



FASZINATION ELEKTRONIK

AUSGABE 8 | OKTOBER 2018 | 18. JAHRGANG | WWW.INDUSTR.COM

FEHLER VERMEIDEN

DAMIT DIE SIMULATION NICHT IM DESASTER ENDET

BLOCKCHAIN

Wie sie funktioniert und was sie bringt [Seite 8](#)

RISC-V-PROZESSOREN

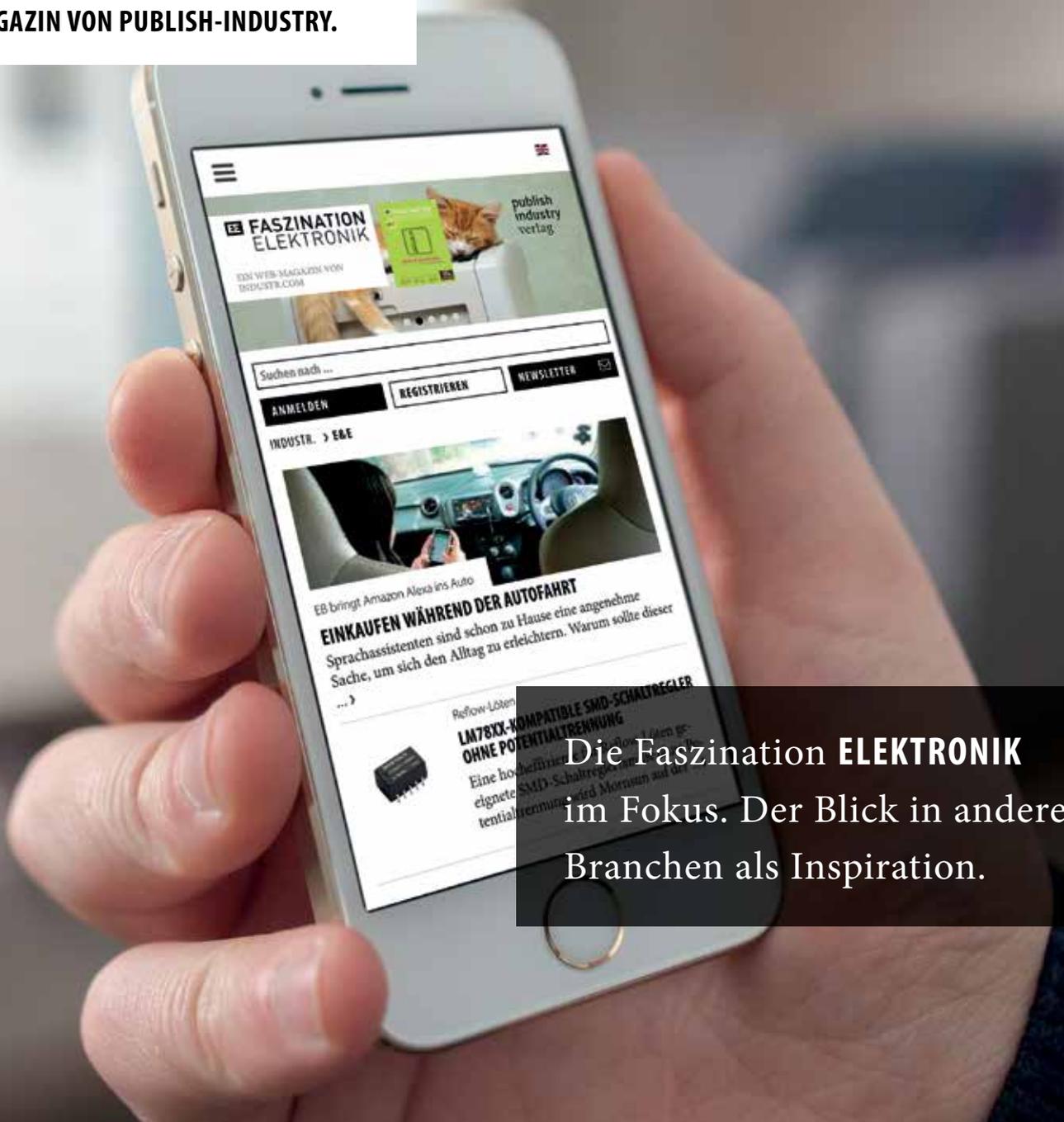
Viele Schwächen sind reine Mythen [Seite 38](#)

BAUTEILEMANGEL

Das können Firmen gegen die Verknappung machen [Seite 52](#)

EE FASZINATION ELEKTRONIK

EIN WEB-MAGAZIN VON PUBLISH-INDUSTRY.



Die Faszination **ELEKTRONIK**
im Fokus. Der Blick in andere
Branchen als Inspiration.



INDUSTR.com/EuE: Das E&E-Web-Magazin liefert relevante News, Artikel, Videos und Bildergalerien und macht die Faszination der Elektronikentwicklung lebendig.

Vernetzt mit den anderen Web-Magazinen von publish-industry unter dem Dach des Industrie-Portals **INDUSTR.com** ist es Ihre Eintrittspforte in eine faszinierende Technik-Welt. Gehen Sie online und werden Sie kostenfrei Mitglied der **INDUSTR.com**-Community: **INDUSTR.com/EuE**.



Simulationstools werden immer akkurater und können gleichzeitig verschiedene Parameter, wie Wärmeentwicklung, Materialstress und Stromverbrauch, darstellen. Angesichts dessen stellt sich die Frage:

SIND PHYSISCHE PROTOTYPEN BEI DER ENTWICKLUNG ÜBERHAUPT NOCH NOTWENDIG?

Simulation ist aus der Entwicklung elektronischer Bauteile und Geräte nicht mehr wegzudenken. Diese virtuellen Tests erhöhen die Zuverlässigkeit, sorgen für eine höhere Leistung und langlebigere Produkte. Und natürlich sinken durch sie die Kosten. Schließlich sparen es sich Entwickler, jede Änderung mit einem neuen Prototypen zu testen. Dadurch sinkt auch die Zeit für die Entwicklung.

Auf den ein oder anderen physischen Prototypen sollten die Designer dennoch nicht verzichten. Schließlich bildet die Simulation nur ein Idealbild ab. Bei realen Komponenten und Maschinen kommt es allerdings immer zu kleinen Abweichungen in der Produktion, bei der Montage und auch später während der Nutzung. Ob und wie diese das spätere Ergebnis beeinflussen, lässt sich nur durch Tests mit richtigen Prototypen feststellen. Schwierig ist es außerdem, alle unter realen Bedingungen vorherrschenden Einflüsse zu berücksichtigen. Entweder weil diese nicht bekannt sind oder weil vereinfachte Modelle verwendet werden, damit der Aufwand für die Simulation nicht aus dem Ruder läuft.

Virtuelle Tests sollten deshalb immer mit realen Versuchen verbunden werden. Nur dadurch lässt sich sicherstellen, dass die Bauelemente und Geräte auch die erwartete Leistung bringen. Aber auch bei der Simulation selbst kann eine Menge schiefgehen. Wie Sie Fehler vermeiden und bessere Ergebnisse erzielen, erfahren Sie im Fokusthema dieser Ausgabe.

MEET US IN MUNICH
13-16 NOVEMBER
electronica 2018

Hall C3
Main Booth 312

Hall C4
RUTRONIK 24
next generation e-commerce
R24 Booth 434

**Electronics
Worldwide**

Hightech Bauelemente für Ihre Innovationen

Als einer der führenden Distributoren für elektronische Bauelemente bieten wir Ihnen weltweit ein breites Produktportfolio, kompetente technische Unterstützung bei Produktentwicklung und Design-In, individuelle Logistik-Lösungen sowie umfangreiche Serviceleistungen.

- Semiconductors
- Passive Components
- Electromechanical Components
- Displays & Monitors
- Boards & Systems
- Storage Technologies
- Wireless Technologies

Informationen zu RUTRONIK: +49 (0) 7231 801-0

Committed to excellence



www.rutronik.com

Auftakt

- 6 OLEDS LASSEN KLEIDUNG LEUCHTEN
- 8 WIE DIE BLOCKCHAIN FUNKTIONIERT

Simulation & Digitaler Zwilling

- 12 DER AKTUELLE STAND DER SIMULATION
- 16 ZUVERLÄSSIGKEITSANALYSE FÜR ICS RICHTIG ANGEHEN
- 20 DEN FALLSTRICKEN DER THERMISCHEN SIMULATION AUSWEICHEN
- 24 KOMPONENTEN IN AUTONOMEN FAHRZEUGEN SIMULIEREN
- 27 KOMMENTAR VON UWE SCHEUERMANN ZU PROBLEMEN BEI DER SIMULATION VON LEISTUNGSMODULEN

Verbindungstechnik & Wireless

- 28 VERTEILERBLÖCKE INDIVIDUELL ZUSAMMENSTELLEN
- 34 BAHNTECHNIK: SCHNELLE LOGISTIK FÜR VERBINDUNGSTECHNIK

Embedded-Systeme & Mikrocontroller

- 38 WAS DRAN IST AN DEN MYTHEN UM RISC-V
- 42 VORTEILE VON PYTHON-BILDSENSOREN FÜR DIE INDUSTRIE

Distribution & Dienstleistung

- 45 UMFRAGE: DISTRIBUTOREN ERKLÄREN, WIE SIE MIT DER BAUTEILEVERKNAPPUNG UMGEHEN
- 48 RETROFIT HILFT BEI ABGEKÜNDIGTEN KOMPONENTEN
- 52 INTERVIEW MIT WOLFGANG TSCHIERSWITZ VON WTS ZUM MANGEL BEI PASSIVEN BAUELEMENTEN

E&E-Spezial: Leistungselektronik AB SEITE 67

- 68 GAN-HEMETS VERBESSERN DAS KABELLOSE LADEN
- 72 WELCHE TREIBER SICH FÜR IGBTs UND MOSFETS EIGNEN
- 76 NEUER SPICE-ANSATZ FÜR SIC-MOSFETS
- 79 FIRMPROFIL: FISCHER ELEKTRONIK
- 80 FIRMPROFIL: FUJI ELECTRIC EUROPE
- 81 FIRMPROFIL: HY-LINE POWER COMPONENTS
- 82 FIRMPROFIL: INFINEON TECHNOLOGIES
- 83 FIRMPROFIL: MITSUBISHI ELECTRIC EUROPE
- 84 FIRMPROFIL: SEMIKRON

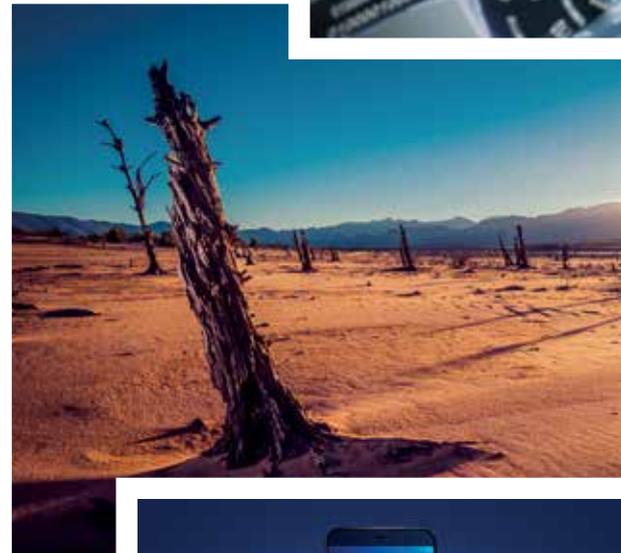
FOKUS

SIMULATION & DIGITALER ZWILLING

FEHLER VERMEIDEN

08

BLOCKCHAIN:
WO SICH DIE TECHNOLOGIE
EINSETZEN LÄSST



LLING

EN

12

FOKUSTHEMA:

TIPPS FÜR EINE ERFOLGREICHERE
ELEKTRONIKSIMULATION



45

UMFRAGE BAUTEILEVERKNAPPUNG:

WAS DIE DISTRIBUTION GEGEN DEN
MANGEL UNTERNIMMT

68

WIRELESS CHARGING:

EFFEKTIVER LADEN MIT GAN-HEMITS

Passive Bauelemente & Elektromechanik

60 DEN ZWISCHENKREIS IN HYBRIDFAHRZEUGEN STABILISIEREN

Software & Security

63 WAS DIE ZYKLOMATISCHE KOMPLEXITÄT WIRKLICH AUSSAGT

Rubriken

- 03 Editorial
- 32 Kolumne: Ackermanns Seitenblicke
Von Spaghetti lernen
- 51 Impressum
- 51 Firmenverzeichnis
- 56 Meilensteine: Würth Elektronik eiSos

Wärmeleitfolien **DETAKTA**



Unverstärkte Pad Typen

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 mit einer Shorehärte von 2 - 10° - beidseitig haftend
Stärken 0,5 bis 5,0 mm



Glasgewebe Deckfolie Pads

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

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



Silicon-Glasgewebe Folie

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

Dünne glatte Folie, **auch einseitig haftend - ohne zusätzlichen Kleber.**

OLEDs für Textilien

LEUCHTENDE KLEIDUNG

Meistens soll Mode nicht nur zweckmäßig sein, sondern Aufmerksamkeit auf den Träger lenken und ihm ein individuelles Auftreten verschaffen. Eine Entwicklung des Fraunhofer FEP lässt Kleidung nun leuchten. Die Wissenschaftler entwarfen spezielle OLEDs, die sich in Kleidung integrieren lassen. Sie sollen sich aber nicht nur für einen besonders auffälligen Auftritt nutzen lassen.

TEXT: Florian Streifinger, E&E BILD: Jan Hesse, Fraunhofer FEP

Organische Leuchtdioden (OLED) kommen vor allem in Fernsehern und Smartphone-Displays zum Einsatz. Das Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP hat nun OLEDs entwickelt, die sich in Textilien integrieren lassen. Sie können farbig leuchten, lassen sich aber auch transparent verwenden. Die OLEDs sollen sowohl für das Design von Mode verwendet werden, aber auch die Sichtbarkeit des Trägers erhöhen. Einen Vorteil bietet das zum Beispiel bei Arbeitskleidung für die Nachtlogistik. Um die Integration von OLED-Elementen in Kleidung einfacher zu gestalten haben die Wissenschaftler einen funktionalen Knopf entwickelt. Bei diesem O-Button kombinierten sie eine hauchdünne folienbasierte OLED mit einem Mikrocontroller auf einer konventionelle Leiterplatte. Die Platine wird mit leitfähigem Garn am Textil befestigt und durch dieses mit Strom versorgt und angesteuert.



WIE DIE BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE FUNKTIONIERT

Mehr als nur virtuelle Währung

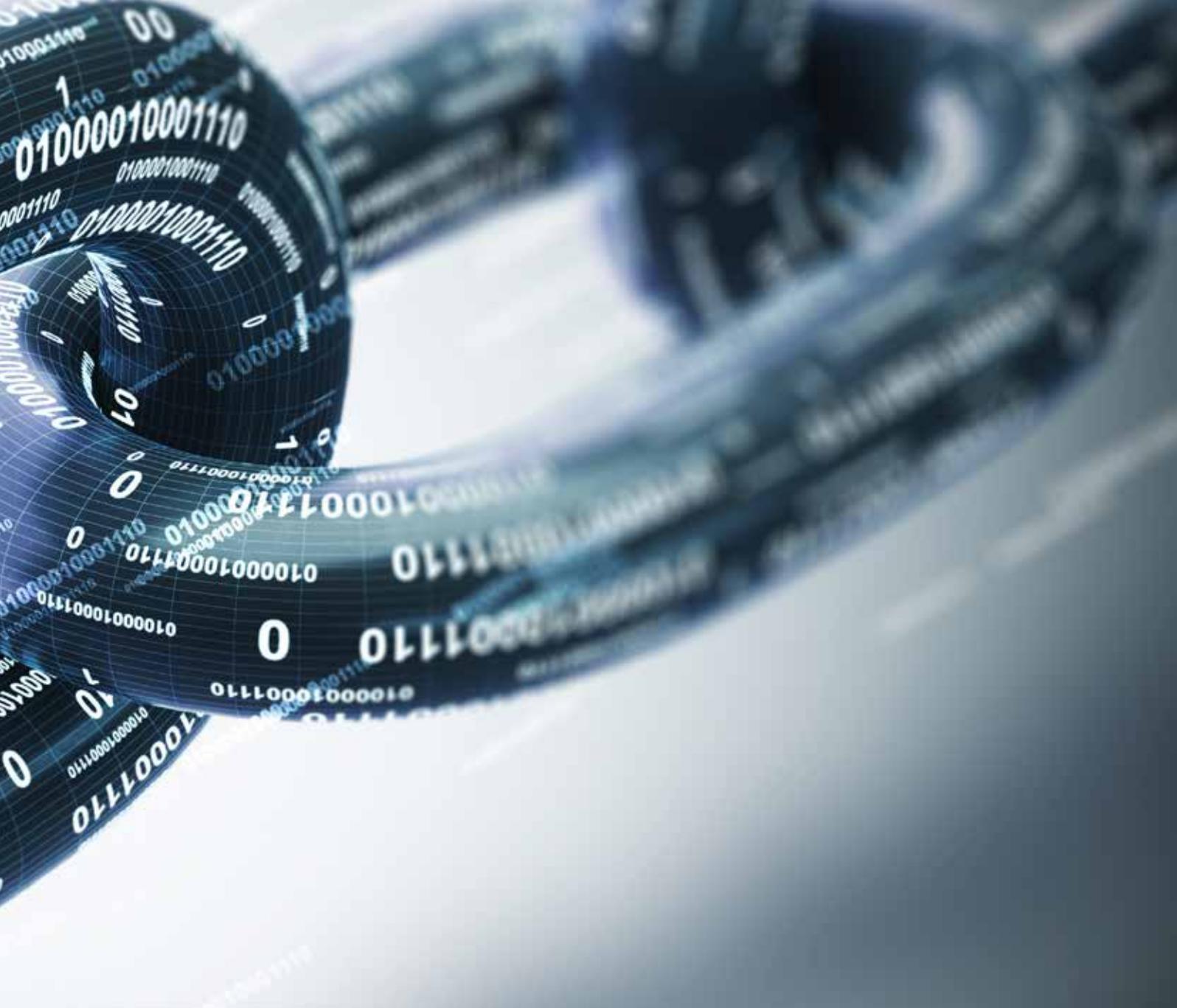
Obwohl die Technologie noch in den Kinderschuhen steckt, hat inzwischen praktisch jeder von der Blockchain gehört. Besonders gehypt wird sie durch Kryptowährungen wie Bitcoin. Doch diese Währungen sind nicht das einzige Anwendungsgebiet. Was dahintersteckt, wie die Technologie funktioniert und welche Rolle dabei Misstrauen spielt, erfahren Sie hier.

TEXT: Adrian Marwitz, Kette BILD: iStock, Ismagilov

Derzeit ist die Blockchain in aller Munde als eines der zukünftigen Technologien, die eine neue internationale digitale Veränderung bringen könnte. Durch den Hype der Kryptowährungen Ende des Jahres 2017 hat sie noch mal einen weiteren Aufmerksamkeits-Schub bekommen. Allerdings verstehen nur wenige die Funktionsweise der Technologie und das sie noch einiges mehr zu bieten hat, als nur Kryptowährungen. Obwohl die Erfindung der Bitcoin - Blockchain bereits im Jahre 2008 stattgefunden hat, beginnen erst jetzt Firmen und Institutionen ernsthaft sich mit ihr zu beschäftigen. Als Erfinder dieser, gilt das Synonym Satoshi Nakamoto, der in seinem Whitepaper bereits auf Quellen und Forschungen aus den 50er Jahren verweist. Also ist die Idee dahinter bereits lange in vielen klugen Köpfen. Mit der stärkeren Leistungsfähigkeit

von Computern ergeben sich völlig neue Ansätze der Kryptographie und machen somit eine Umsetzung der Technologie erst möglich. Mittlerweile gibt es hunderte verschiedene Blockchains, mit verschiedenen Ansätzen und Ideen. Man geht davon aus, dass sich eine oder wenige durchsetzen werden. Welche das ist, ist noch völlig offen.

Im Prinzip muss man sich die Blockchain als eine mögliche neue Infrastruktur, ähnlich wie das Internet vorstellen. Auf dieser wiederum können Applikationen oder andere Einsatzmöglichkeiten aufgebaut werden. Es geht vorrangig um die Versendung von Transaktionen die gebündelt werden und je nach Art der Blockchain in zeitlichen Abständen mit Blöcken verschickt werden. Die Buchführung dieser Transaktionen



kann man sich als eine Art öffentliche Exceltabelle vorstellen, bei der alle Nutzer lesenden Zugriff haben. Neue Werte werden dabei immer nur automatisiert an das Ende dieser Tabelle angehängt, Änderungen in vorigen Zeilen sind nicht möglich. Um die Tabelle mit Energie zu speisen kommen die sogenannten Miner ins Spiel. Im Falle der Public Blockchains wie Bitcoin oder Ethereum sind diese private Rechner oder mittlerweile große Rechencenter die kryptographische Rätsel vor jedem Block lösen müssen. Für jeden Block bewerben sich einige Miner Derjenige, der das Rätsel zuerst lösen kann, darf den Block ausführen und wird mit der entsprechenden Kryptowährung entlohnt. In privaten Blockchains wie der von IBM zum Beispiel läuft dies zentral ab, also mit wenigen eigenen Knotenpunkten. Für alle gilt, dass sämtliche Daten per Kryp-

tographie geschützt sind und nach aktuellem technologischen Stand nicht zu hacken sind. Trotzdem hört man oft in den Medien, dass Kryptobörsen oder sogenannte „Wallets“ gehackt wurden. Dies hat allerdings nichts mit den Transaktionen beziehungsweise der Blockchain zu tun, sondern lediglich mit den Endpunkten dieser. Der große Vorteil ist die Dezentralität. Also, dass niemand uneingeschränkter Zugriff darauf hat und dass die Daten unveränderbar sind.

Microsoft und IBM arbeiten bereits intensiv mit Blockchain

Die Technologie ist momentan noch mit einem enormen Aufwand verbunden, weshalb sie nur zögerlich bei Unterneh-

men zum Einsatz kommt. Allerdings haben viele große Firmen bereits mit Forschungen für den Einsatz begonnen. Hier ist die B3i Initiative zu erwähnen die bereits im Oktober 2016 von Allianz, Aegon, Munich RE, Swiss Re und Zurich gegründet wurde. Große Tech-Unternehmen wie Microsoft oder IBM arbeiten bereits intensiv mit der neuen Technologie.

Eine gegenwärtige interessante Anwendungsmöglichkeit liegt im Bereich des Crowdfundings für Startups. Im vergangenen Jahr wurde mit sogenannten ICO's (Initial Coin Offering) eine Summe von 5,7 Milliarden US-Dollar eingesammelt. Hierbei gaben Blockchain-Startups ihre eigene Kryptowährung gegen eine Etablierte aus. Allerdings wurde der Hype sehr stark ausgenutzt und Versprechungen ausgesprochen die nicht einhaltbar waren. Durch stärkere Regulierungen wie etwa der US-amerikanischen Securities and Exchange Commission (SEC) kamen somit bereits einige Gründer ins Gefängnis. Auch ist der Coin, der ausgegeben wurde meist total nutzlos und kein Anteil am Unternehmen wie anfangs viele neue Marktteilnehmer glaubten. In Zukunft gibt es aber neue zukunftssträchtige Modelle wie die STO's (Security Token Offering) die wirklich einen Anteil am Unternehmen widerspiegeln. Des Weiteren müssen deren Geschäftskonzepte nicht mit der Blockchain-Technologie funktionieren, können sich aber mit dieser finanzieren. So möchte beispielsweise ein Roller-Startup 125 Million US-Dollar einsammeln.

Sicherheit vor Manipulationen

Generell gilt das noch keine 100-prozentige Aussage getroffen werden kann, in welchen Bereichen die Technologie wirklich eingesetzt werden könnte. Sie ist immer noch ganz am Anfang und jeder, der mit ihr arbeitet leistet Forschungs - beziehungsweise Pionierarbeit. Sobald man Daten unveränderlich speichern und diese sicher hinterlegen möchte, wäre der Einsatz denkbar. Experten sprechen meist von Anwendungen bei Wahlen und Registern, Ursprungszertifikaten oder dem weltweiten Zahlungsverkehr. Die Grundidee hinter Bitcoin beruht beispielsweise eher auf einem revolutionierenden Charakter und ist nach der internationalen Finanzkrise entstanden. Zurzeit muss man einer Bank vertrauen, dass diese den tatsächlichen Kontostand auch wirklich auszahlt. In der Blockchain hingegen wird durch Transparenz und viele Nutzer, die den Transaktionen zustimmen müssen, automatisch Vertrauen aufgebaut. Abgesehen von Kryptowährungen gibt es allerdings noch keine gegenwärtige Umsetzung, die nicht auch durch ei-

ne normale Datenbank erledigt werden könnte. Die meisten Vorschläge sind vor allem Marketing.

Durch **Intelligente Verträge** sollte es möglich sein, über die Blockchain Käufe abzuwickeln, etwa ein Autokauf. So würde automatisch der digitale Autoschlüssel für den Eigentümer freigegeben werden, nachdem der Kaufpreis eingegangen ist. Hat man mit dem Verkäufer Ratenzahlung ausgemacht und eine Rate würde ausbleiben, wird der Schlüssel automatisch gesperrt bis die Rate beglichen ist. Hierbei handelt es sich um wertneutrale Verträge und diese werden zu 100 Prozent ausgeführt, wie sie zuvor definiert wurden. Bei intelligenten Verträgen wird ein Programmcode geschrieben, der eine Wenn-Dann-Bedingung enthält. Sobald Vertragsinhalte ausgeführt wurden, werden automatisch die vorher definierten Ereignisse freigegeben. Der intelligente Vertrag kommuniziert direkt mit dem verkauften Objekt, ohne dabei einen Intermediär dazwischen schalten zu müssen.

Neue Möglichkeiten für Entwicklungsländer bietet der Zugang zu einer Finanzinfrastruktur. Alternativ zu einem Bankkonto kann man innerhalb von Minuten ein eigenes Wallet auf seinem Rechner oder Smartphone anlegen. Über die Blockchain basierten Kryptowährungen hat somit jeder die Möglichkeit, sich gegenseitig Geld zu schicken. Hier gibt es bereits sogenannte stable coins, die keinen volatilen Schwankungen ausgesetzt sind.

Ideen für einen **Blockchain-basierten Musikdienst** sind bereits seit letzten Jahres in der Entwicklung. Eine Firma aus Norwegen namens Hubii ist hier Vorreiter. Hierbei handelt es sich über einen dezentralen Musikladen. Auch andere Inhalte von Künstlern und Schriftstellern sollen angeboten werden. Bei dieser Idee wird es keine Plattenverträge mehr geben und die Künstler selbst haben die Rechte an der eigenen Musik und können diese verwalten. Die Finanzierung funktioniert über Crowdfunding und läuft über den eigenen Coin „HBT“. Somit verändert sich das Verhältnis zwischen Inhaltentwickler und Empfänger positiv und es würde eine win - win Situation entstehen. Fans würden vom Erfolg des Lieblingskünstlers profitieren.

Viele **Supply Chains** sehen sich der Herausforderung gegenüber, dass sie trotz der hohen Investments der letzten Jahre vielerorts ineffizient sind. Fehlende Transparenz, Interoperabilität und Prozesse, die oft noch auf Papier vorstattengehen,

sind unter anderem Gründe dafür. In vielen Szenarien kann die Blockchain-Technologie dabei helfen entlang der Wertschöpfungskette den verschiedenen Teilnehmern eine einheitliche Sicht auf Daten zu gewähren, ohne dabei die Datenkonsistenz zu beeinträchtigen. Sobald Daten in einem Block aufgezeichnet werden, sind sie nicht mehr veränderbar und die verteilte Speicherung macht Cyber-Angriffe sehr schwierig.

Wahlssysteme könnten mit der Blockchain-Technologie grundlegend verändert werden. Diese wären mit absoluter Sicherheit vor Manipulationen geschützt. Außerdem würde sie Anonymität und Sicherheit garantieren. Beim Auszählen würde es keine Fehler mehr geben. Die Wähler könnten problemlos von zu Hause aus ihre Stimme abgeben.

Natürlich gibt es Gründe, warum sich momentan die gesamte **Versicherungsbranche** mit den Möglichkeiten der Blockchain beschäftigt. Ähnlich wie intelligente Verträge könnten auch Versicherungen funktionieren. Nachdem sich die Versicherung und der Versicherungsnehmer auf Vertragsdetails geeinigt haben, setzt die Blockchain diese wertneutral um. Bei Autoversicherungen könnte das Fahrverhalten über die Blockchain analysiert werden und würde die Beiträge automatisch anpassen. In einem sogenannten Loyalty Programm werden vorsichtige Fahrer belohnt

und risikobereite Fahrer zahlen mehr. Ein Regelwerk in der Blockchain setzt dieses System fair und transparent um. Insgesamt ist die Technologie noch weit in den Kinderschuhen, hat aber enormes Potential und wird manche Branchen stark verändern. □



Kalibrierservice

Zuverlässige Messergebnisse - professionell, preisgünstig, herstellerunabhängig, schnell

» Mein Messgerät - sicher kalibriert «

Auf Ihre Messergebnisse müssen Sie sich zu 100% verlassen können, um Ihre Arbeit richtig zu interpretieren. Conrad bietet in Zusammenarbeit mit dem Partner Testo Industrial Services den Kalibrierservice an.

Wir bieten Ihnen:

- ✓ Kalibrierung sämtlicher Mess- oder Labornetzgeräte aus über 30 Gerätegruppen und 100 Messgrößen - herstellerunabhängig
- ✓ Schnelle und kostengünstige Kalibrierung - sowohl bei Neugeräten als auch zur Rekalibrierung vorhandener Messgeräte
- ✓ Dokumentation des Kalibrier-Ergebnisses in einem Kalibrierzertifikat

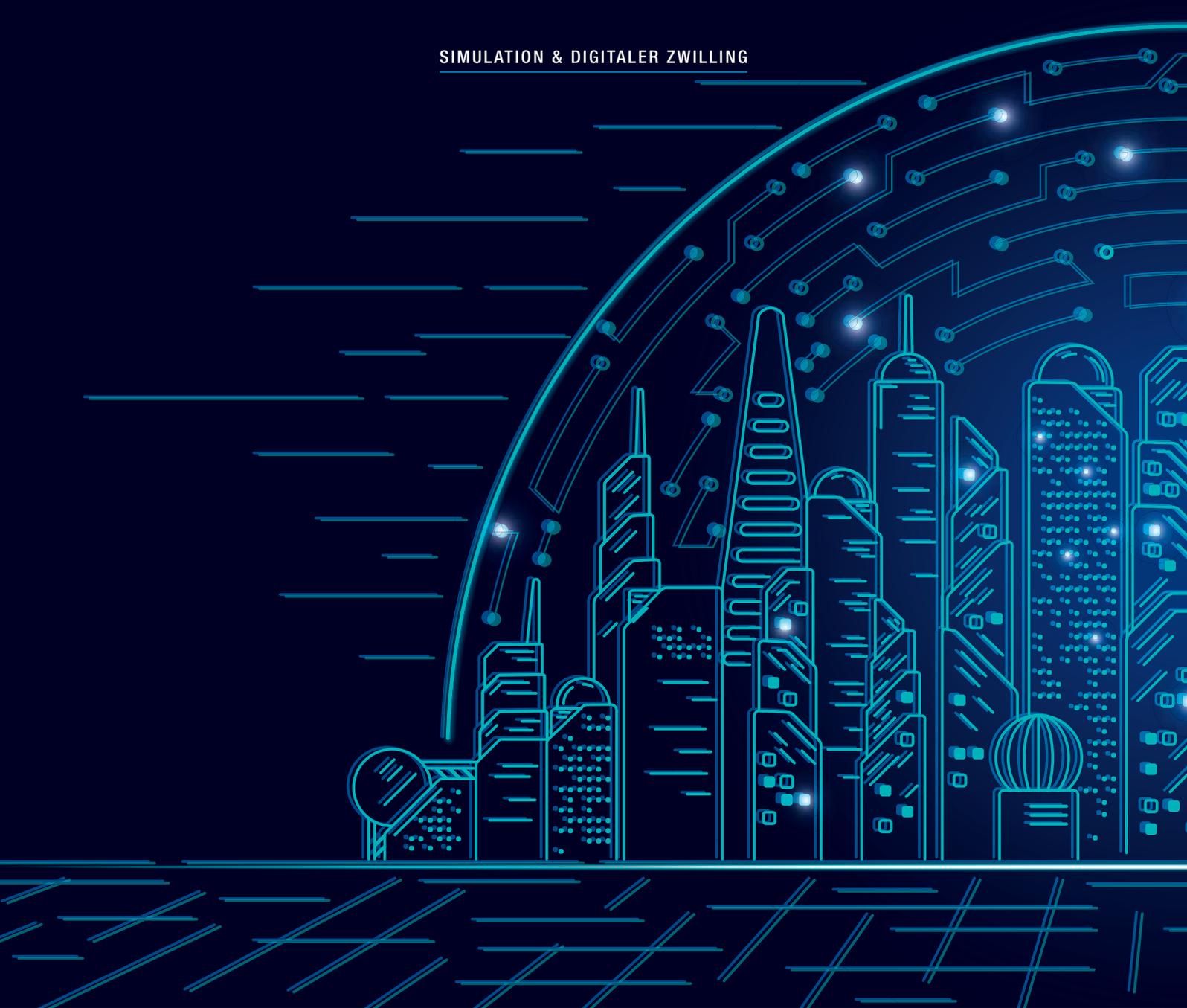
DAkkS
calibrated

ISO
calibrated

**Jetzt
informieren**

Alle Infos finden Sie unter
conrad.biz/kalibrierservice

CONRAD
Business Supplies



SIMULATION FÜR DIE ENTWICKLUNG

Virtuelle Elektronikwelten

In den letzten 25 Jahren entwickelte sich die Simulation von einem Nischenphänomen zu einem voll integrierten Bestandteil jeder Produktentwicklung. Auf dem Markt lassen sich immer neue Dynamiken sowie Einsatzszenarien für Simulationen beobachten. Wir verraten Ihnen den aktuellen Stand.

TEXT: Moritz Kampe, E&E BILD: iStock, Jackie Niam



Simulation kann zum Sieg verhelfen. Das zeigte sich erst im August diesen Jahres sehr eindrucksvoll beim berühmten Autorennen Pikes Peakes in den amerikanischen Rocky Mountains. Seinen legendären Ruf verdankt dieser Wettkampf vor allem der Tatsache, dass die Fahrer - im Gegensatz zu anderen Autorennen - vor dem eigentlichen Startschuss keine Gelegenheit haben die Rennstrecke auch

nur ein einziges Mal auf kompletter Länge abzufahren. Daher musste Volkswagen Motorsport einen anderen Weg gehen, um den neue entwickelten elektronischen Rennwagen „I.D. R Pikes Peak“ zumindest einmal vorher zu testen.

Das Unternehmen entschied sich daher für den Einsatz einer Simulationssoftware, mit der nicht nur die Testfahrten,

sondern auch der Windkanal ersetzt werden konnte. Mehr noch: Das Ansys-Programm konnte sogar äußere Bedingungen darstellen, die ein herkömmlicher Windkanal gar nicht hätte abbilden können - wie zum Beispiel den niedrigen Luftdruck auf der hoch gelegenen Teststrecke. Der Einsatz lohnte sich für die Autobauer: Auch aufgrund der detaillierten Simulation gewannen sie das Rennen souverän.

Dieses Beispiel zeigt sehr plastisch, dass Simulation längst keine Spielerei mehr ist. Schon seit Jahren wird sie nicht nur bei der Entwicklung von Automobilen, sondern längst auch in verschiedenen Variationen in die Produktentwicklung der Elektronikindustrie integriert - in manchen Prozessen schon sehr früh, in manchen musste sie sich erst beweisen. Schon längst haben sich zudem entsprechende Dienstleister auf dem Elektronikmarkt etabliert. Einer davon ist das Unternehmen Alpha Numerics, das sich auf Elektronik Kühlung spezialisiert hat. Geschäftsführer Tobias Best ist Geschäftsführer des Unternehmens Alpha Numerics, einem Spezialisten für Elektronik Kühlung und kennt die Simulationsbranche bereits seit Jahrzehnten.

Erfolgsfaktor statt Spielerei

Nach Meinung des Alpha-Numerics-Geschäftsführers Best kann es sich heute kein Unternehmen mehr leisten auf Simulation zu verzichten. „Es lohnt sich immer zu simulieren. Die Simulation ist heute aus der Produktentwicklung auch gar nicht mehr wegzudenken.“ Dabei liegen die Vorteile dieser Methode für ihn auf der Hand: So bietet die Möglichkeiten mehr Erfahrung zu sammeln, Entwicklungswege zu verkürzen und somit Zeit und Geld zu sparen. Gerade bei Baugruppen wie Platinen oder kompletter Elektronikgeräte könnte man ohne Simulation heute gar nicht mehr konkurrenzfähig entwickeln.

Disziplinen kombinieren

Eine ähnliche Meinung vertritt auch Martin Haug, Division Manager R&D Power Modules bei Würth Elektronik eiSos: „Bei uns im Unternehmen kommen in der Produktentwicklung schon seit vielen

Jahren Simulations-Tools zum Einsatz. Die Anwendung der Simulations-Tools erfolgt entlang des kompletten Entwicklungsprozesses, angefangen bei der Prüfung neuer Ideen auf Machbarkeit, über das eigentliche Produktdesign inklusive Verifikation, bis hin zur Unterstützung bei der Fehlersuche.“ Haug zufolge setzen die Entwickler bei Würth in den letzten Jahren verstärkt auf eine integrierte Simulations- und Entwicklungsumgebung, die eine Analyse multiphysikalischer Systeme mittels Kopplung unterschiedlicher physikalischer Disziplinen erlaube.

Er gibt allerdings auch zu Bedenken, dass aufgrund der Komplexität der eingesetzten Entwicklungsumgebung die Schulung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter immer bedeutsamer wird, um ineffiziente Nutzung und Fehlinterpretationen bei der Bewertung der Simulationsergebnisse zu vermeiden. Bei Würth setzen sie daher auf eine enge Zusammenarbeit mit den Software-Anbietern bei der Abstimmung von Trainingsinhalten und Support-Leistungen. Darüber hinaus hilft die team- und bereichsübergreifende Vernetzung der Nutzer in Peer-Groups.

Der physische Prototyp bleibt unersetzlich

Gleichwohl kann auch die beste Simulation aktuell keinen physischen Prototypen ersetzen, da sich zwei zentrale Unwägbarkeiten ergeben: Die Toleranz der Physikalischen Attribute der eingesetzten Materialien und die Montagetoleranz. „Sie können beispielsweise den Fettfinger des Monteurs oder die Montagekraft der nicht maschinell angezogenen Schraube nicht seriös prognostizieren. Beide können aber trotzdem das Ergebnis beeinflussen,“ betont Simulationsexperte Best. Simulation

stellt für ihn aber auf jeden Fall eine sinnvolle Ergänzung vor dem Bau eines Prototypen dar.

Die Möglichkeiten, diese Ergänzung möglichst gewinnbringend in die eigene Produktentwicklung zu integrieren, steigen dabei ständig: Beispielsweise umfasst allein die Liste an Anbieter von Simulationssoftware mittlerweile eine beeindruckende Länge und auch die Vielfalt der Programme selbst erstreckt sich von Full-Service-Angeboten bis hin zu solchen mit hohem Spezialisierungsgrad. Und auch die Vielfalt an verschiedenen Simulationsvarianten ist beachtlich. Längst lässt sich fast alles simulieren: Von komplexen Bauteilen über detaillierte Schaltkreise bis hin zur Wärmeleitfähigkeit verschiedener Materialien.

Start-ups profitieren besonders

Dass sich der Einsatz von Simulation insbesondere auch für kleine und neue Firmen lohnt, zeigt der Erfolg des Start-up-Programms von Ansys: Damit ermöglicht der Softwareanbieter Start-ups auf der ganzen Welt einen kostengünstigen Zugriff auf seine technischen Simulationslösungen. Ein Angebot, das bereits von einigen neu gegründeten Firmen genutzt wird: Nach Angaben von Ansys nehmen daran weltweit aktuell 524 Start-ups teil. 16 dieser Neugründungen kommen aus Deutschland.

Senior Manager Paul Lethbridge verantwortet das Programm auf Seiten von Ansys und beschreibt den Nutzen des Programms: „Engineering Simulation lohnt sich bereits für Start-ups, weil sie Entrepreneuren und Ingenieuren die Fähigkeit verleiht, mehrere Iterationen von virtuellen Prototypen zu entwickeln und zu tes-

ten. Simulation kann Konstruktionsfehler effektiv identifizieren, die zur Aussonderung eines physikalischen Prototyps oder einer Beta-Version führen würden.“ Gerade für kleine Unternehmen sind Rückschläge in der Spätphase der Produktentwicklung besonders problematisch, da sie erhebliche Kosten verursachen, zu denen nicht nur Time-to-Market-Verzögerungen zählen. Sie können zudem die Glaubwürdigkeit bei Investoren und potenziellen Kunden beeinträchtigen. Simulation kann auch einzigartige, aber hochfunktionale Konstruktionen und Interaktionen effizient identifizieren, was zu äußerst wettbewerbsfähigen, sogar wegweisenden Technologien führt.

Trotzdem lohnt sich Simulation nicht in allen Fällen. Dazu erklärt Experte Tobias Best: „Es gibt Bereiche, in denen man mit der Simulation mit Kanonen auf Spatzen schießt. Wir hatten zum Beispiel mal eine Anfrage für eine Simulation der EMV-Belastbarkeit von Kabeln in Spielautomaten. Das wäre sicher eine nette Abschlussarbeit, ein Projekt, das man mit viel Zeit auch gut simulieren könnte. Die wesentlich einfachere Lösung in diesem Fall war es trotzdem einfach, die Kabel mit Aluminium zu umwickeln, um die Kabel abzuschirmen.“

Insgesamt wird Simulation in Zukunft tendenziell aber eher noch zusätzlich an

Bedeutung gewinnen, und das nicht nur im Bereich der Autorennen. Best ist davon überzeugt, dass auch in Zukunft viel Bewegung auf dem Simulationsmarkt zu beobachten sein wird. „Es etablieren sich ständig neue Materialien auf dem Markt, an die die Software angepasst werden muss. Außerdem werden die Tools immer schneller und die Visualisierung der Ergebnisse wird bereits jetzt immer wichtiger“, erklärt er. Und auch Anwender Martin Haug sieht so schnell kein Ende der aktuellen Entwicklungen auf dem Markt: „In den kommenden Jahren wird die Nutzung von Simulations-Tools bei Würth Elektronik eiSos weiter intensiviert werden.“ □



Messe München
Connecting Global Competence

13.–16. November 2018

Connecting everything – smart, safe & secure

Fachmesse

- 17 Hallen
- Komplettes Angebot an Technologien, Produkten und Lösungen

Konferenzen & Foren

- 4 Konferenzen
- 11 Foren
- Neuer TechTalk für Ingenieure und Entwickler

Talent trifft auf Industrie

- electronica Erfahrungen mit Live-Demonstrationen
- e-ffwd: die Startup-Plattform von Elektor
- electronica Jobbörse





SIMULATION VON ANALOGEN ICs

Zuverlässigkeit von ICs sicherstellen

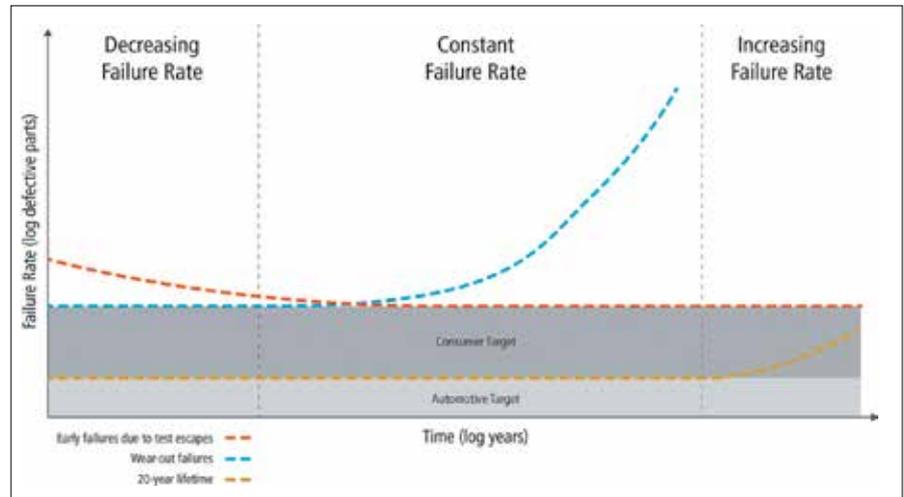
Beim Design von Analog-ICs für kritische Anwendungen in der Medizintechnik, Raumfahrt oder Automobilindustrie werden wesentlich genauere Prognosen für die Produktlebensdauer benötigt, als in der Konsumelektronik. Die Zuverlässigkeitsanalyse für sie muss deshalb deutlich modifiziert werden. Was dabei zu beachten ist, erfahren Sie hier.

TEXT: Art Schaldenbrand, Cadence

BILDER: Cadence; iStock, Mike Kiev

Eine der wichtigsten Aufgaben kritischer Designs besteht darin, die Ausfallrate eines Produkts über dessen gesamte Lebensdauer zu reduzieren. Normalerweise wird die Ausfallrate in der Form einer Badewannenkurve dargestellt, die sich in drei Bereiche aufteilen lässt: Frühausfälle, die in erster Linie auf ungenügende Tests zurückzuführen sind, die Produktlebensphase mit vergleichsweise wenigen Ausfällen und zuletzt Verschleißausfälle aufgrund elektrischer Beanspruchung. In jedem Fall muss sichergestellt sein, dass das Produkt nur in demjenigen Betriebsbereich verwendet wird, für den die Zuverlässigkeitsanalyse erstellt wurde. Dabei ist speziell das Verhindern thermischer Überlastungen ein entscheidender Designaspekt.

Die Ausfallrate eines ICs lässt sich als Badewannenkurve darstellen, die in drei Bereiche aufgeteilt ist.

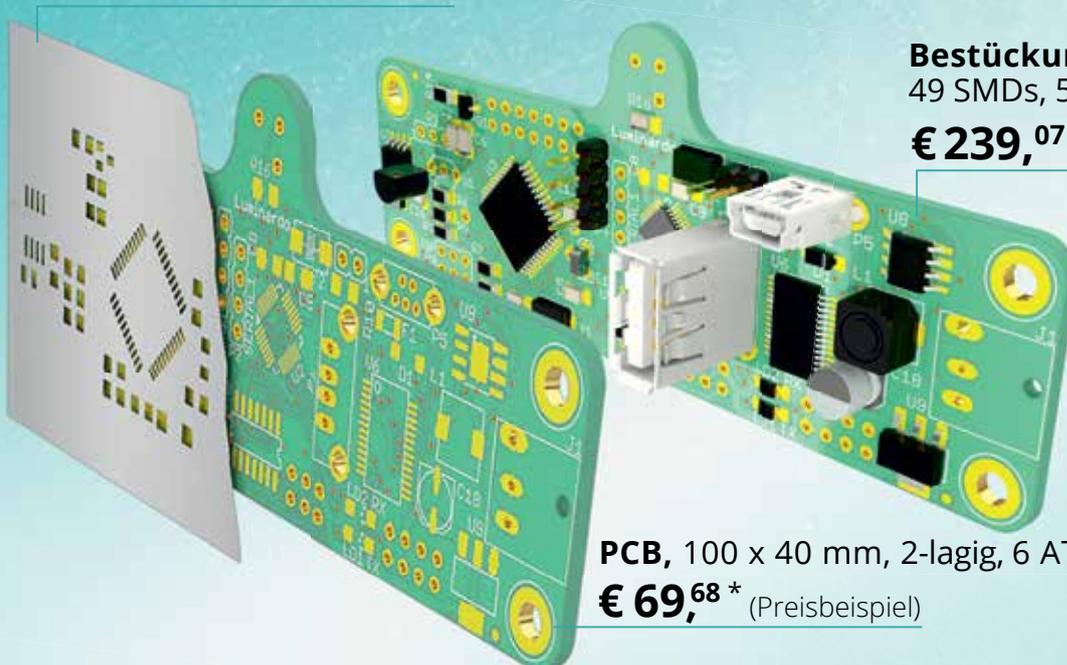


Während Ingenieure sich auf die Badewannenkurve beziehen, haben die Anwender – und hier insbesondere Automobilkunden – einen vollkommen anderen Blickwinkel: Sie möchten von Anfang an eine niedrige Ausfallrate für integrierte Schaltkreise (IC). Idealerweise sollte die Rate bei 0 dppm (fehlerhafte Teile pro Million) liegen und auch über die gesam-

te Lebensdauer des Produkts diesen Wert nicht überschreiten. Eine Überschlagsrechnung verdeutlicht, welche großen Auswirkungen eine Ausfallrate von nur 1 dppm für die ICs in einem Automobil hätte: Ein typisches Mittelklassefahrzeug enthält ungefähr 80 Steuergeräte, und in jedem dieser Steuergeräte sind mehrere ICs verbaut. Bei einer Million produzierten

Leiterplatten im PCB-POOL®

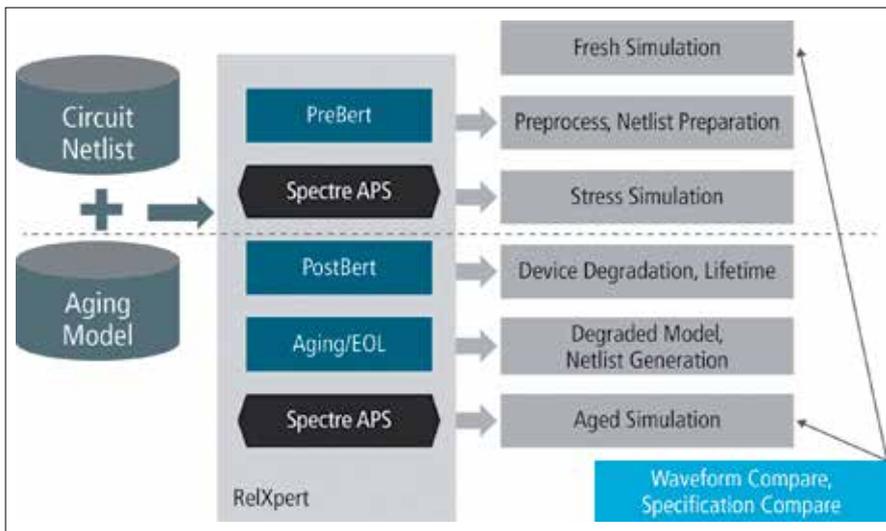
Kostenlose SMD-Schablone
zu jeder PCB-POOL®-Bestellung



Bestückung
49 SMDs, 5 THTs, 12 AT,
€ 239,⁰⁷* (Preisbeispiel)

PCB, 100 x 40 mm, 2-lagig, 6 AT
€ 69,⁶⁸* (Preisbeispiel)

* excl. Bauteile, inkl. MwSt., zzgl. Versandkosten UPS Standard (D) € 6,90



Der Simulations-Flow im Virtuoso-Simulator basiert auf drei verschiedenen Simulationsszenarien.

Autos wären somit ungefähr 1,5 Prozent, das bedeutet 15.000 Autos, fehlerhaft!

Diese Rechnung verdeutlicht, warum bei der Entwicklung von Automobilanwendungen extrem hohe Erwartungen an die Zuverlässigkeit gestellt werden. Die erforderliche IC-Lebensdauer ist nicht vergleichbar mit den konventionellen Anforderungen in Verbraucher-Anwendungen, wo die typische Lebensdauer bei 1 bis 3 Jahren liegt. Vielmehr wird im Automobilbereich eine Lebensdauer von bis zu 15 Jahren gefordert.

Kriterien für die Zuverlässigkeit von ICs

Doch wie lässt sich die Zuverlässigkeit von ICs bewerten? Eines der ersten Tools, das eine Analyse der Bauteil-Degradation erlaubte, sind die Berkeley-Reliability-Tools. Diese Technologie ist im Reliability-Simulator „Virtuoso RelXpert“ des Softwareunternehmens Cadence verfügbar. Zusätzlich zu diesem Simulator hat Cadence das AgeMOS-Modell entwickelt, das eine noch genauere Beschreibung der Bauteil-Degradation ermöglicht. Mit Hot Carrier Injection (HCI) und Bias Temperature Instability (BTI) sind dabei die Auswirkungen der beiden häufigsten Ursachen für eine Bauteil-Degradation berücksichtigt.

Als Referenz für den Simulations-Flow von „Virtuoso RelXpert“ dient die Nominal-Simulation, die das Verhalten vor der Alterung der Schaltkreise beschreibt. Der Zuverlässigkeits-Flow erfordert dann noch zwei weitere Simulationen:

- Die Stresssimulation wird unter ungünstigen Betriebsbedingungen durchgeführt. Erfolgt zum Beispiel die Nominal-Simulation bei einer Raumtemperatur von 27 °C und einer Versorgungsspannung von 3 V, dann könnte die

Stresssimulation bei einer maximalen Temperatur von 80 °C und einer maximalen Versorgungsspannung von 3,3 V durchgeführt werden.

- Die Alterungssimulation wird unter den gleichen Bedingungen wie die Nominal-Simulation ausgeführt. Sie charakterisiert die Veränderung der Design-Leistung aufgrund der Bauteil-Degradation.

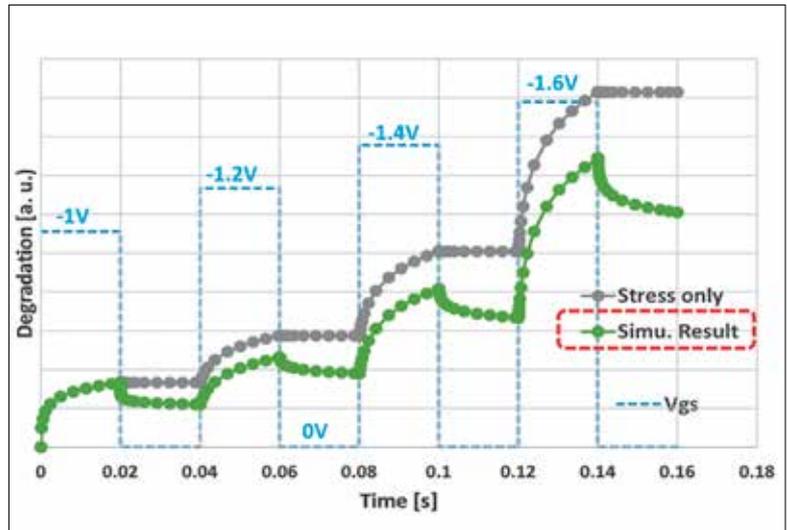
Erweiterung für kritische Anwendungen

Mit seiner Lösung „Legato Reliability“ hat Cadence die Zuverlässigkeitsanalyse auf einsatzkritische Anwendungen ausgeweitet. Sie beinhaltet mehrere Erweiterungen für den Simulations-Flow des Virtuoso-Simulators, unter anderem eine Verbesserung der Modelle für die Bauteil-Degradation. So wurde dem AgeMOS-Modell ein neues Alterungsmodell für fortschrittlichere Technologien wie FinFET-Transistoren zur Seite gestellt, da das AgeMOS-Modell eine Weiterentwicklung des Lucky-Electron-Modells (LEM) darstellt, das für planare CMOS-Transistoren bis zu 28 nm entwickelt wurde und für eine Modellierung der Bauteil-Degradation von FinFETs nicht ausreicht. (Die dreidimensionale Struktur der FinFETs verändert die Art und Weise, wie eine Beanspruchung die Bauteil-Degradation beeinflusst.) Die Simulationsergebnisse mit dem neuen Alterungsmodell erlauben eine wesentlich bessere Vorhersage der Degradation und Erholung für verschiedenste Betriebsbedingungen wie Übersteuerung oder Erholungsphasen.

Wechselwirkung verschiedener Faktoren

Die Analyse der Bauteil-Degradation kann weiter verbessert werden, indem alle Phänomene, die zur Degradation

Die BTI-Simulationsergebnisse mit dem neuen Alterungsmodell erlauben bessere Vorhersagen der Degradation und Erholung.



beitragen, berücksichtigt werden. Beim Simulations-Flow des Virtuoso-Simulators liegt der Schwerpunkt auf der Bauteil-Degradation durch elektrische Beanspruchung, während andere Einflussfaktoren wie Temperatur- oder Prozessschwankungen

nur recht allgemein einfließen. Um die Genauigkeit der Zuverlässigkeitsanalyse zu erhöhen, wurde die Legato-Reliability-Lösung dahingehend erweitert, dass auch die gemeinsame Wirkung dieser Faktoren untersucht werden kann. □

sps ipc drives

Smarte und Digitale Automation
Nürnberg, 27. – 29.11.2018

Answers for automation

Es gibt Aufgaben, die uns vor neue Herausforderungen stellen. Treffen Sie Experten für eine zukunftsweisende Automation. Finden Sie im direkten Gespräch konkrete Lösungen für Ihr Unternehmen.

Ihre kostenlose Eintrittskarte: **Code 1812301064ADE1**
sps-messe.de/tickets



mesago
Messe Frankfurt Group

THERMISCHE SIMULATION VON ELEKTRONIKGERÄTEN

LEBENS LAUF DES DIGITALEN ZWILLINGS

Vor etwa 35 Jahren hielt der digitale Zwilling erstmals Einzug in die Elektronik. Er verbessert und vereinfacht die Entwicklung, verfügt aber auch über einige Fallstricke. Entwickler sollten sich derer genau bewusst sein, bevor sie auf diese Technologie setzen.

TEXT: Tobias Best, Alpha Numerics **BILDER:** Alpha-Numerics; iStock, Metamorworks

Verfolgt man die Geschichte der Konstruktionswerkzeuge, so gab es zuallererst eine Zeichnung am Reißbrett. Mit der Einführung von computergestützten Konstruktionsprogrammen (CAD) wurde dann der digitale Zwilling geboren – erst in 2D und dann in 3D. Dieser war anfangs ziemlich dumm, bestand er doch lediglich aus bemaßten Linien und Flächen, die sich zu einem Körper zusammensetzten.

Anfangs gab es in CAD-Programmen noch keine physikalische Beschreibung der Bauteile, mit deren Hilfe man den digitalen Zwilling virtuell zum Leben hätte erwecken können, das heißt seine Funktion vorab per Simulation zu prüfen. Simulationen waren damals noch das Hoheitsgebiet von Universitäten, welche mit Hilfe komplexer Algorithmen Prinzip-Studien zu Einzel-funktionen, nicht aber Gerätestudien durchführten. Erst mit der Einführung leistungsstarker Unix-Workstations beziehungsweise Windows-basierter PCs wurden professionelle 3D-Konstruktionsprogramme effizient und bezahlbar.

Material und Kosten sparen

Genau wie die Performance der Workstations und PCs seither rasant gewachsen ist, wurde auch der digitale Zwilling zunehmend smarter. Zur virtuellen Belebung und Prüfung wurden dem Zwilling immer mehr Informationen bezüglich der physikalischen Eigenschaften von Einzelobjekten in der Gerätebaugruppe zugewiesen. Der Vorteil liegt auf der Hand: Indem Abschätzungen zum Verhalten des digitalen Zwillings frühzeitig in Simulationen durchgeführt werden, spart man in der Entwicklungsphase Zeit und Kosten für den Prototypenbau und kann auf lange Messreihen verzichten, die nur punktuelle Aussagen liefern.

Eine Simulation durch den digitalen Zwilling ermöglicht eine detaillierte Analyse, wenn nötig bis in die molekulare Struktur

hinein. Man kann nicht nur die Funktion eines Geräts prüfen, sondern auch die Ursache für sein Funktionieren beziehungsweise Ausfallen erkennen. Aber nicht nur das: Die Simulationsergebnisse zeigen auch, ob die Funktion des Geräts gewährleistet wäre, wenn man an manchen Stellen noch Material einsparen, einen kleineren Lüfter einbauen, auf ein günstigeres Kunststoffgehäuse umsteigen oder den teuren Elektronikkomponenten mehr Leistung beziehungsweise Wärme zumuten würde.

Selbst grobe Simulationen steigern die Leistung

Am Beispiel der thermischen Simulation von Elektronikgeräten lässt sich der Entwicklungsweg des digitalen Zwillings besonders schön nachvollziehen. Die CFD-Simulationstechnik (Computational Fluid Dynamics) erhielt Ende der 1980er Jahre Einzug in die Elektronikindustrie. Damals wurde die Software noch auf Disketten ausgeliefert und war nur auf Unix-Systemen lauffähig. Dabei handelte es sich jedoch noch lange nicht um detaillierte Simulationen, wie wir es heute gewohnt sind. Damals wurde das Simulationsmodell noch aus Plattenobjekten zusammengebaut, welche durch die Eingabe von Koordinaten und nicht etwa per bequemen Mausklick erstellt wurden. An einen Import aus der CAD-Welt war noch nicht zu denken! Platinen waren einzelne Plattenelemente mit einer verteilten Gesamtverlustleistung, eingebaut in eine rechteckige Schachtel als Gehäuse. Ein paar Luftleitbleche konnte man noch als 2D-Objekte einfügen. Der Lüfter war eine Fläche mit festem, gerade ausströmendem Volumenstrom – der eigentlich noch unbekannt Arbeitspunkt des Lüfters musste also als Eingabewert vorausgesagt werden.

Dennoch half das Ergebnis solcher grober Simulationen dabei, frühzeitig die Leistungsfähigkeit eines Geräts zu prüfen – im beschriebenen Fall, welche Verlustleistung bei diesem konstruktiven Aufbau aus dem Gerät abgeführt werden konnte. Optimier-

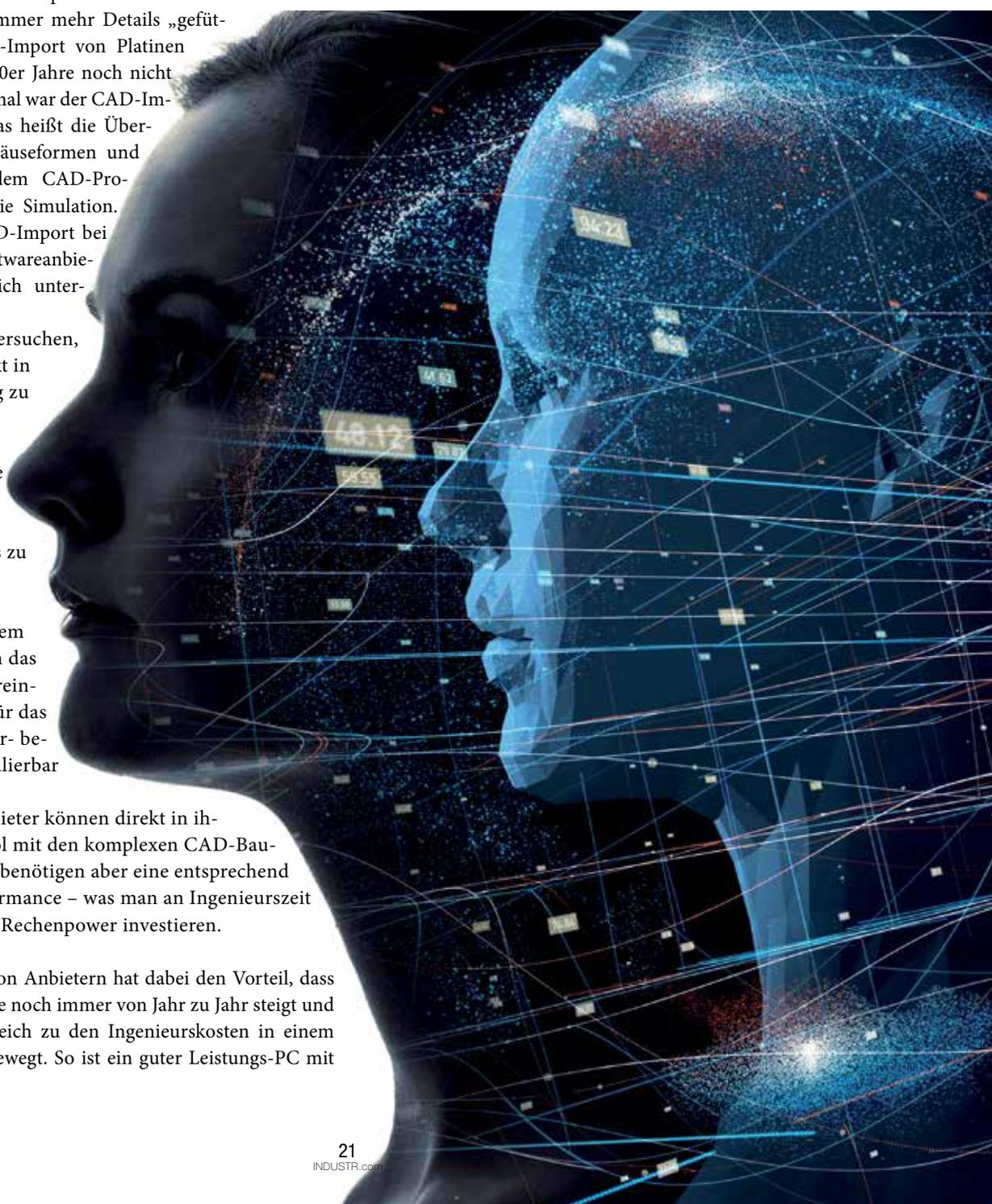
bar waren die Größen und Positionen der Luftöffnungen und der Volumenstromquelle sowie die PCB-Anordnung im Gerät.

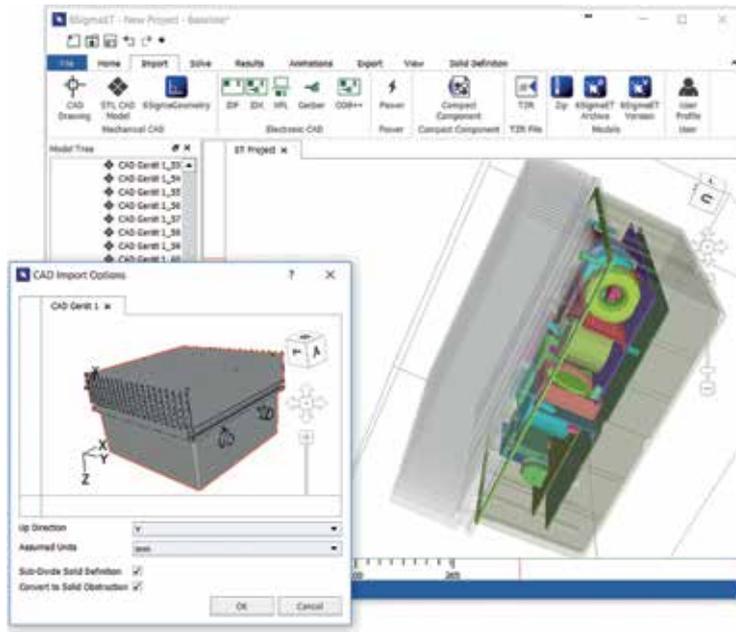
128 GB RAM, 4-GB-Grafikkarte und einer 16-Core-Doppel-CPU schon ab 5.000 € erhältlich. Im CFD-Programm 6SigmaET von Future Facilities wären damit Simulationen von bis zu 160 Mil-

Mit wachsender Rechnerperformance wurden auch die Simulationen mit immer mehr Details „gefüttert“. An einen Layout-Import von Platinen war zwar Ende der 1990er Jahre noch nicht zu denken, aber auf einmal war der CAD-Import in aller Munde, das heißt die Übernahme komplexer Gehäuseformen und Geräteaufbauten aus dem CAD-Programm als Basis für die Simulation. Bis heute wird der CAD-Import bei verschiedenen CFD-Softwareanbietern sehr unterschiedlich unterstützt:

- Manche Anbieter versuchen, die CFD-Welt direkt in das CAD-Werkzeug zu integrieren. In der Folge haben ihre Simulationsmodelle mit den komplexen Stolpersteinen eines CAD-Systems zu kämpfen.
- Andere Anbieter benötigen eine extrem lange Vorarbeit, um das CAD-Modell zu vereinfachen und somit für das CFD-Tool importier- beziehungsweise simulierbar zu machen.
- Wieder andere Anbieter können direkt in ihrem Simulationstool mit den komplexen CAD-Baugruppen umgehen, benötigen aber eine entsprechend hohe Rechnerperformance – was man an Ingenieurszeit spart, muss man in Rechenpower investieren.

Die letzte Gruppe von Anbietern hat dabei den Vorteil, dass die Rechnerperformance noch immer von Jahr zu Jahr steigt und sich dennoch im Vergleich zu den Ingenieurskosten in einem bezahlbaren Rahmen bewegt. So ist ein guter Leistungs-PC mit





Beim CAD-Import werden Gehäuseformen und Geräteaufbauten aus dem CAD-Programm als Basis für die Simulation übernommen.

tionen Knotenpunkten in den eingeschwungenen Zustand berechenbar, und das in überschaubaren Zeiten von 5 bis 8 Millionen Zellen pro Stunde.

Mit dem Einzug des CAD-Imports rückte die Übernahme von Leiterplattendaten in den Fokus der Aufmerksamkeit: Jetzt war es möglich, IDF-Daten zu importieren. Der Datensatz beinhaltete die Leiterplattengeometrie, die grobe Umrissgeometrie der Komponenten und die Position thermisch durchgehender Vias. Bei richtiger Datenpflege waren auch die Verlustleistung und der thermische Widerstand der Komponenten in den IDF-Daten enthalten. Die Lagenanzahl, -dicke und -position sowie eine Abschätzung der Kupferabdeckung pro Lage (in Prozent) mussten von Hand nachgepflegt werden. Zwar brachten Gerberdaten später noch die Anzahl der Signallagen und das Layout pro Signallage ins Modell ein, doch die Signallagendicke, die Lagenposition und auch die Mikro-Vias mussten nach wie vor händisch nachgetragen werden.

Platinendaten per Knopfdruck importieren

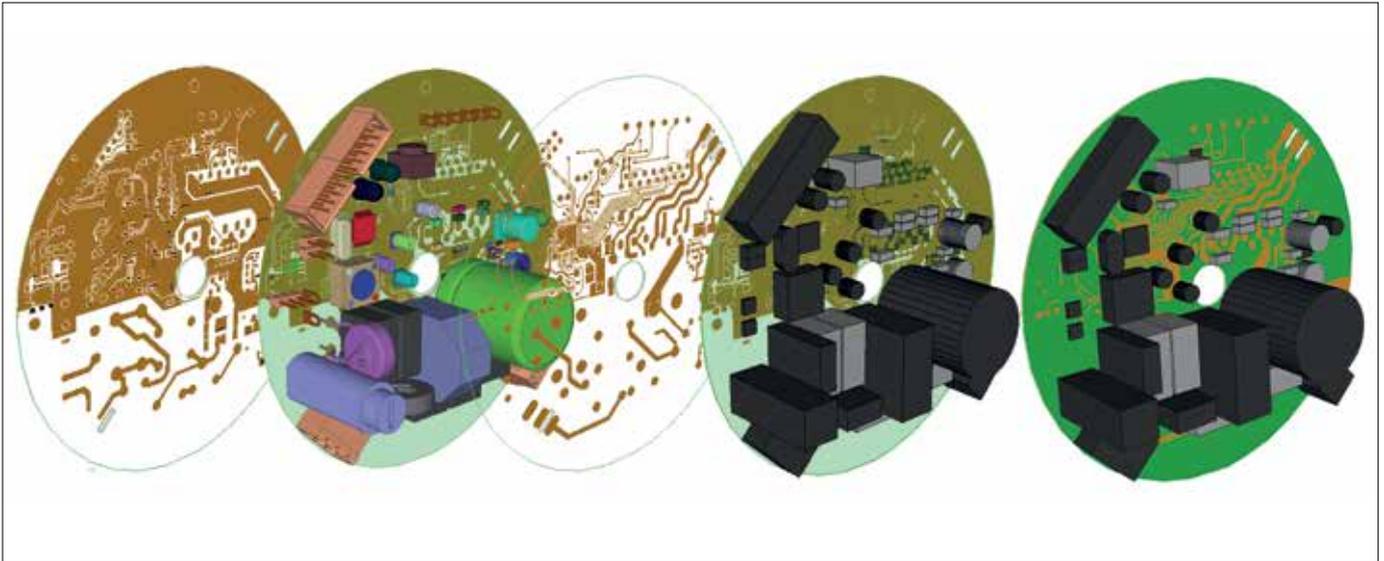
Dank neuer Datenformate wie beispielsweise ODB++ kann mittlerweile eine komplette Platine mit allen ihren Details per Knopfdruck in ein Simulationstool wie 6SigmaET importiert und in vollem Umfang für die Simulation genutzt werden. Weitere Erleichterungen bringen automatische Filter, die möglicherweise irrelevante Kleinstkomponenten herausfiltern können. Außerdem lässt sich das komplexe Platinenlayout mit seinen unzähligen Leiterbahnen per Knopfdruck in eine Bildbeschreibung umwandeln, deren einfaches Raster eine wesentlich performantere Simulation ermöglicht.

Neben der zunehmenden Detailtiefe der Simulationsmodelle wurde der digitale Zwilling aber auch durch ein umfangreiches Repertoire an Material- und Umgebungsbeschreibungen aufgewertet. So ist es heutzutage möglich, jeden beliebigen Lüfter mit seiner Lüfter-Kennlinie zu integrieren und abhängig vom herrschenden Umgebungsdruck den richtigen Arbeitspunkt berechnen zu lassen. Zudem können die Simulationen transiente Vorgänge abbilden. Zum Beispiel kann der Lüfter durch einen Temperatursensor gesteuert werden, der Strom die Leiterbahnen aufheizen oder eine Anströmung aus der Umgebung variieren. Aktuelle CFD-Tools bieten auch erweiterte Modellbeschreibungen wie temperaturabhängige Verlustleistungen oder Materialwerte, Sonneneinstrahlung als zusätzliche Last für Outdoor-Geräte und vieles mehr.

Mittlerweile ist der digitale Zwilling fast schon realistisch geworden. Das „fast“ deutet an, dass es dabei auch Fallstricke zu beachten gibt. Eine Simulation ist nämlich nur so gut wie das zugrundeliegende Simulationsmodell. Dessen Qualität steht und fällt mit zwei Faktoren: Vernetzung und einer realistischen Modellbeschreibung.

Wie stellt man die Qualität des Netzes sicher?

Als Vernetzung beziehungsweise Netz bezeichnet man die mathematische Übersetzung eines Geräts für die CFD-Simulation. Für die Lösung aller mathematischen Formeln muss der Solver wissen, an welcher Stelle im virtuellen Simulationsraum ein Körper ist, aus welchem Material er besteht und wo dessen Flächen an einen anderen Feststoff oder ein Fluid grenzen. Zu diesem Zweck zerlegt das Netz den Simulationsraum in kleine



Durch den Import von detaillierten PCB-Layoutdaten wächst der digitale Zwilling einer Leiterplatte heran.

Zellen, die über ihre X,Y,Z-Koordinaten Auskunft darüber geben können, wo sich eine bestimmte Zelle befindet und mit welchem Material/Fluid sie gefüllt ist. Daraus ergibt sich für den Solver ein digitales Bild des Geräts, aus dem er dann im virtuellen Betrieb das Energiegleichgewicht für den eingeschwungenen Zustand berechnet. Folgende Punkte sind beim Erstellen des Netzes unbedingt zu beachten:

- Sind Fluidregionen mit großer Turbulenz gut aufgelöst?
- Sind große Strömungsgeschwindigkeits- oder Druckgradienten gut aufgelöst?
- Sind bei den Wärmeflüssen große Gradienten zu erwarten?
- Wie geht das Netz mit dünnen Luftspalten oder Körperkollisionen um?

Unbedingt Toleranzen einberechnen

Der zweite Faktor, der die Qualität der Simulationsergebnisse stark beeinflusst, ist die realistische Beschreibung des Modells. Natürlich kann man zu Beginn einer Geräteentwicklung noch nicht zu jedem Detail eine klare Aussage treffen. Doch schon mit einer Toleranz von ± 10 K lassen sich gute von schlechten Kühlkonzepten unterscheiden und entsprechend die richtigen Weichen stellen. Je mehr Details Einzug in das Modell erhalten, desto weniger unterscheiden sich die simulierten Ergebnisse von den später am Prototyp gemessenen Temperaturen. Natürlich kann eine Simulation den Prototypen niemals ganz ersetzen. Doch der erste Prototyp sollte aus thermischer Sicht keine Überraschungen mehr mit sich bringen, sondern lediglich die Simulationsdaten bestätigen. Da das Simulationsmodell aber niemals montagebedingte oder durch Materialtoleranzen zustande kommende Tole-

ranzen wiedergeben kann, müssen selbst sehr gute Simulationsmodelle noch mit einer Toleranz von 1 bis 3 K bewertet werden. Dabei darf nicht vergessen werden, dass auch Messungen Toleranzen haben. □



...since 1984

LCD

TOUCH LED

TOUCH

OLED

TFT

KEYPADS





COLOUR UP



YOUR LIFE



www.display-elektronik.de

Display Elektronik GmbH · Am Rauner Graben 15 · D-63667 Nidda
Tel. 060 43 - 988 88-0 · Fax 060 43 - 988 88-11

NEWSLETTER: www.display-elektronik.de/newsletter.html

SIMULATIONSTOOLS FÜR AUTONOME FAHRZEUGE

Simuliert zum Sieg

Das Rennen um vollständig autonom fahrende Autos ist in vollem Gange. Die zum Nachweis der Sicherheit erforderliche Fahrzeugerprobung über Milliarden von Kilometern ist jedoch extrem aufwendig. Um autonome Fahrzeugprogramme dennoch erfolgreich umsetzen zu können, bieten sich Simulationen als kostengünstige Alternative zu Fahrtests an.

TEXT: Scott Stanton, Ansys BILDER: Razvan, Ansys



Die Anzahl autonomer Fahrzeuge steigt stetig – und zwar nicht nur im Automobilbereich. Unternehmen wie Amazon setzen beispielsweise Roboter oder Drohnen für die Warenauslieferung ein. Zweifellos gehört autonomen Fahrzeugen die Zukunft. Der Weg dorthin birgt jedoch große technologische Herausforderungen.

Zum Beispiel sind Milliarden von Kilometern an praktischer Straßenerprobung erforderlich, um den Sicherheitsnachweis eines autonomen Fahrzeugs zu erbringen. Beim derzeitigen Tempo des Fortschritts würde es Jahrhunderte dauern, bis die Straßentests abgeschlossen sind. An diesem Punkt kommen technische Simulationen ins Spiel, mit deren Hilfe sich autonome Fahrzeuge in einer virtuellen Umgebung gefahrlos und zeitsparend analysieren lassen. Diese Simulationen müssen das Verhalten des Fahrzeugs in dessen Umgebung auf höchstem Niveau erfassen können. Alles, was das Fahrzeug während der Fahrt erfasst und wie es manövriert, wird als kontinuierlicher Closed-Loop-Prozess simuliert. Die Simulationen umfassen virtuelle Städte und Straßen. Sie enthalten Sensoren, die als Augen und Ohren des Fahrzeugs agieren, sowie Steuerungsalgorithmen, die alle kritischen Entscheidungen treffen. Auch die Fahrdynamik basiert auf den Anweisungen der Steuerungssoftware.

Selbstverständlich sind solche Simulationen nur dann zuverlässig, wenn sie eine genaue Darstellung aller relevanten Fahrzeugkomponenten sowie der Umgebung enthalten. Daher gibt es fünf technische Funktionen, die für exakte virtuelle Straßenerprobungen maßgeblich sind: Sensordesign, Optimierung der Halbleiter, zuverlässige Elektronik, sicherheitskritische Embedded-Software und Analyse der funktionalen Sicherheit.

Design für verschiedene Geometrien

Sensoren gehören nicht nur zu den kritischsten, sondern auch zu den komplexesten Komponenten eines autonomen Fahrzeugs: In Echtzeit erfassen, verarbeiten und übermitteln sie Unmengen an Umgebungsdaten. Die gängigsten Sensortypen sind Radar, Lidar, Kameras und Ultraschall. Die Prüfung und Analyse der Leistungsfähigkeit von Sensoren ist technisch sehr anspruchsvoll. Zum Beispiel sind Radarsensoren in der Regel hinter den Stoßdämpfern eines Autos angebracht, wo ihr Abstrahlverhalten durch die Materialeigenschaften und die geometrische Form der

Front verzerrt wird. Aus Zeit- und Kostengründen ist es nicht praktikabel, für jedes Fahrzeug unterschiedliche Sensoren zu bauen und zu testen. Um jedoch zuverlässig in unterschiedlichen Automodellen zu funktionieren, müssen die Radarsysteme so ausgelegt sein, dass sie mit verschiedensten Geometrien und Materialien problemlos zurechtkommen.

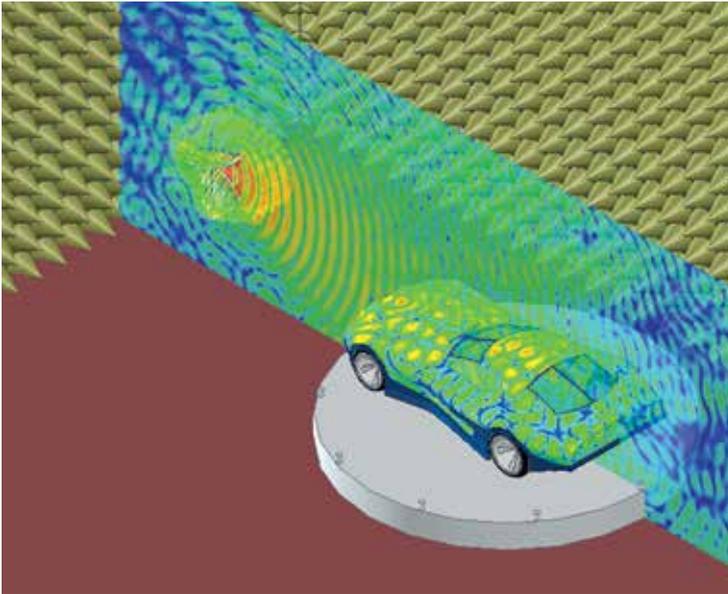
Ansys, einer der weltweit führenden Anbieter von technischen Simulationslösungen, bietet ein komplettes Paket von Radar- und Antennensimulationslösungen an, die darauf ausgelegt sind, Leistungen aus der realen Welt mit höchster Genauigkeit zu reproduzieren. Mit Hilfe der Ansys-Software lässt sich die Sensorleistung präzise vorhersagen – unabhängig davon, ob das Sensorsystem auf einem Fahrzeug montiert ist, sich in einer statischen Umgebung befindet oder während einer schnellen Closed-Loop-Simulation untersucht wird. Auch für andere Sensortechnologien wie zum Beispiel Ultraschall hat Ansys leistungsstarke Lösungen im Programm.

Optimierung der Halbleiterleistung

Mit der Ansys-Software lassen sich außerdem die Halbleiterbauelemente simulieren, die den Radarsystemen zugrunde liegen und die Signalverarbeitung unterstützen. Angesichts der Fülle von Elektronik in autonomen Fahrzeugen können Halbleiter erhebliche Leistungsprobleme verursachen. So können Leistungsverluste, elektrostatische Entladungen, elektromagnetische Störungen oder thermische/strukturelle Belastungen die Zuverlässigkeit eines Fahrzeugs negativ beeinflussen. Beispielsweise führt ein Temperaturanstieg um 25 °C in der Regel zu einer dreibis fünffach geringeren Lebensdauer eines elektronischen Geräts. Ansys-Lösungen wie RedHawk 3DIC oder PowerArtist können das Design integrierter Schaltungen optimieren. Sie unterstützen Ingenieure dabei, die Elektronikdichte zu regulieren und intelligente Kompromisse zwischen Produktgröße, Wärmeentwicklung und Gesamtleistung zu schließen.

Simulation sichert EMV und Leistung

Moderne Elektronik-Hardware übernimmt in autonomen Fahrzeugen Schlüsselfunktionen wie Kommunikation, Bild- und Datenerfassung, Systemsteuerung, künstliche Intelligenz oder Mobilität. Deshalb muss die Hardware ausreichend robust sein,



Moderne Simulationstools können maßgeblich zum Erfolg autonomer Fahrzeugprogramme beitragen.

um allen auftretenden elektrischen, thermischen und mechanischen Belastungen standzuhalten. Statt Hardware-Prototypen physikalischen Tests zu unterziehen, können Ingenieure auf Ansys-Tools wie Icepak, SIwave oder Mechanical zurückgreifen, um IC-Gehäuse, Boards, Gehäuse oder Systeme in einem virtuellen Designraum zu testen.

Die Simulationen liefern wichtige Einsichten bezüglich der Leistungsintegrität, des Energieverbrauchs, der elektrostatischen Entladung, der elektromagnetischen Verträglichkeit, der thermischen Leistung und der strukturellen Robustheit. Basierend auf den Analyseergebnissen können Ingenieure bereits in einem frühen Stadium des Entwicklungsprozesses Korrekturmaßnahmen ergreifen.

Sicherheitskritische Embedded-Software

Obwohl unsichtbar, sind Softwarealgorithmen die Grundlage für das sichere und zuverlässige Funktionieren eines autonomen Fahrzeugs. Jede wertebasierte Funktion – von der Signalverarbeitung bis hin zur Objekterkennung – muss einwandfrei funktionieren, damit das Fahrzeug überhaupt Daten sammeln und intelligente Entscheidungen treffen kann. Das bedeutet aber, dass der zugrunde liegende Softwarecode absolut fehlerfrei sein muss. Um das Fehlerrisiko zu minimieren, bietet Ansys seine bewährte SCADE-Lösungsfamilie zur Softwareentwicklung und -verifikation an. Die numerische Modellierung und Kontrolle aller Codegenerierungsaktivitäten mit SCADE hilft Softwareentwicklern, die hohen Sicherheits- und Leistungsstandards der Industrie zu erfüllen. Zudem verbessern die SCADE-Lösungen die Zuverlässigkeit des Softwarecodes und reduzieren die Entwicklungszeit und -kosten im Vergleich zu manuellen Codeerzeugungsmethoden.

Unabhängig davon, wie umfassend ein Fahrzeug im Vorfeld getestet wird: Jedes elektronische System kann in der Praxis versagen. Bei autonomen Fahrzeugen können Ausfälle auf Systemebene jedoch katastrophale Folgen nach sich ziehen. Daher müssen Ingenieure ein Höchstmaß an Sicherheitsmechanismen in die Fahrzeuge integrieren, damit diese im Fall einer Störung angemessen reagieren können. Leider erweist sich die Analyse der funktionalen Sicherheit aufgrund der zahlreichen mechanischen Komponenten, der umfassenden Elektronik und der unterschiedlichen Hard- und Softwaresysteme als extrem schwierig. Als Lösung für dieses Problem hat Ansys die Software Medini Analyse entwickelt. Damit lässt sich die Analyse der funktionalen Sicherheit nicht nur automatisieren, sondern nahtlos in die Produktentwicklung integrieren. Statt somit nur mit Vermutungen zu arbeiten, wie sich ein Fahrzeug bei einem späteren Funktionsausfall verhalten könnte, haben Ingenieure nun die Möglichkeit, potenzielle Ausfallmodi mit Hilfe einer auf Fakten basierenden Methode auszuwerten und nachhaltige daraus Antworten auf Systemebene zu entwickeln.

Der Wettlauf um das erste autonome Auto

Die wichtigste Frage ist mittlerweile nicht mehr, wie autonome Fahrzeuge unser Leben verändern werden, sondern welcher Hersteller sie als Erster anbieten wird. Beim Wettlauf um die Entwicklung von Lösungen für autonome Fahrzeuge spielt die Simulation eine zentrale Rolle. Ansys bietet die einzige umfassende Simulationslösung zur Erprobung autonomer Fahrzeuge. Unabhängig davon, ob ein komplettes Fahrzeug oder lediglich eine einzelne Komponente entwickelt werden soll: Simulationen sind die passende Antwort auf die damit einhergehenden technischen Herausforderungen. □

EXPERTENKOMMENTAR VON UWE SCHEUERMANN, SEMIKRON

„RECHENLEISTUNG ALLEINE REICHT NICHT AUS, UM REALE MODULE NACHZUBILDEN“

Simulationstools werden immer feiner und die hohe verfügbare Rechenleistung verspricht auch komplexe Zusammenhänge in Elektronik darstellbar zu machen. Beides alleine reicht allerdings nicht aus, um Leistungsmodule vollständig zu simulieren. Welche Probleme es gibt, erklärt Professor Uwe Scheuermann, Senior Manager Product Reliability bei Semikron.

TEXT: Uwe Scheuermann, Semikron BILD: Tilman Weishart

Bei Semikron setzen wir im Rahmen der Produktentwicklung unserer Leistungsmodule die Finite Elemente Plattform von Ansys ein. Diese Software erlaubt die Analyse in unterschiedlichen physikalischen Domänen, also der mechanischen, thermischen oder elektrischen Eigenschaften und auch eine gekoppelte Simulation ist möglich. Auf den ersten Blick hat der Fortschritt bei der Rechenleistung eine Stufe erreicht, die eine realistische Modellbildung für leistungselektronische Module erlaubt. Bei genauere Hinsehen, zeigt sich allerdings, dass allein die Rechenleistung nicht ausreicht, um die komplexen Wechselwirkungen in realen Modulen nachzubilden.

Wie schwierig das ist, zeigt sich bereits dadurch, dass die in Leistungsbau-elementen freigesetzte Verlustleistung selbst temperaturabhängig ist. Die verbreitete Annahme bei thermischen Simulationen, dass sich die Verlustleistung gleichmäßig auf parallele Chips verteilt, ist selten realistisch. Eine vollständig gekoppelte elektro-thermische Simulation, die die Stromverteilung auf dem Chip und zwischen parallelen Chips mit einer temperaturabhängigen exponentiellen Strom-Spannungskennlinie (Dioden, IGBTs) korrekt abbildet, ist

nur mit tiefen Eingriffen in die Software möglich. Dafür ist auch ein erheblicher Aufwand bei der Modellerstellung notwendig.



Uwe Scheuermann ist Senior Manager Product Reliability bei Semikron

Aber auch wenn man näherungsweise eine temperaturunabhängige Verlustleistungsdichte in den Bauelementen annimmt, führt die Modellierung des thermisch-mechanischen Verhaltens von Leistungsmodulen schnell zu einem fundamentalen Problem: die Bestimmung der stressfreien Temperatur für einen Stapel von Lagen mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten. Dazu muss der Herstellungsprozess nachgebildet

werden und die plastischen oder sogar viskoplastischen Eigenschaften von Materialien und Verbindungsschichten müssen bekannt sein. Gerade die Bestimmung der temperaturabhängigen Materialeigenschaften und die Validierung an realen Proben stellt einen erheblichen Aufwand dar. Dieser ist allerdings unerlässlich, wenn man von relativen Aussagen zu realitätsnahen Simulationsmodellen übergehen möchte.

Um die erwähnten Probleme anzugehen, wäre die Bildung eines Netzwerks zum Austausch von validierten temperaturabhängigen Materialparametern zwischen Experten aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und der Industrie wünschenswert. In dem ECPE Workshop „The Future of Simulation in Power Electronics Packaging for Thermal and Stress Management“ werde ich zusammen mit Professor Bernhard Wunderle von der Technischen Universität Chemnitz die Bildung eines solchen Netzwerks anregen. Der Workshop findet am 20. und 21. November 2018 in Nürnberg statt. Er wird sich außerdem mit den Erwartungen von Simulationsexperten in Europa für die Zukunft der Simulation in der Aufbau- und Verbindungstechnik von Leistungsmodulen auseinandersetzen. □



BESUCHEN SIE UNS AUF
FOLGENDEN MESSEN:
SPS IN NÜRNBERG &
ELECTRONICA IN MÜNCHEN

Andreas Hägele · Außendienst

**Wir verbinden,
was zusammen gehört.**

Und das seit 1969.

WAS UNS AUSZEICHNET:

- ⊕ hohe Verfügbarkeiten
- ⊕ kurze Lieferzeiten
- ⊕ hohe Liefertreue
- ⊕ große Fachkompetenz
- ⊕ persönliche Beratung
- ⊕ Partner der Premium-Hersteller



Börsig ist autorisierter Distributor von PHOENIX CONTACT, dem Hersteller von Produkten, Systemen und Lösungen rund um die Elektrotechnik und Automation.

Börsig GmbH T +49 7132 9393-0
Electronic-Distributor F +49 7132 9393-91
Siegmund-Loewe-Str. 5 E info@boersig.com
74172 Neckarsulm www.boersig.com

Börsig

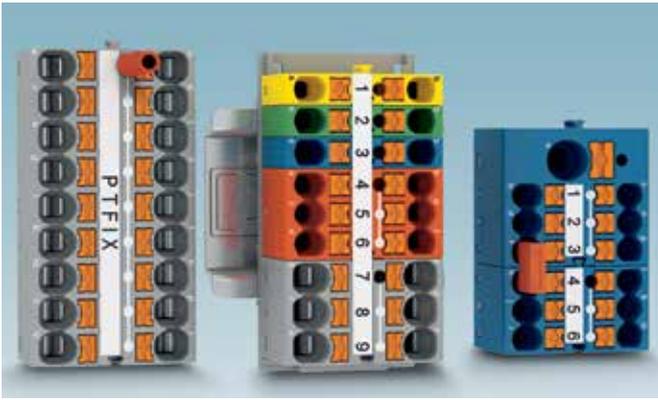


POTENTIALVERTEILERBLÖCKE

Nach Belieben kombinieren

Im Zuge der zunehmenden Automatisierung müssen immer mehr Potentiale verteilt werden. Die kompakten PTFIX-Verteilerblöcke tragen zu deutlich verkürzten Montagezeiten bei. Mit Hilfe eines Online-Konfigurators lassen sie sich beliebig aufbauen.

TEXT: Stephan Pollmann, Phoenix Contact BILDER: Phoenix Contact; iStock, Cerber82



Das PTFIX-Verteilerblocksystem besitzt einen Anschlussquerschnitt von 4 mm² (links) und Durchgangsblöcke mit nur zwei Anschlüssen (Mitte).

Reihenklemmensysteme verbinden längst nicht mehr nur Leitungen miteinander. Mit der ausgeklügelten Kontaktphysik lässt sich nahezu jede technische Verschaltung umsetzen. Zusätzliche Funktionen wie integrierte Bauelemente, Sicherungsträger, Trennfunktionen oder komplexe Brückbarkeit sind sogar in Mehrstockbauweise verfügbar. Die hohe Komplexität solcher Systeme erfordert jedoch einen gewissen Konfigurationsaufwand, um die gewünschte Klemmleiste gemäß den spezifischen Anforderungen aufzubauen und zu beschalten. Das führt dazu, dass in vielen Fällen das Leistungspotenzial hochentwickelter Reihenklemmensysteme gar nicht ausgeschöpft wird, sondern lediglich einfache Funktionen wie die Verteilung elektrischer Energie auf mehrere Anschlüsse umgesetzt werden.

Flexible Potentialverteilung

Herkömmliche Reihenklemmen sind für Tragschienen konzipiert und lassen sich meist nicht an besondere Montageanforderungen, wie zum Beispiel die direkte Oberflächenverschraubung, anpassen. Anders sieht es bei den PTFIX-Verteilerblöcke von Phoenix Contact aus. Da alle Anschlüsse eines Blocks intern auf einem Potential elektrisch verbunden sind, müssen die Blöcke nicht mit Zubehör beschaltet werden. Sie lassen sich mechanisch zu einer kompakten und zusammenhängenden Lösung kombinieren – bei völlig freier Wahl der Montageart. PTFIX bietet

Befestigungsmöglichkeiten für die Tragschienen TH 15 und TH 35 in vertikaler oder horizontaler Ausrichtung, Direktmontage mittels Schraubflansch-Befestigung, etwa an der Rückwand im Schaltschrank, direktes Aufkleben oder eine fliegende Installation. Dank der sicheren Push-in-Feder-Anschlussstechnik lassen sich PTFIX-Verteilerblöcke schnell und werkzeuglos montieren. Außerdem ist eine Frontverdrahtung möglich – eine äußerst platzsparende Verdrahtung, da anders als bei konventionellen Schraubklemmen kein Raum ober- und unterhalb der installierten Blöcke benötigt wird.

Neue Nennquerschnitte 1,5, 4 und 10 mm²

Auf der Hannover-Messe 2018 hat Phoenix Contact Erweiterungen zum PTFIX-Programm vorgestellt. Zu den Blöcken mit einem Nennquerschnitt von 2,5 mm² gibt es nun äquivalente Typen mit einem Querschnitt von 1,5 mm² – auch mit einem Einspeise- oder Sammelkontakt von 4 mm². Hinzugekommen ist die Baureihe mit einem Nennquerschnitt von 4 mm², welche mit einem Nennquerschnitt von 10 mm² den wohl kleinsten verfügbaren Push-in-Kontakt als Einspeiseanschluss bietet. Ergänzt wird das Produktprogramm durch sogenannte Monoblöcke, die es für alle drei Nennquerschnitte gibt – mit nur zwei Anschlüssen stellen sie den schmalstmöglichen Block dar. Dank dieser Erweiterungen lässt sich mit

dem modularen PTFIX-System zusätzlich zu Verteilung und Sammlung auch eine Durchgangsfunktion aufbauen, wie sie bei einfachen Reihenklemmen möglich ist. Sämtliche Varianten sind in zwölf Farbausprägungen verfügbar, was die Gefahr von Verdrahtungsfehlern reduziert.

Das gesamte PTFIX-Portfolio umfasst knapp 1.000 Artikel, aus denen sich der Anwender seine individuelle Kombination zusammenstellen kann. Angesichts dieser Vielfalt kann die Vorratshaltung beziehungsweise schnelle Beschaffung aller Varianten zu einer echten Herausforderung werden. Zwar lassen sich PTFIX-Blöcke einfach modular kombinieren, dennoch ist der Konfigurationsaufwand nicht zu unterschätzen. Darum bietet Phoenix Contact seinen Kunden nun einen Online-Konfigurationsservice an.

Der Konfigurator ist auf der Webseite von Phoenix Contact frei zugänglich – unter dem Menüpunkt Produkte, Konfiguratoren und Anschlussfertige Verteilerblöcke mit Push-in-Anschluss. Einmal angelegte Kombinationen werden mit einer Lösungs-ID versehen und können jederzeit abgerufen, erneut bestellt oder modifiziert werden. Das Menu des Konfigurators ist sehr übersichtlich gehalten. Der Benutzer erstellt seine individuelle Lösung zunächst Block für Block. Über die Auswahl der grafisch dargestellten Funktionen lässt sich das gesamte PTFIX-Produktprogramm bis auf den gewünschten

Verteilerblock reduzieren. Die Parameter definieren zum Beispiel den Nennquerschnitt, die Befestigungsmöglichkeit, den optionalen Sammel- und Einspeisekontakt, die Farbe oder die Anzahl der Abgriffe im Nennquerschnitt. Lässt man eine Option offen – zum Beispiel die Farbe –, so werden alle zwölf Farbvarianten aller passenden Produkte in einem Auswahlkarrussel angezeigt, aus dem der Nutzer per Drag&Drop den gewünschten Artikel in das darunterliegende Konfigurationsfenster ziehen kann.

Mit der Zusammenstellung der Blöcke erscheint deren exaktes Abbild auf dem Bildschirm. Damit erhält der Nutzer

bereits während der Konfiguration einen groben Eindruck. Im nächsten Schritt zeigt sich ein weiterer Mehrwert: Die aus unterschiedlichen Blöcken zusammengesetzte Lösung kann durchgängig in der Mitte beschriftet werden. Das fertig konfigurierte Produkt wird mit vollständig aufgebracht Bedruckung geliefert, so dass der Endnutzer weder Drucker noch Beschriftungsmaterial vor Ort benötigt.

Beschriftung im Konfigurator auswählen

Zu guter Letzt kann der Anwender die online konfigurierte und beschriftete Lösung überprüfen, sich das Ergebnis in

unterschiedlichen Perspektiven ansehen und eine 3D-Bilddatei in verschiedenen Formaten herunterladen. Wartezeiten auf individuell angefertigte Dateien gehören damit der Vergangenheit an, und die Planung gewinnt an Fahrt.

Ist die Lösung komplett, erscheint ein Formular, über das der Anwender das zusammengestellte Produkt direkt bei Phoenix Contact bestellen kann. Für den Fall, dass der Bestellvorgang von der Einkaufsabteilung durchgeführt werden muss, kann man der Lösungs-ID eine frei wählbare Bezeichnung zuordnen, wodurch die Zusammenstellung leicht für die Kollegen auffindbar ist. □

ODU MEDI-SNAP®

Schnell einsatzbereit. Intuitiv in der Handhabung.

13. – 16.
NOVEMBER 2018
MESSE MÜNCHEN
Halle B2 · Stand 143



- + Umspritzte Varianten für sofortigen Einsatz
- + Frei konfektionierbare Steckverbinder für applikationsspezifische Konfiguration

Der effiziente Kunststoffsteckverbinder ist durch seinen geringen Installationsaufwand und fertig umspritzte Varianten sofort einsatzbereit. Die vibrationsbeständige Push-Pull Verriegelung des ODU MEDI-SNAP schützt vor ungewolltem Lösen.

- + UL-zertifiziert
- + 75% leichter als vergleichbare Metallsteckverbinder
- + Platzsparendes Produktdesign



www.odu.de/medi-snap

GEEIGNET FÜR:



MEDIZINTECHNIK



INDUSTRIELELEKTRONIK



MESS- UND PRÜFTECHNIK



A PERFECT ALLIANCE.

ACKERMANN'S SEITENBLICKE

VON SPAGHETTI LERNEN

Nicht immer erschließt sich, weshalb sich Forscher mit scheinbar belanglosen Problemen befassen. Zu diesen zählt beispielsweise die Frage, warum es nahezu unmöglich ist, eine ungekochte, Spaghetti-Stange in nur zwei Teile zu zerbrechen. Und wem diese Erkenntnis nutzen könnte.

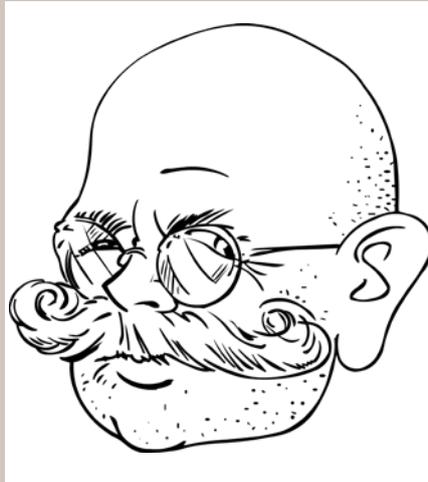
Holen Sie, wenn Ihnen mal langweilig ist, eine Schachtel Spaghetti aus der Vorratskammer und experimentieren Sie einen Abend lang: Halten Sie die dünne Nudel an beiden Enden und biegen Sie sie, bis sie bricht. Sie werden so gut wie nie zwei Teile erhalten, sondern drei und mehr. Das liegt weder an der Pasta-Qualität, noch an dem Aufbewahrungsort oder an Ihnen. Sie befinden sich in bester Gesellschaft. Schon der amerikanische Physiker Richard Feynman verbrachte 1939 einen Abend mit ähnlichen Experimenten - ohne jedoch dem Geheimnis auf die Schliche zu kommen.

Hinter dem Phänomen stecken elastische Wellen. Sie erhöhen die Spannung in dem gebogenen Pasta-Stäbchen und erzeugen dadurch eine Vielzahl weiterer Bruchstellen. Wie erwartet, zerbrechen Spaghetti beim Biegen zunächst an dem Punkt höchster Krümmung. Der Bruch entspannt allerdings nicht den Rest der Stange, sondern erzeugt vielmehr elastische Wellen. Dieser Snap-Back-Effekt erhöht die Krümmung entlang des Stabes und löst weitere Bruchstellen aus.

Das MIT in Massachusetts berichtete dieser Tage stolz über eine neue Studie. Zwei Doktoranden beschreiben in ihr, ein eigens entworfenes Gerät, mit dem sich die Spaghetti endlich in zwei Teile brechen lassen. Sie fanden heraus, dass eine Stange, wenn sie über einen gewissen kritischen Grad hinaus verdreht und dann langsam in zwei Hälften gebogen wird, entgegen aller Erwartungen in zwei Teile zerbricht.

Die Lösung ist indes nicht grundsätzlich neu. Bereits vor 13 Jahren fanden französische Wissenschaftler Ähnliches her-

aus. Ihnen zufolge kann man Spagetti verdrehen, wodurch eine Torsion entsteht. Die Auflösung der Verdrehung verbraucht zusätzliche Energie, die einen anschließenden zweiten Bruch der Spagetti verhindert. Die Wissenschaftler untersuchten in ihrer Studie dieses Problem zunächst mittels der so genannten Kirchhoff-Gleichungen der Elastizitätstheorie. Danach führten sie auch Experimente mit wirklichen Spaghetti durch und filmten deren Bruch unter Biegung mit einer Hochgeschwindigkeitskamera. Die Aufnahmen bestätigten die zentralen Vorhersagen der Theorie. Falls Sie nachrechnen möchten: Trockene Spaghetti aus Hartweizen weisen bei einer Luftfeuchtigkeit von 50 Prozent einen E-Modul von $4,3 \text{ kN/mm}^2$ auf. Eine Spaghetti No 1, 3 oder 5 hat eine Dichte ρ von $1,5 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$. Der E-Modul liegt bei $3,8 \pm 0,3 \text{ GPa}$, der Schubmodul G bei $1,5 \pm 0,2 \text{ GPa}$ und die Poissonzahl ν bei $0,3 \pm 0,1$.



Solange es die Elektronikindustrie gibt, begleitet Roland Ackermann sie. Unter anderem als Chefredakteur, Verlagsleiter und Macher des „Technischen Reports“ im Bayerischen Rundfunk prägt er die Branche seit den späten 1950er-Jahren mit.

Aber wozu das alles? Angeblich können die Ergebnisse auch jenseits der Kulinarik von Nutzen sein. Beispielsweise unser Verständnis der Rissbildung verbessern und neue Erkenntnisse liefern, wie man Frakturen in anderen stabförmigen Materialien wie Multifaserstrukturen, künstlichen Nanoröhren oder sogar Mikrotubuli in Zellen kontrollieren kann. Die Erfahrungen mit Spaghetti lassen sich außerdem auch auf andere Materialien wie Glasfaser oder Metall übertragen.

Ein anderes gravierendes Nudelproblem lösen diese Erkenntnisse allerdings leider nicht: Wikipedia zufolge gelten Spaghetti als schwierige Speise in Bezug auf die Einhaltung der Tischsitten. □



So gleich kann anders sein

Leiterplattenklemmen mit Schraub- oder Push-in-Anschluss

Gleiche Baugröße, unterschiedliche Anschluss technik – mit Leiterplattenklemmen der Serie TDPT entwickeln Sie marktspezifische Geräte im einheitlichen Design. Dank ihrer identischen Baugröße können Sie flexibel den Schraub- oder Push-in-Federanschluss wählen – und Ihr Leiterplatten- und Geräte-Design beibehalten.

Mehr Informationen unter Telefon +49 5235 3-12000 oder phoenixcontact.de



VERBINDUNGSSYSTEME FÜR DIE BAHN

Schnelle Logistik für schwere Züge

Die Ansprüche an die Hersteller von Verbindungskomponenten steigen stetig - nicht nur im technischen Bereich. Auch in der Logistik erwarten die Kunden schnellere Lieferzeiten und verbesserten Service. Wie das in der Bahnindustrie funktionieren kann, zeigt der Hersteller Lapp.

TEXT: Bernd Müller für Lapp **BILDER:** Lapp; iStock, Leolintang



Sie sind wahre Schwerstarbeiter: Güterzuglokomotiven, die eine Anhängelast von 1.500 t ziehen. Zu den stärksten Lokomotiven gehört die Transmontana von Softronic. Der Hersteller von Schienenfahrzeugen aus Craiova in Rumänien hat diesen Lok-Typ 2010 vorgestellt. Jede Lok hat eine Motorleistung von 8.150 PS. Zwei von ihnen ziehen neuerdings die Züge, mit denen das schwedische Eisenbahnunternehmen Green Cargo Eisenerz transportiert – 3.000 t je Zug.

Entscheidend für die Langlebigkeit der Züge ist die Elektrik, einschließlich der Verkabelung. Die beiden Lokomotiven für Green Cargo sind nahe des Polarkreises in Eiskälte im Einsatz.

Der Verbindungshersteller Lapp hat bei der Auswahl des Lieferanten den Zuschlag erhalten, weil das Unternehmen für die Bahnbranche ein vollständiges Paket an Verbindungskomponenten anbietet, das diesen extremen Anforderungen standhält. Für die Softronic-Loks hat die rumänische Lapp-Tochtergesellschaft rund 150 verschiedene Artikel kombiniert, um die technischen Anforderungen zu erfüllen.

Im Maschinenraum kommen Silikon-Aderleitungen der Familie Ölflex Heat 180SiF zum Einsatz: Trotz des Betriebs am Polarkreis kann es dort nämlich sehr heiß werden, wenn die enorme Leistung der Motoren gefordert ist. In den Schaltschränken werden Einzeladerleitungen aus der Familie Ölflex Train 331 verwendet. Ein Teil des Sensorsystems wurde mit Unitronic-FD-CP-Plus-Datenleitungen verkabelt. Weitere Komponenten sind Epic-Industrie-Steckverbinder und das Polyamid-Kabelschuttschlauch-System Silvyn Rill PA 6. Alle Train-Produkte von Lapp erfüllen mindestens die Anforderungen der EN45545-2.

165 Leitungstypen auf Vorrat

In der europäischen Bahnindustrie verfolgt das Unternehmen ein neues Konzept für die Logistik. Es hält die meisten Leitungen auf Vorrat – rund 165 Leitungstypen, vor allem Einzeladerekabel. Die meisten Leitungen wie alle gängigen Typen an Bus- und Koaxialkabeln für die Datenübertragung sowie Leitungen für Steuersignale und Leistungsübertragung werden innerhalb weniger Tage an jeden Ort Europas geliefert. „Die Fahrzeughersteller sind sehr interessiert und wir sehen eine große Chance für uns“, sagt Thorsten Grünberg, Marktmanager für den Bahnmarkt bei Lapp. Noch sei der Marktanteil in der Bahnbranche einstellig, doch angesichts des rasanten Wachstums werde auch der Marktanteil rasch steigen, ist Grünberg sich sicher.

Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal hat Lapp bei den Mindestbestellmengen. Wie in anderen Branchen liefert das Traditionsunternehmen seine Leitungen für die Bahnindustrie ohne oder mit geringen Mindestbestellmengen. Im Gegensatz zu anderen Lieferanten, die Kabel nur trommelweise und in Kilometerlängen anbieten, liefert Lapp Leitungen auch in kleinen Mengen. Das Risiko, dass ein Kabel nicht vollständig abgenommen wird, trägt damit das Unternehmen.

Der Entwicklungsprozess von ICEs, Straßenbahnen und Lokomotiven ist sehr komplex. Heute muss das erste Fahrzeug, das auf die Schienen kommt, bereits dem Serienstand entsprechen, Kinderkrankheiten verzeiht der Käufer nicht. Der Entwicklungsprozess verläuft aber keineswegs so geradlinig und reibungslos,



Für die Loks wurden rund 150 unterschiedliche Artikel miteinander kombiniert, um die technischen Anforderungen zu erfüllen.

wie das die Hersteller gerne hätten. Mehrmals werden die Fahrzeuge umgeplant. Die Gründe dafür sind verschieden: Ein Kunde äußert beispielsweise Extrawünsche oder eine bestimmte Konstruktion lässt sich nicht wie erwartet realisieren. Häufig betroffen sind Elektrik und Software – sie werden oft noch auf den letzten Drücker geändert.

Entwicklung fordert auch die Zulieferer heraus

Das erfordert allerdings erhebliche Anstrengungen in den Lieferketten. Lapp setzt daher nicht bei den Fahrzeugherstellern an, sondern bei den Herstellern von Teilsystemen, die bestimmte Gewerke zuliefern. Beispielsweise werden elektrische Verbindungssysteme von Konfektionären einbaufertig montiert

und geliefert. Die Konfektionäre wiederum kaufen Kabel, Stecker und Zubehör bei Zulieferern ein. Wenn die Elektrik noch kurz vor Fertigstellung des Zuges verändert werden muss – und das ist eher die Regel als die Ausnahme – kommt normalerweise ein langwieriger Beschaffungs- und Produktionsprozess in Gang. Die Lieferzeiten für Verbindungssysteme betragen in der Bahntechnik üblicherweise 14 Wochen. Und dann müssen die Leitungen ja noch in den Waggon oder Schaltschrank eingebaut werden. Das bedeutet: Umplanungen der Elektrik können zu monatelangen Verzögerungen bei der Fertigstellung des Zuges führen. Mit der Logistik von Lapp gehört dies der Vergangenheit an.

Das Unternehmen beschränkt sich dabei nicht ausschließlich auf Europa. Ordert der Kunde Spezialleitungen, die zurzeit nicht

WWW.MES-ELECTRONIC.DE

Verbindungen, die unter die Haut gehen.

Weil Steckverbindungen von MES nicht nur in Tätowiergeräten gebraucht werden, sondern an ganz vielen Stellen, wo Emotionen im Spiel sind.

13. – 16. November 2018
Halle B · Stand 116 · München



Die Lokomotive Transmontana von Softronic übernimmt den Erztransport in der Polarregion.

auf Lager sind, werden diese im Werk im südkoreanischen Seongnam gefertigt. Dort befindet sich auch das Kompetenzzentrum Train von Lapp. Auch Kunden in Asien werden direkt von dort beliefert. In Seongnam stehen alle Einrichtungen für Produktion und Tests der Leitungen zur Verfügung. Beispielsweise auch eine Anlage zur Strahlenvernetzung: Nach der Behandlung können die Kabel extreme Temperaturschwankungen zwischen -40 bis 120 °C aushalten. Die Fertigungsstätte ist gemäß dem International Rail Industry Standard (IRIS) zertifiziert. Sie arbeitet damit im Rahmen des internationalen Qualitätsmanagementsystems der Bahnindustrie. IRIS setzt auf ISO 9001 auf und enthält zusätzliche für die Bahntechnik spezifische Anforderungen. Die Mitarbeiter des Kompetenzzentrums Train arbeiten eng mit dem Versuchs- und Testzentrum in der Firmenzentrale von Lapp in Stuttgart zusammen. Dort werden alle Entwicklungen in harten Dauertests auf ihre Leistungsfähigkeit geprüft. Vor allem Leitungen für bewegte Anwendungen werden hier millionenfach gebogen und verdreht. Dadurch lässt sich die Alterung im Zeitraffer nachstellen.

Retrofit für S-Bahn

Neben Softronic hat Lapp mittlerweile weitere Kunden im Bahngeschäft gewonnen, etwa auch CMZO Elektronika. Das Unternehmen in Prerov, Tschechien, hat den Auftrag bekommen, eine ältere S-Bahn, ursprünglich von der Schweizer Firma Stadler Rail gebaut, auf den neuesten Stand zu bringen. Der Zug hat nun ein neues automatisches Zugsicherungssystem sowie ein Fahrgastinformationssystem. CMZO Elektronika wählte dafür das Ölflex-Train-331-Einleiterkabel. Es erfüllt die Anforderungen der EN 50264-3-1 Typ M und EN 45545-2, hält Temperaturen von -40 bis 120 °C aus und ist beständig gegen Öle und Kraftstoffe. □



**Mein Beitrag:
Lösungen für digitale
Geschäftsmodelle
entwickeln**

Mathias Weßelmann,
Projektleiter für
Cloud-Lösungen

Zukunftsgestalter gesucht

Phoenix Contact ist ein unabhängiger Global Player. Kreative Lösungen aus Verbindungstechnik, Elektronik und Automation werden weltweit von über 16.500 begeisterten Menschen entwickelt, produziert und vertrieben. Unsere Arbeit verstehen wir als Beitrag zur Gestaltung einer smarten Welt.



Werden auch Sie Zukunftsgestalter:
phoenixcontact.de/karriereblog







Das IGLOO2-FPGA von Microsemi unterstützt RISC-V-Cores. Dank einer integrierten IDE sind die Entwicklung und das Debugging der RISC-V-ISA sehr einfach.

RISC-V-ARCHITEKTUR

MYTHOS RISC-V

Trotz steigender Implementierungszahlen schlägt der Prozessorplattform RISC-V nach wie vor ein gewisses Misstrauen entgegen. Viele angebliche Schwächen erweisen sich bei näherer Betrachtung aber als reine Mythen.

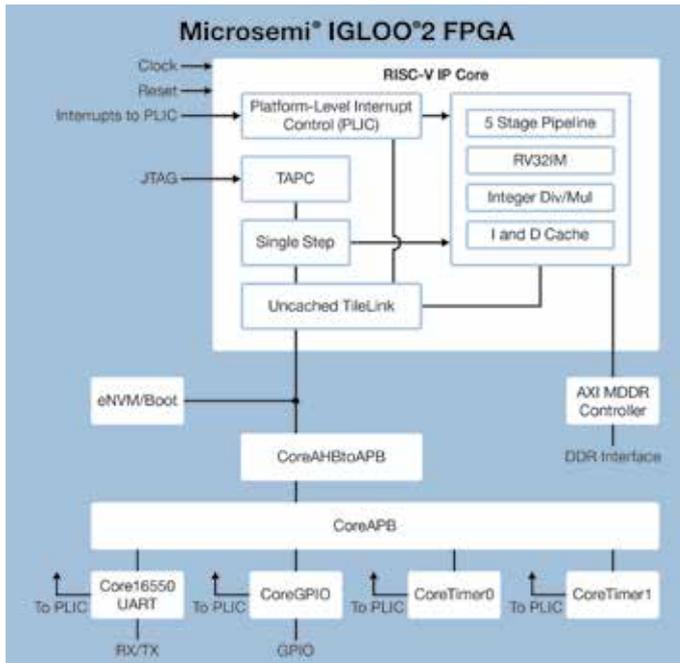
TEXT: Tim Morin, RISC-V Foundation BILDER: Microsemi; iStock, Soner Cdem

Derzeit erproben viele Unternehmen kostenlose Open-Source-Hard- und Software als Alternative zu teuren geschlossenen Befehlssatzarchitekturen (ISA). RISC-V ist eine kostenfreie, quelloffene und erweiterbare ISA. Sie bietet eine sehr große Flexibilität und Erweiterbarkeit für Chip-Designs. Trotz eines umfangreichen Ökosystems und einer steigenden Zahl an realen Implementierungen gibt es weiterhin Vorurteilen gegenüber der RISC-V-Architektur. Das hält Unternehmen weltweit davon ab, die Vorteile dieser Prozessorplattform voll auszuschöpfen. Zehn der verbreitetsten Mythen hinsichtlich RISC-V werden im Folgenden genauer unter die Lupe genommen. Ingenieure können dadurch die Technologie besser verstehen und erfahren, wie man mit ihrer Hilfe Entwicklungen beschleunigen und Kosten senken kann.

1. RISC-V ist ein weiteres Prozessordesign: RISC-V ist eine Befehlssatzarchitektur (ISA; Instruction Set Architecture), die über eine BSD-Lizenz erhältlich ist. Darin sind Standardanweisungen definiert, die als Erweiterungen bezeichnet werden. Für Endnutzer steht ausreichend Speicherplatz zur Verfügung, um eigene Anweisungen für domänenspezifische Funktion zu definieren. Die definierten Standarderweiterungen bilden

die Basis eines modernen Standardrechners. Erweiterungen werden durch einen Buchstabenmonitor definiert, wobei I für Integer, M für Multiplizieren und Dividieren, A für Atomic, F für Single Precision Floating Point, D für Double Precision Floating Point und C für Compressed Instructions verwendet werden. Diese Standard-Erweiterungen sind eingefroren und werden sich niemals ändern. Software muss deshalb nur einmal geschrieben werden und kann auf jedem RISC-V-Core, der diese Standarderweiterungen enthält, ausgeführt werden.

2. RISC-V ist für die Forschung und Lehre, nicht aber für die Industrie gedacht: Zahlreiche Unternehmen implementieren RISC-V. IP-Hersteller wie Andes Technology, Codaip, Bluespec oder Cortus bieten RISC-V-Cores zur Implementierung in Silizium an. SiFive hat sowohl lizenzierte IP-Cores als auch kundenspezifisches Silizium auf Basis von RISC-V im Programm, einschließlich eines 32-Bit-RISC-V-SoC. Microsemi, Rumble Development und VectorBlox bieten Soft-RISC-V-Cores an, die auf FPGAs laufen. Zum Beispiel wurde auf der fünften RISC-V-Konferenz am 30.11.2016 eine Time-Lapse-Kamera mit RISC-V-Core in einem IGLOO2-FPGA präsentiert.



Auch FPGAs sind mit RISC-V-Cores verfügbar. Microsemi bietet dafür zum Beispiel das FPGA IGLOO2 an.

3. Es gibt keine FPGA-Cores oder integrierte Entwicklungsumgebungen zur Evaluierung von RISC-V: Microsemi bietet sowohl FPGAs, die RISC-V-Cores unterstützen, als auch die integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) SoftConsole. Sie vereinfacht die Entwicklung und das Debugging der RISC-V-ISA auf den eigenen RTG4-, IGLOO2- und PolarFire-FPGAs. Zur Evaluierung eines RISC-V-Designs können Anwender auch das HiFive1-Produkt von SiFive verwenden, ein auf RISC-V basierendes, Arduino-kompatibles Board.

4. Für RISC-V muss man eine Nutzerlizenz erwerben: Es sind keine Lizenzgebühren erforderlich, um die Befehlssatzarchitektur zu verwenden oder eine Mikroarchitektur zu entwickeln, die der RISC-V ISA entspricht. Zum Beispiel lassen sich viele RISC-V-SoftCores von Microsemis GitHub-Seite herunterladen. Bei kommerziellen Endprodukten ist die Verwendung des RISC-V-Warenzeichens oder -Logos nur unter der Lizenz zulässig, die im Rahmen der RISC-V-Foundation-Mitgliedschaft gewährt wird. Entscheidend ist es, dass es für die ISA eine liberale BSD-Lizenz gibt.

5. Unternehmen, die RISC-V-Cores entwickeln, müssen ihre IP mit Kunden teilen: Für IPs, die die RISC-V-ISA enthalten, gibt es keinerlei Rücklizenzverpflichtungen. Entwickler können frei entscheiden, ob sie proprietäre Implementierungen zur kommerziellen Nutzung oder quelloffene Implementierungen entwickeln – und können diese auch teilen. Die RISC-V-Foundation ermutigt beide Implementierungstypen. Manche Softwaretools, die RISC-V unterstützen, enthalten spezifische IPs. Die meisten dieser Tools – zum Beispiel die-

jenigen von Antmicro und Imperas – verwenden eine Lizenz, die der BSD-Lizenz der University of California in Berkeley ähnelt, und kein öffentliches Release der IP verlangt.

6. RISC-V-Prozessoren sind nicht so schnell wie x86- oder ARM-Prozessoren: Die Prozessorgeschwindigkeit und die Effizienz hängen stark von der Qualität der Implementierung ab – einschließlich des Mikroarchitektur- beziehungsweise Schaltkreisdesigns und der verwendeten Prozessortechnologie. Nichts spricht dafür, dass eine RISC-V-Implementierung weniger effizient wäre als x86 oder ARM. Vielmehr trägt die Modularität des RISC-V-ISA-Designs dazu bei, dass RISC-V-Implementierungen effizienter laufen als ältere ISAs wie x86 oder ARM. Da RISC-V ISA quelloffen ist, verfügt jeder Nutzer über eine kostenlose Architekturlizenz, um einen möglichst optimalen Prozessor für seine Anwendung zu entwickeln.

7. Es gibt keine Softwaretools für RISC-V: Im Mai 2017 wurden die GNU/GCC- und GNU/GDB-Toolchains um eine Unterstützung für RISC-V erweitert. Auch Low-Level-Virtual-Machine-Tools (LLVM) sind über die RISC-V-Website www.riscv.org/software-tools verfügbar. Weiter hat Antmicro einen Instruction Set Simulator (ISS) für RISC-V entwickelt. Auch QEMU unterstützt RISC-V in seiner ISS-Umgebung. M*SDK von Imperas ist eine voll Virtual-Plattform-basierte Softwareentwicklungsumgebung für RISC-V. Microsemi hat die Eclipse-basierte IDE SoftConsole für RISC-V-Softwareentwicklung im Programm. Und auch SiFive bietet eine kostenfreie Eclipse-basierte IDE mit dem Namen Freedom Studio an.

8. Mehrere RISC-V-Cores können nicht im gleichen Design und mit einem anderen Prozessor arbeiten: RISC-V- und andere Prozessor-Cores können sich ähnlich verhalten. Zum Beispiel hat SiFive eine Multi-Core-RISC-V-Lösung mit 32- und 64-Bit-Cores angekündigt. RISC-V-Cores können In- oder Out-of-Order-Operationen verarbeiten. Ein 32-Bit-RISC-V-Core kommt auch als Mikrocontroller in einem Terafire-Kryptografieprozessor von Athena zum Einsatz: Der RISC-V-Core ist verantwortlich für die Typenkonfiguration der sicheren Datenkommunikation, die der Terafire-Core dann in ein Polarfire-FPGA implementiert.

9. Es ist gefährlich, einem RISC-V-Core zu vertrauen: Falls der RTL-Code (Register Transfer Level) eines IP-Cores verfügbar ist und auf einer bekannten, offenen Spezifikation basiert, kann er inspiziert werden – ein sehr wichtiges Leistungsmerkmal für Design-Security. Wird ein Soft-RISC-V-

Core für ein FPGA verwendet, kann das gesamte RTL-Design überprüft werden, um höchstmögliche Sicherheit zu gewährleisten. Das ist mit geschlossenen Prozessorarchitekturen nicht möglich – egal ob Soft- oder Hard-Prozessoren. Man könnte also sagen, dass RISC-V dadurch wesentlich sicherer ist als ARM- oder Intel-Cores, beziehungsweise jeder proprietäre Soft-Core ohne RTL-Zugang.

10. Es ist unmöglich, ein RISC-V-Design von einem FPGA auf ein ASIC zu portieren: Mehrere IP-Hersteller bieten Emulationsplattformen an, die auf FPGAs laufen. CodaSip und SiFive haben FPGA-Prototypen von Cores, die sich auf kundenspezifisches Silizium portieren lassen. Als FPGA-Hersteller bietet Microsemi den RTL-Code für seine RISC-V-Soft-Cores an, mit dessen Hilfe eine Portierung auf ein ASIC sehr unkompliziert möglich ist. Dafür sind keine IP-Lizenzen oder damit verbundene Lizenzgebühren erforderlich. □

Müheloses Design mit Microchip

Embedded-Intelligenz einfach nutzen – mit erstklassigen Entwicklungstools und bester Software

www.microchip.com/effortless

microchip
DIRECT
www.microchipdirect.com


MICROCHIP

CMOS-BILDSSENSOREN FÜR INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN

Bilder mit Python

CMOS-Bildsensoren haben sich längst zum neuen Standard für Bildverarbeitungssysteme gemausert. Doch viele Kunden sind unsicher, welcher Sensor sich am besten für welche Anwendung eignet. Die Sensorfamilie Python von ON Semiconductor enthält eine breite Palette an Sensoren, mit deren Hilfe sich alle gängigen Herausforderungen in der Bildverarbeitung lösen lassen.

TEXT: Framos BILDER: Framos; iStock, Petekarici

Dank der Fortschritte in der CMOS-Technologie haben sich CMOS-Bildsensoren auf breiter Ebene durchgesetzt. Wenn es um die konkrete Implementierung von CMOS-Sensoren in industriellen Anwendungen geht, sprechen fünf gewichtige Gründe für Python-Bildsensoren aus dem Hause ON Semiconductors: ihre sehr gute Bildqualität, ihre hohe Bandbreite, ihre große Flexibilität, das übersichtliche Family-Design und der sehr gute technische Support.

Exzellente Bildqualität

Das wohl wichtigste Kriterium in jeder industriellen Anwendung ist die Qualität des erfassten Bildes. Wenn die Bildqualität nicht ausreicht, ist alles andere irrelevant. In der industriellen Automatisierung oder in Verkehrsanwendungen müssen hohe Bildraten mit kurzen Belichtungszeiten gewährleistet und gleichzeitig sehr genaue Detailprüfungen und -messungen mit hoher Auflösung durchführbar sein. Die Python-Sensorfamilie wurde speziell für Hochgeschwindigkeitsanwendungen und maschinelles Sehen entwickelt. Sie stellt zahlreiche Leis-



Die Python-Sensoren von ON Semiconductor bieten für die allermeisten Bildverarbeitungsaufgaben eine Lösung.



tungsmerkmale und Funktionen bereit, mit deren Hilfe sich sehr gute Bildergebnisse erzielen lassen:

- Das Global-Shutter-Ausleseverfahren ist optimal, um sich bewegende Objekte ohne Artefakte aufzunehmen. Dank ihrer hohen Global-Shutter-Effizienz lassen sich mit den Python-Sensoren schnelle Bewegungen verzerrungsfrei erfassen. Darüber hinaus zeichnen sich die Sensoren durch ein herausragendes Ausleserauschen ab $9 e^-$, eine hohe Empfindlichkeit von $7,7 \text{ V/lxs}$ und schnelle Bildraten von bis zu 815 Bildern pro Sekunde (VGA) aus.
- Inhärentes statisches Rauschen (Fixed Pattern Noise, FPN), das hauptsächlich durch Abweichungen zwischen der Ansprache der einzelnen Pixel im Pixelarray ausgelöst wird, vermindert die Leistung eines Sensors. Zur Verbesserung der Bildqualität wird bei den Python-Bildsensoren ab 12 Megapixeln eine FPN-Korrektur direkt auf dem Chip ausgeführt.
- Die patentierte ipCDS-Technologie (In-Pixel Correlated Double Sampling) von ON Semiconductor ermöglicht bei

kompekter Pixelgröße eine Global-Shutter-Bildverarbeitung mit korrelierter Doppelabtastung. Dadurch wird das Rauschen reduziert und der Dynamikbereich erweitert. Zudem steht eine exzellente optische Leistung in einer Kombination aus optischen Formaten und Auflösungen zur Verfügung.

Die Pixelabstände der Python-Sensoren sind in Pixelgrößen von $4,5$ und $4,8 \mu\text{m}$ verfügbar. Die Sensoren haben eine hohe Full-Well-Kapazität (bis zu 10.000), ein Signal-Rausch-Verhältnis von 40 dB und eine hohe Dynamik von bis zu 90 dB. Außerdem verfügen sie über eine sehr hohe Pixelempfindlichkeit selbst bei extrem schwacher Beleuchtung. Sensorversionen für den erweiterten Infrarotbereich ermöglichen die Erfassung klarer und rauschärmer Bilder. Somit ist auch bei hohen Anwendungsanforderungen eine exzellente Bildqualität gewährleistet.

Große Bandbreite wichtig

Für hohe Datenübertragungsgeschwindigkeiten und für maximalen Durchsatz ist eine große Bandbreite als Kombination aus Auflösung und Bildrate wichtig. Insbesondere in der Qualitätsprüfung und der industriellen Inspektion müssen Bild-daten sehr schnell erfasst, übertragen und verarbeitet werden. Die Python-Serie bietet hochauflösende Bildsensoren mit einer Geschwindigkeit, die modernen PC-Schnittstellen wie CoaX-Press, 10GigE und USB 3.0 entspricht und diese sogar ausreizt. Ermöglicht wird dies durch eine LVDS-Schnittstelle mit einer



Evaluierungsboards und Dienstleistungsangebote bieten Unterstützung bei der Entwicklung.

großen Bandbreite und 4 bis 32 Kanälen mit einer Gesamtgeschwindigkeit von bis zu 21 Gbps. LVDS ist schneller als 10 GbE und USB3 Vision, und es erlaubt die Ausnutzung aller vier Kanäle des CoaX-Pres-Sechserstandards – dem schnellsten Schnittstellenstandard auf dem Markt. In Anwendungen, bei denen es auf maximalen Durchsatz ankommt, nutzen Python-Sensoren die Kameraschnittstelle optimal aus.

Schutzfolie gegen Beschädigung

Die Python-Serie umfasst ein breites Portfolio für verschiedenste Bildverarbeitungs- und Anwendungsanforderungen. Der Kunde kann zwischen Auflösungen von VGA bis zu 25 Megapixeln wählen. Alle Auflösungen sind in Farbe (Bayer), Monochrom oder als Infrarotversion erhältlich. Zusätzlich gibt es für viele der Sensoren eine vorkonfigurierte Version mit verringerter Bildrate und Leistung, die weniger kostet. Um Sensorschäden während der Integration zu vermeiden, gibt es Modelle mit Schutzfolien über dem Deckglas.

Die Python-Sensoren punkten durch ihre zahlreichen Konfigurationsmöglichkeiten, die eine schnelle und flexible Anpassung der Sensoreinstellungen sowie

zahlreiche Trigger- und Steuerungsoptionen erlauben. Ein weiterer Pluspunkt ist ihre Eignung für einen äußerst breiten industriellen Temperaturbereich von -40 bis 85 °C. Die Sensoren verfügen über programmierbare integrierte Verstärker und 10-Bit-A/D-Wandler. Der Schwarzwert des Bildes lässt sich entweder automatisch kalibrieren oder durch Hinzufügen eines vom Benutzer programmierbaren Schwellenwerts anpassen. Dank der vierpoligen SPI-Schnittstelle lassen sich spezifische Regions of Interest (ROI) gezielt auslesen. Es können bis zu 32 ROIs programmiert werden, wodurch sich die mögliche Bildrate nochmals erhöht. Aus diesem vielfältigen Python-Angebot kann der Kunde den für ihn am besten geeigneten Sensor auswählen und diesen passgenau für seine spezifischen Anforderungen konfigurieren.

Family-Design vereinfacht Anpassung

Die Python-Serie wurde als Familie entwickelt: Alle Sensoren besitzen ähnliche Elektronik- und Designvoraussetzungen. Für Kamerahersteller, Systemintegratoren und OEMs ist das Family-Design ein großer Vorteil, da es die Anpassung der Sensoren vereinfacht, die Time-to-Market verkürzt und die Produktverfügbarkeit

gegenüber dem Endkunden beschleunigt. Mit der Bereitstellung des einheitlichen Designs für die Bildverarbeitungs-Pipeline und die Lieferkette sinken die Entwicklungs- und Bestandskosten.

Support hilft beim Design

Für die komplette Python-Familie sind Evaluierungsboards (EVB) erhältlich. EVB-Kits können während des Design-in-Prozesses als Referenz genutzt werden, um kurze Entwicklungszyklen und eine schnelle Implementierung zu gewährleisten. EVBs sind wertvolle Hilfsmittel, um die Leistung des Sensors zu verstehen und sicherzustellen, dass der Sensor in der Anwendung wie gewünscht funktioniert. Einstellungen und Register können im Vorfeld geprüft werden.

On Semiconductor stellt eine sehr gut etablierte Lieferkette zur Verfügung. Für die Integration von Python-Sensoren in Anwendungen und Projekte stehen die Branchen- und Produktexperten von Framos mit ihrer großen Sensorkompetenz bereit. Darüber hinaus bietet Framos Dienstleistungen wie Entwicklungsunterstützung, kundenspezifische Anpassung und Logistik an. Dieses breite Dienstleistungsspektrum hilft dem Kunden, sein Projekt möglichst effizient zu gestalten. □

Umfrage: Bauteilverknappung in der Elektronik

MANGELVERSORGUNG

Mehr als zwei Jahre müssen Unternehmen zurzeit auf bestimmte Bauteile warten. Gerade die, wenig charmant als Schüttgut bezeichneten passiven Bauelemente, sind Mangelware. Wir haben Distributoren befragt, wie sie mit der aktuellen Situation umgehen und welche Lösungen sie entwickelt haben.

UMFRAGE: Demian Kutzmutz, E&E

BILDER: Andre Reich; Arrow, Bürklin, Rutronik, Schukat, SE Spezial-Electronic; iStock, Sproetnick



MATTHIAS HUTTER

In der Tat übersteigt in einigen Bereichen die Nachfrage die Produktionskapazitäten der Hersteller, einhergehend mit einem guten Marktwachstum speziell in diesen Segmenten. Wir sehen diese Entwicklung vor allem bei Keramik-Kondensatoren (MLCC), Widerständen, Power-MOSFETs, Small-Signal-Komponenten und bei einigen Memory-Produkten. Bei manchen Produkten bestehen diese Engpässe bereits seit zwei bis drei Jahren. Bei Arrow begegnen wir der Problematik in erster Linie damit, Aufträge bei unseren Herstellern rechtzeitig und langfristig zu platzieren. Unsere Kunden profitieren von der vertrauensvollen Zusammenarbeit und den engen Beziehungen, die wir teils über Jahrzehnte mit unseren Herstellern aufgebaut haben. Das A und O ist eine proaktive Auftragsplanung, die wir als Schnittstelle zwischen Hersteller und Kunde managen.

Vice President EMEA Product
Management und Supplier Marketing,
Arrow



ALFRED LIPP

Die Verknappung von Bauteilen ist zurzeit eine der größten Herausforderungen in der Distribution. Am Beispiel der Kondensatoren sprechen wir derzeit von sehr langen Lieferzeiten – in die Monate gehend. Wir animieren unsere Kunden daher, uns rechtzeitig ihre Projekte mitzuteilen, sodass wir entsprechend unseren Einkauf steuern können. Je früher und je umfangreicher uns der Kunde seinen Bedarf wissen lässt, desto schneller können wir auch seine Nachfrage bedienen, weil wir dann entsprechend die Ware auf Lager halten. Für uns als klassischen Distributor ist somit die größte Herausforderung, die Lagermengen so zu kalkulieren, dass alle Bedarfe der Kunden zu jeder Zeit gedeckt werden können. Wir haben uns in diesem Bereich gut vorbereitet und die Erfahrungswerte der letzten Jahre als Planungsgrundlage genommen.

Leiter Vertrieb und Marketing bei
Bürklin



STEFAN FUCHS

Das Thema Allokation wurde von der Distribution unterschätzt. Die Auswirkungen für uns und unsere Kunden sind spürbar. Lieferzeiten von einem Jahr oder länger und die Zurückweisung von Aufträgen seitens einiger Hersteller sind die Realität. Deswegen ist es für uns zum einen wichtig, gute Beziehungen zu Herstellern zu pflegen, die uns dennoch allokierte Ware zur Verfügung stellen. Zum anderen haben wir frühzeitig reagiert und zusätzliche Lagerbestände aufgebaut. Das betrifft beispielsweise die Produktbereiche passive Bauelemente, unter anderem mit Widerständen, Kondensatoren und Induktivitäten oder den Bereich Elektromechanik mit Steckverbindern und Schaltern, in denen wir unseren Kunden eine optimale Verfügbarkeit garantieren können. Es bleibt weiterhin eine große Herausforderung für Conrad, wie für alle Distributoren.

Vice President Conrad Business Supplies



STEFAN SUTALO

Passive Bauteile, speziell MLCCs und Widerstände, gehören heute zu den am schlechtesten verfügbaren Produkten. Mit dem Ziel, unsere Liefermengen zu erhöhen, führen wir regelmäßig auf Topmanagementebene Gespräche mit Herstellern, hauptsächlich in Asien. Dadurch konnten wir dank guter Beziehungen unsere Kapazitäten bereits letztes Jahr aufstocken. Wir haben außerdem die kritischen Artikel bis Ende 2020 disponiert. Da viele Lieferungen von Herstellern nicht mehr sortenrein auf Palette kommen, sind außerdem umfangreiche Sortier- und Einlagerungsprozesse notwendig. Dafür haben wir unser Logistikzentrum um über 50 neue Mitarbeiter aufgestockt. Mit neuen Sonderabläufen verkürzen wir Lieferzeiten zusätzlich. Darüber hinaus bieten wir technische Unterstützung bei der Suche und Implementierung von Alternativprodukten.

Bereichsleiter Passive Bauelemente bei Rutronik



AXEL WIECZOREK

Bei passiven Bauelementen verlängerten sich die Lieferzeiten in der ersten Jahreshälfte 2018 erneut. Betroffen sind unter anderem Induktivitäten und SMD-Dickschichtwiderstände. Für das zweite Halbjahr erwarten wir keine Verbesserung. Einzelne Hersteller kündigten bereits gleichbleibende Bedingungen für 2019 an. Hinzu kommen Abkündigungen etwa der größeren Bauformen von MLCCs. Dadurch wird sich der Markt weiter verschärfen. Um dem entgegenzutreten, haben wir bereits im letzten Jahr begonnen, unser Programm in den kritischen Bereichen breiter aufzustellen. Außerdem führen wir zusätzliche Sicherheitsbestände von Allokationsware, die ausschließlich auf Anfrage verfügbar sind. Wir beraten unsere Kunden auch hinsichtlich Ersatzmöglichkeiten, zum Beispiel von MLCCs durch Polymer-Kondensatoren.

Vertriebsleiter Schukat Electronic



ROLF ASCHHOFF

Wir pflegen mit unseren Lieferanten und Kunden ein sehr enges Verhältnis, planen weit voraus, und halten soweit möglich immer ausreichende Lagerbestände vor. Trotzdem macht sich die massive Verknappung in einigen Produktbereichen inzwischen auch bei uns bemerkbar. Besonders kritisch ist die Situation bei den Keramikkondensatoren (MLCCs). Hier liegen die Lieferzeiten bei bis zu 14 Monaten. Auch die Preise haben angezogen. Bei Steckverbindern nach DIN 41612 sieht die Liefersituation nicht viel besser aus. Hier müssen Anwender derzeit in der Regel Wartezeiten von mindestens zwölf Monaten in Kauf nehmen. Eine baldige, nachhaltige Entspannung ist nicht in Sicht. Das rasante Marktwachstum in Asien lässt eher noch eine Verschlechterung befürchten. Wer nicht Gefahr laufen will, dass seine Produktion still steht, sollte langfristig planen.

Vice President Sales & Marketing von SE Spezial-Electronic

ABGEKÜNDIGTE LEISTUNGSHALBLEITER

Altes Äußeres, moderner Kern

Die rasante Entwicklung der Halbleitertechnologie stellt nicht nur die Besitzer von Smartphones vor die Frage, wie lange sie ihr neu gekauftes Gerät tatsächlich verwenden können. Auch in der weniger schnelllebigen Leistungshalbleitertechnik stehen die Betreiber kostenintensiver Investitionsgüter spätestens nach 15 Jahren vor der Frage, wie sie mit dem Problem fehlender Ersatzteile umgehen sollen.

TEXT: Thomas Schneider, GvA Leistungselektronik BILDER: GvA Leistungselektronik; iStock, Gio Banfi

Ein zwei Jahre altes Smartphone gilt oftmals bereits als veraltete Steinzeittechnik. Und die rasante Entwicklung moderner Kommunikationstechnologie wird sich in den nächsten Jahren wahrscheinlich noch weiter beschleunigen. Die meisten Menschen gehen beim Kauf von Konsumgeräten mittlerweile davon aus, dass diese nach kurzer Zeit wieder ersetzt werden müssen. Nicht etwa, weil sie nicht mehr richtig funktionieren, sondern weil sie der wachsenden Erwartungshaltung von Kunden und auch den technischen Anforderungen nicht mehr gewachsen sind.

Allerdings entwickeln sich nicht alle Bereiche der Elektronikbranche mit solch einer offensichtlichen Geschwindigkeit. In der Leistungshalbleitertechnik zum Beispiel geschehen viele Entwicklungen

und Verbesserungen eher im Verborgenen. Dennoch sind die Evolutionsschritte für die Betreiber von industriellen Anlagen sowie für den Personen- und Frachtverkehr von großer Tragweite. Ein VHS-Videorekorder, der vor 30 Jahren State-of-the-Art war, landete wahrscheinlich bereits vor 25 Jahren wieder auf dem Sperrmüll. Eine Straßenbahn, die vor 30 Jahren gebaut wurde, transportiert aber noch immer Fahrgäste. Und diese erwarten vollkommen zu Recht, dass die Bahn sie sicher und pünktlich an ihr Ziel bringt.



Bei diesem DC-Chopper wurden die RLT-Thyristoren durch schnelle Thyristoren und externe Freilaufdioden ersetzt.



Auch in der Leistungselektronik werden Bauelemente abgekündigt und durch neue ersetzt: Die Quantensprünge in der Halbleitertechnik veranlassen einen Hersteller irgendwann dazu, eine alte Produktgeneration nicht mehr zu fertigen. Auch in der Leistungselektronik werden diese Lebenszyklen immer kürzer. Was tun, wenn die Hersteller keine Ersatzteile mehr anbieten, die Anlagen aber noch weiter betrieben werden sollen? Spätestens dann wird es eng: Denn alle jetzt ausgelösten Aktionen sind entweder kostspielig (weil entwicklungsintensiv) oder qualitativ fragwürdig – zum Beispiel, wenn angebliche Restbestände über Broker angeboten werden, die in den seltensten Fällen eine Garantie für die Herkunft der Bauteile geben.

Retrofit sichert den Weiterbetrieb

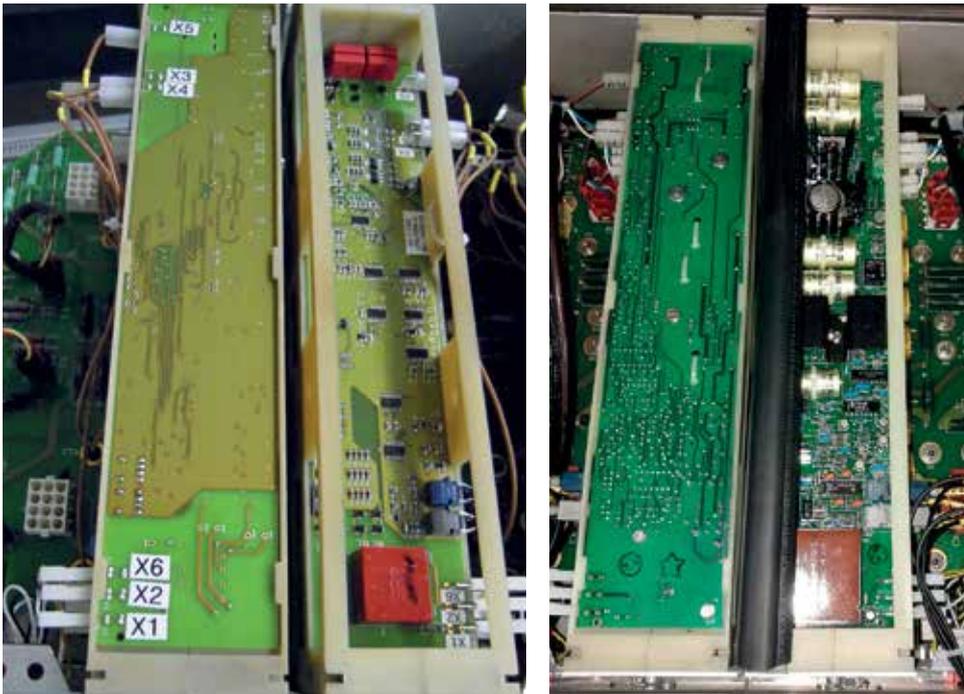
Dann vielleicht doch eine komplett neue Anlage, Straßenbahn oder Lokomotive kaufen? Das Controlling wird sich mit Sicherheit querstellen. Also muss eine Alternative her. Diese Alternative heißt Retrofit. Unter Retrofit versteht die GvA Leistungselektronik den system- und kostenoptimierten Austausch von nicht mehr auf dem Markt verfügbaren Leistungshalbleitern beziehungsweise leistungselektronischen Baugruppen durch ein funktional gleichwertiges Element mit modernster Technik. Bei der Dimensionierung des Ersatzelements werden die elektrischen, mechanischen und thermischen Charakteristiken des Originals zugrunde gelegt, so dass alle peripheren Systemkomponenten wie Controller, Drosseln, Sensoren, Leitungen und natürlich die eigentliche Last in ihrer originalen Ausführung beibehalten werden können. Die Steuer- und Überwachungsschnittstellen zwischen der neuen Baugruppe und der bestehenden Anlagensteuerung erhalten dieselben Pegel und kompatible Stecker-, Buchsen- oder Klemmleisten. Somit kann ein Retrofit-Gerät auch „Plug'n Play“ sein. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass man bei Retrofit-Umbauten die Betriebszulassungen nicht verliert und keine komplexen Zertifizierungsprozesse neu durchlaufen muss.

Ein typisches Beispiel für eine Retrofit-Anwendung sind schnelle Thyristoren, die in einem Umrichter für die Bandstahlerwärmung eingesetzt wurden und plötzlich nicht mehr lieferbar waren. Ursprünglich war geplant, die Anlage in einem überschaubaren Zeitraum sukzessive abzuschalten und eine komplett neue Erwärmanlage zu kaufen. Nach einer Bestandsaufnahme durch GvA stand plötzlich die Option im Raum, die abgekündigten schnellen Thyristoren durch eine neue Leistungsstufe mit IGBTs zu ersetzen.

Ersatz für schnelle Thyristoren

Das ursprüngliche Erwärmsystem bestand aus drei einphasigen Serienresonanz-Umrichtern mit einer Wirkleistung von je 400 kW bei einer Resonanzfrequenz von 10 kHz. Die Leistungsstufe war mit schnellen Thyristoren bestückt, entsprechend war die Umrichterregelung auf das Schaltverhalten von Thyristoren ausgelegt. Im Rahmen des Retrofits ergaben sich folgende Arbeiten:

- Die Konstruktion einer B2-IGBT-Brücke mit Wasserkühlung und niederinduktivem Zwischenkreis. Sie musste in den vorhandenen Einbauraum der ursprünglichen Thyristorbrücke passen. Dabei konnten die bereits vorhandenen DC-Zwischenkreiskondensatoren weiterhin verwendet werden.
- Entwicklung einer IGBT-Treiberschaltung, die das Verhalten von Thyristoren emuliert, also den IGBT mit nur einem Zündbefehl einschaltet und bei einem Laststrom < 0 selbsttätig abschaltet.
- Design einer Interface-Schaltung zur Anpassung der Steuersignalpegel und Sensorsignale.
- Anpassung der leistungsseitigen Komponenten (zum Beispiel die bei Thyristoren erforderlichen di/dt-Stufendrosseln), die bei der neuen IGBT-Brücke nicht mehr gebraucht wurden.



Diese Retrofit-Ansteuerung neuer IGBT-Module (links) basiert auf der Ansteuerung für die alten bipolaren Transistormodule (rechts).

Damit konnte die bestehende Anlage zu einem Bruchteil der Neuanschaffungskosten weiterbetrieben werden. Und nicht nur das: In bestimmten Betriebspunkten wurde sogar eine Leistungssteigerung erreicht!

Schwierigkeit: RL-Thyristoren ersetzen

Während schnelle Thyristoren (Frequenzthyristoren) immer noch von einigen Herstellern in eingeschränkter Auswahl angeboten werden, sind die Zeiten rückwärtsleitender Thyristoren (RLT) endgültig vorbei. Zweifellos hatten diese Bauelemente ihren Charme, vereinten sie doch zwei Funktionen, Thyristor und antiparallele Freilaufdiode, in einem Gehäuse. Mit ihrer Hilfe ließen sich sehr kompakte Umrichter realisieren, zum Beispiel DC-Chopper für Straßenbahnantriebe.

Auch beim RLT-Retrofit kann GvA auf eine lange Erfahrung zurückblicken. Als Beispiel dient ein DC-Chopper mit 200 kW bei 750 V, der in der für Scheibenzellen typischen Stack-Bauweise im Spannverband realisiert war. Irgendwann war die Produktion der RLTs eingestellt worden, dennoch sollte der Betrieb der betroffenen Straßenbahnen aufrechterhalten werden. Daher wurde GvA mit der Umrüstung aller Fahrzeuge beauftragt. Die besondere Herausforderung lag dabei im extrem eingeschränkten Bauvolumen, da die mechanischen Abmessungen des neuen Stacks dieselben sein mussten wie beim alten RLT-Stack. Die praktische Umsetzung verlief wie folgt:

- Ersetzen von jeweils zwei in Serie geschalteten RLTs mit einer Sperrspannung von je 1.200 V durch einen Thyristor und eine Freilaufdiode mit einer Sperrspannung von jeweils 3.200 V
- Anpassung der äußeren Verschaltung des Stacks
- Anpassung der Schutzbeschaltungen der Thyristoren und Dioden an die höhere Spannungsbelastung
- Beibehaltung der mechanischen Abmessungen und der Lage der Stromschienen für die Zuleitung
- Beibehaltung des vorhandenen Heat-Pipe-Kühlsystems

Im direkten Vergleich des alten RLT-Aufbaus mit der Retrofit-Version ist außer den geänderten Snubber- und Schutzbeschaltungen fast kein Unterschied erkennbar. Die modernen Thyristoren und Dioden fügen sich perfekt in die existierende Mechanik ein. Die neuen elektrischen Eigenschaften der gesamten Chopper-Baugruppe lassen deren Betrieb mit allen vorhandenen externen Bauelementen zu, ohne die EMV-Bilanz wesentlich zu verändern.

IGBTs statt bipolaren Transistormodulen

Ein weiteres elektrotechnisches Relikt sind bipolare Transistoren. In den 1970er und 80er Jahren wurden diese Bauteile auch in der Leistungselektronik eingesetzt. Ihr schnelles Schaltverhalten ermöglichte die Realisierung von PWM-Umrichtern bis in den mittleren Leistungsbereich von mehreren hundert kW. Auch

Schaltungstopologien wie 3-Level-NPC, die in den letzten Jahren im Rahmen der Effizienz- und EMV-Diskussion bei Photovoltaik-Umrichtern wieder in den Fokus rückten, wurden damals schon genutzt. Allerdings ereilte den bipolaren Transistor dasselbe Schicksal wie den RLТ: Die Hersteller stoppten die Produktion zugunsten der weit überlegenen IGBTs.

Die sich heute noch im Einsatz befindlichen Bipolar-Umrichter tummeln sich vor allem im Bereich der leichten Traktion, zum Beispiel in Straßenbahnen aus den 1990er Jahren. Um diese Züge noch ein paar weitere Jahre zuverlässig auf den Schienen zu halten, bietet GvA für die Antriebsumrichter eine Umrüstung auf moderne IGBT-Leistungsmodule an. Auch bei diesem Retrofit-Projekt steht der bedingungslose Plug'n-Play-Gedanke an erster Stelle:

- Austausch der bipolaren Transistormodule gegen baugleiche IGBT-Module
- Beibehaltung des DC-Zwischenkreises inklusive der existierenden Stromschienen
- Design einer IGBT-Treiberstufe zur Umrichtersteuerung, mit identischen mechanischen Abmessungen und elektrischen Schnittstellen
- Anpassung der Dynamik der IGBT-Module, sodass alle Umrichter, externen Komponenten und Schutzbeschaltungen der Transistoren beibehalten werden können
- Keine Änderung des EMV-Spektrums des Gesamtsystems

Lohnt sich der Aufwand für Retrofit?

Im Vorfeld eines Retrofit-Projekts bietet GvA eine ausführliche Beratung an, um dem Kunden alle technischen und kommerziellen Möglichkeiten aufzuzeigen. Natürlich lassen sich nicht alle Anlagen in jedem Zustand sinnvoll „restaurieren“. Es ist wie bei einem Kfz-Oldtimer: Eine heruntergewirtschaftete Karosse, deren Besitzer sich nicht um die Instandhaltung gekümmert hat, sondern nur auf „Null Kosten“ aus war, lässt sich nicht wirtschaftlich sinnvoll wiederbeleben. Ein Fahrzeug jedoch, das regelmäßig gewartet wurde und dessen Verschleißteile rechtzeitig ersetzt wurden, kann seinen Besitzer selbst im Fall eines kapitalen Motorschadens noch lange erfreuen, wenn ein entsprechender Austauschmotor eingebaut wird. □

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
Alpha Numerics	20	Hitex	63
Ansys	24	Hy-Line Power Components	72, 81
Arrow	45	Infineon Technologies	67, 68, 82
Becker & Müller	61	Kette	8
Beta Layout	17	Lapp	34
BJZ	U3	MES Electronic Connect	36
Börsig	29	Mesago	19
Bürklin Elektronik	45	Messe München	15
Cadence	16	Microchip	41
Conrad Business Supplies	11, 45	Microsemi	38
Detakta	5	Mitsubishi Electric Europe	83, U4
Display Elektronik	23	ODU	31
EA Elektro-Automatik	73	ON Semiconductors	76
Elektrosil	75	Phoenix Contact	28, 33, 37
e-Monday	65	RISC-V Foundation	38
Fischer Elektronik	77, 79	Rutronik	3, 45
Framos	42	Schukat Electronic	45
Fraunhofer FEP	6	SE Spezial-Electronic	45
FTCAP	60	Semikron	27, 84
Fuji Electric Europe	80	wts // electronic components	52
GVA Leistungselektronik	48	Würth Elektronik eiSos	56, 59, 62

IMPRESSUM

Herausgeber Kilian Müller

Redaktion Florian Streifinger (Managing Editor/verantwortlich/-28), Roland R. Ackermann (freier Mitarbeiter), Isabel Diedenhofen (-38), Selina Douhal (-34), Anna Gampenrieder (-23), Ragna Iser (-98), Demian Kutzmutz (-37), Florian Mayr (-27)

Newsdesk newsdesk@publish-industry.net

Anzeigen Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-18), Vitor Amaral de Almeida (-24), Beatrice Decker (-13), Caroline Häfner (-14), Veronika Muck (-19), Maja Pavlovic (-17), Julia Rinklin (-10), Katrin Späth (-99); Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2018

Sales Services Ilka Gärtner (-21), Franziska Gallus (-16), Marina Schiller (-20); sales@publish-industry.net

Marketing & Vertrieb Anja Müller (Head of Marketing), Alexandra Zeller (Product Manager Magazines), David Löffler (Kampagnenmanager)

Herstellung Veronika Blank-Kuen

Verlag publish-industry Verlag GmbH, Machtfinger Straße 7, 81379 München, Germany
Tel. +49.(0)151.58.21.19-00, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net

Geschäftsführung Kilian Müller, Frank Wiegand

Leser- & Aboservice Tel. +49.(0)61.23.92.38-25 0, Fax +49.(0)61.23.92.38-2 44; leserservice-pi@vuserice.de

Abonnement Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 9 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährliche, als Sondernummer erscheinende E&E-Kompendum.

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@vuserice.de

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

Druck Firmengruppe APPL, sellier druck GmbH, Angerstraße 54, 85354 Freising, 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 FSC®-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO₂-neutral.

Mitglied der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern e.V. (IWV), Berlin



Der CO₂-neutrale Versand mit der Deutschen Post



Wolfgang Tschierswitz, Geschäftsführer von wts // electronic components

Die aktuelle Bauelementeallokation betrifft Wolfgang Tschierswitz direkt. Schließlich sind viele der knappen Komponenten passive Bauteile. Mit seinem Unternehmen wts // electronic components hat sich Tschierswitz auf die Distribution von passiven Bauelementen spezialisiert. Die Verknappung überraschte ihn deshalb nicht, zeichnete sie sich für ihn doch bereits seit längerem ab. Zu Beginn stieß er mit seinen Warnungen aber noch auf taube Ohren. Tschierswitz ist schon lange in der Branche unterwegs. 1992 gründete er die Industrievertretung wts // electronic in Hannover. Aus dieser wurde 2003 dann der Distributor wts // electronic components, dessen Geschäftsführer Tschierswitz ist.

„Firmen müssen Alternativen zu Bauteilen einplanen“

Zwei Jahre Wartezeit auf einen Widerstand - vor Kurzem war das noch unvorstellbar. Deshalb traf die Verknappung bei passiven Bauelementen viele Unternehmen auch vollkommen unvorbereitet. Wie Firmen mit der schwierigen Situation umgehen können, erklärt Wolfgang Tschierswitz, Geschäftsführer von wts // electronic components, im Interview.

INTERVIEW: Florian Streifinger, E&E **BILD:** wts electronic components

E&E: Wie lange sind zurzeit bei Ihnen die Lieferzeiten für Widerstände?

Wolfgang Tschierswitz: Bei MELF-Widerständen des Herstellers Vishay liegen wir aktuell bei 90 bis 137 Wochen. Wenn Sie also jetzt bestellen, erhalten Sie Ihre Widerstände in gut zweieinhalb Jahren. Deshalb haben wir auch bereits Aufträge für 2020 und 2021.

Bei Vishay soll die Situation besonders schwierig sein.

Das stimmt. Vishay ist bei MELF-Widerständen und bestimmten Flach-Chip-Widerständen der Weltmarktführer. Auch technisch sind sie die besten am Markt. Deshalb gibt es besonders viele Designs nur mit diesen Widerständen.

Bei welchen passiven Bauteilen gibt es zurzeit Lieferengpässe?

Das betrifft vor allem Widerstände und Kondensatoren. Lieferengpässe gibt es wie gesagt vor allem bei MELF-Widerständen, besonders beim Micro-MELF. Bei Kondensatoren sind es besonders Keramik- und Elektrolyt-Kondensatoren. Da nehmen viele der großen Hersteller schon kaum noch Aufträge an oder bestätigen weder Preis noch Lieferzeit. Keramik-Hochvolt-Kondensatoren bei unserem Hersteller Knowles, haben mit 25 Wochen noch verhältnismäßig kurze Lieferzeiten.

Wie ist das bei Ihnen, bestätigen Sie noch Preise?

Uns geht es ganz genauso. Wir nehmen zwar Aufträge an, weisen aber darauf hin, dass wir den aktuellen Preis nicht garantieren können. Eine Preiszusage bei zweijährigen Lieferzeiten ist einfach nicht möglich. Niemand weiß, wie sich diese bis 2020 oder 2021 entwickeln. Zumal bereits einige Hersteller angekündigt haben, dass sie spätestens zum kommenden Jahreswechsel die Preise anheben werden.

Wie stark werden diese steigen?

Wir gehen von Erhöhungen im zweistelligen Prozentbereich aus. Bei keramischen Kondensatoren sind mittlerweile Preiserhöhungen von 70 Prozent völlig normal. Dazu werden die neuen Preise von den Herstellern immer mit einer Backlog Anpassung verbunden.

Passive Bauelemente werden oft als Massenware gesehen, als Schüttgut. Auf solche Preiserhöhungen waren sicherlich viele Firmen nicht vorbereitet.

Das war die eigentliche Schwierigkeit in der Vergangenheit. Deshalb hat kein Anwender die Warnungen vor Allokationen ernst genommen. Bisher waren diese Bauteile immer verfügbar. Wenn ein Distributor keine auf Lager hatte, sind die Anwender zum nächsten gegangen. Jetzt sind bei allen die Lager leer. Das ist eine komplett neue Situation für die Kunden.

Wann wird sich die Situation wieder entspannen?

Das ist schwer zu sagen. 2019 und 2020 werden sich die Lieferzeiten nicht signifikant verkürzen. Die Hersteller haben zwar angekündigt, in zusätzliche Fabriken und Maschinen zu investieren. Es dauert aber mindestens ein Jahr, wenn nicht länger, bis die Produktion dann wirklich anläuft. Außerdem wächst der Bedarf an diesen Bauelementen auch beständig. Für Smartphones gibt es zum Beispiel Prognosen, dass zukünftig zehn bis fünfzehn Prozent mehr keramische Kondensatoren benötigt werden. Im Automotive-Bereich sollen es sogar bis zu vierzig Prozent mehr sein. Auch in Ländern wie China und Indien steigt die Nachfrage nach diesen Anwendungen sehr stark an.

Ist der höhere Bedarf der Hauptgrund für die Verknappung?

Es ist ein Grund, aber nicht der hauptsächliche. Bauelemente wie Widerstände und Kondensatoren waren in der Vergangenheit einem ständigen Preisdruck ausgesetzt. Bei jeder Bestellung versuchten die Firmen, den Preis zu drücken. Einige Hersteller haben deshalb bestimmte Produktgruppen, beispielsweise Dickschichtwiderstände, abgekündigt. Die Fertigung war einfach nicht mehr lukrativ oder kostendeckend. Außerdem wollen aus Kostengründen immer weniger Hersteller große Baugrößen wie etwa 0805 oder 1206 fertigen. Gerade im Konsumbereich werden vor allem kleine Baugrößen, wie 0402, 0201 oder 01005 verbaut. Für die Hersteller rentiert es sich, kleine Widerstände zu fertigen. Aus einem Substrat bekommen sie ungefähr zwanzigtausend Widerstände der Größe 0402, aber nur zehntausend der Größe 0805 heraus. Für europäische Firmen wird das zum Problem, weil sie vor allem große Baugrößen verbauen. In Asien nutzen die Firmen hauptsächlich 0402 und kleiner. Die Entwicklungsabteilungen europäischer Unternehmen müssen deshalb umdenken und kleinere Baugrößen in die Designs einbeziehen.

Welche Rolle spielen sogenannte Spekulationskäufe, also das Aufkaufen von bestimmten Produktgruppen, um die Preise in die Höhe zu treiben?

Eine gewisse Blase ist sicherlich dabei. Als sich die Verknappung abzeichnete, haben sich einige Unternehmen bestimmt mit mehr Bauteilen eingedeckt, als sie eigentlich benötigten. Einfach um vorzusorgen. Entscheidend für die momentane Situation ist das aber nicht.

Sie haben erwähnt, dass die Hersteller von Widerständen und Kondensatoren ihre Fertigung ausweiten werden. Wird das ausreichen, um den Bedarf zu decken?

Da bin ich skeptisch. Die Hersteller werden ihre Produktionsmengen in einem vertretbaren Umfang erhöhen. Einen riesigen Ausbau wird es aber sicher nicht geben. Die Hersteller wissen schließlich auch, dass sich die Situation schnell wieder ändern kann. Und dann würden sie auf ihren Maschinen sitzen und könnten mit ihren riesigen Kapazitäten nichts anfangen. Bei Keramik-Kondensatoren investieren die Marktführer gerade sehr stark in die Produktion von Kleinbaugrößen. Wie gesagt ist der Bedarf bei diesen deutlich höher als bei den großen Baugrößen.

Wie gehen Sie bei wts mit den langen Lieferzeiten um?

Als wir die ersten Anzeichen davon bemerkten, haben wir sofort unsere Kunden per E-Mail und Telefon auf die Gefahr hingewiesen. Damals lagen die Lieferzeiten bei etwa 20 bis 30 Wochen. In vielen Fällen sind wir dafür belächelt worden. Wir haben uns dennoch sofort nach zusätzlichen Herstellern umgesehen und unseren Kunden diese Alternativen vorgeschlagen. Die Anzahl der Auswahloptionen ist allerdings begrenzt bei MELF-Widerständen. Bei diesen gibt es weltweit nur drei in Frage kommende Hersteller. Mittlerweile sind die natürlich auch alle ausgebucht. Die Lieferzeiten haben zwar noch nicht das Niveau wie bei Vishay erreicht, aber mit circa 50 Wochen muss man auch dort rechnen.

Immer noch eine sehr lange Zeit...

Auf jeden Fall. Trotzdem sind das 70 Wochen weniger. Mit der Hinzunahme von zusätzlichen Herstellern sind wir sehr erfolgreich. Viele unserer Industriekunden haben mittlerweile einen zweiten und dritten möglichen Hersteller freigegeben. Da können wir dann gut variieren und dem Kunden die Bauteile desjenigen liefern, die früher verfügbar sind. Außerdem haben wir mit vielen Kunden bis 2020 oder sogar 2021 durchdisponiert. Das hilft natürlich auch die Situation zu entspannen.

Konnten Sie für alle Komponenten Alternativen finden?

Nicht für alle, aber immerhin für 90 bis 95 Prozent. Wir haben mittlerweile eine Partnerschaft mit KOA. Die hilft uns sehr stark, gerade im Bereich Shunt-Widerstände. Für manche Bauteile existiert aber kein Ersatz, weil es für deren Spezifikationen und Bauformen einfach keine Alternative gibt. Manche Anwendungen reizen die Widerstände oder Kondensatoren auch so stark aus, dass keine anderen in Frage kommen.

Haben Sie ein Beispiel dafür?

Viele Hersteller bieten Micro-MELF-Widerstände der Baugröße 0102 mit 0,2 W an. Der Micro-MELF von Vishay hat aber als Power-Variante 0,3 W. Viele Kunden nutzen genau diese 0,3 W aus. Deshalb können wir ihnen nicht einfach einen anderen 0102-Micro-MELF anbieten. Darum ist es so wichtig, dass wir mit der Technik- und Entwicklungsabteilung der Kunden eng im Gespräch sind. Damit wir die Anforderungen an die Bauteile genau kennen.

Werden Sie die zusätzlichen Hersteller in Zukunft weiterhin im Sortiment behalten oder ist das nur eine vorübergehende Erweiterung?

Das behalten wir bei. Vor allem unsere High Runner, wie MELF- und Flach-Chip-Widerstände, bieten wir auch zukünftig parallel von mindestens zwei Herstellern an. Wir gehen davon aus, dass die Kunden auch nach einer Entspannung der Lieferzeiten weiterhin offen für gleichwertige Bauteile von mehreren Herstellern bleiben. Es also für sie keine große Rolle spielt, von welchem Hersteller die Komponente jetzt stammt. Solange natürlich auch der Preis stimmt.

Wie gehen Firmen mit der aktuellen Situation am besten um?

Ganz wichtig ist es wie gesagt langfristig zu disponieren, also bis 2020, besser noch bis 2021. Wichtig ist es auch mit der Entwicklung zu sprechen und Bauteile von zusätzlichen Herstellern freizugeben. Mindestens einer sollte es sein, noch besser sind natürlich zwei oder drei. Eine weitere Option sind andere Baugrößen oder Ausführungen von Bauteilen. Teilweise lassen sich etwa Widerstände mit kürzeren Lieferzeiten verwenden. Das sollten Unternehmen ebenfalls überprüfen. Wir stehen unseren Kunden dabei natürlich beratend zur Seite.□

In 10 Jahren zum Hightech Innovation Center

Würth Elektronik eiSos hat sich in den letzten Jahren deutlich vergrößert – sowohl durch eigenes Wachstum, als auch durch Akquisitionen. Welche Herausforderungen so ein dynamisches Wachstum mit sich bringt, zeigt die rasante Entwicklung am Standort München. 2020 soll deshalb ein neues Gebäude in München-Freiham bezogen werden.

TEXT + BILDER: Würth Elektronik eiSos

Das erste Büro der Würth Elektronik eiSos in München wurde im Juli 2011 eröffnet. Auslöser war die damalige Übernahme des US-amerikanischen Transformatorenherstellers Midcom aus Süd Dakota. Es entstand die für den Vertrieb in den Vereinigten Staaten wichtige Würth Electronics Midcom. In München-Moosach wurde mit zwei, später mit sechs Mitarbeitern die Midcom Europe eröffnet. Im Januar 2012 fasste dann auch die Muttergesellschaft Fuß in München. In einem Bauernhof in Aschheim wurde

das Büro von Würth Elektronik eiSos eingerichtet, das als Talentschmiede und als Design Center fungieren sollte. Die Halbleiterindustrie bekam dort Unterstützung in Design-Fragen, zum Beispiel beim Thema EMV.

Diese Entwicklung kann im Rückblick als „Urknall“ am Standort München gewertet werden. Bereits im Oktober 2012 waren die Büros in Aschheim und Moosach überbesetzt. Ein neuer Standort wurde gesucht. Im Sommer

2013 zogen in Garching auf einer neuen Mietfläche mit 1.000 m² Fläche beide Büros zusammen. Das neue Büro schien reichlich Platz zu bieten: Mehr als 50 Mitarbeiter und ein 150 m² großes Labor wurden dort angesiedelt. Im selben Jahr brachte Würth Elektronik eiSos das erste Mag13C Power Modul heraus – eine Entwicklung der Münchner Teams. Der DC/DC-Wandler mit integriertem Regler-IC, Induktivität und Kondensatoren wurde ein großer Erfolg. Ende 2013 bekam die Niederlassung in

Garching weitere Aufgaben. Ein Production Excellence Team begann damit, die weltweiten Warenflüsse und Einkäufe, Produktionsmethoden und die Ressourcennutzung zu optimieren. Im folgenden Jahr mussten dafür weitere 500 m² angemietet werden. 70 Mitarbeiter waren mittlerweile am Standort tätig. Im Jahr darauf begann die Schwesterfirma Würth Elektronik Circuit Board Technology die Büros in Garching mit zu nutzen. Schnell zeichnete sich ab, dass die Kapazitätsgrenze des Standorts bald erreicht wäre.

Immer mehr innovative Technologien wurden hier bearbeitet. In dem Team aus jetzt 20 Nationalitäten arbeiteten zum Beispiel Experten für Themen wie kabellose Energieübertragung oder Sensorik. Seit 2016 liegen Leitung und strategische Ausrichtung des Produktbereichs Wireless Connectivity in der Verantwortung der Münchner Niederlassung.

2017 dann die große Entscheidung: Würde man im Raum München andere, größere Räume anmieten oder sogar

selber bauen? Die Leitung der Würth Elektronik eiSos Gruppe entschied sich für die große Lösung: Ein Hightech Innovation Center soll in München-Freiham entstehen. Bereits im August 2018 begannen die ersten Arbeiten auf dem Grundstück. Bis Oktober 2020 soll die neue Niederlassung mit 13.600 m² Büro- und Laborflächen bezugsfertig sein. Dann werden in München auch weltweite Forschungs- und Entwicklungsinitiativen der Unternehmensgruppe gebündelt.

2011
Würth Electronics Midcom eröffnet Büro in Moosach.



2012
Die Standorte in Aschheim & Moosach werden zu klein. Die Suche nach einem neuen Standort beginnt.

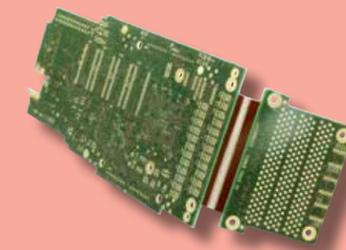
2013
Umzug nach Garching: Der Standort bietet 1.000 m² mit 150 m² Laborfläche und Platz für 50 Mitarbeiter.



2014
Erweiterung der Niederlassung auf 1.500 m² und eine Kapazität von 70 Mitarbeitern



2015
Würth Elektronik CBT (Leiterplattenbau) kommt mit an den Standort.



2017
Die Entscheidung für eigenes Bauprojekt für mindestens 800 Mitarbeiter fällt.



2020
Voraussichtlicher Termin für Eröffnung des Würth Elektronik eiSos Hightech Innovation Center München

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2020



2012
Würth Elektronik eiSos eröffnet Niederlassung in einem Bauernhof in Aschheim.

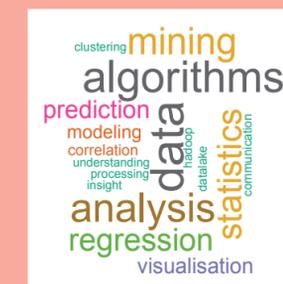
2013
Erstes Mag13C Power Modul kommt als Entwicklung der Münchner Niederlassung auf den Markt.



2013
Start des weltweiten Production Excellence Teams



2014
Die ersten beiden Azubis starten ihre Ausbildung am Standort.



2015
Big Data Department wird gegründet – Datenbündelung, Datenflüsse und Datenauswertung erhalten mehr Gewicht



2016
Münchner Standort verantwortet neue Produktgruppe Wireless Connectivity

2018
Wir haben zu Beginn dieses Jahres eine weitere Mietfläche mit 250 m² für 25 Personen am Standort München eröffnet.



2018
Festlegung auf Standort München-Freiham

Interview zum neuen Hightech Innovation Center

„Wir wollen noch intensiver mit unseren Kunden zusammenarbeiten“



13.600 m² Büro- und Laborfläche entstehen gerade am neuen Standort von Würth Elektronik eiSos in München-Freiham. Der Elektronikhersteller möchte dort seine elektronischen Komponenten weiterentwickeln, aber auch noch intensiver mit Kunden zusammenarbeiten. Was genau Würth dort plant, erklärt Oliver Opitz, Vice President Wireless Connectivity & Sensors, im Interview.

TEXT + BILD: Würth Elektronik eiSos

2020 soll das Hightech Innovation Center (HIC) von Würth Elektronik eiSos in München-Freiham eröffnet werden. Was unterscheidet das HIC vom bestehenden Designcenter in Garching?

Oliver Opitz: Vor allem die Größe. (lacht) Ansonsten möchten wir die gute Arbeit, die wir in Garching geleistet haben, einfach weiter ausbauen. Wir wollen uns im HIC noch stärker auf die Entwicklung von passiven und aktiven Bauelementen konzentrieren, aber auch Mikrosysteme, etwa unsere Power- und Connectivity-Module, weiter verbessern. Dafür benötigen wir deutlich mehr Laborfläche und eine bessere Ausstattung an Messmitteln.

Werden dort auch gemeinsam mit Kunden Projekte entwickelt oder ist es eine reine interne Entwicklungsstelle?

Wir entwickeln im HIC hauptsächlich interne Projekte. Aber für unsere Kunden besteht auch die Möglichkeit, die dortigen Labore zu nutzen. Das war bisher bereits der Fall und das möchten wir auch am neuen Standort beibehalten. Gerade für kleinere mittelständige Firmen ist das eine gute Möglichkeit, da sie oft nicht über die nötige Ausrüstung verfügen. Da sind wir sehr offen und wollen noch intensiver mit unseren Kunden zusammenarbeiten.

Im HIC betreiben Sie somit nicht nur Grundlagenforschung, sondern setzen auch ganz konkrete Projekte um?

Genau. Es ist uns sehr wichtig, dass wir nicht ins Blaue hinein entwickeln, sondern an kundennahen Produkten arbeiten. Natürlich spielt für diese auch eine gewisse Grundlagenforschung eine Rolle. An dem neuen Standort stehen aber ganz klar die Produkte im Vordergrund.

Wie kam es zu der Entscheidung für den Standort München-Freiham?

Die fiel uns relativ leicht. Der aktuelle Fachkräftemangel betrifft uns natürlich auch. Wir möchten deshalb auch Facharbeiter aus anderen Ländern zu uns lotsen. Diesen möchten wir beides anbieten können: das ländliche Umfeld an unserem Hauptsitz in Waldenburg, aber auch das städtische Flair in München. Außerdem sitzen in München einige wichtige Partner von uns, wie Infineon, Texas-Instruments und Analog-Devices. Auch die Zusammenarbeit mit der Universität vor Ort funktioniert sehr gut. Und für unsere Außendienstmitarbeiter ist München dank des nahen Flughafens als Standort ideal. □



KONDENSATOREN FÜR PISTENBULLIES

Den Zwischenkreis in Hybridfahrzeugen stabilisieren

In Hybridfahrzeugen müssen die Energieströme zwischen den verschiedenen Komponenten genau kontrolliert werden. Eine wichtige Rolle spielen dabei Zwischenkreiskondensatoren, die das Traktionsnetz stabilisieren und puffern. Für Pistenbullies mit Hybridantrieb hat der Hersteller FTCAP modulare Kondensatoren entwickelt, die zyklenfest und temperaturbeständig sind und eine lange Lebensdauer haben.

TEXT: Jens Heitmann, FTCAP BILDER: Sensor-Technik Wiedemann

In den letzten Jahren hat die mobile elektrische Antriebstechnik und die Elektrifizierung von Fahrzeugen deutlich an Relevanz gewonnen. Der Fokus liegt dabei auf hybriden Antrieben, welche ein wichtiger Zwischenschritt zum vollständig elektrischen Fahren sind. Auch Anwendungen jenseits der Straße, also zum Bei-

spiel Land- und Baumaschinen, können von kombinierten diesel-elektrischen Antrieben profitieren.

Das Unternehmen Kässbohrer Geländefahrzeug, ein Hersteller von Pistenpräparierungsfahrzeugen, entwickelte zusammen mit Sensor-Technik Wiedemann

(STW) einen Antrieb für den Pistenbully 600 E+. Der hydrostatische Fahrentrieb wurde durch ein diesel-elektrisches System ersetzt. Die zwei Hydraulikpumpen tauschten die Ingenieure gegen Generatoren, den Hydromotor an jeder Kette gegen eine elektrische Maschine aus. Dadurch und auch durch den generatorischen Be-



PCB SPECIALS

Plangenaue Punktgenaue Innovativ

→ Exklusivität

Kompetenz
in exotischen Materialien

→ Leistungsstärke

Leiterplatten und Kupfer-
schichten in extremen Stärken

→ Präzision

Minimalste
mechanische Toleranzen

Spezialisten für bahnbrechende Leiterplatten



Becker & Müller
Schaltungsdruck GmbH

Tel.: +49 (0)7832 9180-0

www.becker-mueller.de

trieb der Motoren beim Bergabfahren und eine Drehzahlregelung je nach Geländebeschaffenheit entstehen Treibstoff-Einsparungen von bis zu 20 Prozent.

Fahrzeugstillstand vermeiden

Im Pistenbully 600 E+ ist die Power-MELA-C-Serie verbaut. Dabei handelt es sich um Motor-Generator-Einheiten mit Frequenzumrichter. „MELA steht für Mobile Elektrische Antriebstechnik“, erläutert Dietmar Schräge, Senior Sales Manager bei STW. „Wir haben für dieses Programm zahlreiche Komponenten entwickelt, die sich je nach Anwendung baukastenartig zusammenstellen lassen“, ergänzt er.

Wichtig für die Hybrid-Systeme ist das Powermanagement. „In einem Hybrid-Fahrzeug gibt es diverse Energieerzeuger und -verbraucher. Manche Komponenten wie Batterie oder Motor und Generator können sogar abwechselnd Energie aufnehmen oder abgeben“, verdeutlicht Schräge. „Deshalb müssen die Energieströme kontrolliert werden“, erklärt er. Wenn eine Komponente zu viel Energie entnimmt, wird der Zwischenkreis leergesaugt und das Fahrzeug bleibt stehen. Wird hingegen zu viel eingespeist, steigt die Spannung zu sehr an. Eine wesentliche Rolle bei diesem Balance-Akt spielen Kondensatoren, die STW vom Kondensatorhersteller FTCAP bezieht.

Bei den Hybrid-Antrieben von STW liefert ein Dieselmotor Energie und treibt einen Generator an. Die mechanische

Energie des Dieselmotors wird so in elektrische Energie umgewandelt und steht dann im Zwischenkreis zur Verfügung. „Die Kondensatoren haben die Aufgabe, die elektrischen Netze miteinander auf einer gemeinsamen Gleichspannungsebene zu koppeln und den welligen Spannungsverlauf im Zwischenkreis zu stabilisieren und zu puffern“, erläutert Schräge. Nötig ist das unter anderem, weil die elektrischen Komponenten sehr schnell Energie entnehmen. Der Dieselmotor hingegen reagiert eher träge, sodass ein Energieloch entstehen kann. Hier kommt der Kondensator ins Spiel: Er liefert in den entscheidenden Millisekunden Strom und das System läuft ohne Unterbrechung weiter.

Kundenspezifisch entwickelte Kondensatoren

Der speziellen Anwendung entsprechend sind die Kondensatoren kundenspezifische Lösungen. Gemäß den Anforderungen von STW entwickelte FTCAP einen Filmkondensator mit einem stabilen Edelstahlgehäuse. Die Lösung ist niederinduktiv konstruiert, was zu einer langen Lebensdauer führt. „Besonders niederinduktive Lösungen sind ein Spezialgebiet von FTCAP“, betont André Tausche, Geschäftsführer von FTCAP. „Das Geheimnis liegt in einem ganzheitlichen Ansatz bei der Entwicklung von Kondensator und Schaltungsumfeld.“ Relevant sind sowohl die interne Konstruktion des Kondensators als auch die möglichst gute Anbindung an die Systemumgebung. Hier spielt der Aufbau die zentrale Rolle: Nur



Bei den Hybrid-Systemen von STW stabilisieren Zwischenkreis-kondensatoren von FTCAP das Traktionsnetz

eine konsequente Einhaltung von induktionsarmen Konstruktionsregeln führt zum Erfolg. Dazu gehören eine eng anliegende Leiterführung, eine radiale Stromführung an den Wickeln, Parallelschaltungen, niederinduktive Bussysteme und neu entwickelte induktionsarme Kontaktterminals nach außen.

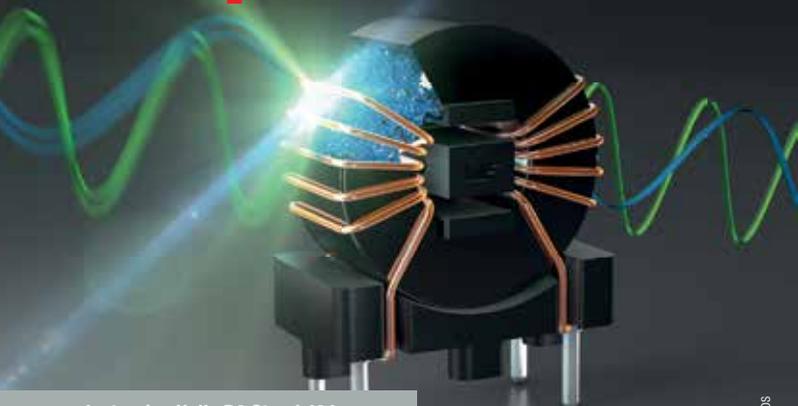
Die Kondensatoren für STW halten Einsatztemperaturen von -40 bis 85 °C stand. Um das erreichen zu können, sind die Lösungen mit einem integrierten Tem-

peraturfühler ausgestattet. „FTCAP kann auf Wunsch Temperaturfühler in die Kondensatoren einbauen“, so Tausche. „Dafür haben wir genau untersucht, wo sich die Hotspots befinden, denn dort erfolgt auch die Temperaturmessung.“ Interessant ist das vor allem für Entwickler. Sie erhalten verlässliche Werte, wie heiß der Kondensator im Betrieb wirklich wird. „Das bedeutet, dass sie sich nicht mehr auf theoretische Berechnungen verlassen müssen“ erläutert Tausche. „Dadurch lässt sich zum Beispiel die Abwärme der Gesamtsysteme

genauer berechnen und die Kühlung möglichst gut auslegen.“

STW ist mit den Kondensatoren zufrieden: „Die Kondensatoren sind ganz auf unsere Anforderungen zugeschnitten und erfüllen somit sehr gut ihre Aufgaben“, bestätigt Schräge. „FTCAPs Entwicklungsmannschaft hat uns konstruktiv sehr gut unterstützt“, fügt er hinzu. Besonders durch den modularen Aufbau der Kondensatoren ist STW für Projekte in vielen Dimensionen gut gerüstet. □

crystal clear frequencies.



electronica Halle B6 Stand 404

© eiSOS



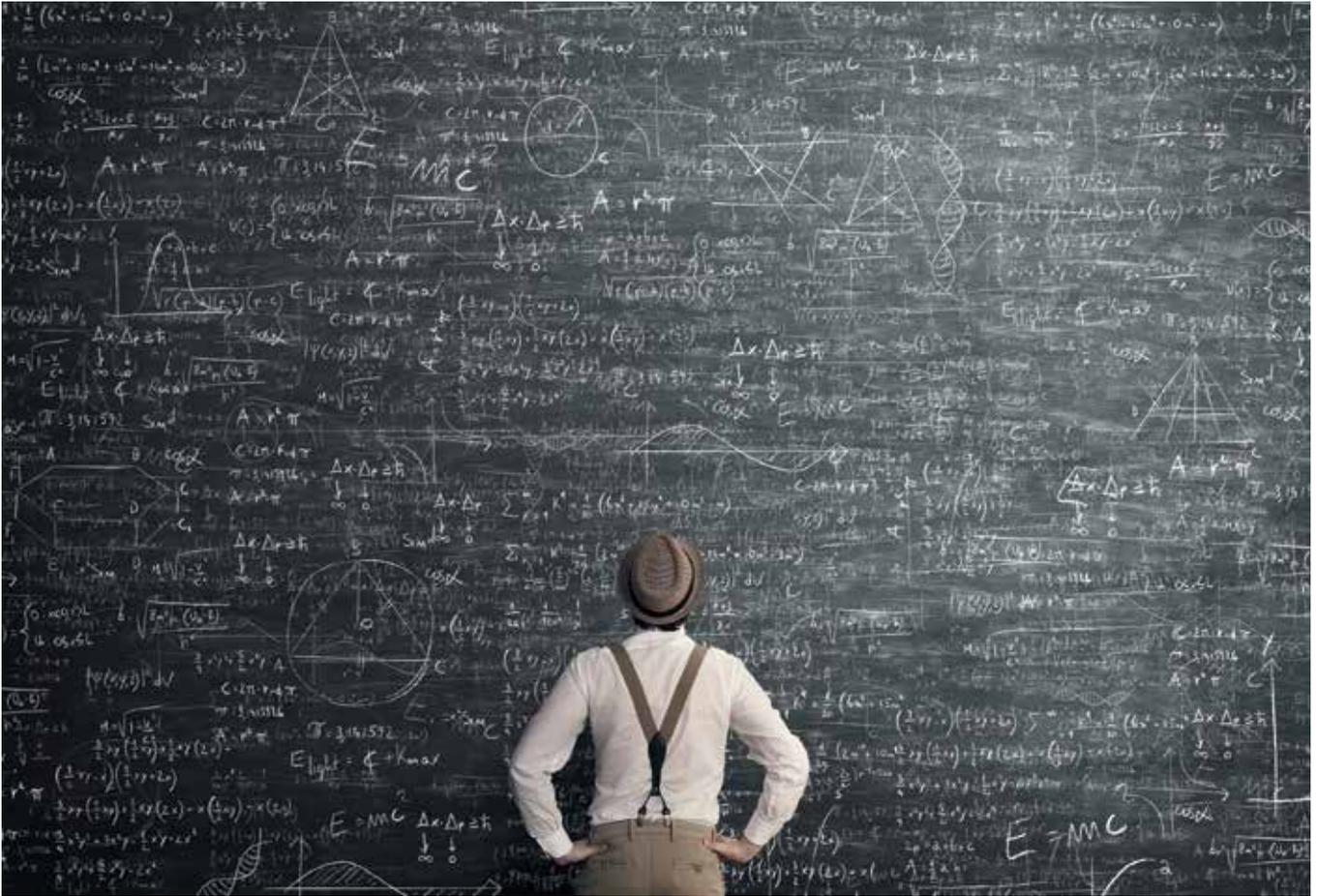
Die WE-CMBNC ist eine VDE-zertifizierte Serie von Gleichaktrosseln mit einem hochpermeablen **nanokristallinen Kernmaterial**. Sie zeichnet sich durch eine hervorragende breitbandige Dämpfung bei kleiner Baugröße, hohe Nennströme und geringe Gleichstromwiderstände aus. Auch besonders niedrige Bauhöhen oder hohe Nennspannungen können durch stromkompensierte Netzdrosseln der WE-CMB Serie realisiert werden.

- Hochpermeables nanokristallines Kernmaterial
- Hoher Nennstrom & niedriger R_{dc} bei kleiner Baugröße
- Breitbandige Entstörung
- Stabile Induktivitätswerte bei hohen Temperaturen
- Optimierte Isolation durch Kunststoffgehäuse und patentiertem Trennsteg

#CRYSTALCLEAR

*WE speed up
the future*

Weitere Informationen unter:
www.we-online.de/we-cmb



ZYKLOMATISCHE KOMPLEXITÄT

Was hinter der Komplexität steckt

Viele Normen für die Entwicklung von sicherheitskritischer Software fordern die Kontrolle der Komplexität der Software. Zu deren Bestimmung wird oft die zyklomatische Komplexität nach McCabe verwendet. Die gedankenlose Verwendung dieser Metrik birgt jedoch Tücken.

TEXT: Frank Büchner, Hitex **BILDER:** Hitex; iStock, Francescoch

Die zyklomatische Komplexität (cyclomatic complexity, CC) ist ein Maß aus der Graphentheorie und basiert auf dem Kontrollflussgraphen eines Stücks Software, beispielsweise einer Funktion im Sinne von C. Die zyklomatische Komplexität $V(G)$ eines Kontrollflussgraphen wird nach der Formel $V(G) = e - n + 2$ berechnet. In dieser Formel steht e für die Anzahl der (gerichteten) Kanten (edges) und n für die Anzahl der Knoten (nodes). Die Formel gilt für einen zusammenhängenden Kontrollflussgraphen. Die CC eines Kontrollflussgraphen ist die Zahl der linear unabhängigen, vollständigen Pfade durch den Graphen.

Die zyklomatische Komplexität eines Kontrollflussgraphen ist auch die Anzahl der binären (zweiwertigen) Entscheidungen plus eins. Sind n -wertige Entscheidungen im Kontrollflussdiagramm vorhanden, zählen die n -wertige Entscheidung als $n-1$ binäre Entscheidungen. Switch-Anweisungen mit n case-Sprungmarken mit jeweils einem folgenden Statement-Block mit abschließendem break zählen also als $n-1$ binäre Entscheidungen. Dazu kommt eine binäre Entscheidung für die default-Sprungmarke, egal ob diese explizit programmiert ist oder nicht. Den Zusammenhang der zyklomatischen Komplexität $V(G)$

```

int func1(int a)
{
    if (a)
        return 1;
    else
        return 0;
}

int func2(int a, int b, int c, int d)
{
    if (a || (b && c) || d)
        return 1;
    else
        return 0;
}

```

Die Funktionen func1() und func2() haben die gleiche zyklomatische Komplexität.

mit der Anzahl der binären Entscheidungen kann man sich so veranschaulichen: Der Kontrollflussgraph einer C-Funktion ohne Verzweigungen besteht aus zwei Knoten, dem Startknoten und dem Endknoten, und einer gerichteten Kante dazwischen. Es gibt genau einen Pfad durch den Graphen. Die zyklomatische Komplexität hierfür ist $V(G) = 1 - 2 + 2 = 1$. Fügt man eine binäre Entscheidung in den Kontrollflussgraphen ein, ergibt sich ein weiterer linear unabhängiger Pfad und somit erhöht sich die CC um eins. Jede weitere hinzugefügte binäre Entscheidung erhöht die zyklomatische Komplexität ebenfalls um eins.

Werte mit wenig Aussagekraft

Man muss sich darüber im Klaren sein, dass der Wert der zyklomatischen Komplexität wenig über die Komplexität einer Software, beispielsweise einer C-Funktion, aussagt. Gut zu erkennen ist das an den folgenden drei Beispielen: Die zyklomatische Komplexität berücksichtigt nicht, ob eine Entscheidung zusammengesetzt ist oder nicht. In der oben stehenden Abbildung haben die Funktion func1() und func2() die gleiche zyklomatische Komplexität mit dem Wert 2, weil sie auch den gleichen Kontrollflussgraphen haben. Dass dabei die Entscheidung in der if-Anweisung in der Funktion func1() eine atomare Entscheidung ist, die Entscheidung in der if-Anweisung in der Funktion func2() jedoch eine aus Bedingungen mittels logischer Operatoren zusammengesetzte Entscheidung, spielt für den Wert der zyklomatischen Komplexität keine Rolle. Ein menschlicher Betrachter würde jedoch sicherlich die Funktion func2() als komplexer einstufen.

Switch-Anweisungen sind für menschliche Betrachter oft recht übersichtlich, weil sie klar strukturiert sind. Ihre zy-

klomatische Komplexität ist jedoch hoch. In der Abbildung auf der nächsten Doppelseite ist auf der linken Seite eine switch-Anweisung dargestellt, die vom menschlichen Betrachter auf einen Blick erfasst und verstanden werden kann. Die zyklomatische Komplexität ist mit einem Wert von größer als 10 allerdings hoch.

Berechnungen erhöhen nicht die zyklomatische Komplexität. Auf der rechten Seite dieser Abbildung ist die Funktion sinus() dargestellt, die umfangreiche Berechnungen durchführt. Wenn man vom Funktionsnamen absieht, ist für einen menschlichen Betrachter nur schwer zu erkennen, was die Funktion berechnet, geschweige denn zu prüfen, ob sie das korrekt tut. Auch hier besteht eine große Diskrepanz zwischen dem Wert der zyklomatischen Komplexität, der 2 ist, und der für Menschen schwer nachvollziehbaren Funktionalität. Auch Zuweisungen oder Ein- und Ausgaben erhöhen die zyklomatische Komplexität nicht, obwohl sie das Verständnis der Software für Menschen erschweren.

Um diesen Fehleinschätzungen zu entgehen, empfiehlt es sich, sich an die zweite Bestimmungsmethode der zyklomatischen Komplexität zu halten. Nach dieser ist die CC die Anzahl der binären Entscheidungen plus eins. Diesen Wert sollte man allerdings nicht überinterpretieren. Hohe zyklomatische Komplexität bedeutet lediglich viele binäre Entscheidungen und niedrige zyklomatische Komplexität wenige binäre Entscheidungen.

Was die zyklomatische Komplexität besagt

Was man aus dem Wert der zyklomatischen Komplexität tatsächlich ableiten kann, ist die maximale Zahl der Testfäl-

CC	TEESY V 4.1.6	DAC V 4.5.098	KLOCWORK 2018.1	CCCC V 3.1.4
func1()	2	2	2	3
func2()	5	5	2	6
f_switch()	13	12	13	14
sinus()	2	2	2	2

le, die benötigt werden, um 100 Prozent Zweigüberdeckung (branch coverage) zu erreichen. Die CC gibt die Anzahl der linear unabhängigen Pfade durch den Code an. Mehr Testfälle sind somit nicht nötig, um alle gerichteten Kanten (die Zweige) mindestens einmal auszuführen. Insofern kann man die zyklomatische Komplexität zur Abschätzung des Testaufwands zur Erreichung von 100 Prozent Zweigüberdeckung heranziehen.

Zur Ermittlung der zyklomatischen Komplexität für reale Programme sind Werkzeuge notwendig. Solche Werkzeuge ermitteln die Metrik zyklomatische Komplexität im Rahmen der statischen Analyse der Software. Erstaunlicherweise messen nicht alle Werkzeuge die gleichen Werte für die gleichen Programmstücke. Experimente mit den kommerziellen Werkzeugen TESSY, DAC und Klocwork, sowie dem frei verfügbaren Werkzeug CCCC ergeben für die diskutierten Beispiele zum Teil unterschiedliche Werte. TESSY ist ein Werkzeug zum dynamischen Unit- und Integrationstest von Embedded Software. Die zyklomatische Komplexität wird bei der Analyse des

Testobjekts quasi als Abfallprodukt mit ermittelt. DAC (Development Assistant for C) ist eine integrierte Entwicklungsumgebung mit Editor, graphischer Darstellung von Aufruf-Hierarchien, Flussdiagramm- und Struktogramm-Darstellung, Prüfung von MISRA-Regeln und der Ermittlung einer Vielzahl von Metriken. Dazu gehört auch die zyklomatische Komplexität. Klocwork ist ein mächtiges statisches Analyse-Werkzeug, das C, C++, Java und C# unterstützt. Es kann außerdem Codier-Richtlinien wie MISRA, HIS, Autosar C++14 und CERT prüfen, weist auf mögliche Fehler zur Ausführungszeit hin, wie etwa NULL-Pointer-Dereferenzierung oder Zugriff außerhalb von Array-Grenzen. Zusätzlich dazu ist es in der Lage mehr als 100 Metriken zu ermitteln, darunter auch die zyklomatische Komplexität. CCCC steht für „C and C++ Code Counter“ und entstand aus einem Forschungsprojekt. Es ist über sourceforge.net frei verfügbar.

Die genannten Werkzeuge für die vier Code-Bespiele messen unterschiedlich. Beispielsweise ermitteln TESSY und DAC



eMove360° 2018

3. Internationale Fachmesse für die Mobilität 4.0
elektrisch - vernetzt - autonom

16. - 18. Oktober 2018, Messe München



PARALLEL

4

KONGRESSE



www.emove360.com

```

void f_switch(int month)
{
    switch (month)
    {
        case 1: days = 31; break;
        case 2: days = 28; break;
        case 3: days = 31; break;
        case 4: days = 30; break;
        case 5: days = 31; break;
        case 6: days = 30; break;
        case 7: days = 31; break;
        case 8: days = 31; break;
        case 9: days = 30; break;
        case 10: days = 31; break;
        case 11: days = 30; break;
        case 12: days = 31; break;
        default: days = 0; break;
    }
}

double sinus(double x_deg)
{
    int i;
    double temp, x_rad;
    int sign = -1;

    x_rad = x_deg / 180 * pi;
    temp = x_rad;

    for(i=3; i<=(MAX_FAC-2); i+=2)
    {
        temp += sign * pot(x_rad,i) / fac(i);
        sign *= -1;
    }

    return(temp);
}

```

Die Funktion `f_switch()` auf der linken Seite hat eine hohe Komplexität, die Funktion `sinus()` auf der rechten Seite eine niedrige. Beides entspricht nicht der menschlichen Wahrnehmung.

für die Funktion `func2()` den Wert 5 für die zyklomatische Komplexität, während Klocwork den Wert 2 misst. Das kann man dadurch erklären, dass TESSY und DAC für jeden der logischen Operatoren in `func2()` die zyklomatische Komplexität um eins erhöhen. Damit entspricht der Wert eher der „gefühlten“ Komplexität. Man kann den Wert 5 auch dadurch begründen, dass beispielsweise `IF (a AND b) THEN as IF (a) THEN IF (b) THEN` formuliert werden kann. Der von Klocwork gemessene Wert 2 ist der Wert der „reinen Lehre“.

Eine weitere Diskrepanz ergibt sich für die Funktion `f_switch()` zwischen TESSY und Klocwork einerseits, die beide den Wert 13 messen und DAC andererseits, wo nur der Wert 12 ermittelt wird. Für die ersten drei Funktionen misst CCCC keinen Wert, der gleich wie ein Wert eines der drei anderen Werkzeuge ist. In der Dokumentation von CCCC steht dazu, dass CCCC versucht eine pragmatische Abschätzung („pragmatic approximation“) durch Zählen von Sprachelementen zu liefern. Aber auch wenn man die Regeln kennt, kann man trotzdem nicht immer nachvollziehen, wie CCCC die gemessenen Werte ermittelt hat. Die Werte von CCCC sind also mit Vorsicht zu genießen. Insgesamt geht es bei der obigen Diskussion nicht darum, was der korrekte Wert ist, sondern dass von verschiedenen Werkzeugen gelieferte Werte von einander abweichen können. Nur für die Funktion `sinus()` ermitteln alle vier Werkzeuge den gleichen Wert 2. Das ist korrekt, denn `sinus()` besitzt nur eine binäre Entscheidung. Leider entspricht dieser Wert nicht der gefühlten Komplexität der Funktion.

Bei der Vorstellung der zyklomatischen Komplexität 1976 für die Programmiersprache Fortran empfahl der Erfinder

Thomas J. McCabe, dass keine Software-Einheit einen größeren Wert als 10 haben sollte. Andernfalls sollte sie aufgeteilt werden. McCabe bezeichnet den Wert 10 als vernünftige, aber nicht von höheren Mächten vorgegebene, unantastbare obere Grenze („reasonable, but not magical, upper limit“).

Welche Werte für die zyklomatische Komplexität sollte man anstreben?

Dass eine Aufteilung der C-Funktion `f_switch()` aus dem obenstehenden Bild, die eine zyklomatische Komplexität von über 10 hat, nicht sinnvoll ist, versteht sich von selbst. Deshalb empfiehlt es sich, wie bei jeder anderen Metrik auch, Vergleichsdaten zu sammeln, um dadurch Ausreißer aufzuspüren. Haben beispielsweise in einem Projekt mit 100 Funktionen alle eine zyklomatische Komplexität mit Werten kleiner 20, zwei Funktionen haben jedoch Werte größer 50, so lohnt es sich, auf diese Ausreißer einen Blick zu werfen. Stellt es sich dann jedoch heraus, dass es an umfangreichen, aber klar strukturieren `switch`-Anweisungen liegt, kann dies akzeptiert werden. Ebenso kann man andere Projekte heranziehen: Hatte ein früheres, vergleichbares Projekt mit guter Software-Qualität niedrige Werte für die CC, das aktuelle Projekt aber nicht, so kann es eine gute Idee sein, die zyklomatische Komplexität im aktuellen Projekt zu reduzieren. McCabe hat auch festgestellt, dass die CC von Programmierer zu Programmierer unterschiedlich sein kann. Zudem muss man bedenken, dass unterschiedliche Werkzeuge offensichtlich die zyklomatische Komplexität unterschiedlich berechnen. Mit manchen Werkzeugen erhält man prinzipiell höhere Werte als mit anderen. Deshalb ist die Fixierung auf den ominösen Wert 10 fragwürdig. □



Spezial:

LEISTUNGSELEKTRONIK



WIRELESS CHARGING

Mit GaN-HEMTs Kabel
überflüssig machen

BILD-SPONSOR: INFINEON TECHNOLOGIES

GAN-HEMTS

Effizienter kabellos laden...Seite 68

IGBTS RICHTIG ANSTEUERN

Sicher zum GateSeite 72

SIC-MOSFETS

Neuer SPICE-AnsatzSeite 76

FIRMENPROFIL

Fischer ElektronikSeite 79

FIRMENPROFIL

Fuji Electric EuropeSeite 80

FIRMENPROFIL

Hy-LineSeite 81

FIRMENPROFIL

Infineon Technologies ... Seite 82

FIRMENPROFIL

Mitsubishi Electric Seite 83

FIRMENPROFIL

Semikron Seite 84

GAN VERBESSERT CLASS-D-TOPOLOGIE

EFFIZIENTER OHNE KABEL

Das kabellose Laden portabler Geräte macht konventionelle Ladenetzteile, -kabel und -stecker überflüssig. Bisher war allerdings die übertragene Leistung zu gering und die Handhabung umständlich. In den Griff kriegen, lässt sich das mit GaN-HEMTs. Bei der Umsetzung müssen Entwickler aber einige Punkte beachten.

TEXT: Milko Paolucci, Peter Green, Stefan Schaecher, alle Infineon Technologies **BILDER:** Infineon Technologies; iStock, ArtHead-

Kabellose Ladesysteme, die zurzeit für Smartphones, Tablets und andere Geräte verfügbar sind, basieren meist auf dem induktiven Verfahren gemäß dem Qi-Standard. Dabei erfolgt eine induktive Kopplung bei Frequenzen im Bereich 100 bis 300 kHz. Mit diesem System ist nur das Laden eines einzigen Gerätes möglich, das genau auf das Ladegerät ausgerichtet und in dessen unmittelbarer Nähe platziert werden muss. Angesichts des wachsenden Interesses an der kabellosen Energieübertragung werden alternative Topologien wie Class D oder Class E Resonant für Entwickler immer interessanter, da sie dank der resonanten Kopplung Vorteile aufweisen. Diese Class-D- oder Class-E-Topologien sind nicht neu und kommen bereits in HF-Anwendungen zum Einsatz. Hauptvorteil dieser Topologien ist der hohe erreichbare Wirkungsgrad bei Betriebsfrequenzen im MHz-Bereich.

Die Air Fuel Alliance schlägt für kabellose Ladesysteme ein Verfahren mit einer Schaltfrequenz von 6,78 MHz im ISM-Band vor. Bei diesem ist durch resonante Kopplung mit Resonatoren mit hohem Q-Faktor eine Energieübertragung über wesentlich größere Distanzen und mit deutlich schwächeren Magnetfeldern möglich. Dadurch können mehrere Geräte gleichzeitig und unabhängig von ihrer Ausrichtung aufgeladen werden.

Nach dem Faradayschen Gesetz entsteht in einer Drahtspule ein elektrisches Potenzial, wenn sich der Magnetfluss durch diese Spule ändert. Bei der kabellosen Energieübertragung treibt ein HF-Leistungsverstärker eine Leistungsübertragungseinheit (PTU), bestehend aus einer Spule in einem abgestimmten Schwingkreis, um ein sich änderndes Magnetfeld zu erzeugen. In einer Empfangseinheit (PRU), ebenfalls bestehend aus einer Spule in einem auf die gleiche Frequenz abgestimmten Schwingkreis, wird durch dieses Magnetfeld eine Spannung induziert. Diese Spannung hängt von der Änderungsgeschwindigkeit des Magnetfelds und der Anzahl der Wicklungen ab. Die von der Empfängerspule gelieferte Energie wird gleichgerichtet und in eine für das aufzuladende Gerät geeignete Spannung umgewandelt. Die

Kopplung hängt vom Abstand zwischen den beiden Spulen ab. Der Kopplungsfaktor k zeigt die Art der Kopplung an. Bei $k < 0,5$ handelt es sich um ein lose gekoppeltes System, wie bei der magnetischen Resonanz-Kopplung. Zur Regelung der Energiemenge für die aufzuladenden Geräte werden Mikrocontroller mit Bluetooth-Datenbindung verwendet.

Die nebenstehende Abbildung zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild für einen Class-D-Verstärker. Zum besseren Verständnis der Funktion des Class-D-Verstärkers ist es hilfreich, das Blockschaltbild in zwei Hauptblöcke zu unterteilen:

- Die Schalter: diese erzeugen eine periodische Rechteckspannung mit der Amplitude V_{IN} .
- Der Filter: Der LC-Filter erzeugt aus dem eingehenden Rechtecksignal eine Sinuswelle mit der gleichen Frequenz und unterdrückt soweit wie möglich die Harmonischen. Der LC-Resonator blockiert außerdem die Gleichspannung, sodass an der Last nur ein Wechsellspannungssignal von fast null anliegt.

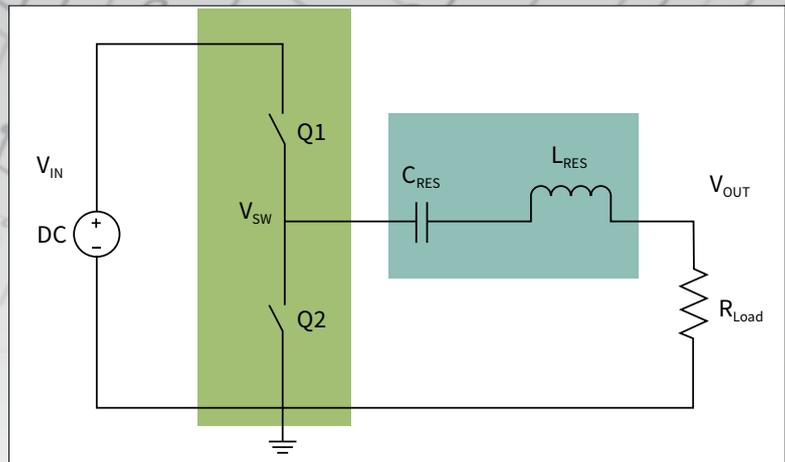
Ausgehend von dieser vereinfachten Funktionsbeschreibung lässt sich die Spannung an der Last einfach aus dem Sinuswellenstrom der ersten Oberwelle des Filters berechnen. Bei der Resonanzfrequenz ist die Impedanz des LC-Filters Null. Die Ausgangsspannung (Spitze-Spitze) an der Last beträgt unter Berücksichtigung der ersten Oberwelle:

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN} * 2}{\pi}$$

Für die Ausgangsleistung ergibt sich daher:

$$P_{OUT} = \frac{V_{OUT}^2}{R_{LOAD}}$$

Für die Funktionsweise eines Class-D-Leistungsverstärker sind vor allem die Schalter (hellgrüner Bereich) und der Filter (dunkelgrüner Bereich) relevant.



Beim Entwurf eines Senders zur kabellosen Übertragung der Ladeenergie ist normalerweise die Ausgangsleistung der Sendespule eine der Design-Vorgaben und die Eingangsspannung einer der Design-Parameter. Mit der angegebenen zweiten Gleichung lässt sich die Eingangsspannung bestimmen, die für die Ladeenergie erforderlich ist, falls die Ausgangsleistung bekannt ist. Dabei geht man von einem Wirkungsgrad von 100 Prozent aus.

$$V_{IN} = \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{P_{OUT} R_{LOAD}} \right)$$

Die Class-D-Topologie arbeitet mit ZVS-Kommutierung (Zero Voltage Switching) beim Einschalten, da die Betriebsfrequenz 6,78 MHz beträgt. Damit können die Kommutierungsverluste sehr hoch und der Wirkungsgrad niedrig sein. Der Wirkungsgrad hängt auch von der Eingangsspannung ab. Sendantennen sind normalerweise nicht in der Lage, hohe Ströme zu übertragen. Typische Ströme für Sendantennen liegen im Bereich von 1 bis 2 A. Deshalb müssen relativ hohe Eingangsspannungen von 50 bis 100 V verwendet werden. Die Kombination aus hoher Spannung und hoher Schaltfrequenz erfordert daher einen ZVS-Betrieb. Eine der häufigsten Methoden zur Implementierung des ZVS-Betriebs ist die Verwendung eines zusätzlichen seriellen LC-Netzwerkes, um einen Dreieck-Strom zu erzeugen, der höher ist als der Ladestrom.

Um den ZVS-Betrieb zu garantieren, muss der auf diese Weise erzeugte Strom den Mittelpunkt der Halbbrücke (VSW) vor dem Ende der Totzeit durchlaufen. Damit ergibt sich für die Class-D-Schalttopologie folgende Regel:

$$T_{COM} = \frac{Q_{OSS}}{\Delta I}$$

Hierbei ist Q_{OSS} die ermittelte Ausgangsladung des Schalters bei der Eingangsspannung und ΔI der durch das ZVS-Netz

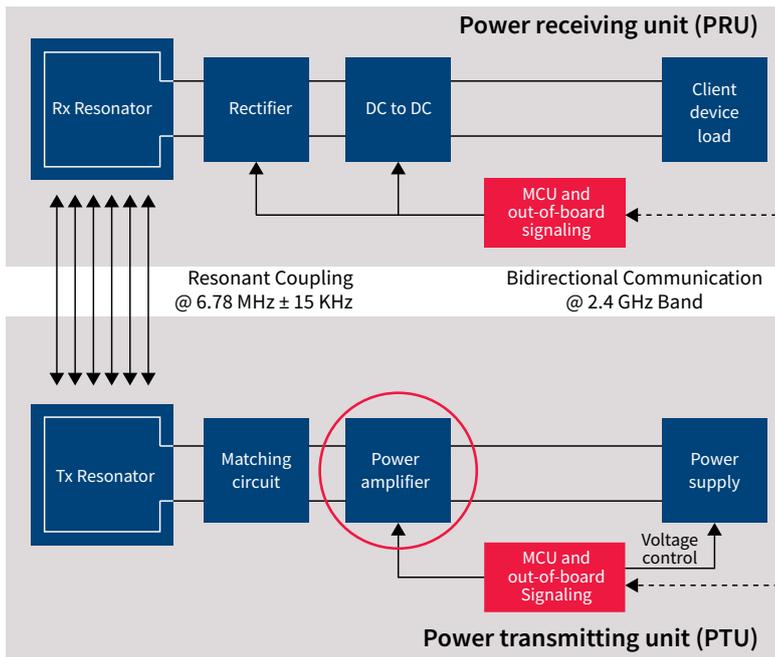
erzeugte Ripple-Strom (LZVS + CZVS). Je niedriger die Ausgangsladung des Schalters ist, desto niedriger ist der ZVS-Ripple-Strom. Bei fixiertem Ripple-Strom ist deshalb die Ausgangsladung geringer und eine ZVS-Übertragung lässt sich einfacher gewährleisten. Die Leistungsverluste im ZVS-Netzwerk sind die dominierenden Verluste. Sie können wie folgt berechnet werden:

$$P_{ZVS} = I_{ZVS_RMS}^2 ESR_{ZVS}$$

Hierbei ist I_{ZVS_EFF} der Effektivstrom durch das ZVS-Netz und ESR_{ZVS} der äquivalente parasitäre Widerstand des ZVS-Netzwerkes. Er wird hauptsächlich von der ZVS-Induktivität bestimmt. Der ZVS-Betrieb hängt vom Scheinwiderstand der Last ab. Dadurch ist eine entsprechende Impedanz-Anpassung im Netz erforderlich. Das System erhält den ZVS-Betrieb innerhalb definierter Grenz-Impedanzwerte aufrecht. Diese werden als Impedanz-Box bezeichnet. Es sollten vorzugsweise elektronische Schalter mit einer niedrigen Gate-Drain-Ladung Q_{GD} verwendet werden. Dadurch lassen sich geringere Verluste beim Nicht-ZVS-Betrieb erreichen.

Auf Systemebene entstehen Verluste hauptsächlich durch den Gleichstromwiderstand der ZVS-Induktivität und durch andere Widerstände im ZVS-Pfad. Auf diese entfallen zusammen mehr als 50 Prozent der Verluste. Sobald eine bestimmte ZVS-Induktivität ausgewählt ist, können diese Verluste zum Ripple-Strom und damit auch der Ausgangsladung Q_{OSS} in Bezug gebracht werden. Eine Verringerung der Ausgangsladung Q_{OSS} reduziert die Verluste deutlich. Die restlichen Verluste sind gleichmäßig zwischen dem oberen und dem unteren Schalter verteilt, weil bei dieser Topologie mit einem Taktverhältnis von 50 Prozent gearbeitet wird.

Auf Bausteinebene entstehen Verluste vor allem durch die Gate-Ladung Q_G . Daher muss ein Baustein mit einer niedrigen



Die Leistungsübertragungseinheit (PTU) erzeugt ein Magnetfeld, das in der Spule der Empfangseinheit (PRU) eine Spannung induziert. Sie muss danach in eine für das zu ladende Gerät passende Spannung umgewandelt werden.

Gate-Ladung und einer niedrigen Schwellenspannung, gewählt werden. Dadurch sinkt die Treiberspannung und die Ansteuerungsverluste reduzieren sich. GaN bietet im Vergleich zu Si geringere Verluste. Durch GaN lassen sich die Leistungsverluste um etwa 30 Prozent reduzieren. Die Bauelementefläche ist bei GaN außerdem nur halb so groß. Ihre Leistungsdichte ist somit größer. GaN-Bauelemente bieten außerdem für Class-D-Schalttopologie weitere Vorteile.

GaN-Leistungsbaulemente werden in der Regel mit einer Gate-Spannung von 5 V angesteuert, normale Si-MOSFETs mit etwa 10 V. Die Gate-Ladung Q_G für GaN-ICs liegt bei etwa einem Fünftel der Gate-Ladung für MOSFETs bei vergleichbarem $R_{DS(on)}$ und V_{BRR} . Das ergibt einen deutlich niedrigeren Gate-Strom und signifikant geringere Verluste im Gate-Treiber-IC. Um die Gate-Ladungsverluste zu minimieren, sollte nicht nur auf niedrige Werte für Q_G geachtet werden, sondern auch eine Bauelemente-Technologie mit niedriger Gate-Schwellenspannung gewählt werden. Damit kann der Entwickler eine niedrigere Treiber-Spannung nutzen und so die Gesamtverluste für die Treiber-Schaltung reduzieren. Die Gate-Ladungsverluste lassen sich wie folgt berechnen:

$$P_{GATE} = (Q_{G_SYNC} * f_{SW} * V_{dr})$$

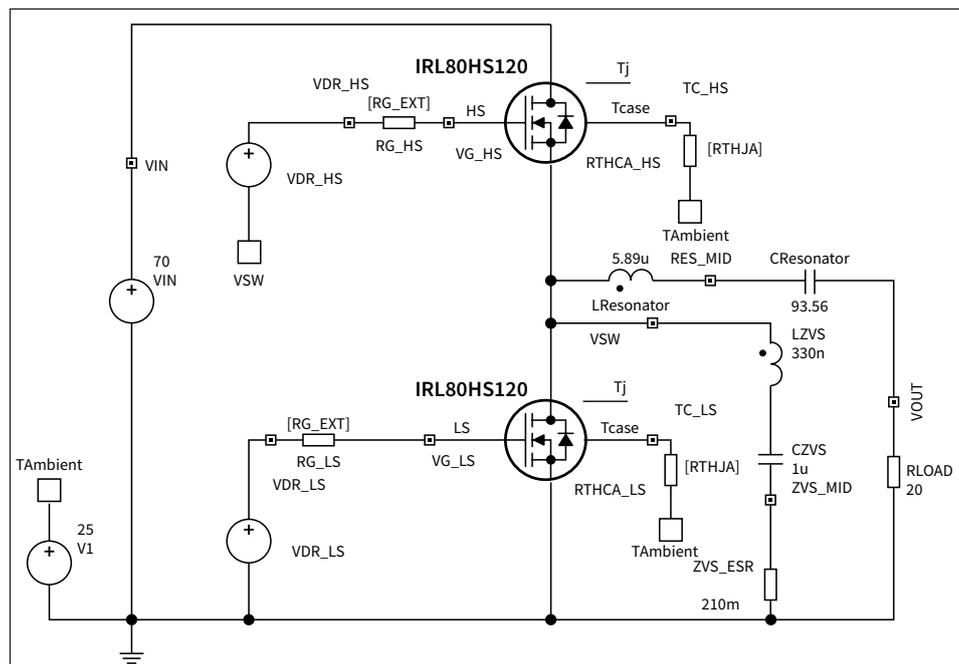
Hierbei ist Q_{G_SYNC} die Gate-Ladung bei der Spannung V_{dr} ohne Q_{GD} , falls ein ZVS-Betrieb vorliegt. f_{SW} ist die Schaltfrequenz und V_{dr} die Treiberspannung.

GaN-HEMTs haben zwar keine Body-Diode wie MOSFETs, verhalten sich jedoch ähnlich wie eine Diode. Eine weitere wichtige Ursache für Systemverluste ist die Vorwärtsspannung der Body-Diode, die bei GaN-Geräten tatsächlich höher ist. Verluste entstehen beim Einschalten durch die ZVS-Kommutierung. Diese können relativ hoch sein, wenn lange Totzeiten ausgewählt werden. Um mit GaN in Class-D-Schaltssystemen die beste Leistung zu erzielen, sollte die Totzeit reduziert werden, um ein Leiten der Body-Diode zu verhindern. Bei der Bewertung der Verluste durch die Body-Diode muss der richtige Wert für V_{SD} berechnet werden, der sich je nach Strom und Temperatur ändert. Er kann mit folgender Formel bestimmt werden:

$$P_{DT} = (V_{SD} * I_{OUT} * f_{SW} * T_{DT})$$

Einen schwierig zu quantifizierenden Einfluss auf die Verluste hat auch die Umkehr-Erholungsladung Q_{RR} , wenn die Body-Diode während der Totzeit leitet. Da GaN-Systeme eigentlich keine Body-Diode aufweisen, ist Q_{RR} null. Die Quantifizierung dieser Verluste ist deswegen schwierig, weil Q_{RR} vor allem von folgenden Betriebsbedingungen abhängt: dem Vorwärtsstrom der Diode, di/dt , der Rückspannung und der Temperatur. Die in den Datenblättern angegebenen Werte beziehen sich auf Messungen unter spezifischen Bedingungen und sind daher für die eigentliche Anwendung kaum relevant. Ungeachtet dessen ergibt sich aus der relativ hohen Schaltfrequenz bei der Energieübertragung mit magnetischen Resonatoren, dass eine niedrigere Q_{RR} zu geringeren Verlusten führt. GaN-Leistungshalbleiter bieten aber nicht

Die Class-D-Topologie arbeitet mit ZVS-Kommutierung. Dabei ergeben sich häufig hohe Kommutierungsverluste und ein geringer Wirkungsgrad.



nur Chancen. Einige ihrer Eigenschaften erfordern besondere Beachtung bei der Systementwicklung.

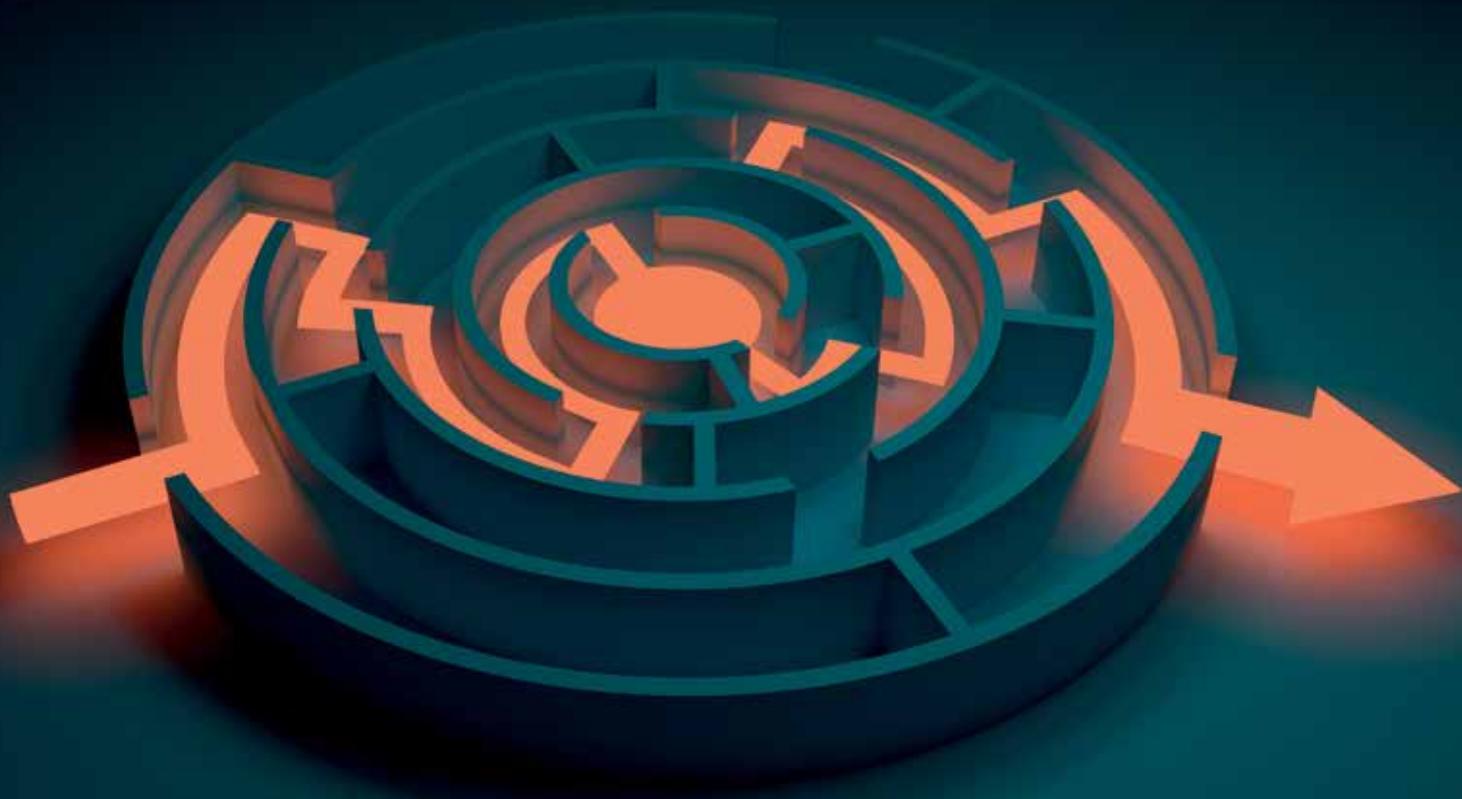
Die absolute maximale Nennspannung V_{GS} für MOSFETs liegt üblicherweise bei ± 20 V. Dadurch hat der Entwickler einen gewissen Spielraum, um den Spannungsregler der Steuerstufe relativ einfach und kostengünstig auszulegen. Das ist bei GaN nicht der Fall. Die absolute maximale Nennspannung ist auf 5 bis 6 V begrenzt. Das liegt vor allem an den Dioden-Eigenschaften der Gate-Struktur. Wenn während des Betriebs die Gate-Source-Spannung diesen Grenzwert übersteigt, kann es im Extremfall zu schweren Schäden des Bauelementes kommen. Aus diesem Grund muss der Spannungsregler für die Treiberspannung sehr sorgfältig ausgelegt werden. Die Probleme, die Gate-Source-Spannung unter der absoluten maximalen Nennspannung zu halten, hängen nicht nur mit der Genauigkeit des Spannungsreglers zusammen. Entscheidend ist auch der Betrieb während der Totzeit und der erneuten Aufladung des Bootstrap-Kondensators zur Ansteuerung des oberen Schalters bei der Implementierung eines Class-D-Schaltverstärkers.

Aufgrund des Totzeitbetriebs wird der Bootstrap-Kondensator über die Body-Diode des unteren Schalters erneut aufgeladen. Bei GaN-Systemen erfolgt über die Body-Diode bei hoher Vorlaufspannung eine zusätzliche Aufladung des Bootstrap-Kondensators, so dass die absolute maximale Nennspannung des Bauelementes sowohl durch Spannungsspitzen als auch im Dauerbetrieb überschritten werden könnte. Diese Überladung hängt von der Vorwärtsspannung der Bootstrap-Diode, der Drain-Source-Vor-

wärtsspannung der Diode, der Totzeit und der Temperatur ab. Diese müssen genau berücksichtigt werden.

Das Verhalten unterscheidet sich von Silizium-Halbleitern, bei denen das Gate über einen Gate-Oxid-Isolator gesteuert wird. Die Gate-Verbindung für GaN-Systeme ist eine Art Schottky-Barriere, deren Leckstrom folglich nicht im Nanoampere-Bereich (nA), sondern im Milliampere-Bereich (mA) liegt. Bei der Auswahl der Gate-Steuerspannung und der Stuenetzkomponenten sollte vorsichtig gearbeitet werden.

GaN-Bauteile besitzen wie erwähnt eine höhere Leistungsdichte durch den niedrigeren FoM-Wert ($R_{DS(on)} \times \text{Fläche}$). Das führt zu einer hohen Leitfähigkeit des Elektronengases (2DEG) und ist für Entwickler sehr attraktiv, die die Leistungsdichte ihrer Anwendungen erhöhen wollen. Es bringt jedoch auch einige Probleme mit sich. Die kleinere Fläche bedeutet auch, dass die Kontaktfläche zur Abfuhr der Verlustleistung in Form von Wärme im Bauelement kleiner ist. Während der Layout-Phase ist die Auslegung der Stromanschlüsse zwischen den Bauelementen und der Platine problematischer und eventuell der Wärmewiderstand schlechter. Da der wichtigste Faktor für den Wärmewiderstand die Sperrschicht zur Umgebung ist, die vor allem von den Eigenschaften der Platine abhängt, sollten die kleineren Abmessungen des GaN-Systems allerdings keinen wesentlich höheren Wärmewiderstand erzeugen. In jedem Fall muss beim Design der Platine sorgfältig darauf geachtet werden, dass der Wärmewiderstand minimal bleibt. Ansonsten wiegt die kleinere Fläche des GaN-Systems teilweise ihre Vorteile wieder auf. □



TREIBERSCHALTUNG VON IGBTs UND MOSFETs

Sicher zum Gate

IGBTs und MOSFETs sind leicht anzusteuern, weil sie spannungsgesteuerte Bauelemente sind. Doch es gibt einige spezielle Anforderungen an die Treiberschaltung und deren Stromversorgung. Je nach Leistungsklasse sind dabei unterschiedliche Lösungen sinnvoll.

TEXT: Wolf-Dieter Roth, Hy-Line **BILDER:** Hy-Line; iStock, Evgeny Gromov

MOSFETs und IGBTs scheinen ideale Leistungsschalter zu sein: Sie werden über ein Gate und nur mit Spannung gesteuert, also extrem leistungsarm. Um die Verluste gering zu halten, sind jedoch kurze Schaltzeiten notwendig. Entsprechend schnell muss die Gate-Kapazität umgeladen werden. Hierzu sind dann einige Ampere an Strom erforderlich – also ist doch wieder Leistung gefragt. An diesem Gedankenang wird deutlich, dass solch ein Leistungsschalter nur theoretisch direkt aus ei-

ner CMOS-Prozessorschaltung heraus gesteuert werden kann. In der Praxis würde er viel zu langsam umschalten und dabei infolge der hohen Schaltverluste zerstört. Zudem bestünde die Gefahr einer Rückwirkung: Transienten würden die Prozessorlogik stören oder gar beschädigen. Entsprechend sind spezielle MOSFET- und IGBT-Treiber notwendig.

IGBTs schalten sauberer ab und bleiben auch zuverlässiger abgeschaltet, wenn

hierzu nicht nur die positive Einschaltspannung abgeschaltet und das Gate kurzgeschlossen, sondern zusätzlich eine negative Sperrspannung angelegt wird. Das erfordert allerdings eine bipolare Spannungsversorgung. Dadurch steigt die Anzahl der benötigten Bauteile. Eine elegante Alternative sind SCALE-Treiber mit stark integrierten ASICs. Da solche Treiber die bipolare Spannung intern erzeugen, ist nur eine unipolare Spannungsversorgung notwendig. Zudem enthalten sie ausgedehnt-



Die SCALE2+-Core-Driver von Power Integrations eignen sich für IGBT-Schaltspannungen bis 6.500 V und Schaltströme von über 4.000 A.

te Sicherheitsschaltungen, die bei einem Überstrom oder Kurzschluss eine Entsättigung beziehungsweise Überlastung des Leistungshalbleiters verhindern und Fehlschaltungen, etwa das gleichzeitige Einschalten beider Zweige einer Halbbrücke, vermeiden.

IGBTs sauberer abschalten

Ein weiteres prinzipielles Problem besteht darin, dass IGBT- und MOSFET-Gegentaktbrücken nicht mit Komplementärhalbleitern arbeiten, wie man es von bipolaren Transistorendstufen kennt. Sie werden nicht um einen gemeinsamen Nullpunkt herum angesteuert, sondern

mit einer niedrigen Spannung zwischen Gate und Source beziehungsweise Emitter. Während das auf der Low Side, wo alle Source- und Emitter-Anschlüsse auf einem gemeinsamen Bezugspunkt enden, problemlos funktioniert, ist die Sache auf der High Side komplizierter: Hier gibt es bei einer Drehstrombrücke für jeden IGBT oder MOSFET einen anderen, mit hohen Transienten auf einem hohen Spannungspegel schwankenden Bezugspunkt!

Direkt aus einer vorhandenen Nieder-volt-Versorgungsspannung können die Treiber der High-Side-Leistungshalbleiter also nicht betrieben werden. Zudem ist für ihre Ansteuerung eine kapazitätsarme

galvanische Trennung notwendig. Die einzelnen Versorgungsspannungen können auch nicht aus einfachen Netzteilen oder DC/DC-Wandlern gewonnen werden – vielmehr verlangen die Transienten nach speziellen Lösungen, um Fehlzündungen der Leistungshalbleiter oder Beschädigungen der Stromversorgung auszuschließen. Aber welche Lösungen kommen für derartige Aufgaben in Frage? Und welche Bauteile sollte man sinnvollerweise einsetzen?

Eine an der Bergischen Universität Wuppertal verfasste Dissertation mit dem Titel „Ansteuerung von Hochvolt-IGBTs über optimierte Gatestromprofile“ zeigt die zunächst naheliegende Lösung mit

Programmierbare DC Labornetzgeräte und elektronische Lasten

Autoranging, NetZRückspeisung, viele Schnittstellen
Optionen, bis 1.500 VDC, 510 A, 15 kW



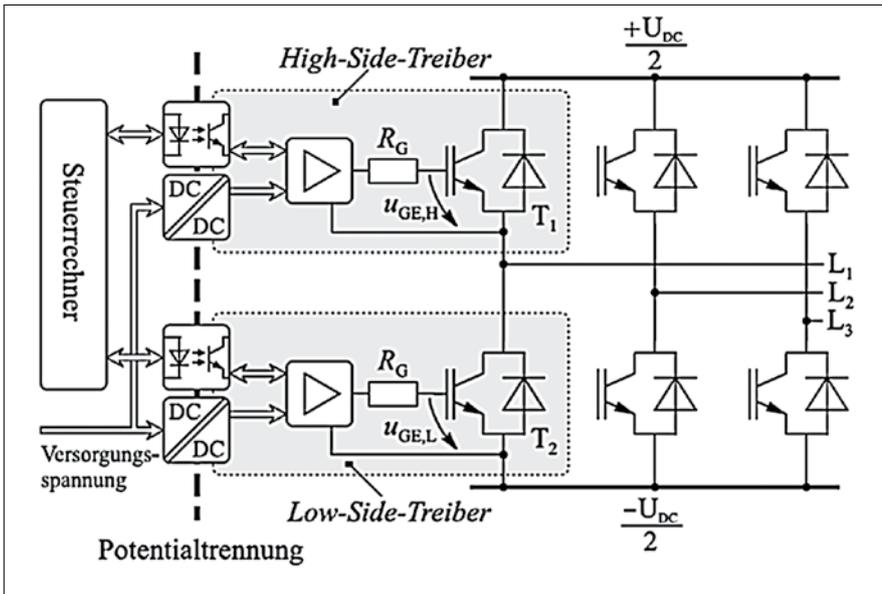
Elektro-Automatik



EA-PS & PSI 3000 und 9000, EA-EL 3000 und 9000:
Desk-Top- und Tower Bauform, DC Labornetzgeräte und elektronische Lasten
100W bis 1500W, 0-40V bis 0-750V, bis 60A



EA-PS & PSI 9000 2U, 3U, EA-EL & ELR 9000:
Programmierbare DC Labornetzgeräte und elektronische Lasten, konventionell und netzrückspeisend, für 0-40V bis 0-1500V, 0-1kW bis 0-15kW, bis 510A



Ein Brückenweig in einer dreiphasigen IGBT-Leistungsendstufe mit jeweils separaten DC/DC-Wandlern und Isolatoren funktioniert, ist aber sehr aufwändig.

jeweils sechs eigenen Treiberstufen, DC/DC-Wandlern und galvanischen Isolatoren (in der entsprechenden Abbildung als Optokoppler symbolisiert) – letztere sogar doppelt, falls ein Rückkanal zum Abschalten bei Überlast oder Kurzschluss benötigt wird. Die Schaltung funktioniert zwar, ist aber ziemlich aufwendig. Geht es nicht günstiger?

Ja, geht es! In der unteren Hälfte der Brücke (Low Side) ist die Situation relativ unkompliziert. Zwar liegt hier der Steuerungspegel nahe an der negativen Versorgungsspannung, doch der Pegel ist statisch und alle drei Zweige lassen sich mit einer geringen Spannung steuern. In der Praxis kommt man mit einer einzigen Spannungsversorgung für alle drei Zweige aus – inklusive der drei Steuerschaltungen, die sogar auf eine galvanische Trennung verzichten können, wenn die negative Versorgungsspannung als gemeinsamer Masse-Bezugspunkt verwendet wird. Auf der High Side gibt es dagegen keinen gemeinsamen Bezugspunkt: Die Emitter sitzen auf den drei unterschiedlichen und schnell wechselnden Potentialen L1, L2 und L3 – und damit auch die Steuerspannung. Immerhin: Jetzt werden nur maximal vier und nicht mehr sechs Spannungsversorgungen benötigt.

Für die Versorgung der Low Side sind Standard-DC/DC-Wandlermodule normalerweise ausreichend. Bei der Versorgung der High Side gibt es damit jedoch Probleme: Die schnell wechselnden Potentiale führen über die Kapazität zwischen dem Ein- und Ausgang des DC/DC-Wandlers zu Fehlsteuerungen – mit der Gefahr, dass der Leistungsschalter wie auch der Wandler beschädigt werden. Spezielle DC/DC-Wandler aus dem Hause Phi-Con, die an die Bedürfnisse der Gate-Ansteuerung auf der High Side angepasst sind, schaffen Abhilfe: Sie sind transientenfest und kapazitätsarm, isolieren selbst 300 V_{AC} sicher und liefern auf Wunsch auch die negative Spannung zum schnellen Sperren des IGBTs.

Wandler auf der High Side

Schaltungen, wie sie beispielsweise in intelligenten Power Modulen (Intelligent Power Modul, IPM) genutzt werden, lassen sich auf ähnliche Weise auch außerhalb eines Moduls mit einer diskreten Treiberschaltung bestehend aus Optokopplern, Steuerlogik und DC/DC-Wandlern aufbauen. Notwendig ist dabei eine galvanische Trennung sowohl für die Signale, etwa mit Optokopplern realisiert, als auch für die Versorgung, beispielsweise

durch einen DC/DC-Wandler. Problematisch sind dabei der hohe Aufwand, die geringe Geschwindigkeit und das Altern der Optokoppler, das in den einzelnen Zweigen unterschiedlich schnell verlaufen kann. Zudem ist es in der Praxis mit der reinen Ansteuerung – dem klassischen „Treiben“ von der Steuerung zum Leistungsschalter – nicht getan: Um Überlast- und Defektzustände zu erkennen, ist auch eine Rückmeldung in die Gegenrichtung erforderlich – und damit im Normalfall eine weitere galvanisch zu trennende Übertragungsstrecke mit einem zweiten Satz isolierender Koppler. Eine Alternative hierfür sind Datenkoppler nach dem GMR-Prinzip.

Eine andere Variante sind Steuerschaltungen, die das Potential entsprechend verschieben, um eine geeignete Steuerspannungsversorgung zu erzeugen (Level-Shift). Integrierte Lösungen wie die DIP-IPM-Bausteine von Mitsubishi arbeiten nach diesem Prinzip: Eine Versorgungsspannung von 15 V reicht für die Ansteuerung aus, die galvanische Trennung wird auf die Seite des Mensch-Maschine-Interface verlegt. Die Bausteine selbst liegen auf Netzpotential. Dabei ist jedoch zu beachten, dass rein kapazitiv arbeitende Level-Shifter leistungsmäßig

begrenzt sind und, dass ihre Verdrahtung sehr kompakt sein muss, damit keine Probleme mit Streukapazitäten entstehen. Mit der DIP-IPM+-Serie lassen sich Inverter bis zu 5,5 kW realisieren – bei höheren Leistungen stößt die Schaltung an ihre Grenzen. Ist zudem keine Schutzbeschaltung wie in den DIP-IPMs vorgesehen, können negative Transienten gefährlich für die Leistungsschalter werden.

Übertrager für Signale und Strom

Die klassische galvanische Trennungsmethode ist der Übertrager als induktives Bauelement, beispielsweise die TI-Serie der Impulsübertrager von Sirio oder die Treiber- und Zündtransformatoren von Rö-Lo. Der Vorteil des Übertragers: Neben Signalen kann auch die notwendige Steuerleistung übertragen werden – eine separate Stromversorgung ist nicht erforderlich. Bei Thyristoren wird auf diese Weise die gesamte Zündenergie über Trenntransformatoren mit einer hohen Isolationsspannung (3 bis 7 kV) geführt. Wegen der geringen Bandbreite von Übertragern ist diese Methode jedoch auf kurze Zündimpulse und Frequenzen unter 30 kHz beschränkt. Für IGBTs und MOS-

FETs, die spannungs- und nicht – wie der Thyristor – stromgesteuert schalten, ist sie mit zusätzlicher Beschaltung und der genannten Einschränkung bei der Taktfrequenz nutzbar.

Eine interessante Lösung für den Leistungsbereich von 5,5 bis 110 kW (400 kW mit Booster-Stufe), Taktfrequenzen bis 250 kHz und Schaltspannungen bis 1.700 V ist der SCALE-iDriver von Power Integrations. Er schließt dort an, wo die DIP-IPM-Lösungen aufhören, und nutzt dafür ebenfalls hoch integrierte Technologie. Nur die IGBT-Module sind wegen der höheren Leistung nicht mehr integriert.

Im IC selbst werden die Signale über ein eigenes Protokoll galvanisch getrennt bidirektional übertragen – also sowohl vom Treiber zum IGBT-Modul als auch vom IGBT-Modul zurück zum Treiber. So lassen sich die Module perfekt gegen fehlerhafte Betriebsbedingungen schützen. Entsprechende Verfahren, die einen Überstrom oder Kurzschluss erkennen, sind bereits integriert. Lediglich zur Spannungsversorgung ist noch ein externer Übertrager erforderlich. Die Regelung der Versorgungsspannungen erfolgt wiederum auf dem Chip selbst. Referenzdesigns

ermöglichen einen schnellen Aufbau von kompletten IGBT-Treibern.

Treiber für 6.500 V und 4.000 A

Noch mehr Leistung mit IGBT-Schaltspannungen bis 6.500 V und Schaltströmen bis über 4.000 A ist mit den SCALE2+-Core-Drivern von Power Integrations möglich. Diese Treiber setzen ebenfalls auf hoch integrierte ASICs – nun getrennt für die Steuer- und die Leistungsseite – und lassen sich als komplette Baugruppe mittels Übertrager leicht an jedes gängige IGBT-Modul anpassen. Möglich sind ebenfalls Master-Slave-Treiber und Steuerwege, die über Lichtwellenleiter absolut sicher galvanisch getrennt sind. Außerdem gibt es für diese „Härtefälle“ bis 6.500 V spannungs- und transientenfeste DC/DC-Wandler von Power Integrations.

Die galvanisch getrennte bidirektionale Signal- und Leistungsübertragung werden bei vermeintlich einfachen, diskreten Lösungsansätzen oft zum Kostenfresser und Qualitätsengpass. Bei allen vorgestellten Treiberbausteinen lassen sie sich hingegen zuverlässig und dennoch kostengünstig umsetzen. □



40–800 W Medizin- und ITE-Netzteile

- Medizinzulassung nach 3rd Edition 60601-1
- Bis zu 100 % Peakleistung
- Single- & Dual-Spannungsausgang
- Ausgangsspannung 5–60 VDC
- Wirkungsgrad > 90 %
- Kleinste Bauhöhe nur 27,1 mm
- Remote Control
- Applikationsberatung
- Entwicklungsbegleitung
- Design-In



SPICE-MODELLIERUNG FÜR SiC-LEISTUNGS-MOSFETs

Willkommene Weiterentwicklung

Durch die Einführung von SiC-MOSFETs mit großer Bandlücke stehen der Elektronikbranche völlig neue Möglichkeiten bei der Schaltkreis- und Produktentwicklung zur Verfügung. Um die Vorteile dieser Bauteile nutzen zu können, sind jedoch neue, präzise SPICE-Modelle erforderlich.

TEXT: James Victory, Mehrdad Yazdi, beide On Semiconductor

BILDER: On Semiconductor; iStock, Undefined Undefined

Analogschaltungen bringen zahlreiche Herausforderungen mit sich. Geeignete SPICE-basierte Plattformen zur präzisen Simulation der Leistungsfähigkeit eines Schaltkreises helfen Chipentwicklern jedoch verlässlich dabei, die Schaltungen trotz manch unerwarteter Eigenschaften gut zu handhaben. Für Bauteile aus der Leistungselektronik waren solche Plattformen lange Zeit nicht gut genug, was zu fehleranfälligen und unnötig ineffizienten Design-Flows führte. Bisher basierten die SPICE-Modelle solcher Bauteile auf einfachen Teilschaltungen oder komplexen nicht-physikalischen Modellen. Die bisherigen Modelle für Siliziumkarbid-MOS-

FETs (SiC) sind da keine Ausnahme: Die einfachen Subcircuit-Modelle sind zu unvollständig, um alle relevanten Bauteileigenschaften abzudecken, insbesondere das Schalt- und Wärmeverhalten. Zudem treten Konvergenzprobleme auf, die Modelle sind nicht auf andere Simulationsplattformen übertragbar und die Skalierbarkeit des Chip-Floorplans ist nicht ersichtlich.

ON Semiconductor hat nun ein neuartiges, skalierbares SPICE-Modell für SiC-Leistungs-MOSFETs entwickelt. Das Modell verfolgt einen völlig neuen Ansatz in der diskreten Modellierung – mit großen Vorteilen für das Schaltungs- und

Systemdesign. Vor einer detaillierten Erläuterung des Modells ist es jedoch ratsam, die Wirkungsweise von SiC-MOSFETs genauer zu beleuchten.

Vorteile der großen Bandlücke

Seit den 1990er Jahren bis heute waren Silizium-IGBTs die erste Wahl, wenn schnelle und zuverlässige Schalter von 1 bis 6 kV in der Leistungselektronik benötigt wurden. Der Grund dafür ist deren ausgezeichnete Mischung aus niedrigen Leitungs- und Schaltverlusten, einem positiven Temperaturkoeffizienten, hoher Eingangsimpedanz und großen sicheren

Leistungselektronik entwärmen

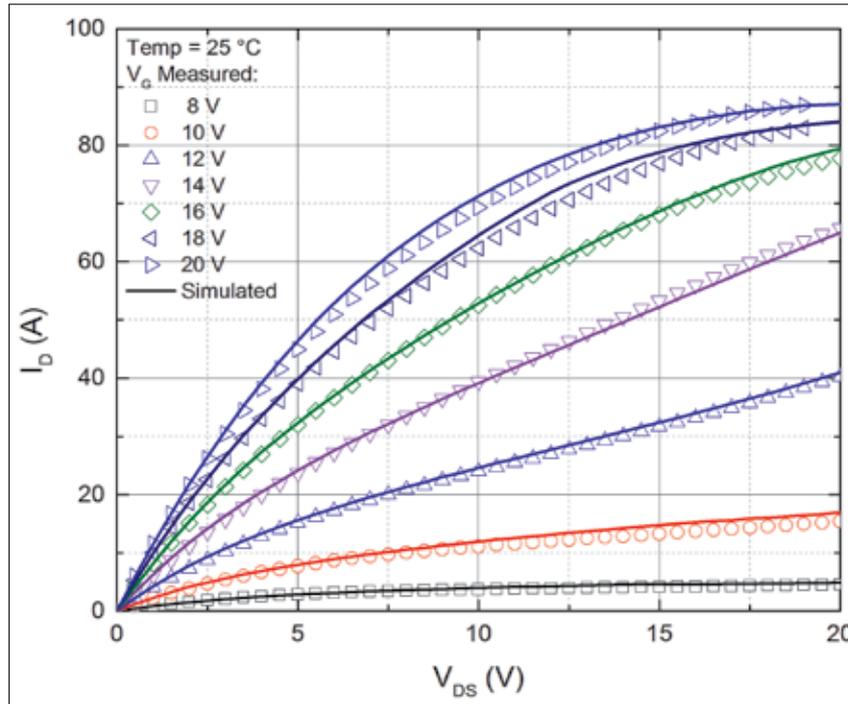
- verschiedenartige Entwärmungskonzepte zur Wärmeabfuhr hoher Verlustleistungen
- sehr guter thermischer Wirkungsgrad
- kompakter Aufbau und homogene Wärmeverteilung
- exakt plangefräste Halbleitermontageflächen
- Entwärmung mittels Luft oder Flüssigkeit
- kundenspezifische Sonderlösungen



Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

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



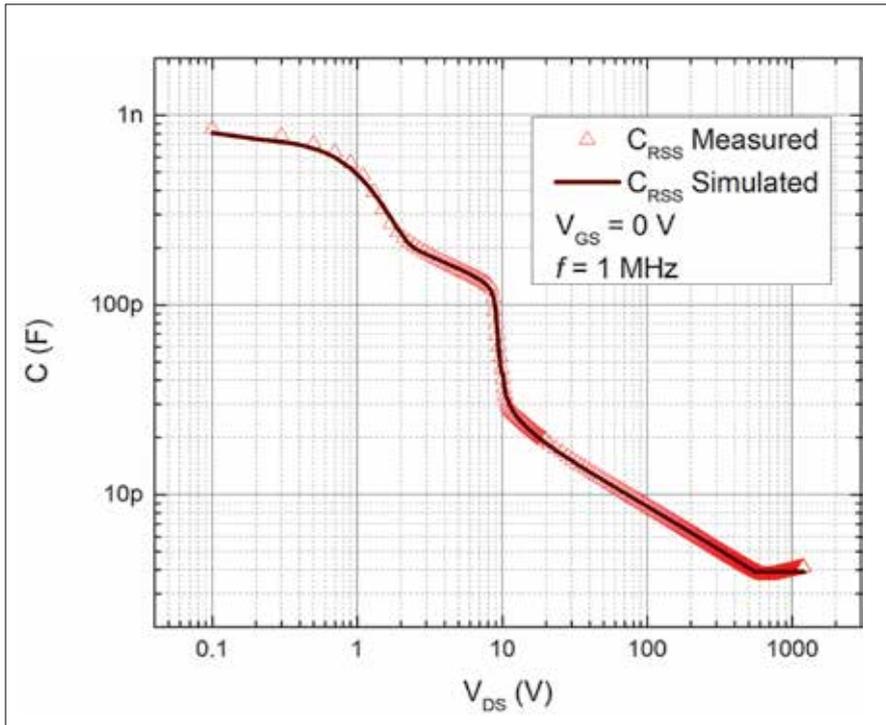
Beispiel für eine Strom-Spannungs-Charakteristik des neuen SPICE-Modells

Betriebsbereichen. Mit der Einführung von SiC-MOSFETs mit großer Bandlücke (WBG; Wide Band Gap) wird sich die Marktlage aber drastisch verändern, da diese Bauteile die Leitungs- und Schaltverluste bei typischen Betriebsbedingungen um fast eine Größenordnung verringern. SiC hat eine dreifach so breite Bandlücke wie Silizium und ermöglicht deshalb höhere elektrische Felder, niedrigere Leckströme bei erhöhter Temperatur und eine bessere Wärmeleitfähigkeit. Da SiC-MOSFETs unipolare Bauelemente sind, benötigen sie keinen Deaktivierungsstrom und lassen sich mit viel höheren Anstiegsgeschwindigkeiten schalten. Dabei sind Schaltfrequenzen von mehr als 100 kHz möglich. Dank der integrierten, nahezu sperrverzögerungsfreien Body-Diode erübrigt sich in den meisten Anwendungen eine externe Freilaufdiode, und Schaltverluste werden reduziert.

Neuer SPICE-Ansatz

Beim herkömmlichen diskreten Entwicklungsansatz werden Bauele-

mente zunächst in zeitaufwendigen FEM-TCAD-Simulationen entworfen. Ist das Bauteildesign abgeschlossen und für gut befunden, wird das SPICE-Modell extrahiert oder mittels Kurven-Fit an die gemessenen Eigenschaften angepasst. Anschließend steht es für die Anwendungssimulation zur Verfügung. Ein physikalisches SPICE-Modell, das auf Prozessparameter- und Layout-Störeinflüsse reagiert, verfolgt hingegen einen anderen Ansatz: Hier wird die Simulation als entscheidendes Kriterium für den Entwicklungsprozess angesehen. Dieses Vorgehen ist weitaus effektiver als herkömmliche Entwicklungsansätze und verkürzt die Zykluszeiten, indem es die Lücken zwischen TCAD, Schaltungsentwurf und Fertigung überbrückt. Schaltungsentwickler können neue Technologien in einem frühen Entwicklungsstadium per Simulation anstatt durch Fertigungsiterationen bewerten. Anschließend lassen sich die Bausteine auf der Basis realistischer Anwendungssimulationen optimieren, um möglichst hohe Leistungsmerkmale auf Systemebene zu erzielen.



Die C_{RSS} -Kapazitäten des SiC-MOSFETs werden durch einen MOS-Kondensator erfasst, der von verschiedenen Prozess- und Layoutparametern abhängt.

ON Semiconductors neues skalierbares SPICE-Modell für SiC-Leistungs-MOSFETs verfolgt genau diesen Ansatz. Das Modell basiert auf Prozess- und Layoutparametern und ermöglicht Designoptimierungen durch eine direkte Verbindung zwischen SPICE, Anwendungsdesign und Prozesstechnologie. Für jeden Bereich des Bausteins – zum Beispiel den Kanal, den JFET oder die Epitaxie – gibt es einen physikalischen Ansatz.

Skalierbares SPICE-Modell

Beispielsweise wird der Kanal durch das bekannte BSIM3v3-Modell beschrieben, das alle relevanten Attribute enthält. Insbesondere werden die Übergänge durch Unterschwellenbereiche, schwache und starke Inversion genau erfasst. Die Region zwischen den p-Wannen erzeugt einen nichtlinearen Effekt, der oft als JFET-Effekt bezeichnet wird. Auch dieser Effekt wird durch die physikalischen Gleichungen, die dem Modell zugrunde liegen, abgebildet.

Die entscheidenden C_{GD} - beziehungsweise C_{RSS} -Kapazitäten des SiC-MOSFETs werden durch einen robusten, verhaltensunabhängigen MOS-Kondensator erfasst, der von Prozess- und Layoutparametern wie der Gateoxidstärke, dem Abstand der p-Wanne und der Dotierung abhängt. Da die Dotierung in der JFET-Region häufig so ausgelegt ist, dass sie nichtlineare Effekte bei der Kapazität und dem Strom ausgleicht, weist die gemessene Kapazität mehrere Übergangsbereiche auf, die sowohl von der Dotierung als auch von der Geometrie abhängen.

SiC-MOSFETs schalten schnell und mit lediglich geringen Verlusten. Das Modell kann die damit einhergehenden Ein- und Ausschalttransienten mit hoher Präzision erfassen. Um die gewünschte Skalierbarkeit erzielen zu können, enthält das Modell physikalische Komponenten für alle parasitären Kapazitäten und Widerstände, die in den Ecken des Chips, an den Gate-Kontaktschienen und am Gate-Pad entstehen.

Der neue Modellierungsansatz für SiC-Leistungs-MOSFETs liefert präzise Ergebnisse für alle realen Betriebsbedingungen auf Baustein- und Systemebene. Die Modellierung von Strom-Nichtlinearitäten und des Wärmeverhaltens ermöglicht eine zuverlässige Vorhersage statischer Verluste im System. Darüber hinaus lassen sich kritische Ladungen und Kapazitäten wie C_{RSS} über den gesamten Bias-Bereich hinweg genau erfassen, was eine präzise dynamische Schaltungssimulation ermöglicht. Durch die skalierbare Modellierung des Baustein-Layouts und der Prozessstreuwerte können Entwickler zuvor erkannte, aber nicht zugängliche Bauteiloptimierungen in der Simulation freischalten.

Das robuste SPICE-Modell ist kompatibel mit den meisten branchenüblichen Simulationsplattformen und unterstützt zahlreiche Kundenanwendungen. Ähnliche Modelle sind für alle Leistungselektronikbauteile von ON Semiconductor erhältlich. □



Anschrift

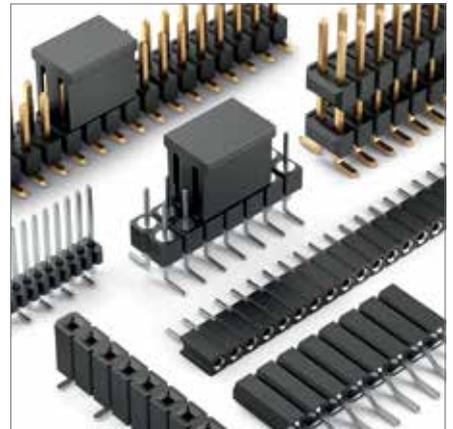
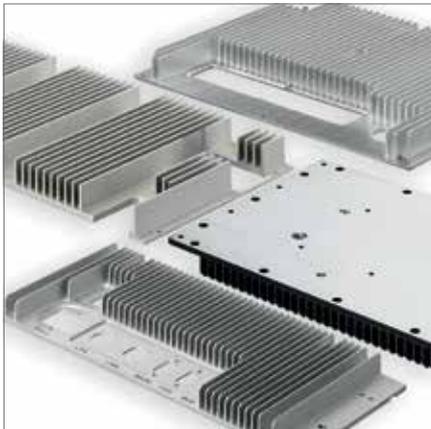
Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
 Nottebohmstraße 28
 58511 Lüdenscheid, Germany
 T +49/2351/435-0
 F +49/2351/45754
 info@fischerelektronik.de
 www.fischerelektronik.de

Firmenbeschreibung

Fischer Elektronik ist seit 1968 ein vielseitiger und flexibler Hersteller von mechanischen Elektronikkomponenten am Standort Deutschland. Man beschäftigt am Hauptsitz in Lüdenscheid in Nordrhein-Westfalen und in den Verkaufsbüros mehr als 400 Mitarbeiter, denen hochmoderne Produktionsanlagen, Betriebsmittel und Verwaltungstools zur Verfügung stehen. Mit eigenen Verkaufsbüros in Österreich, der tschechischen Republik sowie der Slowakei sichert Fischer Elektronik den Zugang in neue Märkte im Osten Europas. Langjährige Vertriebspart-

ner im In- und Ausland ermöglichen es die Produkte weltweit in mehr als 90 Länder zu verkaufen. Namhafte Branchen- und Marktführer haben Fischer Elektronik Produkte einedesigned. Mit mehr als 17.000 Kunden der Elektro- und Elektronikindustrie ist Fischer Elektronik eine echte Brand für mechanische Elektronikkomponenten, die auch in den Katalogen der wichtigsten international tätigen Katalogdistributoren zu finden ist. Das Herstellungsprogramm umfasst Kühlkörper und Systeme für die Halbleiterentwärmung, Steckverbindungen rund um die Leiterplatte sowie ein komplettes 19“ Aufbausystem und systemunabhängige Gehäuselösungen. Die Varianz der Standardartikel unter Berücksichtigung verschiedener Oberflächen, Polzahlen und Längen beträgt weit mehr als 75.000 Einzelartikel, die man in dem am Markt bekannten dreiteiligen Produktkatalog wiederfindet. Durch frühe Beteiligungen an Forschungsprojekten und in Entwicklungsverbänden steht man in der ersten Reihe bei

Kunden aus den Gebieten erneuerbare Energien, LED-Lighting und Brennstoffzellen. Die Stärke des Unternehmens liegt zum einen in der Vorhaltung eines Lagers für mehr als 650 verschiedene Aluminium-Kühlkörperprofile. Eigens hierfür hat man antizyklisch im Krisenjahr 2009 in ein rund 3.200 Tonnen fassendes Hochregal-Wabenlager investiert. Zum anderen besteht die Möglichkeit, aus den Standards spezielle, kundenspezifisch bearbeitete Lösungen generieren zu können, die in puncto Stückzahl, Qualität und Preis den hohen Kundenanforderungen entsprechen. Ein hohes Maß an Qualitäts- und Umweltbewusstsein sowie die Fokussierung auf die Wünsche und Belange der Kunden gehören zur Unternehmensphilosophie. Der Zertifizierungsstand nach ISO 9001, ISO 14001, ISO 27001 und AEO-C zeugen hiervon. Um auch weiterhin im nationalen und internationalen Kontext erfolgreich agieren zu können, wurde das komplette Unternehmen 2014 auf SAP umgestellt. □





Anschrift

Fuji Electric Europe GmbH
 Goethering 58
 63067 Offenbach am Main, Germany
 T +49/69/669029-0
 F +49/69/669029-56
 info.semi@fujielectric-europe.com
 www.fujielectric-europe.com

Firmenprofil

Die heutige Fuji Electric Co., Ltd. wurde 1923 in Japan als eine Kapital-und Technologie-Allianz zwischen Furukawa Electric Co., Ltd und der Siemens AG gegründet. Der Firmenname wurde abgeleitet von diesen beiden Unternehmen, mit „Fu“ und „Si“ und dem höchsten Berg in Japan, Mt. Fuji.

Die Fuji Electric Europe GmbH entstand 1984 in Deutschland und ist eine 100%ige Tochtergesellschaft der Fuji Electric Co., Ltd.. Seit über 30 Jahren beliefert Fuji Electric erfolgreich den Europäischen Markt mit Leistungshalbleitern für Energieumwandlungssysteme.

Mit einem starken Team aus Vertriebs-, Applikations- und Entwicklungsingenieuren stehen wir unseren Kunden aus ganz Europa sowohl bei kommerziellen und technischen Fragen als auch bei kundenspezifischen Entwicklungswünschen stets zur Seite.

Darüber hinaus gewährt unser international aufgestelltes Distributionsnetzwerk eine besondere Servicequalität und Kundennähe. Fuji Electric bietet innovative Energietechnologien, um weltweit in den Bereichen der sozialen und industriellen Infrastruktur einen nachhaltigen Beitrag zu leisten. Durch Bevöl-

kerungswachstum und rasanten industriellen Fortschritten werden Energiemanagement und Umweltschutz zunehmend wichtiger. Deshalb strebt Fuji Electric kontinuierlich die Weiterentwicklung und Verbesserung existierender Technologien an. Unsere innovativen Produkte in der Energie- und Umwelttechnologie erzielen eine hohe Wertschöpfung, hervorragende Umweltfreundlichkeit, sowie Energie mit maximalem effizientem Nutzen.

Anwendungsportfolio

Lange Zeit waren die Haupteinsatzgebiete unserer Leistungshalbleiter die elektrische Antriebstechnik (Frequenzumrichter, Servo-Antriebe) sowie die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Basierend auf diesen Anwendungen wurde der Grundbaustein für hervorragende Qualität, hohe Zuverlässigkeit und Implementierung neuester Technologien gelegt.

Das Anwendungsportfolio wächst stetig an und umfasst heute neue Einsatzmöglichkeiten wie: Erneuerbare Energien (Windenergie, Photovoltaik), Hybrid-/Elektro-Mobilität, Energieversorgung und -verteilung (Smart Grid), Traktion, etc.. Die Technologieentwicklung fordert immer neue technische und effiziente Lösungen mit langer Lebensdauer sowie höchster Qualität. Unsere hochmodernen Front-End und Back-End Produktionsstandorte sowie Lagerstandorte gestatten es, die weltweit wachsende Kundenanzahl mit Leistungshalbleitern zu versorgen. Dies ermöglicht eine flexible Verfügbarkeit unserer Produkte und ein exzellentes Preis-Leistungs-Verhältnis.

Unsere 7. IGBT-Generation (X-Serie) löst momentan die älteren Generationen im Markt ab. Die neuen Produkte können existierende Produkte problemlos, aufgrund ihrer elektrischen und mechanischen Kompatibilität, ersetzen und dabei die Verluste weiter reduzieren. Mehr Informationen zu unseren Produkten finden Sie unter: https://www.fujielectric-europe.com/gallery/download/download_535/fuji_shortform_2018.pdf

Qualitätsmanagement

ISO/TS16949 und ISO 9001 zertifiziert.

Logistikleistung

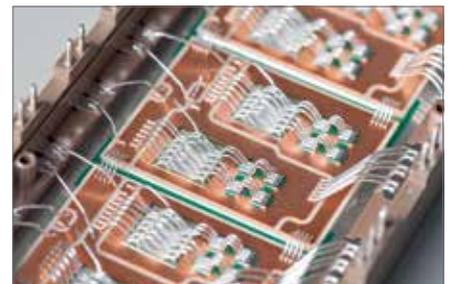
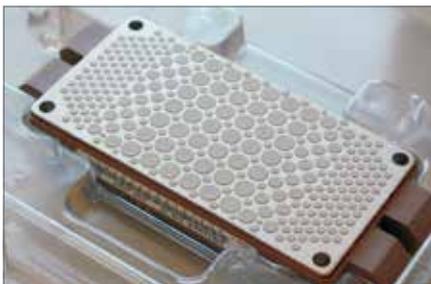
Unser Logistik-Center in Frankfurt bietet unseren Kunden eine hohe Verfügbarkeit und ermöglicht kurze Lieferzeiten sowie umfangreiche Logistikleistungen.

Technischer Support

Bei spezifischen Kundenfragen rund um das Thema Technik bietet unser kompetentes Team fachgerechte Applikationsunterstützung von A bis Z sowie spezielle technische Lösungen. Darüber hinaus unterstützen Sie unsere Entwickler bei Design-in-Lösungen vor Ort fachgerecht und zuverlässig.

Dienstleistung für Wärmeleitpaste

Unser automatisierter Bedruckungsprozess garantiert durch präzise Druckausrüstung, optimierte modulspezifische Druckmuster und Softwareüberwachung einen einheitlichen Druck und weit verbesserte Wärmeleitfähigkeit. □





Anschrift

HY-LINE Power Components Vertriebs GmbH
 Inselkammerstr. 10
 82008 Unterhaching
 Tel.: +49/89/614503-10
 Fax: +49/89/614503-20
 power@hy-line.de
 www.hy-line.de/power

Gründungsjahr 1988

HY-LINE Power Components – Ihr Partner für Leistungselektronik

HY-LINE Power Components liefert Ihnen alle Kernbauteile und -komponenten der Leistungselektronik und kann Sie daher in allen relevanten Fragen beratend unterstützen.

Sie finden bei HY-LINE Power Components hochwertige IGBT Module mit innovativem Gehäuseaufbau, kompakte IGBT-Treiber mit vielen integrierten Funktionen, Gleichrichter und Diodenmodule in robusten Industrie Mehrfachpacks, AC/DC- und DC/DC-Wandlermodule, GaN HEMTs, Einzelhalbleiter sowie passive Bauelemente.

Von der SMD-Miniaturdrossel über Ansteuerübertrager bis zu Hochleistungs-drosseln und Leistungs-Transformatoren für Schaltfrequenzen im kHz-Bereich bieten wir die gesamte Palette der Induktivitäten. Super- und Hochvolt-Folien-Kondensatoren ergänzen unser Programm.

Im Portfolio sind unter anderem Bauelemente und Module von Mitsubishi, Power Integrations, Powersem, Vicor, PHI-CON, Transphorm, Eaton, Sirio, Rö-Lo, Electronicon und Maxwell. Auch für die Bus-Kommunikation der Leistungselektronik bieten wir passende Bauteile wie z. Bsp. isolierte Datenkoppler.

Zielmärkte

Alle Bereiche industrieller Elektronik mit Schwerpunkten in Leistungselektronik, Stromversorgungstechnik, Telecom, Bahntechnik, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik, Steuerungstechnik und Automatisierung

Dienstleistungen

Als hoch spezialisierter Vertriebspartner und Herstellerrepräsentant verfügt die HY-LINE Power Components über ein umfassendes anwendungsspezifisches Know-how. Unsere Applikationsingenieure können Ihre Entwicklerteams bereits in der Designphase bei der Bauteileauswahl und der Konfiguration aufeinander abgestimmter Subsysteme unterstützen. Sie profitieren durch umfassend geschulte Produktspezialisten, aktuelle Datenblätter, Application Notes und Trainings / Workshops zu Spezialthemen, Entwicklungskits und Designtools.

Präsenz

Zentrale in Unterhaching bei München, Vertriebsbüros im gesamten Bundesgebiet und eigene Niederlassung in der Schweiz.

Lagerstandort

Unterhaching bei München

Qualitätsmanagement

ISO 9001-zertifiziert

Firmenphilosophie

HY-LINE setzt auf innovative Technologien zu wettbewerbsfähigen Preisen. Der Kunde erhält individuelle Beratung, Applikationsunterstützung und interessante Produkte von Herstellern, die sich durch neue technische Lösungen von anderen abheben. Seit der Gründung vor über 30 Jahren verfolgt HY-LINE ein kundenorientiertes Unternehmenskonzept, das die



hohe Innovationsrate der Elektronik und die damit verbundenen Anforderungen an applikationsspezifischem Know-how berücksichtigt.

Die HY-LINE Gruppe gliedert sich in Deutschland in drei selbstständige Firmen mit spezialisierten Produktbereichen. Jedes der Unternehmen bedient ein spezielles Anwendungssegment mit eigenem Know-How für diese Applikationen und verfügt über eigene Support-Mitarbeiter, Produktspezialisten sowie Applikations- und Vertriebsingenieure. Die Entwicklungsunterstützung geht deutlich über die reine Produktvorstellung hinaus. Oft erschließt sich der Vorteil eines Bauteiles erst dann, wenn man die Auswirkung auf die Gesamtschaltung betrachtet. Dazu ist ein Know-How für die Anwendung nötig, welches Sie bei uns finden.

HY-LINE Power Components ist spezialisiert auf alle Fragen und Produkte rund um Leistungselektronik, Steuern & Regeln, passive Bauelemente und Stromversorgung. HY-LINE Power Components ist Vertragsdistributor und Repräsentant von renommierten Elektronikherstellern. Bei der Auswahl der Hersteller achten wir darauf, dass jeder in seinem Fachgebiet als Spezialist mit einzigartigem Know-how gilt. Von dieser hohen Lösungskompetenz können Sie bei Ihren Anwendungen profitieren. Zudem wählen wir unsere Hersteller und deren Produkte auch nach der Nutzung von Synergien aus. Dadurch können wir Ihnen für viele Anwendungen komplette Lösungen anbieten. □



Anschrift

Infineon Technologies AG
 Am Campeon 1-15
 85579 Neubiberg bei München, Germany
 T +49/89/234-0
 www.infineon.com

Über Infineon

Infineon entwirft, entwickelt, fertigt und vertreibt eine Vielzahl an Halbleiter- und Systemlösungen. Dabei liegt der Fokus auf der Automobil- und Industrieelektronik sowie auf mobilen Geräten, Hochfrequenzanwendungen und hardwarebasierter Sicherheit. Als weltweit führender Anbieter von Halbleitern verbindet Infineon unternehmerischen Erfolg mit verantwortungsvollem Handeln. So macht Infineon den Alltag einfacher, sicherer und umweltfreundlicher. Kaum wahrnehmbar, sind Halbleiter unverzichtbarer Begleiter unseres täglichen Lebens. Komponenten von Infineon kommen zum Einsatz, wo elektrische Energie effizient erzeugt, übertragen und genutzt wird. Sie sichern ferner unseren digitalen Datenaustausch, senken den Schadstoffausstoß von Autos und erhöhen die Sicherheit im Straßenverkehr.

Produktspektrum

- **Automotive:** 32-Bit-Mikrocontroller für Antriebsstrang, Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, diskrete Leistungshalbleiter, Druck- und Magnetfeldsensoren, IGBT-Module, Industrie-Mikrocontroller, Leistungs-ICs, Radar-Sensor-ICs (77 GHz), Spannungsregler, Transceiver (CAN, LIN, Ethernet, FlexRay)
- **Industrial Power Control:** „Bare Die“-Geschäft, diskrete IGBTs, IGBT-Module für niedrige, mittlere und hohe Leistungsklassen, IGBT-Modul-Lösungen inkl. IGBT-Stacks, Siliziumkarbid-Module, Treiber-ICs
- **Power Management & Multimarket:** Ansteuer-ICs, Chips für Silizium-Mikrofone, diskrete Niedervolt- und Hoch-

volt-Leistungshalbleiter, Galliumnitrid (GaN)-Transistoren, Drucksensoren, GPS-Signalverstärker, HF-Antennenschalter, HF-Leistungstransistoren, kundenspezifische Chips (ASICs), Niedervolt- und Hochvolt-Treiber-ICs, Radar-Sensor-ICs (24 GHz, 60 GHz), Schutzdioden gegen elektrostatische Entladung

- **Chip Card & Security:** Eingebettete Sicherheitscontroller, kontaktbasierte Sicherheitscontroller, kontaktlose Sicherheitscontroller, Sicherheitscontroller mit kontaktloser sowie kontaktbasierter Schnittstelle (Dual-Interface)

Präsenz

36 Forschungs- und Entwicklungsstandorte, 18 Fertigungsstandorte und rund 44 Vertriebsbüros weltweit □

GRÜNDUNG

1999

MITARBEITER

37.479 weltweit (Stand 30. September 2017)

UMSATZ

€7.063 Mio. im Geschäftsjahr 2017

PRODUKTPORTFOLIO

Halbleiter





for a greener tomorrow



Anschrift

Mitsubishi Electric Europe B.V.
Semiconductor European Business Group
Mitsubishi-Electric-Platz 1
40882 Ratingen, Germany
T +49/2102/486-0
F +49/2102/486-4140
semis.info@meg.mee.com
www.mitsubishichips.eu

Qualitätsmanagement

- Deutsche Niederlassung: ISO 9001, 14001
- ISO/TS22163 (Leistungselektronik)
- IATF 16949 (TFT Automotive)

Mitsubishi Electric Europe B.V. – Semiconductor European Business Group

Mitsubishi Electric gehört zu den weltweit führenden Unternehmen in Herstellung und Vertrieb von elektrischen und elektronischen Produkten für die vielfältigsten industriellen Anwendungen und Alltagsbereiche. Seit 1978 ist Mitsubishi Electric in Deutschland vertreten. Die deutsche Niederlassung in Ratingen, Nordrhein-Westfalen, ist für die Durchführung der technischen Service-, Vertriebs- und Marketingaktivitäten in Deutschland verantwortlich. Für den Geschäftsbereich Semiconductor werden von Ratingen aus auch die Exportaktivitäten für EMEA gesteuert.

Im Bereich der Halbleiter nimmt Mitsubishi Electric weltweit eine führende Rolle ein. Innovatives Denken, Investitionen in moderne Produktionsstätten und leistungsfähige Entwicklungsabteilungen sichern diese Spitzenposition. Unsere Kunden profitieren von umfassenden technischen Serviceleistungen sowie einem breiten Vertriebs- und Distributionsnetz. Unser Erfolg in der Halbleitertechnologie basiert auf den vier Produktbereichen Hochfrequenz, Optoelektronik, Leistungselektronik sowie TFT-LCD Module für industrielle Anwendungen und Automotive.

Leistungselektronik / Technologien

Mitsubishi Electric verfügt über eine mehr als 60-jährige Erfahrung in der Entwicklung und Produktion von Leistungshalbleitern. Als weltweit erstes Unternehmen, das alle erforderlichen Technologien beherrschte, entwickelte Mitsubishi Electric das Konzept der Intelligenten Power Module (IPMs). In diesem Bereich wie auch in der IGBT Technologie (Insulated Gate Bipolar Transistor) sind wir seither führend und stellen für jede Leistungsklasse die passenden Module zur Verfügung, etwa zur Motorsteuerung, Bahn-technik oder Automotive.

Zudem hat Mitsubishi Electric als erstes japanisches Unternehmen die Zertifizierung nach IRIS (International Railway Industry Standard) erhalten. Die Nutzung und Entwicklung neuer Materialien und neuer Prozesse sind auch zukünftig die Ziele von Mitsubishi Electric, wie z. B. der Einsatz von SiC als Beitrag zu höherer Effizienz und zur System-Kostenoptimierung auf Kunden-seite.

Produktportfolio

Power Modules

- SiC Modules
- IGBT Modules
- Intelligent Power Modules (IPMs, DIPIPM+, DIP-/Mini-DIP-IPMs, DIPPPFC, SLIMDIP, MISOP)
- Automotive Modules (6in1 Pin-fin Power Modules, 2in1 Transfer-molded Power Modules)
- MOSFET Modules
- Diode Modules
- HV Integrated Circuits

High Power Semiconductors

- HV-IGBT Modules (up to 1000A/6.5kV, 1500A/4.5kV, 1800A/3.3kV, 3600A/1.7kV)
- HV-IPM
- HV Diode Modules

Zielmärkte

Bahn-technik, USV, HGÜ, Automotive, Regenerative Energien, Motorsteuerung, Medizintechnik, Aufzüge, Weiße Ware, Schweißtechnik, Automatisierung, Pumpen, Gabelstapler. □



SEMIKRON

innovation + service

Anschrift

SEMIKRON INTERNATIONAL GmbH
 Sigmundstraße 200
 90431 Nürnberg, Germany
 T +49/911/6559-0
 sales@semikron.com
 www.semikron.com
 shop.semikron.com

Ansprechpartner

Werner Dorbath
 Marketing Communication International
 T +49/911/6559-75217
 werner.dorbath@semikron.com

FIRMENPROFIL

Das Familienunternehmen ist ein weltweit führender Hersteller für Leistungshalbleiter mit Hauptsitz in Nürnberg. Es wurde 1951 gegründet und hat heute weltweit über 3.200 Beschäftigte. Ein internationales Netzwerk aus 25 Gesellschaften mit Produktionsstandorten in Brasilien, China, Deutschland, Frankreich, Indien, Italien, Korea, Slowakei und den USA garantiert eine schnelle und umfassende Betreuung der Kunden vor Ort. Mit der Gründung eines Online Shops im Jahr 2009 hat SEMIKRON seine Präsenz für Kunden erweitert. Der SEMIKRON ONLINE SHOP bietet eine 24-Stunden-Erreichbarkeit, eine weltweite Lieferung und kompetente technische Beratung in mehreren Sprachen. SEMIKRON stellt Leistungselektronik-Komponenten und -Systeme vorwiegend im mittleren Leistungssegment (ca. 2 kW bis 10 MW) her. Zu den Anwendungen gehören drehzahlgeregelte Industrieantriebe, Automatisierungstechnik, Schweißanlagen und Aufzüge. Weitere Anwendungsbereiche sind unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV), erneuerbare Energien (Wind, Solar) sowie Elektro- und Hybridfahrzeuge (Nutzfahrzeuge, Flurförderfahrzeuge).



Produkte

Die Produktpalette reicht von Chips, diskreten Halbleitern, IGBT-, Dioden- und Thyristor-Modulen über kundenspezifische Lösungen bis zu integrierten Leistungselektronik-Systemen. SEMIKRON ist mit einem Anteil von 24,9 % Marktführer bei Dioden- und Thyristor- Halbleitermodulen. (Quelle: IHS Research, Power Semiconductor Intelligence Service Annual Market Report – 2016 Edition).

1500 VDC in Solaranlagen – SEMIKRON bietet alles, was Kunden brauchen

Eine Erhöhung der PV-Spannung in Solaranlagen auf bis zu 1500 VDC ermöglicht eine signifikante Senkung der Systemkosten wie auch die Optimierung des jährlichen Energieertrags. Um diese anspruchsvollen Anforderungen zu erfüllen bietet SEMIKRON ein umfassendes Produktportfolio für Ihren 1500 V-Wechselrichter: von Leistungsmodulen in 2-Level- und 3-Level-Topologien über leistungsstarke SKiiP 4-IPMs

bis hin zu gebrauchsfertigen Power-Stacks – SEMIKRON ist der Partner in allen Integrationsstufen.

Maximale Leistungsdichte für kompakte Stringwechselrichter-Designs

MiniSKiiP erobert den Solarmarkt: Der neue MiniSKiiP Dual Split MLI bietet die hohe Zuverlässigkeit der MiniSKiiP-Technologie jetzt auch für Solaranwendungen.

Der MiniSKiiP Dual Split MLI kombiniert einen Nominalstrom von 400 A bei 1200 V Chips mit den bekannten Vorteilen der MiniSKiiP SPRiNG Technologie und deren einfachen Montageprozess. Diese neuen Module erlauben ein bodenplattenloses Design mit direkter Leiterplattenmontage für Stringwechselrichter bis zu 180 kW in 1500 VDC-Photovoltaiksystemen und setzen damit einen neuen Maßstab in dieser Klasse. Die Anordnung der SPRiNG Kontakte im MiniSKiiP Dual erlaubt eine niederinduktive Zwischenkreis-anbindung, einfache Treiberintegration und parallele AC Anschlüsse. □



Mit uns können Sie einpacken



Folienschweißgerät



Folienbeutel

- **Pink-Poly (auch mit Zip)**
- **schwarz, leitfähig**
- **Shielding (auch mit Zip)**
- **Dry-bag**

Vakuumkammer



Vakuum-Schweißgerät



Technische Änderungen vorbehalten.

Mehr Informationen zu unseren Produkten erhalten Sie unter www.bjz.de

BJZ GmbH & Co. KG
Berwanger Str. 29 • D-75031 Eppingen/Richen

Telefon: +49 -7262-1064-0
Fax: +49 -7262-1063
E-Mail: info@bjz.de
Web: www.bjz.de

One of our
key products:
Trust.

Leistungshalbleiter von Mitsubishi Electric.

Präzise und effiziente Steuerung von dynamischen Prozessen stellt hohe Ansprüche an die Komponenten. Mit über 30 Jahren Entwicklung und Produktion von IGBTs und der Weiterentwicklung wegweisender Technologien bietet Mitsubishi Electric ausgezeichnetes Know-how, um diese Anforderungen zu erfüllen. Neueste Chip-, Aufbau- und Verbindungstechnologien bieten verlängerte Modul Lebensdauer, hohe Leistungsdichte für kompakte Bauweise, einfache Systemmontage und Unterstützung von skalierbaren Plattformkonzepten.

Leistungshalbleiter für industrielle Anwendungen



IPMs der G1-Serie mit IGBTs der 7. Generation

- Hoher Wirkungsgrad durch Full-Gate IGBTs der 7. Generation
- Interner Gate-Treiber und integrierte Schutzfunktionen
- Indikation des Fehlertypes
- Optimierte Abstimmung zwischen Verlustleistung und EMV durch innovative Steuerung der Schaltgeschwindigkeit
- Hohe Zuverlässigkeit durch neuartige Gehäusetechnologie



for a greener tomorrow

Mehr Informationen:
semis.info@meg.mee.com
www.mitsubishichips.eu



Scannen und bei YouTube
mehr über Leistungs-
halbleiter erfahren.

 **MITSUBISHI
ELECTRIC**
Changes for the Better