

Powered by

# Markt & Technik

DIE UNABHÄNGIGE WOCHENZEITUNG FÜR ELEKTRONIK

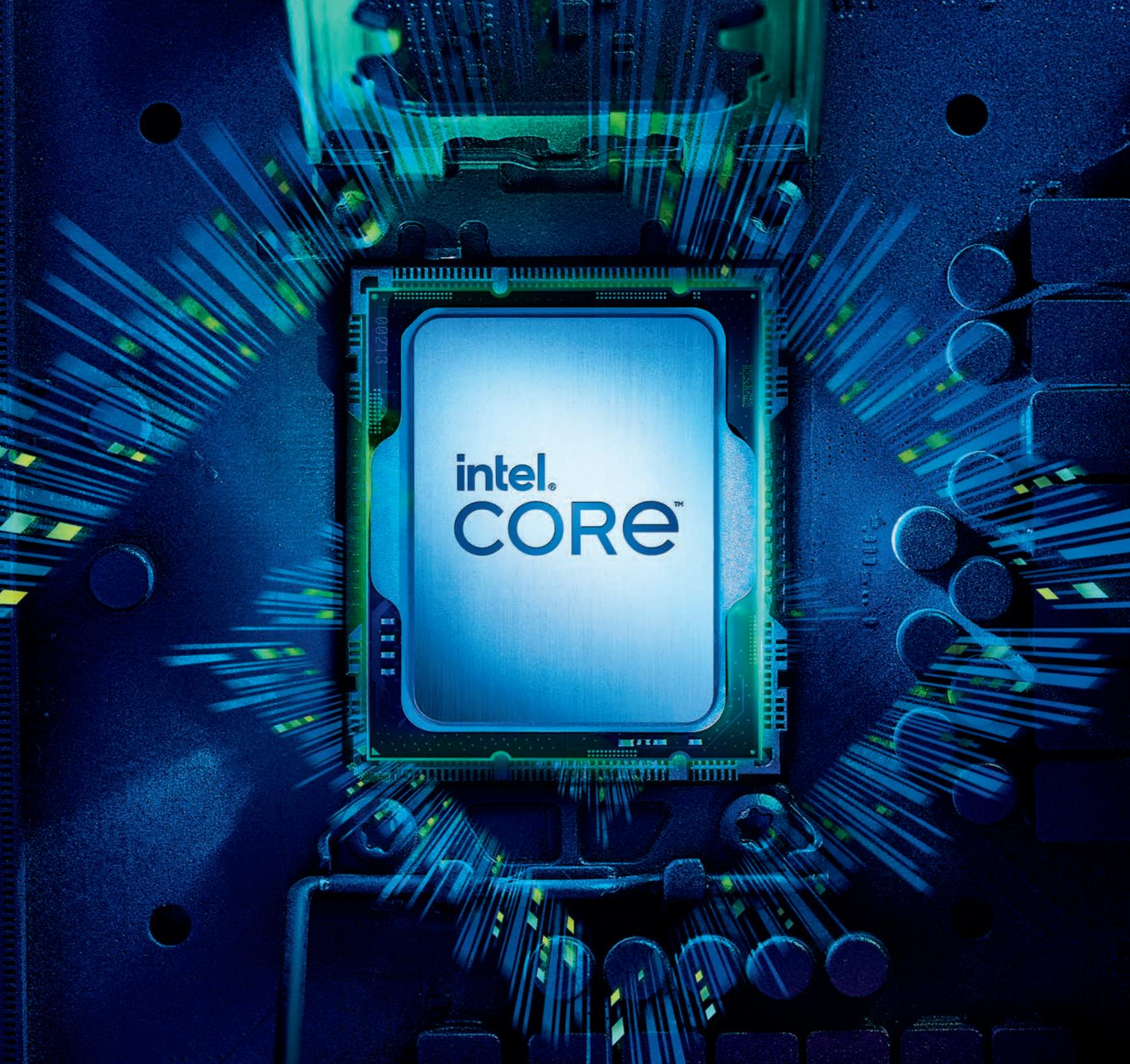
A large central graphic featuring the number '50' in a bold, gold-colored font, with the word 'Years' written in a gold cursive script across the zero. The entire graphic is set against a dark blue hexagonal background.

# 50 Years

## COMMITTED TO CELEBRATE

- *Passive & elektromechanische Komponenten*
- *Halbleiter & Memory*
- *Wireless*
- *Automotive*
- *Embedded-Systeme*
- *Rutronik Excellence*

# RUTRONIKER



intel.  
**CORE™**

13th Gen Intel® Core™ desktop processors

# Beyond performance.

Stream, create, and compete at the highest levels with industry-leading features and the latest hybrid architecture.





Andreas Mangler

## Wandel durch Wachstum

Nach 50 Jahren als Distributor im Elektronikmarkt blicken wir auf einige bedeutende Meilensteine zurück. Angefangen mit dem Fokus auf passive Bauelemente in den 1970er-Jahren, führen wir Sie im Rahmen dieser besonderen RUTRONIKER-Ausgabe durch unser gesamtes Portfolio. Dieses hat sich in den vergangenen fünf Jahrzehnten immer weiter ausdifferenziert. In den 1980er-Jahren sorgte der große Bedarf an Mikrochips für ein rasantes Wachstum in der Halbleiterindustrie. In den 1990er-Jahren erlebte dann die Mobiltelefonbranche mit der Einführung des GSM-Netzes ihren Durchbruch. Digitale Netzwerke und das Internet sowie die damit verbundenen Anwendungen haben unser berufliches und privates Leben verändert. Auch Rutronik vergrößerte sich in den 1990er-Jahren durch die Erweiterung des Portfolios um Displays und Systeme erheblich, um die neu entstandenen Märkte mitzugestalten. Um die Jahrtausendwende gelang es Rutronik, zu einem der führenden Broadline-Distributionsunternehmen in Europa und mittlerweile zum größten europäischen Broadliner aufzusteigen.

Auch technologisch stellten die 2000er-Jahre die Weichen für Innovationen in den Bereichen der drahtlosen Kommunikations- und Informationstechnologien. Die Digitalisierung nahm ihren Lauf und ein weiterer Meilenstein war in den 2010er-Jahren der Umbruch in der Automobilbranche. Dieser zeigt sich vor allem in Innovationen im Kontext der Konnektivität und der internetbasierten Verknüpfung von Fahrzeugen sowie in der Entwicklung alternativer Antriebssysteme. All diese Entwicklungen waren auch der Grund für die Ausgründung der Rutronik Automotive Business Unit im Jahr 2014, um sich explizit auf die Beschaffungs- und Entwicklungsstrukturen der Kunden im Automobilbereich zu fokussieren. Mit künstlicher Intelligenz, Big Data, Robotik und Mensch-Maschine-Schnittstellen, Automatisierung und Industrie 4.0 befinden wir uns inmitten eines nächsten technologischen Umbruchs, den wir aktuell und in den kommenden Jahren mitgestalten. Über alle Rubriken hinweg zeigen wir Ihnen in dieser RUTRONIKER-Ausgabe, wie in den verschiedenen Produktbereichen neueste Entwicklungen und Innovationen mehr denn je die Anwendungen von heute und morgen prägen. Erfahren Sie über unsere visuellen Future-Market-Marker der jeweiligen Artikel in der Ausgabe, wie damit neue Entwicklungen und innovative Lösungen in den verschiedenen Märkten wie Automation, Advanced Robotics, IIoT und Industrie 4.0 sowie Future Mobility und Energy angestoßen werden.

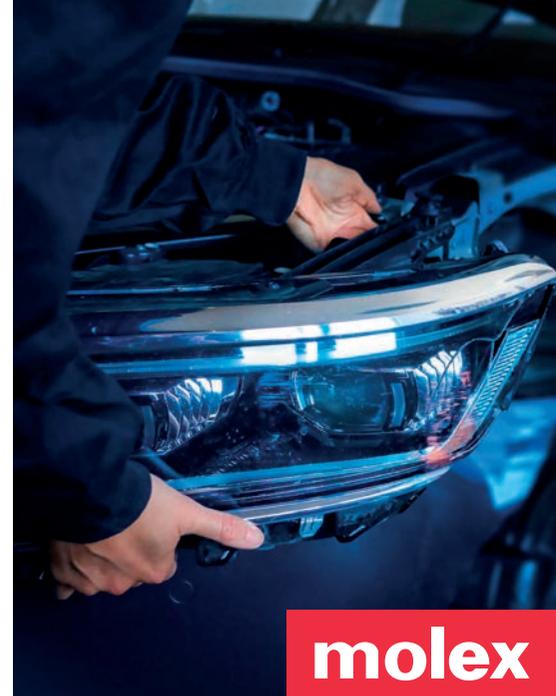
Im Interview mit unserem CEO Thomas Rudel lesen Sie weitere Impulse, wie Rutronik in fünf Jahrzehnten schon immer Wachstum durch Wandel gelebt hat. Neben einem Rückblick auf wichtige Meilensteine der Unternehmensgeschichte rund um den Ausbau des weltweiten Vertriebsnetzes lesen Sie über die aktuelle Situation im Distributionsmarkt. Darüber hinaus gibt er einen Ausblick auf die strategische Positionierung von Rutronik als Broadline-Distributor und Systemanbieter.

Mit unseren Rutronik System Solutions lösen wir genau dieses Versprechen eines Systemanbieters ein und adressieren mit unseren Lösungen zudem exakt die Bedürfnisse unserer Kunden. Ziel ist es, deren Time to Market zu verkürzen. Seit der letzten RUTRONIKER-Ausgabe gab es neue Entwicklungen wie die Markteinführung von zwei neuen Base Boards: Die Rutronik Development Kits RDK3 und RDK4. Lesen Sie im Interview mit Stephan Menze, Head of Global Innovation Management, mehr über die zum Teil patentierten Designs, die wir unter dem Dach unserer Rutronik Systems Solutions bündeln.

Im Namen des gesamten Rutronik-Teams wünsche ich Ihnen eine spannende Lektüre mit wertvollen Impulsen und Anregungen für Ihre Arbeit!

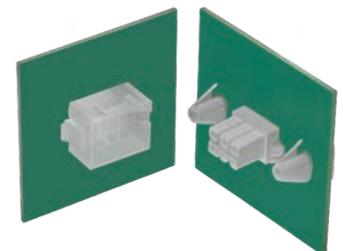
Ihr

Andreas Mangler  
Director Strategic Marketing  
und Prokurist bei Rutronik



## Bring flexibility to the toughest design dilemmas with Mini-Fit Connectors

Achieve design flexibility with high-current, high-density Mini-Fit power connectors, offering polarized housings with isolated terminals, TPAs and positive locks across a wide portfolio of compatible variations.



**BUY NOW!**



Editorial	3
-----------	---

## ● PASSIVE & ELEKTRO-MECHANISCHE BAUELEMENTE

Wie alles begann – die 1970er-Jahre: Geburtsstunde – auch des Farbfernsehens	6
Passive Bauelemente in modernen Schaltnetzteilen: Verborgene Spezialisten	7
Elektret-Kondensator-Mikrofone, nicht nur für Stimmen: Die Welt ist voller Geräusche	12
Metaverse: Hardware für eine Welt aus Daten	14
Thermomanagement: Alles Wissenswerte zu Lüftern	16
Platz sparen mit MLCCs: Hohe Kapazitäten auf kleiner Fläche	20

## ● HALBLEITER & MEMORY

Die 1980er-Jahre: Der PC ist da!	22
Smart Home: Energieeffizientes IoT mit Radarsensoren	23
Static Random-Access-Memory: Speichertechnologie mit Zukunft	26
Sicherheit in Industrie-4.0-Anwendungen: Wenn Mikrocontroller-basierte Sicherheit nicht ausreicht	28
Mikrocontroller: Technische Vielfalt, maximale Rechenleistung und Sicherheit für Industrieroboter	30

## ● RUTRONIK EXCELLENCE



Wachstum durch Wandel:  
50 Jahre Rutronik für die Zukunft  
der Elektronik

Blick auf den Elektronikmarkt: »Ein oszillierendes System braucht Bedämpfung – und die kann die Distribution leisten«	55
Rutronik System Solutions: Der Distributor als Entwicklungs- und Forschungslabor	74

## ● WIRELESS

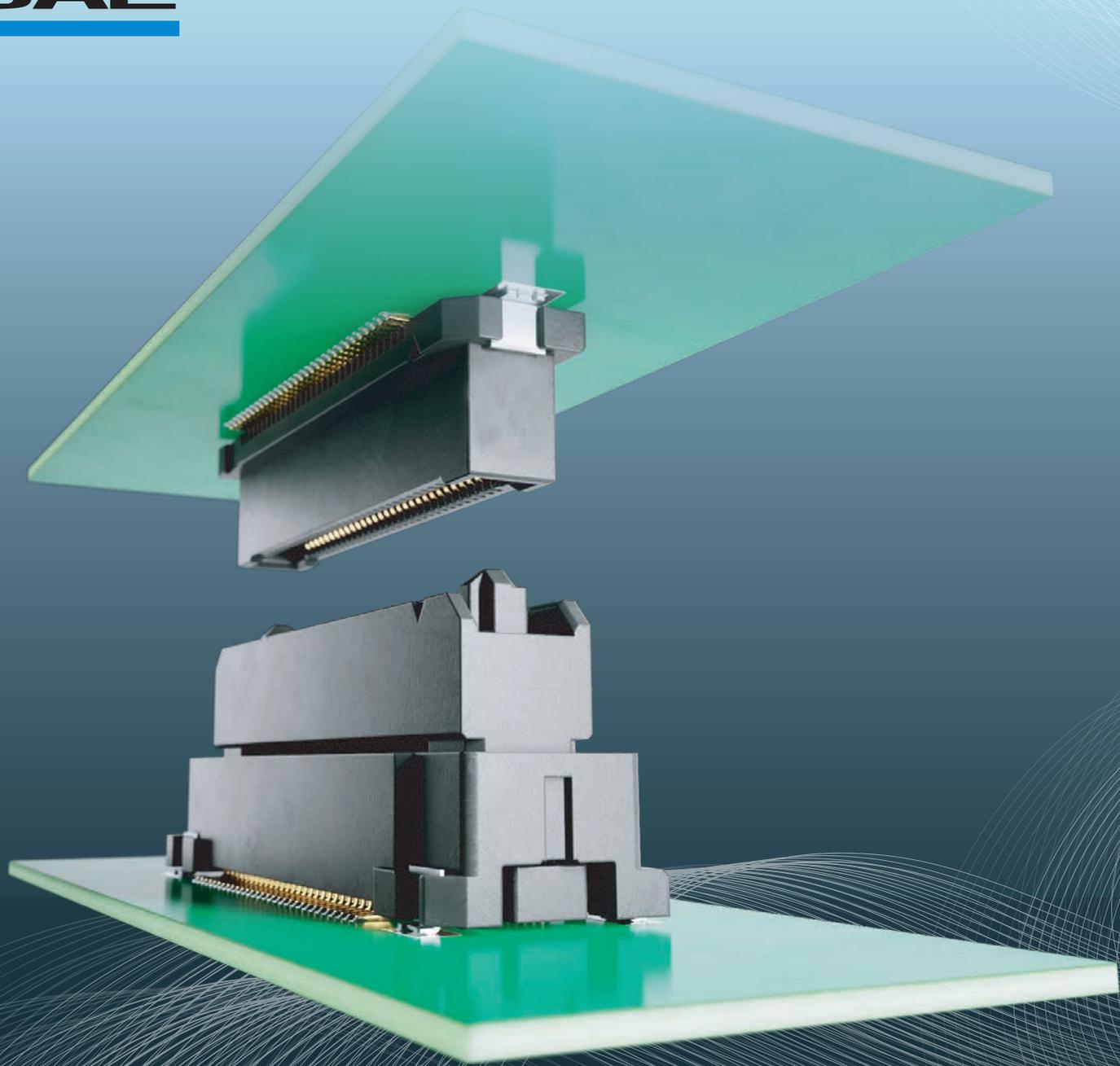
Die 1990er- und 2000er-Jahre: Europaweite Mobilkommunikation	38
Wireless-Standard Matter: Neuer Schub für Smart-Home-Geräte	39
Magnetometer: Spannende Möglichkeiten mit TMR-Technologie	44
Mikrocontroller kombiniert NFC-Schnittstelle und Motortreiber: Intelligente Schlösser via Smartphone öffnen	48
Echtzeitkinematik: Zentimetergenaue Positionierung in Echtzeit	50
Security-ICs: Mehr Sicherheit für die vernetzte Welt	52

## ● AUTOMOTIVE

Die 2010er-Jahre: Mobilität der Zukunft	58
Automotive-qualifizierte Shunts und die passende Auswerteelektronik: Intelligenter Batteriesensor aus zwei Schlüsselbauteilen	59
Funktionale Sicherheit: Motor-Controller mit vielen Diagnose- und Schutzfunktionen	62
Intelligente Ladeklappe für Elektrofahrzeuge: Elektrisch fahren, komfortabel laden	67
CO <sub>2</sub> -Sensor überwacht Luftqualität im E-Auto: Die Effizienz von Klimaanlage erhöhen	70
Referenzdesigns für elektrische 48-V-Leichtfahr- zeuge: Micromobility nimmt Fahrt auf	72

## ● EMBEDDED-SYSTEME

Die 2020er-Jahre: Von den Komponenten zu den Systemen	78
Embedded-Designs – Made in Europe: Vorteile durch Nähe	79
Pseudo-SLC kombiniert Vorteile von SLC- und TLC-/MLC-Speichern: Die Quadratur des Kreises	82
Impressum	81
Inserentenverzeichnis	81



# THE MA01 SERIES

## BtB HIGH SPEED TRANSMISSION FLOATING CONNECTORS FOR AUTOMOTIVE

- Perfect alignment
- High speed data transmission
- High contact reliability
- Multiple mounting options
- Tailored to automotive market requirements (-40 °C to +125 °C)



Wie alles begann – die 1970er-Jahre

# Geburtsstunde – auch des Farbfernsehens



In den 1970er-Jahren wurden Farbfernseher populär. Und es waren die Jahre, in denen Rutronik seinen Aufstieg begann.

**A**m 25. August 1967 drückte Vizekanzler Willy Brandt während der Internationalen Funkausstellung (IFA) in Berlin auf einen roten Knopf – damit fiel der offizielle Startschuss für das Farbfernsehen in Deutschland. Doch nur wenige konnten tatsächlich ein farbiges Fernsehbild genießen: Nur rund 6 000 Farbfernsehgeräte gab es hierzulande zu dieser Zeit, ca. 13 Millionen waren noch Schwarz-Weiß-Geräte. Zudem wurden noch nicht alle Sendungen in Farbe ausgestrahlt. Die »Tageschau« stellte erst Anfang der 1970er-Jahre von schwarz-weiß auf Farbe um.

Dann nahm auch der Verkauf von Farbfernsehgeräten Fahrt auf, jährlich kamen 1,4 Millionen neue Geräte in die hiesigen Wohnzimmer. Großereignisse wie die Olympischen Spiele im Jahr 1972 und die Fußballweltmeisterschaft in Deutschland 1974 waren für viele Anlass zu dieser Investition. Die Farbfernseher und andere Unterhaltungselektronik stammten in der Regel von deutschen Unternehmen, allen voran Nordmende, Saba, Telefunken, Dual, Grundig, Loewe, Schneider, Schaub Lorenz und Metz. Sie zählten auch zu den wichtigsten Kunden von Rutronik.

---

### *Helmut Rudel gründet Rutronik*

---

1973 gründete Helmut Rudel im baden-württembergischen Ispringen das Unternehmen Rutronik Passive

Bauelemente. Die Standortwahl überließ er nicht dem Zufall. Sein Ziel war die Nähe zu seinen Kunden: Die geografisch am weitesten entfernten Kunden sollten innerhalb einer Fahrtzeit von maximal zwei Stunden zu erreichen sein. So zog Helmut Rudel mit dem Zirkel einen Kreis um die Region, in der er zu dieser Zeit etwa 70 Prozent des deutschen Bauelemente-Bedarfs ausmachte. In der Mitte dieses Kreises befand sich Ispringen. Hier stieg Helmut Rudel mit einem Ein-Mann-Betrieb in den Elektronikmarkt ein.

Ende 1976 waren bereits fünf Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei Rutronik tätig und erwirtschafteten einen Umsatz von sechs Millionen Deutschen Mark. Bald zog die Belegschaft in das neu errichtete Gebäude in der Industriestraße 2 in Ispringen, wo sich auch heute noch der – inzwischen deutlich erweiterte – Rutronik-Hauptsitz befindet.

Wie es der Firmenname zur Gründung nahelegt, lag der Fokus der Rutronik Passive Bauelemente auf der Distribution passiver Bauelemente. Welche Passiven in Schaltnetzteilen wichtig sind und welche Aufgaben sie übernehmen, lesen Sie auf der folgenden Seite. Wie weit die Entwicklung bei Vielschichtkeramikkondensatoren inzwischen ist, beschreibt der Beitrag auf Seite 20. Und welche Eigenschaften Steckverbinder mitbringen müssen, die helfen, das Metaverse zu realisieren, erfahren Sie auf Seite 14. ■



Passive Bauelemente in modernen Schaltnetzteilen

# Verborgene Spezialisten

*Schaltnetzteile werden gerne als Low-Budget-Anwendung abgetan, dabei verbergen sich in ihrem Inneren spezialisierte Bauelemente, ohne die sie nicht effizient arbeiten können. Welche passiven Komponenten dazu gehören und wie sie unter anderem für Betriebssicherheit sorgen können, zeigt dieser Fachbeitrag auf.*

VON CHRISTIAN KASPER,  
TECHNICAL EXPERT CAPACITORS,  
JÜRGEN GEIER, TECHNICAL EXPERT  
CERAMIC CAPACITORS,  
JOCHEN NELLER, TECHNICAL EXPERT  
INDUCTORS, UND  
BERT WEISS, TECHNICAL EXPERT  
RESISTORS, ALLE BEI RUTRONIK

**O**bwohl das Design moderner Schaltnetzteile häufig durch neuere Halbleitertechniken, vor allem Wide-Bandgap-Leistungshalbleiter, geprägt ist, sind verschiedenste passive Komponenten für ein Funktionieren erforderlich. Hier ist es wichtig, die Eigenheiten der Bauelemente auf den jeweiligen Einsatz abzustimmen. Rutronik stellt die wichtigsten Passiven für Schaltnetzteile vor.

## Induktivitäten

Der Hochfrequenz(HF)-Trafo und weitere Induktivitäten bilden den Kern eines Schaltnetzteils (Switch-Mode-Power-Supply, SMPS). Im Eingangsbereich sind die Entstör-Komponenten angeordnet, die für eine Unterdrückung von Störspannungen und Strömen auf den Netzzuleitungen sorgen.

Stromkompensierte Drosseln, auch Gleichtaktrosseln oder Common-Mode-Chokes genannt, unterdrücken asymmetrische Störungen, die auf beiden Leitungen im Gleichtakt vorhanden sind. Sie sind in der Regel mit hochpermeablen Ferrit-Kernen oder nanokristallinen Kern-Materialien aufgebaut.

Lineare Filterdrosseln oder Gegentaktrosseln dämpfen symmetrische Störungen. Die meisten Modelle haben einen Eisenpulver-Ringkern oder einen Ferrit-EE-Kern mit Luftspalt, doch auch offene Kernformen wie Stab- oder Garnrollendrosseln sind möglich.

In manchen Fällen sind Gleichtakt- und Gegentaktrossel in einem Bauelement kombiniert. Das bedeutet: weniger Bauteile und damit weniger Flächenbedarf sowie Kosten. In diesem Fall übernimmt die Streuinduktivität der Gleichtaktrossel die Funktion der Gegen-

Anzeige

# kontron

## Kit Solution for Tiny Box PC's



SMARTCASE™ S501 with  
K3921-N mSTX



- Modern black and small chassis (0.87 l) combined with high performance motherboard
- Based on Intel® Core™ i3 Processors and Intel® Processors N-Series
- Industrial components with at least 7 years availability
- Expandable with a comprehensive set of accessories
- Fully certified and validated box made in Germany





taktrossel; ein magnetischer Bypass kann hier als Verstärker dienen. Sumida bietet diese Kombination zum Beispiel mit den Serien RK17S und RK23S an.

Optional lassen sich die Entstördrosseln durch Power-Factor-Correction-Drosseln (PFC) ergänzen, die für eine sinusförmige Stromaufnahme sorgen und damit der Leistungsfaktor-Korrektur dienen. Die aktiven PFC-Stufen enthalten wie die Drosseln zur Glättung des Ausgangsstromes entweder Eisenpulver- oder Ferritkerne mit Luftspalt.

Gate-Driver-Transformatoren (Trigger-Transformers) dienen der Ansteuerung des Power-Schalttransistors (MOSFET und IGBT). Sie basieren in der Regel auf kleineren Ferritkern-Geometrien als die Drosseln und zeichnen sich durch eine geringe Wicklungs- und Koppelkapazität sowie eine niedrige Streuinduktivität aus. Üblicherweise sind sie auf Isolationsspannungen von 1,5 kV bis 5 kV ausgelegt und in THT- oder SMD-Ausführung verfügbar.

Leistungsübertrager (Power-Transformers) aus Ferritkernen sind das Herz eines Schaltnetztes. Sie sorgen zum einen für die Leistungsübertragung von der Primär- auf die Sekundärseite des Netztes, zum anderen sind sie für die sichere galvanische Trennung verantwortlich. Da die Ausgangsseite des Netztes häufig offen und damit berührbar ist, wird diese Trennung in Sicherheitsnormen geregelt und ist bei der Auslegung zu berücksichtigen.

Unterklasse	Nennspannungsangaben (AC)	Impulsfestigkeiten (AC)	Testspannungen
X1	275 V, 400 V, 440 V, 760 V	4 kV	2,5/2,6 kV (AC)
X2	250 V, 275 V, 400 V	2,5 kV	1075 V (DC), 1,5 kV (DC)
Y1	250 V, 300 V, 400 V, 500 V	8 kV	4 kV (AC)
Y2	250 V, 300 V, 400 V	4 kV	2,5/2,6 kV (AC)

Tabelle 1: Einteilung in (Unter-) Klassen für Kondensatoren in Schaltnetzteilen

Grade (I) – Robustness under Humidity	
Test A: 40°C / 93% R.H. (relative humidity), 21 days rated voltage	Test B: 85°C / 85% R.H. (relative humidity), 168 hours rated voltage
Grade (II) – Robustness under High Humidity	
Test A: 40°C / 93% R.H., 56 days rated voltage	Test B: 85°C / 85% R.H., 500 hours rated voltage
Grade (III) – High Robustness under High Humidity	
Test A: 60°C / 93% R.H., 56 days rated voltage	Test B: 85°C / 85% R.H., 1000 hours rated voltage

Tabelle 2: THB-Klassen nach IEC 60384-14 AMD1:2016 (Quelle: Vishay)

Für die Leistungsübertrager werden bewährte weichmagnetische und verlustarme Werkstoffe mit hoher Sättigungsflussdichte verwendet. Ihre Baugröße reduziert sich mit zunehmender Schaltfrequenz des Netztes. So benötigen die Übertrager bei Schaltfrequenzen zwischen 500 kHz und 1 MHz weniger Rohstoffe, was sich positiv auf die Umweltbilanz und Nachhaltigkeit des Netztes auswirkt – ein Aspekt, der zunehmend in den Fokus rückt.

Leistungsübertragern sind das beispielsweise Modelle mit mehreren verschiedenen Ausgangsspannungen. Darauf hat sich Sumida spezialisiert. Das können Varianten bestehender Bauteile sein, die auf Basis von Standard-Vormaterialien und bestehenden Technologien auf eine spezielle Anwendung eines Kunden zugeschnitten werden. Dabei kommen auch standardisierte Kernformen und magnetische Materialien (z. B. Standard-EE, UU, ETD, EVD, EFD-, EP-, RM-, ER-, PQ-, Toroid-Kernformen) sowie Standard-Kunststoffkomponenten (Spulenkörper, Gehäuse und Grundplatten) zum Einsatz. Hierfür kann Sumida zum Teil auf eigene MnZn- und NiZn-Ferrite sowie Eisenpulverkerne zurückgreifen, die der Hersteller

Induktivitäten nach Maß

Neben den Standard-Induktivitäten werden auch applikationsspezifische angeboten. Bei

	CMC Common Mode Choke	Linear Filter Choke	PFC Choke Power Factor Correction	Gate Driver (Trigger Transformer)	Power Transformer	Output Choke
<b>Description</b>	2 line (3 line) Common Mode Choke for <b>asymmetric</b> Noise Suppression	Choke for <b>symmetric</b> Noise Suppression	Correction of the leading Power-Factor, caused by a Capacitive Load.	Trigger Transformer for controlling the HF Switch (transistor)	Power Transfer and Transformation from primary Winding to secondary Winding(s)	Reduces the Current-Ripple on the Output-Side of the Power Supply
<b>Picture (Examples)</b>						
<b>Magnetic Core Material (typically)</b>	Ferrite Nanocrystalline	Iron Powder (Ferrite – with Air-Gap)	Iron Powder	Ferrite	Ferrite	Iron Powder (Ferrite – with Air-Gap)
<b>Design</b>	2 Windings Toroid, - Frame, - EE, - UU - Core Solutions  Combined Choke possible – SUMIDA RK17 and RK23 Chokes	1 Winding Mainly Toroid, - Drum, - or EE-Core Solutions	1 Winding Mainly Toroid or EE-Core Solutions	2 to 4 Windings Mainly Toroid or EE-Core Solutions	Multiple Windings on primary and secondary side possible Typically, EE or UU - Core Solutions Partially also Potting	1 Winding Mainly Toroid or Drum-Core Solutions for lower Power For higher Power POT-Core or EE-Core Solutions
<b>SUMIDA Position</b>	Key Focus of SUMIDA	Key Focus of SUMIDA	Key Focus of SUMIDA	Key Focus of SUMIDA	Key Focus of SUMIDA	Key Focus of SUMIDA

Bild 1: Sumida deckt alle Induktivitäten für Schaltnetzteile ab und realisiert teilweise und vollständig applikationsspezifische Komponenten.

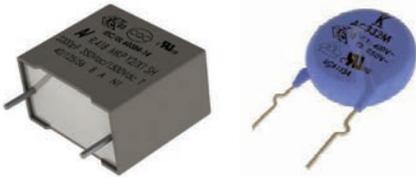


Bild 2: X-Y-Kondensatoren tragen meist ein oder mehrere Prüfzeichen.

in Oberzell, Deutschland, produziert. Die nanokristallinen und amorphen Kernmaterialien werden von spezialisierten Rohstoffproduzenten zugekauft.

Immer häufiger gibt es jedoch Anforderungen, die sich nur mit komplett kundenspezifischen Komponenten erfüllen lassen, die auf neuen Magnetkern-Geometrien und teilweise sogar auf neuen magnetischen Materialzusammensetzungen, eigenen Kunststoffteilen sowie neuen Fertigungstechnologien basieren. Diese vollkommen applikationsspezifischen Geometrien eignen sich lediglich für eine ganz bestimmte Anwendung – für diese aber perfekt, sowohl hinsichtlich Geometrie und Größe als auch hinsichtlich ihrer elektrischen Funktion. Das gilt zum Beispiel für High-Power-Transformatoren für Half-Bridge-, Full-Bridge- oder LLC-Topologien in einem Leistungsbereich bis 30 kW. Sie kommen etwa in Photovoltaik-Invertern oder DC/DC-Konvertern in E-Fahrzeug- oder High-Power-DC-Charging-Applikationen (HPC) zum Einsatz.

Kondensatoren

Kondensatoren übernehmen in Schaltnetzteilen vielerlei Funktionen. AC-Kondensatoren auf der Netzseite (Primärseite) dienen hauptsächlich dazu, Störimpulse zu unterdrücken bzw. zu filtern. Hierfür lassen sich Keramik- oder Folienkondensatoren nutzen. Werden sie zwischen Phase und Nullleiter eingesetzt, ist es wichtig, dass sie X2- oder X1-zertifiziert sind. Für den Einsatz zwischen Phase und Schutzleiter ist zwingend eine Y-Klassifizierung erforderlich. Da diese eine höhere elektrische und mechanische Sicherheit im Vergleich zu X-Kondensatoren aufweist, kann es z. B. nicht zu Kurzschlüssen durch eine Fehlfunktion des Kondensators kommen.

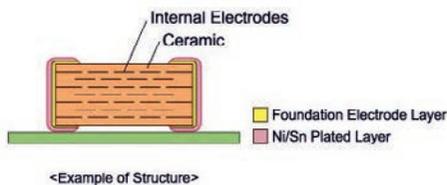


Bild 4: Schnitt durch einen MLCC

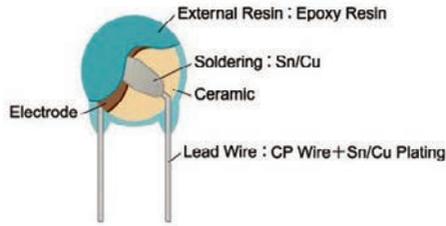


Bild 3: Radialer Single-Layer-Kondensator

Da X-Kondensatoren zwischen Phasen oder Nullleiter geschaltet werden, sind bei diesen keine so hohen Sicherheitsanforderungen wie bei Y-Kondensatoren erforderlich.

Die X- und Y-Kondensatoren werden entsprechend den Anforderungen aus IEC 60384-14 weiter in verschiedene Prüf-/Impuls-Spannungen unterteilt und als X2- und X1- bzw. Y2- und Y1-Typen bezeichnet. Die häufigsten Kombinationen sind X1Y2 und X1Y1. Üblich sind die Unterteilungen gemäß Tabelle 1.

Zudem sind auf den meisten X- und Y-Kondensatoren Prüfzeichen wie ENEC, VDE, UL oder CQC zu finden, da die Bauteile hinsichtlich dieser Normen geprüft sein müssen.

Robustheit von Folienkondensatoren

Wer Folienkondensatoren wählt, sollte prüfen, ob die Applikation eine erhöhte Temperature-Humidity-Biased-Klasse (THB) verlangt. Damit ist gewährleistet, dass die Kondensatoren ausreichend robust gegen Feuchtigkeit und folglich gegen Korrosion sind, um die gewünschte Lebensdauer der Applikation sicherzustellen.

Der Temperatur-Feuchtigkeits-Bias-Test ist ein anerkannter Standard für beschleunigte Lebensdauertests. Dabei geht es darum, den Alterungsprozess von Kondensatoren zu beschleunigen und in zwei verschiedenen Tests zu messen, ob diese bei einer gegebenen Temperatur, relativen Luftfeuchtigkeit und Nennspannung über eine definierte Zeit hinweg ihre Kapazität, ihren Verlustfaktor und Isolationswiderstand beibehalten. Drei Level (Grades) werden unterschieden (Tabelle 2).

Keramikkondensatoren kommen wegen der meist relativ kleinen erforderlichen Kapazitätswerte überwiegend als Y-Kondensatoren im Wertebereich zwischen 10 pF und 4,7 nF zum Einsatz. Sie sind jedoch mit maximal 22 nF verfügbar.

Neben den bislang genannten Klassifizierungen unterscheidet man Kondensatoren auch



Bild: Yageo

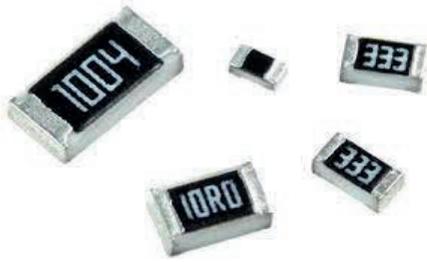


Bild 5: Für verschiedene Aufgaben sind in Schaltnetzteilen unterschiedliche Widerstände im Einsatz.

nach ihrer Zielapplikation in Commercial, Industrial oder Automotive und nach der Bauart.

Was die Bauart angeht, sind radiale Typen als Single Layer am gebräuchlichsten und bekanntesten. Dabei handelt es sich um Keramik-Einfachscheiben mit Rastermaßen von 5 und 7,5 mm bei X#Y2- bzw. 10 und 12,5 mm bei X#Y1-Versionen (Bild 3).

Darüber hinaus gibt es inzwischen aber auch viele SMD-Typen als X2-, Y2- oder X1Y2-Versionen als Multi-Layer-Ceramic-Capacitor (MLCC) sowie Y1- bzw. X1Y1-Versionen als Single Layer Kunststoff-umpresst mit Leadframes zur SMD-Montage. Diese bringen gegenüber den bedrahteten, radialen Ausführungen vor allem Vorteile durch geringeres Volumen und niedrigere Bauhöhe sowie höhere Entstörgrade bei gleichen Kapazitätswerten (Bild 4).

Nach dem eingangsseitigen AC-Filtern und der ersten Gleichrichtung kommt in Schaltnetzteilen als Puffer meist ein Hochvolt-Elektrolytkondensator zum Einsatz. Hierfür empfehlen sich Modelle mit niedrigem ESR bei hoher Lebensdauer.

Auch auf der Sekundärseite dreht sich alles um einen niedrigen ESR der Kondensatoren. Denn damit lassen sich hohe Ausgangsströme realisieren und die Restwelligkeit der Ausgangsspannung soweit möglich minimieren. Hierfür werden meist Low-ESR-Elektrolytkondensatoren genutzt. Zusätzliche parallele Keramik-Kondensatoren filtern mögliche ausgangsseitige HF-Störungen.

Bild: Yageo



Bild 6: Widerstandselemente aus Vollmetall eignen sich zur Strommessung.

### Widerstände

Widerstände übernehmen in Schaltnetzteilen vielfältige Aufgaben: Sie kommen unter anderem als Bleeder- bzw. Ableitwiderstand und als Vorladewiderstand zum Einsatz, zum Schutz vor Überspannungen und Überströmen sowie zur Strommessung.

Der Bleeder-Widerstand dient dem Entladen des Kondensators, denn dieser könnte sonst auch bei ausgeschalteter Stromversorgung einen Stromschlag verursachen. Bei geregelten Niederspannungsnetzteilen ist er nicht zwingend nötig und bei linearen Spannungsreglern oder Schaltnetzteilen mit schneller Tastverhältnissteuerung wird er nicht gebraucht, um eine konstante Gleichspannung aufrechtzuerhalten. Für diese Anwendung werden High-Ohmic-/High-Voltage-Serien genutzt.

Als Vorladewiderstand für die Buffer-Kondensatoren dienen typischerweise axiale, bedrahtete Sicherheitswiderstände. Denn sie bringen einen niedrigen Widerstandswert und eine hohe Impulsfestigkeit mit.

Zudem werden Widerstände für die Erkennung der Phasenlage der AC-Spannung verwendet, um eine exakteres Teilverhältnis zu erzielen. Hierfür eignen sich Dünnschicht-MELF-Widerstände mit einer herausragenden Impulslastfähigkeit sowie Flachchip-Präzisionswiderstände in Dünnschicht-Technologie.

Varistoren »klemmen« Überspannungen ab und schützen so den nichtinvertierenden Eingang des Komparators. Diese Aufgabe übernehmen Überspannungs-Metalloxidvaristoren. Durch ihre halogenfreie, hochtemperaturbeständige Silikonbeschichtung arbeiten sie bei einer Betriebstemperatur von bis zu 125 °C und haben eine Höchststrombelastbarkeit bis zu 13 kA.

### Überstromschutz und Strommessung

Beim Einschalten leistungsstarker Verbraucher treten kurzfristig sehr hohe Ströme auf, die Schäden am System hervorrufen können. Als Einschaltstrom-Begrenzer bzw. Überstromschutz kommen PTC- und NTC-Thermistoren zum Einsatz. Sie können auch für die Temperaturmessung genutzt werden, da sich ihre elektrische Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur verändert.

Am einfachsten können hohe Einschaltströme mit niederohmigen Leistungswiderständen

begrenzt werden. Im Normalbetrieb entsteht an diesen Widerständen jedoch eine relativ hohe Verlustleistung. Deshalb empfiehlt sich hierfür die Nutzung von NTC- oder PTC-Thermistoren. Werden sie kombiniert, bieten sie die größten Vorteile.

Die wichtigsten Auswahlkriterien für den NTC-Thermistor sind der maximale Strom und der Nennwiderstand (R25). Dieser muss mindestens so groß sein, dass er durch die Schaltung in Serie mit der Last den Strom auf einen Wert begrenzt, der noch nicht die Sicherung auslöst und keine Schäden an anderen Bauteilen verursacht. Der maximale Strom wird durch die Leistung der Last bestimmt. Dabei gilt es auch das Derating des NTC zu berücksichtigen.

Für eine sichere Strombegrenzung bei hochkapazitiven Kondensatoren in Gleichstrom-Zwischenkreisen eignen sich PTC-Thermistoren. Aufgrund des hohen Stromflusses erwärmen sie sich und werden hochohmig und somit eigensicher. Dadurch begrenzen sie den Strom bei einem Kurzschluss im Zwischenkreis auf gefahrlose Werte. Sie sind für Gleichspannungen von 260 bis 560 V ausgelegt, bieten bei 25 °C Widerstände von 22 bis 1100 Ω und verfügen je nach Typ über Zulassungen nach UL, IECQ und VDE sowie AEC-Q200-Qualifizierung.

Ein weiterer Einsatzbereich von Widerständen in Schaltnetzteilen ist die Verwendung zur Strommessung. Dafür nutzt man niederohmige Shunt-Widerstände. Über den Spannungsabfall am Widerstand kann der Stromfluss detektiert und ausgewertet werden. Ideal dafür sind Vollmetall-Widerstandselemente aus Mangan-Kupfer- und Nickel-Chrom-Aluminium-Legierung, die durch ihre Materialeigenschaften sehr niedrige Temperaturkoeffizienten aufweisen und gleichzeitig induktionsarm sind. Ist das Widerstandselement ein Metallstreifen, lassen sich Widerstandswerte hinunter bis zu 15 µΩ erreichen.

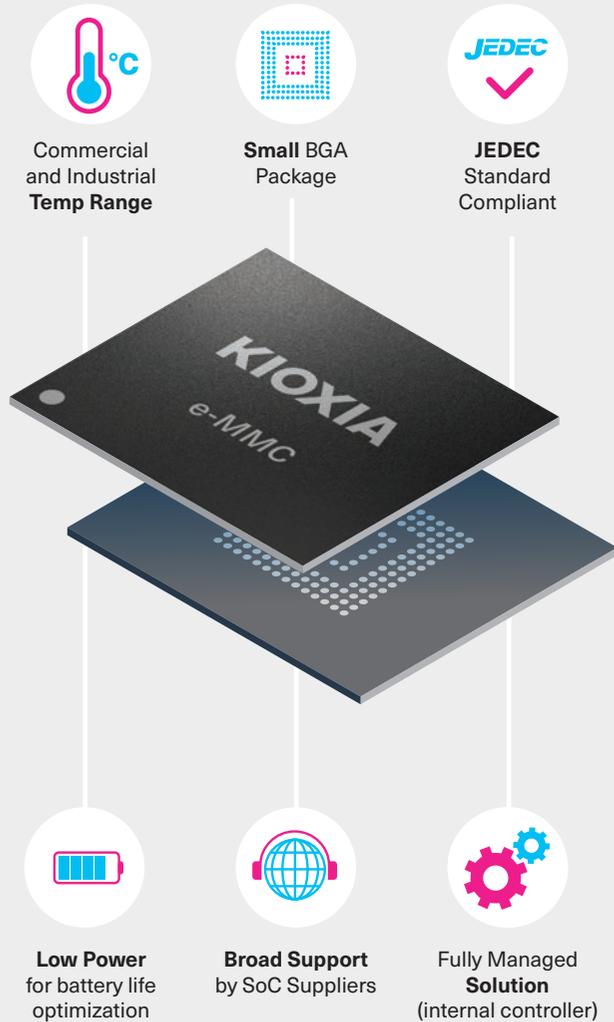
Passive Bauteile spielen in Schaltnetzteilen eine nicht zu unterschätzende Rolle, denn sie übernehmen vielfältige Aufgaben. Ihre Bedeutung nimmt sogar zu, sodass die Hersteller daran arbeiten, ihre Performance immer weiter zu verbessern. Es bleibt also spannend zu beobachten, wohin die Reise der technischen Entwicklungen geht. Alle genannten Bauelemente sind von Rutronik mit einer großen Vielfalt in allen Bauformen und Leistungsklassen verfügbar. Kundenspezifische Lösungen gerade bei den Induktivitäten sind, abhängig von den geforderten Stückzahlen, selbstverständlich auch möglich. ■

## KIOXIA e-MMC

### A Versatile and Popular Embedded Memory Technology

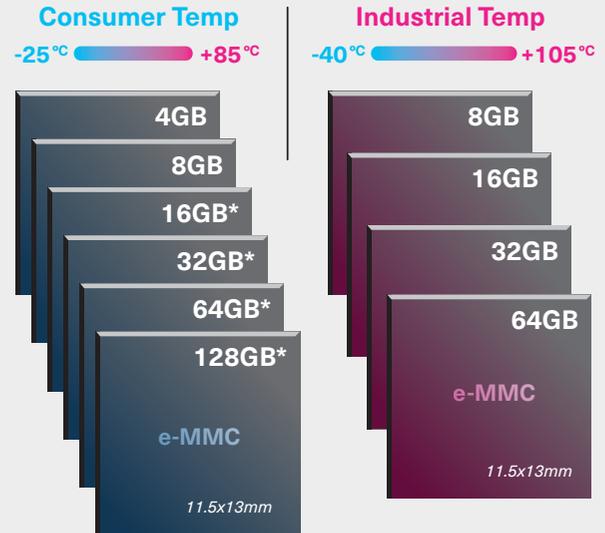
KIOXIA e-MMC devices feature NAND Flash and a controller in a single package and help customers to reduce host processor workload, shorten time to market and improve ease of use. This widely adopted technology has a well-supported ecosystem that simplifies the design-in process. e-MMC is an ideal memory technology for a wide variety of consumer applications.

#### Features and Benefits



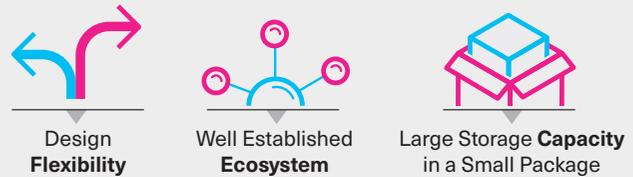
#### Densities and Packaging

##### A Broad Range of Available Densities and Temperature Options



\*Available with BiCS FLASH 3D Flash Memory technology. 4GB also available in 11x10mm

#### Why e-MMC?



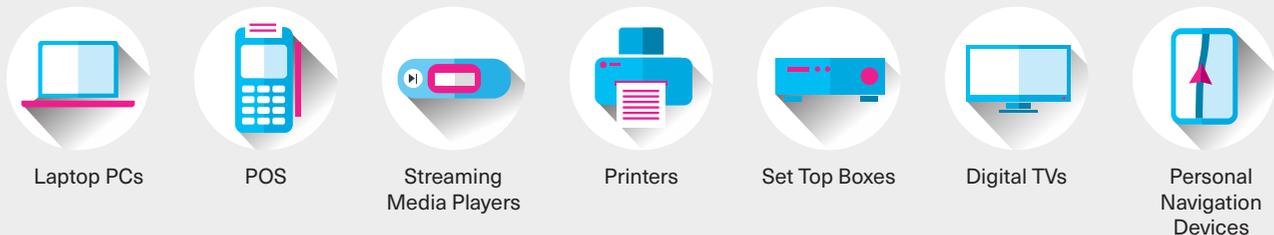
#### BiCS FLASH™ 3D Flash Memory

KIOXIA continually migrates higher capacity e-MMC devices to 3D flash memory



#### Target Applications

e-MMC is a Popular Memory Solution for a Range of Applications:



## KIOXIA

KIOXIA delivers flash-based products for next-generation storage applications. Having invented NAND flash over 35 years ago, KIOXIA is now one of the world's largest flash memory suppliers – and continues to move the technology forward.

In every mention of a KIOXIA product: Product density is identified based on the density of memory chip(s) within the product, not the amount of memory capacity available for data storage by the end user. Consumer-usable capacity will be less due to overhead data areas, formatting, bad blocks, and other constraints, and may also vary based on the host device and application. For details, please refer to applicable product specifications. The definition of 1KB = 2<sup>10</sup> bytes = 1,024 bytes. The definition of 1Gb = 2<sup>30</sup> bits = 1,073,741,824 bits. The definition of 1GB = 2<sup>30</sup> bytes = 1,073,741,824 bytes. 1Tb = 2<sup>40</sup> bits = 1,099,511,627,776 bits.

e-MMC is one of the standard specifications of embedded flash memory defined by JEDEC. The following trademarks, service and/or company names – JEDEC, JEDEC Solid State Technology Association – are not applied, registered, created and/or owned by KIOXIA Europe GmbH or by affiliated KIOXIA group companies. However, they may be applied, registered, created and/or owned by third parties in various jurisdictions and therefore protected against unauthorized use.

Elektret-Kondensator-Mikrofone, nicht nur für Stimmen

# Die Welt ist voller Geräusche

*Sprache oder Gesang: Das sind die Anwendungen, die vielen Menschen zuerst einfallen, wenn sie an die Einsatzmöglichkeiten von Mikrofonen denken. Dabei können sie viel mehr. Vor allem Elektret-Kondensator-Mikrofone bringen Vorteile für einige Einsatzbereiche mit.*

VON JOCHEN NELLER,  
TECHNICAL EXPERT INDUCTORS  
BEI RUTRONIK

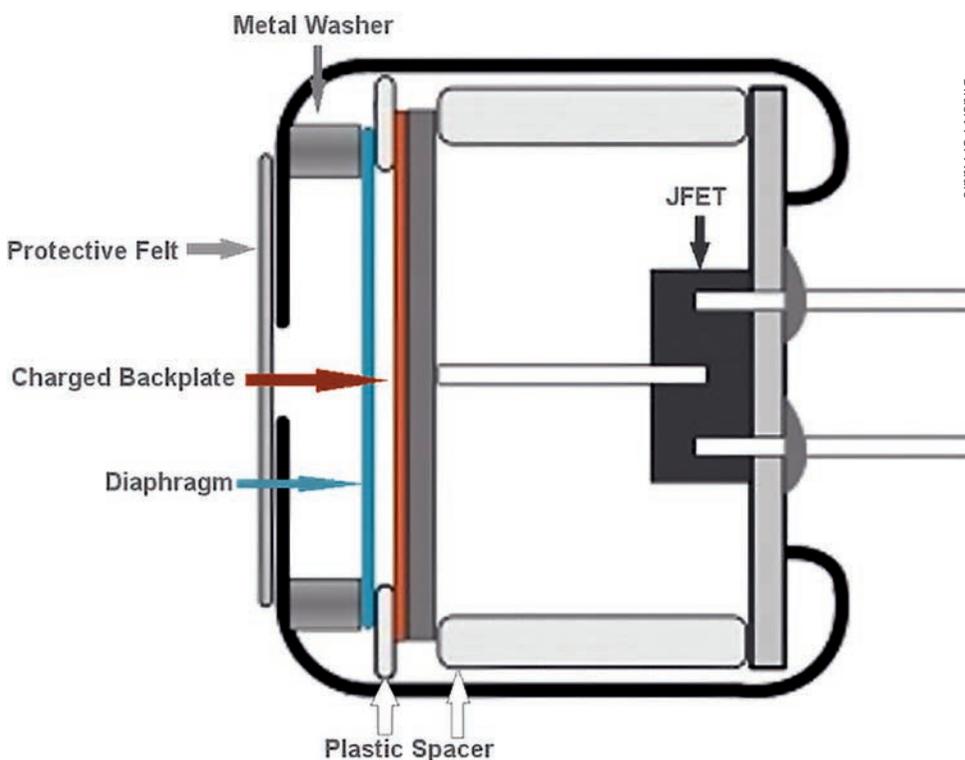
**M**it empfindlichen und wasserdichten Mikrofonen lassen sich zum Beispiel Wasserlecks aufspüren. Sie nehmen selbst kleinste Leckgeräusche im Wasser auf und ermöglichen so, eine Leckagestelle auch bei geringer Schallintensität zu lokalisieren. Ebenso erlauben sie es, Durchflussmengen zu bestimmen oder den Weg des Wassers durch verschiedene Räume zu verfolgen.

Auch Audiodaten in der Natur und in Lebensräumen von Tieren lassen sich mit Mikrofonen erfassen, etwa um Informationen für Umweltschutz- oder Nachhaltigkeitsprojekte zu gewinnen. Mithilfe von Audiosammelstellen in einem Naturschutzgebiet können beispielsweise dessen Populationen und Migrationsmuster ermittelt werden. Zudem sind Natur-

geräusche wie der Wind in den Blättern oder sanftes Regenplätschern, etwas elektronisch aufbereitet, sehr beliebt als Entspannungs- oder Einschlafhilfe.

Darüber hinaus können hochempfindliche Mikrofone Überwachungskameras ergänzen oder in manchen Fällen vielleicht sogar ersetzen. Denn sie können Geräusche erkennen, die auf eine Sicherheitsverletzung hindeuten. Wird beispielsweise das Zerschlagen einer Fensterscheibe oder ein Schuss detektiert, können umgehend Behörden oder Sicherheitsdienste alarmiert werden, die dadurch früher reagieren können.

Mikrofone sind in verschiedenen Bauformen und mit unterschiedlichen Funktionen verfügbar. Insbesondere die neueren Microelectromechanical-Systems-Mikrofone (MEMS) bieten viele Vorteile. Dazu gehören eine kleine Platinenfläche mit bereits integrierter analoger oder digitaler Verarbeitungselektronik, präzise aufeinander abgestimmte Komponenten und eine einfache Verarbeitung im Re-flow-Prozess.



Bilder: PUI Audio

## Aufbau und Funktionsweise von Elektret-Kondensator-Mikrofonen

Für die beschriebenen Anwendungen bieten sich aufgrund der großen Auswahl jedoch die seit Langem etablierten Elektret-Kondensator-Mikrofone (ECM) an. Im Gegensatz zu MEMS-Mikrofonen haben sie den Vorteil, dass sie mit unterschiedlichen Richtwirkungen (Direktionalitäten) erhältlich sind. Damit lässt sich steuern, aus welchen Richtungen der Schall in der Applikation berücksichtigt werden soll. Außerdem sind ECMs in verschiedenen Gehäuseformen und mit flexiblen Anschlussmöglichkeiten verfügbar.

Ihre Funktionsweise sieht folgendermaßen aus: Tritt Schall in das ECM ein, wird entwe-

Bild 1: Schema eines Elektret-Kondensator-Mikrofons

der die Elektretmembran oder die Rückplatte elektrisch aufgeladen (polarisiert). Die Schall-druckwellen, die die Membran bewegen, bewirken eine Kapazitätsänderung, die der Abstandsänderung zwischen Membran und Rückplatte entspricht (Bild 1). Dadurch ändert sich auch die Spannung über dieser Kondensatoranordnung. Ein Sperrschicht-Feldeffekttransistor (JFET) im Mikrofongehäuse dient als Vorverstärker. Um das Signal auf ein nutzbares Ausgangssignal zu erhöhen, verstärkt er die Kapazitätsänderung und damit die Spannungsänderung für die Weiterverarbeitung im Verstärker (Bild 2).

Die meisten ECMs haben ein sehr kleines Gehäuse-Design, sodass sie sich leicht integrieren lassen. Sie sind hochauflösend und besitzen einen sehr breiten Frequenzgang. Moderne ECMs haben eine dünne, leichte Membran. Dadurch sind sie empfindlicher als dynamische Mikrofone. Im Vergleich zu dynamischen Mikrofonen bringt die kleinere und dünne Membran der ECMs in der Regel jedoch auch einen niedrigeren akustischen Überlastungspunkt (AOP) mit sich. Dadurch können bei schwächerem Sprachsignal andere Geräusche größere Störungen verursachen.

*Der Weg zum optimalen ECM für jede Anwendung*

ECMs liefern einen sauberen Klang – vorausgesetzt, die Spezifikationen stimmen mit der Zielanwendung überein. Die wichtigsten Auswahlkriterien sind die Empfindlichkeit, die Richtcharakteristik und die Robustheit des Mikrofon.

Die Empfindlichkeit eines Mikrofon bestimmt, wie gut es den umgebenden Schall aufnimmt. Wenn zum Beispiel eine Stimme direkt in das Mikrofon spricht, braucht es kein hochempfindliches Mikrofon, um sie aufzunehmen. Anders verhält es sich, wenn es neben den zu erfassenden Geräuschen (z. B. Vogelgezwitscher) auch Umgebungsgeräusche gibt. In diesem Fall wird ein empfindliches Mikrofon benötigt, das diesen speziellen Ton einfangen und aufzeichnen kann.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Position des aufzunehmenden Geräusches im Verhältnis zu den Mikrofonkomponenten. Es gibt drei grundsätzliche Richtcharakteristiken.

- Herkömmliche unidirektionale Mikrofone (Richtmikrofon mit Nierencharakteristik) nehmen den Schall aus einer Hauptrichtung, in der Regel von vorne, auf. Sie sind

mit Schalllöchern an der Vorder- und Rückseite der Kapsel ausgestattet. Innerhalb der Kapsel hat der von vorne einfallende Schall Vorrang vor dem von hinten einfallenden. Dadurch wird der von hinten kommende Schall teilweise ausgelöscht, was zu einer einseitigen Richtcharakteristik führt. Unidirektionale Mikrofone eignen sich z. B. für die Sprachsteuerung von Automobilanwendungen.

- Bidirektionale Mikrofone (Rauschunterdrückung bzw. Noise-Cancelling) nehmen Töne aus zwei Richtungen auf, und zwar in einem kreis- oder kugelförmigen Raum um das Mikrofon herum. Die Schalllöcher an der Vorder- und Rückseite der Mikrofonkapsel fangen den Schall aus diesen Richtungen ein, während Schall von der Seite des Mikrofon zurückgewiesen wird. Mit bidirektionalen Mikrofonen können niedrigere Frequenzen aus der Entfernung (z. B. Windgeräusche) unterdrückt oder zwei verschiedene Audioquellen gleichzeitig aufgenommen werden.
- Omnidirektionale Mikrofone nehmen Schall aus allen Richtungen auf. Sie decken also den größten Bereich aller Mikrofontypen mit Richtcharakteristik ab. Auch tiefe Frequenzen werden aus jedem Abstand gleich gut aufgenommen und dominieren andere Frequenzen nicht. Ein omnidirektionales Mikrofon eignet sich besonders für Anwendungen, bei denen die Richtung der Schallquelle nicht vorgegeben ist oder bei denen alle Geräusche in einer Umgebung erfasst werden sollen.

*ECMs lieben es nicht heiß*

Neben der Wahl des optimalen Mikrofon für die jeweilige Anwendung ist auch eine sorgfältige Verarbeitung entscheidend für deren optimale Funktion. Denn ECMs können durch Hitze und/oder elektrostatische Aufladung beschädigt werden. Deshalb müssen sie in ei-

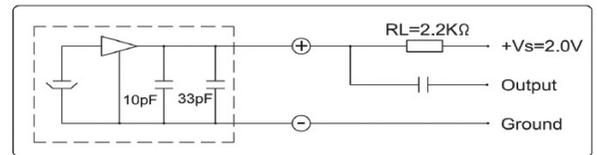


Bild 2: Verstärkerschaltung eines Elektret-Kondensator-Mikrofon

ner elektrostatisch geschützten Umgebung verarbeitet und die vorgeschriebenen Lötzeiten sowie -temperaturen müssen unbedingt eingehalten werden.

Ansonsten drohen Schäden am internen JFET, an der Mikrofonmembran und dem internen Kunststoffgehäuse, die allesamt hitzeempfindlich sind. Hier können Beschädigungen zu mechanischer Ermüdung und damit zu Empfindlichkeitsänderungen, erhöhten Audio-Verzerrungen bis hin zum Totalausfall führen.

*Große Auswahl bei PUI Audio*

Eine breite Palette an ECMs für eine Vielzahl von Anwendungen bietet der Hersteller PUI Audio an. Die gängigsten Empfindlichkeiten sind in Größen von 4 mm bis 10 mm Durchmesser und 1,2 mm bis 7 mm Höhe erhältlich. Einige Modelle verfügen über interne 10-pF- und/oder 33-pF-Kondensatoren zur Reduzierung von Rückkopplungen. Bei den Anschlussmöglichkeiten besteht die Auswahl aus Lötpads (Achtung: nicht SMD), Pins oder unterschiedlich konfigurierten Kabeln, mit oder ohne Stecker (Bild 3).

Zusätzlich zu den Standardmontageoptionen bietet der Hersteller ECMs mit einem Gummifuß und wasserdichtem Filzüberzug an. Diese Mikrofone sind nach der Schutzklasse IP57 zertifiziert und wasserdicht. Hinzu kommen spezifische Varianten für Anwendungen mit hohen Temperaturen. Alle Komponenten sind qualitätsgeprüft, um den zusätzlichen Belastungen durch Feuchtigkeit und Temperatur ohne Beeinträchtigung der Audioqualität standzuhalten. ■



Bild 3: PUI Audio bietet ECMs mit Lötpad, Pin oder Kabel, mit oder ohne Stecker an.



Metaverse

# Hardware für eine Welt aus Daten

Das Metaverse ist dabei, das »nächste große Ding« zu werden. Um die virtuellen Welten entstehen zu lassen, ist jedoch hochleistungsfähige Hardware nötig. Das gilt auch für Steckverbinder für die drahtgebundene Kommunikation und den Datenaustausch.

VON SASCHA WALCH,  
IT SYSTEMS MANAGER, UND  
MARTIN PFALZGRAF, TECHNICAL EXPERT  
CONNECTORS, BEIDE BEI RUTRONIK

Der Begriff Metaverse setzt sich aus dem griechischen Wort »meta«, inmitten oder zwischen, und »verse«, der Abkürzung für Universe, zusammen – eine Art Paralleluniversum also, in dem das Internet in Form eines 5-D-Virtual-Reality-Raums der Wirklichkeit sehr nahekommt.

Entstanden ist das Metaverse bereits in den frühen 1980er-Jahren, doch erst jetzt wird es real. Facebook war mit seinem Vorstoß ins Metaverse bisher zwar nicht sehr erfolgreich, doch zahlreiche andere Unternehmen sind inzwischen in die Entwicklung eingestiegen, darunter auch BMW, Caterpillar, DHL und viele andere. Alleine für die Segmente Gaming, Entertainment, Social Media und AR&VR-Hardware schätzt Bloomberg Intelligence das Umsatzpotenzial auf 783 Milliarden Dollar im Jahr 2024. Doch auch die Industrie entdeckt das Metaverse und damit die Verschmelzung

der digitalen und der physischen Welt mehr und mehr für sich, um Effizienzgewinne zu erzielen. Denn neben den virtuellen Welten, in denen Menschen künftig Freunde treffen, gibt es zahlreiche Einsatzszenarien für die Industrie, etwa die Remote-Unterstützung bei der Instandsetzung komplexer Anlagen oder die Erstellung eines digitalen Zwillings der Produktion samt Supply-Chain, Infrastruktur und Wertschöpfungsprozessen.

## Potenziale eines Metaverse für Unternehmen

Für Unternehmen und ganze Branchen könnte das Metaverse vor allem dort einen wirtschaftlichen Mehrwert bringen, wo Interaktion und Austausch eine entscheidende Rolle spielen: entlang der Lieferkette, beim Einkauf und im After-Sales oder bei der Koordination von Lieferanten.

Es ermöglicht Unternehmen, wertvolle Zeit einzusparen, die bisher für Reisen nötig ist. Das wird einen großen Einfluss auf den Kundendienst und Vertrieb haben. Die Zusammenarbeit zwischen Kolleginnen und Kollegen sowie mit Geschäftspartnern lässt sich optimieren und der Bedarf an Büroraum verringern. Interaktive Simulationen können die Aus- und Weiterbildung beschleunigen und zu besseren Ergebnissen führen, indem

Bild 1: Das Metaverse basiert auf mehreren Ebenen und wird in viele Lebensbereiche Einzug halten.

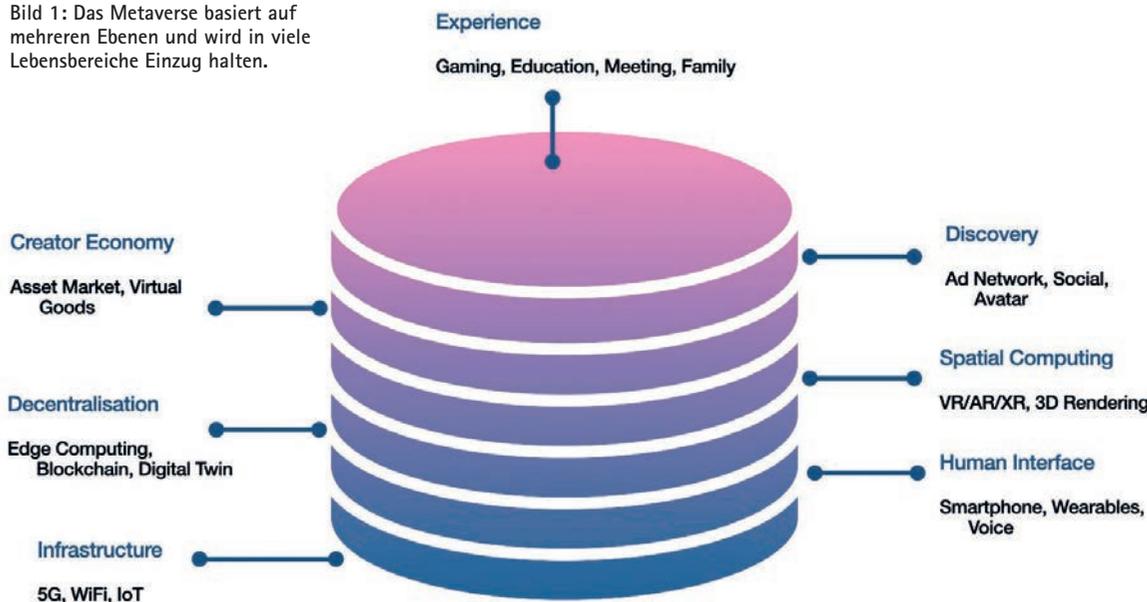


Bild: Rutronik



Bild 2: Die Standard-Single-Pair-Ethernet-Buchse von Amphenol mit Edge-to-Cloud-Konnektivität mit 50 W Power over Data-Line

sie Mitarbeitenden ermöglichen, die Bedienung von Geräten wie in der realen Welt zu erlernen oder ein Verkaufsgespräch mit Großkunden zu üben. Informationen zu hochkomplexen Maschinen und Anlagen brauchen nicht mehr in Form von abstrakten Datenblättern ausgetauscht zu werden, vielmehr können Maschinen in Sekundenschnelle aus jedem Blickwinkel betrachtet werden. So entsteht unmittelbar eine präzise Vorstellung von deren Größe, Funktionsweise oder Integration in die Produktionslinie.

### Reale Bausteine für virtuelle Welten

Auch wenn das Metaverse virtuell ist, basiert es auf Hardware. Um diese Welten als Avatar betreten und mit anderen interagieren zu können – z. B. wenn ein Servicetechniker eines Anlagenbauers gemeinsam mit dem Kunden eine Anlage repariert – brauchen Nutzer Gadgets und Computerhardware wie Grafikkarten, VR-Headsets, High-Speed-Internetverbindungen und High-End-Computer. Die meisten aktuellen Komponenten sind für die immensen Datenmengen jedoch nicht leistungsfähig genug.

Auch das Internet und die Rechenzentren von heute haben weder die Geschwindigkeit noch die Kapazität für ein wirklich dauerhaftes, immersives Computing, auf das Menschen in



Bild 3: Der DDR5-SO-DIMM-Sockel von Amphenol bietet Datenraten von bis zu 6,4 Gbit/s bei Single-Ended-Pin-Belegung.

Echtzeit zugreifen können. Hierfür wäre eine Steigerung der Rechenleistung um das 1000-Fache gegenüber dem heutigen Stand der Technik nötig, so Raja Koduri, Senior Vice President and General Manager Accelerated Computing Systems and Graphics Group bei Intel. Und das wird dauern: »Eine Standardkurve nach dem Moore'schen Gesetz wird uns in den nächsten fünf Jahren nur ein acht- oder zehnfaches Wachstum bescheren«, so Koduri in einem Interview Ende 2021.

Um die Kommunikationslatenz auf nahe Null zu reduzieren, müssen sich Datenzentren zudem in unmittelbarer Nähe der Nutzerinnen und Nutzer befinden. Für ein intelligentes, sicheres und dezentrales Netzwerk werden Edge- und Cloud-Computing-Geräte sowie Server an mehreren Standorten über die Cloud verbunden sein. Cloud-Anbieter werden wohl Dutzende von verteilten Rechenzentren in einer einzigen Stadt verbinden, um die schnellen Reaktionszeiten und geringen Latenzen zu erreichen, die für neue Edge-Computing-Dienste erforderlich sind.

Während Metaverse-Anwendungen Hochgeschwindigkeitsdaten näher zum Endanwender bringen, wächst die Notwendigkeit, dass Server-Betreiber eine auf Open Source basierende Infrastruktur schaffen, um die Leistungsanforderungen des Metaverse zu erfüllen. Denn mithilfe von Open-Source-Technologien und -Projekten können Unternehmen die Markteinführung neuer Anwendungen beschleunigen, sodass sich die Investitionen in die Infrastruktur schneller auszahlen. Gleichzeitig wird so die Basis für ein kollaboratives Industriemodell geschaffen, das eine bessere Interoperabilität, Skalierbarkeit und Programmierbarkeit ermöglicht, wie sie für Metaverse-Anwendungen erforderlich sind.

### Steckverbinder für die Übertragung enormer Datenmengen

Damit sich mit der Edge-Infrastruktur Metaverse-Anwendungen bereitstellen lassen, wird auch der Bedarf an Hardwarebeschleunigung wachsen. Um Ethernet an die Edge zu bringen, können Edge-Server-Betreiber etwa auf die neu entwickelte Standard-Single-Pair-Ethernet-Buchse von Amphenol zurückgreifen. Durch ihre Edge-to-Cloud-Konnektivität mit 50 W Power over Data-Line macht sie es einfach, zahlreiche Geräte anzuschließen (Bild 2).

Datenintensive Metaverse-Anwendungen, die KI nutzen und Audio, Video, hochauflösende Bilder sowie große Dateien zwischen verschiede-

nen Geräten übertragen, benötigen enorme Bandbreite und Leistung. Mehr Daten erfordern wiederum eine schnellere und zuverlässigere Kommunikation. Hierfür eignet sich beispielsweise der DDR5-SO-DIMM-Sockel von Amphenol. Er bietet Datenraten von bis zu 6,4 Gbit/s bei Single-Ended-Pin-Belegung. Zum Vergleich: Bei DDR4-DIMMs ist es die Hälfte (3,2 Gbit/s). Außerdem ist er nur halb so dicht wie herkömmliche Modelle. Durch die geringe Speicherspannung von 1,1 V benötigt er bis zu 20 Prozent weniger Strom und hat ein besseres Wärmemanagement. Damit reduziert sich auch der Stromverbrauch von Edge-Centern (Bild 3).

Je stärker das Metaverse in der Industrie Einzug hält, desto wichtiger wird es, dass die Komponenten eine lange Lebensdauer haben – manche Steckverbinder werden jahrelang nicht ausgetauscht. Gleichzeitig sollten sie stromsparend und möglichst immun gegen elektromagnetische Störungen sein. Dem wird die neue Generation der hochdichten MCIO-Steckverbinder (Mini Cool Edge IO) von Amphenol gerecht. Sie kann Hochgeschwindigkeitssignale von bis zu 64 Gbit/s über eine Strecke von 1 m übertragen und erfüllt die neuen PCIe-Gen6-Anforderungen. Zudem sind die MCIO-Steckverbinder eine kostengünstige, hoch skalierbare und langlebige Komponente und damit ideal für Edge-Server geeignet (Bild 4).

Auch wenn es noch einige Zeit dauern wird, bis das Metaverse Realität ist, kann man schon heute davon ausgehen, dass es die nächste große Arbeitsplattform sein wird. Rutronik begleitet seine Kunden und Lieferanten als Partner auf dieser digitalen Reise und bietet Lösungen an, die ihnen den Weg in das neue virtuelle Universum ebnet. ■

Ein besonderer Dank des RUTRONIKER-Redaktionsteams geht an Mariarita Novelli für ihre Unterstützung bei der Vorbereitung des Fachartikels und des begleitenden Bildmaterials.



Bild 4: Der langlebige MCIO-Steckverbinder (Mini Cool Edge IO) von Amphenol kann Hochgeschwindigkeitssignale von bis zu 64 Gbit/s über eine Strecke von 1 m übertragen und erfüllt die neuen PCIe-Gen6-Anforderungen.



Thermomanagement

# Alles Wissenswerte zu Lüftern

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

VON MAURIZIO FORESTA, FMBG  
(FAN AND THERMAL MANAGEMENT  
BUSINESS GROUP) SALES AND TECHNICAL  
SUPPORT BEI DELTA EMEA

**E**in Lüfter erzeugt mithilfe eines Motors eine Rotation der Lüfterflügel und damit einen Druckunterschied, der wiederum einen kontinuierlichen Luftstrom verursacht. Der Lüfter besteht aus einem rotierenden Teil, dem Flügelrad, und einem festen Teil, dem Gehäuse.

## Die verschiedenen Lüfterarten

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

- Axiallüfter (der Luftstrom verläuft parallel zur Achse),
- Radiallüfter (der Luftstrom verläuft senkrecht zur Achse),
- Tangentiallüfter oder Querstromlüfter (ihr langes Gehäuse erzeugt einen breiten, flachen Luftstrom senkrecht zur Achse und tangential zum Gehäuse) und

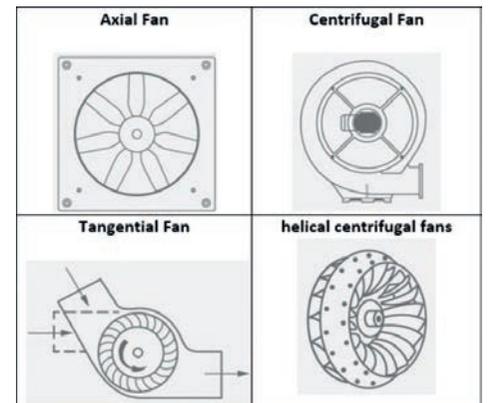


Bild 1: Lüftertypen nach Richtung des Luftstroms

- spiralförmige Radiallüfter (die Schaufeln im Laufrad sind nicht gerade wie bei herkömmlichen Radiallüftern, sondern haben eine spiral- oder schraubenförmige Struktur; so erzeugen sie einen Luftstromweg, der zwischen dem eines Axial- und dem eines Radiallüfters liegt (Bild 1)).

Außerdem werden die Lüfter nach ihrer Versorgungsspannung als Gleichspannungs-(DC-) oder Wechselspannungs-(AC-)Lüfter klassifiziert. Bei den aktuellen AC-Modellen

Bild: Rutronik

Bild: stockphoto-graf/stock.adobe.com



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

### Die wichtigsten Auswahlkriterien

Der Luftstrom ist auch eine wichtige Kennziffer für die Auswahl eines Lüfters. Er ist charakterisiert durch die Luftmenge, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums aus einem elektronischen System abgeführt oder in das System eingebracht wird. Diese Durchflussmenge wird üblicherweise in Cubic Feet per Minute (CFM) oder Cubic Meter per Hour (CMH; m<sup>3</sup>/h) angegeben. Die Beziehung zwischen CFM und CMH ist 1 CFM = 1,699 CMH.

Um die Luftmenge zu bewegen, ist eine bestimmte Kraft erforderlich. Diese Kraft pro Flächeneinheit wird als Druck bezeichnet. Zur Erzeugung eines spezifischen Luftstroms in einem System muss man seinen Luftstromwiderstand kennen. Dieser wird durch die Reibung der Luft an den Kanalwänden, Bögen, Gittern, Filtern und Lamellen oder anderen Elementen verursacht, die die Luftbewegung einschränken können. Dieser Widerstand wird als Druckabfall oder Druckverlust bezeichnet. Er wird in Pascal (Pa) oder Millimeter bzw. Zoll Wassersäule (mm H<sub>2</sub>O oder inAq) angegeben. Diese verhalten sich zueinander wie folgt:

$$1 \text{ Pascal} = 0,102 \text{ mm H}_2\text{O} \\ = 9,8692 \cdot 10^6 \text{ Atmosphäre}$$

$$1 \text{ Pascal} = 0,0040146 \text{ Inch Wasser (4 °C)}$$

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

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

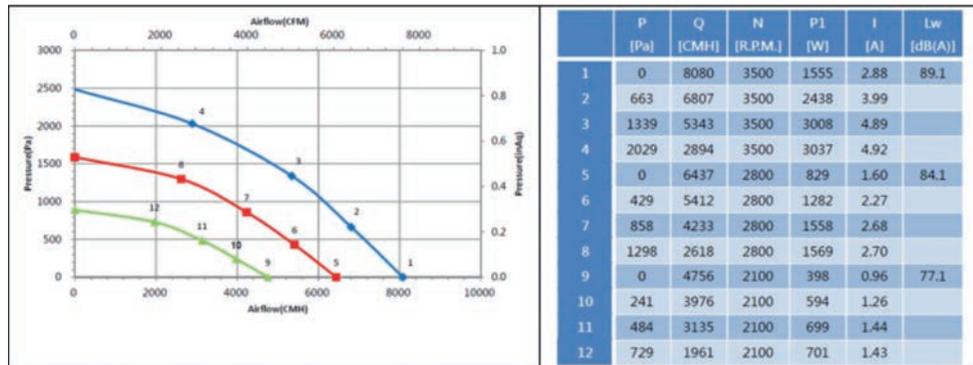


Bild 2: Hersteller geben für ihre Lüfter in der Regel mehrere Kennlinien für den Betrieb bei unterschiedlicher Drehzahl an.

- Der statische Druck ( $P_E$ ) ist die Kraft, die von der ruhenden Luft auf die senkrecht zu ihr stehenden Systemwände ausgeübt wird.
- Der dynamische Druck ( $P_D$ ) ist die Kraft pro Flächeneinheit und wird gebraucht, um den Widerstand des Luftstroms in einem System zu überwinden. Er sorgt also dafür, dass sich die Luft bewegt, und wird durch die Rotationsgeschwindigkeit des Ventilators erzeugt. Er ist immer positiv und hat dieselbe Richtung wie der Luftstrom.
- Der Gesamtdruck ( $P_T$ ) ist die Summe aus  $P_E$  und  $P_D$  an einem bestimmten Punkt im System. Diesen Druck übt die Luft auf einen Körper aus, der sich an diesem Punkt ihrer Bewegung widersetzt. Wichtig ist, dass der Gesamtdruck an verschiedenen Punkten in einem System aufgrund der Geschwindigkeit und der Strömungsbedingungen der Luft variieren kann.

### Die Lüfter-Kennlinie

Lüfter-Hersteller führen mit ihren Geräten Tests durch, um zu bestimmen, wie viel Leistung der Lüfter auf die von ihm bewegte Luft übertragen kann. Dabei wird dieser mit einer konstanten Drehzahl betrieben. Je nach zu

überwindendem Druckabfall werden unterschiedliche Werte für den Luftstrom erreicht.

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

Solche Kennlinien zeigt Bild 2. Auf der X-Achse ist der Luftstrom und auf der Y-Achse der Druck (in den Einheiten Pa und inAq) abgetragen. Es ist zu erkennen, dass der Druck am höchsten ist, wenn der Luftstrom gleich Null ist. Dann arbeitet der Lüfter mit hohem Widerstand gegen den Luftstrom, es entsteht der maximale statische Druck ( $P_E$ ). Gleichzeitig ist der dynamische Druck ( $P_D$ ) gleich Null, das heißt, es wird kein Luftstrom erzeugt. An diesem Punkt ist  $P_T = P_E$ .

Bild 2 zeigt ebenfalls, dass bei einem Druck von Null im Lüfter der maximale Luftstrom





erreicht wird. Da es keinen Widerstand für den Luftstrom gibt – also eine hindernisfreie Umgebung ( $P_E = 0$ ) – liefert der Lüfter den größtmöglichen Luftstrom. Der Gesamtdruck entspricht dem maximalen dynamischen Druck ( $P_T = P_D$ ), der durch die entsprechende Drehzahl erzeugt wird.

*Betriebspunkt eines Lüfters ermitteln*

Für die Berechnung des Betriebspunkts (OP) eines Lüfters empfiehlt sich die Abstimmung mit dem Hersteller, da dieser über die notwendigen technischen Mittel zur Durchführung von Simulationen verfügt. Doch er lässt sich annäherungsweise auch durch Berechnungen bestimmen. Um den Betriebspunkt mit dem geringsten Stromverbrauch zu ermitteln, sind die Leistungsaufnahme und Stromwerte, die in der Tabelle in Bild 2 aufgeführt sind, wichtige Daten.

Um den Betriebspunkt zu berechnen, müssen die Widerstandsbedingungen des Systems, dargestellt durch die Kurve S in Bild 3, bekannt sein (OP ist hier als Q1 und Q2 gekennzeichnet). Um die optimalen Druck- und Luftstromwerte für die Kühlung des Systems zu ermitteln, ist eine komplexe Berechnung mit thermischen Gleichungen erforderlich. Es empfiehlt sich, die Druckverluste im System bei unterschiedlichen Luftdurchsätzen zu messen, etwa mit Drucksensoren und/oder Manometern. Für jede Luftstromrate werden dann die Druckabfallwerte aufgezeichnet und wie in Bild 3 aufgetragen (Luftstromrate auf der X-Achse, Druckabfall auf der Y-Achse). Außerdem ist es dabei wichtig, auch die Temperatur im Inneren des Systems kontinuierlich zu messen. Hierfür werden Temperatursensoren an strategisch günstigen Stellen angebracht. Der optimale Betriebspunkt wird auf Basis des Luftstroms bestimmt, der das System am effektivsten kühlt.

Liegt der Betriebspunkt auf dem Schnittpunkt der Kurve S und einer der drei Kennlinien des Lüfters (Bild 3, Q1), können Drehzahl, Luftdurchsatz, Druck und Leistungsaufnahme (W und I) des Lüfters mit den vom Hersteller bereitgestellten Messdaten in Bild 3 (blaue Farbe, 3500 U/min) ermittelt werden.

Befindet sich der Betriebspunkt nicht auf einem Schnittpunkt mit einer der drei Kennlinien (Q2), kann die Kurve extrapoliert werden (gestrichelte Kennlinie), um den Schnittpunkt mit Q2 zu bestimmen. Alternativ kann man die Daten auch dem Lüfter-Hersteller zur Ver-

fügung stellen, um die entsprechende Kennlinie (gestrichelte Kennlinie) für den Betriebspunkt Q2 zu erhalten. Ziel ist es, die Drehzahl, den Luftdurchsatz, den Druck und die Verbrauchswerte (W und I) des Lüfters zu ermitteln.

*Die Einflussfaktoren auf die Lebenserwartung*

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

*Hauptmärkte*

Lüfter werden in zahlreichen Branchen eingesetzt, um Wärme abzuführen und optimale Temperaturen aufrechtzuerhalten. Zu den wichtigsten Märkten zählen:

- Elektronik: zur Kühlung interner Komponenten und Verhinderung einer Überhitzung
- HLK (Heizung, Lüftung, Klimatisierung) für die Luftzirkulation, die Regulierung der Innentemperatur und um allgemein die Luftqualität in Gebäuden, Wohnungen, Büros und Industrieanlagen zu verbessern.

- Kraftfahrzeuge: zur Regulierung der Motortemperatur und Verhinderung von Überhitzung
- Erneuerbare Energien, v. a. in Windturbinen und Solarwechselrichterschranken
- Industrie: Maschinen und Anlagen z. B. in der Fertigungsindustrie, der Energieerzeugung oder der Petrochemie werden auf ihrer optimalen Betriebstemperaturen gehalten.
- Rechenzentren: Sie sind in hohem Maße auf Kühlung angewiesen, um die von Servern und anderer IT-Infrastruktur erzeugte Wärme abzuführen. Lüfter sind ein wichtiger Bestandteil der Kühlsysteme von Rechenzentren.
- Unterhaltungselektronik, z. B. in Kühlschränken, Luftreinigern oder Spielkonsolen
- Luft- und Raumfahrt zur Kühlung von Systemen und Komponenten

*Innovationen – wo wird angesetzt?*

Bei der Weiterentwicklung von Lüftern stehen folgende Aspekte im Fokus:

**Energieeffizienz:** Die Lüfter-Hersteller arbeiten daran, das aerodynamische Design der Ventilatorflügel zu verbessern, Reibungsverluste zu verringern und den Wirkungsgrad der Motoren zu optimieren, um eine höhere Gesamtenergieeffizienz zu erreichen. Dazu gehört auch der Einsatz fortschrittlicher Werkstoffe und Fertigungstechniken zur

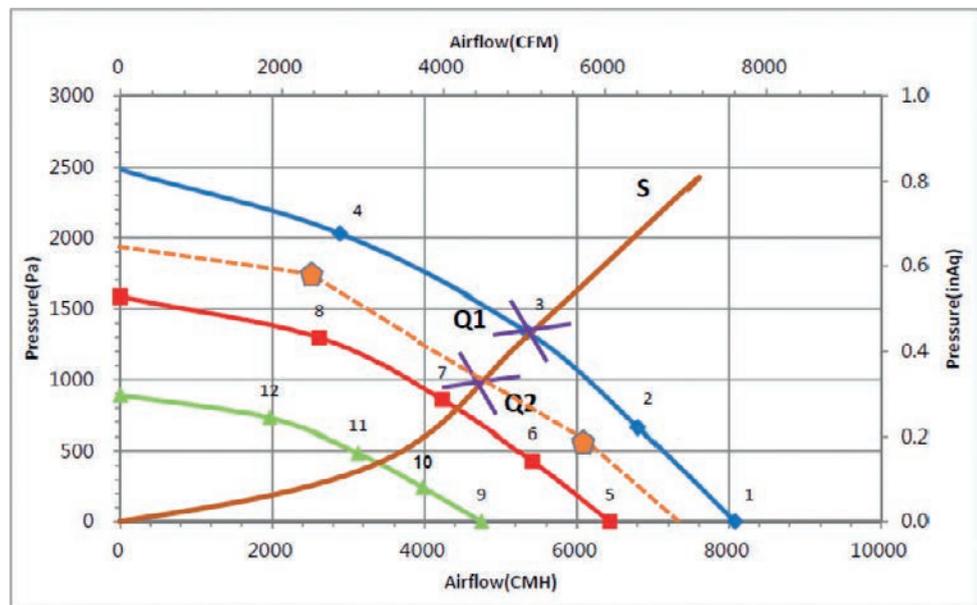


Bild 3: Widerstandsbedingungen innerhalb des Systems

Gewichtsreduzierung sowie Leistungssteigerung.

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

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

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

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

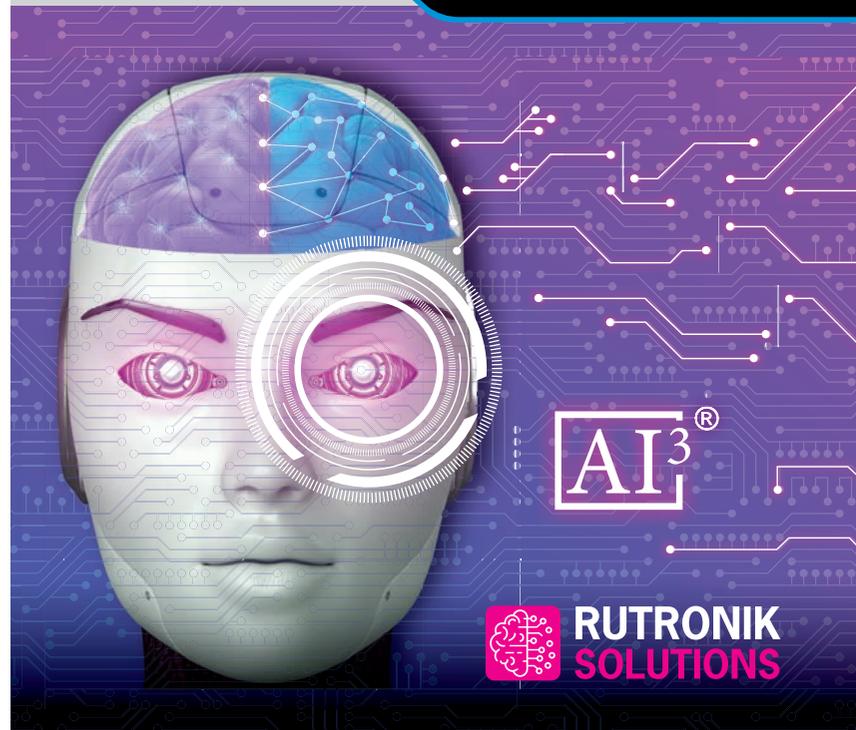
**Smarte und IoT-fähige Lüfter:** Das Internet der Dinge (IoT) hat die Entwicklung von smarten Lüftern mit erweiterten Funktionen und Konnektivität ermöglicht. Sie können fernüberwacht und -gesteuert werden und ermöglichen Echtzeitanpassungen auf der Grundlage von Umgebungsbedingungen und Benutzerpräferenzen.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

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

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

Committed to excellence

**RUTRONIK**  
ELECTRONICS WORLDWIDE



## Rutronik System Solutions

Verkürzen Sie Ihre Time-to-Market mit unseren Adapter Boards

Mit den Adapter Boards von Rutronik profitieren Sie von einer kompakten Vorentwicklung und dank Arduino-Schnittstellen von einer flexiblen Kombination aller Boards von Rutronik untereinander.

### HMS Anybus

Kommunikation über alle wichtigen Feldbusse und Schnittstellen im industriellen Umfeld



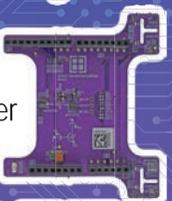
### Text to Speech

Qualitativ hochwertige Sprachausgaben für HMI-Anwendungen



### RAB 1 – Sensorfusion

Intelligente Sensorfusion zur Messung physikalischer Umweltgrößen auf Basis von Machine Learning



### RAB2 – CO<sub>2</sub> Sensing

Evaluierung von CO<sub>2</sub>-Sensoren für relative Luftfeuchtigkeits- und Temperaturmessungen



Mehr erfahren  
[rutronik.com/innovations](http://rutronik.com/innovations)



Stephan Menze | Head of Global Innovation Management  
[stephan.menze@rutronik.com](mailto:stephan.menze@rutronik.com) | [www.rutronik.com](http://www.rutronik.com)



Platz sparen mit MLCCs

# Hohe Kapazitäten auf kleiner Fläche

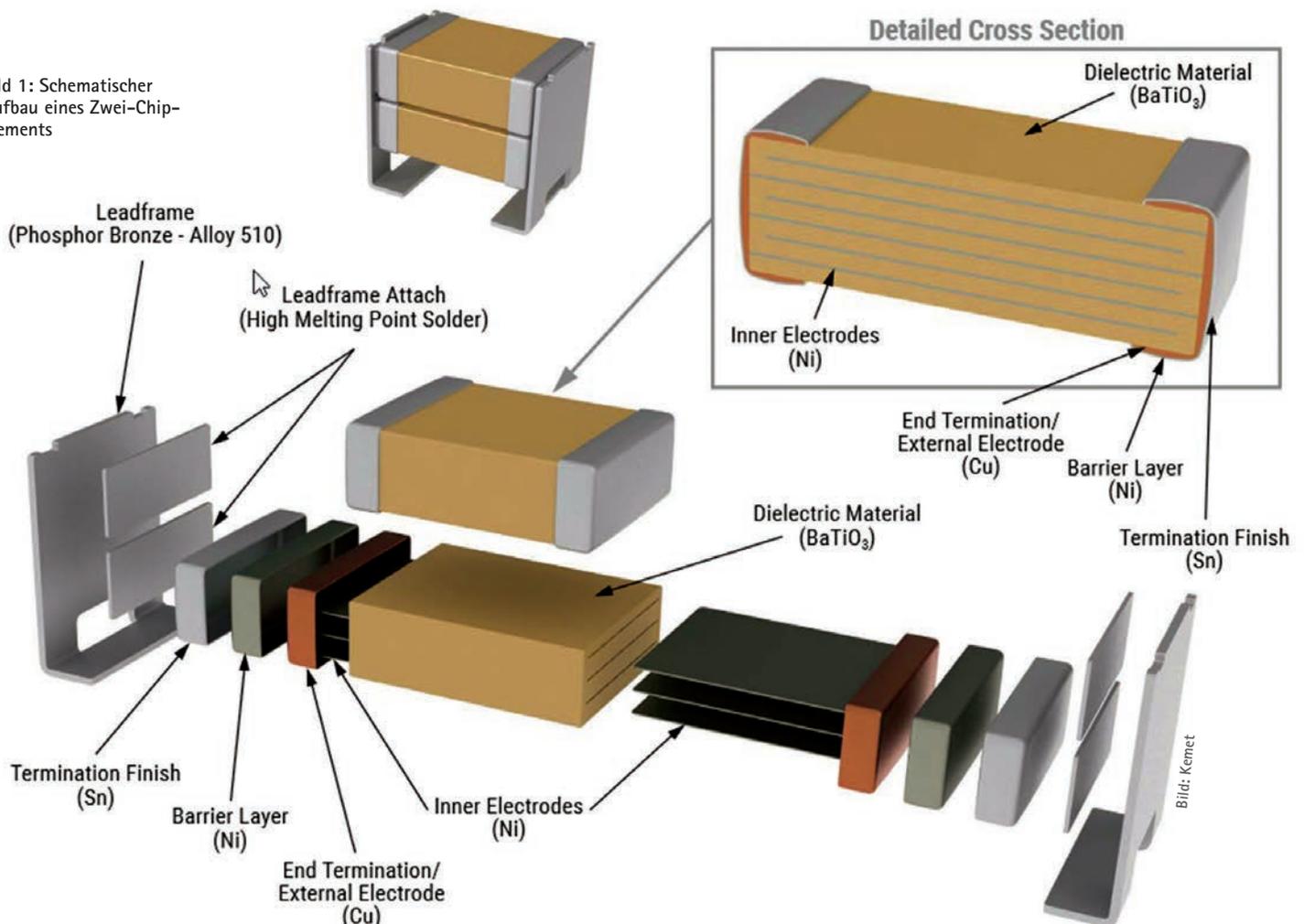
*Der Elektronikmarkt fordert immer kleinere Anwendungen oder die Integration von immer mehr Funktionen in bestehende Geräte. Das macht den Platz auf der Leiterplatte immer wertvoller. Die Hersteller von keramischen Vielschichtkondensatoren haben darauf reagiert.*

VON JÜRGEN GEIER,  
TECHNICAL EXPERT CERAMIC CAPACITORS  
BEI RUTRONIK

**K**eramische Vielschichtkondensatoren (Multi-Layer-Ceramic-Capacitors, MLCC) sind kompakt, kostengünstig und zuverlässig. Sie haben sehr niedrige Ersatzserienwiderstands-Werte (Equivalent Series-Resistance, ESR), womit sie hohe Ripple-Ströme glätten können. Oft werden sie anstelle von und/oder parallel zu Elektrolytkondensatoren eingesetzt, um die Leistungsfähigkeit eines Systems zu verbessern.

Aufgrund der zunehmenden Miniaturisierungsforderungen steigt der Bedarf an Kondensatoren mit hoher Kapazität und verbessertem Temperaturverhalten bei kleineren Abmessungen. Im sogenannten HiCap-Bereich ( $\geq 1 \mu\text{F}$ ) und im Mid-/High-Volt-Bereich (Spannungen von 200 V bis über 450 V und 630 V bis hin zu 5 kV) stoßen diese jedoch schnell an ihre Grenzen. Denn hier sind Kondensatoren der Größe 1812 oder größer (1825,

Bild 1: Schematischer Aufbau eines Zwei-Chip-Elements



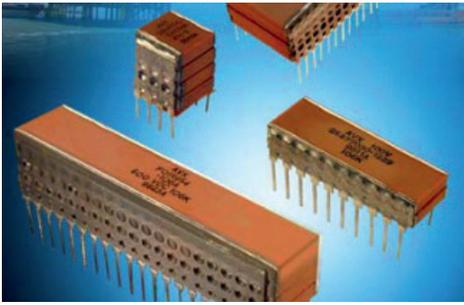


Bild 2: Zwei-Chip-Element in Durchsteck-Ausführung

2220, 2225, 3640, ...) erforderlich. Auch bei der Größe 1210, die ein gewisses Leistungsoptimum darstellt, sind vielfache Parallel- und/oder Reihenschaltungen erforderlich, was wiederum vergleichsweise große Flächen benötigt.

Neben den Kondensatoren befinden sich auf der Leiterplatte in der Regel auch andere, höhere Bauteile, sodass prinzipiell für die Kondensatoren mehr Bauhöhe zur Verfügung steht, die bei Verwendung von Einzel-Chips aber nicht genutzt wird. Um Platz zu sparen, lassen sich mehrere Kondensatoren zu einem Bauteil kombinieren. Sie werden also gestapelt und damit parallelgeschaltet. Im Vergleich zu einem Einzelelement haben sie dadurch einen geringeren ESR und Equivalent Series-Inductance (ESL) sowie eine um ein Vielfaches höhere Kapazität entsprechend der Anzahl der verwendeten Chips. Am häufigsten werden Zwei-Chip-Elemente in den Größen 1210, 1812 und 2220 angeboten, wobei im Extremfall sogar solche mit bis zu zehn Chips und Baugrößen bis ca. 30 mm x 50 mm verfügbar sind. Die Einzel-Chips sind dabei meist

Bild 3: Der Leadframe verleiht dem MLCC eine höhere Robustheit gegenüber thermischen und mechanischen Belastungen.



horizontal mit sogenannten J-Leadframes für die SMD-Montage angeordnet (Bild 1).

Auch Durchsteckvarianten sind erhältlich (Bild 2). Sie werden jedoch seltener eingesetzt, u. a. wegen der schwierigen Automatisierbarkeit der Montage, die zu höheren Kosten und längeren Produktionszeiten führt.

Der Aufbau von MLCC mit Leadframe lässt sich aber auch nutzen, um bei Einzel-Chips die Leistungsfähigkeit und Robustheit gegenüber thermischen und mechanischen Belastungen zu steigern (Bild 3).

Zur weiteren Optimierung hinsichtlich thermischer Belastung und Reduzierung von ESR und ESL sind darüber hinaus auch Designs mit vertikal angeordneten Chips verfügbar (Bild 4).

Kemet bietet als weitere Besonderheit solche Teile auch ohne Leadframes an. Hierfür hat der Hersteller die sogenannte Konnekt-Technologie entwickelt. Sie verwendet ein innovatives TLPS-Material (TLPS: Transient-Liquid-Phase-Sintering), um ein Leadframe- und bleifreies Multi-Chip-Element zu schaffen. Dies bringt eine weitere Verbesserung von ESR und ESL sowie eine Steigerung der Volumeneffizienz.

Auch diese Kondensatoren gibt es mit horizontal und vertikal angeordneten Chips.

Darüber hinaus sind von TDK spezielle Keramiken mit positivem DC-Bias verfügbar – eine Spezialität des Herstellers. Diese CeraLink-Bauteile eignen sich für Hochfrequenz- und Hochtemperaturanwendungen in der Leistungselektronik, insbesondere bei beengten Platzverhältnissen, hohen Nennströmen, hohen Kapazitätsdichten und hohen Betriebstemperaturen.

Der CeraLink-Kondensator besteht aus einer PLZT-Keramik (PLZT: Blei-Lanthan-Zirkonium-Titanat) in Kombination mit Innenelektroden aus Kupfer. Durch die Ausgewogenheit zwischen hoher Strombelastbarkeit und Kapazität lässt sich mit CeraLink die Anzahl der benötigten Kondensatoren im Vergleich zu MLCC unter Berücksichtigung der Gesamtkosten reduzieren. Im Gegensatz zu konventionellen Keramik Kondensatoren haben CeraLink-Kondensatoren ihre maximale Kapazität im spezifizierten Arbeitspunkt (positives Bias-Verhalten), die proportional zum Anteil der Ripple-Spannung ansteigt, was sie zum idealen Kondensator für schnell schaltende Wide-Bandgap-Halbleiter (SiC, GaN) macht. ■

**Conventional type Stacking MLCCs vertically**

**New type Arranging MLCCs side by side**

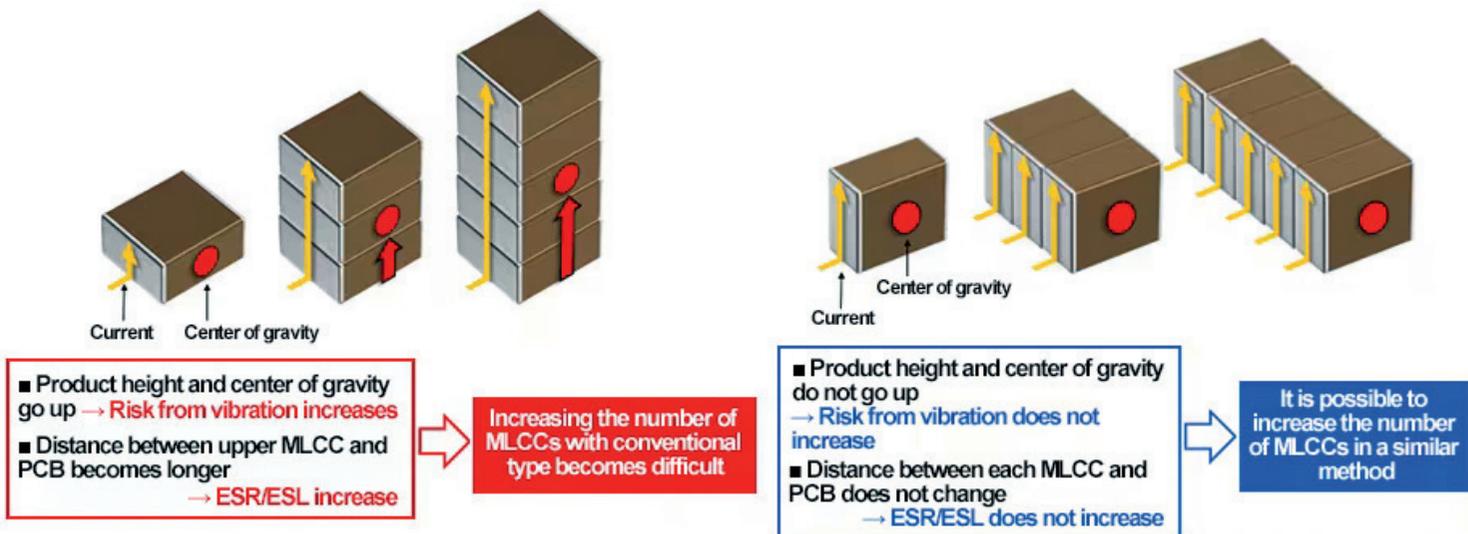


Bild 4: MLCCs mit mehreren vertikal angeordneten Chips bieten einen geringen ESR und ESL sowie einen weiten Temperaturbereich.

Die 1980er-Jahre

# Der PC ist da!



Mikroprozessoren ermöglichen den PC, Rutronik erweitert das Portfolio um aktive Bauelemente.

**E**rschwingliche Rechnerbausätze ließen Mitte der 1970er-Jahre eine Kultur der »IT-Bastler« aufkommen. Einige von ihnen gründeten im Silicon Valley den »Homebrew Computer Club«, um die visionäre Idee eines Computers für jedermann umzusetzen – eine Idee, die als ziemlich abwegig galt. Der Rest ist Geschichte: Der Personal Computer (PC) prägte die 1980er-Jahre in den Büros ebenso wie zu Hause, wo er vor allem in Jugendzimmern zu finden war.

1984 brachte Apple den ersten Macintosh auf den Markt, ein paar Jahre später auch die ersten erfolgreichen PCs mit grafischer Benutzeroberfläche. 1985 veröffentlichte Microsoft Windows, das schnell zum weitestverbreiteten Betriebssystem der Welt wurde. 1986 kam IBM mit seinem ersten PC auf den Markt, der sich als Standardgerät für Büroanwendungen etablierte.

Diese Entwicklung wäre nicht möglich gewesen ohne den Mikroprozessor, auf dem alle wesentlichen Funktionen des Computers laufen. Obwohl zu dieser Zeit nicht mehr brandneu, erlebte er erst parallel zum PC in den 1980ern seinen Durchbruch. Das befeuerte einige Innovationen, und es wurden zahlreiche Fortschritte hinsichtlich Performance, Funktionen und Design erzielt.

Einen Meilenstein markiert die Markteinführung des 386er von Intel im Jahr 1986, ein 32-bit-Prozessor mit deutlich höherer Speicherkapazität als seine Vorgänger. Er ermöglichte eine neue Generation von Software. Mehr zu einem aktuellen Mikrocontroller lesen Sie auf Seite 30.

Dank neuer Mikrochips konnte der PC neben Text dann auch Bilder und Töne verarbeiten – die Geburtsstunde für elektronische Unterhaltungsgeräte.

## *EDV und aktive Bauelemente bei Rutronik*

Die Digitalisierung hieß damals elektronische Datenverarbeitung (EDV) und hielt auch bei Rutronik Einzug: 1982 wurde das Kartei-Dispo-Verfahren auf ein EDV-System umgestellt. Ein externer Dienstleister betrieb das System, die Rutronik-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter bearbeiteten die Aufträge an sogenannten Bedienerterminals.

Mit der ersten AS/400 von IBM holte Helmut Rudel das System ins Haus, er optimierte auch die Anwendungen, Bildschirmmasken und Prozesse. 1988 wurde dann der erste PC angeschafft: ein PC XT mit zwei Diskettenlaufwerken und einer 200-MB-Festplatte. Wie die PC- und Mikrochip-Branche wuchs auch Rutronik: 1980 kaufte das Unternehmen die Silec/RSC-Halbleiter. 1984/85 wurde das Hauptgebäude in der Industriestraße 2 in Ispringen auf die nahezu dreifache Größe erweitert. Das geschah in weiser Voraussicht: Die Zahl der Beschäftigten verdoppelte sich von 35 auf rund 70 nur drei Jahre später. Ein Grund hierfür war der neue Bereich Produktmarketing. Zu Vertrieb, Logistik und Disposition kam zudem die technische Beratung.

1988 zog Rutronik dann einen Auftrag mit einem Volumen von einer Million Deutsche Mark an Land: der Startschuss für die Ausweitung des Produktportfolios auf Aktiv-Komponenten. ■

Smart Home

# Energieeffizientes IoT mit Radarsensoren

*Durch die Kombination von Radar-Technologie und IoT-Sensoren wird das intelligente Haus nicht nur sicherer und komfortabler, sondern auch energieeffizienter.*

VON VIDYA SRIRAM,  
CORPORATE PRODUCT MANAGER ANALOG  
& SENSOR BEI RUTRONIK, UND  
OKAN KAMIL SEN, SENSOR SYSTEMS & IOT  
FAE BEI INFINEON

Die Zahl der Smart-Home-Anwendungen und der vernetzten Geräte wächst – kein Wunder, denn sie machen den Alltag bequemer. Statista schätzt, dass es heute weltweit rund 350 Millionen Smart Homes gibt – Tendenz steigend. Die Schattenseite ist ein hoher Energieverbrauch. Denn viele der Geräte sind permanent aktiv oder im Stand-by-Modus, um jederzeit einsatzbereit zu sein.

## Tiefschlaf statt Stand-by-Modus

Oft ist es jedoch unnötig, dass sich ein Gerät im Stand-by-Modus befindet, beispielsweise, wenn die Bewohnerinnen und Bewohner nicht zu Hause sind. Dann könnten Thermostate,

intelligente Lautsprecher und digitale Assistenten in einen Tiefschlafmodus versetzt werden, um den Energieverbrauch zu senken. Das Einsparpotenzial reicht dabei von einigen wenigen Watt bis hin zu mehr als 100 Watt. Je nach Menge an Geräten und Zeiträumen, die für einen solchen Tiefschlaf infrage kommen, summiert sich das jedoch. Eine Beispielrechnung zeigt: Bei fünf smarten Geräten pro Haushalt könnten dadurch pro Tag durchschnittlich 0,5 kWh eingespart werden. Für 300 Millionen Haushalte ergibt das eine Einsparung von 55 TWh pro Jahr.

Dennoch sind in vielen Geräten Stromsparfunktionen wie der Ruhezustand nicht implementiert oder werden von den Nutzerinnen und Nutzern deaktiviert, weil sich damit der Bedienkomfort verschlechtert. Denn der Tiefschlafmodus in Verbindung mit einer hohen Funktionalität der Anwendung führt oftmals zu langen Startzeiten und somit Wartezeiten für die Nutzerin oder den Nutzer.

## Energieeffizient dank Radar-Technologie und IoT-Sensoren

Wie lässt sich also Bedienkomfort mit Intelligenz und Energieeffizienz vereinen? Neue Möglichkeiten bietet die Kombination der Radar-Technologie mit IoT-Sensoren. Ein Radarsensor, integriert in ein Smart-Home-Gerät, lässt sich beispielsweise nutzen, um die Anwesenheit von Personen zu erkennen. Bleiben derartige Impulse aus, wechselt das intelligente Gerät automatisch in den Tiefschlafmodus. Je nach Sensor und Ausführung hat das Radarmodul selbst eine Leistungsaufnahme von nur wenigen Milliwatt und eine maximale Leistungsaufnahme von nur 0,1 W, was deutlich unter dem Energiebedarf des »On«- oder Standard-Stand-by-Modus vieler elektronischer Geräte liegt.

Bilder: Infineon

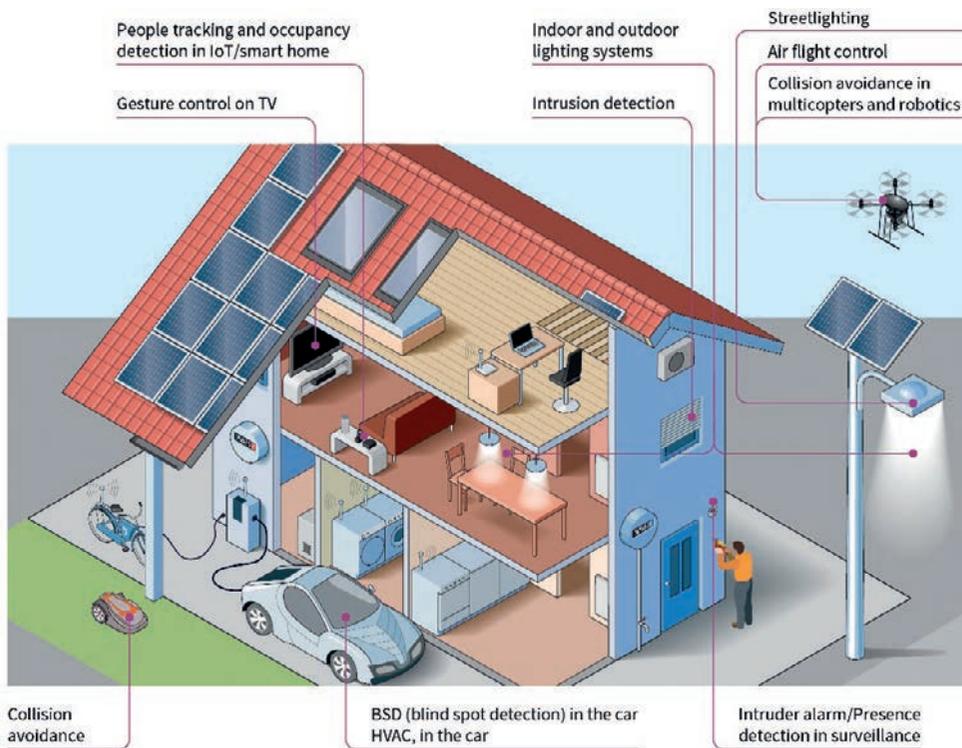


Bild 1: Durch die steigende Anzahl an Sensoren im Smart Home steigt auch der Stromverbrauch.

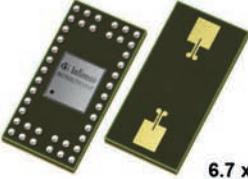
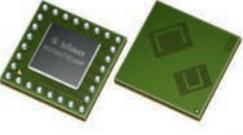
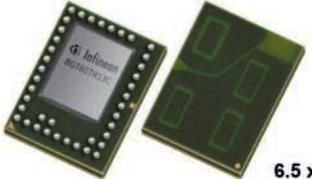
	BGT60LTR11AIP	BGT60UTR11AIP	BGT60TR13C
	 6.7 x 3.3 mm	 4.05 x 4.05 mm	 6.5 x 5.0 mm
<b>Positioning</b>	Smart & cost-effective PIR replacement	Compact and cost-efficient radar chip for FMCW operations	Enable advanced radar sensing including presence, tracking and gesture control
<b>Operating Mode</b>	Doppler Radar with integrated detectors	FMCW (5.5 GHz BW)	FMCW (5.5 GHz BW)
<b>Main value proposition</b>	<b>Completely autonomous mode:</b> Most convenient way to implement radar in your system	<b>Smallest 60 GHz chip</b> with integrated antennas on the market	<b>Maximum functionality and flexibility:</b> Develop the most demanding radar use cases
<b>Target use cases</b>	<b>Motion detection,</b> Presence detection (short range)	Presence detection, gesture control, vital sensing, 1D ranging, material classification	Presence detection, gesture control, vital sensing, segmentation, tracking, distance

Bild 2: Übersicht über das 60-GHz-Radarportfolio

Welche Vorteile die Radar-Technologie gegenüber anderen Sensoren (z. B. Infrarot) bietet, zeigt sich am Beispiel einer Lüftung. Sie funktioniert am effizientesten, wenn sie mit Temperatur- und CO<sub>2</sub>-Sensoren kombiniert wird und das System nur dann aktiviert ist, wenn es gebraucht wird – also wenn jemand anwesend ist, der CO<sub>2</sub>-Gehalt zu hoch ist oder die Temperatur das voreingestellte Limit übersteigt. Im Gegensatz zu anderen Sensoren erkennt das Radar dabei nicht nur, ob überhaupt Personen anwesend sind, sondern auch, wie viele und wo (in welchem Abstand zum Sensor) sich diese befinden. So kann der Sensor den Luftstrom der Klimaanlage optimal darauf anpassen.

*24- und 60-GHz-Radare ermöglichen vielfältige Applikationen*

Ein vielfältiges Portfolio an Radar-Komponenten für zahlreiche Anwendungen bietet Infineon. Die Produkte ermöglichen beispielsweise eine präzise Bewegungs- und Anwesenheitserkennung für intelligente Beleuchtungssysteme, eine Gestenerkennung für intuitive

Mensch-Maschine-Schnittstellen in Smart-Home-Geräten sowie die berührungslose Erfassung von Vitaldaten in Systemen zur Überwachung von Gesundheit und Wohlbefinden, aber zum Beispiel auch die fortschrittliche Objektsegmentierung und -verfolgung für die Optimierung industrieller Abläufe.

Die 24-GHz-Radar-Familie besitzt eine hohe Flexibilität beim Systemdesign und deckt ein breites Spektrum an Anwendungsfällen ab: Mit ihr lassen sich Bewegung sowie Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit, Ankunftsrichtung und Position von Einzel- sowie Mehrfachzielen bestimmen.

Für Anwendungen, die eine große Bandbreite und eine höhere Genauigkeit erfordern, hat Infineon kostengünstige und kompakte 60-GHz-Radare mit einem geringen Stromverbrauch im Portfolio (Bild 2).

Neben Anwendungen wie der Nahbereichslokalisierung bei Überwachungs-, Beleuchtungs- und Smart-Home-Geräten werden die 60-GHz-Radarsensoren auch für die Vitalda-

tenerfassung in der Unterhaltungselektronik, im Gesundheitswesen, bei Fahrassistenzsystemen und in industriellen Anwendungen eingesetzt. Alle 60-GHz-IoT-Radarsensoren sind größenoptimiert und werden mit Antennen im Gehäuse geliefert.

So verfügt das Modell BGT60TR13C über eine Sende- und drei Empfangsantennen. Dank der L-förmigen Antennenanordnung können horizontale und vertikale Winkelmessungen vorgenommen werden. Die extrem hohe Genauigkeit ermöglicht Bewegungserkennung im Submillimeterbereich. Anwendung findet der Radarsensor beispielsweise zur Vitaldatenerfassung in der Unterhaltungselektronik.

Der BGT60LTR11AIP ist ein 60-GHz-Doppler-Radarsensor mit einer integrierten Sende- und Empfangsantenne sowie integrierten Detektoren für die Bewegung und die Bewegungsrichtung. Er unterstützt mehrere Betriebsmodi, darunter einen völlig autonomen Modus, der keinerlei Software- oder Hardware-Design erfordert. Im autonomen Modus kann das Radar einen Menschen in einer Entfernung von bis



Bild 3: Entwicklungskits ergänzen die Radare: 24-GHz-Demo Distance2goL (links), Demo BGT60TR13C MMIC (Mitte) und 60-GHz-Connected-Sensor-Kit (rechts)



## Vorteile von Radarsensoren

- Sie sind kompakt und ermöglichen so die Entwicklung von IoT-Systemen mit relativ geringer Größe.
- Sie sind robust und funktionieren unter verschiedenen Umwelt- und Klimabedingungen. Ihr Betrieb wird selbst durch Temperaturschwankungen oder Lichtverhältnisse nicht wesentlich beeinträchtigt.
- Sie senden HF-Signale mit hohen Frequenzen (24 bzw. 60 GHz), die die meisten Materialien (z. B. Kunststoff, Glas und Holz) durchdringen. Dadurch liefern sie genaue Messwerte, auch für Objekte hinter Wänden oder Hindernissen, und lassen sich unter Produktabdeckungen bzw. Gehäusen verbergen.
- Sie haben eine hohe Messempfindlichkeit und können sehr kleine Bewegungen erkennen. Damit können sie zur Erfassung von Vitaldaten eingesetzt werden.
- Sie verbrauchen relativ wenig Strom, sodass sie energieeffiziente IoT-Anwendungen ermöglichen. Batteriebetriebene Geräte können sehr lange mit einer Batterie arbeiten.

zu sieben Metern erkennen, wobei es weniger als 5 mW verbraucht. Damit eignet sich der Radarsensor ideal für die Bewegungserkennung, z. B. bei der intelligenten Beleuchtungs- oder Klimatisierungssteuerung, der automatischen Türöffnung oder berührungslosen Schaltern sowie in intelligenten Sicherheits- und Alarmsystemen einschließlich IP-Kameras.

Das BGT60UTR11AIP ist das jüngste Mitglied der BGT60-Familie und mit nur 4,05 mm × 4,05 mm das kleinste und kompakteste Radar auf dem Markt. Es wurde für anspruchsvolle Anwendungsfälle entwickelt und zeichnet sich durch die Empfindlichkeit sowie Zuverlässigkeit der frequenzmodulierten Dauerstrich-Radartechnologie aus.

Mit Entwicklungskits für die Embedded- und PC-basierte Evaluierung inklusive umfangreicher Software-Development-Kits (SDKs) und Beispielen für die Algorithmenentwicklung, Prototyping und Embedded-Implementierung unterstützt Infineon die Entwicklung. ■

Anzeige



# Charging Ahead with eMobility

Enabling Safety, Efficiency, and Reliability into Your eMobility Designs



Static Random-Access-Memory

# Speichertechnologie mit Zukunft

*Viele Anbieter haben sich aus dem SRAM-Markt zurückgezogen, um sich auf High-End-Technologien mit hohen Gewinnspannen zu konzentrieren. Doch es gibt nach wie vor zahlreiche Anwendungen, für die SRAMs ideal sind. Grund genug, einen Blick auf diese Speicher zu werfen.*

VON CHEN GRACE WANG,  
CORPORATE PRODUCT MANAGER DIGITAL  
BEI RUTRONIK,  
SUE MACEDO, MANAGING DIRECTOR EMEA  
BEI ALLIANCE MEMORY, UND  
RAMESH BABU, DIRECTOR OF CENTRAL  
ENGINEERING BEI ALLIANCE MEMORY

**S**peicher werden in zwei Hauptkategorien unterschieden:

- Nichtflüchtige (non-volatile) oder Read-only-Memory (ROM) – wird die Stromversorgung ausgeschaltet, verliert der Speicher die Daten nicht. Die bekannteste nichtflüchtige Speicherart sind Flash-Speicher (NOR Flash, NAND Flash).
- Flüchtige (volatile) oder Random-Access-Memory (RAM) – die Daten gehen verloren, sobald die Stromversorgung wegfällt. Hier unterscheidet man zwischen Dynamic Ran-

dom-Access-Memory (DRAM) und Static Random-Access-Memory (SRAM).

SRAM ermöglicht den schnellsten Zugriff auf den Speicher. Die Herstellungskosten pro Bit sind jedoch höher als bei DRAM, da jede Speicherzelle aus vier oder sechs Transistoren besteht (4T- oder 6T-Architektur).

Bei DRAM verfügt jede Speicherzelle hingegen nur über einen Transistor und Kondensator. Ihr Nachteil ist, dass die Daten in bestimmten Abständen neu geschrieben werden müssen (Refresh).

Industrial	POS	Communication	Consumer	Automotive	Medical
PLC	POS	Web-Speicher-management	Spiele	Sensormodule	Dialysegeräte
Power-Control	E-POS	VOIP	Audio	Entertainment-Systeme	Medizinisches Gerät
Industrie-Automatisierung	IC-Kartenleser	Telefonanlagen	E-Education-Devices		Medizinische Test- und Messtechnik
Wiegesysteme	Barcode-Scanner	Walkie-Talkie	Taschenrechner		Lüfter
Sicherheitssysteme	POS-Drucker	Basisstationen	LED-Displays		
Motor-Control	Geldwechselautomaten	GPS-Module	E-Books		
Sägemaschinen	Kaffeemaschinen	PON (Passive Optical Network)	Türsprechanlagen mit Display		
Rekorder	Verkaufsautomaten	Transportation-Tracking-Recorder			
Server	Tankautomaten				
Testinstrumente	Waschmaschinen				

Tabelle 1: SRAMs eignen sich für zahlreiche Anwendungen verschiedener Märkte.

## Die verschiedenen Arten von SRAM

**Fast Asynchronous SRAM:** Asynchrone SRAMs eignen sich als Hauptspeicher für kleine Embedded-Prozessoren ohne Cache, wie sie in der Industrielektronik und in Messsystemen, Festplatten und Netzwerkausrüstung eingesetzt werden. Fast Asynchronous SRAM zeichnet sich durch besonders kurze Zugriffsgeschwindigkeiten von 8 bis 20 ns aus. Der Trend geht hier in Richtung einer geringeren Betriebsspannung und weg von parallelen hin zu seriellen Schnittstellen.

**Low-Power-SRAM:** Sie haben ein ähnliches Design wie Fast Asynchronous SRAMs, aber eine längere Zugriffszeit, typischerweise zwischen 50 und 70 ns. Mit ihrem sehr niedrigen Standby-Stromverbrauch können sie Batterie-Backup-Anwendungen unterstützen. Zudem punkten sie mit einem besseren Datenerhalt und geringerer Ausfallwahrscheinlichkeit (Soft-Error-Rate). Low-Power-SRAMs werden in zahlreichen Anwendungen eingesetzt, z. B. in der Industrie, in der Kommunikation und in Mobiltelefonen. Wie bei Fast Asynchronous

SRAM	DRAM
einfach im Design	erfordern komplexes Design
Alle MCUs unterstützen die SRAM-Schnittstelle	Unterstützung durch die meisten MCUs mit zusätzlicher Steuerung
zufälliger und schnellerer Zugriff	erfordert stetigen Refresh
geringer Stromverbrauch	höhere Speicherdichten
hohe Kosten pro Bit	niedrige Kosten pro Bit

Tabelle 2: Hauptunterschiede zwischen SRAM und DRAM

SRAM geht auch hier die Entwicklung hin zu einer geringeren Betriebsspannung und zu seriellen Schnittstellen.

## SRAM-Zielanwendungen

SRAM finden nicht nur in der Industrie und dem Telekommunikationsmarkt ihren Einsatz, sondern zunehmend auch in Automotive-Applikationen. Aufgrund der enormen Beliebtheit von Apps wird das Smartphone vorerst auch die Quelle für Infotainment und Konnektivität im Fahrzeug sein. Die größte Chance liegt bei den Unternehmen, die Anwendungsprozessoren,

WiFi/Bluetooth/GPS/FM-Kombichips und Wearables/Hearables anbieten.

Für diese Anwendungen bietet Alliance Memory neben neuen Technologien auch in Zukunft eine breite Palette an Legacy-Fast- und Low-Power-SRAM-Produkten mit Langzeitverfügbarkeit. Der Hersteller setzt auf minimale Die-Shrinks und stabile, wettbewerbsfähige Preise. Das Portfolio von Alliance Memory umfasst asynchrone 3,3-V- und 5-V-SRAMs, die in gängigen digitalen Signalprozessoren (DSPs) und Mikrocontrollern eingesetzt werden. Hinzu kommen synchrone und Low-Power-SRAMs sowie Pseudo-SRAM. ■

Anzeige




# Unlock the Power of Cellular IoT Connectivity

with **KYOCERA AVX** and **Nordic Semiconductor** Partnership

From reference designs to custom designs



| 1004795



| 1004322



| EC696



| LDS

SCAN ME TO LEARN MORE!





[WWW.KYOCERA-AVX.COM](http://WWW.KYOCERA-AVX.COM)



Sicherheit in Industrie-4.0-Anwendungen

# Wenn Mikrocontroller-basierte Sicherheit nicht mehr ausreicht

*Eine Folge der Miniaturisierung von System-on-Chips ist es, dass der Flash-Speicher immer häufiger extern realisiert werden muss. Das bringt neue Sicherheitsanforderungen mit sich, die vor allem in unternehmenskritischen vernetzten Systemen dringend zu erfüllen sind.*

VON CHEN GRACE WANG,  
CORPORATE PRODUCT MANAGER DIGITAL  
BEI RUTRONIK, UND  
SLAVEN DEKIC, FIELD APPLICATION  
ENGINEER MEMORY SOLUTIONS  
BEI INFINEON

Die rasante Zunahme vernetzter Systeme auf der ganzen Welt führt zu einem immer größeren Bedarf an System-sicherheit. Denn jedes vernetzte intelligente Gerät ist ein potenzielles Ziel für Cyberangriffe. Gleichzeitig treiben die Fortschritte bei System-on-Chips (SoC) die Fertigungstechnologien auf die kleinsten sinnvollen Prozessknoten, um die für rechenintensive Anwendungen erforderliche Energie und Leistung zu erreichen. Die Integration von nichtflüchtigem Speicher (Non-Volatile Memory, NVM) wird mit der Verkleinerung der Prozessknoten auf 22 nm und darunter jedoch immer schwieriger. Insbesondere Embedded NOR-Flash ist für die Implementierung in diese kleinen Knoten unerschwinglich geworden. Daher benötigen Systeme, die hochleistungsfähige SoCs verwenden, eine Alternative zu Embedded Flash und kehren zu externen On-Board-Speichern zurück (Bild 1).

abhängig von der Branche in der Regel darin, mehr Funktionen – inklusive größerer Speicherkapazität – in weniger Chips zu integrieren. Dieser Trend führte zu SoC-Architekturen, die komplexe Embedded-Systeme auf einem einzigen Chip ermöglichen. Um deren Leistung zu steigern und die Kosten zu senken, haben sich SoC-Anbieter auf innovative Fertigungs-Prozessknoten verlassen. Die Fortschritte in der Halbleitertechnologie haben jedoch dazu geführt, dass es immer schwieriger ist, Flash-Speicher in ein SoC einzubetten. Dies zwingt Systementwicklerinnen und -entwickler dazu, den kritischen Code und die Systemdaten in einem externen Flash zu speichern.

Das Design mit externem Flash bringt aber auch Vorteile mit sich: Das SoC kann allein aufgrund seiner Leistung gewählt werden. Die geeignete Flash-Dichte für das spezifische Design lässt sich unabhängig davon bestimmen.

Der Code wird immer größer und aktuelle Anwendungen speichern und verarbeiten mehr Daten als je zuvor. Selbst wenn ein SoC Embedded NVM enthält, wird in vielen Fällen zusätzliche externe Speicherkapazität benötigt. Kann die am besten geeignete Kapazität des

*Modernste SoCs erfordern externen Flash-Speicher*

Jahrzehntelang bestand die Strategie für die Entwicklung von elektronischen Systemen un-

Bilder: Infineon

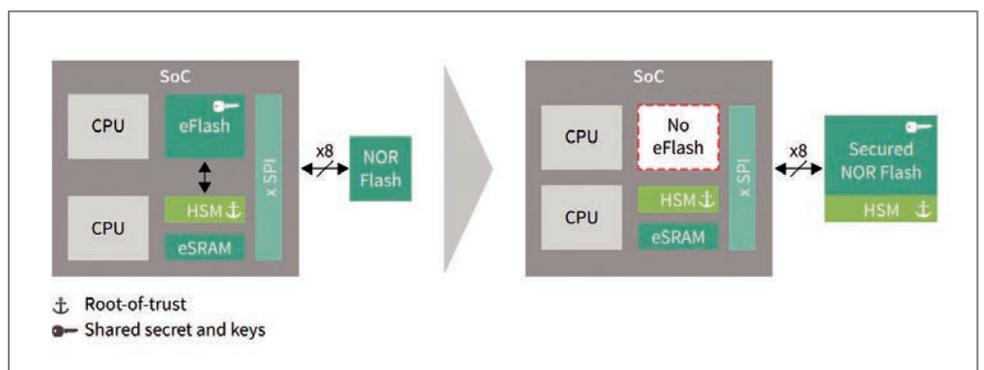


Bild 1: De-Integration von Embedded Flash (eFlash) aus dem SoC

externen Flash-Speichers frei gewählt werden, reduzieren sich die Systemkosten und die Effizienz des Gesamtsystems wird optimiert.

*Externe Speicher stellen andere Sicherheitsanforderungen*

Der On-Chip-Speicher ist eng mit dem Rest des SoC verbunden, in dem er sich befindet, und gilt als grundsätzlich vertrauenswürdiger als herkömmlicher externer Speicher. Denn dieser ist als eigenständiges Gerät anfälliger für physische Angriffe. Selbst verschlüsselte Daten, die im externen Flash-Speicher liegen, können ein leichtes Ziel für bestimmte Angriffe sein. Zu den wichtigsten Bedrohungen, die bei der Sicherung von externem Flash-Speicher zu berücksichtigen sind, gehören

- Nachahmung von Transaktionen in den Flash oder aus dem Flash ohne Autorisierung
- Manipulation von gespeichertem Code, gespeicherten Daten, Parametern und Protokollen
- Wiederholung von Transaktionen, um den Inhalt des Flash-Speichers auf alte, unsichere Versionen zurückzusetzen
- Beschaffung von Schlüsseln während der Bereitstellung in einer unsicheren Umgebung
- Snooping-Angriffe (Man-in-the-Middle) bei Transaktionen von/zu Flash-Geräten
- Durchführung von Seitenkanalangriffen auf Flash-Speicher, um dessen Inhalt zu beobachten oder sich diesen zu verschaffen

Um all diese Bedrohungen und andere Sicherheitsschwachstellen eines externen Flash-Speichers zu beseitigen, muss das Gerät folgende Funktionen bieten:

- einen hardwarebasierten Vertrauensanker (Root-of-Trust), um eine Veränderung oder Manipulation, das Kopieren oder andere Auswirkungen eines Angriffs auf den im Flash-Speicher gespeicherten Code und/oder die Daten zu verhindern
- sichere Updates vom Mikrocontroller oder der Cloud durch eine Kombination aus End-to-End-Schutz mit authentifizierten und verschlüsselten Transaktionen über den Bus,

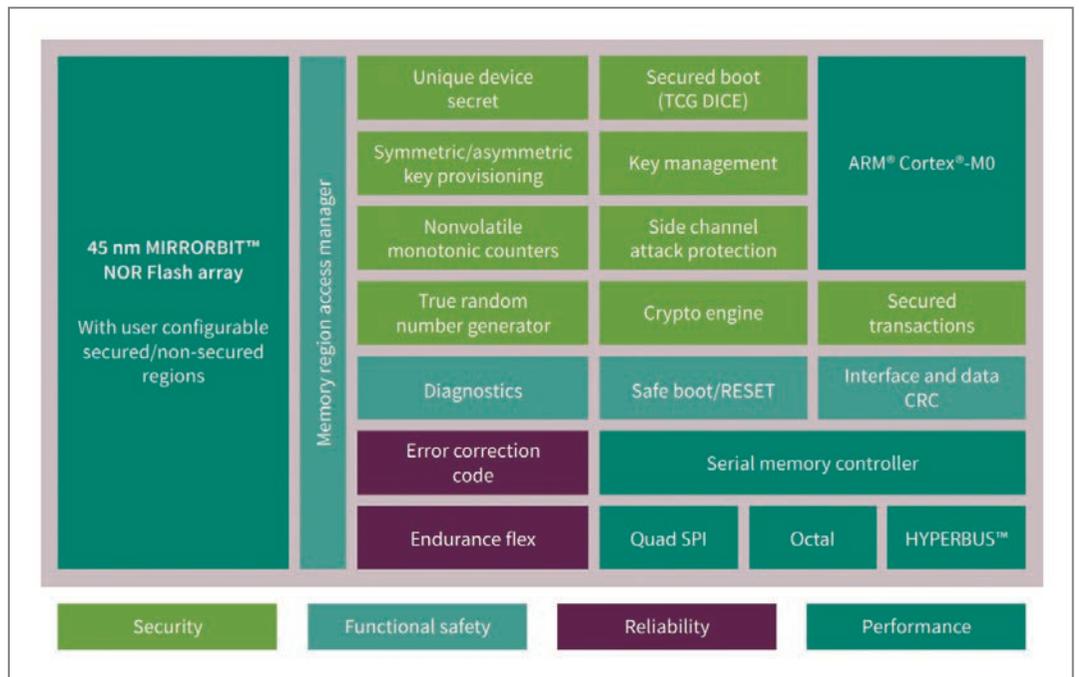


Bild 2: Architektur der Semper-Secure-NOR-Flash-Familie von Infineon

sicheren Regionen mit Lese-/Schreibzugriffsmethoden, sicherem Schlüsselspeicherplatz sowie nichtflüchtigen monotonen Zählern

- geringe Kosten, weil keine zusätzlichen Sicherheitsvorrichtungen (z. B. ein Trusted-Platform-Module) erforderlich und keine Änderungen an den Leiterplatten nötig sind, inklusive der Unterstützung für gängige serielle Flash-Schnittstellen

*Sicherer Flash-Speicher für unternehmenskritische Anwendungen*

Mit dem Semper-Secure-NOR-Flash bietet Infineon den nach Herstellerangaben fortschrittlichsten, sichersten und zuverlässigsten Flash-Speicher der Branche. Er ist auf funktionale Sicherheit ausgelegt, führt Diagnosen und Datenkorrekturen durch und entspricht den Anforderungen von ISO 26262. Auf dieser Basis fügt Semper Secure

ein Hardware-Root-of-Trust sowie Optionen für asymmetrische oder symmetrische Kryptografie hinzu. Diese Kombination aus Sicherheit und Schutz macht Semper-Secure-NOR-Flash zu einem idealen Speicher für unternehmenskritische Anwendungen, bei denen ein Ausfall keine Option ist.

Externe Flash-Speicher sind über eine serielle Speicherschnittstelle und einen Bus mit dem Host-SoC verbunden. Das macht sie anfällig für Replay-Angriffe und Man-in-the-Middle-Attacken. Weil kritische Daten zwischen mehreren Halbleiterbausteinen ausgetauscht werden, reicht es nicht aus, nur den Host-SoC zu schützen. Auch der externe Flash-Speicher und die bidirektionale Kommunikation zwischen beiden müssen gesichert werden.

Semper-Secure-NOR-Flash löst dieses Problem durch Authentifizierung und/oder Verschlüsselung von Transaktionen zwischen dem Host-SoC und dem Speicher. So gewährleistet er Authentizität, Vertraulichkeit und Datenintegrität und schützt vor Replay-Angriffen. Semper Secure erweitert die sichere Verarbeitungsumgebung über den Host-SoC hinaus auf den externe NOR-Flash, indem er verschiedene Arten gesicherter Transaktionen unterstützt, darunter authentifiziertes Lesen, Programmieren und Löschen sowie verschlüsseltes Lesen, Programmieren und Löschen. ■

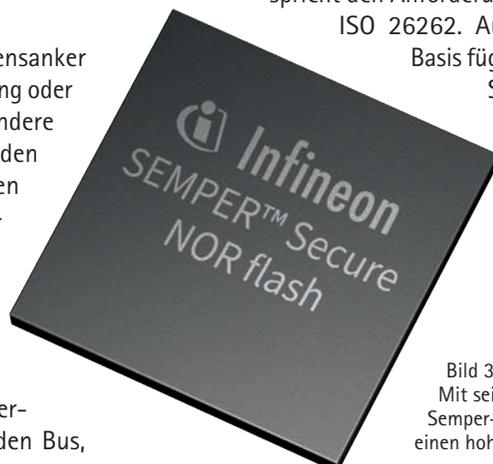


Bild 3: Mit seinen Sicherheitsfunktionen bietet der Semper-Secure-NOR-Flash sicherheitsrelevanten Systemen einen hohen Schutz vor verschiedenen Bedrohungen.



Mikrocontroller für High-End-Industrieanlagen

# Technische Vielfalt, maximale Rechenleistung und Sicherheit für Industrieroboter

*Industrieanlagen stellen zahlreiche Herausforderungen an die Entwicklung. Um diese zu bewältigen, ist neben umfangreichen Vorab-Designs, strengen Tests und der Einhaltung von Industrienormen und -vorschriften auch der richtige Mikrocontroller entscheidend.*

VON ANDREAS HEDER, FIELD APPLICATION ENGINEER BEI RUTRONIK,  
UND PANAGIOTIS VENARDOS, SENIOR MANAGER OF INDUSTRIAL MCUS  
BEI INFINEON

**B**ei der Entwicklung von High-End-Anwendungen wie Robotik, industriellen Antrieben und bei Applikationen für elektrische Fahrzeuge stehen Energie, Leistung, Effizienz und Sicherheit an erster Stelle.

Die Wahl des optimalen Mikrocontrollers trägt erheblich dazu bei, diese Ziele zu erreichen. Dieser muss qualitativ hochwertig, flexibel und leistungsstark sein, effizient arbeiten und über Funktionen verfügen, mit denen er sich



Bild: hramovnick/Shutterstock

an eine anspruchsvolle Umgebung anpassen kann, die sich ständig verändert.

Die Anforderungen an die Steuerungen in modernen Industrieanlagen werden immer komplexer und die zu verarbeitenden Datenmengen immer größer. Dies stellt Entwickler und Entwicklerinnen von solchen Steuerungen vor enorme Herausforderungen. Die Systeme müssen diese Datenmengen sowohl effizient verarbeiten als auch die Integrität der Daten durch robuste Sicherheitsfunktionen wahren. Dabei sind eine effiziente Verwaltung und Zuweisung von Ressourcen innerhalb der CPU sowie die Nutzung des internen und externen Speichers von großer Bedeutung.

Darüber hinaus gibt es in industriellen Anwendungen verschiedene Echtzeitvorgaben. Damit alle Aufgaben sicher innerhalb dieser Zeiten ausgeführt werden, müssen Verzögerungen und Fehler auf ein absolutes Minimum begrenzt werden. Bei einer Rund-um-die-Uhr-Produktion kann das in der Praxis schwer umsetzbar sein, z. B. aufgrund regelmäßiger Software-Updates, deren Turnus und Dauer nicht immer bekannt ist.

Für einen unterbrechungsfreien Betrieb des gesamten Systems in einem industriellen Umfeld sind mehrere Schlüsselfunktionen und Integrationen erforderlich, um die Zuverlässigkeit, Leistung und Kompatibilität mit den spezifischen Anforderungen der Anwendungen zu gewährleisten. Dazu gehört es, Komponenten in Industriequalität einzusetzen, welche sich durch eine lange Lebensdauer sowie einen erweiterten Temperatur- und Spannungsbereich auszeichnen. Der Mikrocontroller muss außerdem die richtigen Schnittstellen und die dazugehörigen Kommunikationsprotokolle unterstützen und mit einer breiten Palette an industriellen Software-Tools und -Bibliotheken kompatibel sein.

Ein MCU-Baustein, der diese Kriterien erfüllt, ist der 32-bit-Mikrocontroller XMC7000 von Infineon. Er basiert auf dem Arm-Cortex-M7-Prozessorkern und wurde in erster Linie für industrielle Zwecke entwickelt. Hierfür ist er mit verschiedenen Peripherien wie z. B. CAN-FD, TCPWM und Gigabit-Ethernet sowie mit Features für die Hardware-Sicherheit ausgestattet. Seine Low-Power-Modi reichen bis hinunter auf 8 µA. Durch seinen breiten Temperaturbereich von -40 °C bis +125 °C bietet der XMC7000 eine hohe Widerstandsfähigkeit in rauen Industrieumgebungen. Um die Designanforderungen möglichst genau zu erfüllen, bietet der XMC7000 mit vier verfügbaren Package/Pin-Typen und 17 Varianten eine

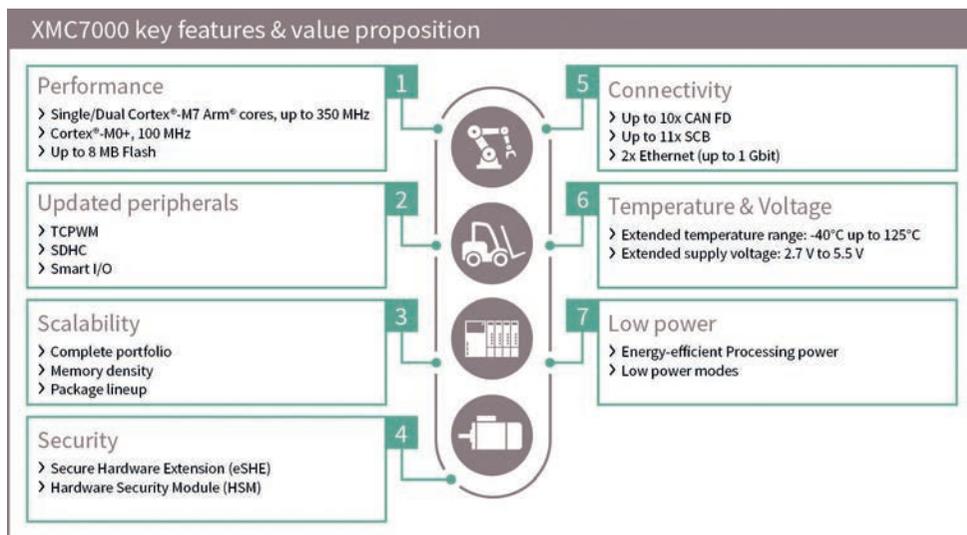


Bild: Infineon

Leistungsfähigkeit, Energieeffizienz und Sicherheit stehen bei der Entwicklung von Robotik-Anwendungen, industriellen Antrieben und Applikationen für elektrische Fahrzeuge im Fokus.

hohe Skalierbarkeit in Bezug auf die Anzahl der Prozessorkerne und die Größe des Flash-Speichers und des RAM.

Für eine zuverlässige und sichere Interoperabilität aller wichtigen Komponenten zur Motor- und Leistungssteuerung wie Motoren, Antriebe, Steuerungen oder Sensoren ist ein robustes lokales Kommunikationsnetzwerk erforderlich. Hierfür bringt der XMC7000 standardisierte Kommunikationsschnittstellen wie CAN-FD, serielle Kommunikationsbausteine (SCB) und Ethernet-Schnittstellen mit. Ein externer Speicher, eine SDHC-Schnittstelle, eine I<sup>2</sup>S/TDM-Schnittstelle und zahlreiche I/Os erleichtern die Integration und Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten und Plattformen.

Meist müssen Aufgaben wie die Erfassung von Sensordaten oder die Ansteuerung von externen Leistungshalbleitern in Echtzeit erfolgen. Um solchen Anforderungen gerecht zu werden, ist der XMC7000 mit bis zu zwei Arm-Cortex-M7-Kernen mit Taktraten von bis zu 350 MHz, bis zu 8 MB Flash und bis zu 1 MB SRAM ausgestattet. Hinzu kommen 256 kB Work-Flash, der im Gegensatz zum Code-Flash für eine deutlich häufigere Neuprogrammierung optimiert ist.

### Schutz gegen Cyberbedrohungen

Die zunehmende Konnektivität und der umfangreiche Datenaustausch in Fertigungs- und Automatisierungsumgebungen führen

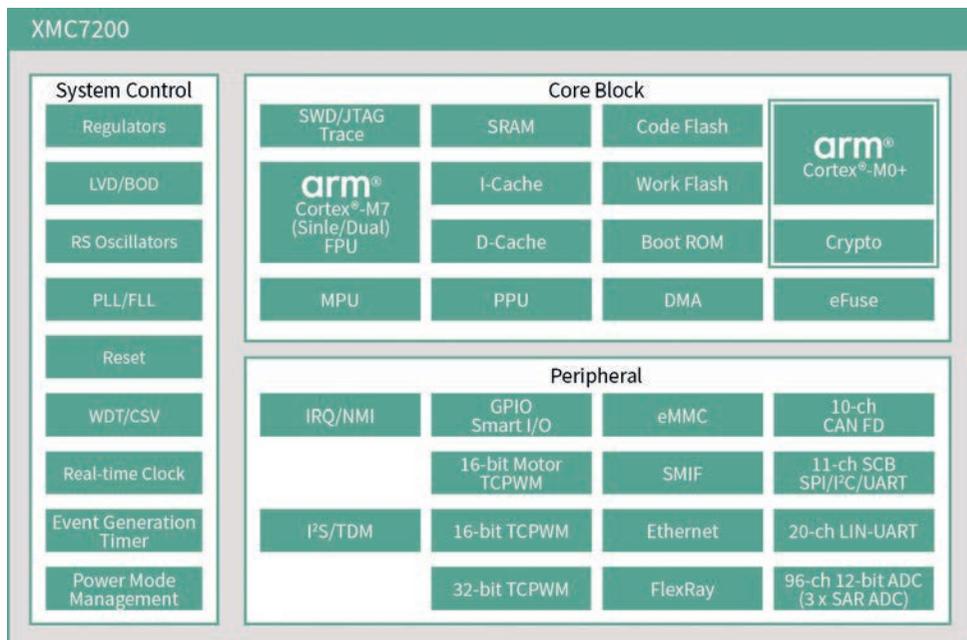


Bild: Infineon

Der XMC7000 von Infineon bringt alles mit, was ein Mikrocontroller für Industrieanwendungen haben sollte.



## Hauptmerkmale des XMC7000

- 32-bit-MCU
- Als Single- oder Dual-Core auf Basis des 350-MHz-Arm-Cortex-M7 und 100-MHz-Arm-Cortex-M0+ für Kryptografie
- Bis zu 8 MB Flash, bis zu 1 MB SRAM und I/D-Cache
- Spannungsbereich: 2,7–5,5 V
- Erweiterter Temperaturbereich, bis 125 °C
- CAN FD mit bis zu zehn Kanälen, SCB mit bis zu elf Kanälen
- eMMC, SMIF (QSPI/HS-SPI), 10/100/1000-Mbit/s-Ethernet mit bis zu zwei Kanälen



- drei SAR-AD-Wandler
- Bis zu 96 Kanäle auf Basis von drei 12-bit-A/D-Wandlern nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation (SAR-ADC)
- Motor-Control mit bis zu 15 Kanälen (16 bit), 87-kanalige 16-bit-TCPWM (Timer/Counter/Pulse-Width Modulation), 16-Kanal-32-bit-TCPWM
- Timer für Ereignisgenerierung
- Gehäuse: 100-/144- und 176-Pin-TQFP, LFBGA-272

zwangsläufig zu Cyber-Bedrohungen. Motor- und Leistungssteuerungssysteme sind hierfür besonders anfällig, Angriffe können die Produktionsprozesse empfindlich stören und eine Gefahr für sensible Daten darstellen.

Angesichts dieser Risiken sind Sicherheitsmaßnahmen wie Secure-Over-The-Air-Firmware-Upgrades (SOTA) und Secure-Boot entscheidend, sodass die richtige Firmware sicher ausgeführt wird. Feste Verankerungen inklusive Verschlüsselung, Zugangskontrollen sowie Systeme zur Erkennung von Eindringlingen tragen ebenfalls zum Schutz gegen diese Bedrohungen bei. Diese Funktionen übernimmt der integrierte Arm Cortex-M0+, der diese Aufgaben in Echtzeit ausführt.

*A/D-Wandler, Timer/Counter und PWMs (TCPWM) sind essenzielle Komponenten*

Zur Unterstützung von Anwendungen mit Mehrachsenantrieben und synchronem Sampling von analogen Sensorsignalen besitzt die MCU drei unabhängige ADCs mit vorgeschalteten Multiplexer nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation (SAR) mit geringsten Latenzzeiten für das Echtzeit-Sampling. Der XMC7000 verfügt außerdem über eine hohe Anzahl an flexibel einsetzbaren TCPWM-Blöcken. Zum Beispiel für die Ansteuerung von Drehstromasynchron-Motoren kann durch geschickte Anpassung des Tastverhältnisses des PWM-Signals die durchschnittlich an den Motor angelegte Spannung fein abgestimmt werden, um damit eine optimale Leistung und Reaktionsfähigkeit zu erreichen. Hierfür sind die TCPWM-Blöcke auf Hardware-Ebene mit

einander verbunden und bieten eine Vielzahl and Möglichkeiten zur Parametrierung. Hinzu kommen spezielle PWM-Module für die Motorsteuerung, welche Funktionen wie eine erweiterte Quadratur, eine asymmetrische PWM-Erzeugung und die Totzeiteinstellung mitbringen.

Darüber hinaus verfügt der XMC7000 über weitere, spezielle I/O-Eigenschaften, sogenannte Smart I/Os. Diese können als digitale Verbindungslogik (AND, OR, XOR und vordefinierte Look-up-Tables) parametrierbar werden. Eingangssignale lassen sich somit ohne Eingriff der CPU verarbeiten. Damit lässt sich z. B. im Energiesparmodus des Controllers ein bestimmtes Muster an einem oder mehreren Pins erkennen und darauf reagieren (Sicherheits-schaltung).

*Entwicklungswerkzeuge*

Für den XMC7000 gibt es viele Softwarelösungen, die dem Anwender die Entwicklung z. B. von Motorsteuerungen oder Anwendungen zur Energieumwandlung erleichtern. Infineon stellt dafür die Entwicklungsplattform ModusToolbox zur Verfügung, die Software-Tools und Ressourcen zur Vereinfachung des Designprozesses enthält. Sie lässt sich eigenständig oder vollständig in die Eclipse-basierte IDE integrieren. Ihr nutzerfreundlicher Geräte-Konfigurator ermöglicht die konsistente Entwicklung über verschiedene Industriestandard-konforme Plattformen hinweg, etwa Eclipse, VS-Code oder IAR. Außerdem gehört eine Reihe an Entwicklungswerkzeugen, Bibliotheken und

Embedded-Runtime-Assets zur ModusToolbox. Sie ist kostenfrei erhältlich und unterstützt viele weitere Infineon-Produkte. ■



Das Video hinter diesem QR-Code zeigt die Steuerung eines Roboterarms mit dem XMC7000.

# Enabling your innovation

Every day, in every part of the world, millions of people benefit from technologies which are enabled by Murata innovation.

Since 1944 Murata has been committed to developing components that help to advance the the benefit of electronics to society. In smartphones, smart homes, cars, computers, healthcare devices, wearables... in fact, wherever you find electronics, you'll find Murata innovation.

## Feature product

### UWB Modules

Ultra Wide Band (UWB) technology is good for secure and precise distance measurement which is based on Time of Flight (ToF) of radio waves.

Murata Type2AB module is designed as Ultra-small, high quality and lower power consumption UWB module. Ideally suited for small, battery operated IoT devices and applications.

#### Features:

- ▀ 75% less square area than CoB solution
- ▀ Integrated Wireless MCU
- ▀ Integrated 3-Axis sensor for saving battery
- ▀ Support Multi Antenna design and evaluation
- ▀ Integrated Filtering for UWB



## Feature product

### AC-DC power supply PQU 650 AC-DC

Highly Efficient 650W AC-DC power supply available in **industrial and medical grade**.

Offers High efficiency at low load and overload function.

#### Features:

- ▀ Efficiency 95% available at 30% of the load
- ▀ Overload 30s to 800W
- ▀ 450W with no cooling
- ▀ 12, 24, 28, 48 & 54V output PoE applicable



**muRata**

INNOVATOR IN ELECTRONICS

Wachstum durch Wandel

# 50 Jahre Rutronik für die Zukunft der Elektronik

*Rutronik feiert in diesem Jahr ein Jubiläum – Anlass für CEO Thomas Rudel, einerseits zurückzublicken, andererseits in die Zukunft zu schauen und einiges über die Strategie des Unternehmens zu verraten.*

## Rutronik feiert in diesem Jahr 50-jähriges Bestehen. Können Sie kurz skizzieren, wie sich Rutronik innerhalb der letzten fünf Jahrzehnte entwickelt hat?

*Thomas Rudel:* Im Jahr 1973 hat mein Vater Helmut Rudel Rutronik gegründet und hat dabei auch die Standortwahl Ispringen bei Pforzheim strategisch getroffen. Denn mit dem Ziel vor Augen, die geografisch in Deutschland am weitesten entfernten Kunden innerhalb von einer maximalen Fahrzeit von zwei Stunden zu erreichen, nahm er sich eine Landkarte und einen Zirkel zur Hand. Mit letzterem zog er einen Kreis um die Region in Deutschland, in der er zu dieser Zeit knapp 70 Prozent des deutschen Bauelemente-Bedarfs für sich ausmachte.

In der Mitte dieses Kreises lag Ispringen, und damit war die Entscheidung für den Hauptsitz gefallen. In den 1970er-Jahren ist mein Vater mit einem Fokus auf den Vertrieb passiver Bauelemente gestartet – auch vor dem Hintergrund des steigenden Bedarfs für Farbfernsehgeräte, die insbesondere im Zusammenhang mit der Fußballweltmeisterschaft 1974

immer populärer wurden. In den Folgejahrzehnten kamen unter anderem Halbleiter, Displays und Wireless-Technologien als Produktbereiche hinzu. In den 2010ern wurde die Automotive Business Unit gegründet und zu Beginn der 2020er-Jahre kam die Initiative Rutronik System Solutions hinzu. Und das ist nur ein ganz kurzer Abriss wichtiger Meilensteine unserer Unternehmensgeschichte.

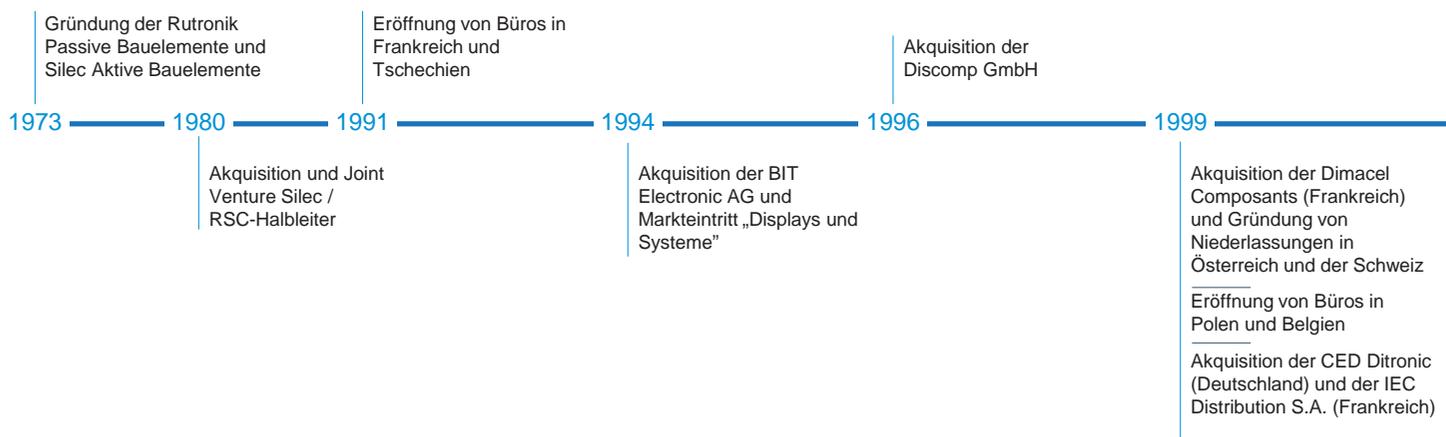
Als Distributor mit nunmehr 50 Jahren Erfahrung sind wir eine wichtige Instanz und ein unabdingbarer Partner, insbesondere für viele mittelständische Unternehmen. Dabei sind wir weltweit aufgestellt, um je nach Produktionsstandort auch direkt vor Ort bei unseren Kunden sein zu können. Denn der Aufbau und die Pflege persönlicher Beziehungen zu unseren Kunden, Herstellern und Geschäftspartnern liegt uns nach wie vor besonders am Herzen.

## Und wo steht Rutronik nach 50 Jahren am Elektronikmarkt in Bezug auf die harten Fakten wie Umsatz- und Mitarbeiterzahlen?

Im Geschäftsjahr 2022 haben unsere weltweit rund 1900 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gemeinsam einen Umsatz von 1,28 Mrd. Euro erwirtschaftet. Rutronik ist in den vergangenen fünf Jahrzehnten kontinuierlich, nachhaltig und gesund gewachsen. 2016 haben wir etwa 1500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei uns beschäftigt, und inzwischen sind es etwas über ein Viertel mehr. Wir haben über 80 Büros an rund 40 Standorten weltweit, und wir setzen auch weiterhin auf eigenfinanziertes Wachstum.

Wir haben über die gesamte Zeit immer auf eine gute Balance aus Bewährtem und wichtigen Neuerungen und Anpassungen an Marktentwicklungen geachtet. Durch die Struktur als inhabergeführtes Familienunternehmen haben wir uns die Unabhängigkeit von externen Investoren bewahrt.

Gerade in unserem Jubiläumsjahr freuen wir uns daher umso mehr über das bereits Erreichte und blicken stolz und dankbar auf die vergangenen fünf Jahrzehnte zurück.





**Und was macht Rutronik aus? Wo sehen Sie die Stärken?**

Rutronik ist zwar längst ein Global Player, aber immer noch ein Familienunternehmen mit seinen Wurzeln im Mittelstand und der einzige Europäer unter den Top 10-Distributoren. Damit sind wir der größte europäische Distributor in einem von US-amerikanischen Wettbewerbern dominierten Markt.

Gerade für die mittelständisch geprägte Kundenstruktur in Europa ist ein stabiles Distributoren-Netzwerk erfolgskritisch. Unsere DNA daher: Wir sind ein inhabergeführtes, unabhängiges Familienunternehmen und ebenfalls ein Mittelständler, der eben genau die Sprache unserer Kunden spricht.

Unser Ziel ist es, unsere Kunden bestmöglich zu bedienen und Synergien zu nutzen, von welchen sowohl Anwender als auch Hersteller profitieren. Außerdem wandeln wir uns zum Systemanbieter, setzen aber nach wie vor auf die Broadline-Distribution als wichtige Basis all dieser Bestrebungen.

**Können Sie den Ansatz eines Systemanbieters genauer erläutern? Was hat es damit auf sich?**

Absolut einzigartig für einen Distributor ist, dass wir unseren Kunden Evaluierungs- bzw. Entwickler-Boards anbieten, um sie in der Vorentwicklung ihrer Anwendungen zu unterstützen und so die Time to Market zu verkürzen. Wir arbeiten dazu insbesondere auch gemeinsam mit Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Universitäten und bringen unsere industrielle Expertise in Industriebeiräten der Forschungsprojekte ein. Unsere Design-Center in Litauen und in Singapur bauen wir dabei kontinuierlich weiter aus. Außerdem haben wir ein Entwicklungsteam an unserem Hauptsitz in Ispringen. Wir setzen dabei auf eine enge Zusammenarbeit mit unseren Top-Herstellern und Branchenspezialisten bei der Entwicklung unserer teils patentierten Lösungen und sind wichtiger Impulsgeber unserer Kunden mit Blick auf ihre Anwendungen.

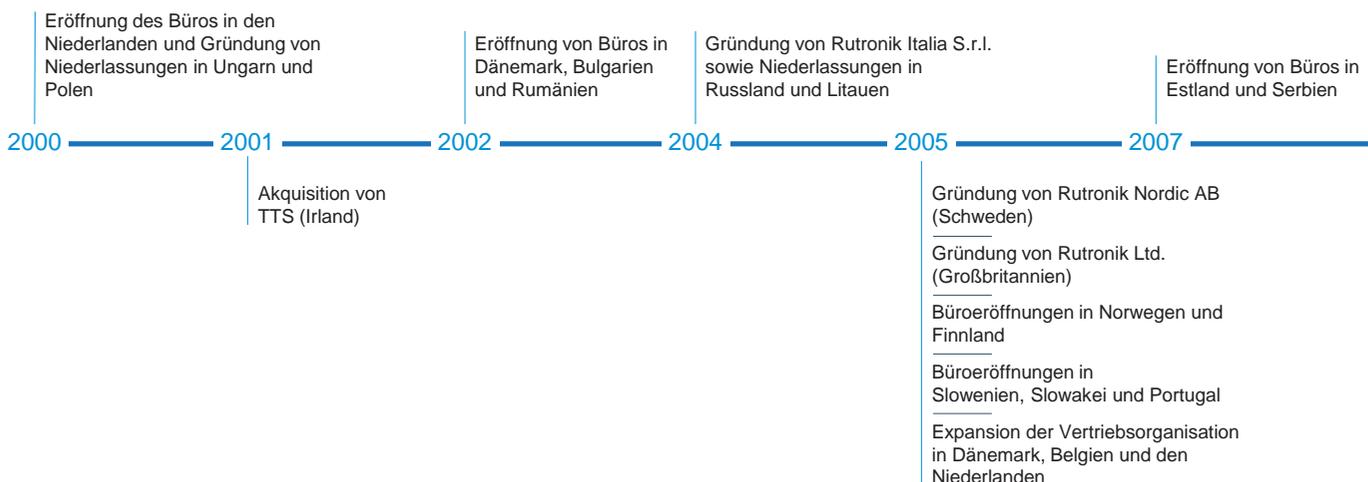
**Auf welchen Märkten sind Ihre Kunden dabei zu finden?**

Wir sind in der Distribution sehr industriegetrieben, d. h. wir bedienen Anwendungen im Industriegüter-Umfeld, aber auch im Automotive-Segment. In diesem Zusammenhang ist auch unsere 2014 gegründete Automotive Business Unit bei Rutronik ein wichtiger Baustein. In Bezug auf die für elektronische Komponenten wichtigen Märkte haben wir es mit einer 70-zu-30-Prozent-Aufteilung zwischen Direkt- und Distributionsmarkt zu tun.

Weltweit kaufen also hunderttausende Kunden über die Distribution. Gleichzeitig konzentrieren sich viele Hersteller nur auf Direktkunden bzw. OEMs. Die Hersteller hingegen, die mit der Distribution und dem Investitionsgüter-Umfeld umgehen können, bedienen mit ihrem Geschäftsmodell beides. Hierbei kommt unsere Expertise von Rutronik24 (R24) zum Tragen, um ganz im Sinne von »Alles aus einer Hand« kleine und mittelständische Kunden vollumfassend zu beraten und zu beliefern. Wichtige Applikationen, an welchen unsere Kunden forschen und die sie auf den Markt bringen, sind den Bereichen Industry 4.0, (I)IoT, Future Mobility sowie Energy & Power zuzuordnen.

**Die Weltwirtschaft entwickelt sich insbesondere in den letzten Jahren sehr dynamisch. Wie steht es hierbei um europäische Unternehmen und wie begegnen Sie bei Rutronik diesen Herausforderungen?**

Wir setzen bei Rutronik auf einen konsequenten Ausbau unserer Forschung und Entwicklung im Bereich Rutronik System Solutions, um unsere Kompetenzen als Broadline-Distributor weiter in die Richtung eines Systemanbieters auszuweiten. Wir nehmen dabei eine Schnittstellenfunktion zwischen Wissenschaft und Industrie ein, außerdem sichern wir uns das Know-how durch Rutronik-IPs und Paten-



te. Mit Rutronik System Solutions arbeiten wir dabei konkret an der Entwicklung eigener Evaluierungsboards – mit dem Ziel einer maximalen Kundenorientierung, um so auch die Vorentwicklung mittelständischer Kunden zu beschleunigen, sowie an Forschungsprojekten mit Universitäten und Hochschulen, um Know-how auf- und auszubauen.

Darüber hinaus müssen europäische Unternehmen und die europäische Politik den europäischen Markt gemeinsam stärken. Nur so gelingt es, dass Europa sich wieder weniger abhängig macht. Förderungen und Investitionen auf nationaler und EU-Ebene sollten außerdem zielgerichtet erfolgen und vor allem die gesamte europäische Lieferkette im Elektronikmarkt einbeziehen. Wichtige Partner wie Lieferanten und Distributoren laufen meiner Perspektive zufolge in der Politik häufig noch komplett außerhalb des Radars. Insbesondere Unternehmen, die in Europa bilanzieren, sollten mit EU-seitigen Förderungen berücksichtigt werden. Denn ansonsten wird die Hauptsitzfrage künftig bei vielen Unternehmen nicht mehr auf einen Standort in Europa fallen, und auch bestehende Unternehmen werden gezwungen sein, über ihren Hauptsitz kritisch neu zu entscheiden.

**Was müsste noch angepackt werden, um europäische Unternehmen zu stärken?**

Vor dem Hintergrund eigener Interessen werden aktuell in der Politik meiner Beobachtung zufolge multidimensionale Konflikte und Krisen kurzfristig zu lösen versucht und insbesondere jene Aspekte angepackt, die medial gut zu transportieren sind und mit welchen man sich gut positionieren kann. Insbesondere mittelständische Unternehmen brauchen aber eine pragmatische und langfristig angelegte politische Ausrichtung. Darunter fallen für mich auch die Vereinfachung und Ver-

schlankung administrativer Prozesse, die für viele Mittelständler kaum mehr zu bewältigen sind. All dies hat für mich auch zu tun mit einer Wertschätzung hier ansässiger Unternehmen, die einerseits in ihren Regionen in der Wertschöpfungskette zentrale Funktionen übernehmen und teilweise gar Weltmarktführerrollen in ihren Bereichen einnehmen, andererseits aber auch große, regional wichtige Arbeitgeber sind.

„ Wir kennen die Anforderungen und Herausforderungen der Industrie und analysieren ständig den Markt. “

Ich beobachte, dass allen voran die kleinen und mittelständischen Unternehmen bislang zu wenig in der Politik wahrgenommen werden und keine Plattform bekommen. Ich würde mir daher wünschen, dass man sich gerade auch mit diesen für die europäische und deutsche Wirtschaft wichtigen Akteuren an einen Tisch setzt und gemeinsam Konzepte erarbeitet, um den hiesigen Wirtschaftsstandort zukunftssicher aufzustellen.

**Und wie steht es speziell um den Distributionsmarkt?**

Im Distributionsmarkt sehe ich einen besonderen Handlungsbedarf, denn aufgrund der Kundenstruktur ist gerade in Europa ein stabiles Distributoren-Netzwerk essenziell. Hinzu kommt: Europäische Hersteller sind aufgrund ihrer Marge häufig nicht in einer Position, um Forderungen zu stellen. Die europäische Autobranche hat am weltweiten Markt für elektronische Bauelemente beispielsweise einen Anteil von rund drei Prozent. Der gesamte europäische Markt kommt nur auf einen Anteil von acht Prozent. Zum Vergleich: Das ist gerade einmal so viel, wie Samsung oder Apple

alleine an elektronischen Bauelementen benötigen.

**Wo sehen Sie Rutronik künftig?**

Wir kennen die Anforderungen und Herausforderungen der Industrie und analysieren ständig den Markt. Und natürlich kennen wir den Elektronikmarkt. Wir haben ein breites Produktportfolio und die entsprechende Expertise, welche Technologien und Bauteile und welche Kern-Software sich für die jeweilige Applikation am besten eignen, aber auch welche Komponenten aktuell und langfristig verfügbar sind. Wir setzen daher auf eine unseren Zukunftsmärkten angepasste Ausrichtung unserer Produktbereiche und bauen dafür erforderliche Lieferantenbeziehungen auf und aus.

Mit unserem Know-how möchten wir gerade die unmittelbar anstehenden Entwicklungen unserer Kunden unterstützen. So können wir außerdem Forschungsergebnisse schneller und gezielter in markt- und wettbewerbsfähige Lösungen überführen. Genau diese Expertise, um als Broadline-Distributor und Systemanbieter an der Seite unserer Kunden als verlässlicher Partner zu sein, ist es, wo ich Rutronik verstärkt sehe.

Zudem beobachten wir die globalen Märkte sehr genau, sodass wir Strömungen und Markttrends frühzeitig erkennen und beurteilen können. Dabei finden wir immer wieder Ansätze mit einem wirklich disruptiven Potenzial, setzen genau dort an und stellen uns damit seit jeher zukunftssicher auf. Wir sehen insbesondere, dass außerhalb Europas enormes Marktpotenzial besteht und stellen uns auch hier entsprechend unserer Regionalisierungsstrategie auf weitere Verschiebungen ein. Unsere Partner möchten wir aber, wie auch bisher, bedarfsgerecht und mit einem umfangreichen Sortiment unterstützen. ■





The DNA of tech.™

**From discrete semiconductors to passive components; from the smallest diode to the most powerful capacitor.**

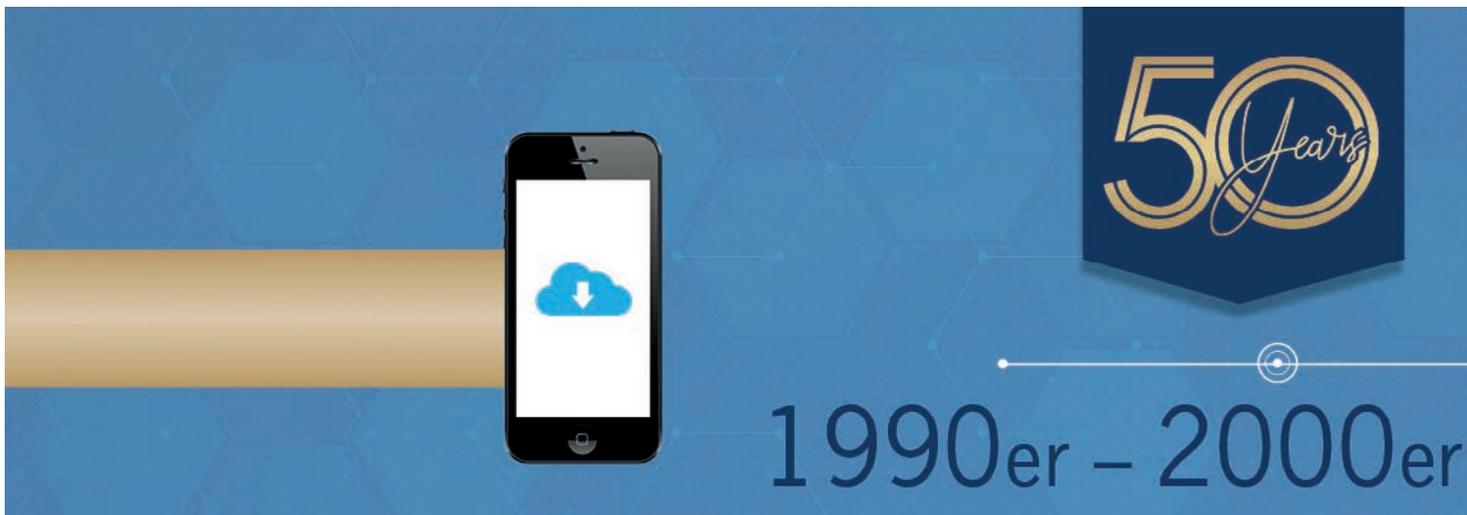


**Rutronik is an important part of our DNA and has been an essential partner to Vishay for more than 20 years.**

**We congratulate  
Rutronik on 50 years!**

Die 1990er- und 2000er-Jahre

# Europaweite Mobilkommunikation



Das Telefon wird zuerst kabellos, dann smart; Rutronik expandiert in Europa.

**R**asante Fortschritte in der Mobilfunktechnologie prägten die 1990er-Jahre. Die ersten kabellosen Telefone waren noch sehr teuer und fast so groß wie ein Ziegelstein, doch mit immer attraktiveren Abmessungen und Kosten verbreiteten sie sich zusehends. Einen Schub brachte das GSM-Netz, das eine netz- und länderübergreifende Nutzung der Mobiltelefone sowie Datendienste wie SMS und MMS ermöglichte.

In den 1990ern kamen außerdem einige neue Displaytechnologien auf, von denen manche auch die Mobilgeräte veränderten. Neben Flüssigkristall-Displays (LCDs), Plasmabildschirmen oder organischen Leuchtdioden (OLEDs) zählten Touchscreens zu den Neuheiten.

Die Weichen Richtung mobiles Internet wurden auf der CeBIT 1999 gestellt, als das Wireless Application Protocol (WAP) präsentiert wurde. Anfangs war das langsam und teuer, doch neue Mobilfunkstandards mit höherer Datenübertragungsrate sorgten für schnelleres mobiles Internet, zuerst GPRS (General Packet Radio Service), schließlich LTE (Long Term Evolution). Über einen aktu-

ellen Standard berichtet der Beitrag auf den folgenden Seiten.

Die Geburtsstunde des Smartphones war wohl ein Mobiltelefon von BlackBerry aus dem Jahr 2002, das erstmals ausreichende Verbindungsraten erreichte. Das BlackBerry-eigene Protokoll komprimierte die Daten, sodass sie auch via GPRS schnell übertragbar waren.

Den ersten iPhone-Moment gab es 2007 mit der Vorstellung des ersten Smartphones von Apple. Seine Besonderheit: Es wurde nicht wie bisherige Geräte über Tasten oder Stift bedient, sondern über ein Multitouch-Display.

*Rutronik vergrößert  
Footprint und Portfolio*

Bei Rutronik standen die 1990er- und 2000er-Jahre im Zeichen der Expansion in Europa: Die erste Niederlassung außerhalb Deutschlands wurde 1991 in der Tschechischen Republik gegründet; 2008 war Rutronik bereits in rund 25 Ländern vertreten, zum Teil mit neu gegründeten Tochtergesellschaften. In diesem Jahr überschritt Rutronik auch bereits die

Grenzen Europas mit Niederlassungen in Mexiko.

Zur Expansion gehörten auch einige Firmenzukäufe: Mit der BIT-Electronic stieg Rutronik in den Markt für Displays und Systeme ein, mit der Beteiligung am Fertigungsunternehmen BEK wurde die steigende Nachfrage nach fertigen Baugruppen beantwortet. 1996 übernahm Rutronik die Discomp, ein Jahr später die französische Dimacel Composants, 1999 kamen die CED Ditronic und die IEC Distribution hinzu.

Die Umsatz- und Mitarbeiterzahlen kletterten entsprechend: 1994 erwirtschafteten 170 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einen Umsatz von 170 Millionen Deutschen Mark. Zwei Jahre später hat der sich mehr als verdoppelt, und Rutronik zählte zu den zehn größten Distributoren in Europa.

Auch das Produktportfolio vergrößerte sich, und Rutronik wurde zu einem der ersten Broadline-Distributoren auf dem Kontinent. Noch vor der Jahrtausendwende wurde das Logistikzentrum in Eisingen als logistischer Dreh- und Angelpunkt für ganz Europa errichtet. ■



Wireless-Standard Matter

# Neuer Schub für Smart-Home-Geräte

*Mangelnde Kommunikationsfähigkeit und Sicherheit bremsen noch die Nachfrage nach Smart-Home-Geräten. Mit dem neuen Standard Matter könnte sich das bald ändern.*



VON TORSTEN KILLINGER,  
CORPORATE PRODUCT MANAGER WIRELESS  
BEI RUTRONIK

Im Dezember 2019 wurde das Project Connected Home over IP (CHIP) als neuer, offener Smart-Home-Standard vorgestellt. Dahinter steht eine Gruppe führender Technologieunternehmen wie Amazon, Apple, Google, Samsung und die Zigbee Alliance, die sich inzwischen Connectivity Standards Alliance (CSA) nennt. Im Mai 2021 legten sie die ersten Spezifikationen fest und nannten das CHIP-Projekt nun Matter. Im Oktober 2022 fiel mit der Veröffentlichung von Matter 1.0 der Startschuss für die Zertifizierung der ersten Geräte. Bereits am 18. Mai 2023 wurde das erste Update, Matter 1.1, veröffentlicht. Die CSA hatte bereits angekündigt, zweimal im Jahr neue Versionen des Standards zu verabschieden.

Mit Matter verfolgen die beteiligten Unternehmen mehrere Ziele. Indem die Interoperabilität zwischen Smart-Home-Geräten verschiedener Hersteller verbessert wird, soll eine nahtlose Integration und Steuerung ermöglicht werden. Hierfür unterstützt Matter mehrere Kommunikations-Technologien wie WiFi, Ethernet und Thread. Bluetooth wird zudem für die schnelle und nutzerfreundliche Integration neuer Geräte in das bestehende Matter-Netzwerk verwendet. Außerdem sollen die Nutzerinnen und Nutzer ihre Smart-Home-Geräte direkt und ohne zusätzliches Equipment oder weiteren Komponenten einfach und sicher über das Internet verbinden können. Zusätzlich sollen Geräte mit Matter nahtlos über verschiedene Plattformen und Anwendungen hinweg kommunizieren können, um den Smart-Home-Markt noch zugänglicher und benutzerfreundlicher zu machen.

Ein interessantes Feature ist der Multi-Admin-Betrieb. Indem jedes Matter-fähige Smart-Home-Ökosystem über einen Pairing-Modus verfügt, sind Matter-Geräte nicht mehr exklusiv an eine Steuerung gebunden, sondern über

mehrere Systeme parallel erreichbar. So kann beispielsweise der Smart-TV, der mit einem iPhone zu Apple Home hinzugefügt wurde, von anderen Familienmitgliedern oder Mitbewohnern auch über die Google-Home-App auf ihrem Android-Smartphone genutzt werden.

Neben der Interoperabilität hat Matter noch weitere Vorteile in petto. Dazu gehört seine einfache Bedienung: Dank einer benutzerfreundlichen Schnittstelle können Nutzerinnen und Nutzer ihre Smart-Home-Geräte steuern, ohne dass sie eine Vielzahl von Apps und Plattformen verwenden müssen. Außerdem ist Matter in der Lage, auch zukünftige Technologien und Innovationen zu integrieren, und gilt somit als zukunftssicher.

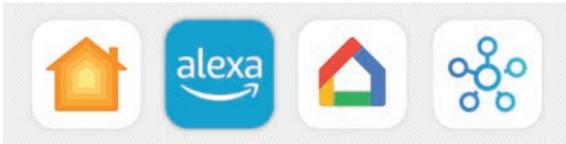
## Herstellerübergreifender Datenaustausch

Matter basiert auf dem Netzwerkprotokoll IPv6. Das ermöglicht, dass sich alle Geräte selbstständig miteinander vernetzen. Ein gemeinsames Datenmodell erleichtert außerdem den Datenaustausch zwischen verschiedenen Smart-Home-Geräten. Diese können direkt miteinander kommunizieren, ohne dass ein Hub oder eine andere Art von Gateway nötig ist, insofern sich die Teilnehmer im gleichen physikalischen Netz befinden.

Mit offenen Standards wie WiFi/WLAN (IEEE 802.11), Thread (IEEE 802.15.4) und Ethernet/LAN (IEEE 802.3) unterstützt Matter eine große Anzahl von Geräten. Als vierter Standard kommt Bluetooth Low Energy (BLE) hinzu, sodass ein Smartphone oder Tablet während der Installation eine erste drahtlose Verbindung mit dem Matter-Gerät herstellen kann – ein Verfahren, das bereits heute von vielen Anbietern genutzt wird. So werden beispielsweise neue WLAN-Lautsprecher beim Einschalten automatisch in der App des Herstellers ange-



Bild: microstock77/stock.adobe.com



**Bild 1:** Mit Matter können Geräte unter anderem über Apple Home, Amazon Alexa, Google Home und Samsung SmartThings miteinander sprechen.

zeigt. Das Smartphone sendet dann per Bluetooth die WLAN-Zugangsdaten an den Lautsprecher, damit dieser sich ins Heimnetz einbuchen kann.

Um zwischen Thread und WiFi zu kommunizieren, ist ein sogenannter Matter-Border-Router erforderlich. Einige Anbieter haben bereits Produkte veröffentlicht, die Matter-Controller und Border-Router kombinieren, z. B. Apple TV 4K, Apple Homepod Mini, Samsung SmartThings Hub sowie zahlreiche Amazon-Echo-Geräte.

### Integrierte Sicherheit

Ein weiteres wichtiges Ziel, das die Anbieter mit dem Matter-Standard verfolgen, ist die Sicherheit zu erhöhen und Nutzerinnen und Nutzer vor Angriffen auf ihre Privatsphäre zu schützen. Wenn Hacker versuchen, über das Internet Zugriff auf Smart-Home-Geräte zu erlangen, sind diese oft kaum geschützt, laufen mit veralteter Software und setzen den Angreifern mit Standard-Passwörtern kaum Widerstand entgegen.

So sprechen vor allem Sicherheitsbedenken gegen die Anschaffung von Smart-Home-Geräten: 47 Prozent der Nicht-Nutzerinnen und -Nutzer fürchten sich vor Hacker-Angriffen, 37 Prozent haben Angst vor dem Missbrauch ihrer persönlichen Daten und 29 Prozent sorgen sich um ihre Privatsphäre, so eine Umfrage im Auftrag der Bitkom vom September 2022.

Um diese Bedenken auszuräumen, wurden bei der Entwicklung von Matter nach dem Prinzip »Secure by Design« bereits Sicherheitsanforderungen berücksichtigt: Das Device Attestation Certificate (DAC) schützt vor Fälschungen, indem es gewährleistet, dass die Hardware wirklich vom Original-Hersteller stammt. Um auch hier vor Fälschungen zu schützen, gibt es zudem ein Herstellerzertifikat, signiert von einer offiziellen Zertifizierungsstelle. Hinzu kommen eine abhörsichere Kommunikation und eine sichere Steuerung. Durch PKI-Verschlüsselung und starke Sicher-

heitsprotokolle gewährleistet Matter die Privatsphäre und Sicherheit der Nutzerinnen und Nutzer.

### Noch sind wenige Geräte verfügbar

Neben seinen vielen Pluspunkten ist auf der Minusseite eine eingeschränkte Geräteauswahl zu verbuchen. Weil Matter noch relativ neu ist, ist die Auswahl an kompatiblen Geräten noch begrenzt und es wird einige Zeit dauern, bis mehr Geräte verfügbar sind oder bis es für existierende Geräte mit IEEE-802.15.4-fähigem Transceiver ein Software-Update gibt. So wird für viele auf ZigBee basierende Geräte ein Software-Update erwartet, sofern der interne Speicher groß genug für ein Firmware-Update Over The Air (FOTA) dimensioniert wurde.

Aufgrund der Vorteile des neuen Standards ist davon auszugehen, dass sich der Markt schnell mit Matter-fähigen Geräten füllen wird, sobald weitere Smart-Home-Anbieter entsprechende Produkte vorstellen. Smart-Home-Geräte mit proprietärer Konnektivitätstechnologie dürften durch das technisch durchdachte und sehr nutzerfreundliche Matter kaum noch eine Zukunft haben. Denn es ist anzunehmen, dass sich der Endanwender nicht mit Border-Routern, Protokollen und Geräteprofilen auseinandersetzen möchte, sondern nach einer einfachen Einrichtung eine unkomplizierte Bedienung möglichst aller Geräte über dieselbe Oberfläche bevorzugt.

Mit Internetanbindung, Offline-Funktionalität und geräteübergreifenden Steuerungsmöglichkeiten nimmt Matter den Produktherstellern die vielleicht herausforderndste Teilentwicklung ab. Gleichzeitig bleiben Herstellern dadurch weniger Möglichkeiten zur Differenzierung. Bei Heizkörperventilen könnten das etwa die Lautstärke des Stellmotors, die Größe des Energiespeichers und das Display sein. Bei einem Redesign zur Umstellung auf Matter empfiehlt es sich deswegen, das Produkt auch optisch zu erneuern, um Käuferinnen und Käufern zu signalisieren, dass es sich um

ein hochinnovatives Produkt handelt. Hierfür drängt sich das Display als Mensch-Maschine-Schnittstelle regelrecht auf.

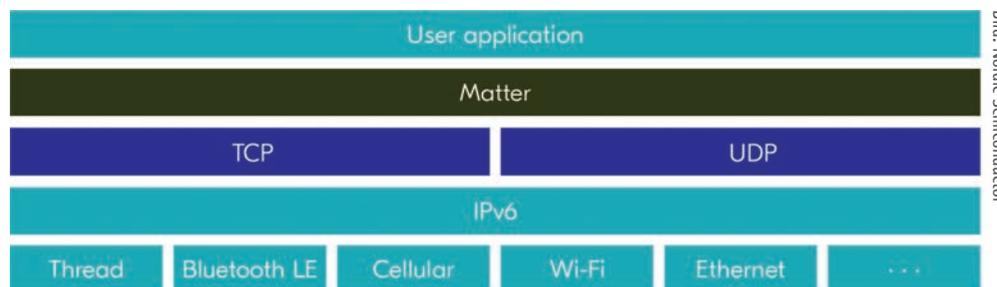
Wichtig für Hersteller von Matter-fähigen Produkten, welche über drahtlose Funktionen verfügen, eine Verbindung zum Internet herstellen und personenbezogene Daten oder Finanztransaktionen verarbeiten, ist dabei, die neuen Sicherheitsanforderungen zu kennen, die ab dem 1. August 2025 beim Verkauf innerhalb des EU-Binnenmarktes gelten. Nähere Informationen dazu sind im Artikel »Mehr Sicherheit für die vernetzte Welt« auf Seite 52 zu finden.

### Matter-fähige Chips und Module

Im Portfolio von Rutronik finden sich bereits zahlreiche Produkte für die Entwicklung von Matter-Geräten: Infineon, Nordic Semiconductor, Panasonic und InsightSiP sind nur einige der Anbieter entsprechender Chips und Module.

Infineon bietet als Mitglied der CSA selbst Matter-fähige Komponenten an, z. B. die PSoC-6-Familie. Sowohl der PSoC 62 als auch der PSoC 64 werden in Kombination mit einem WiFi-IC Matter-fähig. Generell kommt hierfür jeder WiFi-IC infrage, der Matter unterstützt. Nutzt man einen von Infineon, z. B. den CYW43439, CYW43012 oder CYW4373, wird die Programmierung komplett von der IDE ModusToolbox unterstützt. Über diese kann auch der Matter-Stack eingespielt und auf den PSoC-6-Baustein gemappt werden.

Für März 2024 hat Infineon einen Chip angekündigt (CYW30739), der Matter over Thread unterstützen wird. Zusätzlich wird er das komfortable BLE-Commissioning im Matter-Netz verwenden. Der Chip wird vermutlich nur für eine überschaubare Anzahl an Herstellern zur Verfügung stehen, doch ein Modul für den Massenmarkt, in dem er integriert ist, wird für Interessenten über Rutronik erhältlich sein. Für die kundenspezifischen Anmeldeinformationen, mit denen jedes Matter-zertifizierte



**Bild 2:** Matter-Protokollschichten

Bild: Nordic Semiconductor

Gerät ausgestattet sein muss, bieten sich die Security-Chips von Infineon als Trust-Anchor an, z. B. der Optiga Trust.

Wie Infineon ist auch Nordic Semiconductor Mitglied der CSA und bietet diverse Chips für Matter an, etwa der nRF52840, der nRF5340 und die neue nRF54-Familie sowie Nordics neuestes Release im WiFi-Bereich, der nRF7002. Die nRF54-Familie wird 2024 verfügbar sein (Bild 3). Mit modernsten Sicherheitstechnologien eignet sie sich bestens für künftige Matter-Geräte. Entwickelt für PSA Certified Level 3 verfügt sie über eine Physical-Unclo-nable-Function(PUF)-basierte Root of Trust, Secure Boot, Firmware-Update und Storage sowie eine Beschleunigung der Kryptografie, Seitenkanalschutz und Manipulationserkennung.

Den Start macht der nRF54H20 mit zwei Arm-Cortex-M33-Prozessoren mit bis zu 320 MHz, die v. a. die rechenintensive Anwendung und die Funkkommunikation übernehmen, sowie zwei RISC-V-Koprozessoren für Ultra-Low-Power-Aufgaben und softwaredefinierte Peripherie. Der 2-MB-Flash-Speicher ermöglicht FOTA in den meisten Matter-basierten Anwendungen ohne zusätzlichen externen Speicher.

Während sowohl die nRF54-Familie als auch der nRF5340 und nRF52840 Matter over Thread verwenden, nutzt der nRF7002 Matter over WiFi. Wird dieser mit einem der genannten BLE-SoCs kombiniert, lässt sich auch mit ihm das komfortable BLE-Commissioning im Matter-Netz nutzen.

Das Nordic nRF Connect SDK v2.4 unterstützt die Entwicklung von Applikationen aller Art, auch solche, die auf der neusten Version Matter 1.1 basieren. Dazu gehört auch Periodic Advertising with Response (PAWR). Damit können Geräte, die periodisch Werbung empfangen, auch Antworten an den Sender senden, sodass eine bidirektionale Kommunikation entsteht und große One-to-Many-Topologien realisiert werden können.

Darüber hinaus bietet Nordic auf Github bereits eine KNX-Integration an, um auch industriellen Gebäudetechnikstandards gerecht zu werden. Das wird dazu beitragen, dass der Hersteller seinen Vorsprung unter den SoC-Herstellern für Smart Home und Smart Buildings auch in Zukunft sichern kann.

Panasonic verfügt über Matter-Module, die auf den Chips von Nordic Semiconductor basieren. Im Bereich Matter over WiFi ist es das

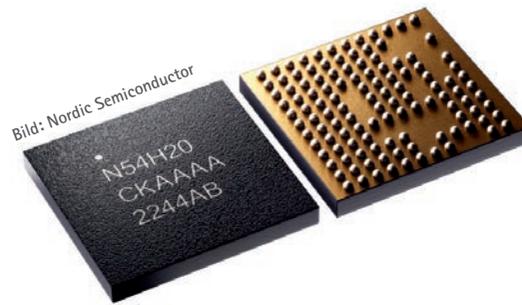


Bild 3: Die nRF54-Familie von Nordic Semiconductor ist mit Matter over Thread und modernsten Sicherheitstechnologien ausgestattet. Sie wird ab 2024 verfügbar sein.

PAN9028, das in zwei Versionen angeboten wird: entweder mit einem integrierten Power-Management-IC (PMIC) oder ohne. PMICs für batteriebetriebene Geräte – egal ob die Anwendung Funk anbietet oder nicht – stellen zudem eine ebenfalls sehr stark wachsende Produktgattung von Nordic dar.

Neue WiFi- bzw. WiFi6E-Module sind das PAN9019 bzw. PAN9019A. Beide nutzen Matter over WiFi; das PAN9019A kann zusätzlich auch Matter over Thread. Reine Matter-over-Thread-Module sind PAN1770 und PAN1780. Sie setzen auf Nordics BLE-Chip nRF52840 auf. Für Dezember 2023 hat Panasonic ein Modul basierend auf Nordics nRF5340 angekündigt (PAN1783). Es wird zu den kleinsten nRF5340-basierten Modulen auf dem Markt gehören und wahlweise mit Bottom-Pad- oder Chip-Antenne erhältlich sein.

Auch InsightSiP nutzt Nordic-Chips für seine Module: Basierend auf dem nRF5340 bietet der Hersteller beispielsweise das ISP2053-AX an. Es nutzt die Matter-over-Thread-Verbindung, ebenso wie das ISP1807-LR, das auf dem nRF52840 beruht. Die Module von InsightSiP beinhalten ebenfalls bereits Quarze und Zertifizierungen, punkten durch ihre extrem kleinen Bauformen, die durch die patentierte interne Antenne jedoch wie ein Chip aussehen.

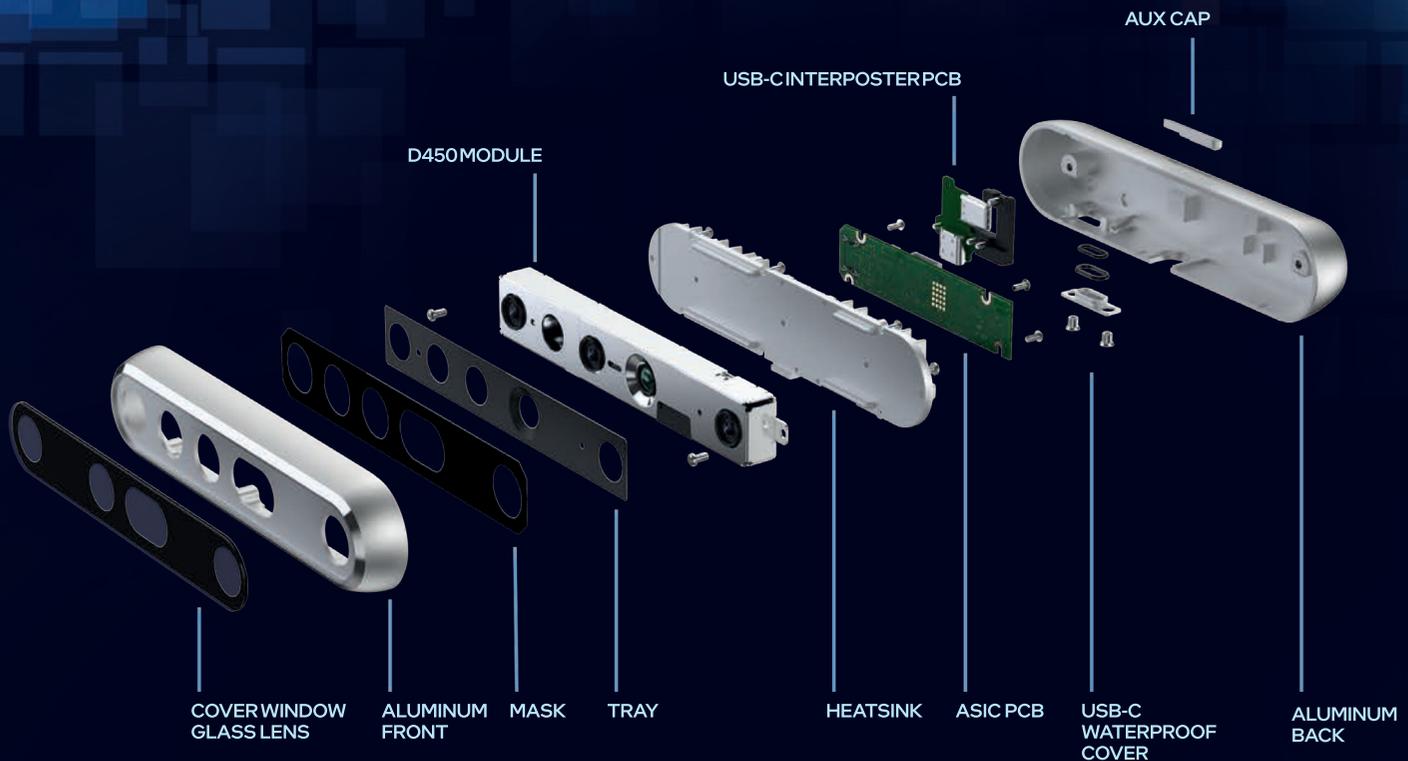
Für preissensitive Geräte bietet Rutronik ähnliche Module von Minew an, die als offizielle Modulpartner bei Nordic gelistet sind. Matter-fähig ist zum Beispiel das MS45SF11, welches auf dem nRF5340 von Nordic basiert. Auch hier wird das Matter-over-Thread-Verfahren genutzt. Als neues Flaggschiff hat Minew das MS12SF1 auf den Markt gebracht. Das Modul hat sowohl den nRF5340 als auch den WiFi-Companion-Chip nRF7002 verbaut und zählt damit zu einem der ersten Kombi-Module, das durch die beiden Chips sowohl Matter over Thread (nRF5340) als auch Matter over WiFi (nRF7002) unterstützt. ■

**NEW:** Intel® RealSense™ Depth Camera D456

**Long Range  
Integrated IMU.  
IP65 Rated.  
USB Interface.**



**intel**  
**REALSENSE**



The Intel® RealSense™ Depth Camera D456 is based on our longest range D455 USB popular camera with 3 global shutter sensors and IMU. The D456 has an IP65 rated enclosure which is dust tight and protected from projected water.

- Longer range for collision avoidance.
- Matched RGB and Depth images make for easy scan recreations.
- Easier creation of digital twins with multiple cameras in real-time.
- Monitor patients or interact with digital sign viewers with increased precision at longer range.
- Integrates an IMU to allow your application to refine its depth awareness in any situation where the camera moves.
- IP65 rated enclosure which is dust tight and protected from projected water.

[intelrealsense.com](https://intelrealsense.com)



Magnetometer

# Spannende Möglichkeiten mit TMR-Technologie

Zahlreiche Anwendungen sind ohne Magnetometer gar nicht denkbar. Andere erhalten durch die entsprechenden Sensoren verbesserte oder neue Funktionen. Die neue Tunnel-Magnetoresistance-Technologie eröffnet jetzt noch mehr Möglichkeiten.

VON MARIA ALEJANDRA SALAZAR MARTINEZ, CORPORATE PRODUCT MANAGER ANALOG & SENSORS BEI RUTRONIK, UND THOMAS BLOCK, PRODUCT MANAGER BEI BOSCH SENSORTEC

**M**agnetometer messen ein Magnetfeld oder ein magnetisches Dipol-Moment. Ein typisches Magnetometer ist ein Kompass. Er misst die Richtung eines umgebenden Magnetfeldes, in diesem Fall des Erdmagnetfeldes. Verschiedene Arten von Magnetsensoren erfassen hingegen die Richtung, die Stärke oder die relative Änderung eines Magnetfeldes an einem bestimmten Ort.

Magnetometer werden bereits seit einigen Jahrzehnten in der Automobilindustrie und im

industriellen Bereich eingesetzt; in der Unterhaltungselektronik sind sie etwa in Smartphones, Wearables und Augmented-Reality-/Virtual-Reality-Brillen (AR/VR), in Drohnen und Robotern, Smart Home-Geräten und IoT-Anwendungen standardmäßig zu finden. Hinzu kommen neue, spannende Anwendungsbereiche, beispielsweise die Kopfausrichtung für 3D-Audio, die verbesserte Navigation in Innenräumen, Positionsbestimmung und Geschwindigkeitserkennung. Eine Möglichkeit, diese umzusetzen, ist mit Hall-Sensoren.

*Hall-Sensoren nehmen großes Marktvolumen ein*

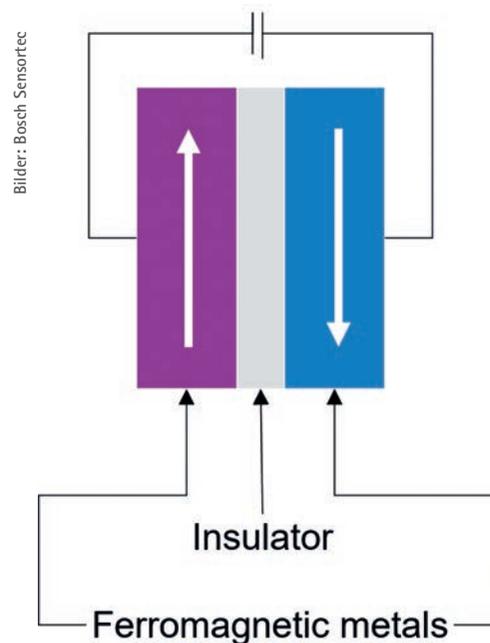


Bild 1: Schematische TMR-Anordnung mit zwei ferromagnetischen Schichten und einer isolierenden Zwischenschicht

Ein Hall-Sensor ist ein Sensorelement zur Erkennung des Hall-Effekts bzw. der sogenannten Hall-Spannung. Hall-Sensoren gehen auf die Entdeckung von Edwin Hall zurück. Im Jahr 1879 stellte der Wissenschaftler fest, dass ein Magnet, der senkrecht zu einem stromdurchflossenen Leiter platziert wird, die im Leiter fließenden Elektronen zu einer Seite zieht und so einen Ladungsunterschied (d. h. eine Spannung) erzeugt. Der Hall-Effekt ist also ein Indikator für ein Magnetfeld in der Nähe eines Leiters und dessen Stärke. Er wird in Sensoren genutzt, um anhand der resultierenden Hall-Spannung das Vorhandensein, die Abwesenheit oder die Stärke eines Magnetfeldes anzuzeigen. Aktuelle, hochintegrierte Hall-Sensoren beinhalten unterschiedliche Funktionen zur Sensorsignalaufbereitung wie z. B. differenzielle Anordnung von Hall-Elementen, Instrumentierungsverstärker, A/D-Wandler bis hin zu MCUs (je nach Version). Obwohl Hall-Sensoren also funktionieren, indem sie ein Magnetfeld detektieren, lassen sie sich zur Messung vieler Parametern nutzen, etwa Position, Temperatur, Strom und Druck.

Aufgrund der hochentwickelten und kostengünstigen Produktion haben Hall-Sensoren seit Langem ein beträchtliches Marktvolumen. Sie bestehen im Wesentlichen aus einem dünnen Stück eines rechteckigen p-Typ-Halbleitermaterials wie Galliumarsenid (GaAs), Indiumantimonid (InSb) oder Indiumarsenid (InAs), das von einem Dauerstrom durchflossen wird. Befindet sich der Sensor in einem Magnetfeld, üben die magnetischen Flusslinien eine Kraft auf das Halbleitermaterial aus, welche die Ladungsträger, Elektronen und Löcher zu beiden Seiten des Halbleiterplättchens ablenkt. Diese Bewegung der Ladungsträger entsteht durch die magnetische Kraft, der sie beim Durchgang durch das Halbleitermaterial ausgesetzt sind. Die Ausgangsspannung des Hall-Elements, die sogenannte Hall-Spannung ( $U_H$ ), ist proportional zur Stärke des Magnetfelds, das das Halbleitermaterial durchdringt (Output:  $\alpha H$ ). Solche Hall-Sensoren auf Siliziumbasis haben jedoch eine begrenzte Ausgangsleistung, eine geringe Genauigkeit und einen großen Offset.

*AMR-Sensoren  
mit begrenzten Einsatzgebieten*

Eine Alternative zum Hall-Sensor ist der Anisotroper-Magnetowiderstand-Sensor (AMR). Ein Magnetowiderstand (MR) ändert den elektrischen Widerstand eines Leiters durch ein Magnetfeld. Verringert sich der Widerstand durch das Magnetfeld, spricht man von einem negativen Magnetowiderstand.

Im Allgemeinen werden zwei Definitionen des prozentualen magnetischen Widerstands verwendet:  $MR_0$  ist definiert als die Differenz zwischen dem Widerstand mit Magnetfeld und dem Widerstand ohne Feld, geteilt durch den Widerstand ohne Feld.

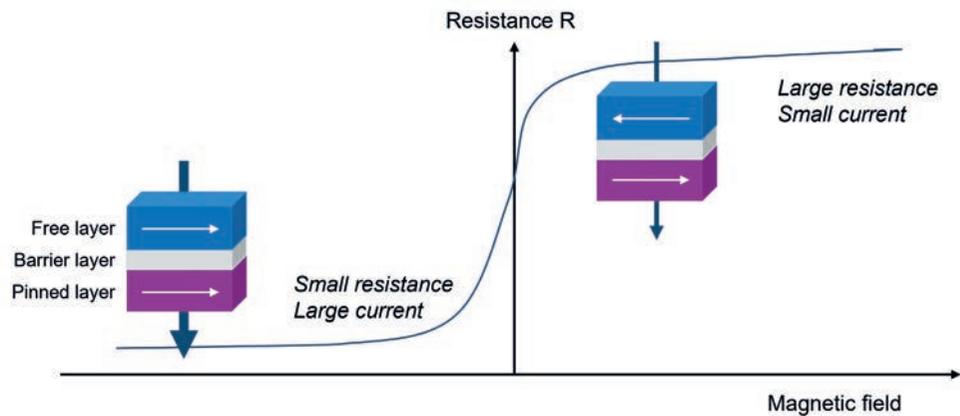


Bild 2: Der TMR-Effekt: Verlaufen die Magnetisierungsrichtungen des Free Layer und des Pinned Layer parallel, ist der Widerstand gering und es fließt ein großer Strom (links). Verlaufen sie entgegengesetzt, ist der Widerstand groß und es fließt nur ein schwacher Strom (rechts).

$$MR_0 = \frac{R_H - R_{0T}}{R_{0T}} \cdot 100$$

$MR_p$  hingegen ist die Differenz zwischen dem Widerstand mit Magnetfeld und dem Widerstand im gesättigten Feld geteilt durch den Widerstand im gesättigten Feld. Der Höchstwert kann beliebig groß sein.

$$MR_p = \frac{R_{(\uparrow)} - R_{(\downarrow)}}{R_{(\uparrow)}} \cdot 100$$

Der AMR-Effekt wurde 1856 entdeckt und als Transducer erstmals 1971 zum Lesen von Magnetbändern eingesetzt. Honeywell entwickelte auf Basis des AMR-Effekts den Magnetic Random-Access-Memory (MRAM).

Ein AMR-Sensor lässt sich auch als Kompass nutzen, um das Erdmagnetfeld zu messen. Abgesehen davon sind seine Anwendungsmöglichkeiten begrenzt. Denn obwohl mehrere Halbleiterhersteller eine Reihe von AMR-Sensoren anbieten, liegt ihr Magnetowiderstand normalerweise unter fünf Prozent. Herkömm-

liche AMR-Sensoren benötigen außerdem zusätzliche Schaltkreise oder Dauermagnete, um die Magnetisierung der Dünnschicht nach Gebrauch wiederherzustellen. Das erschwert das Packaging und sorgt für höhere Kosten.

*GMR-Sensoren für viele Anwendungen*

Dann gibt es noch den Giant-Magneto-resistance-Effekt (GMR), den Peter Grünberg und Albert Fert unabhängig voneinander im Jahr 1986 als ungewöhnliches magnetoelektronisches Verhalten auf Fe/Cr/Fe-Schichten beobachtet haben. Hierfür erhielten beide 2007 den Nobelpreis für Physik.

Sind zwei Eisenschichten über die nichtmagnetische Chromschicht ferromagnetisch gekoppelt, ist der Widerstand gering, weil die Elektronen auf die zweite Eisenschicht übergehen können, ohne ihren Spin zu verändern. Das MR-Verhältnis in der metallischen Spin-Ventil-Struktur beträgt in der Regel etwa zehn Prozent.

Anzeige

# PUIaudio **When it needs to be heard.**

PUI Audio is leading the charge for innovative engineering that focuses on solution-based product design. PUI Audio aims to be the global leader of innovative audio solutions.

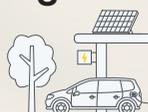


SCAN ME

## Engineered For Your Industry



Medical



Industrial



Security



Consumer Products

Explore our wide range of microphones, speakers, buzzers, haptics and more with Rutronik.



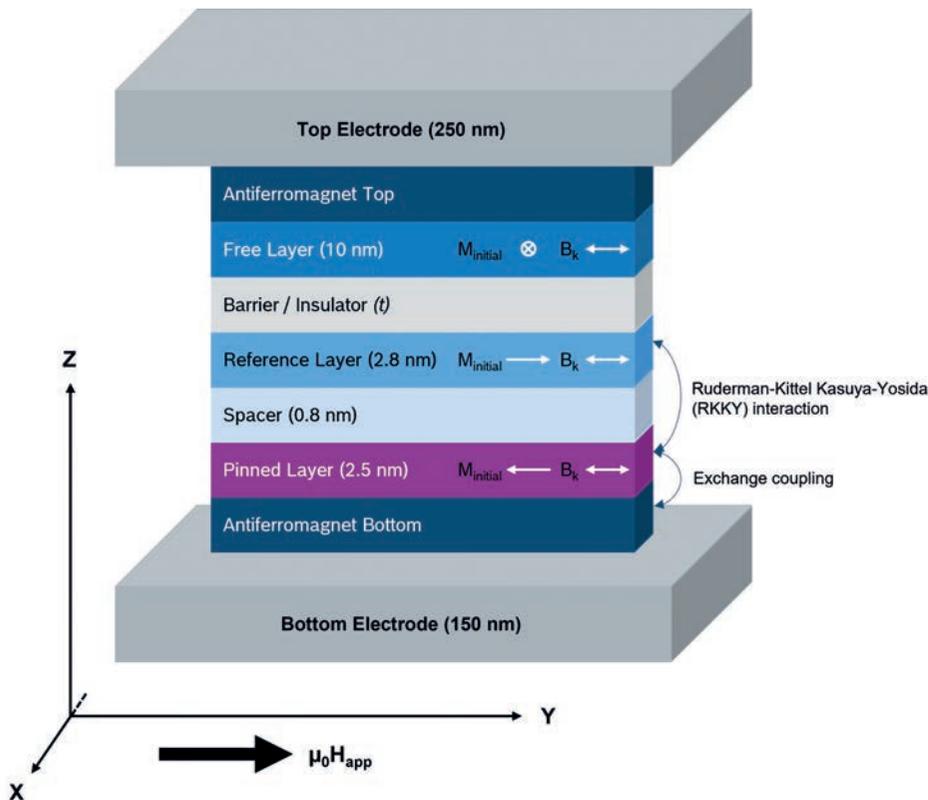


Bild 3: Schema eines MTJ-Stapels und Ausrichtung der Simulations-Eingangsvektoren relativ zu den Koordinatenachsen

IBM hat GMR-Sensoren schon bald als magnetischen Lesekopf in Festplattenlaufwerken eingesetzt und so höhere Speicherkapazitäten erzielt. Inzwischen werden GMR-Sensoren auch für viele andere Anwendungen eingesetzt.

*TMR-Technologie fördert Innovationen*

Damit ist die Entwicklung der Magnetometer jedoch nicht abgeschlossen, hinzu kam die Tunnel-Magnetoresistance-Magnetsensortechnologie (TMR). Sie ist genauer, weist weniger Rauschen auf und verbraucht weniger Strom als die früheren Magnetometer-Technologien. Dank dieser Eigenschaften ist anzunehmen, dass sie die Hall-Sensoren zunehmend ersetzen wird.

Die Entdeckung des TMR-Effekts eröffnete außerdem weitere Möglichkeiten für die Nutzung magnetoelektronischer Phänomene in der Computerindustrie, etwa nichtflüchtige Datenspeicher auf Basis des MR-Effekts in Schichtsystemen. Die technische Entwicklung dieses MRAM geht u. a. auf IBM zurück. Die ersten Produkte kamen vor rund 20 Jahren auf den Markt. Heute verwenden alle modernen Festplatten TMR-Schreib/Leseköpfe.

MRAMs vereinen die Vorteile von Halbleiterspeichern – schnelle Zugriffszeiten – und von magnetischen Materialien – hohe Speicherdichte. Zudem sind die nichtflüchtigen Speicher robust, energieautark sowie strahlungsresistent und haben einen zerstörungsfreien Lesevorgang. MRAMs können Daten sogar ohne Strom speichern.

Derzeit ist die Datenspeicherung mit Dynamic Random-Access-Memory (DRAM) noch die vorherrschende Technologie. Sie hat jedoch den Nachteil, dass die Daten verloren gehen, wenn der Strom ausfällt. Außerdem benötigen die Speichersysteme regelmäßige Refreshs, um Datenverluste zu vermeiden. Obwohl es den Anschein hatte, dass die Silizium-Halbleiter in DRAMs sukzessive durch TMR-Technologien ersetzt werden, sind MRAMs bis heute nur in Nischenanwendungen zu finden und warten noch auf den kommerziellen Durchbruch. In den letzten Jahren ist ihr Marktanteil im Automobil-, Consumer- und Industriemarkt im Vergleich zu anderen Technologien wie Hall, AMR oder GMR allerdings überproportional gewachsen.

*Der TMR-Effekt*

Der TMR-Effekt beruht auf einer Anordnung, die mit dem GMR-Effekt vergleichbar ist. Erst-

mals hat ihn Michel Jullière 1975 in Fe/Ge-O/Co-Übergängen bei 4,2 K entdeckt. Die relative Widerstandsänderung betrug etwa 14 Prozent und erregte keine große Aufmerksamkeit. Im Jahr 1991 stellte Terunobu Miyazaki eine Änderung von 2,7 Prozent bei Raumtemperatur fest. Drei Jahre später fand Miyazaki 18 Prozent in Verbindungen aus Eisen, die durch einen amorphen Aluminiumoxid-Isolator getrennt waren. Jagadeesh Moodera maß 11,8 Prozent in Verbindungen mit Elektroden aus CoFe und Co.

Im Gegensatz zum GMR mit einer nichtmagnetischen Schicht wird beim TMR eine nichtleitende Schicht zwischen zwei magnetischen Schichten eingefügt. Das erfolgt mit einem magnetischen Tunnelübergang, einem Bauteil aus zwei Ferromagneten, die durch einen dünnen Isolator getrennt sind (Bild 1).

Ist die Isolierschicht dünn genug (typischerweise einige Nanometer), können Elektronen durch die Tunnelbarriere von einer Ferromagnetschicht in die andere gelangen. Die Wahrscheinlichkeit hierfür hängt auch vom Spin ab, was zu hohen MR-Werten für parallele vs. antiparallele Magnetisierung der Spins in den magnetischen Tunnelübergangsschichten führt. Die größten Effekte sind bei Materialien mit vollständig Spin-polarisierten Elektronen zu erwarten.

Da der Tunnelprozess in der klassischen Physik verboten ist, ist der TMR ein quantenmechanisches Phänomen. Die Richtung der beiden Magnetisierungen der ferromagnetischen Schichten lässt sich durch ein äußeres Magnetfeld wechseln. Sind die Magnetisierungen parallel ausgerichtet, ist es wahrscheinlicher, dass die Elektronen durch die isolierende Schicht tunneln, als wenn sie entgegengesetzt (antiparallel) ausgerichtet sind. Das bedeutet, dass zwischen zwei Zuständen des elektrischen Widerstands umgeschaltet werden kann, einem mit niedrigem und einem mit hohem Widerstand (Bild 2).

*Aufbau eines Dünnschichtstapels*

Der TMR-Effekt kann für viele Anwendungen genutzt werden. Dafür muss jedoch ein Dünnschichtstapel gebaut werden. Der Trick besteht darin, nur eine freie ferromagnetische Schicht zu haben.

Der Magnetic-Tunnel-Junction (MTJ) in Bild 3 verwendet die sogenannte Austauschkopplung. Bei dieser TMR-Struktur handelt es sich um eine MTJ-Multischicht zwischen zwei

Elektroden in einer Geometrie, bei der der Strom senkrecht zur Ebene fließt. Der komplexe Stapel besteht aus Doppelaustauschelektroden, zusammengesetzt aus einer unteren Elektrode, einem unteren Antiferromagneten (AFM), einem Pinned Layer (PL), einem Spacer, einer Referenzschicht (RL), einer Tunnelbarriere, einer Sensorschicht (SL) sowie der oberen Elektrode.

Um das Austauschfeld zu erhöhen und den MTJ thermisch stabiler zu machen, kann eine synthetische antiferromagnetische (SAF) Struktur anstelle eines einzelnen Ferromagneten (FM) in dem Pinned Layer verwendet werden, der an den AFM angrenzt. Die SAF-Struktur besteht aus zwei oder mehr FM-Schichten, die durch dünne Ruthenium-Schichten getrennt sind und durch die RKKY-Wechselwirkung gekoppelt sind. Um die Magnetisierung des Pinned Layers in einer Richtung zu fixieren, wird die Austauschkopplung zwischen der FM- und der AFM-Schicht genutzt. Nur Magnetfelder oberhalb des Austauschfeldes können die Magnetisierung des Pinned Layers umkehren. Die Pfeile in Bild 3 geben die Richtung der Magnetisierung und des angelegten Magnetfeldes an.

Die Änderungsrate des Widerstands eines Mehrschichtstapels wurde als MR-Verhältnis eingeführt. Dabei liegen die MR-Werte herkömmlicher AMR- und GMR-Elemente bei etwa fünf bzw. zehn Prozent. Beim viel empfindlicheren TMR-Element beträgt sie 100 Prozent oder mehr.

Warum also ist der TMR so empfindlich? Wie beschrieben besteht das GMR-Element aus einem nichtmagnetischen Metall (z. B. Kupfer), das zwischen zwei ferromagnetischen Schichten eingebettet ist. Die Elektronenübertragung erfolgt durch elektrische Leitung im Metall. In einem TMR-Element hingegen erfolgt der Elektronentransfer durch einen quantenmechanischen Tunneleffekt. Wenn der Pinned Layer und der freie Layer antiparallel

sind, hat ein TMR-Element daher eine anregende Eigenschaft, sodass die Elektronen blockiert werden. Sie können nicht in die Tunnelbarriere übergehen. Bei einem GMR hingegen ist es für die Elektronen schwierig, durch die nichtmetallische Barriere zu gelangen. Dies führt dazu, dass ein TMR-Element ein extrem großes MR-Verhältnis aufweist und ganz klare Signale ausgibt, z. B. Ja/Nein oder 1/0, je nach Spin-Polarisation der verwendeten Metalle.

### Neuer Magnetometer auf TMR-Basis

Auf dieser TMR-Technologie basiert das neue 3-Achsen-Magnetometer BMM350 von Bosch Sensortec. Seine wesentlich höhere Empfindlichkeit im Vergleich zu Standard-Hall-, AMR- oder GMR-Sensoren führt zu einer deutlich höheren Messgenauigkeit. Zudem haben TMR-Sensoren eine bessere Temperaturstabilität und eine schnellere Reaktionszeit (Bild 4).

So lassen sich mit dem BMM350 Wearables und Hearables, Smartphones und Tablets, AR- und VR-Geräte sowie Fahrzeug-Applikationen realisieren und verbessern. Aufgrund seiner geringen Größe ist das Magnetometer nahezu unsichtbar: Das Wafer-Level-Chip-Scale-Package-Gehäuse (WLCSP) misst nur 1,28 mm × 1,28 mm × 0,5 mm.

Im Vergleich zur Vorgängergeneration, dem BMM150, bietet der BMM350 eine deutlich verbesserte Leistung. Sein durchschnittlicher Stromverbrauch beträgt nur 200 µA bei einer Datenrate von 100 Hz und ist damit zwanzigmal niedriger als bei seinem Vorgänger. Das Rauschen auf der x/y-Achse ist dreimal geringer, die Messempfindlichkeit viermal genauer als beim BMM150. Seine Feldschock-Wiederherstellungsfunktion macht den BMM350 sehr robust gegenüber externen Magnetfeldern und gewährleistet jederzeit eine hohe Genauigkeit.

Die Liste der möglichen Anwendungen für TMR-Sensoren wie den BMM350 ist lang. Als Positionssensoren (mit einer, zwei oder drei Achsen) können sie die Rotation oder lineare Bewegung oder das Erdmagnetfeld als Kompass messen.

In Hearables verbessert der BMM350 die Kopforientierung und -erkennung für 3D-Audio-Anwendungen. Die Kombination mit Inertialsensoren und intelligenter Fusionssoftware kompensiert hier den stets auftretenden Drehratendrift. Bei kommerziell erhältlichen AR- und VR-Headsets ist es wichtig, dass das

Magnetometer mit dem Beschleunigungssensor und dem Drehratensensor kombiniert wird, um die Pixel-Latenz zu reduzieren. So wird das Nutzererlebnis verbessert und Übelkeit vermieden.

Für die Navigation in Innenräumen, für die das GPS-Signal nicht verfügbar ist, kann der BMM350 als digitaler Wegweiser fungieren und die Positionsgenauigkeit erhöhen.

Seine Fähigkeit zur Geschwindigkeitsmessung ist nicht nur für Automobilanwendungen interessant – mit Back-biased-Magneten oder magnetischen Drehgebern kann der TMR-Sensor auch die Radgeschwindigkeit bei E-Bikes messen.

Die Strommessung ist eine weitere interessante Anwendung für TMR-Sensoren. Als nichtinvasive Strommeselemente sind sie für viele Anwendungen optimal, z. B. in der Stromverteilung, der Leistungselektronik und der Antriebstechnik. Denn sie bieten eine höhere Empfindlichkeit und Linearität als Hall-, AMR- und GMR-Sensoren. Zudem sind sie stabil, klein und hochintegrierbar, sie haben einen geringen Stromverbrauch und in der Regel eine große Frequenzbandbreite.

### Fazit

Die TMR-Technologie, wie sie im BMM350 von Bosch Sensortec genutzt wird, ermöglicht für zahlreiche Anwendungen eine bessere Benutzererfahrung und sogar ganz neue, spannende Anwendungsfälle, die sich mit anderen Technologien nicht umsetzen lassen. ■



Bild 4: Durch seine hohe Empfindlichkeit liefert das 3-Achsen-Magnetometer BMM350 von Bosch Sensortec sehr exakte Messergebnisse.



Mikrocontroller kombiniert NFC-Schnittstelle und Motortreiber

# Intelligente Schlösser via Smartphone öffnen

*Smarte Schließsysteme ersetzen immer häufiger die klassischen Schlösser. Für diese innovativen Verschlussmodelle passt der NAC1080 von Infineon wie der Schlüssel ins Schloss, denn er vereint NFC, Motorsteuerung und Energy-Harvesting in einem Chip. So kann auf eine weitere Energiequelle verzichtet werden, was die Kosten senkt.*

VON ANDRÉ BECKER,  
FIELD APPLICATION ENGINEER  
SEMICONDUCTOR & WIRELESS CENTRAL  
EUROPE BEI RUTRONIK

Als »smart« wird ein elektromechanisches Schloss bezeichnet, wenn es sich durch drahtlose Kommunikation mit einem elektronischen Schlüssel öffnen und schließen lässt. Mobile Geräte wie Smartphones, Wearables oder andere Token übernehmen dabei die Funktion des Schlüssels. Die Kommunikation zwischen Schlüssel und Schloss läuft in der Regel mittels Bluetooth, WiFi oder Near-Field-Communication (NFC).

Solche intelligenten Schlösser erlauben eine sichere und bequeme Zugangskontrolle, denn sie machen physische Schlüssel überflüssig. Des Weiteren lassen sich neue Schlüssel komfortabel verwalten, was vor allem in Gebäuden mit verschiedenen Schlössern einen großen Vorteil bietet. Dies ist mit ein Grund, warum intelligente Schlösser ein stark wachsendes Segment im IoT-Bereich einnehmen. So beziffert beispielsweise das Marktforschungs- und Beratungsunternehmen Grand View Research den globalen Markt im Jahr 2022 auf 1,95 Milliarden US-Dollar. Für den Zeitraum zwischen 2023 und 2030 wird eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) von

19,6 Prozent erwartet, getrieben durch die zunehmende Akzeptanz von modernen Kommunikationstechnologien, den Komfort sowie das gestiegene Interesse an fortschrittlichen Sicherheitssystemen.

## Aufbau und Funktion smarter Schlösser

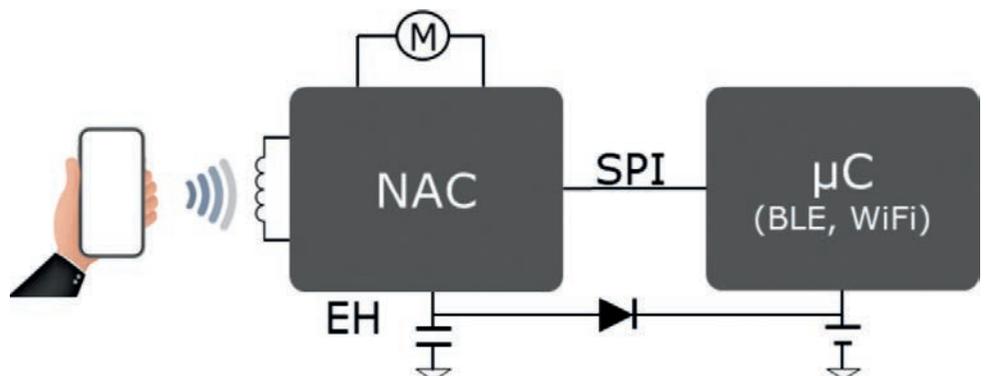
Aufgebaut sind smarte Schlösser im Wesentlichen aus dem klassischen mechanischen Schloss und einem elektronischen Steuerteil. Ein Mikrocontroller authentifiziert den Benutzer durch einen digitalen Schlüsselaustausch (beispielsweise via NFC) und gibt die anschließend gesendeten Steuerbefehle an die Motortreiber weiter, um ein Schloss zu ver- bzw. entriegeln.

Bisherige Applikationen, die eine elektrische Energiequelle besitzen, arbeiten als aktive Teilnehmer bei der NFC-Kommunikation. Das hat zur Folge, dass die Motoren, welche den mechanischen Teil des Schlosses steuern, ebenso durch diese Energiequelle mit elektrischer Spannung versorgt werden.

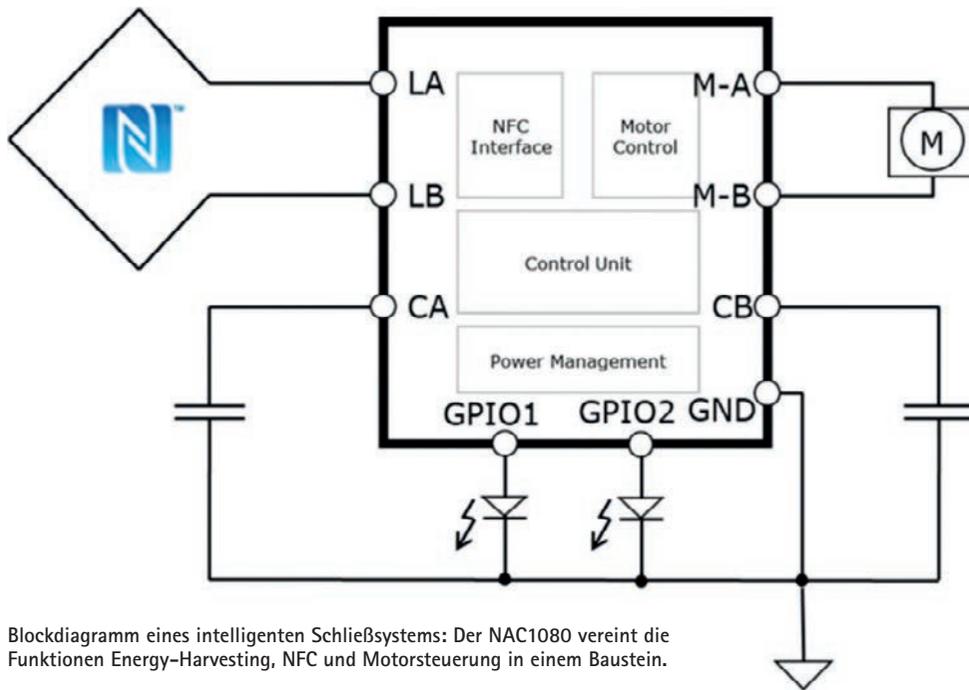
Der NAC1080 kann als Motortreiber für batterielose Vorhängeschlösser eingesetzt werden.



Bilder: Infineon



Mithilfe einer SPI-Schnittstelle kann über den NAC1080 mit externen Geräten kommuniziert werden.



Blockdiagramm eines intelligenten Schließsystems: Der NAC1080 vereint die Funktionen Energy-Harvesting, NFC und Motorsteuerung in einem Baustein.

### Keine weitere Energiequelle benötigt

Ein smartes Schloss, welches auf dem NFC-Controller NAC1080 von Infineon basiert und als passiver NFC-Teilnehmer agiert, nutzt die durch den aktiven NFC-Teilnehmer induzierte Spannung nicht nur zur Kommunikation, sondern auch, um die Applikation inkl. Motor mit elektrischer Energie zu versorgen.

Mit dieser Energie (welche im Kondensator zwischengespeichert wird) und einem integrierten H-Brückentreiber ist der NAC1080 in der Lage, kleine Motoren im Milliwatt-Bereich (bis zu 250 mA Laststrom) anzusteuern. Die Kombination aus passivem NFC-Betrieb und einem Doppelschicht-Kondensator ermöglicht es, auf eine zusätzliche Energiequelle wie Batterien oder Akkus zu verzichten, wodurch Kosten reduziert werden können. Der Aufladevorgang selbst beträgt nur wenige Sekunden und setzt kein zusätzliches Batteriemanagementsystem voraus.

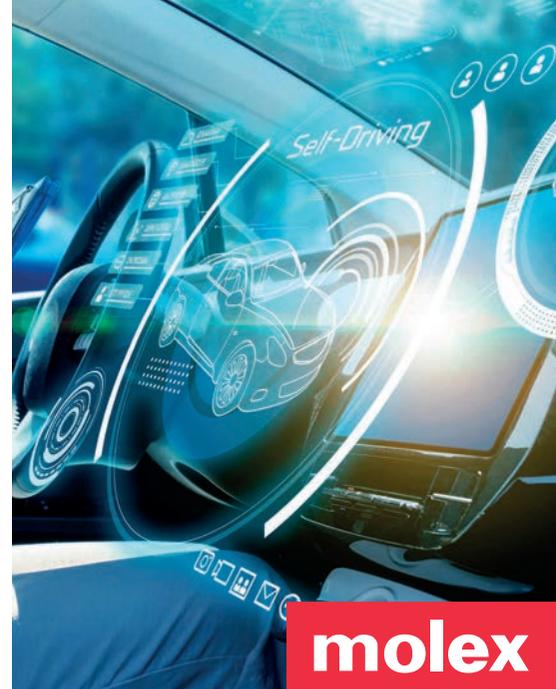
Beim Zugriff auf den NAC1080 durch den Nutzer sorgt das symmetrische Verschlussverfahren AES128 mit einem Zufallszahlengenerator für Sicherheit. Via Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) oder Serial Peripheral Interface (SPI) können dokumentierte Log-Dateien ausgelesen werden. Somit ist es zu jeder Zeit möglich, den Betrieb der Hardware den Anwendern zuzuordnen.

Der NAC1080 basiert auf einem programmierbaren 32-bit-Arm-Cortex-M0-Kern, der mit einer CPU-Frequenz von 28 MHz arbeitet. Er ist im DSO-16- (4 mm × 10 mm) und im VQFN32-Gehäuse (5 mm × 5 mm) erhältlich. Ein Evaluation-Kit, die mitgelieferten Softwarebibliotheken und eine Handy-App ermöglichen dem Entwickler eine schnelle Inbetriebnahme.

Mit dieser Ein-Chip-Lösung können kompakte Schlösser, die nur ein geringes Drehmoment benötigen, einfach und kostengünstig entwickelt werden. Dazu gehören beispielsweise Büroschränke, Fahrradschlösser oder Briefkästen. Sie lassen sich innerhalb weniger Sekunden öffnen. Je nach eingesetzten Bauteilen und genutztem Smartphone kann die Dauer variieren. Darüber hinaus sind auch andere Anwendungen möglich, beispielsweise nicht direkt zugängliche Sensoren zur Druckprüfung in Reifen.

### Betrieb und Kommunikation während eines Stromausfalls

Wird der NAC1080 in größere Schließanlagen integriert und als passiver Baustein eingesetzt, lässt sich dieser auch trotz eines Stromausfalls, leeren Batterien im Smart Lock oder einem Schlüsselverlust weiterhin nutzen. Der IC versorgt das Türschloss auch in diesem Szenario über die NFC-Schnittstelle direkt mit elektrischer Energie.



## DuraClik Connectors: Space Saving Solutions for Harsh Environments

This robust series from Molex offers a simple and efficient solution that provides quick and secure connections for high-vibration environments. The automotive-grade series features ISL, inertia lock and up to 100N retention force.



**BUY NOW!**





Echtzeitkinematik

# Zentimetergenaue Positionierung in Echtzeit

*Knapp daneben ist auch vorbei – das gilt vor allem für Anwendungen, bei denen es auf eine genaue Positionsbestimmung ankommt, etwa beim autonomen Fahren oder im Vermessungswesen.*

*Mit Real-Time-Kinematic wird jetzt eine Technologie wirtschaftlich attraktiv, die genau das in Echtzeit ermöglicht.*

VON FILIPE DOS REIS,  
CORPORATE PRODUCT MANAGER WIRELESS  
BEI RUTRONIK

**E**chtzeitkinematik (Real-Time-Kinematic, RTK) ist eine hochpräzise Methode zur Positionsbestimmung. Die Zukunftstechnologie wird beispielsweise bei fahrerlosen Applikationen eine essenzielle Rolle spielen, aber auch Anwendungen für viele andere Branchen können von den zentimetergenauen Messungen in Echtzeit profitieren, darunter die Landwirtschaft und das Bau- und Vermessungswesen, die Geologie und Robotik oder der Katastrophenschutz. Für derartige Anwendungen sind herkömmliche GNSS-Signale mit einer Genauigkeit von drei bis zehn Metern zu

unpräzise. Mithilfe von RTK lässt sich die Genauigkeit auf ca. 2 cm verbessern, ohne dabei zeitliche Verzögerungen in Kauf nehmen zu müssen. Somit ist eine dauernde Reproduzierbarkeit der Position gewährleistet, was bei selbstfahrenden Fahrzeugen nicht nur auf der Autobahn unerlässlich ist.

RTK verwendet zur Ortung zwei GNSS-Empfänger: einen Basisempfänger und einen Roverempfänger. Der Basisempfänger ist fix positioniert und empfängt Signale von Satelliten, um die Positionsinformationen zu erhalten. Diese Signale werden als Korrekturdaten bezeichnet, da sie Informationen über Abweichungen vom erwartbaren Wert enthalten, beispielsweise aufgrund atmosphärischer Bedingungen. Hierfür berechnet der Basisempfänger seinen eigenen Standort mithilfe der von GNSS-Satelliten empfangenen Signale und vergleicht diesen mit seiner bekannten, fixen Position. Somit lassen sich Fehler und Abweichungen erkennen und ein Korrektursignal erzeugen, das dem Roverempfänger in Echtzeit übermittelt wird.

Der Rover ist dort platziert, wo die Position gemessen werden soll, z. B. im Fahrzeug. Das heißt, er hat meist keine feste, sondern eine mobile Position. Beide Empfänger kommunizieren über eine drahtlose Verbindung miteinander. So erhält der Rover die Korrekturdaten des Basisempfängers und kann die Genauigkeit der Positionsberechnung erhöhen.

Die Kommunikation zwischen den beiden Empfängern läuft über einen Basisempfänger, sodass lediglich eine Internetverbindung zu ihr nötig ist. Dabei wird immer die Station ausgewählt, deren Signal zum Zeitpunkt der Anfrage am stärksten ist – auch bundesländerübergreifend.

## Welche Vorteile bringt RTK mit sich?

Gegenüber herkömmlichen GPS-Systemen bietet RTK eine Reihe an Vorteilen. Die wichtigsten davon:

1. Zehnmal höhere Genauigkeit: Damit ist RTK ideal für Anwendungen, die eine sehr genaue Positionierung erfordern, beispielsweise autonome Fahrzeuge.
2. Echtzeit-Positionierung: Als Echtzeit-Positionierungstechnologie eignet sich RTK für Anwendungen, die präzise und

schnelle Positionsdaten benötigen, z. B. Drohnen.

3. Witterungsresistent: Die Genauigkeit wird nicht durch unterschiedliche Klimabedingungen beeinträchtigt.

4. Vielseitigkeit: RTK lässt sich in vielen Branchen nutzen, darunter Vermessungswesen und Geologie, Bergbau und Landwirtschaft.





Detalliste von NTRIP-Providern

Verschiedene Satellitenpositionierungsdienste stellen ihre Daten zur Echtzeitpositionierung über »Network Transport of RTCM via Internet Protocol« (NTRIP) zur Verfügung. NTRIP ist ein vom Bundesamt für Kartografie und Geodäsie entwickeltes Verfahren zur Bereitstellung von GNSS-Korrekturdatenströmen. Es ermöglicht den Zugriff auf die Daten bereits existierender Empfängerstationen, sodass Hersteller, die RTK in ihre Applikation integrieren, keine eigenen Empfänger benötigen. Sie können auf die Korrekturdaten mittels NTRIP je nach Region über öffentliche oder kostenpflichtige private Netze zugreifen. Eine Detalliste von NTRIP-Providern steht unter <https://ntrip-list.com> zur Verfügung.

Gerade bei hochvolumigen Produkten für Endverbraucher, beispielsweise Rasenmäroboter, kann häufig auf eine Internetverbindung und eine Nutzung der NTRIP-Daten eines Drittanbieters verzichtet werden. Hier kann z. B. die Ladestation die Basis bilden, die zwar unbe-

weglich feststehen sollte, deren absolute Position aber nicht relevant ist. Oftmals kommuniziert der Mover, in dem Fall der Mähroboter, mit der Basis direkt über eine latenzfreie Wi-Fi-Verbindung. Er orientiert sich also anhand des relativen Bezugs zur Basis und nicht anhand absoluter Positionsdaten.

Die Bauteile, die für die Umsetzung von RTK-Applikationen nötig sind, sind bei Rutronik innerhalb des GNSS-Portfolios erhältlich. Die vielversprechendsten Produkte führen aktuell Unicore und Minew. Unicore zählt in China zu den führenden Unternehmen im Bereich der Positionierung. Um auch auf dem europäischen Markt Fuß zu fassen, setzt Unicore auf eine Partnerschaft mit Rutronik.

Im Bereich der High-Precision-Positioning-Module bietet Unicore verschiedene Bausteine an, die auf der neusten Generation des GNSS-Chips NebulaIV basieren und unterschiedliche Bänder unterstützen – auch weltweit. Die Module, beispielsweise das äußerst kompakte UM960 (12,2 mm x 16,0 mm x 2,4 mm), unterstützen RTK-Positioning auf allen Systemen und mehreren Frequenzen. Ein

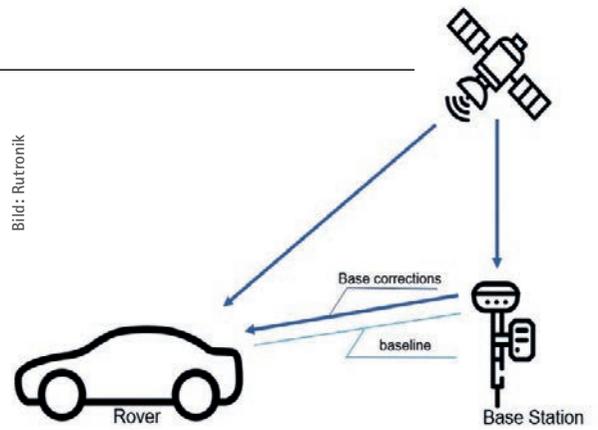


Bild: Rutronik

Zwei GNSS-Empfänger kommunizieren über eine Basisstation, um eine Position exakt zu bestimmen.

etwas größeres Modul ist das UM980, das mit 50 Hz auch eine höhere Datenrate bietet (UM960: 20 Hz).

Das hochempfindliche GNSS-Modul MS-34SN3 von Minew verfügt über eine integrierte RTK-Positionierungs-Engine, die eine simultane Multikonstellations-Positionierung und L1+L5 unterstützt. Mit GPS, BeiDou, Glonass, Galileo, QZSS und der RTK-Technologie erreicht das MS34SN3 eine Positionierungsgenauigkeit von wenigen Zentimetern. Gleichzeitig arbeitet das Modul mit einem Stromverbrauch von nur 15 mA sehr effizient. ■

Anzeige

# G7L-X LEISTUNGSRELAIS

## EFFIZIENTES SCHALTEN MIT 1.000 VDC

Erleben Sie eine sichere, effiziente Leistungssteuerung mit unseren G7L-X PCB Power Relays. Schalten Sie mühelos 1000 VDC bei einem niedrigen Stromverbrauch sowie die Einhaltung der UL- und EN Normen.

- Reibungslose 1000 VDC-Schaltfähigkeit
- Reduzierte Leistungsaufnahme (600 mW)
- Verbessertes Sicherheitsdesign (6,0 mm Kontaktabstand)
- Niedriger Übergangswiderstand (max. 10 mΩ)



Scan the QR code to find a distributor  
[www.components.omron.com/eu](http://www.components.omron.com/eu)





Security-ICs

# Mehr Sicherheit für die vernetzte Welt

*Drahtlose Kommunikationstechnologien wie 5G sorgen dafür, dass immer mehr Geräte mit dem Internet verbunden sind. Bei allen Vorteilen bedeutet das aber auch mehr Zugang zu persönlichen Daten und damit ein steigendes Risiko für Cyberattacken. Hersteller kommen also um das Thema Sicherheit in der vernetzten Welt nicht herum.*

VON KERSTIN NASER,  
CORPORATE PRODUCT MANAGER WIRELESS  
BEI RUTRONIK

Im April 2023 haben Netgear und Bitdefender den »2023 IoT Security Landscape Report« vorgestellt. Hierfür haben sie weltweit 2,6 Millionen Haushalte analysiert, in denen Smart-Home-Geräte stehen, die durch die Security-Anwendungen von Netgear Armor powered by Bitdefender geschützt sind. Das Ergebnis: Bei den insgesamt rund 120 Millionen IoT-Geräten wurden im Jahr 2022 gut 3,6 Milliarden Sicherheitsereignisse verzeichnet. Jeden Tag sind im Schnitt acht Smart Homes von Cyberattacken betroffen.

Das mit Abstand beliebteste Einfallstor ins Heimnetzwerk waren mit 52 Prozent Smart TVs (Bild 1). Erst mit deutlichem Abstand folgen smarte Steckdosen (13 Prozent), gefolgt von Routern (9 Prozent) und smarten Videorekordern (8 Prozent).

Das zeigt auch der CONCORDIA-Bericht (Cyber security cOmpeteNce fOr Research anD InnovAtion), für den ein europäisches Konsortium aus Universitäten und Unternehmen untersucht hat, wie sich Covid-19 auf die Cybersicherheit ausgewirkt hat. Demnach greifen Cyberkriminelle zu bewährten Modi Operandi und Malware-Familien, um die durch die Pandemie verursachten gesellschaftlichen Entwicklungen, Notfalleistungen und Versorgungsengpässe auszunutzen. Das betreffe auch die verstärkte Nutzung digitaler Dienste und schwach geschützter privater IT-Geräte wie WLAN-Router in Smart-Home-Umgebungen.

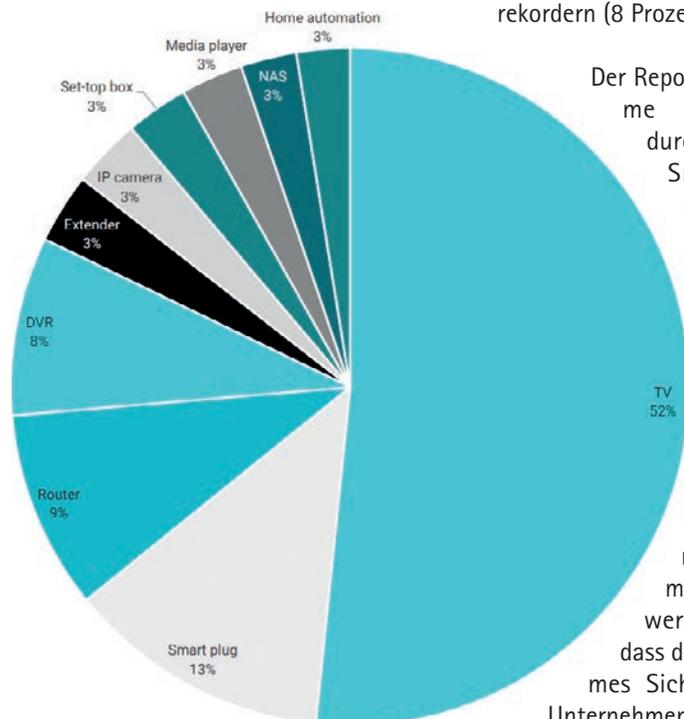
Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt der Bericht des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) »Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2022«: »Insgesamt spitzte sich im Berichtszeitraum [1.6.2021 – 31.5.2022] die bereits zuvor angespannte Lage weiter zu. Die Bedrohung im Cyber-Raum ist damit so hoch wie nie.«

Damit steigt die Verantwortung der Hersteller von Geräten, die mit dem Internet verbunden sind, ausreichende Sicherheitsmechanismen in ihre Produkte zu integrieren.

## Anforderungen der Funkanlagen-Richtlinie

Für fast alle Geräte, die funken, gilt – egal ob Sender oder Empfänger – die Funkanlagen-Richtlinie 2014/53/EU. Sie bildet den Regelungsrahmen für die Bereitstellung auf dem Markt und die Inbetriebnahme von Funkanlagen mit dem Ziel, einen freien Warenverkehr innerhalb der Mitgliedstaaten zu ermöglichen. Zu den Vorgaben gehören zum Beispiel »ein

Bild 1: Laut Bitdefender-Analyse waren im Jahr 2022 Smart TVs mit Abstand die häufigsten Ziele von Cyber-Attacken auf Heimnetzwerke.



Der Report führt das enorme Sicherheitsrisiko durch IoT-Geräte im Smart-Home-Bereich deutlich vor Augen. Bedenkt man außerdem, dass im Zuge des Home-Office-Schubs durch Corona neben dem Smart TV inzwischen auch oft ein Laptop mit Unternehmensdaten im Netzwerk ist, wird klar, dass dies auch ein enormes Sicherheitsrisiko für Unternehmen darstellt.

Bild: Bitdefender

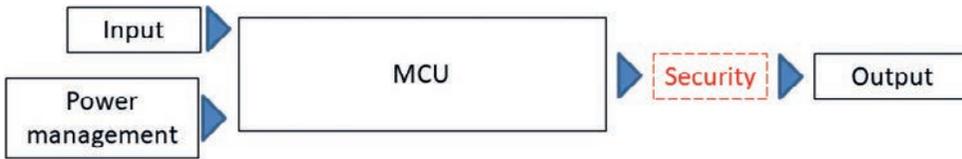


Bild 2: Stark vereinfachter Aufbau eines IoT-Geräts mit zusätzlicher Security-Hardware

angemessenes Niveau an elektromagnetischer Verträglichkeit« oder »eine wirksame und effiziente Nutzung von Funkfrequenzen zur Vermeidung funktechnischer Störungen«. Außerdem dürfen die Gesundheit und Sicherheit der Nutzerinnen und Nutzer nicht gefährdet werden. Diese Grundanforderungen der RED bezogen sich bisher allerdings nur auf Geräte, die nicht selbst mit dem Internet verbunden sind.

Aus diesem Grund hat die EU-Kommission die RED im Januar 2022 um die Artikel 3.3 d), e) und f) erweitert. Diese behandeln den Schutz des Netzwerks, den Schutz der Nutzerinnen und Nutzer und den Schutz vor Betrug bei folgenden Produkten:

3.3 d) Alle Geräte, welche direkt oder indirekt selbst mit dem Internet kommunizieren können

3.3 e) Alle Geräte, welche persönliche Daten verarbeiten können:

- Geräte, die mit dem Internet verbunden sind

- Funkgeräte zur Kinderbetreuung oder Spielzeug (Directive 2009/48/EC9)
- Tragbare Funkgeräte (Wearables)

3.3 f) Alle mit dem Internet verbundenen Geräte, welche zum Geldtransfer, für Geldwerte oder virtuelle Währungen verwendet werden.

Für diese Produktgruppen ist eine Reihe an Sicherheitsanforderungen definiert. Hier einige Beispiele:

Produkte, die unter Artikel 3.3 d) fallen, müssen z. B. standardmäßig und konstruktionsbedingt gesichert und zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens mit der aktuellsten Soft- und Hardware ausgestattet sein.

Bei allen Geräten, die im Artikel 3.3 e) definiert sind, müssen z. B. während des Systemstarts Soft- und Firmware-Integritätsprüfungen durchgeführt werden, um Benutzerinnen und Benutzer im Falle einer Beeinträchtigung rechtzeitig warnen zu können.



## Time-tested FCT D-Sub Connectors

Offering a reliable solution across a broad range of applications, FCT D-Sub products are readily available in a wide variety of materials and plating combinations for your next design.



**BUY NOW!**



## 14 Basis-Sicherheitsanforderungen

Die Basis-Sicherheitsanforderungen an IoT-Geräte für den Privatbereich sind in der Europäischen Norm ETSI EN 303645 V2.1.0 genauer definiert. Sie deckt die folgenden 14 Grundlagen ab:

1. keine universellen Standardpasswörter
2. die Verwaltung bzw. den Meldeprozess für Sicherheitslücken und die aktive Sicherheitsüberwachung
3. Software-Updates
4. sichere Speicherung von kritischen Sicherheitsparametern
5. sichere Kommunikation
6. Minimierung von Angriffsflächen
7. Integrität der Software
8. Sicherheit von persönlichen bzw. personenbezogenen Daten

9. Ausfallsicherheit
10. Überwachung von Telemetriedaten
11. einfache Löschung von Benutzerdaten
12. einfache Installation und Wartung
13. Validierung von Eingabedaten
14. Datenschutz

Anhand der entsprechenden Prüfpezifikation »Cyber Security for Consumer Internet of Things: Conformance Assessment of Baseline Requirements« (ETSI TS 103701) können Hersteller mittels Selbsttest oder durch eine Prüfstelle testen lassen, ob ihre Produkte die Anforderungen und Empfehlungen der Norm erfüllen.



Bei Geräten, die zu 3.3 f) zählen, muss u. a. sichergestellt sein, dass nur die entsprechenden Zugriffsrechte auf die Finanzdaten vergeben sind.

Für alle Produkte, die zu einer dieser drei Kategorien gehören, gilt außerdem, dass sämtliche gespeicherten, übermittelten, empfangenen oder sonst verarbeiteten Zugangsdaten vor unbefugter Speicherung, Verarbeitung, Zugriff oder Offenlegung geschützt sein müssen.

Es gibt jedoch auch Geräte, auf die sich diese RED-Artikel nicht beziehen: Für Medizinprodukte und In-vitro-Diagnostika, Zivilluftfahrt, elektronische Straßenmautsysteme sowie Kraftfahrzeuge und Anhänger inklusive der Systeme, Bauteile und selbstständigen technischen Einheiten für die Sicherheit und den Schutz der Fahrzeuginsassen und Verkehrsteilnehmer gelten andere EU-Regulierungen.

Im April 2023 wurde zwar beschlossen, dass das Inkrafttreten der RED um ein Jahr verschoben wird, doch Hersteller der betroffenen Produkte sollten sich dennoch frühzeitig darauf einstellen. Denn Produkte, die ab dem 1. August 2025 neu zugelassen werden oder neu auf den EU-Markt kommen, müssen auf die neuen Cybersicherheitsanforderungen, wie sie in den RED-Artikeln formuliert sind, getestet werden. Alle zugelassenen Prüfstellen in der EU sind öffentlich gelistet.

Außerdem müssen die Hersteller die Einhaltung der delegierten Verordnung EU 2022/30 (eine Ergänzung zur Richtlinie 2014/53/EU des Europäischen Parlaments) erklären. Das gilt nach der oben genannten Klassifizierung insbesondere für Smartphones und Laptops, aber auch für verschiedene Smart-Home- und

Smart-Building-Anlagen, etwa Alarmanlagen und Kameras, aber auch Geräte zur Überwachung von Babys oder Wearables mit sensiblen Daten zum Standort oder zur Gesundheit.

*Security-ICs erhöhen die Sicherheit*

Die meisten Geräte sind mit Schutzmechanismen und Verschlüsselungstechnologien ausgestattet, die durch Software realisiert werden. Zusätzlichen Schutz mit erhöhter Sicherheit gegen Cyberattacken bietet die Integration eines Hardware-Security-IC (Bild 2). Diese ICs sind manipulationssicher und gehärtet gegen physische Attacks durch aktive Abschirmung, einem zufälligen Layout und Mechanismen, die bei ungewöhnlichen Vorgängen sofort den Betrieb unterbrechen. Sie ermöglichen außerdem sicheres Booten und Firmware-Updates und liefern damit einen Beitrag zur Endpoint-Security. Darüber hinaus sorgen die separaten Security-Chips für eine höhere Leistung der MCU, da diese sich nicht mehr um die aufwendige Ent- und Verschlüsselung kümmern muss.

Rutronik bietet mit den Optiga-Serien solche Hardware-Security-Chips von Infineon an. Der Hersteller ist auch an der Arbeitsgruppe des Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC, Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung) beteiligt, die für die Standardisierung der RED-Sicherheits- und Datenschutzfunktionen verantwortlich ist. Dadurch ist Infineon bereits gut gerüstet, um selbst die Vorschriften einzuhalten. Zudem wird das Unternehmen seine Kunden dabei unterstützen, einerseits durch die Optiga-Produktfamilien, andererseits werden auch die in der EU verkauften kommerziellen Produkte von Infineon, wie WLAN- und Bluetooth-Module, die RED-Anforderungen rechtzeitig zur Gesetzesänderung erfüllen.

Die Optiga-Trust-Serie beinhaltet schlüsselfertige Produkte für kleinere Plattformen sowie programmierbare Lösungen, die individuelle Anforderungen im Bereich der Embedded-Authentifizierung und des Markenschutzes erfüllen.

Die Optiga-Trusted-Platform-Module(TPM)-Serie umfasst standardisierte Sicherheitscontroller, die die Integrität und Authentizität von Geräten und Systemen in Embedded-Netzwerken schützt. Die Controller basieren auf bewährten Technologien und unterstützen den neuesten TPM-2.0-Standard der Trusted Computing Group (TCG) sowie besondere eingebettete Zertifikate, Sicherheitszer-

tifikate (CC und FIPS) und verschiedene Verschlüsselungsalgorithmen. Zudem sind sie manipulationssicher. Damit gewährleisten sie die sichere Speicherung von Sicherheitschlüsseln, Zertifikaten und Passwörtern und bieten eine dedizierte Verwaltung der Sicherheitsschlüssel.

Die Optiga-Connect-Serie besteht aus schlüsselfertigen Embedded-SIMs (eSIMs), einerseits für Geräte im Konsumgüterbereich, andererseits für IoT-Geräte mit Mobilfunkverbindung. Optiga Connect Consumer ist ein eSIM speziell für kleine Geräte wie Smartwatches oder Fitnesstracker. Dieser authentifiziert sie sicher beim abonnierten Netzbetreiber. Durch Remote-SIM-Provisioning (RSP) können Nutzerinnen und Nutzer ihren Mobilfunkanbieter drahtlos ändern oder hinzufügen, sofern das Gerät mit einem lokalen Profilassistenten (LPA) ausgestattet ist. Das Produkt für den Konsumgüterbereich entspricht vollständig den neuesten Spezifikationen der Global System for Mobile Communications Association (GSMA) (SGP.22 V2.2.2) und Trusted Connectivity Alliance (eUICC Profile Package V2.3.1).

Die Optiga-Connect-IoT-Serie verfügt über ein vorinstalliertes, GSMA-kompatibles Betriebssystem und vorintegrierte Konnektivitätsfunktionen. Durch die Zusammenarbeit von Infineon mit Tata Communications bietet sie eine globale Mobilfunknetzabdeckung (2G, 3G, 4G, CATM und andere LTE-Dienste) mit mehr als 640 Netzen in 200 Ländern. Zudem beinhaltet die Optiga-Connect-IoT-Serie eine nach der Common Criteria EAL5+ zertifizierte eSIM-Hardware.

Für das spätestens seit Corona boomende kontaktlose Bezahlen mittels Kreditkarte, Smartphone, Smartwatch oder sogar schon per Armband oder Ring hat Infineon mit der Secora-Produktfamilie sichere Near-Field-Communication(NFC)-Produkte im Portfolio (Bild 3). Zur Familie gehören vier Varianten: Eine Java-Card mit erstklassiger Sicherheit für die Implementierung von Blockchain-Systemen sowie eine einsatzbereite Java-Card, die für elektronische Identifizierungsanwendungen (eID) optimiert ist, ein System für Smart Wearables mit kontaktlos gesicherten Zahlungs-, Ticket- oder Zugangsanwendungen über NFC sowie ein komplettes Portfolio für alles von Kontaktkarten bis zu intelligentem Zahlungszubehör.

Mit diesem Produktportfolio deckt Infineon sämtliche Anforderungen der RED 3.3 d), e) und f) ab.

Bild: Rutronik

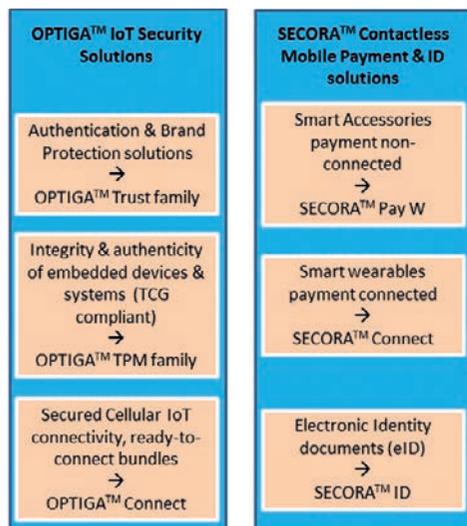


Bild 3: Hardware-Security-Produkte von Infineon

Blick auf den Elektronikmarkt

# »Ein oszillierendes System braucht Bedämpfung – und die kann die Distribution leisten«

*Eine starke Volatilität, lange Lieferzeiten, volle Läger, die fehlende »goldene Schraube« – die Elektronik-Lieferketten standen in den letzten Monaten stark im Blickfeld. Über die Einflussfaktoren, die aktuelle Situation und die Marktaussichten sprechen wir mit Jan Stoll, Business Development Manager Market Intelligence and Rutronik Analytics bei Rutronik, und Andreas Mangler, Director Strategic Marketing und Prokurist bei Rutronik.*

## Wie bewerten Sie die aktuelle Situation auf dem Elektronikmarkt?

*Jan Stoll:* Die Frage lässt sich nicht beantworten, ohne das größere Bild anzuschauen. Das bedeutet, einerseits die gesamte Weltwirtschaft und andererseits auch die Entwicklungen in den letzten 20 oder gar 50 Jahren zu betrachten. Gesamtwirtschaftlich befinden wir uns in einer Rezession, haben die Talsohle aber in manchen Ländern erreicht. Das zeigt der PMI (Purchasing-Manager-Index), der zahlreiche Faktoren einbezieht und deshalb ein guter Indikator für das künftige Verhalten der Märkte ist. Demnach sind die Aussichten für 2024 positiv, allerdings gibt es regionale bzw. länderspezifische Unterschiede. Zum Beispiel ist die Situation in China aktuell besser als in vielen anderen Ländern, wenngleich die Immobilienkrise dort wie ein Damoklesschwert über diesem Markt schwebt. Deutschland sticht zurzeit im internationalen Vergleich mit dem schlechtesten Wirtschaftsklima hervor. Andererseits war hier aber auch der positive Ausschlag 2021 höher.

## Welche Schlüsse ziehen Sie daraus?

*Andreas Mangler:* Es gehört zum Risikomanagement von Unternehmen, diese globalen Entwicklungen im Blick zu behalten. Für Rutronik ist Regionalisierung deshalb ein wichtiger Aspekt: Wir werden mehr und mehr Ingenieurinnen und Ingenieure in den Ländern haben, sodass sich die landesspezifischen Ausschläge dadurch ausgleichen. Das zweitgrößte Team außerhalb Deutschlands haben wir in China, somit wird Rutronik an der positiven

Entwicklung dort teilhaben. Von der stärkeren Regionalisierung profitieren auch unsere internationalen Kunden, weil sie noch mehr Unterstützung direkt vor Ort bekommen. Das können wir einfach und schnell umsetzen, weil wir von Anfang an auf weltweit identische Prozesse und IT-Systeme gesetzt haben. Das ist ein Vorteil auch für unsere Kunden mit Fertigungsstätten in mehreren Ländern, die überall alles aus einer Hand bekommen, mit denselben Prozessen und derselben Qualität.

## Sie hatten vorhin noch die historische Betrachtung angesprochen. Welche Erkenntnisse ergeben sich daraus?

*Stoll:* Wenn man die langen Reihen der Entwicklung des Bauelementemarktes betrachtet, sieht man, dass die aktuellen Ausschläge nach oben und unten zwar sehr ausgeprägt sind, die Krisen der letzten 10, 20 Jahre – also das Platzen der Dot-Com-Blase zur Jahrtausendwende, die große Bankenkrise 2009 und die Covid-Krise 2019/2020 – noch extremere Ausschläge verursacht haben. Das heißt: Auch große Ausschläge sind, zumindest über einen längeren Zeitraum betrachtet, eher die Normalität als die Ausnahme.

Aber es gibt einen Unterschied: Wir haben aktuell relativ starke Ausschläge, befinden uns aber gar nicht in einer Krise dieser Ausmaße. Das Beschaffungsverhalten der verarbeitenden Industrie im Bauelementemarkt zeigt also eine Entwicklung, die gesamtwirtschaftlich betrachtet nicht dem realen nationalen und internationalen Konjunkturverlauf entspricht.



Blick in Rutroniks Logistikzentrum in Eisingen

Der Markt war überhitzt, was sich in hohen Lagerbeständen der Kunden widerspiegelt hat. In Kombination mit der Inflation, den hohen Energiepreisen und weiteren Faktoren, welche das Geschäftsklima trüben, sind wir aber derzeit gesamtwirtschaftlich betrachtet in einer weniger prekären Situation als zum Beispiel während der Covid- oder der Bankenkrise. Doch der Beschaffungsmarkt der verarbeitenden Industrie hat ein Dispositionsverhalten, als ob wir uns in einer vergleichbar

Bild: Rutronik



Jan Stoll, Business Development Manager

„Ein starker Impuls geht von der Notwendigkeit aus, dem Klimawandel zu begegnen.“



Andreas Mangler, Director Strategic Marketing

„Wenn die Distributionskanäle abgekoppelt werden, beginnt das gesamte System zu oszillieren.“

tiefer Krise befinden würden. Und das ist definitiv nicht der Fall.

Was der historische Vergleich auch zeigt, ist, dass die Frequenz und die Amplitude der Ausschläge immer höher werden, Verknappung und Überangebot wechseln sich immer schneller ab.

#### Worauf führen Sie das zurück?

*Mangler:* Dafür gibt es mehrere Einflussfaktoren. Da gibt es nach wie vor die fehlende »goldene Schraube«, ohne die nicht produziert werden kann. Aber genau das sind oft Ultra-High-Tech-Produkte, die den USP, den Technologievorsprung des Produkts ausmachen, die also auch nicht einfach substituiert werden können.

Und selbstverständlich spielt das Beschaffungsverhalten eine Rolle. In Boom-Phasen kommt es schnell zu massiven Überbuchungen, die Lager füllen sich. Das kann einerseits zu Cash-Flow-Problemen und andererseits zu Überproduktionen seitens der KomponentenhHersteller führen. Dieser Trend wird auch durch nur unzureichend konfigurierte bzw. parametrisierte ERP- bzw. Warenwirtschaftssysteme unterstützt, die teilweise überreagieren.

Somit verläuft die Beschaffung in Sprungfunktionen, und Endmärkte sowie Produktionsabläufe haben meist stetig ansteigende und abfallende Verläufe. Das setzt sich in der gesamten Beschaffungskette fort. Die Beteiligten in der Supply-Chain steuern mit einem Stop-and-go-Beschaffungsprinzip und möchten eigentlich einen kontinuierlichen Warenverkehrsfluss. Das kann einfach nicht funktionieren. Moderne, KI-basierte ERP-Systeme können viele Parameter einkalkulieren und mit statistischen Filtern zu intelligenteren Ergebnissen kommen.

Aktuell beobachten wir, dass die Lagerbestände bei den globalen EMS-Dienstleistern unter das Vorjahresniveau gefallen sind, sodass eine Beschaffungsphase bevorsteht. Unser dringender Appell an die Kunden ist es, jetzt nicht zu stornieren, sodass sich die Situation mit massiven Doppelbuchungen und allem, was damit zusammenhängt, 2024 und 2025 nicht wiederholt. Kontinuität im eigenen Verhalten ist wichtig, um die großen Ausschläge am Markt, die immer wahrscheinlicher und häufiger werden, zumindest ein wenig auszumäandern. Ganz glätten lassen sie sich nicht, weil noch andere Faktoren hinzukommen.

#### Welche meinen Sie damit?

*Mangler:* Das angesprochene Liquiditätsproblem durch die vollen Lager führt vermehrt zu Mergers und Acquisitions (M&A). Jeder Merger hat massiven Einfluss auf die Verkaufs- und Einkaufskanäle, denn es fällt jedes Mal ein Kanal weg und die Lagerhaltung, die z. B. vorher auf zwei Schultern verteilt war, lastet nur noch auf einer. Auch die Zahl der Entscheider verringert sich, jeder Manager hat größere Volumina zu verantworten, was auch zu stärkeren Schwankungen beiträgt. Außerdem werden in diesem Zuge Produktionsstätten häufig verlagert, integriert oder zentralisiert, sodass es zu Verzögerungen in der Fertigung und Logistik kommt. Das alles bedeutet mehr Abhängigkeit und weniger Flexibilität, außerdem eine regionale Konzentration: Im High-Tech-Bereich gibt es fast nur noch amerikanische Unternehmen, die sich auch regional organisieren – zum Leidwesen der europäischen und asiatischen Kunden.

#### Es gibt ja auch den Trend, dass sich Hersteller komplett aus der Distribution zurückziehen.

*Mangler:* Völlig richtig. Das sehe ich als eine gefährliche Entwicklung. Denn damit geht jegliche Flexibilität verloren, die die Distribution mit ihren Systemen und Lagern schafft. Wenn die Distributionskanäle abgekoppelt werden, beginnt das gesamte System zu os-

zillieren. Wie man aus der Regelungstechnik weiß, braucht es für oszillierende Systeme eine Bedämpfung bzw. Puffer – und die lässt sich durch die Distribution, ihre Lager und Prozesse erreichen. Das ist eine ganz wichtige Aufgabe der Distribution.

Hinzu kommt, dass vor allem europäische Kunden das Nachsehen haben, wenn ihnen nur noch der Direktkanal offensteht. Denn hier haben wir einen Multisegmentmarkt mit vorwiegend mittelständischen Unternehmen aus ganz unterschiedlichen Branchen. Auch wenn sie hohe Umsätze erzielen, haben sie oft einen im Vergleich zu internationalen Großkonzernen relativ kleinen Elektronikbedarf. Damit sind sie im Weltmarkt eine kleine Nummer, deren Interessen kaum berücksichtigt werden. Selbst in der Distribution gibt es diese Tendenz schon, weil auch hier eine Konzentration stattfindet: Über 60 Prozent der Umsätze werden von den zehn größten Distributoren weltweit gemanagt. Hier sehen wir eine wichtige Aufgabe für Rutronik.

#### Worin besteht die?

*Mangler:* Wir wollen die mittelständischen Unternehmen stärken. Das machen wir zum Beispiel mit den Rutronik System Solutions. Dabei gießen wir ganz neue Ansätze in Lösungen aus Hardware und Software, die wir unseren langjährigen Kunden zur Verfügung stellen. Sie können damit ihre Entwicklungszeit deutlich verkürzen und einen Innovationsvorsprung erzielen, auch wenn sie nicht wie die Konzerne über hunderte Ingenieurinnen und Ingenieure verfügen.

#### A propos Innovationen: Aus welchen Bereichen kommen aus Ihrer Sicht die stärksten Impulse für neue Lösungsansätze?

*Stoll:* Ein starker Impuls geht von der Notwendigkeit aus, dem Klimawandel zu begegnen. Die gestiegenen Energiepreise durch den Ukraine-Krieg haben die Bereitschaft noch beschleunigt, in grüne Technologien zu investieren. Davon profitiert der Elektronikmarkt, zum Beispiel durch Heizungsumrüstungen, Smart-Home-Geräte und Photovoltaik-Anlagen. Ein anderes Beispiel ist die Transformation hin zu alternativen Energieträgern, etwa bei Brennstoffzellen-basierten LKWs oder Wasserstoff-basierten Prozessen in der produzierenden Großindustrie. Dadurch entsteht eine ganze Reihe neuer Anwendungen, von der Sensorik rund um die Brennstoffzelle bis zu Elektrolyseanlagen und Pipelines, zukünftig auch die Leckage-Überwachung für Wasserstofftanks sowie sicherheitsrelevante Systeme für Wasserstoff-Tankstellen.

Der Mobilitätsmarkt wird den Prognosen zufolge im Jahr 2035 zwar gesättigt sein, doch weil der Elektronikanteil in den Fahrzeugen stetig steigt, wird die Elektronikindustrie hier auch langfristig ein Wachstum verzeichnen. Auch in der Landwirtschaft steigen die Elektronikbedarfe stetig. Immer mehr Sensorik kommt zum Einsatz, z. B. um Pestizide, Düngemittel und Wasser nur noch ganz gezielt zu verwenden – perfektioniert in der vertikalen Landwirtschaft.

#### **Wie beurteilen Sie das Hype-Thema KI?**

*Stoll:* Hier sehen wir einen starken Trend zu KI bzw. Machine-Learning (ML) in der Edge. Der wurde ja schon längere Zeit propagiert. Doch nun wird er durch die Aktivitäten der großen Player im Markt und die ersten großen Gewinner in diesem Marktsegment, z. B. Nvidia, deutlich. Es werden dezentrale Systeme aufgebaut – und zwar in allen Bereichen, von den Konsumgütern bis zur Robotik. Das liegt auch daran, dass mehr Low-Code-KI- und ML-Anwendungen verfügbar sind, mit denen sich intelligente Systeme leichter aufbauen lassen. Häufig sind das Bild- bzw. Kamera-basierte Systeme, aber auch optische auf Basis von Radar, Lidar oder Ultraschall. Sie brauchen performante Mikrocontroller und FPGAs, die schnelle Entscheidungen ermöglichen, außerdem VOC- oder andere Sensoren, mit denen auch das Thema Sensorfusion ins Spiel kommt.

Gleichzeitig können KI-Tools wie ChatGPT die Nachfrage nach Servern wieder ankurbeln, die durch den breiten Ausstieg aus den Kryptowährungen stark eingebrochen ist. Bei den Konzernen, die hinter diesen KI-Anwendungen stehen – Microsoft, Amazon, Google und Co – ist auch das Kapital für große Investitionen vorhanden. Das kann allerdings wiederum dazu führen, dass die großen Foundries sich auf diese Produkte konzentrieren und weniger Fertigungskapazitäten für andere Märkte zur Verfügung stehen, etwa für die Mobilitätsindustrie.

#### **Also eine komplexe Gemengelage. Wenn Sie abschließend das Gesamtbild betrachten, sind Sie eher optimistisch oder pessimistisch?**

*Mangler:* Eindeutig optimistisch. Hier komme ich wieder auf die Betrachtung der langen Zeitreihen zurück: Über die letzten fünf Jahrzehnte ist die Bauelementindustrie auf einem Wachstumspfad von sieben bis acht Prozent per anno – und den wird sie auch in Zukunft nicht verlassen. Unsere 50 Jahre Markterfahrung und Marktbeobachtung als Unternehmen sagen uns, wie es weitergeht. Das ist das Schöne an der Sache. ■

# Ich bin ein Blind- text...

...von Geburt an. Es hat lange gedauert, bis ich begriffen habe, was es bedeutet, ein blinder Text zu sein: Man macht keinen Sinn.

## FÜR TEXTE MIT SINN:



Christine Schulze  
zielsicher kommunizieren

[WWW.CHRISTINE-SCHULZE.COM](http://WWW.CHRISTINE-SCHULZE.COM)

Die 2010er-Jahre

# Mobilität der Zukunft



Heute Europa, morgen die ganze Welt: Rutronik stellt sich global auf.

Im Jahr 2010 gründeten zwei Professoren das Unternehmen Streetscooter, um ein preisgünstiges Elektrofahrzeug für Kurzstrecken zu entwickeln und zu bauen. Vier Jahre später führen die ersten Streetscooter als Lieferfahrzeuge der Deutschen Post. Ihre Produktion ist inzwischen eingestellt, doch der Wandel hin zur Elektromobilität ging weiter: 2012 lieferte Tesla sein erstes Model S aus, das meistverkaufte Elektroauto weltweit zwischen 2015 und 2017. 2013 stellte BMW sein erstes serienreifes E-Auto vor, VW und Porsche folgten 2019.

Doch nicht nur die Elektromobilität entfaltete disruptives Potenzial in der Automobilbranche. Immer mehr Unternehmen trieben die Entwicklung autonomer Fahrzeuge voran, darunter auch branchenfremde: Google erhielt 2011 ein US-Patent für eine entsprechende Technik. Zu dieser Zeit habe die Testflotte schon gut 1600 km selbstständig zurückgelegt, so Google. Autonomes Fahren ist bis heute die Ausnahme, doch die Fahrzeuge sind mit immer umfassenderen Fahrerassistenzsystemen ausgestattet, die den Weg zum vollautonomen Fahren ebnen. Einen intelligenten Batteriesensor für die sichere Stromversorgung der Steuergeräte solcher Assistenzsysteme beschreibt der Beitrag auf den folgenden Seiten.

Automobilbauer stiegen ebenfalls auf neuen Märkten ein: 2011 stellten BMW und Daimler ihre Carsharing-Services car2go bzw. DriveNow vor. Mit dem neuen Konzept des Free Floatings machten sie Carsharing hip. Beide Dienste sind heute als Share Now auf dem Markt.

Mit zunehmender Digitalisierung und Konnektivität wurden Fahrzeuge außerdem immer mehr zum zweiten Wohnzimmer mit hochentwickelten Entertainment-Angeboten und Komfortfunktionen. Wie im Fahrzeug immer gute Luft herrscht, lesen Sie ab Seite 70.

All diese Entwicklungen ließen den Elektronikanteil im Fahrzeug erheblich ansteigen. Elektronische Systeme haben die Fahrzeugsicherheit im Laufe der Entwicklung z. B. durch Airbags und Antiblockiersysteme enorm verbessert. Fahrer-Assistenzsysteme und die Elektrifizierung des Antriebsstrangs lassen den Elektronikanteil exponentiell nach oben schnellen. Laut Statista betrug er 1990 noch 15 Prozent, 2030 werden es bereits 50 Prozent sein, Tendenz weiter steigend.

## Gründung der Automotive Business Unit und weltweite Ausrichtung

Mit der 2014 gegründeten Automotive Business Unit (ABU) unterstützt Rutronik seine Kunden bei der Bewältigung der Anforderungen, die mit diesen Trends verbunden sind. Die ABU entwickelte auch eigene Referenzdesigns für einen effizienten On-Board-Charger – mehr dazu ab Seite 72 – und für einen bidirektionalen HV-Schalter, außerdem Applikationen für das 48-V-Bordnetz. Auf dem Rutronik Automotive Congress versammeln sich regelmäßig Entscheider, Entwickler und Vordenker der Automobilindustrie.

2012 hieß es: Rutronik Electronics Worldwide. Die Tochtergesellschaften Rutronik Asia HK und Rutronik Electronics SZ mit Niederlassungen in Hongkong, Taipeh, Shanghai, Shenzhen und Chengdu markierten den Schritt vom europäischen zum globalen Unternehmen. In den Folgejahren kamen Tochtergesellschaften in den USA und Singapur hinzu, außerdem Vertriebsbüros in der Türkei, in Thailand, Indien und Malaysia.

Dementsprechend wuchs Rutronik weiter: Zwischen 2010 und 2019 kletterte die Zahl der Beschäftigten um über 40 Prozent, der Umsatz um mehr als 65 Prozent. 2018 knackte Rutronik die Umsatzmarke von einer Milliarde Euro. ■



Automotive-qualifizierte Shunts und die passende Auswertelektronik

# Intelligenter Batteriesensor aus zwei Schlüsselbauteilen

*Für die sichere Stromversorgung hochverfügbarer Steuergeräte für Assistenzsysteme spielt die Batterieüberwachung eine wichtige Rolle – und damit die Sensorik. Zwei Bauelemente sind der Schlüssel für einen intelligenten Batteriesensor.*

VON RALF HICKL,  
PRODUCT SALES MANAGER IN DER  
AUTOMOTIVE BUSINESS UNIT (ABU)  
BEI RUTRONIK

Bild: Casper1774 Studio/Shutterstock



**Z**um Monitoring der Batterie im Fahrzeug werden Kenngrößen wie Batterie-strom und -spannung gemessen. Mit diesen berechnet die Elektronik z. B. die in der Batterie gespeicherte Restenergie. Auf dieser Basis kann ein Steuergerät entscheiden, welche Lasten zugeschaltet werden dürfen oder abgeschaltet werden müssen, damit vitale Assistenzfunktionen weiter verfügbar bleiben.

Zur Messung des Stroms ist ein wichtiges Bauteil in jedem Batteriesensor das sensierende Element, z. B. Shunt-Widerstände, auf die sich dieser Beitrag konzentriert.

Der Vorteil von Shunt-Widerständen ist, dass sie einen einfachen linearen Zusammenhang zwischen der Messgröße und dem Ausgangs-

signal bieten. Nach dem ohmschen Gesetz ist der Spannungsabfall über dem Shunt proportional zu seinem konstanten Widerstand und dem durch ihn fließenden Strom. Dadurch eignen sich Shunts sowohl für Gleich- als auch für Wechselstrom und für beide Stromrichtungen. Die Querempfindlichkeit bezüglich der Temperatur ist aus dem Datenblatt bekannt und kann bei bekanntem Temperatur-Ist-Wert herausgerechnet werden.

Zu den Nachteilen zählt, dass das Messsignal des Shunt-Widerstandes – anders als bei Stromsensoren, die auf der Messung des Magnetfeldes um einen Leiter basieren – auf dem Potenzial des zu messenden Stromes liegt. Für die Strommessung in Hochvolt-Systemen bedarf es deshalb noch einer galvanischen Tren-



Bild: Vishay

### Redundant Current Sense

- Rugged, Simple Construction = Reliable!
- TCR Immunity ( $50 \mu\Omega < 10 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ) = Accurate!
- Dual Element / Dual Sense = Safe!

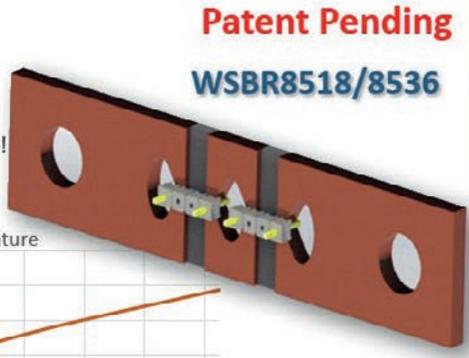
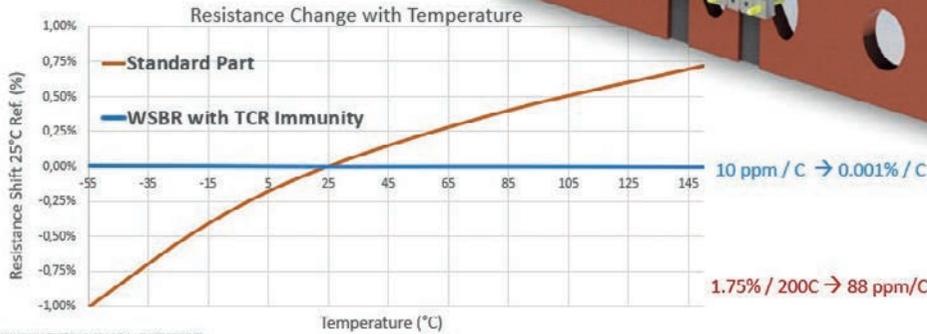


Bild 1: Durch seine robuste Konstruktion sorgt der Tandem-Shunt der Baureihe WSBR von Vishay für mehr funktionale Sicherheit.

nung des Messsignals, was einen zusätzlichen Aufwand bedeutet. Außerdem dissipieren Shunts Verlustleistung gemäß der Formel  $P_{tot} = R \cdot I^2$  und erwärmen sich und ihre Umgebung.

#### Bauformen von Shunt-Widerständen

Shunt-Widerstände gibt es je nach Leistung und Widerstand in verschiedenen Ausführungen, z. B. Dickschicht-Widerstände für die Oberflächenmontage (SMD) oder Metall-Widerstände für die Oberflächenmontage wie Vishays Power-Metal-Strip-Typen. Die Widerstände aus Metall bieten gegenüber Dickschichtwiderständen eine höhere Impulsbelastbarkeit.

Die Baugrößen für die SMD-Montage erstrecken sich von 0603 bis 5931. Je höher die

Ströme, desto mehr ändert sich die Bauform in Richtung Metallbügel mit Schraubanschlüssen. Das gilt vor allem im Bereich von bis zu mehreren hundert Ampere.

Das sensierende Element besteht aus einer speziellen Legierung mit einem möglichst kleinen Temperaturkoeffizienten und ist an zwei Anschlüsselemente aus Kupfer angeschweißt. Wichtig ist die Position der Messabgriffe: Sie sollten möglichst nahe an dem sensierenden Element liegen mit möglichst wenig Strompfad im Kupfer, damit die Kupferstrecke mit ihrem höheren Temperaturkoeffizienten den Wrende Element betreibt, nicht zunichtemacht und das Messergebnis verfälscht.

#### Tandem-Shunt von Vishay

Automotive-qualifizierte Shunts mit Schraubanschlüssen und einer Verlustleistung von bis zu 36 W bietet Vishay schon lange an. Es handelt sich um die Baureihen WSBS und WSMS. Verfügbar sind die niederinduktiven Power-Metal-Strip-Typen mit Widerstandswerten ab  $50 \mu\Omega$  und Temperaturkoeffizienten ab 10 ppm. Darüber hinaus sind auch andere Werte erhältlich und können bei Rutronik angefragt werden.

Neu im Portfolio führt Vishay die Baureihen WSBE und WSBR. Erstere erweitert den Widerstandsbereich nach unten auf gerade einmal  $15 \mu\Omega$  bei gleichzeitig niedrigem Temperaturkoeffizienten von bis zu  $\pm 10 \text{ ppm}$  und kleiner Thermospannung von bis zu  $1,25 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Da die Verlustleistung proportional zum Widerstand des Shunts ist, erlauben die kleineren Widerstandswerte der WSBE-Shunts auch das Messen höherer Ströme.

Das Besondere am neuen Tandem-Shunt WSBR8518/8536 (Bild 1) ist die robuste Konstruktion mit zwei unabhängigen Messstrecken, die für hohe funktionale Sicherheit sorgt.

Durch den Vergleich der Spannungsabfälle über den beiden unabhängigen Messstrecken kann eine Verifizierung stattfinden. In Kombination mit entsprechender Auswerteelektronik lassen sich Applikationen mit bis zur Klassifizierung ASIL D realisieren.

#### Auswerteelektronik mit Infineons Automotive PSoc 4 HVPA

Diese Shunt-Konfiguration passt besonders gut an eine Auswerteelektronik mit zweika-

Bild: Rutronik

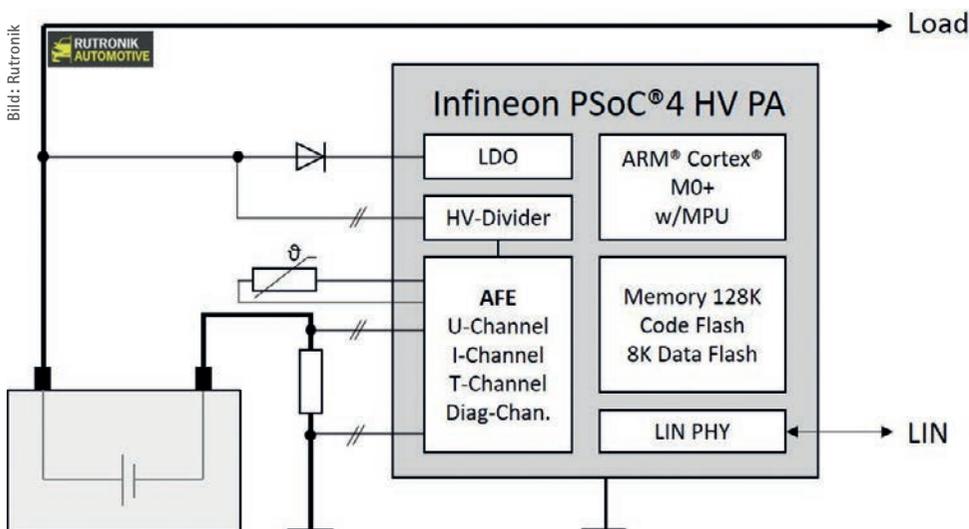


Bild 2: Blockschaltbild eines intelligenten Batterie-Shunt mit dem PSoc 4 HVPA 144K von Infineon

Bild 3: Evaluation-Board Typ  
CYHVPA-128K-32-001  
für den Automotive  
PSoC 4 HVPA 144K

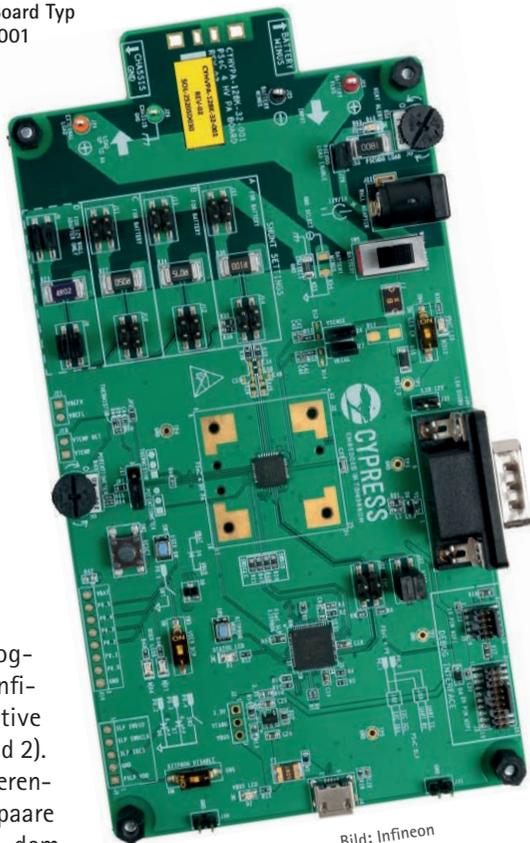


Bild: Infineon

naligem Analog-Front-End wie Infineons Automotive PSoC 4 HVPA (Bild 2). Seine beiden differenziellen Eingangspaare lassen sich mit dem WSBR so verschalten, dass sie zwar Vorzeichen-verkehrte, aber betragsmäßig gleiche Messergebnisse liefern. Das bringt Vorteile bei der Kompensation des Offsets.

Das Automotive PSoC 4 HVPA verfügt über einen internen Spannungsregler (LDO), den man direkt mit einer 12-V-Batterie verbinden kann. Sein analoges Front-End (AFE) mit hochauflösenden Delta-Sigma-ADCs eignet sich besonders für Eingangssignale im Millivolt-Bereich, wie sie an einem Shunt-Widerstand abfallen. Über eine LIN-Schnittstelle kommuniziert der Automotive PSoC 4 HVPA mit einem übergeordneten Steuergerät. Der LIN-Transceiver ist bereits auf dem Chip integriert. Das Modell Automotive PSoC 4 HVPA 144K wurde nach ISO 26262 entwickelt und erfüllt die Anforderungen für ein Safety-Element out of Context (SEoC) nach ASIL B.

Testen lässt sich die Kombination aus Shunt und Automotive PSoC 4 HVPA mit dem Evaluation-Board vom Typ CYHVPA-128K-32-001 von Infineon (Bild 3).

---

#### Fazit

---

Die Ausführungen zeigen: Vishays Tandem-Shunt WSBR und Infineons Automotive PSoC 4 HVPA bilden ein hervorragendes Paar zur Umsetzung eines intelligenten Batteriesensors. ■

# YAGEO Group



## Artificial Intelligence

---

# YAGEO KEMET Pulse

## HAPPY

# 50<sup>th</sup>

## Birthday

 **RUTRONIK**  
ELECTRONICS WORLDWIDE



Funktionale Sicherheit

# Motor-Controller mit vielen Diagnose- und Schutzfunktionen

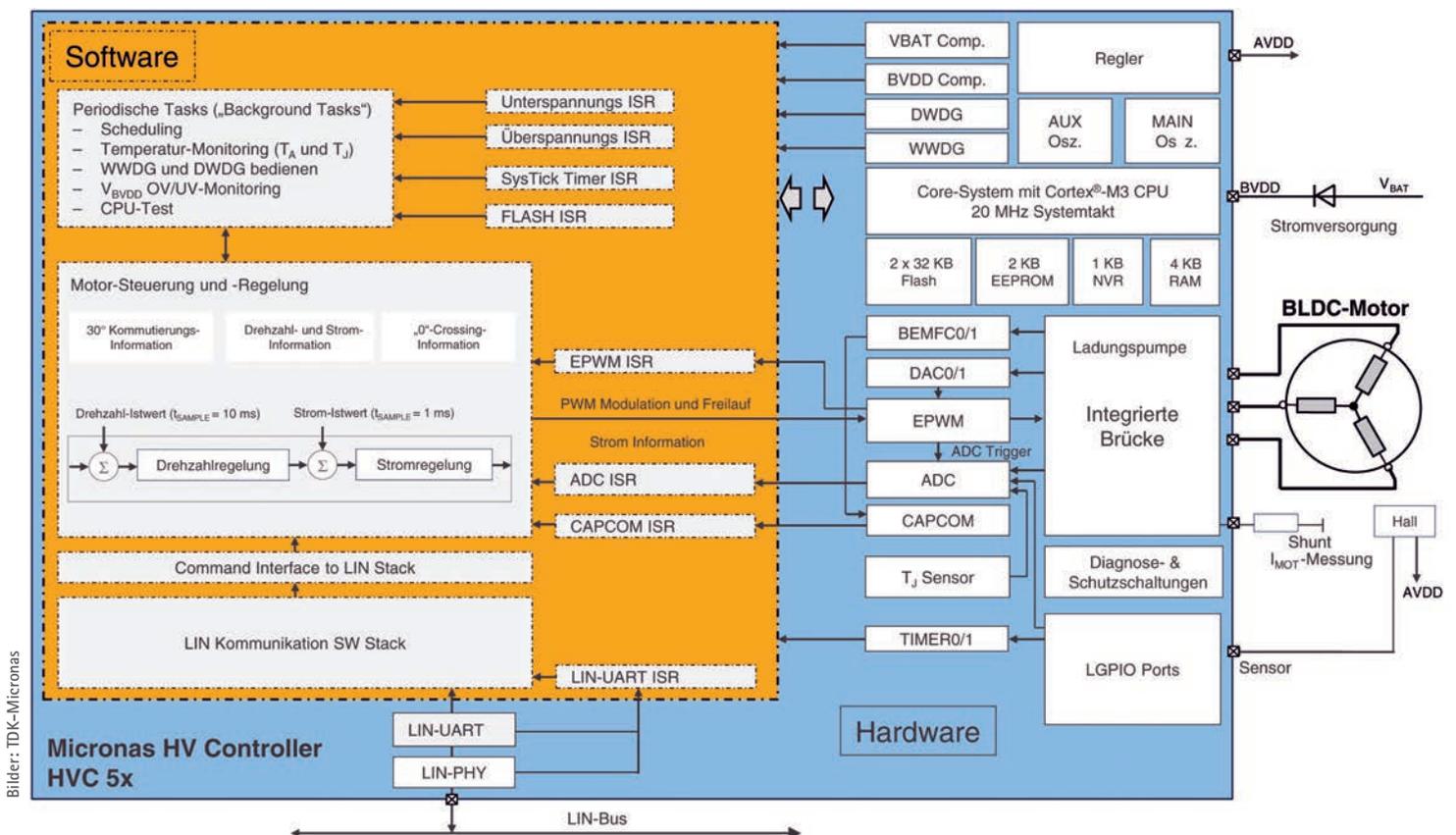
Die wachsende Bedeutung der funktionalen Sicherheit bei elektronischen Systemen sorgt auch für steigende Anforderungen an die Eigendiagnosefähigkeit komplexer Motor-Controller-ASSPs. Diese beantwortet TDK-Micronas mit den Embedded-Motor-Controllern der neuen HVC-5x-Familie.

VON GÜNTER WOLFENBERGER, CONSULTANT STRATEGIC MARKETING UND LINE MANAGER BEI RUTRONIK, UND ADRIANO DE ROSA, SYSTEM ARCHITECT HVC BEI TDK-MICRONAS

Die Diagnose- und Schutzfunktionen der Embedded-Motor-Controller werden auf der obersten Anwendungsschicht durch Software abgebildet. Diese Anwendungssoftware wertet etwa Spannungen, Ströme oder Temperaturen aus, die mit dem A/D-Wandler oder anderen Peripherien gemessen werden. In der darunterliegenden Schicht sind softwareunabhängige Schutz- und Diagnosefunktionen in Hardware imple-

mentiert. Sie lassen sich zum Teil durch die Anwendungssoftware konfigurieren, aber nicht in ihrer Wirkung beeinflussen. Sie bringen den entsprechenden Funktionsblock oder den gesamten IC in einen Fail-Safe-Zustand, z. B. durch Abschalten der Motorbrücke aufgrund eines Überstrom-Ereignisses oder durch ein System-Reset durch den Digital/Window-Watchdog. Indem der Kunde oder die Kundin die im Safety-Manual beschriebenen Schutz-

Bild 1: Hardware- und Software-Systeminteraktion mit BLDC-Motor



Bilder: TDK-Micronas

mechanismen hinsichtlich Programmierung, Konfiguration und Beschaltung umsetzt, ergibt sich eine definierte Diagnoseabdeckung.

*Stromversorgung  
durch das 12-V-Bordnetz*

Die Bausteine der HVC-5x-Familie können direkt am 12-V-Bordnetz betrieben werden und sind ISO-Puls-konform (ISO 7637-2 und ISO 16750-2). Der Verpolungsschutz erfolgt z. B. durch eine vorgeschaltete Diode. Regler für die untergeordneten Versorgungsdomänen (Analog, Digital und Stand-by) sind komplett integriert.

Für die Spannungsüberwachung stehen verschiedene Diagnosemöglichkeiten zur Wahl. Eine wichtige Funktion ist die laufende Überwachung der BVDD-Versorgungsspannung mit entsprechenden Über- und Unterspannungs-Interrupts. Die Spannungsüberwachung erzeugt Steuersignale zur Konfiguration des analogen und digitalen Stromversorgungssystems für die verschiedenen Spannungsbereiche.

- ◆ Supply Monitoring
  - ◆ Spannungsbereich (Unter- / Überspannungen)
  - ◆ OV/UV Interrupts
  - ◆ Überwachung durch Software
- ◆ Interne Regler und Spannungen
  - ▶ Unterspannungs- / Überstromerkennung
  - ▶ Bandgap-Referenzen, Erzeugung von Reset
  - ▶ ADC-Messung interner Regler und Bandgap
- ◆ Ladungspumpen-Spannung
  - ▶ Überspannungserkennung mit automatischer Abschaltung
- ◆ Überwachung der  $T_j$  des Chips
  - ▶ In zentraler Position des IC
  - ▶ Zusätzlich zyklische Messung der  $T_j$  mit integriertem Temperatursensor über ADC

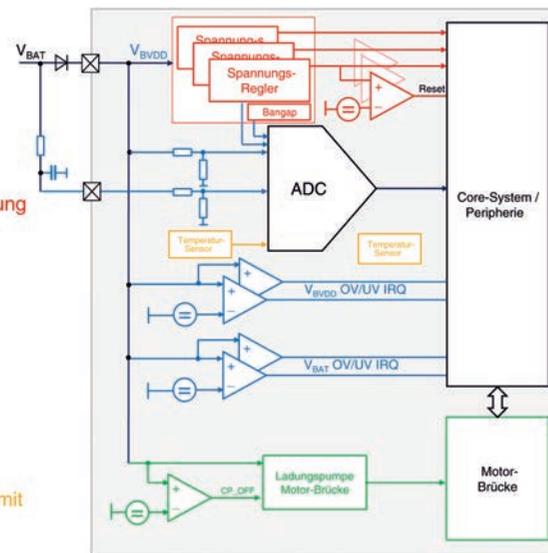


Bild 2: Spannungs- und Temperaturüberwachung der Motor-Controller der HVC-5x-Familie

Die Motor-Controller HVC 5x sind funktional bis zu einer BVDD-Spannung von 4,8 V (typ.). Sinkt die BVDD-Spannung weiter, gehen die ICs in den sogenannten Retention-Modus. In diesem Modus werden alle Analogperipherien einschließlich des Analogreglers und der Motorfunktionen abgeschaltet, die digitalen Pe-

ripheriegeräte und die CPU zurückgesetzt und kein Programm mehr ausgeführt. Speicherinhalte bleiben jedoch erhalten. Bei der Rückkehr aus dem Retention-Modus erfolgt ein System-Reset. Die Anwendungssoftware kann durch Auslesen eines Statusregisters die letzte Reset-Ursache erkennen und entsprechen-

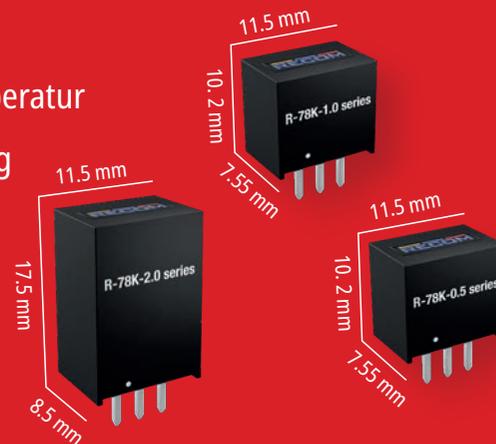
Anzeige



# R-78K ... DISCRETE MAKES NO SENSE!

## PREISWERT + LEISTUNGSSTARK, R-78K SCHALTREGLER

- 0,5, 1,0 und 2 Ampere Ausgangsstrom
- 4,5-40VDC unter Vollast bei 85°C Umgebungstemperatur
- Betriebstemperatur: -40°C bis 100°C ohne Derating
- 40V maximale Eingangsspannung
- 96% Wirkungsgrad
- Nur 1,7g
- 62368-1 zertifiziert



**WE POWER YOUR PRODUCTS**  
recom-power.com/k-series





- ◆ Zwei unabhängige Oszillatoren
  - ▶  $f_{MAIN} \gg f_{AUX}$
- ◆ Window-Watchdog (WWDG) ist getaktet von Hilfsoszillator ( $f_{AUX}$ ) und überwacht den Hauptoszillator und die Programmausführung
- ◆ WWDG ist immer aktiviert. Kann für Debug-Zwecke nur durch spezielles Schlüsselwort deaktiviert werden.
- ◆ Digitaler Watchdog, getaktet vom Hauptoszillator überwacht Programmausführung
- ◆ Speicher
  - ▶ ECC, BIST

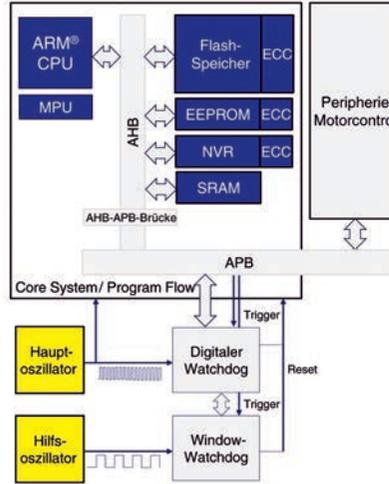


Bild 3: Ein Window-Watchdog und ein digitaler Watchdog überwachen den Systemtakt und die Programmausführung der Motor-Controller.

de Vorkehrungen treffen. Ein Überspannungsfall wird ebenso durch ein Systemregister-Flag angezeigt. Der IC ist bis maximal 40 V funktionsfähig. Allerdings ist ein längerer Betrieb unter Überspannung aufgrund der steigenden Sperrschichttemperatur kritisch und verkürzt die Lebensdauer des IC (Bild 2).

Das Überspannungs-Flag ist eine softwaregestützte Sicherheitsfunktion, die von der Anwendungssoftware verwendet werden sollte, z. B. um den Stromverbrauch zu begrenzen und das Verlustleistungsbudget einzuhalten. Das kann durch Ausschalten von Peripherie-

modulen oder durch das Absenken der CPU-Taktfrequenz geschehen.

Eine zusätzliche softwaregestützte Diagnose der Versorgungsspannung und der Regler-Spannungen kann durch den internen 12-bit-ADC erfolgen. Die BVDD-Versorgungsspannung kann z. B. zyklisch gemessen werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, über einen entsprechend dimensionierten passiven RC-Schutzfilter die Batteriespannung ( $V_{BAT}$ ) zu messen (z. B. über einen LGPIO-Port). Die Messung beider Spannungen ermöglicht die Reaktion auf Bordnetzinstabilitäten oder Über-

schwinger, bevor sich diese auf die interne Versorgung auswirken. Über- und Unterspannungszustände lassen sich so vorzeitig erkennen und durch die vorhandenen Interruptquellen in der Software anzeigen, sodass sich der IC in einen sicheren Zustand versetzen lässt. Die 64-kB-Version der HVC-5x-Familie erlaubt zusätzlich auch Messungen der internen Regler- und Bandgap-Spannungen, beispielsweise um relative Spannungsdriften über die Lebensdauer zu erkennen.

Taktsystem mit zwei Oszillatoren

Das Taktsystem der Motor-Controller verfügt über zwei unabhängige On-Chip-Oszillatoren, den Haupt- und den Hilfsoszillator. Der Hauptoszillator stellt den 40-MHz-Haupt-Clock des Systems bereit und dient als Basis für den Clock der Analog- und Digitalmodule. Die Versorgung des Hauptoszillators erfolgt durch den analogen Regler, wohingegen der Hilfsoszillator unabhängig vom Stand-by-Regler versorgt wird. Der Hilfsoszillator dient als Taktquelle für den Window-Watchdog (WWDG), der sowohl die Oszillatoren als auch den Programmfluss überwacht. Das Auslösen des WWDG erzeugt einen System-Reset.

Neben dem WWDG verfügen die HVC-5x-Motor-Controller auch über einen digitalen

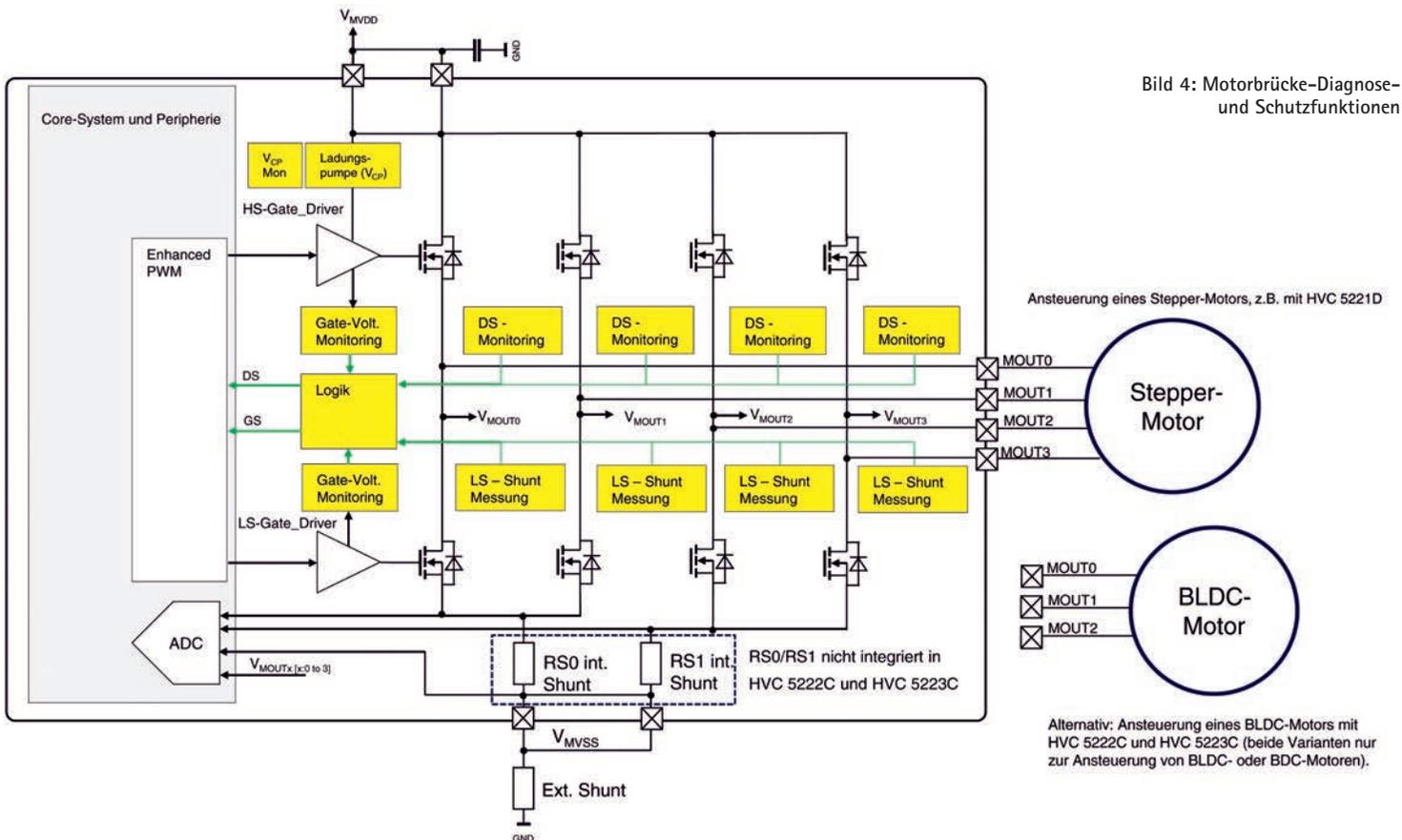
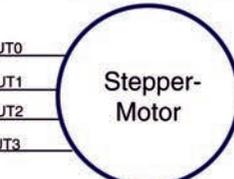


Bild 4: Motorbrücke-Diagnose- und Schutzfunktionen

Ansteuerung eines Stepper-Motors, z.B. mit HVC 5221D



Alternativ: Ansteuerung eines BLDC-Motors mit HVC 5222C und HVC 5223C (beide Varianten nur zur Ansteuerung von BLDC- oder BDC-Motoren).

Watchdog (DWDG) zur Überwachung der korrekten Programmausführung. Im Gegensatz zum WWDG wird der DWDG vom Hauptoszillator getaktet. Jeder Fehler in der Programmausführung, der das erneute Auslösen des DWDG innerhalb einer programmierbaren Zeit verhindert, führt zu einem System-Reset (Bild 3).

In allen Fällen kann nach dem Aufstarten die Ursache des letzten Resets durch Auslesen des Systemstatus ausgewertet werden. Der WWDG ist immer aktiviert und lässt sich nur für Debug-Zwecke mit einem speziellen Schlüsselwort disabeln.

---

#### *I/O-Schutzfunktionen*

---

Die HVC-5x-Familie verfügt über 3,3-V-I/O-Ports (für Debugging, digitale/analoge Funktionen), ein LIN-Bus-Interface sowie Ports für die direkte BLDC- und Schrittmotorsteuerung. Je nach Version unterstützen die HVC-5x-Motor-Controller BLDC- und Stepper-Motoren oder nur BLDC-Motoren.

Der AVDD-Regler-Ausgang kann z. B. für die Versorgung externer Sensoren bis zu einem Nennausgangsstrom von 15 mA genutzt werden. Der AVDD-Regler enthält unter anderem eine Unterspannungserkennung und erzeugt einen Reset, wenn diese unterschritten wird.

Der LIN-Port dient zur Kommunikation mit externen Geräten über den LIN-Bus und erfüllt die Anforderungen von ISO 17987 und SAE J2602. Zudem lässt er sich auch für weitere Kommunikationsprotokolle (z. B. PWM) verwenden. Er verfügt über einen 8-kV-ESD-Schutz und eine Überstromabschaltung, die bei Erreichen der Überstromgrenze den Pin in einen rezeptiven Zustand schaltet. Der LIN-Pin ist in den Modi Retention und Power-Saving bei thermischer Abschaltung sowie nach einem System-Reset automatisch rezeptiv.

Ein Überstrom-Ereignis am LIN-Port wird durch ein Überstrom-Flag in den Portregistern angezeigt und kann von der Anwendungssoftware entsprechend bewertet werden. Darüber hinaus kann die Anwendungssoftware die Überstromereignisse durch Interrupts auswerten und sofort geeignete Sicherheitsmaßnahmen einleiten.

---

#### *Thermische Sicherheitsfunktionen*

---

Die HVC-5x-Motor-Controller verfügen über drei Temperatursensoren für die Überwachung



# 50 Years

## COMMITTED TO CELEBRATE

#### Unsere Expertise ist Ihr Vorsprung

In 50 Jahren zu einem der größten europäischen Broadline-Distributoren für elektronische Komponenten und Ihrem zuverlässigen Partner mit einem Portfolio weltweit führender Hersteller. In Kombination mit unseren eigenen R&D-Aktivitäten und patentierten Systemlösungen aus Hard- und Software gelingt es Ihnen, mit Ihrer Anwendung ein Schritt voraus zu sein.

#### Zuverlässig und vielfältig – Das Portfolio von Rutronik

- Semiconductors
- Passive Components
- Interconnect & Electromechanical Components
- Embedded Boards & Systems
- Displays & Monitors
- Data Storage Technologies
- Wireless Technologies
- Battery Cells
- Power Supplies



Möchten Sie mehr über uns erfahren?  
Dann besuchen Sie

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





der Sperrschichttemperatur: Ein Temperatursensor löst bei Überschreiten des Übertemperaturlimits direkt eine thermische Abschaltung (TSD) des IC aus. Der TSD ist ein ausfallsicherer Zustand, in dem alle analogen und digitalen Module ausgeschaltet sind, um die interne Verlustleistung zu minimieren und Fehlfunktionen des Geräts zu vermeiden.

Ein weiterer Temperatursensor, der vom Stand-by-Regler versorgt wird, überwacht die Sperrschichttemperatur nach einem TSD, um den IC bei Unterschreiten einer festgelegten Sperrschichttemperatur wieder zu reaktivieren. Nach Rückkehr aus dem TSD wird ein Systemstatusflag gesetzt, das die Anwendungssoftware auswerten kann, um dann entsprechende Maßnahmen wie Selbsttests einzuleiten.

Der dritte Temperatursensor kann über den A/D-Wandler ausgelesen werden. Eine zyklische Temperaturüberwachung erlaubt die Reaktion auf eine steigende Sperrschichttemperatur durch Maßnahmen wie das Ausschalten bestimmter Module, das Verringern der CPU-Taktfrequenz oder das Versetzen des Geräts in einen der Energiesparmodi.

#### Diagnose- und Schutzfunktionen der Motorbrücken

Je nach Variante verfügen die ICs der HVC-5x-Familie über drei (z. B. HVC 5222C, HVC 5223C) oder bis zu vier integrierte Halbbrücken, an die sich BLDC- oder Schrittmotoren ohne zusätzliche externe Komponenten direkt anschließen lassen. Jeder Port ist ausgestattet mit einem internen Überstromschutz mit programmierbarer Reaktionszeit sowie Interlocking durch Überwachen der Gate-Spannungen der Brückentransistoren. Ein Überschreiten

der Überstromschwelle generiert einen Interrupt. Durch geeignete Flags wird der Port identifiziert, an dem der Überstrom auftrat. Daraufhin können entweder alle oder nur die vom Überstrom betroffenen Halbbrücken deaktiviert werden. Eine Halbbrücke lässt sich erst dann wieder aktivieren, wenn die Anwendungssoftware das Überstrom-Flag gelöscht hat. Um den Safe State zu gewährleisten, werden alle Brückentransistoren während des Retention-, Energiespar- oder TSD-Modus sowie nach einem System-Reset auf HiZ gesetzt (Bild 4).

Zusätzlich zu den integrierten Diagnosefunktionen der Motorbrücken sind softwaregestützte Sicherheitsfunktionen möglich, um den IC an den spezifischen Motor- bzw. Anwendungsfall anzupassen.

Durch die integrierten Back-EMF-Komparatoren (Gegen-EMK) kann die generatorische Spannung des Motors ausgewertet und beispielsweise mit der Rückmeldung der Rotorpositionssensoren verglichen werden. Zudem lassen sich die Verbindungen zu den Motorphasen durch die Auswertung der Gegen-EMK an der nicht angesteuerten Motorphase überprüfen.

Speziell für Schrittmotoranwendungen (für HVC-5x-Varianten mit vier MOUT-Ports) können über den 12-bit-ADC die EMK-Spannungen an beiden Motorphasen gemessen und damit die Drehmomentbelastung des Motors überprüft werden. Dadurch ist es möglich, in der Anwendungssoftware z. B. eine abgestimmte Blockier-Erkennung zu implementieren. Für applikative ADC-Strommessungen stehen für die HVC-5x-Varianten mit vier MOUT-Ports integrierte Strom-Shunts (RS0 und RS1) sowie bei allen HVC 5x die Messmöglichkeit über einen externen Shunt-Wi-

derstand zur Verfügung. Diese lassen sich z. B. für Motorstromregelung und Diagnosefunktionen einsetzen.

#### Speicherschutz und Diagnosefunktionen

Die ICs der HVC-5x-Familie bieten mehrere On-Chip-Speicherblöcke. Ein 1-kB-Start-up-ROM enthält die Startsequenz, die Interrupt-Tabelle, Flash-Utility-Funktionen sowie die Überprüfung, ob das IC-Trimming durchgeführt wurde. Die Programmdateien werden im internen SRAM (je nach HVC-5x-Version 2–4 kB) gespeichert. Ein Flash-Speicher (je nach HVC-5x-Version 32–64 kB) steht für Anwendungsprogramme und Diagnosefunktionen zur Verfügung. Die HVC-5x-ICs verfügen zusätzlich über 512–2048 Byte EEPROM und 256–1024 Byte NVR zur Speicherung nichtflüchtiger Anwendungsdaten. Ein Schreibschutz verhindert einen Missbrauch der Daten. Der Flash-Hauptspeicher enthält auch einen Schreib-/Löschschutz. Flash, EEPROM und NVR verfügen über eine ECC zur Erkennung von Doppel- und Einzelbitfehlern sowie zur Korrektur von Einzelbitfehlern. Im Falle einer Fehlererkennung ist der spezifische Fehlertyp und der betroffene Speicher auslesbar. Zudem kann ein Interrupt ausgelöst werden, sodass die Anwendungssoftware schnell durch eine anwendungsspezifische Fehleranalyse oder -korrektur reagieren kann.

#### Fazit

Die HVC-5x-Familie von TDK-Micronas beinhaltet umfangreiche Diagnose- und Schutzmechanismen, sodass sie auch in Systemen mit sicherheitsrelevanten Funktionen eingesetzt werden kann. Die Konformität zu Industriestandards wie ISO 26262 (Automotive) oder IEC 61508 (Industrial) und deren Einfluss auf den »Product Safety Life Cycle« ist in ihrer Chiparchitektur berücksichtigt.

Kunden erhalten für die Auslegung ihres Systems und für die Erfüllung des »Safety Goal« relevante Datenblätter, einen FMEDA-Summary-Report für Fehlermöglichkeits-, Fehlerinfluss- und Fehlerdiagnoseanalyse und Base-Failure-Rates sowie entsprechende Safety-Manuals. Die abgestimmte Diagnoseabdeckung wird durch die Interaktion von Hardware- und Softwarefunktionen erreicht. Dies bietet dem Kunden die Möglichkeit, die ICs an anwendungsspezifische Funktionen und Konfigurationen anzupassen und so die Sicherheitsanforderungen der Anwendung zu erfüllen.



## Diagnose- und Schutzfunktionen der Motorbrücken

- Überstrom-Überwachung mit Überstrom-Interrupts
- Überstromfilter mit einstellbarer Filterzeit
- Überwachung der Motorphasen-Spannung und des Motorstroms
- Interlocking (Gate-Voltage-Monitoring)
- Charge-Pump-Überwachung/-Abschaltung
- Automatische Abschaltung der Brücke beim Umschalten von Betriebsmodi
- Applikative Strommessung über interne Shunts (nur HVC 5x mit vier MOUT) und/oder externen Shunt für zusätzliche Diagnose



Intelligente Ladeklappe für Elektrofahrzeuge

# Elektrisch fahren, komfortabel laden

*Im Monat wird ein E-Auto durchschnittlich 21 Mal geladen, hat das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ermittelt. Autos mit Verbrennungsmotor werden laut Statista hingegen nur zwei bis vier Mal im Monat betankt. Die Ladeklappe der Elektrofahrzeuge ist deshalb eine zentrale Funktion, die komfortabel zu bedienen sein sollte.*

VON RAHUL NAIK, FIELD APPLICATION ENGINEER IN DER AUTOMOTIVE BUSINESS UNIT (ABU) BEI RUTRONIK

**W**er an E-Fahrzeuge denkt, stellt sich in der Regel ein Produkt vor, in dem modernste Technologie verbaut ist. Diesem Anspruch sollte auch die Ladeklappe genügen. Denn das Aufladen ist ein unvermeidbarer Vorgang, der im Alltag häufig vorkommt. Dieser sollte nicht nur sicher, sondern auch so komfortabel wie möglich sein.

Die Ladeklappe spielt hier eine entscheidende Rolle, weil sie dem Ladevorgang zunächst im Weg steht. Doch sie ist nötig, um den Ladeanschluss vor Umwelteinflüssen und anderen äußeren Einwirkungen zu schützen und seine Lebensdauer zu verlängern. Neben den manuell zu bedienenden Abdeckungen, die bei herkömmlichen Fahrzeugen dominierend sind, gibt es gerade bei elektrischen Fahrzeugen immer mehr elektrische Ladeklappen. Hier bietet es sich an, diese mit optischen und funktionalen Details aufzuwerten.

*Beleuchtung verbessert das Laden in der Dunkelheit*

Bei Ladevorgängen in der Dämmerung oder Dunkelheit erleichtert eine Lichtquelle direkt am Ladeanschluss das Einstecken des Lade Steckers erheblich. Hierfür empfehlen sich energieeffiziente LEDs, die viel Gestaltungsfreiheit lassen. So können mit Farbe und Form der LED-Anzeige auch Informationen über den Ladevorgang und den Ladestand der Batterie angezeigt werden. Um solche Funktionen umzusetzen, benötigen LEDs dedizierte Treiber-ICs, über die Farben und Helligkeit der LEDs gesteuert werden.

Ein solcher Treiber für RGB- und RGBW-LEDs ist der E521.39 von Elmos (Bild 1). In nur einem Chip vereint er einen integrierten Mikrocontroller mit Flash-Speicher sowie einen



Bilder: Elmos Semiconductors



LIN-Transceiver und vier integrierte Stromquellen. Der LED-Treiber unterstützt die LIN-Autoadressierung. Jeder der vier Treiber kann externe Lasten mit einer Stromstärke von bis zu 60 mA treiben. Damit bietet der E521.39 aktuell den höchsten Ausgangsstrom pro Kanal auf dem Markt. Für jeden Kanal steht ein Pulsweitenmodulations(PWM)-Generator mit einer Auflösung von 16 bit zur Verfügung. Über seine LIN-Schnittstelle lässt sich für jeden Ausgang das PWM-Tastverhältnis individuell einstellen. Eine Temperatur- und Spannungskompensation stellt sicher, dass die eingestellte Farbe der RGB-LEDs eingehalten wird. So ausgestattet, ermöglicht der E521.39 stabile Ausgangsfarben bei allen Witterungsbedingungen sowie unterschiedliche Farben je nach Ladezustand des Fahrzeugs.

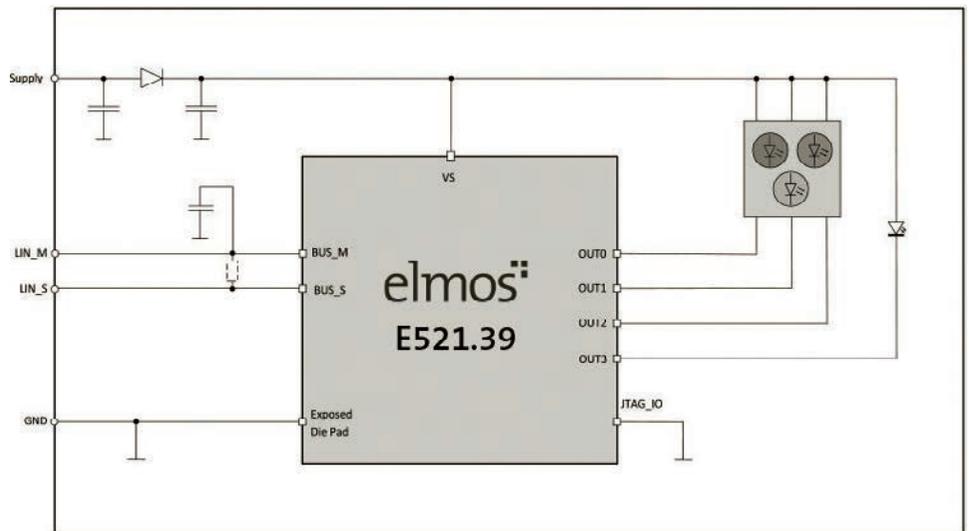


Bild 1: Der RGBW-LED-Treiber E521.39 von Elmos Semiconductor verfügt über einen integrierten Mikrocontroller und LIN-Transceiver, vier PWM-Generatoren und vier Stromquellen sowie Diagnosefähigkeiten.

Der typische Stromverbrauch des Treibers liegt im Schlafmodus bei 15–30 µA über den gesamten Temperaturbereich. Für den Automotive-Einsatz wird der erforderliche Temperaturbereich von -40 °C bis +125 °C eingehalten (AEC-Q100-Qualifizierung).

*Berührungslose Steuerung*

Ob man die Hände voll hat oder sie nicht schmutzig machen möchte – das berührungslose Öffnen und Schließen der Ladeklappe kann ein weiterer echter USP für den Endkunden sein.

Der Controller E909.21 von Elmos Semiconductor ermöglicht dabei sogar die Erkennung verschiedener Gesten. Er basiert auf der Elmos-eigenen, bewährten Halios-Technologie. Diese erzielt eine zuverlässige Objekterkennung, indem sie den Infrarot-Lichtstrahl, der vom zu erfassenden Objekt reflektiert wird, mit einem Referenzlichtstrahl vergleicht. Der E909.21 punktet mit hoher Empfindlichkeit und einer ungeschlagenen Immunität gegen Umgebungslicht von bis zu 200 000 Lux sowie Schutz gegen schnelle Änderungen des Umgebungslichts. Zudem braucht er während der gesamten Fahrzeuglebensdauer nicht kalibriert zu werden. Die Halios-Frequenz ist bis 1 MHz skalierbar, sodass Interferenzen mit an-

deren optischen Systemen ausgeschlossen werden können (Bild 2).

Der E909.21 ermöglicht den Anschluss von zwei Empfänger- und vier LED-Treibern mit jeweils 100 mA Treiberleistung, die sich für höhere Ströme auch parallel kombinieren lassen. Der integrierte 16-bit-Mikrocontroller kommt mit Flash-Speicher, SRAM, High-Speed-I<sup>2</sup>C, SPI und ist über Zwei- oder Vierdraht-JTAG programmierbar.

Mit der E909-Produktfamilie, zu der auch der E909.21 gehört, bietet Elmos Semiconductor auch für andere HMI-Konzepte skalierbare Produkte. Beispielsweise ist der E909.23 für die Gestensteuerung mit Touch-Displays im Fahrzeug optimiert. Er basiert ebenfalls auf der Halios-Technologie, besitzt somit auch die Vorteile der hohen Empfindlichkeit, Immunität gegen Umgebungslicht und schnelle Helligkeitsänderungen sowie automatischer Kalibrierung.

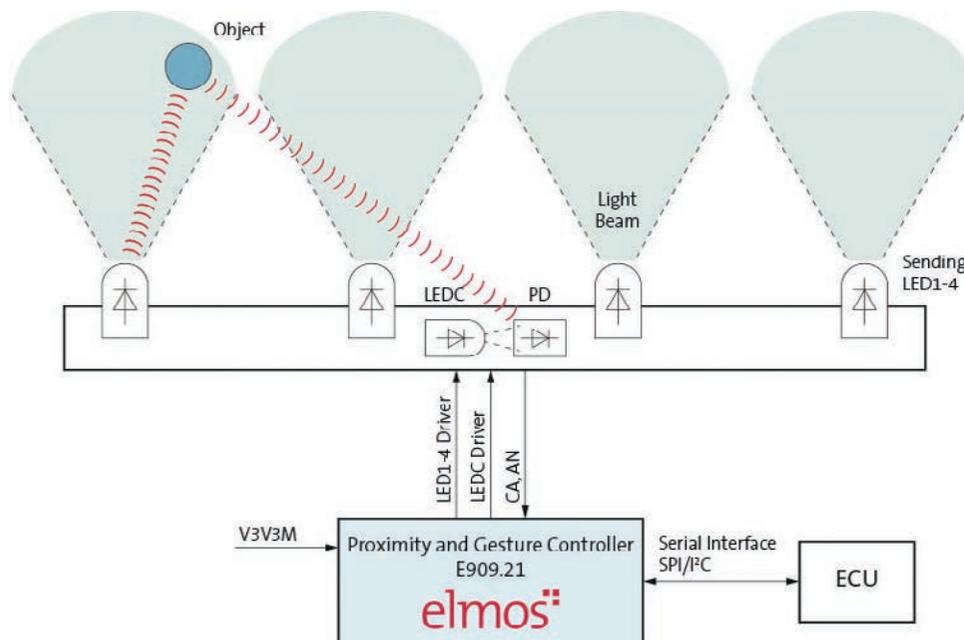


Bild 2: Durch die Halios-Technologie erreicht der Controller E909.21 von Elmos Semiconductor eine hohe Empfindlichkeit und Immunität gegen Umgebungslicht und schnelle Helligkeitsänderungen.

*Ladeklappe mit Antrieb*

Zur berührungslosen Steuerung der Ladeklappe wird selbstverständlich auch ein Antrieb benötigt. Dafür kommen in der Regel Aktoren zum Einsatz, die aus einem Motor, einem Getriebe und einem entsprechenden Treiber-IC bestehen. Die Treiber-ICs haben die Aufgabe, den Motor flexibel anzusteuern, um die Klappe sanft zu öffnen und zu schließen. Um immer die optimale Ansteuerung des Motors bestimmen zu können, muss u. a. die Position der Klappe überwacht werden.

Hierfür hat Elmos Semiconductor ebenfalls einen kostenoptimierten Chip im Portfolio:

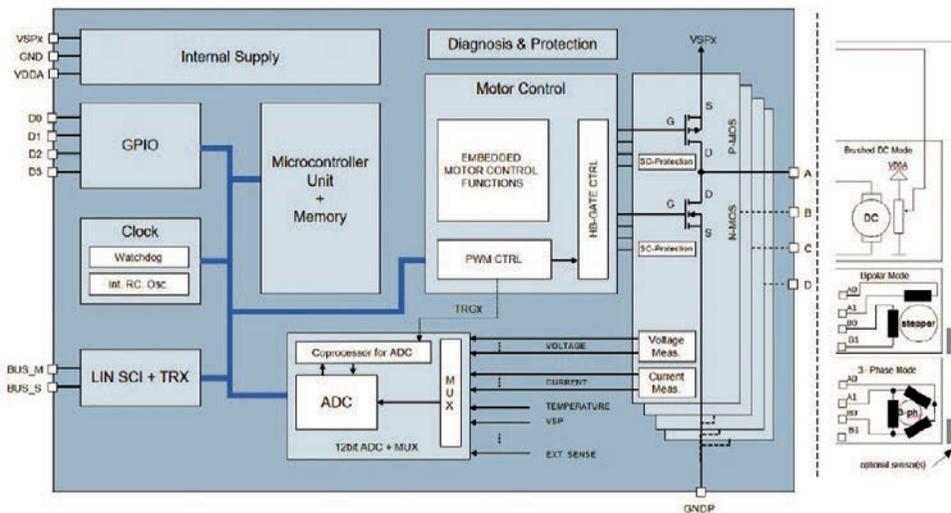


Bild 3: Der E523.63 ist ein All-in-One-Chip für Aktor- und Lüfteranwendungen mit geringer bis mittlerer Leistung.

den voll integrierten System-on-a-Chip(SoC)-Controller E523.63 (Bild 3). Er ermöglicht eine hochpräzise Motorsteuerung für Treiberströme bis zu 1 A. Er ist für den Antrieb eines dreiphasigen bürstenlosen Motors (BLDC), eines zweiphasigen Schrittmotors oder von bis zu

zwei herkömmlichen Gleichstrommotoren ausgelegt. Hierfür kombiniert er einen 32-bit-Arm-Cortex-M23-Mikrocontroller und einen analogen Motortreiber in einem kleinen TSSOP16-EP-Gehäuse. Sein integriertes Messsystem liefert alle Eingangssignale für die sen-

sorlose Kommutierung im geschlossenen Regelkreis sowie zahlreiche Überwachungs- und Diagnosefunktionen.

Für größere Leistungen mit Treiberströmen über 1 A bietet Elmos den E533.06. Der SoC-Controller basiert auf einem 32-bit-Arm-Cortex-M4-Mikrocontroller und kombiniert einen 96 kB großen Programmspeicher, modernste Koprozessoren und die analogen Gate-Treiber in einem QFN48-Gehäuse. Die integrierten PWM- und ADC-Beschleuniger verbessern die Leistung für die sensorlose Single-Shunt-Motorsteuerung. Das ermöglicht fortschrittliche Steuerungsalgorithmen wie Field-Oriented Control (FOC) bei geringer CPU-Last. Sowohl der E523.63 als auch der E533.06 sind AEC-Q100-qualifiziert und erfüllen die Norm ISO 26262 (ASIL B). Ihr weiter Temperaturbereich umfasst  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Alle vorgestellten ICs lassen sich durch die implementierten Mikrocontroller flexibel an neue Systeme und Ideen anpassen und sind damit gerüstet für zukünftige Anforderungen. ■

Anzeige

Apacer

sps

smart production solutions

Booth 6-350

SLC  
liteX  
Up to  
100K P/E Cycles

## Apacer SLC-liteX

Optimizes 3D NAND SSDs  
to Reach the Industry's Highest 100K P/E Cycles

Maximizing Digital Storage Endurance and Cost-effectiveness



SATA SSD



PCIe SSD



Industrial Card and USB Series

The most reliable storage for industries  
Apacer Technology B.V.  
www.apacer.com sales@apacer.nl



CO<sub>2</sub>-Sensor überwacht Luftqualität im E-Auto

# Die Effizienz von Klimaanlage erhöhen

*Wie CO<sub>2</sub>-Sensoren in Elektrofahrzeugen dazu beitragen, eine gesunde Luftqualität im Fahrzeuginnenraum aufrechtzuerhalten und gleichzeitig die Batteriebensdauer und Reichweite zu verlängern.*

VON EDGAR SCHÄFER,  
FIELD APPLICATION ENGINEER IN DER  
AUTOMOTIVE BUSINESS UNIT (ABU)  
BEI RUTRONIK

Zu den größten Herausforderungen bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen gehören die Reichweite und die Batteriebensdauer. Ein Weg, um diese zu erhöhen, ist eine verbesserte Effizienz des gesamten Fahrzeugs. Allerdings gibt es große Verbraucher im Automobil, die dem entgegenstehen. Einer davon ist die Klimaanlage. Der Elektroantrieb erzeugt weniger Verlustleistung als ein Verbrennungsmotor und somit auch weniger Abwärme, die sich zum Heizen des Innenraums nutzen lässt. Das heißt, bei Elektrofahrzeugen muss zusätzlich elektrisch geheizt werden, um die gewünschten Temperaturen zu erreichen bzw. zu halten.

## Wege zum effizienten Klimasystem

Ein Weg, um die Effizienz des Klimasystems zu erhöhen, ist es, die Luft im Innenraum wiederzuverwenden (Umluft). Im Winter wird die bereits aufgewärmte Luft erneut erwärmt, im Sommer wird die klimatisierte Luft erneut gekühlt und in den Innenraum gegeben. Da nur eine geringere Temperaturdifferenz überbrückt werden muss, ist weniger Energie nötig.

Ein großer Nachteil dieser Methode ist, dass keine frische Zuluft dem Innenraum zugeführt wird. Wird die verbrauchte Luft nicht erneuert, steigt der CO<sub>2</sub>-Wert an und die Qualität der Raumluft verschlechtert sich immer weiter. Die Folge können Kopfschmerzen, Müdigkeit und ein unangenehmes Fahrgefühl sein. Dies stellt eine potenzielle Gefahrenquelle im Straßenverkehr dar, denn bereits ab einem CO<sub>2</sub>-Gehalt von 1000 ppm werden Lüftungsmaßnahmen nötig.

Abhilfe bietet eine Steuerung mithilfe von CO<sub>2</sub>-Sensoren. Werden diese in das Klimasystem des Fahrzeugs integriert, überwachen sie die Luftqualität im Fahrzeug. Bei entsprechend hohen CO<sub>2</sub>-Werten kann eine Warnung erfolgen oder es wird direkt Frischluft beigegeben, um eine gesunde Luftqualität aufrechtzuerhalten.

Die Wahl des passenden Sensors für die Anwendung in Elektrofahrzeugen hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dazu gehören die Größe des Fahrzeugs, der gewünschte Messbereich und die Art der Messung. Weiterhin sind die Abmessungen, Performance und Kosten der Sensoren entscheidend.

## Kleiner und präziser CO<sub>2</sub>-Sensor

Ein CO<sub>2</sub>-Sensor mit besonders kleinem Formfaktor (14 mm × 13,8 mm × 7,5 mm) ist der Xensiv PAS von Infineon (Bild 1). Dieser reduziert den Platzbedarf um mehr als 75 Prozent im Vergleich zu handelsüblichen CO<sub>2</sub>-Sensoren.

Gleichzeitig bietet er eine präzise CO<sub>2</sub>-Messung auf Basis der MEMS-Technologie. So integriert der CO<sub>2</sub>-Sensor Xensiv PAS auf einer Leiterplatte einen photoakustischen Wandler einschließlich Detektor, eine Infrarotquelle



Bild 1: Der CO<sub>2</sub>-Sensor Xensiv PAS von Infineon basiert auf der PAS-Technologie.

und einen optischen Filter, einen Mikrocontroller für die Signalverarbeitung und Algorithmen sowie einen MOSFET-Chip zum Betreiben der Infrarotquelle.

Der integrierte Mikrocontroller führt ppm-Berechnungen sowie erweiterte Kompensations- und Konfigurationsalgorithmen durch. Das Ergebnis ist der echte CO<sub>2</sub>-Gehalt und nicht nur eine Korrelation. Zudem sind verschiedene Konfigurationsoptionen (z. B. Messfrequenz, Baseline-Kalibrierung) und Schnittstellen (UART, I<sup>2</sup>C, PWM-Interface) verfügbar. Das Spektrum für die CO<sub>2</sub>-Messung umfasst einen Bereich von 0 ppm bis 32 000 ppm. Die Genauigkeit liegt bei ±30 ppm ±3 Prozent des abgelesenen Messwertes. Der Hersteller garantiert sie für den Messbereich von 400 bis 5000 ppm, was für diesen Einsatzbereich vollkommen ausreichend ist. Denn die typische Atmosphäre weist einen CO<sub>2</sub>-Gehalt von 400 ppm auf; in der Fahrzeugkabine liegt der Wert in der Regel darüber.

Weitere Vorteile für Kunden liegen im Produktionsverfahren. Infineon bietet nach eigenen Angaben den ersten SMD-fähigen CO<sub>2</sub>-Sensor (SMD-Gehäuse, verfügbar auf Tape & Reel) an, der dem internationalen JEDEC-Standard für die bleifreie Oberflächenmontage im Reflow-Verfahren entspricht – für eine einfache Montage sowie Systemintegration auch bei großen Produktionsvolumen.



Bild 2: Mikrocontroller PSoC 4100S Max zur Datenauswertung

Der CO<sub>2</sub>-Sensor Xensiv PAS überzeugt zudem durch eine hohe Flexibilität dank einer Vielzahl von Konfigurationsoptionen, wodurch eine schnelle Markteinführung möglich ist. Weiterhin ist ein Evaluation-Kit erhältlich, bestehend aus dem Xensiv PAS sowie einem Mikrocontroller der PSoC-4100S-Familie zum Auswerten der Daten.

Die Eigenschaften und Fähigkeiten des Xensiv PAS machen den Sensor somit zur optimalen Wahl für den Einsatz zur intelligenten Steuerung von Klimaanlage in E-Autos. Zum einen gewährleistet er die optimale Luftqualität und trägt damit auch zur Sicherheit der Passagiere bei. Zum anderen erhöht er die Effizienz und dadurch die Reichweite und Batterielebensdauer. ■

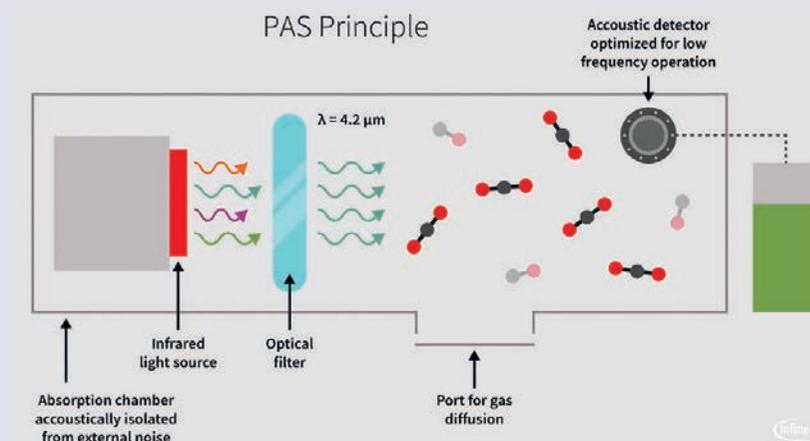


## Photoakustische Spektroskopie (PAS)

Die PAS-Methode basiert auf dem photoakustischen Effekt (Bild): Gasmoleküle absorbieren Licht einer bestimmten Wellenlänge und dehnen sich dadurch aus. Bei Kohlenstoffdioxid ist es die Wellenlänge 4,2 µm.

Durch eine Infrarotquelle werden Lichtimpulse in schneller Folge ausgestrahlt. Über einen optischen Filter, der speziell auf CO<sub>2</sub>-Moleküle abgestimmt ist, gelangt nur Licht mit einer Wellenlänge von 4,2 µm in die Sensorkammer. Die CO<sub>2</sub>-Moleküle in der Sensorkammer absorbieren die Energie.

Durch schnelle Erwärmung und Abkühlung kommt es zu thermischer Ausdehnung und Kontraktion. Dies erzeugt eine Druckänderung, welche durch den hochempfindlichen MEMS-Detektor erfasst wird. Je hö-



Photoakustische Spektroskopie zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Konzentration

her die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Kammer ist, desto stärker ist auch das Signal. Die Signalverarbeitung erfolgt durch einen integrierten Mikrocontroller, der das Ergebnis in Echtzeit als ppm (Parts per Million)

ausgibt. Für eine möglichst präzise Ausgabe des Ergebnisses ist der akustische Detektor für niedrige Frequenzen optimiert und die Absorptionskammer akustisch von externen Geräuschen abgeschirmt.



Referenzdesigns für elektrische 48-V-Leichtfahrzeuge

# Micromobility nimmt Fahrt auf

*Viele Länder haben sich zu Klimazielen verpflichtet. Um diese zu erreichen, gilt es auch, den Verkehr in Städten emissionsfrei zu gestalten. Dabei spielt nicht nur die Elektrifizierung von PKWs eine bedeutende Rolle, auch elektrische Leichtfahrzeuge können maßgeblich dazu beitragen.*

VON SALVATORE POTESTIA,  
BUSINESS DEVELOPMENT MANAGER, UND  
RALF HICKL, PRODUCT SALES MANAGER IN  
DER AUTOMOTIVE BUSINESS UNIT (ABU),  
BEIDE BEI RUTRONIK

**E**lektrische Leicht- oder Kleinstfahrzeuge (Low-Speed Electrical Vehicles, LSEV) sind ideal, um kurze Strecken im urbanen Raum zurückzulegen. Hinzu kommen die strengeren Umweltschutzanforderungen in immer mehr Städten, z. B. in Form von beschränkten Verkehrszonen, die diesen Fahrzeugen einen Aufschwung bescheren dürften. So geht P&S Intelligence davon aus, dass der globale Markt von 35,2 Mrd. US-Dollar im Jahr 2017 auf 68 Mrd. US-Dollar im Jahr 2025 anwächst. Der größte Anteil wird dabei auf Ländern mit hohen Bevölkerungszahlen und vielen dicht besiedelten Gebieten wie China und Indien entfallen. Dementsprechend nimmt auch die Produktion der elektrischen Leichtfahrzeuge, z. B. in China, zu: Research In China prognostiziert einen Zuwachs von 2021 bis 2025 von 15 Millionen Fahrzeugen.

## Vielfalt der Mikromobilität

Die auch unter dem Begriff »Micromobility« zusammengefassten elektrischen Klein- und Leichtfahrzeuge umfassen ganz unterschiedliche Fahrzeugarten. Sie dienen entweder als Nutzfahrzeug oder für den Personenverkehr in städtischen Gebieten. Da sie sich unterhalb der PKW-Klasse befinden, unterscheiden sich die Anforderungen bezüglich Typenzulassung deutlich von denen klassischer PKWs. Eine Bauform sind z. B. zweirädrige Fahrzeuge. Dazu gehören e-Roller, e-Bikes sowie Pedelecs inklusive zwei-, drei- oder vierrädrigen Lastenrädern. Weil letztere eine schnelle Fortbewegung in dicht bewohnten Stadtzentren ermöglichen und einen gewissen Stauraum bieten, sind sie insbesondere bei Dienstleistern wie Paketboten oder Lieferdiensten beliebt, aber auch bei Familien.

Zu den dreirädrigen Fahrzeugen zählen Krafträder mit Beiwagen für den privaten Gebrauch und kleine PKWs, z. B. der Piaggio Ape. Sie eignen sich für die Personenbeförderung, etwa im Tourismusbereich; außerdem kommen sie im Postverkehr zum Einsatz.

Die vierrädrigen Modelle reichen vom e-Quad über kleine e-Autos wie der Renault Twizy bis zu kleinen e-Vans. Je nach Größe und Ausführung werden sie für unterschiedliche Anforderungen im Wirtschafts- und Personenverkehr eingesetzt.

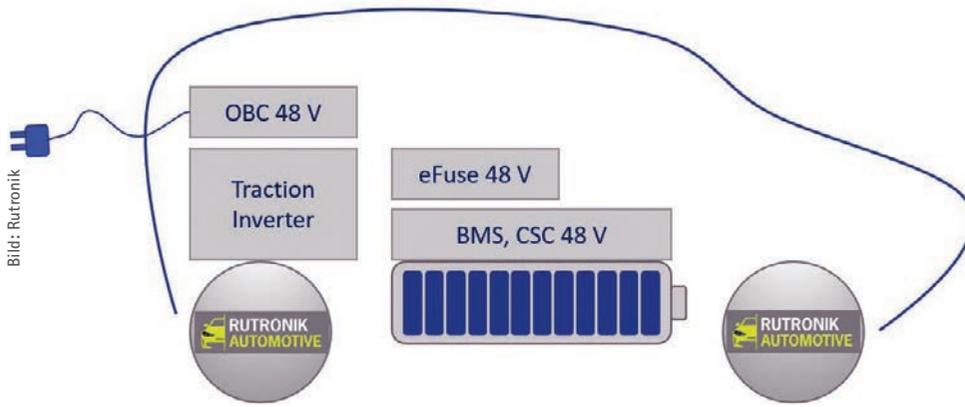
## Leistung, Geschwindigkeit und Reichweite der kleinen Leichten

Entsprechend ihrer Fahrzeugklasse kommen die Leichtfahrzeuge auf unterschiedliche Geschwindigkeiten und Nennleistungen. Mit den Mikromobilen und leichten zweirädrigen

Bild: Scharfsm/Shutterstock



Um die steigende Nachfrage zu decken, wird die Produktion von elektrischen Leichtfahrzeugen in China in den nächsten Jahren deutlich zunehmen.



Die elektronischen Power-Applikationen in einem LSEV

Fahrzeuge lassen sich maximal 25 km/h erreichen. Sie haben typischerweise eine Nennleistung von 1 kW. Die größeren zwei- und dreirädrigen Typen haben im Allgemeinen eine Maximalleistung von 4 kW und fahren maximal 45 km/h. Leichte vierrädrige Fahrzeuge sind ebenfalls mit dieser Höchstgeschwindigkeit unterwegs; ihre Nennleistung kann bis 6 kW betragen. Die schweren vierrädrigen Modelle mit einer Nennleistung von 15 kW erreichen hingegen bis zu 90 km/h. Die Reichweite der Leichtfahrzeuge unterscheidet sich je nach Leistung; viele kommen mit einer Batterieladung rund 150 km weit.

Referenzdesign für einen bidirektionalen HV-Schalter für 800 V DC und 50 A nun auch Beispiel-Applikationen für leichte Elektrofahrzeuge mit einem 48-V-Bordnetz. Dabei handelt es sich um den On-Board-Charger (OBC) für das Batteriesystem mit 48 V und den Traktionsinverter. Das Hauptaugenmerk der Designs liegt auf der Effizienz der Wandler, einer kompakten Bauweise mit geringer Bauhöhe und Qualität auf Automotive-Niveau. Integriert in ein Show-Car, wurde sie im September 2023 auf der electronica India erstmals vorgestellt.

### Referenzdesigns für Anwendungen in Low-Speed-Electric-Vehicles

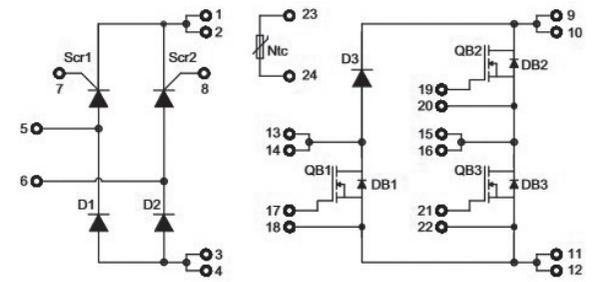
Aus den aufgeführten Gründen sieht auch die Automotive Business Unit (ABU) von Rutronik ein großes Potenzial für elektrische Leichtfahrzeuge. Deshalb entwickelt Rutronik gemeinsam mit Vishay nach dem erfolgreichen

### Der On-Board-Charger

Der OBC bietet eine maximale Ladeleistung von 3,6 kW. Seine Schlüsselbauelemente sind die neuen Power-Module VS-ENM040M60P, optimierte Power-Factor-Correction (PFC)-Spulen sowie ein eigens für diesen Einsatz entwickelter Übertrager. Ein Power-Modul integriert einen halbgesteuerten Eingangs-

gleichrichter, eine Diode und einen MOSFET für die Power-Factor-Correction sowie eine Halbbrücke für den Übertrager. Als Gehäuse kommt Vishays EMIPAK-1B zum Einsatz. Es ermöglicht höhere Leistungsdichten als ein Aufbau mit diskreten Halbleitern und sorgt mit seinen Pressfit-Kontakten für eine schnelle Montage mit sicheren Verbindungen zu einer Platine.

Eine wichtige Rolle spielen auch die passiven Bauteile, denn ihre Eigenschaften sind mitbestimmend für den Wirkungsgrad der Schaltung. Als Übertrager wird ein integrierter LLC-Transformator vom Typ MTBB133971 von Vishay Custom Magnetics verwendet. Die Resonanzinduktivitäten sind darin bereits enthalten.



Die Bauelemente in Vishays Power-Modul VS-ENM040M60P

### Der Traktionsinverter

Die Nennleistung des Traktionsinverters beträgt 15 kW bei einer kurzzeitigen Spitzenleistung von 25 kW. Als Leistungshalbleiter kommen Vishays N-Kanal-Automotive-TrenchFETs im Gehäuse PowerPAK 8x8L Reverse zum Einsatz. Dank des Gehäuses mit Top-Side-Cooling müssen sie nicht durch die Platine entwärmt werden, sondern können thermisch direkt mit einem Kühlkörper verbunden werden. Das reduziert den thermischen Widerstand und verbessert die Wärmeabfuhr.

### Fazit

Mit den neuen Referenzdesigns für Low-Speed-Electric-Vehicles haben Hardware-Entwickler und -Entwicklerinnen Designvorlagen, mit denen sie die Time to Market eines eigenen Schaltungsentwurfes entscheidend verkürzen können. Durch den Einsatz neuester Hochleistungsbauteile erreichen die Schaltungen eine hohe Leistungsdichte bei geringen Kosten.



Im Überblick

## Vorteile von Leichtfahrzeugen

### Für Entwicklerinnen und Entwickler, Hersteller

- geringere Sicherheitsvorschriften zu beachten
- geringere Kosten für den Motor und elektronische Komponenten im Vergleich zu 400-V- und 800-V-Fahrzeugen
- höhere Zuverlässigkeit der Bauteile im Vergleich zu 400-V- und 800-V-Fahrzeugen
- kein Risiko durch Hochspannung

### Für Nutzerinnen und Nutzer

- einfaches Laden an Standardsteckdosen
- praktisch für Kurzstreckenfahrten in städtischen Gebieten
- benötigen wenig Parkraum
- klimafreundliches Fahren
- z. T. auch in Umweltschutzzonen erlaubt

Rutronik System Solutions

# Der Distributor als Entwicklungs- und Forschungslabor

*Während Rutronik sein 50-jähriges Jubiläum feiert, werden die Rutronik System Solutions zwei Jahre alt. Mit ihnen schlägt der Distributor einen ganz neuen Weg ein. Wie weit Rutronik darauf schon gekommen ist und wo er hinführt, erläutern Stephan Menze, Head of Global Innovation Management, und Andreas Mangler, Director Strategic Marketing und Prokurist bei Rutronik.*

## Was macht Rutronik System Solutions zu etwas Neuem für Rutronik?

*Stephan Menze:* Wir kommen ja aus dem klassischen Bauteilvertrieb. Das heißt, dass alles – vom Produkt selbst über den Vertrieb und Support bis zu den Logistikprozessen – auf der Produktebene stattfindet. Mit Rutronik System Solutions bewegen wir uns auf der System- bzw. Lösungsebene, gehen also weit über die Produkte hinaus. Das hat teils fundamentale Auswirkungen.

## Welche sind das?

*Menze:* Es beginnt damit, dass wir selbst Boards und hochinnovative Lösungen entwickeln. Das bedeutet Entwicklungs- und Forschungsarbeit, wie sie nicht nur für Rutronik, sondern für die ganze Distribution absolut unüblich ist. Wenn die Systeme dann soweit sind, dass sie in den Vertrieb gehen, läuft der Prozess in der Regel genau andersrum als bisher: Er geht nicht zwingend von der Anfrage eines Kunden aus, sondern meist gehen wir auf den Kunden zu und stellen unsere Lösungen vor. Deshalb haben wir in den letzten zwei Jahren nicht nur unglaublich viel Entwicklungsarbeit geleistet, sondern auch neue Strukturen und Prozesse aufgebaut. Als ich 2015 bei Rutronik angefangen habe, war das noch eine ganz andere Welt. Für die Kolleginnen und Kollegen im Vertrieb bedeutet das neue Aufgaben, die mit komplexen, hoch erklärungsbedürftigen Systemen verbunden sind. Die interne Kommunikation und Schulungen sind deshalb ganz wichtig. Aktuell stanno wir sukzessive alle unsere Vertriebsbüros mit Koffern aus, in denen sich unser gesamtes Board-Portfolio befindet, und schulen die Vertriebsteams. Dabei starten wir in der DACH-Region; nach und nach folgen die anderen europäischen Länder sowie Asien und die USA. Außerdem haben wir eine

interne Smartphone-App entwickelt, damit wir Kunden unsere Lösungen vor Ort in Aktion vorführen können, zum Beispiel anhand von Live-Messungen.

## Wie sind die Rückmeldungen der Kunden bisher ausgefallen?

*Menze:* Von vielen Kunden – aber auch von Herstellern, denen wir unsere Entwicklungen präsentieren – hören wir sowas wie: »So intensiv, wie ihr das macht, macht das sonst Keiner.« Auf der Basis von Herstellerboards etwas zu entwickeln ist nicht unüblich in der Distribution; ganz eigene Lösungen zu kreieren schon. Das Feedback zeigt uns, dass wir den richtigen Weg gewählt haben. Infineon ist sogar so überzeugt von unseren Boards, dass sie diese in ihre Entwicklungssoftware integriert haben. Das heißt, Kunden können die Rutronik-Boards und unsere Beispiel-Software direkt in der Infineon-Entwicklungssoftware auswählen. Normalerweise ist es ja umgekehrt, da gibt es die Infineon-Produkte bei Rutronik. Der Hersteller hat den Mehrwert unserer Lösungen also klar erkannt.

## Und worin besteht der?

*Menze:* Vor allem in einer erheblich verkürzten Time to Market und einem geringeren Invest in die Vorentwicklung seitens des Kunden. Denn ein Großteil der Entwicklungsarbeit hat Rutronik schon übernommen. Wie weit das geht, hängt davon ab, ob es eine Lösung auf dem Design-Level, dem Advanced Design-Level oder dem Research-Level ist. Vor allem auf den oberen Levels ist es unser Ziel, Lösungen zu kreieren, die echte Pain-Points unserer Kunden lösen.

*Andreas Mangler:* Das Besondere dabei ist, dass wir immer vom Endkunden her denken,

also vom Kunden unserer Kunden. Indem wir diesen nächsten Schritt in der Wertschöpfungskette gehen, sehen unsere Kunden – also OEMs und Markenartikler – auch einen großen Mehrwert für sich. Unsere Entwicklungen auf Research-Ebene sind Next-Level-High-Tech-Produkte, bei denen auch die Ansprechpartner großer Unternehmen ins Staunen geraten.

## Nennen Sie uns doch ein paar Beispiele solcher Lösungen.

*Menze:* Das ist zum Beispiel HESS, unser hybrides Energiespeichersystem, oder die elektronische Nase, mit der wir mithilfe von KI konkrete Stoffe detektieren. Wir können damit also beispielsweise Kaffeesorten unterscheiden.

## In welchem Stadium befinden sich diese Projekte aktuell?

*Mangler:* Wir haben sie bereits patentieren lassen, von beiden sind jetzt auch Prototypen verfügbar, die schon von sehr großen, namhaften Pilotkunden evaluiert werden. Nach jahrelanger Entwicklungsarbeit ist das ein Riesen-Meilenstein. Auch wenn nicht jeder Pilotkunde tatsächlich ein Projekt sofort umsetzen wird, bin ich mir sicher, dass wir in ein oder zwei Jahren über einige konkrete Dinge sprechen werden.

## Wie geht es dann weiter, wenn der Kunde das Projekt realisieren möchte?

*Menze:* Um die Rutronik-Patente zu nutzen, muss er sich vertraglich dazu verpflichten, die Key-Komponenten des Boards für einen gewissen Zeitraum ausschließlich über Rutronik zu beziehen. Damit erhält der Kunde Zugriff auf das Kern-Know-how und die Freiheit, die patentierte Technologie zu nutzen; außerdem unterstützen wir ihn bei der Umsetzung seiner



Stephan Menze

„Auf der Basis von Herstellerboards etwas zu entwickeln ist nicht unüblich in der Distribution; ganz eigene Lösungen zu kreieren schon. Das Feedback zeigt uns, dass wir den richtigen Weg gewählt haben.“

konkreten Anwendung. Dieser Support geht weit über die Produkte hinaus, und die Kunden profitieren auch von den Erfahrungen, die unser Team bei der Entwicklung schon gemacht hat.

#### Ist damit die Forschungsarbeit erstmal abgeschlossen?

Mangler: Nein, wir treiben mehrere Projekte parallel voran. Zum Beispiel bei der Wespen-scheuche haben die Tests in den Laboren unserer Partneruniversitäten noch nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert, sodass wir



Andreas Mangler

„Wir schlagen die Brücke zwischen Forschung und Industrie. Und obwohl dabei Next-Level-High-Tech-Lösungen entstehen, sind es keine Boards voller »goldener Schrauben«, sondern wir nutzen ganz bewusst sofort verfügbare Bauteile unserer Franchisepartner.“



- For Electric and Hybrid Vehicle Applications:
- Radiator Grille Shutter
  - Refrigerant Chiller Valve Control
  - Drivetrain Coolant Distribution
  - HVAC Air Flow Direction
  - Seat Ventilation
  - Charge Door Motion and Plug Lock



## HVC 5x

### Compact Embedded Motor-Controller Family for BLDC, BDC, or Stepper Motors

The HVC 5x family from TDK-Micronas enables cost-effective realization of high-performance compact electric motor control thanks to the combination of an Arm® standard core with a wide range of additional functions.

- ◆ Enables cost-effective small automotive actuators with LIN connectivity
- ◆ Powered by a 32-bit CPU core (Arm® Cortex®-M3) and integrating high-performance analog functions
- ◆ From three to six integrated half-bridges to directly drive brushed, stepper, or brushless motors
- ◆ Analog and digital peripherals allow implementation of various motor control algorithms such as:
  - Sensor-less six-step commutation for brushless motors
  - Microstepping with cycle-by-cycle current limiting for stepper motors
  - DC-motor control with internal current sensing
- ◆ Small thermally efficient PQFN24 package with Grade 1 AEC-Q100 qualification

Want to know more about our embedded motor controllers? Explore [www.micronas.tdk.com](http://www.micronas.tdk.com) for more details.



das Projekt wieder in die Forschung und interne Vorentwicklung gegeben haben. Unser Ziel ist es, alle Level-4-Projekte an den Punkt zu bringen, an dem wir Kunden konkrete Mehrwerte bieten können. Im Forschungsbereich, in dem wir hier arbeiten, ist das ja nicht immer der Fall.

**Was meinen Sie, wenn Sie sagen: »zurück in die Forschung«?**

*Mangler:* Wir arbeiten schon einige Jahre sehr eng mit Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammen. Dadurch haben wir Verbindungen zu absoluten Top-Experten in unterschiedlichen Fachbereichen, mit denen wir uns auf höchstem Niveau austauschen. Unsere Aufgabe besteht darin, einerseits das Anforderungsprofil der Industrie in die Forschung zu geben, sodass Lösungen entstehen, die Unternehmen einen echten Vorsprung am Markt geben. Andererseits setzen wir das Forschungs-Know-how ins technisch Machbare um. Wir schlagen also die Brücke zwischen Forschung und Industrie. Und obwohl dabei Next-Level-High-Tech-Lösungen entstehen, sind es keine Boards voller »goldener Schrauben«, sondern wir nutzen ganz bewusst sofort verfügbare Bauteile unserer Franchisepartner.

**Was tut sich auf den anderen Ebenen von Rutronik System Solutions?**

*Menze:* Auf dem Level 3 haben wir unsere Base Boards. Das RDK2 haben wir schon 2022 releast, 2023 dann das RDK3 und RDK4. Auch hier sind wir also einen großen Schritt vorangekommen und haben unser Portfolio vorerst komplett. Im Moment konzentrieren wir uns auf das Level 2, das heißt, wir kombinieren Boards der Hersteller mit unseren und konstruieren so konkrete Beispielapplikationen.

**Was für Applikationen sind das?**

*Menze:* Ein Beispiel ist die Abstandmessung. Dafür verbinden wir ein Radarmodul von Infineon oder Nisshinbo, einen Time-of-Flight-Sensor von ams Osram oder – für eine einfache Anwesenheitserkennung – einen Infrarot-Sensor von Vishay mit unseren Base Boards. So kann der Kunde sofort mehrere Lösungen testen, die sich hinsichtlich Präzision und Preis unterscheiden – und das ohne Aufwand mit der Entwicklungsumgebung. Wenn das Hersteller-Board ein Arduino-Interface hat, das wir für die RDKs auch nutzen, lässt es sich einfach auf das RDK2, 3 oder 4 aufstecken. Die Entwicklungssoftware bekommt der Kunden auch von Rutronik. So kreieren wir nach und nach immer mehr konkrete Anwendungsfälle auf Basis unserer Boards, für die wir auch die entsprechenden User-Guides, App-Notes usw. entwickeln.

**Die RDKs sind also technisch austauschbar. Wodurch unterscheiden sie sich?**

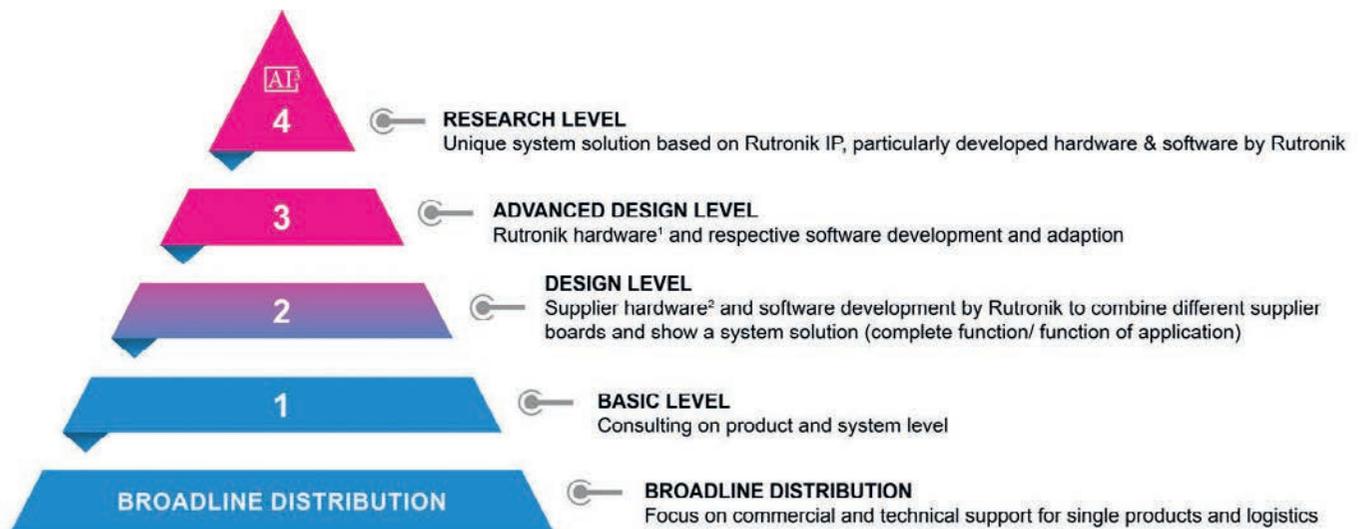
*Menze:* Ganz genau – die Base Boards haben wir bewusst nicht für einen konkreten Use-Case gestaltet, sondern so, dass sie breit einsetzbar sind. Der Unterschied besteht hauptsächlich im Mikrocontroller und den Schnittstellen. Dadurch ist jedes Board auf einen bestimmten Markt ausgerichtet: Das RDK2 ist für das Industrial IoT bzw. für Industrial Robotics. Das RDK3 hat einen Mikrocontroller mit Security-Features und Bluetooth-Low-Energy-Funktion, außerdem ist es deutlich kleiner und kompakter als das RDK2. Damit ist es ideal für IoT-Wireless-Geräte, z. B. für Smart Building, aber auch für Healthcare, wo Security eine Rolle spielt. Das RDK4 richtet sich an den Automotive-Markt, weil es einen Automotive-qualifizierten Mikrocontrol-

ler und entsprechende Schnittstellen hat. Außerdem bringt es genau die Features mit, die Entwicklerinnen und Entwickler brauchen, um kleine Motor-Control-Units für Fahrzeuge zu entwerfen.

**Damit nimmt Rutronik den Kunden viel an Entwicklungs-, teils auch Forschungsarbeit ab. Das erfordert ein immenses Vor-Invest.**

*Mangler:* Das stimmt. Wir sind jedoch überzeugt, dass wir damit den richtigen Weg eingeschlagen haben. Denn am Markt werden mehr und mehr Systemlösungen gefordert, und diese bietet Rutronik künftig verstärkt an. Damit heben wir uns in der Distributionslandschaft ganz klar heraus. Dass das von Kunden und Herstellern sehr positiv aufgenommen wird, darüber haben wir ja schon gesprochen. Inzwischen verfügen wir auch über ein festes Forschungsbudget. Die Rutronik-Geschäftsführung steht also voll hinter diesen Aktivitäten. Darauf sind wir sehr stolz, das gibt es in der klassischen Bauelemente-Distribution bisher so nicht.

*Menze:* Das gilt auch für den gesamten Bereich Rutronik Systems Solutions. Vor zwei Jahren sind wir mit zwei Leuten gestartet, inzwischen sind wir zu sechst. Damit haben wir nicht nur mehr zeitliche Ressourcen, sondern auch ein tolles Team mit hervorragendem Fachwissen in verschiedenen Disziplinen. Das hebt unsere Arbeit auf ein neues Niveau. Wir können Entwicklungen viel schneller vorantreiben und die Lernkurve geht steil nach oben. Die Dynamik, die dahintersteckt, macht richtig Spaß!



1 Own Rutronik basis platform, Starter Kits and Application modules  
2 Starter Kits, Evaluation Boards, Reference designs

Bild: Rutronik

Rutronik System Solutions umfasst vier Ebenen, die vom Fundament auf Produktebene bis zur Spitze mit selbstentwickelten, patentierten Systemen reicht.

nPM  
FAMILY

# The future of power management



## nPM1300 Power Management IC

*Stop using five or six separate chips in your power management design. Nordic's nPM1300 has everything you need in one PMIC, including some functions you didn't realize you needed. Until now.*

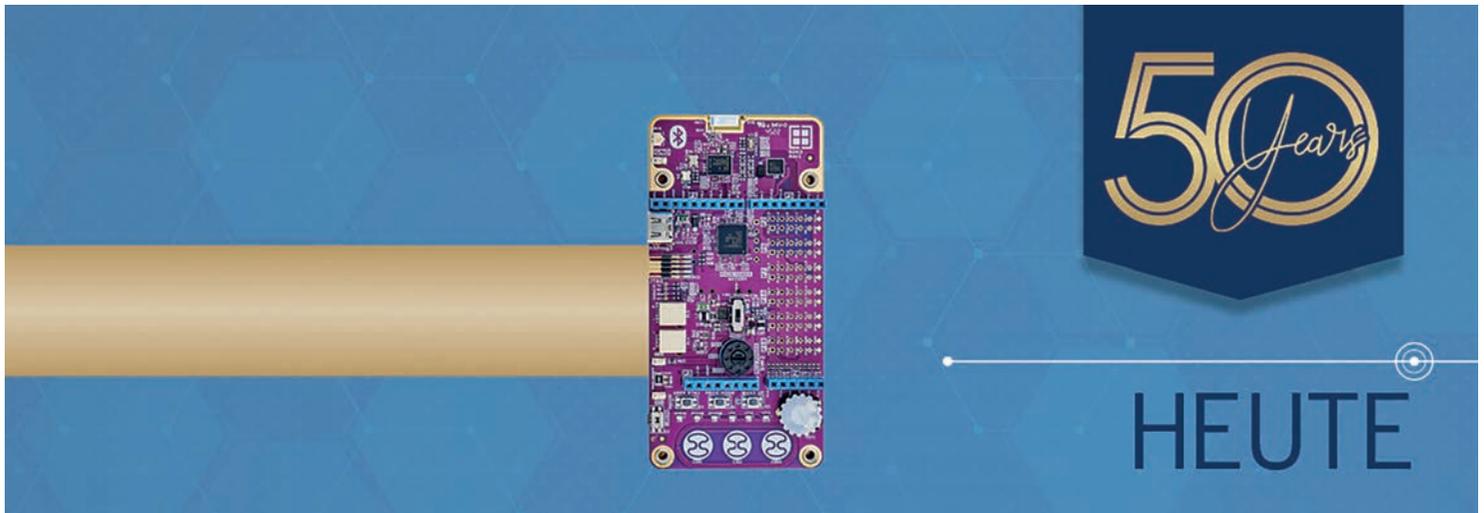
**START YOUR DEVELOPMENT TODAY**  
[nordicsemi.com/nPM1300](http://nordicsemi.com/nPM1300)



**NORDIC**<sup>®</sup>  
SEMICONDUCTOR

Die 2020er-Jahre

# Von den Komponenten zu den Systemen



Künstliche Intelligenz und Rutronik System Solutions sind die aktuellen Entwicklungen, die der Distributor aktiv verfolgt – nach dem Motto »alles aus einer Hand«.

**E**nde 2022 veröffentlichte OpenAI das Tool ChatGPT und demonstrierte, mit welchem atemberaubenden Tempo Anwendungen der künstlichen Intelligenz (KI) besser werden und sich verbreiten können. Gleichzeitig sorgten Fotos von Angela Merkel und Barack Obama turtelnd am Strand für eine breite Diskussion zu Möglichkeiten und Grenzen der KI. In der Industrie kommt sie weniger schlagzeilenträchtig, aber nicht minder beeindruckend zum Einsatz, z. B. zur Qualitätskontrolle und vorausschauenden Wartung, in der Konstruktion, für Bedarfsprognosen oder in der Robotik.

Die Basis: Big Data. Damit KI-Anwendungen Prognosen erstellen oder Bilder erkennen können, müssen leistungsfähige Mikroprozessoren immense Datenmengen verarbeiten können. Die Daten stammen häufig von Sensoren und werden über Kommunikations- bzw. Funktechnologien an andere Systeme gesendet. Weil in der Industrie oft eine Echtzeit-Datenverarbeitung gefordert ist, gewinnen Edge-Computing, also die Integration von Rechenleistung an den Netzwerkrand, sowie (Industrial) Ethernet an Popularität. Wie Speicherhersteller auf die steigenden Datenmengen reagieren, lesen Sie ab Seite 82.

Die Elektronikbranche war zu Beginn der 2020er-Jahre außerdem durch einen Mangel an Halbleitern und Lieferengpässe auch bei vielen anderen Bau-

teilen bestimmt. Wie sich die aktuelle Situation gestaltet und was noch zu erwarten ist, erfahren Sie im Interview ab Seite 55.

*Rutronik System Solutions:  
Mehrwert für die gesamte Wertschöpfungskette*

Mit »Rutronik System Solutions« geht Rutronik seit 2021 neue Wege: Ein eigenes Team entwickelt, auch in Zusammenarbeit mit Universitäten, Hochschulen und Forschungsinstituten, hochinnovative, teils patentierte Systemlösungen. Welche das sind, warum Rutronik das macht und was noch geplant ist, lesen Sie ab Seite 74.

Das Zwischenfazit nach 50 Jahren: Mehr als 1900 Mitarbeitende erwirtschafteten im Geschäftsjahr 2022 einen Umsatz von 1,28 Milliarden Euro und betreuten mehr als 40 000 Kunden. Mit über 80 Niederlassungen weltweit und Logistikzentren am Hauptsitz in Ispringen, in Austin (Texas), Hongkong und Shanghai (China) sowie Singapur und einer umfassenden Linecard mit Produkten von 150 Herstellern ist Rutronik gut aufgestellt für weiteres Wachstum.

*Möchten Sie mehr über Rutronik System Solutions sowie die Base- und Adapter-Boards erfahren? Dann finden Sie hier weitere Informationen:  
[www.rutronik.com/innovations](http://www.rutronik.com/innovations)*





Embedded-Designs – Made in Europe

# Vorteile durch Nähe

*Ereignisse wie der Ukraine-Krieg, Extremwetter oder Covid haben gezeigt, wie fragil die globalen Lieferketten sein können – und immer häufiger auch sind. Umso wichtiger werden Systeme und Komponenten aus Europa.*

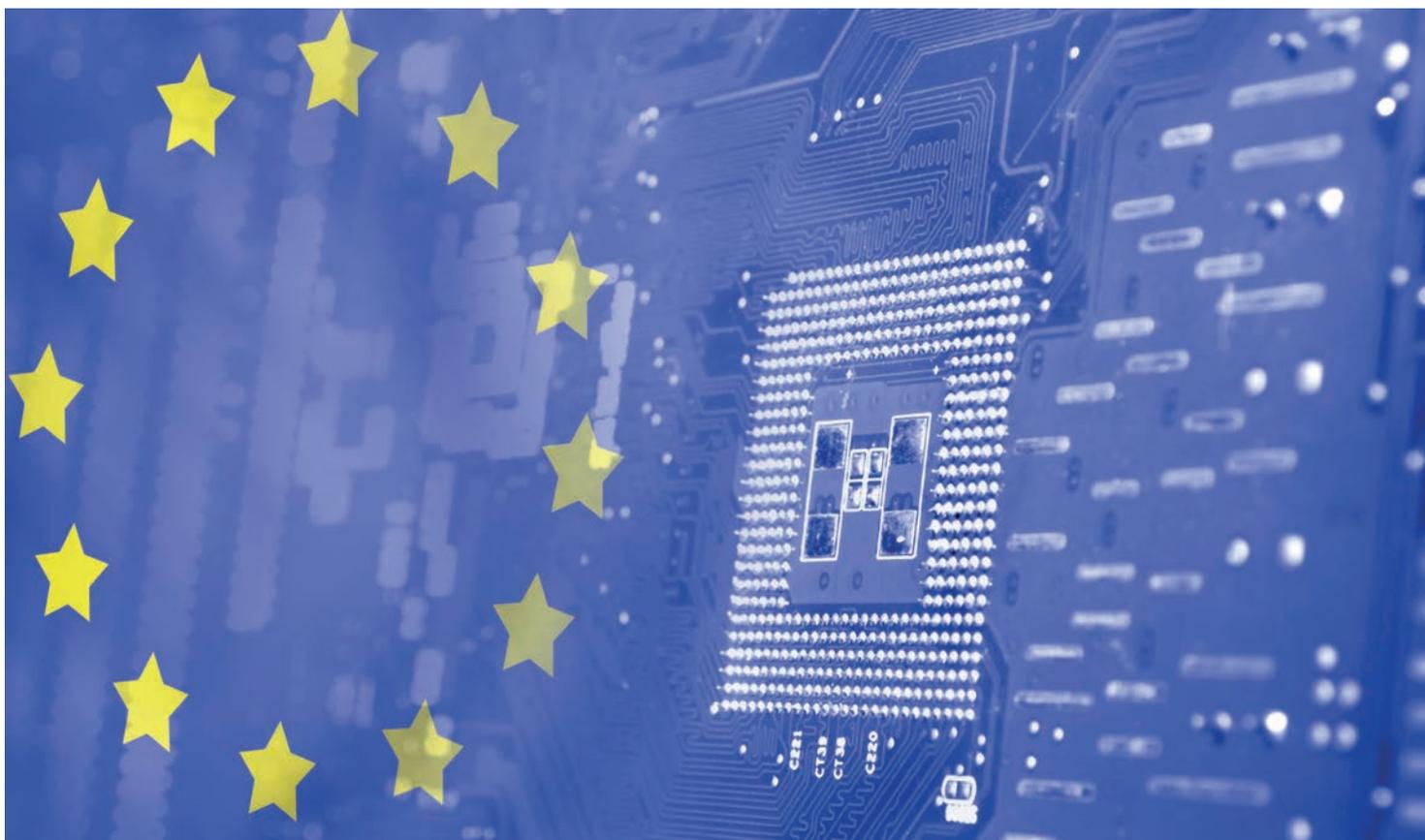


Bild: Popel Arseniy/Shutterstock

VON JOHANNES GASDE,  
CORPORATE PRODUCT MANAGER  
EMBEDDED & WIRELESS BEI RUTRONIK

Unternehmen, die für ihre Embedded-Designs auf Bauteile aus Europa zurückgreifen, sind oftmals deutlich resilienter aufgestellt als solche, die auf Hersteller aus den USA oder Fernost angewiesen sind. Das liegt nicht nur an kürzeren Transportwegen, verlässlichen politischen Systemen oder der oft bevorzugten Belieferung von Kunden auf demselben Kontinent. Auch die Nähe und damit eine meist bessere Kommunikation zwischen Komponenten- oder Systemanbietern, Distributor, EMS und Unternehmen macht häufig den entscheidenden Unterschied. Gerade in Zeiten höherer Volatilität ist sie unverzichtbar, um Bedarfe, Kapazitäten und Lieferfähigkeit bestmöglich aufeinander abzustimmen. Mit Boards, zahl-

reichen Modulen und Systemen, Prozessoren, Flash-Speichern und DRAM-Modulen sowie Zubehör führt Rutronik alles, um Embedded-Designs zu realisieren. Für die meisten Komponenten – mit Ausnahme nur der CPU – findet sich in der Linecard auch ein etablierter Lieferant mit Sitz und Produktionsstätte in Europa. Grund genug, sie hier vorzustellen.

## *Motherboards von Kontron*

Kontron entwickelt und produziert in Deutschland ein umfassendes Portfolio qualitativ hochwertiger, langlebiger und wettbewerbsfähiger Motherboards. Sie unterstützen die neuesten Prozessoren und Plattform-Chipsät-



Bild: Swissbit



Hochmoderne Produktion von Swissbit in Berlin

ze und sind in den Formfaktoren Mini-STX, Mini-ITX,  $\mu$ ATX und ATX verfügbar. Mit ihrer Auslegung für den 24/7-Dauerbetrieb, einem weiten Temperaturbereich von 0 °C bis 60 °C und einer Verfügbarkeit bis zu sieben Jahren nach Markteinführung eignen sie sich für ein breites Spektrum auch anspruchsvoller Anwendungen, von der Industrieautomation über POS/POI- und Kiosk-Anwendungen, Digital Signage und Casino-Gaming bis zur Medizin, Videoüberwachung und dem Transportwesen. Außerdem unterstützt Rutronik gemeinsam mit seinem Franchise-Partner Kontron seine Kunden mit Zubehör wie Gehäuse-Kits oder Add-on-Cards sowie wertvollen Services wie etwa detaillierten Dokumentationen, einem professionellen Life-Cycle-Management und Anpassungs-Tools.

#### *Computer-on-Modules und SBCs von Seco*

Seco vereint an Standorten unter anderem in Italien und Deutschland alle Prozesse und Dienstleistungen, die für die Herstellung von Boards und elektronischen Systemen für verschiedene Einsatzbereiche notwendig sind. Die Produktion am Hauptsitz in Arezzo (Italien) mit ca. 9000 m<sup>2</sup> ist sowohl auf Energieeffizienz als auch auf Innovation ausgerichtet. In Hamburg befinden sich auf ca. 8000 m<sup>2</sup> Produktion, Entwicklung, Verwaltung, Sales und Marketing. Am dritten großen Standort in Wuppertal ermöglichen kurze Wege zwischen Entwicklung und Produktion die schnelle und unkomplizierte Umsetzung von Prototypen, Vorserienprodukten und Kleinserien. Secos Produktionsanlagen sind ausgestattet

mit Maschinen für die SMT- und THT-Leiterplattenbestückung sowie Stationen für Washing, Conformal Coating, Depaneling und BGA-Rework. Kritische Prozesse bei der Produktion von elektronischen Bauteilen kann der Hersteller so umfassend überwachen und bei Problemen schnell und effektiv reagieren.

#### *Module und SBCs von F&S Elektronik Systeme*

Als Ingenieurbüro im Jahr 1990 gegründet, begann F&S Elektronik Systeme 1998 mit der eigenen Baugruppenfertigung. Bis heute wer-

den 100 Prozent aller Baugruppen in Stuttgart-Vaihingen auf modernen Fertigungsanlagen produziert, funktionsgeprüft und einer strengen Qualitäts- und Funktionskontrolle unterzogen (ISO 9001, ISO 13485). Zudem zeichnen sich die Systeme durch eine skalierbare Rechenleistung und eine Langzeitverfügbarkeit von bis zu 15 Jahren aus. Über 20 Hardware- und Software-Entwicklerinnen und Entwickler leisten schnellen und qualifizierten Support.

#### *IT-Assemblierung in Deutschland durch Extra Computer*

Mit den Eigenmarken exone, Calmo und Pokini deckt Extra Computer den Bereich der Computersysteme ab: Embedded-Box-PCs, Panel-PCs, 19"-Industrieserver, Boxed-IPCs und Notebooks. Am Hauptstandort in Giengen-Sachsenhausen wird IT-Hardware von Hand und auf modernen Fertigungsanlagen assembliert. Die zertifizierte Qualität (DIN EN ISO 9001) der Produktions- und Vertriebsprozesse sowie umfassende Qualitätskontrollen jedes einzelnen Systems gewährleisten eine gleichbleibende Bauweise und hohe Wertigkeit aller Systeme.

#### *Speicher und Sicherheitskomponenten von Swissbit*

Der Hersteller für Storage-, Security- und Embedded-IoT-Komponenten mit Hauptsitz in der Schweiz fertigt bis zu drei Millionen Artikel pro Monat in seiner Produktionsstätte in



Bild: Wilk Elektronik

Wilk Elektronik fertigt die DRAM-Module der Marke Goodram Industrial im südlichen Polen.

Berlin, die das Unternehmen erst Ende 2019 in Betrieb genommen hat. Hier steht eine Fläche von ca. 2600 m<sup>2</sup> für die Chip-on-Board- und Surface-Mount-Device-Fertigung (COB, SMD) zur Verfügung.

Die industriellen Speicher- und Sicherheitsprodukte von Swisbit zeichnen sich durch langfristige Verfügbarkeit und hohe Zuverlässigkeit aus. Sie eignen sich damit auch für anspruchsvolle Anwendungen in Industrie, NetCom und Automotive, in der Medizin, der Fiskalbranche und dem IoT. Für spezifische Anforderungen erhalten Kunden auch entsprechend optimierte Produkte.

*Speicher für die Industrie  
von Goodram Industrial*

Goodram Industrial ist eine Marke des polnischen Herstellers Wilk Elektronik. Sie umfasst Speicherkarten, USB-Sticks, SSDs und Speichermodule für den Einsatz in industriellen

Anwendungen, die häufig unter extrem rauen Bedingungen arbeiten. Die eigene Entwicklung, eine Produktionslinie in Polen, die erst 2003 in Betrieb genommen wurde, 30 Jahre Markt- und Produktionserfahrung sowie fortschrittliche Qualitätskontrollverfahren (Zertifizierung des Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 für Produktion und Vertrieb von DRAM-Modulen und Flash-Speicher) sorgen für innovative und hochwertige Produkte, die Wilk auch an spezifische Kundenanforderungen anpasst.

Zum technischen Support gehören etwa die langfristige Verfügbarkeit der Komponenten, Funktions- und Umweltdiagnostik sowie individuelle Schulungen und Beratung.

*Weitere Hersteller  
für Zubehör-Produkte*

Darüber hinaus führt Rutronik noch weitere Hersteller mit Sitz und Produktion in Europa,

die auf Zubehör-Produkte spezialisiert sind. So können Embedded-Designs auch mit Kühltechnik (EKL, HSM Zamecki), Gehäusen (Emko) und Netzteilen (Recom) »Made in Europe« umgesetzt werden.

*Belieferung und Support  
durch Rutronik*

Mit allen Herstellern unterhält Rutronik vertrauensvolle Lieferantenbeziehungen, die jahrelang durch persönliche Kontakte und gemeinsamen technischen Support gewachsen sind. Der Distributor sorgt nicht nur für eine bedarfsgerechte Belieferung, die technischen Experten aus dem Bereich Embedded & Wireless ergänzen den Hersteller-Service zudem mit Rutronik-eigenen validierten Speichertests (MemTest86) für verschiedene Motherboard-Speicher-Kombinationen. Damit können sich Kunden auf deren Funktionalität verlassen. Viele gute Gründe sprechen also für »Made in Europe«.

**Impressum**

Redaktion:  
Andreas Mangler – Rutronik, Director Strategic Marketing und Prokurist (Redaktionsleitung, verantwortlich für den Inhalt), Tel. +49 7231 801 0  
Markus Krieg – Rutronik, Chief Marketing Officer  
Christine Schulze – Christine Schulze PR | Kommunikation  
Andreas Brenner – Rutronik, PR Manager  
Dr. Alena Kirchenbauer – Rutronik, Team Leader International Communication

Anzeigenleitung: Ipek Baskurt – Rutronik, Communication Designer  
Schlussredaktion: Achim Grolman, Markt&Technik  
Layout und Design: Wolfgang Bachmaier, Markt&Technik; Alexander Zach, Markt&Technik

Druck: L.N. Schaffrath Druck Medien, Marktweg 42–50, 47608 Geldern

Herausgeber und Anschrift: Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH, Industriestr. 2, 75228 Ispringen, Tel. +49 7231 801 0, Fax +49 7231 82282

Urheberrecht: Alle in „Rutroniker, powered by Markt&Technik“ erschienenen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch an Übersetzungen, vorbehalten. Reproduktionen, gleich welcher Art, ob Fotokopie, Mikrofilm oder Erfassung in Datenverarbeitungsanlagen, nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages und des Herausgebers.  
Aus der Veröffentlichung kann nicht geschlossen werden, dass die beschriebenen Lösungen oder verwendeten Bezeichnungen frei von gewerblichen Schutzrechten sind.

Haftung: Für den Fall, dass in „Rutroniker, powered by Markt&Technik“ unzutreffende Informationen enthalten sein sollten, kommt eine Haftung nur bei grober Fahrlässigkeit des Verlages oder seiner Mitarbeiter und des Herausgebers in Betracht.

Auflage: 22.000 (deutsch) + 5000 (englisch)

Besonderer Dank:  
Alexander Marder – Rutronik, Junior International Content Marketing Manager  
Achim Grolman, Markt&Technik  
Christian Stadler, Markt&Technik

**Inserentenverzeichnis**

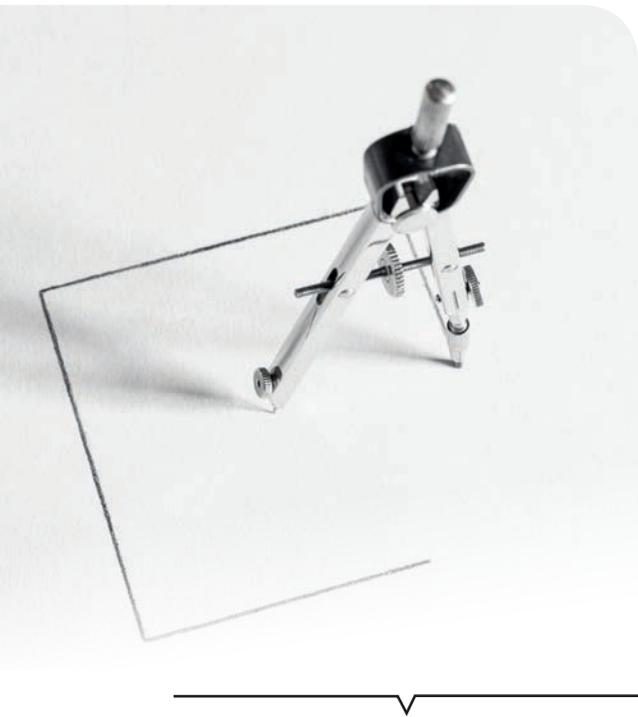
Apacer Technology B.V. ....	69
Christine Schulze PR   Kommunikation .....	57
INFINEON Technologies AG .....	84
INTEL Corporation (UK) LTD .....	2, 42–43
JAE Europe Ltd. ....	5
Kioxia Europe GmbH .....	11
Kontron Europe GmbH .....	7
KYOCERA AVX Components Corporation .....	27
Littelfuse Europe GmbH .....	25
Molex Interconnect GmbH .....	3, 49, 53
Murata Electronics Europe B.V. ....	33
Nordic Semiconductor ASA .....	77
Omron Electronic Components Europe B.V. ....	51
PUI Audio .....	45
RECOM Power GmbH .....	63
Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH .....	19, 65
Samsung Electro-Mechanics GmbH .....	83
TDK - Micronas GmbH .....	75
Vishay Europe Sales GmbH .....	37
Yageo Corporation .....	61



Pseudo-SLC kombiniert Vorteile von SLC- und TLC-/MLC-Speichern

# Die Quadratur des Kreises

*Die Aufgabe, Langlebigkeit und hohe Leistung mit geringen Kosten zu verbinden, gleicht der Quadratur des Kreises. Doch genau das ermöglicht bei Flash-Speichern die Pseudo-SLC-Technologie.*



VON RICHARD KLAUSER,  
CORPORATE PRODUCT SALES MANAGER  
BOARDS & STORAGE BEI RUTRONIK

**D**ie Datenmengen steigen in nahezu allen Bereichen exponentiell an – und mit ihnen der Bedarf an Speicherkapazität. Single-Level-Cell-Flash-Speicher (SLC) sind dafür bekannt, dass sie eine höhere Zuverlässigkeit, schnellere Lese- und Schreibgeschwindigkeiten und eine längere Lebensdauer als andere Speichertechnologien bieten. Allerdings sind SLC-Speicher teuer und haben eine geringe Speicherdichte, sodass sie sich für Anwendungen, die höhere Speicherkapazitäten erfordern, weniger eignen.

Multi-Level-Cell- (MLC) oder Triple-Level-Cell-Flash-Speicher (TLC) überzeugen hingegen mit hoher Speicherdichte und niedrigeren Kosten. Da sie jedoch eine zu geringe Haltbarkeit aufweisen, sind sie nicht für alle speicherintensiven Anwendungen eine Option. Diese Lücke zwischen der hohen Leistung und Langlebigkeit von SLC-Flash-Speichern und der hohen Dichte sowie den niedrigen Kosten von MLC-/TLC-Speichern schließt die Pseudo-SLC-Technologie (pSLC).

*Höhere Speicherdichte  
und Haltbarkeit bei geringeren Kosten  
pro Gigabyte*

Um eine höhere Speicherdichte und Haltbarkeit bei gleichzeitig niedrigeren Kosten zu erzielen, nutzt die pSLC-Technologie, auch bekannt als emulierter SLC oder Quasi-SLC, spezielle Programmieralgorithmen und Spannungspegel. Diese modifizieren das Verhalten von MLC- oder TLC-Flash-Speichern, um die Eigenschaften von SLC-Speichern, z. B. mehr Schreib-/Löschzyklen, niedrigere Fehlerraten

und schnellere Zugriffszeiten, nachzuahmen. Das führt zu einer höheren Zuverlässigkeit und Haltbarkeit, ohne dass die Speicherdichte darunter leidet.

Die Tabelle vergleicht die Parameter P/E-Zyklus (Program/Erase), W/R-Geschwindigkeit (Write/Read) und Preis pro GB verschiedener NAND-Flash-Technologien für den Industrieeinsatz.

Der Wechsel von TLC zu pSLC ist mit etwa den dreifachen Kosten für dieselbe Speicherkapazität verbunden, da die dreifache Menge an Flash-Speichern benötigt wird. Damit sind sie deutlich kostengünstiger als vergleichbare SLC-Speicher, die in der Regel für schreibintensive Anwendungen und ungünstige Umgebungsbedingungen eingesetzt werden: Sie kosten etwa das Zehnfache von TLC-Speichern. pSLC ist somit eine attraktive Alternative und der optimale Kompromiss zwischen preiswertem TLC- und teurem SLC-Speicher, denn er kombiniert eine längere Lebensdauer, hervorragende Leistung und Temperaturunempfindlichkeit zu einem Bruchteil der Kosten von echtem SLC-NAND.

Damit ist die pSLC-Technologie eine vielversprechende Option, um den sich ändernden Anforderungen an moderne Speichersysteme gerecht zu werden. Sie findet in vielen Bereichen Anwendung, in denen das Gleichgewicht zwischen Leistung und Kosteneffizienz wichtig ist, z. B. in eingebetteten Systemen, in der Industrieautomatisierung, in der Automobilindustrie und bei der Datenspeicherung von Unternehmen.

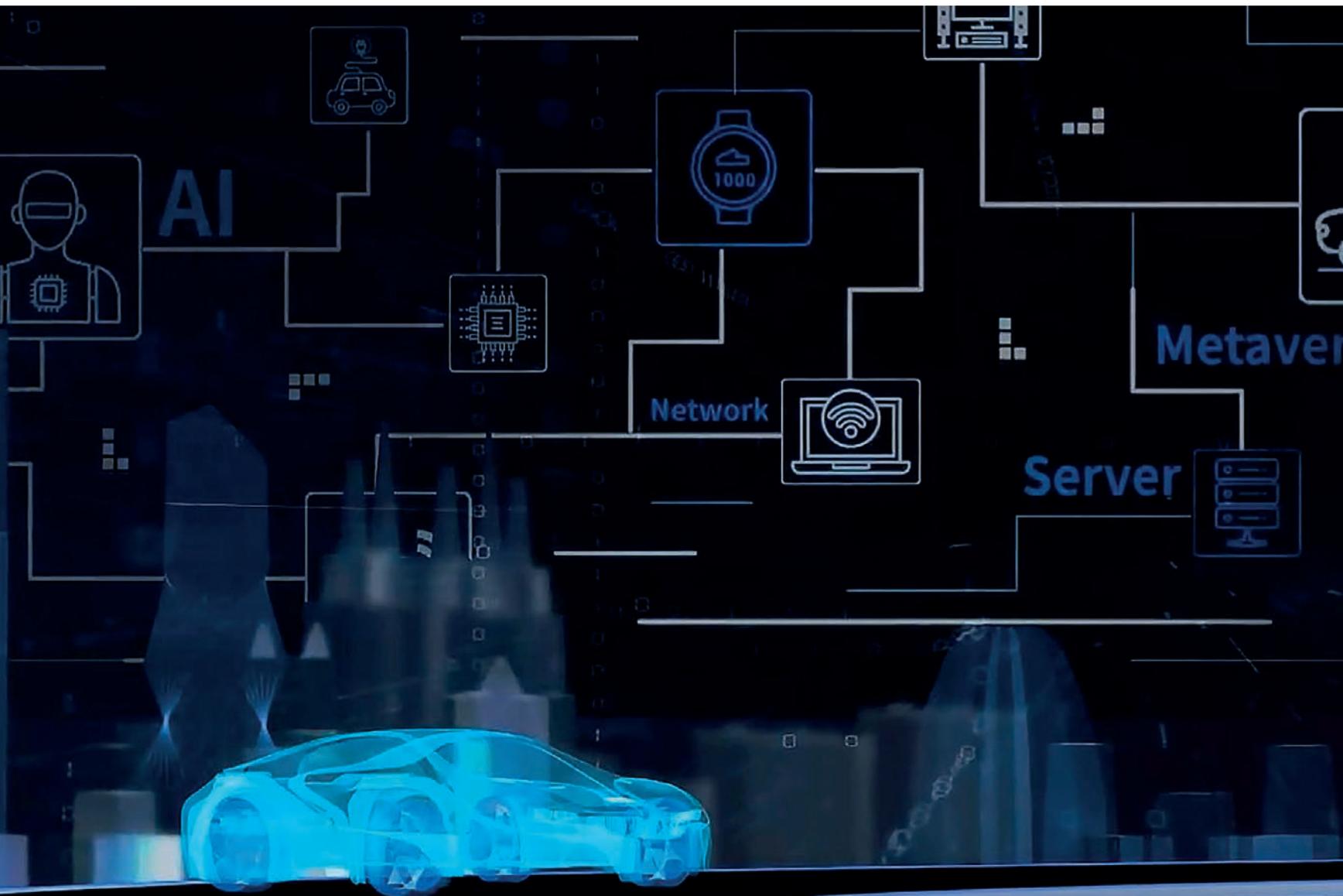
Mit den Herstellern Apacer, Swissbit und Transcend im Portfolio bietet Rutronik pSLC-Produkte in allen gängigen Formfaktoren: SD/microSD Cards, Compact Flash/CFast/CFExpress Cards, SATA-SSD 2.5/mSATA-SSD/M.2-SATA-SSD (2230/2242/2280)/Slim SATA-SSD, M.2-PCIe-SSD (2230/2242/2280), USB-Flash-Drives, Embedded-USB-Module, Embedded-MMC, BGA-PCIe-SSD.

NAND-Flash-Technologien im Vergleich  
(Quelle: Rutronik)

Industrial NAND Flash Type	Feature	P/E Cycle	W/R Speed	Price per GB
SLC	Single-Level Cell	Up to 60,000	++++	+
pSLC	Pseudo-SLC	Up to 100,000	+++	++
MLC	Multi-Level Cell	3,000	++	+++
TLC	Tri-Level Cell	3,000	+	++++

SAMSUNG  
ELECTRO-MECHANICS

SAMSUNG



---

## THE SMARTEST SOLUTIONS FOR YOUR APPLICATION

---

- High Quality MLCC
- Automotive MLCC
- Industrial MLCC
- High Cap / High Volt MLCC
- Commercial Grade MLCC
- Up to 5mm bending strength



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



# Wählen Sie den richtigen MCU für Ihre industriellen Anwendungen

Die Entwicklung von Industrieanlagen, die 365 Tage im Jahr rund um die Uhr laufen, ist aufgrund der hohen operativen Anforderungen alles andere als einfach. In sich ständig verändernden Umgebungen, in denen es vor allem auf Performance, Effizienz und Sicherheit ankommt, ist die Wahl des richtigen Mikrocontrollers (MCU) entscheidend für Ihren geschäftlichen Erfolg.

## XMC7000-Mikrocontroller von Infineon

Die hochwertige 32-Bit-XMC7000-MCU-Familie bietet erstklassige Rechenleistung und innovative Funktionen, die den Anforderungen von High-End-Industrieanwendungen entsprechen und einen echten Mehrwert generieren. Diese flexiblen Mikrocontroller verfügen über robuste Sicherheitsfunktionen und sorgen dafür, dass Ihre Anwendungen laufen – vor allem dann, wenn es darauf ankommt.



Weitere Infos finden Sie hier:  
[www.rutronik.com/xmc7200](http://www.rutronik.com/xmc7200)

