

COOL BLEIBEN, WENN ES HEISS HERGEHT

Kühl-Design der nächsten Generation mit curamik® DirectCool ...ab Seite 8

TITELBILD-SPONSOR: ROGERS GERMANY

THERMAL MANAGEMENT
Passgenaue Kühlkonzepte für
die Leistungselektronik ab S. 14

MESSTECHNIK
Intelligente Fehlersuche
mit Infrarot-Technik ab S. 46

DISPLAYS & HMI
Ideale Stromversorgung
für OLED & Micro-LED S. 42

50

50 Jahre productronica

Die Weltleitmesse für
Entwicklung und Fertigung
von Elektronik feiert
Jubiläum – seien Sie dabei!

18.–21. November 2025
Messe München

**Mehr
erfahren!**



productronica.com/besucher

Auch die nächste Ausgabe der E&E kostenfrei lesen?



Jetzt Leser werden!





Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E: Die Leistungselektronik wird immer kompakter, leistungsfähiger und heißer. Miniaturisierung und steigende Leistungsdichte treiben die Verlustwärme in neue Dimensionen. Was früher mit simplen Kühlkörpern und Lüftern beherrschbar war, reicht heute nicht mehr aus. Die Kühlung entscheidet längst nicht nur über Effizienz, sondern über Zuverlässigkeit und Lebensdauer ganzer Systeme. Wer die Wärme im Griff hat, sichert Performance und Kundenzufriedenheit – wer sie unterschätzt, riskiert Ausfälle und teure Garantiefälle.

WELCHE BEDEUTUNG HAT DIE KÜHLUNG IN DER LEISTUNGSELEKTRONIK?

Die klassischen Luftkühler stoßen schon lange an ihre Grenzen, auch in puncto Energieeffizienz. Flüssigkühlung, Heatpipes und sogar mikrofluidische Systeme ziehen in Leistungsmodulen und Serverracks ein. Sie führen die Wärme direkt an der Quelle ab, reduzieren Hotspots und ermöglichen höhere Packungsdichten. Gleichzeitig arbeitet die Branche an neuen Materialien wie Graphit-Verbundwerkstoffen oder Phasenwechselstrukturen, die thermische Spitzen abpuffern. Das Ziel: mehr Leistung auf gleichem Raum – ohne thermischen Flaschenhals.

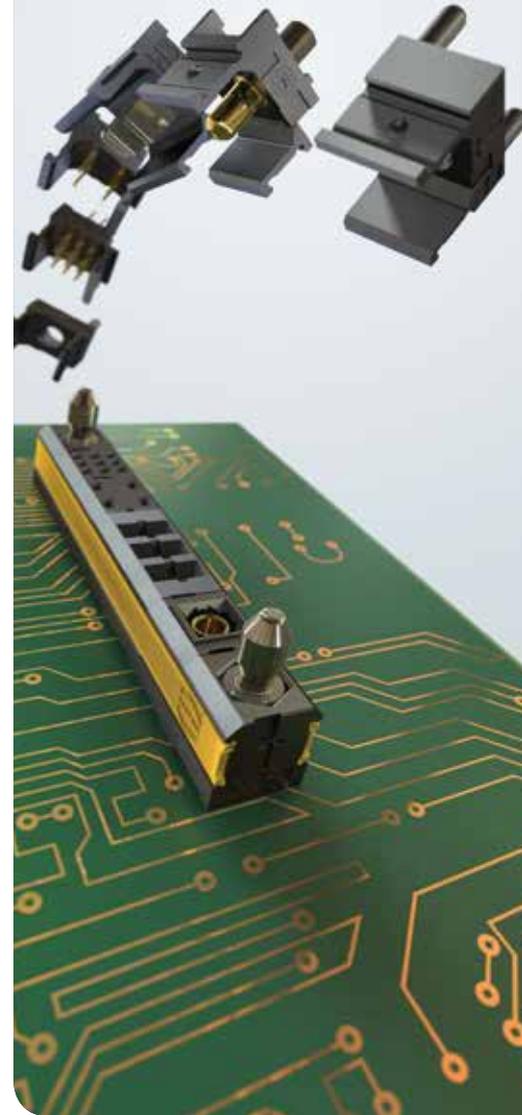
Auch Nachhaltigkeit spielt eine immer größere Rolle. Die Kühlung darf nicht selbst zum Stromfresser werden. Effiziente Kreisläufe, Wärmerückgewinnung und kältemittelfreie Technologien wie elektrokalendarische Wärmepumpen gewinnen an Bedeutung. Wer hier früh investiert, verbessert nicht nur seine Ökobilanz, sondern verschafft sich auch einen Marktvorteil.

Die Botschaft ist klar: Kühlung ist keine Randdisziplin mehr, sondern integraler Bestandteil der Systementwicklung. Sie entscheidet über Effizienz, Lebensdauer und Wettbewerbsfähigkeit.

Mein Fazit: Die Elektronik Kühlung ist die stille Heldin der Leistungselektronik und nicht nur dort – unscheinbar, aber unverzichtbar. Wenn wir die Herausforderungen von Miniaturisierung, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit meistern wollen, führt an innovativen Kühlkonzepten kein Weg vorbei. Erst wenn wir Wärme als gleichrangiges Entwicklungsziel begreifen, wird die Elektronik von morgen ihr volles Potenzial entfalten. Unternehmen und Forschungsinstitute arbeiten bereits an neuartigen Kühlkonzepten.



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



PCB Anschluss wie gewünscht

CREATE YOUR OWN: Mit har-modular® bauen Sie Ihren eigenen Leiterplatten-Steckverbinder ganz nach Ihren Wünschen. Kinderleicht konfiguriert und ab Stückzahl 1 bestellt.

www.HARTING.com/har-modular

INHALT

AUFTAKT

- 06 Im Rampenlicht
- 12 Highlights der Branche

TITELREPORTAGE

- 08 Titelstory: curamik® DirektCool verschiebt die Grenzen der SiC-Kühlung
- 11 Titelinterview mit Vitalij Gil von Rogers: „Rogers definiert die Kühlung neu!“

FOKUS: THERMAL MANAGEMENT

- 14 Effizientes Wärmemanagement: Heiße Elektronik, kühle Lösungen
- 16 Umfrage: „Wie kann die Energieeffizienz von Kühlsystemen verbessert werden?“
- 18 Jungbrunnen für die Elektronik: Mittel gegen zu hohe Bauteiltemperaturen
- 22 Mehr Leistung ohne Wärmestau: Effiziente E-Ladegeräte entwickeln
- 26 Wie Kühlkörper die Zuverlässigkeit einer SIS-Stromversorgung steigern

NET ZERO ELECTRONICS

- 30 Ausfallsichere Stromversorgung: Kompakte und zuverlässige DC-Lasten kühlen
- 34 DC/DC Power Modules: Effiziente Leistungsmodulare für Edge-KI-Systeme

RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 29 Businessprofil: Fischer Elektronik
- 53 Impressum & Firmenverzeichnis
- 66 Die Zahl



FOKUS THERMAL MANAGEMENT

08

AB SEITE

TITELREPORTAGE

curamik® DirektCool definiert SiC-Kühlung neu



46

INTELLIGENTE MESSTECHNIK

Mit Infrarot-Technologie auf gezielte Fehlersuche

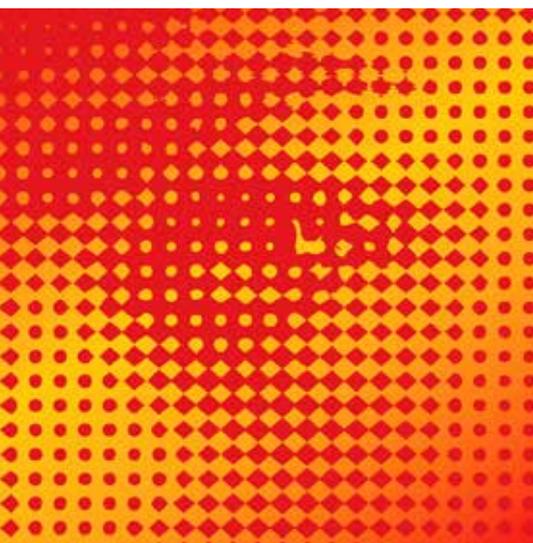




AB SEITE 14

FOKUSTHEMA

Effizientes Wärmemanagement für leistungsstarke Elektronik



36

VERBINDUNGSLÖSUNGEN

Sichere Power-Steckverbinder für industrielle Anwendungen



ELECTRONICS SOLUTIONS

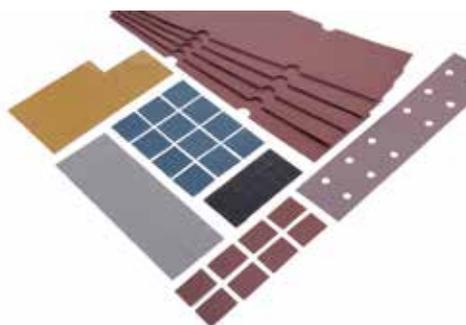
- 36 Sichere Verbindungslösungen:
UL-Zertifizierung bei Power-Steckverbindern
- 39 Edge Computing: Reale Abläufe und KI sicher vereinen
- 42 Optimale Stromversorgungen für OLED & Co
- 46 Mit Infrarot auf Fehlersuche
- 50 Sichere Speicher für Edge-Computer
- 54 Wohlfühlumgebung schaffen: Überwachung und Kalibrierung der Luftfeuchtigkeit

NEXT ELECTRONICS

- 58 Neue Packaging-Ansätze: 3D-Stacking reduziert Energieverbrauch und Latenz

SPEZIAL: SECURITY

- 60 NIS2 - Unternehmen brauchen bessere Cyberabwehr
- 63 Was steckt hinter: TPM, SBOM und IEC 62443
- 64 Grundlagen für zukünftige Cybersicherheitsprogramme

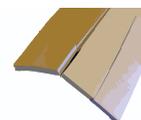


Wärmeleitfolien
-60 bis +200°C



Silikon Soft Pads
SBC Serie 1,5 / 3 / 5 / 7 / 12 W/mK
Weiche gelartige Pads: 2 - 10° ShA,
beidseitig haftend. Stärke: 0,5 bis 5,0 mm

Silikon Soft Pads mit Gewebe
SB-V0 Serie 0,9 / 1,3 / 3 / 7 W/mK
Glasgewebe Deckfolie und weiche gelartige
Unterseite. 2 - 20° ShA., einseitig haftend.
Stärke: 0,5 bis 5,0 mm



Silikon Glasgewebe Folie
SB-HIS Serie 1 / 2 / 3 / 4 / 5 W/mK
Optional: einseitig haftend oder klebend
ca. 80° ShA., Stärke: 0,15 bis 0,8 mm

Verarbeitungsmethoden: Plotten, Stanzen, Wasserstrahlschnitt

DETAKTA
Isolier- und Messtechnik GmbH & Co. KG
Hans-Böckler-Ring 19
22851 Norderstedt

Tel: +49 40 529547 0
eMail: info@detakta.de
Web: www.detakta.de

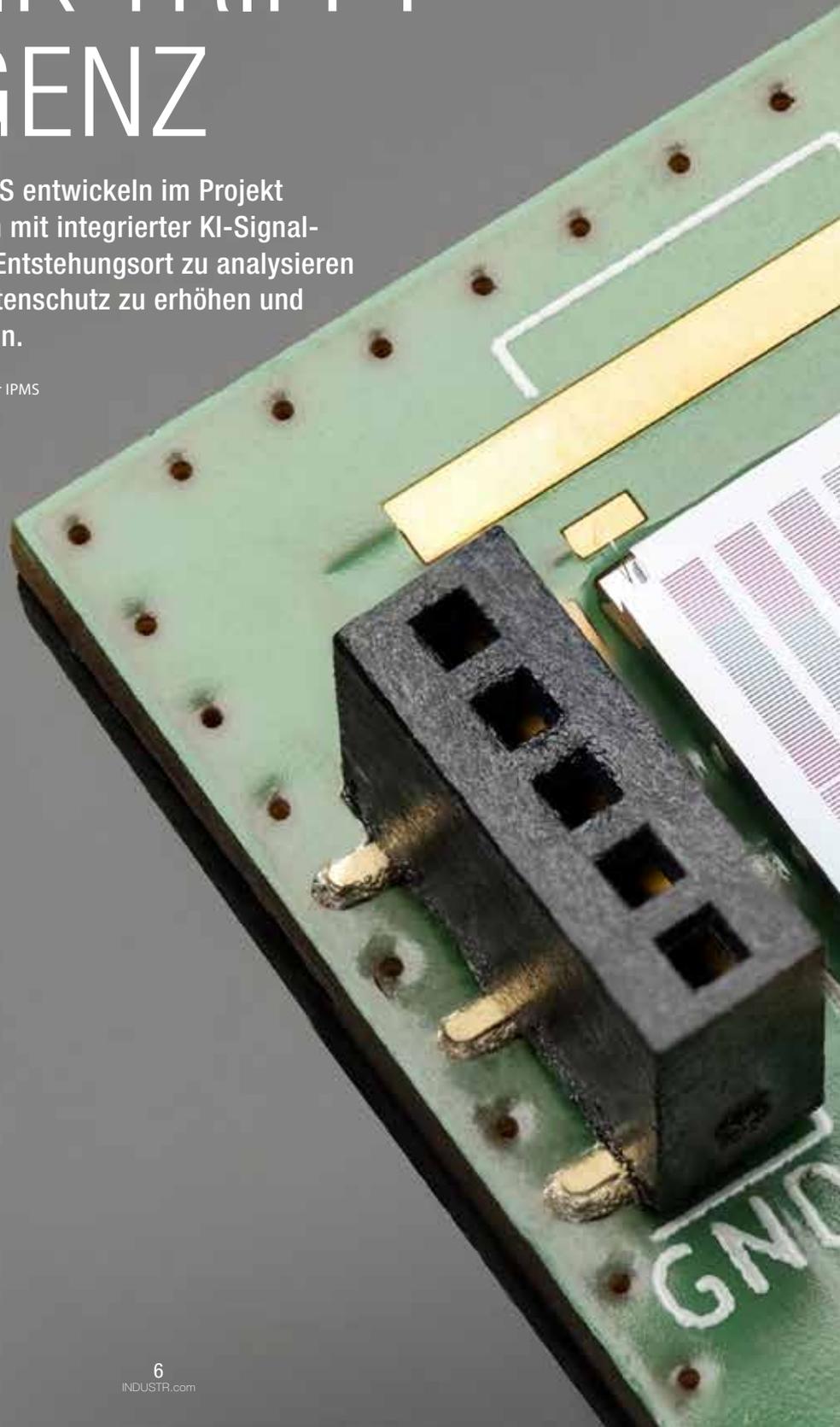
PROJEKT „INSEKT“ ERMÖGLICHT DEZENTRALE KI-LÖSUNGEN

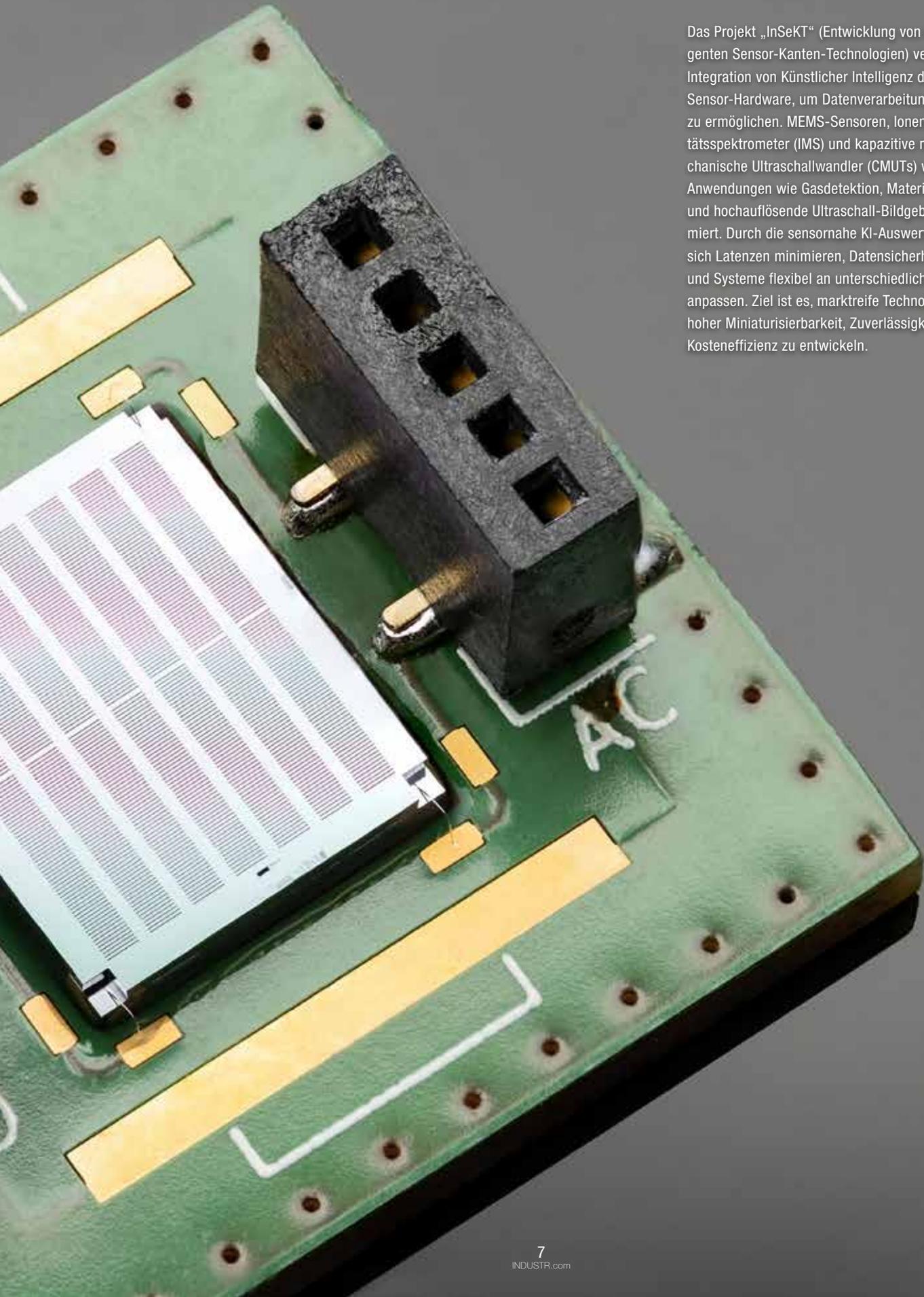
SENSORIK TRIFFT INTELLIGENZ

TH Wildau, IHP und Fraunhofer IPMS entwickeln im Projekt „InSeKT“ MEMS-basierte Sensoren mit integrierter KI-Signalverarbeitung, um Daten direkt am Entstehungsort zu analysieren und so Latenzen zu reduzieren, Datenschutz zu erhöhen und die Systemintegration zu optimieren.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E, mit Material von Fraunhofer IPMS

BILD: Fraunhofer IPMS





Das Projekt „InSeKT“ (Entwicklung von intelligenten Sensor-Kanten-Technologien) verfolgt die Integration von Künstlicher Intelligenz direkt in Sensor-Hardware, um Datenverarbeitung am Edge zu ermöglichen. MEMS-Sensoren, Ionenmobilitätspektrometer (IMS) und kapazitive mikromechanische Ultraschallwandler (CMUTs) werden für Anwendungen wie Gasdetektion, Materialanalyse und hochauflösende Ultraschall-Bildgebung optimiert. Durch die sensornahe KI-Auswertung lassen sich Latenzen minimieren, Datensicherheit erhöhen und Systeme flexibel an unterschiedliche Szenarien anpassen. Ziel ist es, marktreife Technologien mit hoher Miniaturisierbarkeit, Zuverlässigkeit und Kosteneffizienz zu entwickeln.

CURAMIK® DIRECTCOOL VERSCHIEBT DIE GRENZEN DER SiC-KÜHLUNG

Kühl-Design der nächsten Generation

SiC-Leistungshalbleiter treiben Leistungsdichte und Schaltfrequenz in neue Bereiche – und rücken damit die Kühlung an die physische Grenze klassischer Module. Ein neues Konzept von Rogers, die curamik® DirectCool Lösung, integriert den curamik® Micro Channel Cooler direkt in das Substrat und bindet ihn bereits im Herstellungsprozess an die Keramik an. Dadurch wird der thermische Pfad auf ein Minimum verkürzt, sodass hohe Wärmeflussdichten auf kleinstem Raum sicher abgeführt werden können.

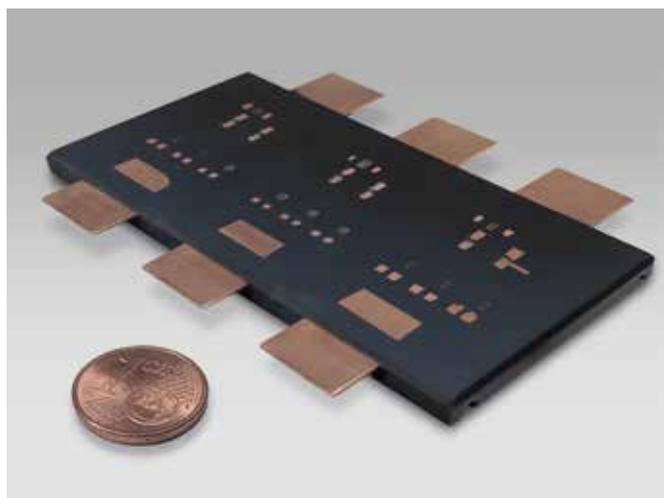
TEXT: Vitalij Gil, Rogers Germany BILDER: Rogers Germany; iStock, GeorgePeters

Mit dem Einsatz von SiC-MOSFETs und Dioden verschieben sich die Grenzen in der Leistungselektronik spürbar. Höhere Sperrschichttemperaturen, deutlich kürzere Schaltzeiten mit entsprechend hohen dv/dt - und di/dt -Werten sowie die Möglichkeit, auf Systemebene mit stark gesteigerten Schaltfrequenzen zu arbeiten, ermöglichen kompaktere Module, die mehr Leistung auf gleicher Fläche unterbringen. Doch diese Vorteile haben ihren Preis: Die Verlustwärme konzentriert sich auf kleinstem Raum, häufig sogar in Form von Hotspots mit extremen Wärmeflussdichten. Was in der Theorie nach mehr Effizienz klingt, wird in der Praxis schnell zum thermischen Problem. Die eigentliche Grenze setzt nicht das Halbleiterbauelement selbst, sondern der Wärmepfad vom Chip bis ins Kühlmedium. Jede zusätzliche Schicht zwischen Halbleiter und Kühlkanal verlängert diesen Pfad,

erhöht den thermischen Widerstand und ist zugleich eine potenzielle Schwachstelle für Alterungs- und Ausfallmechanismen.

Grenzen klassischer Kühlkonzepte

Traditionelle Modulkonzepte basieren auf einem Substrat, das auf einer massiven Baseplate sitzt und über eine Wärmeleitpaste oder ein Gap-Filler mit einer externen Kühlplatte verbunden wird. Der Wärmefluss muss dabei mehrere Übergänge überwinden: von der aktiven Halbleiterfläche über Metallisierungen, Keramik und Kupfer bis hin zu Füge- und TIM (Thermal Interface Material)-Schichten, bevor er schließlich die Kühlplatte erreicht. Die Konsequenz sind höhere Temperaturen am Halbleiter, größere Streuungen im Verhalten einzelner Module und ein erhöhtes



Das vom Fraunhofer IZM entwickelte Leistungsmodul, ausgestattet mit curamik® DirectCool und 18 CoolSiC™ Gen2 MOSFETs von Infineon, ist ein B6-Brücken-Wechselrichter, der eine Motorsausgangsleistung von bis zu 250 kW ermöglicht.

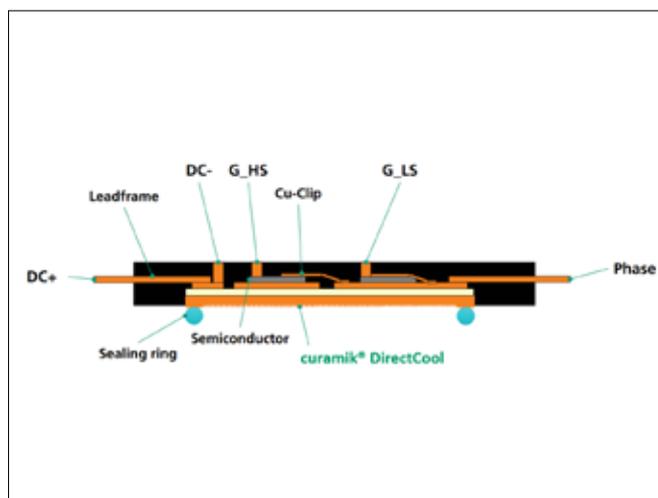
Risiko für vorzeitige Ausfälle durch Alterungseffekte wie Pump-Out oder Rissbildung. Gleichzeitig wächst das Bauvolumen, was sich negativ auf Gewicht und Bauraum auswirkt – Faktoren, die insbesondere in der Elektromobilität kritisch sind.

Um diese Nachteile zu reduzieren, gehen die meisten Hersteller inzwischen dazu über, das Substrat direkt auf den Kühler zu löten oder zu sintern. Auf diese Weise entfallen nicht nur die Baseplate, sondern auch die dazwischenliegende TIM-Schicht, und der Wärmepfad verkürzt sich spürbar, da das Verbinden von Substrat und Kühler erst nach der Fertigstellung des vollbestückten Moduls erfolgt und damit zusätzliche Prozessschritte, Materialien, Toleranzen und Ausbeuteverluste einhergehen.

curamik Micro Channel Cooler als Schlüsseltechnologie

Rogers geht hier noch einen entscheidenden Schritt weiter: Der Kühler wird nicht erst nachträglich gefügt, sondern bereits während der Substratherstellung direkt integriert. Damit entfallen weitere Schichten im System, und es entsteht eine zuverlässige und dauerhafte Verbindung zwischen Substrat und Kühler. Grundlage dafür ist die von Rogers entwickelte Mikrokanalkühler-Fertigungstechnologie, die auf mehr als 25 Jahre Erfahrung in thermisch anspruchsvollen Anwendungen baut.

Diese Technologie ermöglicht, komplexe 3-dimensionale Strukturen abzubilden, welche die Wärmeübergangseffizienz und die Kühloberfläche erheblich steigern. Gleichzeitig bleibt der Druckabfall im von der Automobilindustrie typischerweise geforderten Bereich von 100 bis 200 mbar, unter der Einhaltung der vorgeschriebenen Kanalbreiten größer 1,0 mm. Dabei handelt es sich streng genommen nicht mehr um klassische Mikrokanäle,



Schematische Darstellung des Fraunhofer B6-Brücken-Wechselrichters mit der integrierten curamik® DirectCool Lösung

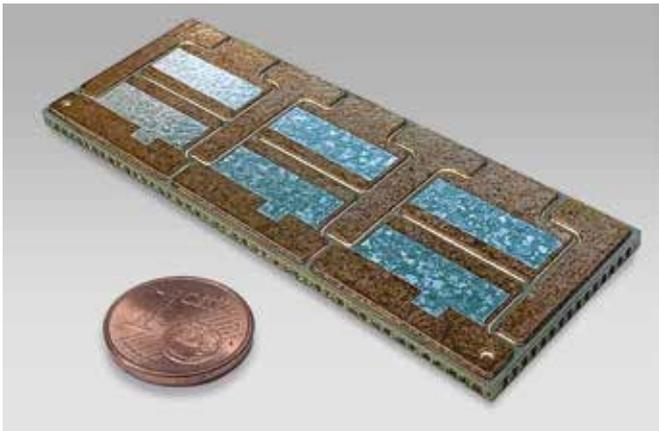
sondern um Strukturen im Millimeterbereich. Dennoch erreicht dieses Konzept eine Effizienz, die mit der eines Mikrokanalkühlers vergleichbar ist. Der eigentliche Trick – und gleichzeitig die größte Herausforderung – liegt jedoch darin, die Durchbiegung des Substrats sowohl während des Herstellungsprozesses als auch in den nachfolgenden Kundenprozessen und in der finalen Anwendung zuverlässig zu kontrollieren.

Rogers ist es gelungen, auch bei einem unsymmetrischen Aufbau mit 0,5 bis 0,8 mm Kupfer auf der Layoutseite und einem Kühler auf der Rückseite mit bis zu 3 mm Stärke ein kontrolliertes Durchbiegungsverhalten zu erzielen. Damit können die Vorteile der Mikrokanalkühlung genutzt werden, ohne Einbußen bei mechanischer Stabilität und Zuverlässigkeit in Kauf nehmen zu müssen.

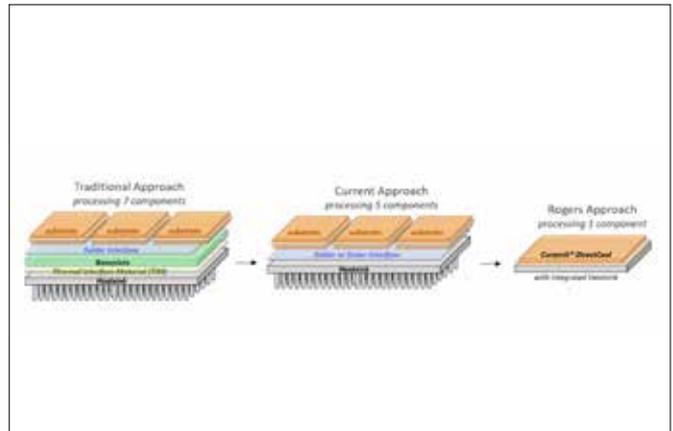
Thermische Performance in der Praxis

In der Anwendung zeigt sich die Stärke des curamik DirectCool Konzeptes besonders deutlich. Der Wegfall weiterer Schichten im System reduziert den gesamten Junction-to-Fluid-Widerstand erheblich. Die Wärme fließt nun von der Halbleiterfläche über das direkt gekühlte Substrat unmittelbar in das Kühlmedium – ohne zusätzliche Schnittstellen. Die Leistungsfähigkeit konnte in einem gemeinsamen Demonstrator mit dem Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM eindrucksvoll belegt werden.

Die Versuche wurden auf eine besonders kompakte 6-in-1-Modularchitektur ausgelegt. Unter anwendungsnahen Bedingungen — 363 A I_{MS} (drei Chips), $T_{j,max} = 150\text{ °C}$, Kühlmitteltemperatur 65 °C und $V_{DS} = 1200\text{ V}$ — wurde ein Junction-to-Fluid-Wärmewiderstand von $R_{th,j-f} = 0,158\text{ °C/W}$ (Durchfluss 10 L/min)



curamik® DirectCool überzeugt durch eine optimierte thermische Leistung und das kleine Formfaktor-Leistungs-Verhältnis.



Explosionsdarstellung der typischen Moduleinzelkomponenten im direkten Vergleich zur Lösung von Rogers.

gemessen. Für einen Worst-Case-Arbeitspunkt einer nahezu leeren Batterie bei 650 V Arbeitsspannung ergibt sich eine berechnete Wechselrichterleistung von 280 kVA, entsprechend rund 220 kW Motorleistung.

Fraunhofer IZM kombinierte das Substrat mit einer intelligenten und praxisnahen Schaltungs- und Ansteuerungsarchitektur, wodurch die Modul-Streuinduktivität, inklusive DC+- und DC--Anschlüsse, mittels Simulation zu 3,23 nH bestimmt wurde. Leistungsdichten dieser Größenordnung, kombiniert mit einem Fertigungskonzept, das auf Skalierbarkeit und Kosteneffizienz ausgelegt ist, könnten einen neuen Standard setzen, der bislang nicht realisiert werden konnte.

Leichter, robuster, nachhaltiger – mehr als nur eine Kühlung

Neben den klaren thermischen Stärken bietet das curamik DirectCool Concept auch mechanische, systemische und ökologische Pluspunkte. Durch den Verzicht auf eine massive Basisplatte, herkömmliche Kühlkomponenten und durch die kleinere Fläche lässt sich das Modulgewicht um bis zu 75 Prozent reduzieren. Ein Vorteil, der sich insbesondere in der Elektromobilität direkt in mehr Reichweite und Effizienz übersetzt. Gleichzeitig folgt das Konzept dem Trend zur Miniaturisierung, da durch das verringerte Bauvolumen wertvoller Bauraum signifikant eingespart wird.

Die Vereinfachung des Aufbaus trägt zudem zu einer deutlich höheren Zuverlässigkeit bei: Weniger Schichten bedeuten zugleich auch weniger Schnittstellen, an denen Alterung oder Versagen einsetzen können. In umfangreichen Tests wurde das DirectCool Substrat mehr als 1500 thermischen Wechselbelastungszyklen in passiven Kammern bei Temperaturen zwischen -55 und +150 °C ausgesetzt – ohne erkennbare Ermüdungserscheinungen. Damit eröffnet sich das Potenzial für Einsatzmöglichkeiten auch

außerhalb des Automotive-Bereichs, deren Belastungsspezifikationen typischerweise zwischen -40 und +125 °C liegen.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Ressourceneffizienz. Edelmetallreiche Zwischenlagen werden weitgehend vermieden, und auch beim Modul- und Systemhersteller sinkt der Bedarf an Material und Prozessschritten. Das spart Aufwand, senkt die Kosten und verbessert damit sowohl die ökonomische als auch die ökologische Bilanz. Rogers legt dabei besonderen Wert darauf, dass jede Innovation einen messbaren Beitrag für die Umwelt leistet.

Module-Designs neu denken

Das curamik DirectCool Concept ist weit mehr als ein Fortschritt in der Kühlung – es verschiebt die Grenzen für das Design künftiger SiC-Module. Während klassische Kühllösungen an ihre physikalischen Barrieren stoßen, eröffnet DirectCool neue Freiheitsgrade in der Architektur. Entwickler können kompaktere und leistungsfähigere Module realisieren, die höhere Leistungsdichten mit gesteigerter Zuverlässigkeit verbinden.

DirectCool steht damit nicht nur für technische Innovation, sondern auch für eine neue Ära der Effizienz und Wirtschaftlichkeit in der Leistungselektronik. Als Schlüsseltechnologie, die den Anforderungen von morgen gewachsen ist, setzt es einen klaren Impuls für die Weiterentwicklung der Leistungselektronik – und bietet Entwicklern und Unternehmen gleichermaßen die Möglichkeit, nachhaltige und damit zukunftssichere Lösungen zu schaffen.



Weitere Informationen zum Fraunhofer B6-Brücken-Wechselrichter finden Sie online über den Link im QR-Code im Beitrag: Energy transition: Increasing efficiency with low-inductance power modules

Interview mit Rogers über die curamik® DirectCool Lösung

„Rogers definiert die Kühlung neu!“

Mit curamik® DirectCool setzen die Wärmemanagement-Experten auf die nächste Generation leistungsstarker Module. Statt klassischer Wärmespreizung sorgt die innovative Lösung von Rogers für maximale Kühleffizienz direkt an der Wärmequelle – kompakter, ressourcenschonender und skalierbar. Vitalij Gil, Sr. Manager – New Business Development bei Rogers, erklärt, warum curamik® DirectCool so einzigartig ist.



DAS INTERVIEW FÜHRTE: Bernhard Haluschak, E&E **BILD:** Rogers Germany

Rogers ist seit vielen Jahren ein etablierter Anbieter von Wärmemanagement-Lösungen nicht nur für Leistungselektronik. Welche Bedeutung hat die Entwicklung von curamik DirectCool für das Unternehmen und wie fügt sich das Produkt in die strategische Ausrichtung ein?

Rogers hat schon immer den Standard und Takt für die Leistungssubstrate gesetzt. Mit DirectCool knüpfen wir daran an: keine bloße Produktvariation, sondern die nächste Produktplattform für die Leistungsmodule von morgen. Möglich wurde das durch mehr als 25 Jahre Erfahrung in Leistungssubstraten und Mikrokanal-Kühlerdesigns – und durch die Co-Entwicklung mit unseren Kunden. Genau solche Schritte sind für uns entscheidend: Wir lösen Kundenprobleme, ohne Skalierbarkeit, Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz aus dem Blick zu verlieren. Das Marktfeedback bestätigt diesen Kurs: Erste Design-ins und Pilotprojekte laufen – klarer Rückenwind für unseren Plattformansatz.

Mit dem zunehmenden Einsatz von SiC-Leistungshalbleitern steigen Leistungsdichte und Schaltfrequenzen deutlich an. Welche thermischen Grenzen stoßen klassische Kühlkonzepte und welchen Beitrag kann curamik DirectCool hier leisten?

Warum ist das so? Klassische Kühlstrukturen sind limitiert, die Kühleffizienz noch weiter zu steigern und sind daher auf Wärmespreizung angewiesen, was dazu führt, dass Komponenten größer werden müssen – ein Widerspruch zum Trend und Wunsch der Miniaturisierung. Genau hier setzt DirectCool an: Wir steigern die Kühleffizienz gezielt nahe der Wärmequelle und sind weniger abhängig von der Wärmespreizung. So konnten wir in vielen Fällen durch Simulationen und Messungen nachweisen, dass unsere Lösung so effizient ist wie eine doppelseitige Kühlung, mit dem Unterschied, dass wir nicht mehr Aufbauvolumen und Materialien dafür benötigen, sondern weniger.

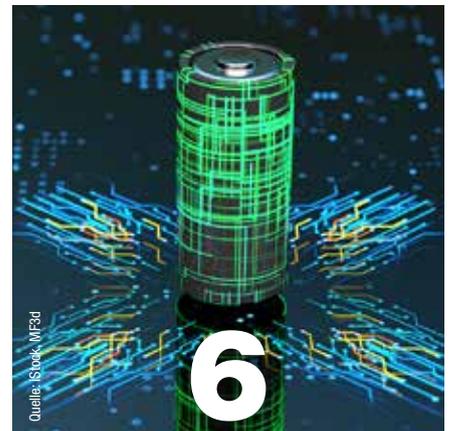
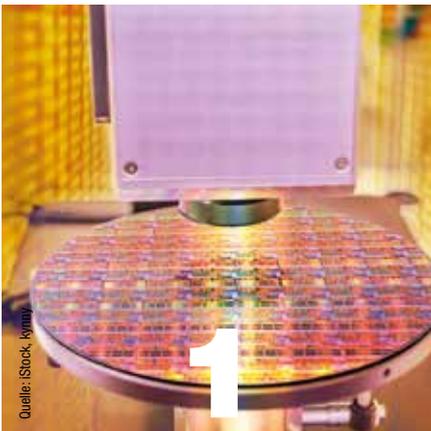
Wenn Sie den Blick in die Zukunft richten: Welche weiteren Schritte sind für die Weiterentwicklung von curamik DirectCool geplant und welche Rolle wird diese Technologie im Markt für SiC-basierte Leistungselektronik einnehmen?

Generell ist der Wunsch nach integrierten Kühlern nicht neu, scheiterte jedoch bislang häufig an einer wirtschaftlichen und praktischen Umsetzung. In den letzten zwei Jahren lag unser Fokus daher auf der Entwicklung einer effizienten Fertigungslösung und der Validierung der Leistungsfähigkeit unter realen Bedingungen. Umso beeindruckender waren die Reaktionen der Kunden auf der diesjährigen PCIM Nürnberg, als funktionale Modul-Demonstratoren mit unglaublichen Leistungsdichten präsentiert wurden. Derzeit arbeiten wir eng mit ausgewählten Pilotkunden zusammen, um die Systemzuverlässigkeit und die Lebensdauer umfassend zu bewerten. Unser Ziel ist es, ab 2028 erste Fahrzeuge damit auszustatten. Aus unserer Sicht ist DirectCool die logische Weiterentwicklung der Substrat- und Leistungsmodularchitektur. Zudem stehen wir erst am Anfang dieser Entwicklung – das Potenzial für Verbesserungen und neue Anwendungen ist enorm und bietet daher spannende Möglichkeiten, die Zukunft der Leistungselektronik mit unseren Kunden nachhaltig zu gestalten.

6

HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? DataTec feiert 40-jähriges Bestehen, Forscher entwickeln den leistungstärksten selbstversorgenden Photodetektor und Rosenberger Hochfrequenztechnik erweitert sein Angebot für Quantenanwendungen. Delta stellt eine HMI-Lösung für IIoT-Anwendungen vor und Syslogic entwickelt einen Rugged-Computer auf Basis einer neuen Nvidia-Technologie.



Lichtempfindliche Sensorik ohne Batterieinsatz

Neuer Photodetektor

Ein Forschungsteam am KAIST hat den weltweit leistungsstärksten selbstversorgenden Photodetektor entwickelt. Das neuartige Bauelement ist mehr als zwanzig mal empfindlicher als herkömmliche Sensoren und funktioniert allein mit Licht, ohne dass eine externe Stromquelle benötigt wird. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten für tragbare Geräte und IoT-Anwendungen.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2887425

Wachstum mit Strategie statt Stillstand

40 Jahre dataTec

Nach einem verhaltenen Geschäftsjahr setzt DataTec auf ein Bündel strategischer Maßnahmen. Der Fachdistributor für Mess- und Prüftechnik konsolidiert internationale Standorte, bündelt Ressourcen und schafft mit einem Konjunkturpaket gezielte Investitionsanreize. Zum 40-jährigen Bestehen des Unternehmens stehen vor allem Kunden- und Beratungsnahe und Beratungskompetenz im Fokus.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2885156

HMI für moderne IIoT-Umgebungen

Nahtlos in die Cloud

Mit der DOP-300S-Serie bringt Delta eine HMI-Lösung auf den Markt, die speziell für die Anforderungen der intelligenten Fertigung und des IIoT entwickelt wurde. Mit dem leistungsstarken Dual-Core-Prozessor und der optionalen WLAN- und Cloud-Anbindung bietet sie eine hohe Flexibilität bei einfacher Integration. Die neue Serie ist für OEMs und IIoT-Anbieter eine zukunftsfähige Lösung.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2886053

Verbindungstechnik für Quantencomputing

Kryogene Systeme

Rosenberger Hochfrequenztechnik erweitert sein Portfolio für Quantenanwendungen um die neue WSMP-Multichannel-Serie. Die Serie wurde für kryogene Systeme und Vakuumumgebungen entwickelt und kombiniert hohe Packungsdichte, Miniaturisierung und thermische Stabilität. Die Serie liefert eine entscheidende Komponente für den Aufbau zuverlässiger Quantensysteme.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2889272

KI-Rechenpower für Vision-Anwendungen

Nvidia-Supercomputer

Nvidia stellt mit dem Jetson AGX Thor einen Supercomputer für hochkomplexe Intelligent-Vision-Anwendungen vor. Die Serie erreicht bis zu 2.070 FP4-TFLOPS und ist damit leistungsfähiger und effizienter als ihre Vorgänger. Syslogic entwickelt einen Rugged-Computer auf Basis dieser neuen Technologie. Dieser wird ab Ende 2025 für anspruchsvolle Einsätze verfügbar sein.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2888981

Hochvolt-Steckverbinder

Messungen bis 1,6 kV

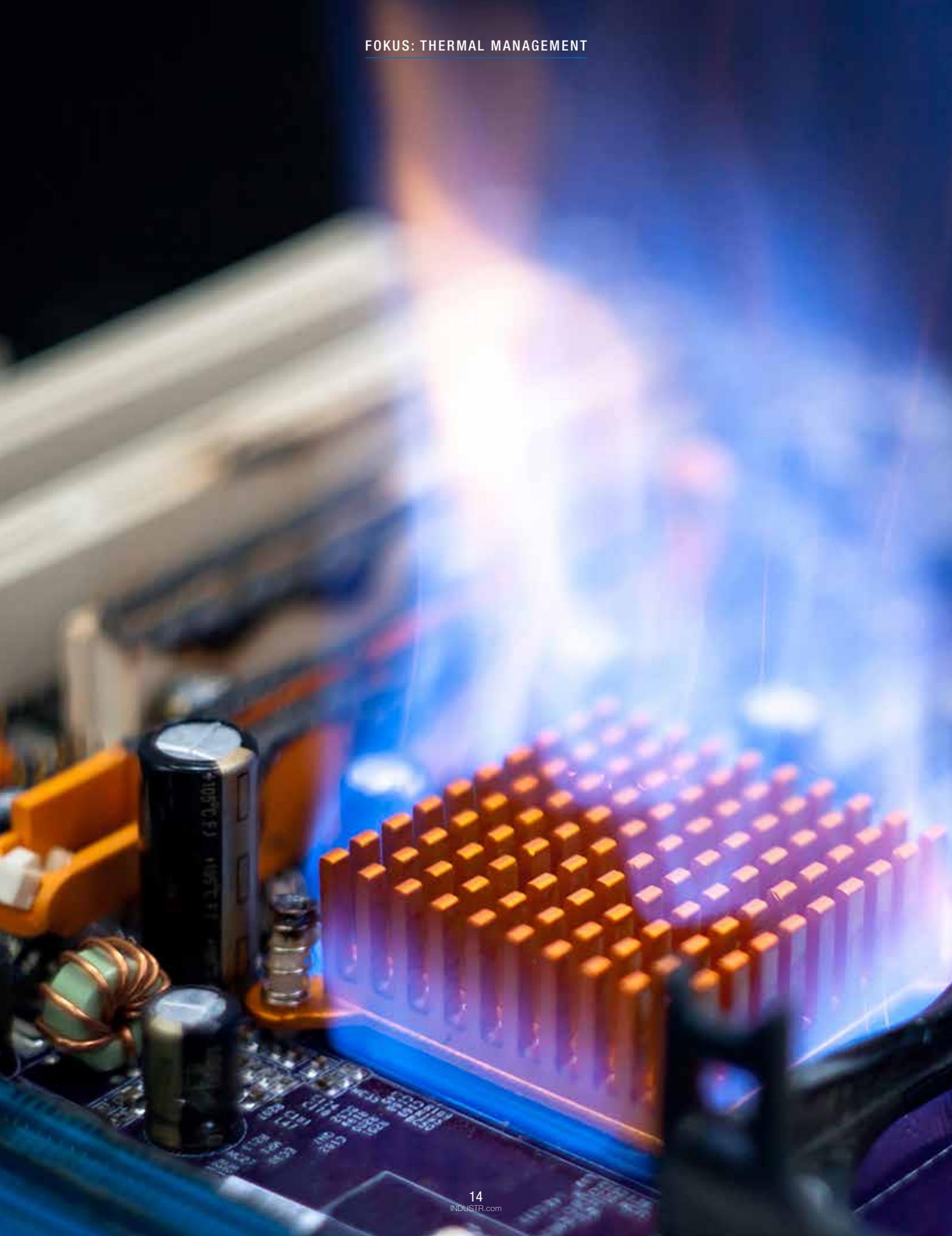
Odu hat mit dem Medi-Snap 1,6 kV einen Hochvolt-Steckverbinder vorgestellt, der alle relevanten Sicherheitsanforderungen bis 1,6 kV AC/DC erfüllt. Mit Push-Pull-Verriegelung, mechanischer Codierung sowie IP64-Schutz bietet er sicheren Berührungsschutz und verhindert Fehlstecken. Die Lösung eignet sich für Batterietests in den Bereichen E-Mobility, Automotive und Photovoltaik.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2886983

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

datatec.eu/future







Effizientes Wärmemanagement

HEISSE ELEKTRONIK, KÜHLE LÖSUNGEN

Steigende Leistungsdichten und kompakte Bauformen machen Wärmemanagement zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor in der Elektronikentwicklung. Wer frühzeitig thermische Aspekte berücksichtigt, steigert Zuverlässigkeit, Performance und spart Kosten.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E BILD: iStock, alexandrumagurean

Elektronik wird kleiner, schneller und leistungsfähiger – und genau das bringt Entwickler ins Schwitzen. Wo früher großzügige Leiterplattenflächen für die Abwärme sorgten, drängen heute leistungsstarke Chips auf engstem Raum. Die Folge: Temperaturen steigen, Bauteile altern schneller, Systeme drosseln ihre Leistung oder fallen ganz aus. Thermal Management ist längst nicht mehr eine nachgelagerte Disziplin, die am Ende eines Projekts „irgendwie“ berücksichtigt wird. Es ist die stille Lebensversicherung jedes elektronischen Systems – und der Schlüssel zu Zuverlässigkeit und Kundenvertrauen.

Wer schon in der Konzeptphase an die Wärme denkt, hat die Nase vorn. Mit thermischen Simulationen lassen sich Hot-spots sichtbar machen, bevor die erste Leiterplatte produziert wird. CFD-Tools zeigen, wo Kupferflächen vergrößert, Vias gesetzt oder Gehäuse optimiert werden müssen. Der Entwickler wird zum „Thermal Designer“ – ein Rollenwechsel, der nicht nur Ausfälle verhindert, sondern Entwicklungszeit und -kosten drastisch reduziert.

Die Möglichkeiten sind vielfältig: passive Maßnahmen wie Wärmeleitpads oder clever platzierte Leiterbahnen, aktive Lösungen wie Miniaturlüfter, Heatpipes oder gar Flüssigkühlungen für High-Power-Anwendungen. Sogar das Gehäuse selbst kann zum aktiven Teil des Kühlkonzepts werden. Aber Theorie ist nicht alles – erst Messungen am Prototyp bringen die Wahrheit ans Licht. IR-Kameras, Sensormatrizen und Langzeittests zeigen, ob die thermische Balance wirklich hält, was die Simulation versprochen hat.

Und die Zukunft? Sie wird intelligent. Chips, die ihre eigene Temperatur melden, Systeme, die ihre Kühlung dynamisch anpassen, und Kühlkörper aus dem 3D-Drucker, die exakt zum Layout passen – all das verändert die Rolle des Entwicklers. Thermal Management wird zur kreativen Disziplin, die Technik, Simulation und Design vereint.

Effizientes Kühlsystem gesucht

MEHR LEISTUNG, WENIGER VERLUST

Die Kühlung technischer Systeme ist heute einer der größten, oft unterschätzten Energieverbraucher. Besonders in kompakten Embedded Systemen und in der Leistungselektronik kann das Temperaturmanagement einen erheblichen Anteil der Gesamtenergie beanspruchen. Damit wird Kühlung nicht nur zu einer technischen Notwendigkeit, sondern auch zu einem zentralen Faktor für Effizienz, Betriebskosten und Nachhaltigkeit. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Rechenleistung, Miniaturisierung und Leistungsdichte – und damit auch an die Kühlleistung. Es entsteht ein Spannungsfeld zwischen wachsendem Energiebedarf für die Wärmeabfuhr und dem Ziel, den Gesamtverbrauch zu senken. Diese Herausforderung rückt immer stärker in den Fokus von Forschung und Industrie. Doch wie kann die Energieeffizienz von Kühlsystemen direkt oder indirekt konkret verbessert werden?

UMFRAGE: Bernhard Haluschak, E&E BILDER: Kontron; Pi; Rutronik; iStock, nudds



REINER GRÜBMEYER

Direkte Maßnahmen am Kühlsystem von Embedded-Hardware verbessern die Wärmeabfuhr und steigern die Effizienz. Dies kann durch leistungsfähige Lüfter, Heatpipes, hochleitfähige Wärmeleitmaterialien und eine bedarfsgerechte Regelung mittels Sensorik und PWM erreicht werden. Durch ein optimiertes thermisches Design, beispielsweise durch die clevere Platzierung von Bauteilen, großen Kupferflächen oder Kühlkörpern, lassen sich Hotspots vermeiden. Gleichzeitig reduziert der Einsatz stromsparender Komponenten und Betriebsmodi den Kühlbedarf. Das Ergebnis sind weniger Abwärme und ein geringerer Energieverbrauch – und eine spürbare Entlastung für System und Umwelt.

Head Of Department, Kontron



BERNHARD HALUSCHAK

Die Verbesserung der Energieeffizienz beginnt in der Elektronik selbst: Jede vermiedene Verlustleistung reduziert den Kühlbedarf dramatisch. Der Einsatz moderner Halbleitertechnologien wie SiC oder GaN senkt Schalt- und Leitverluste, während optimiertes Layout- und Power-Management-Design Hotspots vermeidet. Intelligente Regelungen passen Taktfrequenzen und Lastprofile dynamisch an, um thermische Spitzen abzufangen. So wird nicht nur weniger Wärme produziert – die gesamte Kühlkette arbeitet entspannter und verbraucht weniger Energie. Effiziente Elektronik bedeutet damit nicht nur bessere Performance, sondern auch längere Lebensdauer, höhere Zuverlässigkeit und ein klares Bekenntnis zu nachhaltiger Technik.

Chefredakteur E&E, PI



MARTIN UNSÖLD

Um die Energieeffizienz von Kühlsystemen zu verbessern, sollte das Thermomanagement bereits in der Entwicklungsphase berücksichtigt werden. Entscheidend sind Parameter wie Strombedarf, Platz und Art der Kühlung. Intelligente Lüftersteuerungen mit PWM- oder PID-Regelung, optimierte Luftführung per Strömungssimulation sowie der Einsatz energieeffizienter Lüfter reduzieren den Verbrauch. Passive Lösungen wie Heatpipes, PCM oder durchdachtes Gehäusedesign erhöhen die Effizienz. Auch gute thermische Entkopplung sensibler Komponenten, die Auswahl energieeffizienter Low-Power-Mikrocontroller, GaN-FETs und hochwertige TIMs mit hoher Wärmeleitfähigkeit tragen maßgeblich zu einem besseren Wirkungsgrad bei.

Senior Manager Product Marketing
Mechanics, Rutronik



Mittel gegen zu hohe Bauteiltemperaturen

Jungbrunnen für die Elektronik

Bekanntermaßen besteht in der Elektronikwelt ein direkter Zusammenhang zwischen Bauteiltemperaturen und deren dadurch resultierender Lebensdauer. Zu hohe Bauteiltemperaturen beeinträchtigen signifikant deren Zuverlässigkeit, Wirkungsgrad und Haltbarkeit. Wir erläutern, was dagegen wirksam hilft.

TEXT: Jürgen Harpain, Fischer Elektronik BILDER: Fischer Elektronik; iStock, justhavealook

Strangkühlkörper

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



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

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

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



Es gilt im Betrieb elektronischer Bauteile, diese in einem vom Hersteller vorgegebenen Temperaturbereich zu betreiben, um langfristig deren Eigenschaften zu sichern. Effiziente, auf die Applikation angepasste Wärmemanagementsysteme vermeiden Fehlfunktionen einzelner Halbleiter und verhindern schlimmstenfalls deren Zerstörung. Unabhängig von der Bauteilgröße und -beschaffenheit trifft diese Tatsache auf alle Bereiche der Bauteilentwärmung in der Elektronik und vor allem in der Leistungselektronik zu. Das Aufgabengebiet der Leistungselektronik umfasst unter anderem alles, was mit der Steuerung, Umformung und dem Schalten von elektrischer Energie zu tun hat.

Der Ursprung der Leistungselektronik ist mit der Erfindung des ersten Gleichrichters gegeben, wobei diese nicht nur im Bereich der Leistungselektronik ihre Anwendung finden. Heutige leistungselektronische Einheiten und Systeme, wie Wechselrichter, Netzteile oder Motorsteuerungen, erzeugen im Betrieb erhebliche Wärmemengen, die es durch geeignete Maßnahmen zu eliminieren gilt. Andernfalls, ohne jegliche Entwärmungssysteme, kommt es unweigerlich zu einer Überhitzung der eingesetzten Bauteile, was schlussendlich drastische Folgen für das Bauteil oder der gesamten Baugruppe mit sich bringt. Angepasste Konzepte zur Bauteilentwärmung aus dem Hause Fischer Elektronik stellen sicher, dass die Betriebstemperaturen der verwendeten Bauteile innerhalb spezifizierter Grenzwerte langfristig bleiben. Auf die Applikation und auf die verwendeten Bauteile angepasste Entwärmungslösungen gilt es anwenderseitig auszuwählen, um die Zuverlässigkeit und Lebensdauer elektronischer Komponenten zu gewährleisten.

Klein, aber leistungsstark

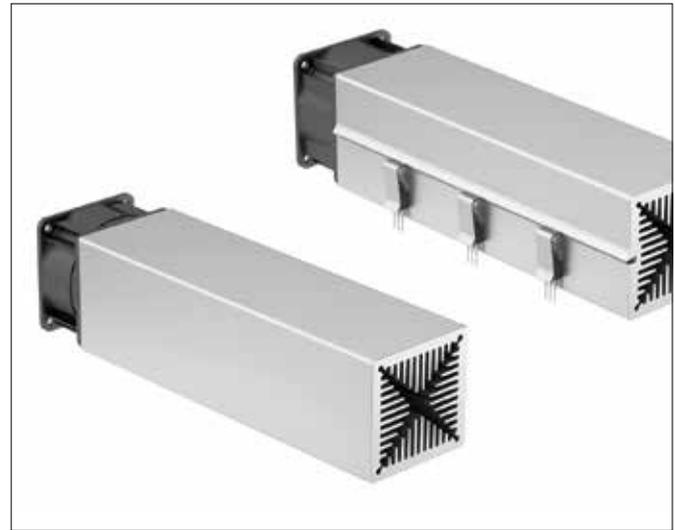
Leistungsstarke elektronische Halbleiter sind heutzutage gleichfalls auf Leiterkarten eingesetzt und vorzufinden. Deren erzeugte Verlustleistung und die damit

verbundene Wärmemenge liegt oftmals in Bereichen, die mit einer reinen passiven Entwärmung nicht mehr an die Umgebung abzuführen sind. Speziell für die Bauteilentwärmung von Leistungskomponenten auf der Leiterkarte sind im Hause Fischer Elektronik die sogenannten Miniaturlüfteraggregate konzipiert und entwickelt worden. Miniaturlüfteraggregate der Produktserie LAM mit unterschiedlichen geometrischen Abmessungen eignen sich im Besonderen für die Abfuhr größerer Wärmemengen auf kleinstem Raum, können aufgrund ihrer Kompaktheit direkt auf der Leiterkarte verbaut oder befestigt werden.

Die sehr schwierig im Extrusionsverfahren herstellbaren Miniaturlüfteraggregate bestehen aus einem als Rohr ausgeformten Basisprofil mit innenliegenden Rippen. Die umliegenden Bauteilmontageflächen nehmen die vom Bauteil produzierte Verlustwärme auf und leiten diese an die innen liegende Rippenstruktur weiter. Neben einer homogenen Wärmeverteilung ist die jeweilige Geometrie der innenliegenden Wärmetauschfläche in Sachen Rippendicke, -abstand und -höhe auf den entsprechenden Lüftermotor und dessen lufttechnischen Daten abgestimmt. Der axiale Lüftermotor saugt die kältere Luft aus der Umgebung an und drückt diese in Richtung der innen liegenden Rippen durch die Kanalstruktur nach draußen. Die Montage der einzelnen Halbleiter kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Zum einen sind seitens Fischer Elektronik mittels einer zusätzlichen CNC-Bearbeitung unterschiedliche Gewindetypen in die Halbleitermontagefläche zur Bauteilbefestigung gemäß Kundenwunsch einzubringen. Andere Aggregatausführungen der Serie LAM K, ermöglichen eine Bauteilbefestigung mittels spezieller auf die Bauteile angepasster Einrast-Transistorhaltefedern (THFU). Diese werden in einer im Profil integrierten Nutgeometrie eingerastet und fixieren das Bauteil sicher, schnell und mit festem Halt auf der Halbleitermontagefläche.



Effiziente Flüssigkeitskühlkörper mit einer KI-optimierten Wärmetauschstruktur liefern sehr gute Möglichkeiten der Bauteilentwärmung auf der Leiterkarte.



Ein innovatives und durchdachtes Befestigungssystem ermöglicht eine schnelle und sichere Clip-Montage der elektronischen Bauelemente auf dem Miniaturlüfteraggregat.

Kleinste Flüssigkeitskühlkörper für die Leiterkarte

Für noch mehr Wärmeabfuhr auf der Leiterkarte, besonders für die Wärmeabfuhr kleinerer Power-Module im TO-Gehäuse, bietet Fischer Elektronik hochleistungsfähige Flüssigkeitskühlkörper im Produktportfolio. Die verschiedenen Ausführungen bestehen allesamt aus dem Material Edelstahl und wurden speziell für die Wärmeabfuhr größerer Verlustleistungen auf der Leiterkarte entwickelt und angepasst. Das Material Edelstahl bietet den gravierenden Vorteil, dass in der Flüssigkeitskette des Kühlmediums Wasser keinerlei Korrosionsschutzinhibitoren eingesetzt werden müssen, was die Handhabung in der Praxis deutlich vereinfacht. Die kompakten Flüssigkeitskühlkörper für die Leiterkarte werden im 3D-Metalldruckverfahren hergestellt und besitzen im Inneren der Kühlkreisläufe eine durch künstliche Intelligenz optimierte Wärmetauschstruktur. Zwei voneinander getrennte Kühlkreisläufe, pro Montagefläche jeweils einer, bewirken kleinste Strömungsdruckverluste und eine ausgezeichnete thermische Performance.

Zur Veranschaulichung dient der in der Abbildung dargestellte Standardflüssigkeitskühlkörper mit der Artikelbezeichnung FLKU 10. Dieser bietet dem Anwender eine doppelseitige Bauteilmontage, thermisch gesehen bei Abmessungen von lediglich 40x10x30mm (LxBxH) eine Wärmeabfuhr von circa 670 W bei einer Temperaturdifferenz von Wassereintritt zu -austritt von 10 °C und einem normalen Betriebsdruck von 3 bar. Darüber hinaus sind die Halbleitermontageflächen auf dem Kühlkörper feinstgeschliffen, was schlussendlich zu einer sehr guten Ebenheit bei geringer Oberflächenrauheit und zu minimalen Wärmeübergangswiderständen führt. Die Befestigung des jeweiligen

Flüssigkeitskühlkörpers auf der Leiterkarte erfolgt durch auf der Unterseite fest verpresster Lötstifte, so dass eine sichere und feste Verbindung mit der Leiterkarte zum Beispiel beim Reflow-Löten der Leiterkarte erreicht wird. Zur Befestigung der einzelnen zu entwärmenden Halbleiter enthält der Flüssigkeitskühlkörper ebenfalls die im Vorfeld angesprochene Nutgeometrie, welche direkt bei der Herstellung im Bereich der Montageflächen integriert wird.

Wie bei den Miniaturlüfteraggregaten angesprochen, ist es somit relativ einfach verschiedene Power-Module mittels unterschiedlicher Einrast-Transistorhaltefedern sicher und fest auf dem Flüssigkeitskühlkörper zu fixieren. Neben den Standardausführungen sind seitens Fischer Elektronik individuelle Gestaltungsmöglichkeiten, Materialien und Eigenschaften nach kundenspezifischen Vorgaben realisierbar.

Große Power-Module erfordern mehr thermische Performance

Die Entwärmung der wirklich großen und leistungsstarken Power-Module erfordert gleichfalls großvolumige und leistungsstarke Entwärmungslösungen. Die sogenannten Hochleistungslüfteraggregate spiegeln in der Leistungselektronik eine erprobte Technik wider und bieten dem Anwender effiziente Lösungsansätze. Verschiedenartige Grundaufbauten der Hochleistungslüfteraggregate, erfahren mit Hilfe von zusätzlichen Luftströmungen in Form von Axial-, Radial- oder Diagonallüftermotoren, eine signifikante Leistungssteigerung in puncto Wärmeableitung. Im Allgemeinen bestehen Lüfteraggregate aus einem Basisprofil aus Aluminium mit einer inneren Wärmetauschstruktur und einem davor geschalteten leistungsstarken Lüftermotor. Die



Kompakte Flüssigkeitskühlkörper mit einer internen Lamellenstruktur in Wabenform sind zur Entwärmung größerer Verlustleistungen äußerst effizient einzusetzen.



Hartlöten in einem speziellen Herstellungsverfahren ermöglicht optimale und sehr kompakte Wärmetauschflächen sowie leistungsstarke Lüfteraggregate.

homogene Wärmespreizung im Gesamtsystem des Lüfteraggregates erfolgt über ein- oder doppelseitige massive Bodenplatten, welche gleichzeitig in Verbindung mit verschiedenartigen Aufnahmegehäusen als Halbleitermontageflächen dienen. Standardmäßig sind die Halbleitermontageflächen der Hochleistungslüfteraggregate aus dem Hause Fischer Elektronik exakt plan gefräst und werden zum Schutz vor Kratzern oder Beschädigungen auf den sensiblen Montageflächen mittels einer Schutzfolie geschützt.

Sehr kompakte und mit einer engmaschigen Wärmetauschstruktur versehene Lamellenlüfteraggregate stellen eine Besonderheit in der Produktgruppe der Hochleistungslüfteraggregate dar. Der mechanische Grundaufbau der Lamellenprofile besteht aus einem Tubus, welcher aus mehreren Einzelteilen zusammengefügt wird. Die im inneren Luftkanal liegenden Stegplatten sind mit einer wabenförmigen Wärmetauschstruktur bestückt und massive Aluminiumblöcke werden zu Montageplatten zusammengefügt. Die Gesamtkonstruktion aller Einzelteile wird in einem abschließenden Arbeitsschritt hartgelötet und somit mechanisch als auch wärmetechnisch optimal miteinander verbunden. Die von den einzelnen Stegplatten aufgenommene Wärme wird an die innenliegende Wabenstruktur weitergeleitet und in Verbindung mit einem Lüftermotor an die im Lamellentunnel durchströmende Luft abgegeben. Das beschriebene Herstellungsverfahren ermöglicht die Herstellung von Lüfteraggregaten mit einer deutlich dichteren Wärmetauschfläche. Engmaschige Wärmetauschstrukturen erfordern allerdings ebenfalls performante Lüftermotoren, die den benötigten Staudruck liefern, um das Lüfteraggregat über die gesamte Länge mit Luft zu durchströmen. Häufig finden hierbei Diagonal- oder Radiallüftermotoren, welche einen höheren Volumenstrom und Druckaufbau liefern, ihren Einsatz.

Wasser und Elektronik vertragen sich

Eine echte Alternative zu der genannten Entwärmung mittels Hochleistungslüfteraggregat, ist durch unterschiedliche und sehr leistungsstarke Flüssigkeitskühlkörper gegeben. Flüssigkeitsgekühlte Entwärmungskonzepte sind nicht nur aufgrund der Wärmekapazität des Wassers gegenüber der Luft deutlich von den anderen Methoden zur Bauteilentwärmung abzugrenzen. Fischer Elektronik bietet die verschiedenartigen Flüssigkeitskühlkörper als I- oder U-durchströmte Variante an, wobei die jeweiligen Anschlüsse für das Kühlmedium nach kundenspezifischen Vorgaben, ebenso wie die Gesamtlänge, anzupassen sind. Die Verwendung des Kühlmediums Wasser erfordert den Einsatz von Korrosionsschutzinhibitoren als Wasser-Glykol Gemisch, da die Flüssigkeitskühlkörper komplett aus einem hochwärmeleitenden Aluminiummaterial gefertigt sind. Der innere Aufbau der Flüssigkeitskühlkörper besteht aus einer zueinander versetzten Wabenstruktur, wodurch eine homogene und flächige Durchströmung des Kühlmediums erzielt wird. Einzelne Aluminiumprofile als Seitenteile und Halbleitermontageflächen sind mit der innenliegenden Wärmetauschstruktur verbunden, gewährleisten hierdurch einen optimalen Wärmetransport von dem zu kühlenden Bauelement in die durchströmende Flüssigkeit. Die Halbleitermontageflächen der Flüssigkeitskühlkörper zur Montage der Power-Module, sind im Standard plan gefräst und entsprechen den Erfordernissen zur geforderten Ebenheit gemäß der Herstellerdatenblätter. Wasser und Elektronik verträgt sich, da aufgrund der sehr hohen Verarbeitungsqualität der Flüssigkeitskühlkörper, speziellen Verfahren zur Dichtigkeitsprüfung, die Arten der Kopplungssysteme, als auch die geprüfte Sicherheit der Schlauchsysteme, den heutigen Stand der Technik widerspiegeln.



HERAUSFORDERUNGEN BEI DER ENTWICKLUNG
VON E-LADEGERÄTEN

Mehr Leistung ohne Wärmestau

Kompakte AC-Ladegeräte für Elektrofahrzeuge stellen hohe Anforderungen an das Wärmemanagement. Fortschritte in der Relais- und Schalttechnik ermöglichen geringere Übergangswiderstände, niedrigere Betriebstemperaturen und damit robustere, langlebigere Wallbox-Designs. So lassen sich höhere Ströme sicher schalten, ohne die Effizienz oder Lebensdauer der Komponenten zu beeinträchtigen.

TEXT: Steve Drumm, Omron Electronic Components BILDER: Omron; iStock, DeepGreen

Die fortschreitende Elektrifizierung verspricht ein saubereres und energieeffizienteres Leben. Andererseits treiben Verbrauchererwartungen die Nachfrage nach kompakteren Geräten voran, die sich gut und stilvoll ins Leben und die Wohnräume einfügen und gleichzeitig eine höhere Leistung bieten. Diese Forderungen nach kleiner, schlanker und schneller gelten für alles: von Zubehör und Kleingeräten bis hin zu Stromadaptern und Ladegeräten, einschließlich Serviceeinrichtungen für Elektrofahrzeuge (EVSE - electric vehicle service equipment).

Leistungsstarke EVSE-Wallboxen sind in Haushalten und Unternehmen heute immer häufiger zu sehen. Diese unterstützen das Laden nach Mode 3, das integrierte Kontroll- und Schutzfunktionen für die Sicherheit vorsieht, und können somit ein Elektrofahrzeug mit bis zu 22 kW aus einer dreiphasigen Wechselstromversorgung laden. Diese Wallboxen bieten einen bequemen Zugang zu sicherem Laden, ideal für die Nutzung über Nacht oder während des Arbeitstages. Auch können sie dazu beitragen, Bedenken hinsichtlich der Ladezeit und der Reichweite zu zerstreuen, die oft als Hauptgründe für die Zurückhaltung der Autofahrer bei der

intensiven Nutzung von E-Fahrzeugen im Alltag genannt werden.

Auf der anderen Seite sind Größe und Ästhetik sehr wichtig und werden zu einem wichtigen Unterscheidungsmerkmal zwischen den Herstellern. Die Unterbringung der Schaltkreise in einem möglichst kleinen und dünnen Gehäuse bringt jedoch Herausforderungen für das Wärmemanagement mit sich, die gelöst werden müssen, um die langfristige Zuverlässigkeit der EVSE und die Sicherheit der Nutzer zu gewährleisten.

Wallboxen dieser Art können entweder im Dauereinsatz sein oder – vor allem, wenn sie am Arbeitsplatz installiert sind – an mehrere Fahrzeuge in schneller Folge angeschlossen werden – so dass sie zwischen den Ladevorgängen kaum oder gar nicht abkühlen können. Bei direkter Sonneneinstrahlung kann deren Innentemperatur leicht 70-80°C erreichen und innerhalb von ein paar Stunden um 50-60°C schwanken.

Während Geräte mit Temperatursensoren den Ladestrom bei Übertemperatur drosseln können, was der Sicherheit dient, bedeutet dies für den Endnutzer



Omron G9KC mit Ladevorgang

langsamere Ladezeiten und damit weniger Komfort. An einem besonders heißen Tag, oder wenn die Wallbox durch einen Defekt überhitzt ist, kann es sein, dass das Ladegerät überhaupt nicht funktioniert. Die Bewältigung dieser thermischen Herausforderungen verbessert sowohl Zuverlässigkeit und Sicherheit als auch das Benutzererlebnis.

Selbsterwärmungseffekte

Innerhalb des Wallbox-Schaltkreises kommt es bei Widerständen, Leistungstransistoren, Induktoren, Transformatorwindungen, Kabeln und Steckern zu einer Selbsterwärmung aufgrund der Verlustleistung, die mit dem Quadrat des fließenden Stroms (I^2R) zunimmt.

Ein überraschender Anteil der I^2R -bedingten Wärme in der Wallbox steht im Zusammenhang mit dem Übergangswiderstand der Hauptschaltvorrichtung, in der Regel ein elektromagnetisches Relais oder Schütz. Im Gegensatz zu Leistungstransistoren, die parallel geschaltet werden können, um den Laststrom zu verteilen, ist die Parallelschaltung von elektromagnetischen Schaltern unpraktisch. Da der volle Laststrom durch das Relais fließen muss, hat der Kontaktwiderstand beim Schließen eine erhebliche Erwärmung zur Folge. Selbst eine Erhöhung des Relaiskontaktwiderstands um nur ein Milliohm kann

einen Temperaturanstieg der Lastklemmen um bis zu 18°C bewirken. *

Eine übermäßige Wärmeableitung innerhalb des Gehäuses ist natürlich unerwünscht und steht auch einer schlankeren und kompakteren Bauweise der Wallbox entgegen. Denn ein kleineres Gehäuse hat eine geringere Oberfläche, über die Wärme abgeleitet werden kann, und weist daher bei einer gegebenen Wärmelast einen höheren Temperaturanstieg auf. Außerdem kann eine engere Anordnung von Komponenten auf kleinem Raum den Luftstrom einschränken und zu lokalen Hotspots führen. Möglicherweise ist ein zusätzliches Wärmemanagement erforderlich, das gegebenenfalls Kühlkörper, eine verstärkte Belüftung oder eine aktive Kühlung, z. B. durch einen Lüfter, umfasst. Dies erhöht jedoch die Kosten und die Komplexität der Wallbox. Zudem kann ein Lüfter laut sein und die Gesamtzuverlässigkeit beeinträchtigen.

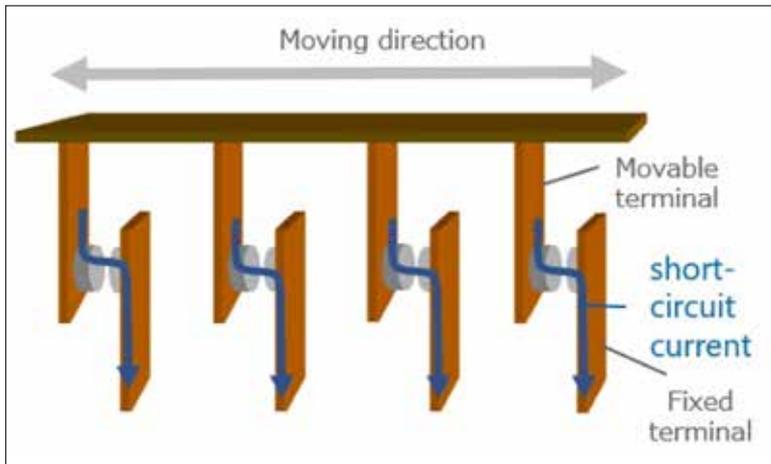
Relais-Evolution

Die Senkung der von den elektrischen Komponenten, einschließlich der Relaiskontakte, ausgehenden Wärmebelastung, kann diese Sackgasse durchbrechen und dem Entwickler einen größeren Handlungsspielraum bei der Verringerung der Wallbox-Abmessungen verschaffen. Fortschritte auf dem Gebiet des Relaisdesigns

ermöglichen jetzt kompakte neue Relais zur PCB-Montage, die hohe Strombelastbarkeit mit niedrigem Kontaktwiderstand kombinieren, was zu geringerer Verlustleistung und reduziertem Temperaturanstieg führt.

In der Vergangenheit waren Leiterplattenrelais am besten für Anwendungen bis etwa 25 A geeignet. Für höhere Ströme tendierten die Entwickler dazu, Schütze zu spezifizieren, bei denen es sich in der Regel um externe, auf DIN-Schienen montierte Komponenten mit Schraubklemmen handelt. Neueste Leiterplattenrelais verfügen über neuartige Funktionen für Stromstärken von deutlich über 25 A und können herkömmliche Schütze in zum Beispiel Hochleistungsindustriesystemen und Stromversorgungsanlagen ersetzen.

Zu den neuen Hochleistungsrelais als Ergebnis dieses Trends gehört die Serie G9KC von Omron mit einem garantierten Anfangskontaktwiderstand von weniger als 6 Milliohm – das heißt etwa die Hälfte aller vergleichbaren Lösungen auf dem Markt – und mit Funktionen, die für AC-Wallbox-Anwendungen optimiert sind. Der extrem niedrige Widerstand bei Vollast (32 A pro Phase) verbessert nicht nur die Effizienz und Leistung des Ladevorgangs, sondern reduziert auch die durch den fließenden Strom verursachten Hotspots und die Wahrscheinlichkeit einer



Darstellung der mechanisch gekoppelten 4-poligen Brückenkontaktstruktur

Stromdrosselung. Die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit der Relais selbst sowie der umliegenden Komponenten sind ebenfalls verbessert. Entscheidend ist, dass das Relais während seiner gesamten Lebensdauer einen niedrigen Übergangswiderstand beibehält. Dies ist ein besonders wichtiger Aspekt, da Wallboxen in der Regel mehrere Jahre oder länger in Betrieb bleiben sollen.

Das Herzstück des G9KC ist ein speziell entwickeltes, mechanisch gekoppeltes Brückenkontaktdesign, das dank seiner verbesserten Kontaktkartenstruktur (Cradle-Struktur), die die Energieeffizienz erheblich verbessert und gleichzeitig die Wärmeabgabe reduziert, eine klassenführende Beständigkeit bietet. Infolgedessen lassen sich die Betriebstemperaturen in einer typischen 22-kW-32-A-Wallbox bei guter Auslegung des Ladegeräts um bis zu 10°C senken. Dies erlaubt nicht nur ein schnelleres und effizienteres Aufladen, sondern eröffnet Wallbox-Entwicklern auch neue Möglichkeiten zur Entwicklung kompakterer und robusterer Designs.

Mit einem Hauptkontaktabstand von 4 mm und einer Kurzschlussfestigkeit von 10 kA, geprüft nach IEC62955 (TÜV-geprüft), übertrifft das G9KC die Anforderungen der kommenden Norm für konduktive Ladesysteme von Elektrofahrzeugen IEC 61851 ED4. Darüber hinaus kann

das G9KC mit seiner kompakten 4-poligen Struktur größere mehrpolige Schütze oder bis zu vier einzelne einpolige Relais ersetzen. Diese nützliche Kombination erweitert das Anwendungsspektrum auf die Bereiche Behind the Meter (BTM), Inside EV Charger und In Front of Meter (FTM).

Fazit

Während Mode-3-Ladegeräte Komfort und Sicherheit bieten, um Bedenken hinsichtlich einer reduzierten Reichweite („Reichweitenangst“) bei E-Fahrzeugen zu begegnen, muss die Ladeinfrastruktur weiter verbessert werden, um dem schnell wachsenden Markt für Elektrofahrzeuge gerecht zu werden. Durch die Verwendung thermisch effizienterer Komponenten lassen sich mehr Funktionen hinzufügen, zum Beispiel zusätzliche Sensoren zur Überwachung der Ladegeschwindigkeit. Anderweitige Neuentwicklungen könnten das kabellose Laden umfassen.

Das Wärmemanagement wiederum wird auch in Zukunft eine der wichtigsten Herausforderungen bei Wallbox-Entwicklungen in Bezug auf Größe, Form, Effizienz, Zuverlässigkeit und Sicherheit sein. Aktuelle Evolutionen der Relais-technologie tragen dazu bei, dass neue Designs unauffällig und einfach zu installieren sind. Und zusätzlich eine effizientere Aufladung gewährleisten.



INSPIRED CUSTOMIZED T.I.M. SOLUTIONS

COOL BLEIBEN WENN'S HEISS HERGEHT

- SPEZIALFOLIEN
- TECHNISCHE KERAMIKEN
- WÄRMELEITMATERIALIEN
- EMV-SCHIRMUNGSPRODUKTE

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

Besuchen Sie uns auf der



11. – 13.11.2025

Halle 1, Stand 1136

Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

ICT SUEDEWERK GmbH

Bajuwarenring 12a ■ 82041 Oberhaching
T +49 (0)89 21 23 102-0 ■ info@ict-suedwerk.de



**ALL YOU NEED
TO MANAGE YOUR HEAT**



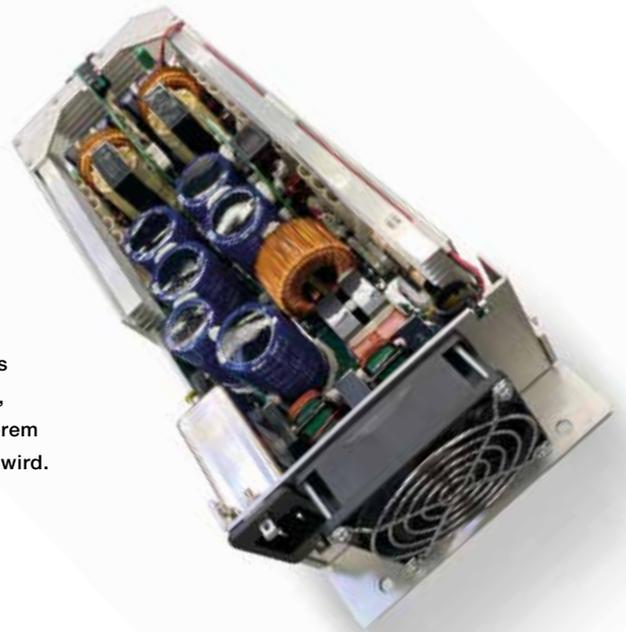
Wie Kühlkörper die Zuverlässigkeit einer SIS-Stromversorgung steigern

Mit "Coolness" zur mehr Sicherheit

Sicherheitsgerichtete Steuersysteme spielen eine entscheidende Rolle, um die funktionale Sicherheit industrieller Anlagen zu erhalten. Sie sollen Risiken für Mensch, Umwelt sowie Unternehmen gering halten und Störungen möglichst vermeiden. Doch wie wiederum lassen sich diese Systeme schützen? Eine wichtige Aufgabe übernehmen hier die Komponenten zur Stromversorgung. Eplax entwickelt solche Lösungen. Unterstützt wird das Unternehmen dabei von CTX Thermal Solutions.

TEXT: Arthur Brinkmann, CTX Thermal Solutions

BILDER: CTX Thermal Solutions; iStock, Sofia Hobach



Für das SIS eines großen Herstellers entwickelte Eplax ein Schaltnetzteil, dessen Ausfallsicherheit unter anderem mit CTX-Kühlkörpern gewährleistet wird.

Funktionale Sicherheit ist zu einem Schlüsselbegriff für industrielle Prozesse geworden. Produktionsausfälle kommen Unternehmen nicht nur teuer zu stehen. Sie können auch ein hohes Gefährdungspotenzial für Mensch und Umwelt bedeuten, wenn beispielsweise bei einer Störung schädliche Gase, Chemikalien oder explosive Stoffe austreten. Sicherheitsgerichtete Systeme (SIS) sollen die Risiken für einen Ausfall minimieren und im Falle einer Störung die Anlagensicherheit gewährleisten. Ihre Strukturen ähneln denen konventioneller Automationssysteme. Ihre Anforderung an die Ausfallsicherheit ist jedoch ungleich höher. Für ihren zuverlässigen und sicheren Betrieb sind daher entsprechend zuverlässige Komponenten gefordert. Ein neuralgischer Punkt ist dabei die Stromversorgung.

Anwendungsspezifische Netzteile als Problemlöser

Das in Bremen ansässige Unternehmen Eplax entwickelt, produziert und vertreibt solche technologisch anspruchsvollen Produkte zur Stromversorgung. Einen Schwerpunkt stellen DC/DC-Wandler und kundenspezifische Netzteile dar. „Wir stimmen unsere Entwicklungen präzise auf den jeweiligen Bedarf ab“, sagt Niklas Lüdemann, bei Eplax zuständig für das Supply Chain Management. „Unsere Netzteile sind echte Problemlöser, die unsere Kunden von anderen Zulieferern so nicht

beziehen können.“ Für ein Sicherheitsgerichtete System eines namhaften Herstellers entwickelte Eplax ein Schaltnetzteil, das besonderen Anforderungen gerecht werden sollte. Das zu versorgende SIS ist für SIL 3 zertifiziert, das heißt, es dient der Absicherung der dritthöchsten Risikostufe von insgesamt vier Levels. Dreh- und Angelpunkt des Konzepts war daher seine Ausfallsicherheit. „Wir entwickelten ein Netzteil mit einer n+1 redundanten Betriebsmöglichkeit“, sagt Lüdemann. Fällt eine Einheit aus, können also die verbleibenden Einheiten die Last vollständig übernehmen.

Weitere Sicherungsmerkmale des Netzteils sind ein zweifach eingebauter Überspannungsschutz, der den Anforderungen an die funktionale Sicherheit gemäß der Norm IEC 61508 entspricht, sowie ein Schutz gegen Dauerüberlast und Kurzschluss. Eine Strombegrenzungsfunktion regelt die maximale Ausgangsleistung auf 1200 W ab. Fällt die Spannung auf unter 22 V, setzt das Netzteil einen Alarm ab.

Eine zusätzliche Herausforderung stellte der vorgesehene Einsatzbereich des Netzteils dar. „Die hohe Ausfallsicherheit sollten wir gemäß Kundenvorgabe für einen Betrieb unter rauen Umgebungsbedingungen ermöglichen wie sie zum Beispiel auf einer Ölförderplattform herrschen“, ergänzt Lüdemann. Extrem

niedrige oder hohe Umgebungstemperaturen sowie ständige Vibrationen sollten also keinen Einfluss auf den zuverlässigen Betrieb haben können. „Das Gerät ist geeignet für Umgebungstemperaturen von bis zu 70 °C und zudem nach IEC Ex für den Betrieb in zeitweise explosiven Umgebungen zugelassen.“

Your Powerful

wts // electronic components GmbH

Distribution-Partner



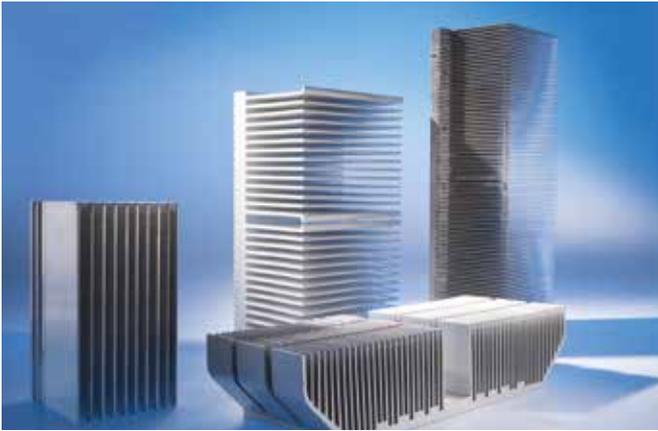
wts // electronic – Ihr Partner für leistungsstarke passive Bauelemente von WIMA®

knowles AEM E-SWITCH

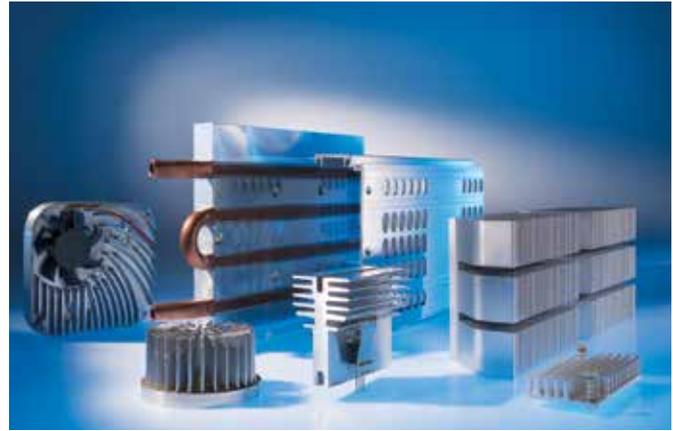
TECH POWER PRIATHERM

Rufen Sie uns an!

Tel.: +49 (0) 5130/5845-0
 Fax: +49 (0) 5130/37 50 55
 info@wts-electronic.de
 www.wts-electronic.de



Im Extrusionsverfahren können nahezu alle Kühlkörpergeometrien bedarfsgerecht hergestellt werden.



Neben Standardkühlkörper lassen sich auch anwendungsspezifisch konstruierte Kühlkörper nach Bedarf herstellen.

Kühlkörper sichern den Langzeitbetrieb

Ein auf die Betriebstemperaturen abgestimmtes Thermomanagement schützt das Netzteil nicht nur vor Ausfällen durch Überhitzung. Es sorgt auch für dessen Zuverlässigkeit im 24/7-Betrieb. Eplax arbeitet im Bereich Kühllösungen seit 2001 mit CTX zusammen. „In der Elektronik gilt die Regel, dass jede Erwärmung um 10 Kelvin die Lebensdauer eines Bauteils halbiert“, erläutert Thomas Windeck, Vertriebsleiter des Kühlkörperherstellers aus Nettetal. „Für die Sicherheit eines Systems ist es also unabdingbar, entstehende Verlustleistungen mit einer bedarfsgerechten Kühllösung effizient abzuleiten.“ Die wichtigsten Kriterien für die Wahl eines geeigneten Kühlkörpers sind dabei dessen Material, das Herstellungsverfahren und eine passende Kühlkörpergeometrie.

Für das Netzteil steuerte CTX Clip-Kühlkörper bei. Sie verfügen über eine Rippenstruktur mit einer großen Gesamtoberfläche, wodurch sie auf engem Bauraum ein hohes Maß an Wärmeableitung leisten können. In den Netzteilen, die 420,5 × 140 × 90 mm messen, sind jeweils drei kompakte Kühlkörper verbaut. In Summe transportieren sie eine Verlustleistung von bis zu 50 Watt ab.

Die Kühlkörper für Eplax werden von CTX im Extrusionsverfahren gefertigt. Dabei wird zähflüssiges Aluminium durch eine Matrize gepresst, wodurch die Ausgestaltung des Kühlkörpers und damit seine Kühlleistung bestimmt werden. „Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in seiner Individualität und gleichzeitigen Möglichkeit zur Serienfertigung“, erläutert Windeck. „Eine Matrize lässt sich individuell erstellen, wodurch auch komplexe Kühlkörpergeometrien machbar werden. Ist eine Matrize erst mal gefertigt, können wir damit beliebig viele Kühlkörper produzieren.“ Das senkt im Ergebnis die Produktions- und Stückkosten. „Als

einfach per Clip aufzusteckende Lösung ist der Kühlkörper zusätzlich geeignet für die Serienfertigung“, so Windeck.

Passgenau für die Serienfertigung konzipiert

Passgenaue aktive und passive Kühllösungen für die Leistungselektronik in verschiedenen Branchen sind das Schwerpunktthema von CTX. Speziell für die Stromversorgung entwickelt und fertigt das Unternehmen Kühlkörper unter anderem für Schaltnetzteile, Wechselrichter und Wandler. Neben Profilkühlkörpern bietet es für diesen Bereich auch Flüssigkeitskühlkörper und Kombinationen mit Lüftern an. „Jede Anwendung in der Elektronik stellt ihre eigenen Anforderungen an den Abtransport von Verlustleistungen“, sagt Thomas Windeck. „Diese sinnvoll zu bedienen ist nur möglich, wenn man als Zulieferer flexibel auf den jeweiligen Anwendungsbedarf eingehen kann.“ Das Unternehmen kann dafür auf Herstellungsverfahren zurückgreifen, mit denen sich viele Kühlkörperarten fertigen lassen. Neben dem Extrusionsverfahren sind dies der Druckguss, das Skived-Fin-Verfahren, die Stanzbiegetechnik sowie verschiedene Verbindungstechniken. „Wir können so jeden Kühlkörper als Standardversion oder auch in einer projektspezifischen Ausführung herstellen.“

Eplax schätzt die Variabilität seines Partners, die sich selten in dieser Bandbreite am Markt findet, wie Niklas Lüdermann sagt: „Vorhandene Alternativen bieten häufig nicht die geforderte Flexibilität. Hinzu kommen bei CTX technische Expertise, eine hohe Qualität der Bauteile und ein reibungsloser Austausch, der schnell zum Ergebnis führt.“ Das hat bereits in mehreren gemeinsamen Projekten Niederschlag gefunden. Das SIS-Netzteil war eines der aufgrund seiner Sicherheitsanforderungen anspruchsvollsten und eines der erfolgreichsten. Es wird von Eplax bereits seit mehreren Jahren in Serie gefertigt.

fischer

elektronik

kühlen schützen verbinden

Anschrift

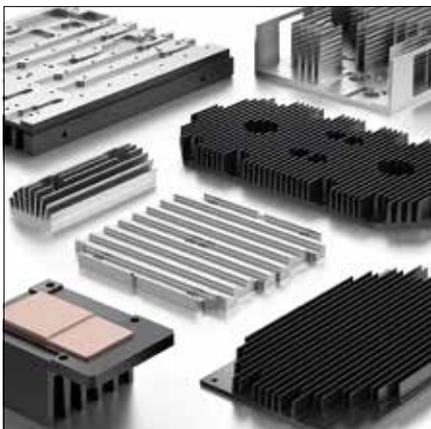
Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
 Nottebohmstraße 28
 58511 Lüdenscheid, Germany
 T +49/2351/435-0
 F +49/2351/45754
 info@fischerelektronik.de
 www.fischerelektronik.de

Firmenbeschreibung

Die Fischer Elektronik GmbH & Co. KG, gegründet im Jahr 1968, ist heute genau 56 Jahre später, ein namhafter und vielseitiger sowie flexibler Hersteller von elektromechanischen Komponenten am Standort Deutschland. Genauer gesagt in Nordrhein-Westfalen in der Stadt Lüdenscheid, beschäftigt das Unternehmen an ihrem Hauptsitz mehr als 400 Mitarbeiter, denen hochmoderne Produktionsanlagen, Betriebsmittel und Verwaltungstools zur Verfügung stehen. Das Herstellungsprogramm umfasst Artikel aus der Rubrik

thermisches Management für die Halbleitertentwärmung, systemunabhängige Gehäuselösungen und 19" Aufbausysteme sowie Steckverbindungen rund um die Leiterkarte. Die stetige Entwicklung innovativer Kühlkonzepte und dazugehörigen Wärmeleitmaterialien spiegelt sich in vielzähligen Produktneuheiten wider. Neuartige Kühlkörperformen und -aufbauten werden mittels technologisch fortschrittlicher Simulationssoftware, zielgerichtet und optimal aufeinander abgestimmt sowie im Standard angeboten. Über 680 verschiedenartige Aluminiumstrangpressprofile stehen den Anwendern zur Auswahl. Wärmeleitmaterialien in Form von Wärmeleitpasten und -klebern, silikonhaltigen und silikonfreien Wärmeleitfolien, Schaum- und GEL-Folien, Phasen Change Materialien, einseitig und doppelseitig klebenden Folien, gewährleisten eine optimale Bauteilkontaktierung. Passive Entwärmungslösungen für Bauteile auf der Leiterkarte, sind gleichfalls durch die soge-

nannten Board Level Kühlkörper gegeben. Produktneuheiten aus den Bereichen Finger- und SMD-Kühlkörper, ermöglichen eine effiziente Entwärmung, darüber hinaus eine einfache und schnelle Montage der Kühlkörper auf der Leiterkarte. Durchdachte Montagekonzepte in Verbindung mit doppelseitig klebenden Wärmeleitfolien, lötfähigen Oberflächenbeschichtungen und speziellen Verpackungsformen, wie Tape & Reel, ermöglichen eine einfache Integration in den automatisierten Bestückungsprozess. Neben weit mehr als 80.000 Einzelartikel, besteht die Kernkompetenz des Herstellerunternehmens darin, die Standardprodukte nach kundenspezifischen Vorgaben zu modifizieren und anzupassen. Ein hohes Maß an Qualitäts- und Umweltbewusstsein sowie die Fokussierung auf die Wünsche und Belange der Kunden gehören zur Unternehmensphilosophie. Der Zertifizierungsstand nach ISO 9001, ISO 14001, ISO 27001 und AEO-C zeugt hiervon. □





KOMPAKT UND ZUVERLÄSSIG FÜR DEN ERHÖHTEN LEISTUNGSBEDARF VON DC-LASTEN

Stromversorgung, aber ausfallsicher!

In der All Electric Society (AES) stellen Batteriespeicher einen essenziellen Bestandteil dar, um öffentliche Netze im Zuge der Einbindung erneuerbarer Energiequellen zu stabilisieren. In diesen Applikationen besteht ein hoher Bedarf an Kühlung verschiedener Komponenten, weshalb eine zuverlässige Stromversorgung der Kühllösungen maßgeblich zu einem störungsfreien Betrieb beiträgt.

TEXT: Hendrik Titgemeyer, Phoenix Contact **BILDER:** Phoenix Contact; iStock, nicomenijes

In der Vision der All Electric Society (AES) bildet die vollständige Elektrifizierung aller Lebens- und Wirtschaftsbereiche das Fundament für eine nachhaltige Zukunft. Zentrale Voraussetzung dafür ist die Nutzung erneuerbarer Energien, deren

Erzeugung jedoch umweltbedingten Fluktuationen unterliegt. Zum Ausgleich der variierenden Einspeisung erweist sich die Zwischenspeicherung elektrischer Energie über Zeiträume von wenigen Stunden bis zu mehreren Tagen als unerlässlich. Eine



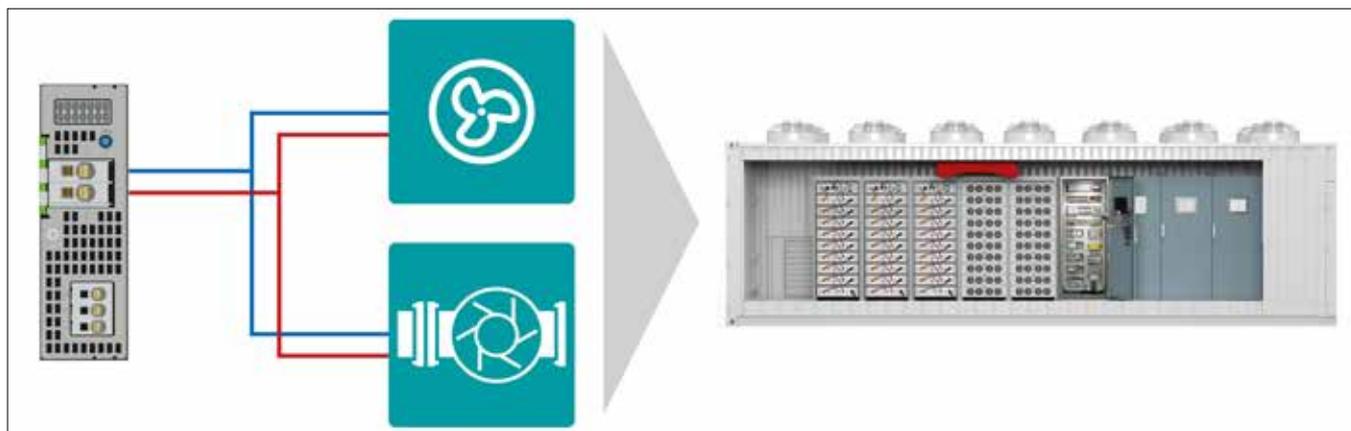
Schlüsseltechnologie hierfür sind Energiespeicherlösungen, insbesondere Batteriespeichersysteme (Battery Energy Storage Systems, BESS), die sich als flexibel einsetzbare Puffer im Energiesystem etabliert haben. Phoenix Contact stellt für derartige Anwendungen ein umfassendes Produktportfolio zur Verfügung, das speziell auf die Anforderungen moderner BESS-Anlagen zugeschnitten ist. Containerisierte BESS-Lösungen zur Netzstützung erleben derzeit mit einer jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 20 Prozent ein deutliches Marktwachstum, was die hohe Relevanz dieser Technologie unterstreicht.

Kühlsysteme in Energiespeichern

Mit der zunehmenden Verwendung leistungsstarker Batteriespeichersysteme rückt die thermische Stabilität der Anlagen ebenfalls in den Fokus. Sowohl in den Batteriemodulen als auch in der Leistungselektronik entsteht während des Lade- und

Entladebetriebs erhebliche Wärme, die aktiv abgeführt werden muss. Eine effektive Kühlung ist entscheidend, da niedrigere Betriebstemperaturen die Lebensdauer und Effizienz der Komponenten signifikant erhöhen. Die dabei anfallende Wärmemenge hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, hier insbesondere von der Größe des Speichersystems, der Lade- und Entladeleistung, dem aktuellen Betriebszustand sowie der Umgebungstemperatur.

Während in früheren Anwendungen oft Hutschienen-Stromversorgungen (DIN-Rail) zum Betrieb der Kühlkomponenten parallel geschaltet wurden, reichen diese Lösungen bei heutigen Systemgrößen nicht mehr aus: Mehrere Kilowatt Leistung sind erforderlich, damit eine zuverlässige Kühlung sichergestellt ist. Moderne BESS-Container setzen auf Luft- oder Flüssigkeitskühlung – oder auf eine Kombination beider Technologien. Zum Einsatz kommen DC-Lüfter und -Pumpen, die sich durch hohe Energieeffizienz sowie eine kompakte Bauweise und einfache



Trio Power trägt zu einer effektiven Kühlung im modernen Batteriespeicher mit Luft- und Flüssigkeitskühlung bei.

Regelbarkeit auszeichnen. Für die sichere Stromversorgung dieser Kühllösungen ist mit der Baureihe Trio Power für die Wandmontage eine robuste und leistungsstarke Lösung erhältlich.

Einfache Integration in übergeordnete Steuerungssysteme

Die speziell für industrielle Anwendungen konzipierten Stromversorgungen Trio Power liefern die notwendige Energie, um für thermische Stabilität selbst unter anspruchsvollen Bedingungen zu sorgen. Die wandmontierbaren Geräte überzeugen durch ihre kompakte Bauform, was sich gerade bei begrenzten Platzverhältnissen in Energiespeicher-Containern als entscheidender Vorteil zeigt. Verfügbar sind aktuell Varianten mit einer Spannung von 24 V DC oder 48 V DC sowie Leistungen von 1,5 kW und 2,5 kW. Als besonderes Merkmal erlaubt die integrierte Diode am Ausgang die Parallelschaltung von bis zu vier Geräten ohne zusätzliche Komponenten – ideal für Anwendungen mit hohem Leistungsbedarf. So lassen sich Leistungen von bis zu 10 kW erreichen.

Darüber hinaus bieten die Stromversorgungen Trio Power flexible Montagemöglichkeiten für die Einbindung in verschiedene Umgebungen. Über die CAN-Bus-Kommunikationsschnittstelle können die Stromversorgungen in übergeordnete Steuerungssysteme integriert werden. Auf diese Weise lässt sich ihr Status überwachen und auftretende Fehler analysieren. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der hohen Energieeffizienz, die nicht nur den Eigenverbrauch reduziert, sondern ebenso zur Gesamteffizienz des BESS-Containers beiträgt. In Kombination mit der kompakten Bauform wird so eine hohe Leistungsdichte erzielt. Ein zusätzliches Argument zur Nutzung von Trio Power in Energiespeichern resultiert aus der einfach handhabbaren und zuverlässigen Verbindungstechnologie von Phoenix Contact. Durch den Push-in-Anschluss werden die Rüstzeiten minimiert und die Produktion von Energiespeichern optimiert.

Hohe Systemverfügbarkeit durch Erfüllung strenger EMV-Anforderungen

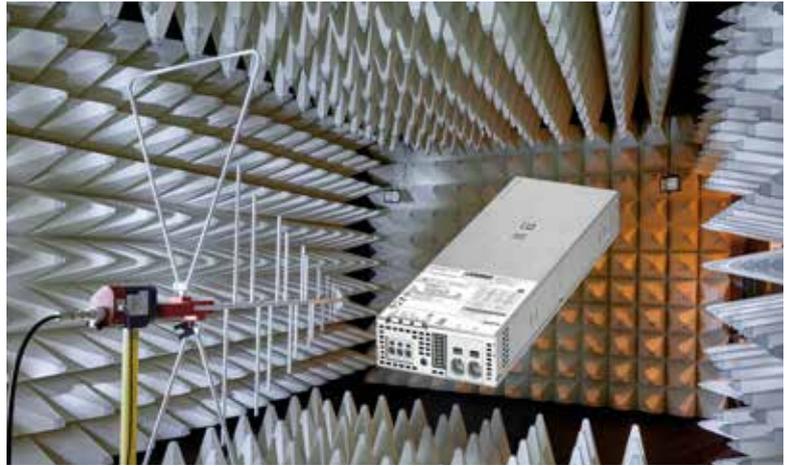
Besonders hervorzuheben ist die sehr gute elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) der Geräte: Aufgrund der Einhaltung der strengen Anforderungen der Normen EN 61000-6-1 (Immunität) und EN 61000-6-3 (Emissionen) mit der Klassifizierung Class B werden sowohl die Stromversorgung selbst als auch andere empfindliche Komponenten im Container nicht gestört. Das erhöht die Systemstabilität und Zuverlässigkeit erheblich, da die Stromversorgung deutlich weniger anfällig für Störungen ist. Phoenix Contact bietet mit den wandmontieren Geräten der Produktfamilie Trio Power somit eine hohe Verfügbarkeit. Ein wesentlicher Faktor, denn ohne funktionierende Kühlung schaltet ein BESS-Container schnell in einen Schonmodus, was die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems einschränkt.

Vielseitige Einsatzmöglichkeiten unter anderem in Datacentern

Nicht nur in modernen BESS-Systemen erweist sich eine zuverlässige und effiziente Kühlung als erforderlich. Das gilt ebenfalls für weitere Applikationen, wie beispielsweise Datacentern. Auch dort ist das Temperaturmanagement essenziell für den stabilen und energieeffizienten Betrieb der IT-Infrastruktur. Die Stromversorgungen Trio Power können außerdem im klassischen Maschinen- und Anlagenbau vielfältig verwendet werden.

Die störungsfreie Kühlung von Batteriespeichersystemen stellt einen zentralen Baustein für deren Effizienz, Lebensdauer und Verfügbarkeit dar – und damit für den Erfolg der All Electric Society. Mit zunehmender Systemgröße steigen die Anforderungen an die Stromversorgung der Kühllösungen. Die Geräte der Baureihe Trio Power stellen hier eine leistungsstarke Lösung zur Verfügung: kompakt, kommunikationsfähig und mit einer hohen EMV-Performance ausgestattet. Sie ermöglichen eine flexible

Die besondere elektromagnetische Verträglichkeit der Stromversorgungen erhöht die Systemstabilität und Zuverlässigkeit der Kühllösung im Batteriespeicher.



und zuverlässige Integration in moderne BESS-Container und sorgen so maßgeblich für die Systemstabilität und Betriebssicherheit. Mit Blick auf die Zukunft wird sich die Bedeutung von performanten und intelligenten Stromversorgungs-lösungen weiter erhöhen. Phoenix Contact zählt mit Trio Power gezielt auf diese Entwicklung ein und bietet Lösungen, die nicht nur heute, sondern ebenfalls in Zukunft den hohen Anforderungen an Verfügbarkeit, Effizienz und Sicherheit gerecht werden.

Mit Power Reliability Ausfälle vermeiden

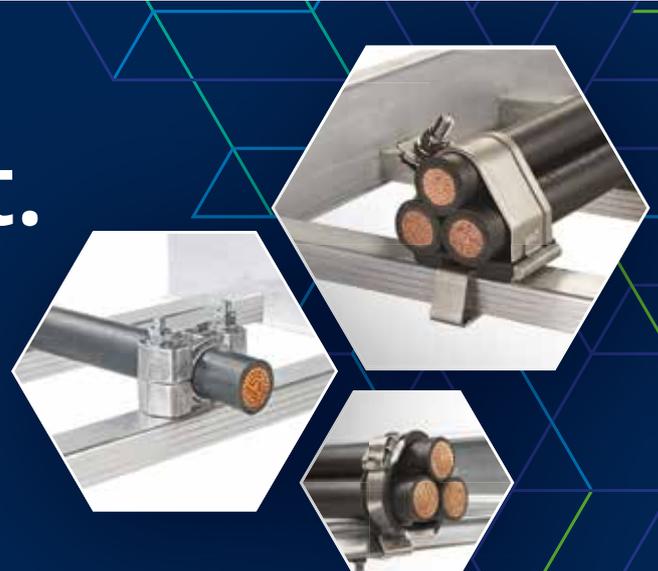
Der Grad der Elektrifizierung, Vernetzung und Automatisierung steigt – und damit auch der Bedarf an verlässlichen Versorgungskonzepten. Dazu gehören zuverlässige Stromversorgungen, das Monitoring verschiedener Parameter und Zustände sowie der Schutz der Komponenten vor Fehlerfällen. In Kombination

ermöglichen die Produkte eine maximale Systemverfügbarkeit, die Ausfallzeiten minimiert.

Die Stromversorgungen Trio Power für die Wandmontage lassen sich nicht nur für die Versorgung großer Lasten nutzen, sondern ebenfalls für unterschiedliche Verbraucher mit geringem Leistungsbedarf in einem System. Durch die dedizierte Verteilung des Stroms auf elektronische Geräteschutzschalter von Phoenix Contact können bis zu zehn Verbraucher mit maximal 10 A versorgt werden. Ein vorgeschalteter Überspannungsschutz am Eingang der Stromversorgung sorgt für deren Absicherung. So lassen sich verschiedene abgesicherte Lasten zuverlässig mit einer Stromversorgung betreiben. Die Koordination der Komponenten wurde erfolgreich im Hinblick auf Zuverlässigkeit und somit hohe Anlagenverfügbarkeit getestet. Das ist Power Reliability.

Kurzschlussfest. Einfach sicher.

Kabelschellen von Panduit für noch mehr Sicherheit und Ausfallschutz. Die neuen Kabelschellen fixieren Kabelbündel und sorgen dafür, dass Kabel bei einem Kurzschluss weiterhin sicher befestigt bleiben – gemäß der IEC-Norm 61914:2021.



PANDUITTM

panduit.de

DC/DC POWER MODULES

Leistungsmodul für Edge-KI-Systeme

Mit einem neuartigen Leistungsmodul stellt Microchip eine Lösung vor, die nicht nur Platz auf der Leiterplatte spart, sondern auch Flexibilität, Überwachung und Schutzfunktionen in einem kompakten Paket kombiniert – perfekt für Entwickler, die ihre Edge-Anwendungen auf Höchstleistung trimmen wollen.

TEXT: Microchip BILDER: iStock, Shaumiaa Vector; Microchip

Die zunehmende Verlagerung von KI-Berechnungen an den Netzwerkrand – in Fertigungsstraßen, Sensorknoten oder autonomen Systemen – verändert die Anforderungen an das Power-Management. Mehr Rechenleistung auf kleinem Raum bedeutet: höhere Ströme, größere Packungsdichte, weniger Platz für diskrete Komponenten. Genau hier setzt Microchip mit dem neuen MCPF1412 an – einem vollständig integrierten 12A-Point-of-Load (PoL)-Modul, das Entwickler in Industrie- und Rechenzentrumsanwendungen unterstützt.

Kompaktes Design, maximale Effizienz

Mit seinen Abmessungen von $5,8 \times 4,9 \times 1,6$ mm im Land-Grid-Array-Gehäuse reduziert das Leistungsmodul den Platzbedarf auf der Leiterplatte um über 40 Prozent gegenüber herkömmlichen diskreten Lösungen auf dem Markt. Für Entwickler bedeutet das: Mehr Raum für zusätzliche Funktionen oder kleinere Platinenlayouts. Gleichzeitig senkt das Modul Schalt- und HF-Rauschen, was die Signalintegrität deutlich verbessert – ein entscheidender Faktor bei empfindlichen Mixed-Signal- oder Hochgeschwindigkeits-Designs in kritischen Anwendungen.

Flexibel per I2C und PMBus

Besonders spannend für Systementwickler: Das MCPF1412 bietet eine digitale Schnittstellenanbindung über I2C und PMBus. So lassen sich Ausgangsspannungen flexibel konfigurieren, Ströme überwachen und Diagnosedaten in Echtzeit auslesen. Für Anwendungen ohne digitale Steuerung kann das Modul auch im Standalone-Modus betrieben werden – Spannungsanpassung erfolgt dann klassisch über Widerstandsteiler, und der Power-Good-Ausgang gibt Rückmeldung über den Betriebszustand.

Sicherheit und Zuverlässigkeit serienmäßig

Das Modul bringt eine ganze Palette an Schutz- und Diagnosefunktionen mit: Überstrom-, Überspannungs- und Übertemperaturschutz sorgen für ein robustes Verhalten auch unter rauen Umgebungsbedingungen. Mit einem Betriebstemperaturbereich von -40 bis $+125$ °C ist das MCPF1412 für den industriellen Einsatz gerüstet. Ein integriertes EEPROM speichert Standard-Einschaltkonfigurationen, was die Inbetriebnahme vereinfacht und reproduzierbare Ergebnisse garantiert.

Microchip hebt Power-Management für Edge-KI auf ein neues Level.



Optimale Synergie mit Microchip-Ökosystem

Laut Rudy Jaramillo, Vice President der Analog Power Interface Division bei Microchip, ist das Leistungsmodul MCPF1412 optimal auf Microchips FPGA- und PCIe-Lösungen abgestimmt. Entwickler können also eine abgestimmte Komplettlösung aus einer Hand aufbauen – ein entscheidender Vorteil, wenn es um Time-to-Market und Zuverlässigkeit geht.

Fazit

Das MCPF1412 ist weit mehr als nur ein weiterer PoL-Wandler: Es ist eine hochintegrierte, platzsparende und flexible Lösung, die Entwicklern hilft, die steigenden Anforderungen an Edge-KI-Systeme zu meistern. Wer die nächste Generation seiner Embedded- oder Rechenzentrumsanwendungen energieeffizient und kompakt gestalten will, kommt an diesem Modul kaum vorbei.

TRACO POWER

Reliable. Available. Now.

www.tracopower.com

TXO-Serie

AC/DC-Netzteile in offener Bauform für kostensensitive industrielle Anwendungen

- Verstärkte E/A-Isolation 3000 V_{AC}
- Arbeitstemperaturbereich von -20 °C bis +70 °C
- Vorbereitet für Schutzklasse II
- Integrierter Filter gemäss EN 55032, Klasse B
- Konvektionsgekühlte Ausführung

	Leistung	Ausgangsspannung	Stellfläche
TXO 45	45 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V _{DC}	76,2 × 50,8 mm
TXO 60	60 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V _{DC}	76,2 × 50,8 mm
TXO 120	120 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V _{DC}	76,2 × 50,8 mm
TXO 150	150 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V _{DC}	101,6 × 50,8 mm
TXO 200	200 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V _{DC}	101,6 × 76,2 mm
TXO 300	300 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V _{DC}	127 × 76,2 mm
TXO 500	500 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V _{DC}	152,4 × 101,6 mm



CB
Scheme
IEC 62368-1
UL
US
UL 62368-1



DIE BEDEUTUNG DER UL-ZERTIFIZIERUNG
BEI POWER-STECKVERBINDERN

Sichere Verbindungslösungen gefragt

Die UL-Zertifizierung setzt weltweit Standards für Sicherheit und Zuverlässigkeit. Gerade bei Power-Steckverbindern ist sie ein entscheidender Faktor, um den steigenden Anforderungen industrieller Anwendungen gerecht zu werden und internationale Märkte zu bedienen.

TEXT: Binder BILDER: Binder; iStock, cybrain

In einer zunehmend vernetzten und regulierten Welt mit steigenden Sicherheitsanforderungen gewinnen internationale Normen und Zertifizierungen, insbesondere in technisch anspruchsvollen Bereichen wie der industriellen Leistungsversorgung, zunehmend an Bedeutung. Eine der weltweit bekanntesten Prüf- und Zertifizierungsorganisationen ist die Underwriters Laboratories (UL). Deren Standards gelten als besonders streng und setzen weltweit Maßstäbe für Produktsicherheit, Verlässlichkeit und Normenkonformität. Für Hersteller elektrischer Verbindungstechnik wie Binder ist die UL-Zertifizierung daher ein zentraler Bestandteil bei der Entwicklung und Qualitätssicherung von Steckverbindern.

Internationale Marktanforderungen und Kundenerwartungen

Die Anforderungen an moderne Steckverbinder steigen kontinuierlich. Insbesondere in industriellen Umgebungen, im Bereich der Energieversorgung oder der Antriebstechnik besteht ein hoher Bedarf an zertifizierten und leistungsstarken Verbindungslösungen. Kunden erwarten nicht nur eine hohe Stromtragfähigkeit und Langlebigkeit, sondern zunehmend auch die Einhaltung internationaler Normen. Hier kommt die UL-Zertifizierung ins Spiel: Sie ist für viele Original Equipment Manufacturer (OEMs) und Anlagenbauer Voraussetzung, um Maschinen und Systeme auf Märkten wie Nordamerika überhaupt betreiben zu dürfen. Ein wesentlicher Vorteil von Komponenten mit UL-Zulassung besteht darin, dass sie die Zulassungshürden reduzieren, das Haftungsrisiko senken und als Qualitätsmerkmal gegenüber Wettbewerbern gelten.

Vom Standard zur Herausforderung: UL2237 im Fokus

In der Vergangenheit orientierte sich die Branche häufig an der Norm UL2238, doch zunehmend rückt der deutlich anspruchsvollere Standard UL2237 in den Fokus. Neben den klassischen Anforderungen wie Isolations- und Spannungsfestigkeit sind hier zusätzliche Tests vorgeschrieben. Dazu zählen der sogenannte Abnormal Overload Test, der das Verhalten im Überlastfall prüft, sowie der Ground Bonding Test, der die Qualität der Schutzleiterverbindung sicherstellt. Diese Tests tragen wesentlich dazu bei, Risiken wie Kurzschlüsse, Brände oder Ausfälle zu minimieren. Das ist in sicherheitskritischen Bereichen wie der industriellen Automatisierung oder der Energieverteilung von zentraler Bedeutung. Die Nachfrage nach diesen erweiterten Zertifizierungen ist marktgetrieben. Immer mehr Industriezweige setzen auf normenkonforme Komponenten, um ihre eigenen Produkte sicher, zuverlässig und international einsetzbar zu gestalten.

Typische Anwendungsfelder und technische Anforderungen

Steckverbinder mit UL-Zulassung finden in zahlreichen industriellen Anwendungen Verwendung. Eingesetzt werden UL-zertifizierte Power-Steckverbinder beispielsweise in M12-Leistungsanwendungen. Im Bereich der Wechselstromversorgung (AC) kommen beispielsweise M12-Steckverbinder mit K- und S-Kodierung zum Einsatz, etwa für Frequenzumrichter, Motorschalter oder Wechselspannungsmotoren. Für Gleichstromanwendungen (DC) hingegen werden L- und T-kodierte Varianten

MES THE CONNECTOR



Macht Lust auf mehr

Spannende Kabel-Kreationen von MES:
Passend zu jedem Anlass.
JETZT PROBIEREN!

mes-electronic.de



K- und L-kodierte UL-zertifizierte Steckverbinder:
leistungsstark und zuverlässig für industrielle Wechselstrom- und Gleichstromanwendungen, auch unter engen Platzverhältnissen



UL-zertifizierter S-Steckverbinder für zuverlässige M12-Wechselstromanwendungen

genutzt, die sich beispielsweise in Feldbus-Ethernet-Komponenten, Netzwerkgeräten, LED-Beleuchtungssystemen oder Gleichstromantrieben bewähren. Hier müssen die Steckverbinder nicht nur hohen elektrischen und mechanischen Belastungen standhalten, sondern auch unter begrenzten Platzverhältnissen eine zuverlässige Kontaktierung gewährleisten.

Bei der Auslegung und Prüfung von Power-Steckverbindern stehen mehrere technische Kriterien im Fokus. Ein zentraler Aspekt ist die Stromtragfähigkeit. Diese hängt nicht nur vom Leiterquerschnitt ab, sondern muss auch in Kombination mit der Umgebungstemperatur bewertet werden. Darüber hinaus greifen sogenannte Derating-Vorgaben, um die maximale Strombelastung unter realen Betriebsbedingungen sicherzustellen.

Auch die Kontaktierung spielt eine entscheidende Rolle für die Betriebssicherheit. Verbindungssysteme müssen sowohl mechanisch als auch elektrisch geprüft sein – inklusive getesteter Zugentlastungssysteme, um Risiken wie Wackelkontakte oder Materialermüdung zu minimieren. Für die Isolierung sind ausschließlich UL-zugelassene Materialien zu verwenden, die den Anforderungen an Spannungsfestigkeit und Flammwidrigkeit gemäß UL 94 entsprechen. Nicht zuletzt ist auch die Baugröße ein kritisches Thema, da kompakte Bauformen zwar erwünscht, aber durch die von UL definierten Mindestluft- und Kriechstrecken begrenzt sind.

Langjährige Erfahrung und Qualitätsanspruch

Die enge Zusammenarbeit mit UL ist bei vielen Herstellern bereits gelebte Praxis. So arbeitet Binder beispielsweise seit 1984 mit UL zusammen. Die erste zertifizierte Serie war die Serie 693.

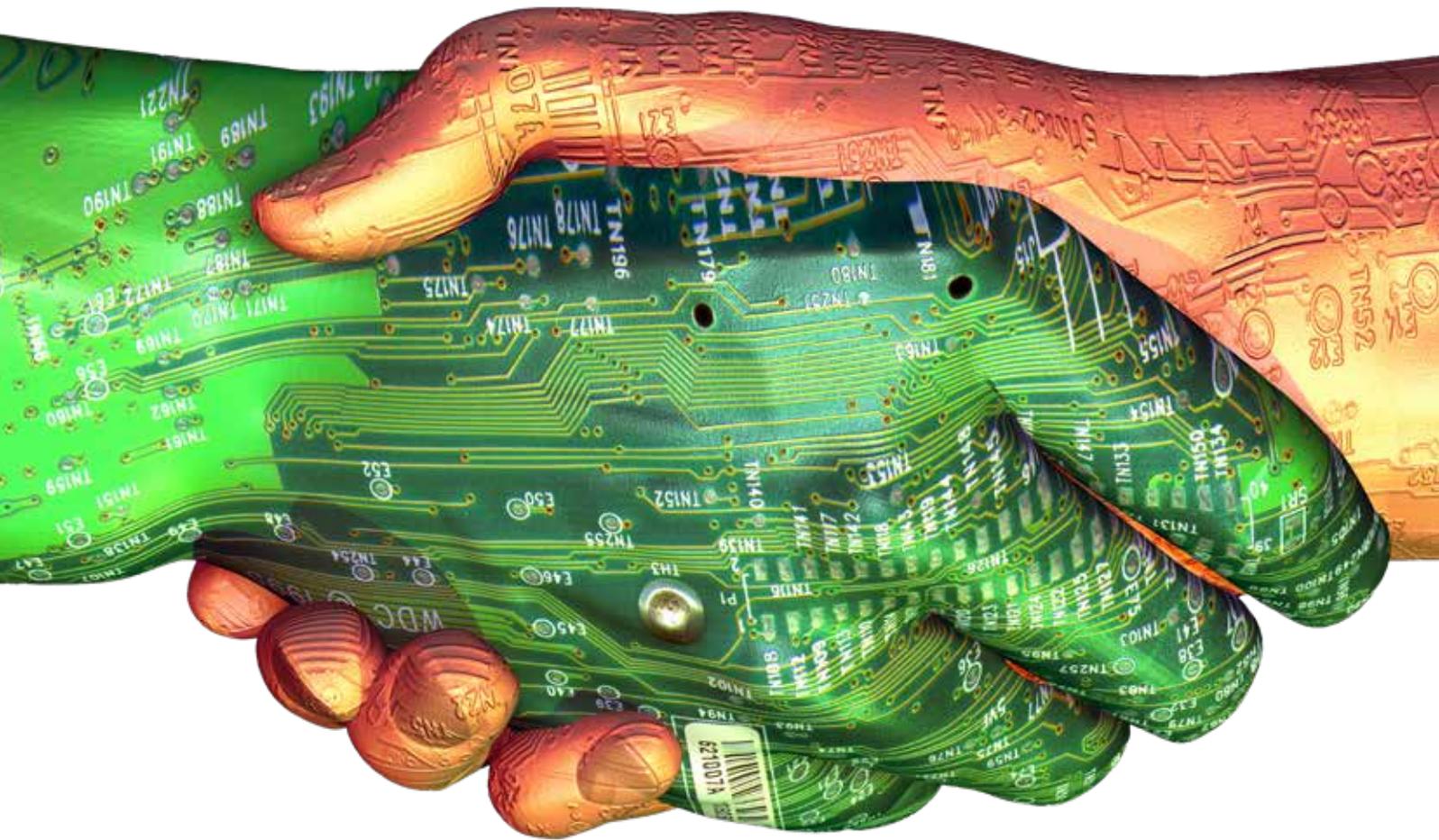
Viermal jährlich erfolgt eine Inspektion durch UL vor Ort – ein deutliches Zeichen für den hohen Stellenwert, den Qualität und Sicherheit im Unternehmen haben. Brandschutzanforderungen spielen dabei eine übergeordnete Rolle, denn gerade in der industriellen Verbindungstechnik können sie über den sicheren Betrieb einer gesamten Anlage entscheiden.

Auch im Bereich der Fertigung wird dem Thema Qualität höchste Priorität eingeräumt. Das Qualitätsmanagement umfasst u. a. die Überwachung der Konformität, Lieferantenbewertungen, die lückenlose Dokumentation sowie interne Audits – allesamt entscheidende Faktoren für die erfolgreiche Umsetzung der UL-Vorgaben.

Die steigende Nachfrage nach UL2237 ist ein deutliches Signal, dass UL auch künftig eine entscheidende Rolle spielen wird. Hersteller wie Binder reagieren frühzeitig auf diese Entwicklung und qualifizieren aktuell bereits mehrere Produkte nach UL 2237. Beim Einsatz dieser Produkte profitieren die Kunden durch technologische Vorteile und stellen gleichzeitig auch die langfristige Marktfähigkeit ihrer Produkte sicher.

UL-Zertifizierung als Schlüssel zur Zukunftsfähigkeit

Die UL-Zertifizierung ist weit mehr als ein formaler Nachweis. Sie ist ein wesentlicher Baustein für Sicherheit, Vertrauen und internationale Wettbewerbsfähigkeit. In einer Zeit wachsender regulatorischer Anforderungen und zunehmender Komplexität in der industriellen Fertigung stellen zertifizierte Power-Steckverbinder eine zuverlässige und zukunftssichere Lösung dar – für Hersteller, OEMs und Anwender gleichermaßen.



EDGE COMPUTING MIT KÜNSTLICHER INTELLIGENZ

Reale Abläufe und KI sicher vereinen

Latenzkritische, datenintensive Workloads werden am Netzwerkrand verarbeitet, um Echtzeitentscheidungen zu ermöglichen. Mit dem ISO26262-zertifizierten Red Hat In-Vehicle OS und dem Edge Manager können jetzt Entwicklungsingenieure containerisierte Anwendungen orchestrieren, softwaredefinierte Infrastruktur implementieren und KI-gestützte Edge-Workloads sicher, skalierbar und automatisiert betreiben.

TEXT: Francis Chow, Red Hat BILDER: Red Hat; iStock, TonisPan

Der Edge wurde für zu lange Zeit nur als eine zusätzliche Möglichkeit angesehen, Workloads taktisch nah oder vorteilhaft zu platzieren. Bei Red Hat sehen wir die Sache jedoch grundlegend anders. Es geht nicht darum, das Rechenzentrum zu erweitern. Vielmehr kann der Edge transformieren, wie Unternehmen betrieben werden und wie sie in Bezug auf ihren Nettogewinn etwas bewirken können. Denken Sie einmal darüber nach: Rechenleistung und, was entscheidend ist, Intelligenz direkt dahin zu bringen, wo Daten entstehen. Dadurch lässt sich das echte Potenzial des Netzwerkrands erschließen.

Edge-KI treibt reale Auswirkungen voran

Und wodurch wird diese Transformation beschleunigt? Durch KI. Die Synergie zwischen dem Edge und KI ist ein Gamechanger. Deshalb setzen wir uns in diesem Bereich verstärkt ein – mit Initiativen wie Red Hat AI Inference Server und llm-d, einem Community-Projekt, mit dem verteilte generative KI-Inferenz (Gen-KI) in großem Umfang unterstützt wird. Wir reden nicht nur darüber, KI am Edge bereitzustellen, wir machen die Bereitstellung praktikabel, skalierbar und



Francis Chow ist VP & GM,
In-vehicle Operating System and
Edge bei Red Hat.

effizient. Stellen Sie sich vor, Entscheidungen in Echtzeit könnten direkt dort getroffen werden, wo sie am wichtigsten sind, etwa um die Sicherheit in autonomen Fahrzeugen zu verbessern, den Ausfall von Geräten frühzeitig vorherzusagen oder wahrhaft personalisierte Erlebnisse zu gestalten. Das ist keine Science-Fiction – das ist das Potenzial lokalisierter Intelligenz.

»Red Hat Edge Manager stellt einen mutigen Schritt nach vorne dar, um Unternehmen in die Lage zu versetzen, ihre zunehmend verteilten Edge-Umgebungen sicher zu verwalten.«

Eine vertrauenswürdige Basis, die sich in der Praxis bewährt hat

Unser Vertrauen in den Edge ist nicht theoretisch begründet. Wir haben jahrelang mit Kunden und Partnern der anspruchsvollsten Branchen zusammengearbeitet – Telekommunikation, Herstellung, Energiewirtschaft, Automobilsektor, Einzelhandel und mehr. Wir wissen, was geschäftskritisch wirklich bedeutet. Bei unseren Open Hybrid Cloud-Lösungen geht es nicht nur um zukünftige Möglichkeiten, sondern darum, Ihren bestehenden Investitionen aufzubauen und dabei

die jetzt erforderlichen KI-gestützten Edge-Funktionen nahtlos zu integrieren.

Sehen wir uns beispielsweise die Automobilbranche an. Das Red Hat In-Vehicle Operating System ist eine Linux-Lösung mit zertifizierter Sicherheit, die für die softwaredefinierten Fahrzeuge von morgen (und im Prinzip auch von heute) entwickelt wurde. Fahrzeuge werden immer intelligenter – dank KI, der Kapazität, enorme Datenmengen mehrerer Domain-Funktionen zu verarbeiten, und regelmäßigen Funktionsupdates über die Fahrzeugsoftware. Das Red Hat In-Vehicle Operating System beschleunigt diese Softwareinnovationen, verarbeitet Informationen in Echtzeit und revolutioniert das Fahrerlebnis – bei geringeren Entwicklungskosten und kürzeren Markteinführungszeiten. Die Technologie ermöglicht moderne, eingebettete Intelligenz, ohne die Sicherheit zu gefährden. Und Red Hat arbeitet dabei nicht im Alleingang. Dieses Maß an Transformation erfordert eine konstante Zusammenarbeit. Autohersteller setzen zwar bereits seit langer Zeit auf ein vielfältiges Netzwerk an Lieferanten, aber die Umstellung auf ein softwarebasiertes Design-Konzept erfordert neue Partnerschaften und Arbeitsweisen. Red Hat fördert und pflegt diese Partnerschaften für das Red Hat In-Vehicle Operating System, um diese Transformation effektiv zu unterstützen.

Edge revolutioniert darüber hinaus auch die Abläufe in der Herstellung. Wir sehen gerade eine eindeutige Abwendung von veralteten, hardwarebasierten Systemen. Beispielsweise kündigten die Unternehmen wie ABB und Red Hat eine Ausweitung ihrer Zusammenarbeit zur Entwicklung

zukunftsfähiger Automatisierungssysteme an, um so sichere, modulare Deployments von Kontrollanwendungen für die Prozessindustrie zu ermöglichen. Mit unserer Edge-Plattform können Hersteller ihre Hardware konsolidieren, kommerzielle gebrauchsfertige Lösungen nutzen und beim Verwalten ihrer industriellen Workloads von einer beispiellosen Agilität profitieren. Durch die Konvertierung virtualisierter und containerisierter Anwendungen auf einer einzigen, agilen Plattform können Hersteller das Bausteinprinzip für ihre Fertigungsbereiche nutzen, die Sicherheit ihrer Systeme verbessern und Ausfallzeiten bei geschäftskritischen Herstellungsprozessen minimieren. Damit ebnen sie den Weg hin zur Smart Factory.

Red Hat bringt die Möglichkeiten der softwaredefinierten Infrastruktur direkt in die Werkshallen. Dadurch wird die Komplexität reduziert und die digitale Transformation der Herstellungsunternehmen beschleunigt. Der Edge ist der Ort, wo die physische und die digitale Welt der Herstellung wirklich zusammenlaufen.

Optimierte Infrastruktur und Kontrolle mit Red Hat Edge Manager

Seien wir einmal ehrlich – die Verwaltung einer ausufernden Edge-Umgebung kann eine überwältigende Herausforderung darstellen. Hier kommt Red Hat Edge Manager ins Spiel, Ihr zentralisiertes Kontrollzentrum für das verteilte Edge. Red Hat Edge Manager bietet nahtloses Lifecycle Management – von mehr Sicherheit beim Onboarding bis hin zum Außerbetriebnehmen. Dabei vereinfacht die Lösung nicht nur Betriebssystem- und Konfigurationsupdates, sondern orchestriert auch Ihre Workload-Deployments. Es geht darum, am Edge für Ordnung zu sorgen und Ihnen so die Transparenz, Kontrolle und Automatisierung zu bieten, die Sie brauchen, um zuverlässige zu skalieren.

Mit den Hybrid Cloud-Lösungen von Red Hat findet die Zukunft intelligenter Abläufe am Edge statt. Wir sind bereit, Sie beim Ergreifen dieser Chance zu unterstützen.



Edge-KI erfolgreich umsetzen

Optimierte Hardware für maschinelle Lernmodelle

Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen (ML) verändern Branchen, indem sie intelligentere und autonomere Systeme ermöglichen. Der Einsatz von KI am Rand des Netzwerks (Edge) – wo Entscheidungen in Echtzeit getroffen werden müssen – erfordert jedoch hocheffiziente, stromsparende Lösungen, die speziell auf Embedded-Umgebungen zugeschnitten sind. Microchip Technology ist mit einem umfangreichen Angebot an Prozessoren, FPGAs und Entwicklungstools, die es einfacher denn je machen, Intelligenz an den Rand des Netzwerks zu bringen, führend bei diesem Übergang.

In kritischen Bereichen wie intelligenten **Fabriken, medizinischer Diagnostik, Fahrzeugsystemen, Baumaschinen, Landwirtschaft und Smart Cities** ermöglicht Edge-KI Echtzeit-Einblicke und automatisiert Aufgaben, bei denen die Cloud-Anbindung begrenzt oder die Latenz inakzeptabel ist. Ob vorausschauende Wartung in einer Fabrikhalle, Patientenüberwachung in einem Krankenhauszimmer, Objekterkennung auf einer Baustelle oder energieeffizientes Verkehrsmanagement – die Lösungen von Microchip ermöglichen es Entwicklern, ML dort einzusetzen, wo es am dringendsten benötigt wird.



microchip.com/EdgeAI



Der Name Microchip und das Microchip-Logo sind eingetragene Warenzeichen von Microchip Technology Incorporated in den USA und in anderen Ländern. Alle anderen Marken sind im Besitz der jeweiligen Eigentümer.
© 2025 Microchip Technology Inc. Alle Rechte vorbehalten.
All rights reserved. MEC2629A-GER-09-25

GRUNDLAGEN VON TFT-LCD-, OLED- UND MICRO-LED-DISPLAYS

OLED und Co. richtig befeuern

TFT-LCDs dominieren aktuell das Fahrzeug-Display, aber OLED- und Micro-LED-Technologien holen auf. Wir beleuchten die aktuellen Displayarchitekturen, Stromversorgungstechniken und Innovationen wie Mini-LED-Local-Dimming für höchste Bildqualität im Auto.

TEXT: Yujie Bai, Analog Devices BILDER: Analog Devices; iStock, Daniel Birch

Aufgrund der Elektrifizierung von Fahrzeugen erwarten Kundinnen und Kunden mehr Funktionen in den Bereichen Sicherheit, Komfort, Unterhaltung, Produktivität, Bequemlichkeit und Nachhaltigkeit. Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden neue Lösungen von OEMs und Tier-1-Zulieferern benötigt. Eine der Herausforderungen ist der steigende Stromverbrauch durch den Einbau von mehr Hardware in das Fahrzeug. Eine sinnvolle Lösung besteht darin, die Energiemanagementfunktionen bereits in der frühen Designphase zu berücksichtigen. Dieser Artikel beschreibt Stromversorgungstechniken für aktuelle Automobil-Displaysysteme.

Displaysystem für Kraftfahrzeuge

Die Haupteinheit im Fahrzeug, auch Infotainment-System genannt, ist die zentrale Steuerschnittstelle für Audio-, Unterhaltungs-, Navigations- und Konnektivitätsfunktionen. Fortschrittliche Mensch-Maschine-Schnittstellen wie präzise Spracherkennung, reaktionsschnelle Touchscreens und ausgefeilte Gestensteuerung sind in modernen Fahrzeugen mittlerweile Standard. Im Inneren des Display-Panels dient der Timing Controller (TCN)

als Schnittstelle zwischen dem Video- oder Bildstrom und dem Anzeigemuster. Die Verbindung zwischen der Haupteinheit und dem TCON wird durch ein Paar Serializer (SER) und Deserializer (DES) Chips hergestellt, die eine schnelle Chip-zu-Chip-Kommunikation über bis zu 10 Meter lange abgeschirmte STP- oder 15 Meter lange Koaxialkabel ermöglichen. Für ein 45 bis 60 Zoll großes Display mit einer Auflösung von 7680×2160 Pixeln und einer Bildschirmdiagonale von „Säule zu Säule“ muss die Datenübertragung eine Nutzlast von bis zu 28 Gbit/s erreichen.

Stromversorgung für TFT-LCD-Displays

Die Abbildung 1 zeigt als Beispiel eines TFT-LCD-Displays. Das gesamte Display-Panel-System besteht aus einem TCON, einem Microcontroller (MCU), einem LED-Panel (Hintergrundbeleuchtung) und einem TFT-Bias-PMIC.

Die Techniken zur Stromversorgung der **Hintergrundbeleuchtung** lassen sich in zwei gängige Typen einteilen: Randbeleuchtung und direkte Hintergrundbeleuchtung. Randbeleuchtung ist die konventionelle Methode zur Stromversorgung der

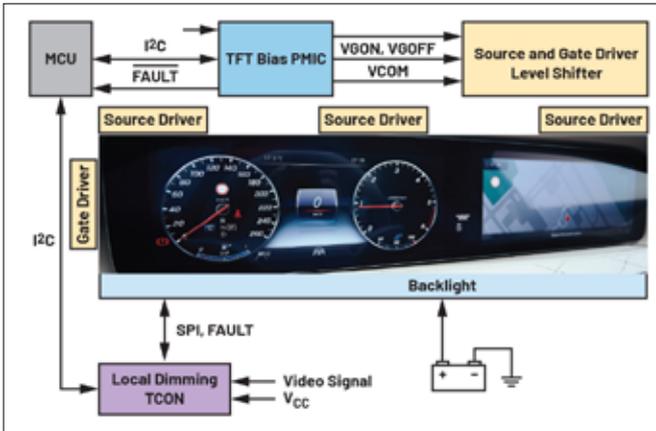


Abb. 1: Blockdiagramm des LCD-Displaysystems

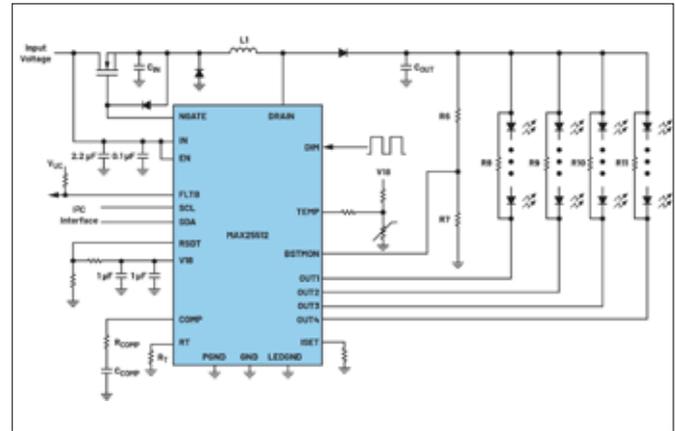


Abb. 2: MAX25512-Treiber für die Hintergrundbeleuchtung

Hintergrundbeleuchtung, bei der LEDs am Rand des Display-Panels angeordnet sind. In der Regel werden hierbei vier bis acht LED-Stränge verwendet. Die Methode zur Steuerung der Helligkeit der LED-Stränge wird als „Global Dimming“ bezeichnet, bei dem die gesamte Hintergrundbeleuchtung oder ein bestimmter LED-Strang gedimmt wird. Wie in Abbildung 2 dargestellt, werden die LED-Stränge über einen Aufwärtswandler mit Strom versorgt. Die Dimmfunktion kann über eine externe Pulsweitenmodulation (PWM) oder ein internes 18-Bit-Register T_ON ausgeführt werden. Der MAX25512 unterstützt auch hybrides Dimmen, das analoges und PWM-Dimming kombiniert. Das Dimmverhältnis bei einer Dimmfrequenz von 200 Hz beträgt 16,667:1. Mit hybridem Dimmen lässt es sich auf 33,333:1 verdoppeln.

In einer Hintergrundbeleuchtung sind die Mini-LEDs gleichmäßig auf der LED-Matrix verteilt, wo sie sich direkt hinter dem

LCD-Panel befinden. Die Helligkeit jeder Mini-LED kann individuell und dynamisch gesteuert werden, um sich an den Bildinhalt anzupassen. Diese Dimmmethode wird als lokales Dimmen bezeichnet und verbessert die Kontrastverhältnisse. Im Vergleich zur Randbeleuchtung verbraucht die direkte Hintergrundbeleuchtung weniger Strom. Wenn dunkle Bildinhalte angezeigt werden, kann die direkte Hintergrundbeleuchtung die LEDs in den dunklen Bildbereichen ausschalten. Außerdem kann sie den Lichtverlust bei der Anzeige dunkler Bildinhalte verringern.

Die Displaygröße, Auflösung und Helligkeit hängen bei der Randbeleuchtung von der Anzahl der LED-Stränge und LEDs pro Strang ab. Bei der direkten Hintergrundbeleuchtung werden die großen Abmessungen, die hohe Auflösung und das Kontrastverhältnis des Display-Panels durch die LED-Zonen erreicht. Abbildung 3 veranschaulicht die Konfiguration von einer LED

Kingbright

Quality Efficiency Innovation First-class service

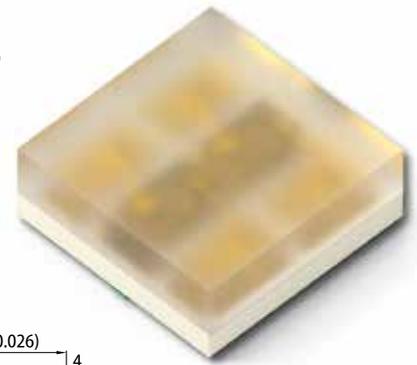
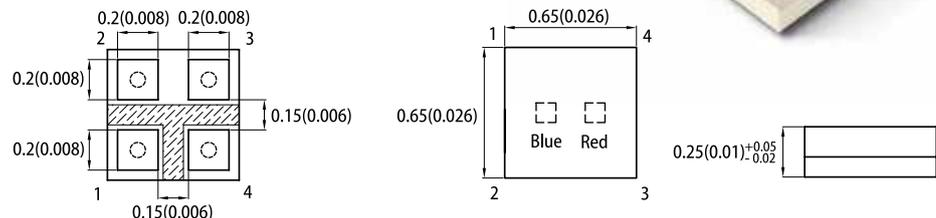
Kingbright's new KPGB-0607 series 0,65 mm x 0,65 mm Bi-colour SMD LED

Product Features:

- 0,65 mm x 0,65 mm SMD LED, 0,25 mm thickness
- Low power consumption
- Viewing angle: 140°
- Moisture Sensitivity Level: 3
- RoHS Compliant

Applications:

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



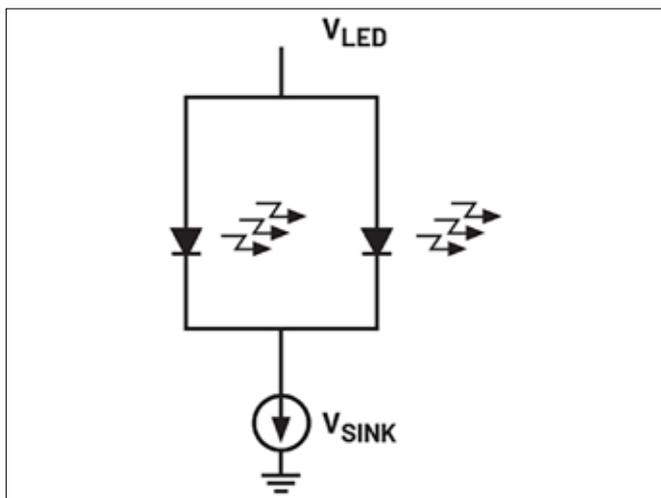


Abb. 3: 1S2P-LED-Zone

in Reihe und zwei parallelen LEDs (1S2P). Der Treiber und die Anforderungen für die Hintergrundbeleuchtung bestimmen die LED-Konfiguration, zum Beispiel 1S2P oder 2S1P. V_{LED} ist für die LED-Durchlassspannung vorgesehen und V_{SINK} ist die Spannung, die den Konstantstrom für die LEDs aufrechterhält.

Die beiden verschiedenen LED-Treiber für Local Dimming sind in Abbildung 4 dargestellt. Der Matrix-LED-Treiber verwendet Zeitmultiplexverfahren. Wie Abbildung 4a zeigt, teilen sich vier LEDs dieselbe Stromquelle mit vier P-Kanal-MOSFETs (PMOS). Die LEDs im Direkt-LED-Treiber werden von derselben V_{LED} und derselben individuellen Stromquelle gespeist, wie man Abbildung 4b entnehmen kann. Es kann sein, dass der Direkt-LED-Treiber eine höhere Stromtreiberleistung hat als der Matrix-LED-Treiber. Es ist möglich, mit weniger Matrix-LED-Treibern die gleiche Anzahl von LED-Zonen anzusteuern wie mit dem Direkt-LED-Treiber.

Der MAX2550x ist ein Matrix-LED-Treiber, der den PMOS integriert, und V_{LED} kann mit 14 V betrieben werden. Somit kann er bis zu vier LEDs in Reihe (4S1P) in einer Zone unterstützen. Der interne PMOS verbessert die Stromschleife für eine bessere EMI-Leistung und eliminiert Geisterbilder. Darüber hinaus reduziert er die Komplexität und Größe des Systems durch die interne Steuerung des PMOS.

Der MAX2550x verfügt zudem über eine Rückkopplungsregelung. Die Durchlassspannung der LEDs fällt mit steigender Sperrschichttemperatur monoton ab. Wenn der V_{LED} über den gesamten Betriebstemperaturbereich variiert, steigt die V_{SINK} -Spannung, was insbesondere unter 85 °C zu einer höheren Verlustleistung führt. Die Rückkopplung optimiert die V_{SINK} -Spannung durch Anpassung der V_{LED} . Idealerweise ist V_{LED} die Summe aus der LED-Durchlassspannung und V_{SINK} . Wie in Abbildung 5

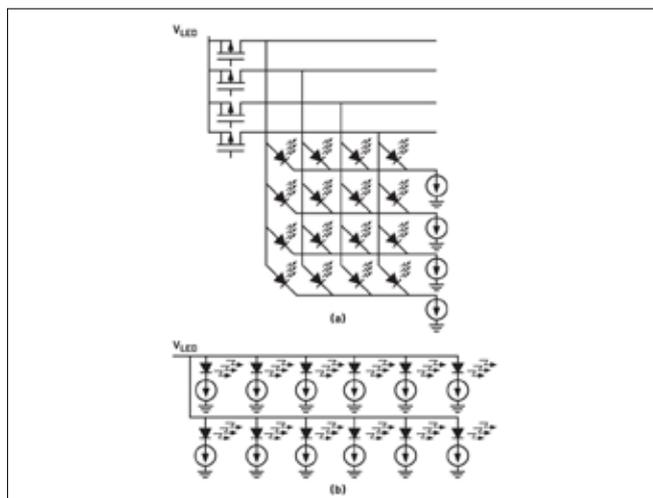


Abb. 4: LED-Treiber für Local Dimming:

(a) ein Matrix-LED-Treiber und (b) ein Direkt-LED-Treiber.

dargestellt, senkt die Rückkopplungsregelung (FB) im MAX2550x-Treiber den Strom für die Hintergrundbeleuchtung und erhöht die V_{LED} , wenn die V_{SINK} -Spannung bei einem niedrigeren Wert liegt.

Sowohl der Matrix-LED-Treiber MAX2550x als auch der Direkt-LED-Treiber MAX21610 verfügen über eine Punktkorrekturfunktion. Die LED-Punktkalibrierung ist eine pixelgenaue Korrekturtechnologie für LED-Hintergrundbeleuchtungsdisplays. Sie kalibriert die einzelnen LED-Ausgänge auf die gleiche Helligkeit. Um eine gleichmäßige Anzeige mit einheitlicher Farbe und Helligkeit zu erzielen, verfügt der MAX2550x über zwei Methoden zur Einstellung des individuellen LED-Stroms: Jede LED-Zone hat eine individuelle 5-Bit-Stromeinstellung und eine individuelle 17-Bit-PWM-Einstellung. Die 5-Bit-Stromeinstellung kann für die Kalibrierung der Helligkeit jeder einzelnen LED zum Einsatz kommen, während die 17-Bit-PWM-Einstellung als globale Einstellung verwendet werden kann, wenn alle LED-Zonen die gleiche Helligkeitseinstellung haben.

Darüber hinaus kann der MAX2550x eine Kontrollanzeige realisieren, die durch ein leuchtendes Symbol, zum Beispiel für niedrigen Kraftstoffstand/Ladezustand, auf Fehlfunktionen des Betriebssystems hinweist. Mit spezifischen Strom- und PWM-Einstellungen kann der Spitzenstrom des MAX2550x über die SCALE_SEL-Register erhöht werden.

Display-Panels mit einer Größe von mehr als 6 Zoll und höheren Auflösungen erfordern externe Stromkreise für die TFT **Bias**. Bei kleineren Display-Panels ist der Stromkreis in das Glas integriert. Die Versorgungsspannung beträgt in der Regel 3,3 V und 5 V. Darüber hinaus wird die 5-V-Schiene meist in Display-Panels für Kraftfahrzeuge verwendet, um eine zuverlässige und robuste Lebensdauer zu gewährleisten.

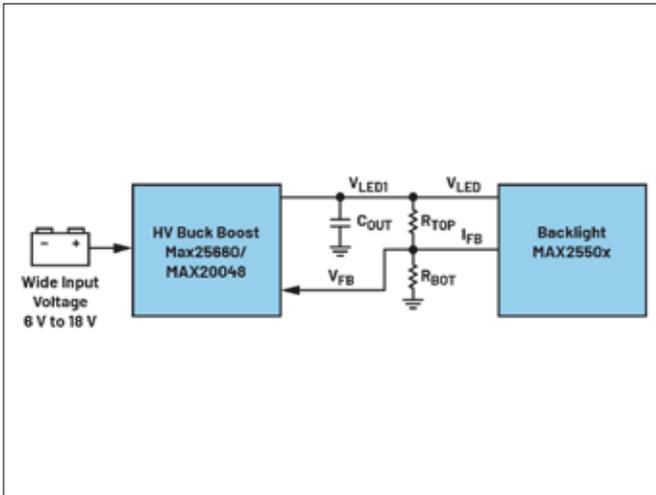


Abb. 5: Konfiguration der Rückkopplungsregelung MAX2550x mit MAX25660/MAX20048.

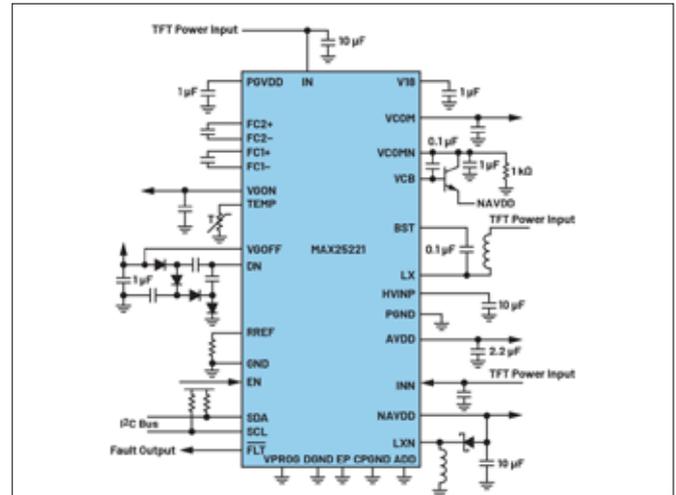


Abb. 6: TFT-Bias-Versorgungen mit VCOM

Wie in Abbildung 6 dargestellt, versorgt ein integrierter TFT-Stromkreis (MAX25221) den Quelltreiber (auch Spaltentreiber genannt) mit AVDD und NAVDD, die von einem Aufwärtswandler geliefert werden. Der Gate-Treiber (auch als Zeilentreiber bezeichnet) wird mit VGH und VGL versorgt, die von zwei separaten Ladungspumpen erzeugt werden. Dieser Schaltkreis integriert auch VCOM und die VCOM-Temperaturkompensation.

Die Zielspannungen für Spaltentreiber, Zeilentreiber, VCOM und Ein-/Ausschaltsequenz können programmiert und in einem nichtflüchtigen Speicher gesichert werden. Diese Funktion garantiert eine Referenz-Backplane-Spannung für TFT-LCDs, die für verschiedene Panels abgestimmt werden kann, was Display-Aberrationen reduziert und die Robustheit des Systems verbessert.

OLED- und Micro-LED-Treiber

Im Vergleich zwischen OLED-/Micro-LED- und LCD-Displays ist die Stromversorgungsschaltung ähnlich, die den TFT Bias PMIC und die OLED-/Micro-LED-Stromversorgung umfasst. Heutzutage ist die Technologie der OLED-Displays in der Unterhaltungselektronik ausgereifter. Ein PMIC mit 5 V Nennleistung, der die TFT-Bias-Versorgung und die OLED-/Micro-LED-Stromversorgung kombiniert und zwei Aufwärtswandler sowie einen invertierenden Abwärts-Aufwärts-Wandler integriert, versorgt in der Regel das OLED-Display.

Für OLED-/Micro-LED-Displays im Automobilbereich befindet sich der Leistungs-PMIC noch in der Entwicklung. Der Strombedarf von OLED-/Micro-LEDs in Automobildisplays ist aufgrund der großen Abmessungen höher als in der Unterhaltungselektronik. Zudem sind für TFT Bias PMICs mehr Referenzspannungen erforderlich.

Fazit

Displaytechnologien wie OLED und Micro-LED entwickeln sich rasant weiter. Aber nur mit modernen Pixeltreibern und TFT Bias PMICs erzielen sie eine optimale Leistung. Da LED-Treiber und TFT PMICs effizienter, leistungsfähiger und intelligenter werden, erfüllen sie die Anforderungen dieser Technologien.



...since 1984

Display Elektronik GmbH

LCD · TFT · LED · OLED · Touch Panels

Bistabil · Tastaturen · Drehknöpfe

Standard & Kundenspezifisch



Nicht nur ein Projekt...

...vielmehr eine Partnerschaft !





Tel. 06043/98888-0 · E-Mail: info@display-elektronik.de

www.display-elektronik.de



Wärmebildkameras bieten viele Funktionen, die Anwender in der Industrie benötigen, um für das Unternehmen kritische Probleme sicher, schnell und einfach zu erkennen, einzuschätzen und zu lösen



SO VERBESSERT THERMOGRAFIE DIE FERTIGUNG

Mit Infrarot auf Fehlersuche

Maschinenstillstände, Überhitzung von Bauteilen oder elektrische Defekte – in vielen Produktionsstätten sind ungeplante Ausfälle eine große Herausforderung. Diese können nicht nur zu erheblichen finanziellen Einbußen führen, sondern auch die gesamte Lieferkette beeinflussen. Mit modernen Wärmebildkameras lassen sich solche Risiken minimieren.

TEXT: dataTec BILDER: dataTec; iStock, Marccophoto

In der industriellen Qualitätskontrolle und Wartung müssen Defekte frühzeitig erkannt werden, um Ausschuss, Nacharbeit und teure Stillstände zu vermeiden. Die kontaktlose Messtechnik auf Basis von Infrarot-Technik ermöglicht es, Anomalien in Echtzeit zu erfassen und Maßnahmen zu ergreifen, bevor Schäden zum Problem werden. Viele herkömmliche Methoden wie optische Inspektionen oder mechanische Prüfverfahren stoßen dabei an Grenzen:

- Sichtprüfungen sind subjektiv und fehleranfällig, da sie stark von der Erfahrung und Konzentration der Prüfer abhängen.
- Mechanische Prüfverfahren erfordern direkten Kontakt mit dem Prüfobjekt und sind nicht immer geeignet, insbesondere bei empfindlichen oder schwer zugänglichen Bauteilen in einem System.

- Elektrische Messmethoden sind oft zeitaufwendig, benötigen zusätzliche Sensorik und liefern mitunter erst nachträglich verwertbare Ergebnisse.

Die Wärmebildtechnik bietet hier eine schnelle, automatisierbare und kontaktlose Lösung. Sie ermöglicht eine präzise Detektion von Temperaturunterschieden und damit Fehlern, die mit bloßem Auge nicht erkennbar sind. Normen wie ISO 18434-1 für Maschinenüberwachung (DIN ISO 18434-1:2008-11) und VDI/VDE 5585 für industrielle Thermografie (VDI/VDE 5585 Blatt 1, 2015) definieren dabei Standards für eine verlässliche Anwendung. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Infrarotsensortechnik und der Bildverarbeitungssysteme gewinnen Wärmebildkameras zunehmend an Bedeutung für automatisierte Inspektionsprozesse und die Qualitätssicherung.

Einsatzmöglichkeiten in der industriellen Fertigung

Wärmebildkameras kommen in einer Vielzahl von Produktionsprozessen zum Einsatz:

- **Material- und Bauteilprüfung:** Erkennung von Luftpfeifen, Rissen, fehlerhaften Verklebungen oder Delaminationen, zum Beispiel bei CFK-Teilen in der Automobil- und Luftfahrtindustrie (Fraunhofer LBF, 2021). In der Gießereiindustrie werden Wärmebildkameras zudem zur Detektion von ungleichmäßigen Temperaturverteilungen genutzt, die auf Materialfehler oder unzureichende Formfüllung hinweisen können.
- **Prozessüberwachung:** Kontrolle von Temperaturverläufen in der Kunststoff- und Metallverarbeitung



Die FLIR Wärmebildkamera E8 PRO der Ex-Serie eignet sich besonders für elektrische und mechanische Inspektionen zur Zustandüberwachung von Geräten.

oder Additiven Fertigung, um Qualitätsschwankungen zu vermeiden (VDI/VDE 5585 Blatt 2, 2017). Durch den Einsatz intelligenter Algorithmen lassen sich Temperaturschwankungen direkt auswerten und Anpassungen im laufenden Produktionsprozess vornehmen.

- **Elektronik-Inspektion:** Identifikation von fehlerhaften oder überlasteten Bauteilen oder Kurzschlüssen auf Leiterplatten – ein kritischer Faktor für die Zuverlässigkeit elektronischer Baugruppen (ZVEI-Leitfaden zur Thermografie in der Elektronikproduktion, 2022). Gerade in der Halbleiterproduktion und bei der Herstellung von Hochleistungsakkus können kleinste Temperaturabweichungen auf potenzielle Defekte hinweisen.

Thermografie in der vorausschauenden Wartung (Predictive Maintenance)

Durch die regelmäßige thermografische Überprüfung von Maschinen und elektrischen Anlagen lassen sich drohende Ausfälle frühzeitig erkennen. Überhitzungen von Lagern, Schaltschränken oder mechanischen Bauteilen sind oft erste Anzeichen für kommende Defekte.

Wärmebildkameras ermöglichen eine lückenlose Überwachung und verlängern die Lebensdauer von Produktionsanlagen. Besonders im Bereich der Energieversorgung und in Hochspannungsanlagen hat sich die Thermografie als effizientes Werkzeug zur Erkennung von Isolationsfehlern, beschädigten Kontakten oder Lastungleichgewichten bewährt.

Moderne Systeme bieten darüber hinaus die Möglichkeit, Wärmebilder mit IoT-Plattformen und künstlicher Intelligenz zu verknüpfen. So können Algorithmen historische Temperaturdaten analysieren, Trends erkennen und automatisch Warnmeldungen generieren, bevor kritische Schwellenwerte erreicht werden. Dadurch wird nicht nur die Instandhaltung planbarer, sondern auch die allgemeine Betriebseffizienz verbessert.

Vergleich von Prüfverfahren

Ein Vergleich der unterschiedlichen Prüfverfahren zeigt, dass jedes Verfahren spezifische Stärken und Grenzen aufweist und daher je nach Anwendungsfall gezielt ausgewählt werden sollte.

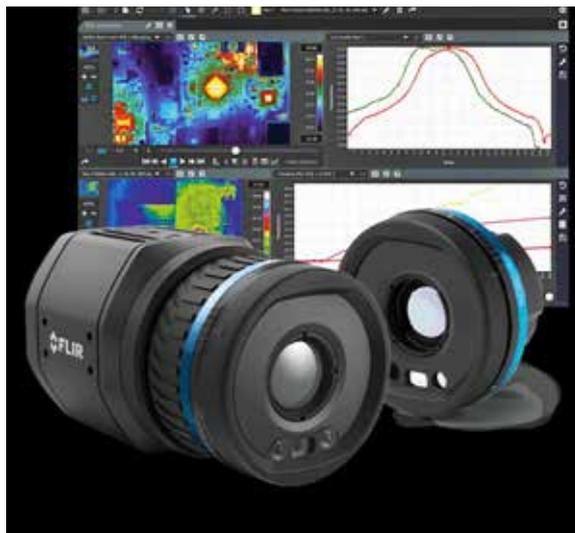
Die Prüfung per **Wärmebildkamera** zeichnet sich insbesondere durch ihre berührungslose Arbeitsweise aus und zählt

zu den zerstörungsfreien Prüfmethoden (ZfP). Sie ermöglicht die schnelle Erfassung auch größerer Flächen und bietet den Vorteil einer kontinuierlichen Echtzeit-Überwachung. Dadurch eignet sie sich gut für Anwendungen, bei denen großflächige Temperaturunterschiede oder thermische Auffälligkeiten detektiert werden müssen. Allerdings ist das Verfahren stark materialabhängig, da der Emissionsgrad die Messergebnisse beeinflusst. Zudem ist die Eindringtiefe begrenzt, sodass innere Materialfehler nur eingeschränkt erkannt werden können.

Die **optische Inspektion** (Automated Optical Inspection, AOI) bietet eine sehr hohe Auflösung bei der Erkennung von Oberflächenfehlern und zeigt sich besonders zuverlässig bei geometrischen Abweichungen. Sie wird daher vor allem bei der Qualitätskontrolle von sichtbaren Strukturen eingesetzt. Ihre Grenzen liegen jedoch in der fehlenden Eignung für thermische Fragestellungen oder die Detektion interner Defekte, da ausschließlich Oberflächeninformationen erfasst werden.

Die **Ultraschallprüfung** wiederum bietet deutliche Vorteile bei der Untersuchung innerer Materialfehler. Sie verfügt über eine hohe Eindringtiefe und ist somit in der Lage, Fehlstellen im Inneren

Die FLIR A400 und A700 Sets für Forschung und Wissenschaft vereinfachen die Temperaturmessung für Forscher und Ingenieure bei zahlreichen verschiedenen Anwendungen.



von Bauteilen zuverlässig zu detektieren. Allerdings erfordert dieses Verfahren in der Regel den Einsatz eines Koppelmittels oder den direkten Kontakt mit der Prüfoberfläche, was die Handhabung aufwendiger macht. Zudem ist die Durchführung häufig zeitintensiver als bei anderen Prüfmethoden, insbesondere wenn komplexe Geometrien vorliegen.

Wirtschaftlichkeit: Lohnt sich die Investition?

Unvorhergesehene Maschinenstillstände können Unternehmen zwischen 5.000 Euro und 50.000 Euro pro Stunde kosten – je nach Branche. Eine regelmäßige thermografische Überprüfung kritischer Produktionsanlagen kann diese Risiken erheblich reduzieren.

Typische Anschaffungskosten:

- Industrie-Wärmebildkameras: 5.000 € – 30.000 € je nach Auflösung und Messgenauigkeit.
- Hochpräzise Labor-Modelle: 7.000 (A50 F&E) – 100.000€ (zum Beispiel A6xxx Serie)

ROI-Berechnung:

- Elektronikfertigung mit 3 Prozent Fehlerquote > Reduktion von Ausschuss um 20 Prozent.

- Amortisation innerhalb von 6 Monaten durch reduzierte Ausschusskosten.

Fazit: Produktionssicherheit durch Wärmebildtechnik

Der Einsatz von Wärmebildkameras zur Qualitätskontrolle in der Produktion bietet zahlreiche Vorteile: von der frühzeitigen Erkennung potenzieller Defekte über die Prozessoptimierung bis hin zur vorausschauenden Wartung.

Die kontinuierliche Verbesserung der Sensortechnologie und die zunehmende Integration in digitale Überwachungssysteme machen die Thermografie zu einem unverzichtbaren Bestandteil moderner Fertigungs- und Wartungsstrategien. Unternehmen, die auf diese innovative Technik setzen, profitieren von reduzierten Stillstandszeiten, einer höheren Produktqualität und einer insgesamt effizienteren Produktion.

Mit hochwertigen Wärmebildkameras führender Marken aus dem dataTec-Portfolio lassen sich Qualitätssicherung und Prozesskontrolle effizient optimieren – für geringere Kosten, weniger Ausschuss und höhere Produktivität.

INDUSTRY.FORWARD
EXPO
DIGITAL CONFERENCE FESTIVAL

23. - 30. OKTOBER 2025
**DAS DIGITALE
FESTIVAL
DER INDUSTRIE**

Zukunftsweisende Strategien für die klimaneutrale Industrie

- 20-minütige Sessions voller praxisnaher Insights
- Führende Expert:innen aus der Industrie
- Online & kostenfrei

Erfahren Sie mehr auf
industry-forward.com/expo

SPEICHERLÖSUNGEN FÜR EDGE COMPUTING

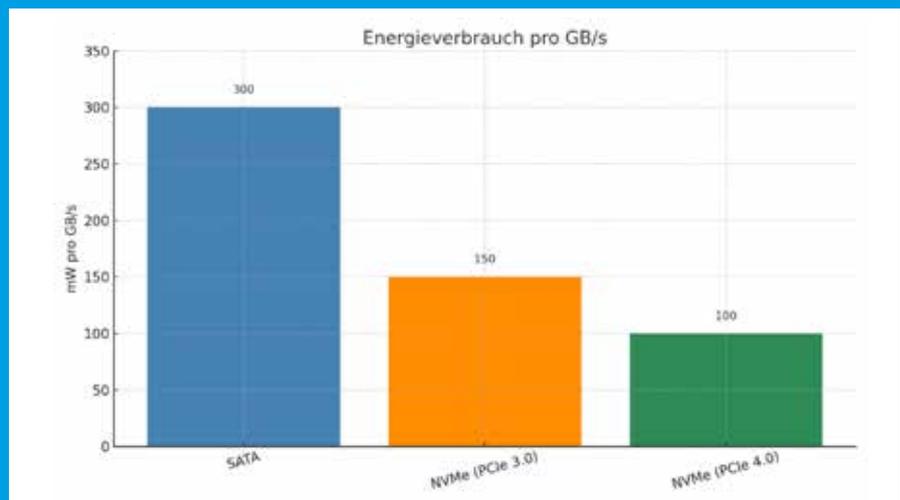
Auf den richtigen Speicher setzen

Edge Computing fordert neue Speicherstrategien: Während Prozessoren und KI-Beschleuniger im Rampenlicht stehen, entscheidet der richtige Datenspeicher über Performance und Zuverlässigkeit. Erfahre, warum Standard-SSDs oft versagen – und wie PCIe & NVMe die Zukunft der Edge-Architekturen prägen.

TEXT: Axel Mehnert, Swissbit BILDER: Swissbit; iStock, Virtisus



**ENTER TO
WIN**



NVMe-SSDs arbeiten effizienter als SATA-Lösungen – insbesondere bei PCIe 4.0 sinkt der Energieverbrauch pro übertragene Gigabyte deutlich. Ein wichtiger Vorteil für kompakte, energieoptimierte Edge-Systeme.

Noch vor wenigen Jahren dominierten einfache Mikrocontroller mit begrenztem RAM und Flash die Welt der Edge-Geräte. Heute hingegen erleben wir eine neue Generation leistungsfähiger Edge-Systeme, die direkt am Netzwerkrand Echtzeitanalysen und KI-Inferenz ermöglichen, also die Ausführung von KI-Modellen, um neue Daten lokal auszuwerten. Diese Entwicklung stellt auch neue Anforderungen an Speicherlösungen. Mit der Einführung von PCIe- und NVMe-Schnittstellen konnten wesentliche Engpässe beseitigt werden: Statt aufwendiger Bridge-Chips und komplexer Treiberarchitekturen ermöglicht NVMe einen direkten Zugriff auf den PCIe-Bus – mit Vorteilen bei Latenz, Durchsatz und Energieeffizienz. NVMe-SSDs wurden anfänglich im Datacenter- und Serverbereich eingesetzt und dominieren jetzt auch im Computing-Bereich. Im Embedded- und Edge-Computing treffen nun die höheren Geschwindigkeitsanforderungen auf ein breites Angebot an Lösungen, sodass für jede Applikation eine optimierte SSD gefunden oder konfiguriert werden kann.

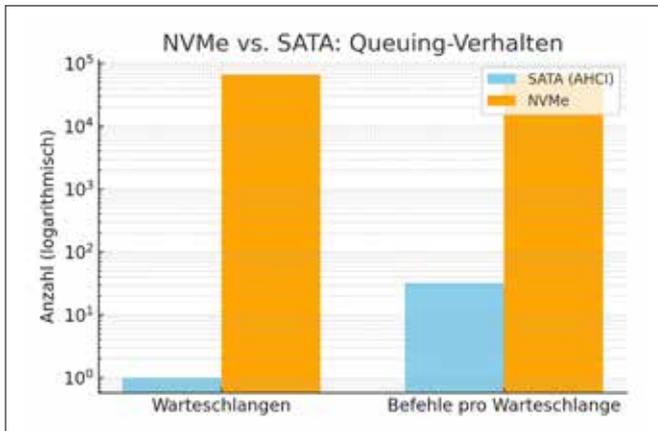
Was macht PCIe so geeignet für Edge-Speicherlösungen?

PCIe (Peripheral Component Interconnect Express) ist eine schnelle serielle

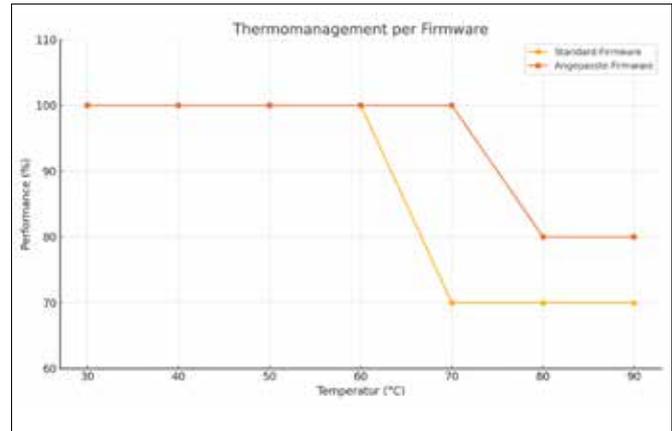
Schnittstelle, die mit sogenannten Lanes arbeitet. Je nach Anforderung können 1, 2, 4 oder mehr Lanes genutzt werden, um entweder die Datenrate zu steigern oder den Stromverbrauch zu optimieren. Bereits mit PCIe 3.0 lassen sich pro Lane bis zu 1 GB/s erzielen, PCIe 4.0 verdoppelt diesen Wert, und PCIe 5.0 liefert nochmals die doppelte Bandbreite. So kann man kurzzeitig eine hohe Spitzengeschwindigkeit erreichen aber auch den Stromverbrauch auf die Bedürfnisse der Applikation anpassen. Gerade für kompakte Edge-Systeme ist PCIe deshalb interessant. Bei begrenztem Platz und Energiebudget kann man die Lane-Konfigurationen gezielt passen. Statt x4 oder x16 (wie sie etwa in leistungsstarken Multi-GPU-Servern eingesetzt werden) kann ein Edge-Gerät mit x1 oder x2 auskommen – und spart damit Strom und PCB-Fläche.

Speicher passend zur Edge-Anwendung wählen

Leistung und Haltbarkeit sind Grundvoraussetzungen. Doch Edge-Umgebungen bringen weitere Anforderungen mit sich: begrenzte Energieversorgung, ungünstige thermische Bedingungen und knapper Bauraum sind nur einige davon. Ein Großteil der Edge-Geräte ist nicht in klimatisierten Rechenzentren



NVMe bietet gegenüber SATA eine höhere Warteschlangentiefe und Parallelität. Das ermöglicht gleichzeitige I/O-Prozesse bei datenintensiven und latenzkritischen Edge-Anwendungen.



Während eine Standardkonfiguration bei 70 °C drosselt, erlaubt eine angepasste Firmware späteres Throttling oder gezielte Leistungsprofile bei temperaturkritischen Edge-Designs.

verbaut, sondern in Outdoor-Gehäusen, Fahrzeugen oder Industrieanlagen. Dort entscheidet die Wahl der SSD über Stromverbrauch, Wärmeentwicklung und die Systemstabilität unter Extrembedingungen.

Mehr Performance – weniger Watt?

SATA-SSDs gelten oft als energieeffizient, doch NVMe-SSDs auf PCIe-Basis bieten bei gleicher oder besserer Leistung oft einen niedrigeren Energieverbrauch pro übertragenes Byte. Grund: Der Verzicht auf AHCI-Overhead, direkter Buszugriff und die Nutzung moderner Stromsparmodi (z. B. ASPM, APST, L1.2). Gerade in lüfterlosen Systemen oder bei batteriebetriebenen Edge-Geräten kann NVMe helfen, durch schnelle Datenverarbeitung die aktiven Phasen zu verkürzen – und so insgesamt Energie zu sparen. NVMe-SSDs basieren heute auf Controllern, die zum Teil in unter 10 nm gefertigt werden und dadurch einen sehr geringen dynamischen Stromverbrauch aufweisen. Zudem verfügen diese Controller über ein ausgeklügeltes Power-Management und reagieren dynamisch auf extreme Wärmebedingungen, indem sie im Zweifelsfall die Geschwindigkeit leicht drosseln. So bleibt die Funktion auch unter extremen Bedingungen gewährleistet.

Die passende NAND-Technologie: Haltbarkeit zählt

Durch den Übergang von SLC- zu MLC- und TLC-NAND konnten SSDs mit großer Kapazität kostengünstiger werden. Doch nicht jeder NAND-Typ ist für Edge-Anwendungen geeignet: Hier kommt es auf Ausdauer und Datenerhalt über viele Jahre hinweg an. Technologien wie Pseudo-SLC (pSLC) nutzen Teile des TLC-Flashes in dem weitaus haltbareren SLC-Modus.

Over-Provisioning stellt zusätzliche Reserveblöcke bereit und verbessert die Effizienz der Garbage Collection, also der notwendigen Aufräumarbeiten und den damit verbundenen Overhead, der so genannten Write-Amplification. Beide Methoden erhöhen die Lebensdauer und Konsistenz – entscheidend bei Edge-Systemen, die ohne Wartung 5+ Jahre laufen müssen.

Warum Consumer- und Enterprise-SSDs am Edge scheitern können

Consumer-SSDs setzen auf niedrige Kosten und hohe Peak-Performance – aber in kontrollierten Umgebungen. Ein Ausfall nach wenigen Jahren ist meist kein Drama, zumindest nicht für den Anbieter. Enterprise-Drives wiederum sind für skalierte Systeme mit Redundanzen gedacht und eingebettet in RAID-Architekturen. Sie sind zudem oft überdimensioniert für typische Edge-Setups und entwickeln dabei häufig eine erhebliche Abwärme, was sie ungeeignet für gekapselte Edge-Systeme ohne aktive Kühlung macht. Edge-Systeme dagegen sind häufig autonom im Einsatz. Fällt der Speicher aus, fällt das gesamte System aus – oft ohne die Möglichkeit einfacher Wartung oder Austausch der SSD. Es braucht Speicher, der unter Hitze, Spannungsschwankungen und Vibration zuverlässig arbeitet.

Checkliste: Worauf es bei der Auswahl einer geeigneten SSD im Edge-Umfeld ankommt:

- Strom- und Wärmeeigenschaften, insbesondere bei lüfterlosen Systemen
- Zuverlässigkeit und Lebensdauer über weite Temperaturbereiche
- Schutz vor plötzlichem Stromausfall (Power-Loss Protection)

- Konsistente Performance auch nach Jahren
- Flexible Formfaktoren: BGA, M.2, Wechsellösungen
- Langfristige Verfügbarkeit
- Technischer Support: Konfiguration, Firmware-Anpassung, Langzeitpflege

NVMe & PCIe: Flexibilität und Performance für Edge-Systeme

NVMe wird oft mit Gaming oder Rechenzentren assoziiert. Dabei gewinnt das Protokoll auch im Edge-Umfeld an Relevanz – wenn auch mit anderen Zielen: Nicht immer steht maximale Bandbreite im Fokus, sondern Kompatibilität, Energieeffizienz und Zukunftssicherheit. NVMe nutzt statt AHCI ein modernes Protokoll mit bis zu 64K parallelen Warteschlangen und jeweils 64K Befehlen. Dies erlaubt nicht nur eine höhere Performance, sondern auch konsistentere Latenzen – wichtig bei Echtzeitanalysen, wie sie am Edge häufig vorkommen. Zudem können durch Standardisierung Formfaktoren wie BGA (verlötet), M.2 (austauschbar) oder E1.S (hot-swappable) realisiert werden. Die NVMe-Firmware erlaubt dabei weitreichende Anpassungen für Strom- und Thermalmanagement.

Warum Firmware oft den Unterschied macht

Beispiel: SSDs können bei Erreichen von 70 °C gezielt heruntertakten oder in Stromsparszustände wechseln. Bei Bedarf lässt sich dieses Verhalten per Firmware anpassen. Auch Temperaturschwellen, SMART-Parameter und Logging-Funktionen können optimiert werden.

Speicherauswahl entscheidet über Erfolg im Edge Computing

Edge Computing stellt völlig neue Anforderungen an Speicherlösungen. Es geht nicht um Benchmark-Rekorde, sondern um Zuverlässigkeit, Langzeitverfügbarkeit und Robustheit – selbst unter extremen Umweltbedingungen und ohne Vor-Ort-Betreuung. Wer seine Systeme an der Edge erfolgreich betreiben will, braucht ein tiefes Verständnis für die jeweiligen Workloads, Einsatzorte und Lebenszyklen – und einen Partner, der all diese Anforderungen versteht und abdecken kann. Denn: Wer beim Speicher alles richtig macht, erhöht die Zuverlässigkeit und Lebensdauer seines Edge-Systems erheblich – und damit auch den Gesamterfolg des Projekts.

IMPRESSUM

Herausgeber Kilian Müller

Head of Content Manufacturing Christian Fischbach

Redaktion Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Rieke Heine (freie Mitarbeiterin), Katharina Huber (-938), Dana Neitzke (-930), Michaela Sandner (-916)

Newsdesk newsdesk@publish-industry.net

Head of Sales Kilian Müller

Anzeigen Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-918), Beatrice Decker (-913), Caroline Häfner (-914), Ilka Gärtner (-921), Alexandra Klagen (-917);
Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2025

Inside Sales Patricia Dachs (-935), Sarah Fuchs (-929); sales@publish-industry.net

Verlag publish-industry Verlag GmbH, Claudius-Keller-Str. 3A, 81669 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)40.23714-240; leserservice-pi@dvvmedia.com

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@dvvmedia.com

Marketing & Vertrieb Anja Müller (Head of Marketing)

Herstellung Veronika Blank-Kuen

Gestaltung & Layout Layoutstudio Daniela Haberlandt, Beethovenstraße 2a, 85435 Erding

Druck F&W Druck- und Mediacenter 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 CO₂-neutral.



Der CO₂-neutrale Versand mit der Deutschen Post

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
Analog Devices.....	42	Nvidia.....	13
binder.....	36	Odu.....	13
Conrad Electronic.....	U4	Omron Electronics.....	22
CTX Thermal Solutions.....	26	Panduit.....	33
dataTec.....	13, 46	Phoenix Contact.....	30
Delta Electronics.....	13	publish-industry Verlag.....	49, U3
Detakta.....	5	Red Hat.....	39
Display Elektronik.....	45	Rogers.....	Titel, 8, 11
Fischer Elektronik.....	18, 19, 29	Rosenberger Hochfrequenztechnik.....	13
Fluke.....	54	Rutronik.....	17
Harting.....	3	Socionext.....	58
ICT Suedwerk.....	25	Sophos.....	64
Kaist.....	13	Swissbit.....	50
Kingbright Electronic.....	43	Syslogic.....	13
Kontron.....	17	Traco Electronic.....	35
MES Electronic Connect.....	37	TÜV-Verband.....	60
Messe München.....	U2	Microchip.....	34, 41
Microchip.....	34, 41	wts // electronic components.....	27



ÜBERWACHUNG UND KALIBRIERUNG
DER LUFTFEUCHTIGKEIT

Umgebung zum Wohlfühlen

Rechenzentren gehören zur kritischen Infrastruktur, daher gewinnt die Einhaltung von Vorschriften und die Gewährleistung der Betriebssicherheit zunehmend an Bedeutung. Dazu zählen unter anderem Faktoren wie Temperatur, Taupunkt und Luftfeuchtigkeit. In diesem Zusammenhang kommen Sensoren zum Einsatz, die spezifische Anforderungen erfüllen müssen.

TEXT: Abhishek Kamerkar, Fluke Corporation BILDER: Fluke; iStock, RamilF



Rechenzentren nutzen oft Hunderte von Feuchtigkeitssensoren, um präzise Informationen in Echtzeit zu erhalten.

Es gibt spezifische Empfehlungen zur Luftfeuchtigkeit, um optimale Bedingungen für empfindliche Elektronik zu gewährleisten. Rechenzentren und andere ähnliche Umgebungen nutzen hierfür oft Hunderte von Feuchtigkeitssensoren, um präzise Informationen in Echtzeit zur Einhaltung dieser Empfehlungen zu liefern. Doch schon eine einzige ungenaue Messung kann ein Rechenzentrum viel Geld kosten – aufgrund von Ausfallzeiten, Strafen und Geräteschäden. Eine ordnungsgemäße Kalibrierung ist daher unerlässlich, um sicherzustellen, dass diese Sensoren zuverlässige Daten liefern. Die Kalibrierung dieser Geräte stellt viele Rechenzentren jedoch vor Herausforderungen.

Luftfeuchtigkeit muss überwacht werden

Obwohl es keine direkten Vorgaben von Gesetzgebern und Verbänden gibt, erkennen die meisten Experten und -Praktiker an, dass die Luftfeuchtigkeit typischerweise zwischen 40 und 60 Prozent in Rechenzentren vorteilhaft ist. Moderne Systeme können je nach Geräteklasse und Herstellerempfehlungen einen größeren Bereich tolerieren. Eine Luftfeuchtigkeit unterhalb der empfohlenen Werte erhöht das Potenzial für elektrostatische Entladungen und damit das Risiko einer Beschädigung empfindlicher elektronischer Komponenten. Dies kann zu einer

verkürzten Lebensdauer der Geräte und erhöhten Kosten führen. Umgekehrt kann eine Luftfeuchtigkeit über diesem Bereich Kondenswasserbildung auslösen, was Geräteschäden, Kurzschlüsse und Korrosion hervorrufen kann.

Die Feuchtigkeitskontrolle ist eine vorbeugende Schutzmaßnahme, die den Betrieb sichert, Investitionen in die Infrastruktur schützt und dafür sorgt, dass die Umgebung stabil genug bleibt, um die Anforderungen ununterbrochener Datenverarbeitung zu erfüllen. Eine effektive Feuchtigkeitskontrolle spielt eine wichtige Rolle beim Schutz sensibler Daten, bei der Einhaltung von Service Level Agreements (SLAs) und bei der Vermeidung kostspieliger Geräteschäden.

Warum die Kalibrierung von Sensoren so wichtig ist

Selbst die strengsten Protokolle zur Feuchtigkeitsüberwachung sind nur so genau wie die Sensoren, die die Messungen vornehmen. Sensoren können mit der Zeit abweichen, sodass die auf dem Monitor angezeigte Prozentzahl der Feuchtigkeit möglicherweise ungenau ist. In einer Rechenzentrums Umgebung können sogar kurzfristige Ungenauigkeiten erhebliche Folgen haben, insbesondere wenn SLAs betroffen sind. Eine einzige Abweichung, selbst wenn sie durch einen fehlerhaften



Mit einem Feuchtigkeitsgenerator/
-kalibrator können Techniker
Feuchtigkeitssensoren kalibrieren.

Sensor verursacht wird, kann eine Kette von Problemen auslösen, die sowohl die Compliance als auch den Ruf eines Unternehmens nachhaltig untergraben können.

Ungenauere Messwerte können zu unnötigen Anpassungen der Klimaanlage führen, wodurch das Klima schwankt und elektrische Geräte gefährdet werden. Eine Unterkühlung oder übermäßige Befeuchtung aufgrund ungenauer Sensoren kann darüber hinaus den Energieverbrauch und die Betriebskosten unnötig in die Höhe treiben. In großen Anlagen können selbst kleine Ineffizienzen zu Energieverschwendung in Höhe von Tausenden von Euro pro Jahr führen. Eine ordnungsgemäße Kalibrierung stellt sicher, dass Klimaanlagen nur bei Bedarf reagieren, wodurch Rechenzentren ihren CO₂-Fußabdruck verringern und ihre Energiekosten senken können.

Ebenso kritisch ist, dass diese falschen Messwerte als Umweltverstöße protokolliert werden können, die möglicherweise SLA-Bedingungen verletzen, selbst wenn die tatsächlichen Bedingungen innerhalb des korrekten Bereichs bleiben. Für Rechenzentren, die Branchen wie das Gesundheitswesen, das Finanzwesen oder Behörden unterstützen, können diese Fehler auch zu Audit-Fehlern oder behördlichen Untersuchungen führen. Richtig kalibrierte Feuchtigkeitssensoren sind eine wichtige Schutzmaßnahme, um Verstöße gegen SLAs und Fehlentscheidungen im Betrieb zu verhindern. Durch die Sicherstellung, dass Feuchtigkeitssensoren korrekt kalibriert sind und zuverlässige Messwerte liefern, können Rechenzentren die Integrität ihrer Dienste schützen.

Bewährte Verfahren für die Kalibrierung

Es gibt keine allgemeingültige Empfehlung für die Häufigkeit der Kalibrierung von Feuchtigkeitssensoren. Viele Rechenzentren entscheiden sich jedoch für eine jährliche

Justierung. Für Rechenzentren in besonders feuchten Gegenden kann eine häufigere Kalibrierung, beispielsweise halbjährlich, sinnvoll sein. Unabhängig davon, wie häufig die Konfiguration durchgeführt wird, muss sie dokumentiert und nachvollziehbar sein. Die Dokumentation muss internen Audits, SLA-Überprüfungen und behördlichen Inspektionen standhalten. Jeder Feuchtigkeitssensor muss über einen nachvollziehbaren Kalibrierungsnachweis verfügen, aus dem hervorgeht, wann er zuletzt getestet wurde, welcher Referenzstandard verwendet wurde und ob er bestanden hat oder angepasst werden musste.

Herausforderungen bei der Kalibrierung

Feuchtigkeitssensoren in Rechenzentren befinden sich in der Regel in kritischen Bereichen wie dem White Space, Server-Racks, Lüftungsanlagen und Rückluftkanälen – also an Orten, in denen eine genaue Umgebungsüberwachung unerlässlich ist, die aber oft schwer zugänglich sind. Diese Bereiche sind durch strenge Sicherheitsprotokolle geschützt, die zum Schutz sensibler Daten und Geräte dienen. Die Mitarbeiter sehen sich oft mit mehreren Sicherheitsfreigaben, streng kontrollierten Wartungsfenstern und der Notwendigkeit konfrontiert, sich mit den Facility- und IT-Teams abzustimmen, um die Betriebskontinuität während der Kalibrierung sicherzustellen.

Diese Einschränkungen führen zu praktischen Komplikationen bei einem Vorgang, der ansonsten Routine wäre. So kann beispielsweise das Mitbringen externer Kalibrierungsgeräte eine vorherige Genehmigung, eine Begleitung oder die Einhaltung strenger Änderungsmanagementprotokolle erfordern. In einigen Hochsicherheitsumgebungen muss sogar der Transport von Kalibrierungsdaten zu Dokumentationszwecken außerhalb des Standorts sorgfältig gehandhabt werden, um Verstöße gegen Datenverwaltungsrichtlinien zu vermeiden.

In großen Umgebungen ist es oft nicht praktikabel, Feuchtigkeitssensoren zur Kalibrierung vollständig zu deinstallieren. Ein tragbarer Feuchtigkeitsgenerator/Kalibrator ist klein genug, um ihn auf einem Wagen zu transportieren, sodass Techniker nicht nur auf das Labor beschränkt sind.



Ausgelagerte vs. interne Kalibrierung

Viele Rechenzentren entscheiden sich dafür, die Kalibrierung ihrer Sensoren auszulagern, doch dieser Prozess kann mehrere Herausforderungen mit sich bringen. Erstens müssen alle Auftragnehmer und ihre Mitarbeiter gründlich überprüft und ihr Zugang sorgfältig kontrolliert und geplant werden, um die Sicherheit in hochsensiblen Bereichen zu gewährleisten. Zweitens werden bei Rechenzentren, die ihre Sensoren zur Kalibrierung an ein externes Labor schicken, der Zeitplan und die Logistik weitgehend von Dritten kontrolliert, was die Einhaltung interner Wartungspläne erschwert. Drittens birgt der Versand von Geräten außerhalb des Unternehmens inhärente Sicherheitsrisiken durch externes Personal und dessen interne Verfahren. Und schließlich können die Kosten für die jährliche Kalibrierung von Hunderten von Sensoren schnell steigen.

Viele Rechenzentren, insbesondere Hyperscale-Rechenzentren, stellen deshalb auf eine interne Kalibrierung mit speziellen Tools um, die den Prozess vereinfachen und dennoch Kalibrierungen ermöglichen, die den ISO 17025-Standards entsprechen. Diese sind zwar nicht obligatorisch, erhöhen aber die Glaubwürdigkeit. Diese Tools erzeugen Feuchtigkeit und Temperatur in einer kontrollierten Kammer mit einem Trockner- und Befeuchtungssystem. Der Kalibrator misst die Differenz zwischen der Feuchtigkeit und Temperatur in der Kammer und vergleicht sie mit dem zu testenden Sensor. Bei Abweichungen kann der Sensor angepasst werden, um genaue Messwerte zu erhalten. Diese Geräte sind tragbar und für die Messung verschiedener Sensorgrößen und -spezifikationen konfigurierbar. Einige können sogar mehrere Sensoren gleichzeitig testen, was Zeit spart, ohne die Datenintegrität zu beeinträchtigen.

Durch die interne Kalibrierung kann das Rechenzentrum strenge Sicherheitsprotokolle einhalten, da nur Mitarbeiter

mit den entsprechenden Sicherheitsfreigaben die Kalibrierung durchführen dürfen. Die Mitarbeiter können gründlich in den richtigen Kalibrierungsprotokollen geschult werden und die für die Audit-Konformität erforderlichen Unterlagen bereitstellen. Die Kalibrierung kann nach dem regulären Zeitplan durchgeführt werden, ohne dass man auf die Verfügbarkeit eines externen Anbieters angewiesen ist. Obwohl die Anschaffung des Kalibrierungsgeräts eine große Investition sein kann, amortisieren sich die Kosten für viele Rechenzentren schneller als erwartet.

Brückenschlag zwischen Compliance und Betrieb

Mit zunehmender Größe und Bedeutung von Rechenzentren schrumpft der Spielraum für Fehler immer weiter. Die Einhaltung von Vorschriften ist mehr als nur eine regulatorische Checkliste, sie ist eine proaktive Verteidigung gegen Geräteausfälle, Dienstunterbrechungen und kostspielige SLA-Verstöße. Eine genaue Feuchtigkeitsüberwachung ist nur so gut wie die dahinterstehenden Sensoren. Es ist also unerlässlich, dass diese Sensoren regelmäßig und ordnungsgemäß kalibriert werden.

Unabhängig davon, ob die Kalibrierung intern oder extern durchgeführt wird, muss der Prozess den Realitäten sicherer Umgebungen, den Dokumentationsanforderungen und den hohen Anforderungen an einen unterbrechungsfreien Betrieb Rechnung tragen. Durch Investitionen in geeignete Tools, Mitarbeiterschulungen und nachvollziehbare Kalibrierungsverfahren können Rechenzentren die Kontrolle über ihre Umgebungsüberwachung übernehmen und die Integrität, Zuverlässigkeit und ihren Ruf schützen. Intelligente Praktiken zur Überwachung der Umgebung werden bald genauso wichtig sein wie die Server selbst. Rechenzentren müssen der Kalibrierung Priorität einräumen, um ihren Betrieb zukunftssicher zu machen.

PACKAGING-ANSÄTZE FÜR DIE NÄCHSTE CHIP-GENERATION

3D-Stacking reduziert Energieverbrauch und Latenz

Mit der Einführung von 3D-IC-Designs und -Packaging eröffnen sich neue Möglichkeiten für die Integration heterogener Chips. In Kombination mit Chiplets sowie 2.5D-, 3D- und 5.5D-Ansätzen lassen sich höhere Packungsdichten, kürzere Signalwege und energieeffizientere Systeme für Anwendungen in Consumer-, KI- und HPC-Bereichen realisieren.

TEXT: Socionext BILDER: Socionext; iStock, Olemedia

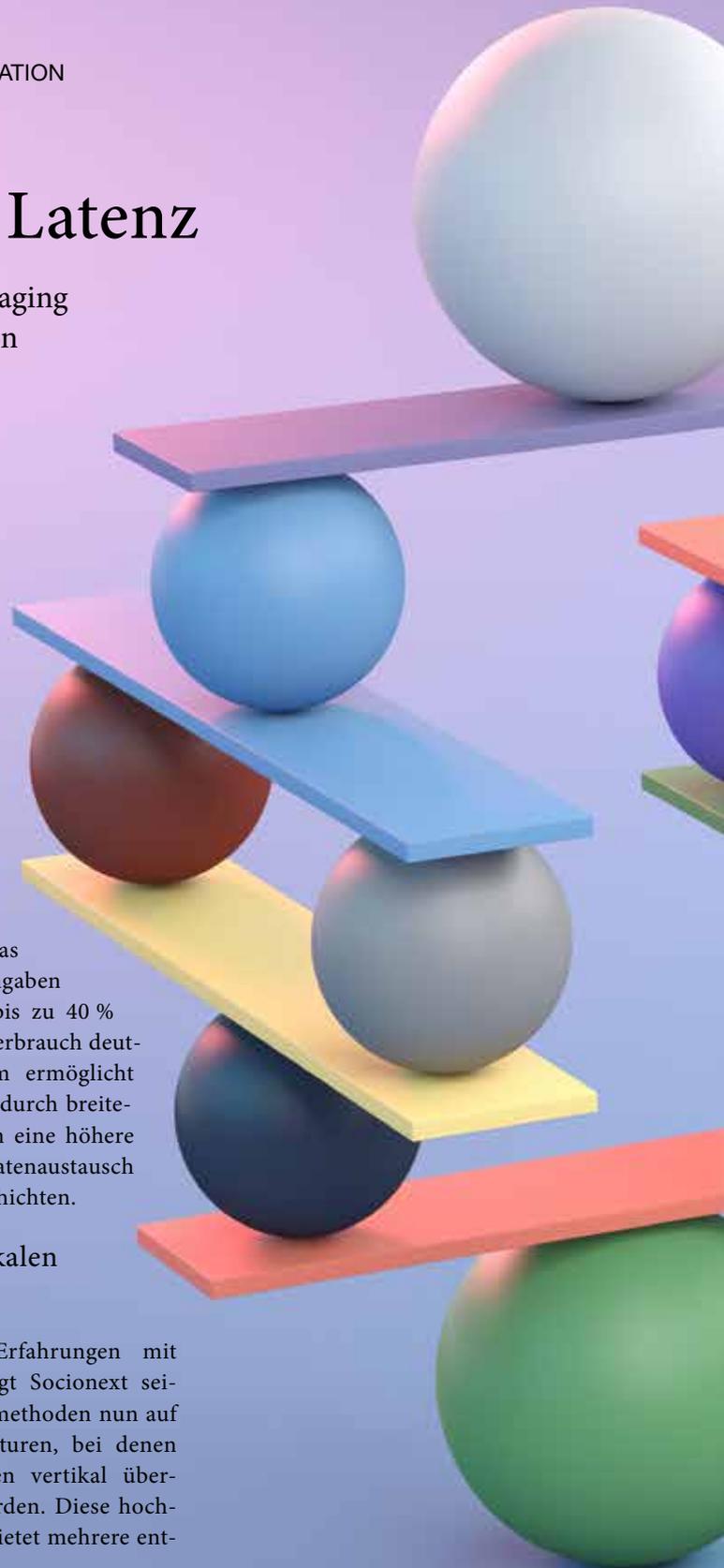
Socionext, ein Spezialist für System-on-Chip-Lösungen (SoC), hat bekannt gegeben, dass sein Portfolio an Chip-Packaging-Lösungen jetzt auch die Unterstützung von 3D-IC-Technologie umfasst. Das Angebot des Unternehmens deckt damit fortschrittliche Integrationstechniken wie Chiplets, 2.5D-, 3D- und sogar 5.5D-Packaging ab. Diese Lösungen richten sich an Anwendungen in Konsumelektronik, Künstlicher Intelligenz (KI) und im Hochleistungsrechnen (High Performance Computing, HPC). Socionext verweist in diesem Zusammenhang auf einen bewährten Entwicklungsprozess und umfangreiches Know-how, um leistungsstarke sowie qualitativ hochwertige Lösungen effizient zur Marktreife zu bringen.

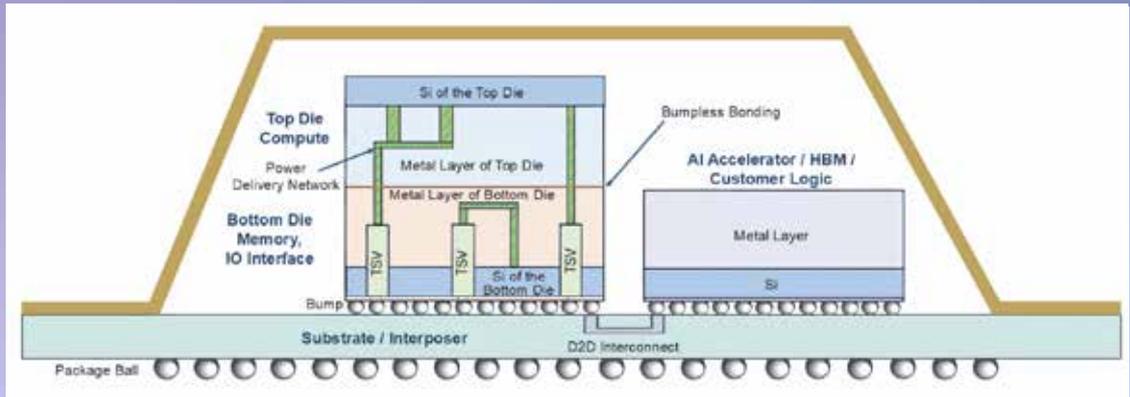
Als wichtigen Meilenstein innerhalb dieser Strategie meldet Socionext das erfolgreiche Tape-out eines vollständig in 3D-Technologie verpackten Chips unter Einsatz von TSMCs SoIC-X 3D-Stapeltechnologie. In dem Design werden ein 3-nm-Rechenkern (N3) und ein 5-nm-I/O-Chip (N5) in einer direkten Face-to-

Face (F2F)-Konfiguration übereinandergestapelt. Diese enge, vertikale Kopplung verkürzt die Verbindungsstrecken zwischen den Halbleitern auf ein Minimum, was nach Unternehmensangaben die Signallatenz um bis zu 40 % senkt und den Stromverbrauch deutlich reduziert. Zudem ermöglicht der F2F-Stack-Ansatz durch breitere Verbindungsflächen eine höhere Bandbreite für den Datenaustausch zwischen den Chip-Schichten.

Vorteile der vertikalen 3D-Integration

Aufbauend auf Erfahrungen mit 2.5D-Designs überträgt Socionext seine etablierten Designmethoden nun auf echte 3D-IC-Architekturen, bei denen mehrere Komponenten vertikal übereinander gestapelt werden. Diese hochintegrierte Bauweise bietet mehrere entscheidende Vorteile:





3DIC-Packaging gilt als eine der zentralen Technologien für zukünftige Systemarchitekturen.

vertikale Stapelung erlaubt mehr Funktionalität auf kleinerer Fläche – ein großer Vorteil, da konventionelle 2D-Skalierung physikalisch an Grenzen stößt. Besonders kompakte Verbrauchergeräte mit begrenztem Bauraum profitieren von dieser gesteigerten Integrationsdichte.

Verbesserte Leistung: Kürzere sowie breitere Verbindungen zwischen den übereinander angeordneten Dies verringern die Signalverzögerungen (Latenzen) und erhöhen die verfügbare Datenbandbreite.

Geringerer Stromverbrauch: Durch die kurzen Verbindungswege mit geringerer elektrischer Impedanz sinken die Anforderungen an die Treiberstufen der Signalsender, was den Gesamtenergiebedarf des Systems reduziert.

Ausblick

Mit der Einführung von 3DIC- und 5.5D-Technologien unterstreicht Socionext seinen Fokus auf fortschrittliche

heterogene Integration. Dabei werden mehrere unterschiedliche Funktionsblöcke innerhalb eines einzigen Halbleiter- und Gehäuseverbunds vereint, um leistungsfähigere und effizientere Systeme zu ermöglichen. Angesichts der steigenden Nachfrage nach skalierbaren, hochdichten und energieeffizienten Plattformen – insbesondere in der Konsumelektronik, in KI-Anwendungen und in Rechenzentren – werden 3D-IC-Ansätze voraussichtlich eine Schlüsselrolle bei der zukünftigen Entwicklung der Halbleitertechnologie spielen.

„Unsere umfangreiche Erfahrung im SoC-Design und die enge Zusammenarbeit mit TSMC positionieren uns an der Spitze der Entwicklung von SoCs der nächsten Generation“, erklärte Rajinder Cheema, CTO und Executive Vice President bei Socionext, anlässlich der Ankündigung. „Dieser Meilenstein unterstreicht unser Engagement, innovative Lösungen zu liefern, die den sich wandelnden Anforderungen unserer Kunden gerecht werden.“

Heterogene Integration: 3D-ICs ermöglichen die Kombination verschiedener Halbleiter-Technologieknotten (z.B. 3 nm, 5 nm, 7 nm) und Funktionen (Logik, Speicher, Schnittstellen) in einem einzigen Gehäuse. So lässt sich ein System hinsichtlich Leistung, Dichte und Kosten optimal aufteilen und auslegen.

Höhere Integrationsdichte für ein breiteres Anwendungsspektrum: Die

NIS2 - Unternehmen brauchen dringend bessere Cyberabwehr

STILLSTAND VERMEIDEN

Cyberkriminelle greifen gezielter, schneller und klüger an – unterstützt von Künstlicher Intelligenz (KI). Doch viele Unternehmen sehen ihre IT-Sicherheit als ausreichend an und laufen Gefahr, Opfer der nächsten Attacke zu werden – dabei ist bei über der Hälfte die NIS2-Richtlinie nicht umgesetzt. Der TÜV-Verband erläutert, warum es wichtig ist, die überfällige Richtlinie zügig im Unternehmen zu verabschieden.

TEXT: TÜV-Verband; Bernhard Haluschak, E&E BILDER: iStock: Torsten Asmus, Maxiphoto

INTERRU

Die Cybersicherheitslage in der deutschen Wirtschaft verschärft sich: 15 Prozent der Unternehmen verzeichneten in den vergangenen 12 Monaten nach eigenen Angaben einen IT-Sicherheitsvorfall. Dabei handelt es sich um erfolgreiche Cyberangriffe, auf die die Unternehmen aktiv reagieren mussten. Das ist das Ergebnis einer repräsentativen Ipsos-Umfrage im Auftrag des TÜV-Verbands unter 506 Unternehmen ab 10 Mitarbeitenden. Im Vergleich zur Studie vor zwei Jahren ist der Anteil erfolgreich gehackter Unternehmen um 4 Prozentpunkte gestiegen.

„Die deutsche Wirtschaft steht im Fadenkreuz staatlicher und krimineller Hacker, die sensible Daten erbeuten, Geld erpressen oder wichtige Versorgungsstrukturen sabotieren wollen“, sagte Dr. Michael Fübi, Präsident des TÜV-Verbands, bei Vorstellung der „TÜV Cybersecurity Studie 2025“ in Berlin.

„Bei ihren Cyberattacken setzen die Angreifer verstärkt auf moderne Technologien wie Künstliche Intelligenz.“ Allerdings scheinen viele Unternehmen die Risiken zu unterschätzen. Neun von zehn Unternehmen (91 Prozent) bewerten ihre Cybersicherheit als gut oder sehr gut. Und jedes vierte Unternehmen (27 Prozent) gibt an, dass IT-Sicherheit für sie nur eine kleine oder gar keine Rolle spielt. Fübi sagte: „Unternehmen sollten Cybersicherheit ernst nehmen und dafür die notwendigen Ressourcen bereitstellen.“

Dennoch spricht sich eine Mehrheit für gesetzliche Vorgaben aus: 56 Prozent sind der Meinung, dass alle Unternehmen verpflichtet sein sollten, angemessene Maßnahmen für ihre Cybersecurity zu ergreifen. „Die Bundesregierung sollte die überfällige nationale Umsetzung der NIS-2-Richtlinie zügig verabschieden“, sagte Fübi. „Die Regelung sieht

UPTION

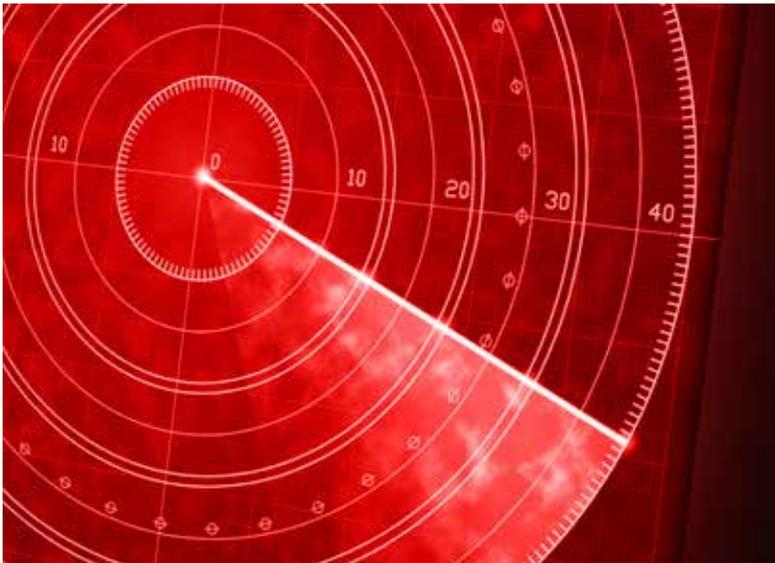
gesetzliche Mindestanforderungen für die Cybersicherheit von rund 30.000 Unternehmen sicherheitskritischer Branchen vor.“ Kritisch sei, dass laut Umfrage bisher nur die Hälfte der Unternehmen die NIS2-Richtlinie kennen.

BSI-Präsidentin Claudia Plattner sagt: „Die Studie des TÜV-Verbandes zeigt, dass auf dem Weg zur Cybernation Deutschland noch eine Menge Arbeit vor uns liegt. Was mich besonders besorgt, ist die geringe Bekanntheit der NIS2-Richtlinie. Umso wichtiger ist ihre zügige Umsetzung in nationales Recht. Verständlicherweise weisen Unternehmen darauf hin, dass regulatorische Vorgaben herausfordernd sind: auch, weil sie zu Bürokratie und damit zu Mehraufwand führen können. Richtig umgesetzt können sie uns aber dabei helfen, die Resilienz unserer Wirtschaft umfassend zu erhöhen. Wir als BSI legen dabei unseren Schwerpunkt auf Hilfestellung und

Kooperation – und unterstützen Unternehmen auch heute schon mit umfangreichen Informations- und Beratungsangeboten. Unser Credo lautet ‚Cybersicherheit vor Bürokratie‘. Das betrifft übrigens auch den Cyber Resilience Act (CRA), im Rahmen dessen das BSI die Übernahme der Marktüberwachung anstrebt.“

Phishing, die häufigste Angriffsmethode

Eine wichtige Rolle spielt Künstliche Intelligenz sowohl bei Angriffen als auch bei ihrer Abwehr. Jeder zweite IT-Sicherheitsverantwortliche beobachtet Cyberangriffe im Unternehmen, die mit Hilfe von KI erfolgt sind (51 Prozent). In großen Unternehmen ab 250 Mitarbeitenden liegt der Wert bei 81 Prozent. Nach Ansicht von 82 Prozent der Befragten ermöglicht es KI den Angreifern, gezielt Schwachstellen in den IT-Systemen



Alles im Blick: Frühwarnsysteme machen Unternehmen widerstandsfähiger.

ihres Unternehmens auszunutzen. Und 89 Prozent stimmen der Aussage zu, dass KI dazu beiträgt, Angriffe effizienter und zielgerichteter durchzuführen. Auf der anderen Seite nutzen erst 10 Prozent der Unternehmen KI für die Abwehr von Cyberangriffen, weitere 10 Prozent planen den Einsatz – vor allem, um Bedrohungen besser zu erkennen (70 Prozent), Anomalien in Datenbeständen und Datenströmen zu identifizieren (59 Prozent), Schwachstellen zu analysieren (58 Prozent) oder automatisiert auf Angriffe zu reagieren (51 Prozent).

So schützen sich Unternehmen aktuell

Die Unternehmen haben in der vergangenen 24 Monaten zahlreiche Sicherheitsmaßnahmen ergriffen, um sich besser vor Cyberangriffen zu schützen. Hierzu zählen Investitionen in sichere Hardware (65 Prozent), Einführung neuer Cybersecurity-Software (48 Prozent), Beratung durch Externe (59 Prozent) oder Schulungen der Mitarbeitenden (53 Prozent). „Sehr wichtig sind Notfallübungen, um Abläufe für den Ernstfall einzuüben, und Pentests, mit denen technische Schwachstellen im eigenen Unternehmen aufgedeckt werden können“, sagte Fübi. Jeweils 22 Prozent der befragten Unternehmen haben Notfallübungen oder Pentests durchgeführt. 27 Prozent der Unternehmen haben ihr Budget für die IT-Sicherheit erhöht. Zum Vergleich: Vor zwei Jahren waren es noch 52 Prozent. Fübi sagte dazu: „Die Ausgaben für Cybersicherheit müssen mit den steigenden Anforderungen Schritt halten.“

Ein wichtiges Instrument sind Normen und Standards. Sie geben vor, was Unternehmen technisch und organisatorisch tun müssen, um ihre Cybersicherheit zu verbessern. Für 70 Prozent der Befragten sind Normen und Standards wichtig oder sehr wichtig, um den Schutz vor Cyberangriffen stetig zu verbessern.

In der Umfrage geben 22 Prozent an, bestimmte Normen und Standards für die IT-Sicherheit vollständig zu erfüllen. Weitere 53 Prozent orientieren sich zumindest daran, setzen diese aber nur teilweise um. „Normen und Standards helfen Unternehmen dabei, die Cybersicherheit auf ein höheres Level zu bringen und diese fest in einer Organisation zu verankern“, betonte Fübi.

Handlungsbedarf bei Politik und Wirtschaft

Aus Sicht des TÜV-Verbands besteht angesichts der technischen und geopolitischen Entwicklungen die Notwendigkeit, das Sicherheitsniveau in der Wirtschaft auch mit Hilfe gesetzlicher Vorgaben zu erhöhen. Diese Ansicht teilt die Mehrheit der befragten Sicherheitsverantwortlichen: 55 Prozent sagen, dass strengere gesetzliche Vorgaben für die Cybersecurity von Unternehmen das Internet sicherer machen. Die europäische Network and Information Security Directive (NIS2-Richtlinie) legt Mindestanforderungen für Unternehmen in 18 sicherheitskritischen Branchen wie Energie, Gesundheit, Transport oder digitalen Diensten fest. Allerdings hinkt Deutschland bei der Umsetzung wegen des Regierungswechsels hinterher..

„Die neue Bundesregierung muss jetzt handeln und das nationale Umsetzungsgesetz zügig verabschieden“, sagte Fübi. „Fatal ist, dass bisher nur die Hälfte der Unternehmen die NIS2-Richtlinie kennt. Hier ist noch viel Aufklärungsarbeit notwendig.“ Die Unternehmen sollten sich frühzeitig mit der anstehenden Regulierung auseinandersetzen. Darüber hinaus müsse auch der Cyber Resilience Act (CRA) wie vorgesehen ab Ende 2027 umgesetzt werden. Die EU-Verordnung sieht IT-Sicherheitsanforderungen für Hardware- und Software-Produkte vor, die digitale Komponenten enthalten und digital vernetzt sind.



WAS STECKT HINTER DEN BEGRIFFEN?

TPM, SBOM und IEC 62443

Regulatorische Anforderungen und Kundenerwartungen steigen rasant, dabei ist Security heute ein entscheidender Faktor für den Markterfolg.

Begriffe wie TPM, SBOM und IEC 62443 tauchen immer häufiger in Ausschreibungen und Pflichtenheften auf. Unternehmen, die diese Themen frühzeitig strategisch angehen, können nicht nur Compliance gewährleisten, sondern auch Vertrauen und Differenzierung schaffen.

Doch was steckt hinter diesen Schlagworten?

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E

IEC 62443

Die Normenreihe IEC 62443 (International Electrotechnical Commission 62443) beschreibt umfassend, wie industrielle Steuerungs- und Automatisierungssysteme gegen Cyberangriffe geschützt werden. Sie definiert Methoden zur Risikobewertung, empfiehlt Netzwerksegmentierung durch Zonen und Conduits und fordert Security-by-Design während des gesamten Produktlebenszyklus. Hersteller von Steuerungen, Gateways und Sensoren setzen sie ein, um ihre Geräte sicher zu entwickeln. Die Norm gewinnt in Smart Factories, kritischer Infrastruktur und Industrie-4.0-Umgebungen an Bedeutung und ist oft Voraussetzung für Kundenprojekte.

SBOM

Ein SBOM (Software Bill of Materials) ist eine detaillierte, strukturierte Liste aller Software-Bestandteile, die in einem Produkt verwendet werden – einschließlich Bibliotheken, Firmware-Module, Treiber und ihrer Versionen. Sie schafft Transparenz über die gesamte Softwarebasis, erleichtert das Auffinden von Schwachstellen und unterstützt beim Einhalten von Lizenz- und Compliance-Vorgaben. In der Elektronik- und IoT-Branche wird sie zunehmend vorgeschrieben, um Risiken in der Lieferkette zu reduzieren und bekannte Sicherheitslücken schneller zu schließen. So können Hersteller Updates gezielt ausrollen und die Gerätesicherheit verbessern.

TPM

Ein TPM (Trusted Platform Module) ist ein manipulationsgeschützter Sicherheitschip, der kryptografische Schlüssel sicher generiert, speichert und verwendet. Er ermöglicht Sicherheitsfunktionen wie Secure Boot, bei dem beim Start geprüft wird, ob Firmware und Betriebssystem unverändert sind. So werden Manipulationen oder Schadcode früh erkannt. Zusätzlich bietet das Trusted Platform Module eine eindeutige Geräteidentität, sichert Kommunikation ab und unterstützt Daten- und Festplattenverschlüsselung. In Industrie-PCs, IoT-Gateways und Embedded-Systemen ist es ein zentraler Baustein, um Integrität und Vertraulichkeit dauerhaft zu gewährleisten.

Grundlagen für das Cybersicherheitsprogramm der Zukunft

MACHEN SIE DEN ERSTEN ZUG – BEVOR ES DIE ANGREIFER TUN

In weniger als zwei Tagen können Cyberkriminelle eine Schwachstelle ausnutzen. Umso wichtiger ist es, schon heute die richtigen Weichen zu stellen. Wer auf proaktive Sicherheitsstrategien setzt, stärkt nicht nur die Abwehr gegen aktuelle Angriffe, sondern schafft zugleich die Grundlage, künftigen Bedrohungen souverän zu begegnen.

TEXT: Alexandra Rose, Sophos BILD: iStock, claudio.arnese

Damit Unternehmen aller Branchen und Größen bestmöglich gegen Cybergefahren gewappnet sind, haben die Sicherheitsexperten von Sophos grundlegende Bausteine für eine Cybersicherheitsstrategie aufgestellt. Sie bilden die Grundlage für einen Cyberschutz, der den Anforderungen an die Security standhält.

Die Bedrohungslandschaft verstehen

Von der organisierten Kriminalität über Haktivisten bis hin zu staatlich gesponserten Akteuren – die heutige Bedrohungslandschaft ist komplex und schnelllebig. Der Ausgangspunkt für eine erfolgreiche Cybersicherheitsstrategie ist ein tiefes Verständnis der sich verändernden Bedrohungslandschaft, um die spezifischen Sicherheitslücken des eigenen Unternehmens zu erkennen und geeignete Maßnahmen dagegen zu ergreifen.

Das Verständnis der Bedrohungslandschaft ist eine 24x7-Aufgabe, die eine kontinuierliche Überwachung und Analyse der Aktivitäten von potenziellen Bedrohungsakteuren erfordert. Das klingt nach viel Aufwand, doch Unternehmen müssen dies glücklicherweise nicht alleine stemmen. Erfahrene und vertrauenswürdige Sicherheitspartner können das Fachwissen, die Prozesse

und die Technologie bereitstellen, damit Unternehmen ein besseres Verständnis für gängige Angriffsvektoren, -techniken und -taktiken entwickeln und erkennen.

Um die Risiken im Kontext zu verstehen und sie im Laufe ihrer Entwicklung anzugehen, benötigen Unternehmen umfassende Transparenz über die gesamte Angriffsfläche. Eine offene XDR-Plattform (Extended Detection and Response) bietet dafür den ganzheitlichen Überblick über die Systeme, Daten und Prozesse, um das Risiko der Bedrohungen zu minimieren.

Darüber hinaus sind umfassende Informationen für eine dynamische und widerstandsfähige Sicherheitslage entscheidend. Effektive Threat Intelligence-Systeme nutzen menschliches Fachwissen, KI und Analysen, um Angriffsmuster zu analysieren und die Security-Strategie kontinuierlich zu verfeinern.

Angriffe im Kontext verstehen

Der Kontext eines Angriffs ist der Schlüssel zum besseren Verständnis und zur Anwendung des gewonnenen Wissens über Bedrohungen. Selten treten Bedrohungen isoliert auf. Sie wirken sich übergreifend auf das Umfeld des Unternehmens aus. Dazu gehören

Prioritäten für das Business, Abhängigkeiten in der Lieferkette und IT-Systeme ebenso wie gesetzliche Vorschriften und sozioökonomische Aspekte. Die Kontextualisierung von Bedrohungen mit Erkenntnissen über interne und externe Faktoren verbessert die Fähigkeit eines Unternehmens, Angriffe zu antizipieren und zu entschärfen.

Raum für Veränderung

Um ihre Ziele zu erreichen, erfinden sich Cyberkriminelle ständig neu und ändern ihre Strategie kontinuierlich. Um hier Schritt zu halten – oder im Idealfall einen Schritt voraus zu sein – müssen Unternehmen die Cyberkriminellen mit einer Cybersicherheitsstrategie schlagen, die ebenso flexibel und anpassungsfähig wie die Bedrohungen selbst ist. Ein Sicherheitsprogramm mit hoher Flexibilität und Skalierbarkeit wächst nahtlos mit dem Unternehmen mit und passt sich ständig an die sich ändernden Bedingungen an.

Bedeutung des menschlichen Faktors

Zusätzlich zu der technischen und der KI-gestützten Sicherheit ergänzt das menschliche Fachwissen die Verteidigung des Unternehmens um eine wichtige Sicherheitsebene. In diesem



Zusammenhang gilt es zu beachten, dass Mitarbeiter bei mangelnder Schulung und Sensibilisierung schnell zu einem Einfallstor für Cyberangriffe werden können. Laut dem Sophos State of Ransomware Report 2025 sind 63 Prozent der Unternehmen Opfer von Ransomware geworden, weil es ihnen an Fachwissen/ Mitarbeitern mangelt.

Verbesserte Geschwindigkeit und Agilität

Geschwindigkeit und Agilität sind in der heutigen Bedrohungslandschaft nicht verhandelbar, da die Verweilzeiten der Cyberkriminellen immer kürzer werden und sie immer kreativer vorgehen. Zudem haben auch die Bedrohungsakteure KI, die ihnen beim schnellen Skalieren und beim raschen Zuschlagen hilft. Darüber hinaus verfügen auch sie über die Technologie, Infrastruktur und Ressourcen, um sich kontinuierlich anzupassen und zu verändern.

Fazit

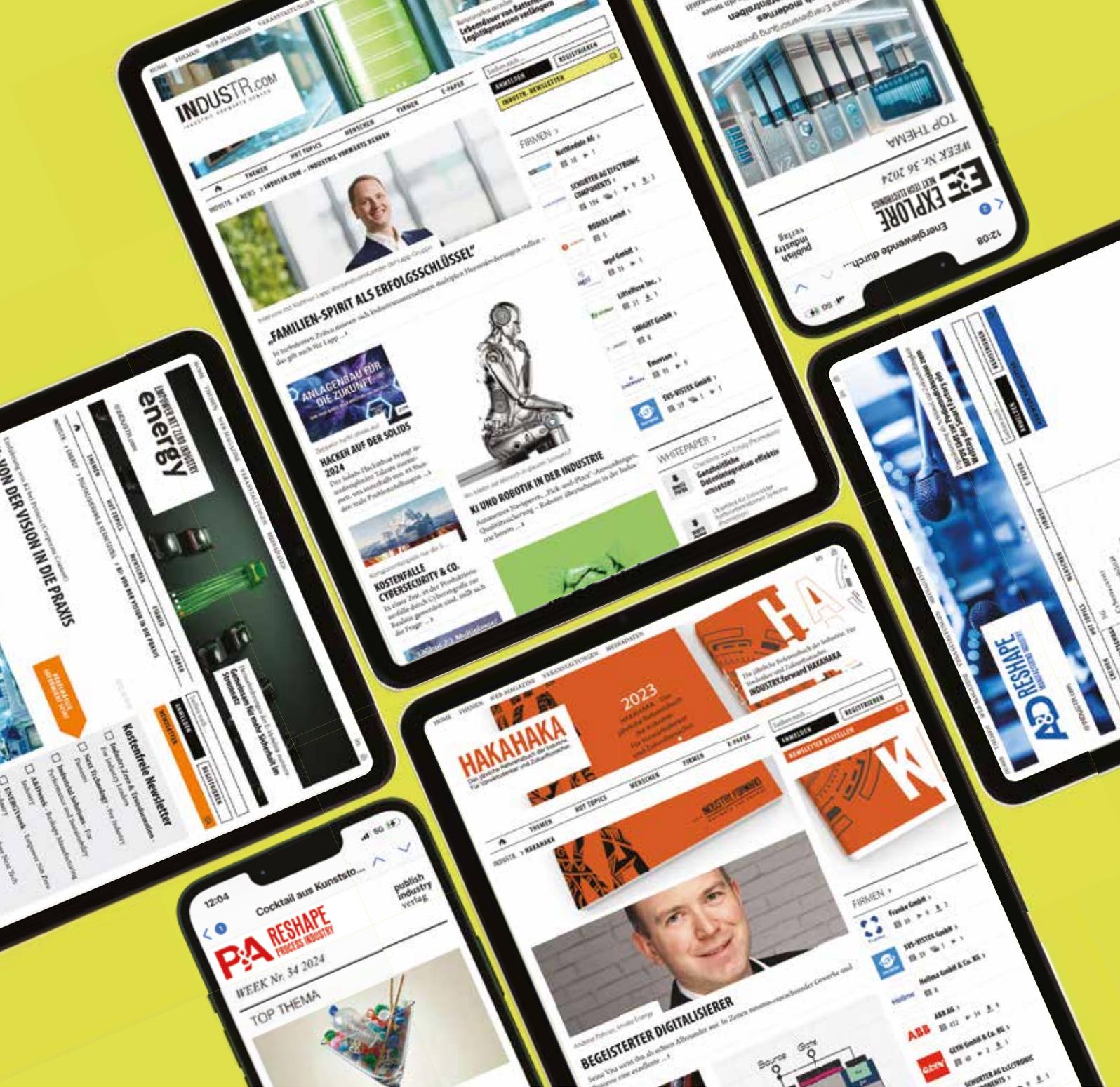
Die Zukunft wird nicht unbedingt unsicher sein. Unternehmen können den Cyberkriminellen dann einen Schritt voraus sein, wenn sie Technologie, Intelligenz und Fachwissen sinnvoll kombinieren und in eine Cybersicherheitsstrategie einbetten.

14,2

QUELLE: STIFTERVERBAND WISSENSCHAFTSSTATISTIK,
ZWEI-EIGENE BERECHNUNGEN (STAND: 09.2025)

14,2 Milliarden Euro hat die deutsche Elektro- und Digitalindustrie für interne Forschung & Entwicklung (F&E) in 2023 aufgewendet.

In 2024 werden 14,3 Mrd. Euro erwartet. Die Quote mit 6,0 Prozent in dieser Branche liegt damit mehr als doppelt so hoch wie im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt (3,0 Prozent) sowie im Maschinenbau (2,7 Prozent). Sie fällt auch höher aus als in der Automobilindustrie (5,4 Prozent) und in der Chemischen/Pharmazeutischen Industrie (5,0 Prozent). Spannende Beiträge rund um Electronics Solutions finden Sie ab Seite 38.



NETZWERK WISSEN BUSINESS

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, Industrieautomation, Elektronik & Elektrotechnik, Chemie & Pharma, Kunststoffindustrie, Food & Beverage, Bio- & Umwelttechnik – die gesamte produzierende Industrie. www.industr.com

Ihr
B2B
Partner

Ja! Beschaffung von Technik vereinfacht. Mit Conrad.

Passende E-Procurement Lösungen



conrad.de/ja-momente

Alle Teile des Erfolgs

CONRAD