



## WIR SIND EIN STARKES TEAM

Mit erfahrenen Partnern individuelle Entwärmungslösungen finden ...mehr ab S. 10

### FOKUS: POWER

Effiziente Schaltnetzteile, USB PD und mehr ab S. 18

### EINGABESYSTEME

HMI-Lösungen für Medizinanwendungen S. 36

### WIRELESS-NETZWERKE

Alles, was Sie über Wi-Fi 7 wissen müssen S. 56

**Persönlich, direkt, intensiv – erleben Sie diese erfolgreichen Macher live in inspirierenden Vorträgen!**



**„Hallo Zukunft, wir müssen reden!“**

... über Perspektiven und nötige Transformationen unserer Industrie!

Zum 5. Mal in Berlin: Der INDUSTRY.forward SUMMIT versammelt und vernetzt die Vordenker der Industrie in einer einzigartigen Atmosphäre, um über die relevanten Herausforderungen und dringenden Fragen unserer Zeit zu diskutieren.

02.07.2024 ab 15:00 Uhr im Spreespeicher inkl. Networking-Abend | 03.07.2024 ab 08:30 Uhr im Spreespeicher

**Sichern Sie sich jetzt Ihr Ticket!** [www.industry-forward.com](http://www.industry-forward.com)



**TICKET  
 SICHERN**

# Auch die nächste Ausgabe der E&E kostenfrei lesen?



Jetzt Leser werden!





**Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E:** Angesichts der drängenden Herausforderungen des Klimawandels führt kein Weg an der Nachhaltigkeit vorbei. Dies betrifft auch den Bereich Elektronik, der einen erheblichen Einfluss auf Energieverbrauch und Ressourcennutzung hat. Von der Produktion bis zur Entsorgung von Elektronikprodukten besteht die Notwendigkeit, nachhaltige Lösungen zu finden. Deshalb sollte die Förderung von energiesparenden Technologien und die Verlängerung der Lebensdauer elektronischer Geräte Pflicht sein. So formuliere ich heute die Frage:

## „WELCHE BEDEUTUNG SPIELT LEISTUNGSELEKTRONIK BEI DER NACHHALTIGKEIT?“

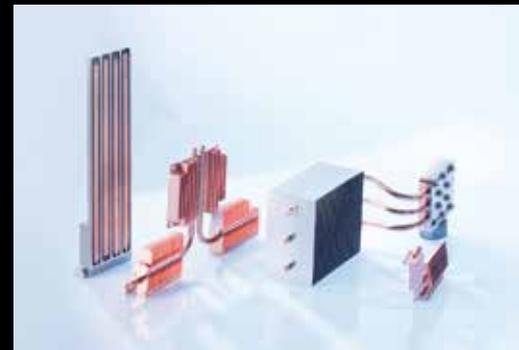
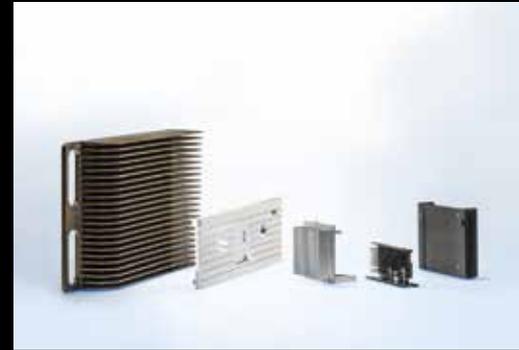
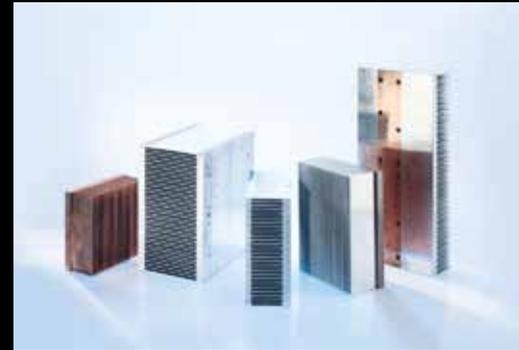
Energieeffizienz ist ein Schlüsselfaktor in Bezug auf Nachhaltigkeit und die Leistungselektronik spielt hier durch die verschiedenen Halbleitertechnologien wie zum Beispiel SiC- und GaN eine entscheidende Rolle. Denn durch die effiziente Umwandlung und Steuerung von Strom und Spannung in elektronischen Systemen können Energieverluste minimiert werden, was zu einer Reduzierung der Energieverschwendung führt. Darüber hinaus trägt die Verwendung effizienter Leistungselektronikkomponenten auch zur Verlängerung der Lebensdauer von Elektronikgeräten bei. Durch geringeren Energieverbrauch und weniger Hitzeentwicklung werden die Bauteile weniger belastet beziehungsweise gestresst, was zu einer längeren Lebensdauer der Geräte führt.

Die Integration von Leistungselektronik mit hohem Wirkungsgrad in erneuerbare Energiesysteme wie Solar- und Windenergieanlagen ist entscheidend für ihre Effizienz. Das ist wichtig, da durch die Umwandlung von Gleichstrom aus Solarmodulen oder Windturbinen in Wechselstrom die Leistungselektronikkomponenten die nahtlose Integration dieser Energiequellen in das Stromnetz ermöglichen. Oder auch anders formuliert: Die Schaffung intelligenter Stromnetze, auch bekannt als Smart Grids, wird durch die Integration von Leistungselektronik vorangetrieben. Diese ermöglicht eine optimierte Energieverteilung und -steuerung, was wiederum zu einer verbesserten Effizienz des Stromnetzes führt und die Integration erneuerbarer Energiequellen erleichtert.

Eine besonders wichtige Rolle spielt die Leistungselektronik in der Automobilindustrie. Denn hier ist sie der Treiber für die Elektromobilität, indem sie eine effiziente Steuerung der Elektromotoren sowie der Batterieladung ermöglicht. Dadurch profitieren Elektrofahrzeuge (EVs) über den gesamten Lebenszyklus hinweg von einer geringeren CO<sub>2</sub>-Bilanz im Vergleich zu herkömmlichen Verbrennerfahrzeugen.



*Jetzt scannen  
und die E&E als  
E-Paper erhalten!*



## Effiziente Kühl- lösungen für industrielle Elektronik- anwendungen

TALK TO US @

11.–13. Juni 2024  
Nürnberg

**pcim**  
EUROPE

# INHALT

## AUFTAKT

- 12 Highlights der Branche
- 14 PCIM Europe 2024 „Places to be“
- 16 The smarter E 2024:  
Von Solar bis Elektromobilität

## TITELREPORTAGE

- 08 Titelstory: Wir sind ein starkes Team  
für Entwärmungslösungen
- 10 Titelinterview: „Einer für alle, alle für einen“  
mit ICT SUEDWERK, Nucletron und ZFW

## FOKUS: POWER

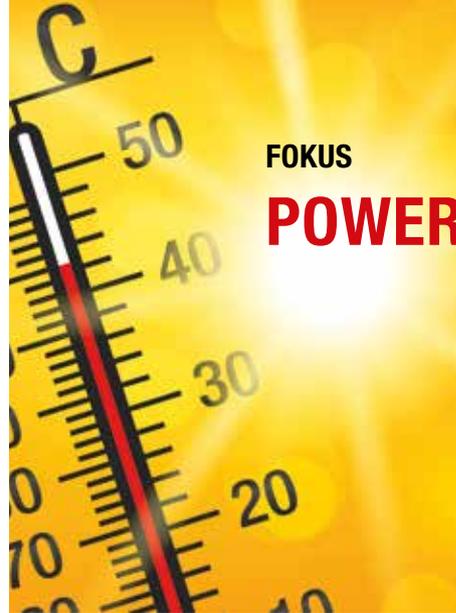
- 18 Coole Gehäuse: Leistungskomponenten  
in Embedded Systemen richtig kühlen
- 22 Umfrage: Diese Highlights erwarten Sie  
auf der PCIM 2024
- 25 Der Umwelt zuliebe: Nachhaltige  
Schaltnetzteile designen
- 28 Grundlagenwissen: USB PD Standard  
mit bis zu 240 W

## NET ZERO ELECTRONICS

- 32 Trends und Herausforderungen beim Design  
elektronischer Steuerungen
- 36 HMI-Komplettlösungen: Höchste Standards  
für Medizinprodukte
- 40 Komplexität beherrschen: Entwicklung und  
Herstellung elektronischer Systeme optimieren

## RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 06 Promotion: Bildstory Siglent
- 24 Impressum & Firmenverzeichnis
- 54 Rote Couch: Embedded World Highlights
- 66 Die Zahl



FOKUS  
**POWER**



**08**

AB SEITE

TITELSTORY

Entwärmungslösungen:  
Wir sind ein starkes Team



**60**

AB SEITE

SPEZIAL: AUTOMOTIVE

Fahrzeugelektronik  
im Wandel



# AB SEITE 18

## FOKUSTHEMA

Alles rund um die  
Leistungselektronik



# 50

## ELECTRONICS SOLUTIONS

Wege zu kundenspezifischen  
Steckverbindungs-lösungen



## NEXT ELECTRONICS

- 43 IoT und Technologietrends 2024: Sicherheit, KI und Connectivity im Fokus der Industrie
- 46 Aus der Praxis für die Praxis: Zertifizierung von elektronischen Komponenten

## ELECTRONICS SOLUTIONS

- 50 Kundenspezifische Lösungen: Die etwas anderen Steckverbinder
- 55 Offline-KI & modulare Bauweise: Der Embedded-Server kommt
- 56 Wireless-Netzwerkgrundlagen: Was Sie über Wi-Fi 7 wissen sollten

## SPEZIAL: AUTOMOTIVE

- 60 HPC-Steckverbinder: Der Wandel im Automobil-Bordnetz
- 64 Systemwechsel in der Fahrzeugarchitektur: Der rollende Supercomputer

# Wärmeleitfolien **DETAKTA**



### Silikon Soft Pads

SBC-7 violettgrau	7 W/mK
SBC-5 grau	5 W/mK
SBC-3 grau	3 W/mK
SBC rosa	1,5 W/mK

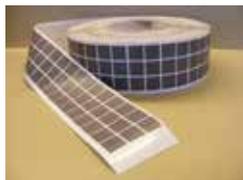
Weiche, gelartige Pads. 2 - 10° Shore A  
beidseitig haftend. Stärken 0,5 - 5,0 mm



### Silikon Soft Pads mit Gewebe

SB-V0-7	7 W/mK
SB-V0-3	3 W/mK
SB-V0YF	0,9 W/mK
SB-V0	1,3 W/mK

Glasgewebe Deckfolie und weiche, gelförmige Unterseite.  
Shorehärte 2 - 20°. Einseitig haftend.  
Stärken 0,5 - 5,0 mm



### Silikon Glasgewebe Folie

SB-HIS-5	5 W/mK
SB-HIS-4	4 W/mK
SB-HIS-3	3 W/mK
SB-HIS-2	2 W/mK
SB-HIS	1 W/mK

**Folie auch einseitig haftend - ohne zusätzlichen Kleber.**

Stärken 0,15 mm, 0,23 mm, 0,30 mm, 0,45 mm und 0,8 mm

Hans-Böckler-Ring 19  
22851 Norderstedt  
Tel.: 040 529 547-0

Fax: 040 529 547-11  
E-Mail: [info@detakta.de](mailto:info@detakta.de)  
Web: [www.detakta.de](http://www.detakta.de)



## OSZILLOSKOPE

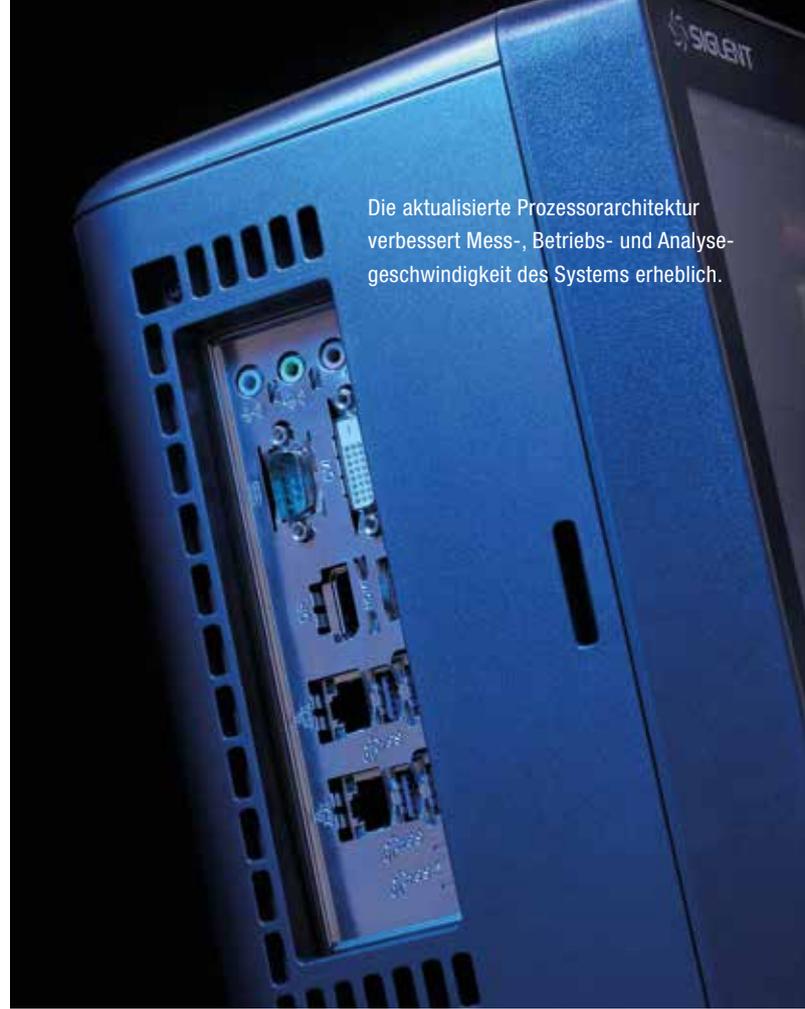
# Herausforderungen der Entwicklung meistern

Die Auswahl des geeigneten Oszilloskops zur Analyse der Signalreinheit markiert den ersten Schritt auf dem Pfad zur zügigen Problemlösung. Viele Oszilloskope bieten heute hochauflösende ADCs und spezielle Modi, um die Ingenieure bei diesen Aufgaben zu unterstützen. Die HD-Oszilloskope von Siglent kombinieren einen 12-Bit-ADC mit einem speziell entwickelten Front-End, das den Entwicklern flexible und leistungsstarke Funktionen zur Erfassung und Visualisierung kleiner Signaldetails bietet.

TEXT: Siglent BILDER: Dominik Gierke



Aktives Probeinterface für Stromzangen, Hochvoltastköpfe und aktive hochfrequenz Tastköpfe.



Die aktualisierte Prozessorarchitektur verbessert Mess-, Betriebs- und Analysegeschwindigkeit des Systems erheblich.

12-Bit für alle Anwendungsbereiche  
von 70 MHz bis 4 GHz

**pcim** PCIM 2024  
EUROPE Halle 6, Stand 114





GEBALLTE KOMPETENZ FÜR ENTWÄRMUNGSLÖSUNGEN

## Wir sind ein starkes Team

Wenn es um thermische Entwärmungslösungen oder Wärmeleitmaterialien für elektronische Bauelemente oder Leistungshalbleiter geht, ist ICT SUEDWERK die richtige Wahl. Denn neben fundiertem hauseigenem Know-how greift der Spezialist auf kompetente und vertrauensvolle Partner aus Forschung, Engineering und Vertrieb zurück, um für Kunden mit individuellen und anspruchsvollen Applikationen eine optimale Lösung mit dem Fokus auf Effizienz, Qualität und Nachhaltigkeit zu entwickeln.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E BILDER: ICT SUEDWERK; Dall-E, publish-industry

Seit dem Jahr 2019 stellen die Firmen ICT SUEDWERK, Zentrum für Wärmemanagement Stuttgart (ZFW) und Nucletron Technologies gemeinsam auf der Messe PCIM in Nürnberg aus, mit dem Ziel, im Bereich der Entwärmungslösungen den Kunden ein einzigartiges Kompetenznetzwerk anzubieten. Dieses starke Team bündelt sein Know-how und bietet eine standardisierte, aber auch individuelle Auswahl hochwertigster Wärmeleitmaterialien, aufbereitet in kundenspezifischer Form und qualifiziert durch eine unabhängige wissenschaftliche Prüfinstanz. Jeder Partner hat dabei seine spezifischen Stärken, die wir im Folgenden vorstellen.

### ICT SUEDWERK

In diesem Jahr präsentiert ICT SUEDWERK – gegründet 2017 durch Wolfgang Reitberger-Kunze – auf der PCIM 2024 zusammen mit seinen beiden Kooperationspartnern ZFW und Nucletron unterschiedlichste Wärmemanagement-Lösungen

und Produkte. Erstmals sind die zwei Nucletron-Tochterunternehmen HVC-Technologies und SINUS Electronic dabei.

„Mit modernsten Anlagen produzieren wir bedarfssynchron und liefern auch bei knappen Entwicklungsphasen auf den Punkt. An unserem Unternehmensstandort fertigen wir teilautomatisiert maßgeschneiderte Applikationen. Mit Blick auf das hohe Gut der Nachhaltigkeit für Umwelt und Verbraucher, ist unsere Produktpalette gänzlich RoHS konform. ICT SUEDWERK bietet einen ökonomischen und nachhaltigen Prozess für Ihre individuelle Serienproduktion und rundet sein breit gefächertes Leistungsspektrum durch Lohnfertigung ab. Wir bieten Ihnen eine teilautomatisierte und passgenaue Konfektionierung unterschiedlicher wärmeleitender und anderer Materialien; bedarfssynchron und in kurzen Produktionszeiten. Bedarfssynchrone Produktion durch abgestimmten Fertigungs- und Materialfluss sowie kurze Lieferzeiten durch innovative Fertigung am Standort in Oberhaching bei München.“, so Reitberger-Kunze.

Diese Partner bündeln nicht nur auf der PCIM 2024 in Nürnberg ihr Expertenwissen, um Kunden die bestmöglichen thermischen Entwärmungslösungen oder Wärmeleitmaterialien für ihre Probleme anzubieten oder für sie zu entwickeln.



## Nucletron

Die Nucletron Gruppe ist in den Geschäftsbereichen Leistungselektronik und Schutztechnik tätig. Dazu gehören die folgenden Unternehmen:

**Nucletron Technologies:** Die Gesellschaft wurde 1976 gegründet und vertreibt die Produkte internationaler Hersteller mit dem Schwerpunkt Wärmebeherrschung. Dies umfasst passive Komponenten wie Wärmeleitfolie und Gap Filler sowie aktive Komponenten wie Peltierelemente. Nucletron Technologies versteht sich dabei als Design-In Partner für Kunden.

**HVC-Technologies:** Die Gesellschaft wurde 1966 gegründet und komplettiert mit ihren Produkten den Geschäftsbereich Leistungselektronik. Als Vertriebspartner der Firma Sensata, USA vertreibt sie Hochspannungsrelais und hermetisch dichte Schütze für Anwendung wie ESD-Testsysteme, Hochspannungszerteile, Batterieladesysteme oder schwere Nutzfahrzeuge.

**SINUS Electronic:** Die SINUS Electronic wurde 1975 gegründet und ist dem Nucletron-Konzern seit 1998 angehörig. Im Geschäftsfeld Industrieelektronik werden die Produkte (z.B. Dioden, Regler, Wandler, Thyristoren, Varistoren, Arrays und Kondensatoren, fiberoptische Komponenten, Industriekleber) internationaler Hersteller für Anwendungsgebiete wie HF-Technik, Protection Products, Power Management vertrieben: Im Geschäftsfeld Abschirmtechnik entwickelt und vertreibt die Sinus Electronic EMV- und EMP-Überspannungsschutzsysteme sowie Feinschutz-Arrays in analoger und digitaler Technik. In enger Zusammenarbeit entstehen mit dem Kunden zudem konfigurierbare, elektronische Schutzsysteme gegen Überspannungen bei Blitzschlag oder elektrostatischer Entladung (ESD).

## ZFW

Das Zentrum für Wärmemanagement Stuttgart (ZFW) ist ein hochinnovatives Unternehmen, das sich auf das Wärmemanagement elektronischer Systeme spezialisiert hat. Als hochschulnahe Einrichtung haben ZFW enge Verbindungen zur Dualen Hochschule Baden-Württemberg in Stuttgart, sind aber rechtlich und finanziell unabhängig. Die Finanzierung erfolgt ausschließlich über Dienstleistungs-, Entwicklungs- und Forschungsprojekte, die von der Industrie oder anderen Forschungseinrichtungen bezahlt werden. Auf weit über 1000 m<sup>2</sup> Laborfläche bietet ZFW moderne Mess- und Prüfmethoden für die thermische Charakterisierung elektronischer Komponenten und Materialien. Dazu gehören thermischer Interfacematerialien (TIM) für die Leistungselektronik und Batterieanwendungen.

„Unsere Simulationsexperten verwenden moderne Software und arbeiten in enger Absprache mit unseren Kunden. Die Technologietreiber im Wärmemanagement sind für uns heute die Elektromobilität (Batteriemangement, Inverter, Hochstromtechnologien), das autonome Fahren (thermische Optimierung von Fahrerassistenzsystemen) und die LED-Technik. Mit jährlich über 200 Industrieprojekten rund um das Thema Wärmemanagement und Lebensdauer in der Elektronik sind wir die Schnittstelle zwischen der aktueller Forschung und der Anwendung in der Praxis. Für diesen Transfer zwischen Wissenschaft und Industrie sind wir mit dem Löhnpreis der Steinbeisstiftung ausgezeichnet worden.“, so Prof. Dr. Andreas Griesinger, Leiter ZFW in Stuttgart. □

 PCIM 2024  
Halle 7, Stand 149

INTERVIEW MIT ICT SUEDWERK, NUCLETRON UND ZFW

# „Einer für alle, alle für einen“

Know-how bündeln zum Wohle des Kunden, das ist das Motto der Partnerschaft zwischen ICT SUEDWERK, Nucletron und ZFW, die auf der PCIM 2024 gemeinsam auftreten. Jeder Partner ist auf seinem Fachgebiet Spezialist, aber erst die vertrauensvolle Zusammenarbeit schafft für alle und in erster Linie aber für den Kunden einen besonderen Mehrwert.

Wie so etwas funktioniert, erfahren Sie im Interview.

**DAS INTERVIEW FÜHRTE:** Bernhard Haluschak, E&E

**BILDER:** ICT SUEDWERK, Nucletron; ZFW

*Wie profitiert Ihr Unternehmen beziehungsweise was ist das Besondere an der Partnerschaft mit ICT, Nucletron und ZFW?*

**Reitberger-Kunze:** Als mittelständisches Unternehmen arbeiten wir sehr eng und unkompliziert mit Kunden zusammen und müssen daher oft schnell handeln. In der Vergangenheit stießen wir dabei oft an unsere Grenzen. Mit ZFW haben wir dann einen Partner gefunden, der uns in puncto theoretischem Wissen, Materialforschung und Simulation im Bereich Isolier- und Wärmeleitlösungen neue Wissenshorizonte eröffnete. Umgekehrt konnten wir als Fertigungsunternehmen

beschaffung und im Bereich Sourcing-Strategien. Durch die partnerschaftliche Bündelung unserer Expertisen eröffneten wir neue Marktzugänge, die wir alleine nicht erreicht hätten.

**Heckler:** Mit ICT SUEDWERK verbindet die Nucletron eine bereits seit mehr als 7 Jahren existierende Partnerschaft. Ziel der Verbindung ist es, zum einen Vertriebstätigkeit am Markt für beide Seiten effizienter zu gestalten und zum anderen gemeinsam Produkte zu entwickeln, um neue Märkte zu erschließen. Die Verbindung von Materialhandel und Sourcing (Nucletron Technologies) und Fertigungsmöglichkeiten

Gemeinschaftsstand teil, um weitere Synergieeffekte in der Geschäftstätigkeit zu nutzen.

**Prof. Dr. Griesinger:** Mit der ICT SUEDWERK besteht seit vielen Jahren eine enge Partnerschaft, mit Nucletron hat sich der Austausch etwas später ergeben. An die genauen Anfänge kann sich wahrscheinlich niemand mehr erinnern. Wir als ZFW kommen historisch gesehen eher von der akademischen, theoretischen Seite, ICT SUEDWERK von der praktischen. So haben wir uns bei vielen Projekten im Sinne unserer Kunden hervorragend ergänzt. Wir machen die Messungen und die thermische Optimierung, ICT SUEDWERK liefert das Material und berät hinsichtlich Verarbeitung und Kostenoptimierung. Grundsätzlich lebt jede Art der Forschung und Entwicklung vom Austausch. Wichtig ist die Vernetzung, das über den Tellerrand schauen. Und einem hochschulnahen Institut wie dem ZFW tut die Bodenhaftung in Form einer Partnerschaft mit einem mittelständischen Unternehmen besonders gut. Als Leiter des ZFW habe ich im Lauf der Jahre eine Allergie gegen Umständlichkeit und unnötige Bürokratie entwickelt. Ein gutes Mittel dagegen ist eine langjährige, vertrauensvolle Zusammenarbeit mit seinen Partnern, wie dem ICT SUEDWERK. Ein kurzer Anruf ersetzt so manche aufwendige Schreibearbeit.



*„Neben Produkten bieten wir unseren Kunden auch technischen Support und Beratung bei der Auswahl von Wärmeleitprodukten an.“*

**Wolfgang Reitberger-Kunze**  
Managing Director & Owner,  
ICT SUEDWERK

das theoretische Wissen für ZFW in der Praxis erproben beziehungsweise umsetzen. Auch die Partnerschaft mit Nucletron war ein Glücksgriff. Das Unternehmen ist besonders stark in der Material-

(ICT SUEDWERK) zusammenzubringen, ist ein Schlüssel zum Marktzugang. In diesem Jahr nehmen erstmalig die beiden Schwesterfirmen von Nucletron, die HVC und die Sinus Electronic am

*Was planen Sie im Zuge der strategischen Zusammenarbeit für die Zukunft?*



*„Die Bereiche Materialhandel, Sourcing und Fertigung zusammenzubringen, ist ein Schlüssel zum Marktzugang.“*

**Werner Heckler**  
Vertriebsleiter, Nucletron Technologies

**Reitberger-Kunze:** Mit meinen Partnern beobachten ich gemeinsam die Entwicklung neuer Wärmeleitmaterialien im Bereich TIMs (Thermal Interface Materials), die je nach Materialbeschaffung unterschiedliche thermische Eigenschaften aufweisen, um die steigenden Anforderungen der Kunden nach effizienter Kühlung und somit einer längeren Lebensdauer der elektronischen Komponenten zu erfüllen beziehungsweise sogar einen Schritt voraus zu sein. Neben diesen Entwicklungen verfolgen wir auch weitere innovative Materialentwicklungen wie pyrolytische synthetische Graphenfolien in Kombination mit Wärmeleitwachs sowie hochwärmeleitende Softelastmere. Auch Flüssigmetalle (Gallium) oder Aerogele sind Materialien, welche aus einem porösen Netzwerk von Nanopartikeln oder neuartigen Phase-Change-Materialien bestehen, die bei steigender Temperatur den Aggregatzustand von fest auf flüssig wechseln können und so effektiv die Wärme von der Hitzequelle abführen.

**Heckler:** Die nun schon langjährig existierende Kooperation wird durch die Hinzunahme der neuen Partner ausgebaut und vertieft. Dies ermöglicht allen teilnehmend Partnern einen umfassenderen und weitreichenderen Marktzugang, sowie die Möglichkeit auch Marktanforderungen aufzugreifen, die als Einzelunternehmen nicht bearbeitet werden können. **Prof. Dr. Griesinger:** Momentan sind wir zusammen in einem spannenden, öffentlich geförderten Entwicklungsprojekt. Dabei geht es um neue Messtechnik für die

präzise Bestimmung der richtungsabhängigen Wärmeleiteigenschaften poröser Materialien. Und das unter variablen klimatischen Bedingungen. Eine sehr spannende Aufgabe. Ich gehe davon aus, dass sich daraus eine weitere Zusammenarbeit mit unseren Partnern entwickelt.

*Mit welchen Highlights, Themen, Produkten oder Services wollen Sie das Fachpublikum auf ihren Firmenstand auf der PCIM 2024 neugierig machen?*

*„Grundsätzlich lebt jede Art der Forschung und Entwicklung vom Austausch, Vernetzung und über den Tellerrand schauen.“*

**Prof. Dr. Andreas Griesinger**  
Leiter, ZFW Stuttgart



**Reitberger-Kunze:** Ein Novum dieses Jahres ist der gemeinschaftliche Auftritt mit unseren beiden Kooperationspartnern ZFW - Zentrum für Wärmemanagement und Nucletron. Besucher können somit umfassend über unterschiedlichste innovative Wärmemanagement-Lösungen informiert werden. Im Rahmen unserer Partnerschaft mit Nucletron Electronic sind auch die Tochterunternehmen HVC-

Technologies und SINUS Electronic mit an Bord, präsentierend ihre Produkte und Dienstleistungen im Geschäftsbereich Industrie-Leistungselektronik. Kunden und Interessenten können sich somit vollständig über die verschiedensten Dienstleistungen, Produkte, Liefermöglichkeiten und Fertigungsoptionen im Bereich Wärmemanagement für die Leistungselektronik praxisnah informieren.

**Heckler:** Im Bereich der Nucletron Technologies werden wir ein erweitertes Produktportfolio präsentieren, da neue Lieferanten hinzugewonnen werden konnten. Dies ergänzt unsere Produktpalette in der Weise, dass sich die Lösungsmöglichkeiten auf bisher nicht zu bedienende Anwendungen erweitern lassen. Im Bereich der HVC werden wir unter anderem Produkte der Firma RS Elektroniksysteme präsentieren. Die Firma ist seit Kurzem Teil der Nucletron Gruppe.

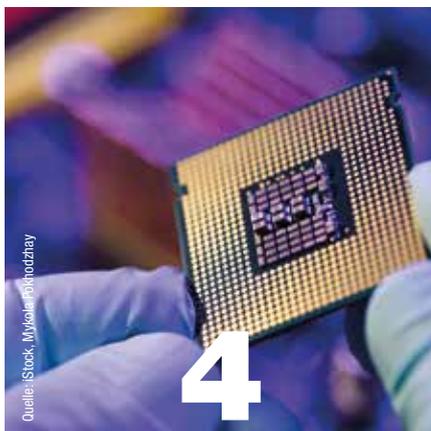
**Prof. Dr. Griesinger:** Das ZFW präsentiert auf der PCIM 2024 neue Messtechnik für die thermische Analyse. Ein Schwerpunkt werden dabei thermisch Interfacematerialien (TIM) und Zellzwischenmaterialien

für die thermische Isolation sein. Für die Bestimmung deren Wärmeleiteigenschaften wurde in letzter Zeit am ZFW viel entwickelt. Hohe Temperaturen in Verbindung mit der Deformation der untersuchten Materialien sind eine enorme Herausforderung. Wir freuen uns diese neuen Technologien allen interessierten Fachbesuchern auf der Messe vorzustellen zu können. □

# 6

## HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Bei Schukat gibt es Grund zum Feiern und Norwegen stärkt die Batterieindustrie. Eine Gesetzesänderung unterstützt Recycling und Deutschland sucht den Weg in die Chipproduktion. Schneider Electric bringt neue Leistungsschalter auf den Markt und Mikrochip reagiert mit einer neuen Lösung auf gestiegene Anforderungen.



Vom Ein-Mann-Betrieb zum Distributor  
**60 Jahre Schukat**

Gegründet 1964 von Hans-Georg Schukat als ein Ein-Mann-Betrieb in Monheim, feiert der Anbieter von Elektronikbauteilen dieses Jahr sein 60-jähriges Bestehen. Heute leiten die Geschwister Bert, Georg und Edith Schukat das Unternehmen in zweiter Generation. Mittlerweile beschäftigt Schukat 170 Mitarbeiter, die rund 10.000 B2B-Kunden in Deutschland und weltweit betreuen.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2747708](http://industr.com/2747708)

1

Norwegens Batterieindustrie  
**Grüne Energiespeicher**

Nachdem Norwegen Batterierekorde für Elektrofahrzeuge aufgestellt hat, wurde der Fokus auf einen größeren Markt gerichtet: Batterien für stationäre Energiespeicherung. Dazu soll die Nachhaltigkeit von Batterien erhöht und die Leistung verbessert werden. Der Schlüssel, um erneuerbare Energien zu speichern, damit Wind- und Sonnenenergie zu stabilen Energiequellen werden.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2747555](http://industr.com/2747555)

2

Gesetzesänderung geplant  
**Altgeräte recyceln**

Alein über 300 Millionen ausgediente Handys, Tablets und Laptops schlummern laut Bitkom ungenutzt in privaten Haushalten. Eine geplante Gesetzesänderung könnte das ändern: Der Entwurf sieht vor, Sammelstellen einheitlich zu kennzeichnen und die Rücknahme auf alle Geräte bis 50 cm auszuweiten. Ein weiteres Ziel ist die Minimierung der Brandgefahr bei unsachgemäßer Entsorgung.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2750347](http://industr.com/2750347)

3

Deutschlands Weg in die Chipproduktion  
**Strategische Wende**

Europa für seinen Halbleiterbedarf auf Asien und die USA angewiesen. Doch das soll sich nun ändern! Deutschland will sich einen Pfad in die europäische Chipproduktion bahnen. Die globale Halbleiterindustrie ist das Rückgrat der modernen digitalen Wirtschaft, in der sich Deutschland mit Unterstützung der Politik einen Platz sichern will. Ist eine Zukunft möglich?

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2747259](http://industr.com/2747259)

4

Vakuum-Leistungsschalter  
**Langlebig und robust**

Mit der Dezentralisierung der Energieerzeugung gewinnt Mittelspannung an Bedeutung. Schneider Electric erweitert sein Portfolio um einen neuen Leistungsschalter für eine sichere Stromversorgung. Die Lösung verbessert die Anlagenresilienz, Kosten und Ausfallsicherheit durch langlebige Komponenten und digitale Konnektivität für die Zustandsüberwachung.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2749935](http://industr.com/2749935)

5

TrustZone-Technologie  
**Embedded Security**

In diesem Jahr tritt ein neues Gesetz in Kraft, das strengere Anforderungen an die Cyber-Sicherheit stellt. Um Entwicklern eine eingebettete Sicherheitslösung zu bieten, wurde von Microchip Technology eine neue Lösung mit integriertem HSM und Arm-Cortex-M33-Core mit TrustZone-Technologie entwickelt. Damit werden die Anforderungen erfüllt und Verschlüsselungsstandards beschleunigt.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2750013](http://industr.com/2750013)

6

**KOSTENFREIES  
PRODUKTMUSTER  
ANFORDERN**

Han-Modular<sup>®</sup>  
**Domino Module**

Erfahren Sie, wie Sie  
kinderleicht 50 % mehr  
Platzersparnis erreichen.



Connectivity+

**Der erste modulare Steckverbinder mit einer hybriden Modulkonfiguration**

- Kleinere & leichtere Steckverbindungen ermöglichen **bis zu 50 % Platzersparnis**
- **Maximale Flexibilität**, passend skalierbar auf den jeweiligen Bedarf
- **Nachhaltigkeit** durch konsequente Modularisierung
- **Reduktion der Installationszeiten** durch Zusammenführung mehrerer Einzelsteckverbindungen

**One Range. No Limits:**

[www.HARTING.com/domino](http://www.HARTING.com/domino)



Pushing Performance  
Since 1945



Quellen: 01-05 | Messago; 06 | iStock, SiberianArt; 07 | iStock, AJ\_Watt

# PCIM Europe 2024

Die Experten-Messe für Leistungselektronik PCIM Europe öffnet vom 11. bis 13. Juni 2024 in Nürnberg wieder ihre Pforten. Folgende „Places-to-be“ sollten auf Ihrer Agenda nicht fehlen.

## 01 Technology Stage

Halle 7, Stand 743

Die Technology Stage ist eine Plattform für wissenschaftliche Präsentationen und Podiumsdiskussionen von Experten zu aktuellen Forschungs- und Entwicklungsthemen aus dem Bereich der Leistungselektronik. Besucher erhalten einen Zugang zu direkten Austauschmöglichkeiten mit Industriespezialisten.



## 02 E-Mobility & Storage

Halle 6, 220

Auf einer eigenen Stage, erörtern Fachleute was E-Mobility und Energiespeicher aktuell und in Zukunft leisten müssen. Es werden Entwicklungen in der Leistungselektronik für unterschiedliche Applikationen wie Elektro-, Hybrid- und Brennstoffzellen-Fahrzeuge oder Ladeinfrastrukturen betrachtet.



## 03 Smart Power System Integration Stage

Halle 5, Stand 314

Auf der Smart Power System Integration Zone präsentieren Unternehmen ihre Lösungen und Anwendungsbeispiele für aktuelle und zukünftige Herausforderungen in der Leistungselektronikfertigung von Smart Power Embedding bis Integrated Smart Power Circuits.





05



06



07

## 04 Exhibitor Stage

Halle 9, Stand 642

Auf der Exhibitor Stage können die Fachbesucher die neuesten Produktinnovationen der ausstellenden Unternehmen kennenlernen. In zahlreichen Präsentationen erhalten die Teilnehmer



tiefe Einblicke in die Lösungen und Technologien der Aussteller mit der Möglichkeit zu Diskussionen.

## 05 Seminare

Arvena Park Hotel

Hier finden Sie spezifische Informationen zum Thema Leistungselektronik und das aus Expertenhand. Das Programm findet am 9. und 10. Juni statt. Bei den halbtägigen Seminaren profitieren



Teilnehmende von intensiven Vertiefungen in Spezialthemen, Praxiswissen und Austausch mit Experten.

## 06 Konferenzprogramm

Konferenz-Räume

Die parallel stattfindenden Konferenz, mit mehr als 500 Vorträgen, fokussieren



Themen entlang der gesamten Leistungselektronik. Ein Highlight ist das Fachthema „Intelligent Motion“.

## 07 University Zone

Halle 7, Stand 579

Auf der neuen University Research Zone supported by ECPE erwarten Sie nationale und internationale Universitäten und Institutionen mit ihren neuesten Forschungsprojekten und -ergebnissen



der Leistungselektronik. Täglich wechselnd geben diese einen tiefgehenden Einblick in die aktuelle Forschungslandschaft.



## Kundenspezifische DC-Link Kondensatoren

WIMA DC-LINK Kondensatoren werden in Zwischenkreisanwendungen der Leistungselektronik, z.B. in der Umrichter-technik eingesetzt und weisen bei hohen Frequenzen eine höhere Wechselstrombelastbarkeit auf als vergleichbare Elektrolytkondensatoren.

Ausserdem zeichnen sie sich aus durch:

- Sehr hohe Volumenkapazität
- Hohe Bemessungsspannung pro Bauteil
- Sehr niedrigen Verlustfaktor (ESR)
- Sehr hohen Isolationswiderstand
- Hervorragende Selbstheilungseigenschaften
- Hohe Lebensdauererwartung
- Ungepolten, trockenen Aufbau ohne Elektrolyt oder Öl
- Sehr sichere Anschlusskonfiguration
- Ausgezeichnete mechanische Stabilität.

Capacitors Made in Germany !

**pcim**  
EUROPE  
Nürnberg, 11.-13. Juni 2024  
Halle 7 / Stand 208



DAS TREFFEN DER ENERGIEBRANCHE

# The smarter E Europe

„Accelerating Integrated Energy Solutions“ – dieses Ziel verfolgt The smarter E Europe, die europäische Messeallianz für die Energiewirtschaft. In Kontext einer zukunftsfähigen Energiewelt stehen erneuerbare Energien, Dezentralisierung und Digitalisierung sowie Lösungen für eine nachhaltige Energieversorgung in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr im Fokus.

TEXT: Solar Promotion; Bernhard Haluschak, E&E BILDER: Solar Promotion

The smarter E Europe vereint die vier Fachmessen Intersolar Europe, ees Europe, Power2Drive Europe und EM-Power Europe. Die Messen finden vom 19.–21. Juni 2024 auf der Messe München statt und zeigen die technologischen Innovationen der jeweiligen Branche. Die dazugehörigen Konferenzen am 18. und 19. Juni finden an gleicher Stelle statt und beinhalten Fachvorträge, Podiumsdiskussionen und Workshops.

## Intersolar Europe: Die Zukunft der Solarenergie

Die Intersolar 2024 präsentiert ein breites Spektrum an Technologien und Dienstleistungen, die darauf abzielen, die Effizienz, Rentabilität und Nachhaltigkeit von Solaranlagen weiter zu verbessern. Von innovativen Solarzellen und Modulen über intelligente Speichersysteme bis hin zu digitalen Lösungen für

das Energiemanagement bietet die Messe einen umfassenden Einblick in die gesamte Wertschöpfungskette der Solartechnologie. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Integration von Solarenergie in bestehende Infrastrukturen und die Entwicklung von Lösungen für eine dezentrale Energieversorgung. Durch die Kombination von Solarenergie mit Speichertechnologien, Elektromobilität und digitalen Steuerungssystemen eröffnen sich neue Möglichkeiten für eine nachhaltige und flexible Energieversorgung auf lokaler, regionaler und globaler Ebene.

## Power2Drive Europe: Bidirektionales Laden

E-Mobilität wird in den kommenden Jahren einen immer größeren Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten. Dabei geht es um weit mehr als das Fahren mit klimaneutral erzeugtem

Strom aus erneuerbaren Energien. Die Akkus der Elektrofahrzeuge können auch als Zwischenspeicher genutzt werden. Davon können nicht nur die Besitzer dieser Fahrzeuge profitieren: Mittelfristig kann das bidirektionale Laden wirksam zur Flexibilisierung und Entlastung der Verteilnetze beitragen.

Die Power2Drive Europe, die internationale Fachmesse für Ladeinfrastruktur und Elektromobilität, eröffnet einen Blick auf den derzeitigen Stand der Technik des bidirektionalen Ladens sowie neuste Entwicklungen rund um die Elektromobilität. Bereits einen Tag vorher werden bei der Power2Drive Europe Conference notwendige regulatorische Anpassungen diskutiert, die für den Durchbruch des bidirektionalen Ladens notwendig sind.

### ees Europe: Speicher-Know-how

Die ees Europe Conference steht dieses Jahr wieder im Rampenlicht mit neun speziellen Energiespeichersessions. Sie beleuchten zentrale Themen wie die EU-Strommarktreform und die EU-Batterie-Verordnung, die signifikantes Potenzial für Energiespeicher und ihre Nachhaltigkeit bieten. Es erwarten Sie Diskussionen und Panels zu diesen regulatorischen Entwicklungen.

Die Konferenz wird auch die mögliche Ära der Langzeitspeicher und die Versorgungssicherheit in der Supply Chain kritisch hinterfragen. Zudem diskutieren wir, wie der Einsatz von Energiespeichern optimiert werden kann, um die Rentabilität zu steigern, und stellen die neuesten Technologien und Projekte vor.

### EM-Power Europe: Empowering Grids

Schon heute haben wir immer häufiger mehr Strom aus Erneuerbaren, als wir nutzen oder überhaupt in die Stromnetze einspeisen können. Allein in Deutschland wurde 2023 eine Rekordmenge von 10,5 Mrd. Kilowattstunden Strom aus erneuerbaren Energien abgeregelt. Wie schaffen wir es, mehr erneuerbaren Strom in unsere Energiesysteme zu integrieren? Wie können wir die volatile Erzeugung mit der wachsenden Stromnachfrage in Einklang bringen?

Auf der EM-Power Europe Conference haben sie die Möglichkeit, mit führenden Experten aus aller Welt darüber zu diskutieren, wie wir mit Digitalisierung, Flexibilität und Sektorkopplung das Ziel einer effizienten, erneuerbaren Energieversorgung 24/7 erreichen. □

# We keep your industry alive

Besuchen  
Sie uns auf der  
**INTERSOLAR**  
in Halle A5  
Stand 570

### Mit LAPP auf der Sonnenseite

Besuchen Sie uns vom 19. bis 21. Juni 2024 auf der Intersolar in München. Tauchen Sie ein in die Welt der boomenden Photovoltaik-Projekte und erfahren Sie, warum LAPP der ideale Partner für Ihr Solar-Projekt ist.



Jetzt kostenloses  
Metteticket sichern!

[www.lapp.com](http://www.lapp.com)

alive BY  **LAPP**

EMBEDDED GEHÄUSE ZUR VERMEIDUNG VON TEMPERATURSTRESS

# Kein Hitzefrei für Embedded Systems

Ob in industriellen Maschinen, medizinischen Geräten oder Verkehrssystemen - Embedded Systems sind in vielen Lebensbereichen allgegenwärtig. Obwohl sie nur eine begrenzte Aufgabe haben, sind sie unverzichtbar für den reibungslosen Betrieb vieler technischer Prozesse.

Ihr störungsfreies Arbeiten ist entscheidend, um den Anforderungen verschiedener Anwendungen gerecht zu werden. Eine der Herausforderungen bei der Entwicklung eines Embedded Systems ist die effiziente Entwärmung der Leistungskomponenten.

TEXT: Bettina Lochen , Fischer Elektronik BILDER: Fischer Elektronik; iStock, pixelliebe

Übermäßige Hitze kann diese beeinträchtigen und zu Fehlfunktionen oder Ausfällen führen. Ein gut gestaltetes thermisches Management ist daher essenziell, um die Lebensdauer von Embedded Systems zu gewährleisten. Speziell konstruierte Embedded Gehäuse, auch als Wärmeableitgehäuse bezeichnet, tragen dazu bei, die Wärme effizient abzuleiten und so ein Überhitzen der Elektronik zu verhindern.

## Aufbau und Eigenschaften eines Wärmeableitgehäuses

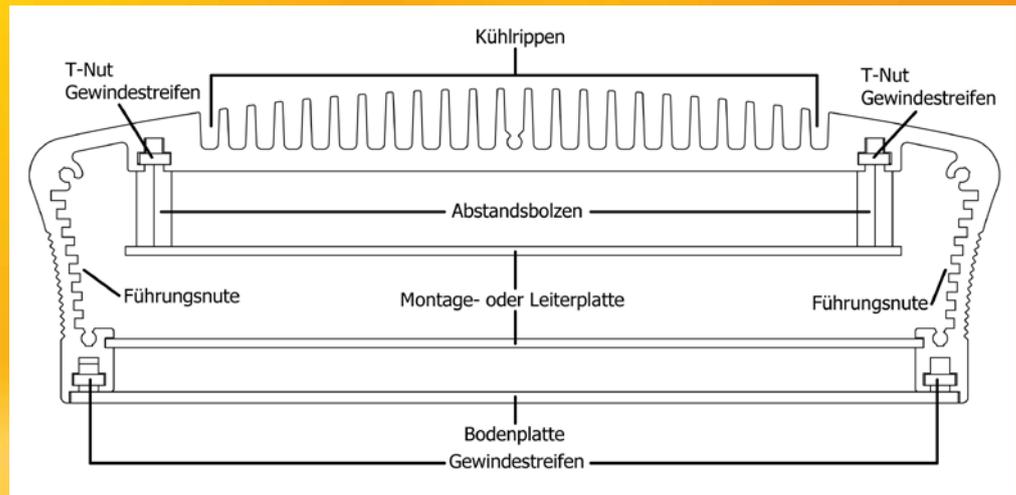
Um der wachsenden Nachfrage von Elektronikgehäusen für die unterschiedlichsten Anforderungen gerecht zu werden, offerieren Gehäusehersteller, wie die Firma Fischer Elektronik, Gehäuse in verschiedenen Größen, Aufbauten und mit diversen zweckdienlichen Kontureigenschaften. Darunter befinden sich speziell

für den Embedded-Systems-Bereich entwickelte Wärmeableitgehäuse.

Dieser Gehäusotyp ist üblicherweise modular aufgebaut. Der Gehäusekörper besteht aus einer Profilhalbschale, welche durch ein anschraubbares Bodenblech ergänzt wird. Zusammen mit den front- und rückseitigen Deckelplatten entsteht so ein geschlossenes und stabiles Gehäuse.

Zur ordnungsgemäßen und sicheren Implementierung der Elektronik enthält die Profilhalbschale funktionale Konturelemente. Innen liegende Führungsnuten ermöglichen beispielsweise ein einfaches Einschieben von Montage- oder Leiterplatten. T-Nuten dienen der Aufnahme von Gewindestreifen oder schiebbaren Muttern, zur Befestigung von Abstandbolzen, über die dann ebenfalls Montage- und Leiterplatten in einer flexiblen Höhe platziert werden können. Auf Wunsch können die Gehäuse zusätzlich mit Befestigungselementen ausgestattet werden.

Die Profilschale enthält zur Kühlung des Innensystems zweckmäßige Konturelemente.



Blechlaschen mit speziellen Ausparungen für Befestigungsschrauben garantieren selbst in einem Umfeld mit Vibrationsstörungen eine zuverlässige Wand- und Deckenmontage. Die schnelle und einfache Montage eines Gehäuses an eine Standard Tragschiene TS 35 nach EN 60715, gewährleistet ein stabiles Aluminiumprofil, das über eine spezielle Kontur und einer dort eingepressten Drahtformfeder aus rostfreiem Stahl verfügt.

Elektronische Komponenten, wie Prozessoren, Grafikkarten und Leistungstransistoren, erzeugen Wärme (Verlustleistung) während des Betriebs. Zur Vermeidung temperaturbedingter Fehlfunktionen, ist es oft wichtig, dass das Gehäuse über Lüftungsschlitze verfügt, die für eine Entwärmung sorgen. Kunden haben die Option das Bodenblech mit diesen Lüftungsschlitzen versehen zu lassen.

In der Regel ist ein Überschreiten der maximal zulässigen Sperrschichttemperatur der Halbleiterbauteile allerdings nur vermeidbar, indem zusätzlich wärmeabführende Bauelemente eingesetzt werden. Eine Möglichkeit wären Lüfter zur Erhöhung der Luftzirkulation. Der Einsatz von Embedded Systems erfordert jedoch oft kompakte Gehäuse mit begrenztem Bauraum, die keinen Platz für Lüfter bieten.

Zudem erzeugen Lüfter Geräusche, die in manchen Anwendungen, wie in medizinischen Geräten, unerwünscht sind. Ein weiterer Nachteil ist, dass Lüfter bewegliche Teile enthalten, die Verschleißerscheinungen mit sich bringen. In rauen Umgebungen oder bei Vibrationen können diese anfällig für Ausfälle sein. Stattdessen empfiehlt sich der Einsatz von Kühlkörpern, deren Funktionsweise auf der freien Konvektion und dem natürlichen Wärmefluss basiert. Die Gehäuseschale eines Wärmeableitgehäuses fungiert als ein solcher Kühlkörper.

Mittels einer thermischen Kontaktierung der Gehäuseschale, mit der wärme produzierenden Leistungskomponente, erweitert sie die wärmeabgebende Oberfläche der Leistungskomponenten. Die Wärme gelangt durch die natürliche Wärmeleitung in den Gehäusekörper und wird dort verteilt. Der Wärmefluss bewegt sich von den Bereichen mit hoher Temperatur zu den Bereichen mit niedriger Temperatur, und wird schließlich über die Oberfläche der Gehäuseschale an die Umgebungsluft abgeleitet.

Wieviel Temperatur (Kelvin) pro Leistung (Watt) die Gehäuseschale maximal abführen kann, hängt von der Größe, der Geometrie und vor allem vom Material der

Gehäuseschale ab. Der Vorteil von Aluminium zur Herstellung von Wärmeableitgehäusen liegt auf der Hand. Angesichts seiner hohen Wärmeleitfähigkeit von bis zu  $210 \text{ W/(mK)}$  tragen Aluminium-Gehäuse erheblich dazu bei, elektronische Systeme zu entwärmen. Aluminiumlegierungen wie EN AW 6060 oder EN AW 6063 zeichnen sich zudem durch eine hohe Festigkeit sowie Formbarkeit aus, und eignen sich aufgrund dessen besonders gut für das Strangpressverfahren. Mittels diesem Fertigungsverfahren erfolgt unter anderem die Herstellung von Gehäuseprofile mit komplexen Geometrien, wie beispielsweise außenliegende Kühlrippen. Ein weiteres typisches Merkmal eines effizienten Wärmeableitgehäuses.

Die Kühlrippen unterstützen die ohnehin schon gute Wärmeableiteigenschaft des Aluminiums, indem sie die Oberfläche der Gehäuseschale vergrößern. Eine größere Oberfläche bedeutet mehr Kontakt mit der umgebenden Luft, was die Wärmeableitung verbessert, da mehr Wärme von der Oberfläche des Kühlkörpers an die Umgebung abgestrahlt werden kann.

Voraussetzung für eine effiziente Wärmeableitung ist eine thermische Kontaktierung, die nicht durch Lufteinschlüsse gestört wird. Zur optimalen Anbindung



Die Gehäuse sind standardmäßig in schwarz eloxiert (SA) und naturfarbig eloxiert (ME) erhältlich.

der Leistungskomponenten mit der Gehäuseschale, ist die Verwendung von Wärmeleitmaterialien (TIM = Thermal Interface Materials) unerlässlich. Diese Materialien (Wärmeleitfolien, -pasten, -kleber etc.) eliminieren unerwünschte Luft einschüsse zwischen der Wärmequelle und der wärmeableitenden Gehäuseschale und ermöglichen somit einen verbesserten Wärmeübergang.

Zur Ermittlung eines geeigneten thermischen Managements sind folgende Faktoren von Bedeutung:

- $\vartheta_i$  = maximale Sperrschichttemperatur der Leistungskomponente
- $\vartheta_u$  = Umgebungstemperatur (hier sollte ein Zuschlag von 10-30 C° berücksichtigt werden)
- P = Die am Halbleiter anfallende maximal Leistung [W]
- RthG = innerer Wärmewiderstand des Halbleiters [K/W]
- RthM = Wärmewiderstand der Verbindungsfläche zwischen Halbleiter und wärmeableitenden Bauteil [K/W]
- RthK = Wärmewiderstand des Kühlkörpers bzw. der Gehäuseschale

Ausschlaggebend bei der Wahl eines idealen Wärmeableitgehäuses ist dessen

Wärmewiderstand. Ein niedrigerer Wert bedeutet eine effizientere Ableitung von Wärme, was für die Zuverlässigkeit und Lebensdauer elektronischer Komponenten von entscheidender Bedeutung ist.

Der Wärmewiderstandes des Kühlkörpers beziehungsweise des Gehäuses wird wie folgt berechnet:

$$R_{thK} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_u}{P} - (R_{thG} + R_{thM})$$

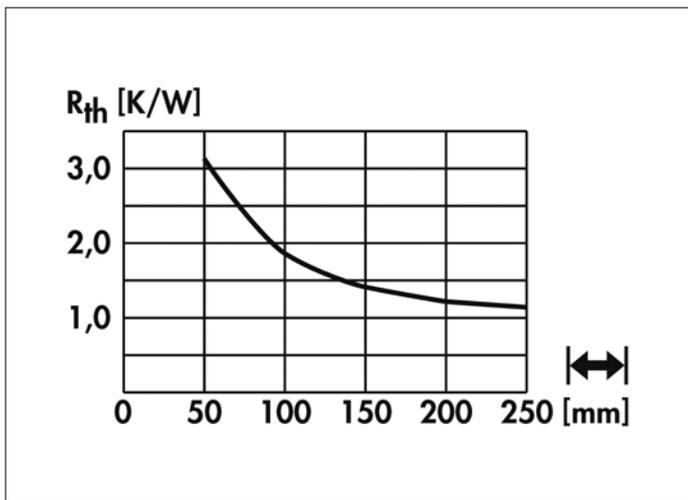
Rth-Grafiken sind äußerst nützlich, um die thermische Leistung eines Wärmeableitgehäuses abzulesen. Diese Grafiken geben den ausschlaggebenden Wärmewiderstand eines Gehäuses in Abhängigkeit der Gehäuselänge an. Durch das Ablesen der Rth-Werte können Ingenieure und Anwender die effektive Wärmeableitung eines Gehäuses besser einschätzen.

Da Embedded Systems von zahlreichen und sehr unterschiedlichen Rand- und Einbaubedingungen abhängen, gestaltet sich die Ermittlung eines passenden thermischen Managements oft als kompliziert. Thermische Simulationen und Tests sind sehr hilfreich, um das Verhalten des Systems unter verschiedenen Lastbedingungen zu analysieren. Mittels einer computergestützten Wärmesimulation können

so verschiedene Szenarien schon während der Entwicklungsphase analysiert und optimiert werden, um sicherzustellen, dass ein thermisches Management den Anforderungen entspricht.

### Modifikationen für Projektanforderungen

Trotz der schon vorhandenen, zweckdienlichen Konturelemente benötigen Anwender meist eine zusätzliche kundenspezifische Bearbeitung der Gehäuse. Modernste CNC-Bearbeitungszentren und Automaten ermöglichen eine individuelle Modifizierung aller Gehäusekomponenten nach Kundenvorgaben. Die Bearbeitung der Deckelplatten erfolgt vorzugsweise durch die mechanischen Trennverfahren „Stanzen“, „Nibbeln“ oder „Lasern“. Mittels dieser Verfahren lassen sich notwendigen Durchbrüche, z. B. für Stecker, Stell- und Regelemente etc., schnell und kostengünstig in die Deckelplatten realisieren. Das Implementieren von Nuten, Frästaschen oder Durchbrüchen mit einer sauberen Kantenglätte in die Deckelplatten sowie in den Gehäusehalbschale gewährleistet das Fertigungsverfahren Fräsen, welches sich durch eine hohe Toleranzgenauigkeit und planebenen Fräsflächen auszeichnet.



An Rth-Grafiken ist die thermische Leistung eines Wärmeableitgehäuses leicht abzulesen.

## Oberflächenbeschaffenheit und Farbgebung

Die Qualität der Oberfläche und deren Farbgebung spielen ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Wahl und Gestaltung eines Gehäuses. Wärmeableitgehäuse werden standardmäßig in den Oberflächenausführungen naturfarben eloxiert (ME) und schwarz eloxiert (SA) angeboten. Damit Kunden die Möglichkeit haben ihren Gehäusen eine individuelle Note zu geben, sind andere Farben auf Anfrage realisierbar. Für hoch dekorative Anwendungen empfiehlt sich vor dem Eloxieren ein Keramik- oder Glasperlenstrahlen. Diese Verfahren erzeugen eine mattfeine und äußerst ansprechende Oberflächenstruktur.

Eine EMV-gerechte Ausführung ist mit der elektrisch leitenden Passivierung „TP“ (TP = transparent passiviert) erreichbar. Zu betonen ist, dass diese Passivierung Titanfluoride enthält, anstelle von Chrom (VI)-haltigen Stoffen, und damit den strengen RoHs-Richtlinien entspricht. Aufgrund der Berührungsempfindlichkeit dieser Oberfläche werden die Gehäusekomponenten nach der Passivierung meist im zusammengebauten Zustand lackiert oder pulverbeschichtet. Auf diese Weise bleiben die sensiblen Kontaktflächen,

sowie der Gehäuseinnenraum, elektrisch leitend, was positiv für die EMV ist.

Lackierungen und Pulverbeschichtungen empfehlen sich nicht nur zum Schutz einer transparenten Passivierung. Vor allem wenn elektronische Geräte unter erschwerten Umweltbedingungen arbeiten müssen, bieten sie eine erstklassigen Kratz- und Abriebfestigkeit, sowie eine hohe Schutzwirkung gegen Korrosion und Chemikalien.

Zur optischen Kennzeichnung eingebrachter Fräsungen und Ausstanzungen, sowie für Firmen- oder Produkt-Logos, stehen verschiedene Beschriftungsverfahren zur Verfügung. Diese sind der „Digitaler UV-Druck“, „Siebdruck“, „Tampondruck“, „Untereloxaldruck“ sowie eine Laserbeschriftung.

## Fazit

Die zunehmende Verlustleistung sowie der immer kleiner werdende Bauraum von Embedded Systems, stellt eine Herausforderung an das thermische Management. Die Firma Fischer Elektronik nimmt diese Herausforderung an, und bietet eine Vielzahl von Gehäusen, die zur Entwärmung von elektronischen Systemen beitragen. □

## Embedded-PC Gehäuse

- funktionelle Aluminiumgehäuse für verschiedenartige Embedded Formfaktoren
- wahlweise integrierte Kühlrippen zur effizienten Entwärmung von Embedded Mainboards
- Tragschienen- und Monitorbefestigungen
- EMV-gerechte Ausführungen
- kundenspezifische Anfertigungen mit individuellen Gestaltungsmöglichkeiten



Mehr erfahren Sie hier:  
[www.fischerelektronik.de/epcg](http://www.fischerelektronik.de/epcg)

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

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



Wir stellen aus: Electronica 2024  
 vom 12.-15.11.2024  
 Messe München

Der Expertentreff: PCIM 2024

# ALLES RUND UM DIE LEISTUNGSELEKTRONIK

Leistungselektronik gewinnt immer mehr an Bedeutung, da sie durch effiziente Technologien zur Reduzierung des Energieverbrauchs und Verbesserung der Energieeffizienz in nahezu allen elektronischen Geräten beiträgt. Zudem ermöglichen Fortschritte in Halbleiterbauelementen und Steuerungstechniken kompaktere und leistungsstärkere Systeme. Auf der Leistungselektronik-Messe PCIM 2024 in Nürnberg trifft sich die Branche, um Fachbesuchern ihre aktuellen und zukünftigen Lösungen, Services und mehr vorzustellen.

UMFRAGE: Bernhard Haluschak; E&E BILDER: beteiligte Unternehmen; iStock, gremlin



## OMARA AZIZ

Wir freuen uns darauf, mit Fachleuten aus der Industrie Erkenntnisse auszutauschen und die neuesten Fortschritte in der Leistungselektronik zu besprechen. Wir werden aufzeigen, wie wir gemeinsam mit führenden Herstellern und technischen Dienstleistern die Markteinführung neuer Produkte beschleunigen. Zahlreiche Demos drehen sich rund um die Megatrends im Bereich High Power. Arrow wird die neuesten Technologien wichtiger Hersteller live präsentieren, darunter SiC- und GaN-Power-Komponenten und Induktivitäten und Leistungsübertrager mit Demo-Boards für verschiedene High-Power-Anwendungen wie schnelles DC-Laden von Elektrofahrzeugen, Wärmepumpen, Motorantriebe, Energiespeicherung, bidirektionale DC/DC-Wandler und Solarwechselrichter.

Power Technology Segment Leader  
EMEA, Arrow Electronics

**pcim** EUROPE PCIM 2024  
Halle 9, Stand 638



## MORTEN FELDSTEDT

Wir freuen uns, auf der diesjährigen PCIM in Nürnberg unsere intelligenten Stromversorgungslösungen für die Automobil- und Industriemärkte vorzustellen. Im Mittelpunkt stehen dabei unser Beitrag zur Innovation im Automobilssektor, die Stärkung der industriellen Energieinfrastruktur und das Potenzial der Cloud-AI-Technologie. Besucher haben die Möglichkeit, unser umfassendes SiC-Portfolio kennenzulernen und zu erfahren, wie dieses zur Energieeffizienz und Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen beiträgt. Wir zeigen anschaulich, wie unsere Produkte hohe Leistung bei intelligenter Energieversorgung sicherstellen. Ergänzend präsentieren wir unsere neuesten Solar- und Industriestrommodule. Wir freuen uns auf den Austausch mit den Besuchern.

Produkt Marketing Management,  
Onsemi

**pcim** EUROPE PCIM 2024  
Halle 9, Stand 332



## JUSTINE HÖRMANN

Unser Rohm-Messeauftritt steht 2024 unter dem Motto „Empowering Growth, Inspiring Innovation“. Wir präsentieren live unser umfassendes GaN-, SiC- und Si-Portfolio. Damit decken wir die Anforderungen verschiedener Sektoren ab – mit Fokus auf Stromversorgungsanwendungen und E-Mobilität. Unser Experten-Team freut sich darauf, Rohms Produkt-Updates vorzustellen.

Head of Marketing Communication,  
Rohm Semiconductor

**pcim** EUROPE PCIM 2024  
Halle 9, Stand 304



## AXEL WIECZOREK

Der Distributor Schukat und Taiwan Semiconductor (TSC) blicken in diesem Jahr auf eine sehr erfolgreiche, 20-jährige Partnerschaft zurück. Im Zuge dieser Zusammenarbeit stellen sie gemeinsam auf der PCIM aus. Sie zeigen dem Fachpublikum unter anderem TSCs erste WBG SiC 650V Schottky-Diode für noch bessere Effizienz in Hochleistungssystemen. Sie ermöglichen dank geringer kapazitiver Ladung deutlich höhere Schaltfrequenzen bei geringeren Schaltverlusten und arbeiten zuverlässig bei Sperrschichttemperaturen von bis zu +175 °C. So eignen sie sich für hocheffiziente AC-DC-, DC-DC- und DC-AC-Anwendungen, wie in USV-Anlagen, Solar-Wechselrichtern oder Rechenzentren.

Head of Sales, Schukat Electronic

**pcim** EUROPE PCIM 2024  
Halle 9, Stand 626

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
Arrow Electronics	22, 28	Mouser Electronics	56
Binder	U4	Nucletron Technologies	8
Bitcom	12	Onsemi	22
Detakta	5	publish-industry Verlag	U2, U3
Congatec	55	Rohm Semiconductor	22
CTX Thermal Solutions	3	Rosenberger Hochfrequenztechnik	63
ept	60	Schneider Electric	12
Fischer Elektronik	18, 21	Schukat Electronic	12, 22
Fraunhofer IPMS	64	Schurter	36
Frizlen	31	Siemens EDA	40
Harting Deutschland	13	Siglent	6, 54
ICT Suedwerk	Titel, 8, 10	Solar Promotion	16
InoNet Computer	54	TE Connectivity	32
Inpotron	25	Traco Electronic	27
Kingbright Electronic	55	Wago	22
Kontron	43	Weco Contact	50
Lapp	17	WIMA	15
MES Electronic Connect	53	Würth Elektronik eiSos	22
Mesago	14	Yaskawa Europe	54
Microchip Technology	12	ZFW	8
Mooser	46		

IMPRESSUM

**Herausgeber** Kilian Müller  
**Head of Content Manufacturing** Christian Fischbach  
**Redaktion** Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Matej Gavranovic (-927), Ragna Iser (-898), Carina Kein (-922), Dana Neitzke (-930)  
**Newsdesk** newsdesk@publish-industry.net  
**Head of Sales** Kilian Müller  
**Anzeigen** Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-918), Beatrix Decker (-913), Caroline Häfner (-914), Ilka Gärtner (-921), Alexandra Klases (-917); Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2024  
**Inside Sales** Patricia Dachs (-935), Sarah Fuchs (-929); sales@publish-industry.net  
**Verlag** publish-industry Verlag GmbH, Machtfinger Straße 7, 81379 München, Germany  
 Tel. +49.(0)151.58 21 1-900, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net  
**Geschäftsführung** Kilian Müller, Martin Weber  
**Leser- & AboService** Tel. +49.(0)61 23.92 38-25 0, Fax +49.(0)61 23.92 38-2 44; leserservice-pi@vuservice.de  
**Abonnement** Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 6 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährlich erscheinende Jahrbuch der Industrie, INDUSTRY.forward HAKAHAKA.  
**Jährlicher Abonnementpreis**  
 Ein JAHRES-ABONNEMENT der E&E ist zum Bezugspreis von 64 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschland und MwSt. erhältlich (Porto Ausland: EU-Zone zzgl. 10 € pro Jahr, Europa außerhalb EU zzgl. 30 € pro Jahr, restliche Welt zzgl. 60 € pro Jahr). Jede Nachlieferung wird zzgl. Versandkosten und MwSt. zusätzlich berechnet. Im Falle höherer Gewalt erlischt jeder Anspruch auf Nachlieferung oder Rückerstattung des Bezugsgeldes Studentenabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen, die E&E für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten, werden angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@vuservice.de  
**Marketing & Vertrieb** Anja Müller (Head of Marketing)  
**Herstellung** Veronika Blank-Kuen  
**Gestaltung & Layout** Schmucker-digital, Lärchenstraße 21, 85646 Anzing, Germany  
**Druck** F&W Druck- und Mediencenter GmbH, Holzhauser Feld 2, 83361 Kienberg, Germany  
**Nachdruck** Alle Verlags- und Nutzungsrechte liegen beim Verlag. Verlag und Redaktion haften nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustrationen.  
 Nachdruck, Vervielfältigung und Online-Stellung redaktioneller Beiträge nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags.  
**ISSN-Nummer** 1869-2117  
**Postvertriebskennzeichen** 30771  
**Gerichtsstand** München  
**Der Druck der E&E erfolgt auf PEFC™-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral.**



Der CO<sub>2</sub>-neutrale Versand mit der Deutschen Post



VIKTOR DICK

Auf der PCIM Europe zeigen wir den Besuchern, wie einfach Drives verdrahtet werden können und mit welchen Werkzeugen besonders schnell und problemlos abisoliert, gecrimpt und angeschlossen werden kann. Wir präsentieren das komplette Spektrum an Lösungen für den Geräteanschluss – von der Signalebene bis hin zur Leistungselektronik. Der Fokus liegt dabei auf unserer Geräteanschlusstechnik mit Hebeln, denn die werkzeuglose und intuitive Hebeltechnologie vereinfacht die Verdrahtung. Von Vorteil ist das vor allem beim Feldanschluss. Auf unserem Messestand können die Besucher die Produkte live erleben und wir sprechen darüber, welche Klemmen oder welche Steckverbinder am besten in ihre Anwendung passen.

Produktmanager PCB Connections, Wago

pcim EUROPE PCIM 2024 Halle 6, Stand 416



ALEXANDER GERFER

Auf dem Stand erleben die Fachbesucher, wie man Energieströme effektiv leitet und einsetzt – mit Leistungselektronik für E-Mobilität und regenerative Energien. Unser Programm reicht von Hochstrom- und Hochvoltspeicherinduktivitäten über verschiedene Funkentstördrosseln, Superkondensatoren bis zu elektromechanischen Bauelementen, zum Beispiel Hochstrom-Einpresskontakte und Wärmemanagement-Lösungen. Würth Elektronik ist aber viel mehr als ein Bauelementelieferant: Wir unterstützen unsere Kunden, unter anderem durch Referenzdesigns, unsere Design-In-Plattform REDEXPERT und Partnerschaften mit IC-Herstellern. Außerdem beteiligen wir uns am Vortragsprogramm und nehmen auch am Students Day am letzten Messtag teil.

CTO, Würth Elektronik eiSos Gruppe

pcim EUROPE PCIM 2024 Halle 6, Stand 342

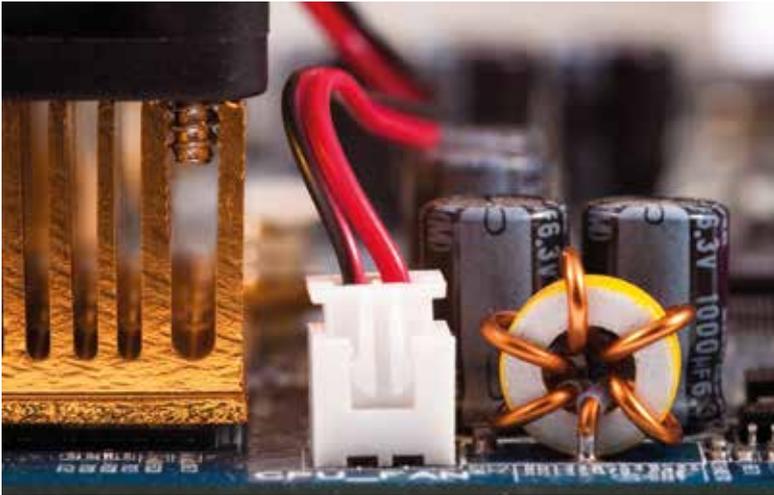


NACHHALTIGE NETZTEILE FÜR EINE VERANTWORTUNGSVOLLE TECHNIK

## Nachhaltigkeit von Anfang an im Fokus

In unserer hoch technisierten Welt stehen ohne Schaltnetzteile fast alle Räder still. Durch die Verbesserung von Wirkungsgrad und Lebensdauer sowie möglichst vollständigem Recycling am Ende ihrer Nutzungsdauer versuchen engagierte Hersteller den ökologischen Fußabdruck ihrer Stromversorgungen so klein wie möglich zu halten. Dabei zeigt sich, wie wichtig es ist, alle relevanten Aspekte von Anfang an zu berücksichtigen.

TEXT: Felix Storz, Inpotron BILDER: iStock, weerapatkiatdumrong, VeryBigAlex



Energieeffiziente Netzteile sind gefragter denn je.

Spätestens mit Verabschiedung der UN-Agenda 2030 und den darin formulierten 17 Sustainable Development Goals (SDG's) für eine nachhaltige Entwicklung, welche auch Ziele zum Klimaschutz und zur nachhaltigen Produktion beinhaltet, ist Nachhaltigkeit als Schlagwort in aller Munde. Verantwortungsvolle Produzenten wie das Unternehmen Inpotron Schaltnetzteile gehen bei der Herstellung ihrer Produkte aber nicht erst seit gestern mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen sorgsam um. Ihre Schaltnetzteile sind ausdrücklich für eine lange Lebensdauer konzipiert, zeichnen sich durch hohe Wirkungsgrade aus und lassen sich am Ende ihres Lebens wieder einfach in ihre Einzelteile zerlegen. Diese Produktphilosophie ist seit Gründung des Unternehmens fester Bestandteil der Unternehmens-DNA.

## Die Entwicklung bis zum Ende denken

Dabei ist nachhaltiges Produzieren kein ethischer Selbstzweck. Besonders in den momentanen Krisenzeiten schafft der sparsame Umgang mit Primärenergien, der Einsatz regenerativer Energiequellen sowie die sinnvolle Nutzung von Prozesswärme einen wirtschaftlichen Mehrwert. Genauso, wie die Optimierung logistischer Prozesse durch die Vermeidung von unnötigen Wegen und Verpackungen. In einem hart umkämpften Markt ist das ein nicht zu unterschätzender Wettbewerbsvorteil. Im Sinne einer transparenten Lieferkette nimmt das Unternehmen dabei auch ihre Lieferanten in die Pflicht. Alle zugekauften Komponenten und Lösungen müssen den eigenen Ansprüchen in Sachen Umweltverträglichkeit, Einhaltung arbeitsrechtlicher und ethischer Grundsätze sowie Nachhaltigkeit genügen. Und ihrerseits Art und Arbeitsweise der Bezugsquellen darlegen.

Schon während der Konzeptionierungsphase eines neuen Schaltnetzteils denken die Entwickler an das möglichst ferne

Lebensende dieser Stromversorgung. Eine maximale Wiederverwertbarkeit der eingesetzten Bauteile und Rohstoffe nach der Funktionsphase ist schon bei der Entwicklung des ersten Schaltplans das Ziel. So wird beispielsweise auf das Vergießen von Komponenten verzichtet, damit jedes Netzteil möglichst einfach wieder in seine Bestandteile zerlegt werden kann.

## Wärmemanagement für eine lange Lebensdauer

Ein Netzteil sollte mindestens so lange zuverlässig funktionieren, wie der Verbraucher, den es mit elektrischer Energie versorgt. Bei der Versorgung von LED-Beleuchtungen kommen da zum Beispiel gut und gerne einige Jahrzehnte zusammen. Um dabei mit der technischen Entwicklung Schritt zu halten, ist eine zukunftsorientierte Designstrategie von essentieller Bedeutung. „In welche Richtung wird sich die Technik in den nächsten zehn Jahren bewegen?“, ist eine Frage, die sich die Entwickler bei Inpotron Schaltnetzteile bei jedem Produkt aufs Neue stellen. Gerade die Versorgungskrise bei Halbleitern führt aktuell eindrucksvoll vor Augen, wie wichtig es ist, sich schon in diesem Stadium Alternativen zu den eingesetzten Komponenten zu überlegen.

Neben dem Einsatz hochwertiger Bauteile ist vor allem die thermische Belastung ausschlaggebend für eine lange Lebensdauer. Die möglichst verlustfreie Umsetzung der Primärenergie hilft nicht nur beim Energiesparen, sie reduziert gleichzeitig auch die wärmetechnische Beanspruchung aller Komponenten. Schon eine Erhöhung der Betriebstemperatur um zehn Kelvin verkürzt etwa die Lebenserwartung einer LED-Beleuchtung um die Hälfte. Ein ausgeklügeltes Wärmemanagement des gesamten Systems ist daher unerlässlich. Das Netzteil und der damit versorgte Verbraucher müssen einerseits perfekt mit dem Kühlmedium gekoppelt sein. Untereinander sollen sie wärmetechnisch aber so gut wie keinen Kontakt haben.

Eine intensive Kommunikation mit dem Kunden zur genauen Klärung von Einsatzzweck und Betriebsumgebung ist daher bereits in einem frühen Entwicklungsstadium unumgänglich. Nur wenn Netzteil und Verbraucher optimal aufeinander abgestimmt sind, wird daraus ein nachhaltiges Produkt mit hohem Wirkungsgrad und langer Lebensdauer.

### Klima schonen und Kosten sparen

Neben einem sicheren Betrieb und langer Laufzeit ist die effiziente Bereitstellung der zur Verfügung stehenden Energie die wichtigste Forderung an ein modernes Netzteil. Recht ein-drucksvoll lässt sich dies in einem Rechenbeispiel anhand der Stromversorgung für die Beleuchtung eines mittelständischen Büro- oder Geschäftsgebäudes zeigen. Die dort typischerweise eingesetzten 100-Watt-Netzteile sind in der Regel rund um die Uhr mit 80 Prozent ihrer maximalen Leistung im Einsatz. Bei einem schon recht guten Wirkungsgrad von 90 Prozent fällt

dabei pro Jahr eine Verlustenergie von rund 37 kWh an. Hochgerechnet auf den Einsatz von tausend Netzteilen – was bei der Größe solch eines Gebäudes keine Seltenheit ist – ergibt das bei einer Laufzeit von zehn Jahren einen Verlust von gut 782 MWh. Nimmt man dagegen Netzteile mit fünf Prozent mehr Wirkungsgrad, reduziert sich der Verlust mit rund 371 MWh um mehr als die Hälfte. Mit der so eingesparten Energie könnten 100 Einfamilienhäuser ein ganzes Jahr mit Strom versorgt werden. Zusätzlich würden so fast 200 t CO<sub>2</sub>e eingespart, wenn man den derzeitigen Strommix in Deutschland (Stand 2022) zu Grunde legt.

Gleichzeitig bedeutet weniger Verlust auch weniger Abwärme, was wiederum der Lebensdauer der verbauten Schaltnetzteile zugutekommt und so den höheren Anschaffungspreis vermutlich mehr als amortisiert. Allein dieses Rechenbeispiel sollte für jeden Hersteller von Stromversorgungen Anlass genug sein, sich intensiv mit der Nachhaltigkeit seiner Produkte zu beschäftigen. □

# TRACO POWER

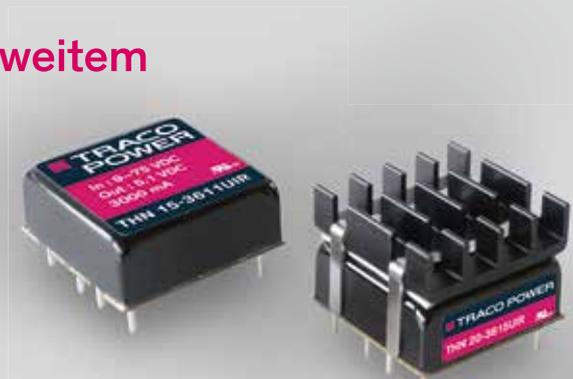
Reliable. Available. Now.

[www.tracopower.com](http://www.tracopower.com)

## THN 15UIR und THN 20UIR

### 15- und 20-Watt-DC/DC-Wandler mit ultraweitem 12:1-Eingangsspannungsbereich

- Kompaktes 25,4 × 25,4 mm grosses Gehäuse
- Ultraweiter 12:1-Eingangsspannungsbereich: 9–75 und 14–160 V<sub>DC</sub>
- Kühlung durch natürliche Konvektion von –40 °C bis +70 °C ohne Lastreduktion
- Zertifiziert nach EN 50155, EN 45545-2 und EN 61373
- Spezieller Überbrückungskondensatoranschluss



Serie	Leistung	Eingangsspannung	Ausgangsspannung	Stellfläche
THN 15UIR	15 W	9–75 und 14–160 V <sub>DC</sub>	5,1; 12; 15; 24; ±12; ±24 V <sub>DC</sub>	25,4 × 25,4 mm
THN 20UIR	20 W	9–75 und 14–160 V <sub>DC</sub>	5,1; 12; 15; 24; ±12; ±24 V <sub>DC</sub>	25,4 × 25,4 mm



240W USB PD REFERENZ DESIGN

# Leistungsabgabe maximieren

Wir werden die wichtigsten Trends erörtern und untersuchen, warum die Implementierung von USB-C im Jahr 2024 nicht mehr als bahnbrechende Innovation gilt, sondern vielmehr als wichtiger Ausgangspunkt betrachtet wird, um in der Gestaltung neuer Produkte wettbewerbsfähig zu bleiben.

TEXT: Alexander Guba, Arrow Electronics; Anand Kannan, Infineon BILDER: Arrow, Infineon; iStock, PeopleImages, Ljupco

USB ist heute anerkannter Standard für Verbraucher- und Automobilanwendungen, der zunehmend auch in den industriellen Sektor und die E-Mobilität vordringt. Die erste offizielle USB 1.0 Version aus dem Jahr 1996 unterstützte eine Datenübertragung von bis zu 1,5 Mbit/s und eine Leistung von bis zu 2,5 W. Seitdem hat sich der Standard rasant weiterentwickelt – heute unterstützt er 80 Gbps und 240 W über ein einziges USB-C-Kabel. Tatsächlich zeigte sich jedoch etwa die Hälfte aller Besucher des Arrow-Standes auf der embedded world 2024 überrascht von der Tatsache, dass der USB-Standard bereits Leistungen bis zu 240 W unterstützt.

## USB-C-Anschluss

Werfen wir einen genaueren Blick auf die Details des USB-C-Standardanschlusses. Einer der großen Vorteile dieses Anschlusses ist, dass er aufgrund seines symmetrischen Designs verdrehungssicher ist, das heißt, er funktioniert unabhängig davon, wie herum der Stecker eingesteckt wird. Dieser Anschluss unterstützt eine Leistungsabgabe von bis zu 240 W und ermöglicht durch seinen Alternate-Modus die Nutzung von Protokollen wie HDMI, DisplayPort, Thunderbolt u.v.a. In Summe hatten diese Eigenschaften einen signifikanten Einfluss auf die Branche.

Sehen wir uns die Anschlusspins einmal genauer an (siehe Abbildung 1): die CC1- und CC2-Pins – auch Kabelkonfigurations-Pins genannt – dienen zur Festlegung der Ausrichtung und Zuweisung der jeweiligen Aufgaben: DFP (Downstream Facing Port) für die Stromquelle, UFP (Upstream Facing Port) für die Stromsenke und DRP (Dual-Role Port) für Source- und Sink-Aufgaben. Eine weitere Funktion der CC-Leitungen ist die Unterstützung der Datenübertragungen bei der Abstimmung von Power-Delivery-Protokollen zwischen Source und Sink.

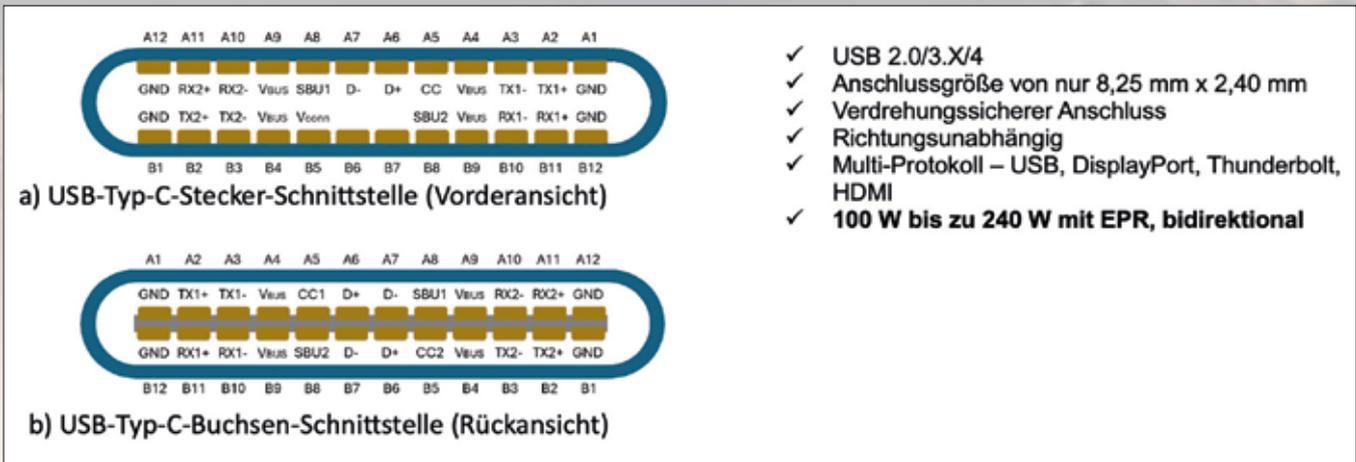
Es gibt vier Differenzialpaare (RX- und TX-Signale) für USB 5 Gbps oder höhere Geschwindigkeiten, die ab dem USB 3.1 Standard verwendet werden. Diese Datenleitungen arbeiten im Voll duplex-Modus, während die beiden herkömmlichen Pin-Paare (D+/D-), die sich in der Mitte befinden, im Halbduplex-Modus arbeiten. Die Pins mit der

Bezeichnung „SBU“ oder „Sideband Use“ werden für alternative Modi verwendet, wie zum Beispiel zur Aktivierung der Videoausgabe für DisplayPort oder Thunderbolt. Die „VBUS“-Pins dienen zur Stromversorgung mit bis zu 240 W. Alle vier externen „GND“-Pins sind für die Masseverbindung vorgesehen. Eine zuverlässige Masseverbindung ist für USB-C-Anschlüsse mit hohen Datenübertragungsraten und in Fällen, in denen eine hohe Stromübertragung über den Stecker erfolgt, unerlässlich.

## USB Power-Delivery-Spezifikation

Damit kommen wir zum USB Power-Delivery-Standard. Wie bereits erwähnt, lag die Höchstleistung in den ersten Versionen des USB-Standards bei max. 2,5 W (5 V x 500 mA) über VBUS. Mit USB 3.0 konnte diese Leistung geringfügig auf 4,5 W (5 V x 900 mA) erhöht werden, allerdings war das für viele Anwendungen immer noch nicht ausreichend. Mit der Einführung des USB-C-Anschlusses und Power Delivery im Jahr 2014 wurde dann die USB-Leistungsfähigkeit deutlich erhöht. Mit USB Typ-C stieg die maximal verfügbare Leistung standardmäßig auf 15 W (5 V bei 3 A). Durch die umfassende Implementierung des USB PD-Standards wurde es möglich, bis zu 100 W (20 V bei 5 A) über eine einzige USB-Quelle zu liefern.





- ✓ USB 2.0/3.X/4
- ✓ Anschlussgröße von nur 8,25 mm x 2,40 mm
- ✓ Verdrehungssicherer Anschluss
- ✓ Richtungsunabhängig
- ✓ Multi-Protokoll – USB, DisplayPort, Thunderbolt, HDMI
- ✓ **100 W bis zu 240 W mit EPR, bidirektional**

Der USB-C-Anschluss im Detail

Ab USB Power Delivery 3.1 sind laut Spezifikation bis zu 240 W (48 V bei 5 A) möglich. Alle Spannungspegel, die höher als 20 V sind, werden nun als Extended Power Range (EPR) kategorisiert. Diese Spezifikation umfasst auch die Unterstützung eines AVS-(Adjustable Voltage Supply)-Modus, mit dem die Spannung bei Spannungswerten über 15 V in Schritten zu je 100 mV angepasst werden kann.

### Entwicklung der Markttrends

Die Entwicklung der Markttrends im USB-Bereich zeigt, dass – obwohl der USB-Standard heute bereits beinahe 30 Jahre „auf dem Buckel“ hat – die bedeutendsten Verbesserungen in Hinblick auf Geschwindigkeit und Stromverbrauch vor allem in jüngster Zeit erfolgten. In den letzten acht Jahren haben die meisten Hersteller von Mainstream-Geräten, wie Laptops oder Mobiltelefonen etc., USB-C übernommen.

Heutzutage verfügen die meisten Laptops über mindestens einen USB-C-Anschluss. Darüber hinaus wurden viele weitere Geräte auf USB-C umgestellt und die Verfügbarkeit der USB-C-Netzadapter auf dem Markt ist ebenfalls deutlich gestiegen. Gleichzeitig sind viele Automobilhersteller

dazu übergegangen, mehr USB-C-Anschlüsse in ihre Fahrzeuge einzubauen, um Fahrern und Passagieren bessere Lademöglichkeiten zu bieten. Aufgrund des aktuellen Trends wird erwartet, dass die Akzeptanz von USB-C in den kommenden Jahren vor allem in den Embedded- und industriellen Sektoren zunimmt.

Mit Blick auf das Jahr 2025 und darüber hinaus wird prognostiziert, dass viele elektronische Geräte, die derzeit mit bis zu 240 W betrieben werden, USB-C als Standardanschluss für die Datenübertragung und zum Aufladen verwenden.

Die Verbreitung von USB wird durch entscheidende Faktoren vorangetrieben, darunter der Wettlauf bei Batterietechnologien, die zunehmende Nutzung in industriellen Anwendungen und die steigende weltweite Akzeptanz von USB. Lokale Vorschriften spielen ebenfalls eine wichtige Rolle:

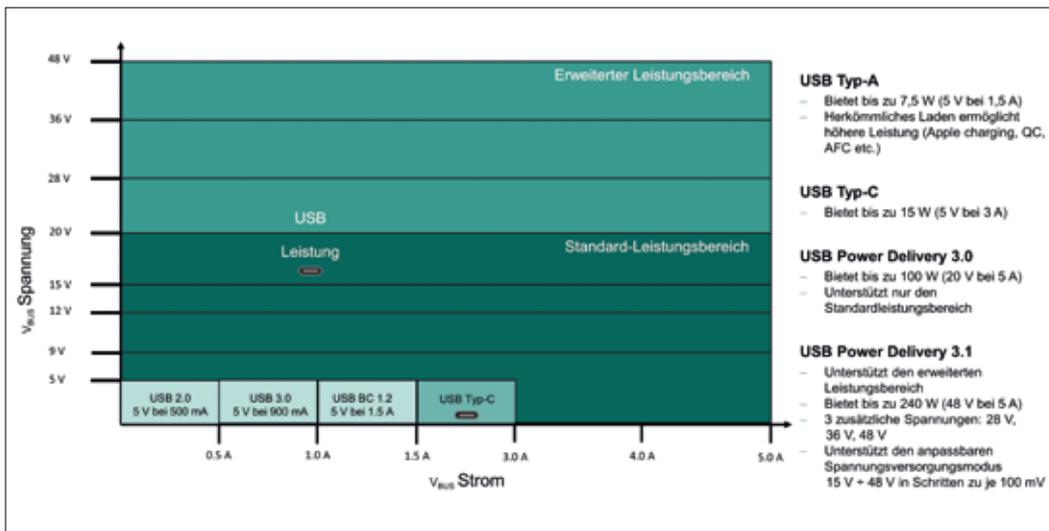
Bis Ende 2024 werden USB Typ-C und USB PD in allen EU-Ländern für viele Anwendungen verbindlich vorgeschrieben sein, ähnliche Diskussionen laufen derzeit auch in den USA und in vielen weiteren Ländern. Bei diesem Trend geht es also heute nicht nur mehr darum, auf dem neuesten Stand der Technik zu bleiben, sondern er ist auch ein wichtiges Wettbewerbsmerkmal geworden, das die Position auf dem Markt sichert.

### Die größten Vorteile

Aber welche wesentlichen Vorteile bietet diese Technologie, die in den letzten Jahren für eine derart schnelle Verbreitung des Standards gesorgt hat?

- **Kombinierte Datenübertragung und Stromversorgung:** Einer der wichtigsten Gründe für die schnelle Verbreitung von USB-C ist die Fähigkeit, Hochgeschwindigkeitsdaten, Videodaten und Strom über einen einzigen schlanken Anschluss zu übertragen. Dies erleichtert das Design





USB PD 3.2: Der UDB-C-Dtandrad mit erweitertem Leistungsbereich

- kompaktere und dünnere Geräte.
- **Vereinheitlichung und Wiederverwendbarkeit:** Herkömmliche Netzteile sind auf feste Spannungs- und Stromstärken ausgelegt und verfügen häufig über spezielle Steckverbinder, die nur mit den für sie vorgesehenen Geräten genutzt werden können. Solche Netzteile sind nicht mit anderen Geräten kompatibel.
- Im Gegensatz dazu sind USB-C-Netzteile universell kompatibel und verfügen über einen USB-C-Anschluss, der mit vielen Geräten funktioniert. Darüber hinaus können mit dem 240 W USB PD-Netzteil Spannungen und Ströme bis zu 240 W (48 V bei 5 A) bewältigt werden. Dadurch können alle USB-Geräte mit bis zu 240 W aufgeladen werden, einschließlich Geräte mit 5 V oder 15 V, 45-W-Telefone und 160-W-Laptops. Und sogar zukünftig erworbene Geräte wie Elektrowerkzeuge, E-Bikes oder 3D-Drucker für Privatkunden könnten mit demselben Netzteil aufgeladen werden. Ein einziges USB-Netzteil kann somit zum Aufladen einer Vielzahl verschiedener Geräte verwendet werden, was dem Endverbraucher Kosten spart.
- **Einsparungen bei F&E- und Herstellungskosten:** Kundenspezifische Netzteile, ob integriert oder mit kundenspezifischem Anschluss,

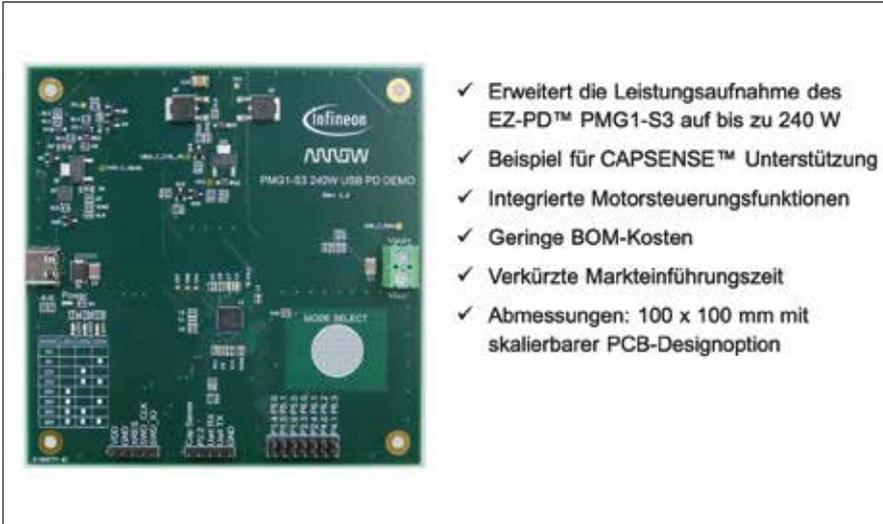
erfordern oft Investitionen in Design, Herstellung und Testläufe, bei geringeren Produktionsmengen.

Die Verwendung eines USB-C-Netzteils anstelle eines kundenspezifischen Netzteils in Kombination mit einem geeigneten USB-C-PD-Controller von Infineon als Stromsenke trägt dazu bei, das Kosten/Watt-Verhältnis zu senken. Eine natürliche Entwicklung, die nicht zuletzt durch den großen Wettbewerb zwischen Herstellern von Ladegeräten auf dem Massenmarkt zusätzlich befeuert wird.

- **Schnellere Markteinführung:** Neben den höheren Kosten für das Design eines externen oder eingebetteten Ladegeräts erfordern kundenspezifische Lösungen oft auch mehr Zeit für Forschung und Entwicklung sowie weitere Tests. Durch die einfache USB-Sink-Implementierung in Kombination mit einem zertifizierten USB-Ladegerät ist jedoch in den meisten Anwendungsfällen eine schnellere Markteinführung möglich.
- **Geringere Abhängigkeit von OEMs:** Eine andere Situation ergibt sich, wenn das Netzteil oder das integrierte AC/DC-Stromversorgungsmodul von einem OEM-Hersteller stammt. In einem solchen Fall kann

die Zukunft des Projekts stark von den Produktionsplänen des Drittanbieters abhängen. Sobald die USB-Sink-Funktion implementiert ist, könnten alle zertifizierten USB-Adapter mit ähnlichen Leistungsmerkmalen aus dem Consumer-Bereich verwendet werden, wodurch sich die Abhängigkeit von einem einzigen OEM-Lieferanten stark verringert.

- **Weniger Elektroschrott:** Auf den ersten Blick mag es vielleicht nicht offensichtlich sein, aber die Vereinheitlichung der Ladegeräte hat erhebliche Auswirkungen auf den Umweltschutz. Ladegeräte sind zwar nicht groß, aber die Auswirkungen auf die Umwelt sind enorm, wenn jedes Jahr Millionen von Ladegeräten weggeworfen werden.
- **Verbesserte Markenwahrnehmung:** Alleine die Tatsache, dass das Entwicklungsunternehmen mit den Trends Schritt hält, ist für Ihre potenziellen Kunden ein großer Anreiz. Stellen Sie sich vor, wie es sich anfühlen würde, wenn Ihr Unternehmen moderne und teure Messgeräte kaufen würde, denen eine CD für die Installation von Treibern und Software-Tools beiliegt.
- **USB-C-Anschluss:** Die Einführung des 24-poligen USB-C-Anschlusses in 2014 setzte einen Meilenstein.



- ✓ Erweitert die Leistungsaufnahme des EZ-PD™ PMG1-S3 auf bis zu 240 W
- ✓ Beispiel für CAPSENSE™ Unterstützung
- ✓ Integrierte Motorsteuerungsfunktionen
- ✓ Geringe BOM-Kosten
- ✓ Verkürzte Markteinführungszeit
- ✓ Abmessungen: 100 x 100 mm mit skalierbarer PCB-Designoption

Das REF\_ARIF240WS3 Sink-Referenzdesign-Board für Entwickler

### 240 W Sink-Referenzdesign

Den jüngsten Trends in der Branche folgend, haben Arrow und Infineon nun das neue 240 W PD 3.1 Sink-Referenzdesign vorgestellt, das auf dem EZ-PD PMG1-S3 Hochspannungs-Mikrocontroller von Infineon basiert und für USB-Anwendungen mit hoher Leistung bestimmt ist. Das neue Referenzdesign unterstützt bis zu 48V bei 5A im Power Delivery Object Sink-Modus – der höchste Wert, der mit den neuesten USB-Power-Delivery-Standards erreicht werden kann.

Das Referenzdesign erweitert die Leistungsaufnahme der Hochspannungs-Mikrocontroller der EZ-PD PMG1-Familie von 140 W auf 240 W. Das ist in erster Linie für Anwendungen mit hohem Leistungsbedarf und schnellem Ladebetrieb wichtig.

### 240 W Source-Referenzdesign

Das REF\_XDPS2222\_240W1, ein ergänzendes Design für eine 240-W-Stromquelle, basierend auf der CoolGaN Technologie von Infineon, ist eine hocheffiziente USB PD 3.1 Referenzdesign-Lösung mit kleinem Formfaktor. Es bietet eine Leistungsdichte von 25 W/in<sup>3</sup> und nutzt den XDP Digital Power XDPS2222 PFC + Hybrid-Flyback (HFB) Combo-IC.

Die koordinierte Kommunikation zwischen dem PFC- und HFB-Controller sowie die adaptive Busspannungseinstellung machen den XDP XDPS2222 Controller zur idealen Lösung für Anwendungen mit breitem AC-Eingangsbereich und einem erweiterten Ausgangsspannungsbereich, wie beispielsweise USB-PD-Netzteile mit erweitertem Leistungsbereich (EPR) und Batterieladegeräte. Die Hauptmerkmale:

- HFB ZVS-Betrieb von High- und Low-Side-Schaltungen
- Schnelle HFB-Spitzenstromregelung
- Harmonisierte PFC und HFB
- Pulse-Skipping bei geringen Lasten
- PFC Ein-/Aus-Steuerung
- regelnder PFC-Busspannungspegel

### Die Hauptanwendungen

Diese Referenzdesigns sind für eine breite Palette von Anwendungen bestimmt, wie leichte Elektrofahrzeuge, Drohnen und mobile Roboter, 3D-Drucker, Elektrowerkzeuge, medizinische Geräte, Haushaltsgeräte oder Unterhaltungselektronik. Generell können alle Anwendungen, die 0 bis 240 W benötigen, von der Verwendung von USB-C für die Stromversorgung und von den USB-PD-Funktionen dieser fortschrittlichen Designs profitieren. □

 PCIM 2024  
Halle 9, Stand 638

# MASCHINE STOP!

## ENERGIE RAUS.



FRIZLEN Bremswiderstände nehmen bei Maschinenstop zuverlässig höchste Energiemengen auf, auch bei Netzausfall.

- Leistungen von 10 W bis 500 kW
- Bis IP67, mit UL / CE

### FRIZLEN Leistungswiderstände

- Belastbar
- Zuverlässig
- Made in Germany

**100** JAHRE **DYNAMIK DURCH WIDERSTAND**

Tel. +49 7144 8100-0  
[www.frizlen.com](http://www.frizlen.com)

HERAUSFORDERUNGEN BEIM DESIGN VON ELEKTRONISCHEN STEUERUNGEN

## Die Trendsetter

Elektronische Steuerungssysteme werden für eine Vielzahl von Anwendungen in der Fabrikautomation in den unterschiedlichsten Branchen eingesetzt – von hochsensiblen Chemieanlagen bis hin zu komplexen Fertigungsstraßen. Welche Herausforderungen und Trends sind dabei zu beachten?

TEXT: Robert Ullstrom, Ivan Ruiz Stubelj, TE Connectivity BILDER: TE Connectivity; iStock, Deagreez

Schon beim Designprozesses muss sich der Entwickler über den besten Steckverbinder für die Anwendung Gedanken machen, damit das finale System die optimale Leistung erbringt.



Konstrukteure für Erstausrüster (Original Equipment Manufacturers, OEMs) sehen sich mit immer komplexeren Anforderungen bei der Entwicklung von Automatisierungssteuerungen konfrontiert, welche die für diese Märkte erforderliche Funktionalität, Zuverlässigkeit und Sicherheit bieten. Anwendungen können beispielsweise besondere Anforderungen an Sicherheit, Leistung oder Wartung stellen, die Ingenieure bei der Entwicklung berücksichtigen müssen, wenn sie zwischen Standardisierung und Anpassung oder Zuverlässigkeit und skalierbaren Lösungen abwägen.

Die Konnektivität ist ein Teil des Automatisierungssystems, der sehr einfach erscheinen mag. Im Wesentlichen handelt es sich um eine Verbindung zwischen einem Stift und einer Buchse. In jedem elektronischen System kann der Verbindungspunkt jedoch eine Schwachstelle sein, an der das System zuerst versagt. Ein gebrochener oder defekter Steckverbinder kann die gesamte Fertigungsstraße zum Stillstand bringen. Dies macht die Zuverlässigkeit zum wichtigsten Faktor für Steckverbinder in allen Automatisierungssteuerungen.

Robert Ullstrom, Global Sales Manager Application Focus Growth bei TE Connectivity, erklärt: „Wenn man sich bereits zu Beginn des Designprozesses Gedanken über den besten Steckverbinder für die Anwendung macht – und nicht erst am Ende des Prozesses einen Steckverbinder auswählt – kann man sicherstellen, dass alle mechanischen und elektrischen Parameter erfüllt werden und das System die gewünschte Leistung erbringt.“

## Herausforderungen meistern

Bei der Navigation durch sich ständig ändernde Normen und Spezifikationen für eine Vielzahl von Anwendungen müssen viele

Faktoren berücksichtigt werden. Diese fünf Aspekte können Entwicklungsingenieuren dabei helfen, den richtigen Ansatz für ihr Projekt zu finden.

## 1. Design und Spezifikationen beachten

Steckverbinder werden beim Design von Automatisierungssteuerungen oft als modulare und austauschbare Produkte betrachtet: Sie können gegen andere ausgetauscht werden und erfüllen immer die erforderlichen Spezifikationen. Steckverbinder ist jedoch nicht gleich Steckverbinder. Bei der Auswahl eines Steckverbinders müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden, wie zum Beispiel die erforderliche Geschwindigkeit und Leistung sowie mögliche Vibrationen oder extreme Temperaturen. Wenn man sich bereits zu Beginn des Designprozesses Gedanken über den besten Steckverbinder für die Anwendung macht – und nicht erst am Ende des Prozesses einen Steckverbinder auswählt – kann man sicherstellen, dass alle mechanischen und elektrischen Parameter erfüllt werden und das System die gewünschte Leistung erbringt. Darüber hinaus kann der Hersteller des Steckverbinders, wenn er so früh wie möglich einbezogen wird, Unterstützung, Beratung und technisches Fachwissen anbieten.

## 2. Komponenten und die Anforderungen

Die Designanforderungen sind je nach Anwendung unterschiedlich, werden aber im Allgemeinen immer komplexer, um einen sichereren und zuverlässigeren Betrieb in bestimmten Umgebungen und für branchenspezifische Endlösungen zu gewährleisten. Es gibt eine Vielzahl an komplexen Anforderungen, darunter mechanische Stabilität, elektrische Stabilität und Funktionalität. Man sollte sich der Möglichkeiten eines Steckverbinder-Portfolios bewusst sein. Alle Steckverbinder sehen gleich aus und



Hohe Systemrechenleistung benötigt häufig auch Steckverbinder mit hohen Datenübertragungen für den Informationstransport.

sind austauschbar, bis ein Problem auftritt. Beispielsweise kann die Wahl von Steckverbindern, die nicht für robuste Industrieanwendungen ausgelegt sind, zu Leistungen und Ergebnissen führen, die nicht den Normen oder Anforderungen der Kunden entsprechen. Bei vielen Geräten kopieren Ingenieure beispielsweise eine Entwicklungs- oder Referenzplatine, die in einem früheren System funktioniert hat, und passen diese an das neue Systemlayout an. Es ist jedoch ein ganzheitlicherer Ansatz erforderlich, um eine längere Produktlebensdauer für neuere Automatisierungssysteme zu gewährleisten.

### 3. Sind diese Steckverbinder robust genug?

Jede Hardware in Automatisierungssteuerungen muss den extremsten Bedingungen standhalten, die in einer Fabrikumgebung auftreten können. Schwierige Bedingungen können etwa extreme Temperaturen, Schwingungen, Mikrobewegungen und Feuchtigkeit sein. Es ist üblich, dass Ingenieure eine Hardwarelösung entwerfen, die vielen Anforderungen gerecht wird, und dann alle notwendigen Anpassungen durch Softwarevariationen vornehmen. Wichtig dabei ist, die Auswahl der Hardware auf der Grundlage der strengsten Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen des Marktes und der Endanwendungen zu verbessern. Elektrische Leistung und Stabilität sind wichtig, aber die mechanische Stabilität darf nicht vergessen werden.

### 4. Ist ein kleineres System anfälliger?

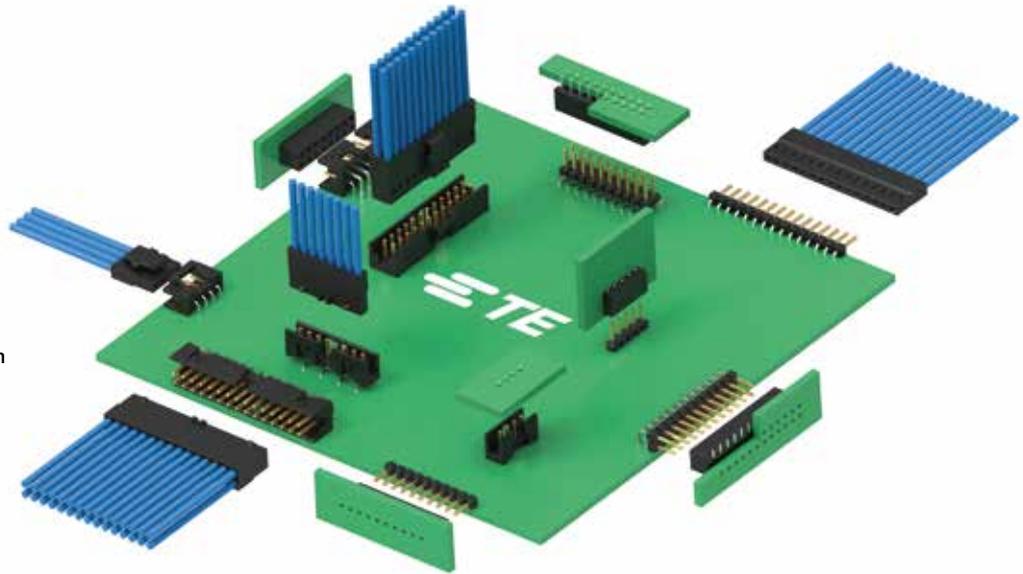
Eine ganzheitliche Betrachtung des Systemdesigns in einem frühen Stadium des Prozesses führt häufig zur Verwendung kleinerer Komponenten und Teile – intelligente Komponenten

können an die Peripherie verlagert und mehr Rechenleistung auf kleinerem Raum geplant werden. Mit etwas Kleinerem anzufangen, kann das Produkt wettbewerbsfähiger machen. Es ist jedoch wichtig, die erhöhten Risiken zu berücksichtigen, die mit viel kleineren Produkten verbunden sind. Sie können anfälliger für Brüche, elektrische Störungen oder mechanische Instabilität sein. Daher ist es entscheidend, einen Kompromiss zwischen Miniaturationstechnologie und mechanischer Stabilität zu finden. Entwickler müssen die Kombination von Datenrate, Zuverlässigkeit und Miniaturation anpassen, um sicherzustellen, dass alle Anforderungen an mechanische Stabilität und elektrische Leistung erfüllt werden. Je kleiner ein Produkt wird, desto kritischer sind Montage und Produktion des Produkts sowie Design und Konstruktion der Komponenten innerhalb des Systems. Die mechanischen Toleranzen im System sollten so bemessen sein, dass keine Reibung oder Spannung entsteht, die die Verbindung im Laufe der Zeit gefährden könnte.

### 5. Wie hoch sind die Kosten?

Ein ganzheitlicher Ansatz beim Systemdesign trägt zu wettbewerbsfähigeren anwendungsbezogenen Gesamtkosten bei. Dieser Ansatz geht über die reine Betrachtung der Komponentenkosten hinaus. Die anwendungsbezogenen Gesamtkosten berücksichtigen auch das Design, den Fertigungsprozess, die Lebensdauer des Systems und die laufende Wartung. Die Verwendung gut durchdachter, zuverlässiger Komponenten führt letztendlich zu einem Minimum an Qualitätsproblemen und Retouren – und damit zu geringeren anwendungsbezogenen Gesamtkosten. Vermeiden Sie den kurzsichtigen Ansatz, die billigsten Komponenten nur auf der Grundlage der niedrigsten Kosten auszuwählen, ohne andere

In Elektroniksteuerungen werden Steckverbinder beim Design oft als modulare und austauschbare Produkte betrachtet.



wichtige Faktoren wie langfristige Instandhaltungs- oder Qualitätskosten in der Gesamtrechnung zu berücksichtigen.

## Neue Trends

Mehrere Trends prägen die Zukunft der Automatisierungssteuerung und die Erwartungen der Kunden. Die Berücksichtigung dieser sich entwickelnden Technologien und Interessensgebiete kann Entwickler dabei helfen, der Zeit voraus zu sein und zuverlässigere und anpassungsfähigere Systeme zu entwickeln. Hier sind vier Trends, auf die Entwickler achten sollten:

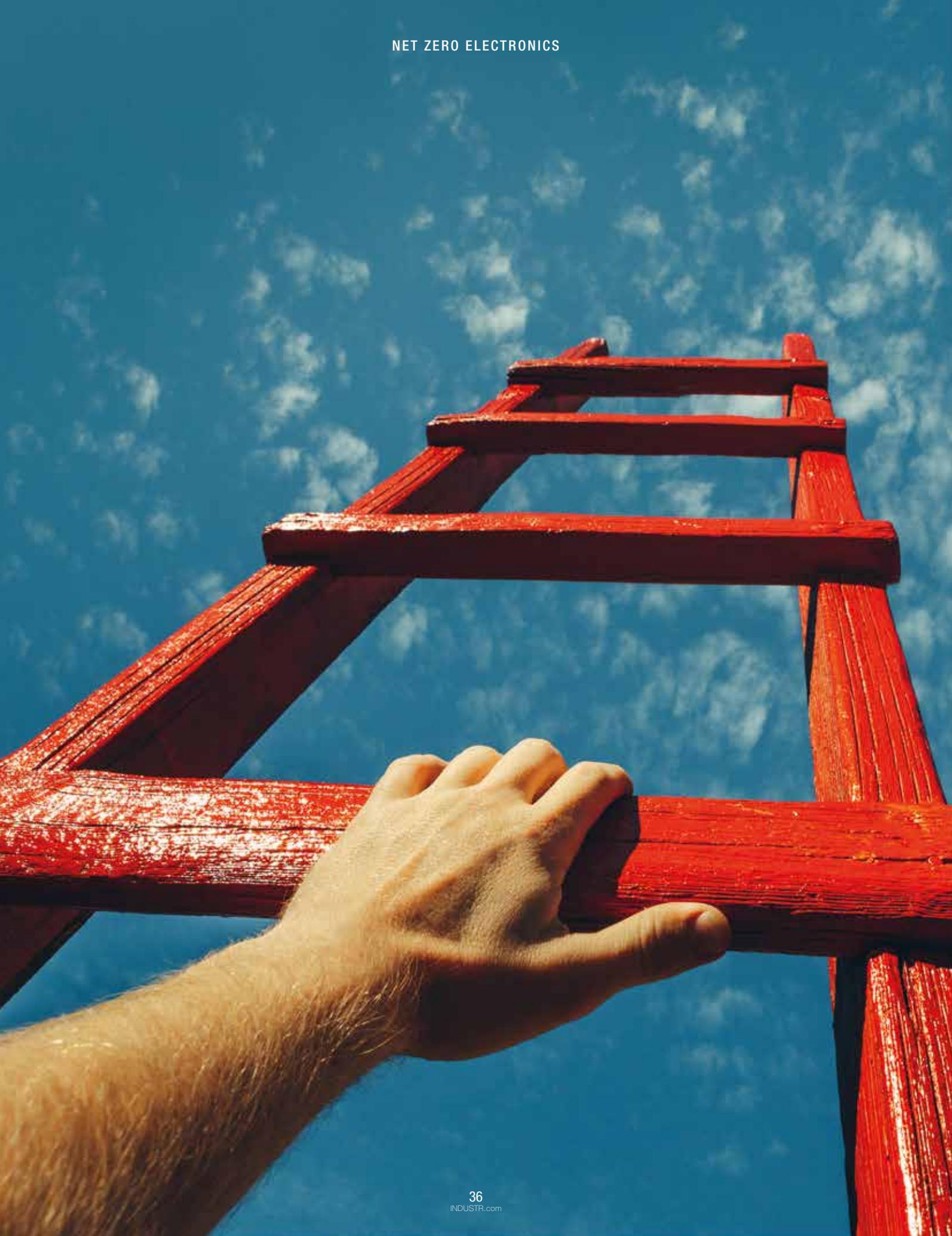
**Miniaturisierung:** Die Nachfrage nach Miniaturisierung wirkt sich auf elektronische Komponenten in vielen Industrien aus. Da die Teile und Maschinen in industriellen Fabriken immer kleiner werden, müssen auch die Steuerungen und Komponenten dieser Lösungen immer kleiner werden. Doch während die Größe abnimmt, bleiben die Anforderungen an Geschwindigkeit und Leistung gleich – oder steigen sogar. Auch alle schwierigen Umgebungsbedingungen wie Schwingungen oder Temperaturanforderungen bleiben unverändert. Mit der Miniaturisierung wird die Wahl der richtigen industriellen Steckverbinderlösung sehr wichtig, um die erforderliche Haltbarkeit und Zuverlässigkeit der Komponente zu erreichen. Die Auswirkungen einer ungünstigen Wahl der Komponenten sind umso größer, je kleiner die finalen Lösungen sind.

**Steigende Leistungsanforderungen:** Die Rechenleistung, die in diesen Komponenten und Systemen zur Verfügung steht, steigt immer weiter an. Ein Faktor, der die Einführung neuer Systeme vorantreibt, ist die Fähigkeit, Informationen aus dem Feld zu

extrahieren und sie den Entscheidungsträgern nahtlos an ihren Schreibtischen, Laptops oder Tablets zur Verfügung zu stellen. Industrielle Steckverbinder müssen zuverlässig sein und eine größere Bandbreite ermöglichen, um von diesen Fortschritten bei Leistung und Fähigkeiten profitieren zu können. Man kann sich den Steckverbinder wie ein Rohr vorstellen. Wenn ein Rohr bricht, kann kein Wasser mehr fließen.

**Auswirkungen der künstlichen Intelligenz (KI):** Diese Technologie könnte erhebliche Auswirkungen auf die Designzyklen und die Art und Weise haben, wie Automatisierungssteuerungen entworfen werden. Wenn beispielsweise ein Hersteller sehr spezifische Systemanforderungen hat, können diese mit Hilfe von KI in die Lösung geladen werden. Die steigende Rechenleistung dieser Systeme kann es den Ingenieuren ermöglichen, mit Hilfe der KI schnelle Fortschritte zu erzielen. Bei der Konnektivität geht es vor allem darum, Bandbreite und Geschwindigkeit zu erhöhen und diese Fähigkeiten in rauen Umgebungen zu verbessern.

**Nachhaltigkeit und Energieeffizienz:** Welchen Einfluss hat das Streben nach Nachhaltigkeit auf die Auswahl der Komponenten durch den Kunden? Nachhaltigkeitsanforderungen beeinflussen die Spezifikationen und Erwartungen der Kunden an Produkte und Lösungen. Die Entwicklung hin zu mehr Nachhaltigkeit und Energieeffizienz bei Automatisierungssteuerungen steckt noch in den Kinderschuhen, aber die Kunden werden in den kommenden Jahren mehr von den OEMs in diesem Bereich erwarten. Es ist wichtig, Fragen wie etwa die nach dem Umgang mit Abwasser zu beantworten. Sind die Produkte vollständig recycelbar? Es ist nicht mehr weit, bis diese Fragen zu einem wichtigen Bestandteil des Systemdesigns werden. □





## HMI-Komplettlösungen für Medizinanwendungen

# HÖCHSTE STANDARDS FÜR HMI

Die Medizinnorm legt strenge Sicherheitsstandards für Medizinprodukte fest. Ihre Umsetzung verbessert Prozesse, erhöht die Zuverlässigkeit und sichert eine hohe Produktqualität. Entsprechende HMI-Lösungen gewährleisten Prozesssicherheit, Rückverfolgbarkeit und Qualität für verschiedene medizinische Anwendungen – immer gemäß den höchsten Standards der Medizintechnik.

TEXT: Schurter BILDER: Schurter; iStock, Sergey Tinyakov

Aufgrund hoher Anforderungen in der Medizintechnik erfordert die Entwicklung und Integration von Eingabesystemen oder Human Machine Interfaces (HMIs) in diesen Maschinen und Geräten spezifisches Fachwissen sowie modernes Design und Produktionsmethoden.

Für das Design einer HMI-Lösung für die Medizin spielen zahlreiche Aspekte für die spezielle Anwendungslösung eine Rolle. Zur guten Integration der Komponenten wie Touchscreens, Displays und Controller ist ein qualifiziertes Technologie-Portfolio entscheidend. Darüber hinaus müssen die einzelnen Prozessschritte zur Herstellung der Komplettlösungen wie Glasbedruckung, Lamination, Optical Bonding und Elektronik aufeinander abgestimmt sein.

### Im Mittelpunkt steht der Anwender

Wenn die Entwicklung und Produktion nach DIN EN ISO 13485 erfolgt, werden Medizinprodukte so konzipiert, hergestellt und getestet, dass sie im Fehlerfall oder bei einem Totalausfall keinen Schaden für den Anwender, also den Patienten, verursachen.

Hersteller von medizinischen Produkten und Zulieferer von Komponenten müssen dabei eine Vielzahl an Regularien und Vorschriften beachten. Bei der Entwicklung und Fertigung von medizintechnischen Produkten sind neben technologischen Gesichtspunkten auch zahlreiche gesetzliche Vorschriften und Normen zu berücksichtigen und einzuhalten. Zudem müssen Hersteller kontinuierlich die Gültigkeit und



Alle Komponenten und Prozessschritte müssen bei der Herstellung von Komplettlösungen abgestimmt werden.

bevorstehende Änderungen relevanter Normen überprüfen, um den Produktentstehungsprozess auf die aktuellen Anforderungen anzupassen und zu verbessern.

## Norm DIN EN ISO 13485

Die DIN EN ISO 13485 ist eine Norm, die speziell für Qualitätsmanagementsysteme in der Medizinprodukteindustrie konzipiert wurde. Sie legt die Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem fest, um sicherzustellen, dass Medizinprodukte den gesetzlichen Vorgaben entsprechen und die Bedürfnisse der Benutzer erfüllen.

Im Hinblick auf die Herstellung von Produkten und in Bezug auf Produktionsprozesse ergeben sich daraus folgende Anforderungen:

- **Dokumentationsanforderungen:** Hersteller müssen sicherstellen, dass alle relevanten Aspekte ihrer Produktionsprozesse und -verfahren dokumentiert sind, einschließlich Planung, Validierung und Überwachung.
- **Risikomanagement:** Dabei geht es um die Sicherheit von Medizinprodukten. Hersteller müssen nachweisen, dass sie Risiken identifiziert, bewertet und entsprechende

Maßnahmen ergriffen haben, um diese möglichen Risiken auf ein Minimum zu reduzieren.

- **Änderungsmanagement:** Änderungen an Produkten oder Produktionsprozessen müssen systematisch bewertet und dokumentiert werden, um sicherzustellen, dass die Qualität und Sicherheit der Produkte erhalten bleibt. Dies betrifft auch die Validierung von Änderungen.
- **Lieferantenmanagement:** Die Norm legt Wert darauf, dass Hersteller sicherstellen müssen, dass ihre Lieferanten ebenfalls den Qualitätsanforderungen entsprechen. Dies erfordert eine effektive Überwachung der Lieferkette und eine sorgfältige Auswahl von Lieferanten.
- **Validierung und Verifizierung von Prozessen:** Hier müssen die Hersteller sicherstellen, dass ihre Prozesse geeignet sind, qualitativ hochwertige Produkte herzustellen, und dies durch angemessene Validierung nachweisen.
- **Rückverfolgbarkeit:** Damit wird sichergestellt, dass die Hersteller in der Lage sind, jedes einzelne Produkt bis zu seiner Herstellungsladung zurückzverfolgen.
- **Schulung und Kompetenz:** Mitarbeiter müssen angemessen geschult

und qualifiziert sein. Die Norm verlangt eine Dokumentation der Qualifikationen und Schulungen, um sicherzustellen, dass das Personal in der Lage ist, die Anforderungen der Norm zu erfüllen.

## Risikobasierter Ansatz

Bei Medizinprodukten ist ein Risikomanagement nach DIN EN ISO 14971 erforderlich. Dabei können verschiedene Verfahren wie PHA (Preliminary Hazard Analysis), FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), FTA (Fault Tree Analysis) oder HAZOP (Hazard Operability) angewendet werden, um Gefährdungspotenziale zu identifizieren. Es ist entscheidend, die Wahrscheinlichkeit und den Schweregrad möglicher Schäden sowie die damit verbundenen Risiken abzuschätzen. Anhand dieser Bewertung wird bestimmt, inwieweit diese Risiken akzeptabel sind (Risikoakzeptanz), um geeignete Maßnahmen zur Risikominderung zu ergreifen.

## Praktische Umsetzung

Auch für Komponenten gelten spezifische Verfahren und Dokumentationspflichten. Neben Sicherheitsanalysen müssen zusätzliche Aspekte wie Isolations- und EMV-Anforderungen berücksichtigt

Medizinprodukte setzen Maßstäbe mit hochentwickelten HMI-Systemen.



werden. Die Auswahl der Materialien ist von entscheidender Bedeutung, ebenso wie die Erstellung einer Liste kritischer Bauteile, wobei dabei die vorgesehene Anwendung und die Einsatzmöglichkeiten des Produkts berücksichtigt werden müssen. Insbesondere im Medizinbereich stellt dies eine Herausforderung dar, da die Sicherheit von Patienten und Anwendern sowie die Zuverlässigkeit eine entscheidende Rolle spielen.

Um Medizinprodukte in gleichbleibend hoher Qualität herstellen zu können, sind verschiedene Maßnahmen erforderlich. Die Dokumentation muss nachvollziehbar und vollständig sein, die Fertigungsvorgänge müssen reproduzierbar, rückverfolgbar und prozesssicher sein, und die Qualität der verwendeten Materialien muss konstant bleiben. Qualitätsmanagement und -sicherung sind unerlässlich, um dauerhaft ein hohes Qualitätsniveau zu gewährleisten. Auf diese Weise können Hersteller die Prozesse, Materialien und Fertigungsqualität überwachen, kontrollieren und bei Bedarf Maßnahmen initiieren.

## Einhaltung der Anforderungen

Schurter unterstützt seine Kunden zur Erfüllung der Anforderungen der MDR

(Medical Device Regulation) und der FDA (Food and Drug Administration). Prozesssicherheit wird nach DIN EN ISO 13485 bei der HMI-Fertigung sichergestellt. Eine lückenlose Rückverfolgbarkeit bis zum Produktionsdatum wird sichergestellt, was durch einen risikobasierten Ansatz ein Höchstmaß an Sicherheit gewährleistet.

## Vielfältige Medizinlösungen

Die Bandbreite an Medizinapplikationen ist vielfältig und groß und jede einzelne Anwendung muss mit den passenden Komponenten beziehungsweise Eingabesystemen gut und maßgeschneidert designt werden. Schurter bietet ein umfangreiches Portfolio an zertifizierten und sicheren Produkten für den Einsatz in hochwertigen medizinischen Applikationen wie zum Beispiel in:

- Operations- und Intensivmedizin
- Diagnostik
- Labor
- Dental
- Physiotherapie und Orthopädie
- Medical Home Care

## Zertifizierung von A bis Z

Schurter offeriert ein breites Produktangebot an zertifizierten Bauteilen für hochwertige medizinische Lösungen. Die

primären Anforderungen an elektromedizinische Geräte wie die gesicherte Stromzuführung, die Vermeidung von gefährlichen Körperströmen, die Reduktion von magnetischen und elektrischen Störungen sowie der Schutz von Explosionen oder Bränden werden so erfüllt. Besonders bei HMIs für den Bereich Medizinapplikationen ist Sicherheit, Genauigkeit, einfache und präzise Handhabung, intuitive Bedienung sowie Ergonomie von entscheidender Bedeutung.

## Innovative Systempartner

Das Unternehmen Schurter bietet ein großes Produktportfolio an zertifizierten Komponenten für hochwertige medizinische Anwendungen. Mit dem fundierten Wissen und der langjährigen Erfahrung beim Design von HMI-Eingabesystemen und Komplettlösungen unterstützt das Unternehmen Kunden bei der Entwicklung von Medizinapplikationen, die exakt auf die spezifischen Anwendungsanforderungen zugeschnitten sind. Als zertifiziertes Unternehmen nach der Medizinnorm DIN EN ISO 13485 ist Schurter ein Partner für zukunftsweisende qualifizierte Medizinanwendungen. Es begleitet Kunden von der Idee bis zur fertigen Lösung und das über den kompletten Produktlebenszyklus hinweg. □

FÜNF DIGITALE FÄDEN FÜR DEN ENTWURF UND DIE HERSTELLUNG ELEKTRONISCHER SYSTEME

# Komplexität beherrschen

Wie wird die digitale Transformation zu einem Erfolg? Eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen dabei die digitalen Fäden. Diese erlauben einen nahtlosen Daten- und Informationsfluss über verschiedene Prozessschritte hinweg und helfen so, Komplexität zu beherrschen. Ihnen kommt eine Schlüsselstellung bei der Optimierung von Geschäftsprozessen, der Verbesserung des Kundenerlebnisses und der Förderung von neuen Technologien zu.

TEXT: Matthew Walsh, Matt Bromley, Siemens EDA BILDER: Siemens EDA; iStock, scanrail

Die digitale Transformation umfasst die Integration digitaler Technologien und die Neugestaltung von Geschäftsprozessen, um Abläufe zu optimieren, Kundenerlebnisse zu verbessern und Fortschritt voranzutreiben. Digitale Fäden sind eine Schlüsselkomponente dieser Transformation, da sie den nahtlosen Daten- und Informationsfluss über verschiedene Phasen eines Prozesses, Systems oder einer Organisation hinweg ermöglichen und somit von entscheidender Bedeutung für die Bewältigung der Komplexität und die Wettbewerbsfähigkeit in einer sich ständig verändernden Elektronikbranche sind.

Digitale Fäden sammeln, integrieren und verwalten Daten über die verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus hinweg. Diese Fäden ermöglichen einen umfassenden Überblick über das Produkt und fördern die Zusammenarbeit, fundierte Entscheidungen und optimierte Entwürfe. Ziel ist es, diese Daten auf fortschrittlichere und interaktivere Weise zu nutzen; dies wird durch einen digitalen Zwilling erreicht. Während der digitale Faden einen strukturierten Datenpfad über den gesamten Lebenszyklus hinweg bereitstellt, nutzt der digitale Zwilling diese gesamten Daten, um den realen Zustand, das Verhalten und die Leistung eines bestimmten Produkts dynamisch abzubilden.

Die Analogie zu einer U-Bahn-Karte beschreibt treffend das Wesen digitaler Fäden. Wenn der digitale Faden analog zur U-Bahn-Karte ist, wobei die Haltestellen die Datenpunkte und die U-Bahn-Linien die digitalen Fäden darstellen, die sie verbinden, dann ist der digitale Zwilling die interaktive Echtzeit-Simulation des gesamten U-Bahn-Systems einschließlich der Züge, Bahnhöfe und allem, was es den Beteiligten ermöglicht, Probleme vorherzusehen, Szenarien durchzuspielen und Einblicke zu gewinnen, die mit der Karte allein nicht möglich wären. Diese nahtlose Integration des digitalen Fadens mit dem digitalen Zwilling gewährleistet einen 360-Grad-Ansatz für Produktentwurf, Betrieb und Wartung im digitalen Zeitalter.

Die Ergebnisse einer Umfrage von Lifecycle Insights 2022 („The ROI of Digital Transformation Benchmark Report“, ein Benchmark-Bericht über den ROI der digitalen Transformation) zeigten überwiegend positive Ergebnisse. An der Umfrage nahmen 330 Unternehmen teil, die sich am Anfang ihres digitalen Transformationsprozesses befanden.

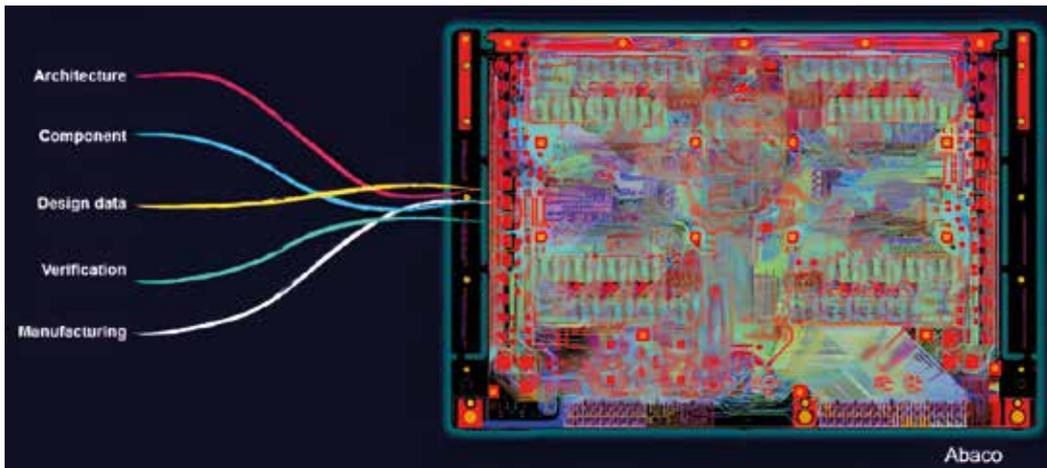
10 Prozent dieser Unternehmen stellten fest, dass ihre Projekte nicht nur ihre Umsatzziele erreicht, sondern auch übertroffen hatten, während 9 Prozent berichteten, dass sie ihre Gewinnmargen übertroffen hätten. Darüber hinaus berichteten bemerkenswerte 20 Prozent dieser Unternehmen von einer erheblichen Reduzierung der Anzahl der erforderlichen Prototypen – wodurch die positiven Auswirkungen der digitalen Transformation in ihren Entwurfs- und Fertigungsprozessen bestätigt wurden.

## Fünf digitale Fäden

Wenn es darum geht, die Komplexität des Entwurfs elektronischer Systeme von der ersten Idee bis zur Fertigung zu bewältigen, gibt es fünf wesentliche digitale Fäden:

**Digitaler Faden Architektur:** Dieser Faden konzentriert sich auf die frühe Architektur eines Systems und überbrückt die Lücke zwischen hohen Anforderungen und detailliertem Entwurf. Die Nutzung dieses Fadens ermöglicht eine effektive Zuweisung des Leistungsbudgets, Rückverfolgbarkeit und die iterative Verfeinerung.





Digitale Fäden sind weit mehr als nur ein Wettbewerbsvorteil.

**Digitaler Faden Komponente:** Die Bewältigung des Paradigmas des Datenaustauschs hinsichtlich defekter Komponenten ist von entscheidender Bedeutung. Standardisierte digitale Modelle von Komponenten durch Initiativen wie den JEP30-Standard von JEDEC sind der Schlüssel zur Steigerung der Effizienz und Reduzierung von Fehlern.

**Digitaler Faden Entwurfsdaten:** Dieser Faden stellt ein ausgefeiltes Framework dar, das darauf abzielt, verschiedene Elemente der Designdaten innerhalb einer digitalen Landschaft nahtlos zu synchronisieren. Das betrifft beispielsweise die Koordination der Daten für elektronisches computergestütztes Design (ECAD) und mechanisches computergestütztes Design (MCAD), um eine nahtlose Zusammenarbeit und Mehrdomänen-Simulationen zu ermöglichen. Dieser Faden benötigt zur Optimierung der Entwurfsprozesse optimierte Datenaustauschformate, wie den IDX-Standard.

**Digitaler Faden Verifizierung:** Aufgrund der Komplexität ist eine gründliche Verifizierung erforderlich. Die Einrichtung eines digitalen Fadens, der Anforderungen, Testfälle und Verifizierungsergebnisse nachverfolgt, fördert die Effizienz, verbessert die Rückverfolgbarkeit und erleichtert die kontinuierliche Verifizierung während des gesamten Entwicklungszyklus.

**Digitaler Faden Fertigung:** Das Zusammenspiel zwischen Entwurf und Fertigung ist bidirektional. Ein digitaler Faden für die Fertigung erlaubt kontinuierliche Verbesserungen dadurch, dass er Erkenntnisse aus der Fertigung erfasst und vielfältige Entscheidungen beim Design ermöglicht.

## Digitale Fäden sind domänenübergreifend

Der Entwurf elektronischer Systeme passt nicht nahtlos in einen einzigen Bereich oder Faden. Stattdessen erstreckt

er sich oft über mehrere Bereiche. Die transzendente Natur der digitalen Fäden stellt sicher, dass die Beteiligten aus verschiedenen Bereichen gemeinsam auf relevante, aktuelle Informationen zugreifen und fundierte Entscheidungen treffen können. Dieser vernetzte Ansatz bricht festgesetzte Silos auf, reduziert Ineffizienzen und fördert eine ganzheitliche Sicht auf den gesamten Produktlebenszyklus vom Konzept bis zum Ende der Lebensdauer.

Daher ist es unerlässlich, dass digitale Fäden nicht auf eine bestimmte Domäne beschränkt werden, sondern domänenüberschreitend sind. Tatsächlich besteht das Kernprinzip des digitalen Fadens darin, einen nahtlosen Daten- und Informationsfluss über verschiedene Produktlebenszyklusphasen, Domänen und Fachgebiete hinweg bereitzustellen. Auf diese Weise stellt der digitale Faden sicher, dass Informationen während des gesamten Lebenszyklus eines Produkts oder Systems konsistent, zugänglich und rückverfolgbar bleiben.

Der digitale Faden ist nicht nur eine konzeptionelle Strategie, sondern ein transformativer Ansatz, der neu definiert, wie Elektronik entworfen, hergestellt und genutzt wird. Letztlich ist er das Fundament für die Zukunft: die Blaupause einer digital transformierten Elektronikindustrie, in der Präzision und die Zusammenarbeit sowie neue Technologielösungen synergetisch zusammenlaufen.

Unternehmen können von der Einführung des digitalen Fadenmodells enorm profitieren: von erheblichen Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen bis hin zu verbesserter Produktqualität und schnellerer Markteinführung. Doch digitale Fäden stellen mehr als nur einen Wettbewerbsvorteil dar. Sie sind für diejenigen unerlässlich, die die zunehmende Komplexität bei der Entwicklung und Herstellung elektronischer Systeme bewältigen möchten. □

SICHERHEIT, KI UND CONNECTIVITY IM FOKUS DER INDUSTRIE

# IoT und Technologietrends 2024

Ein Thema ist derzeit in aller Munde: Security. Eine der größten Herausforderungen für Geräte- und Maschinenhersteller im laufenden Jahr dürften die neuen Security-Regularien sein. Daneben wird sich vor allem der Trend zu KI- und Connectivity-Themen verstärken – diese Technologien haben sich inzwischen deutlich breiter in der Praxis durchgesetzt.

TEXT: Hannes Niederhauser, Kontron BILDER: Kontron; iStock, Peshkova

Der Anspruch an die Sicherheit steigt kontinuierlich, insbesondere im Bereich von Maschinen und Infrastruktur. „Security by Design“ soll nun auch als gesetzlich verankertes Konzept dafür sorgen, dass Manipulation von außen weitestgehend ausgeschlossen ist. Mit IEC 62443 greift ein internationaler Cybersicherheitsstandard für industrielle

Automatisierungs- und Steuerungssysteme. Das Unternehmen Kontron arbeitet derzeit daran, die Zertifizierung frühzeitig noch in diesem Frühjahr abzuschließen. Maschinenhersteller und -betreiber haben laut der Maschinenverordnung (EU) 2023/1230 noch knapp drei Jahre Zeit, die neuen Anforderungen an Maschinen und Anlagen zu erfüllen.

Dafür muss sowohl im Entwicklungsprozess als auch im Produktionsprozess eines Computersystems sichergestellt sein, dass an keiner Stelle Schadsoftware in Hard- und Software gelangen kann. Anbieter müssen in der Lage sein, neueste Sicherheitslücken sofort zu schließen und Fehler zu beheben. Hier setzen Lösungen wie KontronOS an. Das



Hannes Niederhauser, CEO bei Kontron, gibt einen tiefen Einblick in die Zukunft der Elektronikbranche.

Betriebssystem besteht aus einem minimalistischen Standard-Linux, deckt jedoch alle Funktionalitäten ab, die Kunden typischerweise benötigen. Für diese Plattform wird kontinuierlich nach neuen Bedrohungen oder Schwachstellen gefahndet, und Sicherheitslücken werden automatisch durch Updates behoben. Maschinen- und Anlagenherstellern sowie Medizinproduktanbietern steht damit ein wichtiger Baustein zur Verfügung, um die neuen Regularien zu erfüllen.

Die Auswirkungen sind schon im Markt spürbar: Praktisch jede neue Ausschreibung enthält bereits diese normative Anforderung. Der verbesserte Schutz treibt alle Marktteilnehmer um.

## KI weiter auf dem Vormarsch

Der KI-Hype um ChatGPT betrifft die Branche eher indirekt, der Schwerpunkt im Bereich Künstliche Intelligenz liegt weiterhin klar auf der Bildverarbeitung, insbesondere in Bezug auf die Qualitäts- und Fertigungsoptimierung, sowie Überwachung und Sicherheit im Produktionsumfeld. Alle Hersteller arbeiten intensiv daran, die Parallelprozesse effizienter auf Hardware-Ebene umzusetzen, einschließlich der Anbindung an weitere Systeme oder Maschinen.

Dafür stehen vor allem im Bereich der Grafikprozessoren, die auf die Beschleunigung von KI-Applikationen spezialisiert sind, viele neue Produkte von Unternehmen (z.B. Nvidia) im Fokus der Aufmerksamkeit. Auch bei den CPUs verzeichnen die Hersteller weitere Leistungssteigerungen und eine erhöhte Integration von KI-Beschleunigern.

Unternehmen wie TI, NXP, Hailo, oder Broadcom integrieren KI-Beschleuniger aktuell in ARM-basierte, stromsparende und kostengünstige Rechnerplattformen, die in verschiedenen Umgebungen, wie beispielsweise in Edge Systemen, Kameras oder Fahrerassistenzsystemen, genutzt werden können. Wichtige Anwendungsszenarien für autonomes Fahren finden sich auch im Schienentransport, in der Fabriklogistik sowie in Konstruktions- oder Erntemaschinen. Intel und AMD hingegen verleihen den leistungsstarken Rechnersystemen, die für das Training von KI-Modellen auf einzelnen Hochleistungsmaschinen oder in der Cloud erforderlich sind, weitere Leistungsfähigkeit und immer weiter reduzierten Stromverbrauch.

## KI braucht Vernetzung

Auch die Konnektivität bleibt mit 5G und WiFi 6 ein dominierendes Thema.

Während 5G-Campusnetzwerke bisher hauptsächlich in Leuchtturm-Projekten implementiert wurden, zeichnet sich derzeit ein breiterer Einsatz der Technologie ab. Ein wesentlicher Treiber dafür ist der Bedarf für erhöhte Sicherheit und Stabilität von Wireless-Verbindungen, sowie zunehmende Datenmengen mit unterschiedlichen Prioritäten und Services. Die Datenrate, die beherrscht werden muss, steigt durch KI, Echtzeitsteuerungen sowie verstärkte Video- und Bildverarbeitung drastisch an. Im medizinischen Umfeld wie in der Fertigungsindustrie werden komplexe Systeme immer flexibler zu leicht beweglichen Inseln zusammengefasst, sodass die komplexe Verkabelung zum Problem wird und drahtlosen Verbindungen weichen muss. Hier wird man nicht auf 5G verzichten können. 5G wird auch im Bereich des Autonomen Fahrens für Assistenzsysteme weiter an Bedeutung gewinnen.

Der Ansatz im 5G-Umfeld besteht darin, sowohl günstige 5G-fähige Endgeräte als auch die Netzwerkinfrastruktur als privates 5G Netz zur Verfügung zu stellen und damit komplette Lösungen aus einer Hand zu entwickeln und bereitzustellen. Durch den Erwerb von Teilen des Funkmodul-Herstellers Telit und die Spezialisierung Slowenien auf

COM-HPC Servermodule bieten Applikationsentwicklern ein hohes Maß an Skalierbarkeit und Flexibilität für High-End Edge-Computing-Anwendungen auf einem kleinen Formfaktor.



5G-Mobile-Private-Network-Angebote wurden die Ressourcen ausgebaut. In Praxisprojekten zeigt sich immer wieder, dass die Integration oft aufwendig und risikobehaftet ist, wenn verschiedene Anbieter zusammengebracht werden müssen. Die Integrationsleistung wird zu einem integralen Bestandteil eines Komplettpakets mit aufeinander abgestimmten Technologien. Auch für Support und Service braucht es dann nur einen Ansprechpartner.

Speziell in der Fabrikautomation müssen sich die Produkte in große Produktionssysteme integrieren und dafür Schnittstellen für die sichere und deterministische Datenübertragung mitbringen. Hier spielen TSN und in Zukunft auch TSN-over-5G eine wichtige Rolle. Neben den Industrieanwendungen sehen wir insbesondere bei den Bahnen einen großen Entwicklungsschub im Bereich Mission critical Communication und Passenger Entertainment. Auch hier ist das Unternehmen intensiv in die Anpassung der 5G-Technologie für die sichere Bahnkommunikation der Zukunft involviert.

## Beliebte Formfaktoren

Aufgrund seiner Vielseitigkeit wird der Formfaktor SMARC auch weiterhin

eine bedeutende Rolle spielen. Computer-on-Modules im kleinen, energiesparenden Formfaktor eignen sich besonders für kundenspezifische Lösungen, in denen sich aufgrund der Größen- oder Designvorgaben kein Motherboard als Standard nutzen lässt. Neben dem großen Angebot an industriellen Standard-Motherboards stehen unter anderem die Formfaktoren COM-Express und HPC zur Verfügung.

Damit können Gerätehersteller Modulträger (Carrier Boards) nutzen, die flexibel an das eigene Design angepasst werden und dabei trotzdem von der „Economy of Scale“ der großen Standard Modul-Familien profitieren. Weitere typische Einsatzszenarien sind in der Industrieautomatisierung oder im Retail-Umfeld zu finden, wie beispielsweise bei intelligenten elektronischen Waagen.

Auch für Maschinenbauer wird es einfacher, auf Basis eines Carriers neue Funktionalität zu entwickeln. Zum einen kann von Standards und damit auch von Austauschbarkeit im Sinne von Second Source profitiert werden. Zum anderen lässt sich die Performance über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts skalieren, indem einfach ein kompatibles Modul neuerer Generation auf dem Carrier ausgetauscht wird.

## Dynamik in Lieferketten

Die Probleme mit Lieferketten und Versorgungsengpässen haben sich zwar merklich entspannt. Angesichts der Dynamik mag jedoch wohl niemand prophezeien, mit welchen Herausforderungen die Märkte in naher Zukunft konfrontiert sind. Die Lieferfähigkeit bleibt ein zentrales Thema für alle Anbieter von Elektronikkomponenten. Das Unternehmen Kontron setzt hier etwa auf höhere Lagerbestände, die sich an Forecasts orientieren. Für sämtliche Komponenten gibt es eine Second Source, und in den vergangenen Jahren wurden viele Re-Designs für schwer verfügbare Bauteile durchgeführt.

## Fachkräftemangel im Griff

Insbesondere im Mittelstand zeichnet sich ab, wie herausfordernd es ist, die vielen neuen Technologien und Sicherheitsanforderungen parallel zu stemmen. Das Thema der begrenzten Ressourcen macht sich vor allem auch in der Produktentwicklung bemerkbar. Ziel ist es, den Kunden durch den Einsatz vorentwickelter Module viele Entwicklungsaufgaben zu erleichtern und über das eigens entwickelte Toolset-susietec-Expertise in die Software-Entwicklung der Projekte einzubringen. □



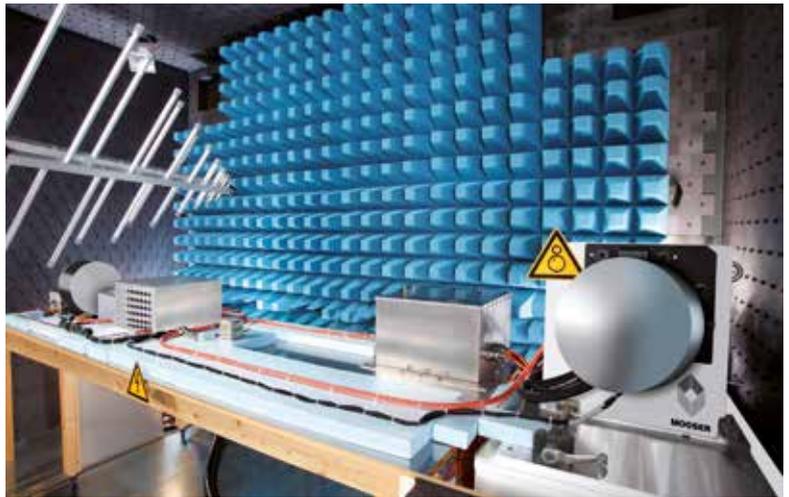
ZERTIFIZIERUNG VON ELEKTRONISCHEN KOMPONENTEN

## Aus der Praxis für die Praxis

Prüflabore sind in vielen Industrie- und Wirtschaftsbereichen unverzichtbar, da sie die einwandfreie Funktion von Elektronikprodukten sicherstellen und Bauartzulassungen unterstützen. Kalibrierlaboratorien gewährleisten genaue Messergebnisse, indem sie Anzeigefehler von Messgeräten ermitteln und korrigieren. Bei der Auswahl eines Prüf- und Kalibrierlabors sollten Entwicklungsingenieure jedoch gewisse Punkte beachten.

TEXT: Christian Lämmlein, Mooser EMC Technik; Stephan Spörl, Jakob Mooser BILDER: Mooser; iStock, Shutter2U

In speziellen Prüfkammern müssen Sensoren und Steuergeräte ihre EMV-Festigkeit unter Beweis stellen.



Die DIN EN ISO/IEC 17025:2018 legt die allgemeinen Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien fest. Mit dem erneut positiv absolvierten Audit haben die zwei Labore von Mooser in Ludwigsburg und in Egling bei München den Nachweis erbracht, dass gleichbleibend verlässliche, reproduzierbare und vertrauenswürdige EMV-Labormessungen sowie Ergebnisse erreicht werden.

Außerdem hat die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkKS) beiden Standorten die fachgerechte Umsetzung zahlreicher weiterentwickelter und neuer Normen der vergangenen Jahre bestätigt. So dürfen beispielsweise Messungen gemäß der allgemeinen Normen ISO/TS 7637-4 (Electrical transient conduction along shielded high voltage supply lines only) und ISO 10605 (Prüfverfahren für elektrische Störungen durch elektrostatische Entladung) in den aktuellsten Versionen durchgeführt werden. Außerdem wurden zahlreiche weiterentwickelte oder neue OEM-spezifische Normen adaptiert, etwa von Fiat Chrysler (Stellantis), General Motors, Ford, Hyundai, MAN/Scania, Mazda, Mercedes-Benz, Renault Nissan, Toyota und Volkswagen.

Diese von unabhängiger Stelle zertifizierte Fachkompetenz ist ein großer Vorteil für die Kunden. Wissen doch die

Ingenieure in einem auditierten Prüf- und Kalibrierlaboratorium aus eigener Erfahrung genau, wo bei einer Zertifizierung oder Serienfreigabe „der Schuh drückt“ und wie diese Aufgaben effektiv, praxisgerecht und schnell gelöst werden.

### Für jede Herausforderung den passenden Rat

Für Messungen ist Spezialwissen notwendig. Mit dem Know-how der Fachleute in den EMV-Laboren rund um die EMV-Messungen erreichen die Projekte besser und schneller das Ziel. Außerdem ist eine fachlich fundierte und faire Beratung bei EMV-Messungen wichtig. Deshalb haben etablierte Labore den Anspruch, rund um die Projekte umfassend und seriös zu beraten. Dies beginnt mit einfachen Tipps für die kleinen Herausforderungen des Arbeitsalltags und reicht über die begleitende EMV-Beratung bei einem Mess- oder Entwicklungsauftrag bis hin zu vertraglich geregelten Beratungsleistungen.

Der oberste Leitsatz bei der elektromagnetischen Verträglichkeit lautet: EMV kann man nicht ins System prüfen, sondern man muss sie von Anfang an ins System entwickeln und konstruieren. Die EMV-Entwicklung der Komponenten im Fahrzeug ist zeitraubend und unwirtschaftlich, da EMV-Messungen

im fertigen Fahrzeug erst kurz vor SOP möglich sind. Bei Problemen ist fast keine Zeit mehr für eine Entstörung und Modifikation der Komponenten. Außerdem muss der Prüfling jeweils zeitraubend aus dem Fahrzeug aus- und später wieder eingebaut werden. Dies führt zu hohem Zeitaufwand und einer Blockade wertvoller Prüfstandkapazitäten. Deshalb empfehlen Insider eine Entstörung von Elektronikkomponenten schon in der A- oder B-Muster-Phase, weil dann Änderungen technisch einfacher umsetzbar und damit kostengünstiger sind, sowie zeitlich weitgehend unkritisch.

Dabei werden Störquellen auf Platinen lokalisiert und anschließend fachgerecht entstört. Etwa mit einer geänderten Leitungsführung, passgenaueren elektronischen Bausteinen, Filtern oder einer Modifikation des Platinen-Layouts oder der Schaltung. Sehr günstig ist es, wenn diese Arbeiten mit hoher handwerklicher Kompetenz mit dem Lötkolben durchgeführt werden. Anschließend wird der Prüfling erneut vermessen. Je nach Ergebnis wird der Störpunkt nochmals bearbeitet oder es wird die nächste Störquelle optimiert. Sobald das provisorische Layout bei den EMV-Messungen alle Anforderungen erfüllt, bekommt es wieder der Kunde zurück, der auf dieser Basis eine modifizierte, neue und störsichere Komponente aufbaut.



Für die EMV-Tests an unterschiedlichen Systemen und Komponenten wird modernste Messtechnik eingesetzt.

EMV-Messungen bestehen meist aus vielen Messwerten der Elektrik- und Elektronikkomponenten, die ausführlich erörtert werden. Mehrwert entsteht aber erst durch die Anwendung auf vor- und nachgelagerte Bereiche: Wie wird eine Komponente vor dem Test optimiert, damit sie bessere Ergebnisse erzielt? Wie wird sie vorbereitet, dass die Tests einfacher und schneller ablaufen können? Wo liegen die Fallstricke und kleinen Stolpersteine, die einen Projekterfolg verzögern können?

Wenn beispielsweise eine Komponente undefinierbare Störfrequenzen aussendet, wird im Dialog nach den Störquellen gesucht, sie werden neutralisiert und der Kunde bekommt Hinweise, wie solche Störquellen von Anfang an vermieden werden können. Auf Anfrage erstellen die Fachleute auch gerne einen Testplan für EMV-Messungen. Oder zeigen beispielsweise bei den Messvorbereitungen, welche Simulation, Peripherie und Anschlüsse für den Messvorgang zur Verfügung stehen sollten.

Falls ein Auftraggeber in Fragen rund um EMV-Phänomene, EMV-Messungen, Normen und Regularien noch nicht so sattelfest sein sollte, zeigt das Labor auf, wie Komponenten am besten für EMV-Messungen vorbereitet werden,

erläutern alle Aspekte rund um die Normung und führen Schritt für Schritt durch eine OEM-Qualifikation oder eine Typgenehmigung.

Gute Beratung bei EMV-Messungen ist wichtig, aber natürlich nicht alles. Erst im Verbund mit der EMV-Messexpertise und den teilweise einzigartigen Messkabinen wird daraus ein Gesamtangebot, das die Entwicklungsprozesse beschleunigt und die Elektro- oder Elektronikkomponente rascher und zuverlässig zur Serienreife führt.

Dieses einzigartige Serviceangebot schließt auch den persönlichen Kontakt mit ein. Als Berater fungiert immer ein erfahrener Ingenieur, der das Projekt vom Anfang bis zum Ende begleitet. Er ist Ansprechpartner und koordiniert intern alle für den Projekterfolg erforderlichen Dienstleistungen.

### Typgenehmigungen durch Technischen Dienst

Jede Fahrzeugkomponente, die im Straßenverkehr eingesetzt wird, benötigt eine Erlaubnis des Kraftfahrtbundesamts (KBA). Dazu durchläuft sie die sogenannte Typgenehmigung. In diesem Komplexen Procedere wird geprüft, ob die Komponente sach- und fachgerecht

entwickelt wurde und den geltenden Vorschriften entspricht.

Das Unternehmen Mooser ist seit 2001 als Technischer Dienst für Typgenehmigungen nach der ECE R10 Richtlinie vom KBA benannt. Diese Technischen Dienste führen im Kundenauftrag Typprüfungen zu EMV-Themen durch und unterstützen die Auftraggeber partnerschaftlich, die Produkte „auf die Straße zu bringen“. Die Inhalte von Typgenehmigungen für Fahrzeugteile und Fahrzeuge sind die mehr als 100 einzelne ECE-Regelungen unterteilt. Für Aspekte der elektromagnetischen Verträglichkeit definiert die ECE R10 die Anforderungen und Prüfzenarien.

Die Labore in Egling und in Ludwigsburg konzentrieren sich auf elektrische und elektronische Komponenten und Systeme. Ob E-Motor, Batterien, Inverter, Sensoren oder andere Komponenten und Systeme: Das Know-how und die Berechtigung muss vorhanden sein, im Kundenauftrag diese Bauteile in allen Aspekten der elektromagnetischen Verträglichkeit zu prüfen und die gesamten Unterlagen beim KBA zur finalen Freigabe einzureichen.

Laut der Richtlinie ECE-R10 müssen die Komponenten beispielsweise auf das



Kunden eines auditierten Labors können von einer umfangreichen Mess- und Prüf-Infrastruktur profitieren.

eventuelle Aussenden von Störemissionen im Frequenzbereich von 30 bis 1000 MHz getestet werden, auf ihre Störfestigkeit im Bereich 20 MHz bis 2 GHz und ob sie im Fahrzeug nennenswerte Störabstrahlung über Leitungen oder Verbindungsstellen verursachen. Bei E-Fahrzeugen zum Beispiel gehört auch eine Schnittstellenprüfung zwischen Ladegerät und stationärem Stromnetz dazu.

### Hilfe bei der Entwicklung bis zum finalen Produkt

Die Kunden, die einem auditierten Labor vertrauen, profitieren außerdem von der umfangreichen Mess- und Prüf-Infrastruktur. Die Ingenieure dort prüfen die neuen Komponenten in genau den gleichen Messkammern, in denen sie auch entwicklungsbegleitende Tests zu Störaussendung, Störfestigkeit, Schirmdämpfung und anderen EMV-Aspekten durchführen.

Zudem sind die Messkammern – etwa die wegweisende eCHAMBER von Mooser – so leistungsfähig und vielseitig, dass die verschiedenen Untersuchungen der Typprüfung in nur wenigen Kammern durchgeführt werden können. Die dadurch erzielten geringeren Rüstzeiten für die Probanden sparen Zeit und somit bares Geld für den Auftraggeber.

### Die Typgenehmigung ist mehr als nur Messen

Die Benennung beim KBA als Technischer Dienst bietet zunächst die Gewähr, dass die EMV-Prüfungen und auch der Verwaltungsaufwand für die Typgenehmigung ordnungsgemäß durchgeführt werden. Sie umfasst in einem guten Labor aber noch viel mehr:

- Prüfen schon beim Erstkontakt, ob die administrativen Voraussetzungen für die Beantragung einer Typgenehmigung durch den Auftraggeber erfüllt sind.
- Vorab klären, dass nur eine optimal vorbereitete und serienreife Komponente die Prozesse der Typgenehmigung durchläuft. Das minimiert das Risiko eines Scheiterns.
- Sobald die erforderlichen technischen Unterlagen (etwa Schaltpläne, Konstruktionszeichnungen, Stücklisten) zur Verfügung stehen, generiert Mooser daraus den Beschreibungsbogen. Parallel wird aus den EMV-Messergebnissen das Gutachten erstellt.
- Sind alle notwendigen Unterlagen optimiert, reicht das Labor sie beim KBA zur Genehmigung ein.

Die Typgenehmigung ist kein singulärer Vorgang vor dem Serienstart: Jede

spätere Änderung an einem Bauteil muss an das KBA gemeldet werden. Auch diese Aufgabe übernimmt ein anerkanntes Labor inklusive der Prüfung und Bewertung der Änderungen, ergänzen der Bauteil-Dokumentation und einreichen der Unterlagen beim KBA.

Bei den Typgenehmigungen profitieren die Auftraggeber von der großen Erfahrung aus jahrzehntelanger Zusammenarbeit mit dem Kraftfahrtbundesamt und mehr als 200 erfolgreich abgeschlossenen Genehmigungsprozessen. In Egling und Ludwigsburg weiß genau, welche Anforderungen das KBA stellt und koordiniert sie mit den Ansprüchen und Wünschen der Auftraggeber. Dies sorgt für einen reibungslosen Ablauf der Typgenehmigung, selbst bei kompletten E-Antrieben und komplexen Hochvoltbatterien. Das können nur die besten Anbieter von EMV-Typgenehmigungen.

Zusätzlich greift auch hier das Prinzip der individuellen Kundenbetreuung. Ein Mitarbeiter sollte als fest definierter Ansprechpartner für das gesamte Projekt zuständig sein. Mit seinem Fachwissen und seiner persönlichen Erfahrung garantiert der Experte, dass die äußerst anspruchsvolle Typgenehmigung einer Komponente reibungslos abläuft – bis zum erfolgreichen Abschluss. □

DER SCHNELLE WEG ZU SPEZIFISCHEN VERBINDUNGSLÖSUNGEN

# Die etwas anderen Steckverbinder

Es gibt gute Gründe, auf Steckverbinder zu setzen, die vom Standard abweichen. Kundenspezifische Lösungen helfen Fehler zu vermeiden und außergewöhnliche Ideen umzusetzen. Entgegen mancher Vorurteile ist die Herstellung individueller Steckverbindungen weder langwierig noch teuer.

TEXT: Detlef Fritsch, Weco Contact BILDER: Weco Contact; iStock, xxmxxx

In der Theorie ist die Verkabelung einfach: Stecker in die passende Buchse oder auf die freistehenden Kontaktstifte – und fertig. In der Praxis sieht es leider sehr viel anders aus, denn immer wieder passieren Fehler. Da werden Kabel vertauscht, was unter Umständen zu Beschädigungen von Schaltungen und Bauteilen zur Folge haben kann, wenn dadurch eine falsche Spannung angelegt wird. Im schlimmsten Fall können sogar Leib und Leben durch falsch verkabelte Geräte gefährdet werden. Es kommt auch vor, dass Stecker verdreht oder in eine falsche, ungeeignete Buchse gesteckt werden. Eine aufwendige Fehlersuche oder gar mechanische Beschädigungen von Stecker und Buchse können teure Folgekosten nach sich ziehen. Gelegentlich gibt es aber auch spezielle bauliche Anforderungen, die eine Anpassung nötig machen.

Aus diesem Grund bieten Hersteller von Stecker- und Verbindungslösungen neben ihrem Standardsortiment auch häufig die Produktion kundenspezifischer Varianten an. Das beginnt bei der individuellen Beschriftung von Kabeln und reicht über Farbcodierungen und einfache physische Kodierungen bis hin zu kundenspezifischen Formgebungen. Diese werden auch unter Experten „Poka-Yoke“-Lösungen genannt, nach der

japanischen Begriffsbedeutung für „unglückliche Fehler vermeiden“.

## Änderungspotenziale

Viele Geräte und elektronische Komponenten werden vom Hersteller „anschlussfertig“ ausgeliefert. Das heißt, die Verkabelung ist bereits integriert, der Abnehmer muss nur noch die Verbindung am anderen Ende vornehmen. Das kann bei sehr komplexen Installationen auch eine größere Zahl von Steckern und Kabeln umfassen, so dass es auch Sinn machen kann, die einzelnen Kabelstränge zu beschriften, um die dedizierte Zuordnung zu erleichtern; auch Klemmen können beschriftet werden.

Eine weitere Möglichkeit, die oft gerne genutzt wird, ist die Kodierung per Farbe. Sie kann sowohl bei den Kabelummantelungen als auch bei den Steckergehäusen ansetzen. Wenn klar ist, dass der Stecker jeweils in die gleichfarbige

Buchse gehört, oder dass konsequent bestimmte Kabelfarben bestimmten Themenbereiche zugeordnet sind – Sensoren blau, Alarmsystem rot et cetera – dann wird die Verwechslungsgefahr



Je nach Anwendung kann der Kunde auf individuelle oder Standard-Lösungen zurückgreifen.



ebenfalls reduziert. Allerdings müssen die gewünschten Farben bereits bei den VDE-, UL- oder CSA-Zulassungen mit beantragt worden sein. Dann sind auch die Sonderlösungen weltweit einsetzbar.

Ebenfalls nicht unüblich sind geringfügige Abweichungen in der Form, sogenannte physische Kodierungen. Dabei handelt es sich meist um kleine Kodierkeile oder -nasen, die dafür sorgen, dass der Stecker nur in der gewünschten Ausrichtung in die richtige Buchse passt – normalerweise. Doch auch hier sieht man Fälle, dass mit entsprechendem Kraftaufwand falsche Verbindungen hergestellt werden. Dann bleibt nur noch die Möglichkeit, mit einer besonderen Formgebung die Fehlkonfiguration zu verhindern.

Dieser letzte Fall bietet sich aber auch dann an, wenn die äußeren baulichen Gegebenheiten den Einsatz eines Standardsteckers nicht oder nur mit großem Aufwand zulassen würden. Besonders geringer Platzbedarf, eine außergewöhnliche Ausrichtung bis hin zu schrägem Einbau, längere oder

gewinkelte Kontakte sind nur einige der Anforderungen, die per angepasstes Produktdesign abgedeckt werden können.

Weitere können Qualitätsmerkmale wie vergoldete Kontakte sein, die etwa für Testinstallationen mit häufigen Steckvorgängen benötigt werden. Nicht zuletzt sind darüber hinaus komplette Neudesigns möglich, die sich den individuellen Anforderungen und Ideen des Kunden anpassen. Kombinationen aus unterschiedlichen Rastergrößen, selbst definierte Wandstärken und Wandlängen oder außergewöhnliche Materialeigenschaften und ähnliches sind einige der gängigsten Gründe für die Entwicklung kundenspezifischer Verbindungslösungen.

## Preiswerte Designvarianten

Dass Unternehmen beim Wunsch nach individuellen Lösungen trotz der genannten Vorteile oft zurückhaltend sind, liegt möglicherweise an den Erfahrungen im Markt, die sich auch herumsprechen. Wenn etwa spezielle Farben gewünscht werden, verlangen manche europäische Verkabelungsanbieter Losgrößen von einer Million Einheiten, im asiatischen Raum bis zu zehn Millionen Einheiten. Doch es gibt bereits Anbieter im Markt, die auch Lösungen bereits ab



Bestehende Produkte können nach Wunsch verändert werden. So sind beispielsweise längere Lötstifte oder andere Gehäusefarben möglich.

5.000 Stück, abhängig von Faktoren wie Farb- und Materialzusammensetzung, bereitstellen.

Auch bei der Formgebung sind diese Unternehmen extrem flexibel, und das bei begrenztem Kostenaufwand. Dies liegt an der besonderen Produktionsweise der Steckverbinder. Die Formen sind nicht aus einem Block gefertigt, sondern setzen sich nach dem Baukastenprinzip aus kleinen Einsätzen aus gehärtetem Stahl zusammen.

Auf diese Weise lassen sich abweichende Varianten, etwa Stecker mit einer zusätzlichen „Haifischflosse“ zum verdrehsicheren Einbau, mit nur wenig Umrüstungsaufwand herstellen. Aus einer einzigen Spritzgussform lassen sich allein durch eine Rekombination der Einsätze bis zu 120 verschiedene Varianten erstellen.

Auf diese Weise können auch kleinere Losgrößen problemlos abgewickelt werden, und das in der Regel ohne großen Zeitaufwand. Zudem fällt der Aufpreis geringer aus, als wenn eine komplett neue Form entwickelt werden müsste. Teils sind die angebotenen physischen Kodierungen der Steckverbinder sogar kostenneutral erhältlich.

## Individuelle Lösungen

Der genaue zeitliche und finanzielle Aufwand hängt allerdings stets von den individuellen Anforderungen ab. Daher muss im ersten Schritt eines solchen Projekts zunächst ein Lastenheft erstellt werden, in dem alle relevanten Informationen gesammelt werden. Dazu zählen neben den Maßen beispielsweise Belastungen wie Spannung, Stromstärke oder mechanische Beanspruchung sowie die sich daraus ergebende Erwärmung, mögliche Umwelteinflüsse, wie Temperatur, Einwirken von Gasen oder Flüssigkeiten und vieles mehr.

Teil der Aufgabenstellung ist darüber hinaus die „Verpackung“ der Steckverbinder. Dabei geht zunächst um die Frage, wie diese weiterverarbeitet werden. Ein manuelles Stecken bedarf keiner weiteren Vorbereitung. Anders sieht es aus, wenn eine Pick&Place-Maschine damit bestückt werden soll, so dass ein zum vorhandenen Feeder passender Gurt benötigt wird. In beiden Fällen ist sicherzustellen, dass die Produkte heil und unbeschädigt beim Kunden ankommen. Es wäre beispielsweise fatal, wenn es durch den Gurt zum Abrieb von galvanisierten Oberflächen beim Transport kommen würde.

Dann geht es an die Entwicklung. Ziel ist es, dem Kunden nach spätestens vier Wochen einen ersten Entwurf aus dem 3D-Drucker vorstellen zu können. Sobald die äußere Form abgesehen ist, beginnen die Arbeiten mit dem endgültigen Material und dem inneren Aufbau. Prototypen werden über Aluminium-Formen erstellt, parallel dazu werden die Flussdiagramme für die endgültige Produktion erarbeitet, um zuverlässige Prozesse mit der gewählten Form und dem finalen Material sicherzustellen.

Sechs Monate oder weniger ist üblicherweise die Frist von der Aufnahme des Pflichtenhefts bis zum Anlaufen der regulären Produktion.

## Ressourcen und Produktion

Das Baukastenprinzip der Spritzgussformen ermöglicht eine große Steckverbindervielfalt, ohne dass unzählige Formen mit hohem Materialaufwand hergestellt und vorgehalten werden müssten.

Darüber hinaus zeigt sich das Verfahren auch in den täglichen Abläufen von Vorteil. Denn die einzelnen Metallteile überstehen sehr viel mehr Produktionszyklen als monolithische Formen. Statt den gesamten Block auszutauschen,



Andere Gehäusefarben, individuelle Beschriftungen oder vorausselende Steckerstifte können an die Anforderungen des Kunden angepasst werden.

wenn das Ende des Lebenszyklus erreicht wird, kann jeder kleine Baustein für sich ausgetauscht werden, wenn es nötig sein sollte – ein wichtiger Beitrag zum schonenden Umgang mit wertvollen Ressourcen, die einen hohen Energie-Einsatz erfordern.

Zudem trägt es zur Resilienz in der Produktion bei. Sollte ein Fehler in der Form auftreten, kann das entsprechende Metallteil einfach ausgetauscht und die Produktion zügig fortgesetzt werden.

## Nachhaltigkeit im Fokus

Aber auch an anderer Stelle verfolgen die Hersteller ehrgeizige Nachhaltigkeitsziele. So werden beispielsweise Anspritz- und Abspritzreste sortenrein gesammelt und als Granulat an den Hersteller zurückgeführt. Dieser bereitet das Material neu auf und stellt es dem Elektronikhersteller als Recyclingstoff zur Verfügung, das zu einem bestimmten – zertifizierten – Anteil wieder in die Produktion einfließt. Das sind nur zwei

Beispiele, die zu einem geringeren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Produkte führen.

Die Kunden profitieren gleich doppelt von dieser Strategie. Zum einen durch Kostenvorteile, zum anderen bei ihrer eigenen Nachhaltigkeitszielen. Denn immer mehr Unternehmen, beispielsweise Elektro- oder Fahrzeughersteller, verpflichten sich zur CO<sub>2</sub>-Reduktion – und dazu brauchen sie Vorlieferanten, die ihrerseits den Ausstoß von klimaschädlichen Stoffen verringern. □

**MES** THE CONNECTOR

## Lecker Stecker!

Ob geschnitten oder am Stück:  
Hausgemacht schmeckt's doch am besten!  
**JETZT PROBIEREN!**

[mes-electronic.de](http://mes-electronic.de)



# EMBEDDED WORLD HIGHLIGHTS

Über extra genaue Messtechnik zu hochleistungsfähigen Prozessoren und leichter KI-Implementierung! Auf der Embedded World 2024 sprachen Aussteller über ihre Highlights und Neuheiten. Die Links führen Sie direkt zu den Videos der Interviews. Stöbern Sie auf dem YouTube-Kanal von publish-industry und entdecken Sie weitere spannende Gespräche:

 [youtube.com/publishindustry](https://youtube.com/publishindustry)



**Siglent Technologies Germany**  
– Präzise Signalerfassung

Gesprächspartner: **Thomas Rottach**  
Produkt: **Oszilloskop SDS7000A H12**  
Web: <https://www.siglenteu.com>

Das neue Flaggschiff-Oszilloskop aus der SDS7000A-Serie erweitert das Angebot an Oszilloskopen bis auf 4 GHz. Es ist mit einer vertikalen Auflösung von 12-bit ausgestattet und ermöglicht bisher unerreichte Analysen von hochfrequenten oder auch kleinen Signaldetails. Damit ist das Gerät bestens für den Einsatz für Anwendungen mit hohen Anforderungen geeignet. Ein breites Angebot an Funktionen machen das Gerät vielseitig einsetzbar. Die Hauptinnovation ist der Einsatz eines 12-Bit Analog-Digital-Wandlers.

 [INDUSTR.com/2747514](https://INDUSTR.com/2747514)



**Yaskawa Europe**  
– Prozessor für die Industrieautomation

Gesprächspartner: **Rübeseam und Soares**  
Produkt: **Hochleistungs-Prozessor Triton**  
Web: <https://www.yaskawa.eu.com>

Der Hochleistungs-Prozessor Triton ist insbesondere für Motion Controller und Robotik-Steuerungen, aber auch für andere Steuerungs- und Kommunikationsaufgaben in der industriellen Automatisierung geeignet. Der Chip präsentiert sich als vielfältiges Konzept: Er kann als flexibler PLC, Motion- und Gigabit-Ethernet-Kommunikationscontroller eingesetzt werden, verfügt über einen integrierten Backplane-Master und unterstützt ab sofort die herstellerunabhängige IEC-61131-3-Automatisierungssoftware Codesys.

 [INDUSTR.com/2747496](https://INDUSTR.com/2747496)



**InoNet Computer**  
– Sicheres Implementieren von KI

Gesprächspartner: **Christoph Johann**  
Produkt: **Plattform ReliaCOR 44-11**  
Web: <https://www.inonet.com>

Die „designed to be secure“ Edge-AI-Plattform ReliaCOR 44-11 wurde konzipiert, um die Bereitstellung von Modellen ohne komplexe Programmierung zu meistern und somit die Zeitspanne vom Pilot bis zur Produktion erheblich zu verkürzen. Als Grundlage dient eine sichere Hardware-Plattform, die für Kundenanwendungen konfiguriert wird. Die Lösung kombiniert Benutzerfreundlichkeit, Leistung und Sicherheit. Sie erfüllt die Anforderungen der ISA Secure IEC 62443-4-2 und besitzt die Nvidia- und Ubuntu-Zertifizierung.

 [INDUSTR.com/2747521](https://INDUSTR.com/2747521)

SICHERE OFFLINE-KI UND NACHHALTIGE MODULARE BAUWEISE

# Der Embedded-Server kommt

Die Fertigungsindustrie muss in der Produktion immer mehr Daten in kürzester Zeit verarbeiten. Kommt KI dazu, sind Embedded- und Edge-Systeme mit einer Leistung auf Server-Niveau gefragt. Zudem müssen solche Hochleistungslösungen besonders sicher (NIS2) und langjährig Upgrade-fähig sein.

TEXT: Congatec; Bernhard Haluschak, E&E BILD: Congatec

Ein solches Server-System im  $\mu$ ATX-Standardformat haben die IT-Anbieter Congatec und Thomas Krenn angekündigt. Das Herzstück des Servers ist das Computer-on-Module conga-HPC/sILH mit Intel Xeon D1800 und D2800 Prozessoren im COM-HPC Server Standard der PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group).

Mit seiner standardisierten Schnittstelle zum Carrier-Board lassen sich modulare Server-Systeme in weniger als 30 Minuten mit neuen Modulen aufrüsten. Selbst über Prozessor-Generationen hinweg.

Dieser Punkt ist entscheidend, um das System mit künftiger Technologie auszustatten und so auch in Bezug auf Nachhaltigkeit (langer Produktlebenszyklus) langjährig einsetzen zu können. Typische Anwender werden demnach aus den

Branchen Industrie, Automotive, Sicherheit sowie Transport und Logistik stammen. Wegen der Security-Härtung ist dabei auch der Einsatz in KRITIS-Organisationen möglich.

Die Anwendungsfälle reichen von der Hochleistungs-Bildverarbeitung für Qualitätskontrollen über das Software-Deployment und IT-/OT-Firewalls bis zur Steuerung komplexer Maschinen; hier kommt dem Server auch seine lange Hardware-Verfügbarkeit sowie seine Auslegung für den industriellen Temperaturbereich von  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis zu  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  zugute.

Die überwiegende Mehrheit der Bauteile wird aus deutscher beziehungsweise europäischer Herstellung stammen. Die lokale Produktion ist eine der Voraussetzungen für die Sicherheitsmerkmale des Systems. Das System ist damit bereit für die NIS-2-Richtlinie, die schon in Kraft ist.  $\square$

## Kingbright

Quality Efficiency Innovation First-class service

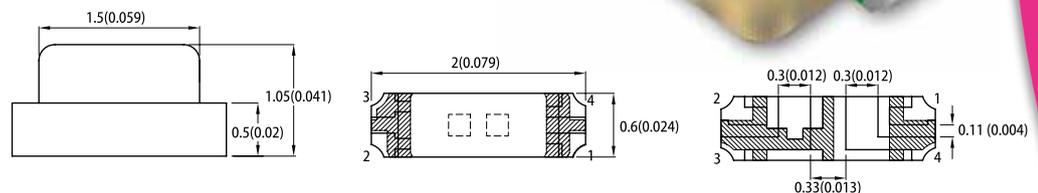
## Kingbright's new KPBA-2006 series 2.0 mm x 0,6 mm Right Angle SMD Chip LED

### Product Features:

- Side Looking Dual Color Chip LED, 0,6 mm thickness
- Low power consumption
- Viewing angle:  $140^{\circ}$
- Moisture Sensitivity Level: 3
- RoHS Compliant

### Applications:

- Backlight
- Status Indicator
- Home & smart appliances
- Wearable and portable devices
- Healthcare applications





WIRELESS-NETZWERKGRUNDLAGEN

# Was Sie über Wi-Fi 7 wissen sollten

In der Industrie treibt eine immer höhere Betriebseffizienz bei geringem Energieverbrauch die zunehmende Automatisierung, die Entwicklung intelligenter Fabriken und die Anwendung von Techniken zur vorausschauenden Wartung voran. Schnelle Kommunikation und die Analyse großer Datenmengen sind hierfür die Grundlagen, und Wi-Fi 7 ist ein zentraler Baustein.

TEXT: Brian Santo, Mouser Electronics BILDER: Mouser; iStock, da-kuk

	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E	Wi-Fi 7
IEEE-Standard	802.11ax	802.11ax	802.11be
Drahtlosbander	2,4 GHz, 5 GHz	2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz	2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz
Maximale Kanalbandbreite	160 MHz	160 MHz	320 MHz
Maximale Spatial Streams	8	8	16
Maximale Bandbreite pro Stream	1.200 Mbps	1.200 Mbps	2.400 Mbps
Theoretische maximale Datenrate	9,6 Gbps	9,6 Gbps	46 Gbps
Erweiterte Modulation	1024 QAM	1024 QAM	4096 (4K) QAM

Vergleich von Wi-Fi 7,  
Wi-Fi 6 und Wi-Fi 6E

Es verwundert also keineswegs, dass sich Wi-Fi-Netzwerke rasch weiterentwickeln. Die Einführung des Wi-Fi 6- beziehungsweise Wi-Fi 6E-Standards, gefolgt von der Entwicklung von Wi-Fi 7 im Abstand von jeweils nur zwei Jahren, ist dafür Beweis genug. Mit dem Tempo derartiger Veränderungen Schritt zu halten, kann jedoch mit Schwierigkeiten verbunden sein. Wi-Fi 7 (offiziell der zu Wi-Fi weiterentwickelte IEEE 802.11be Standard) wird als einer der größten Beschleuniger drahtloser Kommunikation in der Geschichte dieses Standards angepriesen. Doch was bedeutet das für Elektronikingenieure und Endbenutzer und welchen Nutzen dürfen wir uns davon erwarten?

## Wi-Fi 6/6E – Mehr drahtlose Konnektivität

Sowohl Wi-Fi 6 als auch 6E sind Erweiterungen des IEEE 802.11ax-Standards. Sie stellen eine erhebliche Verbesserung gegenüber Wi-Fi 5 dar und waren dringend erforderlich, um die wachsende Nachfrage nach schnelleren drahtlosen Verbindungen zu befriedigen. Der Wandel von Wi-Fi als „willkommenes Extra“ zu einem absolut unerlässlichen Service war für Wi-Fi-Experten mit der Schwierigkeit verbunden, die gesteigerte Nachfrage mit dem nur begrenzt zur Verfügung stehenden Spektrum zu vereinbaren. Die Lösung bestand darin, zusätzliches Spektrum für Wi-Fi 6 bereitzustellen, das zwei unterschiedliche Frequenzbereiche nutzt: 2,4 GHz und 5 GHz. Theoretisch sind mit Wi-Fi 5 Datenraten im Höchstbereich von Gigabits pro Sekunde (Gbps) möglich, praktisch lag die Geschwindigkeit von Wi-Fi 5-Verbindungen jedoch selten über mehreren hundert Megabits pro Sekunde (Mbps). Wi-Fi 6 hob diesen Wert auf bis zu 9,6 Gbps an. Doch auch diese Leistungszunahme konnte nicht verhindern, dass die Nachfrage nach noch schnellerer und verlässlicherer

drahtloser Konnektivität binnen 12 Monaten zur Übernahme des Wi-Fi 6E-Standards führte.

Wi-Fi 6E steigert die Betriebseffizienz durch die Erweiterung des Frequenzspektrums, diesmal im 6-GHz-Band, wodurch Netzstörungen und Überlastungsprobleme vermieden werden können. 2021 kam die erste Hardware auf den Markt, die alle drei Frequenzbereiche (2,4 GHz, 5 GHz und 6 GHz) abdeckt und Wi-Fi-Experten umfangreichste Implementierungsmöglichkeiten bietet. Zu den Beispielen für eine derartige Hardware gehört das umfangreiche Sortiment an HF-Bauelementen für Wi-Fi 6E-Bänder bis 7,25 GHz von TDK. Diese Diplexer, Baluns und Filter eignen sich für mobile, Verbraucher-IoT-, medizinische und gewerbliche drahtlose Kommunikationsapplikationen und verfügen über eine geringe Einführungsämpfung und unterschiedliche Größen ab 1 mm × 0,5 mm und einer Mindestdicke von 0,33 mm.

TDK DPX-Diplexer eignen sich zur Bandschaltung in Dualbandsystemen in Applikationen wie Mobiltelefonen, Wireless LAN und Bluetooth-Kommunikationen. Diese kompakten und leichten Diplexer haben ein niedriges Profil sowie eine geringe Einführungsämpfung. Ihre Verwendung ist mit keinerlei Anpassungen verbunden. Die oberflächenmontierbare DPX-Reihe verfügt über eine Impedanz von 50 Ω und umfasst Modelle, die einen Frequenzbereich von 650 MHz bis 7,125 GHz abdecken.

TDK HF-Baluns bieten eine breite Palette an SMD/SMT-Modellen mit Impedanzen zwischen 50 Ω und 200 Ω. Diese Mehrschicht-Chip-Transformator-Baluns verfügen über Niedrigtemperatur-Einbrand-Keramiken (Low Temperature Cofired Ceramics, LTCCs), die symmetrische in unsymmetrische Signale

## „Wi-Fi 7 verspricht eine hohe Leistung durch höhere Geschwindigkeit, mehr Bandbreite, verbesserte Zuverlässigkeit und extrem niedrige Latenzzeiten.“

umwandeln und umgekehrt. Sie nutzen modernste Miniaturisierungstechnologie und bieten gleichzeitig außergewöhnliche elektrische Eigenschaften für WLAN mit 2,4 GHz und 5 GHz.

TDK DEA HF-Filter nutzen LTCC-Materialien zur Erzeugung einer Resonanzfrequenz, die bestimmte Frequenzbereiche durchlassen, während sie alle unerwünschten Frequenzbereiche blockieren oder dämpfen. Diese Geräte umfassen Hoch- und Tiefpassfilter sowie Bandpassfilter, deren Frequenzen von 5 MHz bis 8 GHz reichen. Zum Einsatz kommen TDK DEA HF-Filter in drahtlosen Kommunikationsprodukten wie WLAN, Bluetooth, Mobilfunkgeräten, GPS, ZigBee und WiMAX, und zwar sowohl in lizenzierten als auch in nicht lizenzierten Frequenzen.

Zusätzlich zu Standardfiltern zur allgemeinen Verwendung arbeitet TDK mit Chipsatz-Partnern an individuell angepassten Filtern für spezifische Chipsätze, darunter Filter mit geringer Einführungsämpfung (das heißt hoher Energieersparnis) für batteriebetriebene Geräte sowie Produkte mit hoher Dämpfung/Leistung für drahtgebundene Geräte.

### Wi-Fi 7 – Ein potenzieller Gamechanger

Wi-Fi 7 wurde entwickelt, um noch höhere Datenübertragungsgeschwindigkeiten als Wi-Fi 6 zu ermöglichen und gleichzeitig die Latenzzeit zu verringern. Gleichzeitig erhöht Wi-Fi 7 die gesamte Netzwerkkapazität für Kunden. Es ist für die bevorstehende Einführung von 8K-Videostreaming vorgesehen und wird bereit sein, immersive Extended Reality-Applikationen (XR) mit geringer Latenz für Industrie- und Gamingzwecke zu unterstützen, sobald diese allgemein verfügbar sind.

Wi-Fi 7 ist abwärtskompatibel mit Wi-Fi 5/6/6E, wodurch die Anschaffung eines neuen Wi-Fi 7-Routers die vorhandenen drahtlosen Geräte nicht völlig überflüssig macht. Ältere Router müssen jedoch über einen Wi-Fi 7-basierten Client an den neuen Router angeschlossen werden, um sämtliche Leistungsvorteile des neuen Standards nutzen zu können.

Die drei bedeutendsten Verbesserungen von Wi-Fi 6E auf Wi-Fi 7 sind die theoretische Höchstgeschwindigkeit, die größere Kanalbreite und eine höhere Ordnung der Quadraturamplitudenmodulation (QAM). Die Höchstgeschwindigkeit des Wi-Fi 6E-Standards liegt bei beeindruckenden 9,6 Gbps. Von Wi-Fi 7 wird jedoch eine Höchstgeschwindigkeit von 46 Gbps für einen einzelnen Client erwartet, was in der Wi-Fi-Welt praktisch mit

dem Warp-Antrieb gleichgesetzt werden kann. Die maximale Bandbreite pro Kanal betrug bei Wi-Fi 6E 160 MHz; mithilfe des neuen Spektrums im 6-GHz-Band soll diese jedoch auf eine Kanalbandbreite von 320 MHz steigen und mehr Bandbreite für den Transfer von noch mehr Daten bieten. Die Steigerung von 1024-QAM-Kanälen bei Wi-Fi 6E auf erwartete 4096 QAM bei Wi-Fi 7 in Verbindung mit den 320-MHz-breiten Kanälen soll 46 Gbps ermöglichen.

### Multi-Link Operation

Eine der beeindruckendsten Fähigkeiten von Wi-Fi 7 verbirgt sich hinter der Bezeichnung Multi-Link Operation (MLO), die bei Wi-Fi 6/6E nicht zur Verfügung stand. MLO erlaubt Übertragungen zwischen dem Zugangspunkt und dem Client über verschiedene Funkgeräte hinweg, sofern die Funkfrequenzbedingungen dies erlauben. Im Wesentlichen nutzt MLO die Tatsache, dass das bestehende 5-GHz-Band und das neue 6 GHz-Band vergleichsweise enger beieinander liegen als die 2,4-GHz- und 5-GHz-Bänder zuvor, weshalb sie praktisch dieselben Geschwindigkeiten aufweisen.

MLO erlaubt es Geräten daher, sich gleichzeitig sowohl mit einem 5-GHz-Kanal als auch mit einem 6-GHz-Kanal zu verbinden und beide zum Senden und Empfangen von Daten praktisch ohne Verzögerung zu nutzen – eine Innovation in der gesamten Entwicklung der 802.11-Standards. Dies führt zu geringeren Latenzzeiten, höheren Datenraten, besserem Lastausgleich und doppelten Paketen auf den Verbindungen, um die Zuverlässigkeit des Netzwerks zu verbessern.

### Quadraturamplitudenmodulation

Bei QAM handelt es sich um eine Modulationstechnik, die die Anzahl der Bits maximiert, die gleichzeitig gesendet werden können, indem zwei untereinander um 90° phasenversetzte („in Quadratur“ befindliche) Träger verwendet werden. Während Wi-Fi 6E 1024 QAM unterstützt, bringt Wi-Fi 7 eine Steigerung auf 4096 (oder 4K) QAM-Kanäle mit sich, was zu einer um 20 Prozent höheren Durchsatzrate führt. Das Ergebnis ist eine höhere Effizienz, eine höhere Kapazität und höhere Datenübertragungsraten bei geringeren Latenzzeiten im Vergleich zu Wi-Fi 6/6E.

Beachten Sie, dass es bei der Verfügbarkeit von Wi-Fi 7 Unterschiede zwischen den Regionen geben wird. Das verfügbare Spektrum, das für Wi-Fi genutzt werden kann, ist von Land zu

Land unterschiedlich, je nachdem, wie die lokalen Regulierungsbehörden es zugewiesen haben. Während beispielsweise Multi-Link Operations in den Vereinigten Staaten die Kanäle bei 5 GHz und 6 GHz nutzen können, werden Wi-Fi-Geräte in China zwei verschiedene Kanäle im 5-GHz-Band verwenden.

## Automatisierte Frequenzkoordination

Die Entscheidung, das 6-GHz-Band für Wi-Fi zu öffnen, brachte einige Probleme mit sich, die mithilfe der automatisierten Frequenzkoordination (Automated Frequency Coordination, AFC) gelöst werden sollen. Das Grundproblem besteht darin, dass es sich bei 6 GHz um einen bereits stark genutzten Bereich des Spektrums handelt. US-Bundesbehörden wie die NASA und das Verteidigungsministerium sowie globale Wetterradarsysteme und Radioastronomen sind für ihre lebenswichtige Kommunikation auf dieses Band angewiesen. Störende Wi-Fi-Signale wären höchst unerwünscht. Glücklicherweise sind die bereits existierenden 6-GHz-Mikrowellen weitgehend vorhersehbar, lokal begrenzt und stationär. Die AFC ermöglicht Wi-Fi den Zugang zu diesem Frequenzband, indem sie die Koordinierung mit und die Umgehung von bestehenden Anwendungsfällen ermöglicht.

AFC erlaubt es Wi-Fi 7-Netzwerken, in unmittelbarer Nähe zu Wetterradaren, Radioteleskopen und anderen etablierten Nutzern des 6-GHz-Spektrums zu funktionieren, indem Übertragungen auf Bändern verhindert werden, die mit diesen Nutzern interferieren würden. Gleichzeitig können Wi-Fi 7-Netzwerke mit höherer Leistung senden, wenn sie feststellen, dass es in der Nähe keine bestehenden Frequenznutzer gibt. Obwohl AFC bereits mit Wi-Fi 6E eingeführt wurde, wird Wi-Fi 7 eine umfassendere Liste von drahtlosen Geräten enthalten, die für AFC zertifiziert sind. Wenn es in der Nähe keine Nutzer gibt, die bereits das 6-GHz-Band nutzen, können Wi-Fi 7-Netze in diesem Frequenzbereich mit 63-mal mehr Leistung senden (einigen Schätzungen zufolge) als mit der gleichmäßigen niedrigen Sendeleistung, die verwendet wird, wenn etablierte Nutzer erkannt werden. Signale mit höherer Leistung sind stärker, zuverlässiger, haben einen höheren Durchsatz und breiten sich weiter aus.

## Multiple Resource Unit

Eng verbunden mit AFC ist Multiple Resource Unit (MRU), eine neue Funktion im Wi-Fi-7-Standard, die den orthogonalen Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA) verbessert, eine Funktion, die

erstmalig in Wi-Fi 6 eingeführt wurde. OFDMA legt unabhängig voneinander modulierende Unterträger innerhalb von Frequenzen fest und ermöglicht so gleichzeitige Übertragungen an und von mehreren Clients. Das Ergebnis ist ein höherer Durchsatz und eine geringere Latenzzeit.

Die MRU-Funktion von Wi-Fi 7 bietet eine verbesserte Interferenzminderung und OFDMA-Effizienz, wodurch die Latenzzeit für mehrere Nutzer weiter reduziert wird. Durch die Möglichkeit, überlappende Teile des Spektrums selektiv zu unterbrechen, stellt MRU sicher, dass Daten nur auf freien Frequenzen übertragen werden, was die Datenraten und die Zuverlässigkeit in überlasteten Wi-Fi-Umgebungen erhöht.

## Multi-User, Multiple-Input, Multiple-Output

Die Multi-User, Multiple-Input, Multiple-Output-Technologie (MU-MIMO) ermöglicht es einem Wi-Fi-Router, mit mehreren Geräten gleichzeitig zu kommunizieren. Wi-Fi 6/6E brachte bidirektionales MU-MIMO in die Praxis und verdoppelte die Anzahl der Spatial Streams auf acht, verglichen mit dem 4x4 MU-MIMO von Wi-Fi 5. In der Praxis bedeutet dies, dass bis zu acht gleichzeitige Verbindungen auf das Internet zugreifen können, ohne dass der Geschwindigkeitsdurchsatz sinkt. Wi-Fi 6/6E arbeitet mit bidirektionalem 8x8 MU-MIMO. Mit dem WLAN-Standard Wi-Fi 7 wird die Anzahl der Spatial Streams auf 16 erhöht, sodass bis zu 16 Geräte Daten mit hoher Geschwindigkeit senden und empfangen können.

## Fazit

Der Wi-Fi 7 Standard verspricht eine hohe Leistung durch höhere Geschwindigkeit, mehr Bandbreite, verbesserte Zuverlässigkeit und extrem niedrige Latenzzeiten. Neben der Auswahl an Wi-Fi 7-kompatiblen Produkten von TDK gehören auch Broadcom und Qualcomm zu den Unternehmen, die bereits Wi-Fi 7-Bauelemente angekündigt haben. Es ist jedoch noch ein weiter Weg, bis ein ausreichendes Angebot an Wi-Fi 7-fähigen Geräten zur Verfügung steht und die Netzinfrastruktur optimiert ist. Zumindest anfangs wird Wi-Fi 7 wahrscheinlich größeren Unternehmen mit komplexen und anspruchsvollen drahtlosen Netzwerkanforderungen zugute kommen. Für alle anderen gibt es Wi-Fi 6E. □



PCIM 2024  
Halle 7, Stand 277



SO MEISTERT EIN STECKVERBINDER  
DIESE HERAUSFORDERUNG:

## Der Wandel im Automobil-Bordnetz

Erhöhter elektrischer Aufwand, bedingt durch den Wandel zu E-Mobility, Autonomem Fahren und Infotainment-Systemen mit 4K-HD-Auflösung, erfordert neue Bordnetzarchitekturen im Automobilbau. Denn die klassische dezentrale Bordnetz-Architektur stößt aufgrund Ihrer Komplexität und der geforderten Highspeed-Eigenschaften an ihre Grenzen.

TEXT: Martin Adamczyk, ept BILDER: ept; iStock, wildpixel

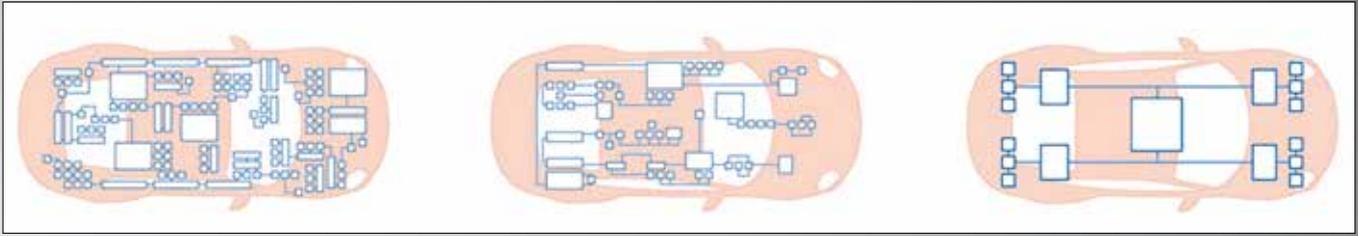
Die klassische dezentrale Architektur im Automobil besteht aus bis zu 100 Steuergeräten, wobei jedem Steuergerät eine definierte Funktion zugeordnet wird: Motorsteuerung, Airbag, ABS / ESP, Sitzverstellung, Klimatisierung, ... Jede Steuerung arbeitet autark und kommuniziert über Gateways zu anderen Steuergeräten.

Im Laufe der vergangenen Jahrzehnte unterlag die dezentrale Architektur einem historischen Wachstum, jede neue Funktionalität wurde um ein weiteres Steuergerät ergänzt. Heute jedoch stößt sie an ihre Grenzen: Zunehmende Funktionalitäten erhöhen den Installations- und Verdrahtungsaufwand innerhalb des Fahrzeuges deutlich.

Bei der Domänen-Architektur werden die Steuergeräte in verschiedene Funktionsbereiche zusammengefasst. Jede Domäne ist für einen bestimmten Bereich des Fahrzeuges zuständig, wie zum Beispiel Antrieb, Infotainment oder Sicherheit. Die übergeordnete Steuerung einer Domäne, wird durch einen eigenständigen High Performance Computer (HPC) ausgeführt. Dieser koordiniert die Steuergeräte innerhalb

seiner Domäne. Für den Funktionsbereich Sicherheit wären das beispielsweise Steuergeräte für Fahrerassistenzsysteme, ABS/ESP und Lenksysteme.

Im Vergleich zur dezentralen Architektur verringert sich durch die kleinere Anzahl der verbauten Steuergeräte der Verdrahtungs- und Installationsaufwand. Die Domänen-Architektur kann somit im Vergleich zur dezentralen Architektur auch effektiv zur Kosten- und Gewichtsreduktion beitragen. Zusätzliche Funktionen können darüber hinaus mit geringem Aufwand nachträglich integriert werden. Bei der Zonenarchitektur erfolgt die Strukturierung nicht anhand der Domänen, sondern nach lokalen Zonen. So werden beispielsweise



Schematische Darstellung der verschiedenen Bordnetz-Architekturen.

innerhalb einer Zone im Automobil mehrere Funktionalitäten gebündelt. Demnach können durchaus auch Funktionen wie Antrieb und Infotainment in einem Zonencontroller zusammengefasst und verarbeitet werden. Die übergeordnete Steuerung der verschiedenen Zonencontroller erfolgt dabei durch einen zentralen HPC. Der Vorteil liegt auf der Hand: Eine Reduktion der Steuergeräte sowie ihrer Verkabelung um bis zu 50 Prozent.

### Anforderungen an HPC-Steckverbinder

Die Anforderungen, die sich daraus an einen HPC ergeben, sind groß: Nicht zuletzt die Verarbeitung der bildgebenden Daten im Infotainment-Bereich oder der Kamerasysteme für Autonomes Fahren erfordern eine sichere Highspeed-Datenübertragung bei kurzen Latenzzeiten. Zugleich darf es unter keinen Umständen zum Ausfall der Signalübertragung

Umweltbedingungen – sind somit auch Anforderungen, die sich an den verbauten Steckverbinder ergeben.

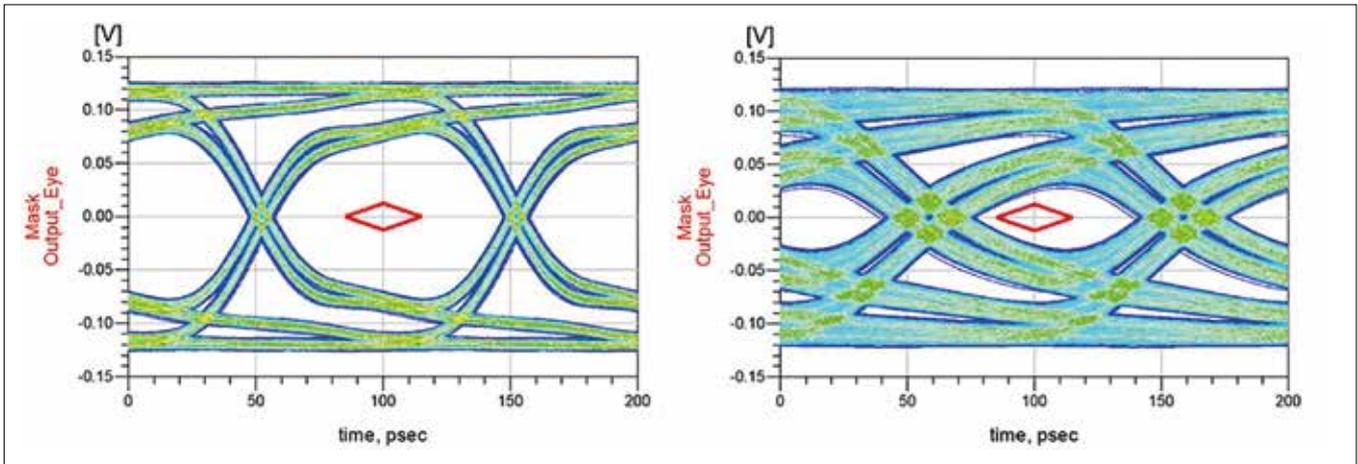
Die „Lesbarkeit“ eines Signals kann mithilfe des sogenannten Augendiagramms veranschaulicht werden. Dieses gibt an, ob ein übertragenes Signal im Empfänger eindeutig den digitalen Zuständen 1 oder 0 zugeordnet werden kann. Hierfür durchläuft ein Signal eine definierte Übertragungsstrecke, wobei es von einem Oszilloskop aufgenommen, überlagert und dargestellt wird. So können sämtliche möglichen Signalverläufe „übereinander“ abgebildet werden. In der Theorie sind die Übergänge der logischen Zustände dabei unendlich steil und die Signallinien verlaufen exakt übereinander. Durch externe Störfaktoren und interne Beeinträchtigung der Signalpaare flacht der Signalanstieg ab, und die Amplitudenhöhe verändert sich. Es entsteht die namensgebende Form eines Auges.

Die beiden Augendiagramme zeigen die Einflüsse von Leitungslänge und Impedanz am Beispiel der ept Colibri-Steckverbinder in den Ausführungen 16 + Gbit/s und 10 Gbit/s. Das Beispiel veranschaulicht, wie durch die Weiterentwicklung des Kontaktdesigns eine deutliche Steigerung der Signalintegrität erzielt werden konnte. Durch eine kürzere Leitungslänge und 100Ω Impedanz kann sich das Auge der 16+ Gbit/s-

Variante des Colibri klarer ausbilden als bei der Vorgängervariante des Colibri mit 10 Gbit/s – die Signalpaare sind eindeutig interpretierbar.

Da Highspeed-Signale besonders anfällig für elektromagnetische Einflüsse sind, benötigen sie einen besonderen Signalschutz. Ein Steckverbinder kann dabei sowohl als Störquelle, als auch als Senke fungieren. Aus diesem Grund empfiehlt sich ein Signalschutz mittels Schirmblech, um die sensiblen Signale vor externem Einfluss zu schützen. Dass schon ein kleiner

kommen – ihre Zuverlässigkeit muss zu jeder Zeit sichergestellt sein. Hohe Leistungsfähigkeit, schnelle und vor allem zuverlässige Datenübertragung – mitunter unter widrigen



Das Augendiagramm ermöglicht die Bewertung der Signalqualität einer digitalen Datenübertragung.

elektrischer Impuls das Nutzsignal verfälschen kann, geht aus der oberen Abbildung hervor. Der Empfänger kann die digitalen Zustände des HDMI Signales bereits nach einem kurzen Burst-Impuls von 0,5 kV nicht mehr eindeutig interpretieren, wohingegen die Signalübertragung des geschirmten Steckverbinders selbst bei 4,4 kV noch stabil verläuft.

Mit der Koppelinduktivität  $L(K)$  als EMV-Parameter kann der Stecker durch die Betrachtung der elektrischen Verhältnisse in beiden Funktionen – Quelle und Senke – beschrieben werden. Hierzu wird die Einheit Henry herangezogen. Dies gilt sowohl für die Störfestigkeit als auch für die Störaussendung. Sind die induzierte Spannung ( $U_{ind}$ ), die Spannung des Generators ( $U_{Gen}$ ) sowie die Generatorkonstante ( $k_{Gen}$ ) bekannt, kann für eine Anwendung die jeweils spezifische maximal zulässige Koppelinduktivität ( $L$ ) anhand folgender Formel bestimmt werden:

$$L(K) = U_{ind} / (U_{Gen} * k_{Gen})$$

Die Koppelinduktivität hilft dem Anwender außerdem dabei, den passenden Steckverbinder bezüglich seiner elektromagnetischen Verträglichkeit zu definieren und kosten- sowie zeitintensive Trial-and-Error-Prüfungen im EMV-Labor zu umgehen. Hierzu ein Beispiel: Für ein HDMI-Signal wurde bei einer Spannung von 4,4 kV eine fallspezifisch maximale Koppelinduktivität von 47 picohenry (pH) ermittelt. Liegt der Wert darüber, kann das Signal demnach nicht mehr störungsfrei übertragen werden. Doch nicht nur elektromagnetische Einflüsse gefährden die Übertragung der Highspeed-Signale. Speziell im Automotive-Einsatz sind Steckverbinder extremen Umweltbedingungen wie Vibration und Schock ausgesetzt.

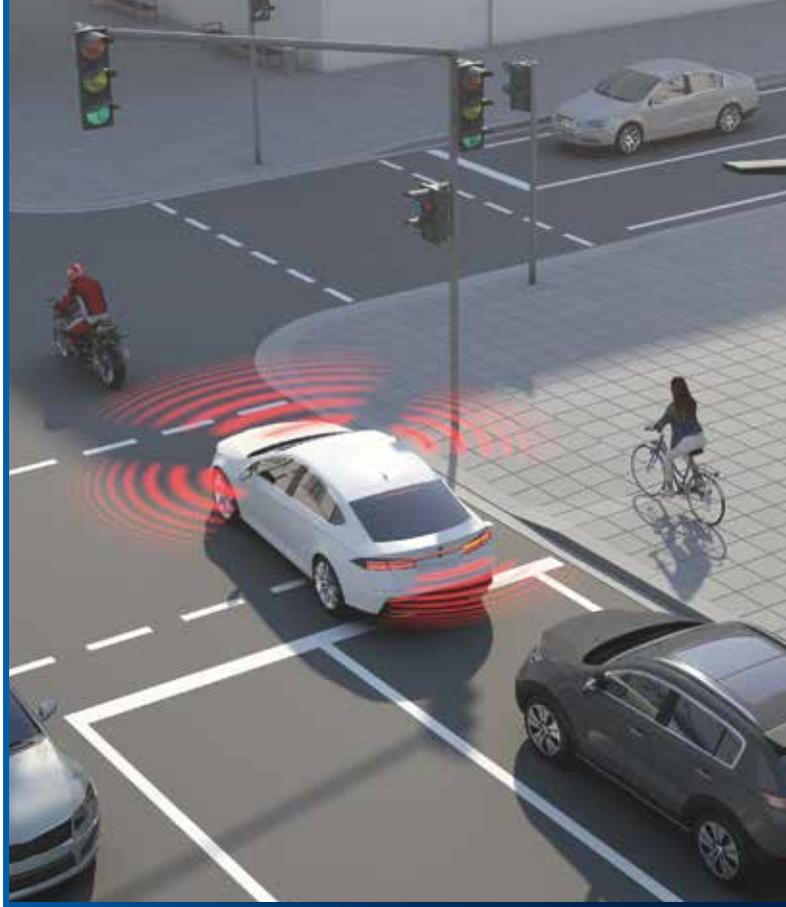
Damit die Signalübertragung auch im rauen Umfeld unterbrechungsfrei abläuft, muss der Steckverbinder besonders robust sein. Hierbei spielen in erster Linie Kontaktdesign, Kontaktsystem und Anschlusstechnik eine entscheidende Rolle.

### Einflussfaktor Kontaktsystem

Klassische zweiteilige Steckverbinder verfügen über einen Messer- und einen Federkontakt. Im Falle starker Schockwirkung kann die Messerleiste jedoch von der Federleiste abheben. Damit es nicht zu einer solchen Kontaktunterbrechung kommt, kann mithilfe einer doppelseitigen Federleiste für Redundanz und somit für Kontaktsicherheit gesorgt werden, denn durch die zweite Feder ist die Signalübertragung zu jeder Zeit mindestens über einen Kontaktpunkt sichergestellt.

Noch robuster sind dagegen Steckverbinder mit sogenanntem „genderneutralem“ Kontaktsystem. Die Besonderheit besteht dabei in den identischen Kontaktgeometrien von den Steckerpärchen, Plug und Socket. Beide verfügen demnach sowohl über eine Feder, als auch ein Messer. So wird jeder Pin von zwei Federn kontaktiert, Plug und Socket sind dabei ineinander verschränkt und können nicht voneinander abheben. Während eine doppelseitige Federleiste unter mechanischer Belastung immer mindestens einen Kontaktpunkt sicherstellt, gewährleisten die verschränkten Geometrien bei genderneutralen Kontaktsystemen, dass die Signalübertragung immer über zwei Kontaktpunkte läuft. Diese hohe Redundanz ermöglicht somit maximale Kontaktsicherheit.

Als Anschlusstechnik für eine äußerst haltbare Verbindung zwischen Leiterplatte und Steckverbinder empfiehlt sich die



AUTOMOTIVE

Surface-Mount-Technologie (SMT). Mittels Lotpaste werden dabei die Steckverbinder auf definierte Anschlussflächen der Leiterplatte, den Löt pads, gelötet. Erst in einem sogenannten Reflow-Ofen wird das Löt mittel zum Aufschmelzen und anschließend zum Aushärten gebracht. Durch SMT lassen sich stabile Verbindungen zwischen Stecker und Leiterplatte realisieren. Dazu müssen jedoch einige Kriterien erfüllt sein:

Zunächst ist für eine normkonforme IPC-A-610-Lötstelle das richtige Verhältnis von Löt fuß, Löt pad und Lotpaste einzuhalten. Nur so wird eine qualitativ hochwertige Verbindung hergestellt, die einen Anschluss nach IPC-Klasse 3 ermöglicht, sich also für den Einsatz in der Hochleistungselektronik eignet. Ausfälle in der Signalübertragung müssen in dieser Klasse zu jeder Zeit ausgeschlossen sein. Eine optimale Lötverbindung erkennt man an der gleichmäßigen Meniskusausbildung. Der Kontakt muss umlaufend mit Lötmetall umschlossen sein, um die besten Haltekräfte auf der Leiterplatte zu erreichen. Die Koplanarität der Kontaktfüße ist dabei Voraussetzung für eine hervorragende Verbindung, diese wird prozessbegleitend einer 100-prozentigen automatisierten Inspektion unterzogen.

## Fazit

Aktuelle Entwicklungen in der Automotive-Branche stellen immer neue Anforderungen an die verbauten Steckverbinder. Zunächst scheint die Rolle der verbauten Stecker aufgrund der reduzierten Anzahl an Steuergeräten in den Hintergrund zu rücken. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass ihre Rolle gerade durch diesen Wandel zu einer zentralen Datenverarbeitung mittels HPC an Bedeutung gewinnt: Zuverlässigkeit in der Signalübertragung war noch nie so wichtig wie heute. □

## Steckverbinder

Rosenberger steht für innovative Steckverbinder-Systeme, die in modernen Fahrzeugen unverzichtbar sind – heute und in Zukunft.

Ob FAKRA- oder High-Speed-FAKRA-Mini-Steckverbinder, High-Power- oder High-Speed-Daten-Steckverbinder, Hochvolt- oder Power-Data-Magnetsteckverbinder – unsere Automotive-Systeme von heute sind entwickelt für die Mobilität von morgen:

- Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)
- Autonomes Fahren
- Navigation und Telematik
- Infotainment- und Fond-Entertainment-Systeme
- Internet und Mobilkommunikation
- Batterielade-Applikationen und Stromversorgung in Elektro- und Hybridfahrzeugen.



[www.rosenberger.com](http://www.rosenberger.com)

**Rosenberger**

## SYSTEMWECHSEL IN DER FAHRZEUGARCHITEKTUR

# Der rollende Supercomputer

Moderne Autos sind mit Elektronik vollgepackt. Das Management der vielen Rechner und Assistenzsysteme ist komplex, zudem erhöhen die Kabelbäume das Gewicht der Fahrzeuge. Forschende arbeiten daher an einer Systemarchitektur, die elektronischen Komponenten zentral verwaltet. Das soll den Bau hochautomatisierter Fahrzeuge erleichtern.

TEXT: Fraunhofer IPMS BILDER: Fraunhofer IPMS; iStock, -M-I-S-H-A-

Ein Auto, dessen Komponenten von einer zentralen Supercomputing-Plattform gesteuert werden, statt von Dutzenden kompliziert verschachtelten Rechnersystemen. Updates werden ohne Werkstattbesuch einfach via WLAN erledigt, und bei Bedarf lassen sich neue Funktionen integrieren: Das ist die Vision, an der das Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS im Verbundprojekt CeCaS (Central Car Server-Supercomputing für Automotive) gemeinsam mit Projektpartnern aus der Automobilindustrie arbeitet.

Ziel ist es, die automobilen Rechnerarchitektur grundlegend zu erneuern und für die hohen Anforderungen automatisierter und vernetzter Fahrzeuge fit zu machen. Im Idealfall wird das Automobil zum rollenden Supercomputer. Die Kommunikation der Komponenten untereinander kann in Echtzeit erfolgen. Die Bundesregierung unterstützt das Projekt im Rahmen ihrer Initiative „Elektronik und Softwareentwicklungsmethoden für die Digitalisierung der Automobilität (MANNHEIM)“.

Der Bedarf für eine neue Rechnerarchitektur in Automobilen ist groß. Trends wie Automatisierung und Vernetzung lassen das Datenvolumen in den Autos explosionsartig ansteigen. Fahrzeughersteller

suchen deshalb nach Lösungen, um die Fahrzeugtechnik zu vereinheitlichen, alle Komponenten über eine zentrale Instanz verwalten zu können, die Kommunikation der Systeme untereinander zu optimieren und die erforderliche Rechenleistung in Echtzeit zu realisieren.

## Echtzeit fürs Automobil

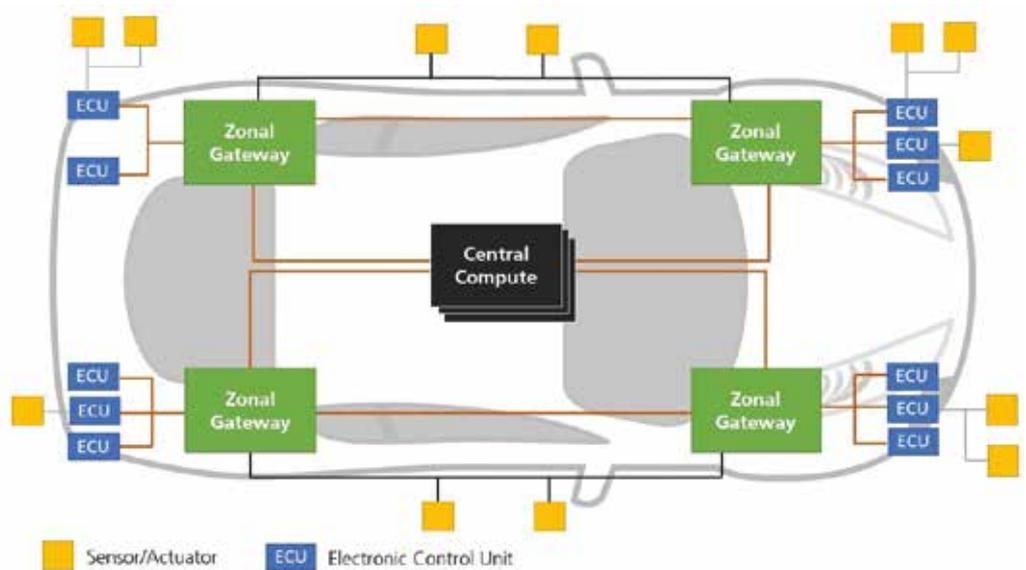
Die Fraunhofer-Forschenden in Dresden setzen im Rahmen von CeCaS auf Time Sensitive Networking (TSN). Dafür entwickelt das Team seine bewährten Funktionsblöcke für Halbleiter, die sogenannten IP-Cores, weiter. Das Ziel: Die Ethernet-basierte Netzwerktechnik soll echtzeitfähig werden und in allen Situationen robust und hochzuverlässig funktionieren. „TSN erreicht die Kombination aus Echtzeitfähigkeit und Zuverlässigkeit durch Maßnahmen wie einheitliche Systemzeit für alle relevanten Steuergeräte, intelligent organisierte Warteschlangenverfahren und die Priorisierung von Tasks“, erklärt Dr. Frank Deicke, Leiter der Abteilung Data Communication & Computing am Fraunhofer IPMS. Entsprechend sind Befehle, die an das Bremssystem gehen, logischerweise höher priorisiert

als Steuerbefehle für die Klimaanlage. Trotz des riesigen Datenvolumens, das ein Fahrzeug in jeder Sekunde generiert und das zum großen Teil in Echtzeit verarbeitet werden muss, sind CeCaS-Systeme robust und hochzuverlässig.

Das Ethernet kann in dem Projekt CeCaS noch weitere Vorzüge ausspielen. „Ethernet hat den grundlegenden Vorteil, dass es sehr flexibel und gleichzeitig hoch skalierbar ist. In Kombination mit unseren IP-Cores lässt sich



Im Projekt CeCaS wird eine zentrale Systemarchitektur entwickelt, die den Bau hochautomatisierter und vernetzter Fahrzeuge erleichtert.



die Technik leicht an unterschiedliche Fahrzeuggrößen, Leistungsklassen und Funktionen anpassen“, sagt Deicke.

## Gewicht sparen

Aus Architekturkonzepten wie im Projekt CeCaS ergeben sich weitere Vorteile. Für Updates muss der Wagen idealerweise

nicht mehr in die Werkstatt. Fast wie bei einem Notebook oder Desktop-PC wird das Fahrzeug durch WLAN aktualisiert. „Bei Bedarf könnte man so auch neue Funktionalitäten integrieren“, sagt Deicke. Die zentrale Verwaltung erfordert auch einen schmaleren Kabelbaum, wodurch in der Herstellung Materialaufwand und Kosten sinken und das Fahrzeug insgesamt deutlich leichter wird.

Bei der Entwicklungsarbeit kommt den vielen unterschiedlichen

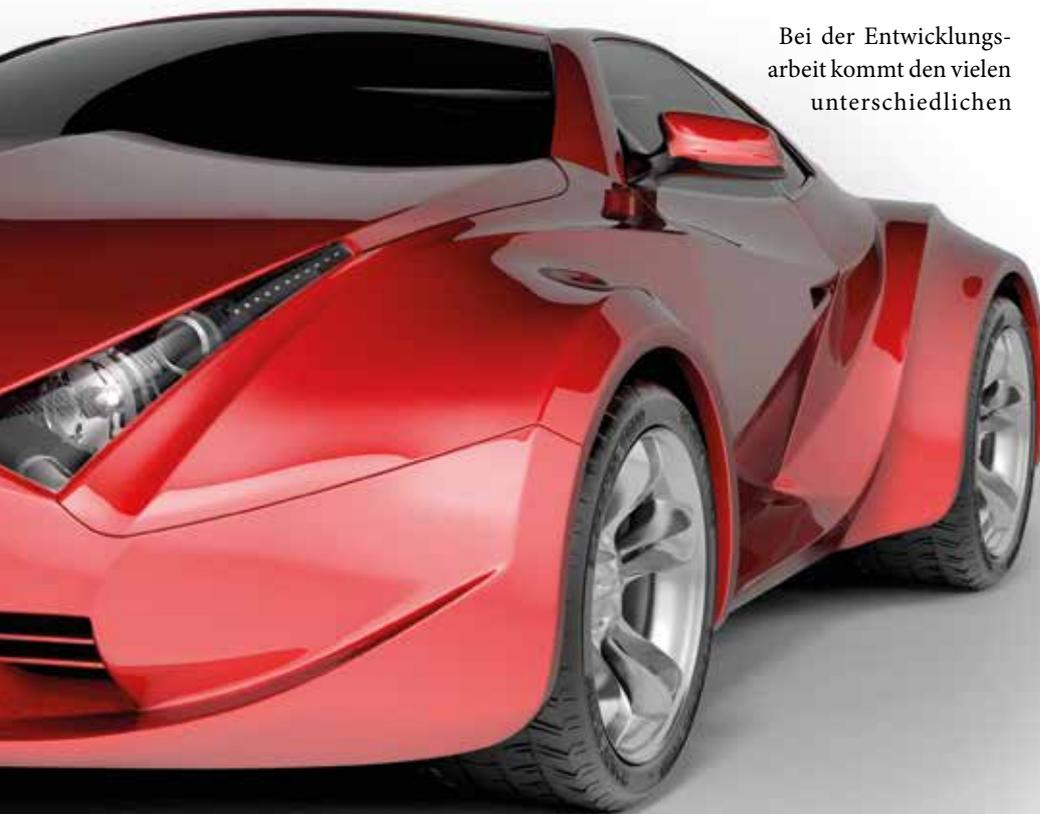
Beteiligten ihre langjährige Erfahrung in den Bereichen Chip-Programmierung, Netzwerktechnik sowie Hardware- und Software-Co-Design zugute.

## Von Domänen zu Zonen

Die Rechenarchitektur des Projekts CeCaS für das Automobil der Zukunft ist eine radikale Abkehr von der gegenwärtigen Bauweise: von der domänenorientierten Steuerung der Komponenten hin zu einem zonenbasierten Management, bei dem einige wenige hochleistungsfähige Rechenplattformen viele Module gleichzeitig steuern. Das umfasst sicherheitskritische Systeme wie Motor, Getriebe und Bremsen ebenso wie Bordkameras, Einparkhilfen, Temperatur- und Abstandssensoren, Motoren für Fensterheber und Sitzverstellung oder Klimaanlage und Bord-Entertainment.

## Zukunftsaussichten

Für die Automobilindustrie ist das von der Bundesregierung geförderte Projekt ein wesentlicher Baustein, nicht nur, um Autos noch leistungsfähiger zu machen und Kosten zu sparen. Es ist auch ein wichtiger Beitrag, um die technologische Souveränität und Unabhängigkeit der deutschen Autobauer zu bewahren und weiter auszubauen. □



# 17,6

QUELLE: THE GLOBAL E-WASTE MONITOR 2024

**kg** ist das Pro-Kopf-Aufkommen an Elektroschrott in Europa pro Jahr. Die durchschnittliche Sammel- und Recyclingquote liegt bei 42,8 Prozent.

Damit belegt Europa in beiden Disziplinen die Spitzenplätze. Im Vergleich erzeugt Amerika 16,1 kg Elektroschrott bei einer Sammel- und Recyclingquote von 41,4 Prozent. Das Thema Nachhaltigkeit wird deshalb weltweit immer wichtiger. Wie Elektronikingenieure zum Beispiel nachhaltige Netzteile entwickeln können, erfahren Sie in unserem Fokusthema "Power" ab Seite 18.

# INDUSTR.com

INDUSTRIE VORWÄRTS DENKEN



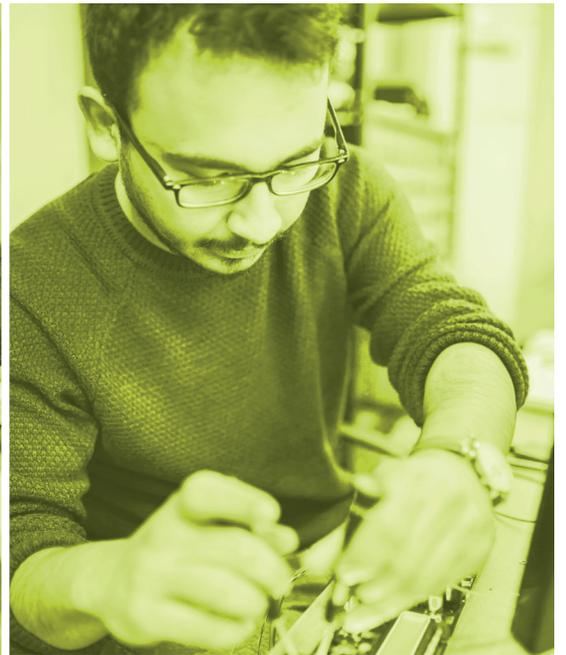
## NETZWERK – WISSEN – BUSINESS

AUTOMATION

ENERGIETECHNIK

ELEKTRONIK

PROZESSTECHNIK



### INDUSTR.com – INDUSTRIE VORWÄRTS DENKEN

INDUSTR.com unterstützt nachhaltig Ihre Informations- und Kaufprozesse. Mit hoher Industrie- und Technikexpertise fokussiert **INDUSTR.com** die Märkte Energie & Energietechnik, Maschinen- & Anlagenbau, Industriautomation, Elektronik & Elektrotechnik, Chemie & Pharma, Kunststoffindustrie, Food & Beverage, Bio- & Umwelttechnik – die gesamte produzierende Industrie.

INDUSTR.com

INDUSTRY ZERO & TRANSFORMATION

NEXT TECHNOLOGY

INDUSTRIAL SOLUTIONS

A&D

E&E

energy

P&A

part of INDUSTRY.FORWARD

# Snap-in

- 3-, 4- und 5-polig
- Kabel- und Flanschsteckverbinder
- PVC-Kabel
- Schutzart IP40

