

Powered by

Markt & Technik

DIE UNABHÄNGIGE WOCHENZEITUNG FÜR ELEKTRONIK

2018 | D

trend
guide



RUTRONIKER



Motor driver ICs based on 32-bit MCU in tiny 7x7 mm QFN

New STSPIN motor driver ICs integrate an advanced BLDC controller and a 32-bit MCU in a 7x7 mm footprint

KEY FEATURES & BENEFITS

Three-phase gate driver

- 600 mA current capability to drive a wide range of power MOSFETs
- Real-time programmable over-current
- Integrated bootstrap diodes
- Interlocking, under-voltage and over-temperature protection

Integrated STM32F0 MCU with ARM® Cortex®-M0 core

- 48 MHz, 4-Kbyte SRAM and 32-Kbyte Flash memory
- 12-bit ADC
- 1 to 3 shunt FOC supported
- Communication interfaces: I2C, UART, and SPI
- Complete development ecosystem available

Operational amplifiers and comparators

- Suitable for the signal conditioning of current sensing or analog Hall-effect sensors

In the field FW bootloading capability (STSPIN32F0A)

- Flexible FW upgrade as per application needs
- ### On-chip generated supplies for MCU, driver and external circuitry

- For maximum efficiency and flexibility

7x7 mm QFN package

- For a compact design

Evaluation board
STEVAL-SPIN3201/02





Markus Krieg,
Geschäftsführer
Marketing
bei Rutronik

Weitblick und Sachverstand sind das A und O

Der Distributionsmarkt für elektronische Bauelemente wächst weiter konstant im einstelligen Bereich. Besonders der Bedarf an passiven Bauelementen ist groß wie nie: Lieferzeiten von eineinhalb Jahren sind bei bestimmten Produktgruppen nicht ungewöhnlich. Das erfordert ein hohes Maß an Vorausplanung von allen Beteiligten in der Versorgungskette, denn die Verknappungssituation wird die Branche auch 2019 weiterhin begleiten. Die großen Hersteller bauen zwar bereits ihre Fertigungskapazitäten aus – bis diese Erweiterungen sich aber im Markt niederschlagen, werden noch rund zwei Jahre vergehen. Die baldige Einführung des 5G-Mobilfunkstandards mit den Endgeräten und der neuen Netzinfrastruktur wird die Verknappungssituation sicherlich weiter verschärfen. Das ist ein typisches Beispiel am Markt, wo hohe Bauteile-Bedarfe in Asien die Versorgungssituation auf kleineren Märkten wie Europa signifikant beeinflussen. Das sind gewaltige Herausforderungen, denen wir uns stellen und für die Rutronik sich gut gewappnet hat.

Gegenüber dem Vorjahr hat sich das Liefervolumen der passiven Bauelemente bei Rutronik 2018 um 30 Prozent erhöht – eine deutliche Steigerung, die das Unternehmen aber durch zusätzliches Personal und Prozessoptimierungen bewältigt. Auch deshalb ist Rutronik als Broadline-Distributor besonders in Zeiten schwieriger Liefersituationen ein verlässlicher Partner. Dabei spielen auch das 360-Grad-Produktportfolio sowie kompetente Mitarbeiter und innovative, hoch automatisierte Logistiklösungen eine wichtige Rolle. Mit einer Mannschaft aus Produktmanagern und Field Application Engineers unterstützt Rutronik die Kunden außerdem von der Idee bis zum Endprodukt und sorgt für reibungslose Abläufe.

Neue Herausforderungen stehen auch bei der Digitalisierung bevor: Sowohl im Automotive-Bereich als auch im Bereich Internet of Things (IoT) gibt es täglich neue technologische Innovationen und entwickeln sich aus einer Idee erfolgreiche Start-ups. Gerade im Segment der E-Mobilität zeigen sich hier nicht nur spannende Trends, sondern dank neu definierter Emissionsrichtlinien auch schon klare Entscheidungen zur Umsetzung der mild-hybriden (48 V), hybriden oder rein elektrischen Antriebstechniken. Ein wichtiger Eckpfeiler hierbei ist das Batteriemangement. Rutronik bringt über Batteriemangement-Seminare, Workshops und technische Fachartikel sein Know-how ein und bietet ganz neue Lösungsansätze, die sich an den Bedürfnissen der Kunden und der Zukunftsmärkte orientieren.

Weltweit einheitliche Prozess-Standards und ein gleichbleibend hohes Qualitätsniveau sind dafür unabdingbar. „Global denken, lokal handeln“ lautet die Devise. Aus diesem Grund verfolgt Rutronik auch weiterhin seine globale Expansionsstrategie. Die Vertriebsorganisation für Südostasien in Singapur ist der jüngste Baustein dieser Strategie; zusätzlich wurden Dependancen in Malaysia und Indien etabliert.

Als unabhängiges, inhabergeführtes Unternehmen nimmt Rutronik diese Weichenstellungen vor, um in Zukunft noch besser auf die Kundenanforderungen zu reagieren. Durch seine hervorragend qualifizierten Mitarbeiter hilft das Unternehmen aktiv dabei, innovative und insbesondere nachhaltige Lösungen zu finden und Wissen zu vermitteln. Gebündeltes Know-how direkt von unseren Mitarbeitern finden Sie im neuen „Rutroniker“. Fundierte Fachartikel, Anwendungsbeispiele und das Neueste aus Wissenschaft und Forschung über den Tellerrand hinaus – alles in einem Fachmagazin.

Ihr Markus Krieg



Thick Film Chip Resistors



Fotografie: GVS

Ultra High Precision & High Stability

Features

- $\pm 0.1, \pm 0.25, \pm 0.5$ or ± 1 % Initial tolerance
- ± 0.2 % Long term stability
- Can replace metal/thin film chips in some applications
- ESD stability of thick film resistors
- Electronic corrosion cannot occur
- T.C.R. ± 25 ppm/K is possible
- AEC-Q200 qualified

Applications

- High precision circuits for automotive and industrial
- Motor circuits
- AC adapters
- A/D signal conversion
- Switching boards
- Industrial equipment & measurement



Kaddenbusch 6
D-25578 Dägeling/Itzehoe
Phone +49(0)4821/8989-0
info@koaeurope.de

<http://www.koaeurope.de>

Editorial	3
<hr/>	
● NACHRICHTEN	
Epcos goes Rutronik: Europa-Distributionsvertrag mit TDK erweitert	6
Rutronik24 mit neuem Feature: CAD-Darstellung von Bauelementen	6
„Global Distributor of the Year 2017“: Yageo zeichnet Rutronik aus	6
Bluetooth Low Energy 5: Whitepaper zur Leistungsfähigkeit im Praxiseinsatz	8
Sensirion vergibt Preis für gute und erfolgreiche Kooperation: „Distribution Excellence Award“ für Rutronik	8
<hr/>	
● EXKLUSIV INTERVIEW	
	
mit Thomas Rudel, CEO von Rutronik: »Wir sind außergewöhnlich flexibel«	10
<hr/>	
● FOKUS	
MPU & Memory: Ein perfektes Paar	12
Kriterien für die richtige Stromversorgung: Fundiert auswählen	20
Analog-Front-Ends: Flexibel von analog zu digital	24
Praxisbeispiel mit einem Analog-Front-End: Präzise Sensorsignalaufbereitung	26
Passiv-Matrix-OLEDs: Eine Welt der Kontraste und Farben	30
Simulation von Temperatursensoren: Schneller und einfacher zum digitalen Thermometer	32
Die bunte Welt der Steckverbinder: Standard, individuell angepasst oder Maßanzug nach Wunsch	36
Profis für den Straßeneinsatz: Industrie-Mainboards bringen Digital Signage auf Touren	38
Keramikvielschicht-Chipkondensatoren: Kapazitätsverlust durch DC-Bias bei MLCCs	40
Wasserbasierte Elektrolytkondensatoren: Von der Plage zum unverzichtbaren Bauteil	43
Polymer-Hybridkondensatoren: Das Fachwissen an der Quelle anzapfen	45
<hr/>	
● SCHWERPUNKT AUTOMOTIVE	
OTA-Updates im Automotive-Bereich: Smarte Updates für smarte Fahrzeuge	48
Elektromotor ist nicht gleich Elektromotor: E-Antriebe regeln	50
Leistungshalbleiter: MOSFETs in BLDC-Motoren	54
Spannungsversorgungen: Verbesserte Leistungsdichte	57
Optoelektronik: Licht in der Dunkelheit	60
<hr/>	
● INSIDE RUTRONIK	
Neue Märkte und Herausforderungen für Rutronik und seine Partner: Gemeinsam global gewachsen	62
PCN goes Smart: Rutronik setzt auf digitalen Standard	63
Rutronik nach ISO 27001 zertifiziert: Informationssicherheit mit Brief und Siegel	65
Ein Unternehmen, viele Facetten: Rutronik startet neues Karriereportal	66
<hr/>	
● SPECIAL INDUSTRIE 4,0, INTERNET DER DINGE	
Smart Parking: Mit Sensoren zum freien Parkplatz	67
Prozessortechnik unterstützt Datensicherheit: Security first!	68

Low-Power-Cellular: Mobilfunk für das Internet der Dinge	72
Abwägung zwischen 4G und 5G: Das geht schon jetzt	74
Hardware-basierte Security: Die nächste Stufe für Industrie 4.0	76
Bluetooth Mesh: Neue Applikationen denken	80
Renesas Synergy: Komplettlösung für die IoT-Entwicklung	83
Vorausschauende Wartung: Wie wird Predictive Maintenance zum Erfolg?	85
Sicheres Bezahlen dank Speicherkarte mit Secure Element: e-Wallets für Smartphones	88

● **TOP-FOKUS** | BATTERIEMANAGEMENT

Batteriemanagementsysteme: Lithium-Ionen-Batterien managen	90
BMS-Bauelemente: Best-fit-Produkte für Batteriemanagementsysteme	91
Echtzeituhrenmodule für BMS: Messwerte effizient erfassen und verarbeiten	94
BMS in Elektro- und Hybridfahrzeugen: Induktive Komponenten für sicheres Arbeiten	96

● **FORSCHUNG**

Mehrstufiger Mixed-Signal-Kompensations-Stromwandler ohne Auflösungsverlust: Neue Wege zur All-Electric-Society	98
Grundsatzüberlegungen zu Sensornetzen in der Industrie: Autarke Sensorsysteme für IoT-Anwendungen	101
Embedded Analytics: Machine-Learning und Sensorfusion auf Embedded-MCU	103

Impressum	106
-----------	-----

Anzeige



#1 provider of low power wireless



Epcos goes Rutronik

Europa-Distributionsvertrag mit TDK erweitert

Die Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH und TDK Europe haben ihre Distributionsvereinbarung für den europäischen Markt erheblich erweitert. Künftig umfasst das Portfolio – zusätzlich zu den Marken TDK-Micronas und TDK-Lambda – die Produktmarke Epcos. Die Vereinbarung gilt seit 1. April.

Unter der Marke Epcos bietet TDK u.a. Aluminium-Elektrolyt- und Folien-Kondensatoren, Übertrager sowie Varistoren, Thermistoren, Piezo-Bauelemente und Aktoren für haptisches Feedback an.



Bislang gehörten zum Rutronik-Sortiment TDK-Induktivitäten, MLCCs und TMR-Sensoren sowie Hall-Sensoren der TDK-Produktmarke Micronas und Stromversorgungen von TDK-Lambda. Die wichtigsten Zielmärkte sind Industrial, Automotive und IoT.

Breit gefächertes Portfolio

»Mit der verbreiterten Produktpalette von TDK können wir unsere Kunden jetzt noch umfassender aus einer Hand bei der Realisierung ihrer Projekte unterstützen«, sagt Gerd Fischer, Senior Line Manager bei Rutronik.

»Wir freuen uns, dass wir die vertrauensvolle Partnerschaft mit TDK Europe ausbauen und mit den hinzugekommenen Produkten neue Märkte erschließen und neue Kunden gewinnen.«

Auch bei TDK Europe sieht man die Erweiterung der Partnerschaft sehr positiv. »Rutronik ist ein in Europa stark verankerter Distributor und dank seiner Infrastruktur, Logistik und kompetenten Mannschaft in der Lage, seine Kunden von der Designphase bis zur Umsetzung mit Know-how und passenden Bauelementen zu unterstützen. Die Partnerschaft mit Rutronik auszubauen, war daher für TDK Europe eine logische Konsequenz«, so Dietmar Jäger, TDK Vice President Distribution.

Rutronik24 mit neuem Feature

CAD-Darstellung von Bauelementen

Ein neues Feature erwartet Besucher auf der e-Commerce-Plattform www.rutronik24.com: Ab sofort können Entwickler zwischen verschiedenen CAD-Modellen der Bauelemente wählen und sie sich zur Verwendung in ihren Gestaltungsprogrammen herunterladen. Rutronik24 kooperiert dabei mit Ultra Librarian von EMA Design Automation.

Meilenstein für noch mehr Komfort

Um die Darstellung in 3D zu ermöglichen, arbeitet Rutronik24 mit Ultra Librarian zusammen, einer Plattform, die Entwicklungsingenieuren Zugriff auf eine umfangreiche Bibliothek unterschiedlichster CAD-Formate bietet. Die Umsetzung auf Rutronik24 wurde

so realisiert, dass eingeloggte Benutzer auf der Ansichtseite des gesuchten Bauelements einen Button „CAD Models“ finden. Dahinter verbirgt sich ein Menü, in dem sie zwischen Formaten und Darstellungsformen wählen und anschließend das gewünschte Modell über UltraLibrarian herunterladen können.

»Die Kooperation mit Ultra Librarian ist ein Meilenstein und macht unsere e-Commerce-Plattform für Kunden noch attrakti-

ver«, sagt Andrea Bissinger, Vertriebsleitung Rutronik24 Deutschland. »Die Möglichkeit, CAD-Modelle herunterzuladen, ist neben den bereits vorhandenen Features Procurement, PCN und Mass Quotation ein weiterer wichtiger Baustein unserer Angebotspalette. So bieten wir mit Rutronik24 für Entwickler alle Tools, die sie für ihre Projekte benötigen, aus einer Hand – schnell, übersichtlich und komfortabel«, so Bissinger.

„Global Distributor of the Year 2017“

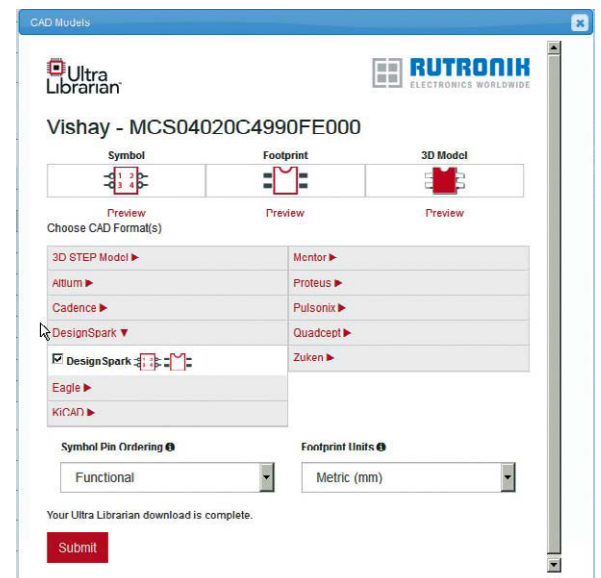
Yageo zeichnet Rutronik aus

Krönung einer höchst erfolgreichen Partnerschaft: Für den weltweit höchsten Umsatz aller seiner Distributoren hat der taiwanesischer Hersteller Yageo Corporation Rutronik mit dem Award „Global Distributor of the Year 2017“ ausgezeichnet.

»Rutronik ist unser Solution-Anbieter und bietet seinen Kunden kompletten und kompetenten Service aus einer Hand. Genau aus diesem Grund arbeiten wir schon seit über 30 Jahren mit Rutronik äußerst vertrauensvoll und erfolgreich zusammen«, erklärte

Roger Cheng, Sales Director von Yageo. Die Verleihung des Awards fand im Rahmen des EDS Summit in Las Vegas Mitte Mai statt. Yageos Produktportfolio umfasst passive Bauelemente wie Widerstände, Kondensatoren und Induktivitäten sowie Wireless- und Automotive-Komponenten.

Die Zusammenarbeit mit dem taiwanesischen Hersteller reicht bis in die 1980er-Jahre zurück. Entsprechend erfreut zeigt sich auch Markus Krieg, Managing Director Marketing bei Rutronik, über die Auszeichnung.



Die 3D-Darstellung wird in den Formaten für gängige CAD-Programme angeboten.

ALYSIUM

The next Generation of **Industrial & Automotive** Connectors and Assemblies.

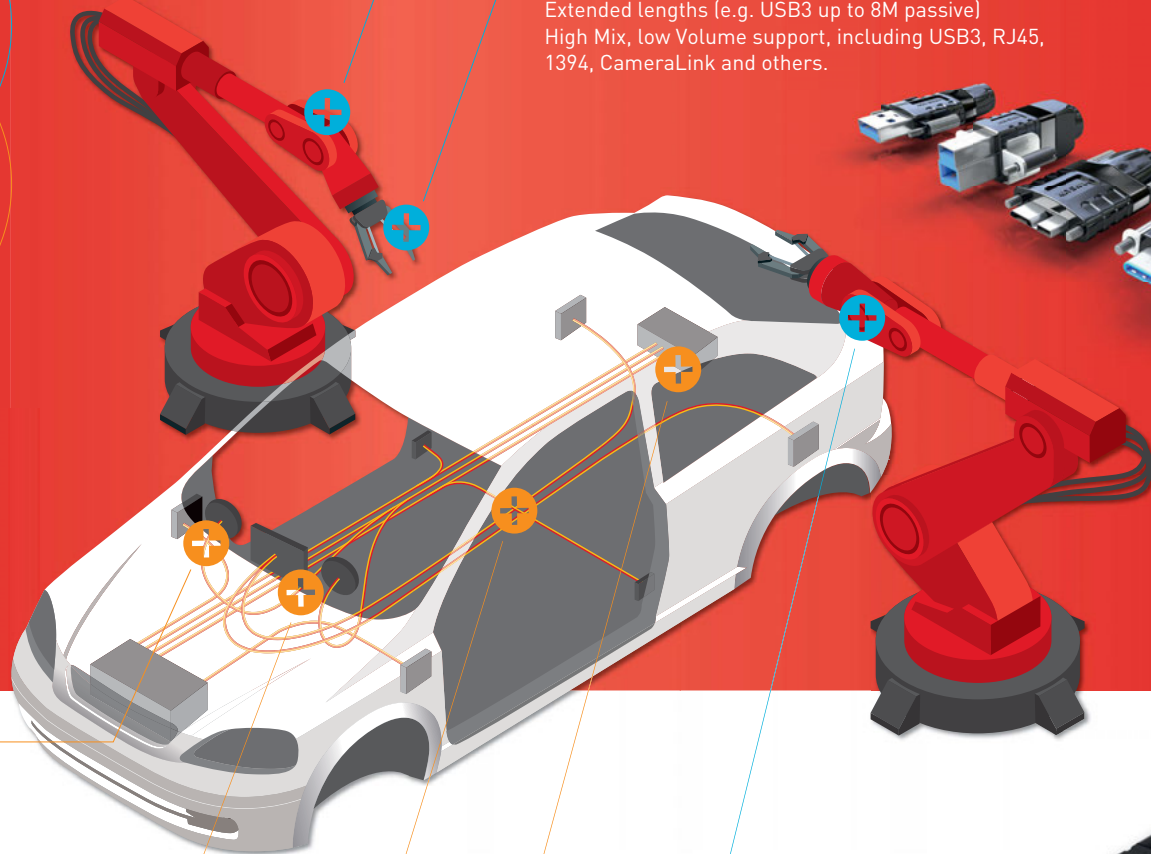


Industrial Interface

M8, M12 (also customized)
USB (USB3.1, including Type-C), RJ45
Internal connectors (Board to Board, etc.)
High Speed Interface Connectors + Assemblies
(MicroCoax, Impedance Matched FFCs, etc.)

Machine Vision Assemblies

From stock in different lengths (USB3, RJ45) with A+ Design features
Extended lengths (e.g. USB3 up to 8M passive)
High Mix, low Volume support, including USB3, RJ45,
1394, CameraLink and others.



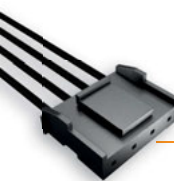
Board to Board Connectors

Unique x/y/z floating functions.
Unshielded/shielded design.
Footprint compatible, Customized.



FFC/FPC Connectors

0.5mm/1.0 mm Pitch. Horizontal/vertical.
Unique design (Autolock).
ZIF/LIF (T-LATCH), Layout compatible.
Customized.



R&D/Production for "Next Gen Applications"

R&D/Production for EV and autonomous
Driving Applications related Assemblies
+ Interfaces.

OEM Industrial Assemblies

Following Spec requirements from customer side.
Customized raw cable and/or mould/die-cast housing.
OEM label, packaging, etc.



FFCs

0.5mm pitch. Tin, Au plating. ZinkNano Coating
(unique Whisker reduction material).
Customized Impedance Matched FFCs (Next Gen 6GHz).
Airbag FFCs. High Temperature Material.



Bluetooth Low Energy 5

Whitepaper zur Leistungsfähigkeit im Praxiseinsatz

Experten von Rutronik haben der neusten Generation von Bluetooth Low Energy in umfangreichen Praxistests auf den Zahn gefühlt und die Leistungsfähigkeit des Funkstandards bei unterschiedlichen Bedingungen analysiert. Ziel war es, neue Applikationsfelder für die Technologie herauszuarbeiten und verbreitete Marketingphrasen auf ihr Bestehen unter realen Bedingungen zu überprüfen. Das Whitepaper steht unter www.rutronik.com/bt5wp zum Download bereit.

Für die Tests wurde auf Hardwareseite ein Prototyp des Nordic nRF52840 und auf Softwareseite eine Alpha-Version von Soft Device S140 eingesetzt. Die Versuche wurden mit zwei Preview-Development-Kits (PDK) durchgeführt.

Beide PDKs wurden miteinander verbunden und immer weiter voneinander entfernt, um Energiebedarf, Datendurchsatz und Reichweite der Bluetooth-5-Strecke zu messen.

Eines der Ergebnisse der Untersuchung war die im Vergleich zur Vorgängerversion Bluetooth Low Energy 4.2 deutlich gestiegene Reichweite bei gleichzeitig geringerem Energieverbrauch. Die Messungen wurden auf freiem Feld, im Wald, in einer städtischen Einkaufspassage und in Büroräumen durchgeführt, um unterschiedliche Einsatzgebiete zu simulieren. Darüber hinaus stellt das Whitepaper nicht nur die detaillierten Ergebnisse der Untersuchung bereit, sondern auch eine kurze Zusammenfassung der Spezifikationen des

Bluetooth-Standards sowie eine Übersicht über relevante Produkte.

Rutronik fördert junge Forscher

Das Whitepaper ist das Ergebnis der Bachelorarbeit eines Studenten der Hochschule Pforzheim, der seine Praxisphase bei Rutronik verbrachte und dort mit der Untersuchung der Leistungsfähigkeit von Bluetooth 5 betraut worden war. »Die Förderung des akademischen Nachwuchses ist für uns selbstverständlich. Die Mitarbeit in Projekten und die Möglichkeit, eigene Ideen für wissenschaftliche Arbeit einzubringen, nutzt nicht nur unseren Studenten – auch wir als Unternehmen profitieren von den Im-



pulsen und können gewonnene Erkenntnisse als kostenlosen Mehrwert direkt unseren Kunden zukommen lassen«, sagt Bernd Hantsche, Bereichsleiter Embedded & Wireless bei Rutronik. ■

Sensirion vergibt Preis für gute und erfolgreiche Kooperation

„Distribution Excellence Award“ für Rutronik

Bild: Sensirion



Freuen sich über die erfolgreiche Zusammenarbeit: (von links) **Nikola Kragleder** (Inside Sales Representative, Sensirion), **Florian Hirsch**, (Director Channel Sales, Sensirion), **Maria Salazar** (Product Manager Environmental Sensors, Rutronik), **Markus Balke** (Product Marketing Director Analog & Sensors, Rutronik) sowie **Andres Laib** (VP International Sales, Sensirion)

Sensirion hat Rutronik mit dem „Distribution Excellence Award“ ausgezeichnet. »Rutronik überzeugt mit einer proaktiven Zusammenarbeit, enger Kooperation und unbedingtem Optimierungswillen. Kontinuierliches Umsatzwachstum von über 50 Prozent und viele Projektanmeldungen führten zu dieser Auszeichnung«, sagt Florian Hirsch, Director Channel Sales bei Sensirion.

Rutronik und Sensirion: ein perfektes Duo

»Wir freuen uns sehr über die Auszeichnung«, so Markus Balke, Produktbereichsleiter Analog & Sensors bei Rutronik. »Sensirion zeichnet sich im Bereich der Environmental-Sensoren durch eine enorme Innovationskraft aus und stellt somit eine absolute Spitze der Branche dar. Daraus re-

sultieren viele gemeinsame Design-in-Aktivitäten bei Kunden aus den verschiedensten Industrien«, erklärt Balke.

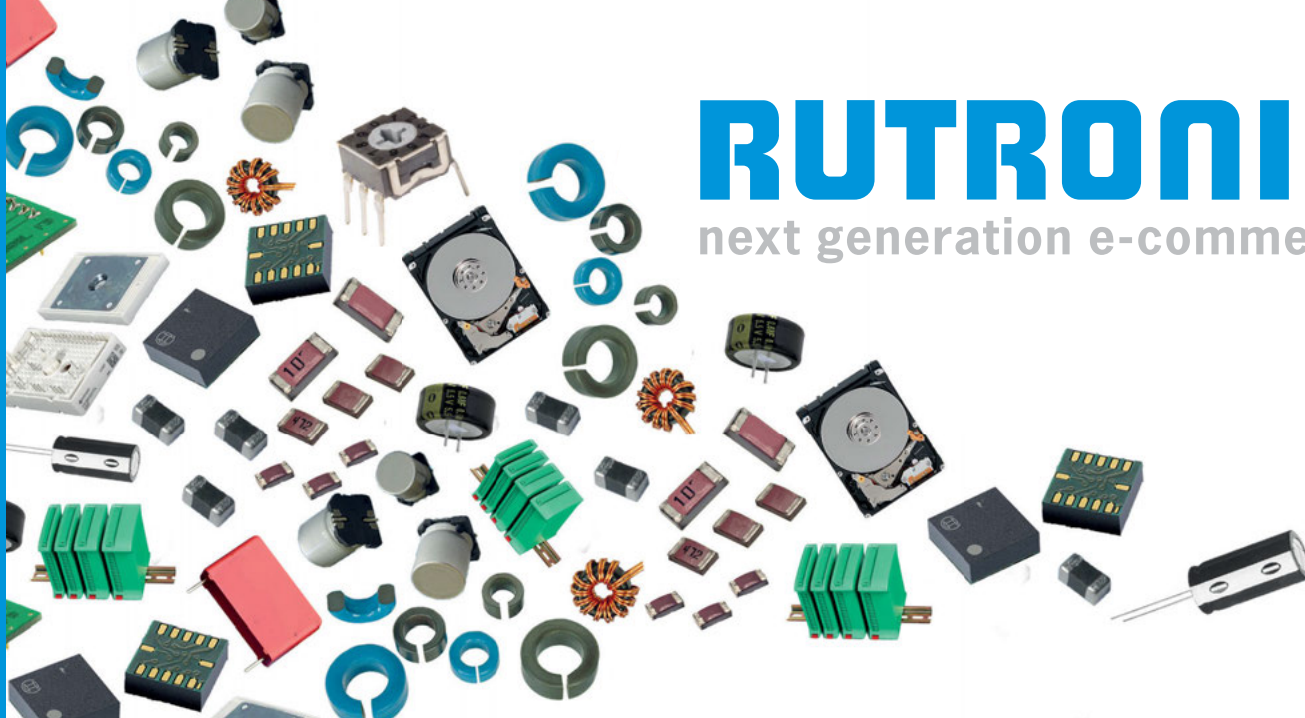
Die Auszeichnung wurde im Rahmen von Sensirions Distribution-Sales-Meeting EMEA verliehen, auf dem der 1998 gegründete Schweizer Hersteller „20 Jahre Sensirion – 20 Jahre starke Partnerschaft“ feierte. Um die Distributoren mit neuen Produkten im Bereich Environmental Sensing vertraut zu machen, fanden sich über 50 Distributionspartner am Zürichsee zusammen.

Sensirion ist einer der führenden Hersteller digitaler Mikrosensoren und -systeme. Die Produktpalette umfasst Gas- und Flüssigkeitssensoren sowie Differenzdruck- und Umweltsensoren zur Messung von Temperatur und Feuchtigkeit, volatilen organischen Verbindungen (VOC), CO₂ und Feinstaub (PM2.5). ■

RUTRONIK

next generation e-commerce

24

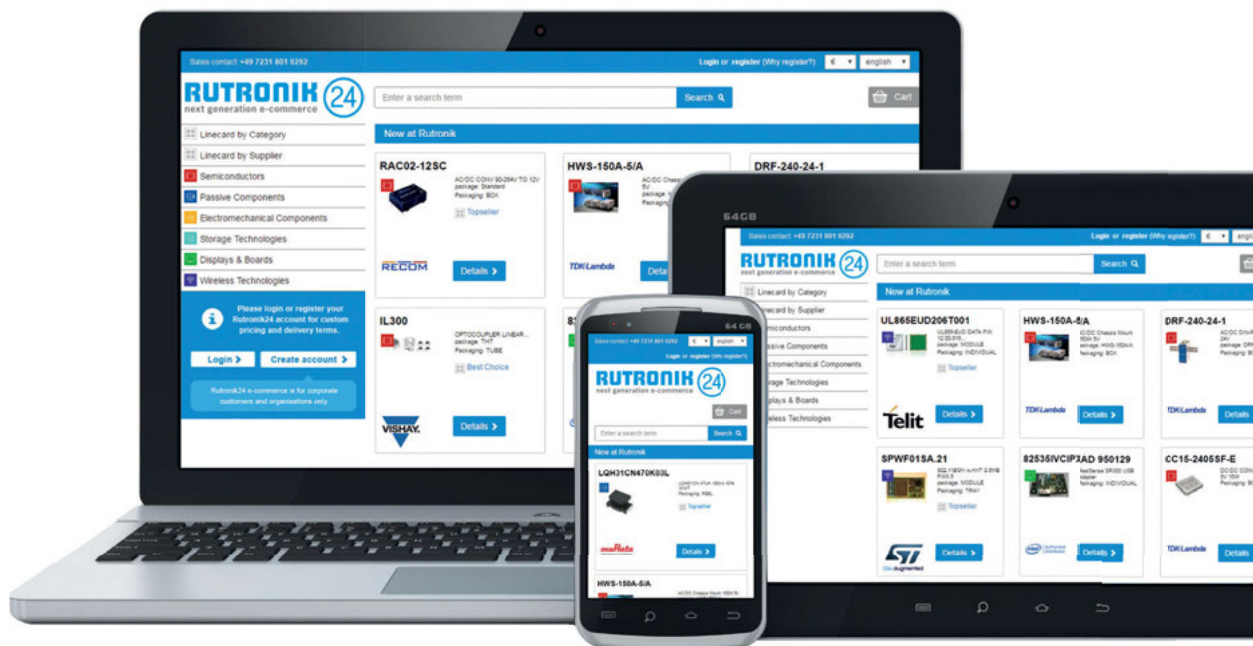


e-commerce made easy

Neues
Feature

Download
CAD
Models

Ultra
Librarian™



Schneller. Individueller. Komfortabler.

rutronik24.com



Thomas Rudel, CEO von Rutronik, im Interview

»Wir sind außergewöhnlich flexibel«

Liefersituation, Aufbau des 5G-Mobilfunknetzes, Elektromobilität: Bedingungen, die sich stetig verändern, verlangen Unternehmen schnelle und flexible Reaktionen ab. Rutronik, drittgrößter Distributor in Europa und Nummer elf der Welt, gelingt das außergewöhnlich gut. Thomas Rudel, CEO von Rutronik, spricht über die Gründe für diesen Erfolg sowie den Nachholbedarf Deutschlands bei der digitalen Infrastruktur und analysiert die Verknappungssituation bei passiven Bauelementen.



Rutronik-CEO Thomas Rudel

Herr Rudel, Rutronik wird dieses Jahr die Schallmauer von einer Milliarde Euro Umsatz knacken. Was sind die Gründe für diesen Erfolg?

Thomas Rudel: Wir sind natürlich sehr stolz auf das Erreichte. Dieser Erfolg war nur durch die außergewöhnliche Leistung unserer Mitarbeiter weltweit möglich. Die Umsatzmarke zeigt, dass unsere Strategie genau richtig ist, und spornt uns an, auch weiterhin unser Bestes zu geben. Dass wir 2018 diesen Erfolg erzielen konnten, hat mehrere Ursachen: Der Markt der elektronischen Bauelemente wächst in den letzten Jahren im einstelligen Bereich kontinuierlich. Wir sind in verschiedenen Bereichen sogar schneller gewachsen als unsere Wettbewerber. Durch die stetige Expansion in neue Märkte in Amerika, Asien und in ganz Europa haben wir uns ein flächendeckendes Vertriebsnetz aufgebaut, das uns diese Umsatzgröße ermöglicht hat. Ein weiterer Aspekt ist unsere Unabhängigkeit: Als Familienunternehmen können wir Entscheidungen schnell treffen – das macht uns außergewöhnlich flexibel.

Rutronik bietet umfassende Beratungsleistungen zu allen Produkten des Portfolios und weitere Value Added Services an – und das kostenlos. Vor einem Jahr sagten Sie, dass sich der Beratungsaufwand vervierfacht habe. Wie sieht es heute, ein Jahr später, aus?

Der Beratungsaufwand hat sich sicherlich nicht verringert. Im Gegenteil: Die Ansprüche der Kunden steigen von Jahr zu Jahr. Dieser

Aufgabe müssen wir uns stellen, und wir müssen uns natürlich Gedanken machen, für welche Produkte wir uns in Zukunft Beratung leisten können. Es gibt Bauelemente, die haben vor zehn Jahren noch 20 Euro gekostet, heute liegt der Preis im Bereich von 50 Cent. Bei solchen Artikeln können wir künftig sicherlich nicht mehr denselben Serviceaufwand betreiben wie in der Vergangenheit.

Die Versorgungssituation bei passiven Bauelementen ist dramatisch. Wie wirkt sich das auf Rutronik als Distributor aus und wie garantiert das Unternehmen seinen Kunden Liefersicherheit?

Bei passiven Bauelementen, speziell im C-Bauteile-Management, haben wir eine Top-Position in Europa. Diese Bauteile machen bei uns im Mengengerüst rund 80 Prozent aller Lieferungen aus. Wir sehen den Verkauf dieser Produkte mehr oder weniger als Serviceleistungen für unsere Kunden – denn selbst wenn man hier die Preise exorbitant erhöhen würde, könnte man nicht von einem rentablen Geschäft reden. Durch unsere starken Partner haben wir nichtsdestoweniger gewährleistet, dass Rutronik selbst im Allokationsjahr 2017 circa 70 Milliarden Bauteile in den Markt liefern konnte. Und die Zahl steigt rasant: 2018 werden wir rund 85 Milliarden passiver Bauelemente liefern, der Forecast für 2019 geht von 90 Milliarden aus. Daran sieht man, dass wir durch eine starke, langjährige Lieferantenbeziehung trotz Allokation auch die Kunden beliefern konnten, die ihre Mengen in der Vergangenheit nicht alle ausschließlich von Rutronik bezogen haben. Priorität war hier ganz klar, dass unsere beste-

henden Kunden die Fertigung aufrechterhalten können, um ihnen auch unsere anderen Bauteile liefern zu können.

Bald wird der 5G-Funkstandard weltweit ausgerollt, die Nachfrage nach 5G-fähigen Smartphones, in denen über 1000 Kondensatoren verbaut sind, wird nach oben schnellen. Welche Auswirkungen wird das auf die Liefersituation haben?

Wir gehen davon aus, dass durch Applikationen wie 5G sowie die Weiterentwicklung der Security- und Cloud-Systeme die Bedarfe weltweit steigen werden – nicht nur für Kondensatoren, sondern auch für Halbleiter. In China beziehungsweise in Asien insgesamt werden neue Fabriken oder Fabrikationen gegründet werden, um den erweiterten Bedarf an Bauteilen zu gewährleisten.

Im Juni hat Rutronik mit dem ersten ABU-Kongress in Pforzheim selbst ein hochkarätiges Event zu den Zukunftsthemen der Automobil-Branche aus der Taufe gehoben. Wie bewerten Sie die Veranstaltung und wird Rutronik künftig weitere Veranstaltungen dieser Art ausrichten?

Der Kongress in Pforzheim war für uns ein großer Erfolg! Wir hatten hochkarätige Redner zu interessanten Themen, die die gesamte Branche bewegen und weiterhin bewegen werden. Die Teilnehmerzahl und das Feedback haben uns gezeigt, dass reges Interesse und großer Austauschbedarf in der Automotive-Branche bestehen. Das bestätigt uns darin, dass wir mit der Gründung unserer Automotive Business Unit vor einigen Jahren den richtigen Weg eingeschlagen haben – und wir werden ihn konsequent weitergehen. Das bedeutet auch, dass wir auch weiterhin in Eigenregie Veranstaltungen zu hochinteressanten Themen für unsere Kunden ausrichten – in Deutschland, aber auch in Europa, Asien und den USA.

Im letzten Interview haben Sie zu Zurückhaltung in der Dieseldebatte aufgerufen, in den Abgesang auf den Diesel wollten Sie nicht mit einstimmen. Wie stehen Sie heute dazu?

Ich habe schon mehrfach gesagt, dass der schädliche Einfluss von Dieselfahrzeugen auf das Klima und die Gesundheit überzogen dargestellt wird. Zur Einordnung: Die 15 größten Containerschiffe der Welt stoßen so viele Schadstoffe aus wie 750 Millionen Autos. Dieses Problem kann man nur weltweit angehen. Der Vergleich mag im ersten Augenblick abwegig erscheinen, aber: Knapp drei Milliarden Menschen müssen ihr Leben mit zwei Dollar oder weniger am Tag bestreiten. Diese Menschen sehnen sich nach einem besseren Leben.



Bild: Rutronik

Immer ein offenes Ohr: Thomas Rudel im Gespräch mit Mitarbeitern im Logistikzentrum Eisingen

Also ist es wichtig, Fluchtursachen vor Ort zu beseitigen – und zwar nicht mit Insellösungen. Kein Staat der Welt kann diese Herausforderung im Alleingang lösen. Genauso ist es beim Schadstoffausstoß.

Wie meinen Sie das?

Der Diesel ist nicht der Dämon, der allein die Welt in den Abgrund des Klimawandels stößt – aber genau so wird es dargestellt. Dieses Thema wurde von unseren amerikanischen Freunden ins Rollen gebracht. Ein Schelm, wer Arges dabei denkt und vermutet, dass das geschehen ist, um die Vermutung, dass ihre eigenen Hersteller beim Schadstoffausstoß nicht mit offenen Karten spielen, gar nicht erst aufkommen zu lassen. Dabei wird in vielen Ländern überall auf der Welt prozentual pro Einwohner mehr Diesel verbraucht als in Deutschland. Die Verteufelung des Diesel geschieht übrigens zum Schaden der deutschen Automobilindustrie, die in diesem Bereich den größten Technologievorsprung gegenüber Konzernen aus anderen Ländern hat. Kein Mensch spricht dagegen vom Schadstoffausstoß der Benzinler, die statt Stickoxiden massenhaft Feinstaub ausstoßen.

Kann die E-Mobilität nicht ein Ausweg aus diesem Dilemma sein?

E-Mobilität ist eine zukunftsfähige Alternative, aber man darf nicht blauäugig sein. Wer die E-Mobilität für das Allheilmittel hält, sollte sich bewusst machen, dass zunächst eine Energieinfrastruktur vorhanden sein muss, die den Anforderungen der Technologie Genüge tut. Das wird erst in 15 bis 20 Jahren der Fall sein. Zudem kommt hinsichtlich der Entsorgung der hochgiftigen Batterien ein weiteres Problem auf uns zu: Wenn wir keine Lösung

für das Recycling finden, werden wir beim Thema Entsorgung eine neue Atommüll-Endlagerdebatte bekommen.

Zur Zukunft des Fahrens gehört auch das vernetzte Auto, auch andere Branchen werden zunehmend vernetzter. Gleichzeitig scheint der Ausbau der digitalen Infrastruktur nur schleppend voranzukommen. Haben wir bald voll vernetzte Fabriken, die stillstehen, weil das Mobilfunknetz überlastet ist, und bleiben unsere „smarten“ Autos dann einfach auf der Straße stehen, weil wir in ein Funkloch gefahren sind? Wie sehen Sie das?

Der Vorstandsvorsitzende von 1&1, Ralph Dommermuth, sagte dem Handelsblatt, Deutschland habe die „digitale Revolution eher verschlafen“ – unsere Infrastruktur im Telekommunikationsnetz gleiche einer Bananerepublik. Ich gehe auch nicht davon aus, dass sich das in naher Zukunft ändert. Die Politik verspricht Jahr für Jahr, dass jetzt aber wirklich mal so richtig was getan wird. Autonomes Fahren können Sie mit der aktuellen Mobilfunkleistung vergessen! Ein mobiles Auto benötigt bei den Datenmengen, die vom Auto zur Cloud und zurück wandern, ein Datennetz mit 6G oder 7G. Nicht zu vergessen die Sicherheitsbedenken: Hacker werden immer Lücken finden und Gegenmaßnahmen aushebeln – hier wurde noch keine Lösung gefunden, ebenso wenig wie bei vernetzten Fabriken. Selbst die großen Nationen wie die USA oder China sind vor solchen Angriffen nicht gefeit. Eine mögliche Lösung – zumindest im Automotive-Bereich – sind redundante Systeme, die durch die Redundanz gegen Manipulationen gesichert

sind. Paravan ist hier ein gutes Beispiel: Die Firma baut behindertengerechte Fahrzeuge und hat mit Space Drive ein Fahrzeugbetriebs-system mit aktiver Multiredundanz entwickelt.

Zum Schluss noch ein Blick in die Kristallkugel: Wie wird sich die Distributions-

branche im nächsten Jahr entwickeln?

Im nächsten Jahr wird sich die Distributions-landschaft meines Erachtens nicht großartig verändern – neue Wettbewerber werden nicht auf den Plan treten. Wir alle sind damit beschäftigt, mit der Allokation zurechtzukommen und die Produktions- und Lieferfähigkeit

unserer Kunden aufrechtzuerhalten. Dahingehend wird es ein spannendes Jahr. Wir als Rutronik werden weiterhin unsere Expansions-pläne umsetzen und unsere Strategien auf die neuen, zukünftigen Marktverhältnisse im Hinblick auf Kunden, Lieferanten, Applikationen und Technologien ausrichten. ■

MPU & Memory

Ein perfektes Paar

Die vom Markt gestellten Anforderungen an Visualisierungs-Anwendungen steigen stetig an und werden mit hochleistungsfähigen Mikroprozessoren erfüllt. Die RZ/A- und RZ/G-Reihen von Renesas sind für Visualisierung optimiert und benötigen dafür externen Speicher. Doch welcher Prozessor passt zu welchem Speicher?

VON ISABELL WEINLEIN,
PRODUCT SALES MANAGER MEMORIES,
UND
ZIBO SU,
PRODUCT SALES MANAGER (JUN.)
MIKROCONTROLLER,
BEIDE RUTRONIK

Hochkomplizierte „smarte“ Anwendungen – Audiotbearbeitung, Gesichtserkennung, Gateway etc. – benötigen Hochleistungs-MPU-Reihen wie Renesas' RZ/A und RZ/G. Besonders charmant ist dabei nicht nur die hohe Leistungsfähigkeit: Die Reihen bieten jeweils einen Grafik-Controller für 2D (RZ/A) oder 3D (RZ/G) und -Beschleuniger, der

zwei Videokanäle mit hoher Auflösung unterstützt.

Die RZ/A- und RZ/G-Familien bieten die Möglichkeit, ein zusätzliches DRAM für Datenspeicher hinzuzufügen. Zudem verfügt die MPU der RZ/A1-Reihe – im Gegensatz zu Prozessoren anderer Hersteller, die ausschließlich



Bild: metamorworks – Fotolia



WORLD SWITCHED ON

Cloud oder nicht Cloud – das ist nicht die Frage!

Sie wollen Ihr System mit der Cloud verbinden? Kein Problem, denn Anbieter von Clouds stellen Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Skalierbarkeit sicher wie nie zuvor. Mit der Cloud wird Vieles agiler, einfacher und kostengünstiger. Aber welcher Cloudanbieter ist der Richtige?

Hier kommen die Renesas Cloud-Kits ins Spiel. Zum Beispiel das AE-CLOUD1 Kit. Es bringt Sie in zehn Minuten in die Cloud. Und zwar wahlweise in Amazon Web Services™, in Microsoft Azure™ oder in die Google Cloud Plattform™. Das Kit verwendet die revolutionäre Renesas Synergy™ Plattform. So haben Sie es leicht, auch die anderen Funktionen Ihres Systems zu entwickeln, denn umfangreiche Software in hoher Qualität ist stets Bestandteil der Synergy Plattform. So werden das WiFi Modul, die On-board Sensoren, Ethernet und alle weiteren Funktionen der 120 MHz S5D9 MCU bedient. Und ein Cloud Dashboard ist auch gleich mit dabei.

Das AE-Cloud1 Kit ist ab sofort unter der Bezeichnung YSAECLLOUD1 bestellbar. Und dann in zehn Minuten in der Cloud!

www.renesas.com



Graphics display and camera input capabilities on a single chip

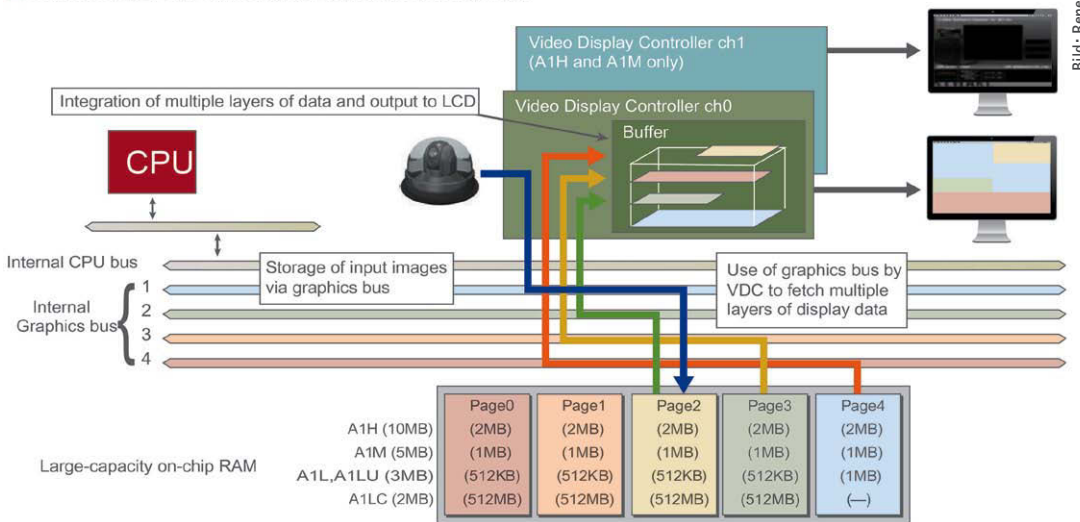


Bild: Renesas

Bild 1: Durch eine eigene, leistungsfähige GPU (oben Mitte) mit vier Grafikdaten-Bussen und eigenem Speicher hat die CPU im Renesas RZ/A jede Menge Luft für andere Aufgaben.

mit externem RAM und Flash arbeiten – über einen integrierten On-Chip-Speicher von bis zu 10 MB SRAM. Code und Daten (einschließlich Grafikdaten) können direkt aus dem großen SRAM oder über XIP aus dem externen QSPI-Speicher heraus ausgeführt oder gelesen werden. Bemerkenswert ist auch, dass der QSPI-Flash im DDR-Modus laufen und die Geschwindigkeit des NOR-Flashs verdoppeln kann. Die EMI-Problematik zwischen MPU und DRAM entfällt und es werden weniger Leiterplatten-Layer benötigt. Außerdem kann das beliebte QFP-Gehäuse verwendet werden. Diese Faktoren senken Produktions- und Entwicklungskosten deutlich. Angesichts des großen internen Speichers brauchen die Entwickler darüber hinaus keine weiteren Power-Management-ICs. Sollte der Kunde mehr RAM benötigen, bieten RZ/A1LC, RZ/A1L und RZ/A1IU auch eine SDRAM-Schnittstelle. Der RZ/A eignet sich daher gut für Entwicklungsingenieure, die eine leistungsstarke MPU brauchen, von einer MCU auf eine MPU umsteigen möchten und dennoch die Nachteile eines MPU-Designs vermeiden wollen.

Geballte Grafik-Power

Dank der vier dedizierten internen Grafikbussen (AXI) mit je 32 bit Breite bietet der RZ/A enorme Grafik-Performance. Da der interne SRAM als Frame-Buffer (mit bis zu 10,64 GB/s) genutzt werden kann, kann der Video-Controller das Bild schneller abrufen als bei einer Lösung mit externem DRAM. Der RZ/A unterstützt zwei unabhängige LC-Displays mit einer Auflösung von 1280 x 800 Pixeln und bis zu zwei CMOS-Kamera-Eingänge.

Mithilfe der über Hardware beschleunigten 2D-Vektorgrafik (OpenVG) kann eine attraktivere grafische Benutzeroberfläche erstellt werden, die bei Vergrößerung des Bildes nicht verzerrt wird. Dabei wird die Verarbeitung vom Kern zur GPU (Graphics-Processing-Unit) ausgelagert, sodass der MPU-Kern wichtigere Algorithmen ausführen kann (Bild 1). OpenVG eignet sich gut zum Beschleunigen von Flash-Speichern und skalierbaren Vektorgrafiken.

Wenn man eine Applikation plant, die bestimmte Grafikeigenschaften benötigt, bietet Renesas drei verschiedene Tools zur Auswahl: DISPLAY IT!, STREAM IT! und das GENMAI-CPU-Board. Hardware-Referenzdesigns (Pläne und Layout) sowie Demos stehen ebenfalls zur Verfügung.

Software – einfach und leistungsfähig

Der RZ/A ist ein einfach anzuwendendes MPU-Produkt für Entwickler, die eine hohe Leistung

wollen, ohne sich vollumfängliche, detailtiefe Linux-Kenntnisse aneignen zu müssen. Dank des Renesas-Ökosystems und der entsprechenden Community kann der Entwickler sich stärker auf die Anwendungsebene konzentrieren. Auf dem RZ/A können zwei Arten von Betriebssystemen laufen: RTOS oder Embedded Linux.

Bei RTOS stehen den Kunden vier Arten von Entwicklungsumgebungen zur Verfügung: Renesas e²Studio, IAR, ARM DS-5 und Green Hills' Multi (Bild 2).

Die Software-Stacks mit Dateisystem, USB-Stack und Netzwerk-Stack für das jeweilige RTOS können von Express Logic, Segger und Micrium ausgewählt werden. Viele verschiedene GUI-Frameworks von Drittanbietern – Tes Guiliani (basiert auf FreeRTOS, kostenfrei, weil von Renesas lizenziert), Crank, Segger, Tara, Altia und Draupner – können die Entwicklung ebenfalls beschleunigen (Bild 3). Tes Guiliani ist für hochqualifizierte GUI-Anwendungen geeignet; die 2D-Effekte erreichen optisch nahezu 3D-Niveau. Die Massenproduktionslizenz für Tes Guiliani, basierend auf FreeRTOS, ist somit gleichermaßen kostenfrei.

Wie bei der Entwicklung mit dem herkömmlichen Embedded-Linux kann der Entwickler LTS Ubuntu Linux als Host verwenden. Renesas bietet einen BSP-Porting-Guide und ein Tool, das bei der Erstellung des BSP behilflich ist, wenn der Kunde eine eigene Platine entwickelt. Auf der Plattform GitHub steht außerdem uboot zur Verfügung, um zunächst einen gewissen Teil der Platine zu konfigurieren und Linux zu starten. Mithilfe von buildroot können Cross-Compilation-Toolchain, Bootloader, Kernel und Image des Root-Dateisystems erstellt werden. Anwendung, Verständnis und Änderungen werden dadurch wesentlich einfacher. Dafür stehen auf GitHub zwei verschiedene Linux-Images (Linux 4.9 und 4.14) zur Verfügung.

RZ/A tool-chain options

Tool Category	IAR SYSTEMS	ARM	RENESAS	Green Hills SOFTWARE
IDE	IAR EWARM	ARM DS-5	e2studio	Green Hills MULTI
Compiler	IAR	ARM DS-5, GCC	GCC	Green Hills
Debugger SW	IAR	ARM DS-5	SEGGER GDB	Green Hills
Debug Probes	I-Jet, Jlink	ULINK2, DSTREAM	J-Link	Green Hills Probe

Bild 2: Vier verfügbare IDEs, Compiler und Debugger

Bild: Rutronik



SAMWHA ELECTRIC

the professional capacitor solution provider
Since 1973



- . Electric Double Layer Capacitors (Green-cap.)
- . Conductive Polymer Hybrid Capacitors
- . Conductive Polymer Electrolytic Capacitors
- . Surface Mount Aluminum Electrolytic Capacitors
- . Miniature Aluminum Electrolytic Capacitors
- . Large Aluminum Electrolytic Capacitors

www.samwha.com/electric
europa@samwha.com



electronica 2018

Please visit us, Hall B6 Booth #451

Bild: Renesas

The best GUI frameworks for RZ/A

	TES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TES Gulliani ▪ <i>Implement 2D effects that almost look like 3D!</i>
	Crank	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Crank Storyboard Designer ▪ <i>Import designs from Photoshop for fast prototyping!</i>
	Express Logic	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ExpressLogic GUIX ▪ <i>Small footprint, easy-to-use and fast response on RZ/A!</i>
	SEGGER	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SEGGER emWin ▪ <i>Small footprint and quality GUI with multi-language support!</i>
	Altia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altia Deepscreen ▪ <i>High-End Graphics across all segments on RZ/A!</i>
	MicroEJ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ MicroEJ ▪ <i>„Write once, run everywhere“, based on JavaVM!</i>
	Tara	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tara Embedded Wizard ▪ <i>Linux + graphics on 10MBs of embedded RAM only!</i>

Bild 3: GUI-Frameworks für RZ/A

Keine Leistung ohne Speicher

Leistungsfähigkeit allein genügt jedoch nicht – ohne Programmspeicher geht auch bei RZ/A und RZ/G nichts. Um den fehlenden Programmspeicher eines Mikroprozessors abzudecken, wird also zusätzlich externer Flash benötigt. Da Visualisierungs-Anwendungen in der Regel hohe Speicherkapazitäten benötigen, reicht NOR-Flash oftmals nicht aus. Entwickler müssen auf NAND-Flash-Speicher zurückgreifen. Diese stehen in verschiedenen Varianten zur Verfügung – welche die richtige Wahl ist, hängt von den Anforderungen der Applikation ab.

SLC, MLC oder TLC?

Nach dem Aufbau der Technologie unterscheidet man SLC-, MLC- und TLC-Flash (die Abkürzungen stehen für Single-, Multi- bzw. Triple-Level-Cell). Die SLC-Technologie speichert ein Bit pro Zelle. Das bedeutet, im Floating Gate gibt es lediglich zwei verschiedene Span-

nungsniveaus. Dadurch sind SLC-Flash-Speicher am zuverlässigsten, aber auch am teuersten.

Die MLC-Technologie, die zwei Bit pro Zelle speichert, muss bereits vier Spannungsniveaus im Floating Gate darstellen, die TLC-Technologie bringt es auf drei Bit pro Zelle und acht Spannungsniveaus. Wichtig ist hierbei die Betrachtung der Prozesstechnologie. Viele Hersteller setzen auf immer weitere Die-Shrinks, um den Wafer-Output zu erhöhen. Je kleiner die Prozesstechnologie (aktuell liegen wir bei 15-nm-NAND-Flash), desto geringer wird auch die Anzahl der Elektronen in einem Bit. Durch Einflüsse wie Zeit, EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) und Temperatur gehen jedoch Elektronen verloren. Aufgrund dieser fallenden Anzahl der Elektronen – verbunden mit der steigenden Anzahl an Spannungsniveaus – steigt die Anfälligkeit für Bit-Flips, also für eine unbeabsichtigte Veränderung eines Bits. TLC-Flash-Speicher sind damit sowohl die günstigste als auch die unzuverlässigste Variante (Bild 4).

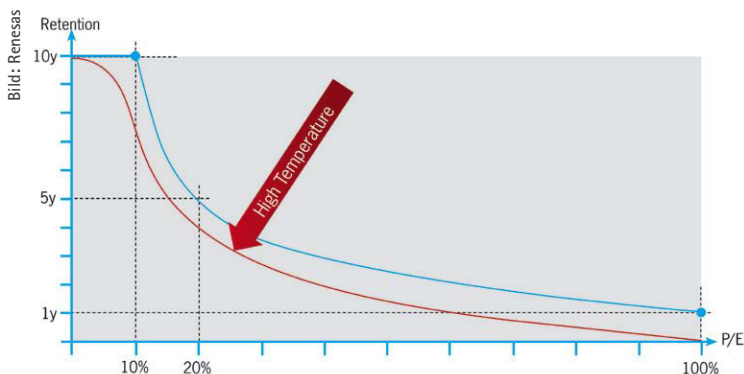


Bild 4: Während ein SLC-Flash-Speicher rund 100.000 Schreib/Lösch-Zyklen übersteht, kommt ein MLC-Speicher noch auf 3000, ein TLC-Speicher gerade einmal auf 500 Schreib/Lösch-Zyklen. 1 PE-Cycle wird erst erreicht, sobald die komplette Density, also Kapazität des Speichers, einmal beschrieben wurde.

Days until 1 year data retention limit is reached = Result is non-binding

$$\frac{\text{Number of write/erase cycles offered by the NAND} \times \text{Total available density in GB}}{\text{GB per write to Memory} \times \text{Number of write per Day} \times \text{WAF}}$$

Bild 5: Mithilfe dieser Formel kann das Verhältnis zwischen den vom Host geschriebenen Daten und den tatsächlich im Flash gespeicherten Daten berechnet werden.

Die Anzahl der möglichen Schreib/Lösch-Zyklen (PE-Cycles), die sogenannte Endurance-Rate, nimmt mit steigender Bitzahl pro Zelle ab. In der Regel weicht die tatsächliche Anzahl der geschriebenen Daten von den gesendeten Daten des Mikroprozessors ab. Aufgrund der Systemoptimierung des Flashs werden z.B. 4 kB gesendete Daten mehrfach innerhalb des NAND geschrieben. Um besser einschätzen zu können, mit welcher Effektivität die Daten vom Host auf das Memory übertragen werden, kann die Anzahl der Daten mithilfe des WAF beziffert werden.

Der WAF hat damit auch eine negative Auswirkung auf die Endurance, da unter Umständen deutlich mehr geschrieben wurde, als tatsächlich Daten gespeichert wurden. Dieser Faktor geht dadurch sowohl mit dem Wear-Levelling als auch mit der Garbage-Collection einher.



Bild 6: Rutronik bietet eine Systemlösung mit RZ/A1H und Tianma-TFT-Bildschirm mit Segger emWin an. Das Kit ist ab Lager sofort verfügbar.

Das sogenannte Wear-Levelling sorgt dafür, dass jede Speicherzelle gleichermaßen oft genutzt und auch wieder gelöscht wird. Die Data Retention, also die maximale Zeitspanne, in der die Daten nach dem Programmieren noch im Datenfeld abgerufen werden können, steigt damit an und verlängert die Lebenszeit eines Flash-Bausteins. Je mehr Schreib/Lösch-Zyklen bei einer Anwendung anfallen oder je höher die durchschnittliche Betriebstemperatur ist, desto eher sollte zu MLC- oder gar SLC-Flash-Speicher gegriffen werden, um eine ausreichende Lebensdauer des Bausteins gewährleisten zu können.

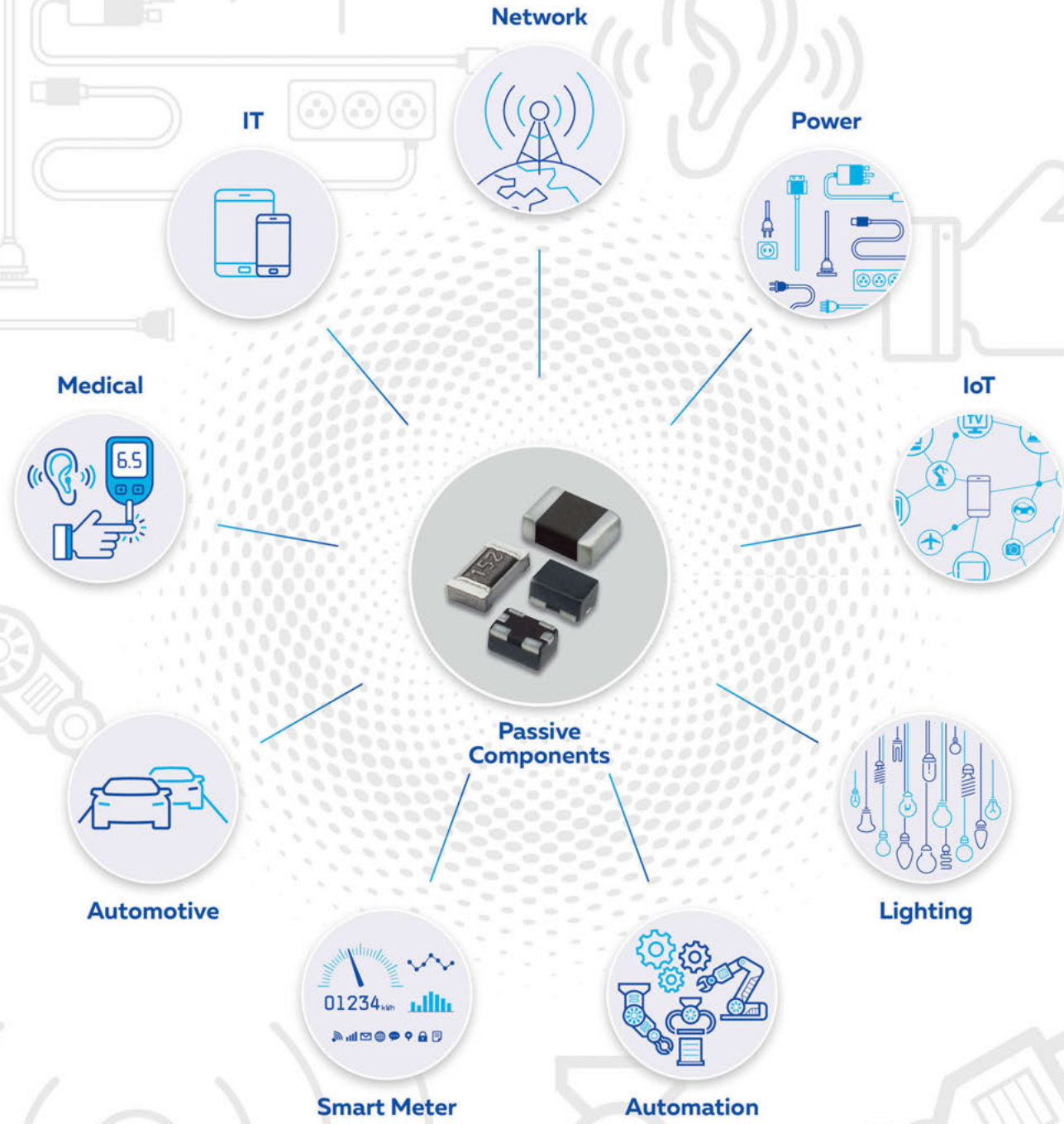
Ein wichtiges Instrument zur Sicherung der Langlebigkeit von Speichern ist der ECC – ein Fehlerkorrekturverfahren, das beim Auslesen des Speichers alle Bits mit der Checksumme

Trending Now



SAMSUNG
ELECTRO-MECHANICS

Samsung Electro-Mechanics is leading future insight



If you want more detailed Information,
please visit Samsung Electro-Mechanics website.

www.samsungsem.com

vergleicht und so fehlerhafte Zellen identifiziert und korrigiert. Die Menge der diktierbaren Fehler hängt von der Größe des ECC ab (z.B. 8 bit). Wird die Funktion vom Host übernommen, ist es unerlässlich, die Kompatibilität zwischen Memory und Prozessor zu prüfen.

Gerade ältere Prozessoren haben eine integrierte ECC, die neuere Speichermodelle nicht mehr unterstützen. Um Kunden mit diesen Prozessoren jedoch auch zukünftig bedienen zu können, hat Rutronik mit Insignis und Alliance Memory zwei Speicherhersteller, die ältere und damit kompatible Derivate anbieten. Bei der Nutzung von Toshiba Flash kann alternativ auch auf Benand™ zurückgegriffen werden. Dieser SLC-NAND hat bereits einen integrierten ECC, der die Fehlerkorrektur direkt im Speicher übernimmt, sodass der Host keinerlei Einfluss darauf nehmen muss.

Verfügt der Mikroprozessor nicht über eine NAND-Schnittstelle (wie im Falle des RZ/A1L), kann herkömmliches NOR-Flash eingesetzt oder auf Serial-NAND zurückgegriffen werden. Diese Speicher besitzen ein SPI-Interface, das bei Mikrocontrollern und -prozessoren standardmäßig integriert ist. Eine andere Variante sind bereits gemanagte NAND-Speicher. Für das Management sorgt eine im Speicher integrierte Steuereinheit. Die sogenannten e-MMC (embedded Multi Media Card) sind meist in MLC-Technologie gefertigt. Auch Funktionen wie das Bad-Block-Management, Wear-Leveling und Garbage-Collection sind bereits im Speicher enthalten und müssen nicht vom Host, also vom Mikroprozessor, übernommen werden.

Supplier	Technologies				
	DRAM	NAND Flash	e-MMC	NOR Flash	FRAM
Nanya	✓				
Toshiba		✓	✓		
Alliance	✓				
INSIGNIS	✓		✓		
Fujitsu					✓
ESMT	✓			✓	
Rohm					✓
Swissbit			✓		

Speicherhersteller und die von ihnen angebotenen Technologien

.....
Arbeitsspeicher für alle Bedarfe

Reicht das bereits im Host integrierte RAM nicht aus, kann es ebenfalls durch einen externen Speicher ergänzt werden. Bei den RZ/A-Prozessoren steht hier internes RAM zwischen 3 und 10 MB zur Verfügung. Die RZ/G-Serie kann mit externem RAM erweitert werden. Für externes RAM stehen die flüchtigen Speichertypen SRAM (statisches RAM) und SDRAM (dynamisches RAM) zur Auswahl. SRAM bietet einen schnellen Zugriff und kann gespeicherte Daten einige Jahre erhalten. Allerdings verfügt SRAM nur über kleine Datenkapazitäten, benötigt viel Platz auf dem PCB und ist deutlich teurer als DRAM. DRAM bietet zwar nur mittlere Zugriffszeiten und benötigt für den Datenerhalt eine zyklische Auffrischung, doch es punktet mit hoher Datendichte auf kleiner Oberfläche und günstigem Preis.

SDRAM steht wiederum in den Modellen SDR (Single Data Rate) und DDR (Double Data Rate)

zur Wahl. Im Vergleich zu SDR- können DDR-Speicher die doppelte Datenrate übertragen, da sie die an- und absteigende Taktflanke des Datensignals zur Übertragung nutzen. Um die relativ lange Zugriffszeit des SDRAM zu verkürzen, wird das Prefetching eingesetzt. Dabei greift der DDR-Speicher parallel auf mehrere Speicherzellen zu. Die in einen Puffer geschriebenen Daten werden anschließend mit der höheren externen Datenrate des Hosts ausgegeben. Arbeitet die ursprüngliche DDR-Technologie mit zweifachem Prefetching, kommt bei DDR2 vierfaches, bei DDR3 und DDR4 achtfaches Prefetching zum Einsatz.

Beide Speicherformen haben sowohl Vor- als auch Nachteile. Eine Kombination aller Vorteile erscheint zwar unrealistisch, ist aber durch FRAM tatsächlich möglich. FRAM (Ferroelectric Random Access Memory) kombiniert durch seine spezielle Technologie drei wichtige Vorteile: Es ist schnell (150 ns Zugriffszeit) und hat einen sehr geringen Stromverbrauch sowie eine deutlich längere Lebenszeit als Flash oder SDRAM (10 Millionen Lese-/Schreibzyklen). Hinzu kommt, dass FRAM – auch wenn der Name etwas anderes vermuten lässt – non-volatile Speicher sind und damit auch bei Stromverlust die Daten gespeichert bleiben. Allerdings bietet Fujitsu mit seiner Speicherform nur kleine Kapazitäten vergleichbar mit EEPROM, das vor allem bei Metering/Energy, Point-of-Sales- und IoT-Anwendungen die perfekte Lösung bieten kann.

Bei der Wahl des richtigen Speichers kommt es daher darauf an, sich die richtigen Fragen zu stellen: Was möchte ich speichern und wie lange? Was kostet der Verlust der Daten? Welche Endurance- und Data-Retention-Rate brauche ich dafür?

Sind alle diese Fragen eindeutig beantwortet, erhält man ein passgenaues Zusammenspiel von MPU und Memory und kann sich die passenden Hersteller aus der obigen Tabelle herausuchen. ■



Glossar

- Bad-Block-Management:** Feststellung defekter Datenblöcke
- Buildroot:** effizientes und einfach zu benutzendes Tool, um Embedded-Linux-Systeme zu erzeugen
- BSP:** Board-Support-Package
- ECC:** Error-Correcting Code
- Garbage-Collection:** automatische Speicherbereinigung
- GitHub:** Onlinedienst, der Software-Entwicklungsprojekte auf seinen Servern bereitstellt
- GPU:** Graphics-Processing-Unit (Grafikprozessor)
- PCB:** Printed-Circuit-Board (Leiterplatte)
- Prefetching:** Vorabruf von Speicherinhalten
- RAM:** Random-Access-Memory
- uboot:** ein universaler Bootloader
- WAF:** Write-Amplification-Factor
- Wear-Leveling:** Verschleißausgleich des Speichers

Accelerate Industrial Applications

FUJITSU Mainboards

FUJITSU



IoT Solutions
Alliance



Manufacturing processes are changing to more automated and digitalized ones to fulfill the requirements to increase the efficiency. The New FUJITSU Mainboard-Portfolio supports the needs of higher performance and power efficiency with the new Intel® 8th Gen Core processor and Intel® XEON™ E21xx family – Made in Germany!

New Industrial & Extended Lifecycle Mainboard-Family

- Mini-ITX, µATX and ATX Form Factor
- Longterm Availability
- Professional Lifecycle- & Revisionmanagement
- Highest Quality – Designed & Made in Germany

Contact: oem-sales@ts.fujitsu.com
Web: fujitsu.com/fts/mainboards

Copyright 2018 Fujitsu Technology Solutions GmbH

Fujitsu, the Fujitsu logo and Fujitsu brand names are trademarks or registered trademarks of Fujitsu Limited in Japan and other countries. Other company, product and service names may be trademarks or registered trademarks of their respective owners, the use of which by third parties for their own purposes may infringe the rights of such owners. Technical data are subject to modification and delivery subject to availability. Any liability that the data and illustrations are complete, actual or correct is excluded. Designations may be trademarks and/or copyrights of the respective manufacturer, the use of which by third parties for their own purposes may infringe the rights of such owner. All rights reserved. Intel, the Intel Logo, Intel Inside, Intel Core, Core Inside, Xeon, and Xeon Inside are trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries in the U.S. and/or other countries.

shaping tomorrow with you

Kriterien für die richtige Stromversorgung

Fundiert auswählen

Im Laufe eines jeden Projekts stellt sich dem Entwickler irgendwann die Frage nach der passenden Stromversorgung für seine Applikation. Immer kürzere Entwicklungszyklen, strengere Spezifikationen und knappere Budgets erschweren dabei die Auswahl. Doch einige Details sollte man bei der Wahl wirklich beachten.

VON AXEL STANGL, PRODUCT SALES
MANAGER POWER-HALBLEITER
BEI RUTRONIK

Die Stromversorgung ist das Herzstück jeden elektrischen Systems, und doch wird häufig erst im letzten Moment an sie gedacht. Die Entscheidung für das richtige Netzteil scheint einfach: Man nehme ein Gerät mit der passenden Ausgangsspannung und -leistung und einem möglichst günstigen Preis. Doch um am Ende eine zufriedenstellende Lösung zu haben, sollte man etwas genauer hinsehen.

Weiter Eingangsbereich für unterschiedliche Nennspannungen

In der Regel werden Netzteile aus dem öffentlichen Netz oder einem industriellen Versorgungsnetz versorgt. In seltenen Fällen kommt auch ein Stromgenerator zum Einsatz. Die Nennspannungen des öffentlichen Netzes sind

weitgehend standardisiert. Während in Europa die Netzennspannung 230 V AC bei 50 Hz $\pm 10\%$ beträgt, gibt es außerhalb Europas zahlreiche andere Standards. In den USA sind 120 V AC/50 Hz gebräuchlich, während die Steckdose in China 220 V AC/50 Hz liefert. Das gewählte Netzteil sollte im Idealfall alle diese Nennspannungen und deren Randbereiche abdecken. Daraus ergibt sich ein Betriebsbereich von 85 V bis 264 V AC. Jedoch lohnt hier der Blick ins Datenblatt. Denn auch wenn das gewählte Netzteil bei einer Nennspannung von 230 V einen sehr guten Wirkungsgrad von über 90 % aufweist, so kann dieser bei 120 V plötzlich bei nur noch 70 % liegen.

Einfluss des Wirkungsgrads auf die Lebensdauer

Beim Vergleich verschiedener Wirkungsgradangaben klingen ein oder zwei Prozentpunkte mehr nicht nach einer wesentlichen Differenz. Auch wird man damit keine großen Energieeinsparungen erzielen können. Und doch können diese wenigen Prozentpunkte einen großen Unterschied ausmachen. Vergleicht man beispielsweise ein Gerät mit 90 % Wirkungsgrad und eines mit 92 %, so sieht dies auf den ersten Blick nicht nach einer großen Abweichung aus. Betrachtet man aber die daraus resultierenden Verluste, so sind es bei dem einen Netzteil nur 8 %, aber beim anderen 10 %. Das Gerät mit 92 % Wirkungsgrad hat somit ein Fünftel weniger Verluste, welche als Wärme abgegeben werden. Manchmal reicht dieser geringe Unterschied bereits aus, um auf zusätzliche Kühlung verzichten zu können. Dies spart wiederum wertvollen Platz.

Viel wesentlicher ist jedoch, dass eine geringere Wärmeentwicklung sich positiv auf die Lebensdauer des Systems auswirkt. Der schwedische Chemiker Svante Arrhenius entdeckte 1889 den Zusammenhang zwischen chemi-



alle Bilder: Recom

Committed to excellence

INNOVATIVE LÖSUNGEN GESUCHT? KOMMEN SIE AM BESTEN ZU UNS!

Rutronik. Excellence in Distribution.
Unsere innovativen Lösungen auf der electronica 2018



electronica

C3 - 312

C4 - 434

13.11. - 16.11.2018



Supplier-Lounges

Ausstellende Unternehmen



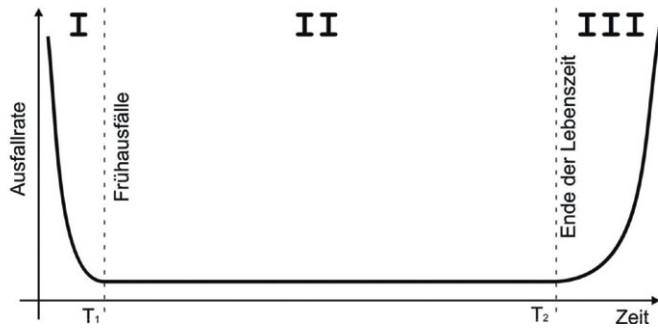


Bild 1: Ausfallrate über der Lebenszeit (Badewannenkurve)

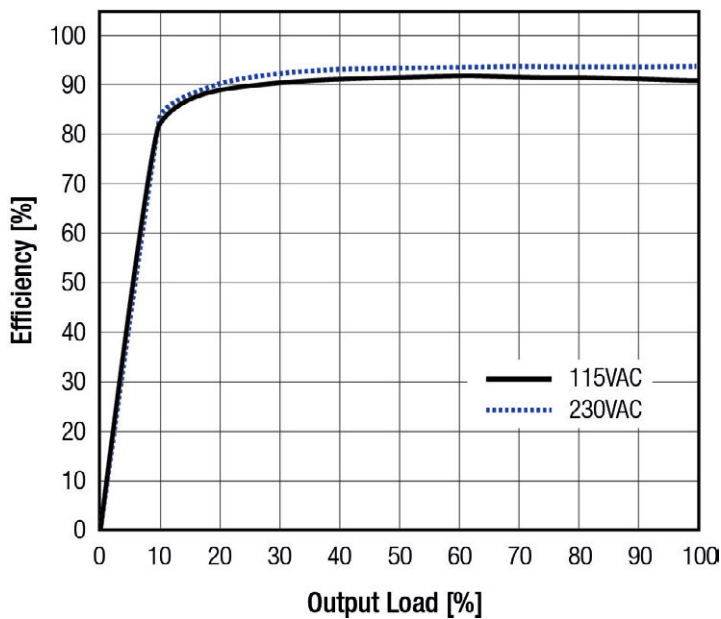


Bild 3: Der Wirkungsgrad von Recoms REDIN480 liegt nicht nur bei Volllast bei ca. 93 %, sondern bleibt auch über einen weiten Lastbereich stabil hoch.

scher Reaktionsgeschwindigkeit und Temperatur. Wobei sich aus der Arrhenius-Gleichung die Faustregel ergibt, dass eine Erhöhung der Temperatur um zehn Grad Celsius die Ausfallwahrscheinlichkeit verdoppelt. Oder anders ausgedrückt: Die Lebenserwartung halbiert sich. Daher können schon zwei Prozentpunkte mehr beim Wirkungsgrad dazu beitragen, die Lebenserwartung eines Schaltnetzteils wesentlich zu verlängern.

MTBF – kalkulierte Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit eines Schaltnetzteils steht in engem Zusammenhang mit der MTBF (Mean Time Between Failure). Die Bedeutung der MTBF lässt sich am einfachsten anhand der sogenannten Badewannenkurve (Bild 1) verdeutlichen. Diese gliedert sich in drei Bereiche: die frühzeitigen Ausfälle, die nutzbare Lebensdauer und den End-of-Life-Abschnitt. Die MTBF deckt nur den mittleren Bereich ab; das bedeutet, dass sie sowohl die „Kinderkrankheiten“ als auch die Alterungseffekte ausspart.

Dadurch ist leicht erklärt, warum die MTBF für Netzteile oft mit mehreren Millionen Stunden angegeben wird.

Die MTBF kann darüber hinaus nach unterschiedlichen Normen ermittelt werden. Am häufigsten sind dabei MIL HDBK 217F, Bellcore TR-NWT-000332 und die sogenannte Siemensnorm SN29500. Die Ergebnisse dieser Berechnungsmethoden unterscheiden sich teilweise gravierend. Deshalb ist es beim Vergleich von MTBF-Werten wichtig, darauf zu achten, dass sie nach demselben Standard und unter denselben Bedingungen (zum Beispiel Umgebungstemperatur) ermittelt wurden.

Gemeinsam ist diesen Methoden allerdings, dass sich die MTBF des Schaltnetzteils aus der Summe der Werte der Bauteile ergibt. Deshalb hat auch der „Component Count“ einen entscheidenden Einfluss auf den MTBF-Wert. So haben einfach aufgebaute Schaltnetzteile oft einen deutlich höheren MTBF-Wert. Das muss im Umkehrschluss aber nicht heißen, dass sie wirklich zuverlässiger sind.



Bild 2: Typischer Testaufbau für einen Life-Test (z.B. 96-Stunden-Test bzw. Derating-Test)



Bild 4: Recoms Netzteile zeichnen sich durch hohe elektrische Festigkeit und hohe Zuverlässigkeit aus; das macht sie besonders geeignet für Industrieschränke in rauen Umgebungen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die MTBF einen guten Vergleichswert der Zuverlässigkeit ähnlicher Geräte darstellt, aber keinerlei Aussage über die Lebenserwartung zulässt. Dies ist nur durch ausgiebiges Testen möglich.

Geprüfte Zuverlässigkeit

Eine erste Aussage lässt sich nach einem 96-Stunden-Test treffen. Dieser HAST (Highly Accelerated Stress Test) wird in einer Klimakammer unter definierten Umgebungsbedingungen (zum Beispiel +85 °C bei 95 % rel. Feuchte, s. Bild 2) als sogenannter Storage-Test (d.h. die Prüflinge sind nicht in Betrieb) durchgeführt. Vorher und nachher werden die Prüflinge entsprechend ihren Datenblattparametern vermessen. Aufgrund der Unterschiede kann ein Rückschluss auf die Lebensdauer gezogen werden. 96 Stunden unter den oben genannten Bedingungen entsprechen beispielsweise einem 24/7-Betrieb von 7¼ Jahren. Zusätzlich wird oft auch ein 1000-Stunden-

Test, wahlweise als Storage-Test durchgeführt (zum Beispiel +85 °C/50 % rel. Feuchte) bzw. als Life-Test (das heißt, die Prüflinge werden im Betrieb getestet, bei maximal zulässiger Umgebungstemperatur), um die Ergebnisse zu verifizieren (Bild 3).

*Stabiler Wirkungsgrad
auch im niedrigen Lastbereich*

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist das Verhalten bei verschiedenen Lastbedingungen. Häufig findet sich in Datenblättern nur eine Angabe eines Wertes unter Volllast – wenn überhaupt. Doch ist das wenig aussagekräftig, da Schalt- netzteile so konzipiert sind, dass sie ihren besten Wirkungsgrad in der Nähe ihrer Nennleistung erreichen. Mit sinkender Last sinkt auch ihr Wirkungsgrad, bis er im Leerlauf gegen Null tendiert. Gut konzipierte Netzteile hingegen bieten einen konstant hohen Wirkungsgrad, gerade auch im wichtigen mittleren und niedrigen Lastbereich.

Zuverlässige Hutschienen-Netzteile

Mit der Erfahrung von vielen Millionen produzierten DC/DC- und AC/DC-Wandlern hat Recom eine Reihe von DIN-Schienen-Netzteilen entwickelt, die für eine maximale Lebensdauer ausgelegt sind. Um entsprechende Sicherheitspuffer zu schaffen, werden nur Komponenten höchster Qualität verwendet, deren Betriebstemperatur weit über den für Netzteile angegebenen Werten liegt.

Die Hutschienen-Netzteile der REDIN-Serie (Bild 4) zeichnen sich durch ihre besonders schmale Bauform aus und sind zusätzlich mit einem Seitenmontagesystem ausgestattet. Dies ist besonders bei Schaltschränken mit geringer Einbautiefe von entscheidendem Vorteil. Durch ihren weiten Eingangsspannungsbereich von 85 V bis 264 V AC eignen sie sich für den weltweiten Einsatz. Aufgrund des hohen Wirkungsgrades von 93 % wird nur wenig Abwärme generiert, wodurch die Netzteile ohne zusätzliche Kühlung bei Betriebstemperaturen von -25 °C bis +70 °C eingesetzt werden können. Die Module sind mit aktiver PFC ausge-

stattet; der Power-Faktor liegt bei über 0,95. Sie eignen sich für n+1-Parallelbetrieb, um für Redundanz zu sorgen oder um den Ausgangsstrom dauerhaft zu erhöhen. Die Module sind mit intelligentem Überlast- und Kurzschlusschutz ausgestattet, der das Gerät abschaltet, sobald die maximal zulässige Temperatur erreicht wird, um permanente Schäden zu vermeiden. Die Netzteile sind zertifiziert nach IEC/EN/UL 60950 und UL 508.

Darüber hinaus ist für den Betrieb in zwei- oder dreiphasigen Netzumgebungen die REDIN/3AC-Familie neu auf dem Markt. Sie ist auf äußerste Standfestigkeit selbst im rauen Umfeld der Prozessautomatisierung ausgelegt und läuft auch bei Ausfall der dritten Phase zuverlässig unter Netzspannungen von 320 bis 575 V AC. Die Serie liefert wahlweise 120 W, 240 W, 480 W oder 960 W bei nominell 24 V DC mit nur 40 mV Ripple-Strom bzw. 22,5–29,5 V DC, justiert mittels Präzisionspotenziometer. Zur Leistungserhöhung lassen sich die Geräte ohne weitere Vorkehrungen parallel schalten, für einen Lastausgleich sorgt die Drop-Mode-Regelung mit Strombegrenzung. ■

Anzeige

TOSHIBA

**AUTOMOTIVE
INDUSTRIAL COMMUNICATION
MOTOR CONTROL & POWER CONVERSION
SMART HOME & BUILDING
DATACENTER & SERVER**

solutions & components

toshiba.semicon-storage.com



Analog-Front-Ends

Flexibel von analog zu digital

Gängige Topologien für Analog-Front-Ends sind meist gezielt für einen bestimmten Anwendungsbereich ausgelegt und entsprechend unflexibel. Neue Modelle setzen mit integrierten programmierbaren Verstärkern und MCU-Schnittstellen auf höhere Flexibilität.

VON THOMAS BOLZ,
PRODUCT SALES MANAGER ANALOG &
SENSORS BEI RUTRONIK

Überall, wo hochempfindliche Analogsignale, z.B. von analogen Sensoren, verstärkt und in Digitalsignale umgewandelt werden, kommen Analog-Front-Ends (AFE) zum Einsatz. Das hier vorgestellte AFE vereint mehrere Funktionen in einem Baustein: Das sind ein programmierbarer Instrumentierungsverstärker mit zwei voll-differenziellen Eingängen, ein Sigma-Delta-basierter ADC, die digitale Schnittstelle zur Kommunikation mit der MCU sowie ein Konfigurationsregister.

Mit hoher differentieller und integraler Linearität verarbeitet das AFE fast jedes analoge Signal im μV - bzw. mV -Bereich mit einem guten Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) und geringen Klirrvverzerrungen und ist damit ideal für Anwendungen im Bereich Embedded und IoT, z.B. in der Drucksensorik oder Batteriediagnose.

Anforderungen an die AFE-Topologie

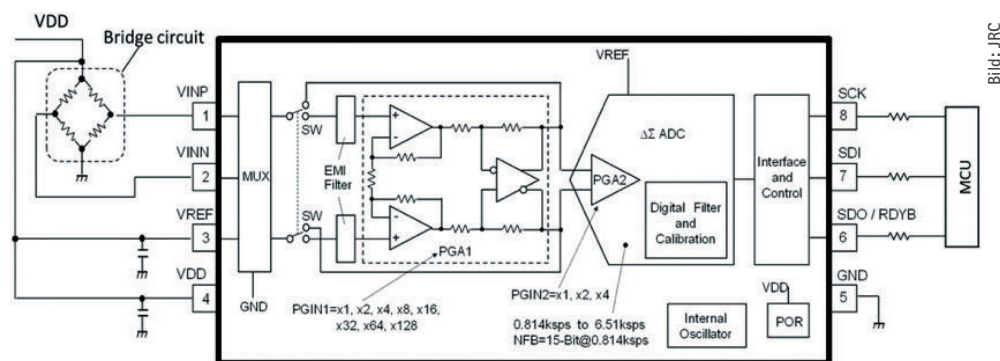
Operationsverstärker (OPs), die in Analog-Front-Ends für die Verstärkung von Sensorsignalen zum Einsatz kommen, sollten immer über die folgenden Parameter verfügen:

- Eine niedrige Offsetspannung. Denn Offset und Offset-Drift verstärken nichtlineare Spannungsanteile im Ausgang des OP und verfälschen so das verstärkte Signal.

- Geringes Spannungsrauschen. Die Rauschspannung pro Hertz hängt von der Bandbreite des Signals ab ($\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$); auch sie wird mit dem Signal verstärkt.
- Hohe Gleichtaktunterdrückung (CMRR, Common Mode Rejection Ratio), um elektrische Störsignale auf beiden Signaleingängen des OP zu unterdrücken, sodass das Messsignal nicht beeinflusst wird.
- Rail to Rail im Ein- und Ausgang (RRIO, Rail to Rail Input and Output), vor allem in Schaltungen mit kleinen Versorgungsspannungen, um den maximalen Störspannungsabstand zu erhalten und so Eingangssignale fehlerfrei bis zur negativen oder positiven Versorgung zu übertragen.

Man unterscheidet prinzipiell drei Topologien für Operationsverstärker:

- Der nicht invertierende Verstärker ist die simpelste Form eines OP. Sein einfacher Aufbau geht mit einem geringen Bauteilbedarf und einer niedrigen Leistungsaufnahme einher. Der Nachteil des nicht invertierenden Verstärkers liegt darin, dass Gleichtaktsignale und das Rauschen am Eingang des OPs mitverstärkt werden. Im Industriebereich können Störungen und Rauschen so erheblich sein, dass sie das Nutzsignal überlagern.



Blockschaltbild des NJU9103 von JRC

Bild: JRC

Deshalb empfiehlt es sich, ein Filter einzusetzen, das die Signalanteile, die an beiden OP-Eingängen liegen, unterdrückt.

- Der Differenzverstärker verstärkt nur das Eingangssignal und blockiert – im Gegensatz zum nicht invertierenden Verstärker – die Gleichtakt-signale. Durch die differenzielle Signalverarbeitung erreicht man eine höhere Störunterdrückung, aber die Gleichtaktunterdrückung bei höheren Störfrequenzen ist nicht befriedigend. Die Schaltung erfordert zudem exakt angepasste Widerstände (Toleranz von 0,1 % und besser). Sind sie das nicht, so arbeiten die Eingänge mit unterschiedlicher Verstärkung, sodass sich die Gleichtaktunterdrückung signifikant verschlechtert.
- Der Instrumentenverstärker mit drei OPs vermeidet die Nachteile der anderen beiden Topologien. Hohe Eingangsimpedanzen sowie die zwei Verstärkungsstufen sorgen für eine verbesserte Gleichtaktunterdrückung. Doch auch dieser Aufbau bringt Nachteile mit sich: Der erhöhte Energieverbrauch macht das System vor allem für Low-Power-Anwendungen ungeeignet.

Neben der Wahl der OPs und der entsprechenden Topologie gilt es, die Aufteilung der Verstärkungsstufe festzulegen. Sie hängt von mehreren Faktoren ab, darunter dem gewünschten Verstärkung-Bandbreite-Produkt (GBP, Gain-Bandwidth-Product), der Verstärkung des Ausgangsfehlers der verwendeten OPs und der Begrenzung der Eingangs- und Ausgangsspannungsbereiche der ersten und zweiten Stufe. Wenn die Schaltung mit hoher Verstärkung oder niedriger Versorgungsspannung arbeitet, wird es schwierig, hier einen guten Kompromiss zu finden.

Digitalisierung mit A/D-Wandlern

Nachdem das Sensorsignal analog verstärkt wurde, wandelt es ein A/D-Wandler in ein digitales Signal. Dessen Bit-Auflösung ist entsprechend der gewünschten Genauigkeit der Applikation und der Referenzspannung zu wählen. Beispielsweise erzielt bei 4,096 V ein 12-bit-A/D-Wandler eine Genauigkeit von 1 mV.

Weiterhin muss das Nyquist-Shannon-Abtasttheorem berücksichtigt werden. Es besagt, dass die maximale Signalfrequenz weniger als die Hälfte der Abtastrate betragen sollte. Daraus folgt, dass das Eingangssignal durch geeignete Filterung bandbreitenbegrenzt sein muss. Bei der Quantisierung der analogen Signalfrequenz entstehen zudem Quantisierungsfehler. Um diese möglichst gering zu halten, sollte eine hohe Quantisierung, d.h. eine hohe Abtastrate, gewählt werden. Das ist bei SAR-ADCs unbedingt zu beachten; bei Sigma-Delta-ADCs ist dies aufgrund der hohen Überabtastung nicht kritisch.

Integrierte Lösungen sind oft die bessere Option

Bei all diesen Vorgaben und Bedingungen ist es oft besser, auf eine vorgefertigte, integrierte Lösung zurückzugreifen. Denn integrierte Lösungen erreichen nicht nur eine höhere Präzision, sondern tragen auch zu einer Reduktion von Entwicklungszeit und -kosten bei. Besonders im Bereich der Präzisions-Sensorsignalaufbereitung ist eine solche Lösung meist zwangsläufig notwendig. Präzision bedeutet hier, eine maximale Verstärkungslinearität unabhängig von Verstärkungsfaktor, Gleichtaktanteil der Sensorsignale und Temperatur zu erreichen.

Be your key

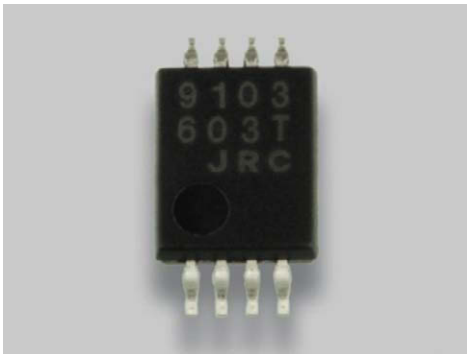
Everyone is different, but when it comes to security, we all want the same thing – to know that our information is as safe as possible.

Light is OSRAM

OSRAM
Opto Semiconductors

Eine Lösung mit integriertem PGA (Programmable Gain-Amplifier) ist z.B. der NJU9103 von JRC (s. Bild). Das Analog-Front-End kann analoge Signale mit einer Verstärkung von $G = 512$ verarbeiten. Aufgrund seines großen Eingangsspannungsbereichs und der hohen Abtastrate kann es auch sehr kleine Sensorsignale im μV - und mV -Bereich wie auch Signale im 100-mV -Bereich verstärken und verarbeiten, und das sogar bei Signalfrequenzen im kHz -Bereich.

Zusammen mit seinen vielfältigen Einstellungsmöglichkeiten bietet es damit die optimale Verstärkung für Druck- und Durchflusssensoren, außerdem eignet es sich für



Thermostate, digitale Anzeigegeräte, PLC- und SPS-Anwendungen. Neben seinem großen Eingangsspannungsbereich trägt auch das kleine Gehäuse (DFN8/SSOP8) zur Flexibilität bei.

Der interne 16-bit-Sigma-Delta-A/D-Wandler des Front-Ends von JRC hat Sampling-Raten von $0,814$ bis $6,51$ kSamples/s und verfügt über einen single-ended, einen differenziellen und einen pseudodifferenziellen Eingang. Eine der großen Stärken von Sigma-Delta-A/D-Wandlern ist ihre Oversampling-Architektur (Überabtastung). Oversampling bedeutet, dass die Abtastfrequenz des geschalteten Integrators (Sigma) und die Taktfrequenz des Modulators eine extrem hohe Überabtastung darstellen.

Das hat zwei Effekte: Zum einen wird das Rauschen über ein breiteres Frequenzband verteilt. Zum anderen dient es als Alternative zu einem aufwändigeren und teureren Anti-Aliasing-Filter, wie es typischerweise bei SAR-ADCs notwendig ist: Durch eine wesentlich höhere Abtastfrequenz als nach dem Abtasttheorem nötig reicht meist ein einpoliger Tiefpass. Dadurch erzielen diese Wandler hervorragende Rausch- und Genauigkeitsspezifikationen.

Der PGA sorgt außerdem dafür, dass der ADC stets innerhalb des idealen dynamischen Bereichs arbeitet. Beträgt beispielsweise die Verstärkung 128 und der Sensor-Offset 10 mV , würde der PGA in der Begrenzung arbeiten. Um dies zu vermeiden, erzeugt eine interne Referenzspannung eine Kompensationsspannung, die der Offset-Spannung des Sensors entgegengesetzt ist. Dadurch befindet sich der PGA-Ausgang wieder innerhalb des Dynamikbereichs. Damit verfügt der NJU9103 als einziges verfügbares AFE über eine Sensor-Offset-Kompensation.

Weitere Vorteile ergeben sich durch die hohe HF-Immunität, durch die deutlich weniger Fehlfunktionen durch hochfrequentes Rauschen, z.B. von Mobiltelefonen, entstehen. Hinzu kommen die einfache Konfigurierbarkeit sowie die schnelle Datenrate von mehr als 1 kSa/s , die viele Möglichkeiten der Verarbeitung hochfrequenter Messsignale bietet. Zudem ist der NJU9103 das erste AFE mit einem PGA, das eine Verstärkung von mehr als 256 und maximal 512 erreicht. Aktuelle Lösungen anderer Hersteller erreichen lediglich den Faktor 128 .

Praxisbeispiel mit einem Analog-Front-End

Präzise Sensor-signal-aufbereitung

NJRC hat das neue Analog-Front-End NJU9103 mit eingebautem PGA entwickelt, mit dem man analoge Signale verarbeiten kann. Mithilfe eines Demo-Boards sammeln Entwickler spielerisch erste Erfahrungen mit den Möglichkeiten, die der Chip bietet.

Das neue Analog-Front-End (AFE) NJU9103 verarbeitet analoge Signale mit einer Verstärkung von $G=512$. Das NJU9103 verfügt nicht nur über einen großen Messbereich, sondern auch über sehr kleine Abmessungen, und kommt mit acht Pins aus. Zudem verfügt er über einen integrierten 16-bit- $\Delta\Sigma$ -A/D-Wandler mit Sampling-Raten von $0,814$ kSamples/s bis $6,51$ kSamples/s mit differenziellem und wahlweise pseudodifferenziellem Eingang. Durch eine SPI-Schnitt-

stelle können die Parameter über den Mikrocontroller einfach angepasst werden.

Das Evaluation-Kit des NJU9103 von NJRC ist ursprünglich für ein STM32 Nucleo-F411RE ausgelegt. Hierbei wird die Arduino-Schnittstelle mit einer GUI-Software verwendet. Deshalb ist hierbei zusätzlich ein PC zur Darstellung der Messergebnisse notwendig. Zur Vereinfachung des Messsystems wurde gezielt auf das Nucleo-Board verzichtet und deshalb

QI ZHANG, TECHNISCHER SUPPORT
STRATEGISCHES MARKETING
BEI RUTRONIK

hier zur einfacheren, anwenderorientierten Demonstration das STM32F429 Discovery Board eingesetzt (Bild 1).

Hierbei wurde ein Messsystem zur analogen Signalsynthese und zur analogen Signalanalyse mit graphischem Display für die gemessenen Daten realisiert. Das STM32F429 erzeugt hierbei ein PWM-Signal, das über einen einpoligen Tiefpass und einen Spannungsteiler an den differenziellen Eingang des NJU9103

Kostengünstige Oszilloskop-Alternative

Der Clou des NJU9103: Zusammen mit einem Mikrocontroller kann es ein Oszilloskop für niederfrequente Signale ersetzen: Signalanalyse und Signalsynthese sind mit den zugehörigen Evaluation-Boards des Front-Ends und des Mikrocontrollers und nur wenigen passiven Bauteilen einfach realisierbar. Das Sinus-Signal lässt sich mithilfe eines angeschlossenen Displays visualisieren – ein pfiffiges Konzept zu äußerst geringen Kosten.

Eine detaillierte Beschreibung ist unter www.rutronik.com/processing-analog-signals-with-an-amplification-of-g-512-by-using-a-microcontroller abrufbar.

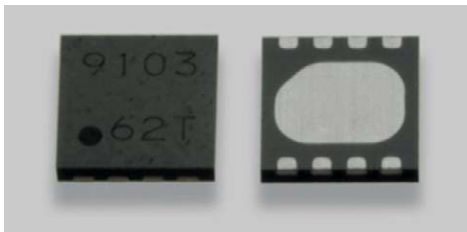


Bild: Rutronik, ST, JRC

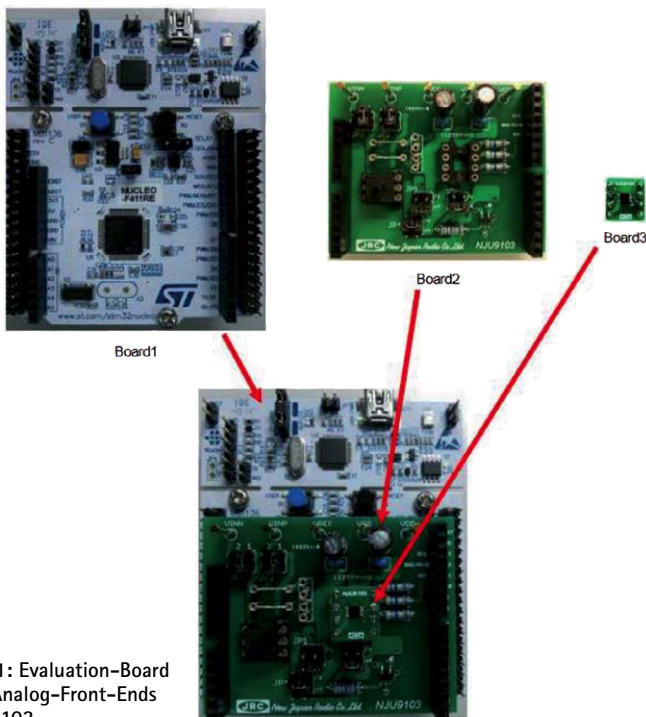


Bild 1: Evaluation-Board des Analog-Front-Ends NJU9103

Compact and Powerful HVC 4223F



- ◆ High flexibility to directly drive BLDC-, Stepper- and BDC-Motors supported by easy software reconfiguration
- ◆ Green innovation by means of weight reduction and power-efficient motor commutation
- ◆ Comfort, connectivity, and re-usability due to full integration
- ◆ Noise reduction in smart actuators ensures driver relaxation
- ◆ Improved power efficiency and optimized motor dynamics

electronica 2018
 NEW Location –
 Visit us in **Hall B3** at **Booth 460**



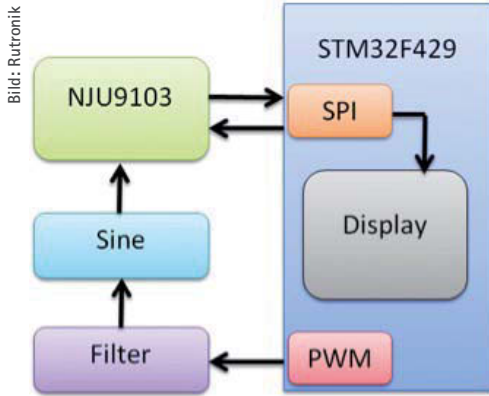


Bild 2: Signalfluss im gewählten Beispiel

angeschlossen ist. Danach werden die digitalen Messergebnisse per SPI zur MCU gesendet und auf dem Display dargestellt. Durch diese Kombination der Demo-Boards kann die Performance des analogen Front-Ends, bestehend aus PGA, ADC, Analogschalter und Kalibrierungs-DAC, im Hinblick auf Auflösung, Genauigkeit, Verstärkung und Geschwindigkeit des NJU9103 demonstriert werden (Bild 2). Die Parameter werden hierbei über die programmierbaren Register des AFE eingestellt.

Erzeugung des Sinussignals

Die Konfiguration wird dabei über STM32-CubeMX, eine PC-basierte Software, realisiert und dann wird das AFE NJU9103 mithilfe des Keil-MDK (Microcontroller-Development-Kit) oder Atollic TrueStudio programmiert. Die Befehle und Daten können per SPI-Bus übertragen werden.

Konfiguration des STM32F429 mit STM32CubeMX

Die hierzu benötigte Software kann von der ST-Website heruntergeladen werden. Zusätzlich sollten die Board-Support-Packages (BSP) benutzt werden.

```

unsigned char sine[128]=
{
  128, 134, 140, 147, 153, 159, 165, 171,
  177, 182, 188, 193, 199, 204, 209, 213,
  218, 222, 226, 230, 234, 237, 240, 243,
  245, 248, 250, 251, 253, 254, 254, 255,
  255, 255, 254, 254, 253, 251, 250, 248,
  245, 243, 240, 237, 234, 230, 226, 222,
  218, 213, 209, 203, 199, 193, 188, 182,
  177, 171, 165, 159, 153, 147, 140, 134,
  128, 122, 116, 109, 103, 97, 91, 85,
  79, 74, 68, 63, 57, 52, 47, 43,
  38, 34, 30, 26, 22, 19, 16, 13,
  11, 8, 6, 5, 3, 2, 2, 1,
  1, 1, 2, 2, 3, 5, 6, 8,
  11, 13, 16, 19, 22, 26, 30, 34,
  38, 43, 47, 52, 57, 63, 68, 74,
  79, 85, 91, 97, 103, 109, 116, 122
};
    
```

Bild 4: Array der PWM

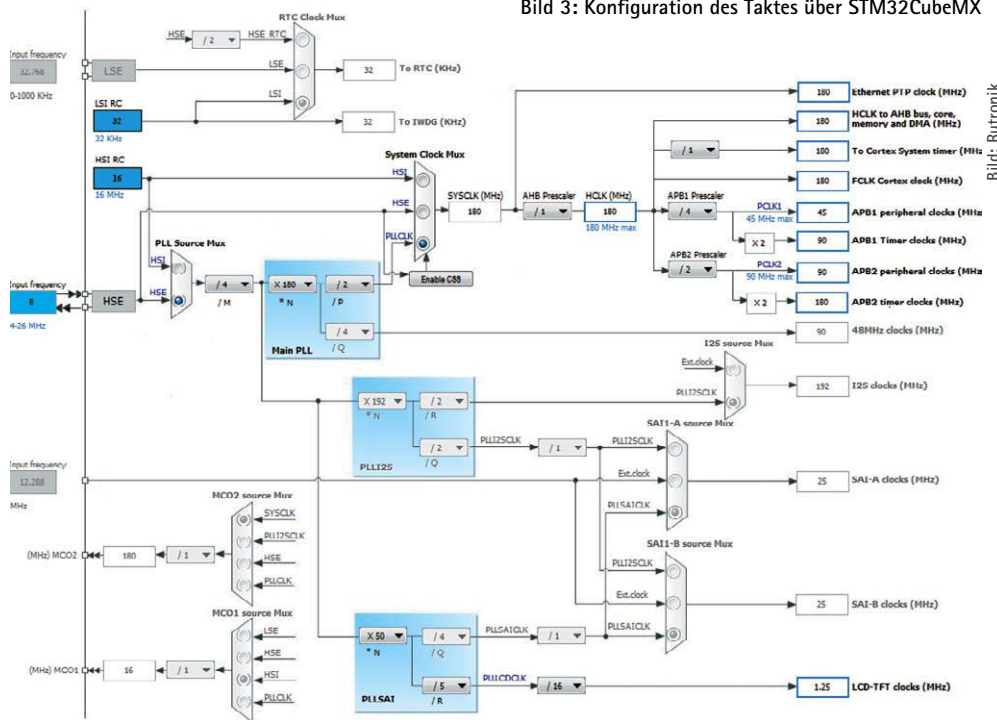


Bild 3: Konfiguration des Taktes über STM32CubeMX

Für die Kommunikation mit dem NJU9103 wird das SPI1 verwendet. Durch den Timer TIM3 wird das PWM-Signal erzeugt, während TIM4 den Interrupt anspricht, um die Messergebnisse auf einem Display anzuzeigen (Bild 3).

Erzeugung des PWM-Signals

Um ein genaues PWM-Signal zu erzeugen, müssen die Counter und Prescaler im TIM3 vorher definiert und gesetzt werden. Der Ausgang wird als Pull-up konfiguriert. Die Frequenz von TIM3 wird über das Clock-Signal des APB1 (Advanced Peripheral Bus) eingestellt. Hierbei ist zu beachten, dass ausschließlich die APB1-Schnittstelle die maximale Clock-Frequenz für den Timer TIM3 zur Verfügung stellt.

```

/* Configure the system clock */
SystemClock_Config();

/* USER CODE BEGIN SysInit */

/* USER CODE END SysInit */

/* Initialize all configured peripherals */
MX_GPIO_Init();
MX_DMA2D_Init();
MX_FMC_Init();
MX_I2C3_Init();
MX_LTDC_Init();
MX_SPI5_Init();
MX_SPI1_Init();
MX_TIM3_Init();
MX_TIM4_Init();
    
```

Bild 5: Initialisierung des Demo-Boards

Zur Synthese des Sinussignals muss das PWM-Signal (Duty Cycle) in einem Array erzeugt werden (Bild 4).

Zur Filterung bzw. Glättung des PWM-Signals wird ein Tiefpassfilter erster Ordnung (1 kΩ/1 µF) mit einem 3-dB-Punkt bei 1 kHz gewählt. Der ohmsche Spannungsteiler kann unter Berücksichtigung der gewählten Verstärkungsstufen des PGA im NJU9103 gewählt werden. Am Ausgang erhält man dann ein Sinussignal.

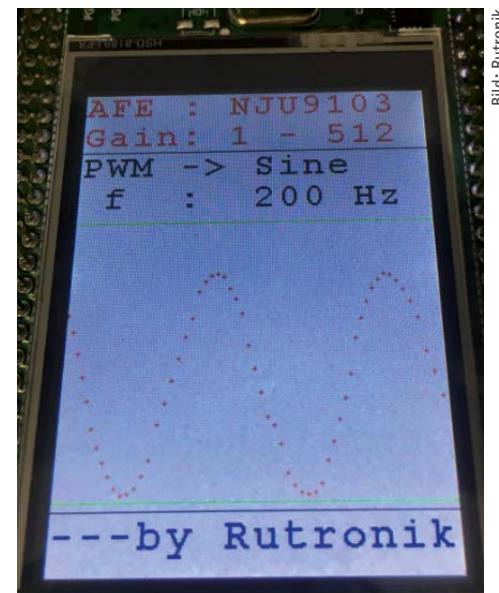


Bild 6: Messergebnisse des AFE NJU9103

```

stm32f429i_discovery.h
stm32f429i_discovery_lcd.c
  BSP_LCD_Clear (uint32_t Color)
  BSP_LCD_ClearStringLine (uint32_t Line)
  BSP_LCD_DisplayChar (uint16_t Xpos, uint16_t Ypos, uint8_t Ascii)
  BSP_LCD_DisplayOff (void)
  BSP_LCD_DisplayOn (void)
  BSP_LCD_DisplayStringAt (uint16_t X, uint16_t Y, uint8_t *pText, Text_Align
  BSP_LCD_DisplayStringAtLine (uint16_t Line, uint8_t *ptr)
  BSP_LCD_DrawBitmap (uint32_t X, uint32_t Y, uint8_t *pBmp)
  BSP_LCD_DrawCircle (uint16_t Xpos, uint16_t Ypos, uint16_t Radius)
  BSP_LCD_DrawEllipse (int Xpos, int Ypos, int XRadius, int YRadius)
  BSP_LCD_DrawHLine (uint16_t Xpos, uint16_t Ypos, uint16_t Length)
  BSP_LCD_DrawLine (uint16_t X1, uint16_t Y1, uint16_t X2, uint16_t Y2)
  BSP_LCD_DrawPixel (uint16_t Xpos, uint16_t Ypos, uint32_t RGB_Code)
  BSP_LCD_DrawPolygon (pPoint Points, uint16_t PointCount)
  BSP_LCD_DrawRect (uint16_t Xpos, uint16_t Ypos, uint16_t Width, uint16_t
  BSP_LCD_DrawVLine (uint16_t Xpos, uint16_t Ypos, uint16_t Length)
  BSP_LCD_FillCircle (uint16_t Xpos, uint16_t Ypos, uint16_t Radius)
  BSP_LCD_FillEllipse (int Xpos, int Ypos, int XRadius, int YRadius)
  BSP_LCD_FillPolygon (pPoint Points, uint16_t PointCount)
  BSP_LCD_FillRect (uint16_t Xpos, uint16_t Ypos, uint16_t Width, uint16_t H
  BSP_LCD_FillTriangle (uint16_t X1, uint16_t X2, uint16_t X3, uint16_t Y1, uin
  BSP_LCD_GetBackColor (void)
  BSP_LCD_GetFont (void)
  BSP_LCD_GetTextColor (void)
  BSP_LCD_GetXSize (void)
  BSP_LCD_GetYSize (void)
  BSP_LCD_Init (void)
  BSP_LCD_LayerDefaultInit (uint16_t LayerIndex, uint32_t FB_Address)
  BSP_LCD_ReadPixel (uint16_t Xpos, uint16_t Ypos)
  BSP_LCD_ResetColorCache (uint32_t *pColorTable)
  ...

```

Bild 7: Eingebaute Grafik-Funktionen des BSP

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die maximale Eingangsspannung von 1 V am differentiellen Eingang des AFE nicht überschritten werden darf.

Programmierung des NJU9103

Nachdem das Demo-Board mit CubeMX konfiguriert wurde, können die SPI-Kommunikation und das TFT-Display direkt initialisiert werden (Bild 5). Das Board-Support-Package enthält hierfür viele nützliche Funktionen (Bild 7).

Beim Einstellen der Register des AFE NJU9103 über die SPI-Kommunikation muss ein wichtiger Punkt im Datenblatt beachtet werden. Die Register werden nur über die Bits 4 bis 7 statt wie sonst üblich über das ganze Byte adressiert. Die Register können wie im Datenblatt beschrieben initialisiert werden.

Durch den Timer TIM4 wird die Sampling-Frequenz des ADC eingestellt. Sie ist gemäß Nyquist-Theorem abhängig von der zu messenden Signalfrequenz.

Zusammenfassung

Signalanalyse und Signalsynthese sind mit den beiden Boards und wenigen passiven Bauelementen einfach realisierbar. Das Sinussignal kann mithilfe des Displays visualisiert werden (Bild 6). Ähnlich wie bei einem Oszilloskop können auf dem Display die Slew-Rate, Auflösung und Genauigkeit des NJU9103 abgelesen werden. Die Kombination der beiden Demoboards in dieser Konfiguration ist eine ideale Plattform, um die Performance des neuen AFE von NJRC zu zeigen und mit einer neuen Entwicklung im Bereich der analogen Sensorsignalaufbereitung mit unterschiedlichen Anwendungsgebieten zu starten. ■



Start Designing for **5G Speeds** with Telit Mobile Broadband Modules and Datacards

Select from Gigabit LTE Cat 18 to Cat 1 and 3G – Match your router or gateway requirements precisely



Passiv-Matrix-OLEDs

Eine Welt der Kontraste und Farben

Passiv-Matrix-OLEDs sind kontrastreich, dünn und energiesparend. Auch in industriellen Applikationen kommen sie vermehrt zum Einsatz. Welche Vor- und Nachteile bieten sie und wann ist ein Design-in sinnvoll?

VON VINCENZO SANTORO,
PRODUKTBEREICHSLIETER DISPLAYS & MONITORS BEI RUTRONIK

Der Begriff OLED (Organic Light Emitting Diode) tritt im Alltag immer häufiger auf, unter anderem bei Smartphones, die oftmals mit der derzeit beliebten AMOLED-Technologie (Aktiv-Matrix-OLED) ausgestattet sind. Diese zeigt auf kleinster Fläche (Active Area) eine maximale Auflösung an. Auch bei Fernsehern bewerben Händler und Fachmärkte immer öfter die OLED-Ausstattung – noch schärferes Bild, noch mehr Echtfarben. Smart Watches leuchten in kräftigen Farben und lie-

fern hohe Kontraste, Smart-Home-Anzeigen bieten einen ästhetischen Visualisierungs- und Touch-Benefit. So hat die AMOLED-Technologie den Konsumgüterbereich längst erobert und kommt in immer mehr Anwendungen zum Einsatz.

Seit einiger Zeit finden auch Passiv-Matrix-OLED- (PMOLED) Displays immer mehr Zuspruch, unter anderem im industriellen Sektor. Kräftige Farben, einmalige Kontraste und hohe Auflösungen sowie eine dünne Bauform machen es für Produktentwickler von Industrieanwendungen interessant, besonders als Ersatz für eine passive LCD-Anzeige, um die Applikation ästhetisch aufzuwerten.

Aufbau und Farben von PMOLEDs

Ein PMOLED-Display besteht aus mehreren Schichten. Dabei stellt eine Anode die organische Schicht dar, die Kathode ist rechtwinklig zur Anode in Zeilen angeordnet. Beide Schichten sind streifenförmig aufgebaut. Die Ansteuerung selbst erfolgt über die Anoden- oder auch über die Kathodenleitung, welche die OLED an den jeweiligen Schnittpunkten aktiviert und Licht erzeugt.

Die Größen im PMOLED-Bereich variieren von unter 1 Zoll bis hin zu 5,5 Zoll. Zudem ermöglichen sie eine alphanumerische sowie eine grafische Dot-Matrix-Auflösung. Der Hintergrund der Displays ist stets schwarz, während sich die Bildpunkte in den Farben Gelb, Blau, Weiß, Amber, SkyBlue und Grün darstellen lassen. Anders als bei der AMOLED-Technologie muss sich der Entwickler jedoch bei der Auswahl der PMOLEDs auf eine Farbe festlegen.

Vorteile beim Design-in

Wesentliche Punkte sprechen für eine PMOLED. Ein Faktor ist die geringe Bauhöhe der Displays. Durch die selbstleuchtende Technologie entfällt die Hintergrundbeleuchtung für das Display-Modul. Somit besteht dieses lediglich aus dem Frontglas und dem Rearglas und spart einige Millimeter Dicke für die LEDs ein.

Weitere Vorteile liegen im „Around the Clock“-Blickwinkel und im hohen Kontrast. Die PMOLED zeigt von allen Seiten einen gleich starken Kontrast (2000:1), weshalb es keinerlei Präferenzblickwinkel gibt. Das ist insbesondere dann von Nutzen, wenn beispielsweise eine Statusanzeige vom einem oder mehreren Nutzern aus verschiedenen Betrachtungswinkeln gelesen wird.

Zudem ist die PMOLED äußerst energiesparend und stellt eine Basis für Low-Power-Anwendungen dar. Lediglich das Pixel, das tatsächlich leuchten soll, verbraucht Strom, während die nicht leuchtenden Pixel inaktiv bleiben.

PMOLEDs sind empfindlich

Um zu entscheiden, ob sich eine PMOLED für die jeweilige Applikation eignet, gilt es auch die Schwächen der Technologie zu betrachten. Dazu gehören vor allem die Lifetime- und Burn-in-Effekte. Die Lebensdauer einer PMOLED kann durch verschiedene Einflussfaktoren stark eingeschränkt werden, da das Material sehr empfindlich auf Sauerstoff und Feuchtigkeit sowie konstant hohe Temperaturen reagiert. So ist ein PMOLED auch nicht direkt sonnenlichttauglich. Burn-in-Effekte, d.h.



Bilder: Raystar

Konsumgüter-Anwendungen wie Smart Watches sind Vorreiter beim Einsatz von PMOLEDs.

das Einbrennen des Phosphors in den Bildschirm, können dann auftreten, wenn die Anzeige permanent die gleichen Pixel ansteuert. Um dies zu vermeiden, ist eine abwechslungsreiche und homogene Ansteuerung erforderlich.

Auch der Kostenfaktor spielt eine nicht unerhebliche Rolle. Da u.a. die Herstellung des Displays sehr komplex ist, erfordert eine PMOLED immer noch eine höhere Investition als z.B. ein Passiv-LCD.

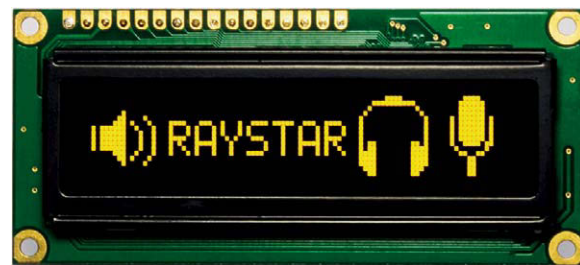
*Mehr Ästhetik
für viele Anwendungen*

Die PMOLED-Technologie eignet sich überall dort, wo eine Aufwertung des Designs gegenüber einem passiven LCD erfolgen soll. Ideal ist sie für das Metering, da Statusanzeigen bei Gas-, Strom- oder Wasserzählern lediglich eine punktuelle Anzeige benötigen. Auch für Thermostate, Weiße Ware oder Applikationen mit kleineren punktuellen Anzeigen stellt die PMOLED-Technologie eine passende Option

dar. Für 24/7-Statusanzeigen kommen PMOLEDs aufgrund der Lebensdauer der Technologie (noch) nicht in Frage.

Trotz der noch bestehenden Hürden gewinnt die PMOLED-Technologie an Beliebtheit. Die R&D-Abteilungen der Hersteller arbeiten kontinuierlich daran, die Lebensdauer zu verlängern, Burn-in-Effekte zu minimieren und die Auflösungen zu erhöhen. Für die Entwicklung neuer Eigenschaften bei OLEDs gibt der Consumermarkt Ansporn – sei es durch die flexiblen OLEDs (z.B. Smart Watches) oder transparenten OLEDs (Metering), die auch im industriellen Sektor immer größeren Anklang finden.

Um das komplette PMOLED-Portfolio abzudecken, arbeitet Rutronik eng mit dem renommierten OLED-Hersteller Raystar zusammen. Dessen umfangreiches Standard-Portfolio umfasst alphanumerische Displays in Größen von 8 x 2 bis 20 x 4 Zeilen und Spalten sowie in sämtlichen Farbvariationen. Darüber hinaus bieten Raystar und Rutronik grafische COG- (Chip on Glass) und COB- (Chip on Board)



PMOLEDS sind ein idealer Ersatz für passive LCDs, um Anzeigen ästhetisch aufzuwerten.

PMOLEDS in den Größen von 0,49 Zoll bis 5,5 Zoll an. Alle Standardprodukte lassen sich kundenspezifisch anpassen und eröffnen unzählige Möglichkeiten des Design-ins weit über den Standard hinaus.

Die Entwicklung im Bereich PMOLEDS wird in den nächsten Jahren zeigen, was hier möglich ist – von Trendtechnologie bis hin zur Ablösung der passiven LCDs. Schon heute üben PMOLEDS in der Entwicklung einen großen Einfluss bei der Designfrage aus und sind ein Eyecatcher für alle Visualisierungsthemen. ■

Anzeige



**PASSION
EFFECTIVENESS
WIN-WIN**

TOUCH DISPLAYS FÜR DIE INDUSTRIE-, AUTOMOBIL- UND MEDIZINTECHNIK

- PCAP – Projected Capacitive Touch Technologie
- Bedienbar mit Handschuhen und bei nasser Oberfläche
- Standard Touchdisplays von 3.5" bis 15.6"
- Kundenspezifische Lösungen von 1.5" bis 30"

Simulation von Temperatursensoren

Schneller und einfacher zum digitalen Thermometer

Fieber, Sonntagsbraten, das Wasser in Dusche oder Aquarium – ihre Temperatur wird immer häufiger mit einem digitalen anstelle eines analogen Thermometers gemessen. Bei dessen Entwicklung ist die Wahl des Temperatursensors entscheidend. Ein kostenloses Simulationsprogramm macht sie deutlich einfacher und spart so Zeit und Geld.

VON
BERT WEISS, TECHNISCHER SUPPORT
WIDERSTÄNDE BEI RUTRONIK, UND
ALAIN STAS,
PRODUCT MARKETING ENGINEER
FÜR NICHTLINEARE WIDERSTÄNDE
BEI VISHAY

Zu Beginn der Entwicklung einer digitalen Temperaturmessschaltung sind die rein mechanischen Aspekte des Designs zu klären; diese sollen hier jedoch nicht betrachtet werden. Anschließend folgen die elektrothermischen Aspekte. Dabei sind folgende Fragen zu beantworten:

- Was ist der vorgesehene Temperaturbereich?
- Welche Messgenauigkeit ist gefordert?
- Welche Art von Temperatursensor soll verwendet werden?
- Wie groß sind die Toleranzen der elektrischen Charakteristika des Sensors?

- Welche Mindest-Bitrate soll der A/D-Wandler liefern?
- Wie hoch soll die Sensorsignal-Abtastrate sein?
- Wie groß sind die Werte und Toleranzen aller sonstigen passiven Bauteile in der Anwendung?

Wichtig ist es vor allem, den Temperaturbereich und die Messgenauigkeit festzulegen, da sie die folgenden Schritte bestimmen. Beispielfhaft soll der Temperaturbereich hier von +25 °C bis +150 °C reichen, die Gesamtgenauigkeit soll ±2 °C betragen. In diesem Fall stehen zwei Temperatursensoren zur Wahl: ein

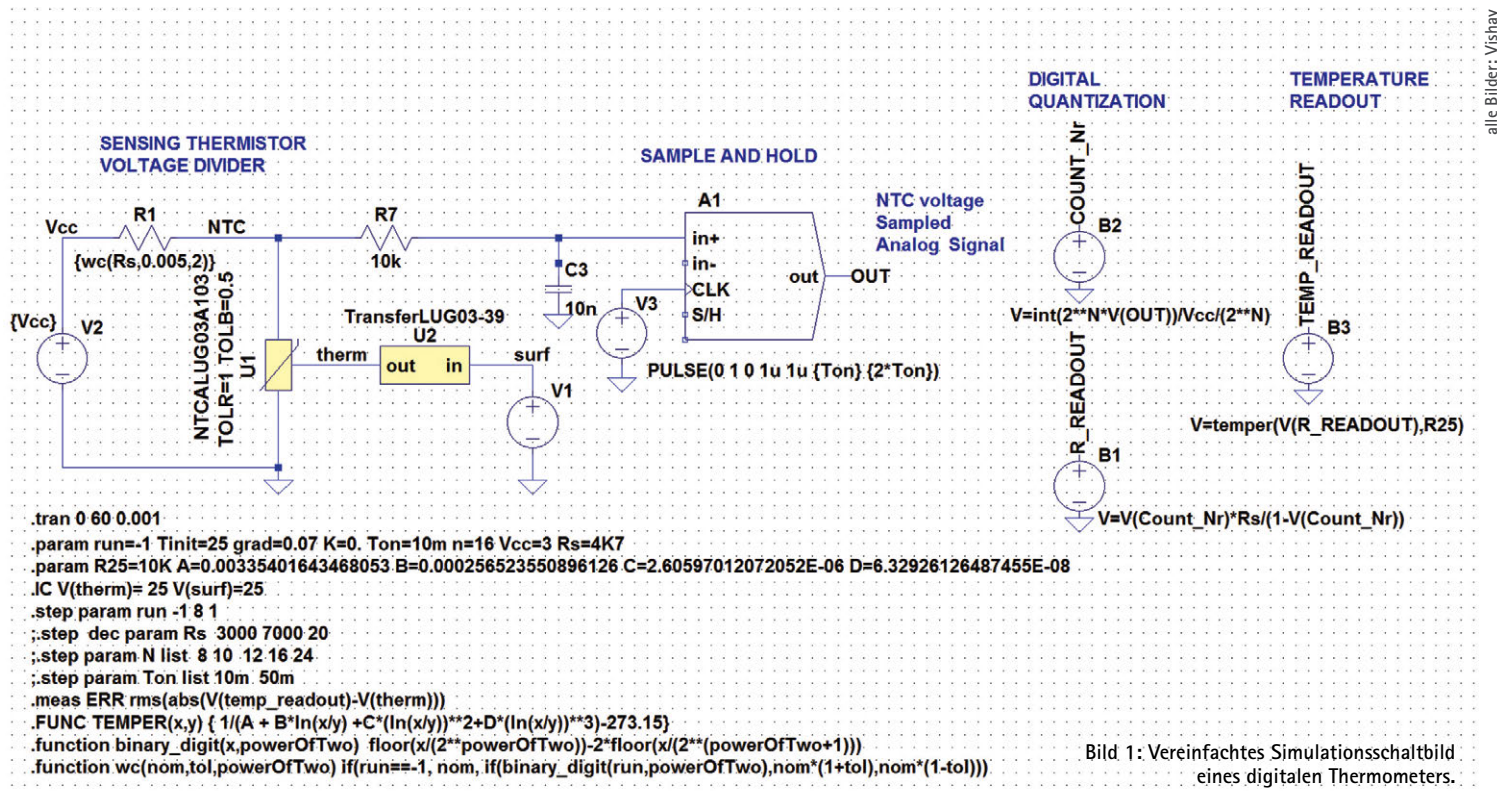


Bild 1: Vereinfachtes Simulationsschaltbild eines digitalen Thermometers.

alle Bilder: Vishay

hohempfindlicher, aber nichtlinearer Thermistor und ein Widerstandsthermometer (RTD, Resistance Temperature Device), z.B. ein Platinsensor, der linear, aber weniger empfindlich ist.

*Keine einfache Entscheidung:
die Wahl des Sensors*

Entscheidend für die Auswahl ist es, mit welchem Sensor sich die Vorgaben erreichen lassen. Hierfür reicht es nicht aus, jede der obigen Fragen zu beantworten. Denn die verschiedenen Parameter stehen in komplexen Wechselwirkungen zueinander, d.h. sie beeinflussen sich gegenseitig.

Dabei gilt generell: Der limitierende Faktor eines Systems bestimmt die Genauigkeit. Wenn dieser nicht bekannt ist, nutzt es wenig, die Toleranzen der übrigen Parameter bis auf nahezu null zu reduzieren. Werden beispielsweise Präzisionsthermistoren verwendet mit dem Ziel, die Temperatur mit einer Genauigkeit von $\pm 0,2$ °C oder besser zu messen, und kommt gleichzeitig ein einfacher 8-bit-A/D-Wandler zum Einsatz, würde dieser die Präzision der Thermistoren deutlich verschlechtern. Genau-



Bild 2: Die direkte transiente Schaltungssimulation zeigt das Temperaturprofil der Anwendung. Oben: externe Temperatur $V(\text{surf})$, Temperatur des Thermistors $V(\text{therm})$ und digitalisierter Messwert ($T_{\text{on}} = 200$ ms, $n = 10$). Im unteren Fenster: Differenz zwischen Messwert und tatsächlicher Temperatur des Thermistors

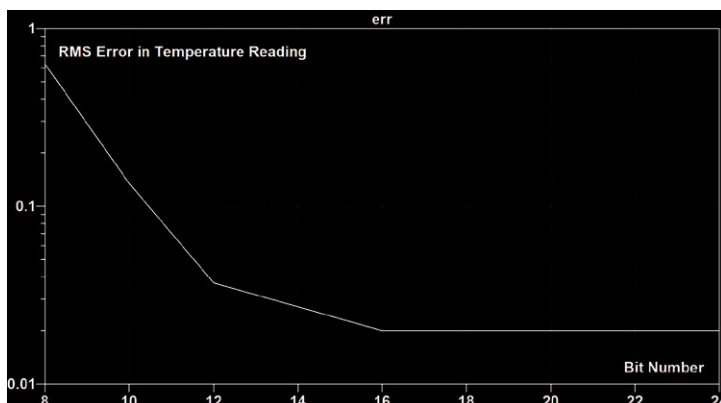


Bild 3: Bei einer Auflösung von über 16 bit bleibt die Differenz zwischen Auslesetemperatur und Temperatur des Thermistors konstant.

INTEL® OPTANE™ SSDs & SPEICHER FÜR JEDEN EINSATZBEREICH

Intel hat mit der Intel® Optane™ Technologie basierend auf 3D XPoint™ eine bahnbrechende Alternative zu Transistor-basiertem Speicherdesign entwickelt. Das Portfolio deckt den Einsatz von Memory bis Storage mit unterschiedlichen, leistungsstarken Formfaktoren ab.

Erfahren Sie mehr: www.intel.com/storage

Intel® Optane™ SSD DC P4800X Series



Die erstaunlich reaktionsschnelle SSD-Serie für Rechenzentren vereint hohen Datendurchsatz, geringe Latenz und herausragende Langlebigkeit. Sie beseitigt Datenspeicherengpässe und hilft, die Gesamtbetriebskosten des Rechenzentrums zu verbessern.

Intel® Optane™ Memory



Intel® Optane™ Memory fungiert als lernfähiger Systembeschleuniger für Systeme mit HDD oder SATA-basierter SSD.

Intel® Optane™ SSD 800P



Die Intel® Optane™ 800P SSD liefert hochperformante Leistung als vielseitig einsetzbarer M.2 Formfaktor.

Intel® Optane™ SSD 900P und 905P



Intel® Optane™ 900P und 905P SSDs markieren den High-End-Einsatzbereich in Workstations und Performance-PCs für professionelle Anwender und anspruchsvolle Workloads.



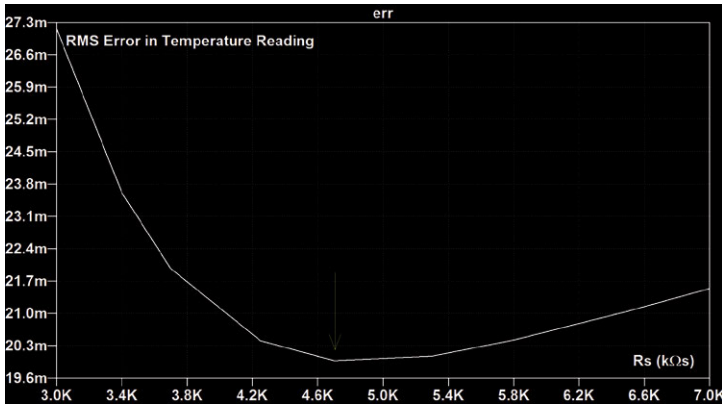


Bild 4: Bei einem Reihenwiderstand von 4,7 kΩ ist der Fehler am geringsten.



Bild 5: Temperatur-Messunsicherheit mit $dR25 = \pm 1\%$ und $dB = \pm 0,5\%$ für den NTC und $\pm 0,5\%$ für den Festwiderstand

so andersherum: Wenn ein mittelmäßig präziser Sensor eingesetzt wird, ist der Einsatz eines 24-bit-A/D-Wandlers nur bedingt sinnvoll. Will man kleinste Temperaturunterschiede erfassen, so ist ein ADC mit hoher differentieller Linearität in Zusammenhang mit Kalibrieralgorithmen empfohlen.

Eine andere Methode, um eine möglichst exakte Messung zu erzielen, ist der Einsatz eines Platinsensors der Klasse A ($\pm 0,15\text{ °C}$ bei 0 °C) mit einer linearen Temperaturkennlinie. Dessen Temperaturkoeffizient ist jedoch kleiner als der eines Thermistors, sodass das Messsignal verstärkt werden muss. Dies erfordert zusätzliche Hardware und bringt weitere Toleranzen ins Spiel.

Das macht die Auswahl der Komponenten zu einer komplexen Aufgabe, für die in der Regel viele Versuche nötig sind. Das kostet Zeit und Geld. Einfacher und schneller wäre es, wenn der Sensor mit seinen Toleranzen, die A/D-Wandler-Genauigkeit und die weitere Hardware ausgewählt, ein „virtuelles Prototypen-Testsystem“ aufgebaut und eine Simulation durchgeführt werden könnte, die sofort die erzielbare Genauigkeit anzeigt. Genau dies ermöglichen die PSpice-basierten, meist kosten-

losen Simulationsprogramme – obwohl es sich hier um eine analoge Simulationssoftware handelt. Denn PSpice und deren bekannte Light-Versionen können jeden Vorgang des digitalen Thermometers simulieren, wie Bild 1 zeigt (hier eine Thermistor-basierte Schaltung; eine RTD-basierte Schaltung sähe ähnlich aus).

Komponenten des digitalen Thermometers

Ganz gleich, ob als Temperatursensor ein NTC- (negativer Temperaturkoeffizient) Thermistor oder ein Platin-RTD gewählt wird – SPICE-Modelle dieser Bauteile sind leicht zu finden. Zudem enthält die Schaltung einen Spannungsteiler, bestehend aus dem Thermistor und einem Festwiderstand; eine Niederspannungsquelle liefert den Messstrom. Die resultierende Spannung wird nach Verstärkung und Filterung mit dem passenden ADC digitalisiert. Ideales Bauteil sind die neuen analogen Front-Ends von JRC (NJRC9103), die den direkten Anschluss des Temperatursensors ermöglichen. Diese AFEs liefern direkt die digitalen Daten und bieten zudem diverse Kalibrierfunktionen zur Offset-Kompensation. Ein Mikroprozessor berechnet daraus die Temperatur.

Die direkte transiente Schaltungssimulation (Bild 2) zeigt das Temperaturprofil der Anwendung, die Reaktion des Sensors mit Verzögerung und Steigung sowie die Digitalisierung des Signals. Im unteren Bereich ist die zeitliche Abweichung der Auslesetemperatur zu erkennen. Damit die Digitalisierung besser erkennbar ist, wurde für die Simulation eine geringe A/D-Wandler-Auflösung von 10 bit und eine lange Abtastzeit von 200 ms gewählt.

Die Eigenschaften und Toleranzen des Sensors, hier ein 10-kΩ-NTC-Thermistor der NTCALUG-Serie von Vishay, und des Festwiderstands werden mit Spice problemlos simuliert. Die Digitalisierung des Signals und die Umrechnung der digitalisierten Rohmessdaten in die Temperatur erfolgen mithilfe analoger Verhaltensmodellierungs-Spannungsquellen. Interessanterweise ist die Anzahl der Bits (n) der A/D-Wandler jetzt ein Parameter der Simulation und lässt sich zwischen 8 und 24 variieren. Auch die Sample-Zeit (T_{on}) des Sample/Hold-Bausteins ist ein variabler Parameter. Bei der Verwendung von Sigma-Delta-ADCs kann auf den externen Sample/Hold verzichtet werden, zumal die Temperaturänderung sich ohnehin typischerweise im Bereich von 100 ms abspielt.

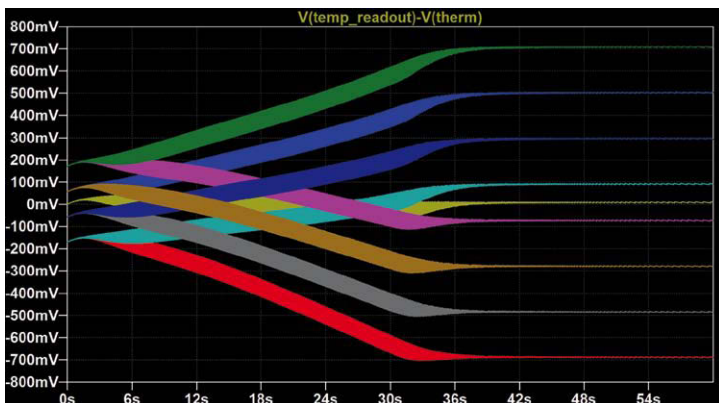


Bild 6: Werden alle Widerstandstoleranzen halbiert, halbiert sich auch die Temperatur-Messunsicherheit.



Bild 7: Temperatur-Messunsicherheit bei $dR25 = 0,5\%$ für den NTC (aber mit $dB = \pm 1,5\%$) und einer Festwiderstandstoleranz von $\pm 0,25\%$

Bei dem hier gezeigten Beispiel wird als erster Parameter die Abtastzeit von 10 ms festgelegt. Daraufhin lässt sich die optimale A/D-Wandler-Auflösung ermitteln, indem die Werte zwischen 8 und 24 bit eingegeben werden. Bei der Berechnung einer Fehlerfunktion als Effektivwert der Differenz zwischen Auslesetemperatur und Temperatur des Thermistors nimmt der Fehler bei Auflösungen von $n > 16$ nicht weiter ab, wie Bild 3 zeigt.

Alternativ lässt sich auch der Reihenwiderstand R1 auf einen minimalen Fehlerwert optimieren. Bild 4 veranschaulicht, dass die Fehlerfunktion bei einem Reihenwiderstand R_s mit 4,7 k Ω ihr Minimum erreicht. Die ERR-Fehlerfunktion wurde in den SPICE-Direktiven für die Simulation definiert (Bild 1).

Im nächsten Schritt werden die Toleranzen des Thermistors und des Festwiderstands R1 variiert und jeweils eine Worst-Case-Analyse auf Basis dieser Toleranzen durchgeführt. In den Bildern 5 bis 7 sind drei Fälle zu sehen: Bild 5 zeigt die Ergebnisse für einen NTC mit $dR25/R25 = \pm 1\%$ und einer B25/85-Toleranz von

$\pm 0,5\%$, kombiniert mit einem 0,5%-Dünnschicht-Flachchipwiderstand aus der TNPW-Serie von Vishay. Hier steigt die Messunsicherheit von $\pm 0,4\text{ }^\circ\text{C}$ bei $25\text{ }^\circ\text{C}$ auf $\pm 1,5\text{ }^\circ\text{C}$ bei $100\text{ }^\circ\text{C}$ an. Die Simulationen gelten für ein Worst-Case-Szenario.

Unter Einbeziehung der R25- und B25/85-Toleranzen des NTC und der Toleranzen des Festwiderstands R1 ergeben sich $2^3 = 8$ Fälle; die weiße Kurve ist die Referenzkurve. Die Simulation in Bild 5 zeigt, dass die Toleranzwerte gleichmäßig verteilt sind; das bedeutet, dass die relativen Toleranzen der Widerstände zueinander zweckmäßig gewählt wurden.

Aus Bild 6 ist ersichtlich, dass sich die Temperatur-Messunsicherheit halbieren lässt, indem alle Widerstandstoleranzen halbiert werden ($R25 = 0,5\%$ und $B25/85 = 0,25\%$ für den Thermistor bzw. $0,25\%$ für den Festwiderstand). Das ist allerdings ein ambitioniertes Vorhaben, denn ob alle Hersteller von Widerständen einen B25/85-Wert von $\pm 0,25\%$ garantieren können, ist zweifelhaft.

Ein gängiger Wert für den B25/85-Koeffizienten ist z.B. $\pm 1,5\%$. Wird die gleiche Simulation mit denselben Werten wie in Bild 5 durchgeführt, aber mit einer B-Toleranz von $\pm 1,5\%$, erhält man die in Bild 7 dargestellten Ergebnisse. Aufgrund der relativ großen Messgenauigkeiten bei hohen Temperaturen deuten sie auf ein suboptimales Design hin. Deutlich zu erkennen ist auch, dass die Ergebnisse für die Toleranzwerte der Worst-Case-Analyse ebenfalls nicht optimal verteilt sind.

Fazit

Dies zeigt: Mit einer relativ einfachen Simulationsschaltung lässt sich die Gesamtgenauigkeit der Temperaturmessschaltung entsprechend ihrer Bauteildimensionierung visualisieren. Damit liegt eine ideale Ausgangskonstellation für weiterführende Experimente vor, die Zeit und Kosten reduziert.

Die hier verwendeten Simulationsdateien können über edesign.ntc@vishay.com angefordert werden. ■

Anzeige



DAS INTERNET OF THINGS BEGINNT MIT INTEL®

CONNECT THE UNCONNECTED

Intel bietet leistungsstarke Komponenten und innovative Technologien für industrielle IoT-Szenarien. Das Portfolio für den Einsatz in intelligenten Fabriken reicht von Sensoren über Netzwerktechnik und Gateways bis hin zu High-Performance-Prozessoren für Rechenzentren.

Die Intel® IoT Solutions Alliance liefert Zugriff auf ein dynamisches Ökosystem von Partnern, mit über 6000 bewährten IoT-Lösungen für unterschiedliche Industriezweige.

Erfahren Sie mehr: www.intel.com/iot



Die bunte Welt der Steckverbinder

Standard, individuell angepasst oder Maßanzug nach Wunsch

Polzahl, Plating und Orientierung, Löttechnologien, Befestigungs- oder Bestückungshilfen – für Steckverbinder steht eine Vielzahl an Optionen zur Verfügung. So kommen pro Produktfamilie schnell mehr als 1000 Varianten zusammen. Doch selbst kundenspezifische Anfertigungen können lohnend sein.

VON ALBERT CULETTO,
TECHNISCHER SUPPORT STECKVERBINDER
& KABEL BEI RUTRONIK

Nach dem Lego-Prinzip haben viele Steckverbinder-Hersteller ihre Produkte inzwischen modular gestaltet und können damit eine ganze Reihe von Produktvarianten anbieten, die viele spezifische Anforderungen abdecken. Dabei fallen für den Kunden keine Werkzeugkosten an. Der Nachteil jedoch ist: Wenn das Werkzeug beim Hersteller für eine Variante belegt ist, kann er in dieser Zeit kein ähnliches Modell fertigen. Deshalb sollte der Kunde die Mindestbestellmenge (MOQ, Minimum Order Quantity) und die Lieferzeit unbedingt im Auge behalten.

Maßgeschneiderte Steckverbinder

Wer sich für eine Modifizierung nach eigenen Vorgaben entscheidet, den führt der erste Weg zum Steckverbinder-Hersteller. Je nach Bestellmenge, technischen Möglichkeiten und Auslastung seines Maschinenparks sowie nach Unternehmensstrategie stellt dieser fest, ob er die Wünsche erfüllen kann.

Im Zuge einer solchen Änderung lohnt es sich, darüber nachzudenken, ob sich nicht auch gleich Schwachstellen beseitigen und Folge-

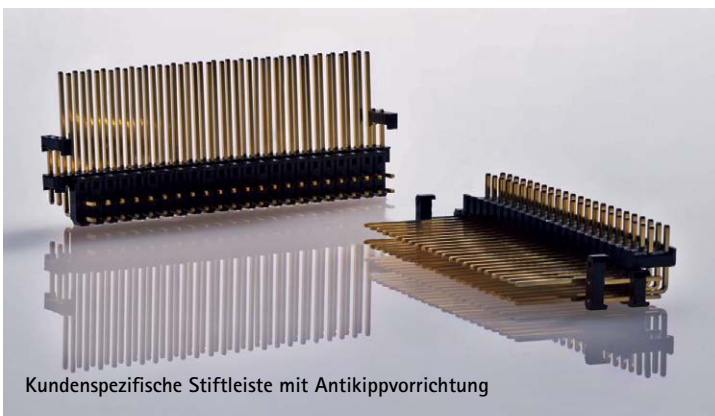
prozesse optimieren lassen. Dazu reichen oft Änderungen am Stanzteil des Steckverbinders, z.B. hinsichtlich Länge, Form, Plating oder Biegung. Auch ein anderes Trägermaterial, etwa Hochtemperatur-Kunststoff oder 2K-Spritzguss, kann im Design einen deutlichen Unterschied machen. Es können Rastnasen oder P&T-Flächen hinzukommen, das Gehäuse kann in Abmessungen und Form angepasst werden. Änderungen an der Verpackung, etwa durch Tape & Reel oder Pick & Place Cap, größere Verpackungseinheiten, Ladungsträger oder Mehrwegverpackung, können den Beschaffungs- und Produktionsprozess verschlanken und beschleunigen.

Für derartige Änderungen genügen in der Regel 2D-Angaben in einem PDF-Dokument. Die Mehrkosten bewegen sich erfahrungsgemäß zwischen einigen hundert bis wenigen tausend Euro. Sie fallen nur einmal an, der Hersteller kalkuliert den Rest in den Bauteilpreis ein.

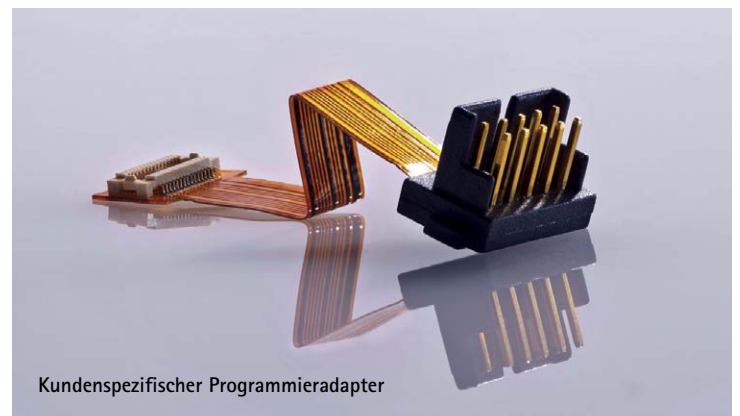
Wenn schon, denn schon

Wenn sich ein Unternehmen für einen maßgeschneiderten Steckverbinder entscheidet,

alle Bilder: mpe Garry

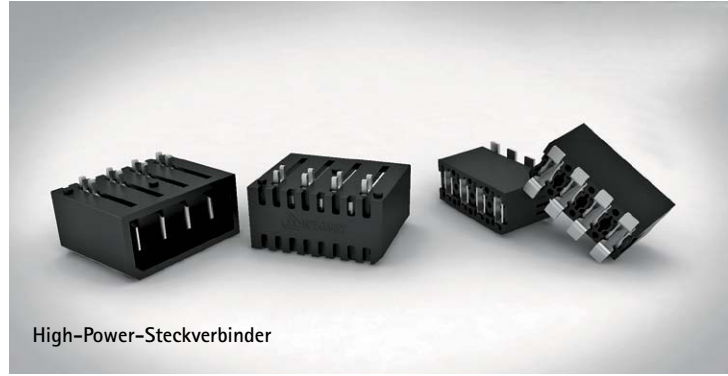


Kundenspezifische Stiftleiste mit Antikippvorrichtung



Kundenspezifischer Programmieradapter

Sondersockel mit Steck- und Lötanschlüssen



High-Power-Steckverbinder

stellt sich die Frage: Warum dann nicht gleich richtig individuell? Viele Sonderwünsche sind inzwischen relativ einfach umzusetzen, z.B.

- komplexe Gehäuse, in die mittels 2K-Spritzverfahren die Gehäusedichtung gleich integriert ist,
- Gehäuse mit per Ultraschall eingeschweißter Druckausgleichsmembrane für garantierte Wasserdichtigkeit,
- Pressfit-Kontakte, die den Lötprozess ersparen,
- Kombinationen verschiedener Technologien, z.B. IDC und Pressfit,
- Steckgesichter, die Teil des Applikationsgehäuses werden,
- zwei oder mehr Steckgesichter, die zusammengefasst werden,

- in den Kontakten verbaute Verbindungsbrücken (Leistungsbereich),
- Zusatzprodukte, z.B. ein Elko oder eine Spule, die im Gehäuse bereits kontaktiert sind,
- implementierte Bus-Bars oder
- Masseanbindungen, Montagelaschen, Abstandsbolzen oder Schraubbuchsen, die bereits mit angespritzt sind.

Diese schwer verarbeitbaren Bauteile bzw. Prozesse werden einfach integriert.

Laser-Direct-Structuring für Miniaturisierung

Beim Designziel Miniaturisierung ist LDS (Laser-Direct-Structuring) eine gute Wahl. Mit dieser Technologie können Schaltkreise mithilfe eines Drei-Achs-Lasers auf einer Vielzahl RoHS-konformer Plastikmaterialien mit Schalt-

planmodifikation eingezeichnet werden. Es sind bis zu 0,10 mm dünne Leitungen und Abstände sowie Schaltkreistraster von 0,35 mm in Großserienfertigung möglich. Zudem stehen vielseitige Designfunktionen zur Verfügung. LDS ermöglicht die Integration von Anschlüssen mit unbeweglichen Kontakten, lasergebohrte Löcher und winzige Umlenkklöcher mit einem Durchmesser bis hinunter zu 50 µm, Strukturelemente wie Kragträgerkontakte und integrale Schaltkontakte sowie Antennenkonstruktionen. Durch eine dickere Kupferplattierung können effektive Kühlkörper oder Anschlüsse mit EMI-Schirmung entwickelt werden.

Die Prozesse für die Steckverbinder-Produktion laufen vollautomatisch. Für LDS und die genannten Änderungen sind Werkzeuge notwendig, deren Kosten sich auf mehrere hunderttausend Euro belaufen können. Eine Kostenbeteiligung des Kunden ist hier vorausgesetzt. Das Werkzeug bleibt üblicherweise im Besitz des Produzenten, um sein Know-how, das hier eingeflossen ist, zu schützen.

Anzeige

Melexis

INSPIRED ENGINEERING

MLX90632

MINIATURE INFRARED (IR) THERMOMETER IC

SURFACE MOUNT



Pit vipers snakes have a cool heat-sensing system to find prey in the dark. The pit is a special organ that senses body heats from animals and gives an infrared heat vision which accurately judges distance and size.

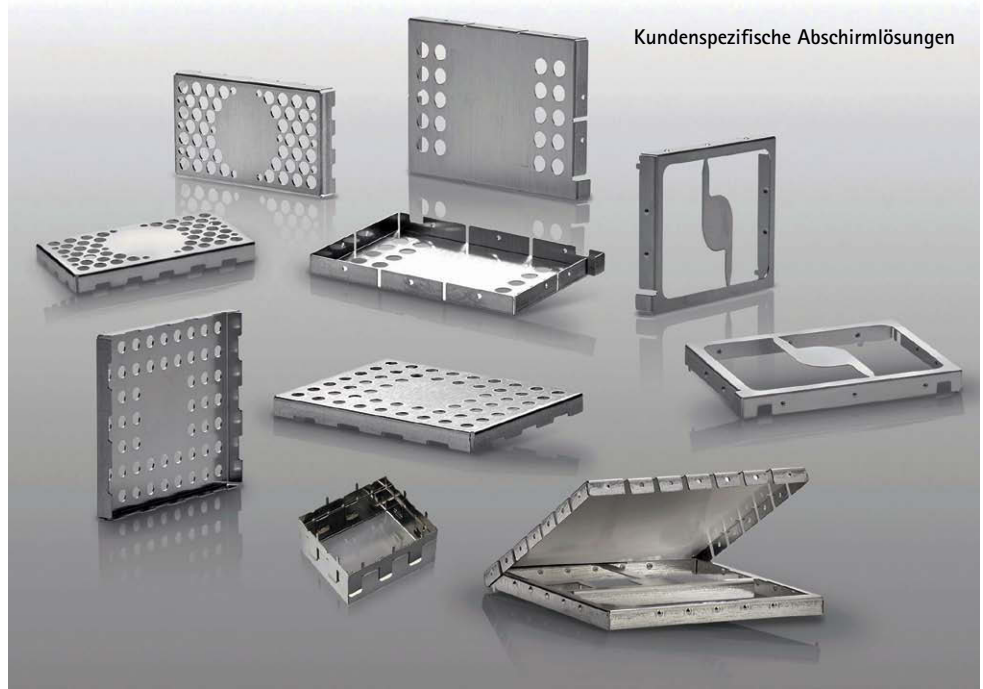
FOR MORE INFORMATION: WWW.MELEXIS.COM/MLX90632

Melexis

Für solche komplexen Anforderungen benötigt der Steckverbinder-Hersteller bereits im Anfragestatus ein 3D-File, bevorzugt in einem der gängigen Formate (z.B. .stp, .igs, .dwg). Die Entwicklung und das Design des Steckverbinders übernimmt in der Regel nicht der produzierende Hersteller, sondern der Kunde. Die Hersteller bieten jedoch Beratung.

Eine Kosten-Nutzen-Rechnung wird aufzeigen, wie profitabel diese Entscheidung sein wird. Denn Einsparungen bei anderen Bauteilen und bei den Produktionsprozessen können über den Mehrkosten für den eigenen Steckverbinder liegen. Zudem können Unternehmen damit Anwendungen mit Alleinstellungsmerkmalen und Wettbewerbsvorteilen schaffen. Ob das im Einzelfall realisiert werden kann, lässt sich nicht pauschal beantworten und erfordert eine individuelle Betrachtung. Eine komplette Analyse der Gesamtkosten (Total Cost of Ownership) ist hier besonders wichtig.

Als Zeithorizont für ein solches Projekt von der Idee bis zur PPAP- (Production-Part-Approval-Process) fähigen Bemusterung sind rund sechs Monate zu veranschlagen. Deshalb ist es mehr als wichtig, von Anfang an mit den richtigen



Partnern ins Rennen zu gehen. Rutronik unterstützt seine Kunden dabei: Der Distributor kennt das Produktportfolio, die Fertigungsstätten, -technologien und -maschinen seiner Lieferanten und kann beurteilen, ob der jeweilige

Steckverbinder-Hersteller zum Produktwunsch des Kunden passt. So verliert der Kunde keine Zeit für eine nicht realisierbare Lösung, sondern erhält möglichst schnell den optimalen Steckverbinder für sein Design. ■

Profis für den Straßeneinsatz

Industrie-Mainboards bringen Digital Signage auf Touren

Digital Signage ist zu einer Art Ikone des öffentlichen Lebens geworden: Sie findet sich auf Plätzen und an Verkehrsknotenpunkten, in Schulen, Arztpraxen, Stadien und Fußgängerzonen. Doch brauchen die Installationen ein leistungsfähiges und zuverlässiges Kraftzentrum, um ihren vielfältigen Aufgaben gerecht werden zu können.

Digital Signage definiert die Bildsprache neu, denn sie lässt Bilder sprechen – scheinbar ebenso mühelos wie unermüdlich. Dabei bietet sie eine Vielzahl von Möglichkeiten: Die Inhalte können so gesteuert werden, dass sie stets die richtige Zielgruppe erreichen, Information und Entertainment lassen sich problemlos miteinander kombinieren – und nicht zuletzt nimmt Digital Signage als Teil einer „Stadt-

möblierung“ auch gestalterische Aufgaben wahr.

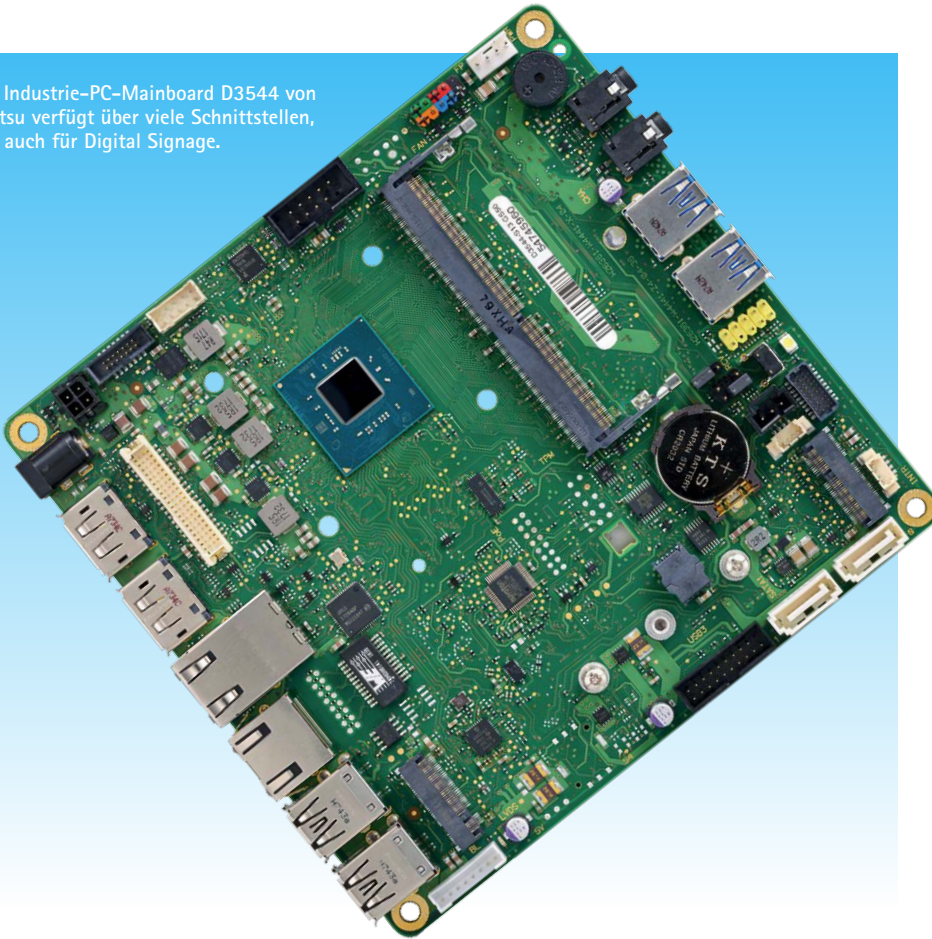
So minimalistisch die Installationen nach außen auch aussehen mögen (schließlich sieht der Mensch in der Regel nicht viel mehr als einen großen Rahmen um die bewegten Inhalte): Dahinter steckt eine ebenso aufwändige wie anspruchsvolle Technik. Ihr Herzstück ist ein Industrie-PC – also ein Rechner, der höch-

sten Maßstäben genügen muss – in Verbindung mit einer Reihe weiterer Komponenten.

Das gesamte Ensemble muss viele offizielle Tests bestehen, bevor es in den In- oder Outdoor-Einsatz darf. Von der elektromagnetischen Verträglichkeit über Produktsicherheit und Energieeffizienz bis hin zur Resistenz gegen Vibrationen und Extremtemperaturen reicht das Spektrum an Kriterien, in denen

VON THORSTEN ENGEL, PRODUCT SALES
MANAGER BOARDS & SYSTEMS
BEI RUTRONIK

Das Industrie-PC-Mainboard D3544 von Fujitsu verfügt über viele Schnittstellen, u.a. auch für Digital Signage.



eine Digital-Signage-Anlage der Prüfung und Zertifizierung bedarf.

Kit-Solution erspart aufwändige Vorarbeiten

Wer sich den entsprechenden Aufwand sparen möchte, greift zu einer vorzertifizierten Kit-Solution – zum Beispiel von Fujitsu. Hier sind sämtliche Komponenten nicht nur amtlich für tauglich befunden worden, sondern auch präzise aufeinander abgestimmt. Für die Leistung sorgen Industrie-Mainboards „Made in Augsburg“ wie etwa das D3544-S (Bild oben). Es bietet einen Output von 2 x 4K mit 60 Hz via DP, während viele andere noch auf HDMI 1.4 mit 30 Hz setzen. Damit eignet sich das Mainboard perfekt für höherwertige und besonders anspruchsvolle Digital-Signage-Anwendungen.

Das Board ist uneingeschränkt industrieeignet und kann daher problemlos im 24-Stunden-Dauerbetrieb auch bei Extremtemperaturen eingesetzt werden. Ein wichtiges Ausstattungsmerkmal ist die passive Kühlung. Hier gibt es keine beweglichen Teile wie Ventilatoren oder Ähnliches, die Staub verwirbeln und sich selbst mit Schmutz zusetzen können. Auch das trägt entscheidend zu einem störungsfreien Dauerbetrieb bei – und jeder Geschäftsmann weiß: je störungsärmer

und kontinuierlicher der Betrieb, desto früher die Amortisierung der Investition. Da die werbenden Firmen mitunter viel Geld für Werbe-Clips ausgeben, ist eine zuverlässige Ausstrahlung mit hervorragender Qualität verpflichtend. Insgesamt macht die passive Auslegung die Lösung robuster, ohne dabei die Performance zu beeinträchtigen.

Das Gehäuse – treffender: das Fujitsu Smartcase – präsentiert sich mit einem Volumen von nur 0,87 Litern ausgesprochen kompakt, sodass es zusammen mit der VESA-Halterung ganz einfach selbst hinter kleineren Monitoren angebracht oder in eingeschränkten Bauverhältnissen einer Stele integriert werden kann.

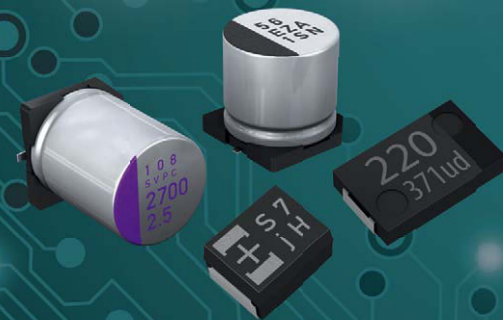
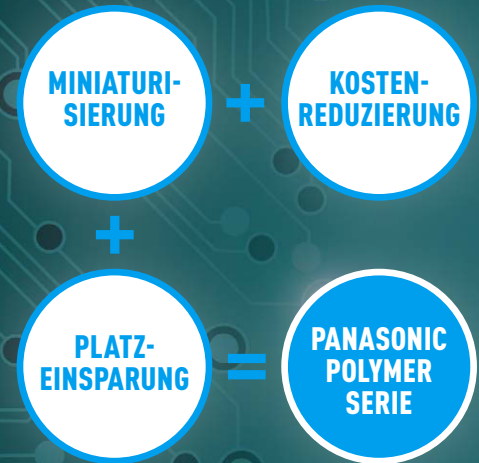
CPU-Skalierung für maximale Flexibilität

Auch hinsichtlich der Rechenleistung ist maximale Flexibilität für die Betreiber Trumpf – Fujitsu offeriert deshalb drei unterschiedliche CPUs auf derselben Plattform und somit einen einheitlichen Software-Load: Für preissensible Lösungen bieten sich je nach Bedarf für Dual- oder Quadcore die Varianten S1 und S2 mit Intel-Celeron-J4x05-CPU an. Für Performance-lastige Anwendungen ist das S3 mit einem Intel Silver Pentium J5005 ausgestattet. Alle Prozessoren verfügen dabei über eine

Panasonic

S.O.S.

MLCC Mangel? Wählen Sie Polymer Kondensatoren von Panasonic!



IHRE BESTÄNDE AN MLCCS GEHEN AUS? PANASONIC HILFT IHNEN!

Lernen Sie unsere Panasonic Familie kennen!
OS-CON, POSCAP, SP-CAP & Hybrid Kondensator!

- Vier Variationen an Polymer dielektrischen Kondensatoren:
- > Chip- und bedrahtete Kondensatoren (SMD & THT)
 - > Kein Derating und keine DC Vorspannung wie bei MLCCs
 - > Robuster, längere Lebensdauer & sicherer Ausfallmodus (kein Kurzschluss)

Mit höherem Ripple-Strom, stabilem ESR, stabiles Temperatur- und Frequenzverhalten. Effizientes Design mit Polymer Kondensatoren!

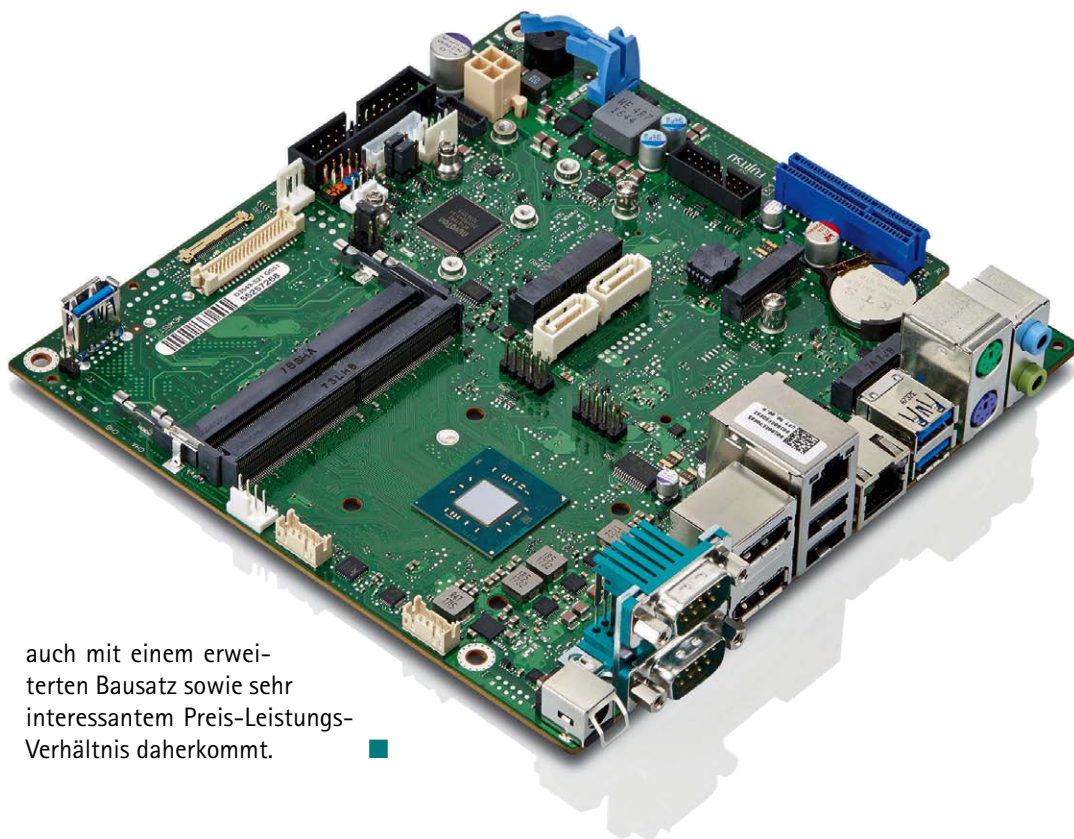


<https://www.rutronik.com/panasonic/>

geringe Leistungsaufnahme (TDP – Thermal Design Power) von gerade mal 10 Watt.

Mit einer solchen Ausstattung ist das, was der geneigte Zuschauer als optisches Wunderwerk empfindet, keine große Sache: die ruckelfreie Darstellung von HD-Clips mit kommerziellen Inhalten, dazu Einblendungen – sogar Ticker – mit aktuellen, ernsthaften Informationen oder auch dringlichen Aufforderungen, wie sie etwa am Flughafen vorkommen können.

Seriös unterhalten, zuverlässig informieren, übersichtlich darstellen – oder einfach nur den Blick fangen: Die digitalen Anzeiger in Flughäfen und Museen, in Schulen und Praxen oder mitten im Zentrum der Stadt erfüllen viele Aufgaben, oft genug im fliegenden Wechsel und bei Wind und Wetter, Tag und Nacht. Das können sie nur, weil eine Technik sie dazu befähigt, die Robustheit mit Komplexität verbindet – und, im Fall von Fujitsus Lösungen auf Basis des D3544-S-Mainboards,



auch mit einem erweiterten Bausatz sowie sehr interessantem Preis-Leistungs-Verhältnis daherkommt.

Keramikvielschicht-Chipkondensatoren

Kapazitätsverlust durch DC-Bias bei MLCCs

Dank extremer Weiterentwicklungen kommen MLCCs in immer mehr Anwendungen zum Einsatz. In den Designs wird jedoch das DC-Bias-Verhalten, das die Kapazität von Keramik Kondensatoren beeinflusst, häufig vernachlässigt. Dies kann dazu führen, dass die Kapazität den Toleranzbereich der Applikation überschreitet und technische Probleme verursacht. Doch es gibt Möglichkeiten, dem entgegenzuwirken.

VON JÜRGEN GEIER,
FIELD APPLICATION ENGINEER
KERAMIKKONDENSATOREN, RUTRONIK

Keramikvielschicht-Chipkondensatoren (engl. Multilayer-Ceramic-Capacitor, MLCC) zählen heute zu der am meisten verbreiteten Bauform unter den Keramik Kondensatoren. Nicht ohne Grund: Sie wurden deutlich optimiert hinsichtlich ihrer maximalen nominellen C-Werte und auch immer kleinerer ESR-Werte (Ersatz-Reihenwiderstand). Dies geht aber auch einher mit immer größeren Driften, vor allem gegenüber DC-Spannung, Temperatur und Zeit (Bild 1).

Die Keramik Kondensatoren der Klasse 2 haben inzwischen sehr hohe Kapazitäten erreicht, was immer wieder zu Fehleinschätzungen ihrer

tatsächlichen Kapazität im Betrieb führt. Oft ist nicht bekannt, wie sich die Bauelemente in der realen Applikation verhalten und warum sie so stark variieren, sobald Spannung anliegt. Ein wichtiger elektrischer Parameter, der hierfür verantwortlich ist, ist der DC-Bias.

DC-Bias-Effekt

Am besten lässt sich der DC-Bias-Effekt im Labor demonstrieren. TDK nutzte für die Tests einen 1- μ F-Kondensator (3216 X7R) mit einer Nennspannung von 25 V und verband ihn mit einem LCR-Meter. Das zeigte bei 0 V 1 μ F an.

alle Bilder: Samwha

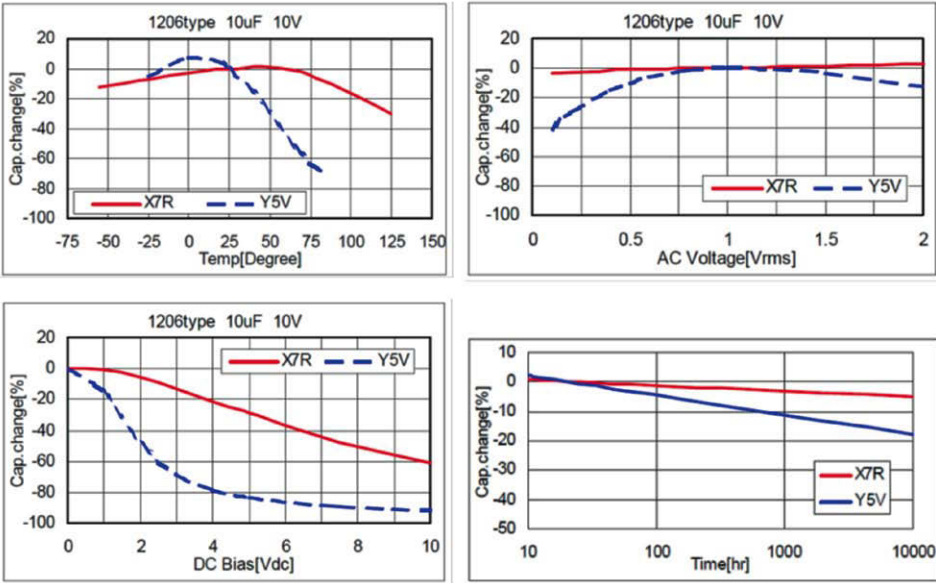


Bild 1: Durch das ferromagnetische Basismaterial Bariumtitanat der Typ-2-Keramikkondensatoren variiert der C-Wert über Temperatur, DC- und AC-Spannung sowie Alter der Teile.

Legte man 25 V an, war ein Kapazitätsabfall von über 40 Prozent gegenüber den Nennkapazitätswerten zu erkennen.

Der Grund hierfür liegt in der Struktur der Keramikkondensatoren: Ihr dielektrisches Material wird aus Bariumtitanat, einem ferromagnetischen Material, gewonnen, dessen Moleküle dem Aufbau Barium²⁺, Sauerstoff²⁻, Titan⁴⁺ folgen. Dabei befindet sich Titan in der Mitte. Diese Molekülstruktur besitzt oberhalb der Curie-Temperatur (ca. +125 °C) eine kubische Form und wechselt unterhalb der Curie-Temperatur in eine tetragonale Form. Dies erzeugt eine Polarität,

die als Dipol bezeichnet wird, wobei eine Seite der Achse positiver und eine negativer als die andere ist.

Ohne das Anlegen einer Gleichspannung ist kein elektrisches Feld vorhanden und die Dipole ordnen sich zufällig in der gesamten Kristallstruktur an (spontane Polarisation). Währenddessen ist die Dielektrizitätskonstante hoch, wodurch sich auch eine hohe Kapazität ergibt.

Wird nun eine niedrige Gleichspannung angelegt, beeinflusst das elektrische Feld aufgrund der Polarisation einige der Dipole. Die

Examples of direct current voltage characteristics

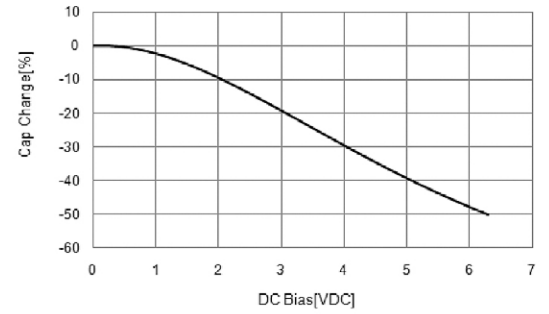


Bild 2: C-Wert-Änderung über DC-Spannung

se beginnen sich parallel zum elektrischen Feld auszurichten, wodurch sich die Kapazität verringert.

Wird wiederum eine höhere Gleichspannung angelegt, richten sich mehrere Dipole parallel zum elektrischen Feld aus und die Kapazität nimmt kontinuierlich ab. Bei einem Anlegen der Nennspannung an den Kondensator kann das Kapazitätsniveau um bis zu 50 % und mehr von der Nennkapazität abfallen (Bild 2).

Dass sich der DC-Bias auf die Kapazität von Klasse-2-Keramikkondensatoren auswirkt, lässt sich nicht vermeiden. Es gibt jedoch Möglichkeiten, damit umzugehen.

Schaltungsentwürfe verbessern

Der Vergleich mehrerer DC-Bias-Kurven von Kondensatoren der Klasse 2 zeigt, welche

Anzeige

sech

High-performance Ultracapacitors

SECH designs, develops and supplies customized ENERGY STORAGE and POWER DELIVERY SOLUTIONS for applications in automotive, transportation, electricity generation and industrial markets.



Key Features of our Products

- Rated cell voltage 3V
- Very low internal resistance ESR
- Optimal thermal behavior
- Hermetically sealed



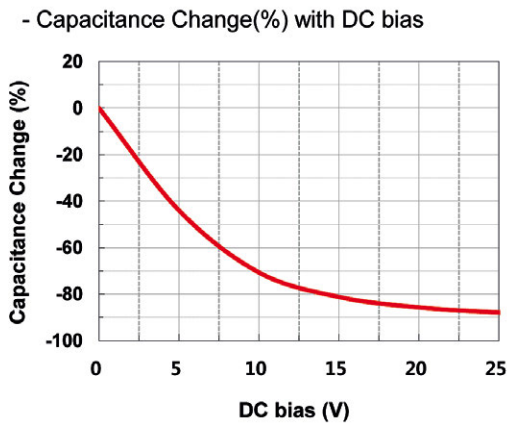


Bild 3: Charakteristische Daten des 0805-4,7-µF-Kondensators

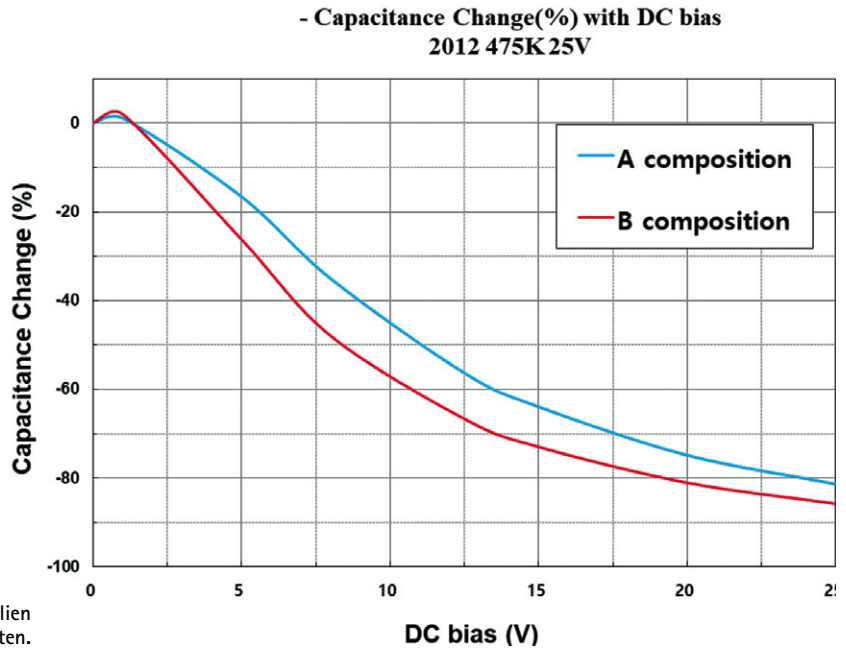


Bild 4: Verschiedene Basismaterialien in MLCCs zeigen ein unterschiedliches DC-Bias-Verhalten.

Möglichkeiten es gibt, den Effekt in der Applikation zu vermindern.

Bei einem Kondensator mit 1 nF und einer Nennspannung von 16 V nimmt die Kapazität bei 10 V um fast 9 % ab, bei 16 V sinkt die Kapazität um 21 %. Dies könnte für einige Designs bereits inakzeptabel sein. Beim gleichen Kondensator mit einer Nennspannung von 25 V nimmt die Kapazität bei 10 V nur um 2 % ab.

Das liegt daran, dass die dielektrischen Schichten in Keramik Kondensatoren bei höherer Nennspannung dicker sind. Ein dickeres Dielektrikum bedeutet ein schwächeres elektrisches Feld, das weniger Dipole beeinflusst.

So beträgt die Kapazitätsänderung bei einem 470-pF-Kondensator in derselben Gehäusegröße bei 10 V lediglich 0,6 %. Wenn es das Design erlaubt, zwei dieser Kondensatoren parallel zu schalten, wäre das eine mögliche Lösung für den DC-Bias-Effekt. Denn niedrigere Kapazitätswerte ermöglichen dickere dielektrische Schichten.

Manchmal werden Kondensatoren mit demselben Kapazitätswert auch in einem größeren Gehäuse angeboten. Auch sie haben meist dickere dielektrische Schichten und damit ein besseres DC-Bias-Verhalten.

*Praxisbeispiel:
DC-Bias nicht berücksichtigt*

Was passieren kann, wenn der DC-Bias in einer Applikation nicht berücksichtigt wurde, zeigt

ein Fall aus der Praxis: Ein Kunde nutzte einen 0805-4,7-µF-X5R-Keramikvielschichtkondensator mit 25 V und einer Nominaltoleranz von 10 % sowie Messparametern von 1 kHz bei 1 V effektiv. Er reklamierte, die Bauteile wären defekt, da ihr C-Wert bei 14,5 V nur bei ca. 1 µF lag und nicht wie beim Muster (Golden Sample) bei ca. 1,5 µF. Dadurch entstand bei 15 V ein Ripple-Signal, was wiederum zu einer Unterspannung an der IPM-Treiberstromversorgung und einer schlechten MOSFET-Kommütierung führte, die letztlich in einem Überstrom an den Motorwicklungen resultierte.

Bei der Suche nach der Ursache stellte sich heraus, dass der Kondensator-Hersteller zwei verschiedene Rohmaterialmischungen verwendet hatte, um die Bereitstellungssicherheit aufrechtzuerhalten. Bei 14,5 V zeigte die eine Mischung Werte von ca. 1 µF, die andere ca. 1,5 µF, wobei beide den sog. Characteristic Data (Bild 3 und 4) entsprechen. Der Kunde stützte sich mit seinem Muster auf die Bauteile mit den höheren Werten, ohne der Ursache für die Differenz auf den Grund zu gehen oder das entsprechende generelle Diagramm zu berücksichtigen. Der Schwellwert in der Applikation lag bei ca. 1,25 µF. Anfangs hatte der Kunde zufällig die Bauteile mit niedrigerem DC-Bias erhalten. Als er schließlich jene mit dem ausgeprägteren DC-Bias erhielt, äußerte sich dies im Fehlverhalten der Schaltung.

Fazit

Das Beispiel zeigt, dass es insbesondere in Verknappungssituationen entscheidend ist, die re-

alen Anforderungen der einzelnen Funktionen in einer Applikation und das Verhalten der MLCCs zu kennen und zu berücksichtigen. Dabei gilt es zu beachten: Welche tatsächliche Spannung ist erforderlich? Welche Temperaturen sind in der Praxis zu berücksichtigen? Wo liegen die Schwellwerte des wirksamen Kapazitätswertes? Im Zweifelsfall sollten Entwickler sich absichern und den Rat des Kondensator-Herstellers oder des Distributors einholen, insbesondere bei relativ deutlichen Abweichungen von den charakteristischen Daten und Diagrammen, da diese im Vergleich zu Spezifikationsdaten nicht garantiert sind.

Vor allem dann empfiehlt es sich, anhand der DC-Bias-Kurve des Kondensators im Vorfeld zu prüfen, ob die Kapazität bei der anliegenden Betriebsspannung akzeptabel ist. Ist dies nicht der Fall, lässt sich der Kapazitätsverlust auf drei Arten minimieren:

1. durch Parallelschaltung von zwei oder mehr Kondensatoren mit niedrigerem Kapazitätswert,
2. durch die Wahl eines Kondensators mit einer höheren Nennspannung,
3. durch einen Kondensator mit größerem Gehäuse.

In allen drei Fällen gibt es meistens dickere dielektrische Schichten, die dazu beitragen, den Kapazitätsverlust aufgrund von DC-Bias zu minimieren. So lassen sich technische Probleme vermeiden und Entwickler haben mehr Alternativen.

Wasserbasierte Elektrolytkondensatoren

Von der Plage zum unverzichtbaren Bauteil

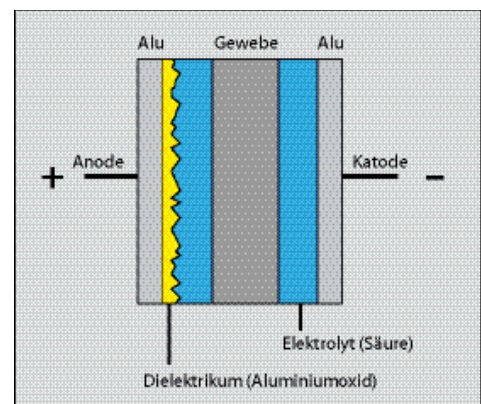
Wasserbasierte Elektrolytkondensatoren haben seit der bekannten „Elko-Plage“ ein schlechtes Image. Zu Unrecht, denn sie erfüllen heute wichtige Anforderungen in der modernen Elektronik – und es bieten sich neue Alternativen in Form von Polymer-Hybrid-Typen.

VON CHRISTIAN KASPER,
TECHNISCHER SUPPORT ELEKTROLYT-,
FOLIEN-, TANTALKONDENSATOREN BEI
RUTRONIK

In den frühen 2000er-Jahren wurden gehäuft wasserbasierte Elektrolytkondensatoren mit der falschen Mischung an Inhibitoren oder Passivatoren gefertigt. Das Ergebnis waren Elkos mit geöffnetem Ventil, herausgedrücktem Gummistopfen oder durch Explosion völlig zerstörte Bauteile – die sogenannte Elko-Plage. Diese Probleme bestehen heute nicht mehr. Um die Vorteile dieser Kondensatoren und ihren Nutzen für die moderne Elektronik zu verstehen, bedarf es eines grundlegenden Verständnisses der Bauteile.

Wie funktioniert ein Elko?

Im Vergleich zu anderen Kondensator-Technologien bietet der Aluminium-Elektrolytkondensator einen großen Vorteil: eine hohe Kapazität auf geringstem Bauraum bei attraktivem Preis-Leistungs-Verhältnis. Zudem ist er unempfindlich gegenüber Überspannung, was im Datenblatt durch die Surge-Spannung ausgewiesen wird. Nachteilig sind seine grundsätzlich höhere Impedanz, die Austrocknung im Laufe der Zeit, ein starker Impedanzanstieg bei niedrigen



Aufbau eines Elektrolytkondensators

Temperaturen und die Abhängigkeit von der Betriebstemperatur. Diese wird bestimmt durch die vorgegebenen Bauteilparameter, die sich wiederum aus dem verwendeten Elektrolyt ergeben.

Ein Elektrolytkondensator mit einem flüssigen Elektrolyt (engl. e-cap) besteht im Wesentlichen aus zwei Streifen Aluminiumfolie, die ein Separator-Papier trennt. Die Anoden-Folie

Anzeige

TOSHIBA

business.toshiba-memory.com/en-emea/

SCALE

TODAY

OWN TOMORROW


BICS FLASH™



wird elektrochemisch angeraut, um die Oberfläche zu vergrößern. Durch das Anlegen von Spannung (Forming) entsteht an der Oberfläche eine dünne Schicht an Aluminiumoxid, die als Dielektrikum fungiert. Der flüssige oder feste Elektrolyt bildet die Kathode, die über die zweite Aluminiumfolie nach außen hin kontaktiert wird. Beide Aluminiumfolien werden an der vorgesehenen Stelle mit Kontakten versehen (Stitching) und anschließend mit dem Separatorpapier zusammengewickelt sowie zur Imprägnierung in einen flüssigen Elektrolyt getränkt. Schließlich verschließt ein Gummistopfen den Kondensatorbecher mit dem getränkten Wickel. Schon beim Aufbau des Kondensators bestimmen im Wesentlichen das Stitching, der verwendete Elektrolyt und das Separatorpapier den späteren ESR (Ersatzserienwiderstand).

Elektrolyte im Vergleich

In Elektrolytkondensatoren kommen heute verschiedene flüssige Elektrolyte zum Einsatz. Ethylenglykol (EG) oder Borsäure enthaltende Elektrolyte finden vorwiegend in Mittel- bis Hochvolt-Elkos bei Temperaturen bis 85 °C Anwendung. Hier liegt der Wasseranteil im Elektrolyt bei ca. 5–20 %; mit Inhibitoren (chemischen Hemmstoffen) wird die Aggressivität des Wassers gegenüber der Aluminiumoxidschicht unterbunden.

Organische Elektrolyte wie Dimethylformamide (DMF), γ -Butyrolactone (GBL) und Dimethylacetamide (DMA) ermöglichen einen großen Temperaturbereich von –55 bis +150 °C. Sie weisen stabile Parameter wie geringe Leckströme und gute Langzeiteigenschaften auf und ermöglichen dadurch lange Betriebszeiten. Ihr Wassergehalt ist extrem gering.

Der Wassergehalt wasserhaltiger Elektrolyte kann bis zu 70 % betragen. Diese hohe Konzentration bietet Vorteile: Wasser mit einer Permittivität (dielektrische Leitfähigkeit) von $\epsilon = 81$ besitzt die exzellente Eigenschaft, extrem viele Salzionen in sich zu binden. Dies führt zu einer hervorragenden Leitfähigkeit, was sich in einem äußerst niedrigen ESR bemerkbar macht. Im Umkehrschluss dazu lassen sich auch deutlich höhere Ripple-Ströme realisieren als mit herkömmlichen, fast wasserfreien Elektrolyten. Zudem fallen durch den ho-

hen Wasseranteil die Materialkosten der Elektrolytfüllung deutlich geringer aus.

Einen gravierenden Nachteil besitzen sie jedoch auch, denn Wasser reagiert durch Hydratation bei direktem Kontakt mit Aluminium. Allerdings schützt die stabile Aluminiumoxidschicht das Aluminium. Um auch bei einer beschädigten Schicht, z.B. durch die Produktion oder längere Lagerung, die Hydratation bzw. Korrosion zu unterbinden, werden dem Elektrolyt Inhibitoren oder Passivatoren hinzugefügt. Erfolgt dieser Schritt nicht, kann sich beim Kontakt von Wasser und Aluminium viel Wärme und Gas (Wasserstoff) bilden. Die Kondensatoren werden erheblich beschädigt und können im Extremfall sogar explodieren.

Noch heute findet sich in Bauteilvorgaben der Hinweis, wasserbasierte Elektrolytkondensatoren auf keinen Fall zu verwenden. Diese Angabe ist jedoch nicht spezifiziert, z.B. durch den maximal zulässigen Wasseranteil. Zudem besteht der negative Effekt durch die Zugabe von Additiven nicht mehr, sodass sich die Kondensatoren auch für Applikationen mit langer Lebensdauer oder hoher Belastung bestens eignen. Insbesondere unter den heute bekannten Low-ESR-Typen mit hoher Ripple-Strombelastbarkeit und einer Lebensdauer von mindestens 10.000 h bei 105 °C finden sich häufig die Elektrolyte mit einem höheren Wasseranteil.

Sonderform Hybridtyp mit Polymer

Ist nicht die reine Kapazität, sondern ein sehr niedriger ESR oberstes Ziel, lässt sich ein flüssiger Elektrolyt teilweise oder auch vollständig durch einen leitfähigen Polymer ersetzen. Diese Hybridtypen sind vollständig AEC-Q200-zertifiziert. Sie verbinden den flüssigen, wasserfreien Elektrolyt mit der hohen Leitfähigkeit eines festen Polymers. Hierfür wird der flüssige Elektrolyt teilweise auch auf Polymerbasis

hergestellt. Die Aluminiumoxid-Schicht und die gegenüberliegende Kathodenfolie werden mit einem leitfähigen Polymer überzogen, das später in festem Zustand im Kondensator vorliegt. Die hohe Leitfähigkeit des Polymers verbessert den Übergangswiderstand von Aluminiumoxid zum flüssigen Elektrolyt und zur Kathodenfolie deutlich.

Das Ergebnis: ein sehr niedriger ESR und die Möglichkeit hoher Ripple-Ströme. Durch den verbesserten ESR verringert sich die Eigen Erwärmung im Betrieb, durch das feste Polymer sinkt der Anteil flüssiger Bestandteile, die austrocknen können. Deshalb weisen Hybrid-Elektrolytkondensatoren eine deutlich höhere Grundlebensdauer als die wasserbasierten Low-ESR-Standardvarianten auf. Für eine Abschätzung der Lebensdauer bei verschiedenen Temperaturen gilt wie beim Standardtyp als grober Richtwert die Arrhenius-Formel (–10 °C Temperatur entspricht doppelter Lebensdauer).

Wichtig insbesondere bei der Auslegung von Hybrid-Kondensatoren in der Schaltung ist ihr Verhalten hinsichtlich Lebensdauer, Frequenz und Temperaturverlauf, das sich durch die neuen Elektrolyte komplett vom bisherigen unterscheidet. Während der ESR bei einem Elko im negativen Temperaturbereich und während seiner Lebensdauer steigt, verhält er sich bei Hybridtypen absolut stabil. Auch die starke Abhängigkeit der Kapazität von der Frequenz ist bei Hybrid-Kondensatoren so nicht gegeben, hier gibt es bis 100 kHz kaum eine Veränderung. Ein Elko hingegen bricht schon bei 20 kHz um gute 40 % ein.

Dadurch lässt sich bei der Auslegung einer Schaltung mit Hybrid-Kondensatoren die Gesamtkapazität nominal deutlich reduzieren und ihre Effizienz trotzdem verbessern. Auch eine Miniaturisierung ist möglich, da die Hybridtechnologie höhere Ripple-Ströme auf kleinerer Bauform ermöglicht.



Elko mit geöffnetem Ventil und ausgetretenem Elektrolyt

Bild: Roman Pshchynk – Shutterstock



Ultra-High Precision Thin Film Chip Resistor Networks

Down to 1 ppm/K in relative TCR



www.susumu.de

SSM SUSUMU
Thin Film Specialist and Innovator

Susumu Deutschland GmbH

Frankfurter Straße 63 - 69
65760 Eschborn

Telefon: + 49 (0) 6196 / 96 98 407

Fax: + 49 (0) 6196 / 96 98 879

E-Mail: info@susumu.de

Solid-Polymer mit noch besseren Eigenschaften

Wer komplett auf einen flüssigen Anteil verzichten möchte, kann zu Solid-Polymer-Elektrolytkondensatoren greifen. Hier wird die flüssige Komponente durch ein festes, leitfähiges Polymer ersetzt. Das führt zu einem noch besseren ESR sowie Ripple-Strom und bietet keine Möglichkeit für eine Austrocknung. Die Lebensdauer lässt sich grob mit „-20 °C Temperatur = 10-fache Lebensdauer“ angeben.

Die Nachteile liegen im Preis, in einem wesentlich höheren Leckstrom und in der Feuchteempfindlichkeit. Da das feste Polymer Feuchtigkeit anzieht, werden die Bauteile im Dry-Pack geliefert und unterliegen, sobald geöffnet, strengen Anforderungen bei der Verarbeitung. So sind diese Typen auch nur in Ausnahmefällen mit AEC-Q200-Zertifizierung erhältlich. Zudem ist bei dieser Technologie immer die Entscheidung zwischen Spannung und Kapazität bei gegebener Bauform zu treffen.

Hinzu kommt, dass der Reststrom bei den Solid-Typen stärker ausgeprägt ist als bei den Hybrid-Typen, da hier freier Sauerstoff zur

Selbstheilung der fertigungsbedingten Fehlstellen im Dielektrikum fehlt. Der flüssige Elektrolyt des Hybrid-Typen enthält Sauerstoff, was die Selbstheilung ermöglicht und den Reststrom auf dem Niveau von Standard-Elektrolytkondensatoren hält. Zudem gelangt der feste Elektrolyt nicht vollständig in jede Pore der aufgerauten Aluminiumfolie. Das wirkt sich negativ auf die erreichbare Kapazität aus und erhöht zugleich den Leckstrom. Hinsichtlich der Stabilität von Frequenz, Temperatur und Lebensdauer stehen Solid-Polymer-Elkos auf einer Stufe mit Hybrid-Kondensatoren.

Fazit

Bei stetig steigenden Anforderungen an ESR, Bauform, Langzeitstabilität und Bauteilpreis sind wasserbasierte Elektrolytkondensatoren nicht mehr wegzudenken. Wer der Technologie nichts abgewinnen kann, für den sind Polymer-Typen eine Alternative. Speziell die Hybrid-Varianten stellen einen guten Kompromiss zwischen Performance und Preis dar und erfahren eine ständige Weiterentwicklung durch die Hersteller. Bezogen auf Miniaturisierung und Effizienz bieten sie neue Möglichkeiten, die Schaltung auszulegen. ■

Polymer-Hybridkondensatoren

Das Fachwissen an der Quelle anzapfen

Polymer-Hybridkondensatoren gleichen einander wie ein Ei dem anderen – zumindest, wenn man in die Datenblätter schaut. Um das optimale Bauteil zu finden, empfiehlt es sich deshalb, auf das Know-how der Hersteller und des Distributors zurückzugreifen. Denn es gibt sehr wohl Unterschiede.

VON CHRISTIAN KASPER,
TECHNISCHER SUPPORT ELEKTROLYT-,
FOLIEN-, TANTALKONDENSATOREN BEI
RUTRONIK

Polymer-Hybridkondensatoren punkten mit Stabilität unter extremen Bedingungen, hoher Lebensdauer, niedrigem Ersatzreihenwiderstand (Equivalent Series Resistance, ESR), einer Spezifizierungsmöglichkeit bis zu 165 °C sowie der Zertifizierung nach AEC-Q200. Aufgrund dieser Eigenschaften kommen sie inzwischen in zahlreichen Anwendungen zum Einsatz, u.a. im Auto, etwa in Electric Control Units (ECU) für Öl- oder Wasserpumpen, Kühlerlüftern und Electric-Power-

alle Bilder: Rubycon

Case temperature (°C)	Rated Area						Extended Area									
	I _{rms} @ 100kHz (A)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
40	1900000	1800000	1700000	1600000	1500000	1400000	1250000									
50	500000	483000	455000	420000	387000	345000	308000									
60	125000	120000	109000	104000	94000	87000	78000									
80	62000	59000	56000	52000	47000	42000	38000									
105	21000	20000	19500	17800	17000	15000	13900									
125	5500	5200	5000	4600	4200	3800	3400									
145	1300	1250	1150	1100	950	900	850									

Bild 1: Aus dem Lifetime-Table lässt sich die Lebensdauer eines Polymer-Hybridkondensators bei verschiedenen Temperaturen und Strömen einfach ablesen.

Steering- (EPS) Systemen. Bei der Selektion des passenden Kondensators ist jedoch Vorsicht geboten: Die Datenblätter der Hersteller sehen alle nahezu gleich aus, feine Unterschiede sind hier nicht zu erkennen. Diese existieren jedoch – zeigen sich aber erst im Test.

Die Produktionsverfahren der Polymer-Hybridkondensatoren sind grundsätzlich patentiert. Neben Unterschieden in der Produktion nutzen die Hersteller unterschiedliche Rohmaterialien, beispielsweise verschiedene Zusammensetzungen des Polymers, sowohl bei der Menge als auch bei den Inhaltsstoffen. Daher kann das Verhalten der Kondensatoren, obwohl es sich gemäß Datenblatt nicht unterscheidet, etwa im 10-kHz- oder 20-kHz-Bereich für Automotive-Anwendungen im ESR variieren. Auch im negativen Temperaturbereich treten Unterschiede zwischen den Bauteilen verschiedener Hersteller auf. Deshalb lohnt es sich, auf das Know-how des Herstellers oder eines Distributors zurückzugreifen.

Arrhenius-Formel

Ein wichtiger Aspekt ist die Lebenserwartung des Hybridkondensators. Um sie zu ermitteln, nutzen Entwickler gerne die bekannte Arrhenius-Formel. Dafür benötigen sie die vom Hersteller angegebene Lebensdauer L_p , die maximale Temperatur T_{max} , den Temperaturanstieg ΔT_0 (maximal zulässiger Wert 6 K, kann nach Serie und Hersteller variieren) bei Anlegen des Ripple-Stroms sowie die Oberflächentemperatur des Kondensators T_c bei der Anwendung. Daraus errechnet sich die Lebenserwartung wie folgt:

$$L = L_p \times 2^{\frac{T_{max} + \Delta T_0 - T_c}{10}}$$

Jedoch wird die Formel der Technologie der Polymer-Hybridkondensatoren nicht gerecht. Denn sie beschreibt näherungsweise eine quantitative Temperaturabhängigkeit und hat den Nachteil, dass die Auswirkung des Ripple-

Capacitor pin: 35 RX30 220 M 10X16
 Lifetime: 2000 hrs at 125°C
 Ripple: 1 A
 Delta Tc: 2 °C
 FSR: 0.067 Ohm at 20°C/100kHz
 ESR: 0.4 Ohm at 40°C/40kHz (Typical value)

Capacitor number: 1 pcs

Lifetime calculation							
Ambient temperature (°C)	I _{rms} (A)	RMS current (Amps at 40kHz)	RMS current (Amps)	*delta Tj (°C)	Lifetime (hrs)	Consumption rate (%)	
-40	25	0.87	0.87	2.2	788823.5	0.003	
20	25	0.87	0.87	2.2	788823.5	0.003	
0	100	0.87	0.87	2.2	788823.5	0.013	
100	3439	0.48	0.48	0.7	19223.1	33.5	
120	1883	0.48	0.48	0.7	4005.8	48.5	
	7451				Total	80.5	

*delta Tj: Heat rise at capacitor's core by ripple current.
 *Under 40kHz condition is regarded as 40kHz for lifetime calculation.

Bild 2: Das Mission-Profile ermöglicht die Berechnung der Lebenszeit des Kondensators.

Stroms auf den Kondensator nicht detailliert beachtet wird, da man nur vom Maximalfall ausgeht. Gerade die Eigenerwärmung durch den Ripple-Strom hat aber einen deutlichen Einfluss auf die Lebensdauer des Kondensators. Zudem liegen Ripple-Ströme in der realen Anwendung selten linear über die gesamte Nutzungsdauer bei jeglicher Temperatur konstant an. Hier möglichst genau zu arbeiten und bei der Lebensdauerkalkulation durch den Hersteller bzw. Experten dessen Know-how zu nutzen ist deshalb ein Schlüssel, um das Design effektiv auszulegen.

Exaktere Daten sowie einige spezifische Werte sind weder online noch im Datenblatt, sondern ausschließlich beim Hersteller zu finden. Auf Basis seines Know-hows, der verfügbaren Formeln sowie eigener Messdaten erstellt er eine Lebensdauerkalkulation. Zudem analysiert er die größtmögliche Belastung für den Kondensator und gibt diese Darstellung zur Nachvollziehbarkeit an Kunden weiter. So bekommt der Kunde eine Aufstellung dazu, welches Modell sich für die jeweilige Applikation am besten eignet, welche Stückzahl optimal ist – etwa bei einer Parallelschaltung – und wie lange der Kondensator unter den gegebenen Bedingungen hält. Dies ist schließlich auch die Herstellergarantie.

Lifetime-Table und Mission-Profile

In den sogenannten Lifetime-Tables listen die Hersteller unterschiedliche Werte aus den Testergebnissen auf. Daraus lässt sich ermitteln, wie die Lebensdauer der jeweiligen Schaltung über die Parameter Gehäusetemperatur und Ripple-Strom bei 100 kHz maximiert werden kann. Wird auf Grundlage des fiktiven Lifetime-Tables (Bild 1) z.B. eine Temperatur von 125 °C bei 2 A angenommen, ergibt sich eine Lebensdauer von 5000 Stunden. Bei 145 °C und 6 A würde der Kondensator noch eine Lebensdauer von 850 Stunden erreichen. Die Rated Area bezeichnet hierbei den durch Messergebnisse ermittelten Bereich, während sich die Extended Area auf Hochrechnungen, basierend auf den Messergebnissen, bezieht.

Die Lifetime-Tables der Hersteller zeigen, dass in der Praxis deutlich höhere Werte möglich sind, als im Datenblatt angegeben werden, und schaffen Vertrauen in die Technologie der Polymer-Hybridkondensatoren.

Ein Mission-Profile (Bild 2) beschreibt, welchen Belastungen und Beanspruchungen ein Kondensator im realen Einsatz ausgesetzt ist. Dazu gehören z.B. die wechselnden Umgebungs- und Betriebstemperaturen, die Belastungsdauer sowie der gemessene Ripple-Strom bei einer gewissen Frequenz. Die Messung eines solchen Mission-Profiles kostet wertvolle Zeit in der Entwicklung, lohnt sich aber, wenn dadurch die Schaltung effizienter ausgelegt werden kann und der Hersteller beispielsweise drei statt vier Kondensatoren in der Parallelschaltung bestätigt. Auf dieser Grundlage erhalten Kunden genaue Angaben zur Zuverlässigkeit des Kondensators in der jeweiligen Applikation.

Bauteile im Überlastungstest

Zusätzlich führen Hersteller Überlastungstests durch und lassen die Erkenntnisse hieraus wiederum in ihre Berechnungen einfließen. Da die Technologie mit unter zehn Jahren noch relativ jung ist, stellen diese Tests eine wichtige Informationsquelle bezüglich Qualität und weiterer Entwicklungsrichtung der Kondensatoren für die Hersteller dar.

Für einen Test wurde z.B. ein 25-V-Kondensator in der Bauform 10 mm x 10 mm, der auf 2 A Ripple-Strom, 100 kHz, 20 mΩ ESR und 4000 h bei 125 °C Umgebungstemperatur spezifiziert ist, wesentlich höheren Ripple-Strömen ausgesetzt. Durchgeführt wurde dies an zwei Standorten bei konstanter Umgebungstemperatur von 125 °C mit je 200 Bauteilen. Im Test mit 6 A, also einer dreifachen Überlastung, erreichten die Kondensatoren über 19.000 Stunden und liefen noch länger. Der Kapazitätsdrift stabilisierte sich bei ca. –18 %, während die End-of-Life-Definition laut Datenblatt bei –30 % liegt. Der ESR blieb konstant (Start bei 18 mΩ, Datenblattwert bei

20 mΩ, eingependelt bei ca. 22 mΩ). Eine ähnliche Erkenntnis haben die Experten bei Rutronik gewonnen: Selbst beim Einfrieren von Kondensatoren bei -55 °C änderte sich der ESR nicht. Hierzu haben die Produktmarketing-Ingenieure zusammen mit den Labor-Ingenieuren von Rutronik ein transportables Demonstrations-Tool entwickelt, das in wenigen Sekunden einen Low-ESR-SMD-Elko und einen Polymer-Hybridkondensator einfriert, während konstant der ESR gemessen wird. Dabei lässt sich live beobachten, wie der ESR des Polymer-Hybridkondensators absolut stabil bleibt und der des Elko um mehr als das Fünffache steigt.

Bei der höchsten Überlastung mit 14 A pro Kondensator, die einer Kerntemperatur von etwa 150 °C im Kondensator entspricht, kam es im Test nach 4300 Stunden zu einem Ausfall von lediglich einem der vier Lots. Der Grund lag jedoch nicht in der Technologie selbst: Durch die Hitze war der Gummistopfen porös geworden. Um auch diese Schwachstelle zu beseitigen, suchen die Hersteller bereits nach anderen Verschlussmechaniken und neuen Designs.

Solche Tests zeigen, dass die Möglichkeiten der Hybridtechnologie bei Weitem noch nicht ausgeschöpft sind. Alle Hersteller arbeiten nach wie vor daran, ihre Polymer-Hybridkondensatoren weiter zu optimieren und die Leistung zu maximieren. Zielrichtung sind höhere Kapazitäten, Spannungen und Temperaturen bei längerer Lebensdauer sowie weitere SMD-Be-

cher-Maße im Sinne einer Miniaturisierung bei höherer Belastung.

Kondensator in einer Schaltung ersetzen

Bereits jetzt lohnt es sich oftmals, andere Kondensatortypen durch einen Polymer-Hybridkondensator zu ersetzen. Lassen sich in einer Schaltung beispielsweise zwei oder sogar drei Aluminium-Elektrolytkondensatoren gegen ein Hybridmodell austauschen, bedeutet das eine deutliche Ersparnis in Größe, Bauhöhe und Leiterplattenplatz. Zusätzlich gewährleistet der Hybridkondensator eine höhere Stabilität als der Alu-Elko hinsichtlich steigendem ESR, Drift über Lebensdauer, Frequenz und Temperatur sowie Veränderung der Kapazität.

Bei einer konkreten Anwendung konnten so beispielsweise axiale Kondensatoren ersetzt werden (Bild 3). Zur Wahl standen der klassische axiale Alu-Elko und der Hybridkondensator, beide in bedrahteter Bauform. Der Ripple-Strom pro Becher wies bei beiden ähnliche Werte auf, lediglich die Gesamtkapazität des Hybridmodells war niedriger. Dieser Faktor tritt bei den meisten Polymer-Hybridkondensator-Lösungen auf, wirkt sich in der Regel jedoch nicht auf deren Funktionsweise in der Schaltung aus. Denn der Einsatz dieser Kondensatoren wird über den ESR und Ripple-Strom definiert, ein Bereich, in dem auch große axiale oder SolderStar-Kondensatoren Stärken haben, jedoch mit den Alu-Elko-typischen Schwä-



Capacitance	470µF		150µF
Size	18x25 (63.6cm³)	-75%	10x20 (15.7cm³)
ESR (20°C)	43mΩ/10kHz	Lower ESR	12mΩ/10kHz (measured value)
Ripple ¹⁾ (Tc=125°C)	11.1Arms/10kHz	Same Ripple	12.0Arms/100kHz
Useful life (t 25°C)	4000 hours		4000 hours

1) Maximum ripple current at 125°C capacitor case temperature Tc (measured at case surface, when mounted to a heat sink)

Bild 3: Beispiel für den Ersatz von Axialkondensatoren durch Polymer-Hybridkondensatoren: Der Gewinn an Platz, Gewicht und Kosten zeigt sich deutlich.

chen. Abgesehen davon benötigte der Hybridkondensator einen wesentlich geringeren Bau- raum, besaß einen deutlich niedrigeren ESR und lieferte Stabilität über die gesamte Lebensdauer. Neben der Platz- und Gewichtsersparnis in der Schaltung ermöglichte der Hybridkondensator zudem Kostenersparnisse.

Wer davon ebenfalls profitieren möchte, sollte zum einen das Know-how der Hersteller nutzen, aber insbesondere die Experten bei Rutronik hinzuziehen, die herstellerübergreifend die Technologie beurteilen können. Das FAE-Team unterstützt Entwickler vor Ort bei der Auswahl durch herstellerunabhängige Beratung zu Produkten und der Technologie. Für die optimale Auslegung der Schaltung ist Rutronik die Schnittstelle mit direktem Kontakt zu den unterschiedlichen Experten bei den Herstellern. ■



VISHAY TECHNOLOGY SOLUTIONS AT



electronica 2018
Munich, 13th to 16th of November

Live Demonstrations

- » Improving power efficiency
- » Reducing size and component count
- » Operating in harsh environments
- » Increasing system performance
- » Improving reliability

C4.421/422
Vishay Main Booth

B4.W07-W10
Vishay Automotive Booth

www.vishay.com

Anzeige

A WORLD OF
SOLUTIONS™

OTA-Updates im Automotive-Bereich

Smarte Updates für smarte Fahrzeuge

Regelmäßige Updates von Firm- und Software erhöhen auch in Autos Funktionalität und Sicherheit. Das Problem: Für die Aktualisierungen müssen die Fahrzeuge meist in Werkstätten gebracht werden. Over-the-Air-Updates bereiten dem ein Ende. Ähnlich, wie es bei Smartphones der Fall ist, können Kunden damit flexibel zu jeder Zeit an jedem Ort die neuesten Builds laden.

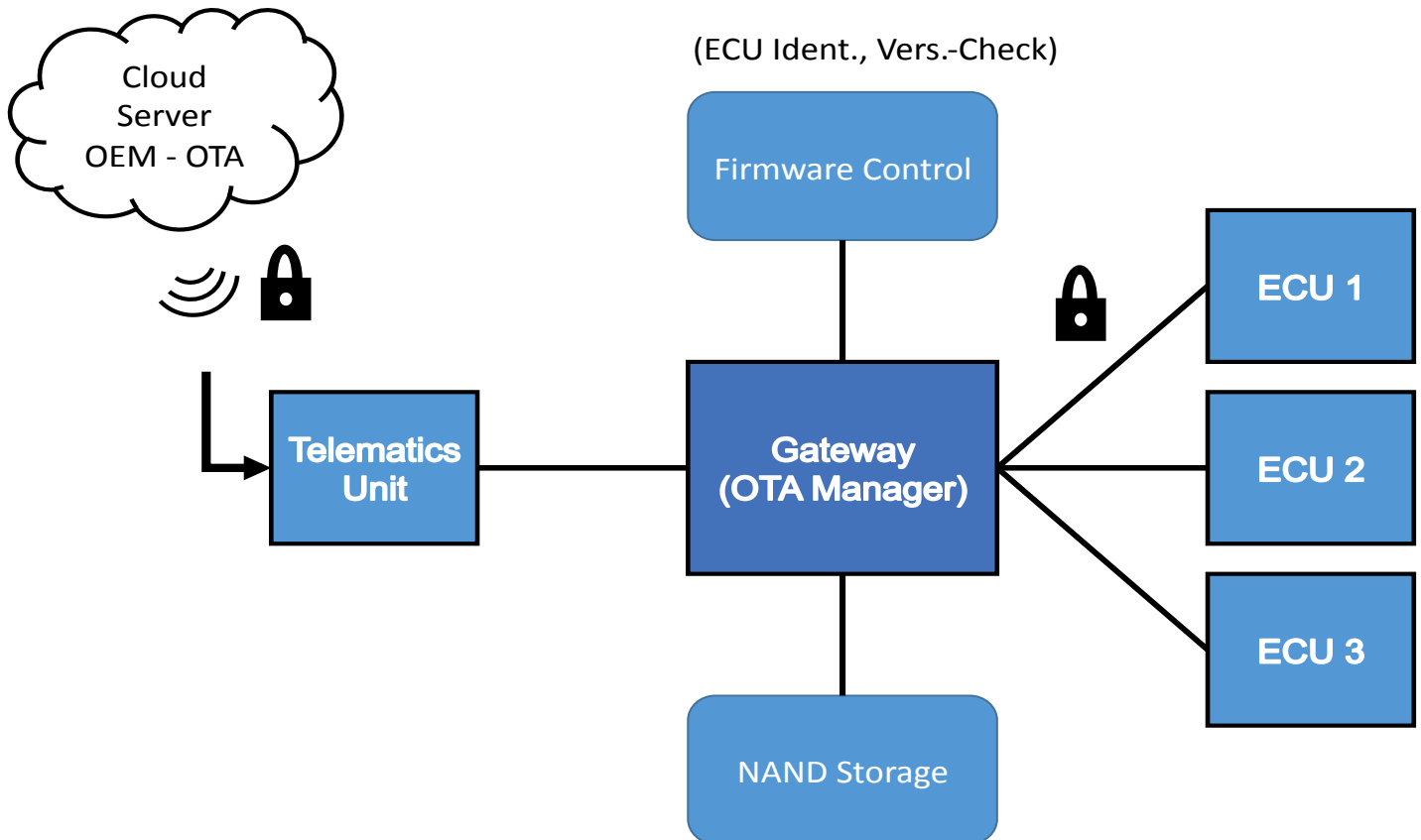
VON BERND WONDRACTSCHK,
FIELD APPLICATION ENGINEER
AUTOMOTIVE BUSINESS GROUP
BEI RUTRONIK

Over the Air (OTA) bedeutet, dass Updates für Firm- und Software nicht mehr über ein Kabel übertragen werden, sondern drahtlos, „durch die Luft“. Dies kann über verschiedene Funkstandards erfolgen, darunter Mobilfunk und WLAN, aber auch Bluetooth und NFC sind beispielsweise an Ladesäulen denkbar. Im Auto betreffen die Aktualisierungen die Steuergeräte (ECUs, Electronic Control Units) und das Infotainment-System. Während Updates für Steuergeräte hauptsächlich Sicherheitslücken schließen und die Performance verbessern, trägt ein aktualisiertes Infotainment-System ggfs. zu mehr Komfort

und einer personalisierten Nutzung bei. Die Tabelle auf S. 50 vergleicht OTA-Updates von Smartphones mit denen von Kraftfahrzeugen.

Mit der zunehmenden Ausstattung neuer Fahrzeuge mit Software-intensiven ECUs steigt auch der Wartungsbedarf der Software: Laut einer Studie der US-Bundesbehörde für Straßen- und Fahrzeugsicherheit NHTSA gingen in den USA 15 % der Rückruf-Aktionen im Jahr 2015 auf das Konto von Software-Fehlern. Die Behebung solcher Fehler ist bei Fahrzeugen eine weit aufwändigere Angelegenheit, als es beispielsweise bei Smartphones der Fall ist.

Bild: Rutronik



Darstellung des OTA-Prozesses im Automobil

(Rollback Images, Encrypted Update)

VISION & REALITY

The number of hybrid and fully electric cars will increase dramatically over the next few years. To enable existing and new visions for a sustainable electric mobility quickly and successfully you need a strong and reliable partner, combining innovative technological capacities with the highest quality awareness. **JAE connects** vision and reality: With connector solutions for charging technology all from one source, we help you to shape the electric mobility of tomorrow today.

Kommt es im Fahrzeug zur Entdeckung eines Bugs oder zu einer kritischen Funktionsstörung, die im Zusammenhang mit der Software steht, muss das Fahrzeug in die Fachwerkstatt. Nur dort können Fachleute bereitgestellte Updates der Software-Hersteller, meist OEMs, über eine Kabelverbindung überspielen. Das kostet nicht nur Zeit und Nerven, sondern oft auch eine Menge Geld für den OEM.

Voraussetzung: vernetzte Fahrzeuge

Die Ausstattung mit Mobilfunk ist das entscheidende Feature, um OTA-Updates für die immer smarteren Fahrzeuge zu ermöglichen. Ein wichtiger Meilenstein für die Etablierung von Mobilfunk in Autos ist die eCall-Vorschrift der EU: Seit März 2018 schreibt sie die „Emergency Call“-Funktion für neue Fahrzeugmodelle vor. Diese Funktion gibt im Notfall einen automatisierten Notruf über die europäische Notrufnummer 112 ab, bietet aber Fahrzeugherstellern auch eine grundsätzliche Kommunikation nach außen über die verbaute Telematik-Unit. So lässt sich Geld einsparen und möglicherweise sogar verdienen, denn über die OTA-Schnittstelle könnten auch – sofern die Hardware es zulässt – neue kostenpflichtige Funktionen und Anwendungen über einen App-Store gekauft und freigeschaltet werden.

Die Vorteile von OTA-Updates sind vielfältig: Nutzer müssen für Updates nicht mehr in eine Werkstatt und profitieren von neuesten Soft- und Firmwares und damit verbundenen Verbesserungen sowie ständig aktualisiertem Kartenmaterial und neuen Apps. Hersteller können erweiterte Erkenntnisse über Fahrzeugnutzer und Fahrzeugkonfiguration gewinnen, Kosten für Software-bedingte Rückrufe vermeiden und ihre Fahrzeuge weit sicherer halten.

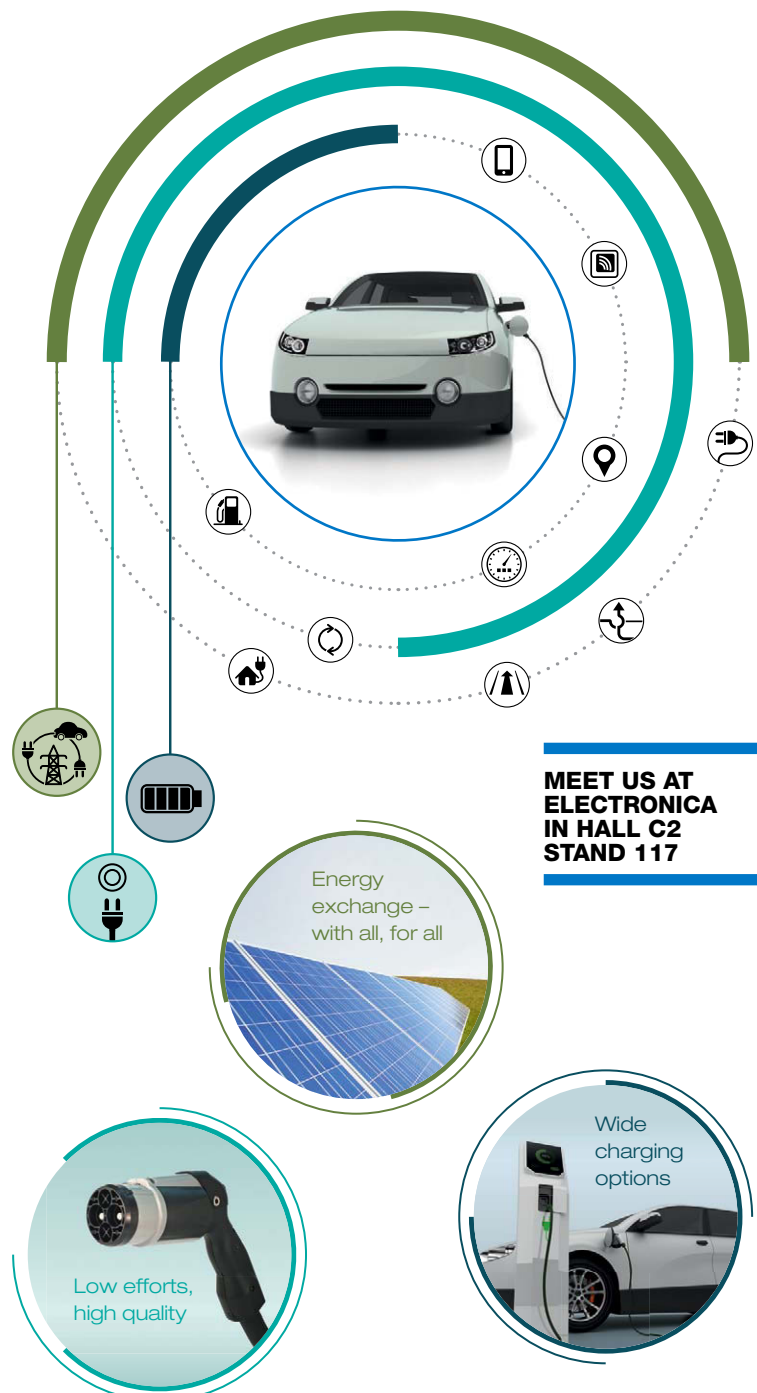
Übertragung und Verteilung

Ziel der OTA-Methode ist es, die werkstattgebundene Übertragung der Updates über ein Kabel durch eine mobile Verbindung zwischen dem Server des OEM und der Telematik-Einheit des Fahrzeugs zu ersetzen. Das eCall-System ist für die Datenübertragung nicht geeignet, sondern kann nur Notrufe abgeben und müsste für diesen Zweck erweitert werden, einschließlich einer SIM-Karte zur Abrechnung der Datenmenge. Das Fahrzeug benötigt also entweder eine separate SIM-Karte oder muss auf eine Verbindung über einen Smartphone-Hotspot oder ein WLAN-Netz zurückgreifen. Besteht eine Verbindung, kann der OTA-Manager, der als Gateway fungiert, den Update-Prozess starten (Bild).

Essenziell: Safety und Security

Neben den zahlreichen Vorteilen bergen OTA-Updates auch ein nicht unerhebliches Gefahrenpotenzial. Die Übertragung der Datenpakete ist unbedingt zu schützen, da sonst Dritte möglicherweise Zugriff auf wichtige Fahrzeugfunktionen bekommen oder Daten abgreifen können.

Safety und Security sind daher wesentliche Aspekte für den Erfolg von OTA. Security beschreibt dabei die Sicherheit des Übertragungswegs, Safety die sichere Umsetzung des Update-Prozesses. Zur Security gehört unter anderem die Sicherung des Übertragungswegs durch verschiedene Mechanismen wie TLS (SSL-Übertragung), HTTPS, Benutzeridentifikation, VPN und End-to-End-Encryption (Ende-zu-Ende-Verschlüsselung). Ist dies nicht in ausreichendem Maß gegeben, drohen Man-in-the-Middle-Angriffe, Bordnetz-Spoofing, Diebstahl von geistigem Eigentum, das Ausspähen des Fahrers oder gar Stilllegung oder Manipulation von Fahrzeugfunktionen.



MEET US AT
ELECTRONICA
IN HALL C2
STAND 117

Bezüglich Safety sind hauptsächlich die Speicherung und Ausführung des Updates relevant. Um eine Manipulation der Software auszuschließen und die Authentizität und Integrität der Daten sicherzustellen, sollte das Softwarepaket kryptografisch signiert werden. Innerhalb der Hardware-Struktur kann ein Hardware-Security-Module (HSM) diese Sicherheitsfunktion übernehmen.

*Kein lästiges Warten
auf die Installation von Updates*

Auch für Zeitpunkt und Dauer der Updates gilt es einige Punkte zu beachten. Die ECUs des Fahrzeugs dürfen nur im sicheren Zustand, das heißt bei abgeschaltetem Motor, Aktualisierungen erhalten. Weiterhin möchte kein Nutzer wegen eines Aktualisierungsprozesses warten müssen, bis er sein Auto wieder fahren kann. Daher sollte der Update-Prozess so bequem bzw. unauffällig wie möglich stattfinden und längere Downtimes des Fahrzeugs vermeiden.

Mögliche Lösungen bestehen in der Einführung redundanter Speichersysteme, in denen sowohl die neue Firmware als auch ein Backup der alten Firmware gespeichert werden. Sollte der Update-Prozess nicht erfolgreich verlaufen, bleibt dadurch die Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs erhalten. Eine weitere Maßnahme

Bezeichnung/Gerät	Smartphone	Automobil
(S)OTA	Update des Betriebssystems (IOS, Android etc.), um Sicherheitslücken zu schließen und Performance zu verbessern	Update der Steuergeräte (ECUs), um Sicherheitslücken zu schließen und Performance zu verbessern
	Installation von Apps, um eine personalisierte Nutzung zu ermöglichen	Installation von Apps und Update des Infotainment-Systems, um eine personalisierte Nutzung zu ermöglichen

Beschreibung von (S)OTA im Smartphone und Automobil

sind geplante Update-Prozesse, die zu einer gewünschten Zeit, meistens in der Nacht, stattfinden.

Für einen schnelleren Download sollte die Größe der Datenpakete so gering wie möglich ausfallen. Die Softwaregröße variiert je nach ECU und Infotainment-System teils erheblich: Ist der gesamte Code zu ersetzen, können mehrere Gigabyte an Daten anfallen. Abhilfe schafft die Reduzierung der Datenpakete mittels Delta-Kodierung. Statt des gesamten Software-Codes enthält sie nur die Änderungen zur alten Version. Damit reduziert sich die Datenmenge auf wenige hundert Megabyte.

Lösungsmöglichkeiten von Rutronik

Um schon heute eine OTA-Aktualisierung des Fahrzeugs zu realisieren, bietet Rutronik eine Reihe von Lösungen an, unter anderem Mobil-

funk-Module (BT, NFC, 3G, 4G, WiFi). Ergänzend stehen Security-Mikrocontroller mit integrierten HSMs zur Verfügung, darunter Infineons AURIX™-Familie und die SPC58-Familie von STMicroelectronics sowie Security-Chips und Chips für den „Cellular Network Access“ der beiden Hersteller.

Auch softwareseitig bietet Rutronik seinen Kunden Lösungen, beispielsweise das Telit-IoT-Portal, eine cloudbasierte Management-Software. Sie ist insbesondere für die Verbreitung von Software auf eine große Anzahl von Clients ausgelegt. Die Plattform kann für unterschiedliche Zwecke und Hersteller „gebrandet“ werden und ermöglicht es, individualisierte Nachrichten an Clients zu übermitteln. Mit der „Geofence“-Funktion lässt sich die Software-Übertragung auf ein bestimmtes Gebiet begrenzen; zudem sind auch normale Begrenzungen und Staffellungen eines Software-Rollouts gegeben.

Elektromotor ist nicht gleich Elektromotor E-Antriebe regeln

Elektrische Antriebe lassen sich auf ganz verschiedene Arten realisieren. Was man dann noch braucht, um den Motor auf die gewünschte Drehzahl zu bringen und dort zu halten, verrät dieser Artikel.

VON WALTER HAGNER, PRODUCT SALES
MANAGER MIKROCONTROLLER
BEI RUTRONIK

Elektromobilität ist aufgrund der Dieselaffäre eines der aktuell heißesten Automotive-Themen. Dabei ist die Idee, statt auf Verbrennungsmotoren auf saubere Elektrizität aus erneuerbaren Energien zurückzugreifen, nicht neu: Straßenbahnen etwa fahren schon Ende des 19. Jahrhunderts elektrifiziert. Auf der Straße tritt die E-Mobilität ihren Siegeszug dagegen erst an: Seit Juli 2016 fördert die Bundesregierung Elektroautos finanziell; bis 2020 soll eine Million E-Autos über deutsche Straßen rollen. Doch Elektromotor ist nicht gleich Elektromotor, und

damit ist E-Auto nicht gleich E-Auto. Es gibt zahlreiche unterschiedliche Antriebskonzepte sowie für diese Konzepte jeweils optimal geeignete Mikrocontroller.

Gleichstrommotor

Von allen Elektromotoren ist der bürstenkommutierte Gleichstrommotor der älteste und bekannteste. Vom Prinzip her besteht dieser Motor aus einem Stator, der mittels eines Magneten ein homogenes Magnetfeld erzeugt.

Der Rotor besteht aus einer Spule, die, von einem Strom durchflossen, ein Dipolfeld – wie das eines Stabmagneten – erzeugt. Durch die unterschiedliche Polarität beginnt sich nun der Rotor zu drehen, bis sich die unterschiedlichen Pole gegenüberstehen und die Bewegung zum Stillstand kommt. Damit eine dauerhafte Drehung des Rotors entsteht, wird nun vom Kommutator (Stromwender), genauer gesagt einem Stromrichtungswender, in der Rotorspule die Stromrichtung alle 180 Grad gedreht. Dadurch ändert sich die Polarität des Rotormagneten, womit sich nun gleiche Po-

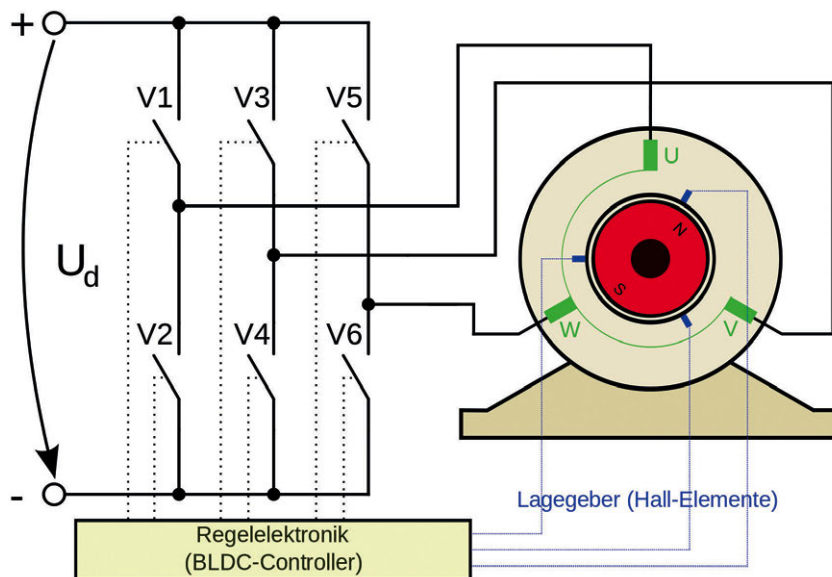
laritäten gegenüberstehen, die sich abstoßen und den Rotor weiterdrehen. So ist eine gleichmäßige Drehung des Rotors gegeben.

Der hier beschriebene Minimal-Motor hat nur ein Polpaar im Rotor, wogegen die in der Praxis eingesetzten Motoren über mehrere Polpaare verfügen. Damit ist das Statorfeld um den ganzen Motor verteilt, was zu einem gleichmäßigen Lauf des Rotors führt. Dies hat weiter den Vorteil, dass der magnetische Fluss höher ist, was zu einem höheren Drehmoment führt, das zudem wesentlich Ripple-freier ist als der prinzipielle Aufbau mit nur einem Polpaar.

Regelung des Motors

Da der Motor sich selbst rein mechanisch kommutiert, ist die Regelung sehr einfach über die angelegte Spannung zu realisieren, da das Drehmoment des Motors alleine vom magnetischen Fluss und dieser wiederum vom Strom abhängt, der durch den Rotor fließt. Dies geschieht am besten durch ein PWM-Signal, das etwa von einem Mikrocontroller, der einen Leistungstransistor ansteuert, ausgegeben wird. Idealerweise geschieht dies über eine H-Brücke aus vier Transistoren, da so auch noch die Drehrichtung geändert werden kann.

Wie eingangs erwähnt, wird das Statorfeld mittels eines Magneten erzeugt. Natürlich besteht auch die Möglichkeit, dass dieses Feld durch Spulen erzeugt wird, die durch einen



alle Bilder: Rurtronik

Bild 1: Durch Hall-Sensoren an den Spulen erfährt die Regelelektronik die Position des Rotors.

separaten Stromkreis mittels Schleifringen gespeist werden. Dadurch sind höhere Flussdichten und ein höheres Drehmoment möglich.

Synchronmotor

Der Drei-Phasen-Synchronmotor besteht aus drei um 120 Grad versetzten Spulenpaaren im Stator und einem konstant magnetisierten Rotor. Dies kann mit Permanentmagneten oder durch elektromagnetische Fremderregung mittels Feldspule auf dem Rotor mit Stromzufuhr über Schleifringe realisiert werden. Nach dem Einschalten rotiert das Feld im Stator sofort mit der anliegenden Drei-Pha-

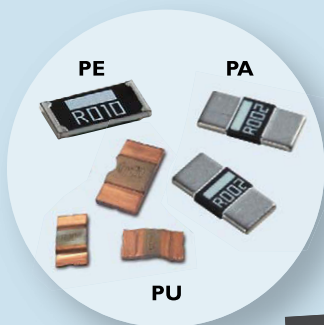
sen-Spannung. Da der Rotor wegen der mechanischen Trägheit nicht sofort dem Drehfeld folgen kann, wird eine Anlaufhilfe benötigt, die als Kurzschlusskäfig im Rotor realisiert ist. Dadurch läuft der Motor als Asynchronmaschine bis zur Synchron-Drehzahl an. Nun wird das Erregerfeld im Rotor eingeschaltet und der Motor läuft synchron zum Stator-Drehfeld.

Normalerweise tritt beim Synchronmotor kein Schlupf (das ist der Drehzahlunterschied zwischen dem Statorfeld und der Drehzahl des Rotors) auf. Jedoch eilt das Rotormagnetfeld bei Belastung dem Statorfeld hinterher. Ist dieser Polradwinkel bei 90 Grad angelangt, ist das Kippmoment erreicht und der Rotor bleibt

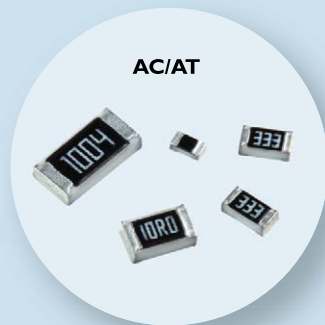
Anzeige

YAGEO Automotive Solutions

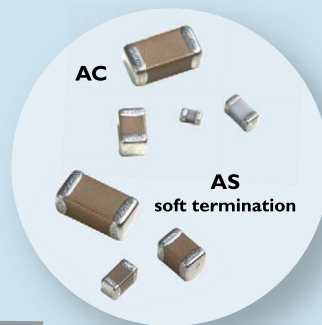
Metal current sensor



Thick/Thin film Chip Resistor



Automotive MLCC



- AEC-Q200 qualified
- Full PPAP available
- IATF16949 certified



more products : www.yageo.com

Innovative Service Around the Globe

YAGEO

stehen. Ein großer Vorteil dieses Motors gegenüber dem Gleichstrommotor sind die fehlenden Bürsten. Dadurch ist der Motor wesentlich verschleißfreier und erzeugt wegen des fehlenden „Bürstenfeuers“ auch keine EMV-Probleme.

Regelung des Motors

Um die Motordrehzahl bei Laständerung auszuregulieren und eine Sollwertänderung der Drehzahl einzuregulieren, muss man die Position des Rotors kennen. Eine einfache Möglichkeit ist, an den Motorspulen Hall-Sensoren anzubringen, die die Position an den steuernden Mikrocontroller übergeben (Bild 1). Soll die Position ohne Sensoren erfasst werden, ist dies wesentlich aufwändiger, da als Sensorelemente nur die Ströme in den einzelnen Phasen sowie die Back-EMF (Gegen-EMK) zur Verfügung stehen, die mit schnellen A/D-Wandlern gemessen werden. Diese werden an ein mathematisches Modell des Motors übergeben, aus dem ein Mikrocontroller die PWM-Steuersignale für die Sechsfach-Motorbrücke generiert.

Da der Motor eine sinusförmige Ansteuerung erwartet, die Motorbrücke jedoch nur pulsweitenmodulierte Signale ausgeben kann, wird der Sinus über eine entsprechende Sequenz aus PWM-Impulsen nachgebildet. Ein guter Wert sind 100 PWM-Impulse pro Welle, da durch die Tiefpasswirkung der Motorspulen die Impulse geglättet werden (Bild 2).

Damit der Motor synchron läuft, muss der Mikrocontroller drei um 120 Grad versetzte PWM-Sequenzen generieren, die einen Sinus nachbilden, was bei Last- und Sollwertvorgabeänderungen der Drehzahl eine hohe Rechenleistung des Mikrocontrollers sowie eine ausgefeilte Timer-Einheit erfordert.

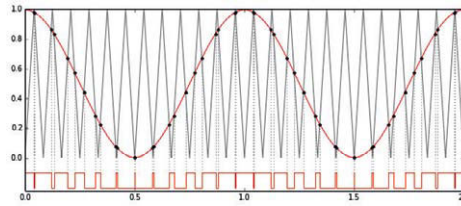


Bild 2: Erzeugung eines sinusförmigen Signals mit Pulsweitenmodulation

Asynchronmotor

Der Asynchronmotor ist mechanisch sehr einfach aufgebaut: Wie im Synchronmotor befinden sich im Stator drei um 120 Grad versetzte Spulenpaare. Der Rotor jedoch ist ein sogenannter Kurzschlussläufer, das heißt, er besteht aus kurzgeschlossenen Leitern, die durch das von den Statorspulen gelieferte Magnetfeld erregt werden. Solange sich der Rotor synchron zum Statorfeld nicht bewegt, wird im Käfig keine Spannung induziert und es ist kein Drehmoment vorhanden.

Wenn sich der Rotor langsamer als das Statorfeld dreht, ändert sich der Fluss, wodurch eine Spannung induziert wird, die zu einem Strom im Kurzschlussläufer führt, der wiederum ein Drehmoment hervorruft, das proportional zu diesem sogenannten Schlupf ist. Wegen ihres einfachen Aufbaus sind diese Motoren in der Antriebstechnik weit verbreitet.

Soll die Drehzahl des Motors digital mit einem Frequenzumrichter geregelt werden, ist das Prinzip das gleiche wie beim Synchronmotor, wo die Rotorposition über die Phasenströme und die Back-EMF ermittelt wird. Über ein mathematisches Modell, das im Mikrocontroller gerechnet wird, werden dann die Steuersequenzen für die Motor-Endstufe generiert.

BLDC-Motor

Obwohl der Motor „bürstenloser DC-Motor“ heißt, ist er kein DC-Motor, sondern eine

Drehstromsynchronmaschine, da diese ebenfalls drei Spulenpaare im Stator enthält und der Rotor mit Permanentmagneten aufgebaut ist. Die Motor-Endstufe ist wie beim Synchron- und Asynchronmotor mit sechs Transistoren realisiert, die von einem Mikrocontroller angesteuert werden, der die Sequenz erzeugt (Bild 3).

Diese sogenannte Kommutierungssequenz besteht aus sechs Blöcken pro Umdrehung. Es sind immer nur zwei Brücken aktiv, bei der dritten Brücke sind die beiden Transistoren offen. Zum besseren Verständnis sind die einzelnen Kommutierungsmuster in der Tabelle dargestellt.

Befinden sich, wie im Bild weiter oben dargestellt, Hall-Sensoren in den Statorspulen, ist die Kommutierung relativ einfach, da die Position des Rotors zu jedem Zeitpunkt bekannt ist. Stehen keine Hall-Sensoren zur Verfügung, wird normalerweise die in den Statorspulen generierte Back-EMF ausgewertet. Allerdings funktioniert dies nicht bei sehr kleinen Drehzahlen, da hier die induzierte Spannung zu klein und der Impuls zu breit ist, um die Rotorlage eindeutig identifizieren zu können.

Seit einiger Zeit sind Verfahren bekannt, die darauf basieren, dass kurze Testimpulse, die zu schwach sind, um den Rotor zu bewegen, in die Statorspulen geschickt werden. Da das Magnetfeld des Rotors die Induktivität der Statorspulen beeinflusst, kann aus der induzierten Spannung (Back-EMF) auf die Lage des Rotors geschlossen werden.

Realisierung des Antriebs

Um den Motor antreiben zu können, wird ein leistungsfähiger Mikrocontroller benötigt, der in Verbindung mit einer Drei-Phasen-PWM-Timer-Einheit die passenden Impuls-Muster für die Endstufe generiert. Diese Endstufe wiederum besteht aus sechs Leistungstransisto-

Kommutierungssequenz eines BLDC-Motors

Halbbrücke	Sequenz					
	1	2	3	4	5	6
V1 & V2	-1	beide offen	1	1	beide offen	-1
V3 & V4	1	1	beide offen	-1	-1	beide offen
V5 & V6	beide offen	-1	-1	beide offen	1	1
„1“	„oberer“ Transistor gegen Vcc durchgeschaltet					
„-1“	„unterer“ Transistor gegen Masse durchgeschaltet					

ren und den dazugehörigen Treiberbausteinen. Aktuell bieten die meisten Hersteller entsprechende Hardware zur digitalen Regelung an. Beispielhaft sollen hier Bausteine von Renesas, STMicroelectronics und Infineon vorgestellt werden.

Mit der Synergy-Familie bietet Renesas innovative Bausteine, die über alle benötigten Funktionen verfügen. Hervorzuheben sind hier die Derivate S7 und S5, zwei auf dem Cortex-M4 basierende Controller, die mit 120 MHz beziehungsweise mit 240 MHz laufen. Zum Messen der Phasenströme und der Back-EMF verfügen die Bausteine über zwei 12-bit-A/D-Wandler, die mit 2,5 MHz laufen. Die Timer-Einheit kann über den sogenannten Event-Link-Controller die A/D-Wandler direkt triggern, wodurch keine Interrupt-Routine abgearbeitet werden muss. Beim Event-Link-Controller handelt es sich um eine State-Machine, die die CPU von Interaktionen mit der Peripherie entlastet. So können neben dem oben erwähnten Triggern des A/D-Wandlers auch die Timer sowie der DMA aktiviert und auch Interrupts an die CPU gegeben werden.

Die mit Abstand wichtigste Funktion für die digitale Motorregelung ist eine leistungsfähige Timer-Einheit. Hier bieten der S7 und der S5 mit dem GPT32E ein hochauflösendes Modul, das aus vier unabhängigen Timern, die mit mindestens 8,3 ns auflösen können, sowie einem

Drei-Phasen-PWM-Generator für die Brücken-ansteuerung besteht. Wie bereits weiter oben erwähnt, kann über die ELC-Einheit der A/D-Wandler direkt getriggert werden. Zusätzlich stehen ein vereinfachter 32-bit- beziehungsweise 16-bit-Timer zur Verfügung für den Fall, dass zusätzliche Motoren mit demselben Controller angesteuert werden sollen. Bei Synergy von Renesas handelt es sich um ein Konzept, bei dem auch umfangreiche Software für alle wichtigen Motoren zur Verfügung gestellt wird, sodass eine schnelle Implementierung des Antriebs ermöglicht wird.

Funktionell ähnlich sind die Timer-Module bei der STM32-Familie von STMicro. Das neueste Derivat, der STM32H7, enthält eine sogenannte High-Resolution-Timer-Einheit (HRTIM1), die mit einer Taktrate von 400 MHz läuft, wodurch eine sehr hohe Auflösung der PWM erreicht wird. Das Modul besteht aus sechs Timern, einem Master und fünf Slaves, womit zehn hochauflösende Ausgänge für die Brücken-ansteuerung realisiert werden können. Dieses Modul ist besonders für sehr schnell drehende BLDC-Motoren interessant, wie Antriebe, die etwa mit 30.000/min laufen und pro Welle mehr als 100 PWM-Impulse ausgeben. Für Standard-Antriebe sind die Advanced-Control-Timer TIM1 und TIM8 absolut ausreichend. Sie realisieren eine PWM-Einheit mit sechs Ausgängen für die Motorbrücke sowie den Totzeit-Generator für die Halbbrücken.

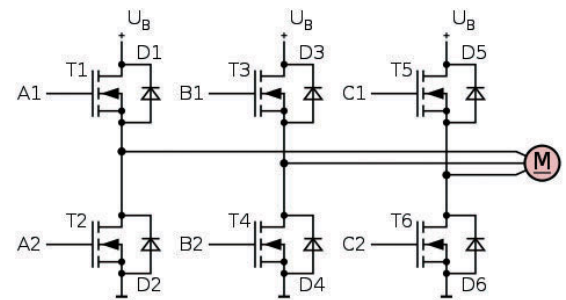


Bild 3: Detailsicht der Motorendstufe aus sechs Transistoren mit Schutzdioden

cken. Wie Renesas bietet auch STM Software-Module für die verschiedenen Motortypen an.

Die für Antriebe optimierten XMC-Mikrocontroller von Infineon besitzen mit dem CCU8-Modul eine ebenfalls sehr flexible, aus vier Untermodulen bestehende Einheit. So können die Zähler etwa „center aligned“ oder „edge aligned“ betrieben werden sowie Einzelimpulse, sogenannte „single shots“, ausgeben. Damit ist es relativ einfach, das PWM-Signal inklusive Totzeit für Halbbrücken zu generieren.

Kurz gefasst: Je nach Antriebskonzept bieten unterschiedliche Hersteller unterschiedliche Lösungen an; die Wahl des Mikrocontrollers richtet sich also ganz konkret nach der Applikation. Qualifizierte Field Application Engineers können Kunden gezielt zum optimal geeigneten Mikrocontroller beraten. ■



Kommunikation die sich rechnet Communication that pays off

- Kundennähe garantiert individuelle und effiziente PR-Maßnahmen
- Technisches Verständnis für passgenaue Texte
- Maximale Ergebnisse mit minimaler Bürokratie
- Customer focus guarantees customised and efficient PR measures
- Technical know-how for texts precisely adapted to key target media
- Maximum results with minimal bureaucracy

Inhabergeführte Full-Service PR-Agentur für Elektronik/Embedded, Green Energy, ITK und Lifestyle
Owner-operated full-service PR agency for electronics and embedded technology, green energy, ITC and lifestyle

Agentur Lorenzoni GmbH Tel +49 8122 55 91 70 pr@lorenzoni.de

**agentur
lorenzoni**

public relations

Anzeige

www.lorenzoni.de

Leistungshalbleiter

MOSFETs in BLDC-Motoren

In der Automobilbranche und anderen Industriebereichen werden zunehmend bürstenlose Gleichstrommotoren (BLDC) eingesetzt, um ein Maximum an Effizienz und Zuverlässigkeit zu erreichen. Doch was sind die wichtigen MOSFET-Parameter, die im Designprozess beachtet werden sollten?

VON MIRKO VOGELMANN, PRODUCT SALES
MANAGER POWERHALBLEITER
BEI RUTRONIK

Angesichts der Tatsache, dass 70 % des industriellen Stromverbrauchs auf Elektromotoren entfallen, und angesichts des steigenden Automatisierungsgrades, wächst der Bedarf an einem wirtschaftlichen Motor. Mit der Abwendung von den kostengünstigen bürstenbehafteten Gleichstrommotoren hin zu effizienteren bürstenlosen Gleichstrommotoren wird dieser Trend noch verstärkt. Entsprechend ihrer Bezeichnung kommen BLDC-Motoren ohne Bürsten zur Stromzuführung an die Spulen und damit auch ohne mechanischen Verschleiß aus. Dadurch sind diese Motoren zuverlässiger und erzeugen weniger Elektroräuschen, da es nicht zur Bogenbildung kommt. BLDC-Motoren weisen eine breitere Dynamik und ein höheres Drehmoment auf; gleichzeitig sind sie kleiner, leichter und verfügen über ein besseres Leistungsgewicht. Da zur Prozessautomatisierung immer mehr Elektromotoren eingesetzt werden, spielen diese Faktoren eine große Rolle bei der Senkung der Gesamtbetriebskosten.

Wechsel zu BLDC-Motoren

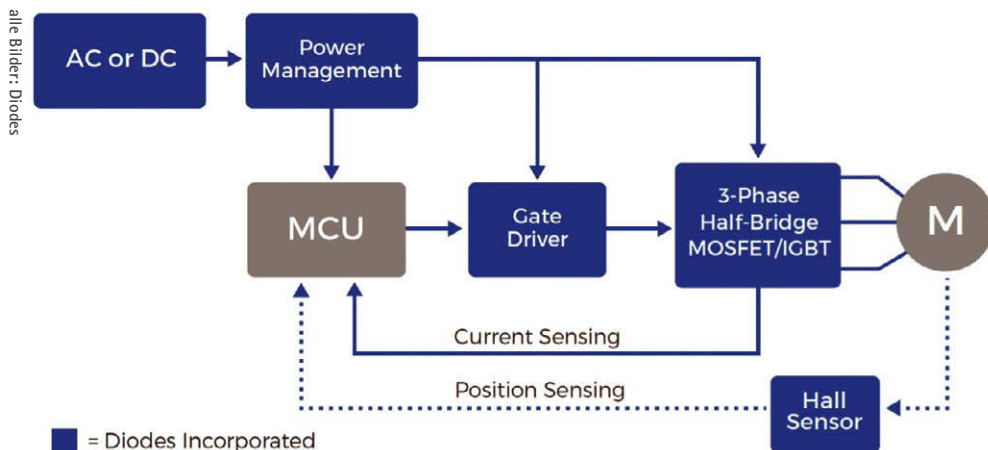
Der Übergang zu BLDC-Motoren erfordert komplexere Antriebslösungen als für bürstenbehaftete Gleichstrommotoren. Diodes Inc. ist sich dieser Herausforderungen bewusst und hat, wie im BLDC-Diagramm in Bild 1 darge-

stellt, Produkte wie Stromüberwachung, Gate-Treiber, MOSFETs, IGBTs und Hall-Sensoren entwickelt, die für BLDC-Motoren optimiert sind. Der Regelalgorithmus für den BLDC-Motor wird über einen Mikrocontroller (MCU) gesteuert, sodass durch eine relativ einfache Integration in ein breiteres System ein zusätzlicher Vorteil besteht.

In einem BLDC-Motor ist der Rotor ein Dauermagnet, während der Stator ein rotierendes elektromagnetisches Feld aufbaut, das den Rotor zum Drehen bringt. Daher sind die Rotorposition und Abstimmung des Stromflusses in den Statorwicklungen entscheidend für die Steuerung. Der Wechsel zu BLDC-Motoren stellt wohl im Vergleich mit einem bürstenbehafteten Motor eine größere Herausforderung für die Steuerung dar, da hier der elektromechanische Schaltkontakt fehlt. Zur Regelung der Stromzufuhr durch die MCU wird, wie in Bild 1 dargestellt, die Stromzufuhr mittels Hall-Sensoren überwacht und entsprechend durch Schaltung des Stromflusses in der korrekten Abfolge eine Spannung an die Statorwicklungen des BLDC-Motors angelegt. Wenn die Positionserkennung unkritisch ist, können die Hall-Sensoren durch eine sensorlose feldorientierte Regelung ersetzt und so Materialkosten gespart werden.

Verbesserter Antrieb

Das Schaltelement im BLDC-Motor ist ein Leistungstransistor, üblicherweise ein MOSFET (oder IGBT), der über die Schaltung des Antriebsstroms in den Statorwicklungen ein elektromagnetisches Feld erzeugt oder zusammenbrechen lässt und dadurch eine Drehung um den aus einem Dauermagneten bestehenden Rotor auslöst. Um jeweils das korrekte Feld in den Spulen generieren zu können, muss die Position des Rotors in den Statorwicklungen unbedingt erkannt werden. In BLDCs, die mit Sensoren arbeiten, wird das Magnetfeld erkannt, während in sensorlosen Versionen der Regelkreis die Statorposition durch Messung der Gegen-EMK bestimmt.



■ = Diodes Incorporated
Bild 1: Blockdiagramm des Antriebs mit BLDC-Motor

In beiden Fällen erfolgt die Versorgung der Wicklungen durch MOSFETs (bzw. IGBTs), die in einer Halbbrücken-Topologie angeordnet sind. Die Auswahl des Schaltelements ist ein wichtiger Faktor für Gesamtwirkungsgrad und Leistung eines BLDC-Motors. Die Angaben in den Datenblättern sind für den Einsatz unter bestimmten Bedingungen gedacht, die den Betriebsbedingungen der tatsächlichen Anwendung nicht zwangsläufig entsprechen müssen. Daher muss vor Auswahl des am besten geeigneten Schaltelements, ob MOSFET (oder IGBT) unbedingt vollständige Klarheit über die Anwendung bestehen.

In ähnlicher Weise wirken sich die Betriebsparameter des MOSFETs (bzw. IGBTs) direkt und deutlich auf die Gesamtlösung aus. Durch eine genaue Berücksichtigung dieser Parameter ist gewährleistet, dass die ausgewählten MOSFETs (bzw. IGBTs) die Anforderungen optimal erfüllen. Im vorliegenden Artikel wird die Auswahl von MOSFETs für BLDC-Motoren beleuchtet.

MOSFET-Schlüsselparameter für BLDC-Motoren

Generell sind vor allem drei Hauptbereiche zu berücksichtigen: Zuverlässigkeit, Effizienz und konstruktionsbezogene Parameter. Zuverlässigkeit bezieht sich auf die extremen Grenzwerte des Geräts und die Gewährleistung, dass diese im Normalbetrieb keinesfalls ausgereizt werden. Speziell gilt dies für die Auswahl eines Geräts mit einer Durchbruchspannung, die

einen ausreichenden Schutz vor Störsignalen bietet, welche durch andere Konstruktionsmöglichkeiten eindringen können. Für einen BLDC-Motor, der mit einer Spannung von 12 V arbeitet, ist beispielsweise eine Durchbruchspannung von 40 V ausreichend. Gleichmaßen sind 24- oder 48-V-Anlagen durch einen MOSFET mit einer Durchbruchspannung von 60 bzw. 100 V ausreichend geschützt. Darüber hinaus sind auch die Werte für den Drainstrom von Bedeutung, vor allem unter Impuls-

Parameter hinsichtlich Zuverlässigkeit und Effizienz dar, ein geringerer $R_{DS(ON)}$ begünstigt einen höheren Wirkungsgrad (je nach Schaltfrequenz), verringert die Wärmeableitung und erhöht dadurch die Zuverlässigkeit. Welcher $R_{DS(ON)}$ der „richtige“ ist, hängt auch von der Betriebsspannung ab, beispielsweise zieht ein Motor mit 400 W (0,5 PS), der bei 12 V läuft, über 30 A. In diesem Fall ist ein Leistungs-MOSFET mit $R_{DS(ON)} < 2 \text{ m}\Omega$ (wie der DMTH41M8SPS mit 40 V) die richtige Wahl.

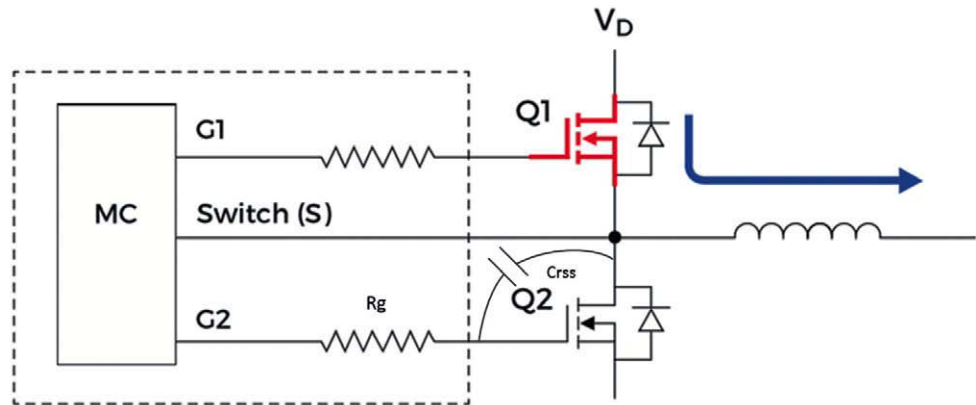


Bild 2: Typischer Halbbrücken-Schaltkreis zum Antrieb der Phasen eines BLDC-Motors

bedingungen. Bei einem BLDC-Motor kann ein Anlauf- oder Blockierstrom die Vollast-Stromstärke um das Dreifache überschreiten, sodass der Einsatz eines Geräts mit entsprechender Drain-Pulsstromfähigkeit empfohlen wird.

Bei Schaltkreisen leistungsstarker Motorantriebe – normalerweise über 50 W – stellt der Einschaltwiderstand $R_{DS(ON)}$ einen wichtigen

Wird der gleiche Motor von einer 24-V-Batterie gespeist, beträgt die Stromaufnahme ca. 16 A, sodass ein Leistungs-MOSFET mit einem $R_{DS(ON)}$ von $< 8 \text{ m}\Omega$ (wie der DMTH6004SPS mit 60 V) für diese Anwendung am besten geeignet ist. Die Berechnung erfolgte für eine Verlustleistung von $< 1,5 \text{ V}$ in jeder Halbbrücke, auf zwei MOSFETs aufgeteilt und unterhalb der maximalen Sperrschichttemperatur des

Anzeige



Simple Two-Terminal Linear LED Driver with Automotive versions

The AL5809/Q is available in various fixed output current (15mA to 150mA) versions and provides a simple LED drive solution. Available as commercial grade in SOD123 and PowerDi(R)123, and as automotive (Q) grade, with AECQ-100 qualification and supported by PPAP, in PowerDi123 only.

- **Robust Power Package up to 1.5W for PowerDI123**
Enables high-power density design
- **±5% LED Current Accuracy**
Better matching and accuracy than discrete CCRs
- **2.5V to 60V Operating Voltage between Two Terminals**
Support Automotive load-dump requirements
- **Constant Current with Low Temperature Drift and High Power Supply Rejection Ratio**
Maintains accuracy and matching over wide range of conditions

POWERDI is a registered trademark of Diodes Incorporated



www.diodes.com

MOSFETs, die typischerweise 150 bzw. 175 °C beträgt. Möglicherweise sind weitere Maßnahmen zur Wärmeregulierung wie Kühlkörper oder Zwangslüftung notwendig. $R_{DS(ON)}$ verhält sich kritisch im erreichbaren Leistungsbereich, ein mit 12 V gespeister Leistungsmosfet mit $R_{DS(ON)} = 1 \text{ m}\Omega$ (wie der DMTH4001SPS) kann einen Motor mit >500 W antreiben. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich der Widerstand $R_{DS(ON)}$ deutlich auf die Gesamtkosten der Anlage auswirkt, insbesondere, weil ein 3-Phasen- BLDC-Motor mindestens sechs Leistungsmosfets erfordert. Bei einer Optimierung sollten daher sowohl die Effizienz als auch die Kosten beachtet werden.

Schaltleistung

In Bezug auf MOSFETs ist der Wirkungsgrad generell ein Indikator für die Funktion der Wärmeableitung eines Geräts, vor allem an der Sperrschicht. Eine gute Wärmeauslegung ist immer erforderlich, aber bei der Auswahl eines MOSFETs sind auch verschiedene andere Parameter zu berücksichtigen. Dies betrifft neben dem Widerstand $R_{DS(ON)}$ die Ladungsmenge (Q_G). Beide Parameter korrelieren; ein größerer MOSFET mit gleichem Zellenabstand hat zwar einen geringeren $R_{DS(ON)}$, jedoch ist aufgrund der steigenden Kapazität einer größeren MOSFET-Struktur gleichzeitig Q_G größer. Diese größere Ladungsmenge kann sich signifikant auf Schaltanwendungen wie BLDC-Antriebe auswirken.

Vermeidung von Shoot-Through

Der Antrieb eines BLDC-Motors mit drei Phasen (Spulen) erfolgt normalerweise über ein pulsweitenmoduliertes (PWM) Signal, das von der MCU generiert wird, um an jede der Phasen Spannung anzulegen. In Bild 2 ist ein typischer Halbbrücken-Schaltkreis zu einer Spule (1-Phase) eines BLDC-Motors dargestellt. Gleichzeitiges Einschalten beider MOSFETs führt zu einem Shoot-Through von der Stromversorgung V_{cc} zur Erdrückleitung mit katastrophalen Folgen für die MOSFETs und zum Ausfall des Geräts.

Um dies zu verhindern, wird in die PWM-Signale eine Verzugszeit integriert, sodass stets nur einer der MOSFETs als Leiter fungiert. Die erforderliche Verzugszeit wird durch die Schaltzeit des MOSFETs und auch durch Q_G des Geräts beeinflusst. Während der Verzugszeit liefert die Body-Diode des MOSFETs einen

Kommutierungspfad, auch dies ist durch die hohen Leistungsverluste der I-V-Eigenschaften der Body-Diode nicht ideal. Daher kommt ein gutes Design mit einem Minimum an Verzugszeit aus und vermeidet gleichzeitig die Möglichkeiten für einen Shoot-Through.

Jeder der MOSFETs weist einen Miller-Effekt zwischen Drain und Gate auf, siehe C_{rss} (C_{gd}) in Bild 2. Dieser Parameter kann einen Shoot-Through verursachen. Der Miller-Effekt, kann zusammen mit dem Gate-Widerstand R_g , dem inhärenten Spannungspegel $V_{gs(th)}$ des MOSFETs und dem dV/dt des Schaltknotens zu einer Ladungskopplung am Gate des MOSFET führen, sodass der MOSFET falsch eingeschaltet und ein Shoot-Through-Ereignis ausgelöst wird.

Angemessene Gate-Spannung für den MOSFET

Ein weiterer wichtiger Parameter ist der Pegel der am MOSFET-Gate anliegenden Gate-Source-Spannung V_{GS} und wie diese sich bei Temperaturkoeffizient Null (ZTC) verhält. Um das einwandfreie Einschalten eines MOSFETs zu gewährleisten, muss eine ausreichende V_{GS} angelegt werden. Diese beträgt normalerweise 5 V (Logik) bzw. 10 V (Standard), abhängig von der Art des MOSFET und davon, ob es sich um eine Logik- oder Standardspannung $V_{gs(th)}$ handelt. Ohne ausreichende V_{GS} kann $R_{DS(ON)}$ rapide ansteigen, zwischen verschiedenen Geräten deutlich schwanken und hochgradig temperaturabhängig sein.

Im Extremfall mit einer geringen Spannung V_{GS} wird der ZTC unterschritten und im MOSFET wird der Bereich eines positiven Temperaturkoeffizienten erreicht. Dadurch wird der Stromabtrag in den MOSFET-Zellen gebremst,

die Temperatur gerät außer Kontrolle, ein Hot Spot bildet sich und das Gerät fällt aus.

Vollbrücken-Konfiguration

Für eine gegebene Größe ist der Widerstand $R_{DS(ON)}$ eines n-Kanal-MOSFETs normalerweise halb so groß wie in einem entsprechenden p-Kanal-Gerät und daher ist es üblich, für Anwendungen mit Elektromotoren n-Kanal-MOSFETs vorzugeben. In Bild 3 sind fünf Stufen eines Vollbrücken-Motorantriebskreises mit n-Kanal-MOSFETs dargestellt. Es wird auch darauf hingewiesen, dass solche Schaltkreise den Auswirkungen eines Umkehrstroms aufgrund der Body-Diode des MOSFET unterliegen. Diese Auswirkungen lassen sich mit Algorithmen zur PWM zur Verringerung der Verzugszeit reduzieren; dabei ist es ebenfalls empfehlenswert, parallel zum MOSFET eine Diode mit kurzer Sperrverzugszeit und geringer Vorwärtsspannung vorzugeben.

Fazit

Der Antrieb eines BLDC-Motors erfordert ein MCU zur Regelung, gekoppelt mit entsprechend ausgelegten MOSFETs zur Stromversorgung. Der Dreh- und Angelpunkt eines guten Designs ist die Wärmeabfuhr, und dies schließt auch das Wissen darum ein, wie mit der passenden MOSFET-Ausführung die Anforderungen von Antriebskreisen für BLDC-Motoren am besten erfüllt werden können.

Durch das Verständnis und die Anerkennung der relevanten Parameter können Techniker den für die Aufgabe am besten geeigneten MOSFET auswählen und damit die höchstmögliche Zuverlässigkeit und Effizienz gewährleisten.

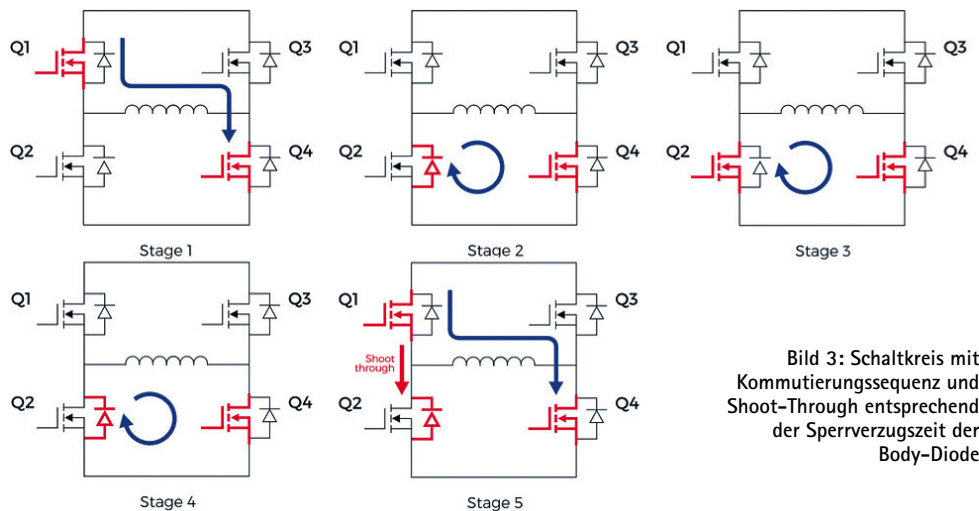


Bild 3: Schaltkreis mit Kommutierungssequenz und Shoot-Through entsprechend der Sperrverzugszeit der Body-Diode

Spannungsversorgungen

Verbesserte Leistungsdichte

Eine Reihe von Faktoren wie Miniaturisierung, Energiekosten und die steigende Erwartung der Verbraucher sorgen für eine Entwicklung des Marktes hin zu effizienteren, kleineren und kostengünstigeren Stromversorgungen. Um diese zum Teil widersprüchlichen Anforderungen zu erfüllen, orientieren sich Entwickler zunehmend außerhalb des Üblichen an anderen, innovativeren Möglichkeiten.

VON MATHIAS MÜLLER, PRODUCT SALES MANAGER POWERHALBLEITER
BEI RUTRONIK

Das neueste Mitglied der bewährten CoolMOS™-Familie von Infineon ist der CoolMOS P7, erhältlich im SOT-223-Gehäuse. Die Ingenieure von Infineon haben sich für dieses Gehäuse entschieden, um die Materialkosten zu senken und gleichzeitig die direkte Kompatibilität mit den gängigen DPAK-Gehäusen zu gewährleisten – bei vergleichbarer thermischer Leistung.

Bild 1 zeigt, dass die Anschlüsse des SOT-223-Gehäuses genau dem DPAK-Footprint entsprechen; dadurch kann es in bestehenden Designs DPAK-Bausteine ersetzen. Obwohl die beiden Gehäuse miteinander kompatibel sind, ist der SOT-223 kleiner als der DPAK – und zwar 25 Prozent niedriger und 35 Prozent kürzer.

Eine große Zahl von Tests hat gezeigt, dass das SOT-223-Gehäuse als direkter Ersatz für das DPAK-Gehäuse angesehen werden kann, wobei es einige wichtige Aspekte zu beachten gibt. Wenn die Anwendung im Gehäuse mehr als 250 mW Verlustleistung abgibt, muss im Bereich des Drainpads noch zusätzliche Kupferfläche als weitere Wärmesenke hinzugefügt werden.

Ein Standard-DPAK-Gehäuse mit der empfohlenen Kupferfläche arbeitet bei 85 °C (Punkt A in Bild 2). Auf der gleichen Leiterplatte arbeitet ein SOT-223-Gehäuse bei 89 bis 90 °C (Punkt C). Mit 20 mm² bis 40 mm² zusätzlicher Kupferfläche um das Drainpad herum sinkt die Betriebstemperatur des SOT-223-Bausteins auf das gleiche Niveau wie beim DPAK-Baustein (Punkt D).

Die neue CoolMOS-P7-Technologie wurde im Vergleich zur vorherigen CoolMOS-CE-Serie

im SOT-223-Gehäuse in einem 18-W-Handy-Ladegerät getestet, um die Vorteile der neuen Technologie zu untersuchen und zu demonstrieren. Die wichtigsten Leistungsparameter

des Ladegeräts sind in der Tabelle auf S. 59 dargestellt. – Die Tests wurden in einer stabilisierten Umgebung bei 25 °C und einer Eingangsspannung von 90 V AC durchge-

Anzeige

Proven reliability.
Superior Performance.
Simply Solved ▶



FIT Families: The Reliable Choice for Your Power Connector Needs

- Nano-Fit
- Micro-Fit
- Ultra-Fit
- Mini-Fit
- Mega-Fit

molex.com/fit



molex

alle Bilder: Infineon

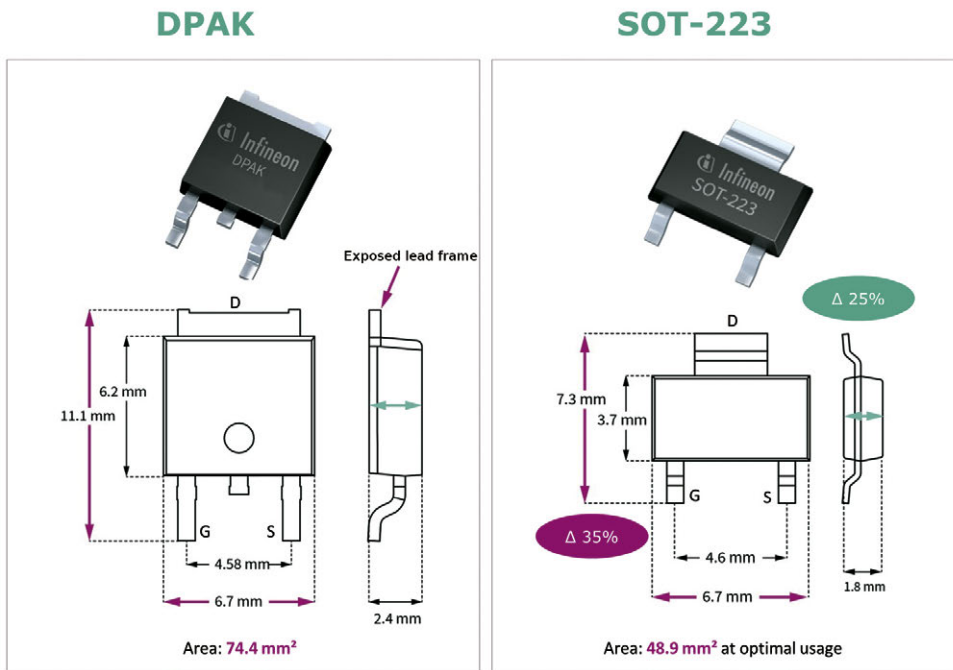


Bild 1: Vergleich der Größe von CoolMOS-Bausteinen in DPAK- und SOT-223-Gehäusen

führt. Die Temperaturen wurden mit einer Wärmebildkamera des Typs FLIR SC645 berührungslos gemessen.

Die Effizienzmessungen wurden mit einem Yokogawa WT310 zur Messung der Eingangsleistung (P_{in}) durchgeführt. Zwei Agilent-34980A-Multifunktionsschalter/Messgeräte wurden zur Messung von U_{out} und I_{out} verwendet (über einen 200- Ω -Shunt-Widerstand).

Bild 4 vergleicht das ursprüngliche CoolMOS CE im SOT-223-Gehäuse (IPN70R1K5CE) mit einem CoolMOS P7 im SOT-223-Gehäuse (IPN70R1K4P7S). Der CoolMOS P7 zeigt eine

deutliche Verbesserung des Wirkungsgrads von rund 0,25 Prozent bei Volllast und läuft damit ca. 4,1 °C kühler als der CoolMOS CE.

Die Testergebnisse zeigen deutlich, dass der CoolMOS P7 im SOT-223-Gehäuse einen höheren Wirkungsgrad und eine verbesserte thermische Leistung aufweist gegenüber der CoolMOS-CE-Technologie.

Der zweite Test verwendete einen CoolMOS-C6-Baustein in einem DPAK-Gehäuse (IPD65R1K4C6), um eine neue Basislinie zum Vergleich mit einem CoolMOS P7 in einem SOT-223-Gehäuse zu erstellen. Tests ergaben

einen sehr ähnlichen Wirkungsgrad, wenn beide Geräte unter Volllast betrieben werden. Der CoolMOS P7 lief aufgrund der geringen Kupferfläche um ca. 3 °C wärmer, was aber durch eine Vergrößerung der Kupferfläche behoben werden konnte.

Aus diesem Test kann geschlossen werden, dass der CoolMOS P7 im SOT-223-Gehäuse (aus thermischer Sicht) ein brauchbarer Ersatz für DPAK-Bausteine ist.

Varianten

Der CoolMOS P7 ist in den vier Spannungs-klassen 600 V, 700 V, 800 V und 950 V im SOT-223-Gehäuse erhältlich. Die 600-V- und 700-V-Bausteine werden in Standardqualität angeboten und die 800-V-Bausteine sind vollständig als Industrierausführung qualifiziert. Die 600-V-Bausteine sind ideal für Halbbrücken- oder Vollbrückenkonfigurationen wie PFC-, Flyback- oder LLC-Stufen. Die 700-V-, 800-V- und 950-V-Bausteine eignen sich für Anwendungen, bei denen es keine harte Kommutierung der Body-Diode gibt, wie z.B. PFC- oder Flyback-Topologien.

Zusammenfassung

Tests haben gezeigt, dass die CoolMOS-P7-Technologie die hohe Effizienz und die entscheidenden Vorteile der Superjunction-MOS-FET-Technologie bietet. Auch die Implementierung im kostengünstigen SOT-223-Gehäuse, das mit DPAK-basierten Designs kompatibel ist, ändert daran nichts.

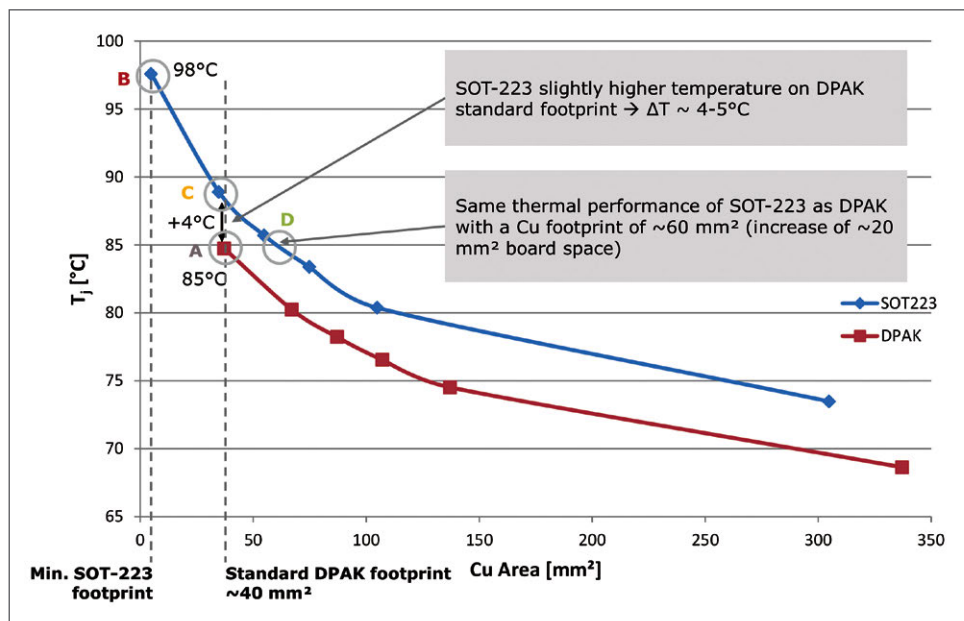


Bild 2: Ergebnisse der thermischen Analyse der Kontakttemperatur bei 250 mW (T_j vs. Kupferfläche)



700 V CoolMOS™ CE in SOT-223



Bild 3: An solch einem 18-W-Handy-Ladegerät wurde die thermische Bewertung durchgeführt.

Parameter	Spezifikation
Eingangsspannung	90–265 V AC
Ausgangsspannung (2,0 A bei 18 W)	9 V DC
Konfiguration	Flyback
Original-Baustein	IPN70R1K5CE
Schaltfrequenz (76 kHz @90 V AC, FL, 57 kHz @230 V AC, FL)	25–76 kHz
Leiterplatten-Dimensionen (L x B x H)	45 mm x 35 mm x 13,5 mm
Kupfer um Drainpad	30 mm ²

Grundlegende Leistungsparameter für das 18-W-Handy-Ladegerät

Durch die Erfüllung der Mindestanforderungen an die DPAK-Kupferfläche ist die thermische Leistung der SOT-223-Lösung völlig akzeptabel. Durch die Verwendung von mehr Kupfer (wo es der Platz zulässt) kann eine thermische Leistung erreicht werden, die der einer DPAK-Lösung sehr nahe kommt.

CoolMOS-P7-Bausteine in SOT-223-Gehäusen erfüllen viele der Anforderungen des modernen Stromversorgungsdesigns, indem sie eine ausgewogene Balance zwischen Leistung, Benut-

zerfreundlichkeit, geringem Platzbedarf und niedrigen Kosten bieten. Weitere Informationen zu Infineons CoolMOS-P7-Bausteinen in SOT-223-Gehäusen finden sich unter www.infineon.com/sot-223.

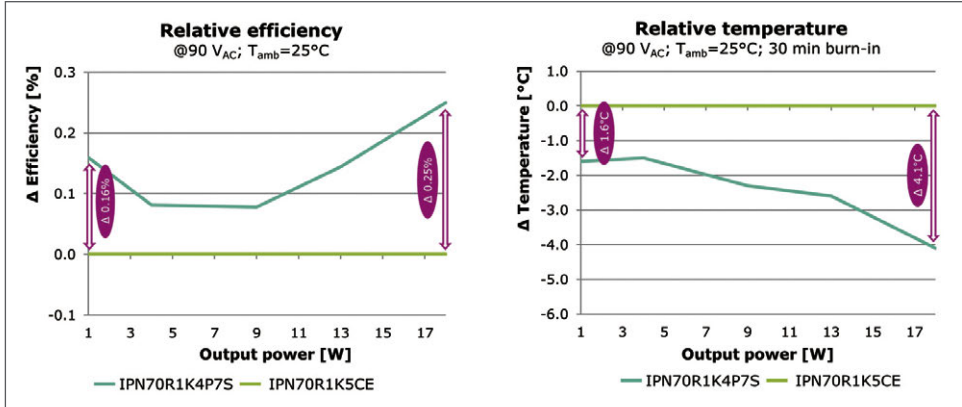


Bild 4: Ergebnisse der Effizienz- und Wärmetestes – CoolMOS CE im SOT-223-Gehäuse im Vergleich zum CoolMOS P7 im SOT-223-Gehäuse

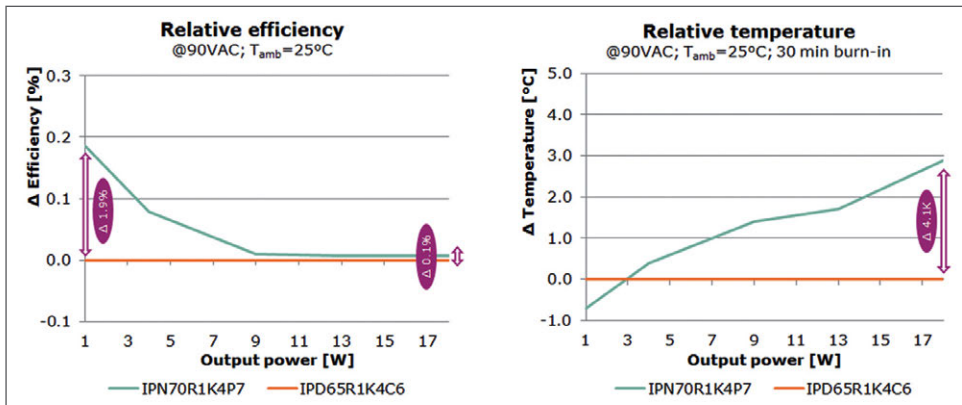


Bild 5: Ergebnisse der Effizienz- und Wärmetestes – CoolMOS C6 im DPAK-Gehäuse im Vergleich zum CoolMOS P7 im SOT-223-Gehäuse

Amphenol ICC

ENABLING THE
ELECTRONICS
REVOLUTION



VerIO™ Steckverbinder

Amphenol's VerIO™ Steckverbinder ist eine vielfältige sowie robuste I/O Lösung und ist damit bestens für industrielle und raue Umgebungen geeignet.

- Robuster Verriegelungsmechanismus
- Einfach zu installieren und zu bedienen
- Kompakte Form

electronica 2018

Besuchen Sie uns auf:
Halle C2, Stand 147

13 – 16 Nov | Messe München

www.amphenol-icc.com

Optoelektronik

Licht in der Dunkelheit

Eine neue Hybrid-LED löst die klassischen Probleme der Kfz-Fahrbeleuchtung: Sie vermeidet das Blenden und sorgt gleichzeitig für die optimale Ausleuchtung des Fahrweges. Die hohe Auflösung von über 1000 voll elektronisch gesteuerten LED-Pixeln erlaubt eine extrem differenzierte, aktive und damit effiziente Lichtverteilung.

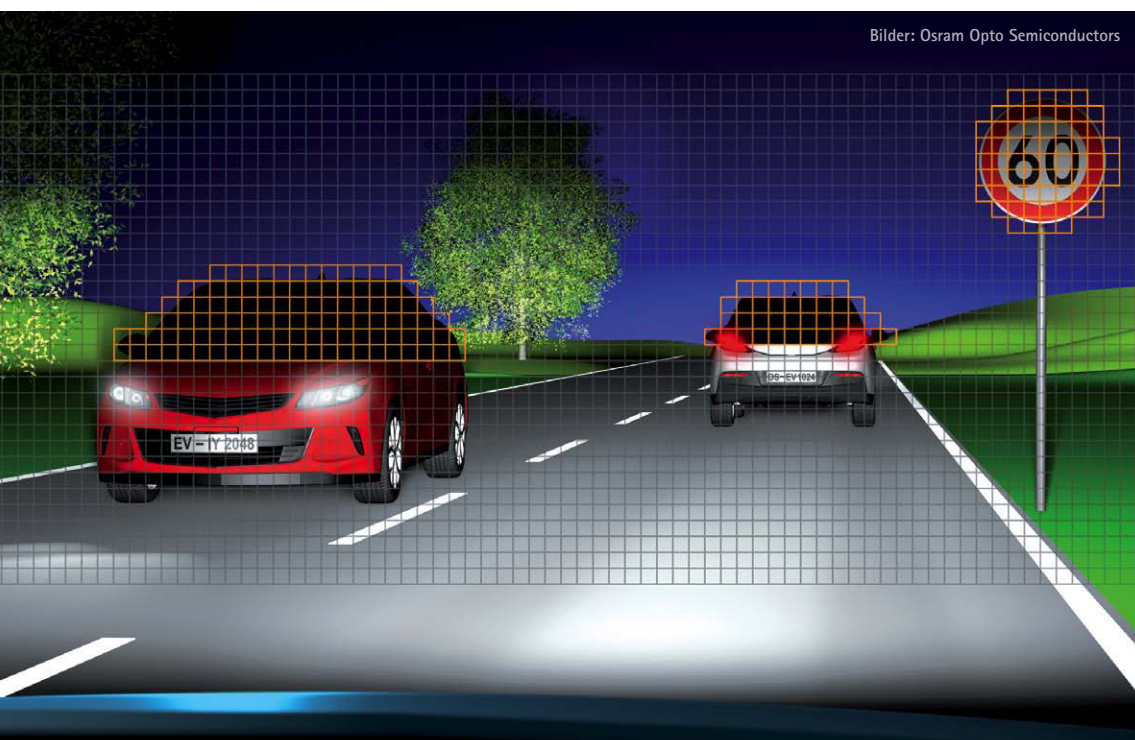
VON JULIAN EISE,
PRODUCT SALES MANAGER BEI RUTRONIK

Jeder Autofahrer kennt das Problem: das blendende Licht eines entgegenkommenden Fahrzeugs oder auch des hinterherfahrenden bei Nacht. Ärgerlich und nicht ungefährlich, verliert der Fahrer doch unter Umständen für kurze Zeit die Orientierung. Allerdings ist eine gut ausgeleuchtete Fahrbahn für die Sicherheit unerlässlich.

Mit der Hybrid-LED Eviyos hat Osram Opto Semiconductors jetzt Abhilfe geschaffen. Sie kombiniert zwei Technologien in einem Bauteil: den lichtemittierenden Chip und die Ansteuerelektronik für die 1024 einzelnen Pixel, die für eine ideale Ausleuchtung der Fahrbahn sorgen. Gleichzeitig wird vermieden, dass entgegenkommende Fahrer geblendet werden. Außer mit ihrer herausragenden Leuchtkraft und kompakten Bauweise eignet sich die Evi-

yos dank weiterer Vorteile wie ihre Effizienz und Skalierbarkeit für den Einsatz in intelligent ansteuerbaren Scheinwerfern. Diese erkennen bestimmte Fahrsituationen und reagieren selbstständig darauf. Das funktioniert durch das Zusammenspiel von Kamera und Ansteuerung: Die Kamera nimmt die Informationen der Umgebung wahr und leitet sie an das Steuergerät weiter. Dieses verarbeitet die Informationen und gibt eine entsprechend angepasste Lichtverteilung an die Leuchtpunkte in digitaler Form weiter. Die technische Grundlage für die Entwicklung der Eviyos basiert auf den Erkenntnissen des im Herbst 2016 abgeschlossenen Forschungsprojekts μ AFS, an dem verschiedene Partner aus dem Industriebereich (darunter Fraunhofer IZM, Infineon, Hella und Daimler) unter der Koordination von Osram Opto Semiconductors beteiligt waren. Die Eviyos erzeugt die gewünschte Lichtverteilung rein elektronisch, kommt also ohne optomechanische Komponenten aus. Die Auflösung des Systems ist deutlich höher als die bisheriger LED-Matrixscheinwerfer. Daher lässt sich die Lichtverteilung sehr differenziert steuern.

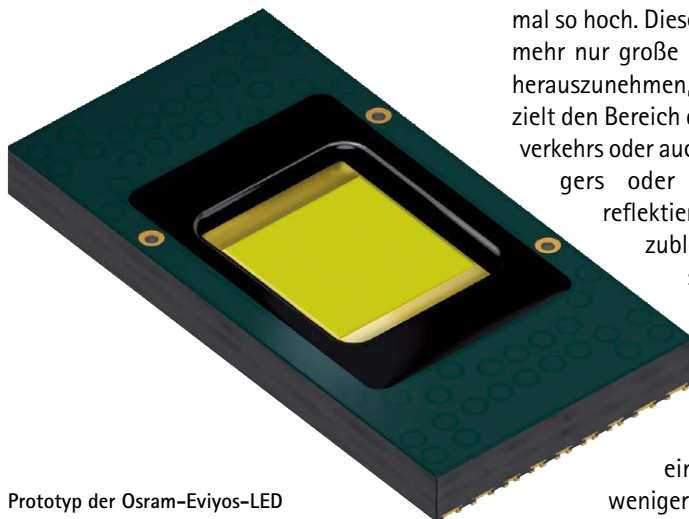
Beispiel einer Verkehrssituation, ausgeleuchtet mit der neuen LED-Pixellösung. Verkehrsteilnehmer werden ausgeblendet und wichtige Hinweise angeblendet.



*Weg von den Extremen,
hin zur Flexibilität*

Bei konventionellem Fahrlicht stellte sich die Situation in der Vergangenheit immer so dar: Der Fahrer verfügte über Abblend- und Fernlicht. Eine weitere Differenzierung gab es nicht. Auch wenn das in vielen Fällen ausreicht, liegen die Nachteile doch auf der Hand: Fahren zwei Fahrzeuge aufeinander zu, blenden sie sich gegenseitig. Beim Abblenden ist dagegen nur der Bereich direkt vor dem Fahrzeug ausgeleuchtet – häufig zu wenig, um die nötige Übersicht zu behalten. Somit bietet das konventionelle Licht immer nur diese beiden Extreme und die damit verbundenen Einschränkungen.

Dank ihrer zunehmenden Leuchtkraft werden LEDs seit 2013 auch in elektronisch gesteuert-



Prototyp der Osram-Eviyos-LED

ten Fahrzeugvollscheinwerfern eingesetzt. Schon die ersten LED-Module sollten Abhilfe bei den bekannten Problemen der Kfz-Beleuchtung schaffen. Sie ermöglichten bereits eine variable Lichtverteilung, mit der sich bestimmte Teile des Lichtfeldes ausblenden oder anderweitig der Fahrsituation anpassen ließen. Diese Lösungen brachten große Fortschritte insbesondere bei der Sicherheit, aber auch beim Fahrkomfort.

Was unterscheidet nun Osrams Eviyos von bisherigen LED-Matrixlösungen für Scheinwerfer? Im Wesentlichen ihre Auflösung. Klingt erst einmal ein wenig banal, ist es aber nicht: Arbeitet ein herkömmlicher LED-Scheinwerfer mit 8 bis knapp 100 Leuchtdioden, so ist die Auflösung der neuen Beleuchtung rund zehnmal

mal so hoch. Diese Auflösung erlaubt es, nicht mehr nur große Bereiche aus dem Lichtfeld herauszunehmen, sondern beispielsweise gezielt den Bereich der Frontscheibe des Gegenverkehrs oder auch das Gesicht eines Fußgängers oder Radfahrers sowie stark reflektierende Verkehrsschilder auszublenden oder zu dimmen. Ansonsten bleibt die Sichtbarkeit der Umgebung vollständig erhalten – als würde man permanent mit Fernlicht fahren. Dabei lassen sich einzelne Pixel innerhalb nur weniger Millisekunden der neuen Situation anpassen – entscheidend im bewegten Geschehen, das sich ständig verändert. Nicht nur Ein und Aus der einzelnen Pixel leistet die Eviyos, die Pixel lassen sich auch dimmen. Denn beispielsweise soll ein Verkehrsschild ja nicht unsichtbar werden, es soll nur einfach nicht blenden. Dies ermöglicht auch weiche Lichtübergänge.

.....
*Mit Bilderkennung
 zur perfekten Ausleuchtung*

Voraussetzung für das optimale Funktionieren der LED im Kfz-Vollscheinwerfer sind natürlich die richtigen Sensoren. Dies können Kamerasysteme mit entsprechender Bilderkennung sein. Die „Intelligenz“ des Systems hängt in erster Linie davon ab, welche Software der

Hersteller seinem Bilderkennungs- und Beleuchtungssystem spendiert. Zudem sind erweiterte Funktionen möglich. So kann das Licht beispielsweise vor Gefahrenstellen gesondert warnen oder sogar Warnsymbole oder Richtungspfeile auf die Straße projizieren.

Für die Helligkeit der Eviyos gibt Osram derzeit einen Lichtstrom von mindestens 3 Im pro Pixel bei einer Stromstärke von 11 mA an. Das entspricht rund 3000 lm pro LED – gut doppelt so viel wie die Lichtausbeute eines Halogen-Scheinwerfers. Jedoch sollen laut Osram auch noch höhere Lichtausbeuten möglich sein. Die LED selbst misst nur 4 mm x 4 mm, Steuergerät inklusive. Zur Qualität und differenzierten Ausleuchtung trägt auch der vergleichsweise hohe Kontrast von mindestens 300:1 bei. Bei dem geringeren Energieverbrauch ist das LED-System auch leichter als Xenon-Scheinwerfer und vor allem weniger anfällig für Erschütterungen – ein Umstand, der dem Dauerbetrieb zugutekommt.

Im Fahrzeug lässt sich die Eviyos bei Bedarf durch weitere LED-Lösungen ergänzen – je nach Kundenanforderung. Auch als Komponenten für intelligente Lichtsysteme in anderen Anwendungen kommen sie infrage. Für die USA sind LED-Matrix-Scheinwerfersysteme derzeit aufgrund der dort geltenden gesetzlichen Bestimmungen noch nicht zugelassen. Jedoch hofft man dort auf eine Überarbeitung der Richtlinien und eine Anpassung an die neuen technischen Gegebenheiten. ■

Anzeige

FUJITSU
 Industrial
 Relays

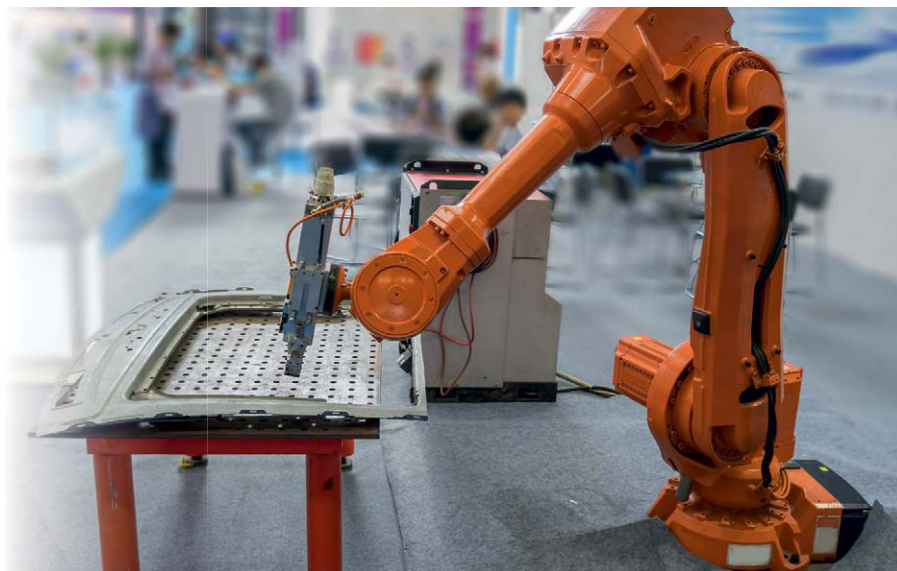


Producing relays for more than 100 years, makes FUJITSU the experienced and reliable partner for industrial relay applications.



shaping tomorrow with you

fujitsu.com/components



Neue Märkte und Herausforderungen für Rutronik und seine Partner

Gemeinsam global gewachsen

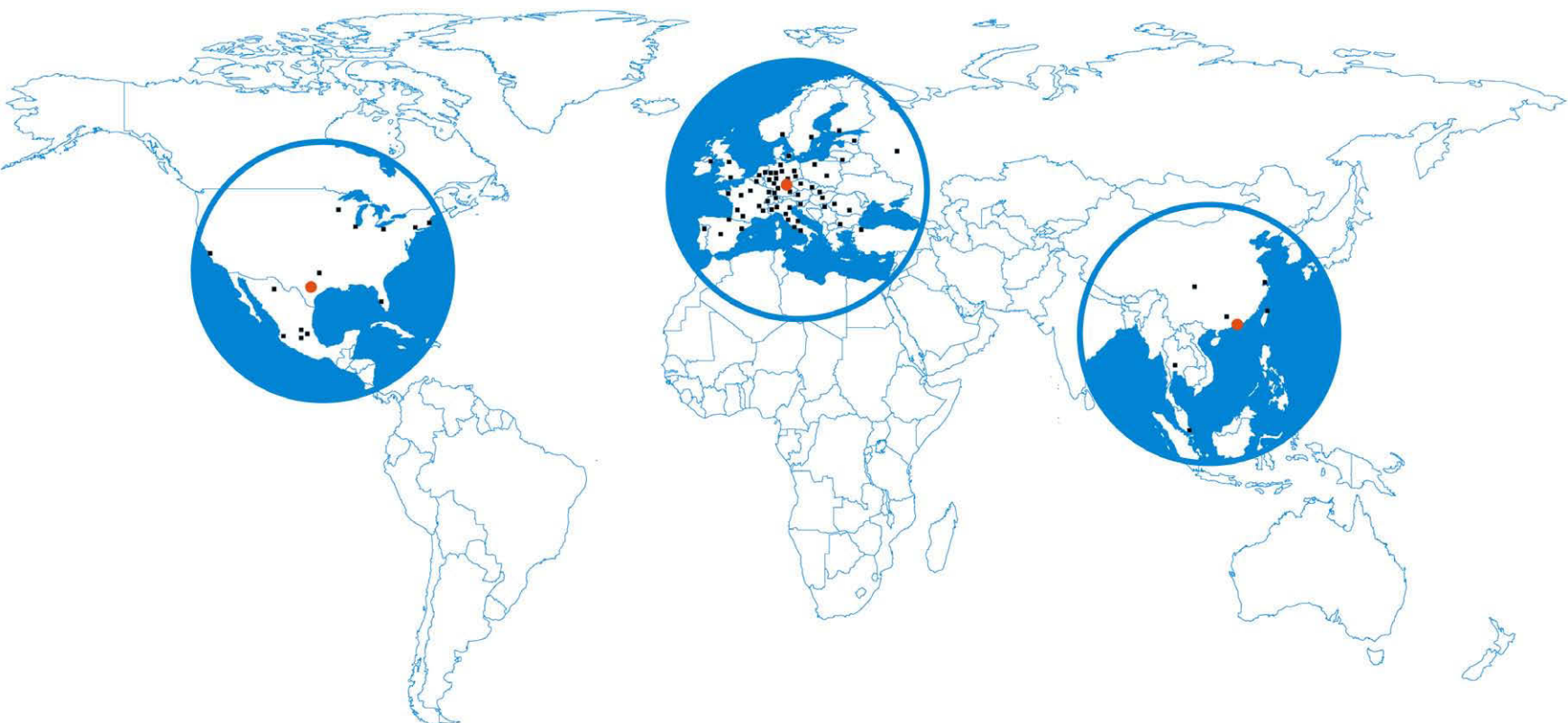
Mit der Erschließung des asiatischen Marktes 2011 und des nordamerikanischen Marktes 2015 hat Rutronik sich den Herausforderungen eines globalen Unternehmens gestellt. Auch heute, sieben Jahre nach dem Start in Asien und drei Jahre nach dem Anfang in den USA, wächst Rutronik kontinuierlich weiter.

VON GERHARD WEINHARDT,
DIRECTOR GLOBAL MARKETING
BEI RUTRONIK

Bei der globalen Expansion waren die langjährigen Erfahrungen im Aufbau internationaler Organisationseinheiten, die Rutronik auf dem innereuropäischen Markt gesammelt hat, von großem Nutzen.

Aus der ersten Idee, nur ein Logistikzentrum mit Customer-Service in Hongkong aufzubauen, wurde schnell eine komplette Organisation mit Vertrieb, Field Application Engineers (FAEs), Business-Development-Managern (BDMs) und lokalem Marketing-Team. Heute hat Rutronik rund 100 Mitarbeiter in sechs

Büros in China, Taiwan und Thailand. Die Region Südostasien hat sich für Rutronik und seine Partner zu einem sehr interessanten Absatzmarkt mit enormem Potenzial entwickelt. Deshalb ist bereits eine Ausweitung der Rutronik-Landkarte geplant: Vor Kurzem wurde das neue Büro inklusive Lager in Singapur eröffnet. Durch den Aufbau einer eigenständigen Vertriebsorganisation, die das gesamte Leistungsspektrum von Rutronik abdeckt, können die Anforderungen und Bedürfnisse der Hersteller und Kunden in vollem Maße bedient werden.



Weitere Büros sind in Tianjin (China) und Penang (Malaysia) sowie in Indien geplant. Zudem ist ein weiteres Lager in China in der Nähe von Schanghai in Planung. Somit wird Rutronik auch weiterhin kurze Lieferwege bieten und Nähe zum Kunden aufbauen können.

*Nordamerika
als Wachstumsfaktor*

In Nordamerika ist Rutronik seit 2015 verstärkt vertreten. Mit der Verlagerung des Headquarters nach Dallas und dem Aufbau eines Logistikzentrums in Austin, Texas, konnten Lieferzeiten und Kundennähe optimiert werden. Im Frühjahr 2018 erfolgte die Eröffnung weiterer Büros in Massachusetts und Kalifornien. Hierdurch wurde nicht nur die Reichweite in den USA als primärem Zielmarkt, sondern auch die nach Mexiko und Kanada stark ausgedehnt. Mit insgesamt 24 Mitarbeitern, darunter Marketing-Experten, FAEs und eine eigene Ver-

triebsmannschaft, können alle Rutronik-Dienstleistungen angeboten werden. Eine der größten Herausforderungen war und ist die Franchise-Situation. Einige Hersteller betrachten jede Region als Markt für sich, ohne dabei die globale Kundensituation zu berücksichtigen. Das spiegelt sich natürlich auch in der Preispolitik wider, die von regionalen Unterschieden geprägt ist. Rutronik ist jedoch in sehr engem Kontakt mit seinen Herstellern, um die Bedürfnisse der global agierenden Kunden weltweit zu berücksichtigen und sich den wechselnden Marktanforderungen anzupassen. Dazu gehören weltweit identische Logistiksysteme und individueller technischer Support durch eine global präsente Infrastruktur.

*Breites Portfolio,
starke Marken*

Aktuell hat Rutronik in Asien und Nordamerika globale Franchise-Verträge und lokale

Einkaufsvereinbarungen mit mehr als 100 Lieferanten, darunter namhafte Hersteller wie Infineon, Vishay, Yageo, Rohm, AVX, Osram und Nordic.

Mit großer Unterstützung dieser Hersteller hat Rutronik dieses Jahr bereits zum siebten Mal eine Kunden-Tour in Asien organisiert. Gemeinsam mit 40 Kunden aus Europa, Nordamerika und Asien besuchte Rutronik in einer Woche die Produktionsstätten von Yageo, C&K, Vishay, Chilisin, DLC und Recom in Südkina. Um die Kunden auch auf technischer Ebene über Neuigkeiten und Anwendungsfelder zu informieren, werden seit einigen Jahren wie auch in Europa technische Seminare, Tec-Days und Workshops in Kooperation mit Rutroniks Franchise-Partnern mit großem Erfolg in Asien und Nordamerika veranstaltet.

Rutronik treibt seine globale Expansion also weiterhin voran – zum Wohle seiner internationalen Kunden. ■

PCN goes Smart

Rutronik setzt auf digitalen Standard

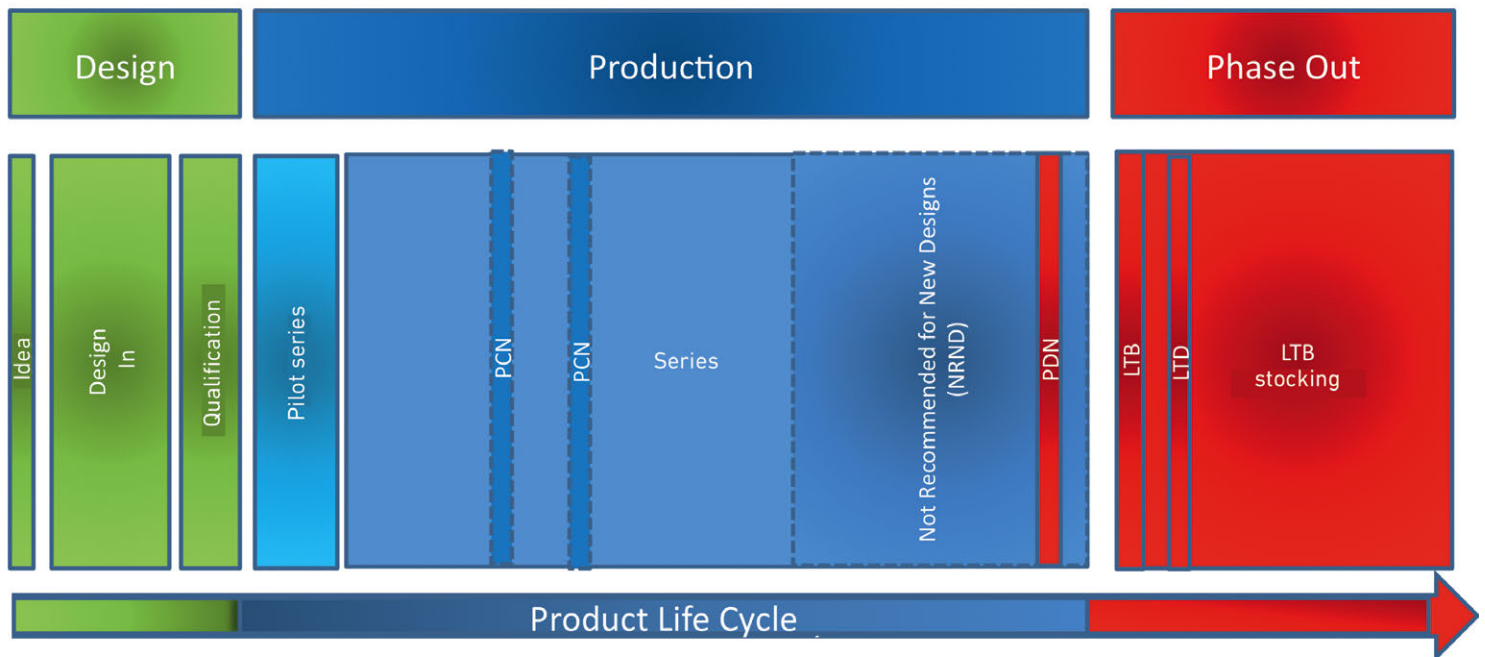
In der globalen und digitalen Welt mit zunehmend vernetzten Beschaffungs-, Produktions- und Fertigungsprozessen gestaltet sich auch der Informationsprozess zu eingesetzten Materialien und Bauelementen zunehmend komplexer. Das Management der Herstellerinformationen stellt heute für eine Vielzahl der Unternehmen eine große Herausforderung dar.

VON ANDREAS GLASER, LEITER
TECHNISCHES QUALITÄTSMANAGEMENT
BEI RUTRONIK

Unternehmen stehen vor der Aufgabe, die unzähligen eintreffenden Produktmitteilungen, speziell Produktänderungsanzeigen (PCN = Product Change Notification) und Produktabkündigungen (PDN = Product Discontinuation Notification), den Stücklisten, Produkten oder Plattformen zuzuordnen sowie die Informationen zu bewerten und an die entsprechenden Stellen im Unternehmen oder Fertigungsverbund weiterzuleiten. Redundante Meldungen sollen möglichst frühzeitig erkannt und eliminiert werden, um den sonst drohenden Mehraufwand durch Doppelbearbeitung zu vermeiden.

Die Informationen werden heute noch immer hauptsächlich manuell verwaltet. Das heißt, die Herstellermitteilungen werden, sofern überhaupt verfügbar, in lokalen Kundendatenbanken bearbeitet. Der Großteil der Hersteller, vor allem im Bereich der elektronischen Bauelemente, stellt die Informationen zwar in elektronischer Form zur Verfügung – was zur Vereinfachung der Datenverwaltung beiträgt –, aber in uneinheitlichen Formaten (PDF, Word, Excel etc.). Eine automatisierte Verarbeitung der Daten ist daher aber nicht möglich. Doch genau das ist wünschenswert, betrachtet man die kontinuierliche Zunahme der

- Risk management
- 2nd Source
- Alternative technology
- Security of supply (supply chain)
- Logistics concept
- Safety stock
- Allocation management
- Product alternatives
- LTB stocking
- New design



- PCN** – Product Change Notification
- PDN** – Product Discontinuation Notification
- LTB** – Last Time Buy (JEDEC Standard “JESD48“: min. 6 months after PDN)
- LTD** – Last Time Delivery (JEDEC Standard “JESD48“: min. 6 months after LTB)

Komponenten-Management
im Produktlebenszyklus
eines Geräts

Produktmeldungen über die letzten Jahre. Allein 2017 verzeichnete Rutronik einen Anstieg um 30 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Der Anteil der Produktabkündigungen am Gesamtvolumen reduzierte sich dabei leicht auf rund 19 Prozent.

Als global agierender Broadline-Distributor wird auch Rutronik verstärkt mit den Kundenforderungen hinsichtlich Informationssicherheit, Datensicherheit und Automatisierung der Daten konfrontiert. Die Mitgliedschaft im COG unterstreicht die Motivation des Unternehmens, das Obsoleszenz-Management und das PCN/PDN-Handling sehr ernst zu nehmen, um Kunden einen optimalen Service anbieten zu können. Gerade in Bezug auf die gewünschte automatisierte Bearbeitung von Änderungsmitteilungen spielt der smartPCN-Standard eine zentrale Rolle.

Rutronik hat hierzu eigens ein IT-Projekt initiiert, um die Schnittstellen einzurichten und dementsprechend die Herstellerinformationen in das smartPCN-Format umzuwandeln, also zu digitalisieren (XML-Format). Somit erhalten Kunden die Möglichkeit, die Daten unter Einsatz von geeigneter Software digital einzule-

sen und zu verarbeiten. Entscheidende Vorteile sind hier die automatische Einspielung der Daten sowie die Erkennung von redundant erhaltenen Informationen. Gerade bei Bezug eines Bauelements von mehreren Lieferanten kann es vorkommen, dass dieselbe Änderungsmitteilung mit zeitlichem Versatz von unterschiedlichen Quellen eintrifft. Lästige und zeitraubende Mehrfachbearbeitung bis zum Erkennen der Doublette können mit smartPCN vermieden werden.

Seit dem dritten Quartal 2018 werden Kunden auf Anfrage die Änderungsmitteilungen im smartPCN-Format zur Verfügung gestellt.

Ein weiterer Vorteil der digitalisierten Aufbereitung ist die einfache Weiterverarbeitung der Daten in Bezug auf eine Risikobewertung der zukünftigen Verfügbarkeit (Life-Time-Cycle). Ein Großteil des Rutronik-Umsatzes basiert auf dem Vertrieb von komplexen, erklärungsbedürftigen elektronischen Bauelementen (Design-in-Produkte). Diese Produkte sind oftmals aufgrund ihrer hohen Funktionalität (Integrationsdichte) nicht 1:1 austauschbar, was den Einsatz von Alternativen im Falle einer Obsoleszenz deutlich erschwert.

Gerade bei diesen Produkten ist neben einer zielgerichteten Informationspolitik die Risikobewertung zur (Langzeit-) Verfügbarkeit elementar wichtig. Die Einschätzung obliegt dabei dem Kunden und richtet sich unter anderem nach Applikation und Branche und den entsprechenden Anforderungen und Produktlebenszyklen. Eine Bewertung zur Absicherung der Verfügbarkeit sollte dabei bereits in der frühen Phase der Design-in-Aktivität Berücksichtigung finden.

Einen Leitfaden zur Vermeidung von Produktionsausfällen ist die neue VDI-Richtlinie 2882 „Obsoleszenz-Management aus Sicht von Nutzern und Betreibern“. Sie zeigt Konzepte zur Sicherstellung und zur Nutzung langjähriger Komponenten bzw. von Systemen auf und ergänzt damit die DIN-EN-Norm 62402 („Anleitung zum Obsoleszenzmanagement“).

Die Digitalisierung der Änderungsmitteilung ermöglicht somit dem Nutzer eine deutliche Zeit- und Kostenersparnis und begünstigt auch entlang der gesamten Lieferkette einen durchgängigen, transparenten – da standardisierten –, zeitnahen Informationsfluss. ■

Rutronik nach ISO 27001 zertifiziert

Informationssicherheit mit Brief und Siegel

ISO 27001 ist zwar nicht für alle Unternehmen verpflichtend, doch hat Rutronik die Wichtigkeit der Datensicherheit erkannt und gehandelt.

VON MARCO NABINGER,
GESCHÄFTSFÜHRER IT/SECURITY
BEI RUTRONIK



Rutronik legt größten Wert auf die Sicherheit seiner eigenen Daten sowie der Daten seiner Partner – schließlich schreibt sich der Distributor seine weltweit einheitliche, jederzeit verfügbare IT-Infrastruktur ebenso auf die Fahnen wie die hohe Qualität seiner Dienstleistungen. Beides erfordert ein konsequent umgesetztes Informationssicherheitskonzept. Deshalb wurde 2017 beschlossen, – auch im Hinblick auf die neue, seit Mai 2018 geltende EU-Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) –, ein umfassendes Informationssicherheitsmanagementsystem (ISMS) einzuführen. Als Nachweis der erfolgreichen Umsetzung sollte das ISMS nach dem internationalen Standard ISO 27001 geprüft und zertifiziert werden.

ISO 27001 ist derzeit noch nicht industrieweit verpflichtend – der hohe Standard ist gesetzlich nur für Unternehmen in sogenannten systemkritischen Branchen, beispielsweise in der Energieversorgung und der Luftfahrt, vorgeschrieben, zudem für wichtige Infrastruktur wie Flughäfen. Der Standard ist vielschichtig und besteht aus mehreren Komponenten: Informationssicherheits-Politik, Organisation der Informationssicherheit, Personalsicherheit, Asset-Management, Zugriffskontrolle, Kryptografie, physische und Umgebungssicherheit, Betriebssicherheit, Kommunikationssicherheit, Systemerwerb, Entwicklung und Wartung, Lieferantenbeziehungen, Informationssicherheits-Störfallmanagement, Informationssicherheitsaspekte des betrieblichen Kontinu-

tätsmanagements sowie Compliance/Konformität. All diese Kriterien müssen für eine Zertifizierung erfüllt sein.

Rutronik hat das Managementsystem proaktiv nach ISO 27001 umgesetzt, auch wenn dies (noch) nicht zwingend vorgeschrieben ist. Mit der Einführung des ISMS konnten notwendige Änderungen zur Anpassung an die neue DSGVO gleich mit angegangen werden. Das ISO-Zertifikat bescheinigt dem Unternehmen somit auch die Einhaltung dieser Regularien.

Informationssicherheit ist in Zeiten der fortschreitenden Digitalisierung ein Muss für jedes Unternehmen. Immer häufiger auftretende und immer mehr gezielte Attacks, ständig weiterentwickelte Schadsoftware und schier grenzenlose Anzahl, Kreativität und Motivation der Angreifer machen einen sicheren Umgang mit Daten zur Chefsache. Denn Pannen in diesem Bereich gefährden alle: das Unternehmen, seine Kunden, seine Mitarbeiter und seine Infrastruktur. Naturkatastrophen, menschliches Fehlverhalten oder anderweitige Einflüsse können darüber hinaus die Informationssicherheit beeinträchtigen. Rutronik legt großen Wert auf diese Sicherheit. Ein eigens für Informationssicherheit verantwortlicher, direkt unter der Geschäftsführung eingerichteter Bereich kümmert sich permanent um die Einhaltung und Weiterentwicklung des ISMS. Somit sind die Daten von Mitarbeitern, Kunden und anderen Partnern bei Rutronik nachweislich in guten Händen. ■

Anzeige



POWR-GARD® Electrical Products

Littelfuse®
Expertise Applied | Answers Delivered

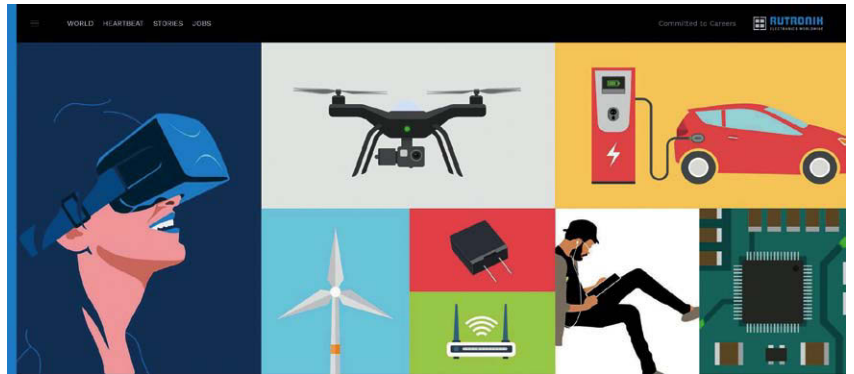
New Littelfuse PSR Fuses designed for protection of power semiconductor devices such as diodes, triacs, IGBTs, SCRs, MOSFETs

Littelfuse.com/POWR-SPEED

Ein Unternehmen, viele Facetten

Rutronik startet neues Karriereportal

In den technischen Berufen hat sich das Verhältnis von Angebot und Nachfrage am Arbeitsmarkt inzwischen umgekehrt. Arbeitgeber konkurrieren um Fachkräfte – und gehen dabei innovative Wege. Auch Rutronik agiert mit unterschiedlichen Maßnahmen – darunter einem neuen Karriere-Portal.



VON SEBASTIAN HÖR,
PR-REFERENT BEI RUTRONIK

Ein Online-Portal – ist das alter Wein in neuen Schläuchen? »Ganz im Gegenteil«, betont Dominik Schmidt, Leiter Personalentwicklung und Recruiting bei Rutronik. »Die Erwartungen der Bewerber haben sich gewandelt. Mit rutronik-careers.com als neuem Portal reagieren wir darauf. Wir möchten die Wahrnehmung von Rutronik als attraktivem Arbeitgeber erhöhen und gleichzeitig nicht nur reine Informationen vermitteln, sondern auch einen authentischen Eindruck von der Arbeit bei uns geben«, so Schmidt weiter. Das bedeutet auch eine andere, frischere Art der Kommunikation.

»Wir wollen die Sprache der Bewerber sprechen, sie sollen sich angesprochen fühlen. Das bedeutet nicht, dass wir künftig im „Halo i bims 1 rutronik vong arbeitgeber her“-Sprech kommunizieren. Aber auf dem neuen Portal versuchen wir, direkt und weniger umständlich zu beschreiben, was Rutronik ausmacht, wo wir hinwollen und wie jeder einzelne Mitarbeiter dazu durch seine Arbeit beiträgt«, erklärt Nicole Maisch, Recruiter bei Rutronik. Der Slogan „Make it work!“, der im Zentrum des Karriereportals steht, soll »transportieren, dass wir mit unseren kleinen Bauelementen große Dinge zum Laufen bringen. Und das können wir nur mit motivierten, qualifizierten Mitarbeitern«, so Maisch.

In Zusammenarbeit mit einer externen Agentur hat das Unternehmen deshalb die bisherige Kommunikationspolitik analysiert und he-

rausgearbeitet, wie man die Stärken und Vorteile von Rutronik noch deutlicher in den Fokus rücken kann. »Focus Money hat uns im vergangenen Jahr in drei Kategorien als Top-Arbeitgeber ausgezeichnet«, so Schmidt. »Das ist ein Pfund, mit dem wir wuchern können.« Gleichzeitig haben die Focus-Money-Studien ergeben, dass neben einer überdurchschnittlichen Bezahlung auch „weiche“ Faktoren, darunter Weiterbildungsmöglichkeiten, Work-Life-Balance und Authentizität bei der Entscheidung für einen potenziellen Arbeitgeber wichtig sind.

*Authentisch, frisch,
informativ*

Ein neues, anderes Look-and-Feel als bei der Hauptwebsite Rutronik.com ist dabei nur der erste Schritt. Der Fokus des neuen Portals liegt auf der sogenannten „Candidate Experience“, also den Eindrücken und Erfahrungen, die ein Bewerber mit einem potenziellen Arbeitgeber verbindet. Das beginnt bei Stellenanzeigen und geht über Messeggespräche, Webauftritt und ein transparentes Bewerbungsverfahren bis hin zur Einstellung im Unternehmen und zu den ersten Tagen nach Beginn.

Darüber hinaus ist aber die direkte Ansprache von Bewerbern über die reine Informationsvermittlung hinaus ein zentraler Baustein von rutronik-careers.com. Hier sollen die Mitarbeiter zu Wort kommen, Geschichten erzählen

und einen Einblick in die Arbeit beim drittgrößten Distributor von elektronischen Bauelementen in Europa geben. Wichtigster Faktor hierbei: authentisch bleiben. »Die Videos und Texte für die Karriereseite werden selbstverständlich professionell produziert. Gleichzeitig wollen wir ein realistisches Bild vom Arbeitsalltag bei Rutronik vermitteln. Die Kolleginnen und Kollegen sollen ihre Tätigkeit mit ihren eigenen Worten beschreiben, ein strenges Drehbuch gibt es nicht«, erklärt Gina Freis, Kommunikationsmanager bei Rutronik.

Damit potenzielle Bewerber einen umfassenden Eindruck vom Unternehmen bekommen, bietet das Karriereportal ein multimediales Erlebnis mit knappen Textblöcken und einfacher Navigation. Unter „World“ erfahren Website-Besucher die wichtigsten Fakten über Rutroniks Geschäft; die besagten Eindrücke von Mitarbeitern finden sich unter „Stories“. Um die Arbeit bei Rutronik sowie die Zusatzleistungen geht es unter „Heartbeat“, während unter „Jobs“, wie der Name schon andeutet, die Berufsbilder bei Rutronik näher erläutert werden. Ein direkter Link zum Jobportal mit allen offenen Stellen sowie zur Initiativbewerbung auf jeder Unterseite ermöglicht die schnelle, unkomplizierte Kontaktaufnahme.

Im Idealfall kommt auf diese Weise ein Kontakt zustande und der Bewerber wird zum Mitglied der Rutronik-Familie.

www.rutronik-careers.com



Smart Parking

Mit Sensoren zum freien Parkplatz

RUTRONIK (24)
next generation e-commerce

Mit der Digitalisierung von Parkplätzen will ein Startup aus Nürnberg seinen Beitrag zur Smart City der Zukunft leisten. Im Gegensatz zu anderen Ansätzen, die entweder sehr teuer oder aufwändig zu installieren sind, setzt Smart-City-System mit ihrem „Parking Pilot“ auf einen kleinen, robusten Sensor, der sich einfach auf Parkflächen aufkleben lässt.

VON CARLOS RAMOS,
VERTRIEBSAUSSENDIENST
BEI RUTRONIK24

Bis zu 30 % des Verkehrs in Städten geht auf das Konto von Autofahrern auf der Suche nach einem Parkplatz. Das kostet nicht nur Zeit und Nerven, sondern erhöht auch das Verkehrsaufkommen und belastet die Umwelt. Smart Parking, also die digitale Verwaltung von Parkplätzen, könnte dieses Problem lösen und ist damit ein äußerst lukrativer Markt. Laut einer Studie des Beratungsunternehmens Frost & Sullivan lag der Umsatz in diesem Segment in Europa und Nordamerika 2014 noch bei rund 7 Mrd. US-Dollar und wird bis 2025 auf 43 Mrd. US-Dollar anwachsen.

Der Wettlauf hat begonnen

Dementsprechend arbeiten derzeit viele Unternehmen an einem intelligenten Parkplatzsystem. Entwicklungsgeschwindigkeit und Wettbewerbsfähigkeit sind daher entscheidende Punkte, um sich auf dem Markt durchzu-

setzen und einen Standard zu etablieren. Das Startup Smart City System hat seinen Parkplatz-Sensor in gerade einmal zweieinhalb Jahren entwickelt.

Der „Parking Pilot“ mit 130 mm x 240 mm x 20 mm lässt sich einfach auf Parkflächen aufkleben. Über ein Magnetfeld erkennt der verbauete Sensor, ob über ihm ein Auto parkt oder nicht. Diese Information wird mit einem selbst implementierten Funkprotokoll an die Server von Smart City System gesendet. Über API-Schnittstellen werden die stellplatzgenauen Daten Parkplatzbetreibern live zur Verfügung gestellt, womit diese eigene Apps und Analyseprogramme betreiben können.

Der Vorteil des Parking Pilot gegenüber anderen Lösungen ist, dass er sehr viel einfacher, robuster und kostengünstiger ist. Die Sensoren haben eine Laufzeit von fünf bis sieben Jahren und können einfach ausgetauscht werden.



Die Sensoren des Parking Pilot werden einfach aufgeklebt, stören nicht und helfen, den vorhandenen Parkraum effizient zu nutzen.

Während die Sensoren zu Beginn noch handgefertigt waren, ist mittlerweile bereits die Serienproduktion angelaufen.

Auch bei kleinen Mengen große Vorteile

»Für unsere erste Serienbestückung haben wir sehr schnell eine kleinere Menge von Mikrocontrollern gebraucht – Rutronik24 hat uns das gewünschte Modell umgehend geliefert«, berichtet Stefan Eckart, Gründer und Geschäftsführer von Smart City System. Die Entwickler hatten für ihren Parking Pilot den STM32L0-Mikrocontroller aufgrund seines geringen Energieverbrauchs und der leichten Programmierbarkeit gewählt. »Für uns als Startup ist Rutronik24 eine sichere Quelle und der perfekte Partner für unser Vorhaben. Die direkte, schnelle Kommunikation und die unkomplizierte Beratung haben uns auf dem Weg zur Marktreife sehr geholfen«, so Stefan Eckart. Über die Vertriebsorganisation können auch Unternehmen mit kleineren und mittleren Bedarfen auf das gesamte Produktportfolio des Broadliners Rutronik zugreifen und zahlreiche Value-Added Services nutzen, wie Beratung oder die Versorgung mit Mustern. So hat Smart City System Muster eines Gateways von Advantech über Rutronik24 erhal-

ten, um Funkstandards miteinander zu vergleichen und das eigene Produkt weiter zu verbessern.

Die Fachleute von Rutronik24 haben das Gründer-Team rund um die Marktsituation und Möglichkeiten für die Serienproduktion beraten und bei der Auswahl eines EMS-Dienstleisters unterstützt. »So konnten wir unseren engen Zeitplan einhalten und unsere erste Serie früh an den Markt bringen.«

Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

Hinter dem Parking Pilot steckt weit mehr Potenzial als nur ein Leitsystem zu freien Parkplätzen: Kritische Zonen wie Rettungszufahrten oder Ladesäulen für E-Fahrzeuge können insofern freigehalten werden, als das System sofort Alarm schlägt, wenn auf ihnen geparkt wird. Dies entlastet nicht nur Kontrolleure, sondern verringert auch die Zeit vom Erkennen der Situation bis zum Entfernen des Fahrzeugs. Auf Supermarktparkplätzen macht das System Dauerparker zuverlässig aus; darüber hinaus sind Reservierungs- und Navigationsdienstleistungen für mehr Kundenkomfort möglich. Durch exakte Echtzeit-Analysen der Auslastung ist auch das Vermieten überschüssiger Parkflächen denkbar. Allgemein ist jedes Park-

haus und jeder Parkplatz sehr viel effizienter organisiert, wenn Fahrer direkt zu einem freien Platz navigieren können.

Städte können ihr Verkehrsaufkommen deutlich senken, wenn sie öffentliche Parkplätze über die Sensoren erfassen und Autofahrer direkt dorthin leiten. Dresden nutzt den Parking Pilot bereits mit Erfolg, ebenso zahlreiche Unternehmen, darunter Aldi Nord, Edeka, VW und EnBW.

Die Zukunft im Blick

Nach dem erfolgreichen Start in Deutschland fokussiert sich das Team inzwischen bereits auf die Expansion in andere europäische Länder. Setzt das Unternehmen seinen Wachstumskurs fort, so unterstützt Rutronik weiterhin mit umfassendem technischem, wirtschaftlichem und logistischem Support bis hin zu maßgeschneiderten Logistik-Lösungen.

Zudem hat Smart City System bereits Erweiterungen geplant: »Beispielsweise ist auf manchen Parkplätzen zeitweise der Strom abgeschaltet. Für solche Fälle überlegen wir, ob Solartechnik oder Akkus Sinn machen könnten. Auch hierbei bauen wir auf Rutronik24«, so Stefan Eckart. ■

Prozessorteknik unterstützt Datensicherheit

Security first!

Dank leistungsfähiger Komponenten erschließen übers Internet vernetzte Geräte immer mehr Applikationen. Mikrocontroller bilden im Verbund mit Software Herz und Hirn der Sensorik innerhalb der Industrie-4.0- und IoT-Technologien. Die voll vernetzte Fabrik und das smarte Zuhause bergen immenses Potenzial – sind aber auch angreifbar.

VON DIPL.-ING. MARTIN MOTZ, PRODUCT SALES MANAGER MIKROCONTROLLER BEI RUTRONIK

Im Rahmen von IoT, Industrie 4.0 und Robotik werden Mikrocontroller zunehmend zum Schutzschild vor Manipulationen und Cyber-Attacken. Verschiedene Mikrocontroller-Familien kommen bereits mit einem Arsenal an Sicherheitsmerkmalen daher. Als zentrale Steuerungs- und Regelungskomponente nehmen Mikrocontroller in vernetzten Systemen eine Schlüsselposition ein. Die Hersteller arbeiten bereits mit Entwicklungsprozessen, die nach entsprechenden Sicherheitsnormen

zertifiziert sind. Mit einer abgesicherten Fertigungskette tragen Halbleiterhersteller zudem dafür Sorge, ihren Kunden eine sichere End-to-End-Lösung anzubieten. Hinsichtlich Security lassen sich je nach Zielanwendung verschiedene Mikrocontroller-Kategorien unterscheiden:

- Authentifizierungslösungen sowie TPMs (Trusted Platform Module), zum Beispiel für Markenschutz und IoT-Netzwerke

- Bank- und ID-Lösungen für klassische Smartcard-Unternehmen, Bereiche Zahlung, Personenidentifikation, Transport, Pay-TV
- Mobile-Security-Lösungen für SIM-basierte Komponenten in mobilen Produkten und Maschine-to-Machine- (M2M) Anwendungen
- Automotive-Lösungen für Nahfeldkommunikation (NFC, embedded Secure Element eSE) und sicheres Fahren

Integrierte Merkmale für Datensicherheit

Innerhalb des IoT sowie der Industrie 4.0 und der Robotik kommen meist Standard-Mikrocontroller für Industrie- und Konsum-Anwendungen (General-Purpose-Microcontroller) zum Einsatz. Auch hier sind bereits Modelle mit integrierten Sicherheitsmerkmalen auf dem Markt. So verfügt beispielsweise die STM32-Familie über eine Vielzahl an Features, die Schutz bieten hinsichtlich

- Identitätsdiebstahl (Manipulationsschutz, Integrität, Rückverfolgbarkeit)
- Verweigerung von Datenservice (Throttling)
- Daten- und Code-Spionage und -Manipulation (Speicherschutz, Rechteverwaltung, Debug-Level, Manipulationsschutz, Integrität, sichere Firmware-Updates)
- physischer bzw. mechanischer Attacken (Manipulationsschutz am Baustein)

Diese Merkmale werden vorrangig durch On-Chip-Integration umgesetzt und gewährleisten die robuste Authentifizierung, Plattformintegrität sowie durchgehende Datensicherheit und damit die Absicherung der Privatsphäre Daten-, IP- und Markenschutz – und erfüllen damit auch höchste Ansprüche an die Datensicherheit in Standardprodukten. Typische Zielanwendungen sind z.B. Drucker, Computer, Gateways, IoT-Endpunkte und Sensoren.

Hardware-basierte Funktionen

Integrität und Betriebssicherheit sind gefragt. Die zyklische Redundanzprüfung ermittelt einen Prüfwert, der Fehler bei der Datenübertragung oder -speicherung erkennbar macht. So lässt sich nicht nur die Integrität der Daten prüfen, sondern es kann auch eine Signatur der Software während der Laufzeit berechnet werden. Die Netzüberwachung ist eine besonders gesicherte Versorgungsüberwachung (Flag-



Umfangreiche Informationen zur Entwicklung von im Sinne des Datenschutzes sicheren Geräten je nach den Anforderungen bietet diese Rutronik-Broschüre.

Status von POR (Power on RESET), PDR (Power down RESET), BOR (Brown out RESET), PVD (Programmable Voltage Detector)), um den Grund eines Resets zu ermitteln und damit abzusichern, dass dieser durch einen rechtmäßigen Zugriff erfolgt. Sie wird ergänzt durch die „Read while Write“-Funktion zur effizienten Manipulationserkennung und Protokollierung.

Das Clock-Security-System (CSS) basiert darauf, dass sowohl die Clock und das System zu ihrer Wiederherstellung wie auch die interne und die externe Clock jeweils unabhängig voneinander funktionieren. Ebenso unabhängig voneinander überwachen der Watchdog und der Window-Watchdog die Zeitfenster.

Die Unversehrtheit und die Vertrauenswürdigkeit der Speicherinhalte werden durch den Error-Correction-Code (ECC) und den Paritätscheck sichergestellt. Sie bieten zudem einen erweiterten Schutz vor Angriffen mit dem Ziel, Fehler einzuschleusen. Ein Temperatursensor misst fortlaufend die Umgebungstemperatur des IC, um zu verhindern, dass dieser durch gezielte Erwärmung seinen spezifizierten Bereich verlässt und nachhaltig geschädigt wird.

Verschlüsseln – aber richtig

Verschlüsselungsverfahren schützen einen Ausgangstext vor unbefugten Zugriffen, indem sie den ursprünglichen Klartext mittels Code verschlüsseln. Wer den Code knackt, kann damit auch den verschlüsselten Text dechiffrieren. Anspruchsvollere kryptologische Verfahren nutzen eine symmetrische oder asymmetrische Verschlüsselung. Bei der symmetrischen Variante existiert für die Ver- und die Entschlüsselung nur ein Schlüssel, d.h. Sender und Emp-



Quicklock-Rundsteckverbinder
[entdecken]

Power-Rundsteckverbinder mit Quicklock-Verriegelung

- IP67
- bis 12-polig
- bis 20 A/500 V
- 3 Baugrößen



Rundsteckverbinder M16 nach IEC

- IP40/IP68
- bis 14-polig
- bis 5 A/300 V AC
- 360°-Schirmung



fänger nutzen denselben Schlüssel. Bei asymmetrischen Verfahren nutzt jeder der kommunizierenden Partner einen eigenen Schlüssel, mit dem ein Schlüsselpaar erzeugt wird. Dies besteht aus einem öffentlichen Schlüssel, mit dem Daten chiffriert werden, und einem privaten Schlüssel, der diese dechiffriert.

Bei einigen STM32-Serien ist zur Verschlüsselung ein echter Zufallszahlengenerator vollumfänglich im Chip integriert. Die Verschlüsselung basiert auf dem symmetrischen Verfahren Advanced-Encryption-Standard (AES). Die Serien STM32 F2, F4, F7, L4 weisen dabei eine Schlüssellänge von wahlweise 128 oder 256 bit in verschiedenen Verfahren (ECB, CBC, CTR, GCM, GMAC, CMAC) auf, in den Serien STM32 L0/L1 ist AES mit 128 bit implementiert.

Vorteil des symmetrischen Verfahrens: Da es nur einen Schlüssel gibt, ist das Schlüsselmanagement einfacher als bei den asymmetrischen Verfahren. Zudem erfolgen Ver- und Entschlüsselung erheblich schneller. Manche STM32-Modelle gibt es zudem mit vollintegrierter Hash-Funktion. Dabei werden Daten zerhackt und zerstreut und die Funktion bildet

eine große Eingabemenge auf eine kleinere Zielmenge ab. Hinzu kommt der Keyed-Hash-Message-Authentication-Code (HMAC). Der Aufbau dieses Message-Authentication-Code (MAC) basiert auf einer kryptografischen Hash-Funktion. Die HMACs sind in RFC (Request for Comments) 2104 und im amerikanischen NIST- (National Institute of Standards and Technology) Standard FIPS 198 spezifiziert.

Manipulationen vorbeugen

Der Manipulationsschutz dient der Abwehr von bekannter- oder unbekanntermaßen gestarteten physischen Angriffen auf das Hardware-System außerhalb des Mikrocontrollers. Die Backup-Domain, die sich auf verschiedene Aufweckquellen bezieht, sorgt dafür, dass der Schutz auch im Low-Power-Modus aufrechterhalten wird. Die Real-Time-Clock (RTC) gibt jedem Manipulationsereignis einen Zeitstempel. Einige STM32-Serien haben zudem einen RTC-Registerschutz. Er blockiert unerlaubtes Schreiben und funktioniert unabhängig vom System-Reset. Dies umfasst jedoch nicht den Schutz beim Schreiben einer Tastenfolge. Wurde eine Manipulation erkannt, sorgt das Siche-

rungsregister dafür, dass die dabei geschriebenen Inhalte automatisch gelöscht werden. Zudem lassen sich Kommunikationskanäle mit einer GPIO-Konfigurationssperre gezielt schließen. Diese blockiert ausgewählte Allzweckeingaben/-ausgaben (GPIO); die Sperre kann beim nächsten Reset aufgehoben werden.

Weitere Waffen gegen Angriffe

Die Debug-Sperre verhindert unautorisierte Zugriffe auf den Mikrocontroller über eine Debug-Schnittstelle. Die Sicherheitsstufe ist je nach Anwendung beziehungsweise Anforderung wählbar, kann danach jedoch nicht mehr heruntergestuft werden.

Das Zugriffsrecht verleiht Nutzern oder Nutzergruppen die Autorität zur Ausführung bestimmter Aktionen. Hierfür teilt die integrierte Speicherschutzseinheit (Memory-Protection-Unit, MPU) den Speicher in Regionen mit unterschiedlichen Berechtigungen und Zugriffsregeln.

Bei einem Datentransfer schützt die Firewall den Code- oder Daten-Teil des Flash-Speichers bzw. des SRAM vor dem Code, der außerhalb des geschützten Bereichs ausgeführt wird. Die Firewall wirkt restriktiver als die Speicherschutzseinheit (MPU); sie ist nur im STM32L0 und L4 integriert.

Ein Leseschutz dient der Verwaltung der Speicherzugriffskontrolle. Speicher-Dumps bzw. Sicherungen von User-IPs sind dabei u.U. nicht zulässig. Mittels Schreibschutz lässt sich jeder Sektor gegen unerwünschte Schreiboperationen absichern. Ein proprietärer Codeschutz ermöglicht die Konfiguration jedes Speicherbereichs als „execute only“, d.h. hier darf Code nur ausgeführt und nicht geschrieben werden.

Mithilfe der Funktionen Mass Erase oder Secure Erase lassen sich IPs und vertrauliche Daten sicher löschen; der Vorgang setzt den Speicher vollständig auf die Werkseinstellungen zurück.

Für die Rückverfolgbarkeit eines Endprodukts verfügen viele STM32-Serien über eine spezifische 96-bittige Unique ID. Diese kann auch für die Diversifizierung von Sicherheitsschlüsseln verwendet werden.

Viele Serien verfügen darüber hinaus über Funktionen für ein sicheres Firmware-Update. Die in Hardware realisierten Sicherheitsfunktionen lassen sich durch Software-basierte Maßnahmen noch erweitern.



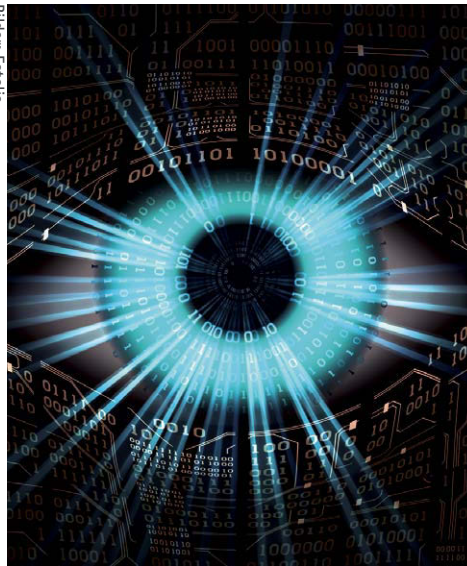
Die Sicherheit eines Endproduktes in Bezug auf Manipulation von dritter Seite definiert sich auf Grundlage der realisierten Software-Lösungen wie auch der eingesetzten elektronischen Hardware-Komponenten. Mikrocontroller und Speicherkomponenten, gegebenenfalls in Kombination mit Sensoren und applikationsspezifischen ICs, spielen für IoT-Anwendungen und Industrie 4.0 gleichermaßen eine zentrale Rolle. Rutronik hat im Zusammenhang mit der Europäischen Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO), die seit dem 25. Mai 2018 gilt, sicherheitsrelevante integrierte Merkmale für Mikrocontroller-Familien in einer Broschüre zusammengestellt, die auf der Rutronik-Website verfügbar ist (Broschüre Security Aspects, S. 74–75). Manipulationsschutz, Verschlüsselungsmodule, Permission-Management, Debug-Lock-Level und Maßnahmen zum Speicherschutz (Memory-Protection) sowie Integrität und funktionale Sicherheit sind dort tabellarisch aufgelistet.

Bei Auswertung der tabellarisch aufgeführten sicherheitsrelevanten Merkmale in Bezug auf integrierte Data-Security innerhalb des Rutronik-Mikrocontroller-Portfolios ergeben sich aufschlussreiche Erkenntnisse: Wie verschiedene STM32-Mikrocontrollerfamilien, so weisen auch ausgewählte Mikrocontroller der Renesas-Rx-Familie beziehungsweise der inzwischen eingeführten Synergy-S1/S3-Familie einen überdurchschnittlichen Abdeckungsgrad hinsichtlich Security-Merkmalen auf.

Ausgewählte Mikrocontroller der Synergy-S5/S7-Kategorie (Renesas) erfüllen diesen Anspruch sogar zu 100 Prozent. Hervorzuheben ist hier zusätzlich eine vollintegrierte Unterstützung sowohl für symmetrische als auch für asymmetrische Verschlüsselungsmethoden inklusive integrierter Schlüsselgenerierung basierend auf AES (128/192/256), 3DES/ARC4 beziehungsweise RSA/DAS oder DLP. Die Rx-Familie kann man in Bezug auf die vollumfängliche Abdeckung verschiedenster Sicherheitsmerkmale wie auch auf die Unterstützung von integrierten Mechanismen für symmetrische und asymmetrische Verschlüsselung als Vorreiter betrachten.

Infineon bietet mit seinen XMC-1xxx- sowie XMC-4xxx-Serien ebenfalls weitgehenden integrierten Security-Datenschutz an, wie man der Tabelle auf Seite 74/75 der Security-Aspects-Broschüre entnehmen kann. Im Rahmen besonderer Ansprüche für symmetrische oder asymmetrische Verschlüsselung verweist der Hersteller hierbei auf das Crypto-Software-Package. Eine eigene Einschätzung von Sicher-

Bilder: Fotolia



heitsrisiken für das Endprodukt beziehungsweise dessen Bestandteile vorausgesetzt, lässt sich für Entwickler auf einen Blick erkennen, welche Mikrocontroller für die Einhaltung der Bestimmungen aus der DSGVO im Rahmen eines Board-Designs in Frage kommen.

Soweit der Entwickler Sicherheitsanforderungen des Endproduktes definiert, bieten sich im Rutronik-Produktportfolio verschiedenste Mikrocontrollerfamilien von Halbleiterherstellern an, die durch Integration sicherheitsrelevanter Merkmale den Herausforderungen in Bezug auf DSGVO-Gesetzgebung gerecht werden.

Für den Themenkomplex Industrie 4.0 bleibt zusammenfassend die wichtige Erkenntnis, dass das Geschäft mit Daten und Diensten kein Produkt, sondern ein Plattformgeschäft ist. Es geht zukünftig weniger darum, einzelne oder mehrere Maschinen beziehungsweise Anlagen mit hohem Umsatz zu verkaufen. Es werden vielmehr verschiedenste datenproduzierende Maschinen an den Einsatzorten aufgestellt und der Plattformbetreiber wird in erster Linie durch die damit verbundenen Datendienste an dem Kunden verdienen. Dies wird Geschäftsmodelle des klassischen Maschinenbaus und dessen Zulieferdienste umwälzend verändern. ■

Anzeige

Next Generation Applications Simply Solved >



Molex I/O connectors provide high performance for a wide range of industries, in both standard and customised solutions

- USB Type C
- Waterproof Micro-USB
- zQSFDP and QSFDP+
- Nano Pitch I/O

Find out more at molex.com



molex

Low-Power-Cellular

Mobilfunk für das Internet der Dinge

Die LTE-Kategorien NB1 und M1 werden immer beliebter. Jedes Jahr wächst die Zahl der Geräte mit den zellularen Low-Energy-Funkstandards im Schnitt um über 100 Millionen Geräte, so das Marktforschungsunternehmen Berg Insight in seinem neuen Bericht „Cellular and LPWAN IoT Device Ecosystems“. Zusätzlichen Aufschwung erfahren die Funkstandards mit neuen Embedded-SIM-Lösungen.

VON SARAH BRUCKER,
PRODUCT SALES MANAGER WIRELESS
BEI RUTRONIK

Bei NB1 und M1, auch unter den Begriffen NB-IoT (Narrowband-IoT) und LTE-M1 bekannt, handelt es sich um einfachere Versionen des normalen LTE (Long Term Evolution). Das heißt, sie nutzen ein weit geringeres Frequenzspektrum und verbrauchen dadurch extrem wenig Strom. Mit einer Reichweite von mehreren Kilometern sowie einer hervorragenden Gebäudedurchdringung ermöglichen diese Standards völlig neue Applikationsfelder für das IoT. Die Technik eignet sich besonders für energieeffiziente Anwendungen, bei denen vereinzelt geringe Datenmengen übertragen werden sollen. Denn bei LTE-M liegt der Down- und Uplink-Spitzenwert bei 300 kbit/s bei einer maximalen Sendeleistung von 20/23 dBm; bei NB-IoT liegt dieser sogar nur bei 30/60 kbit/s bei der gleichen Sendeleistung.

LTE-Netze als Basis

Da beide Technologien auf den LTE-Standards basieren, können bereits bestehende LTE-Netze genutzt werden. Dies ist für die Unterkategorien ein entscheidender Vorteil, denn sie profitieren nicht nur von einer robusten und sicheren Datenübertragung, sondern der Netzausbau mit weltweitem Roaming lässt sich schnell und teilweise sogar mittels Software-Update durchführen. Die MNOs (Mobile Network Operators) organisieren die Frequenzen,

dimensionieren die Einwahlknoten und bauen sie nach regionalen Bedürfnissen aus. Schon heute ist die Netzabdeckung in den USA, Europa und Asien sehr gut, regional sogar meist besser als bei Long-Range-Versorgern. Das liegt auch daran, dass die Reichweite bei NB-IoT bis zu sieben Mal und bei LTE-M bis zu vier Mal weiter ist, verglichen mit der Standard-LTE-Reichweite.

Datenübertragung auch von schwer zugänglichen Orten

NB1 und M1 machen das 2G-Fallback überflüssig, denn dank der höheren Reichweiten ist es nicht zwingend notwendig. Zudem lässt sich dadurch die Stromversorgung einfacher dimensionieren, da anders als bei GPRS keine 2-A-Stromspitzen abgefangen werden müssen. Geringe Kosten der Module, der Außenbeschaltung sowie des Internetversorgers und die sorgenfreie Überall-Infrastruktur stechen alternative Long-Range-Technologien bei den meisten Anwendungsfällen klar aus.

NB-IoT und LTE-M sind speziell für das IoT geeignet, also überall dort, wo gelegentlich kleine Datenmengen auch aus schwer abzudeckenden Orten, wie Kellern, Kanälen oder weiten Feldern, übertragen werden sollen. Besonders für Sensoren, die regelmäßig geringe Datenmengen an eine Kontrollstation senden, ergeben sich viele Anwendungsmöglichkeiten. So ist beispielsweise im Smart-Metering-Bereich die Übertragung von Strom-, Wasser- und anderen Zählerdaten direkt an Versorgungsunternehmen möglich. Weitere Fokusbereiche sind Infrastruktur, Transport und Logistik, Land- und Forstwirtschaft, Wearables sowie Product-as-a-Service mit der voraus-

schauenden Wartung und Instandhaltung von Maschinen.

Dabei eignet sich das stromsparendste NB-IoT besser für Applikationen mit festem Standort, bei denen in der Regel keine Funkzellen während der Übertragung gewechselt werden, während LTE-M1 aufgrund der schnelleren Übertragungsrates die bessere Wahl für mobile Anwendungen ist.

nRF91: sicher und NB-IoT-ready

Als Pionier der Ultra-Low-Power-Funktechnologien hat sich Nordic Semiconductor auch diesen neuen Mobilfunkübertragungsarten verschrieben. Mit der nRF91-Familie bietet der Hersteller ein Multimodus-Modul für NB1 und M1. Das SiP (System in Package) ist mit einem ARM-Cortex-M33-Mikrocontroller zur kundenspezifischen Programmierung der Anwendung, Sensoren und Aktoren ausgestattet. ARM TrustZone® und ARM CryptoCell stellen sichere Speicherzugriffe sicher, während TLS und SSL die Ende-zu-Ende-Verschlüsselung der Datenübertragung gewährleisten. Die wiederbeschreibbare Flash-Speichertechnologie erlaubt zusammen mit der Möglichkeit für Over-the-Air-Updates auch spätere Nachbesserungen an der Firmware, den Stacks und der Anwendung. Das Modul sucht selbstständig nach verfügbaren LTE-M- und NB-IoT-Netzen und schaltet zwischen diesen um.

Mit integriertem Assisted GPS oder ohne GPS-Einheit in einem nur 10 mm × 16 mm × 1,2 mm kleinen Gehäuse verbaut, hat das nRF91 SiP einen etwa viermal so geringen Platzbedarf auf dem PCB und ein etwa fünfmal so geringes Volumen wie andere LTE-M- und

NB-IoT-Module und separate GNSS-Module. Weil der M33-Core in einem gewissen Rahmen richtiges Edge-Computing ermöglicht, lassen sich aus den gemessenen Daten im Feld bereits lokal Informationen generieren, die man dann effizient über die Mobilfunkeinheit versenden kann. Das optimiert die Gesamtenergiebilanz und hält den Online-Datenverbrauch gering. Das zugehörige nRF91-SDK (Software-Development-Kit) beinhaltet alle gängigen Stacks, wie MQTT, CoAP, HTTP, LWM2M, IPv4, IPv6, DTLS, TLS und TCP.

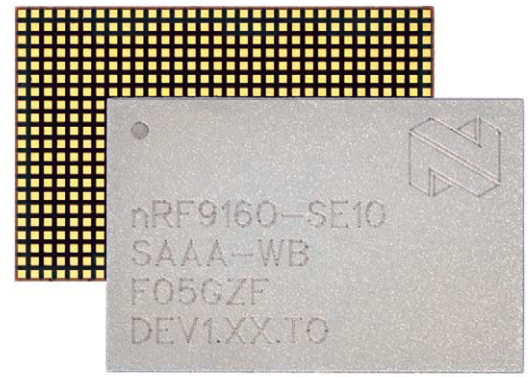
Über 32 GPIOs lassen sich Sensoren, LEDs, Tasten oder Schaltrelais anschließen. Der Quarz, SAW-Filter und sämtliche passive Bauteile sind im SiP integriert – so fehlt nur noch eine 50-Ω-Single-Ended-Leitung als Antenne, um das Edge-Modul zu komplettieren.

.....
Senden ohne SIM

Neue Entwicklungen im Connectivity-Bereich treiben NB-IoT und LTE-M weiter voran. Woll-

te man bislang Daten über ein zelluläres Netzwerk versenden oder empfangen, waren neben geeigneter Hardware auch ein SIM-Kartenhalter sowie eine SIM-Karte notwendig. Das bedeutet mehr Platzbedarf auf dem PCB sowie eine größere BoM (Bill of Materials) – und damit auch höhere Kosten. Dazu kommt der manuelle Austausch der SIM-Karten bei einem Provider-Wechsel. Hier schaffen Embedded-SIM-Lösungen Abhilfe, beispielsweise iUICC (integrated Universal Integrated Circuit Card). Sie bieten den Vorteil, dass die SIM-Funktionen bereits auf dem Hardwaremodul integriert sind – das bedeutet weniger Platzbedarf, eine kleinere BoM und niedrigere Kosten, da Embedded-SIM-Lösungen aus der Ferne gesteuert und aktualisiert werden können.

Konkrete Embedded-SIM-Lösungen erhalten Kunden beim Rutronik-Partner Telit, einem führenden Anbieter von zellulärer Hardware, Connectivity sowie Cloud-Lösungen, der seine 2G-Funk-Module unter der Bezeichnung simWISE anbietet. Bis Ende 2018 sollen auch die LTE-M- und NB-IoT-Module mit simWISE aus-



Mit $10 \times 16 \times 1,2 \text{ mm}^3$ nimmt das nRF91 SiP von Nordic nur rund 20 % des Volumens oder 25 % der Fläche vergleichbarer Produkte am Markt ein.

gestattet sein, beispielsweise das ME910C1-LTE-M- und NB-IoT-Kombi-Modul.

Komplementiert werden die simWISE-Module durch die Telit-IoT-Cloud-Plattform. So entsteht eine individuell gestaltbare Cloud-Lösung mit Device-, Connectivity-, Daten- sowie Systemmanagementfunktionen. ■

Bild: Nordic

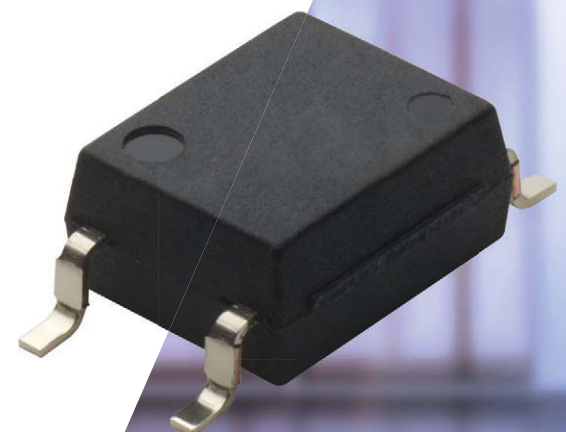
Anzeige

OMRON

G3VM-61VY3/61VR: DIE NEUE GENERATION VON MOSFET-RELAIS

Die neuen SOP 4-pol. Relais G3VM-61VY3 und G3VM-61VR aus der Omron MOSFET-Relaisserie sind gekennzeichnet durch einen sehr kleinen Formfaktor. Sie eignen sich insbesondere für hohe Ströme und niedrige Durchgangswiderstände. Diese MOSFET-Relais sind daher ideal geeignet für Halbleitertestgeräte, Test- und Messgeräte, Kommunikationsgeräte, Datenlogger und Sicherheitsanwendungen wie Kameraüberwachung oder Rauchmeldeanlagen.

- Verfügbar unter Hochtemperaturbedingungen bis 110 °C
- Hohe Spannungsfestigkeit von 3.750 Vrms (zwischen I/O)
- Niedriger maximaler Widerstand mit Ausgang EIN von 0,15Ω bei G3VM-61VY3 und 0.13Ω für G3VM-61V



Scannen Sie den QR-Code,
um einen Vertriebspartner zu finden.

www.components.omron.eu

Abwägung zwischen 4G und 5G

Das geht schon jetzt

2020 soll es so weit sein: 5G, die fünfte Mobilfunkgeneration, soll weltweit kommerziell eingeführt werden. Bis dahin dauert es nicht mehr lange. Dennoch stehen viele Unternehmen derzeit vor der Frage, ob es klug ist, mit entsprechenden Anwendungen noch zu warten, oder ob es bereits heute Lösungen dafür gibt.

VON ANJA SCHAAL,
PRODUKTGRUPPENLEITERIN WIRELESS
BEI RUTRONIK

Um zu beurteilen, ob Entwicklungen besser jetzt oder erst nach dem 5G-Startschuss realisiert werden sollten, ist es notwendig, einen genaueren Blick auf die Ziele zu werfen, die mit dem neuen Standard erreicht werden sollen. Sie betreffen vor allem drei Themenschwerpunkte:

- **eMBB – enhanced Mobile Broadband.** Datenübertragungsraten von bis zu 20 Gbit/s ebnen den Weg für den digitalen Lifestyle von Endverbrauchern. Zudem ist eMBB Voraussetzung für Anwendungen, die einen hohen Bedarf an Bandbreite haben, wie z.B. High-Definition-Videos sowie Virtual und Augmented Reality.
- **mMTC – massive Machine-Type-Communications.** Dies adressiert die Herausforderungen der stabilen und allgegenwärtigen Netzabdeckung in städtischen Gebieten mit einer sehr hohen Verbindungsdichte von MTC-Geräten. Die MTC-Geräte zeichnen sich aus durch eine Batterielebensdauer von mehr als 15 Jahren und niedrige Hardware-Kosten,

wie es für Smart-City- oder Smart-Agriculture-Anwendungen notwendig ist. Maßgebliches Ziel von 5G ist die Unterstützung von einer Million solcher Verbindungen auf einem Quadratkilometer.

- **uRLLC – ultra-Reliable and Low Latency Communications.** Latenzzeiten von unter 1 ms sind Voraussetzungen für zuverlässige und zeitkritische Anwendungen, wie autonomes Fahren, Car-to-Car-, Car-to-Everything-Kommunikation oder Predictive Maintenance auf Cloud-Computing-Basis.

Network-Slicing

Eine andere grundlegende Neuerung, die 5G mit sich bringen wird, ist die Netzwerk-Trennung (Network-Slicing). Damit können die drei Kernbereiche eMBB, mMTC sowie uRLLC mit ihren unterschiedlichen Anforderungen nebeneinander innerhalb derselben physikalischen Netzwerke bestehen, ohne sich gegenseitig zu stören. Network-Slicing ist eine Form von virtueller Netzwerk-Architektur, welche mit den gleichen Prinzipien wie Software-Defined Networking (SDN) sowie Network-Functions-Vir-

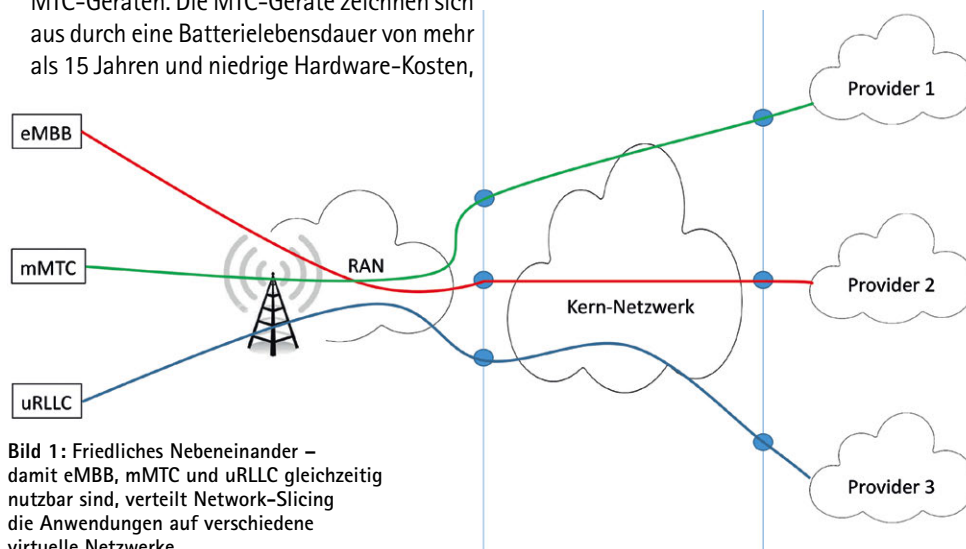


Bild 1: Friedliches Nebeneinander – damit eMBB, mMTC und uRLLC gleichzeitig nutzbar sind, verteilt Network-Slicing die Anwendungen auf verschiedene virtuelle Netzwerke.

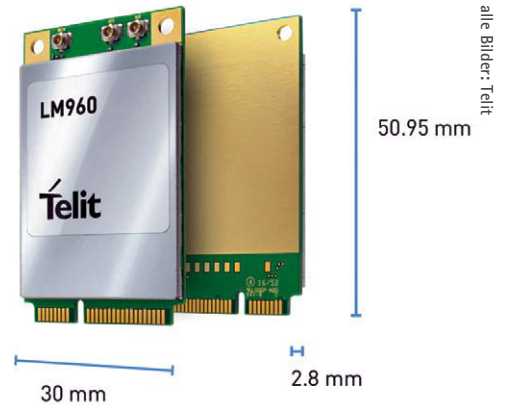


Bild 2: Die LM960 von Telit ist eine der ersten LTE-Advanced-Cat-18-Karten im Mini-PCI-Express-Format.

tualisation (NFV) arbeitet. SDN und NFV sind beides Technologien, die sich bereits unter LTE implementieren lassen, um die Flexibilität sowie Skalierbarkeit innerhalb eines Netzwerks zu erhöhen. Dabei werden Hardware und Software voneinander entkoppelt; das ermöglicht es, weitere Netzwerkinfrastrukturen zu programmieren. Somit können verschiedene Endgeräte über dasselbe Funkzugangsnetz (Radio-Access-Network, RAN) in ein Netzwerk eintreten, dann aber auf verschiedene virtuelle Netzwerke hinsichtlich ihrer Anwendungsfälle aufgeteilt werden. In diesen bleiben sie bis hin zum Netzwerk-Provider oder zum Rechenzentrum, in dem die Inhalte und Anwendungen gehostet werden (Bild 1). Auch wenn SDN und NFV innerhalb von LTE-Netzwerken bereits implementiert werden können, so erlaubt erst das Network-Slicing unter 5G, wirklich alle Dienste über ein und dasselbe physikalische Netzwerk laufen zu lassen – vom Notrufdienst, der auf ein immer verfügbares, stabiles Netz angewiesen ist, bis hin zum Privatanwender, der im Web die neuesten Nachrichten liest.

Vieles schon heute möglich

Unter 4G bzw. mit LTE, LTE-Advanced sowie LTE-Advanced-Pro wurden also bereits grundlegende Technologien geschaffen, die ganz oder teilweise in 5G einfließen. Sie bilden die Basis für die Einführung der neuen Mobilfunkgeneration und unterstützen schon heute einige 5G-Ziele komplett oder zumindest zu weiten Teilen.

Hinsichtlich eMBB können unter 4G mittels Carrier-Aggregation (CA) bereits mehrere Trägerkomponenten zusammengeführt werden, um so eine größere Bandbreite zu schaffen. Das Mehr-Antennen-Verfahren „Massive Multiple Input Multiple Output“ (M-MIMO) ermöglicht mehr Datenstränge gleichzeitig, License Assis-



Endspurt Richtung 5G

Dezember 2017: Der erste Teil der Spezifikation – 5G NSA (Non-Standalone Operation) – wird fertiggestellt. Mit ihm können 5G-Mobilfunkeerweiterungen auf Basis von 4G-Kernetzen arbeiten.

Juni 2018: Der zweite Teil der 5G-NR- (New Radio) Spezifikation – 5G SA (Standalone Release 15) – steht zur Verfügung. Ihr Kern besteht aus einer neuen

End-to-End-Netzwerk-Architektur, die besonders kurze Latenzen mit bis zu unter 1 ms ermöglicht. 5G SA wird auf einem eigenen 5G-Kern aufliegen.

Jetzt: Beide Teile zusammen schaffen Möglichkeiten für neue Entwicklungen und Geschäftsmodelle, die eine neue Ära der umfassenden Vernetzung einläuten.

ted Access (LAA) macht das unlicenzierte Frequenzspektrum oberhalb von 5 GHz nutzbar.

Für die Umsetzung von mMTC hat das 3GPP-Release 13/14 mit LTE-M (auch bekannt unter eMTC, enhanced Machine-Type-Communications) und NB-IoT bereits die Basis geschaffen. Beide Technologien im LTE-Category-0-Bereich können mit weiteren Features aufwarten, etwa mit dem Power-Saving-Modus (PSM) oder der „extended Discontinuous Reception“ (eDRX). Diese Funktionen können Geräte periodisch aufwecken, um sehr kleine Datenmengen zu versenden, und danach sofort wieder in den Sleep-Modus versetzen. Dadurch „schlafen“ die Geräte die meiste Zeit und verlängern die Batterielebensdauer deutlich. Eine erhöhte Abdeckung, wie sie mit mMTC ebenfalls angestrebt wird, stellt „Maximum Coupling-Loss“ (MCL) bereits sicher.

Zur Reduzierung der Latenzzeiten – ein Ziel im Rahmen von uRLLC – enthält das 3GPP-Release 12 schon Anforderungen dazu. Wesentliche Verbesserungen sind jedoch erst mit der Einführung von 5G zu erwarten.

Das heißt: Schon heute können Unternehmen ihre Entwicklung von IoT-Lösungen starten. Für die Realisierung von eMBB, d.h. höheren Da-

tenübertragungsraten, steht z.B. die Mini-PCIe-Karte LM960 von Telit zur Verfügung (Bild 2). Die LTE-Advanced-Category-18-Lösung ermöglicht Downlink-Geschwindigkeiten von bis zu 1,2 Gbit/s mit dem 4x4-MIMO-Modus. Dank CA kann sie bis zu fünf Trägerkomponenten unterstützen, für eine bessere Durchdringung in Gebäuden sorgt LAA.

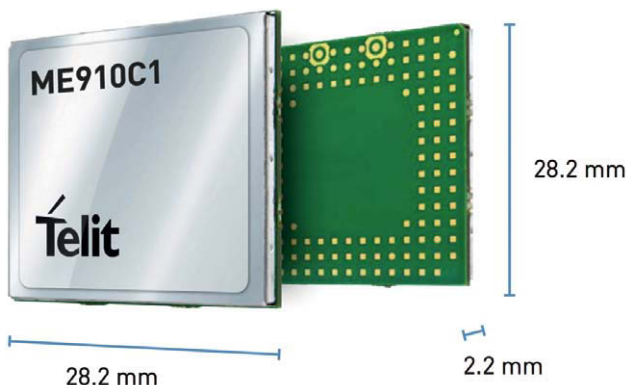


Bild 3: Die ME910C1-Familie kombiniert LTE-M und NB-IoT.

Für mMTC-Anwendungen bietet Telit die ME910C1-LTE-Cat.-M1/NB1-Familie (Bild 3). Sie kombiniert LTE-M und NB-IoT und sorgt mit Features wie PSM (Power-Saving-Mode) und eDRX für hohe Energieeffizienz. MCL erhöht die Abdeckung.

Fazit

Mit 5G sind noch viele Technologien und Verbesserungen zu erwarten, die essenziell sind für Anwendungen im uRLLC-Bereich, wie Connected Cars oder autonomes Fahren. Für Anwendungen im Rahmen von eMBB und mMTC empfiehlt es sich hingegen, sofort mit der Entwicklung zu starten. Passende Lösungen von verschiedenen Herstellern stehen bereits zur Verfügung. Bei der Auswahl erhalten Entwickler kompetente Unterstützung durch die Spezialisten aus dem Rutronik-Funk-Bereich. So verlieren Unternehmen keine Investitionen bis zum Start von 5G im Jahr 2020, können ihre Anwendungen schon heute IoT-fähig gestalten und dennoch morgen von 5G profitieren. ■

Anzeige

50% höhere Leistungsdichte durch extra flaches Profil

RECOM Power Module für den Einsatz in kompakten Applikationen

- 1, 2, 3, & 6 Ampere
- Hohe Leistungsdichte
- Niedriges Profil
- Kompakte, DOSA-kompatible Bauform
- Weiter Temperaturbereich -40°C bis 90°C bei Volllast
- Wirkungsgrad bis zu 99%, keine Kühlkörper notwendig!
- Made in Europe



RECOM

WE POWER YOUR PRODUCTS

www.recom-power.com

Hardware-basierte Security

Die nächste Stufe für Industrie 4.0

„Trial and Error“ und „Fail Fast and Early“ sind keine Optionen für die IIoT-Geräteentwicklung, wenn es um Sicherheit, also Security (und dabei oft auch Safety) geht.

VON DAVID WERTHWEIN,
PRODUCT SALES MANAGER
MIKROCONTROLLER
BEI RUTRONIK

Das Internet of Things (IoT) verbindet intelligente Geräte und Maschinen zu intelligenten Fabriken (bekannt als Industrie 4.0 oder Industrial Internet). Diese hochautomatisierten, dezentralen Fabriken versprechen mehr Effizienz und Flexibilität über alle Produktionsprozesse hinweg. Gleichzeitig sind sie aber auch Angriffen aus dem Cyberspace ausgesetzt, da sie auf eine Internetverbindung angewiesen sind. Software-Maßnahmen allein bieten in der Regel keinen ausreichenden Schutz vor diesen Angriffen. Hardware-basierte Sicherheitsanker sind erforderlich, um intelligente Fabriken effektiv zu schützen. Die Security-Controller von Infineon bieten skalierbare Sicherheit für eingebettete Systeme und schützen so Maschinen, Daten und geistiges Eigentum in intelligenten Fabriken.

ten sind Beispiele für neue Bedrohungen, die ganze Produktionslinien zum Stillstand bringen und zu erheblichen Kosten und Image-schäden führen können. Die kleinste Sicherheitslücke in der Infrastruktur eines Unternehmens kann zum Diebstahl von Daten, geistigem Eigentum (IP) und Prozess-Know-how führen. Der Schutz dieser sensiblen Informationen erfordert maßgeschneiderte Lösungen, die umfassend funktionieren und gleichzeitig die richtige Balance zwischen Sicherheitsanforderungen und finanziellen Beschränkungen finden. Hersteller benötigen leistungsfähige, zuverlässige und skalierbare Sicherheitstechnologien, um die Kommunikation zwischen Geräten und Maschinen in stark vernetzten Infrastrukturen sicherzustellen (Bild 1).

Intelligente Fabriken und vernetzte Lieferketten stellen viele produzierende Unternehmen vor neue Herausforderungen an die Security. Malware, Manipulation, Sabotage, fehlerhafte Firmware-Updates und gefälschte Komponenten

Sichere Identitäten sind der Anker

In diesem Zusammenhang bilden gesicherte Identitäten für Maschinen den Anker für die Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz des elektronischen Datenaustauschs und der Datenspeicherung. So wie man die Identität von Menschen anhand von Personalausweisen oder Pässen sicherstellt, nutzen Maschinen gesicherte Identitäten, um sich gegenseitig zuverlässig zu identifizieren. Aber auch diese digital auf Maschinen gespeicherten und gesicherten IDs könnten Gegenstand von Angriffen und Diebstählen werden.

Hardwarebasierte Sicherheitslösungen auf Basis von Security-Chips sind der beste Weg, um Maschinenidentitäten sowie Daten und Kommunikation effizient zu schützen. Security-Controller bieten ein höheres Maß an Sicherheit als rein softwarebasierte Konzepte, da es relativ einfach ist, Software zu lesen und zu überschreiben.

alle Bilder: Infineon

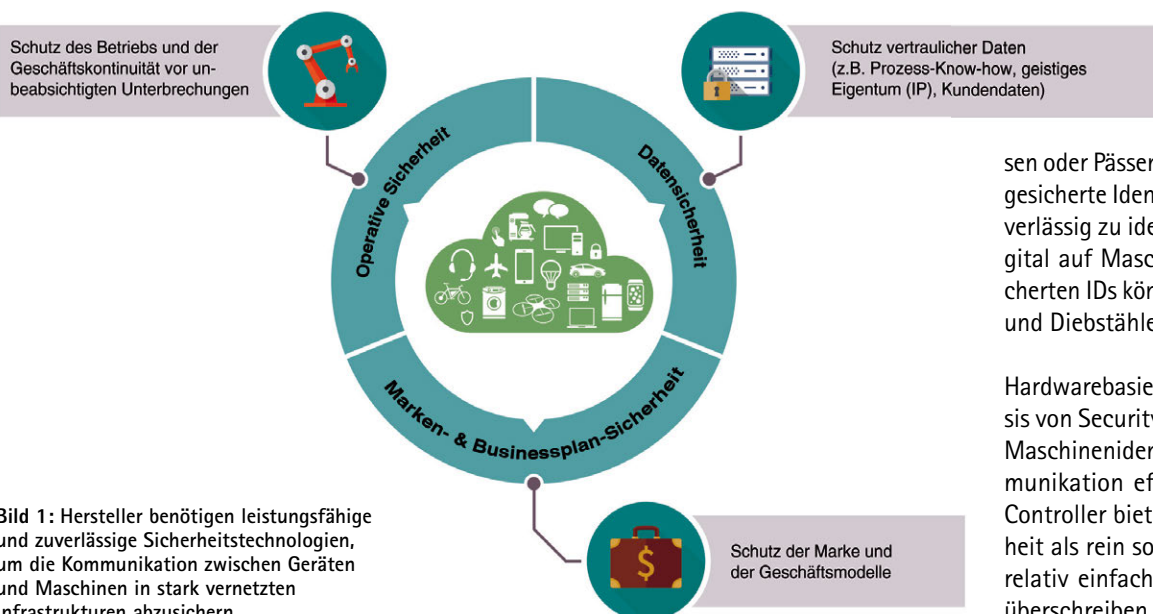


Bild 1: Hersteller benötigen leistungsfähige und zuverlässige Sicherheitstechnologien, um die Kommunikation zwischen Geräten und Maschinen in stark vernetzten Infrastrukturen abzusichern.

Die Integration von Security-Chips in alle kritischen Knoten hilft, unbefugten Zugriff auf Produktionsnetzwerke und intelligente Fabriken zu verhindern. Security-Chips ermöglichen

- die kontinuierliche Überprüfung der Bauteilauthentizität sowie der Daten- und Systemintegrität zur Vermeidung von Manipulation,
- die Überprüfung der Echtheit von Software-Updates,
- den Schutz von Remote-Zugriffen,
- den robusten Schutz vor minderwertigen, gefälschten Ersatzteilen und Reparaturwerkzeugen.

Chip-Lösungen bieten auch kryptografische Funktionen wie Public-Key-Kryptografie und Key-Management. Obwohl diese Funktionen sowohl in Software als auch in Hardware implementiert werden können, bietet eine hardwarebasierte Lösung wie ein dedizierter Sicherheitschip klare Vorteile und kann einen echten Mehrwert für die Hersteller darstellen.

Halbleiterhersteller wie Infineon Technologies verwenden hochsichere, zertifizierte Prozesse zur Personalisierung von Hardware-Sicherheitsankern, d.h. zur Bereitstellung einer gesicherten Identität für jeden Security-Chip. Dies beinhaltet oft einen Satz von Schlüsseln und Zertifikaten, die auf dem Chip gespeichert sind. So können andere Geräte im Automatisierungssystem ein weiteres Gerät sicher authentifizieren, eine gesicherte Verbindung aufbauen und Daten auf geschützte Weise austauschen.

Geeignete Hardware-Anker sind sicherheitszertifizierte Komponenten, die auch gegen physische Angriffe geschützt sind. Als solche

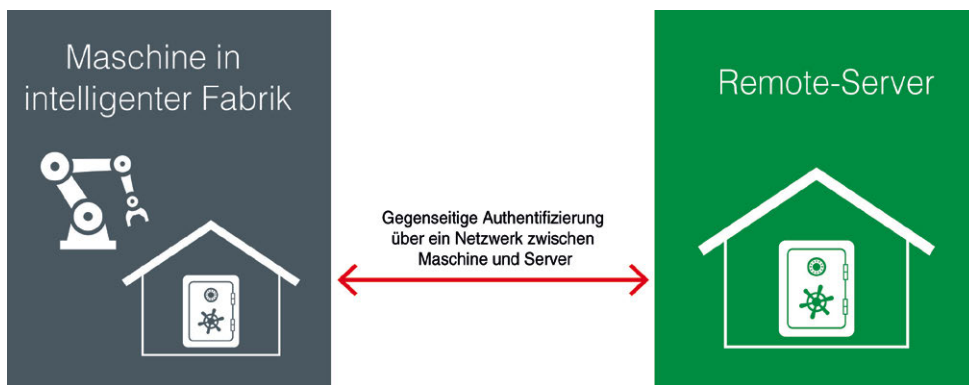


Bild 2: Gegenseitige Authentifizierung von Maschinen über ein Netzwerk

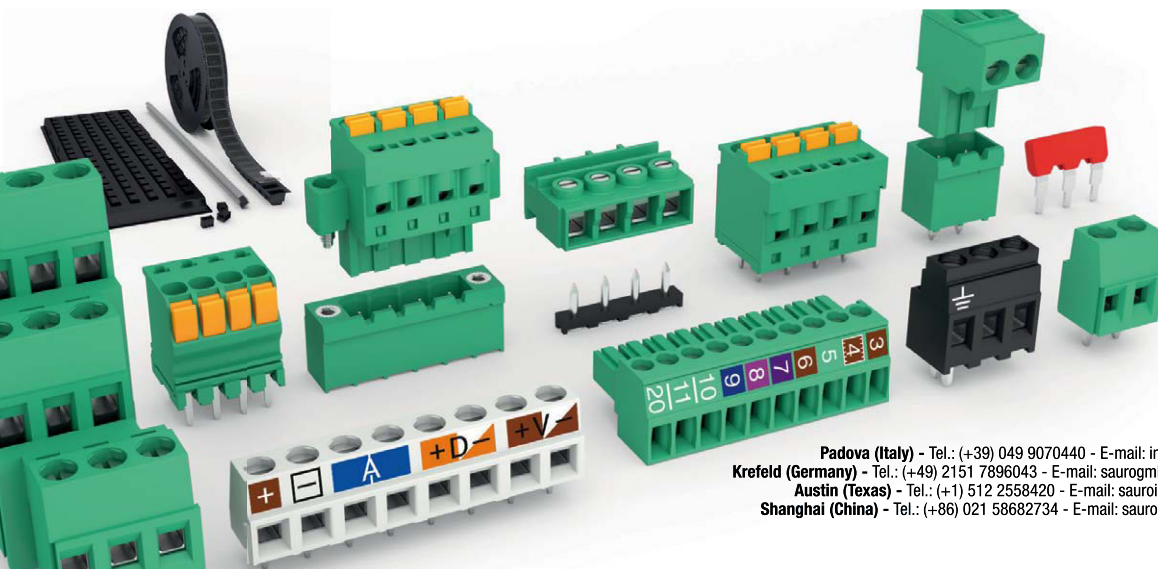
bieten sie Schutz während des Transports. Mit anderen Worten: Ein Schutz durch Hardware-Anker ist so robust, dass er bestimmte Sicherheitsmaßnahmen beim Transport ersetzen kann, um über kosteneffiziente Logistikanäle transportiert zu werden. Dies gilt nicht nur für den Versand des Security-Chips selbst, sondern vor allem auch für Geräte, die einen Hardware-Anker mit kundenspezifischen Schlüsseln enthalten. Diese physischen Schutzfunktionen können insbesondere bei Installations- und Lieferprozessen die Kosten senken.

Hardwarebasierte Implementierungen in intelligenten Fabriken

Die gegenseitige Authentifizierung (Bild 2) bezieht sich auf zwei Parteien, die sich gegenseitig identifizieren. Im Zusammenhang mit intelligenten Fabriken können dies ein Server und eine Maschine sein, die sich gegenseitig authentifizieren, bevor sie eine gesicherte Kommunikation oder eine kritische Fernwartungsaufgabe wie die Anpassung kritischer Parameter einleiten. In diesem Szenario wird die im Hardware-Anker der Maschine gespeicherte gesicherte Identität vom Server verifiziert

und umgekehrt. Der Hardware-Anker enthält die geheimen Schlüssel und bietet Funktionalitäten zur Überprüfung der gesicherten Identitäten der anderen Parteien. Dies geschieht in der Regel über eine Public-Key-Infrastruktur (PKI).

Beim Einrichten eines industriellen Automatisierungssystems werden die Rechen- und Steuerungskomponenten mit einer bestimmten Version des entsprechenden Softwarepakets ausgestattet. Nach diesem Zeitpunkt muss die intelligente Fabrik vor unbeabsichtigten Änderungen an der Software geschützt werden, da dies die Produktion stören, die Anlagensicherheit gefährden und den Diebstahl von Know-how ermöglichen könnte. Gleichzeitig muss es weiterhin möglich sein, Software gezielt zu aktualisieren, z.B. zu Wartungszwecken oder zur Änderung bestimmter Funktionen. Robuste Sicherheitsanker unterstützen auch diesen Anwendungsfall, indem sie beispielsweise einen gesicherten Bootvorgang ermöglichen (Bild 3). Der Grundgedanke dabei ist, dass Code erst dann ausgeführt wird, wenn seine Integrität durch den Hardware-Anker vorab verifiziert wurde.



SAURO
ELECTRONIC CONNECTORS
by the law

Terminal Blocks and Connectors for PCBs

Visit SAURO at ELECTRONICA 2018
Hall C2 Booth 331

Padova (Italy) - Tel.: (+39) 049 9070440 - E-mail: info@sauro.net
Krefeld (Germany) - Tel.: (+49) 2151 7896043 - E-mail: saurogbh@sauro.net
Austin (Texas) - Tel.: (+1) 512 2558420 - E-mail: sauroinc@sauro.net
Shanghai (China) - Tel.: (+86) 021 58682734 - E-mail: saurocn@sauro.net

sauro.net



Anzeige

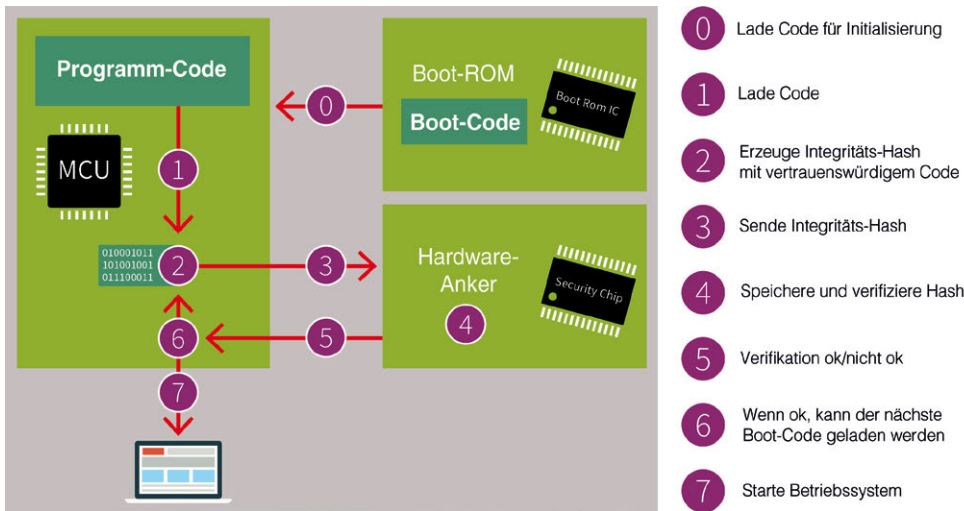


Bild 3: Ein gesicherter Boot-Prozess ermöglicht die Plattformintegrität von Rechen- und Steuerungssystemen in industriellen Umgebungen.

Durch den Einsatz modernster Mikrocontroller und eigenständiger Security-Controller wie diejenigen der Produktfamilie Optiga™ (Bild 4) ist es möglich, einen hardwarebasierten Sicherheitsanker zu implementieren, der die Systemsoftware vor Angriffen schützt. Der Schlüssel zum erfolgreichen Schutz liegt in der Verwendung offener Industriestandards, die eine nahtlose Verbindung zwischen bestehenden und neuen Systemen ermöglichen.

Skalierbar und anwendungsspezifisch

Für viele Hersteller hat der Schutz ihrer Produkte vor Fälschungen höchste Priorität. Mit

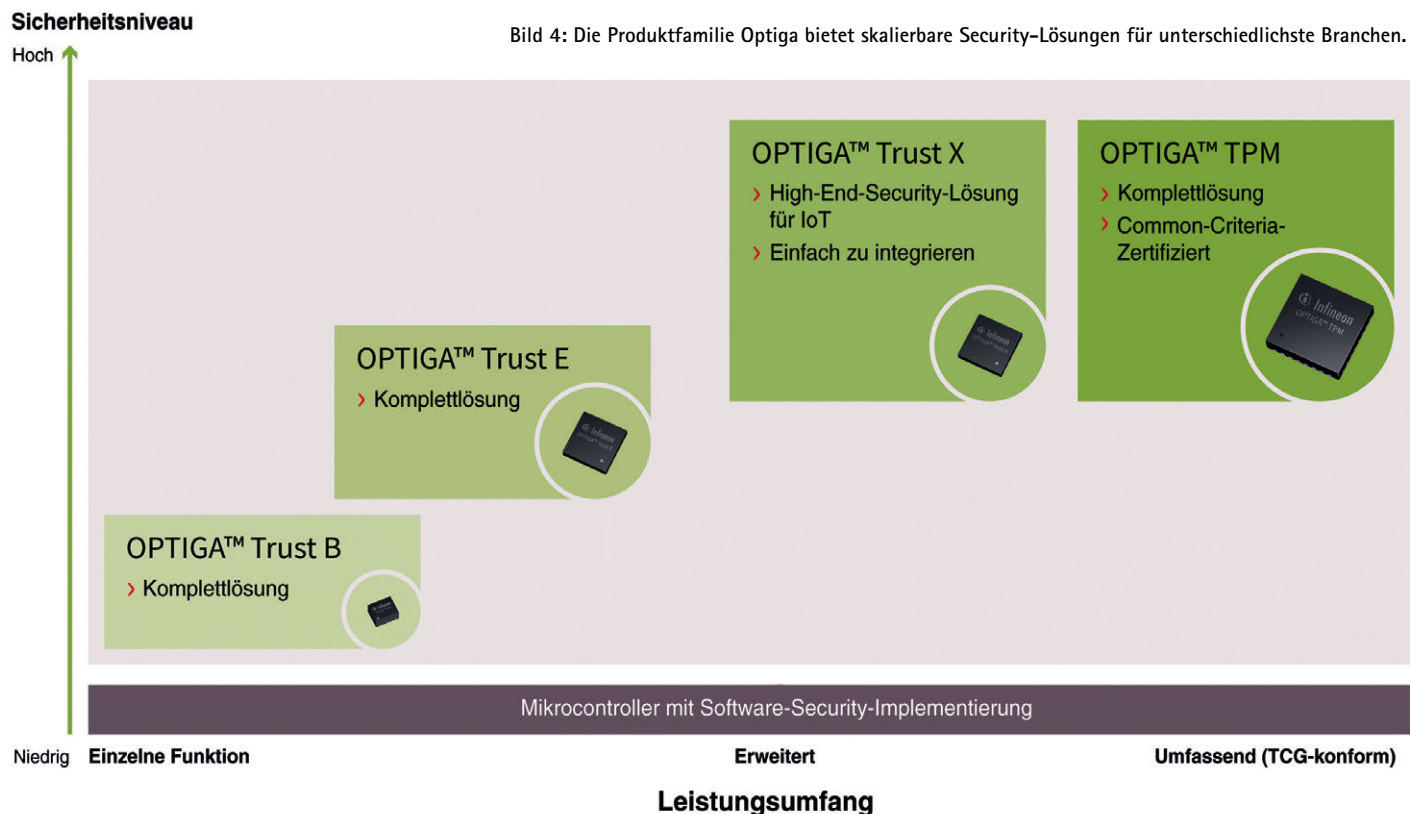
der Produktfamilie Optiga Trust bietet Infineon eine komplette Sicherheitslösung für elektronisches Zubehör, bestehend aus Chip und Software. Der Chip basiert auf asymmetrischer Kryptografie und lässt sich dank seines kompakten Gehäuses (2 mm x 3 mm) und seines betriebsbereiten Aufbaus leicht in elektronisches Zubehör integrieren. Um zu prüfen, ob es sich um ein Originalteil handelt oder nicht, sendet das Host-System eine Anfrage (im Wesentlichen eine Zufallszahl) an den Chip im Zubehör. Der Optiga Trust B generiert daraufhin eine Antwort mit dem Chip-individuellen Schlüssel. Bei erfolgreicher Authentifizierung durch den Chip wird das Zubehör oder Ersatzteil vom System akzeptiert.

Nach dem gleichen Prinzip wurde der Optiga Trust E speziell für den Schutz hochwertiger Güter in industriellen Anwendungen entwickelt. Er verfügt über eine I²C-Schnittstelle sowie einen erweiterten Temperaturbereich (-40 bis +85 °C). Davon profitieren beispielsweise Hersteller von Windenergieanlagen, die Schäden am Gesamtsystem durch gefälschte Ersatzteile vermeiden wollen. Sowohl der Optiga Trust B als auch der Optiga Trust E werden mit Code ausgeliefert, um die Integration des Chips in Ersatzteile zu vereinfachen. Der Optiga Trust X vervollständigt das Portfolio der gebrauchsfertigen Komplettlösungen. Basierend auf einer Common-Criteria-EAL6+-zertifizierten Hardware ermöglicht diese Security-Lösung häufig benötigte Anwendungsfälle einschließlich der Unterstützung für gesicherte Kommunikation über (D)TLS oder gesicherte Firmware-Updates. Darüber hinaus bietet Optiga Trust X eine leistungsfähige kryptografische Toolbox, um die wachsende Zahl von IoT-Sicherheits-spezifikationen und -protokollen effizient zu unterstützen.

Umfassender Schutz mit Trusted Platform Modules (TPMs)

Das Optiga-TPM- (Trusted Platform Module) Portfolio deckt die unterschiedlichsten Sicherheitsanforderungen ab. Diese Security-Controller basieren auf dem internationalen Standard der Trusted Computing Group, einem Zusammenschluss führender Hersteller aus der

Bild 4: Die Produktfamilie Optiga bietet skalierbare Security-Lösungen für unterschiedlichste Branchen.



IT-Branche. TPMs haben sich bereits in Computeranwendungen bewährt, und die Technologie hält nun Einzug in neue vernetzte Systeme und Geräte wie Router, Industrieanlagen und Autos. Die Mitglieder der Optiga-TPM-Familie (Bild 5) sind nach dem Common-Criteria-Zertifizierungsverfahren validiert und sicherheitszertifiziert. Um eine einfache Integration in ein System zu ermöglichen, unterstützt die Optiga-TPM-Familie kommerziellen und offenen Quellcode für Windows und Linux, einschließlich Derivaten und Infineon-Tools. Die Optiga-TPM-Familie umfasst eine breite Palette von Security-Controllern nach TPM-2.0-Standard, die je nach Anwendung für verschiedene Temperaturbereiche verfügbar sind und unterschiedliche Schnittstellen wie SPI, I²C und LPC bieten.

Ein Bereich, in dem Optiga-TPMs in industriellen Anwendungen eingesetzt werden können, ist die gesicherte Datenübertragung oder -speicherung. In einer solchen Anwendung ist die Kombination aus gesicherter Hardware und softwarebasierten Sicherheitsmechanismen entscheidend. Der Einsatz eines TPM unterstützt die Überwachung und/oder den Schutz der Systemintegrität. Dieser Security-Controller ermöglicht zusätzlich eine zuverlässige Komponentenidentifikation, die prüft, ob Komponenten miteinander kommunizieren, die zuverlässig und vertrauenswürdig sind.

Für den gesicherten Remote-Zugriff, z.B. für Systemwartung oder Software-Updates, steuert das TPM den Zugriff auf das System mittels Geräteauthentifizierung. Das Optiga-TPM bietet auch eine gesicherte Speicherung von geheimen Schlüsseln und schützt kryptografische Prozesse. Bei typischen Anwendungen wie dem SSL/TLS-Protokoll werden die Schlüssel nicht im Speicher des Hauptprozessors, sondern im gesicherten Speicher des TPM abgelegt und nur intern verarbeitet. Das hat den Vorteil, dass die geheimen Schlüssel vor externen Sicherheitsrisiken geschützt sind. In Verbindung mit TPM und Sicherheitsmechanismen wie Verschlüsselung ist auch der Systemcode vor Manipulationen geschützt. Als standardisierte Komponente verfügen TPMs über ein reichhaltiges Ökosystem an verfügbaren Treibern und Software-Stacks, die es Kunden ermöglichen, Sicherheit mit geringem Aufwand zu integrieren.

Zusammenfassung

Security ist ein Eckpfeiler von Industrie 4.0. Gesicherte kryptografische Identifikation von Maschinen und Geräten schützt intelligente

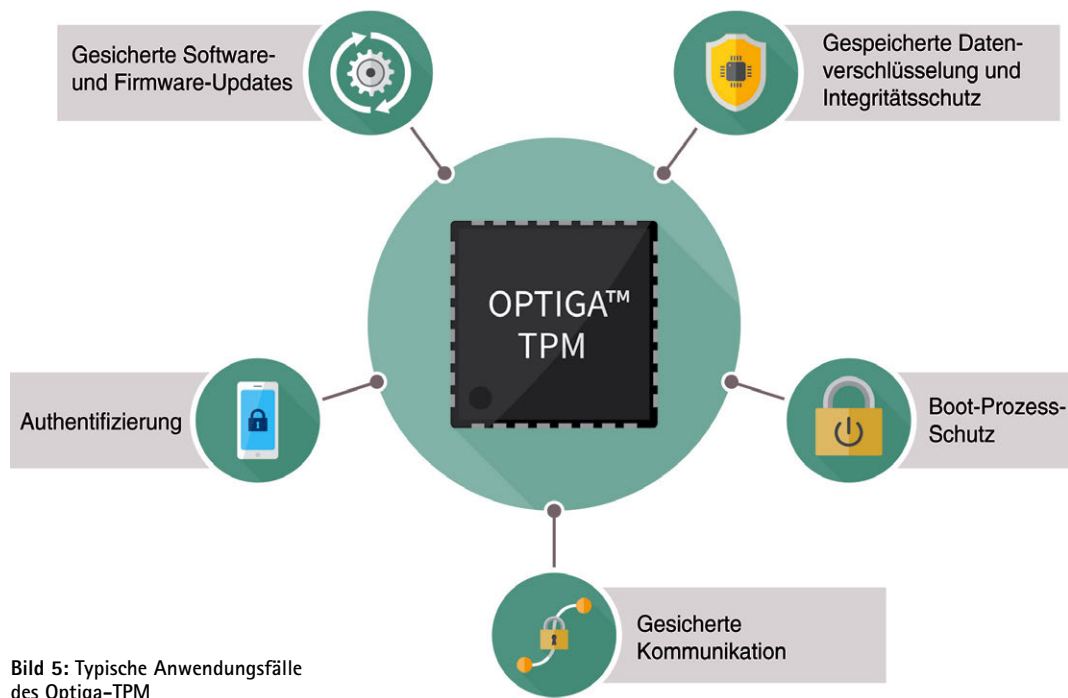


Bild 5: Typische Anwendungsfälle des Optiga-TPM

Fabriken vor Manipulation und Datendiebstahl. Hardware-Sicherheitsanker, die mit spezifischen Security-Chips implementiert sind, bie-

ten robusten Schutz für Sicherheitsschlüssel und senken gleichzeitig die allgemeinen Security-Kosten für Gerätehersteller. ■

Anzeige

Bluetooth Mesh

Neue Applikationen denken

Mit der Mesh-Technologie lassen sich Bluetooth-Geräte zu einem großen Netzwerk zusammenschließen und somit energieeffizient und sicher auch große Distanzen überbrücken. Nicht zuletzt durch das Erfüllen von Industriestandards hinsichtlich Sicherheit, Verlässlichkeit und Skalierbarkeit sind völlig neue Einsatzszenarien möglich.

KERSTIN WAGNER,
PRODUCT SALES MANAGER WIRELESS
BEI RUTRONIK

Die Interessengemeinschaft Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG) führte im Jahr 2000 einen Standard für die kabellose Datenübertragung ein: Bluetooth Basic Rate (BR)/Enhanced Data Rate (EDR). 2010 erweiterte die Bluetooth SIG ihren Standard noch durch die Definition von Bluetooth Low Energy (BLE), womit die Datenübertragung mit einem geringen Energieverbrauch möglich wurde.

Die Nachfrage nach dieser drahtlosen Kommunikationstechnologie ist groß, auch weil noch weitere Verbesserungen und Weiterentwicklungen erwartet werden dürfen. BLE punktet in erster Linie mit einer sehr geringen Leistungsaufnahme. Doch das BLE-Protokoll hat auch seine Nachteile. So sind nur drei Arten der Kommunikation möglich (Bild 2): Zwischen zwei einzelnen Geräten (Punkt-zu-Punkt-Kommunikation, bidirektional, 1:1), zwischen einem Gerät und vielen anderen (One-to-Many-Kommunikation, bidirektional, 1:m) oder eine Kommunikation, bei der die Daten von einem Gerät kontinuierlich an die Umgebung gesendet werden, ohne einen bestimmten Adressaten zu haben (Broadcast-Kommunikation). Beim Broadcasting können alle BLE-Geräte in der Umgebung die Daten empfangen, aber nicht darauf antworten. Nachteilig an diesen Netzwerktopologien ist, dass das ganze Netzwerk ausfällt, wenn der Master (Sternmitelpunkt, Central Role), der die Daten übertragen soll, ausfällt.

Die perfekte Netzwerktechnologie

Im Juli 2017 stellte die Bluetooth SIG mit Bluetooth Mesh eine abermals verbesserte drahtlose Kommunikationstechnologie vor, die auf dem Bluetooth-Low-Energy-Kommunikationsprotokoll basiert und optional verwendet wer-

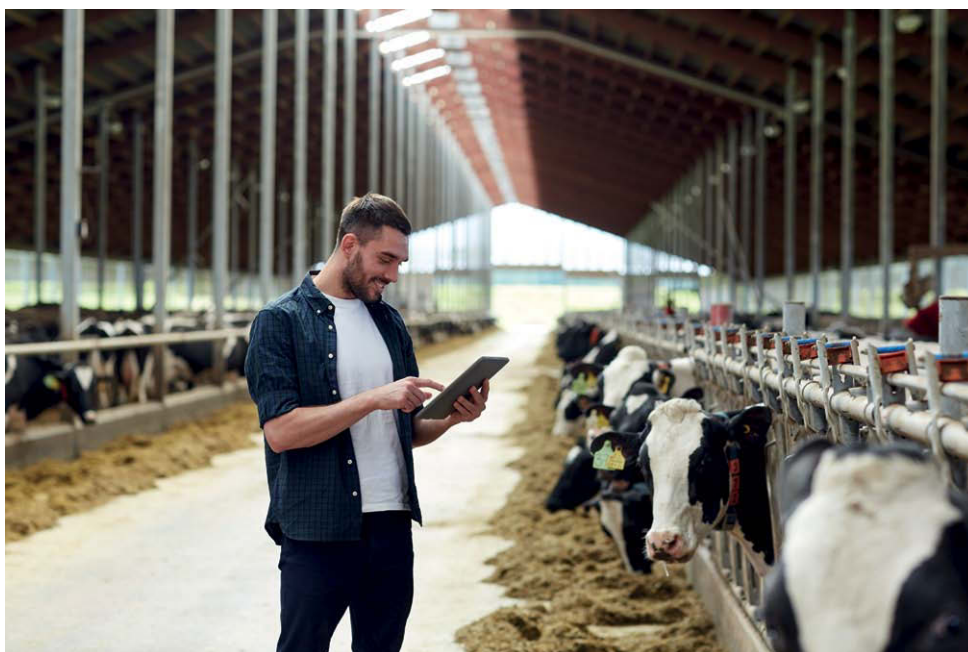


Bild 1: Mit dem Fressverhalten im Blick werden Krankheiten sofort erkannt – Bluetooth Mesh verbindet die Sensorik effizient und günstig.

den kann. Mit Bluetooth Mesh kann ein großes Netzwerk von Many-to-Many-Verbindungen (m:m, Bild 3) über eine große physikalische Fläche mit bis zu 32.000 Netzwerkteilnehmern aufgebaut werden. Die Übertragung funktioniert sogar dann, wenn sich das Gerät, das die Nachricht ursprünglich gesendet hat, nicht in direkter Funkreichweite befindet. Darüber hinaus ermöglicht die Bluetooth-Mesh-1.0-Netzwerktechnologie die Kommunikation zwischen Geräten unterschiedlicher Hersteller, was bei bisherigen proprietären Lösungen, wie z.B. CSRmesh, nicht möglich war. Weitere Vorteile sind eine robuste und sichere Datenübertragung sowie eine sehr hohe Energieeffizienz.

Diese Eigenschaften machen Bluetooth Mesh zu einer perfekten Netzwerktechnologie für viele Anwendungsbereiche beispielsweise Gebäudeautomation, Sensornetzwerke, industri-

elle Fertigung oder Nachverfolgung von Gütern. Generell eignet sich Bluetooth Mesh für alle Anwendungen, die eine Kommunikation mit wenigen Daten zwischen mehreren Geräten untereinander benötigen.

Wie funktioniert Bluetooth Mesh?

Bluetooth Mesh arbeitet mit einem Messaging-System, bei dem Nachrichten nach dem Publishing- und Subscribing-Prinzip verteilt werden. Das Senden von Nachrichten an ein Gerät mit einer bestimmten Adresse wird dabei als Publishing bezeichnet. Als Subscribing (Subskription, also Anmeldung) wird die Konfiguration der Geräte bezeichnet, bei der ihnen eine bestimmte Adresse zugeschrieben wird. Ein solches Gerät kann dann nur noch Nachrichten empfangen, wenn diese an die spezi-

Bild: Sydaa Productions – Shutterstock

fische Adresse versandt werden. Ein Beispiel: Eine Hallenbeleuchtung wird mit Bluetooth Mesh installiert. Alle Glühbirnen sind so konfiguriert, dass sie die Subskription „Hallenbeleuchtung“ erhalten. Wird über einen Bluetooth-Mesh-Switch die Meldung „On“ an die Adresse „Hallenbeleuchtung“ gesendet, schalten sich alle Glühlampen ein, die unter diesem Namen angemeldet sind.

Die Datenübertragung in Bluetooth Mesh wird als „Flooding“ bezeichnet. Das bedeutet, dass es keine spezielle Route für die Nachricht durch das gesamte Netzwerk zum Slave (Empfänger) gibt. Die Nachricht wird an alle Geräte in Reichweite gesendet und dann weitergeleitet, bis sie den richtigen Slave erreicht.

Durch eine hohe Anzahl von Netzwerkteilnehmern kann man somit auch eher Hindernisse überwinden, für die man bisher auf langsamere und nicht global einheitliche Sub-GHz-Technik zurückgreifen musste. Selbst wenn sich das Gerät, das die Nachricht ursprünglich gesendet hat (Master), nicht in Funkreichweite befindet, gelangt die Nachricht trotzdem zum richtigen Slave. Ist das Netzwerk aufgrund der Teilnehmerdichte eng genug, so lassen sich Verbindungen redundant absichern, weshalb die Daten auch dann noch ihr Ziel finden würden, wenn ein einzelner Teilnehmer nicht mehr als Relaisstation fungieren würde. Diese Self-Healing-Eigenschaft trägt dazu bei, dass Bluetooth Mesh zu den zuverlässigsten Netzwerken zählt und dadurch auch erstmals in der Industrie einen verbreiteten Einsatz finden wird.

Die Geräte in einem Bluetooth-Mesh-Netzwerk werden Knoten genannt. Es gibt vier verschiedene Arten von Knoten, die – neben Senden und Empfangen – zusätzliche Funktionen aufweisen:

- **Relais-Knoten:** Er leitet empfangene Nachrichten an das nächste Gerät weiter. Die

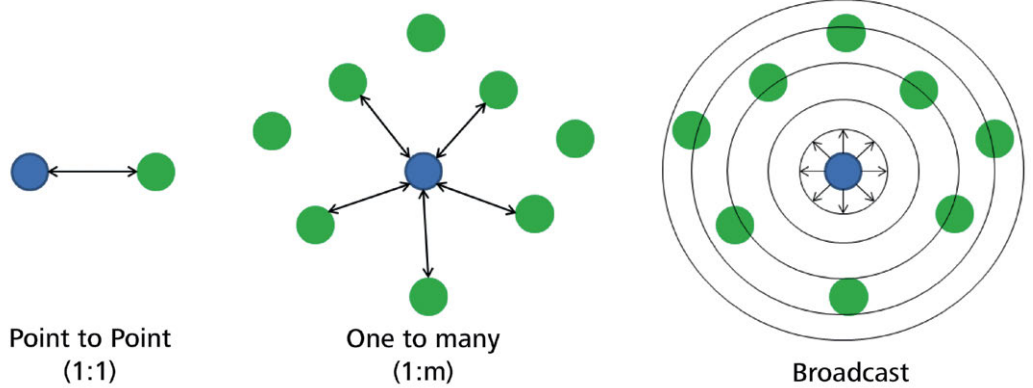


Bild 2: Herkömmliche Kommunikationsmöglichkeiten in einem Bluetooth-Netz mit einem Master

- **Freund-Knoten:** Hier steht ausreichend Energie zur Verfügung, z.B. durch den Anschluss an das Stromnetz. Der Freund-Knoten arbeitet mit Low-Power-Knoten zusammen. Freund-Knoten speichern Nachrichten und leiten diese erst auf Anfrage des Low-Power-Knotens an diesen weiter.
- **Proxy-Knoten:** Sie stellen die GATT-Schnittstelle (Generic Attribute Profile) für BLE-Geräte.

- **Low-Power-Knoten:** Einige Geräte, zum Beispiel Sensoren, müssen sehr stromsparend arbeiten. Low-Power-Knoten arbeiten in Verbindung mit einem oder mehreren anderen Knoten zusammen, die als Freunde bezeichnet werden.

Anzeige

Maximum Performance.
Minimum Space.
Simply Solved ➤



Pico Family

Developed for smaller, higher performing technologies, Molex micro w-t-b, w-t-w, and b-t-b connectors can be used in a broad range of applications, such as wearable and portable devices.

- Pico-Clasp
- Pico-Lock
- Pico-EZmate
- Pico-SPOX

Search micro connectors at molex.com



molex

Bild: Rutronik

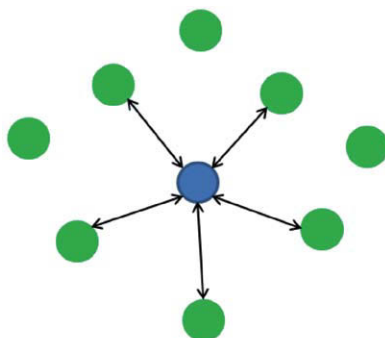


Bild 3: Bei Bluetooth Mesh werden Daten im Netz über die einzelnen Knoten vom Sender zum Empfänger weitergereicht.

räte bereit, die nicht über den Bluetooth-Mesh-Stack verfügen. Damit ist auch eine Kommunikation zwischen BLE Mesh und einem normalen BLE-Knotenpunkt möglich.

Innerhalb des Access-Layers des OSI-Schichtenmodells lässt sich festlegen, ob nach Empfangen der Nachricht eine Bestätigungsmeldung (Acknowledgment) an den Master zurückgeschickt werden soll oder nicht.

Ist Bluetooth Mesh sicher?

Der Aufbau eines großen Netzwerks mit vielen Geräten birgt ein hohes Risiko für eine sichere Datenübertragung. Bei der Entwicklung von Bluetooth Mesh hatte das Thema Sicherheit daher oberste Priorität. Deshalb macht die Bluetooth SIG eine sehr konkrete Vorgabe: Alle Security-Funktionen innerhalb eines Bluetooth-Mesh-Netzwerks sind zwingend zu nutzen (mandatory).

Dennoch betrifft die von Forschern des Israel Institute of Technology entdeckte Sicherheitslücke im Bluetooth Secure Simple Pairing und in LE Secure Connections auch Bluetooth Mesh, da dieses auf dem BLE-Stack aufbaut. Einige Hersteller mit betroffenen Produkten stellen bereits ein Firmware-Update zur Verfügung oder sind dabei, dieses Problem zu beheben. Rutronik hat eine Übersicht der betroffenen Bluetooth-Produkte aus der Linecard zusammengestellt, um den Status zu möglichen Firmware-Updates festzuhalten; diese ist über rutronik-tec.com/bluetooth-security-vulnerability-status abrufbar.

Die wichtigsten Security-Merkmale sind:

- **Datenverschlüsselung und -authentifizierung:** Alle Nachrichten in einem Bluetooth-Mesh-Netzwerk werden verschlüsselt und authentifiziert.
- **Trennung der Sicherheitsaspekte:** Innerhalb eines Bluetooth-Mesh-Netzwerks gibt es drei verschiedene Sicherheitsaspekte: die Anwendungs-, die Netzwerk- und die Gerätesicherheit. Sie werden unabhängig voneinander behandelt und haben jeweils ihre eigenen Sicherheitsschlüssel:
 1. Applikationsschlüssel (AppKey): Damit werden Daten für verschiedene Anwendungen, z.B. Beleuchtung oder Kameras, abgesichert.
 2. Netzwerkschlüssel (NetKey): Sie gelten für alle Geräte im Netzwerk, sodass eine sichere Datenübertragung möglich ist.
 3. Geräteschlüssel (DevKey): Jeder Knoten



RUTRONIK
ELECTRONICS WORLDWIDE

hat einen eindeutigen Geräteschlüssel. Mit diesem Schlüssel können Geräte einem Netzwerk hinzugefügt werden.

- **Isolierung:** Das Bluetooth-Mesh-Netzwerk ist in Sub-Netze unterteilt. Diese Teilnetze sind getrennt voneinander verschlüsselt und gesichert.
- **Key-Refresh:** Alle Sicherheitsschlüssel können im Bluetooth-Mesh-Netzwerk während eines Schlüsselaktualisierungsverfahrens geändert werden.
- **Nachrichtensverschleierung:** Dank eines Datenschutzmechanismus ist es extrem schwierig, Knoten in einem Netzwerk aufzuspüren. Versendete Nachrichten lassen sich daher kaum nachverfolgen.
- **Schutz gegen Replay-Attacken:** Security-Funktionen schützen das Netzwerk vor Replay-Angriffen (zuvor gesammelte Daten werden zur Authentifizierung und Zugriffskontrolle verwendet, was einem Identitätsdiebstahl entspricht).
- **Schutz gegen Trashcan-Attacken:** Um Trashcan-Angriffe (das Auslesen von wichtigen Netzwerkinformationen aus für ungültig erklärten Knoten) zu verhindern, können Knoten sicher aus dem Netzwerk entfernt werden.
- **Sichere Gerätebereitstellung:** Neue Knoten können dem Bluetooth-Mesh-Netzwerk sicher hinzugefügt werden.

Alle diese umfangreichen Security-Features machen Bluetooth Mesh zu einer interessanten Lösung für Anwendungen, die eine Kommunikation mit niedriger Datenrate zwischen

mehreren Geräten benötigen. Darüber hinaus ist Bluetooth Mesh ideal für neue Anwendungsbereiche etwa die vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance) oder das Smart Agriculture/Farming. Die Implementierung eines drahtlosen Sensor-Mesh-Netzwerks in Montagelinien kann das Wartungspersonal rechtzeitig warnen, bevor eine Maschine ausfällt. Oder durch den Einsatz von Mesh-Netzwerken in der Landwirtschaft werden Daten wie Boden- und Luftfeuchtigkeitswerte oder Temperatur direkt auf das Smartphone ohne ein Gateway übertragen. Auch wird so eine effizientere Wasser- und Düngemittelnutzung ermöglicht und der Einsatz von Pestiziden kann reduziert werden: Nur wenn die gemessenen Werte eine bestimmte Grenze unterschreiten, werden entsprechende Maßnahmen ergriffen. Im Smart-Home-Bereich könnte man den Leuchten noch Sensoren beifügen, die registrieren, ob jemand in der Nähe ist, und sich nur in diesem Fall einschalten. Selbst im Sport könnte man Bluetooth Mesh einsetzen: In den Schuhen der Sportler integrierte Sensoren können die Leistungsdaten aufnehmen, welche dann über einen Bluetooth-Mesh-Master von einem Sportler zum nächsten übermittelt werden können, bis sie z.B. beim Trainer ankommen, der die Daten dann auswerten kann.

Ein weiterer Vorteil: Die Umgebung spielt für die BLE-Mesh-Technologie überhaupt keine Rolle. Durch die ab der Mesh-Spezifikation 1.0 erfüllten Industrieanforderungen sind unzählige Einsatzmöglichkeiten denkbar, egal ob in Krankenhäusern, Fabrikanlagen, Bürogebäuden, Universitäten oder Privathäusern. Wo immer eine drahtlose, sichere und robuste Kommunikation zwischen einer großen Anzahl an Geräten neue Anwendungen ermöglicht, ist Bluetooth Mesh eine nähere Betrachtung wert. ■

Renesas Synergy

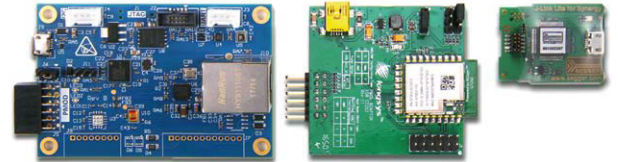
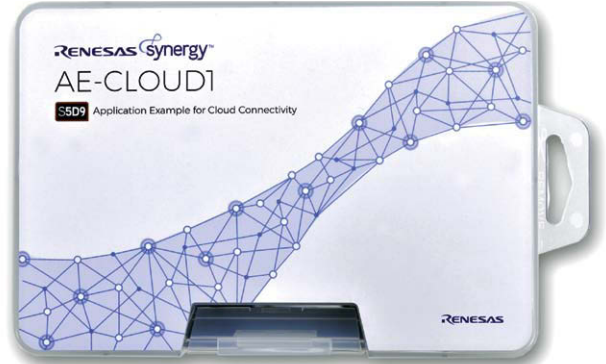
Komplettlösung für die IoT-Entwicklung

Für die Entwicklung von IoT- und Embedded-Produkten gibt es kaum einheitliche Standards. Das Schreiben von neuer Software und die Konfiguration von Treibern ist daher zeit- und kostenaufwändig. Mit der Synergy-Plattform hat sich Renesas das Ziel gesetzt, diese Entwicklungen massiv zu beschleunigen und zu vereinfachen.

VON ZIBO SU,
PRODUCT SALES MANAGER (JUN.)
MIKROCONTROLLER BEI RUTRONIK

Das Internet of Things (IoT) ist einer der größten Wachstumsmärkte. Noch in diesem Jahr wird es fünf Milliarden vernetzte IoT-Geräte geben, Ende 2020 sollen es bereits mehr als 20 Milliarden sein, so Analysten der Marktforschungsgesellschaft Gartner. Besonders in den Bereichen Medizintechnik, Mobile Devices, Navigationstechnik, Automotive, Sicherheitstechnik und Industrie erwarten sie ein jährliches Wachstum von bis zu 15 %. Der gestiegene Bedarf an IoT-Anwendungen in mehr und mehr Bereichen sowie immer kürzere Entwicklungszyklen setzen Entwickler deutlich unter Druck. Besonders Produkte, die mit einer Vielzahl von Peripheriegeräten interagieren und daher komplexe Schnittstellen wie Ethernet und USB nutzen, setzen oft ein zeitintensives Programmieren

Bild: Renesas



von Treibern, Grafikoberflächen und Anwendungssoftware voraus.

Gesenkte Hürden

Mit der Synergy-Plattform will Renesas diese Hürden senken. Die speziell für IoT-Anwendun-

Anzeige

FUJITSU
IoT
Connectivity
Solutions



Smart Metering



Smart City - Smart Building



Industry 4.0



Asset Management

Find out more: www.fujitsu.com/iot

gen konzipierte Entwicklungsplattform besteht aus Hard- und Software-Komponenten: Vier Mikrocontroller-Serien mit dazugehörigen Evaluation-Kits werden softwareseitig durch das Synergy-Software-Package (SSP), diverse Development-Tools und Software-Add-ons von Drittanbietern ergänzt. Die Synergy-Gallery, eine Bibliothek mit bereits entwickelten Lösungen, Demos, Tools, Lizenzen und mehr, vervollständigt das Angebot.

Damit steht Entwicklern ein umfangreiches Software-Fundament zur Verfügung. Sie können direkt auf der API-Ebene beginnen und sparen somit wertvolle Entwicklungszeit. Weil alle Komponenten innerhalb der Synergy-Plattform aufeinander abgestimmt sind, wird der Entwicklungsprozess zusätzlich vereinfacht. Mit der Integration von zahlreichen Peripherien, verschiedenen Middleware-Komponenten wie Netzprotokollen, WiFi und PLC sowie zahlreichen weiteren Features, beispielsweise der Implementation von Enterprise-Cloud-Schnittstellen, unterstützt die Plattform die Realisierung von unzähligen innovativen Ideen.

Die Synergy-Mikrocontroller-Familie

Die Mikrocontroller-Serien S1, S3, S5 und S7 wurden speziell für den schnell wachsenden IoT-Markt entwickelt. Jede der vier MCU-Serien ist für bestimmte Einsatzzwecke ausgelegt. Mit zahlreichen integrierten Features vereinfachen sie die Konnektivität und das HMI/GUI-Design. Darüber hinaus gewährleisten sie robuste Sicherheitsstandards sowie eine hohe Zuverlässigkeit und verbesserte Datenverarbeitung. Die S1-Serie ist extrem stromsparend und damit besonders für batteriebetriebene Sensoren und Kontroll-Anwendungen geeignet; die S3-Serie ist hauptsächlich auf Effizienz ausgelegt. Ein 48-MHz-ARM-Cortex-M4-Prozessor und eine Fließkommaeinheit erlauben DSP-Operationen bei minimalen CPU-Clock-Cycles, um Daten noch vor der Übertragung zu bearbeiten.

Neben einer guten Performance dank 120-MHz-ARM-Cortex-M4-Prozessor bietet die S5-Serie ein hohes Integrationsniveau. Ein 640-kB-On-Chip-SRAM macht ein zusätzliches SRAM-Modul überflüssig und übernimmt beispielsweise Aufgaben wie die Pufferung von Grafikrahmen zur Ansteuerung eines TFT-Displays. Eine Fließkommaeinheit, integrierte Ver- und Entschlüsselung über RSA und Features wie eine kapazitive Sensor-Einheit machen die Allround-MCUs für viele Anwendungen einsetzbar.

Die S7-Serie bietet in Bezug auf Leistung, Konnektivität und Sicherheitsfunktionen den höchsten Standard innerhalb der Reihe. Mit Schnittstellen für Ethernet, CAN, TFT-Controller, USB, Timer, A/D- und D/A-Wandler etc. können die MCUs mehrere sichere Hochgeschwindigkeitskanäle gleichzeitig bedienen, eine Vielzahl von TFT-Displays bis zu einer WVGA-Auflösung ansteuern, präzise Steuerungsbefehle ausführen und analoge Signale mit hoher Genauigkeit erfassen. Mit einer Leistung von bis zu 300 MHz, einem On-Chip-Code-Flash-Speicher von 4 MB und einem Daten-Flash-Speicher von 64 kB lassen sie sich problemlos als Haupt-MCU eines Produktes verwenden.

Für sichere IoT-Anwendungen mit umfangreicher Hardwarebeschleunigung (Secure Crypto Engine 7) unterstützen die S7-Mikrocontroller eine Reihe symmetrischer und asymmetrischer Kryptografie-Algorithmen wie AES-, RSA- und HASH-Algorithmen sowie sichere Schlüsselerzeugung und -speicherung.

Alle Synergy-MCUs bieten Drop-in-Pin-zu-Pin-Kompatibilität über die gleichen Gehäuse innerhalb jeder Serie sowie die Kompatibilität von Peripherie und Registern innerhalb der gesamten Familie. Dadurch ist eine hohe Wiederverwendbarkeit der Software bei der Migration von einer MCU zur anderen möglich. Außerdem wird der PCB-Layout-Aufwand reduziert und die Fertigungseffizienz erhöht.

Das Synergy-Software-Package

Das SSP nutzt nach kommerziellen Standards getestete Embedded-Software, die mit allen Renesas-Synergy-Mikrocontrollern kompatibel ist. Enthalten ist eine Vielzahl an Programmen, Konnektivitätsprotokollen, Treibern und vielen weiteren Features, die für das Programmieren von Embedded-Anwendungen unabdingbar sind. Hauptbestandteil des SSP ist die Software X-Ware des Herstellers Express Logic. X-Ware umfasst neben dem Echtzeitbetriebssystem RTOS die NetX-Middleware sowie die NetX-DuoIPv4- und IPv4/IPv6-TCP/IP-Stacks, den USBX-USB-Host/Device/OTG-Protokoll-Stack, das MS-DOS-kompatible FileX-Dateisystem und die GUIX-Runtime-Grafikbibliothek. Ergänzt wird das SSP durch umfangreiche API-Schnittstellen, Bibliotheken für Sicherheit und Verschlüsselung, CMSIS-DSP und Captouch, HAL-Treiber und ein Application-Framework.

Das SSP wird von Renesas permanent unterstützt und gewartet sowie um neue Inhalte erweitert, die laufend qualifiziert werden. Dadurch entlastet es Entwickler von der immer

wiederkehrenden Erstellung und Wartung von Low-Level-Software für jedes ihrer Embedded-Projekte.

Entwicklungs-Tools und Kits

Neben der Bereitstellung von aufeinander abgestimmter Hard- und Software ist das zweite Standbein der Synergy-Plattform die Vereinfachung des Entwicklungsprozesses. Hierfür bietet sie sowohl Hardware-Support mit zahlreichen passenden Entwicklungs-Kits als auch die passenden Software-Development-Tools. Die Kits unterstützen die Evaluation der Synergy-Plattform und die Konfiguration der MCUs:

Das Starter- und das Promotion-Kit erlauben einen einfachen Einstieg in die Synergy-Welt. Während das Starter-Kit auf der S7-MCU basiert, arbeitet das Promotion-Kit mit einem S5-Mikrocontroller. Beide verfügen über einen kapazitiven Touch-Sensor, das Starter-Kit zusätzlich über ein Bluetooth-LE-Modul.

Die Development-Kits erlauben die Evaluierung spezifischer Funktionen mit unterstützenden Schaltkreisen und Anschlüssen, z.B. Grafiken und Pmod™-Steckverbinder für Peripheriemodule von Drittanbietern. Standardmäßige und kundenspezifische Multifunktionsboards beschleunigen das Prototyping zusätzlich. Weiterhin ermöglichen die Kits Anschluss an Ethernet-, USB-, CAN-, RS-232- und RS-485-Busse, mit modularem Aufbau auch für weitere Peripheriegeräte.

Target-Board-Kits sind die kompaktere Version der Development-Kits. Auch sie bieten Zugriff auf alle Pins der MCUs, verfügen aber über weniger Anschlussmöglichkeiten.

Software-Entwicklung

Die Entwicklungs-Tools der Synergy-Plattform erleichtern Dateiverwaltung, Software- und MCU-Konfiguration, Codegenerierung, Kompilierung sowie Debugging und ermöglichen intuitives Design der grafischen Benutzerschnittstelle. Zu den verfügbaren Tools zählen IAR Embedded Workbench für Compiling, Code-Analyse und Debugging, E2 Studio ISDE, ein Entwicklungsprogramm auf Eclipse-Basis, TraceX für Monitoring und die grafische Visualisierung von Run-Time-Events, GUIX Studio für GUI-Designs und der Renesas Synergy Standalone Configurator (SSC), mit dem der e2-Studio-Projektgenerator dupliziert werden kann, um Clock, Pin, RTOS und SSP-Module zu konfigurieren. ■

Vorausschauende Wartung

Wie wird Predictive Maintenance zum Erfolg?

Heute für morgen sorgen. Wer Wartung aufschiebt, erlebt plötzlich einen Maschinenausfall, Bandstillstand oder Fehlproduktion. Egal, ob der Aufschub an Kostenersparnis, Fachkräftemangel oder fehlender Motivation lag: Dank Predictive Maintenance kann so etwas nicht mehr passieren. Damit das auch gelingt, sind einige Punkte zu beachten.

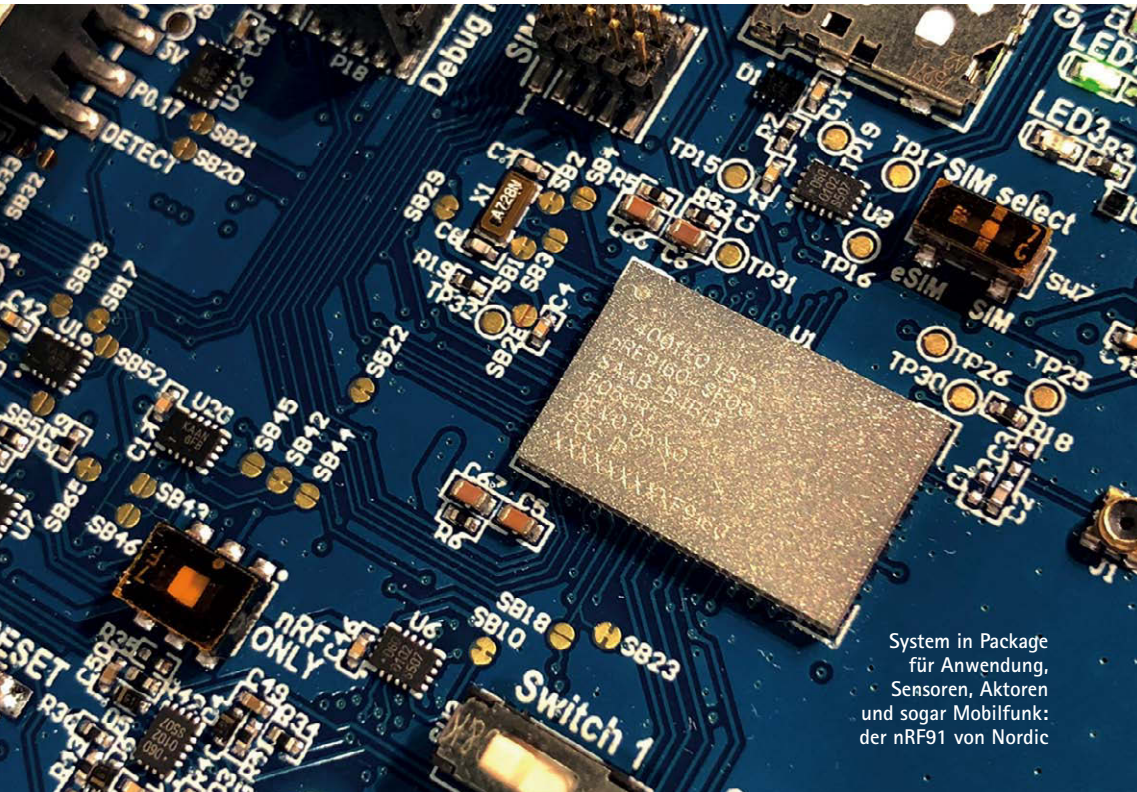
VON STEPHAN MENZE, PRODUCT SALES
MANAGER ANALOG & SENSORS
BEI RUTRONIK

Jedes Predictive-Maintenance-Projekt beginnt mit dem Erfassen von Maschineneigenschaften während des Normalbetriebs der Maschine, beispielsweise akustische oder Eigenfrequenzen von Körper- und Luftschall, die dann digitalisiert und an einen Rechner oder in die Cloud übermittelt werden. Im Falle von lokaler Datenverarbeitung spricht man von Edge-Computing. Hier können lokale KI-Lösungen, beispielsweise Intel Movidius, zum Einsatz kommen. Im Falle von Cloud-Computing steht ein unbegrenztes Angebot von 3rd-Party-Dienstleistern zur Datenanalyse zur Verfügung. Bei der Edge-Umsetzung kann im Millisekundenbereich reagiert werden. Eine In-

ternetanbindung ist für Firmware-Updates und Fern-Monitoring dennoch unabdingbar. Prinzipiell nutzt man aber bei Lern- und Verbesserungsprozessen keine Schwarmintelligenz und ist auf lokale Rechenleistung und die eigene Erfahrungshistorie beschränkt. Cloud-Computing ermöglicht hingegen den Vergleich mit allen im Feld betriebenen Anlagen und kann Rückschlüsse von Veränderungen einzelner Anlagen auf die anderen Anlagen erlauben. Zudem ist man hierbei nicht hinsichtlich Rechenleistung oder Speicherkapazität beschränkt und kann flexibel den angewendeten Logarithmus wechseln – beispielsweise von statischer Datenanalyse auf maschinelles Ler-



Bild: Gorodenkoff – Shutterstock



Bilder: Nordic

System in Package für Anwendung, Sensoren, Aktoren und sogar Mobilfunk: der nRF91 von Nordic

jedoch schon zu spät – das ist im Einzelfall zu prüfen: Wie gravierend kann der mögliche Schaden ausfallen? Wie lange dauert es, bis ggf. Ersatzteile beschafft sind und ein Servicetechniker verfügbar ist? Ist eine Unterbrechung der Maschine für die Reparatur- oder Wartungsarbeiten jederzeit möglich? Für eine Leckprüfung bei Gasleitungen ist eine Erfassung im Ultraschallbereich unbedingt anzuraten. Erzeugt ein Leck hörbare Geräusche, ist es für eine vorausschauende Wartung bereits zu spät.

Genügt eine Detektion im hörbaren Bereich, entscheidet die Art der Maschine bzw. des Maschinenteils, welchen Frequenzbereich der Sensor abdecken sollte. Je schneller die relevanten Teile rotieren, desto höhere Frequenzen sind zu erfassen. Beispielsweise entstehen bei Luftführungssystemen Schäden in der Regel durch eine Unwucht, inkorrekte Justierung oder lockere Verbindungen. Dies spielt sich im Bereich von etwa 2 kHz ab. Bei sich sehr langsam bewegenden Teilen kann anstelle eines Mikrofonsensors ein Beschleunigungssensor bessere Ergebnisse liefern.

nen oder Deep Learning. So unterschiedlich beide Umsetzungen auch erscheinen, eine Internetanbindung und eine lokale erste Analyse der Sensordaten sind in der praktischen Realisierung immer notwendig. Sowohl die Dimensionierung der wertigen Bauelemente als auch die laufenden Unterhaltskosten fallen jedoch entsprechend unterschiedlich aus, was eine genaue Kosten-Nutzen-Betrachtung aufwändiger macht.

Platzierung des Sensors ist entscheidendes Kriterium

Egal ob lokal oder in der Cloud analysiert wird, gilt es zu klären, an welcher Stelle genau ein Schaden entstehen kann und wo sich dieser am besten detektieren lässt. Doch kann der Sensor hier auch angebracht werden? Ist die Stelle zugänglich und steht ausreichend Platz zur Verfügung? Gibt es viele oder laute Umgebungsgeräusche? Sind diese eher konstant oder treten sie nur unregelmäßig auf?

Ist der optimale Ort zur Anbringung geklärt, ergibt sich daraus oft bereits der Sensortyp: Spricht alles für eine Anbringung am Gerät oder an der Maschine, geht es um die Erfassung von Körperschall. Damit ist ein Schock- und Vibrationssensor oder ein Beschleunigungssensor das Mittel der Wahl. Bei einer Platzierung außerhalb wird der Luftschall detektiert. Hierfür stehen MEMS-Mikrofonsensoren mit einem bestimmten Frequenzbereich zur Verfügung,

beispielsweise von STMicroelectronics und Infineon. Da sie immer eine Öffnung haben, um die Schallwellen aufnehmen sowie den Schalldruck abbauen zu können, scheiden diese in feuchten oder staubigen Umgebungen aus, wenn nicht spezifische Maßnahmen ergriffen werden. Dann kann auf Schock- und Vibrationssensoren oder Beschleunigungssensoren zurückgegriffen werden.

Bei der Frage, welchen Frequenzbereich ein Predictive-Maintenance-System abdecken sollte, gilt die Faustregel: Je höher die erfasste Frequenz, desto früher kann ein Schaden registriert werden. Im Ultraschallbereich ab 16 kHz lassen sich erste Anzeichen bereits Monate, bevor der Schaden tatsächlich auftreten würde, erfassen. Bei einer Detektion im hörbaren Bereich von bis zu 16 kHz sind es eventuell nur noch wenige Wochen bis zum Schadensfall. Das kann bei manchen Maschinen oder Geräten ausreichend sein, bei anderen

Um die Trefferquote bei der Fehlerfindung zu erhöhen, lassen sich Mikrofon-, Beschleunigungs- sowie Schock- und Vibrationssensoren kombinieren. Noch mehr Aufschlüsse gewähren weitere Sensortypen, z.B. für Temperatur, Feuchtigkeit oder Druck. Den höchsten Nutzen bietet eine solche Kombination, wenn die Sensoren untereinander vernetzt sind. Das erhöht jedoch nicht nur die Kosten für die Sensoren und die Verbindung, sondern sorgt auch für mehr Daten und einen höheren Auswertungsaufwand. Damit lohnt sich die Kombination mehrerer Sensoren nur, wenn dem ein entsprechender potenzieller Schaden entgegensteht, etwa durch Bandstillstand oder Fehlproduktionen, die eventuell sogar längere Zeit un bemerkt bleiben können. Auch bei Anlagen in entlegenen Gebieten, z.B. Offshore-Windparks, kann das sinnvoll sein, da unnötige Einsätze von Technikern hier hohe Kosten verursachen. Besonders anzuraten ist eine umfassende De-



Was ist Predictive Maintenance?

Die vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance) basiert im Gegensatz zur präventiven Instandhaltung (Preventive Maintenance) nicht auf festen Wartungszyklen, sondern auf bedarfsorientierter Wartung aufgrund von fortlau-

fend vor Ort erhobenen Messdaten und deren Auswertung. Sie registriert Vibrationen oder veränderte Geräusche von Maschinen, Anlagen und Geräten, die bereits lange vor einem eigentlichen Schaden auf Probleme im Betrieb hindeuten.



Verschiedene Technologien zur Datenverschlüsselung vor der Übertragung bietet der nRF52840.

tektion bei sicherheitskritischen Systemen, beispielsweise dem Bremssystem im Auto.

Neue Wireless-Technologien für die Datenübermittlung

Je nach Anwendungsfall müssen einzelne Sensoren ihre Messdaten zunächst an einen lokalen Datensammler übertragen. Dazu bieten sich Mikrocontroller mit integrierten Funkchnittstellen und integriertem A/D-Wandler an, sogenannte Wireless-SoCs. Oftmals werden Funk-Stacks, bereits auf den Mikrocontroller zugeschnitten, kostenlos mitgeliefert, sodass nur noch die Anwendung, also die Digitalisierung der Analogwerte und die Übertragung zum Datensammler, mit wenigen Programmzeilen umzusetzen ist. Der Datensammler kann nun die Daten lokal auswerten und muss seine Gateway-Funktion nur hinsichtlich Software-Updates oder gelegentlichem Reporting nutzen. In dem Fall wäre LTE eine mehr als ausreichend schnelle Internetverbindung, die auch über viele kommende Jahre hinweg eine gesicherte Infrastruktur aufweisen wird. Bei einer zeitkritischen Analyse der Daten in der Cloud, wo innerhalb weniger Millisekunden eine Rückmeldung nötig ist, wird sich 5G durchsetzen. Die Anbindung der Sensoren zum Datensammler lässt sich nicht immer verkabelt realisieren. Funktechnik ist hier meist günstiger, flexibler und langlebiger. Mit einem nRF52840 von Nordic Semiconductor kann man bequem zwischen Bluetooth Mesh, ZigBee und Gazell, ein kostenloser Open-Source-Stack für Sterntopologien, auswählen. NFC ermöglicht eine unkomplizierte Anbindung der Sensoren an den jeweiligen Datensammler. Über die integrierte USB-Schnittstelle lassen sich Sensoren erstmalig mit einem Laptop kalibrieren. Wer von vornherein weiß, dass er nur Bluetooth 5 oder Bluetooth Mesh nutzen wird, kann auch auf günstigere Varianten wie den nRF52810 ausweichen. Die neueste Version, Bluetooth 5, ermöglicht im Long-Range-Mo-

us eine Reichweite von bis zu einem Kilometer. Das macht die Technologie auch dort interessant, wo Sub-GHz-Technik bislang unverzichtbar war.

Bei Sensoren, die keinen Datensammler nutzen, oder Datensammlern, die aufgrund starker Datenverdichtung durch Edge-Computing nur geringe Datenmengen in das Internet übertragen müssen, eignen sich die neuen LTE-Kategorien. Diese ermöglichen es, eine direkte Internetverbindung vom Sensor in die Cloud herzustellen und ohne separates Gateway die gemessenen Werte in die Cloud zu übertragen.

Die neuen LTE-Kategorien

Die jüngsten LTE-Kategorien NB1 und M1 – auch als NB-IoT und LTE M1 bzw. LTE-M bekannt – sind für Anwendungen wie Predictive Maintenance, bei denen vereinzelt geringe Datenmengen zu übertragen sind, ideal. Weitere Infos zu dieser Technologie finden Sie im Beitrag auf Seite 72.

Sowohl LTE-M als auch NB-IoT unterstützt die nRF91-Familie von Nordic Semiconductor. Das hochintegrierte SiP (System in Package) ist mit einem ARM-Cortex-M33-Mikrocontroller zur kundenspezifischen Programmierung der Anwendung, Sensoren und Aktoren ausgestattet. Er ermöglicht mit seiner Rechenleistung bereits die Anwendung aufwändigerer Algorithmen zur Datenanalyse. Das heißt: Das Wireless-Modul generiert aus den Messdaten der Sensoren bereits vor Ort Informationen, sodass nur noch eine deutlich geringere Datenmenge zu versenden ist. Dies optimiert die Gesamtenergiebilanz und hält den Online-Datenverbrauch gering. Über 32 GPIOs lassen sich neben den Sensoren auch LEDs anschließen, etwa als Warnhinweis vor Ort, wenn ein Sensor einen zu hohen Wert ermittelt. Auch ist es möglich, Tasten oder Schaltrelais zu verbinden. So kann beispielsweise der Sensorpunkt bei Bedarf ganze Anlagen abschalten oder der Anwender Maschinenzustände quittieren.

Das nRF91-SiP ist weiterhin mit integriertem Assisted GPS erhältlich. Dies ermöglicht dank NB-IoT- bzw. LTE-M-Nutzung eine schnelle Positionsbestimmung beim Kaltstart für die Überwachung von Fahrzeugen oder anderen mobilen Geräten.

Schutz vor Datenklau

Da die Messwerte der Sensoren zahlreich Aufschluss zur Nutzung der betreffenden Maschi-

nen, Anlagen und Geräte geben können, sollten sie vor unbefugten Zugriffen geschützt werden. Auch hierfür enthält der nRF91 bereits eine Lösung: Der Host-Prozessor mit TrustZone nutzt in der CPU und im System eine vertrauenswürdige Ausführungsumgebung und trägt so zur Sicherheit von Applikationsdaten, Firmware und angeschlossener Peripherie bei. ARM CryptoCell gewährleistet sichere Speicherzugriffe, während TLS und SSL die Ende-zu-Ende-Verschlüsselung der Datenübertragung sicherstellen. Der nRF91 eignet sich zudem perfekt im Zusammenspiel mit einem nRF52, wie es auch auf dem nRF91-Entwicklungskit umgesetzt ist. Somit stehen sowohl Kurzstreckenfunk zur Sensoranbindung als auch Mobilfunk zur Internetanbindung mit dieser Multicore-Zweichip-Lösung bereit. Wählt man aus der nRF52-Familie den nRF52840, erhält man ebenfalls ARM TrustZone und CryptoCell-Technologien.

Erfolgsfaktor Datenanalyse

Nachdem die Daten vom Sensor übermittelt wurden, folgt die kniffligste Aufgabe: die Datenanalyse. Was bedeutet es, wenn sich die Frequenz eines Wälzlagers geändert hat? Droht es kaputtzugehen, wurde lediglich die Produktion umgestellt oder die Maschine fürs Wochenende heruntergefahren? Oder ist ein Störfaktor für die Änderung verantwortlich? Welche Abweichungen gehören noch zu den normalen Schwankungen? Und schließlich: Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schaden eintritt, d.h. ab wann ist ein Eingreifen erforderlich?

Daraus entstehen spezifische Profile, die in der Software durch entsprechende Parameter und Schwellwerte hinterlegt sind. Möglicherweise sind nach dem ersten Praxistest Nachjustierungen nötig. Bei Umstellungen der Produktion, Änderungen im Maschinenpark oder Ähnlichem ist das Predictive-Maintenance-System ebenfalls anzupassen. Wer all diese Punkte berücksichtigt, hat es geschafft: nie wieder unerwartete Maschinenschäden, Ausfälle oder Bandstillstand durch unentdeckte alternde Anlagen. Der Aufwand für Wartungsarbeiten lässt sich besser vorausplanen und es müssen nur noch die tatsächlich benötigten Ersatzteile vorgehalten werden. Davon profitieren nicht nur Anwender, sondern auch Maschinenbauer. Integrieren sie ein Predictive-Maintenance-System in ihre Produkte, bieten sie Kunden einen echten Mehrwert durch höhere Maschinenverfügbarkeit. Zudem können sie die Auswertungen der Felderfahrungen für ihre weitere Produktentwicklung nutzen. ■

Sicheres Bezahlen dank Speicherkarte mit Secure Element

e-Wallets für Smartphones

Ein System für sicheres Bezahlen mit dem Handy hat PBV Kaufmann Systeme entwickelt. Es bietet Sicherheit und senkt trotzdem die Anforderungen auf Kundenseite und damit die Hemmschwelle.

VON MATTHIAS FREI,
PRODUCT SALES MANAGER SCHWEIZ
BEI RUTRONIK

Fotografieren und Spielen, Terminmanagement, Fitness-Tracking, Wettervorhersagen und Navigation – für viele Funktionen hat sich das Smartphone etabliert, nur Einkäufe werden nach wie vor lieber bar oder mit Karte bezahlt. Grund dafür sind auch die Anforderungen der bisherigen mobilen Lösungen: Kunden brauchen ein geeignetes Handy, eine funktionierende Internetverbindung und eine Kreditkarte. PBV Kaufmann Systeme will das ändern und hat in Zusammenarbeit mit Rutronik eine elektronische Geldbörse fürs Smartphone realisiert.

Das Besondere an Scoop e-money von PBV Kaufmann: Das System kann komplett offline arbeiten und ist nicht auf Kredit- oder EC-Karten angewiesen. Es nutzt die Konnektivität der Smartphones, greift über NFC, BLE (Bluetooth Low Energy) oder einen anderen Kanal auf das Gerät zu und behandelt dieses wie eine Prepaid-Kreditkarte. Ein Server überwacht die Transaktionen.

Die Smartphones der Kunden fungieren zudem als Schwarm-Netzwerk: Transaktionsdaten der einzelnen Scoop-e-money-POS (Points of Sales) werden hierüber an die Scoop-Server übermittelt und von dort bestätigt. Die Server überwachen alle Transaktionen und sorgen somit für die Integrität aller einzelnen Geldbörsen in den Mobilgeräten. Über das Schwarm-Netzwerk lassen sich auch Sperrlisten im System verteilen.

Herzstück: sichere Micro-SD-Karte

Das Geld wird an den Bezahl-Terminals in Form von Hash-Chains auf dem Smartphone gespeichert. Das Herzstück der Terminals besteht aus einer Micro-SD-Karte mit einem leistungsfähigen Secure-Prozessor. Dieser signiert die Hash-Chains und prüft, ob ihre Signaturen gültig sind oder gefälscht wurden; im Bedarfsfall weist er Benutzer mit manipulierten Geldwerten ab. Die Terminals können somit völlig autonom Betrugsversuche erkennen und abblocken. So wird die Sicherheit hergestellt, die

bei anderen Lösungen durch das Secure Element im Smartphone gegeben ist.

Die Anforderungen an die Hardware waren dementsprechend hoch: Um die nötigen Zertifizierungen der jeweiligen Finanzaufsichten in den Einsatzländern zu erlangen (FINMA, FCC, CE usw.), muss das komplette System nachweislich sicher und darf nicht manipulierbar sein.

Kompatibel mit jedem Smartphone

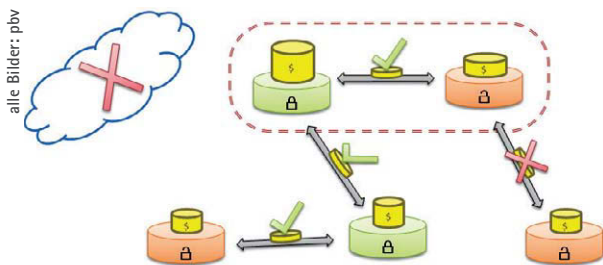
PBV Kaufmann nutzt für sein Projekt eine spezielle Speicherkarte des Schweizer Herstellers Swissbit. »Als diese auf einem Event von Rutronik präsentiert wurde, waren wir schnell überzeugt, dass sie die perfekte Lösung für Scoop e-money ist«, berichtet Stephan Wullschlegler, Technischer Geschäftsführer von PBV Kaufmann. »Denn sie erfüllt höchste kryptografische Ansprüche, besitzt einen zuverlässigen Massenspeicher und ist lange lieferbar.«

Dank der Secure-Micro-SD-Karte von Swissbit benötigt das System kein Secure Element auf



Hash-Chains

Eine Hash-Chain ist die wiederholte Anwendung einer kryptografischen Hash-Funktion auf ein bestimmtes Datenobjekt. Über eine Reihe von Sessions erzeugen diese individuellen Hash-Eingaben eine Hash-Chain, die eine einzelne Benutzereingabe tiefergehend authentifiziert. Die für Scoop e-money verwendeten Hash-Chains sind dem Blockchain-Ledger-Ansatz für Bitcoin und andere Krypto-Währungen insofern ähnlich, als Eingaben mit früheren Hash-Key-Listen authentifiziert werden.



Geräte mit Secure Element (grün) können mit Geräten ohne Secure Element (rot) bei Absenz der Cloud jederzeit e-Money austauschen. Geräte ohne Secure Element können bei Absenz der Cloud untereinander kein e-Money austauschen.

dem Handy. Das hat mehrere Vorteile: Kunden können mit jedem herkömmlichen Smartphone bezahlen, da für das Gerät keine besonderen Hardware-Anforderungen gelten. Das Mobiltelefon sollte lediglich über ein NFC-Modul verfügen, über das die verschlüsselte Kommunikation mit dem Terminal abläuft. Alternativ können sich Smartphone und Terminal auch über eine gesicherte BLE-Verbindung oder einen anderen Kanal verbinden. Damit ist Scoop e-money unabhängig von Netzwerkbetreibern und Smartphone-Herstellern und es ist eine interessante Lösung für Organisationen mit dezentraler Struktur und für global tätige Unternehmen.

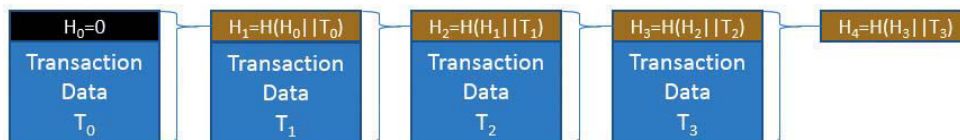
Die Zukunft ist bargeldlos

Stephan Wullschleger ist vom Erfolg des Systems überzeugt: »Es hat einige unschlagbare Vorteile, mit denen Anbieter bei ihren Kundenpunkten können: Anstelle lästiger Suche nach Kleingeld können sie mit Transaktionszeiten von unter drei Sekunden bezahlen – und behalten dank der übersichtlichen App stets den Überblick über alle Zahlungsvorgänge. Durch die Hash-Chain-Technologie ist Schwund oder Schlupf von Kapital ausgeschlossen. Weiterer Pluspunkt für Verkäufer: Alle Geldflüsse sind jederzeit transparent, das Nutzungsverhalten lässt sich live beobachten. Das ermöglicht Füllstands-Abschätzungen in Echtzeit, was unnötigen Service-Aufwand reduziert. Zudem lassen sich Value-Added Services wie Startguthaben oder Gutscheine als Kundenbindungs-Tool nutzen.«

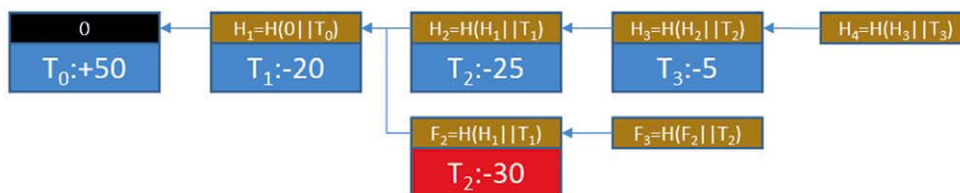
Kompetente Unterstützung

Rutronik unterstützte PBV Kaufmann nicht nur hinsichtlich der Micro-SD von Swissbit, sondern auch bei weiteren Komponenten für die Scoop-Bezahlterminals. Die Wahl fiel auf die Bluetooth-Low-Energy- (BLE) Module von Nordic und Murata, die Displays von Yeebo, Lithium-Polymer-Akkus von EEMB, Mikrocontroller von Renesas und zahlreiche weitere Bauteile. »Da wir so viele Komponenten von Rutronik bekommen haben, konnten wir diese besonders gut und unkompliziert aufeinander abstimmen«, so Stephan Wullschleger.

Bei Herausforderungen oder zu klärenden Fragen im Zuge der Implementation einzelner Bauelemente fungierte Rutronik als Schnittstelle zwischen Herstellern und Entwicklern und trug so zu schnellen Lösungen bei. Insgesamt standen dem Team von PBV Kaufmann fünf Produktmanager und Field Application En-



Eine „saubere“ Hash-Chain mit einer kryptografischen Hash-Funktion H . T_x repräsentiert die Nutzdaten und H_x den entsprechenden Hash-Wert.



Eine „unsaubere“ Hash-Chain mit einer Hauptkette A und einer Zweigkette B . Die Ketten teilen sich die Elemente T_2 und T_3 , wobei eine validierende Autorität die richtige Kette von der falschen Kette allein anhand von Hash und Signatur unterscheiden kann.

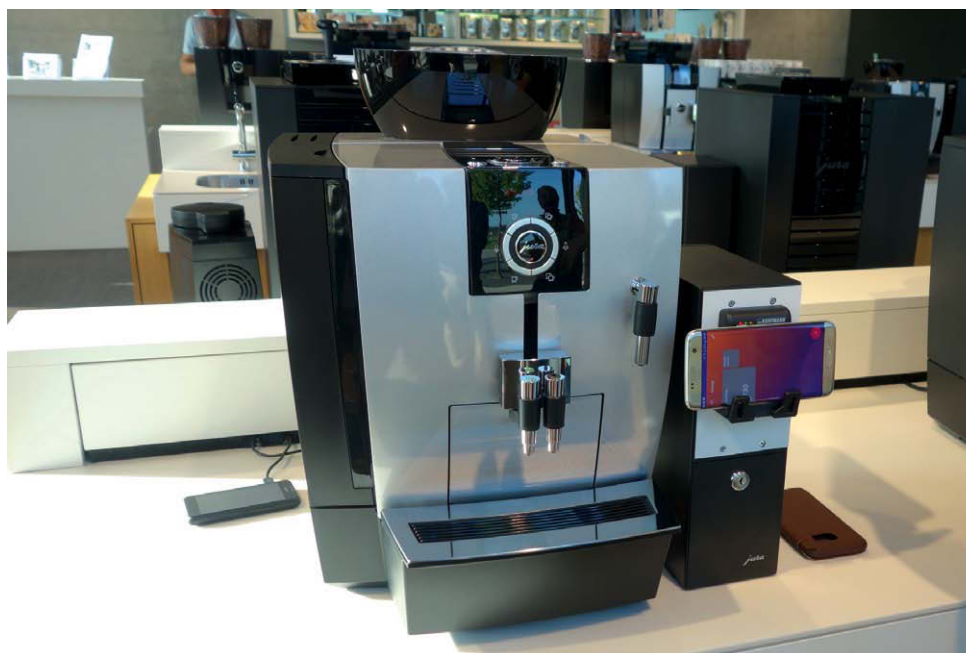
gineers von Rutronik zur Seite. »Die partnerschaftliche und kompetente Beratung sowie das Detailwissen der Fachleute von Rutronik haben uns während des Entwicklungsprozesses sehr viel Arbeit und Zeit gespart«, bestätigt Wullschleger und berichtet weiter: »Sehr geholfen hat uns außerdem, dass Rutronik uns bereits früh mit Mustern, Entwicklungsmaterial und Herstellerunterlagen versorgt hat.«

Testumgebung Embedded World in Nürnberg

Auf der Embedded World 2018 präsentierte PBV Kaufmann die Lösung am Stand von Rutronik erstmals der Öffentlichkeit. Gleichzeitig diente der Messeauftritt als Test der Internetverbindung unter Realbedingungen. Diesen hat das System problemlos bestanden. Vor der Messepräsentation lagen vier Jahre Entwicklungs-

zeit: Scoop e-money begann 2014 als Studenten-Idee mit ersten Testversuchen. Ein Jahr später nahm das Projekt mit einem Business-Plan und ersten Spezifikationen Gestalt an und die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) förderte Stephan Wullschleger und sein Team. Das Scoop-Protokoll wurde schließlich in Zusammenarbeit mit dem Institut für mobile und verteilte Systeme an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch erforscht und entwickelt. 2017 folgten erste Hardware-Muster, Anwendungsversuche sowie die Präsentation der Forschungsergebnisse.

Aktuell arbeitet PBV Kaufmann an der finalen Marktreife sowie am Produkt-Branding und bereitet die Markteinführung vor. Bereits jetzt sind Erweiterungen für App und Cloud-Server geplant. Mit Customized Terminals und Modularisierungen haben die Entwickler schon die nächsten Schritte im Blick.



Funktionsfähiger Demonstrator mit einer handelsüblichen Kaffeemaschine, einem Scoop-Terminal mit Secure Element und einem herkömmlichen „unsicheren“ Smartphone als e-Money-Quelle.

Batteriemanagementsysteme

Lithium-Ionen-Batterien managen

Batterien sind das neue Öl. Die Schlüsselfaktoren Reichweite bzw. Betriebsdauer und Ladedauer hängen maßgeblich von ihnen ab. Doch Lithium-Ionen-Batteriezellen haben einen relativ eng spezifizierten Betriebsbereich und erfordern ein ausgeklügeltes Batteriemanagementsystem, damit sie sicher betrieben werden können und sich ihre Energie maximal ausschöpfen lässt.

In Elektro- und Hybridfahrzeugen sowie auf dem Industriemarkt kommen meist Lithium- (Li) Ionen-Batterien zum Einsatz. Denn im Vergleich zu anderen Energiespeichern bieten sie eine erheblich höhere Energiedichte und Spannung bei kleineren Abmessungen, mehr Ladezyklen und eine längere Lebensdauer – zumindest, wenn das Gesamtsystem Batterie seine Komfortzone nicht verlässt.

Die Li-Ionen-Batterien werden in der Regel als Batteriepacks genutzt. Diese bestehen im Wesentlichen aus mehreren Batteriezellen und einem Batteriemanagementsystem (BMS). Die Zellen legen fest, mit welchen Parametern und Spezifikationen das System arbeiten darf und mit welchen Bauelementen das System optimal genutzt werden kann.

Aufgaben des BMS

Das BMS dient in erster Linie dazu, dass die Zellen ihren spezifizierten Betriebsbereich nicht verlassen und alle Zellen möglichst

gleichmäßig ge- und entladen werden (Balancing). Dazu sind höchst präzise Messungen der Lade- und Entladeströme, der Zellspannung und der Temperatur erforderlich. Diese Parameter müssen sorgfältig abgestimmt sein, sowohl untereinander wie auch auf die Batteriezellen und die Anwendung. Dann gewährleistet das BMS die funktionale Sicherheit der Batterie, verhindert nachhaltige Schädigungen und sorgt für eine optimale Ausnutzung und lange Lebensdauer der Batterie.

Umfangreiche Forschungsarbeit

Zum Verhalten von Batteriezellen und Batteriepacks sowie zu deren optimaler Nutzung hat Rutronik eigenständig wie auch gemeinsam mit Universitäten und Hochschulen in den letzten Jahren umfassende Forschungsarbeit geleistet. Die Professur Mess- und Sensortechnik der TU Chemnitz hat mit Unterstützung durch Rutronik ein Verfahren entwickelt, das es erlaubt, eine präzise Bat-

teriediagnose nicht nur im Labor, sondern auch während des Betriebs innerhalb von wenigen Minuten oder gar Sekunden durchzuführen.

Gemeinsam mit der Westsächsischen Hochschule Zwickau hat Rutronik ein komplett digital geregeltes hybrides Energiespeichersystem (HESS) entwickelt. Durch die intelligente Kombination von Li-Ionen-Batterien und Superkondensatoren (Supercaps/EDLC) verlängert es die Lebensdauer der Batterie erheblich.

Know-how-Transfer

Diese Expertise gibt der Distributor im Rahmen des Design-in gerne an seine Kunden weiter und unterstützt bei der Auswahl der Batteriezellen und allen anderen Komponenten, die für ein BMS erforderlich sind. Zudem informiert Rutronik in zahlreichen Vorträgen und Workshops über das Thema. An neun Standorten in ganz Deutschland haben Interessenten im Rahmen von Seminaren bereits umfassende Informationen erhalten zur Technologie von Li-Ionen-Batterien, zum thermischen Management des Batteriepacks, zu den BMS-Softwareanforderungen, zur Stromverteilung in parallel geschalteten Zellen sowie zu Modellierungsalgorithmen für die Batterieanalyse.

Auf den folgenden Seiten werden ebenfalls zahlreiche Aspekte rund um Batteriemanagementsysteme beleuchtet.

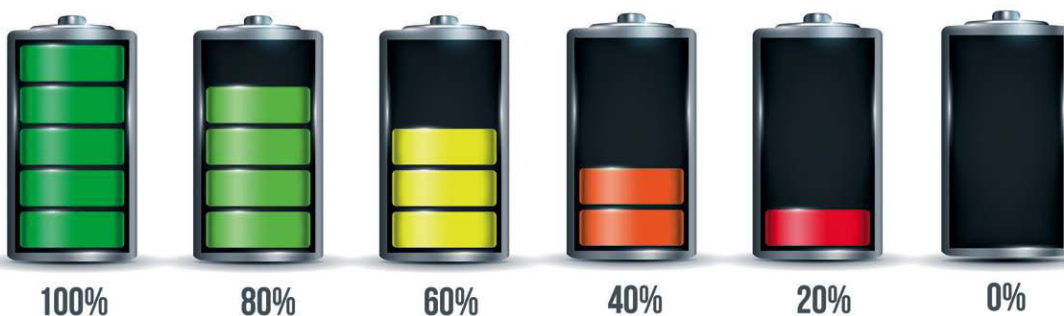


Bild: happyvector071 – Fotolia

BMS-Bauelemente

Best-fit-Produkte für Batteriemanagementsysteme

Das Batteriemanagementsystem (BMS) übernimmt zahlreiche unverzichtbare Aufgaben. Hierfür ist eine ganze Reihe verschiedener Bauelemente erforderlich. Ein Überblick.

VON RALF HICKL, PRODUCT SALES
MANAGER AUTOMOTIVE BUSINESS UNIT
BEI RUTRONIK

Den typischen Aufbau eines Batteriezellenmanagementsystems zeigt das Bild auf S. 93: Die Energiezellen sind hier in einer Reihenschaltung angeordnet. Für das Balancing ist zu jeder Zelle ein Widerstand mit Schalttransistor parallel geschaltet. Die Ansteuerung dieser Schalter übernehmen Balancing-ICs, die über eine serielle Schnittstelle miteinander kommunizieren. Übergeordnet überwacht und steuert ein Mikrocontroller die Funktionen des Zellenmanagements. Eine bidirektionale elektronische Sicherung regelt auf Anforderung oder im Fehlerfall auch die Trennung der Batterie von der Last oder vom Ladegerät. Links oben findet sich die Stromsensorik, hier als Shuntwiderstand mit

Signalaufbereitung ausgeführt; alternativ können auch Magnetfeld-empfindliche Sensor-ICs diese Aufgabe übernehmen.

Energiezellen

Der Energiespeicher selbst kann mit Li-Ionen-Zellen oder Ultrakondensatoren, auch Electric Double-Layer-Capacitors (EDLC) genannt, ausgeführt sein.

Bei Lithium-Ionen-Zellen ist Samsung SDI einer der Weltmarktführer, vor allem im Bereich automobiler Anwendungen wie Elektro- und Niedrig-Emissions-Fahrzeuge (Low-Emission-Vehicles, LEV). Die Rundzellen in der gängigen Bauform 18650 (18 mm Durchmesser, 65 mm Länge) bieten höchste Energiedichten, mechanische Stabilität und effiziente Assemblierungsoptionen. Zukünftig wird das neue Format 21700 (21 mm Durchmesser, 70 mm

Länge) eine entscheidende Rolle auf dem Markt spielen.

Die Ultrakondensatoren des chinesisch-schweizerischen Herstellers Sech SA zeichnen sich durch eine nominale Zellenspannung von 3,0 V aus. Die Energiedichte geht bis zu 8 Wh/kg. Dank ihrer niedrigen inneren Wirkwiderstände kommen sie in den meisten Fällen ohne aktive Kühlung aus. Laut Hersteller erfüllen sie die Normen ISO 16750-3 und SAE 2464.

Die Kerneigenschaften der beiden Energiespeicher finden sich in Tabelle 1.

Strom- und Spannungssensorik

Die Strom- und Spannungssensorik bildet die Grundlage für alle übergeordneten Funktionen wie Unter- und Überspannungsüberwachung, Energiezähler, Berechnung der Restkapazität

Anzeige

On the road with Eaton.

Store your power

Eaton's 3-volt TV supercapacitor cells provide energy storage for backup power, ride through, RF radio transmissions and other pulse power requirements.

The TV products offer a 20% increase in stored energy and peak power density compared to 2.7-volt HV family by increasing the operating voltage. Usable energy can increase up to 70%.

This new technology enables longer operating life or lower cost designs for many industrial electronics, utility meters and automotive safety and communications systems.

EATON
Powering Business Worldwide



Features and benefits:

- Industry leading power and ESR in high reliability applications
- Longer lifetime for existing designs with no change in design
- Cost reduction and size reduction for higher voltage designs
- Maintenance free, no replacement needed
- UL recognition

www.eaton.com/supercapacitors

Hersteller	Art	Baureihe	Beschreibung/Eigenschaften
Samsung SDI	Li-Ion-Zelle	INR18650-29E EV	Hochenergiezelle der Bauform 18650 mit 2,5 Ah @ cut-off 4,125 V, Entladestrom 1C und 80 % nom. Kap. nach 1000 Zyklen
Sech SA	Ultra-Kondensator	CxxW	zylindrisch oder Pouch, 3,0 V, bis 3200 F

Tabelle 1: Energiezellen

Hersteller	Art	Baureihe	Beschreibung/Eigenschaften
Vishay	Shunt-Widerstand	WSBS	Power Metal Strip®, bis 36 W, 50 µΩ ... 1 mΩ
KOA	Shunt-Widerstand	PSG4	Metal Plate Power Shunt, 10 W (0,5 mΩ) und 8 W (1 mΩ)
Panasonic	Shunt-Widerstand	ERJM	Metal Plate Technology, 0,5 mΩ ... 1 Ω, bis zu 5 W
ROHM	Shunt-Widerstand	PSRxxx	bis zu 5 W, 0,2 mΩ bis 3 mΩ
ST	Current-Sense-OpAmp	TSC201	bidirektional, 300 kHz
Melexis	Hall-Sensor-IC	MLX912xx	bidirektional, DC bis 250 kHz
TDK-Micronas	Hall-Sensor-IC	viele Varianten verfügbar	

Tabelle 2: Stromsensorik

der Batterie, Leistungsmessung, Kurzschlussüberwachung und Ladestrommessung.

Stromsensorik

Die Strommessung lässt sich über Shunts oder Magnetfeldsensoren realisieren. Sie muss bidirektional sein, um sowohl den motorischen als auch den generatorischen Betrieb der Antriebsmaschine (Rekuperieren) sowie das Laden von extern messtechnisch abzudecken.

Die Strommessung über Shunt zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Die Verlustleistung im Shunt steigt quadratisch mit dem Strom gemäß $P_{tot} = R \cdot I^2$.
- Um die Verlustleistung zu bewältigen, benötigt der Shunt eine bestimmte mechanische Baugröße. Sie sorgt für die Entwärmung und ein Mindestmaß an thermischer Kapazität.

- Sie ist robust gegenüber magnetischen Störfeldern.
- Die Messung ist potenzialgebunden, was in vielen Fällen eine galvanische Trennung im weiteren Signalverlauf erfordert.
- Sie ermöglicht breitbandige Messungen.
- Die Messgenauigkeit wird maßgeblich durch die Eigenschaften des Shunts bestimmt, v.a. durch dessen Toleranzen und Temperaturkoeffizienten.
- Die Kalibrierung ist einfach.

Die Strommessung über Magnetfeldsensorik bietet folgende Eigenschaften:

- Sie hat eine geringe Verlustleistung.
- Es ist eine systembedingte galvanische Trennung vorhanden.

Hersteller	Art	Baureihe	Beschreibung/Eigenschaften
Renesas/Intersil	Balancing-IC	ISL786xx	Symmetrier-IC für bis zu 12 Li-Ion-Zellen
Infineon	Balancing-IC	TLE8001	Symmetrier-IC für bis zu 12 Li-Ion-Zellen, aktives oder passives Balancing möglich
ST	Balancing-IC	L9963	Symmetrier-IC für bis zu 14 Li-Ion-Zellen
ROHM	Balancing-IC	BD14000	Symmetrier-IC für 4–6 EDLCs
DIODES	Balancing-MOSFET	DMN1xxx/DMN2xxx	Single/Dual N-Channel, Miniaturgehäuse
DIODES	Balancing-MOSFET	DMPxxxx/DMGxxxx	Single/Dual P-Channel, Miniaturgehäuse
Littelfuse	Schmelzsicherung	885 Nano ²⁰	SMD, up to 500 V DC, 1...5 A

Tabelle 3: Cell-Balancing

- Der Entwicklungsaufwand ist größer als beim Shunt, da die mechanische und magnetische Integration des Magnetfeldsensors in die Gesamt-Performance des Messsystems einght.
- Sie erfordert Kompetenz in Fertigung und Montage; eine Magnetfeldsimulation spart experimentellen Aufwand.
- Je nach Aufbau existiert eine Empfindlichkeit gegenüber magnetischen Streufeldern.

Einige typische Vertreter der beiden Arten von Strommessung sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Cell-Balancing bei Li-Ionen-Zellen

Cell-Balancing nivelliert Fertigungstoleranzen und die individuelle Alterung der in Serie geschalteten Batteriezellen. Hierfür wird die Spannung jeder Zelle überwacht und der Ladestrom so verteilt, dass alle Zellen denselben Ladezustand haben.

Beim passiven Balancing wird einer Zelle mit Ladevorsprung per Halbleiterschalter (z.B. MOSFET) ein Widerstand zeitweilig parallel geschaltet. Dadurch überlagert sich dem Ladestrom so lange ein Entladestrom, bis die anderen Zellen aufgeholt haben. Dies geht jedoch einher mit einer unerwünschten Verlustleistung im Widerstand. Für das passive Balancing eignet sich z.B. der IC ISL78600 von Renesas/Intersil.

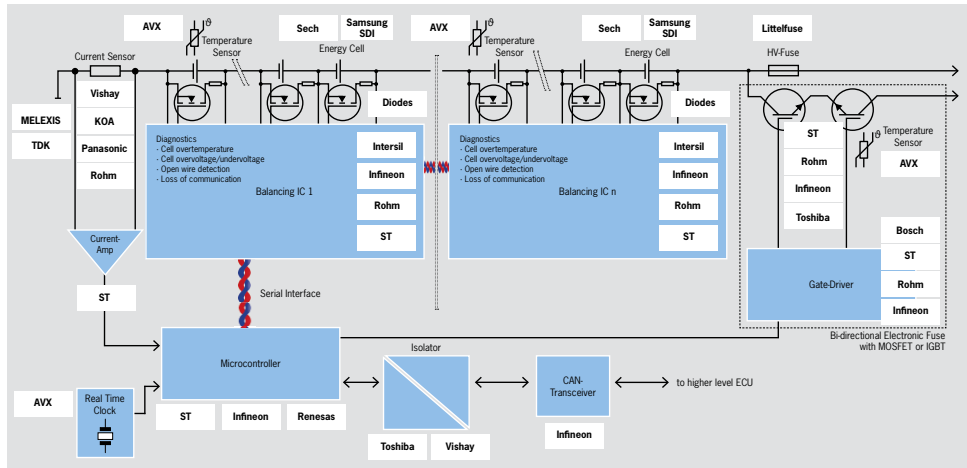
Beim aufwändigeren aktiven Balancing wird die überschüssige Ladung einzelner Zellen möglichst ohne Verlustleistung mithilfe einer DC/DC-Wandler-Schaltung auf die anderen Zellen verteilt.

Sowohl passives als auch aktives Balancing unterstützt der neue Balancing-IC TLE8001 von Infineon. Ebenfalls neu auf dem Markt ist der L9963 von ST, der sich durch die Anzahl seiner Kanäle von anderen Modellen abhebt.

Als symmetrierende Schalter dienen entweder interne MOSFETs oder, für höhere Schaltströme, externe MOSFETs in einfacher Ausführung oder als Paar in einem Gehäuse.

Cell-Balancing bei Ultrakondensatoren (EDLC)

Ultrakondensatoren sind empfindlich gegen Überspannungen, deshalb empfiehlt sich auch bei ihnen das Balancing. Für die gleichmäßige



Verteilung der Gesamtspannung auf die einzelnen Ultrakondensatoren sorgt hier ebenfalls ein spezielles Balancing-IC. Beispiele relevanter Komponenten sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Mikrocontroller im Steuer- und Überwachungsgerät

Das Steuer- und Überwachungsgerät erfüllt mehrere Funktionen:

- Es arbeitet als Energiezähler und berechnet die verbleibende Ladedauer und die Restkapazität oder Reichweite.
- Es erhöht die Sicherheit, indem es als Teil eines mehrschichtigen Überwachungssystems Daten zusammenführt und auf Plausibilität prüft. So überwacht es die Funktionalität untergeordneter Steuerungen und bricht notfalls den Ladevorgang oder die Energieentnahme aus der Batterie ab.
- Es ist der Diagnoserechner für die Impedanzspektroskopie (DC- und AC-Impedanzmessung) und stellt Informationen zum Ladezustand, zur Temperatur und über den Allgemeinzustand der Batterie bereit.
- Es hostet das Betriebssystem.

Wegen der Vielzahl der Anforderungen inklusive Funktionaler Sicherheit (Safety) und Datensicherheit (Security) kommen ausschließlich leistungsstarke Mikrocontroller mit Mehrfachkernen im Lockstep-Betrieb und Hardware-Security-Modules (HSM) in Frage, siehe Tabelle 4.

Galvanische Trennung

Zur galvanischen Trennung zwischen Signalen mit Hochvoltpotenzial und der Niederspan-

nungsseite eignen sich Optokoppler. Gut auf dem Markt eingeführt sind die in Tabelle 5 genannten Typen TLX93xx und TLX92xx von Toshiba. Anfang 2018 hat Vishay mit einem ersten nach AEC-Q101 qualifizierten Optokoppler mit Phototransistor am Ausgang (VOMA617A) ebenfalls eine Lösung für den Automotive-Markt vorgestellt. Beide eignen sich durch die Spannungsfestigkeit der Kollektor-Emitter-Strecke von 80 V auch für den Einsatz in 48-V-Bordnetzen.

Induktive Übertrager von Pulse sind eine weitere Alternative zur Potenzialtrennung bei hohen Gleichtaktspannungen.

Hersteller	Art	Baureihe	Beschreibung/Eigenschaften
ST	Mikrocontroller	SPC56, SPC58	32-bit PowerArchitecture™, Safety & Security
Infineon	Mikrocontroller	TC2xx, TC3xx	32-bit AURIX™, Safety & Security
Bosch	Power & Safety Companion	CY32x, CS600	ASIL bis D, Q&A WDG
Infineon	Power & Safety Companion	TLF35xxx	ASIL bis D, Q&A WDG

Tabelle 4: Mikrocontroller und Power/Safety-Companion-ICs

Hersteller	Art	Baureihe	Beschreibung/Eigenschaften
Toshiba	Optokoppler	TLX93xx	IC-Ausgang, 1 Mbit/s bis 20 Mbit/s, 125 °C
Toshiba	Optokoppler	TLX92xx	Transistor-Ausgang, 3750 V rms, 80 V UCE, 125 °C
Vishay	Optokoppler	VOMA617A	Transistor-Ausgang, 3750 V rms, 80 V UCE, SOP-4

Tabelle 5: Galvanische Trennung

Hersteller	Art	Baureihe	Beschreibung/Eigenschaften
Infineon	MOSFET	OptiMOS™-5	100 V, N-Channel, R _{DSon} bis 1,5 mΩ, Gehäuse: TOLL
Infineon	MOSFET	OptiMOS™-5	80 V, N-Channel, R _{DSon} bis 1,2 mΩ, Gehäuse: TOLL
ST	MOSFET	STripFET™-F7	80 V, 100 V, N-Channel, PowerFLAT™-Gehäuse
Toshiba	MOSFET	UMOS8	100 V, N-Channel
ROHM	IGBT	RGSxxx	650 V, 1200 V, kurzschlussfest bis zu 8 μs, bis 90 A
Infineon	IGBT	TRENCHSTOP™ 5 AUTO	600 V, 650 V, 1200 V, bis 400 A
ST	IGBT	STGxx	600 V, 650 V, 1200 V, bis 120 A

Tabelle 6: Leistungstransistoren für die elektronische Sicherung (48 V und HV)

Schnittstellen, Schnittstellentreiber

CAN-Transceiver für verdrehte Zweidrahtleitungen als physikalische Schicht des CAN-Busses gibt es in großer Vielfalt. Ein besonders breites Portfolio an Bus-Transceivern, die von vielen Automotive-OEMs freigegeben sind, bietet Infineon. Sie zeichnen sich aus durch Datenraten von bis zu 5 Mbit/s für CAN-FD (Flexible Datarate) sowie durch Unterstützung von Partial Networking. In einem kleinen TSON8-Gehäuse (3 mm x 3 mm) sind sie mit und ohne Bus-Wake-up verfügbar. Passende CAN-Drosseln komplettieren die Schnittstelle und sorgen für eine störungsfreie Übertragung der Signale.

Sicherungstrennschalter

Zur elektrischen Absicherung des Batteriekreises können konventionelle Schmelzsicherungen, pyrotechnische Trenner oder Halbleiterschalter zum Einsatz kommen.

Die Halbleiterschalter setzen sich zusammen aus parallel geschalteten Leistungstransistoren und ihren Gate-Treibern. Ein interessantes Bauteil ist Infineons TLE9180D. Als Motor-Control-IC für dreiphasige BLDC-Motoren in

Hersteller	Art	Baureihe	Beschreibung/Eigenschaften
Infineon	Gate-Treiber	EiceDRIVER™	HV Ein-/Zwei-Kanal, isoliert mit Diagnose
ST	Gate-Treiber	STGAP	HV Ein-Kanal, isoliert mit Diagnose
ROHM	Gate-Treiber	BM6xxx	HV Ein-/Zwei-Kanal, isoliert mit Diagnose und DC/DC
Bosch	Sicherungs-ASSP	iFuse	bis 48 V, 4-kanalig, Current Sense, DC/DC, U _{reg}
Infineon	BLDC-ASSP	TLE9180D	bis 48 V, 3-kanalig, Current Sense, Diagnose & Safety

Tabelle 7: Gate-Treiber für die elektronische Sicherung (48 V und HV)

Bordnetzen mit bis zu 48 V entwickelt, verfügt er über drei High-Side-Gate-Treiber nebst analogen Verstärkern für die Strommessung über Shunts. Da er ursprünglich für Applikationen wie elektrische Lenkung und Startergenerator entwickelt wurde, verfügt er über Schutzmechanismen und Diagnosefunktionen und bringt damit die idealen Voraussetzungen für den Gebrauch in funktional sicheren Anwendungen mit.

Pyrotechnische Trenner sind Einmalprodukte. Bei entsprechender Auslöseursache erzeugt das Steuergerät eine Zündung. Die Verlustleistung eines stromführenden Heizdrahtes in einer Zündpille lässt einen kleinen Treibsatz ex-

plodieren, dadurch trennt sich eine Sollbruchstelle in einem Leiter. Die ausführliche Behandlung der Zündpillentreiber würde den Rahmen dieses Artikels sprengen.

Hersteller	Art	Baureihe	Beschreibung/Eigenschaften
Littelfuse	Schmelzsicherung	LC-HEV	450 V/425 V, bis zu 30 A/40 A

Tabelle 8: Schmelzsicherungen

Hersteller	Art	Baureihe	Beschreibung/Eigenschaften
AVX	NTC	NC12, NC20	SMD, Größen 0805, 1206
AVX	NTC	NP30, NJ28, NI24	bedrahtet, High Accuracy
AVX	NTC	NR, NK20	kundenspezifische/es Scheibe, Plättchen

Tabelle 9: Temperatursensoren

Li-Ionen-Zellen sind für einen relativ engen Temperaturbereich spezifiziert. Wird dieser überschritten, kann sich die Lebensdauer der Batterie verkürzen oder sie wird sogar irreparabel geschädigt; im Extremfall entsteht ein Thermal Runaway. Dabei wird innerhalb von Millisekunden die gesamte Energie der Batterie frei, sodass die Zelle Feuer fängt oder explodiert. Um dies zu verhindern, sind Sensoren zur Temperaturerfassung nötig. Temperaturabhängige Widerstände (Thermistoren) mit negativem Temperaturkoeffizienten (NTC) bietet AVX in verschiedenen Bauformen.

Echtzeituhrenmodule für BMS

Messwerte effizient erfassen und verarbeiten

Steht ein Elektro- oder Hybridfahrzeug in der Sommerhitze oder lädt an einer Schnellladesäule, besteht die Gefahr, dass die Batterie z.B. durch Überhitzung nachhaltig geschädigt wird. Die kontinuierliche Echtzeitmessung der Batterieparameter ist also ein Muss. Ein geringer Energieverbrauch ist dann besonders wichtig. Echtzeituhrenmodule helfen, ihn so niedrig wie möglich zu halten.



alle Bilder: Epson

VON JOCHEN NELLER,
TECHNISCHER SUPPORT
INDUKTIVITÄTEN & TIMING DEVICES
BEI RUTRONIK,
UND STEFAN HARTMANN,
DEPARTMENT MANAGER QD
BEI EPSON EUROPE

Echtzeituhren holen den Mikrocontroller in vorgegebenen Zeitabständen aus dem Power-down-Modus, sodass ein Batteriemanagementsystem (BMS) regelmäßig die Spannung und Temperatur der Batteriezellen und des Batteriepacks messen und die Daten auswerten kann.

Integrierte oder diskrete Lösung?

Dies lässt sich durch Echtzeituhrenmodule (Real-Time-Clock-Module, RTC-Module) oder

durch Mikrocontroller mit integrierter Echtzeituhrenfunktion plus externem Quarz realisieren. Für die Module mit integriertem Quarz spricht eine ganze Reihe von Argumenten. Dies sind in erster Linie ihre höhere Zuverlässigkeit, präzisere Ganggenauigkeit und geringere Stromaufnahme sowie ihr einfacheres Design. Energieeffizienz ist vor allem dann von Bedeutung, wenn bei Ausfall der Primärversorgung eine alternative Energiequelle die Versorgungsspannung aufrechterhält.

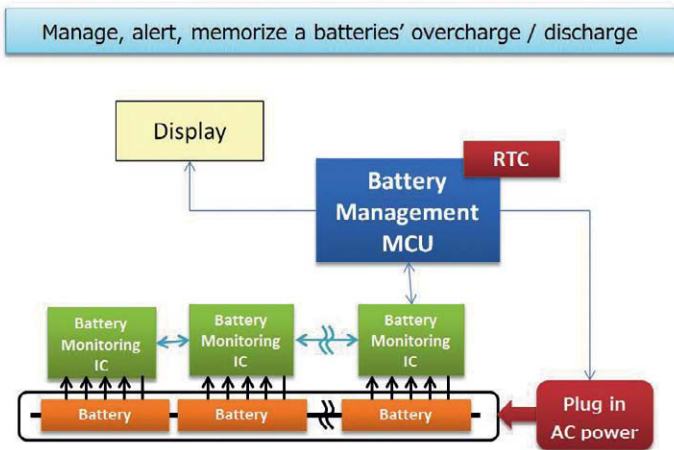


Bild 1: Echtzeituhrenmodule (RTC) sorgen dafür, dass beim Monitoring und Management der Batteriezellen jedem Ereignis ein Echtzeitstempel zugeordnet und dabei möglichst wenig Energie aufgenommen wird.

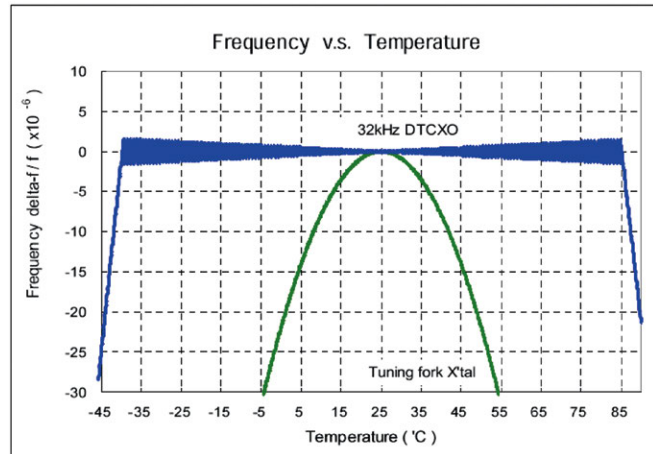


Bild 2: Vergleich des Temperaturganges eines unkompenzierten kHz-Quarzes (grün) und des temperaturkompensierten Echtzeituhrenmoduls RA8900CE von Epson (blau)

Betrachtet man das Design, wird vor allem die Komplexität eines Oszillatordesigns speziell für Uhrenfunktionen häufig unterschätzt. Das führt nicht nur dazu, dass die gewünschte Genauigkeit nicht erzielt wird, sondern es kommt auch zu höheren Ausfallraten, meist wegen zu geringer Anschwingsicherheit. Denn oft wird nur die Initialtoleranz des Quarzes, also die maximale Gangabweichung bei Raumtemperatur, beachtet. Dies führt häufig zu Problemen, weil kHz-Quarze einen Frequenz-Temperaturgang haben, der einer nach unten offenen Parabel folgt. Das bedeutet: Jede Temperaturänderung führt dazu, dass die Uhr nachgeht. Dieser Effekt lässt sich durch eine integrierte Temperaturkompensation erheblich verringern, die nicht nur den parabolisch verlaufenden Temperaturgang ausgleicht, sondern auch die Initialtoleranz kompensiert und so die Ganggenauigkeit erheblich verbessert.

Beim Einsatz eines RTC-Moduls mit integriertem Quarz übernimmt der Bauteillieferant das Oszillatordesign und integriert den Halbleiter und den Quarz in einem hermetisch abgeschlossenen Gehäuse. RTC-Module gibt es in verschiedenen Ausführungen und mit unterschiedlichen Spezialfunktionen wie integriertem EEPROM oder einem Temperatursensor.

Über eine solche integrierte Temperaturkompensation verfügen etwa die RTC-Module der RA8900CE-Serie von Epson. Damit erreichen sie über den Betriebstemperaturbereich von -40 °C bis $+85\text{ °C}$ eine Ganggenauigkeit von $\pm 3,4\text{ ppm}$ (Bild 2). Die Module bestehen aus einem Halbleiter mit I²C-Schnittstelle und einem integrierten Quarz im $3,2\text{ mm} \times 2,5\text{ mm}$ kleinen Gehäuse. Für den Einsatz in Elektro- oder Hybridfahrzeugen sind sie AEC-Q200-spezifiziert. Zudem verfügen sie über eine Schaltung zur automatischen Versorgungsumschaltung auf eine alternative Spannungsquelle (z.B. einen Supercap) für den Fall, dass die Primärversorgung ausfällt. Die Module der RA8900CE-Serie kommen im Backup-Modus mit typ. 700 nA bei 3 V Versorgungsspannung aus.

Ist eine hohe Genauigkeit für einen erweiterten Temperaturbereich erforderlich, empfiehlt sich die RA8804CE-Serie von Epson. Sie arbeitet zwischen $+85\text{ °C}$ und $+105\text{ °C}$ mit einer Genauigkeit von $\pm 8\text{ ppm}$ und zwischen -40 °C und $+85\text{ °C}$ mit $\pm 3,4\text{ ppm}$. Die Module sind AEC-Q100-spezifiziert und verbrauchen nur 350 nA typ. bei 3 V Versorgungsspannung und ausgeschalteten I/O-Ports. Zudem verfügen sie über einen Event-Eingang, der sich nutzen lässt, um externe Ereignisse mit einem Zeitstempel zu versehen.

Beide Serien erfüllen damit die vermehrt gestellten Forderungen nach einer immer höheren Genauigkeit in einem breiteren Temperaturbereich bei kleineren Gehäusen. Wichtige Parameter der Serien sind in der Tabelle zu finden.

Integration in ein BMS

Damit sich die RTC-Module möglichst einfach in ein BMS integrieren lassen, verfügen beide Serien über einen sogenannten Fixed-Cycle-Timer. Dieser generiert in einem vorgegebenen Rhythmus wiederholt einen Interrupt-Impuls, der die Überwachungsfunktion im Mikrocontroller triggern kann. Indem sich der Timer nach einmaliger Programmierung immer wieder selbst neu konfiguriert, um eine neue Zeitmessung zu starten, bleibt der Kommunikationsaufwand für den Mikrocontroller minimal. Das reduziert auch den Systemenergieverbrauch.

Speziell für BMS in Kraftfahrzeugen hat Epson eine ganze Reihe von Echtzeituhrenmodulen mit integriertem Quarz entwickelt. Sie basieren auf der sogenannten QMEMS-Prozesstechnologie. QMEMS nutzt fotolithografische Prozesse zur Bearbeitung der Quarz-Blanks, was speziell bei kleineren Bauformen zu verbesserter Charakteristik führt. QMEMS reduziert vor allem die interne Verlustleistung und damit die Stromaufnahme. Aufgrund der effizienten Fertigungsmethoden sind die Quarz-basierten Echtzeituhrenmodule auch preislich sehr attraktiv und punkten zusätzlich durch niedrigen Stromverbrauch und geringes Phasenrauschen. Da Epson nicht nur den Quarz hausintern fertigt, sondern auch den spezifischen Halbleiter, sind die Komponenten optimal aufeinander abgestimmt und ihre Verfügbarkeit ist gesi-

Item	RA8804CE(XA)	RA8900CE(UA)
Frequency	32.768 kHz	32.768 kHz
IC	EPSON IC	EPSON IC
Operation Temperature Range	$-40\text{...}+105\text{ °C}$	$-40\text{...}+85\text{ °C}$
ftol	@ $-40\text{...}+85\text{ °C}$	$\pm 3,4\text{ ppm}$
	@ $85\text{...}105\text{ °C}$	$\pm 8\text{ ppm}$
Current Consumption (Typ.)	$0.4\text{ }\mu\text{A}$ @VDD = 5 V	$0.72\text{ }\mu\text{A}$ @VDD = 5 V
	$0.35\text{ }\mu\text{A}$ @VDD = 3 V	$0.7\text{ }\mu\text{A}$ @VDD = 3 V

Die wichtigsten Eigenschaften der Epson-Serien in der Übersicht

BMS in Elektro- und Hybridfahrzeugen

Induktive Komponenten für sicheres Arbeiten

Lithium-Ionen-Batterien sind explosive Ladungseinheiten, die sorgfältig gehandhabt werden müssen – vor allem beim Über- und Unterladen, wenn die Batteriezellen in einer „Grauzone“ arbeiten. Je größer und komplexer ein Batteriepack ist, desto komplizierter wird diese Aufgabe. Eigens für Batteriemanagementsysteme entwickelte induktive Bauelemente helfen dabei, sie zu lösen.

VON JOCHEN NELLER,
TECHNISCHER SUPPORT
INDUKTIVITÄTEN & TIMING DEVICES
BEI RUTRONIK

In vielen tragbaren elektronischen Geräten arbeitet bereits ein hochentwickeltes Batteriemanagementsystem (BMS). Die BMS in Elektro-, Hybrid- und Plug-in-Hybridfahrzeugen sind besonders komplex, insbesondere im Hochvoltbordnetz. Die sichere galvanische Trennung bei kaskadierten Batterie-Stacks mit hohen Gleichtaktspannungen ist eine wichtige zentrale Funktion.

Für das Cell-Balancing großer Batteriepacks müssen häufig ganz neue Schaltungstechniken und präzisere Detektionsmethoden entwickelt werden. Entscheidend ist zudem die Isolierung verschiedener Funktionsblöcke, um empfindli-

che Systeme vor der hohen Energie der Batterie zu schützen. Speziell hierfür haben Hersteller induktive Bauelemente wie Trenntransformatoren und Gleichtaktrosseln entwickelt, die die Sicherheit und Gesamtfunktion der Batteriepacks – und damit des Fahrzeugs – signifikant verbessern.

Kritische Aspekte

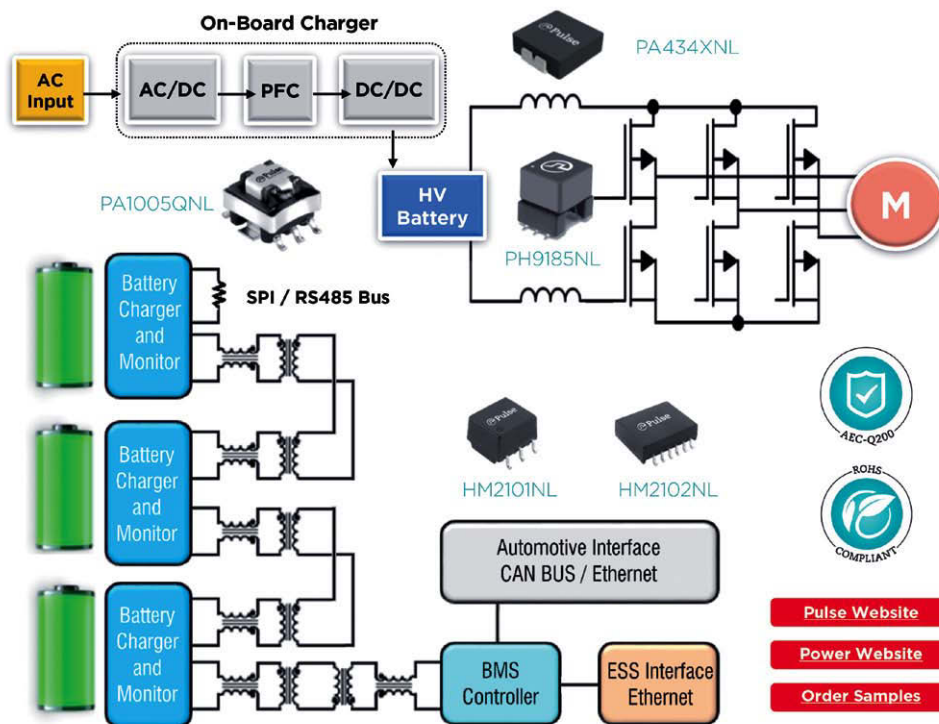
Für das Design eines Batteriepacks sind vor allem zwei besonders kritische Punkte zu berücksichtigen: Erstens führt eine Überladung der Batterie zu Überhitzung. Batteriezellen haben einen relativ eng spezifizierten Temperaturbereich; zu viel Wärme kann sie schädigen oder gar zu einem Thermal Runaway und damit zu einem Brand oder einer Explosion führen. Eine zu starke Erwärmung ist deshalb unbedingt zu verhindern.

Zweitens kann das Entladen der Batterie unter einen bestimmten Schwellenwert zu einer dauerhaften Verringerung der Kapazität führen. Dieser Schwellenwert ist abhängig von der chemischen Zusammensetzung bzw. Technologie der Batterie und ist in den Datenblättern der führenden Hersteller wie Samsung SDI dokumentiert.

Energiefluss regulieren

Das BMS muss in Zusammenarbeit mit dem On-Board-Lader die Batteriezellen auch in diesen Grauzonen des Über- und Unterladens in ihrem spezifizierten Arbeitsbereich halten, um Fehlfunktionen und Schädigungen zu verhindern. Hierfür sind die Grenzen des zulässigen Lade- und Entladestroms sowie der oberen und

alle Bilder: Pulse



Speziell für BMS entwickelte induktive Komponenten isolieren z.B. mehrere Hochenergiezellen voneinander und verbessern so die Sicherheit und Funktion des Gesamtsystems.

unteren Lade- und Entladespannungen einzuhalten. Je nach Topologie übernehmen Halbleiterschalter die Steuerung der Ströme. Bedingt durch die hohen Gleichtaktspannungen werden in der Regel zwischen den niedervoltbasierten Cell-Balancing- und Monitoring-ICs Trenntransformatoren verwendet, um in einer Daisy-Chain-Konfiguration die durchgängige Kommunikation im Stack zu garantieren. Trenntransformatoren mit hohen Isolationsspannungen wie z.B. die PH9185.XXXNL-Serie von Pulse schützen die Steuerschaltung vor hohen Gleichtaktspannungen. Diese Serie ist mit verschiedensten Übersetzungsverhältnissen konfigurierbar.

Über- und Unterspannungen ausgleichen

Über- und Unterspannungen können zu Schädigung oder vorzeitiger Alterung der Zelle führen. Um das zu vermeiden, gilt es, die Batteriespannung entlang des Batterie-Stacks gleichmäßig zu verteilen. Hierfür misst das BMS die Spannung jeder Batteriezelle; über einen Ladungstransfer zwischen den Zellen oder eine einfache Entladung einzelner Zellen werden diese an das Gesamtniveau angeglichen. Bei Zellen mit überdurchschnittlicher Spannung wird das Zuviel an Ladung auf die anderen verteilt.

Überhitzung vermeiden

Damit die Batteriezellen ihren spezifizierten Temperaturbereich nicht verlassen, messen Sensoren kontinuierlich die Temperatur. Übersteigt sie die kritische Marke, unterbricht das Steuersystem den Lade- oder Entladevorgang, bis die Temperatur der überhitzten Zellen wieder einen sicheren Bereich erreicht.

Spannungen ausgleichen

Um den Ladezustand (State of Charge, SoC) zu bestimmen, führt das BMS typischerweise eine sogenannte Coulomb-Zählung durch. Sie bestimmt die Menge an elektrischer Energie, die in jeder Batteriezelle verbleibt, und übermittelt sie über eine EMI-geschützte Schnittstelle an die Steuerungseinheiten. Diese stapelbare Architektur kann bei großen Akkus Hunderte von Zellen unterstützen. So ist sichergestellt, dass alle Zellen gleichmäßig entladen werden und ihre Ladung nicht unter den Schwellenwert sinkt, was ihre Gesamtkapazität dauerhaft reduzierten bzw. zu einer unzulässigen Tiefentladung führen könnte. Dabei ist zu beachten, dass viele in Reihe geschaltete Zellen über die Daisy-Chain-Verbindungen große Spannungspotenzialdifferenzen haben. Dies erfordert eine galvanische Isolation zwischen den Komponenten. Um serielle Kommunikationsverbindungen zwischen Platinen voneinander zu isolieren, eignen sich Transformatoren. Bei Pulse finden Entwickler dank der breiten Palette an Trenntransformatoren in jedem Fall ein Modell, das genau die benötigte Arbeitsspannung, Anzahl an Kanälen sowie Gehäuseform und Gehäuseart mitbringt. Zum Beispiel gibt es die HM11/21xxNL-Serie in zahlreichen Konfigurationen mit verschiedenen Arbeits- und Isolationsspannungen; für jede Applikation ist ein passender Transformator verfügbar. Die Trenntransformatoren sind für viele Chipsets auf dem Markt freigegeben (Renesas/Intersil, Rohm und andere Cell-Balancing-IC-Hersteller).

Stromfluss steuern

Ein bewährter Lade-Algorithmus ist ein Wechsel aus Konstantstrom- und Konstantspannungsphase. Um die Änderungsrate des Strom-

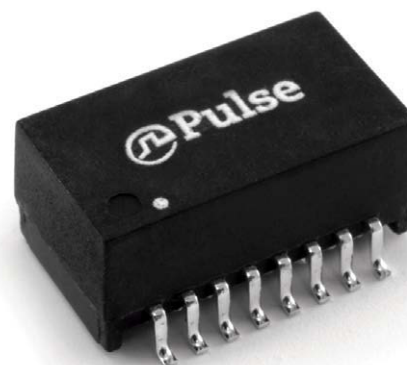


- Besondere Eigenschaften:
- 5000 V rms Isolationsspannung
 - 600 V rms Arbeitsspannung
 - 8 mm Luft- und Kriechstrecke und Reinforced Isolation
 - UL- und TÜV-zertifiziert, AEC-Q200-qualifiziert

Die Trenntransformatoren PH9185.XXXNL von Pulse können eine Steuerschaltung vor zu viel Energie aus einer Batterie schützen.



Veränderungen in der Zellspannung erkennt die Induktivitätsspule PA4334 von Pulse schnell und präzise.



Bei Pulse finden Entwickler eine breite Palette an Trenntransformatoren.

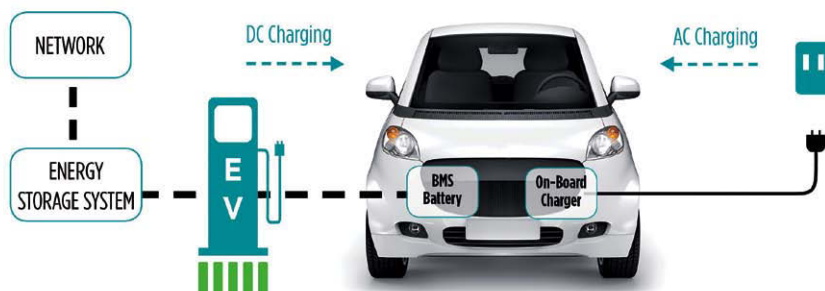
flusses zu begrenzen und die Welligkeit (Ripple) des Ladestroms zu eliminieren, kommen im BMS Hochstrominduktivitäten zum Einsatz. Hierfür eignet sich etwa die PA434xNL-Serie von Pulse.

Den Aufwand wert

Fachgerecht integriert, sind solche robusten BMS auf Basis von innovativen magnetischen Leistungsbauteilen den Mehraufwand definitiv wert. Denn sie können die Leistung und Stabilität jeder Batteriezelle effektiv bewerten und steuern. So verlängern sie die Lebensdauer von Batterien signifikant und machen das Batteriesystem – und damit auch das gesamte Fahrzeug – sicherer.



BATTERY MANAGEMENT SYSTEM POWER & NETWORKING



Mehrstufiger Mixed-Signal-Kompensations-Stromwandler ohne Auflösungsverlust

Neue Wege zur All-Electric-Society

Am Markt gibt es bereits zahlreiche Strom-Messsysteme auf Basis der Kompensations-Stromwandlung. Diese sind jedoch systembedingt in ihrem Messbereich eingeschränkt. Ein Forscherteam der FH Zwickau hat einen mehrstufigen Mixed-Signal-Kompensations-Stromwandler entwickelt, der diese Messungen ohne Auflösungsverlust leisten kann. Das Patent wurde inzwischen erteilt und birgt enormes Potenzial, wie Prof. Lutz Zacharias im Interview erklärt.

Welche Motivation liegt Ihrem Entwicklungsprojekt hinsichtlich Präzisionsstrommessung vermittelt des neuen Strom-Messsystems zugrunde?

Prof. Lutz Zacharias: Natürlich existieren am Markt bereits n+1 und für viele Applikationen gut funktionierende, ausgereifte und auch praxisbewährte Strom-Messsysteme, die auf dem Prinzip der Kompensations-Stromwandlung beruhen. Die Verwendung von konventionellen Stromwandlern unterliegt jedoch einer systembedingten Messbereichseinschränkung. So ist es zum Beispiel bislang nicht möglich, mit einem für einen großen Messbereich ausgelegten Stromwandler (z.B. $I_p = 50 \text{ A}$) kleine Ströme ($I_p \leq 1 \text{ A}$) in der erforderlichen hohen Auflösung zu messen.

Wie schätzen Sie das Anforderungsprofil der Industrie im Hinblick auf präzise Strommessung ein? Und für welche Marktsegmente und Anwendungsbereiche ist der neue Stromsensor besonders interessant?

Mit der erarbeiteten technischen Lösung reagiert unser Forscherteam auf die im Zuge der Energiewende steigenden Anforderungen an die vielfältig eingesetzte Messtechnik zur Ermittlung von Stromverbräuchen. Gerade in modernen Haushalten und Betrieben werden durch neue Verbraucher unterschiedlichster Leistung, wie unter anderem Elektrofahrzeuge oder Home-Automation-Systems, innerhalb einer Anwendung sowohl kleine als auch sehr große Ströme verursacht. Um Stromverbräuche insbe-

sondere in intelligenten Zählern (Smart Meter) korrekt zu erfassen und damit auch genau und effizient abrechnen zu können, werden Entwicklungen wie das patentierte Messverfahren notwendig. Das hierdurch gegebene millionenfache Einsatzpotenzial der Erfindung, unter anderem in Smart Metern, Elektrofahrzeugen und deren Ladeinfrastruktur oder auch in einer Vielzahl moderner industrieller Automatisierungslösungen, kann als Schlüsseltechnologie und signifikanter Meilenstein bei der technischen Umsetzung der Energiewende dienen.

Welche konkreten Verbesserungen ergeben sich dadurch für die vorgesehenen Applikationsbereiche?

Mit einem völlig neuartigen analogen Schaltungsprinzip ist es an der Fakultät Elektrotechnik der Westsächsischen Hochschule Zwickau gelungen, bislang praktizierte Stromwandler-Messverfahren zum Einen so zu verbessern, dass nunmehr eine gezielte Einteilung in mehrere Messstufen ohne Änderung der primären Wandler-Windungszahl realisiert wird. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der neu entwickelten Messanordnung besteht darin, dass eine gleichbleibend hohe Auflösung für jede Messstufe bei gleichzeitig sehr geringem Messrauschen erzielt werden kann. Im Vergleich zu bisherigen Lösungen bietet die Erfindung durch Quantisierung des großen, zur Verfügung stehenden Messbereichs den Vorteil der kontinuierlichen Messung, das heißt, es ist keine Unterbrechung des Messvorgangs zur Erfassung des Messwertes nötig. Des Weiteren beinhaltet die gefundene technische Lösung den Vorteil der Isolation durch Verzicht auf Shunts im Lastkreis. Die sich anschließende Messwertverarbeitung und Signalausgabe können digital, zum Beispiel mit einem Mikrocontroller, erfolgen (Bild S. 99).

alle Bilder: FH Zwickau

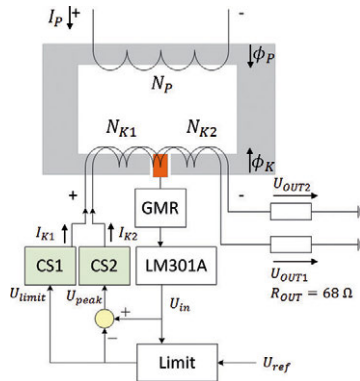


Dies alles hört sich sehr komplex an. Können Sie das Wesen Ihrer Erfindung kurz und verständlich umreißen?

Die Grundidee gestaltet sich im Nachhinein betrachtet (wie bei so Vielem) recht einfach: Zunächst handelt es sich dabei um ein Kompensationsstromwandlerverfahren, bei dem das Ausgangssignal einer GMR-Messbrücke auf eine spezielle Auswerteelektronik geleitet wird. Durch die Kaskadierung solcher vorstehend beschriebenen Wandlerstufen erhält man eine applikationsspezifisch skalierbare Messanordnung sowohl in Bezug auf die geforderte Auflösung als auch hinsichtlich des angestrebten Messbereiches mit den bereits erwähnten Vorteilen. Das grundlegende Novum bei der hier vorliegenden Messanordnung besteht in dem Umstand, dass (gemäß des gerade zu messenden Strom-Augenblickswertes) jeweils nur die dafür zuständige Strombereichs-Wandlerstufe der Kaskade aktiv sein muss und dabei bei einer notwendigen Umschaltung zwischen den Wandlerstufen dies unterbrechungsfrei geschehen kann. Für alle diejenigen Leser, die sich eingehender mit der Materie befassen wollen, sei an dieser Stelle auf die Primärquelle – die Patentschrift – verwiesen.

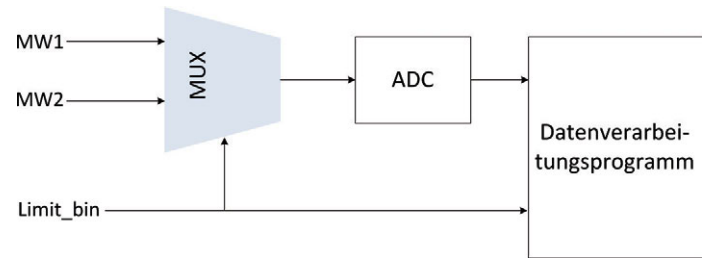
Wie präzise ist diese Messung konkret? Um welche Größenordnung besser misst das neue Sensorsystem?

Maßgebend hierfür ist die Genauigkeitsklasse der jeweilig aktiven, für einen definierten



Strombereich zuständiger Wandlerstufe. Versuchen wir, uns dies anhand eines konkreten Beispiels zu illustrieren, und greifen dazu noch einmal den eingangs angeführten Anwendungsfall auf:

Es sei davon ausgegangen, dass im Betrieb einer Messanordnung sowohl hohe ($I_{pmax} = 50 \text{ A}$) als auch sehr niedrige zu messende Ströme ($I_{pmin} \leq 1 \text{ A}$) auftreten. Am Markt befindliche einstufige Standard-Stromwandler werden mit einem typischen Genauigkeitsgrenzwert von beispielsweise 1 % angeboten. Dies erweist sich für bestimmte Anwendungen oft als nicht ausreichend. Teilt man jedoch den Gesamtmessbereich von 50 A in vier gleiche Einzelstufen auf, z.B. Stufe 1 mit 0 bis 12,5 A, Stufe 2 mit 12,5 bis 25 A, Stufe 3 mit 25 bis 37,5 A und Stufe 4 mit 37,5 bis 50 A, wobei jede dieser Einzelstufen ebenfalls mit 1 % toleriert sei, erhält man bei Verwendung unserer



Prinzipschaltung für einen Wandler in zweistufiger Ausführung

Messanordnung nunmehr einen Genauigkeitsgrenzwert von 0,25 % bezogen auf den Gesamtmessbereich. Verabsolutiert kann der einstufige Wandler die 50 A also nur auf 0,5 A genau auflösen. Mit unserem 4-Stufen-Wandler à 12,5 A pro Stufe erreicht man 0,125 A Auflösung über den gesamten 50-A-Bereich. Andersherum formuliert: Bei der Verwendung unseres im Beispiel beschriebenen Kompensationsstromwandlers erreicht man die vierfache Präzision der jeweiligen Einzelstufe. Die Präzision ist somit prinzipiell über die Stufung skalierbar.

Wir haben es also mit einer mehrstufigen, wenn man es negativ formuliert, doch recht aufwändigen Messelektronik zu tun. Lohnt sich das?

Das zahlt sich auf alle Fälle aus, und zwar vor allem dann, wenn die Präzision herkömmlicher Kompensationsstromwandler nicht mehr aus-



Kurzportrait Prof. Lutz Zacharias

Gelernter Elektriker. Studium der Technischen Kybernetik und Automatisierungstechnik an der Technischen Universität Chemnitz bis 1987.

1986 Wissenschaftlicher Studienaufenthalt am Nowosibirsker Elektrotechnischen Institut (NETI), Russland.

1988 – 1991 Forschungsassistent an der Technischen Universität Chemnitz

1992 Promotion auf dem Gebiet der digitalen Lageregelung.

1992 – 2005 Verschiedene Industrietätigkeiten als Entwicklungs- und Applikationsingenieur sowie im strategischen technischen Marketing, zuletzt als Technical Marketing Director Europe bei der SIMEC GmbH & Co KG/ Ansoft Corporation.



Industrielle Automatisierungstechnik
Modellbildung und Simulation
Zeitdiskrete Systeme

Seit Sept. 2005 Professor für Regelungs- und Steuerungstechnik an der Westsächsischen Hochschule Zwickau.

Hauptforschungsgebiete:

- Innovative digitale Regelungen für elektronische Stromversorgungen und elektrische Antriebe
- Theorie der robusten Regelungen und deren Echtzeit-Implementation
- Power-Management für hybride Energiespeichersysteme
- Electronic Design-Automation

Wesentliche Lehrgebiete:

- Systemtheorie
- Regelungstechnik

reicht. Dann überwiegt der Zuwachs an Gebrauchswert einen eventuell schaltungstechnischen Mehraufwand bei Weitem.

Auch um eventuellen Aufwands- sowie Kosten-Nutzen-Diskussionen zu begegnen: Wie beurteilen Sie die Möglichkeit der Umsetzung auf einem Halbleiterchip?

Das ist durchaus vorstellbar. Das vorhandene, breite Anwendungsspektrum impliziert hohe zu erwartende Komponentenstückzahlen. Eine Implementation z.B. als SoC verspricht in diesem Kontext ein hohes technisches und ökonomisches Optimierungspotenzial.

Wie verhält es sich mit der Dynamik Ihres Messprinzips, welche Bandbreiten können erreicht werden?

Im direkten Vergleich verringert sich die Bandbreite natürlich zunächst systembedingt. Nehmen wir an, eine Messwandlerstufe unseres kaskadierten Systems habe die gleiche Dynamik wie die einzelne Stufe eines einstufigen Wandlers. Bei vier Stufen würde sich die Dynamik demgemäß um den Faktor vier verringern, da sich die Signalanstiegszeiten pro Stufe addieren.

Gute einstufige Wandler erreichen bis 200 kHz, bei demgegenüber vier Wandlern in unserer Beispiel-Messanordnung ist eine Bandbreite in Größenordnung von 50 kHz re-

alistisch. Dies erweist sich im avisierten Applikationsbereich als vollauf genügend. Für andere Anwendungen mit strengeren Anforderungen sind mit unserer Messanordnung auch höhere Bandbreiten durchaus möglich. Gewünschte Dynamikerhöhungen lassen sich durch Detailverbesserungen in der Schaltungstechnik, wie Fortschritten der Halbleitertechnologie, neue OPV-Generationen usw., realisieren.

Welche Software würden Sie Industrie-Entwicklern empfehlen, um solche komplexen Probleme zu lösen? Genügt Standard-Software oder können Sie uns in kurzen Worten die Design-Tool-Chain erklären, die Ihr Team verwendet hat?

Im Nachgang betrachtet ist all dies kein Hexenwerk, dementsprechend bleibt die hierfür nötige materiell-technische Basis bescheiden. Es genügen zunächst solide Kenntnisse in der analogen und digitalen Schaltungsentwicklung. Vielleicht besteht aber zumindest in letzterer gegenwärtig eine nicht zu unterschätzende Herausforderung. Wenn Sie mir in diesem Kontext eine Bemerkung in eigener Sache gestatten wollen: Genannte Skills wären durch ein Elektrotechnik-Studium an der Westsächsischen Hochschule – und wir bilden nach wie vor Diplomingenieure aus – praxisnah vermittelbar. In Sachen Entwicklungswerkzeugen genügen zeitgemäße Standard-Schaltungs- und Systemsimulatoren vollauf

den in diesem Zusammenhang zu stellenden Anforderungen.

Welchen Kooperationspartner aus der Industrie würden Sie sich für eine Serienfertigung wünschen? Eher einen Industriekunden im Anwendungsbereich oder eher einen Hersteller von Schaltkreisen beziehungsweise Bauelementehersteller?

Dafür gibt es meiner Ansicht nach keine kategorische Entweder-Oder-Option. Vielmehr ist abzuwägen, in welchen Größenordnungen sich Produktstückzahlen auch in einzelnen Unternehmen bewegen, in deren Produkten unser Messsystem vorteilhaft verbaut werden soll. Geht es um Großserien (wie etwa bei Smart Metern oder auch elektronischen Stromversorgungen), könnte ein potenzieller Endfertiger durchaus bereit und in der Lage sein, eine entsprechende Funktionseinheit selbst zu designen bzw. auch wirtschaftlich zu produzieren.

Genauso interessant ist allerdings eine Komponente mit einem solchen Marktpotenzial natürlich für einen spezialisierten Hersteller kundenspezifischer ICs und Halbleiterkomponenten. Für die zu implementierende Systemstruktur bietet sich, wie bereits erwähnt, eine SoC-Lösung ja an.

Sehr eindrucksvoll. Wie konnte an einer öffentlichen Bildungseinrichtung ein solch anspruchsvolles Forschungs- und Entwicklungsprojekt bis zur Patentreife vorangebracht werden? Wurden hierfür Bundes- oder EU-Förderprogramme genutzt?

Für das in Rede stehende, nunmehr erfolgreich abgeschlossene Forschungsprojekt wurden keinerlei öffentliche Fördergelder beantragt respektive verausgabt. Gern zeigen wir allen potenziellen Interessenten die Leistungsfähigkeit des im Ergebnis des Projektes entstandenen Demonstrators.

Das – wenn Sie so wollen – Erfolgsgeheimnis liegt vielmehr im plan- und fruchtbaren Zusammenwirken unseres „Mehr-Generationen-R&D-Projektteams“, denn dadurch war es möglich, jugendlichen Elan mit langjährigen beruflichen Erfahrungen und Kenntnissen ziel führend zu kombinieren.

Ein wesentlicher Innovationsgarant erwuchs nicht zuletzt aus der sehr guten und unbürokratischen Unterstützung unserer zentralen Hochschuladministration sowie unserem Dezernat für Forschung und Drittmittelangelegenheiten. ■



Der Eintrag beim Deutschen Patent- und Markenamt zum Patent

DE 102016110187 B4, Messvorrichtung und Messverfahren zur Strommessung

„Die vorliegende Erfindung betrifft eine Messvorrichtung mit einer mit einem ersten Strom unter Ausbildung eines ersten Magnetfeldes speisbaren Primärwicklungseinheit, einer mit einem zweiten Strom unter Ausbildung eines das erste Magnetfeld zumindest teilweise kompensierenden zweiten Magnetfeldes speisbaren Gegenfeldwicklungseinheit und einer Magnetfeldmesseinrichtung zum Erfassen eines von der Primärwicklungseinheit und der Gegenfeldwicklungseinheit ausgebildeten Gesamtmagnetfeldes, wobei die Gegenfeldwicklungseinheit n einzelne, magnetisch in Reihe zueinander geschaltete Gegenfeldwicklungen aufweist, wobei n eine natürliche Zahl und größer gleich 2

ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Messverfahren, bei dem eine Primärwicklungseinheit einer Messvorrichtung mit einem ersten Strom unter Ausbildung eines ersten Magnetfeldes gespeist wird, eine Gegenfeldwicklungseinheit der Messvorrichtung mit einem zweiten Strom unter Ausbildung eines das erste Magnetfeld zumindest teilweise kompensierenden zweiten Magnetfeldes gespeist wird, durch eine Magnetfeldmesseinrichtung ein von der Primärwicklungseinheit und der Gegenfeldwicklungseinheit ausgebildetes Gesamtmagnetfeld erfasst wird und der zweite Strom so eingestellt wird, dass das Gesamtmagnetfeld zu Null wird.“ (Quelle: www.dpma.de)

Autarke Sensorsysteme für IoT-Anwendungen

Sensornetze können auch nachträglich installiert werden und helfen, die Produktivität einer Anlage signifikant zu erhöhen.

Für den Entwurf und Aufbau ist jedoch einiges zu berücksichtigen.

VON DR. CHRISTIAN VIEHWEGER,
TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

Drahtlose energieautarke Sensorsysteme zählen zu den Grundbestandteilen einer vernetzten Welt. Sie ermöglichen Messsysteme an relevanten Orten, übernehmen Überwachungs- und Steuerungsaufgaben, sammeln Informationen und sorgen für Sicherheit. Die Vorstellung, Prozesse allumfassend überwachen, steuern und analysieren zu können, fasziniert. Vorgänge lassen sich damit effizienter und ressourcenschonender regeln. Neben Optimierungen gehören auch sicherheits- und zuverlässigkeitskritische Aufgaben zum Portfolio eines Sensornetzes. So lassen sich beispielsweise Verschleiß detektieren, Ausfallkriterien überwachen oder Alarmzustände erkennen. Ein besonderer Vorteil eines Sensornetzes ist die Möglichkeit, ältere Anlagen nachzurüsten. Damit lassen sich moderne Funktionalitäten auch für bereits bestehende

Technik anwenden. Nebenher werden dabei Inkompatibilitäten vermieden, zum Beispiel, wenn zwei Maschinen verschiedener Hersteller auf unterschiedliche Standards setzen.

Herausforderungen in der Vernetzung von Systemen

In realen Einsatzszenarien werden die Möglichkeiten der Systeme nur durch eine Reihe von technischen Limitierungen und Rahmenbedingungen beschränkt. In der Regel soll eine Integration ohne Störung bestehender Abläufe erreicht werden. Die Sensorik soll in ihrer Umgebung aufgehen, ohne dass diese angepasst werden muss. Bereits das Verlegen von Kabeln beispielsweise kann bauliche Änderungen an der Einrichtung erfordern und sollte vermieden werden.

Weiterhin ist ein zuverlässiger und dauerhafter Betrieb erforderlich. Falsche Informationen oder ein Ausfall können fatale Folgeschäden verursachen. Dies gilt es unbedingt zu vermeiden. Das Vertrauen in die Funktionalität gehört ebenso zur Nutzerakzeptanz wie die Bedienbarkeit. Oft werden die Systeme von Personen verwendet, welche nicht im Speziellen über Kenntnisse zu den technischen Hintergründen verfügen. Sie sind darauf angewiesen, dass beispielsweise eine Vernetzung automatisch funktioniert. Nur durch die breite Akzeptanz

ist ein umfassender Einsatz gewährleistet, welcher die Grundlage für das Konzept darstellt.

Neben den technischen und einsatzspezifischen Herausforderungen spielen letztendlich auch die Kosten eine große Rolle. Drahtlose Sensornetze zeigen ihre Stärke vor allem beim Einsatz einer Vielzahl an einzelnen Knoten. Hierfür müssen sowohl Anschaffungs- als auch Wartungskosten niedrig sein. Im Idealfall werden die Systeme einmal appliziert und müssen danach nicht mehr beachtet werden.

Schlüsseltechnologien für erfolgreiche Umsetzungen

Der meiste Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich autarker Sensornetze besteht heutzutage in der Energieversorgung und in der Funkkommunikation. Der Bereich Funk stellt wiederum den größten Energieverbraucher im System dar. Die übrigen Bestandteile, beispielsweise Sensoren oder Mikrocontroller, sind oft kostengünstig und in energiesparsamer Version erhältlich. Diese stellen in der Regel für die Entwicklung von drahtlosen Sensorsystemen kein Hindernis mehr dar.

Eine autarke Energieversorgung ist die Grundlage für einen Sensorknoten. Über Energy-Harvesting wird die Elektronik mithilfe von Solarzellen, thermoelektrischen oder kinetischen

alle Bilder: TU Chemnitz

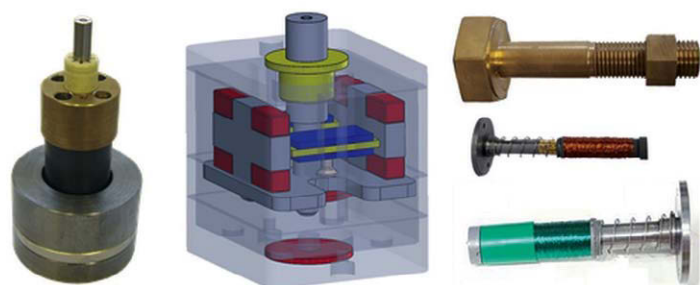


Bild 1: Unterschiedliche Bauformen von Vibrationsenergiewandlern, realisiert am Lehrstuhl für Mess- und Sensortechnik der TU Chemnitz. Durch die Wandlung von kinetischer in elektrische Energie lassen sich Systeme zuverlässig versorgen. Typischerweise treten an Maschinen und Anlagen Vibrationen auf, welche gewandelt werden können. Neben induktiven, piezoelektrischen oder kapazitiven Wandlungsprinzipien forscht das Institut auch zu kombinierten Wandlern, beispielsweise mit Hilfe des magnetostruktiven Effekts, welche die Wirkung noch verstärken.



Bild 2: Energiewandler für Solar- und thermische Energie, realisiert am Lehrstuhl für Mess- und Sensortechnik der TU Chemnitz. Die Abwärme von Anlagen, umgewandelt mithilfe des Seebeck-Effekts, lässt sich gezielt nutzen, um Elektronik zu betreiben. Solarzellen dienen nicht nur in der Sonne der Energiebereitstellung, sondern können auch bei künstlicher Beleuchtung arbeiten. Eine genaue Anpassung zwischen Zelle und Lichtquelle ermöglicht eine hohe Ausbeute. Speziell in Produktionsumgebungen ermöglicht die konstante Beleuchtung eine zuverlässige Versorgung von Sensornetzen.

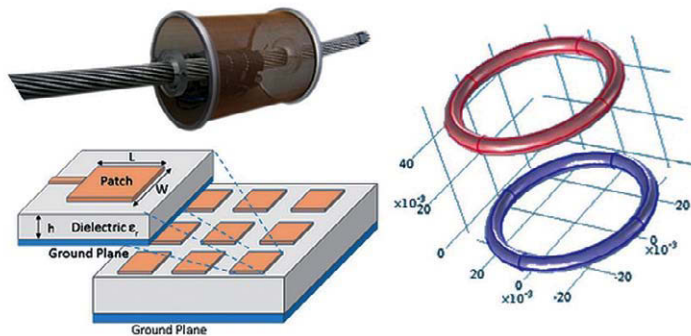


Bild 3: Spezialanwendungen für die Versorgung von Sensorsystemen. Durch die Nutzung von drahtloser Energieübertragung können auch schwer erreichbare Knoten, bewegte Elemente oder gekapselte Teile erreicht werden. Für kurze Entfernungen und hohe Leistungen bieten sich induktiv gekoppelte Spulen an. Für größere Distanzen eignet sich HF-Übertragung. Hierbei fällt die erzielbare Leistung geringer aus. Je nach Einsatzumgebung kann auch ein Randfeld kapazitiv oder induktiv genutzt werden.

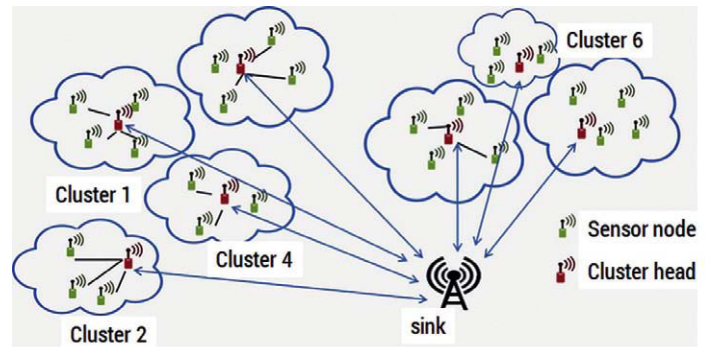


Bild 4: Clusterbasierte Kommunikation. Die Netztopologie entscheidet über viele Parameter, beispielsweise die Reaktionsgeschwindigkeit, den Datendurchsatz, die energetische Auslastung oder die Komplexität eines einzelnen Knotens. Kommunizieren alle Sensoren mit einer Basisstation, ergeben sich neue Herausforderungen hinsichtlich Kollisionsprävention. Auch muss ein Einzelknoten komplexere Hardware vorweisen. Einzeln mit lokalen Basisstationen (Cluster Heads) kann die Last verteilt werden und ein Netzwerk kann gleichmäßiger ausgelastet werden.

Energiewandlern, drahtloser Energieübertragung oder Ähnlichem versorgt. Der Energiewandler kann dabei sowohl den Bedürfnissen des Verbrauchers als auch der Quelle angepasst werden, zum Beispiel durch Skalierung, Technologiebasis oder Material. Für Anwendungsfälle an schwer zugänglichen, gekapselten oder bewegten Teilen kann eine drahtlose Energieübertragung die Versorgung des Systems gewährleisten. Hierbei wird beispielsweise über Spulen induktiv eingekoppelt. Die autarke Energieversorgung macht den Knoten frei von weiterem Wartungsaufwand oder Folgekosten durch Batterien.

Die Vernetzung der Sensoren im Nahbereich erfolgt nach Stand der Technik meistens mit

ZigBee. Dieses energiesparende Funkprotokoll ermöglicht unterschiedliche Netztopologien, die je nach Anwendungsfall angepasst werden können. Abhängig davon, ob sternförmige, vermaschte oder clusterbasierte Verbindungen genutzt werden, verändert sich der Energieverbrauch im Netz. Sowohl eine gleichmäßige Auslastung als auch die Konzentration auf eine Basisstation ist damit möglich. Neben der Netztopologie spielt ebenfalls die intelligente Datenweitergabe eine wichtige Rolle. So kann je nach verfügbarer Hardware eine Datenvorverarbeitung erfolgen oder eine Übermittlung findet nur statt, wenn sich ein Wert signifikant geändert hat. Dies reduziert das Datenaufkommen, was von besonderem Interesse ist, da die Kommunikation in der Regel den deutlich

überwiegenden Teil des Energieverbrauchs ausmacht.

Die Vielfalt der Anwendungen

Einsatzbereiche für drahtlose Sensornetze gibt es in diversen Kontexten: im Lebensmittelanbau, der Wasserwirtschaft, für Sicherheitssysteme, im Verkehr, im Gesundheitsbereich und vielem mehr. Speziell im industriellen Bereich bieten sich zahlreiche Möglichkeiten, beispielsweise in der Maschinen- und Anlagenüberwachung, bei Lagerhaltungs- und Transportsystemen oder in der Materialwirtschaft. Höchst interessant ist dabei die Möglichkeit, nicht nur neue Bereiche mit intelligenten Sen-



Kurzprofil

Technische Universität Chemnitz

Die TU Chemnitz steht für exzellente Forschung. Bereits heute werden die drängenden gesellschaftlichen Fragestellungen der Zukunft mit den Kernaspekten Materialien und intelligente Systeme, ressourceneffiziente Produktion und Leichtbau, Mensch und Technik auf die Agenda gesetzt und durch Ergebnisse der Grundlagenforschung und der anwendungsorientierten Forschung zu aussichtsreichen Lösungen geführt. Die TU Chemnitz beteiligt sich seit 2012 an der Bundesexzellenzinitiative mit dem ersten und einzigen Bundesexzellenzcluster auf dem Gebiet der Leichtbauforschung.

Forschungsschwerpunkt der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik sind Mikrosystemtechnik und Nanoelektronik, Smart Systems Integration (Miniaturisierung von Komponenten und Systemen, Sensoren, Aktoren, Schaltkreisen), Entwurf, Technologie, Test und Applikation von Komponenten und Systemen, intelligente Sensoren auf Basis von neuartigen Technologien, Schnittstellen zwischen Nano-, Mikro- und Makrowelt sowie die Zuverlässigkeit von Komponenten und Systemen.

In der Professur für Mess- und Sensortechnik bündelt sich eine umfassende Erfahrung in den Bereichen Sensorik, Systementwurf, Signalverarbeitung und Embedded Systems. Die Forschung fokussiert auf die Bereiche drahtlose energieautarke Sensoren, Impedanzspektroskopie, Nanokomposit-Sensoren und Energiespeicherdiagnose. Durch enge Kooperationen mit Industrieunternehmen konnten bereits verschiedenste Ergebnisse der Grundlagenforschung in Produkte umgesetzt werden, so zum Beispiel drahtlose Sensorsysteme zur Produktionsüberwachung, Messgeräte zur Kabeldiagnose, Batteriemanagementsysteme oder taktile Sensoren.

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Olfa Kanoun
 mst@tu-chemnitz.de, www.tu-chemnitz.de/etit/messtech/
 Technische Universität Chemnitz
 Elektrotechnik und Informationstechnik
 Professur für Mess- und Sensortechnik
 Reichenhainer Straße 70, 09126 Chemnitz

sorsystemen auszustatten, sondern auch bestehende nachzurüsten. Durch die Funkanbindung und Energieautarkie lassen sich die Sensoren unkompliziert applizieren. Dies eröffnet völlig neue Horizonte. Bestehende Produktionsanlagen können nachträglich „intelligent“ gemacht werden, ihre Effizienz und Ausfallsicherheit kann gesteigert werden, Prozessüberwachung wird möglich und vieles

mehr. Einem Unternehmen steht damit ein mächtiges Werkzeug zur Verfügung, um ohne hohen Kostenaufwand eine deutliche Produktivitätssteigerung zu erreichen.

Die zukünftige Entwicklung der autarken Sensorsysteme im industriellen Umfeld wird sich außer auf Spezialsysteme weiter auf eine Vereinheitlichung von Anwendungen konzentrie-

ren. Dies ermöglicht größere Stückzahlen an Knoten und reduziert somit die Kosten. Die zusätzliche Integration in Cloud-Systeme durch den Einsatz neuer Fernübertragungsprotokolle, beispielsweise NB-IoT, wird die Nutzerinteraktion vereinfachen und die Akzeptanz der Systeme weiter verbessern. Der ständigen Verfügbarkeit von Statusinformationen steht somit nichts im Wege. ■

Embedded Analytics

Machine-Learning und Sensorfusion auf Embedded-MCU

Mit maschinellem Lernen bzw. selbstlernenden Algorithmen werden derzeit viele Heilsversprechen verknüpft. Bei Sensor-Anwendungen im Bereich Predictive Maintenance kann ein ARM-basierter Mikrocontroller völlig ausreichend sein, um KI-Algorithmen zu implementieren. Das hat Andreas Mangler, Director Strategic Marketing & Communications bei Rutronik, mit seinem technischen Team bewiesen.

Herr Mangler, Sie haben mit Ihrem Team Algorithmen entwickelt, die weder eine Cloud noch einen performanten PC benötigen, sondern auf einem Mikrocontroller ausgeführt werden. Warum?

Andreas Mangler: Wir sehen die klare Forderung in vielen Industriefeldern, die Analyse und Auswertung der Daten nicht extern bei einem Dienstleister oder auf einem dezentralen Industrie-PC zu realisieren, sondern alles in einem eigenständigen, geschützten Umfeld als Embedded-MCU-basiertes System, also als Embedded Analytics umzusetzen. Das Ganze idealerweise mit entsprechender Hardwareverschlüsselung. Der Schutz der IP und die Echtzeitfähigkeit des Systems stehen im Mittelpunkt der Entscheidung für Embedded Analytics, insbesondere der Schutz der Rohdaten und der verwendeten Algorithmen. Dabei basieren Embedded-Analytics-Systeme meist auf mathematischen Modellen, Mustern und Funktionen, mit denen ein Soll/Ist-Vergleich mit den bereits angelegten Daten und den gemessenen Daten durchgeführt wird.

Eine mögliche Maßnahme ist die Verwendung von stochastischen Filtern, die von der Memory-Organisation der MCU gut unterstützt



werden können. Eine andere Option ist die Verwendung von IIR-Filtern statt einer blockorientierten FIR-Filterung als Digitalfilter, und zwar unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gruppenlaufzeit und Einschwingverhalten der Filtertopologien.

Das klingt im ersten Moment einfach, ist es aber sicherlich nicht. Wie kann man sich das in der Praxis vorstellen, solche große Datenmengen und Algorithmen in

einem kleinen Mikrocontroller zu verarbeiten?

Die Problemstellung bei der Sensorfusion ist mit dem Schlagwort VUCA gut beschrieben, d.h. Volatility, Uncertainty, Complexity und Ambiguity. Volatilität entsteht dadurch, dass sich das System ständig hinsichtlich seiner Daten, Dynamik, Geschwindigkeit und Grenzwerte ändert. Unsicherheiten gibt es z.B. durch Rauschen und nicht vorhersehbare Ereignisse. Zudem sind die Systeme typischerweise komplex und es gibt Mehrdeutigkeiten, da manche Zustände verschiedene Ursachen haben können. Das Ziel besteht darin, diese „versteckten“ Informationen abzuschätzen, um das System besser beschreiben zu können. Allein schon mit dem vorherigen groben Abschätzen des Zustandes können Daten reduziert werden.

Die Formel lautet: Datenreduktion plus schlanke Algorithmen, die richtig kombiniert werden. Dabei sind vier Schritte notwendig: erstens die Sensoreinsatzplanung, also: Wie viele Sensoren von welchem Sensortyp werden wo benötigt? Im zweiten Schritt folgt die Datenauswahl, also die Frage: Welche Daten sind tatsächlich erforderlich, um Anomalien zu erkennen? So wird aus Big Data

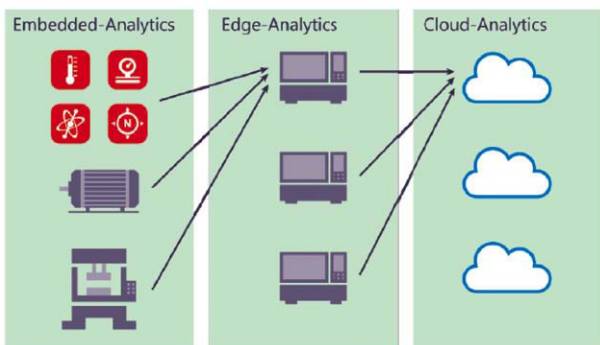


Bild 1: Mit jedem Schritt von rechts nach links steht weniger Rechenkapazität und Speicherplatz zur Verfügung, d.h. aus Big Data muss Smart Data werden und statt umfangreicher Algorithmen sind schlanke, selbstlernende Algorithmen gefordert.

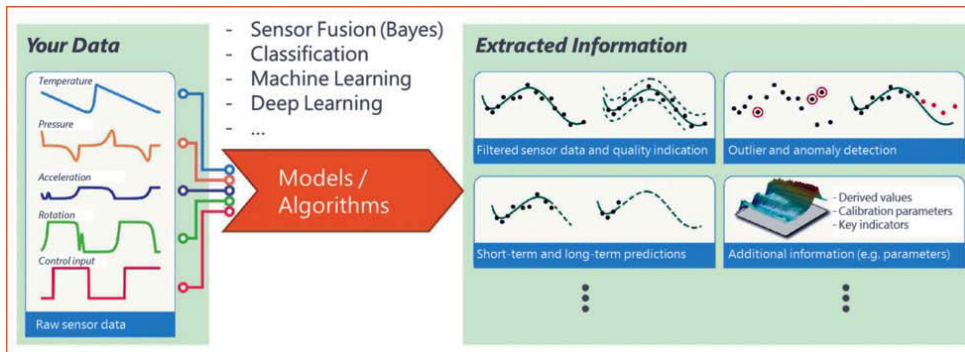


Bild 2: Prinzip der Sensorfusion und Extraktion der Daten

alle Bilder: Knowtion

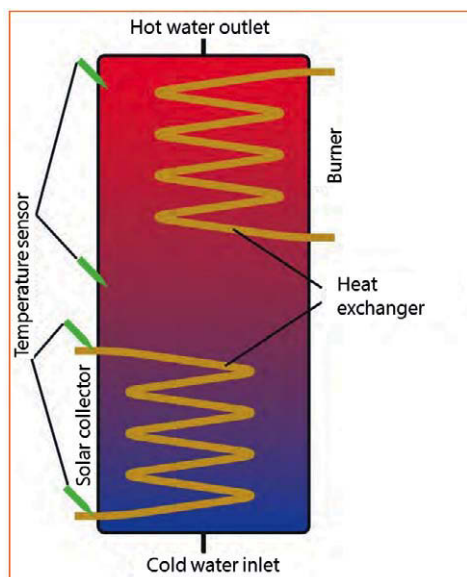


Bild 3: Schematischer Aufbau eines Warmwasserspeichers mit PV-Anlage und mehreren Temperatursensoren

Smart Data. Die Kunst besteht vor allem darin, genau so viele Daten auszuwählen, wie nötig sind, und so wenig wie möglich und dabei die richtigen zu nehmen. Im dritten Schritt sind die Algorithmen für die Vorfilterung zu wählen. Dann folgt im vierten Schritt die für die Analyse notwendige Parameter-Extraktion. Alle Schritte müssen exakt auf das System und die Fragestellung abgestimmt sein und es ist das grundsätzliche Problem der synchronen Datenverarbeitung bei der Sensorfusion zu berücksichtigen.

Wie lässt sich das in der MCU umsetzen?

Hierfür werden das physikalische System und die möglichen Zustände in der Realität betrachtet und beschrieben. Dies führt dann zu einer Zustandsabschätzung. Solche Modelle können vorab im Labor definiert und in der Look-up-Table des Mikrocontrollers abgelegt werden. Dann lassen sich die Sensordaten mit dem Modell vergleichen und Ausreißer schnell

als Anomalie erkennen. Damit sind weniger Messpunkte nötig, was Speicherplatz spart.

Können Sie das an einem praktischen Beispiel erläutern?

Ja; eine typische Anwendung wäre ein intelligenter Warmwasserspeicher, der mit einer Photovoltaik-Anlage verbunden ist. Ich beginne mit der Sensoreinsatzplanung und lege fest, dass mehrere Temperatursensoren sowie Druck- und Beschleunigungssensoren gebraucht werden.

Nun kommt die Zustandsabschätzung: Da ich z.B. weiß, dass sich die Temperatur am Sonnenkollektor hierzulande nur zwischen -20 °C und +50 °C bewegen wird, können alle Daten außerhalb dieser Grenze wegfallen. Das Wasser im Speicher kann sich, rein physikalisch betrachtet, nicht von einer Minute auf die nächste um 30 °C erhöhen; so lässt sich das dynamische Verhalten über den Zeit- oder Frequenzbereich ebenfalls einschränken. Und ein Temperaturunterschied von einem Grad hat noch keinen Einfluss auf das System. Somit brauchen die Daten nur bis zu einer Detailtiefe von einem Grad analysiert werden.

Im nächsten Schritt gilt es, die relevanten Parameter für die Aufgabenstellung zu identifizieren, z.B. Schutz vor Überhitzung. Hierfür spielt die Temperatur der Sonnenkollektoren, des Kalt- und Warmwasserzuflusses, des Wärmetauschers und des Brenners eine Rolle. Deren Daten gilt es aus der Sensorfusion herauszufiltern. Alle anderen brauchen nicht in die Analyse einzufließen. Darauf folgen weitere Filter, um die Datenmenge weiter zu reduzieren. Es geht also primär um die Parameteridentifikation, die mein Gesamtsystem beeinflussen.

Damit liegen jetzt ausgewählte, gefilterte Daten vor. Was folgt als Nächstes?

Nun lassen sich beispielsweise über statistische Filter bestimmte Muster und damit Anomalien erkennen – und das sind ja die inte-

ressanten Punkte, um in unserem Beispiel eine Überhitzung frühzeitig zu erkennen. Indem ich die Anomalien herausfiltere, kann ich die Datenanalyse auf diese beschränken.

Um nun die Anomalien zu beschreiben, gilt es, die Extremwerte des Systems, also die Minimal- und Maximalwerte und die Wendepunkte, mathematisch zu beschreiben. Bei Cloud- und Edge-Analytics wird das mit Differenzialgleichungen realisiert. Doch für Embedded Analytics sind diese zu umfangreich. Deshalb haben wir die mathematische Kurvendiskussion durch ein selbstlernendes Iterationsverfahren ersetzt. Das ist prinzipiell keine hohe Wissenschaft, sondern Mathematik, die den Studenten in jedem naturwissenschaftlichen Grundstudium im ersten Jahr beigebracht wird. Für die Extraktion der Daten und die spätere Visualisierung ist eine zweidimensionale Darstellung hilfreich, um danach eine dreidimensionale Darstellung zu wählen, um bestimmte identifizierte Parameter auf die z-Achse der Darstellung zu legen. Dies ist quasi mit einer topologischen Landkarte der Sensordaten vergleichbar.

Wie sind Sie hierfür vorgegangen?

Um die Extremwerte erkennbar zu machen und damit später die Sensor-Modelldaten zu vergleichen, haben wir eine dreidimensionale Analyseverfahren gewählt. Hier ist schon erkennbar, dass einige Parameter keinen oder nur geringen Einfluss auf die Anomalien haben. Diese Daten können dann ggf. vernachlässigt oder herausgefiltert werden.

Um die vorher beschriebene topologische Landschaft mathematisch zu beschreiben, haben wir diese in weniger als 100 Teilsegmente unterteilt und jedes Segment mit nur zehn Messpunkten für die Iteration beschrieben, um somit den benötigten Speicherplatz von vornherein zu beschränken. Die Differenz zwischen den Modelldaten und den abweichenden Daten haben wir mit $\pm 1,5\%$ definiert. Das sind die Detektionsgrenzen der Anomalien.

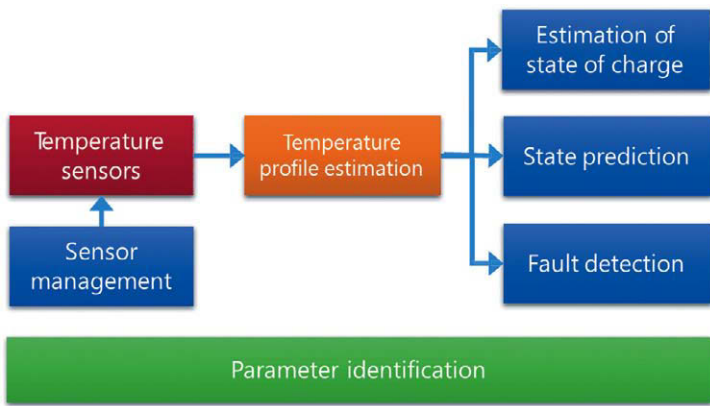


Bild 4: Prinzip der Parameteridentifikation und Erkennung der Anomalien

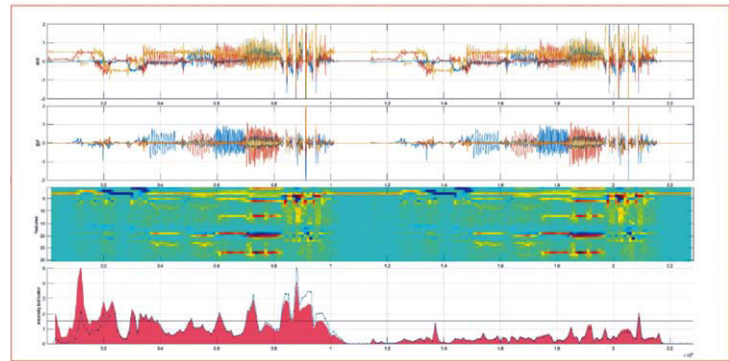


Bild 5: Aus den Rohdaten mehrerer Sensoren lässt sich über verschiedene Filter eine Kennlinie ermitteln, die Anomalien erkennbar macht.

Nun haben wir auf einem STM32 F4 von STMicroelectronics ein selbstlernendes Iterationsverfahren implementiert und dabei die sog. Dictionary-Methode verwendet. Das heißt, wir haben iterative Abfragen programmiert, die bestimmen, mit welcher mathematischen Funktion aus dem Dictionary welcher Teilabschnitt der Sensorfunktion zu ersetzen ist. So sind wir schon in drei oder vier Abfrage-Loops zu einem Ergebnis gekommen, das die Sensorkennlinie mit mathematischen Basisfunktionen beschreibt – also eine exakte Modellierung des Systems, die Anomalien sofort erkennbar macht. Das „Sensorfunktion-Dictionary“ hat hierbei nur fünf mathematische Basisfunktionen enthalten, z.B. radiale Basisfunktionen oder lineare Funktionen.

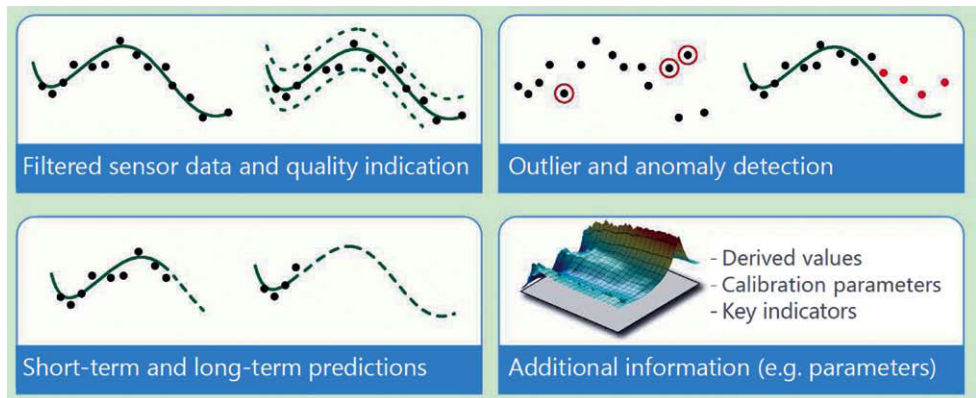


Bild 6: Im dreidimensionalen Bild der gefilterten Sensordaten lassen sich Extrempunkte sehr gut erkennen.

Durch den selbstlernenden Ansatz wurden die Segmente und die Anzahl der Daten noch weiter reduziert, sodass schließlich nur noch 30 Segmente nötig waren, d.h. 300 statt 400 Datenpunkte. Das alles passiert in Echtzeit.

Lässt sich das mit jedem Mikrocontroller umsetzen?

In der Theorie ja, in der Praxis nein. Bei der Sensorsignalaufbereitung von mehreren Sensoren steht die Echtzeitfähigkeit der MCU im Mittelpunkt. Bei zeitsynchronen Vorgängen, z.B. MEMS-Sensoren mit sechs Freiheitsgraden, ist eine sehr effiziente Programmierung erforderlich. Bei zeitkritischen Messungen haben wir festgestellt, dass die Programmierung auf der „High Abstraction Layer“-Ebene zu Messfehlern im Zeitbereich führen kann bzw. die dynamischen Veränderungen der zu detektieren Anomalien nicht ausreichend waren. Die Folge daraus war die Entscheidung zur hardwarenahen Low-Level-Layer-Programmierung.

Die Speicherplatz-Anforderung ist abhängig von der vorherigen Sensoreinsatzplanung. Wir haben den STM32 gewählt, weil die analoge

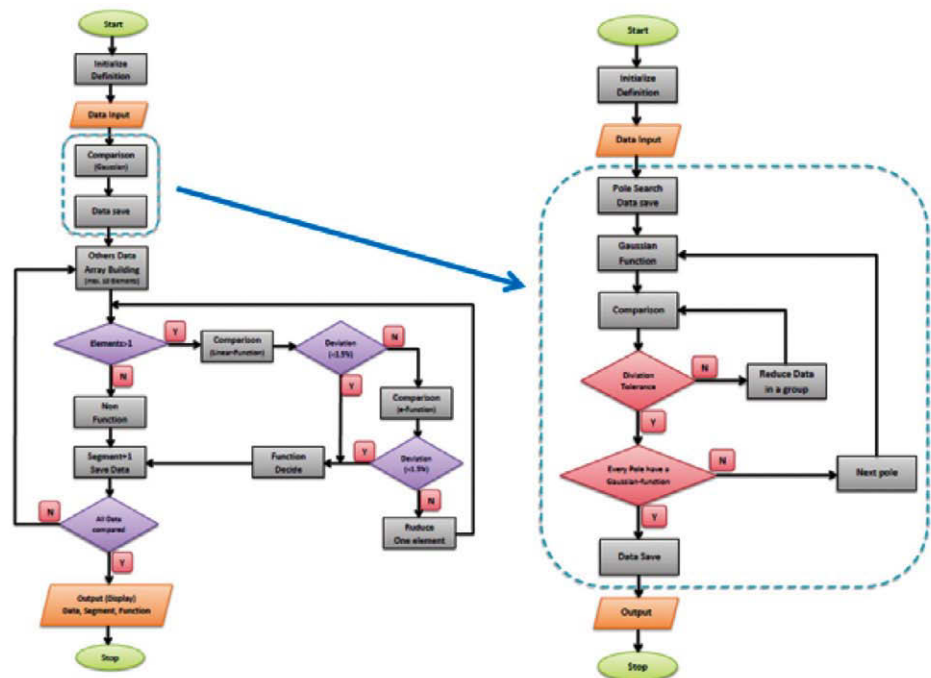


Bild 7: Das Ablaufdiagramm der Embedded-Lösung zeigt das Iterationsverfahren.

und digitale Peripherie, verbunden mit der direkten Ansprache, über das Low Level eine Assembler-nahe Programmierung zulässt, woraufhin sich mit dem vorhandenen RAM und ROM die Sensorfusion realisieren lässt.

Ist dieses Verfahren nun auf einen speziellen Anwendungsfall zugeschnitten?

Nein, durch die selbstlernenden Algorithmen können wir damit beliebige nichtlineare Systeme aller Sensortypen und Sensorfusionen

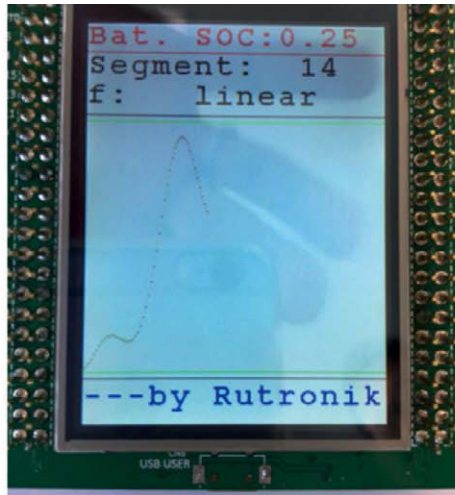


Bild 8: Der STM32 verfügt über ausreichend Speicher und Performance für die Verarbeitung von Sensorfusions-Daten und ermöglicht zum Beispiel, Predictive Maintenance als Embedded-Echtzeit-System zu realisieren.

abbilden. Außerdem erfüllt es auch alle anderen Anforderungen an Embedded Analytics: Es funktioniert offline, d.h. ohne Cloud, in Embedded-Echtzeitsystemen, läuft auf einer Standard-ARM-MCU ist robust und skalierbar.

Was war die größte Schwierigkeit bei der Entwicklung?

Dass sie in verschiedenen Disziplinen umfassendes Know-how erfordert. Dafür braucht man ein Team aus Fachleuten. Für die Parameterauswahl und die Mustererkennung bzw. Bestimmung der Anomalien muss man das physikalische Gesamtsystem absolut verstehen. Außerdem braucht es ein tiefes Verständnis aller Sensortypen und ihrer Funktionsweise, um die passende höhere Mathematik und die pas-

senden selbstlernenden Algorithmen zu wählen. Wir haben den großen Vorteil, hauseigene Sensorspezialisten, Analog-Spezialisten wie auch MCU-Embedded-Spezialisten in der Projektgruppe zu haben. Außerdem konnten wir sehr von den vorherigen Forschungsarbeiten unserer Partner-Hochschulen profitieren sowie vom Know-how in unserem 3rd-Party-Hardware- und Software-Spezialisten-Netzwerk, der beispielsweise die Firma Knowtion angehört, eine ausgewiesene Größe in den Bereichen Sensorfusion und automatische Datenanalyse.

Unser Fazit dieser Rutronik-Proof-of-Concept-Entwicklung ist folgendes: Künstliche Intelligenz und Machine-Learning auf der Embedded-MCU-Ebene ist keine reine Software-Aufgabe. Das umfassende physikalische und elektrochemische Verständnis der Sensoren und ihrer Funktion bezüglich Prozess-Anomalien sind zwingend notwendig, um Predictive Maintenance zu realisieren. Die hierzu notwendigen Ingenieur-Ressourcen von Rutronik stehen unseren Kunden zur Verfügung. Ihre Aufgabe es ist, bei der perfekt abgestimmten Produktauswahl zu unterstützen. ■

Impressum

Redaktion
 Sebastian Hör – Rutronik, Pressereferent (Redaktionsleitung, verantwortlich für den Inhalt), Tel. +49 7231 801 1679
 Ralph Kühn – Rutronik, Journalist, Tel. +49 7231 801 0
 Frank Klemmer – Rutronik, Leiter Marketing-Kommunikation, Tel. +49 7231 801 0
 Andreas Mangler – Rutronik, Director Strategic Marketing & Communications, Tel. +49 7231 801 0
 Markus Krieg – Rutronik, Geschäftsführer Marketing, Tel. +49 7231 801 0
 Christine Schulze – Agentur Lorenzoni GmbH, Tel. +49 8122 55917 14
 Nikolas Maier – Agentur Lorenzoni GmbH, Tel. +49 8122 55917 15

Anzeigenleitung: Ipek Baskurt – Rutronik, Koordination Media, Tel. +49 7231 801 0
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: 37.000 (deutsch) + 10.000 (englisch)

Besonderer Dank:
 Prof. Dr.-Ing. Olfa Kanoun, Technische Universität Chemnitz
 Prof. Dr.-Ing. Lutz Zacharias, University of Applied Sciences Zwickau
 Dr. Christian Viehweger, Technische Universität Chemnitz
 Theresa Schulze, Rutronik
 Achim Grolman, Markt&Technik
 Christian Stadler, Markt&Technik

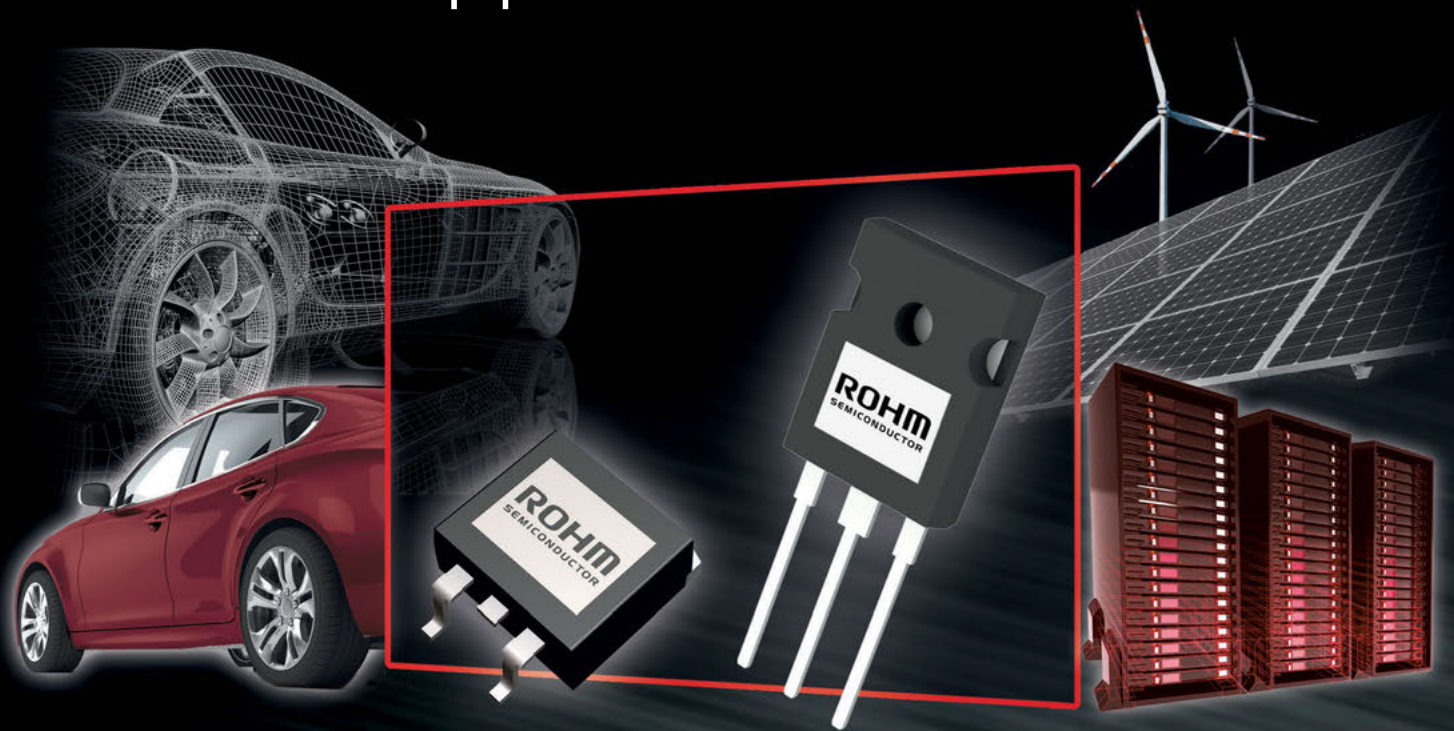
Inserentenverzeichnis

Alysium	7
Amphenol-ICC	59
Diodes	55
Eaton	91
Fujitsu	19, 61, 83
Infineon	108
Intel	33, 35
JAE	49
KOA	3
Littelfuse	65
Lorenzoni	53
Lumberg	69
Melexis	37
Molex	57, 71, 81
Nordic	5
Omron	73
Osram	25
Panasonic	39
Recom	75
Renesas	13
Rohm	107
Rutronik	21
Rutronik24	9
Samsung EM	17
Samwha	15
Sauro	77
SECH	41
ST	2
Sumida	79
Susumu	45
TDK-Micronas	27
Telit	29
Tianma	31
Toshiba	23, 43
Vishay	47
Yageo	51

**SMALLER
STRONGER
FASTER**

ROHM
SEMICONDUCTOR

IGBTs for Automotive and Industrial Applications



■ RGS Series (Automotive)

- Package: TO-247N
- V_{CES} : 650V, 1200V
- Short circuit withstand time: 8-10 μ s
- Low switching noise
- Built-in fast & soft recovery diode
- AEC-Q101 qualified

■ RGP Series (Ignition)

- Package: TO-252 (DPAK), TO-263S (D2PAK)
- V_{CES} : 360-560V
- Low saturation voltage typ. 1.6V
- Avalanche energy 250-500 mJ ($T_j=25^\circ\text{C}$)
- Built-in ESD protection diode for gate
- Built-in resistor between gate and emitter (opt.)
- AEC-Q101 qualified

■ RGTV / RGW Series (Industrial)

- High speed switching
- Quick turn-off with less transient oscillation
- Built-in fast & soft recovery diode
- Light punch through & thin wafer technologies
- Package: TO-247N & isolated TO-3PFM
- RGTV: $V_{CES} = 650\text{V} / I_c = 30, 50, 80\text{A}^*$
- RGW: $V_{CES} = 650\text{V} / I_c = 30, 40, 50\text{A}^*$
- Low saturation voltage typ. 1.5V ($T_j=25^\circ\text{C}$)
- Short circuit withstand time 2 μ s (RGTV)

* $T_j=100^\circ\text{C}$

VISIT US



electronica 2018
HALL C3 / STAND 512

www.rohm.com



950 V CoolMOS™ P7 SuperJunction MOSFET

Perfect fit for PFC and flyback topologies

Designed to meet the growing consumer needs in the high voltage MOSFETs arena, the new 950 V CoolMOS™ P7 focuses on lighting and the low-power SMPS market. Target applications range from lighting, smart meter, mobile phone charger, and notebook adaptor, to AUX power supply and industrial SMPS. Offering 50 V more blocking voltage than its predecessor 900 V CoolMOS™ C3, the new 950 V CoolMOS™ P7 series delivers outstanding performance in terms of efficiency, thermal behavior and ease-of-use.

Infineon offers two evaluation boards for thorough testing. Plug-and-play at 90 V AC in a 40 W adapter reference design, featuring the snubberless concept, demonstrates excellent efficiency gains of up to 0.2 percent and lower MOSFET temperature of up to 5.2°C compared to similar competitor technology.

The 950 V CoolMOS™ P7 comes in TO-220 FullPAK, TO-251 IPAK LL, TO-252 DPAK, and SOT-223 packages – allowing changes from a THD to a SMD device.

Key features

- > Best-in-class FOM $R_{DS(on)} E_{oss}$; reduced Q_g , C_{iss} and C_{oss}
- > Best-in-class DPAK $R_{DS(on)}$ of 450 mΩ
- > Best-in-class $V_{GS(th)}$ of 3 V and smallest $V_{GS(th)}$ variation of ± 0.5 V
- > Integrated Zener diode ESD protection up to Class 2 (HBM)
- > Best-in-class quality and reliability

Key benefits

- > Up to 1 percent efficiency gain and 2°C to 10°C lower MOSFET temperature, compared to CoolMOS™ C3
- > Enabling higher power density designs, BOM savings and lower assembly cost
- > Easy to drive and to design-in
- > Better production yield by reducing ESD related failures
- > Less production issues and reduced field returns

Find out more at:
www.rutronik.com/infineon

