

Z-Drive: Radnabenmotor für die Elektromobilität

Der Radnabenmotor Z-Drive setzt durch seine kompakte Bauweise, hohe Effizienz und Skalierbarkeit neue Maßstäbe in der Elektromobilität.



Einsatz von SiC-MOSFETs in KI-Rechenzentren

Gestiegene Anforderungen an die Stromwandlung in modernen Hyperscale-Rechenzentren

Das passende Display für jedes Projekt finden

LCD-Display, IPS oder OLED? Die Wahl des richtigen Displays stellt eine Herausforderung dar



Auf Tempo ausgelegt

Das Ziel unserer hochmodernen Einrichtung ist die schnellstmögliche Lieferung der von Ihnen benötigten Komponenten.

Entdecken Sie Millionen von Komponenten unter [digikey.de](https://www.digikey.de) oder rufen Sie uns an: (+49) 30 915 884 91

DigiKey

we get technical

DigiKey ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. DigiKey und DigiKey Electronics sind eingetragene Marken von DigiKey Electronics in den USA und anderen Ländern. © 2025 DigiKey Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ECIA MEMBER
Supporting The Authorized Channel

Besser fahr'n mit Bus und Bahn?

Staus, Lärm und Abgase – das Fahrzeug (mit Verbrennungsmotor) wird in der Stadt nicht mehr gern gesehen. Ein attraktiver öffentlicher Nahverkehr (ÖPNV) mit modernen Bussen und Bahnen soll dafür sorgen, dass die Menschen schnell, komfortabel und klimafreundlich von A nach B kommen. Klingt verlockend? Definitiv! Und wenn dem so wäre, würde ich mein Auto sofort stehen lassen. Doch die Realität sieht oftmals anders aus.

Um die Menschen zu überzeugen, vom Auto auf den ÖPNV umzusteigen, müsste an etlichen Stellschrauben gedreht werden. Angefangen von den Kosten über den Komfort bis hin zum Angebot. Doch gerade beim Angebot hakt es, wie eine Erhebung im Auftrag der Umweltorganisation Greenpeace ergab. Denn der Ausbau des

Bus- und Bahnangebots kommt nicht nur in den meisten deutschen Großstädten kaum voran – was schon schlimm genug ist. In Berlin, Kiel, Köln, Frankfurt am Main und in Karlsruhe schrumpfte das bisherige Angebot deutlich.

Ein trauriger Trend. Denn um die Klimaziele im Verkehr zu erreichen, müsste das ÖPNV-Angebot pro Jahr um mindestens 4,5

Prozent wachsen. Diesen Wert erreichte 2024 lediglich Leipzig. „Eine Großstadt ohne gutes Bus- und Bahnangebot ist keine. Der ÖPNV ist das Rückgrat eines sauberen, klimaschonenden Verkehrs, doch in den meisten Städten steht der Ausbau auf der Kriechspur“, äußert sich Lena Donat, Greenpeace-Verkehrsexpertin besorgt und erklärt die Ursachen: „Weil Gelder fehlen, streichen viele sogar Verbindungen und zwingen Menschen so zurück ins Auto. Bund und Länder sollten Gemeinden finanziell so ausstatten, dass Städte ihre Bus- und Bahnnetze ausbauen können.“

Liebe Leser, nachdem sich mein Kollege Thomas Kuther in den Ruhestand verabschiedet hat, werde ich das Thema Automotive und Transportation bei der ELEKTRONIKPRAXIS übernehmen. Wünsche und Anregungen versuche ich gerne umzusetzen – schreiben Sie mir!

„Ohne einen starken ÖPNV gibt es keine Verkehrswende.“

Stefanie.Eckardt@vogel.de

Stefanie Eckardt

STEFANIE ECKARDT
 Redakteurin
 ELEKTRONIKPRAXIS



Let's drive technology evolution



Susumu Deutschland GmbH

Rahmannstr. 11
 65760 Eschborn | Germany
 Tel. +49 (0) 6196/96 98 407
 Mail: info@susumu.de

www.susumu.de



AUTOMOTIVE & TRANSPORTATION

Neuer Radnabenmotor für zukünftige Elektromobilität

Der Paradigmenwechsel in der Elektromobilität ist längst überfällig. Heutige Elektrofahrzeuge unterscheiden sich kaum von Verbrennern: Klobige Fahrzeuge mit zentralem Antrieb, die für den urbanen Raum ungeeignet sind. Der Fokus auf Größe, Leistung und Reichweite führt zu schweren Modellen und damit zu einer Ineffizienz, die sich negativ auf Umweltbilanz, Fahrzeugpreis und Mobilitätskosten auswirkt. Der Radnabenmotor Z-Drive hingegen eröffnet neue Fahrzeugtopologien und Design-Freiheiten.

36



ELEKTRONIKSPIEGEL

6 **Zahlen, Daten, Fakten**

8 **Aktuelles**

SCHWERPUNKTE

Automotive & Transportation

TITELTHEMA

36 **Z-Drive: Radnabenmotor für die Elektromobilität**

Der Radnabenmotor Z-Drive setzt durch Bauweise, Effizienz und Skalierbarkeit neue Maßstäbe in der Elektromobilität.

Stromversorgungen

14 **Netzausfall-Strategien für PFC-Wandler**

Eine stabile Stromversorgung ist für Rechenzentren wichtig. Hier spielen Lösungen eine Rolle, die eine zuverlässige Netzausfall-Überbrückung ermöglichen.

20 **Effiziente Leistungswandler in KI-Rechenzentren**

Der steigende Strombedarf von Hyperscale-Rechenzentren stellt neue Anforderungen an die Stromwandlung.

Schalter & Relais

24 **CMOS- und Halbleiterrelais sinnvoll vergleichen**

$C_{DS(OFF)}$ ist ein wichtiger Wert für die Auswahl eines Schalters. Mit ihm lassen sich die Leistungsfähigkeit von CMOS-Schaltern und Halbleiterrelais direkt vergleichen.

Mensch-Maschine-Interface

28 **Welches Display sich für welches Projekt eignet**

Bei der Entwicklung neuer Geräte oder der Modernisierung bestehender Designs stellt die Display-Wahl eine Herausforderung dar.

Automotive und Transportation

32 **Lade- und Energiemanagement intelligent vereint**

Die gleichzeitige Nutzung mehrerer Ladestationen führt zu einem höheren Strombedarf, der die Netze stärker fordert.

Gehäusetechnik

40 **Hohe Oberflächenqualität und vielfältiges Design**

Design-Gehäuse aus Aluminium kombinieren Funktion, Langlebigkeit und ästhetisches Design für elektronische Systeme.

Bauteilebeschaffung

46 **Intelligente Gesten- und Sprachsteuerung für IIoT**

AI-on-the-Edge ermöglicht die lokale Echtzeitverarbeitung, reduziert Netzwerkkosten und erhöht die Ausfallsicherheit.

TIPPS & SERIEN

13 **Analogtipp**

Massefreie, nicht-isolierte Halbbrücken-Gate-Treiber

18 **Power-Tipp**

USB-C und USB PD in batteriebetriebenen Systemen



E-Autos laden

Die gleichzeitige Nutzung mehrerer Ladestationen führt zu einem höheren Strombedarf, der die Netze stärker fordert. Fehlende Kapazitäten können zudem Ladegeschwindigkeiten reduzieren. **Seite 32**



Gehäuse: Top Design

Design-Gehäuse aus Aluminium optimieren nicht nur die technische Leistung, sondern auch die Optik und sind eine zukunftsorientierte Lösung für anspruchsvolle Anwendungen. **Seite 40**

49 **Prof. Poppe fragt nach**
Diesmal: Was ist der Tunneleffekt?

50 **Zum Schluss**
Industrie 4.0 und die smarte Industrie der Zukunft

RUBRIKEN

3 **Editorial**
48 **Impressum**

Anwenderkongress Steckverbinder

26. bis 28. Mai. 2025, Würzburg

Der Anwenderkongress Steckverbinder beleuchtet praxisorientiert technische Aspekte beim Design und Einsatz moderner Steckverbinder. In Praxis-Workshops vermitteln hochkarätige Experten elektrotechnische Grundlagen, spezifisches Know-how und helfen bei der Auswahl des richtigen Steckverbinders.

www.steckverbinderkongress.de



HIOKI

Japanische Präzision seit 1935

Mehr Daten, weniger Stress

**20%
Rabatt**



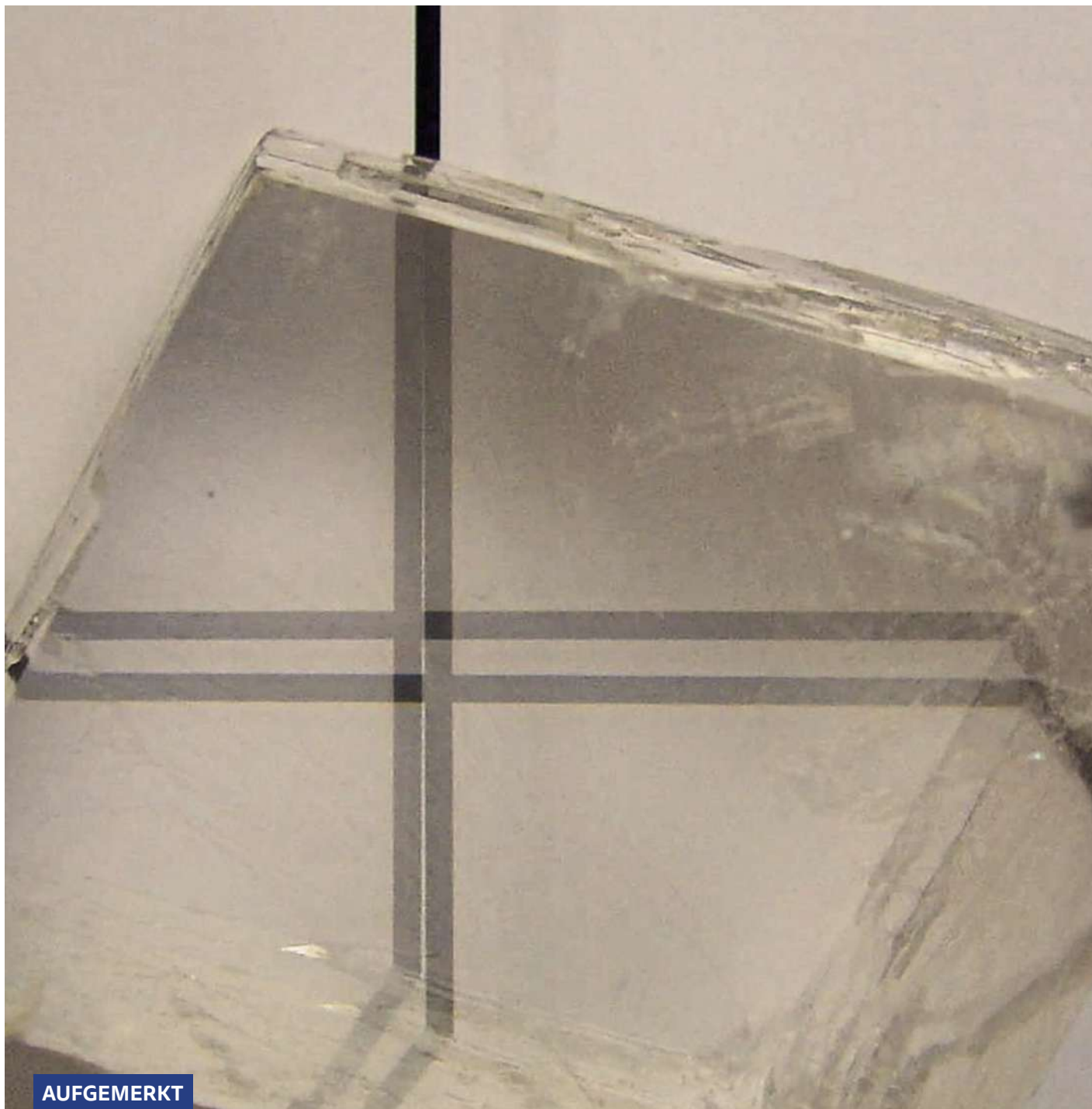
MR6000-MAX

Jetzt **20 % Rabatt**
auf das
**Speicherrekorder-
Aktionspaket**

shop.hioki.eu



HIOKI EUROPE GmbH
Helfmann-Park 2 | 65760 Eschborn

**AUFGEMERKT**

1875: Der elektrooptische Kerr-Effekt wird entdeckt

Im Jahr 1875 entdeckte der schottische Theologe und Physiker John Kerr einen – inzwischen nach ihm benannten elektrooptischen Effekt der nichtlinearen Optik: Unter Wirkung eines elektrischen Feldes verändern sich die optischen Eigenschaften eines Mediums durch die Neuausrichtung der Ladungsträger. Das verändert auch die Brechzahl des Mediums, das Resultat ist eine Doppelbrechung. Der Kerr-Effekt ist in einigen transparenten Medien wie einigen Kristallen und Flüssigkeiten besonders stark ausgeprägt und damit gut zu beobachten. Die

induzierte Doppelbrechung ist proportional zur Intensität der (linear polarisierten) Lichtwelle.

Dieser Effekt wird auch als quadratischer elektrooptischer Kerr-Effekt bezeichnet, im Unterschied zum 1876 von Kerr entdeckten magnetooptischen Kerr-Effekt (MOKE). Bei letzterem wird die Polarisationssebene des Lichts bei der Reflexion an ferromagnetischen Werkstoffen gedreht. Der MOKE bildet heute die Grundlage für die magneto-optische Kerr-Spektroskopie und die magneto-optische Datenspeicherung (MRAM). (kr)

Aufgedreht: SSG6082A-V



REKORD DES MONATS

10 GS/s bei vertikal 12 Bit

Die Netbox-Serie DN2.33x von Spectrum bietet eine Abtastrate von 10 GS/s bei einer Auflösung von 12 Bit. Das Besondere ist die Kombination aus hoher Auflösung und hoher vertikaler Auflösung in dieser Gerätegröße und für PC-gestützte Systeme. Die Serie umfasst sieben Modelle, die aus Ein- oder Zweikanalvarianten mit Abtastraten von 3,2 und 5 sowie 10 GS/s. Sie haben eine Auflösung von 12 Bit bei Bandbreiten von 1, 2, 3 und 4,7 GHz. (heh)

Bild: Spectrum Instrumentation

Frequenzabdeckung:

Der Vektorsignalgenerator deckt einen breiten Frequenzbereich von 9 kHz bis 8 GHz (CW-Modus) sowie 10 MHz bis 8 GHz (IQ-Modus) ab.

Modulation:

Abgedeckt werden analoge Modulationen wie AM, FM, PM, Pulsmodulation sowie digitale Modulationen und Kommunikationsprotokolle wie 5G NR.

Software:

Die zugehörige auf dem PC ausführbare Software SigIQPro generiert komplexe digitale Modulationssignale und Kommunikationsprotokolle.

Bild: Siglent



Anwendungen:

Geeignet für Forschung und Entwicklung, Produktion und Tests in der Kommunikations-, Luft- und Raumfahrt- sowie Verteidigungsindustrie.

Phasenrauschen:

Mit einem typischen Wert von -132 dBc/Hz bei 1 GHz und 10 kHz Offset bietet der Analysator eine hohe Signalreinheit.

Signalerzeugung:

Die Frequenzauflösung beträgt 0,001 Hz und die Amplitudengenauigkeit wird mit 0,7 dB (typisch) angegeben für eine hochpräzise Signalgenerierung.

Komplex modulierte Breitbandsignale sind mittlerweile in vielen Kommunikationssystemen unverzichtbar, etwa zur Validierung von Sender- und Empfängerleistung, der Charakterisierung von Verstärkern oder zur Prüfung auf Systemlinearität. Damit Messtechniker ein Werkzeug für diese Aufgaben bekommen, bietet Siglent den neuen Vektorsignalgenerator SSG6082A-V. Das Gerät verfügt über Frequenzen bis 8 GHz und eine modulationsspezifische Bandbreite von bis zu 1 GHz. (heh)

„Sensoren sind das Rückgrat der Industrie. Sie liefern Messwerte und kontextrelevante Informationen für automatisierte Entscheidungen.“

Prof. Dr. Klaus Drese, ISAT Coburg

1,3

Alle 1,3 Jahre verdoppeln sich die Patentanmeldungen bei der künstlichen Intelligenz und den Quantensensoren. Die stark zunehmende Zahl an KI-bezogenen Patenten zeigt, dass die Anwendung von KI nicht nur in Software, sondern zunehmend in Hardware-nahe Systeme wie Sensorik und Messtechnik eindringt. Statt Rohdaten liefern die Sensoren vorverarbeitete, kontextbezogene oder bewertete Informationen – oft schon direkt auf der Edge wie auf dem Sensorchip oder in einem integrierten Modul.

FRAGE DES MONATS - EP BASICS QUIZ

Prof. Poppe fragt nach

Was ist der Tunneleffekt?

1. Der Grund für das Funktionieren von Flash-Speichern.
2. Die quantenmechanische Begründung für einen falschen Aufenthaltsort.
3. Ein Phänomen zur Aufhellung des Sonnenscheins.

Wissen Sie die Antwort? Die Auflösung finden Sie auf Seite 57. (mr)

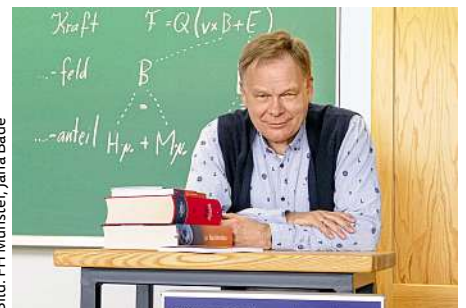


Bild: FH Münster, Jana Bade

EUVL IN CHINA

Huawei entwickelt angeblich eigene EUV-Technologie

In der Chipfertigung ist die Lithografie mit extrem ultraviolettem Licht der Schlüssel zu den feinsten Nanostrukturen. Weil Huawei der Zugang zum aktuellen Lithografie-Standard von Marktführer ASML verwehrt wird, tüftelt man angeblich an eigenem EUV-Equipment.

Die EUV-Lithografie (Extreme Ultraviolet Lithography) ist eine hochmoderne Fertigungstechnologie für Halbleiter, die extrem ultraviolettes Licht mit einer Wellenlänge von 13,5 nm nutzt. Dadurch lassen sich äußerst feine Strukturen auf Siliziumwafern erzeugen, was für die Herstellung moderner Chips entscheidend ist. Ohne EUV müssten Chipfertiger auf aufwendige Mehrfachbelichtungen zurückgreifen, die teurer, fehleranfälliger und mit zunehmender Miniaturisierung zunehmend ineffizient werden. Ohne EUV wäre es bei diesen kleinen Strukturgrößen technisch nahezu unmöglich, fortschrittliche Chips mit hoher Leistung und Dichte zu produzieren.

Bisher stammen marktreife EUV-Belichtungsmaschinen von ASML. Interesse an diesen Apparaturen haben auch Fertiger aus China, importieren dürfen sie das Equipment allerdings nicht.

Unbestätigten Gerüchten zufolge probiert sich der Konzern Huawei an eigenen EUV-Technologien. Im März 2025 machte ein Foto von einem Interferometer einer EUV-Anlage von Huawei die Runde. Das Interferometer dient der präzisen Positionsmessung in der Chipfertigung. Eine der Quellen behauptet: „Die in China entwickelte EUV-Maschine, die mit der laserentladungsinduzierten Plasmatechnologie (DPP) arbeitet, wird in der Huawei-Anlage in

Goldstandard:
Twinscan EXE:5000 ist die modernste Lithografiemaschine von ASML, die High-NA-EUVL nutzt (High Numerical Aperture Extreme Ultraviolet Lithography).

Dongguan getestet. Tests sind für das dritte Quartal 2025 geplant, die Serienproduktion für das Jahr 2026.“

DPP vs. LPP

DPP (Discharge-Produced Plasma) ist eine Technologie, die ASML in den Anfangszeiten in Betracht gezogen haben soll, dann aber zugunsten LPP (Laser-Produced Plasma) nicht weiter verfolgt hat. DPP wäre in der Theorie eine kostengünstigere Lösung als LPP, ist jedoch weniger effizient, hat eine kürzere Elektrodenlebensdauer und kann weniger EUV-Leistung erzeugen. Das macht LPP trotz höherer Komplexität für die industrielle Fertigung attraktiver. Das LPP ist schwieriger zu handhaben, erzeugt aber eine höhere Plasmaleistung, was einem höheren Wafer-Durchsatz in der Lithografiemaschine entspricht.

Bei DPP entsteht das Plasma durch eine elektrische Entladung zwischen zwei Elektroden, die das benötigte EUV-Licht freisetzt. Diese Methode ist kompakter, ist aufgrund der erwähnten Effizienz- und Elektrodenlebensdauernachteile für die industrielle Chipfertigung weniger attraktiv. LPP hingegen nutzt einen Hochleistungslaser, der auf winzige Zinntröpfchen trifft und diese in ein extrem heißes Plasma verwandelt, das EUV-Strahlung abgibt. Diese Technologie ist skalierbarer, erfordert aber ein hochkomplexes System zur präzisen Steuerung von Laser, Tröpfchenerzeugung und Strahlführung. Während DPP eher für kleinere Anwendungen genutzt wird, setzt sich LPP als Standard in der modernen EUV-Lithografie durch.

Ein großer Schritt für Huawei?

Huawei könnte ein größerer Schritt in Richtung fortschrittlicher Chipherstellung gelungen sein. Allerdings besteht ein EUV-System aus vielen großen und komplizierten Komponenten, die erst zusammengeführt und für einen effektiven Yield eingestellt werden müssen – das nimmt mitunter Monate in Anspruch. Und ein Interferometer sagt tatsächlich wenig über den wahren Technologiefortschritt des Unternehmens aus. Selbst wenn Huawei eine funktionierende EUV-Maschine entwickelt hat, bleibt der Aufbau eines EUV-Ökosystems mit Masken, Resists und Pellicles eine immense Herausforderung. Es erscheint unwahrscheinlich, dass Huawei kurzfristig in der Lage ist, fortschrittliche Chips herzustellen und mit anderen Fertiggern gleichzuziehen. (sb)

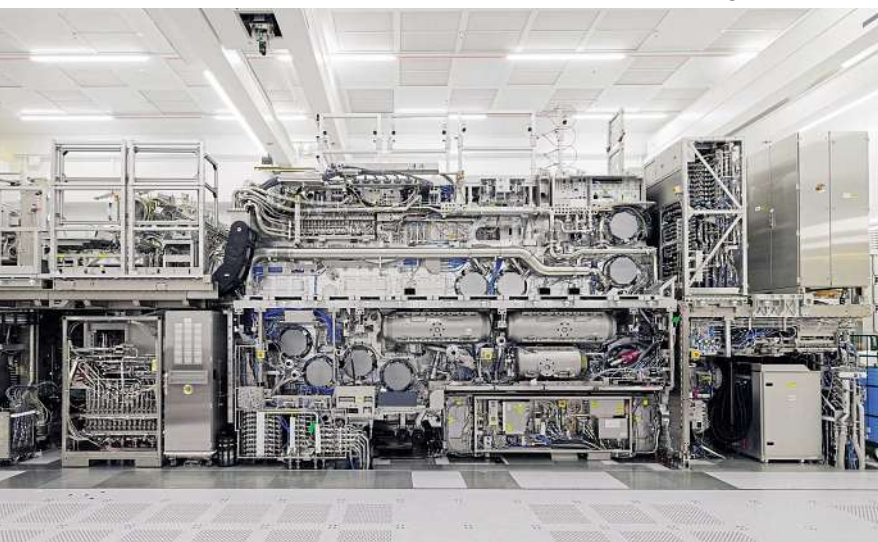


Bild: ASML



- Real-Time Operating Systems
- Secure Hypervisors
- Compilers & Tools
- Debug Probes
- Safety & Security Certifications

Revolutionizing

development of

Embedded Software

For more information call **+49 (0)228 4330 777** or email info-emea@ghs.com

KOMMENTAR ZUM NEUEN INTEL-CEO

Warum Lip-Bu Tan Intels beste Chance auf eine Wende ist



Bild: Intel

Intel hat mit Lip-Bu Tan den richtigen Mann zum neuen CEO bestellt.

Intels Produktionsprobleme und der Druck durch AMD, Nvidia und TSMC haben dem Unternehmen in den vergangenen Jahren zugesetzt. Tan könnte der richtige Mann sein, um den Konzern wieder auf Kurs zu bringen. Seine Erfahrung als langjähriger CEO von Cadence Design Systems, einem führenden Anbieter von Software für die Chipentwicklung (EDA), gibt ihm einen tiefen Einblick in Fertigung und Entwicklung von Halbleitern – ein Knowhow, das Intel dringend benötigt, um im Foundry-Geschäft gegen TSMC und Samsung bestehen zu können.

Kurios ist jedoch seine Rückkehr zu Intel. Tan saß bereits im Verwaltungsrat des Unternehmens, bevor er sich erst im August 2024 frustriert zurückzog. Er galt als einer

der schärfsten Kritiker von Intels langsamem Wandel und den internen Problemen, die die Fertigung und Innovationskraft des Konzerns hemmten. „Culture eats strategy for breakfast“, sagte einst Management-Vordenker Peter Drucker. In persönlichen Gesprächen mit Intel-Vertretern fiel dieses Zitat unter der Hand nicht nur einmal. Hier könnte Tan einen entscheidenden Vorteil mitbringen: Er ist nicht nur ein Stratege, sondern auch ein Praktiker, der versteht, wie die Halbleiterentwicklung funktioniert. Ja, das gilt auch für Pat Gelsinger, aber ihm haftete der langjährige Intel-Stallgeruch an, welcher im Endeffekt mehr schadete als nutzte. Dass Tan nun als CEO zurückkehrt, zeigt, dass er sich zutraut, Intel nicht nur zu analysieren, sondern auch aktiv zu refor-

mieren. Eines der Hauptprobleme sah er im aufgeblähten mittleren Management. Jetzt ist er in der Position, das anzugehen. Es wird also spannend, ob er das noch immer so sieht und entsprechend handeln wird. Als CEO von Cadence hat Lip-Bu Tan eng mit den größten Chipdesignern der Welt zusammengearbeitet und weiß, welche Stellschrauben im Konzern wie optimiert werden müssen. Seine Kontakte zur Industrie und seine Erfahrung könnten Intel wieder zu altem Glanz verhelfen.

Im Gegensatz zu seinem Vorgänger Pat Gelsinger, der als visionärer Technologie galt, aber nicht alle wirtschaftlichen und strukturellen Probleme lösen konnte, bringt Tan eine Kombination aus technischer Expertise und Geschäftssinn in beiden Intel-Welten mit – also sowohl im Foundry- als auch IDM-Geschäft. Er versteht also sowohl die Design- als auch die Fertigungsseite der Halbleiterproduktion – eine entscheidende Fähigkeit, um Intel im Wettbewerb gegen die asiatische und einheimische Konkurrenz wieder schlagkräftig zu machen. Natürlich wird er sich beweisen müssen. Intel ist ein Konzern mit tief verwurzelten Strukturen, die sich nur schwer ändern lassen – gerade weil man sich auf die Platzhirsch-Position zu sehr verlassen hat. Tans Erfolg wird davon abhängen, wie schnell er interne Widerstände überwindet und ob er die richtigen strategischen Entscheidungen trifft. Die kommenden Monate werden zeigen, ob er tatsächlich der Mann ist, der Intel aus der Krise führen kann. Eines steht jedoch fest: Wenn es jemand überhaupt schaffen kann, Intel sowohl als Foundry als auch als Chipgiganten wieder konkurrenzfähig zu machen, dann jemand wie Lip-Bu Tan. (mc)

JOINT VENTURE ZUR AKQUISE VON INTELS FOUNDRY-GESCHÄFT?

TSMC führt Gespräche mit Nvidia, Broadcom, Qualcomm und AMD

TSMC hat laut Insidern führende Fabless-Chipentwickler aus den USA kontaktiert, um sie als Partner für ein Joint Venture zur Übernahme von Intels Foundry-Sparte zu gewinnen. Wie Reuters meldet wurden hierbei in erster Linie AMD, Nvidia und Broadcom in Betracht gezogen. Auch Qualcomm käme als Partner in Betracht.

Die Verhandlungen stehen in engem Zusammenhang mit politischen Bestrebungen der US-Regierung, mutmaßt die Nachrichtenagentur Reuters. Präsident Trump soll TSMC gedrängt haben, an der Sanierung von Intel mitzuwirken, um die US-Halbleiterfertigung zu stärken. Ein vollständiger Verkauf an ausländische Investoren sei dabei allerdings nicht gewünscht, eine mögliche Ak-



Bild: Walden Kirsch / Intel

Testwafer in 18A-Verfahren: Übernimmt ein Joint Venture Intels High-End-Prozess?

quise müsste von der Regierung genehmigt werden. Daher suche TSMC unter namhaften Chipunternehmen, die einen Hauptsitz in den USA betreiben, nach geeigneten Joint-Venture-Partnern. Das Unternehmen könne sich vorstellen, die operativen Abläufe des Foundry-Geschäfts von Intel zu übernehmen, möchte aber selbst nicht mehr als 50 Prozent des Geschäftsanteils halten.

TSMC strebe an, dass sich Joint-Venture-Partner gleichzeitig als Kunden für Intels Fertigungskapazitäten verpflichten, um eine Auslastung der Werke sicherzustellen. Nvidia, AMD und Broadcom könnten sich durch eine Beteiligung langfristige Produktionskapazitäten sichern und ihre direkte Abhängigkeit von TSMC verringern. (sg)

MISRA-C:2025

MISRA-C stellt aktualisierte Richtlinien für sichere C-Programmierung vor

Die MISRA-C-Arbeitsgruppe hat die aktualisierten Richtlinien MISRA-C:2025 veröffentlicht. Diese Version enthält Änderungen zur Verbesserung der Compliance-Prozesse, der Sicherheitsrichtlinien und der statischen Codeanalyse. Entwickler können dadurch die Einhaltung der Richtlinien effizienter gestalten und von optimierten Verfahren profitieren. So werden unter anderem erweiterte Anforderungen an die Speichersicher-

heit als auch an die funktionale Sicherheit berücksichtigt. Eine wesentliche strukturelle Änderung ist die Auslagerung der Richtlinien für generierten Code in ein separates Dokument. Einige der Abschnitte wurden umstrukturiert und die Richtlinien für automatisch generierten Code wurden in ein separates Dokument ausgelagert. Ferner baut die aktualisierte Fassung MISRA C-2025 auf die spezifischen Regeln für Multithread-

ing und atomare Datentypen auf, die bereits in der Edition 2023 eingeführt wurden. Dies soll sicherstellen, dass Embedded-Softwareentwickler weiterhin praxiserprobte Richtlinien für die sichere Nutzung der Programmiersprache C nutzen können. Toolhersteller wie LDRA, Perforce oder Tasking, die im MISRA-Gremium sitzen, haben die angepassten Programmierrichtlinien bereits in ihre Testwerkzeuge integriert. (sg)

WAFER-CHIP-SCALE-PACKAGE

TI bietet weltweit kleinste MCU

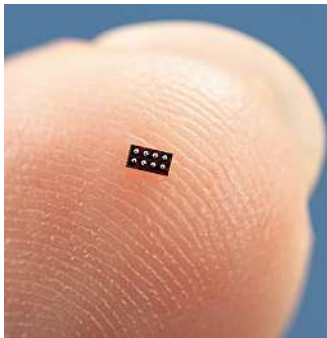


Bild: Texas Instruments

Kompakt: Der MSPMoC1104 von TI misst gerade einmal 1,38 mm².

Texas Instruments erweitert sein MSPMo-Portfolio um den weltweit kleinsten Mikrocontroller, den MSPMoC1104. Der Chip im Wafer-Chip-Scale-Package (WCSP) misst nur 1,38 mm². Die von TI entwickelte Gehäusetechnologie ermöglicht es, mehr Funktionen auf kleineren Flächen ohne Leistungseinbußen zu integrieren. Die MCU verfügt über einen Arm Cortex-Mo+ Kern, 16 KByte Speicher, einem 12-Bit-ADC mit drei Kanälen sowie sechs GPIO-Pins. Unterstützt werden Standard-Schnittstellen wie UART, SPI und I²C. Diese Ausstattung eignet den Chip für Anwendungen mit begrenztem Platzangebot, etwa in In-Ear-Kopfhörern oder medizinischen Sensoren. Der MSPMoC1104 ist Teil der skalierbaren MSPMo-Serie von TI, die verschiedene Speicher- und Peripherie-Optionen bietet. Dank Pin-Kompatibilität innerhalb der Produktfamilie können Entwickler leicht zwischen Modellen wechseln. (sg)



Next Mobility

Startklar für
ein neues
Mobilitätszeitalter

Abonnieren Sie die „Mobilität von morgen“

Registrieren Sie sich kostenfrei, nutzen Sie unser exklusives E-Paper-Angebot, weiterführende Whitepaper, Webinare oder Dossiers und bleiben Sie mit unserem Newsletter immer auf dem Laufenden. Jetzt Vorteile nutzen unter:

www.next-mobility.de/anmelden

Next Mobility ist eine Marke der

VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

SPARMASSNAHMEN

Siemens will 6.000 Stellen bei Fabrikautomation und Ladesäulen abbauen



Bild: Siemens

Siemens-Hauptsitz: Vor allem Bayern ist von geplanten Stellekürzungen betroffen.

Siemens hat angekündigt, weltweit bis September 2027 insgesamt 6.000 Arbeitsplätze abzubauen. Davon sollen auf Deutschland voraussichtlich 2.850 Stellen entfallen. Die meisten dieser Kürzungen – global 5.600, darunter 2.600 in Deutschland – betreffen den schwächelnden Geschäftsbereich Digital Industries, ganz besonders die darin enthaltene Automatisierungssparte.

Hohe Lagerbestände bei Kunden bei zugleich schwacher Nachfrage, vor allem in China, haben dazu geführt, dass die Produktionslinien im Automatisierungsbereich nicht ausgelastet laufen. Ein Großteil dieser Einsparungen dürfte vor allem Standorte in Bayern betreffen, da dort viele Werke im Bereich Digital Industries angesiedelt sind.

Ferner sollen bis Ende September weitere 450 Stellen im Geschäft mit Ladelösungen für Elektrofahrzeuge wegfallen, davon 250 in Deutschland. Siemens begründet dies mit starkem Preisdruck und begrenztem Wachstumspotenzial, besonders bei Ladesäulen mit niedriger Leistung. Künftig wolle man sich auf Schnellladeinfrastruktur für Flotten und das Laden unterwegs konzentrieren. Mittelfristig habe Siemens wohl vor, diesen Geschäftsbereich auszugliedern.

Im ersten Quartal des laufenden Geschäftsjahres meldete Siemens über alle Bereiche einen Gewinn von 2,1 Mrd. Euro. Veränderte Bedingungen in zentralen Märkten machten aber Anpassungen notwendig, heißt es von Unternehmensseite. (sg)

SONNIGE AUSSICHTEN

Kontron schnappt sich millionenschweres Automotive-Neugeschäft

Bei Kontron dürften die Korken knallen, denn der Spezialist für intelligente, industrielle IoT-Lösungen konnte nicht nur im Februar den Erhalt eines Großauftrags für die in Europa hergestellten 5G-Module abschließen. Nein, Anfang März ließ die Geschäftsführung mitteilen, dass der Automotive-Standort Düsseldorf zudem noch einen Auftrag in Höhe von 40 Millionen Euro an Land ziehen konnte. Details zum Vertragspartner gibt es nicht, aber Kontron teilt mit, dass die Lieferung von „hochentwickelten Sensortechnologien“ vereinbart wurde.

„Das Neugeschäft über 40 Millionen Euro ist ein weiterer Schritt in der erfolgreichen Umsetzung der Wachstumsstrategie im Bereich intelligenter industrieller IoT-Lösun-



Bild: Kontron

Erfolgreich: In Q1 2025 hat Kontron bereits zwei Millionenaufträge an Land gezogen.

gen. Es stärkt die Position des Unternehmens im Automobilsektor und die langfristige Wettbewerbsfähigkeit in diesem dynamischen Markt“, teilt das Unternehmen mit.

Auch im Bereich Embedded Computing tut sich bei Kontron einiges, denn im Januar 2025 wurde bekannt, dass mit der Jumptec-Tochtergesellschaft die Marke wiederbelebt wird. Unter dem Jumptec-Dach wird das Modul-Geschäft von Kontron gebündelt, das standardisierte und kundenspezifische Computer-on-Modules (CoMs) nach den Standards COM Express, COM-HPC, Smarc und Qseven bietet. Zusätzlich werden spezialisierte Dienstleistungen wie Baseboard-Design, Tests, Produktion und Montage angeboten. (sb)

HALBLEITERENTWICKLUNG MIT SUB-2NM-PROZESSEN

ASML und Zeiss SMT verlängern Kooperationsvereinbarungen mit imec



Bild: ZEISS

High-NA-EUV-Lithografie: Zeiss, ASML und imec partnern bei F&E im Sub-2nm-Bereich.

ASML und Carl Zeiss Semiconductor Manufacturing Technology haben ihre strategischen Partnerschaften mit imec bis wenigstens zum Jahr 2029 verlängert. Gemeinsam wollen der niederländische Fertigungsanlagenhersteller, der deutsche Spezialist für Belichtungstechniken in der Halbleiterproduktion und das belgische Forschungsinstitut über die nächsten Jahre hinweg Initiativen für nachhaltige Innovation in der europäischen Chipindustrie erarbiten und Fertigungstechnologien für die Entwicklung hochmoderner IC-Bausteine vorantreiben.

Zeiss SMT stellt Lithografieoptiksysteme verschiedener Produktgenerationen für die Pilotlinie von imec bereit, darunter auch die NanoIC-Produktlinie zur Erforschung von

Entwicklungstechnologien für Halbleiter im Sub-2nm-Bereich. Diese Optiken werden in die Lithografie-Scannersysteme des strategischen Partners ASML integriert. Die Zusammenarbeit umfasst das gesamte Produktportfolio von ASML, wobei der Schwerpunkt auf der Entwicklung von High-End-Knoten liegt. Dabei sollen insbesondere ASML-Systeme wie 0,55 NA EUV, 0,33 NA EUV, DUV-Immersion, YieldStar-Optikmesstechnik und HMI-Einzel- und Mehrstrahltechnologien zum Einsatz kommen. Dadurch soll dem internationalen Halbleiter-Ökosystem die weltweit fortschrittlichste Infrastruktur für Forschung und Entwicklung zur Verfügung gestellt werden, die im Sub-2-nm-Bereich existiert. (sg)

ANSTEUER-IC

Massefreie, nicht-isolierte Halbbrücken-Gate-Treiber

Für zahlreiche Applikationen sind Halbbrücken-Topologien zur Leistungswandlung populär. Der Gate-Treiber-IC legt mit einem PWM-Signal saubere und auf unterschiedliche Pegel umgesetzte Signale an die stromführenden (High Side) und stromlosen (Low Side) MOSFET-Leistungsschalter an. Der LTC7063 ist ein Beispiel für einen Gate-Treiber für Hochspannungs- und Hochstromanwendungen. Er ist in einer Halbbrücken-Konfiguration für die Ansteuerung von N-Kanal-MOSFETs bis zu einer Eingangsspannung von 140 V ausgelegt. Der IC enthält Treiber, die die großen Gate-Kapazitäten in Hochspannungs-MOSFETs schnell laden und entladen. Ein adaptiver „Shoot-Through“-Schutz überwacht die Spannung am Knoten und steuert die Treiberausgänge, damit die MOSFETs nicht gleichzeitig Durchschalten. Das eliminiert potenzielle Stromdurchschüsse und steigert die Effizienz des DC/DC-Wandlers.

Sowohl die High-Side- als auch die Low-Side-MOSFET-Treiber sind potentialfrei und erlauben einen Masse-Offset bis zu 10 V zwischen dem IC und den Ausgangsmassen. Diese potentialfreie „Floating“-Architektur macht die Treiberausgänge robuster und weniger empfindlich gegenüber Masseversatz, Rauschen und Transienten. Zu den Sicherheits- und Schutzfunktionen gehören thermische Abschaltung, Sperrschaltungen am Eingang für Unter- und Überspannungen sowie Unterspannungs-Sperrschaltungen sowohl für High-Side- als auch für Low-Side-MOSFET-Treiber. Zur effizienten Wärmeableitung sind die Gate-Treiber in einem thermisch verbesserten Gehäuse mit freiliegendem Anschluss-Pad untergebracht.

Bild 1 zeigt einen 2:1-Abwärtswandler mit einer externen Last, der den LTC7063 verwendet. Er arbeitet mit einer Eingangsspannung bis 80 V und liefert die halbe V_{IN} bei einer maximalen Last von 5 A. Der PWM-Pin empfängt von einem externen Controller ein Logiksignal mit drei Zuständen und das Gate des High-Side-MOSFETs wird auf High geschaltet, wenn das PWM-Signal über den Schwellwert steigt. Der Low-Side-MOSFET wird komplementär zum High-Side-MOSFET angesteuert. Durch die Hysterese zwischen dem ansteigenden und abfallenden Schwellwert des Eingangssignals wird ein falsches Triggern der MOSFETs verhindert. Beide MOSFETs werden während des Hysterese-Intervalls des Eingangssignals auf Low gezogen. Liegt der Enable-Pin (EN) auf High, entsprechen sowohl der Ausgang des Top-Gates (TG) als auch des Bottom-Gates (BG) dem PWM-Eingangssignal und ziehen den EN-Pin auf Low. Damit werden die Ausgänge von TG und BG ebenfalls auf Low gezogen (Bilder 2 und 3). Das Bootstrapping der Spannungsversorgungen BST-SW und BGVCC-BGRTN gewährleistet einen effizienten Betrieb der High- und Low-Side-Treiber ohne zusätzliche isolierte Versorgungsspannung, was sowohl die Kosten als auch die Anzahl der Bauteile auf der Platine reduziert.

Die Totzeit zwischen TG und BG ist kurz und der BG/TG-Anstieg kann beschleunigt werden, indem man einen

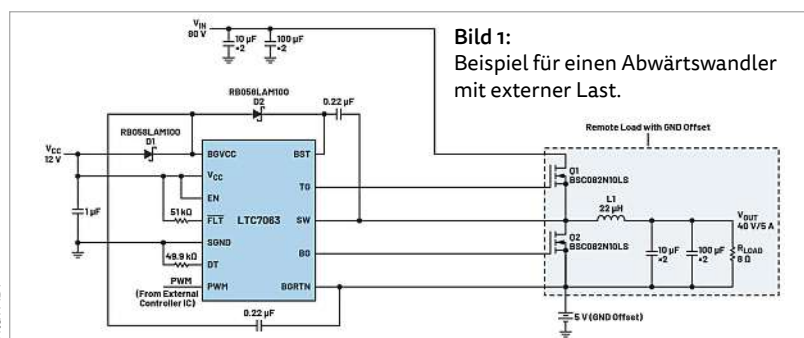


Bild 1:
Beispiel für einen Abwärtswandler mit externer Last.

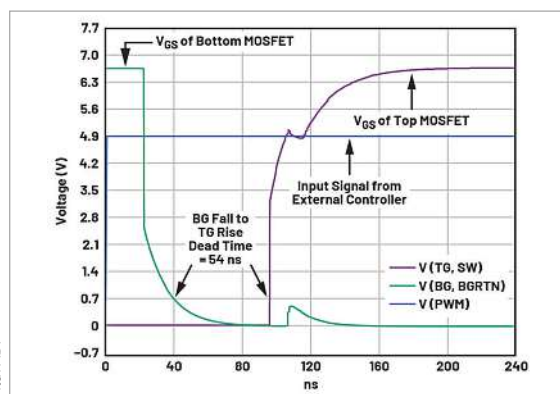


Bild 2:
Vergleich von BG-Abfall- und TG-Anstiegszeiten.

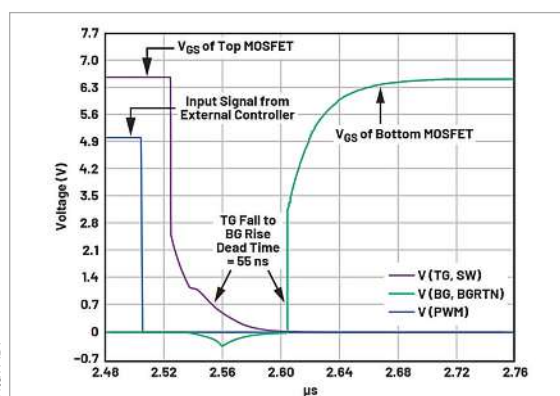


Bild 3:
Vergleich von TG-Abfall- und BG-Anstiegszeiten.

Widerstand zwischen dem DG-Pin und der Masse einfügt. Durch das Kurzschließen ergibt sich eine Standard-Totzeit von 32 ns und durch Potentialausgleich des DT-Pins verlängert sich die Totzeit auf 250 ns. Der 1,5-Ω-Pull-up-Widerstand und der 0,8-Ω-Pull-down-Widerstand der High-Side- und Low-Side-MOSFET-Treiber sorgen für ein schnelles Ein- und Ausschalten der Schalter und verhindern Querströme. (kr)



VERFASST VON

Srikesh Pulluri

Applikationsingenieur
Analog Devices

GAN-OPTIMIERT

Netzausfall-Strategien für PFC-Wandler

Eine stabile Stromversorgung ist für Rechenzentren essenziell. Ausfälle können gravierende Folgen haben. Um Ausfallzeiten zu minimieren, sind Lösungen gefragt, die sowohl hohe Leistungsdichte als auch eine zuverlässige Netzausfall-Überbrückung ermöglichen.

Fällt die Stromversorgung eines Rechenzentrums aus, können sich Auswirkungen auf die unterschiedlichsten Bereiche ergeben, von Unterhaltungsanwendungen über Finanztransaktionen bis hin zu häuslichen Alarmanlagen. Spezifikationen wie die V2 Power Shelf Specification des Open Compute Project (OCP) unterstreichen die Notwendigkeit, die Ausfallzeiten von Servern mithilfe robuster Netzausfall-Algorithmen zu reduzieren. Abgesehen davon erweist es sich mit den konventionellen nicht-lückenden Regelungsmethoden als schwierig, für Rechenzentren kosteneffektive Lösungen zu realisieren, die einerseits dem Streben nach kleineren passiven Bauelementen und andererseits der Forderung nach Leistungsfaktor-Korrektur (Power Factor Correction, PFC) und hohem Wirkungsgrad bei Schwach- und Spitzenlast gerecht werden.

Als Lösung für dieses Problem entwickelte TI ein auf Galliumnitrid (GaN) basierendes, durch hohe Dichte gekennzeichnetes zweiphasiges iTCM-Design (integrated Triangular Current Mode) mit Leistungsfaktor-Korrektur

(Bild 1). Induktive Bauelemente mit niedrigen Induktivitätswerten und eine hohe Schaltfrequenz ermöglichen den hohen, über 99 % betragenden Wirkungsgrad und die hohe Leistungsdichte dieses Designs von 120 W pro Kubikzoll (7,3 Watt/cm³). Die verwendeten kleinen Induktivitäten bringen allerdings ein spezifisches Problem für die Netzausfall-Überbrückung mit sich, denn bei einer Einschaltzeit von nur wenigen Mikrosekunden kann ein Schalterstrom von über 70 A entstehen. Zusätzlich können etwaige Verzögerungen erhebliche Rückströme zur Folge haben, was die Wiederaufnahme der Leistungsfaktor-Korrektur weiter erschwert. Um die Ströme in einem sicheren Rahmen zu halten und das Entstehen von Rückströmen zu verhindern, musste eine neue Lösung für die Netzausfall-Überbrückung entwickelt werden. Der vorliegende Artikel widmet sich dieser Lösung anhand von Labordaten, basierend auf dem „Variable-Frequency, ZVS, 5-kW, GaN-Based, Two-Phase Totem-Pole PFC Reference Design“, dessen wichtigste Bauelemente und Kenndaten aus Tabelle 1 hervorgehen.

Bild 1:
Prinzipschaltbild der iTCM-Topologie mit Induktivitäten und Strom-Hüllkurven.

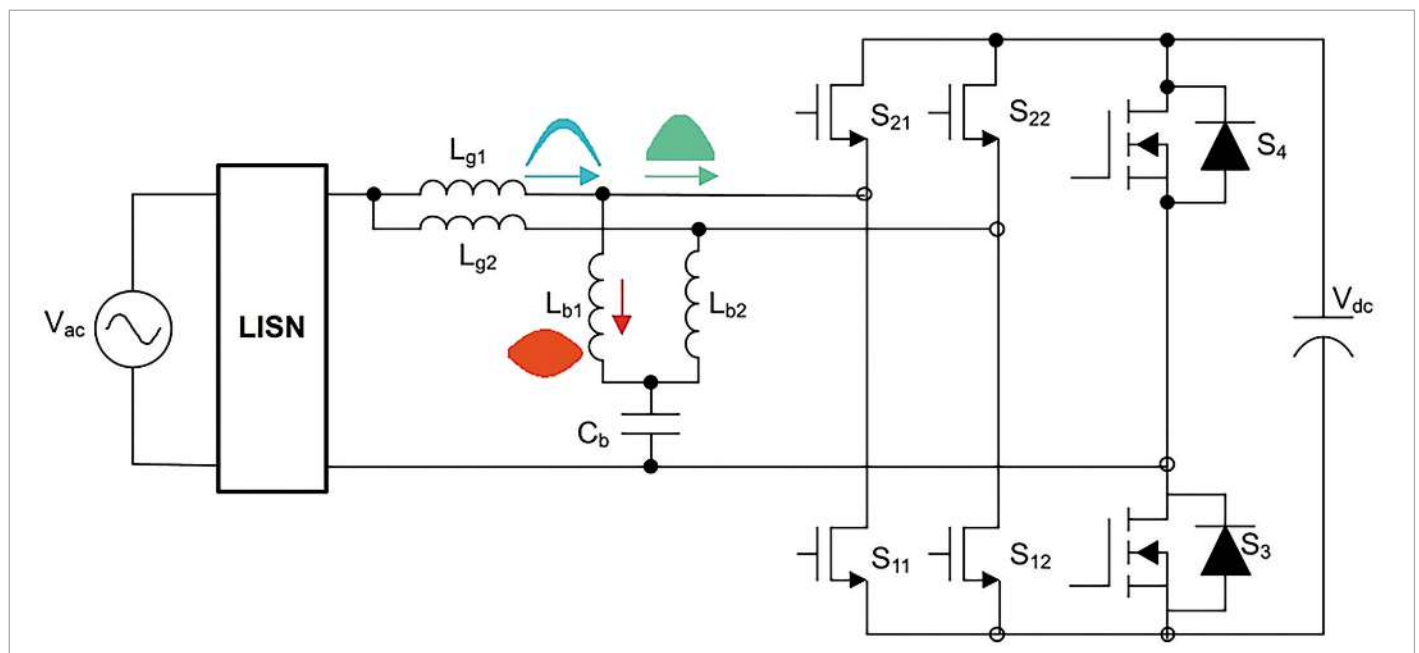


Bild: Texas Instruments

Bild: Texas Instruments

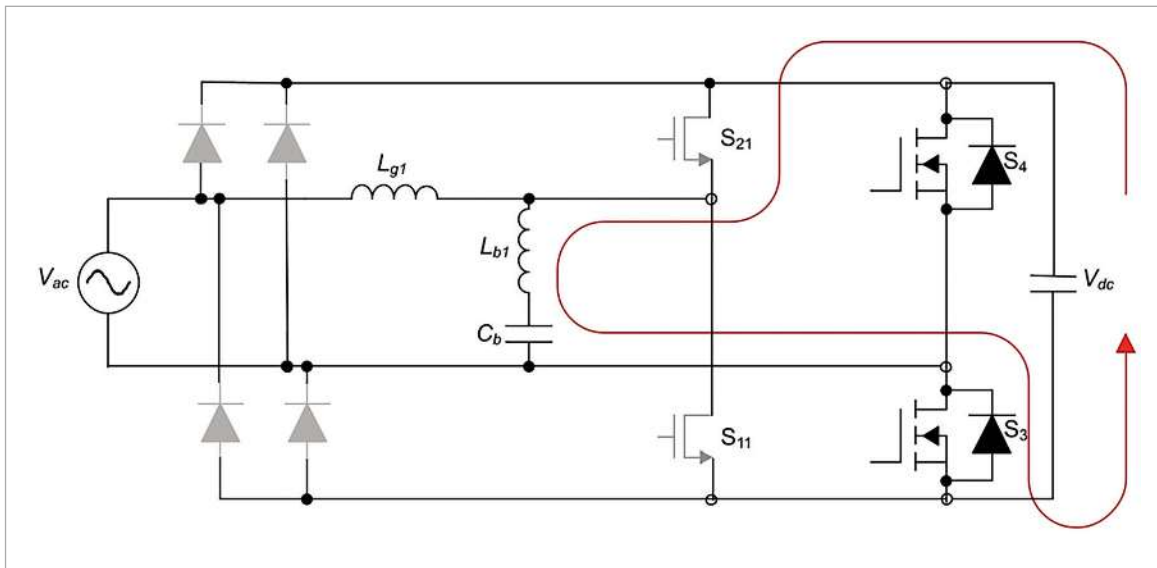


Bild 2:
Entlade-pfad von VDC
bei verzögertem
Abschalten des
Synchrongleichrichters
S21.

Die Topologie im Überblick

Die Topologie besteht aus zwei um 180° phasenversetzt arbeitenden Stufen mit einem einzigen DC-Abblockkondensator (C_b). Sie profitiert dabei von der gegenseitigen Aufhebung der Welligkeitsströme infolge der zweiphasigen Architektur und der Verringerung der RMS-Strombelastung in C_b . Die Induktivitäten L_{b1} und L_{b2} sind so dimensioniert, dass sie mit dem für den TCM-Betrieb erforderlichen hochfrequenten Welligkeitsstrom zurechtkommen. Die Verwendung von Ferritkernen in L_{b1} und L_{b2} bürgt für niedrige Verluste unter dem Einfluss der starken Flussschwankungen, die für das Schalten im Spannungsnulldurchgang (Zero Voltage Switching, ZVS) notwendig sind. Die Induktivitätswerte von L_{g1} und L_{g2} sind ungefähr um den Faktor 10 größer als die von L_{b1} und L_{b2} und sorgen so dafür, dass nur ein kleiner Teil des hochfrequenten Stroms in die Eingangsquelle fließt, was nebenbei auch die EMI-Eigenschaften verbessert. Nicht zuletzt erlaubt der niedrigere Welligkeitsstrom in L_{g1} und L_{g2} die Verwendung kostengünstigerer Kernwerkstoffe. In Bild 1 sind die Hüllkurven der Welligkeitsströme in den Induktivitäten und an den Schaltknoten dargestellt.

Herausforderungen bei Netzausfällen

Die erste Herausforderung, auf die hier eingegangen werden soll, ist das Entstehen von Rückströmen bei einem Ausfall der Netzstromversorgung. Da sämtliche Schalter in der Totem-Pole-PFC-Topologie bidirektional sind, müssen die als Synchrongleichrichter arbeitenden FETs bei einem Netzausfall so schnell wie möglich abschalten. Hierdurch wird verhindert, dass ein negativer Strom entsteht, der die Ausgangsspannung entlädt und die Netzausfall-Überbrückungszeit verkürzt. Bild 2 verdeutlicht das Entstehen dieses negativen Stroms für das Synchrongleichrichtungs-Intervall während der positiven Halbwelle. Abgesehen davon können längere Verzögerungen beim Abschalten der Synchrongleichrichter in einer großen Stromspitze resultieren, die möglicherweise den Überstromschutz (Overcurrent Protection, OCP) ansprechen lässt. Bleibt der Synchrongleichrichter eingeschaltet, wenn keine Eingangsspannung anliegt, lässt sich mit der Gleichung

$$V_{dc} = L_{b1} \cdot \frac{dl_1}{dt}$$

ausrechnen, wieviel Zeit vergeht, bis der Strom auf 70 A angestiegen ist (diese Zeitspanne beträgt hier 2,5 μ s). Ein solch geringer Wert lässt der Netzausfall-Erkennung nur sehr wenig Zeit, um das Problem zu identifizieren und das Schalten einzustellen, bevor der Überstromschutz anspricht oder es gar zu Schäden kommt.

Die zweite Herausforderung besteht in der Wiederaufnahme des PFC-Betriebs, nachdem die Netzstromversorgung wiederhergestellt ist. Das Kernproblem hierbei resultiert aus der Tatsache, dass die Bypass-Dioden der PFC-Schaltung die Ausgangsspannung auf den Scheitelwert der eingangsseitigen Sinuswelle aufladen. Dies aber passiert am ehesten bei einer hohen Spannung, wenn die Aus-

Bild: Texas Instruments

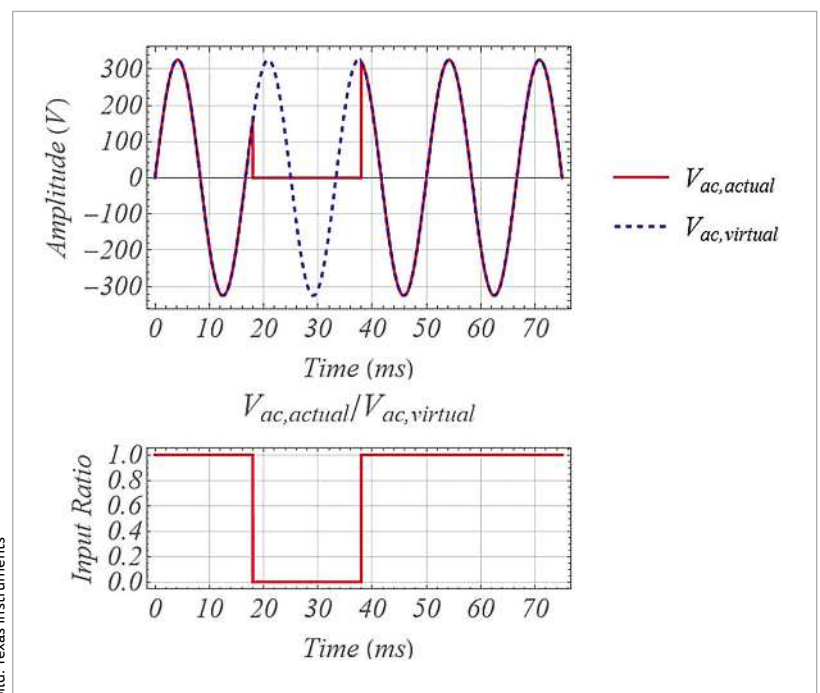


Bild 3:
Ausfall der Netz-
wechselspannung
und virtuelles
AC-Signal.

Bild 4:
Zustandsautomat zum Koordinieren der Abläufe beim Ausfall und der Wiederherstellung der Netzwechselspannung.

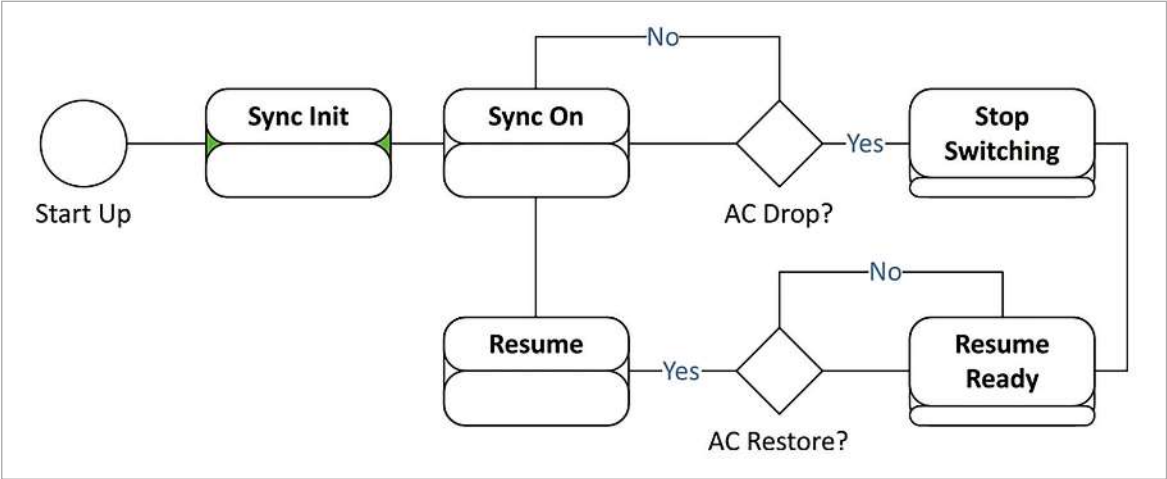


Bild: Texas Instruments

gangsspannung bereits deutlich unter diesen Scheitelwert gefallen ist. Der Wandler hat während dieser Ereignisse keine Möglichkeit, den Strom zu unterbrechen, sodass dieser Stoßstrom sehr stark anwächst. Eine unzureichende Ansteuerung der Schalter während dieser Vorgänge kann die Situation sogar noch verschlimmern, indem die Induktivitäten in die Sättigung getrieben werden, der Überstromschutz anspricht und die Ausgangsspannung weiter abgebaut wird. Die Notwendigkeit eines präzisen Regelungsalgorithmus während dieser Zeit wird erneut durch die hohe Schaltfrequenz der iTCM-Topologie unterstrichen, die aus den niedrigen Induktivitätswerten von L_{b1} und L_{b2} resultiert.

Die richtige Netzausfall-Lösung

Um präzise zu bestimmen, ob die Netzwechselspannung vorhanden ist oder nicht, verwendet die Lösung ein virtuelles AC-Eingangssignal, das die Integrität der tatsächlichen Netzwechselspannung überwacht. Erzeugt wird dieses virtuelle Signal, indem die Amplitude, Frequenz und Phase der Eingangsspannung gemessen wird. Im normalen Betrieb folgt es somit nahezu perfekt der 50-Hz-

bzw. 60-Hz-Komponente der tatsächlichen AC-Netzspannung. Das System kann das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein der eingangsseitigen Netzwechselspannung folglich einfach erkennen, indem es das tatsächliche mit dem virtuellen Eingangssignal vergleicht. Jegliche plötzliche Änderung der Differenz zwischen beiden Signalen deutet auf ein transientes Ereignis am Eingang hin, und genau an diesen transienten Ereignissen wird sowohl der Ausfall als auch die Wiederherstellung der AC-Eingangsspannung erkannt. Bild 3 zeigt die virtuelle AC-Eingangsspannung sowie die tatsächliche Netzwechselspannung während eines Ausfalls.

In Bild 4 ist der Zustandsautomat zu sehen, der den Ausfall- und Wiederherstellungsprozess koordiniert. Beim Einschalten durchläuft das System einen Initialisierungszyklus (Sync Init), in dem es den RMS-Wert der Eingangsspannung ermittelt. Mit einer SPL- Stufe (Software Phase-Locked Loop) wird dabei sichergestellt, dass die Phasenlagen von $V_{ac,virtual}$ und $V_{ac,actual}$ übereinstimmen. Nach dem Einrasten der SPL- Stufe (Sync On) überwacht der Prozessor das Verhältnis zwischen $V_{ac,virtual}$ und $V_{ac,actual}$ (siehe Bild 3). Ist dieses Verhältnis kleiner als der vorgesehene Grenzwert, wird ein Netzausfall angenommen und das Schalten

Bild 5:
Netzausfall-Verhalten bei 5 kW Ausgangsleistung.

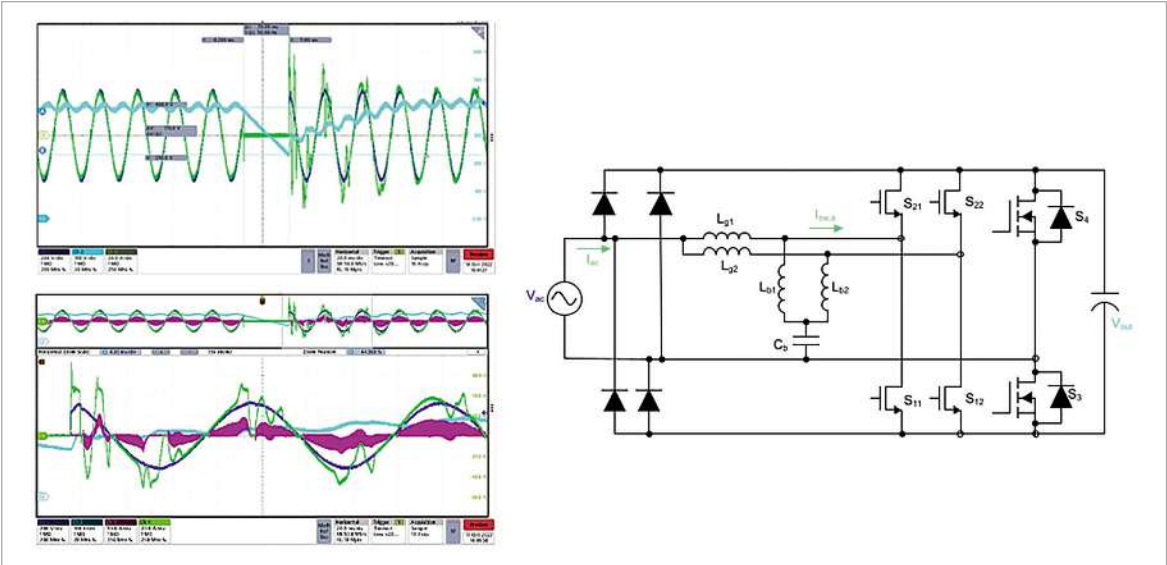


Bild: Texas Instruments

umgehend unterbrochen (Stop State). Ab hier behebt das System die aufgetretenen Fehler und wechselt in den Standby-Status (Ready), in dem es das Verhältnis zwischen $V_{ac,virtual}$ und $V_{ac,actual}$ überwacht, um festzustellen, wann es die Wiedereinschaltswelle überschreitet. Hat der Zustandsautomat festgestellt, dass die Netzspannung wiederhergestellt ist, wird das Schalten umgehend wieder aufgenommen und die SPLL-Stufe wird erneut synchronisiert (Resume State). Indem das Verhältnis zwischen $V_{ac,virtual}$ und $V_{ac,actual}$ in Verbindung mit der SPLL-Stufe als Entscheidungskriterium herangezogen wird, kann der Algorithmus die Zeitpunkte, zu denen das AC-Netz ausfällt und wiederhergestellt wird, unabhängig von Höhe und Frequenz der Eingangsspannung bestimmen. Da der Algorithmus das Verhältnis zwischen $V_{ac,virtual}$ und $V_{ac,actual}$ außerdem fortlaufend überwacht, kann er schneller reagieren als eine traditionelle Lösung, die lediglich feststellt, wann die eingangsseitige Netzwechselspannung auf null fällt. Hierbei können sich nämlich Verzögerungen ergeben, die zu hohen Stromspitzen und erheblichen Rückströmen führen können.



Bild: TI

VERFASST VON

Brent McDonaldSystem and Application
Engineer, Power Design
Services

Texas Instruments

Ergebnisse

Bild 5 verdeutlicht das Verhalten der zweiphasigen iTCM Totem-Pole PFC-Schaltung mit dem soeben beschriebenen

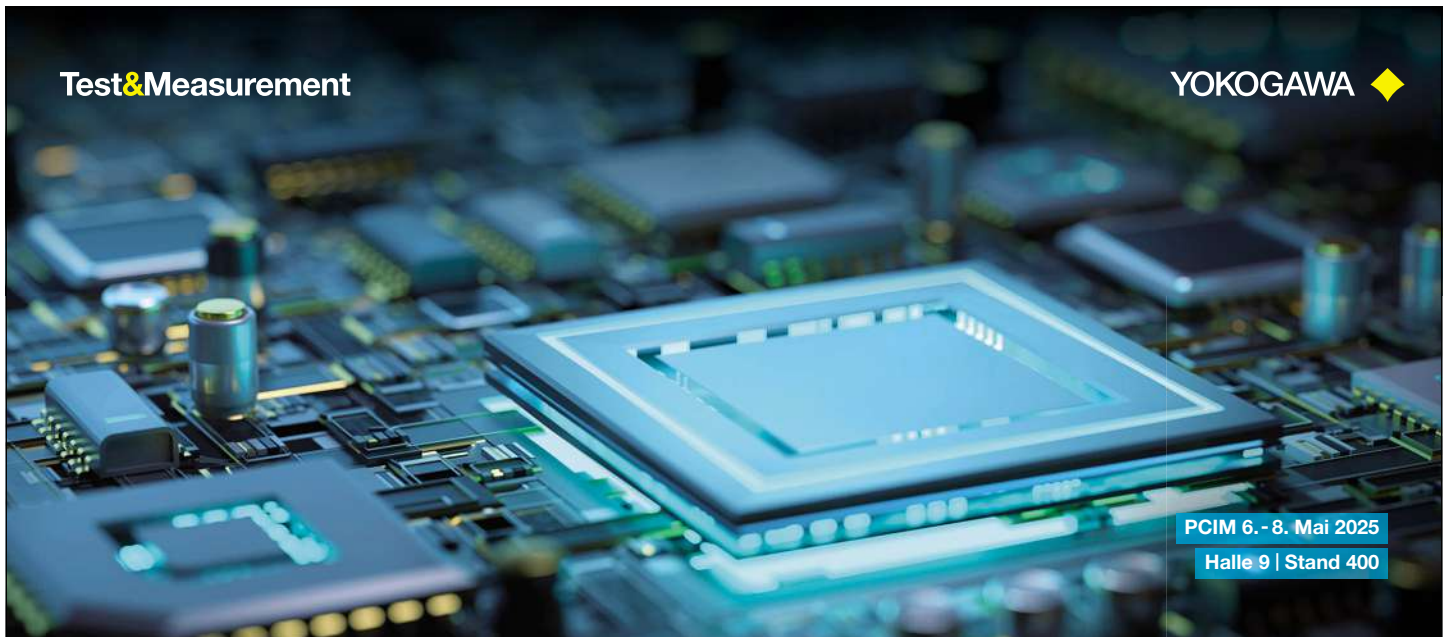
Algorithmus während eines Netzausfalls. Die Netzwechselspannung beträgt $230 V_{RMS}$ bei 60 Hz, die Ausgangsspannung 400 V. Die Ausgangsleistung von 5 kW entspricht bei 400 V einem Dauerstrom von 12,5 A. Für den Netzausfall wird eine Dauer von 20 ms angenommen, und um das System dem größtmöglichen Stress auszusetzen, wurde die Netzwechselspannung genau beim Scheitelwert wieder eingeschaltet. Hierbei sorgen die Bypass-Dioden für einen beträchtlichen Inrush-Strom in die Ausgangskondensatoren, wenn der Scheitelwert der AC-Netzspannung die Ausgangsspannung übersteigt.

Das Oszillogramm in Bild 5 zeigt außerdem eine Großaufnahme der Wiederherstellungsphase und belegt anschaulich, dass der PFC-Schalterstrom unter der OCP-Anschwelle liegt. Der minimierte Rückstrom verhindert einen unnötigen Abfall von V_{OUT} . Auch die Leitphasen der Bypass-Dioden zeigen kein anormales Verhalten, da der Algorithmus auf einfache Weise feststellen kann, ob die Eingangsspannung größer oder gleich der Ausgangsspannung ist.

Abgesehen von den vorteilhaften Netzausfall-Eigenschaften zeichnet sich das Design durch einen niedrigen Oberschwingungsgehalt, einen hohen Wirkungsgrad, eine hohe Leistungsdichte und ein schnelles Lastsprungverhalten aus, sodass sich ein rundum positives Eigenschaftsprofil ergibt. (mr)

Test&Measurement

YOKOGAWA ◆



PCIM 6. - 8. Mai 2025

Halle 9 | Stand 400

Das Oszilloskop DLM3000HD – High Definition

Ideal für Test- und Debugging-Anwendungen in den Bereichen Automotive, embedded Systeme, Leistungselektronik und Mechatronik.

NEU: Differenzastkopf mit 400 MHz Bandbreite



Precision Making

tmi.yokogawa.com/de

DATENÜBERTRAGUNG UND STROMVERSORGUNG ÜBER USB-C

USB-C und USB PD in batteriebetriebenen Systemen

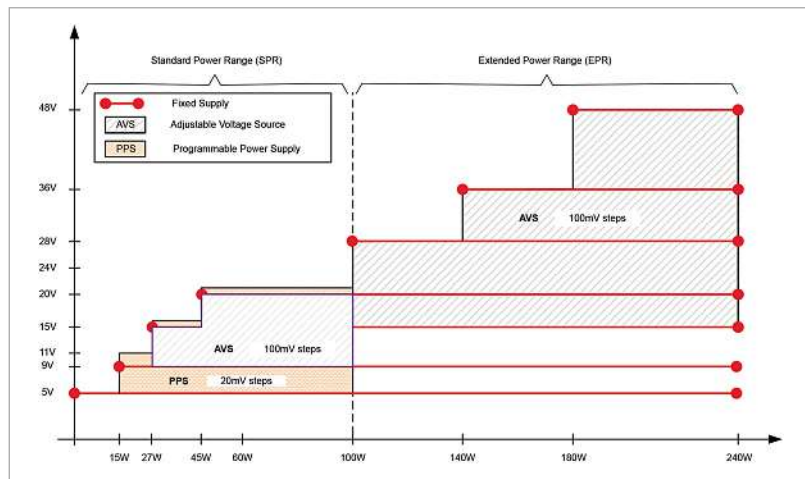


Bild 1: Leistungs- und Spannungsbereiche von USB PD 3.2.

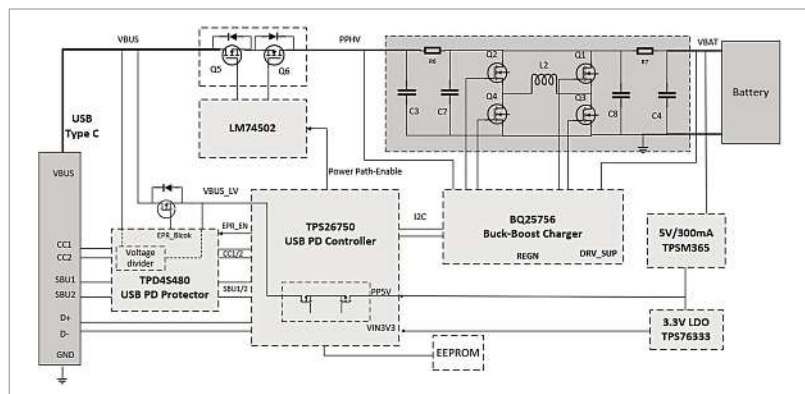


Bild 2: Blockschaltbild eines Referenzdesigns für einen EPR-Akkulader.

USB-C bietet die Möglichkeit, ein und dieselbe Schnittstelle für Datenübertragung und Stromversorgung zu nutzen. Mit USB Power Delivery (PD) werden die Möglichkeiten des USB-C-Steckverbinders noch weiter ausgebaut. Zunächst erlaubte USB PD 3.0 die bidirektionale Übertragung bis 100 W (20 V, 5 A). Dies ist die Standard Power Range (SPR). In der aktuellen Spezifikation USB PD 3.1 sind mit Extended Power Range (EPR) bis 240 W möglich, nämlich 28; 36 oder 48 V bei 5 A.

Neben der auf festgelegten Spannungen basierenden Anhebung im EPR-Modus muss die Stromversorgung auch die Spezifikationen für eine einstellbare Spannungsversorgung (Adjustable Voltage Supply, AVS) einhalten. Hier kann die Senke die Spannung in 100-mV-Schritten zwischen 15 und 48 V variieren. Außerdem bietet AVS der Senke die Flexibilität, Spannungen von beliebigen Ladegeräten entgegenzunehmen, sodass keine speziellen

Netzteile mehr benötigt werden. Bild 1 bietet eine Übersicht über die PPS- (Programmable Power Supply) und AVS-Bereiche im SPR- und EPR-Modus. Sowohl PPS als auch AVS bieten programmierbare Schrittweiten, aber für unterschiedliche Verwendungszwecke. AVS liefert dem System eine konstante Gleichspannung, um den Wirkungsgrad zu verbessern. PPS besitzt eine kleinere Schrittweite (20 mV) und kann einen Akku ohne den Umweg über ein Ladegerät direkt laden. Im Gegensatz zu AVS ändert sich bei PPS die zugehörige Spannung fortlaufend, da die Ladespannung mit zunehmender Aufladung des Akkus angehoben wird.

Portable batteriebetriebene Produkte wie Bluetooth-Lautsprecher oder Elektrowerkzeuge profitieren von USB-C, da der USB-C-Anschluss nicht nur zum Laden des jeweiligen Produkts, sondern auch zur Versorgung eines weiteren Geräts genutzt werden kann. Produkte, die ein Ladegerät verwenden, lassen sich hierfür nun mit einem USB-C- oder USB-PD-Controller kombinieren, um den USB-C-Port als Quelle oder Senke zu nutzen.

Um das Design des USB-PD-Ports für batteriebetriebene Produkte zu vereinfachen, bieten USB-PD-Controller eine I²C-Hostunterstützung zur direkten Steuerung des Ladegeräts. Dies ermöglicht eine Zwei-Chip-Lösung ohne externen Mikrocontroller, denn der USB-PD-Controller aktualisiert per I²C-Schnittstelle automatisch die Ladeparameter des Ladegeräts gemäß der über den USB-PD-Port bestimmten zugehörigen Leistung. Es muss keine Firmware entwickelt werden, um ein batteriebetriebenes Gerät mit einem USB-PD-Port auszustatten. Für diese Anwendung geeignet sind z.B. die USB-PD-Controller TPS25751 und TPS26750. Während es sich beim TPS25751 um einen SPR-PD-Controller handelt, unterstützt der EPR-PD-Controller TPS26750 die volle EPR-Leistung von 240 W.

Auf der Basis von Referenzdesigns können eigene Applikationen entwickelt werden. Im Referenzdesign „240W USB Type-C PD3.1 EPR Battery Charger Reference Design“ wird der TPS26750 mit dem bidirektionalen Buck/Boost-Ladecontroller BQ25756 kombiniert (Bild 2). Hierbei handelt es sich um eine integrierte USB-PD- und Ladelösung für Akkus mit 7 bis 14 Zellen, die in Elektrowerkzeugen, Staubsaugern, portablen Power-Stationen oder E-Bikes verwendet werden. Die Kommunikation zwischen TPS26750 und BQ25756 erfolgt per I²C-Schnittstelle (keine Firmware nötig). Über ein Tool zur kundenspezifischen Anpassung von Anwendungen für USB-C PD-Controller lässt sich der TPS26750 einfach programmieren.

Mit der Schaltung lassen sich Akkus mit einer Leistung bis 240 W aus einer Eingangsquelle laden, die konform zu USB PD 3.1 ist und im On-the-go-Modus maximal 48 V und 5 A liefert. Der BQ25756 kann dabei situationsabhängig zwischen den Betriebsarten Buck, Buck-Boost und Boost wechseln. Der hohe Integrationsgrad und das einfache Design reduzieren die Kosten und den Platzbedarf, und auch die Markteinführungszeit verkürzt sich. (kr)

POWER OF ELECTRONICS

29. – 30. OKTOBER 2025

VOGEL CONVENTION CENTER
Würzburg



ENTWICKELN MIT WEITBLICK –
360-Grad-Sicht auf die Elektronik

JETZT ZUM
FRÜHBUCHER-
PREIS
ANMELDEN

Der Kongress für Elektronikentwickler

Power of Electronics richtet sich an Elektronikentwickler, Ingenieure und Techniker, die fundiertes Fachwissen und erprobte Methoden suchen. Egal, ob Sie am Anfang Ihrer Karriere stehen oder erfahrener Experte sind.

Von der ersten Idee bis zum marktreifen Produkt: Power of Electronics liefert Wissen, Werkzeuge und Kontakte für erfolgreiche Elektronikentwicklung.

www.power-of-electronics.de

Ein Angebot von **ELEKTRONIK PRAXIS** – einer Marke der

VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

Cloud: Wo genau befindet sich eigentlich diese Cloud?

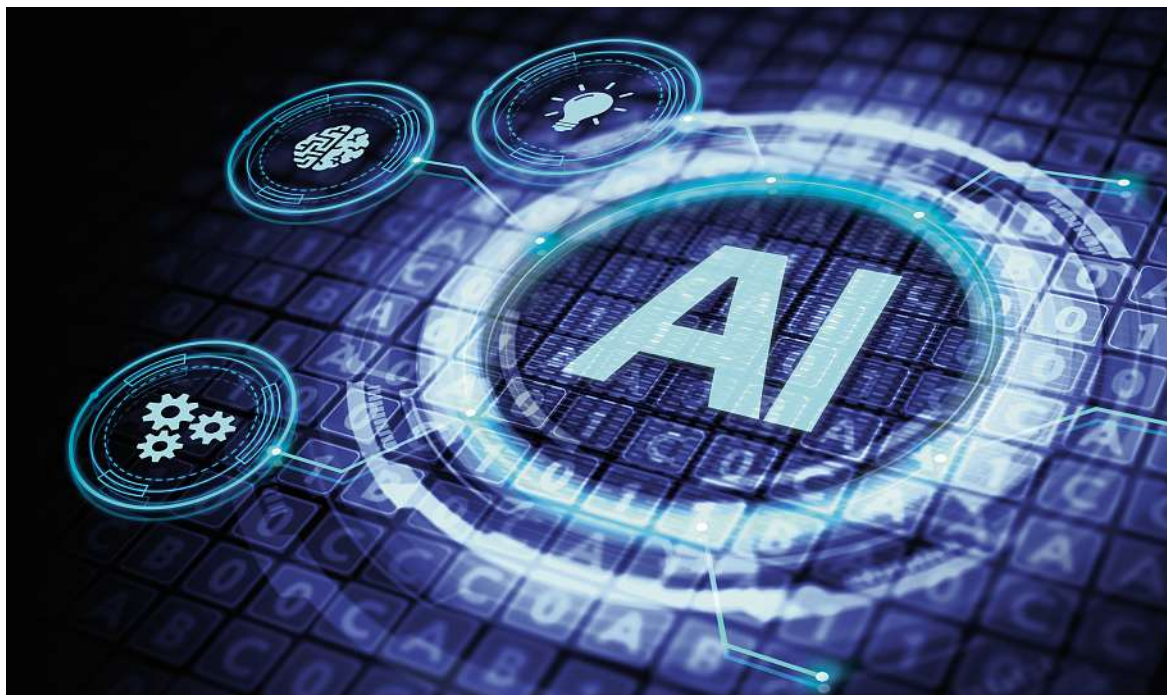


Bild: putlov_denis - stock.adobe.com

SIC-MOSFETS

Effizientere Leistungswandler in KI-Rechenzentren

Heute wird alles in der Cloud gespeichert, aber wo genau befindet sich die Cloud? Die Antwort liegt in einem Rechenzentrum – und unser nie endender Bedarf an mehr Bildern, mehr Videos und mehr von allem anderen bedeutet, dass der Markt für Rechenzentren boomt.

Laut der Internationalen Energieagentur (IEA) führt das enorme Wachstum im Bereich der künstlichen Intelligenz (KI) zu einem massiv steigenden Strombedarf in Rechenzentren, der sich zwischen 2022 und 2025 mehr als verdoppeln soll. Neben höheren Kosten belastet dies die alternde Stromversorgungsinfrastruktur, die bereits jetzt an ihre Leistungsgrenzen stößt und neue Investitionen erfordert. Der steigende Stromverbrauch der Rechenzentren erhöht zudem die Nachfrage nach Leistungshalbleitern, die elektrische Energie effizient umwandeln, Kosten senken und Treibhausgasemissionen auf dem Weg zu Netto-Null reduzieren. Es gibt auch anhaltende Forderungen nach Stromversorgungssystemen mit niedrigeren Gesamtsystemkosten und einer kompakteren Größe. Die Kühlung ist ein weiteres Problem für Rechenzentren und macht heute mehr als 40 % des Stromverbrauchs vor Ort aus. Geht es um die Effizienz von Stromversorgungen, wird die verschwendete Energie einfach als Wärme abgeführt – von den Klimaanlagen des Rechenzentrums. Eine effizientere Leistungswandlung bedeutet also weniger Wärme.

Anforderungen an die AC/DC-Wandlung

Was ist nun für die Stromversorgung in Rechenzentren erforderlich und wie reagieren die Halbleiterhersteller darauf? Die Leistungsdichte in Rechenzentren nimmt zu, und die Anbieter von Netzteilen arbeiten daran, höchste Leistung in ein Standard-1U-Rack zu packen (Bild 1). Die durchschnittliche Leistungsabgabe pro Rack betrug vor etwa einem Jahrzehnt noch etwa 4 bis 5 kW. Die heutigen Hyperscale-Cloud-Unternehmen (Amazon, Microsoft oder Facebook) benötigen in der Regel eher 20 oder 30 kW pro Rack. Einige Spezialsysteme gehen sogar noch weiter und erfordern 100 kW pro Rack oder mehr. Diese hohen Leistungsdichten erfordern kompakte Netzteile, die in einen kleinen Formfaktor passen. Sie müssen auch einen hohen Wirkungsgrad aufweisen, da weniger Platz zur Ableitung der durch Leistungsverluste erzeugten Wärme zur Verfügung steht. Die Herausforderung ist jedoch nicht nur, die Gesamteffizienz zu verbessern – Netzteile müssen auch die spezifischen Anforderungen für Rechenzentren erfüllen. So sollten alle Netzteile für KI-Rechenzentren die strenge Open-Rack-V3-/ORV3-Basispezifikation erfüllen.

VERFASST VON
Wonhwa Lee
Product Line Manager
onsemi

Vor kurzem haben Anbieter von Server-Racks ein neues AC/DC-Netzteil auf den Markt gebracht, das mit einem Nenneingangsbereich von 200 bis 277 VAC und einer Ausgangsspannung von 50 VDC arbeitet. Es erfüllt den ORV3-Standard, der einen Spitzenwirkungsgrad von über 97,5 % bei einer Last von 30 bis 100 % und einen Mindestwirkungsgrad von 94 % bei einer Last von 10 bis 30 % vorschreibt.

Topologien für Server-Rack-Netzteile

Als wichtiger Teil der AC/DC-Wandlung in Netzteilen ist ein hoher Wirkungsgrad der Leistungsfaktorkorrekturstufe (PFC) unerlässlich. Diese formt den Eingangsstrom, um das Verhältnis von Nutz- zu Gesamteingangsleistung zu maximieren. Zudem ist das PFC-Design entscheidend, um Vorgaben zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) gemäß IEC 61000-3-2 sowie Energieeffizienzstandards wie Energy Star einzuhalten.

Der beste Ansatz für die PFC-Stufe in vielen Anwendungen, insbesondere in Rechenzentren, ist die Totem-Pole-PFC-Topologie. Diese wird für den PFC-Block in der Stromversorgung für 3- bis 8kW-Systeme in Rechenzentren verwendet (Bild 2). Die Topologie basiert auf MOSFETs und verbessert die Effizienz und Leistungsdichte von AC-Versorgungen, indem sie den sperrigen und verlustbehafteten Brückengleichrichter entfernt. Um jedoch einen Wirkungsgrad von 97,5 % oder besser zu erreichen, wie er

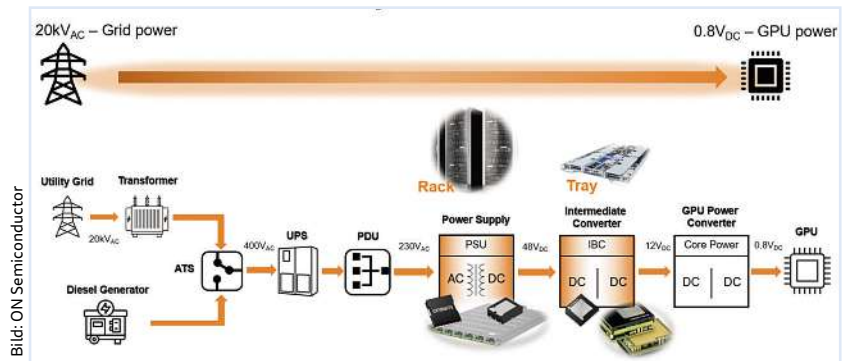


Bild 1: Stromversorgung eines Rechenzentrums vom Netz bis zur GPU.

von den Herstellern der Hyperscale-Rechenzentren vorgeschrieben wird, benötigt eine Totem-Pole-PFC MOSFETs, die ein Halbleitermaterial mit großem Bandabstand (WBG; Wide Band-Gap) wie Siliziumkarbid (SiC) verwenden.

Heute werden in allen PFC-Stufen SiC-MOSFETs für den schnell schaltenden Zweig verwendet, während siliziumbasierte Sperrschicht-MOSFETs für den Phasen- oder langsamen Zweig verwendet werden. SiC-MOSFETs weisen im Vergleich zu Si-MOSFETs eine bessere Leistungsfähigkeit und einen höheren Wirkungsgrad auf. Sie bieten außerdem eine überlegene Leistung bei hohen Temperaturen,

Bürklin bringt's Elektronik für Einkäufer. Ab 1 Stück.

Elektronikbeschaffung leicht gemacht!
Bürklin Elektronik ist Ihr verlässlicher Partner für hochwertige elektronische Komponenten führender Hersteller.
70.000 sofort verfügbare Produkte - heute bestellt, morgen geliefert.



Jetzt entdecken!

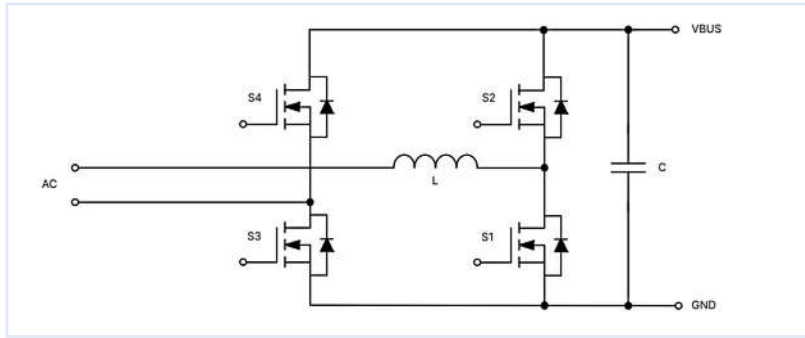


Bild 2: Totem-Pole-Leistungsfaktorkorrekturstufe.

sind robuster und können mit höheren Schaltfrequenzen betrieben werden.

Im Vergleich zu einem Si-basierten Super-Junction-MOSFET hat ein SiC-MOSFET einen niedrigeren Wert für die in seiner Ausgangskapazität gespeicherte Energie (EOSS). Bei geringer Last ist dies entscheidend, da der größte Schaltverlust in PFC-Stufen durch Bausteine mit relativ hoher EOSS und Gate-Ladung verursacht wird. Eine niedrigere EOSS minimiert Energieverluste beim Schalten und ermöglicht so eine höhere Effizienz im Totem-Pole-PFC-Schnellzweig. Darüber hinaus weist ein SiC-MOSFET im Vergleich zu einem Si-basierten Super-Junction-MOSFET einen besseren (positiven) Temperaturkoeffizienten von $R_{DS(ON)}$ auf. Der Grund: die überlegene Wärmeleitfähigkeit, die dreimal besser ist als bei Si-basierten Bausteinen. Bild 3 veranschaulicht die Beziehung zwischen Durchlasswiderstand und Sperrschichttemperatur für einen 650V-SiC-MOSFET. Der $R_{DS(ON)}$ bei einer Sperrschichttemperatur von 175 °C ist 1,5-mal höher als bei Raumtemperatur. Bild 4 zeigt die Beziehung zwischen Durchlasswiderstand und Sperrschichttemperatur für einen 650V-Sperrschicht-MOSFET. Der $R_{DS(ON)}$ bei einer Sperrschichttemperatur von 175 °C ist mehr als 2,5-mal höher als bei Raumtemperatur.

Vergleicht man Bausteine mit ähnlichem $R_{DS(ON)}$ – einen Si-basierten 650V-Sperrschicht-MOSFET und einem 650V-SiC-MOSFET – steigt der $R_{DS(ON)}$ eines 650V-Sperrschicht-MOSFET auf etwa 50 mΩ bei einer Sperrschichttemperatur (T_J) von 175 °C, während der $R_{DS(ON)}$ eines 650V-SiC-MOSFET bei gleicher T_J bei etwa 30 mΩ liegt. Bei hohen Betriebstemperaturen weist ein 650V-SiC-MOSFET

geringere Leitungsverluste auf. Im langsamen Zweig einer Totem-Pole-PFC sowie in einem LLC-Block dominieren die Leitungsverluste den Gesamtleistungsverlust. Der niedrigere $R_{DS(ON)}$ von SiC-MOSFETs verbessert bei höheren Sperrschichttemperaturen die Systemeffizienz.

SiC-MOSFETs zeichnen sich in Totem-Pole-PFC-Topologien durch ihren minimalen $R_{DS(ON)}$ -Anstieg bei hohen Temperaturen und bessere EOSS-Werte aus, was die Effizienz verbessert und Energieverluste verringert.

SiC für höhere Leistungsfähigkeit

Die 650V-SiC-MOSFETs der M3S-Serie bieten eine verbesserte Schalteistung und erhöhen die Systemeffizienz in PFC- und LLC-Stufen. Verglichen mit früheren Generationen weist die Technologie eine um 50 % geringere Gate-Ladung, 44 % niedrigere E_{OSS} -Werte sowie 44 % weniger gespeicherte Ladung auf. Dadurch lässt sich die Systemeffizienz in Anwendungen wie der Leistungsfaktorkorrektur (PFC) und der LLC-Resonanzstufe steigern.

Zudem verfügen diese MOSFETs über eine sehr niedrige Gate-Ladung (Q_g), was die Verluste im Gate-Treiber verringert. Eine geringe transiente Ausgangskapazität ($C_{OSS(TR)}$) reduziert die Zirkulationsverluste im Resonanzkreis, ermöglicht kürzere Totzeiten und minimiert Primärverluste. Insgesamt reduziert dies sowohl Gate-Treiber- als auch Primärleitungsverluste und macht diese Technologie für energieeffiziente Designs in Rechenzentren attraktiv.

Fazit

In diesem Beitrag haben wir aufgezeigt, wie der ständig steigende Strombedarf von Hyperscale-Rechenzentren neue, strenge Anforderungen an eine effiziente Stromwandlung stellt.

Die Effizienz der PFC- und LLC-Stufe lässt sich mit 650V-SiC-MOSFETs der M3S-Serie erheblich verbessern. MOSFETs mit geringer Gate-Ladung, niedrigen E_{OSS} -Werten sowie einer reduzierten gespeicherten Ladung (Q_{OSS}) steigern die Effizienz in hart schaltenden Topologien, wie sie in PFC- und LLC-Stufen zum Einsatz kommen. Dies führt insgesamt zu einem niedrigeren Stromverbrauch und reduzierten Betriebskosten, was die Technologie besonders für energieeffiziente Anwendungen in Rechenzentren geeignet macht. (mr)

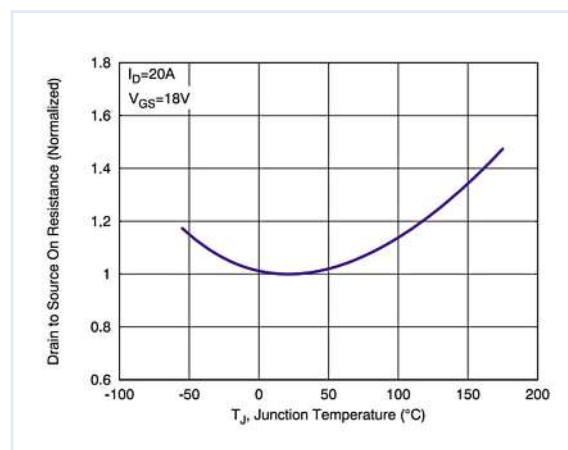


Bild 3: 650V-SiC-MOSFET – Durchlasswiderstand vs. Sperrschichttemperatur.

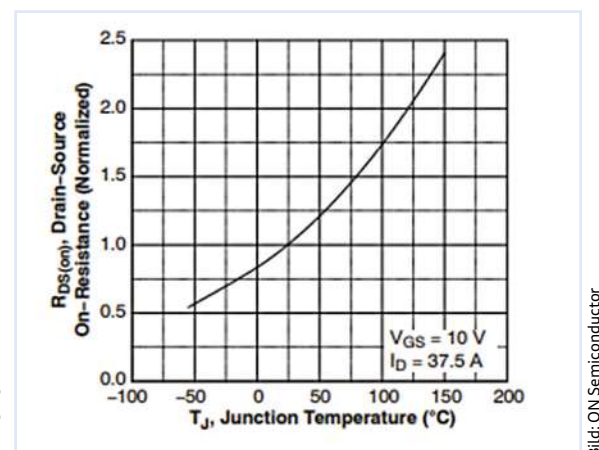


Bild 4: 650V-Si-Sperrschicht-MOSFET – Durchlasswiderstand vs. Sperrschichttemperatur.

DC/DC-WANDLER

Für Temperaturen bis 105 °C

Bild: FORTEC Power GmbH



Fortec Power stellt die neuen DC/DC-Wandler der Serie EC4DAW von Cincon vor. Diese bieten eine Leistung von 6 W, einen Eingangsspannungsbereich von 4:1 und verschiedene Ausgangsspannungen. Die Abmessungen betragen 24,2 x 13,7 x 10 mm. Der Wirkungsgrad liegt bei bis zu 87%. Die Einhal-

tung des Standards MIL-STD-810F für Schock und Vibration zeigt, dass die Geräte auch in anspruchsvollen Umgebungen zuverlässig arbeiten. Darüber hinaus ermöglicht die Remote On/Off-Funktion eine verbesserte Steuerung und bietet Flexibilität für unterschiedlichste Systemanforderungen. Die EC4DAW-Serie bietet Kurzschlusschutz mit automatischem Neustart, erfüllt die Sicherheitsanforderungen nach IEC/EN/UL 62368-1 und verfügt über eine Isolation mit einer Prüfspannung von 3000 V DC zwischen Eingang und Ausgang. Um die Anforderungen der EN 55032 Klasse A zu erfüllen, wird nur ein externer Kondensator benötigt. Diese Eigenschaften und der Betriebstemperaturbereich von -40 °C bis 105 °C machen die EC4DAW-Serie ideal für den Einsatz in Industrie und Telekommunikation.

SCHALTREGLER-ICS

TinySwitch-IC-Reihe mit 175 W

Power Integrations hat die Einführung des TinySwitch-5 angekündigt, der die Ausgangsleistung der beliebten Familie integrierter Off-Line-Schaltregler-ICs auf bis zu 175 W erhöht. Der neue TinySwitch-5 erzielt einen Wirkungsgrad von bis zu 92 Prozent, indem er eine einfache Diodengleichrichtung und Optokoppler-Rückkopplung nutzt.

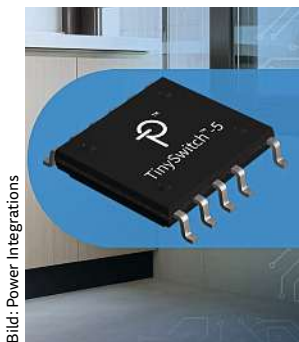


Bild: Power Integrations

TinySwitch-ICs werden häufig für Hilfs- und Versorgungsspannungen in Haushaltsgeräten sowie in Computer-, Kommunikations-, Industrie- und medizinischen Anwendungen eingesetzt. TinySwitch-ICs waren die ersten mit der preisgekrönten EcoSmart-Technologie von Power Integrations. TinySwitch-5 Schaltregler-ICs verfügen über eine fortschrittliche Steuerungslogik, die Schaltfrequenz und Leistungsabgabe optimal regelt. Dies ermöglicht Netzteile, die mühelos die von der Europäischen Kommission in der ErP-Richtlinie 2009/125/EG festgelegte Grenze von 300 mW Leistungsaufnahme bei geringer Last einhalten und dennoch bis zu 220 mW Ausgangsleistung für Display-, Steuerungs- und Kommunikationsfunktionen bereitstellen.

pcim

mesago

06. – 08.05.2025
NÜRNBERGJetzt Ticket
sichern!Erleben Sie die
Welt der Leistungs-
elektronik

Werden Sie Teil der führenden Fachmesse und entdecken Sie die neuesten Trends und Produkte entlang der gesamten Wertschöpfungskette hautnah.

Mehr erfahren: pcim.mesago.com/besucher

Messe Frankfurt Group

ELEKTRONIK
PRAXISAlle Ausgaben
digital lesen

[www.elektronikpraxis.de/
heftarchiv](http://www.elektronikpraxis.de/heftarchiv)

12348

ELEKTRONIK
PRAXIS

ist eine Marke der

VOGEL COMMUNICATIONS
GROUP

Beilagenhinweis

Dieser Ausgabe liegt eine Beilage der Firma
RCT Reichelt Chemietechnik, Heidelberg, bei.
Wir bitten freundlichst um Beachtung.

LEISTUNGSKENNZAHLEN C_{OFF} UND $C_{DS(OFF)}$

CMOS- und Halbleiterrelais sinnvoll vergleichen

$C_{DS(OFF)}$ ist ein wichtiger Wert für die Auswahl eines Schalters. Mit ihm lassen sich die Leistungsfähigkeit von CMOS-Schaltern und Halbleiterrelais direkt vergleichen. So berechnen Sie den Wert.

Bild 1:
Off-Isolation vs.
Frequenz beim
ADG5412,
Spannungsver-
sorgung ± 15 V.

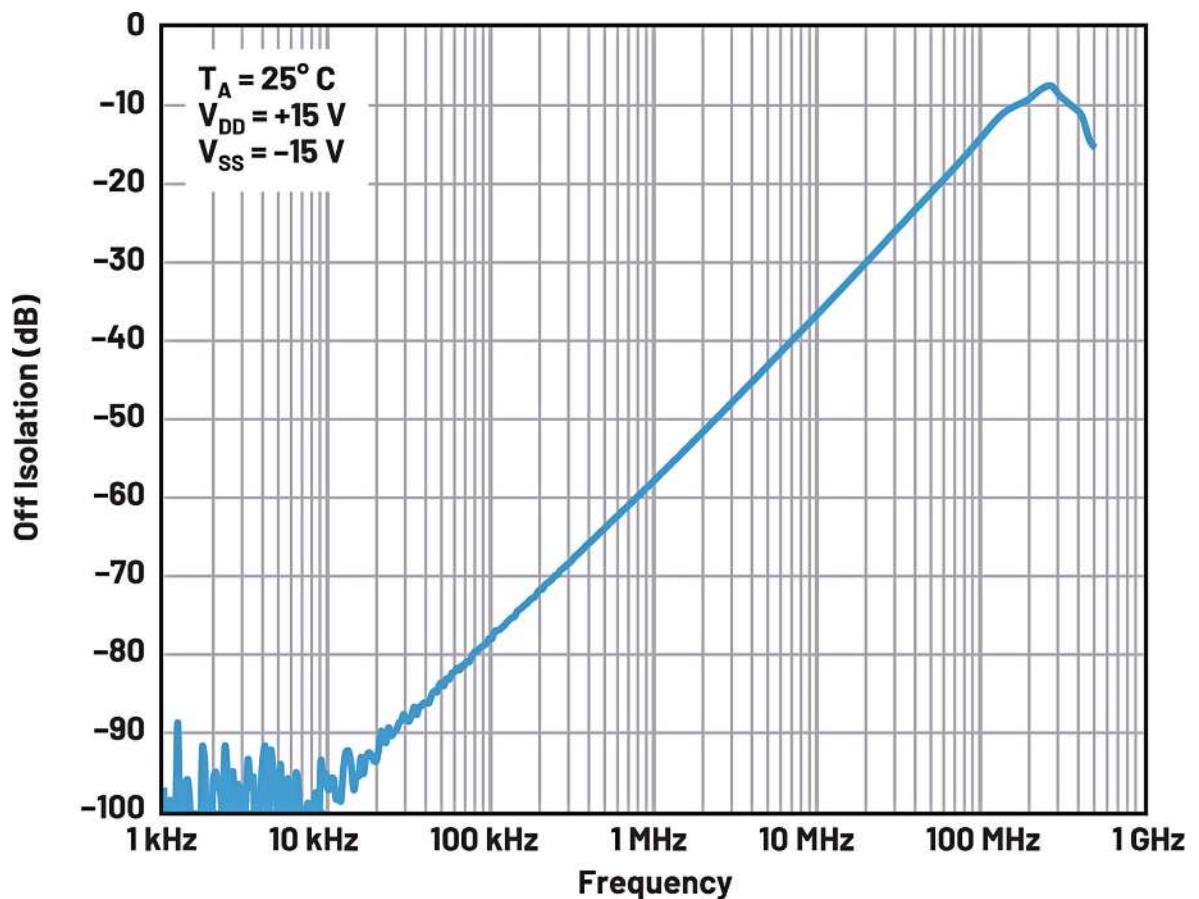


Bild: ADI

Die Off-Kapazität zwischen Source und Drain, $C_{DS(OFF)}$, ist ein Maß dafür, ob ein ausgeschalteter Halbleiterschalter die Einkopplung eines Signals am Source-Anschluss zum Drain-Anschluss unterbindet.

Dabei handelt es sich um eine gängige Kennzahl für Halbleiterrelais (die auch unter den Bezeichnungen PhotoMOS, OptoMOS, Photorelais oder MOSFET-Relais bekannt sind). Diese Kennzahl wird in den Datenblättern von Halbleiterrelais häufig als Ausgangskapazität (C_{OUT}) bezeichnet.

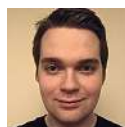


Bild: ADI

VERFASST VON
Stephen Nugent
Applikationsingenieur
Analog Devices

Bei CMOS-Schaltern ist dieser Wert in der Regel nicht angegeben. Hier wird stattdessen die Off-Isolation angegeben, eine andere Methode, die den Anteil eines Signals, das am Source-Anschluss eines ausgeschalteten Schalters anliegt und zum Drain-Anschluss einkoppelt, charakterisiert. In diesem Artikel wird erläutert, wie C_{OUT} aus der Off-Isolation hergeleitet und wie dieser Wert verwendet werden kann, um die Leistung von Halbleiterrelais und CMOS-Schaltern besser zu vergleichen. Dies ist wichtig, da CMOS-Schalter für viele Anwendungen geeignet sind, bei

denen Halbleiterrelais eingesetzt werden, z. B. zum Schalten von Gleichstrom- und Hochgeschwindigkeits-Wechselstromsignalen.

Herleitung von $C_{DS(OFF)}$ aus der Off-Isolation

Bild 1 zeigt das typische Verhalten der Off-Isolation in Abhängigkeit von der Frequenz für den ADG5412. Diese Darstellung zeigt, dass die Off-Isolation mit zunehmender Signalfrequenz am Source-Anschluss abnimmt.

Das bedeutet, dass mit zunehmender Frequenz mehr vom am Source anliegenden Signal am Drain eines ausgeschalteten Schalters auftaucht. Dies ist nicht verwunderlich, wenn man sich das Ersatzschaltbild für einen Schalter im ausgeschalteten Zustand anschaut, wie es die Prüfschaltung in Bild 2 zeigt. Bei geöffnetem Schalter ist eine parasitäre Kapazität zwischen Source und Drain vorhanden, die in Bild 2 als $C_{DS(OFF)}$ dargestellt ist. Diese parasitäre Kapazität ermöglicht den Durchgang von Hochfrequenzsignalen, was durch den Graphen der Off-Isolation beschrieben wird.

Die Off-Isolation wird durch Einsetzen der Werte U_S und U_{OUT} aus der Prüfschaltung in Bild 2 in Gleichung 1 berechnet. Mithilfe der Ergebnisse der Off-Isolation in Kombination mit dem Ersatzschaltbild eines offenen Schalters kann $C_{DS(OFF)}$ in einem CMOS-Schalter berechnet werden. Wenn wir zunächst den Ausschaltkanal und die Last betrachten, können wir die Schaltung mit einem Hochpassfilter vergleichen (Bild 3). Die Übertragungsfunktion der gezeigten Schaltung kann anschließend gemäß Gleichung 2 hergeleitet werden.

Als nächstes betrachten wir die Source-Spannung U_S und die zugehörige Source-Impedanz aus Bild 2. Die Source-Impedanz R_S beträgt $50\ \Omega$ und entspricht der Lastimpedanz R_L von $50\ \Omega$. Wenn wir den Idealfall annehmen, dass $C_{DS(OFF)}$ ein Kurzschluss ist, dann ist U_S das Doppelte von U_{IN} , da die Impedanzen gleich sind. Das bedeutet, dass bei der Berechnung der Übertragungsfunktion im Verhältnis zu U_S die Gesamtübertragungsfunktion verdoppelt wird.

Die Übertragungsfunktion des Gesamtsystems errechnet sich somit nach Gleichung 3. Diese Übertragungsfunktion wird dann in Gleichung 1 zur Off-Isolation eingesetzt (Gleichung 4). Gleichung 4 wird anschließend nach $C_{DS(OFF)}$ aufgelöst (Gleichung 5).

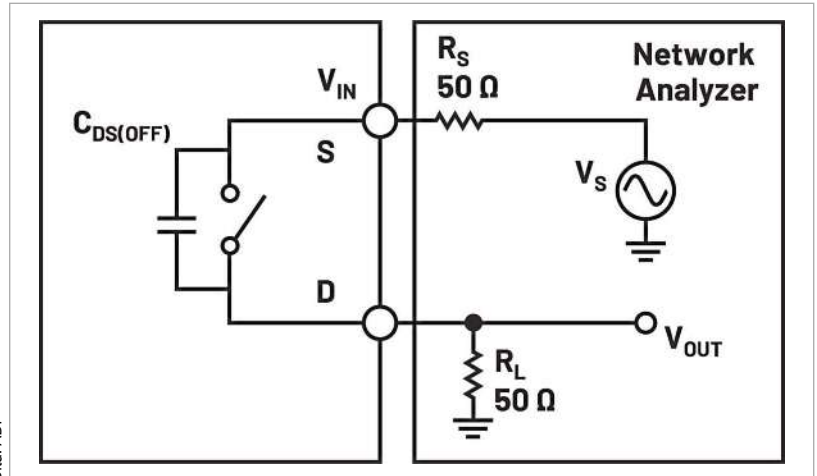


Bild 2:
Prüfschaltung zur
Messung der Off-Isolation.

Dies bedeutet, dass $C_{DS(OFF)}$ berechnet werden kann, wenn wir R_L , die Frequenz des Eingangssignals f und den Wert für die Off-Isolation in dB kennen. Diese Werte sind in den Datenblättern der Schalter- oder Multiplexer zu finden. Das nachfolgende Beispiel zeigt, wie die Berechnung erfolgen kann.

Berechnungsbeispiel für $C_{DS(OFF)}$

In diesem Beispiel wird der SPI-gesteuerte Vierfach-SPST-Schalter ADGS1612 verwendet. Die Off-Isolation beträgt -65 dB und kann dem Datenblatt entnommen werden. Im Abschnitt über die Prüfbedingungen für die Off-Isolation wird R_L mit $50\ \Omega$ und die Signalfrequenz f mit 100 kHz angegeben. Durch Einsetzen dieser Werte in Gleichung 4 kann der Kapazitätswert berechnet werden (Gleichung 6).

Zu beachten ist, dass die Messschaltung für die Off-Isolation bei Schaltern und Multiplexern einen zusätzlichen $50\text{-}\Omega$ -Abschluss vor dem Source-Pin des Schalterkanals enthalten kann, wie in Bild 4 dargestellt. Die Gleichung für $C_{DS(OFF)}$ kann weiterhin mit Werten für die Off-Isolation verwendet werden, die auf diese Weise gemessen wurden. Wird ein $50\text{-}\Omega$ -Abschlusses am Source-Pin verwendet, müssen jedoch 6 dB zur Off-Isolation aus dem Datenblatt addiert werden, bevor diese in Gleichung 6 eingesetzt wer-



Relais mit zwangsgeführten Kontakten

Zuverlässig • Individuell • Zwangsgeführt nach IEC 61810-3

Schaltströme ab 3 mA bis 16 A, Antriebsleistung ab 200 mW, 2 bis 10 Kontakte

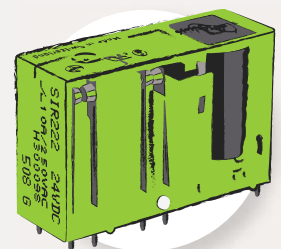
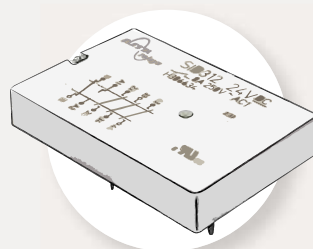
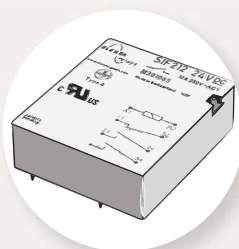
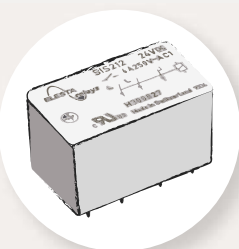


Bild 3:
Hochpassfilter aus $C_{DS(OFF)}$ und R_L .

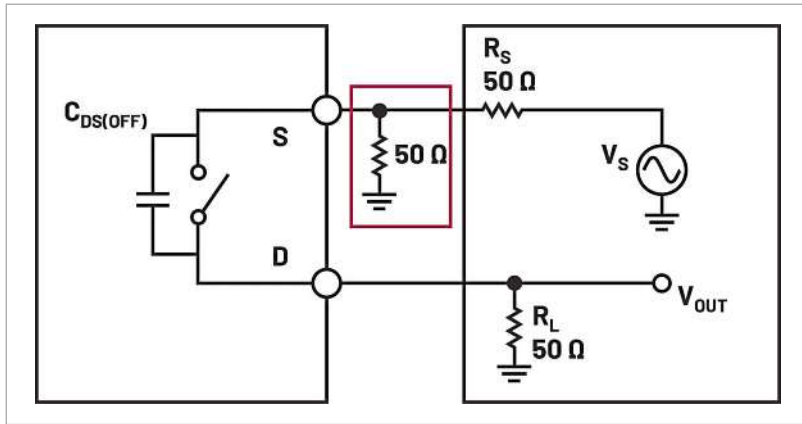
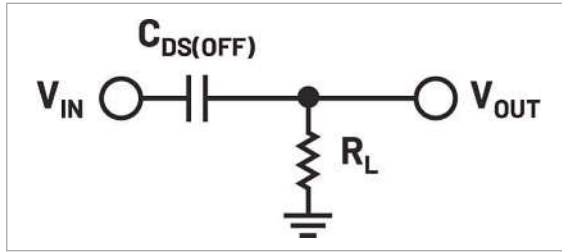


Bild 4: Prüfschaltung für die Off-Isolation mit einem 50-Ω-Abschluss am Source-Anschluss.

$$Off\ Isolation = 20 \log_{10} \frac{V_{OUT}}{V_S} \quad (Gl. 1)$$

$$\frac{V_{OUT}(s)}{V_{IN}(s)} = \frac{R_L}{R_L + \frac{1}{C_{DS(OFF)}s}} = \frac{R_L C_{DS(OFF)}s}{1 + R_L C_{DS(OFF)}s} \quad (Gl. 2)$$

Bild 5:
Formeln zur Herleitung des $C_{DS(OFF)}$ zum Vergleich der Leistungskennwerte von Halbleiterrelais und CMOS-Schaltern.

$$H(s) = \frac{V_{OUT}(s)}{V_S(s)} = \frac{2R_L C_{DS(OFF)}s}{1 + R_L C_{DS(OFF)}s} \quad (Gl. 3)$$

$$\begin{aligned} Off_{iso} &= 20 \log_{10} \left(\frac{2R_L C_{DS(OFF)}s}{1 + R_L C_{DS(OFF)}s} \right) \\ &= 20 \log_{10} \left(\frac{2j2\pi f R_L C_{DS(OFF)}}{1 + j2\pi f R_L C_{DS(OFF)}} \right) \text{ as } s = j2\pi f \end{aligned} \quad (Gl. 4)$$

$$C_{DS(OFF)} = \frac{1}{2\pi f R_L \left(\frac{2}{10^{Off_{iso}/20}} - 1 \right)} \quad (Gl. 5)$$

$$\begin{aligned} C_{DS(OFF)} &= \frac{1}{2\pi f R_L \left(\frac{2}{10^{Off_{iso}/20}} - 1 \right)} \\ &= \frac{1}{2\pi (100 \times 10^3)(50) \left(\frac{2}{10^{-65/20}} - 1 \right)} \approx 9 \text{ pF} \end{aligned} \quad (Gl. 6)$$

den. Damit wird die Tatsache kompensiert, dass der 50-Ω-Abschluss am Source-Anschluss die Spannung um die Hälfte verringert, was -6 dB entspricht.

CMOS-Schalter versus Halbleiterrelais

Tabelle 1 (online) zeigt die $C_{DS(OFF)}$ -Werte für eine Auswahl von Schaltern aus dem Portfolio von Analog Devices. Die Familien ADG54xx und ADG52xx können Signalspannungen mit einem Hub bis 44 V verarbeiten, während die Familien ADG14xx und ADG12xx Signalspannungen mit einem Hub bis 33 V verarbeiten können. Dies entspricht Signalbereichen von 30 V und 40 V für Halbleiterrelais. Die letzte Spalte der Tabelle zeigt zudem, wie $C_{DS(OFF)}$ in Verbindung mit dem Einschaltwiderstand verwendet werden kann, um das Produkt aus R_{ON} und $C_{DS(OFF)}$ zu berechnen, das bei Halbleiterrelais als Leistungskennzahl verwendet wird. Das Produkt aus R_{ON} und $C_{DS(OFF)}$ gibt an, wie wenig ein Schalter ein Signal dämpft, wenn er eingeschaltet ist, und wie gut ein Schalter Hochgeschwindigkeitssignale im ausgeschalteten Zustand blockieren kann. Die Tabelle zeigt, dass der ADG1412 ein Produkt R_{ON} und C_{OFF} von weniger als 5 aufweist, was im Vergleich zu den auf dem Markt befindlichen Halbleiterrelais äußerst wettbewerbsfähig ist.

CMOS-Schalter haben noch weitere Vorteile im Vergleich zu Halbleiterrelais.

Einfacher anzusteuern Schaltlogik: Der digitale Eingangsstrom für die meisten CMOS-Schalter von ADI beträgt 1 nA, während der empfohlene Durchlassstrom für die Diode bei Halbleiterrelais bei 5 mA liegt. Dies bedeutet, dass CMOS-Schalter einfach direkt über die GPIOs von Mikrocontrollern gesteuert werden können.

Schnellere Schaltgeschwindigkeiten: Der ADG1412 hat eine typische Einschaltzeit von 100 ns. Im Vergleich dazu haben Halbleiterrelais Einschaltzeiten im Bereich von mehreren hundert Millisekunden.

Mehr Schalter pro Gehäuse: Beispielsweise verfügt der ADGS1414D über acht Schaltkanäle mit einem Einschaltwiderstand von 1,5 Ω und einem $C_{DS(OFF)}$ von 5 pF in einem 5 mm × 4 mm großen Gehäuse. Das ist ein Schalter pro 2,5 mm² Gehäusefläche.

Fazit: Bei Halbleiterrelais ist der Wert für C_{OFF} ein Maß für die Kapazität über dem Schalter, die die Kopplung von Signalen vom Eingang zum Ausgang des geschlossenen Schalters ermöglicht. Bei CMOS-Schaltern wird diese Kapazität nicht direkt gemessen, jedoch ist die Angabe der Off-Isolation ein Maß für die Wirkung dieses Kondensators. Die Off-Isolation in dB, die Frequenz des Eingangssignals und der Lastwiderstand können zur Bestimmung von $C_{DS(OFF)}$ verwendet werden, indem die Übertragungsfunktion eines offenen Schalters hergeleitet wird.

Der Wert für $C_{DS(OFF)}$ ist wichtig für den Vergleich von CMOS-Schaltern mit Halbleiterrelais mit angegebenem Wert für C_{OUT} . Darüber hinaus kann $C_{DS(OFF)}$ auch zur Berechnung des Produkts aus R_{ON} und $C_{DS(OFF)}$ verwendet werden, einer Leistungskennzahl, die die Gesamtleistung eines Schalters in Bezug auf Off-Isolation und Signalverluste angibt. Dies ermöglicht einen direkten Vergleich zwischen CMOS-Schaltern und Halbleiterrelais bei der Auswahl eines Schalters für eine Anwendung. CMOS-Schalter haben außerdem viele Vorteile gegenüber Halbleiterrelais, insbesondere die einfachere Ansteuerung der Schaltlogik, schnellere Schaltgeschwindigkeiten sowie die Möglichkeit, mehr Schalter in einem Gehäuse unterzubringen. (kr)

DC-SPANNUNGSRELAIS**Zuverlässige Stromversorgung im Spannungsbereich bis DC 1.000 V**

Gleichstromnetze finden in der Bahntechnik, Rechenzentren, in der Stromversorgung von Schiffen oder in Photovoltaikanlagen Anwendung. Die Möglichkeit, Gleichstrom aus erneuerbaren Energien in Batteriespeichern vorzuhalten und bei Bedarf abzurufen, führt zu einer weiteren Verbreitung von DC-Netzen. So auch in der Ladeinfrastruktur von Elektrofahrzeugen oder der Industrie. Wurde der elektrische Strom bisher aus einem AC-Netz – meist über mehrere Spannungsebenen hinweg – bereitgestellt und dezentral sowie verlustbehaftet in Gleichstrom umgesetzt, reduzieren sich bei einem Gleichstromnetz mit zentraler Gleichrichtung und der Einbindung von erneuerbaren Energiequellen der Verdrahtungsaufwand sowie die Wandlungsverluste. So entfällt beispielsweise die Gleichrichtung in drehzahlveränderbaren Antrieben von Förderbändern oder Roboterantrieben



Bild: Dold

in hochautomatisierten Produktionsanlagen. Eine hohe Bedeutung kommt dabei der Zuverlässigkeit solcher Stromversorgungen zu. Bei Abweichungen vom Soll-Zustand müssen Regelverfahren zur Stabilisierung der Spannung eingeleitet oder im Extrem-

fall sogar eine Abschaltung herbeigeführt werden. Das 22,5 mm schmale DC-Spannungsrelais UG 9831 der Serie Variometer von Dold misst die Spannung im weiten Spannungsbereich von DC 20 bis 1.000 V und überwacht anhand der eingestellten Ansprechschwellen auf Unter- und Überspannung. Mittels rastender Drehschalter werden die Ansprechschwellen an der Gerätefront exakt eingestellt, mit einer plombierbaren Klarsichtabdeckung vor Manipulation geschützt und Sollwertabweichungen über potentialfreie Wechslerkontakte gemeldet, um Gegenmaßnahmen einzuleiten. Werden kontinuierliche Messdaten benötigt, bietet die

Geräteausführung UG 9431 mit integrierter Schnittstelle für Modbus RTU eine einfache Parametrierung, Überwachung und Diagnose von Gleichstromnetzen. Auch hier stehen Wechslerkontakte zur Meldung oder Ansteuerung von Signallampen zur Verfügung.

HOCHGESCHWINDIGKEITS-FOTORELAIS**Bessere Effizienz von Halbleitertestern durch kürzere Einschaltzeiten**

Toshiba hat zwei neue Fotorelais vorgestellt, die erhebliche Verbesserungen besonders bei der Verwendung in Halbleitertestern mit sich bringen sollen. Die Fotorelais TLP3414S und TLP3431S bieten im Vergleich zu ihren Vorgängern bis zu 62 % kürzere Einschaltzeiten – ohne j Leistungseinbußen. Darüber hinaus werden sie in einem kompakten Gehäuse angeboten, das 20 % kleiner ist als bisher und somit wert-

vollen Platz auf der Leiterplatte spart. Damit eignen sich die Fotorelais für Pin-Elektronik-Anwendungen in Halbleitertestern, die Prüflinge (DUTs) mit hoher Genauigkeit und Geschwindigkeit messen und gleichzeitig Signale schalten.

Die Fotorelais punkten laut Hersteller mit einer hocheffizienten optischen Kopplung dank verbesserter Infrarot-LED-Leistung und optimiertem Design der Fotodioden-Ar-

rays. Dies ermöglicht eine schnelle Einschaltzeit von maximal 150 µs. Im Vergleich zu den Vorgängermodellen ist die Einschaltzeit des TLP3414S um 50 % und die des TLP3431S um ca. 62 % kürzer, was einen deutlichen Geschwindigkeitsgewinn darstellt.

Die kürzeren Einschaltzeiten wurden ohne Einbußen bei der Signaldämpfung erreicht. Der Einschaltwiderstand beträgt beim TLP3414S max. 3 Ω und beim TLP3431S max. 1,2 Ω. Die Ausgangskapazität beträgt bei beiden Modellen typischerweise 6,5 pF, was bei der Reduzierung der hochfrequenten Signalverluste bei ausgeschaltetem Ausgang eine entscheidende Rolle spielt. Die nominelle Ausgangssperrespannung im ausgeschalteten Zustand und der Nennstrom im eingeschalteten Zustand beträgt 40 V/250 mA beim TLP3414S und 20 V/450 mA beim TLP3431S.

Die Fotorelais kommen im aktuellen VSON4T-Gehäuse des Herstellers, das 1,45 mm × 2,0 mm × 1,3 mm misst. Im Vergleich zu früheren Gehäusen verringert sich damit die Montagefläche um etwa 20 %, was die Miniaturisierung von Geräten und Bauteilen fördert.

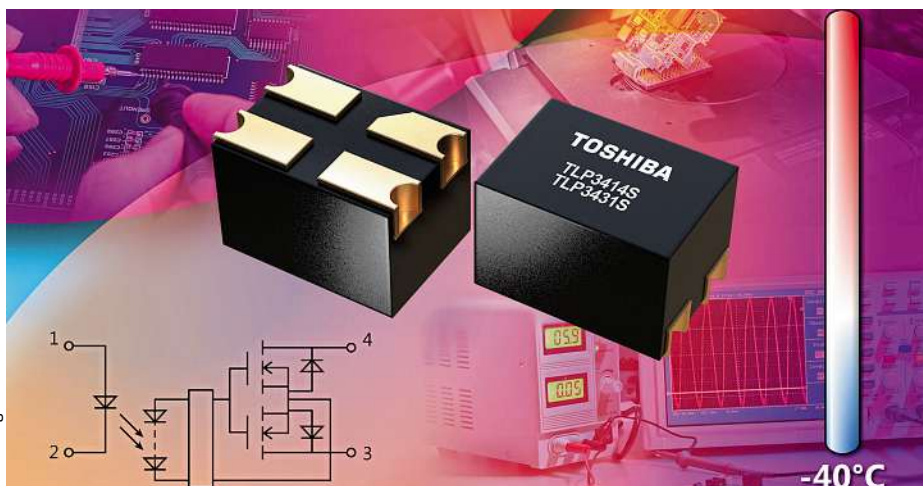


Bild: Hongfa

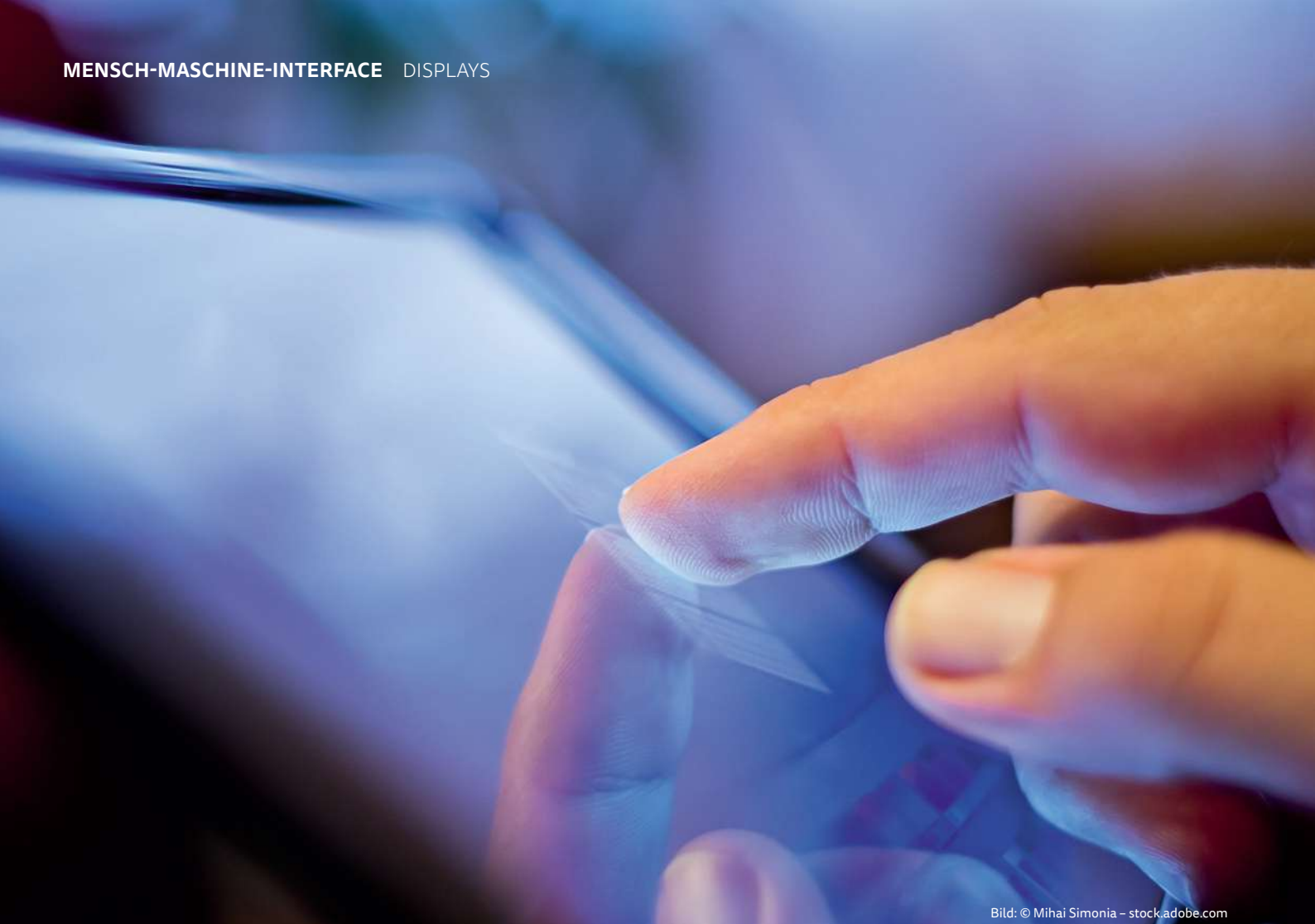


Bild: © Mihai Simonia – stock.adobe.com

Displays mit Touchfunktion: Sie sind eine Erweiterung eines Displays und in nahezu allen Größen erhältlich. Es gibt zwei verschiedene Arten von Touchdisplays.

DISPLAYAUSWAHL

Welches Display sich für welches Projekt eignet

Bei der Entwicklung neuer Geräte oder der Modernisierung bestehender Designs stellt die Display-Wahl eine Herausforderung dar. Technologien wie LC-Display, IPS und OLED bestimmen den Energiebedarf, die Einsatzmöglichkeiten und das Nutzererlebnis.

Die Auswahl an Displays ist immens: Von einfachen STN- (Super-Twisted-Nematic-)Textanzeigen über Grafikdisplays bis hin zu hochauflösenden Farbmodulen mit Touchsteuerung. Auch die Einsatzbereiche und der Zusatznutzen sind sehr vielfältig. Dieser Beitrag soll als Leitfaden bei der Erstellung eines Pflichtenhefts dienen – besonders für alle Entwicklerinnen und Entwickler, die ein geeignetes Display für ein neues Gerät oder ein Upgrade wählen müssen.

VERFASST VON
Ralph Tischer
Entwicklungsleiter
DISPLAY VISIONS

Warum es kein ideales Display gibt

Noch immer existiert kein Universaldisplay, das alle Anforderungen gleichermaßen erfüllt und zugleich günstig in der Anschaffung ist. Monochrome Displays beispielsweise bieten zwar ein weniger ansprechendes Erscheinungsbild als farbige Modelle, sind jedoch stromsparend und in der Regel sehr gut bei hellem Umgebungslicht ablesbar. OLEDs wiederum gelten als moderne Technologie mit einem sehr guten Kontrast und Rundum-Blickwinkel,

können aber meist nicht uneingeschränkt als Ersatz für klassische LC-Displays dienen. Ein sinnvoller Ansatz, um die riesige Modellvielfalt einzugrenzen, führt über den konkreten Anwendungsfall und die zu priorisierenden Anforderungen. Denn Faktoren wie Stromverbrauch, Akkukapazität, Lebensdauer, Kosten und nicht zuletzt die benötigte Helligkeit müssen früh im Entwicklungsprozess festgelegt werden. In kompakten, akkubetriebenen Geräten ist vor allem ein kleines, möglichst flaches Display gefragt. Häufig darf die Breite die 80 mm nicht überschreiten, was beispielsweise für ein 3,5-Zoll-Display im Hochformat (Portrait-Modus) spricht. In diesem Bereich stehen sowohl kostengünstige Farbdisplays als auch hochwertige IPS-Varianten mit guten Helligkeitswerten zur Verfügung.

Der Strombedarf eines Displays – und damit vor allem dessen Hintergrundbeleuchtung – kann für tragbare Geräte kritisch werden. Als Anhaltspunkt: Ein 3,5-Zoll-Farbdisplay benötigt im Betrieb eine Leistung von ungefähr 450 mW. Bei acht Stunden Laufzeit pro Tag und einer Versorgungsspannung von 3,7 V mit einem LiPo-Akku ergibt sich eine erforderliche Akkukapazität von $C = (\text{Leistungsbedarf} \times \text{Betriebsdauer}) / \text{Spannung}$. Mit Werten ergibt sich: $C = (8 \text{ h} \times 450 \text{ mW}) / 3,7 \text{ V} \approx 1.000 \text{ mAh}$. Der Energiebedarf des Controllers und weiterer Baugruppen kommt zusätzlich hinzu.

Monochrome Displays benötigen oft nur ein Drittel oder sogar ein Zehntel dieser Leistung und erlauben damit gleichzeitig kleinere, stromsparendere Controller. Wird ihre Hintergrundbeleuchtung abgeschaltet, reduziert sich der Stromverbrauch zusätzlich, während die Anzeige noch immer ablesbar bleibt. So kommt ein 2,8-Zoll-Monochromdisplay, wie EA DOGL128W, zwischen 350 μA und 50 mA im Betrieb. Das ermöglicht eine beträchtlich längere Akkulaufzeit.

Anwendungen für Outdoor-Applikationen

Für Applikationen im Freien sind ein großer Temperaturbereich und gute Ablesbarkeit bei direktem Sonnenlicht entscheidend. Letzteres verlangt wahlweise eine reflektive/transflective Displayausführung oder eine sehr helle Hintergrundbeleuchtung. Typische Werte liegen bei rund 1.000 cd/m^2 – was ein spezielles LED-Backlight voraussetzt. Gleichzeitig führt eine höhere Helligkeit zu einer



Bild 1: Ein Display in einem Samplertool. Entwickler müssen bei der Auswahl von Geräten entscheiden, worauf es bei der Auswahl eines Displays ankommt. Denn nicht nur der Energiebedarf, sondern auch die Einsatzmöglichkeiten und das Nutzererlebnis sind wichtig.

stärkeren thermischen Belastung. Bei hohen Umgebungstemperaturen ist deshalb ein entsprechendes Derating einzuplanen, wie Reduzieren des LED-Stroms. So lässt sich ein vorzeitiges Altern oder Ausfälle vermeiden.

Bei einem Redesign, das dem Gerät ein zeitgemäßes Erscheinungsbild verleihen soll, nimmt das Display eine Schlüsselposition ein: Es bestimmt maßgeblich, wie ein Nutzer das Produkt wahrnimmt. IPS-Farbdisplays bieten einen großen Betrachtungswinkel und brillanten Farben. Auch bei seitlicher Draufsicht bleibt der Kontrast hoch (Stichwort AACSTechnologie).

OLED-Displays punkten wiederum mit ihrem tief schwarzen Hintergrund und hohem Kontrast, insbesondere in Innenräumen. Hier ermöglicht das Selbstleuchten der Pixel ein sehr klares Bild und uneingeschränkte Ablesbarkeit, unabhängig vom Blickwinkel. Für industrielle Anwendungen sind allerdings meist nur monochrome OLED-Ausführungen in stabiler Verfügbarkeit. Insbesondere bei direktem Sonnenlicht und längerem Dauereinsatz zeigen sich dagegen Einschränkungen, wie mögliche Einbrenneffekte.

Resistive oder kapazitive Touchpanels

Für die Benutzereingabe lässt sich nahezu jedes Display um ein Touchpanel erweitern. Grundsätzlich unterschei-

Thomapren®-EPDM/PP-Schläuche – FDA konform

www.rct-online.de



Elastischer Pumpen-, Pharma- und Förderschlauch für höchste Ansprüche

- **High-Tech-Elastomer EPDM/PP:** Temperaturbeständig bis $+135^\circ\text{C}$, UV-beständig, chemikalienresistent, niedrige Gaspermeabilität
- **Für Schlauchquetschventile und Peristaltikpumpen:** Bis zu 30 mal höhere Standzeiten gegenüber anderen Schläuchen
- **Biokompatibel und sterilisierbar:** Zulassungen nach FDA, USP Class VI, ISO 10993, EU 2003/11/EG



**Reichelt
Chemietechnik
GmbH + Co.**

Englerstraße 18
D-69126 Heidelberg
Tel. 0 62 21 31 25-0
Fax 0 62 21 31 25-10
rct@rct-online.de



Gegenüberstellung

	LCD	TFT	IPS	OLED
Farbtiefe	einfarbig	vollfarbig	vollfarbig	ein- und mehrfarbig
Technik	passiv	passiv	passiv	aktiv
Temperaturbereich	-20 bis 70 °C	-20 bis 70 °C	-20 bis 70 °C	-40 bis 80 °C
Preis	günstig	mittel	mittel	höher
Geschwindigkeit	träge	schnell	schnell	sehr schnell
Kontrast	ausreichend	gut	sehr gut	sehr gut
Blickwinkel	ausreichend	gut	sehr gut	sehr gut
Ansteuerung	einfach	aufwändig	aufwändig	einfach
Stromverbrauch	gering	hoch	hoch	mittel
Gut geeignet für	Technische Geräte, Lowpower	Endkundenorientiertes Bedienen	Highend, Facelift	Eigenständiges Design, Temperaturanforderung

Tabelle: Vergleich der verschiedenen Display-Typen LCD, TFT, IPS und OLED zu verschiedenen Parametern.

det man zwischen resistiven und kapazitiven (PCAP) Varianten:

- **Resistive Touchpanels** lassen sich unter fast allen Bedingungen bedienen, sei es mit dem Finger, einem Stift, Handschuhen oder bei Feuchtigkeit. Allerdings kann ihre Oberfläche verkratzen.
- **Kapazitive Touchpanels (PCAP)** bestehen meist aus einer Glasoberfläche und sind daher kratzfester. Wasser auf dem Panel kann jedoch die Bedienung erschweren, und mit Handschuhen ist oftmals keine Eingabe möglich. Kundenspezifische Abdeckgläser ermöglichen dabei ein unverwechselbares Design und eine passgenaue Integration ins Gehäuse.

Wenn ein Display im Gerät keine Schlüsselfunktion einnimmt und lediglich geringe Anforderungen an Helligkeit und Größe gestellt werden, sind einfache, kostengünstige Displays eine Option. Beispielsweise gibt es 0,9-Zoll-Ausführungen für rund vier Euro oder Farbdisplays unter zehn Euro. Bei Direktbezug aus Fernost sollte man jedoch die Wiederbeschaffbarkeit (Identität der Spezifikation) und die Vorgehensweise bei Qualitätsproblemen gründlich abwägen. Häufig sind derartige Modelle schneller ab-

gekündigt oder in ihrer Bauform verändert als Produkte etablierter Anbieter.

Eine langfristige Verfügbarkeit kann ausschlaggebend sein, etwa in der Medizintechnik, wo Zertifizierungsprozesse aufwendig sind, oder auch bei Projekten mit geringeren Stückzahlen. Ein frühzeitiger Wechsel von Komponenten wirbelt nicht selten die gesamte Kalkulation durcheinander. Demgegenüber ist das Angebot an günstigen Consumer-Displays auf dem Massenmarkt zwar umfangreich, aber auch schnelllebig. Besonders bei farbigen OLEDs ist oft unklar, wie lange eine bestimmte Serie lieferbar bleibt. Auch der benötigte Support beim Design-In kann sich unterscheiden: Manche Hersteller stehen bei technischen Fragen eng zur Seite, während sich andere stark auf Massen Anwendungen fokussieren.

LCD, TFT, IPS oder OLED?

Im Rahmen der Pflichtenhefterstellung taucht oft die Frage auf: „Welche Displaytechnik ist die bessere Wahl?“ Dazu sollte man grundsätzlich wissen:

- TFT (Thin-Film-Transistor) und IPS (In-Plane Switching) sind beides Untergruppen der Flüssigkristalltechnologie (LCD = Liquid Crystal Display).
- „LCD-Display“ ist eine redundante Bezeichnung, da LCD bereits „Liquid Crystal Display“ bedeutet.
- Monochrome LC-Displays kommen ohne dünn-schichttransistorbasierte Ansteuerung aus und sind dadurch meist sehr energieeffizient.
- Farbige LC-Displays nennt man häufig TFT-Displays, wobei IPS eine Weiterentwicklung ist, die insbesondere beim seitlichen Betrachten farbstabiler ist.
 - OLED-Displays basieren auf einer eigenständigen (aktiven) Technologie, bei der die Bildelemente selbst leuchten. Das führt zu exzellentem Kontrast und sehr weiten Einblickwinkeln, kann jedoch Nachteile bei der Alterung mit sich bringen.

Die Wahl des richtigen Displays ist ein Balanceakt zwischen Stromverbrauch, Helligkeit, Betrachtungswinkel und Kosten. Je nach Einsatzumgebung, Designanspruch und Nutzungsprofil kann eine andere Technologie die optimale Lösung sein. Eine frühzeitige und sorgfältige Analyse dieser Parameter legt den Grundstein für ein erfolgreiches und zukunftssicheres Produkt. (heh)

Bild 2: Entscheidend für den Einsatz eines Displays ist der Stromverbrauch, der maßgeblich die erforderliche Kapazität des Akkus bestimmt. Der größte Stromverbraucher eines Displays ist die Beleuchtung, dicht gefolgt vom Stromverbrauch des Mikrocontrollers.



MODBUS-FÄHIGE HMI-DISPLAYS

Displays für Modbus RTU und TCP zur Steuerung und Visualisierung

Für den Einsatz in Modbus-Systemen bietet Display Visions eine Serie von HMI-Displays in verschiedenen Größen an. Die Geräte sind mit kapazitiven Touchpanels ausgestattet und ermöglichen neben der Anzeige auch die Eingabe von Steuerbefehlen. Sie eignen sich somit als vollwertige Slave-Terminals innerhalb einer Modbus-Topologie. Die Displays unterstützen sowohl Modbus RTU als auch Modbus TCP. Damit lassen sie sich flexibel an eine Vielzahl von Modbus-Master-Geräten anbinden, darunter Kleinststeuerungen und speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS). Die Anbindung an das Modbus-System sowie die Spannungsversorgung erfolgen über rückseitig platzierte Anschlüsse. Für die Befestigung der Anschlüsse

ist kein Werkzeug erforderlich. Zur Anzeige lassen sich bis zu 256 Modbus-Register frei verschiedenen Elementtypen zuweisen – etwa numerischen Werten, Textfeldern, Balkendiagrammen oder Bildern. Auch 32-Bit-Fließkommawerte können verarbeitet werden. Die Konfiguration erfolgt über das kostenfreie WYSIWYG-Tool HMI Designer. Bildschirmseiten lassen sich darin per Drag-and-Drop gestalten, wobei die Displayelemente direkt mit den jeweiligen Modbus-Registern verknüpft werden. Die HMI-Displays sind aktuell in vier Bildschirmgrößen von 2,8 bis 10 Zoll verfügbar. Sie bieten eine hohe Darstellungsqualität und sind bei einem Betrachtungswinkel von bis zu 170° gut ablesbar.



Bild: Display Visions

DISPLAYSTEUERUNG

Radarbasierte Sensorik für industrielle Monitorsysteme

Data Modul erweitert seine Displays um radarbasierte Sensorik. Die Funktionalität steht in Kombination mit Scaler-Boards der eMotion-UHD-II-Serie zur Verfügung und erlaubt eine bedarfsgerechte Steuerung der Anzeige, basierend auf Anwesenheits- und Bewegungserkennung. Die zugrundeliegende Radartechnik arbeitet im 60-GHz-Band und nutzt hochintegrierte Sensorchips, die Sende- und Empfangseinheit sowie Antennen auf einer einzigen Baugruppe vereinen. Der Sensor detektiert Bewegungen und ermöglicht so eine situati-

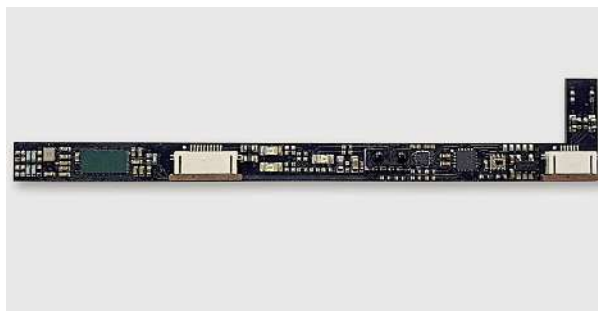


Bild: Data Modul

onsabhängige Steuerung des Displays. Die Radarbaugruppe wird direkt im Frontrahmen des Monitors montiert. Die Erfassungsbereichweite beträgt bis zu 15 m, der horizontale Erfassungswinkel liegt bei über 160°. Die

Sensorfunktion arbeitet zuverlässig in einem Temperaturbereich von -20 bis 70 °C. Fremdlicht oder Staub beeinflussen die Funktion nicht.

Neben der Anwesenheitserkennung sind weitere Funktionen realisierbar. So lässt sich bei Annäherung einer Person der Displayinhalt gezielt verändern – etwa vom Standbild auf eine interaktive Informationstabelle. Die Konfiguration des Radarsensors erfolgt über das On-Screen-Display. Parameter wie Empfindlichkeit und Erfassungsbereich lassen sich zwischen zwei und >10 m anpassen. Die Integration in bestehende Plattformen ist über eine I²C-Schnittstelle möglich; optional sind auch Schnittstellen wie RS232 oder DDC/CI vorgesehen.

INDUSTRIE UND MEDIZIN

PCAP-Touchpanel mit MQTT-Integration und Webserver-Funktion

Das TFT-Touchpanel mit sieben Zoll der Serie HG2j von IDEC (Vertrieb: Apem) wurde für den industriellen Einsatz entwickelt. Die Glasoberfläche bietet eine kratz feste und langlebige Bedienfläche und schützt das Display vor dem Vergilben durch UV-Einstrahlung. Es bietet WVGA-Auflösung von 800 x 480 Pixeln und einer Leuchtdichte von 500 cd/m² ist das Panel sowohl im Innen- als auch im Außenbereich gut ablesbar. Dank kompakter Bauweise kommt das Touchpanel auf eine Einbautiefe von 30 mm. Es lässt sich sowohl im Hoch- als auch im Querformat montieren. Der zulässige Betriebstemperaturbereich von -20 bis 60 °C erlaubt den Einsatz in unterschiedlichen Umgebungen. Das HG2j unterstützt Mod-

bus TCP, Ethernet/IP und MQTT über Ethernet, zusätzlich stehen serielle Schnittstellen (RS232/RS485) und zwei USB-Ports zur Verfügung. Darüber lassen sich externe Geräte wie Barcode-Scanner, Lautsprecher oder Funkmodule für WLAN und Bluetooth anbinden.

Die USB-Schnittstellen sind Linux-kompatibel. Für die Protokollintegration unterstützt das Panel über 100 industrielle Kommunikationsprotokolle. Bis zu vier davon können gleichzeitig betrieben werden. Zusätzlich können benutzerspezi-



Bild: Apem

fische Protokolle gesendet und empfangen werden. Zusätzlich verfügt das Touchpanel über einen integrierten Webserver, mit dem Zustände und Bedienoberflächen visualisiert und gesteuert werden können.

Schlüssel für die Mobilitätswende: Ein intelligentes Lade- und Energiemanagement spielt für die Elektromobilität eine essentielle Rolle.



Bild: reev

ELEKTROMOBILITÄT

Lade- und Energiemanagement intelligent vereint

Der Wechsel von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf Stromer ist essenziell für den Klimaschutz. Doch die Elektrifizierung des Verkehrs bringt etliche Herausforderungen mit sich. So führt die gleichzeitige Nutzung mehrerer Ladestationen zu einem hohen Strombedarf, der die Netze stärker fordert.



Bild: reev

VERFASST VON
Dr. Moritz Bohland

Head of Business
Operations
reev

Ladevorgänge von Plug-In-Hybrid- und Elektrofahrzeugen lassen sich effizient steuern und zeitlich verteilen, weil die Stromer in der Regel während längerer Standzeiten geladen werden – beispielsweise zu Hause, am Arbeitsplatz oder beim Einkaufen. Das ist mit einer optimierten Nutzung der Ladeinfrastruktur sowohl kosteneffizient als auch netzfreundlich möglich.

Cloud-basierendes Lastmanagement für kosteneffiziente Energieverteilung

Intelligente Energiemanagementsysteme (EMS) spielen eine zentrale Rolle, weil sie die Last gezielt steuern und die verfügbare Energie umverteilen. Neben klassischen Hard-

ware-basierenden EMS sind Cloud-basierende Systeme eine kostengünstige, sichere und immer mehr beliebte Alternative: Gerade für mittlere bis große Ladeinfrastrukturen sind Cloud-Lösungen interessant, weil sie sich auch auf Installationen mit bis zu mehreren hundert Ladepunkten ohne zusätzliche Verkabelung ausweiten lassen. Durch im System hinterlegte Rückfallwerte bleibt das EMS auch bei Unterbrechung der Internetverbindung funktionsfähig. Das gelingt nämlich, indem das System auf vordefinierte Leistungsgrenzen zurückgreift.

Darüber hinaus ist es ein großer Vorteil, wenn sich das EMS in die Plattform für das Lademanagement integrieren lässt. Eine ganzheitliche Plattform mit einem einzigen

Dashboard ermöglicht eine effiziente Steuerung und reduziert gleichzeitig den administrativen Aufwand. Ein Beispiel dafür ist der reev Balancer, ein Cloud-basierendes Energiemanagementsystem, das die reev Lade-Software um die Funktion des Energiemanagements erweitert (Bild 1). Betreiber von Ladeinfrastruktur können mit der Lade-Software ihre Ladestationen steuern und verwalten. Der reev Balancer als Ergänzung vermeidet Verbrauchsspitzen im Tagesverlauf und nutzt die verfügbare Leistung so kosteneffizient wie möglich.

Statisches und dynamisches Lastmanagement

Beim Energiemanagement unterscheidet man zwischen statischem und dynamischen Lastmanagement (Bild 2). Beide Systeme verteilen die Last intelligent um, sodass es nicht zu Schieflast oder Überlastungen kommt. Der Unterschied liegt im Spielraum, der für die Lastverteilung zur Verfügung steht. Beim statischen Lastmanagement wird im Voraus die Leistung festgelegt, die für die Ladeinfrastruktur angedacht ist. Diese wird dann gleichmäßig auf die Ladepunkte verteilt (Bild 3).

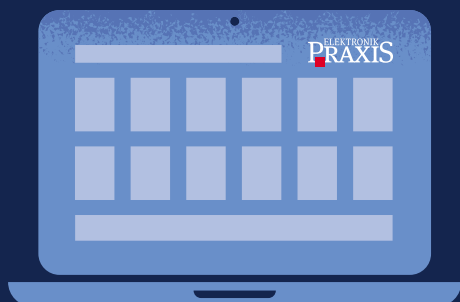
Das dynamische Lastmanagement ist hingegen flexibler und nutzt die verfügbare Last effizienter. Dafür wird auch beim Cloud-basierenden EMS eine Hardware-Komponente vor Ort benötigt: Ein Energiezähler misst kontinuierlich



Bild 1: Das Dashboard einer Cloud-basierenden Lade- und Energiemanagementplattform.

den Stromverbrauch des Gebäudes. Im Fall des reev Balancers überträgt ein IoT-Gateway anschließend die Messdaten an die Cloud, damit das System die aktuell für die Ladeinfrastruktur zur Verfügung stehende Leistung berechnen kann. Weil das System die Stromversorgung in Echtzeit überwacht, kann bei einer niedrigen Gebäudelast der Ladeinfrastruktur mehr Leistung zugewiesen werden.

Magazin Newsletter



**Jetzt anmelden
und kostenlos lesen!**

www.elektronikpraxis.de/newsletter

ELEKTRONIK PRAXIS ist eine Marke der **VOGEL COMMUNICATIONS GROUP**



EAO Baureihe 09.

Für Anwendungen in Schwerlast- / Spezialfahrzeugen.

Flexible Befehls- und Meldegeräte für den rauen Einsatz in unterschiedlichsten Fahrzeugen und Maschinen.

- Robuste, modulare Keypads
- Intelligente, zuverlässige LIN Schalterleiste
- Attraktive, vielseitige Universal-Taste
- Starke, individuelle Joysticks



www.eao.com/09

eao

Your Expert Partner for Human Machine Interfaces

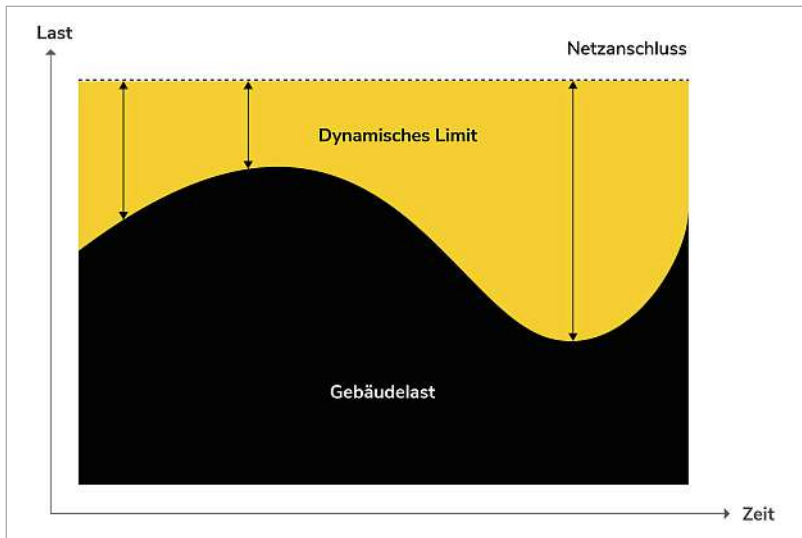


Bild 2: Das dynamische Lastmanagement nutzt die vorhandene Last flexibel und vollständig.

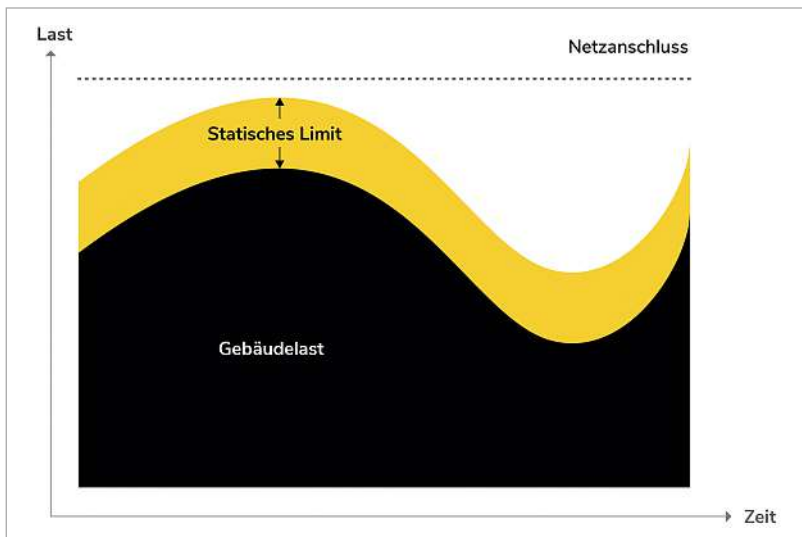


Bild 3: Das statische Lastmanagement geht von der höchsten Gebäudelast aus.

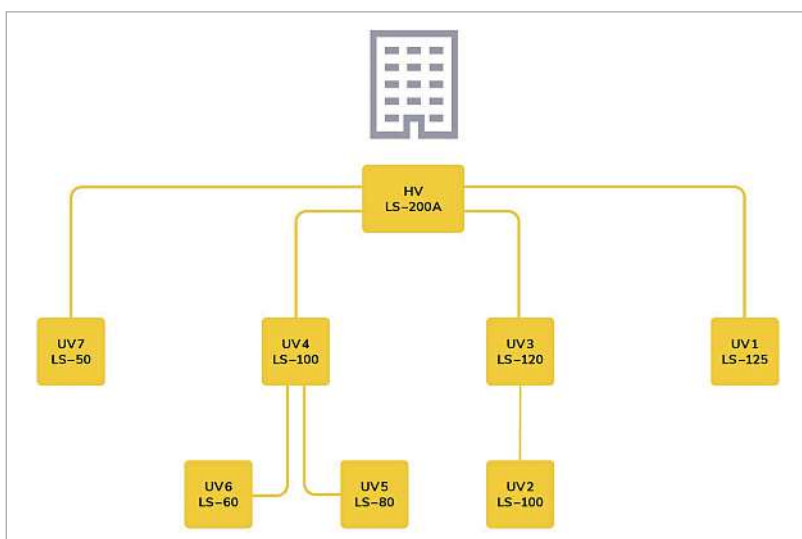


Bild 4: Beispielhafter Aufbau von Hauptverteiler und Unterverteilern bei einer wachsenden Ladeinfrastruktur.

Die Technik hinter dem Energiemanagement im Detail

Dem Energiemanagement liegt ein phasengenaues Lastmanagement zugrunde. Gebäude mit mehreren Ladepunkten haben meistens einen zentralen Hauptverteiler (HV), der mehrere Unterverteiler (UV) versorgt. An diesen Unterverteilungen können wiederum weitere UVs angeschlossen sein. Ein typisches Konzept für wachsende Ladeinfrastrukturen (Bild 4).

Dabei hat jede Unterverteilung festgelegte Kapazitätsgrenzen, die nicht überschritten werden dürfen. Diese berücksichtigt das EMS, um die verschiedenen Verteilungen nicht zu überlasten. Der Stromverbrauch der Ladeinfrastruktur muss dabei nicht nur auf die Verteilungen, sondern auch gleichmäßig auf die drei Phasen des Drehstroms verteilt werden. Werden die drei Phasen innerhalb eines Drehstromsystems nicht gleich belastet, spricht man von Schiefasten, die den Neutralleiter belasten und zu Schäden an der Netzinfrastruktur führen können.

Das spielt insbesondere für Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV) und einige batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) eine wichtige Rolle, die ihre Leistung einphasig oder zweiphasig beziehen. Damit sorgen sie automatisch für eine gewisse Schiefast. Je nachdem, welche Netzstruktur vorliegt und wie viele Ladepunkte angeschlossen sind, gibt es verschiedene Herausforderungen:

- Wenn der Neutralleiter den ungleichen Strom der Phasen ausgleichen muss, kann eine hohe Ladeleistung zu thermischen Schäden oder Netzwerkausfällen führen.
- Zudem führt die unterschiedliche Belastung der Phasen zu Spannungsabfällen, die elektronische Geräte im Gebäude und auch die Ladeinfrastruktur beschädigen können.
- Außerdem kann eine ungleiche Lastverteilung dazu führen, dass Schutzgeräte wie Sicherheitsschalter fehlerhaft auslösen.

All diese Störungen beeinträchtigen den Ladebetrieb kurz- oder langfristig. EMS beugen diesen Problemen vor, indem sie die Last intelligent umverteilen.

Volle Ladung voraus: Nutzergruppen priorisieren

E-Auto-Besitzerer haben unterschiedliche Bedürfnisse, die ein EMS berücksichtigen kann. Einzelne Ladepunkte, Nutzer oder Nutzergruppen lassen sich priorisieren, um die Ladeleistung bedarfsgerecht zu verteilen. Ein Beispiel ist die Bevorzugung eines Fahrzeugs, weil es beispielsweise schnell wieder zu einem Außeneinsatz muss. Auch bei Überlastung des Stromnetzes, wenn Verteilnetzbetreiber nach §14a EnWG eingreifen, ermöglicht das EMS eine gezielte Leistungsumverteilung. Gleichzeitig laden priorisierte Fahrzeuge weiterhin mit voller Geschwindigkeit.

Ein breiter Einsatz von EMS reduziert nicht nur die Belastung der Stromnetze, sondern verhindert auch die Notwendigkeit einer Leistungsrosselung. Intelligente Energiemanagementsysteme sind somit ein Schlüssel, um die steigenden Anforderungen der Ladeinfrastruktur zu meistern und die Mobilitätswende voranzutreiben.

Fazit: Mit der Kombination aus Lade- und Energiemanagement entsteht eine hohe Flexibilität, die den Ausbau der Ladeinfrastruktur unterstützt. Die intelligente Lastverteilung sorgt für einen stabilen Betrieb, entlastet die Stromnetze und senkt die Kosten. (se)

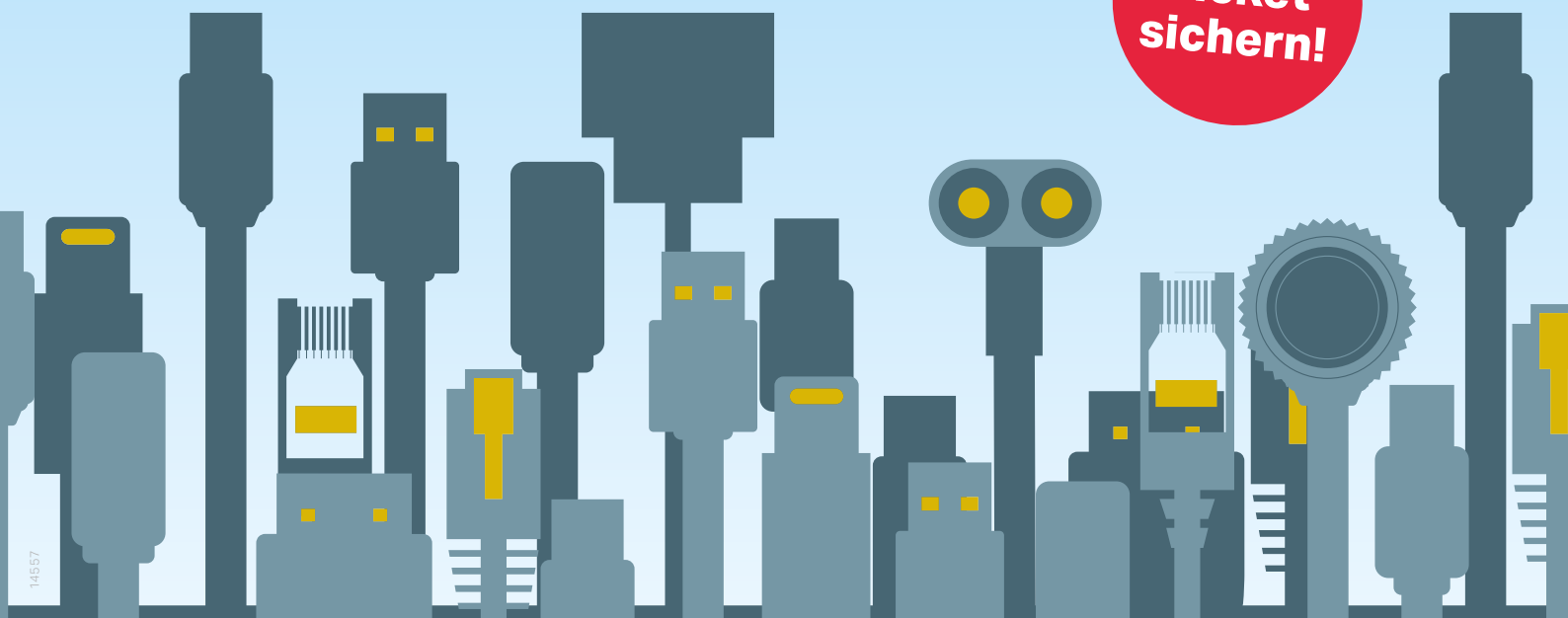
Anwenderkongress
Steckverbinder



26.–28. Mai 2025
Vogel Convention Center
Würzburg

Praxisorientierte Lösungen für den Einsatz moderner Steckverbinder

**Jetzt
Ticket
sichern!**



Professionals aus der Branche kommen hier zusammen

Europas größter Fachkongress zum Thema ist der Pflichttermin für alle, die Steckverbinder entwickeln oder einsetzen und interessante Kontakte knüpfen möchten. Das erwartet Sie: Referenten aus Industrie und Forschung, praxisorientierte Lösungen, Workshops, Grundlagenseminare und Networking mit Experten aus der Industrie.

www.steckverbinderkongress.de

NEUE FAHRZEUGTOPOLOGIEN

Z-Drive: Radnabenmotor für die Elektromobilität

Mit dem Z-Drive wurde ein Radnabenmotor entwickelt, der durch seine Bauweise, Effizienz und Skalierbarkeit neue Maßstäbe in der Elektromobilität setzen kann. Die patentierte Konstruktion ermöglicht eine signifikante Gewichtsreduzierung.

Der Paradigmenwechsel in der Elektromobilität ist überfällig. Während heutige Elektrofahrzeuge sich kaum von Verbrennern unterscheidet, eröffnet der Z-Drive neue Fahrzeugtopologien und Design-Freiheiten. Das volle Potenzial elektrischer Antriebe für eine nachhaltige und effiziente Mobilität lässt sich so erschließen. Die aktuelle Elektromobilität ist geprägt durch klobige Autos mit zentralem Antrieb, die für den urbanen Raum ungeeignet sind. Der Fokus auf Größe, Leistung und Reichweite führt zu schweren Kisten und damit zu einer Ineffizienz, die sich negativ auf Umweltbilanz, Fahrzeugpreis und Mobilitätskosten auswirkt.

Der Z-Drive hingegen ermöglicht eine radikale Abkehr von diesem Konzept. Hier kommt der Antrieb in die Räder, wo die Leistung gebracht wird. Durch seine kompakte

Bauweise, seine hohe Effizienz und seine Flexibilität fördert er so die Entwicklung von leichten, wendigen und kostengünstigen Elektrofahrzeugen mit neuen Topologien und Designs, die besser auf die tatsächlichen Anforderungen des modernen Verkehrs, besonders im urbanen und suburbanen Raum, zugeschnitten sind.

Natürlich ist das auch ein politisches Thema. An dieser Stelle ist der Gesetzgeber gefordert, vernünftiger Rahmenbedingungen zu schaffen. Das lässt sich beispielsweise durch den Lückenschluss zwischen Leichtfahrzeugen der L-Klasse und der Pkw-Klasse M1 umsetzen. Eine MO-Klasse für kompakte City-Fahrzeuge, ähnlich der in Japan äußerst erfolgreichen Kei-Car-Klasse, könnte den Stadtverkehr stark entlasten und die Kosten für E-Mobilität deutlich reduzieren.

Bild: Esch Projekt System- und Projektentwicklung



VERFASST VON
Hans-Jürgen Esch

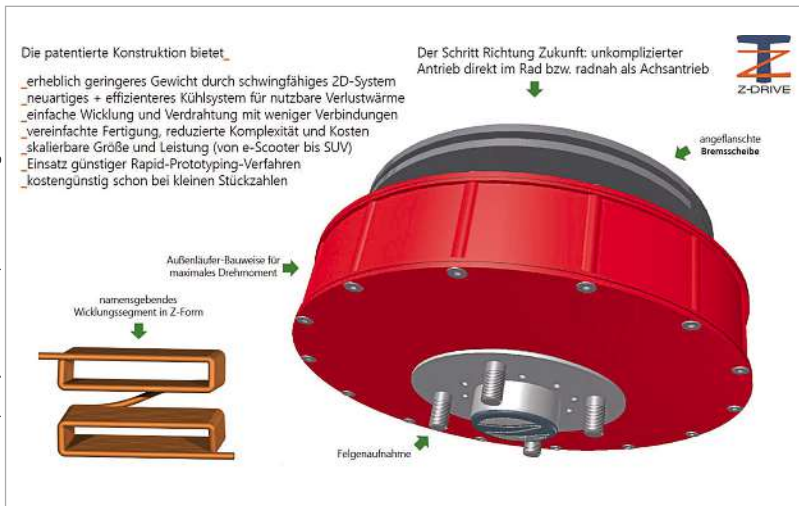
Gründer und Inhaber
Esch Projekt System- und Projektentwicklung

Paradigmenwechsel:

Für die Anforderungen des Verkehrs sind leichte, wendige und kostengünstige Stromer nötig.



Bild: © Olivier Le Moal – stock.adobe.com



Herausforderungen konventioneller Radnabenmotoren

Radnabenmotoren haben sich bisher nicht durchgesetzt, weil sich verschiedene Herausforderungen bisher nicht zufriedenstellend lösen ließen. Dabei handelt es sich um folgende Punkte:

- **Größe und Gewicht:** Die bisherigen Radnabenmotoren sind groß und schwer, was den Einbau kompliziert macht, die ungefederte Masse erhöht und die Fahreigenschaften beeinträchtigt.
 - **Komplexität und Kosten:** Die Herstellung ist aufwendig, erfordert teure Vorrichtungen, Spezialteile und hochpräzise Fertigungsverfahren.
 - **Kühlprobleme:** Die Kühlung der Motoren ist eine Herausforderung, insbesondere bei hohen Leistungen und führt meist zu zerklüfteten Oberflächen, die Wärme gut abstrahlen können, jedoch Schmutzfänger sind.
- Der Z-Drive bietet eine elegante Lösung für diese Herausforderungen:
- **Kompakte Bauweise:** Durch ein schwingfähiges 2D-System, ein neuartiges Kühlkonzept und die namensgebende Z-Wicklung ist der Z-Drive deutlich schmäler und leichter als herkömmliche Motoren und nutzt das Kupfer im Stator besser aus.
 - **Effizienz:** Das optimal ausgerichtete Magnetsystem, die auf vier Scheiben basierende filigrane Struktur und ein neuartiges innenliegendes und thermisch entkoppeltes Stator-System mit effizienter Druckluft- oder Flüssigkeitskühlung führen zu hohen Wirkungsgraden und maximaler Leistungsdichte.
 - **Skalierbarkeit:** Der Z-Drive kann für viele Fahrzeug angepasst werden, von elektrisch betriebenen Rollern und Motorrädern über PKWs bis hin zu Nutzfahrzeugen. Der Leistungsbereich beginnt im einstelligen kW-Bereich. Die Systemleistung beim Einsatz in allen Rädern reicht bis zu mehreren 100 kW. Kleine Varianten des Z-Drives lassen sich problemlos in 10“-Rollerfelgen einbauen, die Entfaltung höherer Drehmomente erfordert Felgen ab einem Durchmesser von 14 Zoll.
 - **Kostengünstige Fertigung:** Die stark vereinfachte Konstruktion schöpft die Möglichkeit des Rapid Prototypings voll aus und führt zu einer kostengünstigen Herstellung bereits bei kleinen Serien. Dazu

Bild 1: Durch seine kompakte Bauweise, Effizienz und Flexibilität fördert der Radnabenmotor Z-Drive die Entwicklung von leichten, wendigen und kostengünstigen Elektrofahrzeugen mit neuen Topologien und Designs.

**Weil
manchmal
alles von
genau
18 Volt
abhängt.**

datatec.eu/future



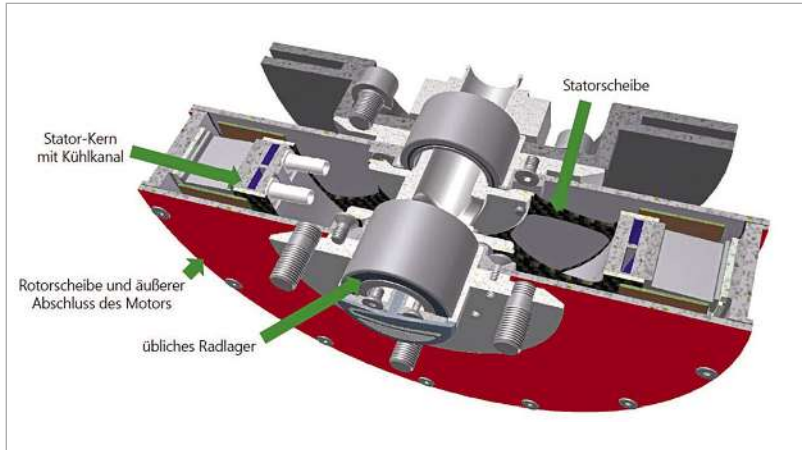


Bild 2: Richtet sich das Magnetsystem automatisch aus, sind Stator und Rotor immer exakt positioniert.

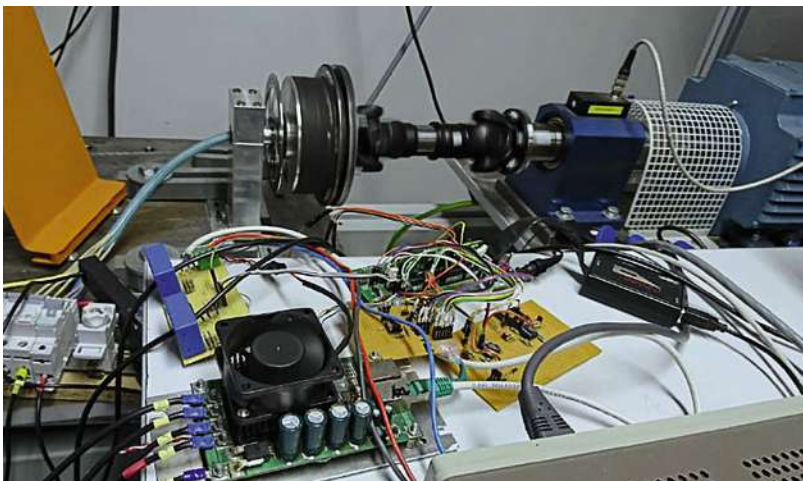
tragen auch eine neuartige Bewicklung und Verdrahtung des Stators bei.

Funktionsprinzip im Detail betrachten

Das Herzstück des Z-Drive bildet ein sich selbst zentrierendes Magnetsystem, das auch zentraler Aspekt der Patentierung ist. Dieses Design macht aufwendige Versteifungen überflüssig und ermöglicht so eine deutlich flachere Bauweise. Das Ergebnis: ein leichter Motor, der sich problemlos in nahezu jedes Rad integrieren lässt. Ein weiterer Vorteil der neuen Bauweise liegt in einer effizienten Wärmeabfuhr, die im Winterbetrieb die Innenraumheizung unterstützen kann.

Neu ist auch das Wicklungsschema des Z-Drive, das symmetrisch aufgebaut ist und mit einer halbierten Anzahl der Verbindungspunkte auskommt. Die Verdrahtung erfolgt über Hochstrom-Brückensegmente, die Ähnlichkeiten mit Leiterplatten haben und sich unter Verwendung von lasergeschnitten Leitersegmenten einfach herstellen lassen. In den Bereich der Hochstrom-Verbindungen können auch vorteilhaft Komponenten der Leistungselektronik integriert werden, zum Beispiel Siliziumkarbid-Halbleiter nebst Treibern oder weiteren Komponenten der Motorsteuerung. Die Verlustwärme der Leistungshalbleiter erfolgt dann durch den besonderen Aufbau der Kühlung aufwandsarm und direkt.

Bild 3: Die Erprobung des Z-Drive erfolgte auf einem Prüfstand an der HTW Berlin.



Vorteile und Anwendungen

Der Radnabenmotor punktet mit verschiedenen Vorteilen, wie verbesserten Fahreigenschaften, einem reduzierten Energieverbrauch und einer hohen Flexibilität, die nachfolgend im Detail betrachtet werden. Dazu zählen die Fahreigenschaften, Energieverbrauch, Reichweite, Umweltfreundlichkeit und Flexibilität.

Verbesserte Fahreigenschaften

Durch die direkte Kraftübertragung, die verringerte ungefederte Masse und die günstige Gewichtsverlagerung bietet der Z-Drive ein präzises und agiles Fahrverhalten. Ein Vorteil, der schon beim Antrieb einer Achse zum Tragen kommt.

Energieverbrauch, Reichweite und Umweltfreundlichkeit

Die hohe Effizienz des Z-Drives, sein geringes Gewicht und der Wegfall der üblichen Kraftübertragung, wie Reduziergetriebe, Differential oder Achswelle, trägt zu einer verbesserten Energiebilanz bei. Es resultiert ein reduzierter CO₂-Fußabdruck und eine geringere Umweltbelastung durch Ressourceneffizienz.

Flexibilität

Der Z-Drive eignet sich natürlich für neue Fahrzeugkonstruktionen und -konzepte die ein verbessertes Verhältnis von Außenvolumen zu Innenraum anstreben, aber ebenso für die Umrüstung bestehender Fahrzeuge (geeignete Young- und Oldtimer...).

Wie ist der derzeitige Entwicklungsstand?

Wie sieht nun der Entwicklungsstand aus? Zunächst wurde eine Maschine berechnet, entworfen, ein 3D-Volumenmodell konstruiert und analysiert (FEM, FEMM...). Labormuster des Motors wurden aufgebaut und getestet und eine passende Motorsteuerung mit neuartiger Teilkreis-Sensorik entwickelt. Die Erprobung auf Prüfständen fand an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW Berlin) statt. Es folgten Fahrversuche mit zwei Z-Drives, die die Hinterräder eines Leichtfahrzeugs der Klasse L7e antrieben. In Zusammenarbeit mit der HTW Berlin entstand darüber hinaus eine auf den Motor abgestimmte sensorlose Motorsteuerung.

Fazit

Der Z-Drive-Radnabenmotor wurde als zukunftsweisende Lösung für eine moderne und innovative Elektromobilität entwickelt, um die derzeitigen Herausforderungen und Hemmnisse zu meistern. Durch seine äußerst kompakte Bauweise, seine hohe Effizienz und seine Flexibilität ermöglicht er die Entwicklung von Fahrzeugen, die nicht nur umweltfreundlich, sondern vor allem auch wirtschaftlich sind. Die Fahrfreude kommt dabei garantiert nicht zu kurz. Jedes mit dem Z-Drive ausgestattete Fahrzeug profitiert von der spontanen Drehmoment-Entfaltung direkt in den Rädern, egal ob nun zwei oder vier Räder damit angetrieben werden, oder im Falle von Zweirädern auch nur eines.

Der Entwickler des Z-Drive gibt die Patentrechte bei entsprechendem Interesse frei und ist für unterschiedliche Formen der Kooperation offen. Im Geiste von Open-Source-Hardware kann die Freigabe auch als eine Einladung verstanden werden, den Z-Drive weiterzuentwickeln und mit geeigneten Industriepartnern kostengünstig herzustellen. (se)

LADETECHNIK

Kompakte Wallbox mit Ladeleistungen von 7,4 und 22 kW vorgestellt

Mahles auf intelligentes Laden fokussierte Tochter ChargeBig hat mit der SmallBox die nach eigenen Aussagen „kleinste Wallbox der Welt“ vorgestellt. Diese gibt es als Eco-Variante mit einer Ladeleistung von 7,4 kW und als Pro-Version mit einer Ladeleistung von 22 kW. Letztere soll ein Elektrofahrzeug innerhalb von drei bis vier Stunden vollständig aufladen können. Die Wallbox ist mit dem integrierten und zentralen Ladeverteiler ChargeCluster des Unternehmens verbunden. Diese gibt es in verschiedenen Größen – nämlich S, M oder L mit zwei, sechs bzw. 36 Ladepunkten. Dank des modularen Ansatzes kann das Unternehmen schnell und flexibel auf Anfragen und Wünsche reagieren und darüber hinaus die Kosten pro

Ladepunkt optimieren. Durch die Neueinführung des Ladeverteilers haben alle SmallBox-Ladesysteme ein dynamisches Lastmanagement und können eichrechtskonform abgerechnet werden. Mit dem dynamischen Lastmanagement gewährleistet man, dass der verfügbare Strom optimal auf die angeschlossenen Fahrzeuge verteilt wird, ohne den Stromanschluss zu überlasten. Dadurch werden die Kosten für hohe Lastspitzen reduziert. Mit seinen Ladelösungen fokussiert sich Mahle ChargeBig vor allem auf den Bereich Gewerbe und Öffentlichkeit. Dazu zählen Unternehmen, Flotten- und Parkhausbetreiber sowie Kommunen. Mit der eichrechtskonformen Abrechnung will man in weitere Zielgruppen ansprechen.



Bild: Mahle

ECHTZEITSIMULATIONEN

Software für Entwicklung und Test dynamischer Energiesysteme

Für die Entwicklung dynamischer Energiesysteme mit schnellen leistungselektronischen Schaltungen wie sie in den Bereichen E-Mobility, der Luft- und Raumfahrt oder der Bahnindustrie genutzt werden, benötigen Steuerungsentwickler und Testingenieure hochpräzise Echtzeitsimulationen. Hierfür hat dSpace XSG Power Electronics Systems (XSG PES) vorgestellt.

Die Software für Hardware-in-the-Loop Tests enthält eine Bibliothek mit einsatzfertigen Modellen von leistungselektronischen Schaltungen, so dass Anwender Simulationen ihrer Leistungselektronik schnell und einfach erstellen können. „Mit XSG Power Electronics Systems unterstützen wir die Entwicklung modernster Leistungswandler,

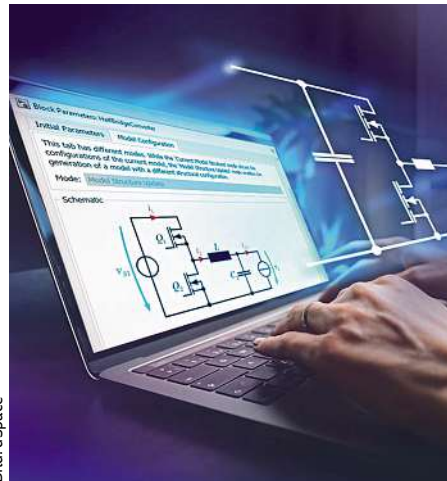


Bild: dSpace

die immer kleiner, schneller und leistungsfähiger werden“, erklärt Julian Saele, Product Manager E-Mobility im Paderborner Unternehmen.

XSG PES unterstützt hochdynamische Simulationen von Schaltungen auf der Basis von Wide-Bandgap-Halbleitern beispielsweise Siliziumkarbid (SiC) oder Galliumnitrid (GaN), erlaubt die Fehlersimulation in Halbleitern und Schaltern, was leicht reproduzierbare Ergebnisse und ein Testen ohne Risiken wie thermische Überlastung oder Lichtbogenbildung möglich macht, und ist nutzerfreundlich: Die XSG Bibliothek im gewohnten Look & Feel lässt sich einfach mit weiteren Werkzeugen des Anbieters kombinieren.

SOFTWARE-DEFINIERT FFAHRZEUGE

Neue Mikrocontroller-Familie für Zonen-Architekturen

Automobilhersteller setzen zunehmend auf zonale Architekturen, die verschiedene Ansätze zur Verteilung und Integration von Steuergerätfunktionen (ECUs) verfolgen. Grundlage dieser zonalen Lösungen ist eine neue Generation von Mikrocontroller-Architekturen, die Echtzeit-Performance mit deterministischer Kommunikation bei niedriger Latenz sowie besonderen Isolationsmerkmalen kombiniert. Die neue S32K5-Familie von NXP basiert auf Arm-Cortex-Prozessorkernen mit Taktraten von bis zu 800 MHz und bietet dank des 16-nm-FinFET-Prozesses eine hohe Energieeffizienz. Optimierte Beschleuniger steigern die Bearbeitung wichtiger Aufgaben wie Netzwerkübersetzung, Sicherheitsanwendungen und digitale

Signalverarbeitung. Der integrierte Ethernet-Switch-Core ist ebenfalls Bestandteil der neuen Komponenten und bietet eine einheitliche Netzwerklösung, die das Netzwerk-Design vereinfacht und die Wiederverwendung von Software ermöglicht. Dank der integrierten, Software-definierten und Hardware-gestützten Isolationsarchitektur lassen sich sichere und geschützte Partitionierungen umsetzen. Dadurch können Sicherheitsanwendungen bis ASIL-D integriert werden. Die neue Serie verfügt über die dedizierte eIQ Neutron NPU – der skalierbare Machine-Learning-Beschleuniger von NXP. So wird eine energieeffiziente Echtzeitverarbeitung von Sensordaten auch in den Endknoten im Auto ermöglicht.



Bild: NXP

Bild 1: Speziell für den Raspberry Pi ausgelegte Aluminiumgehäuse überzeugen durch eine dekorative Optik und eine einfache Montage.



Bild: Fischer Elektronik



Hohe Oberflächenqualität und vielfältiges Design

Design-Gehäuse aus Aluminium kombinieren Funktion, Langlebigkeit und ästhetisches Design für elektronische Systeme. Sie optimieren nicht nur die technische Leistung, sondern auch die Optik und sind eine zukunftsorientierte Lösung für anspruchsvolle Anwendungen.

Elektronische Systeme gestalten unsere Welt effizienter und sind mittlerweile in fast jedem Aspekt unseres Lebens präsent. In Bereichen, in denen neben der Funktionalität auch das äußere Design eine Rolle spielt, gewinnt die Gestaltung der Gehäuse an Bedeutung. Gehäuse sind längst nicht mehr nur einfache Schutzvorrichtungen für empfindliche Elektronik. Vielmehr sind sie zu stilvollen Komponenten geworden, die sowohl in der Industrie als auch im Alltag durch ihre Ästhetik und durchdachte Konstruktion überzeugen und somit zum Verkaufserfolg von elektronischen Produkten beitragen.

Hochwertige Design-Gehäuse aus Aluminium sind sowohl funktional als auch ästhetisch ansprechend und sind zudem geeignet für Anwendungen, die eine Kombination aus Leichtigkeit und Festigkeit erfordern.

Gehäusehersteller offerieren eine Vielzahl von Gehäusen aus Materialien wie Kunststoff, Stahl oder Aluminium. Diese Werkstoffe bringen unterschiedliche Eigenschaften mit sich. Kunststoffgehäuse fallen beispielsweise leichter und oft kostengünstiger aus, verglichen mit Gehäusen aus

Stahl oder Aluminium. Stahlgehäuse wiederum überzeugen durch eine höhere Temperaturbeständigkeit und Formstabilität.

Aluminium: Geringes Gewicht kombiniert mit Formstabilität und ästhetischer Optik

Aluminium, mit einer Dichte von $2,7 \text{ g/cm}^3$, zählt zu den Leichtmetallen und kombiniert geringes Gewicht mit hoher Formstabilität. Das Leichtmetall hat eine metallisch glänzende und visuell ansprechende Oberfläche, die Elektrogehäusen ein hochwertiges Erscheinungsbild verleiht, das oft mit modernen und fortschrittlichen technischen Produkten assoziiert wird. Neben seiner ansprechenden Oberfläche bietet Aluminium eine hohe Korrosionsbeständigkeit, da es in einer oxidierenden Umgebung auf der Oberfläche eine sehr dünne (nur wenige Nanometer dick), transparente Aluminiumoxidschicht bildet.

Solange diese Oxidschicht intakt bleibt, ist das gesamte Stück Aluminium gut gegen Korrosion geschützt. Diese



natürliche Oxidschicht ist aber nicht besonders robust gegenüber mechanischen Einwirkungen wie Kratzern und Abrieb. Deswegen werden Produkte aus Aluminium eloxiert. Eloxieren, auch bekannt als Anodisieren, ist eine chemisch-elektrolytische Oberflächenveredlung, die zur Vergrößerung der natürlichen Oxidschicht führt. Eloxalschichten erhöhen die Verschleißfestigkeit des Aluminiums, dienen als guter elektrischer Isolator und verleihen dem Aluminium ein gleichmäßiges Erscheinungsbild, ohne dessen natürliche Metallschönheit zu beeinträchtigen. Somit eignen sich Aluminiumgehäuse sowohl für dekorative Anwendungen als auch für Anwendungen in rauen, industriellen Umgebungen.

Zur wahrgenommenen Wertigkeit tragen auch die Farbgebung und die Oberfläche der Gehäuse bei. Die farblose Oxidschicht lässt sich mit speziellen Eloxalfarben einfärben. Typische Oberflächenausführungen für Elektronikgehäuse sind naturfarben eloxiert (ME) und schwarz eloxiert (SA), jedoch sind auch viele andere Farben wie Rot, Blau, Grün etc. möglich.

Formschöne Raspberry-Pi-Aluminiumgehäuse in attraktiven Farben

Für die Einplatinencomputer Raspberry Pi, die mittlerweile weit verbreitet in der Entwicklung und Implementierung vom Embedded Systems eingesetzt werden, bieten Hersteller speziell angepasste Gehäuse an. Aluminiumgehäuse heben sich hier durch dekorative Eloxalfarben und eine unkomplizierte Montage hervor. Diese Gehäuse bestehen aus einer Ober- und Unterschale, gefertigt aus 1,5 mm starkem, gestanztem und gebogenem Aluminiumblech.

Die Platine wird mittels M2,5-Linsenkopfschrauben an vier Stahlabstandsboresen in der Unterschale befestigt. Da Ober- und Unterschale mit nur einer Schraube und einem Feder-Nut-System an der Vorderseite miteinander verbunden sind, ist ein schneller Zugang zum Inneren des Gehäuses möglich. Für eine ausreichende Wärmeabfuhr sind die Gehäuse mit Lüftungsöffnungen versehen und können bei Bedarf mit einem passenden Kühlkörper für den Raspberry Pi ausgestattet werden.

Für den Raspberry Pi 5 ist zusätzlich ein temperaturregelter Lüfter erhältlich. Die Gehäuse sind in vielen Eloxalfarben verfügbar. Bei Bedarf können die Gehäuse



Bild: Fischer Elektronik

Bild 2:
Kühlrippenprofile tragen zur Begrenzung der Betriebstemperatur bei.



Bild: Fischer Elektronik

Bild 3:
Zur Abdeckung von Befestigungsschrauben dienen aufschiebbarer Kunststoffrahmen.

mit rutschfesten, einseitig klebenden, transparenten Gerätefüßen ausgestattet werden. Optional sind die Gehäuse auch mit Befestigungslaschen für eine sichere Wandmontage oder mit einer Hutschienebefestigung erhältlich, wie in Bild 1 zu sehen.

Aluminium-Profilgehäuse mit dekorativen Kunststoffelementen

Der modulare Aufbau der meisten Design-Gehäuse besteht aus einer Kombination aus Aluminiumblechen und Strangpressprofilen aus der Aluminiumlegierung EN AW 6060. Die Legierung wird aufgrund der optimalen Balance aus Festigkeit und Formbarkeit häufig beim Strangpressen verwendet.

Das Verfahren ermöglicht die kosteneffiziente Herstellung von Profilen mit einfachen sowie komplexen Geometrien und bietet Entwicklern eine hohe Gestaltungsfreiheit bei der Konzeption der Gehäuseprofile.



1455F extrudierte Flanschgehäuse
Mehr erfahren:
hammondmgf.com/1455f

eusales@hammfg.com • + 44 1256 812812



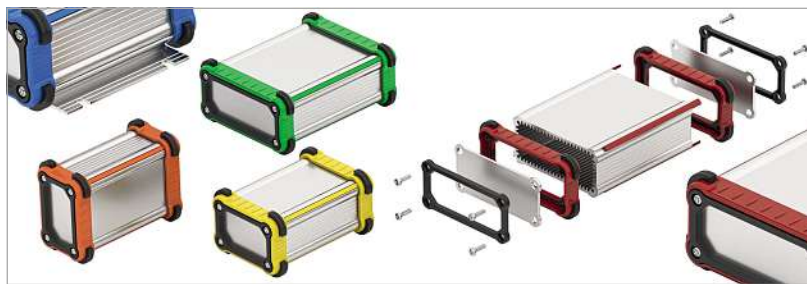


Bild 4: Tubusgehäuse kombiniert mit Zwei-Komponenten-Kunststoffrahmen und fest eingespritzte Dichtungen erreichen die Schutzklasse IP 67.

Bild: Fischer Elektronik

elektronischen Systemen. Die gerippte Geometrie trägt zur Stabilisierung der Betriebstemperatur bei. Sie maximiert die Oberfläche und unterstützt die gute Wärmeableitungseigenschaft von Aluminium (Bild 2). Mittels einer thermischen Kontaktierung der Leistungskomponente mit dem gerippten Profil gelangt die Wärme (Verlustleistung), welche beim Betrieb an der Leistungskomponente entsteht, durch die natürliche Wärmeleitung in das Profil, wird dort verteilt und schließlich über die vergrößerte Oberfläche abgeleitet.

Praktischer Nutzen von Kunststoffelementen

Stoßfeste Kunststoffrahmen mit integrierten rutschhemmenden Standfüßen oder Antirutsch-Design-Elementen heben die Design-Gehäuse nicht nur optisch hervor, sondern lassen auch eine sichere und rutschfeste Anwendung als Tischgehäuse zu. Für zahlreiche dekorative Anwendungen legen Kunden besonderen Wert auf verdeckt angebrachte Schrauben, die gleichzeitig eine zügige und einfache Montage der elektronischen Komponenten ermöglichen. Dies setzt den Einsatz von Design-Rahmen voraus, die sich ohne zusätzliches Werkzeug auf das Gehäuse schieben lassen und keine weitere Befestigung erfordern. Statt traditioneller Standfüße sind diese Design-Rahmen mit leicht hervorstehenden, rutschfesten Zierstreifen ausgestattet, welche die stabile Nutzung als Tischgehäuse gewährleisten (Bild 3).

Bild: Fischer Elektronik

Bild 5: Auf Anfrage sind die Designelemente in zahlreichen RAL-Farben erhältlich.



Bild 6: Sämtliche Gehäuse können mit kunden-spezifischen Modifikationen versehen werden.



Bild: Fischer Elektronik

Tubusprofil-Gehäuse schützen die implementierte Elektronik dank ihrer geschlossenen und robusten Konstruktion gut vor Schmutz und Feuchtigkeit und eignen sich besonders für Systeme in einer industriellen oder rauen Umgebung. Gemeinsam mit Zwei-Komponenten-Kunststoffrahmen (PC+ABS), die über fest eingespritzte Weichkomponenten (Dichtungen) aus TPE verfügen, ist die Schutzklasse IP 67 möglich (Bild 4).

Die Verwendung schwer entflammbarer Kunststoffe spielt eine zentrale Rolle. UL 94 V-0 zertifizierte Materialien zeigen keine Flammenbildung und erlöschen innerhalb von 10 s nach Entfernen der Zündquelle, wodurch sie die höchsten Brennbarkeitsstandards erfüllen. Kunststoffelemente sind in einer breiten Auswahl an Standardfarben und in zahlreichen RAL-Farben verfügbar (Bild 5).

Umfangreiche Bearbeitungsmöglichkeiten für dekorative Applikationen

Gehäusehersteller bieten darüber hinaus eine Modifikation sämtlicher Gehäusekomponenten nach individuellen Kundenspezifikationen an. Dabei wird höchste Bearbeitungsqualität durch den Einsatz moderner CNC-Bearbeitungszentren und Automaten gewährleistet. Das Einfügen von Durchbrüchen oder das Fräsen von Vertiefungen wie Nuten oder Taschen sind hochpräzise möglich. Sie bieten geringe Maßtoleranzen, glatte Kanten sowie planebene und qualitativ hochwertige Oberflächen in Bezug auf Ebenheit und Rauheit. Zusätzliche Befestigungsmöglichkeiten für Platinen oder Montageplatten sind mit verschiedenen Einpressteckverbindern möglich, die in gewünschter Position in die Profile eingepresst werden. Darüber hinaus können für visuelle Kennzeichnungen und Logos Beschriftungen durch unterschiedliche Verfahren umgesetzt werden, beispielsweise Gravuren, digitaler UV-Druck, Siebdruck, Tampondruck, Unterexlosaldruck oder Laserbeschriftung (Bild 6). (kr)

Bereits während des Strangpressprozesses können die Profile, welche den Gehäusekörper bilden, mit nützlichen Geometrien versehen werden. Je nach Gehäusotyp haben die verwendeten Tubus- und Halbschalenprofile verschiedene zweckdienliche Konturelemente für eine sichere und ordnungsgemäße Aufnahme aller Elektronikkomponenten. Stets vorhanden sind beispielsweise innenliegende Führungsnuten, die das einfache Einschieben von Leiterkarten oder Montageplatten ermöglichen.

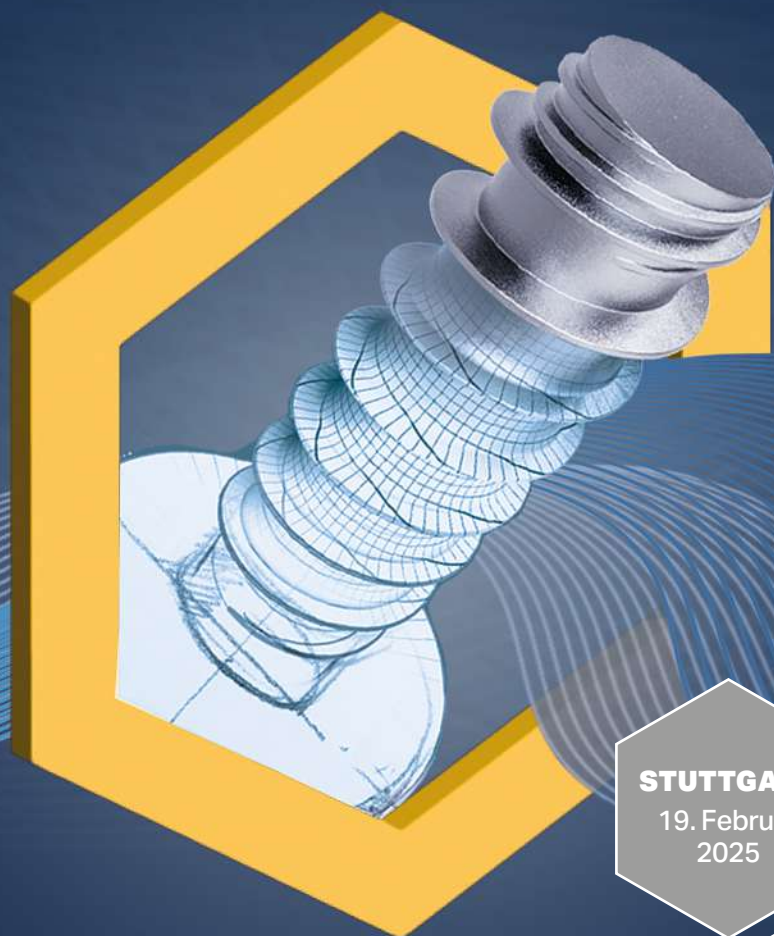
Einige Gehäuse verfügen zusätzlich über T-Nuten, die ein Einschieben von Gewindestreifen oder schiebbaren Muttern erlauben. Damit lassen sich Leiterkarten oder Montageplatten mittels Abstandsbolzen platzieren. Neben den Konturelementen, die eine Befestigung der Elektronikkomponenten gewährleisten, fallen viele Gehäuse durch eine gerippte Außengeometrie auf.

Aufgrund der hohen Wärmeableitfähigkeit der Legierung bis zu 210 W/(mK) spielen Aluminium-Profilgehäuse oft eine zentrale Rolle bei der Temperaturbegrenzung von

Die regionale Fachmesse ist Ihr schnellster Weg zu **sicheren** **Schraubverbindungen.**



SCHRAUBTEC
EINFACH GUTE VERBINDUNGEN



**JETZT
TICKET
SICHERN!
EINTRITT
FREI**

STUTTGART
19. Februar
2025

HANNOVER
19. März
2025

LANDSHUT
14. Mai
2025

BOCHUM
3. September
2025

Neu
**KATTOWITZ
(PL)**
16. September
2025

DRESDEN
5. November
2025

Die SchraubTec kommt auch 2025 in Ihre Region

Treffen Sie Experten für Schraubverbindungen, Schraubtechnik, Schraubwerkzeuge
sowie Beschaffung, Einkauf und Management von C-Teilen.

In praxisnahen Vorträgen und der Ausstellung stärken Sie Ihr Fachwissen
und Ihre Fertigkeiten für sichere Schraubverbindungen in der Industrie.

www.schraubtec.com

STROMVERTEILUNGSSYSTEME

30 bis 50 Prozent schneller: Mit neuer Plattform blitzschnell zur Stromverteilung im Schaltschrank



Bild: Rittal

Rittal bietet mit RiLineX eine neu entwickelte, offene Plattform für Stromverteilungssysteme. Ein Click-System aus Boards und Komponenten vereinfacht den bislang zeit- und aufwändigen Aufbau der Stromverteilung im Schaltschrankbau – mit bis zu 30 Prozent Zeiteinsparung beim Engineering und 50 Prozent bei der Montage gegenüber herkömmlichen Sammelschienensystemen. Von der Plattform profitieren alle, die auf eine schnelle und zuverlässige Stromverteilungslösung bis 1.000 V AC oder ± 1.500 V DC angewiesen sind. Das reicht vom klassischen Steuerungs- und Schaltanlagenbau bis hin zur Energiespeicherindustrie, den Errichten von Photovoltaikanlagen oder der IT-Branche.

Da die Kupferschienen direkt im überbaubaren Board eingelegt sind, lassen sich die Aufbau-Komponenten komplett durchgängig planen und montieren. Die aufwändige projektspezifische Auslegung der Halter entfällt komplett. Auch das komplizierte Sägen von Abdeckungen ist nicht mehr notwendig. Dadurch entfallen auch Ausschuss und Kunststoffmüll – im Schnitt 1,9 kg pro System. Die Abdeckung bleibt von vornherein durchgängig im System über den Schienen und schützt vor versehentlichen Berührungen. Zertifiziert ist der Berührungsschutz nach der Schutzart IP2XB. Damit wird das Eindringen von Fremdkörpern mit einem Durchmesser von 12 mm oder mehr verhindert. Frontseitig ist der Berührungs-

schutz zudem erweiterbar auf die Schutzart IP4X. Dadurch ist das System vor Fremdkörpern mit einem Durchmesser von 1 mm oder mehr geschützt. Eine Berührung von stromführenden Teilen mit den Fingern ist in jedem Fall ausgeschlossen. Durch die Bauform ist das gesamte System schon auf eine Kurzschlussfestigkeit bis 52,5 kA vorgeprüft, sodass sich sowohl Planer als auch Anwender auf eine rundum sichere Lösung verlassen können.

Die Lösung reduziert den Bearbeitungsaufwand von der Planung über die Montage bis hin zur Wartung signifikant und macht den Anlagenbau deutlich effizienter. Somit ergeben sich Einsparungen im Engineering bis zu 30 Prozent und bis zu 50 Prozent bei der Montage.

Je nach Kundenanwendung bieten die Herborner zwei Ansätze. Die Plattform ist einerseits als schnell montierbares Komplettboard inklusive Kupferschienen für AX-Kompakt- und VX25-Anreihschränke bis 1.200 mm erhältlich, auch entsprechend im Schrank vormontiert. Dadurch eignet sich das Board für Standardanwendungen. Nutzer sparen Kosten, steigern die Übersichtlichkeit und können das System ohne spezielle Vorkenntnisse installieren.

Volle Gestaltungsfreiheit bietet die Ausführung als offener Modulbaukasten für den individuellen Systemaufbau, durch Anreihverbindung auch über 2,4 m hinaus. Anwender benötigen nur die Länge der Montageplatte und können die Module in 200-mm-Schritten individuell kombinieren. Dabei bleibt das Bohrmuster auf jeder Montageplatte identisch.

IT-SCHRÄNKE

Kompakte und energiesparende Kühlung mit Wärmerückgewinnung

Die InRack DLC Systeme von Schäfer IT ermöglichen durch die Direktwasserkühlung (Pumpenbox) eine platzsparende Konstruktion mit Raumgewinn im Rack. Bei kompakten Abmessungen ist gleichzeitig eine besonders energiesparende Kühlung wassergekühlter IT-Komponenten gewährleistet. Zur Trennung des primären Objektkaltwassernetzes vom Kühlkreislauf wird ein besonders platzsparender Hochleistungs-Plattenwärmeübertrager verwendet. Die geringe Energieaufnahme und die effektive Wärmerückgewinnung führen zu einem niedrigen PuE-Wert. Somit lassen sich die Vorgaben des Energieeffizienzgesetzes (EnEfG) mühelos einhalten. Auch die Förderfähigkeit aufgrund des 100-prozentig natürlichen Kälte-



Bild: Schäfer Werke

mittels ist gegeben. Ein extern angeordnetes Ventil regelt die Kaltwasservorlauftemperatur des sekundären Serverkreislaufs präzise auf die gewünschten Sollwerte. Zusätzlich steigern eine Sicherheitsgruppe sowie ein Ausdehnungsgefäß die Anlagensicherheit. Das integrierte Monitoring-System erfasst kontinuierlich alle relevanten Werte und informiert bei möglichen Fehlfunktionen, sodass frühzeitig Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

Ein Kombisensor erfasst kontinuierlich Temperatur, Luftfeuchtigkeit und die entsprechende Taupunkttemperatur. Dadurch bleibt die Serverkreislaufumtemperatur automatisch stets oberhalb der Taupunkttemperatur und ist frei einstellbar.

HANDBEDIENGEHÄUSE**Perfekter Schutz für mobile Steuerungen**

Rose Systemtechnik hat Handbediengehäuse in vier verschiedenen Baureihen im Programm, die nahezu jeden Anwendungsfall abdecken. Die Beluga-Gehäuse bieten viel Platz für Komponenten wie Handräder, Folientastaturen oder Not-Aus-Schalter. Sie eignen sich für die Steuerung von Maschinen, Messtechnik-Anwendungen oder Kranen und können mit Zubehör auch an Wänden oder an der Maschinenverkleidung befestigt werden. Limanda-Gehäuse sind für große Displays oder Folientastaturen konzipiert. Sie erfüllen die Anforderungen der Schutzart IP65 und sind selbstverlöschend. Durch den Einsatz eines Zwischenrahmens kann die maximale Einbautiefe nochmals um 25/30 mm angehoben werden.

Bild: Rose Systemtechnik



Für Datenerfassungs- und Messgeräte wurden die Handbediengehäuse der Baureihe Taguan entwickelt. Sie ermöglichen den Einbau zahlreicher Komponenten wie Scanner, Sensoren oder Magnet- bzw. Chipkartenleser. Sie sind ergonomisch geformt und haben ein Batterie-/Akku-Fach.

Geeignet für Kleinsteuerungen und Bedienfelder sind die Handbediengehäuse der Pilot-Serie. Diese Gehäuse können sowohl im Innen- als auch im Außenbereich eingesetzt werden. Sie eignen sich für den Einbau von Tastern, Schaltelementen und Folientastaturen. Pilot-Gehäuse gibt es in vielen Ausführungen und Größen – z. B. mit geschlossenem oder mit Frontrahmendeckel sowie mit Griff und integriertem Kabelgang.

ALUMINIUM-DRUCKGUSSGEHÄUSE**Alu-Flanschgehäuse mit IP68-Schutz**

Bild: Hammond



Hammond hat die dickwandigen Aluminiumgehäuse um die Serie 1550ZF mit IP68-Schutz erweitert, die geflanschte Versionen aller 18 Größen umfasst. Der durch Punktschweißen befestigte Flansch in Standardgröße sorgt für eine stabile, ebene Montageplatte, die ein einfaches Anbringen an einer Fläche ermöglicht. Die 18 Größen reichen von 50 mm x 45 mm x 30 mm bis 223 mm x 147 mm x 83

mm. Die Deckel haben je nach Abmessung eine Stärke von 5 bis 33 mm. Durch ihre Nut- und Federkonstruktion und eine vorgeformte einteilige Silikongummidichtung erfüllen die Gehäuse die Anforderungen der Schutzart IP68 und eignen sich zur Installation in Umgebungen mit Staub- und Wassereinwirkung. Die Gehäuse sind UL- und cUL-gelistet, wurden von einer unabhängigen Prüfstelle gemäß IP66, IP67 und IP68 getestet und sind außerdem nach NEMA Typ 4, 4X, 12 und 13 eingestuft. Mit Ausnahme der kleinsten Größe haben alle Gehäuse eine Stoßfestigkeit von IK08, die gemäß der Norm IEC 62262 dem Aufprall einer 1,7 kg schweren Masse aus einer Höhe von 300 mm über der Aufprallfläche entspricht. Je nach Größe wird der Deckel mit zwei, vier oder sechs Philips-Maschinenschrauben aus Edelstahl befestigt. Sie befinden sich außerhalb des abgedichteten Bereichs und ermöglichen einen wiederholten Zugang, ohne den Umgebungsschutz zu beeinträchtigen.

Die Gehäuse sind unbehandelt oder mit einer schwarzen Polyester-Pulverbeschichtung an der Außen- und Innenseite erhältlich.

kühlen schützen verbinden
Designgehäuse

- innovative Gehäusesysteme mit stoßfesten Kunststoffabdeckungen
- für ungenormte oder 100 mm Leiterkarten
- für den mobilen Einsatz oder als Tischgehäuse mit rutschfesten Standfüßen
- EMV gerechte Ausführungen, IP-Schutz
- spezielle Anfertigungen, Bearbeitungen und Farbgestaltung nach Kundenvorgaben



Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de/des

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

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



RAB3-Board von Rutronik: nutzt Infineons Xensiv-60-GHz-Radarsensor für präzise Gestenerkennung. Die Antennenstruktur erfasst horizontale und vertikale Bewegungen.

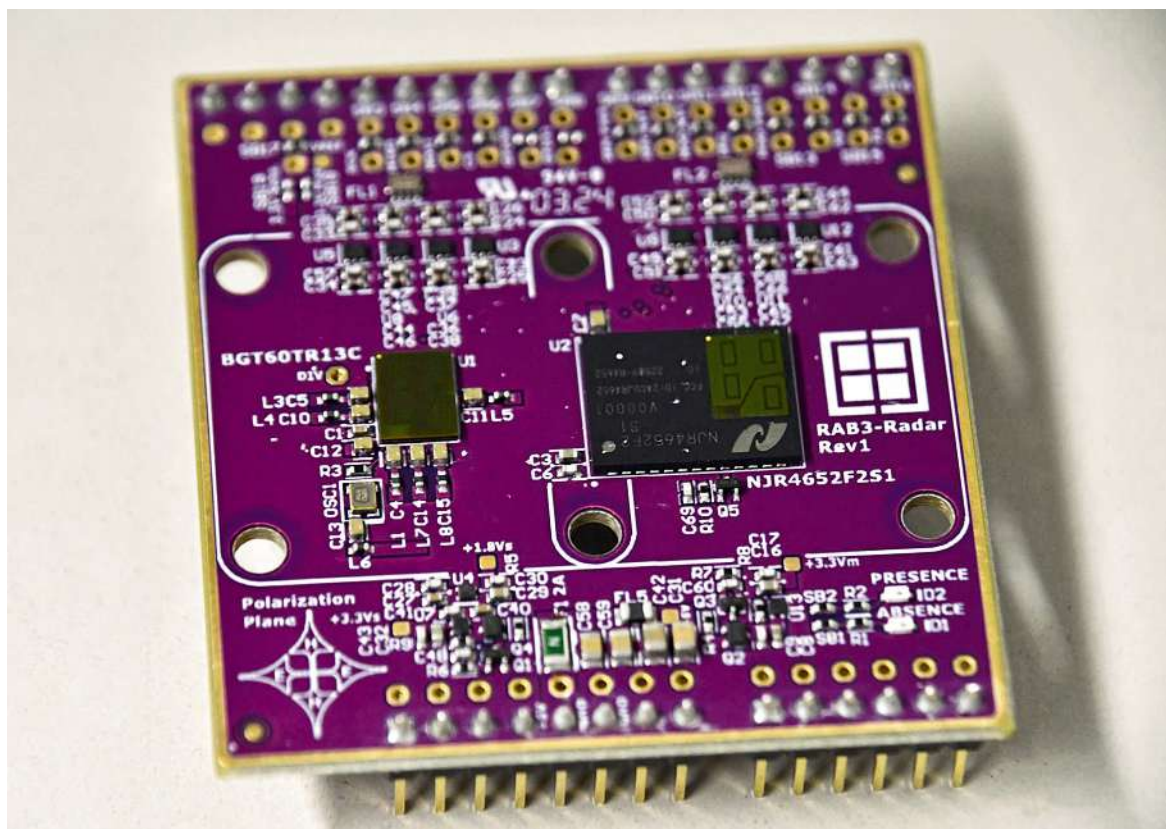


Bild: Rutronik

ALLES AUS EINER HAND

Intelligente Gesten- und Sprachsteuerung für das IIoT

AI-on-the-Edge hat viele Vorteile, doch die Integration solcher Lösungen ist aufwendig. Der Distributor Rutronik System Solutions unterstützt seine Kunden mit Hilfe eines Demonstrators, der eine KI-Steuerung mit Gestenerkennung kombiniert.

AI-on-the-Edge ermöglicht die lokale Echtzeitverarbeitung, reduziert Netzwerkkosten und erhöht die Ausfallsicherheit, denn sensible Daten bleiben vor Ort. Die Integration solcher Lösungen ist jedoch mit erheblichem Entwicklungsaufwand sowie zeitlichen und wirtschaftlichen Investitionen verbunden.

Raus aus der Wolke – Vorteile der künstlichen Intelligenz an der Edge

Rutroniks Demonstrator unterstützt Entwickler bei Edge-AI-Lösungen, da er eine KI-Steuerung mit Gestenerkennung per RAB3 – Radar und Schlüsselworterkennung auf Basis des PSOC Edge E84 von Infineon kombiniert. Dieser

Mikrocontroller ermöglicht die dezentrale Berechnung neuronaler Netze „on the Edge“ und steigert so Geschwindigkeit, Stabilität und Sicherheit.

Die Vorteile im Detail sind:

- Geringe Latenz & Echtzeitverarbeitung: Daten werden direkt vor Ort analysiert, wodurch Maschinen und Systeme unmittelbar auf Ereignisse reagieren können – essenziell für Predictive Maintenance oder die automatisierte Qualitätskontrolle.
- Reduzierte Netzwerkkosten & Bandbreitenverbrauch: Da große Datenmengen nicht in die Cloud übertragen werden, wird das Netzwerk entlastet – besonders relevant für Smart Factories mit vielen Sensoren und Kameraanwendungen.



Bild: Rutronik

VERFASST VON
Stephan Menze
Head of Global Innovation Management
Rutronik

- Höhere Ausfallsicherheit: Selbst bei Netzwerkproblemen bleibt die Funktionalität erhalten, da die Datenverarbeitung lokal im Gerät erfolgt. Kritische Prozesse laufen somit ohne Unterbrechung weiter.
- Datensicherheit & Datenschutz: Sensible Informationen werden nicht über externe Netzwerke übertragen, wodurch das Risiko von Datenlecks minimiert und gesetzliche Vorgaben (DSGVO) leichter eingehalten werden können.
- Energieeffizienz & Nachhaltigkeit: Die Verarbeitung erfolgt direkt auf Edge-Geräten, wodurch weniger Cloud-Rechenleistung benötigt wird. Moderne KI-Chips sind speziell darauf ausgelegt, maximale Leistung bei minimalem Energieverbrauch zu liefern.

Infineons PSOC Edge E84 ist ein Hochleistungs-Mikrocontroller mit einem Arm Cortex-M55 mit Helium DSP-Unterstützung und einem Cortex-M33 mit Infineons energieeffizientem NN-Lite-Beschleuniger. Dies ermöglicht die direkte Verarbeitung neuronaler Netze (NPU) auf dem Gerät – externe Server werden überflüssig. Zusätzliche Sicherheitsfunktionen wie Lockstep-gesicherte Enklave, Infineon Edge Protect Kategorie 4 und Trusted Firmware-M schützen das System vor Manipulationen.

RAB3: 60-GHz-Radar, Sprachsteuerung, BLDC-Antriebssystem und Touch-Display

Das RAB3-Board nutzt den Xensiv-60-GHz-Radarsensor von Infineon für präzise Gestenerkennung. Die Antennenstruktur erfasst horizontale und vertikale Bewegungen und ermöglicht komplexe Steuerbefehle. Die Vorteile der Radartechnologie sind:

- Funktioniert unabhängig von Lichtverhältnissen und Staub,
 - kann hinter nichtmetallischen Oberflächen installiert werden,
 - ideal für sterile oder raue Industrieumgebungen.
- Hochwertige digitale Mikrofone analysieren Umgebungsgeräusche und unterscheiden effizient zwischen

Steuerbefehlen und Hintergrundgeräuschen. Dadurch arbeitet die Sprachsteuerung auch in lauten Umgebungen zuverlässig.

Ein achtpoliger BLDC-Motor mit Hall-Sensoren sorgt für präzise Steuerung und nutzt dabei die gleiche MCU, wie die Komponenten zur Gesten- und Sprachsteuerung. Die besondere Herausforderung dabei: Mehrere Steuerbefehle aus verschiedenen Bereichen müssen parallel verarbeitet werden. Der PSOC Edge E84 stellt hierbei sicher, dass alle Prozesse ohne Verzögerung ablaufen.

Ein 1024x600-IPS-TFT-LC-Touch-Display mit 2,5D-Graphikprozessoreinheit sorgt für eine flüssige Darstellung der Benutzeroberfläche zur Konfiguration der Sensoreinstellungen und Steuerungsparameter.

Embedded-KI-Systeme revolutionieren Industrie und Landwirtschaft

Die AI-on-the-Edge-Demo von Rutronik System Solutions zeigt, wie moderne Embedded-KI-Systeme industrielle und landwirtschaftliche Anwendungen revolutionieren können.

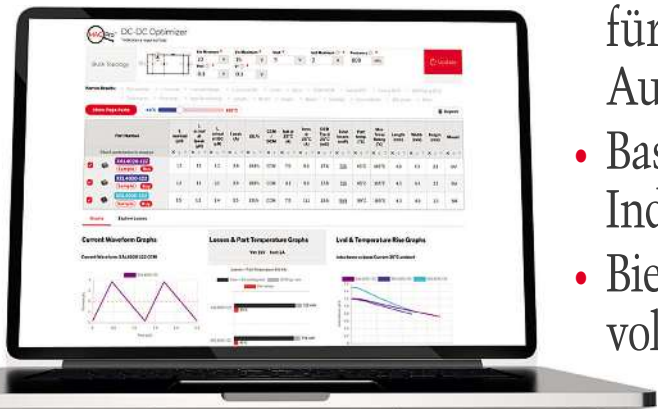
Durch die Kombination aus Radartechnologie, Sprach- und Gestenerkennung sowie leistungsfähiger lokaler KI-Verarbeitung entstehen innovative, intuitive und sichere Steuerungslösungen. Industrie 4.0 & Smart Farming profitieren von neuen Möglichkeiten, die über klassische Bedienkonzepte hinausgehen und eine effiziente, berührungslose Steuerung ermöglichen.

Mit interdisziplinärer Expertise, sowohl hard- als auch softwareseitig, sowie dem tiefen Verständnis bei technologischen Herausforderungen, beraten die Experten von Rutronik ihre Kunden kompetent bis hin zu einem umfassenden Lösungsansatz für geplante Anwendungen. Mit der bereitgestellten Demo-Hardware reduziert Rutronik System Solutions den Entwicklungsaufwand, senkt die damit verbundenen Kosten und ermöglicht so eine schnellere Markteinführung für innovative Steuerungssysteme. (mk)



DC-DC-Optimierungstool

Coilcraft



- Findet die geeignetsten Standard-Induktivitäten für Ihre Abwärts-, Aufwärts- und Abwärts-Aufwärtswandler
- Basiert auf Mess- statt Simulationsdaten von Induktivitäten
- Bietet applikationsspezifische Signalkurven und vollständige DC- und AC-Verlustanalysen

Starten Sie jetzt @ coilcraft.com

Leserservice

elektronikpraxis.de/hilfe
oder E-Mail an
vertrieb@vogel.de mit Betreff „ELEKTRONIKPRAXIS“.
Gerne mit Angabe Ihrer Kundennummer
vom Adressetikett: *CS-1234567*

Redaktionsservice

Kontakt zur Redaktion:
Tel. +49 931 418-2333
fachmedien@vogel.de

Chefredakteurin:
Maria Beyer-Fistrich (mbf), V. i. S. d. P.

Redaktion:
Susanne Braun (sb), Manuel Christa (mc), Stefanie Eckardt (se),
Sebastian Gerstl (sg), Hendrik Härter (heh), Thomas Kuther (tk),
Margit Kuther (mk), Michael Richter (mr), Kristin Rinortner (kr)

Redaktionsanschrift:
Würzburg: Max-Planck-Str. 7/9, 97082 Würzburg
Tel. -2477, Fax -2740

Freie Mitarbeiter:
Anna-Lena Gutberlet (ag), Richard Oed (ro)

Layout:
Alexandra Geißner

**ELEKTRONIKPRAXIS ist Organ des Fachverbandes
Elektronik-Design e.V. (FED). FED-Mitglieder erhalten
ELEKTRONIKPRAXIS im Rahmen ihrer Mitgliedschaft.**

Schreibweisen, Firmen- und Produktnamen:
Wir halten uns generell an die Schreibempfehlungen des Dudens.

Haftungsausschluss:
Für den Inhalt der einzelnen Artikel sind die jeweils benannten
Autoren verantwortlich, er spiegelt nicht zwangsläufig
die Meinung der Redaktion wider. Eine Haftung für die Richtig-
keit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung nicht
übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne
ausdrückliche schriftliche Genehmigung in irgendeiner Form
reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme
verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Verkauf von Medialeistungen

Director Sales:
Annika Schlosser
Tel. +49 931 418-2982
sales@vogel.de

Auftragsmanagement:
auftragsmanagement@vogel.de

Abonnement

Bezugspreis (inklusive Versandkosten):
Inland: jährl. 272,90 €
Ausland: jährl. 304,10 €
Einzelheft: 19,90 €

Verbreitete Auflage:
Angeschlossen der Informationsgemeinschaft
zur Feststellung der Verbreitung von
Werbeträgern – Sicherung der Auflagenwahrheit.
Aktuelle Zahlen: www.ivw.de

Datenbank:
Die Artikel dieses Heftes sind in elektronischer Form kosten-
pflichtig über die Wirtschaftsdatenbank GENIOS zu beziehen:
www.genios.de

ISSN 0341-5589



VOGEL COMMUNICATIONS
GROUP

Vogel Communications Group GmbH & Co. KG
Max-Planck-Str. 7/9, 97082 Würzburg
Tel. +49 931 418-0
www.vogel.de

Beteiligungsverhältnisse:
Persönlich haftende Gesellschafterin:
Vogel Communications Group Verwaltungen GmbH
Max-Planck-Straße 7/9, 97082 Würzburg
Kommanditisten:
Dr. Kurt Eckernkamp GmbH,
Nina Eckernkamp, Klaus-Ulrich von Wangenheim,
Heiko Lindner, Axel von Kaphengst

Geschäftsführung:
Matthias Bauer (Vorsitz), Günter Schürger

Druck:
Vogel Druck und Medienservice GmbH
Leibnizstraße 5, 97204 Höchberg
Gedruckt auf PEFC zertifiziertem Papier

Fragen zur Produktsicherheit:
produktsicherheit@vogel.de

Copyright:
Vogel Communications Group GmbH & Co. KG

ROBUST RFID-LABEL

Für Daten- und Produktsicherheit

Die Labeltechnologie Ro-
bust RFID von Schreiner
ProTech eignet sich vom
sicheren Schutz sensib-
ler Informationen bis hin
zur Optimierung kom-
plexer Logistikprozesse.
Auch mechanische Be-
lastungen wie Stöße können dem RFID-Label und seiner Funktionalität we-
nig anhaben.

Das RFID-Portfolio wurde auf die neueste Chip-Generation umgestellt, was
eine verbesserte Leistung und eine höhere Datensicherheit ermöglicht. Egal,
ob beim Einsatz auf Metall, Glas, ESD- und Mehrwegtransportbehältern, für
die präzise Pulkerfassung und optimiertes Leergutmanagement in Echtzeit
ist gesorgt.

Kunden werden nicht nur bei der Auswahl und Integration geeigneter,
sicherer RFID-Chips und der passenden verschlüsselten Programmierung
unterstützt, sondern auch für durchgängige Sicherheit im gesamten Produk-
tionsprozess ist gesorgt. Mit dem Hardware Security Module (HSM) sind
sensiblen Daten jederzeit vor unautorisiertem Zugriff geschützt. HSMs bie-
ten Schutz vor Angriffen und gewährleisten die sichere Generierung, Ver-
waltung und Übertragung kryptografischer Schlüssel. Neben unserer ISO
14298 zertifizierten Sicherheitsproduktion und einem TISAX-Assessment
(„Result Available“, Level 2) stellt diese zusätzliche Sicherheitsebene sicher,
dass die Vertraulichkeit, Integrität und Authentizität der RFID-Lösung in
jeder Phase gewahrt bleibt.



Bild: Schreiner ProTech

KONSTANTSPANNUNGS-LED-NETZTEILE

LED-Netzteile von Yingjiao mit Ausgangsspannungen von 12 V und 24 V



Bild: Schukat

Schukat erweitert sein
Programm um Konstant-
spannungs-LED-Netztei-
le von Yingjiao Electrical
Co. Und zwar um die
LED-Netzteile der Serien
SLCV-E, YSL-T, YSL-F und
YCL mit 12 V und 24 V.
Weitere Spannungen
sind auf Anfrage erhält-
lich. Die flachen und
kompakten Metall- und

Kunststoffnetzteile sind in verschiedenen Bauformen verfügbar. Bei der
SLCV-E-Serie handelt es sich um mit Silikon vergossene IP44 Netzteile von
40 W bis 96 W in ‚Subcompact‘ Bauform, also ultrakompakt und flach. Die
Serie YSL-T umfasst ultraflache IP20-Netzteile von 15 W bis 200 W in linearer
Bauform, geeignet für besonders kostensensitive Anwendungen im Innen-
bereich. Die IP20-Netzteile der Serie YSL-F zeichnen sich durch ihre flache
Bauform von 16,5 mm beim 20-Watt-Modell, bis zu nur 20 mm beim 150-Watt-
Modell, aus. Auch sie adressieren kostensensitive Anwendungen im Innen-
bereich. Mit den Typen der Serie YCL mit Schutzgrad IP67, 12 W bis 200 W
und mit Litzenanschluss rundet Schukat sein Portfolio im Lighting-Bereich
ab. Diese Serie ist für den Einsatz im Außenbereich, z. B. in Werbebeleuch-
tung, vorgesehen. Alle Geräte werden mit einer Herstellergarantie von fünf
Jahren ab Lager Schukat verkauft.

Das rund 100.000 Quadratmeter große Produktionsareal von Yingjiao
beherbergt unter anderem von der UL/WTDP und TÜV SÜD/TMP akkredi-
tierte Prüflabore.

DIE AUFLÖSUNG

EP Basics Quiz – Prof. Poppe fragt nach

Im „EP Basics Quiz“ stellt der Physiker und Fachbuch-Autor Prof. Martin Poppe eine Frage und klärt diese auf. Hier die Lösung zur heutigen Frage (auf Seite 7): Was ist der Tunneleffekt?

Zur Auswahl standen drei Antworten: (1) Der Grund für das Funktionieren von Flash Speichern (2) Die quantenmechanische Begründung für einen falschen Aufenthaltsort (3) Ein Phänomen zur Aufhellung des Sonnenscheins

Auflösung

Alle Antworten sind richtig! Kern des Tunneleffekt ist die in der Quantenwelt vorhandene Möglichkeit eines Teilchens, für kurze Zeit in Bereiche einzudringen, für die ihm für einen dauerhaften Aufenthalt die Energie fehlt. Dies ermöglicht Elektronen in Flash-Speichern dünne Oxide zu überwinden und Protonen auf der Sonne, Kernkräfte wirken zu lassen, obwohl die elektrische Abstoßung sie eigentlich daran hindert einander nahe genug zu sein.

Mit dem Wort „Tunneleffekt“ wird ein quantenmechanisches Phänomen beschrieben, welches nach den Regeln der klassischen Physik unmöglich ist. Das Wort Tunnel geht dabei auf ein anschauliches Beispiel zurück: Ein Auto, welches antriebslos auf einen Berg zurollt, kommt aufgrund seiner kinetischen Energie bis zu einem bestimmten Punkt hinauf. Ist der Berg hoch genug, rollt es wieder zurück. Es wird nie das Tal auf der anderen Seite erreichen. Hat der Berg jedoch einen Tunnel, dann und nur dann kann das Auto im Tal jenseits des Berges ankommen. Soweit die klassische Physik. Nach den Regeln der Quantenmechanik hat jedoch jeder Berg einen „Wahrscheinlichkeitstunnel“, welcher dem Auto in seltenen Fällen erlaubt, das gegenüberliegende Tal zu erreichen. Im Falle eines Autos kann man fast 100 % sicher sein, dass es seit der Entstehung der Erde kein einziges Mal passiert ist.

Ganz anders sind die Verhältnisse auf der Nanometerskala, denn „In der Quantenwelt ist es möglich, sich durch eine energetisch verbotene Zone schnell hindurchzumogeln.“ (Richard P. Feynman)

Im Alltag verlassen wir uns auf die Abwesenheit eines im Makroskopischen wirkenden Tunneleffektes. Das in Bild 1 gezeigte Durchdringen einer Mauer ist zwar quantenmechanisch möglich, aber so unwahrscheinlich, dass es während der angenommenen Lebensdauer des Universums nicht ein einziges Mal passieren wird. Hierzu ein Blick auf die schwer herzuleitende, aber im Resultat doch verständliche Wahrscheinlichkeit P für einen Körper der Masse m und der

Bild: M. Poppe, Grundkurs Theoretische Elektrotechnik

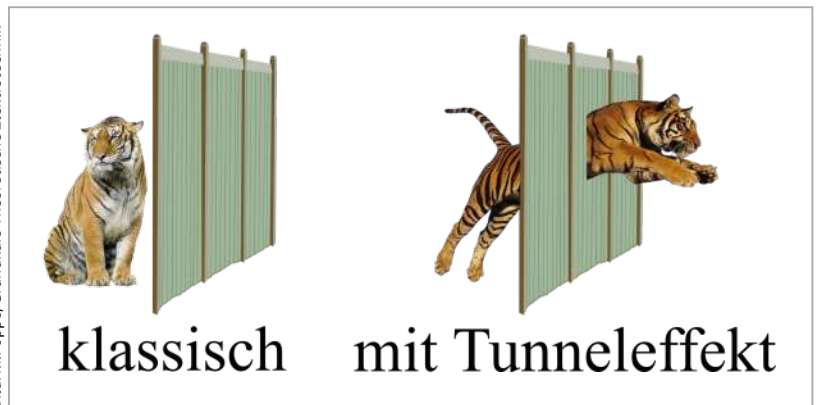


Bild 1: Veranschaulichung des Tunneleffekts.



Bild: FH Münster, Jana Bade

Der EP Basics-Quizmaster: Prof. Martin Poppe, FH Münster. Die aktuelle Frage ist entnommen aus seinem Buch *Prüfungstrainer Elektrotechnik*, Springer Heidelberg 2022, ISBN 978-3-662-65001-1.

Energie E , eine Barriere welche ihm die Lageenergie $V(x)$ abverlangt zu durchtunneln:

$$P = e^{-8 \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{\frac{2m\pi^2}{h^2} (V(x) - E)} dx}$$

Hier sind x_1 und x_2 die Punkte, zwischen denen sich das Objekt klassischer Weise nicht aufhalten kann. Die Wahrscheinlichkeit nimmt also exponentiell mit der Breite ab, und die Skala wird durch das Planck'sche Wirkungsquantum $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ gesetzt. Man kann den Exponenten so lesen: Er ist der Faktor um den die Wirkung des tunnelnden Tigers größer ist als ein einzelnes Wirkungsquantum – eine unvorstellbar große Zahl. Beobachtbare Wahrscheinlichkeiten entstehen daher nur in der Welt einzelner Elementarteilchen und Atome. Der Tiger bleibt chancenlos.

EEPROMs sind die häufigste Anwendung des Tunneleffekts. Ihre Speicherelemente sind Transistoren mit zwei übereinander liegenden Gates, dessen unteres elektrisch isoliert („floating“) ist. Zum Speichern wird den Elektronen im Kanal möglichst viel Energie zugefügt um das obige $(V(x) - E)$ möglichst klein und so die Tunnelwahrscheinlichkeit groß zu machen. So gelingt es dann einigen Elektronen, das Oxid zu durchtunneln und das floating gate dauerhaft aufzuladen. Denn weder ihre quantenmechanische Wellenfunktion Ψ , noch die Dichte der in Richtung Gate fliegenden Elektronen $p = |\Psi|^2$, geht gegen Null.

Haben Sie die Antwort gewusst? (mr)

EMBEDDED-KI

Industrie 4.0 und die smarte Industrie der Zukunft

Wie kann Deutschland die Rezession überwinden und seine Industrie wieder wettbewerbsfähig machen? Wie können die zahlreichen Herausforderungen, die insbesondere den Mittelstand belasten, angegangen werden? Welche Möglichkeiten gibt es, um dem demographischen Wandel, dem im Vergleich zum Ausland hohen Lohnniveau und dem teilweise eklatanten Mangel an Fachkräften zu trotzen?

Eine Antwort auf diese Fragen fällt selbst vielen Experten schwer, ein Wort taucht aber immer wieder auf: Industrie 4.0. Die komplette Vernetzung von Industriebetrieben und die Automatisierung von Prozessen wird immer wieder als Ultima Ratio für Kostenreduktion und Zeitersparnis ins Feld geführt, schreckt aber insbesondere Mittel-

ständler ab, da sie sich vor großen Planungs- und Realisierungsaufwänden fürchten. Allerdings bietet Embedded-KI bereits heute die Möglichkeit, zentrale Prozesse weitgehend zu automatisieren und somit zentrale Herausforderungen wie den Fachkräftemangel aktiv anzugehen.

Versteht jeder dasselbe, wenn es um die Begriffe Industrie 4.0 und smarte Industrie der Zukunft geht? Häufig tauchen in diesem Kontext auch Wörter wie Digitalisierung, Internet of Things (IoT) oder Smart Factory auf. Grundsätzlich hängen alle Begriffe zusammen und stehen exemplarisch für die Weiterentwicklung der Industrie hin zu einer effektiven, durch Automatisierung und Daten vernetzten Produktion, die durch Sensoren und Gateways situationsgerecht agiert und durch die kollektive Vernetzung von Anlagen und Maschinen eine Kontrolle und Steuerung von außen ermöglicht. Um eine Smart Factory zu gewährleisten, müssen die eingesetzten Anlagen und Maschinen miteinander kompatibel sein, da ansonsten keine Vernetzung der einzelnen Prozesse untereinander möglich wäre.

Ist die Digitalisierung in Deutschland tatsächlich auf dem Vormarsch

Die Digitalisierung Deutschlands befindet sich auf dem Vormarsch. Laut aktuellen Erhebungen laufen knapp 43 Prozent der Produktionsprozesse schon heute automatisiert ab, wobei die Hälfte auf Cloud-Computing-Lösungen basiert.

Knapp 62 Prozent der deutschen Unternehmen gehen davon aus, dass ihre Produktion in den kommenden fünf Jahren vollständig automatisiert werden könnte. Daraus lässt sich schließen, dass die Digitalisierung in Deutschland auf dem Vormarsch ist, oder?

Nicht ganz, denn der Digitalisierungsgrad hängt aktuell noch sehr stark von der Größe des jeweiligen Unternehmens ab. So automatisieren und digitalisieren heute primär große Unternehmen, während kleinere diesen Weg noch nicht gegangen sind. Begründet wird dies in den meisten Fällen mit der schwierigen Entscheidungsfindung bezüglich der passenden Investitionen, den fehlenden Fachkräften mit entsprechenden Kenntnissen, dem fehlenden Budget beziehungsweise den zu teuren Lösungen oder dem unerfüllten Wunsch nach spezifischen Lösungen.

All diese Bedenken sind nicht neu. Seit Jahren erleben wir, dass viele Unternehmen, allen voran im Mittelstand, damit kämpfen, ihre Produktionen und Fertigungen zu digitalisieren und auf die Zukunft vorzubereiten. Embedded-KI könnte ein Wegbereiter der Industrie 4.0 sein. Denn Embedded-KI bietet den Vorteil, bestimmte, besonders volatile Bereiche der Produktion zu automatisieren – beispielsweise die Bereiche, in denen besonders viele Fachkräfte fehlen. (mk)



„Viele Unternehmen scheuen den Weg, ihre Produktion voll zu digitalisieren und zu vernetzen.“

Viacheslav Gromov, Geschäftsführer von AITAD.

Bild: AITAD/dietzefotografie

Embedded Software Engineering Kongress

1. bis 4. Dezember 2025

– Call for Papers –

18. ESE Kongress 2025 in Sindelfingen

Es gibt viele gute Gründe, warum Sie sich mit Ihrem eigenen Vortrag beteiligen sollten. Werden Sie Teil von Deutschlands größter Wissenscommunity der Embedded-Software-Branche. Teilen und diskutieren Sie Ihr Know-how mit einem hochwertigen Fachpublikum. Für Vortragende ist die Kongressteilnahme kostenfrei. Die besten Sprecherinnen und Sprecher werden mit dem Best Speaker Award ausgezeichnet.

Gestalten Sie den ESE Kongress aktiv mit und reichen Sie Ihren Themenvorschlag bis spätestens 16. Mai 2025 ein.

Alle wichtigen Informationen zum Call for Papers finden Sie auf www.e-se-kongress.de.

Aussteller 2024:

bbv Software Services, BlackBerry QNX, Cloudflight, Crank AMETEK, Danube Dynamics, ELEKTRONIKPRAXIS, Embedded Office, Embedded Wizard, embeff, GLIWA, [Green Hills Software](#), Helbling, Hitex, infoteam Software, invenio, ISCUE, iSyst Intelligente Systeme, KDAB Group, Lauterbach, MATHEMA Engineering, MathWorks, MicroConsult, ONEKEY, oose, OpenSynergy, Parasoft, Perforce, pls, PROTOS, [Qt Quality Assurance](#), Razorcat, Rohde & Schwarz, SEGGER, Slint, SodiussWillert, Systemtechnik Leber, Tasking, Tuxera, Vector Informatik, Verifysoft, wolfSSL



Embedded Software Engineering Kongress

2025

1. bis 4. Dezember in Sindelfingen

Goldsponsoren 2024



 **Qt** Quality Assurance

Veranstalter



Aktuelle Trends und Entwicklungen rund um den Technologietreiber Relais

RELAIS
TECHNIK
ANWENDERFORUM

29. – 30. Oktober 2025
Vogel Convention Center Würzburg

**JETZT
ANMELDEN**

Wissensaustausch zur aktuellen Relais-technik

Relais sind heute nicht nur unverzichtbar, sondern Technologietreiber in vielen Anwendungen. Im Forum werden Grundlagenkenntnisse, applikationsbezogenes Praxiswissen, die Nutzungsmöglichkeiten spezieller Relais und aktuelle Relais-entwicklungen von Experten der Branche diskutiert und vermittelt.

www.relaisforum.de