

E&E EXPLORE

NEXT TECH ELECTRONICS



TITELBILD-SPONSOR: ANALOG DEVICES

Mikroprozessoren, Mikrocontroller & Co.
mit hoher Leistungsaufnahme

AUF DIE CORE-SPANNUNG KOMMT ES AN

...mehr ab Seite 8

EMBEDDED-TECHNOLOGIEN
Edge Computing, KI und
intelligente Sensoren ab S. 18

EMV IM GRIFF
Richtiges Messen der
Gerätestörfestigkeit S. 56

WIRELESS SOLUTIONS
Das müssen Sie über
WiFi 7 wissen S. 52



Indirekte Beschaffungskosten
um rund **30%*** reduzieren?

Ja! Mit ProcurePlus.



E-Procurement Implementierung



Lieferantenkonsolidierung



Individuelle Konditionen



Ausgabenoptimierung

*Basierend auf Studien von McKinsey und Boston Consulting Group sowie eigenen Erfahrungswerten.



Weitere Informationen auf
conrad.de/procureplus

Alle Teile des Erfolgs

CONRAD

Auch die nächste Ausgabe der E&E kostenfrei lesen?



E&E EXPLORE
NEXT TECH ELECTRONICS

MÄRZ | 2025

Mikroprozessoren, Mikrocontroller & Co. mit hoher Leistungsaufnahme

AUF DIE CORE-SPANNUNG KOMMT ES AN

EMBEDDED-TECHNOLOGIEN
Edge Computing, KI und intelligente Sensoren

EMV IM GRIFF
Richtiges Messen der Gerätefestigkeit

WIRELESS SOLUTIONS
Das müssen Sie über WiFi 7 wissen

part of **INDUSTRY.FORWARD**

SICHERE EMBEDDED SYSTEME – ZWISCHEN HOFFUNG UND REALITÄT

Berhard Hübner, Chefredakteur E&E Embedded Systeme sind allgegenwärtig – von IoT-Geräten über industrielle Steuerungen bis hin zur Medizintechnik. Doch ihre Sicherheit bleibt eine der größten Herausforderungen. Während theoretische Konzepte zuverlässige Schutzmaßnahmen versprechen, sieht die Praxis oft anders aus: variable Software, fehlende Updates und unzureichende Absicherungen machen viele dieser Systeme zu potentiellen Angriffspunkten. Zwischen ambitionierten Sicherheitsanforderungen und den realen Einschränkungen von Hardware und Software stellt sich die Frage: Wie sicher sind Embedded-Systeme wirklich?

Embedded Systeme sind aufgrund ihrer spezifischen Architektur und ressourcenbeschränkter Umgebung besonders anfällig für Sicherheitslücken. Typische Herausforderungen sind nicht existierende oder mangelhafte Firmware-Updates, unzureichende Authentifizierungsmechanismen sowie fehlende Sicherheitsupdates, insbesondere bei IoT- und Industrie-4.0-Anwendungen. Viele dieser Systeme sind direkt mit Firmennetzwerken oder dem Internet verbunden und das ist aber gerade die Schwachstelle. Die meisten von uns bevorzugen allgegenwärtige Vernetzung oder Zugriffskontrollen. Das macht sie zu bevorzugten Zielen für Angriffe wie DDoS-Angriffe (Distributed Denial of Service) wie etwa Mirai-Botnet oder Firmennetzwerken sowie Supply-Chain-Angriffe.

Moderne Sicherheitskonzepte setzen auf hardwarebasierte Schutzmaßnahmen wie Secure Boot, Trusted Execution Environments (TEE) oder Hardware Security Modules (HSM), um das System gegen unautorisierte Modifikationen abzusichern. Moderne Kryptographie und sichere Kommunikationsprotokolle wie TLS/DTLS Lightweight-Kryptographie und sichere Kommunikationstechniken zu gewährleisten, um Datenintegrität bei der Netzwerkkommunikation zu gewährleisten. Gleichzeitig erfordern eingebettete Sicherheitssysteme spezielle Ansätze zur Integration von Sicherheitsmaßnahmen, um deterministisches Verhalten nicht zu beeinträchtigen.

Neben softwareseitigen Schutzmaßnahmen müssen Embedded-Systeme auch gegen physische Angriffe wie zum Beispiel Side-Channel-Angriffe durch Chipkarten, Security-Taken oder Hardware-Sicherheitsmodule geschützt werden, insbesondere bei industriellen Anwendungen bestehender Infrastrukturen. Deshalb sind neben umfassender Security-by-Design-Strategie, regelmäßige Patching-Sicherungen und robuste Zugriffskontrollen essentiell, um Embedded-Systeme langfristig abzusichern. Ohne einen solchen ganzheitlichen Ansatz bleiben sie ein erhebliches Sicherheitsrisiko mit potenziell weitreichenden negativen Konsequenzen.

HARTING
POWERED BY
CONNECTIVITY

**KOSTENNEUTRER
HOCHLEISTENDER
ANFORDERN**

**Han-Modular
Domino Module**

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

Der erste modulare Steckverbinder mit einer flexiblen Modul-Konfiguration

- Klare & sichere Steckverbindungen ermöglichen bis zu 50% Platzersparnis
- Maximale Flexibilität, passend anforderter per dem geringsten Bedarf
- Hochleistung durch kompakte Modulbauweise
- Reduktion der Installationszeiten durch Zusammenführung mehrerer Ebenenverbindungen

One Range. No Limits.
www.harting.com/energy/industrial

Jetzt Leser werden!





Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E: Embedded Systeme sind allgegenwärtig – von IoT-Geräten über industrielle Steuerungen bis hin zur Medizintechnik. Doch ihre Sicherheit bleibt eine der größten Herausforderungen. Während theoretische Konzepte zuverlässige Schutzmechanismen versprechen, sieht die Praxis oft anders aus: veraltete Software, fehlende Updates und unzureichende Absicherung machen viele dieser Systeme zu potenziellen Angriffszielen. Zwischen ambitionierten Sicherheitsstandards und den realen Einschränkungen von Hardware und Software stellt sich die Frage: Wie sicher sind Embedded Systeme wirklich?

SICHERE EMBEDDED SYSTEME – ZWISCHEN HOFFNUNG UND REALITÄT

Embedded Systeme sind aufgrund ihrer sehr spezifischen Architektur und ressourcenlimitierten Umgebung besonders anfällig für Sicherheitslücken. Typische Herausforderungen sind nicht existierende oder mangelhafte Firmware-Updates, schwache Authentifizierungsmechanismen sowie fehlende Sicherheitsstandards, insbesondere bei IoT- und Industrie-4.0-Anwendungen. Viele dieser Systeme sind direkt mit Firmennetzwerken oder dem Internet verbunden und das oft ohne adäquate Verschlüsselung oder Zugriffskontrollen. Das macht sie zu bevorzugten Zielen für Angriffe wie DDoS-Attacken (Distributed Denial of Service) wie etwa Mirai-Botnet oder Firmware-Exploits sowie Supply-Chain-Angriffe.

Moderne Sicherheitsansätze setzen auf hardwarebasierte Schutzmechanismen wie Secure Boot, Trusted Execution Environments (TEE) oder Hardware Security Modules (HSM), um das System gegen unautorisierte Modifikationen abzusichern. Lightweight-Kryptographie und sichere Kommunikationsprotokolle wie TLS/DTLS sind essenziell, um Datenintegrität bei der Netzwerkkommunikation zu gewährleisten. Gleichzeitig erfordern eingebettete Echtzeitsysteme spezielle Ansätze zur Integration von Sicherheitstechnologien, um deterministisches Verhalten nicht zu beeinträchtigen.

Neben softwareseitigen Schutzmaßnahmen müssen Embedded Systeme auch gegen physische Angriffe wie zum Beispiel Side-Channel-Attacken durch Chipkarten, Security-Tokens oder Hardware-Sicherheitsmodule gesichert werden, insbesondere bei sicherheitskritischen Anwendungen beziehungsweise Infrastrukturen. Deshalb sind eine umfassende Security-by-Design-Strategie, regelmäßige Patching-Mechanismen und robuste Zugriffskontrollen essenziell, um Embedded Systeme langfristig abzusichern. Ohne einen solchen ganzheitlichen Ansatz bleiben sie ein erhebliches Sicherheitsrisiko mit potenziell weitreichenden negativen Konsequenzen.

**KOSTENFREIES
PRODUKTMUSTER
ANFORDERN**

Han-Modular[®] Domino Module

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


Connectivity+



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

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

One Range. No Limits:

www.HARTING.com/domino



Pushing Performance
Since 1945

INHALT

AUFTAKT

- 06 Im Rampenlicht
- 12 „Places to be“ auf der Embedded World 2025
- 14 Hannover Messe 2025 Vorschau
- 16 Highlights der Branche

TITELREPORTAGE

- 08 Titelstory: Auf die Core-Spannung kommt es an – CPUs, Controller & Co. mit hoher Leistungsaufnahme

FOKUS: EMBEDDED

- 18 Wie sich die Embedded-Branche verändert
- 20 Umfrage: Welche Innovationen sind auf der Embedded World 2025 zu finden?
- 24 Optimale Edge-Verbindung finden: Zukunft der Edge-Anbindung in der Industrie
- 28 Die wichtigsten Embedded-KI-Trends: KI-Lösungen, neue Geschäftsmodelle und intelligente Sensoren
- 31 Optimierung der Bildgebung: Image-Ökosystem für Echtzeitanwendungen

NET ZERO ELECTRONICS

- 34 Nachhaltigkeit simulieren: So lässt sich Nachhaltigkeit in der Industrie verbessern

RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 36 Cover Winner des Jahres
- 55 Impressum & Firmenverzeichnis
- 66 Die Zahl

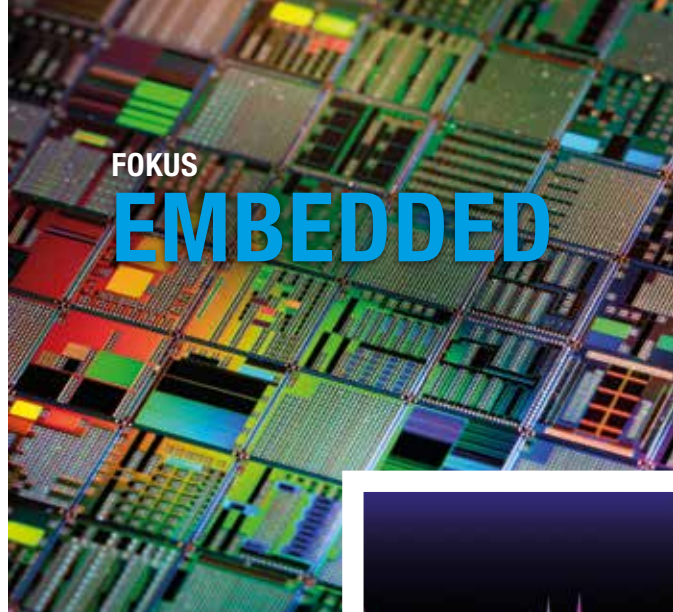


Jetzt scannen
und die E&E als
E-Paper erhalten!

AB SEITE

56

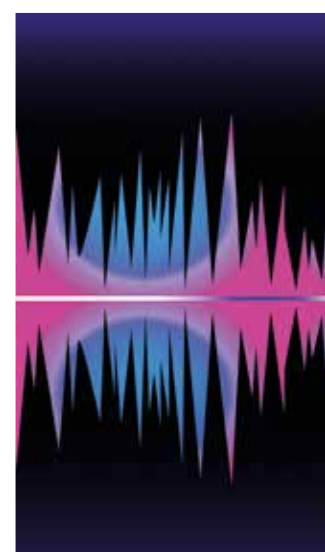
SPEZIAL: EMV & ESD
Gerätestörfestigkeit im
Labor richtig messen

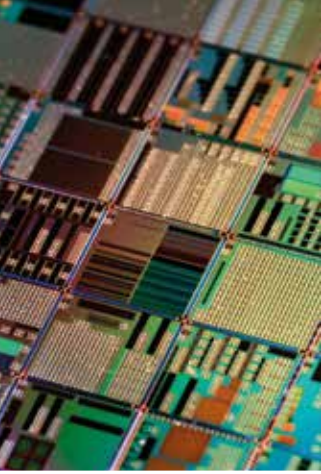


08

TITELSTORY

Auf die richtige Core-Spannung
kommt es an



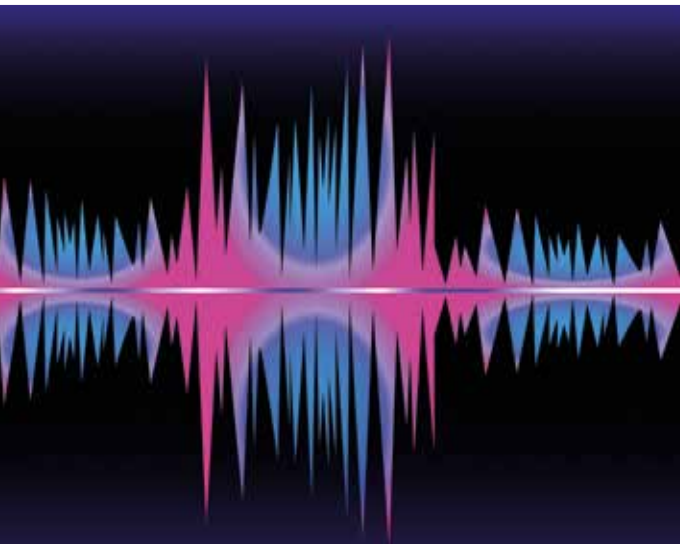


18

AB SEITE

FOKUSTHEMA

Themen, Trends und Lösungen
rund um das Thema Embedded



38

SUPERKONDENSATOREN

Energieversorgung für
IoT und Co.



ELECTRONICS SOLUTIONS

- 38 Ultrakompakte Power-Helden: Supercaps, die spezielle Art der Stromversorgung
- 42 Sicherheit, Langlebigkeit und Funktionsbereitschaft: Verbindungen sind das A und O in der Produktion
- 46 Steckverbinder für Bahn und Transportwesen
- 48 Lieferengpässe vermeiden: Eine resiliente Supply Chain bei passiven Bauelementen aufbauen
- 50 Touch-Bedienung vereinfachen: HMI-Fronteinheit mit gekrümmter Glasfront
- 52 WiFi 7 punktet mit 7 Features

SPEZIAL: EMV & ESD

- 56 Richtig entstören nach CISPR 16-2-1: Leitungsgeführte Störaussendungsprüfung
- 60 Grenzwerte im Fokus: Pre-Compliance-Messungen ebnen den Weg zur EMV-Zertifizierung

NEXT ELECTRONICS

- 63 Softwarefehler im Code vermeiden: Statische Analyse erhöht Sicherheit der Elektronik

Wärmeleitfolien **DETAKTA**



Silikon Soft Pads

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

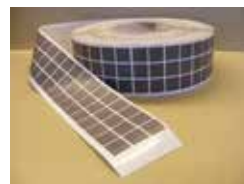
Weiche, gelartige Pads. 2 - 10° Shore A
beidseitig haftend. Stärken 0,5 - 5,0 mm



Silikon Soft Pads mit Gewebe

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

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



Silikon Glasgewebe Folie

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

Folie auch einseitig haftend - ohne zusätzlichen Kleber.

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

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

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

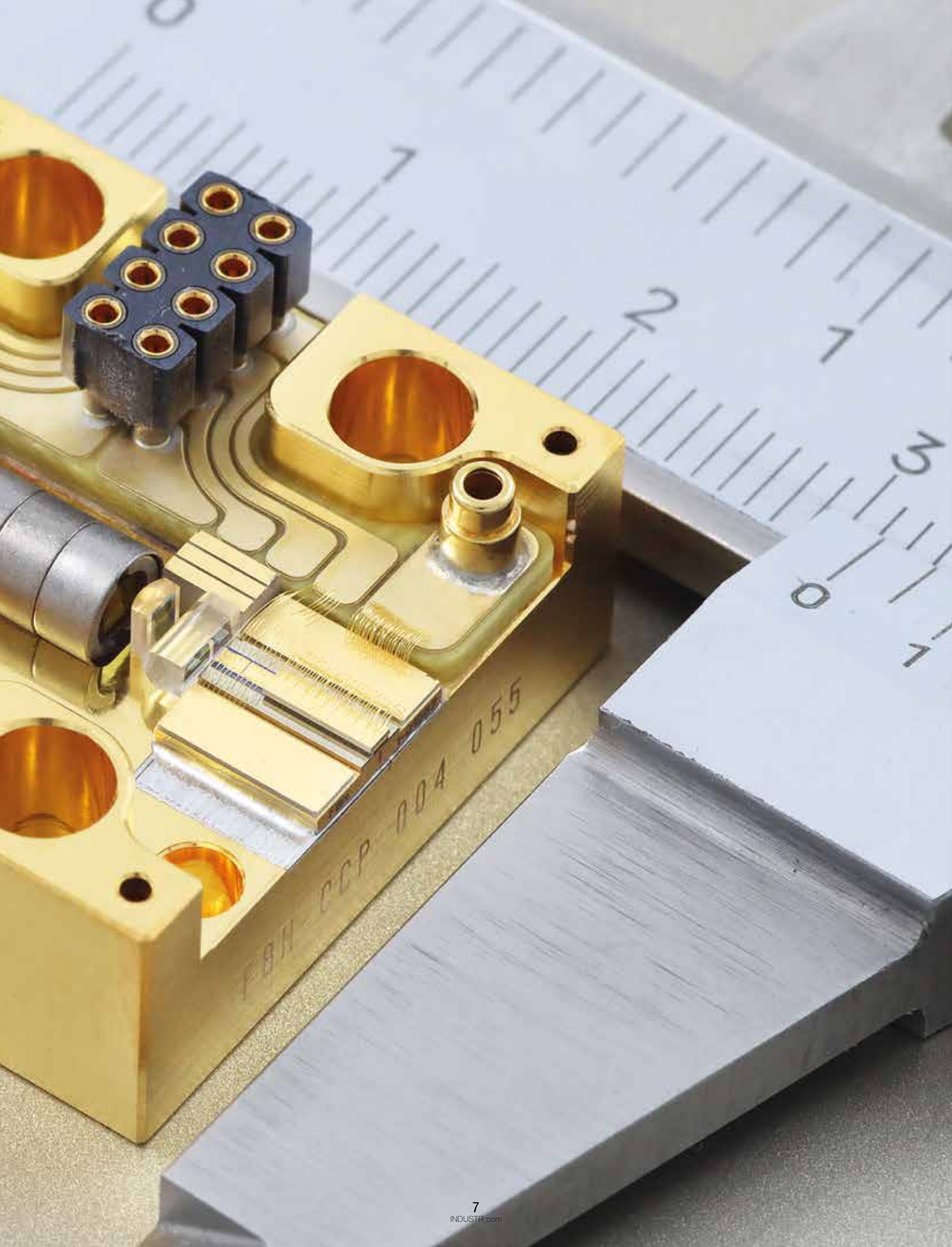
Der kompakte Master-Oszillator-Leistungsverstärker liefert eine Dauerstrichleistung von über acht Watt bei einer spektralen Breite von unter 100 MHz und einem Strahlqualitätsfaktor $M^2 < 2$. Dank seiner geringen Abmessungen von nur 25 x 25 mm² ist er ideal in mobilen und kompakten Anwendungen einsetzbar wie etwa in der Medizin, Messtechnik und Quantenphysik. Der Oszillator wird über einen internen verteilten Bragg-Reflektor (DBR) spektral stabilisiert, während ein Trapezverstärker für die Leistungssteigerung sorgt. Zudem schützt ein integrierter optischer Isolator vor optischen Rückkopplungen. Ebenso ist es durch die kompakte CCP3-Halterung möglich, den Master-Oszillator-Leistungsverstärker flexibel in verschiedene Messaufbauten und -systeme zu integrieren. Optional kann der MOPA auch in ein geschlossenes Butterfly-Gehäuse integriert werden. Die Wellenlängen sind im Bereich zwischen 620 - 1180 nm flexibel einstellbar.

PRÄZISION AUF KLEINSTEM RAUM

Miniaturisierter Master-Oszillator-Leistungsverstärker

Forschende des Ferdinand-Braun-Instituts (FBH) haben einen Master-Oszillator-Leistungsverstärker (MOPA) entwickelt, der mit einer hohen optischen Leistung, einer geringen spektralen Breite und einer exzellenten Strahlqualität überzeugt.

TEXT: mit Material vom Ferdinand-Braun-Institut BILD: FBH/P. Immerz



FBI-CCP-004-055

MIKROPROZESSOREN, MIKROCONTROLLER UND BAUELEMENTE MIT HOHER LEISTUNGS-AUFNAHME

Auf die Core-Spannung kommt es an

Dieser Leitfaden hilft, Elektronikentwicklern die richtige Stromversorgungs-Topologie für Mikroprozessoren, Mikrocontroller und Signalketten mit hoher Leistungsaufnahme auszuwählen. Er hebt die entscheidende Rolle einer effizienten und zuverlässigen Leistungswandlung in der Signalkette hervor. Zudem beschreibt der Leitfaden die große Bedeutung, die diesen kompakten und leistungsstarken Bauelementen in den unterschiedlichsten Anwendungen zukommt.

TEXT: Jan Michael Gonzales, Ralph Clarenz Matociños und Christian Cruz, Analog Devices BILDER: Analog Devices; iStock, Web Hakimi

Ob es nun um Consumer-Anwendungen oder die industrielle Automatisierungstechnik geht, fungieren diese Bausteine als wichtige Verarbeitungseinheiten, die aber auf eine stabile und präzise geregelte Stromversorgung angewiesen sind, um optimal zu funktionieren. Die folgende Anleitung unterstreicht, wie wichtig die Wahl der richtigen Stromversorgungs-Architektur für einen reibungslosen, optimalen Betrieb ist.

Einführung

Der vorliegende Beitrag befasst sich eingehend mit praktischen Überlegungen zu verschiedenen Stromversorgungs-Topologien. Das Spektrum reicht von LDOs (Low-Dropout-Regler) über Buck-Wandler (Abwärtswandler), Boost-Wandler (Aufwärtswandler) und Buck-Boost-Wandler (Ab-Aufwärtswandler) bis zu SIMO-Wandlern (Single Input Multiple

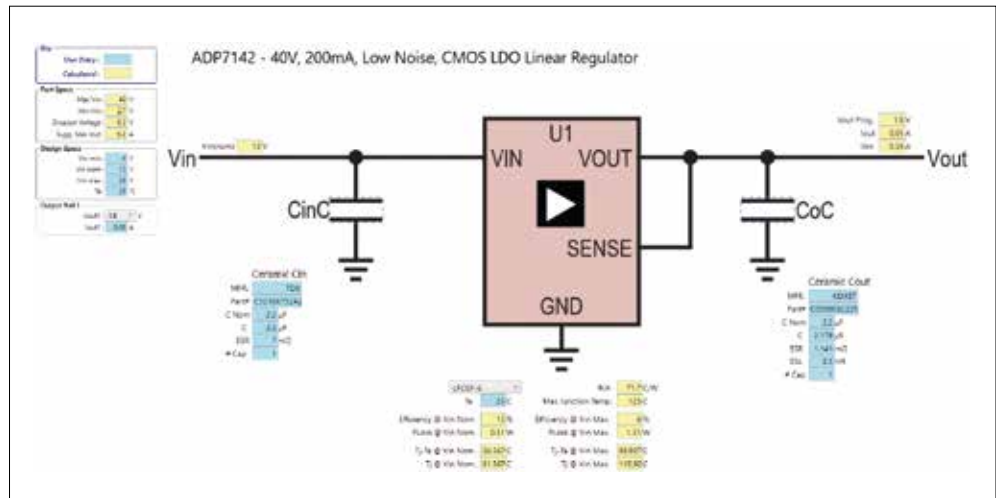
Output). Die Anwendungsgebiete und die Bedeutung dieser Topologien kommen ebenso zur Sprache wie ihre Vor- und Nachteile. Gestützt auf praktische Erkenntnisse, soll diese Evaluierung dazu beitragen, während des Designprozesses fundierte Entscheidungen fällen zu können.

Stabile Core-Spannung hat Priorität

Bevor genauer auf die Details der verschiedenen Stromversorgungs-Topologien eingegangen wird, sollte man sich über die Bedeutung im Klaren sein, die eine stabile Core-Spannung für Prozessoren und Mikrocontroller hat:

- **Leistungsfähigkeit:** Eine stabile Core-Spannung sichert die gleichbleibende, zuverlässige Performance des Bausteins und unterbindet unerwartete Abstürze, Glitches und fehlerhaftes Verhalten.

Der Linearregler ADP7142 liefert eine Ausgangsspannung von 1,8 V.



- **Energieeffizienz:** Eine gut geregelte Core-Spannung minimiert die elektrischen Verluste und kommt der Energieeffizienz des gesamten Systems zugute.
- **Langlebigkeit:** Spannungsschwankungen können zu einem vorzeitigen Verschleiß des jeweiligen Bausteins führen und seine Lebensdauer verkürzen.
- **Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV):** Eine stabile Core-Spannung hilft bei der Einhaltung der EMV-Vorschriften, indem sie die elektromagnetischen Interferenzen (EMI) reduziert. Essenziell ist dies insbesondere in sensiblen Anwendungen wie etwa Medizingeräten und Aerospace-Systemen.
- **Störobständigkeit:** Eine gute Spannungsregelung schützt den Baustein vor externen Störbeeinflussungen und stärkt damit seine Zuverlässigkeit in Umgebungen mit hohem Störaufkommen.

Gängige Stromversorgungs-Topologien

Zu den häufig verwendeten Stromversorgungs-Topologien für Mikroprozessoren und Mikrocontroller gehören lineare und getaktete Stromversorgungen. Beispiele für letztere sind Buck-, Boost-, Buck-Boost- und SIMO-Wandler. Jede der genannten Topologien, auf die nachfolgend genauer eingegangen wird, besitzt ihre ganz spezifischen Vor- und Nachteile.

Linearregler

Linearregler sind einfache und kostengünstige Lösungen für Anwendungen mit geringem Leistungsbedarf. Sie geben überschüssige Spannung in Form von Wärme ab und liefern eine konstante Ausgangsspannung, auch wenn sich die Eingangsspannung ändert. Wegen ihrer hohen Verlustleistung erweisen sie sich jedoch als ineffizient, wenn die Anwendung viel Strom benötigt.

Schaltwandler

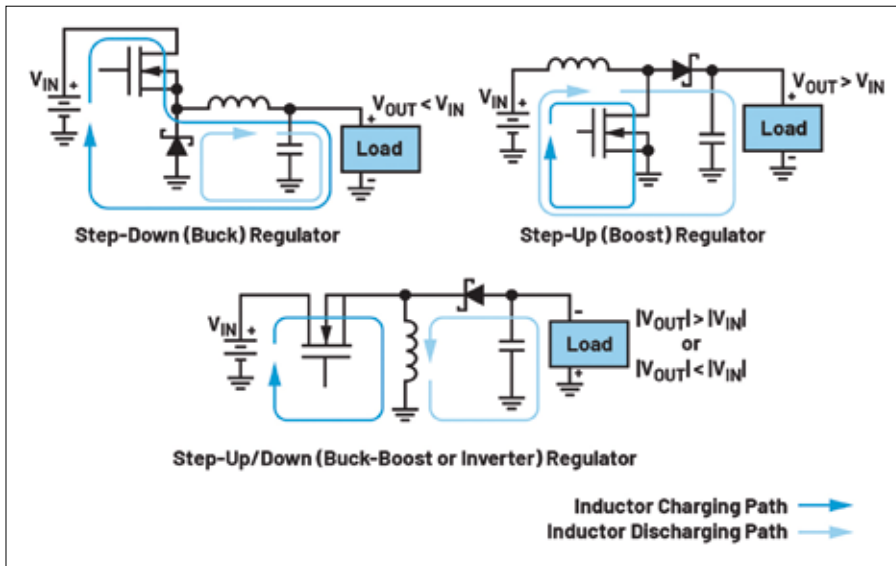
Aufgrund ihres hohen Wirkungsgrads sind geschaltete Stromversorgungen die meistverwendete Topologie für Mikroprozessoren und Mikrocontroller. Ein Schaltwandler wandelt die Eingangsspannung in die gewünschte Ausgangsspannung um, indem er die Leistungsschalter (meist Transistoren) mit hoher Frequenz ein- und ausschaltet. Neben einer präzisen Spannungsregelung erlaubt dies eine Minimierung der Verlustleistung. In häufigsten Formen sind die Buck-, Boost- und Buck-Boost-Topologie (Abwärts-, Aufwärts- und Ab-Aufwärts-Wandler).

Buck-Wandler (Abwärtswandler)

Abwärtswandler sind eine besondere Art von Schaltwandlern, die die Eingangsspannung in eine niedrigere Ausgangsspannung umwandeln. Sie werden häufig zur Versorgung von Mikrocontrollern oder Low-Power-Mikroprozessoren eingesetzt. Ein Abwärtswandler schaltet den Leistungsschalter (meist ein Transistor) periodisch ein und aus, wobei Energie in einer Speicherdrossel und einem Kondensator gespeichert und dosiert an den Ausgang abgegeben wird.

SIMO-Wandler

SIMO ist die Bezeichnung einer innovativen Power-Management-Technik, die mit einer einzigen Induktivität mehrere geregelte Ausgangsspannungen bereitstellt. Traditionelle Schaltungen dagegen benötigen für jede Ausgangsspannung eine eigene Induktivität, was den Bauteileaufwand ebenso erhöht wie die Kosten und die Energieverluste. Bei der SIMO-Technik vereinfacht sich die Situation, da eine Induktivität von mehreren Ausgängen genutzt wird. Ein höherer Wirkungsgrad und ein reduzierter Flächenbedarf sind das Resultat.



Buck, Boost und Buck-Boost sind die grundlegenden Topologien von Schaltwandlern

Aufwärtswandler

Aufwärtswandler wandeln die Eingangsspannung in eine höhere Ausgangsspannung um. Sie sind zwar bei Mikrocontrollern und Mikroprozessoren weniger gebräuchlich, werden aber in Anwendungen genutzt, die eine wesentlich höhere Core-Spannung benötigen.

Ab-Aufwärtswandler

Ab-Aufwärtswandler kombinieren die Fähigkeiten von Abwärts- und Aufwärtswandlern und können die Eingangsspannung sowohl verringern als auch erhöhen, um die benötigte Ausgangsspannung bereitzustellen. Dank dieser Flexibilität empfehlen sie sich als vielseitige Lösung für Anwendungen mit wechselnden Spannungsanforderungen.

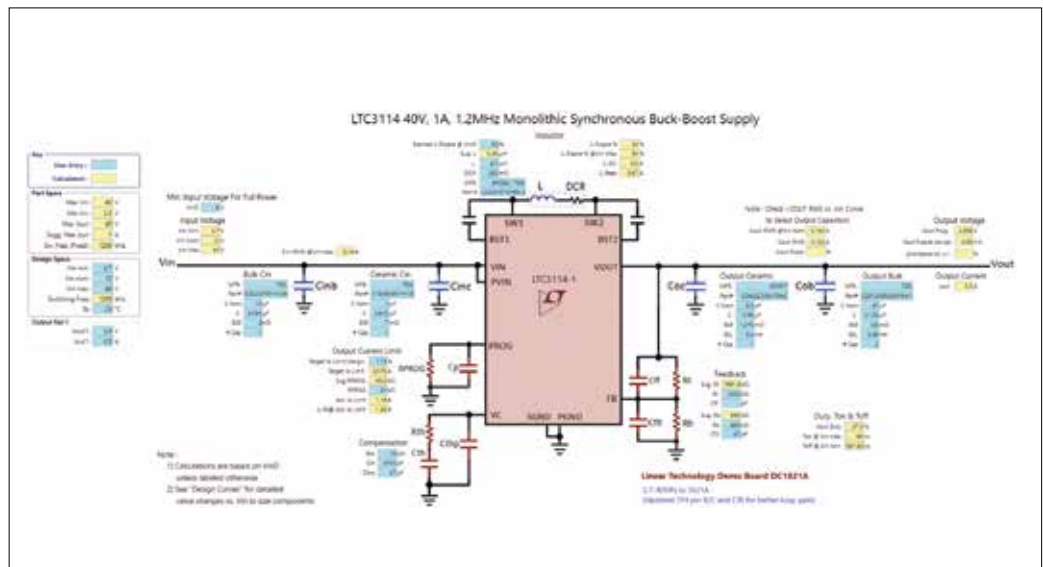
Der Ab-Aufwärtswandler zum Beispiel regelt die Ausgangsspannung eines Akkusatzes, dessen Spannung sich mit fortschreitender Entladung ändert. Wenn sich der Akkusatz im Lademodus befindet (im Entladebetrieb beträgt die Eingangsspannung rund 4,5 V bis 5 V), kann die Spannung der Akkuzellen auf Werte zwischen 2,7 V und 1,5 V zurückgehen, weshalb für Anwendungen dieser Art ein Ab-Aufwärtswandler unabdingbar ist.

Auf die Topologie kommt es an

Welche Faktoren sind bei der Entscheidung für eine bestimmte Topologie zu beachten? Um über die richtige Stromversorgung für einen Mikroprozessor oder Mikrocontroller zu entscheiden, muss eine ganze Reihe von Faktoren berücksichtigt werden. Einige wichtige Aspekte sind nachfolgend detailliert aufgeführt:

- **Energieeffizienz:** Nachdem der Leistungsbedarf des jeweiligen Geräts ermittelt ist, sollte eine Topologie mit hoher Effizienz gewählt werden, um den Energieverbrauch und die Wärmeentwicklung zu minimieren.
- **Eingangsspannungsbereich:** Stellen Sie fest, in welchem Bereich sich die Eingangsspannung des Geräts im Betrieb bewegen kann. Achten Sie darauf, dass die gewählte Topologie für diesen Bereich geeignet ist.
- **Ausgangsspannung:** Ermitteln Sie die vom verwendeten Mikrocontroller oder Mikroprozessor benötigte Core-Spannung. Einige Topologien, darunter der Ab-Aufwärtswandler, bieten in dieser Hinsicht mehr Flexibilität.
- **Größen- und Gewichtsrestriktionen:** Wenn für die Anwendung Größen- oder Gewichtsbeschränkungen bestehen, sollte die Wahl auf eine Topologie fallen, mit der sich leichte und kompakte Lösungen realisieren lassen.
- **Kosten:** Untersuchen Sie die Kostenvorgaben des Projekts. Während Linearregler bei niedrigem Leistungsbedarf durchaus kosteneffektiv sein können, sind Schaltwandler bei höherem Leistungsbedarf möglicherweise die kosteneffizientere Lösung.
- **EMV:** Wenn die Anwendung die Einhaltung von EMV-Vorschriften erfordert, muss sichergestellt sein, dass die gewählte Topologie diese Anforderungen mit geeigneten Layout- und Filtermaßnahmen erfüllt.
- **Sprungantwort:** Beachten Sie auch das Lastsprungverhalten der Stromversorgung. Bei Mikroprozessoren und Mikrocontrollern kann sich der Laststrom oftmals plötzlich ändern, weshalb eine Topologie mit schnellem und stabilem Lastsprungverhalten wichtig ist, um Spannungseinbrüche und -überschwinger zu vermeiden.
- **Zuverlässigkeit:** Beachten Sie die Zuverlässigkeitsvorgaben der Anwendung. Einige Topologien, darunter auch Linearregler, sind in bestimmten Szenarien unter

Beispielschaltung mit dem Ab-Aufwärtswandler LTC3114-1, konfiguriert für eine Ausgangsspannung von 3,3 V



- Umständen zuverlässiger, da sie weniger Bauelemente benötigen.
- **Umgebungsbedingungen:** Auch die Betriebsumgebung der Applikation muss berücksichtigt werden. Während in batteriebetriebenen Anwendungen die Energieeffizienz entscheidend ist, sind in industriellen Applikationen die Robustheit und die Störobstandigkeit wichtiger.

- verschiedenen Betriebsbedingungen, um sicherzustellen, dass sie die angestrebten Spezifikationen einhält.
- **Wärmemanagement:** Wenn das Design viel Verlustleistung erzeugt, sollten zur Vermeidung von Überhitzungen möglicherweise Kühlkörper oder andere Wärmemanagement-Maßnahmen angewandt werden.

Tipps zur praktischen Implementierung

- Wenn Sie sich für die passende Stromversorgungs-Topologie entschieden haben, können die folgenden Tipps hilfreich für eine erfolgreiche Implementierung sein:
- **Auswahl der Bauelemente:** Wählen Sie qualitativ hochwertige Bauelemente (Induktivitäten, Kondensatoren, Transistoren usw.), um einen stabilen und zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten.
 - **Layout und Routing:** Verwenden Sie viel Sorgfalt auf das Layout und das Routing der Leiterplatte für Ihre Stromversorgung. Minimieren Sie die von Stromschleifen umschlossenen Flächen und nutzen Sie geeignete Masseverbindungs-Techniken, um die Störaussendungen einzudämmen und die elektromagnetische Verträglichkeit zu verbessern.
 - **Filterung:** Greifen Sie bedarfsweise auf Eingangs- und Ausgangsfilter zurück, um die elektromagnetischen Interferenzen zu reduzieren und die Voraussetzungen für eine saubere, stabile Ausgangsspannung zu schaffen.
 - **Schutzmaßnahmen:** Implementieren Sie Schutzfunktionen wie Überspannung, Unterspannung und Überstrom, um den Mikroprozessor beziehungsweise Mikrocontroller vor Schäden zu bewahren.
 - **Prüfung und Charakterisierung:** Prüfen und charakterisieren Sie Ihre Stromversorgungs-Schaltung unter

Zusammenfassung

Die Wahl der richtigen Stromversorgungs-Topologie für einen Mikroprozessor oder Mikrocontroller stellt einen wichtigen Schritt im Rahmen des Designprozesses dar. Jede Topologie besitzt ihre ganz spezifischen Vor- und Nachteile, und die Entscheidung sollte sich nach den individuellen Erfordernissen Ihrer Applikation richten. Faktoren wie die Energieeffizienz, der Eingangsspannungsbereich und die Stabilität der Ausgangsspannung sollten in die Überlegungen einbezogen werden, um zu einer fundierten Entscheidung zu kommen, die für einen optimalen Betrieb der jeweiligen Applikation sorgt.

Hervorzuheben ist jedoch, dass die Implementierungsphase von ebenso großer Bedeutung ist. Die Wahl der richtigen Bauelemente, Sorgfalt beim Layout und beim Routing und gründliches Testen sind entscheidend dafür, dass das Potenzial der gewählten Stromversorgungs-Topologie vollständig ausgeschöpft werden kann. Werden all diese Details beachtet, lassen sich Mikroprozessoren und Mikrocontroller effektiv mit Strom versorgen, damit sie in den unterschiedlichsten Anwendungen optimal funktionieren können. □



Embedded World
Halle 4A, Stand 360



01



02



03



04

Quellen: 01, 02, 03, 06, 07 | NürnbergMesse / Thomas Geiger, 04, 08 | iStock / Fotografie.Link, 05 | NürnbergMesse / Frank Boxler

Embedded World 2025

Die Embedded World 2025 öffnet vom 11. bis 13. März in Nürnberg ihre Tore. Auf der globalen Plattform der Embedded-Community sollten Sie diese „Places to be“ nicht verpassen.

TEXT: Michaela Sandner, E&E; mit Material der NürnbergMesse

01 EW Conference

Auch in diesem Jahr bringt die Embedded World Conference in einem sehr klar strukturierten Programm erneut den Stand der Technik mit Trendthemen zusammen. Experten aus Forschung und Entwicklung tauschen sich



mit Kollegen aus der Praxis aus. Vom Wissenstransfer profitiert die gesamte Embedded-Branche.

02 Electronic Displays

Die Electronic Displays Conference wird wieder zwei Tage lang der Treffpunkt für internationale Experten aus dem Bereich Industrie- und Automobildisplays sein. Sie ist auch die Wissens- und B2B-Plattform für die



Display-Community. Im Zentrum stehen Themen wie Lieferketten, Display-Komponenten und Marktübersichten.

03 Expertenrunden

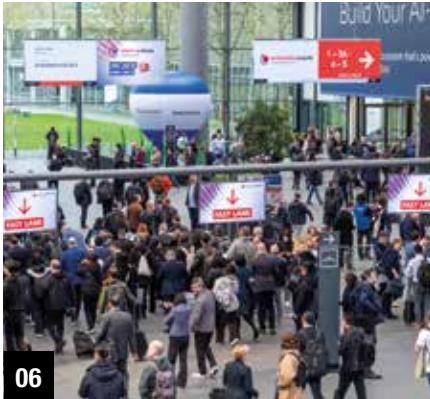
Wenn Sie sich für die neuesten Innovationen aus der Welt der Embedded-System-Technologie interessieren und bereits Ihr Ticket für die Teilnahme an der Embedded World gebucht haben, dann bieten Ihnen die Expertenrunden



die einzigartige Möglichkeit, noch tiefere Einblicke in Themen wie Edge AI und IoT-Security zu gewinnen.



05



06



07



08

04 Embedded Award

Der renommierte Preis wird traditionell in acht Kategorien verliehen: Hardware, Tools, Software, Embedded Vision, Safety & Security, Startup, Künstliche Intelligenz und SoC / IP / IC Design.



In diesem Jahr kürt die Jury außerdem zum ersten Mal ein Gewinner im Bereich Electronic Displays.

06 Ausstellerforen

Wenn Sie mehr über die Produkte und Services der zahlreichen Aussteller der EW25 erfahren möchten, dann sollten



Sie die Vorträge und Präsentationen in den Ausstellerforen in den Hallen keineswegs verpassen.

08 Start-up City

Die Start-up City bietet eine Plattform für den Austausch zwischen der aktiven Startup-Szene, Entscheidern aus der Hersteller- und Anwenderindustrie, Forschung und Entwicklung sowie der Finanzwelt und Risikokapitalgebern. Präsentationen, Workshops, Pitches, Masterclasses und Challenges zu den Themen Startup-Innovation, Startup-Investitionen und Startup-Kooperationen gehören zu den Aktivitäten dieser Plattform. Die Start-up City ist zudem der zentrale Treffpunkt für den Austausch zwischen jungen Unternehmen, etablierten Firmen und Kapitalgebern



der Embedded-Branche und beinhaltet zudem ein umfassendes Rahmenprogramm mit interaktiven Formaten.

05 Student Day

Der Student Day versammelt am 13. März Studierende der embedded-relevanten Ingenieurstudiengänge aus aller Welt. Die meisten stehen kurz vor ihrem



Examen und wollen auf der Suche nach ihren zukünftigen Arbeitgebern die Branche besser kennenlernen.

07 #women4ew

Das Networking-Event für Frauen in der Embedded-Branche findet am dritten Tag der EW25 statt und bietet eine einzigartige Gelegenheit, sich zu



vernetzen, gegenseitig zu inspirieren und von erfolgreichen Frauen zu lernen und den Kontakt zu intensivieren.



LÖSUNGEN FÜR EINE NACHHALTIGE INDUSTRIEZUKUNFT

Industrie im Wandel: Hannover Messe 2025

Elektrifizierung, Digitalisierung und Automatisierung sind der Schlüssel zur Erreichung der Klimaneutralität. Über 4.000 Unternehmen zeigen vom 31. März bis 4. April 2025 auf der HMI, wie dies als vernetztes industrielles Ökosystem gelingen kann.

TEXT: Michaela Sandner, E&E BILD: Deutsche Messe

Die Hannover Messe 2025 bringt erneut Akteure aus Maschinenbau, Elektro- und Digitalindustrie sowie der Energiewirtschaft zusammen, um gemeinsame Lösungen für eine leistungsfähige und nachhaltige Industrie zu präsentieren. Hier finden Sie Trends und Neuheiten die Antworten auf aktuelle industrielle Herausforderungen liefern. Und zwar von erneuerbaren Energien über grünen Wasserstoff bis hin zu Embedded Systems, Automatisierung und Künstlicher Intelligenz.

Die Hannover Messe präsentiert nicht nur neue Technologien, sondern liefert auch praxisnahe Erkenntnisse und erfolgreich erprobte Use Cases, die als Blaupause nutzbar sind.

Das Internet der Dinge führt dazu, dass Embedded Systems eine immer wichtigere Rolle spielen. Dies eröffnet neue Möglichkeiten und Herausforderungen für die Entwicklung und Integration von Embedded Systems in den verschiedenen

Branchen und Anwendungsbereichen. Auch in diesem Jahr werden diese Themen wieder auf der HMI stattfinden.

Zirkus und industrielle Sicherheit?

In entspannter Atmosphäre Themen wie KRITIS und NIS-2 im Rahmen der industriellen Sicherheit thematisieren: Treten Sie dafür in die Manege der Industrial Security Circus Stage. Eine Plattform, auf der Expertenwissen und Visionen im Bereich IT/OT Security diskutiert werden. Den Fachbesuchern wird in einer unterhaltsamen und informativen Umgebung die unerlässliche Bedeutung von IT/OT Security für die Industrie vermittelt. Manege frei für das mit dem Fraunhofer FOKUS gemeinsam entwickelte Bühnenprogramm in Halle 16 auf der Industrial Security Circus Stage!

Embedded Park & Speakers Corner

In einer zunehmend von fortschreitender Digitalisierung geprägten Welt erfahren eingebettete Systeme in der Produktionslinie eine zunehmende Relevanz. Sie bilden die Grundlage für die zuverlässige Verarbeitung von Daten und Signalen und werden somit als Schlüssel zur Zukunft der Industrie betrachtet. Die Hannover Messe hat mit dem neuen Themenpark

„Embedded Systems & Solutions“ den Anspruch, eine Heimat für die Embedded-Community zu schaffen. In Halle 9, Stand F76, haben die Aussteller die Möglichkeit, ihre Lösungen in Form von Kurzvorträgen und Best-Practice-Beispielen zu präsentieren.

Technologie hautnah

Auf der Digital Transformation Stage finden Sie Einblicke in die Bereiche Produktion, Digitalisierung sowie Künstliche Intelligenz. Hier können Sie sich mit Expertinnen und Experten aus Forschung, Industrie und Politik über neueste Technologien austauschen. Teilnehmende aus unterschiedlichen Disziplinen gestalten in Halle 17, Stand E44 ein Forum mit spannenden Masterclasses und bieten Use Cases, Einblicke und Lösungen an.

Um einen detaillierten Überblick zu erhalten und gezielt zu den Themen zu gelangen, die für Sie von Interesse sind, haben Sie die Möglichkeit, an den Technology Tours teilzunehmen. Tour-Guides führen Sie bei den etwa zweistündigen, kostenpflichtigen Messerundgängen zu den Ausstellern, diese präsentieren jeweils circa 10 Minuten lang ihre neuesten Lösungen. Seit Februar 2025 ist die Anmeldung möglich. □

31. MÄRZ – 4. APRIL 2025

SOLUTIONIZE YOUR AUTO- MATION EXCELLENCE

Setzen Sie neue Maßstäbe in der Automatisierung durch präzise Steuerungssysteme. Auf der HANNOVER MESSE.
www.hannovermesse.de/automatisierung



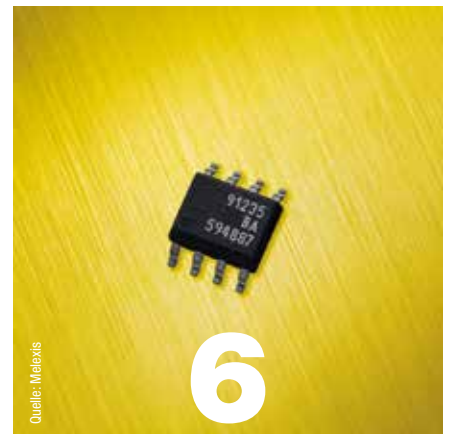
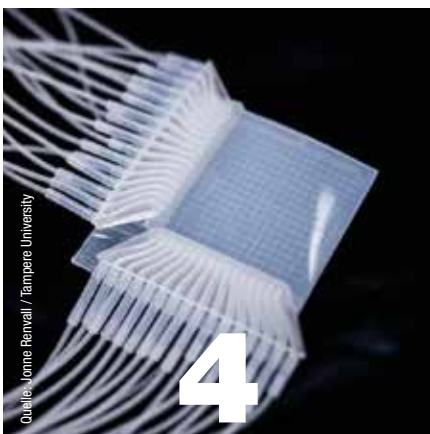
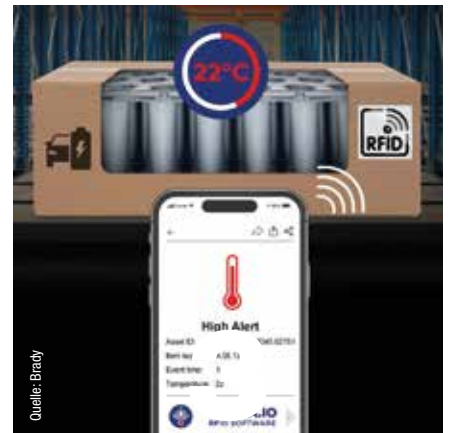
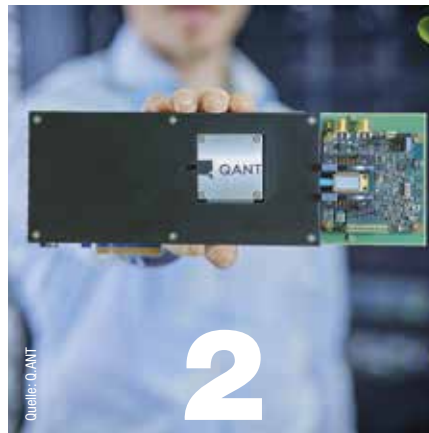
WORLD. LEADING. INDUSTRYSHOW.



6

HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Schneider Electric feiert 100 Jahre Leistungsschutzschalter und Forschende entwickelten das erste nicht-elektrische Touchpad mit pneumatischen Kanälen. Brady bietet eine neue Lösung zur Früherkennung von instabilen Li-Ionen-Batterien und Q.ANT bringt den ersten kommerziellen Photonik-Prozessor auf den Markt.



Jubiläum bei Schneider Electric

Hundertjähriges

Schneider Electric feiert 100 Jahre Innovation mit den Jubiläen der Motorsteuerungslösungen TeSys und des Leitungsschutzschalters. Beide Technologien haben sowohl die elektrische Sicherheit als auch die Zuverlässigkeit nachhaltig geprägt. Mit 100 Jahren Erfahrung im Bereich Schutz und Elektroinstallationen werden Kunden auf den unterschiedlichsten Ebenen unterstützt.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2778303

Kommerzieller Photonik-Prozessor mit PCIe

Photonische NPU

Q.ANT hat die Markteinführung seines ersten kommerziellen Produkts bekannt gegeben – einer photonischen Native Processing Unit (NPU), die auf der firmeneigenen Rechenarchitektur LENA (Light Empowered Native Arithmetics) basiert. Da das Produkt auf dem Industriestandard PCI-Express aufbaut, lässt sich in bestehende KI-Software-Stacks und Computing-Ecosysteme integrieren.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2776197

Instabile Li-Ionen-Batterien schneller erkennen

Batterieüberwachung

Mit einer neuen RFID-Lösung bietet Brady eine kostengünstige Möglichkeit zur Früherkennung instabiler Lithium-Ionen-Batterien. Selbstklebende UHF-RFID-Tags, intelligente Lesegeräte und eine anpassbare Softwareplattform ermöglichen eine präzise Temperaturüberwachung und automatische Warnsysteme. So können Sicherheitsrisiken verringert und Effizienz gesteigert werden.

Erfahren Sie mehr: Industr.com/2776197

Erstes nicht-elektrische Touchpad

Sensortechnologie

Forscherinnen und Forscher der Universität Tampere haben das weltweit erste weiche Touchpad entwickelt, das ohne Strom Stärke, Fläche und Ort der Berührung erkennen kann. Das Gerät arbeitet mit pneumatischen Kanälen, so dass es auch in Umgebungen wie MRT-Geräten und unter anderen Bedingungen eingesetzt werden kann, die für elektronische Geräte ungeeignet sind.

Erfahren Sie mehr: Industr.com/2773892

Kompaktes Leistungsmodul – Hohe Energiedichte

Kompaktes Plug & Play

Um die Elektromobilität einem breiteren Markt zugänglich zu machen, sind hohe Leistung und Effizienz bei gleichzeitig niedrigen Kosten entscheidend. Infineon Technologies bringt deshalb mit dem HybridPACK Drive G2 Fusion ein Leistungsmodul für Traktionsumrichter auf den Markt. Es ist das erste Plug-and-Play-Modul, das Silizium- und Siliziumkarbid-Technologien kombiniert.

Erfahren Sie mehr: Industr.com/2772243

Kernfreier Hochgeschwindigkeits-Stromsensor

Platzbedarf verringern

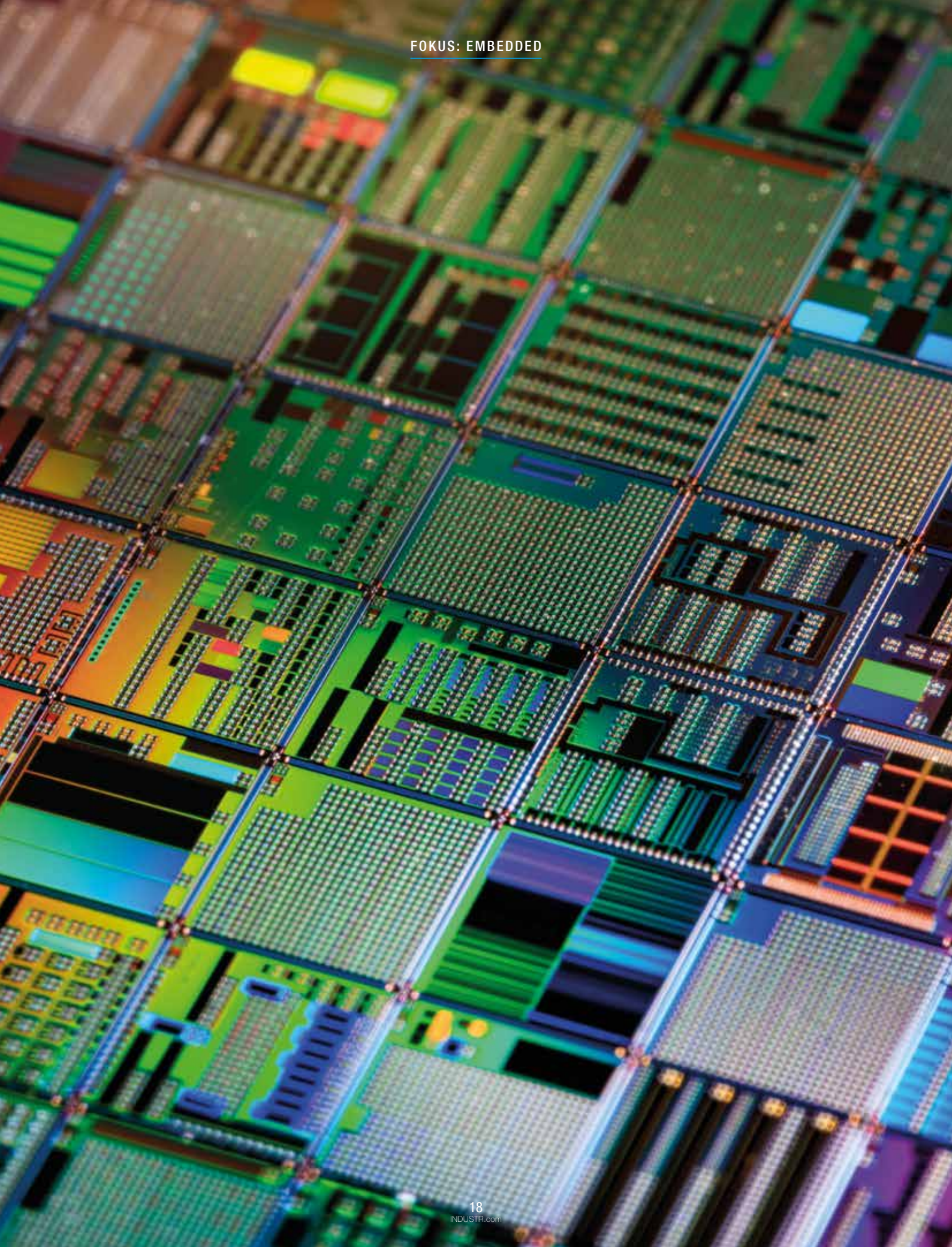
Melexis stellt den MLX91235 vor, einen neuartigen Stromsensor ohne ferromagnetischen Kern. Das neue Produkt erweitert das Portfolio von Melexis und ermöglicht die Messung hoher Ströme, die über externe Primärleiter wie Leiterbahnen oder Sammelschienen fließen. Der Stromsensor eignet sich für eine Vielzahl von Anwendungen in der Automobilindustrie und der Elektromobilität.

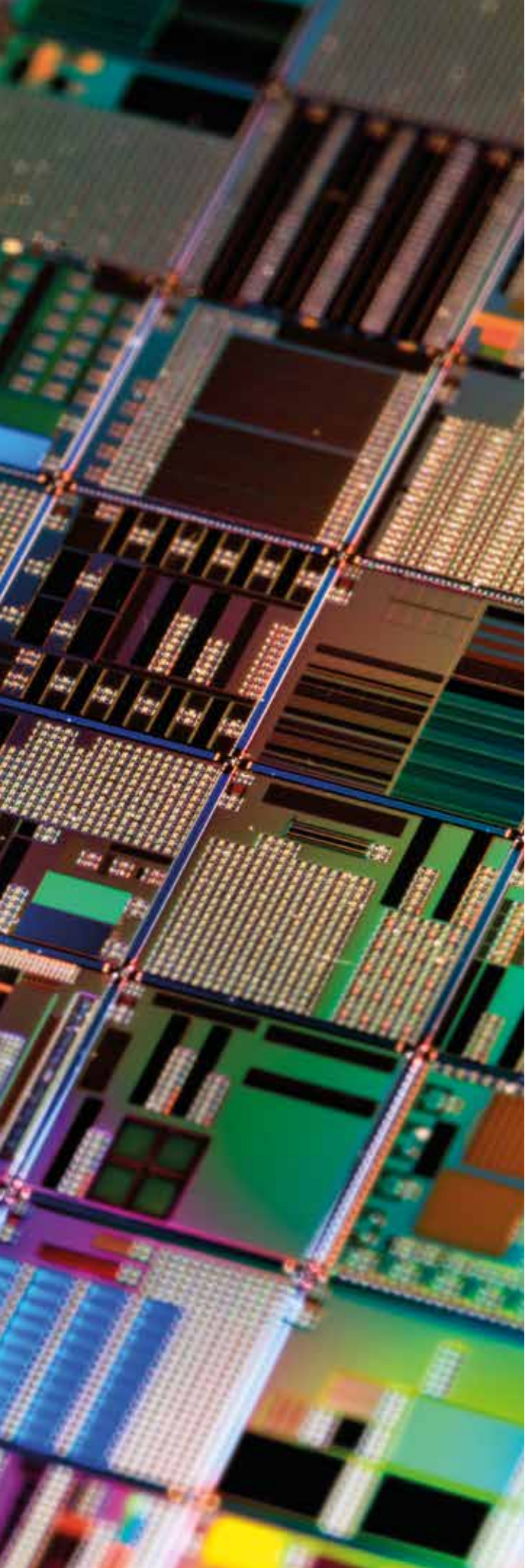
Erfahren Sie mehr: Industr.com/2775471

FLEXITAST DIE INNOVATIVE DISPLAYTASTE

- spezielles ZBD Display
- Flexible Darstellung von Text/Symbol
- RGB-Hintergrundbeleuchtung
- Displayinhalt bleibt auch ohne Energieversorgung bestehen
- Spart Zeit und Kosten

SCHLEGEL
ELEKTROKONTAKT
www.schlegel.biz





Rechenleistung vs. Energieverbrauch

DIE ZUKUNFT DER EMBEDDED SYSTEME

Embedded Systeme werden intelligenter, effizienter und vernetzter. Fortschritte in KI, Edge Computing und energieeffizienten Architekturen treiben ihre Entwicklung voran und eröffnen neue Anwendungsmöglichkeiten.

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

Embedded Systeme bilden das Rückgrat moderner Technologien und sind aus den Bereichen wie industrieller Automatisierung, Medizintechnik oder Automotive nicht mehr wegzudenken. Fortschritte bei Mikrocontrollern, FPGAs und RISC-V-Architekturen sorgen für mehr Rechenleistung bei reduziertem Energieverbrauch. Insbesondere die Integration von neuronalen Beschleunigern und Edge-AI-Technologien erlaubt die lokale Verarbeitung komplexer Datenmengen, was Latenzen reduziert und Datenbandbreiten entlastet. Gleichzeitig ermöglichen Low-Power-Designs mit FinFET- oder FD-SOI-Technologien eine deutlich höhere Energieeffizienz, was die Laufzeit batteriebetriebener Systeme verlängert.

Die zunehmende Vernetzung durch IoT-Technologien erfordert robuste und sichere Kommunikationsstandards wie MQTT, OPC UA oder TSN (Time-Sensitive Networking), um Echtzeitanwendungen zuverlässig zu unterstützen. Zudem gewinnen Sicherheitsmechanismen wie Secure Boot, Hardware-TPMs und Post-Quantum-Kryptografie an Bedeutung, da die Zahl potenzieller Angriffspunkte durch vernetzte Geräte stetig weiter wächst.

In Zukunft werden Embedded Systeme stärker auf adaptive und selbstlernende Algorithmen setzen, um sich dynamisch an veränderte Bedingungen anzupassen. Autonome Systeme in Industrie, Verkehr und Medizintechnik profitieren von diesen Fortschritten und ermöglichen effizientere, sicherere und zuverlässigere Lösungen. Die Kombination aus Hochleistungsrechnern auf kleinstem Raum, intelligenter Energieverwaltung und sicherer Vernetzung wird die nächsten Generationen von Embedded Systemen prägen. □



HIGH PERFORMANCE. LOW POWER. MAXIMUM SECURITY

MIT EMBEDDED-TECHNOLOGIEN DIE ZUKUNFT GESTALTEN

Embedded-Systeme treiben Innovationen in nahezu jeder Branche voran – von der industriellen Automatisierung über IoT bis hin zu KI-gestützten Anwendungen. Fortschritte in Leistung, Energieeffizienz und Sicherheit eröffnen neue Möglichkeiten für Entwickler und Unternehmen. Daher ist es wichtig, stets über die neuesten Technologien, Trends und Best Practices informiert zu sein, die die nächste Generation intelligenter Systeme definieren. Aus diesem Grund haben wir Unternehmen gefragt: Welche Embedded-Technologien, -Lösungen oder Neuigkeiten präsentieren Sie auf der Embedded World 2025, die das Potenzial haben, die Branche zu beeindrucken?

UMFRAGE: Bernhard Haluschak, E&E BILDER: teilnehmende Firmen; iStock, imaginima



**GRAZIELLA
ALVES**

Auf der Embedded World zeigen wir, wie Ansys Ingenieure bei der Bewältigung der Komplexität moderner Embedded-Systeme unterstützt. Mit einem Model-Based System Engineering Ansatz nutzen wir Simulationen, um Anforderungen zu validieren, Designs zu optimieren, Sicherheitsaspekte zu analysieren und Embedded Software und Multiphysik Herausforderungen zu meistern. Besucher können an unseren Demo-Stationen hautnah erleben, wie Ansys-Lösungen dabei helfen, technische Herausforderungen in Schlüsselanwendungen wie der autonomen Softwareentwicklung, Systemvalidierung, Batteriemanagementsystemen, PCBs, ICs und der Integration elektrifizierter Antriebsstränge zu meistern.

Sr. Manager, N&ET Product Marketing,
Ansys



Embedded World
Halle 4, Stand 208



**TIM
HENRICHS**

Auf der diesjährigen Embedded World erweitern wir unsere aReady. Strategie um eine sichere IOT-Anbindung vom Computer-on-Module bis zur Cloud. Unsere aReady. Strategie macht die Entwicklung mit COMs nochmals deutlich komfortabler und effizienter, da sämtliche unterhalb und auch neben der Kundenapplikation benötigten Hardware- und Software-Building-Blocks applikationsfertig von Congatec in der benötigten Konfiguration funktionsvalidiert bereitgestellt werden. Kunden können mit aReady, quasi alles unterhalb ihrer IP applikationsfertig von uns beziehen, inklusive vorkonfigurierter Virtualisierung für die Systemkonsolidierung, Betriebssystemen und auch für die IOT-Konnektivität.

VP Global Marketing & Business
Development, Congatec



Embedded World
Halle 3, Stand 241



**MICHAEL
SCHLAGEN-
HAUFER**

Ein Fokus am Conrad Stand liegt auf der Integration von Mess- und Prüftechnik in vernetzte Systeme. Da auch bei Embedded-Systemen Steuerungs-, Kommunikationsinformationen sowie Sensordaten eingelesen werden und Regelungssignale und Informationen zur Kommunikation ausgegeben werden, ist der Einsatz maßgeschneiderter Messtechnik unerlässlich. Unter anderem stellen wir ein Tisch-Multimeter mit 200.000 Counts, eine 50 Hz Wärmebildkamera mit einem Temperaturmessbereich von -20 bis 650°C und 384 x 288 Pixel Bolometermatrix für die Überprüfung von Elektronikplatinen sowie als exklusive Preview ein 250 MHz Oszilloskop mit 16-Kanal-Logikanalysator und integriertem Funktionsgenerator vor.

Senior Director Core Electronics,
Conrad Electronic



Embedded World
Halle 1, Stand 639



**HOLGER
HEIDENBLUT**

Volle Datenkontrolle bei maximaler Widerstandskraft für Industrie- und Transportanwendungen bietet das JetSys-2010 von Elma Electronic. Ausgestattet mit den Jetson AGX Orin-Board von Nvidia, macht das JetSys-2010 KI-Rechenpower vom Feinsten in jeder noch so anspruchsvollen Umgebung abrufbar. Die Produktneuheit schließt damit eine große Lücke im Rugged-Bereich. Mit dem JetKit-3020 präsentieren wir zudem die nächste Generation des Jetson AGX Orin Moduls von Nvidia für CompactPCI Serial. PCIe Gen4 stellt die volle Leistungsfähigkeit für alle Systemkomponenten bereit. Als perfekte Ergänzung dazu eignet sich ein „High-Performance Computing“-System mit dem perfekten Setup für solche KI-Anwendungen.

Business Development Manager
Systeme, Elma Electronic



Embedded World
Halle 1, Stand 555



**BETTINA
LOCHEN**

In vielen Bereichen finden die Raspberry Pi Einplatinen-Computer Anwendung. Neben den Gehäusen RSP 1 – RSP 3 für Raspberry Pi 2 bis 4 bietet die Firma Fischer Elektronik nun auch das Gehäuse RSP 4 für den Raspberry Pi 5 an. Das in sechs Eloxal-Farben lieferbare Gehäuse setzt sich aus Ober- und Unterschale aus 1,5 mm starken Aluminiumblechen zusammen. Die Befestigung der Platine erfolgt über vier in die Unterschale eingepresste Gewindebuchsen. Lüftungsöffnungen und der speziell für den Raspberry Pi 5 ausgelegte und optional bestellbare Active Cooler sorgen für eine effiziente Entwärmung. Ebenfalls optional erhältlich sind eine Hutschienenbefestigung oder Befestigungslaschen für eine Wandmontage. Für Industriekunden dürfte besonders die vollständige nach Kundenwunsch anpassbare Individualisierung interessant sein.

Gehäuseentwicklung,
Fischer Elektronik



Embedded World
Halle 4A, Stand 332



**RUDOLF
SOSNOWSKY**

Auch in diesem Jahr ist die Hy-Line-Gruppe wieder mit einem großen Messestand auf der Embedded World in Nürnberg vertreten. Wir stellen attraktive Produkte und Neuigkeiten aus den Bereichen Display/HMI, Smart Battery, LoRaWAN-Funklösungen, Komponenten der Leistungselektronik, Embedded Computing und der optischen Übertragung von Standard-Videosignalen vor. Ein Schwerpunkt der Präsentation sind nicht nur die Produkte, sondern auch deren Einsatz in sehr spezifischen Anwendungen wie Bedien- und Diagnosemonitoren in der Medizin, fahrerlosen Transportsystemen und Tracking in der Logistik, Leistungselektronik sowie im Maschinenbau und Windkraftanlagen. USB-C als Universalschnittstelle startet in vielen Bereichen durch, da jetzt auch die maximale Kabellänge keine Rolle mehr spielt.

CTO, Hy-Line



Embedded World
Halle 1, Stand 578



**KAI
KLUGE**

Die Jauch Quartz präsentiert in diesem Jahr Miniatur-Quarz-Oszillatoren mit differenzielltem Ausgang für eine zuverlässige Datenübertragung: Die Oszillatoren JOD21, JOH21 und JOE21 mit geringstem Phasenjitter und HCSL-, LVDS- oder (LV) PECL-Ausgang sind ideal für die zuverlässige Taktung schneller Datenströme, beispielsweise für Hochgeschwindigkeits-Datenübertragungssysteme. Des Weiteren zeigen wir die Hochtemperatur-Knopfzellen CR2032HT, CR2050HT und CR2450HT, die optimal für Einsätze unter extremen Temperaturbedingungen von -40°C bis 125°C geeignet sind. Diese Knopfzellen halten zudem weiteren mechanischen Anforderungen wie Schock und Vibration solide stand.

Head of Sales, Jauch Quartz



Embedded World
Halle 3, Stand 349



**DETLEF
KLOKE**

Phoenix Contact präsentiert auf der EW 2025 Produkte und Technologien, mit denen wir aktuellen Markttrends begegnen. Die Miniaturisierung von Elektromechanik und Elektronik führt zu immer höheren Leistungsdichten und damit zu einer Erwärmung der Geräte. Um diesen Zielkonflikt zu lösen, bietet wir sowohl Elektronikgehäuse mit passiven Kühlkörpern als auch umfangreiche Services für thermisch optimierte Leiterplatten-Layouts. Eine weitere Innovation ist die Push-X-Anschlussstechnik, die für mehr Effizienz in der Fertigung sorgt. Zudem ermöglicht sie den schnellen, werkzeuglosen Leiteranschluss mit niedrigem Kraftaufwand. Sogar flexible Leiter ohne Aderendhülle werden sicher angeschlossen. Neu im Push-X-Portfolio sind die Leiterplatten-Steckverbinder XPC für Leiterquerschnitte bis 2,5 mm². Mit diesen und weitere Lösungen gestalten wir die Zukunft der Embedded Systeme.

Senior Director Marketing,
Phoenix Contact



Embedded World
Halle 1, Stand 434



BERND WESTHOFF

Renesas präsentiert neue Ultra-Low-Power-MCU-Gruppe RA4L1 mit kapazitiver Touch I/F, Seg.-LCD und Sicherheitsfunktionen. Die 14 neuen Bausteine basieren auf einem 80-MHz-Arm-Cortex-M33 CPU mit TrustZone-Unterstützung für zahlreiche Anwendungen. Die Low-Power-Technologie ermöglicht eine aktive Stromaufnahme von 168 µA/MHz bei 80 MHz sowie eine Standby-Stromaufnahme von nur 1,70 µA bei gleichzeitiger Beibehaltung des vollen SRAM-Speicherinhalts. Die Bausteine sind in sehr kompakten Gehäusen erhältlich. Dazu gehört ein 3,64 x 4,28 mm großes WLCSP. Renesas zeigt auf seinem Messestand Demos mit intelligentem Schließsystem, kapazitivem Touch und Wasserzähler.

Director, GP EP & CP
Marketing Department, Renesas



Embedded World
Halle 1, Stand 234



STEPHAN MENZE

Mit Rutronik präsentieren wir auf der EW 2025 unser umfangreiches Portfolio elektronischer Komponenten in Bereichen wie Boards & Systems, Digital, Displays, Storage und Wireless. Auch über unsere miteinander kombinierbaren Base Boards und Adapter Boards informieren wir an unserem Stand. Vor allem das Thema Künstliche Intelligenz steht in diesem Jahr im Fokus und das unter anderem mit einer Demo zur intelligenten Steuerung von Applikationen durch das Starten oder Stoppen beziehungsweise der Richtungsänderung eines Motors mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) sowie neuronalen Netzen für eine Radar-gestützte Gestensteuerung oder Keyword Recognition, das heißt per Sprachsteuerung.

Head of Global Innovation Management,
Rutronik



Embedded World
Halle 2, Stand 248



AXEL WICZOREK

Bei Schukat gibt es eine neue TFT-LCD-Serie für HMI-Designs in der Industrie. Besonderheit der Displays sind unter anderem der erweiterte Betriebstemperaturbereich (-30°C/+80°C), die Sunlight Readability, ein einheitliches Stecksystem bestehend aus einem standardisierten Hirose-Stecker mit gleicher Pinbelegung für alle Varianten (kein ZIF-Stecker) sowie nur eine Spannungsversorgung von 3,3 V. Die Serie umfasst Typen in verschiedenen Größen, mit und ohne Touch, in Standardvarianten und in kundenspezifischen Ausführungen. Die einfache Integration ermöglicht ein Display-Controller-Board mit sehr umfangreichen Software-Bibliotheken, das durch Standard-Piggy-Back-Lösungen mit Sensoren ergänzt werden kann.

Vertriebsleiter, Schukat



Embedded World
Halle 3A, Stand 235



STEFANIE KÖLBL

Mit dem TQMa67xx auf Basis der TI AM67xx-Prozessoren bietet TQ aufgrund der integrierten 3D-GPU, AI-Funktionen und zahlreichen industriellen Schnittstellen eine ideale Lösung für anspruchsvolle Signal-, Bildverarbeitungs- und Edge-AI-Anwendungen. Das TQMxE41M mit Intel Atom x7000E & x7000RE Serie, Intel Core i3-N305 und Intel Prozessor N Serie, ist nach SMARC 2.1 nun auch im COM Express Mini Format erhältlich und liefert enorme Rechenleistung bei minimalem Platzbedarf. Mit TQMa95xx-Modulen auf Basis der NXP i.MX 95 Prozessoren, erhältlich als SMARC 2.1-Variante oder als sehr kompaktes Lötmodul (44x44mm), bietet dieses Kraftpaket einen Machine Learning Accelerator und viele integrierte Sicherheitsfunktionen.

Geschäftsbereichsleiterin,
TQ-Embedded



Embedded World
Halle 3, Stand 249

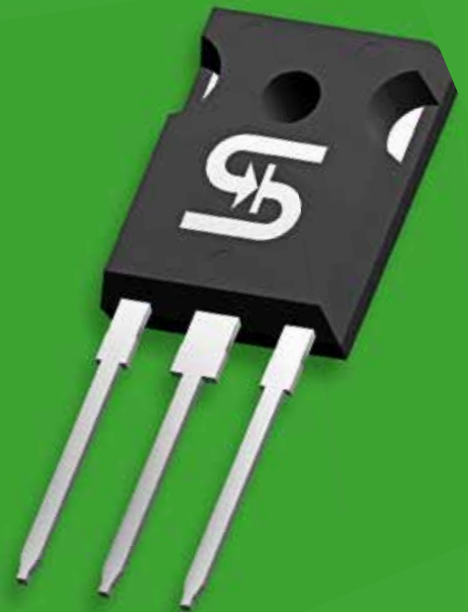
ZUKUNFT DER EDGE-ANBINDUNG IN INDUSTRIELLEN ANWENDUNGEN

Optimale Edge-Verbindung

Unsere Welt wird immer intelligenter und vernetzter. Gebäude und Fertigungseinrichtungen werden in einer Weise automatisiert, wie wir es bisher nicht kannten. Damit diese neuen Systeme effektiv arbeiten können, ist eine zuverlässige Kommunikation unerlässlich – innerhalb der industriellen Bedienfelder als auch mit den Geräten, die weit verteilt sind.

TEXT: Arndt Schübel, Onsemi BILDER: Onsemi; iStock, filo

Power Devices



Power Devices

- Alle Standard-Dioden und Brückengleichrichter
- IGBTs und MOSFETs
- Standard-Komparatoren und OPs
- Festspannungsregler
- Low-Drop-Festspannungsregler
- Schaltregler
- LED-Treiber
- Hallsensoren

Distribution by Schukat electronic

- Über 250 Hersteller
- 97 % ab Lager lieferbar
- Top-Preise von Muster bis Serie
- Persönlicher Kundenservice

Onlineshop mit stündlich aktualisierten Preisen und Lagerbeständen

schukat.com

SCHUKAT
electronic

Bis vor kurzem waren industrielle Netzwerke komplex und erforderten eine Vielzahl von Protokollen und Gateways. Dies war teuer und wenig zuverlässig, wenn eine ordnungsgemäße Vernetzung/Datenanbindung zu gewährleisten ist. Mit 10BASE-T1S-Ethernet ändert sich nun vieles. Der neue Standard ersetzt die alte Feldbustechnik, bietet Vorteile für moderne Netzwerkumgebungen und macht Gateways überflüssig.

Der neue Standard wird von Bausteinen wie etwa den industriellen 10BASE-T1S-Ethernet-Controllern von Onsemi unterstützt, die eine zuverlässige, sichere und effektive Ein-Chip-Lösung für die Anbindung an Twisted-Pair-/TP-Medien bieten.

Zuverlässige Datenanbindung in industriellen Umgebungen

Obwohl die Entfernungen innerhalb industrieller Racks kurz sind, kann eine zuverlässige Datenanbindung in Industrieumgebungen eine Herausforderung sein – vor allem aufgrund elektromagnetischer Störungen (EMI). Schwere Schaltanlagen, Motoren und viele andere Einrichtungen mit hohen Strömen/ Spannungen können EMI-Werte erzeugen, die den Netzwerkverkehr stören.

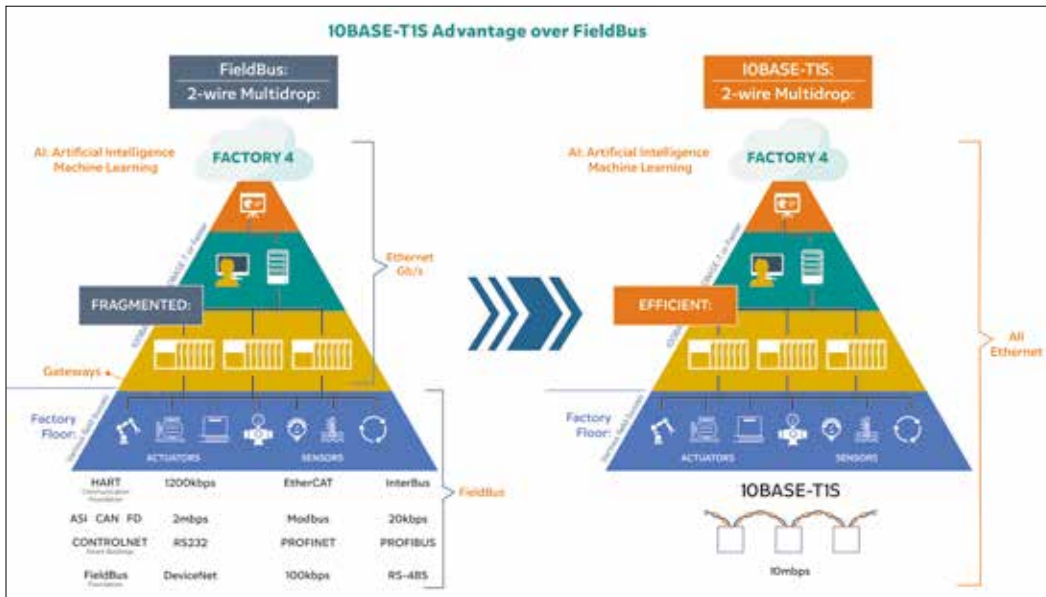
Bei Büroanwendungen wäre eine langsame Datenübertragung aufgrund von Unterbrechungen frustrierend. In industriellen Umgebungen ist die rechtzeitige Übermittlung von Daten jedoch von entscheidender Bedeutung – vor allem von entfernten Sensoren, die eine Maschine steuern. Kommen Daten verspätet oder fehlerhaft an, können

Prozessparameter verletzt werden oder, noch schlimmer, die Produktionsanlage kann beschädigt werden. Aus demselben Grund müssen die Daten zeitnah übertragen werden. Dies schließt einige Protokolle aus, bei denen die Aushandlung des Buszugriffs auf einer zufälligen Zeitüberschreitung (Timeout) beruht.

10BASE-T1S für industrielle Datenkommunikation

Netzwerkinfrastrukturen werden häufig als „Stack“ konzipiert, wobei die physische Implementierung (Verkabelung/Medien) darunter und stetig anspruchsvollere Software darüber liegt. Bei Industrie 4.0-Anwendungen stehen künstliche Intelligenz (KI), maschinelles Lernen (ML), Planung, Ausführung, Automatisierung, Nachverfolgung, Bestandskontrolle oder Überwachungssteuerung an oberster Stelle. Auf der untersten (physischen) Ebene befindet sich die Fertigungsumgebung, in der Edge-Knoten wie Roboter, Aktoren, Bewegungssensoren und Ventile physische Fertigungsarbeiten durchführen, die oft viele Montagelinien abdecken.

An der Spitze des Stacks erfolgt die Kommunikation über ein Multi-Gigabit-Ethernet-LAN. Die Kommunikation in Fertigungsumgebungen ist jedoch ein fragmentiertes Durcheinander von Multidrop-Netzwerk-Feldbusprotokollen wie HART, RS-485, Mod-Bus, Device-Net, Profi-Bus und CAN, die mit Megabits oder weniger über ein Paar verdrillter Kabel laufen, die geschirmt oder ungeschirmt sein können. Damit dies als einheitliches Netzwerk funktioniert, sind Gateways zwischen dem Ethernet-Abschnitt und den anderen Protokollen



IOBASE-T1S erübrigt Nicht-Ethernet-Protokolle und zugehörige Gateways

erforderlich, was die Kommunikation fragmentiert und zusätzliche Kosten und Komplexität verursacht.

Eine neue Form von Ethernet wird die Anbindung in intelligenten Gebäuden und Fabriken erheblich verbessern. Die Ratifizierung der IEEE-802.3cg-Spezifikation im Jahr 2019 brachte IOBASE-T1S hervor. Dieser Standard basiert auf dem Standard-Ethernet, mit einigen wichtigen Unterschieden, und bietet einen Durchsatz von 10 MBit/s, Multidrop-Betrieb und deterministische Kollisionsvermeidung. Der Standard läuft auf ungeschirmten, verdrehten Single-Pair-Ethernet-Kabeln (SPE), was die Installation vereinfacht und die Kosten senkt. Deterministischer Betrieb ist entscheidend für Echtzeitsysteme, bei denen Nachrichten innerhalb einer bekannten Zeitspanne übertragen werden müssen. Herkömmliches Ethernet verwendet CSMA/CD, bei dem eine zufällige Zeitspanne verwendet wird. Aus diesem Grund gibt es keine Zeitgarantie für die Kommunikation.

IOBASE-T1S verwendet ein neues System namens PLCA (Physical Layer Collision Avoidance), das Datenkollisionen auf dem Bus vermeidet. Bei PLCA synchronisiert ein von Knoten 0 (Koordinator) gesendeter $2\mu\text{s}$ -Beacon die Netzknoten. Dann erhält der Knoten 0 die Gelegenheit, zu senden. Liegen keine Daten vor, wird die Gelegenheit innerhalb der standardmäßigen $3,2\mu\text{s}$ an Knoten 1 weitergegeben. Dieser Vorgang wird fortgesetzt, so dass jeder Knoten nacheinander eine Sendegelegenheit erhält. Sobald der Zyklus abgeschlossen ist, beginnt ein neuer Zyklus mit einem Beacon-Signal des Koordinators. Wenn ein Knoten versucht, mehr als die zulässige Frame-Größe zu übertragen, unterbricht eine „Jabber“-Funktion und gibt die Übertragungsmöglichkeit an den nächsten Knoten weiter. Dies stellt sicher, dass der Bus nicht blockiert wird.

Mithilfe von PLCA wird die Worst-Case-Latenzzeit für den Medienzugriff als Produkt aus der Anzahl vorhandener Knoten und der maximalen Netz-Frame-Größe berechnet, die angepasst werden kann. Viele industrielle Anwendungen befinden sich in rauen, störungsbehafteten Umgebungen, in denen aufgrund von Schaltanlagen, Motoren und anderen schweren Geräten gestrahlte und leitungsgebundene Störungen (EMI) vorhanden sind. Trotz der Verwendung einer ungeschirmten verdrehten Zweidrahtleitung (Twisted Pair) bietet IOBASE-T1S im Vergleich zu bestehenden Ethernet-Protokollen eine hervorragende elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Dies ist zum Teil auf PLCA zurückzuführen. Da der Bus als kollisionsfrei gilt, ist der PHY-Empfänger in der Lage, hochentwickelte Algorithmen zu verwenden, um das Signal zu erkennen oder wiederherzustellen, wenn in der Umgebung ein hoher Rauschpegel vorliegt.

Verbesserte Netzwerkanbindung

Mit dem IOBASE-T1S-Protokoll wurden neue Bausteine für IOBASE-T1S optimiert, so dass Entwickler diese neuen Funktionen nutzen können. Der NCN26010 von Onsemi ist ein IEEE-802.3cg-konformer Ethernet-Transceiver, der einen Media Access Controller (MAC), eine PLCA-Übertragungsschicht (PLCA-RS) und einen IOBASE-T1S-PHY für industrielles Multidrop-Ethernet enthält. Der Baustein verfügt über alle Funktionen der physikalischen Schicht, die für die Übertragung und den Empfang von Daten über eine einzelne ungeschirmte verdrehte Leitung erforderlich sind.

Darüber hinaus verfügt der beschriebene NCN26010-Baustein über eine ENI-Funktion (Enhanced Noise Immunity). Diese erhöht die Störfestigkeit auf ein deutlich höheres Niveau

als es in der 10BASE-T1S-Spezifikation vorgeschrieben ist, was die Leistungsfähigkeit des Netzwerks in störbehafteten Industrieumgebungen deutlich verbessert.

Anwendungen und Einsatzbereiche

10BASE-T1S arbeitet nicht nur deterministisch, sondern ist auch kostengünstig, da es auf einem ungeschirmten SPE-Kabel basiert. Die Kosteneinsparungen und die einfachere Integration erschließen zahlreiche Anwendungen, die zuvor durch Budget- oder Platz-/Gehäusebeschränkungen ausgegrenzt wurden. Ein Beispiel ist die Möglichkeit, bisher unabhängige Sensorknoten in der komplexen industriellen Automatisierungstechnik aufzurüsten, indem sie an zentralisierte vernetzte Systeme angeschlossen werden.

Bisher verfügbare Verbindungsmethoden waren entweder zu teuer oder schwer zu integrieren, während 10BASE-T1S diese Hindernisse überwindet. Ähnliche Kosten- und Platzherausforderungen können auch während der Entwicklung neuer Robotik- oder Automatisierungslösungen auftreten. Auch hier hilft 10BASE-T1S, eine bessere Vernetzung zu erzielen, ohne die Leistungsfähigkeit zu beeinträchtigen oder die vorgegebenen Budgets zu sprengen.

Da die Gebäudeautomatisierung ein wachsender Sektor ist, kann 10BASE-T1S in Anwendungen wie Bedienfeldern, Mensch-Maschine-Schnittstellen (HMI), Sensoren, Aktoren und Beleuchtung ein zuverlässiges Highspeed-Backbone im

gesamten Gebäude bereitstellen. Bei industriellen Anwendungen sind Leistungsfähigkeit und Kosten ebenfalls von Vorteil, während die Störfestigkeit besonders wertvoll ist. Hier kann 10BASE-T1S für die Verbindung vom Schaltschrank zu speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS), Sensoren, Schützen und allen anderen Geräten, die mit einer 10BASE-T1S-Schnittstelle ausgestattet sind, verwendet werden.

Fazit

Bis vor kurzem mussten Netzwerke in automatisierten Fertigungseinrichtungen mit vielen Gateways zwischen Edge-Geräten und dem Haupt-Ethernet-Netzwerk ausgestattet werden, da die Edge-Protokolle nicht kompatibel waren. Dabei kamen mehrere Feldbusprotokolle wie HART, RS-485, Mod-Bus, DeviceNet, Profi-Bus und CAN zum Einsatz, die jeweils ein eigenes Gateway benötigten. Dies erhöhte die Kosten und Komplexität, nicht zuletzt, weil jedes Gateway Software-Updates und Wartung erforderte.

Mit 10BASE-T1S vereinfacht sich die industrielle Vernetzung der verschiedenen Systeme und die Leistungsfähigkeit steigt. Es sind zudem keine dedizierten Gateways mehr notwendig, und die Edge-Anbindung wurde von Feldbusprotokollen mit einer Geschwindigkeit von unter 1 MBit/s auf deterministisches Ethernet mit 10 MBit/s umgestellt. □



Embedded World
Halle 4A, Stand 260

LEISTUNGSSTARKE INDUSTRIE PCS

KI BESCHLEUNIGUNG

SKALIERBAR FÜR BILDVERARBEITUNG

OPTIMIERT FÜR AUTOMATION



embeddedworld
Exhibition & Conference

HALLE 3 | STAND 3-357





KI-LÖSUNGEN, NEUE GESCHÄFTSMODELLE UND INTELLIGENTE SENSOREN

Die wichtigsten Embedded-KI-Trends

Künstliche Intelligenz (KI) hat in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht und ist mittlerweile aus vielen Bereichen des täglichen Lebens nicht mehr wegzudenken. Insbesondere im Bereich der Embedded-KI, also der Integration von KI direkt auf Sensoren in den entsprechenden Halbleitern, zeichnen sich für 2025 spannende Entwicklungen ab.

TEXT: Viacheslav Gromov, AITAD BILDER: AITAD/dietzefotografie; iStock, Deagreez

Bestückung im Produktionsprozess einer Prototypen-Platine. Hier halb-automatisiert.



Embedded-KI nimmt nicht nur im industriellen Umfeld immer mehr an Fahrt auf. Denn diese noch relativ neue Technologie ermöglicht es, intelligente Entscheidungen direkt an der Quelle der Daten zu treffen, ohne dass diese erst aufwendig an zentrale Recheneinheiten im Unternehmen oder gar in die Cloud übertragen werden müssen.

Dies ist insbesondere in Zeiten von IoT (Internet of Things), Industrie 4.0 und zunehmender Automatisierung von entscheidender Bedeutung. Schon auf der Fachmesse „Electronica 2024“ zeichnete sich der Trend von KI auf Cloud und Edge zu reinen Embedded-KI Systemen deutlich ab.

KI-Souveränität – „Made in Germany“ nimmt an Bedeutung zu

Die US-Wahlen und geopolitische Spannungen haben das Bewusstsein für die Notwendigkeit der technologischen Souveränität Deutschlands und Europas geschärft. Im Jahr 2025 wird es entscheidend sein, nicht nur in die Entwicklung eigener KI-Technologien zu investieren, sondern diese auch zu fördern und zu schützen.

KI „Made in Germany“ gewinnt zunehmend an Bedeutung, wenn Deutschland als Industrie- und Technologiestandort seine

Effizient testen, präzise qualifizieren: Doppelpulse für Ihre Leistungselektronik



Learn More

 **SIGLENT**[®]
www.siglenteu.com



Lebensdauer- und Umgebungstests
fertiger Produkte in Klimakammern.
Hier -40°C.

Unabhängigkeit von ausländischen Anbietern, insbesondere aus den USA und China, wahren möchte. Dies betrifft nicht nur die Entwicklung von Algorithmen, sondern die gesamte Infrastruktur, von Halbleitern über Datenverarbeitung bis hin zu Cloud-Diensten. Der Fokus muss darauf liegen, souveräne KI-Lösungen zu entwickeln, die europäischen Datenschutzbestimmungen entsprechen und die nationale Sicherheit gewährleisten.

Da beim Einsatz von Embedded-KI keine sensiblen Informationen über das Netzwerk übertragen werden müssen, sinkt das Risiko von Datenlecks und Cyberangriffen erheblich. Diese Entwicklung wird besonders wichtig für kritische Anwendungen in Bereichen wie Gesundheitswesen, Automobilindustrie und Smart Cities, in denen Datenschutz und Sicherheitsanforderungen besonders hoch sind.

Initiativen wie die Nationale KI-Strategie und Investitionen in Forschung und Entwicklung sollen dazu beitragen, Deutschland als globalen KI-Hub zu etablieren, der nicht nur technologisch unabhängig bleibt, sondern auch als Vorreiter für ethische KI gilt. In einer zunehmend vernetzten Welt wird es für Deutschland unerlässlich sein, eigene, vertrauenswürdige KI-Systeme zu entwickeln, um die nationale Unabhängigkeit und wirtschaftliche Resilienz zu sichern.

Predictive Maintenance ist der Schlüssel für nachhaltige Geschäftsmodelle

Im Jahr 2025 werden Maschinen- und Automobilhersteller verstärkt auf das Thema Predictive Maintenance setzen, um sich im Wettbewerb mit anderen globalen Herstellern während der Konjunkturkrise zu behaupten. Denn durch die Lohn- und Energiekosten nimmt der Druck im Stück-Wettbewerb beständig zu. Wartungsverträge, Abonnements und kontinuierliche Service-Modelle gewinnen an Bedeutung, da sie nicht nur zur Optimierung der Betriebskosten beitragen, sondern langfristige, wiederkehrende Einnahmequellen bieten.

Insbesondere europäische Unternehmen können hier Wettbewerbsvorteile erzielen, da Serviceverständnis und kundenorientierter Ansatz in Europa, insbesondere in Deutschland, traditionell stark ausgeprägt sind. Die Idee, den Kunden nicht nur ein Produkt, sondern auch einen kontinuierlichen, maßgeschneiderten Service anzubieten, entspricht dem europäischen Denkansatz von langfristiger Partnerschaft und Qualität.

Predictive oder Preventive Maintenance, unterstützt durch Embedded-KI-Technologien, ermöglicht es, Ausfälle vorherzusagen, so dass die Wartung flexibel und rechtzeitig erfolgen kann – ein echter Mehrwert für den Kunden. Dieser Trend zu datengetriebenen Geschäftsmodellen und Services wird nicht nur die Effizienz steigern, sondern auch eine stärkere Kundenbindung und Differenzierung im globalen Wettbewerb fördern.

Energieeffizienz durch Nutzung von Embedded-KI statt Ineffizienz durch Rechenzentren

Klimawandel und die hierzulande hohen Energiekosten sind eine große Herausforderung: Ein bedeutender Trend im Jahr 2025 wird die zunehmende Nutzung von Embedded-KI statt energiehungriger Zentralrechner und Server zur Datenverarbeitung sein, da diese erhebliche Vorteile in puncto Energieeffizienz mit sich bringt. Traditionell erfordert die Verarbeitung großer Datenmengen in Rechenzentren enorme Energiemengen, nicht nur für den Betrieb der Server, sondern auch für die Klimatisierung und Sicherung der Infrastruktur. Im Gegensatz dazu ermöglicht Embedded-KI die direkte Verarbeitung von Daten auf den Geräten oder Sensoren, wodurch der Bedarf an energieintensiven Datenübertragungen und externen Rechenkapazitäten entfällt. Diese Entwicklung wird nicht nur die Energiekosten senken, sondern auch einen nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen fördern. Besonders in Anwendungsbereichen wie dem Internet der Dinge (IoT), Smart Home oder Industrie 4.0 wird Embedded-KI als Schlüsseltechnologie für energieeffiziente Systeme (Regellösungen) zur Standardlösung werden. □



INTEGRIERTES IMAGE-ÖKOSYSTEM FÜR ECHTZEITANWENDUNGEN

OPTIMIERTE BILDGEBUNG

Die Integration von Bildsensoren in Produkte eröffnet völlig neue, zukunftsweisende Möglichkeiten: Sie erweitert die menschliche Wahrnehmung, indem sie bisher unsichtbare Details sichtbar macht, schwer zugängliche Bereiche erschließt, kontinuierliche Überwachung ermöglicht und Roboterinteraktionen in Echtzeit unterstützt.

TEXT: Ken Weiner, Arrow Electronics BILDER: Arrow; iStock, enisu



Komplette Bildgebungslösung
mit dem AR0823-Bildsensor und
dem Nvidia AGX Orin-Kit

Die Auswahl des passenden Bildsensors spielt dabei eine zentrale Rolle. Ebenso entscheidend ist die Wahl des Host-Prozessors, welche die Entwicklungsdauer und Markteinführungszeit ebenfalls maßgeblich beeinflusst.

Effizientes Design

Der Einsatz handelsüblicher Standardkomponenten in frühen Entwicklungsphasen wie Evaluierung, Test und Prototyping beschleunigt den Entwicklungsprozess erheblich. Oftmals erfordert der Wechsel von Prototypen- auf Serienhardware jedoch zusätzliche Softwareanpassungen, was die Entwicklung verzögern kann. So greifen viele Entwicklerteams auf den Raspberry Pi zurück – ein günstiges und breit verfügbares Werkzeug für die Prototypenentwicklung. Für die Serienproduktion fehlt jedoch oft die nötige Skalierbarkeit. Hier bieten Entwicklungsplatinen mit System on Modules (SoMs) von Herstellern wie 96Boards oder anderen führenden Prozessoranbietern eine skalierbare Alternative. Diese ermöglicht eine nahtlose Softwareintegration in Produktionsdesigns. Einschränkungen können jedoch durch die auf dem Trägerboard verfügbaren kompatiblen Bildsensoren und Kameraanschlüsse entstehen.

Optimierte Kameraanschlüsse

Die MIPI CSI-2-Schnittstelle ist gängiger Standard für Verbindungen zwischen

Bildsensoren und Prozessoren. Doch das Fehlen einheitlicher Stecker und Pinbelegungen erschwert die Integration. Prozessorhersteller wie NXP und Nvidia setzen auf einen 22-poligen Flachbandstecker mit einer Pinbelegung, die durch den Raspberry Pi Zero populär wurde. Dieser Stecker unterstützt einen 4-Kanal-MIPI-Bus und erleichtert den Anschluss von Kameras an Evaluierungsboards. Solange kein universeller Standard existiert, bieten Adapterplatinen eine praktische Lösung, um Kamera- und Prozessorkonfigurationen zu verbinden.

Standard Kameraschnittstellen

Für serielle Kameradaten sind Schnittstellen wie USB, GigE, CoaxExpress und Camera Link weit verbreitet. Sie basieren meist auf MIPI-Schnittstellen und verfügen häufig über eigene Host-Prozessoren, die eine nahtlose Integration in unterschiedliche Systeme ermöglichen. Oft werden aber auch andere und vor allen Dingen ältere Schnittstellen auf den Prozessoren verwendet, die die neueren MIPI Schnittstellen der Bildsensoren nicht unterstützen. In diesem Fall müssen aufwendige Schnittstellen Konvertierungen integriert werden, die zusätzlich die Entwicklungszeit verlängert und die Bill of Material (BoM) teils unnötig vergrößert. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn man ein vorhandenes Legacy-System einen Bildsensor integrieren möchte, das System aber darauf zu Beginn nicht ausgelegt war.

PRISM-Referenzdesign

Mit seinem Imaging Access System (IAS) und dem PRISM-Referenzdesign hat das Unternehmen eine standardisierte Schnittstelle geschaffen. Diese bietet einen einheitlichen Anschluss und eine einheitliche Pinbelegung, welche die Verbindung mehrerer Kameramodule mit dem Demo3-Evaluierungssystem bzw. mit verschiedenen Host-Prozessoren über kompatible Adapterplatinen ermöglicht. Evaluierungsboards von Alif Semiconductor beispielsweise nutzen diesen Anschluss direkt und ermöglichen so eine schnelle, unkomplizierte Integration.

Herstellernetzwerk inklusive

Dank eines breit aufgestellten Netzwerks bietet der Hersteller Entwicklern in jeder Phase der Imaging-Produktentwicklung Zugriff auf wichtige Tools:

- Machbarkeitsnachweis: Von Arrow beauftragte Hersteller wie TechNexion oder Basler stellen Kamera-Komplettsysteme mit USB- oder GMSL-Schnittstellen für die Bilderfassung bereit, die eine frühe Validierung von Bildgebungsalgorithmen ermöglichen.
- Sensorevaluierung: Mit der Demo3 EVK-Plattform und der DevWare-Software von Onsemi ist eine umfassende Sensorevaluierung möglich, Ingenieure können damit Sensoreinstellungen optimieren und



Thor96-System mit
Kamera und Adapter

- die Leistung maximieren.
- Softwareentwicklung: Adapterplatinen und Linux-Treiber ermöglichen eine einfache Integration dieser Sensoren in Entwicklungsplattformen von Nvidia, NXP oder Lattice und beschleunigen die Softwareentwicklung.
- Massenproduktion: Anbieter wie Appleye und Leopard Imaging liefern maßgeschneiderte Kamerалösungen für die Produktion, die alle Anforderungen des Massenmarkts erfüllen.

Türkamera mit 4K-Auflösung

Ein Kunde möchte eine batteriebetriebene 4K-Türklingelkamera mit geringem Stromverbrauch entwickeln, wobei das Augenmerk auf einer schnellen Markteinführung liegt. Für dieses Projekt wurde der energieeffiziente AR0830-Bildsensor von Onsemi ausgewählt, der zur Hyperlux LP-(Low Power)-Familie gehört – nicht zuletzt aufgrund seines geringen Stromverbrauchs und seiner bewegungsgesteuerten Wake-Funktion. Das hier verwendete Appleye-Kameramodul (AE-CCM-AR0830-C-68) ist über einen AP1302 ISP mit einem NXP i.MX8M-Prozessor verbunden. Dank dieser Konfiguration kann das Entwicklungsteam die Anwendungssoftware starten und gleichzeitig das Hardware-Design mithilfe des 96Board Thor96-Entwicklungsboards und des Shiratech SRT-VISION96-AR0830 Mezzanins optimieren.

Der verfügbare Linux-Treiber mit ISP-Tuning-Einstellung minimiert die Entwicklungszeit, wodurch die Markteinführung beschleunigt wird.

Mobiler Lieferroboter

Ein weiterer Kunde entwirft einen 4K-fähigen Lieferroboter mit HDR, der LED-Schilder erkennen und mit LED-Beleuchtung genutzt werden kann. Im Vergleich zu Straßen sind die Bedingungen auf Gehwegen oft dynamischer und komplexer, da sich dort Objekte und Fußgänger ständig bewegen und die Umgebung verändern. Neben den bestehenden Anforderungen für Straßenfahrzeuge sind in diesem Fall daher anspruchsvolle Kriterien für die Objekterkennung und -vermeidung zu berücksichtigen. Der Kunde sucht nach einer Modullösung, um die Markteinführungszeit zu verkürzen.

Leopard Imaging bietet mehrere Kameralösungen mit dem 8,9 MP AR0823-Bildsensor, der einen Dynamikbereich bis zu 150 dB unterstützt und über integrierte LED-Flimmerunterdrückung verfügt. Darüber hinaus sind mehrere Objektivoptionen sowie verschiedene Farbfilter-Array-Typen erhältlich. Neben dem Bildsensor kann Leopard Imaging auch ein Komplettsystem mit Host-Modul, einschließlich Nvidia AGX Orin, liefern. □



Embedded World
Halle 4A, Stand 342

Das neue JetSys-2010



Intelligente Automatisierung für die Zukunft

Robuste Datenhoheit beim
Modelling und im
Alltagsbetrieb!

Live auf der
 **embeddedworld**
Exhibition & Conference
Stand 1-555

www.elma.com

VERBESSERUNG DER NACHHALTIGKEIT IN DER INDUSTRIE

Nachhaltigkeit simulieren

Eine neue Methodik hilft mittels Simulation die Nachhaltigkeits-Auswirkungen von Entscheidungen in frühen Entwurfsphasen und während des gesamten Produktlebenszyklus zu messen und zu bewerten. Die Methodik basiert auf Forschungs- und Analyseergebnissen von McKinsey & Co und zeigt praktische Anwendungsbeispiele von Unternehmen wie Danfoss Drives, Infineon und Mars.

TEXT: Ansys BILD: iStock, Cemile Bingol

Nachhaltigkeit ist eine der wichtigsten Prioritäten der globalen Wirtschaft, angetrieben durch regulatorischen Druck, Verbrauchernachfrage und Klimawandel. Der Mangel an zuverlässigen Daten über Materialverbrauch, Energieverbrauch, Abfall und Emissionen hindert Unternehmen jedoch oft daran, groß angelegte Nachhaltigkeitsinitiativen zu ergreifen. Ansys Simulation ermöglicht es Unternehmen aller Branchen, flexibel auf diese Herausforderungen des Marktes zu reagieren und kann sie bei ihren Nachhaltigkeitsbemühungen unterstützen.

Nachdem ein ideales Design identifiziert wurde, können Kunden dieses weiter optimieren, um ihre spezifischen Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, wie zum Beispiel die Reduzierung der Abfallproduktion, die Verbesserung der Energieeffizienz und die Reduzierung des gesamten CO₂-Fußabdrucks. Die Simulation unterstützt Unternehmen bei der Rentabilitätsprognose von Nachhaltigkeitsinitiativen durch virtuelles Prototyping, Prozessoptimierung und realitätsnahe Ergebnisse durch vier auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Lösungssäulen:

- Im Bereich "Saubere Umwelt" werden Simulationslösungen für die Rückverfolgung und Kontrolle von Emissionen, Kohlenstoffabscheidung, -nutzung und -speicherung, Wasseraufbereitung und -bewirtschaftung, Lärm, Staub und Weltraumschrott entwickelt.
- "Materialien und Kreislaufwirtschaft" befasst sich mit Materialmanagement und -auswahl, Verpackung, Leichtbau,

chemischer Sicherheit, Konformität und Rückverfolgbarkeit, Recycling und Wiederverwendung.

- "Energiespeicherlösungen" umfasst Simulationslösungen für Wind-, Solar-, Wasserstoff-, Kernenergie und andere alternative Energiequellen, integrierte Energiesysteme, Energiespeicherlösungen, Elektromotoren, schnell aufladbare Batterien und Brennstoffzellen.
- "Produktions- und Betriebseffizienz" umfasst fortschrittliche Fertigung, digitale Zwillinge, vorausschauendes Gesundheitsmanagement, Energieeffizienz, Zuverlässigkeit und Lebensdauer, optimierte Arbeitsabläufe, Prozessautomatisierung und Sicherheit.
- Die vierstufige Methodik, macht deutlich, wie sich Simulation positiv auf Nachhaltigkeitsbestrebungen auswirkt:
 - 1) Identifizierung und Priorisierung von Schlüsselmetriken;
 - 2) Bewertung und Priorisierung von Initiativen;
 - 3) Bewertung des Beitrags der Simulation und
 - 4) Quantifizierung und Zusammenfassung der Auswirkungen.

Danfoss Drives, ein Anbieter von energieeffizienten Lösungen, nutzte beispielsweise die Ansys-Simulation zur Optimierung seiner neuesten Generation von Antriebsreglern, die in verschiedenen Anwendungen zur Regelung von Drehzahl, Drehmoment und Leistung von Elektromotoren eingesetzt werden. Mithilfe der Ansys-Methodik konnte Danfoss Drives die Effizienz des Antriebs steigern und den Energieverbrauch über die gesamte Lebensdauer



um bis zu 45 Prozent im Vergleich zur Vorgängergeneration senken - doppelt so viel, wie ohne Simulation möglich gewesen wäre. „Simulation ist der Schlüssel, um unsere Nachhaltigkeitsziele zu erreichen und unser Geschäftsmodell voranzutreiben, das darauf abzielt, unseren Kunden die energieeffizientesten Lösungen anzubieten“, sagt Michael Laursen, Leiter der Abteilung Virtual Design, Test & Optimization bei Danfoss Drives. „Mittels Simulation können wir unsere Produktentwicklungsprozesse verbessern, weil wir dadurch schnelle und gründliche Analysen, schnellere Entscheidungen und Emissionsschätzungen ermöglichen. Die Daten, die wir sammeln, sind entscheidend für die Gestaltung unserer aktuellen Prozesse und helfen uns, Möglichkeiten für Kosteneinsparungen zu identifizieren.“

Die Methodik half auch Infineon, einem Anbieter von Halbleiter- und Systemlösungen, bei der Messung der elektrischen Gesamtverluste eines Wechselrichter-Designs für Elektrofahrzeuge. Mit Hilfe der Simulation konnte Infineon die elektrischen Gesamtverluste um 50 Prozent reduzieren, was zu einer Verringerung der nachgeschalteten Emissionen um 2 bis 3 Prozent pro Fahrzeug führte. Ein weiteres Beispiel: Mars, ein Anbieter von Snack-, Lebensmittel- und Tierpflegeprodukten und -dienstleistungen, verwendet Ansys-Simulationen, um mehr als 12.000 Verpackungstypen in seinem gesamten Produktportfolio neu zu entwerfen und den Kunststoffverbrauch in 2024 um mehr 246 Tonnen zu reduzieren.

„Fortschrittliche Simulationstechnologien können Unternehmen entscheidend dabei helfen, ihre globalen Emissionsziele zu erreichen“, sagt Jan Paul Stein, Partner bei McKinsey. „Die in diesem Bericht vorgestellte vierstufige Methodik zeigt deutlich, wie die wichtigsten Möglichkeiten für den Einsatz von Simulation zur Förderung der Nachhaltigkeit in Konstruktion und Produktdesign identifiziert und ihre Auswirkungen quantifiziert werden können. Dies ist entscheidend, um durch den Einsatz von Simulationswerkzeugen einen noch größeren Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen zu leisten“.

„Die Ansys Suite bietet eine Reihe von Lösungen zur Bewertung der Umweltauswirkungen in jeder Phase der Produktentwicklung für jede Art von Anwendung oder Branche“, sagte Prith Banerjee, Chief Technology Officer und Executive Sponsor der Ansys Nachhaltigkeitsprogramme. „Die Bekämpfung des Klimawandels und die Reduzierung der globalen Emissionen für eine lebenswerte Zukunft hängen davon ab, wie schnell wir handeln und die Lösungen umsetzen. Unsere vielfältigen Lösungen ermöglichen es den Kunden, innovative und nachhaltige Produkte effizienter und in wesentlich kürzerer Zeit zu entwickeln, die Einhaltung aktueller Vorschriften zu gewährleisten und sich auf zukünftige Vorschriften vorzubereiten“. □



Embedded World
Halle 4, Stand 208

E&E EXPLORE

NEXT TECH ELECTRONICS

MÄRZ | 2024



PLUG & PLAY LÖSUNG FÜR DAS STILLE ÖRTCHEN

Wie Conrad Electronic aus Ideen
individuelle Produkte entstehen lässt ...mehr ab Seite 8

EMBEDDED-TECHNOLOGIEN
KI, Energieeffizienz und mehr
in Embedded-Plattformen ab S. 16

MESSTECHNIK
Bessere Orientierung im
EMV-Wirrwarr S. 38

VERBINDUNGSTECHNIK
Den richtigen Stecker für
die Anwendung finden ab S. 53

TITELBILD-SPONSOR: CONRAD ELECTRONIC

part of **INDUSTRY.FORWARD**

Platz 1: E&E März 2024 mit Titelbild-Sponsor Conrad Electronic

ALLE AUSGABEN 2024 IM ÜBERBLICK



E&E März 2024
mit Titeldbild-Sponsor
Conrad Electronic



E&E Mai 2024
mit Titeldbild-Sponsor
ICT Suedwerk



E&E Juli 2024
mit Titeldbild-Sponsor
Harting



E&E September 2024
mit Titeldbild-Sponsor
RP



E&E Oktober 2024
mit Titeldbild-Sponsor
Socionext



E&E November 2024
mit Titeldbild-Sponsor
Lapp

UNSERE LESER HABEN GEWÄHLT

COVER WINNER DES JAHRES 2024

Unsere besonderen Covers entstehen in Zusammenarbeit mit Unternehmen, die unsere kreative Vision teilen. Die individuellen Bildlösungen visualisieren die Botschaften und Missionen der Titelstory. Mehrere hundert Stimmen wurden für die Wahl des Cover des Jahres 2024 abgegeben!

Den Platz 1 der Leserwahl hat sich die E&E März 2024 mit unserem Titeldbild-Sponsor Conrad Electronic geholt. Der Titel „Plug & Play-Lösung für das stille Örtchen“ beschreibt, dass jedes Projekt mit einer guten Idee beginnt und im besten Fall mit einem fertigen innovativen Produkt endet – sei es noch so ungewöhnlich. Die Idee bei Toi Toi & Dixi, dem

Unternehmen mit den mobilen Toilettenkabinen für Konzerte, Baustellen und Co. war, einen Partner zu finden, der eine Heizlösung liefert, die für eine wohlige Wärme in den „stillen Örtchen“ im Winter sorgt. Bisher hatte Toi Toi & Dixi standardisierte Heizlüfter gekauft und aufwendig an die Kabinenlösungen angepasst. Das hat sich geändert. Denn

Conrad Electronic hat jetzt das Veredeln des stillen Örtchens übernommen. □



Über den Link im QR-Code können Sie sich das E-Paper der E&E März 2024 kostenlos herunterladen.



SUPERCAPS

ULTRAKOMPAKTE POWER-HELDEN

Supercaps, auch Superkondensatoren genannt, sind eine spezielle Art von Energiespeichern, welche bestimmte Eigenschaften von Batterien mit solchen von Kondensatoren kombinieren. Sie können auf diese Weise enorme Mengen Energie speichern und diese sehr schnell wieder abgeben, was sie für viele Anwendungen besonders wertvoll macht.

TEXT: Schurter BILDER: Schurter; iStock, Choreograph

Die Geschichte der Superkondensatoren reicht zurück bis in die 1950er Jahre, als Wissenschaftler die elektrochemischen Eigenschaften von Aktivkohle entdeckten und deren Potenzial für die Energiespeicherung erkannten. Nachdem General Electric 1957 den ersten Superkondensator patentiert hatte, blieb die Technologie zunächst unausgereift und auf Laboranwendungen beschränkt. Erst in den 1960er Jahren entwickelte Standard Oil of Ohio einen funktionsfähigen Prototyp und patentierte diesen im Jahr 1966. Die Kommerzialisierung begann in den 1970er Jahren, vorangetrieben von NEC, die die Superkondensatoren in der Elektronik einführten. Seit den 1990er Jahren haben Fortschritte in der Materialwissenschaft und Nanotechnologie die Leistungsfähigkeit der Superkondensatoren gesteigert,

insbesondere in Bezug auf Energiedichte, Leistungsdichte und Lebensdauer.

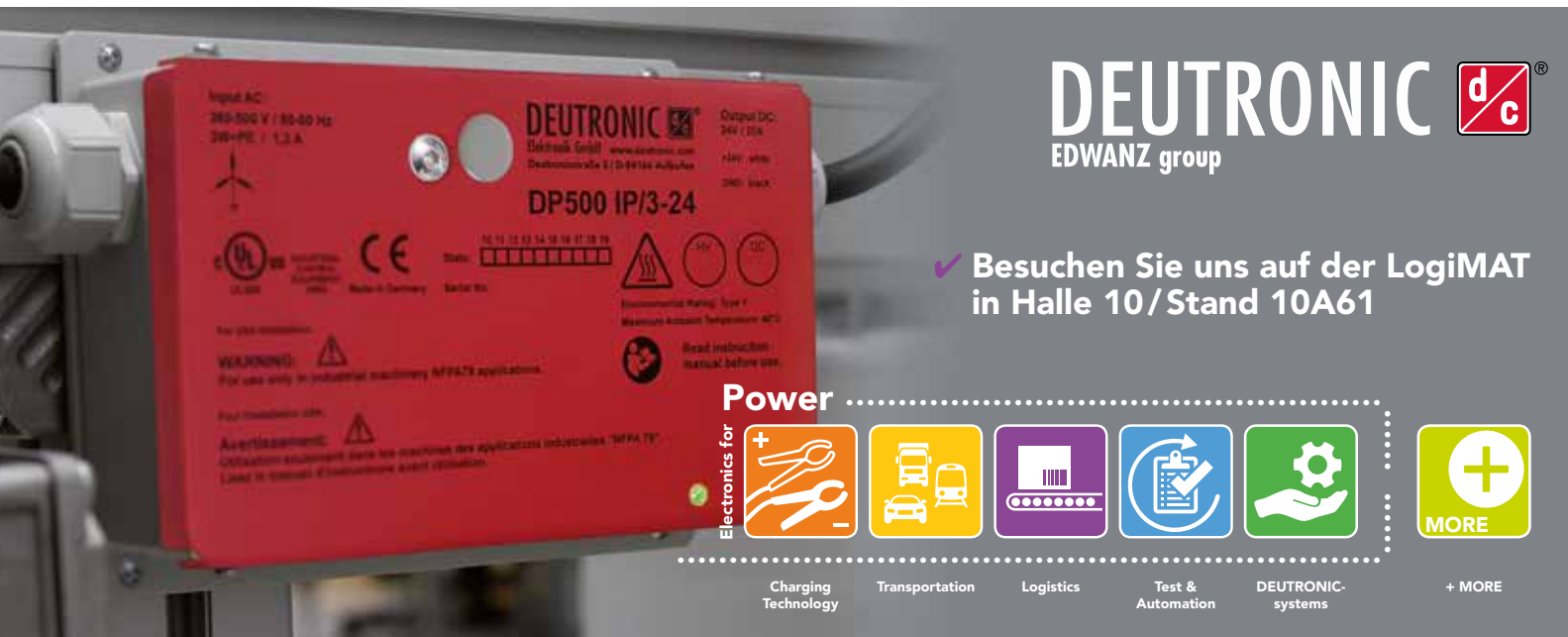
Abgrenzung inklusive

Superkondensatoren nehmen eine einzigartige Position zwischen normalen Kondensatoren und Batterien ein. Während herkömmliche Kondensatoren durch die Trennung elektrischer Ladungen in einem elektrischen Feld Energie speichern und sich durch ihre hohe Leistungsdichte auszeichnen, weisen sie eine sehr geringe Energiedichte auf und sind daher nicht für Langzeitanwendungen geeignet. Batterien hingegen speichern Energie durch elektrochemische Reaktionen, was ihnen eine hohe Energiedichte und damit die Fähigkeit zur langfristigen Energieabgabe verleiht. Allerdings ist ihre Leistungsdichte gering,

und sie sind für schnelle Lade- und Entladezyklen ungeeignet. Superkondensatoren schließen diese Lücke, indem sie eine höhere Energiedichte als normale Kondensatoren und eine höhere Leistungsdichte als Batterien bieten und somit für Anwendungen mit kurzen Lade- und Entladezyklen optimal geeignet sind.


Aktuelle Anwendungen

Im Transportbereich haben Superkondensatoren eine besondere Funktion in Elektro- und Hybridfahrzeugen. Sie ermöglichen die Speicherung von Bremsenergie (Rekuperation) und die sofortige Rückgewinnung dieser Energie beim Beschleunigen. Diese Fähigkeit steigert die Energieeffizienz und reduziert den Kraftstoffverbrauch sowie die Emissionen. In



DEUTRONIC


EDWANZ group




✓ Besuchen Sie uns auf der LogiMAT
in Halle 10/Stand 10A61

Power


Electronics for




Charging
Technology




Transportation




Logistics



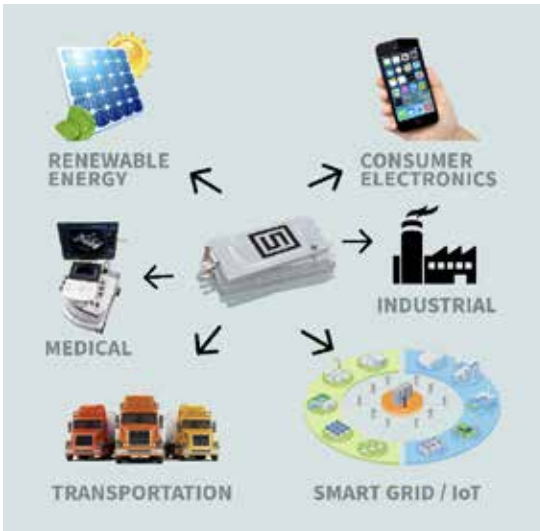
Test &
Automation



DEUTRONIC-
systems



+ MORE



Die Anwendungsbereiche für Superkondensatoren sind enorm breit gefächert, denn es gibt sie in allen Größen und Formen.

öffentlichen Verkehrsmitteln wie Bussen und Straßenbahnen nehmen Superkondensatoren an Haltestellen innerhalb von Sekunden Energie auf und stellen diese während der Fahrt zur Verfügung, was den Energieverbrauch senkt und die Betriebskosten reduziert. Zudem tragen sie zur Verlängerung der Lebensdauer anderer Energiespeicher wie Batterien bei, da sie hohe Lastspitzen übernehmen und so die Belastung der Batterien verringern.

Luft und Raumfahrt: Superkondensatoren finden Anwendung in der Raumfahrt, wo schnelle Energieabgabe erforderlich ist, etwa um Kommunikationssysteme oder Manövrierantriebe zu betreiben. In Flugzeugen werden sie zur Unterstützung von Notstromsystemen und zur Bereitstellung von Energie für Startvorgänge von elektrischen Systemen eingesetzt.

Erneuerbare Energien

Im Bereich der erneuerbaren Energien spielen Superkondensatoren eine wichtige Rolle, um Schwankungen in der Energieerzeugung auszugleichen. In Windkraftanlagen stabilisieren sie die Energieabgabe, indem sie überschüssige Energie während starker Windphasen speichern und bei Flaute schnell wieder abgeben. Dies erleichtert die Integration der Windenergie ins Stromnetz und erhöht die Netzzuverlässigkeit. Ähnlich wirken diese

Superkondensatoren in Solarkraftwerken als Puffer: Sie speichern Energie bei hoher Sonneneinstrahlung und gleichen plötzliche Ertragsschwankungen aus, die etwa durch Wolken verursacht werden. Diese kurzfristige Pufferfunktion führt zu einer konstanteren Energieversorgung und erhöht die Effizienz von Solaranlagen.

Industrielle Anwendungen

In industriellen Anwendungen und bei der Notstromversorgung übernehmen Superkondensatoren eine zentrale Rolle. Sie stellen bei Stromausfällen sofort Energie bereit, sodass kritische Systeme unterbrechungsfrei weiterlaufen oder sicher heruntergefahren werden können. Dies reduziert Ausfallzeiten und schützt vor Datenverlust. In Notstromanlagen überbrücken Superkondensatoren die Zeit, bis Generatoren hochgefahren sind, und erhöhen die Betriebssicherheit. Darüber hinaus stabilisieren sie die Netzspannung, indem sie kurzfristige Spannungsschwankungen ausgleichen und so empfindliche Geräte vor Schäden bewahren.

Consumer Electronics

Superkondensatoren bieten bei Consumer Electronics erhebliche Vorteile, da sie extrem schnelle Ladezeiten ermöglichen. In Smartphones, Tablets oder

Laptops könnten sie in Kombination mit Batterien genutzt werden, um Spitzenlasten zu decken und die Gesamtleistung zu steigern. So lassen sich Ladezeiten verkürzen und die Lebensdauer der Geräte verlängern. Auch in tragbaren Werkzeugen, wie Akkubohrern und Elektroschraubern, finden Superkondensatoren Anwendung. Sie ermöglichen eine sofortige Einsatzbereitschaft und erhöhen die Produktivität, da sie während kurzer Ladeintervalle genügend Energie speichern, um längere Betriebszeiten zu ermöglichen.

Zukünftige Einsatzgebiete

Die Zukunft der Superkondensatoren bietet spannende Perspektiven, insbesondere in Bereichen wie Smart Grids, dem Internet der Dinge (IoT) und der Medizintechnik. In Smart Grids könnten sie das Echtzeit-Energiemanagement unterstützen, indem sie schnelle Schwankungen im Energiebedarf und Angebot ausgleichen. Dies verbessert die Netzstabilität und unterstützt die effiziente Integration erneuerbarer Energien. Im Bereich des IoT sind Superkondensatoren als zuverlässige und langlebige Energiequelle besonders wertvoll. Sie eignen sich für Sensoren und Aktoren, die regelmäßig Energieimpulse benötigen, und helfen, Wartungskosten zu senken, da kein Batteriewechsel erforderlich ist. Auch in der Medizintechnik, etwa

in Implantaten wie Herzschrittmachern oder tragbaren Geräten, können Superkondensatoren die Sicherheit und Zuverlässigkeit erhöhen, da sie eine stabile Energieversorgung ermöglichen und die Notwendigkeit von Batteriewechseln reduzieren. Auch Lasersysteme in Forschung und Medizintechnik, bei welchen leistungsstarke Laser eingesetzt werden, können Superkondensatoren den erforderlichen hohen Strom bereitstellen, der kurzfristig für die Laseranwendung benötigt wird.

Vorteile der Superspeicher

Superkondensatoren bieten zahlreiche Vorteile. Sie laden sich extrem schnell auf und können große Energiemengen in Millisekunden abgeben, was sie für Anwendungen mit kurzfristig hohem Energiebedarf prädestiniert. Sie zeichnen sich durch eine hohe Leistungsdichte und eine außergewöhnlich lange Lebensdauer aus.

Während sie bis zu einer Million Ladezyklen überstehen, bleibt ihre Kapazität stabil, und sie sind weniger umweltschädlich als Batterien, da sie weniger toxische Chemikalien enthalten und leichter zu recyceln sind. Sie funktionieren zudem zuverlässig in einem breiten Temperaturbereich, oft von -40 °C bis $+70\text{ °C}$, was sie für anspruchsvolle Anwendungen qualifiziert.

Allerdings gibt es auch Herausforderungen. Die Energiedichte von Superkondensatoren ist geringer als bei Batterien, weshalb sie weniger Energie pro Volumeneinheit speichern. Daher eignen sie sich weniger für Anwendungen, die eine kontinuierliche Energieversorgung über längere Zeiträume erfordern. Zudem sind die Herstellungskosten relativ hoch, bedingt durch spezielle Materialien und aufwendige Fertigungsprozesse. Ein weiterer besonders wichtiger Nachteil ist die höhere Selbstentladungsrate, die dazu führt, dass

Superkondensatoren Energie verlieren, wenn sie nicht aktiv genutzt werden. Ihre niedrige Nennspannung pro Zelle macht es erforderlich, mehrere Zellen in Reihe zu schalten, um höhere Spannungen zu erreichen, was zusätzliche Balancierschaltungen nötig macht.

Technologische Wegbereiter

Superkondensatoren sind eine überaus vielversprechende Technologie, die in zahlreichen Branchen zur Effizienzsteigerung beiträgt. Ihre Fähigkeit, Energie schnell zu speichern und abzugeben, prädestiniert sie für kurzzyklische Anwendungen und macht sie zu einem wichtigen Bestandteil zukünftiger Energiesysteme. Vor allem in Kombination mit erneuerbaren Energien und in intelligenten Netzwerken könnten sie eine Schlüsselrolle spielen, um die Energiespeicherung und -versorgung effizienter zu gestalten. □

TRACO POWER

Reliable. Available. Now.

www.tracopower.com

TXN-Serie

Metallgekapselte AC/DC-Netzteile von 35 bis 800 Watt für kostensensitive Anwendungen

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

Serie	Leistung	Ausgangsspannung
TXN 35	35 Watt	3,3, 5, 12, 15, 24, (36), 48 V_{DC}
TXN 50	50 Watt	3,3, 5, 12, 15, 24, (36), 48 V_{DC}
TXN 75	75 Watt	5, 12, 15, 24, (36), 48 V_{DC}
TXN 100	100 Watt	5, 12, 15, 24, (36), 48 V_{DC}
TXN 200	200 Watt	12, 15, 24, 48 V_{DC}
TXN 350	350 Watt	12, 15, 24, 48 V_{DC}
TXN 800	800 Watt	12, 15, 24, 48 V_{DC}



CB
Scheme IEC 62368-1

UL 62368-1

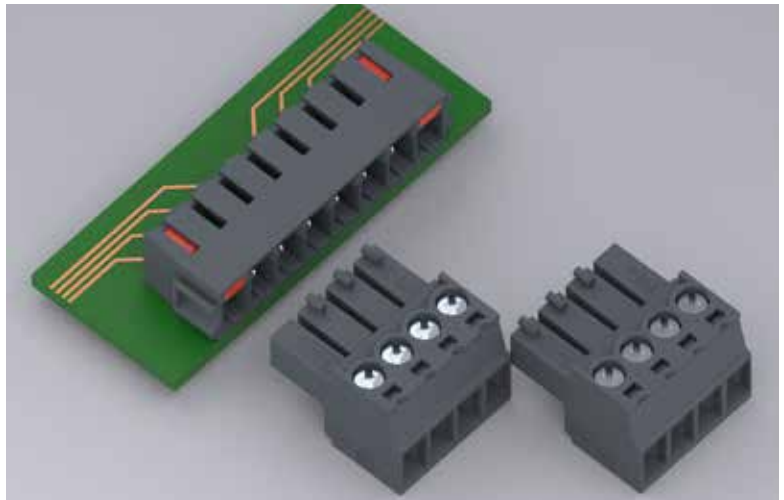
VERBINDUNGSLÖSUNGEN SIND IN DER PRODUKTION DAS A UND O

Sicherheit, Langlebigkeit und Funktionsbereitschaft

Ob Steckverbindungen, Klemmleisten, Buchsen oder Schraubverschlüsse – ohne die versteckten Komponenten in Geräten stünden in der Industrie nahezu alle Maschinen still. Unbedingte Funktionsbereitschaft, hohe Qualitätsanforderungen, Robustheit und Sicherheit stehen auf der Anforderungsliste weit oben. Zudem muss das Preis-/Leistungsverhältnis stimmen.

TEXT: Petra Adamik, freie IT-Autorin aus München · BILDER: Weco Contact; iStock, FabrikaCr

Steckverbinder mit Rasthaken verhindern ein unbeabsichtigtes Lösen bei Anwendungen in Umgebungen mit starken Vibrationen.



In modernen Produktionsumgebungen macht der Maschinenfuhrpark einen großen Posten im Investitionsbudget aus. Die Geräte müssen stabil arbeiten, robust und langlebig sein, damit sich eine Kapitalanlage mittel- bis langfristig rechnet. Bei allen Teilen muss die Qualität stimmen – bis hin zu den Steck- und Schraubverbindungen, Buchsen oder Klemmleisten. „Hersteller erwarten von diesen Komponenten eine hohe Qualität sowie die Einhaltung von Sicherheitsstandards und Normen“, erklärt Detlef Fritsch, Geschäftsführer der Weco Contact. „Bei der Entwicklung und Herstellung der jeweiligen Komponenten sind Sorgfalt und Expertise gefragt, damit im Produktionsumfeld nicht plötzlich die Bänder stillstehen.“ Zu den zentralen Anforderungen der Industrie gehören die Erstfehlersicherheit sowie die Temperaturstabilität. In Steckverbindern genutzte Kunststoffe müssen erhöhten Temperatur standhalten und schwer entflammbar sein. In kritischen

Umgebungen ist manchmal auch eine hohe Resistenz gegen Explosionsschäden gefragt. Darüber hinaus ist es erforderlich, dass die Produkte strenge Prüfverfahren durchlaufen, bevor sie zum Einsatz kommen.

Resistenz gegen Kontamination ist essenziell

Ein zentrales Thema ist beispielsweise auch die Forderung nach Resistenz gegen alle Arten von Kontaminationen. Das soll Verunreinigungen in den Verbindungskomponenten verhindern, die zu Ausfällen führen können. Zwingend erforderlich ist die Resistenz gegen möglicherweise eindringende Gase sowie gegen Reinigungs- und Lösemittel auf Basis von Alkoholzusätzen. Einsickernde Flüssigkeiten dürfen die Steckverbindung nicht beeinträchtigen oder gar zum Ausfall führen. Eine besondere Konstruktion der Gehäuse mit eingebauten

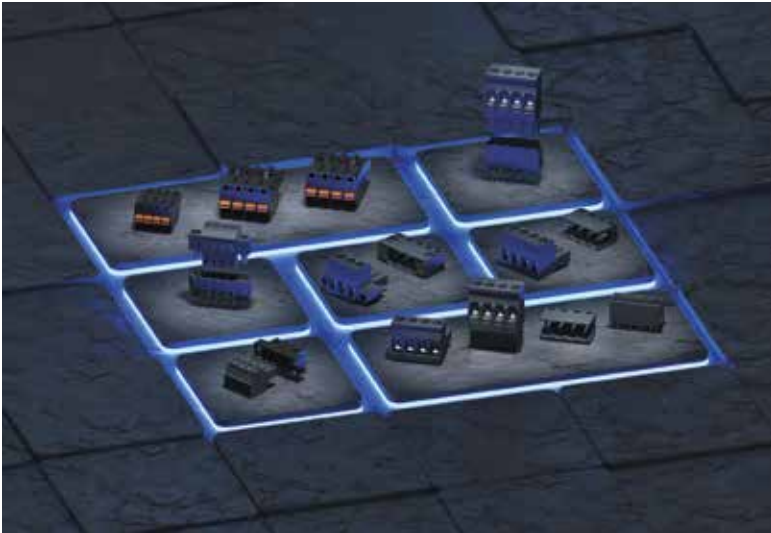
MES THE CONNECTOR

Macht Lust auf mehr

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

mes-electronic.de





Schraub- und schraublose Steckverbindersysteme sind aufgrund ihrer Robustheit in beispielsweise Reinräumen für die Beleuchtungssysteme essenziell.

„Schikanen“, also Verlängerungen der Kunststoffisolationswände, kann dafür sorgen, dass die Flüssigkeiten nicht an die stromführenden Teile kommen.

Darüber hinaus ist die sichere Bedienbarkeit essenziell. Dazu zählt der Schutz gegen Stromschläge, Kurzschlüsse, Überspannungen oder andere Einflüsse, die das Personal in der Produktion gefährden könnten. Die integrierten Verbindungselemente spielen daher für die Sicherheit von Geräten im produzierenden Umfeld eine zwar unsichtbare, aber dennoch zentrale Rolle.

Vielfältige Einsatzoptionen abdecken

Verbindungselemente sind die stillen Helfer und eine zentrale Komponente im Inneren von Maschinen und anderen Industrie-Lösungen. Das Spektrum ihrer Einsatzfelder reicht von der Beleuchtung für den Reinraum von Laboren, Forschungseinrichtungen und Produktionsstätten der Feinmechanik über mobile Geräte, die entlang einer Produktionsstraße genutzt werden, bis hin zu Überwachungs-Apparaten für die Messtechnik. Das Spektrum ist beliebig erweiterbar.

Beleuchtungseinheiten beispielsweise müssen meist an 365 Tagen im Jahr rund um die Uhr reibungslos funktionieren. Zuverlässigkeit ist das A & O. Das Arbeitsfeld, in dem Forscher, Entwickler oder Feinmechaniker arbeiten, muss nahtlos ausgeleuchtet sein. Kleinste Abweichungen im Sichtfeld können für die Entwicklung, beispielsweise von Platinen oder hochwertigen Produkten dramatische Folgen haben. Denn hier ist Millimeterarbeit gefragt.

„Umso wichtiger ist es, dass die Qualität sämtlicher Komponenten innerhalb eines Beleuchtungssystems verlässlich ist“, erklärt Detlef Fritsch. „Verbindungselemente, die hier zum

Einsatz kommen, müssen extrem zuverlässig sowie unempfindlich gegen Reinigungsmittel und Dämpfe sein, damit im laufenden Arbeitsprozess das Licht nicht ausgeht.“

Die Beleuchtung ist im industriellen Umfeld ein professionelles Medium, von dem die ordentliche Durchführung diverser Arbeitsabläufe abhängt. In Reinräumen beispielsweise ist eine hohe Robustheit der Beleuchtungssysteme essenziell. In diesem Umfeld entstehen häufig Durchströmungen und thermische Veränderungen, die eine hohe Resistenz der Lichtanlage zwingend erfordert.

„Für diese Einsatzfelder sind schraub- und schraublose Steckverbindersysteme besonders geeignet, die schon heute bei namhaften europäischen Herstellern im Einsatz sind“, so Detlef Fritsch. „Diese Komponenten bieten optimale Anschlussmöglichkeiten für unterschiedliche Szenarien. Zusätzliche Sicherheit bietet ein Rasthaken, mit dem der Verbinder ideal auf der Stifteleiste einklinkt. Ein unbeabsichtigtes Lösen bei Anwendungen in Umgebungen mit starken Vibrationen oder Durchflusssteuerungen ist somit nahezu ausgeschlossen.“

Mobilität ist im Produktionsumfeld Trumpf

Der mobile Einsatz von Geräten an verschiedenen Einsatzfeldern eines Produktionsumfelds ist eine weitere Herausforderung für die Komponenten. Verbindungsstecker, die in diesem Umfeld genutzt werden, müssen ausgesprochen robust sein. Sie sollten während des Standortwechsels Unebenheiten oder sogar Stöße abfedern und unempfindlich gegen Vibrationen sein. Für diese Einsatzfelder bietet sich die Verwendung von Flachsteckklemmen an. Diese lassen sich unter anderem bei Einschüben und Racks nutzen, die ihre Aufgaben teilweise fest in einem Produktionskreislauf erfüllen oder mobil an verschiedenen Stellen zum Einsatz kommen. Die Robustheit der



Detlef Fritsch, Geschäftsführer der Weco Contact, erörtert, worauf es bei einem Steckverbinder ankommt.

Komponenten sorgt auch im rauen industriellen Umfeld für eine hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Geräte.

Prüf- und Messgeräte spielen in der Industrie besonders in der Qualitätssicherung eine zentrale Rolle. Steckverbinder in solchen Geräten müssen von hoher Qualität sein, damit eine durchgängige Messung und Prüfung garantiert ist. Nur so

lassen sich valide Werte generieren. Ein lockeres Kabel kann etwa die Verfahren unterbrechen und zu partiellen Ausfällen führen. Unter dem Strich wird dadurch das Ergebnis verfälscht. „Das kann in der Produktion teuer werden, vom Reputationsverlust nicht zu reden“, warnt Detlef Fritsch. „Gerätehersteller, die Industrieunternehmen beliefern, dürfen bei der Wahl ihrer Komponenten daher keine Kompromisse eingehen.“ □



We keep your industry alive

Besuchen
Sie uns auf der
Hannover Messe
in Halle 11
Stand C15

Unsere Leitungen sind die Lebensadern der Industrie und verteilen Energie dorthin, wo sie gebraucht wird. Wir liefern zuverlässige Verbindungen für Ihr Projekt, für Ihr Unternehmen, für Ihre Branche.



Jetzt kostenloses
Messticket sichern!

www.lapp.com

alive BY  **LAPP**

STECKERBINDER FÜR BAHN UND TRANSPORTWESEN

Wege für die Mobilität ebnen

Mit der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung in den Bereichen Bahn und Transportwesen wächst der Bedarf an zuverlässigen, robusten und leistungsstarken Verbindungs- und Kommunikationslösungen.

TEXT: Binder BILDER: Binder; iStock, Luviv40



Vor diesem Hintergrund hat der Steckerspezialist Binder sein Produktportfolio angepasst. Das Unternehmen entwickelt derzeit die M12-X-kodierten Steckverbinder gemäß den hohen Anforderungen dieser anspruchsvollen Märkte weiter. So entstehen Lösungen für Anwendungen wie Ethernet-basierte Kommunikationsinfrastrukturen oder kamerabasierte

Überwachungssysteme sowie Infotainment-Angebote für Fahrgäste. „Die Bahnbranche und das Transportwesen werden immer digitaler. Wir passen derzeit die M12-X-kodierten Steckverbinder für die Anwendungsbereiche dieser Zielmärkte an. Unsere Steckverbinder finden dann unter anderem in der Backbone-Kommunikationsstruktur mit hohen Datenraten,

aber auch in Infotainment-Systemen für Fahrgäste Einsatz“, erklärt Dieter Sandula, Produktmanager bei Binder.

Das Unternehmen will dabei eine zuverlässige Datenübertragung nach Cat6A-Standard – auch unter extremen Bedingungen wie starken Vibrationen und Schockbelastungen – gewährleisten.



Der M12-X-kodierte Steckverbinder kann modifiziert auch im Bahn- und Transportbereich eingesetzt werden.

Steckverbinder für diese Zielmärkte müssen besondere Voraussetzungen erfüllen. Die Norm DIN EN 61076-2-109 legt unter anderem Anforderungen an die mechanische Belastbarkeit, Vibrationsfestigkeit und Dichtigkeit von Steckverbindern fest, die speziell für industrielle und raue Umgebungen konzipiert sind. Darüber hinaus gibt es für die neuen Einsatzgebiete weitere, härtere Anforderungen. Für Bahnanwendungen beispielsweise müssen Steckverbindungen zusätzliche Prüfungen für Schock und Vibration nach der DIN EN 61373 bestehen. Die so geprüften Verbindungen gewährleisten ihre Funktion somit auch bei kurzzeitigen Belastungen, wie sie bei Rangierarbeiten oder Kupplungsvorgängen auftreten können.

Dieter Sandula erklärt: „Besonders die mechanische Belastbarkeit und der

Brandschutz der Materialien sind zentrale Herausforderungen. Das Unternehmen löst diese durch den Einsatz neuer Materialien, die in angepassten Fertigungsprozessen zuverlässig verarbeitet werden. Diese wurden nach Kriterien der EN 45545-2 ausgewählt. Dazu sind zusätzliche Prozessschritte in der Fertigung erforderlich – sie sorgen dafür, dass die Qualitätskriterien und Schutzarten, die unsere Kunden erwarten, erfüllt werden.“

Bahn frei für die Mobilität

Neben der Bahnbranche, wo sich mehrere 100 Steckverbinder in einem Wagen befinden, und dem Transportwesen, das immer höhere Datenraten in jedem Fahrzeug erfordert, finden die robusten Steckverbinder auch in der Agrarwirtschaft Anwendung. Hochkomplexe

Arbeitsmaschinen benötigen eine zuverlässige, robuste Funktion, die Ausfälle vermeidet. Zudem fließen hier immer mehr datenintensive Echtzeit-Überwachungssysteme ein. Diese arbeiten mit Echtzeit-Daten, zum Beispiel auf Mähdreschern, die kamerabasiert Rehkollisionen vermeiden sollen.

Dieter Sandula zieht ein Fazit: „Die Bahnbranche und andere Transportbereiche, entwickeln sich im Zuge der Digitalisierung und der Mobilitätswende rasant weiter. Für uns ist es ein logischer Schritt, buchstäblich rechtzeitig auf diesen Zug aufzuspringen, und die Zukunft dieser Branchen aktiv mitzugestalten und neue Geschäftspotenziale zu erschließen.“ □



Embedded World
Halle 2, Stand 340

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.

www.panduit.de



PANDUIT™
infrastructure for a connected world



ANSÄTZE FÜR EINE RESILIENTERE LIEFERKETTE BEI PASSIVEN BAUELEMENTEN

Lieferengpässe vermeiden

Die Versorgung mit passiven Bauelementen steht weiterhin vor großen Herausforderungen. Obwohl sich die Liefersituation für elektronische Komponenten im Allgemeinen erholt hat, verzeichnet der Markt für passive Bauelemente nicht die erhoffte Besserung an Lagerbeständen. Besonders betroffen sind Kondensatoren und Induktivitäten, da sie in zahlreichen Branchen unverzichtbar sind, kommentiert Sven Pannewitz, Produktmanager bei Reichelt Elektronik.

TEXT: Sven Pannewitz, Reichelt Elektronik **BILD:** Reichelt Elektronik

Probleme in der Lieferkette sind bei deutschen Unternehmen weit verbreitet. Laut einer aktuellen Umfrage von Reichelt Elektronik berichteten etwa vier von fünf Unternehmen (83 Prozent) von großen oder mittelgroßen Beeinträchtigungen durch Lieferkettenengpässe. Speziell bei passiven Bauelementen, wie Widerständen, Kondensatoren und Spulen, können diese durch eine Vielzahl von Faktoren verursacht werden. Ein Grund ist die globale Zunahme der Elektronikproduktion: Die Nachfrage nach Elektronikgeräten wie Smartphones, Computern sowie IoT-Geräten für die Industrie und Automobilbranche ist enorm gestiegen.

Dazu kommt, dass die Hersteller von passiven Bauelementen der enormen Produktionskapazität, die sich durch die gestiegene Nachfrage ergibt, nicht mehr gerecht werden können. Beispielsweise werden spezielle Dielektrika wie Bariumtitanat in Multilayer-Keramikkondensatoren (MLCCs) eingesetzt, die wiederum für den Bau von Elektrofahrzeugen stark gefragt sind.

Außerdem erfordert die Herstellung vieler passiver Bauelemente spezielle und teure Rohstoffe wie etwa Tantal, das begrenzt verfügbar ist und der Abbau kritisch gesehen wird, da

es in politisch instabilen Regionen gewonnen wird. Tantal wird beispielsweise in Tantal-Elektrolytkondensatoren für industrielle Anwendungen verarbeitet, die unter anderem auch in Deutschland hergestellt.

Auch wenn deutsche Unternehmen sehr darum bemüht sind, passive Bauelemente aus dem eigenen Land oder anderen Märkten wie USA zu beziehen, bleiben asiatische Länder wie China und Taiwan die Hauptakteure. Grund dafür ist die größere Produktionskapazität und die kosteneffizientere Preisstruktur, die dort besteht. In dem Fall gilt nicht der Preis als Hürde, sondern eine instabile Lieferkette, die durch geopolitische, logistische und produktionstechnische Herausforderungen hervorgerufen wird.

Strategische Ansätze

Die Gründe für Lieferengpässe sind also vielfältig, beruhen oft auch externen Faktoren, auf die Unternehmen kaum oder wenig Einfluss haben. Dennoch gibt es Maßnahmen, die Unternehmen proaktiv vornehmen können, um Konflikte in der Lieferkette zu vermeiden.

Die Diversifizierung ist eine Möglichkeit, die Unternehmen dabei hilft, wettbewerbsfähig und innovativ zu bleiben. Diese kann sich sowohl auf eine geografische Diversifizierung, als auch auf die Diversifizierung von Zulieferern konzentrieren. Beides führt dazu, dass eine mögliche Abhängigkeit und Störungen bestmöglich vermieden werden.

Enge, langfristige Beziehungen zu allen Lieferanten fördern außerdem Vertrauen und Transparenz. Dies ermöglicht eine bessere Zusammenarbeit, um mögliche Ausfälle gemeinsam zu bewältigen. Auch wenn die Kostenstruktur in Asien eine andere sein mag, als in Europa, so ist es doch sehr wichtig, in jedem Fall mit langfristigen Verträgen eine stabile Preislage zu gewähren.

Weiterhin relevant ist die Erhöhung der Lagerbestände für kritische Bauteile: Unternehmen sollten für bestimmte Bauteile, die schwer zu beschaffen sind oder lange Lieferzeiten haben, Sicherheitsbestände aufbauen. Dies bietet eine Pufferzeit, um Produktionsunterbrechungen zu vermeiden. Der Einsatz von Technologien wie IoT (Internet of Things), Big Data und Künstlicher Intelligenz (KI) kann Unternehmen dabei helfen, in Echtzeit Einblicke in ihre Lieferketten zu erhalten. Das verbessert die Prognosegenauigkeit und die Reaktionsfähigkeit bei eventuell anfallenden Störungen.

Eine gewisse Flexibilität bei der Konstruktion, zum Beispiel in modularem Design, kann auch helfen. Denn so lässt es sich bei Komponenten, die schwer zu erreichen sind, leichter auf verfügbare Bauteile umsteigen.

Last but not least, beugt eine proaktive Risikoanalyse unvorhergesehenen Ereignissen und Schwachstellen vor. Dadurch können die Unternehmen deutlich schneller reagieren, falls es Schwierigkeiten mit der Lieferkette gibt und sich anderweitig nach Alternativen umsehen. □

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

HMI-Fronteinheit mit gekrümmter Glasfront

Touch-Bedienung vereinfacht

Der Markt bietet jetzt auch Touch-Lösung für Kunden, die auf der Suche nach HMI-Fronteinheiten mit einer ansprechend gewölbten Oberfläche sind. Durch die Kombination von Standard-Displays mit Touchscreen und einem Deckglas, das entweder konkav, konvex oder sogar in mehreren Achsen gebogen sein kann, entstehen HMI-Fronteinheiten in modernem und ästhetischem Design.

TEXT: Hy-Line BILDER: Hy-Line; iStock, solidcolours

Die HMI-Lösung verwendet ein planes Standard-Display, das mit einem gewölbten Deckglas (Cover Lens) verklebt wird.



Das Produktdesign stößt oft an Grenzen, wenn es darum geht, ein HMI für hochwertige Geräte mit gekrümmter Oberfläche zu entwerfen. Displays und Deckgläser sind in der Regel plan und rechteckig, was die Gestaltungsmöglichkeiten einschränkt. Das muss nicht so sein, da sich Glas vielseitig bearbeiten und bei starker Erwärmung biegen lässt. Als Touch-Technologie für gewölbtes Deckglas ist PCAP (projected capacitive) geeignet. Der Sensor besteht aus zwei Folien, die sich der Biegung anpassen und blasenfrei in das gewölbte, bedruckte Deckglas laminiert werden. Es gibt zwar biegbare Displays für Smartphones, aber die dabei verwendete Technik ist bei Displays mit Diagonalen von über 20 Zoll immer noch zu starr. Für den Aufbau von Displays wird eine Vielzahl an Schichten benötigt – vom Backlight über den Foliensatz und das TFT-Panel bis hin zum Rahmen. Ein konzentrisches Biegen würde durch die hohe mechanische Belastung die Optik beeinträchtigen und die Kontaktierungen beschädigen.

Die Lösung von Hy-Line verwendet ein planes Standard-Display, das mit einem gewölbten Deckglas (Cover Lens) verklebt wird. Die Herausforderung besteht darin, die Ablesbarkeit unter schrägen Winkeln zu gewährleisten. Hier kommen Optical Bonding und die Expertise des Unternehmens ins Spiel. Der Raum zwischen Display und Deckglas wird mit einem transparenten Material gefüllt, das den passenden Brechungsindex hat und Reflexionen minimiert. Der Touchsensor wird sorgfältig abgestimmt, damit er trotz variabler Schichtdicken infolge der Wölbung zuverlässig funktioniert. Durch individuelles Fine-Tuning ist die Bedienung mit mehreren Fingern, Gesten, Handschuhen und unter Feuchtigkeit sichergestellt.

Kundenspezifische Anpassungen

Dieses Projekt ist ein Beispiel, wie die Experten von Hy-Line flexibel auf die Anforderungen der Kunden eingeht. Der Spezialist liefert die komplette Einheit, bestehend aus einem Standard-Display, einem Touchscreen (meistens in PCAP-Technologie) und einem Deckglas nach Kundenvorgaben oder im gemeinsam ausgearbeiteten Design. Möglich sind Diagonalen von 2,4 bis 32 Zoll, Auflösungen bis 4 K, Helligkeiten von 250 bis über 1.000 cd/m² und Schnittstellen wie RGB parallel, SPI, LVDS, MIPI

oder VByOne. Der Anschluss erfolgt über Standardstecker oder kundenspezifische Flexfolien. Sonderfunktionen wie integrierte Backlight-Treiber, Helligkeitssensoren oder EEPROMs zur Identifikation sind möglich. Kontur und Oberfläche des Deckglases werden angepasst. Bedrucktes Deckglas ist von 1,1 mm bis 8 mm auch im Verbund möglich. Weitere Veredelungen wie zum Beispiel Beschichtungen für Antireflexion und Antistatik, Ätzen für Entspiegelung und Fingerführung und vieles mehr sind möglich. Bei Bedarf kann das Glas gehärtet werden (zum Beispiel Gorilla, Xensation, ESG). □



Embedded World
Halle 1, Stand 578



Display Elektronik GmbH

LCD · TFT · LED · OLED · Touch Panels
Bistabil · Tastaturen · Drehknöpfe
Standard & Kundenspezifisch

**Nicht nur ein Projekt...
...vielmehr eine Partnerschaft !**

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

www.display-elektronik.de



WLAN-STANDARD IEEE 802.11BE FÜR ANWENDUNGEN IN ECHTZEIT

WiFi 7 punktet mit 7 Features

Durch die Nutzung effizienterer Frequenzbänder, Multi-Link-Operation und 320 MHz Kanalbreite bietet WiFi 7 höhere Geschwindigkeiten bis zu 46 Gbit/s, geringere Latenz und verbesserte Netzwerkzuverlässigkeit. Gerade Anwendungen mit Echtzeitanforderungen profitieren von den Leistungsverbesserungen.

TEXT: Kerstin Naser, Rutronik BILDER: Rutronik; Silex; iStock, NoSystem images

Nach dem zuletzt veröffentlichten Standard WiFi 6 beziehungsweise WiFi 6E hat die WiFi Alliance Anfang dieses Jahres mit dem neuesten Standard IEEE 802.11be alias WiFi 7 erneut nachgelegt: WiFi 7 bietet noch höhere Datenübertragungsraten und extrem niedrige Latenzzeiten. Der Standard erfüllt so Voraussetzungen für Applikationen wie Augmented, Virtual und Extended Reality. Während viele Anwenderinnen und Anwender nach wie vor WiFi 5 nutzen, hat sich inzwischen auch WiFi 6 beziehungsweise WiFi 6E am Markt durchgesetzt. Einige Hersteller bieten bereits WiFi-7-kompatible Produkte an. Die Wi-Fi Alliance erwartet, dass bis 2028 2,1 Milliarden WiFi-7-fähige Geräte auf dem Markt sein werden. Router, Smartphones, PCs und Tablets sind bereits die ersten erhältlichen Geräte, die den neuen Standard unterstützen, aber auch für den Industriebereich bietet Rutronik bereits Produkte an – siehe WiFi-7-Katalog. Die Tabelle zeigt die Entwicklung und die Unterschiede der WiFi-Standards von WiFi 5 bis zum neuesten Standard WiFi 7.

Die Wi-Fi Alliance definiert als Schlüsselanwendungen für Wi-Fi Certified 7 Multi-User AR/VR/XR, 3D-Training, Gaming, ultra-hochauflösendes Video-Streaming, hybrides Arbeiten, Industrial IoT (IIoT) und Automotive. Aber auch hochpräzise Anwendungen wie Telediagnostik und Telechirurgie sind durch die hohe Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit der Datenübertragung denkbar. Die dafür notwendige Leistungssteigerung ergibt sich aus den folgenden sieben Merkmalen:

320-MHz-Kanäle: Verfügbar in Ländern, die das 6-GHz-Frequenzband für WiFi freigeben. Ultrabreitbandkanäle verdoppeln die derzeit breiteste Kanalgröße von 160 MHz bei WiFi 6/6E auf 320 MHz, wodurch sich auch die Datenübertragungsraten der einzelnen Geräte verdoppeln. Multi-Link Operation (MLO): Bei den bisherigen WLAN-Standards wählen Router ein einziges Frequenzband für die Datenübertragung und wechseln das Frequenzband nur unter bestimmten Bedingungen. Bei WiFi 7 ist es durch MLO möglich, dass die Geräte gleichzeitig auf mehreren Frequenzbändern Daten senden und empfangen. Dies führt zu einem höheren Datendurchsatz, geringeren Verzögerungszeiten und einer höheren Zuverlässigkeit.

4K-QAM: WiFi 7 ermöglicht eine höhere Datenübertragungsrate. Diese Datenübertragungsrate wird durch die Modulationstechnik Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) erreicht. Im Vergleich zu 1024-QAM bei WiFi 6/6E und nur 256-QAM bei WiFi 5 ist bei WiFi 7 4096-QAM (oder 4K-QAM) möglich. 4K-QAM ermöglicht nun bis zu 20 Prozent höhere Datenraten (statt 10 bit nun 12 bit).

512 Compressed Block Acknowledgement: Bei Übertragungen mit WiFi 7 können bis zu 512 Datenpakete (MPDUs - MAC Protocol Data Units) gleichzeitig gesendet werden, während es bei WiFi 6 noch 256 Datenpakete waren. Dies reduziert den Overhead und verbessert somit die Effizienz.

	WiFi 5	WiFi 6	WiFi 6E	WiFi 7
Veröffentlichung	2013	2019	2021	2024
IEEE-Standard	802.11 ac	802.11 ax	802.11 ax	802.11 be
Max. PC-Datenrate	~ 1.7 Gbit/s	~ 2.4 Gbit/s	~ 2.4 Gbit/s	~ 5.8 Gbit/s
Max. Datenrate für Zugangspunkte	~ 7 Gbit/s	~ 9.6 Gbit/s	~ 9.6 Gbit/s	~ 46 Gbit/s
Bänder	2,4 & 5 GHz	2,4 & 5 GHz	2,4 & 5 & 6 GHz	2,4 & 5 & 6 GHz
Kanalgröße	20, 40, 80, 160 MHz	20, 40, 80, 160 MHz	20, 40, 80, 160 MHz	20, 40, 80, 160, 320 MHz
Modulation	256-QAM-QFDMA	1024-QAM-QFDMA	1024-QAM-QFDMA	4096-QAM-QFDMA
MIMO	8x8 MIMO, DL MU-MIMO	8x8 UL/D/MU-MIMO	8x8 UL/D/MU-MIMO	16x16 MU-MIMO
Sicherheit	WPA 2	WPA 3	WPA 3	WPA 3

Entwicklung und Unterschiede der WiFi-Standards von WiFi 5 bis zu WiFi 7

Multiple Resource Units (RU) to a Single Station (STA): Verbessert die Flexibilität bei der Planung von Spektrum-Ressourcen, um die Spektrum-Effizienz zu erhöhen. Dies ist möglich, da bei WiFi 7 der Kanal in mehrere Subkanäle, die Resource-Units (RU), aufgeteilt wird. Dieses Verfahren ähnelt dem OFDMA-Verfahren von WiFi 6. Durch die Aufteilung der Kanäle behindern Störsignale nur noch einen Teil statt wie bei bisherigen WiFi-Standards den gesamten WLAN-Kanal. Der verbleibende Teil ist so weiterhin für die Übertragung nutzbar.

Triggered Uplink Access: Optimiert den von WiFi 6 definierten Uplink-Zugang, um latenzempfindliche Streams zu berücksichtigen und QoS-Anforderungen (Quality of Service) zu erfüllen. Mit der Funktion Stream Classification Service (SCS) werden die Daten „klassifiziert“, sodass sensible Daten wie Spiele, Sprache und Video Vorrang vor Massenverkehr haben.

Emergency Preparedness Communication Services (EPCS): Bietet Nutzerinnen und Nutzern ein nahtloses NSEP-Serviceerlebnis (National Security & Emergency Preparedness) und behält gleichzeitig die Priorität und Qualität des Service (QoS) in WiFi-Zugangsnetzen bei. EPCS ermöglicht Access-Points (APs), mit autorisierten Nicht-AP-Stationen mit höherer Priorität zu kommunizieren.

Anwendungen mit Echtzeitanforderungen profitieren von der deutlich verbesserten Latenz. Um die theoretisch maximal mögliche Datenübertragungsrate von 46 Gbit/s zu erreichen, sind allerdings WLAN-Stationen mit 16 Datenströmen (Spatial Streams), also auch 16 Antennen, erforderlich. In der Praxis ist dies für kleine Geräte wie Mobiltelefone nicht geeignet, und auch für kleine Privathaushalte reichen sicherlich Router mit

weniger Antennen aus. Für große Unternehmen, Smart Cities, Flughäfen oder Hotels mit vielen Endnutzerinnen und -nutzern macht das aber auf jeden Fall Sinn.

Erste Produkte verfügbar

Produkte, die WiFi 7 unterstützen, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllen, um von der vollen Leistung und Effizienz des neuen Standards zu profitieren. Die Geräte müssen mit WiFi-7-kompatiblen Chipsätzen ausgestattet sein, die die neuen Funktionen und höheren Geschwindigkeiten unterstützen. Außerdem müssen die Produkte in der Lage sein, mehrere Frequenzbänder gleichzeitig zu nutzen, um die Netzwerkleistung zu verbessern. Darüber hinaus wird die Unterstützung von 4096-QAM für eine höhere Datendichte und Effizienz gefordert. Rutronik bietet bereits WiFi-7-fähige Router, Mainboards, Erweiterungskarten, Industriemodule und Laptops an.

Die Module BE200 und BE202 von Intel unterstützen alle Vorteile des neuen Funkstandards: Mit der BE202 sind 2,4 Gbit/s bei 2x2 TX/RX-Streams möglich, mit der BE200 sogar 5,8 Gbit/s. Beide Produkte unterstützen zudem den Bluetooth-Standard 5.4. Auch sind die Module weltweit vorzertifiziert, was für die Kunden eine erhebliche Kosteneinsparung bedeutet. VPRO-Unterstützung ist derzeit allerdings nur mit der BE200 möglich. Ebenso sind noch keine Versionen für den industriellen Temperaturbereich oder Embedded-Anwendungen verfügbar. Beide Karten sind in den Formfaktoren M.2 2230 und M.2 1216 erhältlich.

Auch Silex hat mit der SX-PCEBE eine WiFi-7-Plattform angekündigt. Wie die Produkte von Intel wird auch diese




Das Steckmodul von Silex unterstützt neben WiFi 7 auch Bluetooth 5.3.

Steckkarte in zwei Formfaktoren angeboten werden, einmal als M.2-2230-Plug-in-Board und einmal als SMD M.2 LGA Typ 1620. Das Modul unterstützt neben WiFi 7 auch Bluetooth 5.3 und basiert auf dem Qualcomm-QCC2076-Chipsatz. Erste Muster sind für Ende 2024, die Serienproduktion ist für das erste Quartal 2025 geplant.

Zusätzlich zu den genannten Steckkarten bietet Rutronik bereits komplette WiFi-7-Router und Mainboards von Asus an sowie spezielle Avionics-Router von Advantech. Für sehr erfahrene Entwicklerinnen und Entwickler sowie Projekte mit sehr hohen Stückzahlen stehen bereits WiFi-7-Chips des Herstellers MediaTek zur Verfügung. Passende WiFi7-Antennen der Hersteller 2J und Kyocera AVX können ebenfalls über den Distributor Rutronik bezogen werden.

Fazit

WiFi 7 unterstützt wie WiFi 6E das 6-GHz-Frequenzband – ein Vorteil, da das 2,4-GHz-Frequenzband auch von anderen Technologien wie Bluetooth, ZigBee und Thread genutzt wird. Allerdings darf nicht außer Acht gelassen werden, dass eine höhere Frequenz auch eine geringere Reichweite bedeutet. Um eine flächendeckende Verfügbarkeit von WLAN zu erreichen, kann es daher notwendig sein, die Anzahl der Access-Points zu erhöhen. Trotz der Abwärtskompatibilität von WiFi 7 zu den Vorgängerstandards ist zu beachten, dass nicht nur die Router, sondern auch die Endgeräte WiFi 7 unterstützen müssen, um alle Vorteile von WiFi 7 nutzen zu können. □

 Embedded World
Halle 2, Stand 248

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
ADI	Titel, 8	Lapp	37, 45
Aitad	28	Melexis	16
Ansys	20, 34	MES Electronic Connect	43
Arrow Electronics	31	NürnbergMesse	U3, 12
Binder	46	Onsemi	24
Brady	16	Panduit	47
Congatec	20	Perforce Software	63
Conrad Electronic	U2, 20, 36	Phoenix Contact	20
Detakta	5	Pyramid Computer	27
Deutronic Elektronik	39	Q.ANT	16
Deutsche Messe	15	Reichelt Elektronik	48
Display Elektronik	51	Renesas	20
Elma Electronic	20, 33	Rutronik Elektronische Bauelemente	20, 52
Ferdinand-Braun-Institut	6	Schukat Electronic	20, 25
Fischer Elektronik	20	Schurter	38
Gartner	66	Schneider Electric	16
Georg Schlegel	17	Siglent Technologies	29, 60
Hannover Messe	14	Socionext	37
Harting	3, 37	Traco Electronic	41
Hy-Line	20, 50	TQ-Embedded	20
Jauch Quartz	20	Universität Tampere	16
Kingbright Electronic	49	Weco Contact	42
ICT Südwerk	37	Würth Elektronik eiSos	56
Infineon Technologies	16	Ziehl-Abegg	U4

IMPRESSUM

Herausgeber Kilian Müller

Head of Content Manufacturing Christian Fischbach

Redaktion Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Rieke Heine (freie Mitarbeiterin), 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), Beatrix Decker (-913), Caroline Häfner (-914), Ilka Gärtner (-921), Alexandra Klasen (-917);
Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2025

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

Verlag publish-industry Verlag GmbH, Machtlfinger 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)40.23714-240; leserservice-pi@dvmmedia.com

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

Jährlicher Abonnementpreis

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

Veröffentlichung gemäß §8 DW Media Group GmbH, Hamburg (100%)

Marketing & Vertrieb Anja Müller (Head of Marketing)

Herstellung Veronika Blank-Kuen

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

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

Nachdruck Alle Verlags- und Nutzungsrechte liegen beim Verlag. Verlag und Redaktion haften nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustrationen.

Nachdruck, Vervielfältigung und Online-Stellung redaktioneller Beiträge nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags.

ISSN-Nummer 1869-2117

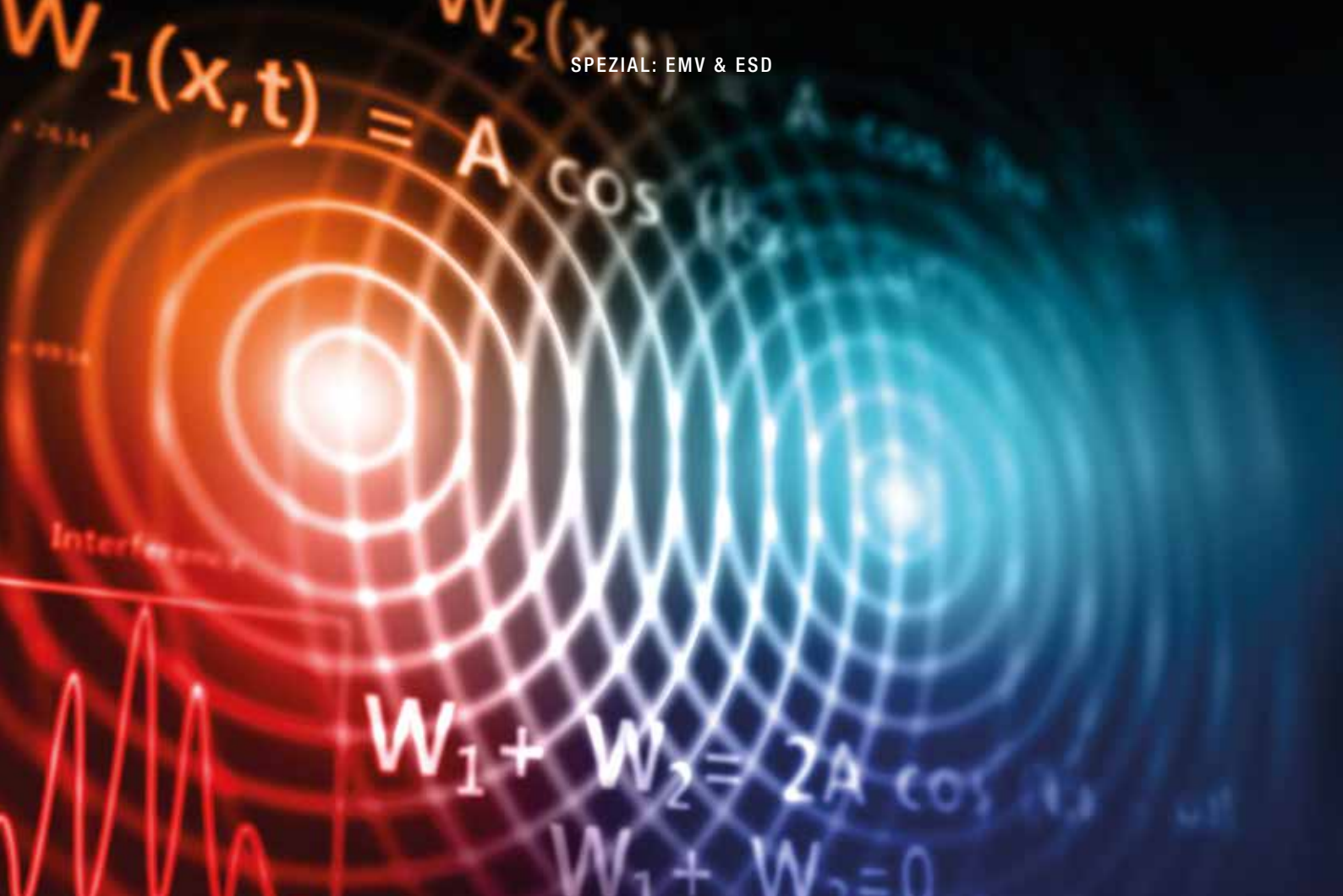
Postvertriebskennzeichen 30771

Gerichtsstand München

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



Der CO₂-neutrale Versand mit der Deutschen Post



LEITUNGSGEFÜHRTE STÖRAUSSENDUNGSPRÜFUNG

Richtig entstören

CISPR 16-2-1, der Aufbau der Prüfung ist in der Norm festgelegt. In diesem Beitrag werden die Besonderheiten des Prüfaufbaus und der daraus resultierenden Schleifenimpedanzen diskutiert.

TEXT: Adrian Stirn, Würth Elektronik eiSos **BILDER:** Würth Elektronik eiSos; iStock, Petrovich9

EMV-Prüfnormen haben zum Ziel reale Störmechanismen reproduzierbar nachzustellen. Oftmals überwiegt jedoch vor allem die Reproduzierbarkeit und weniger die realistische Nachbildung von Phänomenen. Zum Verständnis wie Entstörmaßnahmen gezielt wirken, müssen diese Prüfaufbauten verstanden werden. Bei Kenntnis und grober Modellbildung des Prüfaufbaus wird die EMV-Entstörung zu einem gewissen Grad berechenbar.

Prüfaufbau

Bei der leitungsgeführten Störaussendungsprüfung wird der Prüfling an den Versorgungsanschlüssen an Stromversorgungs-

Netznachbildungen (AMN = Artificial Mains Network) und an den Netzwerkanschlüssen an asymmetrische Netznachbildungen (AAN = Asymmetric Artificial Network) angeschlossen. Unter Netzwerkanschlüssen versteht man Signalanschlüsse, die an ein Netzwerk angeschlossen sind, wie beispielsweise Ethernet oder den KNX-Bus. Punkt zu Punkt Verbindungen wie USB-Anschlüssen fallen nicht unter die geprüften Schnittstellen.

Die CISPR 16-2-1 sieht verschiedene Möglichkeiten zum Aufbau der Funkstörspannungsprüfung vor. Alle Aufbauten haben gemeinsam, dass die Netznachbildungen die Störspannung gegen eine gemeinsame Referenzmasseplatte, die sich in einem

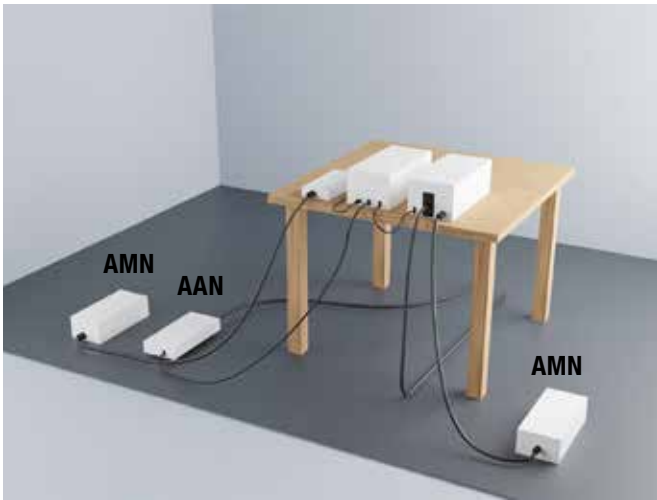


Abbildung 1: Aufbau der leitungsgeführten Störaussendungsprüfung nach CISPR 16-2-1

Abstand von 40 cm zum Prüfling befindet, messen. In der Abbildung 1 sieht man durch die vertikale Referenzmasseplatte (40 cm Abstand zum Prüfling) auf den Prüfaufbau. Die Netzschaltgeräten befinden sich in einem Abstand von 80 cm zum Prüfling. Die Abbildung 2 zeigt die relevanten Distanzen nochmals in zweidimensionaler Ansicht. Alle verwendeten Netzschaltgeräten sind mit 50Ω , entweder durch die Impedanz des Messempfängers oder mittels externen Widerstands, abzuschließen

AANs haben eine Impedanz von 150Ω gegen die Massefläche, AMNs haben eine S-förmige Impedanz Kurve, die bei circa 1 MHz 50Ω erreicht (siehe Abbildung 3). Die Netzschaltgeräten messen sowohl Common Mode als auch Differential Mode Störer. Eine Unterscheidung aus dem Ergebnis der Funkstörspannungsprüfung ist nicht möglich.

Schleifenimpedanzen

Soll für den Prüfling ein geeigneter Common Mode Netzfilter entworfen werden, müssen die Schleifenimpedanzen im Prüfaufbau verstanden werden. Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Impedanzen im Prüfaufbau.

Zur Vereinfachung der Schleifenimpedanzen wird angenommen, dass die Netzschaltgeräten eine Impedanz von 25Ω (zweimal 50Ω parallel L + N) für Common Mode Ströme hat. Als Kopplung zwischen Prüfling und der Referenzmasse können verschiedene Fälle auftreten:

- Prüfling hat keine weiteren Schnittstellen und koppelt über die Streukapazität. Anhand des Beispiels aus Abbildung 2 ergibt sich somit eine Streukapazität von 22 pF bei einer Koppelfläche des Prüflings von 1 m^2 . Dies wurde aus der Plattenkondensatorformel hergeleitet.
- Der Prüfling wird durch eine Funktionserdung oder dem

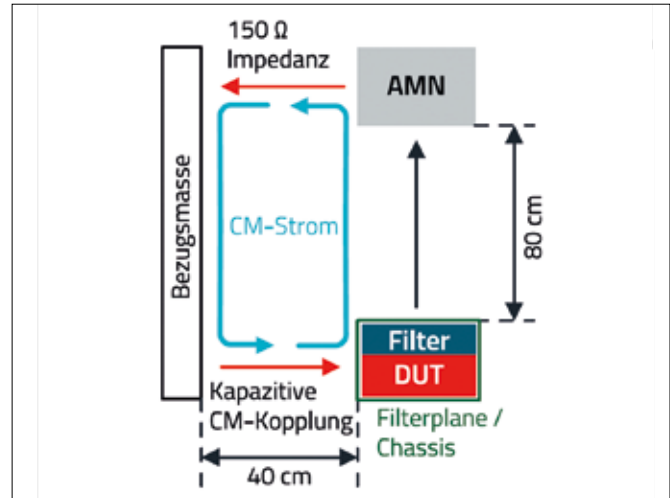


Abbildung 5: Prüfling im Gesamtsetup der Funkstörspannungsmessung mit Chassis und Filter

Einbau in einem metallenen Chassis oder einer leitfähigen Bodenplatte leitfähig direkt geerdet. Beispielsweise: Hutschienengerät wird leitfähig auf geerdete Sammelschiene im Anlagenschaltschrank geklickt.

- Der Prüfling hat geschirmte Netzwerkleitungen, die mit einer 150Ω AAN während der Emissionsprüfung abgeschlossen sind.

Die Betrachtung der Schleifenimpedanz zeigt, dass der Common Mode Strom der zum Spannungsabfall über der Netzschaltgeräten je nach Einsatz und Schnittstellen des Prüflings stark schwankende Schleifenimpedanzen durchläuft. Dies bedeutet auch, dass Netzfilter an die Applikation im Prüfaufbau angepasst sein müssen. Mit einer Beispielbetrachtung bei einer Störfrequenz von 150 kHz bei einer Koppelkapazität von 22 pF ergibt sich eine Impedanz von circa $48 \text{ k}\Omega$. Schließt man den Prüfling an die Referenzmasse an, so fällt diese Impedanz auf einen sehr geringen Wert, denn die ursprüngliche Koppelkapazität zwischen Prüfling und Schirmkabinenwand wurde kurzgeschlossen – die Stromschleife hat sich somit signifikant geändert.

Bei all diesen Betrachtungen muss berücksichtigt werden, dass es sich um sehr grobe Daumenkalkulationen handelt, um die Effekte der EMV-Prüfung zu erklären und zu verstehen. Ziel ist es für die Kalkulation des Netzfilters die richtige Topologie und passende Größenordnungen an Bauteilen auszuwählen.

Oftmals wird der Anschluss eines sekundärseitigen Gerätes an einen Prüfling in der EMV-Risikobewertung des zu prüfenden Gerätes übersehen. Beispielsweise kann eine USB-Schnittstelle mit einem USB-Stick geprüft werden. In diesem Fall liegt keine galvanische Kopplung zur Referenzmasse vor. Schließt man aber statt einem USB-Stick ein Gerät mit Schutzleiter an den USB-Anschluss an, so wird die Schnittstelle über den USB-Schirm relativ

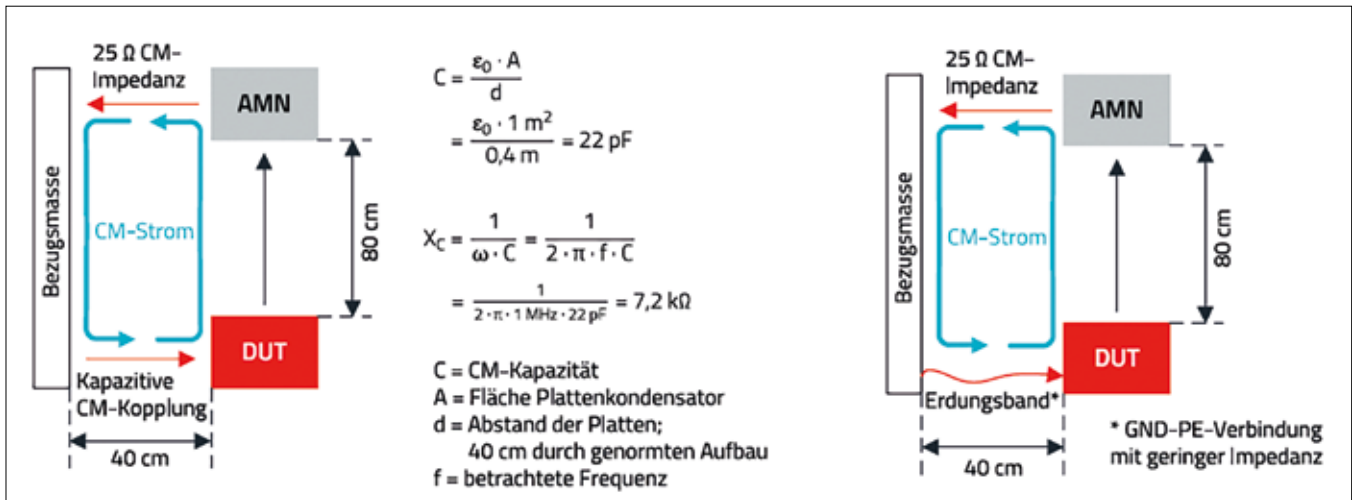


Abbildung 2: Schleifenimpedanz bei der Prüfung der leitungsgeführten Störaussendung

niederimpedant geerdet. Wie im oben gezeigten Beispiel ändert sich somit die Schleifenimpedanz signifikant und die Ergebnisse der Störaussendung können sich stark ändern.

Common Mode und Differential Mode Störern

Da die Ergebnisse der Funkstörspannungsmessung aus einer Überlagerung aus Common und Differential Mode Störern bestehen, muss im EMV-Labor vor dem Filterdesign eine Unterscheidung der Störkomponenten erfolgen. Klassischerweise nutzt man hierzu eine HF-Stromzange und führt die Leitungen durch die Stromzange.

Das Ergebnis am Messempfänger zeigt den Störstrom durch beide Aderpaare als Differential Mode Strom und Common Mode Strom. Achtung: Durch die Impedanzkurvenform der Netznachbildung und der Nichtlinearität der Stromzange können Verzerrungen zwischen Störstrom und Störspannung auftreten. Das Ergebnis im Frequenzbereich zwischen Differential Mode und Common Mode bleibt aber aussagekräftig, da die Relation jeweils stimmt. Bei der Messung mit Stromzange ist es wichtig, dass diese Unterscheidung im Impedanzsystem der Funkstörspannungsmessung durchgeführt wird. Führt man die Messung am Labortisch durch, fehlt das Masse-Bezugsystem und damit fehlen die Koppel-Impedanzen des normativen Aufbaus. Dadurch ändern sich die Common Mode Ströme und das Messergebnis weicht von der normativen Messung ab.

Filterdesign

Sind der Aufbau der Funkstörspannungsprüfung und die daraus resultierenden Impedanzen verstanden und sind die Störströme in Common Mode und Differential Mode unterschieden, kann nach der Applikation Note ANP015 von Würth ein Filter

entworfen werden. In folgendem Abschnitt wird die Wirkung eines Filters im Gesamtsystem anhand eines Netzteils betrachtet.

Entstehung von Common Mode Störern

Common Mode Störer entstehen vor allem in Netzteilen mit galvanischer Trennung durch die Streukapazität des Trafos (Flyback Übertrager). Die Leistungselektronik schaltet schnelle Taktflanken und erzeugt so eine sich schnell ändernde Spannung (dV / dt). Durch die Koppelkapazität zwischen Primär- und Sekundärseite koppeln so Common Mode Störungen in das System nach Abbildung 2. Die Störquelle ist über die parasitäre Koppelkapazität des Trafos zur Sekundärseite des Netzteils verbunden und generiert so Common-Mode Störungen. Ein gängiger Weg zur Reduktion dieser Common Mode Störer in der Schaltung ist der Einsatz von Kondensatoren zwischen Primär- und Sekundärseite des Trafos. Hierbei werden meist spannungsfeste Y-Kondensatoren genutzt, deren Kapazität laut Daumenregel einen Faktor 100 höher sein sollten als die Streukapazität des Trafos. Eine geringe Streukapazität des Trafos reduziert die Kapazität der benötigten Kondensatoren von Primär- nach Sekundärseite, senkt die Einkopplung des Common Mode Störstroms und reduziert somit auch den gesamten Filteraufwand. Ähnliche Effekte sind auch bei Motor – Inverter-Systemen zu beachten – Stichwort Motorstreu-kapazität.

Kapazitive Schirmplatte / Chassis

Aus der Diskussion über Common Mode Schleifenimpedanzen nach Abbildung 2 geht hervor, dass bei Prüflingen mit großer Fläche die Koppelkapazität trotzdem klein ist und sich dadurch eine sehr große Schleifenimpedanz ergibt. Das Erhöhen der Impedanz des Filters ist daher nicht zielführend. Vielmehr sollte man die Störung im Netzteil halten und eine

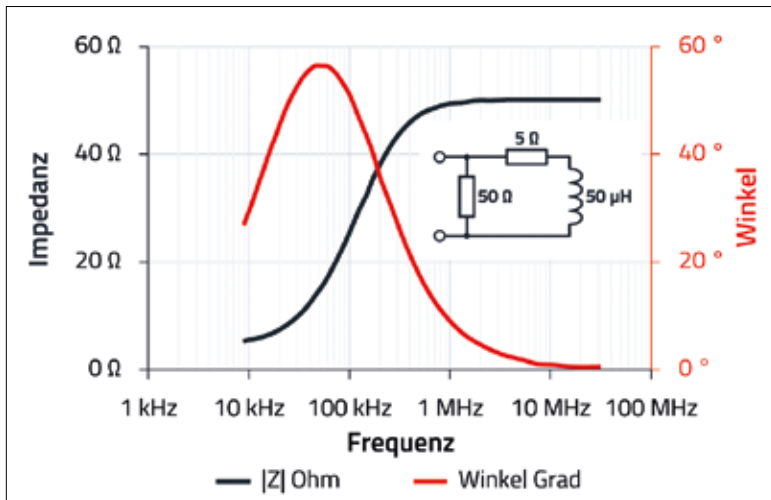


Abbildung 3: Impedanzkurve einer 50 Ω/50 μH + 5 Ω AMN nach CISPR 16-1-2

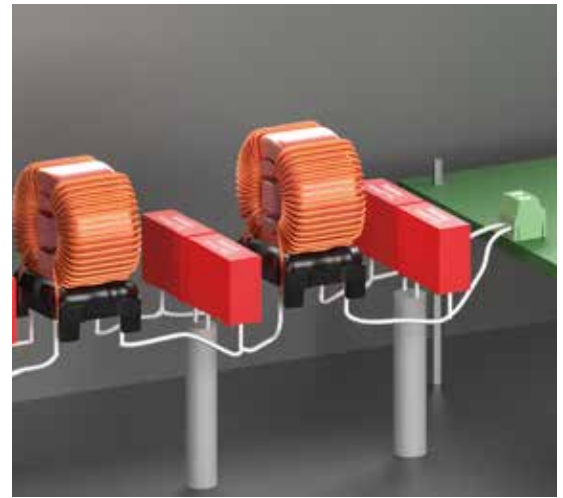


Abbildung 6: Schematischer Aufbau eines Netzfilters

Rückstromschleife über das Chassis oder eine kapazitiv gekoppelte „Schirmung“ schaffen. Ist die Schleifenimpedanz hingegen schon sehr niedrig, beispielsweise weil eine geschirmte Schnittstellenleitung angeschlossen ist, so kann die Impedanz Erhöhung mit einer Common-Mode Drossel (CMC) die Störungen sehr effektiv reduzieren. Die Abbildung 5 zeigt die Konfiguration aus einem Filter vor dem Prüfling mit einer Koppelplatte oder einem Chassis.

Die Distanz zwischen Filterplane und Elektronik ist deutlich geringer als die Distanz der 40 cm Koppelkapazität zur Referenzmasse. Der Störstrom wird also auf das Blech fließen und wird dann im Filter über die Y-Kondensatoren zurückgekoppelt. Der Kreis des Common Mode Störstroms schließt sich somit über den Filter – der Störstrom wird an der Netznachbildung vorbeigeführt. Im Gerät selbst steigt der Störstrom an, denn die Schleifenimpedanz sinkt – daher ist im Gerät mit höheren Störungen zu rechnen, allerdings wird die Umgebung nicht mehr gestört. Um eine erfolgreiche Entstörung mittels EMV-Filter zu gewährleisten, sollten die Filterbauelemente nach den im nächsten Abschnitt folgenden Designempfehlungen aufgebaut werden.

Platzierung der Bauteile

Da durch den Filter die Schleifenimpedanz kontrolliert wird, sollten die Bauteile möglichst effektiv platziert werden, um übersprechen oder zusätzliche parasitäre Effekte möglichst gering zu halten. Abbildung 6 zeigt die wichtigen Punkte beim Aufbau eines Netzfilters.

Die Filterkomponenten sind wie im Bild dargestellt über Drähte angeschlossen – dies soll verdeutlichen, dass keine leitenden Flächen oder Leiterbahnen unter die Filterbauteile gezogen werden sollen. Dies verhindert ein Überkoppeln des Filters durch

die Störung. Im Bild Hintergrund und unterhalb der elektronischen Baugruppe ist in grau das Chassis angedeutet. Dieses bildet den Rückstrompfad für die Störströme, welche dann über die direkt angeschlossenen Bolzen über die Y-Kondensatoren zurück in die Schaltung fließen. Um die Streuinduktivität der Kondensatoren möglichst gering zu halten, sollten diese direkt und auf kürzestem Weg mittels Bolzen zum Chassis verbunden werden. Bei mehrstufigen Filtern benötigt jede Y-Kondensator Stufe einen eigenen Verbindungsbolzen, um ein Überkoppeln der abgeleiteten Störungen des ersten Kondensatoren Paares zu vermeiden. Der Ableitstrom führt zu einem HF-Spannungsabfall im Stehbolzen, der sich wiederum in die nächste Stufe Y-Kondensatoren eingekoppeln würde. In Richtung Netz wird die letzte Common Mode Choke immer mit einem X-Kondensator abgeschlossen, um so mögliche durch Magnetfelder in die Common Mode Choke des Filters eingekoppelte differentiellen Störer kurzzuschließen. Zusätzlich werden differentielle Störer der Elektronik mittels Streuinduktivität der Common Mode Choke gefiltert.

Hinweis: Die Nutzung des Chassis als Referenz funktioniert nur, wenn dieses auch störungsfrei ist. Ist das ganze Gehäuse, und damit die Referenzmasse schon mit einem hohen Störpotenzial versehen, weil beispielsweise die getakteten Leistungshalbleiter zur Kühlung angeschraubt sind, können die Störungen über die Y-Kondensatoren zurückgekoppelt werden – eine Detailbetrachtung zur Lösungsfindung ist dann erforderlich.

Hat ein Gerät mehr als nur einen Netzanschluss, so müssen die anderen Schnittstellenfilter gegebenenfalls auch auf das Chassis bezogen werden und Leitungsschirme flächig (keine Pig Tail Ausführung) mit den Chassis verbunden werden. □



Embedded World
Halle 2, Stand 110

Grenzwerte im Fokus

Neue Produkte müssen nicht nur technische Anforderungen und Kundenbedürfnisse erfüllen, sondern auch regulatorische Vorgaben einhalten. Ein herausfordernder Bereich ist dabei die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Produkte dürfen bestimmte Grenzwerte für elektromagnetische Störungen nicht überschreiten, um eine Marktzulassung und dem damit verbundenen CE-Zeichen zu erhalten.

TEXT: Thomas Rottach, Siglent BILDER: Siglent; iStock, marcoventuriniautieri

Bei der Messung von elektromagnetischen Emissionen wird zwischen leitungsgebundenen und abgestrahlten Störungen unterschieden. Leitungsgebundene Emissionen treten über Kabelverbindungen auf und werden typischerweise im Niederfrequenzbereich bis etwa 30 MHz gemessen. Abgestrahlte Emissionen hingegen entstehen durch elektromagnetische Wellen, die direkt vom Gerät ausgesendet werden, und sind vor allem im Hochfrequenzbereich relevant. Beide Arten von Störungen müssen kontrolliert und innerhalb der oben bereits angesprochenen Grenzwerte gehalten werden, um die Konformität zu gewährleisten.

Die abschließenden EMV-Zertifizierungsmessungen werden in spezialisierten Laboren unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Allerdings sind diese Tests oft kostspielig und mit langen Wartezeiten verbunden. Um Risiken frühzeitig zu minimieren, bietet sich die Durchführung von Pre-Compliance-Messungen an. Hierbei können bereits während der Entwicklung potenzielle EMV-Probleme erkannt und behoben werden.

Leitungsgebundene Pre-Compliance Messungen sind im Vergleich zur Messung


der Abstrahlung mit überschaubarem Aufwand zu bewerkstelligen. Ein Setup benötigt neben dem Messgerät, das zum Beispiel ein Spektrum-Analysator von Siglent sein kann, noch eine Netznachbildung zum Auskoppeln der Störungen. Mit dem entsprechenden Aufbau kommt man hier im eigenen Labor schon sehr weit und es gelingt eine gute Korrelation mit den Ergebnissen des zertifizierten Testlabors.

Die Messung der abgestrahlten elektromagnetischen Emissionen stellt eine weitaus größere Herausforderung dar. In den meisten Laborumgebungen steht keine abgeschirmte EMV-Kammer mit Drehtisch und ausreichenden Abmessungen für eine normgerechte Fernfeldmessung zur Verfügung. Während für eine solche Messung idealerweise ein spezialisierter EMV-Testempfänger eingesetzt wird, kommt in der Praxis häufig nur ein Spektrum-Analysator zum Einsatz. Dies führt zu mehreren Problemen: Der Spektrum-Analysator empfängt nicht nur die Emissionen des Prüflings, sondern auch externe elektromagnetische Signale aus der Umgebung, wie Rundfunk-, Mobilfunk- und ISM-Band-Übertragungen (zum Beispiel im 2,4-GHz-Bereich). Zudem erfasst das Gerät auch reflektierte Signale des Prüflings

selbst, was die Messergebnisse verfälschen kann. Ein weiteres Risiko besteht in der Übersteuerung des Spektrum-Analysators durch starke externe Signale. Dies kann zu unerwünschten Intermodulationsprodukten führen, wodurch zusätzliche Frequenzkomponenten im Gerät selbst entstehen. In der Folge wird es nahezu unmöglich, die tatsächliche Abstrahlung des Prüflings zuverlässig zu bestimmen.

Abstrahlung des Prüflings

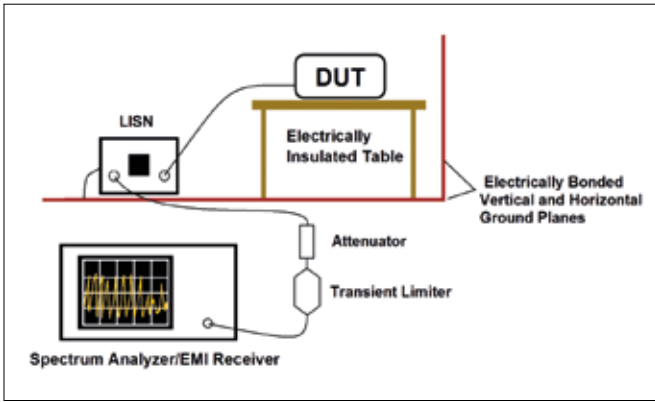
Gibt es erschweringliche Möglichkeiten die Abstrahlungen des Testobjekts zu bestimmen? Ja, unter bestimmten Bedingungen und mit Einschränkungen ist eine Einschätzung möglich. Eine bewährte Methode für Pre-Compliance-Messungen ist die Kombination aus einer TEM-Zelle und einem Spektrumanalysator. Dieser Aufbau ermöglicht es, abgestrahlte Störungen unter definierten Bedingungen zu messen und eine frühzeitige Einschätzung der EMV-Konformität eines Produkts zu erhalten. TEM-Zellen liefern nicht dieselben quantitativen Ergebnisse wie Messungen in einem zertifizierten Testlabor, doch sie geben Hinweise darauf, ob ein Design problematische Störstrahlung erzeugt.



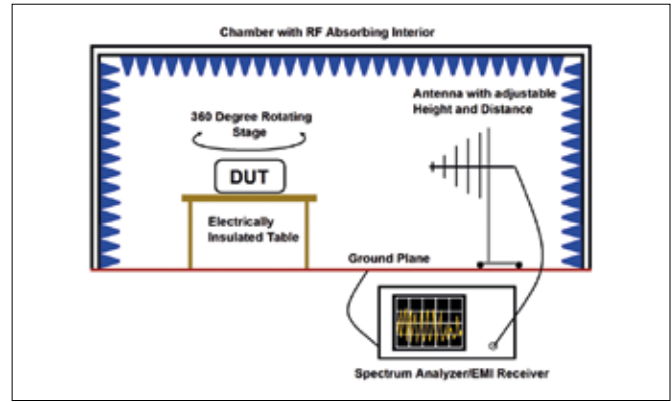
Besonders nützlich ist dieser spezielle Ansatz für den Vergleich von Produkten vor und nach EMV-bezogenen Designänderungen. Die Ingenieure können klar erkennen, ob eine Modifikation die EMV-Eigenschaften verbessert, verschlechtert oder unverändert gelassen hat. Durch den Einsatz von TEM-Zellen wird das „Schätzen“ bei der Störstrahlungsanalyse erheblich reduziert.

Was ist eine TEM-Zelle?

Eine TEM-Zelle ist im Grunde eine Streifenleitung zur Messung von Strahlungsemissionen und zur Prüfung der Störfestigkeit elektronischer Geräte. Obwohl sie keine vollständige Alternative zu Messungen in einer EMV-Kammer darstellt, bietet sie aufgrund ihrer kompakten Bauweise und geringeren Kosten eine praktikable Lösung für Pre-Compliance-Tests. Die TEM-Zelle besteht aus einem zentralen leitfähigen Streifen, dem sogenannten Septum, sowie geerdeten Seitenwänden. Ihre Geometrie ist so gestaltet, dass sie eine 50-Ω-Streifenleitung bildet. Das zu testende Gerät (Device Under Test, DUT) wird zwischen dem Septum und der



Leitungsgebundene Pre-Compliance Messungen sind mit überschaubarem Aufwand zu bewerkstelligen.



Für eine normgerechte Fernfeldmessung ist eine normgerechte EMV-Kammer mit Drehtisch und geeigneten MeBequipment ideal.

Bodenwand positioniert, um eine kontrollierte Testumgebung zu gewährleisten. Neben geschlossenen Varianten gibt es auch offene TEM-Zellen, die keine Seitenwände besitzen. Dies erleichtert das Platzieren des DUT, führt jedoch dazu, dass externe Hochfrequenzstörungen (HF-Rauschen) in die Messung einfließen können. Um diesen Einfluss zu minimieren, wird üblicherweise eine Leermessung vor dem eigentlichen Test durchgeführt, um externe Signale zu erfassen und zu kompensieren.

Nahfeld-Messungen

Kann von Nahfeld-Messungen auf Fernfeld geschlossen werden? Die TEM-Zelle misst primär Nahfeld-Emissionen. Der Übergang vom Nahfeld zum Fernfeld ist frequenzabhängig und wird durch die Geometrie sowie die Antenneneigenschaften des Prüflings (DUT) bestimmt. Da die Feldverteilung in einer TEM-Zelle nicht direkt dem Fernfeld entspricht, ist eine geeignete Kalibrierung oder ein empirisch bestimmter Zusammenhang erforderlich, um Rückschlüsse auf die tatsächliche Abstrahlung im Fernfeld zu ziehen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Polarisationsabhängigkeit: Eine TEM-Zelle misst nur in einer festen Polarisationssebene, während eine EMV-Kammer Fernfeldemissionen für verschiedene

Richtungen und Polarisationen erfasst. Der IEC 61000-4-20-Standard beschreibt Methoden, um diesem Nachteil entgegenzuwirken. Eine davon ist die Drei-Positionen-Korrelation, bei der das Testobjekt in drei orthogonale Hauptrichtungen gedreht und jeweils vermessen wird. Anschließend werden die Messwerte mit einem Algorithmus kombiniert, um eine bessere Abschätzung der tatsächlichen Abstrahlung zu erhalten. Dennoch bleibt diese Methode durch Annahmen und Näherungen mit Unsicherheiten behaftet.

Eine höhere Genauigkeit lässt sich durch die Kombination verschiedener Messmethoden erreichen. Beispielsweise können Vergleichsmessungen in einer EMV-Kammer genutzt werden, um Korrelationstabellen oder empirische Modelle zu erstellen. Durch wiederholte Optimierungsschleifen lassen sich diese Modelle verfeinern, sodass mit der Zeit ein tiefgehendes Verständnis des Systems entsteht. Dadurch wird es möglich, kosteneffiziente und zeiteffektive Pre-Compliance-Messungen durchzuführen und gleichzeitig ein hohes Maß an Vertrauen in die Messergebnisse zu gewinnen.

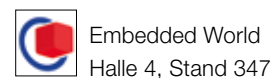
Fazit

Die Einhaltung von EMV-Richtlinien ist eine essenzielle Voraussetzung für die

Marktzulassung neuer Produkte. Während zertifizierte EMV-Tests in spezialisierten Laboren unumgänglich sind, bieten Pre-Compliance-Messungen eine kosteneffiziente Möglichkeit, bereits in der Entwicklungsphase potenzielle Störquellen zu identifizieren und zu optimieren.

Für leitungsgebundene Störungen ermöglicht die Kombination eines leistungsfähigen Spektrumanalysators wie etwa von Siglent mit einer geeigneten Netznachbildung eine zuverlässige und reproduzierbare Analyse. Bei der Messung abgestrahlter Emissionen stellt die TEM-Zelle von Tekbox eine praktikable Lösung dar, um unter kontrollierten Bedingungen erste Erkenntnisse über die Strahlungseigenschaften eines Designs zu gewinnen.

Durch die gezielte Nutzung dieser Werkzeuge können Ingenieure frühzeitig Maßnahmen zur Verbesserung der EMV-Eigenschaften ergreifen, Entwicklungszyklen verkürzen und das Risiko teurer Nachbesserungen reduzieren. In Kombination mit Vergleichsmessungen in EMV-Kammern lassen sich präzise Korrelationen erarbeiten, die eine noch genauere Vorhersage der finalen Zertifizierungsergebnisse ermöglichen. □



WIE STATISCHE ANALYSE DIE SICHERHEIT FÜR
INDUSTRIAL ELECTRONICS ERHÖHEN KANN

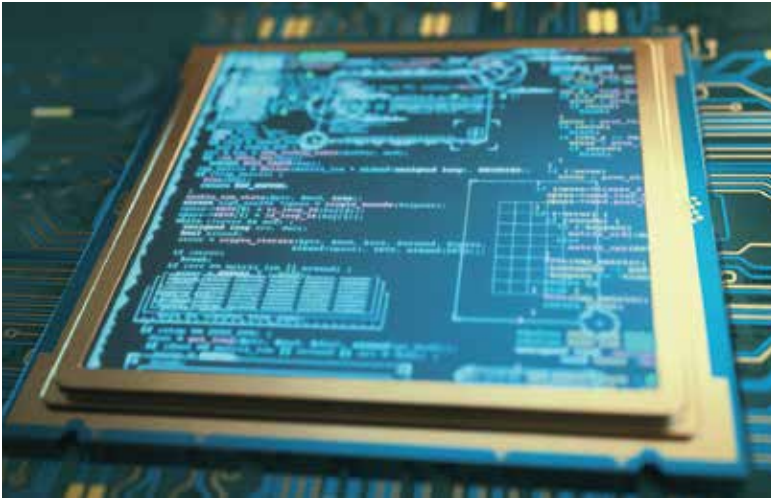
Softwarefehler im Code vermeiden

Es schwebt wie ein Damoklesschwert über vielen Unternehmen: das Risiko von Cyberattacken. Denn die Bedrohungen nehmen weltweit zu. Allein 2023 registrierte Forescout Research – Vedere Labs mehr als 420 Millionen Angriffe – Tendenz rasant steigend. Gerade im Kontext der hochsensiblen Industrieelektronik ist Vorsicht besser als Nachsicht. Es gilt, mittels geeigneter Tools zu verhindern, dass Sicherheitslücken im Softwarecode überhaupt erst entstehen.

TEXT: Jill Britton und Steve Howard, Perforce Software BILDER: iStock: rootstocks, matejmo, aurence Dutton



ERROR



Eine tiefgreifende Codeanalyse kann Schwachstellen aufdecken und das Kompromittieren eines Systems verhindern.

Gerade für Unternehmen im Industrial-Electronics-Kontext, die kritische Infrastruktur bereitstellen, bringt die aktuelle Bedrohungslandschaft besondere Risiken mit sich. Angriffe bergen das Potenzial, sowohl das Unternehmen selbst als auch seine Kunden auf riskante Weise zu schädigen: Häfen werden blockiert, Versorgungsketten für Lebensmittel oder Medikamente unterbrochen, Flüge landen verspätet, Trinkwasser wird nicht länger ausreichend aufbereitet, die Lichter einer Stadt gehen auf einen Schlag aus. Solche Worst-Case-Szenarien stellen glücklicherweise die Ausnahme dar. Doch die Frequenz der Attacken gegen den Industriesektor nimmt zu, ebenso wie ihre Raffinesse.

Während ein Großteil der Cyberangriffe weiterhin IT-Netzwerke ins Visier nimmt, können auch Systeme der Betriebstechnologie (OT) in umfassender Weise getroffen werden. Die entsprechenden Systeme verwalten und kontrollieren u.a. die industriellen Steuerungssysteme (ICS) im Produktionsablauf, wodurch Angriffe zu folgenschweren Störungen führen können. Hinzu kommt, dass Embedded-Systeme in Industrieelektronik immer komplexer werden und Hersteller ihre Systeme mit IIoT-Funktionen, Remote Monitoring oder Remote-Wartung für Techniker und Elektronik-Spezialisten modernisieren. Doch diese neue Konnektivität und Konvergenz von IT- und OT-Systemen bringt auch neue Angriffsflächen oder Sicherheitslücken mit sich.

Sicherheit muss in allen Aspekten eines Embedded-Systems berücksichtigt werden. Doch viele Angriffe nehmen ihre Anfänge im Software-Kontext, etwa mit der Ausnutzung eines Memory Buffer Overflow oder dem Einschleusen von Schadcode. Entsprechend sollten Industrieunternehmen, die ihre OT-Systeme bestmöglich absichern wollen, ein besonderes Augenmerk auf ihre Embedded-Software legen und bereits im Entwicklungsprozess für ein Maximum an Sicherheit sorgen.

Mehr Code-Sicherheit dank statischer Analyse

Auch ein großer weltweiter Energietechnikkonzern war sich des Risikos bewusst, dass jede fehlerhafte Code-Komponente in seinen kritischen Systemen potenziell von Dritten ausgenutzt werden könnte – sei es als Einfallstor für cyberkriminelle Banden, die sich bereichern wollen, oder gar im Rahmen eines terroristischen Angriffs. Eine besondere Herausforderung stellten für den Konzern in diesem Zusammenhang die vielen unterschiedlichen Tools und Vorgehensweisen verschiedenster Reifegrade dar, die durch diverse Akquisitionen Teil des Unternehmens geworden waren.

Der Energietechnikspezialist beschloss, seine gesamten Software-Tools, -Trainings und -Abläufe einer umfassenden Prüfung zu unterziehen. Auf dieser Basis ergab sich der erste Schritt, um Unternehmens-Assets besser abzusichern: Etablierte Vorgehensweisen, Abläufe und genutzte Tools sollten standardisiert werden. Ein Mittel hierzu war die Nutzung eines einheitlichen Tools zur statischen Code-Analyse, ein Ansatz, der sich für das Unternehmen als essenziell erwies.

Statische Code-Analyse ermöglicht es, Quellcode automatisch und in Echtzeit zu prüfen, ohne diesen dafür ausführen zu müssen. Vielmehr sorgt die Technologie unter anderem per Dataflow-Analyse dafür, dass alle möglichen Pfade durch das gesamte System untersucht und auf Fehler hin geprüft werden. So können selbst komplexe oder schwer zu findende Probleme identifiziert werden. Dies ermöglicht es Entwicklern, bereits während des Entwicklungsprozesses sicherzustellen, dass ihr Code keine Sicherheitslücken aufweist und im Einklang mit relevanten Branchenstandards steht.

Durch die genutzte Lösung ist der Energietechnikspezialist heute in der Lage, problematische Stellen im Code unmittelbar



Spezialisten prüfen mit geeigneten Tolos Systeme auf eventuelle Schwachstellen.

zu entdecken und auszubessern, noch bevor der Quelltext den Rechner des Entwicklers verlässt. Gleichzeitig reduzierte sich die Rate der False Positives, sodass der Entwicklungsprozess effizienter ablaufen kann.

Best Practices für den Industrieelektroniksektor

Den Fokus auf eine möglichst hohe Softwarequalität zu legen, ist ein zentraler Aspekt einer jeden Modernisierung von IT- und OT-Systemen im Industrieelektroniksektor – denn die Software ist die treibende Kraft hinter den vernetzten Systemen von heute. Basierend auf Szenarien wie dem des Energietechnikspezialisten hat sich eine Reihe von Best Practices in der Praxis bewährt, um Sicherheit effektiv zu erhöhen:

Zum einen sollte die Software-Entwicklung sicheren Coding-Standards folgen. Besonders relevant im Branchenkontext ist IEC 62443, der Security-Standards für die sichere Entwicklung von industriellen Automatisierungs- und Kontrollsystemen (IACS) beinhaltet. Zu diesem Zweck kommen fünf verschiedene Security-Level zum Einsatz, die das Cybersecurity-Risiko für jedes einzelne System bemessen. Für höhere Level gelten dann strengere Compliance-Anforderungen. Tools zur statischen Code-Analyse können die Compliance mit IEC 62443 oder ähnlichen Security-Standards prüfen und dabei unterstützen, sie einzuhalten.

Darüber hinaus ist die unternehmensweite Standardisierung der genutzten Security-Tools ein wichtiger Baustein im Sicherheitsgebäude. Wichtig ist hierbei vor allem, die Entwicklungs-Teams dahingehend zu schulen, ausschließlich auf dieses zentrale Toolset zurückzugreifen. Die Nutzung einheitlicher Lösungen vereinfacht es, Zugriffe zu kontrollieren und entdeckte potenzielle Sicherheitslücken zu verwalten und dann auch zu schließen.

Zu guter Letzt sollte Sicherheit auch über die Entwicklungsabteilung hinaus in jedem Bereich des Unternehmens eine zentrale Rolle spielen. Es empfiehlt sich, Security-Awareness-Trainings für alle Geschäftseinheiten, Teams und Unternehmensrollen anzubieten. Dies fördert eine auf Sicherheit bedachte Unternehmenskultur und erhöht das Bewusstsein der Mitarbeitenden für potenzielle Sicherheitsrisiken. Die Durchführung einer Risiko-Analyse, die Isolierung kritischer Systeme von nicht-kritischen Netzwerken und die Überwachung der Netzwerkaktivitäten sowie regelmäßige Sicherheits-Evaluierungen können ebenfalls einen entscheidenden Teil dazu beitragen, Cyberbedrohungen effektiv einzudämmen beziehungsweise sogar zu verhindern.

Gerüstet für die Anforderungen der Zukunft

Durch die Implementierung von statischer Codeanalyse und die Berücksichtigung branchenrelevanter Best Practices gelang es dem Energietechnikkonzern, seine Software bereits früh im Entwicklungsprozess abzusichern und so Fehler und Sicherheitslücken von vornherein zu vermeiden, die später für schädliche Zwecke hätten ausgenutzt werden können.

Die Optimierung kam dabei für das Unternehmen zum idealen Zeitpunkt: Aufgrund des anhaltenden KI-Booms sehen sich dessen Versorgungsnetze derzeit mit bislang ungekannten Anforderungen konfrontiert, Rechenzentren effizient mit Energie zu versorgen. Denn die intelligenten Lösungen erfordern mehr Rechenleistung als klassische Cloud-Computing-Funktionen. Die Absicherung der Rechenzentren und der Kommunikation der Geräte, die sich mit diesen verbinden, erhält dadurch eine völlig neue Dimension. □



Embedded World
Halle 4, Stand 510

705

QUELLE: GARTNER (STAND: 03.02.2025)

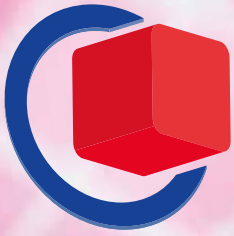
Milliarden

US-Dollar

soll der Halbleiterumsatz 2025 weltweit betragen. 2024 waren es nur 626 Milliarden US-Dollar.

KI-Chips und Speicherlösungen haben das Halbleiter-Wachstum klar vorangetrieben. Dabei hat Samsung die Marktführung übernommen und Nvidia ist auf Platz drei geklettert.

Rechenzentren bilden inzwischen den zweitgrößten Halbleiterabsatzmarkt. Weitere Informationen über Halbleiter-Technologien und Embedded Systeme finden Sie unter anderem in unseren Beiträgen ab Seite 18.



embeddedworld

Exhibition & Conference

CONNECTING THE
EMBEDDED COMMUNITY

11.–13.3.2025

NÜRNBERG, GERMANY



Get your
free ticket now!

embedded-world.de/code

Use the voucher code **ew25GG**

Medienpartner

elektroniknet.de

Markt & Technik
DES UNABHÄNGIGEN WIRTSCHAFTSZEITUNGS FÜR ELEKTROTECHNIK

Elektronik

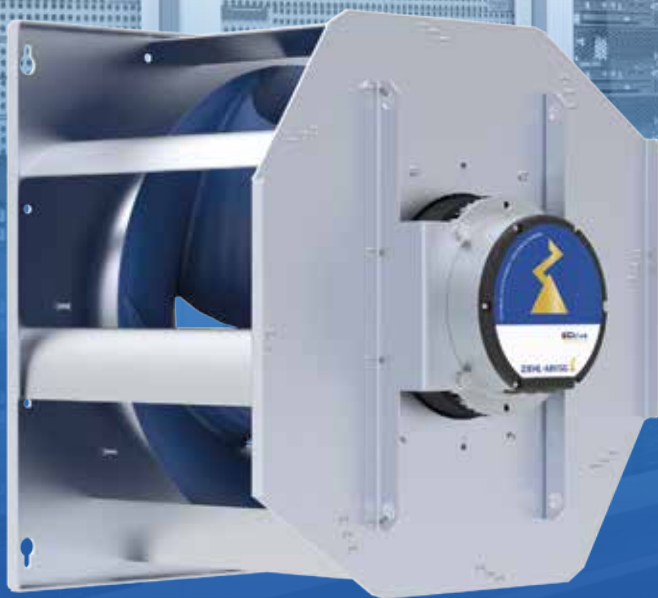
Elektronik
automotive

Elektronik
•medical

NÜRNBERG / MESSE

Bewegung durch Perfektion

Perfekt für Lüftungseinheiten und Rechenzentren.



Besuchen Sie uns!

Messe Hannover
31. März – 04. April 2025
Halle 011, Stand C71/1

ZApilotXL mit ZAbluefin

Besonders vorteilhaft für Systeme im Dauerbetrieb.

Unser **ZApilotXL** setzt sich zusammen aus dem Performancemodul zur optimierten Luftführung und Maximierung des nutzbaren Drucks, dem bionischen Ventilator **ZAbluefin** und dem energieeffizienten **ECblue**-Motor.



Hier finden Sie mehr
zu unserem ZApilotXL

ZIEHL-ABEGG