

Powered by

# Markt & Technik

DIE UNABHÄNGIGE WOCHENZEITUNG FÜR ELEKTRONIK

2019 | D

trend  
guide



## Smart Mobility

# RUTRONIKER



# STM32MP1 General-purpose microprocessor

## Dual Arm® Cortex®-A7 and Cortex®-M4 cores

Multicore STM32MP1 architecture accelerates the development of open-source Linux-based applications with real-time and power-constrained subsystems

### TARGETED APPLICATIONS

- Industrial
- Home
- Consumer
- Health and wellness

### MAIN FEATURES

- Dual Arm® Cortex®-A7 core @ 650 MHz
- Cortex®-M4 core @ 209 MHz
- 3D GPU OpenGL ES 2.0
- LCD-TFT and MIPI-DSI® controllers
- 37x communication peripherals
- Embedded security

The STM32MP1 flexible architecture allows high processing and real-time tasks in a single chip. Moreover, a large package offering is available to achieve lowest PCB cost structure and smallest footprint. This new microprocessor comes with a dedicated Power Management companion IC: STPMIC1.

The STM32MP1 series drastically reduces development time thanks to ST's mainlined, open source OpenSTLinux Distribution and our STM32Cube toolset specially upgraded for Cortex®-A7 Linux MPU development.

All STM32MP1 peripherals can be seamlessly allocated to either the Cortex®-A7 (Linux) or Cortex®-M4 core (real time).



**SAMPLES AND DEVELOPMENT BOARDS ARE AVAILABLE NOW.**



 **STM32 MPU** wiki by   
<https://wiki.st.com/stm32mpu>



Ingo Kuss,  
Chef-  
redakteur  
der Markt &  
Technik

## Erfolgskurs halten

Nach den vorangegangenen Rekordjahren mit einem teils überhitzten Markt kehrt die Bauelemente-Distribution in Deutschland und Europa nun in etwas ruhigeres Fahrwasser zurück. So verringerte sich im zweiten Quartal 2019 der Umsatz in Deutschland laut FBDi um zwei Prozent; die European Semiconductor Distribution DMASS wiederum berichtet von einem einprozentigen Rückgang im gleichen Zeitraum.

In beiden Fällen tendierten die einzelnen Elektronikparten allerdings recht uneinheitlich: Sensoren etwa machten in Deutschland mit 22 Prozent Wachstum einen Sprung nach oben. Zu den Verlierern gehörten u.a. Elektromechanik und Stromversorgung, während die großen Produktsegmente Halbleiter und passive Bauelemente auf Vorjahresniveau blieben. Europaweit konnten beispielsweise Analogprodukte und Sensoren zulegen; schlechter sah es dagegen bei Optoelektronik und LEDs aus.

Alles in allem ist das noch kein Grund zur Panik, aber doch ein Szenario, bei dem die Entscheidung für einen bestimmten Distributor etwas sorgfältiger geprüft wird, als dies in Zeiten ungebremsen Wachstums der Fall ist. Rutronik als inhabergeführter Breitband-Distributor setzt in diesem Zusammenhang insbesondere auf einen umfassenden technischen Support: In einem speziellen Consult-Bereich arbeiten Applikationsingenieure, Business Development Manager und Sales Engineers zusammen, um den Kunden eine umfangreiche und fundierte technische und kommerzielle Unterstützung zu bieten, die von der Ideenfindung und Konzeption über die Prototyp-Entwicklung und Serienproduktion bis hin zum Ausphasen am Ende des Produktlebenszyklus reicht.

Die große Bandbreite des vorhandenen technischen Know-hows spiegelt auch der neue „Rutroniker“ mit seinem breiten Themenspektrum wider, das von der einzelnen Komponente bis hin zur komplexen Systemebene reicht: Ob Tipps zum Downsizing und Replacement von MLCCs als Ausweg aus der Bauteileknappheit, Sicherheit für vernetzte Systeme, intelligente Displays oder eine gestengesteuerte Positionierfunktion für Kamerasysteme mit Gesichtserkennung – die zahlreichen Fachartikel, Anwendungsbeispiele sowie nützliche Informationen aus Wissenschaft und Forschung bieten konkrete Hilfestellungen für Entwickler und Entscheider. Damit sich die Kunden von Rutronik auf ihre wichtigste Aufgabe konzentrieren können: mit innovativen und nachhaltigen Lösungen auch in etwas unruhigeren Zeiten konsequent auf Erfolgskurs zu bleiben.

Ihr Ingo Kuss

IKuss@markt-technik.de

## HAL 39xy – 3D HAL® Technology based Stray Field Robust



master|HAL®  
Technology

- Stray-Field robust detection
- 3D capability enabled by 3D HAL® Technology
- Various output formats: SPI - SENT/PWM - PSI5
- Magnetic range  $\pm 10$  to  $\pm 100$  mT
- Angular error:  $\pm 0.6^\circ$
- Setpoint linearization (17 variable & 33 fixed)
- Wide supply voltage range: 3.0 V... 16 V
- ISO 26262 development: ASIL-B ready
- Various packages



TDK-Micronas GmbH  
Hans-Bunte-Str. 19 · 79108 Freiburg · Germany

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

## ● EXKLUSIV | INTERVIEW



mit Thomas Rudel,  
CEO von Rutronik:  
»Wir haben noch erhebliches Potenzial«

6

## ● FOKUS

Überspannungs- und Überstrom-Schutzkomponenten: Gut ausgerüstete Schutztruppe	8
Stromversorgungen vereinfachen und Kosten sparen: Mit SiC arbeiten	14
Thermischer Schutz: Thermosicherung mit dem gewissen Extra	18
Horticulture-Lighting: Mit LEDs zur Hochhaus-Farm	20
Ausweg aus der Bauteile-Knappheit: Downsizing und Replacement von MLCCs	22
MOSFETs mit schneller Body-Diode: Mit LLC-Topologie und FREDFETs den Wirkungsgrad erhöhen	24
Mikroprozessoren, Mikrocontroller und ihre Peripherie: Verarbeiten oder steuern?	28
Akustik in medizinischen Applikationen: Für den richtigen Ton	32

## ● SPECIAL | INDUSTRIE 4.0, IOT, WIRELESS

Wie die STM32L5-Serie hilft, IoT-Herausforderungen zu meistern: Sicherheit für vernetzte Geräte	34
Protokollunabhängige Geräte-Entwicklung im Zeitalter von Industrie 4.0: IPC spricht Sprache des Feldes	38
Sichere Daten mit Swissbit: Speicherkarten im Dienst der Sicherheit	42
Funkprotokolle in der Automatisierungstechnik: Mit welchen Standards funkt(ioniert) Industrie 4.0?	44
Bluetooth 5.1: Peilung für Industrial	48
„Intelligente“ Displays: Mit Modulen schneller auf den Markt	50

## ● SCHWERPUNKT | SENSORIK

Genestgesteuerte Positionierfunktion für Kamerasysteme mit Gesichtserkennung: Alles aus einer Hand	52
Robuster, kompakter und präziser barometrischer Luftdrucksensor: Ideal für Wearables	57
LSM6DSOX von STMicroelectronics: Energieeffiziente Bewegungssensorik dank Machine-Learning	60
SPICE-Modelle für Platin-Temperatursensoren: Genauer simulieren	63

## • TOP - FOKUS | AUTOMOTIVE

Recom adressiert Batteriemanagementsysteme im Automobilbereich: Strom gefällig?	66
Folienkondensatoren für Gleichspannungs-Zwischenkreise: Power-Module glätten	70
Interview mit Rennfahrerin Carrie Schreiner: Motorsport ist Testlabor für Serienfahrzeuge	74
Halbleiterschalter für elektronische Sicherungen: Sicher ist sicher	76
Ultrakondensatoren: Energiemanagementstrategien für Telekommunikation und Telematik	79

## • FORSCHUNG UND ERFOLGE

Neue Technologie hindert Mücken am Stechen: Das juckt mich nicht mehr	81
API-Anbindung: Auf dem Weg zur automatisierten Beschaffung	83
PM-Bereich „Standard Products“: Niemand spricht darüber, jeder braucht sie!	85
Rutronik24 BaseCamp: Mehr als nur Starthilfe für Start-ups	86
Aurix-Mikrocontroller: Auf Nummer sicher gehen	88
Impressum	90
Inserentenverzeichnis	90

Anzeige

# TOSHIBA

Automotive  
Industrial Communication  
Motor Control & Power Conversion  
Datacenter & Server

solutions & components  
[toshiba.semicon-storage.com](http://toshiba.semicon-storage.com)



Interview mit Thomas Rudel, CEO von Rutronik

# »»Wir haben noch erhebliches Potenzial««

*Brexit, Handelskrieg zwischen den USA und China, die Autobauer in der Krise: 2019 war kein leichtes Jahr für die Wirtschaft.*

*Die Distributoren bilden hier keine Ausnahme.*

*Rutronik-CEO Thomas Rudel spricht im Interview über gesamtgesellschaftliche Herausforderungen und von harten zwölf Monaten für die Unternehmen der Branche, blickt aber dennoch optimistisch in die Zukunft.*

**Rutroniker: Der ifo-Geschäftsklimaindex fällt stetig, deutsche Unternehmen betrachten die gesamtwirtschaftliche Entwicklung mit Sorge. Wie beurteilen Sie die aktuelle Situation?**

*Thomas Rudel:* Wir sind natürlich ebenfalls besorgt. Die USA und China überziehen sich gegenseitig mit Strafzöllen, das schaukelt sich immer weiter hoch. Außerdem versucht China, massiv Einfluss auf Hongkong und Taiwan zu nehmen, auch das bereitet uns Sorgen. Diese Entwicklung verunsichert die Wirtschaft stark. Hinzu kommen hausge-

machte Herausforderungen, die ebenfalls dazu beitragen, dass sich Unsicherheit breitmacht.

**Wie meinen Sie das genau?**

Neben den bereits genannten Aspekten verunsichern weitere Faktoren die Wirtschaft zusätzlich. Dazu gehört zum Beispiel die Klimadebatte: Die „Fridays for Future“ haben das Thema Umweltschutz wieder in die Mitte der gesellschaftlichen Debatte gerückt. Gleichzeitig finde ich die CO<sub>2</sub>-Diskussion und die Reduzierung derselben rein auf PKW unehrlich: Was ist beispielsweise mit Kreuzfahrtschiffen? Und was nutzt uns ein Kohleausstieg, wenn wir gleichzeitig anderswo auf der Welt Kohlekraftwerke subventionieren? Alles, was die Verkürzung der Problematik auf die ach so schlimmen PKW erreicht, ist, unsere Automobilindustrie zu schädigen – und damit Arbeitsplätze zu gefährden.

**Aber warum sollte Deutschland beim Klimaschutz nicht mit gutem Beispiel vorangehen?**

Natürlich sollte Deutschland als innovatives Land vorangehen. Aber CO<sub>2</sub> ist ja nicht das einzige Problem, sondern es ist eines von vielen. Die Umweltverschmutzung allgemein muss angegangen werden – und zwar gemeinsam von allen Staaten. Es kann nicht sein, dass zum Beispiel private Initiativen die Nordsee von Plastikmüll reinigen und sich die Politiker dafür auf die Schulter klopfen. Hier erwarte ich von der Politik unbürokratische Lösungen – wie auch bei der Flüchtlingskrise, denn auch sie stellt Deutschland und ganz Europa vor große Herausforderungen.



RUTRONIK-CEO  
THOMAS RUDEL

„Wichtig wäre uns, dass die Handelsstreitigkeiten schnell beigelegt werden. Auf lange Sicht werden die USA den Kürzeren ziehen.“

## **Sie sprechen von den Herausforderungen der Flüchtlingskrise. Inwiefern hat diese Auswirkungen auf die Wirtschaft und wie kann man dieser Herausforderung begegnen?**

Es steht zu erwarten, dass die Weltbevölkerung in den nächsten 20 bis 30 Jahren auf mehr als zehn Milliarden Menschen ansteigen wird. Wir haben aber nun einmal nur begrenzt Platz auf der Welt – und wenn Teile des Planeten durch Klimawandel, Bürgerkrieg oder schlicht bittere Armut keine Perspektive bieten, flüchten die Menschen eben in reichere Länder. Das Resultat wird sein, dass unsere Sozialsysteme das nicht mehr auffangen können. Sie stoßen bereits jetzt an ihre Grenzen. Also muss man die Fluchtursachen bekämpfen. 3,4 Milliarden Menschen auf der Welt leben unter der Armutsgrenze, über 700 Millionen Menschen leben sogar in extremer Armut und damit von weniger als 1,90 Dollar am Tag. Das ist erschreckend. Hier muss man vor Ort Lösungen finden, die es diesen Menschen erlauben, in ihrer Heimat zu bleiben – was ihnen sicherlich auch lieber wäre, als die gefährliche Flucht auf sich zu nehmen. Es gibt da eine interessante Studie: Um eine Infrastruktur für eine Stadt von fünf Millionen Einwohnern zu schaffen, die es den Bürgern erlaubt, dort etwas zu produzieren und davon unter ähnlichen Voraussetzungen wie in Industrieländern zu leben, müsste man 50 Milliarden Euro investieren. Fast genauso viel hat die Flüchtlingskrise Deutschland bisher gekostet. So könnten wir sinnvolle und nachhaltige Voraussetzungen schaffen, ..die es den Menschen ermöglichen, in ihrer Heimat zu bleiben.

## **Um auf die konkrete wirtschaftliche Bedeutung des US-chinesischen Handelskriegs auf die Konjunktur zurückzukommen: Was bedeutet der Konflikt für die Elektronikbranche?**

Der Automobil-Absatz in China geht seit Monaten massiv zurück, ist um rund 15 Prozent eingebrochen. Wenn man bedenkt, dass Elektronikkomponenten circa 40 % des Kaufpreises eines Neuwagens ausmachen, beantwortet das die Frage nach der Bedeutung für die Elektronikbranche eindeutig. Natürlich wird Elektronik auch weiterhin stark nachgefragt, aber ich glaube, eine mittel- bis langfristige Folge des Handelskrieges ist, dass China verstärkt auf eigene Hersteller setzen wird. Das wird für die USA, für die China bisher der wichtigste Absatzmarkt ist, nicht schön – gleichzeitig eröffnet es uns als Europäern Chancen, uns in Asien zu positionieren und neue Handelspartner in China zu gewinnen. Das ist einer der Gründe, warum sich Rutronik global aufgestellt hat: Sowohl Asien als auch

Amerika sind große und wichtige Absatzmärkte. Wichtig wäre uns, dass die Handelsstreitigkeiten schnell beigelegt werden. Auf lange Sicht werden die USA den Kürzeren ziehen.

## **Im vergangenen Jahr war die Allokations-situation für passive Bauelemente einer der Umsatztreiber; inzwischen hat sich die Situation schon merklich entspannt. Was bedeutet das vor dem Hintergrund der abkühlenden Konjunktur für die Umsatzziele der kommenden Jahre?**

Man geht derzeit davon aus, dass es ab dem zweiten Halbjahr 2020 zur nächsten Allokation speziell bei Keramikcondensatoren kommen wird. Die großen Hersteller wie Samsung und Yageo prognostizieren, dass sich aufgrund des Siegeszugs des IoT, des 5G-Standards sowie des Automotive-Markts der weltweite Bedarf in den nächsten fünf Jahren verfünffachen wird. Das Gleiche gilt für Batterien, weil Produkte mit höheren Spannungen benötigt werden – der Umsatz mit Batterien wird von 79 Milliarden Dollar im Jahr 2018 auf 190 Milliarden Dollar 2025 steigen.

## **Sie sprechen den Automotive-Markt an. Rutronik hat nach dem großen Erfolg des ABU- (Automotive Business Unit) Kongresses 2018 in diesem Jahr zwei weitere in Pforzheim und Turin ausgerichtet. Wie schätzen Sie die Bedeutung dieser Kongresse für Rutronik ein?**

Rutronik ist der einzige Distributor, der eine eigene Abteilung – unter der Leitung von Uwe Rahn – gegründet hat und der einen ganzheitlichen Ansatz verfolgt, um den Automotive-Kunden eine Gesamtlösung aus aktiven, passiven, elektromechanischen und Wireless-Komponenten bieten zu können. Die Kongresse 2018 und 2019 in Pforzheim waren mit über 200 Anmeldungen, darunter das Who-is-Who der Branche, ein großer Erfolg. Das bedeutet, dass seitens unserer Kunden ein enormer Bedarf besteht. Dieses Jahr haben wir außerdem einen sehr erfolgreichen ABU-Kongress in Turin durchgeführt. Die Automotive Business Unit ist eine für uns immens wichtige Abteilung, die neue Märkte aktiv angeht!

## **Gleichzeitig stecken deutsche Autobauer in der Krise, müssen Milliarden für Elektroantriebe, Batterietechnik und Vernetzung investieren, brechen verlässliche Absatzmärkte wie China derzeit ein, die Konkurrenz aus Fernost und die Technik-Giganten aus den USA holen außerdem auf. Wie kann die deutsche Autoindustrie das Ruder herumreißen und wie kann Rutronik dabei helfen?**

Aus diesem Grund arbeiten wir mit der Firma

Paravan zusammen, mit der Schaeffler ein Joint-Venture hat. Die ursprünglich für Menschen mit Handicap entwickelte Steer-by-Wire-Technologie – also das Fahren ohne Lenksäule – ist das derzeit einzige derartige System mit internationaler Straßenzulassung. Hier sind wir durch die Zusammenarbeit mit Paravan Trendsetter, das System wird derzeit auch im Rennsport erprobt – und wir sind hautnah mit dabei. Das ist auch wichtig so, weil der bereits erwähnte Handelsstreit direkt auf die Automobilbranche durchschlägt. Das ist einer der Gründe, weshalb in Deutschland stark in Elektrofahrzeuge investiert wird, was meines Erachtens aufgrund der fehlenden Ladeinfrastruktur und der nicht geklärten Frage der Entsorgung der gebrauchten Batterien keine Entscheidung mit Weitblick ist. Für die Umwelt in Ballungsräumen ist es sicherlich eine kluge Idee, im ländlichen Raum hingegen ist das nicht darstellbar. Da sind Hybridfahrzeuge die bessere Lösung, die schon heute maximal drei bis vier Liter Diesel verbrauchen. Wir müssen uns bewusst machen, dass die chinesische Autoindustrie 15 Jahre unseres Vorsprungs inzwischen aufgeholt hat. Darum ist es für unsere Automobilindustrie – und damit auch für uns als Rutronik – immens wichtig, dass wir mit sinnvollen, durchdachten, nachhaltigen Konzepten, also durch deutsche Ingenieurskunst, überzeugen.

## **Zum Schluss der klassische Blick in die Kristallkugel: Wie wird sich die Distributionsbranche im nächsten Jahr entwickeln?**

Die Distributionsbranche hat im zweiten Halbjahr gewaltige Einbußen erlitten. Ich gehe davon aus, dass die nächsten zwölf Monate sehr hart werden, entsprechend müssen wir mit unseren Ressourcen haushalten. Börsennotierte Wettbewerber haben schon tausende Mitarbeiter entlassen. An diesen Punkt wollen wir nicht kommen. Wenn ich die jetzige Situation mit der Wirtschaftskrise 2008/2009 vergleiche, halte ich 2019/2020 für entschieden kritischer – aufgrund der immensen Probleme der Automobilindustrie, die wiederum maßgeblich von Handelskrieg und Brexit verursacht werden. Aber es gibt auch Anlass zum Optimismus: Rutronik ist jetzt in allen Märkten tätig und kann in Südostasien und Amerika wachsen. Hier haben wir noch erhebliches Potenzial, da wir dort bei null angefangen haben. Zudem haben wir durch unser ganzheitliches Produktportfolio auch einen Wettbewerbsvorteil, da Kunden ja Produkte aus allen Bereichen benötigen. Wenn wir bereit sind, der Situation mit allen Mitteln entgegenzutreten, werden wir erfolgreich sein. ■

Überspannungs- und Überstrom-Schutzkomponenten

# Gut ausgerüstete Schutztruppe

Überspannungen und Stromspitzen gilt es in vielen Bereichen der Elektronik zu vermeiden; eine Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen in den verschiedenen Zielländern schreibt die Produktsicherheit explizit vor. Die passenden Überspannungsschutzkomponenten können auch die Ausfallrate sowie die Wartungs- und Reparaturkosten senken.

VON GERD FISCHER,  
LINE MANAGER BEI RUTRONIK, UND  
OLIVER STEIDL, BUSINESS DEVELOPMENT  
MANAGER BEI YAGEO EUROPE

Statische Entladungen und Überspannungen (Transienten) können Schaltungen zerstören. Wenn ein Spannungsstoß an einer Schaltung anliegt, dessen Höhe die zulässige Betriebsspannung eines IC übersteigt, kann er den IC nachhaltig schädigen.

Um diese schädlichen Transienten zu klemmen, also auf Massepotenzial abzuleiten und damit den IC zu schützen, gibt es verschiedene Komponenten für den Überspannungsschutz, wie z.B. MOVs (Metalloxid-Varistor) und TVS-Dioden (Transient-Voltage-Suppressor), GDTs (Gas-Discharge-Tube) oder ESDs (Electrostatic-Discharge-Diode).

Eine schematische Übersicht über die diversen Schutzeinrichtungen und -ebenen für Elektronikschaltungen gibt Bild 1. Das hier gebotene Prinzip ist der Einsatz von mehreren Schutzelementen zur Ableitung von transienten Überspannungen und -strömen. Als primärer Überspannungsschutz dienen Bauelemente wie MOV, GDT, SPG (Spark-Gap-Protector) und

TSS (Thyristor-Surge-Suppressor). TVS und ESD-Komponenten absolvieren die sekundäre Schutzwirkung. Der PPTC (Polymeric Positive-Temperature-Coefficient-Thermistor) fungiert als Überstromschutz und zur Entkopplung, der NTC (Negative-Temperature-Coefficient-Thermistor) werden zur Unterdrückung von Überströmen eingesetzt.

*Varistoren punkten  
mit kurzer Ansprechzeit*

Varistoren kommen aufgrund ihrer sehr kurzen Ansprechzeit zum Klemmen der transienten Überspannung von weniger als 20 ns in vielen Applikationen zum Einsatz. Die bekanntesten sind Metalloxid-Varistoren (MOV). Denn sie haben die Fähigkeit, Überspannungen zu absorbieren – und zwar deutlich höhere als TVS-Dioden.

MOVs werden hauptsächlich aus Zinkoxid hergestellt. Sie bieten einen weiten Spannungsbereich von 18 bis 1800 V, und zwar für Stoßströme bis zu 70 kA, teilweise sogar noch mehr. Die MOVs von Yageo sind mit Sicherheitszertifizierung nach UL/TÜV/VDE(CSA/CQC) und Betriebstemperaturen von -40 bis +105 °C bzw. -40 bis +125 °C lieferbar. Ihre  $I_{pp}$ -Werte reichen von einigen hundert Ampere bis zu mehreren Dutzend Kiloampere, sie haben Impulsformen von 8/20 µs. Dabei gilt der  $V_{BR}$ -Wert bidirektional und symmetrisch. Deshalb werden diese MOVs gern in AC-Stromversorgungen, Signalleitungen sowie Leistungsschutzschaltern (Circuit-Breaker), LED-Treibern oder Smart-Metering-Systemen eingesetzt.

Scheibendurchmesser von 5 bis 53 mm ermöglichen die einfache Auswahl der richtigen Komponente für jede dieser Anwendungen. Als spezielle Lösung bietet Yageo auch TMOV-

## Circuit Protection Methodology

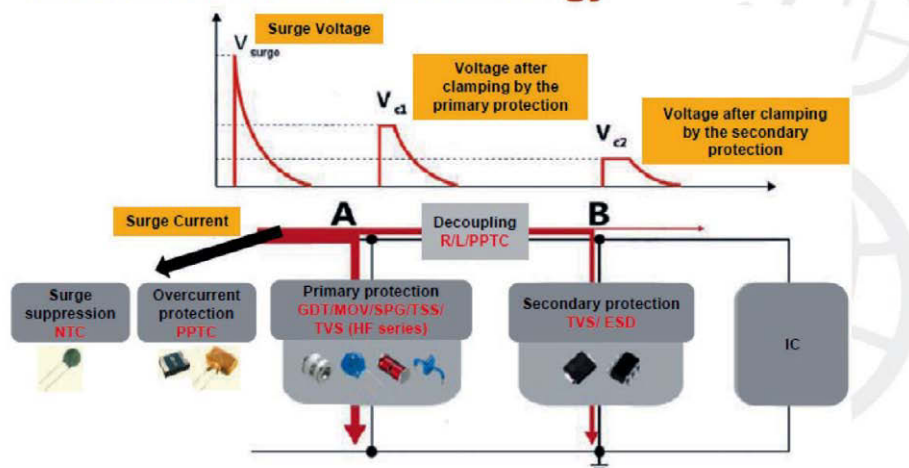


Bild 1: Methodik des Überspannungs- und Überstromschutzes



# TOSHIBA



24/7-Betrieb.  
180 TB/Jahr.  
64 Kameras.

## S300

 Surveillance Hard Drives

Die S300 bietet die Kapazität, die Sie benötigen, um bis zu 64 hochauflösende Überwachungskameras mit ebenso hoher Leistung und Zuverlässigkeit rund um die Uhr zu betreiben.



- 3,5" SATA Festplatte
- 10 | 8 | 6 | 5 | 4 TB
- 7.200 U/Min. ( 10 | 8 | 6 TB )
- 5.400 U/Min. ( 5 | 4 TB )
- 256 MB ( 10 | 8 | 6 TB ) Puffer
- 128 MB ( 5 | 4 TB ) Puffer
- 24/7-Betrieb
- Unterstützt bis zu 64 Videokameras

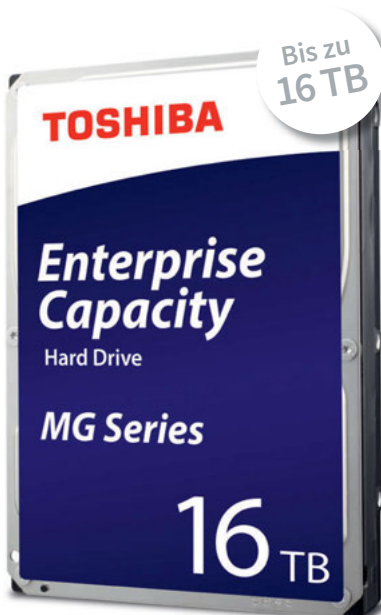
### Für

- Digitale Überwachungs-Videorekorder (sDVR)
- Netzwerk-Überwachungs-Videorekorder (sNVR)
- Hybride sDVR (analog und IP)
- RAID-Speicher-Arrays für die Überwachung

## MG Series

 Enterprise Capacity HDD

Die MG Serie von Toshiba bietet genau die Kapazität, Workloads und Zuverlässigkeit, die für den durchgängigen Betrieb von Speicher- und Serversystemen der Enterprise-Klasse nötig sind.



- Industriestandard 3,5", 26,1 mm Formfaktor
- Heliumgefüllte Modelle mit 16 TB, 14 TB und 12 TB
- 7.200 U/Min.
- SATA 6,0 Gbit/s oder SAS 12,0 Gbit/s Schnittstelle
- 512e oder 4Kn Advanced Format Sector Technology

### Für

- Geschäftskritische Server- und Speichersysteme mit hohem Kapazitätsbedarf
- Herkömmliche Speicher-Arrays für Unternehmen (RAID, softwaredefiniert)
- Cloud-Systeme und hyper-skalierbare Speichersysteme



Write  
your  
story.

Höchste Kapazität.  
Geringerer Energieverbrauch.  
Rotationsschwingungssensoren.

toshiba-storage.com

Applications		TVS	MOV	ESD	GDT/SPG	TSS	PPTC	NTC
Power	DC power lines	V	V		V		V	V
	AC power lines		V		V		V	V
Telecom/ Network	Ethernet interface			V	V	V		
	PoE interface	V	V		V			
	BNC interface			V		V	V	
	USB 2.0/3.0			V			V	
	RS485 interface	V			V	V	V	
	CAN (Controller Area Network)/ LIN (Local Interconnect Network) interface			V				
	Antenna/ RF interface			V	V			
	HDMI interface			V				
	Base station	V	V		V			
LED driver			V		V		V	V
Automotive		V	V	V	V		V	V
Mobile phone				V				
Computer		V	V	V			V	V
Consumer electronics		V	V	V	V	V	V	V

Einsatz von Schutzkomponenten in wichtigen Applikationen (Quelle: Yageo)

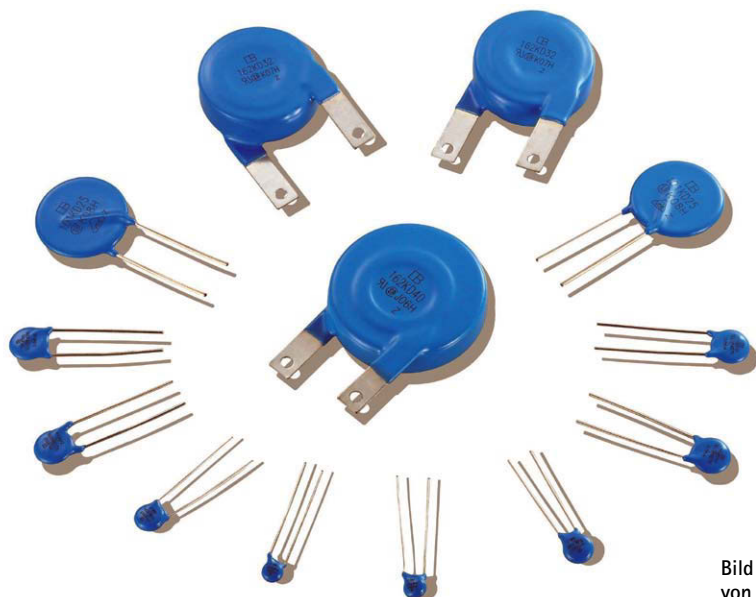


Bild 2: Typische Bauformen von Varistoren

Varistoren. Durch die Kombination eines Metalloxid-Varistors und eines NTC können sie sowohl Ströme als auch Überspannungen wirksam begrenzen.

Nachteil der MOVs: Im Gegensatz zu TVS-Dioden können sie altern. Das heißt, sie haben nur eine begrenzte Lebensdauer, abhängig von den Transienten, die sie absorbieren. Um diesen Effekt zu mildern, werden sie typischerweise in Serie mit GDTs oder SPGs eingesetzt.

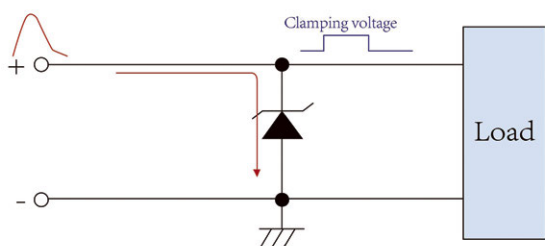


Bild 3: Arbeitsprinzip einer TVS-Diode parallel zur Last

*TVS-Dioden sperren schnell uni- oder bidirektional*

TVS-Dioden, auch als Suppressor-Diode, TVP (Transient-Voltage-Protector), ABD (Avalanche-Breakdown-Diode) oder BOD (Break-

Over-Diode) bezeichnet, können Überspannungsspitzen innerhalb eines sicheren Bereichs von Pikosekunden klemmen und auf einen sicheren Wert begrenzen, um den Schaltkreis vor Beschädigungen zu schützen. Sie sind die Bauteile mit dem besten Klemmverhalten unter den Schutzdioden und werden parallel zur Last geschaltet, die geschützt werden soll (Bild 3).

Die Vorteile von TVS-Dioden liegen vor allem in der kurzen Ansprechzeit und der niedrigen Kapazität sowie darin, dass sie in uni- und bidirektionaler Richtung sperren können. Damit eignen sie sich ideal für DC-Stromversorgungen, Sicherheits- und Überwachungssysteme, sowie im Telecom- und im Automotive-Bereich.

Die TVS-Dioden von Yageo kommen mit Sicherheitszertifizierung von UL. Sie sind auch mit Automotive-Grade-Qualifizierung (AEC-Q101) verfügbar und zeichnen sich durch niedrigen dynamischen Innenwiderstand und schnelles Ansprechverhalten aus. Sie sind für ein  $P_{ppm}$  von 200 bis 30.000 W für 10/1000- $\mu$ s-Impulsformen und  $I_{pp}$ -Werte von 6/10/1620 kA bei 8/20- $\mu$ s-Impulsen lieferbar.  $V_{rem}$  ist mit 3,3 bis 600 V (oder höher) spezifiziert. Als Gehäuseformen stehen SMAJ, SMBJ, SMCJ, DO-41, DO-15, DO-201 und weitere zur Verfügung.

Einen Vergleich der Schutzeigenschaften von MOVs und TVS-Komponenten zeigt Bild 4.

*Wachstumsmarkt Elektromobilität*

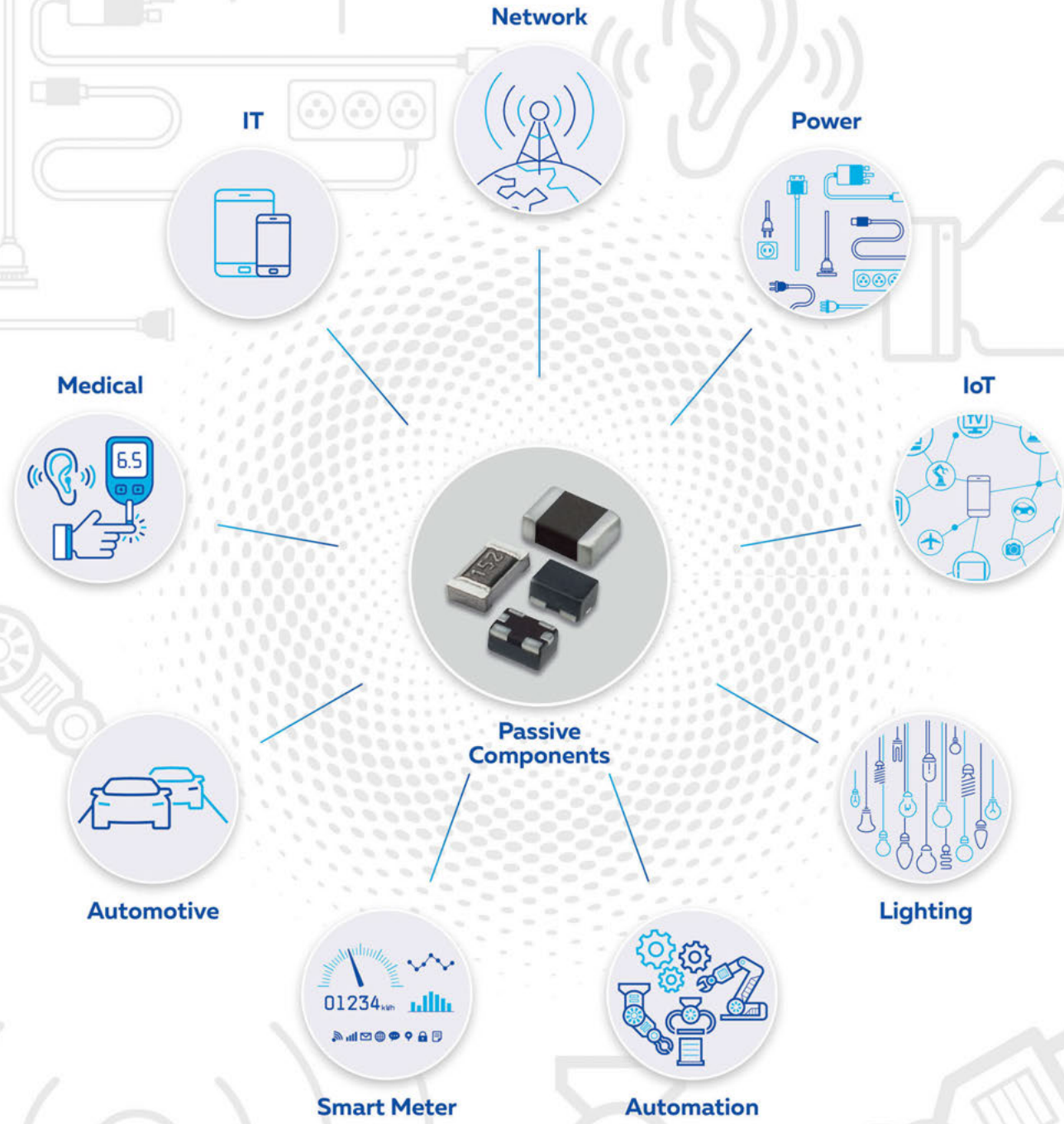
Obwohl die TVS-Dioden relativ neu im Yageo-Portfolio sind, verfügt der Hersteller über eine dedizierte Roadmap für TVS-Produkte mit Fokus auf Automotive, High Power und High Surge. Mit einem weiteren Ausbau der Roadmap und neuen Gehäusebauformen für zukünftige Applikationen verfolgt Yageo das erklärte Ziel, im Segment der Schutzkomponenten weitere Marktanteile zu gewinnen, allen voran im Wachstumsmarkt Elektromobilität. Aufgrund der verschärften CO<sub>2</sub>-Grenzwerte ab 2020 stehen Hersteller unter dem Druck, die CO<sub>2</sub>-Emissionen ihrer Fahrzeugflotte deutlich zu reduzieren. So hat die Entwicklung von Elektrofahrzeugen spürbar an Fahrt aufgenommen und wird sich weiter beschleunigen. Der Schutz vor Überspannungen ist sowohl für Elektrofahrzeuge selbst als auch im Bereich der Lade-Infrastruktur essenziell. Hier sind TVS-Dioden aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften als Schutzkomponente besonders geeignet.

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

### MOV:

- + Hi Current
- + Single Pulse
- Voltage Tolerane
- Weak Clamping ( $V_{br}/V_c$ )
- Parameters Change

Part Number		Maximum Allowable Voltage		Varistor Voltage	Maximum Clamping Voltage		Withstanding Surge Current		Maximum Energy (10/1000 $\mu$ s)		Rated Power	Typical Capacitance (Reference)
Standard	High Surge	$V_{AC}(V)$	$V_{DC}(V)$	$V_{1mA}(V)$	$I_P(A)$	$V_C(V)$	$I(A)$ Standard	$I(A)$ High Surge	(J) Standard	(J) High Surge	(W)	@1KHz (pf)
180KH05	180KH05J	11	14	18(15~21.6)	1	40	100	250	0.4	0.6	0.01	1400
220KH05	220KH05J	14	18	22(19.5~26)	1	48	100	250	0.5	0.7	0.01	1150
270KH05	270KH05J	17	22	27(24~31)	1	60	100	250	0.6	0.9	0.01	930
330KH05	330KH05J	20	26	33(29.5~36.5)	1	73	100	250	0.8	1.1	0.01	760
390KH05	390KH05J	25	31	39(35~43)	1	80	100	250	0.9	1.2	0.01	640

### TVS:

- + Precision Component
- + Tight Clamp
- + Multiple Pulse
- + Keep Parameters
- Smaller Currents

Part Number		Device Marking Code		Reverse Stand-Off Voltage	Breakdown Voltage @ $I_T$	Test Current	Maximum Clamping Voltage @ $I_{PP}$	Peak Pulse Current	Reverse Leakage @ $V_{RWM}$
Unidirectional	Bidirectional	UNI	BI	$V_{RWM}(V)$	$V_{BR}(V)$	$I_T(mA)$	$V_C(V)$	$I_{PP}(A)$	$I_R(\mu A)$
SMBJ16A	SMBJ16CA	LP	BP	16.0	17.80~19.70	1	26.0	23.1	1
SMBJ17A	SMBJ17CA	LR	BR	17.0	18.90~20.90	1	27.6	21.8	1
SMBJ18A	SMBJ18CA	LT	BT	18.0	20.00~22.10	1	29.2	20.6	1
SMBJ20A	SMBJ20CA	LV	BV	20.0	22.20~24.50	1	32.4	18.6	1
SMBJ22A	SMBJ22CA	LX	BX	22.0	24.40~26.90	1	35.5	16.9	1
SMBJ24A	SMBJ24CA	LZ	BZ	24.0	26.70~29.50	1	38.9	15.5	1

Bild 4: Vergleich der funktionalen Eigenschaften von Varistoren (MOV) und Schutzdioden (TVS)

Weitere Schutzkomponenten

TVS-Arrays werden als ESD-Schutz mit Arbeitsspannungen entsprechend den geltenden Werten der IC-Versorgungsspannung angeboten. Sie kommen mit niedriger Kapazität für High-Speed-Datenschnittstellen wie HDMI und USB 3.0.

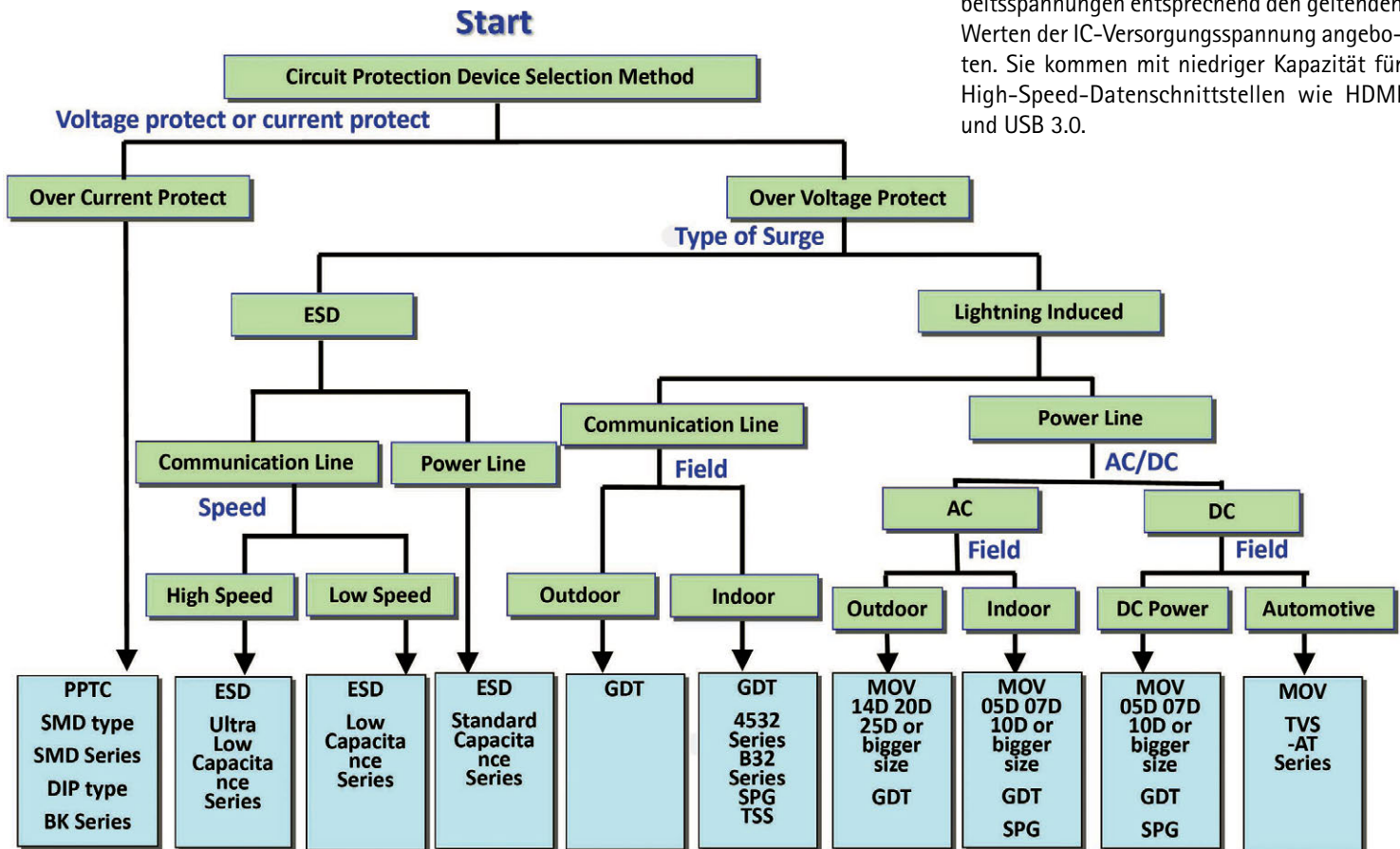
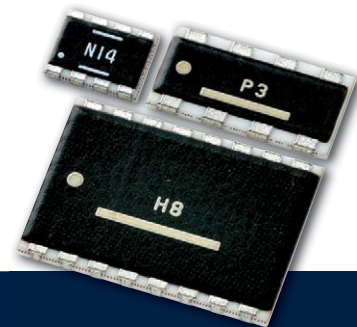


Bild 5: Entscheidungshilfe zur Auswahl von Schutzkomponenten



## Ultra-High Precision Thin Film Chip Resistor Networks

Down to 1 ppm/K in relative TCR



[www.susumu.de](http://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](mailto:info@susumu.de)



## Vom Passiv-Spezialist zum führenden Komponentenhersteller

Bekannt als führender Anbieter passiver Bauelemente, hat Yageo kürzlich die BrightKing Holdings Ltd. mit einem vollständigen Portfolio für Überspannungs- und Überstromschutz übernommen. Damit deckt Yageo im Bereich der Dioden und MOVs fast 100 % des Marktes ab. Dieser Schritt bringt Yageo näher an sein Ziel, eine unvergleichlich breite Palette an elektronischen Bauelementen sowie innovative Dienstleistungen auf hohem Qualitätsniveau weltweit aus einer Hand zu bieten. Kunden profitieren dank des One-Stop-Shopping-Ansatzes von Kostenvor-

teilen und den schnellen, lokalen Services rund um den Globus.

Yageo verfügt derzeit über 23 Verkaufsbüros, neun Produktionsstandorte in Asien, Nord- und Südamerika sowie Europa, acht Logistik-Hubs und zwei F&E-Zentren. Zwei UL-1449-Testlabors in Taiwan und China bieten einen auf Überspannungen bezogenen Pre-Test-Service für die UL-Zertifizierung. 2019 erweitert Yageo seine Fertigungskapazität um 35 %, um ein Produktionsvolumen von 522 Mio. Stück zu realisieren.

Applications	Applied CPC type & CPC BOM Usage	Potential of Demand Growth	Design trend
<b>5G base station</b> 	> MOV, TVS, GDT, PTC > 20pcs/set	<b>5G small cells in 2025:</b> 30M sets <b>CPC demand in 2025:</b> 600M pcs	> High surge > High power
<b>Automotive</b> 	> TVS, ESD, PTC, NTC > Traditional car: 50 ~ 70pcs/ Ecar: 60 ~ 80pcs (mainly increased in BMS)	<b>Ecar in 2025:</b> 40M cars <b>CPC demand in Ecars:</b> 2.4B ~ 3.2B pcs	> High surge > High power
<b>Smart phone</b> 	> ESD > 35pcs/set	Keep flat	
<b>IOT</b> 	> TVS, ESD, MOV, TSS, PTC > Demand varies by different communication port (POE, HDMI, USB...etc.)	Increasing, e.g. video-surveillance demand in 2018 is 180M sets and CAGR is 5%.	> Down sizing > Ultra low junction capacitance > Integration of protection device and

Die größten Wachstumsmärkte für Yageo

SPGs (Spark-Gap-Protector) sind mit UL-Zertifizierung für  $I_{pp}$ -Werte zwischen 300 und 3000 A für 8/29- $\mu$ s-Impulse sowie eine DC-Spark-over- (Überschlag-) Spannung von 140 bis zu 5000 V erhältlich. Sie bieten einen Isolationswiderstand von >100 M $\Omega$  bei geringem Alterungseffekt und sind nicht polarisiert.

GDTs (Gas-Discharge-Tube), ebenfalls mit UL/VDE-Zertifizierung, sind für  $I_{pp}$ -Werte zwischen 500 und 100 kA verfügbar (8/20- $\mu$ s-Impuls) und DC-Spark-over zwischen 75 und 6000 V (Impuls-Spark-over bis zu 7800 V). Sie bieten Isolationswiderstände um 1 G $\Omega$ . Typische Anwendungen sind Koaxialkabel und Ethernet.

TSS-Komponenten für Telecom- und Überwachungssysteme, Smart Meter etc. bieten einen  $I_{pp}$  von einigen hundert Ampere (8/20- $\mu$ s-Impuls) und einen geringen Leckstrom zwi-

schen 1 und 5  $\mu$ A bei präziser Spark-over-Spannung ( $V_{DRM}$ : 6 bis 620 V).

PPTCs eignen sich für dieselben Applikationen wie TSS. Im normalen Betriebsstatus haben sie einen sehr niedrigen Widerstand, ohne Effekt auf die zu schützende Schaltung. Sie werden somit in Serie zu dieser betrieben. Die Ansprechgeschwindigkeit ist mit einigen Millisekunden bis Sekunden recht niedrig, und zwar proportional zum Stromwert.  $I_{hold}$  liegt zwischen 30 mA und 14 A,  $V_{max}$  kann 5 bis 600 V betragen.

NTCs (Negative-Temperature-Coefficient-Thermistor) sind mit ihrem ausgezeichneten, langzeit-stabilen thermischen Zyklusverhalten ideal für Stromversorgungen (UPS) und Power-Adapter. Sie werden mit Durchmessern zwischen 5 und 25 mm (5D bis 25D) geliefert. ■

Stromversorgungen vereinfachen und Kosten sparen

# Mit SiC arbeiten

Die Siliziumkarbid-Technologie bietet neben einem höheren Wirkungsgrad viele weitere Vorteile, die es Entwicklern ermöglichen, die Leistungsdichte zu erhöhen, die Zuverlässigkeit zu verbessern und die gesamte Stückliste zu optimieren. Das funktioniert selbst in einer relativ einfachen Schaltung wie einem Flyback-Wandler.

VON WOLFGANG SAYER,  
LINE MANAGER BEI RUTRONIK, UND  
ALY MASHALY,  
ROHM SEMICONDUCTOR

**S**iliziumkarbid- (SiC) Leistungshalbleiter gelten als effiziente Lösung für Leistungswandler-Anwendungen, bei denen Energie extrem wertvoll ist, wie beispielsweise Solargeneratoren und Elektrofahrzeuge.

Tatsächlich haben sie noch viele weitere Vorteile zu bieten, darunter die Erhöhung der Leistungsdichte und Zuverlässigkeit aufgrund ihrer

besseren Temperaturbeständigkeit, die Vereinfachung des Schaltungsdesigns, die Verringerung der Abhängigkeit von externen Komponenten und die Möglichkeit, kleinere und kostengünstigere passive Komponenten einzusetzen. Um zu sehen, wie sich diese in gewöhnlichen Anwendungen nutzen lassen, vergleicht dieser Beitrag mehrere Designs für einen Flyback-Wandler einer Hilfsstromversorgung mit SiC- und Siliziumtechnologien.

## Basis für die Vorteile von SiC

In der Form, die für die Herstellung von Leistungshalbleitern verwendet wird, weist SiC eine Bandlücke von 3,2 eV zwischen dem Valenz- und dem Leitungsband auf. Das entspricht etwa dem Dreifachen des Wertes von gewöhnlichem Silizium. Darüber hinaus ist seine dielektrische Durchschlagsfeldstärke etwa zehnmal so hoch wie die von Silizium. Zusammen verleihen diese beiden Eigenschaften SiC-Bauelementen überlegene Eigenschaften, darunter schnelleres Schalten, einen höheren Wirkungsgrad, höhere Temperaturstabilität und höhere maximale Betriebstemperatur. Für

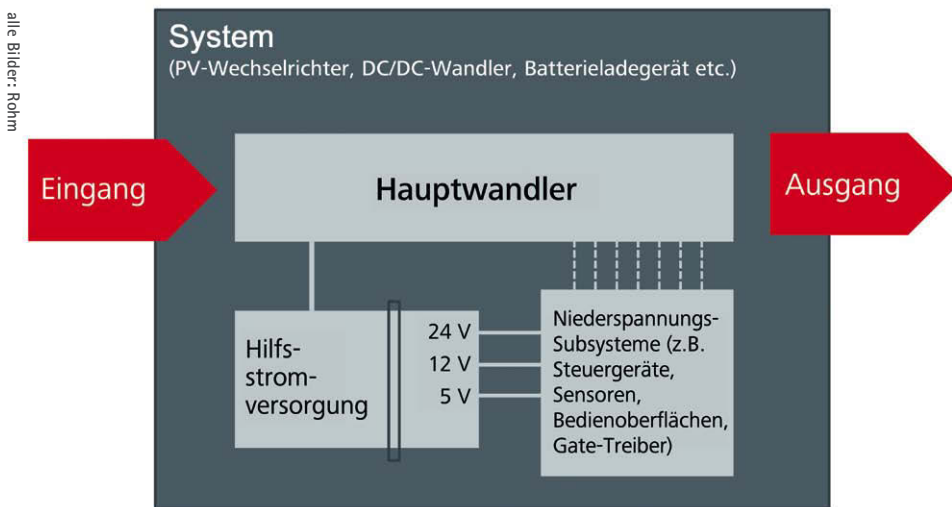


Bild 1: Positionierung und Zweck der Hilfsstromversorgung

Anzeige

**wieners+wieners**  
Fluent in solutions

## Linguistics is not a type of pasta.

Premium partner for global communication.  
We prepare your texts for an international audience.

www.wienersundwieners.de



Bild 2: Analyse der Worst-Case VDS im Flyback-Wandler

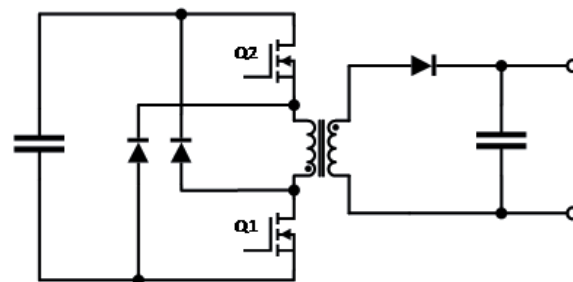
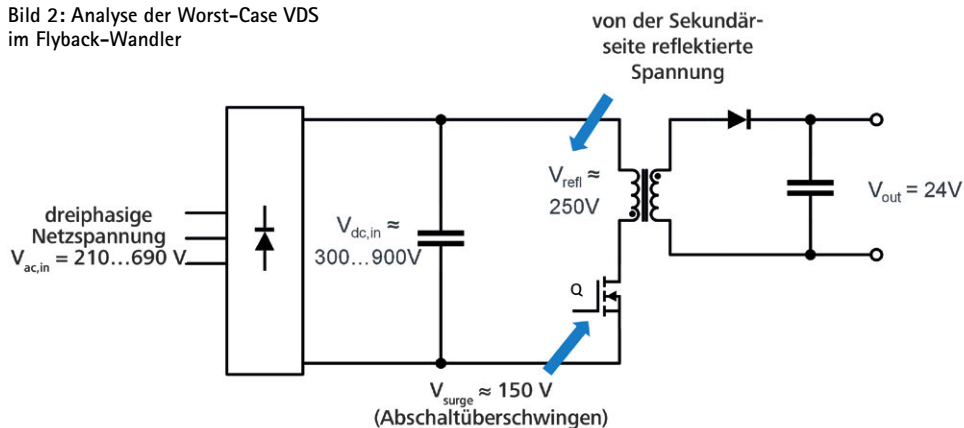


Bild 3: Herkömmliche Silizium-MOSFETs in einem Flyback-Wandler mit zwei Schaltern können die erforderliche Spannungsfestigkeit gewährleisten.

Geräteentwickler kann dies die Anforderungen an das Wärmemanagement verringern, ohne die Zuverlässigkeit der Bausteine zu beeinträchtigen.

Aufgrund der höheren Durchschlagfeldstärke von SiC lassen sich MOSFETs mit einer wesentlich dünneren Driftschicht konstruieren, was zu einem geringeren Durchlasswiderstand  $R_{DS(ON)}$  in Bezug auf die Die-Fläche für eine bestimmte Durchbruchspannung führt. Um eine hohe Durchbruchspannung in gewöhnlichem Silizium zu erreichen, weisen MOSFETs ein höheres  $R_{DS(ON)}$  auf, was zu höheren Leitungsverlusten führt. SiC ermöglicht auch eine geringere MOSFET-Gate-Ladung  $Q_g$  als Voraussetzung für ein schnelleres Schalten mit geringerem Energieverlust bei gleichzeitig niedrigem  $R_{DS(ON)}$  und hoher Durchbruchspannung.

Spannungen an den Drain- und Source-Anschlüssen standhalten kann. Jeder davon bietet eigene Vor- und Nachteile.

Ein Ansatz ist die Wahl eines Leistungstransistors mit hoher Durchbruchspannung, z.B. 1500 V. Allerdings weisen herkömmliche Silizium-Hochspannungstransistoren einen relativ hohen Durchlasswiderstand  $R_{DS(ON)}$  auf, wodurch unerwünschte Leitungs- und Wärme-

verluste entstehen. Sie neigen auch zu einer hohen Gate-Ladung ( $Q_g$ ), die hohe Treiberverluste sowie einen hohen Ableitstrom, insbesondere bei hohen Temperaturen, verursacht. Als Alternative bietet sich die Reihenschaltung zweier 800-V-Silizium-MOSFETs an. Dies erfordert komplexere Gate-Treiberschaltungen und eine Spannungsausgleichsschaltung. Zudem benötigen beide Bauteile eine Wärmesenke, was den Platzbedarf erhöht.

### Entwicklung einer Hilfsstromversorgung

Geräte wie Solarwechselrichter, industrielle DC/DC-Wandler, Batterieladegeräte und andere enthalten oft eine Hilfsstromversorgung. Diese wird über den Haupteingang betrieben, um Subsysteme wie Sensormodule, ein Display und andere Steuergeräte oder Treiber zu versorgen (Bild 1).

Der Einfachheit halber kommt typischerweise ein Flyback-Wandler zum Einsatz. Der Hauptleistungsschalter muss aufgrund der von der Sekundärseite reflektierten Spannung, des maximalen Abschaltüberschwingens und der DC-Eingangsspannung der Worst-Case-Drain-Source-Spannung standhalten können (Bild 2). Die Summe dieser Spannungen kann 1300 V übersteigen.

Eine Vielzahl von Designansätzen kann in Betracht gezogen werden, um sicherzustellen, dass der Leistungstransistor den Worst-Case-

Anzeige



### Thermosicherung

- Kann Nennspannungen bis zu 60 VDC sauber trennen
- Reflow kompatibel mittels nachgelagerter mechanischer Aktivierung
- Platzsparend dank integriertem Shunt

thermischer-schutz.schurter.ch **SCHURTER** ELECTRONIC COMPONENTS

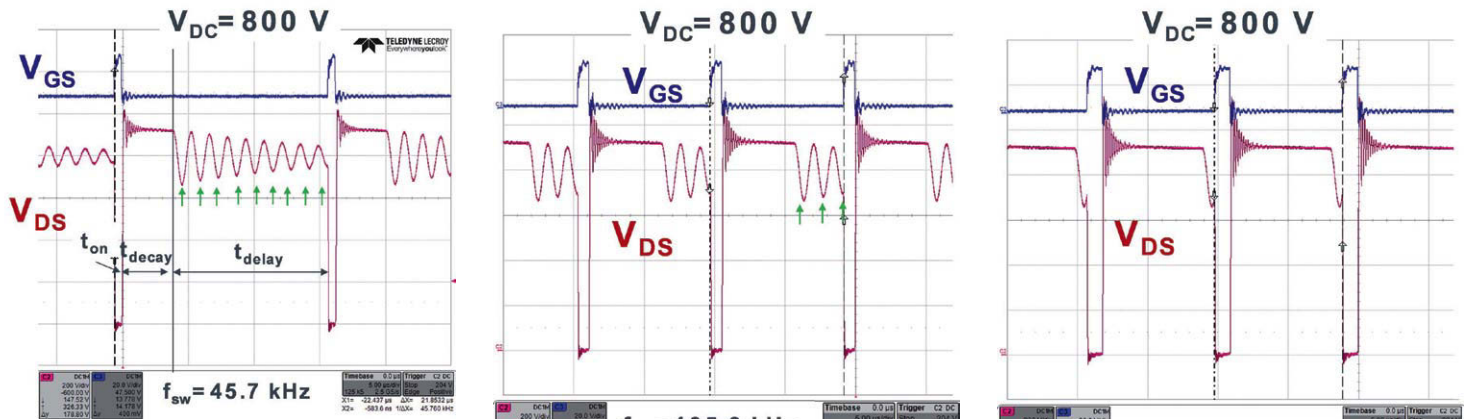


Bild 4: Schalt-Wellenformen eines MOSFETs bei geringer, mittlerer und voller Last

Eine weitere Lösung ist der Einsatz einer Flyback-Topologie mit zwei Schaltern (Bild 3) auf Kosten einer höheren Schaltungskomplexität. Für die Steuerung des High-Side-Schalters sind ein isolierter Gate-Treiber und eine Stromversorgung erforderlich, und für jedes Bauteil wiederum eine Wärmesenke.

Stattdessen kann ein einzelner SiC-MOSFET wie der SCT2H12NZ mit 1700 V Durchbruchspannung und 3,7 A Nennstrom verwendet werden. Dieser Baustein kombiniert eine hohe Durchbruchspannung mit einem  $R_{DS(ON)}$ -Bereich von bis zu 1/8 des Wertes vergleichbarer 1500-V-Silizium-MOSFETs. Darüber hinaus sind  $Q_g$  und Eingangskapazität stark reduziert, was eine höhere Schaltfrequenz und damit kleinere externe Komponenten ermöglicht. Weil SiC höheren Betriebstemperaturen standhält, gibt es weniger Anforderungen an die Wärmesenken.

Indem eine Single-FET-Flyback-Schaltung die erforderliche Durchbruchspannung bei minimalen Leitungsverlusten erreicht und mit höherer Schaltfrequenz arbeitet, kann die Umstellung auf SiC zu Stücklisteneinsparungen führen und somit eine wirtschaftlichere Lösung realisiert werden.

Ein spezieller Flyback-Controller-IC, der BD7682FJ, ist für den Betrieb von SiC-MOSFETs

vorgesehen. Zusätzlich zur Erzeugung eines Gate-Treibersignals im empfohlenen Bereich von 14 V bis 22 V für SiC-Bausteine (typischerweise etwa 18 V) beinhaltet er eine 14-V-Unterspannungssperre (UVLO) zur Vermeidung thermischer Probleme sowie eine Ausgangsklemme zur Vermeidung von Überspannungen am SiC-Gate. Die Steuerung implementiert quasiresonantes Schalten, um dynamische Verluste zu minimieren und ein geringes Rauschen zu erreichen. Zudem verfügt sie über einen Burst-Modus, um den Wirkungsgrad bei geringer Last zu erhöhen. Schutzfunktionen wie Softstart, Überstrombegrenzer pro Zyklus, Überspannungsschutz und Überlastschutz sind ebenfalls integriert.

Leistungsbeurteilung

Rohm hat ein Evaluation-Board für eine 100-W-Hilfsstromversorgung mit dem SCT2H12NZ und dem BD7682FJ gebaut, das mit einer Eingangsspannung von 210 V bis 480 V AC oder 300 V bis 900 V DC arbeiten kann.

Bild 4 zeigt die Wellenformen von  $V_{GS}$  und  $V_{DS}$  des Transistors bei geringer Last (links), 50 % Last (Mitte) und Nennlast (rechts). Die Wellenformen bei geringer Last zeigen, wie die Steuerung mehrere Wellentäler wartet, bevor sie den MOSFET einschaltet, was zu einer nied-

rigeren Betriebsfrequenz als dem nominalen 90- bis 120-kHz-Bereich führt. Mit zunehmender Ausgangsleistung wird die Verzögerungszeit reduziert und die Betriebsfrequenz erhöht. Bei Nennleistung erfolgt das Einschalten im ersten Tal. Messungen über den gesamten Lastbereich haben gezeigt, dass der Wirkungsgrad am Nennleistungsausgang auf 88-92 % steigt, bei Eingangsspannungen von 300 V bis 900 V DC.

Mit der Entwicklung dieses Evaluation-Boards für die Hilfsstromversorgung bestätigte Rohm, dass sich Kosteneinsparungen auf Systemebene erzielen lassen, wenn die Vorteile von SiC-Bausteinen komplett ausgeschöpft werden.

Mit der Entwicklung des quasiresonanten AC/DC-Wandlers BM2SCQ121T-LBZ ist Rohm einen Schritt weiter gegangen, indem ein voll integrierter 4-A-1700-V-SiC-MOSFET mit der Funktionalität des BD7682FJ einschließlich UVLO, Spannungsklemmen und Burst-Modus kombiniert wurden. Der Wandler im praktischen TO-220-6M-Gehäuse macht Entwicklungen mit SiC einfacher denn je und maximiert die Einsparungen bei der Anzahl der Teile und der Leiterplattenfläche.

Durch die Kombination von hoher Durchbruchspannung mit niedrigem  $R_{DS(ON)}$  sowie hoher Schaltgeschwindigkeit, geringer Schaltverluste und hoher Temperaturbeständigkeit ermöglichen Siliziumkarbid-MOSFETs Entwicklern eine Vereinfachung des Schaltungsdesigns und niedrigere Stücklistenkosten in einem breiten Anwendungsspektrum, einschließlich einfacher Flyback-Wandler. Ein neuer, voll integrierter Flyback-Wandler-IC mit Gate-Treiber- und Steuerschaltung mit eingebautem 1700-V-SiC-MOSFET kapselt diese Vorteile in einem einfach zu bedienenden, industrietauglichen Leistungsgehäuse.

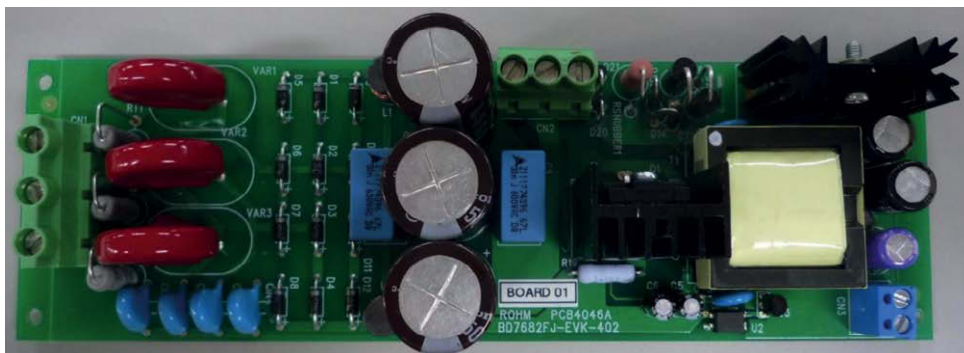


Bild 5: Evaluation-Board für den BD7682FJ





# ENGINEER'S TOOLBOX

Vishay key components grouped by market segments



Alternative Energy



AMS



Automotive



Transportation



Computer



Consumer



Industrial



Medical



Telecom

[www.vishay.com/landingpage/et4](http://www.vishay.com/landingpage/et4)

A **WORLD OF**  
**SOLUTIONS™**

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

© 2019 VISHAY INTERTECHNOLOGY, INC.  
ALL RIGHTS RESERVED.

Thermischer Schutz

# Thermosicherung mit dem gewissen Extra

*Bei modernen, hochverdichteten Elektronikapparaturen ist die Sicherheit im Betrieb zunehmend durch exzessiv hohe Temperaturen bedroht. Um dieser Gefahr zu begegnen, werden üblicherweise Thermosicherungen verwendet. Doch erst die Kombination mit einem Shunt-Widerstand ermöglicht einen ausfallsicheren Schutz.*

VON MICHAEL BAUMANN, PRODUCT SALES  
MANAGER MECHANICS BEI RUTRONIK,  
UND  
MARKUS HÄCKI, PRODUCT MANAGER BEI  
SCHURTER

Um eine immer höhere Leistungsdichte zu erreichen, müssen bei moderner Elektronik immer mehr Komponenten und Funktionen auf engstem Raum untergebracht werden. So entstehen höchst leistungsfähige Produkte mit geringen Abmessungen, die jedoch die Gefahr des thermischen Durchgehens mit sich bringen. Von thermischem Durchgehen (engl. Thermal Runaway) spricht man bei der Überhitzung einer technischen Apparatur aufgrund von Wärme pro-

duzierenden, sich selbst verstärkenden Vorgängen. Bei einem Leistungshalbleiter wie etwa einem MOSFET erhöht sich im durchgeschalteten Zustand mit steigender Temperatur der Drain-Source-Durchlasswiderstand und führt zu einer zunehmenden Verlustleistung in der Sperrschicht. Diese in Form von Wärme abgegebene Verlustleistung kann bei unzureichender Kühlung nicht mehr vollständig abgeführt werden und erhöht so wiederum den Durchlasswiderstand, wodurch der Prozess sich innerhalb kürzester Zeit mehr und mehr aufschaukelt. Das kann dazu führen, dass das Bauteil bzw. die Apparatur zerstört wird und im schlimmsten Fall Brände oder Explosionen entstehen.

## Ergänzung um einen Strom-Messsensor

Im Rahmen der Konstruktion von Baugruppen und der Auslegung von Schaltungen sollte stets die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands von Bauelementen mit einberechnet werden. Diese Eigenschaft zum Messen des Stroms lässt sich auch gezielt nutzen. Da ein Übertemperaturschutz nur aufgrund thermischer Bedingungen auslöst, ist es oftmals sinnvoll, eine Thermosicherung mit einem Strommesssensor in Form eines Shunts zu kombinieren, um auch den Stromfluss ausreichend beachten zu können. Mit Hilfe dieser Kombination ist es möglich, sowohl eine schleichende Temperaturerhöhung durch den Thermoschutz als auch eine schnell einsetzende Störung (Überstrom) mittels Shunt zu identifizieren.

Bei einem Shunt handelt es sich um einen niederohmigen Widerstand mit möglichst geringer Temperaturabhängigkeit, der ohne Beeinflussung durch die Umgebungstempe-



Bild: timothyh/stock.adobe.com

ratur genaue Messungen des Stromdurchflusses im Bauteil ermöglicht. An diesem Widerstand wird die dort abfallende kleine Spannung gemessen, um daraus die Stromstärke zu berechnen. Je kleiner die Spannung ist, desto weniger wird der Stromkreis durch die Messeinrichtung beeinflusst. Die erhobenen Messwerte werden durch einen Controller verarbeitet und führen im Falle eines zu hohen Stroms zur Trennung des Kreises. Die zulässige Stromstärke ist dabei systemabhängig und lässt sich entsprechend definieren.

*Schlaue Kombination  
für ausfallsicheren Schutz*

Um einen Thermal Runaway zu verhindern, bietet Schurter mit dem RTS (Reflow Thermal Switch) mit Shunt einen ausfallsicheren Schutz. Er ersetzt nicht den klassischen Überstromschutz, sondern ist vielmehr eine Ergänzung der Sicherheitskette um eine Funktionalität, die bisher durch die Schmelzsicherungen nicht gegeben war. Der RTS wird möglichst nah am zu schützenden Bauteil platziert. Sobald die Umgebungstemperatur des Leistungshalbleiters einen gewissen Schwellwert überschreitet, trennt der Thermoschutz das Bauteil vom Stromkreis. Im Falle eines thermischen Durchgehens erfolgt zudem eine galvanische Trennung. Dank der Erweiterung um einen Shunt-Messwiderstand kann außerdem die Höhe des durchfließenden Stroms gemessen und mittels Regelelektronik korrigiert werden.

Ergänzt man den RTS zusätzlich um eine Überstromsicherung, sind drei Funktionen in einem einzigen Reflow-lötbaren SMD- (Surface Mounted Device) Bauteil im platzsparenden RTS-Gehäuse mit kleinem Footprint von 6,6 mm x 8,8 mm vereint: Übertemperaturschutz, Überstromschutz und Messung der Stromstärke. Damit sinken die Kosten während die Sicherheit im Betrieb erheblich steigt.

*Auch kundenspezifische Varianten*

Der RTS von Schurter verkraftet Betriebsströme bis 130 A und Nennleichspannungen von bis zu 60 V. Die Standardversion verfügt über einen Messsensor-Widerstand von 500 µΩ und eine Auslösetemperatur von 210 °C. Die aktuelle Auslegung des Standard-RTS mit Shunt ist speziell auf den Bereich der Leistungselektronik im Automotive-Bereich um 12 V abgestimmt und eignet sich insbesondere für Kühlgebläseanwendungen, ABS, Servolenkung, PTC-Heizungen, HVAC, Glühkerzen und Dieselheizkörper. Er ist jedoch auch in der Industrie einsetzbar, v.a. in Bereichen wie Batterieschutz, Netzteile, Beleuchtung von Vorschaltgeräten, H-Brücken-Schaltungen und Motorantrieben.

Für einen wirkungsvollen Schutz auch bei individuellen Bedürfnissen einer Anwendung stehen neben den Standardprodukten auch kundenspezifische Auslegungen mit angepassten Parametern, z.B. Höhe des Widerstands oder Auslösetemperatur, zur Verfügung. ■



Ein kleines Bauelement wie dieser RTS von Schurter kann die thermische Zerstörung verhindern, muss im Fehlerfall nicht ausgetauscht werden wie eine Schmelzsicherung und kann noch viel mehr.

Bild: Schurter



## Wireless Application Solutions

Compact and high performing Molex Antennas now available from Rutronik for frequencies used in IoT, automotive, industrial and smart home applications



For more information visit [rutronik.com/molex](http://rutronik.com/molex)

**molex**

Horticulture-Lighting

# Mit LEDs zur Hochhaus-Farm

*Die vertikale Landwirtschaft wird eine zunehmend wichtige Rolle im Bereich der Agrarwirtschaft einnehmen. Denn mit moderner LED-Technologie lassen sich ganz ohne Sonnenlicht platz- und ressourcensparend verschiedenste Pflanzen anbauen und ihr Wachstum positiv beeinflussen. Hierfür bedarf es effizienter Beleuchtungslösungen.*

VON SAFA DEMIR,  
PRODUCT SALES MANAGER OPTO  
BEI RUTRONIK

Die Welt steht vor zwei großen Herausforderungen – die steigende Weltbevölkerung und der Klimawandel –, die ohne angemessene Lösungen zu Nahrungsmittelknappheit führen werden. Eine Maßnahme, um dem entgegenzuwirken, ist die vertikale Landwirtschaft als Teil der Horticulture.

Dank moderner LED-Technik mit geringer Wärmeabgabe können Lichtquellen nah an den zu kultivierenden Pflanzen angebracht werden, ohne dass Verbrennungen entstehen. Dies ermöglicht einen mehrschichtigen Anbau. Eine solche vertikale Landwirtschaft bietet eine weitaus effizientere Flächen- und Wassernutzung im Vergleich zu konventioneller Landwirtschaft oder herkömmlichen Gewächshäusern und ist auch im urbanen Raum realisierbar.

Damit ist sie auch für den kommerziellen Anbau von Pflanzen interessant, die stark nachgefragt werden, wie z.B. Cannabis für den medizinischen Gebrauch. In allen Bereichen spielt dabei die Effizienz und Verlässlichkeit der Beleuchtung eine entscheidende Rolle.

*Optimale Photosynthese  
mit dem passenden Lichtspektrum*

Um die Photosynthese der Pflanzen bei der Verwendung von künstlichem Licht optimal zu fördern, ist die richtige Kombination aus einem breiten Spektrum an Wellenlängen nötig. Nur die Wellenlängen 450 nm, 660 nm, 730 nm und etwas grünes Licht mit 520 bis 550 nm wirken sich auf die Photosynthese aus. Je nach



Bild: zappzphoto/stock-adobe.com

Phase – ob die Pflanze sich in der Keimung, der vegetativen Phase oder der Fertilisation befindet – ist eine andere Zusammensetzung ideal. Dies gilt besonders dann, wenn wie bei der vertikalen Landwirtschaft kein natürliches Sonnenlicht vorhanden ist. Zudem sollten die Wellenlängen der Zielsetzung angepasst sein. Das hängt davon ab, ob die Pflanze schnell oder langsam wachsen soll, ob die Blüte im Vordergrund steht oder besonders große oder zahlreiche Früchte.

Manche Farbspektren haben bei individueller Verwendung keinen besonders hohen Anteil an photosynthesewirksamen Lichtwellen. Kombiniert man sie jedoch in den richtigen Verhältnissen mit anderen Wellenlängen, erhöht sich die Photosynthese-Rate. Das Mischungsverhältnis sollte den Wellenlängen des natürlichen Lichts im Verlauf des Tages nachempfunden werden. So ist beispielsweise gegen Abend eine Wellenlänge von 730 nm (Far Red) optimal, um die Pflanzen auf die Nachtruhe vorzubereiten, während 450 nm (Deep Blue) und 660 nm (Hyper Red) für die Photosynthese benötigt werden. Unterschiedliche Zusammensetzungen des Lichtspektrums lassen sich einfach durch die Variation der LED-Anzahl in den entsprechenden Wellenlängen erreichen, ohne dass sich das PCB- oder Leuchtendesign ändert. Um jedoch die LEDs präzise ansteuern zu können und so das Mischungsverhältnis im Tagesverlauf zu ändern, ist ein Controller notwendig.

#### *LEDs für effizientes Horticulture-Lighting*

Es gibt eine Vielzahl an LEDs mit den unterschiedlichen Wellenlängen, die sich je nach Bedarf kombinieren lassen, um ein individuelles Horticulture-Board zusammenzustellen.

High-Power-LEDs liefern die größte Helligkeit. Die Oslon-Produktfamilie von Osram umfasst High-Power-LEDs mit verschiedenen Bestrahlungswinkeln (80°, 120°, 150°) und einer breiten Auswahl an Farbspektren. Speziell für die Anwendung im Horticulture-Lighting-Bereich hat Osram die Oslon-SSL-Color-LEDs in den Wellenlängen 450 nm (Deep Blue), 660 nm (Hyper Red) und 730 nm (Far Red) sowie die Oslon Square in den Wellenlängen 450 nm (Deep Blue) und 660 nm (Hyper Red) entwickelt. Die SSL-Familie stellt zusätzlich Farbspektren wie Blue, True Green und Red für spezielle Lichtmischungen zur Verfügung. Die Oslon Square mit einem Abstrahlwinkel von 120° erreicht eine Effizienz von bis zu 3,779 µmol/J, die Oslon-SSL-Produktfamilie sogar 3,91 µmol/J.

Rutronik bietet auch ein breites Portfolio an Mid-Power-LEDs an. Sie sind zwar nicht so hell wie die High-Power-Varianten, dafür kostengünstiger. Das macht sie vor allem für Konsumanwendungen interessant. Auch die Effizienzwerte sind für deren Bedürfnisse ausreichend, um die Photosynthese entsprechend zu fördern. Passende Mid-Power-Komponenten sind die Duris-S5-Serie von Osram sowie die 2835- und 3030-Packages von Everlight.

Die Duris-S5-Serie eignet sich auch für Horticulture-Anwendungen für den Hausgebrauch. Hierfür bietet die kompakte Duris-S5-Purple-LED eine platzsparende Kombination der photosynthesewirksamen Wellenlängen 450 nm und 650 nm.

Zusätzlich zu den LEDs mit sichtbaren Spektren gibt es auch Bauteile von Stanley, die ultraviolette Wellenlängen in UV-B (280–315 nm) und UV-A (315–400 nm) abgeben. Sie töten Keime ab und verlängern so die Lagerzeit. Zudem können sie Geschmack und Farbe der Früchte verbessern.

#### *Mehr Effizienz mit den richtigen Power-Lösungen*

Nachdem die optimalen LEDs für die entsprechende Anwendung ausgewählt wurden, gilt es, den LED-Treiber darauf abzustimmen. Da sich auf den Horticulture-Boards große Mengen von LEDs befinden, ist eine leistungsstarke Energieversorgung nötig. Der OT FIT 380/230-400/1A4 von Osram ermöglicht mit breitem Spannungsbereich von 200 bis 400 V und großer Bandbreite an Stromstärken von 400 mA bis 1400 mA eine flexible Gestaltung des Board-Designs sowie eine hohe Variation der LED-Anzahl. Zudem verfügt er über eine per NFC anpassbare Stromstärke und optimierte Surge- und Burst-Fähigkeiten mit 4 kV.

Versieht man die LEDs zusätzlich mit einer Sekundäroptik, lassen sich das Farbspektrum sowie der Bestrahlungswinkel des Lichts besser kontrollieren. Je nach Dichte der LEDs kann das Licht gebündelt oder gestreut werden. Damit erzielt man auch verschiedene Lichtintensitäten, um den Ansprüchen der jeweiligen Pflanze gerecht zu werden. Ein breites Portfolio an Linsen mit unterschiedlichen Strahlencharakteristika bietet z.B. Ledil. Sie sind mit vielen der gängigen LED-Packages, wie zum Beispiel der Osram-Oslon-Familie, kompatibel. ■



**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



Ausweg aus der Bauteile-Knappheit

# Downsizing und Replacement von MLCCs

*Vor allem bei einigen Passiven sorgen extrem lange Lieferzeiten immer wieder für Engpässe in der Produktion. Einen kreativen Ausweg für MLCCs bietet die Nutzung kleinerer Baugrößen oder ihr Ersatz durch geeignete Tantal- oder sogenannten Hybrid-Kondensatoren.*

VON JÜRGEN GEIER,  
TECHNICAL SUPPORT CERAMIC CAPACITORS  
BEI RUTRONIK

Der Bedarf an Mehrschicht-Keramik-Kondensatoren (Multi-Layer Ceramic Capacitor, MLCC) ist in den letzten Jahren immens gestiegen: In jedem Smartphone finden sich heute durchschnittlich 750 bis 1000 MLCCs, in einem Auto sogar 3000 – mit stark steigender Tendenz. So ist etwa bei Murata die Nachfrage nach MLCCs in den letzten vier Jahren um den Faktor 2,5 gestiegen. Viele Hersteller bauen ihre Fertigungskapazitäten stetig aus, doch sie können allein damit den weiter wachsenden Bedarf nicht decken.

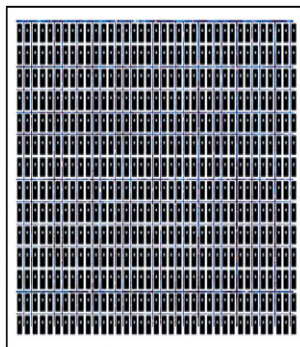
Abhilfe schafft Downsizing. Denn kleinere Bauformen erlauben einen erheblich höheren Mengenausstoß als größere. Im Vergleich zu MLCCs

der Größe 1210 lassen sich aus demselben Wafer rein von der Fläche her rund 16 Mal so viele 0402- und 44 Mal so viele 0201-MLCCs gewinnen. Volumentechnisch steigt der Mengenausstoß in der Produktion sogar um den Faktor 80 (0402) bzw. 400 (0201) (Bild 1).

Deshalb empfiehlt es sich, MLCCs in kleineren Bauformen zu nutzen, wenn die geforderten Wertekombinationen verfügbar sind. Dies gilt insbesondere bei Neuentwicklungen, aber auch bei Redesigns. So verbleiben wertvolle Fertigungskapazitäten für hochkapazitive MLCCs, die in kleineren Bauformen nicht möglich sind, und werden nicht mehr als unbedingt nötig durch Teile blockiert, die auch kleiner verfügbar sind.

Bild: Rutronik

Size	1210	1206	0805	0603	0402	0201
Area	8,00	5,12	2,50	1,28	0,50	0,18
Quantity-Factor ~	1,00	1,50	3,20	6,25	16,00	44,00
Production-Load ~	80	32	12	4	1	0,20
Quantity-Factor ~	1	2,5	6,5	20	80	400



### Downsizing bringt weitere Vorteile

Vom Downsizing der Komponenten profitieren aber auch andere Bereiche. Denn die kleineren Bauteile ermöglichen Kostensenkungen über den niedrigeren Bauteilpreis hinaus, etwa durch geringeren PCB-Platzbedarf und weniger Gewicht, geringere Lotmengen und vor allem auch weniger Lagerplatz (Bild 2).

Bild 1: Je kleiner die Bauform, desto höher die möglichen Stückzahlen pro Wafer

Bild: Vishay

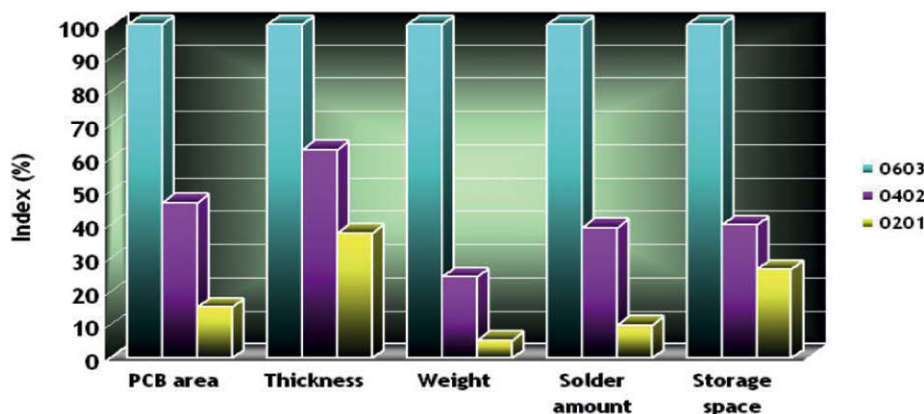


Bild 2: MLCCs in kleineren Bauformen bieten viele Vorteile.

Um das Potenzial voll auszuschöpfen, gilt es allerdings einige Aspekte zu beachten. Das beginnt damit, nicht einfach auf bestehende Wertekombinationen zurückzugreifen, sondern sich an den tatsächlichen Erfordernissen der Applikation und letztlich sogar an der Funktion der MLCCs zu orientieren. Dies gilt insbesondere für die Kapazitäts- und Spannungswerte, aber auch für erforderliche Temperaturen und Impedanz/ESR-Werte. Hinzu kommt der DC-Bias, vor allem bei sogenannten HiCaps, d.h. Kondensatoren mit Kapazitätswerten im µF-Bereich. DC-Bias ist ein Effekt, der die Kapazität der MLCCs in Abhängigkeit von der angelegten Gleichspannung absinken lässt. Das

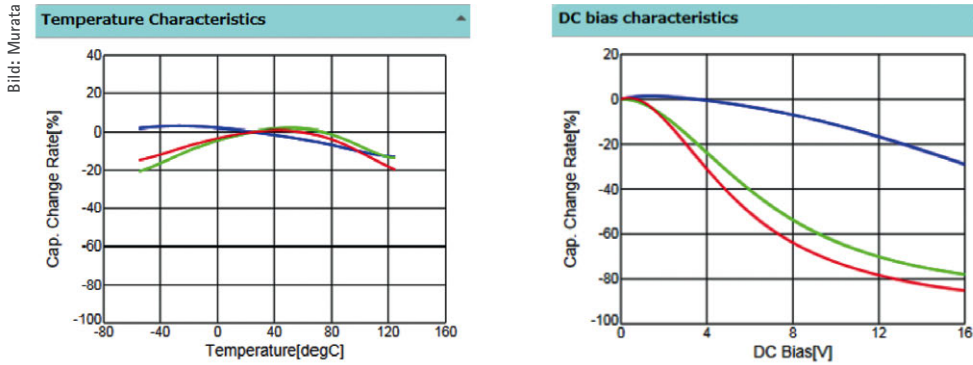


Bild 3: Vergleich der Temperatur- und der DC-Bias-Charakteristik für drei hochkapazitive MLCCs: GRM21BR71C105KA01 (blau), GRM188C71C225KE11 (grün) und GRM188C71C475KE21 (rot)

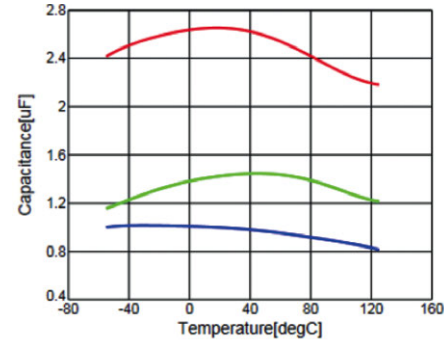


Bild 4: Die Kapazität des O603-MLCC in 4,7 µF (in rot) liegt deutlich über der Kapazität der O805-MLCCs in 1,0 µF.

heißt, es ist darauf zu achten, dass ein bestimmter C-Wert im Betrieb nicht unterschritten wird.

Bei MLCCs mit geringer Kapazität, etwa Entstörkondensatoren im Bereich 100 nF bei 16 V, unterscheidet sich die Impedanzkurve bei den Bauformen O603, O402 und O201 kaum. Im Allgemeinen verbessern sich die Impedanzeigenschaften, je kleiner die Bauform ist.

Bei hochkapazitiven MLCCs, etwa Pufferkondensatoren im Bereich einiger µF, zeigt sich bei kleinerer Bauform ein ähnlicher weiterer Kapazitätsverlauf über der Temperatur, aber ein ausgeprägteres DC-Bias (Bild 3).

Verwendet man höhere Nominal-Kapazitätswerte, erreicht man aber durchaus sogar höhere tatsächliche (verbleibende) Kapazitätswerte unter realen Betriebsbedingungen (Bild 4).

Bei Kondensatoren in Keramikausführung, etwa mit 100 pF und 50 V, zeigt sich, dass die elektrischen Eigenschaften der Größen O603 und O201 nahezu identisch sind.

### Interessante Alternativen

Im Allgemeinen sind Keramik-MLCCs von Vorteil, wenn die ESR-Werte von besonderer Bedeutung sind und höhere Betriebsfrequenzen vorliegen. Der kostengünstige 1:1-Austausch von Keramik gegen Tantal äquivalenter Baugröße ist nur bei Kapazitäten bis zu 2,2 µF sinnvoll. Darüber hinaus eröffnen sich im Bereich von Kapazitätswerten ab ca. 10 µF weitere Optionen, um die Verfügbarkeit zu verbessern. Dies geschieht am besten durch einen Austausch, also den Einsatz anderer Technologien. Hier bieten sich neben Polymer-Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren insbesondere die Polymer-Tantal-Kondensatoren an – je nachdem,

ob funktional die Kapazität oder der (bei den Keramikausführungen bessere) ESR-Wert bzw. die Stromtragfähigkeit im Vordergrund stehen.

Rutronik bietet beim MLCC-Ersatz einen dezierten Service mit umfangreichem Material und Hilfsmitteln, z.B. sogar einen Vergleich der Auslegung der Solder-Pads. Weiterhin erhält der Anwender ein „MLCC Replacement Sheet“, in das er seine Anforderungen (nominale Spannung, Kapazität, Baugröße und -höhe, Temperatur-Charakteristik etc.) und seine Applikation (Arbeitsspannung der Kondensatoren, Anzahl der parallel geschalteten MLCCs, Ripple-Strom, ESR-Wert, Betriebsfrequenz) eintragen kann.

Für weitere Alternativen sind die real wirkenden minimalen Kapazitätswerte und weitere spezifische Betriebsbedingungen ausschlaggebend. Werden sie berücksichtigt, ist die Chance groß, einen Ersatz zu finden, der die Anforderungen mindestens genauso gut erfüllt. ■

Anzeige

## ENTWICKELT FÜR 12V/24V/28V/48V SOFT-HYBRID-ANWENDUNGEN, AUTOMOBIL-SENSOREN UND CAN-BUS STROMVERSORGUNGEN

### R-78Q5.0-0.3 NICHT ISOLIERTER DC/DC WANDLER

- $V_{in}$  = 6,5 bis 72VDC, 100V Spitze
- Kompaktes SIP3-Gehäuse
- -40°C bis 105°C Volllastbetrieb
- Entwickelt für 48V Soft-Hybrid-Anwendungen und Automobil-sensoren
- Geprüft gemäß AEC-Q200 mit PPAP-Dokumentation
- Fertigungseinrichtung mit IATF 16949 Zertifizierung



### RAQ-0505S/H ISOLIERTER DC/DC-WANDLER

- 2,8kV AC & 5kV DC Isolation für 1 Minute
- Kompaktes SMD-Gehäuse
- -40°C bis 105°C Volllastbetrieb
- Entwickelt für Batteriemangement-systeme, angepasste Sensorsignal-Isolation und CAN-Bus-Isolatoren
- Geprüft gemäß AEC-Q200/AEC-Q104 mit PPAP-Dokumentation
- Fertigungseinrichtung mit IATF 16949 Zertifizierung



### 10 kW BIDIREKTIONALES LADEGERÄT

- Modernste SiC-Technologie
- Programmierbare konstante Ausgangsleistung
- Wirkungsgrad bis zu 96% bei eingestellter Ausgangsspannung von 20V @500A bis 200V @50A
- Keine Mindestlast
- Geringer Ruhestrom
- Lademodus: AC → DC
- Entlademodus: DC → AC (Im Entlademodus wird die Energie an die AC-Versorgung zurückgegeben)
- Robustes 19"-Rack-Format
- Per CAN-Bus gesteuerte bidirektionale DC/DC-Module für Stromaufteilung sind ebenfalls erhältlich



MOSFETs mit schneller Body-Diode

# Mit LLC-Topologie und FREDFETs den Wirkungsgrad erhöhen

*Elektronische Ausrüstungen sollen eine hohe Leistung bei geringerem Energieverbrauch erzielen – der Wirkungsgrad muss steigen.*

*Mit herkömmlichen, hart schaltenden Wandlern ist das kaum*

*zu erreichen. Entwickler von Netzteilen haben sich deshalb weich schaltenden Topologien wie dem LLC-Resonanzwandler zugewandt.*

*Dabei gibt es jedoch ein paar Aspekte zu berücksichtigen.*

VON GERALD ZIPFEL,  
TECHNICAL SUPPORT POWER  
BEI RUTRONIK, UND  
ANTONINO GAITO,  
SENIOR APPLICATION ENGINEER  
IM BEREICH LEISTUNGS-MOSFET  
BEI STMICROELECTRONICS

**E**ine resonante LLC-Halbbrücke garantiert das Nullspannungsschalten (Zero Voltage Switching, ZVS) im gesamten Schaltgerät vor dem Einschalten (oder Nullstrom beim Ausschalten). Dadurch lassen sich Energieverluste durch Überlagerung von Schaltstrom und -spannung bei jedem Übergang vermeiden. Mit dieser Schalttechnik können Schaltverluste auch bei hohen Frequenzen gering gehalten und die Größe reaktiver Bauelemente damit reduziert werden. Bei geringeren Verlusten ist natürlich ein kleinerer Kühlkörper möglich. Die Nullspannungsbedingung ergibt sich durch die Eigenleitung der MOSFET-Body-Diode; bei extrem schnellen Lastwechseln kann der MOSFET von einer Nullspannungs- zu einer Nullstromschaltbedingung übergehen. Dann könnten hohe  $dv/dt$ -Werte den intrinsischen Bipolartransistor in den leitenden Zustand bringen, was in der Regel zur Zerstörung des MOSFET führt.

## LLC-Topologie mit Reihenresonanzwandler

Die Grundschaltung einer Halbbrücke in LLC-Topologie (Bild 1) besteht aus zwei Schaltern: dem High-Side-Schalter ( $Q_1$ ) und dem Low-Side-Schalter ( $Q_2$ ). Sie sind über eine Induktivität  $L_r$  und einen Kondensator  $C_r$  mit dem Transformator verbunden. Die Schalter werden überbrückt durch ihre intrinsische Body-Diode ( $D_1$  und  $D_2$ ) und den intrinsischen kapazitiven Ausgangswiderstand ( $C_1$  und  $C_2$ ).

Um ihre Rolle in der allgemeinen Funktionsweise zu verdeutlichen, sind diese in Bild 1 getrennt dargestellt. Zudem ist ein weiterer induktiver Widerstand ( $L_m$ ) zu sehen. Es handelt sich dabei um die Streuinduktivität des Transformators, die in der LLC-Topologie eine bedeutende Rolle spielt.

alle Bilder: STMicroelectronics

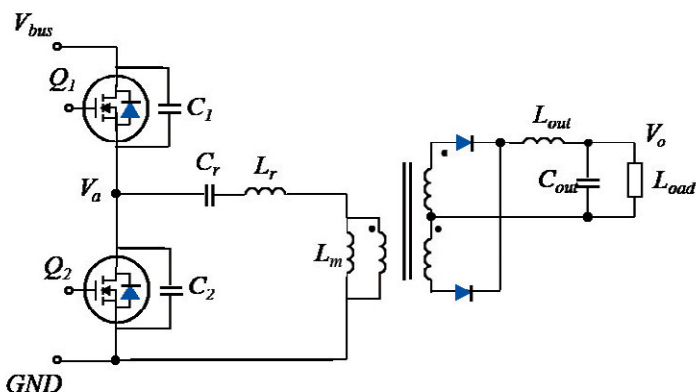


Bild 1: LLC-Brückenschaltung

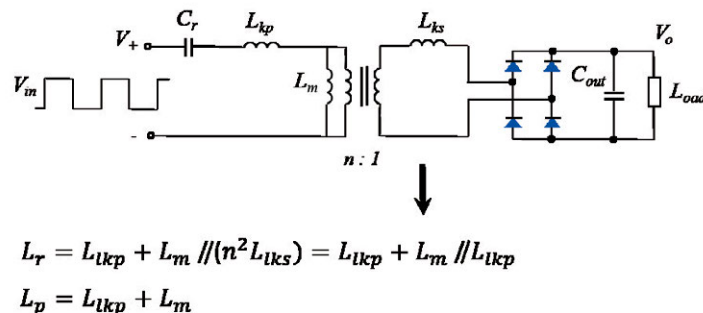
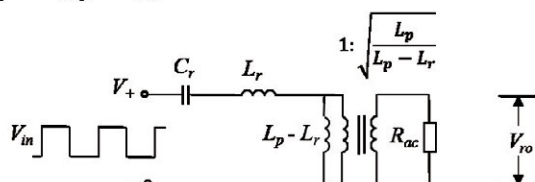


Bild 2: Parasitäres elektrisches Ersatzschaltbild





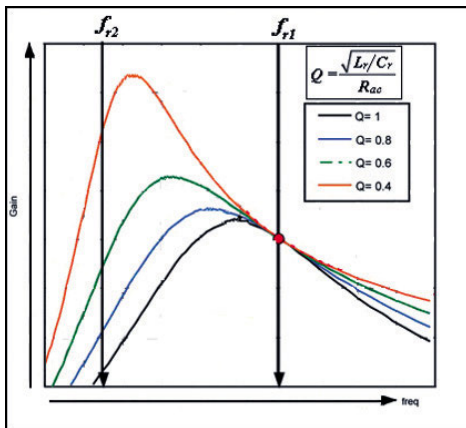


Bild 3: Die Verstärkung der resonanten Zelle ändert sich in Abhängigkeit von Q.

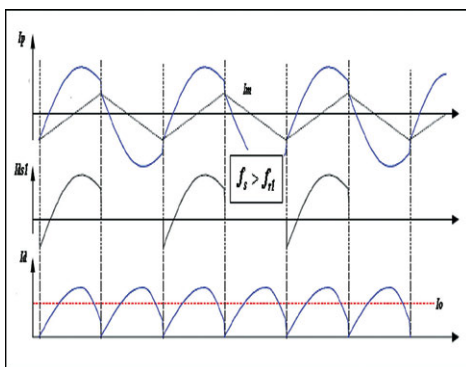


Bild 4: Typische Wellenformen eines LLC-Wandlers

Wenn man davon ausgeht, dass der Primärinduktivitätswert  $L_m$  des Transformators so groß ist, dass er sich nicht auf das Resonanznetzwerk auswirkt, fungiert der dargestellte Wandler als Reihenresonanzwandler.

In einer resonanten Zelle wird die maximale Verstärkung erzielt, wenn die Frequenz des Eingangssignals ( $f_i$ ) gleich der Resonanzfrequenz ( $f_r$ ) ist, d.h. wenn die LC-Impedanz gleich null ist. Der eingesetzte Wandler arbeitet in einem Frequenzbereich, der durch zwei spezifische Resonanzfrequenzwerte begrenzt wird. Diese Werte sind von der Schaltung abhängig. Der LLC-Controller setzt die Schaltfrequenz ( $f_s$ ) des MOSFET gleich der Resonanzfrequenz der Schaltung, um den Vorteil der Resonanz zu nutzen.

Bei einem Lastwechsel ändert sich die Resonanzfrequenz von einem minimalen Wert ( $f_{r2}$ ) auf einen maximalen Wert ( $f_{r1}$ ):

$$f_{r2} = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_r + L_m)C_r}}$$

$$f_{r1} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_r C_r}}$$

Für  $f_s \geq f_{r1}$  fungiert LLC als RC-Reihenschwingkreis. Diese Funktionsweise ist bei hoher Last gegeben, d.h. wenn  $L_m$  einer geringen Impedanz gegenübersteht. Dagegen fungiert LLC für  $f_s \leq f_{r2}$  als RC-Parallelschwingkreis, was bei geringer Last gegeben ist. Das kommt normalerweise nicht vor, weil das System dann im ZCS-Betrieb (Nullstromschalten) arbeiten würde. Liegt die Frequenz  $f_i$  im Bereich  $f_{r2} < f_i < f_{r1}$ , vermischen sich diese beiden Funktionsweisen. – Die Verstärkung der resonanten Zelle ist in Bild 3 dargestellt. Es zeigt, wie sich die Kurvenform in Abhängigkeit von der Güte Q verändert.

Der Betriebsbereich des LLC-Resonanzwandlers ist durch die maximale Verstärkung begrenzt. Zu beachten ist, dass die maximale Spannungsverstärkung nicht bei  $f_{r1}$  oder  $f_{r2}$  gegeben ist. Vielmehr liegt die Frequenz, bei der die maximale Verstärkung erzielt wird, zwischen  $f_{r2}$  und  $f_{r1}$ . Mit abnehmender Güte Q – also mit abnehmender Last – verschiebt sich diese maximale Verstärkungsfrequenz zu  $f_{r2}$  und es wird eine höhere maximale Verstärkung erzielt. Mit zunehmender Güte Q – also zunehmender Last – verschiebt sich die maximale Verstärkungsfrequenz dagegen zu  $f_{r1}$ , und die maximale Verstärkung nimmt ab. Somit ist Vollast für ein Resonanznetzwerk der schlechteste Fall.

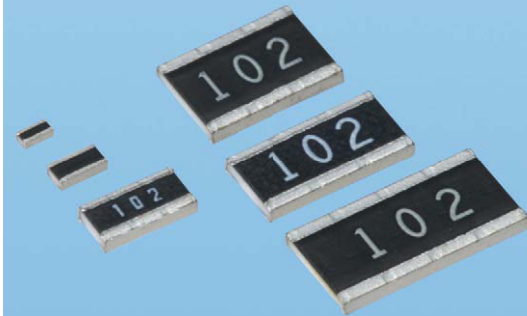
Ein entscheidender Vorteil von Resonanzwandlern mit LLC ist das weiche Schalten des MOSFET, während für das Gesamtsystem wegen des sinusförmigen Ausgangsstroms die Störaussendung (EMV) reduziert wird.

Bild 4 stellt Wellenformen dar, wie sie für einen LLC-Wandler charakteristisch sind. Hier ist deutlich zu erkennen, dass der Drainstrom  $I_{ds1}$  ins Negative schwingt, bevor er positiv wird. Der negative Stromwert ist bezeichnend für das Leiten der Body-Diode. In dieser Phase ist die Drain-Source-Spannung des MOSFET sehr gering, weil sie von der Abfallspannung an der Diode abhängig ist. Wenn der MOSFET schaltet, während das Leiten der Body-Diode gegen null geht, erfolgt ein Übergang zu ZVS, was Schaltverluste reduziert. Aufgrund dessen kann der Kühlkörper verkleinert und damit der Wirkungsgrad des Systems gesteigert werden.

Ist die Schaltfrequenz  $f_s$  des MOSFET kleiner als  $f_{r1}$ , bekommt der Strom am Wandler eine andere Form. Hält das so lange an, dass sich an den Ausgangsdioden ein diskontinuierlicher Strom ergibt, weicht der Strom auf der Primärseite von der sinusförmigen Wellenform ab (Bild 5).



## Wide Terminal Chip Resistors (AEC-Q200)



WK73R · WK73S · WU73 · WG73

### Benefits

- High reliability in power applications
- Improved soldering joint strength
- Low expansion stress
- High power handling capability
- Lower temperature rise
- PCB space saving

### Features

- **WK73R:** Regular r-range 10 Ω ~ 1 MΩ
- **WK73S, WU73:** Low r-range from 10 mΩ
- **WU73:** Low T.C.R. ±75 ppm/K
- **WG73:** Anti-surge type
- Anti-sulfuration types available
- AEC-Q200 qualified

### Applications

- Automotive electronic control unit (ECU)
- Other peripheral units 'under the hood'
- Power supply modules
- Industrial power controls
- Motor controls
- Battery packs



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

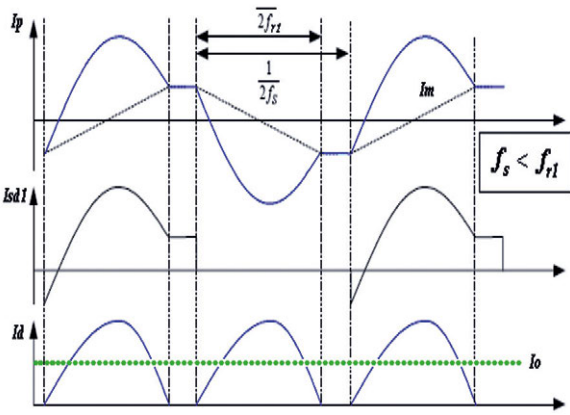


Bild 5: Typische Wellenformen eines LLC-Wandlers, wenn  $f_s < f_{r1}$

Wenn ferner die intrinsischen Ausgangskapazitäten  $C_1$  und  $C_2$  des MOSFET einen mit  $C_r$  vergleichbaren Wert haben, ist auch die Resonanzfrequenz  $f_r$  vom Bauteil abhängig. Um dies zu vermeiden und den  $f_r$ -Wert von den verwendeten Bauteilen unabhängig zu machen, ist es wichtig, bei der Konzeption den  $C_r$ -Wert größer als  $C_1$  und  $C_2$  zu wählen.

Freilauf und ZVS-Bedingung

Wenn man die Gleichungen für die Resonanzfrequenzen analysiert, zeigt sich, dass oberhalb der maximalen Verstärkungsfrequenz die Eingangsimpedanz des Resonanznetzwerks induktiv ist und dass der Eingangsstrom des Resonanznetzwerks ( $I_p$ ) hinter der an das Reso-

nanznetzwerk angelegten Spannung ( $V_d$ ) zurückbleibt.

Unterhalb der maximalen Verstärkungsfrequenz wird die Eingangsimpedanz des Resonanznetzwerks dagegen kapazitiv und  $I_p$  geht  $V_d$  voraus.

Bei Betrieb im kapazitiven Bereich findet während des Schaltvorgangs eine spannungmäßige Umpolung der Body-Diode statt, während diese noch Strom führt. Dadurch unterliegt der MOSFET einem sehr hohen potenziellen Ausfallrisiko. Wie im grünen Kreis in Bild 6 hervorgehoben, wird die Rückwärts-erholzeit ( $t_{rr}$ ) der internen Body-Diode sehr wichtig.

Entsprechend diesem Punkt sollte bei einem Übergang von geringer zu hoher Last (Bild 7) die Steuerschaltung (LLC-Controller) den MOSFET veranlassen können, in den ZVS-Betrieb und in einen positiven Abschaltstrombereich zu wechseln. Ist das nicht gewährleistet, könnte der MOSFET in einem gefährlichen Bereich arbeiten.

Bei konstant geringer Last arbeitet das System nahe der unteren Resonanzfrequenz  $f_{r2}$ . Dann sind der ZVS-Betrieb und ein positiver Abschalt-Drainstrom gewährleistet. Nach dem Lastwechsel (von gering zu hoch) sollte die Schaltfrequenz der neuen Resonanzfrequenz folgen. Ist das nicht der Fall (wie in Bild 8 mit

der grünen Linie dargestellt), bewegt sich der Systemzustand im Bereich 3 (ZCS-Bereich), und es ist kein ZVS-Betrieb und kein positiver Abschalt-Drainstrom gegeben. Wenn der MOSFET abgeschaltet wird, fließt also auch Strom durch seine Body-Diode. Wenn man in der Verstärkungsgrafik (Bild 8) den Übergang von geringer zu hoher Last analysiert, ist Folgendes festzustellen: Die schwarze gestrichelte Linie stellt den idealen Verlauf während des Übergangs dar, während die grüne dem tatsächlichen Verlauf entspricht. Das System bewegt sich während des Übergangs von geringer zu hoher Last im ZCS-Bereich. Die Eigenschaften der internen Body-Diode werden dann sehr wichtig. Der Trend beim neuen LLC-Konzept geht deshalb zum Einsatz von Leistungsschaltern mit sehr geringer Erholzeit der Body-Diode.

Evaluations- und Referenz-Boards

Für die Entwicklung eines Schaltnetzteils empfiehlt es sich, mit einem Evaluations- oder einem Referenz-Board Erfahrung zu sammeln. Damit lassen sich auch MOSFETs mit schneller Body-Diode testen und deren Vorteile evaluieren. Sie sind auch für die LLC-Topologien in verschiedenen Varianten bei Rutronik verfügbar.

Das Evaluations-Board STEVAL-ISA132V1 kann eine Dauerleistung von 170 W ( $V_{IN} =$

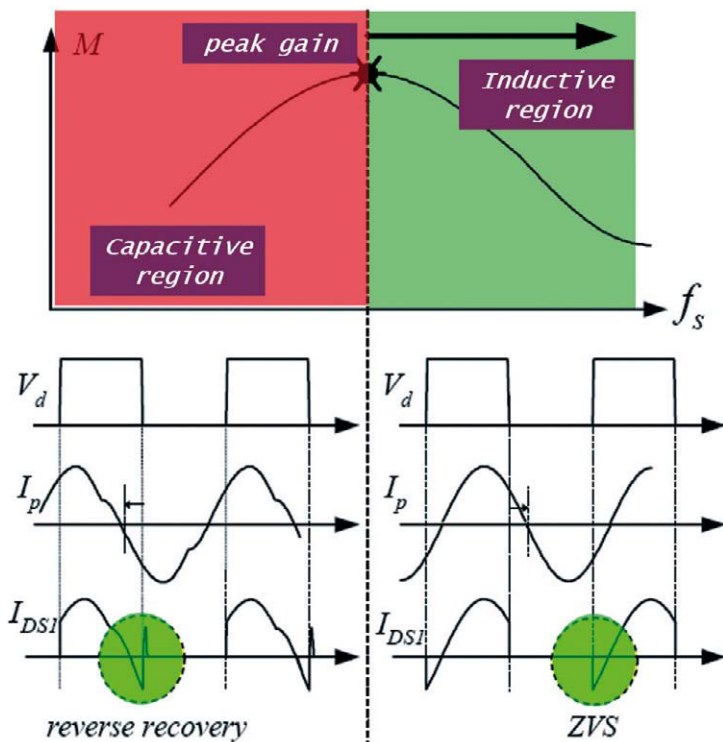


Bild 6: Zeitliches Verhalten der Ströme bei kapazitiver bzw. induktiver Eingangsimpedanz

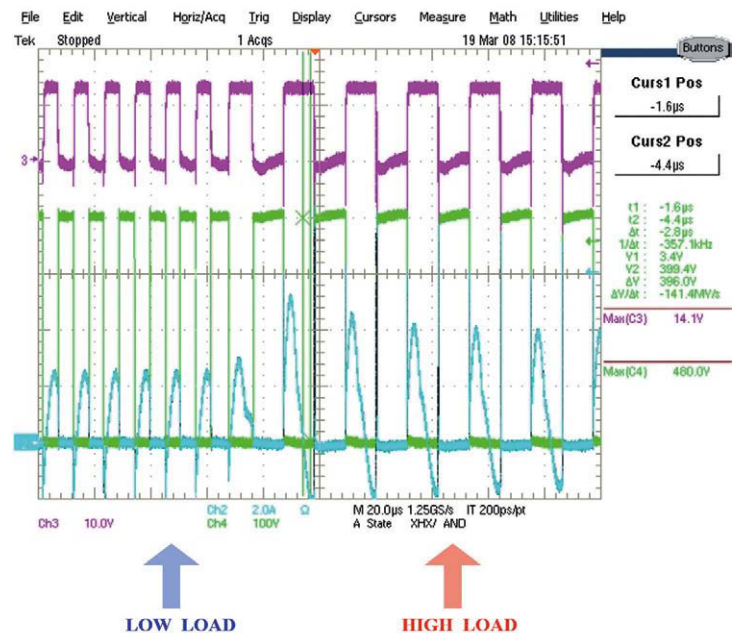


Bild 7: Übergang von geringer zu hoher Last



## Hintergrund der FREDFETs

FREDFETs (Fast Recovery Epitaxial Diode FET) sind MOSFETs mit schneller Body-Diode. Siemens hat sie in den späten 1980er-Jahren als bessere Alternative zu Standard-MOSFETs für hart schaltende Brückentopologien (Half Bridge, Full Bridge, 3-Phase Bridge) vor allem für Frequenzumrichter eingeführt. Gängige Hochvolt-MOSFETs eignen sich kaum für Brückenschaltungen bei Betrieb mit höheren Schaltfrequenzen, da sie relativ lange Sperrverzögerungszeiten der Body-Diode aufweisen. Beim schnellen Schalten werden hohe Rückwärtsströme generiert, die vor allem im gegenüberliegenden Schalter hohe Verluste verursachen. Hinzu kommen hohe Störspannungen, die durch zusätzlichen Filteraufwand wieder abgesenkt werden müssen.

Inzwischen haben IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) den FREDFETs bei Frequenzumrichtern, Motorsteuerungen u.ä. den Rang weitgehend abgelassen, da sie preislich und oft auch technisch die bessere Wahl darstellen.

Für bestimmte Schaltnetzteil-Topologien sind FREDFETs nach wie vor von großer Bedeutung. Eine Anwendung, die sich immer größerer Beliebtheit erfreut, ist der sogenannte LLC-Wandler. LLC-Wandler arbeiten idealerweise im resonanten Betrieb, auch als sogenanntes Soft Switching bezeichnet. STMicroelectronics bietet für diese Topologie sowohl MOSFETs mit exakt darauf optimierten Eigenschaften als auch LLC-Controller (analog und digital), u.a. mit integrierten 600-V-Halbbrückentreibern.

190 V bis 264 V AC,  $V_{OUT} = 24\text{ V}$ ) und für eine begrenzte Zeit über 300 W Spitzenleistung liefern. Seine Architektur basiert auf einem einstufigen LLC-Resonanzwandler ohne PFC und dem Resonanz-Controller L6699. Dieser beinhaltet einige innovative Funktionen, wie selbstjustierende, anpassungsfähige Totzeit, antikapazitiven Schutz des Betriebsmodus

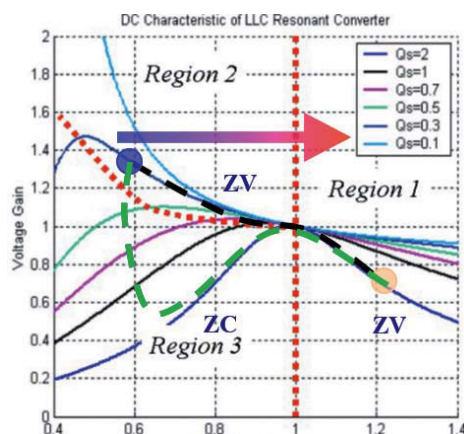


Bild 8: Verstärkung mit Bereichen für Zero-Voltage- (ZV) und Zero-Current- (ZC) Switching

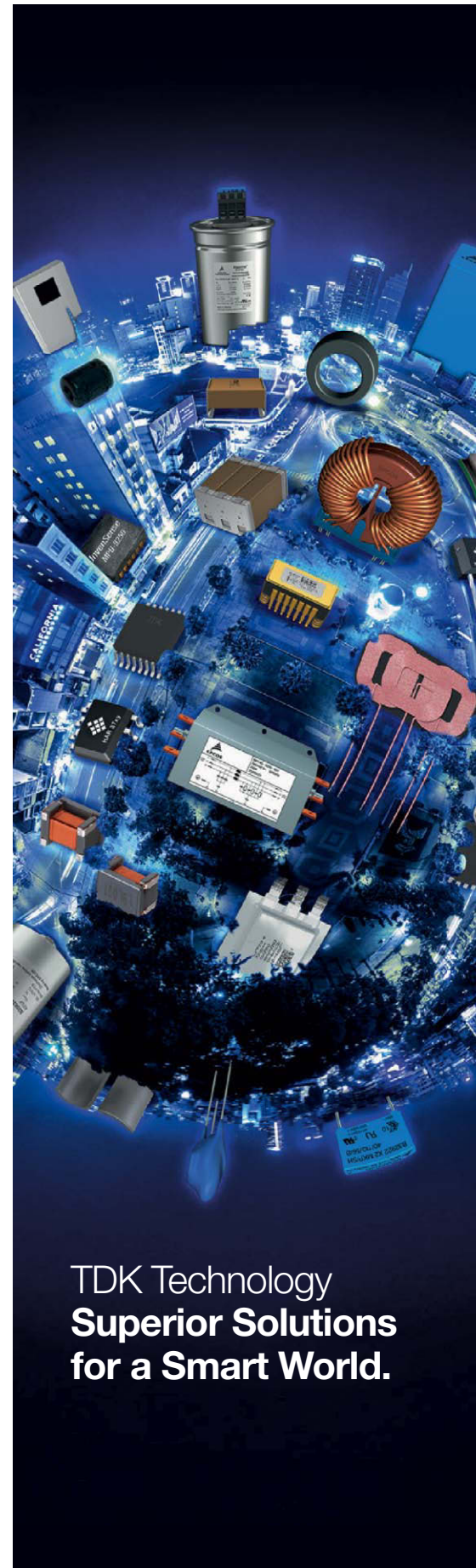
und einen proprietären „Safe-Start“-Prozess, der ein hartes Schalten bei der Inbetriebnahme verhindert.

Das Evaluations-Board EVLSTNRG-170W bietet die Möglichkeit, auf Basis des Digitalcontrollers STNRG388A Erfahrungen mit einer digitalen Regelung sowohl der PFC-Stufe als

auch des LLC-Wandlers zu machen. Die vorgeschaltete PFC-Stufe arbeitet hier im „Enhanced Constant ON Time“-Mode (DCM-CCM Boundary), der LLC-Converter im „Timeshift controlled“-Mode (TSC). Das Board ist für bis zu 170 W Dauerleistung ausgelegt. Die Applikation unterstützt mehrere Ausgangsspannungen: 24 V (6 A) für die Hauptapplikation, 12 V (2 A) z.B. für eine Steuerung und 5 V (2 A) für den Stand-by-Betrieb (Always On).

Ein weiteres interessantes Board für kleinere Leistungen ist das EVLCMB1-90WADP. Es handelt sich um einen 19-V-/90-W-Wandler, der speziell auf die typische Spezifikation eines AC/DC-Adapters für Laptops und Notebooks ausgelegt ist.

Selbstverständlich kann das Board auch als Grundlage für weitere Applikationen dienen, wenn im Zieldesign entsprechend die Ausgangsspannung angepasst wird. Es hat einen weiten Netzeingangsbereich (90 V bis 264 V AC bei einer Frequenz von 45 bis 65 Hz) und eine sehr geringe Energieaufnahme unter geringer Last. Seine Architektur basiert wieder auf einem zweistufigen Ansatz: einem Transition-Mode-PFC-Vorregler und einem nachgelagerten LLC-Halbbrücken-Resonanzwandler. Beide Controller, sowohl der für die PFC-Stufe als auch jener für den LLC-Wandler, sind dabei im STCMB1-Combo-IC integriert.



TDK Technology  
**Superior Solutions  
 for a Smart World.**

[www.tdk-electronics.tdk.com](http://www.tdk-electronics.tdk.com)  
[product.tdk.com](http://product.tdk.com)

Mikroprozessoren, Mikrocontroller und ihre Peripherie

# Verarbeiten oder steuern?

*Für jedes neue Design braucht es einen Mikrocontroller oder Mikroprozessor.*

*Bei der Auswahl gibt es einige Aspekte zu beachten.*

*Ein Überblick über MCU, MPU und heterogene Architekturen.*

VON HAO WANG,  
PRODUCT MANAGER DIGITAL  
BEI RUTRONIK

**B**ei der Wahl zwischen Mikroprozessor (MPU) und Mikrocontroller (MCU) ist häufig die Art der Anwendung entscheidend. Vom Ausgang dieser Wahl wiederum hängen Kriterien wie Betriebssystem und Speicher ab. Manchmal jedoch kann eine Kombination aus beiden sinnvoll sein – die heterogene Architektur.

## Betriebssystem

Für umfangreiche, rechenintensive Industrie- und Konsum-Applikationen, die auf einem Betriebssystem wie Linux oder Android basieren, mehrere High-Speed-Verbindungen benötigen oder Benutzeroberflächen mit großem Funktionsumfang bieten sollen, ist ein Mikroprozessor die erste Wahl. Denn die meisten Mikrocontroller haben statt eines Betriebssystems nur Bare-Metal-Programmierung, die Programme praktisch ohne menschliches Eingreifen durch sequenzielle Verarbeitungsschleifen und Zustandsmaschinen laufen lassen. Viele hochperformante MCUs können jedoch ein

Echtzeitbetriebssystem (Real-Time-Operating-System, RTOS) wie FreeRTOS ausführen, um für Applikationen, die ein hartes Echtzeitverhalten erfordern, Vorgänge zeitnah deterministisch zu beantworten.

Embedded Linux ist als universelles Betriebssystem mit viel freier Software, umfangreichem Hardware-Support und einem wachsenden Ökosystem sehr erfolgreich. Weiterer Pluspunkt: Es sind weder Nutzungs- noch Lizenzgebühren fällig. Für eine Applikation, die mit Embedded Linux läuft, braucht es jedoch mindestens 300 bis 400 DMIPS (ARM-Dhrystone MIPS) – und damit eine MPU. Denn MCUs bringen hierfür weder genug Rechenleistung noch Speicherplatz mit.

Geht es um eine komplexe oder zeitkritische Steuerung, dann ist ein RTOS hilfreich. Dafür braucht es eine hochperformante MCU, die mindestens 50 DMIPS bietet. Das ist viel weniger als für Embedded Linux; die klassischen RTOS sind schlank konzipiert, damit sie auf einer MCU laufen. Das ist dann sinnvoll, wenn es um Hardware-Echtzeit-Computing geht, wie z.B. bei einem Antiblockiersystem für Fahrzeuge, wo eine zu große Latenz der Antwort tödliche Folgen haben kann. Auch wenn eine größere Anzahl an Funktionen, Interrupt-Quellen und Standard-Kommunikationsschnittstellen unterstützt werden müssen, empfiehlt sich eine MCU mit RTOS.

## Speicher

Ein anderer Hauptunterschied zwischen MPUs und MCUs besteht im Regelfall darin, dass MPUs für das Speichern und Ausführen des Programms auf einen externen Speicher zurückgreifen und nicht – wie MCUs – auf einen eingebetteten Flash-Speicher. Bei MPUs befindet sich das Programm in der Regel auf einem nichtvolatilen Speicher wie eMMC, Serial Flash o.ä. Beim Start wird es in einen externen DRAM geladen und hier ausgeführt. Beide, sowohl der DRAM als auch der nicht-

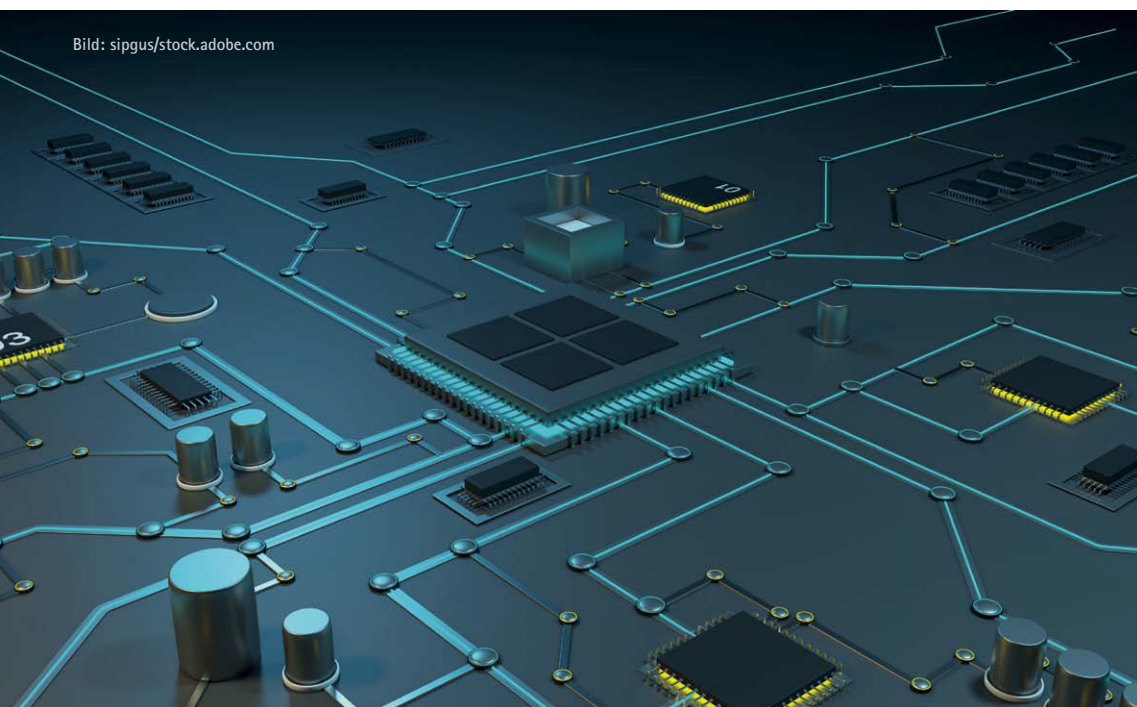


Bild: sipgus/stock.adobe.com

# The leading IoT RAM provider



flüchtige Speicher, können einige hundert Megabyte oder sogar Gigabyte groß sein. Das heißt, MPUs sind hinsichtlich der Speichergröße kaum limitiert. Als ein Nachteil kann das Design des PCB-Layouts durch den externen Speicher aufwändiger werden.

Aktuelle hochperformante MCUs, wie der STM32H7 von STMicroelectronics, bieten maximal 2 MB Programmspeicher, was für manche Applikationen zu knapp sein kann. Da das Programm aber auf einem On-Chip-Speicher liegt, bieten sie wiederum den Vorteil, dass Start-up und Reset deutlich schneller ablaufen.

## Rechenleistung

Die Rechenleistung ist ein klassisches Auswahlkriterium. Allerdings verschwimmen die Grenzen zwischen MPUs und MCUs in dieser Hinsicht immer mehr. Das wird deutlich, wenn man beispielsweise die ARM-Architektur als eine der am stärksten verbreiteten im MCU- und MPU-Markt betrachtet. ARM bietet verschiedene Prozessor-Architekturen für unterschiedliche Anforderungen:

**Cortex-A** bietet die höchste Leistung von allen und ist bereits optimiert für umfangreiche Betriebssysteme (Operating System, OS). Die hohe Leistung kommt vor allem in anspruchsvolleren Geräten zum Einsatz, z.B. in Smartphones oder in Servern.

**Cortex-M** ist kleiner mit mehr On-Chip-Peripherie bei allerdings geringerer Energieaufnahme – und damit optimiert für Embedded-Anwendungen.

Um die Leistung verschiedener Prozessoren zu vergleichen, ist als Benchmark Dhrystone üblich. Nach diesem liegt der Unterschied zwischen einer typischen kostengünstigen MCU mit 30 DMIPS und der MCU mit der höchsten aktuell verfügbaren Leistung mit eingebettetem Programm-Flash-Speicher bei 1027 DMIPS. Im Gegensatz dazu fangen MPUs bei knapp 1000 DMIPS erst an.

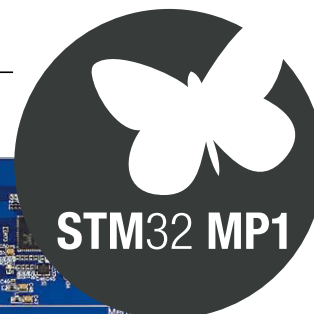
## Energieverbrauch

MCUs punkten mit einem Energieverbrauch, der um ein Vielfaches unter dem von MPUs liegt. Obwohl MPUs Energiespar-Modi bieten, ist ihr Verbrauch dennoch deutlich höher als der einer typischen MCU. Zudem erschwert es der externe Speicher, die MPU in einen Energiespar-Modus zu versetzen. Für Ultra-Low-

## Open the door of IoT RAM with AP Memory

The Memory selection for MCU applications requiring extended memory

Wide Application Coverage	Ultra-Low Standby Current	IoT RAM Description	Low Pin Count	High Performance	Flexible Package Options
16Mb to 512Mb 1.8V-3V -40~85/105°C	<<0.5pA/bit	Quad QSPI - SDR (x4)	6 signal pins	144Mhz 72MB/s	SOP8 USON8 WLCSP KGD
		Octal OPI - DDR (x8)	11 signal pins	200Mhz 400MB/s	BGA24 WLCSP KGD



Power-Applikationen, bei denen eine lange Batterielaufzeit im Vordergrund steht und die keine oder eine nur wenig genutzte Benutzerschnittstelle haben, kommen deshalb vorrangig MCUs zum Einsatz, wie z.B. in Konsumelektronik oder Smart Meters.

*Konnektivität*

Die Mehrzahl der MCUs und MPUs bringen alle gängigen Peripherie-Schnittstellen mit. Sind jedoch ultraschnelle Peripheriegeräte gefordert, sucht man die entsprechenden Schnittstellen wie z.B. Gigabit-Ethernet bei MCUs vergebens. Bei MPUs sind sie jedoch praktisch Standard. Das ist durchaus sinnvoll, da MCUs die hier anfallende Datenmenge kaum verarbeiten können. Denn eine Schlüsselfrage lautet: Stehen genug Bandbreite und Kanäle zur Verfügung, um den aufkommenden Datenverkehr zu bewältigen?

*Echtzeit-Leistung*

Geht es um Echtzeit-Leistung, ist eine MCU definitiv die Komponente der Wahl. Durch ihren Prozessorkern, den eingebetteten Flash-Speicher und die Software (RTOS oder Bare-Metal-OS) erfüllt die MCU Echtzeitaufgaben ausgezeichnet. Da die Cortex-A-MPUs Pipelining beherrschen, ist hier mit zunehmender Tiefe der Pipeline mit höheren Latenzzeiten bei Sprüngen und Interrupts zu rechnen. Harte Echtzeit ist aufgrund des Multitasking des OS mit MPUs nur schwer realisierbar.

*System-Basis-ICs*

Eine Stromversorgung ist in MCUs bereits integriert, sie benötigen nur eine einzelne Spannungsschiene. MPUs hingegen benötigen mehrere, um den Core und andere Komponenten zu versorgen. Diese wird zum Beispiel durch spezielle ICs, sogenannte System-Basis-Chips, die nur konfiguriert werden müssen, zur Verfügung gestellt.

*Heterogene Architektur*

Allerdings verschwimmt die Grenze zwischen MPU und MCU zusehends. Mit der Einführung des STM32MP1 mit einem oder zwei MPU-typischen Cortex-A7-Kernen und einem Cortex-M4-Kern als Vertreter der MCU-Klasse erweitert STMicroelectronics sein Portfolio in Richtung leistungsstarker MCU für Performance- und ressourcenhungrige Applikatio-

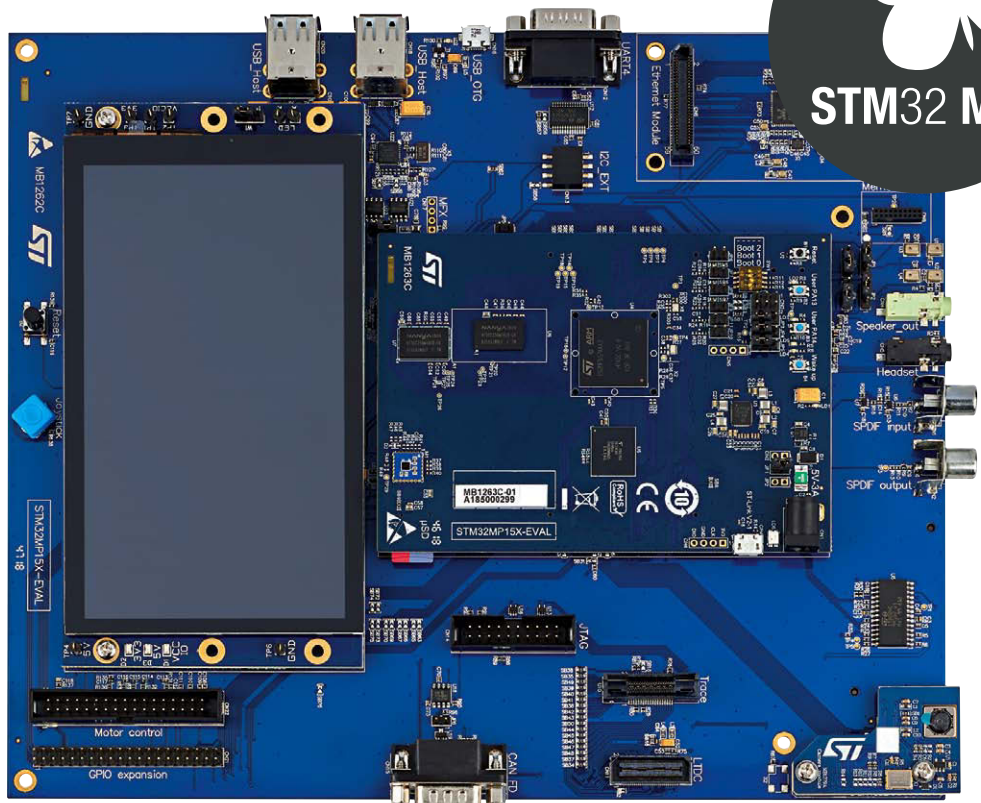


Bild: STMicroelectronics

Das Evaluation-Board STM32MP157A-EV1 ist mit vielen Schnittstellen und einem Display ausgestattet.

nen auf Basis von Open-Source-Software. Das eröffnet die Möglichkeit, die Vorteile beider Welten zu kombinieren. So kann auf den MPU-Kernen zum Beispiel ein OpenST-Linux ausgeführt werden, während der M4-Kern ein FreeRTOS ausführt, um die Echtzeit- und Sicherheitsanforderungen wie etwa eine Prozessüberwachung zu erfüllen. Durch diese Trennung lassen sich alle Features des Betriebssystems wie z.B. HMI mit Touch-Control und Netzwerkkommunikation nutzen, ohne auf die Sicherheitsanforderungen der Gesamtapplikation einzugehen.

Heterogene Architekturen haben ebenfalls einen Vorteil, wenn es um die Latenzzeit beim Systemstart oder den Energieverbrauch geht, da jederzeit der geeignetere Prozessor verwendet werden kann. So kann zum Beispiel der M4 durch seinen Retention-RAM innerhalb von Millisekunden aufwachen, während der A7 bis zu einer Sekunde Wake-up-Latenz hat. Das ermöglicht es, beispielsweise die MPU im Stop-Mode zu halten, während der MCU-Teil eine A/D-Wandlung durchführt, was im Vergleich zur Run/Run-Konfiguration etwa drei Viertel der Energie einspart.

*Referenzdesign für den STM32MP1*

Der STM32MP1 ist mit Evaluation-Board (STM32MP157C-EV1) und Discovery Kits

(STM32MP157C-DK2) als Referenzdesign verfügbar. Entwickler profitieren von der Unterstützung beim Systemdesign. Dahinter steht die Kombination aus dem STM32MP1 und den Technologien von bewährten Partnern wie Nanya in Form eines 4-Gbit-DDR3L-SDRAMs, eines 4 GB großen e-MMC von Kioxia (früher Toshiba) und eines optimierten Power-Management-IC STMPIC1 als Begleit-Chips.

*Die Lösung fürs individuelle System finden*

Wann eine MCU und wann eine MPU die bessere Wahl ist, lässt sich nicht pauschal sagen; hier gilt es immer, die verschiedenen Aspekte gegeneinander abzuwägen. Als ganz grobe Richtlinie gilt:

- MCUs sind optimal für eher kostengünstige und mobile Anwendungen, bei denen der Energieverbrauch im Vordergrund steht, sowie für Applikationen mit Echtzeit-Anforderungen.
- MPUs eignen sich perfekt für rechenintensive Applikationen, die mit einem Betriebssystem laufen und die Hochgeschwindigkeits-Schnittstellen benötigen. Spiele und sonstige grafikintensive Anwendungen werden über spezielle MPUs abgebildet. ■



# RUTRONIK

ELECTRONICS WORLDWIDE

## Electronics Worldwide

### Hightech-Bauelemente für Ihre Innovationen

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

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

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



Akustik in medizinischen Applikationen

# Für den richtigen Ton

*Um einen Mikrolautsprecher für eine Industrie- oder Medizintechnik-Applikation zu dimensionieren, muss man kein HiFi-Experte sein. Einige Grundlagen sollte der Entwickler trotzdem im Auge behalten.*

VON ANNE SANTHAKUMAR,  
PRODUCT SALES MANAGER ACOUSTIC  
COMPONENTS & TIMING DEVICES  
BEI RUTRONIK, UND  
MIKE VAN DEN BROEK,  
SENIOR APPLICATIONS ENGINEER  
BEI PUI AUDIO

Die Informationsübertragung von einer Maschine an den Endnutzer nimmt in einer Vielzahl von Applikationen einen hohen Stellenwert ein. Sie ermöglicht ein schnelles Feedback auf Basis visueller oder akustischer Reize und liefert benötigten Input für die Weiterverarbeitung durch den Benutzer. Gerade im medizinischen Bereich, in dem mitunter Leben und Tod des Patienten von sehr kurzen Reaktionszeiten abhängen, muss der Signalübertragung ein hohes Maß an Beachtung geschenkt werden.

Hierfür eignen sich insbesondere akustische Signale, da diese im Gegensatz zu optischen Zeichen kein dauerhaftes Monitoring erfordern, sondern bei entsprechender Dimensionierung des Tongebers auch raumübergreifend funktionieren. Dies umfasst nicht nur die Aussendung von Audiosignalen durch die Applikation, sondern auch die Aufnahme von Informationen durch Mikrofone.

## Sicherheitserfordernisse im Fokus

Für technische Applikationen im Medizinbereich gelten besondere Sicherheits- und Prüfnormen, die in der Norm DIN EN 60601-1-8 und in der ISO-Norm IEC 60601-1-8 festgehalten sind. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Verordnung sind Alarmsysteme. In Bezug auf akustische Warnungen hebt die Verordnung insbesondere zwei Aspekte hervor:

- Unterscheidbarkeit zwischen einzelnen Geräten durch unterschiedliche Töne
- Eine harmonische Komponente im Klangdesign, die dem Bediener den Standort des jeweiligen Gerätes mitteilt

Hersteller von medizintechnischen Geräten sollten deshalb bereits früh in der Designphase einen Blick in die DIN-Norm werfen, da hier eventuell ein spezifisches Klang-Set und ein spezifischer Lautstärkepegel, „Sound Pressure

Level“ (SPL) genannt, vorgeschrieben werden, die in der fertigen Applikation nachweisbar sein müssen.

## Die Wahl des richtigen Tongebers

Es gibt mehrere Bauelemente, die in der Lage sind, Audiosignale zu verarbeiten. Lautsprecher, Buzzer und Mikrofone sind hierbei die vorherrschenden Elemente einer auf Akustik basierenden Mensch-Maschine-Kommunikation. Die Auswahl der zu verwendenden Komponenten erfolgt primär unter den Vorgaben von DIN EN 60601-1-8. So sind Buzzer nur geeignet, eine einzelne, festgelegte Tonfrequenz wiederzugeben, wohingegen Lautsprecher in der Lage sind, über ein bestimmtes Frequenzband hinweg unterschiedliche Töne auszusenden. Aufgrund des größeren Einsatzspektrums finden in den meisten Applikationen Lautsprecher Verwendung.

Bei der Lautsprecherauswahl ist es ratsam, sich zunächst am untersten zu reproduzierenden Ton sowie dem vorgeschriebenen SPL zu orientieren. In den meisten Anwendungsfällen liegt die Frequenz bei unter 500 Hertz. Diese Werte sind im Datenblatt des jeweiligen Lautsprechers einsehbar. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, auf welche Art und Weise diese gemessen wurden. So hängt das SPL maßgeblich von der zur Verfügung gestellten Eingangsleistung am Lautsprecher sowie der Entfernung des Messmikrofons ab. Hierbei gibt es keine einheitliche Normgröße. Oft sind es 10 bzw. 50 Zentimeter Entfernung zum Messgerät.

Neben diesen Basiswerten gilt es ebenso, die Einsatzgegebenheiten zu beachten: So verändert sich der messbare Schalldruckpegel je nach Entfernung zum Tongeber. Ein Lautsprecher mit einem SPL von 86 Dezibel (dB) bei 50 cm Entfernung liefert bei einer Verdoppelung der Distanz auf einen Meter nur noch etwa 80 dB.



Eine Verdoppelung der Eingangsleistung, beispielsweise von einem auf zwei Watt, erzeugt einen Wertezuwachs von ca. 3 dB zum SPL, was bei einem Abstand von 50 cm einem Schalldruckpegel von etwa 89 dB entspricht.

Es ist deshalb wichtig, bei der Dimensionierung des Lautsprechers nicht nur auf die Nennwerte im Datenblatt zu achten, sondern auch die alltäglichen Nutzungsbedingungen des fertigen Geräts mit einzubeziehen. Der Hersteller PUI Audio empfiehlt einige Eckpunkte, die hierbei helfen können:

- In ein günstiges SPL-Messgerät investieren oder eine entsprechende App herunterladen
- Mehrere Umgebungsmessungen vornehmen, um Ungenauigkeiten zu minimieren
- Tatsächliche Einsatzbedingungen skizzieren, um eine realistische Einschätzung der Lautsprecherdimensionierung vornehmen zu können
- Den benötigten Pegel ca. 15 bis 20 dB über dem vorgeschriebenen SPL ansetzen, um auch bei einiger Entfernung die vorgeschriebene Kenngröße zu erreichen

#### Richtige Interpretation der Kennwerte

Neben den Leistungsdaten stellen die Betriebsbedingungen einen weiteren wichtigen Kennwert dar. Alle PUI-Audio-Lautsprecher werden im Datenblatt hierzu mit der Nennleistungsaufnahme sowie der Maximalleistungsaufnahme spezifiziert. Die *Nennleistung* bezieht sich hierbei auf das Leistungsniveau, auf dem der Lautsprecher dauerhaft arbeiten kann. Die *Maximalleistung* hingegen beschreibt die Fähigkeit eines Lautsprechers, kurzzeitige Leistungsspitzen zu verarbeiten. Soll ein Lautsprecher einen reinen, gleichbleibenden Ton (Sinuswelle) reproduzieren, ist es wichtig, die Nennleistung nicht zu überschreiten, da sonst eine Zerstörung des Bauteils droht.

Die Berechnung, wie viel Leistung ein Lautsprecher abführen kann, erfolgt anhand der angelegten Spitzenspannung. Bei Verwendung eines Multimeters, das den Effektivwert (RMS) der Spannung anzeigt, wird der Wert mit 1,414 multipliziert und das Ergebnis quadriert. Der resultierende Wert muss durch die Impedanz des Lautsprechers nach der Formel  $P = (U_{rms} \cdot \sqrt{2})^2 / R$  geteilt werden.

Beispiel: Ein achtohmiger Lautsprecher, der mit einem 2-V-rms-Sinus-Ton angespielt wird, setzt nach der Formel eine Leistung von einem Watt um.

Stimmen und Musik bestehen nicht aus reinen Sinus-Wellen, da kein konstanter Ton wiedergegeben wird. Die Berechnung kann dennoch anhand der angegebenen Formel erfolgen. Es ist jedoch ratsam, das Signal mithilfe eines Oszilloskops auf Spannungsspitzen zu überprüfen, um sicherzustellen, dass die Maximalleistungsaufnahme des Lautsprechers nicht überschritten wird.

#### Den passenden Verstärker finden

Für den Einsatz eines Lautsprechers ist ein Verstärker unabdingbar. Die richtige Auswahl zu treffen ist recht einfach, wenn einige Richtwerte eingehalten werden. Wichtigstes Kriterium ist die Leistung, die ein Verstärker bei einer gegebenen Spannung und Impedanz abgibt. Gleichzeitig muss das Verzerrungsniveau unter 1 % bleiben, um mögliche Bauteilschäden zu vermeiden. Dieses wird „Total Harmonic Distortion“ (THD) genannt.

Verzerrungen können neben einem unangenehmen Klangbild auch zur Zerstörung des Lautsprechers führen. Überschreiten die Verzerrungen eine definierte Grenze, wird ein so-

genanntes Clipping erreicht. Hierbei sendet der Verstärker statt Wechsel- eine Gleichspannung an den Lautsprecher, wodurch dieser an seine mechanischen Belastungsgrenzen gebracht wird. Das bewirkt eine Zerstörung der Verbindung zwischen Eingang und Spule.

Der Effekt des Clippings kann in gewissem Ausmaß auch bei einem überdimensionierten Lautsprecher auftreten, dessen Leistungsreserven nicht groß genug sind. Es ist möglich, einen für 5 W ausgelegten Lautsprecher mit einem 4 W-Clipping-Signal zu zerstören. Als Faustregel empfiehlt PUI Audio daher, den Verstärker so zu dimensionieren, dass einer Bauteilerstörung durch Clipping vorgebeugt wird.

PUI Audio zählt im Medizinbereich zu den renommiertesten Herstellern von Tongebnern. Erfahrung und Expertise stammen aus jahrzehntelangen Geschäftsbeziehungen zu medizintechnischen Firmen bei der Beratung und Mitwirkung von Produktentwicklungen. Rutroniks qualifizierte Mannschaft an Applikationsingenieuren unterstützt Kunden bei der richtigen Bauteilauswahl für ihre Projekte und bietet umfassenden Support über den gesamten Designprozess. ■

Anzeige

**MINEW**

Public-listed company-Minew, is an 'associate' member of Bluetooth SIG, specialized in BLE module for decade and have 48 patents

**Bluetooth 5.0/5.1 Module**

**NORDIC SEMICONDUCTOR**

MS88SF2 & MS50SF8 series have granted by BQB.

Safety regulation covers **FCC** (USA) , **CE** (Europe) , **IC** (Canada) , **MIC** (Japan) , **RCM** (Australia & New Zealand) , **WPC** (India) , **RoHS & Reach** compliance.

Wie die STM32L5-Serie hilft, IoT-Herausforderungen zu meistern

# Sicherheit für vernetzte Geräte

*Auf Grundlage der Isolation von Hardware-Bereichen ermöglicht ARMs TrustZone-Technologie eine CPU-basierte Sicherheitsphilosophie in einem System-on-Chip-Ansatz. So lassen sich sichere IoT-Endpunkte und ein vertrauenswürdiger Gerätekernel realisieren. Die ARMv8-M-Architektur erweitert die TrustZone-Technologie auf Cortex-M-basierte Systeme.*

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

Immer mehr Gegenstände sind kabellos über das Internet miteinander verbunden. Damit steigt der Bedarf an zuverlässigen Sicherheits-Features in den IoT-Knoten, vor allem in den Bereichen Konsumgüter, Industrie und Weiße Ware im Haus. Denn solche Internetverbindungen dienen als Einfallstor für Hackerangriffe – von DDoS- (Distributed Denial of Service) Angriffen bis zu unbefugten Zugriffen auf interne Netzwerke.

Priorität haben Maßnahmen, welche die Manipulationssicherheit in systemintegrierter Hardware – also in vernetzten, eingebetteten Geräten – erhöhen. Dabei sollten Systeme auf der physischen Ebene als erstes in Bezug auf den Startvorgang abgesichert werden, da Hacker häufig den Neustart von Systemen anvisieren. Um dieser Bedrohung zu begegnen, werden verschiedene Softwarelösungen eingesetzt, die Hardware-Sicherheitsmechanismen verwenden. Eine davon ist die TrustZone-

Technologie von ARM. Auch mit TrustZone lässt sich – wie mit allen heute verfügbaren Techniken – kein Gerät auf Dauer perfekt gegen Attacks von außen absichern. Doch TrustZone erhöht die Hürde für das Eindringen in ein System ganz erheblich.

## Zuverlässige Sicherheits-Features

Herzstück des TrustZone-Ansatzes sind zwei durch Hardware getrennte Bereiche: ein sicherer und ein nicht sicherer Bereich („Secure World“ bzw. „Non-secure World“). Sie können gleichzeitig auf einem einzigen Kern ausgeführt werden. So kann nicht sichere Software nicht direkt auf sichere Ressourcen zugreifen. Die Isolierung zwischen beiden Bereichen erstreckt sich innerhalb eines System-On-Chip (SoC) über den Prozessor hinaus auch auf Speicher, Busaktivitäten, Interrupts und Peripheriegeräte.

So stellt die TrustZone-Technologie eine Grundlage für die systemweite Sicherheit und die Schaffung einer vertrauenswürdigen Plattform dar, bei dem sich jeder Part des Systems flexibel als Teil der Secure World konzipieren lässt. Durch das Erstellen eines Sicherheits-subsystems können Assets vor Software- und Hardwareangriffen geschützt werden.

TrustZone kann sowohl eine Softwarebibliothek als auch ein gesamtes Betriebssystem für die Ausführung im sicheren Bereich absichern. Eine „nicht sichere“ Software ist bei einem Zugriff auf die sichere Seite (engl. Secure Page) und für dort befindliche Ressourcen nicht zugänglich.

*TrustZone-Technologie  
in Cortex-M-Mikrocontrollern*

Die ARMv8-M-Architektur erweitert die TrustZone-Technologie auf Cortex-M-basierte Systeme und liefert robusten Schutz bei niedrigeren Kosten als bei einem dedizierten IC. Sie reduziert den Kosten- und Entwicklungsaufwand für prozessorbasierte Sicherheit ganz erheblich, sodass Security-Hardware keinen relevanten Kostenfaktor mehr darstellt.

Cortex-M- und Cortex-A-Prozessoren bieten dabei prinzipiell dieselben Sicherheitskonzepte, es gibt jedoch wichtige Unterschiede: Der entscheidende Vorteil von Cortex-M ist, dass der Kontextwechsel zwischen sicheren und nicht sicheren Bereichen in der Hardware erfolgt. So werden schnellere Übergänge und

eine höhere Energieeffizienz erreicht. Im Gegensatz zu Cortex-A ist keinerlei sichere Überwachungssoftware erforderlich. Dafür ist allerdings das erreichte Sicherheitsniveau in den Cortex-A-Prozessoren wesentlich höher.

TrustZone basiert auf dem Prinzip der geringsten erforderlichen Berechtigung. Das heißt, Systemmodule wie Treiber und Anwendungen erhalten nur dann Zugriff auf eine Ressource, wenn dies erforderlich ist. Software wird im Allgemeinen sowohl in einer sicheren als auch in einer nicht sicheren Umgebung ausgeführt. Die Übertragung von Inhalten zwischen beiden Bereichen erfolgt über eine Routine, die als „Core Logic“ (Cortex-M-Prozessoren) oder als „sicherer Monitor“ (Cortex-A-Prozessoren) bezeichnet wird.

TrustZone für ARMv8-M ist eine ideale Technologie für eine Platform-Security-Architecture (PSA), da die Hardware zwischen dem normalen Code und der vertrauenswürdigen Codebasis isoliert wird. Sie bietet eine flexible Grundlage, aus der SoC-Designer innerhalb der Sicherheitsumgebung bestimmte Funktionen auswählen und so kosteneffiziente und energiesparende Lösungen entwickeln können. TrustZone enthält Prozeduren, die vertrauenswürdige Hardware für hardwaregestützte sichere Speicher, Zufallsgeneratoren (Random-Number-Generators, RNG) und eine Referenz-Quelle für die sichere Zeitangabe bereitstellen.

Der Low-Power-Mikrocontroller Cortex-M23 ist der kleinste und in dieser Kategorie zu-

gleich leistungstärkste Mikrocontroller mit implementierter TrustZone-Technologie. Die Cortex-M33-Serie ist optimiert hinsichtlich Kosten- und Stromverbrauch. Cortex M-33 ist ausgelegt auf Mixed-Signal-Anwendungen, insbesondere solche, die eine effiziente Sicherheit und ggf. digitale Signalsteuerung erfordern.

*Standardisiertes Regelwerk  
für Software-Programmierung*

TrustZone entfaltet jedoch nur dann effizient seine Wirkung, wenn anerkannte Regeln für die Datensicherheit bereits beim Softwareprogrammierung eingehalten werden. Hier kommt der CERT-C-Standard ins Spiel, der „guten Programmierstil“ vorschreibt und u.a. dazu dient, dass

- die Lebensdauer von Variablen (local, global, auto, ...) eingehalten wird,
- die Anweisungen des Präprozessors eindeutig sind, z.B. durch Include-Guards,
- der Wertebereich der Variablen eingehalten wird und
- Speichergrenzen (z.B. am Array) geprüft und eingehalten werden.

Die Implementierung erfolgt, indem ein Tool in die Entwicklungsumgebung integriert wird, das während der Entstehung des Programms bei jedem Kompilieren die Regelkonformität prüft. Eine nachträgliche Implementierung in den bestehenden Code wird analog zu MISRA-C (C-Programmierstandard aus der Automot-

Anzeige



**3L ELECTRONIC**  
WWW.3LCOIL.COM

**CURRENT SENSE TRANSFORMER**  
EE4.4 & EE4.6 Series

- Very low DC resistance
- Different turns ratios
- Very small package
- Automatic production

Molding process, Minimized air gap, excellent EMI, low eddy current loss

Alloy iron powder

High Space utilization creates high I<sub>rms</sub> & low DCR.

Space utilization is about 96%

Space utilization is about 78%

PHP Design Features

nm Level Powder

**HIGH POWER INDUCTOR**  
HPI / PHP Series

- High BS alloy iron, Isat higher than the same size of the ferrite inductors
- Various options of terminal structure
- DC/DC converter for cpu in notebook, pc, Cell phone, LCD displays, HDDs, DVCs, PDAs etc



**WIRELESS CHARGING COIL**  
WPT Series

- Qi standard compliance
- Size, shape, characteristics customized, low profile
- Single coil / Multi-coil

**Professional**  
Inductor & Transformer  
Manufacturer

Sample Box Is Available

bilindustrie) aufwändig, da bei Verletzungen des Standards weite Programmteile neu entworfen und programmiert werden müssen.

Sowohl bei CERT C als auch bei MISRA-C wird der Code statisch analysiert und gegen bestimmte Programmierregeln geprüft. Der Unterschied liegt darin, dass die Regeln von MISRA-C funktionale Gerätesicherheit abbilden, die von CERT C hingegen Datenschutz und Datensicherheit.

Die STM32L5-Familie folgt der STM32L4+-Cortex-M-Familie und ist die erste ST-Produktfamilie, die auf der ARMv8-M-Architektur mit TrustZone basiert. Sie erleichtert Entwicklern die Realisierung vertrauenswürdiger Geräte auf Basis des PSA-Frameworks mit dem Cortex-M33-Prozessor, der TrustZone-Technologie und aufgewerteten SoC-Security-Features erheblich. Mit ihrem großen Umfang an integrierten digitalen und analogen Peripherals sowie Schnittstellen, wie CAN FD, USB Type C und USB Power Delivery bieten die STM32L5-Mikrocontroller eine ideale Plattform für Produkte wie Industriesensoren sowie Steuerungen, Geräte für Hausautomation (Home-Automation, Smart Home), Smart Meter, Fitness-Tracker, Smart Watches, Anwendungen in der Medizintechnik wie Pumpen und Messtechnik und viele andere.

Durch ein Upgrade auf den Cortex-M33-Prozessor und einen Cache für interne und exter-

ne Programmspeicher verbessert der STM32L5 die Leistung gegenüber seinem Vorgänger. Eine optimierte Stromversorgung reduziert die Stromaufnahme auf 33 nA im Shutdown-Modus und bietet höchste Energieeffizienz für lange Laufzeiten.

Der STM32L5 erfüllt auch den Bedarf an mehr Sicherheit durch zusätzliche Sicherheitsfunktionen, die typischerweise nicht auf Mikrocontrollern zu finden sind, beispielsweise ein Krypto-Koprozessor und das Verschlüsseln von externen Speichern. Weitere Verbesserungen sind Software-Isolierung, ein speziell abgesicherter Startvorgang (Secure Boot) sowie ein speziell gesicherter Speicherbereich für kryptografische Schlüssel.

Im Folgenden werden konkrete Erläuterungen zu verschiedenen Beispielen von Peripherals, also integrierten Funktionseinheiten, und der Umsetzung in Zusammenhang mit dem TrustZone-Security-Konzept in der Mikrocontrollerserie angeführt.

## Busschnittstellen

Konfigurierbare sichere Attributeinheiten (Secure-Attribute-Unit, SAU) unterstützen bis zu acht Speicherbereiche, wahlweise als sichere bzw. nicht sichere Bereiche. Der Cortex-M33-Prozessor unterstützt System-AHB- (S-AHB) und Code-AHB- (C-AHB) Busschnittstellen. Die S-AHB wird für jeden

Befehlsabruf und jeden Datenzugriff auf das speicherabgebildete SRAM verwendet, dem sog. memory-mapped SRAM, sowie für Befehlsabrufe und Zugriffe auf die SOC-Peripherie, auf externes RAM und externe Hardware. Die C-AHB wird bei jedem Befehlsabruf und Datenzugriff auf den Codebereich des Speichers verwendet.

## Real-Time-Clock

TrustZone bildet eine vollumfänglich sichere Real-Time-Clock (RTC) für einen Wake-up-Timer Alarm A/Alarm B sowie den individuellen Zeitstempel für sichere bzw. nicht sichere Konfiguration.

## Globaler TrustZone-Controller

Der sogenannte Global-TrustZone-Controller (GTZC) umfasst drei Untergruppen (Subblocks):

- Der TrustZone-Sicherheitscontroller (TZSC) definiert den sicheren, privilegierten Zustand der Master/Slave-Peripheriegeräte und bestimmt die Größe eines nicht sicheren Bereiches im Watermark-Memory-Peripheral-Controller (MPCWM). Er gibt ausgewählten integrierten Peripherieinheiten im Rahmen der gemeinsamen Nutzung der RCC und E/A-Logik Kenntnis über den sicheren Status der „Securable Peripherals“, wie RCC und GPIOs.

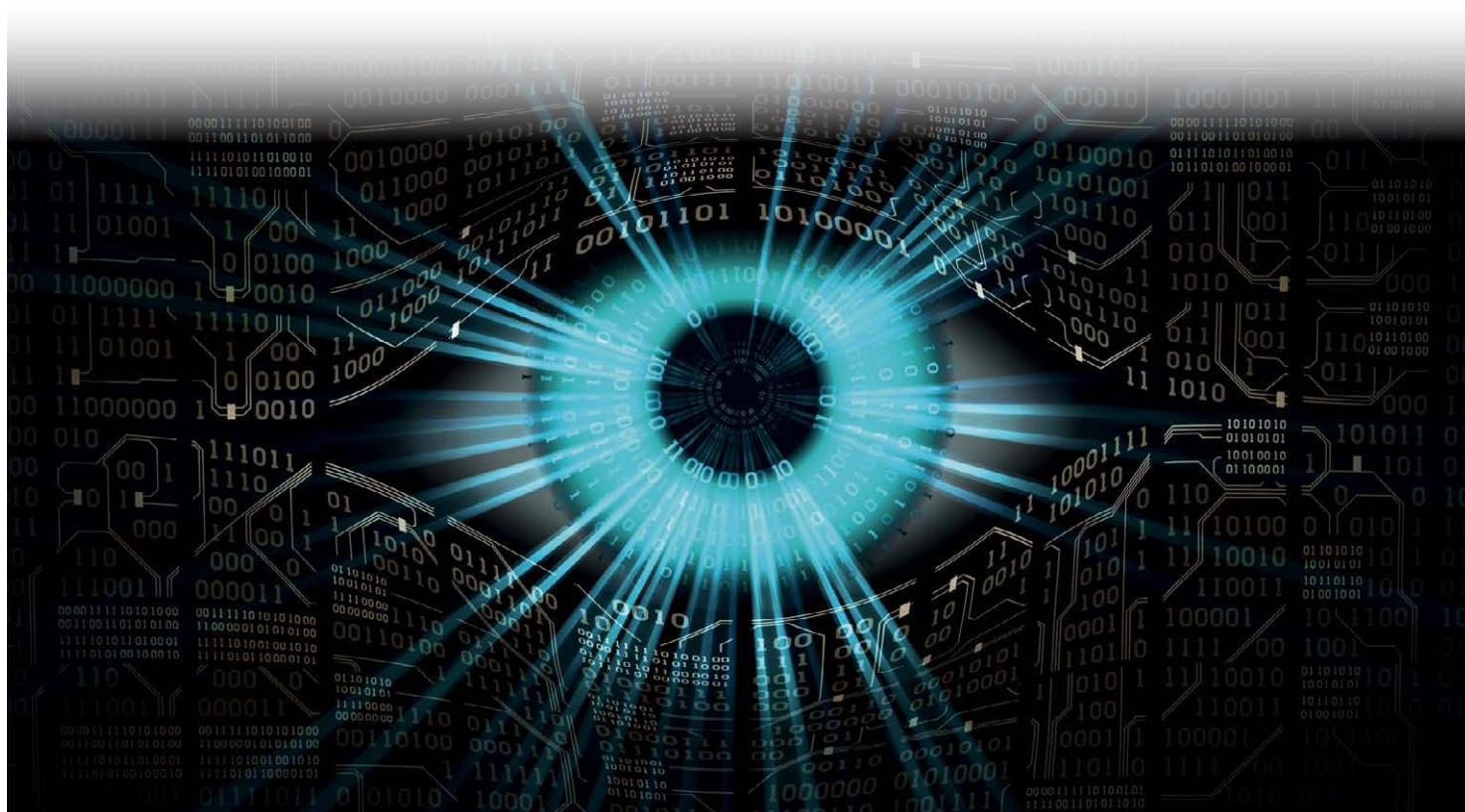


Bild: valerybrozhinsky/stock.adobe.com

- Der blockbasierte Speicherschutzcontroller (MPCBB) steuert sichere Zustandsmodi aller Blöcke (256-Byte-Seiten) des zugehörigen SRAM.
- Der TrustZone-Zugriffcontroller für illegale Zugriffsereignisse (TZIC) sammelt alle illegalen Zugriffsereignisse im System und erzeugt einen sicheren Interrupt zum NVIC (Nested-Vectored-Interrupt-Controller). Mit den Unterblöcken werden die TrustZone und privilegierte Attribute innerhalb des gesamten Systems konfiguriert.

Die wichtigsten Merkmale des GTZC:

- Drei unabhängige 32-bit-AHB-Schnittstellen für TZSC, MPCBB und TZIC
- MPCBB und TZIC sind nur mit sicheren Transaktionen zugänglich.
- Der private wie auch der nicht private Bereich im TZSC wird in Bezug auf sicheren/nicht sicheren Zugriff unterstützt.

## TrustZone-Unterstützung im Manipulations- und Sicherungsregister (TAMP)

Für die manipulationssichere/nicht sichere Konfiguration besteht im TAMP eine Backup-Registerkonfiguration in mehrere konfigurierbare Speicherbereiche wie folgt: ein sicherer Lese- zu Schreibbereich, ein sicherer Schreib- zu Lese-Bereich, ein nicht sicherer Lese- zu Schreibbereich und ein monotoner Zähler.

## TrustZone im integrierten Flash-Speicher

TrustZone im auf den Chip integrierten Flash-Speicher (Embedded Flash-Memory) umfasst 512 kB zum Speichern von Programmen und Daten und ermöglicht „Single/Dual Bank“-Betriebszustände bzw. den Auslesemodus „Read While Write“ (RWW) im Dual-Bank-Modus.

Für den Flash-Speicher stehen vier Schutzstufen zur Verfügung:

- Level 0.5 ist nur bei der TrustZone-Aktivierung verfügbar. Hier sind alle Lese-/Schreibvorgänge vom bzw. zum nicht sicheren Flash-Speicherbereich möglich, unter der Bedingung, dass TrustZone aktiviert und kein Schreibschutz eingestellt ist. Der Debug-Zugriff auf den gesicherten Bereich ist ausgeschlossen, auf nicht sichere Bereiche jedoch weiterhin möglich.
- Level 0: kein Leseschutz
- Level 1: Speicher-Leschutz: Der Flash-Speicher kann nicht gelesen bzw. beschrieben werden, wenn die Debug-Funktionen

verbunden sind bzw. „Boot in RAM“ oder der Bootloader eingestellt sind. Ist TrustZone aktiviert, ist das „Non-secure Debug“ – also das nicht sichere Debuggen – möglich, der Start im SRAM dagegen ausgeschlossen.

- Level 2: IC-Leschutz

## Betriebsmodus TrustZone-Security

Ist die „TrustZone-Security“-Funktion aktiviert, ist der gesamte Flash nach dem Zurücksetzen sicher, und folgende Schutzmaßnahmen sind verfügbar:

*Nichtflüchtiger*, sicherer Flash-Bereich mit integrierter Verifikation (Watermark proofed): Hier erfolgt der Zugriff auf den sicheren Bereich nur im Secure Mode. In Bezug auf die Adressierbarkeit kann eine Speicherbank im Single-Bank-Modus entweder mit einer Sprungweite von 1 kB adressiert werden, oder die gesamte Speicherbank wird in 4-kB-Blöcke unterteilt.

*Proprietärer Code-Ausleseschutz (PCROP)*: Als Teil des Flash-Sicherheitsbereiches bietet er Schutz vor unbefugtem Auslesen und Schreiben durch Dritte. Der geschützte Bereich gilt als „Execute Only“-Bereich und ist seitens der STM32-CPU nur über Befehlscode ansprechbar. Alle anderen Zugriffsarten (DMA, Debug, CPU-Data-Read, Write and Erase) sind ausgeschlossen. Im Single-Bank-Modus können zwei Bereiche mit beiden Sicherheitsbereichen ausgewählt werden, im Dual-Bank-Modus ist es ein Bereich pro Speicherbank.

Die „Secure Hide Protection Area“ ist Teil des Flash-Sicherheitsbereichs und kann geschützt werden, um den Zugriff auf diesen Bereich durch Lesen, Schreiben und Abrufen von Daten zu verhindern.

In einem *blockbasierten Sicherheitsbereich im flüchtigen Flash-Speicher* (Volatile Block-based Secure Flash Area) kann jede Seite als sicher oder nicht sicher programmiert werden.

## Aktivierung und Zugriffsberechtigung

Die Sicherheitsarchitektur basiert auf der ARM-TrustZone-Technologie mit der ARMv8-M Main Extension.

TrustZone Security wird durch das TZEN-Optionsbit (Trust Zone Enable) im FLASH\_OTPR-Register aktiviert. In diesem Fall definieren die Zuordnungseinheiten SAU (Security Attribution Unit) und IDAU (Implementation

# SECO -40°

Your technology partner for leading edge, state-of-the-art Intel®-based solutions



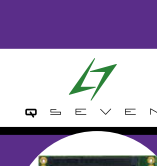
8th Gen Intel® Core™ and Celeron™ U-series processors (Whiskey Lake-U)



COMe-C55-CT6

COM Express

Intel® Atom™ X Series, Intel® Celeron® J / N Series and Intel® Pentium® N Series (Apollo Lake) Processors



Q7-B03



COMe-C24-CT6

COM Express

SBC

SBC-B68-eNUC



SBC-C41-pITX

SBC

BOXED SOLUTIONS

SYS-B68-IPC



9th generation Core™ / Xeon® / Pentium® / Celeron® CPUs (Coffee Lake Refresh)



SBC-C66-mITX



COMe-C08-BT6

COM Express

www.seco.com

Defined Attribution Unit) die Zugriffsberechtigungen in Bezug auf sicheren und nicht sicheren Status. SAU stellt eine Zuordnungseinheit in Bezug auf Sicherheit dar und dient der Verwaltung von Hardware-Sicherheitsattributen. Bis zu acht konfigurierbare SAU-Bereiche stehen für die Sicherheitszuweisung zur Verfügung.

IDAU ist eine Zuordnungseinheit, die sich auf Zugriffsberechtigungen bezieht. Sie umfasst eine erste Speicherpartition für nicht sichere

bzw. nicht sicher abrufbare Attribute, in welche Code oder Daten abgelegt werden können.

Diese werden dann mit den Ergebnissen aus der SAU-Sicherheitszuweisung kombiniert und der höhere Sicherheitsstatus wird ausgewählt. IDAU belegt den Speicherplatz für Flash, System-SRAMs und Peripherals doppelt, um einen sicheren und nicht sicheren Zustand zu gewährleisten. Für den externen Speicherplatz wird dieser Vorgang jedoch nicht durchgeführt.

Über die hier genannten Bereiche hinaus wirkt sich TrustZone im Sinne von Hardware-Lösungen auch auf weitere Bereiche im Mikrocontroller aus.

Umfangreiche Informationen zu Security (Manipulation, Attacken) in Mikrocontrollern finden sich übersichtlich zusammengefasst im Rutronik-Whitepaper „Security Aspects“ (dort auf S. 74/75) unter [www.rutronik.com/security-aspects](http://www.rutronik.com/security-aspects). ■

Protokollunabhängige Geräte-Entwicklung im Zeitalter von Industrie 4.0

# IPC spricht Sprache des Feldes

*In der Automatisierungstechnik werden Industrie-PCs (IPCs) für die unterschiedlichsten Anwendungen mit unterschiedlichen Feldgeräten vernetzt.*

*Bei der Vielzahl an industriellen Netzwerken und Protokollen ist das eine große Herausforderung, doch die Produktfamilie der Ixxat-INpact-PC-Karten bietet hier einen eleganten Ausweg.*

VON MARIO KLUG,  
SENIOR MANAGER PRODUCT MARKETING  
BOARDS BEI RUTRONIK,  
UND THILO DÖRING, GESCHÄFTSFÜHRER  
VON HMS INDUSTRIAL NETWORKS

**K**omplizierte Aufgaben autark zu lösen ist die Domäne von IPCs in vielen Automatisierungsbereichen. Sie laufen meist mit Standard-Betriebssystemen (Linux oder Windows), werden aber immer häufiger über standardisierte Kommunikationssysteme mit übergeordneten Steuerungen verbunden. Zunehmend besteht daher der Wunsch, dass die Geräte unterschiedliche OT-Protokolle, also Protokolle der Fertigung wie Profibus oder Profinet, unterstützen. Die PC-Karten aus der Ixxat-INpact-Familie von HMS Networks bieten hier eine flexible und kostengünstige Möglichkeit, denn sie unterstützen mehrere Protokolle. Die Multi-Netzwerkfähigkeit der INpact basiert auf dem Multi-Netzwerkprozessor Anybus NP40, ebenfalls von HMS Networks. Der Netzwerkprozessor wickelt die gesamte Kommunikation zwischen IPC und industriellem Netzwerk ab und ermöglicht die einfache Anbindung von PC-basierten oder Embedded-Slave-Anwendungen an EtherNet/IP, EtherCAT, Powerlink, Modbus-TCP, Profinet IRT, Profinet IRT Fiber Optic und Profibus.

Außerdem erlaubt die Ixxat INpact eine einfache und flexible Integration für unterschiedliche Hardwarelösungen. Die Anbindung von

Geräten oder Subsystemen als Slave an übergeordnete Netzwerke gelingt damit ebenso leicht wie die Prozessdatenvisualisierung in Leitständen oder die Erfassung selbst großer Datenmengen in Prüf- und Testsystemen. Dabei ist die Lösung so flexibel, dass sich Protokolle einfach austauschen lassen. Die Programmierschnittstelle bleibt dieselbe. Regelmäßige Firmwareaktualisierungen, die auch Produktverbesserungen beinhalten, stellen die Interoperabilität mit den jeweils aktuellen Netzwerkstandards sicher.

## *INpact, die flexible Dolmetscherfamilie*

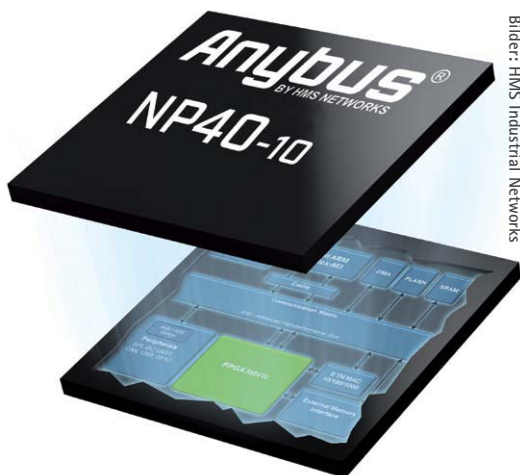
Die Karten gibt es in drei Versionen für die in den meisten Produkten vorgesehenen Schnittstellen PCIe, Mini-PCIe und M.2. Die Kartenversion ist mit einem vorinstallierten Netzwerkprotokoll ausgestattet. Alternativ kann bei der CE-Version (Common Ethernet) dagegen das jeweils gewünschte Protokoll vom Anwender selbst geflasht werden. Damit ist der einfache Wechsel zwischen allen verfügbaren Industrial-Ethernet-Protokollen möglich. Momentan werden EtherCAT, EtherNet/IP, Modbus TCP, Profinet und Powerlink sowie Profibus un-

terstützt. Dabei ist jeweils die Funktionalität als Slave für die jeweiligen Protokolle implementiert. Eine Erweiterung um CC-Link und DeviceNet ist in Vorbereitung. Alle Karten arbeiten unter den Standardbetriebssystemen Windows und Linux sowie dem Echtzeitbetriebssystem INtime.

Die C-Programmierschnittstelle erlaubt die Softwareentwicklung der Geräte unabhängig vom Netzwerkprotokoll. Soll das Gerät in einer Umgebung mit einem anderen Busprotokoll zum Einsatz kommen, ist der Entwicklungsaufwand minimal. Die Bandbreite der Anwendungen für die neuen Protokollübersetzer ist groß und reicht von Herstellern von Operator-Panels, komplexen Messeinrichtungen, hochwertigen Analyse- und Handhabungssystemen bis hin zu Testsystemen. Im Folgenden dazu ein paar Beispiele.

*Automatisierungsgeräte vernetzen*

Komplexe Berechnungen, z.B. für komplizierte Motion-Anwendungen, werden heute oft vor Ort von leistungsfähigen IPCs auf Befehl einer SPS durchgeführt. Auch Messverfahren mit komplexen Auswertungen der eingehenden Daten sind mit dem leistungsfähigen IPC heute Standard. Dieser meldet dann die ermittelten Ergebnisse bzw. einen Messwert an die SPS zurück. Standard-IPCs fehlt aber oft die nötige leistungsfähige Schnittstelle zu den industriellen Netzwerken. Mit den INpact-Karten können nun je nach Hardware- und Feldbusanforderung geeignete Schnittstellen für die jeweilige Anwendung integriert werden. Die hohe Leistung der INpact-Karten erlaubt dabei eine große Datenübertragungsrate. Je nach Anwendung sind hier auch zyklische I/O-Daten mit sehr kleinen Zykluszeiten zu bewältigen,



Bilder: HMS Industrial Networks

Der Anybus NP40 ist ein Multi-Netzwerkprozessor, der die gesamte Kommunikation mit dem industriellen Netzwerk selbstständig abwickelt.

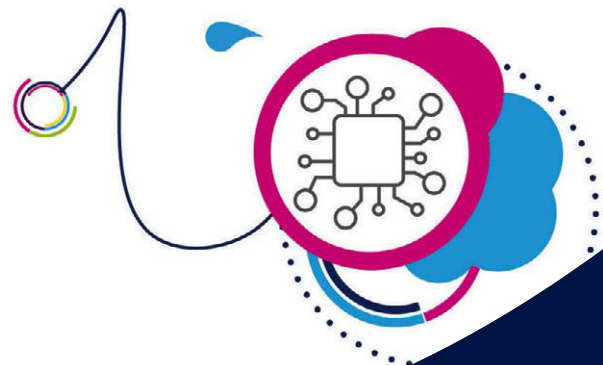


# SensorTile.box

## Play with ST sensors



Flexible plug-and-play module  
jumpstarts sensor-to-cloud  
IoT applications





Die IXXAT-INpact-Familie von HMS bietet eine flexible und kostengünstige Möglichkeit, mehrere industrielle Kommunikationsprotokolle zu implementieren – via PCIe-, Mini-PCIe- oder M.2-Karte.

Die Ixxat INpact ist eine flexible Kommunikationslösung für Hersteller von IPCs, Operator Panels und Edge-Gateways.

bspw. zu Sensoren mit hohen Abstraten. Auch azyklische Daten wie Algorithmen oder Audit-Infos werden auf diese Weise schnell übertragen.

#### Operator-Panels

Panel-PCs sind heute in vielen Bereichen der Automatisierungstechnik für das Anlagenpersonal das Arbeitsmittel der Wahl. Meist arbeitet hier ein IPC, der die Bedienung und Anzeige von Anlagendaten übernimmt. In vielen Fällen kann es notwendig sein, dass der Panel-PC direkt auf Prozessdaten von Sensoren und Aktoren zugreift, was einen erheblichen Entwicklungsaufwand verlangt. Auch in diesem Fall wird der Hersteller durch die INpact-Karten unabhängig von spezieller Netzwerk-Hardware und den zugehörigen Protokollen. Die jeweils geforderte Kompatibilität mit dem Netzwerk vor Ort wird einfach per Steckkarte realisiert, das ermöglicht dem Gerätehersteller ein breites Produktportfolio bei geringer Entwicklungszeit und geringen Entwicklungskosten.

#### Edge-Gateways – Vermittlung zwischen IT und OT

Edge-Gateways arbeiten als leistungsfähige Bindeglieder im IoT (Internet of Things) und übernehmen sozusagen die Vermittlerrolle zwischen der IT- und der OT-Welt, also dem Produktionsbereich mit den Feldgeräten. Sie erfassen dazu Informationen über den Produktionsprozess und die beteiligten Geräte. Nach entsprechender Aufbereitung und Auswertung der Daten werden diese dann den vorgesehenen Applikationen in der IT-Welt zur

Verfügung gestellt. Als Schlüsselemente liefern die Edge-Gateways die Datengrundlage für alle weiteren Operationen, wie beispielsweise komplexe Berechnungen für vorbeugende Wartung. Daher muss das Edge-Gateway selbst robust, zuverlässig (fern-)wartbar und diagnostizierbar sein – Voraussetzungen, die ein IPC als Basis von Hause aus mitbringt. Was fehlt, ist die Möglichkeit der flexiblen Inte-

gration in bestehende und zukünftige OT-Strukturen. INpact-Karten schließen diese Lücke, denn sie bieten die Möglichkeit, auch große Datenmengen über verschiedene Protokolle mit einer beliebigen PC-Hardware zu übertragen. Die Abfrage von Diagnoseinformationen über das verfügbare API erlaubt eine nahtlose Einbindung in entsprechende Maintenance-Lösungen. ■



## Anybus NP40

Der Multi-Netzwerkprozessor Anybus NP40 von HMS Networks richtet sich an Hersteller von Automatisierungsgeräten, die auf eine tiefe Technologieintegration Wert legen. Besonders optimiert ist der NP40 für Gerätehersteller mit mittleren bis hohen Stückzahlvolumen. Dieser Netzwerkprozessor ist eine flexible und kostengünstige Möglichkeit, Automatisierungsgeräte in unterschiedlichste industrielle Netzwerke einzubinden. Er wickelt dann die gesamte Netzwerkkommunikation selbstständig ab und entlastet so den Host-Prozessor des Automatisierungsgeräts von dieser Aufgabe. Der Anybus NP40 ist auf die hohen Anforderungen der Echtzeit-Ethernet-Protokolle sowie auf TCP/IP-Kommunikation mit großen Datenmengen ausgelegt. Er bietet hohe Performance, große Flexibilität und eine geringe Leistungsaufnahme.

Der Anybus NP40 ist ein Flash-basierter Single-Chip-Netzwerkprozessor bestehend

aus einem hochperformanten ARM Cortex-M3 und einem FPGA. Das FPGA wird verwendet, um die verschiedenen physikalischen Ethernet-Schnittstellen einschließlich des integrierten Echtzeit-Switch zu implementieren, während der ARM-Kern genutzt wird, um die Protokoll- und Anwendungs-Stacks abzuspielen. Da der NP40 Flash-basiert ist, können Automatisierungsgeräte mit NP40-Implementierung für verschiedene industrielle Ethernet-Netzwerke neu programmiert werden. Das bedeutet, dass eine einzige Hardware-Plattform mehrere Netzwerke einfach durch das Laden der neuen Firmware unterstützen kann. Für hochperformante Echtzeit-Netzwerke ermöglicht die Prozessorarchitektur einen Datenaustausch mit praktisch null Verzögerung. Der Anybus NP40 unterstützt die Industrial-Ethernet-Protokolle Profinet, EtherNet/IP, EtherCAT, Modbus-TCP, Powerlink, CC-Link IE Field und BACnet/IP sowie die Feldbusse Profibus, DeviceNet, CANopen und CC-Link.





# TECHNISCHE BRILLANZ ZUM ERSCHWINGLICHEN PREIS

## Intel® SSDs der Produktreihe 660p

Erfüllen Sie die Speicherbedürfnisse von heute und seien Sie bereit für die steigenden Anforderungen von morgen – mit der neuen Intel® SSD der Produktreihe 660p auf Basis der Intel® QLC-3D-NAND-Technik.

Die Intel® SSD 660p ist die branchenweit erste Client-PCIe\*-SSD auf QLC-Basis und setzt die führende Rolle von Intel in den Bereichen Flash-Cell-Technologie und hochwertige Verarbeitung fort.



Sichere Daten mit Swissbit

# Speicherkarten im Dienst der Sicherheit

Wer Datenspeicher für industrielle Einsatzbereiche sucht, sollte robuste, ausfallsichere und langfristig verfügbare Flash-Speichermedien wählen. Ein interessanter Aspekt dabei: Durch spezielle Versionen mit WORM- (Write Once Read Multiple) oder Kryptografie-Funktionalität lassen sich zudem Sicherheitsanforderungen realisieren.

VON ADRIAN ELMS, SENIOR MARKETING  
MANAGER BEI RUTRONIK, UND  
HUBERTUS GROBBEL,  
LEITER DES GESCHÄFTSBEREICHS  
SECURITY PRODUCTS BEI SWISSBIT

So wie mit dem Internet of Things die Vernetzung immer mehr zunimmt, steigt auch die Bedrohung durch missbräuchliche Nutzung, Sabotage, Datendiebstahl, Fälschung etc. Cyber-Security ist in den unterschiedlichsten Bereichen zum Thema geworden – vom Automobil bis zur Smart Factory. Angriffsvektor ist dabei die Software. Um einen umfassenden Schutz zu gewährleisten, können neben reinen Software- auch Hardwarelösungen realisiert werden. Dabei kommen beispielsweise ein Trusted-Platform-Modul (TPM) zur Verschlüsselung oder ein Secure Element als manipulationssicherer Speicher und Sicherheitsanker zum Einsatz. Um den sicheren Betrieb eines Systems zu garantieren, sollte dabei bereits sein Start lückenlos als Trusted Boot überwacht werden.

Dieses Konzept stellt sicher, dass Software nur auf der spezifizierten Hardware oder Hard-

wareklasse gestartet werden kann. Der Boot-Loader verwendet ein Authentifizierungsgeheimnis, das nur in der Boot-Umgebung (BIOS/UEFI) verfügbar ist. Der Ansatz von Swissbit: Da praktisch jedes System Datenspeicher benötigt, etwa als Boot-Medium oder um Daten zu sammeln, setzt die Lösung hier an. Das Secure Element wird nicht fest mit der Hardware verbunden, sondern austauschbar wie ein Dongle beigesteuert. Sicherheitslösungen werden nachrüstbar.

Dabei ergibt sich eine ganze Reihe neuer Ansätze für Sicherheitslösungen im Bereich von Secure Boot, Datenschutz, Lizenzschutz und der sicheren Identifikation von Teilnehmern einer M2M-Kommunikation. Gleichzeitig behalten Systementwickler ihre Freiheiten in der Hardwareauswahl. Lediglich die Standardschnittstellen für SD-Speicherkarte oder USB werden benötigt. Die Funktionalität eines TPM kann von der Smartcard in der Secure-Storage-Card als Java-Card-Applet implementiert werden.

## Kopierschutz und Authentisierung

Audi, BMW Group und Daimler zahlten 2015 zusammen 2,8 Milliarden Euro, um das Geodatenunternehmen Here von Nokia zu übernehmen. Deutlicher kann man die strategische Bedeutung von Navigationssystemen im Vorfeld des autonomen Fahrens kaum machen. Um Kartendaten in ein Navigationssystem zu laden, werden üblicherweise SD-Speicherkarten verwendet. Swissbit-Karten mit Hardwareverschlüsselung ermöglichen es, das Daten-Image zu schützen.

Kontrolle über Navigationssystemdaten zu bekommen und die Einhaltung von Lizenzbedingungen garantieren zu können, sind der un-



Spezielle Flash-Speicherprodukte von Swissbit ermöglichen vielfältige Lösungen für Datenschutz, Kryptografie und Fälschungssicherheit.

Bild: Swissbit

mittelbare Gewinn, den man aus dem Einsatz von Flash-Speichermodulen mit Secure Element ziehen kann. Speicherkarten mit integrierter Smartcard ermöglichen es, dem Fahrzeug eine fälschungssichere Identität als Grundlage für Authentifizierungsanwendungen zu geben. Das Infotainment-System des Fahrzeugs wird zukünftig immer wichtiger als Schnittstelle zu ITK-Geräten und zum Internet. Durch die Verwendung eines Secure Elements wird es zur sicheren Plattform, über die beispielsweise kostenpflichtige Dienste angeboten, Medieninhalte bezogen oder Maut abgeführt werden kann. Neue Funktionen lassen sich nachrüsten und zugleich auf höchstem kryptografischem Niveau abgesichern.

#### *Datensicherheit und funktionale Sicherheit*

Die immer stärkere Vernetzung innerhalb des Fahrzeugs und nach außen – Stichwort Car2Car-Communication – hat in den vergangenen Jahren Security im Sinne der Abwehr von Cyber-Attacken zum Thema gemacht. Dies passierte vor allem vor dem Hintergrund möglicher Einflüsse auf die funktionale Sicherheit (Safety). Die Kommunikation von ECUs über Bussysteme könnte verschlüsselt werden, wenn an Knotenpunkten zum Beispiel eine eMMC (embedded Multi-Media-Card) mit Secure Element die Funktion eines TPM übernimmt. Das heißt, die Gefahr von Manipulationen der fahrzeuginternen Kommunikation würde dadurch abgewendet, dass diese ein Authentisierungsmerkmal nutzt.

#### *Manipulationssichere Aufzeichnungen*

Der Bedarf an Sicherheitslösungen wird stark steigen. Nicht nur bei Embedded-Systemen für das industrielle Internet of Things, sondern auch in ganz alltäglichen Anwendungen, wenn es um eine Sicherung von Aufzeichnungen oder Ereignissen geht. Das sind beispielsweise im Smart-Meter-Bereich Zählerstände oder Log-Dateien in industriellen Systemen. Auch die derzeitige Fiskalisierung der Registrierkassen fällt in diesen Bereich. Für E-Mobility-Ladesäulen wird zukünftig Ähnliches nötig werden, um Abrechnungsprozesse abzusichern. Spätestens wenn der Rückgang der Mineralölsteuer eine verbrauchsbezogene Besteuerung der E-Mobilität notwendig macht, müssen auch hier fiskalische Prozesse entwickelt werden. Die Lösung: Eine revisions sichere Aufzeichnung wird durch die WORM- (Write Once Read Multiple) Speicherfunktion erreicht, die sicherstellt, dass Daten nur einmal geschrieben

und nicht mehr gelöscht werden können. Für den Export sind die Daten aus dem WORM-Speicher an eine digitale Signatur gebunden. Diese stellt Authentizität und Integrität der Daten sicher.

#### *Aufbau*

Die Sicherheitsspeicherkarten von Swissbit bestehen aus einem vom Wafer an auf industrielle Anforderungen hin produzierten und getesteten Flash-Speicherchip. Sie werden mit einer speziellen Version der durabit-Firmware mit integriertem AES-256-bit-Enkryptor betrieben. In der Version DP (Data Protection) werden sämtliche Daten verschlüsselt und auf verschiedene Arten geschützt (CD-ROM-Modus, PIN-Schutz, versteckter Speicher, WORM-Modus). Die Standard-Edition für Authentisierungs- und PKI-Anwendungen, die Voice Edition mit Elliptische-Kurven-Kryptografie für Mobilfunkanwendungen und die Premium Edition mit symmetrischer und asymmetrischer Verschlüsselung sind mit einem Infineon/NXP-Smart-Card-Chip CC EAL 5+/6+ ausgestattet.

Für Anwendungen, die den FIPS- (Federal Information Processing Standard) Anforderungen unterliegen, kann zudem eine Variante mit NXP-Smart-Card-Chip FIPS 140-2 Level 3 als Secure Element realisiert werden. Ein SDK und eine PKCS#11-Library zur Nutzung der API stehen für die Applikationsentwicklung zur Verfügung.

#### *Fazit*

Die genannten Beispiele lassen erahnen, wie vielfältig die Szenarien sind, in denen die Anforderung, Daten zu speichern, und die Anforderung einer Absicherung von Zugriff oder Kommunikation in einem Zug erfüllt werden können. Die Nutzung von Standardspeicherschnittstellen hat zudem den Vorteil, dass man nach- und aufrüstbare Anwendungen entwickeln kann. Wenn man bedenkt, dass Cyber-Sicherheit ein ewiger Wettlauf zwischen Angreifern und Verteidigern bleibt, ist ein austauschbares Sicherheitsmodul sogar bei neuen Produkten eine Versicherung für die Zukunft. ■

Anzeige

The advertisement features a dark blue background. At the top center is the Intel logo. Below it, the words "KLEIN" and "ABER STARK" are written in large, bold, white capital letters. Underneath this, the text "Intel® NUC Mini-PC mit Windows\* 10" is displayed in a smaller white font. In the middle section, three Intel processor boxes are shown: "CORE i3 7th Gen", "CORE i5 7th Gen", and "CORE i7 7th Gen". To the right of these is the Windows 10 logo. At the bottom of the advertisement is a photograph of the Intel NUC Mini-PC, a small, black, rectangular device with a front panel showing a USB port, a FireWire port, and a power button.

\*Andere Marken oder Produktnamen sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.  
© 2017 Intel Corporation. Intel, das Intel-Logo, Intel Core und Intel Inside sind Marken der Intel Corporation oder ihrer Tochtergesellschaften in den USA und/oder anderen Ländern.

Funkprotokolle in der Automatisierungstechnik

# Mit welchen Standards funkt(ioniert) Industrie 4.0?

*Bei der Umsetzung der Industrie 4.0 wird neben Gigabit-Leitungen die Funktechnik auch im Industrieumfeld verstärkt Einzug halten. Die Frage ist nicht mehr ob, sondern womit und bis wann Funkintegrationen umgesetzt werden. Hier die wichtigsten Antworten.*

VON BERND HANTSCH, DIRECTOR PRODUCT MARKETING EMBEDDED & WIRELESS BEI RUTRONIK

**D**ie Standards zur Funkübertragung von Mess- und Steuerdaten haben sich enorm weiterentwickelt, was auch die letzten Kritiker mit Aussagen wie »Unsere Anlage muss laufen – da ist Funk zu unsicher« zum Umdenken bewegt. Doch welcher Standard am geeignetsten ist, hängt von der Anwendung ab.

## Feldebene I: Nah am Werkstück, aber bitte flexibel, autark und wartungsfrei

Bei neueren Produktionsstraßen fallen erste Sensoren und Aktoren auf, die ohne Kabel und Schleifkontakte auskommen. Sie lassen sich flexibel einsetzen und ermöglichen völlig neue Bewegungsabläufe in Fertigungsprozessen. Bisher war ein leerer Akku, der die Produktion stilllegt, häufigster Grund, auf solche Lösungen zu verzichten. Inzwischen haben sich energieautarke Sensoren und Aktoren bewährt. Bei ihnen wandeln Energy-Harvesting-Module Bewegungsenergie, Umgebungslichtenergie oder Wärmeunterschiede in genügend elektrische Energie, um zuverlässig Datenpakete über Kurzstreckenfunkverbindungen bis zu einigen hundert Meter senden zu können. Ein lokaler Energiespeicher sichert die störungsfreie Funktionalität über Wochen, falls einmal nicht genug Energie aus der Umgebung geerntet werden kann. Für die Vernetzung der Sensoren und Aktoren stehen neben dem Sub-GHz-Protokoll EnOcean auch Bluetooth 5 und ZigBee 3.0 im 2,4-GHz-Band zur Verfügung.

Die ZigBee Alliance scheint aus Fehlern der Vergangenheit gelernt zu haben. So findet die Version 3.0 nicht nur großen Anklang beim Einsatz von Amazon Echo, Philips Hue, Ikea Trådfri und Osram Lightfy, sondern aufgrund ihrer Spezifikationen auch in der professionellen Industrie. Für den Einsatz von Energy-Har-

An Industrierobotern wird Kabelbruch bei Sensoren vermieden, indem sie mit einer Funkschnittstelle ausgestattet werden.



Bild: phonlamaiphotofotolia

vesting mit ZigBee bietet sich eine abgestimmte Modulkombination von EnOcean an. Die Funkeinheit basiert – wie der Funkstack – auf einem Halbleiter von Nordic Semiconductor.

Für einfache P2P-Verbindungen oder die Interaktion mit einem Smartphone, Tablet oder Laptop kann ebenso Bluetooth völlig energieautark zum Einsatz kommen.

Wer mehr Reichweite möchte oder wem das 2,4-GHz-Band auf dem Werksgelände gemäß Frequenznutzungsplan untersagt ist, der findet im EnOcean-Protokoll der EnOcean Alliance eine erprobte Alternative. Auch hier kommen die Module für Energiewandlung und Funkkommunikation von EnOcean zum Einsatz. Rutronik arbeitet als Distributor sowohl mit der EnOcean GmbH und der EnOcean Alliance als auch mit Nordic Semiconductor zusammen. Dadurch erhalten Entwickler auch bei softwarespezifischen Adaptionen und bei komplexeren Problemen Unterstützung.

## Feldebene II: Immer auf Empfang – die Vollvernetzung in der Werkshalle

Was bei der Verbindung von einem Sensor oder Aktor zum Gateway, Hub oder zu einer Edge-Recheneinheit eine perfekte – weil wartungsfreie und ungebundene – Lösung darstellt, kommt bei größeren und komplexeren Netzwerken schnell an seine Grenzen. Besonders in nicht zeitsynchronisierten Maschentopologien muss jeder Funkknoten stets auf Empfang sein, um ankommende Datenpakete zu empfangen und ihre zeitnahe Weiterverarbeitung sicherzustellen. Hierfür müssen permanente und stärkere Energiezulieferer genutzt werden. Bei stationären Funkknoten bieten sich verdrahtete Stromquellen an, für „schwebende“ Funkknoten ist die Airfuel-Ladetechnik die bewegliche Alternative, die erheblich mehr Bewegungsspielraum erlaubt als die Qi-Ladetechnik. Bester Kompromiss für verschiedene Anforderungen ist meist die klassische Batterie.

Viele Funkstandards, etwa Bluetooth Mesh, WiFi Mesh und ANT Blaze, haben eine Historie auf Basis einer Sterntopologie und bieten seit wenigen Jahren auch Maschentopologien an. ZigBee, Thread und einige weitere wurden von Beginn an für Vollmaschenkommunikation ausgelegt. Während WiFi Mesh praktisch nicht ohne feste Stromversorgung auskommt, können alle anderen genannten Maschensysteme über Monate mit einer Akkuladung betrieben werden.

Im Gegensatz zum häuslichen Bereich, wo ZigBee die LED-Leuchtmittel ansteuert, zeichnet sich ab, dass das ungeroutete Bluetooth Mesh bei industriellen Lichtsystemen in Lager- und Produktionshallen, Großraumbüros und Fluren zum Maß aller Dinge wird. Anders als beim üblichen, gezielten Routing der Datenpakete sorgt die Datendurchflutung hier für besonders schnelle Reaktions- und Durchlaufzeiten. Smartphone & Co lassen sich trotzdem in das Netzwerk einbinden, was ein weiterer großer Vorteil gegenüber anderen Funkstandards ist, die via Router den Weg zum IT-Equipment finden müssen.

Bluetooth Mesh ist als Zwischenlayer zu verstehen, der theoretisch auf sämtlicher Bluetooth-4.0-Hardware aufgesetzt werden kann. Aufgrund der neuesten Preisgestaltung der Bluetooth Special Interest Group ist es jedoch sinnvoll, bei Neuentwicklungen besser moderne Bluetooth-5- oder -5.1-Hardware zu nutzen. Halbleiter mit entsprechenden Stacks bietet Rutronik von STMicroelectronics, Redpine Signals, Nordic Semiconductor und Toshiba an. Wer eine Lösung mit integrierter Hochfrequenzbeschaltung und Zertifizierungen bevorzugt, kann aus den Bluetooth-Mesh-Modulen von Insight SiP, Garmin, Panasonic, Murata, Telit, Fujitsu, Minew und Redpine Signals wählen.

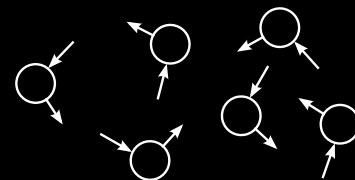
## Feldebene III: Außer Sichtweite, aber eng verbunden

Für Umschlagplätze wie Logistikzentren, Bahnhöfe oder Häfen ist Langstreckenfunk das Mittel der Wahl. Unter den Technologien, die öffentliche und lizenzfreie ISM-Bänder nutzen, hat sich LoRa in den meisten zentral-europäischen Ländern durchgesetzt. Vor allem Frankreich und die Niederlande setzen dank gutem Netzausbau überwiegend auf Sigfox.

2019 begann jedoch eine Trendwende: Die 4G-Standards Cat M1 und Cat NB1 für Narrowband-IoT wurden – abhängig von Region und Applikation – zum Teil sehr stark angenommen, erste Testphasen sind schon in Massenproduktionen übergegangen. Während sich LTE-M für Tracking-Anwendungen mit Zellwechsel anbietet, unterbietet LTE NB1 den Energiebedarf nochmals deutlich.

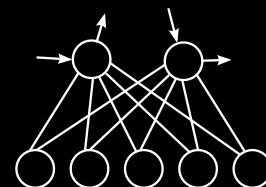
In vielen Ländern gibt jedoch der Netzausbau vor, welche Low-Power-Mobilfunktechnologie zum Einsatz kommt. Die deutschen Mobilfunkanbieter konzentrieren sich offenbar zunächst auf den Metering-Markt. Da sich ein installierter Strom-/Gas-/Wasserzähler

# MODULES & SOFTWARE LIBRARIES FOR IOT SOLUTIONS



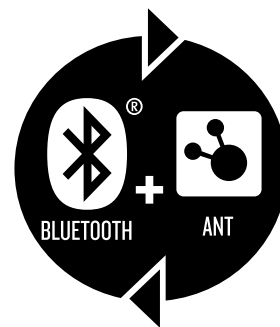
**ANT BLAZE**

A robust, connectionless mesh network with low latency, self-forming and self-healing features for control and sensing applications.



**ANT IGNITE**

A protocol that connects hundreds of low power sensors to a hub. Combine it with ANT BLAZE for a complete control or sensor mesh networking solution.



OUR MESH TECHNOLOGY USES ANT & BLE CONCURRENTLY FOR EXCEPTIONAL SMART PHONE COMPATIBILITY

**GARMIN**

LEARN MORE AT THISISANT.COM



## „Innovation in Automation“ Einsatz neuester Funktechnik

Die Online-Seminarreihe „Innovation in Automation“ bietet informative Videos on Demand von den führenden Herstellern elektronischer Bauteile zu Industrie 4.0. Sie zeigen Lösungen für die Anlagen der Zukunft; Unterthemen sind künstliche Intelligenz, Robotik und Vernetzung. Unter

den Seminaren findet sich auch eine Präsentation von Telit als Anbieter von Mobilfunk, M2M-Sim-Lösungen, IoT-Device-Management und Kurzstreckenfunk sowie von Intel, Hersteller von WiFi-6-Lösungen. Zum Abrufen der Seminarvideos genügt eine Registrierung unter [www.rutronik.com/iia](http://www.rutronik.com/iia)

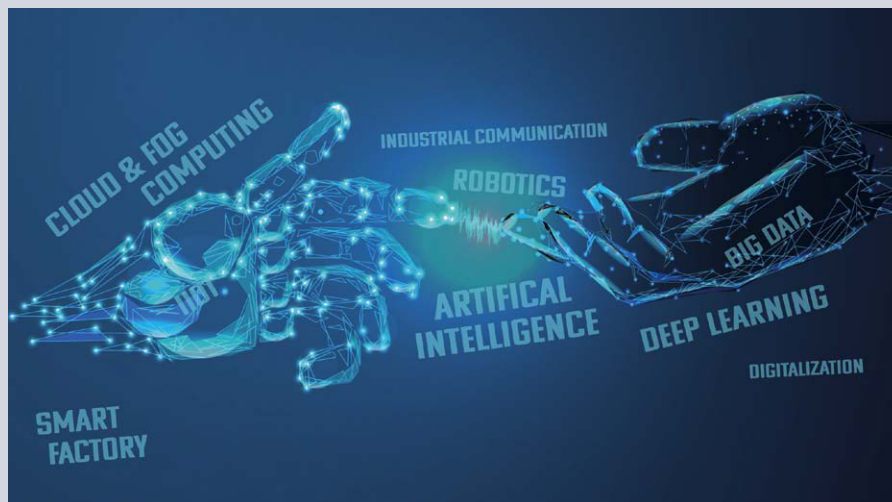


Bild: Rutronik

nicht bewegt, gibt es auch keine Wechsel der Mobilfunkzellen während einer Verbindung. Provider in anderen Ländern setzen eher auf Ortungsanwendungen für bewegliche Dinge und haben den Ausbau der Kategorie M1 fokussiert. Die meisten Hersteller von Mobilfunkmodulen unterstützen beide Netze; bei Rutronik sind Lösungen von Telit, Nordic Semiconductor, Murata, Telic, Advantech sowie in Kürze von weiteren Franchise-Partnern verfügbar.

Wie 2G-, 3G- und konventionelle 4G-Module werden auch LTE-M1-Transceiver oft mit GNSS (Global Navigation Satellite System) in einem Gehäuse kombiniert, da sie auf die Positions- und Bewegungsüberwachung von Containern, Fahrzeugen, hochpreisigen Gütern, Personen und Tieren abzielen. Hier muss immer die Position ermittelt und über das Mobilfunknetz gesendet werden. Vor einigen Jahren war GPS ein praktisch konkurrenzloses Navigationssystem. Mit dem russischen Glonass und dem chinesischen Beidou kamen GNSS-Alternativen hinzu, die technisch jedoch nicht an das amerikanische System herankamen. 2019 schaffte das europäische Galileo seinen Durchbruch; seit einiger Zeit wird es bereits von Millionen Smartphones erfolgreich mitgenutzt. Mitte 2019 entschied

man sich, eine höhere Ortungspräzision kostenlos nutzbar zu machen, sodass Galileo dem GPS-System hinsichtlich der frei nutzbaren Daten des Layer 1 nun voraus ist. Zudem bietet Galileo als einziges System eine Authentifizierungsfunktion an. Damit lässt sich sicherstellen, dass die empfangenen Signale tatsächlich von Galileo stammen und nicht von einer gefälschten Sendestation. Und Galileo ist das einzige zivile System in demokratischer Hand. Dennoch sind fast alle Anwender am besten damit beraten, auf möglichst viele Systeme parallel zu setzen. Denn je mehr Satelliten genutzt werden, umso schneller, energiesparender und präziser können die meisten modernen Multi-GNSS-Empfänger arbeiten.

Bei Anwendungen, die GNSS mit LoRa, Sigfox, WiFi oder Bluetooth nutzen, ist darauf zu achten, im Host-Controller eine entsprechende Zugriffsmöglichkeit auf den Betriebsmodus der GNSS-Einheit zu schaffen. Meist genügt ein NMEA-Steuerbefehl aus, um dem Empfänger mitzuteilen, welche Systeme er nutzen soll und welche zu ignorieren sind. Diese Remote-Funktionalität muss immer manuell implementiert werden und kann im Fall der Fälle für die Anwendung verheerend oder eben lebens- und geschäftsrettend sein.

### Prozessebene: 6. Generation WiFi

In der Prozessebene laufen alle Informationen der einzelnen Arbeitsstationen zusammen. Oftmals wurden die am Sensor gesammelten Daten in der Feldebene noch gar nicht aufbereitet. Um aus ihnen Informationen zu gewinnen, findet hier zumindest eine erste Vorverarbeitung der Daten statt. Für manche Anwendungen ist es von Vorteil, dadurch mehrere parallel einlaufende Felddaten vergleichen zu können. So lassen sich aufwändigere Pattern-Matching-Algorithmen einsetzen, die nicht nur gegen statische Muster vergleichen, sondern stetig auch ihre Referenz anpassen müssen. Für solche und ähnlich rechenintensive Aufgaben kommen meist stärkere x86-basierende Systeme zum Einsatz.

Auch hier geht der Trend zur Verbindung untereinander und in Richtung Systemebene hin zu kabellosen Technologien. Die 6. WiFi-Generation ist nicht nur abermals schneller als die vorigen, sondern zeichnet sich auch durch ein besseres Verbindungsmanagement der Teilnehmer aus, womit sie besonders in professionellen Einsatzszenarien punktet. Eine verbesserte Frequenzbelegung hinsichtlich der in Kürze entstehenden 5G-Netze ist ein weiteres Argument. Mit Intel als Technologiepartner konnte Rutronik seine Kunden von Anfang an mit marktreifen WiFi-6-Lösungen bedienen. Besonders m.2-Steckkarten waren für Industrie-PCs, Panel-PCs oder NUCs sehr gefragt.

### Systemebene: Auf die Örtlichkeiten kommt es an

Die Technologieauswahl in der Systemebene hängt stark von der Komplexität und den lokalen Gegebenheiten ab, z.B. die örtliche Ausdehnung des Geländes oder der betriebliche Frequenznutzungsplan. Bei kleineren und dynamischen Betrieben kann sich auch hier WiFi 6 anbieten, bei größeren Unternehmen mit sehr statischen Einrichtungen eher eine verkabelte Lösung – noch. Denn sobald 5G verfügbar und bezahlbar ist, wird auch hier ein Umdenken stattfinden.

### Betriebsebene: Auch mit der Vorgängergeneration

Bei der Kommunikation zwischen verschiedenen Werken werden die Informationen zuvor so stark verdichtet, dass herkömmliches LTE hinsichtlich Datendurchsatz und Latenzzeiten

absolut ausreichend ist – selbst bei internationalen Großkonzernen. Wer seine verkabelte Internetanbindung des Standortes absichern möchte, der kann bereits heute durch einen LTE-Router die für den Betrieb wichtigen Kennzahlen per Mobilfunk übertragen.

Setzt man auf der Feldebene, wo es um einzelne Sensordaten geht, meist eher auf die niedrigeren LTE-Kategorien, so darf es auf der Betriebsebene auch LTE der Kategorie 6 oder höher sein. Der Stromverbrauch und der Modempreis spielen hier praktisch keine Rolle, da die Rechner immer am Stromnetz betrieben werden und nur ganz wenige LTE-Modems oder LTE-Router zum Einsatz kommen. Telit, Telic und Advantech bieten Lösungen wie Steckkarten, externe Modems und Router. Eine individuelle Komplettlösung verbindet sie beispielsweise mit einem Server von Intel oder Asus, bestückt mit einem LTE-Modem von Telit und einer WiFi-6-Karte von Intel.

## Weitere Funktrends in der Automation

Eine weitere Technologie, die nach den Endkunden-Smartphones auch industrielle Umgebungen erobert, ist NFC. Die 13,56-MHz-Technik erlaubt einen sicheren Austausch zwischen aktivem Reader und passivem Transponder wie auch zwischen zwei aktiven Readern. Durch die Kompatibilität zu fast allen modernen Tablets und Smartphones steht günstige Standardhardware zur Verfügung; auf teure Spezialgeräte – wie eine RFID-Gun – kann immer öfter verzichtet werden. Dies bringt neben den Hardwarekosten auch Vorteile in der Softwareprogrammierung mit sich.

Wer RFID für längere Distanzen oder zum Scannen von mehreren Transpondern gleichzeitig einsetzen möchte, muss noch entweder auf eine andere Frequenz setzen oder sich bei

aktiven Systemen umsehen. Hier werden die Transponder nicht vom elektromagnetischen Feld des Readers versorgt und kommunizieren über Lastrückkopplung, sondern haben eine eigene Stromversorgung und kommunizieren im 2,4-GHz-Band auf Basis von Bluetooth oder einem proprietären Funkprotokoll.

Wo weder Festverkabelung noch Energy-Harvesting eine Option ist und auch sparsame Funkverbindungen wie Bluetooth Low Energy die Batterien zu schnell entladen, setzen immer mehr Industrieanwendungen auf das ANT-Protokoll. In Kürze werden beispielsweise erste Time-of-Flight-Sensoren für eine hochpräzise Abstandsbestimmung erwartet, die ganz besonders wenig Energie benötigen. ANT ist zudem ab Werk in den meisten Android-Smartphones verfügbar und kann mit Multiprotokoll-SoC-Lösungen den Datenverkehr auch ohne weitere Hardwarekosten in Bluetooth-Netze weiterleiten. ■

Anzeige



# Nordic Thingy:91 Cellular IoT Prototyping Platform



An affordable, highly flexible rapid prototyping kit for cellular IoT

BUY ONLINE  
nordicsemi.com/thingy91

Bluetooth 5.1

# Peilung für Industrial

*Die Core Specification 5.1 für Bluetooth und die darin vorgestellte Peilungsfunktion erlauben jetzt eine Richtungserkennung und verbessern die Positionsbestimmung bis auf wenige Zentimeter genau. Dank zahlreicher Verbesserungen in Automatisierungs-Szenarien sowie bei Indoor-Standortdiensten wird Bluetooth künftig auch eine ernstzunehmende Option für harte Industrieanwendungen sein.*

VON FELIX GRAF,  
PRODUCT SALES MANAGER WIRELESS  
BEI RUTRONIK

**M**it der neuesten Generation von Bluetooth Low Energy, der Core Specification 5.1, hat die Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG) den Weg geebnet für noch genauere Standortdienste basierend auf dem weit verbreiteten Bluetooth Standard. ABI Research geht davon aus, dass im Jahr 2023 bis zu 431 Mio. Produkte über den Ladentisch gehen, die Bluetooth-Ortungsdienste unterstützen.

Zu der bereits bekannten Entfernungsbestimmung mittels RSSI kommt mit der neuen Core Specification eine Peilungsfunktion hinzu, die es ermöglicht, die Richtung zu bestimmen, aus der ein Signal kommt. Dies erlaubt zudem eine sehr genaue Positionsbestimmung bis auf wenige Zentimeter und bietet sowohl im Konsumbereich als auch in industriellen Anwendungen eine Vielzahl an neuen Möglichkeiten.

Näherungslösungen  
und Positionierungssysteme

Auf Bluetooth basierende Standortdienste lassen sich in Näherungslösungen und Positionierungssysteme unterscheiden (Bild 1). Erstere sind häufig einfache Anwendungen, mit deren Hilfe die Entfernung zweier sich in Reichweite zueinander befindlicher Bluetooth-Geräte –

häufig Smartphones – approximiert wird. Typische Applikationen für Näherungslösungen sind heute bereits am Point of Interest (POI) im Einsatz, beispielsweise im Einzelhandel oder in Museen: Nähert sich ein Besucher einem POI, erhält er ausführliche Informationen zum betrachteten Gegenstand. Viele Suchfunktionen für Gegenstände des täglichen Gebrauchs basieren ebenfalls auf dem Konzept der Näherungslösung. Bei diesen Anwendungen wird ein sogenannter Beacon-Tag am zu suchenden Gegenstand (Schlüsselbund, Palette, ...) platziert, den das Smartphone anschließend finden und auswerten kann.

Bei der zweiten Kategorie, den Positionierungssystemen, wird der Standort von einzelnen Objekten in einem geschlossenen System – also einem räumlich klar abgegrenzten Bereich, wie ein Lagerhaus, ein Museum, ein Flughafen-Foyer – bestimmt. Die häufigsten Anwendungen sind Echtzeitortungssysteme (Real-Time-Location-Systems, RTLS) und Indoor-Positionierungssysteme (IPS).

RTLS ermöglichen, mehrere Personen oder Gegenstände, die mit entsprechenden Kennzeichen ausgestattet sind, innerhalb eines geschlossenen Systems zu verfolgen. So eignen sie sich z.B. dafür, Ausrüstung, Paletten oder Personen in einem Lagerhaus zu orten und zu verfolgen.

Indoor-Positionierungssysteme sind vergleichbar mit GPS, funktionieren im Gegensatz dazu aber auch in geschlossenen Räumen. Hierbei senden fix installierte Positionsgeber (Locator-Beacons) regelmäßig Signale aus, die beispielsweise von einem Smartphone empfangen werden. Dies berechnet aus der Entfernung zu den einzelnen Beacons seine relative Position. Damit können sich etwa Passagiere oder Besucher leichter in Flughäfen oder Einkaufszentren zu rechtfinden.

## Bluetooth Location Services

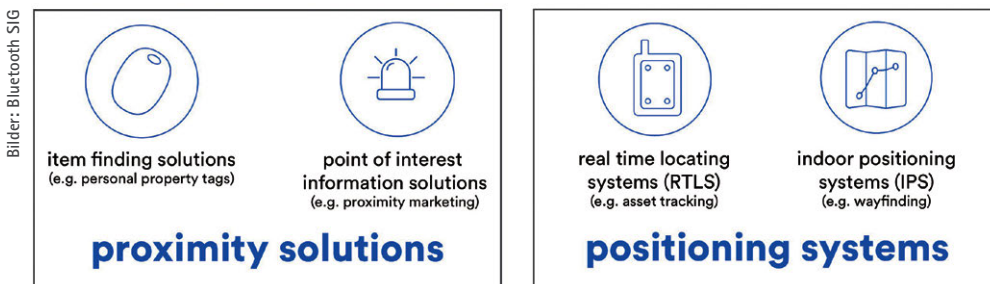


Bild 1: Standortdienste auf Bluetooth-Basis



Bisher basieren alle Bluetooth-Standortsysteme auf einer Entfernungsschätzung, die auf der Signalstärke des empfangenen Signals beruht (Received-Signal-Strength-Indicator, RSSI). Mit einem Referenzwert und der tatsächlich gemessenen Signalstärke bestimmt der Empfänger seine Entfernung zum Beacon bis auf wenige Meter genau (ca. 1 bis 10 m).

.....  
**Antennen-Gitter ermöglicht Richtungsbestimmung**  
 .....

Neu in Bluetooth 5.1 ist die Peilungsfunktion (Direction-Finding). Sie erlaubt es, zusätzlich zur Entfernung auch die Richtung des Signals zu bestimmen. Davon profitieren auch die klassischen Näherungslösungen, denn die Richtung eines Signals ist eine wesentliche Information, die beispielsweise die Suche nach einem Gegenstand massiv erleichtert.

Um die Richtung eines Signals zu bestimmen, muss entweder der Empfänger (Angle of Arrival, AoA) oder der Sender (Angle of Departure, AoD) eines Standortsignals über ein fix angeordnetes Antennen-Gitter verfügen (Bild 2). Bei beiden Varianten bestimmt der Empfänger die Richtung, aus der das Signal kommt.

Die Peilungsalgorithmen sind allerdings nicht Teil der Bluetooth 5.1 Core Specification. Sie lassen sich mithilfe der Triangulation eines oder mehrerer Winkel bilden, die mittels AoA oder AoD bestimmt werden, und der per RSSI gemessenen Entfernung. Daraus ergibt sich eine bis auf wenige Zentimeter genaue Standortbestimmung.

.....  
**Verfolgung und Navigation**  
 .....

In einer AoA-Anwendung ist der Sender ein Beacon mit einer einzelnen Antenne, beispielsweise ein Smartphone oder ein einfaches Tag. Mehrere fix installierte Empfänger (Locators), jeweils ausgestattet mit einem komplexen Antennen-Gitter, bestimmen die Richtung, aus der sie das Signal empfangen. AoA-Anwendungen eignen sich besonders gut für die Verfolgung von Objekten (RTLS), beispielsweise in der automatisierten Fertigung oder in Lagerhäusern.

Eine AoD-Anwendung nutzt das Antennen-Gitter am Sender eines Beacon-Signals, um das Signal über die unterschiedlichen Antennen zu senden. In diesem Fall verfügt der Empfänger, in der Zukunft vermutlich häufig ein Smartphone, über eine Antenne, an der nacheinander die unterschiedlichen Signale ankommen.

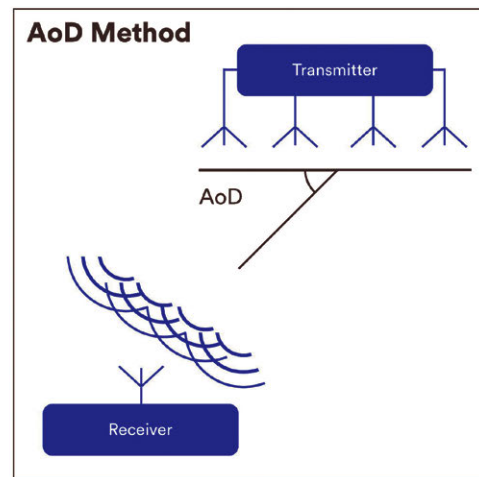
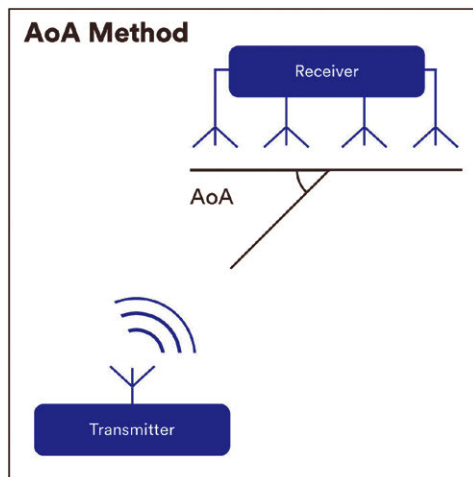


Bild 2: Links: Das Antennen-Gitter befindet sich im Empfänger. Rechts: Das Antennen-Gitter befindet sich im Sender.

Ist die Position der Beacons bekannt, kann der Empfänger seine Position relativ zu den Sendern ermitteln. Somit eignen sich AoD-Anwendungen besonders für Indoor-Positionierungssysteme (IPS) zur einfachen Navigation in geschlossenen Räumen, z.B. in Flughäfen. Im Unterschied zu bisherigen IPS erhält der Nutzer jetzt aber nicht nur seine Position, sondern auch eine Richtungsangabe, die auf das Ziel hinweist. Anders als AoA-Anwendungen eignet sich die AoD-Methode eher für Situationen, die auf verbindungsloser Kommunikation aufbauen.

.....  
**Design der Antennen-Gitter**  
 .....

Unabhängig von der verwendeten Methode ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Peilungsfunktion die Anzahl und die Anordnung der Antennen. Mit einer einfachen Reihe von Antennen lässt sich nur ein Winkel ermitteln. Komplexere Anordnungen im dreidimensionalen Raum erlauben die Bestimmung sowohl von Horizontal- als auch von Vertikal-Winkeln. Die Bluetooth SIG hat noch keine konkreten Vorgaben oder Empfehlungen zur Antennenanordnung gegeben. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass sich dies mit der Veröffentlichung von weiteren Profilen zu den neuen Standortdiensten ändert.

.....  
**Bluetooth 5.1 hat großes Potenzial**  
 .....

Mit der Einführung der neuesten Generation der Core Specification 5.1 für Bluetooth und der darin vorgestellten Peilungsfunktion hat die Bluetooth SIG einen großen Schritt in Richtung präziserer Standortdienste gemacht, die eine Vielzahl von Anwendungsszenarien deutlich verbessern können. Um dieses Potenzial zu heben, gilt es jedoch einige Aspekte zu beach-

ten. So muss ein ideales Einsatzszenario Reflexionen und Multi-Path-Interferenzen minimieren. Ideal ist ein geschlossenes System mit ausreichend vielen fix installierten Positionsgewerben, die durchgängig eine Sichtverbindung zum Tag haben. Um die Indoor-Navigation mit Smartphones flächendeckend nutzbar zu machen, muss Bluetooth 5.1 in allen gängigen Smartphones integriert sein. Zusätzlich ist beim Einsatz von Smartphones die Polarisation zu beachten, da ihre Ausrichtung kaum zu steuern ist. Aufgrund des geringen Platzes in Smartphones ist es wahrscheinlich, dass hier auch in Zukunft nur eine Antenne zur Verfügung stehen wird. Daher kommen Smartphones lediglich als Sender in AoA- oder als Empfänger in AoD-Anwendungen infrage.

.....  
**Zukunftsorientiert**  
 .....

Als einer der ersten Hersteller bietet Nordic Semiconductor ein Multiprotokoll-SoC (System-on-Chip) mit Support für die neue Bluetooth-Core-Spezifikation 5.1. Der nRF52833 unterstützt zusätzlich zu Bluetooth-Direction-Finding und Bluetooth-Long-Range auch Bluetooth-Mesh, 802.15.4, Thread und Zigbee sowie proprietäre 2,4-GHz-Protokolle. Damit ermöglicht er Anwendungen mit zentimetergenauer Abstandsmessung und Richtungsangabe. Das SoC basiert auf einem 64-MHz-ARM-Corex-M4F-Prozessor mit 512 kB Flash und 128 kB RAM. Weitere Features sind Full-Speed-USB (12 Mbit/s), High-Speed-SPI (32 MHz) und eine Ausgangsleistung von +8 dBm. Zu seinen analogen und digitalen Schnittstellen gehören NFC-A, ADC, UART/SPI/TWI, PWM, I<sup>2</sup>S und PDM. Sein Versorgungsspannungsbereich beträgt zwischen 1,7 V und 5,5 V. Einsatzbereit ist der nRF52833 in einem erweiterten Temperaturbereich von -40 °C bis +105 °C. ■

„Intelligente“ Displays

# Mit Modulen schneller auf den Markt

*Die Anforderungen an Displays haben sich stark verändert: Auch bei industriellen Applikationen erwarten Anwender ansprechende Benutzeroberflächen mit Touchscreen und interaktiver Darstellung sowie intuitive Bedienbarkeit. Hier lohnt es sich, über Display-Module nachzudenken.*

VON NIKOLAI SCHNARZ,  
PRODUCT SALES MANAGER  
PROFESSIONAL MONITORS &  
APPLICATIONS BEI RUTRONIK

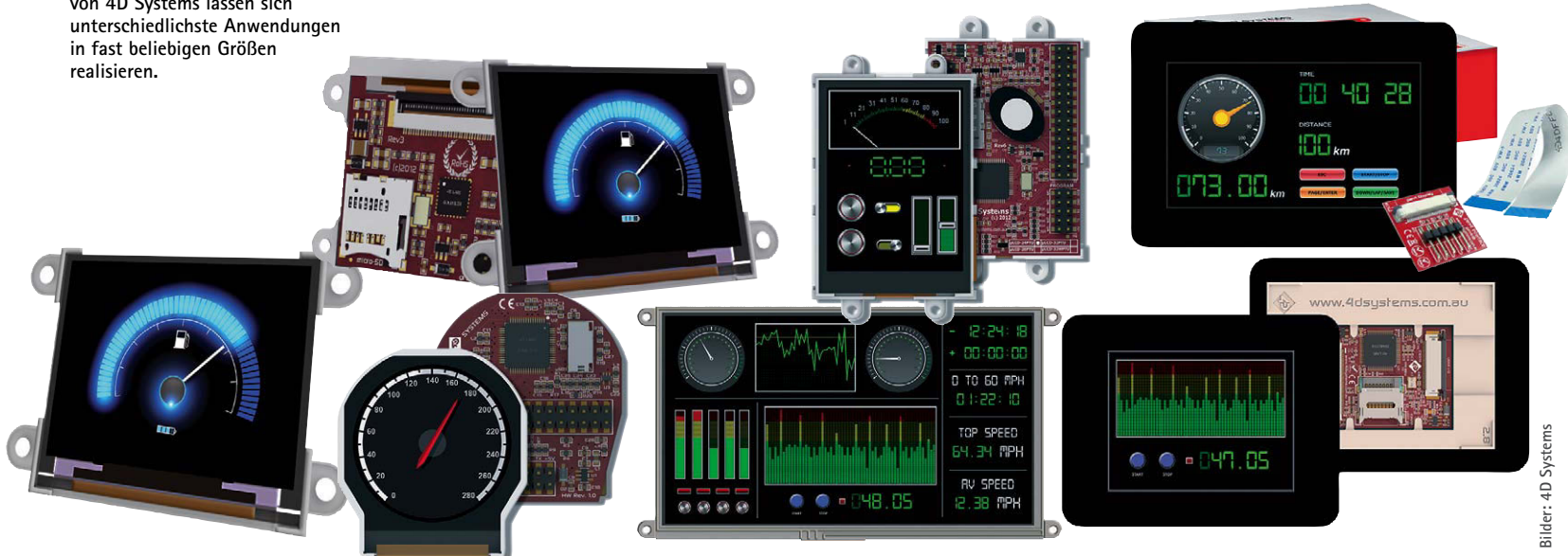
Sogenannte intelligente Displays enthalten bereits ein integriertes Controller-Board inklusive Grafikprozessor. So können sie ohne weitere Komponenten, wie PC oder Single-Board-Computer, sowohl zur Anzeige als auch zur Steuerung von Geräten mit bidirektionaler Kommunikation genutzt werden. Besonders bei geringen oder mittleren Produktionsvolumen bieten sie deutliche Vorteile gegenüber klassischen Displays: Müssen alle Komponenten einzeln integriert werden, bedeutet das einen großen Zeitaufwand und hohe Entwicklungskosten. Die Entwickler müssen jeden Schritt des Design-in von der Auswahl geeigneter Mikrocontroller, Grafik-Controller und Treiber über das Board-Design und die Programmierung bis hin zum Test und der GUI-Entwicklung (Graphic User-Interface) selbst übernehmen. Gerade bei kleineren Stückzahlen können die Kosten und der Aufwand so schnell in einem Ungleichgewicht zum Nutzen stehen oder gar die Ressourcen eines Unternehmens übersteigen.

So sind zum Beispiel beim Einsatz eines Displays in TFT-Technologie mit 4,3" Diagonale (Kosten: ca. 40 €) inklusive eigenständigem Design zwei Ingenieure sechs Monate lang beschäftigt. Ein TFT-Display-Modul (Kosten: ca. 59 €) hingegen kann ein Entwickler innerhalb von etwa einem Monat in eine Applikation integrieren. Dank reduziertem Entwicklungsaufwand sinken in diesem Fall trotz höherer Stückkosten für das Display-Modul die Gesamtkosten. Da viele der aufwändigen Entwicklungsschritte entfallen, reduziert sich die Time to Market drastisch.

*All-in-One-Lösung  
mit passender Software*

Mit seinen intelligenten Display-Modulen bietet der Hersteller 4D Systems solche „Alles aus einer Hand“-Lösungen für den Embedded-Display-Bereich. Sie ermöglichen allein mit ihren vorhandenen Schnittstellen unzählige um-

Mit den Display-Modulen von 4D Systems lassen sich unterschiedlichste Anwendungen in fast beliebigen Größen realisieren.



Bilder: 4D Systems

fangreiche Applikationen – ohne PC-Boards, die zusätzliche Lizenzkosten für Betriebssysteme verursachen und deren Funktionsumfang vor allem bei einfachen Anwendungen die Anforderungen übersteigt. So genügt z.B. für einen Kaffeevollautomaten ein intelligentes Display ohne weiteren Controller.

Soll die Anwendung hingegen komplexe Berechnungen mit Datenbanken-Abfragen durchführen, internetbasierte Datenströme einsetzen oder performante Sensoren oder Aktoren enthalten, ist ein Single-Board-Computer (SBC) oder Host-Controller notwendig. Für den Anschluss von SBCs wie Arduino, Raspberry Pi oder BeagleBone Black bieten die Display-Module von 4D Systems einen Adapter. Zudem sind sie kompatibel mit mikroBus- (M-Bus) Platinen und unterstützen MikroElektronika-Compiler und mikroSDK sowie MPLab und Atmel Start.

Um die Display-Module entsprechend zu nutzen und Anwendungen zu erstellen, bietet 4D Systems die kostenlose Software „4D Workshop“ mit vier Modi: Mit dem Modus „Designer“ lassen sich 4DLG-Codes generieren, um das Display zu programmieren, während „Serial“ ermöglicht, das Modul in ein Slave-Gerät umzuwandeln und es mithilfe jedes beliebigen Mikrocontroller-Hosts mit serielltem Anschluss zu steuern. Die Modi „ViSi“ und „ViSi-Genie“ bieten eine vereinfachte visuelle Programmierung mit begleitender, automatischer 4DGL-Code-Generierung.

### Nahtlos skalierbar

Auch nach der erstmaligen Erstellung einer Applikation wirkt sich die Entscheidung zwischen einfachen Displays und intelligenten Display-Modulen auf die Entwicklungsabläufe aus. Denn in neuen Produktgenerationen kommen häufig auch andere Prozessoren zum Einsatz. Für die klassische Entwicklung mit einer Chipset-Lösung bedeutet das meist, dass auch Anpassungen am GUI vorgenommen werden müssen. Um diesen Aufwand erheblich zu reduzieren, hat 4D Systems seine Entwicklungsumgebung so gestaltet, dass das GUI auch von nachfolgenden Prozessoren vollumfänglich unterstützt wird.

Ähnliches gilt, wenn das Produktionsvolumen steigt. Dann wechseln Hersteller häufig den Display-Lieferanten, z.B. weil sie günstigere Konditionen erhalten. Dabei muss die bisherige Programmierung in der Regel dem Chipsatz des neuen Displays angepasst werden. Mit den Display-Modulen von 4D Systems hingegen ist

es problemlos möglich, das Produktionsvolumen zu steigern, ohne in neue Softwareentwicklung investieren zu müssen: Es sind sowohl kleine als auch große Bestellmengen verfügbar, und die Chipsätze sind weiterhin mit der bestehenden Software kompatibel.

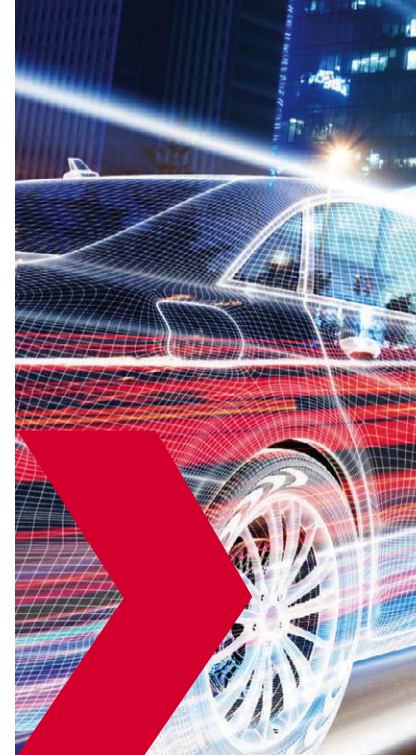
### Standard-Module und kundenspezifische Anpassung

Bei großen Displays (1,38" bis 7,0") – ob mit oder ohne Touchscreen – setzt 4D Systems auf die TFT-Technologie. Bei kleineren Displays ohne Touchfunktion (0,96" bis 1,7") kommt die OLED-Technologie zum Einsatz, da sie einen wesentlich dünneren Aufbau erlaubt. Die TFT-Displays sind optional als Open Frame oder mit einem Cover-Glass (Cover-Lens-Bezel) verfügbar. Soll das Display innenseitig am Gehäuse angebracht werden, so eignet sich die Open-Frame-Variante mit seitlichen Befestigungslaschen. Wird das Display hingegen auf der Außenseite montiert, lässt sich das Modell mit Glasrahmen (Cover-Glass) einfach ins Gehäuse einkleben.

Alle Display-Module von 4D Systems werden über ein Schnittstellen-Board (USB, 5 V) angeschlossen und benötigen eine Micro-SD-Karte für die Speicherung der Grafik-Inhalte. Um eine reibungslose Funktion der Applikation sicherzustellen, v.a. wenn nicht nur zeitweise, sondern permanent Daten aus dem Speicher verarbeitet werden müssen, ist es dringend zu empfehlen, industrielle Speicherkarten zu nutzen. Sie basieren auf einer hochwertigeren Technologie und bieten so mehr Schreib- und Lesezyklen als einfache „Consumer-Karten“. Damit erhöhen sie die Zuverlässigkeit der gesamten Anwendung. Entsprechende Karten sind z.B. von Swissbit oder Apacer erhältlich.

Mit diesen Features eignen sich die intelligenten Displays vor allem für Applikationen mit geringer Stückzahl, wie Kaffeevollautomaten, medizintechnische Waagen, Schankanlagen, Info-Displays für smarte Pedelecs, Bedienfelder für Löt- und Schweißgeräte im Schmuckbereich, 3D-Drucker und Zeitmessgeräte.

Die Standard-Module, die eine Auflösung von bis zu 800x480 Bildpunkten erreichen, decken bereits ein breites Feld an Anwendungen ab. Darüber hinaus erfüllt 4D Systems auch kundenspezifische Anforderungen, etwa eine bestimmte Helligkeit oder die Entspiegelung des Displays, sowie spezifische Zertifizierungen für Anwendungen in der Medizintechnik oder im Automotive-Bereich. ■



## SUPERIOR CONNECTIONS FOR TOMORROW'S VEHICLES

Molex's expanded DuraClik range provides superior electrical contact reliability, mating retention and space savings for automotive and commercial vehicle applications



For more  
information visit  
[rutronik.com/  
molex](http://rutronik.com/molex)

# molex

Gestengesteuerte Positionierfunktion für Kamerasysteme mit Gesichtserkennung

# Alles aus einer Hand

Wie baut man eine Gesichtserkennung mit schwenkbarer Kamera für die automatische Zutrittskontrolle? In diesem Anwendungsbeispiel hat Rutronik den Kunden mit Systemkonzepten unterstützt.

VON THOMAS KEPČIJA,  
PRODUCT SALES MANAGER  
ANALOG & SENSORS, UND QI ZHANG,  
TECHNICAL SUPPORT ENGINEER,  
BEIDE BEI RUTRONIK

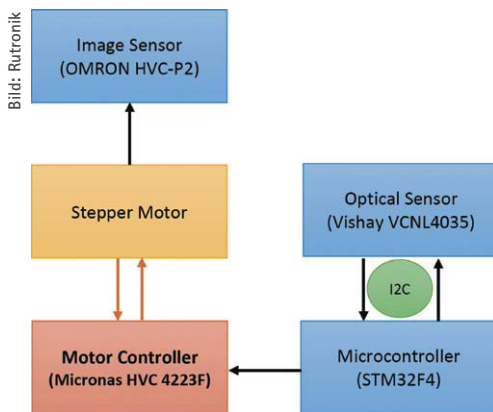


Bild 1: Schematischer Aufbau des Demonstrators

Bild 2:  
Blockschaltbild des  
VCNL4035X01

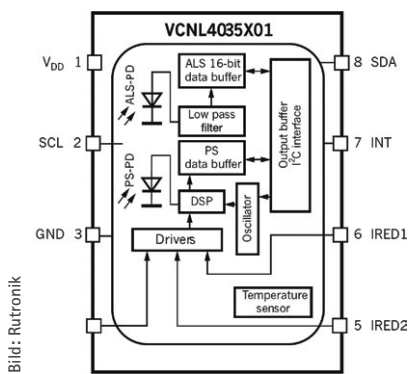


Bild 3:  
Evalkit  
VSMY2940GX01  
von Vishay

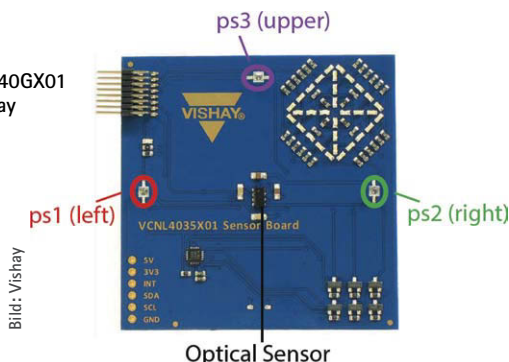


Bild: Vishay

In der Stadt Hasselt, Belgien, gibt es ein Parkhaus mit dem Namen Q-Park. Vor der Schranke wird das Fahrzeugkennzeichen über eine Bildkamera erfasst und auf dem Magnetstreifen vom Ticket, das gezogen wird, gespeichert. Die Daten werden auf einem Server in der Cloud gesichert. Vor der Ausfahrt aus dem Parkhaus bezahlt der Kunde am Automaten im Parkhaus oder ggf. in einem der Hotels. Bei der Ausfahrt öffnet sich die Schranke automatisch nach Abgleich des Fahrzeugkennzeichens über eine weitere Bildkamera. Ein sehr komfortables Konzept, das einem das Herunterfahren des Fahrerfensters erspart und auch das Anstehen am Automaten, wenn der Kunde das Parkticket beim Auschecken aus dem Hotel mitbezahlt.

Vereinfacht dargestellt besteht das System aus zwei fest montierten Bildkameras, Software-Algorithmen für Autokennzeichen-Erkennung, Datenbank/Cloud und Ansteuerung der Ausgangsschranke.

Dieses systemübergreifende Konzept passt gut zur Rutronik-Strategie, Systemlösungen mit vielen Herstellern und Partnern aufzugreifen und in Form einer Vorstudie für ein Proof of Concept für die Kunden zu entwerfen. Dabei kann es auch mal zur Abwandlung des Konzepts kommen; im Beispiel wird hier nicht ein Kennzeichenvergleich durchgeführt, sondern eine Gesichtserkennung. Das System enthält eine Bildkamera mit Software für die Gesichtserkennung und einen Motor, der die Kamera dreht, gesteuert auf Basis der Daten von einem Gestensensor.

Hierbei spielt Rutronik durch das Ausnutzen von Synergieeffekten seine große Stärke aus: In der Konzeptphase greift der Distributor auf die Spezialisten aus den verschiedenen Abteilungen wie zum Beispiel Power, Mikrocontroller, Analog und Sensor, Wireless, Embedded, Mechanik, Passiv zurück, um die Komponenten und Aufgabenverteilungen festzulegen. Das spart Zeit und resultiert in einem übergreifen-

den Konzept, gemäß dem Rutronik-Credo „Alles aus einer Hand“.

## Funktionsbeschreibung von Demonstrator und Anwendungen

Die Aufgabenstellung im Beispiel lautet, von bis zu drei Personen, die nebeneinander stehen, jeweils ein Bild pro Person aufzunehmen und das Bild mit einer Kennung in Form einer Ziffer oder eines Namens zu sichern. Das Ausrichten des Kamerakopfes, um eine Bildaufnahme der Teilnehmer zu ermöglichen, erfolgt über einen Schrittmotor. Der Schrittmotor wird über einen High-Voltage-Controller angesteuert. Der Motorcontroller bekommt über einen Gestensensor die Anweisungen. Im Nachgang erfolgt ein zweiter Durchlauf, bei dem die Position der Teilnehmer vertauscht wird, um die Wiedererkennung der Teilnehmer zu verifizieren, mit dem OKAO-Vision-Algorithmus, bereitgestellt vom Bildsensor-Hersteller.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist die Zutrittsberechtigung für Mitarbeiter eines Firmengebäudes oder -geländes oder für besonders sensible interne Zonen. Das Unternehmen erfasst von seinen Mitarbeitern jeweils ein Bild und hinterlegt es in seiner Datenbank/Cloud gemeinsam mit den zugeordneten Rechten. Die Mitarbeiter erhalten nach dem Scan mit einer Bildkamera und Abgleich mit der Datenbank entsprechenden Zutritt. Nicht betriebszugehörigen Personen wird der Zutritt verwehrt und sie müssen sich beim Empfang über eine Gegensprechanlage registrieren. Besuchern können entsprechende Rechte eingeräumt werden, sodass sie sich innerhalb bestimmter Zonen bewegen dürfen. Regelmäßige Besucher können auch in der Datenbank erfasst werden und ersparen sich das Anmelden am Empfang, wenn sie vom Ansprechpartner im Vorfeld für den Besuchstermin freigeschaltet werden. Für Mitarbeiter kann das System auch auf die Zeiterfassung ausgedehnt werden und ermöglicht den Weg-

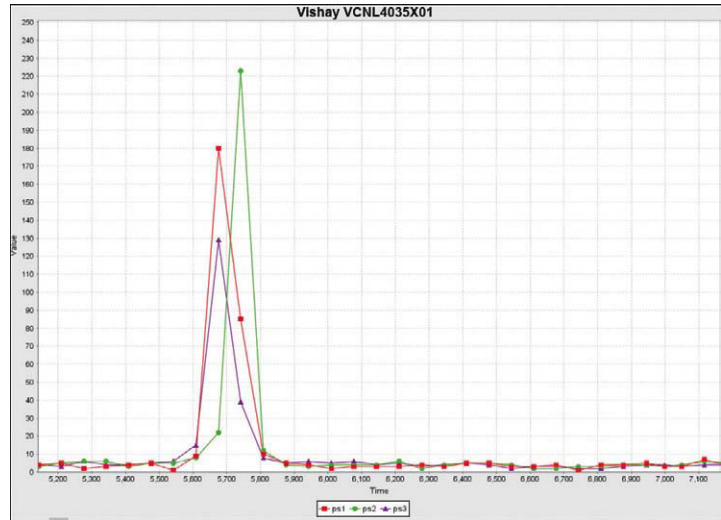
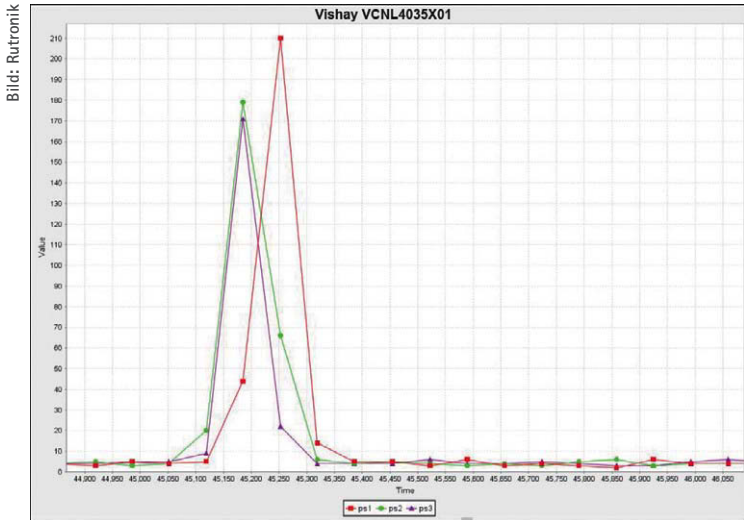


Bild: Rutronik

Bild: Rutronik

Bild 4: Gestenbewegung von rechts nach links: ps2 kommt vor ps1

Bild 5: Gestenbewegung von links nach rechts: ps1 kommt vor ps2

fall von klassischen Erfassungssystemen wie Badges, Karten oder Ausweisen. Das Konzept lässt sich auf Krankenhäuser und öffentliche Einrichtungen übertragen.

nem Näherungs- und Umgebungslichtsensor VCNL4035X01 von Vishay, einem STM32F4-Board und einem Kameramodul (Bildsensor) HVC-P2 von Omron.

stehen (Bild 1). Das Small Demo Board SDB-I von TDK Micronas enthält den Motorcontroller HVC 4223F. Für die Gestensteuerung kommen das Board VCNL4035X01-GES-SB, ein Nucleon-Board von STM mit dem Mikrocontroller STM32F4 und von Omron das B5T-007001-020-Kit, bestehend aus einem Kamerakopf und einem Mainboard, zum Einsatz.

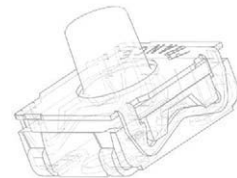
Der Demonstrator besteht aus einem High-Voltage-Controller der Familie HVC 4223F von TDK, einem Schrittmotor 14HS17-0504S, ei-

Der Entwurf des Systems ist sehr einfach gehalten, indem die verwendeten Komponenten fast ausschließlich aus Evaluierungskits be-

Anzeige



## Flexibility for Possibilities



**KSC DCT**  
Dual Circuit Technology



**KSC PF**  
Potting Friendly



**KSC XA**  
Soft Sound



**KSC SLT**  
Long Travel

C&K's KSC Series of tactile switches offers important customization options to meet most application requirements. It is more than a product series with defined characteristics, it is a system where configurations can be combined to deliver a complete switch solution. Actuators, domes, and housings can be mixed in order to obtain the right dimension, haptics and resistance to meet environmental requirements. By offering the right mix, the KSC Series can match specific customer requirements in terms of haptics and durability.

C&K has now launched 4 new series in order to complete its already extensive KSC family and meet the customization needs of a wide range of applications.



Automotive Interior



Electrosurgical Tools



Industrial Electronics

Gestensensor von Vishay

Die eingangs erwähnten Anwendungsmöglichkeiten beruhen auf einem Motorantrieb für die Ausrichtung der Kamera oder Lamelle, mit der Ansteuerung über einen Gestensensor. Der hier verwendete optische Sensor von Vishay, VCNL4035X01, ist ein kompakter (4,0 mm x 2,36 mm x 0,75 mm), multifunktionaler Sensor (Bild 2).

Integriert sind ein Näherungs- und ein Umgebungslichtsensor, ein Multiplexer, zwei 16-bit-ADCs, eine I<sup>2</sup>C-Schnittstelle, programmierbarer Interrupt für den Näherungs- und Umgebungslichtsensor, eine „Power on“- und eine „Shut down“-Funktion. Der Sensor enthält keinen integrierten IR-Strahler, dafür einen Treiber, über den bis zu drei externe IR-Strahler angeschlossen werden können. Bei dem Gesture Sensor Board von Vishay wird eine Demo-Software mit einem Erkennungsalgorithmus und der Darstel-

lung der Messdaten mitgeliefert. Über die Software können bestimmte Parameter geändert werden.

Gestenerkennung-Algorithmus

Wie zuvor erwähnt, wird das Sensor-Board VCNL4035X01-GES-SB von Vishay verwendet, das drei triangulär verteilte IR-Strahler VSMY2940GX01 und den Sensor VCNL4035X01 auf der Platine enthält, wie in Bild 3 gezeigt. Eine rote LED zeigt an, ob eine Gestenerkennung vorliegt.

Um zu erkennen, von welchem IR-Strahler das reflektierte Licht kommt, sind die drei Strahler über einen Schalter gebündelt. Sie werden nacheinander angesteuert; am Näherungssensor werden die reflektierten Signale gemessen.

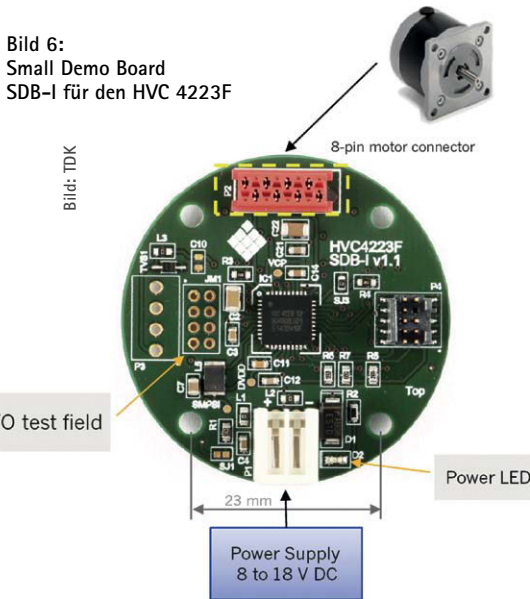
Bei einer Gestenbewegung von rechts nach links wird ein Ereignis (Objekt) erkannt, wenn

LGPIO3	LGPIO4	Motordrehung
0	0	Links
0	1	Rechts
1	0	---
1	1	---

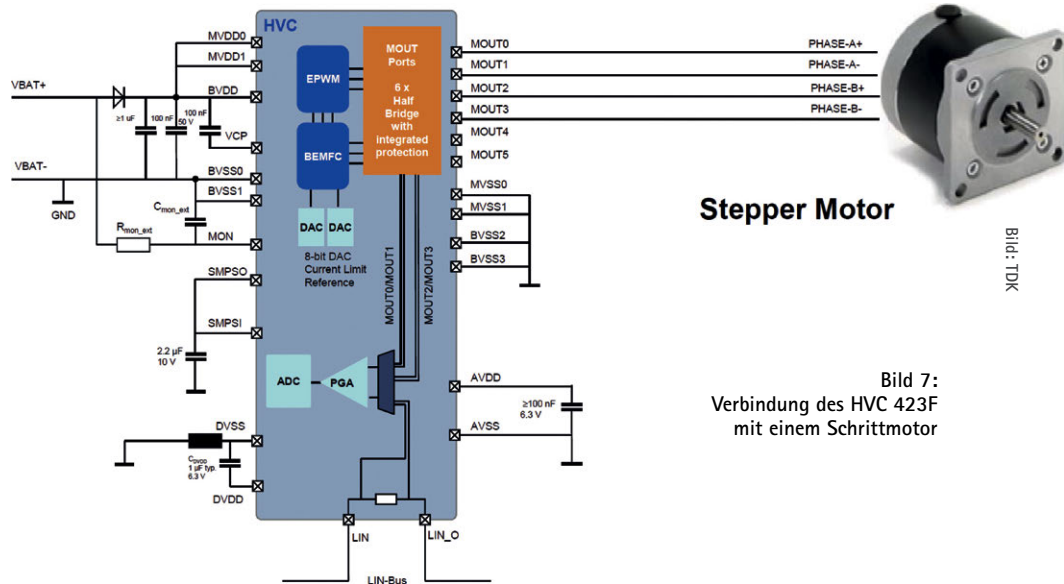
Tabelle 1: Emulierung der LGPIOs (0: Low; 1: High)

das detektierte Signal vom IR-Strahler ps2 in den gesetzten Schaltschwellen vom Parameter (upper/lower) liegt. Der detektierte Wert wird in einer Variablen gesichert, der IR-Strahler ps2 deaktiviert und IR-Strahler ps1 gepulst. Der nun detektierte Wert landet in einer anderen Variablen, IR-Strahler ps1 wird deaktiviert und der Vorgang wiederholt sich.

Eine Interpretation, ob eine Geste von rechts nach links oder umgekehrt erfolgte, über-

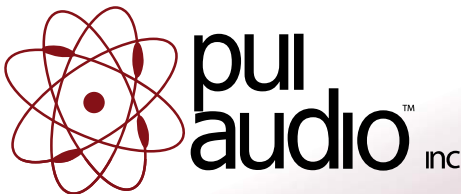


Anzeige



Stepper Motor

Bild 7: Verbindung des HVC 423F mit einem Schrittmotor



**Microphones** recording patient feedback, **speakers** creating tones and voice instruction, and **transducers** and **indicators** for patient and device condition alerts, acoustic components are critical in the modern **Medical Industry**.



PUI Audio's IP67-rated Mobile Series Speakers, Surface Mount Speakers, and Surface Mount Transducers are purpose-built to serve the mobilization trend within the Medical Market.

Medtech companies have turned to **PUI Audio** for decades. From concept to production, Medical engineers rely on our ability to 3D model and rapid prototype, as well as our professional customer service. PUI Audio is the acoustic component partner you can trust.

```

97  /*
98  ** INCLUDE FILES
99  **/
100 #include "RTX_Components.h"
101 #include CMSIS_device_header
102 #include CMSIS_device_API_header
103 #include "MOT.h"
104 #include "MSM.h"
105 #include "CHD.h"
106 #include "ADC.h"
107 #include "config.h"
108 #include "main.h"
109
110
111
112  /**
113  ** DEFINES
114  **/
115
116  //-----
117  // \brief Clears the underflow flag of the timer used for task scheduling.
118  //-----
119  //-----
120  // \define MAIN_RestartSchedulingTickTimer() TIM_UeflFlagClear(MAIN_SCHEDULING_TICK_TIMER)
121  //-----
122
123
124  /**
125  ** STATIC VARIABLES
126  **/
127  //-----
128  // \brief Defines the software timer of each task.
129  //-----
130  // \n Range: 0x00-0xFF
131  // \n Resolution: 1 bit = 1 \ref MAIN_SCHEDULING_TICK_TIME_US
132  //-----
133  //-----
134  // \static US MAIN_task_software_timer_us[MAIN_NUMBER_OF_TASKS];
135  //-----
136
137
138

```

Bild 8: Die Software-Umgebung von Keil: MDK-ARM V5.14

nimmt ein selbstdefinierter Algorithmus. Der hier verwendete Algorithmus heißt „Insertion Sort“. Bei einer Bewegung von rechts nach links ist zu erwarten, dass ein maximal gemessener Wert (Peak) zuerst in den Messwerten vom IR-Strahler ps2 zu beobachten sein wird und danach am IR-Strahler ps1. Die gemessenen Reflektionen von IR-Strahler ps2 weisen einen stetig steigenden Verlauf bis zum maximalen Messwert auf und gehen über in einen stetig fallenden. Der Verlauf

beim IR-Strahler ps1 ist anfangs konstant, geht über in stetig steigend und wechselt nach dem Spitzenwert zu stetig sinkend. Der Algorithmus vergleicht, ob die gemessenen Signale eines IR-Strahlers stetig wachsend sind, also ob  $Xps2_n > Xps2_{n-1}$ ; falls ja, wird dieser Wert mit dem Ergebnis vom anderen IR-Strahler durch Subtraktion verglichen. Falls  $Xps2_n < Xps2_{n-1}$ , wird der vorherige Wert,  $Xps2_{n-1}$ , mit dem Ergebnis vom anderen IR-Strahler verglichen. Sollten die Folgemess-



## Positions-Feedback vom Motortreiber

Der Demonstrator verwendet kein Positions-Feedback, somit weiß der Mikrocontroller nach dem Power-on nicht, wie der Motor steht. Der Motor beziehungsweise die Kamera wird vor jedem Power-on manuell ausgerichtet. Für die Motorsteuerung wurde dieses Verhalten implementiert. Nach dem Power-on wird davon ausgegangen, dass der Motor mit der Kamera sich in der Mittelstellung befindet. Aus der Mittelstellung ( $0^\circ$ ) kann die Kamera entsprechend nach Links ( $-30^\circ$ ) bewegt und aus dieser Position nur nach rechts zur Mittelstellung ( $0^\circ$ ) gefahren werden. Aus der Position lässt sich die Kamera nach rechts ( $+30^\circ$ ) und aus dieser Position zurück zur Mittelstellung ( $0^\circ$ ) fahren.

Das Positions-Feedback kann dadurch realisiert werden, dass der Motor nach dem Power-on eine Referenzfahrt gegen einen mechanischen Anschlag macht. Mithilfe der Blockier-Erkennung in der Software wird diese Position als eine Endposition(+X) erkannt. Es sollte hier für jede Drehrichtung ein mechanischer Anschlag vorhanden sein. Dies bedeutet etwas Zusatzaufwand für die mechanische Konstruktion und etwas Software-Anpassung. Alternativ ist ein Sensoransatz denkbar, bei dem der Motor eine Referenzfahrt nach dem Power-on macht und ein Sensor die Endposition erkennt. Bei der Verwendung eines Hall-Schalters sollte mit zwei Sensoren für beide Drehrichtungen je eine Endposition ermittelt werden.

# 30 YEARS OF SUPPLYING SMART ICs

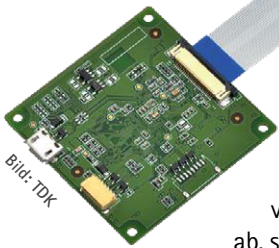


**Melexis**  
INSPIRED ENGINEERING



www.melexis.com

Bild 9:  
Das Sensormodul-Kit  
B5T HVC-P2



... bestätigen, dass der Wert von  $X_{ps2_{n-1}}$  größer ist, wurde der maximale Messwert gefunden. Zieht man das Ergebnis von  $ps2$  von dem von  $ps1$  ab, so entscheidet das Vorzeichen der Differenz über die Richtung:  $>0$  heißt von rechts nach links. Es werden Variablen mit Zeitstempel verwendet. Für eine Gestenbewegung wurde ein Zeitfenster von 300 ms gesetzt, mit einer Sampling-Intervall von 10 ms. Erst ab einem Wert von 50 mA gilt ein Messwert als Ereignis.

Der Gestensensor liefert keine direkte Information zur erkannten Geste, sondern nur die Rohdaten. Diese werden in einem externen Mikrocontroller durch einen Algorithmus interpretiert. Die Auswertung erfolgt über ein Nucleon Board mit dem STM32F401 für die Regelung des Motorcontrollers.

*Motortreiber von TDK Micronas*

Der Motorcontroller HVC 4223F von TDK, der unter der Marke Micronas vermarktet wird, besitzt keine I<sup>2</sup>C-Schnittstelle, kann aufgrund der verfügbaren Performance des integrierten ARM Cortex-M3 aber per Software-Emulation die Signale des Nucleon-Boards auf einem der elf frei verfügbaren LGPIOs emulieren (Bild 6).

Bild: TDK

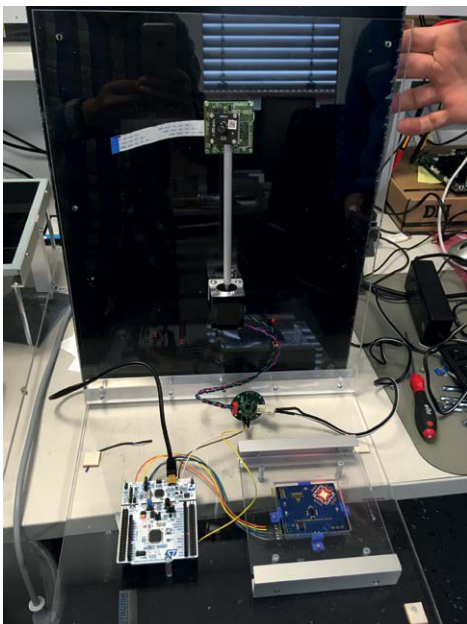


Bild 10: Der Demonstrator mit den enthaltenen Komponenten

Der HVC 4223F zeichnet sich aus durch eine maximale Integration an Komponenten in einem kompakten QFN40-Gehäuse (6,0 mm x 6,0 mm). Zielapplikationen sind Lösungen aus dem Bereich der smarten Aktorik, sowohl mit bürstenbehafteten Gleich- als auch bürstenlosen Gleichstrom- und Schrittmotoren. Mit integrierter Halbbrücken-Spannungsversorgung zum direkten Anschluss an die Batteriespannung, LIN-Interface und 32 kB Flash-Speicher ermöglicht die Integration einen maximalen Verzicht auf externe Bausteine. Um einen bipolaren Schrittmotor anzusteuern, werden in unserer Beispielapplikation vier von den sechs verfügbaren n/n-Channel-FET-Halbbrücken verwendet.

Der HVC 4223F unterstützt hardwareseitig die Ansteuerung eines bipolaren Schrittmotors über Strom- oder Spannungsregelung (Bild 7). Bei der Stromregelung wird der gemessene Phasenstrom mit einem voreingestellten Schwellwert aus dem programmierbaren 8-bit-DAC verglichen. Wird dieser Wert überschritten, schaltet ein Komparator im Enhanced-EPWM-Modul automatisch den entsprechenden Ausgang MOUTx ab, bis der eingestellte Sollwert erstmalig unterschritten wird.

Als Diagnosemöglichkeiten ist eine Überspannungs-, Überstrom- und Über Temperaturüberwachung im IC integriert. Der Chip kann direkt an die 12- bis 18-V-Autobatterie angeschlossen werden und verfügt u.a. über ein LIN-Interface (LIN-2.2-Transceiver) für die direkte Kommunikation nach außen.

Der 32-bit-ARM-Cortex-M3-Prozessor mit seinen 32 kbit Flash-Speicher verfügt über genügend Rechenleistung, um auch aufwändige Algorithmen zum Ansteuern von z.B. Permanentmagnet-Synchronmotoren. TDK-Micronas empfiehlt, die Software-Umgebung MDK-ARM V5.14 von Keil zu verwenden, die für Speicher bis 32 kbit lizenzfrei ist (Bild 8).

Bibliotheken und Quellcode in Form von Applikationsschriften stellt TDK-Micronas bereit – z.B. für die Ansteuerung der Motoren und die LIN-Schnittstelle.

Der HVC 4223F ist also ein flexibel einsetzbarer Motorcontroller zum Ansteuern von verschiedenen kleinen Elektro-Motoren aus dem Bereich der smarten Aktorik. Der ARM-Cortex-M3-Prozessor bietet hinreichend Performance, um auch anspruchsvolle Algorithmen zur Motoransteuerung umzusetzen. Die vollständige Integration aller notwendigen Komponenten zur Ansteuerung von BLDC-

Strom je Phase	0,50 A
Widerstand je Phase @25 °C	15 Ω ±10 %
Induktivität je Phase @1 kHz	26 mH ±20 %
Haltemoment	0,23 Nm
Schrittwinkel	1,80°
Schrittgenauigkeit (Einzelschritt)	±5 %
Trägheitsmoment	18 g·cm <sup>2</sup>

Tabelle 2: Ausschnitt aus der Spezifikation des Schrittmotors 14HS17-0504S

oder Schrittmotoren spart Entwicklungszeit und somit Entwicklungskosten und verringert nach einer ersten Einarbeitung den Aufwand zur Anpassung an weitere Applikationskonzepte erheblich.

TDK-Micronas unterstützt die Anwender mit Bibliotheken und Quellcode und bietet Kontakte zu einem Systemhaus an, das für den Baustein HVC 4223F eine Produktiv-Software und -Firmware entwickelt hat.

In der beschriebenen Demo-Applikation ist der Motorcontroller mit einem bipolarem Schrittmotor, dem 14HS17-0504S, verbunden, welcher die Drehbewegung der Kamera ausführt. Dieser ist in Tabelle 2 beschrieben.

*Bildsensor von Omron*

Der Bildsensor von Omron für die Gesichtserkennung, Typ B5T-007001-020, ist über eine Welle mit dem Schrittmotor verbunden und kann um 30° nach rechts/links ausgerichtet werden. Das verwendete Sensormodul-Kit B5T HVC-P2 besteht aus einem Kamerakopf (1600x1200 Pixel) und einer Hauptplatine, die über ein Flachbandkabel miteinander verbunden sind (Bild 9).

Über Omrons OKAO-Vision-Technologie stehen zehn Erkennungsfunktionen zur Auswahl; für die Bildausgabe sind es drei Formate: keine Bildausgabe, 160x120 Pixel und 320x240 Pixel. Das Kit gibt es mit zwei verschiedenen Kameraköpfen für Weitwinkel-aufnahmen und Langstreckenaufnahme.

Der vorgestellte Aufbau kann als Vorentwicklung für ein reproduzierbares System verstanden werden. Mit der Erfahrung aus vielen Kundenprojekten, dem Wissen um verfügbare Demokits und den richtigen Konzepten kann ein Distributor dem Industriekunden jedenfalls eine Menge Arbeit abnehmen. ■



Robuster, kompakter und präziser barometrischer Luftdrucksensor

# Ideal für Wearables

*Smartwatches und Wearables werden oft in rauen Umgebungen eingesetzt.*

*Ihre Funktionen wie Motion- und Activity-Tracking erfordern höchste*

*Präzision, schnelles Auslesen und eine geringe Leistungsaufnahme.*

*Um Höhenunterschiede, Vertikalgeschwindigkeiten und Bewegungen präzise zu erkennen, arbeiten sie mit Luftdrucksensoren.*

VON RALF KERN,  
LINE MANAGER BEI RUTRONIK, UND  
THERESA MÖHRLE,  
PRODUCT MARKETING MANAGER  
PRESSURE SENSORS  
BEI INFINEON TECHNOLOGIES

**D**er neue DPS368 eignet sich ideal für diese Anwendungsfälle, da er im Vergleich zu anderen wasserdichten Drucksensoren bis zu 80 % Platz einspart, eine Genauigkeit von  $\pm 2$  cm bietet und gegenüber piezoresistiven Verfahren bis zu 50 % weniger Energie benötigt. Der Digitalsensor, der den atmosphärischen Luftdruck misst, ist widerstandsfähig gegen Wasser, Feuchtigkeit und Staub, da die Kontaktstellen und Membranen durch ein Gel geschützt sind (Bild 1). Er ist IPx8-zertifiziert und hält einer Wassertiefe von 50 m eine Stunde lang stand. Der DPS368 basiert grundsätzlich auf dem bewährten DPS310, verfügt aber über ein sehr robustes und wasserdichtes Gehäuse (Bild 2).

Typische Anwendungen sind Smartwatches, Wearables und Smartphones (z.B. Fitness-Tracking, Schrittzählung, Navigation, Höhenmes-

sung). Ein weiterer anspruchsvoller Anwendungsbereich ist die Überwachung von Luftströmen in Staubsaugern, Klimaanlage und Dunstabzugshauben. Dort können Drucksensoren Fehlfunktionen oder Leistungsabfälle erkennen; sie arbeiten meist in staubigen oder feuchten Umgebungen. Außerdem kann der DPS368 bei der Wasserstandsmessung in Waschmaschinen, in Einbruchmeldeanlagen oder Drohnen (z.B. Flugstabilität, Höhenregelung) zum Einsatz kommen. Therapeutische Anwendungsfälle sind unter anderem intelligente Inhalationsgeräte, Atemmasken, Sturzerkennung und die nichtinvasive Blutdruckmessung.

Generell ist der Luftdrucksensor besonders interessant für alle batteriebetriebenen Geräte in Anwendungsbereichen, in denen sehr kleine Druckänderungen gemessen werden müssen

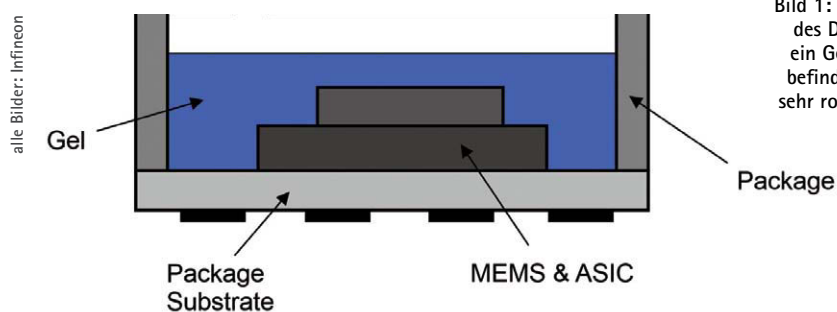
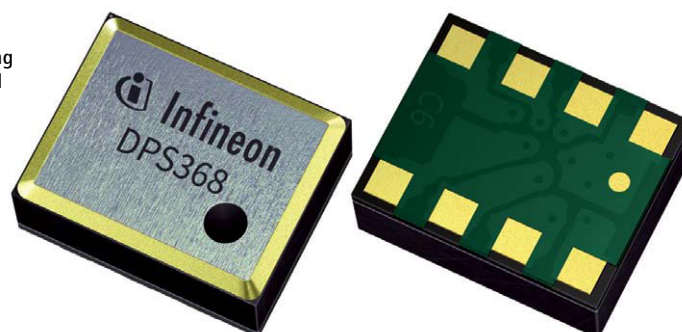


Bild 1: Der MEMS-Chip des DPS368 ist durch ein Gel geschützt und befindet sich in einem sehr robusten Gehäuse.

Bild 2: Der DPS368 eignet sich ideal für die exakte Druckmessung in verschiedenen Endgeräten und Wearables, die oft in rauen Umgebungen verwendet werden.



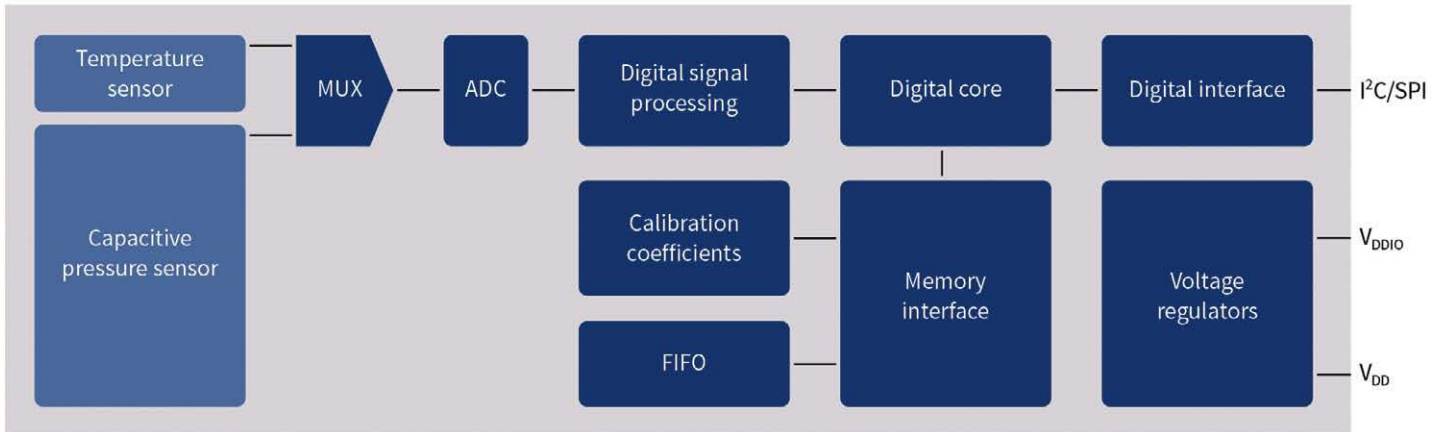


Bild 3: Blockschaltbild der DPS368-Architektur

– insbesondere in rauen Umgebungen. Er integriert sowohl die Luftdruck- als auch die Temperaturmessung (Bild 3) in einem extrem kompakten, achtpoligen LGA-Gehäuse, das lediglich 2,0 mm × 2,5 mm × 1,1 mm misst. Darüber hinaus hat er einen FIFO-Speicher für bis zu 32 Messungen integriert. Dadurch lässt sich auf Systemebene zusätzlich Energie einsparen, indem man dem Host-Prozessor erlaubt, zwischen den Lesevorgängen über längere Zeiträume im Ruhemodus zu bleiben. Die durchschnittliche Stromaufnahme bei der Druckmessung beträgt 1,7 µA (bei 1 Hz Messfrequenz).

Der Sensor verfügt über eine Genauigkeit von bis zu ±0,002 hPa (entsprechend ±2 cm), kann Luftdrücke zwischen 300 hPa und 1200 hPa bei Temperaturen von -40 bis +85 °C messen

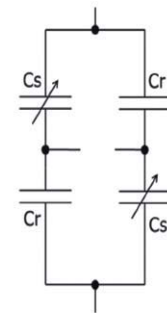
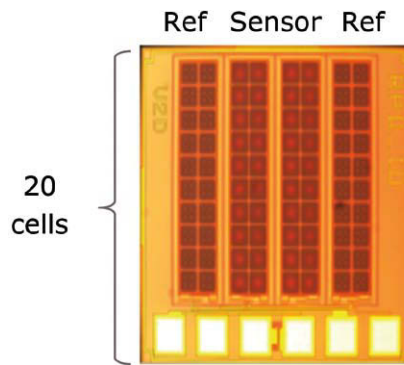


Bild 4: Der Zellaufbau des kapazitiven Sensors ermöglicht Differenzmessungen mit sehr geringer Temperaturdrift.

und weist eine Druck-Temperatur-Empfindlichkeit von weniger als 0,5 Pa/°C auf. Die Temperaturgenauigkeit ist mit ±0,5 °C spezifiziert. Der Sensor ist in der Lage, einzelne Stufen, Körperbewegungen oder Gesten zu erkennen. Die hohe Messfrequenz (bis zu 200 Hz) und

das schnelle Auslesen ermöglichen rasche Rückmeldungen des Sensors.

Jedes einzelne Bauteil wird während der Produktion individuell kalibriert, wobei die Kalibrierkoeffizienten in einem OTP-Speicher (ein-



## Schnelles Prototyping mit Shield2Go

Infineon unterstützt das schnelle Evaluieren und Prototyping mit umfassenden IoT-Lösungen, Entwicklungsplatinen und Software. Das Sensor-Board Shield2Go kann entweder zusammen mit der Mikrocontrollerplatine XMC2Go oder mit gängigen IoT-Hardwareplattformen wie Arduino und Raspberry Pi verwendet werden, um Entwicklungen in Verbindung mit den Sensoren DPS368, DPS310 oder DPS422 schnell und einfach voranzubringen. Über GitHub (github.com/Infineon) ist auch eine kostenlose, sofort einsetzbare Arduino-Bibliothek erhältlich. Das erlaubt die schnelle und kostengünstige Evaluierung von Anwendungen und beschleunigt die Erstellung von Prototypen.

Außerdem ist für Entwicklungsarbeiten in Verbindung mit den barometrischen Drucksensoren der Sensor Nano Hub erhältlich. Auf dem eigenständigen Board, das nur 30 mm × 15 mm × 10 mm misst (einschließlich Batterie), befindet sich ein Drucksensor, der mithilfe der bereitgestellten Software von Infineon evaluiert werden kann. Die Übertragung der Daten an den Host erfolgt über Bluetooth.



Die Sensorplatine Shield2Go DPS310 kann entweder zusammen mit dem Mikrocontroller-Board XMC2Go oder mit gängigen IoT-Hardwareplattformen wie Arduino und Raspberry Pi verwendet werden, um Entwicklungen in Verbindung mit den Drucksensoren schnell und einfach zu gestalten.

Als Alternative zur Sensor-Evaluierungssoftware SES2G ist die Android-App „Infineon Pressure Sensor“ kostenlos erhältlich. Diese App ist kompatibel mit den zugehörigen Sensor-Hubs, kommuniziert über Bluetooth und ermöglicht den Zugriff auf wichtige Sensorfunktionen, sodass sich das Betriebsverhalten des Sensors in einer Zielanwendung schneller evaluieren und testen lässt.

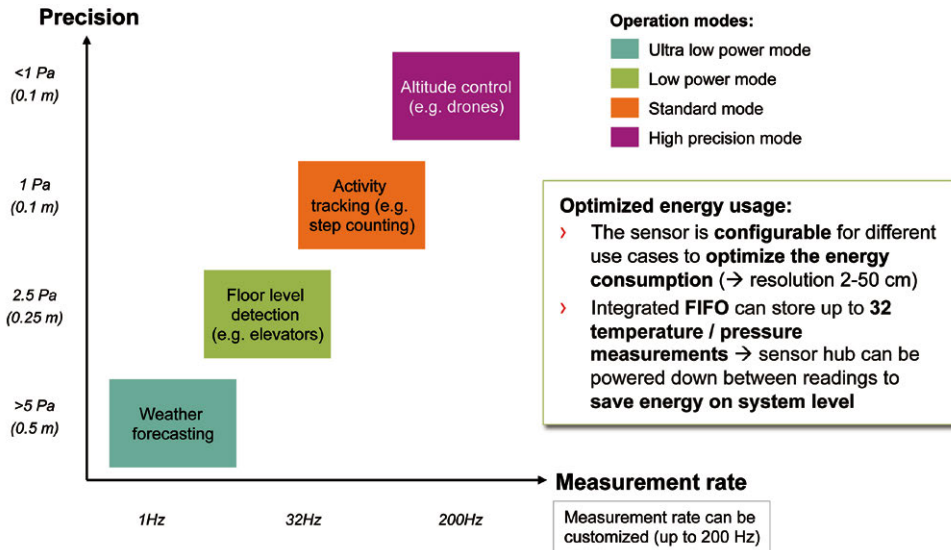


Bild 5: Verschiedene Betriebsarten ermöglichen je nach Anwendungsfall optimierte Energieeffizienz bzw. Präzision.

malig programmierbar) gespeichert werden. Rohdaten können über eine I<sup>2</sup>C-Schnittstelle oder über SPI übertragen werden, die kompensierten Druckwerte werden im Host berechnet.

### Kapazitives Verfahren

Dank seiner kapazitiven Technik (AC-Biasing) benötigt der Sensor im Betrieb mit maximaler Messfrequenz 50 % weniger Energie als Konkurrenzprodukte basierend auf piezoresistiver Technologie, was die Lebensdauer der Batterie signifikant erhöht. Bei diesem Messverfahren erfasst ein Dehnungssensor die Verformung einer Membran in Abhängigkeit von Druckänderungen. Allerdings sind piezoresistive Messfühler sehr anfällig für Abweichungen bei Temperaturänderungen, und sie reagieren nicht linear auf Temperaturschwankungen. Daher erfordern entsprechende Sensoren eine komplexere Kalibrierung als kapazitive Messfühler. Außerdem ist die resistive Messung durch eine relativ hohe Stromaufnahme gekennzeichnet – eine besonders wichtige Überlegung, wenn die Zielanwendung ein batteriebetriebenes Gerät ist und die Betriebslebensdauer eine entscheidende Rolle spielt.

Wegen der Beschränkungen, denen piezoresistive Verfahren unterliegen, hat Infineon eine kapazitive MEMS-Technik für seine Drucksensoren entwickelt. Bild 4 zeigt den Aufbau der Messzelle und die Konfiguration der kapazitiven Messbrücke. Der Luftdrucksensor besteht aus vier Arrays von Mess- und Referenzzellen. Die Messzellen verfügen über eine elastische Membran, die auf Druckänderungen reagiert, und ermöglichen die Messung des Luftdrucks.

Dagegen haben die Referenzzellen eine starre Membran, die nicht auf Druckänderungen reagiert – sie liefern einen stabilen Referenzwert für die Messung. Dieser Aufbau hat den Vorteil, dass ein Differenzdruck gemessen werden kann und sowohl die Mess- als auch die Referenzzellen denselben Temperaturänderungen ausgesetzt sind, sodass sich Temperaturdrifteffekte aufheben. Die Zellengröße ist auf hohe Empfindlichkeit und mechanische Zuverlässigkeit optimiert. Da die MEMS-Zelle sehr klein ist, wirkt sich die Schwerkraft praktisch nicht auf die Messung aus. Weitere wichtige Merkmale neben der sehr guten Temperaturstabilität über weite Temperatur- und Druckbereiche sind das geringe Rauschen und die geringe Leistungsaufnahme.

### Optimierte Systemauslegung

Für flexible Systemkonzepte ist der Sensor im Hinblick auf verschiedene Anwendungsfälle konfigurierbar, sodass sich das Verhältnis zwischen Auflösung und Leistungsaufnahme optimieren lässt. In verschiedenen Betriebsarten (Ultra-Low Power, Low Power, Standard, High Precision) lassen sich unterschiedliche Genauigkeiten (2 bis 50 cm) und Messfrequenzen (Einzelmessung und Messung mit bis zu 200 Hz) miteinander kombinieren. So sind beispielsweise Einzelmessungen für die Genauigkeit von GPS-Höhenbestimmungen ausreichend, während die Gesten- oder Sturzerkennung mehrere Messungen pro Sekunde erfordert. Die konfigurierbaren Betriebsarten (Bild 5) resultieren auch in einem optimierten Wirkungsgrad, da die Leistungsaufnahme direkt proportional zur Messfrequenz ist. ■

# MODULES FOR ULTRA LOW POWER WIRELESS APPLICATIONS

2.4 GHZ FREQUENCY

BATTERY POWERED

PEER-TO-PEER, STAR & MESH TOPOLOGIES



## D52 SERIES

ANT/BLE DUAL PROTOCOL MODULES FOR IOT APPLICATIONS

## G.FIT

MODULES FOR INDOOR FITNESS & BIKE TRAINER APPLICATIONS



## ANT USB-M

USB DONGLE FOR CONNECTING ANT MODULES & APPLICATIONS



# GARMIN

LEARN MORE AT THISISANT.COM

LSM6DSOX von STMicroelectronics

# Energieeffiziente Bewegungssensorik dank Machine-Learning

*Für die Erfassung von Bewegungen, die Ausrichtung im Raum sowie die Stabilisierung von Bildern und Objekten haben sich inertielle Messeinheiten aus Beschleunigungssensor und Gyroskop weitgehend durchgesetzt. Um die Energieaufnahme zu reduzieren und die Erfassung zu verbessern, hat ST Machine-Learning-Technologien in seinen neusten Sensor integriert.*

VON  
 MARIA ALEJANDRA SALAZAR MARTINEZ,  
 PRODUCT SALES MANAGER ANALOG &  
 SENSORS BEI RUTRONIK,  
 UND WERNER NEUMANN,  
 TECHNICAL MARKETING  
 BEI STMICROELECTRONICS

**B**islang war es ein ungelöstes Dilemma, den Energieverbrauch von inertialen Messeinheiten (Inertial Measurement Units, IMU) zu reduzieren. Denn entweder müssen Unmengen an erfassten Rohdaten verschickt werden – ein energieintensiver Prozess. Oder die Daten müssen durch den Host-Mikrocontroller vorverarbeitet werden, was nicht weniger Energie erfordert.

Mit dem neuen MEMS-Sensor LSM6DSOX aus der iNEMO-Familie hat ST diesen gordischen Knoten elegant gelöst: Hier arbeitet ein Machine-Learning-Core mit Zustandsautomaten (Finite-State-Machines, FSM) zusammen und klassifiziert Bewegungsdaten anhand bekannter Muster entlang eines Entscheidungsbaums.

Damit muss der Hauptprozessor diese erste Stufe der Aktivitätsverfolgung nicht mehr übernehmen. Das Ergebnis: Der Energieverbrauch sinkt, gleichzeitig verbessert sich die Erkennung und die Verarbeitungsgeschwindigkeit von Apps wie Fitness-Trackern, für Wellness-Monitoring, Navigation oder die Fallerkennung in Smartphones, Wearables oder Spiele-Controllern.

*Entscheidungsbaum-Logik für schnelle und effiziente Verarbeitung*

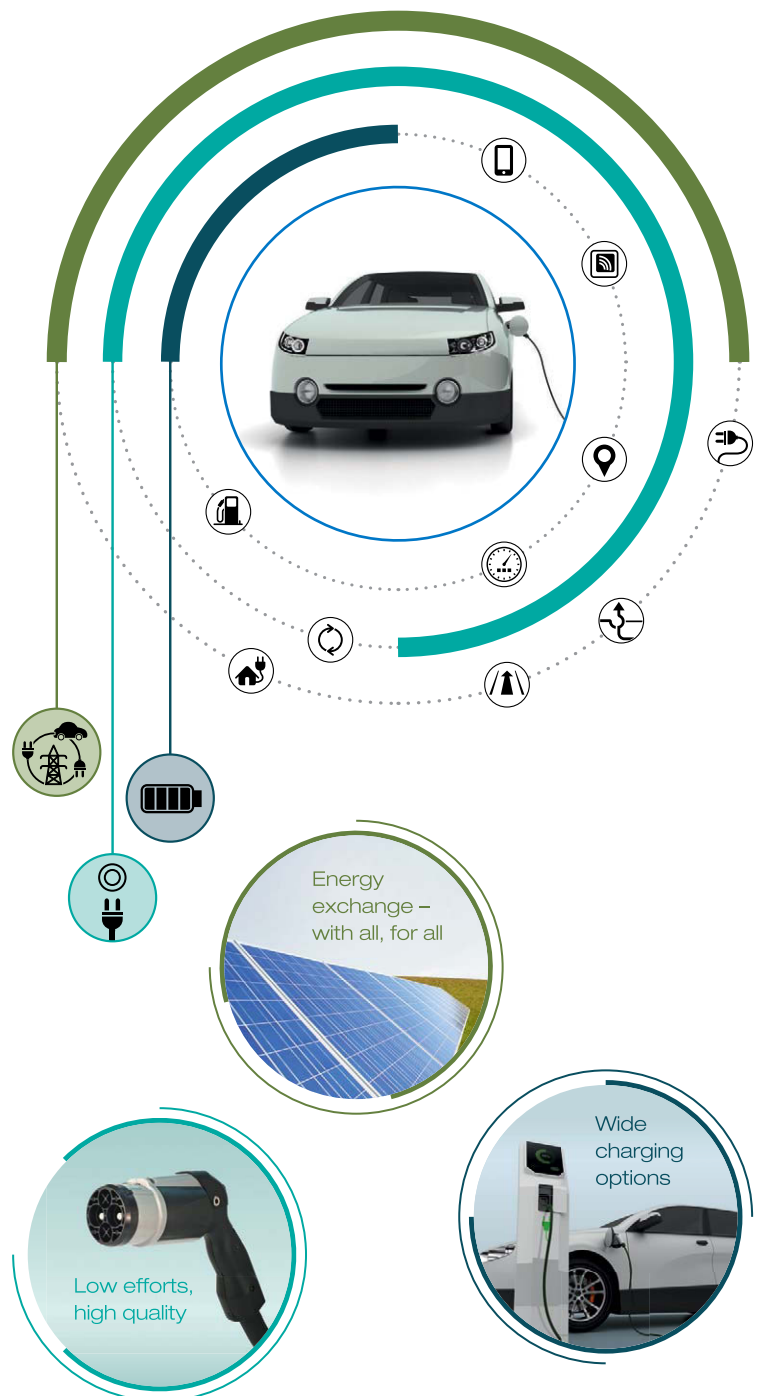
Ein Entscheidungsbaum ist ein Tool, das mathematische Unterscheidungen unterstützt. Es besteht aus mehreren konfigurierbaren Kno-



Bilder: STMicroelectronics

## 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.



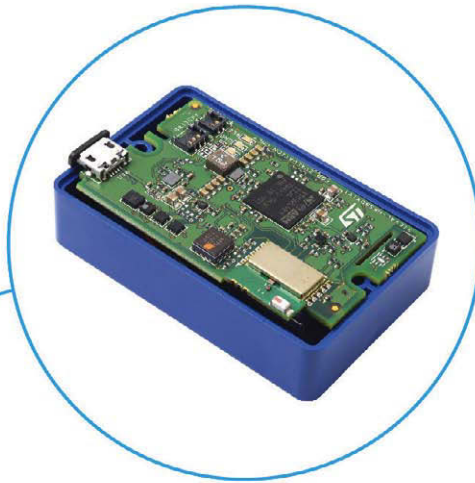
ten. An jedem Knoten wird ein statistischer Parameter mit einem Schwellenwert abgeglichen; anhand des Ergebnisses wird der nächste Knoten ausgewählt. Wird schließlich ein Blatt – also einer der letzten Knoten eines Baumes – erreicht, erzeugt der Entscheidungsbaum ein Ergebnis, das von einem spezifischen Gerätereister gelesen werden kann. – Durch den Entscheidungsbaum verarbeitet der Sensor einen induktiven Algorithmus mit einem Bruchteil des normalen Energieverbrauchs. Und das System kann nicht nur Bewegungen erkennen wie Gehen, Laufen, Joggen, Radfahren oder Bewegungslosigkeit, sondern zählt z.B. beim Workout sogar die Bizep-Curls, Kniebeugen, Liegestütze und andere Bewegungen – alles auf Basis erlernter Muster.

Um eine hohe Treffsicherheit beim Ergebnis zu erreichen, ist die Datenauswahl entscheidend: Es müssen die Daten gesammelt werden, welche die gewünschte Klasse einer Bewegung charakterisieren. Da es sehr komplex ist, diese Klassen manuell in Software zu beschreiben, kommen hier Machine-Learning-Tools zum Einsatz, die die Programmierung stark vereinfachen. ST verwendet das öffentlich zugängliche Machine-Learning-Tool „Weka“ und eine eigene Entwicklungsumgebung, welche die gewonnenen Parameter in Register-Settings des Sensors umwandelt. Damit muss sich der Entwickler nur noch um die Funktionalität kümmern und nicht erst die gesammelten Daten auswerten. Der LSM6DSOX lässt sich so konfigurieren, dass bis zu acht Entscheidungsbäume simultan und unabhängig voneinander abgearbeitet werden.

### Programmierbare Interrupts

Zudem kann der LSM6DSOX bei bestimmten, vom Nutzer festgelegten Bewegungen einen Interrupt abgeben. Hierfür lassen sich die endlichen Zustandsmaschinen unabhängig voneinander für eine bestimmte Bewegungserkennung programmieren, z.B. für einen Blick auf ein Display, eine Drehung des Handgelenks, ein Schütteln, doppeltes Schütteln oder das Hochnehmen des Geräts. Dafür hat jede der 16 endlichen Zustandsmaschinen ihren eigenen Speicherbereich und wird unabhängig von den anderen ausgeführt. Der Interrupt wird ausgelöst, wenn der Endzustand der Bewegung erreicht ist. Weitere konfigurierbare Funktionen sind vordefiniert, um Interrupts für den freien Fall, Bewegungserkennung, 6D-/4D-Orientierung sowie Klick und Doppelklick auszulösen.

Auch für geschlossene Regelschleifen lässt sich der LSM6DSOX einsetzen, z.B. zur Stabilisie-



Zum Ausprobieren und für die Prototypenentwicklung bietet ST Plug&Play-fähige Module an.

rung von beweglichen industriellen Steuerungen. Spezialfälle dieser Anwendung sind die optische und die elektronische Bildstabilisierung (OIS und EIS) in Kameraapplikationen.

Das LSM6DSOX ist ein System-in-Package (SiP) mit einem kombinierten mechanischen 3D-Beschleunigungsmesser und 3D-Gyroskop zusammen mit einem Low-Power-CMOS-ASIC zur Auswertung in einem kleinen Kunststoff-Land-Grid-Array-Gehäuse (LGA-14L). Sein Beschleunigungsbereich von  $\pm 2/4/8/16g$  und der Winkelratenbereich von  $\pm 125/250/500/1000/2000$  dps sind dynamisch wählbar. Der Hochleistungsmodus sorgt für hohe Performance bei nur 0,55 mA Stromverbrauch. Mit seinem extrem rauscharmen Beschleunigungsmesser und Gyroskop kombiniert der Sensor eine Always-on-Benutzererfahrung mit einer hohen Messgenauigkeit.

Part Number	Description
STEVAL-MKI197V1	LSM6DSOX adapter board for a standard DIL24 socket
X-NUCLEO-IKS01A2	Motion MEMS and environmental sensor expansion board for STM32 Nucleo
STEVAL-MKI109V3	Professional MEMS tools board
STEVAL-MKSBOX1V1	Ready-to-use box kit with wireless IoT and wearable sensor platform to help customers to use and develop apps based on remote motion and environmental sensor data, regardless of the level of expertise.

Evaluation-Tools für den MEMS-Sensor LSM6DSOX

Mit all diesen Merkmalen ermöglicht der LSM6DSOX eine enorme Vielfalt an Anwendungen – nicht nur für die Bewegungserkennung, sondern auch für das Management von Benutzerschnittstellen, als Laptop-Schutz, zur Erkennung von Bewegungsmustern und Vibration.

Anzeige

nopixgo

**RUTRONIK**  
ELECTRONICS WORLDWIDE

# Innovatives Mückenschutz- Armband

der neusten Generation

Das neu entwickelte nopixgo®-Armband ist eine revolutionäre Lösung. Ein der Natur nachempfundenen elektromagnetisches Signal reduziert das Risiko von Mückenstichen auf ein Minimum. Wirksam ohne Chemie, Gerüche und Geräusche – und komplett unbedenklich für die Gesundheit von Mensch, Haustier und Umwelt.

Schutzradius von  $\varnothing \sim 2$  m | Schnelles Aufladen über Micro-USB-Kabel  
Funktionsdauer: bis zu 5 Tage | Spritzwassergeschützte Elektronik



Farbvarianten



[nopixgo@rutronik.com](mailto:nopixgo@rutronik.com)  
[www.rutronik.com/nopixgo](http://www.rutronik.com/nopixgo)

SPICE-Modelle für Platin-Temperatursensoren

# Genauer simulieren

*Für aktive Bauelemente sind schon seit Jahrzehnten SPICE-Modelle verfügbar – nicht so für passive. Für eine Temperatursensor-Schaltung auf der Basis eines RTD-Widerstands stellt Vishay ein präzises SPICE-Modell bereit, das eine wesentlich genauere Simulation ermöglicht als generische Modelle.*

VON JOSÉ ANGEL IGLESIAS MAZUELOS, PRODUCT MANAGER  
RESISTORS BEI RUTRONIK, UND  
ALAIN STAS, PRODUKTMARKETING-INGENIEUR  
FÜR NICHTLINEARE WIDERSTÄNDE BEI VISHAY

**M**it dem Aufkommen von IoT-Anwendungen, der Elektromobilität und der zunehmenden Industrieautomatisierung gewinnt auch die genaue Simulation von passiven Bauelementen, z.B. Temperatursensoren, an Bedeutung. Komplexe mechatronische Probleme erfordern leistungsfähige Software für anspruchsvolle Berechnungen und effiziente Simulationsmodelle für elektronische Bauelemente. Da für passive Bauteile kaum realistische Modelle verfügbar sind, werden oft generische Modelle verwendet. Solche Simulationen liefern zwar qualitativ korrekte Ergebnisse, sind in ihrer Genauigkeit aber begrenzt.

Doch für eine Temperatursensor-Schaltung auf der Basis eines RTD-Widerstands stellt Vishay ein präzises SPICE-Modell für eine erheblich genauere Simulation bereit.

Der aktive Teil der Messschaltung besteht aus einem Verstärker, der sich durch eine geringe Stromaufnahme auszeichnet.

Wenn man diesen Aufbau zur Temperaturmessung nutzen will, kann man sich an das Schaltbild gemäß Bild 1 halten.

Als Eingangssignal für die Temperaturmessung dient hier ein SMD-Platinsensor (PTS1206) von Vishay mit der Genauigkeitsklasse 1B. Diese Art linearer Temperatursensoren erfreut sich seit ihrer serienmäßigen AEC-Q200-Qualifizierung wachsender Beliebtheit in der Automobilbranche, da sie für Anwendungen mit hohen Anforderungen an Stabilität und Temperatur eine gute Alternative zu den herkömmlich eingesetzten SMD-

NTCs bilden. Ein weiterer wichtiger Vorteil des PTS gegenüber NTCs ist die Linearität der elektrischen Kennlinie. NTCs sind zwar empfindlicher als RTDs, aber – selbst nach Linearisierung – nicht annähernd genügend linear über den weiten Temperaturbereich von  $-40\text{ °C}$  bis  $+85\text{ °C}$ .

Selbstverständlich liefern alle OP-Hersteller detaillierte SPICE-Modelle. Hier wird der PTS-Sensor durch einen variablen Widerstand repräsentiert.

Ingenieuren, die sich mit Simulationen auskennen, wird bei diesem Modell ein Detail auffallen: Obwohl es sich hier um eine Temperaturmessschaltung mit einer spezifizierten Gesamtgenauigkeit von  $\pm 1\text{ °C}$  handelt, erscheint nirgendwo – weder in den SPICE-Direktiven noch in der Definition des PTS – die variable Temperatur (globale Umgebungstemperatur). – Um dem Anwender von OP-Modellen ein Vertiefen in die PTS-Datenblätter zu ersparen, hat Vishay das SPICE-Modell für DC-Temperaturwobbelung explizit einbezogen. Dieses erweiterte Modell ermöglicht Folgendes:

- Einstellen/Durchfahren der Temperatur
- Visualisierung des Einflusses der TK-Toleranzen des PTS
- Feinabstimmung/Ermittlung des Feedback-Widerstandes
- Test der Schaltung mit Monte-Carlo-Toleranzen aller passiven Bauelemente (Festwiderstände, PTS)
- Berechnung der effektiven Ausgangsspannungsgenauigkeit des OP als Maß für die Temperatur in  $^{\circ}\text{C}$  (Bild 2)



## MICRO-FIT CONNECTOR SYSTEM

Offers premium housing features to:

- Prevent mis-mating
- Reduce terminal backout
- Reduce operator fatigue during assembly
- Aid in blind-mating applications



For more information visit  
[rutronik.com/molex](http://rutronik.com/molex)

**molex**

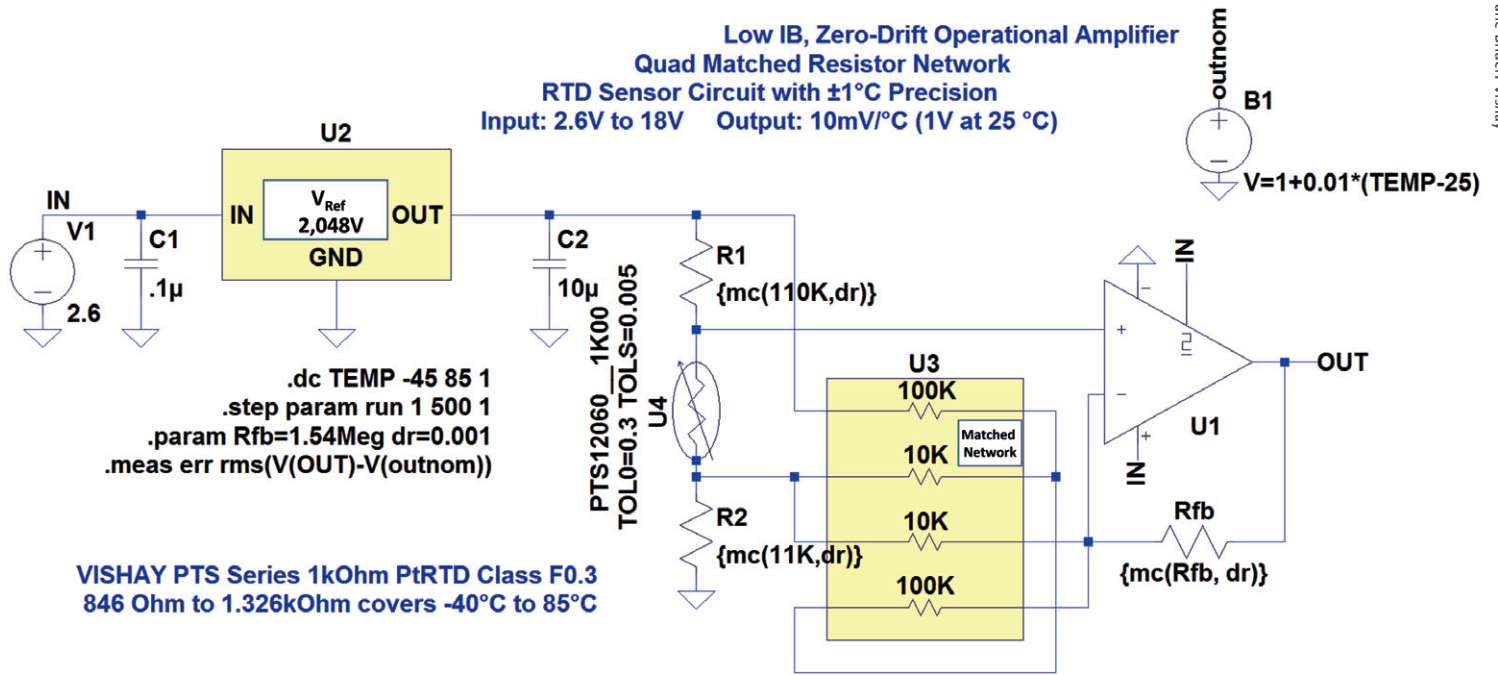


Bild 1: Messaufbau für die Ltspace-Simulation

Aus Bild 2 ist ersichtlich, dass die Schaltung selbst unter Einbeziehung aller Bauteiltoleranzen eine lineare Temperaturkennlinie (linkes Fenster) mit einer Gesamtgenauigkeit von größtenteils  $\pm 1^\circ\text{C}$  (rechtes Fenster) aufweist – was zu beweisen war.

beispielsweise im Format 0805, 0603 oder noch kleiner, eine gute Alternative.

Fazit

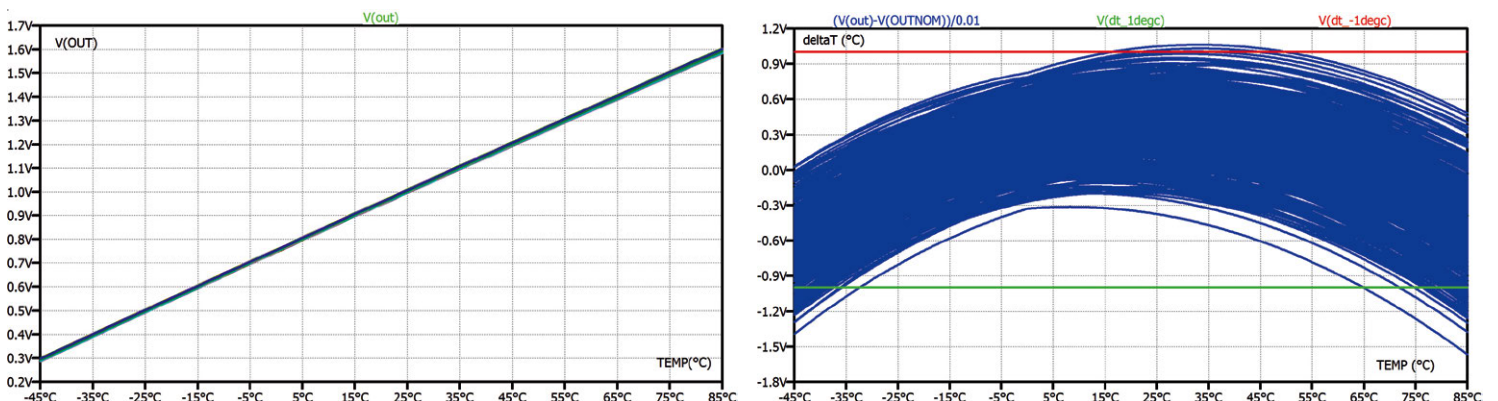
Das Beispiel zeigt, dass ein vom Sensorhersteller bereitgestelltes SPICE-Modell das Simulationsmodell für den IC hervorragend ergänzt. Zudem zeigt es, dass es zahlreiche Möglichkeiten für Entwicklungen auf dem Gebiet der Temperatursensorsimulation gibt. Die in diesem Artikel beschriebene Simulation findet sich auch in [1].

Weitere Möglichkeiten

Die Analyse ließe sich noch vertiefen, etwa mit einer dynamischen Temperaturänderung über der Zeit für den PTS-Sensor. Dafür wäre jedoch ein anderes SPICE-Modell für den Sensor nötig. Damit könnte ein wichtiger Effekt, nämlich das zeitliche Ansprechverhalten des Sensors, demonstriert werden. Sollte sich der Sensor als zu langsam für die geplante Anwendung erweisen, ist ein kleinerer Sensor,

Literatur:  
 [1] [www.vishay.com/videos/resistors/hands-on-electronic-simulation-of-an-optimized-linear-output-temperature-sensing-circuit.html](http://www.vishay.com/videos/resistors/hands-on-electronic-simulation-of-an-optimized-linear-output-temperature-sensing-circuit.html)

Bild 2: Linkes Fenster: lineare Ausgangsspannung des OP als Funktion der Temperatur. Rechtes Fenster: Linearitätsabweichung der Temperaturanzeige (bezogen auf eine Ausgangsspannung von 1 V bei 25 °C und eine Empfindlichkeit von 10 mV/°C).



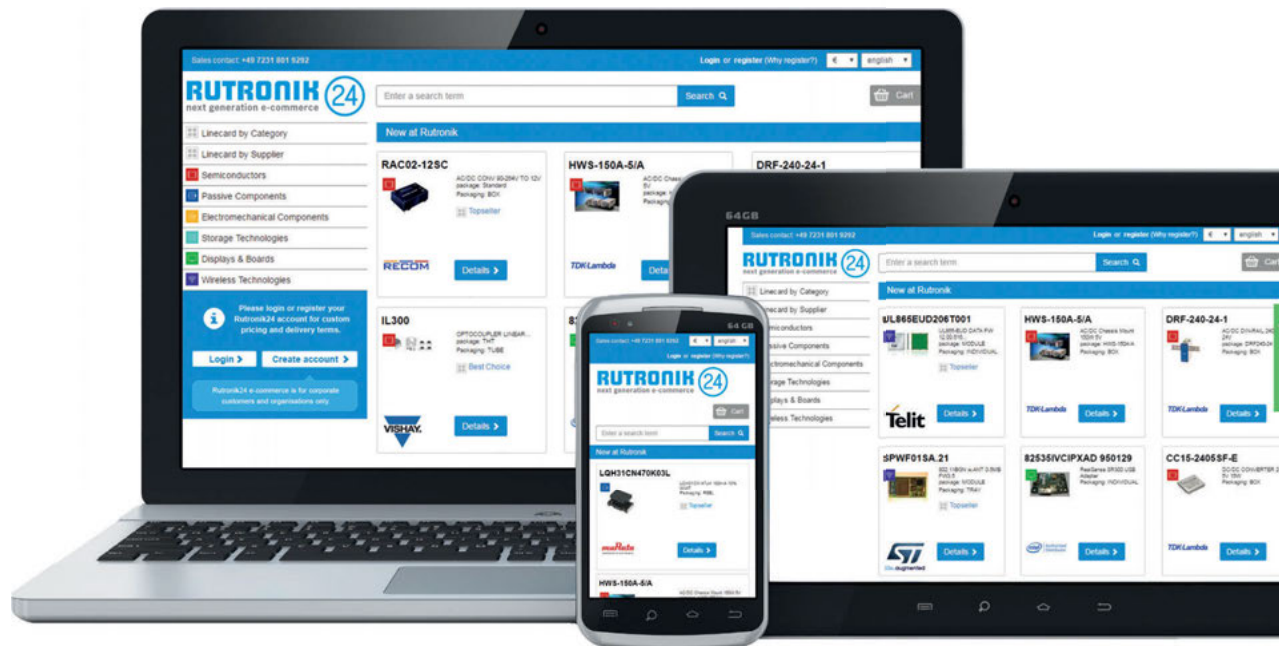


# RUTRONIK

next generation e-commerce



e-commerce  
made easy



Schneller. Individueller.  
Komfortabler.

[rutronik24.com](http://rutronik24.com)



Recom adressiert Batteriemanagementsysteme im Automobilbereich

# Strom gefällig?

*Von ganz klein bis ganz groß: Die (Automotive-) Industrie benötigt Stromversorgungen in vielen unterschiedlichen Auslegungen und besonderer Qualität. Recom deckt fast alle anspruchsvollen Bereiche ab. Ein Überblick.*



VON AXEL STANGL,  
PRODUCT SALES MANAGER POWER  
BEI RUTRONIK, UND  
STEVE ROBERTS,  
CTO BEI RECOM

Die Automobilelektronik umfasst verschiedenartige Systeme von der Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik über Fahrerassistenzsysteme bis zur Traktionskontrolle in konventionellen, elektrischen und hybriden Fahrzeugen (HEV). Ein gemeinsames Element aller Fahrzeugelektronik ist die Umwandlung von einer Batteriespannung, gleich ob von einer 12-V-Blei-Säure-Batterie oder einem 400-V-Lithium-Ionen-Akku, zu einer stabilen geringeren Spannung für die Stromversorgung der Elektronik. In einem Elektrofahrzeug (EV) gibt es an Bord zudem einen Stromwandler zum Laden der Batterie aus einer heimischen Stromversorgung oder einer Ladestation unterwegs. In der EV/HEV-Ökologie gibt es zudem verschiedene Aufwärts- und Abwärtsrichter innerhalb von Subsystemen und Ladepunkte für Hochleistungs-Schnellladestationen für schnelle Aufladung mittels Drehstrom-AC/DC-Wandlern. Bidirektionale AC/DC-Wandler werden zunehmend eingesetzt, sodass Energie von den Batterien für eine netzunabhängige AC-Versorgung oder zum Netz für eine Lastregelung

zurückgeführt werden kann oder für die effiziente Konditionierung von Hochvolt-Batteriepacks für maximale Leistung mit hohen Spannungen bereitsteht.

## Charakteristika der Stromversorgung

Batterien mit 12 V werden in allen Fahrzeugarten einschließlich Elektroautos weiterhin benötigt, da viele Sicherheitssysteme (Airbags, Gurtstraffer, automatische Bremssysteme usw.) nur für eine Versorgung mit 12 V zertifiziert sind. Die Spannung einer 12-V-Blei-Säure-Batterie kann in einem weiten Bereich schwanken, von Startbedingungen in kalter Umgebung bis zu hohen Überspannungen während des Lastabwurfs. Der Standard LV124 (auch bekannt als VW80000) definiert die Werte für Systeme mit 12 V Nennspannung, LV148 für Systeme mit 48 V, wie es sie in Hybridfahrzeugen gibt (Bild 1). Das sind die Spannungsniveaus, die von Quellen hoher Leistung bestehen können, aber es gibt auch schnelle Transienten mit geringer Energie bei höheren Spannungen,

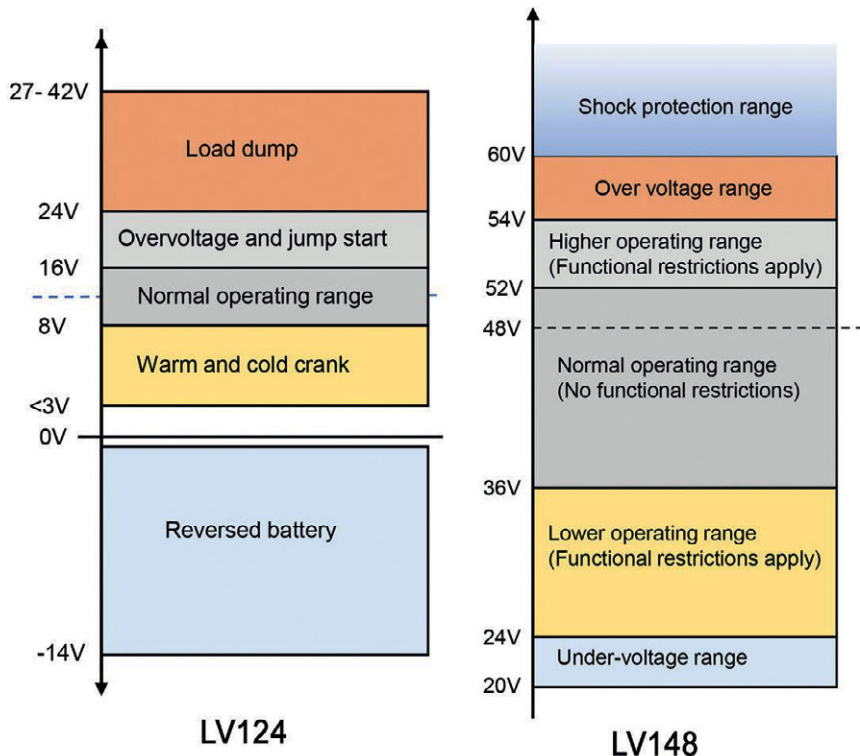


Bild 1: Fahrzeugspannungen definiert durch LV124 und LV148

positive und negative, die gemäß den Standards ISO 7637-2 und ISO 16750-2 für Stromversorgungsleitungen vorhanden sein können.

Neben verschiedenen Ausfallsituationen und langsam veränderlichen Spannungen geben die LV-Standards auch den Nennwerten überlagerte AC-Spannungen mit bis zu 6 V Spitze-Spitze-Amplitude und Frequenzen von 15 Hz bis 200 kHz an.

*Zusätzliche Filterung und Schutz*

Zur Einhaltung der LV-Standards und strikten EMV-Emissionsgrenzwerte im Automobilbereich (typisch CISPR25) brauchen alle Stromwandler, die zur Verbindung mit dem Bordnetz vorgesehen sind, gegenüber üblichen kommerziellen oder Industriebauteilen eine zusätzliche Filterung und einen Verpolungsschutz (Bild 2). Je nach Einstufung der Wandler kann auch ein Überspannungsbegrenzer nötig sein, der sämtliche hohen Überspannungen herunterregelt und im normalen Betrieb nur einen minimalen Spannungsabfall verursacht.

Anzeige

# PASSION · EFFECTIVENESS · WIN-WIN



**NEU:  
RUNDE DISPLAYS**

Durchmesser aktive Fläche:  
60 mm (2,36"), 320 x 320 pixels,  
750 cd/m<sup>2</sup>, MIPI (SPI, RGB optional)



**DISPLAYS FÜR DIE INDUSTRIE-,  
AUTOMOBIL- UND MEDIZINTECHNIK**

- PCAP – Projected Capacitive Touch Technologie
- Bedienbar mit Handschuhen und bei nasser Oberfläche
- Standard Displays von 1.5" bis 30"
- Runde Displays

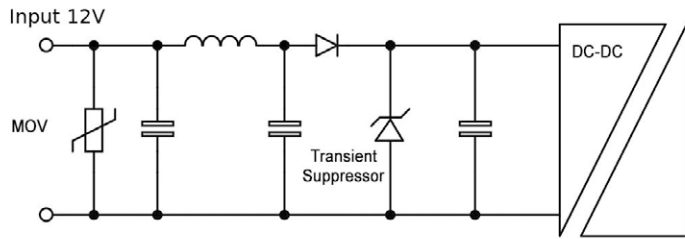


Bild 2: Typische Zusatzfilterung und Schutz für DC/DC-Wandler im Automobilbereich

Stromwandler für kritische Anwendungen wie Motorsteuerung und Sicherheitssysteme sind häufig diskret aufgebaut, in die Host-Elektronik eingebettet und aus Bauelementen gefertigt, die nach den entsprechenden Belastungstests und Automobilspezifikationen zertifiziert sind. Wichtige Standards kommen vom Automotive Electronics Council AEC-Q: AEC-Q101 für Halbleiter, AEC-Q200 für passive Bauelemente und AEC-Q400 für Multichip-Module mit verschiedenen Einstufungen der Betriebstemperatur für die jeweilige Automobilumgebung von hohen Temperaturen im Motorraum bis zur relativ günstigen Umgebung des Fahrzeuginnenraums. Die diese Bauelemente liefernden Firmen haben die Zertifizierung gemäß IATF 16949:2016 für den Automobilbereich, womit sie nachweisen, dass ihre Qualität die geforderten Standards erfüllt. Der Lieferant kann auch ein Produktionsteil-Freigabeverfahren (PPAP) etablieren, um die Freigabe und Kontrolle von Bauelementen und Montageverfahren vor, während und nach der Fertigung zu gewährleisten.

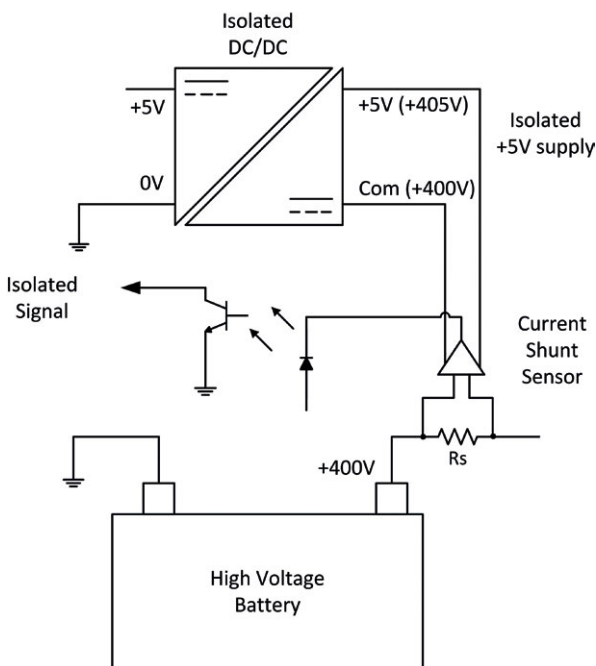


Bild 3: Stromversorgung eines Batterie-Stromsensors auf der Hochvoltseite mit dem RAQ-0505S

### Beispielprodukt der Automobilbranche

Der RAQ-0505S ist ein isolierter DC/DC-Wandler für den allgemeinen Automobilbereich für Anwendungen, wo eine gefilterte Stromversorgung mit 5 V DC bereits verfügbar ist, um einen isolierten Ausgang mit 5 V und 1 W mit vollem und dauerhaftem Kurzschlusschutz bereitzustellen.

Die Isolationseinstufung des SMT-Wandlers ist 5 kV DC/1 s (2,8 kV AC/1 min) mit >4 mm Kriechstrecke. Eine typische Anwendung für das Bauteil ist die Erzeugung von isolierten 5 V für das CAN-Bus-Datensystem, das in den meisten Fahrzeugen verwendet wird. Eine weitere primäre Anwendung ist die Stromversorgung für Stromsensoren auf der Hochvoltseite in Batteriemanagementsystemen in EVs (Bild 3). Hier braucht der Sensorstromkreis lokal eine 5-V-Stromversorgung, die wegen ihres Offsets von der Systemerdung um die 400-V-Batteriespannung isoliert sein muss. Solche isolierten Stromversorgungen ermöglichen auch eine modulare Batterie, wo jede Zelle unabhängig überwacht und gesteuert werden kann, sodass bei einem Ausfall einer Einzelzelle, mehrerer Zellen oder eines Clusters die Batteriespannung nicht beeinträchtigt ist. Das bedeutet, es sind viele lokal isolierte Versorgungen mit 5 V in einer Einheit nötig, die sowohl von der Niederspannungsversorgung als auch untereinander isoliert sind.

Der RAQ-0505S arbeitet von  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+105\text{ }^{\circ}\text{C}$  ohne Derating, ist in der gemäß IATF 16949:2016 zertifizierten Recom-Fabrik in Taiwan hergestellt und hat eine PPAP-Dokumentation. DC/DC-Wandler haben keine eigene AEC-Q-Kategorie für Stresstests, sodass das Bauteil vom Design her gemäß AEC-Q200 für Betriebsdauer, Stoß und Schwingungen, Board-Flex-Fähigkeit, ESD, Festigkeit der Anschlüsse sowie Temperaturwechsel (1000 Zyklen) verifiziert wurde. Zusätzlich sind auch die Tests gemäß AEC-Q104 für Zuverlässigkeit auf Board-Ebene, Lagerung bei tiefen Temperaturen, Falltest und Temperaturschritte angewend-

bar. Die DC/DC-Wandler sind vom Design her nach ISO 16750 geprüft und für die Sicherheitszulassung gemäß IEC 60950-1 zertifiziert. Die EMV ist mit einem einfachen externen Filter konform zu CISPR25 Level 3 und EN 55032. Die Zuverlässigkeit zeigt eindrucksvolle 1000 Stunden bei der maximalen Betriebstemperatur von  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  gemäß MIL-HDBK 217F.

### DC/DC in Produktionsanwendungen

Andere Produkte von Recom werden ähnlichen Tests bezüglich Umgebung, beschleunigter Lebensdauer (HALT) und Produktionstests für das RAQ-Teil unterzogen und sind in derselben, für den Automobilbereich anerkannten Einrichtung hergestellt, sodass für diese hochwertigen modularen DC/DC-Wandler auch Platz ist im weiten Bereich der Fertigung, Industrieautomatisierung, bei Prüf- und Messanwendungen in der Fahrzeugherstellung und bei unkritischen Automobilanwendungen. In der Roboterfertigung verwendete CAN-Bus-Isolatoren sind eine beliebte Anwendung für die RKE-Baureihe, RB-Bauteile werden in Schaltungen für Leckstromdetektoren im Automobilbereich eingebaut und die RP- und RKE-Bauteile finden sich in Bordladegeräten, um nur ein paar Beispiele zu nennen.

### Bidirektionale AC/DC-Anwendungen

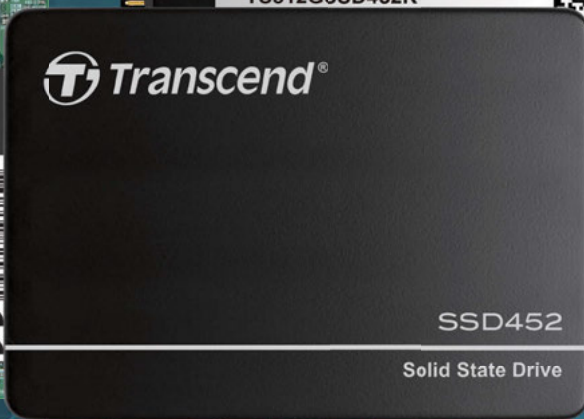
Power Control Systems, jetzt Teil der Recom-Gruppe, hat kürzlich einen bidirektionalen AC/DC-Wandler mit 10 kW vorgestellt. Die Anfangsversion nutzt einen Drehstromeingang/-ausgang und hat einen kurzschlussfesten Ausgang mit 20 V und 500 A. Mit dem bidirektionalen Stromfluss hat das Modell bei der kontrollierten Ladung und Entladung zur Batterie-Konditionierung Anwendung gefunden, sodass Batteriepacks vollständig geladen, entladen und wieder geladen werden können, um die volle Kapazität zu erreichen. Beim Entladevorgang wird die Energie zurück in das Netz eingespeist. Das Produkt hat eine digitale Schnittstelle zur Steuerung und Überwachung für die Lade- und Entladezyklen.

Modulare Stromwandler von qualifizierten Herstellern können eine kostengünstige Lösung für Automobilanwendungen mit wettbewerbsfähigen Stückpreisen und Einsparungen bei Entwicklungs- und Zertifizierungszeit sein. Die Recom-Gruppe bietet zusammen mit der neu übernommenen Power Control Systems Produkte von 1 W bis 10 kW mit einem wachsenden Portfolio an AEC-Q-verifizierten Bauteilen an.

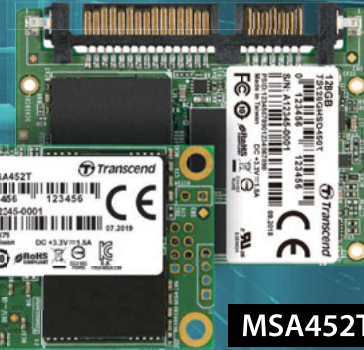
# 3D TLC NAND SSD Serie

High Endurance 2,5", PCIe M.2, SATA III M.2, Half-Slim und mSATA SSDs für den industriellen Einsatz

MTE550T-I



HSD450T



MSA452T



SSD452K



MTS952T



MTE652T



SSD450K-I



MTS550T-I

Auf Anfrage:

Fixed BOM, Individuelle Produktsticker, Preloaded Contents, IPS, AES 256 Bit, TCG Opal 2.0, Underfill, Individualisierte Firmware, Anti-Schwefel Technologie, Schreibschutz, Erweiterter Temperaturbereich, Conformal Coating, Hardware Provisioning, Lifecycle Management

<https://www.transcend-info.com/Embedded/>

Folienkondensatoren für Gleichspannungs-Zwischenkreise

# Power-Module glätten

*Leistungsinverter mit schnell schaltenden Transistoren benötigen Kondensatoren mit niedriger Serieninduktivität im Gleichspannungs-Zwischenkreis. Dies gilt für alle Schaltungen, die aus einer Gleichspannung mittels Halbleiterschalter wieder Wechselspannungen erzeugen. Doch nicht jeder Kondensator ist hierfür geeignet.*

VON RALF HICKL,  
PRODUCT SALES MANAGER AUTOMOTIVE  
BUSINESS UNIT BEI RUTRONIK

**D**ie Kondensatoren im Gleichspannungs-zwischenkreis dienen als Puffer für Energiespitzen im motorischen oder generatorischen Betrieb der Antriebsmaschine. Sie dämpfen Netzurückwirkungen, also leitungsgebundene EMV, und sie dienen in der Funktion als Snubber als Filterkomponenten zum Schutz der Schalttransistoren vor Spannungsspitzen und großem  $dU/dt$  (Spannungsteilheit).

## Wichtige Eigenschaften von Zwischenkreiskondensatoren

Für die Filterfunktion gegen steilflankige Impulse sind eine niedrige Eigeninduktivität ESL (Equivalent Series Inductance) und ein kleiner ESR (Equivalent Series Resistance) von Vorteil. In den Datenblättern wird die Güte ausgedrückt als Verlustfaktor  $\tan \delta$ . Die Verlustleistung, die im Kondensator am ESR abfällt, ist proportional zu  $\tan \delta$  und führt zu unerwünschter Eigenerwärmung.

Für die Funktion als Snubber platziert man den Kondensator wegen der parasitären Leitungsinduktivität möglichst mit geringer Leitungslänge am Schalttransistor. Die unvermeidlichen Verluste in den Transistoren der Endstufe führen ebenfalls zur Temperaturer-

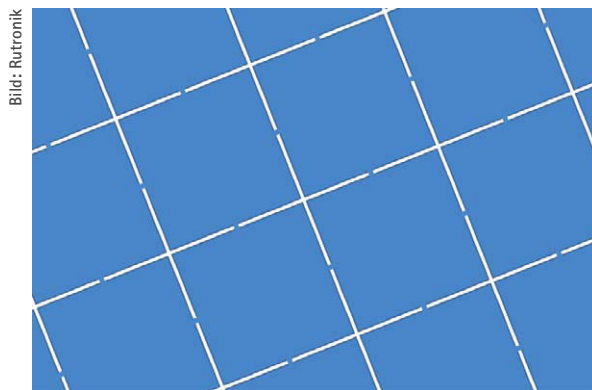


Bild 1: Schematische Darstellung einer segmentierten Metallisierung zur kontrollierten Selbstheilung

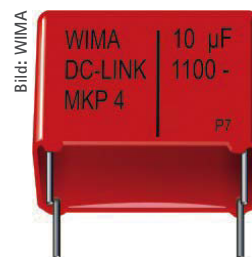


Bild 2: Standard-Folienkondensatoren wie der MKP4 DC-LINK von WIMA lassen sich einfach montieren und skalieren.

höhung, die die Lebensdauer benachbarter Bauteile verkürzt. Hier sind Folienkondensatoren robust und langlebiger, da sie, im Gegensatz zu Kondensatoren mit flüssigem Elektrolyt, nicht austrocknen.

Für Einspeisungen mit gleichgerichteter Netzspannung wurden hauptsächlich Elektrolytkondensatoren verwendet. Mit dem Einzug von aktiver Power-Factor-Correction oder Batteriespeisung und schneller schaltenden IGBTs und MOSFETs kommen – abhängig von der Spannungslage – zunehmend Folienkondensatoren oder keramische Kondensatoren zum Einsatz. Folienkondensatoren bieten im Vergleich zu Elektrolytkondensatoren einige Vorteile:

- Hohe Spannungsfestigkeit, daher keine Reihenschaltung einzelner Kondensatoren mit zusätzlicher Spannungssymmetrierung notwendig
- Hohe Temperaturfestigkeit durch Festkörper als Dielektrikum
- Niedriger ESR und damit hohe Impulsleistung
- Niedrige Eigeninduktivität, wirksam bei hohen Frequenzen und geeignet für hohes  $di/dt$  (Stromsteilheit)
- Selbstheilend bei Ausführung mit segmentierter metallisierter Kunststoffolie, daher robust und sicher („Films fail open“)
- Lange Lebensdauer, kalkulierbare und allmähliche Alterung mit einhergehendem Kapazitätsverlust; dank Selbstheilung kein plötzlicher Ausfall durch Kurzschluss mit resultierenden Folgeschäden

*Selbsteilung  
verhindert plötzlichen Ausfall*

Als Selbsteilung wird die Fähigkeit des Kondensators beschrieben, mikroskopisch kleine interne Kurzschlüsse freizubrennen, die eine hochohmige Stelle hinterlassen. Damit die internen Kurzschlussbereiche klein bleiben, wenden die meisten Hersteller bei Power-Filmkondensatoren die seit Jahrzehnten bewährte Technologie der kontrollierten Selbsteilung an. Dabei ist die Metallisierung der Folie segmentiert. Jedes metallisierte Segment ist mit den Nachbarsegmenten nur über dünne Schmelzbrücken verbunden (Bild 1). Im Falle eines lokalen Durchbruchs im Dielektrikum schmelzen diese Verbindungsbrücken zu den benachbarten Segmenten und isolieren so das schadhafte Segment. Dadurch bleibt der Schaden lokal begrenzt und der Kondensator verliert nur einen kleinen Bruchteil seiner Kapazität.

Als Dielektrikum kommen häufig Polypropylen (PP) oder Polyester (PET) zur Anwendung. PP bietet einen geringen Verlustfaktor und eignet

Hersteller	Baureihe	Spannungsbereich	Kapazitätsbereich	Eigenschaften	Passend zu Gehäuse der Halbleiter-Endstufe
AVX	FHC1	410...900 V	510...140 µF	Standardprodukte	HybridPack 1
AVX	FHC2	410...900 V	900...260 µF	Standardprodukte	HybridPack 2
AVX		kundenspezifisch	kundenspezifisch	kundenspezifisch	HybridPack Drive, ACEPACK Drive
WIMA	DC-Link HY, DCHYH06500JG00x	450 V	500 µF	Standardprodukt	HybridPack 2, kundenspezifisch
Rubycon	HVC	250...2000 µV	100...2200 µF	kundenspezifisch	HybridPack 1, 2, kundenspezifisch
TDK Epcos	PCC LP, B25655J/M/P	200...900 V	50...3000 µF		HybridPack Drive, ACEPACK Drive
WIMA	DC-LINK MKP4	400...1300 V	1,0...400 µF	AEC-Q200	THT Printmontage
Vishay	MKP1848 DC-LINK	450...1200 V	1,0...400 µF	AEC-Q200	THT Printmontage
Murata	FH	500 V	10...20 µF	125 °C	THT Printmontage

**Kondensatorbaureihen und Power-Module für Leistungshalbleiter**

sich gut für die Impulsbelastung. PET verfügt über eine hohe spezifische Kapazität und einen geringen Volumenbedarf.

Für kleinere Leistungen genügen Standard-Einzelkondensatoren als Zwischenkreiskondensator. Sie werden auf einer Platine oder mittels Kupferschienen zur gewünschten Kapazität zusammengeschaltet. Dabei muss wegen der mechanischen Baugröße und der Masse der Kondensatoren auf die Langzeitstabilität

von Lötstellen, Verschraubungen und PCB geachtet werden. Die Hersteller unterstützen dies durch Kondensatorgehäuse mit mehr als nur zwei Lötpins (Bild 2). Die Vorteile durch den Einsatz von Standardbauteilen für Printmontage sind die einfache Montage und die Skalierbarkeit des Gesamtsystems auf der Anwenderseite.

Passende Halbleitermodule für den Einsatz in Verbindung mit PCBs sind Infineons EasyPACK

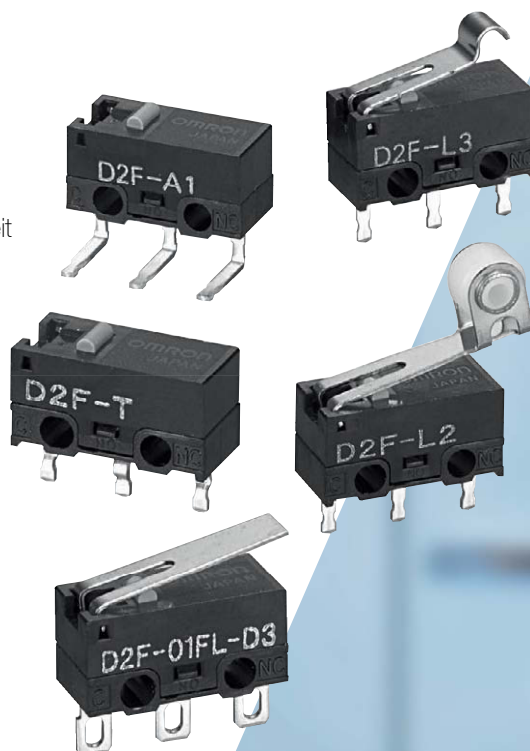
Anzeige

# D2F: UNVERSIEGELTER ULTRA-MINI-SCHALTER



Ultra-Subminiatur-Basisschalter mit vielen Anschlussvarianten

- Zwei hochpräzise Split Springs als Einrastmechanismus für lange Haltbarkeit
- Spritzguss-Anschlüsse verhindern, dass Flussmittel eindringt
- mit zwei Typen von Lötanschlüssen, links und rechts abgewinkelten Platinenanschlüssen und selbstsichernde Anschlüsse
- 5A-Version für Anwendungen mit hoher Belastung



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

[www.components.omron.eu](http://www.components.omron.eu)

Bild: WIMA



Bild 3: WIMAs Baureihe DC-LINK MKP4 ist mechanisch passgenau zu Infineons HybridPack 2.

1B & 2B sowie CIPOS oder Module z.B. im Gehäuse ACEPACK von STMicroelectronics.

Im Zuge der Elektromobilität hat Infineon als Leistungsstufe für Traktionsinverter in Kraftfahrzeugen Halbleitermodule in den Gehäusen HybridPack 1, 2 und Drive eingeführt. Wegen der hohen Lastströme erfolgt die Kontaktierung nicht mehr über Pins, sondern über Stromschienen. Zugeschritten auf Infineons Gehäuse, haben Hersteller von Folienkondensatoren passende vergossene Leistungs-Kondensatormodule entwickelt, darunter AVX, TDK Epcos, Rubycon und WIMA. Beispiele für geeignete Module finden sich in der Tabelle.

#### Interner Aufbau der Kondensatormodule

Da die Module aus Einzelwickeln bestehen, die über Schienen parallel geschaltet sind, bieten sie eine gute Skalierbarkeit der Gesamtkapazität, wenn Einzelelemente aus eingeschwungener Serienproduktion genutzt werden. Durch die Parallelschaltung der Einzelelemente im Kondensatormodul (Bild 3, Bild 4) erreichen sie gleichzeitig niedrige Werte für ESL und ESR.

Bild: AVX



Bild 4: Die Leistungs-Kondensatormodule FHC1 und FHC2 von AVX sind exakt auf Infineons HybridPack 1 und 2 zugeschnitten.

Neben den Standardmodulen sind auch kundenspezifische Ausführungen der Kondensatoren und Transistoren möglich, wie sie z.B. in Teslas Inverter für die Hinterachse des Model 3 zu finden sind. Damit lassen sich Bauform, elektrische Werte und der mechanische Zusammenbau optimieren.

#### Engineering-Support

Doch nicht alleine die technischen Parameter aus dem Datenblatt und der Herstellungsprozess bestimmen heute die Qualität von Design-in-Bauteilen. Für Leistungskomponenten spielt auch die Unterstützung des Herstellers während der Selektionsphase und der Entwicklung eine wichtige Rolle. Denn damit lassen sich häufig Änderungen zu einem späteren Zeitpunkt verhindern und so die Time to Market verkürzen.

#### Thermische Simulation

Bei lohnenden Projekten bietet AVX die Thermosimulation ihrer Power-Folienkondensatoren als besonderen Service an. Damit können z.B. bei kundenspezifischen Kondensatormodulen der Materialeinsatz im Inneren optimiert und die Maßnahmen zur Entwärmung zu einem frühen Zeitpunkt in der Entwicklungsphase ausgelegt werden. Die Ergebnisse der thermischen Simulation (Bild 5) lassen sich zudem zur Lebensdauerabschätzung heranziehen.

Bei geeigneten Projekten vergießt AVX auf Wunsch Temperatursensoren mit in das Kondensatorgehäuse. Mit den Messergebnissen lässt sich das thermische Modell verifizieren und optimieren.

#### Lebensdauerabschätzung

Für eine Abschätzung der Lebensdauer der Kondensatormodule in der Applikation benötigt der Hersteller die erwarteten Betriebsdaten während der Laufzeit des Systems, also ein Histogramm, das angibt, wie lange der Kondensator bestimmten Strom-, Spannungs-, Umgebungstemperatur-Kombinationen ausgesetzt ist. Daraus kalkuliert er mit Hilfe der errechneten oder gemessenen Temperatur im Inneren des Kondensators den Verbrauch an Lebenszeit. Die Grundlage hierfür bildet ein Lebensdauermodell des jeweiligen Kondensators, wie es AVX, TDK Epcos, Rubycon und WIMA für ihre Produkte haben. Die Grundlagen sind gut beschrieben, z.B. in Rubycons Technical Notes auf [www.rubycon.com](http://www.rubycon.com).

#### Elektrisches Ersatzschaltbild und 3D-CAD-Daten

In ein Simulationsmodell eingefügt, lässt sich mit dem elektrischen Ersatzschaltbild das dynamische Verhalten der elektrischen Größen im Betrieb und in Sondersituationen mit hohem  $di/dt$ , wie Notabschaltungen des Inverters, simulieren. Damit können Entwickler ohne Hardwareaufbau Schutzmaßnahmen gegen Spannungsspitzen dimensionieren.

Im einfachsten Fall wird ein Filmkondensator als Reihenschaltung von ESR, ESL und der errechneten Kapazität am Lebensende modelliert.

Bieten Kondensator-Hersteller CAD-Daten ihrer Produkte, kann der Kondensator einfach in die CAD-Konstruktionszeichnung des mechanischen Gesamtsystems eingebunden werden. Auch das spart wertvolle Entwicklungszeit.

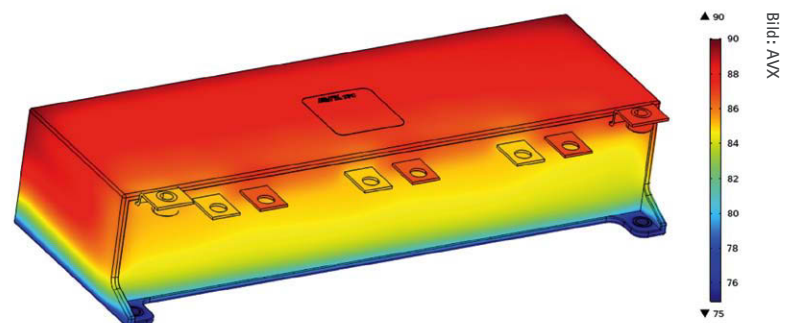


Bild 5: Ergebnis einer Thermo-Simulation bei einem Kondensator der Baureihe FHC2 von AVX



Foreseeing  
mobility.



Ensuring  
mobility.

## Spectrum of infinite possibilities

We believe in a better life  
with the help of technology.

And we follow that dream day by day. With a spectrum of infinite possibilities. From passion to precision. From idea to market. From intelligent LED matrix lighting for more safety on the roads to high-contrast head-up displays for relaxed visionary driving. From our first design to your business success.

Light is OSRAM

**OSRAM**  
Opto Semiconductors

Interview mit Rennfahrerin Carrie Schreiner

# Motorsport ist Testlabor für Serienfahrzeuge

*Carrie Schreiner ist die derzeit erfolgreichste Frau im deutschen GT-Sport. Die 20-Jährige aus dem saarländischen Völklingen fuhr schon mit zehn Jahren erste Siege im Kart ein und arbeitet sich seither stetig nach oben. Im Rutroniker-Interview spricht sie über die Bedeutung des Sponsorings durch Rutronik, die Zukunft des Motorsports und Klischees, denen sich Frauen dort noch immer ausgesetzt sehen.*

**S**eit 2018 tritt sie erfolgreich für das von Rutronik gesponserte Team HCB-Rutronik Racing an und ist die derzeit einzige Frau, die in der ADAC-GT-Masters-Serie antritt. Carrie Schreiner ist aber nicht nur Rennfahrerin, sondern befasst sich auch mit der Bedeutung des Motorsports für Innovationen in Serienfahrzeugen und mehr.

**Rutroniker: Vor dem Hintergrund der Klimadebatte und den „Fridays for Future“ steht der Motorsport zunehmend in der Kritik. Warum ist Motorsport besser als sein Ruf?**

*Carrie Schreiner:* Dass sich junge Menschen Gedanken um die Zukunft des Planeten machen, finde ich richtig und wichtig. Es ist aber

nicht so, wie es gerne dargestellt wird, dass wir im Motorsport nur sinnlos Benzin verbrennen – mal ganz davon abgesehen, dass der weltweite Motorsport im Vergleich zum Schiffs- und Flugverkehr nur einen minimalen Anteil an der weltweiten Gesamtbelastung hat! Die Autobauer arbeiten schon seit geraumer Zeit an Alternativen, um unseren Sport umweltfreundlicher zu machen. Die Formel 1 setzt inzwischen auf Hybridmotoren, und das ist noch nicht das Ende der Fahnenstange. Der Motorsport nimmt aber nicht nur in dieser Hinsicht, sondern auch bezüglich möglicher Innovationen für Serienfahrzeuge eine Vorreiterrolle ein.

**Warum ist der Motorsport so wichtig für die Entwicklung von Serienfahrzeugen?**

Fahrzeuge sind im Motorsport extremen Bedingungen und hohen Belastungen ausgesetzt, die man nicht simulieren kann und die im normalen Straßenverkehr so nicht vorkommen. Da können die Hersteller viele Erfahrungswerte sammeln. Der Motorsport dient quasi als Testlabor für Serienfahrzeuge. Ich bin zwei Jahre lang in der Lamborghini Super Trofeo gefahren, da war das Serienfahrzeug dem Rennwagen sehr ähnlich. Das Gleiche gilt für Rennserien für Kompaktwagen mit Frontantrieb – unter anderem erproben Audi, VW und Hyundai hier ihre Entwicklungen unter den genannten extremen Bedingungen.

**Welche Innovation, die es im Motorsport schon gibt oder die derzeit erprobt wird, sehen Sie für Serienfahrzeuge als besonders interessant an?**

Vieles, was heute in unseren Autos selbstverständlich ist, wurde zuerst im Motorsport erprobt; eines der Themen, die uns in Zukunft beschäftigen werden, ist autonomes Fahren.



alle Bilder: Dirk Pommer/Rutronik

Motorsportlerin Carrie Schreiner im Gespräch mit Sebastian Hör, Rutronik

Besonders spannend finde ich das Steer-by-Wire-Konzept, wie es ja auch im Rennsport schon vom Rutronik-Partner Paravan erprobt wird. Dabei übernimmt die elektrische Lenkung das komplette Drehmoment für den Lenkeinschlag. Der Fahrer bekommt am Lenkrad lediglich eine Rückmeldung über den Kraftaufwand für den Lenkeinschlag – wenn noch ein Lenkrad vorhanden ist. Die Signale können nämlich auch von einem Joystick oder aus der On-Board-Navigation kommen. Das sorgt unter anderem für deutlich mehr Sicherheit. Die Lenksäule birgt ja vor allem bei einem Frontalaufprall ein riesiges Gefährdungspotenzial für den Fahrer. Außerdem ist Steer-by-Wire eine der technologischen Voraussetzungen für das autonome Fahren und ermöglicht völlig neue Fahrzeugkonzepte, da die Position des Fahrers nicht mehr eingeschränkt ist. Ein weiteres Beispiel für Entwicklungen, die im Rennsport erprobt wurden und inzwischen den Weg in Serienfahrzeuge gefunden haben, ist die Lichttechnik, also LED- und Lasersysteme.

**Rutronik als Distributor von elektronischen Bauelementen sponsert HCB-Rutronik Racing. Was ist der größte Vorteil der Zusammenarbeit mit Rutronik?**

Rutronik hat mit der Automotive Business Unit (ABU) eine Abteilung, die sich explizit mit Innovationen der Branche befasst – vom autonomen Fahren über die Vernetzung und Digitalisierung bis hin zur Elektromobilität. Diese neuen Technologien werden im Rennsport unter Extrembedingungen erprobt und, wenn sie sich bewähren, in Serienfahrzeugen eingesetzt. Im Klartext: Wir testen Innovationen; die Erkenntnisse helfen wiederum Rutronik, um die Kunden optimal beraten zu können. Mit dem zweimaligen Sieger der 24 Stunden von Le Mans, Manuel Reuter, hat die ABU zudem einen Markenbotschafter, der als Schnittstelle zwischen beiden Seiten fungiert und dank seines Netzwerkes und Know-hows wertvollen Input beisteuert.

**Mit Stéphanie Frappart hat im August erstmals eine Schiedsrichterin ein europäisches Finale im Herrenfußball geleitet und bewiesen, dass Frauen in einer sogenannten Männerdomäne problemlos bestehen können. Sie beweisen das schon jahrelang im Motorsport. Inwiefern erleben Sie heute noch Klischees gegenüber Frauen im Motorsport und inwieweit hat sich das verändert, seit Sie Rennfahrerin sind?**

Dumme Sprüche gibt es immer noch, aber die Akzeptanz ist in den letzten Jahren schon deutlich gestiegen. Trotzdem muss man sich



Carrie Schreiner:  
»Wir testen Innovationen; die Erkenntnisse helfen wiederum Rutronik, um die Kunden optimal beraten zu können.«

als Frau immer noch ein Stück mehr beweisen – man muss zeigen, dass man schnell und notfalls auch aggressiv fahren kann. Männer werden in den nächsten Jahren auch weiterhin einige Vorteile haben, das ändert sich nicht von heute auf morgen. Aber damit kann ich ganz gut leben.

**Inwieweit sehen Sie sich als Frau in einem von Männern dominierten Sport als Vorbild für junge Mädchen und Frauen?**

Dass ich eine Vorbildfunktion habe, war mir lange gar nicht bewusst. Dann habe ich dieses Jahr auf dem Hockenheimring ein junges Mädchen getroffen, das regionale Kartmeisterschaften fährt und auch zur Deutschen Kartmeisterschaft antreten will. Ihr Vater hat mir erzählt, dass beide letztes Jahr auf dem Hockenheimring ein Rennen von mir gesehen

haben, das ich gewonnen habe. Das hat ihr gezeigt, dass sie das auch schaffen kann. Das hat mich sehr berührt.

**Zum Schluss noch eine persönliche Frage: Wenn Sie nicht Rennfahrerin geworden wären – was dann?**

Für mich war eigentlich schon immer klar, dass ich Rennfahrerin werden will, über Alternativen habe ich nie wirklich nachgedacht. Aber wenn es mit der Karriere nicht geklappt hätte, wäre ich vermutlich in das Unternehmen meines Vaters eingetreten, das Tischtennis-Equipment vertreibt. Abgesehen davon interessiert mich auch Mode, das wäre auch ein mögliches Tätigkeitsfeld gewesen. Aber Rennfahrerin zu sein ist mir immer noch am liebsten (lacht). ■



Halbleiterschalter für elektronische Sicherungen

# Sicher ist sicher

*Sicherungen werden in vielen Bereichen der Leistungselektronik eingesetzt. Bisher wurden Leitungen, Verbraucher und Spannungsquellen meistens durch Schmelzsicherungen geschützt. Der Einsatz von Halbleitersicherungen hat Vorteile.*

VON RALF HICKL,  
PRODUCT SALES MANAGER  
AUTOMOTIVE BUSINESS UNIT  
BEI RUTRONIK

**S**icherungen schützen die Komponenten in elektrischen Stromkreisen. Im Überlast- oder Kurzschlussfall löst die Sicherung aus und öffnet den Stromkreis. Damit wird der Schaden begrenzt, Reparaturkosten werden vermieden. Idealerweise ist die Abschaltcharakteristik so ausgelegt, dass die Stromunterbrechung erfolgt, bevor andere Komponenten wie Leitungen, Halbleiter oder passive Bauteile der Schaltung defekt werden.

Folglich ist eine richtig dimensionierte Sicherung das schwächste Glied im Stromkreis. Maßgeblich ist die thermische Charakteristik des zu schützenden Objekts, z.B. die elektrische Leitung, der Kabelbaum oder der Halbleiterschalter im angeschlossenen Steuergerät.

Elektronische Sicherungen enthalten statt Schmelzdrähten oder elektromagnetisch auslösenden mechanischen Kontakten Halbleiterschalter inklusive deren Ansteuerlogik mit Schutz- und Diagnosefunktionen.

## Eigenschaften von Sicherungen

Schmelzsicherungen sind Einwegprodukte. Sie leiten, schützen und trennen in beide Stromrichtungen. Dieses bidirektionale Verhalten ist vorteilhaft für Stromkreise mit Lasten, die sich – abhängig vom Betriebszustand – motorisch oder generatorisch verhalten. Das sind zum Beispiel Antriebswechselrichter, die auch nutzbremsen (rekuperieren) können.

Elektronische Sicherungen hingegen können beliebig oft auslösen und zurückgesetzt werden. Ausführungen mit nur einem MOSFET als Schalter sperren wegen der Body-Diode nur in eine Stromrichtung. Für bidirektionales Trennen müssen deshalb zwei MOSFETs antiseriell geschaltet werden, was einen höheren Aufwand bedeutet. Anders als Schmelzsicherungen haben die elektronischen Pendanten einen Eigenenergiebedarf. Vor allem bei batteriebetriebenen Geräten muss das berücksichtigt werden.

Anzeige

## 8<sup>th</sup> / 9<sup>th</sup> Gen. Intel Core Processor-based Embedded Platforms with 24/7 Operations Management



**WISE-PaaS/DeviceOn**  
IoT Device Operation Management



Update Management



Monitoring &amp; Control



Alert &amp; Action



Device Management



Herkömmliche Schmelzsicherungen als Einwegprodukt

### Abschaltverhalten

Herkömmliche Schmelzsicherungen werden charakterisiert durch die Angaben von Nennstrom und Auslöseverhalten (träge, flink, superflink etc.). Bei Sicherungen in elektronischer Ausführung sind flexible Abschaltkriterien möglich. Dazu gehören

- $I^2t$ -Vorgabe (Grenzlastintegral oder Schmelzintegral),
- Überstrom,
- Überspannung oder Unterspannung am Eingang der Sicherung,
- Überlast (Leistung) und
- Übertemperatur der Umgebung oder der Sicherung.

Auch das Auslöseverhalten einer elektronischen Sicherung kann vom Hersteller der Sicherung definiert werden. So ist es möglich, z.B. den Strom erst zu begrenzen und dann abzuschalten oder sofort abzuschalten und auf Rücksetzen zu warten. Da eine elektronische Sicherung bereits einen Schalter enthält, kann sie zusätzlich auch in dieser Funktion zum Einsatz kommen. Das macht weitere Schalter überflüssig und ermöglicht weitere Funktionen wie z.B. Soft Start (Sanftanlauf) durch das Aufsteuern des Schalters mit einer Pulsweitenmodulation (PWM).

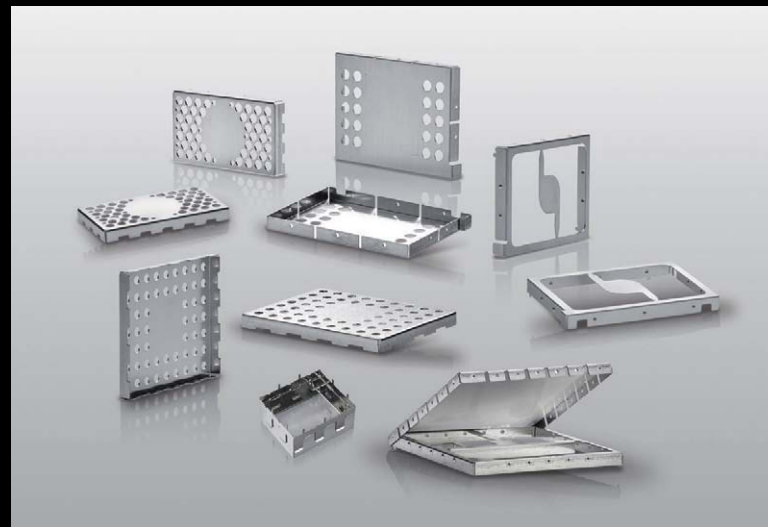
### Einschaltverhalten

Schmelzsicherungen sind ein klassisches Einwegprodukt. Haben sie ihre Funktion erfüllt, sind sie unbrauchbar, und sie müssen ersetzt

# EMV

## ABSCHIRMHAUBEN

- Materialstärken von 0,15 bis 0,3 mm.
- Maßgeschneidert für Ihre Anwendung.
- Schneller Prototypenservice.



Manufacturer	Family/Type	Type Designation	Features	Voltage Range / Current Range	Promoted as
DIODES		ZXCT1032	single channel linear soft start OC detector OC disconnect Flag pin (diagnosis) external P-channel MOSFET	current range adjustable via control voltage and shunt resistor 9.5 V ... 21 V	High-side inrush controller and electronic fuse
Infineon	PROFET™+2	BTS70xx	single or dual channel protection against OC, UV, thermal protection, absolute and dynamic diagnosis for open load in on and off state, short circuit to GND and battery proportional load current sense	automotive specification of 12 V boardnet 3 A ... 15 A, depending on type	Automotive smart high side switch
STMicroelectronics	VIPower™ M07E	VNx7ExxxAJ	single, dual or quad channel, current limitation, power limitation protection against OC, OT flexible latch-off functionality on and off state diagnostic capability multiplexed current sense	automotive specification of 12 V boardnet $R_{DS(on)}$ from 10 mΩ ... 30 mΩ	Automotive high side driver
STMicroelectronics	VIPower™ M09		single, dual or quad channel, current limitation, power limitation protection against OC, OT flexible latch-off functionality diagnosis multiplexed current sense	automotive specification of 12 V boardnet $R_{DS(on)}$ from 4 mΩ ... 80 mΩ	Automotive smart high side switch
STMicroelectronics	STEFxx	STEFxx	protection against output OC and OV programmable linear soft start time current limitation thermal protection status feedback on some STEFxx	STEF01: 8 V ... 48 V, programmable STEF03: 3.3 V / up to 3.6 A STEF04: 3.3 V / 5 V / 5 A STEF05: 5V / up to 3.6 A STEF12: 12 V / up to 3.6 A	Electronic fuse
STMicroelectronics		STPW12	protection against excessive input power thermal protection adjustable power limit short circuit limit	10.5 V ... 18 V 10 W ... 16 W	Electronic power breaker
Vishay	SIP324xx	SIP32419, SIP32429	single channel protection against OC, OT fault output pin auto restart after 150 ms (SIP32429) latch off (SIP32419) slew rate control	6 V ... 28 V 0,75 A ... 3,6 A	Load switch with programmable current limit and slew rate control

Produktbeispiele von Halbleitern für den Einsatz in elektronischen Sicherungen

werden. Eine elektronische Sicherung erlaubt einen Soft Start durch eine einstellbare Flankensteilheit des Halbleiterschalters oder durch das Aufsteuern mit einer PWM. Einmal ausgelöst, kann das Wiedereinschalten automatisch und zyklisch mit vorher festgelegter Wiederholungszahl für die Rücksetzversuche geschehen. Alternativ ist das Rücksetzen erst nach Anforderung möglich. Eine Netzwerkanbindung ist dabei sehr vorteilhaft.

Besonders in Systemen, die einen Safety-Integrity-Level (ASIL) erfüllen müssen, ist die Möglichkeit der Diagnose ein notwendiges Produktmerkmal. Auch hier bietet die elektronische Sicherung Vorteile, weil die Diagnostik direkt integriert werden kann. Die permanente Strommessung ermöglicht außerdem das Erstellen und Auswerten eines Lastprofils. Das Ergebnis lässt sich zur Frühwarnung sowie für Präventionsmaßnahmen wie vorbeugende Wartung und Verschleißteileaustausch nutzen.

Weitere Eigenschaften

Im Überlastfall punktet die elektronische Sicherung mit weiteren möglichen Features:

- Im Kurzschlussfall erfolgt eine schnellere Trennung und dadurch ein kürzer andauernder Spannungseinbruch im restlichen Bordnetz. Das ist wichtig für die dort verbauten elektronischen Schaltungen, die bei einem längeren Spannungseinbruch mit nachfolgendem Power-up einen Reset und Boot-Prozess durchlaufen müssen, bevor sie wieder arbeitsfähig sind. Für wichtige Assistenzsysteme, die während der Fahrt für die Dauer des Boot-Prozesses ausfielen, wäre das äußerst bedrohlich – Stichwort „sichere Versorgung“.
- Die elektronische Sicherung kann so ausgeführt werden, dass sie den durchlaufenden Strom auf einen bestimmten Maximalwert begrenzt, bevor sie trennt. Selbst bei einem Kurzschluss bricht die Bordnetzspannung dadurch nicht so weit ein, dass andere Steuergeräte in Reset gehen. Zudem wird die Energieaufladung der Streuinduktivitäten limitiert. Das hält Spannungsspitzen beim Ausschwingvorgang klein.
- Ohne Funkenstrecke entsteht kein Lichtbogen beim Schalten/Trennen. Dadurch ist eine elektronische Sicherung besser geeignet für Ex-geschützte Bereiche.

Produktbeispiele

Die Tabelle zeigt eine Auswahl von Halbleitern für den Einsatz in elektronischen Sicherungen. Einige Bauteile wurden für ganz bestimmte Applikationen entwickelt, ein Smart High-Side-Driver zum Beispiel benötigt noch zusätzliche Logik für einen praxistauglichen Einsatz als Sicherung. Der STEF01 von STMicroelectronics ist ziemlich universell gehalten. Seine Grenzen bezüglich Überstrom (OC), Überspannung (OV), Unterspannung (UVLO) sowie die Slew-Rate sind über externe passive Bauteile einstellbar (fully programmable). Optional kann ein externer FET zur Sperrung von Rückströmen eingesetzt werden.

Ultrakondensatoren

# Energiemanagementstrategien für Telekommunikation und Telematik

*Die Zukunft der digitalen Welt verheißt mehr Komfort und Sicherheit. Doch autonomes Fahren, automatisches Erkennen von Verkehrsschildern und vieles mehr erfordern z.B. permanente Datenverbindungen. Diese setzen wiederum eine stabile, sichere und unterbrechungsfreie Stromversorgung voraus.*

VON VANESSA JAKOB,  
PRODUCT SALES MANAGER CAPACITORS  
BEI RUTRONIK, UND  
JÜRGEN AUER,  
VICE PRESIDENT SALES & MARKETING BEI  
SECH

Die meisten Anwendungen für die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USVs) in der Telekommunikation und Telematik basieren heute auf der Batterietechnologie. Auch Spitzenlasten werden heute damit großteils gepuffert. Die Batterie bietet hier Vorteile durch ihre relativ hohe Energiedichte, Reife und langjährige Vertrautheit im Umgang. Dementsprechend sind die Architekturen speziell auf die Eigenschaften der verfügbaren Batterietechnologie ausgelegt.

Ultrakondensatoren werden seit fast 20 Jahren erfolgreich als Peak-Power- und Backup-Energielösung in zahlreichen Anwendungen, wie z.B. für Windkraftanlagen, Mobilfunk-Basisstationen, Industrieroboteranlagen und eine Vielzahl weiterer elektronischer Geräte und Industriemaschinen, eingesetzt. Sie haben sich in den

Bilder: Sech



Ultrakondensatoren haben sich als Peak-Power- und Backup-Energielösung in vielen Anwendungen etabliert.

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

Committed to Excellence

Apacer  
For Industrial

## ENDURANCE

Mehr Informationen unter  
[Industrial.apacer.com](http://Industrial.apacer.com)

### SLC-liteX

Profitieren Sie von 30.000  
Löschzyklen mit 3D TLC NAND

Um eine Komplettlösung aus einer Hand anzubieten, die die Vorteile der verschiedenen Typen der Flash-Speicher kombiniert, hat Apacer die proprietäre SLC-liteX-Technologie entwickelt. Sie nutzt die TLC-Speicherinfrastruktur, um die Leistung und Haltbarkeit von industriellen SLC-Flash zu simulieren. Die Firmware wurde sorgfältig angepaßt, um die größte Anzahl von P/E-Zyklen in diesem Format anbieten zu können - **30.000**, was 10-mal mehr ist als MLC oder industrieller 3D-TLC. Die Lösung mit der längsten Lebensdauer ist daher zu vernünftigen Kosten für Ihre geschäftskritischen industriellen Anwendungen verfügbar.

- **Formfaktor:**  
2,5", M.2 2280, M.2 2242, MO-300, MO-300B, CFast, microSD
- **8 GB bis 320 GB Kapazität**
- **Sequentielle Lese-/Schreibgeschwindigkeiten 560/520 MB/s**
- **Industrieller Temperaturbereich von -40°C bis 85°C**
- **SSDWidget 2.0 Unterstützung für die Lebensdauerüberwachung**



Mehr NAND Flash-Optimierungstechnologien  
auf Anfrage.

Sales: [sales@apacer.nl](mailto:sales@apacer.nl)

Besuchen Sie uns auf der embedded world 2020



25-27 February  
Halle 1, Stand 505

letzten Jahren durch den steigenden Bedarf zahlreicher großvolumiger Anwendungen sowohl hinsichtlich der Kosten als auch ihrer Leistungsfähigkeit zu Energiespeichern entwickelt, die auch für den Einsatz in großen und kleineren USVs als Brückenspeisung für Rechenzentren, Krankenhäuser und High-Tech-Fertigung eine interessante Alternative ist. Typische Systemgrößen beginnen bei einigen Kilowatt und lassen sich mit modularen Lösungen leicht zu Megawatt-großen Systemen erweitern. Dabei werden einzelne Ultrakondensatorzellen zu Modulen oder gar Systemen verbunden.

#### *Perfekt für Peak-Power und kurzfristige Überbrückung*

Jede dieser Anwendungen, unabhängig von der geforderten Leistungsklasse, benötigt kurzfristig Strom, um entweder den geforderten Leistungsbedarf (Peak-Power) bereitzustellen oder um die heute meistens sehr kurzen Netzunterbrüche zu überbrücken. Bei länger andauernden Stromausfällen wird die Anlage oder das System in einen sicheren Zustand gebracht (Graceful Powerdown). Typischerweise betragen Peak-Power- und Überbrückungszeiten einige Millisekunden bis hin zu 20 Sekunden. Gerade für diesen Bereich sind Ultrakondensatoren ideal. Sie können innerhalb von Sekunden(-bruchteilen) einen Großteil ihrer gespeicherten Energie abgeben und auch wieder aufnehmen – und zwar unzählige Male, ohne Schaden zu nehmen. So werden sie in solchen Anwendungen für eine Lebensdauer von zehn Jahren und mehr konzipiert. Zudem sind sie einfach in der Handhabung. Es ist kein Unterhalt oder Service notwendig und die Überwachung gestaltet sich sehr einfach. Über den Spannungsverlauf kann man auf einfache Weise den Gesundheitszustand des Ultrakondensators evaluieren und kontrollieren.



Als Elektrodenmaterial kommt in Ultrakondensatoren Aktivkohle zum Einsatz.

Blei-Säure-Batterien, der heute vorherrschende Energiespeicher, haben eine kurze Lebensdauer selbst unter Idealbedingungen und es ergeben sich unerwartete Ausfälle aufgrund der elektrochemischen Zusammensetzung. Die Überwachung selbst und die Bestimmung des Gesundheitszustandes ist wesentlich aufwändiger und kostspieliger als bei Ultrakondensatoren. Zudem ist eine ökologische Herstellung schwierig.

Anders bei Ultrakondensatoren: Ihre Eigenschaften beruhen auf einem Aktivkohlenstoffmaterial mit einer extrem großen elektrischen Oberfläche. Das Material wird als Elektrode eingesetzt und ein Elektrolyt, mit dem die Zellen imprägniert werden, sorgt für den notwendigen Ladungsaustausch.

#### *Aufbau von Ultrakondensatoren*

An der Aktivkohle (Carbon Electrode) lagern sich je nach Ladezustand die Ionen des Elektrolyten in einer Distanz im Nanometerbereich an. Da die Kapazität direkt proportional zur Oberfläche und indirekt proportional zum Ladungsabstand ist, können Ultrakondensatoren mehrere hundert Mal mehr Energie speichern als herkömmliche Kondensatoren. Der Lade- und Entladeprozess geschieht dabei auf elektrostatische Weise und ohne chemische Reaktionen wie in Batterien. Ultrakondensatoren können daher die gespeicherte Energie viel schneller und ohne Degradation aufnehmen und abgeben. Damit sind sie geradezu prädestiniert für Anwendungen mit hohem Leistungs- und Energiebedarf sowie hoher Zyklenzahl. Während Batterien das 20-Fache der Energie speichern können, bieten Ultrakondensatoren durch das sehr schnelle Lade-/Entladeverhalten eine bis zu 20-fach höhere Leistungsdichte im Vergleich zu Batterien.

#### *Ultrakondensatoren für hohe Leistung*

Wird eine hohe Energieverfügbarkeit vorausgesetzt, ist ein Batteriespeicher die erste Wahl – trotz seiner bekannten Schwächen und unabhängig davon, mit welcher Bat-

terietechnologie er realisiert wird. Doch immer häufiger kommt eine Kombination von Batterien mit Ultrakondensatoren zum Einsatz. Dabei ist darauf zu achten, dass die beiden Speichertechnologien ein unterschiedliches Potentialverhalten aufweisen: Batterien speichern und liefern ihre Energie über Redox-Reaktionen (d.h. faradaysche oder Stoffaustauschprozesse) und halten dadurch ein nahezu konstantes Potenzial, bis die Reaktionsmasse verbraucht ist. Bei Ultrakondensatoren hingegen verändert sich die Spannung mit der gespeicherten Ladung.

#### *Dream-Team Batterie und Ultrakondensator*

Für Anwendungen in der Telekommunikation und Telematik sind hingegen Vorteile bei einer direkten parallelen Kombination möglich. Werden z.B. einzelne Lithiumzellen (~4 V) über zwei in Reihe geschaltete Ultrakondensatoren (~2,5 V) parallel geschaltet, liefert der Ultrakondensator aufgrund seines sehr niedrigen Innenwiderstandes einen Großteil der während der Übertragung benötigten Peak-Power-Leistung. Die Lithium-Ionen-Zelle stellt die gesamte Reserveleistung und Standby-Leistung bereit. Die Kombination führt zu einer deutlichen Verbesserung der Betriebszeit. Ähnliche Beispiele finden sich bei der Speisung von Telekommunikations-Basisstationen. Sie erfordern bei Spannungseinbrüchen in der Versorgungsleitung und Ausfällen von Millisekunden bis mehreren Sekunden Dauer eine lokale Energiespeicherung.

Die aktive Parallelkombination benötigt einen möglichst effizienten Leistungsprozessor, einen bidirektionalen DC-DC-Wandler, der sich bei großen Spannungsschwankungen am Eingang wohl fühlt und sofortige Leistungsumkehrung ohne Verlust der Regelung zulässt. Heutige Ultrakondensatoren bieten mit ihrem sehr tiefen Innenwiderstand die Möglichkeit, den für ein effizientes System geforderten Wirkungsgrad (Ultrakondensator plus DC-DC-Wandler) von über 90 % zu realisieren. Sicher gilt es dabei auch die Kosten zu berücksichtigen. Dennoch überwiegen in einer gesamtheitlichen Kosten-Nutzen-Betrachtung die Vorteile einer Kombinationslösung. Lebensdauertests haben gezeigt, dass die Kombination mit Ultrakondensatoren die Lebensdauer von Batteriespeichern massiv erhöhen und die Leistungsverfügbarkeit deutlich steigern kann. Zahlreiche Firmen weltweit konzentrieren sich heute auf entsprechende Kombinationslösungen und haben die dafür erforderliche Leistungselektronik entwickelt.



Neue Technologie hindert Mücken am Stechen

# Das juckt mich nicht mehr

*Mindestens so schlimm wie das Surren der Mücke sind die Stiche – alle Geplagten wissen, dass einen das Jucken fast zum Wahnsinn treiben kann. Abhilfe beschränkt sich bislang meist darauf, den Juckreiz zu lindern. Jetzt hat ein Start-up ein Armband entwickelt, das dafür sorgt, dass die Mücken erst gar nicht stechen.*

VON BERND HANTSCHÉ,  
DIRECTOR PRODUCT MARKETING  
EMBEDDED & WIRELESS BEI RUTRONIK

**F**alls du glaubst, dass du zu klein bist, um etwas zu bewirken, dann versuche mal zu schlafen, wenn eine Mücke im Raum ist.« Mit diesem Zitat drückt der Dalai Lama nicht nur aus, dass jeder etwas verändern kann, sondern auch, dass er weiß, wie lästig Stechmücken sein können.

Die Wechselwirkung von Aktion und Reaktion lernen wir bereits in der Kindheit. Beispiel für eine Aktion ist der Mückenstich. Die Reaktion ist unangenehmes Jucken und dann Kratzen. Hier setzen viele Mittel an, die den Juckreiz mildern sollen. Anders nopixgo. In Form eines Armbands verhindert es, dass es überhaupt zu einer Aktion, einem Mückenstich, kommt.

Herzstück des nopixgo-Armbands ist das Modul mit „Biopulse-Technology“. Es arbeitet mit schwachen elektromagnetischen Impulsen und Wellen, die das Stechverhalten von Mücken beeinflussen. Die Insekten nehmen diese natürlichen Impulse durch ihre Sensillen, das sind haarähnliche Sinnesorgane, wahr. Ein in ihrer DNA verwurzelter Instinkt löst daraufhin eine Schutzreaktion aus, die Mücken zeigen ein unterdrücktes Stechverhalten oder fliehen. So reduziert das Armband das Risiko eines Mückenstiches in einem Umkreis von zwei Metern drastisch.

Verglichen mit anderen Mückenschutzmitteln hat das nopixgo-Armband noch mehr Vorteile: Anders als an chemische Substanzen kann

sich die Stechmücke nicht an die elektronischen Reize gewöhnen, die das Armband ausstrahlt. Denn sie lösen ein instinktives Schutzverhalten der Mücke aus. Zudem beruht die Wirkung nicht auf teilweise gesundheitsbedenklichen chemischen Lösungen, wie sie in Cremes und Sprays eingesetzt werden. Es gibt keinen unangenehmen Film auf der Haut noch Gerüche.

## Gefahren elektromagnetischer Strahlung

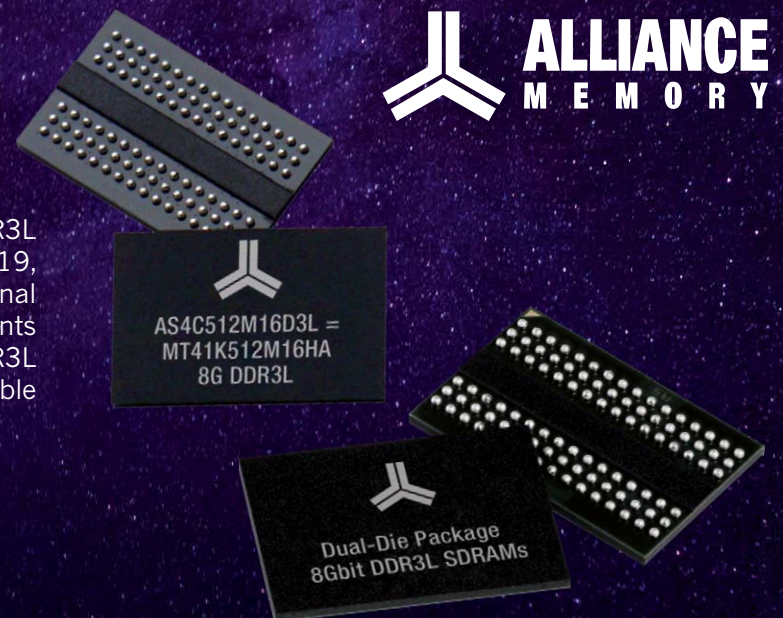
Gegenüber elektromagnetischen Impulsen, wie sie das Armband nutzt, gibt es jedoch auch viele Vorbehalte. Und die sind generell nicht unbegründet. So hat die Weltgesund-

Anzeige

## Alliance Memory support for Micron EOL single- and dual-die 8G DDR3L SDRAMs

When Micron Technology announced EOL for its popular 8G DDR3L single-die SDRAMs with a last shipment date of 13 July 2019, Alliance Memory had its customers covered. We're offering the original Micron part numbers, along with Alliance Memory identical replacements of the monolithic devices, as well as dual-die package 8G DDR3L SDRAMs for long-term support and new designs. The parts are available in mass production with lead times of just four to six weeks.

Learn more at  
[www.alliancememory.com/micron8G](http://www.alliancememory.com/micron8G)



heitsorganisation WHO die elektromagnetische Hypersensitivität (EHS) im Juni 2018 als Krankheit anerkannt und in die Klassifizierungen der Umweltkrankheiten aufgenommen.

Parallel dazu haben Wissenschaftler die Sensibilität gegenüber elektromagnetischer Strahlung weiter untersucht. So haben zum Beispiel der Biologe Prof. Dr. Alexander Lerchl und sein Team von der Jacobs-Universität in Bremen bei Mäusen nachgewiesen, dass krebserregende Substanzen mehr Tumore hervorrufen, wenn die Tiere lebenslang elektromagnetischen Feldern ausgesetzt wurden, wie sie etwa Mobiltelefone erzeugen.

Ein ganz neues Indiz für elektromagnetische Sensitivität liefern Untersuchungen der spanischen Universität Saragossa. Dort hat man weibliche *Aedes albopictus* – eine Mosquitoart, bei der die Weibchen Blut saugen – mit einer Sub-GHz-ISM-Trägerfrequenz und einer Modulation im kHz-Bereich beschossen. Das Ergebnis: Die Funkwellen haben das Stechverhalten der Mücken unterdrückt.

Kurt Stoll, Schweizer Elektronik- und Hochfrequenzwissenschaftler, hatte dieses Verhalten bereits lange zuvor entdeckt und die Modulation der Frequenzen seitdem stetig verbessert. In Zusammenarbeit mit Insektologen der Universität Tübingen hat er sie zudem weiteren Mückenarten angepasst. Inzwischen sind die Frequenzmuster patentiert und als Biopulse-Technology in einem Funkmodul erhältlich. Als erste Anwendung findet sich das Modul im nopixgo-Armband. Nach Feldtests mit kleinen Stückzahlen und stetiger Optimierung der Firmware kam es durch Unterstützung des Partners Rutronik u.a. mit Logistiklösungen rechtzeitig zur Mückensaison 2019 auch für Endkunden auf den Markt. Sie können nopixgo über zahlreiche Handelspartner weltweit beziehen.

*Gefährliche und ungefährliche Strahlung*

Auch wenn die Angst vor elektromagnetischen Strahlen nicht aus der Luft gegriffen ist, ist sie in Bezug auf nopixgo nicht angebracht. Bei 5G-Netzen geht es beispielsweise um viermal höhere Frequenzen und eine vielfach höhere Sendeleistung als bei dem Mückenschutzarmband. Das gilt selbst für den heimischen WiFi-Router. WiFi nutzt meist noch das 2,4-GHz-Band und schöpft die dort gesetzlich erlaubten 100 mW (20 dBm) in der

Regel voll aus, um eine möglichst hohe Reichweite und eine robuste Kommunikationsstrecke zu erzielen.

Zum Vergleich: Die Mikrowelle beschießt die Nudelsuppe mit derselben Frequenz wie der WiFi-Router das Smartphone, im Normalfall stecken jedoch 600 bis 800 W Sendeleistung in den Wellen. Wer ein Glas Wasser neben seinen WiFi-Router abstellt, wird merken, dass die maximal 0,1 W des Routers nicht ausreichen, um das Wasser zu erhitzen. Bei den 2 W, die ein Smartphone in Richtung GSM-Basisstationen aufbringen kann, scheiden sich die Geister. Bei längeren Telefonaten und schlechter Netzabdeckung konnten regionale und



temporäre Erwärmungen des ohrliegenden Hautgewebes gemessen werden. Deshalb ist ein Bluetooth-Headset (2,4 GHz, typ. 10 mW, gesetzliches Maximum auch hier 100 mW) immer die gesündere Alternative für Vieltelefonierer.

Die Signalstärke der Impulse bei nopixgo beträgt nicht einmal ein Prozent der Stärke eines Smartphones. Der SAR-Wert des Armbandes – die spezifische Absorptionsrate, das ist das übliche Maß für die Absorption von elektromagnetischen Feldern z.B. durch den menschlichen Körper – beträgt 0,1 W/kg. Die verschiedenen Modelle des Huawei P20 kommen laut Bundesamt für Strahlenschutz auf SAR-Werte von 0,73 bis 0,76 W/kg (am Ohr) bzw. 1,21 bis 1,26 W/kg (am Körper), das iPhone Xs hat am Ohr und am Körper einen SAR-Wert von 0,99 W/kg. Als obersten Grenzwert empfiehlt die WHO 2,0 W/kg.

Einen ganz anderen Ansatz verfolgt ein anderes Start-up. Unter dem Namen „Heat It“ hat es eine Wärmequelle entwickelt, die den Juckreiz mildern soll. Die angenehme Vorstellung nimmt Mückenstichen den Schrecken, und so

beteiligen sich derzeit Spekulanten an der Crowdfunding-Kampagne, in der Hoffnung, dass ab der Verfügbarkeit 2020 ein Return of Investment folgen wird. Während das Heat-It-Gadget an der Reaktion ansetzt, verhindert das nopixgo-Armband, dass es überhaupt zu einem Stich kommt – und ohne Stich braucht auch niemand eine Schmerzlinderung.

*Die Mücke – das gefährlichste Tier der Welt*

Hinzu kommt: Heat It schützt nicht vor der Übertragung von Krankheiten durch Mücken. Genau das war jedoch der Hauptantrieb für den Erfinder der Biopulse-Technology, Kurt Stoll. Sein Ziel war es, das Leiden der Kinder in Afrika zu lindern, die an Malaria erkranken. Dass Stechmücken auch andere Vektorerkrankungen, wie Denguefieber oder Zika, übertragen, macht sie zum gefährlichsten Tier der Welt.

Wie viele Erfindungen, die auf völlig neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen basieren, kämpft auch nopixgo gegen die Vorurteile, die gegenüber den anderen Mückenschutz-Gadgets auf dem Markt existieren. Diese basieren jedoch alle auf ganz anderen Funktionsweisen. Als Elektronik-Distributor kann Rutronik die Funktionsweise der zugrunde liegenden Biopulse-Technology einschätzen und ist von der Funktion – und dem Erfolg – des nopixgo-Armbandes überzeugt. Deshalb unterstützt Rutronik den Material- und Kapitalfluss des Schweizer Start-ups: Zum einen werden die elektronischen Komponenten für die Leiterplattenbestückung bereitgestellt, zum anderen wird über das zentraleuropäische Logistikzentrum von Rutronik der Versand des Armbandes an Händler weltweit gesteuert. Rückläufer, Beschwerden und Reklamationen blieben bisher aus, was nicht nur ein Indiz für die Schweizer Produktionsqualität ist, sondern auch für die zufriedenstellende Funktionsweise.

Der Autor dieses Artikels trägt seit rund sechs Monaten ein nopixgo-Armband und hatte während der gesamten Zeit noch keinen einzigen Mückenstich; damit wurden auch Mittel gegen das Jucken entbehrlich. Schön wäre das Biopulse-Modul der Armbänder auch in Kühlboxen, Angelruten, Campingstühlen und Autos – man vergisst ja auch mal, das Armband anzulegen. ■

Bild: Nopix Global

API-Anbindung

# Auf dem Weg zur automatisierten Beschaffung

*Bei der Beschaffung von Elektronik-Komponenten zählen bei ESO Electronic oft nicht Tage, sondern Stunden oder Minuten. Deshalb verfolgt der EMS-Dienstleister konsequent den Weg, den Prozess zu digitalisieren und damit zu automatisieren.*

VON ANDREA BISSINGER,  
DIRECTOR SALES GLOBAL BEI RUTRONIK24

**E**in Schwerpunkt beim Leiterplattenbestücker ESO Electronic liegt auf Rapid Prototyping. So ist es normaler Betriebsalltag, für über 200 Kunden innerhalb von fünf Tagen komplett bestückte Leiterplatten zu liefern. Wenn jedes einzelne Bauteil, das hier zum Einsatz kommt, manuell bei verschiedenen Distributoren angefragt, Preise und Verfügbarkeiten verglichen und Bestellungen aufgeben werden müssen, ist das nur mit sehr viel Man-

power möglich. Um allein für einen einzelnen Artikel alle nötigen Informationen auf den Webshops von mehreren Distributoren einzuholen und ggf. Details telefonisch oder per Mail zu klären, benötigt ein Einkäufer mehrere Minuten. Geht es um hundert Bauteile, summiert sich die Recherche auf viele Stunden. »Nicht nur, dass es extrem lange dauert – die manuelle Arbeit bietet überhaupt keinen Mehrwert und die Zeit könnte für strategische

Anzeige

## Kommunikation die sich rechnet Communication that pays off

- Kundennähe garantiert individuelle und effiziente PR-Maßnahmen
- Technisches Verständnis für passgenaue Texte
- Erfolgreiche PR-Konzepte dank fundiertem Branchen-know-how
- Maximale Ergebnisse mit minimaler Bürokratie
- Customer focus guarantees customised and efficient PR measures
- Technical know-how for texts precisely adapted to key target media
- Successful PR concepts thanks to established knowledge of the industry
- 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](mailto:pr@lorenzoni.de)

**agentur  
lorenzoni**  
public relations

[www.lorenzoni.de](http://www.lorenzoni.de)



Bild: penguiiiin/stock.adobe.com

Aufgaben wesentlich sinnvoller genutzt werden«, erklärt Dominik Ottenbreit, Geschäftsführer ESO Germany.

Hinzu kommt: Mit der großen Mehrzahl seiner Lieferanten pflegt ESO Electronic schon langjährige Geschäftsbeziehungen. Dieser positive Aspekt hat bei der herkömmlichen Art der Beschaffung jedoch auch einen Nachteil: Den Einkäufern fallen bei bestimmten Produkten oder Produktgruppen gleich ganz bestimmte Distributoren ein. Das hat dazu geführt, dass andere Lieferanten für diese Komponenten gar nicht angefragt wurden – auch wenn sie die gefragten Bauteile inzwischen auch im Portfolio haben und vielleicht sogar attraktivere Konditionen bieten.

.....  
*Selbst entwickeltes  
 Warenwirtschaftssystem*  
 .....

Um den Beschaffungsprozess weitgehend zu automatisieren, so erheblich zu beschleunigen und transparent stets alle relevanten Distributoren anzufragen, hat ESO ein eigenes Warenwirtschaftssystem entwickelt. Das Programm enthält für jeden Distributor und Lieferanten speziell geschriebene Software, die sich an deren verschiedene APIs (Application-Programming-Interface) andockt. Über diese Schnittstelle lassen sich Informationen 1:1 maschinenlesbar übertragen. Damit hat ESO die Voraussetzungen geschaffen, um automatisierte Anfragen an eine ausgewählte Zahl von Distributoren zu senden.

Das System von ESO Electronic ist jedoch erst die halbe Miete: Nur wenn die Distributoren die entsprechenden Daten ebenfalls in einem

maschinenlesbaren Format zur Verfügung stellen und eine API haben, funktioniert der Datenaustausch. Rutronik24 bietet seit 2016 über die e-Commerce-Plattform [rutronik24.com](http://rutronik24.com) ein API. Hierfür genügt es, nach dem Login bzw. der Registrierung das API-Manual herunterzuladen und den persönlichen API-Key anzufordern. Diesen gibt man über den Browser ein und erhält im XML- oder JSON-Format den Stück- und Staffelpreis in verschiedenen Währungen, den tagesaktuellen freien Lagerbestand und die Standardlieferzeit, Mindestbestellmenge sowie Verpackungseinheit und -art (Bulk, Reel, Tube), die Gehäuse-/Bauform, den Beschreibungstext für das Produkt sowie den Rutronik-Matchcode.

.....  
*Vorreiter in der API-Nutzung*  
 .....

ESO Electronic gehörte zu den Rutronik24-Kunden der ersten Stunde, die das API nutzten, und hat deren Weiterentwicklung aktiv mit vorangetrieben. »Es ist sehr klar geschrieben und einfach gehalten, die Dokumentation leicht verständlich, sodass wir die Anbindung innerhalb weniger Tage realisieren konnten. Wenn es mal technische Fragen gegeben hat, stand uns immer ein Ansprechpartner zur Verfügung«, beschreibt Dominik Ottenbreit.

Anfangs waren die Antwortzeiten der API mit bis zu 30 Sekunden jedoch noch relativ lang. Dominik Ottenbreit hat das Thema bei einem Besuch bei Rutronik24 in Ispringen angesprochen. Marek Fuchs, Team Leader Field Sales bei Rutronik24, erinnert sich: »Wir haben von ESO einige Auswertungen bekommen, was uns bei der Optimierung des Systems sehr unterstützt hat. So konnten wir die Antwortzeiten ziemlich

schnell erheblich reduzieren.« Heute liegen sie in der Regel unter einer Sekunde. Der Einkauf erhält innerhalb weniger Sekunden eine Liste mit Preis und Verfügbarkeit von jedem Lieferanten, wobei der günstigste Preis ganz oben und hervorgehoben erscheint, daneben der marktübliche Preis zum Vergleich. Damit sind in kürzester Zeit komplette Stücklisten bepreist und das System wählt automatisch die entsprechenden Lieferanten. Bei projektbezogenen und kostspieligen Artikeln ist allerdings nach wie vor manuelles Handeln erforderlich, denn hier können Preise erst dann geliefert werden, wenn der Hersteller die entsprechenden Informationen an den Verkauf weitermeldet.

Derzeit fallen bei ESO Electronic in drei Monaten durchschnittlich über 100.000 API-Anfragen an. Dabei erhält der EMS-Dienstleister bei Rutronik24 immer automatisch seine attraktiven individuellen Preise. »Aufgrund der API-Integration und der ausgezeichneten, intensiven Betreuung durch die Außen- und Innendienstmitarbeiter ist Rutronik24 in den letzten drei Jahren zu einem unserer wichtigsten Lieferanten geworden«, erklärt Dominik Ottenbreit.

.....  
*Nächste Stufe:  
 Automatische Bestellung*  
 .....

Mit der automatisierten Anfrage ist jedoch noch nicht Schluss, ESO Electronic hat bereits die nächste Stufe im Blick. Dann soll der im ESO-Warenwirtschaftssystem erzeugte Warenkorb auch die Bestellung über die API bei Rutronik24 auslösen. Bislang muss diese noch manuell eingegeben werden. ■

PM-Bereich „Standard Products“

# Niemand spricht darüber, jeder braucht sie!

*Rutronik stellt nicht nur innovative, neue Produkte vor,  
sondern auch die internen Strukturen des Distributors werden  
immer wieder dort, wo es nötig erscheint, erneuert.*

VON REZA MAGHDOUNIEH,  
SENIOR MANAGER PRODUCT MARKETING  
PURCHASING & STANDARD PRODUCTS  
BEI RUTRONIK

**S**tandard Products“, die sogenannten Commodities, sind in fast jeder Applikation vorhanden, egal ob zum Schutz der Applikation vor Überspannung, Operationsverstärker zum Verstärken eines analogen Signals oder Transistoren zum Steuern von Spannung und Strömen. Bezeichnend für diese Produkte ist ein sehr breit gefächertes Produktportfolio von vielen verschiedenen Herstellern mit meist identischen technischen Parametern. Die Auswahl der Bauteile für eine spezifische Applikation erfordert in der Regel keine intensive Beratung durch Field Application Engineers (FAEs) oder des Hardwareingenieurs in den Entwicklungsabteilungen, sondern ist hinreichend bekannt und verbreitet. Hier kann nur der Distributor mit der besten Performance, also durch Preis und gleichzeitige Verfügbarkeit, gewinnen. – Rutronik hat sich im Jahre 2018 entschieden, die vorhandenen Kompetenzen im Haus zu bündeln, und

hat am 1. Januar 2019 den Produktmarketingbereich „Standard Products“ etabliert. In dieser technischen Marketingabteilung werden die kommerziellen Vorteile durch den Volumeneinkauf des Unternehmens gebündelt und durch die technische Expertise dreier sehr erfahrener Produktmanager ergänzt.

Diese Vorteile will Rutronik nun auch verstärkt an seine Kunden weitergeben. Der neue Bereich bündelt also nun die Aktivitäten im Bereich der Commodities und betreut, gemeinsam mit dem Vertrieb, Kunden vor Ort. Die Produktmanager werden hierzu im Tagesgeschäft durch fünf operative Einkäufer unterstützt, die nicht nur langjähriges Know-how auf Kunden- und Herstellerseite mitbringen, sondern auch in der Vergangenheit durch Produktwissen und Marktkenntnisse positiv zur Geschäftsentwicklung von Rutronik beigetragen haben.

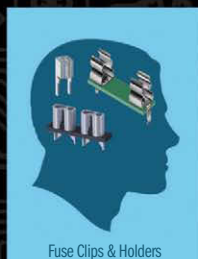
Anzeige

# THINK™

INTERCONNECT COMPONENTS & HARDWARE



Battery Clips, Contacts & Holders



Fuse Clips & Holders



Terminals and Test Points



Spacers & Standoffs



Plugs & Jacks



Multi-Purpose Hardware

IT'S WHAT'S ON THE INSIDE THAT COUNTS  
**KEYSTONE**  
ELECTRONICS CORP.

European Headquarters: [www.keyelco.com](http://www.keyelco.com) • 33 (1) 46 36 82 49 • 33 (1) 46 36 81 57





Bild: Rutronik

Eine klare Fokussierung auf die wichtigsten Hersteller sowie eine vertrauensvolle Zusammenarbeit gewähren direkten und zeitnahen Zugriff auf technische Ressourcen sowie größtmögliche Unterstützung bei kommerziellen Fragestellungen. Hierzu gehören nicht nur marktgerechte Preise, sondern auch eine schnelle Eskalation bei etwaigen Lieferverzögerungen, die noch im letzten Jahr ein gängiges Thema in der Branche waren. Um die Verfügbarkeit für Kunden weltweit zu sichern und jederzeit auch sehr kurzfristig lieferbereit zu sein, hat Rutronik die Verfügbarkeit der Bauteile weiter erhöht, sodass das Unternehmen heute in der Lage ist, auch neue Bedarfe bei Kunden innerhalb von wenigen Tagen zu beliefern.

Eine erste Preis- und Verfügbarkeitsindikation können Kunden auf [www.rutronik24.com](http://www.rutronik24.com) abfragen. Schon hier zeigt sich im Vergleich zu anderen e-Commerce-Plattformen eine deutlich höhere Verfügbarkeit bei deutlich attraktiveren Kosten. Zudem bietet Rutronik online rund um die Uhr die Möglichkeit, Muster für neue, innovative sowie für gängige, bereits am Markt eingeführte Produkte zu bestellen. Der Vorteil liegt auch darin, dass technische Spezialisten bei Fragen zu Standard-Bauteilen jederzeit bereitstehen, um qualifiziert beraten zu können. Um die Kunden zur vollsten Zufriedenheit zu unterstützen, stehen die technisch bestens ausgebildeten Produktmanager ebenso wie FAEs den einzelnen Entwicklungsabteilun-

Rutronik24 BaseCamp

# Mehr als nur Starthilfe für Start-ups

*Start-ups scheinen fast überall zu sein: in den Schlagzeilen, Finanznachrichten und sogar in Fernseh-Shows.*

*Bei Rutronik ist die Unterstützung junger Unternehmen nicht neu – doch ein eigenes Team, das ausschließlich ihnen zur Verfügung steht, gibt es erst seit Kurzem.*

VON MAREK FUCHS,  
TEAM LEADER FIELD SALES BEI RUTRONIK24

welcome to innovation night

Das Start-up-Team „BaseCamp“ gehört zu Rutronik24, das ist die Vertriebsorganisation von Rutronik, die sich auf kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) sowie große Firmen mit kleineren und mittleren Bedarfen spezialisiert hat – und damit auch für junge Unternehmen perfekt aufgestellt ist. Die drei Mitglieder des Teams von

Anzeige

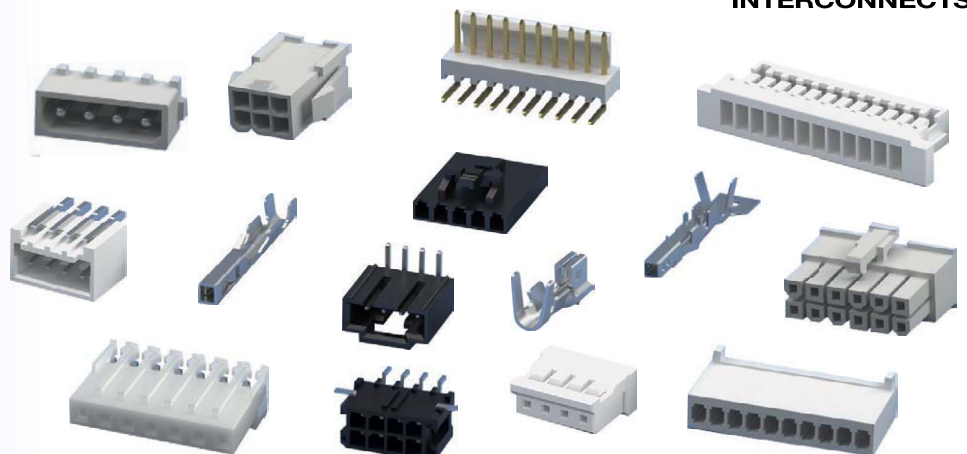
## Flexible Solution

The basic connectors  
Meet your complex design

ADAM TECH WIRE TO BOARD

### Features and Benefits:

- Wide range of industries.
- Wide range of centerline spacings.
- Different locking features.
- Many positions and mounting orientations.
- Signal and Power applications.
- 0.80mm pitch to 4.2mm pitch



**ADAM**  
**TECH**  
INTERCONNECTS

gen zur Beratung bei technischen Fragen jederzeit vor Ort zur Verfügung.

Die umfangreiche Linecard mit den marktführenden Herstellern sichert Kunden nicht nur hervorragende technische Qualität, sondern bietet ihnen auch eine langfristige Versorgungssicherheit für ihre Applikation.

Die engagierten Mitarbeiter der neuen Abteilung „Standard Products“ bei Rutronik haben sich ganz dem Unternehmenscredo „Committed to Excellence“ verschrieben: Kurze Wege, kurze Lieferzeiten und kleine Preise – das soll nicht nur ein Marketing-Claim sein, sondern wird jeden Tag gelebt. ■

Bilder: innovation valley



BaseCamp konzentrieren sich voll und ganz darauf, junge Unternehmen langfristig zu unterstützen.

Auch wenn die Rutronik24-Vertriebsstruktur für Start-ups ideal ist, unterscheidet sich der Support deutlich von dem für die klassischen Rutronik24-Kunden. Das liegt in erster Linie an der Gründungssituation: Die meisten Start-ups sind kleine Teams und fangen buchstäblich auf der grünen Wiese an. Es gibt oft noch keine definierten oder gar automatisierten Prozesse, etwa für die Beschaffung oder Produktion. Meist fehlen noch Partner, z.B. für die Herstellung oder den Vertrieb. Viele haben zudem noch keinen ausgereiften Business-Plan oder keine wasserdichte Finanzplanung.

### Langfristige Beziehung gesucht

Das BaseCamp-Team gibt den jungen Unternehmen nicht nur Starthilfe, sondern sieht sich als langfristiger Partner. Je nach Bedarf und Situation beginnt das damit, den Business-Plan und die Finanzplanung kritisch zu prüfen oder erst gemeinsam zu erarbeiten, mit Balanced Scorecard, SWOT-Analyse, Machbarkeitsstudie und vor allem Technologiebe-

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



Small size  
Fast transient  
Low noise

## Get to market faster

with Murata MonoBK DC-DCs for FPGA power supply rails

### MonoBK

MonoBK is designed specifically to help designers get to market faster with validated, high performance solutions. In a small package, these power modules integrate inductors, FETs, compensation, and other passive components.

### Features

- **Low noise** - no need for noise filter  
Save cost and test resource
- **Fast transient** - fewer external capacitors  
Save capacitor cost  
Solve the L/T issue
- **Small size**  
Small footprint saves PCB cost

✉ [info@murata.com](mailto:info@murata.com)

🌐 [www.murata.com](http://www.murata.com)

**muRata**  
INNOVATOR IN ELECTRONICS



ratung bzw. -beurteilung. Dabei schaut sich das BaseCamp-Team gemeinsam mit Kollegen, die Fachleute für die spezifische Anwendung oder den jeweiligen Markt sind, genau an, ob die Neuentwicklung echte Alleinstellungsmerkmale am Markt hat. Steht an einem dieser Punkte am Ende kein überzeugendes Konzept, hat das Start-up kaum eine Chance am Markt. Deshalb ist es nicht nur für Rutronik24 entscheidend, diese Aspekte kritisch zu prüfen, sondern liefert auch dem neu gegründeten Unternehmen eine wichtige Einschätzung für seinen Markterfolg.

Fällt die erste Analyse positiv aus, entscheidet das BaseCamp-Team gemeinsam mit dem Start-up, wie es weiter geht. Der Support kann dann aus Beratung bestehen, etwa zu den Beschaffungs- und Produktionswegen, zum Mar-

keting, der Go-To-Market-Strategie oder zu Vertrieb und Logistik, aber auch aus Unterstützung bei der Automatisierung möglichst vieler Prozesse. Für die klassische Beratung bei der Komponentenauswahl zieht das BaseCamp-Team die Rutronik-Produktmanager und -Applikationsingenieure hinzu und stellt bei Bedarf auch den Kontakt zu Komponentenherstellern her. Bei der Vermittlung passender Produktions- und Vertriebspartner kann Rutronik auf ein großes, weltweites Netzwerk zurückgreifen. Schließlich kommt die Roadmap auf den Prüfstand, denn sie ist die Basis für den langfristigen Erfolg des Unternehmens. Alle Consulting-Leistungen wie auch die Möglichkeit, das Rutronik-Netzwerk zu nutzen, können Start-ups vollkommen kostenfrei nutzen.

Kontakte zu Start-ups hat Rutronik bereits durch die Zusammenarbeit mit Unis und Hochschulen geknüpft, die bei dem Distributor schon Tradition hat. Das BaseCamp-Team ist außerdem in Kontakt mit verschiedenen Fraunhofer-Instituten, IHKs, Innen- und Wirtschaftsministerien und ist auf vielen Messen und Events präsent. In Zukunft soll ein Truck als Eyecatcher und Meeting-Point dienen.

*Neue Partner,  
neue Wege, neue Chancen*

Zu den wichtigsten Partnern von Rutronik24 gehört innolution valley. Das Team hat eine

starke Plattform für den Austausch und die Zusammenarbeit zwischen Gründern bzw. jungen Unternehmern, vor allem im B2B-Bereich, sowie etablierten Unternehmen und Investoren, geschaffen. Für das persönliche Kennenlernen, Netzwerken und Voneinander-Lernen sind das jährliche innolution-valley-Festival und die innolution night feste Termine im Kalender der Community. Zu der gehört seit 2017 auch Rutronik24; seitdem hat sich Rutronik24 zu einem wichtigen strategischen Partner für die Region Pforzheim entwickelt. 2020 wird Rutronik24 einer der Hauptpartner des innolution-valley-Festivals und der innolution night 2020 in Pforzheim sein. »Rutronik24 ist prädestiniert für die Zusammenarbeit mit Start-ups, denn davon können beide Seiten stark profitieren«, so die Ansicht von Gunnar Groß, Founder und Host bei innolution valley. »Vor allem junge Hardware-Unternehmen aus dem B2B-Bereich erhalten nicht nur Unterstützung bei ihrer Produktentwicklung und die Rückmeldung eines etablierten Unternehmens, das sich in der Industrie bewährt hat, sondern können – ebenso wie Rutronik – von einer langfristigen Lieferantenbeziehung profitieren. Dazu kommt: Im BaseCamp-Team finden Start-ups echte Treiber, die den Need für zukunftsfähige Geschäftsmodelle erkannt haben. Und ohne die kann kein Start-up erfolgreich sein.«

Upcoming Event:  
Innolution valley 2020 – 12./13. Februar 2020,  
Wagenhallen Stuttgart

## Aurix-Mikrocontroller

# Auf Nummer sicher gehen

*Das Thema Sicherheit gewinnt in allen technischen Bereichen an Bedeutung. Entwickler müssen daher immer häufiger schlüssige Sicherheitskonzepte entwerfen, die die einzelnen Bauelemente bis ins Detail berücksichtigen. Als Herzstück eines Systems stehen Mikrocontroller dabei im Fokus.*

VON DAVID WERTHWEIN,  
PRODUCT MANAGER DIGITAL  
BEI RUTRONIK

**H**insichtlich funktionaler Sicherheit liefert IEC 61508 die zentralen Vorgaben. Sie umfasst eine Reihe von Normen für die „funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme“. Für bestimmte Anwendungsgebiete existieren leicht angepasste Normen, die der IEC 61508 untergeordnet sind. Als Anpassung an den Automobilsektor gilt ISO 26262.

### Zahlreiche Sicherheitsmerkmale

Infineons 32-bit-Mikrocontroller-Familie Aurix erfüllt nicht nur die Anforderungen von ISO 26262 bis ASIL-D, sondern sie wurde auch als SEooC (Safety Element out of Context) entwickelt: Die Derivate der Aurix-Familie können aufgrund ihrer Sicherheitsmerkmale in ein sicherheitsrelevantes System integriert werden.



Die Aurix-Familie wird in der zweiten Generation in 40-nm-Embedded-Flash-Technologie gefertigt und ist vollständig Automotive-qualifiziert. Dank sechs TriCore-Prozessorkernen mit bis zu 300 MHz bietet sie deutlich mehr Rechenleistung als ihr Vorgänger (1. Generation, TC2x: 740 DMIPS; 2. Generation, TC3x: 2400 DMIPS). Besonders die Unterstützung für die funktionale Sicherheit macht den Aurix auch für Industrie-Applikationen interessant. Folgende Sicherheitsmerkmale in Hard- und Software zeichnen den Aurix-Mikrocontroller für sicherheitskritische Anwendungen aus:

- Checker-Cores
- Flash & RAM ECC (Error-Correcting Code)
- Safe SRI (Crossbar)
- Spannungs-, Frequenz- und Peripherieüberwachung
- Safety-Management-Unit (SMU)
- Sicherheitsmanager SafeTpack
- Logic-Built-In-Self-Test (LBIST)

Die Checker-Cores laufen im Hintergrund und überwachen den Prozessor. Alle Operationen werden doppelt ausgeführt. Sobald unter-

schiedliche Ergebnisse erzielt werden, erfolgt eine Fehlermeldung durch die SMU.

Sowohl das Flash als auch das RAM weisen eine integrierte ECC-Funktion auf. Dieses Fehlererkennungsverfahren stellt fest, ob bei der Speicherung oder Übertragung von Daten ein Fehler vorliegt. Falls ein solcher erkannt wird, lässt er sich korrigieren.

Über SRI (Shared Resource Interconnection), auch Crossbar genannt, werden Daten zwischen den Cores und dem Speicher hin und her transferiert. Diese Verbindungen sind mit Hardwaremechanismen in Form von Ende-zu-Ende-Verbindungen abgesichert.

Die zweite Generation der Aurix-Mikrocontroller basiert auf einer Betriebsspannung von 3,3 V und einer Frequenz von 300 MHz. Bei Über- oder Unterschreiten der zulässigen Toleranzen wird ein Alarm generiert. Die Peripherie kann z.B. per CRC (Cyclic Redundancy Check) überwacht werden. Bei diesem Verfahren wird die korrekte Datenübertragung mit Prüfsummen kontrolliert.

Die Safety-Management-Unit ist als integrierte Hardware-IP im Aurix für die Erfassung, Verarbeitung und Auswertung aller Fehler in Bezug auf Sicherheit zuständig.

SafeTpack ist ein umfassender Sicherheitsmanager für die zweite Aurix-Generation und wurde von der Firma Hitex entwickelt. Er koordiniert die Durchführung von Inbetriebnahme- und zyklischen Tests, die den korrekten Betrieb der Aurix-Prozessorkerne und der internen Busse durch eine Mischung aus Hard- und Softwaremodulen sicherstellen.

Diese Hard- und Softwaremerkmale schaffen einen Grad an Sicherheit, der mit einem Standard-Mikrocontroller nicht ohne Weiteres zu erreichen ist. Funktionale Sicherheit lässt sich jedoch nicht allein mit dem Mikrocontroller herstellen, vielmehr ist sie als zentraler Bestandteil des gesamten Designs zu sehen. Nur wer von Anfang an ein Sicherheitskonzept erarbeitet und dieses mit letzter Konsequenz verfolgt, kann die Sicherheit des Gesamtsystems gewährleisten. Dieser komplexe Prozess lässt sich auf fünf Schritte zusammenfassen.

Anzeige

**YAGEO**



## YAGEO Automotive Sulfur resistant thin film resistor - AT series

AT series is Yageo's automotive grade sulfur resistant, thin film, high precision, high stability chip resistor offers case sizes from 0402 to 1206, resistance range of 10  $\Omega$ -1 M $\Omega$ , narrow tolerance of  $\pm 0.1\%$ ,  $\pm 0.25\%$ ,  $\pm 0.5\%$ ,  $\pm 1\%$  and low TCR of  $\pm 25$ ,  $\pm 50$  ppm/ $^{\circ}$ C, with power rating of 1/16 W-1/4 W. It is an excellent solution for automotive electronics applications where high temperature/moisture resistance and superior anti-sulfuration characteristics are required.



### Features

- Superior resistance against sulfur-containing environments
- High precision & stability
- Low TCR, low electrical noise
- Lithography process for inner electrode and resistive layer
- AEC-Q200 qualified

More detail, please visit : [www.yageo.com](http://www.yageo.com)

Innovative Service Around the Globe **YAGEO**

Funktionale Sicherheit umsetzen

**1. Gefährdungs- und Risikoanalyse durchführen:** Bei der Risikoanalyse ist zu ermitteln, inwiefern sicherheitskritische Anwendungen in Betracht gezogen werden und inwieweit diese in Bezug auf gesetzliche Vorgaben für funktionale Sicherheit eingehalten werden muss. Hierfür stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Beliebt ist z.B. HARA (Hazard-Analysis and Risk-Assessment). Damit lässt sich bestimmen, ob ein System ein sicherheitsrelevantes System ist, und, falls ja, wie hoch der Grad der Sicherheitsrelevanz ist.

**2. Sicherheitsanforderungsstufe definieren:** Je nach Norm existieren unterschiedliche Sicherheitsanforderungsstufen. Für Industrieanwendungen definiert IEC 61508 das sog. „Safety Integrity Level (SIL)“ mit den Stufen SIL1 bis SIL4. Welche Stufe hier relevant ist, kann anhand der Kombination der Parameter Schadensausmaß, Aufenthaltsdauer, Gefahrenab-

wehr, Eintrittswahrscheinlichkeit in einer Matrix abgelesen werden. Analog dazu definiert ISO 26262 die adäquaten Sicherheitskriterien für Automotive-Umgebungen. Hier heißen die Sicherheitsstufen ASIL-A bis ASIL-D.

**3. Bauelemente bestimmen und Design realisieren:** Für die Realisierung einer gewünschten Applikation wird das geeignete Bauelement ausgewählt. Berücksichtigt werden hierbei konkrete Sicherheitsfunktionen. Damit kann nun das Layout der Platine entworfen und diese entsprechend bestückt werden. Bei der Software des Mikrocontrollers ist vor allem ein schlüssiges Sicherheitskonzept zu erarbeiten und umzusetzen.

**4. Sicherheitsfunktion validieren:** Das Validierungsverfahren zeigt auf, ob alle sicherheitsrelevanten Funktionen ordnungsgemäß arbeiten – und zwar jede einzelne Funktion, unabhängig vom Gesamtsystem. Sollte eine oder mehrere nicht gemäß den Vorgaben funktionieren, so kann diese noch während der

Entwicklung überarbeitet werden. Diese Prozedur wird so oft wiederholt, bis alle Sicherheitsfunktionen die Vorgaben erfüllen.

**5. Sicherheit verifizieren:** Die Verifizierung ist der zweite Teil der Überprüfung, der nach der Validierung erfolgt. Hierbei wird auf Basis von Checklisten der einwandfreie Betrieb des Systems geprüft. Im Gegensatz zur Validierung wird bei der Verifikation das System als Ganzes betrachtet. Unabhängige Zertifizierer unterstützen diesen Schritt und bescheinigen die Sicherheit gemäß den gesetzlichen Vorgaben.

Die Programmierung eines komplexen Mikrocontrollers wie des Aurix ist aufwändig, vor allem, wenn Sicherheitsaspekte hinzukommen. Um Entwickler dabei zu unterstützen und die Programmierung zu beschleunigen, hat Infineon für alle Kunden das sogenannte PDH-Konzept (Preferred Design-House) entwickelt. Eine Übersicht zu allen im PDH enthaltenen Partnerfirmen und deren Expertise ist unter [www.infineon.com/pdh](http://www.infineon.com/pdh) aufgelistet.

Impressum

Redaktion

Sebastian Hör – Rutronik, PR Manager (Redaktionsleitung, verantwortlich für den Inhalt), Tel. +49 7231 801 0  
 Ralph Kühn – Rutronik, Communication Specialist, Tel. +49 7231 801 0  
 Frank Klemmer – Rutronik, Head of Global Marketing Communication, Tel. +49 7231 801 0  
 Andreas Mangler – Rutronik, Director Strategic Marketing, Tel. +49 7231 801 0  
 Markus Krieg – Rutronik, Chief Marketing Officer, Tel. +49 7231 801 0  
 Christine Schulze – Agentur Lorenzoni GmbH, Tel. +49 8122 55917 14

**Anzeigenleitung:** Ipek Baskurt – Rutronik, Communication Designer, 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:

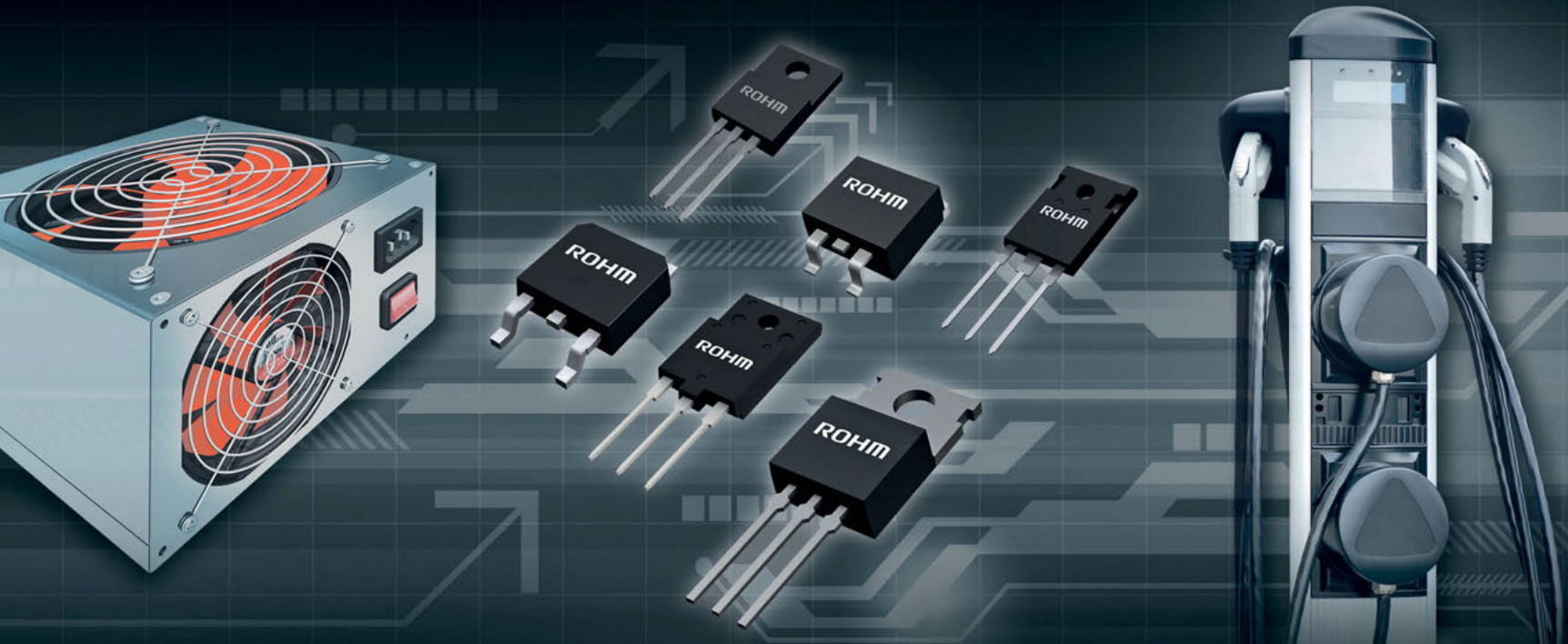
Achim Grolman, Markt&Technik  
 Beate Lorenzoni, Agentur Lorenzoni GmbH  
 Christian Stadler, Markt&Technik

Inserentenverzeichnis

3 L .....	35
Adam Tech DACH .....	86
ADVANTECH Europe BV .....	76
Alliance Memory, Inc. ....	81
AP Memory Technology Corp .....	79
Apacer Technology B.V. ....	29
C&K .....	53
Garmin Deutschland GmbH .....	45, 59
INFINEON Technologies AG .....	92
INTEL Deutschland GmbH .....	41, 43
JAE Europe Limited .....	61
Keystone Electronics Corp. ....	85
KOA Europe GmbH .....	25
Agentur Lorenzoni GmbH Public Relations.....	83
Lumberg Connect GmbH .....	21
MELEXIS TECHNOLOGIES NV .....	55
Molex Deutschland GmbH .....	19, 51, 63
MPE-Garry GmbH .....	77
Murata Electronics Europe BV .....	87
Nordic Semiconductor ASA .....	47
OMRON Electronics GmbH .....	71
OSRAM Opto Semiconductors GmbH .....	73
PUI Audio .....	54
RECOM Electronic GmbH & Co. KG.....	23
ROHM Semiconductor GmbH .....	91
Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH.....	31, 62
Rutronik24 .....	65
Samsung Electro-Mechanics GmbH .....	11
Schurter AG .....	15
SECO S.p.A. ....	37
SHENZHEN MINEW TECHNOLOGIES CO LTD .....	33
STMicroelectronics GmbH .....	2, 39
Susumu Deutschland GmbH .....	13
TDK - Micronas GmbH .....	3
TDK Electronics AG .....	27
Tianma Europe GmbH .....	67
Toshiba Electronics Europe GmbH .....	5, 9
Transcend Information Trading GmbH .....	69
Vishay Electronic GmbH .....	17
WIENERS+WIENERS GmbH .....	14
Yageo Europe BV .....	89

# SMALLER STRONGER FASTER

**ROHM**  
SEMICONDUCTOR



## SUPERJUNCTION MOSFETS FÜR HOHE WIRKUNGSGRADE

### PrestoMOS™ JN-Serie 600V

- Produkt: R60xxJNx
- Integrierte Body-Diode des MOSFET zur Verwendung als FRD optimiert
- Body-Diode weist besonders schnelle und sanfte Sperrerholung auf
- Geeignet für Wechselrichteranwendungen
- Max. Strom bis 70A
- Gehäuse: TO-220FN, TO-247, TO-3PF, D2PAK, DPAK

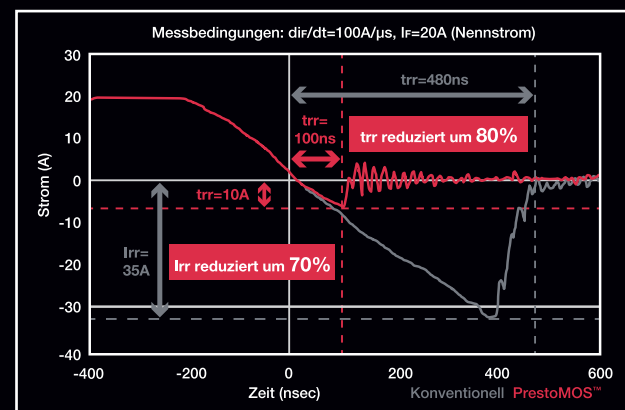
### Super Junction-MOS EN-Serie 600V / 650V

- Produkte: R60xxENx (600V) & R65xxENx (650V)
- Geringes Schaltrauschen (switching noise) und hohe Benutzerfreundlichkeit
- Verwendbar für SMPS
- Max. Strom bis 76A
- Gehäuse: TO-220FM, TO-247, TO-3PF, D2PAK, DPAK

### Super Junction-MOS KN-Serie 600V / 650V / 800V

- Produkte: R60xxKNx (600V), R65xxKNx (650V) & R80xxKNx (800V)
- Schnelles Schalten und geringe Schaltverluste
- Geeignet für hocheffiziente SMPS
- Max. Strom bis 76A (600V, 650V) und 52A (800V)
- Gehäuse: TO-220FM/AB, TO-247, TO-3PF, D2PAK, DPAK

### Transiente Stromverläufe der Sperrerholung der Body-Diode des PrestoMOS™

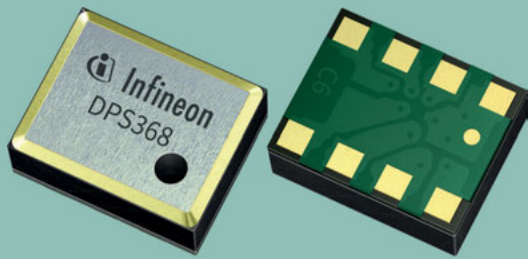


**SIGN UP**

**ROHM**  
e-Newsletter



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



# Toughing out any environment

## DPS368 – new XENSIV™ digital barometric pressure sensor

Infineon has developed a miniaturized digital barometric pressure sensor that works reliably in even the harshest of environments. Robust against water (IPx8), dust and humidity, this water-resistant package is up to 80 percent smaller than other waterproof pressure sensors. This makes it ideal for space-constrained and mobile applications such as smart phones and wearables, home appliances, drones and healthcare trackers.

Highlights includes best-in-class resolution and stability over time for extremely precise measurement of altitude, air flow and body movements. Fast read-out ensures quick sensor feedback and capacitive technology extends battery lifetime by cutting power consumption by over 50 percent relative to competitor products.

For more information, visit  
[www.infineon.com/DPS368](http://www.infineon.com/DPS368)

