

Gebäudekommunikation auf einem neuen Level

NESSUM - NEUER STANDARD FÜR GRENZENLOSE
GEBÄUDEAUTOMATION ...mehr ab Seite 8

KI & HPC

Trends, Chancen und Risiken
künstlicher Intelligenz [ab S. 14](#)

EMBEDDED-SYSTEME

FPGA-Designs, der Turbo für
die Elektronikentwicklung [S. 34](#)

ELEKTRONIKKÜHLUNG

Das perfekte Kühlkonzept
für jede Anwendung [ab S. 45](#)

Auf dem Weg zur Klimaneutralität

Expertenmedium für Energie-Verantwortliche in der Industrie

JETZT 4 WOCHEN
UNVERBINDLICH TESTEN!

energy.prime ist das Informationsangebot für Energieverantwortliche in der produzierenden Industrie. In einem Segment, in dem das Hintergrundrauschen immer lauter wird, fasst energy.prime zusammen, was wirklich wichtig ist.

energy
prime
EMPOWER NET ZERO INDUSTRY

part of **INDUSTRY.FORWARD**

Jetzt testen: www.energy-prime.de/probeabo-energy

Auch die nächste Ausgabe der E&E kostenfrei lesen?



Jetzt Leser werden!





Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E:

Die Mikroelektronikkühlung steht vor tiefgreifenden Veränderungen. Eine der bedeutendsten Herausforderungen ist die zunehmende Miniaturisierung von Bauteilen. Moderne Mikroprozessoren und integrierte Schaltkreise erzeugen auf kleinerem Raum immer mehr Wärme, was die Effizienz herkömmlicher Kühlmethoden wie der Luft- oder Flüssigkeitskühlung stark einschränkt. Dies erfordert neue Ansätze und Materialien, die in der Lage sind, hohe Wärmemengen schnell und effizient abzuführen, ohne den Bauraum weiter zu vergrößern.

Deshalb frage ich:

WIE LÄSST SICH MIKROELEKTRONIK ZUKÜNFTIG EFFIZIENT KÜHLEN?

Die Mikroelektronikkühlung steht vor einem Paradigmenwechsel, angetrieben durch steigende Leistungsanforderungen und die fortschreitende Miniaturisierung von Bauteilen. Eine der vielversprechendsten Entwicklungen in diesem Bereich sind neue Materialien, die eine verbesserte Wärmeleitfähigkeit bieten. Graphen und Kohlenstoff-Nanoröhren gehören zu den aussichtsreichsten Kandidaten. Sie ermöglichen nicht nur effizientere Kühlung, sondern auch die Reduzierung von Gewicht und Bauraum. Diese Materialien könnten besonders in mobilen und tragbaren Geräten zum Einsatz kommen, wo Platz und Energieeffizienz entscheidend sind.

Ein weiterer Entwicklungsansatz ist die Integration von Kühlmechanismen direkt in die Mikrochip-Struktur. Mikrokanal-Kühlsysteme oder eingebettete Flüssigkeitskühler könnten die Wärme effizienter abführen, ohne zusätzlichen Platzbedarf. Diese Technik wird besonders bei Hochleistungsanwendungen wie Künstlicher Intelligenz und Quantencomputing relevant, bei denen herkömmliche Kühlmethoden an ihre Grenzen stoßen.

Intelligente, adaptive Kühlsysteme, die sich in Echtzeit an die aktuelle Wärmeentwicklung anpassen, gewinnen ebenfalls an Bedeutung. Mithilfe von Sensoren und maschinellem Lernen wird die Kühlleistung dynamisch gesteuert, was den Energieverbrauch senkt und gleichzeitig die Effizienz steigert. Dies ist besonders in HPC-Anwendungen relevant, wo der Energieaufwand für die Kühlung einen erheblichen Teil der Betriebskosten ausmacht.

Neben der Energieeffizienz spielt auch Nachhaltigkeit eine immer größere Rolle. Kühlsysteme, die Abwärme in nutzbare Energie umwandeln, könnten in Zukunft eine doppelte Funktion erfüllen: Kühlung und Energiegewinnung. Auch alternative Technologien wie Verdunstungs- oder Phasenwechselkühlung bieten vielversprechende Lösungen für Hochleistungsanwendungen, bei denen herkömmliche Systeme an ihre Grenzen stoßen.

fischer

elektronik →

kühlen schützen verbinden

Board Level Kühlkörper

- effektive Entwärmung rund um die Leiterkarte
- als Blechbiegeteil oder Strangkühlkörper
- aus Aluminium- oder Kupfermaterial
- lötfähige Oberflächenbeschichtungen
- für horizontale und vertikale Einbaulage
- Sonderausführungen nach Kundenvorgabe



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

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

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



Wir stellen aus: Electronica 2024
12.-15.11.2024, Messe München
Halle B3, Stand 243

INHALT

AUFTAKT

- 06 Im Rampenlicht
- 12 Highlights der Branche

TITELREPORTAGE

- 08 Titelstory: Zukunftsweisende Gebäudekommunikation: Nessum-Standard vereinfacht die Gebäudeautomation

FOKUS: KI & HPC

- 14 Mikroelektronik: Die KI kommt
- 16 Umfrage: Wie Künstliche Intelligenz die Zukunft der Elektronik neu definiert
- 18 Mit High-Level-Synthese Technologien die KI-Entwicklung beschleunigen
- 22 Wenn jede Sekunde zählt: Embedded-KI findet Fehler frühzeitig
- 25 KI-Entwicklung mit Hindernissen: EU AI Act verunsichert Unternehmen

NET ZERO ELECTRONICS

- 28 Die ideale Verbindung gesucht: Verlustleistung in Gerätestecker-Kombielementen beachten
- 32 Auf Genauigkeit getrimmt: Anforderungen an DC/DC- und AC/DC-Wandler für Messtechnik-Anwendungen

ELECTRONICS SOLUTIONS

- 34 Kleine - große Superhelden: Vorteile von FPGA-SoMs für das FPGA-Systemdesign
- 38 Mit Sicherheit sicher: Standards und Vorschriften für sicheres Embedded-Produktdesign
- 42 Interview mit Timo Ljukko von Small Data Garden: Gutes Klima mit smarten Sensorsystemen

RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 24 Impressum & Firmenverzeichnis
- 66 Die Zahl

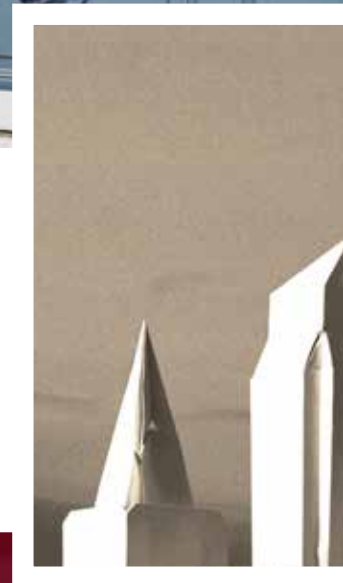


08

AB SEITE

TITELSTORY

Nessum vereinfacht
Gebäudeautomation



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

14

AB SEITE
FOKUSTHEMA

Alles rund um KI & HPC
in der Mikroelektronik



28

VERBINDUNGSTECHNIK

Verlustleistung in
Kombielementen im Fokus



45

AB SEITE

SPEZIAL: ELEKTRONIKKÜHLUNG

Das perfekte
Kühlkonzept finden

SPEZIAL: ELEKTRONIKKÜHLUNG AB SEITE 45

- 46 Kühlkörper Made in Germany:
Von der Idee bis zum fertigen Produkt
- 48 Interview mit Patrick W. Fischer, CEO von Fischer
Elektronik: Maßgeschneiderte Kundenlösungen
- 49 Businessprofil Fischer Elektronik
- 50 Vision wird Realität: 3D-Temperatursimulation
ist nicht mehr wegzudenken
- 53 Businessprofil Alpha-Numerics
- 54 Kühle Lichtanwendungen: Gehäuse für
mikrokanalgekühlte Einzelmitter-Laserdioden
- 58 Businessprofil CTX Thermal Solutions
- 59 Windmacher: Alles Wissenswerte
zu Lüftern für die Elektronik Kühlung

NEXT ELECTRONICS

- 62 Zwischen Funk und Fortschritt:
Der lange Weg zu 5G Industrial IoT



electronica 2024
B3.456

Wärmeleitfolien



Silikon Soft Pads

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

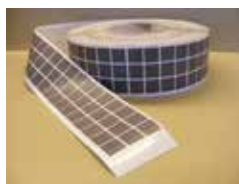
Weiche, gelartige Pads. 2 - 10° Shore A
beidseitig haftend. Stärken 0,5 - 5,0 mm



Silikon Soft Pads mit Gewebe

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

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



Silikon Glasgewebe Folie

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

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

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

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

Fax: 040 529 547-11
E-Mail: info@detakta.de
Web: www.detakta.de



PROJEKT QSOLID LÄUFT

ERSTER DEUTSCHER QUANTENCOMPUTER

Gemeinsam mit 24 deutschen Forschungseinrichtungen und Unternehmen und unter Koordination des Forschungszentrums Jülich arbeitet das Fraunhofer IPMS an einem vollständigem, deutschen Quantencomputer basierend auf supraleitenden Quantenchips und mit verringerten Fehlerraten. Zur Hälfte der Projektlaufzeit kann nun der erste Demonstrator in Betrieb genommen werden. Das CNT des Fraunhofer IPMS steuert seine Expertise aus der hochmodernen, industriekompatiblen CMOS-Halbleiterfertigung bei.

TEXT: Mit Material von Fraunhofer IPMS BILD: Fraunhofer IPMS



Als Gesamtmeilenstein wird am Forschungszentrum Jülich in Kürze ein erster Prototyp des QSolid-Halbleiter-Demonstrators mit 10 Qubits, integriertem Softwarestack und Cloud-Anwenderzugriff in Betrieb gehen und es ermöglichen, Anwendungen sowie Benchmarks für Industriestandards zu testen.

Das Fraunhofer IPMS ist Teil des Arbeitspaketes „Technology for Hardware-Integration“. Gemeinsam mit GlobalFoundries und dem Fraunhofer IZM-ASSID wird an der Co-Integration einer CMOS-Kontrolllogik zusammen mit der Quantum-Processing-Unit (QPU) gearbeitet, um komplexe Verkabelungen und Leitungen im Quantencomputer zu verringern. Denn diese verringern die Leistungsfähigkeit des Prozessors und erschweren damit die Niedrighaltung der Temperatur – insbesondere, wenn sich die Qubit-Zahl in zukünftigen Prozessoren erhöhen wird. Hierzu wird eine Interposer-Technologie entwickelt, die sich auf hochdichte, supraleitende Verbindungen und thermische Entkopplung durch fortschrittliches Packaging konzentriert. Die Herausforderung besteht darin, die CMOS-Chips unter kryogenen Bedingungen weiterhin nutzbar zu machen, jedoch gleichzeitig die Temperatur der Prozessoren für die Qubits niedrig zu halten.

Nessum vereinfacht die Gebäudeautomation für Gewerbe- und Wohnbauten

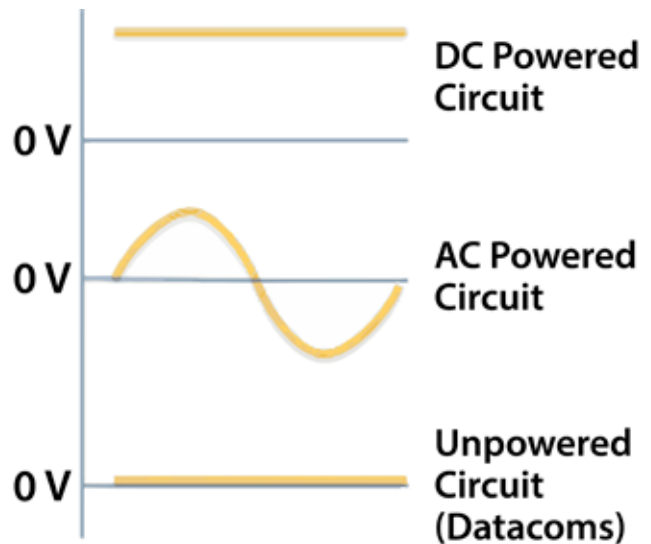
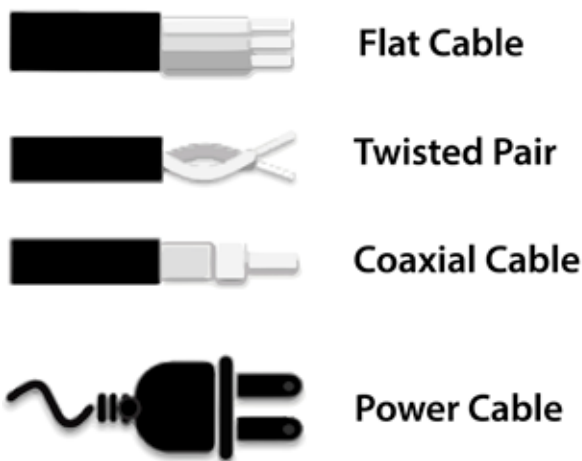
ZUKUNFTSWEISENDE GEBÄUDEKOMMUNIKATION

Der vielseitige Nessum-Standard, früher als HD-PLC bekannt, bietet eine Kommunikation als Basis für eine integrierte Gebäudeautomatisierung, die den neuen Komfort- und Sicherheitsanforderungen der Mieter gerecht wird. Da die Erwartungen steigen, muss die Gestaltung von Diensten und Systemen in Gebäuden angepasst werden. Gebäude müssen effizient verwaltet werden, um die Kosten im Rahmen zu halten.

TEXT: socionext BILDER: socionext; iStock, Charlie_Edward



Weitere Infos zu Nessum finden Sie über den Link im QR-Code und unter: <https://bit.ly/3XAiGcr>



Nessum unterstützt mehrere kostengünstige Kabeltypen.

Gebäude, die optimale Effizienz, Komfort und Sicherheit bieten, können hohe Mieten und Belegungsraten erzielen. Gebäudesteuerungssysteme, einschließlich Beleuchtung, HLK und Sicherheit, spielen eine entscheidende Rolle bei der Verwaltung und Optimierung. Und der Nessum-Standard ermöglicht eine vollständig integrierte Gebäudeautomatisierung. Beispiele für Anwendungen der Gebäudeleittechnik sind:

Beleuchtung

Steuerungssysteme für die Beleuchtung passen die Beleuchtungsstärke an die Belegung, Tageszeit und die Verfügbarkeit von Tageslicht an. Sie können den Energiebedarf senken, indem sie die Beleuchtung in unbesetzten Bereichen ausschalten oder dimmen, wenn ausreichend Tageslicht vorhanden ist.

HLK (Heizung, Lüftung und Klimatisierung)

HLK-Systeme überwachen Temperatur, Feuchtigkeit und Luftqualität. Sie optimieren die Heizung und Kühlung auf der Grundlage von Belegungsmustern und Wetterbedingungen, um den Komfort zu erhalten und gleichzeitig den Energieaufwand zu minimieren.

Gebäudesicherheit

Systeme für die Zugangskontrolle von Gebäuden verwalten die Zugänge und verfolgen die Bewegungen von Personen

innerhalb des Gebäudes. Sie erhöhen die Sicherheit, indem sie nur befugtem Personal Zugang gewähren.

Fest installierte Videokameras, sogenannte CCTV (Closed Circuit Television) bieten Echtzeitüberwachung und -aufzeichnung und erhöhen die Sicherheit, indem kritische Bereiche überwacht und Unbefugte entdeckt werden.

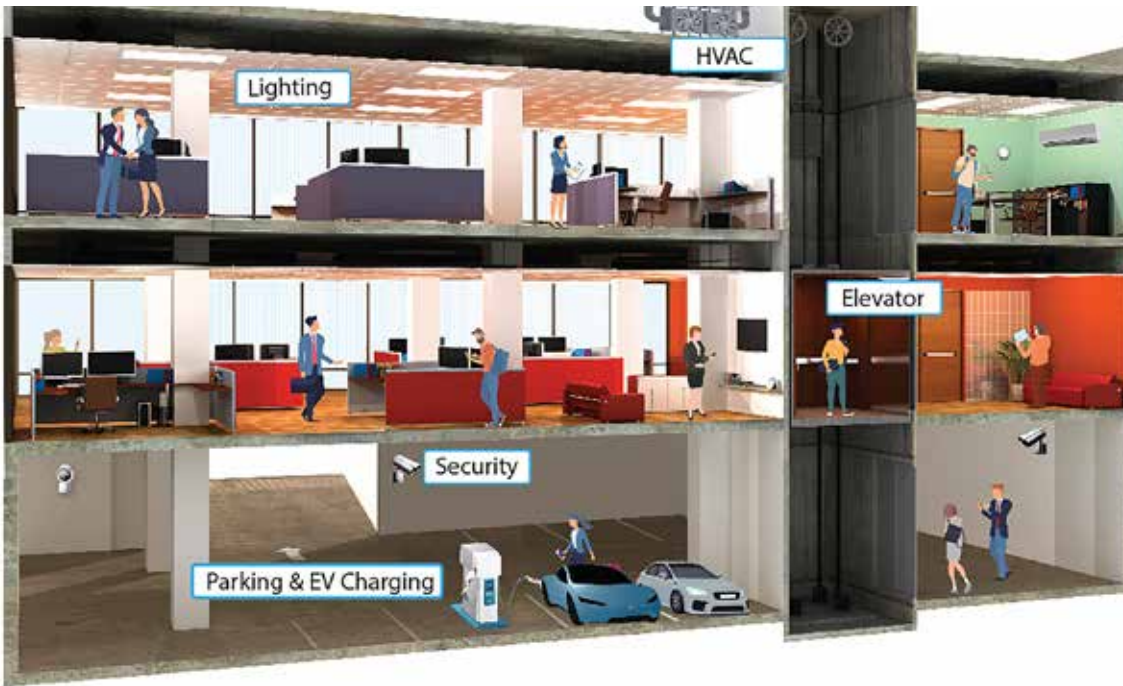
Darüber hinaus informieren elektronische Bildschirme über die alltägliche Kommunikation und können bei Bedarf Sicherheitsinformationen (zum Beispiel Hinweise zu Notausgängen) anzeigen.

Aufzüge

Aufzugskontrollsysteme steuern den Einsatz von Aufzügen, um den Durchsatz zwischen den Stockwerken zu optimieren und gleichzeitig eine komfortable und sichere Umgebung zu schaffen. Sie signalisieren den Standort und die Verfügbarkeit der Aufzüge und bieten Sicherheits-, Wartungs- und Kommunikationsdienste.

Parken und das Laden von E-Fahrzeugen (EV)

Parkleitsysteme überwachen die Belegung des Parkplatzes und zeigen an, ob es noch freie Stellplätze gibt. Sie können auch den Fußgängerverkehr überwachen. Ladesysteme können EV-Ladestationen überwachen und steuern.



Büro-Gebäude mit Nessum

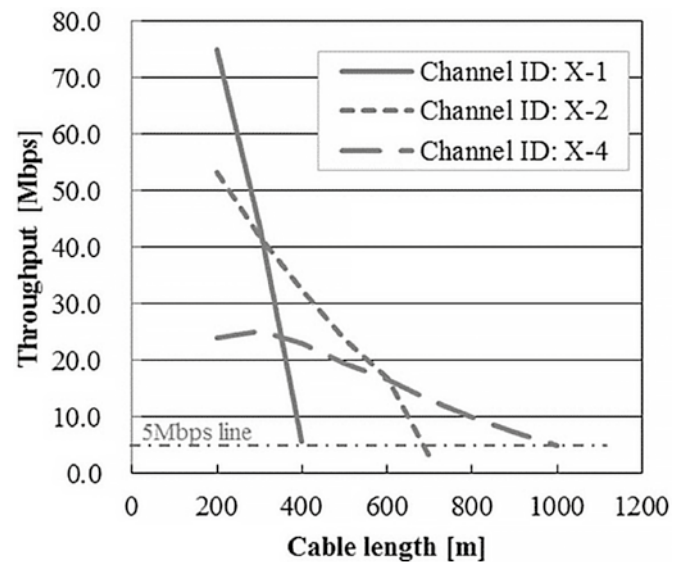
Bestehende Kommunikationstechniken

Steuerungssysteme wurden im Allgemeinen für einzelne Funktionen entwickelt. Die Kommunikation zwischen den Geräten und der Steuerung erfolgte über eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung, die Datenraten waren niedrig, und das Protokoll war entweder proprietär oder eines der vielen Protokolle, die für die Punkt-zu-Punkt-Kommunikation entwickelt wurden.

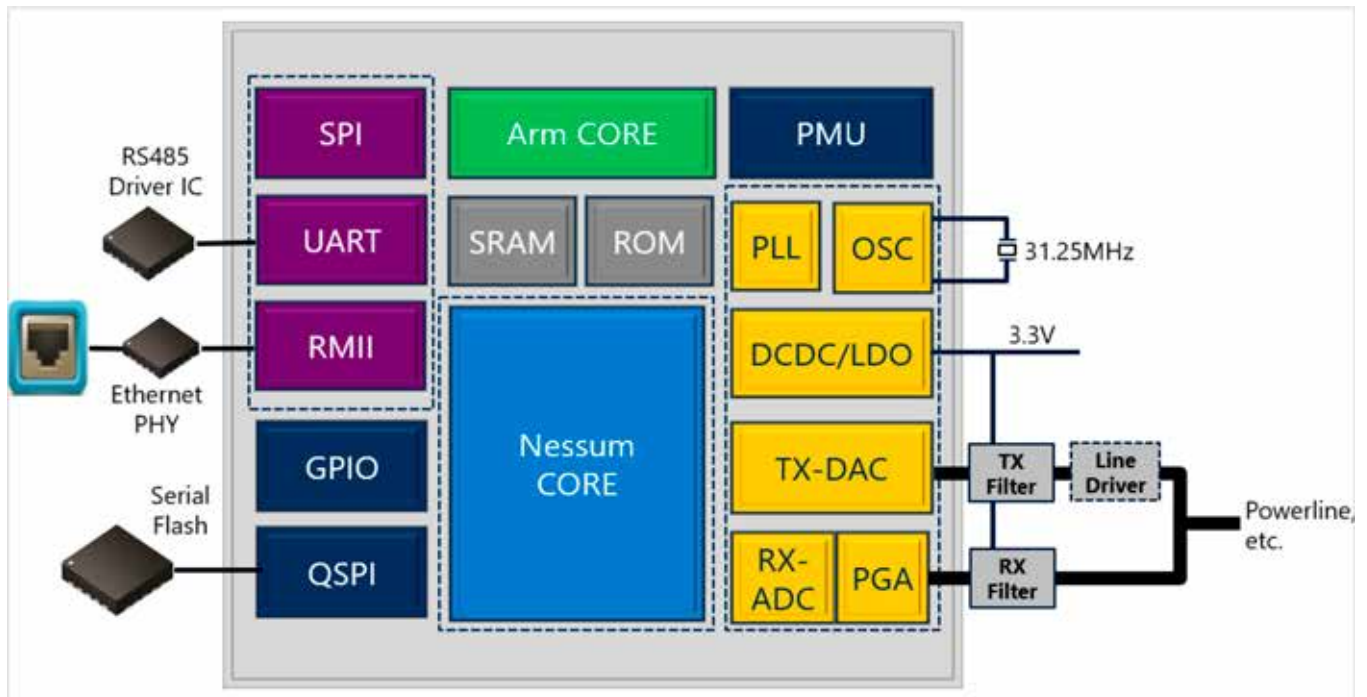
Für die gebäudeinterne Kommunikation werden inzwischen diverse netzwerkorientierte Kommunikationstechniken eingesetzt. Sie haben jedoch alle Nachteile, die ihre Anwendung einschränken. Ethernet wird für die kabelgebundene Datenübertragung verwendet, aber Kabel sind teuer und aufwändig zu installieren. Außerdem ist die Reichweite auf 100-Meter-Segmente beschränkt.

Die Verwendung ist typischerweise auf die Bereitstellung von Breitband-Datendiensten sowie auf den Backhaul für Wi-Fi-Zugangspunkte und Anwendungsfälle wie Sicherheitskameras beschränkt. Funktechniken wie Wi-Fi und Bluetooth überwinden einige der Installationsprobleme von Ethernet, weisen aber oft Lücken in der Abdeckung auf und sind nicht so robust wie kabelgebundene Techniken. Um diese Nachteile zu überwinden, kommt es häufig zu einer Überversorgung mit Hubs und Zugangspunkten. Außerdem müssen die Geräte, die per Funk vernetzt werden, separat an eine Stromquelle angeschlossen werden, um das Ausfallrisiko zu minimieren.

Um Gebäudedienste effizienter und effektiver bereitzustellen, ist ein Kommunikationssystem erforderlich, das eine ganzheitliche Steuerung all dieser Funktionen mit angemessener Kapazität und Reichweite unter Verwendung standardisierter netzwerkorientierter Protokolle ermöglicht.



Beispiel für Reichweite über AC Netzleitung



Blockschaltbild des SC1320A Nessum-Schnittstellenbausteins

Ganzheitliche Kommunikationstechnik

Die Techniken, die Nessum (früher bekannt als HD-PLC) zugrunde liegen, bieten robuste Datendienste für eine Vielzahl von Endgeräten zu niedrigsten Kosten. Da die Endgeräte typischerweise an eine Stromversorgung angeschlossen werden müssen, ist die Übertragung der Daten über die Stromleitungen der effektivste Weg, dies zu erreichen.

Nessum nutzt Frequenzen zwischen 2 und 28 MHz und ermöglicht eine Powerline-Kommunikation nach verschiedenen Normen, wie z. B. CENELEC EN 50561-1. Es unterstützt verschiedene Kanalbandbreiten, so dass die Nutzer zwischen Datendurchsatz und Reichweite abwägen können.

Wenn schmalbandigere Kanäle verwendet werden, können die Netzbedingungen analysiert und der am besten geeignete Kanal genutzt werden. Nessum unterstützt auch das Verschachteln (Notching) von Kanälen, um Interferenzen mit anderen Sendern, die das Band ebenfalls nutzen, zu vermeiden oder um regionale Vorschriften einzuhalten.

Nessum ist als IEEE 1901-2020 genormt und spezifiziert das Medium Access Protocol und die Modulation für Breitband-Powerline-Systeme sowie ein dienstübergreifendes Protokoll für das Interferenzmanagement. Es spezifiziert auch die Verwendung einer AES-128-basierten Verschlüsselung für eine sichere Kommunikation.

Darüber hinaus unterstützt es die ITU-T-Empfehlung G.9905, ein robustes Multi-Hop-Routing-Protokoll mit geringem Overhead, das große Netzwerke ermöglicht. Die Nessum-Implementierung unterstützt bis zu 10 Hops über bis zu 1024 Knoten, was eine maximale Reichweite von 10 km ergibt.

Bei Multi-Hop kann jedes Gerät als Repeater fungieren. Das CMSR-Protokoll (Centralized Metric-based Source Routing) ermittelt die besten Routen zwischen den Geräten. Wenn ein Gerät offline geht und nicht für Hopping zur Verfügung steht, wird das Netzwerk automatisch mit den verfügbaren Geräten neu konfiguriert, um eine Verbindung zu gewährleisten.

Socionext SC1320A Nessum-Interface-Baustein

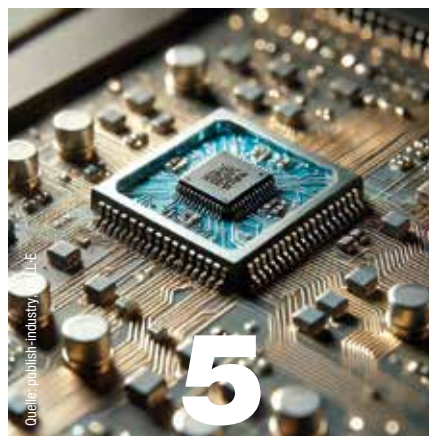
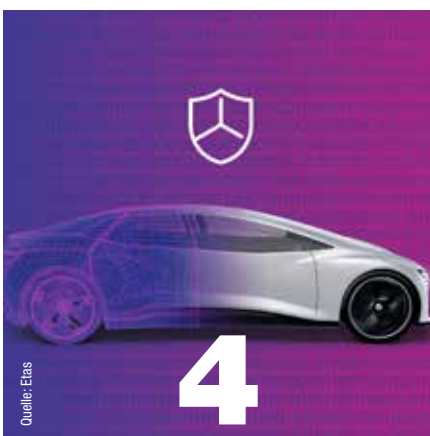
Der SC1320A von Socionext verfügt über integrierte MAC- (Medium Access Control) und PHY-Layer (Physical) für Nessum. Er stellt eine Brücke zwischen Nessum und Ethernet zur Verfügung und ermöglicht außerdem den Anschluss einer Vielzahl externer Peripheriegeräte über Industriestandard-Schnittstellen wie SPI und UART sowie Allzweck-E/A. Er unterstützt Secure Boot aus dem externen seriellen Flash-ROM über eine Quad-SPI-Schnittstelle.

Der Baustein ist in einem kompakten 7 x 7 mm großen Gehäuse erhältlich, und für den industriellen Temperaturbereich ausgelegt. Er benötigt eine einzige 3,3-V-Spannungsversorgung. Die Leistungsaufnahme beträgt typisch 200 mW. □

6

HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Mahle hat ein bionischen Hochleistungslüfter entwickelt, neue Gelfüllungen für Lithium-Ionen-Batterien sorgen für mehr Sicherheit und Etas schützt Fahrzeuge vor Cyberangriffen. MLCCs von Knowles sorgen in Zukunft für mehr Leistung und die Wire-Bond-Testlösung von Keysight hilft, Fehler schneller zu erkennen.



Höchste Eisenbahn für intelligente Datengenerierung

Das JetSys-2010 bringt die volle KI-Power von Nvidia AGX Orin in anspruchsvollere Industrieumgebungen - rüttelfest und vibrationsfest nach EN50155



www.elma.com



Auf Effizienz getrimmt

Bionische Lüfter

Inspiriert von der Eule hat Mahle einen bionischen Lüfter für anspruchsvolle Leistungselektronik wie etwa in Brennstoffzellen- oder E-Fahrzeug entwickelt. Die bionischen Lüfterblätter können das Lüftergeräusch um bis zu 4 dB(A) reduzieren – das ist mehr als eine Halbierung der Schalleistung. Zudem wurde der Wirkungsgrad um 10 Prozent verbessert und das Gewicht um 10 Prozent verringert.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2767357

1

Gelfüllung für Lithium-Ionen-Akkus

Längere Lebensdauer

Ein Gel könnte helfen, Lithium-Ionen-Akkus sicherer und leistungsfähiger zu machen, entwickelt haben es Chemiker der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU) – es soll das Auslaufen der leichtentzündlichen Elektrolytflüssigkeit verhindern. Erste Studien im Labor zeigen, dass mit dem Konzept auch die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Akkus verbessert wird.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2765887

2

Steckverbinder im modularen Konzept

Mixo-Two-Gehäuse

Die platzsparenden Mixo-Two-Gehäuse von Ilme sind in der Lage, Energie in Form von Leistungen, Daten und Pneumatik in nur einer Steckverbindung zu übertragen. Je nach Anforderung, können zwei Einzelmodule aus dem Mixo-Sortiment kombiniert und verbaut werden. Die Gehäuse bauen noch kompakter und sind dadurch für die Montage in engen Platzverhältnissen geeignet.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2764947

3

Schwachstellen im Auto erkennen

Gefährliche Angriffe

Immer häufiger wird versucht, Schwachstellen in Computersystemen, Netzwerken oder Geräten auszunutzen, um sich unberechtigten Zugang zu verschaffen, Daten zu stehlen, den Betrieb zu stören oder Schaden anzurichten. Besonders beunruhigend sind angreifbare Systeme, die mit Fahrzeugen verbunden sind – Etas, Cybersicherheit-Experte will Fahrzeuge davor schützen.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2764566

4

Effizienz von Chipproduktion steigern

Wire-Bond-Testlösung

Die zunehmende Chipdichte in kritischen Anwendungen, wie medizinischen Geräten und Automobilsystemen stellt die Halbleiterindustrie vor große Herausforderungen. Keysight Technologies bietet den Electrical-Structure-Tester (EST) an, eine Wire-Bond-Testlösung, die die Integrität und Zuverlässigkeit elektronischer Komponenten sicherstellt, Defekte identifiziert und bewertet.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2765874

5

Hochtemperatur MLCCs

Extreme Temperaturen

Die Hiteca-Serie von Knowles: Eine Lösung für Hochtemperatur-Anwendungen in anspruchsvollen Bereichen wie der Luftfahrt, Elektrofahrzeuge sowie der Öl- und Gasindustrie. Mit neuartiger Technologie bieten die HIT200- und HIT250-Kondensatoren gute Leistung bei extremen Temperaturen bis zu 250°C. Sie sind vielseitig einsetzbar und nicht nur für die Elektromobilität geeignet.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2764563

6



DIE KI KOMMT

KI in der Mikroelektronik optimiert Designprozesse, beschleunigt die Produktion und erhöht die Effizienz von Halbleitern. Von automatisierten Chip-Layouts bis hin zur Echtzeit-Datenanalyse in Fertigungsanlagen – der aktuelle Stand zeigt, dass KI nicht nur Innovationen vorantreibt, sondern auch die Grundlage für die nächste Generation intelligenter Elektroniksysteme legt.

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

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Mikroelektronik ist heute weit mehr als nur ein Trend – er wird zur Notwendigkeit. Besonders im Bereich der Chip-Entwicklung und Fertigung eröffnen KI-Technologien erhebliche Effizienzgewinne. So kommen KI-basierte Electronic Design Automation (EDA)-Tools vermehrt zum Einsatz, um komplexe Schaltungsentwürfe zu optimieren. Diese Systeme analysieren Millionen von Designvarianten und verbessern Chip-Layouts hinsichtlich Leistung, Energieverbrauch und Platzbedarf – und das in einem Bruchteil der Zeit herkömmlicher Methoden.

In der Fertigung sorgen KI-gestützte Analysewerkzeuge für eine präzise Überwachung und Steuerung der Produktionsanlagen. Durch maschinelles Lernen werden Anomalien in Echtzeit erkannt, Defekte minimiert und die Produktion stabiler und effizienter gestaltet. Predictive Maintenance ist ein weiteres zentrales Anwendungsgebiet: KI prognostiziert Wartungsbedarf, bevor Ausfälle auftreten, und maximiert so die Betriebszeiten der Anlagen.

Auch bei der Entwicklung neuer Chip-Architekturen, insbesondere für den Einsatz in KI-Anwendungen selbst, spielt KI eine Schlüsselrolle. Neuromorphe Chips, die sich an der Funktionsweise des menschlichen Gehirns orientieren, könnten künftig in Anwendungen des maschinellen Lernens oder der Robotik eingesetzt werden und dabei signifikante Energieersparungen ermöglichen.

Die Rolle von KI in der Mikroelektronik wächst weiter. Der Einsatz von KI wird nicht nur die Entwicklung neuer Technologien beschleunigen, sondern auch die Art und Weise verändern, wie Halbleiter entwickelt und produziert werden. □

Wie Künstliche Intelligenz die Zukunft der Elektronik neu definiert

KI ÖFFNET NEUE HORIZONTE

Mit der rasanten Entwicklung von Künstlicher Intelligenz (KI) steigen die Erwartungen der Kunden an intelligente, automatisierte und personalisierte Lösungen in der Elektronikbranche. Doch wie verändert KI konkret die Entwicklung, Optimierung oder den Nutzen von Elektronik-Komponenten und -Systemen? Von der automatisierten Schaltungsoptimierung bis hin zur vorausschauenden Wartung – KI hat das Potenzial, elektronische Systeme effizienter, leistungsfähiger und anpassungsfähiger zu machen. Erfahren Sie von Experten, wie KI die Elektronikindustrie revolutioniert.

UMFRAGE: Bernhard Haluschak, E&E **BILDER:** Emerson, PTC, SECO, TQ Systems; iStock, Pobytov



KEVIN SCHULTZ

Durch die Übernahme von sich wiederholenden Aufgaben und Simulationsfunktionen ermöglicht die KI den Ingenieuren, komplexere Problemlösungsaufgaben zu übernehmen, und trägt bereits zur Verbesserung und Beschleunigung des Designs bei. Durch die Optimierung von Designs sorgen KI-Tools wie Cadence Cerebrys für bessere Leistung, Wärmemanagement und Energieeffizienz. Synopsis.ai nutzt generative KI für EDA und verkürzt die Designzyklen erheblich. Ansys.ai ist ein weiteres Beispiel, das schnelle Vorhersagen der Geräteleistung ermöglicht. Mit Blick auf AI on the Edge sehen wir ein enormes Potenzial für fortschrittliche Messwellenform-Intelligenz. Die Verarbeitung von Daten auf dem Gerät mit Edge-Processing reduziert Latenzzeiten, verbessert den Datenschutz und ermöglicht Echtzeitanwendungen.

CTO, Emerson Test and Measurement



ALEXANDER LEMKEN

Künstliche Intelligenz verbessert die Entwicklung von Elektronik-Komponenten durch automatisierte Design-Optimierungen und schnellere Simulationen. Sie ermöglicht eine präzisere Fehlerdiagnose und vorausschauende Wartung in elektronischen Systemen. In der Produktentwicklung beschleunigt KI in Form von Generativem Design die Innovationszyklen, indem sie Prozesse beschleunigt und Entscheidungen bezüglich Materialien und Architekturen unterstützt. Schließlich optimiert sie den Energieverbrauch und die Effizienz elektronischer Systeme, was deren Gesamtleistung deutlich steigert.

Director of AI and Applied Analytics, PTC



FAUSTO DI SEGNI

Die rasante Entwicklung Künstlicher Intelligenz verändert die Elektronik- und IT-Branche und steigert die Kundenerwartungen an intelligente, automatisierte und personalisierte Lösungen. KI ermöglicht es Edge-Geräten, komplexe Daten lokal zu verarbeiten, wodurch Latenzzeiten reduziert werden und Sicherheit erhöht wird. Dies revolutioniert die Nutzung und Optimierung elektronischer Systeme und ermöglicht Echtzeitanpassungen und vorausschauende Wartung. Bei SECO stellen wir Hardware her, die KI-Funktionen direkt an der Edge auszuführen kann. Darüber hinaus erfüllen wir mit unserer IoT-Plattform und der Expertise verschiedener Halbleiterhersteller die wachsende Nachfrage nach Edge-KI-Lösungen.

European Head of IOT & AI Officer, SECO



STEFANIE KÖLBL

KI beeinflusst unsere Elektronik-Welt inzwischen signifikant und wir bei TQ befassen uns intensiv mit der Thematik. Durch KI können wir unsere Entwicklung beschleunigen, indem etwa Codes teilweise, beziehungsweise einzelne Module daraus, automatisiert erstellt oder überprüft werden können. Damit können simple Aufgaben automatisiert werden und die beschränkten Ressourcen nutzbringend für komplexere Themen eingesetzt werden. Auch die Fertigung kann dadurch optimiert werden, indem zum Beispiel die Produktionsplanung datenbasiert ausgelegt wird. Außerdem machen wir unsere Eigenprodukte, wie die Embedded-Module, KI-bereit und wählen hierfür die passenden Prozessoren aus, unter anderem mit Machine Learning Accelerator.

Director TQ Embedded, TQ Systems



MIT HIGH-LEVEL-SYNTHESE KI-BESCHLEUNIGER
DER NÄCHSTEN GENERATION ENTWICKELN

KI-Entwicklung beschleunigen

High-Level-Synthese (HLS)-Technologien forcieren die Entwicklung von KI-Beschleunigern der nächsten Generation, optimieren Design-Prozesse und steigern die Leistung. Durch die Automatisierung komplexer Aufgaben ermöglicht HLS eine schnelle Entwicklung und verspricht Fortschritte bei der Hardware für künstliche Intelligenz.

TEXT: Russel Klein, Siemens EDA BILDER: Siemens EDA; iStock, peepo

Alles wird smarter. Künstliche Intelligenz ist nicht nur eine Anwendung für Rechenzentren, sondern wird in allen Arten von eingebetteten Systemen eingesetzt, mit denen wir täglich interagieren. Wir erwarten, dass wir mit ihnen über Sprache und Gesten kommunizieren können, dass sie uns erkennen und verstehen und dass sie zumindest ein wenig gesunden Menschenverstand zeigen. Diese Intelligenz macht solche Systeme nicht nur funktionaler und einfacher zu bedienen, sondern auch sicherer und zuverlässiger.

Und sie ist das Ergebnis von Fortschritten bei tiefen neuronalen Netzwerken. Eine der größten Herausforderungen neuronaler Netzwerke besteht in ihrer Rechenkomplexität. Bereits kleine neuronale Netzwerke können Millionen von Multiply Accumulate Operations (MACs) erfordern, um ein Ergebnis zu liefern. Für größere geht es in die Milliarden. Bei großen Sprachmodellen und vergleichbaren komplexen Netzwerken handelt es sich um mehrere Billionen MACs. Dieses Rechenleistung geht über das hinaus, was eingebettete Prozessoren liefern können.

Schnelle Berechnungen gefordert

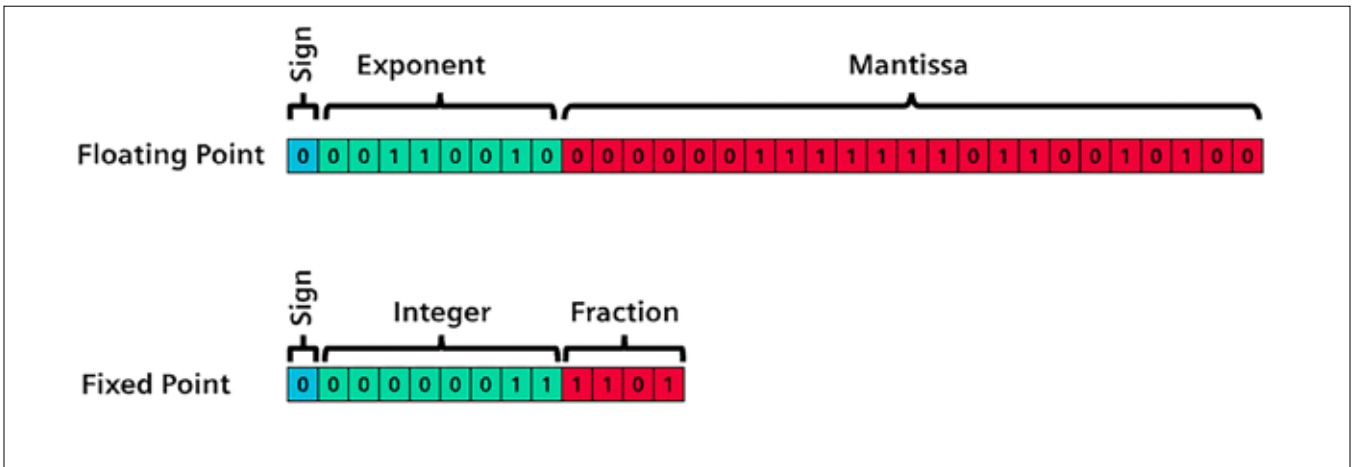
In einigen Fällen können die Berechnungen über ein Netzwerk an ein Rechenzentrum abgegeben werden. Immer mehr Geräte verfügen über schnelle und zuverlässige Netzwerkverbindungen – so ist dies für viele Systeme eine praktikable Option. Es gibt jedoch auch zahlreiche Systeme mit strengen Echtzeitanforderungen, die selbst die schnellsten und zuverlässigsten Netzwerke nicht erfüllen können. Zum Beispiel muss jedes autonome Mobilitätssystem – selbstfahrende Autos oder selbststeuernde Drohnen – Entscheidungen schneller treffen, als dies über ein externes Rechenzentrum möglich wäre.

Zudem gibt es Systeme, in denen sensible Daten verarbeitet werden, die nicht über Netzwerke verschickt werden sollten. Denn alles, was über ein Netzwerk läuft, bietet eine zusätzliche Angriffsfläche für Hacker. Aus diesen genannten Gründen – Leistung, Datenschutz und Sicherheit – müssen bestimmte Berechnungen Inferenzen ausschließlich in eingebetteten Systemen erfolgen.

Bei sehr einfachen Netzwerken übernehmen eingebettete CPUs die Aufgabe. Selbst ein Raspberry Pi kann einen einfachen Algorithmus zur Objekterkennung einsetzen. Für komplexere Aufgaben gibt es eingebettete GPUs sowie neuronale Verarbeitungseinheiten (NPU) speziell für eingebettete Systeme, die eine größere Rechenleistung liefern können. Wenn es allerdings um Hochleistung und höchste Effizienz geht, kann ein maßgeschneiderter KI (Künstliche Intelligenz)-Beschleuniger Anwendungen möglich machen, die andernfalls unmöglich wären.

Maßgeschneiderte Beschleuniger

Die Entwicklung einer neuen Hardware ist eine gewaltige Aufgabe, egal ob für ASIC oder FPGA. Andererseits ermöglicht es Entwicklern, ein Leistungs- und Effizienzniveau zu erreichen, das mit Standardkomponenten nicht machbar ist. Aber wie kann das durchschnittliche Entwicklungsteam einen besseren Beschleuniger für maschinelles Lernen entwickeln als die Designer führender kommerzieller KI-Beschleuniger, die auf mehrere Generationen an Erfahrung zurückblicken? Durch eine hochspezifische Anpassung der Implementierung an die durchzuführende Inferenz kann diese Implementierung eine Größenordnung besser sein als allgemeinere beziehungsweise herkömmliche Lösungen.



Die Reduzierung des Speicherplatzes für eine schlanke Datenbank und die Verkleinerung der Multiplikatoren können die Fläche und Leistung eines Designs deutlich verbessern. Beispielsweise ist ein 10-Bit-Festpunktmultiplikator etwa 20 Mal kleiner als ein 32-Bit-Gleitkommamultiplikator und verbraucht entsprechend etwa 1/20 der Leistung.

Ein klassischer Entwickler von KI-Beschleunigern wird eine NPU erzeugen, die jedes erdenkliche neuronale Netzwerk unterstützt. Das Ziel sind Tausende von Design-Ins, also muss das Design so allgemein wie möglich gestaltet werden. Nicht nur das, diese Entwickler streben auch danach, ein gewisses Maß an „Zukunftssicherheit“ in ihre Designs zu integrieren. Sie wollen in der Lage sein, auch für mehrere Jahre in die Zukunft jedes Netzwerk zu unterstützen, das sich vorstellen lässt. Keine leichte Aufgabe in einer Technologiebranche, die sich so rasant weiterentwickelt.

Ein maßgeschneiderter Beschleuniger hingegen muss nur ein oder mehrere verwendete Netzwerke unterstützen. Diese Freiheit ermöglicht es, viele programmierbare Elemente bei der Implementierung des Beschleunigers in der Hardware zu fixieren. So erhält man Hardware, die sowohl kleiner als auch schneller ist als Allzecklösungen. Beispielsweise kann ein spezieller Beschleuniger für Faltung mit fester Bild- und Filtergröße bis zu zehnmal schneller sein als ein gut konzipierter Universal-TPU.

Beschleuniger von der Stange

Universalbeschleuniger verwenden in der Regel Gleitkommazahlen. Das liegt daran, dass praktisch alle neuronalen Netzwerke auf Mehrzweckcomputern in Python unter Nutzung von Gleitkommazahlen entwickelt werden. Um die korrekte Unterstützung dieser neuronalen Netzwerke zu gewährleisten, muss der Beschleuniger natürlich Gleitkommazahlen unterstützen.

Die meisten neuronalen Netzwerke verwenden jedoch Zahlen nahe 0 und erfordern in diesem Bereich höchste Präzision. Und Gleitkomma-Multiplikatoren sind riesig.

Werden sie nicht benötigt, spart man durch ihren Verzicht viel Fläche und zusätzlich Strom.

Einige NPUs unterstützen die Darstellung ganzer Zahlen, manchmal in verschiedenen Größen. Die Unterstützung mehrerer numerischer Darstellungsformate führt jedoch zu Schaltungen, die Strom verbrauchen und die Laufzeit verzögern. Die Entscheidung für nur eine Darstellungsform und deren ausschließliche Verwendung ermöglicht eine kleinere und schnellere Implementierung.

Speicherbedarf im Fokus

Beim Bau eines maßgeschneiderten Beschleunigers ist man nicht auf 8 Bit oder 16 Bit begrenzt. Es kann jede Größe verwendet werden. Durch die Auswahl der geeigneten numerischen Darstellung oder „Quantifizierung“ eines neuronalen Netzwerks können die Daten und die Operatoren optimal dimensioniert werden. Die Quantifizierung kann die Datenmenge, die gespeichert, verschoben und verarbeitet werden muss, erheblich reduzieren.

Die Reduzierung des Speicherplatzes für eine schlanke Datenbank und die Verkleinerung der Multiplikatoren können die Fläche und Leistung eines Designs deutlich verbessern. Beispielsweise ist ein 10-Bit-Festpunktmultiplikator etwa 20 Mal kleiner als ein 32-Bit-Gleitkommamultiplikator und verbraucht entsprechend etwa 1/20 der Leistung. Das bedeutet, dass das Design entweder durch die Verwendung des kleineren Multiplikators viel kleiner und energieeffizienter sein kann. Oder der Designer nutzt die Fläche und setzt 20 Multiplikatoren ein, die parallel arbeiten und mit denselben Ressourcen eine wesentlich höhere Leistung erzielen.

Herausforderungen der HLS

Eine der größten Herausforderungen beim Aufbau eines maßgeschneiderten Beschleunigers für maschinelles Lernen besteht darin, dass die Datenwissenschaftler, die das neuronale Netzwerk entwickelt haben, in der Regel nichts vom Hardware-Design verstehen, und die Hardware-Designer nichts von Datenwissenschaft. In einem traditionellen Design-Flow würden sie „Meetings“ und „Spezifikationen“ nutzen, um Wissen zu übertragen und Ideen auszutauschen. Aber ehrlich gesagt mag niemand Meetings oder Spezifikationen. Außerdem eignen sie sich nicht besonders gut für einen fließenden Informationsaustausch.

Die High-Level-Synthese (HLS) ermöglicht es, eine von den Datenwissenschaftlern erstellte Implementierung nicht nur als ausführbare Referenz, sondern auch als maschinenlesbare Eingabe für den Hardware-Designprozess zu verwenden. Dadurch entfällt die manuelle Neuinterpretation des Algorithmus im Designablauf, die langsam und extrem fehleranfällig ist. HLS synthetisiert eine RTL-Implementierung aus einer algorithmischen Beschreibung. In der Regel wird der Algorithmus in C++ oder SystemC beschrieben, aber eine Reihe von Design-Flows wie HLS4ML ermöglichen es HLS-Tools, neuronale Netzwerkbeschreibungen direkt aus Frameworks für maschinelles Lernen zu entnehmen.

Fazit

Die HLS erlaubt eine praktische Erforschung der Quantifizierung auf eine Art und Weise, die für maschinelles Lernen noch nicht praktikabel ist. Um die Auswirkungen der Quantifizierung vollständig zu verstehen, ist eine bitgenaue Implementierung des Algorithmus erforderlich, einschließlich der Charakterisierung der Auswirkungen von Überlauf, Sättigung und Rundung. Heutzutage ist dies nur in Hardware-Beschreibungssprachen (HDLs) oder HLS-bitgenauen Datentypen (<https://hlslibs.org>) machbar.

Da maschinelles Lernen zunehmend in allen Bereichen Einzug hält, müssen immer mehr eingebettete Systeme Inferenzbeschleuniger einsetzen. Die HLS ist eine praktische und bewährte Möglichkeit, maßgeschneiderte Beschleuniger zu entwickeln, die für eine ganz bestimmte Anwendung optimiert sind und eine höhere Leistung und Effizienz bieten als NPUs für allgemeine Zwecke. □



12.–15. November 2024

Sechzig Jahre Innovations- motor

Gemeinsam die All Electric Society vorantreiben

Jetzt Ticket sichern!

electronica.de/ticket



EMBEDDED-KI FINDET FEHLER FRÜHZEITIG

Wenn jede Sekunde zählt

Zeit ist Geld und zu spät erkannte Fehler bei der EOL-Prüfung (End of Line Testing) können teuer werden. Ein PKW-Motor, dessen Fehlerhaftigkeit erst nach dem Einbau in das Fahrzeug erkannt wird, verursacht leicht Kosten in Höhe von fünf- bis zehntausend Euro für Ausbau, Reparatur und daraus resultierende Lieferverzögerungen. Mit dem Einsatz einer Embedded-KI-Ultraschallsensorik können Hersteller deutlich mehr Fehler frühzeitig erkennen und diese beheben.

TEXT: Viacheslav Gromov, AITAD BILDER: AITAD/dietzefotografie; iStock, Xavier Arnau

Beim EOL-Testing von Teilkomponenten in der Automobilindustrie werden verschiedene Tests durchgeführt, um zu verhindern, dass eine fehlerhafte Komponente ins Fahrzeug eingebaut wird. Geprüft wird beispielsweise auf Produktionsfehler, Vollständigkeit und fester Sitz von Verschraubungen, richtige Einstellung von Ketten, Zahnradern und Dichtungen und vieles mehr.

„Fällt der Fehler erst nach dem Einbau – oder noch schlimmer: beim Kunden – auf, entstehen hohe Kosten, die es zu vermeiden gilt. So geht man davon aus, dass der Ausbau eines PKW-Motors einen Zeitaufwand von 460 Minuten bedeutet, Sach- und Folgekosten (zum Beispiel durch eine entstehende Lieferverzögerung) hinzugerechnet, kann sich der Gesamtaufwand schnell auf einige Tausend Euro summieren“, geht Viacheslav Gromov, Geschäftsführer vom KI-Spezialisten AITAD ins Detail.

Klassische EOL-Testverfahren nutzen bei Kalt- (extern bewegt), Heiß- (selbst bewegend) und Leistungstests bereits Sensorik, beispielsweise Temperatur-, Winkel-, Vibrations- und Drucksensoren, um Abweichungen vom Idealzustand der jeweiligen Komponente zu erkennen. Auch Akustiksensoren kommen zum Einsatz, in deren Daten nach abweichenden Spektrum-Wichtungen gesucht wird. Am Ende, spätestens nach Montage ins Endprodukt, steht dann oft ein Mensch, der Fehler der Komponente im Testbetrieb „hört“, also an bestimmten Geräuschmustern erkennt, ob das Bauteil in Ordnung oder nicht ist. Trotz dieser Maßnahmen kommt es immer wieder dazu, dass Fehlteile unerkannt bleiben oder viel zu spät entdeckt werden.

Damit ein menschlicher Hörer Fehler im Geräuschmuster beispielsweise eines Motors erkennen kann, ist meist langjährige Erfahrung notwendig. Dieses Erfahrungswissen droht durch den demographischen Wandel zunehmend zu verschwinden. Ein Szenario, das durch den Mangel an Fachkräften noch verstärkt wird. Der Druck, neue, präzisere und vergleichbare Lösungen für das EOL-Teile-Testing zu finden, ist also aus personellen und auch finanziellen Gründen hoch.

Daten auswerten und Fehler frühzeitig erkennen

Hier kommt die Entwicklung von Embedded-KI Sensoren ins Spiel. Solche Sensoren nutzen KI, um Sensordaten auszuwerten. Da sich KI und Sensor miteinander verschmolzen auf einer Platine befinden, können die Daten nicht nur in Echtzeit (was bei den zum Teil sekundenschnellen Prüfzyklen von großem Vorteil ist), sondern auch viel tiefer ausgewertet werden.

So entstehen beispielsweise an einem Ultraschallsensor, der mit Hunderten Kilohertz Samplingrate und einer vertikalen Auflösung von beispielsweise 32 Bit Signale erfasst, schon ab geringer

Anzahl mehrere Terabyte an Rohdaten pro Tag – eine Datenmenge, die über herkömmliche Netzwerkverbindungen nicht praktikabel übertragen werden könnte und was auch in der Werkinfrastruktur und -taktung immer eine größere Herausforderung darstellt.

Embedded-KI aber kann sich die Sensorrohdaten Byte für Byte „ansehen“ und so Dinge sichtbar machen, die vorher unsichtbar waren. Nach der Auswertung werden die Daten gelöscht, das Embedded-KI-Modul gibt nur noch die aus ihnen gewonnenen Informationen weiter. Das macht diese Systeme zusätzlich sicher vor Datenmanipulation oder -raub der sensiblen Produktions-Knowhow-Daten.

Embedded-KI im EOL-Testing

Die besonderen Fähigkeiten der Embedded-KI können für das EOL-Testing verwendet werden und versprechen eine viel höhere Fehlererkennungsrate, als dies mit den herkömmlichen EOL-Testständen mit ausschließlich „klassischer“ Sensorik oder Akustik erreichbar wäre. Dazu müssen die Teststrecken nicht ersetzt, sondern können mit Embedded-KI-Modulen kostengünstig nachgerüstet werden.

„Im oben skizzierten Fall bietet sich eine hochauflösende Ultraschallsensorik-Lösung an, um frühzeitig Fehler zu erkennen und die durch Fehlteile verursachten Kosten möglichst niedrig zu halten. Da es sich um eine datengetriebene Entwicklung handelt, sind verschiedene Entwicklungsschritte erforderlich, bis ein funktionsfähiges „EOL-Frühwarnsystem“ zum Einsatz kommen kann“, so Gromov weiter.

Dazu müssen zunächst an den verschiedenen Test-Stationen mit Hilfe einer mit verschiedenen Sensortypen bestückten Akquise-Hardware Daten gesammelt, mit den auf herkömmlichem Wege gefundenen Fehlern korreliert und in eine Datenbank übertragen werden. Die Datascience untersucht diese Daten und entwickelt auf dieser Basis ein ML-Modell (Machine Learning Modell), das im ersten Schritt auf Anomalieerkennung trainiert, später aber durch Klassifizierung auch viel feiner (Fehlerart und Lokalisation) eingestellt werden kann. Parallel dazu läuft die Weiterentwicklung der endgültigen Sensorhardware, auf die das KI-Modell aufgespielt wird.

Systeme mit hoher Erkennungsquote

Die Fehlererkennungsquote eines solchen Systems ist hoch, denn die KI analysiert komplexe Muster, die für den Menschen nicht sichtbar wären. „Wir konnten mit einer speziell entwickelten Ultraschall-Sensorik-Lösung bei einem Automobilhersteller

IMPRESSUM

Herausgeber Kilian Müller

Head of Content Manufacturing Christian Fischbach

Redaktion Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Katharina Huber (-938), Ragna Iser (-898), 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 Klasen (-917);
Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2024

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

Verlag publish-industry Verlag GmbH, Machtfinger Straße 7, 81379 München, Germany
Tel. +49.(0)151.58 21 1-900, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net

Geschäftsführung Kilian Müller, Martin Weber

Leser- & Aboservice Tel. +49.(0)61 23.92 38-25 0, Fax +49.(0)61 23.92 38-2 44; leserservice-pi@vuservice.de

Abonnement Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 6 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährlich erscheinende Jahrbuch der Industrie, INDUSTRY.forward HAKAHAKA.

Jährlicher Abonnementpreis

Ein JAHRES-ABONNEMENT der E&E ist zum Bezugspreis von 64 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschland und MwSt. erhältlich (Porto Ausland: EU-Zone zzgl. 10 € pro Jahr, Europa außerhalb EU zzgl. 30 € pro Jahr, restliche Welt zzgl. 60 € pro Jahr). Jede Nachlieferung wird zzgl. Versandkosten und MwSt. zusätzlich berechnet. Im Falle höherer Gewalt erlischt jeder Anspruch auf Nachlieferung oder Rückerstattung des Bezugsgeldes Studentenabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen, die E&E für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten, werden angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@vuservice.de

Marketing & Vertrieb Anja Müller (Head of Marketing)

Herstellung Veronika Blank-Kuen

Gestaltung & Layout Schmucker-digital, Lärchenstraße 21, 85646 Anzing, Germany

Druck F&W Druck- und Mediencenter GmbH, Holzhauser Feld 2, 83361 Kienberg, Germany

Nachdruck Alle Verlags- und Nutzungsrechte liegen beim Verlag. Verlag und Redaktion haften nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustrationen. Nachdruck, Vervielfältigung und Online-Stellung redaktioneller Beiträge nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags.

ISSN-Nummer 1869-2117

Postvertriebskennzeichen 30771

Gerichtsstand München

Der Druck der E&E erfolgt auf PEFC™-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO₂-neutral.



Der CO₂-neutrale Versand mit der Deutschen Post



Beim EOL-Testing in der Automobilindustrie werden kritische Parameter wie Produktionsfehler, der Sitz von Verschraubungen und die richtige Einstellung von Bauteilen überprüft, um fehlerhafte Komponenten frühzeitig zu erkennen und hohe Folgekosten zu vermeiden.

eine Erkennungsquote von über 95 Prozent schon früh in der EOL-Testingkette erzielen, was wiederum zu hohen Einsparungen beitrug“, weiß Gromov konkrete Erfolge zu berichten.

Nicht zuletzt kann die KI sich auch das Erfahrungswissen eines menschlichen Hörers aneignen und dieses objektivieren, wodurch Fehlteile – zum Beispiel schon verbaut im Endprodukt – noch besser selektiert werden. Auch bei Produkt- und Lieferantänderungen ist diese Lösung hilfreich, denn geänderte Produkte weisen häufig noch hohe Fehlerquoten auf. Durch schnelles Datensammeln und ein Update des KI-Modells kann beim Produktionsanlauf deutlich schneller reagiert werden.

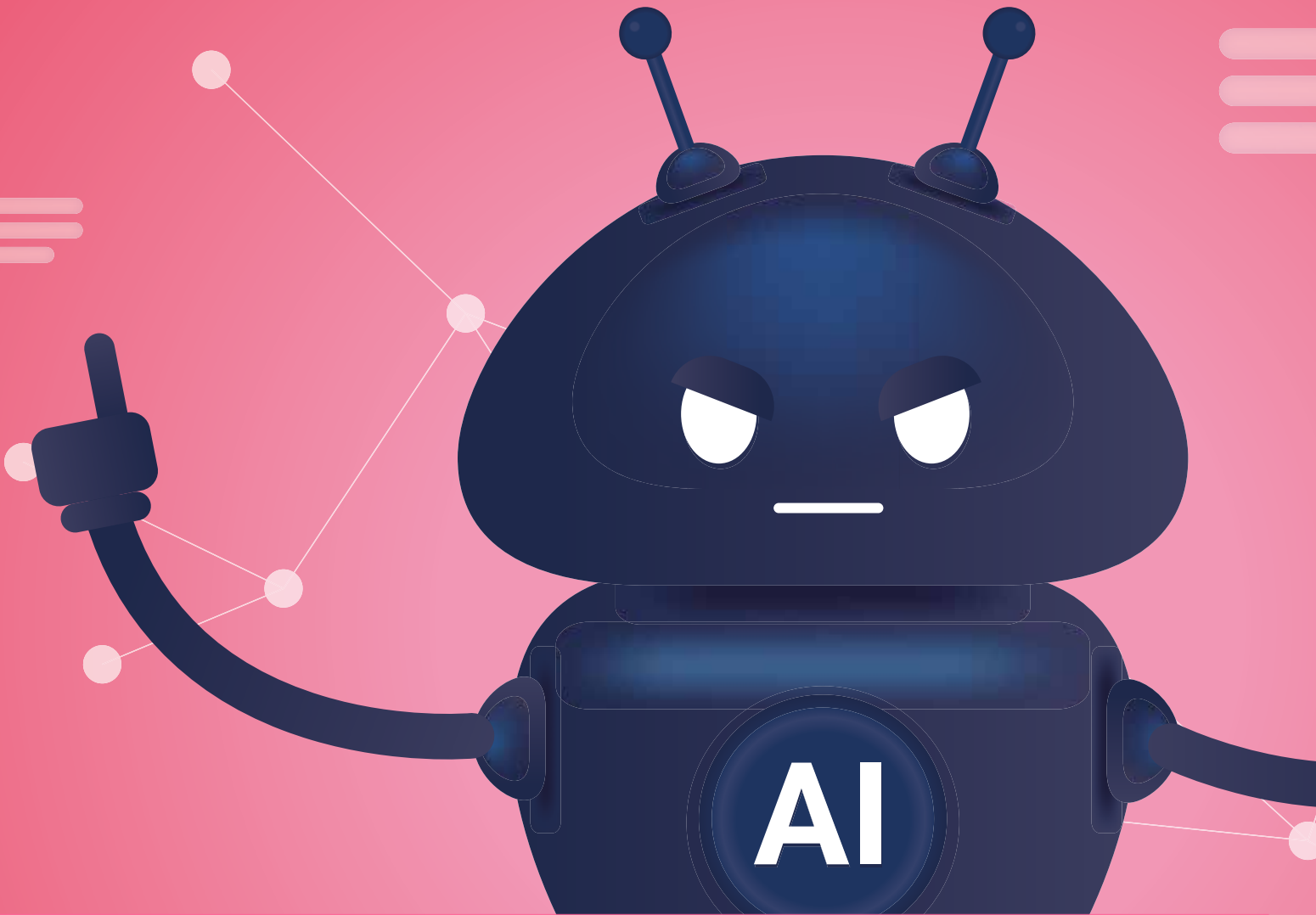
Für viele Branchen interessant

Eine KI-basierte, hochauflösende Ultraschall-Sensorik für den EOL-Test eignet sich für viele Branchen: Von Automobil, LKW über Maschinenbau sowie Schiffs- und Flugzeugbau kann die frühzeitige Selektion von Fehlteilen erheblich Kosten einsparen. Besonders interessant dürften solche Lösungen für den Schiffs- und Flugzeugbau sein, da Motoren in diesen Branchen besonders kostspielig und nach Einbau oft kaum noch wieder auszubauen sind.

Gerade bei Zulieferer-Teiländerungen, neuen Produktionsanläufen oder Montageänderungen kann das System die Risiken und Schäden minimieren. „Je nach Use Case kann eine Embedded-KI-Ultraschall-Sensorik schon ab circa. 100.000 Euro entwickelt, trainiert und integriert werden. Kosten, die sich schnell bezahlt machen“, nennt Gromov die Entwicklungskosten für ein solches System als einen weiteren Vorteil. □

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
AITAD	22	Messe München	21
ALPHA-Numerics	50, 53	Microchip	37
Conrad Electronic	U4	MLU Halle-Wittenberg	12
CTX Thermal Solutions	58	Mouser	38
Deloitte	25	Panduit	29
Detakta	5	PTC	16
DigiKey	34	Renesas Electronics	42
Elma Electronic	13	Rogers	54
Emerson	16	Rutronik	59
ETAS	12	Schurter	28
Fischer Elektronik	3, 45, 46, 48, 49	SECO	16
Fraunhofer IPMS	6	SEMI	66
ICT Suedwerk	55	Siemens EDA	18
ILME	12	Socionext	Titel, 8
Keysight Technologies	12	TQ Systems	16
Kingbright Electronic	41	Traco Power	33
Knowles	12	u-blox	62
Mahle	12	wts/electronic	61
MES Electronic Connect	31		

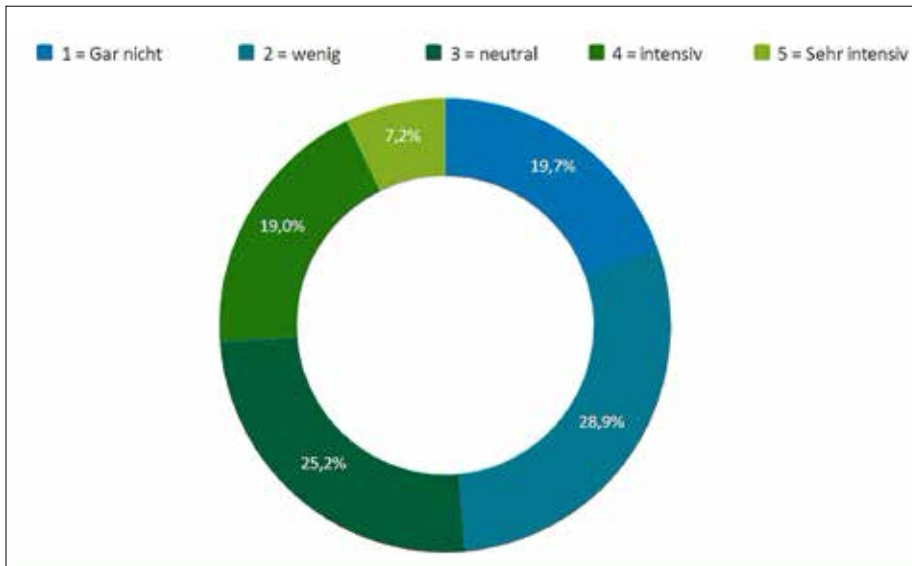


UNTERNEHMEN SIND DURCH EU AI ACT VERUNSICHERT

KI-Entwicklung mit Hindernissen

Seit Anfang August ist der EU AI Act offiziell in Kraft und fordert nun die Umsetzung in den EU-Mitgliedstaaten. Doch wie gut sind deutsche Unternehmen auf die neue KI-Regulierung vorbereitet? Verpassen sie womöglich einen entscheidenden Schritt in Richtung KI-Zukunft? Oder könnte der EU AI Act sogar die Innovationskraft Europas im Bereich der Künstlichen Intelligenz bremsen?

TEXT: Deloitte BILDER: Deloitte; iStock, Overearth



Auf einer Skala von 1 bis 5, wie intensiv beschäftigt sich Ihr Unternehmen mit dem „AI Act“?

Eine aktuelle Studie von Deloitte unter 500 Manager und Managerinnen, die sich in den Unternehmen mit dem Thema beschäftigen, zeigt eine deutliche Verunsicherung bei der Einschätzung der neuen Verordnung. Viele Unternehmen sind sich der konkreten Auswirkungen noch nicht bewusst und haben keine klare Vorstellung, wie sie mit den Vorgaben umgehen sollen. Die Skepsis überwiegt, nur eine Minderheit der Unternehmen beschäftigt sich schon intensiv mit der neuen Gesetzeslage.

Mit der Ratifizierung des EU AI Act hat sich die Lage für europäische Firmen grundlegend geändert: Die regulatorischen Vorgaben sind für alle EU-Länder verpflichtend und müssen zumeist in den kommenden zwei Jahren umgesetzt werden. Mit einem Aufschub der Anforderungen oder Strafverschonung bei Verstößen können weder europäische Unternehmen noch die Anbieter von außerhalb der EU rechnen, sobald ihre KI-Anwendungen im EU-Territorium eingesetzt werden.

„Zögern in der Auseinandersetzung mit dem EU AI Act ist gefährlich“, sagt Dr. Till Contzen, Partner im Tax- und Legal-Bereich bei Deloitte. „Die Umsetzung der Anforderungen wird je nach Umfang der KI-Nutzung in einem Unternehmen einen erheblichen Aufwand mit sich bringen –

zumal viele Organisationen nicht einmal wissen, wie viel KI sie genau nutzen.“ Es drohe eine Situation vergleichbar mit der Umsetzung der DSGVO, als die Unternehmen im Mai 2018 vor einer riesigen Aufgabe standen, da sie die zwei Jahre Übergangsfrist kaum genutzt hatten.

Bei Nichteinhaltung drohen harte Strafen

Fraglich aber, ob vergleichbare Versäumnisse der Firmen beim EU AI Act vor dem Hintergrund der rasanten Entwicklung der KI-Technologien von den Aufsichtsbehörden verziehen wird. Die drohenden Bußgelder sind erheblich: Verstöße gegen den EU AI Act werden mit hohen Geldstrafen geahndet, zudem verzögert sich der Einsatz von KI in diesen Unternehmen, was erhebliche negative Auswirkungen auf die Geschäftsentwicklung haben kann.

„Dass sich rund die Hälfte der Unternehmen noch nicht intensiv mit der Vorbereitung auf die Umsetzung beschäftigt hat, spiegelt wider, dass viele Unternehmen in Deutschland das Thema KI noch nicht auf der Tagesordnung haben“, bestätigt Dr. Sarah Becker, die das Thema Digital Ethics bei Deloitte betreut. „Andererseits hat der EU AI Act wie bisher kaum eine andere Regulatorik den Sprung in die deutschen

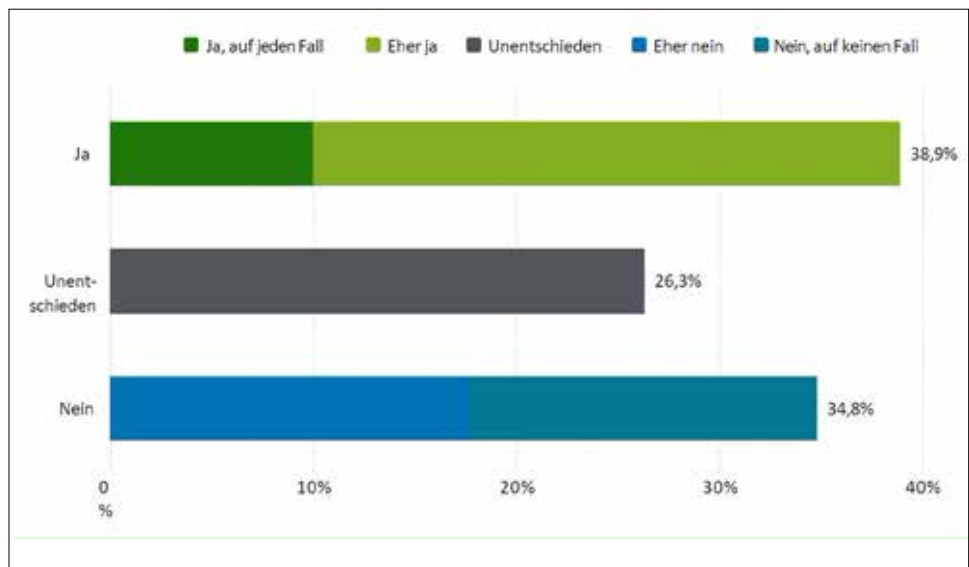
Boardrooms geschafft. Gerade in hoch-regulierten Branchen wie zum Beispiel dem Finanzsektor oder dem Gesundheitssektor sind deutsche Unternehmen gewohnt, dass Regulatorik in Compliance-Prozesse und -Systeme überführt wird und fester Bestandteil ihrer Rahmenbedingungen auch für Innovationen ist.“

Das neue Gesetz wird von großer Unsicherheit begleitet

Grundsätzlich zeigt sich bei der von Civey durchgeführten Deloitte-Umfrage große Skepsis gegenüber dem neuen Regelwerk. Vor allem beim Thema Rechtssicherheit ist das Bild uneinheitlich: Dadurch versprechen sich 39 Prozent der Befragten mehr Rechtssicherheit im Umgang mit Künstlicher Intelligenz, rund 35 Prozent verneinen dies, während ein Viertel keinen großen Unterschied sieht.

Ein ähnlich heterogenes Bild zeigt sich bei der Frage, ob der AI Act zu eher mehr oder eher weniger Vertrauen in Künstliche Intelligenz führen wird: Hier glaubt rund ein Drittel (34,9 Prozent) an einen positiven Effekt, fast ebenso viele (30,8 Prozent) können das nicht erkennen. Im Gegenteil – fast die Hälfte der Befragten (47,4 Prozent) sieht in dem AI Act eher ein Hindernis bei der Entwicklung und Einführung von Anwendungen auf Basis von

39 Prozent der Befragten versprechen sich mehr Rechtssicherheit im Umgang mit Künstlicher Intelligenz, rund 35 Prozent verneinen dies, während ein Viertel keinen großen Unterschied sieht.



Künstlicher Intelligenz im Unternehmen, nur ein Viertel (24,1 Prozent) ist überzeugt, dass die neue Regulatorik dabei helfen wird.

Die Folgen dieser Skepsis sind deutlich messbar: Obwohl der AI Act seit Anfang August in Kraft ist, haben sich 48,6 Prozent der befragten Unternehmen noch nicht intensiv auf die Umsetzung vorbereitet; gerade mal 26,2 Prozent sind tiefer in das Thema eingedrungen. Dennoch fühlen sich 35,7 Prozent der Befragten gut dafür gewappnet, den AI Act umzusetzen, 19,4 Prozent sehen sich eher schlecht vorbereitet. Entsprechend fürchten 52,3 Prozent eine Einschränkung ihrer Fortschrittmöglichkeit im Bereich KI durch die Regulierung; nur 18,5 Prozent glauben, dass die Verordnung die Innovationsmöglichkeiten positiv beeinflusst.

Gesetzlicher Rahmen unerlässlich für Vertrauen in KI

„Die teils wohl bewusst unklaren Regelungen des AI Act machen eine Auslegung tatsächlich nicht immer leicht“, erklärt Contzen. „Allerdings ist dies ein Fortschritt gegenüber den Schwierigkeiten eines unregulierten Zustandes, in dem die Grenzen nur erahnt werden können und die Unternehmen und die Industrie auf sich allein gestellt sind.“

Es gebe eine hohe Erwartungshaltung der Bevölkerung an die Vorteile von KINutzung, zugleich aber auch große Sorge vor den negativen Effekten, ergänzt Becker. „Durch eine angemessene Regulierung kann zwar Vertrauen hergestellt werden, gleichzeitig besteht die Gefahr, die Innovationskraft zu schwächen.“

Die Grenzen der Regulierung werden sich aufgrund der vielen auslegungsbedürftigen Regelungen erst noch zeigen müssen. Grundsätzlich jedoch wirkt eine Regulierung allein durch das Setzen eines Rahmens erst einmal vertrauensbildend. Insofern führt an einer Berücksichtigung ethischer und juristischer Konsequenzen bei KI-Innovation kein Weg vorbei.“

Notwendigkeit von Vorgaben sind unumgänglich

Zu vergleichbaren Ergebnissen auch auf globaler Ebene kommt die neue Ausgabe der globalen KI-Studie „State of GenAI in the Enterprise“, für die Deloitte knapp 2.800 Führungskräfte aus 14 Ländern befragt hat, darunter auch 150 Managerinnen und Manager aus deutschen Unternehmen. Hier nennen die Befragten als größte Hindernisse für die Einführung von KI vor allem die Einhaltung von Vorschriften, Risikomanagement und das Fehlen eines Governance-Modells.

Der globale Report von Deloitte zeigt, dass die Einführung Generativer KI (GenAI) eine kritische Phase erreicht hat, in der sich die steigenden Erwartungen an die transformative Wirkung und die Skalierung als Herausforderung erweisen. Hier gaben drei Viertel der Befragten an, dass ihre Unternehmen ihre Investitionen in ihre Datenbasis erhöht haben, um Probleme wie Datensicherheit und -qualität zu lösen. Gleichzeitig fühlen sich im weltweiten Durchschnitt nur 23 Prozent in Bezug auf Risiken, Governance und regulatorische Fragen gut vorbereitet.

Ein weiterer wichtiger Parameter für die KI-Entwicklung in Unternehmen ist die bisher noch weitgehend vernachlässigte Erfolgsmessung: Nachdem vielversprechende GenAI-Pilotprojekte zu mehr Investitionen sowie steigenden Erwartungen geführt haben, beginnen Führungsetagen und Aufsichtsräte nach Renditen auf ihre Investitionen zu suchen. Eine schnelle Skalierung von KI-Projekten gestaltet sich allerdings komplexer als gedacht. Für weitere Investitionen ist jedoch der Nachweis des Werts von GenAI-Implementierungen entscheidend – und genau hier haben viele Unternehmen Schwierigkeiten, die exakten Wirkungen der implementierten Maßnahmen zu messen, so die aktuelle Ausgabe (Q3-2024) des globalen Reports „State of Gen AI in the Enterprise“. □

VERLUSTLEISTUNG IN
GERÄTESTECKER-KOMBIELEMENTEN

DIE IDEALE VERBINDUNG GESUCHT

Kombiniert man verschiedene elektrische Komponenten in einem Geräteeinbaustecker zu einem Kombielement, so sind die einzelnen Verlustleistungen und Temperatur-De-ratings sämtlicher involvierter Komponenten sorgfältig zu berücksichtigen, um einen dauerhaft sicheren Betrieb zu gewährleisten.

TEXT: Schurter BILDER: Schurter; iStock, Nik Merkulov

Gerätestecker-Kombielemente (PEMs = Power Entry Modules) bestehen aus einer Kombination verschiedener Bauteile zur sicheren Stromversorgung von Geräten. Neben dem IEC-Geräteeinbaustecker können Netzschalter, Sicherungshalter oder Geräteschutzschalter sowie Filter integriert sein. Alle diese Komponenten werden nach ihrer entsprechenden Komponentennorm geprüft, so dass das gesamte Bauteil von den Prüfstellen zertifiziert werden kann. Jede dieser Komponenten ist für eine bestimmte minimale und maximale Umgebungstemperatur ausgelegt. Wichtig hierbei: Der maximale Nennstrom darf nur bei Nenntemperatur verwendet werden. Bei höheren Umgebungstemperaturen muss der Strom entsprechend reduziert werden. Dies ist üblicherweise im Temperatur-De-rating auf den Datenblättern angegeben. Da Gerätestecker-Kombielemente in einen Ausschnitt am Gerätegehäuse eingebaut werden, sind die unterschiedlichen Umgebungstemperaturen innen und außen zu berücksichtigen. Innen ist im Betrieb fast immer mit höheren Temperaturen zu rechnen, da die elektrische Last zu einer Erwärmung führt (zum Beispiel Schaltnetzteil, Leistungshalbleiter und Heizelemente).



Gerätestecker-Kombielemente (PEMs, Power Entry Modules) bestehen aus einer Kombination verschiedener Bauteile zur sicheren Stromversorgung von Geräten.



Verlustleistung

Im Betrieb erzeugen die Komponenten eine Eigenerwärmung, die in Datenblättern als Verlustleistung ausgewiesen ist. Diese Verlustleistung erwärmt das gesamte Kombielement und kann zu erhöhten Temperaturen aller eingebauten Komponenten führen. Wichtig auch hier: Sämtliche Komponenten eines Gerätestecker-Kombielementes weisen eine Nennverlustleistung auf, so dass im Kombielement die Summe aller Verlustleistungen wirksam wird:

Gerätestecker

Gemäss IEC 60320 zugelassene Gerätesteckverbindungen eignen sich für den Gebrauch bei Umgebungstemperaturen bis 40 °C. Die Durchschnittstemperatur über einen Zeitraum von

24 Stunden sollte dabei nicht mehr als 35 °C betragen mit einer unteren Grenze von -5 °C

Gerätestecker-Stifte: Die Anforderungen an Gerätestecker besagen, dass die Temperatur der Stifte des entsprechenden Steckers 70 °C nicht überschreiten darf. Die Norm IEC 60320 spricht in diesem Fall von einem Kaltgerätestecker. Kaltgerätestecker dürfen nicht verwendet werden an Geräten mit Aussenteilen, deren Temperaturerhöhung im bestimmungsgemässen Betrieb 75 °C überschreitet und von der bewegten Zuleitung berührt werden können.

Sicherungshalter

Sicherungshalter sind in der Regel für Umgebungstemperaturen bis maximal 85 °C zugelassen. 85 °C sind zudem auch

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 61914:2015.



Umgebungs- temperatur innen [°C]	Sicherungs- halter Strom [A]	Sicherung Strom [A]	Schalter Strom [A]	Stecker Strom [A]	Filter Strom [A]	CBE Strom [A]
23	10	10	10	10	10	10
30	9.3	9.8	10	10	10	9.8
40	8.1	9.2	10	10	10	9.7
50	6.6	8.6	10	9	7.8	9.6
60	5.0	8.0	10	7	7.4	9.4
70	2.5	7.2	10	5	3.3	0
80	0	0	10	0	1.1	0

Übersicht Strom-Derating der einzelnen Komponenten

die maximale Temperatur für berührbare Oberflächen nach der Sicherungshalternorm IEC 60127-6. Da die Sicherung im Sicherungshalter bei Nennstrom Wärme erzeugt, ist die Verlustleistung, die der Sicherungshalter aufnehmen kann, begrenzt. Diese Verlustleistung wird in Watt bei Nennstrom und Nenntemperatur angegeben, zum Beispiel 2,5 W bei 10 A und 23 °C. Die Sicherung muss also so ausgewählt werden, dass die maximale Verlustleistung nicht überschritten wird. Wenn die Umgebungstemperatur höher als die Nenntemperatur ist, wird das Temperatur-Derating angewendet. Diese Kurve reduziert die zulässige Verlustleistung mit steigender Umgebungstemperatur. So kann ein Sicherungshalter, der bei 23 °C Umgebungstemperatur eine maximale Verlustleistung von 2,5 W hat, bei 40 °C Umgebungstemperatur mit einer Sicherung betrieben werden, die eine maximale Verlustleistung von 1,7 W hat.

Sicherung

Eine Sicherung erzeugt in Abhängigkeit von der Strombelastung und dem elektrischen Widerstand des Schmelzleiters Wärme. Diese Verlustleistung wird in einem genormten Prüfverfahren in der Sicherungsnorm IEC 60127 gemessen. Die maximale Verlustleistung ist im Datenblatt in Watt bei entsprechender Stromstärke angegeben. Die Sicherungsverlustleistung darf nicht grösser sein als die maximale Verlustleistung des Sicherungshalters. Die Sicherungsverlustleistung hat ebenfalls ein Temperatur-Derating. Bei höheren Umgebungstemperaturen muss der Strom durch die Sicherung also reduziert werden, da die Sicherung sonst zu heiss wird und ein zuverlässiger Betrieb nicht mehr gewährleistet ist. Die genormten Prüfungen für Sicherungseinsätze (IEC und UL) werden bei 23 °C beziehungsweise 25 °C durchgeführt. In der Praxis sind die Umgebungstemperaturen jedoch wesentlich höher, insbesondere dort, wo der Sicherungseinsatz in einem geschlossenen Sicherungshalter oder in der Nähe von anderen wärmeerzeugenden Bauteilen eingesetzt wird.

Für solche Anwendungsfälle ist daher die Verschiebung des Betriebsstromes zu berücksichtigen.

Netzschalter

Netzschalter werden nach der Schalternorm IEC 61058-1 hinsichtlich der zulässigen Umgebungstemperatur geprüft. Die in den meisten Kombielementen verwendeten Netzschalter haben eine maximal zulässige Umgebungstemperatur von 85 °C. Die Kennzeichnung T85/55 etwa gibt an, dass die Anschlussseite des Schalters für eine Umgebungstemperatur von 85 °C geeignet ist, während das Betätigungsteil (zum Beispiel Wippe) der in der Norm geforderten Umgebungstemperatur von 55 °C ausgesetzt sein darf.

Geräteschutzschalter

Geräteschutzschalter (CBE) nach IEC 60934 mit thermischen Auslösern reagieren auf eine Änderung der Umgebungstemperatur. Bei thermischen Geräteschutzschaltern wird das Bimetall durch die Verluste, die der Laststrom im Bimetall verursacht, erwärmt. Die Geräteschutzschalter sind für eine Umgebungstemperatur von 23 °C ausgelegt.

Netzfilter

Netzfilter gemäss IEC 60939 sind für einen Nennstrom bei einer bestimmten Umgebungstemperatur, zum Beispiel 40 °C, ausgelegt. Ein Filter besteht aus verschiedenen Bauteilen mit unterschiedlichen Maximaltemperaturen. Bauteile im Strompfad (zum Beispiel Drosseln) verursachen eine Erwärmung entsprechend dem Stromfluss und dem elektrischen Widerstand der Spule. Die temperaturkritischsten Bauteile eines Filters sind jedoch die Kondensatoren, die eine maximal zulässige Temperatur von zum Beispiel 125 °C haben. Um zu verhindern, dass die Kondensatoren zu hohen Temperaturen

ausgesetzt werden, muss der Laststrom bei höheren Umgebungstemperaturen entsprechend der Temperatur-Derating-Formel reduziert werden.

Temperatur-Derating

Die oftmals vielen einzelnen Komponenten eines Kombielements haben unterschiedliche Temperatur-Deratings und unterschiedliche maximale Betriebstemperaturen. Die einzelnen Deratings müssen jedoch nicht aufsummiert werden. Es gilt, abzuwägen, welche die kritischsten Komponenten sind. Kritisch sind insbesondere jene Bauteile, bei denen die Umgebungstemperatur einen großen Einfluss auf die Funktion hat. Die ist etwa bei der Sicherung mitsamt dem Sicherungshalter sowie dem Geräteschutzschalter der Fall. Eine erhöhte Umgebungstemperatur kann die Auslösezeit deutlich beeinflussen. Daher sind diese Bauteile mit Priorität zu betrachten. Bei den anderen Komponenten ist vor allem die maximale Betriebstemperatur von Bedeutung. Die Verlustleistung der Sicherung bei Laststrom muss kleiner sein als die Verlustleistung des Sicherungshalters. Das Temperatur-Derating des Sicherungshalters ist entsprechend der Umgebungstemperatur im Inneren des Gehäuses anzuwenden. Dasselbe gilt für Geräteschutzschalter (CBE) und Filter.

Messungen und Ergebnisse

Um den Einfluss der verschiedenen Komponenten eines Kombielements auf die Temperaturerhöhung insgesamt zu prüfen, wurden die Temperaturen aller Komponenten einzeln gemessen. Dabei durfte bei keiner die maximal zulässige

Materialtemperatur überschritten werden. Zusätzlich mussten die maximalen Temperaturen der verschiedenen IEC-Normen für die einzelnen Komponenten eingehalten werden. Der Steckerstift durfte maximal 70 °C warm werden. Die Aussentemperatur blieb während des ganzen Tests konstant bei 23 °C. Die Innentemperatur wurde von 23 °C in 10 °C-Schritten bis auf 80 °C erhöht. Dabei wurde der Nennstrom entsprechend dem Derating von 10 A auf 0 A reduziert. Es zeigte sich, dass die einzelnen Bauteile trotz des reduzierten Stromes immer höhere Temperaturen erreichten, ohne jedoch die maximal zulässigen Materialtemperaturen zu überschreiten. Damit wurde nachgewiesen, dass die Temperatur-Deratings korrekt sind und kritische Übertemperaturen verhindert wurden.

Fazit

Bei PEMs ist die Umgebungstemperatur sowohl außerhalb wie auch im Innern des Gerätes zu berücksichtigen. Bei höheren Umgebungstemperaturen über dem Nennwert ist somit das Temperatur-Derating zwingend anzuwenden. Da Kombielemente aus verschiedenen Komponenten bestehen, muss grundsätzlich jede dieser Komponenten gesondert geprüft werden. Die Einhaltung der Umgebungstemperaturen und die sorgfältige Anwendung des Temperatur-Deratings gewährleisten einen dauerhaften und sicheren Betrieb eines Gerätestecker-Kombielements.



Den vollständigen Artikel mit allen Abbildungen und Diagrammen finden Sie online über den Link im QR-Code und unter: [industr.com/2767996](https://www.industr.com/2767996)

MES THE CONNECTOR

The cable kitchen

Frische Ideen, beste Zutaten und viel Liebe:
So einfach ist unser Erfolgsrezept.
JETZT KOSTEN!

mes-electronic.de





ANFORDERUNGEN AN DC/DC- UND AC/DC-WANDLER FÜR MESSTECHNIK-ANWENDUNGEN

Auf Genauigkeit getrimmt

In der Messtechnik stellen DC/DC- und AC/DC-Wandler eine extreme Herausforderung dar, da höchste Ansprüche an Präzision, Stabilität und Störrarmut der Stromversorgung gestellt werden. Nur der Einsatz moderner Technologien und hochpräziser Bauelemente können die hohen Anforderungen an Messtechnik-Anwendungen erfüllen.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E BILDER: TDK-Lambda; iStock, MelanieMaya

Das Wärmemanagement stellt eine besondere Hürde dar. Trotz moderner, effizienter Topologien wie resonante Schaltregler oder Soft-Switching-Techniken erzeugen Wandler durch Schaltverluste und Leitungsverluste immer noch Wärme. Insbesondere in hochintegrierten, kompakten Messsystemen kann die entstehende Wärme zu thermischen Drifts und einer Verschlechterung der Messgenauigkeit führen. Dies erfordert den Einsatz von fortschrittlichen Kühlmethoden wie Thermal Interface Materials (TIMs) und Heatpipes oder Flüssigkeitskühlung, um die Temperatur gleichmäßig zu verteilen und Hotspots zu vermeiden.

Ein weiterer kritischer Aspekt ist die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Präzisionsmesssysteme sind äußerst empfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen (EMI), die durch Schaltvorgänge in den Wandlern verursacht werden

können. Hier kommen fortschrittliche Schaltungstechniken wie Spread-Spectrum-Modulation oder frequenzadaptive Schaltregler zum Einsatz, um die Emissionen im nieder- und hochfrequenten Bereich zu reduzieren.

Zudem müssen Filter-Designs auf der Eingangs- und Ausgangsseite der Wandler optimiert werden, um leitungsgebundene und gestrahlte Interferenz zu minimieren. Die richtige Platzierung und Dimensionierung von EMV-Komponenten wie Ferritkernen, Kapazitäten und Gleichtaktrosseln ist entscheidend, um ein optimales EMV-Verhalten sicherzustellen.

Neben dem Wärmemanagement und der EMV ist die Langzeitstabilität der Wandler in der Messtechnik ein wesentlicher Punkt. Wandler müssen über lange Betriebszeiten hinweg sehr



Für messtechnische Anwendungen gibt es eine Vielzahl von speziellen DC/DC-Wandlern.

konstante Ausgangsspannungen liefern, ohne dass Alterungsprozesse wie elektrophysikalische Degradationen von Halbleitern oder die Verschlechterung passiver Bauelemente wie Elektrolytkondensatoren die Spannungsregelung beeinflussen. Eine präzise Spannungsreferenz ist dabei besonders wichtig, da selbst minimale Abweichungen die Messgenauigkeit in anspruchsvollen

Anwendungen wie der Hochfrequenzmesstechnik oder der Spektrumanalyse signifikant beeinträchtigen können. Hier kommen temperaturkompensierte Bauelemente sowie digitale Regelkreise mit adaptiven Algorithmen zum Einsatz, um den Einfluss externer Störfaktoren wie Temperaturänderungen oder Lastsprünge zu minimieren. □

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

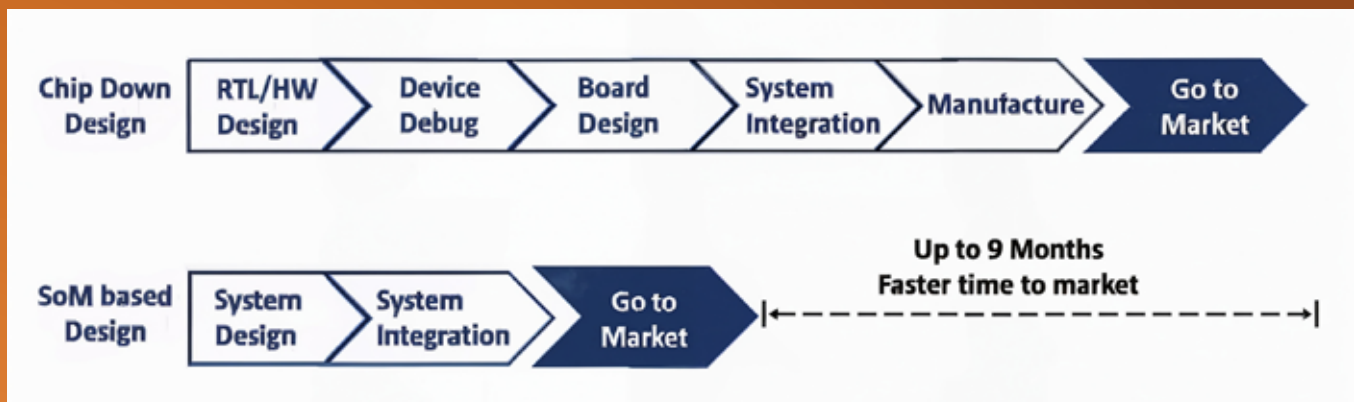


Vorteile von FPGA-SoMs für das FPGA-Systemdesign

Kleine – große Superhelden

Die steigende Nachfrage nach FPGAs wird durch Anwendungen wie Rechenzentren, leistungsstarke Computer und medizinische Bildgebung angetrieben. Traditionelle Chip-Down-Architekturen bieten maßgeschneiderte Lösungen, sind jedoch teuer und zeitaufwendig. Um Entwicklungszeit und Kosten zu reduzieren, setzen immer mehr Unternehmen auf integrierte Lösungen wie Multi-Chip-Module (MCM), System-in-Packages (SiP) und System-on-Modules (SoM).

TEXT: Rolf Horn, DigiKey BILDER: iWave; iStock, yogysic, Aleksandr Grechanyuk



Der Einsatz von SoMs kann die Entwicklungszeit erheblich verkürzen, was zu einer schnelleren Markteinführung führt.

Der FPGA-SoM-Markt expandiert schnell und ermöglicht es einer größeren Anzahl von Anwendern, FPGA-basierte Plattformen einzusetzen. Diese SoMs werden aufgrund ihrer anpassungsfähigen Architektur und ihres benutzerfreundlichen Designs in vielen verschiedenen Anwendungen eingesetzt.

FPGA-SoM - Übersicht

Ein FPGA-SoM ist ein kompaktes Rechenmodul, das im Gegensatz zu eigenständigen Einplatinencomputern in größere Systeme integriert werden kann. Es umfasst wesentliche Komponenten wie Highspeed-DDR-Speicher, Flash-Speicher, Energiemanagement, allgemeine Schnittstellen-Controller und BSP-Software (Board Support Package Software) sowie Unterstützung für Highspeed-Transceiver-Blöcke und mehrere Kommunikationsprotokolle wie Ethernet, USB und PCIe.

Der SoM-Ansatz bietet erhebliche Vorteile, da er ein vorgefertigtes, vorgetestetes Modul mit den wichtigsten Computerteilen und der Software bietet, was die Entwicklungszeit beschleunigt, die Kosten senkt und die Beschaffung von Komponenten vereinfacht. Dadurch können sich die Forschungs- und Entwicklungsteams auf die spezifischen Bedürfnisse ihres Unternehmens konzentrieren, was zu besser vorhersehbaren Entwicklungszyklen und besseren Geschäftsergebnissen führt. Darüber hinaus bieten SoMs Skalierbarkeit und Flexibilität, so dass es einfach ist, Komponenten aufzurüsten oder zu ändern, ohne das gesamte System zu verändern. Durch den Einsatz von SoMs können Unternehmen Produkte den Markt bringen, das Risiko von Konstruktionsfehlern und die Gesamteffizienz verbessern, was sie zu einer

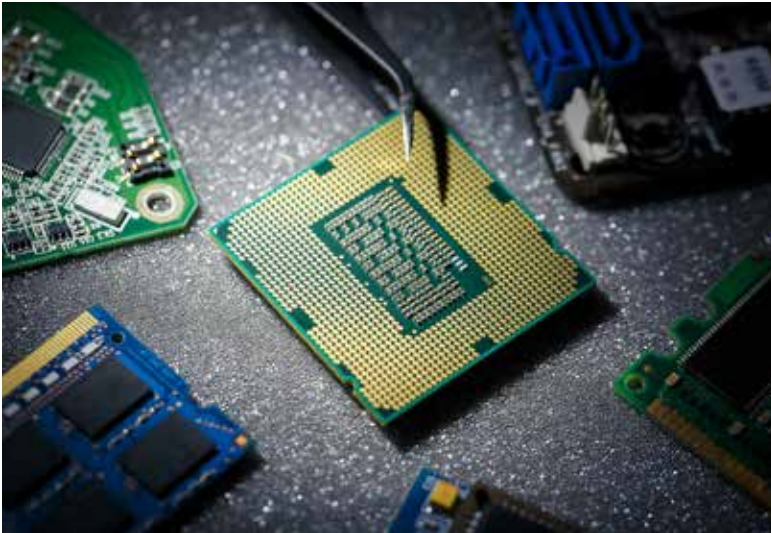
attraktiven Lösung für verschiedene fortschrittliche Anwendungen macht.

Markteinführungszeit

Ein SoM-basierter Ansatz verkürzt die Entwicklungszeit erheblich und ermöglicht so eine schnellere Markteinführung. Da SoMs von Herstellern wie iWave vorab getestet und qualifiziert werden, können diese Module schneller und mit weniger Fehlern in Produkte integriert werden. Durch diese Vorabvalidierung wird sichergestellt, dass die Module hohe Zuverlässigkeits- und Leistungsstandards erfüllen, wodurch umfangreiche interne Tests und Fehlersuche überflüssig werden. Durch den Einsatz von SoMs können Unternehmen ihre Entwicklungszyklen straffen und den Zeit- und Ressourcenaufwand für Design- und Validierungsprozesse reduzieren (Abbildung 1). So können sie sich auf ihr einzigartiges Leistungsangebot und ihre Kernkompetenzen konzentrieren, anstatt sich in der Komplexität der Systemintegration zu verzetteln. Der modulare Charakter von SoMs bietet auch Flexibilität im Entwurfsprozess, so dass Änderungen und Anpassungen auch in späteren Entwicklungsphasen ohne größere Nacharbeiten möglich sind.

Entwicklungskosten und Komplexität

Die Verwendung eines produktionsreifen und qualifizierten SoMs reduziert die Komplexität des FPGA-Systemdesigns erheblich. Durch die Integration von vorab getesteten SoMs in die Produktentwicklung verringern Unternehmen die verschiedenen Risi-



Ein FPGA-SoC bietet verbesserte Modularität und Skalierbarkeit.

ken, die mit Hardware-Designfehlern und Kompatibilitätsproblemen verbunden sind. Dieser Ansatz beschleunigt nicht nur die Markteinführung, sondern reduziert auch die gesamten Entwicklungs- und Qualifikationskosten.

SoMs werden strengen Prüfverfahren unterzogen, darunter strenge Tests zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und verschiedene Umweltbelastungstests wie Temperaturwechsel und Alterung. Durch diese Tests wird sichergestellt, dass die Module rauen Betriebsbedingungen standhalten und gleichzeitig eine zuverlässige Performance erbringen, wodurch der Bedarf an umfangreichen internen Tests und Validierungen des Probanden minimiert wird.

Produktmodularität und Skalierbarkeit

Einer der Hauptvorteile eines SoM-basierten Ansatzes für FPGA-SoC-Lösungen (SoC: System-on-Chip) ist die verbesserte Modularität und Skalierbarkeit. SoMs sind so konzipiert, dass sie eine breite Palette von FPGA-Logikdichten, I/O-Konfigurationen und Transceiver-Funktionen unterstützen. Dank dieser Flexibilität können Produktentwickler ein geeignetes SoM auswählen, das ihren spezifischen Anwendungsanforderungen entspricht, ohne die gesamte Hardware-Architektur neu entwerfen zu müssen.

So kann eine einzelne Trägerplattenarchitektur verschiedene SoM-Konfigurationen aufnehmen, die von kleineren FPGAs mit grundlegenden Funktionen bis hin zu größeren, komplexeren FPGAs mit erweiterten Verarbeitungsfunktionen reichen. Diese Modularität erleichtert die nahtlose Skalierbarkeit und Zukunftssicherheit von Designs und ermöglicht einfache Upgrades auf neuere FPGA-Generationen oder zusätzliche Funktionalitäten, wenn sich die Marktanforderungen weiterentwickeln.

Lieferkette und Produktlebenszyklus im Griff

Das Management der Lieferkette für FPGA-basierte Systeme erfordert die Koordination einer Vielzahl von Komponenten, die von verschiedenen Lieferanten bezogen werden. Ein SoM-zentrierter Ansatz vereinfacht diese Komplexität, indem er die Verantwortlichkeiten für Beschaffung und Lieferkettenmanagement bei SoM-Anbietern wie iWave konsolidiert. Diese Anbieter unterhalten strategische Beziehungen zu den wichtigsten Komponentenlieferanten und setzen proaktive Prognosetechniken ein, um eine gleichbleibende Lieferfähigkeit und wettbewerbsfähige Preise zu gewährleisten. Dieses proaktive Management verkürzt die Vorlaufzeiten, minimiert die Beschaffungsrisiken und optimiert die Bestandsverwaltung, was letztlich zu Kosteneinsparungen und betrieblicher Effizienz für die Unternehmen beiträgt.

Ein effektives Management der Produktlebensdauer (PLM, Product Lifecycle Management) ist entscheidend für die Langlebigkeit und Wettbewerbsfähigkeit von FPGA-basierten Produkten. SoM-Anbieter spielen in dieser Hinsicht eine entscheidende Rolle, indem sie die Veralterung von Komponenten und Markttrends kontinuierlich überwachen. Sie aktualisieren SoM-Designs und -Softwarepakete proaktiv, um neue Funktionen, Verbesserungen und Sicherheitspatches zu integrieren. Dieser proaktive Ansatz mindert die Risiken, die mit der Ankündigung des Endes der Produktlebensdauer (EOL) von Komponenten verbunden sind, gewährleistet eine nahtlose Produktkontinuität und minimiert die Unterbrechung des Kundenbetriebs. Durch die Übertragung von PLM-Aufgaben an SoM-Anbieter können Unternehmen ihre internen Ressourcen auf Innovation und Kernkompetenzen konzentrieren, anstatt sich mit der Verwaltung der Lieferkettdynamik und der Minderung von Risiken im Produktlebenszyklus zu beschäftigen.

Vorteile für die Softwareentwicklung

Die Softwareentwicklung für FPGA-basierte Systeme kann durch SoMs optimiert und beschleunigt werden. Diese Module sind mit vorvalidierten Board-Support-Paketen (BSPs) und Referenzdesigns ausgestattet und bieten eine stabile und standardisierte Softwareentwicklungsumgebung. Entwickler können diese Ressourcen nutzen, um die Entwicklung von Anwendungssoftware zu beschleunigen, ohne die Komplexität der Anpassung von Software an unterschiedliche Hardwarekonfigurationen. Dieser Ansatz verkürzt nicht nur die Entwicklungszyklen, sondern verbessert auch die Zuverlässigkeit und Kompatibilität der Software, so dass sich die Entwickler auf die Optimierung der Anwendungsperformance und -funktionalität konzentrieren können.

iWave bietet ein vielfältiges und umfassendes SoM-Portfolio in Zusammenarbeit mit führenden FPGA-Anbietern wie AMD, Altera und Achronix. Diese Partnerschaft gewährt iWave einen frühzeitigen Zugang zu modernsten FPGA-Technologien, die es dem Unternehmen ermöglichen, eine breite Palette von SoMs und handelsüblichen (COTS) Modulen zu entwickeln, die auf verschiedene Anwendungsanforderungen zugeschnitten sind. Für die Serie Zynq UltraScale+ von AMD bietet iWave beispielsweise

mehrere Optionen wie den iW-RainboW-G35M, iW-RainboW-G30M und iW-RainboW-G47M an, die jeweils unterschiedliche Konfigurationen für verschiedene Leistungsanforderungen bieten. In ähnlicher Weise bietet iWave mit Altera- und Achronix-SoMs wie das Agilex-5-SoC-FPGA iW-RainboW-G58M und das Speedster7T-SoM iW-RainboW-G64M an und stellt damit seine Fähigkeit unter Beweis, verschiedene FPGA-Plattformen zu bedienen.

Fazit

Über das SoM-Portfolio hinaus unterstützt iWave seine Kunden mit einer Reihe von FPGA-Design-Services, darunter Trägerboarddesign, FPGA-IP-Entwicklung, Portierung, Anpassung, Linux- und Board-Support-Paket(BSP)-Portierung, Zertifizierungen und mechanisches Design. Seit seiner Gründung im Jahr 1999 hat sich iWave auf die Entwicklung eingebetteter Systeme spezialisiert und beliefert Branchen wie die Industrie, die Medizintechnik, die Automobilindustrie und die Avionik. Ihr umfangreiches Fachwissen im Bereich FPGA- und SoC-FPGA-Technologien ermöglicht es ihnen, robuste Lösungen anzubieten, die den strengen Industriestandards entsprechen und eine nahtlose Produktentwicklung für ihre weltweite Kundschaft ermöglichen. □



dsPIC33A
200 MHz
32-bit CPU with FPU
10x Faster Analog

dsPIC® Digital Signal Controller der nächsten Generation

Innovation und Präzision bei der Echtzeitsteuerung

Fortschrittliche Echtzeit-Steuerungssysteme erfordern bessere Optimierung, mehr Rechenleistung und breitere Funktionalität. Der neue DSC dsPIC33A von Microchip bewältigt die komplexen Anforderungen bei der Ausführung hochleistungsfähiger Systemdesigns. Er zeichnet sich durch verbesserte Effizienz und Integrationsfähigkeiten aus und führt mehrere Funktionen gleichzeitig aus. Der neue Controller erleichtert die Code-Integration aus modellbasierten Design-Tools mit erhöhtem Fokus auf Sicherheit und Schutz.



microchip.com/dsPIC33A



SICHERHEITSTANDARDS UND VORSCHRIFTEN FÜR
SICHERES EMBEDDED-PRODUKTDESIGN

Mit Sicherheit sicher

Hardwarebasierte Sicherheitslösungen sind für Elektronikentwickler von entscheidender Bedeutung, um die Einhaltung von Vorschriften und den Schutz vor den neuesten Cyber-Bedrohungen zu gewährleisten.

TEXT: Mark Patrick, Mouser Electronics

BILDER: Mouser Electronics; iStock, HiddenCatch





Das PU-50n von Swissbit integriert Hardwaresicherheit über einen USB-Typ-A-Anschluss.

In einer Umgebung, in der sich die Datensicherheit ständig weiterentwickelt, stehen Elektronikentwickler vor der gewaltigen Aufgabe, Systeme zu entwerfen, die nicht nur komplexe Cyber-Bedrohungen abwehren, sondern auch den strengen gesetzlichen und behördlichen Rahmen einhalten. Diese anspruchsvolle Aufgabe ergibt sich aus einer äußerst dynamischen Cyber-Bedrohungslandschaft, in der organisierte Cyberkriminelle immer wieder neue Wege finden, um sensible Daten und kritische Infrastrukturen ins Visier zu nehmen.

Die Cyber-Bedrohungslandschaft ist sowohl breit als auch tief und umfasst verschiedene Arten von Angriffen. Bei Angriffen auf die Lieferkette erlangen böswillige Akteure über Drittanbieter die Kontrolle über die IT-Infrastruktur eines Unternehmens. Ein weiteres weitverbreitetes Problem sind Ransomware-Angriffe, bei denen bösartige Software Dateien verschlüsselt und Geräte und Daten für die Benutzer unzugänglich macht. Zudem stellen Datenschutzverletzungen ein großes Problem dar, da Cyberkriminelle Organisationen ins Visier nehmen, um sensible Informationen zu stehlen, darunter persönliche Daten, Finanzunterlagen und geistiges Eigentum.

Regulatorisches Umfeld für Hardware-Sicherheit

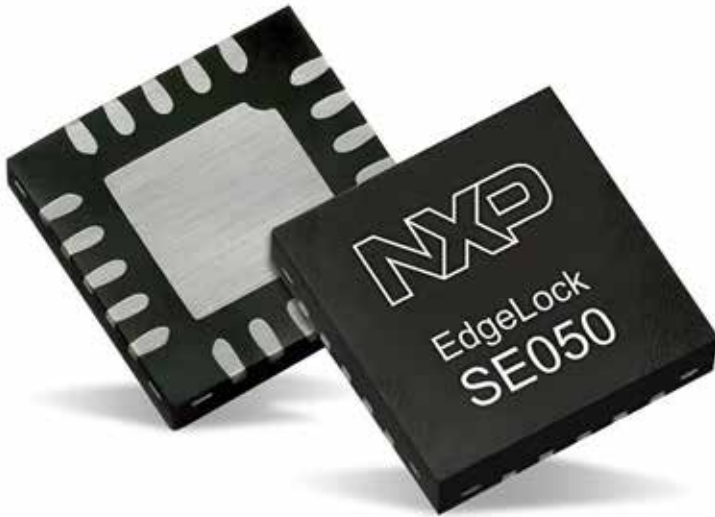
Im Kampf gegen neue Cyber-Bedrohungen setzen Elektronikentwickler zunehmend auf hardwarebasierte Sicherheit. Hardwarebasierte Sicherheit ist ein

Ansatz, bei dem physische Komponenten wie Prozessoren, sichere Chips oder kryptografische Module verwendet werden, um die Systemabwehr gegen Bedrohungen zu stärken. Im Gegensatz zu softwarebasierten Maßnahmen, die sich auf Programme und Algorithmen stützen, sind bei der hardwarebasierten Sicherheit die Sicherheitsmerkmale in die Hardware selbst eingebettet, die aufgrund dieser Embedded-Charakteristik einen physischen Schutz gegen bestimmte Angriffe und Widerstand gegen Manipulationen bietet.

Hardwarebasiertes Systemdesign setzt jedoch ein umfassendes Verständnis des Sicherheits- und Rechtsrahmens voraus, um zu gewährleisten, dass Systeme und Bauteile sicher sind und dass die Endprodukte oder -lösungen den gesetzlichen Anforderungen in vollem Umfang entsprechen. Zu diesen rechtlichen Standards gehören die Cyberresilienz-Verordnung der EU, die ISO/IEC und die DSGVO, um nur einige zu nennen. Betrachten wir also einige der wichtigsten Bestimmungen und Standards, die für den Bereich der hardwarebasierten Sicherheit maßgeblich sind, um zu verstehen, wie sie die Einführung von Sicherheitsmaßnahmen vorantreiben.

Cyberresilienz-Verordnung der EU

Die Cyberresilienz-Verordnung der EU (CRV), die im März 2024 vom Europäischen Parlament offiziell in Kraft gesetzt wurde, soll Verbraucher und Unternehmen schützen, die Produkte mit digitalen Bauteilen kaufen oder verwenden.



Der SE050 von NXP besitzt ein kompaktes HX2QFN20-Gehäuse mit 3 × 3 mm, das nur minimalen Platz auf dem Board beansprucht und sich daher ideal für kompakte IoT-Produkte eignet.

Durch eine Reihe harmonisierter Vorschriften werden Anforderungen an die Cybersicherheit eingeführt, die für die Planung, das Design, die Entwicklung und die Wartung solcher Produkte gelten und auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette eingehalten werden müssen. Ziel ist es, die Cybersicherheit für digitale Produkte auf dem gesamten EU-Markt zu verbessern und die Hersteller während des gesamten Lebenszyklus des Produkts in die Pflicht zu nehmen. Für Entwickler bedeutet dies, dass sie von der Designphase bis zum Ende des Lebenszyklus robuste, durchgängige Sicherheitsmaßnahmen integrieren müssen. Die Einhaltung der CRV hilft den Entwicklern beim Design von Systemen, die komplexen Angriffen standhalten und sowohl Nutzer als auch kritische Infrastrukturen schützen.

ISO/IEC-Normen

Internationale Normen wie ISO/IEC 27001 bieten einen umfassenden Rahmen für das Management von Risiken der Informationssicherheit. Diese Standards helfen Entwicklern bei der Umsetzung bewährter Verfahren für die Sicherheit von Hardware, einschließlich Risikobewertung, Implementierung von Steuerungen und kontinuierlicher Überwachung. Durch die Einhaltung der ISO/IEC-Normen stellen

Entwickler sicher, dass die Hardware-Designs nach den besten Verfahren erstellt werden und wesentliche Merkmale für die Sicherheit enthalten, wie beispielsweise Verschlüsselung, Zugriffskontrolle und sichere Boot-Prozesse. Dadurch wird gewährleistet, dass Sicherheitsaspekte bereits in der Designphase berücksichtigt werden, wodurch die Wahrscheinlichkeit von Schwachstellen, die nach der Implementierung ausgenutzt werden könnten, verringert wird.

Datenschutz-Grundverordnung, die DSGVO

Die Datenschutz-Grundverordnung der EU (DSGVO) legt den Schwerpunkt auf die Rechte der Verbraucher und den Umgang mit Daten und betont den Schutz personenbezogener Daten. Für Hardware-Entwickler bedeutet dies, dass sie Designs entwerfen müssen, die den Datenschutz und die Sicherheit standardmäßig einbeziehen. Dazu gehört die Implementierung von Datenverschlüsselung, sicherem Speicher und robuster Zugriffssteuerung. Die Einhaltung der DSGVO ist auf der Ebene der Applikationen/Dienste gesetzlich vorgeschrieben. Es ist jedoch von entscheidender Bedeutung, dies bereits in der Design-Phase zu berücksichtigen, und die Einbeziehung wesentlicher Bauteile für die

Sicherheit in die Hardwareprodukte kann das Risiko möglicher Datenschutzverletzungen senken.

Die Einbeziehung von DSGVO-Grundsätzen in das Hardware-Design kann das Vertrauen der Nutzer stärken, da sie wissen, dass ihre Daten nach den höchsten Standards für Datenschutz und Sicherheit behandelt werden. Dieser proaktive Ansatz erleichtert auch die Durchführung von Audits und behördlichen Überprüfungen und kann den Zeit- und Ressourcenaufwand für die Einhaltung der Vorschriften verringern.

Wichtige Bausteine für hardwarebasiertes Design

Sicherheits- und Rechtsrahmen liefern die Grundlagen für effektive hardwarebasierte Sicherheit in elektronischen Systemen und Bauteilen. Die Einhaltung dieser Grundsätze kann dazu führen, dass erstklassige Produkte mit integrierter, moderner Sicherheit entstehen. Bei der Entscheidung zwischen Software- und Hardware-Sicherheit bieten hardwarezentrierte Maßnahmen bestimmte Vorteile, die softwarebasierten Ansätzen möglicherweise fehlen. Zu diesen Vorteilen zählen:

- Größere Widerstandsfähigkeit gegen Angriffe: Dies ist auf die Tatsache

zurückzuführen, dass der Einsatz auf einer niedrigeren Ebene erfolgt, unabhängig von potenziell anfälligen Software-Schichten.

- Beschleunigung der Verschlüsselungsprozesse: Dies gewährleistet eine schnellere und sicherere Datenverarbeitung.
- Fähigkeit, kritische Funktionen zu isolieren: Dies verhindert unbefugten Zugriff, selbst im Falle einer Kompromittierung der Software.

Immer mehr Entwickler sind auf der Suche nach qualitativ hochwertigen Bauteilen, um ein hardwarebasiertes Sicherheitsdesign zu implementieren und die strengen gesetzlichen und behördlichen Auflagen zu erfüllen. Diese Anforderung wird von einem breiten Bereich von Technologieanbietern erfüllt, darunter Analog Devices, Microchip Technology, NXP Semiconductors und STMicroelectronics, die sich zum Ziel gesetzt haben, die Bausteine für eine hochmoderne hardwarebasierte Cybersicherheit bereitzustellen.

Für Entwickler, die sichere IoT-Geräte entwerfen möchten, bietet beispielsweise

NXP Semiconductors mit seiner Produktfamilie EdgeLock SE050 Plug and Trust Secure Element eine erstklassige, nach Common Criteria EAL 6+ und FIPS 140-2 zertifizierte Sicherheit. Die zertifizierte Sicherheit bietet starken Schutz gegen mehrere Angriffsmethoden sowie einen erweiterten Funktionsumfang für einen breiten Bereich von IoT-Applikationen. Dieses gebrauchsfertige Sicherheitselement für IoT-Bauteile bietet ein Root-of-Trust auf IC-Ebene, das als Eckpfeiler für die Schaffung einer sicheren Grundlage für die Authentifizierung von Geräten dient, was insbesondere im Kontext von IoT und verbundenen Systemen von entscheidender Bedeutung ist. Es bietet absolute End-to-End-Sicherheit – von der Edge bis zur Cloud – ohne Implementierung von Sicherheitscode oder Verwendung kritischer Schlüssel und Zugangsdaten.

Alternativ dazu bieten die 32-Bit-Mikroprozessoren SAMA5D4 von Microchip Technology hochwertige hardwarebasierte Sicherheit sowie eine große Auswahl von Core-Funktionen. Diese MPUs basieren auf dem leistungsstarken und energieeffizienten Arm® Cortex®-A5-Prozessor,

unterstützen Grafikverarbeitung, bieten einen großen Bereich an Kommunikationsausgängen mit bis zu 152 E/As und verfügen über integrierte Kryptografie- und Microchip Secure Boot-Fähigkeiten. Es handelt sich um hochintegrierte Lösungen, die für einen optimalen Funktionsumfang entwickelt wurden, ohne die Sicherheit zu beeinträchtigen. Diese MPUs eignen sich ideal für Applikationen wie smarte Umrichter und HMIs, die häufig als Produkte der Klasse II der CRV eingestuft werden.

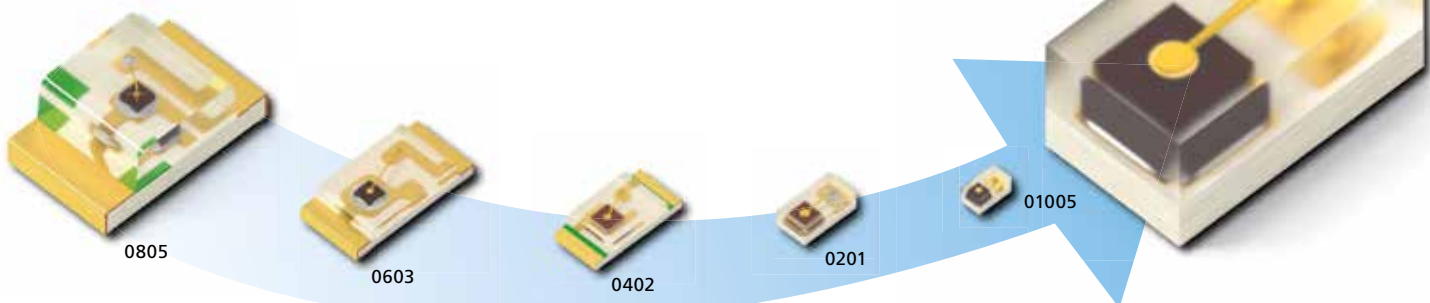
Eine weitere flexible und sichere Lösung ist das Hardware-Sicherheitsmodul PU-50n iShield USB von Swissbit. Diese USB 3.1 Solid-State-Flash-Laufwerke mit USB-Steckverbinder vom Typ A sind für die sichere Speicherung und Verwaltung von kryptografischen Schlüsseln ausgelegt. Das PU-50n ist ein Plug-and-Play-USB-Sicherheitsanker, der es Systemintegratoren ermöglicht, bestehende AWS IoT Greengrass-Produkte mit einem Hardware-Sicherheitsmodul aufzurüsten. Diese Eigenschaft macht es zur perfekten Wahl für die Nachrüstung von fertigen Hardware-Designs und Geräten, die bereits im praxisnahen Einsatz sind. □

Kingbright

■ Quality ■ Efficiency ■ Innovation ■ First-class service

Kingbright's new KPG-0402 series

01005 SMD CHIP LED



Product Features:

- 0.45 mm X 0.25 mm SMD LED, 0.2 mm thickness • Low power consumption • Wide viewing angle
- Compatible with automatic placement equipment • Moisture sensitivity level: level 2 • Halogen-free • RoHS compliant



Interview mit Timo Liukko, Chairman von Small Data Garden

Gutes Klima mit smarten Sensorsystemen

Mit einer Smart-Sensor-Netzwerklösung lassen sich beim Klima Energieeinsparungen von bis zu 20 Prozent erreichen und Wartungskosten um 30 Prozent senken. Timo Liukko, Chairman von Small Data Garden und Partner von Renesas, berichtet über die Herausforderungen und Möglichkeiten, die sich bei der Ausstattung moderner Überwachungs- und Kontrollsysteme für die Luftqualität mit intelligenten IoT-Komponenten und Cloud-Datendiensten ergeben.

DAS INTERVIEW FÜHRTE: Renesas; Bernhard Haluschak, E&E **BILD:** Small Data Garden

Wann wurde Small Data Garden gegründet?

Im Jahr 2017 haben wir als Team damit begonnen, Belüftungssysteme durch die Implementierung moderner Umweltsensoren zu verbessern. Die Installation war kompliziert und erforderte das Verlegen von Kabeln, das Bohren von Löchern und den Anschluss einer Reihe von dezentralen Schaltkästen. Es war ein aufwändiger Prozess.

Wir erkannten, dass die Lösung in einer kabellosen Alternative mit großer Reichweite liegt. Also haben wir einige Tests durchgeführt und Prototypen entwickelt. Unsere Kunden und Investoren waren alle sehr daran interessiert, was wir taten. Als wir dann begannen, unser Geschäft zu skalieren, war es wichtig, sehr gute und zuverlässige Partner wie Renesas an unserer Seite zu haben. Renesas zeichnet sich durch sein leistungsstarkes Sensorportfolio aus, mit dem sich neue Märkte erschließen lassen.

Warum fokussieren Sie sich im Bereich Sensorik und Datenerfassung auf diesen speziellen Markt?

Wir konzentrieren uns stark auf den Wohnungsmarkt, weil das ein Schwerpunkt in Nordeuropa ist. Der Grund dafür sind die rauen Wetterbedingungen und die kalten Winter, die hochwertige Materialien erfordern, die wir für extrem energiesparende Gebäude benötigen. Dies ist auch eine Herausforderung für die Belüftung der Gebäude, um witterungsbeständig zu sein.

Schon früh in der Testphase unserer Technologie haben wir eine spezielle Anwendung für die Logistik und Überwachung des Gesundheitszustands von Rentierherden entwickelt. In Finnland gibt es etwa 200.000 Rentiere, die täglich und bei jedem Wetter überwacht werden müssen.

Das ist für uns zwar nur ein Nischenbereich. Aber wir haben viel dabei gelernt und konnten es auf die Bauindustrie übertragen: Um Rentierherden aufzuspüren, braucht man eine sehr gute Funktechnologie und sehr gute Sensoren, die unter den verschiedensten rauen Umgebungsbedingungen zuverlässig einsetzbar sind. Auch die Sensoren selbst müssen lange funktionieren. Bei unserer Sensortechnologie ist in der Regel fünf Jahre lang kein Austausch und keine Wartung erforderlich.

Überwachungs- und Kontrollsysteme für die Luftqualität lassen sich mit intelligenten IoT-Komponenten einfach realisieren.



Erzählen Sie uns mehr über die Lösungen Ihres Unternehmens.

Schlechte Luftqualität in Innenräumen beeinträchtigt das Wohlbefinden der Bewohner, den Wert der Immobilie, die Energieeffizienz und kann die Produktivität am Arbeitsplatz einschränken. Unser wachsendes Angebot an intelligenten Sensorlösungen erfasst eine Vielzahl von Umgebungsveränderungen in Bezug auf Luftqualität, CO₂-Gehalt, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und das Vorhandensein flüchtiger organischer Verbindungen. Sie finden unsere Produktfamilie IOTSU VARMA Indoor Air Quality in allen Bereichen, von Privatwohnungen und Büros bis hin zu öffentlichen Gebäuden. Damit stellen wir unser Know-how unter Beweis, mehrere Sensoren in einem Gerät zu kombinieren und dabei hohe Messstandards sowie eine lange Batteriebensdauer zu gewährleisten. Die Gassensoren von Renesas eignen sich dafür bestens.

Wie unterscheidet sich Ihr Unternehmen von konkurrierenden Lösungen für die Luftqualität in Innenräumen und Gebäuden?

Wir haben erkannt, dass wir unseren Kunden einen Mehrwert bieten und zeigen müssen, dass wir mehr sind als nur ein reiner Boxenlieferant. Um die Zeit bis zur Marktreife und Markteinführung zu verkürzen, war uns klar, dass wir nicht zu viele Zwischeninstanzen wie Systemintegratoren oder Datenmanagement-Dienstleister haben dürfen. Deshalb haben wir intelligente Geräte und Alarmer für die Umgebungsüberwachung hinzugefügt, die einfach zu steuern, zu messen und zu handhaben sind. Um näher an den Bedürfnissen unserer Kunden zu sein, haben wir begonnen, Dienstleistungen für die Datenauswertung und Datendarstellung sowie für ein optimales Sensormanagement anzubieten, um die gesamte Palette an Sensoren zu unterstützen. So konnten wir intelligente Komponenten und komplette Gerätelösungen bereitstellen. Heute bieten wir auch eine Reihe von Cloud-Diensten an, die unseren Kunden Daten in Echtzeit und wöchentliche Berichte über den Gebäudezustand liefern, ein System mit direktem Feedback.

Sie haben damit eine schlüsselfertige Geräte- und Servicelösung entwickelt. Was kommt als nächstes?

Nach den Sensornetzwerken und den Datendiensten besteht der dritte Schritt in der Einführung von Diensten, die nicht nur Daten verfolgen, sondern auch verwertbare, automatische Rückmeldungen liefern. Wenn beispielsweise ein Sensor einen Alarm auslöst, wollen wir diese Information auf einfache Weise übertragen, damit das Lüftungssystem den Abluftventilator entsprechend >

- > hochfahren kann. Meldet der Sensor, dass die Luftqualität wieder innerhalb der vorgeschriebenen Grenzwerte liegt, schaltet die Lüftungsanlage wieder zurück. Solche intelligenten Vernetzungen erhöhen den Nutzen unserer Mehrwertdienste und IoT-Lösungen.

Das Thema Luftqualität wird immer wichtiger für die Immobilienbranche, die mit Hochdruck an der Definition und Festlegung von Standards arbeitet. Was bedeutet diese Entwicklung für Small Data Garden?

Selbst innerhalb der Europäischen Union gibt es eine Vielzahl von Normen und Vorhaben. Wir sind in der glücklichen Lage, viele dieser Herausforderungen vorwegnehmen zu können, indem wir mit Kunden aus verschiedenen Regionen sprechen, um ihre individuellen Bedürfnisse wirklich zu verstehen und bestmöglich zu erfüllen. Dazu müssen wir natürlich eng mit Partnern zusammenarbeiten. Dadurch stellen wir sicher, unseren Kunden die erforderlichen Testumgebungen sowie Zertifizierungs- und Dokumentationsverfahren zur Verfügung stellen zu können.

„Wir haben erkannt, dass wir unseren Kunden einen Mehrwert bieten und zeigen müssen.“

Wie kam es zur Zusammenarbeit mit Renesas als Entwicklungspartner?

Wir haben nach den besten Partnern und Technologien gesucht. Renesas empfahl sich als Anbieter von Sensoren, die energieeffizient, flexibel, einfach zu implementieren und zu testen sind. Außerdem ist keine Kalibrierung erforderlich. Darüber hinaus stand uns das technische Support-Team von Renesas mit Rat und Tat zur Seite.

Wir haben uns für den Raumluftqualitätssensor ZMOD4410 von Renesas entschieden. Dieser zeichnet sich durch eine Lebensdauer von mehr als 10 Jahren und eine einfach konfigurierbare Firmware-Architektur aus. Diese steht zum Download aus einer der Firmware-Bibliotheken von Renesas bereit. Der Sensor ist KI-fähig, d. h. er passt sich kontinuierlich an sich ändernde Umgebungsbedingungen an, ohne dass eine Neukalibrierung wie bei anderen Luftqualitätssensoren erforderlich ist. Diese automatische Anpassungsfähigkeit war für uns sehr wichtig.

Wie sieht die Zukunft von Small Data Garden in den nächsten Jahren aus?

Wir kennen den skandinavischen und europäischen Markt sehr gut. Die gleichen Anforderungen an die Umgebungs- und Innenraumluftqualität sind auch in anderen Märkten, einschließlich der USA, zu beobachten. Wir sehen ein wachsendes Bewusstsein dafür, dass die Raumluftqualität eine wichtige Komponente der Nachhaltigkeit wird. Dies lässt sich nur mit einer verlässlichen, automatisierten Datenerfassung, -analyse und -darstellung erreichen. Der Markt ist dafür bereit. Es ist jetzt an der Zeit, zu investieren und unsere Dienstleistungen auszubauen. □



ELEKTRONIKKÜHLUNG

VON DER KUNDENFORDERUNG BIS ZUM
FERTIGEN PRODUKT ... mehr ab Seite 46

TITELBILD-SPONSOR: FISCHER-ELEKTRONIK

3D-Temperatursimulation für
die Elektronikentwicklung S. 50

Effizientes Kühlkonzept für
Laserdioden nutzen S. 54

Mit Lüftern die Lebensdauer
von Elektronik verlängern S. 59



Kühlkörper, Gehäuse und Steckverbinder Made in Germany

VON DER KUNDENFORDERUNG BIS ZUM FERTIGEN PRODUKT

Die zunehmende Miniaturisierung und Leistungsdichte moderner Elektronik stellt Entwickler vor immer komplexere Herausforderungen in den Bereichen Wärmemanagement und Verbindungstechnik. Präzise ausgewählte Kühlkörper, Gehäuse und Steckverbinder bieten Lösungen, um thermische Probleme effektiv zu lösen und zuverlässige elektrische Verbindungen herzustellen.

TEXT: Fischer Elektronik; Bernhard Haluschak, E&E BILDER: Fischer Elektronik; publish-industry

Die wachsende Leistungsfähigkeit und Miniaturisierung von Halbleitern und anderen elektronischen Bauteilen führt zu einer signifikanten Erhöhung der thermischen Belastung. Um die Lebensdauer und Effizienz dieser Komponenten zu gewährleisten, ist ein effektives Wärmemanagement essenziell. Eine der bewährtesten Methoden ist die Nutzung von Kühlkörpern, die zumeist aus hochleitfähigen Materialien wie Aluminium oder Kupfer gefertigt werden. Diese Materialien bieten eine hohe Wärmeleitfähigkeit bei überschaubaren Kosten, was sie ideal für den Einsatz auch in Hochleistungsanwendungen macht.

Strangkühlkörper sind in diesem Zusammenhang eine besonders gängige Lösung. Dank der präzisen CNC-Bearbeitung können diese Kühlkörper in verschiedenen Größen und kundenspezifischen Geometrien hergestellt und bearbeitet werden. Zudem bieten sie die Möglichkeit der Oberflächenveredelung, etwa durch Schwarzeloxieren, um den thermischen Widerstand zu minimieren und die mechanische Stabilität zu erhöhen.

In der Leistungselektronik zum Beispiel kommen Kühlkörper in Miniaturgröße bis hin zu komplexen Flüssigkeitskühlern zum Einsatz. Das ausgewählte Kühlkörperkonzept zeichnet sich stets durch eine hohe Oberflächengüte auf der Montageseite sowie auf eine für den Anwendungsfall optimierte Kühlkörpergeometrie aus. Die Möglichkeit der Halbleitermontage mittels Schrauben, wärmeleitenden Klebern oder aber Klammern sorgt dafür, dass die thermische Anbindung am

Kühlkörper besonders effizient gestaltet werden kann. Hierzu wird zudem empfohlen, ein langlebiges wärmeleitfähiges Material zwischen Halbleiter und Kühlkörper anzuwenden, um Luftpfeilschlüsse zu eliminieren.

Aktives Wärmemanagement durch Lüfteraggregate oder Flüssigkeitskühler

Während passive Kühlkörper bei moderater Wärmelast ausreichen, wird bei höheren Anforderungen oft auf aktive Kühlmethoden, wie Lüfteraggregate, oder Flüssigkeitskühlkörper zurückgegriffen. Lüfteraggregate nutzen Axial-, Diagonal- oder Radiallüftermotoren, um den Luftstrom gezielt über die Oberfläche der Kühlkörper zu leiten und so die Wärmeabfuhr erheblich zu beschleunigen. Durch die strömungsoptimierte Rippengeometrie dieser Kühlkörper kann der Luftstrom maximal genutzt werden, was den thermischen Widerstand weiter reduziert.

Flüssigkeitskühler nutzen ein geschlossenes Kreislaufsystem, um die Kühlflüssigkeit mittels Pumpe vom Hotspot zum entfernten Rückkühler zu führen. Ihre Leistungsgrenzen erreichen dabei nicht selten hohe dreistellige Kilowatt Leistungen.

Besonders bei der Entwärmung von Prozessoren und Leistungshalbleitern ist eine aktive Kühlmethode häufig erforderlich. Kühlkörper zum Beispiel in Embedded-Systemen bieten in Verbindung mit Lüftern oder Flüssigkeitskühlern einen sehr guten thermischen Wirkungsgrad. Das jeweilige System ist so

Fischer Elektronik hat die Auszeichnung "Weltmarktführer" im Bereich elektromechanische Komponenten erhalten. Diese unterstreicht die internationale Qualitäts- und Technologieführerschaft des Unternehmens.



ausgelegt, dass es eine gleichmäßige Wärmeverteilung gewährleistet, thermische Reserven aufweist und sich durch mechanische Stabilität auszeichnet.

Gehäusetechnologien und EMV-Schutz

Gehäuse dienen nicht nur dem mechanischen Schutz elektronischer Komponenten, sondern spielen auch eine wesentliche Rolle im thermischen Management und EMV-Schutz. Aluminiumgehäuse, die sowohl in Standardausführungen als auch in kundenspezifischen Varianten verfügbar sind, bieten dank möglicher integrierter Kühlrippen eine zusätzliche passive Kühlfunktion. Zudem können Gehäuse durch leitfähige Oberflächen wie Surtec 650 auch zur Abschirmung elektromagnetischer Störungen (EMV) beitragen. Für Entwickler, die an Hochleistungsgeräten arbeiten, bieten 19-Zoll-Systemgehäuse und Einschubkassetten eine modulare standardisierte Plattform, die sowohl mechanische Stabilität als auch Flexibilität in Bezug auf den Einbau von Bauteilen und Leiterkarten gewährleistet. Mit optional integrierten Modulschienen und Führungsschienen ist es möglich, unterschiedliche Bauhöhen und Unterteilungen für den Anwendungsfall individuell anzupassen. Die später sichtbaren Frontplatten werden dabei häufig kundenspezifisch bearbeitet und bedruckt.

Präzise Verbindungstechnik

Neben dem thermischen Management und dem Schutz der Elektronik spielt die zuverlässige elektrische Verbindung eine zentrale Rolle in der Entwicklung von Elektroniksystemen. Stift- und Buchsenleisten, die in Einlöt-, SMD- und Einpress-technik verfügbar sind, bieten eine robuste Verbindungslösung für Leiterplatten. Die verschiedenen Rastermaße (1,27 mm, 2 mm, 2,54 mm) ermöglichen eine flexible Anpassung an unterschiedliche Leiterplattenlayouts. Hierbei ist die Wahl der passenden Kontaktoberfläche wie verzinkt, vergoldet oder

selektiv entscheidend für die Leitfähigkeit und Langlebigkeit sowie den Steckzyklen der Verbindung. Ein wesentlicher Vorteil moderner Verbindungstechniken ist die automatisierte Fertigung sowohl bei der Herstellung als auch der späteren Weiterverarbeitung. Spezielle Verpackungen wie Tape & Reel oder Stangenmagazine sind für die vollautomatische Bestückung optimiert. Dies reduziert nicht nur die Fertigungskosten, sondern erhöht auch die Zuverlässigkeit der Verbindungen durch ein automatisiertes und kontrolliertes Handling.

Qualitätsmanagement und Umweltstandards

Die Sicherstellung einer konstant hohen Qualität ist in der Elektronikwelt erfolgsentscheidend. Qualitätssicherungsmaßnahmen, die sich durch den gesamten Produktionsprozess ziehen, garantieren die Einhaltung internationaler Standards. Somit wird sichergestellt, dass sowohl die Produktqualität als auch die Einhaltung der technischen Eigenschaften stets gewährleistet sind.

Fazit

Für Entwickler in der Elektronik ist das effektive Management von Wärme, Schutz und elektrischen Verbindungen eine zentrale Herausforderung. Präzise gefertigte Kühlkörper, anwendungsspezifische Gehäuse und zuverlässige Verbindungstechnologien, wie sie Fischer Elektronik bietet, erfüllen die Anforderungen an moderne und leistungsfähige Anwendungen. Insbesondere die Möglichkeit zur kundenspezifischen Anpassung, kombiniert mit schnellen Produktions- und Lieferzeiten, erlaubt es Entwicklern, flexibel und effizient auf spezifische Anforderungen einzugehen. Die jüngste Auszeichnung aus Südwestfalen zum „Weltmarktführer“ unterstreicht die internationale Technologieführerschaft und die hohe Produktqualität des Unternehmens in dem Umfeld der elektromechanischen Komponenten. □



Interview mit Patrick W. Fischer, CEO von Fischer Elektronik

Maßgeschneiderte Kundenlösungen

Maßgeschneiderte Kühlkörper, anwendungsspezifische Gehäuse und hochpräzise Steckverbinder, sorgen für eine sichere thermische, mechanische und elektrische Integration elektronischer Komponenten in unterschiedlichsten Anwendungen. In unserem Interview erläutert Patrick W. Fischer, Geschäftsführer von Fischer Elektronik, das Erfolgsgeheimnis des Familienunternehmens.

DAS INTERVIEW FÜHRTE: Bernhard Haluschak, E&E **BILD:** Fischer Elektronik

Fischer Elektronik ist bekannt für seine innovativen Lösungen im Bereich Kühlkörper, Gehäuse und Steckverbinder. Wie schaffen Sie es, in einer so schnelllebigen Branche konstant auf höchstem Niveau zu produzieren?

Das Unternehmen Fischer Elektronik wurde kürzlich als Weltmarktführer elektromechanischer Komponenten ausgezeichnet. Was bedeutet diese Auszeichnung für Sie persönlich und für das Unternehmen?

In welchen Bereichen sehen Sie aktuell die größten Herausforderungen und Chancen in der Elektronik-kühlung?

Unser Erfolg basiert auf einer Kombination aus Erfahrung, Innovationskraft und Kundenorientierung. Seit unserer Gründung 1968 setzen wir auf kontinuierliche Forschung und Entwicklung, um neue, effiziente Lösungen für das Wärmemanagement der Gehäusetechnik und der Verbindungstechnik zu bieten. Dank unserer hohen Fertigungstiefe können wir nicht nur Standardlösungen anbieten, sondern auch maßgeschneiderte Produkte entwickeln, die exakt auf die Bedürfnisse unserer Kunden abgestimmt sind. Moderne Fertigungsprozesse und die enge Zusammenarbeit unserer 20.000 Kunden mit unserer Entwicklungsabteilung ermöglichen es uns, schnell auf neue Anforderungen zu reagieren und höchste Qualitätsstandards zu garantieren.

Diese Auszeichnung erfüllt mich und unser gesamtes Team mit enormem Stolz. Sie ist nicht nur eine Bestätigung unserer jahrelangen Arbeit, sondern auch ein Zeichen dafür, dass unsere Leidenschaft und unser Engagement weltweit Anerkennung finden. Fischer Elektronik steht seit jeher für Qualität, Innovation und Kundenorientierung, und diese Ehrung zeigt uns, dass wir auf dem richtigen Weg sind. Es ist beeindruckend zu sehen, wie sich unsere Vision, hochwertige Kühlkörperlösungen zu entwickeln, von einem regionalen Ansatz zu einer globalen Spitzenposition entwickelt hat. Nicht selten entwickeln wir neue Standards, welche global auch von anderen Herstellern kopiert werden. Für mich persönlich ist es ein emotionaler Moment, da ich weiß, wie viel Herzblut und Einsatz alle unsere Mitarbeiter täglich in ihre Arbeit stecken und was meine Familie in drei Generationen seit nunmehr sechs Jahrzehnten antreibt. Zugleich erinnert uns diese Auszeichnung daran, niemals stillzustehen, sondern weiterhin innovativ zu bleiben. Sie motiviert uns, die Welt der Elektronik noch effizienter, nachhaltiger und zukunftsfähiger zu gestalten.

Die Miniaturisierung und Leistungsdichte moderner Elektroniksysteme stellt Entwickler vor große Herausforderungen. Hier sehen wir enormes Potenzial in der weiteren Optimierung des Wärmemanagements und der Verbindungstechnik. Die Nachfrage nach kompakten, leistungsfähigen Lösungen wächst, und genau hier liegt unsere Stärke. Mit unseren innovativen Kühlkörpern, Gehäusen und Steckverbindern bieten wir Entwicklern im Austausch mit unserem Team die Möglichkeit, innovative Systeme zu realisieren. Gleichzeitig sehen wir großes Potenzial im Bereich der Nachhaltigkeit, wo wir durch effizientere Produktionsmethoden und umweltfreundliche Materialien einen wertvollen Beitrag leisten können. □

fischer

elektronik

kühlen schützen verbinden

Anschrift

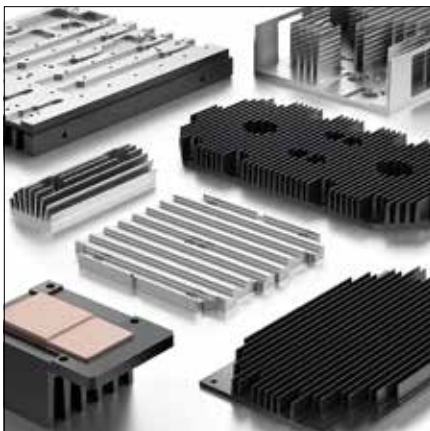
Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
 Nottebohmstraße 28
 58511 Lüdenscheid, Germany
 T +49/2351/435-0
 F +49/2351/45754
 info@fischerelektronik.de
 www.fischerelektronik.de

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. □



3D-TEMPERATURSIMULATION IST NICHT MEHR WEGZUDENKEN

Von der Vision zur Realität

In den letzten 25 Jahren hat sich CFD-Software von einer akademischen Spielerei zu einem unverzichtbaren Werkzeug in der Elektronikentwicklung entwickelt. Die Software ermöglicht präzise Temperatur- und Strömungsberechnungen, die in den Designprozess integriert werden können. Dank innovativer Schnittstellen und wachsender Hardwareleistung rückt die Vision einer "One-Button-Solution" immer näher.

TEXT: Tobias Best, Alpha-Numerics BILDER: Alpha-Numerics; iStock, mikkellwilliam

Im Laufe der letzten 25 Jahre mauserte sich diese Art von Spezialsoftware (CFD = Computational Fluid Dynamics, was soviel heißt wie „Berechnung und Vorhersage des Temperaturverhaltens und der Fluidbewegung in einem fest bestimmten Berechnungsraum, wie zum Beispiel einer Klimakammer) von einem kaum anwendbaren akademischen Algorithmus der Wissenschaft zu einem in der Elektronikentwicklung täglich einsetzbaren Analysewerkzeug. Dabei wurde die Leistung solcher Software meist nur von der am Markt verfügbaren Hardware und den Möglichkeiten des Betriebssystems (erst 16 bit, dann 32bit und nun 64bit) eingeschränkt. Die Vision, eine „One-Button-Solution“ mit dem Namen „Thermal Solve“ zu generieren, wurde zum Antreiber dieser Industriesparte. Viele Lösungsansätze sind hierzu auf dem Markt zu finden. Die Einen schwören auf die 100-prozentige Integration dieser Analysefunktion in ihrer CAD-Welt, andere versprechen eine virtuelle Werkbank verschiedener Analysewerkzeuge, welche auf nur ein Urmodell zurückgreifen. Dritte bieten Werkzeuge mit umfangreicher Anbindung in die CAD- (Konstruktion) und EDA-Welt (PCB-Routing) an und konzentrieren den Fokus auf die Aufgabenstellung, der Temperatur- und Strömungsberechnung.

Diese dritte Art der Analysewerkzeuge zeichnet sich durch ihren Fokus durch einfache Bedienbarkeit, effiziente industriespezifische Modellierungsmöglichkeiten sowie einer stabilen und schnellen Berechnung aus. Hier ist im Speziellen die Software CelsiusEC, bisher bekannt als 6SigmaET, zu nennen.

CelsiusEC ist ein branchenspezifisches CFD-Simulationswerkzeug. Dies bedeutet, dass sich alle Modellierungsmöglichkeiten, alle Automatismen sowie selbst der CFD Solver sich auf die Aufgabenstellung für Entwickler im Elektronik-Gerätesektor konzentrieren.

Die Kunst ist es, den Mix aus Automatismen, Integration und Solverleistung so zu komponieren, dass ein ausgebildeter Ingenieur binnen weniger Stunden zu aussagekräftigen Simulationsergebnissen über den thermischen Charakter seines Produktes kommt. Es gibt keine perfekte Lösung, welche auf alle Anforderungen im gesamten Elektronikumfeld passt, aber durch die stetig wachsende PC-Leistung am Arbeitsplatz wachsen auch zukünftig die kleinen automatischen Helfer in solch einem Analysewerkzeug, welche es dem Ingenieur immer leichter machen, sein Produkt virtuell fehlerfrei abzubilden. Waren bisher noch wenige Millionen Lösungszellen an einer Workstation kaum handhabbar, so bieten heutige Systeme mit 64bit



und Unmengen an Arbeitsspeicher einer starken CPU und GPU und Parallelisierung die Basis, um komplette Elektronikgeräte in CAD-realer Geometrie numerisch aufzulösen und in einer überschaubaren Zeit vollständig zu berechnen.

Aber eine tägliche, effiziente Nutzung einer CFD-Software parallel zu den Designänderungen aus der mechanischen Konstruktion und der Hardwareabteilung ist ohne einen smarten Datenaustausch kaum zu realisieren.

Da wir nicht nur von der thermischen Simulation eines Kühlkörpers mit wenigen angebotenen Wärmequellen sprechen, sondern auch detaillierte Geräte mit mehreren detaillierten Leiterplatten, integrierten Lüftern, Heatpipes und komplexer Gehäusegeometrie analysieren und optimieren möchten, ist ein intelligenter Filter Grundvoraussetzung, um die Datenflut schon beim Import zu bändigen und in eine brauchbare Form zu bringen.

Auch sollten verschiedene Schnittstellen für den CAD-Import bereitgestellt werden. Warum? Ganz einfach, weil eine Step-Datei aus verschiedenen Designtools oft eine sehr unterschiedliche Datenqualität aufweist und dadurch schon gewisse



Mit einer Simulation lassen sich kritische thermische Belastungen frühzeitig erkennen und beheben.

Modellfehler (fehlende Objekte, offene Flächen oder komplett beschädigte Modellgeometrie) mit sich bringt.

Eine gute und qualitativ hochwertige Schnittstelle ist Parasolid, welche zusätzlich neben dem in der Step-Datei übergebenen CAD-Konstruktionsbaum auch die Objektfarben und Materialdaten mit übergibt. Aber auch native Schnittstellen zu allen gängigen Konstruktionswerkzeugen können dem Simulationsspezialisten das Leben erleichtern.

Während des Importvorgangs kann bei intelligenten Schnittstellen noch ein „Sanity Check und Healing“ vorgenommen werden, was meist die Datenqualität stark verbessert. Ist das CAD-Modell importiert, kann dieses über einen eigenen Editierbereich (ACIS-Kernel) noch den eigenen Bedürfnissen angepasst werden (Über Filter, die komplexe Geometrie vereinfachen, oder eventuelle kleine Anpassungen für die angestrebte optimierten Kühlwege).

Der Import der Hardwaredaten aus dem Platinen-Design ist weitaus vielschichtiger. Im Gegensatz zur mechanischen Konstruktion ist eine Platine in ihrer Form nicht erst grob und wird nur feiner und komplexer designed – eine Leiterplatte wird über deren Designprozess mehr und mehr in ihrer Funktionsweise vervollständigt (Komponentenauswahl und Routing) und bietet erst mit dem finalen Routing die endgültigen thermischen Kontakte und Wärmewege in dem Lagenaufbau. Somit muss ein früher Datenimport Möglichkeiten anbieten, mit wenigen PCB-Details schon ein brauchbares Simulationsmodell aufbauen zu können.

Ein erstes grobes Platinen-Modell für eine thermische Simulation beinhaltet zum Beispiel nur die Position der Komponenten auf einer geometrisch in ihren Umrissen definierten

Leiterplatte (Schnittstellen hierfür: IDF oder STEP) und einer über ein Menü vordefinierten Lagenschichtung (zum Beispiel 8 Signallagen á 0,035mm dicke mit je 80 Prozent Kupferanteil). Mit diesen ersten Annahmen können thermische Simulationen schon Genauigkeiten in der Vorhersage von +/- 5-10 Prozent zur späteren Messung erreichen.

Steht aus der Hardwareabteilung schon ein funktionsfertiges Platinendesign zur Verfügung, kann dieses detailliert via IPC2581 oder ODB++ Schnittstelle mit allen nötigen Details eingelesen werden. Hierdurch können per Mausklick alle Leiterbahnen, Bohrungen, Vias (ob Micro-Vias oder durchgehendes Via, gefüllt oder nur geplated) und plazierte Komponenten direkt in das Simulationsmodell importiert werden. Lediglich der Import (zum Beispiel via CSV-Tabelle) oder die manuelle Vergabe der Komponentenverluste muss noch vorgenommen werden. Beinhaltet die Aufgabenstellung der thermischen Simulation auch die spezielle Erwärmung von höher bestromten Leiterbahnen, muss lediglich der Ein- und Ausgang der Stromquelle für die Jousche Wärmeberechnung manuell definiert werden.

Durch diese Interfacemöglichkeiten spart sich der Simulationsexperte mehrere Stunden Arbeit beim Modellaufbau. Viele Details können vom Anwender per Mausklick direkt in einem Simulationsmodell übernommen werden. Änderungen während der Designphase aus der Konstruktion werden vom Interface erkannt und bei erneutem Import im Simulationsmodell direkt ausgetauscht. Vernetzungseinstellungen sowie Materialdaten bleiben bestehen.

Somit ist die Frage, ob eine entwicklungsbegleitende CFD-Simulation mit den heutigen Tools und Möglichkeiten erreicht werden kann, klar zu bejahen. □



Anschrift

ALPHA-Numerics GmbH
Römerstraße 32
56355 Nastätten, Germany
T +49 6772 9693-470
info@alpha-numerics.de
www.alpha-numerics.de

Gründungsdatum

2009

ALPHA-Numerics – Ihr Partner für die Elektronik Kühlung

ALPHA-Numerics ist ein Ingenieurbüro nahe Wiesbaden und hat sich auf den Spezialmarkt „Electronics Cooling“ spezialisiert. Seit der Gründung arbeiten wir für mehrere hundert Unternehmen als verlängerte Werkbank und bieten unsere Erfahrung und Kompetenz im Aufbau von virtuellen Simulationsmodellen, die Simulation der Wärmewege sowie die Auswertung und gemeinsame Optimierung der Kühlung an.

Unsere Kunden kommen zum größten Teil aus dem Automobil- und Transportwesen sowie der Automatisierungstechnik. Doch bieten wir auch einen großen Erfahrungsschatz für die Simulation und Projektoptimierung in der Medizintechnik, der Telekommunikation, der Beleuchtungstechnik und der Powertooling-Industrie.

Basierend auf unseren Erfahrungen im Umgang mit der Software CelsiusEC haben wir uns auch als sehr erfolgreicher Händler der Software CelsiusEC etabliert.

Unsere Stärke ist die Kompetenz, die Verfügbarkeit, Schnelligkeit, die Flexibilität und die Qualität unserer Arbeiten.

Softwarehändler mit Tiefgang

Als Händler der Software CelsiusEC sind wir für Sie die erste Adresse! Wir bieten Ihnen

nicht nur die Software für attraktive Preise, Sie können uns auch umfangreich während Ihrer Softwareevaluierung einbinden und unseren Erfahrungsschatz nutzen.

Zum Einstieg bieten wir auf unserer Homepage regelmäßig verschiedene, kostenlose Webinare (jeweils ca. 45 Minuten) an. Hier können Sie sich einen ersten Eindruck von ALPHA-Numerics, der Software, der Auftragssimulation und der zugrundeliegenden Physik, abholen.

Im zweiten Schritt bieten wir einen kostenlosen Zweistundenkurs (Kompaktseminar) mit anschließender kostenlosen Teststellung von CelsiusEC an. Dieser Kompaktkurs ersetzt zwar keine Schulung, erleichtert aber den Einstieg in die Testphase ungemein. Während der anschließenden Testphase stehen wir Ihnen mit Rat und Tat zur Seite, sodaß Sie nicht nur die Tutorials durcharbeiten werden, sondern auch schon ein erstes, eigenes Projekt simulieren und analysieren können.

ALPHA-Numerics als Simulationsdienstleister

„Unser Tagessatz für eine Simulationsdienstleistung ist nicht auf Discounterlevel angesiedelt. Doch unsere Kunden schätzen insbesondere, daß wir für typische Dienstleistungen vom Datenimport über die Modellierung, Vernetzung, Berechnung und Dokumentation zwischen 2 und 5 Tage benötigen. Variantensimulationen sind meist aufgrund des schon bestehenden Basismodells viel schnell-

er. Somit sind wir im Vergleich zu anderen Wettbewerbern schneller und am Ende um einige Euro günstiger. Diese fachkompetente, flexible und schnelle Arbeitsweise bietet Ihnen kurzfristig, belastbare Ergebnisse, um fundierte Entscheidungen bzgl. dem Wärmemanagement in Ihrer Entwicklung zu fällen.“ Tobias Best, Geschäftsführer der ALPHA-Numerics GmbH.

CelsiusEC – eine CFD-Simulationssoftware für die Geräteentwicklung

CelsiusEC ist ein branchenspezifisches CFD-Simulationswerkzeug. Dies bedeutet, daß sich alle Modellierungsmöglichkeiten, alle Automatismen sowie selbst der CFD Solver sich auf die Aufgabenstellung für Entwickler im Elektronik-Gerätesektor konzentrieren.

CelsiusEC hatte bisher schon das Alleinstellungsmerkmal, einen sehr großen Detailreichtum (bis zu 700 Mio. Lösungszellen möglich) an CAD-Daten und PCB-Details in seinen Simulationen auf normalen Windows-Workstations handhaben zu können.

Auch bisher war, neben der Leichtigkeit, solche Modelle zu erstellen, die Geschwindigkeit bzgl. dem Solver sehr beeindruckend. So ist es nicht selten der Fall, daß der CFD-Solver 80 Mio.-Zellenprojekte über Nacht bis zur Konvergenz berechnet (das Temperaturverhalten auf Basis von Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung im eingeschwungenen Zustand) und dem Ingenieur am nächsten Arbeitstag die Ergebnisse bereitstellt. □

GEHÄUSE FÜR MIKROKANALGEKÜHLTE EINZELEMITTER-LASERDIODEN

Kühle Lichtanwendungen

Mikrokanal-Kühler (MCC - Micro Channel Cooler) decken ein breites Spektrum von Wärmemanagement-Anwendungen ab, wie etwa Laserdioden-Kühlkörper und CPU-Kühler. Neben einer hohen thermischen Leistung erfordern manche Anwendungen eine besonders homogene Temperaturverteilung. Dieser Artikel diskutiert die Simulationsergebnisse einer MCC-Stapelanordnung für Einzelemitter-Laserdioden im Vergleich zu einer Referenzanordnung mit einem massiven Kupferkühlkörper und variablem Wärmeübergangskoeffizienten.

TEXT: J. Wiesend, F. Wagle, Manfred Goetz; Rogers Germany BILDER: iStock, Ashwini H; Rogers

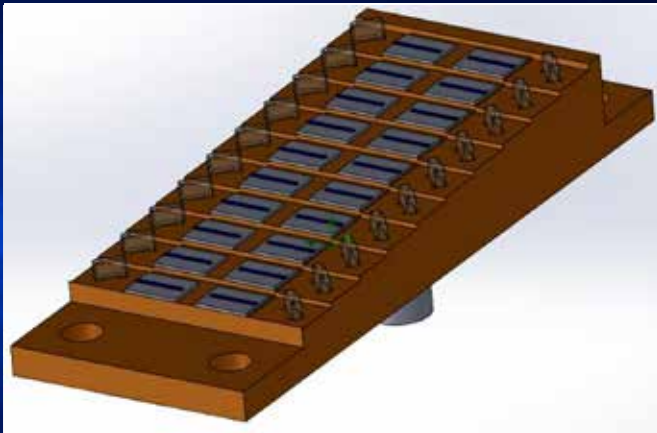
Pumplaserdioden erreichen Einzel-Chip-Ausgangsleistungen von bis zu 50 W. Dies wirft die Frage auf, wie sich Micro-Channel-Kühler in Single-Emitter-Anwendungen im Vergleich zu herkömmlichen Kühlkörpern verhalten würden und ob für Laserdioden der nächsten Generation eine verbesserte Kühlung erforderlich ist. Anwender stehen angesichts steigender Leistungslevels vor der Herausforderung, die Laserdioden innerhalb ihrer Betriebstemperaturspezifikationen zu halten. Ein Entwicklungsziel ist auch eine möglichst niedrige Temperaturdifferenz zwischen den Halbleitern. Deshalb haben wir mit dem Einsatz von Micro-Channel-Kühlern (MCCs) in diesem Anwendungsbereich getestet und bewertet. Hierzu wurden Mikrokanal-Designs mit Standardkühlkörpern verglichen.

Zu prüfende Thesen sind:

- Wir können ein ΔT unter 2.0K erreichen.
- Der Einsatz von Rogers MCC wird gegenüber dem Benchmark eine Senkung der Temperatur um >25K auf Chipebene ermöglichen.

Spezifische MCCs

Rogers curamik Cooling Solutions bietet eine Reihe von fortschrittlichen Lösungen für die Flüssigkeitskühlung, die durch das hochmoderne curamik-Fügeverfahren ermöglicht werden. Die Lagen werden ohne zusätzliches Löten oder Kleben hermetisch miteinander verbunden. Diese Flüssigkeitskühler sind mit Kupferfolien-Kanalstrukturen (<250 Mikrometer Kanalbreite) ausgestattet, die mittels des Direct Bond Copper (DBC)-Verfahrens zu einem kompakten Block verbunden werden. Im Vergleich zu Standardlösungen sind solche Kühler viermal effizienter als herkömmliche Produkte auf Basis flüssiger Kühlmittel. Falls erforderlich, können die Kühler mit Keramiks substrate integriert werden, was eine direkte Montage der Komponenten und eine elektrische Isolation vom Kühlkreislauf ermöglicht. Wichtige Anwendungsmärkte für diese gefügten Kühler sind Hochleistungs-Diodenlaser, hochkonzentrierte Photovoltaik, High-Performance-Computer, sowie die Kühlung von LED-Anordnungen mit hoher Leistung.



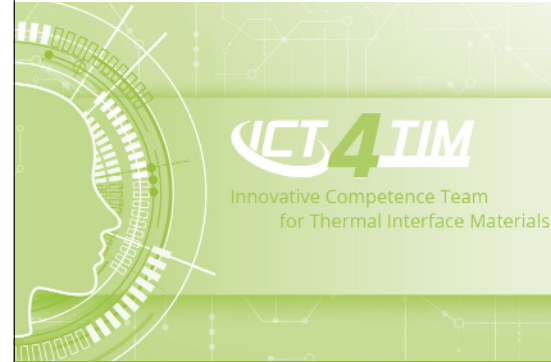
Die Kühlkanäle unter jeder Wärmequelle sind parallel angeordnet, um eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung zu gewährleisten.

Methoden

Um die Kühlleistung von MCCs mit einer Standard-Technik-Referenz zu vergleichen, haben wir Simulationen nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) in Kombination mit Computational Fluid Dynamics (CFD) durchgeführt. Die dabei verwendete Software war Solidworks 2022.

Die simulierten Designs der Kühlkörper sind fiktiv, aber in Bezug auf Materialien und Abmessungen nahe genug an realen Anwendungen. Die MCC-Variante besteht aus einer treppenförmigen Kupferstruktur mit zehn Ebenen, wobei jede Ebene zwei einzelne Emitter auf AlN-Submounts und zwei optische Komponenten enthält. Alle Grenzflächen zwischen ungleichen Materialien werden als perfekte thermische Kontakte behandelt. Die Ein- und Auslässe befinden sich an der Unterseite und sind mit den internen Flüssigkeitsverteilungskanälen verbunden, wodurch eine turbulente Strömung entsteht. Die Kühlkanäle unter jeder Wärmequelle sind parallel angeordnet, um eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung zu gewährleisten.

Um die Temperaturverteilung im stationären Zustand zu ermitteln, wurde eine statische thermische Last von $P = 25 \text{ W}$ pro Einzelemitter angesetzt und die Kühlwassereintrittstemperatur auf $T = 20^\circ\text{C}$ eingestellt. Die Chiptemperatur konvergiert innerhalb von 1,5 Prozent bei Verwendung eines feinmaschigen und eines grobmaschigen Parameters. Die Simulationsergebnisse können als Untergrenze für die tatsächliche Leistung eines realen MCC angesehen werden. Nach unserer Erfahrung, die auf experimentellen Ergebnissen beruht, schneiden reale MCC jedoch besser ab als ihre digitalen Modelle, da die konvektive Wärmeübertragung über die Luft vernachlässigt wird und mikroskopische Turbulenzen im Fluid in der Simulation nicht vollständig aufgelöst werden können.



COOL BLEIBEN WENN'S HEISS HERGEHT

- WÄRMELEITMATERIALIEN
- SPEZIALFOLIEN
- TECHNISCHE KERAMIKEN

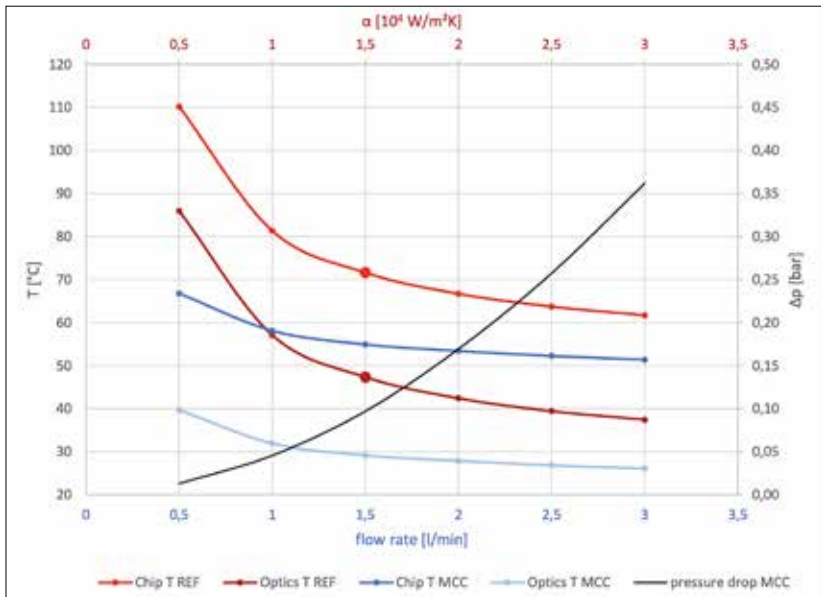
Ihre T.I.M.-Lösung
ist nur einen Klick entfernt
www.ict-suedwerk.de



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



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



Durchschnittliche Temperatur von Chip und Optik als Funktion von Durchflussrate (MCC, blaue Linien) und Wärmeübergangskoeffizient α der Grundplatte (Referenzkühler, rote Linien). Die hervorgehobenen Punkte stellen die erwarteten Chip- und Optikttemperaturen bei Verwendung eines typischen, mit der Grundplatte verlöteten Pin-Fin-Kühler ($\alpha \approx 15 \text{ kW/m}^2\text{K}$) dar. Die schwarze durchgezogene Linie zeigt den Druckabfall zwischen Kühlflüssigkeits-Einlass und -Auslass des MCC.

Als Referenz haben wir ein Simulationsmodell eines massiven Kupferkühlkörpers mit denselben Außenabmessungen, optischen Komponenten und thermischen Belastungen erstellt. Er ist auf einer Grundplatte mit variablem Wärmeübergangskoeffizienten α auf der Unterseite montiert, um die Leistung einer Reihe von im Handel erhältlichen Kühlern zu simulieren. Für den direkten Vergleich mit der Kühlleistung von MCCs nehmen wir $\alpha \approx 15 \text{ kW/m}^2\text{K}$ an. Das ist ein typischer Wert für wassergekühlte Pin-Fin-Strukturen, die häufig für das Wärmemanagement zum Beispiel im Automobilsektor verwendet werden. In diesem Fall erreichten wir eine Konvergenz der Chiptemperatur innerhalb von 1,5 Prozent bei Verwendung eines feinmaschigen Parameters und eines grobmaschigen Parameters.

Ergebnisse und Diskussion

In diesem Abschnitt werden die Simulationsergebnisse des MCC und des Referenzkühlers in Bezug auf die durchschnittliche Temperatur und die maximale Temperaturdifferenz von Halbleitern und optischen Komponenten diskutiert. Zu hohe Betriebstemperaturen und Temperaturschwankungen bei GaAs-Chips und optischen Komponenten können sich aufgrund von Wellenlängenverschiebungen negativ auf die Kopplungseffizienz auswirken (Alamtaha, Syahriar, & Burdah, 2019), die thermische Degradation beschleunigen (Egawa, Jimbo, Hasegawa, & Umeno, 1994) und eine Fehlansichtung der optischen Komponenten, aufgrund thermischer Ausdehnung, verursachen (Corbacho, Kuiper, & Gill, 2020)].

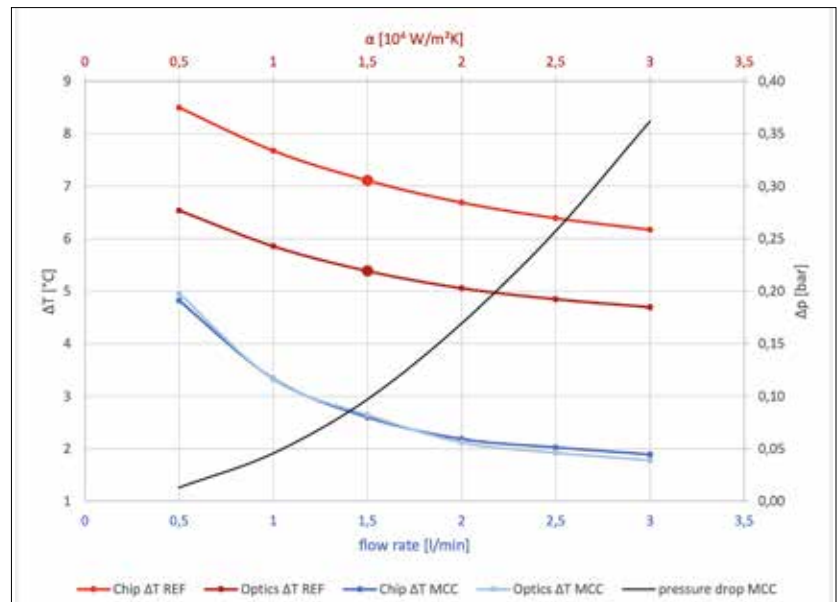
Die Laserdioden und Optiken auf einem MCC bleiben im Vergleich zum Referenzkühler über einen weiten Bereich von Betriebsbedingungen wesentlich kühler. Bei typischen

Werten von α stabilisiert der passive Kupferkühlkörper die durchschnittliche Chiptemperatur bei etwa 72°C und die Optik bei 47°C , während der MCC bei der höchsten Durchflussrate von 3 l/min Werte von 51°C bzw. 26°C erreicht. Vor allem im Bereich von Durchflussraten unter $1,5 \text{ l/min}$ und $\alpha < 15 \text{ kW/m}^2\text{K}$ sind MCCs wesentlich unkritischer, wenn Kosteneffizienz das vorrangige Ziel ist. Selbst bei sehr geringen Durchflussmengen stabilisieren sich die Temperaturen unter 67°C beziehungsweise 40°C . Wenn die Kosten aufgrund eines übermäßigen Kühlwasserverbrauchs oder Druckabfall ein Problem darstellen, bleibt der Leistungs-Nachteil, aufgrund der deutlich geringeren Neigung im Vergleich zu kostengünstigen Referenzkühlungslösungen, minimal.

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt sind die Kosten pro Watt Laserleistung. Falls die Eingangsleistung reduziert werden muss, um bestimmte Betriebstemperaturen nicht zu überschreiten, kann auf Systemebene der MCC trotz höherer Stückkosten günstiger sein. Das gleiche Prinzip gilt für thermische Schwankungen und Temperaturdifferenzen (ΔT) zwischen den einzelnen Chips. Die Frequenzverschiebung nimmt mit ΔT zu, was die Kopplungseffizienz verringern und damit die Kosten pro Watt erheblich erhöhen kann. Mit einer vollständig anpassbaren Mikrokanalstruktur kann ΔT minimiert werden, um den Gesamtwirkungsgrad zu optimieren.

Verglichen mit der Referenz mit typischem Wärmeübergangskoeffizienten α , lässt sich die Temperaturdifferenz ΔT des Chips von 7°C auf unter 2°C reduzieren beziehungsweise um 30 bis 75% je nach Betriebsbedingungen. Auch das ΔT der Optik liegt auf einem wesentlich niedrigeren Niveau als bei einem massiven Kupferkühlkörper mit einer ähnlichen Charakteristik als das ΔT des Chips.

Maximale Temperaturdifferenz zwischen separaten Einzelemittlern und der Optik als Funktion des Wärmeübergangskoeffizienten α der Grundplatte (Referenzkühler, rote Linien) und der Durchflussrate (MCC, blaue Linien). Die hervorgehobenen Punkte stellen die erwarteten Chip- und Optiktemperaturen bei Verwendung eines typischen, auf die Grundplatte gelöteten Pin-Fin-Kühlers dar ($\alpha \approx 15 \text{ kW/m}^2\text{K}$). Die schwarze durchgezogene Linie zeigt den Druckabfall zwischen dem Kühlflüssigkeits-Einlass und -Auslass des MCC.



Der Vorteil eines gleichmäßigen Temperaturverlaufs lässt sich an Querschnitten durch die jeweiligen Kühlkörper erkennen. Im Falle des MCC bilden sich die Gleichgewichts-Hotspots sehr lokal unter den Wärmequellen aus, wo die Wärme gleichmäßig über die darunter liegenden Kühlkanäle abgeführt wird. Andere Teile des Kühlers bleiben unbeeinflusst, was ein Vorteil für die thermische Entkopplung zusätzlicher optischer Komponenten zur Wellenlängenstabilisierung und/oder Modenselektion sein kann, wie zum Beispiel Volumen-Bragg-Gitter (VBGs).

Der Vollkupfer-Kühlkörper hingegen zeigt eine breit verlaufende thermische Signatur der Wärmequellen im gesamten Kühler. Temperaturgradienten über den Kühlkörper werden durch die Konzentration des Wärmestroms unterhalb der mittleren Positionen verursacht. Systeme mit massiven Kupferkühlkörpern erreichen daher bei Betrieb mit ähnlicher Leistung deutlich schneller ihre Grenzen hinsichtlich der thermischen Belastung der Komponenten. Darüber hinaus ist für die MCC-Variante kein sperriger Pin-Fin-Kühler erforderlich, was sie zur überlegenen Lösung für Leichtbauanwendungen mit Platzproblemen macht.

Fazit und Ausblick

Mit einer wesentlich geringeren absoluten Temperatur und Temperaturdifferenz zwischen den optischen Komponenten zeigen MCC in den beschriebenen Tests eine deutlich bessere Kühlleistung als massive Kupferkühlkörper. Der Einsatz von MCC kann daher potenziell dazu beitragen, thermisch bedingte Wellenlängenverschiebungen, beschleunigte Chipdegradation und Probleme im Zusammenhang mit der thermischen Ausdehnung zu mindern. MCC bieten eine kompakte und

gewichtseffiziente Lösung und können letztlich die Kosten pro Watt der Laser-Ausgangsleistung erheblich senken.

Doch wie verhalten sich diese Ergebnisse zu unserer zu prüfenden These:

- MCCs können ein ΔT unter 2,0 K erreichen. Auf der Grundlage der Simulation in Abbildung 2.2 und der besprochenen Ergebnisse kann dies als zutreffend angesehen werden. Bei einer Durchflussrate von 3 l/min erreicht ΔT auf Chip- und Optikebene ein Niveau von weniger als 2,0 K.
- Der Einsatz des beschriebenen MCC reduziert die Gesamt-Temperatur T um $>25\text{K}$ auf Chipebene gegenüber dem Benchmark. Die im Versuch ermittelte niedrigste Gesamt-T-Differenz von 24,3 K kann dagegen nicht als zutreffend angesehen werden. Auch wenn die Simulation Werte zeigt, die der These sehr nahekommen, sind daher weitere Verbesserungen notwendig.

Obwohl die simulierten fiktiven Designs einen ersten Richtwert für die thermische Performance und die Vergleichbarkeit der Modelle liefern, können einzelne Systeme für kritische Spezifikationen wie Temperaturverteilung, Durchflussmenge oder Druckabfall optimiert werden.

Die nächsten Ziele sind deshalb eine weitere Reduzierung der Gesamt-T, die Optimierung des Druckabfalls und die Verbesserung der Kühlungs-Homogenität auf Chip-Ebene. □



Den vollständigen Artikel mit allen Abbildungen lesen Sie online über den Link im QR-Code und unter: industr.com/2768182



Kontakt

CTX Thermal Solutions GmbH
 Lötischer Weg 104
 41334 Nettetal
 T +49/2153/7374 – 0
 info@ctx.eu
 www.ctx.eu

Gründungsjahr

1997

CTX erteilt Wärme eine Abfuhr

CTX Thermal Solutions entwickelt und fertigt aktive oder passive Kühllösungen für die industrielle Leistungselektronik. Sie finden sich in der Automatisierungs- und Steuerungstechnik wie in der Stromversorgung oder der Medizintechnik u.a. Das Unternehmen zählt zur europäischen Spitze seiner Branche. Es bietet eines der größten Produktportfolios an Kühlkörpern, Gehäusen, Lüfertechnik und mechanischen Produkten wie Bleche aus Aluminium und Stahl.

Für die anwendungsspezifische Konzeption begleitet der Hersteller seine Kunden von der ersten Idee bis zur Serienfertigung. Services wie die thermische Simulation oder die Prüfung von Maßhaltigkeit stellen eine hohe Produktqualität sicher.

Dem Unternehmen stehen alle Herstellverfahren der Kühlkörperproduktion zur Verfügung. Damit ist es in der Lage, jede thermische Anforderung mit einer passgenauen Kühllösung zu bedienen.

Passgenaue Kühllösung garantiert

Für Kühlkörper gilt in der Regel: 24/7 Hochleistung auf kleinstem Raum. Sie sorgen dafür, dass die große Wärme in elektronischen Komponenten schnell abgeführt wird und ihre Leistungsfähigkeit dauerhaft erhalten bleibt. Das

CTX-Portfolio umfasst neben klassischen Profil-, Leiterplatten- und Flüssigkeitskühlkörpern auch spezifischere Varianten wie Embedded-, Heatpipe-, LED- oder Hochleistungskühlkörper. Auf Wunsch stattet CTX seine Kühllösungen mit der passenden Lüfertechnik oder mit Montage-Zubehör aus.

Große Fertigungsbandbreite

Die Leistung eines Kühlkörpers wird bestimmt von seiner Geometrie, seinem Material und seinem Herstellungsverfahren. Zu den wichtigsten Verfahren zählen die Extrusion, der Druckguss, das Stanzen und das Kaltfließpressen. Bei diesen Methoden spielt jeweils ein Formwerkzeug eine Rolle, wodurch sich Kühlkörper individuell und in hohen Stückzahlen wirtschaftlich fertigen lassen. Im Skived-Verfahren werden eine Vielzahl von Kühlrippen sehr kompakt aus Aluminium oder Kupfer geschält. Für modular gefertigte Kühlkörper nutzt CTX verschiedene Verbindungsmethoden wie das Bonding (Kleben), Brazing (Hartverlöten), Reibrührschweißen oder Crimping (Verpressen). Fertigungsbedingte Toleranzabweichungen gleicht CTX in der CNC-Nachbearbeitung aus. Auf Wunsch übernimmt der Hersteller auch eine Oberflächenveredelung durch Eloxieren, Pulverbeschichten, Chromatieren oder Lackieren. Damit kann er die Wär-

meabfuhrung oder den Schutz des Kühlkörpers weiter optimieren.

In Teamarbeit zur Qualität

CTX zeichnet sich durch Qualitätsbewusstsein und Kundenverständnis aus. Das Qualitäts- und Umweltmanagement ist zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2015 und DIN EN ISO 14001:2015. Das Unternehmen setzt auf einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess der internen und externen Prozesse. Es arbeitet stetig daran, Lieferketten, Warenfluss, Produktqualität sowie die technische Expertise und das Zusammenspiel mit Partnern zu optimieren.

Ein wichtiger Partner ist PADA Engineering. Seit rund 25 Jahren arbeitet CTX mit dem italienischen Hersteller von Kühlkomponenten zusammen und hat sich im März 2024 an dem Zulieferer beteiligt. Damit wollen die Partner ihre Zusammenarbeit auf ein neues Level heben. PADA entwickelt und fertigt seit mehr als 40 Jahren Kühlkomponenten für elektronische Geräte und zählt zu den Marktführern der Branche.

Der Erfolg gibt dem CTX-Engagement für Qualität und Kundennähe Recht. 2024 hat das Unternehmen mit einem neuen Verwaltungsgebäude zum dritten Mal in zehn Jahren seinen Sitz in Nettetal erweitert, um seinem Wachstum gerecht zu werden. □

ALLES WISSENSWERTE ZU LÜFTERN

WINDMACHER

Für die einwandfreie Funktion und Langlebigkeit elektronischer Systeme darf die maximale Betriebstemperatur keiner Komponente dauerhaft und / oder deutlich überschritten werden. Um das sicherzustellen, ist häufig ein Thermomanagement nötig, zum Beispiel mit einem Lüfter. Entscheidend dabei ist die Wahl des optimalen Modells für die jeweilige Applikation.

TEXT: Julio Gállego López, Rutronik und Maurizio Foresta, Delta EMEA BILDER: Delta Electronics; iStock, Ivcandy

Ein Lüfter erzeugt mithilfe eines Motors eine Rotation der Lüfterflügel und damit einen Druckunterschied, der wiederum einen kontinuierlichen Luftstrom verursacht. Sie bestehen aus einem rotierenden Teil, dem Flügelrad und einem festen Teil, dem Gehäuse.

Die verschiedenen Lüfterarten

Es gibt zahlreiche Arten von Lüftern. Geht es um den Einsatz zur Kühlung eines elektronischen Geräts, ist das wichtigste Kriterium die Richtung des Luftstroms. Dementsprechend unterscheidet man:

- **Axiallüfter:** Der Luftstrom verläuft parallel zur Achse.
- **Radiallüfter:** Der Luftstrom verläuft senkrecht zur Achse.
- **Tangentiallüfter oder Querstromlüfter:** Ihr langes Gehäuse erzeugt einen breiten, flachen Luftstrom senkrecht zur Achse und tangential zum Gehäuse.
- **Spiralförmige Radiallüfter:** Die Schaufeln im Laufrad sind nicht gerade wie bei herkömmlichen Radiallüftern, sondern haben eine spiral- oder schraubenförmige Struktur. So erzeugen sie einen Luftstromweg, der zwischen dem eines Axial- und dem eines Radiallüfters liegt.

Außerdem werden die Lüfter nach ihrer Versorgungsspannung als Gleichspannungs- (DC) oder Wechselspannungs-

(AC) Lüfter klassifiziert. Bei den aktuellen AC-Modellen geht es in erster Linie um elektronisch kommutierte (Electronically Commutated, EC) Lüfter. Sie erzielen durch ihren bürstenlosen DC-Motor und ihre elektronische Steuerung eine höhere Energieeffizienz.

Wichtige Auswahlkriterien

Der Luftstrom ist auch eine wichtige Kennziffer für die Auswahl eines Lüfters. Er ist charakterisiert durch die Luftmenge, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums aus einem elektronischen System abgeführt oder in das System eingebracht wird. Diese Durchflussmenge des Lüfters wird üblicherweise in Cubic Feet per Minute (CFM) oder Cubic Meter per Hour (CMH; m³/h) angegeben. Die rechnerische Beziehung zwischen CFM und CMH ist 1 CFM = 1,6990092 CMH.

Um die Luftmenge zu bewegen, ist eine bestimmte Kraft erforderlich. Diese Kraft pro Flächeneinheit wird als Druck bezeichnet. Zur Erzeugung eines spezifischen Luftstroms in einem System muss man seinen Luftstromwiderstand kennen. Dieser wird durch die Reibung der Luft an den Kanalwänden, Bögen, Gittern, Filtern und Lamellen oder anderen Elementen verursacht, die die Luftbewegung einschränken können. Dieser Widerstand wird als Druckabfall oder Druckverlust bezeichnet. Er wird in Pascal (Pa) oder

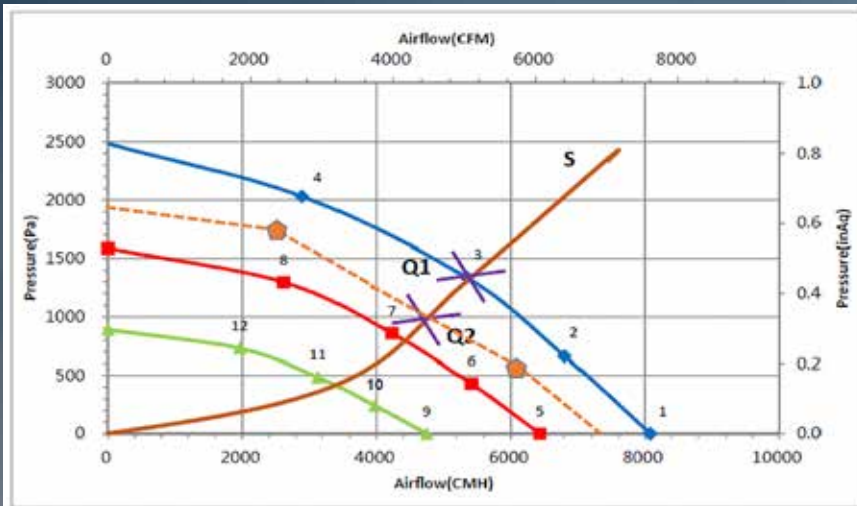
Millimeter bzw. Zoll Wassersäule (mm H₂O oder inAq) angegeben. Diese verhalten sich zueinander wie folgt:

- 1 Pascal = 0,102 mm H₂O = 9,86923 x 10⁶ Atmosphäre
- 1 Pascal = 0,00401461319201895 Inch Wasser (4 °C)

Es ist also wichtig, den Druckverlust im System zu kennen, um einen Lüfter auszuwählen, der den notwendigen Druck zur Überwindung dieses Widerstands und zur Aufrechterhaltung des gewünschten Luftstroms liefern kann.

Lüfter verleihen einer Luftmasse den nötigen Druck, um eine Druckdifferenz und damit einen Luftstrom zu erzeugen. An diesem Prozess sind drei Arten von Druck beteiligt:

- Der statische Druck (PE) ist die Kraft, die von der ruhenden Luft auf die senkrecht zu ihr stehenden Systemwände ausgeübt wird.
- Der dynamische Druck (PD) ist die Kraft pro Flächeneinheit und wird gebraucht, um den Widerstand des Luftstroms in einem System zu überwinden. Er sorgt also dafür, dass sich die Luft bewegt und wird durch die Rotationsgeschwindigkeit des Ventilators erzeugt. Er ist immer positiv und hat dieselbe Richtung wie der Luftstrom.
- Der Gesamtdruck (PT) ist die Summe aus PE und PD an einem



Widerstandsbedingungen innerhalb eines Lüftersystems

bestimmten Punkt im System. Diesen Druck übt die Luft auf einen Körper aus, der sich an diesem Punkt ihrer Bewegung widersetzt. Wichtig ist, dass der Gesamtdruck an verschiedenen Punkten in einem System aufgrund der Geschwindigkeit und der Strömungsbedingungen der Luft variieren kann.

Die Leistung eines Lüfters

Lüfter-Hersteller führen mit ihren Geräten Tests durch, um zu bestimmen, wie viel Leistung der Lüfter auf die von ihm bewegte Luft übertragen kann. Dabei wird dieser mit einer konstanten Drehzahl betrieben. Je nach zu überwindendem Druckabfall werden unterschiedliche Werte für den Luftstrom erreicht.

Trägt man die verschiedenen Werte für den Luftstrom und den Druck, die bei den Labortests ermittelt wurden, auf einer Koordinatenachse auf, erhält man die Kennlinie des Lüfters. Sie wird von den Lüfter-Herstellern zur Verfügung gestellt, in der Regel mit mehreren Kurven für unterschiedliche konstante Drehzahlen.

Solche Kennlinien zeigt die Abbildung. Auf der X-Achse ist der Luftstrom und auf der Y-Achse der Druck (in den

Einheiten Pa und inAq) abgetragen. Es ist zu erkennen, dass der Druck am höchsten ist, wenn der Luftstrom gleich Null ist. Dann arbeitet der Lüfter mit hohem Widerstand gegen den Luftstrom, es entsteht der maximale statische Druck (PE). Gleichzeitig ist der dynamische Druck (PD) gleich Null, das heißt, es wird kein Luftstrom erzeugt. An diesem Punkt ist $PT = PE$.

Das Bild zeigt ebenfalls, dass bei einem Druck von Null im Lüfter der maximale Luftstrom erreicht wird. Da es keinen Widerstand für den Luftstrom gibt – also eine hindernisfreie Umgebung ($PE = 0$) – liefert der Lüfter den größtmöglichen Luftstrom. Der Gesamtdruck entspricht dem maximalen dynamischen Druck ($PT = PD$), der durch die entsprechende Drehzahl erzeugt wird.

Betriebspunkt eines Lüfters

Für die Berechnung des Betriebspunkts (OP) eines Lüfters, empfiehlt sich die Abstimmung mit dem Hersteller, da dieser über die notwendigen technischen Mittel zur Durchführung von Simulationen verfügt. Doch er lässt sich annäherungsweise auch durch Berechnungen bestimmen. Um den Betriebspunkt mit dem geringsten Stromverbrauch zu ermitteln,

sind die Leistungsaufnahme und Stromwerte, die in den Herstellerdaten aufgeführt sind, wichtige Informationen.

Um den Betriebspunkt zu berechnen, müssen die Widerstandsbedingungen des Systems, dargestellt durch die Kurve „S“ in der Abbildung, bekannt sein (OP ist hier als Q1 und Q2 gekennzeichnet). Um die optimalen Druck- und Luftstromwerte für die Kühlung des Systems zu ermitteln, ist eine komplexe Berechnung mit thermischen Gleichungen erforderlich. Es empfiehlt sich, die Druckverluste im System bei unterschiedlichen Luftdurchsätzen zu messen, etwa mit Drucksensoren und / oder Manometern. Für jede Luftstromrate werden dann die Druckabfallwerte aufgezeichnet und wie in der Abbildung aufgetragen (Luftstromrate auf der X-Achse, Druckabfall auf der Y-Achse). Außerdem ist es dabei wichtig, auch die Temperatur im Inneren des Systems kontinuierlich zu messen. Hierfür werden Temperatursensoren an strategisch günstigen Stellen angebracht. Der optimale Betriebspunkt wird auf Basis des Luftstroms bestimmt, der das System am effektivsten kühlt.

Liegt der Betriebspunkt auf dem Schnittpunkt der Kurve S und einer der drei Kennlinien des Lüfters (siehe Abbildung, Q1), können sowohl die

Drehzahl als auch der Luftdurchsatz sowie der Druck und die Leistungsaufnahme (W und I) des Lüfters mit den vom Lüfterhersteller bereitgestellten Messdaten in der Abbildung (blaue Farbe 3.500 U/min) ermittelt werden.

Befindet sich der Betriebspunkt nicht auf einem Schnittpunkt mit einer der drei Kennlinien (Q2), kann die Kurve extrapoliert werden (gestrichelte Kennlinie), um den Schnittpunkt mit Q2 zu bestimmen. Alternativ kann man die Daten auch dem Lüfter-Hersteller zur Verfügung stellen, um die entsprechende Kennlinie (gestrichelte Kennlinie) für den Betriebspunkt Q2 zu erhalten. Ziel ist es, die Drehzahl, den Luftdurchsatz, den Druck und die Verbrauchswerte (W und I) des Lüfters zu ermitteln.

Faktoren der Lüfterlebensdauer

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Lebensdauer eines Lüfters sind sein Temperaturprofil und die Art seines Lagers. Bei einem Gleitlager hängt sie wiederum stark von den verwendeten Schmiermitteln ab. Ein Zweikugellager besteht aus kleinen Metallkugeln in einer Laufbahn, was eine geringere Reibung und eine höhere Effizienz ermöglicht. Detailliertere Informationen zum Betriebstemperaturprofil des Lüfters sind üblicherweise im Datenblatt verfügbar.

Lüfter und Innovationen

Bei der Weiterentwicklung von Lüftersystemen stehen die folgenden wichtigen Aspekte im Fokus:

Energieeffizienz: Die Lüfter-Hersteller arbeiten daran, das aerodynamische Design der Ventilatorflügel zu verbessern, Reibungsverluste zu verringern und den Wirkungsgrad der Motoren zu optimieren, um eine höhere

Gesamtenergieeffizienz zu erreichen. Dazu gehört auch der Einsatz fortschrittlicher Werkstoffe und Fertigungstechniken zur Gewichtsreduzierung sowie Leistungssteigerung.

Verbesserte Kugellager: Mit neu entwickelten Lagertechnologien steigern die Hersteller die Zuverlässigkeit und Lebensdauer ihrer Lüfter. So bieten beispielsweise fluiddynamische Lager (Fluid Dynamic Bearing, FDB) und Magnetschwebelager (Magnetic Levitation Bearings, MLB) im Vergleich zu herkömmlichen Gleit- oder Kugellagern eine längere Lebensdauer und geringere Geräuschentwicklung.

Geräuschreduzierung: Ein wichtiges Thema bei Lüfteranwendungen – insbesondere in Umgebungen, in denen ein niedriger Geräuschpegel erforderlich ist. Hierfür konzentriert sich die technische Entwicklung auf verbesserte Schaufelkonstruktionen, optimierte Motorsteuerungen und die Verwendung von geräuschabsorbierenden Materialien. Mit Computational Fluid Dynamics- (CFD) Simulationen und andere Modellierungsverfahren wird die Geräuschentwicklung untersucht und minimiert.

Lüfter-Steuerungssysteme: Sie sind wichtig bei der Optimierung der Lüfterleistung und der Gesamtsystemeffizienz. Mit intelligenten Steuerungsalgorithmen, welche die Ventilator Drehzahl auf Basis der Temperatur, Luftfeuchtigkeit und anderen Umgebungsfaktoren dynamisch anpassen, wird sichergestellt, dass die Lüfter mit maximaler Effizienz arbeiten und gleichzeitig optimale Kühlbedingungen schaffen.

Integration in Kühlsysteme: Mit dem Ziel, die Wärmeableitung des gesamten Kühlsystems zu maximieren, werden Lüfter mit anderen Kühltechnologien, wie Kühlkörper, Radiatoren und Flüssigkeitskühlsysteme, integriert.

Smarte und IoT-fähige Lüfter: Das Internet der Dinge (IoT) hat die Entwicklung von smarten Lüftern mit erweiterten Funktionen und Konnektivität ermöglicht. Sie können fernüberwacht und -gesteuert werden und ermöglichen Echtzeitanpassungen auf der Grundlage von Umgebungsbedingungen und Benutzerpräferenzen. Darüber hinaus können IoT-fähige Lüfter wertvolle Daten zu Leistung, Energieverbrauch und Wartungsbedarf für ihre Optimierung und vorausschauende Wartung liefern.

All diese Fortschritte zielen darauf ab, die Kühlleistung von Lüftern noch weiter zu verbessern, ihren Energieverbrauch weiter zu senken und zuverlässigere und effizientere Kühllösungen für zahlreiche Branchen anzubieten. □

wts // electronic components GmbH

Your Powerful Distribution-Partner



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



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



NACH DEM HYPE: DER WEG ZU 5G INDUSTRIAL IoT (IIoT)

Zwischen Funk und Fortschritt

Viel Wind um Nichts? Fünf Jahre nach dem 5G-Hype bleiben die bahnbrechenden Innovationen aus, und Mobilfunkanbieter haben Schwierigkeiten, höhere Preise für schnellere Geschwindigkeiten zu rechtfertigen – trotz massiver Investitionen in die Infrastruktur. Ist 5G nur eine Modeerscheinung oder steckt doch mehr dahinter?

TEXT: Sabrina Bochen, u-blox BILDER: u-blox; iStock, ChakisAtelier

Fünf Jahre nach dem Start der ersten 5G-Netze ist der anfängliche Hype abgeklungen, was einige Beobachter zu der Frage veranlasst, ob die neue Technologie nicht „mehr Modeerscheinung als Zukunft“ ist. Die erwartete Welle innovativer industrieller Anwendungsbereiche, die die Fähigkeiten von 5G erfordern, ist bisher ausgeblieben, weshalb IoT-Entwickler zögern, sich von den LTE-Netzen abzuwenden. Zudem fällt es den Mobilfunknetzbetreibern (Mobile Network Operators – MNO) nicht leicht, von den Verbrauchern einen Aufschlag für die höheren Download-Geschwindigkeiten von 5G einzufordern, obwohl sie erhebliche Mittel in den Ausbau der Netzinfrastruktur gesteckt haben. Dennoch besteht unter Brancheninsidern kein Zweifel daran, dass 5G ein wesentlicher Faktor für die künftige globale Wirtschaftsentwicklung bleibt.

So investieren MNO und andere Akteure der Branche weiterhin in 5G, da dieses Funknetz der nächsten Generation jetzt in die Phase der „stillen Evolution“ des Gartner-Hype-Zyklus kommt.

Wie bei früheren Migrationen zwischen einzelnen Netzwerkgenerationen werden Geschwindigkeit und Profil dieser Investitionen von Faktoren wie der globalen Konjunktur, Einstellung der Verbraucher, Regulierungspolitik, Zuteilung von Frequenzbereichen, Verfügbarkeit von Infrastruktur, Reife des Ökosystems und vielen anderen beeinflusst. In diesem Artikel wird zunächst der aktuelle Stand von 5G erörtert, um anschließend einige Schlüsselbereiche zu beleuchten, in denen die Technologie an Zugkraft gewinnt. Darüber hinaus werden einige



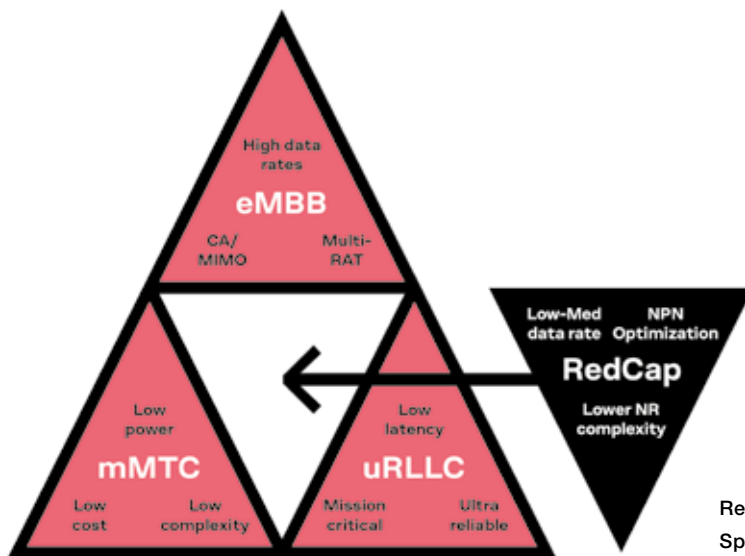
Ansichten zu den Entwicklungen, Anwendungsbereichen und Technologien vorgestellt, die als Zugpferd für die weitere Einführung in den Industriemärkten fungieren werden.

Wo steht 5G heute?

Bis Ende 2023 hatten 280 Dienstleister weltweit kommerzielle 5G-Dienste eingeführt. Im ersten Quartal 2024 wurden 160 Millionen neue 5G-Verträge abgeschlossen, woraus sich eine prognostizierte Gesamtzahl von 5,6 Milliarden bis 2029 ergibt. Die Beliebtheit von 5G ist in Nordamerika mit einer Durchdringung von 59 Prozent Ende 2023 besonders hoch, aber auch in den meisten anderen Regionen der Welt ist das Wachstum stark. Diese beeindruckenden Zahlen lenken jedoch von einigen der grundlegenden Herausforderungen ab, mit denen sich die Branche konfrontiert sieht. Die fortschrittlichen Funktionen von 5G wurden entwickelt, um ein breites Spektrum bestehender und erwarteter Anforderungen verschiedener Industriezweige zu erfüllen und dem wachsenden Druck auf das verfügbare Funkfrequenzspektrum zu begegnen. Um diese unterschiedlichen Anforderungen abzudecken, wurden zunächst drei verschiedenen 5G-Kategorien eingeführt: eMBB, URLLC und mMTC. Die von eMBB (Enhanced Mobile Broadband) ermöglichten ultraschnellen Downloadgeschwindigkeiten sollten so unterschiedliche Anwendungsfälle wie Telechirurgie und AV/VR-Anwendungen ermöglichen, während

die von URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communication) unterstützten Reaktionszeiten als entscheidend für Anwendungen angesehen wurden, die vom autonomen Fahren bis hin zur Echtzeit-Prozesssteuerung in der Industrie 4.0-Fabrik reichen. Bandbreite, Geschwindigkeit und Latenz waren jedoch nicht die einzigen Triebkräfte für die 3GPP-5G-Standards, denn auch das explosive Wachstum des Internets der Dinge (IoT) und die damit verbundene Nachfrage nach einer hohen Verbindungsdichte waren ein wichtiger Faktor für das Konzept von mMTC (Massive Machine Type Communication).

Die weltweite Einführung von eMBB ist aufgrund der Kosten und Komplexität zwar hinter den Erwartungen zurückgeblieben, aber es gibt einige Erfolgsgeschichten, insbesondere in Regionen mit entwickelten Verbrauchermärkten und ausreichender Verfügbarkeit von Frequenzen. Beispielsweise arbeiten die MNO mit eMBB, um die Servicequalität an Bandbreiten-Hotspots wie Konzertgeländen und Sportstadien zu verbessern und gleichzeitig von der überlegenen Kosteneffizienz auf Mb/s-Ebene zu profitieren. Der wachsende Markt für Fixed Wireless Access (FWA) ist eine der größten Erfolgsgeschichten für 5G, insbesondere in Märkten wie Indien, wo Glasfasernetze unerschwinglich wären. Die Verbreitung von URLLC-Funktionen in industriellen Anwendungen hingegen hat sich aufgrund der Kosten und Komplexität der Implementierung in engen Grenzen gehalten.



RedCap schließt eine Lücke in den Spezifikationen von 3GPP-Release.

Die größte Diskrepanz zwischen Erwartung und Realität von 5G besteht jedoch in der Nutzung bei IoT-Anwendungen. Viele IoT-Anwendungen nutzen entweder LTE-M oder NB-IoT, die in 3GPP Release 15 als 5G-kompatible Technologien unter mMTC konzipiert wurden, um IoT-Anwendungen mit niedrigem Stromverbrauch und niedriger Datenrate zu unterstützen. Beide sind zwar theoretisch in der Lage, sich mit dem 5G-Kern zu verbinden, aber dazu müssten die MNO ihre Netze weiter umbauen, was bisher nicht geschieht. Daher wird der IoT-Verkehr weiterhin hauptsächlich über das 4G-Netz abgewickelt, und das wird auch noch eine Zeit lang so bleiben.

Herausforderungen bei der Einführung von 5G

Zur differenzierten Betrachtung des Eindrucks, dass 5G die anfänglichen Erwartungen nicht erfüllt, müssen die Herausforderungen verstanden werden, denen sich die Branche bei der Umstellung auf 5G-Netze gegenüber sieht.

Um den Übergang zu 5G zu erleichtern und das Geschäftsmodell für MNO attraktiver zu machen, definieren die 3GPP-Spezifikationen zwei Varianten von 5G: Stand-Alone (SA) und Non-Stand-Alone (NSA). Die letztgenannte Variante ermöglicht es den MNO, eine Auswahl von 5G-Diensten anzubieten, die zum Teil von der bestehenden LTE-Netzinfrastruktur mit deutlich geringeren zusätzlichen Investitionen bereitgestellt werden können. So haben sich die meisten MNO für diesen ersten Weg zur Markteinführung entschieden und bieten 5G im mittleren Frequenzband (3,5 GHz) an. Derzeit haben von den 280 Diensteanbietern, die 5G eingeführt haben, nur etwa 40 SA-Netze eingerichtet. 5G-NSA bietet jedoch nicht die vollen Möglichkeiten von 5G, da wichtige Funktionen wie Network Slicing nicht verfügbar sind und die MNO nicht die volle Spektreffizienz oder den geringeren Energieverbrauch von

5G-SA nutzen können. Außerdem erfordern weitere Entwicklungen der 3GPP-Spezifikationen, einschließlich RedCap (siehe unten), den Umstieg auf 5G-SA.

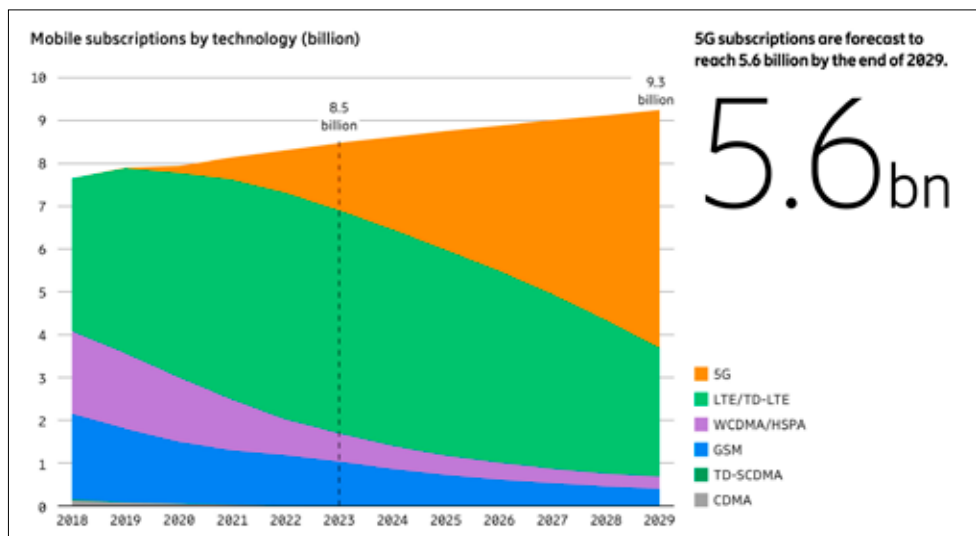
Die Verfügbarkeit von Frequenzen ist für die meisten MNO ebenfalls eine große Herausforderung. Da das Mittelband zunehmend überfüllt ist, muss das LTE-Spektrum für die 5G-Nutzung umverteilt werden, was zu einem heiklen Balanceakt zwischen LTE-Nutzererlebnis und 5G-Verfügbarkeit führt. Obwohl 5G auf große Teile des Millimeterwellenspektrums zugreifen kann, erfordert dies noch mehr Investitionen der MNO in die Netzverdichtung und Millimeterwellentechnologie, was dazu geführt hat, dass die Millimeterwelle noch nicht weit verbreitet ist.

Wie oben bereits angesprochen, besteht eine der größten Herausforderungen für die MNO darin, IoT-Entwickler dazu zu bewegen, ihre Anwendungen von LTE weg zu verlagern. Obwohl LTE-M und NB-IoT als 5G-kompatibel dargestellt wurden, wird dies vom Ökosystem nicht unterstützt. Darüber hinaus wurde in den 3GPP-Releases 15 und 16 keine konkrete Lösung für die 5G-Migration von IoT-Anwendungen angeboten, die auf mittlere Datenübertragungsraten angewiesen sind, zum Beispiel solche, die mit LTE-Cat-1- und Cat-4-Verbindungen arbeiten.

Verheißungsvolle Zukunft

Eine Bewertung der Aussichten für 5G in der Mitte des Jahres 2024 lässt mehrere Gründe erkennen, die für eine weitere Verbreitung optimistisch stimmen. Da das Frequenzspektrum ein entscheidender Faktor bei Mobilfunknetzen ist, wird die spektrale Effizienz von 5G-SA immer wichtiger, um die Überlastung im Mittelband zu verringern und die Betriebskosten

5G-Verträge werden bis 2029 voraussichtlich die Marke von 5,6 Milliarden erreichen.



der MNO zu senken. Außerdem wird 5G langfristig den Zugang zu großen Bereichen ungenutzter Frequenzen im Millimeterwellenband ermöglichen.

RedCap bietet MNO die Möglichkeit, von bisherigen und zukünftigen Investitionen in die 5G-Infrastruktur gewinnbringend zu profitieren, da diese Technologie die Kosten und Komplexität der Migration für IoT-Entwickler verringert. Die ersten RedCap-Geräte werden voraussichtlich Ende 2024 auf den Markt kommen, während die eRedCap-Technologie zwei Jahre später herauskommen soll. Analysten gehen davon aus, dass es bis zu 10 Jahre dauern kann, bis sich 5G gegenüber LTE bei der Masse der IoT-Geräte durchsetzt, aber es gibt bereits erste Anwendungsbereiche in Sektoren mit langen Gerätelebenszyklen, wie zum Beispiel schwere Maschinen und Messgeräte.

Netzbetreiber melden eine steigende Nachfrage nach industriellen Anwendungsfällen und NPN, da Unternehmen ihre Flexibilität und Wettbewerbsfähigkeit beständig weiter verbessern möchten. Dieser Trend kurbelt die Nachfrage nach 5G-Infrastruktur an und fördert die Entwicklung des Ökosystems. Auch die verlängerten Lebenszyklen von Industrieanlagen werden die Einführung von RedCap vorantreiben, insbesondere bei Produkten mit Lebenszyklen von mehr als 10 Jahren, da die LTE-Netze potenziell irgendwann auslaufen.

Fixed Wireless Access (FWA) entwickelt sich zu einem zentralen Anwendungsfall für 5G. In den letzten 12 Monaten hat die Zahl der Dienstanbieter, die FWA über 5G einführen, deutlich zugenommen. Derzeit bieten rund 53 Prozent diese Technologie an. Aus Sicht der MNO bringt FWA ein starkes Umsatzwachstum mit hohen Gewinnspannen und trägt dazu bei, ihre Investitionen in 5G in klingende Münze zu verwandeln.

FWA ist auch der Schlüssel zur Überwindung der digitalen Kluft, denn rund 65 Prozent der weltweiten Einführungen der Technologie fanden in Schwellenländern wie Indien, Brasilien und Nigeria statt.

Die Wirtschaftlichkeit des Raumfahrtsegments hat sich in den letzten Jahren drastisch verändert, da die Satellitenkapazität aufgrund der Startaktivitäten von Unternehmen wie Space X gestiegen ist. Release 17 von 3GPP umfasst zwei Standards, NR over NTN und IoT over NTN, die die Fähigkeit von 5G-Geräten (und solchen, die auf LTE-M- oder NB-IoT-Technologie angewiesen sind) zum Roaming in nicht-terrestrischen Netzen (NTN) vereinfachen. Diese neue Fähigkeit hat Auswirkungen auf diverse industrielle Anwendungen wie beispielsweise die LKW-Logistik, die Schifffahrt, die Verfolgung und Überwachung von Assets sowie auf unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs), bei denen die Satellitenkommunikation die primäre Form der Konnektivität ist.

Die Realität nach dem Hype

Die 5G-Dienste kamen vor über fünf Jahren unter großem Trubel auf den Markt und versprachen, unser Arbeits- und Privatleben grundlegend zu verändern. Die anfänglichen Erwartungen unterschätzten jedoch die Zeit, die die Welt zur Einführung einer so ambitionierten Netzwerktechnologie braucht, und mit der Realität der Umstellung haben sich die Vorstellungen geändert.

Auch wenn einige Beobachter die Notwendigkeit von 5G vielleicht in Frage stellen, arbeitet die Branche im Stillen daran, die vielen Herausforderungen auf dem Weg zur vollständigen Einführung zu bewältigen. Insofern ist 5G weiterhin auf dem besten Weg, unser Leben zu verändern. □

29%
QUELLE: SEMI (STAND: OKTOBER 2024)

soll im 3.Quartal 2024 der IC-Verkauf weltweit steigen und damit die Rekordwerte von 2021 übertreffen. Grund ist die KI-getriebene Nachfrage, die das Wachstum der IC-Verkäufe weiter ankurbelt.

Obwohl das Wachstumstempo in der ersten Jahreshälfte einige Elektronikmärkte beeinträchtigte, sorgte der Nachfrage nach KI-Chips und High-Bandwidth-Memory (HBM) für starken Rückenwind, der die Expansion der Branche vorantrieb. Lesen Sie mehr über KI & HPC im Elektronikumfeld ab Seite 15.

Explore Next Tech ELECTRONICS



Elektronik ist die Grundlage fast aller technologischen Fortschritte. **E&E** versorgt Entwicklungsverantwortliche mit allem Wichtigen über Technologien, Komponenten, Entwicklungsstrategien und spannenden Anwendungen. **E&E** ist zusammen mit **INDUSTR.com** Teil des **INDUSTRY.forward-Ecosystems**.

INDUSTR.com



Conrad E-Procurement

Einkaufsprozess vereinfacht

Steigende Beschaffungskosten treiben Unternehmen zur Optimierung. Conrad E-Procurement vereinfacht den Einkauf durch eine umfangreiche Lieferantenauswahl und einfache Rechnungsstellung (Conrad One Source). So können Sie aus einem breiten Portfolio schnell und einfach bestellen und Ihre Geschäftsprozesse effizienter gestalten.



Bessere Endergebnisse



Kosten- und Zeitersparnis



Wettbewerbsvorteil



Risikominimierung

platform.conrad.de/e-procurement

Alle Teile des Erfolgs

CONRAD