwachung, Konfiguration, Variantenauswahl und Fehlerinduktion umfasst. Über die API sind damit alle Statusinformationen des LightCubes zur Weiterverarbeitung im Test-Framework verfügbar. Die Umschaltung der Konfigurationen erfolgt ohne manuellen Eingriff. Die Hardware des LightCube wird vollständig abstrahiert, sodass alle Elemente funktionsbasiert gesteuert und variantenabhängig auf die Hardware abgebildet werden können. Das Zuordnen der Hardware-Elemente zu Funktionen erfolgt im Rahmen der Prüfstands- bzw. Variantenkonfiguration. (bs) ●



SINGLE PAIR ETHERNET

Single Pair Ethernet in der Industrie: Mit Automotive-DNA zum neuen Standard

Single Pair Ethernet überträgt Automotive-Qualität in die Industrie. Perfekte Balance aus Geschwindigkeit, Reichweite und Leistung – ideal für IoT.

IHRE VORTEILE:

- **Nachhaltige Technologie:** Einheitliche, zukunftssichere Lösung für SPE-Steckverbindungen
- **Optimierte Kompatibilität:** Nahtlose Integration ohne proprietäre Einschränkungen
- **Effiziente Prozesse:** Verbesserte Interoperabilität und einheitliche Prozesse senken Kosten und steigern die Produktivität

SPE-Technologie: Erprobt in der Automobilindustrie, bereit für die Industrie.



BLICKPUNKT SCHWEIZ

Was treibt die Elektronik-Entwicklung in der Schweiz in 2025 um?

Produktentwicklung in Zeiten von KI und Quantencomputern

Wenn man Personen aus diversen Kreisen auf den Begriff Quantencomputer anspricht, so werden sehr oft die Schultern gezückt. „Habe den Begriff schon mal gehört, aber ich weiß zu wenig darüber!“ Warum man das Thema trotzdem unbedingt im Blick behalten sollte.

Autor

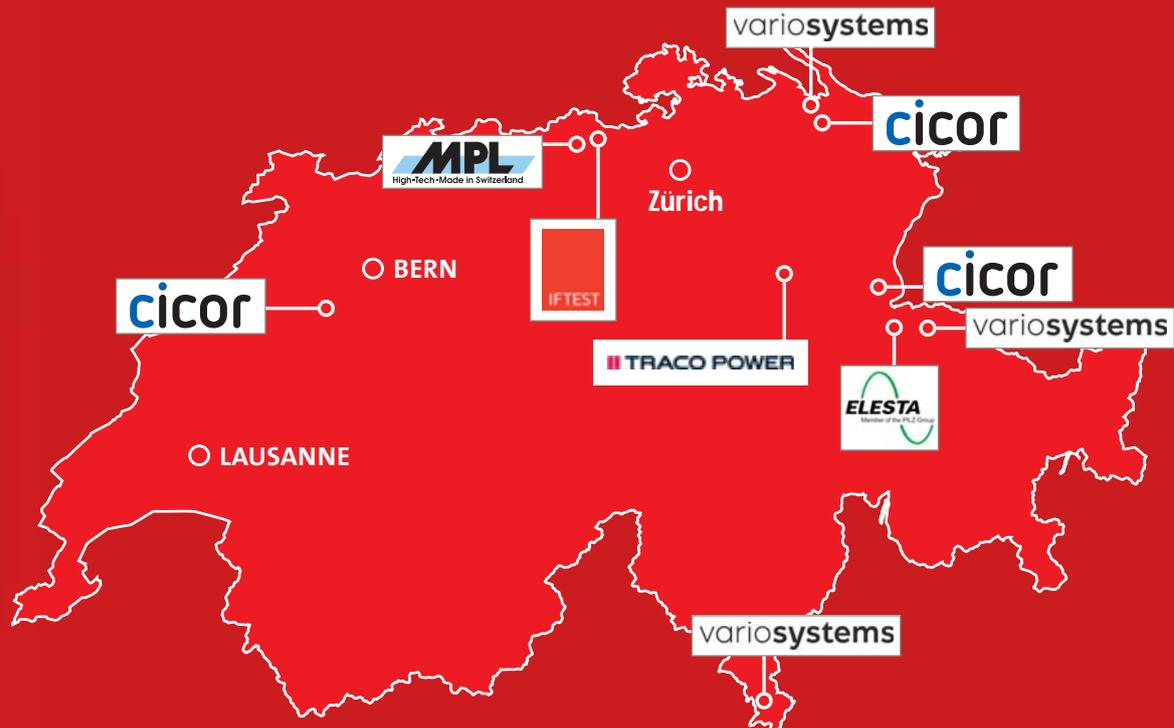


Jürg Fehlbaum,
freier Journalist aus
der Schweiz

Beim Quantencomputer handelt es sich um eine neuere Computer-Generation, welche gegenüber den bisherigen Computern riesige Vorteile aufweist. Quantencomputer und künstliche Intelligenz (KI) haben das Potenzial, die Produktentwicklung auf verschiedene Weisen positiv zu beeinflussen: Quantencomputer können große Datenmengen in kürzester Zeit verarbeiten und komplexe Berechnungen durchführen, die für klassische Computer schwierig sind. KI kann Muster in Daten erkennen und Prozesse optimieren, was zu effizienteren Entwicklungszyklen führt. Quantencomputer können präzisere Simulationen durchführen, was die Entwicklung und das Testen der Produkte beschleunigt.

Kombination von Quantencomputing und künstlicher Intelligenz

Die Kombination von Quantencomputing und KI kann neue, innovative Lösungen hervorbringen, die bisher nicht möglich waren. KI kann fundierte Entscheidungen treffen, indem sie große Datenmengen analysiert und Muster erkennt. Die Implementierung von Quantencomputern und KI-Systemen kann jedoch komplex und zeitaufwendig sein. Die hohen Kosten für die Entwicklung und Wartung von Quantencomputern und KI-Systemen können kleinere Unternehmen abschrecken. Insgesamt bieten Quantencomputer und KI enorme Chancen, die Produktentwicklung zu revolutionieren.



ARBEITSLOSEN-
QUOTE Q1

2,8 %

PROGNOSE
INFLATIONSRATE

1,0 %

BIP Q1
2025

+1,4 %

PRIVATER
KONSUM 2025

+1,4 %

nieren, aber es gibt auch Herausforderungen, die bewältigt werden müssen.

Quantencomputer können vieles gleichzeitig erledigen

Ich las mal vor einiger Zeit eine plausible und einfache Beschreibung der Funktionsweise von Quantencomputern: Stellen Sie vor, Sie stehen am Eingang eines Irrgartens und müssen möglichst schnell aus den unzähligen Irrwegen den einzigen Weg zum Ausgang finden. Ein herkömmlicher Computer beginnt nun, einzeln jeden Weg separat zu prüfen bis er den Ausgang endlich findet. Dies dauert! Der Quantencomputer seinerseits ist jedoch in der Lage, sämtliche Wege GLEICHZEITIG zu prüfen, und erledigt diese Aufgabe somit viel schneller und effizienter.

Vom Bit zum Qubit

Gründe für die entsprechenden Vorteile des Aufbaus: Die grundlegenden Einheiten der Information in einem Quantencomputer. Im Gegensatz zu klassischen Bits, die entweder 0 oder 1 sein können, können Qubits dank der Prinzipien der Superposition und Verschränkung gleichzeitig mehrere Zustände annehmen. Quantenregister: Eine Sammlung von Qubits, die zusammenarbeiten, um Berechnungen durchzuführen. Quantengatter: Diese führen Operationen auf den Qubits durch,

ähnlich wie logische Gatter in klassischen Computern. Kryostaten: Diese Geräte kühlen die Qubits auf extrem niedrige Temperaturen, um ihre quantenmechanischen Eigenschaften zu erhalten. Steuer- und Messebene: Diese Ebenen steuern die Operationen und messen die Zustände der Qubits.

Fazit

Es lohnt sich also auf jeden Fall, mehr darüber zu wissen. Michael Gorbatschow: „Wer zu spät kommt, den bestraft das Leben!“

Zur Wirtschaftslage in der Schweiz

Die Wirtschaftslage der Schweiz zeigte sich in den letzten 15 Monaten stabil, jedoch mit Herausforderungen. Die Arbeitslosenquote stieg im ersten Quartal 2025 leicht auf 2,8 Prozent. Das Bruttoinlandprodukt (BIP) meines Heimatlandes lag 2024 bei 0,8 Prozent und für die ersten 3 Monate 2025 bei 1,4 Prozent. Diese Zahlen spiegeln insgesamt eine leicht unterdurchschnittliche wirtschaftliche Entwicklung wider. Die Staatsverschuldung ist im internationalen Vergleich jedoch äusserst niedrig. Wie sieht die Zukunft aus? Zurzeit herrscht eine totale Verunsicherung auf der ganzen Welt. Alle schauen am Morgen entsetzt auf die neuen Tagesnachrichten. Gilt das Sprichwort noch? „Die Hoffnung stirbt zuletzt?“ (na)



Maßgeschneiderte Displaylösungen von DMB Technics für viele HMI-Anwendungen.

Customized HMI-Solutions

DMB Technics bietet maßgeschneiderte Displaylösungen, die auf die spezifischen Anforderungen der Kunden zugeschnitten sind – von hochpräzisen Displays bis hin zu perfekt abgestimmten HMI-Lösungen. Standard-Displays dienen oft als Ausgangspunkt, doch während des Entwicklungsprozesses zeigt sich der Vorteil einer individuellen Lösung. Dank umfassendem Prozess- und Produktwissen der Displayexperten wird jede Gesamtlösung exakt an die Anwendung des Kunden angepasst. Vor der Fertigung erfolgen detaillierte Gespräche, um die Anforderungen genau zu verstehen. Jeder Arbeitsschritt wird vom Kunden freigegeben, um Design und Qualität sicherzustellen. Die Entwicklung und das Design finden in Hünenberg, Schweiz, statt, während sorgfältig ausgewählte Partner in Asien die Produktion übernehmen.

Nachhaltige Verpackung für Relaisserien

ELESTA hat eine neue, nachhaltigere Verpackung für ihre Relaisserien eingeführt. Die Umstellung ist Teil der Nachhaltigkeitsstrategie des Unternehmens und berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus der Verpackung, von der Herstellung bis zum Recycling. Der bisher verwendete PET-A-Blister wurde durch einen biologisch abbaubaren Kunststoff ersetzt, der auf einem Biobinder mit Kreide, Kalk und Zellstofffasern basiert. Die Lieferstrecke des Blisters konnte um rund 6000 km reduziert werden. Die Pappröhre, die den Blister umschließt, verzichtet auf die gebleichte Oberseite. Das bisherige



Für seine Relaisserien hat ELESTA eine nachhaltigere Verpackung eingeführt. Der verwendete Kunststoff ist biologisch abbaubar.

Kunststofflabel wurde durch ein Papierlabel mit PFAS-freiem Kleber ersetzt. Alle Materialien der neuen Verpackung sind recyclebar und für die Industrie-kompostierung geeignet. Die Blister können zudem als Pendelverpackung genutzt oder als Rezyklat in den Herstellungsprozess zurückgeführt werden. Die Qualität der neuen Verpackung wurde durch umfangreiche Tests bestätigt. Die Überarbeitung der Verpackung erfolgte entlang der R-Strategien und des Circular-Economy-Modells.

Unterbrechungsfreie Stromversorgungslösung

Elma Electronic präsentiert die robuste unterbrechungsfreie Stromversorgung RP24/RA24 mit dem neuen Akkumodul RA24. Entwickelt wurde die vielseitige Lösung für die Schweizer Armee. Für Feldeinsätze in rauen Umgebungen ist eine zuverlässige Stromversorgung für unterschiedlichste Anwendungen eine kritische Notwendigkeit. Der breite Anwendungsbereich, die Skalierbarkeit und das robuste Design der unterbrechungsfreien Stromversorgung RP24/RA24 setzen neue Maßstäbe in diesem Bereich. Features: Vielseitige Eingangsspannung, AC- und DC-Eingang Schutzklasse II, 1000 Watt Ausgangsleistung, USV-Funktion sowie kaskadierbar. Lüfterloses Design. Großer Temperaturbetriebsbereich von -35 bis +60 Grad Celsius, übersteht Stürze aus 1.5 m Höhe, Ausführung gemäß IP67.

Nicht brennbare Monitore - Klasse A1

Die Anforderungen des vorbeugenden Brandschutzes stehen oftmals der Anforderung entgegen, Bildschirme in öffentlichen Bereichen von Gebäuden zu installieren. Besucherleitsysteme, Gast- oder Mitarbeiterinformationssysteme oder Werbung sind nur einige der Anwendungen in Industrie und öffentlichen Einrichtungen. Meistens sind die Orte, an denen Bildschirme installiert werden sollen, auch Teil der gekennzeichneten Fluchtwege. Brandschutzvorschriften verhindern dann die Installation solcher Geräte, die mutmaßlich zur Brandlast und zur Rauchgasentwicklung beitragen. Die FORTEC bietet Brandlast-optimierte, zertifizierte Monitore für den öffentlichen Raum für Wandmontage und in Stelen bis über 80 Zoll Größe an. Der notwendige Brandversuch wurde an der MFPA-Leipzig, Gesellschaft für



Die unterbrechungsfreien Stromversorgungen von Elma Electronic eignen sich für besonders raue Umgebungen.



Herzstück der Lenkradbeleuchtung von Polycontact sind ein Lichtleiter und eine zusätzliche Fresnel-Linse.



Die Supercaps von Schurter tolerieren sehr viel mehr Schaltzyklen als herkömmliche Akkus.

Materialforschung und Prüfstelle für das Bauwesen durchgeführt und die Ergebnisse von einem unabhängigen Gutachter bestätigt. Mit den erfolgten Brandversuchen kann die FORTEC Brandschutz-Monitore der Klassen B-s1,d0 und A1 anbieten, was die Klassifizierung des Monitors in (A1) nicht brennbar bzw. (B) schwer entflammbar, (s1) keine bzw. kaum Rauchgasentwicklung und (d0) kein Abtropfen ermöglicht.

Innovative Lenkradbeleuchtung

Polycontact hat innovative Lenkradbeleuchtung im Verkaufsprogramm. Dafür erforderlich waren der entsprechende Entwicklungszyklus sowie Kernkompetenzen in Optik, Elektronik und Mechanik für die automatisierte Produktion, welche eine hohe Qualität gewährleistet. Das Herzstück des Systems ist ein innovativer Lichtleiter, der durch eine speziell entwickelte Einkopplfläche eine hohe Toleranz gegenüber den 11 LED-Positionen aufweist. Eine zusätzliche Fresnel-Linse sorgt für eine gleichmäßige Lichtverteilung, während ein optimierter Diffusor die Blickwinkelunabhängigkeit verbessert.

Supercaps – klein, stark und superschnell

Schurter präsentiert Supercaps der Serie SCPA, SCPB, SCPC, auch Superkondensatoren genannt. Sie sind eine spezielle Art von Energiespeichern, welche bestimmte Eigenschaften von Akkumulatoren mit solchen von Kondensatoren kombinieren. Sie können auf diese Weise enorme Mengen Energie speichern und diese sehr schnell wieder abgeben, was sie für viele Anwendungen besonders wertvoll macht. Im Vergleich mit Akkus gleichen Gewichts weisen Superkondensatoren nur etwa 10 Prozent derer Energiedichte auf. Allerdings ist ihre Leistungsdichte etwa zehn- bis hundertmal so groß. Superkondensatoren können deshalb sehr viel schneller geladen und entladen werden. Sie tolerieren zudem sehr viel mehr Schaltzyklen als Akkus und eignen sich deshalb als deren Ersatz oder Ergänzung überall dort, wo eine große Schaltbeanspruchung gefordert wird.

Innovativer Evaluationskit

Sensirion gibt die Markteinführung des neuen SEK-SEN66-Evaluationskits bekannt. Das Kit ermöglicht eine

schnelle und kostengünstige Evaluierung der All-in-One Luftqualitätssensor-Module SEN60, SEN65 und SEN66. Das SEK-SEN66-Evaluationskit gehört zur vielseitigen SEN6x-Produktfamilie und bietet eine benutzerfreundliche Lösung zur Evaluierung der Sensorleistung. Die fortschrittlichen SEN6x-Module verfügen über integrierte Algorithmen zur Datenverarbeitung, die es Geräteherstellern ermöglichen, sich auf ihre Kernkom-



Rugged Embedded Computers & Network Solutions

100% entwickelt & produziert in der Schweiz

- Intel i7, Xeon, Atom und weitere
- Ext.Temp. -40 bis +85°C
- EN 50155, EN 60068, EN 61000, ...
- Openframe & 19" bis IP6x-Gehäuse
- Lüfterloser- & Dauerbetrieb
- OEM / kundenspezifische Lösungen
- 10 Jahre verfügbar
- 20+ Jahre reparierbar



Contact
www.mpl.ch

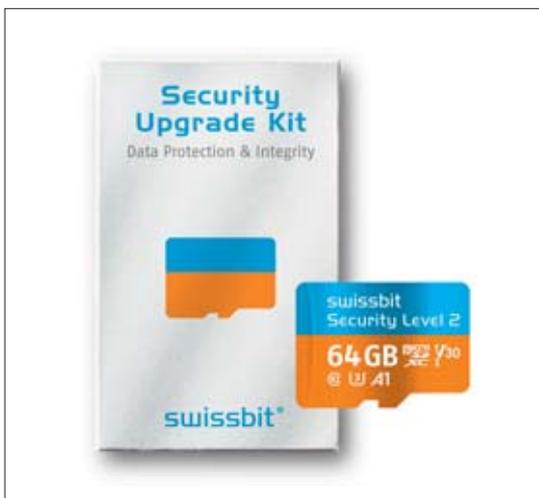


Das SEKSEN66-Evaluationskit von Sensirion ist modular aufgebaut und verkürzt die Time to Market.

petenzen sowie die Entwicklung innovativer Anwendungen zu konzentrieren. Da kostspielige und zeitaufwendige Optimierungen entfallen, lassen sich mit der SEN6x-Familie Produkteinführungszeiten verkürzen und die Gesamtbetriebskosten senken. Ein wichtiges Merkmal der SEN6x-Serie ist ihr modularer Ansatz. Mit einem einzigen Design-in können mehrere Produktebenen einfach unterstützt werden.

Sicherheit für Embedded-Systeme

Cyberangriffe betreffen zunehmend auch Embedded-Systeme. Deren Design und lange Lebenszyklen bringen besondere Sicherheitsanforderungen mit sich. Regulatorischen Behörden weltweit reagieren mit Vorschriften wie der anstehenden Radio Equipment Initiative (RED) oder dem Cyber Resilience Act ab 2027 auf die wachsende Bedrohungslage. Mit dem Security Upgrade Kit bietet Swissbit eine benutzerfreundliche und sichere Lösung, die sowohl den Schutz von Embedded-Systemen als auch die Einhaltung relevanter Cyber-Sicherheitsvorgaben ermöglicht. Das Kit umfasst eine microSD-Karte in Industriequalität sowie passende Dokumentation, Software und Tools. Es ermöglicht Hardware-basierte Zugriffskontrolle, Echtzeit-Datenverschlüsselung mit AES 256 und erlaubt die individuelle Anpassung von Schutzprofilen. Anwendungsbereiche sind unter anderem der Kopierschutz sensibler Daten oder der Schutz der Systemintegrität durch Secure Boot. Als Nachrüstlösung bietet das Security Upgrade Kit größtmögliche Flexibilität.



Das Security Upgrade Kit von Swissbit beinhaltet eine microSD-Karte in Industriequalität.



Der magnetische Schallwandler von Telcona hat einen Durchmesser von 9 mm und eine Höhe von 2,5 mm.



Traco hat seiner TXN-Serie Leistungsstufen von 35 bis 800 W hinzugefügt.

SMD-magnetischer Schallwandler

Telcona präsentiert den CDT0923BLFMP-001, einen leistungsstarken magnetischen Schallwandler für kompakte elektronische Anwendungen. Mit einem Durchmesser von nur 9 mm und einer Höhe von 2,5 mm eignet sich der Wandler ideal für platzkritische Designs. Der breite Betriebsspannungsbereich von 2,5 bis 4,5 V bei einer Nennspannung von 3,6 V ermöglicht flexible Einsatzmöglichkeiten. Der Wandler erzeugt bei einer Resonanzfrequenz von 2700 Hz einen Schalldruckpegel, gemessen in 10 cm Entfernung, was auch in moderat lauten Umgebungen eine zuverlässige akustische Signalisierung gewährleistet. Das SMD-Gehäuse aus LCP garantiert hohe Robustheit bei Betriebstemperaturen von -20 °C bis +70 °C und Lagertemperaturen von -40 °C bis +85 °C.

AC/DC-Netzteile von 30 bis 800 W

Traco erweitert die TXN-Serie um Leistungsstufen von 35 bis 800 W. Diese für industrielle Anwendungen konzipierten, metallgekapselten AC/DC-Netzteile sind ein Ersatz für die TXL-, TXM- und TXH-Vorgängerserien und basieren auf ähnlichen Konstruktionsprinzipien, um den Übergang zur neuen TXN-Serie zu erleichtern. Dank ihres flachen Metallgehäuses und der Schraubklemmenanschlüsse lassen sie sich problemlos in jedes Gerät einbauen. Die TXN-Netzteile sind bis zum Modell TXN 200 (200-W-Serie) vollständig konvektionsgekühlt und verfügen über eine aktive PFC (> 0,9) über 100 W. Aufgrund des integrierten EMV-Filters, der hohen E/A-Isolation und des weiten Temperaturbereichs sind sie die richtige Wahl für viele industrielle Anwendungen. Alle Modelle der TXN-Reihe verfügen über einen Universaleingang (90–264 VAC) und erfüllen die Anforderungen der Industrienorm IEC/EN/UL 62368-1, der europäischen EMV-Richtlinie und der Niederspannungsrichtlinie (NSR). (na) ●

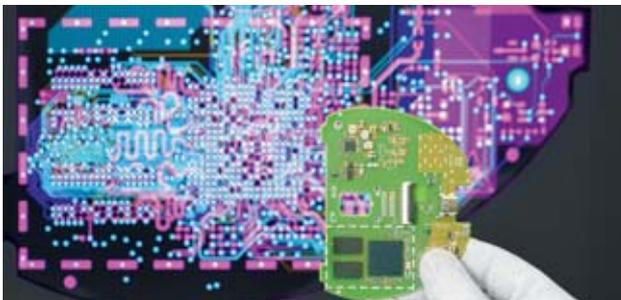
cicor

Das Unternehmen

Firmenname: Cicor Group
Geschäftssitz: Cicor Management AG
 Gebenloostrasse 15
 CH-9552 Bronschhofen
 Telefon: +41 71 913 73 00
 E-Mail: info@cicor.com
 Internet: www.cicor.com

Cicor – Creating Together

Die Cicor Gruppe ist ein weltweit tätiger Anbieter elektronischer Gesamtlösungen, von der Forschung und Entwicklung über die Produktion bis hin zum Supply Chain Management. Mit rund 3'450 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an 21 Standorten bedient Cicor führende Unternehmen aus den Bereichen Medizintechnik, Industrie sowie Luft- und Raumfahrt & Verteidigung. Durch die Kombination von kundenspezifischen Entwicklungslösungen, Hightech-Komponenten und der Herstellung von elektronischen Geräten schafft Cicor einen Mehrwert für ihre Kunden.



Cicor entwickelt und fertigt seit über 50 Jahren hochkomplexe elektronische Lösungen. In der Schweiz ist die Gruppe an den Standorten Boudry (NE), Bronschhofen (SG) und Wangs (SG) vertreten.

Das Programm

Engineering Services

- Testentwicklung
- Produktentwicklung
- Prozess-Engineering

Electronic Manufacturing Services

- Leiterplattenbestückung
- Mikroelektronikbestückung
- Kabelkonfektionierung
- Box Building

Präzisionskunststoff

- Werkzeugdesign und -herstellung
- Kunststoff-Spritzguss
- 3D-MID

Hybridschaltungen

- Dünnfilm Substrate
- Dickschicht Substrate

Leiterplatten

- Flexible Leiterplatten
- Starr-flexible Leiterplatten
- Starre Leiterplatten
- DenciTec®-Technologie

Gedruckte Elektronik

- Netzteile
- Prototypen-Shop



Das Unternehmen

Firmenname: ELESTA GmbH
Geschäftssitz: Heuteilstrasse 18
 CH-7310 Bad Ragaz
 Telefon: + 41 81 303 54 00
 Telefax: + 41 81 303 54 01
 E-Mail: admin@elesta-gmbh.com
 Internet: www.elesta-gmbh.com



ELESTA GmbH:

Innovation und Nachhaltigkeit in Relais & Sensoren

Tradition trifft auf Zukunft – Nachhaltigkeit im Fokus

Die ELESTA GmbH, mit Sitz in Bad Ragaz, Schweiz, blickt auf eine lange Tradition Schweizer Ingenieurskunst zurück, die bis zur Gründung der ELESTA Elektrotechnik AG im Jahr 1952 reicht. Aus dieser Innovationskraft heraus entstand 1997 die ELESTA relays GmbH, als Teil der Pilz GmbH & Co. KG Unternehmensgruppe, spezialisiert auf Relais mit zwangsgeführten Kontakten nach IEC 61810-3. Seit der Umfirmierung zur ELESTA GmbH im Jahr 2013 verbinden wir diese Tradition mit einem klaren Blick in die Zukunft, in der Nachhaltigkeit eine zentrale Rolle spielt.

Pioniere für sichere und nachhaltige Lösungen

ELESTA ist ein führender Hersteller von Relais mit zwangsgeführten Kontakten und kundenspezifischen Sensoren für funktionale Sicherheit. Seit über 25 Jahren stehen wir für innovative Produkte, die weltweit in sicherheitskritischen Anwendungen – von Maschinen über Züge bis hin zu Medizingeräten und Aufzügen – Menschenleben schützen. Dabei verstehen wir Nachhaltigkeit nicht als Zusatz, sondern als integralen Bestandteil unserer Produktentwicklung und Unternehmensphilosophie.

Das Programm

Nachhaltigkeit im Detail

Unsere Produkte tragen aktiv zur Nachhaltigkeit bei:

- Effizienz im Design: Kompakte Relais wie das SID sparen wertvollen Platz auf Platinen, ermöglichen kleinere Steuerungen und reduzieren Materialbedarf.
- Energieeffizienz: Geringe Leistungsaufnahme und minimierte Verlustleistung senken den Energieverbrauch im Betrieb.
- Gefahrstoffreduktion: Wir minimieren meldepflichtige Stoffe nach REACH/RoHS und entwickeln PFAS-freie Lösungen.
- Kreislaufwirtschaft: Recyclingfreundliche Materialien und Verpackungskonzepte fördern die Wiederverwertung.

Lean & Kundenfokus

Nach dem Lean-Prinzip optimieren wir uns stetig – für mehr Nachhaltigkeit und Kundennutzen. Kurze Reaktionszeiten und Kundenorientierung zeichnen uns aus. Mit über 370 Mitarbeitenden entwickeln und fertigen wir in Bad Ragaz Schweizer Präzision für globale Verantwortung.

Das Unternehmen

Firmenname: Iftest AG
Geschäftssitz: Schwimmbadstr. 43
 CH-5430 Wettingen
 Telefon: +41 56 437 37 37
 E-Mail: info@iftest.ch
 Internet: www.iftest.ch

Der Schweizer Engineering- und EMS-Dienstleister

Wir begleiten unsere Kunden seit über 40 Jahren – ob Startup, KMU oder Konzern – in allen Phasen des Produktlebenszyklus: von der Entwicklung über die Industrialisierung und die Serienfertigung von elektronischen Flachbaugruppen, Modulen und Geräten bis hin zu After-Sales Services.

Engineering: Konzept/Spezifikation, Hardware Engineering, PCB-Design, Software Engineering, Prototyping/NPI, Verifikation, Pre-Compliance-Tests

Industrialisierung: Herstellkonzept, DfX-Review, Supply-Chain & Procurement, Pilot-/Null-Serie, Werkzeug- & Prüfmittelbau, Compliance-Test, Logistikkonzept

Serienfertigung: Materialbeschaffung, SMT-/THT-Bestückung, Baugruppenmontage, Lackieren & Vergiessen, Optische Prüfung, In Circuit- & Funktions-Tests



Das Unternehmen

Firmenname: MPL AG
Geschäftssitz: Täfernstraße 20
 CH-5405 Dättwil
 Telefon: +41 56 483 34 34
 E-Mail: info@mpl.ch
 Internet: www.mpl.ch



MPL AG – Innovative Elektroniklösungen aus der Schweiz

Seit 1985 entwickelt und produziert die MPL AG in der Schweiz hochzuverlässige, lüfterlose High-Tech-Elektronik mit minimalem Stromverbrauch, erweitertem Temperaturbereich und langfristiger Verfügbarkeit. Die robusten Lösungen sind weltweit auf Land, Wasser, in der Luft und im Weltraum im Einsatz.

Das Sortiment umfasst Embedded Computer von Intel Atom bis Xeon-Server, Open-Frame CPU-Boards, Panel PCs, Netzwerklösungen sowie kundenspezifische OEM-Produkte. MPL garantiert direkten Support durch Entwickler sowie langfristige Reparaturmöglichkeiten.

Die einzigartige Kombination aus Qualität, Innovation und langjähriger Produktverfügbarkeit macht MPL AG zum verlässlichen Partner für industrielle Elektroniklösungen.

TRACO POWER

Das Unternehmen

Firmenname: Traco Electronic AG
Geschäftssitz: Sihlbruggstraße 111
 CH-6340 Baar
 Telefon: +41 43 311 45 11
 Telefax: +41 43 311 45 45
 E-Mail: info@tracopower.com
 Internet: www.tracopower.com

TRACO POWER steht für höchste Qualität und Beständigkeit

Die Firma TRACO ELECTRONIC AG mit Hauptsitz in Baar, Schweiz ist ein weltweit führender Anbieter von industriellen Stromversorgungen. Für die Produktmarke TRACO POWER existiert ein globales Vertriebsnetz. Die Vertriebspartner haben Zugriff auf über 3500 Standardprodukte ab Lager Schweiz.



Mit 40-jähriger Erfahrung entwickelt TRACO ELECTRONIC AG zuverlässige und dauerhafte DC/DC-Wandler und AC/DC-Schaltnetzteile für den industriellen Einsatz. In den letzten Jahren wurde die Produktpalette auch spezifisch auf Märkte mit erhöhten Anforderungen ausgebaut. Dies betrifft im Wesentlichen die Bahntechnik, Schwerindustrie sowie die Medizintechnik. Die Produkte verfügen alle über die entsprechenden Sicherheitszulassungen.

Das Programm

DC/DC-Wandler und AC/DC-Schaltnetzteile von 0,5 Watt bis 20 kW

Zielmärkte: Maschinen-, Anlagen- und Apparatebau, Anwendungen im Bereich Industrie und Telekommunikation sowie Medizin, Bahn, Transport, Messen/Steuern/Regeln, Labor, Netztechnik, Haushalt, Klima und Gebäudeautomation.

Kundenspezifische Stromversorgungen

Passend für Ihre Applikation entwickeln wir kundenspezifische Schaltnetzteile in Bezug auf Bauform, Funktion, elektrische Eigenschaften und Konformitätsanforderungen. Vom leicht modifizierten Standardgerät bis hin zur Spezialkonstruktion, erarbeiten und produzieren wir die fertige Lösung. Dank innovativen Entwicklungsprozessen mit modularen Designlösungen und einer flexiblen Produktion, können kundenspezifische Netzteile, schon ab einigen hundert Stück pro Jahr, Sinn ergeben.



variosystems

Das Unternehmen

Firmenname: Variosystems AG
Geschäftssitz: Ampèrestrasse 5
 CH-9323 Steinach
 Telefon: +41 71 447 87 00
 E-Mail: info@variosystems.ch
 Internet: www.variosystems.com

Zukunftsfähige Elektronikproduktion: Agilität, Skalierbarkeit und Qualität

Die Elektronikindustrie steht vor neuen Herausforderungen: steigende Komplexität, Supply-Chain-Management und der Druck, nachhaltiger zu produzieren. Als strategischer Elektronikpartner begegnet Variosystems diesen Anforderungen mit einem ganzheitlichen Ansatz: von Design-Support über Industrialisierung bis zur globalen Fertigung unterstützen wir unsere Kunden über alle Schritte hinweg.

Am Ende zählt nicht nur, was produziert wird – sondern wie

Lokale Expertise und ein globaler Footprint vereinen Effizienz mit Flexibilität. Unsere Standorte in Nordamerika, Europa, China und Asien-Pazifik unterstützen Nearshoring-Strategien, optimieren Lieferketten und verkürzen die Time-to-Market. Modernste Produktionsstandards garantieren dabei höchste Qualität und Nachverfolgbarkeit.



Das Programm



Entwicklung

- Technologieberatung
- Engineering
- Rapid Prototyping

Industrialisierung

- Beschaffung
- Test Engineering
- Quality Engineering
- Industrial Engineering

Produktion

- Leiterplattenbestückung
- Gerätebau
- Kabelbaumfertigung

Life-Cycle-Management

- Design-to-Supply
- Design-to-Cost
- Obsoleszenzmanagement

TRACO POWER

Reliable. Available. Now.

www.tracopower.com

TXN-Serie

Metallgekapselte AC/DC-Netzteile von 25 bis 800 Watt für kostensensitive Anwendungen

- Arbeitstemperaturbereich von -40°C bis $+70^{\circ}\text{C}$
- Verstärkte E/A-Isolation $3000\text{ V}_{\text{AC}}$
- Integrierter Filter gemäss EN 55032, Klasse B
- Zulassung nach EN 61000-3-2

Serie	Leistung	Ausgangsspannung
TXN 25	25 Watt	3.3, 5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 35	35 Watt	3.3, 5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 50	50 Watt	3.3, 5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 75	75 Watt	5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 100	100 Watt	5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 100PF	100 Watt	12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 150	150 Watt	5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 200	200 Watt	12, 15, 24, 48 V _{DC}
TXN 350	350 Watt	12, 15, 24, 48 V _{DC}
TXN 500	500 Watt	12, 15, 24, 48 V _{DC}
TXN 800	800 Watt	12, 15, 24, 48 V _{DC}



CB
 Scheme IEC 62368-1
 cULus UL 62368-1

Prüfung von 1,6-T-Transceivern Abtastoszilloskope



Keysight hat zwei Oszilloskope für die Prüfung von optischen 1,6-T-Transceivern angekündigt: ein DCA-M-Oszilloskop mit einem optischen Kanal und ein DCA-M-Abtastoszilloskop mit zwei optischen Kanälen. Die Messgeräte sind für integrierte Taktrückgewinnung bis zu 120 GBaud ausgelegt. Weiter ermöglichen sie eine optische Signalanalyse mit bis zu

240 Gbit/s/Lane. Weniger als 15 µW optisches Kanalrauschen und weniger als 90 fs intrinsischer zeitbasierter Jitter bewahren die kritische Messmarge bei den Datenraten und Signalbedingungen von 1,6-T-Transceivern. Die Flex-OTO-Software (Optical Test Optimization) lässt sich nahtlos in DCA-M integrieren. Sie

basiert auf der Flex-DCA-Messplattform und soll eine qualitativ hochwertige Analyse optischer Signale gewährleisten. Die DCA-M-Oszilloskope zielen auf die Anforderungen der optischen 1,6-T-Transceiver-Tests für F&E sowie die Herstellung von optischen Verbindungskomponenten der nächsten Generation für Rechenzentren und KI-Cluster ab.

Ungeschirmt oder geschirmt M8-Steckverbinder

Provertha erweitert sein SMT-Lösungsportfolio für den Leiterplattenanschluss um die Slimline-M8-Steckverbinderbaureihe. Es gibt sie in zwei Varianten: entweder ungeschirmt oder geschirmt mit einteiliger Schirmfeder in SMT-Anschlusstechnik. Durch die federnde Kontaktanbindung und eine vergrößerte Lötflächenanbindung bei den Kontakten erreichen die Steckverbinder eine mindestens 30 Prozent höhere Widerstandsfähigkeit gegen das Abreißen der SMT-Anschlüsse im Vergleich zu anderen M8-SMT-Steckverbindern. Die Produkte sind durch wählbare Kodierungen (A-3, A-4 und D) flexibel einsetzbar. Die Buchsenversionen haben ein spezielles Kontaktdesign für eine hohe Funktionssicherheit bei mechanischen Belastungen und sind in der Bauhöhe 17 mm



verfügbar. Die Steckverbinder in Schutzart IP67 haben einen Temperaturbereich von -40 °C bis +125 °C und eine hohe Strombelastbarkeit. Sie sind aus High-Performance-Thermoplast mit hoher Kriechstromfestigkeit gefertigt.

Flexibilität für Embedded-Software-Entwickler Cloud-fähige Plattform



IAR stellt eine Cloud-fähige Plattform vor. Das hochgradig skalierbare Tool-Paket umfasst das gesamte Produktangebot, einschließlich der Embedded-Workbench mit C/C++ Compiler und Build-Tools sowie verschiedene Premium-Add-ons wie C-STAT für die statische Code-Analyse und Embedded-Trust für End-to-End-Sicherheit sowie den C-SPY-Debugger. Entwickler erhalten große Freiheit bei der Auswahl von Bauteilen und Halbleiterpartnern, sodass

sie Single- und Multi-Core-Systeme auf Arm, RISC-V und verschiedenen anderen Legacy-Architekturen entwickeln können, ohne an einen bestimmten Hersteller gebunden zu sein. Das Cloud-fähige Angebot umfasst Tools für die Implementierung funktionaler Sicherheits- und Security-Funktionen nach Standards wie MISRA, IEC und ISO. Darüber hinaus ermöglicht das neue Plattformmodell aufgrund seiner Cloud-Fähigkeit einen kontinuierlichen Kundendialog, so dass IAR schnell und effektiv auf Kundenbedürfnisse reagieren und Tools schneller aktualisieren kann.

Bis zu 32 GB Speicher COM-Express-Mini-Modul

Das kreditkarten-große COM-Express-Mini-Modul auf Basis der Intel-Atom-Prozessoren der Serie x7000RE von TQ-Embedded vergrößert zusammen mit dem bereits in Serie verfügbaren



SMARC-Modul TQMxE41S das Portfolio im Bereich kostengünstiger x86-Technologie in Industriequalität. 2,5 GByte Ethernet, schnelle PCIe-x4-Anbindung und 2 x USB 3.2 sind die passenden Schnittstellen des Embedded-Moduls für den High-Speed-Datentransfer. Davon profitieren vor allem Anwendungen im Bereich Datenerfassung: FPGA-Lösungen und externe Peripherie können uneingeschränkt mit geringer

Latenz kommunizieren und die CPU-Leistungsfähigkeit mit bis zu acht CPU-Kernen voll ausnutzen. Bis zu 32 GByte LP-DDR5-Speicher sorgen für ausreichend Arbeitsspeicher. Eine Echtzeit-Unterstützung mit Time-Coordinated-Computing (Intel TCC) und TSN bildet die Grundlage für Steuerungen und Robotik-Anwendungen. Für Linux-basierte Applikationen steht optional auch ein CAN-Interface zur Verfügung.

Zeitersparnis von 85 Prozent Glasfasersteckverbinder

Molex stellt seine Steckverbinder der Reihe Versa-Beam-Expanded-Beam-Optical (EBO) vor. Die Glasfasersteckverbinder, die für Hyperscale-Rechenzentren, Cloud- und Edge-Computing ausgelegt wurden, basieren auf 3M-EBO-Ferrulen.

Diese weiten den Strahl zwischen Steckverbindern auf, um die Empfindlichkeit gegenüber Staub und Schmutz zu verringern und dabei den Aufwand für Reinigung, Inspektion und Wartung erheblich zu reduzieren. Damit ermöglichen sie bei

Intra-Rack-Anwendungen in Rechenzentren eine Zeitersparnis von 85 Prozent. Das flexible Design umfasst Single- und Multi-Mode-Optionen, darunter Optionen zur Integration von 12, 16 oder 144 Fasern in einem einzigen Steckverbinder.



Frequenzen von 16 bis 40 MHz Spread-Spectrum-Oszillator



gehäuse mit einer Größe von $2,5 \times 2,0 \times 0,9 \text{ mm}^3$ erhältlich und ermöglichen eine Frequenzstabilität bis zu $\pm 25 \text{ ppm}$ für kommerzielle (0 bis $70 \text{ }^\circ\text{C}$) und industrielle (-40 bis $+85 \text{ }^\circ\text{C}$) Anwendungen. Die Spannungsoptionen umfassen $1,8 \text{ V}_{\text{DC}}$, $2,5 \text{ V}_{\text{DC}}$ und $3,3 \text{ V}_{\text{DC}}$, alle mit einer Toleranz von ± 10 Prozent. Der Ausgang erfolgt über CMOS mit einer Lastkapazität von 15 pF . Weitere Spezifikationen sind ein Stromverbrauch von 4, 5 oder 6 mA, Anstiegs- und Abfallzeiten von 7 ns bis 10 ns, eine typische Startzeit von 1 ms (maximal 5 ms), eine Ein-/Ausfunktion und ein Tastverhältnis von 50 Prozent ± 10 Prozent.

Euroquartz hat einen Spread-Spectrum-Oszillator der Serie EQHM22 vorgestellt, der eine Drop-In-Lösung für Standardtaktoszillatoren bietet und elektromagnetische Störungen um bis zu 12 dB reduziert. Die Spektrum-Oszillatoren erlauben Frequenzen im Bereich von 16 bis 40 MHz. Sie sind in einem Oberflächenmontage-

gehäuse mit einer Größe von $2,5 \times 2,0 \times 0,9 \text{ mm}^3$ erhältlich und ermöglichen eine Frequenzstabilität bis zu $\pm 25 \text{ ppm}$ für kommerzielle (0 bis $70 \text{ }^\circ\text{C}$) und industrielle (-40 bis $+85 \text{ }^\circ\text{C}$) Anwendungen. Die Spannungsoptionen umfassen $1,8 \text{ V}_{\text{DC}}$, $2,5 \text{ V}_{\text{DC}}$ und $3,3 \text{ V}_{\text{DC}}$, alle mit einer Toleranz von ± 10 Prozent. Der Ausgang erfolgt über CMOS mit einer Lastkapazität von 15 pF . Weitere Spezifikationen sind ein Stromverbrauch von 4, 5 oder 6 mA, Anstiegs- und Abfallzeiten von 7 ns bis 10 ns, eine typische Startzeit von 1 ms (maximal 5 ms), eine Ein-/Ausfunktion und ein Tastverhältnis von 50 Prozent ± 10 Prozent.

200-MHz-CPU 32-Bit-MCU-Familie



Die MCUs der Serie PIC32A von Microchip erweitern das 32-Bit-MCU-Angebot des Unternehmens. Die 200-MHz- bzw. 32-Bit-PIC32A-Reihe wurde entwickelt, um den Bedarf an externen Komponenten zu reduzieren. Sie verfügt über integrierte Analog-Peripherie, 12-Bit-A/D-Wandler mit bis zu 40 MSamples/s, schnelle Komparatoren (5 ns) und Operationsverstärker mit 100 MHz Verstärkungs-Bandbreiten-Produkt für intelligente Flanken-erken-

nung. Integriert sind Hardware-Sicherheitsfunktionen wie z. B. Fehlerkorrektur (ECC) für Flash und RAM, Memory Built-In-Self-Test, I/O-Integritätsüberwachung, Taktüberwachung, unveränderlicher sicherer Start und Flash-Zugriffskontrolle. Somit ist eine sichere Ausführung von Software-Code in Embedded-Steuerungen möglich. Eine 64-Bit-Fließkommaeinheit (FPU) in den PIC32A-MCUs verwaltet daten- und rechenintensive Anwendungen.

Jobware, da hab´ ich den Job her.



Ingenieur Test & Validation (m/w/d)
Holzgerlingen
Jobware-ID 052886950



Elektrokonstrukteur / Elektrotechniker (m/w/d)
Monheim am Rhein
Jobware-ID 054482318



Technical Project Manager (m/f/x)
Electrical Engineering
Büdingen, Köln, Düsseldorf, Essen, Aachen
Jobware-ID 054482416



SPS Programmierer (m/w/d)
Additive Manufacturing
Bielefeld
Jobware-ID 054480658

Diese und viele weitere attraktive Stellenangebote finden Sie unter jobware.de, der Jobbörse an Ihrer Seite.

Geben Sie einfach die Jobware-ID in die Suchmaske ein und lesen Sie die komplette Stellenanzeige. Viel Erfolg!

Mit Alder-Lake-Prozessoren Industrielle Box-PC Serie



ablösen kann. Zwei DDR5 SO-DIMM RAM, ausbaubar bis maximal 64 GByte, sorgen für mehr Speicherbandbreite und höhere Übertragungsraten. Funktionell kommt der 4. Displayausgang für ergonomischeren Multimonitorbetrieb hinzu. Über 10-Bit-LAN und USB-Ports lassen sich aktuelle

Die Power-Box-3000F-Serie von Spectra unterstützt einen Einsatz in der Bildverarbeitung. So ermöglichen die Prozessoren der 12. und 13. Intel-Core-Generation mit bis zu 24 Kernen eine hohe Rechenleistung. Erstmals unterstützt wird vom Chipsatz das Time-Sensitive Networking (TSN), bei dem eine Echtzeit-Netzwerkkommunikation die bestehende Feldbusse

Kamerasysteme an den Rechner anschließen. Die Serie ist in drei Bauhöhen (88 mm, 108 mm, 128 mm) bei einer Grundfläche von 227 x 261 mm² erhältlich. Abhängig von der Bauhöhe ist der Ausbau mit weiteren Schnittstellen-Modulen möglich, zum Beispiel 10G LAN oder M12 LAN, SuperSpeed USB (10GBits) und isolierte COM oder DI/O.

1 Prozent Gesamtmassenverlust Raumfahrttaugliche Kabelkonfektionen



nen wurden so entwickelt, dass sie die strengen Anforderungen von 1 Prozent Gesamtmassenverlust (TML) und 0,1 Prozent gesammelter flüchtiger und kondensierbarer Materialien (CVCM) erfüllen oder übertreffen, was ihre Zuverlässigkeit und Langlebigkeit auch

unter den extremen Bedingungen des Weltraums gewährleistet. Sie zeichnen sich durch ein niedriges Stehwellenverhältnis (SWV) und eine geringe Einfügedämpfung aus und werden einer 100-prozentigen Sweep-Frequency-Prüfung unterzogen, um die Signalintegrität und zuverlässige Funktionsfähigkeit über den gesamten Betriebsbereich sicherzustellen.

Cinch Connectivity Solutions, ein Unternehmen der Bel-Fuse-Gruppe bietet seine ersten kommerziellen, raumfahrttauglichen Kabelkonfektionen in Serienfertigung an. Die raumfahrttauglichen Semflex-Kabelkonfektionen sind mit robustem Edelstahl konstruiert und eignen sich für eine Vielzahl von Kommunikationsanwendungen in rauen Umgebungen. Diese Kabelkonfektio-



Integrierte Kabelfixierung Klappferrite

Die Produktfamilien STAR-TEC und STAR-TEC-LFS von Würth Elektronik haben Zuwachs bekommen: Ab sofort gibt es einen Ferrit mit kleinerem Klemmbereich für Kabeldurchmesser von 2 bis 3 mm im Sortiment. Die Klappferrite dienen der nachträglichen Entstörung von frequenzabhängigen und leitungsgebundenen Störungen im Frequenzbereich von 1 MHz bis hin zu 1 GHz auf Einzelleitungen. Die Klappferrite wurden speziell für Anwendungen im Niederfrequenzbereich zwischen 300 kHz und

30 MHz konzipiert. Sie sind für dünne Kabel ausgelegt und haben unter anderem den Vorteil, dass sie sich durch ihre integrierte Kabelfixierung ohne weitere Hilfsmittel wie Kabelbinder, Schrumpfschlauch oder Klebeband am Kabel befestigen lassen. Das Kunststoffgehäuse der NiZn- bzw. MnZn-Klappferrite ist nach UL94 V0 klassifiziert und für eine Betriebstemperatur von -50 °C bis +105 °C spezifiziert. Der innen liegende Verschluss verhindert das unbefugte Entfernen des Kabels ohne den Schlüssel.



Automatisiert EMV-Tests EMV-Testsoftware

Rohde & Schwarz bietet mit R&S-Elektro eine vollständige EMV-Testsoftwarefamilie an, die auf die EMV-Messinstrumente sowie Signal- und Spektrumanalysatoren von Rohde & Schwarz abgestimmt sind. Die Lösung unterstützt alle gängigen standardkonformen Emissions- sowie gestrahlte und geleitete Störfestigkeitsmessungen inklusiver Störfestigkeitsprüfungen in Modenverwirbelungskammern, die Nutzung von AWGN-Störsignalen sowie die gleichzeitige Anwendung mehrerer Störsignale. Die

Testsoftware automatisiert EMV-Tests und steuert das gesamte EMV-System an. Die Bedienoberfläche ermöglicht auf einer Ebene Zugriff auf alle wichtigen Funktionen für das Test-Setup. Zudem kann über die Schlagwortsuche direkt auf eine Bibliothek an voreingestellten Messungen und standardkonformen Test-Setups und Testabläufe zugegriffen werden. Zudem überwacht die Software die Plausibilität der Messparameter und speichert die für die Messung relevanten Informationen.

Inserenten

akYtec	33	DigiKey	2,US	Microchip	17	Rosenberger	53
Bürklin	41	Elesta	59	MKU	3,US	Siglent	49
Cicor	59	Fischer Elektronik	3	Mouser Electronics	11	SYKO	23
Coilcraft	29, 31	GAIA	21	MPL	57, 60	Traco Power	60, 61
Conrad	9	ICT Suedwerk	25	Petermann	4,US	Variosystems	61
CTX	35	Iftest	60	Reichelt	45, Beilage	Vicor	Titelseite
dataTec	51	Jobware	63	Reinhardt	37	Würth	5
Deutronic	19	Lacon	7	Rogers	43	Yokogawa	47

Unternehmen

ADI	42	Farnell	9	NXP	6	TE Connectivity	9
Alpha Strike Labs	10	Festo	8	Omron Electronic Components	18	Tektronix	46
Asteelflash	8	FORTEC	37, 56	OneSubsea	8	Telcon	56
Bel-Fuse	30, 64	Foundries.io	6	Plastic Omnium	8	TI	6, 34
BMBF	10	Fraunhofer	6	Polycontact	56	Toshiba	6, 17
Bosch Quantum Sensing	10	HAW Hamburg	10	Provertha	62	TQ Group	8, 62
Cinch Connectivity Solutions	64	HZDR	66	Qualcomm	6	Traco Power	26, 56
COGD	8	IAR	62	RAFI	50	Traversals Analytics	
CREAT	52	Imec	6, 9, 38	Riedel Networks	10	und Intelligence	10
dataTec	8, 44	Infineon	11	Robert Bosch	10	TTI	9
Delo	22	Intel	6	Rohde & Schwarz	64	TU Dresden	10
DigiKey	18	Keysight	62	Schaeffler	8	Vicor	12
DMB Technics	56	Marvell Technology	11	Schurter	56	Würth Elektronik	64
Edatec	9	Microchip	8, 63	Sensirion	9	XP Power	25
Element Six	10	Molex	63	Spectra	64	Yokogawa	49
ELESTA	56	Mouser Electronics	9	Swissbit	56	Z2Data	8
Elma Electronic	56	MPL	60	Syliom	8	ZEISS	9
Euroquartz	63	Nordic Semiconductor	16	TDK-Lambda	37		

Impressum



www.elektronik-industrie.de
www.all-electronics.de
57. Jahrgang
ISSN 0174-5522

Ihr Kontakt:
Leserservice:
huethig-medien@vuservice.de
Tel.: 06123/9238-301



Vertrieb

Vertriebsleitung: Stefan Waldeisen
Leserservice:
huethig-medien@vuservice.de
Tel.: 06123/9238-301, Fax.: 06123/9238-244

Abonnement:
https://fachzeitschriften.shop/products/elektronik-industrie
Bezugsbedingungen und -preise (inkl. ges. MwSt.) 2025:
Abopreis Online € 237,00
Inland € 255,00 zzgl. € 15,75 Versand = € 270,75
Ausland € 255,00 zzgl. € 31,50 Versand = € 286,50
Einzelverkaufspreis € 30,00 inkl. ges. MwSt. & zzgl. Versand
Der Studentenrabatt beträgt 35 %.

Kündigungsfrist:
jederzeit mit einer Frist von einem (1) Monat.
Erscheinungsweise: 9 x jährlich + Sonderausgaben

Redaktion

Chefredaktion:
Petra Gottwald (pg) (v.i.S.d.P.), Tel: +49 (0) 6221 489-221,
E-Mail: petra.gottwald@huethig-medien.de
Redaktionelle Leitung:
Dr.-Ing. Nicole Ahner (na), Tel: +49 (0) 8191 125-494,
E-Mail: nicole.ahner@huethig-medien.de
Redaktion:
Dr. Martin Large (ml), CvD Online,
Tel: +49 (0) 6221 489-483
E-Mail: martin.large@huethig-medien.de
Martin Probst (prm), Tel: +49 (0) 8191 125-214,
E-Mail: martin.probst@huethig-medien.de
M.Sc. Sabine Synkule (bs), Tel: +49 (0) 8191 125-403,
E-Mail: sabine.synkule@huethig-medien.de
Redaktionsassistentz:
Diemut Baldauf, Tel: +49 (0) 8191-125-408
E-Mail: diemut.baldauf@huethig-medien.de

Anzeigen

Chief Sales Officer:
Sebastian Wörle, Tel: +49 (0) 8191 125-167,
E-Mail: sebastian.woerle@mi-connect.de

Anzeigen disposition:
Sabine Kaltschmidt, Tel: +49 (0) 6221 489-598,
E-Mail: all-dispo@huethig-medien.de
Zur Zeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 54 vom 01.10.2024

Verlag

Hüthig Medien GmbH,
Im Weiher 10,
69121 Heidelberg
www.huethig-medien.de,
Amtsgericht Mannheim HRB 745739
Geschäftsführung: Moritz Warth
Chief Operations Officer: Stefan Waldeisen
Chief Digital Officer: Lorenz Zehetbauer
Leitung Zentrale Herstellung: Herbert Schiffers
Art Director: Jürgen Claus
Layout und Druckvorstufe: Karin Köhler
Druck: Vogel Druck und Medienservice GmbH
Leibnitzstraße 5, 97204 Höchberg
© Copyright Hüthig Medien GmbH 2025, Heidelberg
Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichung kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion, vom Verleger und Herausgeber nicht übernommen werden. Die Zeitschriften, alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen, sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.
Mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung in dieser Zeitschrift geht das umfassende, ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich unbeschränkte Nutzungsrecht auf den Verlag über. Dies umfasst insbesondere das Printmediarecht zur Veröffentlichung in Printmedien aller Art sowie entsprechender Vervielfältigung und Verbreitung, das Recht zur Bearbeitung, Umgestaltung und Übersetzung, das Recht zur Nutzung für eigene Werbezwecke, das Recht zur elektronischen/digitalen Verwertung, z. B. Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen, zur Veröffentlichung in Datenbanken sowie

Datenträger jedweder Art, wie z. B. die Darstellung im Rahmen von Internet- und Online-Dienstleistungen, CD-ROM, CD und DVD und der Datenbankanwendung und das Recht, die vorgenannten Nutzungsrechte auf Dritte zu übertragen, d. h. Nachdruckrechte einzuräumen. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und dergleichen in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zur Annahme, dass solche Namen im Sinne des Warenzeichen- und Markenschutzgesetzes als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Mit Namen oder Zeichen des Verfassers gekennzeichnete Beiträge stellen nicht unbedingt die Meinung der Redaktion dar. Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen für Autorenbeiträge.

Auslandsvertretungen
Schweiz, Liechtenstein:
Katja Hammelbeck, interpress gmbh
Ermatinger Str. 4, CH-8268 Salenstein
Tel: +41 (0) 71 552 02 12, Fax: +41 (0) 71 552 02 10,
E-Mail: kh@interpress-media.ch
Österreich, Großbritannien, USA, Kanada:
Marion Taylor, Max-Böhm-Ring 3,
95488 Eckersdorf
Tel: +49 (0) 921 316 63, Fax: +49 (0) 921 328 75
E-Mail: taylor.m@t-online.de

Angeschlossen der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern (IVW) (Printed in Germany)

Datenschutz:
Ihre Angaben werden von uns für die Vertragsabwicklung und für interne Marktforschung gespeichert, verarbeitet und genutzt und um von uns und per Post von unseren Kooperationspartnern über Produkte und Dienstleistungen informiert zu werden. Wenn Sie dies nicht mehr wünschen, können Sie dem jederzeit mit Wirkung für die Zukunft unter datenschutz@huethig-medien.de widersprechen.
Ausführliches zum Datenschutz und den Informationspflichten finden Sie unter https://swmh-datenschutz.de/huethig-medien

Forschung + Entwicklung



Neue E-skins erweitern Interaktion zwischen Mensch und Maschine

Verbesserte elektronische Haut mit Magnetsinn

Per Kontaktlinse in der virtuellen Realität navigieren oder das Smartphone-Display unter Wasser bedienen: Neue E-skins könnten das ermöglichen. Ein Forschungsteam unter Leitung des HZDR hat eine elektronische Haut entwickelt, die Magnetfelder mit einem einzigen, globalen Sensor erspüren und präzise verfolgen kann.

Ursprünglich für die Robotik entwickelt, imitieren E-skins die Eigenschaften echter Haut. Sie lassen Roboter fühlen oder ersetzen verlorene menschliche Sinne. Einige erkennen sogar chemische Substanzen oder Magnetfelder. Doch die Technologie hat ihre Grenzen. Hochfunktionale E-skins sind oft unpraktisch, da sie viel Elektronik und große Batterien benötigen. „Bisherige Technologien erfassen Magnetfelder mit vielen einzelnen Sensoren und Transistoren – ähnlich den Berührungssensoren in einem Smartphone-Display. Unsere Idee war, ein System zu entwickeln, das energieeffizienter ist und besser zum Menschen und zur weichen menschlichen Haut passt“, sagt Denys Makarov vom Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung am HZDR.

Die Forschenden ersetzen daher die recht steifen und dicken Substrate, die üblicherweise die Elektronik beinhalten, durch eine wenige tausendstel Millimeter dünne, leichte und flexible Membran. Die gesamte Membran ist optisch transparent und perforiert, so dass die künstliche Haut luft- und feuchtigkeitsthroughlässig bleibt und die darunterliegende echte Haut atmen kann. Für die Aufnahme elektronischer Bauteile wäre diese hauchdünne Unterlage jedoch nur bedingt geeignet. Die neuen

E-skins arbeiten stattdessen mit einer magnetosensitiven Funktionsschicht, die als globale Sensorfläche dient und den Ursprung magnetischer Signale präzise lokalisierbar macht. Das Prinzip: Magnetfelder verändern den elektrischen Widerstand des Materials. Eine zentrale Analyseeinheit berechnet aus diesen Änderungen den Signalort. Das kommt nicht nur dem Funktionsprinzip echter Haut näher, sondern spart auch Energie.

Künstliche Haut, menschliche Wahrnehmung

„Solch großflächige magnetosensitive Smart Skins gab es bisher nicht“, sagt Pavlo Makushko, Doktorand am HZDR und Erstautor der Studie. „Konzeptionell funktionieren E-Skins jetzt ähnlich wie der menschliche Körper. Bei echter Haut spielt es keine Rolle, wo ich sie berühre: Das Signal gelangt über die Nerven ins Gehirn, wird dort verarbeitet und das Gehirn erkennt den Berührungspunkt. Bei den neuen E-skins nutzen wir nun eine einzige globale Sensorfläche – wie unsere Haut. Und eine einzige zentrale Ausleseeinheit rekonstruiert das Signal – wie unser Gehirn“.

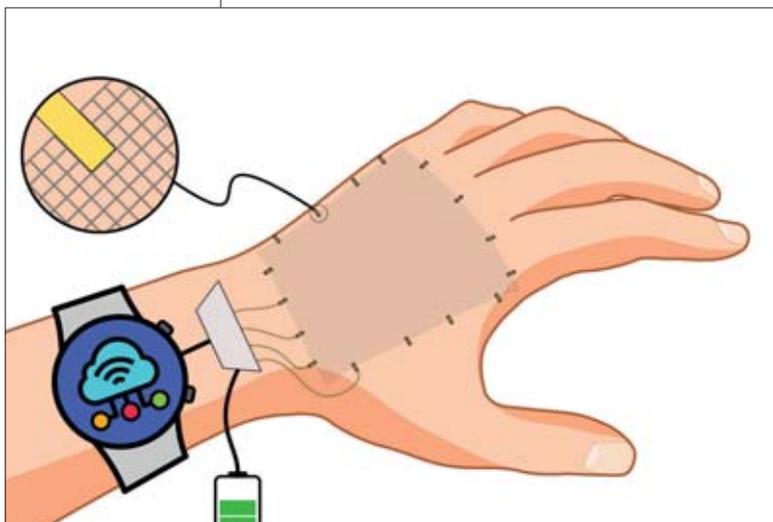
Möglich macht das die Tomographie, ein Verfahren, das auch bei MRT- oder CT-Scans in der Medizin verwendet wird. Es rekonstruiert die Position eines Signals aus vielen Einzelaufnahmen. Für E-skins mit Magnetfeldsensoren ist diese Technologie neu – sie galt als zu wenig empfindlich für einen niedrigen Signal-Kontrast konventioneller magnetosensitiver Materialien.

Die neuen E-skins ermöglichen es, Signalwege lückenlos zu verfolgen. Dadurch werden Anwendungen möglich, die digitale Muster erkennen: sei es ein intelligenter magnetischer Stift, berührungslose Interaktionen in der virtuellen Realität oder das Bedienen eines Smartphone-Displays in extremen Umgebungen wie beim Tauchen. Oft trägt dabei nicht der Mensch, sondern die Maschine die künstliche Haut mit Magnetsinn.

Auch sind Magnetfeldsensoren weniger störanfällig als herkömmliche Elektronik. Robotersysteme könnten mit ihnen Bewegungen detektieren – selbst in komplexen Umgebungen. Im Winter könnten Menschen ein mit optisch transparenten Magnetsensoren ausgestattetes Smartphone mit einem Magnetpad am Finger eines Handschuhs bedienen. (na)

Die neuen E-skins können Magnetfelder mit einem einzigen globalen Sensor präzise verfolgen.

Bild: P. Makushko / HZDR





Die DNA von Metrofunk

für Systemerhalt
hinter der Kulisse



Metrofunk Kabel-Union GmbH

Lepsiusstraße 89,

D-12165 Berlin,

Tel. 030 79 01 86 0

info@metrofunk.de – www.metrofunk.de



QUARZE, OSZILLATOREN & MEHR WELCOME TO THE WORLD OF CLOCKING

PRODUKTSPEKTRUM:

- + MHz SMD/THT Quarze
- + 32.768 kHz Quarze
- + Quarzoszillatoren
- + Silizium (wie MEMS) Oszillatoren
- + 32.768 kHz μ Power Oszillatoren
- + MHz Ultra Low Power Oszillatoren
- + Low Power Clock Oszillatoren
- + Programmierbare Oszillatoren
- + Differential Oszillatoren
- + Spread Spectrum Oszillatoren
- + VCXO, VCTCXO
- + SPXO, LPXO, TCXO, OCXO
- + High Temperature Oszillatoren
- + Automotive Oszillatoren
- + Keramikresonatoren und -filter
- + SAW Produkte

APPLIKATIONEN:

- + IoT/M2M
- + Networking/Infrastructure
- + Mobile Communication
- + Telecom (5G)
- + Wearables
- + Wireless
- + Smart Metering
- + Timing/Precision
- + Industrial/Embedded
- + Medical
- + Automotive
- + Consumer
- + Etc.

PRODUKTVORTEILE & SERVICE:

- + Passende Lösung für jede Clocking Applikation
- + Besonders umfangreiches Produktsortiment
- + Höchste Qualität und Zuverlässigkeit
- + Sehr breiter Frequenzbereich
- + Erweiterter Temperaturbereich von $-55/+125^{\circ}\text{C}$
- + Äußerst wettbewerbsfähige Preise
- + Umfangreicher Design-in-Support
- + Großserienbetreuung
- + Kurze Liefertermine
- + Kostensparendes In-House-Engineering
- + Kurze Time-to-Market-Zeiten



PETERMANN-TECHNIK GmbH
Lechwiesenstr. 13
86899 Landsberg am Lech
Deutschland – Germany

Tel +49 (0) 8191 – 30 53 95
Fax +49 (0) 8191 – 30 53 97
info@petermann-technik.de

WWW.PETERMANN-TECHNIK.DE

