

Powered by

Markt & Technik

DIE UNABHÄNGIGE WOCHENZEITUNG FÜR ELEKTRONIK

1/2021 | D



- *Know-how*
- *Applikation*
- *Automotive*
- *Inside Rutronik*
- *Systemtechnik*
- *Aktuelle Bauelemente*

RUTRONIKER



YAGEO Group

KEMET

YAGEO



Pulse

Rutronik is global partner of

YAGEO Group

Andreas Mangler,
Director Strategic Marketing and Communication



Zwischen „America First“ und „Made in China 2025“

Liebe Leserinnen und Leser,

während ein Teil der Welt bereits seine Wirtschaft wieder hochgefahren hat, pendelt der andere zwischen Lockdown und Lockerungen hin und her. Das geht auch an der Elektronikbranche nicht spurlos vorüber: Sowohl im Consumer- als auch im Industriebereich erleben wir eine nie dagewesene Allokation, die selbst vor den großen Automobilkonzernen nicht Halt macht. Das massive Zurückfahren der Produktion im zweiten Quartal 2020 schickte Erschütterungen durch die Supply Chain, die sich noch immer bemerkbar machen.

Doch selbst wenn Corona nicht gewesen wäre: Der Bedarf insbesondere an Halbleitern steigt durch die immer stärkere Digitalisierung massiv an. Derzeit befindet sich das Geschäft noch größtenteils in der Hand der großen amerikanischen Unternehmen, doch China will mit seinem „Made in China 2025“-Programm die Lücke schnellstmöglich schließen. Auch wenn das Ziel, 70 % des Bedarfs aus der Produktion eigener Firmen zu decken, voraussichtlich verfehlt wird, pumpt die Regierung etliche Milliarden in das Programm. Und obwohl inzwischen nicht mehr Donald Trump und damit „America First“ im Weißen Haus regiert, stehen die USA der wachsenden Konkurrenz durch China auch unter Joe Biden weiter kritisch gegenüber.

Und Europa? Hat lange Zeit den „Schlaf der Seligen“ geschlafen, wie es Rutronik-CMO Markus Krieg in seinem Interview (Seite 14) ausdrückt: Dessen Anteil am weltweiten Elektronikbedarf sinkt in Richtung 8 % – so viel wie Samsung und Apple jeweils alleine benötigen. Man braucht nicht viel Fantasie, um sich vorstellen zu können, was das für den Stellenwert europäischer Unternehmen in der Prioritätenliste der Hersteller bedeutet. Immerhin: Die Europäische Union scheint das Schrillen der Alarmglocken vernommen zu haben und stellt nun ihrerseits rund 150 Milliarden Euro für die hiesige Halbleiterfertigung bereit.

Das kommt spät, aber hoffentlich noch rechtzeitig, um die Zukunft des Innovationsstandorts Europa zu sichern. Die zahlreichen Unternehmen, die in der EU und vor allem auch in Deutschland ansässig sind, brauchen verlässliche Partner vor Ort, um weiterhin konkurrenzfähig zu bleiben und die Produkte, die sie entwickeln, fertigen zu können, ohne monatelang auf die Zuteilung benötigter Bauelemente zu warten. Gerade deshalb ergibt eine Zusammenarbeit dieser europäischen Unternehmen mit europäischen Distributoren Sinn, die nicht nur kurzfristige Gewinne, sondern die strategische Bedeutung des Heimatmarktes im Blick haben.

Rutronik als drittgrößter Distributor in Europa bringt sich mit seinem Know-how ein, um die Programme von Bundesregierung und EU zu unterstützen, denn als deutsches Unternehmen liegt uns die Zukunft der heimischen und der europäischen Industrie besonders am Herzen. Globales Handeln und die Unabhängigkeit der Unternehmen vor Ort schließen sich nicht aus – im Gegenteil. Ein gleichberechtigter Wettbewerb um die besten Innovationen und die effizientesten Technologien nutzt am Ende uns allen.

Ihr

Andreas Mangler



Schnelle und stabile Konnektivität für 5G und darüber hinaus

Die durch 5G-Standards vorgegebenen Übertragungsgeschwindigkeiten bilden eine neue und wesentliche Herausforderung für die Konnektivität. Molex entwickelt Verbindungslösungen der nächsten Generation, die die erforderliche Flexibilität und Skalierbarkeit ermöglichen, um den Anforderungen von 5G, Edge Computing und einer sich weiterentwickelnden Cloud gerecht zu werden.

Weitere Informationen finden Sie unter: <https://experience.molex.com/solutions/rutronik/>

molex

Editorial	3
<hr/>	
● KNOW-HOW	
Entwicklungstrends bei Keramik-Kondensatoren: Wir sind die Neuen!	5
NOR-Flash: Sicherheit für Automobil- und Industrie-Innovationen	8
Schaltungen für Miniaturlautsprecher: Kleiner Lautsprecher, großer Sound	10
Antriebstechnik: Kondensatoren mit impulsfesten Widerständen vorladen	12
<hr/>	
● INSIDE RUTRONIK	
Rutroniks CMO Markus Krieg im Interview: »Wir sind gut durch die Krise gekommen«	14
Logistik: C-Teile effizienter beschaffen	18
F&E-Support: Field Application Engineers ohne Field	20
<hr/>	
● SYSTEMTECHNIK	
5G-Campus-Netzwerke: Private Mobilfunknetze für die Smart Factory	22
Alternativen für ToF-Anwendungen: Wie VCSELs ihre volle Wirkung entfalten	25
Machine Learning: Komponenten für maschinelles Lernen an der Edge	28
5G und TSN: Für die Industrieautomation der Zukunft	32

AUTOMOTIVE

Automotive MOSFETs: Auf die Verpackung kommt es an	36
Ambient Lighting: Licht – das neue Chrom	38
Strommessung im Antrieb von E-Autos: Kompaktere Inverter erfordern präzisere Shunts	40
Haptiksysteme für Touchscreens: Touch-Anwendungen ohne Blickkontakt bedienen	42

● APPLIKATION

Current Sensing Solutions: Konzepte zur Messung von Gleichstrom	44
Si- vs. SiC-MOSFETs: Technologie tauschen – aber richtig!	48
Elektromechanische und MOSFET-Relais im Vergleich: Analoge Technik im digitalen Zeitalter	50
CO ₂ -Sensoren mit neuem Messprinzip: Ist die Luft rein?	52
Referenzdesigns, Dev-Kits & Co: Von der Stange gut, individuell angepasst noch viel besser	54
Text to Speech: Hör mal, wer da spricht	56

● SERVICE

Impressum	58
Inserentenverzeichnis	58

Entwicklungstrends bei Keramik-Kondensatoren

Wir sind die Neuen!

Anforderungen an Keramik-Kondensatoren gibt es viele: kleinere Bauformen und größerer Temperaturbereich, höhere Effizienz, engere Toleranzen, optimierte Funktionen und höhere Frequenzen; dazu kommt der Wunsch nach applikations- bzw. anwendungsspezifischen Varianten. Die Hersteller tun viel, um all dies zu erfüllen.

VON JÜRGEN GEIER, TECHNICAL SUPPORT, UND PASCAL KUNDELIUS, PRODUCT SALES MANAGER CERAMIC CAPACITORS, BEIDE BEI RUTRONIK

Um ihre Keramik-Kondensatoren immer weiter zu optimieren, entwickeln die Hersteller neue Materialien und Mixturen sowie neue Ansätze für den Aufbau, die Konstruktion und die Innenstruktur, d.h. die Elektrodenflächenbildung. Zudem nutzen sie gezielt bestimmte Eigenschaften, z.B. den im Allgemeinen als negativ beurteilten Effekt des DC-Bias. Er tritt bei ferromagnetischen Keramik-Materialien wie Bariumtitanat auf, dem derzeit am häufigsten verwendeten Material bei MLCCs (Multi-Layer Ceramic Capacitors).

Neben den bekannteren Varianten wie High-Frequency-, HiQ-, RF-, Microwave-, Low-Inductance- und Low-Loss-Kondensatoren ist in letzter Zeit eine Reihe spezifischer und neuer Keramik-Kondensatoren auf den Markt gekommen, die noch kaum bekannt sind – bei der aktuellen Flut an Neuentwicklungen nicht weiter verwunderlich. Einige stellen wir hier mit ihren wichtigsten Besonderheiten vor.

Variable Kapazität dank DC-Bias

Die „Variable Capacitors“ bieten eine variierbare Kapazität. Durch Nutzung ihres DC-Bias-Verhaltens reduziert sich die wirksame Kapazität, wenn an ihren Steuerelektroden eine Gleichspannung angelegt wird. Man könnte

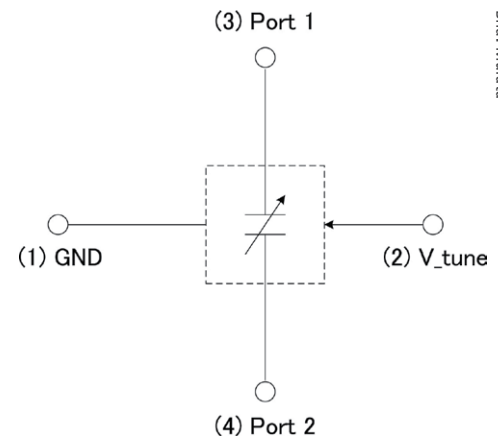


Bild 2: Ersatzschaltbild für variable Kondensatoren

sie somit auch VACs – für Voltage Adjustable Capacitors – nennen.

Diese elektrisch trimmbaren Kondensatoren sind erhältlich in Nennkapazitäten von 33 pF bis 200 pF für Steuerspannungen bis 3 oder 5 V DC. Damit lassen sie sich bis auf 50 % ihrer Ausgangskapazität regeln. Verglichen mit regulären Trimm-Kondensatoren eröffnen sie damit ungeahnte Möglichkeiten – vor allem, weil sich bei ihnen nicht nur ein fixer Wert einstellen lässt, sondern Regelkreise gebildet werden können.

Sie sind in den Baugrößen 0,6 mm × 0,6 mm und 1,3 mm × 0,9 mm und für eine Arbeitsspannung von 10 V pp und 30 V pp erhältlich. Besonders prädestinierte Anwendungen sind NFC-Antennenkreise (13,56-MHz-Band), z.B. in Smartphones und Scheckkarten. Denn hier ermöglichen die variablen Kondensatoren die Frequenzanpassung einfach durch Anlegen der entsprechenden Spannung im Zusammenspiel mit den NFC-ICs. Zudem kompensieren sie die Varianz des Antennen-L-Wertes und erleichtern so die f_0 -Einstellung, sie vereinfachen das Debugging bei Zertifizierungstests und die Abweichungsanpassung beim Einbau ins Gehäuse.

Bild: Murata

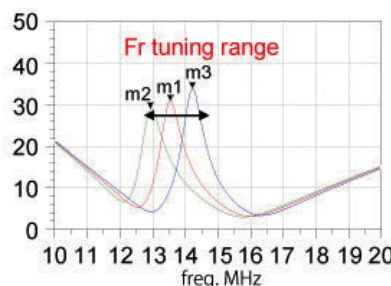
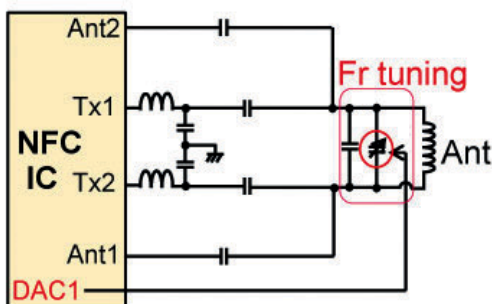


Bild 1: Der variable Kondensator ist entsprechend dem gewünschten Abstimmungsbereich und den Abstimmungsschritten zu wählen.

Bild: Murata

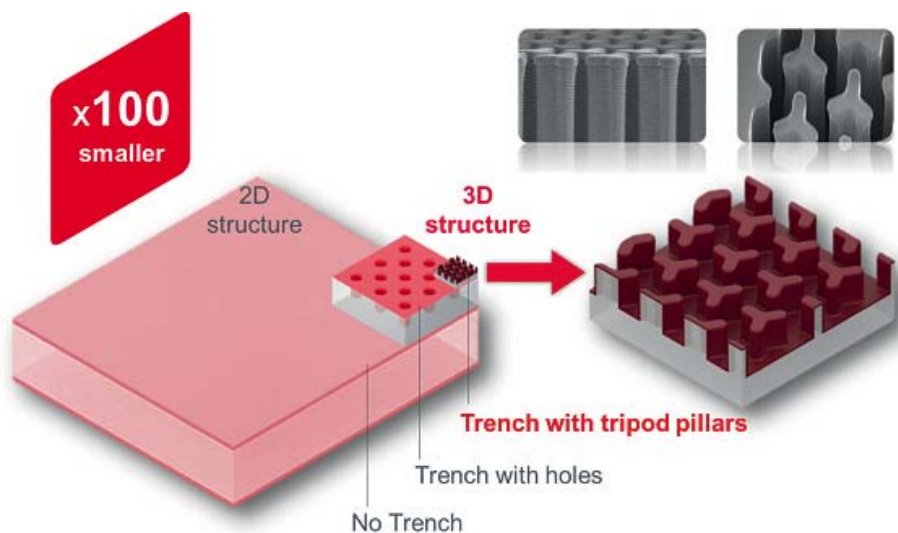


Bild 3: Die 3D-Struktur ermöglicht eine Miniaturisierung um den Faktor 100.

Silizium in der dritten Dimension

Für die „High-Density-Silizium“- oder „3D-Silizium“-Kondensatoren nutzen Hersteller die dritte Dimension, um die Kondensatorfläche – und damit die Kapazität – deutlich zu vergrößern, ohne die Grundfläche des Kondensators zu erhöhen. So erreichen sie Kapazitätswerte, die bei MLCCs rund 80 Schichten bei einer Bauteildicke von 100 µm erfordern würden.

Beispielsweise bietet der Murata SiCap mit einer Baugröße von 0402 und einer Dicke von nur 100 µm ganze 100 nF – und damit so viel wie zehn Klasse-1-Dielektrikum-COG der Baugröße 0603 und 400 µm Dicke. Auf Anfrage sind bei Murata auch noch dünnere Varianten erhältlich. Kapazitätswerte gibt es im Bereich zwischen einigen pF bis wenige µF, die Spannungen reichen von 5 bis 450 V.

Aufgrund ihrer Material- und Bau-Eigenschaften eignen sich die High-Density-Silizium-Kondensatoren besonders für High-Frequency-Anwendungen von 10 bis hinauf zu 110 GHz. Ihre elektrischen Charakteristika ähneln der bekannten sogenannten Keramik-Art NPO (=COG). Im Gegensatz zu den COG-MLCC sind sie jedoch schon als Standardversionen bis

150 °C einsetzbar, als High-Temperature-Versionen sogar bis 250 °C.

Dank ihres Aufbaus und Dicken von nur 50 bis 400 µm gibt es sie nicht nur zum Löten, sondern auch zum Bonden und für die Embedded-Montage. Damit stehen für Automotive-, Medizin-, RFID-, Hochfrequenz- und Breitband-Applikationen jeweils ideale Varianten zur Verfügung, unterteilt in Standard-, High-Reliability-, High-Temperature- und High-Frequency-Modelle.

Antiferromagnetisches Verhalten

Kommen Keramik-Kondensatoren als Snubber oder DC-Link im Bereich zwischen ca. 500 V und 900 V für Einsatzfrequenzen von einigen 100 kHz bis 1 MHz zum Einsatz, stößt man mit MLCCs in X7R-Keramiken, d.h. mit dem ferromagnetischen Bariumtitanat als Basismaterial, häufig an die Grenzen der Umsetzbarkeit. Wegen ihres ausgeprägten negativen DC-Bias-Verhaltens sind vor allem die erforderlichen wirksamen Kapazitätswerte kaum zu erreichen.

Ein antiferromagnetisches Verhalten weisen die sogenannten CeraLink-Kondensatoren von TDK auf. Das heißt: Sie zeigen in weiten Bereichen einen Anstieg der Kapazität über der

angelegten Spannung. Damit erlauben sie im Betriebsbereich wesentlich höhere Ströme. Möglich wird das durch ihren Aufbau aus dem „Keramik“ genannten Blei-(Lanthanum-)Zirkonate-Titanat (P(L)ZT).

Dank ihres extrem niedrigen ESL und ESR unterstützen CeraLink-Kondensatoren höhere Schaltfrequenzen und Ströme. Dadurch lassen sich kostengünstigere und robustere Halbleiter einsetzen, z.B. High-Speed-IGBTs anstelle von MOSFETs. Mit einem solchen Ansatz können oft Kondensatorwert, Platinenplatz, Magnetik und Kühlkörper und damit auch die Gesamtkosten deutlich reduziert werden. Als Snubber reduzieren die CeraLink-Kondensatoren hervorragend das Risiko, dass Halbleiter durch Überspannungsspitzen beschädigt werden.

Die CeraLink-Kondensatoren basieren auf Chips (7,85 mm x 6,84 mm x 2,65 mm), aus denen der Hersteller verschiedene Anschluss- und Mehrfach-Kombinationen zusammenstellt (Bild 6).

Wiederaufladbare Festkörper-Batterie

Die weltweit erste wiederaufladbare Festkörper-SMD-Batterie ist zwar kein Kondensator, aber aus dessen Konstruktionsgrundlagen – dem Aufbau als MLCC – entstanden. Die sogenannten CeraCharge-Batterien bieten rund 1000-fach höhere Kapazitäten als MLCCs bei gleicher Baugröße. Das heißt, sie haben eine vergleichsweise hohe Energiedichte bei kleinstem Volumen. Dazu kommen die Vorteile keramischer Mehrschichtbauteile: hohe Sicherheit und Großserienfertigung. Durch die Verwendung eines festen, keramischen Elektrolyten sind die Risiken von Feuer und Explosion oder das Auslaufen von Elektrolyt ausgeschlossen.

CeraCharge deckt einen sehr weiten Temperaturbereich von -20 °C bis +80 °C ab und eignet sich damit auch für den Außeneinsatz.

Mit diesen Eigenschaften eröffnet CeraCharge neue Möglichkeiten, insbesondere für IoT-An-

Bild: Murata

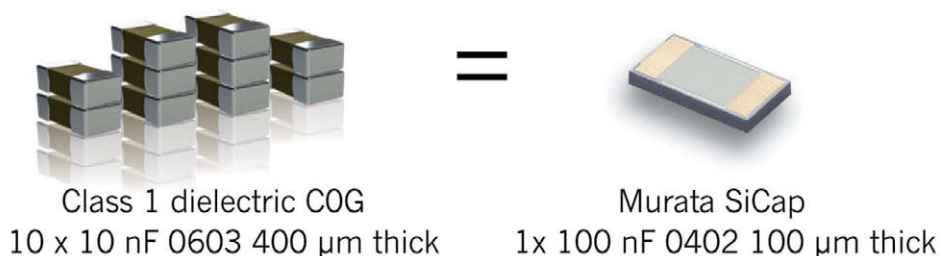


Bild 4: Ein SiCap von Murata bietet mit 100 nF Kapazitätswerte wie zehn COG-Kondensatoren.

Bild: TDK

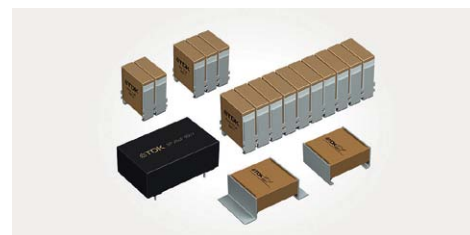


Bild 5: Die kompakten CeraLink-Kondensatoren von TDK eignen sich sowohl für den Einsatz als Snubber- als auch als Zwischenkreiskondensatoren.

Bild: TDK

Nominal capacitance / rated voltage	Designed for 650V semiconductors	Designed for 900V semiconductors	Designed for 1300V semiconductors
Low Profile series LP (L/J leads)	1 μF / 500 V	0.5 μF / 700 V	0.25 μF / 900 V
Flex Assembly FA2 / FA3	2/3 μF / 500 V	1/1.5 μF / 700 V	0.5/0.75 μF / 900 V
Flex Assembly FA10	10 μF / 500 V	5 μF / 700 V	2.5 μF / 900 V
Solder Pin series SP	20 μF / 500 V	10 μF / 700 V	5 μF / 900 V

Bild 6: CeraLink-Kondensatoren sind in vielen Varianten verfügbar.

Bild: TDK

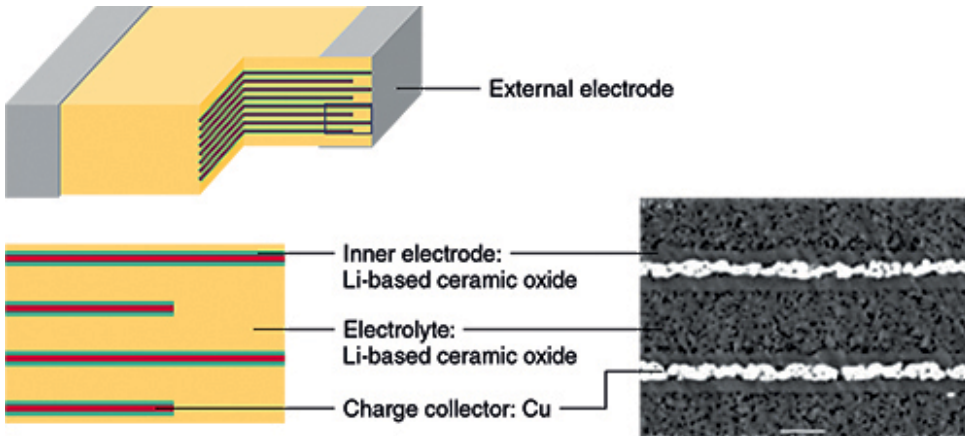


Bild 7: Der Aufbau einer CeraCharge-Batterie basiert auf der Konstruktion eines MLCC.

wendungen, Real-Time-Clock-Stützungen und Energy Harvesting. Sind höhere Ströme und/oder Spannungen erforderlich, lassen sich diese durch Parallel- und/oder Serien-Schaltungen erzielen.

Aktuell steht die CeraCharge in der Baugröße nach EIA 1812 (ca. 4,5 mm x 3,2 mm x 1,1 mm) zur Verfügung und bietet eine Nennkapazität von 100 μAh bei nominal 1,5 V.

Fazit

Auch wenn es neben den hier vorgestellten Typen noch viele weitere, optimierte Keramik-kondensatoren gibt, etwa MLCCs mit Kupfer-Innen-Elektroden oder mit End-Terminierungen zum Leitkleben oder sogenannte X2Y-Versionen, zeigen schon die hier vorgestellten: Es lohnt sich, bei besonderen Anforderungen öfter einmal über den Tellerrand hinauszublicken. So verliert man bei dem rasanten Entwicklungstempo nicht den Anschluss und kann vielleicht sogar mit neuen Produkt- und Geräte-Kreationen zum Trendsetter werden. ■

Anzeige

NEUES PCB-LEISTUNGSRELAIS G6QE – **OMRON** HOHE SCHALTLEISTUNG VON 36A BEI KLEINER BAUGRÖSSE

Das neue einpolige Miniatur-Leistungsrelais mit geringer Bauhöhe erreicht eine 10-kV-Stoßspannungsfestigkeit und eine reduzierte Leistungsaufnahme von 12% im Vergleich zur Nennspulenaufnahme. Das G6QE wurde so konstruiert, dass es den cULus-, EN- und CQC-Normen entspricht. Bei einer Größe von nur 30,5 x 16 x 20,5 mm ist das Leistungsrelais G6QE nicht nur winzig, sondern auch unglaublich vielseitig und kann in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden, z. B. in der Industrie, in Haushaltsgeräten, in der Gebäudeautomation und in kommerziellen Anwendungen wie Stromversorgung und Wechselrichtern.

- Geringe Größe von 30,5 x 16 x 20,5mm
- Hohe Leistung von 36A Schaltvermögen
- Energiesparend
- Geringe Wärmeentwicklung



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

www.components.omron.eu



NOR-Flash

Sicherheit für Automobil- und Industrie-Innovationen

Mit den Fortschritten bei der künstlichen Intelligenz übernehmen Maschinen immer mehr Aufgaben. Vor allem in Auto- und Industrie-Anwendungen überwachen Sensoren die Umgebung, Algorithmen ziehen aus den fusionierten Sensordaten Schlussfolgerungen. Solche Systeme müssen nicht nur korrekt arbeiten, um Sicherheit zu gewährleisten, sondern auch die richtigen Entscheidungen treffen – jedes Mal und zu jeder Zeit. Moderne NOR-Flash-Speicher können dazu beitragen.

VON ADRIAN ELMS, SENIOR MARKETING MANAGER BEI RUTRONIK, UND STEPHAN WEGSTEIN, SENIOR MANAGER PRODUCT MARKETING BEI INFINEON TECHNOLOGIES

Ob Steuerungs-, Gas-, Brems, Spurhalte- oder Einparkassistent: Immer mehr Systeme unterstützen die Fahrzeugsteuerung. Sie bieten mehr Leistung, mehr Komfort und mehr Sicherheit. Für letzteres müssen sie jedoch selbst hohen Standards an funktionaler Sicherheit genügen. Diese sind in zwei Normen festgelegt.

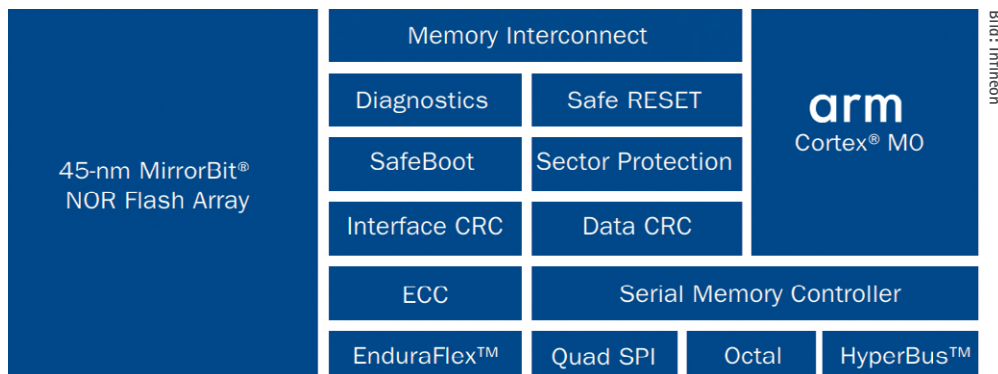
IEC 61508 unterscheidet vier Sicherheitsstufen (Safety Integrity Level, SIL) für industrielle Steuerungssysteme (s. Tabelle). ISO 26262 hingegen gilt für sicherheitsrelevante elektrische bzw. elektronische (E/E) Systeme in Kraftfahrzeugen. Sie definiert die Sicherheitsstufen ASIL A bis ASIL D, wobei ASIL A das geringste, ASIL D das höchste Risikopotenzial aufweist. Dieses wird anhand der Häufigkeit, Kontrollierbarkeit und Schwere des Unfalls bzw. des Schadens bestimmt. ISO 26262 basiert auf IEC 61508, berücksichtigt aber die Besonderheiten der Automobilindustrie. Dazu gehört vor allem die Kontrollierbarkeit, d.h. die Möglichkeit des Fahrers oder anderer Verkehrsteilnehmer, einen Schaden oder Unfall im jeweiligen Szenario zu verhindern.

NOR-Flash in sicherheitskritischen Systemen

In zahlreichen Fahrerassistenzsystemen (ADAS) übernehmen NOR-Flash-Speicher eine wichtige Rolle als Teil eines sicherheitskritischen Systems. Denn die nichtflüchtigen, programmierbaren Speicher sind robust, zuverlässig und schnell. Der Host-Prozessor kann Code ohne Umweg über externes DRAM direkt aus dem Flash-Speicher ausführen. Damit ist NOR-Flash ideal zur Codeausführung, nicht nur im Auto, sondern auch in Industrierobotern und anderen IoT-Maschinen und -Geräten. Ein weiteres Plus ist sein großer Temperaturbereich, sodass er sich in den verschiedensten Umgebungen und Applikationen im Fahrzeug einsetzen lässt.

Zu den gängigen Aufgaben von NOR-Flash-Speichern im Automobil- und Industriebereich gehören

- langfristige Speicherung von Code, Daten und Bildern zur Verwendung beim Einschalten,



Die Architektur der Semper-NOR-Flash-Speicher kombiniert einen ARM Cortex-M0 mit zahlreichen Sicherheitsfunktionen.

Bild: Infineon

- EEPROM-Emulation, d.h. die Speicherung sicherheitskritischer Daten,
- kontinuierliches Lesen während der Laufzeit und
- Codeausführung direkt aus dem Flash.

Integrity Level	Random Failure Rate	Integrity Level	Random Failure Rate
SIL 4	$\geq 10^{-9}$ to $< 10^{-8}$	ASIL D	$< 10^{-8}$
SIL 3	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$	ASIL C	$< 10^{-7}$
SIL 2	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$	ASIL B	$< 10^{-7}$
SIL 1	$\geq 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$		

Sicherheits-Level nach IEC 61508 (SIL) und ISO 26262 (ASIL) im Vergleich (Quelle: Infineon)

Je nach Applikation variieren die Anforderungen für jeden dieser Workloads. Systeme, die den hohen Standards der funktionalen Sicherheit genügen müssen, erfordern jedoch einen neuen Ansatz.

Mehr als ein Commodity-Speicher

Speziell für die funktionale Sicherheit hat Infineon den Semper NOR Flash entwickelt. Er enthält einen eingebetteten ARM Cortex-M0 sowie Funktionsblöcke für die Diagnose, Datenintegrität und Zuverlässigkeit. Sie umfassen Funktionen wie SafeBoot und Safe Reset, ECC (Error Correction Code) und Sector Protection. Damit bieten die AEC-Q100-qualifizierten Semper NOR Flash ASIL-B-konforme und ASIL-

D-fähige funktionale Sicherheit, bis zu eine Million Schreib-Zyklen sowie 25 Jahre Datenerhalt auch bei extremen Temperaturen zwischen $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die integrierte Fehlerkorrektur korrigiert Single-Bit-Fehler und erkennt Mehrfachfehler.

Sicherheitsfaktor Langzeitverfügbarkeit

Die Entwicklung sicherheitskonformer Systeme erfordert in der Regel viele sorgfältig abzuwägende, komplexe Entscheidungen hinsichtlich Design, Evaluation, Tests und Zertifizierung. Die Produktlebenszyklen der Systeme sind daher meist lang und erstrecken sich über viele Jahre. Ein Redesign ist meist sehr kostspielig

und schwierig. Das macht die Langzeitverfügbarkeit aller Komponenten zu einem entscheidenden Kriterium. Doch gerade bei Speichern beträgt diese selten mehr als drei bis fünf Jahre. Für die Semper-NOR-Flash-Familie gewährleistet Infineon eine Verfügbarkeit von mehr als zehn Jahren. Die hier vorgestellte Familie ist die erste Generation einer komplett neuen Plattform von Infineon. Sie zeichnet sich vor allem durch zwei Aspekte aus: Der Speicher übernimmt viele Prozesse, die hier bislang nicht abgebildet werden konnten und entlastet so den Mikrocontroller. Zudem ist sie konform zum Expanded-SPI-Standard der JEDEC. Das macht den Semper NOR Flash zum idealen Speicher für industrielle und Automotive-Anwendungen. ■

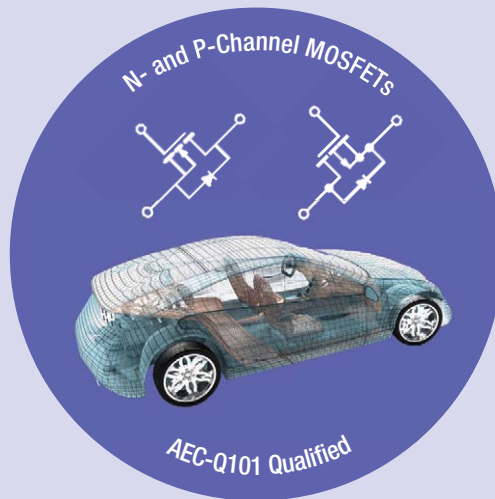
Anzeige



AUTOMOTIVE TrenchFET®

SQ SERIES POWER MOSFETs

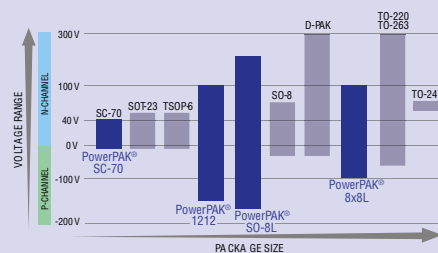
- Wide range of n- and p-channel MOSFETs
 - N-ch $V_{DS} = 12\text{ V to } 300\text{ V}$
 - P-ch $V_{DS} = -12\text{ V to } -200\text{ V}$
- Available in single, dual, and dual asymmetric configurations
- Highly efficient packages with power density up to 11 W/mm^2
 - $R_{DS(ON)}$ down to $0.9\text{ m}\Omega$
- AEC Q-101 qualified to $+175\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Latest trench technologies optimized for low conduction and low switching losses
- Product testing includes extended temp screening with dynamic PAT, SYL, and SBL to reduce defects



APPLICATIONS



SQ Package Portfolio



Compact PowerPAK® packages ~ optimized for high board-level reliability				
PowerPAK® 8x8L 8 mm x 8 mm	PowerPAK® SO-8L 5 mm x 6 mm	PowerPAK® 1212 3.3 mm x 3.3 mm	PowerPAK® SC-70 2 mm x 2 mm	KGD Known Good Die 1 m x 1 mm to 8 mm x 12 mm

www.vishay.com

© 2020 VISHAY INTERTECHNOLOGY, INC. ALL RIGHTS RESERVED.

MS7533-2007

Schaltungen für Miniaturlautsprecher

Kleiner Lautsprecher, großer Sound

„Rrrring, Rrrring“ – als jedes Telefon noch ein Kabel hatte, klang es bei einem Anruf genau so. „Ding Dong“ war der Sound der Haustürklingel. Heute haben Nutzer die Wahl aus unzähligen Songs, Klängen und Naturgeräuschen. Miniaturlautsprecher mit breiten Frequenzbereichen machen es möglich.

VON JOCHEN NELLER, TECHNICAL SUPPORT, UND ANNE SANTHAKUMAR, PRODUCT SALES MANAGER ACOUSTIC COMPONENTS & TIMING DEVICES, BEIDE BEI RUTRONIK

Die akustische Kommunikation in Form von Sprache oder Musik gewinnt bei der Mensch-Maschine-Interaktion zunehmend an Bedeutung. Das gilt auch im industriellen Bereich. Hier können Signaltöne oder Ansagen optische Hinweise ergänzen, vor allem wenn es darum geht, Informationen ohne Sichtkontakt zum Gerät zu übermitteln. Für die verschiedenartigen Anwendungen stehen mehrere Lautsprecherarten zur Auswahl.

Ein klassischer Lautsprecher, auch als dynamischer oder Magnet-Lautsprecher bekannt, besteht im Wesentlichen aus einem Permanentmagneten, der an Schwingspulen angebracht ist. Diese sind wiederum mit mehreren Anschlüssen verbunden. Ein Lautsprecherkorb umringt den Aufbau und spannt eine Papier-, Stoff- oder Plastikmembran auf.

Durch elektrische Impulse (Wechselstrom) entsteht in der Spule ein Magnetfeld, das die Membran zum Schwingen bringt. Diese

Aufbau eines dynamischen Lautsprechers

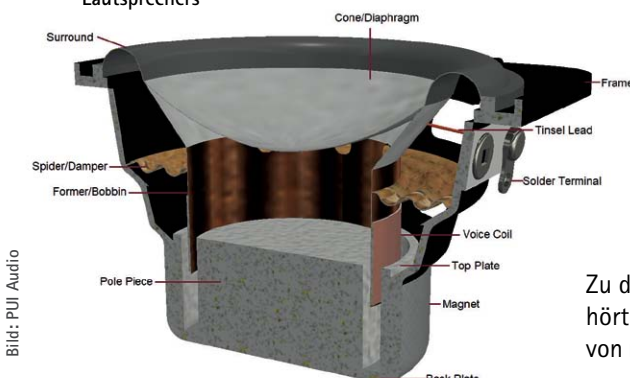


Bild: PUI Audio

Schwingungen bilden die akustischen Signale, die das menschliche Ohr aufnimmt.

Bei dieser Lautsprecherart erfordert die Physik, vor allem der Schalldruckpegel (SPL), eine gewisse Geometrie. Das macht den Lautsprecher häufig zum begrenzenden Faktor, der verhindert, dass ein Gerät schmaler werden kann.

Piezelektrische Lautsprecher

Piezelektrische Lautsprecher hingegen sind auch in dünner Bauform erhältlich. Sie benötigen keine Schwingspule, um Schall zu erzeugen, sondern nutzen den Piezoeffekt: Das bewährte piezo-keramische Basismaterial wird meist auf ein Messing- oder Nickelplättchen geklebt und durch Spannungszufuhr zum Schwingen gebracht. Im Gegensatz zu dynamischen Lautsprechern mit einer Bauhöhe von mindestens vier Millimetern kommen sie auf maximal einen Millimeter.

Eine weitere Variante sind Multilayer-Piezo-Lautsprecher. Sie bestehen nicht nur aus einer Keramik, sondern aus mehreren Schichten, sodass jede unterschiedliche Frequenzspektra filtert. Dadurch erzielen sie ein besseres Klangbild.

Zu den flachsten Lautsprechern der Welt gehört der PiezoListen von TDK: Mit einer Höhe von nur 0,49 mm lässt er sich auf glatte Ober-

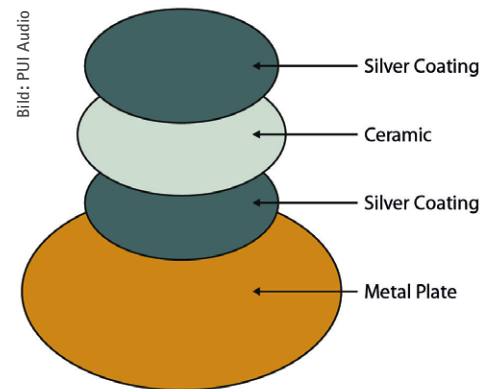


Bild: PUI Audio

Klassischer Aufbau eines keramischen Lautsprechers

flächen einfach aufkleben und bringt diese dann zum Schwingen. So verwandelt er praktisch jede Oberfläche in einen Lautsprecher, etwa ein Display, einen Tisch, einen Spiegel oder das Kunststoffgehäuse einer Applikation. Der PiezoListen erzielt auch bei niedrigen Spannungen von 24 V p-p oder weniger einen hohen Schalldruck.

Angetriggert und gesteuert wird der Multilayer-Piezo-Lautsprecher genau wie ein dynamischer Lautsprecher mit einem IC-Verstärker.

Verstärkerschaltungen

Verstärkerschaltungen für Lautsprecher müssen vor allem drei Aspekte berücksichtigen: die Musikbelastbarkeit, die Impedanz und den Frequenzbereich.

Die Musikbelastbarkeit – also die Kurzzeitbelastung, die ein Lautsprecher durch ein Verstärker-Signal aushält, ohne Schaden zu nehmen – erstreckt sich bei Miniaturlautsprechern von einigen 100 mW bis zu einigen Watt.

Die Impedanz von Magnet-Lautsprechern beträgt meist 4, 8 oder 16 Ω . Damit hat sie erheblichen Einfluss auf die Musikleistung und spielt auch bei der Verstärkerschaltung eine große Rolle: Wird ein Lautsprecher mit höherer Impedanz als empfohlen an den Verstärker angeschlossen, kann seine Leistung abnehmen, d.h. der Ton wird leiser. Andererseits kann es bei zu geringer Impedanz zu Klangeinbußen kommen oder der Verstärker schaltet wegen Überlastung sogar ab.

Während Magnet-Lautsprecher eine induktive Last darstellen, sind keramische eine kapazitive. Das heißt: Sie haben eine deutlich höhere Impedanz, die mit zunehmender Frequenz abnimmt. Der Verstärker muss also größere Ströme liefern und er darf den Strom bei gleichbleibender Spannung nicht begrenzen, wenn der Lautsprecher Signale mit Hochfrequenzinhalt erhalten soll.

Der Frequenzbereich wird in höheren Leistungsklassen aufgeteilt, das Signal geht dann an Hochton-, Mittelton- und Basslautsprecher. Im Kleinleistungsbereich kommt ein Breitbandlautsprecher zum Einsatz, sodass man auf Frequenzweichen verzichten kann.

Dynamische Lautsprecher haben einen relativ geringen Wirkungsgrad. Ihre Schwingspulenwicklung kann als Festwiderstand in Serie mit einer hohen Induktivität betrachtet werden. Sie weist ein ohmsches Verhalten auf, ein Großteil der Wirkleistung wird als Wärme abgeführt. Der Verstärker muss dementsprechend eine Mehrleistung zur Verfügung stellen – ein Nachteil vor allem bei batteriebetriebenen Anwendungen.

Beim Keramiklautsprecher überwiegt aufgrund seiner kapazitiven Natur der Blindleistungsanteil, der wenig Wärme erzeugt. Jedoch wird in der Ausgangsstufe der Verstärkerschaltung viel Wirkleistung verbraucht, was hier den Wirkungsgrad bestimmt. Anstelle herkömmlicher Verstärker der Klasse AB empfehlen sich hier heutzutage andere Topologien, wie Verstärker der Klasse G oder D, um eine höhere Effizienz zu erzielen.

Als Endstufe des Audioverstärkers eignet sich ein Gegentaktverstärker aus Transistoren. Bei einem Kleinlautsprecher mit einem guten Wirkungsgrad genügen einfache Standard-Transistoren und Elektrolytkondensatoren, um eine akzeptable Lautstärke zu erreichen. Für mittlere Leistungen sind z.B. die komplementären Transistoren BCP5616 und BCP5316 von Diodes gut geeignet, als Elektrolytkondensatoren z.B. der EEEFK1V101XP von Panasonic.

Integrierte Schaltungen

Oft ist es jedoch effektiver, integrierte Schaltungen zum Aufbau einfacher Verstärkerschaltungen zu nutzen. Diese Audioverstärker-ICs steuern und erhöhen das Audiosignal und sorgen so für einen lautereren, saubereren und hochwertigeren Klang. Sie sind in kleinen Gehäusen verfügbar und z.B. als Digitalverstärker- oder Operationsverstärker-Typ bereits in vielen Applikationen wie Fernsehern, Computern oder Home-Audiogeräten mit Mono- oder Stereoton zu finden. Die meisten Audioverstärker-ICs sind speziell auf dynamische Lautsprecher ausgerichtet (z.B. NJU8759 von JRC), es gibt jedoch auch Modelle für piezoelektrische Lautsprecher mit integrierter Ladungspumpe (z.B. NJW1280 von JRC).

Lautsprechergehäuse

Liegt das verstärkte Audiosignal nun an der Schwingspule oder dem Piezoelement an, werden Schalldruckwellen erzeugt. Bei Vorwärtsbewegung der Membrane entsteht an der Vorderseite der Membrane ein leichter Überdruck, an der Rückseite ein Unterdruck und umgekehrt.

Um Auslöschungen zu vermeiden und damit den Schallpegel deutlich zu erhöhen, sollte die Vorder- und Rückseite des Lautsprechers akustisch isoliert werden. Hierfür muss das Gehäuse entsprechend konstruiert werden. Eine komfortable Alternative sind fertige Miniaturlautsprecher inklusive Gehäuse.

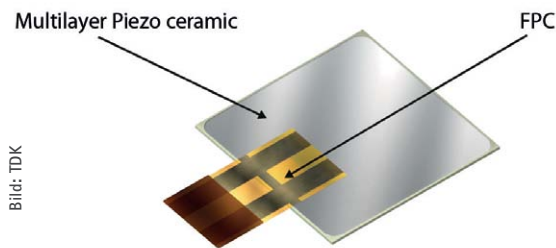


Bild: TDK

Der PiezoLister von TDK kann mit seiner Multilayer-Technologie alles in einen Lautsprecher verwandeln.

Oft steht jedoch wenig Platz für die Lautsprecher zur Verfügung. Dann gilt es, das verfügbare Volumen optimal zu nutzen, um eine gute Audioqualität mit bestmöglichem Schalldruck zu erreichen. Das lässt sich mit einem möglichst rechteckigen Gehäuse realisieren, das vorne und hinten dem Lautsprecherdurchmesser entspricht. Auch ein Horn bzw. Trichter hat schallverstärkende Wirkung.

Grundsätzlich gilt für die Gehäusekonstruktion:

- Die Lautsprechermembrane darf bei Maximalauslenkung nicht an der Frontplatte anschlagen.
- Mit Schaumstoff zwischen Lautsprecherahmen und Gehäuse lassen sich Vibrationen vermeiden. Zudem wird verhindert, dass sich der Schall von hinten nach vorne ausbreitet.
- Ein maximal großer Hohlraum hinter dem Lautsprecher sorgt für eine höhere Lautstärke und eine bessere Klangqualität. Oft lohnen sich hierfür ausgeklügelte Konstruktionen.

Fazit

Sowohl die Wahl des Lautsprechertyps als auch die Verstärkerschaltung und das Gehäuse beeinflussen Größe und Klangqualität des Lautsprechers. Doch inzwischen stehen für praktisch alle Anforderungen und Bauraumbegrenzungen Lösungen zur Verfügung. ■

Vor- und Nachteile verschiedener Lautsprechervarianten

keramischer Piezo-Lautsprecher		dynamischer Lautsprecher		Multilayer-Piezo-Lautsprecher	
Vorteil	Nachteil	Vorteil	Nachteil	Vorteil	Nachteil
hoher Wirkungsgrad	hohe Treiberspannung	bewährte, günstige Technologie	schlechter Wirkungsgrad	keine Löcher für den Tonausgang	wertige Technologie
reproduzierbarer Fertigungsprozess	kapazitives Verhalten	gleichmäßiges Frequenzverhalten	tiefe Bauform	für IP67-Gehäuse geeignet	
flache Bauform	schlechtes Tieftonverhalten			ultradünne Bauform	

Antriebstechnik

Kondensatoren mit impulsfesten Widerständen vorladen

Elektromotoren werden üblicherweise mit Umrichtern gesteuert.

Um die Gleichspannung am Zwischenkreis zu stabilisieren und zu puffern, kommen häufig Elektrolyt-Kondensatoren zum Einsatz.

Beim Zu- oder Abschalten dieser Kapazitäten sind einige Punkte zu beachten.

VON BERT WEISS, TECHNICAL SUPPORT
BEI RUTRONIK, UND
ROGER RENFORDT,
KEY ACCOUNT MANAGER BEI KRAH

Wird ein Kondensator über einen Widerstand geladen, verläuft die ansteigende Spannung in Form einer e-Funktion (Bild 1, blaue Linie). Der zugehörige Ladestrom des Kondensators (grün) hat demgegenüber die Form einer abnehmenden e-Funktion.

Der höchste Strom fließt direkt zu Beginn des Ladevorgangs und beträgt dann $100\text{ V}/50\ \Omega = 2\text{ A}$. Nach rund 1,5 Sekunden erreicht der Kondensator annähernd die Spannung von 100 V und der Strom ist bei nahezu 0 A angekommen.

Angenommen, diese Kondensatorladung wird ohne Widerstand durchgeführt und beim „harten Zuschalten“ der Spannung liegt nur der sehr kleine spezifische Widerstand der Zuleitung vor, der schätzungsweise 10 mΩ beträgt, dann fließt im ersten Augenblick des Ladevorgangs theoretisch ein Strom von bis zu 10.000 A!

In der Realität liegen neben dem ohmschen Widerstand der Anschlussleitung jedoch weitere Widerstandsanteile vor:

- der ohmsche Anteil des Kondensators mit schätzungsweise ca. 25 mΩ
- der Innenwiderstand der Spannungsquelle mit schätzungsweise ca. 20 mΩ
- die Übergangswiderstände der Anschlussklemmen, Schalterkontakte etc. mit max. 5 mΩ

Damit ergibt sich ein realistischer Gesamtwiderstand von ca. 50 mΩ. Damit entsteht immer noch eine Stromspitze von über 2000 A ($100\text{ V}/0,05\ \Omega = 2000\text{ A}$).

Dieser hohe Strom würde zwar nur für sehr kurze Zeit fließen, aber es lässt sich schon erahnen, welche Auswirkungen eine solche Stromspitze auf andere Bauteile haben kann – erst recht, wenn man sich vor Augen hält, dass im DC-Zwischenkreis eines Umrichters Gleichspannungen von 800 V heute üblich sind.

Wird neben der Kapazität auch eine vorhandene Leitungsinduktivität berücksichtigt, ergibt sich in etwa das Verhalten in Bild 3.

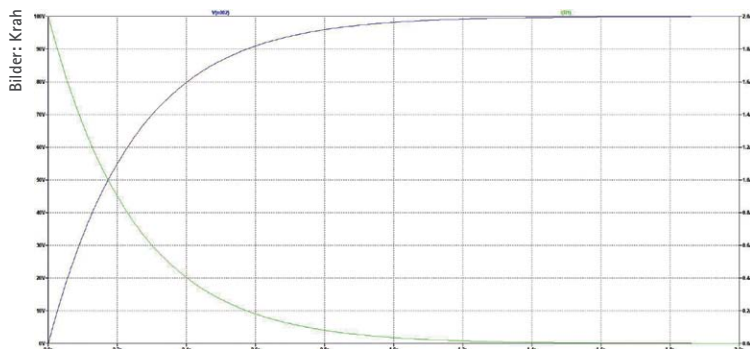


Bild 1: Spannung und Ladestrom eines Kondensators verlaufen in entgegengesetzten e-Funktionen.

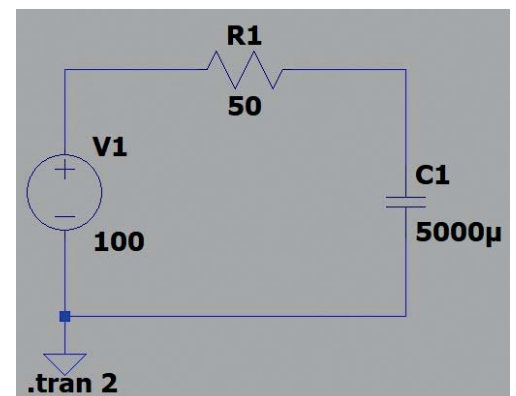


Bild 2: Ladung einer Kapazität mit 5000 μF auf eine Spannung von 100 V über einen Widerstand mit 50 Ω

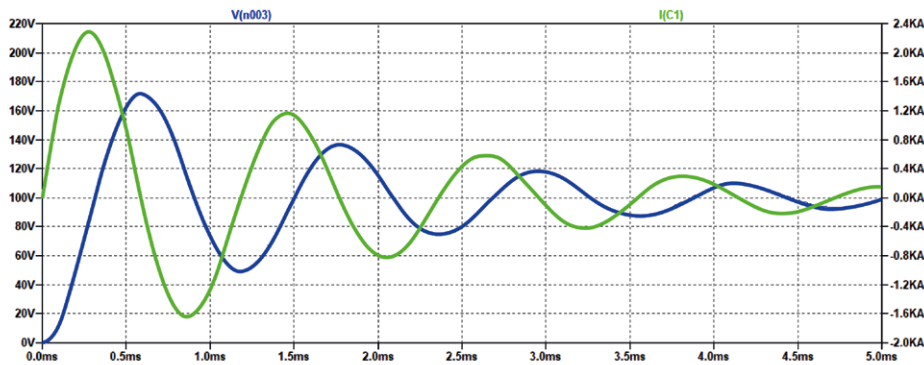


Bild 3: Verhalten beim Laden eines Kondensators unter Berücksichtigung der Leitungsinduktivität

Ohne auf die Details einzugehen, zeigt der Verlauf doch deutlich, dass sich die Spannung (blaue Kurve) nicht mehr in Form einer e-Funktion annähert, sondern an einen Wert um die 100 V einschwingt. Kurzzeitig nimmt sie mit bis zu 170 V einen um rund 70 % höheren Wert an als die extern angelegte Ausgangsspannung!

Zudem erreicht der Strom (grüne Kurve) durch die zusätzlich vorhandene Induktivität seinen Höchstwert mit rund 2100 A erst kurz nach dem Einschalten.

Das heißt: Der Strom nimmt sehr hohe Werte an und es können Überspannungen mit Spannungsspitzen von bis zum doppelten Wert der extern angelegten Spannung auftreten, auch wenn alle im Ladekreis vorhandenen ohmschen Widerstände, Induktivitäten und zu ladende Kapazitäten berücksichtigt werden.

Deshalb sollte ein hartes Einschalten einer Kapazität unbedingt vermieden werden. Wird die Kapazität vorgeladen, lässt sich das oben beschriebene Verhalten nahezu vollständig verhindern.

Ein ähnliches Verhalten findet sich beim Entladen eines Kondensators. Daher empfiehlt es sich, auch für den Entladevorgang einen Widerstand vorzusehen.

Impulsfeste Vorladewiderstände

Einen sehr einfachen und kostenoptimierten Lösungsansatz bieten hierfür impulsfeste Vorladewiderstände, die für eine bestimmte Zeit mit der Kapazität in Reihe verschaltet werden. Hierzu ist lediglich ein Vorladezweig parallel zum Hauptschalter nötig. Dieser muss folgenden Anforderungen erfüllen:

- Nutzung der strombegrenzenden Wirkung des Widerstands
- Einschaltvorgang in zwei Schritten:
 1. Vorladen über den impulsfesten Widerstand, bis der Kondensator nahezu vollständig das extern angelegte Spannungsniveau erreicht hat
 2. direktes Zuschalten des Kondensators durch Überbrücken des parallel zum Hauptschalter vorhandenen Vorladezweigs

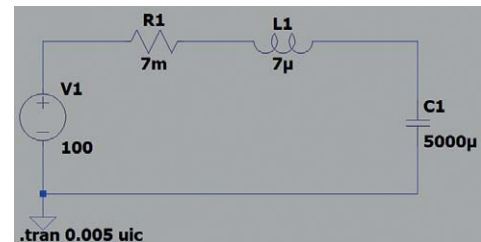


Bild 4: Ladevorgang einer Kapazität mit 5000 μF auf eine Spannung von 100 V über einen Widerstand mit 7 $\text{m}\Omega$ und eine Leitungsinduktivität von 7 μH



Bild 5: Impulsfeste Vorladewiderstände der Baureihen BR, HPRF und VHPR von Krauh

- eine mechanische oder elektrische Verriegelung, die ein Einschalten ohne Vorladung verhindert

Eine breite Palette an Vorladewiderständen bietet der Weltmarktführer für Leistungswiderstände Krauh. Dazu zählen etwa zementierte Drahtwiderstände von 3 bis 18 W sowie Hochlastwiderstände im Aluminiumprofil von 60 bis 560 W. Für besondere Anforderungen bietet Krauh auch kundenspezifische Lösungen. Beispielsweise können erhöhte Spannungsanforderungen, spezielle Geometrien und oder auch erweiterte Kühlkonzepte realisiert werden. ■

Anzeige

Leading Innovation & Quality

New Thinking, New Design, New Products

THB

- Miniature thumbstick switch

PLP16

- LED sealed pushbutton switch

TF3

- Miniature snap-acting switch

<https://www.ckswitches.com>

Rutroniks CMO Markus Krieg im Interview

»Wir sind gut durch die Krise gekommen«

*Schon mehr als ein Jahr Pandemie,
doch die Hoffnung auf ein Ende steigt.*

*Wie sich Rutronik durch das Ab und Auf entwickelt hat
und die Elektronik-Märkte im Jahr 2021 sieht,
erläutert Chief Marketing Officer Markus Krieg im Interview.*



MARKUS KRIEG,
CMO VON RUTRONIK

» Wir sind mit einem eigenen Patent bei allen größeren OEMs unterwegs, das besonders für Hybrid-Fahrzeuge interessant ist. «

Trotz Impfungen wird uns Corona noch lange Zeit begleiten. Wie gut kommt Rutronik aktuell durch die Krise? Wie steht es um Lagerbestände und Auftragslage?

Wenn man als Vergleichszeitraum den März des vergangenen Jahres heranzieht, als die Pandemie ihren Lauf nahm, kann man sagen: Wir sind gut durch die Krise gekommen – sowohl personell als auch finanziell. Es gab nur wenige Infektionsfälle und keine schweren Verläufe. Das zeigt, dass die Maßnahmen innerhalb des Unternehmens, beispielsweise bauliche Maßnahmen oder Homeoffice, gegriffen haben. Das ist das Wichtigste.

Aber auch umsatzseitig befinden wir uns auf einem guten Weg: 2020 war in Sachen Umsatz und Auftragseingang schwierig, weil viele Industrien wegen Corona ihre Kapazitäten heruntergefahren haben. Wir konnten aber bereits im dritten Quartal eine Erholung feststellen; im Oktober und November stieg der Auftragseingang so rapide, dass es für uns eine große Herausforderung war, die Bedarfe zu decken. Der November 2020 bescherte uns sogar ein Allzeithoch im Auftragseingang – im Januar und Februar ging es ebenso erfreulich weiter.

Die Corona-Pandemie hat die Digitalisierung in vielen Bereichen beschleunigt – auch in der Industrie. Inwieweit wird diese Verlagerung anhalten und was bedeutet das für Rutroniks Geschäftsmodell?

Man muss hier zwei Dinge trennen, nämlich die Digitalisierung in der persönlichen Kommunikation einerseits und die Digitalisierung bei der Entwicklung von Applikationen andererseits.

Die fehlende Möglichkeit, sich persönlich zu treffen und stattdessen auf Videokonferenzen auszuweichen hat gezeigt, dass es Bereiche gibt, in denen die digitale Kommunikation deutlich effizienter ist. Das gilt nicht nur für Kundenbesuche: Wir haben in Bezug auf digitale Messen festgestellt, dass die Leads sich qualitativ und quantitativ auf demselben Level befinden wie bei einer Präsenzmesse. Und nicht zuletzt werden andere Kommunikationsformen wichtiger, etwa die sozialen Medien, die viel stärkere Beachtung finden. Darauf stellen wir uns ein und sind hier deutlich aktiver als früher. Das alles bedeutet natürlich nicht, dass persönliche Besuche, Präsenzmessen oder traditionelle Werbeformen entfallen. Ich denke, es wird sich eine Mischform herauskristallisieren.

Die andere Seite ist die Digitalisierung bei den Anwendungen von heute: Es ist ein Schub in diese Richtung erkennbar. Fernwartung spielt eine zunehmend große Rolle, weil ich natürlich nicht immer und in jedem Winkel der Erde zeitnah einen Techniker hinschicken kann. Von der Produktseite her sehen wir ein starkes Wachstum der Kommunikations-ICs; sie sind quasi in jeder Anwendung von Relevanz und bieten auch enormes Wachstumspotenzial, was wiederum einen massiven Schub für die Digitalisierung bedeutet.

Wie kann Rutronik in der aktuellen Situation außerhalb des Kerngeschäfts helfen, die Corona-Krise zu bewältigen?

Wir befassen uns natürlich mit der aktuellen Lage und schauen, wie wir helfen können. Mit unseren hervorragenden Kontakten nach Asien und der entsprechenden Logistik können wir beispielsweise dazu beitragen, Schnell-

tests und FFP2-Masken nach Europa zu bringen und so die von der Regierung gewünschte häufigere Testung mit zu unterstützen. In Pforzheim unterstützen wir außerdem das große Testzentrum mit unserer Logistik – das Ziel ist hier das „Tübinger Modell“, das mit entsprechend vielen Schnelltests ein relativ normales öffentliches Leben ermöglichen soll. Zudem helfen wir bei der Entwicklung einer App, die ein weiterer Bestandteil dieses Konzepts ist.

Europas Anteil am weltweiten Elektronikbedarf sinkt in Richtung 8 % – so viel wie Apple oder Samsung alleine benötigen. Das zieht Konsequenzen für die Supply Chain nach sich, in der europäische Unternehmen mittel- und langfristig ins Hintertreffen zu geraten drohen. Wie kann sich Europa hier behaupten und wie können Distributoren dabei helfen?

Um es ganz klar zu sagen: Die Europäische Union hat hier jahrelang den Schlaf der Seligen geschlafen und nicht registriert, dass man sich technologisch extrem abhängig von Asien und den USA macht. Die verbliebenen europäischen Halbleiterhersteller, um die es im Wesentlichen geht, haben eigene Fertigungskapazitäten in Asien aufgebaut oder sich an Fremdfertiger gewandt. Die Konsequenz: Selbst wenn wir die IP und die zugehörige Technologie in Europa entwickeln, heißt das nicht, dass wir die Produktionskapazität für die zugehörigen Chips in Asien bekommen. Inzwischen sind EU und Bundesregierung aufgewacht und haben ein Programm aufgelegt, um in Europa eine eigene Halbleiterfertigung hochzuziehen. Dafür stehen 150 Milliarden Euro bereit. Rutronik als drittgrößter Distributor in Europa bringt sich mit Know-how ein; wir sind in Gesprächen mit hochrangigen Vertretern von EU und Bundesregierung. Es ist nicht damit getan, die Fertigungskapazitäten nach Europa zurückzuholen – es muss auch sichergestellt sein, dass die europäischen Vertriebskanäle darauf zugreifen und die Produktion an die Kundschaft in Europa verteilen können. Wir wollen darauf hinwirken, dass Vishay, Infineon und die kleineren Hersteller, die es in Europa noch gibt, angehalten werden, ihre Vertriebskanäle auch europäisch auszurichten.

Rutronik macht knapp die Hälfte seines Umsatzes mit dem Automotive-Bereich. Auch Autobauer und ihre Zulieferer spüren inzwischen die Auswirkungen der Allokation. Wie steht es um die Liefersicherheit für Rutroniks Automotive-Kunden?

Hier lohnt ein Blick auf die Hintergründe: Ab April/Mai 2020 haben die OEMs massiv ihre Produktion zurückgefahren, von VW über BMW bis Audi. Wenn ich das aber tue, bleibt meine Supply Chain auf ihren Waren sitzen – und zwar ohne große Vorwarnzeit. Es hagelt Stornos und Verschiebungen; Rutronik musste teilweise bis zu 200.000 Auftragspositionsänderungen am Tag verwalten und verarbeiten. Als der Markt dann wieder anlief, waren sie überrascht, dass die Supply Chain die Halbleiter anderweitig verteilt hatte und die Kapazitäten nicht da waren. Ich finde es schwierig, hier mit dem Finger auf die Supply Chain oder die Bauelemente-Fertiger zu zeigen, denn die Automobilisten haben hier einen schlechten Job in Sachen Disposition gemacht. Aktuell haben wir dadurch das Problem, dass wir die Bauelemente nicht so schnell beschaffen können, wie die Kunden sie anfragen. Bisher bekommen wir das hin, einen Line-Stopp hat es bei unseren Kunden dadurch jedenfalls noch nicht gegeben. Dazu stehen wir in engem Austausch mit OEMs und der Tier-One- und Tier-Two-Ebene. Wir hoffen, dass Ende Q3, Anfang Q4 die Bedarfe wieder normal gedeckt werden können. Bis dahin haben wir noch zwei Quartale vor uns, in denen wir viel Backlog Management betreiben müssen. Unsere Analysen haben ergeben, dass der Auftragseingang bis heute sich aus dem ergibt, was im letzten Jahr nicht bestellt wurde, das heißt, wir sind auf einem sehr niedrigen Backlock-Niveau gestartet; der Eingang füllt unsere Bücher auf das Niveau, das wir ohne Corona 2020 erwartet hätten.

Gibt es noch andere Bauteilegruppen, in denen mit einer Allokation zu rechnen ist? Und wie gut ist Rutronik darauf vorbereitet?

Durch die geschilderte Entwicklung haben wir praktisch in jedem Bereich Engpässe. Erschwerend kommt das Thema Logistik und Transportkapazitäten hinzu: Die Märkte haben sich zeitversetzt erholt – China hat früher wieder zu produzieren angefangen und viel nach Europa und Amerika exportiert. Dadurch wurden Container-Kapazitäten in diese Regionen verschoben, die jetzt an anderer Stelle fehlen. Die wenigen Container werden aktuell für das Dreifache des normalen Preises angemietet, hauptsächlich aus den USA, sodass wir in Europa nur sehr niedrige Transportkapazitäten haben. Das macht ein zeitnahes Reagieren auf Engpässe schwierig.

Konkret betroffen sind etwa Displays oder Wireless-Module. Hier versuchen wir im täglichen Austausch zwischen Kunde und Hersteller die Bänder am Laufen zu halten.

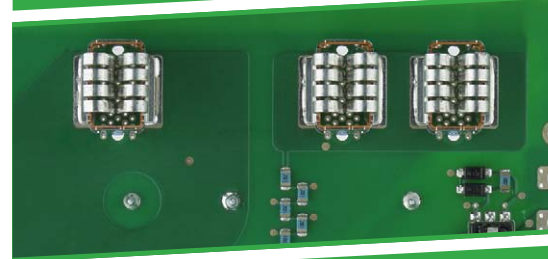


Hochstrom-Kontaktelemente

vielfältige Einsatzmöglichkeiten in kompakten Steuergeräten und On-Board-Lademodulen

Kontaktierung mit Flachmesser, steckbar von oben oder von unten

für SMT-Löten oder Schweißen



von 65 A bis 80 A

Bei den passiven Bauelementen haben wir punktuell eine Verknappung bei Elektrolytkondensatoren, was dem massiven Ausbau des 5G-Netzes geschuldet ist, wo sehr viele große Kondensatoren benötigt werden. Verstärkt werden die Engpässe noch durch die rasante Entwicklung bei der Elektromobilität, die schneller voranschreitet als erwartet. Das steigert die Nachfrage nach Elektrolytkondensatoren, Spulen und Induktivitäten – aber auch bei elektromechanischen Bauelementen kommt es punktuell, etwa bei Steckverbindern für E- oder Hybridfahrzeuge, zu Verknappungen, allerdings nicht auf dem Niveau wie 2018. Auch bei Keramik Kondensatoren und Automotive-zertifizierten Produkten sind die Lieferzeiten gestiegen, aber wir sprechen hier noch nicht über Zuteilung.

Wie schätzen Sie die Situation der deutschen OEMs und Zulieferer vor dem Hintergrund der Umwälzungen durch die Elektromobilität? Wie unterstützt Rutronik seine Kunden dabei?

Für uns als Bauelemente-Distributor ist die Elektrifizierung natürlich positiv, weil wir daran partizipieren. Der Anteil an Bauelementen im Auto wird bei Fahrzeugen mit E-Antrieb noch weiter steigen, als das bereits heute der Fall ist, insbesondere im Bereich Halbleiter für Hochleistungsantriebe und Leistungselektronik. Wir sind hier mit unseren Kunden in engem Austausch und bringen ihnen Innovationen näher, damit sie in der Lage sind, mit den außereuropäischen Konkurrenz mitzuhalten.

Ein weiteres Feld betrifft die Batterien. Wir sind mit einem eigenen Patent bei allen größeren OEMs unterwegs, das besonders für Hybrid-Fahrzeuge interessant ist. Damit braucht man für die gleiche Reichweite wie bisher weniger Batterien, was zu Kosteneinsparungen führt. Wir gehen davon aus, dass wir in zwei Jahren das erste Auto mit unserem Patent auf der Straße sehen werden. Aber wir setzen nicht nur auf E-Mobilität: Wir glauben auch an die Brennstoffzelle und haben auch hier Kunden, die wir unterstützen.

Und wie steht es um das autonome Fahren?

Was das autonome Fahren angeht, sehen wir ja an Google oder Tesla, dass das heute schon weitgehend möglich ist. Durch das 5G-Netz entsteht die benötigte Kommunikationsinfrastruktur für autonomes Fahren, aber auch für die Car-to-Car-Kommunikation. Das ist für uns eine Riesenchance, nicht nur bei den Kommunikationshalbleitern, sondern auch bei der Stromversorgung für die Sendemasten – hier ist der Bedarf enorm.

Der Hemmschuh ist aber ein anderer, nämlich die Rechtslage und die Frage der Ethik: Möchte ich die Entscheidung, wie ich in einer gefährlichen Situation reagiere, wirklich einer Maschine überlassen? Und wie ist die Versicherungslage?

Wie steht es um die Marktentwicklung in Amerika und Asien und welche Unterschiede gibt es zu Europa?

Unser Asien-Geschäft läuft hervorragend. Asien allgemein und China im Speziellen hat die Krise viel früher bewältigt, was sich positiv auf unser Gesamtergebnis ausgewirkt hat. Auch in diesem Jahr verliefen die ersten drei Monate sehr erfreulich – nicht nur in China, sondern auch in Südostasien. In den USA ist die Situation ungleich schwieriger, hier muss-

„ Wir haben in Bezug auf digitale Messen festgestellt, dass die Leads sich qualitativ und quantitativ auf demselben Level befinden wie bei einer Präsenzmesse. “

ten wir in der Corona-Zeit einen personellen Aderlass hinnehmen und sind vor Ort relativ dünn besetzt. Auch die Ressourcen, die wir im US-Headquarter platzieren wollen, sind noch nicht vor Ort. Das macht es schwierig, das Geschäft so auszubauen, dass wir eine vernünftige Profitabilität erreichen. Mexiko wurde ebenfalls von Corona sehr hart getroffen, die Fabriken unserer Kunden waren über Wochen und Monate deshalb geschlossen.

Wie entwickelt sich Rutronik Analytics?

Wir sind sehr zufrieden. Die Analysen, die wir bisher mit dem Tool durchgeführt haben, waren sehr erfolgreich. Wir haben ein eigenes Team aufgebaut, das die Leistungen, die Rutronik Analytics bietet, nun auch Kunden anbietet. Zudem entwickeln wir uns technisch stetig weiter und versuchen, unabhängiger vom Dienstleister zu werden, eigene Programmierressourcen aufzubauen und die Analyse-IP weiter zu verbessern.

Seit Jahren sinken die Margen der Distributoren. Inwieweit hat Corona sich darauf ausgewirkt? Gibt es hier neue Entwicklungen am Markt oder bei Rutronik?

Zunächst einmal sind sinkende Margen ein psychologisches Problem: Wenn ich in schlechten Zeiten Angst habe, einen Auftrag

zu verlieren, gehe ich in die Verhandlungen schon nicht mit dem notwendigen Selbstvertrauen. Daher haben wir 2020 einen Margenrückgang erlebt – andererseits war 2019 ein Jahr, das teilweise von der Allokation im Passivbereich geprägt war. Der Vergleich ist daher nicht so einfach. Für uns sind höhere Margen wichtig, weil wir durch unser Passiv- und Commodity-Portfolio eine hohe Cost of Ownership haben. Da gibt es drei Ansatzpunkte: Erstens müssen wir den Herstellern aufzeigen, dass sie von unserem Geschäftsmodell profitieren, weil wir ihnen durch die Belieferung mit Commodities Zugang zu einer zusätzlichen Kundenschnittstelle ermöglichen. Zweitens bereiten wir unser Produktmarketing, den Vertrieb und die FAEs durch Trainings- und Schulungsmaßnahmen noch besser vor. Und drittens stellen wir die Kundenbasis sehr breit und ausgewogen auf. Gerade im mittleren Segment hat man ganz andere Chancen, Margen zu erzielen als im Tier-One- und Automobilbereich.

Zum Schluss der – ungeliebte – Blick in die Kristallkugel: Wie wird sich das Jahr 2021 für Rutronik und die Elektronikbranche insgesamt entwickeln?

Aus meiner Sicht werden zwei Dinge für das restliche Jahr wichtig sein: Das eine ist das Thema Verfügbarkeit, um je nach Entwicklung schnell zu reagieren, den bestehenden Backlog zu managen und so möglichst viel Geschäft zu generieren. Das andere ist die Frage nach den Auswirkungen von Corona: Im Augenblick hoffen viele, dass wir uns durch die Impfstoffe in Q4 in Richtung einer deutlichen Normalisierung bewegen. Ich bin da ein wenig skeptischer, alleine schon durch die Mutationen und die unterschiedlichen Wirksamkeiten der Vakzine. Wir beobachten das sehr genau, um in alle Richtungen vorbereitet zu sein. Wenn es aufwärts geht, freuen wir uns natürlich und unterstützen, wo wir können. Aber auch wenn es zu einer Verschlechterung kommt, haben wir aus der Vergangenheit gelernt und sind vorbereitet, als Firma die entsprechenden Schritte einzuleiten.

Wir sind 2020 ohne Kurzarbeit durch die Krise gekommen. Das beweist, dass die Maßnahmen, die wir getroffen haben, richtig waren – auch vom finanziellen Gesichtspunkt aus. Wir haben eine Basis geschaffen, die es uns ermöglicht, auf alle Situationen entsprechend reagieren zu können. Man darf nicht vergessen: Um von einem starken Anstieg des Geschäfts zu profitieren, muss man monetäre Ressourcen haben, sich darauf entsprechend einzustellen. Wir haben gut gewirtschaftet. ■

WE CONNECT



IN CHARGE OF TOMORROW

In the market for electric vehicles (EVs), which are expected to grow even further in the future, JAE has been working on the development of connectors for EV charging since 2010, the early adoption of vehicles.

We have already commercialized products (KW Series) that conform to CHAdeMO and CCS Type-2 standards. Currently we are developing new products that conform to CHAdeMO with the aim of further strengthening our line-up.

Connect with JAE - and profit from innovative, reliable and responsible electric mobility solutions. Don't wait for the future, but shape it!

Technology to Inspire Innovation

JAE

Logistik

C-Teile effizienter beschaffen

Über 71 Milliarden Commodities haben Kunden im Jahr 2020 bei Rutronik bestellt. Den großen Mengen steht bei den meisten dieser Komponenten ein Preis von wenigen (Zehntel-)Cent gegenüber – damit zählen sie zu den C-Teilen. Um hier Einsparungspotenziale zu realisieren, lohnt der Blick deshalb eher auf die Bestellprozesse als auf den Warenwert.

VON ROMAN WOLF, PROJECT MANAGER
SUPPLY CHAIN SOLUTIONS, UND
PATRICK KRÄTZ, HEAD OF SUPPLY CHAIN
SOLUTIONS, BEIDE BEI RUTRONIK

Nehmen wir an, ein Unternehmen benötigt jeden Monat 40.000 Chipwiderstände. Um den Lagerbestand gering zu halten, wird jede Woche eine Bestellung über 10.000 Widerstände ausgelöst. Vier Mal im Monat muss also ein Mitarbeiter die Ware auspacken, den Lieferschein prüfen, die Lieferscheinposition im Warenwirtschaftssystem buchen und schließlich die Ware ins Regal räumen. Die Bauteile mit einem Warenwert von wenigen Euro verursachen damit Prozesskosten, die mindestens gleich hoch oder sogar höher sind als der eigentliche Warenwert. Die Potenziale zur Kostenreduzierung sind in diesem Bereich deshalb deutlich höher als durch mögliche

Preisanpassungen im Zuge von jährlichen Preisverhandlungen.

Hebel zur Optimierung

Um die Prozesskosten zu reduzieren, sind Liefermengen und Verpackungseinheiten effektive Hebel: Viele Commodities sind in Verpackungseinheiten von 5000 bis zu 50.000 Stück, in der Regel auf der Rolle, verfügbar. Dabei gilt: Je größer die gewählte Einheit, desto geringer die Prozesskosten. Würde das Unternehmen aus obigem Beispiel statt vier Mal im Monat 10.000 nur einmal im Monat 40.000 Chipwiderstände bestellen, reduzierte sich der



Bild: nordroder/stock.adobe.com

Aufwand auf nur noch ein Viertel. Der Lagerbestand nimmt dadurch zwar zu, durch den geringen Wert der C-Teile ist dies in der Regel jedoch zu vernachlässigen.

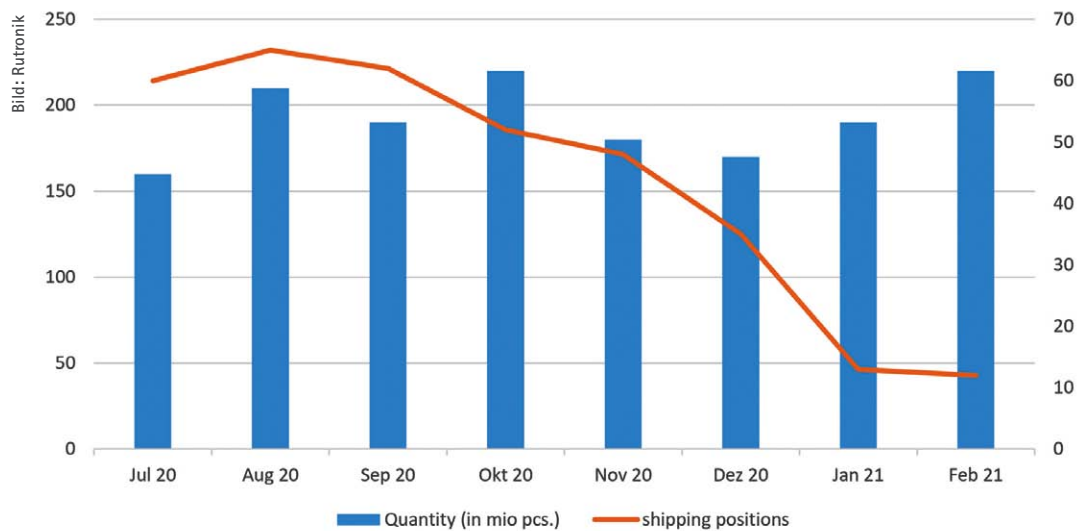
Durch derartige Optimierungen konnte Rutronik für zahlreiche Kunden mit Bestellmengen in Milliarden-Stückzahlen pro Jahr die Liefercheinpositionen drastisch reduzieren bzw. bei steigenden Mengen auf gleichem Niveau halten. Und jede Position weniger auf dem Lieferschein bedeutet geringere Prozesskosten.

Versorgungssicherheit

Steht ein geringer Warenbestandswert im Fokus, bietet ein Konsignationslager eine gute Möglichkeit, um diesen niedrig zu halten. Die Waren lagern produktionsnah beim Unternehmen, das sie bedarfsgerecht entnehmen kann. Fakturiert wird erst bei Entnahme. So verbindet ein Konsignationslager geringe Lagerhaltungskosten mit einer optimierten Steuerung des Warenflusses und Versorgungssicherheit.

Mehr Effizienz durch Digitalisierung

Um die Beschaffungsprozesse generell so effizient wie möglich zu gestalten, hat Rutronik bereits vor Jahren die Digitalisierung des gesamten Prozesses vom Auftrag bzw. Forecast bis hin zur Lieferavisierung und Rechnungsstellung vorangetrieben. Neben standardisierten Datenformaten wie EDIFACT, VDA oder SAP IDOC kann Rutronik auch andere Formate, z.B.



Mittels optimierter Beschaffung lassen sich die Lieferscheinpositionen – und damit Aufwand und Kosten bei der Warenannahme – drastisch reduzieren.

Excel- oder Textdateien, verarbeiten, sodass möglichst alle Kunden von einem elektronischen Datenaustausch und damit einer automatisierten Beschaffung profitieren können. Quasi nebenbei steigt auch die Datenqualität.

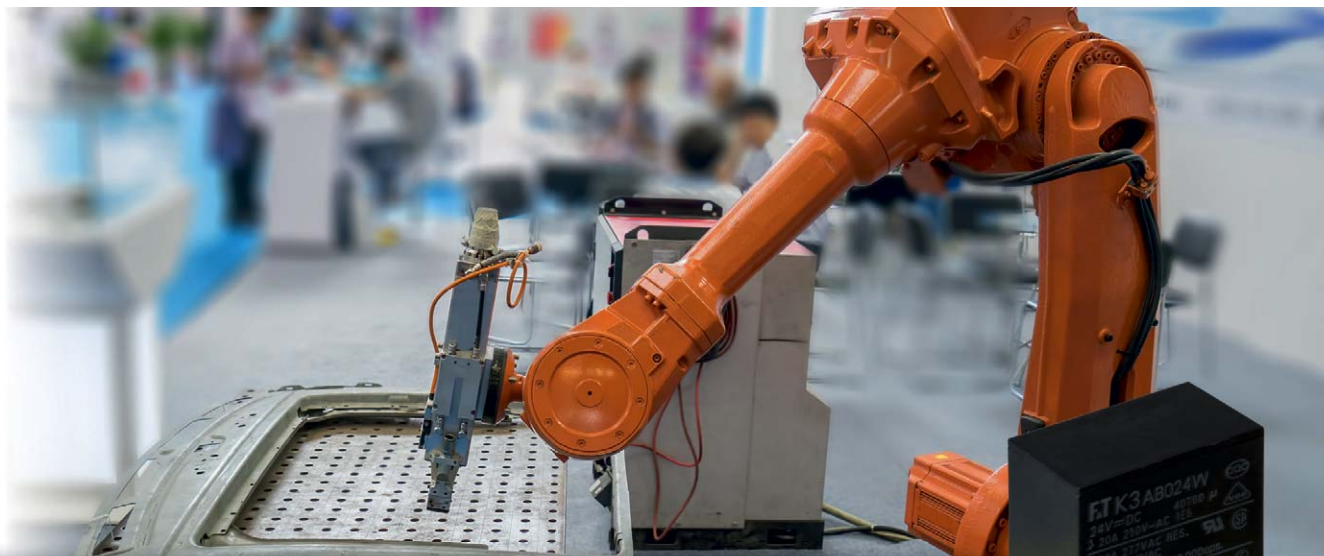
Das gilt für den herkömmlichen Beschaffungsprozess mit Auftrag und Auftragsbestätigung ebenso wie für dynamische Liefersysteme mit rollierendem, langfristigem Forecast. Letztere tragen zudem erheblich zur Versorgungssicherheit bei. Denn je genauer der Distributor die langfristigen Bedarfe seiner Kunden kennt, desto besser kann er sie auch im Falle von kurzfristigen Marktänderungen im Hersteller-Backlog berücksichtigen – und solche Situationen gibt es zuhauf, seien es Unwetter in

Landstrichen mit vielen Produktionsstätten, die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie oder Bedarfssteigerungen, die zu Allokationen führen wie im Jahr 2018.

Logistik ist viel mehr als nur die richtige Ware zur richtigen Zeit am richtigen Ort bereitzustellen. Sie bildet auch einen wesentlichen Bestandteil zur Optimierung der Kostenstruktur und zum Unternehmenserfolg. Im Bereich der C-Teile tragen effiziente Lieferprozesse erheblich ganz besonders dazu bei, die Logistik- und Abwicklungskosten auch bei steigenden Mengen so gering wie möglich zu halten. Deshalb ist ein individuell abgestimmtes, intelligentes Belieferungskonzept hier sinnvoller als eine Just-in-time-Belieferung. ■

Anzeige

Fujitsu Industrial Relays



FUJITSU

shaping tomorrow with you

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

fujitsu.com/components

FAE-Support

Field Application Engineers ohne Field

Mit Entwicklern an einem Tisch sitzen – das war einmal.

Die Corona-Pandemie hat auch den Design-in Support größtenteils in den digitalen Raum verschoben. Was kann er trotzdem leisten?

Und wie wird er in der Nach-Corona-Zeit aussehen? Carsten Steiner, Director FAE/BDM Global bei Rutronik, gibt die Antworten.

Herr Steiner, was kann digitaler FAE-Support?

Ich fange mal damit an, was er nicht kann: Wir können Bauteile nicht unter Realbedingungen mit unseren Kunden testen. Auch die Haptik fehlt, vor allem bei vielen elektromechanischen Bauteilen. Und Displays muss man vor einer Kaufentscheidung einfach gesehen haben, da reichen auch die hochwertigsten Broschüren, Webseiten und Datenblätter nicht aus. Deshalb haben wir ein umfangreiches Lager mit Demo-Produkten, die unsere Kunden ausleihen und in ihrer Applikation testen können.

Was noch fehlt: Die persönliche Begegnung. Sie lässt sich einfach nicht komplett durch den digitalen Austausch ersetzen.

Aber alles andere funktioniert online genauso gut – manches sogar besser. Wir erleben immer wieder, dass wir die Fragen unserer Kunden in Webmeetings oft schneller klären können als bei einem Vor-Ort-Termin. Dafür bereiten sich unsere FAEs aber auch auf jedes Gespräch noch intensiver vor als bisher. Künftig wollen wir auch noch andere Kommunikationswege und -Tools einsetzen, etwa Messenger-Dienste, Ticketing-Systeme und Virtual- oder Augmented-Reality-Lösungen. Damit wollen wir unsere Kunden noch individueller ansprechen – ein Neueinsteiger und Digital Native hat da einfach andere Erwartungen und Vorlieben als ein „alter Hase“ mit jahrzehntelanger Erfahrung.

Wenn sowieso alles online abläuft – kann der Entwickler oder Einkäufer dann nicht gleich googeln, in einem Online Shop recherchieren oder in Foren nachfragen? Im Internet findet man doch alles.

Das stimmt nicht ganz. Man findet sicher sehr viele Infos, doch es dauert leicht ein paar Stunden, um das herauszufinden, was ein FAE in wenigen Minuten beantworten kann. Dazu kommt: Man muss die Informationen auch einordnen können. Und dafür braucht es Wissen und Erfahrung. Jeder unserer Kunden ist ein absoluter Experte auf seinem Gebiet, gar keine Frage! Seine Kernkompetenz liegt aber nicht darin, den Bauteilemarkt ständig intensiv zu beobachten. Das ist eine zeitaufwändige Aufgabe, die unsere FAEs im engen Austausch mit den Komponentenherstellern und in Zusammenarbeit mit unseren Produkt- und Line Managern übernehmen.

Das ist auch deswegen so zeitintensiv, weil die Variantenvielfalt und Komplexität der Bauteile in den letzten Jahren enorm angestiegen sind; gleichzeitig verkürzen sich die Lebenszyklen immer weiter. Die aktuellen Bauteile zu kennen reicht aber nicht, auch die Roadmap der Hersteller ist wichtig. Wenn man die nicht kennt, kann es passieren, dass man ein Bauteil eindesignt, das bei Serienstart schon wieder abgekündigt ist. Unsere FAEs haben das immer im Auge, ebenso die Lieferzeiten. Um hier unliebsame Überraschungen zu vermeiden, empfehlen sie zudem alternative Bauteile als Second Source – und zwar nicht nur bei den Fokus-Komponenten. Denn auch ein C-Teil kann die Produktion stoppen, wie sich in den letzten Monaten immer wieder gezeigt hat. Zudem muss man die Möglichkeiten und Grenzen der Bauteile einschätzen können. Dazu gehört Erfahrung, aber auch Kenntnisse über die neuesten Technologien. Durch sie ergeben sich oft völlig andere Lösungen für bestimmte Anforderungen.

Das alles lässt sich nicht einfach googeln. Und es kommt noch etwas dazu: Wir beobachten



Carsten Steiner, Director FAE/BDM Global bei Rutronik

„Letztendlich geht es immer um die Entwicklung eines wettbewerbsfähigen Endproduktes.“

oft, dass der Fokus bei der Bauteileauswahl seit Jahren auf denselben Komponenten liegt, obwohl diese inzwischen technologisch oder kostenseitig keine große Rolle mehr spielen. Andere fallen durchs Raster, es kommen immer wieder dieselben Komponenten zum Einsatz, obwohl hier erhebliches Optimierungspotenzial für die Gesamtlösung steckt. Durch den Blick von außen und mit einem kompletten Produktportfolio im Rücken können unsere FAEs die Gesamtlösung und die Total Cost of Ownership berücksichtigen.

Und noch einen ganz entscheidenden Punkt gibt es: die Time to Market. Die Punkte, die ich genannt habe, tragen alle zu einer schnellen Markteinführung bei. Darüber hinaus unterstützen wir unsere Kunden mit selbstentwickelten Development Kits, Demo Boards und Komplettlösungen, z.B. mit einer MCU-Plattform für KI-basierte Applikationen an der Edge.

Sie haben über kurze Entwicklungszyklen gesprochen. Welche Produktbereiche entwickeln sich am dynamischsten?

Alles aus dem Wireless-Bereich gehört sicher dazu. Die neuen Funk-Technologien wie 5G, WiFi 6 oder Weiterentwicklungen bei Bluetooth eröffnen ganz neue Möglichkeiten der Vernetzung, die ja ein Hauptelement von IoT und Industrie 4.0 ist. Zudem lassen sich Ideen, die noch vor zwei Jahren zu teuer, zu komplex, zu groß oder zu leistungsintensiv waren, jetzt häufig umsetzen. Bei den Halbleitern sorgen die Wide-Bandgap-Materialien wie SiC und GaN für eine große Dynamik, aber auch bei passiven und elektromechanischen Bauteilen gibt es durch neuartige Akkus und Supercaps viel Bewegung.

Wo wir bei den Produkten sind: Was haben Komponentenhersteller von der Zusammenarbeit mit einem Distributor?

Zuerst einmal haben viele Kunden nicht das Volumen, dass ein Hersteller sie alle direkt betreuen könnte. Hier fungieren wir gerne als verlängerter Arm des Herstellers, um dessen Kundenkreis zu erweitern. Und da Rutronik weltweit vertreten ist, erreichen wir auch zusätzliche regionale Märkte – aber auch vertikale Marktsegmente: Es kommt immer wieder

vor, dass wir einen Baustein mit Zielmarkt Automotive z.B. für Medizin-Applikationen empfehlen, weil die Features hier auch ideal passen.

Letztendlich geht es ja immer um die Entwicklung eines wettbewerbsfähigen Endproduktes. Je erfolgreicher die Applikation unseres Kunden, desto höher ist der Bauteilebedarf – und das ist schließlich das Ziel von allen Beteiligten: Gerätehersteller oder Entwicklungschaus, Komponentenhersteller und Distributor.

Genau an dieser Schnittstelle liegt ja das klassische Arbeitsfeld eines Distributors. Welche Veränderungen sehen Sie hier?

Flexibilität ist noch wichtiger geworden als bisher. Die Pandemie hat wieder einmal gezeigt, dass es auch mit modernsten Planungstools keine Planungs- und Belieferungssicherheit gibt. Generell stehen selbst die großen europäischen OEMs bei den Komponentenherstellern nicht unter den ersten in der Reihe, wenn es um die Belieferung geht – im Vergleich zu den Bedarfen amerikanischer und

asiatischer Hersteller ist ihr Anteil einfach zu gering. Als Distributor können wir durch die Bündelungsfunktion und unsere langjährigen, engen Partnerschaften mit den Herstellern noch mehr bewegen. Und wir haben die Expertise und die Lösungen, um eine Bauteileknappheit abzufedern. Das geht umso besser, je enger Kunden mit uns zusammenarbeiten und ihre Planungen übermitteln.

Werfen Sie zum Schluss noch einen Blick in die Glaskugel: Wie wird sich die Arbeit der FAEs durch die zunehmende Digitalisierung noch verändern?

Das klassische „Field“ mit persönlicher Vor-Ort-Beratung wird es auch in Zukunft in der gewohnten Form nicht mehr geben. Stattdessen wird sich ein Mix aus analogen und digitalen Kommunikationswegen etablieren, der von Kunde zu Kunde anders aussieht. Hierfür kommen neue Tools zum Einsatz, die uns erlauben, schneller und bedarfsgerechter zu agieren, ein paar habe ich ja schon genannt. Darüber hinaus werden sich bestimmt noch weitere entwickeln – wir können gespannt sein! ■

Anzeige



Industry's Broadest Portfolio of TVS Diode and TVS Diode Arrays



IXYS: A Littelfuse Technology represents a comprehensive portfolio of advanced power semiconductor technologies



www.Littelfuse.com

© Littelfuse 2021

5G-Campus-Netzwerke

Private Mobilfunknetze für die Smart Factory

Das Schlagwort Digitalisierung ist nicht mehr neu, doch in der Realität nimmt die Umsetzung jetzt zunehmend Fahrt auf. Sie zwingt Unternehmen zu ständigen Weiterentwicklungen, um am Markt bestehen zu können. 5G-Campus-Netzwerke unterstützen sie dabei, agiler, effizienter und digitaler zu werden.

VON ANJA SCHAAL, TEAM LEADER PRODUCT MARKETING WIRELESS, UND MANUEL FISCHER, DH-STUDENT, BEIDE BEI RUTRONIK

5G-Campus-Netzwerke sind lokale, geografisch begrenzte 5G-Netze, die für die Öffentlichkeit unzugänglich sind. Sie sind vor allem für die Industrie interessant, weil die 5G-Technologie genau die Eigenschaften besitzt, die für eine vernetzte Produktion nötig sind: eine hohe Zuverlässigkeit, große Reichweiten, geringe Latenzzeiten und hohe Bandbreiten bei gleichzeitiger Energieeffizienz. Hierfür braucht es jedoch höhere Frequenzbereiche. Anstelle von 2,2 GHz, die für die vorausgehenden Mobilfunkstandards verwendet werden, setzen 5G-Campus-Netzwerke auf Frequenzen von 3,7 bis 3,8 GHz auf. Unter 5G spricht man vom Band n78.

Was macht 5G-Campus-Netzwerke so besonders?

Die 5G-Technologie ermöglicht eine drahtlose Echtzeit-Kommunikation zwischen Mensch und Maschine, Sensoren und anderen Endgeräten. Dabei übertrifft das 5G-Netz seinen Vorgänger 4G in den Bereichen enhanced Mobile Broadband (eMBB), massive Machine Type Communications (mMTC) und Ultra Reliable and Low Latency Communications (URLLC).

Die Latenzzeiten im Bereich URLLC verringern sich von ca. 15 bis 80 Millisekunden bei der 4G-Technologie auf weniger als 1 Millisekunde. Maschinen, Roboter und autonome Transportsysteme können dadurch ohne wahrnehmbaren Zeitversatz gesteuert werden.

Im Bereich eMBB lassen sich die Daten mit 5G mit bis zu 10 Gbit/s übertragen – bei einer Kapazität von 10 Tbit/s pro km². Zum Vergleich: Die 4G-Technologie hat bei 1 Gbit/s ihre Grenze erreicht. 5G ist also rund zehnmals schneller als 4G. Videos können in sehr hoher Auflösung live übertragen werden. So erhält auch in Zeiten von Corona der Entwickler aus Übersee Einblicke in die noch so kleinsten Details und kann Anmerkungen dazu geben.

5G

Besonders interessant ist die im Bereich mMTC erzeugte immense Nutzerdichte von bis zu einer Million Endgeräten pro km² bei geringerem Energieverbrauch. Der liegt bei nur circa 10 % des Verbrauchs von LTE-Systemen, während die Dichte bei 4G gerade einmal circa 200 Endgeräte pro km² beträgt. Von mMTC profitieren vor allem Anwendungen in großen Lagerhallen, Parkplatz-Managementsysteme sowie Großveranstaltungen mit ausverkauften Stadien.

Hinzu kommt: Dank der smarten Technik „Network Slicing“ können mehrere virtuelle Netze gleichzeitig auf derselben physikalischen Netzinfrastruktur bestehen. Dadurch werden Daten jedes Anwendungstyps (eMBB, mMTC und URLLC) über ein eigenes virtuelles Mobilfunknetz übertragen, das wiederum individuell für jeden Anwendungsfall optimiert werden kann. Campus-Netzwerke schlagen öffentliche Netze zudem hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit, da ihr Betrieb nicht von einem Mobilfunkanbieter abhängig ist.

Was kann 5G besser als WiFi 6?

Campus-Netzwerke sind an sich nichts Neues. Aktuell basieren die meisten jedoch auf der WLAN-Technologie. Fast zeitgleich mit der 5G-Technologie wurde mit WiFi 6, auch WLAN AX genannt, die neueste WLAN-Generation vorgestellt. Sie bringt wie 5G zahlreiche Verbesserungen mit sich, z.B. mehr Bandbreite je Datenstrom, geringere Latenzzeiten sowie höhere Datenraten von bis zu 6 Gbit/s. Das wird durch neue Modulationsverfahren wie OFDMA (orthogonales Frequenzmultiplexverfahren) und 1024-QAM (Quadraturamplitudenmodulation) möglich. Da WiFi 6 abwärtskompatibel ist, muss die Nutzer-Hardware nicht ausgetauscht werden – ein großer Vorteil vor allem für private Netzwerke in Bürogebäuden.

Mit der steigenden Zahl an vernetzten Maschinen und Systemen sowie mobilen Anwendungen wie Robotern und autonom fahrenden Transportsystemen steigen jedoch auch die Anforderungen an das private Netzwerk. Zudem muss bei vielen Industrie- und Produktionsanlagen das Campus-Netzwerk nicht nur Innen-, sondern auch Außenflächen abdecken, z.B. weil sich Transportsysteme über das komplette Areal einer Produktionsstätte bewegen. Aufgrund der niedrigeren Frequenz von 3,7 bis 3,8 GHz (vgl. 5 GHz bei WLAN) deckt 5G bei ähnlichen Datenraten wie WLAN eine größere Reichweite ab. Unter WLAN und sogar WLAN-Roaming könnte es passieren, dass ein autonom fahrendes Transportsystem beim Zellenwechsel zunächst anhalten muss und erst wieder losfahren kann, wenn die Verbindung zur neuen Zelle bzw. zum Gateway hergestellt ist. Dies gilt vor allem für alle mobilen Anwendungen, die auf einen kontinuierlichen Datenstrom angewiesen sind. Unter 5G reicht die Zelle weiter, Latenzzeiten sind geringer, zudem funktioniert der Zellenwechsel nahtlos. Für mobile Systeme und Anwendungen im Automatisierungsbereich innerhalb von Industrieanlagen und Produktionsarealen hat 5G somit die Nase vorne.

Attracting Tomorrow 

Compact and Powerful HVC 4222F / HVC 4422F



- ◆ High flexibility to directly drive BLDC-, stepper- and BDC-motors – supported by easy software reconfiguration
- ◆ Designed for high-temperature environments
- ◆ HVC 4422F offers extended memory size for more complex software implementations
- ◆ Green innovation by means of weight reduction and power-efficient motor commutation
- ◆ Comfort, connectivity, and re-usability due to full integration
- ◆ Noise reduction in smart actuators ensures driver relaxation
- ◆ Improved power efficiency and optimized motor dynamics

Rear-View Cam

HVAC Flap Control

Active Grille Shutter

Adaptive Headlights and Fan

Seat Climatization

Door Lock and Door Mirror

TDK-Micronas GmbH · Hans-Bunte-Strasse 19 · 79108 Freiburg
www.micronas.tdk.com

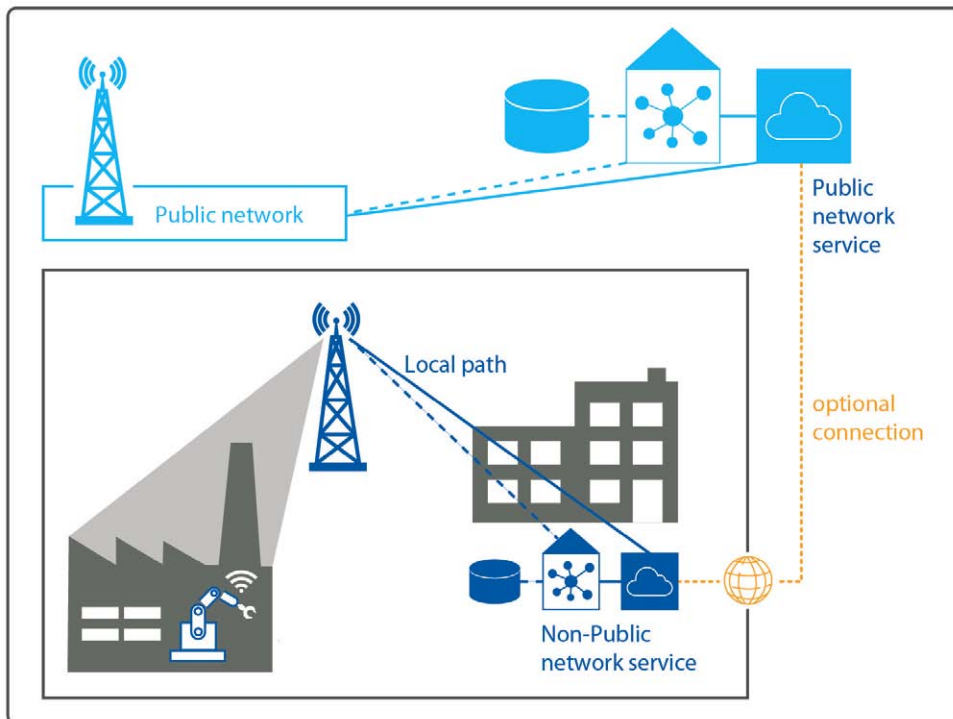


Bild: Rutronik

5G-Campus-Netzwerke sind nicht öffentlich zugänglich und bieten damit eine hohe Datensicherheit.

Wie kommen Unternehmen an ein 5G-Campus-Netzwerk?

Unternehmen können Lizenzen für die 5G-Frequenzen über einen Antrag bei der Bundesnetzagentur erwerben. Hierfür hat die Bundesnetzagentur eine Bandbreite von 100 MHz in einem Frequenzbereich von 3,7 bis 3,8 GHz für lokale Netzwerke freigegeben. Im Vergabeverfahren können Frequenzblöcke dann auf ein oder mehrere Gelände geteilt werden.

Die Gebühr für die Lizenz berechnet sich über die angestrebte Bandbreite (B) in MHz, die zwischen 10 und 100 MHz in Zehnerschritten anzugeben ist, die Vertragslaufzeit in Jahren (t) und der über den Mobilfunk abzudeckenden Fläche in Quadratkilometern. Bei der Fläche wird zwischen Siedlungs- und Verkehrs- (a1) sowie anderen Flächen (a2) unter-

schieden. Industrie- und Gewerbegebiete sind a1 zugeordnet. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\text{Gebühr/€} = 1000 + B \cdot t \cdot 5 \cdot (6 \cdot a1 + a2)$$

Für eine Produktionshalle mit einer Nutzfläche von 0,2 km², einer Vertragslaufzeit von zehn Jahren und einer Bandbreite von 100 MHz beträgt die Lizenzgebühr 6000 Euro – was einer jährlichen Gebühr von 600 Euro gleichkommt.

Welche Hardware ist nötig?

Die nötige Hardware von 5G-Karten und -Modems bis zu Antennen, Servern und Stromversorgungen steht bei Rutronik zur Auswahl. Zum Beispiel die FN980-5G-M.2-Karte von Telit, eins der ersten auf dem Markt verfügbaren 5G-Produkte. Sie unterstützt die LTE-

und 5G-Sub-6-GHz-Bänder weltweit, also auch das Band n78 (3,3 bis 3,8 GHz) zum Aufbau eines Campus-Netzwerks in Europa. Mit einem Formfaktor von 30 mm x 50 mm und einem Temperaturbereich von -40 bis +85 °C eignet sich die 5G-M.2-Karte bestens für Anwendungen im Industriebereich. Sie basiert auf Qualcomms 5G-Chipsatz Snapdragon X55. Die FN980 wird mit Telit-eigener Software ausgeliefert und kann mittels AT-Kommandos konfiguriert werden. Die Variante FN980m unterstützt zudem die neuen mmWave-Frequenzbänder.

Auch Advantech bietet mit der AIW-355DQ-Familie jetzt eine 5G-M.2-Karte an, welche wie die Lösung von Telit auf dem Snapdragon-X55-5G-Chipsatz von Qualcomm basiert. Im Gegensatz zu Telit setzt Advantech mit der AIW-355DQ-Familie jedoch auf regionale Varianten für Europa, Nordamerika und Japan. Die Größe liegt bei 52 mm x 30 mm, der Temperaturbereich ist mit -10 bis +55 °C nicht ganz so breit wie bei der Telit-Karte.

Beide 5G-M.2-Karten, sowohl von Telit als auch von Advantech, haben mehrere 5G- und GNSS-Antennen-Steckplätze. Passende Antennen bietet Rutronik von den Herstellern 2J, AVX und Pulse.

Ein Highlight im Portfolio ist die 2JW1683 Katana von 2J. Als eine der kleinsten 5G-Monopolantennen unterstützt sie die Sub-6-GHz-Frequenzbänder für ein Campus-Netzwerk und ist zugleich rückwärtskompatibel durch Unterstützung der 4G-, 3G- und 2G-Bänder. Dank des gelenkigen Steckers sind Antennenpositionen im Winkel von 45° bis 90° möglich. Mit einer ultrakompakten Größe von nur 10 mm x 80 mm ermöglicht sie sehr kleine Geräte und dringt dennoch durch Gebäude sowie belebte und innerstädtische Gebiete – ist also auch perfekt für die Abdeckung von Produktionsanlagen.

Im Bereich der 5G-Polymer-Klebeantennen bietet der Hersteller 2J die Varianten 2JF0283P, 2JF0383P, 2JF0483P und 2JF0583P, die sich lediglich in der Größe der Masseplatte unterscheiden. Sie optimieren die Signalstärke und Signalqualität im gesamten Sub-6-GHz-Bereich über ein omnidirektionales Strahlungsmuster. Neben 5G unterstützen sie auch die älteren 4G-, 3G- sowie 2G-Frequenzbänder.

Passende Kabel und Konnektoren in allen Längen und Farben hält das Wireless-Team von Rutronik ebenso bereit wie technischen Support durch das große Team an Field Application Engineers sowie Produktspezialisten. ■

4G		5G
10 ms	Latency	<1 ms
7.2 Exabytes/Month	Data Traffic	50 Exabytes/Month (2021)
1 Gbit/s	Peak Data Rates	20 Gbit/s
3 GHz	Available Spectrum	30 GHz
100 Thousand Connections/Km ²	Connection Density	1 Million Connections/km ²

Bild: Rutronik

Der direkte Vergleich macht deutlich: Zwischen 4G und 5G liegen Welten.

Alternativen für ToF-Anwendungen

Wie VCSELS ihre volle Wirkung entfalten

VCSELS (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser) sind LEDs überlegen, wenn es um kurze Schaltzeit und schmales optisches Spektrum geht – und damit die beste Wahl für Time-of-Flight- (ToF) Anwendungen. Um die Fähigkeiten von VCSEL-Chips voll auszunutzen, muss jedoch auch das Gehäuse optimal darauf abgestimmt sein.

VON ALAIN BRUNO KAMWA,
PRODUCT SALES MANAGER OPTO
BEI RUTRONIK, UND
MARKUS OBERASCHER,
SENIOR FAE BEI LEXTAR

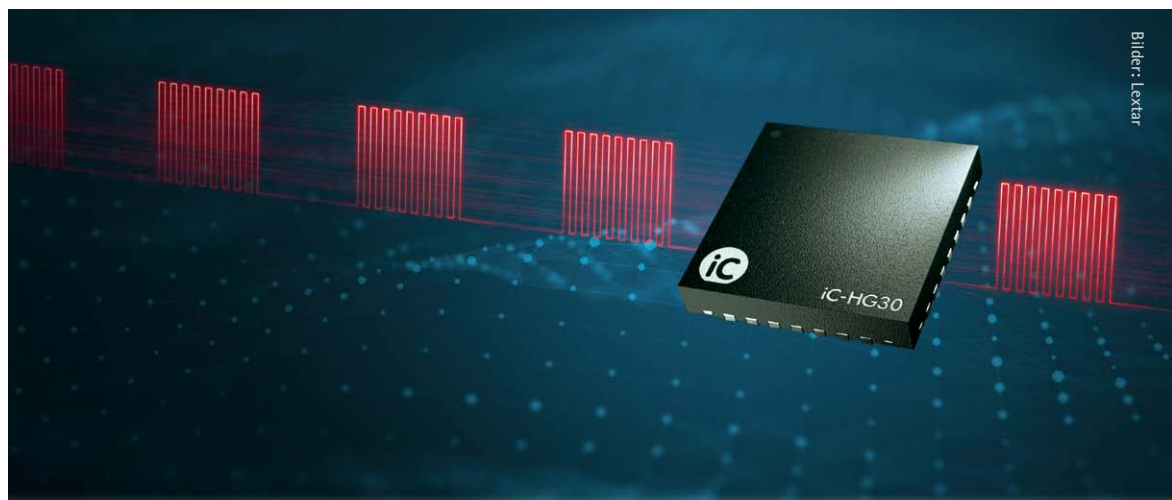
Ein kurzer Blick auf das ToF-Prinzip hilft, die Vorteile von VCSELS besser beurteilen zu können. ToF nutzt die Laufzeit des Lichts, um Entfernungen zu messen oder – in einer ToF-Kamera – dreidimensionale Bilder zu erfassen. Hierfür gibt es zwei Methoden: das direkte und das indirekte ToF-Verfahren.

Das direkte ToF misst die Zeit vom Aussenden eines optischen Pulses bis zum Eintreffen des reflektierten Lichtpulses.

Das indirekte ToF sendet Bursts aus mehreren Pulsen mit hoher Modulationsfrequenz (im MHz-Bereich) und misst die Phasenverschiebung zwischen dem ausgehenden und dem eingehenden, reflektierten Lichtsignal. Bild 1 zeigt, wie diese Funktionsweise von ToF-Kameras zur Erfassung von 3D-Bildern genutzt wird.

Steigende Modulationsfrequenz erfordert niederinduktives Design

Der erste wichtige Aspekt eines VCSEL ist die Modulationsfrequenz. Je höher sie ist, desto besser sind die Tiefenauflösung und die Kurzstreckenerfassung der ToF-Kamera. Aktuell kommen Modulationsfrequenzen von bis zu 100 MHz zum Einsatz, das entspricht einer Periodendauer von 10 ns. Bei einem Tastverhältnis zwischen 30 und 50 % bedeutet das eine Einschaltdauer des VCSEL von nur 3 ns bis 5 ns.



Bilder: Lextar

Das heißt: Die Anstiegs- und Fallzeit der Lichtquelle muss deutlich kürzer sein als die Einschaltzeit – für eine Modulationsfrequenz von 100 MHz typischerweise unter 1 ns. VCSEL-Chips bieten Anstiegs- und Fallzeiten von deutlich unter 1 ns und sind damit den LEDs, die meist nur etwa 10 ns erreichen, weit überlegen.

Allerdings ist ein besonders niederinduktives Design des Gehäuses erforderlich, damit es das

überlegene Schaltverhalten des VCSEL-Chips nicht verschlechtert. Hierfür ist das Substratdesign entscheidend.

Sichtfeld – das Runde muss eckig werden

Der zweite wichtige Aspekt ist die Lichtabstrahlungscharakteristik. Das Sichtfeld (Field of View, FoV) oder Beleuchtungsfeld wird in einem vertikalen und horizontalen Winkel aus-

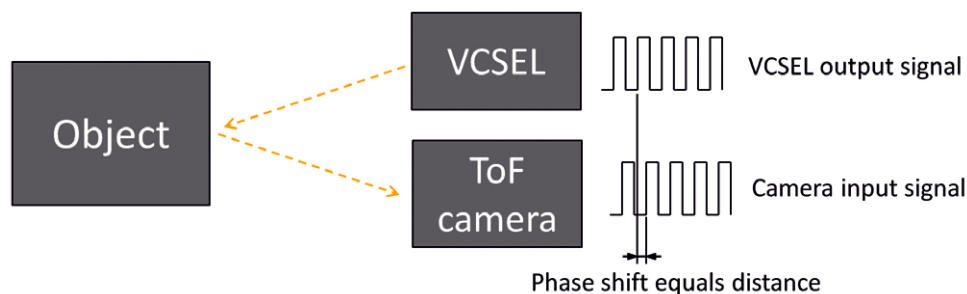


Bild 1: Eine ToF-Kamera nutzt das indirekte ToF-Verfahren.

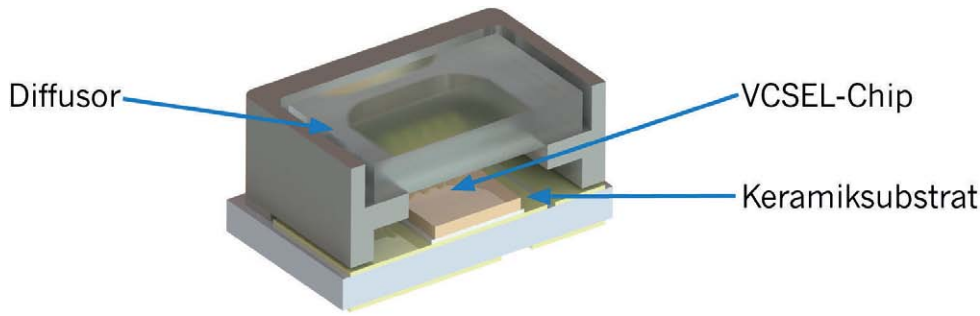


Bild 2: Querschnitt eines VCSEL im Keramikgehäuse

gedrückt, üblicherweise gemessen bei voller Breite bei halbem Maximum (Full Width at Half Maximum, FWHM). Es beschreibt den beleuchteten Bereich, der nahezu rechteckig geformt ist, um das Sichtfeld der Kamera bestmöglich auszuleuchten. Ein nackter VCSEL-Chip hat jedoch ein ringförmiges Strahlungsmuster mit einer Strahldivergenz, also einer Aufweitung des Strahls mit zunehmender Entfernung von der Quelle, von etwa 15° bis 25°. Eine Diffusorlinse bringt den Strahl in die rechteckige Form (Bild 3).

Aber nicht nur die Form ist wichtig, sondern auch die Lichtverteilung innerhalb des FoV. Bild 4 zeigt die horizontale und vertikale Abstrahlcharakteristik eines VCSEL des Herstellers Lextar. Die höchste Strahlungsintensität liegt hier nicht in der Mitte (bei 0°), sondern an den Außenseiten. Dieses badewannenförmige Muster sorgt für eine gleichmäßige Ausleuchtung der Szene. Das zeigt Bild 5: Hier ist die Lichtverteilung auf einer ebenen Fläche zu se-

hen. Die Lichtintensität ist gleichmäßig über einen großen Winkel verteilt – das heißt, das FoV der ToF-Kamera ist gleichmäßig ausgeleuchtet. Auch hier punkten die VCSELS vor LEDs, die ein kreisförmiges Lichtmuster mit dem Maximum auf der 0°-Achse haben.

Sicherheit für die Augen

Treffen die Laserstrahlen eines VCSEL auf das Auge, können sie erhebliche Schäden verursachen. Die Gefahr besteht insbesondere bei Anwendungen wie der Fahrerüberwachung oder Personenzählung, wenn die Linse des VCSEL durch mechanische Überbeanspruchung gebrochen oder abgefallen ist. Denn dadurch ändert sich das Strahlungsmuster, was zu einer deutlich intensiveren Strahlung führen kann.

Um das zu verhindern, hat Lextar neben dem VCSEL-Chip eine Überwachungsfotodiode in das VCSEL-Gehäuse integriert (Bild 6). Sie

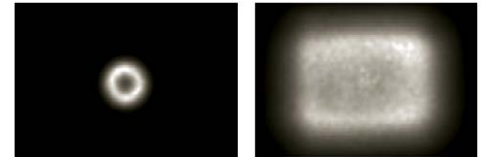


Bild 3: Strahlungsmuster eines VCSELS ohne (links) und mit Diffusorlinse (rechts)

nutzt einen Teil des abgestrahlten Lichts, der durch die Linse zurück zur Fotodiode reflektiert wird: Eine gebrochene oder abgefallene Linse ergibt eine andere (oder gar keine) Lichtreflexion zur Fotodiode und damit einen anderen Fotostrom. Wird ein abnormaler Fotostrom registriert, kann der VCSEL sofort abgeschaltet und schädliche Laserstrahlung damit verhindert werden.

Thermomanagement für große Reichweite

Damit eine ToF-Kamera eine große Reichweite erzielt, werden VCSELS mit hohen Strömen von mehreren Ampere betrieben. Das erfordert ein gutes thermisches Design des Gehäusesubstrats für eine effiziente Wärmeableitung. Hierfür kommen keramische Gehäuse und Die-Bonding-Pasten mit hohem Silberanteil zum Einsatz.

Der VCSEL-Chip zusammen mit einem guten Package bildet eine Lichtquelle mit herausragenden Eigenschaften in Bezug auf Strahlungsintensität, Modulationsfrequenz und optische Eigenschaften, mit denen leistungsfähigere ToF-Systeme möglich sind als mit LEDs.

Für verschiedene Anwendungen bietet Lextar VCSELS mit zwei typischen ToF-Betriebswellenlängen von 850 und 940 nm an. 940 nm sind für das menschliche Auge unsichtbar, während beim 850-nm-VCSEL noch ein roter Punkt am VCSEL sichtbar ist – vor allem bei Dunkelheit. Die Empfindlichkeit der Kameras ist bei 850 nm um 50 bis 100 % höher als bei 940 nm. Das heißt, der Signal-Rausch-Abstand SNR ist bei 850 nm besser als bei 940 nm. In Bezug auf die Sonnenlicht-Robustheit sind hingegen 940 nm oft die bessere Wahl, da in diesem Bereich die Intensität der Sonnenstrahlung deutlich geringer ist.

Optimale Treiberschaltung verbessert das Gesamtsystem

Zu einer vollständigen Beleuchtungseinheit gehört neben dem VCSEL der Treiber. Bei seiner Auswahl sollten folgende technische Parameter berücksichtigt werden:

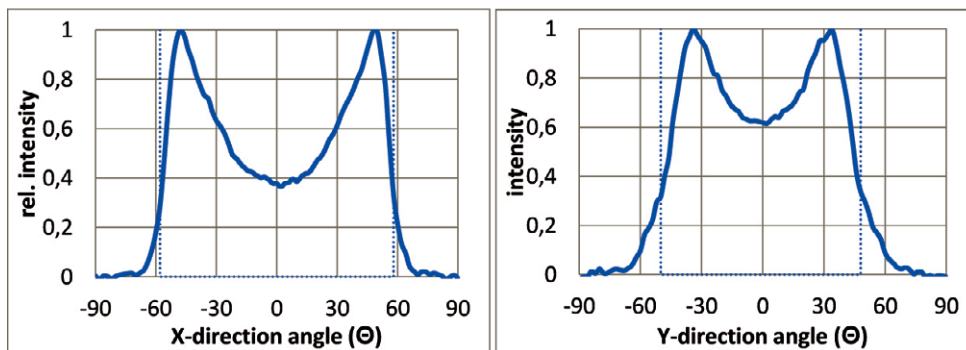


Bild 4: Badewannenförmiges Abstrahlmuster von VCSELS

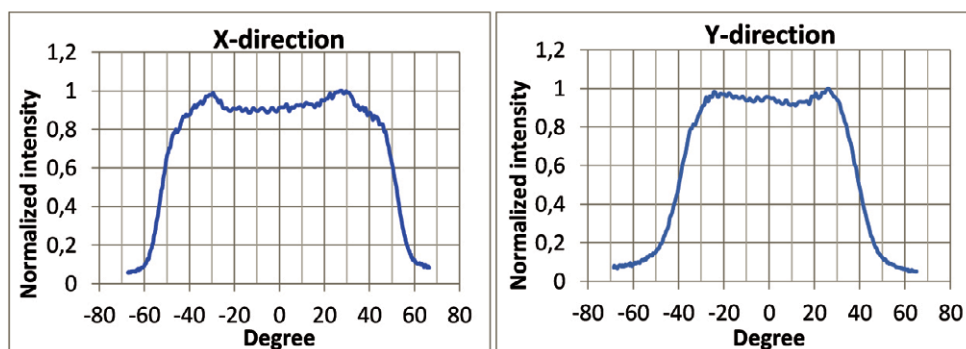


Bild 5: Trifft das Licht eines VCSEL auf eine ebene Fläche, wird diese gleichmäßig ausgeleuchtet.

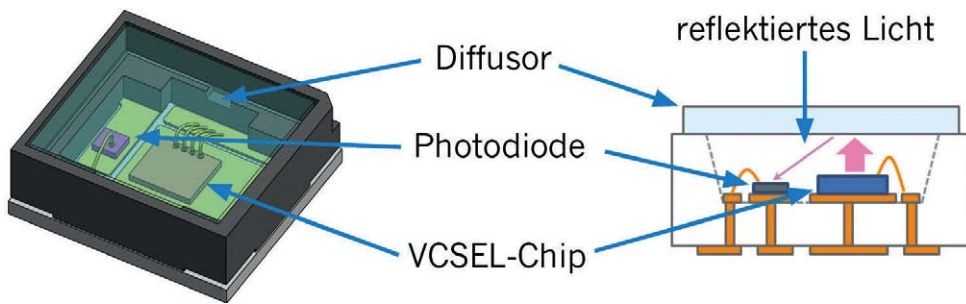


Bild 6: Ein VCSEL mit integrierter Fotodiode gewährleistet die Sicherheit für das Auge.

- **Kurze Lieferzeit:** Zu den wichtigsten Komponenten einer Treiberschaltung gehören das Gate eines Feldeffekttransistors (FET), der Gate-Treiber und passive Elemente. Diese sind in der Regel sofort verfügbar, sodass sich ein Prototyp einer Beleuchtungseinheit innerhalb kurzer Zeit realisieren lässt.
- **Design-Flexibilität:** Eine Ansteuerungsschaltung mit diskreten Komponenten bietet mehr Flexibilität und lässt sich an unterschiedliche Designanforderungen anpassen, z.B. Spitzenstrom, Impulsform, einstellbare Anstiegszeiten.
- **Leistung:** GaN-FET-Schalter haben im Allgemeinen einen geringeren Widerstand (R_{DSon}) als entsprechende Silizium-Varianten. Dadurch kann der Treiber einen höheren Spitzenstrom verarbeiten, was die Effizienz der gesamten Beleuchtungseinheit steigern kann.
- **Skalierbare Treiberparameter:** Idealerweise unterstützt die Treiberelektronik Modulationsfrequenzen bis zu 100 MHz oder sogar mehr.

Beispielsweise bietet IC-Haus den 6-Kanal-Laser-Treiber iC-HG, der das Spike-freie Schalten von VCSELs mit wohldefinierten Strömen bei Frequenzen von CW (Continuous Wave) bis 200 MHz ermöglicht. Die Kanäle können für volle 3 A CW-Betrieb und insgesamt 9 A gepulsten Strom parallelgeschaltet werden. Über TTL- oder LVDS-Eingänge lässt sich der VCSEL damit einfach ein- und ausschalten oder zwischen verschiedenen Strompegeln umschalten. Die integrierte thermische Abschaltung schützt den iC-HG vor Schäden durch Übertemperatur. Der iC-HG30 ermöglicht sogar eine Frequenz von 250 MHz und 6 A CW-Betrieb bzw. 30 A Pulsstrom.

Zahlreiche Anwendungsgebiete

Eine ToF-Kamera kann im Auto dazu beitragen, den Komfort und die Fahrsicherheit zu

erhöhen, z.B. indem sie Fahrer, Beifahrer und Objekte im Fahrgastraum überwacht. Dann kann das System erkennen, wenn der Fahrer abgelenkt oder müde ist, bevor es zu einem Unfall kommt. Mit einer Innenraumüberwachung ist es auch möglich, Kopf- und Körperpositionen zu erfassen, etwa für eine optimale Airbag-Steuerung; außerdem lassen sich damit Bedienelemente per Gesten steuern. Im Außenbereich des Fahrzeugs kann eine ToF-Anwendung das assistierte und autonome Fahren unterstützen.

Speziell für die Innenraumüberwachung im Auto hat Melexis ein Demokit für die Infrarot-

Beleuchtung bei ToF-Anwendungen entwickelt. Das Demoboard verfügt über eine hohe On-Board-Verarbeitung für die Handgestenerkennung und eine hohe Bildauflösung für die Objektklassifizierung. Damit eignet es sich nicht nur für die Gestenerkennung und Fahrerüberwachung, sondern auch für die Skelettverfolgung, Personen- und Hinderniserkennung sowie für die Verkehrsüberwachung.

Das Demoboard ist mit einem VCSEL aus der PV85Q-Serie von Lextar ausgestattet. Sie zeichnet sich durch einen hohen Wirkungsgrad und eine schmale spektrale Bandbreite aus. Ihre verschiedenen optischen Leistungsoptionen ermöglichen die Erkennung mehrerer Objekte, der Anwesenheit und 3D-Tiefenassistenz. Für die Augensicherheit enthält der VCSEL eine Fotodiode. Der voll integrierte optische ToF-Bildsensor MLX75027 VGA kommt mit $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ kleinen DepthSense-Pixeln.

Doch VCSELs sind nicht auf ToF-Anwendungen beschränkt. Auch 2D-Vision-Systeme sowie neue Anwendungen, z.B. die optische Datenkommunikation, können von der Modulationsrate und Intensität der VCSELs profitieren. ■

Anzeige



Bosch Sensortec

Gel-gefüllter barometrischer Drucksensor für raue Umgebungen



Bosch Sensortec ist Marktführer in barometrischen Drucksensoren. Der neue BMP384 ist ein sehr kleiner, stromsparender 24-Bit Luftdrucksensor mit geringem Rauschen.

Benefits:

- ▶ Hochrobust und resistent gegen Flüssigkeiten, Partikel, Staub, etc.
- ▶ Exzellente Leistung, Genauigkeit und Zuverlässigkeit
- ▶ Kleines Gehäuse zur einfachen und flexiblen Integration in verschiedene Anwendungen

Hauptanwendungen:

- ▶ Verstopfungserkennung in industriellen Anwendungen und Weißware
- ▶ Fitnessanwendungen in tragbaren Geräten
- ▶ Wasserstandserkennung und Luftstromüberwachung

BMP384 technische Daten

Relative Genauigkeit P=900...1100 hPa (T=25...40°C)	+/- 9 Pa
Absolute Genauigkeit P=300...1100 hPa (T=0...65°C)	+/- 50 Pa
Temperaturkoeffizienten-Offset (TCO)	+/- 1.0 Pa/K
Stromverbrauch bei 1 Hz Datenrate (typisch)	3.2 µA
Gehäusedimensionen	2.0 x 2.0 x 1.0 mm ³ LGA

bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors

Machine Learning

Komponenten für maschinelles Lernen an der Edge

Maschinelles Lernen direkt im Gerät kann unzählige Produkte revolutionieren, sei es durch die Kategorisierung von Objekten aus einem Bildsensor, von Gesten aus einem Beschleunigungssensor oder von Sätzen aus einem Audio-Stream. Hierfür müssen die Algorithmen jedoch auf eingebetteten Komponenten laufen.

VON ZIBO SU, PRODUCT MANAGER DIGITAL BEI RUTRONIK, UND DANIEL FISHER, SENIOR FAE EMEA BEI GOWIN SEMICONDUCTOR

Um Anwendungen auf Basis von maschinellem Lernen zu entwickeln, sind mehrere technische Disziplinen erforderlich. Die meisten Unternehmen haben allerdings nur einige davon im Haus verfügbar. Häufig werden dann Data Scientists, Ingenieure für maschinelles Lernen und Softwareentwickler eingestellt, die Modelle für maschinelles Lernen erstellen, trainieren, abstimmen und testen können. Die Krux: Diese Modelle laufen in aller Regel nicht auf eingebetteter Hardware oder mobilen Geräten. Denn die meisten Machine Learning Engineers haben noch nie Modelle auf eingebetteter Hardware eingesetzt und kennen sich mit den eingeschränkten Ressourcen nicht aus. Für den Einsatz von trainierten Modellen auf mobilen SoCs, FPGAs und Mikroprozessoren muss das Modell optimiert und quantisiert werden.

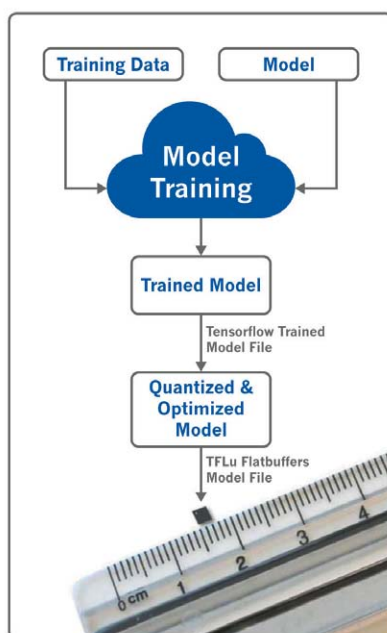
Ausgängen sowie Speichernutzung ist Flexibilität gefragt, damit die Produkte unterschiedliche Anwendungsfälle abdecken.

Optimierung und Quantisierung

Dank Googles TensorFlow Lite ist das in den letzten Jahren etwas einfacher geworden. Die Open-Source-Plattform für maschinelles Lernen enthält jetzt auch Skripte, mit denen sich Machine-Learning-Modelle in einer „Flatbuffers“-Datei (*.tflite) optimieren und quantisieren lassen. Dabei werden Parameter genutzt, die für eine bestimmte Einsatzumgebung konfiguriert wurden.

Im Idealfall kann ein Embedded-Hardware-Produkt die Flatbuffer-Dateien direkt importieren, ohne auf proprietäre oder hardware-spezifische Optimierungstechniken außerhalb des TensorFlow-Ökosystems zurückzugreifen. Dann können die Ingenieure die quantisierte und optimierte Flatbuffer-Datei einfach auf FPGAs, SoCs und Mikrocontrollern einsetzen.

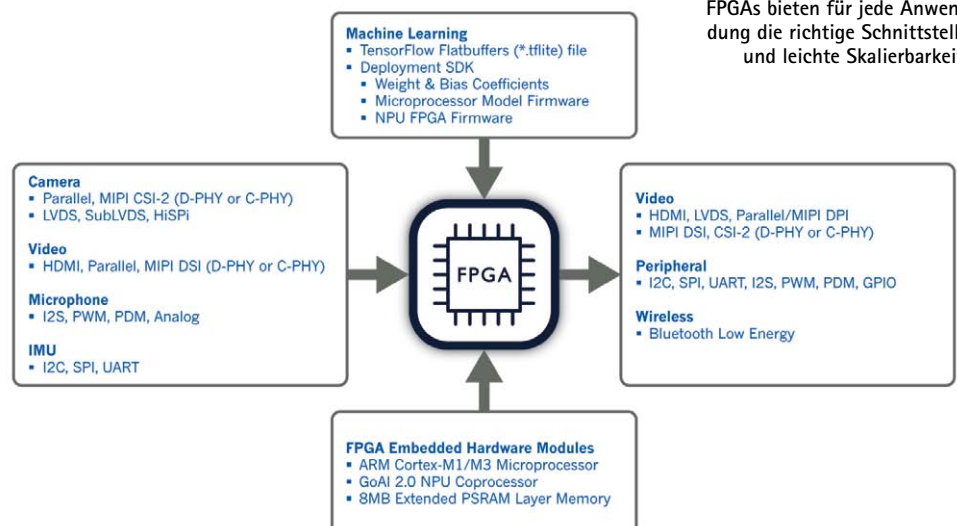
Damit Machine Learning auf eingebetteter Hardware läuft, müssen die Modelle quantisiert und optimiert werden.

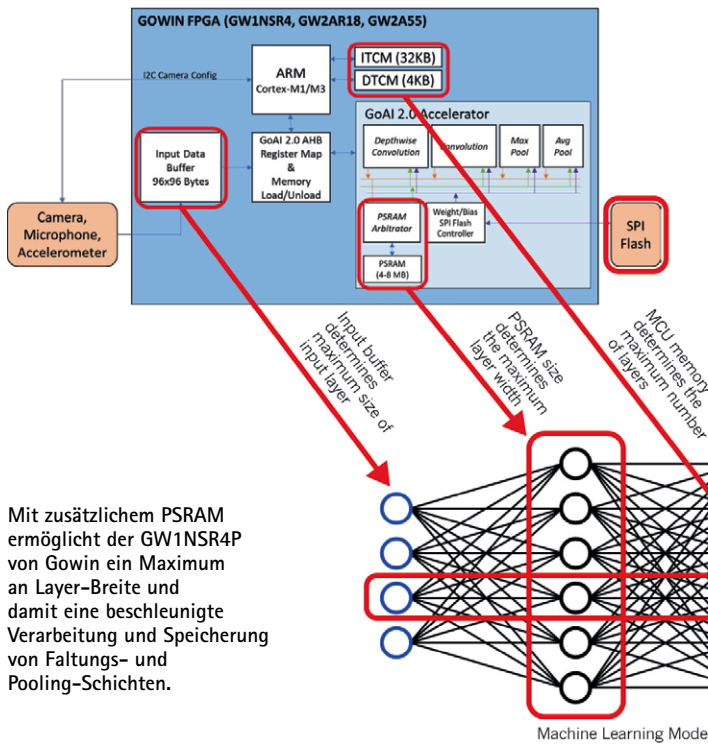


Bilder: Gowin Semiconductor

Halbleiterhersteller stehen wiederum vor der Aufgabe, Produkte zu entwickeln, die neue Anforderungen an Leistung, Kosten und Formfaktor erfüllen – und das unter engen Time-to-Market-Vorgaben. Bei Schnittstellen, Ein- und

FPGAs bieten für jede Anwendung die richtige Schnittstelle und leichte Skalierbarkeit.





Mit zusätzlichem PSRAM ermöglicht der GW1NSR4P von Gowin ein Maximum an Layer-Breite und damit eine beschleunigte Verarbeitung und Speicherung von Faltungs- und Pooling-Schichten.

ARM-Cortex-M-Prozessor und Bitstream bzw. Firmware für die FPGAs generiert.

Eine weitere Herausforderung besteht im großen Bedarf an Flash und RAM von Machine-Learning-Modellen. Neue hybride μ SoC-FPGAs wie der Gowin GW1NSR4P erfüllen diesen, indem sie 4 bis 8 MB zusätzliches PSRAM einbetten. Beim GW1NSR4P ist das speziell für den GoAI-2.0-Koprozessor zur beschleunigten Verarbeitung und Speicherung von Faltungs- und Pooling-Schichten vorgesehen. Es wird in Verbindung mit seinem Hardware-Cortex-M-IP verwendet, der die Schichtparameter sowie die Modellverarbeitung und Ausgabeergebnisse steuert.

Viele Anbieter programmierbarer Halbleiter sorgen zudem mit Design Services für steilere Lernkurven bei ihren Kunden. Das gilt auch für Gowin: Das GoAI-Design-Services-Programm unterstützt Nutzer, die eine Ein-Chip-Lösung für die Klassifizierung oder Implementierungsunterstützung von getesteten, trainierten Modellen „von der Stange“ suchen, die aber nicht wissen, wie sie die Embedded Hardware ansprechen sollen. Mit derartigen Programmen

unterstützen und entlasten die Anbieter die Unternehmen, sodass diese weniger Ressourcen für Embedded Machine Learning und die Implementierung auf eingebetteter Hardware benötigen (TinyML) und sich stärker auf ihre Produktentwicklung konzentrieren können.

SoC, MCU und FPGA im Vergleich

Embedded-Hardware-Plattformen verfügen nur über eingeschränkte Ressourcen, sind wenig entwicklungsfreundlich und anspruchsvoll beim Einsatz. Dafür winken als Belohnung ein geringer Stromverbrauch, niedrige Kosten und Module mit geringen Abmessungen. Was bieten SoCs, Mikrocontroller und FPGAs?

SoCs haben die höchste Leistung und viele gängige Schnittstellen, aber in der Regel auch den höchsten Stromverbrauch. Durch die schnittstellenspezifischen Ein- und Ausgänge belegen sie viel Chipfläche. Das macht sie relativ kostenintensiv.

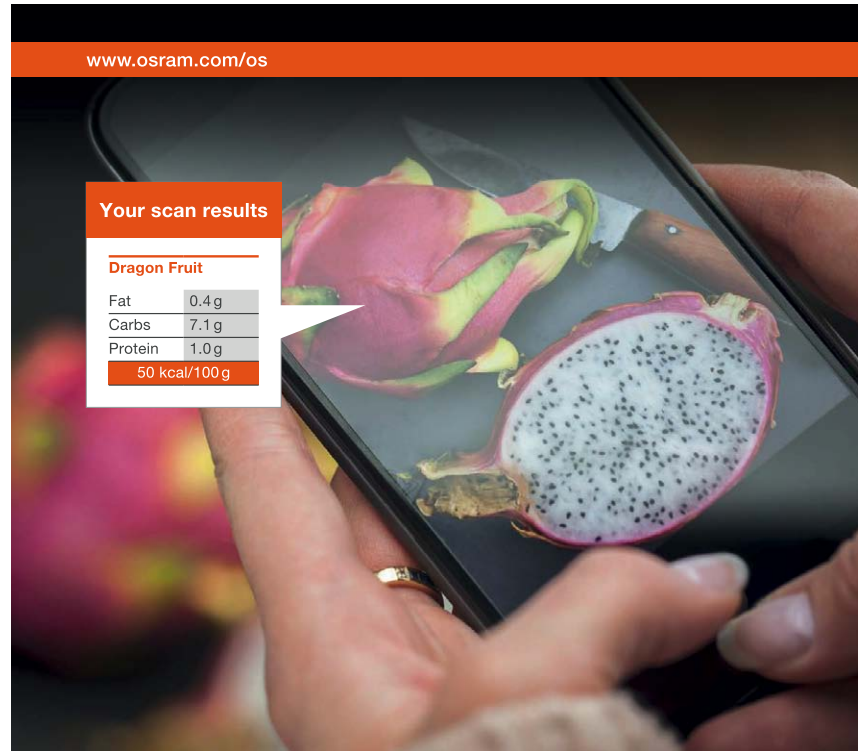
Mikrocontroller punkten mit sehr geringem Stromverbrauch und kleinem Formfaktor, dafür sind sie aber oft sehr begrenzt bei der Machine-Learning-Leistung und den Modellfähigkeiten. Modelle, die am oberen Ende des Produktportfolios angesiedelt sind, bieten meist nur spezialisierte Schnittstellen, wie Kameras oder digitale Mikrofone.

FPGAs besetzen einen breiten Bereich zwischen Mikrocontrollern und SoCs. Sie sind mit einer großen Auswahl an Gehäusen und flexiblen Ein- und Ausgängen erhältlich. Damit können sie jede für eine bestimmte Anwendung benötigte Schnittstelle aufnehmen, ohne Siliziumfläche zu verschwenden. Zudem sorgen die Konfigurationsmöglichkeiten dafür, dass sich Kosten und Stromverbrauch mit der Leistung und der Integration zusätzlicher Funktionen skalieren lassen. Problematisch bei der Nutzung von FPGAs für maschinelles Lernen ist deren mangelnde Unterstützung und Integration in SDK-Plattformen wie TensorFlow Lite.

Machine Learning FPGAs

Um diese Schwachstelle zu beseitigen, stellt Gowin Semiconductor auf seiner GoAI-2.0-Plattform ein SDK zur Verfügung, das Modelle und Koeffizienten extrapoliert sowie C-Code für den in den FPGAs integrierten

Anzeige



Light is analyzing

Near-infrared spectroscopy (NIR) has the power to transform industries as it enables producers and consumers to analyze materials without the need for complex measurement equipment. Optimized LED technology from OSRAM Opto Semiconductors now makes it even more effective to determine the composition of food, drugs, substances and other materials quickly, easily and in any desired location.

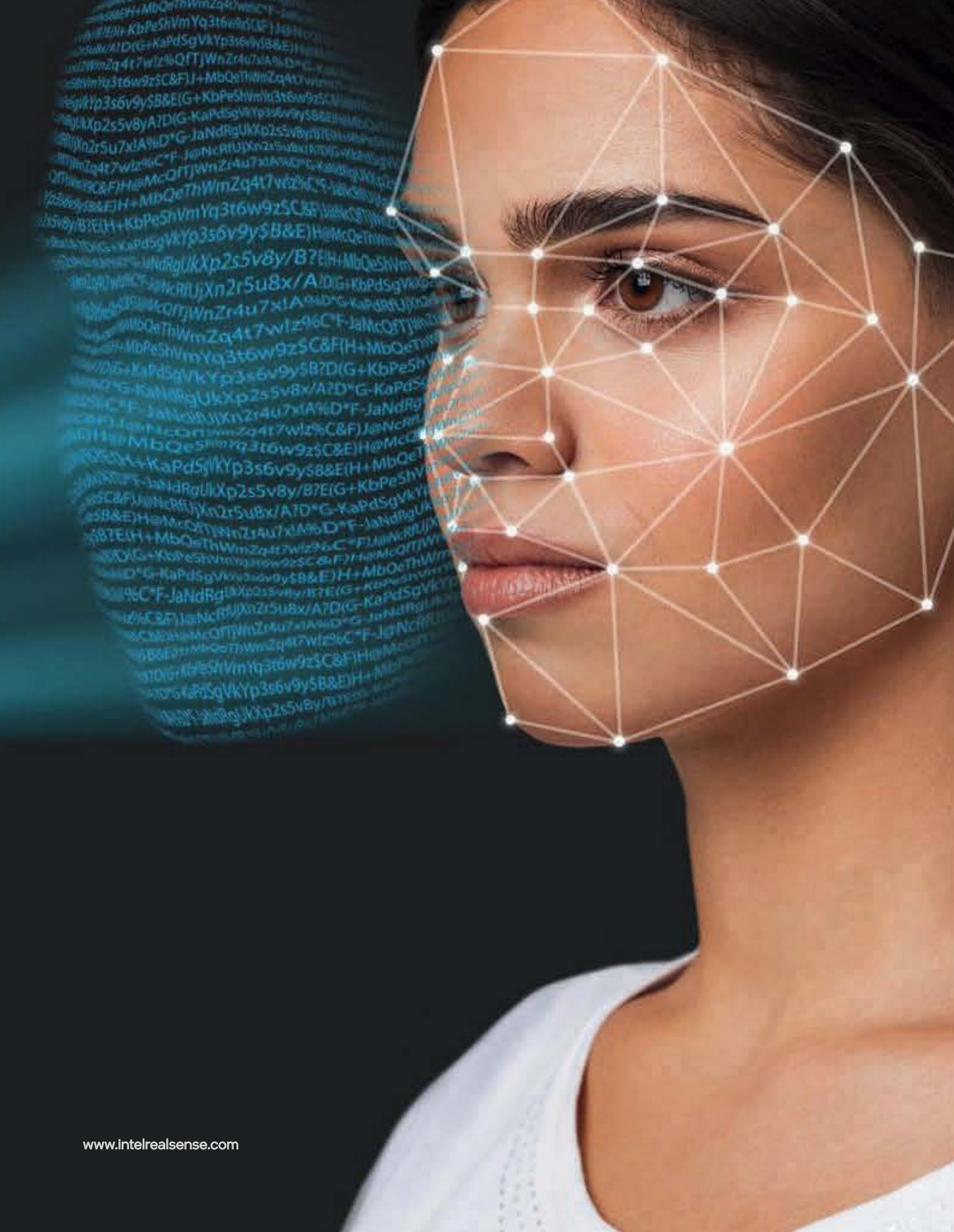
Light is OSRAM

OSRAM
Opto Semiconductors

Intel® RealSense™ ID. Unlock your world.



intel.
REALSENSE™



5G und TSN

Für die Industrieautomation der Zukunft

Zahlreiche Feldbus-Standards stellen Echtzeitverhalten sicher. Doch mit ihnen lässt sich keine hersteller- und plattformübergreifende Vernetzung realisieren. Die Lösung: Time-Sensitive Networking (TSN). Doch erst in Kombination mit 5G wird die durchgängige Echtzeit-Kommunikation auch für mobile Anwendungen möglich.

VON ANDREAS MANGLER,
DIRECTOR STRATEGIC MARKETING AND
COMMUNICATION
BEI RUTRONIK

Das Potenzial der Kombination aus TSN und 5G haben auch das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT sowie einige Maschinenbau-, Robotik- und Netzwerktechnik-Unternehmen erkannt. Gemeinsam haben sie eine entsprechende Kommunikationsinfrastruktur entwickelt mit dem Ziel einer hochverfügbaren, zuverlässigen und sicheren Kommunikation von der Sensorik und Aktorik bis in die Cloud. Für drahtgebundene Kommunikation stellt TSN die Echtzeit sicher, für alle mobilen und Cloud-Verbindungen die Mobilfunktechnologie 5G.

Ein Anwendungsfall ist die präzise Ansteuerung eines Roboters und eines Werkzeugs oder

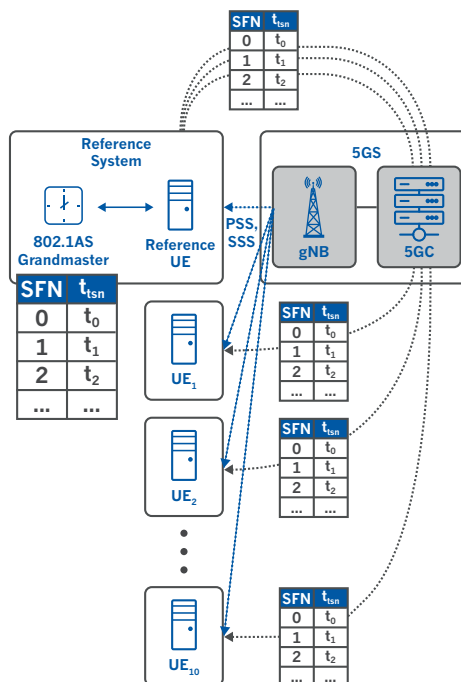
von zwei kooperierenden Robotern im laufenden Betrieb. Die Rechenprozesse lassen sich mit dieser Infrastruktur in die Cloud auslagern, die Ergebnisse werden dann in das System zurück übertragen. So können Roboter in hochdynamischen Produktionssystemen adaptiv und flexibel gesteuert werden, auch ohne dass sie direkt miteinander verbunden sind. Das funktioniert herstellerübergreifend auch mit bestehenden Maschinen und Anlagen. Ebenso profitieren zahlreiche andere Szenarien von dieser Kombination oder werden dadurch erst möglich, vom autonomen Fahren über Transportanwendungen bis zur Tele-Chirurgie.

TSN für echtzeitfähiges Ethernet

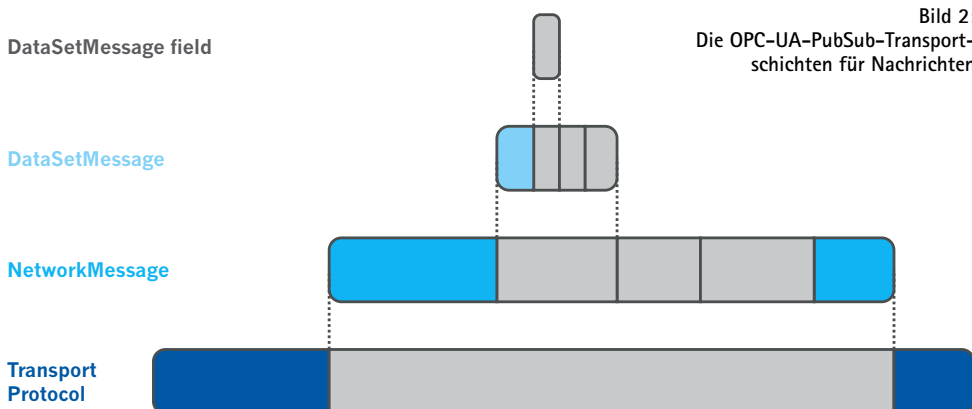
Betrachten wir zunächst TSN, eine Weiterentwicklung von Standard-Ethernet. Ethernet sorgt auf der IT-Ebene, also in Büroumgebungen, für den Datenaustausch zwischen Geräten verschiedener Hersteller. Industrial Ethernet ist robuster und damit auch für raue Umgebungen geeignet. Zudem bietet es dank spezieller Protokolle (z.B. Ethercat, Profinet, Modbus TCP) einen besseren Determinismus, d.h. Datenpakete werden zu vorhersagbaren Zeitpunkten gesendet bzw. empfangen, ein Datenverlust ist ausgeschlossen.

Was jedoch auch Industrial Ethernet nicht garantiert, ist Echtzeit. Hierfür hat die IEEE 802.1 Task Group eine Reihe an Sub-Standards entwickelt, die unter dem Begriff Time-Sensitive Networking (TSN) bekannt sind. Sie definieren Protokolle für das Timing und die Zeitsynchronisation (IEEE 802.1AS) sowie für die Konfiguration (v.a. IEEE 802.1Qcc) und Regelung des Datenverkehrs (Traffic Shaping und Scheduling, IEEE 802.1CB, 802.1Qbu, 802.1Qbv u.a.). Damit gibt es einen gemeinsamen Zeit-

Bild 1: Konzept zur Verteilung der TSN-Zeit in einem 5G-Netzwerk



Bilder: Rutronik, nach M. Gundall, C. Huber, P. Rost, R. Halfmann, and H.D. Schotten: „Integration of 5G with TSN as Prerequisite for a Highly Flexible Future Industrial Automation: Time Synchronization based on IEEE 802.1AS“. In: 2020 IEEE 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), IEEE, 2020.



plan, der festlegt, wann Datenpakete mit Priorisierung weitergeleitet werden.

TSN deckt nicht alle sieben Layer des OSI-Schichtenmodells für Netzwerkprotokolle ab, bei dem jede Schicht die Kommunikation zwischen zwei Systemen mit spezifischen Aufgaben und Funktionen definiert. TSN betrifft die Schichten 1 und 2 sowie den Echtzeit-Aspekt, der sich vertikal durch das Modell zieht. Es sind also weitere Protokolle für die höheren Schichten notwendig. Unternehmen können hier ihre bestehenden Standards weiter nutzen, etwa OPC UA. Diese profitieren von der Echtzeitgarantie durch TSN, ohne dass sie hierfür angepasst werden müssten.

Interoperabilität und IT/OT-Konvergenz

Dank offener Standards erlaubt TSN die hersteller- und plattformunabhängige Interope-

rität verschiedener Geräte, Maschinen und Anlagen, analog zu Standard-Ethernet auf der IT-Ebene. Diese Standard-Ethernet-Komponenten lassen sich in TSN integrieren; damit stellt TSN die durchgängige Verbindung der IT- (Information Technology) und OT- (Operational Technology) Ebenen her. Kritische und unkritische Systeme mit unterschiedlichen Traffic-Klassen können im selben Netzwerk laufen.

Mit Bandbreiten von 10 Gbit/s bis 400 Gbit/s – im Gegensatz zu den 100 Mbit/s, die bei Industrial-Ethernet-Netzwerken üblich sind – beantwortet TSN zudem die Anforderungen durch immer größere Datenmengen.

Bislang sind erst einige der TSN-Substandards ratifiziert, andere sind noch in Arbeit. Dennoch können die bestehenden Standards sofort implementiert werden; sie gewährleisten bereits die Echtzeit-Kommunikation und lassen sich auf künftige Standards anpassen.



Was bedeutet Echtzeit?

Um in einem Netzwerk Echtzeit zu gewährleisten, sind folgende Aspekte nötig:

- Jedes Gerät benötigt eine präzise interne Uhr, sodass jedes Datenpaket einen Zeitstempel erhalten kann.
- Alle Geräte innerhalb des Netzwerks müssen zeitsynchron sein.
- Datenpakete werden innerhalb einer extrem geringen Latenzzeit, also eines engen Zeitrahmens, übertragen. Zeitkritische Anwendungen benötigen eine extrem geringe Latenz (ULL) von wenigen Millisekunden oder sogar unter einer Millisekunde, und zwar vom Zeit-

punkt des Übertragungsbeginns bis zum vollständigen Empfang, also Ende zu Ende.

- Geringer Jitter: Die Latenzzeit ist stets mit zeitlichen Schwankungen verbunden, dem sogenannten Jitter. Manche industriellen Steuerungsanwendungen erfordern einen Jitter von max. wenigen Mikrosekunden, andere kommen mit Verzögerungen von bis zu einer Millisekunde aus.

Jitter und Latenzzeit bilden auch die wichtigsten Kennziffern für die Dienstgüte (Quality of Service, QoS) eines ULL-Netzwerks.



Fahrzeugtechnologie der nächsten Generation ermöglichen

Molex legt den Grundstein auf dem Weg zu intelligenten und vernetzten Fahrzeugen. Ganz gleich, ob Sie eine nahtlose Benutzeranbindung bieten oder ein Nutzfahrzeug in ein vernetztes Fahrzeug verwandeln möchten, Molex kann Sie dabei unterstützen, das volle Potenzial Ihres Designs auszuschöpfen.

Weitere Informationen finden Sie unter: <https://experience.molex.com/solutions/rutronik/>

molex



Solution Provider für TSN und 5G

Alle notwendigen Produkte für die Umsetzung einer TSN- und 5G-Infrastruktur finden sich im Portfolio von Rutronik. Die Applikationsingenieure, Produkt- und Linenmanager unterstützen bei der Umsetzung.

Prozessoren und Boards mit TSN-Unterstützung

Intels 10-nm-Prozessoren Atom x6000E sowie Pentium und Celeron der Produktreihen N und J integrieren 2,5GbE-MACs mit TSN-Funktionen. Im Vergleich zur Vorgängergeneration bieten sie eine bis zu 1,7-fach höhere Einzel-Thread- und bis zu 1,5-fach höhere Multi-Thread-Leistung sowie doppelte Grafikleistung. Die UHD-Grafik liefert eine Auflösung von bis zu 4kp60 auf bis zu drei Displays gleichzeitig. Ihre Programmable Services Engine (PSE) mit ARM-Cortex-M7-Mikrocontroller bietet eine unabhängige Rechenleistung mit niedrigen DMIPs und I/Os für IoT-Anwendungen. Hinzu kommen Netzwerk-Proxy, Embedded Controller und Sensor-Hub. Für die Fernüberwachung und -Verwaltung bzw. Firmware- und Software Updates aus der Ferne verfügen die Prozessoren über In-Band-Funktion über WLAN oder Ethernet; alternativ lässt sich die Out-of-Band-Verwaltung über kabelgebundenes Ethernet nutzen.

Auf Basis dieser Intel-Prozessoren sind zahlreiche Boards verschiedener Hersteller bei Rutronik verfügbar: Das SMC-93 von Seco ist das erste SMARC-Modul, das speziell für die funktionale Sicherheit sicherheitsrelevanter Systeme entwickelt wurde.

Advantech bietet ein SMARC-2.1-Modul mit bis zu vier Cores und einer um 40 % besseren CPU-Leistung sowie verbesserter Grafikleistung verglichen mit früheren Modellen. Das SOM-2532 unterstützt u.a. zwei GbE-LAN-Schnittstellen für TSN PHY für eine echtzeitfähige Gerätekommunikation sowie USB 3.2 Gen2 und PCIe Gen3. Interessant für datenintensive Anwendungen: Mit CAN FD ermöglicht es erheblich höhere Datenübertragungsraten und erzielt die zehnfache Geschwindigkeit der Nutzdatenübertragung. Die Software WISE DeviceOn von Advantech sorgt für stabilen Betrieb und eine komfortable Fernverwaltung der IoT-Geräte. Damit empfiehlt sich das SOM-2532 vor allem für Anwendungen in der Automatisierungs- und Medizintechnik sowie im Transportwesen.

Der 3,5-Zoll-SBC (Single-Board Computer) MIO-5152 von Advantech ist ebenfalls mit den neuesten Intel-Prozessoren und Advantechs WISE DeviceOn ausgestattet. Es hat bis 32 GB DDR4-3200 integriert und bietet zahlreiche Schnittstellen, u.a. HDMI 2.0/DP/LVDS, Dual-GbE, viermal USB 3.2, viermal USB 2.0, sechsmal UART und TPM.

Auch Kontron bietet ein SMARC-2.1-Modul (SMARC-sXEL (E2)), außerdem zwei COM-Express-Modelle mit TSN-Unterstützung (COMe-mEL10 (E2) COM Express mini Type 10 und COMe-cEL6 (E2) COM Express Compact Type 6). Alle drei sind in Varianten mit Intel Atom x6000E, Pentium oder Celeron erhältlich und bieten zahlreiche Schnittstellen.

Ein vergleichbares Board im Thin-Mini-ITX-Formfaktor ist bei DFI erhältlich. Es basiert auf dem Intel Atom der X6000-Serie.

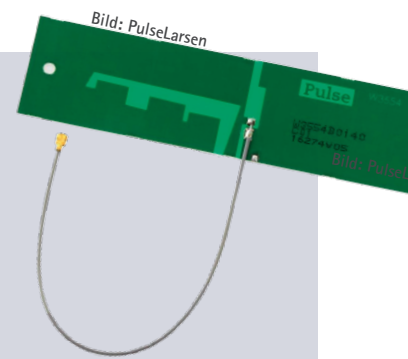
Eine sofort einsatzbereite TSN-Systemlösung hat Kontron entwickelt: Das TSN-Starterkit KBox C-102-2 beinhaltet den IPC KBox C-102-2 und die Gigabit-Ethernet-Schnittstellenkarte PCIe-0400-TSN mit TSN-Unterstützung. Die Vierfach-Netzwerkschnittstellen mit Switching-Funktion basieren auf Standard-Ethernet nach IEEE 802.3 und ermöglichen den Aufbau deterministischer Steuerungsanwendungen in konvergenten Netzwerken von der OT- bis zur IT-Ebene ohne zusätzliche Switches. Das System kommt mit Realtime Linux und einem Netzwerkmanagement-Tool für die schnelle Einrichtung eines TSN-Netzwerks. Upgrade-fähige Hard- und Software machen die Lösung offen für neue und weiterentwickelte TSN-Standards. Zu den Zielanwendungen gehören deterministische industrielle Steuerungscomputer und Server, konvergente Netzwerke für kritischen und nicht-kritischen Datenverkehr sowie der Schutz des deterministischen Datenverkehrs vor böswilligen Angriffen.

5G-Karten, -Modems und -Antennen

Eine Auswahl an Hardwarekomponenten für den Aufbau eines 5G-Campus-Netzwerks, darunter 5G-Karten und -Modems sowie Antennen, gehören ebenfalls zum Rutronik-Produktportfolio. Dazu gehört eine der weltweit ersten verfügbaren 5G-Lösungen: Die 5G-M.2-Karte FN980 von Telit, die die LTE- und 5G-Sub-6-GHz-Bänder weltweit unterstützt. Mit einem Formfaktor von 30 mm × 50 mm und einem Temperaturbereich von -40 bis +85 °C eignet sie sich auch für den Einsatz im Industriebereich. Die Variante FN980m unterstützt zudem die neuen mmWave-Frequenzbänder über 30 GHz. Die Telit-Karten basieren, wie auch die 5G-M.2-Module der AIW-355-Familie von Advantech, auf dem 5G-Chipsatz Snapdragon X55 von Qualcomm. Im Unterschied zu Telit setzt Advantech mit der AIW-355-Familie jedoch auf eigene Varianten für Europa, Nordamerika und Japan. Ihr Formfaktor ist mit 30 mm × 52 mm etwas größer, der Temperaturbereich mit -10 bis +55 °C geringer. Die 5G-M.2-Karten beider Hersteller verfügen über mehrere 5G- und GNSS-Antennen-Steckplätze.

Verschiedene 5G-Antennen bietet Rutronik von 2J, AVX und PulseLarsen. Die kompakte 5G-SMD-Antenne W3415 von PulseLarsen deckt mit einer Größe von nur 40 mm × 7 mm × 3 mm alle Sub-6-GHz-Bänder (4G und 5G) ab. Die Ultrabreitband-Dipolantenne der Serie W3554 von PulseLarsen eignet sich mit dem Frequenzspektrum von 698 bis 6000 MHz für 5G-Anwendungen ebenso wie für 2G, 3G, 4G, GNSS, WiFi, Bluetooth, Bluetooth Low Energy, Zigbee und die ISM-Bänder 868, 915, 2400 und 5000 MHz. Die PCB-Antenne misst nur 30 mm × 120 mm × 0,2 mm.

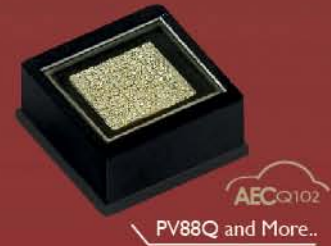
Für den Aufbau eines eigenen Campus-Netzes gibt es bei Rutronik zudem spezielle 5G-Netzteile von FSP. Sie eignen sich zur Versorgung von Base Stations, Access Networks, Data Center oder einzelnen Netzwerkteilnehmern.



Ob 5G, 4G, 3G oder 2G, GNSS, WiFi, Bluetooth und mehr: Die Ultrabreitband-Dipolantenne W3554 von PulseLarsen kann alles.

Meet the power of invisible light

VCSEL Series



- Applicable in automotive, industry, IoT..
- Eye safety protection
- Optical power: 850nm and 940nm and up to 8W CW
- High quality diffuser for high uniformity

UVC Series



- Applicable in ALL kinds of disinfection
- 99.99% disinfection rate
- Wavelengths 255nm-280nm
- Radiant power 2mW-100+mW



Echtzeit auch drahtlos mit 5G

Mit 5G lässt sich die Echtzeitfähigkeit durchgängig von TSN auf Mobilfunk-Netze erweitern. 5G ermöglicht nicht nur extrem geringe Latenzzeiten (Ultra-low Latency, ULL) und eine präzise Zeitsynchronisation, sondern auch ungleich mehr Zuverlässigkeit, Reichweite und Bandbreite als die Vorgänger-Technologien, und das bei höherer Energieeffizienz.

Zudem erlaubt 5G den Aufbau privater, für die Öffentlichkeit unzugänglicher Netzwerke. Sie bringen noch einmal einen erheblichen Gewinn bei Leistung, Datenschutz und Sicherheit des Netzwerks, außerdem eine garantierte Dienstgüte. Damit legt 5G den Grundstein für die sichere Kommunikation zwischen verschiedenen Maschinen und Anlagen, Robotern und Komponenten – vom Sensor und Aktor bis in die Cloud. Beim Aufbau eines TSN-Netzwerkes empfiehlt es sich deshalb, die Einbindung von 5G gleich mit in Betracht zu ziehen, um eine zukunftsfähige und skalierbare Lösung zu erhalten.

Detailliertere Informationen zum Aufbau eines 5G-Campus-Netzwerks finden Sie im Artikel auf S. 22.

Integration von 5G in ein TSN-Netzwerk

Wie die Integration der TSN-Zeitsynchronisation (IEEE 802.1AS) konform mit 5G aussehen kann, zeigt ein Konzept der Forschungsgruppe des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI), der TU Kaiserslautern und der Nokia Bell Labs (Bild 1). Das 5G-System besteht aus einer 5G-Basisstation (gNB) und einem 5G-Kernnetz (5GC) sowie mehreren Endgeräten (UE). Eines dieser Endgeräte (Reference UE) ist als Teil des Referenzsystems mit dem drahtgebundenen TSN-Netz verbunden. Es muss IEEE 802.1AS unterstützen, damit es über den Grandmaster mit der TSN-Zeit synchronisiert werden kann.

Zudem hat das 5G-System einen eigenen Synchronisationsmechanismus: Jede 5G-Basisstation (gNB) synchronisiert mithilfe des primären (PSS) und sekundären Synchronisationssignals (SSS) die mit ihr vernetzten Endgeräte. Über diese Signale erkennen die Endgeräte auch ihre Funkzelle und den Funkrahmen; zusammen mit spezifischen Synchronisationsalgorithmen können sie Frequenz- und Zeitabweichungen anpassen. Außerdem wird jede eingehende System Frame Number (SFN) mit der aktuellen Zeit

des Referenz-Endgeräts gepaart und an jedes verbundene Endgerät gesendet. Wird OPC UA PubSub für die Verteilung genutzt, lassen sich alle Endgeräte synchronisieren, die mit der Basisstation verbunden sind.

Durch die Synchronisation zwischen der Basisstation und den verbundenen Endgeräten muss lediglich der Versatz zur entsprechenden TSN-Zeit identifiziert werden.

Die Nachrichtenschichten zeigt Bild 2. Als Transportprotokoll wird das User Datagram Protocol (UDP) in Kombination mit Multicast genutzt. Damit erhält jedes Gerät, das zur Multicast-Gruppe gehört, die abonnierten Nachrichten.

Wie Bild 3 zeigt, konnte das Forschungsteam mit diesem Aufbau mit einem Synchronisationsintervall von 31,25 ms eine Synchronität zwischen einem Evaluation Kit und einem Intel-NUC-Mini-PC von 350 ns erzielen.

Fazit

TSN hebt Standard-Ethernet auf eine neue Stufe der Echtzeit-Kommunikation. Es erlaubt die durchgängige und herstellerunabhängige Verbindung von IT- und OT-Geräten. 5G erweitert diese Möglichkeiten auf mobile Verbindungen. Die Kombination beider Technologien legt den Grundstein für kollaborative Robotik bzw. die zuverlässige Steuerung hochdynamischer Produktionssysteme inklusive mobiler Roboter, für Warentransportsysteme, assistiertes und autonomes Fahren, Tele-Chirurgie sowie Augmented- und Virtual-Reality-Anwendungen. ■

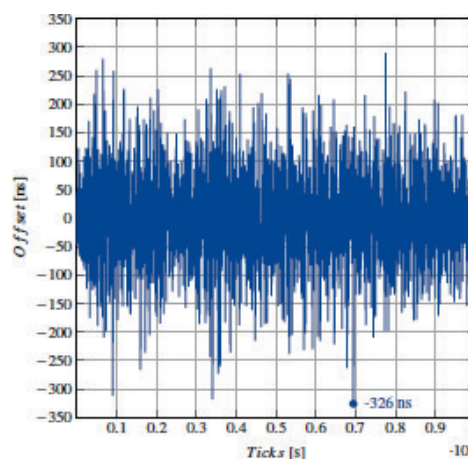


Bild 3: 350 ns beträgt der maximale Versatz bei der Synchronisation zwischen dem TSN Evaluation Kit und einem Mini-PC Intel NUC bei einem Synchronisationsintervall von 31,25 ms.

Bild: Michael Gundall, Christopher Huber, Peter Rost, Rüdiger Halfmann, Hans D. Schotten

Automotive MOSFETs

Auf die Verpackung kommt es an

Der zunehmende Einsatz von MOSFETs in Applikationen wie LED-Vorschaltgeräten, Netzteilen, Batterieladegeräten sowie als Relais- und Sicherungs-Ersatz beschert ihnen ein starkes Wachstum. Weiter optimierte MOSFETs für noch viel mehr Anwendungen glänzen mit weniger Platzbedarf und Verlustleistung, mehr Effizienz, geringeren Kosten. Wie verfolgen die Hersteller diese Optimierungsziele?

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

Generell gilt: Mit steigender Effizienz von Bauteilen wird das Endprodukt kleiner und leichter, langlebiger, günstiger und es erwärmt sich weniger. Manche Anwendungen werden dadurch überhaupt erst möglich. So steigert mehr Effizienz den Bedarf an den entsprechenden Bauteilen und befeuert das Wachstum zusätzlich.

Effizienz auf Systemebene is King

Effizienzbestimmende Schlüsselbausteine sind die Leistungsschalter, meist MOSFETs. Ihre Leitungs- und Schaltverluste bestimmen maßgeblich die Abwärme. Die Kenngröße „Figure of Merit“ (Durchlasswiderstand R_{DSon} × Gate-Ladung Q_{gate}) liefert eine Bewertung, in die die statische (elektrische Leitverluste) und die dy-

namische (elektrische Schaltverluste) Performance eingehen.

Stellschrauben für eine kleinere Figure of Merit oder höhere Effizienz der MOSFETs sind Halbleitermaterialien mit besseren Eigenschaften, wie SiC oder GaN. Sie bieten geringere dynamische Verluste durch schnelleres Schalten und geringere thermische Widerstände verglichen mit konventionellen MOSFETs aus Silizium. Das gilt besonders für höhere Spannungspegel. Das System MOSFET besteht aber nicht nur aus dem Halbleiter-Chip. Auch das Gehäuse und die Verbindungstechnologie spielen eine signifikante Rolle.

Verlustleistung verringern durch kleineren Gesamtwiderstand

Betrachtet man die Verteilung des ohmschen Widerstandes eines MOSFET auf Chip und Kontaktierung bzw. Gehäuse, so fällt die Reihenschaltung von Gehäusewiderstand $R_{Package}$ und Widerstand des Dies auf (Bild 1).

Das heißt: Es genügt nicht, immer nur bessere MOSFET-Chips zu entwickeln. Vielmehr muss die Gehäusetechnologie mit diesen Optimierungen Schritt halten. Hierfür stehen folgende Maßnahmen zur Verfügung:

- **Flächige Kontaktierung anstelle von Bonddrähten:** Durch die größere Kontakt- und Querschnittsfläche verkleinern sich thermischer und elektrischer Widerstand des Gehäuses (Bilder 2, 3 und 4). Zusätzlicher Bonus: Durch die streifige Form des

Bild 1: Schematische Schichtfolge in N-Kanal-Trench-MOSFET, daneben das Widerstandsmodell

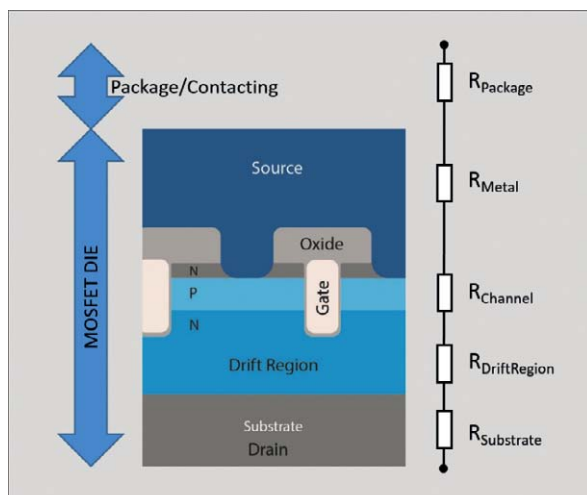


Bild: Rutronik



Bild 2: MOSFET von Diodes in Gehäuse PowerDi1012 (TO Leadless)

Bild: RichTphoto/stock.adobe.com

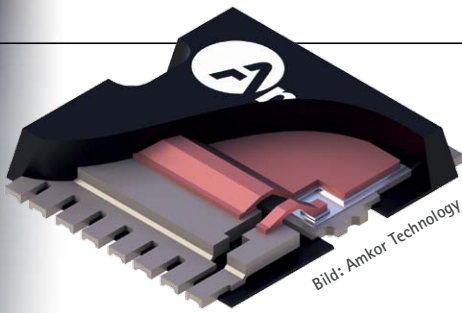


Bild 3: Blick ins TOLL-Gehäuse eines MOSFET mit flächiger Kupfer-Kontaktierung (Copper Clipping)

Kontaktclips verringert sich auch die parasitäre Induktivität der Verbindung.

- **Dünnere Dies:** Dünnere Dies bieten zwei Vorteile: Der elektrische Gesamtwiderstand wird kleiner, weil sich die Länge des Strompfades durch den Chip insgesamt verkürzt. Zudem kommt der Kanal näher an die Oberfläche, was den thermischen Widerstand weiter reduziert.
- **Verpackung mit Source unten:** In einem Gehäuse mit Source unten liegt der Kanal, in dem die Verlustleistung entsteht, näher an der Kühlfläche. Das Bauteil hat dadurch verbesserte elektrische und thermische Eigenschaften. Infineon hat erste MOSFETs im Gehäuse PQFN 3,3 x 3,3 mm² mit umgedrehtem Die eingeführt und nennt das Ganze „Source Down“-Technologie.

Bessere Ausnutzung des Dies durch kleineren thermischen Widerstand

Das zeigt, dass man durch bessere Entwärmung an die Umwelt mehr Verlustleistung erzeugen kann, ohne dass das Bauteil überhitzt. Dabei

Tabelle 2: Vergleich einiger MOSFETs

Manufacturer	Brand Name	JEDEC	Leads	Size/mm	PCB Area/mm ²	Current/A	R _{th,jc} /K/W	Misc.	Example Type
Diodes, Infineon	TOLL, HSOF-8, PowerDi1012		no	10x12	120	300	0.35		IPLU300N04S4
Infineon	TOLG, HSOG-8		yes	10x12	120	300	0.4		IAUS300N04S4
Infineon	TOLT	MO-319A	yes	10x12	120	300		Top Side Cooling	
Vishay	Reverse TO-252, Reverse DPAK		yes	6.5x10	65	>100	1.1 ... 1.4	Top Side Cooling	„SQR40020R SQR40N10-25“
Vishay	PowerPAK 8x8L		yes	8x8	64	701	0.25		SQJQ140E
Vishay	Reverse PowerPAK 8x8L		yes	8x8	64	400	0.25	Top Side Cooling	SQJQ184ER
IFX	sTOLL, HSOF-5	MO-319	no	7x8	56	250	... 0.6		IAUA250N04S6006
Vishay	PowerPAK SO8L	„similar MO-235“	yes	5x6	30	300	0.3		SQJA36EP
Diodes, Toshiba, Infineon	PowerDI56, SO8-FL, SOP-adv, TDSON, HVSON, SSO8	MO-240 AA	no	5x6	30	150	0.8 ... 0.9		TPHR7904PB
Toshiba	DSOP-adv		no	5x6	30	120	1.13 1.5	Dual Side Cooling	TPW1R104PB
Infineon, Diodes, Vishay	S308, PowerDI33, TSON8-FL, TSON-adv, PowerPAK 1212-8SLW, TSDSON, miniHVSON	MO-240 BA	no	3x3	10	123	0.76		SQS140ENW

Manufacturer	Series	Type	I _{DC} /A	R _{DSonmax} /mΩ@25°C	R _{th,jc} /°C/W	Package
Vishay	TrenchFET GenIV	SQJQ140E	701	0.53	0.25	PowerPAK 8x8L
Infineon	DirectFET	AUIRF8739L2	545	0.60	0.44	DirectFET2 L-Can
Infineon	OptiMOS-6	IAUA250N04S6N006	250	0.64	0.60	sTOLL
Toshiba	U-MOSIX-H	TKR74F04PB	250	0.74	0.40	TO-220SM(W)
Diodes	-	DMTH4001SPSQ	100	1.00	0.80	PowerDI5060-8

Tabelle 1: Vergleich einiger Gehäuse mit ihren Eigenschaften

hilft die oben erwähnte flächige Kontaktierung der Chips. Es können jedoch noch einige zusätzliche Maßnahmen getroffen werden.

Entwärmung von oben

In den konventionellen Gehäusen liegt der MOSFET-Chip mit der Drain-Seite nach unten auf der metallischen Kontaktfläche. Dieser Drain-Anschluss wird mit der Platine verlötet und bildet den Hauptpfad zur Wärmeableitung in die Platine.

Die Platine muss jedoch ebenfalls entwärmt werden. Deshalb wird die Wärmeenergie häufig mit Durchkontaktierungen (Vias) auf die andere Seite des PCBs geführt. Die Platine und ihre Durchkontaktierungen addieren einen weiteren Wärmewiderstand auf dem Weg zwischen MOSFET und Umgebung. Die Rückseite der Platine kann dann mit einem Kühlkörper versehen werden.

Befindet sich die Kühlfläche hingegen auf der Oberseite des MOSFET-Gehäuses, kann ein Kühlkörper direkt dort angeschlossen werden. Der Wärmewiderstand, den die Platine mit ihren Vias darstellt, entfällt.

Entwärmung von unten und oben (Dual Side Cooling, DSC)

Diese speziellen Gehäuse haben sich bisher in der Breite noch nicht durchgesetzt. Dadurch haben Entwickler wenig Auswahl bei Typen und Herstellern und es stehen kaum Second Sources zur Verfügung.

Tabelle 1 listet gängige Gehäuse verschiedener Hersteller und ihre Eigenschaften auf. Sie zeigt deutlich, dass die größten Gehäuse nicht automatisch auch den kleinsten thermischen Widerstand bieten.

Fazit

Damit die neuesten MOSFETs ihre Vorteile im Package voll ausspielen können, haben die Hersteller auch die Gehäusetechnologie neu erfunden. Aktuelle Dies in Gehäusen mit flächiger Kontaktierung durch Copper Clipping sorgen für eine sprunghafte Verbesserung der elektrischen und thermischen Eigenschaften. So ebnet sie den Weg zu kleineren, leichteren, langlebigeren und günstigeren Anwendungen und ermöglichen vielleicht sogar ganz neue. ■

Ambient Lighting

Licht – das neue Chrom

Wer früher etwas auf sich hielt, hatte ein chromblitzendes Auto. Heute übernimmt Licht diese Funktion und macht aus dem Fahrzeug ein Statussymbol. Die LED-Technologie hat es möglich gemacht. Neue technische Entwicklungen stellen Designer jedoch auch vor neue Herausforderungen.

VON BERND WONDRAUSCHEK,
FIELD APPLICATION ENGINEER ABU BEI RUTRONIK



Bilder: Eimos

Moderne LEDs eröffnen vielfältige Möglichkeiten für Ambient Lighting im Auto.

Fahren wie unterm Sternenhimmel – für diesen Eindruck sorgen unzählige Lichtpunkte im Rolls Royce Phantom. Sie vermitteln gleichzeitig ein Gefühl von Luxus und Exklusivität. Im Gegensatz zu Chrom kann Licht noch viel mehr Funktionen erfüllen. Im Innenraum von Fahrzeugen beeinflusst es je nach Helligkeit und Farbe die Emotionen der Insassen: Sie fühlen sich wohl, behaglich und weniger gestresst oder aufgeheitert und angeregt. Auch die kognitiven Fähigkeiten lassen sich mit Licht verbessern, sodass der Fahrer nicht so schnell müde wird und sich besser konzentrieren kann.

Doch Farben können auch negative Auswirkungen haben. Deshalb ist ein zusätzliches HMI-System sinnvoll, das dafür sorgt, dass die Farbe der Beleuchtung zum physischen und emotionalen Zustand des Fahrers passt. Dabei

werden meist sogenannte Themes verwendet, bei denen verschiedene Parameter vorkonfiguriert sind. Ein solches System kann mehrere Mikrocontroller und bis zu 300 RGB-Module, bestehend aus LED-Chips und -Treibern, umfassen.

Raus aus der Komfortzone

Wurden LEDs im Innenraum anfangs nur in Luxusmodellen und als reine Komfort-Anwendung genutzt, kommen sie inzwischen auch häufig in Fahrzeugen der mittleren Preisklasse zum Einsatz. Hier geht es vor allem darum, diese als Teil der funktionalen Ausstattung zu etablieren und die Sicherheit zu erhöhen. Der gezielte Einsatz von Licht erleichtert dem Fahrer die Orientierung im Fahrzeuginneren, Bedienelemente und Anzeigen lassen sich nach

Bedarf hervorheben oder ausblenden. Warnhinweise, z.B. wegen zu geringem Abstand, werden mit rotem Licht schneller wahrgenommen. Auch Informationen zum Fahrzeugzustand oder zu eingehenden Telefonanrufen lassen sich über LEDs elegant übermitteln und vom Fahrer schnell erfassen.

Doch es darf nicht zu viel des Guten werden: Das Licht darf weder den Fahrer noch andere blenden oder ablenken. Und wenn zu viele Lichtelemente eingesetzt werden, geht deren Wirkung verloren.

Kleinere LEDs rücken näher zusammen

Technische Weiterentwicklungen eröffnen noch mehr Spielarten und Einsatzszenarien. Zum Beispiel lassen sich LED-Streifen auf fle-

	E521.38	E521.39
MCU	ARM Cortex-M0, 32-bit-µC	16 bit (H430-µC)
Anzusteuern LEDs	4 (6 bei Nutzung von Multiplexing)	1 (RGB/W)
Current Sources	12 × 60 mA	3 × 40 mA
PWM Generators	12 × 16 bit (up to 1000 Hz @ 16 bit)	4 × 16 bit, 48 MHz (up to 700 Hz @ 16 bit)
Supply Voltage (max.)	20 V	40 V
Memory	32 kB Flash	32 kB Flash
Cust. NVM	256 Byte	128 Byte
RAM	2 kB	1,25 kB
SysROM	SysROM für Re-Flash vorh.	24 kB
Bus	differenzieller Bus mit Auto-Addressing	LIN (V2.2a) Auto-Addressing + - Bus Shunt Methode
Safety (ISO 26262)	ASIL B	-
AEC-Q100	125 °C	125 °C
Package	DFN18L5040	SOIC8

Spezifikationen der neuen LED-Treiber von Elmos

xiblen Leiterplatten unter schwierigsten Bedingungen entlang der Ränder des Daches und in Sitzpolster integrieren.

Zudem werden die Bauteile immer kleiner, aktuelle LED-Module haben Abmessungen von nur noch 8 mm × 18 mm. Das ist auch nötig, da der Bauraum für Elektronik-Komponenten ebenfalls mit jedem Entwicklungszyklus schrumpft. Für kleinere Module rückt somit der Diffusor näher an die Lichtquelle, also den LED-Chip.

Wird der Abstand der LED bzw. des LED-Moduls zum Diffusor kleiner, müssen diese dichter zueinander angebracht sein, um eine homogene Lichtfläche zu ergeben. Als Faustregel gilt, dass der Abstand zwischen LED und Diffusor dem Abstand zwischen zwei LEDs entsprechen sollte. Das heißt: Es müssen mehr LEDs verbaut werden.

Für kleine Lichtstreifen lässt sich ein Lichtwellenleiter von beiden Seiten bestrahlen. Das funktioniert jedoch nur bis zu einer Länge von ca. 15 bis 20 cm; darüber reicht das Licht nicht mehr stark genug bis in die Mitte des Leiters, um eine durchgehende, homogene Farbdarstellung zu gewährleisten. Daher ist zum Beispiel für eine Dachbeleuchtung eine Aneinanderreihung von LEDs bzw. LED-Modulen in regelmäßigen Abständen notwendig.

LED-Treiber für engen Bauraum

Für Anwendungen wie z.B. die Mittelkonsole empfiehlt sich ein Multikanal-Treiber wie der E521.38 von Elmos. Er kann vier LEDs ansteuern, bei der Nutzung von Multiplexing sogar

sechs. So trägt er dazu bei, strenge Bauraum-Anforderungen zu erfüllen. Entwickelt nach ISO 26262 für ASIL-B-Applikationen, kann er auch für Systeme der funktionalen Sicherheit eingesetzt werden. Sein DFN18-Gehäuse mit Wetable Flanks sorgt außerdem für eine bessere Inspektionsfähigkeit. Das differenzielle digitale Interface macht ihn zur ersten Wahl für dynamisches Ambient Lighting. Denn damit kommt es nicht – wie bei anderen Bus-Systemen und großen Bus-Anordnungen – zu Laufzeiteffekten durch zu geringe Datenraten. Es sind also gleichmäßige Farbdarstellungen und -verläufe gewährleistet.

Für kleine LED-Module ist der LIN-RGB/W-Treiber E521.39 ideal. Dieser ist für das aktuell zumeist statische Ambient Lighting gedacht. Im Gegensatz zu seinem Vorgänger verfügt er über einen Flash-Speicher, sodass der Baustein im Fahrzeug Software Updates erhalten kann. Er verträgt eine Versorgungsspannung von maximal 40 V und hat einen geringen Ruhestromverbrauch von maximal 30 µA. So robust und sparsam eignet er sich perfekt für den Einsatz in batteriebetriebenen Fahrzeugen. Dank 12-bit-ADC bietet er zudem eine hochauflösende Temperaturmessung durch Auswertung des internen Temperatursensors sowie eine Differenzialmessung der Vorwärtsspannung. Damit ermöglicht der LED-Treiber der Software, Alterungs- und Temperatureffekte zu kompensieren.

Der Multikanal-Treiber E521.38 erzeugt mit einem integrierten Pulsweitenmodulation-Generator eine (PWM-) Frequenz von 1000 Hz bei voller 16-bit-Pulsweiten-Auflösung. Der E521.39 liefert bis zu 700 Hz bei derselben Auflösung. Damit liegen beide deutlich über den Anforderungen der Automotive-OEMs, die

in ihrer jeweiligen Norm zur Flackerfreiheit der Innenbeleuchtung 500 Hz vorschreiben. Das bietet Reserven, um auch höhere Anforderungen zu erfüllen.

Das PWM-System der LED-Treiber ermöglicht nicht nur flackerfreies Licht, sondern auch eine große Dynamik für sanfte Farbübergänge. Weiterer Vorteil: Da OEMs immer engere Farbäume für LEDs vorgeben, erlaubt dies ein größeres LED-Binning und reduziert die Kosten bei der LED-Auswahl.

Die Elmos-LED-Treiber kommen demnächst auf den Markt und sind dann über Rutronik erhältlich, ebenso wie weitere ICs des Herstellers, mit denen optische Anwendungen für HMIs, z.B. berührungslose Gestensteuerungen, umgesetzt werden können. Zudem finden sich alle anderen Komponenten für ein innovatives Ambient Lighting bei Rutronik, von weißen und RGB-LEDs in Top- oder Side-LED-Form über Chips für die Energieversorgung bis zu passiven Komponenten wie Kondensatoren und Induktivitäten. Speziell für Automotive-Applikationen leistet die Rutronik Automotive Business Unit (ABU) herstellerunabhängigen technischen Support. ■



Strommessung im Antrieb von E-Autos

Kompaktere Inverter erfordern präzisere Shunts

In Elektroautos sollen immer kleinere Komponenten verbaut werden. Bei Invertern für die Steuerung des Elektromotors bringt die Miniaturisierung höhere Schaltfrequenzen mit sich. Dadurch steigt der Einfluss der parasitären Induktivität. Niederinduktive Shunts bieten hier höchste Präzision zur Messung des Antriebsstroms.

VON JASMIN ASI,
PRODUCT SALES MANAGER RESISTORS
BEI RUTRONIK, UND
NICO PATHÉ,
FIELD APPLICATION ENGINEER
BEI KOA EUROPE

Batteriebetriebene elektrische Fahrzeuge gelten aktuell als Basis für die Mobilität der Zukunft. Ihr Konzept ist so einfach wie alt: Eine Batterie speichert die elektrische Energie und treibt damit einen Elektromotor an, der das Fahrzeug in Bewegung setzt. Ziel moderner Technologien ist es, die Effizienz des Antriebs – und damit auch die Reichweite des Fahrzeugs – zu steigern. Gleichzeitig soll die Ladezeit der Batterie möglichst kurz sein.

Weil sie wartungs- sowie nahezu verschleißfrei sind und einen hohen Wirkungsgrad haben, finden in aktuellen Elektroautos größtenteils bürstenlose Drehstrom-Motoren Anwendung. Um den Motor anzusteuern, ist eine Leistungselektronik erforderlich. Denn die Batterie liefert ihre Energie in Form von Gleichstrom. Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau eines solchen Antriebssystems.

Die Leistungselektronik besteht hier aus einem Inverter-Modul, das den Gleichstrom in drei

Phasen umwandelt. Bisher kamen hierfür vor allem IGBTs zum Einsatz, also Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode auf Silizium-Basis. Eine Spule, die auf die Eigenschaften des Inverters ausgelegt ist, dient als Ausgangsfilter.

Ansätze zur Miniaturisierung

Im Zuge der Optimierung der Reichweite wird versucht, so viel Gewicht wie möglich einzusparen. Durch höhere Batteriespannungen können z.B. geringere Drahtquerschnitte verwendet werden. Für die Miniaturisierung der Elektronik bietet die Siliziumkarbid- (SiC) Technologie die Möglichkeit zu höheren Schaltfrequenzen und geringeren Schaltverlusten bei kleinerer Bauweise. Die höheren Schaltfrequenzen bieten außerdem den Vorteil, dass kleinere passive Komponenten verwendet werden können, also auch eine kleinere Spule im Ausgangsfilter.

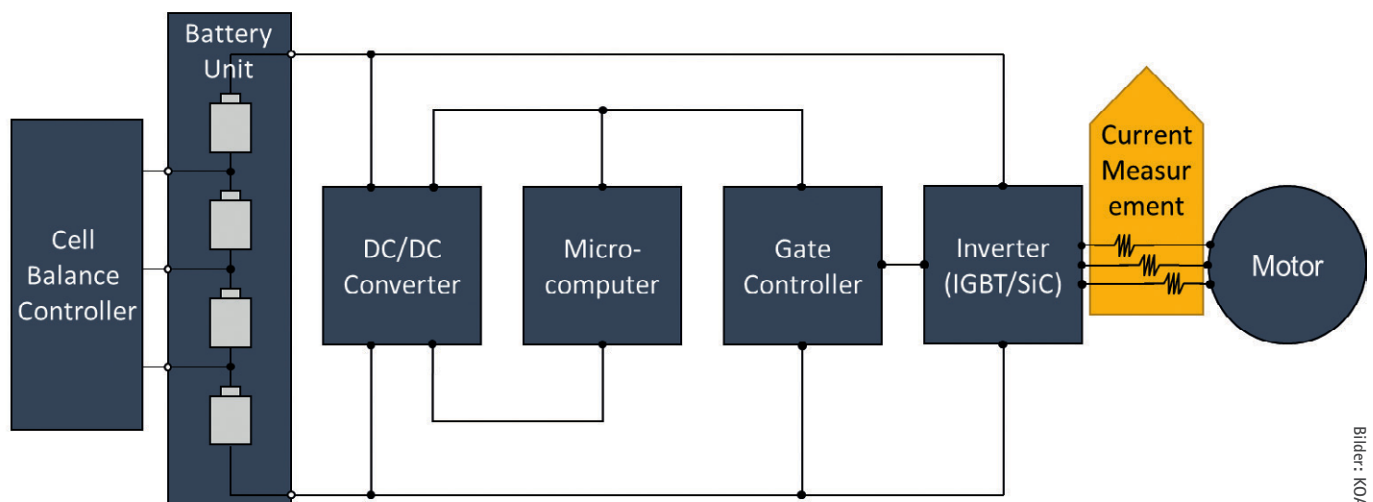


Bild 1: Schematische Darstellung eines Elektroantriebs für ein batteriebetriebenes Elektroauto

Bilder: KOA Europe

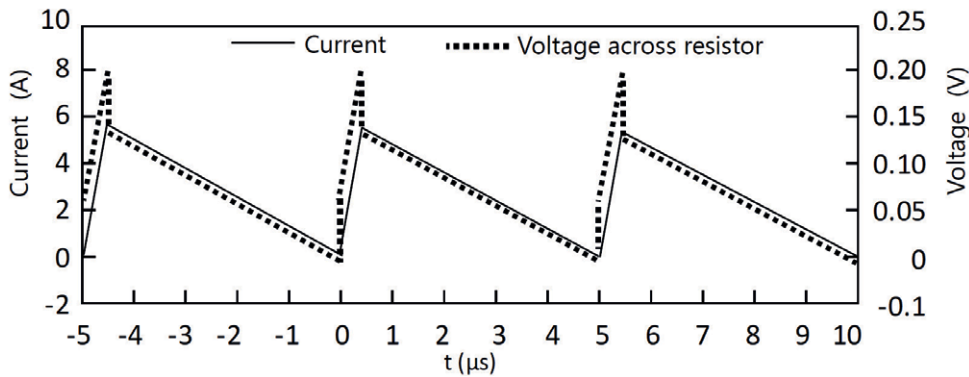


Bild 2: Elektrische Spannung und Strom über einem Shunt mit 50 mΩ und 10 nH

Damit die Motorsteuerung den Motorstrom sinnvoll regeln kann, braucht sie den aktuell fließenden Strom als Eingangsparameter. Dieser muss daher permanent gemessen werden. Die genauesten Ergebnisse liefert ein Strommesswiderstand (Shunt). Am häufigsten finden hier sogenannte Metal-Plate-Shunts im Milli-ohm- bis Mikroohmbereich Anwendung. Sie bestehen meist aus einer Metalllegierung und sind für besonders hohe Ströme geeignet. Das Messprinzip ist recht einfach: Fließt ein Strom, gibt es über dem Widerstand einen messbaren Spannungsabfall. Aufgrund des bekannten Ohmwertes und der gemessenen Spannung lässt sich mithilfe des ohmschen Gesetzes der Strom errechnen.

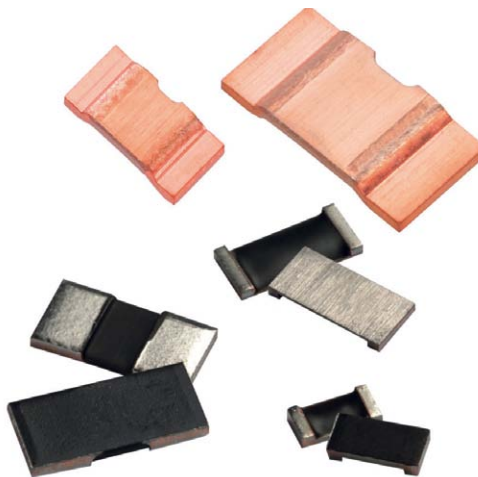


Bild 3: Besonders niederinduktive Shunts beinhalten die PS- und TLR-Serien von KOA.

In der Realität gibt es jedoch verschiedene Einflussfaktoren, die zu einem abweichenden Messergebnis führen können, wenn sie im Vorhinein nicht beachtet und entsprechende Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Bei hochfrequenten Strömen spielt diesbezüglich die parasitäre Induktivität die größte Rolle. Sie induziert bei einer Stromänderung eine elektromotorische Kraft, auch Ursprung genannt. Diese wird umso größer, je stärker die Stromänderung über einen gewissen Zeitraum ausfällt bzw. je kürzer der Zeitraum für die Stromänderung ist. Bild 2 zeigt einen typischen Strom- und Spannungsverlauf über einem Widerstand mit größerer parasitärer Induktivität.

Da mit dem Shunt die Spannung gemessen werden soll, ist die erzeugte Ursprung möglichst gering zu halten, um den Messfehler zu minimieren. Je höher die Schaltfrequenz, desto höher ist auch der Einfluss der parasitären Induktivität. Deshalb sind insbesondere bei SiC-basierten Invertern niederinduktive Shunts gefragt, um eine präzise Messung des Stroms sicherzustellen.

Alternativ ist es auch möglich, einen höheren Ohmwert zu wählen, sodass sich der Einfluss der parasitären Induktivität auf den messbaren Spannungsabfall verringert, da das Signal ins-

gesamt größer wird. Das führt jedoch wieder zu höheren Verlusten durch eine erhöhte Leistungsaufnahme. Es ist also vorteilhafter, einen Shunt mit besonders geringer parasitärer Induktivität zu wählen. Das bieten vor allem flache SMD- (Surface Mount Device) Metal-Plate-Shunts dank ihrer Bauform und Materialauswahl.

Als Initialtoleranz für Strommesswiderstände hat sich der Wert von $\pm 1\%$ durchgesetzt. Um diesen Wert bei der Produktion zu gewährleisten, muss der Widerstand abgeglichen werden. Verfahren, die auf Einschnitte in das Widerstandselement verzichten, liefern hier die besten Ergebnisse. Rutronik bietet mit den Serien TLR und PS von KOA Europe zwei besonders niederinduktive Shunt-Serien an. Die TLR-Serie kommt für den Abgleich des Ohmwertes komplett ohne Einschnitte in das Material aus und erreicht damit parasitäre Induktivitätswerte im Bereich von 0,1 nH. Die PS-Serie ist für deutlich größere Ströme bis 244 A ausgelegt. Sie hat etwas höhere Induktivitätswerte, diese liegen aber dennoch deutlich unter 1 nH. Damit eignen sich diese Bauteile hervorragend für die Strommessung von Elektromotoren in E-Autos, insbesondere wenn SiC-basierte oder andere hochfrequente Inverter verwendet werden. ■



Zukunftsfähige Lösungen für industrielle Innovationen

Von Lösungen, die die Integration von Industrie 4.0 unterstützen, bis hin zu stabiler Konnektivität für die Fabrikhalle – Molex spielt eine Schlüsselrolle, wenn es darum geht, zu gewährleisten, dass Industriemaschinen und Robotik funktionaler, intelligenter und vernetzter sind als je zuvor.

Weitere Informationen finden Sie unter: <https://experience.molex.com/solutions/rutronik/>

molex

Haptiksysteme für Touchscreens

Touch-Anwendungen ohne Blickkontakt bedienen

Touchscreens haben im Auto schon viele Schalter und Drehregler ersetzt. Die schicke, plane Oberfläche ist jedoch gleichzeitig das Problem: Die Bedienfelder lassen sich nicht ertasten, der Fahrer muss hinschauen. Das kann vor allem bei hohem Tempo und im dichten Stadtverkehr zur Gefahr werden. Haptiksysteme schaffen Abhilfe.

VON EDGAR SCHÄFER,
FAE AUTOMOTIVE BUSINESS UNIT
BEI RUTRONIK

st ein Touchscreen mit einem aktiven haptischen Feedback ausgestattet, gibt er dem Bediener eine ähnliche Rückmeldung wie eine mechanische Taste. Für solche Haptiksysteme stehen drei Typen von Aktoren zur Auswahl: Piezoelemente, Unwuchtmotoren sowie lineare haptische Aktoren.

Lineare haptische Aktoren – genug Kraft auch für große Displays

Ein sehr starkes Feedback zeichnet die linearen haptischen Aktoren aus. Damit liefern sie auch bei großen Touchscreens oder Displays eine klar spürbare haptische Rückmeldung – vergleichbar mit einem Tastendruck. Das Feedback erfolgt schnell mit einer Ansteuerverzögerung von drei bis maximal fünf Millisekunden.

Die linearen haptischen Feedback-Aktoren arbeiten mit einer Betriebsspannung zwischen 9 und 16 V. Ihr einziger Nachteil ist ihre Bauhöhe von 16 mm.

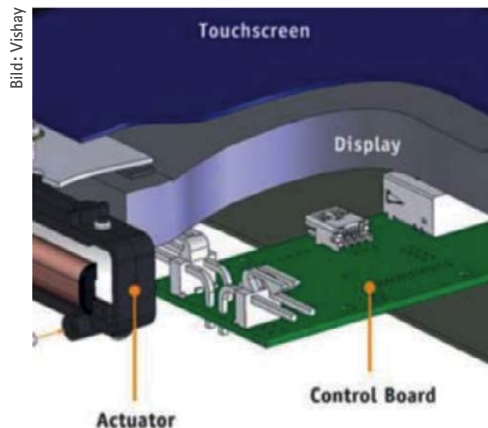


Bild 1: Aufbau eines Touchscreens mit haptischem Aktor

Einen solchen Aktor auf Basis einer Magnetspule bietet Vishay: Der IHPT-1411 kombiniert eine sehr kompakte Bauweise mit einer leistungsstarken Auslenkung von 6g bei einer Masse von 0,5 kg und einer Ansteuerspannung von 12 V. Damit kann er z.B. einen Tastendruck auf einem Touchdisplay simulieren. Seine Standardanschlüsse sind in hundertprozentiges Lötzinn getaucht, auf Anfrage sind auch kundenspezifische Anschlüsse erhältlich. Seit Kurzem ist der IHPT-1411 auch AEC-Q-qualifiziert verfügbar.

Unwuchtmotoren – einfach anzusteuern

Unwuchtmotoren versetzen ein Gewicht in Bewegung und geben dadurch kein Klick-ähnliches Feedback wie die Aktoren, sondern ein Vibrieren. Allerdings lässt das relativ lange auf sich warten, ihre Ansteuerverzögerung beträgt zwischen 20 und 50 ms. Dadurch wirkt das Feedback etwas unnatürlich. Sie benötigen eine Ansteuerspannung von unter



Bild 2: Kompakt und leistungsstark: der Aktor IHPT-1411 von Vishay

Bild: TDK

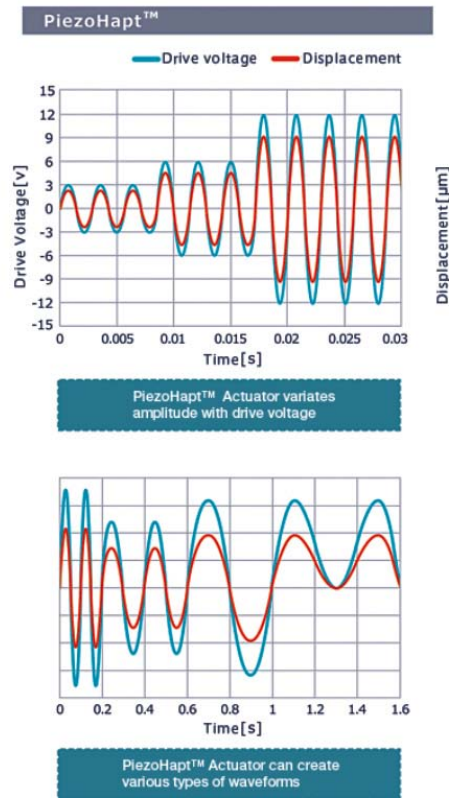
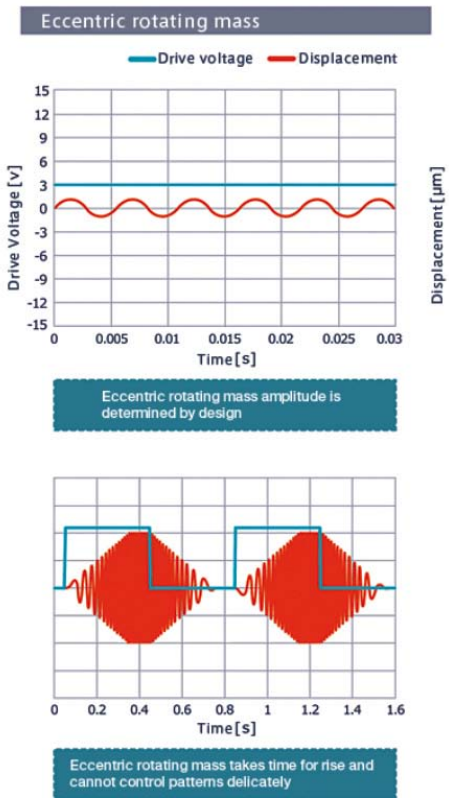


Bild 3: Der Vergleich mit dem Unwuchtmotor zeigt die deutlich schnellere und flexiblere Reaktion des Piezoelements.

12 V – die meisten Modelle kommen mit 3 V aus – und sind einfach anzusteuern. Unwuchtmotoren eignen sich jedoch nur für kleinere Displays. Bei einem Display in der Größe eines Tablets, das mit dem Fahrzeug verschraubt ist, müsste der Unwuchtmotor sehr groß ausfallen und würde zu träge reagieren.

Piezoelemente – flach und drucksensitiv

Mit 0,25 mm sind Piezoelemente extrem flach. Zudem sind sie drucksensitiv, das heißt ein stärkerer Druck auf die entsprechende Stelle des Displays erzeugt mehr Spannung als ein leichter Druck. Je nach Spannung variiert das Feedback des Piezoelements, zudem kann der Aktor verschiedene Feedbacks mit unterschiedlicher Wellenform auslösen. Dadurch

eröffnen sich weitere Bedienmöglichkeiten; zum Beispiel erhöht sich die Lautstärke der Audioanlage umso schneller, je stärker man drückt. Das Feedback fällt jedoch weniger stark aus als mit den anderen beiden Technologien.

Das Piezoelement kommt komplett ohne bewegliche Teile aus und ist dadurch sehr langlebig. Auf der Minusseite findet sich die hohe Ansteuerspannung von mindestens 24 V.

Um einem kleinen Element, z.B. einer einzelnen Taste, ein haptisches Feedback zu geben, eignet sich das PiezoHapt-L (PHUA8060-35A-33-000) von TDK. Es nutzt ein mehrschichtiges Piezoelement, dadurch kommt es mit einem Minimum an Spannung von 24 V aus und kann eine größere Auslenkung erzielen als ein einschichtiges Element derselben Dicke.

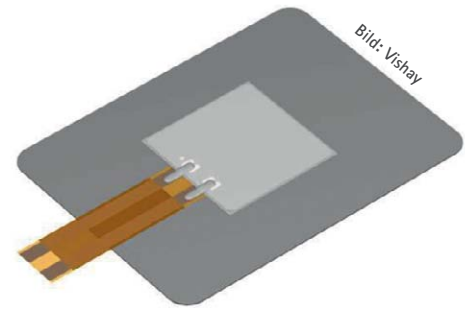


Bild 4: Der PiezoHapt-L von TDK ist nur 0,35 mm dünn und ideal, um eine einzelne Taste mit haptischem Feedback auszustatten.

Der PiezoHapt-Aktor hat eine unimorphe Struktur, das heißt er setzt sich aus einer aktiven und einer nicht aktiven Schicht zusammen. Das aktive, piezoelektrische Element mit Elektroden auf beiden Seiten ist auf einer Seite auf eine nicht aktive Metallplatte geklebt. Wird an die Elektrode Wechselspannung angelegt, dehnt sich das piezoelektrische Element abwechselnd aus und zieht sich zusammen. Die verklebte Metallplatte bewegt sich entsprechend (Bild 5). Durch die Wechselspannung wechseln sich Berg- und Talverwerfungen ab, es entsteht eine Schwingung. Durch die unimorphe Struktur geschieht dies sehr effizient.

Je nach Amplitude und Frequenz der angelegten Spannung erzeugt das PiezoHapt-L unterschiedliche Schwingungsmuster; die Reaktionszeit ist mit 4 ms sehr kurz. Die Vibrationsplatte, auf der sich das Piezoelement befindet, misst 80 mm x 60 mm, die Bauhöhe beträgt gerade einmal 0,35 mm.

Oberflächen mit Gefühl

Nicht nur Touchdisplays lassen sich mit einem haptischen Feedback ausstatten – sämtliche glatten Oberflächen können als berührungssensitive Variante die herkömmlichen Knöpfe und Schalter auf dem Armaturenbrett und in der Türverkleidung ersetzen. Hierfür ist der Aktor IHPT-1411 von Vishay ebenfalls bestens geeignet. Damit heißt es dann in jedem Fall: Augen auf den Straßenverkehr! ■

Bild: TDK

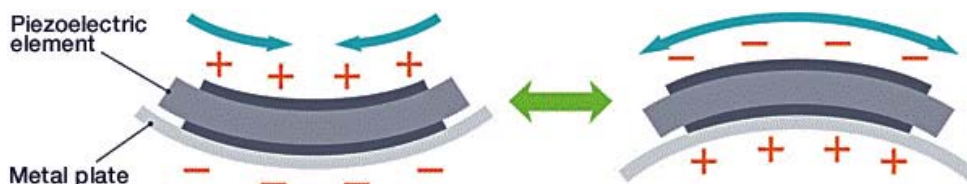


Bild 5: Der PiezoHapt-Aktor von TDK funktioniert dank unimorpher Struktur sehr effizient.

Current Sensing Solutions

Konzepte zur Messung von Gleichstrom

Die Elektrifizierung nimmt stetig zu. Und während Lasten früher häufig netzgespeist waren und deshalb Wechselströme flossen, sind sie heute oft batteriegespeist. Gleichzeitig werden die elektrischen Leistungen immer größer. Für eine effiziente und genaue Strommessung bedarf es entsprechender Sensoren – vor allem für DC-Ströme.

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

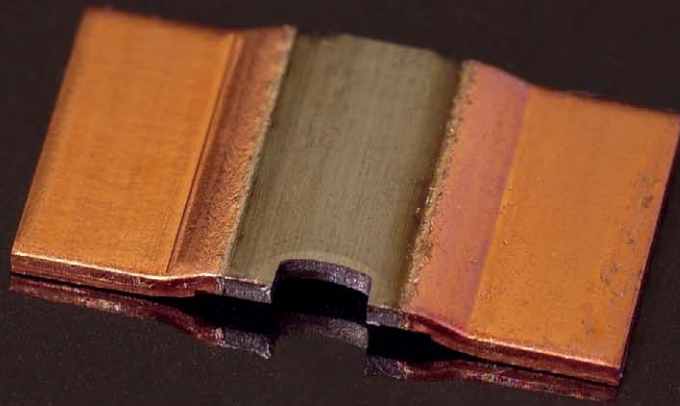
Um pulsierende Ströme der Stromversorgung mit Gleichanteil zu messen, stehen drei Konzepte zur Verfügung.

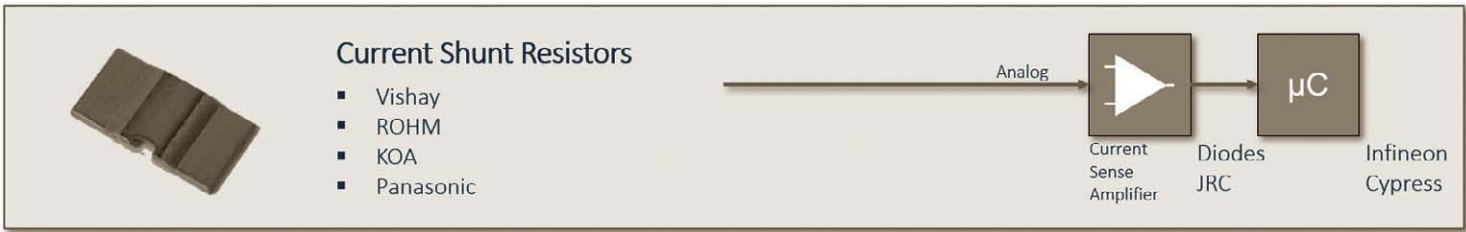
Konzept 1: Strommess-Widerstand (Shunt)

Das Messprinzip mit Strommess-Widerstand leitet sich direkt aus dem ohmschen Gesetz ab: Fließt Strom durch einen Widerstand, dann fällt eine Spannung über dem Widerstand ab, die proportional zum Strom ist. Dieser lineare Zusammenhang macht die Aufbe-

ereitung des analogen Signals zu einem Messergebnis besonders einfach. Ein Current Sensing Amplifier bereitet die Messspannung so auf, dass der Eingangsspannungsbereich des Analog/Digital-Wandlers (ADC) im Mikrocontroller gut ausgenutzt wird.

Entsprechende Shunt-Widerstände sind z.B. von Vishay, Rohm, KOA und Panasonic erhältlich. Ihre Baugrößen reichen von Chipwiderständen bis zu massiven Metallbügeln mit Schraubanschluss und Verlustleistungen bis in den Zig-Watt-Bereich.





Aufbau einer Strommessung mit Shunts inklusive Signalaufbereitung



Magnetfeldsensoren eignen sich auch, um große Ströme zu messen, erfordern jedoch Know-how zur Mechanik.



Stromsensor-ICs oder -Module lassen sich sehr einfach nutzen.

Hält man sich in Sachen Layout und Signalabgriff an die Verarbeitungsvorschriften des Herstellers, dann ergibt sich die Messgenauigkeit aus den Toleranzen der verwendeten

Bauelemente in der Signalkette. Die Angaben in den Datenblättern machen es relativ einfach, die Genauigkeit des Gesamtsystems zu bewerten.

Anzeige

THE NEW COOL: 1000 WATT AC/DC POWER WITHOUT FAN

RACM1200-V THE MAINTENANCE-FREE POWER SUPPLY FOR HARSH ENVIRONMENTS WITH FANLESS COOLING

- 9" x 3.8" footprint, 40mm height
- Operating input range 85-264VAC
- Output voltage 24-56VDC
- Up to 1200W boost power for 10sec
- Analog and digital control and monitoring
- 5VSB AUX and adjustable 5-12VDC Fan output

BEST IN CLASS
NO COMPROMISE
1200W AC BOOST POWER

WE POWER YOUR PRODUCTS
recom-power.com/1200-V



Für Printmontage optimierte Strommess-Widerstände bietet Vishay in einem Sample Kit.

Die Vorteile beim Einsatz von Shunts zur Strommessung:

- hohe Bandbreite
- geringe Querempfindlichkeit
- große Angebotsvielfalt
- Integration in Busbar (Stromschiene) möglich

Ihre Nachteile:

- Messprinzip mit Verlustleistung proportional R und I^2
- keine galvanische Isolation zwischen Messstrom und Messsignal
- Kompetenz in analoger Signalverarbeitung notwendig

Eine gute Übersicht über geeignete Shunt-Widerstände bietet rutronik24.com unter Passive Components > Resistors > Precision Chip Resistor.

Konzept 2: Magnetfeldsensor

Bei diesem Verfahren wird der Magnetfeldsensor auf dem stromführenden elektrischen Leiter platziert. Um einen stromdurchflossenen geraden Leiter herum bildet sich ein zylindrisches Magnetfeld. Nach dem Durchflutungsgesetz ist die Stärke des Magnetfelds abhängig vom Strom und von der Entfernung vom Leiter. Ein Anwender, der einen Stromsensor nach diesem Prinzip baut, muss also die mechanischen Fertigungstoleranzen und die mechanische Stabilität der Gesamtkonstruktion beherrschen.

Die Vorteile beim Einsatz von Magnetfeldsensoren:

- galvanische Trennung von Messstrom und Messsignal
- praktisch verlustleistungsfreie Messung
- Digitalisierung bereits im Magnetfeldsensor
- geeignet zur Messung großer Ströme

Nachteile:

- mögliche Empfindlichkeit auf Streufelder
- mechanische Kompetenz auf Anwenderseite erforderlich, Geometrie und Fertigungstoleranzen gehen in Übertragungsfunktion ein
- geringe Bandbreite

Magnetfeldsensoren sind z.B. von Infineon, TDK-Micronas und Melexis auf dem Markt und auf rutronik24.com unter Semiconductors > Sensors > Current Sensors zu finden.

Konzept 3: Stromsensor-ICs oder -Module

Die Nutzung von fertigen Stromsensor-Modulen oder -ICs ist erheblich einfacher als der Einsatz von Magnetfeldsensoren, denn der Hersteller hat die mechanische Konstruktion bereits gelöst. Die Übertragungskennlinie ist bekannt und im Datenblatt beschrieben. Verbreitet sind Stromsensor-ICs für Printmontage, bei denen der stromführende Leiter durch das IC-Gehäuse geführt ist. Für höhere Ströme gibt es Module mit Gehäusedurchbruch bzw. -bohrung, durch die der stromführende Leiter

einmal oder mehrmals geschleift wird. Durch die Variation in der Windungszahl lässt sich die Empfindlichkeit des Messsystems einfach ändern.

Die Vorteile fertiger Module und ICs:

- einfache Anwendung mit Charakterisierung wie im Datenblatt angegeben
- galvanische Trennung von Messstrom und Messsignal
- praktisch verlustleistungsfreie Messung
- Digitalisierung bereits im Sensormodul

Nachteil: wenige Anbieter

Zu den Herstellern von Stromsensor-ICs oder Modulen zählen z.B. Infineon und BYD. Die Produkte sind erhältlich unter www.rutronik24.com: Semiconductors > Sensors > Current Sensors.

Fazit

Durch die Verbreitung von netzunabhängigen Geräten und durch die zunehmende Elektrifizierung müssen immer häufiger Gleichströme gemessen werden. Je nach Stromhöhe und Frequenzbereich eines überlagerten Wechselanteils bieten sich hierfür verschiedene Sensoren an: Shunt-Widerstände, Stromsensor-Module oder -ICs oder Eigenentwicklungen mit Magnetfeldsensoren.

Shunt-Widerstände bieten sich aufgrund der fehlenden galvanischen Trennung besonders an für niedrige Spannungen und für niedrige Ströme wegen der unvermeidlichen Verlustleistung, die proportional zum Quadrat des Stromes steigt. Trotzdem werden sie auch in einigen Elektrofahrzeugen mit Strömen im Bereich einiger hundert Ampere und einer Spannungslage von 400 V genutzt, um die Batterieströme zu erfassen.

Da Shunt-Widerstände eine geringe Eigeninduktivität haben, ist der Frequenzbereich groß und wird maßgeblich von der nachgeschalteten analogen Signalaufbereitung bestimmt.

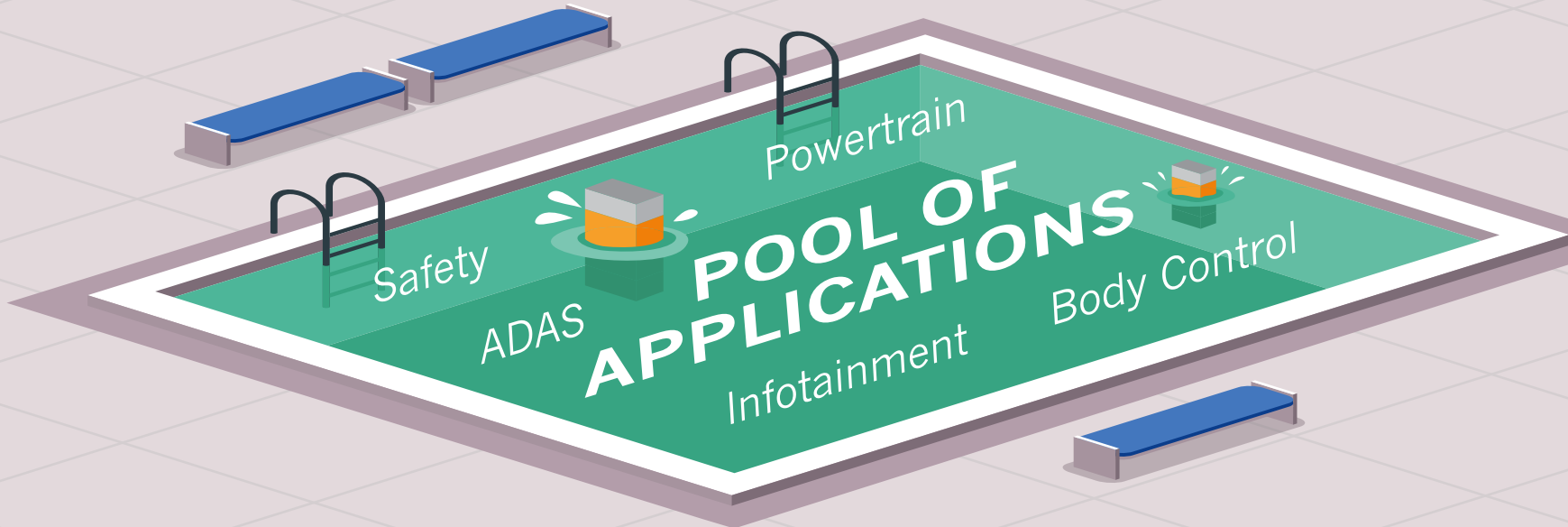
Stromsensoren auf Magnetfeldbasis eignen sich besonders für große Ströme, da hier praktisch keine Verlustleistung entsteht, und für hohe Spannungen, da hier eine galvanische Trennung vorliegt. Meistens limitiert bereits der Sensor die Bandbreite, weniger die nachgeschaltete Elektronik.

Stromsensor-Module und -ICs sind ideal für Projekte mit kurzer Time to Market. ■

AUTOMOTIVE HIGH CAP. MLCC

SAMSUNG

SAMSUNG
ELECTRO-MECHANICS



AEC-Q200

PREMIUM QUALITY

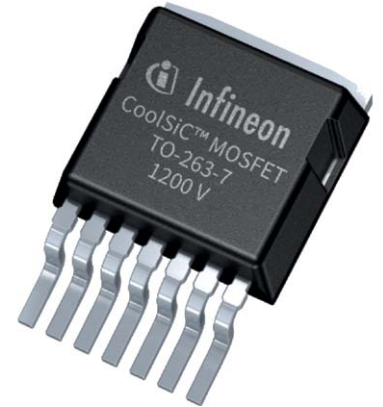
VW80808

Voltage	Application	Size	X7R/X7S Standard - PN Series	X7R/X7S 5mm Bending - PJ Series
100V	xEV 48V Battery Line	1210" 1206" 0805"	4.7 μ F: CL32Y475KCIVPNE 2.2 μ F: CL31Y225KCHVPNE 1 μ F: CL21Y105KCYVPNE	4.7 μ F: CL32Y475KCIVPJE 2.2 μ F: CL31Y225KCHVPJE 1 μ F: CL21Y105KCFVPJE
50V	ICE 12V Battery Line	1210" 1206" 0805"	10 μ F: CL32Y106KBJ4PNE 10 μ F: CL31Y106KBKVPNE 1 μ F: CL21B105KBFVPNE	10 μ F: CL32Y106KBJVPJE 10 μ F: CL31Y106KBKVPJE 1 μ F: CL21B105KBFVPJE
25V		1210" 0805"	22 μ F: CL32Y226KAVVPNE 4.7 μ F: CL21Y475KABVPNE	10 μ F: CL32B106KAJVPJE 4.7 μ F: Coming Soon
16V	DC Block EMI Filter Power Supply	1210" 1206" 0805"	22 μ F: CL32B226K0JVPNE 10 μ F: CL31B106K0HVPNE 10 μ F: CL21Y106K0Q4PNE	22 μ F: CL32B226K0JVPJE 10 μ F: CL31B106K0HVPJE 4.7 μ F: CL21B475K0QVPJE
6.3V		1210"	47 μ F: CL32Y476MQVVPNE	47 μ F: CL32Y476MQVVPJE

Voltage	Application	Size	X8L - Up to 150°C High Temperature Standard - PN Series
25V	ICE 12V Battery Line	1206" 0805" 0603"	2.2 μ F: CL31E225KAH4PNE 470nF: CL21E474KAF4PNE 220nF: CL10E224KA84PNC

Si- vs. SiC-MOSFETs

Technologie tauschen – aber richtig!



Mit Siliziumkarbid- (SiC) MOSFETs lassen sich deutlich höhere Wirkungsgrade erzielen als mit Silizium- (Si) Varianten. Wann die Technologie tatsächlich die bessere Wahl ist, ist jedoch nicht immer leicht zu entscheiden. Wir erklären, welche Kriterien dabei zu betrachten sind.

VON HANNAH METZNER, PRODUCT SALES MANAGER POWER BEI RUTRONIK, UND RENÉ MENTE, SENIOR STAFF ENGINEER PSS DIVISION BEI INFINEON

Bei Spannungen über 1000 V wurden bislang meist IGBTs eingesetzt. Die hervorragenden Eigenschaften von SiC ermöglichen inzwischen allerdings schnell schaltende, unipolare Bauelemente, die anstelle der bipolaren IGBTs zum Einsatz kommen können. Mit ihnen lassen sich Anwendungen, die bisher nur in der Niederspannungswelt (<600 V) realisierbar waren, jetzt auch bei höheren Spannungen umsetzen. Im Vergleich zu den bipolaren IGBTs haben diese SiC-MOSFETs um bis zu 80 % geringere Schaltverluste.

Infineon hat die ohnehin vorteilhaften Eigenschaften von SiC noch weiter optimiert: Mit der CoolSiC-Trench-Technologie sind MOSFETs mit besonders hoher Schwellenspannung (V_{th}) und geringer Miller-Kapazität möglich. Das macht sie robuster gegenüber unerwünschten parasitären Wiedereinschalt-Effekten als andere SiC-MOSFETs. Neben den 1200-V- und 1700-V-Modellen hat Infineon sein Portfolio

mittlerweile um 650-V-CoolSiC-MOSFETs erweitert, die auch in 230-V-Netzanwendungen eingesetzt werden können. Dank ihrer höheren Systemeffizienz und Robustheit sowie niedrigeren Systemkosten kommen sie z.B. in Telekommunikationsanwendungen, Servern, Ladestationen für Elektrofahrzeuge und Batteriepacks zum Einsatz.

Geht es generell um die Entscheidung zwischen den bewährten Si-MOSFETs und neueren SiC-MOSFETs, gilt es verschiedene Kriterien zu berücksichtigen.

Wirkungsgrad und Leistungsdichte der Anwendung

Verglichen mit Silizium schwankt der $R_{DS(on)}$ im Betriebstemperaturbereich bei Siliziumkarbid weniger stark: Bei einem SiC-MOSFET ändert sich der $R_{DS(on)}$ zwischen 25 °C und 100 °C nur etwa um den Faktor 1,13, bei einem typischen Si-MOSFET, etwa dem CoolMOSTM C7 von Infineon, hingegen um den Faktor 1,67. Die Betriebstemperatur wirkt sich also weniger stark auf die Verlustleistung aus und kann deshalb deutlich höher sein. Das heißt: SiC-MOSFETs sind prädestiniert für den Hochtemperatureinsatz bzw. sie begnügen sich mit einfacheren Kühlkonzepten, um den gleichen Wirkungsgrad zu erreichen.

SiC-MOSFETs haben weniger Leitungsverluste und bis zu 80 % weniger Schaltverluste als IGBTs – hier am Beispiel des CoolSiC-MOSFET 650 V von Infineon.

Treiber

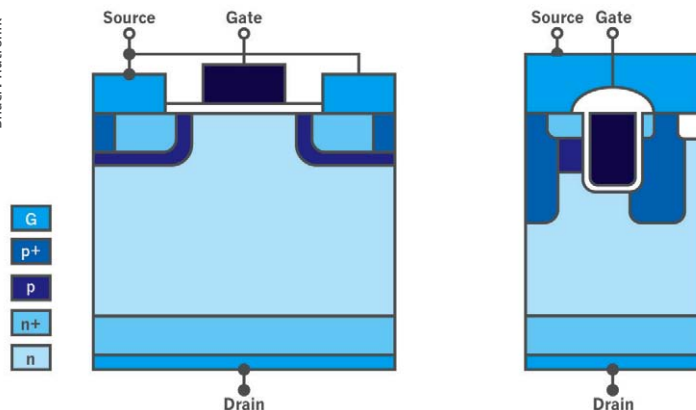
Bei einem Wechsel von Silizium zu Siliziumkarbid stellt sich auch die Frage nach den passenden Treibern: Wenn die Si-MOSFET-Treiber eine Gate-Ansteuerspannung von bis zu 15 V erzeugen, können sie grundsätzlich weiterverwendet werden. Allerdings lässt sich durch eine Gate-Ansteuerspannung bis 18 V der Widerstand $R_{DS(on)}$ nochmal deutlich reduzieren (bei 60 °C um bis zu 18 %), sodass sich ein Wechsel des Treibers dennoch lohnen kann.

Zudem empfiehlt es sich, negative Spannungen am Gate zu vermeiden. Denn sie können zu einer Verschiebung von $V_{GS(th)}$ und damit bei länger andauerndem Betrieb zu einer Zunahme des $R_{DS(on)}$ führen. Der Spannungsabfall über der Source-Induktivität in der Gate-Drive-Schleife führt zu einem hohen di/dt , wodurch es unter Umständen zu einem negativen $V_{GS(off)}$ -Pegel kommt. Eine noch größere Herausforderung stellt hingegen eine sehr hohe dv/dt dar, die durch die Gate-Drain-Kapazität des zweiten Schalters in Halbbrücken-Konfiguration verursacht wird. Durch eine niedrigere dv/dt lässt sich das Problem vermeiden, allerdings auf Kosten einer geringeren Effizienz. Der beste Ansatz, um negative Gate-Spannungen zu begrenzen, besteht in der Verwendung einer separaten Leistungs- und Treiberschaltung mittels Kelvin-Source-Konzept und der Integration einer Klemmdiode. Zwischen Gate und Source des Schalters angelegt, begrenzt sie die an das Gate angelegte negative Spannung.

Reverse-Recovery-Ladung Q_{rr}

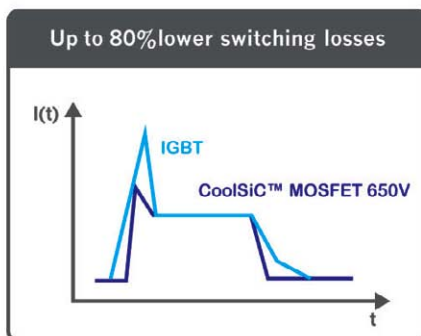
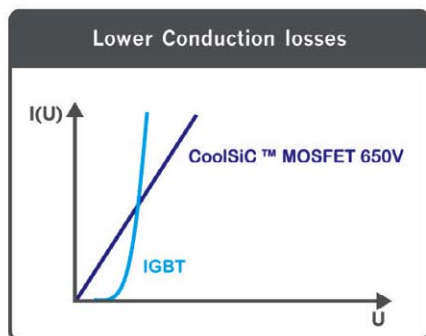
Insbesondere bei resonanten Topologien oder Designs, die eine kontinuierliche harte Kommutierung an der leitenden Body-Diode auf-

Bilder: Rutronik



NEU!

PANTA[®] SMD



Die Trench-Technologie sorgt für geringste Verluste in der Anwendung sowie höchste Zuverlässigkeit im Betrieb.

weisen, sollte unbedingt auch die Reverse-Recovery-Ladung Q_{rr} beachtet werden. Das ist die Ladung, die von der integrierten Body-Diode – die in allen MOSFETs enthalten ist – entfernt werden muss, wenn die Diode nicht mehr leitend ist. Das Bestreben verschiedener Komponenten-Hersteller war groß, diese Ladung möglichst stark zu reduzieren. Ein Ergebnis ist zum Beispiel die „Fast Diode CoolMOS“-Familie von Infineon. Sie zeichnet sich durch schnellere Body-Dioden aus und kann Q_{rr} gegenüber ihren Vorgängern um das 10-Fache reduzieren. Diesen Fortschritt übertrifft die CoolSiC-Familie von Infineon noch: Im Vergleich zu den neuesten CoolMOS-Bauteilen erzielen diese SiC-MOSFETs noch eine weitere, etwa zehnfache Verbesserung.

Mit der CoolSiC-Technologie lassen sich Systeme mit weniger Komponenten und reduzierten magnetischen Elementen und Kühlkörpern aufbauen. Damit werden sie einfacher, kleiner und kostengünstiger. Zudem gewährleisten die Bauteile dank der Trench-Technologie sowohl die geringsten Verluste in der Anwendung als auch die höchste Zuverlässigkeit im Betrieb.

Blindleistungskompensation (PFC)

Der Fokus der Industrie liegt momentan vor allem darauf, die Systemeffizienz zu erhöhen. Um Effizienzwerte von mindestens 98 % zu erreichen, wird verstärkt an der Blindleistungskompensation (PFC) gearbeitet. Dazu tragen auch die SiC-MOSFETs mit verbesserter Q_{rr} bei: Sie ermöglichen jetzt hart schaltende Halbbrücken- bzw. Vollbrücken-Topologien für die PFC. Für seine CoolMOS-Technologie hat Infineon bislang ein „Triangular Current Mode“-Konzept empfohlen, bei SiC kann dagegen ein Continuous Conduction Mode Totem Pole PFC implementiert werden.

Ausgangskapazität C_{oss}

Bei einer hart schaltenden Topologie muss die sich aufbauende Energie E_{oss} abgeleitet wer-

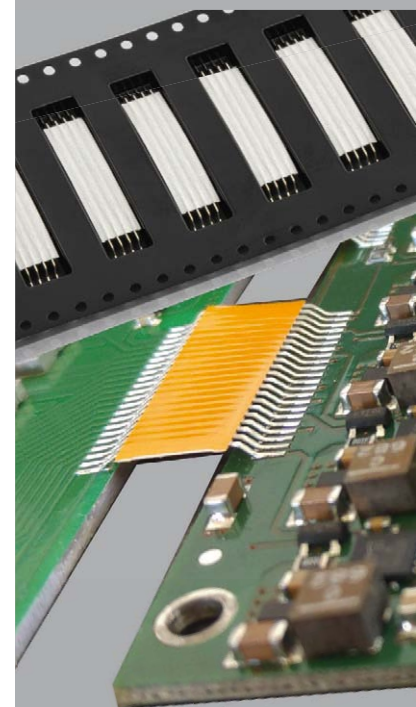
den, die typischerweise größer ist als bei der neuesten CoolMOS-Variante. Im Vergleich zu den Einschaltverlusten in einer Totem Pole PFC ist sie jedoch relativ gering und daher in erster Instanz vernachlässigbar. Durch eine niedrigere Kapazität kann man zwar von schnelleren Schaltgeschwindigkeiten profitieren, allerdings führt dies auch zu Drain-Source-Überschwingern (V_{ds}) beim Einschalten.

Bei Si-MOSFETs lässt sich das durch einen externen Gate-Widerstand kompensieren. Dieser reduziert die Schaltgeschwindigkeiten, sodass das benötigte Derating von 80 % an der Drain-Source-Spannung erreicht wird. Nachteil an dieser Lösung: Insbesondere beim Abschalten entstehen durch eine Erhöhung des Stromes größere Schaltverluste.

Bei SiC-MOSFETs ist die Ausgangskapazität zwar größer als bei vergleichbaren Si-Leistungshalbleitern über 50 V Drain-Source-Spannung, allerdings ist das Verhältnis von C_{oss} zu V_{ds} deutlich linearer. Folge: Im selben Schaltkreis lassen sich SiC-MOSFETs mit einem niedrigeren externen Widerstand nutzen als Si-Modelle, ohne die maximale Drain-Source-Spannung zu überschreiten. Das bringt in einigen Schalttopologien Vorteile, beispielweise bei resonanten LLC-DC/DC-Wandlern. Hier besteht die Möglichkeit, auf einen zusätzlichen Gate-Widerstand zu verzichten.

Fazit

Obwohl die Siliziumkarbid-Technologie viele Vorteile aufweist, bedeutet sie nicht das Aus für Si-MOSFETs. Das liegt unter anderem an einer erheblich höheren Schwellspannung der Body-Diode: Würde man einen Si-MOSFET einfach durch ein SiC-Modell ersetzen, wären die Leistungsverluste der Body-Diode viermal so hoch. Um die höhere Effizienz durch SiC-MOSFETs tatsächlich zu realisieren, muss die Boost-Funktion einer PFC über den MOSFET-Kanal und nicht über die Body-Diode in Rückwärtsrichtung genutzt werden. Zudem sind die Totzeiten zu optimieren. ■



DIE ALTERNATIVE ZUR STARRFLEX

Gegenüber der Starrflex Lösung bieten wir eine kostengünstigere Alternative.

- vielfältige Anordnungsmöglichkeiten
- Überbrückungslänge 10 - 40mm (Pad to Pad)
- Raster 0,5 - 1,27
- automatisch Bestückbar

Bereits **großflächiger Einsatz** in der **Industrie- und Automobilbranche!**

Mehr Informationen hier: WWW.SUMIDA-FLEXCON.COM

Elektromechanische und MOSFET-Relais im Vergleich

Analoge Technik im digitalen Zeitalter

Die Welt verändert sich immer rasanter – und so auch die Elektronik. Bauteile sollen bei noch kleinerer, kompakterer Bauweise immer mehr Leistung bieten und anspruchsvollere technische Spezifikationen erfüllen. Bei Relais heißt das dann also MOSFET statt Elektromechanik – oder?

VON BURAK DUMAN,
TECHNICAL SUPPORT BEI RUTRONIK

Wie andere „Dinosaurier“ wurden auch elektromechanische Relais längst totgesagt. Doch es gibt sie immer noch. Denn sie haben ebenso ihre Vorteile wie die MOSFET-Relais, die sie ablösen sollten. Es kommt also auf den Einzelfall an; die wichtigsten Parameter sollten verglichen werden. Zu den Schlüsselparametern der Relais gehören die Lebensdauer, der Ansteuerstrom, die Schaltgeschwindigkeit, die galvanische Trennung und natürlich der Preis.

Lebensdauer

MOSFET-Relais haben eine höhere Lebensdauer als elektromechanische, denn sie werden nicht mechanisch geschaltet, sondern über ein Lichtsignal (LED), das in elektrische Spannung umgewandelt wird. Dabei ist die LED der ein-

zige Faktor, der die Lebenszeit des Relais begrenzt.

Bei einem elektromechanischen Relais hingegen kann das Schalten von Applikationen mit hohem Einschaltstrom dazu führen, dass die Kontakte verschmelzen und dadurch die Kontaktzungen verkleben. Um das zu verhindern, haben einige Hersteller spezielle High-Inrush-Relais entwickelt. So kann z.B. das G5RL von Omron Einschaltströme von bis zu 100 A schalten. Das gelingt unter anderem durch Silberzinnoxid (AgSnO_2) als Kontaktmaterial. Dabei ist jedoch zu beachten: Der Einsatz von High-Inrush-Relais verhindert nicht die Einschaltstromspitze. Das Relais ist nur in der Lage, mit diesen Stromspitzen umzugehen.

Ansteuerstrom

MOSFET-Relais kann schon ein Strom von 0,2 mA zur Ansteuerung genügen, z.B. beim G3VM von Omron (High Sensitive Types). Das sorgt in batteriebetriebenen Applikationen für eine lange Betriebsdauer, beim Einsatz mehrerer MOSFET-Relais verhindert es die Netzüberlastung. Elektromechanische Relais benötigen einen Ansteuerstrom von mindestens 5 mA.

Schaltgeschwindigkeit

In Sachen Schaltzeit geht der Punkt eindeutig an die MOSFET-Relais: Sie brauchen gerade einmal 0,2 ms, elektromechanische ganze 5 ms.

Lautstärke

MOSFETs schalten vollkommen geräuschlos, da die Ansteuerung über ein Lichtsignal realisiert wird. Bei einem elektromechanischen



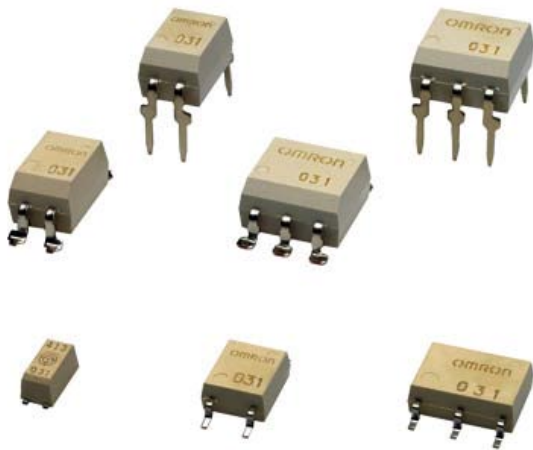
Bild: Scanrail/stock.adobe.com

Relais passiert das – wie der Name schon sagt – mechanisch. Dabei entsteht ein Klick-Geräusch. Für Applikationen, bei denen die Lautstärke eine Rolle spielt, stehen jedoch Low-Noise-Relais zur Verfügung. Das G5RL von Omron kommt beispielsweise auf maximal 30 dB.

Galvanische Trennung

Beide Relais-Arten weisen eine galvanische Trennung auf, jedoch mit einem Unterschied: Ein MOSFET bietet sie nur auf der Lastseite, ein elektromechanisches Relais sowohl auf der Last- wie auch auf der Ansteuerseite. Bei Sicherheitsapplikationen könnte das ein ausschlaggebender Punkt sein, der für ein elektromechanisches Relais spricht.

Bild: Omron



Ideal für batteriebetriebene Applikationen oder wenn mehrere MOSFETs zum Einsatz kommen: die High-Sensitive-Relais G3VM von Omron

Preis

Elektromechanische Relais sind momentan kostengünstiger als die MOSFET-Varianten. Bezieht man die Lebensdauer in die Kostenbetrachtung mit ein, sind sie jedoch in manchen Applikationen teurer, weil Wartungskosten hinzukommen.

Fazit

Elektromechanische Relais haben nach wie vor ihre Daseinsberechtigung, vor allem für sicherheitsrelevante und kostensensitive Applikationen, etwa in Photovoltaik-Produkten, Energiespeichern und in der Elektromobilität. Stehen andere Anforderungen im Vordergrund, haben MOSFET-Relais die Nase vorn. Deshalb sind die beiden Technologien weniger als Konkurrenz, sondern vielmehr als sinnvolle Ergänzung zu betrachten. Entscheidend ist es, die jeweiligen Vor- und Nachteile zu kennen und so die Komponenten optimal einzusetzen. ■

World's smallest

Point-Of-Load DC-DC converter



μPOL™ and **nPOL™** are integrated DC-DC converters placed in the vicinity of complex ICs such as ASICs, FPGAs, and others.

Main applications

- Network Storage: Enterprise SSD / Storage Area Network
- Servers: Main Stream Server, Rack and Blade Server, Micro Server
- Netcoms and Telecoms: Ethernet Switch and Router and 5G Small Cells and 5G Base Stations
- Automotive (Future)

Main features and benefits

- Footprint of 3.3 x 3.3 x 1.5 mm
- Output of 1 watt per mm³, with 50% less required capacitance than existing products
- Suitable for a junction temperature range from -40°C to 125°C

CO₂-Sensoren mit neuem Messprinzip

Ist die Luft rein?

Neben H₂O für Wasser hat kaum eine chemische Verbindung so eine Bekanntheit erlangt wie CO₂ für Kohlenstoffdioxid. CO₂-Sensoren messen dessen Konzentration in der Luft, um bei Überschreitung von Grenzwerten Maßnahmen ergreifen zu können. Die aktuellen Modelle sind kleiner und kostengünstiger als ihre Vorgänger und damit flexibel in Mess- und Analysensysteme integrierbar.

VON MARCEL SAFFERT,
PRODUCT SALES MANAGER
ANALOG & SENSORS, UND
MARKUS BALKE, SENIOR MANAGER
PRODUCT MARKETING ANALOG &
SENSORS, BEIDE BEI RUTRONIK

CO₂ ist als Grundsubstanz aller organischen Verbindungen ein farb- und geruchloses Gas bestehend aus Kohlenstoff und Sauerstoff. Pflanzen wandeln es bei der Photosynthese zusammen mit Wasser in Sauerstoff um.

CO₂ entsteht durch die Zellatmung und beim Zerfall tierischer und pflanzlicher Organismen, außerdem in der menschlichen Zivilisation durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe in der Industrie, beim Heizen von Gebäuden oder in Verbrennungsmotoren von Fahrzeugen. Das lässt die CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre steigen, was den Treibhauseffekt und damit die Klimaerwärmung fördert.

Auswirkungen auf den Menschen

In geringen Mengen ist Kohlenstoffdioxid für Menschen ungefährlich. Bei höherer Konzentration behindert es jedoch die Sauerstoffaufnahme in der Lunge und kann abhängig vom Gehalt in der Luft verschiedene Symptome hervorrufen: Zwischen ein und drei Volumen-Prozent CO₂ in der Luft können zu verminderter Konzentrationsfähigkeit und Müdigkeit,

erhöhter Herzfrequenz oder höherem Blutdruck führen. Ab fünf Volumen-Prozent kann CO₂ Schwindel, Kopfschmerzen, Kurzatmigkeit und schließlich auch eine Ohnmacht auslösen.

Deshalb teilt DIN EN 13779 die Qualität der Raumluft je nach Kohlenstoffdioxid-Konzentration in vier Stufen ein: Unter 800 ppm (Parts per Million) CO₂ ist sie demnach gut, ab 1000 ppm nur noch mäßig und über 1400 ppm ist die Luftqualität mangelhaft. Am Arbeitsplatz dürfen Angestellte täglich maximal 5000 ppm CO₂ während acht Stunden ausgesetzt sein.

CO₂ und Corona

Während der Corona-Pandemie wurde untersucht, ob ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Konzentration an CO₂ und Aerosolen besteht, die mittels Virenbeladung Auslöser für eine Covid-19-Ansteckung sein können. Nach aktuellem Kenntnisstand gibt es diesen nicht. Trotzdem ist ein hoher CO₂-Gehalt ein Indikator für schlechte Raumluft, mit der häufig auch eine erhöhte Aerosolkonzentration einhergeht – es gibt also durchaus einen mittelbaren Zusammenhang zwischen CO₂ und Aerosolen. Zwei gute Gründe sprechen damit für konsequente Lüftungsmaßnahmen: ein höheres Wohlbefinden und mehr Leistungsfähigkeit sowie eine geringere Ansteckungsgefahr durch Coronaviren.

Hinzu kommt: Durch Corona-Maßnahmen wie Homeoffice und Homeschooling, geschlossene Geschäfte und Restaurants verbringen die meisten Menschen mehr Zeit zuhause. Da die Gebäude immer besser isoliert wurden, um modernen Energieeffizienzstandards zu genügen, findet hier kaum ein Luftaustausch statt. Das Augenmerk auf den CO₂-Gehalt der Raumluft ist deshalb so wichtig wie noch nie.

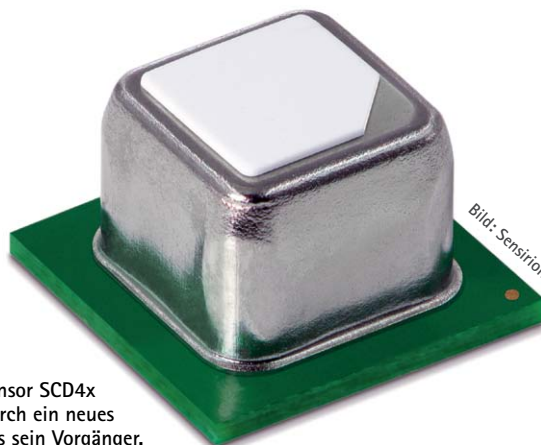


Bild 1: Der CO₂-Sensor SCD4x von Sensirion ist durch ein neues Messverfahren deutlich kleiner als sein Vorgänger.

Dicke Luft vermeiden

Um die CO₂-Konzentration zu messen, kommen entsprechende Sensoren zum Einsatz, beispielsweise in CO₂-Ampeln. Sie zeigen in Klassenzimmern auf einfachem, optischem Weg, wenn die Konzentration zu hoch ist und die Fenster geöffnet werden sollten. In Smart-Home-Systemen liefern sie jene Werte, die automatisch Lüftungsmaßnahmen oder Hinweismeldungen auslösen.

Die Sensordaten lassen sich auch für weitere Erkenntnisse nutzen, z.B. um zu ermitteln, wie viele Personen sich gerade in einem Raum befinden. Hierfür wird mithilfe eines Algorithmus die durchschnittliche Erhöhung des CO₂-Wertes, die beim Atmen eines Menschen entsteht, in Relation zur gemessenen Zunahme der CO₂-Konzentration gesetzt.

In der Lebensmittelindustrie und -logistik lässt sich über die gezielte Regulierung der CO₂-Konzentration die Produktqualität aktiv beeinflussen. Denn CO₂ kann die natürlichen Reifungsprozesse von Obst und Gemüse fördern oder verlangsamen. Auch auf Pflanzen und Tiere wirkt sich der CO₂-Gehalt aus. Mit der Erfassung und Anpassung des Wertes können Erzeuger dies für ihre Zwecke nutzen.

NDIR-Messtechnik

Für derartige Messungen hat sich der Sensor SCD30 von Sensirion bewährt. Er detektiert die CO₂-Konzentration mittels NDIR- (nicht-dispersive Infrarot-Spektroskopie) Messtechnik mit einer hohen Genauigkeit von ±30 ppm +3 % des Messwertes in einem Messbereich von bis zu 40.000 ppm.

Das NDIR-Messprinzip basiert auf einer Infrarot-Strahlungsquelle und zwei gegenüberliegenden optischen Filtern mit zwei Detektoren in einer Röhre. Die Quelle strahlt mit einer Wellenlänge, die ausschließlich durch CO₂-Moleküle absorbiert wird. Durch eine Öffnung strömt Luft in die Röhre; die darin enthaltenen CO₂-Moleküle absorbieren einen Teil der Strahlung. Die gegenüberliegenden Detektoren messen die daraus resultierende Abweichung der Strahlungsintensität. Der zweite Detektor dient zur Referenzmessung, um die Auswirkung einer Kontamination, z.B. durch Schmutz oder Staub, zu verringern.

Dieses Prinzip führt zu vergleichsweise großen Sensoren: der SCD30 von Sensirion misst

35 mm × 23 mm × 7 mm. Aufgrund seiner hohen Messgenauigkeit ist er trotzdem bereits jahrelang ein Fokusprodukt für die CO₂-Detektion.

Photoakustisches System

Jetzt hat Sensirion einen Nachfolger vorgestellt: Der SCD4x erfüllt die Anforderungen der Miniaturisierung und der Verringerung des Stromverbrauchs. Er basiert auf dem neuen, photoakustischen Sensorprinzip, das keinen Mindestabstand zwischen emittierender Strahlungsquelle und Sensor erfordert. So misst der SCD4x lediglich 10 mm × 10 mm × 6,5 mm und ist zudem kostengünstiger als sein Vorgänger. Das andere Messprinzip verringert allerdings die Genauigkeit auf ±50 ppm +5 % des Messwertes zwischen 400 und 2000 ppm (SCD40) bzw. ±40 ppm +5 % des Messwertes zwischen 400 und 5000 ppm (SCD41). Der Messbereich reicht wie beim Vorgänger SCD30 von 0 bis 40.000 ppm.

Auch Infineon hat einen CO₂-Sensor angekündigt, der auf dem photoakustischen Messprinzip basiert. Mit einer Größe von 14 mm × 14 mm × 7,5 mm und einer Genauigkeit von ±30 ppm +3 % des Messwertes wird er laut Hersteller ab Mitte des Jahres 2021 verfügbar sein. Die geringeren Abmessungen und das bessere Preis-Leistungs-Verhältnis machen die neuen Sensoren besonders interessant für Applikationen in den Bereichen Smart Home, IoT, Automotive, HLK, Lebensmittel und Konsumgüter.

Das photoakustische Messprinzip basiert auf schmalbandigem, zu den Absorptionsbanden von CO₂-Molekülen passendem Licht. Das heißt, es hat genau das Wellenlängenintervall, in dem seine elektromagnetische Strahlung von CO₂-Molekülen absorbiert wird. Das Licht wird in die Messzelle des Sensors emittiert,

Raw signal vs. CO₂ - concentration

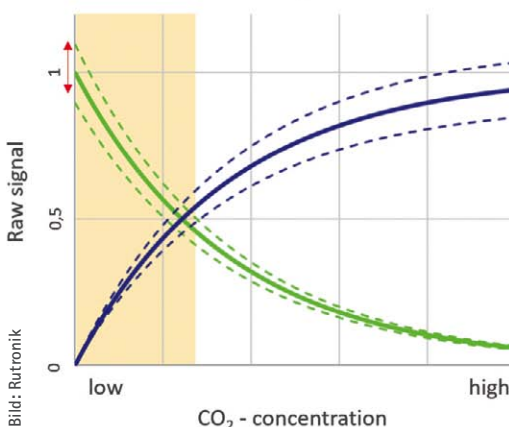


Bild: Rutronik

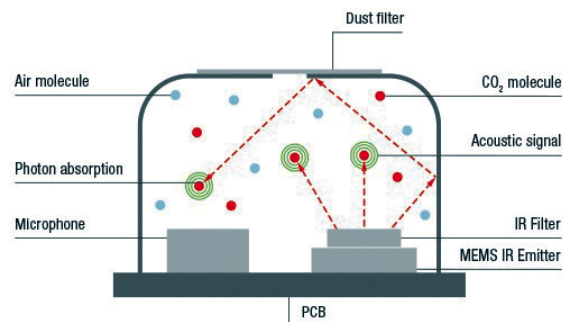


Bild 2: Funktionsweise des photoakustischen Messprinzips, das als PASens-Technologie im neuen CO₂-Sensor SCD4x von Sensirion zum Einsatz kommt

die CO₂-Moleküle absorbieren einen Teil des Lichtes. Die so entstehende Energie führt zu Schwingungen der CO₂-Moleküle, die den Druck der Messzelle erhöhen. Ein Mikrofon misst diese Druckunterschiede; daraus werden Rückschlüsse auf die Anzahl der in der Messzelle vorhandenen CO₂-Moleküle und damit die CO₂-Konzentration in der Luft gezogen.

Bei diesem Messprinzip wirkt die geringe Drift des Detektorsignals in häufig vorkommenden Messbereichen der geringeren Messgenauigkeit entgegen. Mit steigender CO₂-Konzentration nimmt auch die Drift zu. Bei der NDIR-Technologie verhält sie sich genau entgegengesetzt: Hier ist die Drift des Detektorsignals bei geringen CO₂-Konzentrationen besonders stark ausgeprägt (Bild 3).

Fazit

Nie war es so wichtig wie heute, die CO₂-Konzentration in der Luft zu kennen. Denn sie hat nicht nur Auswirkungen auf das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen, sondern kann auch helfen, eine Ansteckung mit Coronaviren zu verhindern. Die Lebensmittelindustrie und -logistik sowie Tier- und Pflanzenzucht können die Qualität ihrer Erzeugnisse aktiv über den CO₂-Gehalt beeinflussen. Bewährte CO₂-Sensoren punkten durch eine hohe Messgenauigkeit. Neuere Modelle beantworten die Forderung nach geringeren Abmessungen und Kosten. Dies geht jedoch zu Lasten der Messgenauigkeit. ■

Bild 3: Idealisiertes Verhältnis zwischen Detektorsignal und CO₂-Konzentration bei den Messprinzipien NDIR und photoakustisch (PA)

Referenzdesigns, Dev-Kits & Co

Von der Stange gut, individuell angepasst noch viel besser

Application Notes, User Guides, Development Kits und Evaluation Boards – sie sollen Entwicklern dabei helfen, immer schneller vermarktbarere Ergebnisse zu produzieren und so immer kürzere Time-to-Market-Vorgaben zu erfüllen. Damit das gelingt, gilt es jedoch schon vorab ein paar Aspekte zu berücksichtigen.

VON MARTIN DOSSMANN,
PRODUCT SALES MANAGER INDUCTORS
BEI RUTRONIK



Bild: -Stockwerk-/Fotodesign/fstock.adobe.com

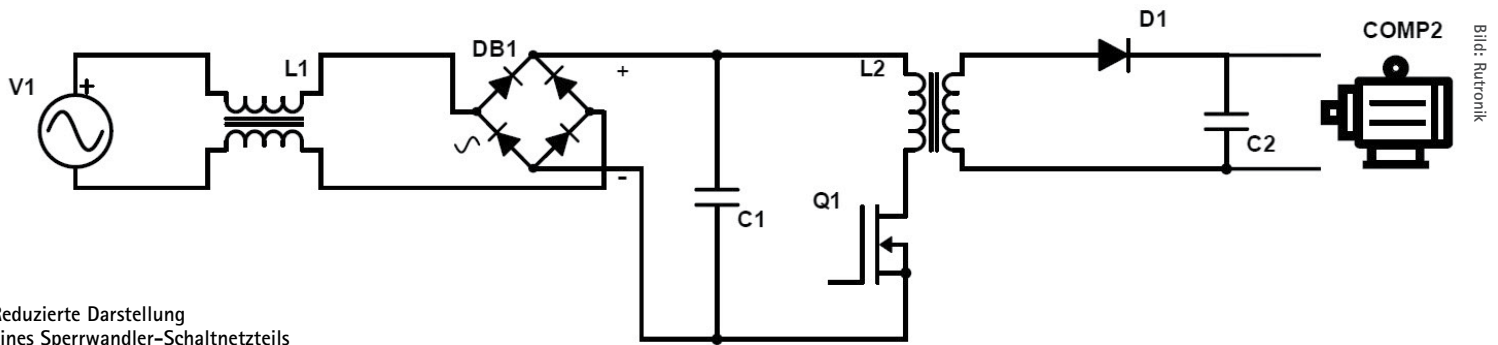
Die führenden Halbleiter-Hersteller haben bereits früh erkannt, dass nicht nur die Performance und Qualität ihrer Produkte deren Markterfolg beeinflussen. Auch eine umfangreiche Dokumentation ist ein nicht zu unterschätzender Wettbewerbsvorteil, weil sie Produktentwicklern die Implementierung der Komponenten erleichtert.

Hierfür bieten die Hersteller immer umfangreichere Tools auf ihren Websites an. Das reicht bis hin zu kompletten Schaltplänen mit Stücklisten inklusive aller benötigten passiven und elektromechanischen Bauelemente oder gar der Integration aller Produktdaten der Peripheriebauteile in Simulations-Tools für Entwickler.

Häufig entwickeln die Halbleiter-Anbieter diese Referenzdesigns gemeinsam mit Herstellern von elektromechanischen und passiven Bauelementen. Die dabei entstehenden Boards eignen sich hervorragend als Testumgebung und Startpunkt für die eigene Entwicklung. Sie

sind jedoch nicht nach den gleichen Kriterien optimiert wie eine Applikation für die Serienproduktion. Die Gründe dafür sind offensichtlich: Die Stückzahlen der Test-Boards sind sehr gering. Eine Stückkosten-Optimierung, die mit längeren Entwicklungszeiten und höheren Entwicklungskosten einhergeht, rechnet sich deshalb oft nicht. Auch das Layout bzw. der Platzbedarf der Platine unterliegen keinerlei Restriktionen, da die Boards nicht für den Einsatz in einer realen Anwendung konzipiert sind. Hinzu kommen die Betriebsbedingungen des Halbleiter-Bauteils: Diese können in verschiedenen Applikationen sehr unterschiedlich ausfallen, was sich auf die Anforderungen an alle Bauteile der Schaltung auswirkt.

Das heißt: Das Referenzdesign kann relativ teuer ausfallen und weder die Anforderungen an Abmessungen und Gewicht noch an andere Parameter, wie z.B. Temperatur, der Applikation erfüllen. Deshalb lohnt es sich, die Vorschläge aus den Referenzdesigns nicht einfach blind zu übernehmen.



Reduzierte Darstellung eines Sperrwandler-Schaltnetzteils

Die Recherche nach Bauteilen, die die individuellen Anforderungen (besser) erfüllen, kann jedoch einige Zeit in Anspruch nehmen. Hier ist im Einzelfall abzuwägen, wie viel Aufwand und Zeit in die Suche nach Alternativen fließen darf.

Eine grobe, aber hilfreiche Richtlinie gibt die bekannte 80/20-Faustregel: 80 % des Optimierungspotenzials lässt sich mit 20 % des Aufwandes realisieren. Bei der Kostenoptimierung ist es deshalb meist sinnvoll, sich auf die wertigen Bauteile der Schaltung zu konzentrieren.

Zu mehr Effizienz bei der Entwicklung tragen Best-Practice-Erfahrungen und externe Ressourcen bei. Hierfür sind Breitband-Distributoren prädestiniert: Deren Applikationsingenieure und Produktmanager kennen die gesamte Palette an Bauelementen sehr genau – von Halbleitern über passive und elektromechanische bis zu Displays, Boards und Systemen sowie Speicher- und Wireless-Technolo-

gien – und beraten herstellerübergreifend und neutral.

Beispiel Stromversorgungen

Ein Paradebeispiel hierfür sind Stromversorgungen, denn in der Praxis hat sich nur eine Handvoll Schaltungsaufbauten durchgesetzt. Diese Topologien kommen immer wieder in ähnlicher Weise zum Einsatz. Dadurch kann besonders viel Wissen aus bereits erfolgreich durchgeführten Projekten in neue Designs eingebracht werden.

Keine Frage: Die Anforderungen an konkrete Schaltungen können sehr unterschiedlich sein. Das folgende Beispiel zeigt jedoch, dass die gewonnene Erfahrung im Bereich der Stromversorgungen besonders nützlich sein kann. Die Sperrwandler-Topologie hat sich bei Schalt- netzteilvarianten mit Potenzialtrennung für Industrieanwendungen etabliert. Der Start- punkt der Entwicklung in diesem Beispiel ist

meist die Auswahl eines geeigneten Schaltreglers für die entsprechende Leistungsklasse. Die zugehörige BOM des Referenzdesigns umfasst in der Regel 40 bis 60 Positionen. Manche dieser Komponenten sind mehrfach auf dem Board platziert. Das Bild zeigt eine vereinfachte Darstellung des typischen Schaltplans eines Sperrwandler-AC/DC-Netzteils. Sie fokussiert sich auf die wesentlichen, kostentreibenden Komponenten, die vor allem bei hohen Stückzahlen sorgfältig ausgewählt werden sollten. Mit dem Schaltregler, dem Übertrager, der stromkompensierten Drossel und den beiden eingezeichneten Kondensatoren wird bereits ein Großteil der kostentreibenden Bauelemente dieser Applikation abgedeckt. Daher sollte hier das Hauptaugenmerk bei der Bauteil- auswahl liegen.

Die Priorisierung in diesem Beispiel kann auf eine Vielzahl von Entwicklungsprojekten angewandt werden. Dadurch werden Kosten eingespart und effizientere Gesamtlösungen ermöglicht. ■

Anzeige



Audio Enhanced with Expertise

Find Your Perfect Sound.

From indicators and transducers to dynamic speakers and microphones, PUI Audio is a world class audio leader with engineering and value add services for a wide array of applications.

PUIAUDIO.COM | INFO@PUIAUDIO.COM



Text to Speech

Hör mal, wer da spricht

Reden und Zuhören ist die natürlichste Art, wie Menschen miteinander kommunizieren – erst viel später kam die Schrift. Bei der Mensch-Maschine-Kommunikation geht der Trend jetzt wieder zurück zu den Basics. Inzwischen lassen sich hochwertige Audio-Dateien auch ganz einfach in vielen Sprachen erstellen.

Bild: wabeno/stock.adobe.com

VON DAVID WERTHWEIN,
PRODUCT MANAGER DIGITAL
BEI RUTRONIK

Kann ein Gerät oder eine Maschine „sprechen“, bringt das enorme Vorteile in vielen Einsatzszenarien: Die barrierefreie Nutzung auch durch sehbehinderte Menschen ist damit gesichert. Blickkontakt zum jeweiligen Gerät ist nicht mehr nötig, was zum Beispiel beim Autofahren die Sicherheit erheblich erhöht. Aber auch wenn Maschinen in einem anderen Raum stehen, kann das sehr hilfreich sein, zum Beispiel wenn Pfleger im Krankenhaus einen Hinweis zu einer gefährlichen Situation hören, auch wenn sie sich gerade nicht direkt beim Patienten aufhalten. Ähnliche Warnmeldungen können auch in Produktionsstätten wertvolle Dienste leisten. Zudem kann eine Sprachausgabe die Bedienung von immer komplexeren Geräten deutlich vereinfachen.

Noch weiter gehen Anwendungen mit bidirektionaler Kommunikation, die also nicht nur „sprechen“, sondern auch „hören“ können, wie Siri, Cortana und Co. Häufig ist eine Sprachausgabe jedoch vollkommen ausreichend. Das hat den Vorteil, dass der Hard- und Softwareaufwand deutlich geringer ist und keine aufwändige Infrastruktur mit Internet-Anbindung nötig ist.

Sprache einfach aus Textdateien erzeugen

Bislang musste für eine Sprachausgabe der jeweilige Text in jeder gewünschten Sprache eingesprochen werden. Das bedeutet: Ein Aufnahmestudio und ein professioneller Sprecher mussten gebucht oder ein eigenes Studio eingerichtet werden – eine teure und zeitintensive Lösung. Um die Entwicklungszeit und -kosten drastisch zu reduzieren, hat Epson das ESPER2 Voice Data Creation PC Tool entwickelt. Mit dieser PC-basierten Entwicklungsumge-

bung lassen sich qualitativ hochwertige Audio-dateien aktuell für bis zu zwölf Sprachen erzeugen.

Hierfür können vorformulierte Sätze als Text im CSV-Format in das Tool importiert oder in einer Editormaske direkt eingegeben werden. Mithilfe des Tools wird daraus eine Sprachdatei erzeugt. Für die korrekte und natürliche Aussprache und Betonung analysiert ESPER2 auch den Satzbau der Texte. Zudem verfügt es über ein umfangreiches Wörterbuch. Die Aussprache von Produkt- und Eigennamen oder Wortschöpfungen, die nicht im Wörterbuch hinterlegt sind, lässt sich mit der Editierfunktion in die gewünschte Form bringen. Dadurch ist die Qualität der generierten Audiodateien vom gesprochenen Wort eines Menschen kaum zu unterscheiden.

Liegen Sprach- und Audiodaten im WAV-Format schon vor, sind diese mit ESPER2 ebenfalls nutzbar. Die WAV-Dateien lassen sich einfach in die Entwicklungsumgebung importieren, wo sie mit den von ESPER2 generierten Dateien verbunden werden.

Für eine weitere Bearbeitung können Sätze aus dem Tool als Excel-Download im CSV-Format exportiert werden.

Rund um die Welt zu verstehen

ESPER2 deckt aktuell zwölf Sprachen ab: amerikanisches und britisches Englisch, Französisch und kanadisches Französisch, Deutsch, Italienisch, Russisch, Spanisch und amerikanisches Spanisch, Chinesisch, Japanisch und Koreanisch. Um sprachspezifische Besonderheiten abzubilden, lässt sich die Stimme in Tonlage und Sprachgeschwindigkeit einstellen.

Das Tool verfügt allerdings nicht über eine Übersetzungsfunktion. Der Text muss also in jeder gewünschten Sprache in ESPER2 eingetragen werden.

Eine Bibliothek mit Audiodateien zu gängigen Einheiten wie Währungen, Gewichten und ähnlichen Größen hat Epson bereits angekündigt, außerdem einfache Geräusche, mit denen sich die menschlichen Äußerungen ergänzen lassen.

Speicherplatz und Sprachqualität

Für die effiziente Übertragung und Speicherung nutzt ESPER2 das Epson-eigene Codec-Format EO (Epson Own Voice). Verglichen mit der Standardkomprimierung ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) schrumpft EO die Dateigröße noch einmal um bis zu zwei Drittel – und das bei erstklassiger Sprachqualität zwischen 16 kbit/s und 40 kbit/s.

Die .eov-Datei setzt sich aus einer Lookup-Tabelle und den Audiodaten zusammen. Damit Entwickler auch bei unzähligen Sätzen in mehreren Sprachen den Überblick behalten, können sie einem Satz in verschiedenen Sprachen dieselbe ID der Lookup-Tabelle zuordnen. Dann brauchen sie nur eine ID aufrufen und der Satz wird in allen Sprachen abgespielt.

Um noch mehr Speicherplatz einzusparen, lassen sich Formulierungen, die sich oft wiederholen, mit einem Schrägstrich (/) mit weiteren Aussagen verbinden. Zum Beispiel bei Wochentagen sieht das so aus:

ID Nummer 1: "Heute ist/Montag."

ID Nummer 2: "Heute ist/Dienstag."

ID Nummer 3: "Heute ist/Mittwoch."

Die erzeugten Sprachdaten lauten hier: „Heute ist" und "Montag", "Dienstag", "Mittwoch".

Speicherung und Sprachausgabe mit integrierter...

Für die Speicherung und Ausgabe der erzeugten Sprachdaten bietet Epson eine integrierte und eine diskrete Lösung an. Der integrierte Ansatz besteht aus einem 32-bit-ARM-Mikrocontroller vom Typ Cortex-M0+ mit eingebautem Sprach- und Audio-Hardware-Prozessor (SoC). Dieser ermöglicht, den Ton simultan über zwei Kanäle mit einer Abtastfrequenz von jeweils 15,625 kHz abzuspielen.



Eine schnelle Realisierung hochqualitativer Sprachausgaben ermöglicht das Arduino-kompatible Adapter-Board von Rutronik.

Das ist aktuell die einzige integrierte Lösung auf dem Markt, die Text und Audio gleichzeitig wiedergeben kann. Das Besondere: Die jeweiligen Lautstärken lassen sich unabhängig voneinander steuern. So kann z.B. die Musik leiser werden, sobald die Sprachausgabe einsetzt. Tonlage und Sprachgeschwindigkeit werden hardwareseitig realisiert, die Geschwindigkeit ist in 5%-Schritten zwischen 75 % und 125 % regelbar.

Die IDs der erzeugten Sprach- und Audiodaten werden in ein Register des Prozessors geschrieben, der dann die jeweiligen Audio-Dateien abspielt. Spezieller Programm-Code für die Verknüpfung der Tondateien ist damit nicht nötig. Startet die Tonwiedergabe, werden keine CPU-Ressourcen benötigt, sodass die CPU uneingeschränkt andere Aufgaben übernehmen oder in den Schlafmodus gehen kann.

... oder diskreter Lösung

Der diskrete Ansatz kombiniert einen Baustein aus der Sprachausgabe-IC-Familie S1V30xxx von Epson mit einem externen Host-Mikrocontroller. Das ist ideal für bestehende Designs, bei denen der Mikrocontroller nicht ersetzt werden kann oder soll. Für diesen Ansatz ist jeder Mikrocontroller mit integrierter serieller Schnittstelle geeignet.

Der erste Baustein der Serie, der S1V3G340, verfügt lediglich über einen Audiokanal, d.h. er kann entweder Sprache oder Musik ausgeben. Alle neuen Sprachausgabe-ICs sollen laut Hersteller wie die integrierten Lösungen mit zwei unabhängigen Kanälen ausgestattet sein. Aktuell ist der Mikrocontroller S1C31D50 mit zwei Kanälen erhältlich; dank Mix-Play-Funktion lassen sich diese auch überlagern, z.B. als Sprachausgabe mit dezenter Hintergrundmusik. Die Variante S1C31D51 bietet zusätzlich einen Sound-Generator, um Sprachausgabe über einen piezoelektrischen oder einen elek-

Connect with confidence we take care of the rest!



Safety & Security



Building technology



Lighting



Medical



Domotics

Small & Smart solutions when the most requirement is compactness and miniaturization



CXF plug + CSMD header

Total height 7.95 mm
Pitch 5 mm



MBBD the smallest rising clamp SMD terminal block

Height 7.5 mm
Pitch 3.81 mm

Visit us on www.sauro.net



tromagnetischen Buzzer zu realisieren. Spezielle Anwendungsszenarien auf Basis zu erkennender Schlüsselwörter können von den Mikrocontrollern S1C31D50 oder S1C31D51 in Verbindung mit einem am AD-Wandler-Eingang angeschlossenen externen Mikrofon unterstützt werden.

Entwickler können die Qualität der Sprachausgabe mit verschiedenen Evaluation Tools von Epson testen: Mit den Evaluation Boards S5U1C31D50T1200 und S5U1C31D51T1100 geht das über einen Lautsprecher, mit dem Buzzer Board S5U1C31D51T2100 in Kombination mit dem Evaluation Board S5U1C31D51T1100 über einen piezoelektrischen oder einen elektromagnetischen Buzzer. Alle Evaluierungsmöglichkeiten enthalten eine umfangreiche Test-Software in verschiedenen Sprachen, die gewünschte Sprache lässt sich mit einem DIP-Schalter auswählen. Nach Installation und Lizenzierung der kostenlosen ESPER2-Software können auch eigene Sätze kreiert, nach Belieben verändert und auf das Evaluation Board aufgespielt werden.

*Kurze Entwicklungszeit
dank Adapter-Board von Rutronik*

Wer die Entwicklungszeit für eine hochwertige Sprachausgabe nochmal deutlich verkürzen möchte, greift am besten auf das Arduino-kompatible Adapter-Board (Arduino Shield) RutAdaptBoard-TextToSpeech von Rutronik zurück. Es kann auf jedes handelsübliche Mikrocontroller-Evaluation-Kit mit Arduino-Interface gesteckt werden. Am komfortabelsten ist es jedoch in Kombination mit dem Development Kit RutDevKit, weil dafür entsprechende Software-Treiber bereits kostenlos zur Verfügung stehen. Alternativ zum STM32L5-Software-Treiber hat Rutronik einen Treiber für den Infineon/Cypress-PSoC-Mikrocontroller entwickelt.

Herzstück des RutAdaptBoard-TextToSpeech ist der Sound-IC S1V3G340 von Epson. Er wird vom Host-Mikrocontroller gesteuert und kann zuvor definierte Sprache, die sich als Binary im externen NOR-Flash befindetet, abspielen. Die USB to SPI Bridge wandelt beim Flash-Vorgang

die Daten vom USB-Protokoll in ein serielles Protokoll um.

Hierfür wird die Sprache zunächst mit dem ESPER2 Voice Data Creation PC Tool als ROM-Datei generiert. Diese wird dann auf den externen NOR-Flash des Adapter-Boards aufgespielt. Hierfür hat Rutronik eigens ein PC-Software-Tool entwickelt. Damit lassen sich neben dem Flash-Vorgang zusätzlich alle zuvor generierten Sprachdaten testweise auf dem PC ausgeben, bevor sie auf den Flash geschrieben werden. Über einen Audio-Verstärker und eine 3,5-mm-Klinkenbuchse wird die Sprache an einem beliebigen externen Lautsprecher ausgegeben. Optimale Soundergebnisse lassen sich bei einem Lautsprecher mit einer Impedanz von 8 Ω oder höher erzielen.

Das RutAdaptBoard-TextToSpeech sowie das RutDevKit sind auf www.rutronik24.com erhältlich. Bei der Umsetzung stehen die Fachleute von Rutronik beratend zur Seite, auch bei Fragen zu ergänzenden Bauelementen für die Anwendung, wie Audio-Verstärker, NOR-Flash-Speicher oder Lautsprecher. ■

Impressum

Redaktion
Andreas Mangler – Rutronik, Director Strategic Marketing and Communication (Redaktionsleitung, verantwortlich für den Inhalt), Tel. +49 7231 801 0
Markus Krieg – Rutronik, Chief Marketing Officer
Christine Schulze – Christine Schulze PR | Kommunikation
Sebastian Hör – Agentur Bild.Sprache.

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

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

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

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

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

Auflage: 30.000 (deutsch) + 1000 (englisch)

Besonderer Dank:
Kathrin Scheider – Rutronik, Project Coordinator, Strategic Marketing
Achim Grolman, Markt&Technik
Christian Stadler, Markt&Technik

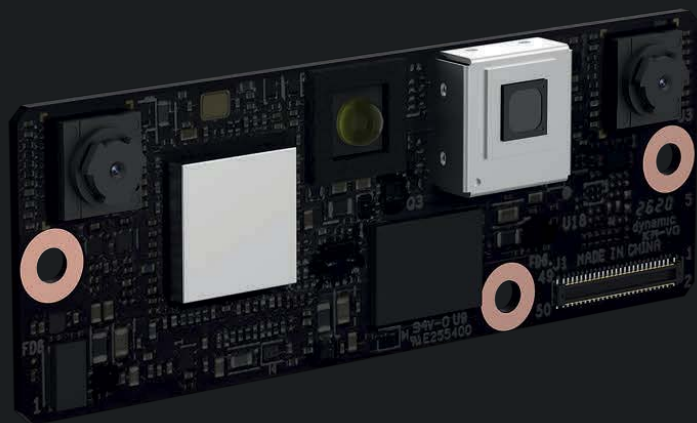
Inserentenverzeichnis

Bosch Sensortec	27
C&K	13
Fujitsu	19
INFINEON Technologies AG	60
INTEL Deutschland GmbH	30–31, 59
JAE Europe Limited	17
Lextar	35
Littelfuse	21
Lumberg Connect GmbH	15
Molex Deutschland GmbH	3, 33, 41
Omron Electronic Components Europe B.V.	7
OSRAM Opto Semiconductors GmbH	29
PUI Audio	55
RECOM Electronic GmbH & Co. KG	45
Samsung Electro-Mechanics GmbH	47
Sauro	57
Sumida flexible connections GmbH	49
TDK - Micronas GmbH	23
TDK Electronics AG	51
Vishay Electronic GmbH	9
Yageo Europe GmbH	2

Intel® RealSense™ ID. Unlock your world.

Jump-start your project.

Intel RealSense ID Solution F455 is ready-to-use and perfect for integration out-of-the-box.



For your custom design.

Architected for excellent price performance, the Intel RealSense ID F450 module for facial authentication is ready for tighter integration into various form factors.

Trusted and Secure.

Intel RealSense ID enables you to build a facial authentication solution with built in anti-spoofing technology which protects against attacks using photographs, videos or high-quality 3D masks.

1:1 Million
False Acceptance Rate

99.76%
True Acceptance Rate

<0.1%
Spoof Acceptance Rate

AES-256
Encryption used on all levels

intel.
REALSENSE™


www.rutronik24.com/realsense



CoolMOS™ – CoolSiC™ – CoolGaN™

Experience the difference in power

CoolMOS™ Superjunction MOSFETs




Technology features

- › Best-in-class $R_{DS(on)}$ /package
- › Innovative package concepts
- › Low switching losses (E_{oss}) and gate charge (Q_g)

Customer benefits

- › Best price/performance ratio for most efficiency requirements
- › Largest SJ MOSFET portfolio in the market
- › Mature, stable and well-established

CoolSiC™ MOSFETs




Technology features

- › Commutation-robust fast-body diode with low reverse recovery (Q_{rr})
- › Superior gate-oxide reliability
- › Excellent thermal, avalanche and short circuit capability
- › Works with standard drivers

Customer benefits

- › High performance combined with robustness and ease-of-use
- › High ruggedness, especially at high temperature and in harsh environments
- › Smaller system size

CoolGaN™ HEMTs



Technology features

- › Commutation-robust fast-body diode with zero reverse recovery (Q_{rr})
- › Best in FOMs (figures-of-merit)
- › Fast (and nearly-lossless) switching

Customer benefits

- › Highest efficiency and highest power density
- › Operating at highest switching frequencies
- › Enables system integration



Strong brands that stand for technology and design benefits.
www.infineon.com/wbg

