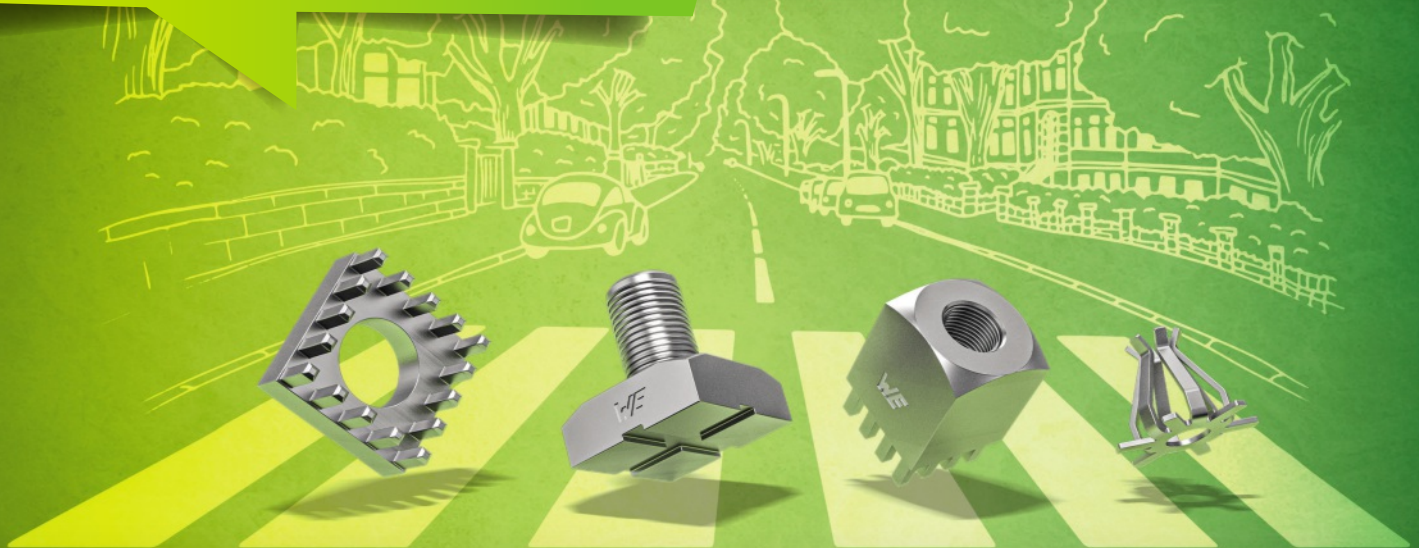




**LET IT BE
LEAD-FREE**



Die Zukunft mit bleifreien Hochstromkontakten

RoHS: Einige Ausnahmen zur Verwendung von Blei in Kupferlegierungen könnten dieses Jahr auslaufen. Was sind die Alternativen?

Seite 16

Die Krise ist noch nicht vorbei

In D-A-CH ist der Umsatz der EMS-Unternehmen 2020 um 4,3% gesunken. Doch die Krise dauert an. **Seite 33**

Thermisches Interface Material

Eine 2,2-W-Wärmeleitfolie mit 6 kV als thermisches Interface Material in der Leistungselektronik. **Seite 51**

Stromversorgungen für E-Fahrzeuge

Bei vollständig isolierten Stromversorgungen bietet der Gegentaktwandler einige Vorteile. **Seite 68**

Über
9,6 Millionen
Produkte online
DIGIKEY.DE



Von der Entwicklung bis zur Produktion

**KOSTENLOSER
VERSAND**
BEI BESTELLUNGEN
AB 50 € ODER
\$60 USD*



TELEFON: (+49) 30 915 884 91

DIGIKEY.DE



*Für alle Bestellungen unter 50,00 € wird eine Versandgebühr von 18,00 € in Rechnung gestellt. Bei Bestellungen unter \$60,00 USD wird eine Versandgebühr von \$22,00 USD berechnet. Alle Bestellungen werden per UPS, Federal Express oder DHL für die Lieferung innerhalb von 1 bis 3 Tagen (abhängig vom endgültigen Bestimmungsort) versendet. Keine Bearbeitungsgebühren. Alle Preise werden in Euro oder US-Dollar angegeben. Digi-Key ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. Digi-Key und Digi-Key Electronics sind eingetragene Marken von Digi-Key Electronics in den USA und anderen Ländern. © 2021 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

Softwareentwickler*innen haben definitiv die Nase vorn

Chipentwickler waren Ende der 80er, Anfang der 90er des letzten Jahrtausends die begehrteste Spezies im Elektronikuniversum. Manche verdienten damals mehr als ihre CEOs. 30 Jahre später erklimmt eine andere Gattung die obersten Sprossen der Evolutionsleiter – die Softwareentwickler*innen.

Mir geht es nicht um die Informatiker der IT-Welt, sondern um den Embedded-Software-Engineer. Noch nie waren sie so wichtig und begehrt, wie heute. Zwei Beispiele: Wenn Sie in unserem Stellenmarkt jobs.elektronikpraxis.de „Software“ eingetippen, bekommen Sie dreimal so viel Treffer als bei Hardware. Und wenn Sie den ESE Kongress besuchen, dann treffen Sie dort fast so viele Leute, wie bei all unseren Hardware-Konferenzen zusammen.

Warum ist der Bedarf an Embedded-Software-Expert*innen so groß und was treibt sie in Scharen auf Spezialkonferenzen? Es gibt mindestens drei Antworten. Wir haben viel zu wenige Entwickler*innen für Gerätesoftware. Sie müssen sowohl die Physik des Gerätes als auch Hardware und Informatik verstehen. Und sie müssen bei ständig steigender Komplexität mit immer neuen Technologien schritthalten. Dazu sollten sie noch kommuni-

„Aktuell finden Sie mehr als 700 Stellenangebote für Elektronikprofis auf jobs.elektronikpraxis.de“



Johann Wiesböck, Chefredakteur
johann.wiesboeck@vogel.de

kativ, agil und kundenorientiert sein. Die Eier-legende Wollmilchsau also.

Gehören Sie auch zu so einer besonderen Spezies? Sind Sie die Echtzeit-codende KI-Hardsoftwarearchitekt*in? Dann haben Sie definitiv die Nase vorn. Sie bleiben unverzichtbar für Ihre Firma oder können sich ein tolles anderes Unternehmen auf jobs.elektronikpraxis.de aussuchen. In beiden Fällen sollten Sie sich die Woche ab dem 29. November freihalten. Denn dann beginnt der ESE Kongress 2021, für den Sie ab sofort auch Vorträge einreichen können – siehe CFP Seite 35 oder www.ese-kongress.de.

Kleiner Trost für alle Nichtsoftwerker. Unsere Branche braucht auch dringend Hardware-Entwicklerinnen, Fertigungsspezialisten, Vertriebs-Ingenieurinnen und sogar ein paar Elektronikredakteure. Ich wünsche allen viel Erfolg!

Herzlichst, Ihr

FlowCAD

Work from Home Special

OrCAD PCB Designer Standard
inklusive 2 Jahre Updates/Hotline

Probleme beim Zugriff auf Software Lizenzen von zu Hause sind mit dem „Work from Home“ Programm von FlowCAD und Cadence kein Thema mehr.

Erhalten Sie OrCAD PCB Designer Standard und zwei Jahre Updates und Hotline zum Sonderpreis von 999,- €!

* netto + ges. MwSt.

Damit kann jeder Entwickler, Bibliothekar und PCB Designer seine eigene Lizenz lokal im Home Office nutzen und

- Schaltpläne erstellen und mit PSpice simulieren
- Bauteile platzieren und PCBs routen
- Bibliothekselemente erstellen

Es muss keine online-Verbindung zur Firmen IT bestehen. Die Mitarbeiter sind produktiv und können sich ihre Arbeitszeit frei einteilen.



FlowCAD.com/wfh

OrCAD®

cādence®

ROHS-RICHTLINIE

Sicher in die Zukunft mit bleifreien Hochstromkontakten

Verordnungen wie RoHS verbieten die Verwendung von Blei in den meisten Anwendungen. Die Ausnahmeregelung 6c im Anhang III von RoHS erlaubt jedoch bis zu vier Gewichtsprozent Blei in Kupferlegierungen. Diese wichtige Ausnahme läuft nach aktuellem Stand am 21. Juli 2021 aus. Während die einen auf eine Verlängerung der Ausnahmen spekulieren, gehen andere mit zukunftssicheren Alternativen und bleifreien Komponenten voran. Einer dieser Vorreiter ist Würth Elektronik ICS.

16



LET IT BE LEAD-FREE

ELEKTRONIKSPIEGEL

- 6 **Zahlen, Daten, Fakten**
- 8 **Aktuelles**

SCHWERPUNKTE

RoHS-Richtlinie

TITELTHEMA

- 16 **Bleifreie Hochstromkontakte: sicher in die Zukunft**
Einige Ausnahmen zur Verwendung von Blei in Kupferlegierungen könnten 2021 auslaufen. Hersteller sollten sich bereits jetzt mit zukunftssicheren Alternativen befassen.

Verbindungstechnik
- 20 **D-Sub-Steckverbinder richtig ausgewählt**
D-Sub-Steckverbinder gibt es seit Jahrzehnten in vielen Varianten von zahlreichen Herstellern. Das macht die Auswahl besonders schwer. Aber worauf sollte man achten?
- 26 **Steckverbinderkongress 2021: Das sind die Themen**
Von SPE über „Smarte Steckverbinder“ und Hochstromkontakte bis zur Additiven Fertigung: Interessierte erfahren vom 5. bis 7. Juli 2021 fast alles zu Steckverbindern.

Elektronikfertigung
- 28 **Fertigung von High-Density-Baugruppen**
Die Auswahl der richtigen Lotpaste entscheidet über Erfolg oder Fehlschlag. Vor Material- oder Prozessänderungen müssen Analysen von möglichen Fehlerursachen erfolgen.

- 33 **Die Krise ist noch nicht vorbei**
Kann man es eine Krise nennen, wenn in D-A-CH der Umsatz bei den EMS-Unternehmen 2020 um 4,3% sinkt? Man kann, denn dieser Mittelwert ist trügerisch.

Messtechnik
 - 36 **Prüfstandskonzepte für die Remote-Zusammenarbeit**
Viele Entwickler-Teams sind weltweit verteilt. Damit die Zusammenarbeit funktioniert, nimmt die Software eine wichtige Stellung bei neuen Workflows ein.

Schaltungsschutz
 - 44 **Spannungsüberhöhungen bei Hochleistungsmodulen**
Hochleistungs-IGBT-Module schalten Ströme im Kiloamperebereich. Dabei können Spannungsüberschwingungen auftreten. Doch diese lassen sich eliminieren.

Automotive & Transportation
 - 68 **Isolierte Stromversorgungen für Elektrofahrzeuge**
Mit immer mehr E-Fahrzeugen steigt der Bedarf an vollständig isolierten Stromversorgungen. Unter den verschiedenen Topologien bietet der Gegentaktwandler Vorteile.
- ## SONDERTEIL
- LEISTUNGSELEKTRONIK UND STROMVERSORGUNGEN**
 - 48 **Handlungsoptionen in Sachen Energieeffizienz**
 - 51 **Thermisches Interface-Material**
 - 52 **Höhere Leistungsdichte für kompakte Ladegeräte**

AWG + Digitizer in einem Gerät!

Ideal für Stimulus-Response, Record/Replay, ATE und MIMO

NEU!
high-speed!



hybridNETBOX mit 4+4 Kanälen (DN2.82x-04)

- Mehrkanalige Signalerzeugung & Signalerfassung
- AWG: 625 MS/s (4 Kanäle) oder 1,25 GS/s (2 Kanäle)
- AWG: Bis zu $\pm 2,5$ V bei 50 Ohm
- Digitizer: 2 oder 4 Kanäle mit 180 MS/s bis 500 MS/s
- Digitizer: 6 Eingangsbereiche von ± 200 mV bis ± 10 V
- SDKs für C++, Python, LabVIEW, MATLAB, JAVA usw.



hybridNETBOX mit 8+8 Kanälen (DN2.80x-08)

- Mehrkanalige Signalerzeugung & Signalerfassung
- 2+2, 4+4 oder 8+8 Kanäle mit 40 MS/s oder 125 MS/s
- AWG: Output bis zu ± 12 V bei hochohmiger Terminierung
- AWG: Feste Verzögerung von Trigger-zu-Ausgang
- Digitizer: Single-ended oder differentielle Eingänge
- SDKs für C++, Python, LabVIEW, MATLAB, JAVA usw.



SPECTRUM
INSTRUMENTATION

Perfect fit – modular designed solutions

Europe / Asia: Phone +49 (4102) 695 60 | US: Phone (201) 562 1999

www.spectrum-instrumentation.com



20 D-Sub-Steckverbinder richtig auswählen



36 Prüfstandskonzepte zur Remote-Zusammenarbeit



44 Voltage Overshoot bei Hochleistungsmodulen



62 Photovoltaik reduziert das CO₂-Aufkommen

- 56 GaN-Zuverlässigkeit über den AEC-Standard hinaus
- 62 Photovoltaik reduziert das CO₂-Aufkommen deutlich

TIPPS UND SERIEN

- 15 Analog-Tipp: Fehlerbudget in der DAC-Signalkette
- 43 Power-Tipp: Konzepte, um Akkus zu laden
- 74 Zum Schluss: Die Zukunft für Smartphones und 5G

RUBRIKEN

- 3 Editorial
- 14 Veranstaltungen
- 72 Impressum

Unser nächster Event

6. bis 8. Juli 2021, München

Praxisnahe Vorträge und Tutorials auf der FPGA Conference Europe (Digital- und Präsenz-Event) zeigen Embedded-Entwicklern, wie sie die flexiblen ICs optimal einsetzen.

www.fpga-conference.de



AUFGEMERKT

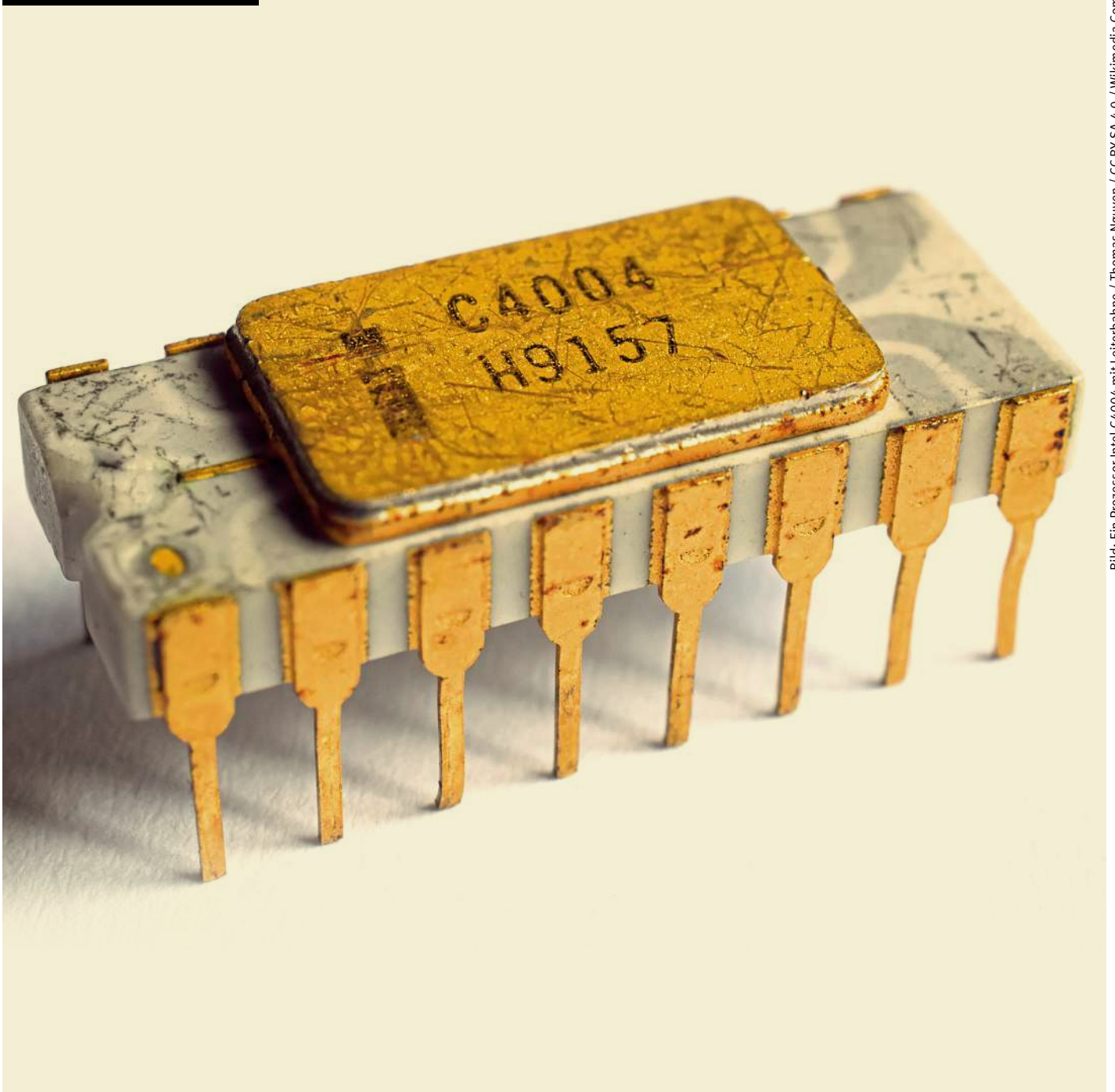


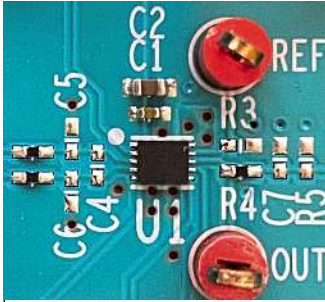
Bild: Ein Prozessor Intel C4004 mit Leiterbahne / Thomas Nguyen / CC BY-SA 4.0 / Wikimedia Commons

1971: Der erste Mikroprozessor

Der erste Mikroprozessor der Welt, der 4004, kam im März 1971 auf den Markt und markiert den Beginn von Intels Aufstieg in der Prozessorindustrie. Das Projekt MCS-4 – eine Auftragsarbeit für den japanischen Hersteller Busicom für vier Chips (Programmspeicher, Datenspeicher, Schnittstellen, CPU) – wäre allerdings fast gescheitert, weil die Ressourcen für diesen „Crash-Job“ fehlten. Denn die 1968 gegründete Firma Intel entwickelte mit Hochdruck Speicherchips. Dass der „Job“ nicht misslang, ist vor allem dem jungen Ingenieur

Frederico Faggin und seinem Einsatz von 80 Wochenstunden zu verdanken, der von Fairchild abgeworben wurde. Ende 1970 war das Chipdesign abgeschlossen. Faggin platzierte im Layout seine Initialen, ein kleines „F.F.“, das in jeden hergestellten 4004 geätzt wurde. Busicom besaß zuerst die Exklusivrechte am Design, veräußerte diese aber für einen Preisnachlass. So begann Intel im November 1971 mit der Werbung für den 4004: „Wir kündigen eine neue Ära der integrierten Elektronik an.“ Das hat sich bewahrheitet. // KR

Bild: Maxim



Essentieller Analog-Chip

Der aus drei Operationsverstärkern bestehende Instrumentenverstärker mit programmierbarer Verstärkung MAX41400 bietet laut Maxim um den Faktor 10 bessere Leistungswerte im Low-Power-Bereich als Wettbewerbsprodukte. Insbesondere die Genauigkeit des Sensorsystems lässt sich durch den Chip um das Vierfache steigern (14 Bit ENOB bei einem Viertel des Stromverbrauchs). Da der Chip nur 65 µA Strom zieht, erhöht sich die Batterielaufzeit um 55 Prozent. // KR

AUFGEDREHT: Audio-Brille „Fauna“

Woofer

Zwei Tieftöner (rechts/links) sorgen dafür, dass nur der Träger die Audio-Ausgabe hört, aber mitbekommt, was um ihn herum passiert.

Mikrofon

Zwei Mikrofone im rechten Brillenbügel sorgen dafür, dass Telefonate bequem und in einer sehr guten Audio-Qualität möglich sind.

Lautsprecher

Vier MEMS-Mikrolautsprecher des Typs Ganyমেদে von USound auf einer Leiterplatte von AT&S richten den Sound direkt zum Ohr.



Touchpad

Bedient wird die Brille direkt mittels zwei Touchpads an den Bügeln. Trotz geballter Elektronik bleiben die Bügel schlank.

Gläser

Die Gläser (Blaulichtfilter oder Sonnengläser) können von einem Fachmann gegen Gläser mit Sehstärke ausgetauscht werden.

Power-Bank

Geladen wird die Brille mit einem Lade-Etui, das gleichzeitig als Powerbank für vier Brillen-Ladezyklen fungiert (nicht im Bild).

Bild: Fauna

Die Audio-Brille „Fauna“ des gleichnamigen österreichischen Startups ist nicht nur ein hochwertiges Designerstück, sondern auch ein technologisches Meisterstück: Vier integrierte Mikrolautsprecher und zwei Mikrofone sorgen

dafür, dass Musik, Podcasts, Hörbücher aber auch Telefonate bequem über die Brille zu hören sind. Die Brille wird via Bluetooth mit dem Smartphone oder PC gekoppelt und mittels Touchpads direkt an den Bügeln bedient. // KR

AUFGE-SCHNAPPT

„Ich hasse es, wenn die Leute Bildung mit Intelligenz verwechseln. Man kann einen Bachelor-Abschluss haben und trotzdem ein Dummkopf sein.“

Tesla-Chef Elon Musk auf Twitter.

Wechsel in den Ruhestand

Roland Bent, CTO von Phoenix Contact, hat zum 1. März 2021 sein Berufsleben beendet. Mehr als 36 Jahre war er für die Unternehmensgruppe tätig, davon langjährig als Geschäftsführer für Technologie. Bent wird das Unternehmen als „Chief Representative“ im internationalen Normungsumfeld weiterhin begleiten. // KR



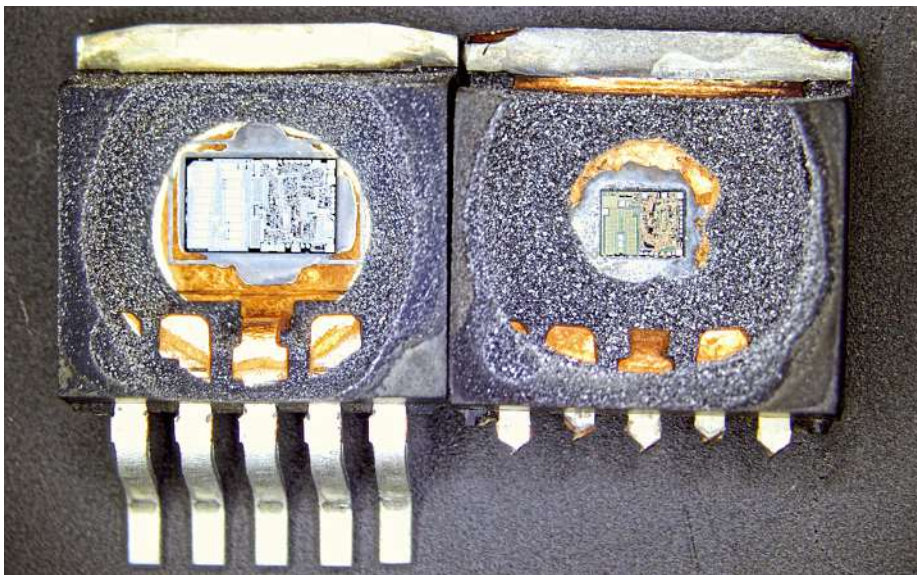
Bild: Phoenix Contact

9 MESSTECHNIK UND SENSORIK ERWARTET EIN UMSATZPLUS VON 9 PROZENT

Nach weggebrochenen Umsätzen und Kurzarbeit sowie zögerlichen Investitionen im vergangenen Jahr erwartet der Branchenverband AMA für die Messtechnik und Sensorik für das Jahr 2021 ein Umsatzplus von satten neun Prozent. Im zweiten Halbjahr 2020 zogen Umsätze und Auftragseingänge bereits wieder an und die Investitionsbereitschaft der Mitgliedsfirmen wächst seitdem wieder. Das stimmt laut AMA die Branche insgesamt vorsichtig optimistisch.

Wie sich Bauteilfälschungen systematisch aufspüren lassen

Oft lassen sich gefälschte Bauteile kaum von den Originalen unterscheiden. Dies birgt Gefahren. Eine Strategie zur Sicherung der Qualität und Bestimmung der Originalität ist deshalb essenziell.



Texas Instruments LM2596: Der Schaltregler links ist das Original, rechts die Fälschung mit deutlich kleinerem Chip und geringerer Strombelastbarkeit.

Die Belieferung mit elektronischen Bauteilen durch Beschaffungsdienstleister ist gängige Praxis. Dies hat vielerlei Gründe. Zum einen sind viele Bauteile durch sehr lange Lieferzeiten nicht für kurzfristige Lieferverpflichtungen verfügbar und müssen daher anderweitig beschafft werden. Zum anderen steigt die Anzahl der Bauteilabkündigungen permanent an und zwingt die Hersteller hochwertiger und langlebiger Produkte, diese im Rahmen eines Last-Buys zu beschaffen, oder, falls dieser schon vorbei ist, die Bauteile über andere, gegebenenfalls unsichere Vertriebskanäle zu erwerben. Beide Fälle sind bezüglich der Sicherheit der Bauteilqualität bedenklich, da oftmals nur wenig über die Quellen bekannt ist, aus denen diese Teile stammen.

Die Zahl manipulierter Bauteile auf dem Markt steigt stetig

Neben bereits ausgelöteten Bauteilen, Ausfallteilen, welche die erforderlichen Parameter nicht erfüllen oder gar Komponenten mit falschem bzw. überhaupt keinem Chip, wer-

den häufig vor allem umgelabelte Bauteile als Original ausgewiesen und verkauft. Insbesondere diskrete Halbleiter oder passive Bauteile sind häufig gefälscht, da diese wesentlich leichter manipulierbar sind als komplexere Halbleiterbausteine wie Mikrocontroller oder Speicherbausteine.

In vielen Fällen lassen sich die gefälschten Bauteile auf den ersten Blick kaum noch von



Umbeschriftetes Bauteil: Nach dem Wischtest erscheint die ursprüngliche Beschriftung.

den Originalbausteinen unterscheiden. Dies birgt eine große Gefahr, denn ein einziges qualitativ schlechtes Bauteil oder eine schlechte Lötverbindung kann die Funktion und die Qualität des gesamten Gerätes gefährden.

Counterfeit-Screening im HTV-Institut für Materialanalyse

Geeignete Strategien zur Sicherung der Qualität und Bestimmung der Originalität derartig beschaffter Komponenten sind somit für die Wahrung der Qualität der eigenen Produkte essenziell. Die Bauteilqualität und Bauteilverfügbarkeit im Vorfeld zu sichern, ist eine der Kompetenzen der HTV-Firmengruppe aus Bensheim, die neben Test, Analytik sowie Langzeitkonservierung und Langzeitlagerung auch auf die Bauteilprogrammierung und Bauteilbearbeitung spezialisiert ist.

Das HTV-Analytiklabor bietet zahlreiche Möglichkeiten an, um die Originalität und Qualität zugelieferter Teile bewerten und eventuelle Bauteilmanipulation feststellen zu können: Zunächst muss die korrekte Funktionalität und die Einhaltung der Datenblattparameter sichergestellt werden. Dies erfolgt bei HTV über komplexe Digital- und Mixed-Signal-Großtestsysteme oder eigens für die gewünschten Untersuchungen erstellten Prüfanwendungen. So kann bereits ohne weiterführende Analysen eine erste Aussage bezüglich der Originalität des Bausteins getroffen werden.

Eventuell nachfolgende detaillierte Untersuchungen sind sowohl hinsichtlich des äußeren (z.B. Wareneingangsprüfung, Lichtmikroskopie, Wischtest) als auch des inneren Aufbaus (z.B. Röntgen, chemische Bauteilöffnung) möglich. Beispielsweise wird mithilfe eines Wischtests die Bauteiloberfläche durch spezielle Chemikalien behandelt, so dass feststellbar ist, ob das Bauteil nachträglich neu beschriftet und somit umdeklariert beziehungsweise manipuliert wurde. // MK

HTV

KOMPLEXES BUSINESS?

ES GEHT AUCH EINFACH.

YOUR SOURCING PLATFORM.

WILLKOMMEN BEI DER CONRAD SOURCING PLATFORM.

Die Plattform zur Beschaffung Ihres gesamten technischen Betriebsbedarfs. Noch einfacher mit unseren individuellen Einkaufsanbindungen - ob Webshop, eKatalog oder direkte eProcurement-Anbindung. Mehr erfahren unter conrad.de/einfach



CONRAD | BESCHAFFUNG. EINFACH. SCHNELL. UMFASSEND.

NEUE ENERGIELABEL

Das Wirrwarr der Energieklassen hat ein Ende

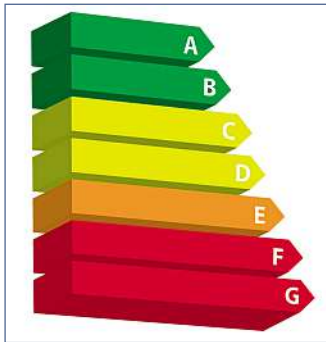


Bild: Pixabay

Neue Energielabel: Ab dem 1. März gibt es für bestimmte Elektrogeräte neue Energielabels. Abgeschafft werden die bisherigen Labels A+ bis A+++.

Ab dem 1. März gibt es für bestimmte Elektrogeräte neue Energielabels. Klassifizierungen wie „A+++“ oder „A+++“ werden bei Geschirrspülern, Waschmaschinen, Kühl- und Gefriergeräten, Fernsehern und Monitoren durch verständlichere Klassifizierungen ersetzt. Die bisherige Skala bleibt bestehen, die Kategorien bekommen aber andere Namen – nun von „A“ bis „G“. Am grundlegenden Prinzip ändert sich nichts: Weiterhin soll es eine Farbskala von Dunkelgrün (sehr gut) bis Rot (sehr schlecht)

geben, die eine schnelle Orientierung ermöglicht, wie energieeffizient ein Produkt ist. Bisherige „A+++“-Geräte kommen unter anderem in Kategorie „C“. Die meisten Geräte der Spitzenklasse kommen in „D“ und einige schaffen sogar nur „E“.

Konsumenten werden von einer App der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) unterstützt. Über die App lassen sich energierelevante Informationen abrufen. Dazu nutzt die App die europäische Produktdatenbank EPREL (Euro-

pean Product Database for Energy Labelling). Die kostenlose App in deutscher und englischer Sprache für Android und iOS unter dem Suchbegriff „Energielabel“ erhältlich. Ein Label-Lotse informiert umfassend über das neue Energielabel und eine Checkliste sowie Entscheidungshilfe und Ratgeber-Funktion erleichtern die Produktauswahl. Ein Glossar erklärt alle wichtigen Begriffe rund um die neuen Energielabel. // HEH

Europäische Union

EMBEDDED-BOARDS

Offizielle Ratifizierung der COM-HPC-Spezifikation

PICMG hat bekannt gegeben, dass COM-HPC genehmigt und ratifiziert wurde und nun zum öffentlichen Download zur Verfügung steht. COM-HPC definiert fünf Modulgrößen. Die Spezifikation adressiert kommende Anforderungen im Embedded- und Edge-Computing-Markt. Die Spezifikation deckt zwei Klassen von Modulen ab. Der COM-HPC-Client-Modultyp zielt auf den Einsatz in High-End-Embedded-Client-Produkten ab, die ein oder mehrere Displays, einen vollständigen Satz von I/Os mit nied-

riger, mittlerer und extrem hoher Bandbreite, leistungsstarke CPUs und eine bescheidene Größe benötigen. Typische Anwendungen sind industrielle und medizinische Geräte, High-End-Instrumente, Kasino-Spielgeräte sowie Transport- und Verteidigungssysteme.

Der COM-HPC-Server zielt auf den Einsatz in High-End-Headless-Embedded-Servern (ohne Display) ab, die eine starke CPU-Leistung, eine große Speicherkapazität und viele E/As mit hoher Bandbreite, einschließlich

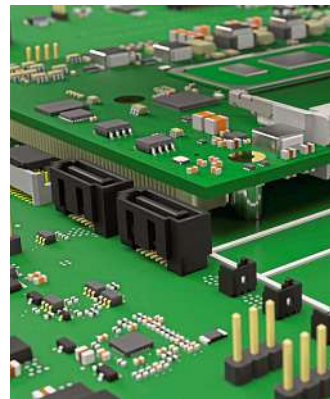


Bild: PICMG

COM-HP: Der Standard liefert in fünf Modulgrößen Edge-Server-Leistung an kleine, robuste Rechenzentren.

mehrerer 10-Gbit/s- oder 25-Gbit/s-Ethernet- und bis zu 65 PCIe-Lanes, mit Geschwindigkeiten bis zu PCIe Gen 5, erfordern. Typische Anwendungen sind robuste Embedded-Server in Feldumgebungen, autonome Fahrzeuge und Verteidigungssysteme. Die Client- und Server-Module bieten eine dedizierte Plattformmanagement-Schnittstelle, die erstmals in einem COM-Standard die Fernverwaltung einschließt. // MK

PICMG

STROMSPARENDE MIKROCONTROLLER

STMicro verspricht bis zu 90% geringere Leistungsaufnahme



Bild: STMicroelectronics

Knauser-Klötze: Die STM32U5-MCUs sind die neuen ULP-Topmodelle von STMicro.

STMicroelectronics (STMicro) hat STM32U5 vorgestellt – das neue Flaggschiff des eigenen Portfolios an Ultra-Low-Power-Mikrocontrollern (MCUs). Das Topmodell der aktuell 24 Varianten umfassenden Serie erreicht mit einer maximalen Taktfrequenz von 160 MHz bis zu 240 DMIPS sowie 535 Punkte im ULPMark-Core-Profile-Benchmark. Wie alle STM32-MCUs basieren auch die neuen Bausteine auf den energieeffizienten Cortex-M-Prozessoren von IP-Entwickler ARM. Konkret kombi-

niert STMicro einen Cortex-M33-Kern mit proprietären Stromsparfunktionen. Ebenfalls an Bord sind demnach neben ARMs Trustzone fortschrittliche Cybersecurity-Features mit neuen, hardwarebasierten Schutzmerkmalen gemäß PSA und SESIP (Security Evaluation Standard for IoT Platforms) Assurance Level 3 sowie dedizierte Grafikbeschleuniger. FMAC- und Cordic-Blöcke beschleunigen mathematische Berechnungen. Im „Low Power Background Autonomous Mode“ (LPBAM) bleiben die

DMA-Funktion und die Peripherie in Betrieb, während der Großteil des Bausteins heruntergefahren wird. Die fein abgestufte Kontrolle über die Betriebsarten erlaubt etwa das Abschalten eines Teils des Speichers. „Für viele Aufgaben braucht es den M33-Kern nicht. Dieser bleibt somit länger inaktiv“, sagt Bertrand Denis, Product Marketing Manager für STM32-MCUs. Dadurch ließe sich die Leistungsaufnahme um bis zu 90% senken. //ME

STMicroelectronics

ELEKTRONIKMÄRKTE

David gegen Goliath: Europas Standing im Weltmarkt der Elektronik

Wie kann das sein, dass ein einziges Unternehmen – nämlich Apple respektive Samsung – im Jahr so viel Elektronik benötigt wie Gesamt Europa? Schlimmer noch: Eine Änderung ist nicht zu erwarten, eher eine Verschärfung des Trends, denn Smartphones und dazugehörige Derivate sind Elektronikträger, die in Asien gefertigt werden. Aber nicht nur die Fertigung der Geräte findet größtenteils in Asien statt, sondern auch die der Halbleiter respektive des Siliziums selbst, das in den feinsten Strukturen, aktuell 3 nm und 5 nm, weltweit nur bei TSMC und Samsung in Asien möglich ist.

E-Mobility, IoT oder Smart Home – die in Europa eine Rolle spielen – werden das Bild nicht zu unseren Gunsten verschieben. Wir Europäer haben unsere Position durch zu langes Festhalten an „tradierten oder fossilen“ Technologien fahrlässig aufs Spiel gesetzt. Trotzdem spielen wir noch eine Rolle – bei Entwicklung und Patenten blickt man noch (!) auf Europa. Aber verspielen wir nicht gerade unser Tafelsilber?

Unsere Innovationskraft beruht auf der Ausbildung. Die Pandemie hat uns vor Augen geführt, wie gut (oder schlecht) wir

Bild: Capital Headshots Berlin



Andreas Falke, FBDI: „Verspielt Europa gerade sein Tafelsilber?“

hier aufgestellt sind: Digitale Infrastruktur sträflich vernachlässigt, weil Fokus auf der Maut – beschämend!

Wenn wir sauber und langfristig planen, behalten wir den für uns reservierten Slot bei den Herstellern. Insbesondere die langjährigen Geschäftspartner in der Distribution wird man bedienen. Denn die Chiphersteller brauchen die Perspektive über die Distribution auf den breiten Elektronikmarkt, die vielen innovativen Kundenprojekte oder auch Start-Ups für die Produkte der Zukunft. Die, die da denken aufgrund ihres „großen“ Umsatzvolumens eine Sonderbehandlung zu erfahren, müssen

bei allem asiatischen Gleichmut mit Shortages rechnen. Die Asiaten mögen höfliche Menschen sein – aber Priorität? Bei einem Gesamtanteil Europas von 8% am Weltmarkt? Selbst die Automobilindustrie in Europa spielt da nicht in der Premier League.

Nur mit qualifizierter Kommunikation und sorgfältiger Planung können wir bestehen. Wir sollten uns keine Arroganz leisten, sondern müssen clever, schnell und effizient agieren und die Kanäle nutzen, die wir haben. In Europa ist kein Kunde groß genug, um Priorität vor USA oder Asien zu haben. Diese Erkenntnis mag schmerzen, aber sie kann helfen, noch schmerz-

haftere Verluste zu minimieren. Unsere Selbstwahrnehmung muss einem Selbstbewusstsein weichen, das Stärken und Schwächen ergebnisoffen betrachtet. Nur dann haben wir eine Chance.

Die Distribution hat gelernt, zwischen dominanten Partnern Zeitsprünge zu puffern, mannigfaltige und heterogenste Interessen zu vermitteln, Informationsfluss verschiedenster Art zu kanalisieren und die Logistik der Supply Chain hocheffizient zu optimieren. Und alles mit einer immer über die Jahre schrumpfenden Marge. Es ist Zeit, um über Werte in der Logistik und die wirkliche relevante Aufgabe intensiv nachzudenken.

Die Pandemie und ihre Folgen zeigen uns vieles im Brennglas! Lernen wir, auch wenn es wehtut: Wir sind nicht mehr der Nabel dieser Welt, aber wir bleiben ein wichtiger Bestandteil. Wenn wir das begreifen und uns entsprechend ausrichten, sind wir vielleicht zur Abwechslung die berühmten sieben Jahre vor den USA. Kooperation und Partnerschaft können dazu beitragen. Einzelkämpfer werden untergehen. Schade David! // MK

FBDI

VORMATERIALIEN

Kabelhersteller kämpfen mit Lieferengpass bei der PVC-Versorgung

Hersteller von Kabeln- und Leitungen haben europaweit mit Lieferproblemen zu kämpfen. Vor allem bei PVC gibt es Nachschubprobleme, berichtet der ZVEI. Zum einen ist PVC auf dem europäischen Markt nur stark eingeschränkt verfügbar, weil es Ende vergangenen Jahres bei mehreren europäischen Herstellern zu Produktionsausfällen und -stillständen kam. Auch wenn ein Teil dieser Anlagen wieder in Betrieb ist, bleibt das Angebot aufgrund anstehender Anlagenrevisionen knapp.

Gleichzeitig ist die Nachfrage nach PVC auf dem Weltmarkt weiterhin stabil, was den Ersatz der Ausfälle durch Importe erschwert. Darüber hinaus besteht auch bei anderen Standardmaterialien wie PE, PP und EVA (Ethylvinylacetat) eine extreme Unterversorgung, welche aktuell die gesamte Marktsituation prägt. An der inländischen PVC-Verarbeitung macht die deutsche Kabelindustrie nur drei Prozent aus. Dennoch warnt der ZVEI: Der Anteil am Gesamtmarkt mag niedrig sein und die

Kabelindustrie daher für die Kunststoffindustrie als Abnehmer weniger attraktiv sein – ihr Beitrag zur Aufrechterhaltung der wichtigen Energie- und Kommunikationsnetze jedoch ist essenziell.

„Die im ZVEI organisierten Hersteller tun ihr Möglichstes zur Aufrechterhaltung der Lieferfähigkeit, aber ohne PVC kein Endprodukt“, sagt Dr. Sebastian Glatz, Fachverbandsgeschäftsführer Kabel im ZVEI. // KR

ZVEI



Bild: ZVEI / Frederik Böttcher

Dr. Sebastian Glatz: „Beim Wiederanlauf der PVC-Produktion und den darauffolgenden Auslieferungen sollte die Bedeutung unserer Produkte unbedingt berücksichtigt werden.“

OFFENER BRIEF AN DIE BUNDESREGIERUNG

Halbleiterfertigung: „Die Welt wartet nicht auf Europa!“

In den kommenden Jahren wird der Bedarf an Halbleitern weiter drastisch wachsen. Der Anteil der Chips, die in Europa produziert werden, nimmt jedoch seit Jahren stetig ab. Produktionskapazitäten konzentrieren sich in Asien. China, die USA sowie Japan haben umfangreiche Förderprogramme und Maßnahmen gestartet, um die technologische Souveränität bei der Chipherstellung im eigenen Einflussbereich zu erhalten. Auch Europa hat jetzt mit IPCEI 2 ein Milliarden-schweres Förderprogramm für

die Mikroelektronik beschlossen. In einem offenen Brief an die Bundesregierung (Minister Altmaier und Scholz) legen Heinz Martin Esser und Frank Bösenberg des Halbleiter- und IT-Branchenverbandes Silicon Saxony dar, dass ohne eine schnelle und konsequente Umsetzung von IPCEI 2 ein weiterer Bedeutungsverlust Europas und Deutschlands droht.

„Die Welt wartet nicht auf Europa, in diesen Tagen wurden und werden weltweit Investitionsentscheidungen getroffen, so

zum Beispiel durch TSMC und Samsung in den USA oder TSMC in Japan.“ Aus diesem Grund setzen sich die Unterzeichnenden für **Geschwindigkeit** (Start 01.07.2021 mit konkretem Implementierungsplan), ausreichende und sichere **Finanzierung, Flexibilität** bei der Ausgestaltung und **europäische Zusammenarbeit** bei IPCEI 2 ein. Die Realisierung dieser Vision sei in diesem Jahrzehnt nicht darstellbar, dafür würden heute und morgen die Voraussetzungen in Europa fehlen. Aber je schneller IPCEI 2

unter der Koordination Deutschlands umgesetzt werde, desto besser seien die Chancen, dass die Mikroelektronik in Europa in der nächsten Dekade deutlich gestärkt werden könne. In den Strategiepiloten müssten die europäischen Anwender der Halbleitertechnik zwingend einbezogen und ihre technologischen Anforderungen sowie die benötigten Volumina für Märkte wie Automotive, 5G/6G und IIoT berücksichtigt werden. // KR

Silicon Saxony

ZVEI

Das sind die neuen Vorsitzenden der Fachverbände ECS und PCB-ES



Bild: Harting

Die beiden größten ZVEI-Fachverbände ECS und PCB-ES haben ihre Vorsitzenden mit Philip Harting (Harting) und Nicolas-Fabian Schweizer (Schweizer Electronic) gewählt. Während Philip Harting von den Mitgliedern des ZVEI-Fachverbands Electronic Components and Systems (ECS) als Fachverbandsvorsitzender für weitere drei Jahre im Amt bestätigt wurde, folgt Nicolas-Fabian Schweizer auf Johann Weber (Zollner Elektronik). Weber ist als Vorsitzender des Fachverbands Printed Circuit

Boards and Electronic Systems (PCB-ES) zum Jahreswechsel in den Ruhestand gegangen. Weber wurde zum Ehrenvorsitzenden des Fachverbands gewählt.

Harting ist seit 2014 gewähltes Mitglied im Gesamtvorstand des ZVEI sowie seit 2017 Vorsitzender des Fachverbands ECS. Mit der erneuten Übernahme des Vorsitzes betont er die hohe Bedeutung der Branche in einer durch die Corona-Pandemie wirtschaftlich sehr schwierigen Phase. Er will den ZVEI-Code-of-Conduct hinsichtlich aktueller Diskussionen

und der Komplexität globaler Lieferketten überarbeiten.

Nicolas-Fabian Schweizer engagiert sich seit 2017 aktiv im Steering Committee der Fachgruppe Leiterplatten Roadmap) und setzt sich besonders für die Vernetzung junger Führungskräfte ein. Er will insbesondere die Zusammenarbeit aller an der Lieferkette beteiligten Unternehmen im Fachverband ausbauen, um die Sichtbarkeit der Branche zu verbessern. // KR

ZVEI

QUANTENRECHNEN UND HPC KOMBINIERT

IBM enthüllt Software-Roadmap für Quantencomputing bis 2025

Im Februar hat Big Blue seine Produktplanung für Software vorgestellt, die auf seiner Hardware „IBM Q System One“ eingesetzt werden kann. Die Roadmap reicht vom Jahr 2021 bis zum Jahr 2025. Darin spielen Open-Source-Software, die globale Entwicklergemeinde und die Cloud zentrale Rollen.

Noch dieses Jahr soll der IBM-Quantenprozessor „Eagle“ verfügbar werden, der 127 Qubits liefert und die Parallelverarbeitung von Algorithmen unterstützt. Dafür will IBM die Ent-

wicklertgemeinde gewinnen, für Quantenprozessoren zu programmieren. Es gibt drei Ebenen: Kernel, Algorithmen und Module.

Kernel: Mit dem „Circuit Composer“ werden Quantenschaltkreise entwickelt, die neue Programmierschnittstellen nutzen und für die es mit „Qiskit“ eine Laufzeitumgebung gibt. Ab 2022 werden „Dynamic Circuits“ sowohl Q-Prozessoren als auch klassische Prozessoren nutzen können. Ab 2023 soll es dann Schaltkreis-Bibliotheken geben

und ein Steuerungssystem für die Manipulation größerer Qubit-Gewebe (Fabrics). Ab 2023 können Kernel-Entwickler Q-Prozessoren mit mehr als 1121 Qubits („Condor“) nutzen.

Algorithmen: Für die Erstellung und Implementierung von Q-Algorithmen sind neue Tools geplant, die Python berücksichtigen; 2022 soll ein erster Software-Stack vollständig sein.

Module: Bis 2023 soll es vollständige Familien von vorgefertigten Laufzeitumgebungen geben, die auf Einsatzdomänen

zugeschnitten sind. Sie lassen sich von einer Cloud-basierten Programmierschnittstelle aufrufen und können eine Reihe von verbreiteten Entwicklungs-Frameworks nutzen.

Bis 2024/25 soll ein kompletter Software-Stack für Quantenrechnen und HPC-Nutzung vorliegen, der diese Module nutzen kann. Weil Quantenrechnen und HPC dann reibungslos zusammenarbeiten, nennt IBM diese Vision Frictionless Computing. // KR

IBM

Geben Sie Ihr Expertenwissen an unsere Leser weiter

ELEKTRONIKPRAXIS sucht Referierende für Konferenzen zu den Themen **PCB, EMS, Antriebselektronik, Batterien, FPGA, 5G, Automation, Intelligent Edge, Relais, Elektronikkühlung und Software.**

Stetige Weiterbildung ist einer der Schlüssel für den beruflichen Erfolg unserer Leser. Neben den Grundlagen der Hard- und Softwaretechnik sind für sie das Spezialwissen der Hersteller von Komponenten, Tools und Systemen sowie das große Knowhow von Hochschulen, Instituten und Entwicklungs-Dienstleistern unverzichtbar. Egal, ob Sie Expertin oder Experte einer Organisation oder unabhängige/r Fachfrau/-mann sind, wir bieten Ihnen in unserem Kongressportfolio die passende Gelegenheit, Ihr Knowhow an interessierte Anwender in der Industrie weiterzugeben.

Bitte reichen Sie Ihren Vortragsvorschlag (auch Kurzseminare) online auf der jeweiligen Konferenzwebseite ein – siehe unten. Dort finden Sie auch alle Infos für Referierende, Teilnehmer*innen und Sponsoren. Fragen beantwortet Ihnen gerne der Chefredakteur via E-Mail an johann.wiesboeck@vogel.de oder am Telefon unter +49 (931) 418-3081. Als interessierter Teilnehmer können Sie sich auf der jeweiligen Webseite schon jetzt unverbindlich vormerken lassen. Für folgende Veranstaltungen – chronologisch geordnet von Juni bis Dezember – suchen wir noch Referentinnen und Referenten sowie Aussteller und Partner:

- Technologietag Leiterplatte & Baugruppe (www.leiterplattentag.de)
- Würzburger EMS-Tag (www.ems-tag.de)
- Praxisforum Elektrische Antriebstechnik (www.praxisforum-antriebstechnik.de)
- Anwenderkongress Steckverbinder (Call for Paper ist beendet, www.steckverbinderkongress.de,)
- Batteriepraxis Forum (Call for Paper ist beendet, www.batterie-praxis.de)
- FPGA Conference Europe (www.fpga-conference.eu)
- 5G Conference (www.5g-conference.de)
- Automation Software Engineering Kongress (www.ase-kongress.de)
- Intelligent Edge conference (www.intelligent-edge.de)
- Anwenderforum Relais-technik (www.relaisforum.de)

Bild: Stefan Bausewein



Cooling Days 2019: Wenn Sie einen Vortrag auf einer Konferenz halten, treffen Sie potenzielle Kunden und profitieren von den begleitenden Werbemaßnahmen.

- Cooling Days (www.cooling-days.de)
- ESE Kongress (CfP startet am 15. März, www.ese-kongress.de)

Warum Sie Vorträge halten und Fachartikel schreiben sollten

Egal, ob Sie einen interessanten Vortrag auf einer Konferenz halten oder einen guten Fachartikel für uns schreiben, Sie profitieren in mehrfacher Hinsicht. Zum einen stützt ein guter Vortrag oder Artikel das Image ihres Unternehmens. Zum anderen bauen Sie damit Ihre persönliche Reputation im Haus und gegenüber der Branche auf.

Und, was sehr wichtig ist, Sie besetzen das Thema gegenüber den Anwendern und in der Branche. Denn wir machen jede Menge Werbung für unsere Konferenzen und verbreiten Artikel über Print, Online, Newsletter und Social Media in die ganze Elektronikwelt. Ihre Arbeit lohnt sich auf alle Fälle!

Ihre Fragen zu Fachartikeln, Konferenzen und Themen sowie zu Sponsoringmöglichkeiten können Sie gerne an die Redaktion senden: johann.wiesboeck@vogel.de. // JW

ELEKTRONIKPRAXIS

Wir kümmern uns um Ihr Spezialthema

Wenn bei den genannten Konferenzen kein Schwerpunkt für Sie dabei ist oder Ihr derzeitiger Fokus auf andere Bereiche gerichtet ist, sollten Sie trotzdem mit uns sprechen. Denn wir vermarkten auch Spezialseminare, Webinare und andere Weiterbildungsformate von externen Partnern und unabhängigen Expert*innen, sofern diese thematisch für unsere Leser*innen relevant sind.

Man muss nicht alles selbst machen. Und in der Vernetzung liegt die Kraft. Speziell bei komplexen Themen und Aufgabenstellungen moderner Elektronik- und Embedded-Softwareentwicklung kooperieren wir gerne. Dies gilt sowohl für Vorträge und Seminare als auch für Ihre Fachartikel, Applikationen und Whitepaper etc. Kontakt: johann.wiesboeck@vogel.de.

TECH-WEBINARE

www.elektronikpraxis.de/webinare

Mit Multiphysik-Simulationen sichere PCBs realisieren

Leiterplatten müssen zuverlässig sein. Aber wie können Sie diese optimal entwickeln und auf Zertifizierung und Freigabe vorbereiten?

Im **kostenlosen On-Demand-Webinar** erfahren Sie,

- wie Sie mit Simulationen den Design-Flow von Leiterplatten und Baugruppen verbessern können,
- wie Sie Ihre Produkte optimal auf Compliance-Tests vorbereiten,
- wie Sie durch virtuelles Testen Redesign-Zyklen vermeiden,
- wie Sie Multiphysik-Eigenschaften mit hoher Präzision schnell und anwenderfreundlich simulieren,
- wie Sie durch Automatisierung sich wiederholende Simulationsabläufe effizient durchführen.

Durch das Webinar begleiten Sie folgende **Referenten** der ANSYS Germany GmbH: Thorsten Baumheinrich, Atte Focho und Markus Ladien

WHITEPAPER

www.elektronikpraxis.de/whitepaper-elektronik

Miniaturisierte Steckverbinder sichern die Signalqualität
www.elektronikpraxis.de/wp-43957/

Lösungen für Isolation und Stromversorgung
www.elektronikpraxis.de/wp-43935/

Custom-SoCs schaffen Mehrwert für IoT und Industrie 4.0
www.elektronikpraxis.de/wp-43581/

Host-Memory-Buffer für SSDs implementieren
www.elektronikpraxis.de/wp-43875/

Moderne Rechenzentren effizient und sicher betreiben
www.elektronikpraxis.de/wp-43812/

VERANSTALTUNGEN

www.elektronikpraxis.de/event

Technologietag Leiterplatte
08. - 09. Juni 2021, Würzburg
www.leiterplattentag.de

19. EMS-Tag
10. Juni 2021, Würzburg
www.ems-tag.de

Praxisforum Elektrische Antriebstechnik
23. - 24. Juni 2021, Würzburg
www.praxisforum-antriebstechnik.de

Anwenderkongress Steckverbinder
05. - 07. Juli 2021, Würzburg
www.steckverbinderkongress.de

FPGA-Conference Europe
06. - 08. Juli 2021, München
www.fpga-conference.eu

Batterie Praxis
13. - 14. Juli 2021, Würzburg
www.batterie-praxis.de

SEMINARE

www.b2bseminare.de

C++11 und C++14
14. - 16. April 2021, Leipzig
www.b2bseminare.de/115

Embedded Linux Woche
14. - 18. Juni 2021, Würzburg
www.b2bseminare.de/160

Batterien - Grundlagen und Anwendungen
01. Juli 2021, Würzburg
www.b2bseminare.de/132

Steckverbinder, das Rückgrat der Elektronik
21. - 22. Juli 2021, München
www.b2bseminare.de/1105

Partner und Veranstalter:



Fehlerbudget in der D/A-Wandler-Signalkette

THOMAS BRAND *

Für den Gleichstrom-Fehleranteil von D/A-Wandlern hat Analog Devices eine Software entwickelt, die Entwicklern die präzise Fehlerberechnung erleichtert und sie bei der Auswahl des für ihre Anwendung am besten geeigneten Bauteils unterstützt.

Da D/A-Wandler in der Regel in der Signalkette mit Spannungsreferenzen und Operationsverstärker (u.a. als Puffer für die Referenz) verbunden sind, werden auch diese Bauteile im Programm berücksichtigt. Jedes Bauteil bringt seine eigenen Fehleranteile mit, die im Fehlerbudget-Rechner zusammengeführt werden.

Damit Sie den Hintergrund besser verstehen, betrachten wir zunächst die einzelnen Hauptkomponenten (Bild 1). Die Spannungsreferenz hat vier Hauptfehleranteile: Den Anfangsfehler, welcher die Streuung der Ausgangsspannung angibt, wie sie bei den Produktionstests bei einer Temperatur von 25°C gemessen wurde. Hinzu kommen die Fehler des Temperaturkoeffizienten, die Fehler durch Lastregelung und infolge der Netzregelung. Der Anfangsfehler und der des Temperaturkoeffizienten haben dabei die größeren Anteile am Gesamtfehler.

Bei Operationsverstärkern wirken der Fehler der Eingangs-Offset-Spannung und der Toleranz der Widerstände am stärksten. Der Fehler der Eingangs-Offset-Spannung bezieht sich auf eine geringe Differenzspannung, die an die Eingänge angelegt werden muss, um den Ausgang auf 0 V zu zwingen.

Der Toleranzfehler der Widerstände bezieht sich auf den Verstärkungsfehler, der durch die entsprechenden Toleranzen verursacht wird, die zum Einstellen der Regelverstärkung verwendet werden. Weitere Fehler werden verursacht durch den Bias-Strom, Versorgungsspannungsdurchgriff (PSRR), Open-Loop-Verstärkung, Eingangs-Offset-Strom, CMRR-Offset und die Drift der Offset-Spannung am Eingang.



* Thomas Brand
... arbeitet als Field Application Engineer bei Analog Devices in München.

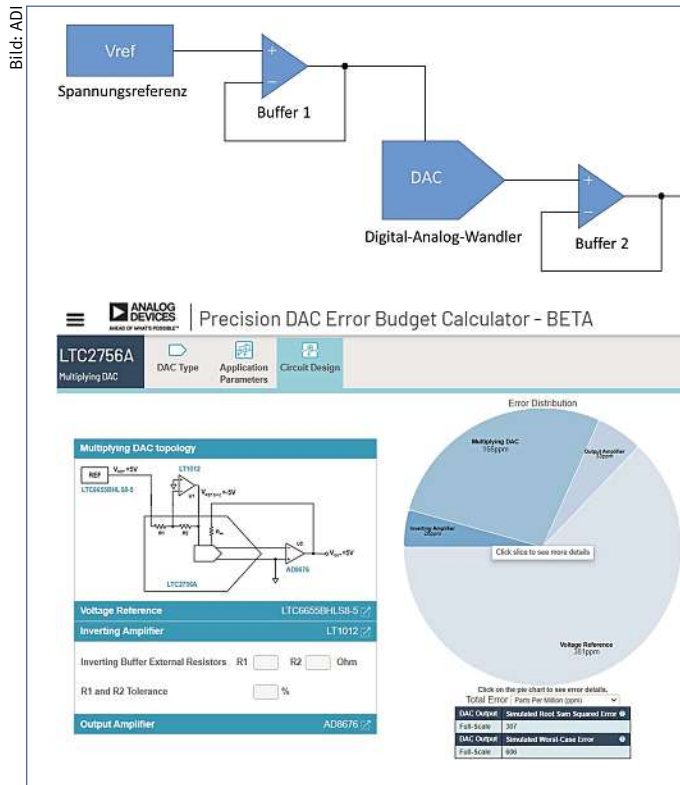


Bild 1:
Die vier Hauptkomponenten einer D/A-Wandler-Signalkette.

Bild 2:
Darstellung der Fehleranteile mit dem Fehlerbudget-Rechner.

Beim D/A-Wandler selbst sind im Datenblatt verschiedene Fehlerarten zu finden: Der Fehler der integralen Nichtlinearität (INL), welcher sich auf die Abweichung zwischen der idealen Ausgangsspannung und der tatsächlich gemessenen Ausgangsspannung für einen gegebenen Eingangscodierung bezieht. Ferner gibt es Fehler bei Verstärkung, Offset und durch Temperaturkoeffizienten. Teilweise werden diese Fehler als Gesamtfehler (Total Unexpected Error) zusammengefasst. Er bezieht sich auf die Messung des Ausgangsfehlers unter Berücksichtigung aller DAC-Fehler.

Da die verschiedenen Fehlerquellen statistisch meist unkorreliert sind, wird der Gesamtfehler der Signalkette über die Wurzel aus den Quadratsummen der Fehler berechnet. Hier setzt der Fehlerbudget-Rechner an.

Im Rechner wählen Sie zwischen drei verschiedenen DAC-Typen: Voltage Output DAC, Multiplifying DAC und 4-20mA Current Source

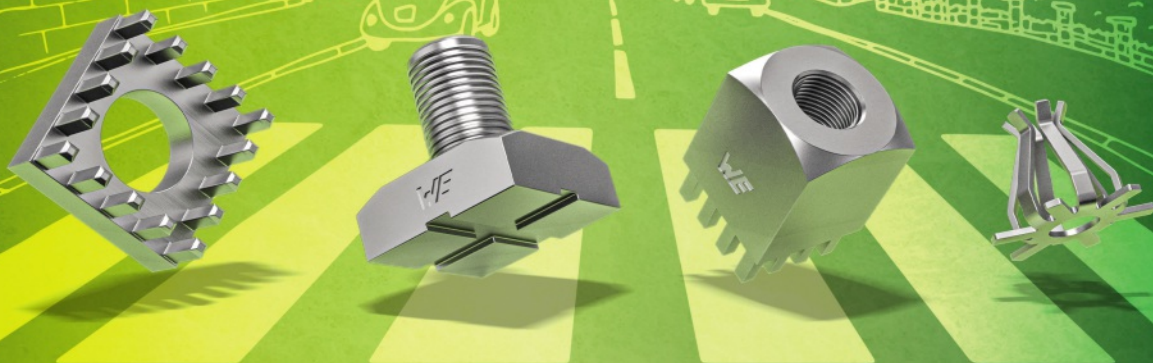
DAC. (Current Source DAC kommt in der nächsten Version.) Als nächstes geben Sie den Temperaturbereich und den Versorgungsspannungs-Ripple ein. Das Ergebnis wird als Grafik ausgegeben, welche die jeweiligen Fehleranteile der einzelnen Bauteile in der Signalkette anzeigt (Bild 2). Zu sehen ist, dass der Gesamtfehler in diesem Beispiel maßgeblich durch die Spannungsreferenz beeinflusst wird. Eine Verbesserung wäre z.B. durch die Verwendung eines präziseren Referenzbausteins zu erreichen.

Die im D/A-Wandler integrierten Widerstände, mit denen der invertierende Verstärker abgeglichen wird, haben einen entscheidenden Anteil am Gesamtfehler des DACs. Bei DACs, die keine integrierten Widerstände bzw. keinen internen invertierenden Verstärker haben, können diese Parameter separat angegeben werden.

// KR

Analog Devices

LET IT BE LEAD-FREE



TITELSTORY

Durch Verordnungen wie RoHS ist die Verwendung von Blei in den meisten Anwendungen verboten. Die Ausnahmeregelung 6c im Anhang III von RoHS erlaubt jedoch die Verwendung von bis zu 4 Gew.-% Blei in Kupferlegierungen. Diese für Elektro- und Elektronikgeräte wichtige Ausnahme läuft nach aktuellem Stand am 21. Juli 2021 aus. Während die einen auf eine Verlängerung der

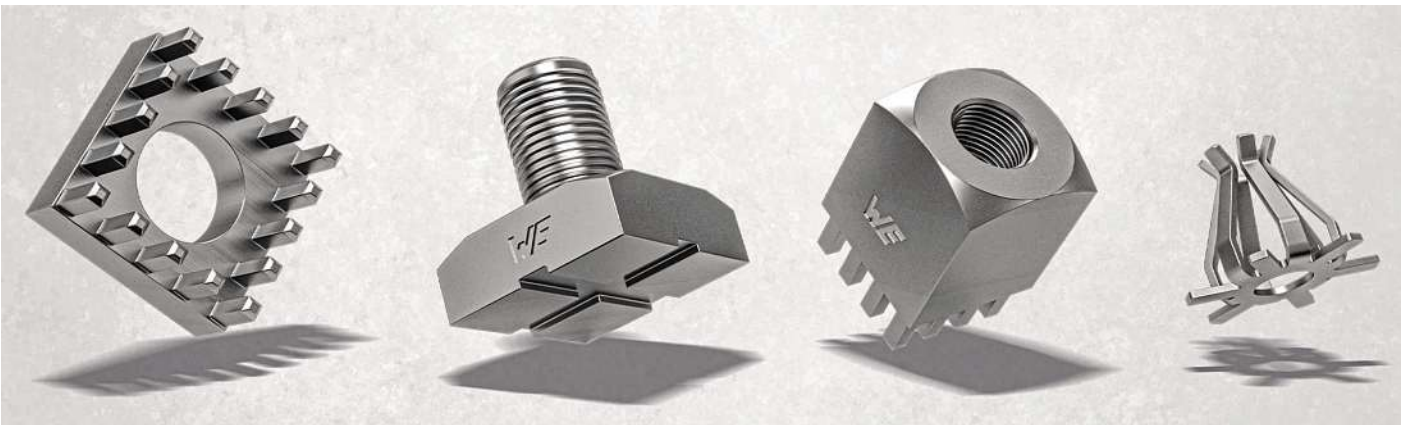
Ausnahmen spekulieren, gehen andere mit zukunftssicheren Alternativen und bleifreien Komponenten voran. Einer dieser Vorreiter ist Würth Elektronik ICS. Der Anbieter von leiterplattenbasierten Systemlösungen und Komponenten hat gemeinsam mit dem Werkstofflieferanten Wieland-Werke ein bleifreies Portfolio an Hochstromkontakten in SMT und Einpresstechnik entwickelt.

Sicher in die Zukunft mit bleifreien Hochstromkontakten

Einige Ausnahmen zur Verwendung von Blei in Kupferlegierungen könnten dieses Jahr auslaufen. Hersteller sollten sich bereits jetzt mit zukunftssicheren Alternativen befassen. Zum Stand der Technik.

ACHIM ENGEL *

Bild: Würth Elektronik ICS



Bleifreie Zukunft: Die bleifreien Hochstromkontakte „LF Power Elements“ bieten sowohl gute Zerspan- als auch Umformbarkeit und erfüllen alle in der Leistungselektronik geforderten elektrischen und mechanischen Parameter.

Durch Verordnungen zu Stoffverboten und Chemikalienverboten wie RoHS und REACH ist die Verwendung von Blei in vielen Bereichen längst verboten oder fordert einen erhöhten Kommunikationsaufwand. Aktuell gibt es noch Ausnahmen. Diese laufen jedoch dieses Jahr aus. Statt auf eine Verlängerung der Ausnahmen zu setzen, sollten Entwickler in Unternehmen bereits jetzt zukunftssichere Alternativen suchen. Erste bleifreie Komponenten sind verfügbar. Eines der Unternehmen, die hier vorangehen, ist Würth Elektronik ICS.

Der Anbieter und Hersteller von Systemlösungen und Komponenten zur Übertragung von hohen Strömen auf der Leiterplatte punktet vor allem mit Lösungen im Bereich Automotive, behauptet sich aber auch in anderen Branchen wie beispielsweise bei erneuerbaren Energien.



* Achim Engel
... arbeitet im Business Development Intelligent Power & Control Systems bei Würth Elektronik ICS in Niederrhall.

Bei diesen Zielmärkten ist klar, dass Verbindungen wie „Wire to Board“ und „Board to Board“ möglichst robust und vibrationsbeständig sein müssen. Das Unternehmen hat mit den Power-Elementen Kontakte für Hochstromanschlüsse bis 1000 A an Leiterplatten entwickelt, die durch die Einpresstechnik besonders gute mechanische und elektrische Eigenschaften bieten. Sie zeigen aufgrund des gegenüber der Löttechnik geringeren Übergangswiderstands zwischen Pin und Leiterplatte ebenfalls ein gutes thermisches Verhalten bei hohen Strömen.

Zerspannungsmessing: Bringt RoHS das Aus?

Bei der Herstellung von Power-Elementen war das bleihaltige Zerspannungsmessing CuZn39Pb3 für Würth Elektronik ICS lange Zeit das Material der Wahl. Blei als Nebenbestandteil von ca. 3% sorgt für einen guten Spanbruch und eine leichte Schmierung. Dadurch reduziert sich die Reibung, was eine geringere Wärmeentwicklung im Zerspanungsprozess zur Folge hat. Die Verwendung von Kupferlegierungen mit einem Massen-

anteil bis 4% Blei ist aufgrund der bestehenden Ausnahmeregelung 6c in Anhang III der RoHS-Richtlinie bis dato noch möglich.

Aber diese und weitere Ausnahmen enden nach heutigem Stand am 21. Juli 2021. Nach Ende einer Übergangsfrist dürfen in Europa keine Elektro- und Elektronikgeräte mehr verkauft werden, welche die Grenze von 0,1% Bleianteil in Werkstoffen überschreiten.

Erwartungsgemäß sind bei der zuständigen EU-Kommission zahlreiche Anträge für eine erneute Verlängerung der Ausnahmeregelung eingegangen. Die Strategie einer erneuten Ausdehnung der Ausnahmeregelungen birgt jedoch Risiken. Sehr schnell könnten OEMs vor der Herausforderung stehen, ihre Elektronikbaugruppen mit großem Aufwand und Investitionen aufgrund eines endgültigen Verbots von Blei einem Re-Design unterziehen zu müssen.

Bleifreie Zukunftsszenarios ab Juli 2021

Ein typischer Projektablauf in der Elektronikindustrie setzt sich aus etwa drei Jahren Entwicklungszeit sowie etwa sieben Jahren

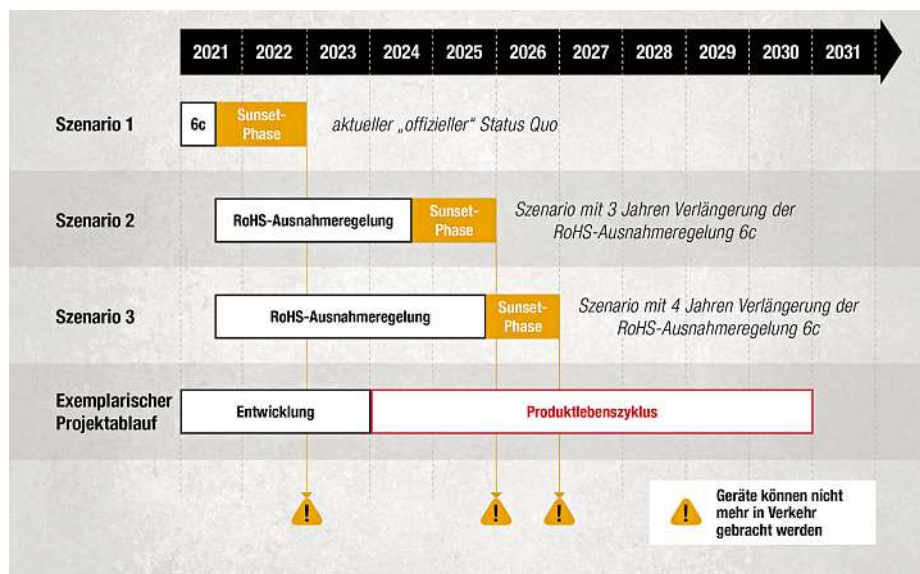


Bild: Würth Elektronik ICS

Bild 1: Mögliche RoHS-Zukunftszenarios und ihre Auswirkungen auf Projekte und Geräte.

Produktlebenszyklus zusammen. Was passiert aber, wenn die Ausnahmeregelung 6c der RoHS-Richtlinie in diesem Jahr nicht mehr verlängert wird? Und was bringt eine erneute Verlängerung den Herstellern?

Möglichkeit 1: Nehmen wir an, die Ausnahmeregelung 6c der RoHS-Richtlinie wird im Juli 2021 nicht mehr verlängert. Es beginnt eine sogenannte Sunset-Phase, das ist eine Übergangszeit von 12 bis 18 Monaten. Spätestens Ende 2022 dürften dann neu produzierte Elektro- und Elektronikgeräte nicht mehr in den Verkehr gebracht werden.

Möglichkeit 2: Es erfolgt eine Verlängerung der Ausnahmeregelung um weitere drei bis vier Jahre. Die Hersteller hätten aus heutiger Sicht noch genügend Zeit, ihre laufenden Produkte auf bleifrei umzustellen und zu qualifizieren. Projekte, die noch auf bleihaltige Komponenten setzen, dürften mitten im Produktlebenszyklus nicht mehr verkauft werden.

Seit der ersten Veröffentlichung der RoHS-Richtlinie im Jahr 2002 ist der Einsatz von Blei auf maximal 0,1 Gew.-% in homogenen Stoffen beschränkt. Seit nunmehr 18 Jahren wird die Ausnahmeregelung bei Kupferlegierungen immer wieder verlängert. Die Experten von Würth Elektronik ICS halten eine weitere Verlängerung, die über fünf Jahre hinausgeht, für unwahrscheinlich und emp-



Bild: Wieland

Bild 2: Bleifreie Kupferwerkstoffe der Wieland-Werke kommen unter dem Label Wieland ecoline und zeichnen sich durch gute Umform- und Zerspanbarkeit aus.

fehlen daher, die Umstellung auf bleifreie Alternativen bereits jetzt zu prüfen (Bild 1). Für Neuentwicklungen sollte grundsätzlich auf bleifreie Komponenten gesetzt werden.

Welche Alternativen sind verfügbar?

Angesichts des früher oder später unvermeidlichen Endes der Ausnahmeregelung 6c begannen die Entwickler in Niedernhall deshalb frühzeitig, bleifreie Alternativ-Materialien für den Einsatz in Power-Elementen zu suchen. In enger Abstimmung mit etablierten Herstellern von Vormaterialien wurden

unterschiedliche bleifreie Werkstoffe hinsichtlich ihrer mechanischen und elektrischen Eigenschaften untersucht und getestet. Dabei klärten die Spezialisten beispielsweise, wie sich die Bestandteile Silizium, Mangan, Eisen, Nickel, Phosphor und Indium auf mechanische und elektrische Eigenschaften auswirken.

Bleifreies Messing: Die Eigenschaften und Verarbeitung

Die Wahl fiel schließlich auf bleifreie Materialien der Wieland-Werke AG. Bleifreies Messing ist ein Bestandteil des neuen Legierungsportfolios Wieland ecoline (Bild 2). Diese Legierungsgruppe ist das Ergebnis einer langen und intensiven Forschungs- und Entwicklungsarbeit zahlreicher Unternehmen aus verschiedenen Branchen.

Die Legierungen erfüllen die hohen Anforderungen an die Zerspanbarkeit und Umformbarkeit sowie die individuellen Regularien verschiedener Anwendungsbereiche. In Niedernhall setzen die Spezialisten verschiedene bleifreie Materialien von Wieland nunmehr für die Herstellung der neuen nachhaltigen Produktlinie bleifreier Power-Elemente, den LF Powerelemente, ein (LF steht hier für Lead Free, deutsch bleifrei).

Nach der Auswahl der geeigneten Materialien war die Optimierung der Bearbeitungsprozesse der wichtigste Meilenstein auf dem Weg zum Portfolio der bleifreien Power-Elemente. Hierzu mussten die Produktionsparameter, wie beispielsweise Schnittgeometrien und Geschwindigkeit optimiert sowie die Wahl der Werkzeuge getroffen werden. Dies erfolgte alles unter der Maßgabe der Wirtschaftlichkeit.

Bevor die Produkte in die Serienproduktion überführt wurden, prüften die Entwickler in Niedernhall, ob die bleifreien Werkstoffe für die Verarbeitung (d.h. Einpress- und Löttechnik) und den Einsatz geeignet sind. Dazu testete man die mechanischen und elektrischen Eigenschaften montierter Kontaktelemente. Die Qualifizierung umfasste unter anderem Untersuchungen zu Einpresskräften, Auszugskräften, Lötbarkeit, Drehmomenten und Derating sowie Umwelttests, Schlibbilduntersuchungen und Vibrationsprüfungen (Bild 3).

Das Ergebnis: Die Umstellung kann beginnen

Würth Elektronik ICS analysierte zu Beginn der Initiative „LET IT BE – LEAD-FREE“ die Anwendungsfälle, mit welchen die Ära der bleifreien Hochstromkontakt-Lösungen in einem Standardproduktportfolio eingeleitet werden sollte. Das Ergebnis sind zahl-

„Mit unseren bleifreien Power-Elementen setzen wir die Umweltvorgaben der EU vorzeitig um und schaffen Investitions- und Design-Sicherheit für unsere Kunden.“

Achim Engel, Würth Elektronik ICS

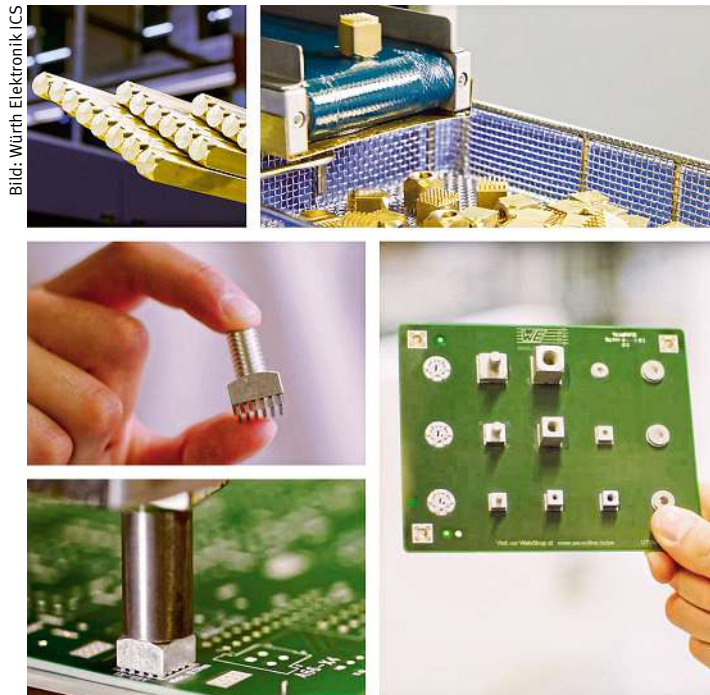


Bild: Würth Elektronik ICS

Bild 3:
LF Powerelements – von der Herstellung bis zur Verarbeitung.

reiche Bauteilvarianten wie ein- und zweiteilige Power-Elemente, steckbare Power-Elemente oder Power-Elemente für die SMT-Bestückung, die die Marktbedürfnisse weitestgehend abdecken.

Dieses Standard-Produktportfolio, das kontinuierlich erweitert wird, ist im Online-shop Power-Elemente erhältlich. Dort finden

Interessenten auch die technischen Informationen zu den bleifreien Produkten und können kostenlose Muster anfordern.

Der Hersteller unterstützt Kunden außerdem mit kundenspezifischen bleifreien Lösungen. // KR

Würth Elektronik ICS

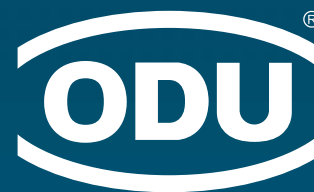
Hintergrund: Blei in den Richtlinien

RoHS (Restriction of Hazardous Substances): Ziel der EU-RoHS-Richtlinie 2011/65/EU ist es, die Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten zu begrenzen und so den Eintrag dieser Substanzen in die Umwelt zu minimieren. RoHS dient weltweit zur Orientierung für die jeweiligen regionalen Verordnungen. Blei hat als ein Stoff, der RoHS-Beschränkungen unterliegt, eine definierte zulässige maximale Höchstkonzentration in homogenen Werkstoffen von 0,1 Gew.-% über die bestehende Ausnahmeregelung 6c sind „Kupferlegierung mit einem Massenanteil von bis zu 4% Blei“ zulässig. Diese Ausnahmeregelung läuft formell zum 21. Juli 2021 aus.

REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals): EG Nr. 1907/2006 regelt das Herstellen, das Inverkehrbringen und die Verwen-

dung chemischer Stoffe und daraus hergestellter Gemische. 2018 wurde Blei auf die Liste besonders besorgniserregender Stoffe (SVHS-Liste: Substance of Very High Concern) gesetzt. Gemäß Artikel 33 der REACH-Verordnung folgt daraus eine Informationspflicht entlang der Lieferkette. Wenn Halbzeuge oder andere Erzeugnisse aus Kupferlegierungen gefertigt wurden, die mehr als 0,1% Blei enthalten, ist bei Lieferung darauf hinzuweisen.

ELV (End of Life Vehicles) „Altautorichtlinie“: Die Richtlinie 2000/53/EG regelt die stoffliche Verwertung von Kraftfahrzeugen durch Recycling innerhalb der Europäischen Union. Auch hier gilt für Blei der Grenzwert von max. 0,1%. Für Kupferlegierungen wurde eine Ausnahme geschaffen, die einen Gehalt von max. 4% Blei erlaubt. Diese Ausnahme wird 2021 überprüft.



EINE RUNDE SACHE



ODU STECKVERBINDER

Kostenloser Musterversand
www.odu-productfinder.com

- + Sichere Push-Pull Verriegelung
- + Einfache Handhabung
- + Optische Performance
- + Metall- oder Kunststoffgehäuse
- + Verfügbar inklusive Kabelkonfektionierung

www.odu.de

D-Sub-Steckverbinder für prozesssichere Applikationen

D-Sub-Steckverbinder gibt es seit Jahrzehnten in vielen Varianten von zahlreichen Herstellern. Das macht die Auswahl besonders schwer. Der Beitrag zeigt, worauf Sie bei der Auswahl achten sollten.

MANFRED SCHOCK *

D-Sub-Stecker als Leiterplattensteckverbinder zur Kontaktierung mittels Lötanschlüssen auf Leiterplatten gibt es schon lange. Bereits im Jahr 1952 hat die amerikanische Firma ITT-Cannon diesen trapezförmigen Steckverbinder-Typ entwickelt. Moderne Applikationen mit einer vollautomatischen SMT-Bestückung in hoher Geschwindigkeit stellen heute an SMT D-Sub-Stecker höchste Anforderungen hinsichtlich der Prozess- und Funktionssicherheit. Deshalb ist selbst bei einem bewährten

Steckverbinder wie dem D-Sub die Entwicklung noch längst nicht abgeschlossen.

Ein vollautomatischer Herstellprozess und die optische Kontrolle der fertiggestellten D-Sub-Stecker garantiert die hohe Prozesssicherheit für die spätere vollautomatische Leiterplattenbestückung. Die anwendungsoptimierten D-Sub-Steckverbinder von Provertha haben verbesserte Kontakte und in einem Arbeitsgang gestanzte und geformte SMT-Anschlüsse mit 100-prozentiger Koplanarität.

Design und Fertigungsprozess für moderne PCB-Applikationen

Das Unternehmen fertigt seit über 25 Jahren D-Sub-Steckverbinder. Mit der Übernahme des TMC Programms von Erni im Jahr

2019 hat sich die Auswahl noch einmal stark erhöht. Zur Kontaktierung der Steckverbinder auf der Leiterplatte kommt vorwiegend die Löttechnik zum Einsatz – entweder in Oberflächenmontage (Surface Mounted Technology, SMT) oder Durchsteckmontage (Through Hole Technology, THT).

Die Steckverbinder des TMC-Programms erlauben durch ihr spezielles Design einen kostengünstigen vollautomatischen Bestückungs- und Lötprozess sowohl in der Anschlussart SMT als auch THR (Through Hole Reflow). THR-Stecker ermöglichen Kosteneinsparungen bei der Fertigung von Baugruppen, die bislang mit einer SMT/THT-Mischbestückung realisiert wurden. Hierbei ist keine Layoutänderung erforderlich. Auch lötfreie Verfahren, wie die Einpresstechnik



* Dipl.-Ing. (FH) Manfred Schock
... arbeitet im Advanced Product Engineering bei Provertha in Pforzheim.

D-Sub-Steckverbinder:

Der 1952 von Cannon entwickelte trapezförmige Steckverbinder-Typ, den sie wegen der D-ähnlichen Form des äußeren Steckverbinders und wegen der für damalige Verhältnisse sehr kleinen Bauform „D subminiature“ nannten, ist heute weit verbreitet.

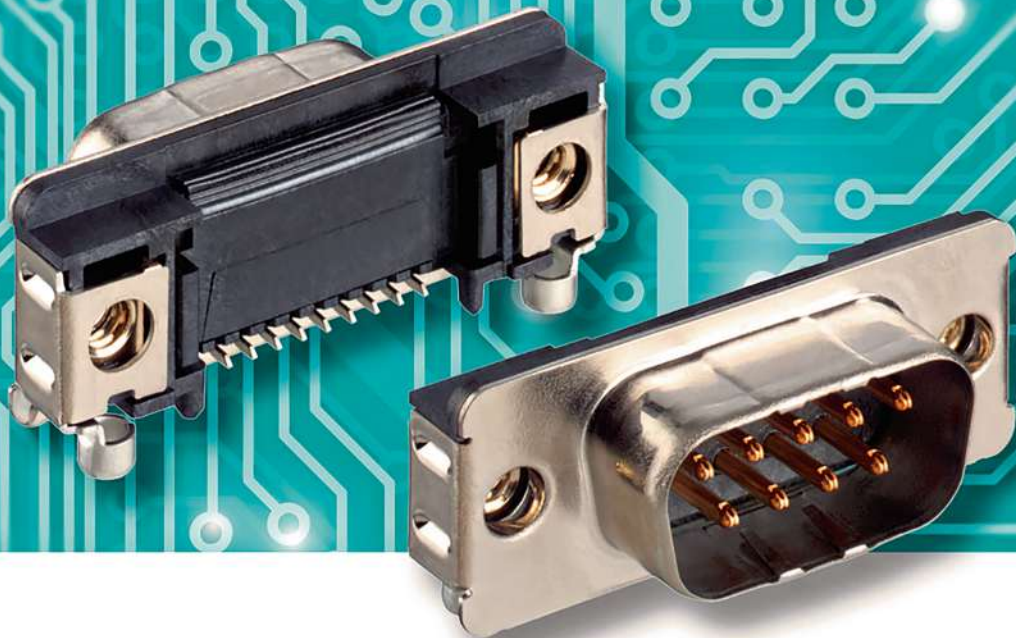


Bild: Provertha

Bild: Provertha



Bild 1:
Um 90° abgewinkelte
D-Sub-Steckverbinder
für die Leiterplatte.

Bild: Provertha



Bild 2:
D-Sub-Steckverbinder
des Typs Slimline in
sehr flacher Bauform.

(press-fit), gelten als kostengünstige und extrem zuverlässige Anschlussart von Steckverbindern, da der Lötprozess entfällt.

Optimiert für den sicheren voll-automatischen SMT-Prozess

Neben der störsicheren Datenübertragung steht bei D-Sub-Komponenten heute vor allem die rationelle, automatisierte und sichere Verarbeitung im Vordergrund. Dies spiegelt sich besonders in den SMT-Versionen wider, die so robust sind, dass sie – ohne Nachteile bei der Koplanarität – als Schüttgut verarbeitet werden können.

Eine 100-prozentige Koplanarität gewährleistet die rationelle Verarbeitung bei der vollautomatischen SMT-Bestückung und beim Reflow-Löten. Für die vollautomatische Bestückung werden D-Sub-Steckverbinder in SMT-gerechter Tray- oder Tape-on-Reel-Verpackung für geliefert.

Ein schwarzer Isolierkörper aus hochtemperaturbeständigem Thermoplast unterstützt die einfache Erkennung mit einem Vision-System. Eine große Pick-and-Place-Fläche bzw. eine Kappe für das Vakuum-Pick-up ermöglicht ein einfaches und sicheres Aufnehmen mit der Pipette. Die Lage des

Schwerpunkts der D-Sub-Steckverbinder wurde gut ausbalanciert. In Verbindung mit Positionierungsstiften wird ein Verkappen bei allen gängigen SMT-Lötverfahren zuverlässig verhindert.

Ultraflache und gewinkelte SMT-Variante

Eine aktuelle Neuerung bei den SMT D-Sub-Steckverbindern ist die sehr flache Bauform. Die „Slimline“ Variante reduziert aufgrund ihrer um 90° abgewinkelten SMT-Anschlüsse und der ultraflachen Bauform die benötigte Leiterplattenfläche bis zu 33% gegenüber einem konventionellen D-Sub-Steckverbinder.

Die Zuverlässigkeit dieses Slimline-Steckverbinders bei hohen mechanischen Belastungen garantiert hohe Sicherheitsreserven im rauen industriellen Einsatz. Dank seiner Einbauhöhe von 4,65 mm bietet er gute Möglichkeiten zur Miniaturisierung bei hoher Robustheit.

Ein doppelschenkliges Federkontakt sorgt für maximale Kontaktsicherheit. Zusätzliche Führungszapfen des oberflächenmontierten Steckverbinders sorgen für Zuverlässigkeit gegenüber mechanischen Belastungen und

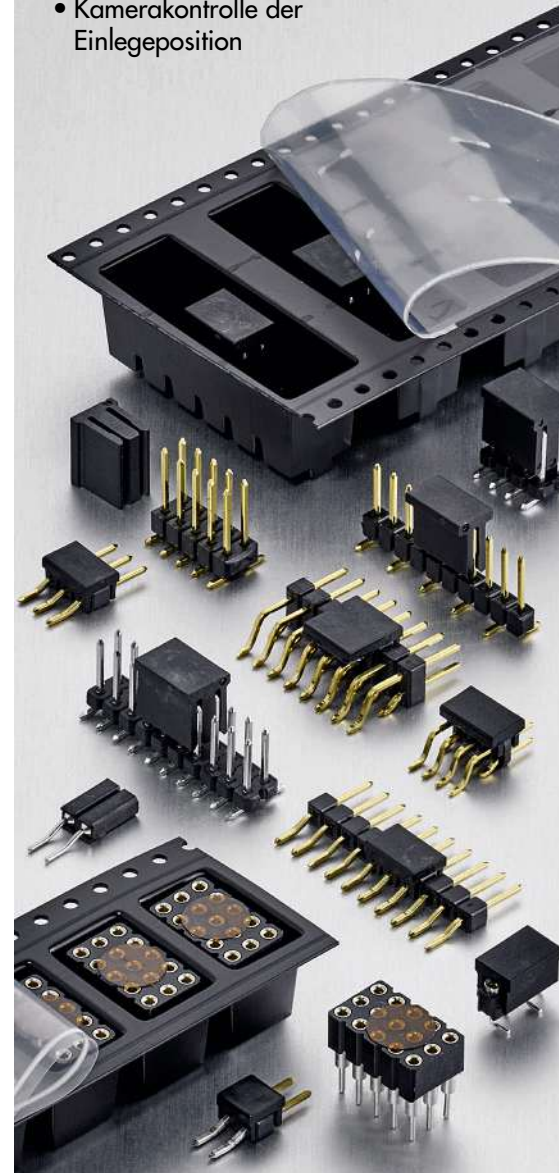
fischer

elektronik

kühlen schützen verbinden

Steckverbinder in „Tape & Reel“-Verpackung

- automatisches Bestücken mittels „Pick and Place“-Verfahren
- Stift- und Buchsenleisten mit Bestückungshilfen
- genormte Gurtbreiten
- Kamerakontrolle der Einlegeposition



Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

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

Bild 3:
Buchsenleiste in 180°
in der Einpresstechnik-
Variante.



Bild: Provertha

Die Press-fit-Technik bietet noch weitere Vorteile: So entsteht der Kontakt in der Kupferlage und nicht in der Zinnbeschichtung der Leiterplatte. Außerdem kann die hohe Elastizität der Zone Lochtoleranzen oder Maßänderungen über die Lebenszeit des Produktes ausgleichen. Letztendlich garantiert das Design der Einpresszone eine hohe Kantendruckkraft auf die Kupferlage des Leiterplattenlochs. Daraus resultiert eine langzeitstabile Verbindung.

High-Power Steckverbinder in Mischpol-Layouts

Auch High-Power D-Sub-Stecker sind in verschiedenen Anschlussarten (SMT, THR, Pressfit) verfügbar. Für Backplane-Applikationen gibt es ein umfassendes Hochstrom-Produktprogramm in gerader Press-fit-Ausführung für die gängigen Mischpol-Layouts in 3W3 und 3WK3 sowie 5W5 und 8W8. Abgewinkelte Press-fit-Versionen (3W3, 3WK3 und 7W2) runden das Programm ab.

Für den wirtschaftlichen, vollautomatischen Bestückungs- und Lötprozess mit SMT-Bestückung sind die häufig eingesetzten Mischpol-Layouts 3W3, 3WK3 und 7W2 in abgewinkelter Version mit SMT- und THR-Anschluss verfügbar.

Kundenspezifische Lösungen dank eigenem Werkzeugbau

Ein umfassendes Portfolio an Befestigungskomponenten, Isolierkörpern in verschiedenen Thermoplasten und ein sehr breites Kontaktprogramm ermöglichen kundenspezifische Applikationen innerhalb kurzer Time-to-Market.

Ein aktuelles Beispiel ist die gerade Buchsenleiste mit Press-fit-Anschluss in der Sonder-Bauhöhe 5,7 mm. Der neue Isolierkörper in weiß konnte dank des eigenen Werkzeugbaus für Kunststoff-Spritzgusswerkzeuge in einem sehr kurzen Zeitraum in den Markt eingeführt werden. // KR

Provertha

Bild 4:
High-Power THR-
Steckverbinder für
Backplane-Applikationen
90° gewinkelt.



Bild: Provertha

bieten Sicherheitsreserven beim Einsatz in rauen Industrieumgebungen.

D-Sub in Einpresstechnik: Lötfreier Backplane-Anschluss

D-Sub-Steckverbinder in Einpresstechnik sind besonders kostengünstig, robust und zuverlässig – vorausgesetzt, die Leiterplatte wird den Mindestanforderungen gerecht und Lochspezifikationen werden eingehalten. Spezielle Einpresszonen schützen die Leiterplatte vor zu hohen Belastungen, damit die

Kupferlagen nicht beschädigt werden, und sie verhindern Delaminierungen bei Multilayern. Die Einpresszonen garantieren gasdichte, korrosionsschutzte und mechanisch robuste elektrische Verbindungen. Press-fit D-Sub-Steckverbinder sind dank ihrer Kontaktierung mit einer elastischen Einpresszone vor allem für Backplanes und sehr hohe Anforderungen geeignet. Bei ihrem Einsatz gibt es keine Lötfehler, Flussmittelprobleme und thermische Belastungen; ein Reinigungsprozess ist nicht notwendig.

D-Sub-Steckverbinder für alle Anwendungen und jeden Anwender

Provertha verfügt seit jeher über ein umfassendes Programm an D-Sub Steckverbindern für den Kabelanschluss in den Anschlussarten Crimp, Lötkelch und IDC. Dazu kommt ein vielfältiges Portfolio an D-Sub-Hauben aus Vollmetall und Kunststoff mit innovativen Verriegelungsprinzipien wie der Push-Pull-Schnellver-

riegelung „Quick Lock“ und Leiterplattensteckverbindern mit gedrehten Kontakten für eine hohe Strombelastbarkeit. Das Unternehmen bietet außerdem komplette Lösungen für die D-Sub I/O-Schnittstelle, also für die Geräteseite und die Kabelseite. Somit können spezielle Anforderungen für die Befestigung oder Verrie-

gelung in einer abgestimmten Lösung berücksichtigt werden. Zusammen mit den neuen High-Performance PCB D-Sub-Steckverbindern der Baureihe TMC bietet das Unternehmen aus Pforzheim eines der umfassendsten D-Sub-Produktprogramme für maßgeschneiderte Kundenanwendungen am Markt.

KABELBEFESTIGUNG

Kabel besser an Kanten befestigen

Panduit hat seine Kabelbefestigungen um Edge Clips erweitert. Bereits die bestehenden Solar Edge Clips aus Metall kann man ohne Werkzeug in rund 11 s installieren – 10 s schneller als durchschnittliche Kombinationen aus Kabelbinder und Clips. Die Edge Clips lassen sich schnell und sicher direkt an Schalttafel- und Rahmenkanten befestigen. Somit kann man Kabel oder Drähte entlang oder senkrecht der Kante verlegen. Dazu drückt man den Clip einfach direkt an die jeweilige Kante und nutzt für die Bündelung den passenden Kabelbinder. Das Bohren in die vorhandene Struktur entfällt.

Zwei Varianten eignen sich für 0,7 bis 3 mm bzw. für 3 bis 6 mm starke Kanten. Für die horizontale oder vertikale Montage braucht man nur eine Kabelbindebefestigung. Dadurch wird der Lageraufwand reduziert und man bleibt bei der Montage vor

Bild: Panduit



Ort flexibler. Durch einen speziell entwickelten Sattel wird der Kabelbinder fest an den Edge-Clip gedrückt und er verrutscht nicht mehr. Die kompakten Halterungen sorgen so für einen dauerhaft festen, sicheren Sitz, selbst wenn man ein Kabel durch die Befestigungen zieht. Speziell entwickelte Metalllippen garantieren eine hohe Zugkraft.

Panduit

LEITERPLATTENSTECKVERBINDER

Mit schwimmenden Kontakten

Das „Floating Board-to-Board“-Steckverbindersystem der Serie HF301 von Yamaichi verbindet zwei Leiterplatten und wurde für den Einsatz unter schwierigen Umgebungsbedingungen konzipiert. Das Steckverbindersystem kombiniert dazu schwimmende Kontakte in X-, Y- und Z-Richtung und garantiert damit die mechanische Stabilität unter allen Vibrations- und Schockbedingungen.

Das elektromechanische System ist High-Speed-fähig und offeriert eine maximale Übertragungsrate von 8 GBit/s.

Zusätzliche Power-Pins sind integriert. Das Steckverbindersystem besteht aus Plug und Socket mit je 102 Signalkontakten sowie 4 Power-Kontakten bis 5 A.

Die Serie wurde auf der Grundlage von Automotive-Spezifikationen entwickelt und getestet. Sie ist aber auch für andere Anwendungen mit ähnlichen anspruchsvollen Anforderungen wie beispielsweise in der Industrie geeignet.

Die Steckverbinder werden in IATF16949-zertifizierten Unternehmen (Qualitätsmanagement auf Basis EN ISO 9001) hergestellt und gewähren eine lange Lebensdauer bei Stößen und Vibrationen.

Bild: Yamaichi



Yamaichi

Vereint

Jetzt Infos anfordern!



Warum unsere Montage so gut ist?

Weil wir uns auf jeden Mitarbeiter verlassen können.

Gerätemontage heißt für uns:

- Wissen konzentriert einsetzen
- auf Kompetenz vertrauen
- technologisch Spitze sein
- Prozesse beherrschen und dann erst:
- Ihr Gerät perfekt montieren.



Werksführung!

Erleben Sie das Hauptwerk der Lacon Gruppe und sehen Sie selbst, wie unsere Teams arbeiten!

Schreiben Sie uns unter marketing@lacon.de

Lacon

Lacon Electronic
Hertzstraße 2
85757 Karlsfeld
www.lacon.de



DURCHGANGSVERBINDER

Alle Leiterarten durchgängig ohne Werkzeug verbinden

Der aktuelle Durchgangsverbinder von Wago vereint die Vorteile der Verbindungsklemmserie 221 in einem schlanken Design: einen universellen Leiteranschluss, der dank Hebeltechnik komplett werkzeuglos zu handhaben ist und einen sichtbar sicheren Leiterkontakt bietet. In Anwendungen, in denen Mehrpoligkeit gefragt ist, bieten zusätzliche Adapter individuelle Freiheitsgrade für den modularen, flexiblen Aufbau bis zu fünf lagefixierten Polen in einem Adapter – ganz gleich, ob mit oder ohne Zugentlastung auf Tragschienen mit Rastfuß, zum Verschrauben, Kleben, Anbinden oder Aufhängen.

Erhältlich ist der Durchgangsverbinder in zwei Varianten, die beide sowohl über EN- als auch



Bild: Wago

dustrieanwendungen. Das sind nur einige der Einsatzmöglichkeiten.

Der Leiteranschluss von ein-, fein- und mehrdrähtigen Leitern in Durchgangsrichtung wird eindeutig und komfortabel. Der Hebel vereinfacht und beschleunigt die Handhabung: Hebel auf, Leiter rein, Hebel zu. Ebenso gestaltet sich das Lösen der Leiter: Hebel auf, Leiter raus, Hebel zu. So ist das Verbinden aller Leiterarten komplett werkzeuglos möglich. Dabei sorgt die Federklemmtechnik in einem kompakten, transparenten Gehäuse für eine wartungsfreie und sichtbar sichere Kontaktierung aller Leiterarten mit Querschnitten von 0,2 bis 4 mm².

UL-Zulassungen verfügen: mit transparentem Deckel für Leiterquerschnitte von 0,2 bis 4 mm² für alle gängigen Anwendungen sowie in der vorwiegend in Nordamerika verwendeten Version mit weißem Deckel für den erweiterten Anschlussbereich mit dem AWG-12-Leiter. Als universelles Anschlussmittel verbes-

sert der Durchgangsverbinder nicht nur bekannte Installationsanwendungen mit geringem Platzbedarf, sondern eröffnet auch neue: Labor- und Testaufbauten sowie Produktionsprüfstände, der Leuchtenanschluss in Zwischendecken, die Verlängerung von Lautsprecherkabeln, aber auch Abzweigdosen in In-

Wago

Hohe Leistung UND Zuverlässigkeit?

Sie wollen eine höhere Strombelastbarkeit für jeden Kontakt unserer hochzuverlässigen Steckverbinder?

Sie wollen eine einfache Anwendung und optimalen Einsatz unter Vibrationsbedingungen?

Sie wollen den hohen Qualitätsstandard von Harwin?

Wir sind ganz Ohr.

- 60A pro Kontakt
- Stoß-/Vibrationsfest bis 100G
- Edelstahl-„Mate-Before-Lock“-Fixierung
- Betriebstemperaturbereich bis 150°C

KONA

HIGH RELIABILITY | HIGH POWER

harwin.com/kona**HARWIN**

Connect with confidence

HYBRIDSTECKVERBINDER

Für abgedichtete Anwendungen

TE Connectivity hat mit der 16- und 24-poligen Reihe AMPSEAL 16 mini lever abgedichtete Hybridsteckverbinder vorgestellt, die zusätzliche Flexibilität für Schott- und Durchgangs Anwendungen bieten. Die Draht-zu-Draht-Steckverbinder mit dem Schutzgrad IP6K7/IP6K9K (Wasser- und Staubdicht) sind dazu ausgelegt, Schutz vor rauen Umwelteinflüssen zu bieten.

Zu den Hauptmerkmalen der Hybridsteckverbinder zählen ein Hebelverschluss sowie eine integrierte Kontaktpositionssicherung und Steckverbinder-Positionssicherung, die vor versehentlichem Entriegeln schützen. Die Steckverbinder lassen sich werkzeuglos montieren. In drei Größen erhältliche Drop-and-Slide-Montageklammern senken die Anwendungskosten und verkürzen die Montagezeit.

Für die Bündelung von Kabeln und für Wellrohre sind zusätz-



Bild: TE Connectivity

lich zu den Steckverbindern auch 90°- und 180°-Kabelhüllenabdeckungen erhältlich. Die Steckverbinder nutzen die bewährten DEUTSCH Stift- und Buchsenkontakte der Größen 12 und 20 sowie HDSF (Heavy Duty Stamped and Formed) Stift- und Buchsenkontakte der Größe 16 und sind nach Mil-Standard C-39029 zugelassen.

TE Connectivity

RJ45-STECKVERBINDER

Vielfältige Netzwerkverkabelung

W+P erweitert mit der Serie 660 das Sortiment an vorkonfektionierten Netzkabeln mit einer umfangreichen Auswahl an Ausführungen und Längen. Unterschiedliche Kabeltypen (rund, flach) sind beidseitig mit 8-poligen RJ45-Verbindern versehen, die Kabelführung erfolgt gerade. Vor Beschädigung schützen PVC-Umspritzungen, welche als Zugentlastung mit integriertem Rast-

hebelschutz dienen. Abhängig von der Ausführung sind Kabellängen bis zu 50 m erhältlich. Geschirmte Varianten schützen weitestgehend vor Störquellen. Kabelquerschnitte können im Bereich AWG 32 bis 24 gewählt werden, weitere auf Anfrage.

Es gibt sieben Mantelfarben, als Standard steht Grau zur Verfügung. Die Umspritzungen sind farblich entsprechend angepasst. Das Material besteht aus PVC, als Option halogenfrei (LSZH, Low Smoke Zero Halogen).

Die Ethernetkabel unterteilen sich in die Leistungsklassen Cat.-5e, 6 und 6A. Standardmäßig sind die Kontaktflächen mit einer Oberflächenvergoldung von 1,27 µm versehen. Das Material der Litzen ist aus Reinkupfer, die Spannungsfestigkeit beträgt 300 V AC.



Bild: W+P

W+P



TEST & MEASUREMENT

Messen & Kalibrieren

Als renommierter und zuverlässiger Entwicklungspartner bietet Rosenberger eine Vielzahl an HF- und Microwave-Komponenten für die industrielle Messtechnik.

Ob Präzisionssteckverbinder, Testport-Adapter, PCB-Steckverbinder, Kalibrierkits, Microwave- oder VNA-Testkabel – Präzision und Qualität unserer Messtechnik-Produkte sind in vielfältigen Anwendungen bewährt:

- Microwave-Messungen & VNA-Kalibrierungen
- Lab Testing, Factory Testing
- PCB-Steckverbindungen
- Halbleitermesstechnik & High-Speed Digital-Anwendungen
- Mess- und Prüfgeräte

www.rosenberger.com



Rosenberger

Das sind die Themen auf dem Steckverbinderkongress 2021

Von SPE über „Smarte Steckverbinder“ und Hochstromkontakte bis zur Additiven Fertigung: Interessierte erfahren vom 5. bis 7. Juli 2021 in Würzburg fast alles rund um das Thema Steckverbinder.

So viel Interesse am Anwenderkongress Steckverbinder gab es noch nie. Das stellte uns nicht nur bei der Auswahl der Vorträge für das zweisprachige Programm (dt./engl.) vor zahlreiche Herausforderungen, sondern auch bei der Planung der begleitenden Fachausstellung. Herausgekommen sind drei Tage (5. bis 7. Juli 2021) geballtes Steckverbinder-Knowhow auf dem Branchentreff in Würzburg.

Neu aufgenommen haben wir den SPE-Tag am Montag. SPE steht für Single Pair Ethernet, eine neue Ethernet-Technik, bei der nur noch ein Adernpaar zur Übertragung von Daten und Energie (Power over Dataline PoDL) benötigt wird. SPE bildet die zukünftige Infrastruktur für das „Internet der Dinge“ (IoT) und seinen industriellen Ableger (IIoT) und hat das Potenzial, das IoT bis in den Sensor zu bringen.

Unter dem Motto „Single Pair Ethernet, quo vadis?“ gehen Matthias Fritsche (Harting) und Simon Seereiner (Weidmüller) ab 11:00 Uhr auf Neuigkeiten und Anwendungen in der Industrie ein. Wijnard von Gils (TE Connectivity) beleuchtet hohe Leistungen bei SPE. Den neuen Standard 10BASE-T1L erläutern Thomas Brand und Thomas Tzeetzsch (Analog Devices). Karl Lehnhoff (EBV) widmet sich den möglichen und verfügbaren SPE PHYs und Switches. Frank Moritz (Sick) und Dr. Karsten Walther (Perinet) diskutieren die Varianten und Ansätze bei Stromversorgung und Schnittstellen für die SPE-Sensorik. Das detaillierte Programm finden Sie auf der Internetseite des Kongresses unter www.steckverbinderkongress.de.

Ab 15:00 Uhr geht es am Montag wie gewohnt mit den Basisseminaren weiter: Steckverbinder – wichtige Kennwerte und Begriffe (Dr. Helmut Katzier, Ingenieurbüro Katzier), Das Steckverbindarium (Herbert Endres, EndresConsult), Grundlagen zur Kontaktphysik (Dr. Helge Schmidt, TE Connectivity), Oberflächenbeschichtung von Kontaktwerkstoffen (Markus Klingenberg, IMO), Kupferwerkstoffe für Steckverbinder und ihre technischen Oberflächen (Stephan Groß, Boway)



Kristin Rinortner: „Der Branchentreff bietet die Möglichkeit, mit Steckverbinder-Koryphäen ins Gespräch zu kommen“.

und neu Kunststoffe für Steckverbinder (Monika Taut, Celanese).

Die Basisseminare bieten einen guten Einstieg ins Thema und die Fachvorträge der nächsten Tage sowohl für Quereinsteiger als auch gestandene Fachleute. Alle Teilnehmer der Seminare erhalten mit der Neuauflage des „Praxishandbuch Steckverbinder“ ein Nachschlagewerk zur Geräteentwicklung und Einsatz von Steckverbindern im Wert von 89 Euro. Neben einem umfassenden Einblick in die Grundlagen bietet das Buch dem Leser praxisnahe Auswahlkriterien und eine umfangreiche Steckverbinder-Datenbank.

Der intelligente Steckverbinder für die Smart Factory

Der Dienstag und Mittwoch bieten Raum für verschiedene aktuelle Themen wie den intelligenten Steckverbinder als Enabler für die Produktion von Morgen (Dr. Michael Hilgner, TE Connectivity) oder die Digitalisierung elektrischer Schnittstellen mit AutomationML (Markus Rentschler, Balluff). Für die Keynote „Trends bei elektronischen Komponenten und Systemen“ konnten wir Dr. Andreas Lock (Bosch) gewinnen.

Weitere Themen sind Leiterplattenklemmen als Ethernet-Schnittstelle (Patrick Hirt, Metz Connect), Standard bei M12 Push Pull (Dirk Peter Post, Harting, und Jürgen Sahm, Phoenix Contact), bleifreie Hochstromkontakte (Achim Engel, Würth Elektronik ICS) oder schwimmende Kontakte bei Leiterplattensteckverbindern (Detlef Fritsch, Weco). Holger Krumme (HTV), Patrick Telders (imes) und Thomas Lankmair (bruker alicon) widmen sich der Lagerfähigkeit und Schadensanalytik sowie der optischen Prüfung von Steckverbindern.

Hochstromkontakte für Transportation und Agrar

Der Mittwoch ist traditionell den Themenfeldern Transportation und modernen Werkstoffen/Oberflächen/Verfahren gewidmet. Mit neuen Wegen der Elektrifizierung in der Agrartechnik befasst sich Jürgen Bösch (Harting Electric). Christian Horwath (iwis) stellt serienfähige Hochstromkontakte für die Fertigung integrierter E-Fahrzeug-Antriebe vor. Was sich bei Hochstrom-Steckverbindern in der Bahntechnik tut, erklärt Denny Hellige (Harting Electric).

Leitfähige Kunststoffe (Michael Tesch, Kunststoffinstitut Lüdenscheid), High-speed-Laserstrukturierung von Steckverbindern zur Verringerung von Steckkräften (Dr. Dominik Britz, SurFunction), PVD-Oberflächen (Wolfgang B. Thörner, WBT-Industrie) oder aktuelle Entwicklungen im Mehrschieber-Druckguss (Armin Beck, Dynacast) sind Beispiele für Neuigkeiten bei Werkstoffen und Oberflächen sowie Fertigungsverfahren.

Mit seinem Vortrag zu Stand der Technik und Trends bei der additiven Fertigung von Steckverbindern schließt Stefan de Groot (Protiq) die spannenden Steckverbinder-Tage im Hybrid-Format (Präsenzveranstaltung mit hygienebedingter Begrenzung der Teilnehmerzahl und digitale Vorträge) ab. Letztere fangen übrigens bereits am Freitag, den 2. Juli 2021, mit 20-minütigen Ausstellerpräsentationen an, die für registrierte Teilnehmer kostenlos gestreamt werden. // KR

VERBINDUNGSTECHNIK // KONGRESS

PROGRAMM DIENSTAG, 6. JULI 2021

ZEIT	VORTRAGSTITEL	AUTOR/FIRMA
8.00 Uhr	Registrierung	
9.00 Uhr	Begrüßung	Kristin Rinortner (ELEKTRONIKPRAXIS)
9.10 – 9.40 Uhr	Keynote: Trends bei elektronischen Komponenten und Systemen (ZVEI Roadmap „Next Generation“)	Dr. Andreas Lock (Bosch)
9.40 – 10.10 Uhr	Der intelligente Steckverbinder als „Enabler“ der Produktion von morgen (Production Level 4)	Michael Hilgner (TE Connectivity)
10.10 – 10.40 Uhr	Digitalisierung elektrischer Schnittstellen mit AutomationML als Basis neuer Geschäftsmodelle	Markus Rentschler (Balluff)
10.40 – 11.10 Uhr	Kaffeepause und Ausstellung	
11.10 – 11.40 Uhr	Leiterplattenklemmen als Ethernet-Schnittstelle: Alternative Anschlussmöglichkeiten für IoT- und IIoT-Geräte	Patrick Hirt (Metz Connect)
11.40 – 12.10 Uhr	Standard in Sicht – Endlich Einigkeit bei M12 PushPull	Jürgen Sahn (Phoenix Contact), Dirk Peter Post (Harting)
12.10 – 12.40 Uhr	Bleifreie Hochstromkontakte für RoHS-Konformität ohne Ausnahmeregelung 6c	Achim Engel (Würth ICS)
12.40 – 14.00 Uhr	Mittagspause und Ausstellung	
14.00 – 14.30 Uhr	Experience Feedback: Modular Jack Cat6 Qualification per TIA-568	Constantin Le Marqis (Würth Elektronik eiSoS)
14.30 – 15.00 Uhr	Schwimmende Kontakte für mehr Flexibilität bei der Leiterplattenbestückung	Detlef Fritsch (Weco)
15.00 – 15.30 Uhr	Kaffeepause und Ausstellung	
15.30 – 16.00 Uhr	Applikationsspezifische Analyse der Erwärmung von Leistungssteckverbindern bei hohen transienten Strömen mit Hilfe thermischer Ersatzschaltbilder	Dr. Michael Ludwig (TE Connectivity)
16.00 – 16.30 Uhr	Koppelinduktivität als Parameter für das EMV-Verhalten von Board-to-Board-Steckverbindern	Stefan Frömmrich (ept), Carsten Stange (Langer EMV)
16.30 – 16.50 Uhr	Kaffeepause und Ausstellung	
16.50 – 17.20 Uhr	Qualität, Lagerfähigkeit und Schadensanalytik an Steckverbindern	Holger Krumme (HTV)
17.20 – 17.50 Uhr	Optische Prüfung der Steckverbindergeometrie	Patrick Telders (imes)
17.50 – 18.20 Uhr	Optische dimensionelle Messung von Einpresszonen mit Fokusvariation	Thomas Lankmair (Bruker Alicona)
18.20 Uhr	Abschlussdiskussion und Informationen zur Abendveranstaltung	Kristin Rinortner (ELEKTRONIKPRAXIS)
	Abendveranstaltung: 19:45 Uhr Reception	

PROGRAMM MITTWOCH, 7. JULI 2021

8.00 Uhr	Registrierung	
9.00 Uhr	Begrüßung	Kristin Rinortner (ELEKTRONIKPRAXIS)
9.10 – 9.40 Uhr	Neue Wege der Elektrifizierung im Agrarbereich	Jürgen Bösch (Harting Electric)
9.40 – 10.10 Uhr	Serienfähige Hochstromkontakte als Schlüssel zur effizienten Fertigung von integrierten E-Fahrzeug-Antrieben	Christian Horwarth (iwis)
10.10 – 10.40 Uhr	Neue Generation von Hochstrom-Steckverbindern für die Bahntechnik	Danny Hellige (Harting Electric)
10.40 – 11.10 Uhr	Kaffeepause und Ausstellung	
11.10 – 11.40 Uhr	Überblick zu Silber-Passivierungen und deren Prüfmethode	Oliver Brenscheidt (Brenscheidt)
11.40 – 12.10 Uhr	Edle und unedle Ehen. Kann man unterschiedliche Kontaktoberflächen verheiraten?	Herbert Endres (EndresConsult)
12.10 – 13.50 Uhr	Mittagspause und Ausstellung	
13.50 – 14.20 Uhr	Einsatz leitfähiger Kunststoffe: Einflussfaktoren und Stellgrößen	Michael Tesch (Kunststoffinstitut Lüdenscheid)
14.20 – 14.50 Uhr	Neuartige High-Speed Laserstrukturierung von Steckverbindern zur Reduzierung von Steckkräften	Dr. Dominik Britz (SurFunction)
14.50 – 15.20 Uhr	Kaffeepause und Ausstellung	
15.20 – 15.50 Uhr	PVD-Oberflächen für HiFi-Flächeneleiter	Wolfgang B. Thörner (WBT-Industrie)
15.50 – 16.20 Uhr	Neueste Entwicklungen im Mehrschieber-Druckguss	Armin Beck (Dynacast)
16.20 – 17.00 Uhr	Stand der Technik und Trends bei der Additiven Fertigung von Steckverbindern	Stefan de Groot (Protiq)
17.00 Uhr	Abschlussdiskussion	Kristin Rinortner (ELEKTRONIKPRAXIS)

Fertigung und Fehleranalyse von High-Density-Baugruppen

Die Auswahl der richtigen Lotpaste in Bezug auf das Endprodukt entscheidet über Erfolg oder Fehlschlag. Vor Material- oder Prozessänderungen müssen Analysen von möglichen Fehlerursachen erfolgen.

JONAS SJOBERG*

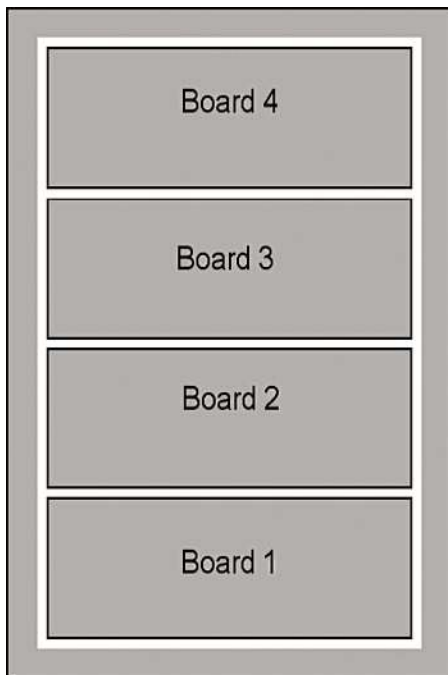


Bild 1: Typisches Platinenlayout einer Baugruppe, verwendet in der Consumerelektronik. Wichtig ist, dass die gesamte Toleranz für Dehnung und Schrumpfung grundsätzlich nicht mehr als 0,05 mm beträgt.

Es gibt zahlreiche Techniken zur Erhöhung der Packungsdichte. Beispiele für solche Lösungen sind Fine-Pitch-Steckverbinder, Package-on-Package (PoP), Fine-Pitch-CSPs, 01005- und 0201-Komponenten sowie die weitere Reduzierung der Abstände zwischen den Bauteilen auf einem Board. Der Einsatz solcher Technologien führt zu einer Vielzahl von Herausforderungen an die Lotpaste, das PCB-Design, den Bestückungsprozess und die Zuverlässigkeit.

Für das jeweilige Endprodukt gibt es in allen diesen Bereichen unterschiedliche Vor-

* Jonas Sjöberg
... ist Technischer Manager bei der Indium Corporation mit Sitz in Kuala Lumpur, Malaysia.

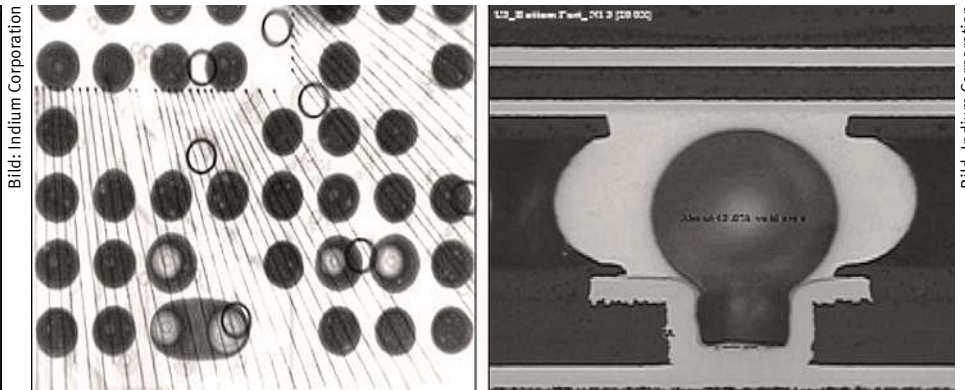


Bild 2: Lotbrücke und übermäßige Entstehung von Voids auf einem CSP mit 0,4 mm Pitch aufgrund der Größenprobleme von Microvias.

aussetzungen, Bedenken und Anforderungen. Die Fertigungslinien für viele dieser Baugruppen sehen zwar sehr ähnlich aus, aber die spezifizierten Anforderungen sind dann doch anders. Typische Zuverlässigkeitsprüfungen sind Falltest, Vibration, Temperaturwechseltest und SIR, doch selbst wenn die Bezeichnungen der Tests gleich sind, sind die Pass/Fail-Kriterien für die verschiedenen Endprodukte unterschiedlich.

Bei der Materialauswahl - und insbesondere bei der Lotpaste - spielt die Art des Endprodukts eine große Rolle. Eine Baugruppe für Automobilelektronik, Computer-Server oder Router wird im allgemeinen per In-Circuit-Test (ICT) geprüft; dabei müssen die Flussmittel Rückstände der Lotpasten mit einer Prüfnadel leicht zu durchdringen sein. Consumerelektronik hingegen ist in vielen Fällen nicht für den ICT vorgesehen. Hier geht es vorrangig um den hohen Durchsatz in der Fertigung, deshalb wird eine Lotpaste benötigt, die einen schnellen und zuverlässigen Schablonendruck ermöglicht.

Es gibt noch viele weitere Beispiele, aber wegen dem höheren Anteil an Baugruppen mit hoher Packungsdichte müssen die meisten Lotpasten, wenn nicht sogar alle, in der Lage sein, gute Ergebnisse bei Schablonen-

öffnungen mit Flächenverhältnissen (Area-Ratio AR) unterhalb des typischen Industriestandards von 0,66 zu erzielen. AR für einige Baugruppen kann herunter bis zu 0,5 -0,55 betragen.

Lotpasten und Legierungen

Aufgrund dieser Herausforderungen wird zunehmend feineres Lotpulver verwendet, wobei das verwendete Lotpulver sich von Typ 3 zu Typ 4 bis 4,5 verschiebt und für eine größere Zahl von Anwendungen sogar zu Typ 5. Dies wiederum bringt einige neue Herausforderungen mit sich. Zudem gewinnen Legierungen mit niedrigem Silberanteil und niedrigen Löttemperaturen weiter an Bedeutung, mithin wird die Auswahl der Lotpasten und Legierungen fortlaufend komplexer.

Sobald das richtige Lotpastenmaterial ausgewählt ist, muss ein tragfähiger und robuster Fertigungsprozess entwickelt und dauerhaft sichergestellt werden. Der Herstellungsprozess umfasst Schablonendruck, Bestückung, Reflow-Löten unter Luft oder Stickstoff, eventuell optische Inspektion sowie elektrische und funktionelle Tests. Viele Faktoren beeinflussen die Qualität von Produktionsprozessen. Mit dem minimierten Anschluss-Raster der Komponenten sowie

den reduzierten Abständen zwischen den Bauteilen wird die Leistungsfähigkeit von Lotpaste, Bestückungsprozess und Leiterplattenherstellung bis an ihre Grenzen und darüber hinaus gefordert, wobei der Einsatz statistischer Software-Werkzeuge für die Erzielung und Aufrechterhaltung guter Ausbeuten erforderlich ist.

Selbst mit der Auswahl der optimalen Lotpaste, einem einwandfreien Fertigungsprozess und qualitativ hochwertigen Leiterplatten und Bauelementen wird es immer noch zu Ausfällen kommen, die zu Ertragsverlusten und zusätzlichen Kosten führen. Sobald diese Probleme auftreten, erscheint es sehr einfach, schnell Schlüsse zu ziehen und Änderungen vorzunehmen, ohne aber die eigentliche Ursache des Fehlers zu kennen. Als Ingenieure neigen wir ziemlich oft dazu, nach der schwierigsten Lösung zu suchen, aber in vielen Fällen ist die einfache Lösung der richtige Weg, um ein Problem zu lösen.

Design von PCB und Baugruppe

Für die Vorbereitung zur Fertigung von Baugruppen mit hoher Packungsdichte ist es sehr wichtig, den Leiterplatten-Entwurf und seine Begrenzungen bei der Realisierung zu verstehen. Mit zunehmender Bestückungsdichte wird die Herstellung von PCBs sehr viel schwieriger. Nachfolgend einige der Schlüssel Anforderungen in Leiterplatten-Design's:

- 50 µm Kupfer/Kupfer-Abstände (innere und äußere Lagen)
- 50 µm Reststegbreite der Lötstopmmaske
- 25 bis 40 µm Lötmasken-Registrierungstoleranz
- 60-µm-Microvias
- 200-µm-Pads zur Zentrierung der Microvias in den äußeren und inneren Lagen.

Bild: Indium Corporation

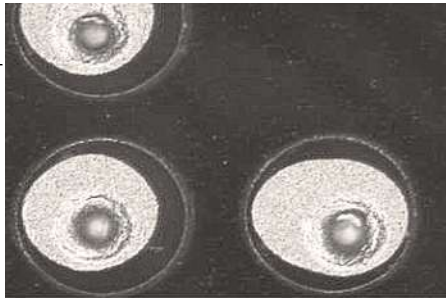


Bild 3: Typisches ungefülltes Microvia, gesehen von oben.

Bild: Indium Corporation

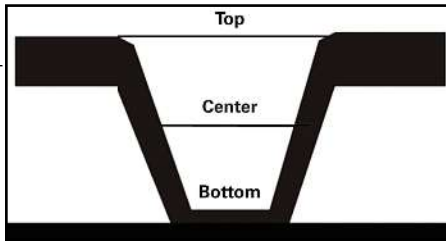


Bild 4: Keine klare Spezifikation, ob ein Microvia oben, in der Mitte oder unten gemessen werden soll.

Bild: Indium Corporation

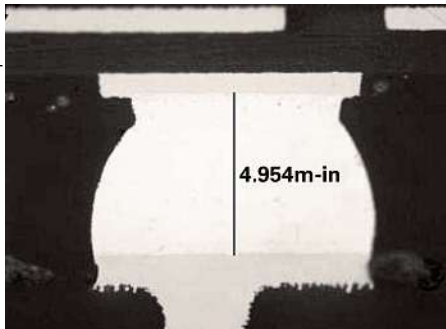


Bild 5: Lösung der Probleme mit Lotbrücken und Voiding bei einem CSP mit 0,4 mm Pitch durch die Kupferfüllung von Microvias.

Das Verständnis von DfX und Designrules ist in vielen Fällen von entscheidender Bedeutung, um die Grundursache der Probleme zu identifizieren, die in Fertigungslinien auftreten können. Für den Entwurf von Leiterplatte und Baugruppe gibt es viele wichtige Aspekte. In diesem Beitrag haben wir ein paar Kriterien zusammengestellt, die einen kritischen Einfluss auf das Ergebnis bei der Lotpasteninspektion (SPI) und die gesamte Ausbeute haben:

- Dehnung und Schrumpfung von PCB
- Gefüllte vs. ungefüllte Microvias (Bild 3)
- Siebdruck

Dehnung und Schrumpfung

Die maximale PCB-Dehnung über die gesamte Platine beträgt höchstens 0,05 mm (Beispiel in Bild 1). Dies muss auf der Designzeichnung des Leiterplattenherstellers eindeutig spezifiziert sein, denn dieser Parameter ist sehr wichtig in Relation zu den Fine-Pitch-Komponenten und Baugruppen mit sehr enger Packungsdichte. Die Abmessungen der Pads und Schablonenöffnungen für 01005-Passive und CSPs mit 0,30 mm Pitch-Abstand beträgt 0,20 mm; eine Dehnung oder Schrumpfung von mehr als 0,05 mm führt zu einem Lotpastenauftrag welcher nur noch 25 % des Pads abdeckt.

Thematik der Microvia

Übermäßige Bildung von Voids in z.B. BGA Ball's führt in einigen Anwendungsfällen zu Lotbrücken. Dies kann durch überdimensionierte oder „undichte“ Microvias im Pad in Kombination mit normalen Prozessschwankungen verursacht werden. Ein Problem bei einem Smartphone ist in Bild 2 zu sehen; die Fehlerrate wegen Brückenbildung betrug in diesem Fall 6 %.

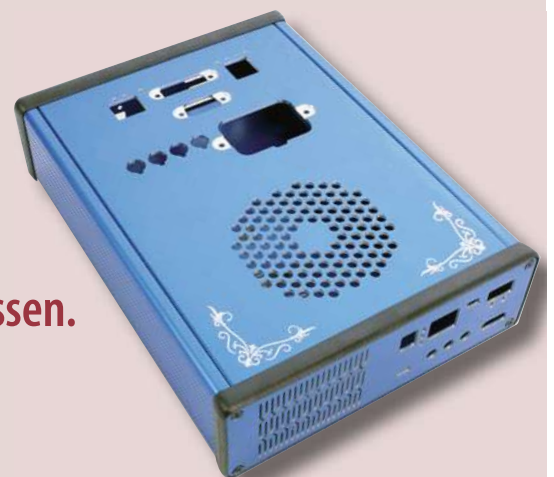
M HAMMOND
MANUFACTURING®

W

Bitten Sie Hammond, eines unserer über 5000 Standard-Gehäuse an Ihre Anforderungen anzupassen.

Mehr erfahren: hammfg.com/mods

eusales@hammfg.com • + 44 1256 812812



Ein wesentliches Problem besteht derzeit darin, dass es keine klaren Spezifikationen gibt, wie groß die Microvias sein dürfen oder wo die tatsächliche Größe des Microvias gemessen werden soll (Bild 4). Da es keine eindeutigen Spezifikationen gibt, können die Microvias von Hersteller zu Hersteller und von PCB-Charge zu PCB-Charge unterschiedlich in Größe und Form ausfallen.

Durch das Füllen der Microvias mit Kupfer während der Leiterplattenfertigung können die Voids und Brückenbildungen beseitigt werden (Bild 5).

Siebdruck-Probleme

Abhängig von der Maßhaltigkeit des Siebdrucks kann die Höhe auf der Oberseite der Lötmaske zwischen 15 µm und 40 µm liegen (Bild 6). Dadurch kann je nach PCB-Design ein Spalt zwischen Druckschablone und Leiterplatte von 15-40 µm entstehen. Der Spalt kann Druckprobleme verursachen, die entweder zu einer zu geringen oder zu großen Höhe sowie Volumenschwankungen der Lotpaste führen. Abhängig vom Design eines Baugruppe kann die Lötmaske zusätzlich zum Siebdruck 10-25 µm hinzufügen, wodurch ein Spalt von 15-65 µm von der Unterseite der Schablone bis zum Pad entsteht.

Legt man die Schablone auf die Oberseite der Leiterplatte, ist der Effekt des Siebdrucks grafisch sehr gut sichtbar (Bild 7). Die Analyse der SPI-Daten (Bilder 8 und 9) zeigt sehr deutlich, dass dies einen großen Einfluss auf die Ausbeute nach dem Pastendruck und möglicherweise auf die Gesamtausbeute haben kann.

Der Siebdruck wird normalerweise bei den heutigen Produkten nicht mehr benötigt und verursacht zusätzliche Kosten von etwa ≈ 0,01 USD/Quadratzoll (circa 1,5 Cent/cm²). Es besteht auch das Risiko, dass Teile des Siebdrucks auf die Pads gelegt werden. Wenn das Design dies zulässt, sollten in den äußeren Lagen Kupfermarkierungen verwendet werden. Dies gilt für CSPs und andere Komponenten für die Bestückungstoleranzen kritisch sind. Die Auswirkungen des Siebdrucks auf die Performance nach dem Pastendruck (SPI-Analyse) sind in den Bildern 8 und 9 deutlich zu erkennen.

Wahl Lotpaste und Legierung

Die heute gebräuchlichste Lotpastenlegierung ist SAC305 (Sn96,5/Ag3/Cu0,5) für Baugruppen mit hoher Packungsdichte. Wenn eine erhöhte Beständigkeit gegenüber Temperaturwechsel erforderlich ist, wird normalerweise eine Legierung mit höherem Silbergehalt wie SAC387 (Sn95,5/Ag3,8/Cu0,7) eingesetzt. Die Verwendung einer Legierung

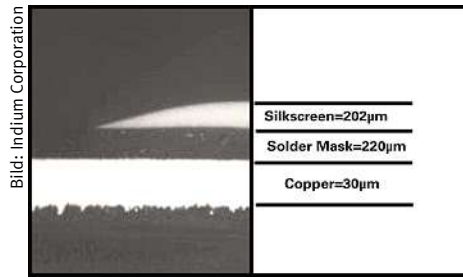


Bild 6: Siebdruck der PCB auf der Oberseite von Lötstopmmaske und Kupfer. In diesem Fall befindet sich die Oberseite der Lötmaske 422 µm (0,422 mm) über dem Kupferpad.

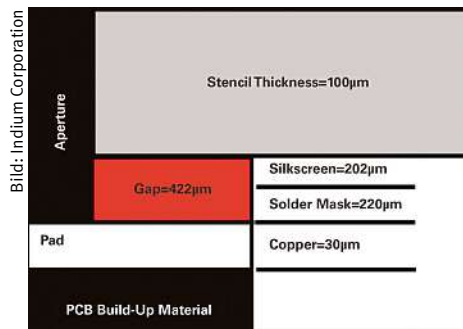


Bild 7: PCB-Siebdruck auf der Oberseite von Lötstopmmaske und Kupfer.

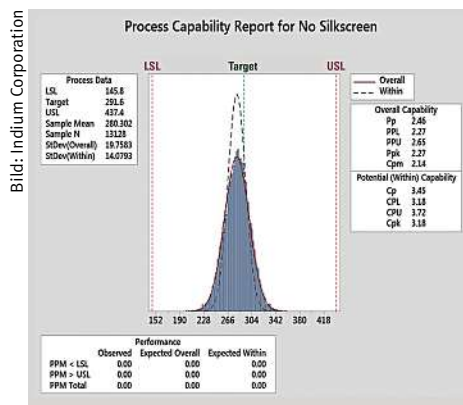


Bild 8: Diagramm der Prozessfähigkeit eines CSPs mit einem Pitch von 0,4 mm ohne Siebdruck auf der Leiterplatte. Die Spezifikationsgrenze für das Volumen (mil 3) liegt bei 50 bis 150 %. Der Mittelwert ist sehr gut auf das Zielvolumen abgestimmt.

mit höherem Silbergehalt (Ag) erhöht jedoch den Kostenaufwand und könnte sich negativ auf die mechanische Zuverlässigkeit auswirken. Bevor die Auswahl der Lotpaste getroffen wird, ist es wichtig, entscheidende Materialeigenschaften zu bewerten, z.B.:

- Druckfähigkeit
- Voiding
- Kaltes und heißes Einsacken (Slump)
- Lotkugeln und Lotperlen
- Benetzung

- HIP-Resistenz/Oxidationsbarriere
- SIR (Oberflächen-Isolationswiderstand)

Zur Auswahl stehen die Pulvergrößen Typ 3, Typ 4, Typ 4,5 und Typ 5 (Tabelle 1) zur Verfügung. Mit der richtigen Flussmittelformulierung kann in vielen Fällen ein teureres Pulver vom Typ 5 vermieden werden, aber dennoch ist ein akzeptabler Cpk-Wert von 1,67 erreichbar (Tabelle 2). Abgesehen vom Kostenanstieg erhöht Typ-5-Pulver auch das Risiko von HIP und Traubenbildung (Graping) aufgrund einer größeren Oberfläche und eines höheren Oxidgehalts. Obwohl Reflowlöten in Luft möglich ist, ist Stickstoff-Reflow am häufigsten bei der Anwendung von Typ-5-Pulver anzutreffen.

Prozess-Betrachtung: Aus verfahrenstechnischer Sicht wurde der Schablonendruck schon immer als Hauptverursacher von Ertragsverlusten gesehen. Viele Untersuchungen in den letzten Jahren haben gezeigt, dass der Druck bis 60 bis 70 % des gesamten Ausbeuteverlusts des Prozesses beitragen kann, gefolgt vom Reflow-Löten mit einem Anteil zwischen 10 und 20 %.

Voiding, Traubenbildung, HIP

In jüngster Zeit ist QFN-Voiding zu einem äußerst aktuellen Thema geworden. In einigen Fällen kann QFN-Voiding mit einer heißen und längeren Soak-Phase reduziert werden, wobei mehr Flussmittelbestandteile verbraucht werden, welche zu einer übermäßigen Bildung von Voids führen könnten.

Das Ziel, QFN-Voiding zu reduzieren, kann zu einer Zunahme der Traubenbildung bei passiven Komponenten des Typs 0201 und 01005 sowie zu einer Zunahme von Head-in-Pillow (HIP) bei Fine-Pitch-CSPs und POPs führen. Viele Studien zeigen, dass Graping zwar keinen negativen Einfluss auf die Scherfestigkeit hat, ist aber ein klarer Prozessindikator für HIP. Beide Fällen werden durch die nachlassende Wirkung des Flussmittels bei zu hoher Hitze und zu langer Zeitspanne bis zur Ausbildung der Lötstelle verursacht.

Mit Blick auf HIP gibt es auch andere Faktoren wie Verzug und die Kontamination von Ball/Bump, welche sich auf die Gesamtzahl der Ausfälle auswirken können. Der Head-in-Pillow-Defekt (Bild 10) ist eigentlich eine offene Lötstelle an einem BGA oder CSP, bei der das auf die Leiterplatte aufgedruckte Pastendepot nicht mit der Lotkugel auf dem Bauteil verschmilzt. Das Ergebnis ist eine zwar offenbar vorhandene Lötstelle, die jedoch einen Spalt zwischen der per Reflow aufgeschmolzenen Paste auf der PCB und der Lotkugel selbst aufweist.

Dieser Defekt ist besonders problematisch, da er selbst bei der üblichen Röntgeninspek-

tion schwer zu erkennen ist. Hinzu kommt, dass der mechanisch zufällig hergestellte Kontakt zwischen den beiden Lotdepots zwar manchmal in der elektrischen Funktionsprüfung bei diesem Test nicht auffällig ist, aber später im Fertigungsprozess oder im schlimmsten Fall im Feld beim Anwender das Endprodukt ausfällt.

Die Traubenbildung (Graping, Bild 11) wird in vielen Fällen auch als kaltes Lot bezeichnet. Versteht man die wahre Ursache des

Bild: Indium Corporation

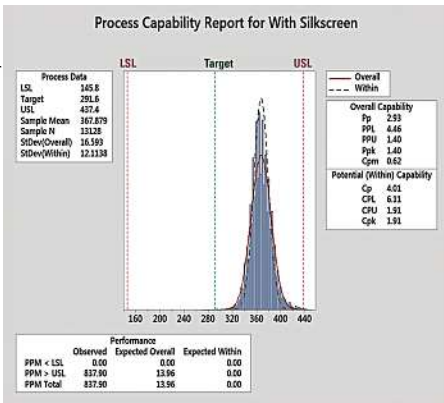


Bild 9: Diagramm der Prozessfähigkeit eines CSPs mit 0,4-mm-Pitch und Siebdruck auf der Leiterplatte. Die Spezifikationsgrenze für das Volumen (mil 3) liegt bei 50 bis 150 %. Durch den Einfluss des Siebdrucks ist der Mittelwert an die obere Spezifikationsgrenze verschoben.

Bild: Indium Corporation



Bild 10: Typisches HIP-Problem bei zu langer und zu hoher Soak-Temperatur. Dieser Fehler könnte im Funktionstest unerkannt durchgehen und wird später einen Ausfall im Feld verursachen.

Bild: Indium Corporation



Bild 11: Darstellung von typischem Graping (Traubenbildung)

Incircuit-Funktionstestsysteme und Adaptionen für Flachbaugruppen, Hybride, Module und Geräte

- ▷ seit 1979 Testsysteme im Einsatz, u.a. bei Automotive, Avionik, Medizintechnik, Maschinensteuerungen, Sensorik u.v.m.
- ▷ Stand-alone und Inline Testsysteme
- ▷ schnelle, praxisnahe und anwenderfreundliche Testprogrammerstellung
- ▷ grafische Fehlerortdarstellung, auch im Boundary Scan-Test
- ▷ breites Spektrum an Stimulierungs- und Messmodulen aus eigener Entwicklung und Produktion
- ▷ Feldbussysteme (CAN-Bus, Profibus, I²C, USB, ...), Flash-Programmierung, Einbindung externer Programme
- ▷ Auswertung von Analog-/Digitalanzeigen, Dotmatrix, LCD/LED, OLED, ...
- ▷ CAD-Schnittstelle, ODBC-Schnittstelle, Statistik, Qualitätsmanagement
- ▷ manuelle und pneumatische Prüfadapter
- ▷ Prüfadaptererstellung in einem halben Tag mit Adapterkonstruktions- und Erstellungspaket
- ▷ höchste Zuverlässigkeit und geringe Folgekosten



REINHARDT System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen Tel. 08196 934100 Fax 08196 7005
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

»»» SMD-Schablonen

BASIC PLUS
für schnellen Standard

ADVANCED
für kleinste Bauteile

PRÄZISION, DIE FUNKTIONIERT

PERFORMANCE
für maximale Leistung

Die SMD-Druckschablonen der Photocad sind daher absolut hautneutral, keimfrei und bieten damit auch entsprechenden Schutz im Hinblick auf den aktuellen Corona Virus.

info@photocad.de
www.photocad.de



Tabelle 1: Mit der richtigen Flussmitelformulierung kann in vielen Fällen ein teureres Pulver vom Typ 5 vermieden werden.

Powder Type J-STD-005	Size Range (micron)	
3	25	45
4	20	38
4.5	20	32
5	15	25

Bild: Indium Corporation

Tabelle 2: Cp und Cpk im Vergleich von Lotpulver Typ 4.5 und 5, Öffnung 0,2 mm x 0,2 mm bei 0,08-mm-Schablone (AR= 0,625).

Flux	Powder	Cp	Cpk
A	Type 5	2.2	2.18
A	Type 4.5	1.82	1.81
B	Type 5	2.05	2.04

Bild: Indium Corporation

Tabelle 3: Verlust Ausbeute reales Produkt mit unterschiedlichen Temperaturrampen, bei Reflow mit Luft und Stickstoff für CSP mit 0,4 mm Pitch.

Ramp Rate 180–220°C (°C/s)	Yield Loss (%)
0.7 (air flow)	1.5
0.7 (Nitrogen reflow)	0
1.2 (air reflow)	0

Bild: Indium Corporation

Tabelle 4: Liquidus- und Solidustemperaturen für SAC305 und SAC387

Alloy	Temperature °C	
	Liquidus	Solidus
SAC305	220	217
SAC387	220	217

Bild: Indium Corporation

Fehlers nicht, führt dies zu einer ganzen Reihe von kontraproduktiven Prozessanpassungen, die das Problem in vielen Fällen noch vergrößern.

Graping tritt typischerweise bei kleineren Lotpastendepots auf, weil die geringere Menge an Lotpaste auch weniger Flussmittel für das Entfernen von Oxiden zur Folge hat. Im Industriestandard IPC 610, Abschnitt 1.5.2, findet sich die folgende Definition:

Kalte Lötstelle: Eine Lötstelle, die eine schlechte Benetzung aufweist und die durch ein grau-poröses Aussehen gekennzeichnet ist. Dies ist auf übermäßige Verunreinigungen im Lot, unzureichende Reinigung vor dem Löten und/oder unzureichende Wärmezufuhr im Lötprozess zurückzuführen.

In Abschnitt 5.2.5 wird dies unter Einbeziehung der Lötstellen mit Kolophoniumresten näher erläutert. Kalte Lötstellen sowie solche mit Kolophonium werden beide als Fehler der IPC-Klasse 1-3 klassifiziert.

In Abschnitt 5.2.3 der IPC 610 Lötanomalien – Reflow der Lotpaste, wird eine unvollständige Benetzung als Fehler in der IPC-Klasse 1-3 klassifiziert.

Gehen wir hier im Beispiel von einem CSP (0,4 mm Rasterabstand) aus, wobei der

Pastenauftrag mit einer lasergeschnittenen 0,10 mm (100 µm) dicken Schablone erfolgt, deren runde Öffnungen einen Durchmesser von 0,25 mm (250 µm) aufweisen. An diesem Beispiel zeigt sich, dass durch die Erhöhung der Temperaturrampe von 0,7 auf 1,2°C/s im Bereich über 180 °C der im Funktionstest festgestellte HIP-Defekt von 1,5 auf 0 % reduziert wird (Tabelle 3).

In diesem Fall hat Reflowlöten mit Stickstoff (<1.000 ppm O2) die gleiche positive Wirkung auf die Ausbeuten bei der Funktionsprüfung (Tabelle 3). Dabei ist zu bedenken, dass es sich hierbei um einen Verlust der Ausbeute handelt, festgestellt beim abschließenden Funktionstest. Viele HIP-Defekte werden hierbei möglicherweise nicht erfasst, weil sich zufällig mechanisch/elektrische Kontakte ergeben, die den Fehler zeitweilig kaschieren.

Ein weiterer häufiger Fehler ist die Verwendung von 217 °C als Liquidus-Temperatur für SAC305 und SAC387. Jedoch beträgt die Liquidus-Temperatur für SAC305 und SAC387 in Wirklichkeit 220 °C, der Solidus hingegen liegt bei 217 °C (Tabelle 4). Dies kann zu einer gewissen Verwirrung bei der Festlegung der Spezifikationsgrenzen für das Reflow-Profil

führen. Liegt das Plateau zwischen 219-220 °C, kann dies zu einer starken Auszehrung des Flussmittels führen, was zu Graping und HIP-Effekten bei Chip-Scale-Packages (CSP) und Package-on-Package (PoP) führen kann.

Inspektionswerkzeuge

Es gibt keine festgelegten Vorgaben für das maximale Voiding bei QFN-Komponenten, zudem hat jedes Unternehmen seine eigene Spezifikation. Der Bereich kann von 15-50 % bei Standardapplikationen und herunter bis 5 % für spezielle Anwendungen liegen.

Der Einsatz der Röntgentechnik ist die gebräuchlichste Methode zur Kontrolle der Voiding-Bildung, wobei die meisten modernen Systeme zur Röntgeninspektion eine genaue Berechnung des Voiding-Anteils durchführen.

Ein Problem besteht darin, dass weltweit viele Fertigungslinien nicht über leistungsfähige Mikroskope mit genügend hoher Vergrößerung verfügen, um zu überprüfen ob sich die Reduzierung des Voidings nicht negativ auf die Lötstellenqualität auswirkt.

IPC 610 legt hier eindeutig fest, dass die erforderliche Mindestvergrößerung 20-fach sein soll für Lötverbindungen der Größe <0,25 mm, jedoch sind in vielen Fällen nur Geräte mit einer 2- bis 4-fachen Vergrößerung vorhanden. Die Traubenbildung an Lötstellen könnte aber mit solchen 2- bis 4-fach Lupen leicht übersehen werden.

Schlussfolgerungen

Es ist sehr wichtig, in der Elektronikfertigung das Design, die Materialien und die Prozesse zu verstehen, da sie sehr eng miteinander verzahnt sind. Es gibt viele Verfahren, um Baugruppen mit hoher Integrationsdichte herzustellen, dabei ist es entscheidend, über einen „Werkzeugkasten von Technologien“ zu verfügen, um die zahlreichen kritischen Anforderungen effizient zu bewältigen.

Es ist auch notwendig, während der Entwicklung sowie im Einsatz in allen Bereichen die Wechselwirkungen zwischen mehreren verwendeten Techniken zu erkennen und zu berücksichtigen, denn in den meisten Anwendungen werden mehrere anspruchsvolle Methoden für ein und dasselbe Produkt eingesetzt.

Abhängig von der Art des Endprodukts können zumeist mehrere Optionen in Betracht gezogen werden, dabei ist es wichtig, dass die Entscheidung auf vorhandenem Datenmaterial und nicht auf Vermutungen beruht.

// JW

Indium Corporation

Die Krise ist noch nicht vorbei

Kann man es eine Krise nennen, wenn in D-A-CH der Umsatz bei den EMS-Unternehmen 2020 um 4,3% sinkt? Man kann, denn dieser Mittelwert ist trügerisch.

DIETER G. WEISS *

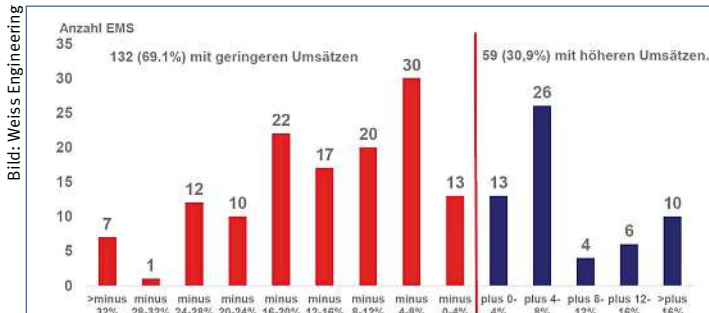


Bild 1: Umsatzentwicklung von 191 EMS in Europa 2020 gegenüber 2019. Teilnehmer aus D-A-CH, Belgien, Estland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Norwegen, Schweden, Slowenien, Spanien, Ungarn.

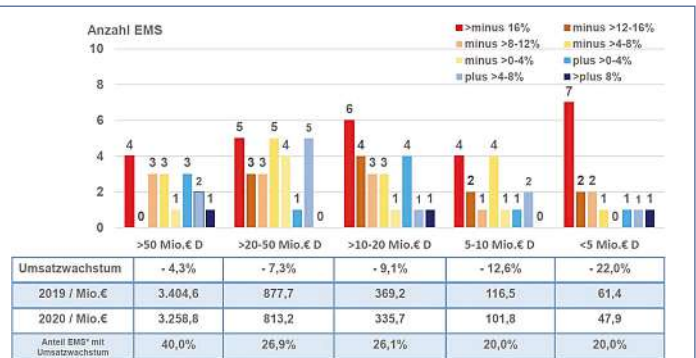


Bild 2: Umsatzentwicklung je Umsatzgruppe in Deutschland 2019 bis 2020

Mit der diesjährigen ‚EMS Europa Jahresstatistik 2020‘ hat Weiss Engineering unter seiner Marke in4ma wieder einen neuen Rekord aufgestellt. In Summe wurden für die Auswertung die Werte von 191 rechtlich selbstständigen EMS-Unternehmen, die zu 152 Firmen zu Europa gehören, ausgewertet.

In Deutschland entsprechen die ausgewerteten Umsätze über 65% des deutschen Produktionsvolumens, in der Schweiz sind es 46%, in Österreich 83%, in den Niederlanden und Belgien 26% und im Baltikum, dominiert von Estland, 45%.

Zudem haben Firmen aus Spanien, Frankreich, Italien, Ungarn, Slowenien, Finnland, Schweden, Norwegen und Großbritannien an der Jahresstatistik teilgenommen und wurden teils als Länder, teils als Ländergruppen, ausgewertet. Das gesamte Umsatzvolumen der ausgewerteten Firmen entspricht ca. 20% des EU-Produktionsvolumens.

69% aller beteiligten Firmen hatten 2020 einen Umsatzrückgang. Dabei kam in der Auswertung der Trend zum Vorschein, dass je kleiner das Unternehmen, umso größer der Umsatzrückgang. In Deutschland hatten EMS-Unternehmen mit weniger als 5 Mio.

Euro Umsatz im Mittelwert einen Umsatzrückgang von 22%, während die großen Unternehmen (> 50 Mio. Euro) lediglich im Mittel über ein Minus von 4,3% berichteten.

Erwartungsgemäß hatte der Automobilsektor mit einem Umsatzrückgang bei den meldenden Unternehmen von über 89 Mio. Euro einen starken Einfluss auf die Umsätze der Unternehmen. In Frankreich und Italien, wo die Automobilteile höher sind als in D-A-CH waren auch deutlich höhere Umsatzrückgänge zu verzeichnen. Derzeit werden die Auswirkungen auf europäischer Ebene weiter hochgerechnet und dürften für die EMS Industrie in Summe mehr als 200 Mio. Euro Minus ausmachen.

Starker Einbruch im Segment Industrielektronik

Überraschenderweise war jedoch der Einbruch im Segment Industrielektronik sowie ‚Messen-Steuer-Regeln‘ mit minus 272 Mio. Euro noch deutlich höher. Hier rechnet in4ma derzeit mit einem Gesamtrückgang in Europa von über 500 Mio. Euro 2020. Genaue Zahlen zu den Hochrechnungen für Gesamteuropa werden bis Mai zur Verfügung stehen.

Die Zukunft sehen die Meldefirmen größtenteils zuversichtlich und prognostizieren im Mittel in Europa ein Plus von 6,5% für 2021. Diese Zuversicht kann in4ma jedoch nicht teilen. Einerseits war interessant, dass je größer der Umsatzeinbruch im Jahr 2020 war, umso höher waren die Erwartungen der

Meldefirmen für 2021 und 2022. Diese Erwartungshaltung ist gefährlich, denn sie wird nach Ansicht von in4ma nicht eintreten.

Mit einem Umsatzanteil von ca. 20% ist die Automobilindustrie ein wichtiges Marktsegment in Europa und würde auch gerne wachsen. Leider scheitert dies derzeit an Allokationsproblemen bei Halbleitern. Insbesondere 16-Bit-Mikrocontroller für Multiplexer Anwendungen sind stark gefragt und kaum verfügbar. Es ist absehbar, dass dieses Problem mindestens bis Ende des 3. Quartals anhalten dürfte, zumal im Februar einige Wafer-Fabs in Texas wegen Unwettern die Produktion einstellen mussten.

Erfreulich ist derzeit lediglich der Zuwachs von 23% bei den Meldefirmen für die in4ma-Jahresstatistik. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass die Statistik und die mittlerweile 71 Seiten umfassende Auswertung für teilnehmende Meldefirmen kostenlos ist und keine Mitgliedsbeiträge erfordert.

Die Jahresstatistik kann auch von nicht meldenden EMS-Unternehmen sowie von der EMS-Zulieferindustrie bei in4ma käuflich erworben werden, um die aktuellen Trends und Erwartungen der EMS-Industrie kennenzulernen – siehe www.in4ma.de. Den Verfasser der EMS-Studie und Autor dieses Beitrages, Dieter G. Weiss, können Sie persönlich treffen auf dem 19. EMS-Tag am 17. Juni in Würzburg: www.ems-tag.de. // JW



* Dieter G. Weiss...
der Marktforscher von in4ma ist
bekannt für genaue Zahlen und klare
Ansagen zur Zukunft der Branche.

in4ma

OPTISCHE PRÜFUNG

System zur dreidimensionalen Selektivlötstellenkontrolle

Mit einer neuen Integrationslösung von GÖPEL electronic ist nun auch eine optische Prüfung von Selektivlötstellen in 3D möglich. Das AOI-Modul kombiniert 3D- und 2D-Bildaufnahmetechnologien und kann sowohl direkt in die Lötzelle als auch in eine nachgelagerte Prüfstelle integriert werden. Mit dem Integrationsmodul ist es möglich, alle relevanten Parameter von Selektivlötstellen reproduzierbar und zuverlässig mit einer Kombination von 3D- und 2D- Prüftechnologien zu prüfen.



Bild: GÖPEL electronic

Kernkomponente der Integrationslösung ist ein neuentwickelter kompakter 3D-Messkopf, der auf der Basis der Streifenprojektion präzise 3D-Daten der zu prüfenden Baugruppen liefert. Für die 2D-Bildaufnahme verfügt

der Messkopf zudem über eine multispektrale Beleuchtungseinheit, die darüber hinaus winkelabhängige Beleuchtungsoptionen bietet. Mit dieser intelligenten Kombination von Technologien gelingt es GÖPEL electronic, 3D- und 2D- Bilder mit einer enormen Bildqualität zu generieren.

Die Bedienung des Integrationsmoduls erfolgt mit der Software PILOT AOI. Das Software-Modul ermöglicht zunächst die gesamte Ansteuerung der Hardwarekomponenten für die Bild-

aufnahme und Beleuchtung. Des Weiteren sind alle für die automatische Inspektion notwendigen 3D- und 2D-Prüffunktionen (wie z.B. Benetzung, Lotmenge, Pinlänge, Kurzschlüsse und Lotperlen) oder auch auf Referenzmarken basierende Lagekorrekturmechanismen Bestandteil dieser Software. Das intuitive User-Interface ermöglicht eine schnelle und unkomplizierte Erstellung von Prüfprogrammen und deren Parametrisierung.

GÖPEL electronic

WIRE FEEDER

Intelligentes Drahtvorschubsystem weiterentwickelt

Die Eutect GmbH hat ihr Drahtvorschubsystem Sensitive Wire Feeder (SWF) weiterentwickelt. Der weltweit patentierte, intelligente Drahtvorschub kann in Verbindung mit einem Laser (LL), Kolben- (KL) oder Induktionssystem (IL) zum Löten von Baugruppen eingesetzt werden. „Der SWF ist eines unserer meistverkauften Module. Nicht nur wir setzen den SWF in unseren Sonderlötanlagen für die Elektronikindustrie ein, sondern verkaufen auch zunehmend das Einzelmodul an andere Maschi-

nenbauer, für die Integration in deren Anlagen“, erklärt Matthias Fehrenbach, Geschäftsführer der Eutect GmbH und führt fort: „Aus diesem Grund optimieren wir den SWF kontinuierlich. Die aktuellen Anpassungen umfassen eine Reihe von Maßnahmen, die den SWF noch einmal auf ein neues Niveau heben.“

So wird zum einem der Antrieb des SWF ab sofort durch eine Metallabdeckung abgeschirmt, wodurch sich die EMV optimiert hat. Des Weiteren wurde das Modul um eine neue Signalfilter-

software erweitert. Durch diese Maßnahmen erreicht die neue Generation des SWF eine noch präzisere Messgenauigkeit und -stabilität beim Drahtvorschub. Außerdem wurde das Gewicht des Gesamtmoduls um 11% verringert, wodurch der SWF bei der Integration an einem Roboterarm dynamischer verfahren werden kann. Die gesamte Konstruktion reduziert die Zeit des Einschwingens des Roboterarms, wodurch wir bei einzelnen Projekten auch einen günstigeren Roboter einsetzen können.

Eine weitere Anpassung optimiert ebenfalls die Integration bei Roboterapplikationen. So wurde die Metallspule, die den Draht vom Rollenhalter zum SWF führt gegen einen leichteren Schlauch ausgetauscht, wodurch die Drahtrolle jetzt sehr flexibel in der Produktionszelle integriert werden kann. Somit werden eine maximale Flexibilität sowie eine Reduktion des notwendigen Platzbedarfs erreicht.

Eutec

QUALITÄT NACH IPC

EMS setzt auf Weiterbildung

Die Zuverlässigkeit elektronischer Produkte zu erhöhen ist Ziel die Schulung IPC-J-STD-001. Dieser Kurs ist die Basis zum Verständnis der gesamten Prozess- und Qualitätsnormen des IPC. Er bindet die Anforderungen an Material und Vorprodukte ein, durch das „Requirement Flow-down“ auch die Leiterplatten.

In Zusammenarbeit mit dem FED führte die Kraus Hardware GmbH im letzten Herbst seine ersten IPIC-J-STD-001 Weiterbildungskurse sowohl für eigene als auch für externe Teilnehmer

in den neu ausgebauten Räumen mit modernem Equipment durch – souverän geleitet vom Kraus Mitarbeiter und Certified IPC Trainer Jörg Brand. Ein Schwerpunkt lag dabei jeweils auf praktischen Übungen zur Inspektion von Anschlüssen und Bauteilen in Durchsteck- und Oberflächenmontage. Mittlerweile sind 24 Mitarbeiter*innen aus den unterschiedlichen Unternehmensbereichen auf einem hohen Ausbildungsstand.

Kraus Hardware

LÖSEMITTEL

Mehrwert durch Recycling

Kosteneinsparung, Nachhaltigkeit, Service: Von diesem Dreiklang profitiert die Rosenberger Hochfrequenztechnik GmbH & Co. KG, mit Sitz in Fridolfing (Bayern), seit sie vor zehn Jahren einen Wandel in der Teilereinigung vollzogen hat. Statt auf Frischware setzt der Hersteller von Verbindungslösungen in der Hochfrequenztechnik in seinen Entfettungsanlagen auf hochreine Lösemittel-Destillate – und spart sich damit bis zu 40 Prozent an Kosten. Zwischen 120 und 130 Millionen Steckverbin-

der laufen pro Monat durch die Entfettungsanlagen. Die Destillate kommen von der Richard Geiss GmbH, mit Sitz in Offingen (Bayern). Die Experten von Richard Geiss übernehmen den kompletten Rundum-Service: Von der Belieferung mit Destillaten, über die Entsorgung der Altware bis hin zu regelmäßigen Laboranalysen und Schulungen der Mitarbeiter. Das rechnet sich nicht nur für Rosenberger, sondern auch für die Umwelt.

Richard Geiss

Embedded Software Engineering Kongress

29. November bis 3. Dezember 2021

– Call for Papers –

Bewerben Sie sich jetzt als Referent*in für den 14. ESE Kongress 2021 in Sindelfingen

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

Gestalten Sie den ESE Kongress aktiv mit und reichen Sie uns Ihren Themenvorschlag bis zum 16. Mai 2021 ein.

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

Eventpartner 2020:

Arm, Axivion, BlackBerry QNX, ELEKTRONIKPRAXIS, embeff, emmtrix Technologies, froglogic, GitHub, Green Hills Software, Hitex, IAR Systems, Kernkonzept, LDRA, LieberLieber Software, Logic Technology, macio, MathWorks, Micro Consult, oose Innovative Informatik, Parasoft, Pengutronix, PLS Programmierbare Logik & Systeme, PROTOS, Razorcat Development, RTI Real-Time Innovations, Sodus Willert, Tasking, Vector Informatik, Xilinx



Embedded Software Engineering Kongress

2021

29.11. bis 3.12.2021 in Sindelfingen

Goldspensoren 2020

axivion
stopping software erosion

Green Hills
SOFTWARE

Veranstalter

ELEKTRONIK
PRAXIS

 **MICROCONSULT**



Bild: ©Kzenon - stock.adobe.com

Am Prüfstand: Mitarbeiter können die Messdaten des Prüflings erfassen und die Kollegen können weltweit auf die Ergebnisse zugreifen und sie diskutieren.

Neue Prüfstandskonzepte dank Remote-Zusammenarbeit

Viele Entwickler-Teams sind weltweit verteilt. Damit die Zusammenarbeit funktioniert, ist nicht nur leistungsfähige Hardware notwendig. Die Software nimmt eine wichtige Stellung bei neuen Workflows ein.

WAYNE MACKEY *



***Wayne Mackey**
... Globaler Marketingleiter – Einführungsprogramme für neue Produkte bei Keysight Technologies.

Als ein Paradoxon werden zwei wahre Aussagen bezeichnet, die miteinander in Konflikt stehen. In einem Forschungs- und Entwicklungslabor ist ein Paradoxon eher ausgeschlossen. Oder doch nicht? In einem Prüfstandslabor gibt es zwei Wahrheiten: **1. Einschränkungen und Bedingungen** und **2. wachsende Anforderungen**. Beide stehen unmittelbar in Konflikt. Zur 1.

Wahrheit: Die Test- und Analyseverfahren sind hoch komplex und die Technik wird an ihre Grenzen gebracht. Die dafür notwendige Ausrüstung in Hard- und Software wird immer teurer und lässt nur so viel Platz, dass jeweils nur wenige Ingenieure am Prüfstand arbeiten können. Wahrheit Nummer 2: Die zu testenden Geräte sind ebenfalls technologisch komplex, nehmen zahlenmäßig zu und

sind zudem vielfältig. Dabei steigt die Zahl der Entwicklungsteams, die sich weltweit verteilen. Die Informationen aus dem Test müssen über Organisationen und Unternehmensgrenzen hinweg ausgetauscht werden.

Komplexe Abläufe erfordern neue Prüfstandskonzepte

Das Prüfstand-Paradoxon erschwert einen effizienten und effektiven Betrieb des Prüfstands. Hilfe versprechen Software-Produkte für die Remote-Zusammenarbeit. Sie kann das Paradoxon auflösen, indem sie einen grundlegend neu konzipierten und verbesserten Prüfstands-Workflow ermöglicht:

- **Einschränkungen und Bedingungen** werden neu gedacht: Umfangreiche Daten werden erfasst und zur anschließenden Offline-Analyse auf einen Computer gespeichert. Die Daten lassen sich bearbeiten, ohne das Equipment tatsächlich zu nutzen.
- **Wachsender Bedarf an Prüfständen:** Die umfangreichen Daten werden mit einem weltweiten Expertenteam ausgetauscht. Aus sämtlichen Daten lassen sich weiterhin unabhängig voneinander Erkenntnisse gewinnen, detailliert Analysen vornehmen und die Erkenntnisse kommunizieren.

Die Entwicklerteams sind weltweit verteilt, die technische Komplexität nimmt weiter zu und gleichzeitig sind die Ressourcen begrenzt. Das führt zu effektiveren und effizienteren Prüfständen. Mit einem komplett neu gestalteten Test-Workflow lässt sich das erreichen.

Ein traditioneller Test-Workflow sieht wie folgt aus: Ingenieure planen den Test, bereiten den Testaufbau vor, installieren den Prüfling und führen schließlich den Test aus. Anschließend analysiert der Ingenieur die statischen Daten. Ein Ingenieur allein am Prüfstand ist ein Relikt aus der Silo-Vergangenheit. Software verbessert den Testablauf, indem mit ausreichend Speicher versorgt, sie die gewonnenen Testdaten für die spätere Auswertung speichert. Der neue Workflow sieht so aus: Der Ingenieur plant den Test,



Bild 1: Die Mitarbeiter haben weltweit Zugriff auf die Messdaten und können sich untereinander austauschen.

dieses Mal etwas sorgfältiger, baut den Prüfstand auf, installiert den Prüfling, nimmt die Messwerte auf und übergibt den Prüfstand an den nächsten Nutzer. Doch das ist erst der Anfang.

Dank der jetzt detailliert vorliegenden Daten, die mit zahlreichen Momentaufnahmen vom Prüfstand versehen sind, kann der Ingenieur nach Verlassen des physischen Testaufbaus zusätzliche Manipulationen am Signal und weitere Daten aus der Messung erfassen. Die Prüfstandsingenieure können sich mit anderen Fachexperten austauschen und mögliche Fehlerquellen im Prüfablauf beseitigen. Die Arbeit ändert sich: Von der Arbeit am Prüfstand mit teuren Messgeräten hin zu einer Analyse nach dem Labor, die durchdacht ist und mit weiterem Expertenwissen angereichert ist.

Einmal gemessen, dann offline analysieren

Anhand eines Anwendungsbeispiels wird klar, wie effizient der neue Workflow ist. Es geht um einen Pre-Compliance-Test der elektronischen Emissionen eines Wi-Fi-6-Routers. Ein Ingenieur nimmt auf einen Prüfstand in Kalifornien eine Messung pro Element der Konformitätsprüfung vor und sendet die Daten zur weiteren Analyse mit verschiedenen Protokollen und Konformitätssoftware an weltweit verteilte Kollegen. Da der Router für den Einsatz in den Vereinigten Staaten vorgesehen ist, wird der elek-

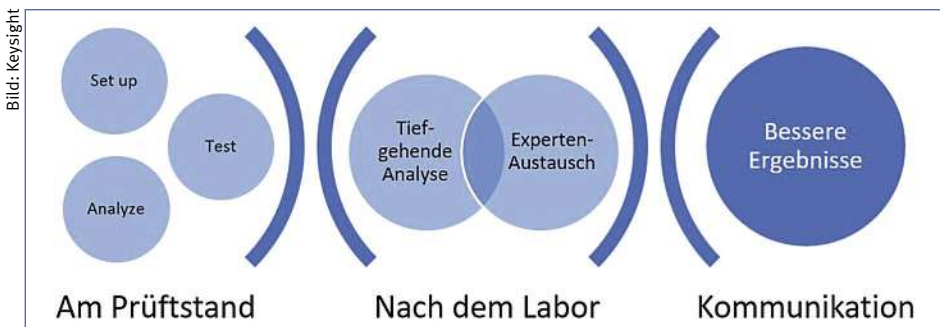


Bild 2: Wie ein neugestalteter Test-Workflow aussehen kann.

VOLLER EINSATZ, RUNDUM GESCHÜTZT

Produkte aller Sicherheitsbereiche aus einer Hand, schnell und zuverlässig geliefert.

- PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG
- MASCHINENSICHERHEIT
- BETRIEBSSICHERHEIT
- ELEKTRISCHE SICHERHEIT



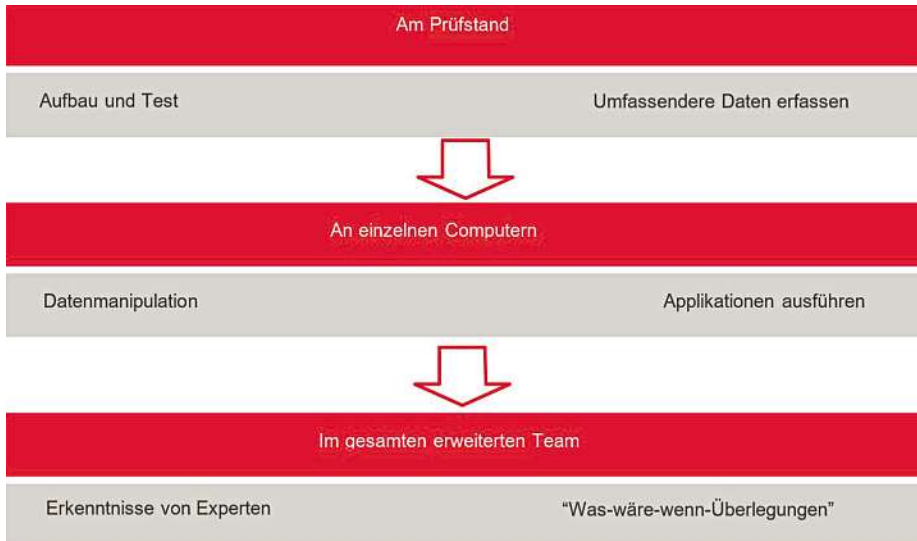


Bild: Keysight

Bild 3: Neu konzipierte Test-Workflow-Schritte.

tronische Emissionstest verwendet, um die entsprechenden US-Normen einzuhalten. Die Messdaten können dann an Kollegen in der EU weitergegeben werden, welche sie dann nach den dort geltenden Wi-Fi-6-Anforderungen hin analysieren. Der selbe Satz Messwerte kann später weiter nach Asien gereicht werden. Monate später, wenn sich die Konformitätsanforderungen an einem dieser Standorte geändert haben, lassen sich die Messwerte mit den neuen Standards vergleichen.

Die beste Analyse erfolgt durch Zusammenarbeit verschiedener Fachexperten. Fortgeführt am genannten Beispiel: Was passiert, wenn bei einem Pre-Compliance-Test im Vergleich zu den Normen in Asien etwas schief gelaufen ist, aber das Problem bei den Tests in den USA oder der EU nicht aufgetreten ist? Die Testingenieure auf der ganzen Welt sehen eine einheitliche Ansicht des betreffenden Signals, tauschen sich aus und analysieren das Problem auf Grundlage ihrer unterschiedlichen fachlichen Erfahrungen.

Im ungünstigsten Fall können die Ingenieure das in Asien festgestellte Pre-Compliance-Problem nicht anhand der vorherigen

Messung lösen. Am Prüfstand können die Testingenieure in Kalifornien neue Messdaten aufnehmen, die sie wiederum an das global verteilte Team weiterleiten können. Damit fließen die unterschiedlichen Expertenmeinungen in die Prüfergebnisse ein. In einer Online-Besprechung versammelt, können die weltweit zugeschalteten Prüferingenieure jetzt am Prüfstand vor Ort genau das testen lassen, was notwendig ist.

Wichtige Prüfstand-Engpässe sind beseitigt

Begrenzte Zeit: Die Zeit am Prüfstand ist begrenzt und teuer. Damit die engen Zeitfenster am Prüfstand eingehalten werden können, ist eine intensive Arbeit notwendig. Die Zeit am Prüfstand ist selbst dann knapp, wenn ausreichend Kapazitäten am Prüfstand mit entsprechend Messtechnik zur Verfügung stehen. Damit wird die Zeit für wichtige Messreihen eingeschränkt, auch der Austausch der Prüferingenieure untereinander und der Zugriff auf Software-Tools ist beschränkt. In der Kürze der Zeit kann der Prüferingenieur nicht an alle Eventualitäten denken. **Begrenzte Ressourcen:** Demogeräte

oder Prototypen sind nur begrenzt verfügbar, insbesondere zum Ende des Entwicklungszyklus. Die Kollegen untereinander wollen auf die nur wenig verfügbaren Geräte zugreifen. **Begrenzter Platz auf dem Labortisch:** Die Arbeitsplätze der Entwickler sind eng. Es wäre schön, wenn mehrere Prüferexperten vor Ort am Prüfling testen könnten. Begrenzt ist auch die Menge an Ausrüstung, Verkabelung und Tastköpfe, die eingesetzt werden müssten, um Fehler durch Rauschen und Übersprechen auszuschließen. **Begrenzte Überlegungen:** Die Prüferingenieure müssen verschiedene Eventualitäten abschätzen und das mit anderen Experten besprechen. Wer schon einmal etwas Kritisches übersehen hat, wünscht sich noch eine weitere Darstellung, einen weiteren Analyseschritt oder eine weitere integrierte Software, die auf die Messung angewandt wird. Hier hilft der erwähnte neue Workflow. Dank der erweiterten Offline-Möglichkeiten lassen sich einmal gemessene Daten anschließend offline analysieren.

Das Prüfstands-Paradoxon ist jetzt aufgelöst

Für das eingangs erwähnte Prüfstands-Paradoxon und dessen Beschränkungen im Vergleich zu den wachsenden Anforderungen sind neukonzipierte Test-Workflows, leistungsstarke Software-Tools für die Zusammenarbeit und eine übersichtliche Benutzeroberfläche notwendig.

■ **Neu gestaltete Test-Workflows:** von einem umfangreichen Test im Labor mit Schwerpunkt auf die physikalischen Ressourcen ändert sich der Workflow hin zur Datenerfassung vor Ort und einer anschließenden Analyse mit dem weltweiten Team.

■ **Leistungsfähige Software-Tools:** Für die Zusammenarbeit im verteilten Team ist Software notwendig, welche die Remote-Zusammenarbeit unterstützt. Diese erfordert wiederum leistungsfähige Hardware wie Prozessor-Technik und ausreichend Speicher.

■ **Übersichtliche Benutzeroberfläche:** Der PC verwandelt sich zum Laborarbeitsplatz, das richtig bedient werden will. Über den PC werden die Messgeräte angesteuert und die Messdaten verwaltet. Im besten Fall ist keine Schulung notwendig.

Die von Keysight Technologies entwickelten Oszilloskope der Serie Infiniium MXR mit acht analogen Eingängen sind vollständig auf den Remote-Zugriff konzipiert. Sie werden unterstützt von der Offline-Analysesoftware PathWave Infiniium. // HEH

Bild: Keysight

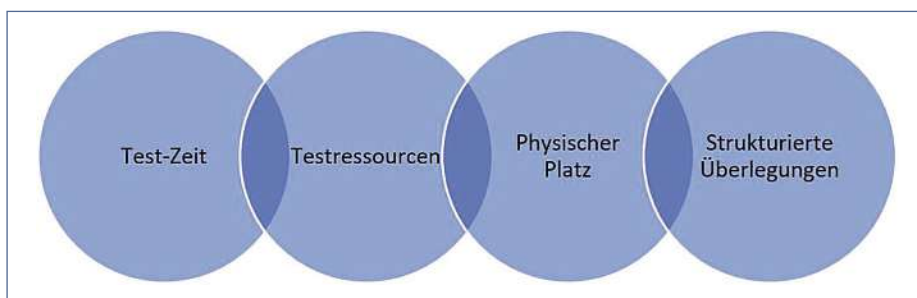


Bild 4: Vier zentrale Beschränkungen eines Prüfstandtests sind jetzt beseitigt.

Keysight Technologies

DIGITALE NASE MIT KI

MEMS-Sensor misst Gase, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Luftdruck

Bosch Sensortec hat mit dem BME688 einen MEMS-Sensor entwickelt, um Gas, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Luftdruck zu messen. Eingesetzt werden kann der Sensor, um verdorbene Lebensmittel anzuzeigen oder um Waldbrände frühzeitig zu erkennen. Dazu misst der Sensor die in der Luft vorhandenen Gase sowie die Veränderung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Zudem verfügt das Sensor-Modul über eine Künstliche Intelligenz (KI) und zusammen mit dem Software-Tool BME AI-Studio können Entwickler in kurzer Zeit eine passgenaue Anwendung erstellen. Der Gassensor ist in der Lage, unterschiedliche Gase mit wenigen ppm (Parts per Million) zu erkennen. Dazu gehören bei-

spielsweise flüchtige organische Verbindungen (VOC), flüchtige Schwefelverbindungen (VSC) und andere Gasarten wie Kohlenmonoxid und Wasserstoff.

Beispielsweise kann der Sensor ein verdorbenes Produkt erkennen, indem er die von den Bakterien produzierten VSCs feststellt und anzeigt. Nach demselben Prinzip könnte auch schlechter Atem oder Körpergeruch erkannt werden. Optimal ist es, wenn relevante Daten unter realen Bedingungen erfasst werden. So könnten durch die Entnahme von Gasproben in der Nähe von frischen und verderbenden Lebensmitteln verschiedene Kombinationsmodelle für VSCs in der jeweiligen Luftprobe erstellt werden. Die Tatsache, dass die Gasproben unter realen

Bild: Bosch Sensortec



MEMS-Sensor: Der BME688 misst Gase, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Luftdruck.

keit, Luftdruck und Temperatur und nutzt diese zusätzlichen Datensätze für die Erstellung eines umfassenden KI-Modells.

In der Beispielanwendung werden diese Datenmengen vom Kunden kategorisiert und anschließend bei der Entwicklung des KI-Modells im BME AI-Studio angewendet. Der erkennt Anzeichen, die auf die Entstehung und das Wachstum von Bakterien auf den Lebensmitteln hindeuten. Nach Abschluss des Sensortrainings wird der fertige KI-Code auf einem Mikrocontroller im Endprodukt ausgeführt. Das Gehäuse des Sensors misst 3,0 mm x 3,0 mm x 0,9 mm. Der Strombedarf lässt auf 2,1 μ A bis 11 mA konfigurieren. // HEH

Bosch Sensortec

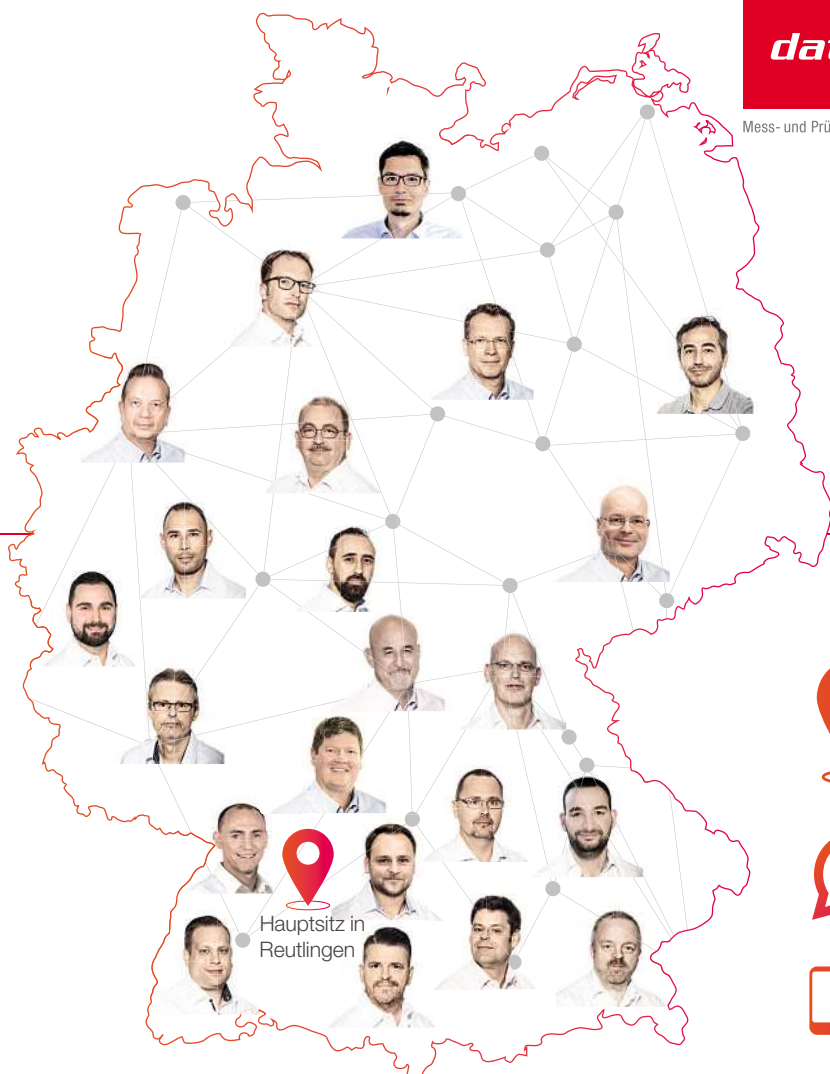
Bedingungen vor Ort und nicht im Labor entnommen werden, bewerten die abgeleiteten Algorithmen, die von den neuen Detektionsgeräten verwendet werden, die tatsächlichen Bedingungen erheblich zuverlässiger. Neben den vorhandenen Gasen misst der Sensor Luftfeuchtig-

Experten lösen Ihre Messaufgabe.

Über 20 technische Experten im Außendienst stehen Ihnen jederzeit für ein individuelles Beratungsgespräch zur Verfügung. Ob vor Ort, am Telefon oder per Online-Demo.

Jetzt Termin vereinbaren.

>>> www.datatec.de/experten



Mess- und Prüftechnik. Die Experten.



DATENERFASSUNGSKARTE

Schwingungsmesstechnik und Zustandsüberwachung

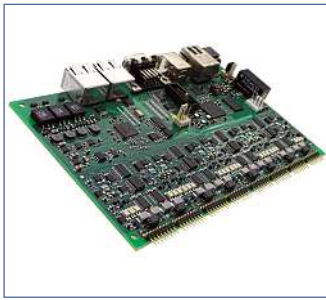


Bild: D.SignT

D.SignT. Die Karte ist speziell für die Schwingungsmesstechnik, Akustik und Maschinen-Zustandsüberwachung ausgelegt. Dazu stehen dem Anwender acht universelle Eingänge am UniDAQ4 bereit und die Signale werden in Form von Spannungen, IEPE Schwingungssensoren und Mikrofonen sowie 4 bis 20 mA Stromschleifen für Hilfsgrößen verarbeitet. Ein 24-Bit Wandler, die synchrone Abtastung bis zu 256 kS/s und der robuste elektrische Aufbau stellen eine präzise Auflösung hochdynamischer

Signale sicher. Bei Messungen an rotierenden Maschinen werden mit vier Digitaleingängen Drehzahlen und Winkel erfasst, zwei Ausgänge erzeugen PWM-Signale.

Die Kanalzahl lässt sich mit einer Analog-Erweiterung auf sechzehn erhöhen, mehrere Geräte lassen sich synchronisiert zusammenschalten. Die Datenerfassungskarte lässt sich mit einem Feldbus-Interface, Industrie-Netzwerk, Speichermedium, drahtloser Kommunikation oder einem Benutzerinterface erwei-

tern und in eine bereits bestehende Infrastruktur einfügen.

Dank eines leistungsfähigen Signalprozessors kann das UniDAQ4 von der Vorverarbeitung bis zur komplexen Auswertung auch Aufgaben als eigenständiges Gerät übernehmen. Für die DSP Programmierung steht eine umfangreiche C-Bibliothek zur Geräte-Konfiguration, Datenerfassung, Datenverarbeitung und Kommunikation und passende Treiber zur Verfügung.

D.SignT

Für die Messung in rauer Industrieumgebung eignet sich die Multifunktions-Datenerfassungskarte UniDAQSystem mit der Bezeichnung UniDAQ4 von

USB-DATENLOGGER

CO₂-Messgerät als Aerosol-Frühwarnsystem

Die TR-76Ui Datenlogger des Herstellers TandD messen in mittelgroßen Räumen wie beispielsweise in Schulen oder Universitäten. Verbunden ist der Datenlogger mit einem Mess-Sensor sowie mit einer Management-Software, welche die gesammelten Daten in einem Diagramm auswertet. Das Handheld-Gerät verfügt über ein Display zum Auslesen von Messdaten wie Temperatur, Feuchte und CO₂ vor Ort. Der USB-Datenlogger lässt sich entweder direkt mit dem Überwachungs-PC verbinden



Bild: Plug-In Electronic

oder via Datensammler (Datenkollektor) auslesen. Die Kommunikation zwischen Logger und PC erfolgt über einen USB-Port, optional auch über die Schnittstelle RS-232 (Kabel: TR-07C). Die professionelle Logger-Software für Konfiguration und Logger-Management ist im Lieferumfang enthalten. Das Messintervall ist wählbar von einer Sekunde bis 60 Minuten und der interne Speicher ist für bis zu 8000 Datensätze ausgelegt.

Plug-In Electronic

VORBEUGENDE WARTUNG

Wärmebildkameras speichern Sprachkommentare



Bild: Fluke

fratrot heiße Stellen an Maschinen oder Anlagen. Mit den Wärmebildkameras ist es möglich, bis zu 500 Bilder zu speichern und die aufgenommenen Bilder über einen integrierten persönlichen Assistenten zu organisieren. Außerdem lassen sich Sprachnotizen mit bis zu 60 Sekunden für jedes Wärmebild aufzeichnen und über die Funktion IR-Foto-Orientierungsbilder das Wärmebild mit einem Foto aus dem sichtbaren Spektralbereich kombinieren. Eine dritte Funktion ist das Asset-Tagging: Benut-

zer können einen QR-Code auf einer Anlage zur automatischen Organisation und Archivierung von Wärmebildern scannen. Das verhindert Fehler bei der Dateneingabe, da die Messungen direkt von der Kamera gespeichert und mit dem Datensatz der Anlage verknüpft werden.

Die beiden Wärmebildkameras TiS55+ und TiS75+ sind außerdem wasser- und staubdicht nach IP54 und überstehen einen Fall aus zwei Metern Höhe. Beide Geräte besitzen einen Lithium-Ionen-Akku für bis zu dreiein-

halb Stunden Dauerbetrieb. Anwender können zudem ihre eigenen Farbalarme einstellen und eine maximale bzw. minimale Temperaturschwelle für einen bestimmten Hot Spot oder einen relevanten Bereich festlegen.

Über eine kabellose Schnittstelle lassen sich beide Kamera-Modelle mit einem PC oder Tablet verbinden. Die Messdaten können über ShareLive-Videoanrufe und E-Mails versendet werden.

Fluke

Für die vorbeugende Wartung bietet Fluke zwei Wärmebildkameras der Typen TiS55+ und TiS75+ für den Einhandbetrieb. Beide Kameras messen per In-

EMV-VORPRÜFUNG

Vollabsorberhalle für Tests

Für schnelle EMV-Vorprüfungen eröffnet Bedek eine Vollabsorberhalle. Eine EMV-Vorprüfung ist dann entscheidend, wenn zuverlässige Messdaten vor der Zulassung eines Produkts vorliegen müssen. Entwickler von Geräten und Elektronik können ihre Erzeugnisse selbst entwicklungsbegleitend auf elektromagnetische Verträglichkeit, Störaussendung, Geräusch und Vibration testen.

Bild: Bedek



In diesem Fall steht ein geschulter Betreuer zur Seite, der dem Entwickler eine ausführliche Systemeinweisung gibt und die Messungen begleitet. Im Prüflabor sind auch individuelle Messungen im Kundenauftrag möglich. Die Messungen und exakten Prüfaufbauten werden dabei genauestens und reproduzierbar dokumentiert. Zu den technischen Daten der Vollabsorberhalle gehören beispielsweise Hardware wie PMM

9010/60P mit der Antenne PMM BL 01 für Störaussendungen und Störfestigkeit. Die Bandbreite des Antennenmessgerätes beträgt 30 MHz bis 6 GHz bei einer Auflösung von 0,1 Hz und einer Haltezeit von 1 ms bis 30 s. Weiterhin lassen sich Störaussendungen bis in einer Entfernung von 3 m messen. Die geschirmte Messkabine misst 5 m x 5 m.

Bedek

STAND-ALONE-PROGRAMMER

Mikrocontroller oder CPLDs

Mit dem FlashFox lassen sich Mikrocontroller und serielle Speicher sowie SPLDs im bereits verbauten Zustand programmieren. Der Stand-Alone-Programmer verwendet die Embedded-in-System-Programmierung (ISP). Somit sind Programmierung und Firmware-Updates ohne mechanische Belastung des Schaltkreises möglich. Der Grundaufbau des FlashFox be-

steht aus einer Master-Einheit sowie bis zu vier kleinen Programmierköpfen (PODs), die miteinander kommunizieren.

Durch die PODs kann der Programmer spezifisch auf die jeweilige Programmieraufgabe angewendet werden. Die Ansteuerung erfolgt dabei über LAN, UART oder einer definierten ATE-Schnittstelle. Damit ist eine leistungsfähige Programmierung und Validierung von bis zu vier verschiedenen Schaltkreisen gleichzeitig möglich. Dabei werden unterschiedliche Interfaces bedient: JTAG, SWD oder DAP sowie SPI, I²C oder UART.

Der FlashFox erweitert das Programm von Embedded Programming, welche sich für Embedded JTAG Solutions Technologien für Professional- und Expert-Level eignen.

Göpel electronic

Bild: Göpel electronic



ELEKTRONIK
PRAXIS
präsentiert

Elektronik-entwicklung praxisnah



Herbert Endres (Hrsg.)

Praxishandbuch Steckverbinder

1. Auflage 2018
396 Seiten
ISBN 978-3-8343-3414-5
89,80 EUR



LPKF (Hrsg.)

Leiterplatten-Prototyping

1. Auflage 2015
160 Seiten
ISBN 978-3-8343-3313-1
34,80 EUR

Jetzt bestellen!

Weitere Informationen und versandkostenfreie Bestellung unter

www.vogel-fachbuch.de

Fachbücher von **ELEKTRONIK PRAXIS**

einer Marke der **VOGEL COMMUNICATIONS GROUP**

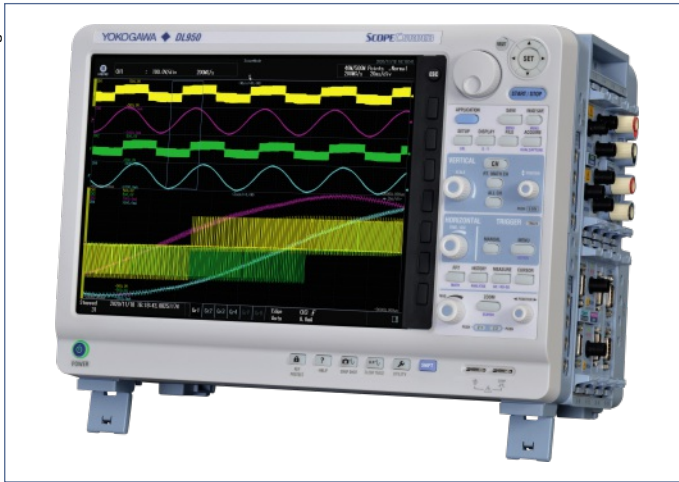
OSZILLOSKOP UND DATENREKORDER

ScopeCorder DL950 ist modular und bietet bis zu 160 Eingänge

Im neuen ScopeCorder DL950 hat Hersteller Yokogawa einen Erfassungsspeicher von bis zu 8 GigaPunkten verbaut und das Messgerät bietet eine Abtastrate von bis zu 200 MS/s bei einer vertikalen Auflösung von 14 Bit im Vergleich zu 100 MS/s und 12 Bit bei der Serie DL850E. Somit sind mehr Details auf dem Messsignal möglich. Dank des modularen Aufbaus des Messgeräts stehen bis zu 32 analoge oder bis zu 128 digitale Kanäle zur Verfügung.

Die Funktion DualCapture kombiniert die Langzeiterfassung eines Rekorders mit der hohen Abtastrate und Trigger-Funktion eines Oszilloskops. Entwickler können transiente Ereignisse mit vielen Kurvendetails analysieren und mehrere Messkanäle über lange Zeiträume beobachten. Geboten werden fünf Varianten für die Datenerfassung. Die normale Erfassung in den schnellen internen Erfassungsspeicher, die Aufzeichnung in den Flash-Speicher (folgt in Kürze), das Streamen auf die interne Festplatte (optionale SSD) sowie die Möglichkeit des Echtzeit-Streamens direkt auf den PC über eine Standard-Ethernet-Schnittstelle oder über eine optionale Ethernet-Schnitt-

Bild: Yokogawa



Oszilloskop und Datenrekorder: Der ScopeCorder DL950 von Yokogawa in der vierten Generation.

stelle mit 10 GBit. Per PC-Streaming werden während der laufenden Messung die Signale mit bis zu 160 MBit/s auf einem PC übertragen. Die Datenmenge hängt von der Speichergröße des PCs ab.

Über die Ethernet-Schnittstelle mit 10 GBit/ lassen sich die Messdaten mit der 50-fachen Geschwindigkeit im Vergleich zum Vorgängermodell auf einen PC übertragen. Für die Übertragung ist die Option /C60, SFP+-Module, ein Glasfaserkabel und die neu entwickelte Software IS8000 notwendig. In Kürze soll

der ScopeCorder DL950 über einen nichtflüchtigen Flash-Speicher verfügen, damit unabhängig Messdaten, beispielsweise während der Erprobung im Fahrzeug oder einem Kraftwerk, erfasst und anschließend im Labor oder Büro als Messdatei gespeichert und analysiert werden können. Mit dem Flash-Speicher können 8 Kanäle mit 20 MS/s oder 16 Kanäle mit 10 MS/s für die Langzeitbetrachtung erfasst werden.

Eine optionale SSD mit 512 GByte kann Messdaten von bis zu 50 Tagen erfassen. Je nach

Abtastrate und Kanalanzahl können bis zu fünf Stunden mit 2 MS/s über einen Kanal oder 20 Stunden mit 200 kS/s über 16 Kanäle aufgezeichnet werden. Die DualCapture-Ereignisse legt der DL950 auf Wunsch mit ab. Das ist bei Dauertests für die Langzeitqualität von Fahrzeugen und -komponenten nützlich, wenn beispielsweise unvorhergesehene transiente Störungen auftreten. Dem Messtechniker stehen 21 verschiedene Eingangsmodule zur Verfügung. Dazu gehören isolierte Module mit vertikalen Auflösungen von 12, 14 und 16 Bit für Spannung, Temperatur, Beschleunigung, Dehnung, Frequenz sowie Module, um serielle Busse zu decodieren. Außerdem unterstützt der DL950 alle Mess-Module des Vorgängermodells DL850E.

Mit der Option /C50 lassen sich bis zu fünf DL950 über SFP-Module und einem Glasfaserkabel synchronisieren. Es lassen sich bis zu 160 Spannungs-Kanäle messen. Wird das 16-Kanal-Scanner-Modul integriert, sind bis zu 640 Temperatur-Kanäle möglich. Die Zeitachse, der Trigger sowie Start und Stopp der Messung werden synchronisiert. // HEH

Yokogawa

MIXED-SIGNAL-OSZILLOSKOP

Kompaktes 3-in-1-Messgerät in der Größe eines Smartphones

Das MSO2000 ist ein kompaktes Mixed-Signal-Oszilloskop in der Größe eines Smartphones. Es vereint neben Oszilloskop noch einen Logikanalysator sowie

Bild: Acute

einen Protokollanalysator. Ein externes Netzteil ist nicht notwendig, da es direkt über den USB3.0-Port mit Energie versorgt wird. Je nach Modell ist das System mit acht oder 16 Kanälen ausgestattet. In der höchsten Ausbaustufe, dem Modell MSO2216B+, sind es bis zu 128 kaskadierbare Kanäle.

Die digitalen Eingänge sind für 2 GHz Timing, 200 MHz State Analysis (Max.) und die analogen Eingänge für eine maximale Abtastrate von 200 MS/s bei einer Bandbreite von 40 MHz und

einer Auflösung von 12 Bit ausgelegt. Die einzelnen Kanäle können analoge und digitale Daten gleichzeitig darstellen. Der interne Speicher beträgt bis zu 8 GByte. Ein zusätzlicher Streaming-Modus lässt sich über den PC-Arbeitsspeicher aktivieren. Die fünf verschiedenen Modelle bieten umfangreiche Trigger- und Protokoll-Funktionen.

Zu den Standard-Protokollen gehören beispielsweise I²C, CAN 2.0B/CAN FD, LIN 2.2, SPI, UART (RS232). Wenn in den mehr als 90 Protokollinterpretieren das ge-

wünschte Protokoll nicht enthalten ist, oder ein kundenspezifisches Protokoll integriert werden soll, dann ist die offene Protokollschnittstelle des MSO2000 ein hilfreiches Feature. Zur Umsetzung einer eigenen Dekodierungsfunktion wird eine Dynamic Link Library (DLL) geschrieben und in den Plugin-Ordner des Installationsverzeichnis eingefügt. Der strukturelle Aufbau der DLL beschreibt das LA Open Decode Interface.

Acute

USB PD: Wie Sie alle Akkus universell und schnell laden

UPAL PATEL *

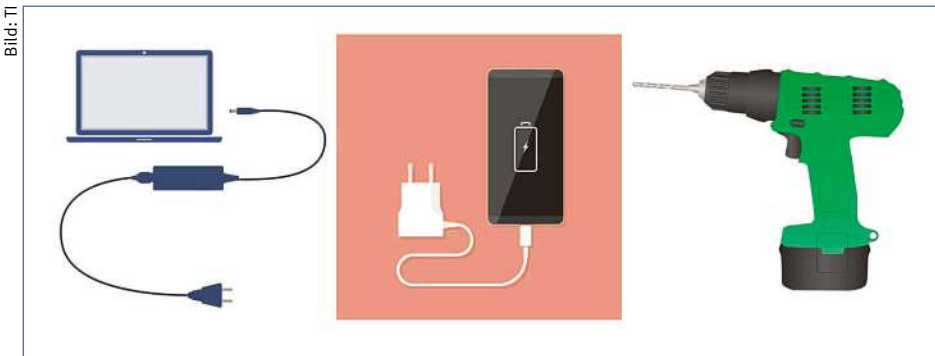


Bild 1: Unterschiedliche Geräte benötigen jeweils eigene Ladegeräte.

Für Anwender ist es ärgerlich, wenn sie für verschiedene elektronische Geräte jeweils ein eigenes Ladegerät verwenden müssen (Bild 1). Einen Lade-IC zu entwerfen, der für mehrere akkubetriebene Geräte mit unterschiedlichen Konfigurationen und verschiedenen Eingangsspannungsbereichen geeignet ist, kann allerdings kompliziert werden: Denn klassische Netzteile können nicht für alle Geräte benutzt werden. Außerdem sind herkömmliche USB-Netzteile auf eine Leistung von 5 bis 15 W begrenzt. Eine geeignete Alternative zum schnellen und effizienten Laden verschiedener Applikationen bietet USB-C Power Delivery (PD). Bei USB PD ist die Ausgangsspannung an verschiedene Geräte mit unterschiedlichen Akkukonfigurationen anpassbar und es werden Leistungen von 5 bis 100 W abgedeckt. Deshalb sind Lösungen mit folgenden Eigenschaften gefragt:

- Vereinfachtes Design mit universellen Lademöglichkeiten. Unterstützung von Akkus mit unterschiedlichen Konfigurationen (1S bis 4S) sowie verschiedenen Eingangsspannungen.
- Verlängern der Akkulaufzeiten und Ausschöpfen der maximalen Akkukapazität.
- Effizientes Laden mit reduzierter Wärmeentwicklung und geringeren Verlusten.

entwicklung und geringeren Verlusten.

- Schutz von Netzteil, Akku und System vor kaskadierenden Fehlern.

TI bietet integrierte Buck-Boost-Lade-ICs wie den BQ25790 und den BQ25792 an, die USB-PD zum flexiblen Laden von 1S- bis 4S-Akkus mit Spannungen zwischen 3,6 und 24 V nutzt. Entwickler können bei den Lade-ICs mit integrierten Bauelementen selbst entscheiden, ob ein einziger IC die Wahl für kompakte akkubetriebene Geräte wie etwa Mobiltelefone, Laptops, Bluetooth-Headsets oder medizinische Geräte ist, oder ob es besser ist, mit mehreren Leistungsstufen zu arbeiten, die die Spannung entweder verringern oder heraufsetzen, um der Applikation einen sicheren Betriebsspannungsbereich zur Verfügung zu stellen.

BQ25790 und BQ25792 nutzen einen sehr wenig Strom verbrauchenden Lade-IC, um

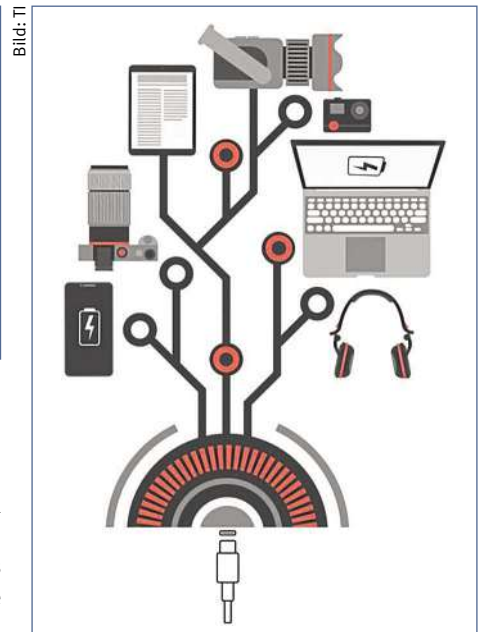


Bild 2: Ladekonzept mit USB-C PD.

einerseits die Akkulaufzeit im Betrieb zu verlängern und andererseits möglichst wenig Energie aus dem Akku zu entnehmen, wenn die Applikation nicht verwendet wird. Die Lade-ICs bringen zusätzlich einen Top-Off-Timer mit, der ein zusätzliches Aufladen an den normalen Ladezyklus anschließt, damit der Akku bis auf seine maximale Kapazität aufgeladen werden kann (Tabelle 1). // KR

Texas Instruments

PARAMETER	PROGRAMMIERBARKEIT	AUFLÖSUNG	VORGABEWERTE
Ladespannung	3 bis 18,8 V	10 mV	4,2 V (1 Zelle in Serie [s]), 8,4 V (2s), 12,6 V (3s), 16,8 V (4s)
Ladestrom	50 mA bis 5 A	10 mA	2 A (1s), 2 A (2s), 1 A (3s), 1 A (4s)
On-the-go-Spannung (OTG)	2,8 bis 22 V	10 mV	5 V
OTG-Strom	120 mA bis 3,32 A	40 mA	3 A
Vorladestrom	40 mA bis 2 A	40 mA	120 mA
Ladeende-Strom	40 mA bis 1 A	40 mA	200 mA
Top-Off-Timer	Aus, 15 Min., 30 Min., 45 Min.		

Tabelle 1: Programmierbare Eigenschaften der Lade-ICs BQ25790 und BQ25792.



* Upal Patel
... arbeitet als Ingenieur im Produkt-Marketing bei Texas Instruments in Dallas /USA.

Spannungsüberhöhungen bei Hochleistungsmodulen vermeiden

Hochleistungs-IGBT-Module schalten Ströme im Kiloamperebereich. Dabei können teils schädliche Spannungsüberschwingungen (Voltage Overshoot) auftreten. Diese lassen sich jedoch eliminieren.

WOLFGANG RAMBOW UND MARCO HONSBERG *

Der IGBT-Modul-Hersteller Semikron hat bei seiner jüngsten Weiterentwicklung, des SkiiP4-Moduls mit bodenplattenlosem DBC-Konzept (Direct Bond Copper) auf einem Hochleistungskühler sowohl das Design als auch die Performance weiter optimiert. So wurde es möglich, dass dieses Modul SKiiP2414GB17E4-4DUHP, das aus vier IGBT-Halbrücken besteht, nun um 25% höhere Ströme von deutlich mehr als 2400 A bei einer Spannung von bis zu 1700 V schalten kann.

Niederinduktive DC-Link-Kondensatoren sind ein Muss

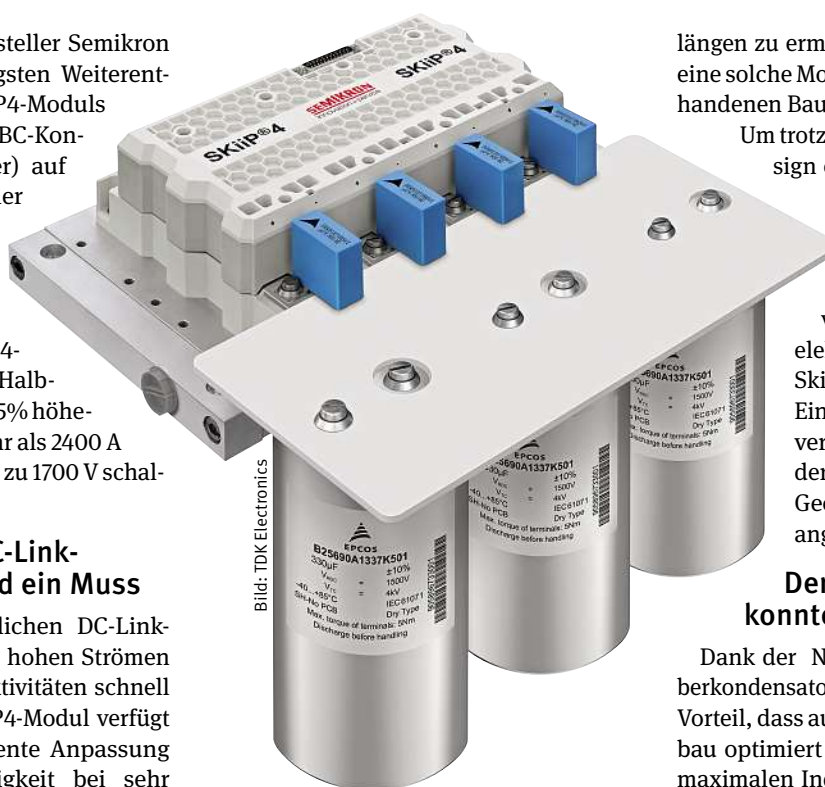
Die meisten herkömmlichen DC-Link-Designs stoßen bei diesen hohen Strömen aufgrund ihrer Streuinduktivitäten schnell an ihre Grenzen. Das SkiiP4-Modul verfügt bereits über eine intelligente Anpassung der Ausschaltgeschwindigkeit bei sehr hohen Zwischenkreisspannungen, um die Halbleiter im Ausschaltmoment vor zu hoher transienter Überspannung zu schützen. Aber diese Schutzfunktion kann zusätzliche Verluste erzeugen und ist bei kontinuierlichem Betrieb eigentlich ein Indiz für eine zu hohe Zwischenkreisinduktivität. Daher ist eine Reduzierung der Zwischenkreisinduktivität sinnvoll, um einerseits den Spannungsstress beim Abschalten der IGBTs zu reduzieren und gleichzeitig die Ausschaltverluste der IGBTs zu reduzieren. Speziell für neue Generationen von IGBT-Modu-

* Wolfgang Rambow

... ist Senior Director Sales Technical Support, TDK Electronics, München.

* Marco Honsberg

... ist Senior Manager Product Management Intelligent Power Modules and Electronics, Semikron, Nürnberg.



EPCOS-Snubberkondensatoren: sind in ihren mechanischen wie elektrischen Parametern auf alle SkiiP4-Module abgestimmt.

len hat TDK besonders niederinduktive EPCOS-DC-Link-Kondensatoren der Serien B256* entwickelt.

Snubberkondensatoren reduzieren Überspannungen

Neben den sehr geringen Eigeninduktivitäten bieten diese Kondensatoren auch sehr geringe ESR-Werte, selbst im Frequenzbereich bis 100 kHz, wodurch sie besonders verlustarm sind. DC-Link-Kondensatoren werden entweder einzeln oder als Kondensatorbank an die SkiiP4-Module über Busbars angeschlossen und befinden sich im Regelfall direkt neben den Modulen, um geringe Induktivitäten durch kurze Leitungs-

längen zu ermöglichen. In vielen Fällen ist eine solche Montage bedingt durch den vorhandenen Bauraum jedoch nicht möglich.

Um trotzdem ein niederinduktives Design ohne extreme Überspannungen realisieren zu können, stellt TDK jetzt zwei zusätzliche EPCOS-Snubberkondensatoren vor, die von ihren mechanischen wie elektrischen Parametern auf alle SkiiP4-Module abgestimmt sind. Eine Besonderheit ist der Höhenversatz der Anschlusslaschen, der exakt an die entsprechende Geometrie der SkiiP4-Module angepasst wurde.

Der innere Aufbau konnte optimiert werden

Dank der Neuentwicklung dieser Snubberkondensatoren ergab sich als zusätzlicher Vorteil, dass auch ihr spezieller innerer Aufbau optimiert werden konnte. So sind die maximalen Induktivitätswerte dadurch extrem niedrig und liegen unter 6 nH. Derzeit gibt es zwei Kapazitätswerte, die sich für die SkiiP4-Module als optimal herausgestellt haben: 330 und 470 nF mit einer Nennspannung von 1600 V. Diese beiden Spezialkondensatoren ergänzen das Spektrum der EPCOS-B32656S/58S-Serie mit dem Anschlussbild T12, für das TDK eine Reihe von Folienkondensatoren bereithält, sodass diese auch in Verbindung mit anderen Busbar-konstellationen eingesetzt werden können. Montage und Einsatz in Verbindung mit dem SkiiP4-Modul gestalten sich einfach. Damit ist nun im Vergleich zu aufwendigeren DC-Link-Designs eine optimierte und kostensenkende Lösung verfügbar.

Durch die Anpassung der Geometrie konnte erreicht werden, dass die Kondensatoren direkt auf die Busbar-Anschlüsse des Moduls aufgeschraubt werden können und damit auch die Streuinduktivität des Zwischenkrei-

Bild: TDK Electronics

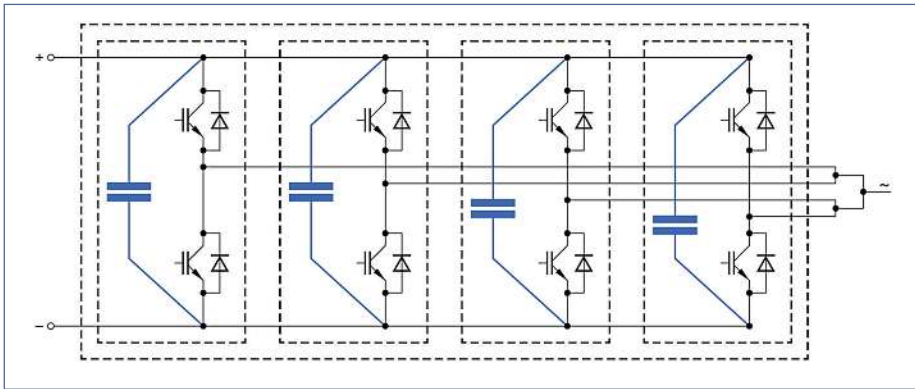


Bild 1: Vereinfachtes Schaltbild des Skiip4-Moduls als Halbbrücke mit den EPCOS-DC-Link- und Snubberkondensatoren.

Bild: TDK Electronics

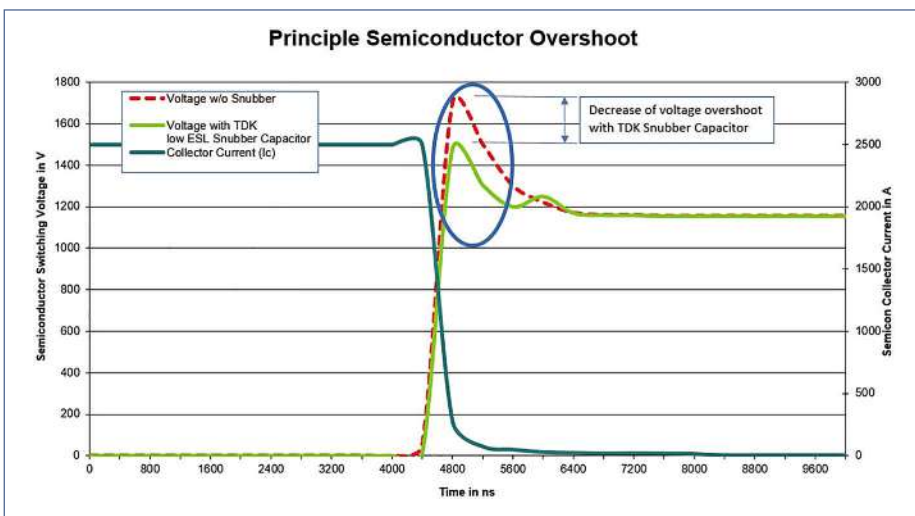


Bild 2: Dank der EPCOS-Snubberkondensatoren wird die Spannungsüberhöhung beim schnellen Abschalten eines Stroms von 2500 A um mehr als 200 V reduziert.

ses entsprechend niedriger ausfällt. Die somit erreichten deutlich niedrigeren Überspannungen in Doppelpulstests (Messungen: Mankel-engineering.de) sprechen für sich und erlauben es, das Skiip4-Modul auch mit weniger optimierbaren Zwischenkreis-konstruktionen mit deutlich höherem Ausgangsstrom zu betreiben.

Die optimierte Form des Gehäuses sowie der Anschlüsse der Snubberkondensatoren und deren unterschiedlichen Höhen ermöglichen eine geringstmögliche Einfügeinduktivität und damit eine sehr effektive Wirkung des Snubberkondensators. Durch diese Optimierung verringern sich die Luft- und Kriechstrecken der Konstruktion nicht. Gleichzeitig ermöglicht dies die optimale Nutzung des vorhandenen Bauraums. Weniger optimierte Snubberkondensatoren büßen an Kapazität ein. Besonders in kritischen Situationen ist die Aufrechterhaltung und Stabilität der Snubberkapazität entscheidend, um mögliche Schäden an den

IGBT-Modulen zu verhindern. Bild 2 veranschaulicht deutlich die Wirkung der EPCOS-Snubberkondensatoren an den Skiip4-Modulen beim schnellen Abschalten eines Stroms von 2500 A.

Deutlich erhöhte Performance realisierbar

Die EPCOS-Snubberkondensatoren sind nicht nur für neue Designs einsetzbar, sie bieten auch eine attraktive Basis zu einem einfachen Retrofit-Upgrade bestehender Konverter – selbst mit nicht völlig optimierbaren DC-Link-Designs – um eine deutlich erhöhte Performance mit den neuen Skiip4-Modulen auf High-Performance-Kühler zu realisieren. Die beschriebenen Snubberkondensatoren sind keine Standardserienbauteile und daher nicht im Internet zu finden. Bei Interesse wenden Sie sich bitte an Ihren Vertriebspartner bei TDK Electronics. // TK

TDK Electronics

Geräte-schutz



schukat.com

SCHUKAT electronic

Du suchst einen passenden Job in der Elektronikbranche?



jobs.elektronikpraxis.de

ELEKTRONIK PRAXIS ist eine Marke der



SCHUTZSCHALTER

Für Typ-C-Stromversorgung mit hoher Spannung



Bild: AOS

Der Typ-C-Power-Delivery-(PD)-Hochspannungs-Source-Schutzschalter AOZ1374 von Alpha and Omega Semiconductor Limited (AOS) liefert eine Maximalspan-

nung von bis zu 28 V. Es handelt sich um einen intelligenten Schutzschalter in einem thermisch optimierten DFN-Gehäuse mit 3 mm x 3 mm. Der Baustein unterstützt eine Reihe von Schutzfunktionen, einschließlich echter Rückstromsperre mit einem On-Widerstand von 36 mΩ.

Während USB-Anschlüsse in Verbraucher- und Computergeäten bis zu 100 W Leistung aufnehmen können, kommt die Leistung normalerweise von einem AC/DC-Adapter, der Typ-C

PD unterstützt. Das Host-Gerät selbst liefert typischerweise 5 V bei 3 A oder bis zu 15 W. Dies ist die gängigste Implementierung in Notebook-Anwendungen und auch in der Mehrzahl der Desktop-PCs. Typ-C-PD-Ports werden jedoch in immer mehr Geräten wie Smart-Monitoren und Power Banks eingesetzt.

Es wird ein Hochspannungs-Sourcing-Schalter benötigt, um bis zu 100 W zu liefern. Ein Desktop-PC kann über ein einziges Typ-C-Kabel mit dem Monitor verbunden werden und sowohl

Strom als auch Daten liefern. In ähnlicher Weise können Power Banks mit Hochspannungsversorgung ein Notebook schnell aufladen.

Der AOZ1374 nutzt eine Design-IP, die für den bidirektionalen Hochspannungs-Source/Sink-Typ-C-Schutzschalter AOZ1375DI entwickelt wurde, mit zusätzlichen Integrationsfunktionen, um den herkömmlichen Strombegrenzungswiderstand zu eliminieren.

AOS

FILTER

Zweistufig für Drei-Phasen-Anwendungen

Schurter hat die zweistufige Filterfamilie FMBC EP für 3-Phasen-Systeme vorgestellt. Die Filterreihe eignet sich aufgrund ihrer kompakten Dimensionen und hoher Leistungsfähigkeit für enge Platzverhältnisse im Maschinen- und Anlagenbau.

In Schaltschränken für industrielle 3-Phasen-Anwendungen ist Platz Mangelware. Die fast quaderförmige Bauform des FMBC EP nutzt den Platz im Gehäuse optimal aus. Dank zweistufiger Filterauslegung und hochwertiger Komponenten bie-

ten die Filter eine sehr breitbandige Filterdämpfung. Die Filterfamilie eignet sich daher auch für Anwendungen mit hoher EMV-Belastung in der Industrie.

Die Serie FMBC EPlässt sich dank Schraubklemmen absolut sicher verdrahten. Dank eines metallenen Flanschs ist bei der Schraubmontage auf das Chassis eine hervorragende Erdverbindung sichergestellt.

Die Standardvarianten sind über einen großen Temperaturbereich von -40 bis 100 °C einsetzbar. Die Filter sind für Strom-



Bild: Schurter

stärken von 16 bis 230 A bei einer Umgebungstemperatur von 50 °C ausgelegt. Sie haben sowohl die ENEC- wie auch die cURus-Zulassung und werden für Anwendungen bis 520 V_{AC} oder sogar 760 V_{AC} empfohlen.

Die Standardvarianten sind für industrielle Anwendungen mit Ableitströmen <4 mA ausgelegt. Für ableitstromkritische Anwendungen sind spezielle Varianten mit Ableitströmen <1 mA erhältlich.

Die von Grund auf neukonzipierten Modelle FMBC EP sind der ideale Ersatz für alle Typen der FMBC- und FMBC-NEO-Filter von Schurter. Sie bieten bei deutlich kleineren Maßen und Gewicht gleichwertige Merkmale.

Schurter

ÜBERSPANNUNGSSCHUTZ

Typ-2-Ableiter mit integrierter Vorsicherung

Raycap lanciert eine neue Produktlinie von 2-in-1-Überspannungsschutzeinrichtungen für anspruchsvolle Industrieanwendungen. Den Auftakt macht der Raycap ProTec T2F: Der steckbare Typ-2-Ableiter mit integrierter Vorsicherung spart Platz im Schaltschrank und erleichtert Installation sowie Wartung und spart damit Kosten.

Der Typ-2-Ableiter ProTec T2F mit einem Schutzpegel von 1500 V, einem maximalen Ableitvermögen von 40 kA 8/20 µs sowie einem Nennentladestrom



Bild: Raycap

von 20 kA 8/20 µs verfügt über eine integrierte Vorsicherung. Damit bietet Raycap neben der bewährten Produktfamilie Raycap ProTec T2, die für den Ein-

satz in Systemen mit einem Nennstrom von bis 315 A ohne Vorsicherung entwickelt wurde, nun auch eine von der Vorsicherung unabhängige Alternative für größere Fabriken und Industrieanlagen.

Durch den Verzicht auf die externe Baugruppe Sicherungshalter mit Vorsicherung spart der Raycap ProTec T2F 1+0 im Vergleich zu konventionellen Typ-2-Ableitern mit externer Vorsicherung bis zu 50% benötigten Platzes im Schaltschrank. Die Gesamtinstallation kann schnell-

ler aufgebaut werden und ist so insgesamt kompakter und kostengünstiger.

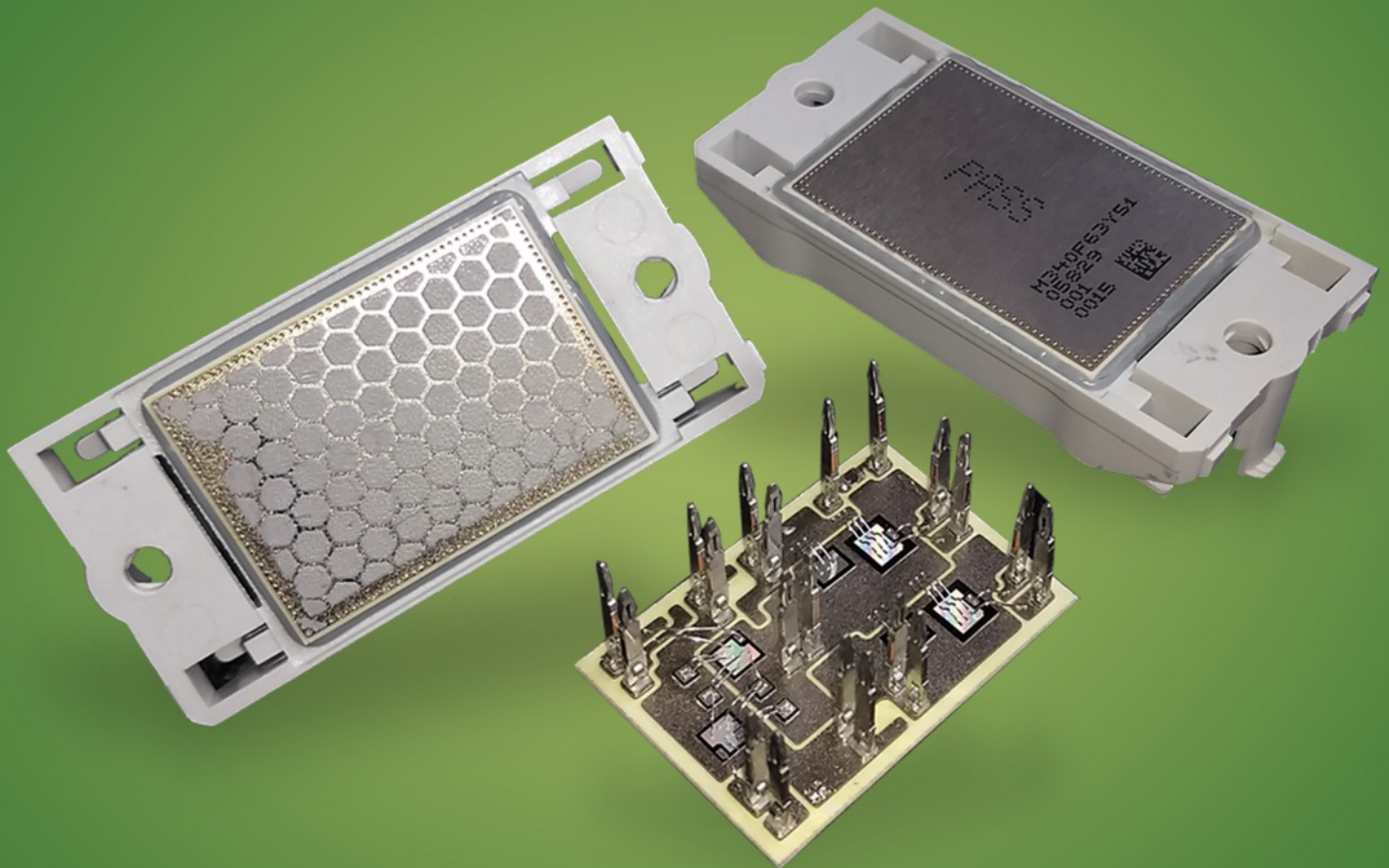
Darüber hinaus erleichtert das 2-in-1-Gerät Planung, Installation und Wartung. So stellt sich die Frage nach der Dimensionierung der Vorsicherung beim ProTec T2F nicht, da diese bereits integriert ist. Auch die Selektivität der Sicherung spielt nunmehr eine untergeordnete Rolle, da das Produkt bereits richtig konfiguriert ist.

Raycap

ELEKTRONIK PRAXIS

www.elektronikpraxis.de

Wissen.
Impulse.
Kontakte.



Eine wichtige Handlungsoption heißt Leistungselektronik

Den Hauptbeitrag zur Energieeffizienz technischer Systeme liefert die Leistungselektronik. Etwa mit verlustärmeren IGBTs. Sie sind der Schlüssel zu mehr regenerativer Energie.

Wirkungsgrade um 99% sind möglich

Wechselrichter werden immer effizienter. Hier bewähren sich MOSFETs in Siliziumkarbid. **Seite 48**

Bis zu 5% höherer Wirkungsgrad

Premiere auf der PCIM 2021: Hybrid-Fly-Back-Converter mit Digitalregler erhöht Leistungsdichte. **Seite 52**

Phase 12 im GaN- Reliability Report

Testergebnisse bis zum Ausfall der eGaN-Bauteile. Zuverlässigkeit über AEC-Standard hinaus. **Seite 56**

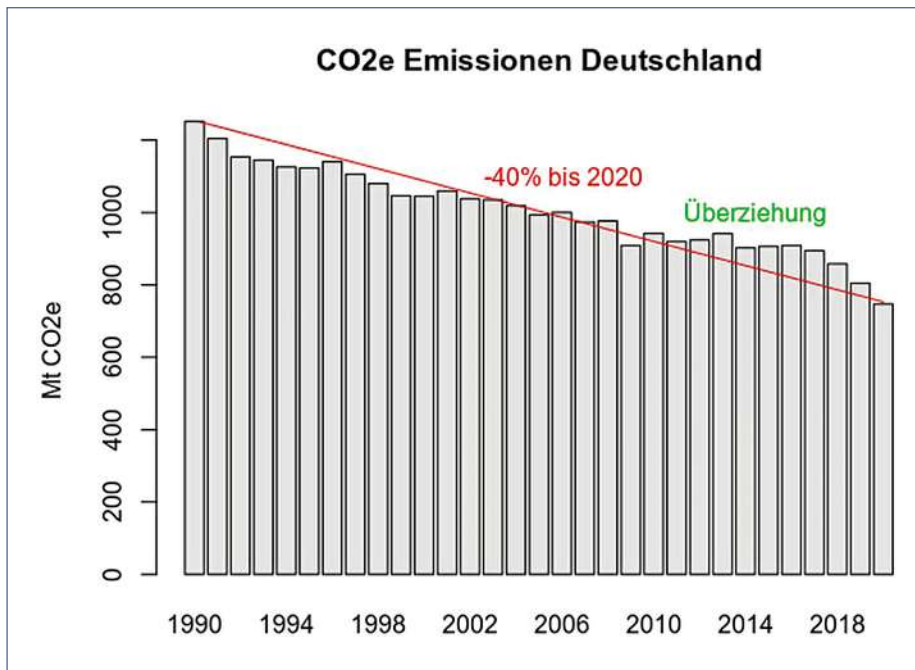
Neue Zahlen zur Photovoltaik

Jede kWh PV-Strom erspart 627 Gramm CO₂. ZSW-Extremtest verbessert die Modulqualität. **Seite 62**

Eine der Handlungsoptionen heißt Leistungselektronik

Den Hauptbeitrag zur Energieeffizienz technischer Systeme liefert die Leistungselektronik. Etwa mit neuen verlustärmeren Bauelementen. Power Devices sind Schlüsseltechniken für mehr regenerative Energie.

PROF. DR. JOSEF LUTZ *



tungselektronik erbringen. Die Erneuerbaren Energien lieferten 2020 die Hälfte des elektrischen Stroms in Deutschland (https://www.energy-charts.info/downloads/Stromerzeugung_2020_1.pdf), obwohl ihr Ausbau behindert wird. Den größten Anteil stellen die Windräder an Land. Die Leistungselektronik verwirklicht die Netzeinspeisung, bei Windrädern mit Synchrongeneratoren geht die gesamte Leistung über den Gleich- und Wechselrichter, die IGBT-basiert sind. Doch der Zubau der Windenergie an Land wird ausgebremst.

Die Photovoltaik kann einen besonders umweltschonenden Beitrag zur 100%ig erneuerbaren Stromversorgung leisten; noch dazu ohne eine Beeinträchtigung der Landschaft, wie sie im Kohletagebau stattfindet. Die Wirkungsgrade neu entwickelter Solarzellen (Photovoltaik) sind höher. Der leistungselektronische Wechselrichter nimmt in seiner Effizienz zu. Hier beginnen sich SiC-MOSFETs zu bewähren, Wirkungsgrade an die 99% sind realistisch, auch der Wirkungsgrad im Teillastbetrieb ist hoch. Auch neue IGBTs mit 950-V-Spannungsklasse im 3-Level-Umrichter kommen zum Einsatz; hier werden ebenfalls sehr hohe Wirkungsgrade erzielt. Doch die Photovoltaik wird ausgebremst: drastisch gesenkte Einspeisevergütung (8,16 Ct/kWh für Kleinanlagen während der Verbraucher 2020 im Durchschnitt 30,91 Ct/kWh zahlt). Inzwischen geben einige Städte Zuschüsse für Solaranlagen. Wären die erneuerbaren Energien nicht behindert worden, hätten wir heute schon 73,6% regenerativen Strom (Bild 5 bis 7).

Konvertierungsverluste sind hohe Kosten für den Betreiber

Den Hauptbeitrag zur Energieeffizienz liefert die Leistungselektronik. Der Übergang zum IGBT-basierten drehzahlgeregelten Frequenzantrieb – der den Stromverbrauch des Motors bei gleicher Leistung um im Schnitt 30% senkt – ist inzwischen bei allen jünge-

Bild 1: Das CO₂-Äquivalent CO₂e ist eine Maßeinheit, die alle Treibhausgase mit unterschiedlicher Wirkung auf das Klima besser vergleichbar machen will. Die Grafik zeigt den Emissionsverlauf von 1990 bis 2020. Nach der Corona-Pandemie wird der Graph wohl wieder über 2020 liegen. Das Problem: CO₂ akkumuliert in der Atmosphäre. Die Überziehungen der Vorjahre müssen in Zukunft wieder eingespart werden.

Die Klimakrise ist dramatischer als sie wahrgenommen wird. Es gibt kein CO₂-Restbudget mehr. Sofortmaßnahmen sind notwendig und möglich. Leistungselektronik und IT sind Schlüsseltechniken für mehr regenerative Energieerzeugung.

Wissenschaftler um die Offene Akademie, darunter mehrere Elektrotechniker und Physiker, haben eine recht eindringliche Stellungnahme zur Klimaentwicklung verfasst: Es gibt kein CO₂-Restbudget mehr (www.offene-akademie.org/?p=1200). Das richtet

sich gegen Vorstellungen, man könnte sich noch Zeit lassen. Im Pariser Klimaabkommen von 2015 versprochen maßgebliche Staaten, es sollen „Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen“. Dabei beträgt dieser bereits 1,2 °C mit einem erkennbaren beschleunigten Anstieg, und die versprochenen Anstrengungen sind seither im Wesentlichen ausgeblieben, auch von der Bundesregierung.

Umdenken zu Nachhaltigkeit und sozialer Verantwortung

Um der Krise entgegenzuwirken, sind umfassende Sofortmaßnahmen dringend erforderlich und auch technisch möglich. Einen wesentlichen Beitrag dazu kann die Leis-



* Prof. Dr. Josef Lutz
... hat an der TU Chemnitz die Studiengänge Regenerative Energietechnik und Elektromobilität eingeführt.

Bild: Prof. Dr. Bruno Burger (Fraunhofer ISE)

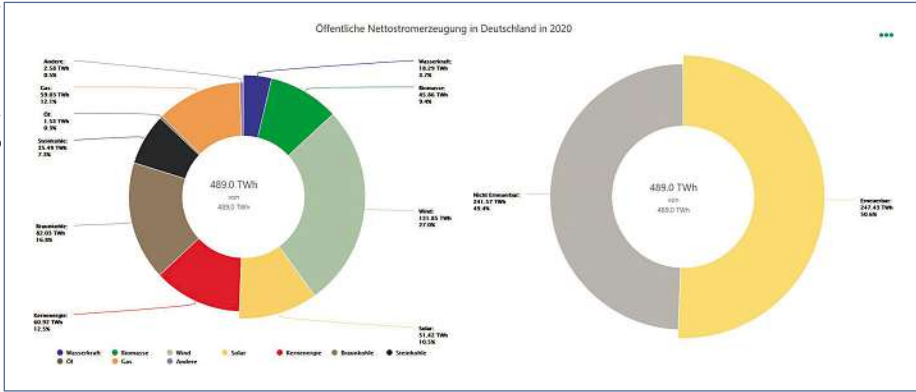


Bild 2: Nettostromerzeugung aus Kraftwerken zur öffentlichen Stromversorgung. Das ist der Strommix, der tatsächlich aus der Steckdose kommt. Die industrielle Erzeugung für den Eigenverbrauch ist bei dieser Darstellung nicht berücksichtigt.

Bild: Prof. Dr. Bruno Burger (Fraunhofer ISE)

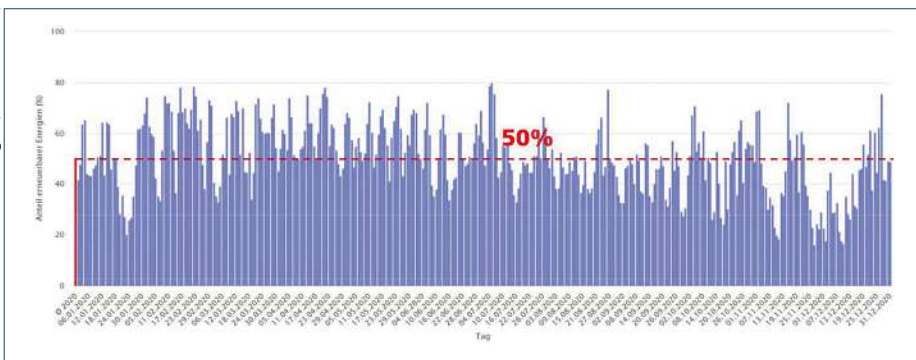


Bild 3: Der tägliche Anteil erneuerbarer Energien an der öffentlichen Nettostromerzeugung im Jahr 2020. Er lag zwischen 16,5% am 10.12.2020 und 79,9% am 05.07.2020.

Bild: Prof. Dr. Bruno Burger (Fraunhofer ISE)

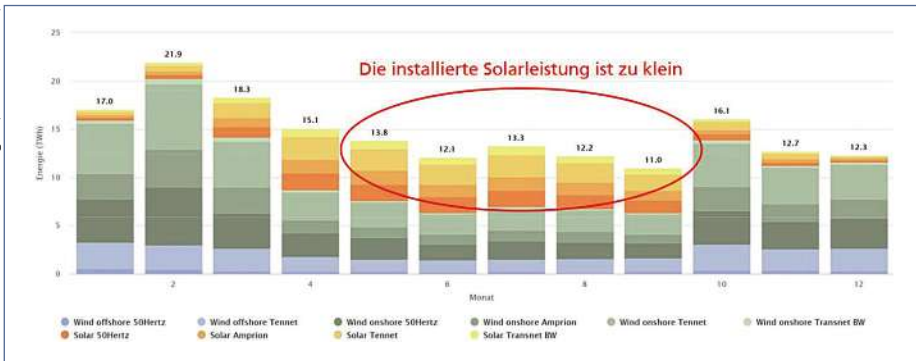


Bild 4: Die monatliche Wind- und Solarstromerzeugung im Jahr 2020 von Januar bis Dezember. Trotz hoher Einstrahlungswerte im Sommer war die Solarstromerzeugung zu gering, um die Minderung beim Wind zu kompensieren. Die installierte Solarleistung ist im Verhältnis zur installierten Windleistung zu klein.

ren und so gut wie jedem neuen Motor erfolgt. Derzeit kommen verlustärmerer IGBT-Generierungen zum Einsatz. Auch Elektromobilität treibt den Einsatz verlustärmerer speziell dafür entwickelter IGBTs voran.

Die Informationstechnik verbraucht heute gut 15% des Weltstroms. Die Data Center in Frankfurt benötigen so viel Energie wie der Rest der Stadt. Datenzentren verfügen über umfassende Redundanz und Energiespei-

cher. Ihre leistungselektronische Stromversorgung kann, intelligent gesteuert, künftig einen Beitrag zur Netzstabilisierung im Mittelspannungsnetz leisten. Auch große Windparks und Solarparks sind im Begriff, durch leistungselektronische Steuerung Aufgaben der Blindleistungskompensation und Netzstabilisierung zu übernehmen. Die Energieversorger sind zwar sehr träge, doch es sind alle Voraussetzungen da, dass das früher mit

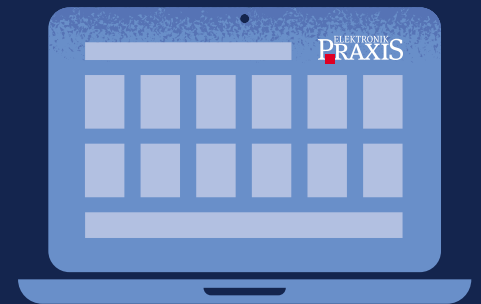
Power Devices



schukat.com

SCHUKAT electronic

Magazin Newsletter



Jetzt anmelden und kostenlos lesen!

www.elektronikpraxis.de/newsletter



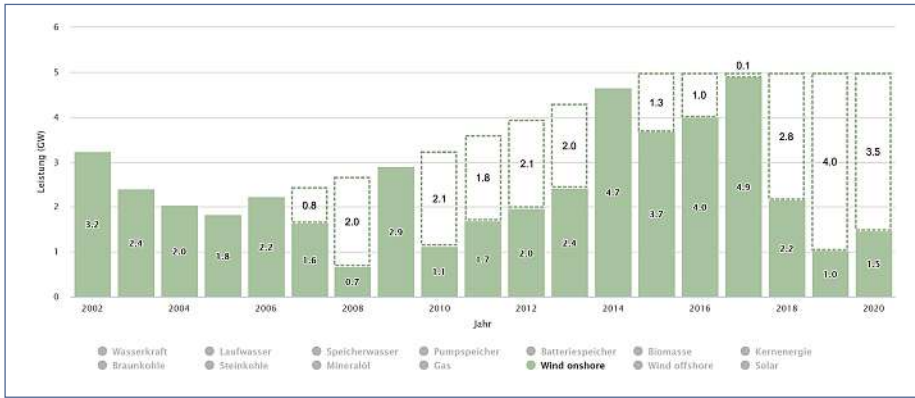


Bild 5: Jährlicher Zubau von Wind Onshore (ausgefüllte Balken) und zusätzlich sinnvoller Zubau (gestrichelte Balken) für ein stetiges Wachstum ab 2005 und einen konstanten Zubau von 5 GW ab 2015. Die gesamte installierte Leistung von Wind Onshore hätte damit von 54,8 GW um 23,5 GW auf 78,3 GW gesteigert werden können.

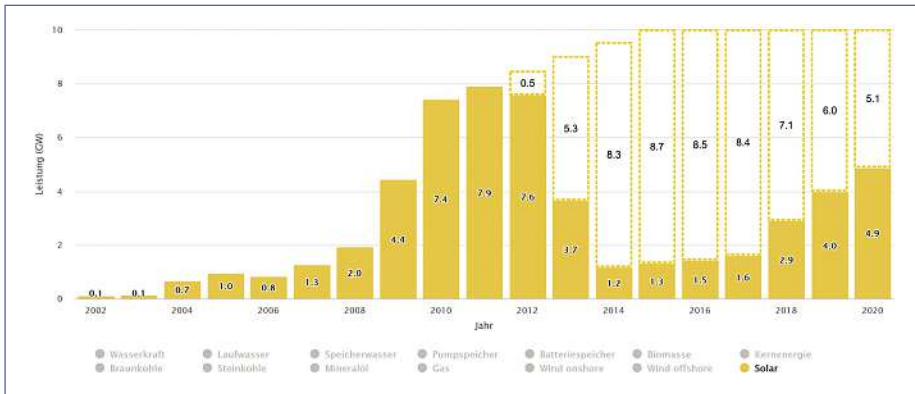


Bild 6: Jährlicher Zubau von Solaranlagen (ausgefüllte Balken) und zusätzlich sinnvoller Zubau (gestrichelte Balken) für ein stetiges Wachstum und einen konstanten Zubau von 10 GW ab 2015. Die gesamte installierte Leistung von Solaranlagen hätte damit von 51,5 GW um 58 GW auf ca. 110 GW gesteigert werden können.

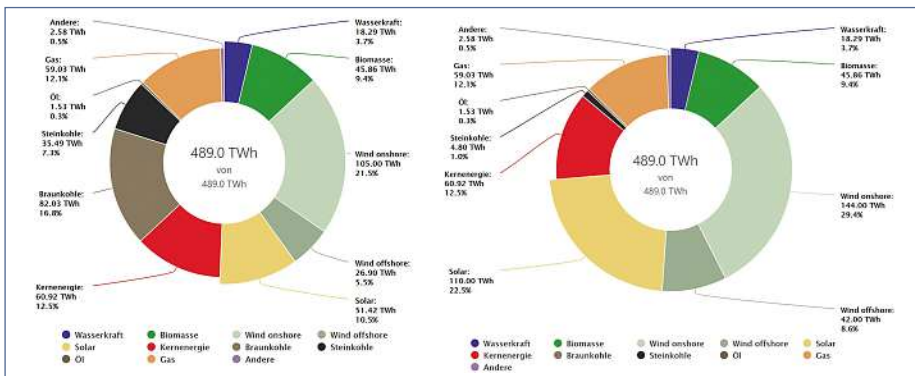


Bild 7: Links die Anteile der verschiedenen Energiequellen an der öffentlichen Nettostromerzeugung 2020. Der Anteil der Erneuerbaren Energien an der öffentlichen Nettostromerzeugung lag bei 50,6%. Rechts die Simulation zur Stromerzeugung 2020 mit dem zusätzlich sinnvollen Zubau bei Wind Onshore, Wind Offshore und der Solarenergie gemäß Bild 5 und 6. Mit diesen zusätzlichen Maßnahmen wäre der Ausstieg aus der Braunkohle schon vollzogen. Der Anteil der Erneuerbaren Energien an der öffentlichen Nettostromerzeugung läge bei 73,6%.

akademischen Veröffentlichungen überstrapazierte Smart Grid nun auch verwirklicht werden kann. Die Hochspannungsgleichstrom-Übertragung (HGÜ) ist ausgereift.

600-kV-DC-Erdkabel mit niedrigen Verlusten sind verfügbar und nutzbar. Stromtransport ist über große Entfernung mit sehr viel weniger Verlusten als im bestehenden Dreh-

stromnetz möglich. Durch Kopplung einer großräumigen europaweiten Verbindung kann auch bei sogenannten Dunkelflauten eine sichere Stromversorgung gewährleistet werden. Die IGBT-basierten modularen Multilevel-Converter ermöglichen schnelle Fehlerbehandlungen bei Störungen. Doch während in Deutschland gegenwärtig drei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zu Großprojekten langer Bauzeit aufgebläht werden, sind in China bereits Multiterminal-Systeme und ein DC-Netz mit ersten Maschen im Bau. IGBTs, in Reihe geschaltet, können wesentlich die dafür nötigen DC-Breaker verwirklichen.

Ein recht schneller Umstieg auf 100% erneuerbare Energien ist somit in kurzer Zeit möglich, und es müssen keine Kohlekraftwerke mehr bis 2038 laufen, auch nicht 10 Jahre, wie jetzt im Gespräch. Wir brauchen nicht die Proklamierung neuer oder „ambitionierterer“ Ziele, sondern dringend Taten.

Emissionen in der gesamten Wertschöpfung minimieren

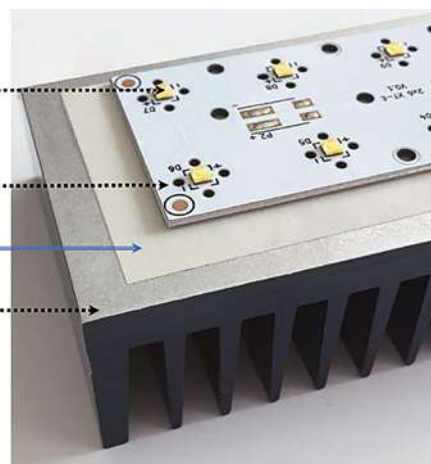
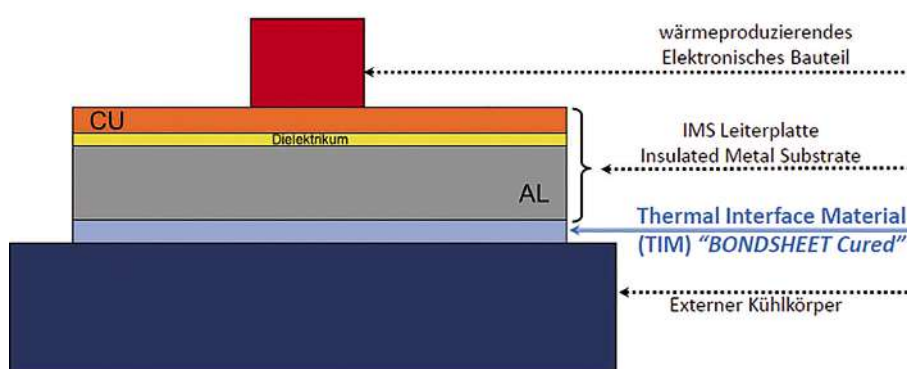
Doch es gibt Widerstände, und damit setzt sich die Stellungnahme der Offenen Akademie auseinander: Einige Dutzend internationaler Konzerne und Staatsmonopole verantworten zwei Drittel der globalen Treibhausgasemissionen. Aber gerade diese Akteure müssten für die Umweltschäden zur Rechenschaft gezogen werden. Die Energieversorger haben neue Kohlekraftwerke gebaut und bekommen für diese Fehlinvestitionen jetzt eine Stilllegungsprämie. Treibhausgasemissionen müssen sofort drastisch reduziert und innerhalb von 10 Jahren auf unter 10% des heutigen Niveaus gebracht werden. Dies erfordert einen umfassenden Katalog an Sofortmaßnahmen in Industrie, Verkehr, Energiesektor, Landwirtschaft, Konsum, der die Emissionen weltweit im begonnenen Jahrzehnt um 90% senkt. Elektro- und Informationstechnik kann wesentlich dazu beitragen. Referenten und Beiräte der Offenen Akademie wenden sich zum Thema in einem Beitrag an Bundesregierung und EU-Parlamentarier. Sie beziehen sich kritisch auf die „Stellungnahme der Scientists for Future zu den Forderungen von Fridays for Future Deutschland an die deutschen Vertreter und Vertreterinnen auf EU-Ebene“ vom 2.10.20: „Einige von uns (der Offenen Akademie) sind für „Scientists for Future“ aktiv. Wir stimmen überein, dass die Entwicklung des Weltklimas dramatisch ist, halten jedoch die in dieser Stellungnahme geforderten Veränderungen für unzureichend, weil sie viel Spielraum für Untätigkeit lassen.“

Thermisches Interface Material für die Leistungs-Elektronik

Aismalibar hat eine 2,2-W-Wärmeleitfolie mit bis zu 6 kV Durchschlagsfestigkeit entwickelt, die als Thermisches Interface Material (TIM) in der Leistungselektronik eingesetzt wird.

UWE C. LEMKE *

Bild: Aismalibar



Schematische Darstellung (links) einer Kühlkette in der Leistungselektronik: Rechts Praxisbeispiel einer LED-basierenden IMS-Leiterplatte, über eine TIM-Folie gekoppelt an einen AL-Kühlkörper.

Der allgegenwärtige Trend in der Elektronik zu immer höheren Leistungsdichten, erfordert die von der Elektronik erzeugte Wärme möglichst schnell, effektiv und kostengünstig abzuleiten. Ein ausgewogenes Wärmemanagementkonzept ermöglicht eine längere Lebensdauer der elektronischen Bauteile und damit eine höhere Leistungsfähigkeit und Qualität der gesamten Elektronikbaugruppe.

Hauptanwendungsgebiete einer neu entwickelten Wärmeleitfolie von Aismalibar sind Leistungselektronik-Applikationen, in denen der Wärmeübergang und die elektrische Isolation optimiert werden soll.

Erfolgreich eingesetzt wird die Folie heute zum Beispiel in Solar-Invertern und Windkraftanlagen, Getriebesteuerungen für Nutzfahrzeuge und LED-Industrie-Beleuchtungen. Künftige Projekte finden sich vermehrt im E-Auto, beispielsweise im Antriebsstrang



* Uwe C. Lemke
... arbeitet als Business Development Manager für die Region DACH beim Elektronik-Kühlungs-Spezialisten Aismalibar.

Bild: Aismalibar

SCHLÜSSELEIGENSCHAFTEN „BONDSHEET CURED“ 2,2 W/mK

Folien-Schichtstärken	70	100	µm
Thermischer Widerstand, Rth	0,315	0,45	Kcm ² /W
Spannungsfestigkeit (AC)	≥4	≥6	KV

Wärmeleitfolie: Die wichtigsten Eigenschaften der hier aufgeklebten TIM-Folie

und Batteriemangement, und der On-Board-Ladeelektronik.

Ausgangspunkt ist ein Glasgewebematerial, das in einem Verfahren mit keramischen Füllstoffen angereichert wird, damit das Glasgewebe homogene wärmeleitende Eigenschaften erhält. In einem Aismalibar-eigenen Verfahren wird das erzeugte B-Stage PrePrep ausgehärtet, um die spezifizierten Werte zur Wärmeleitfähigkeit und Isolationsfestigkeit zu erreichen. Das sogenannte BONDSHEET Cured wird in beliebigen rechteckigen bzw. quadratischen Formaten geliefert, in Stapeln zu jeweils mehreren 100 ein-

zelen Folien, zur manuellen oder automatisierten Weiterverarbeitung beim Anwender. Das zugehörige Datenblatt finden Sie auf www.aismalibar.com.

Für Muster, Prototypen oder Kleinserien, konturiert Aismalibar die Folie BONDSHEET Cured entsprechend Kundenvorgabe, um die Folie in der Endprodukt-Montage des Kunden zwischen Kühlkörper und Platine zu montieren. Da beim Einsatz der Wärmeleitfolie auf Öle, Pasten oder Silikone verzichtet wird, ist eine einfache saubere Montage und Demontage des Elektronik Moduls möglich – zum Beispiel im Servicefall.

Für hochvolumige Serienproduktionen hat sich gezeigt, dass ein Stanzen der Folie mit einem kundenspezifischen Stanzwerkzeug das kosteneffizienteste Herstellungsverfahren darstellt.

Ausblick: Aismalibar entwickelt derzeit TIM-Folientechnologien aus einer Kombination von ausgehärteten Innenlagen mit B-Stage-Beschichtungen, die ein Laminieren weiterer Elemente der gesamten Baugruppen-Kühlkette ermöglichen werden. // JW

Aismalibar

Höhere Leistungsdichte für miniaturisierte Ladegeräte

Der Artikel zeigt, wie der Digital-Controller XDP in einer besonderen Leistungstopologie eines Hybrid-Fly-Back-Converters den Wirkungsgrad erhöht. Dazu gibt es Special Sessions auf der PCIM Europe 2021.

MANFRED SCHLENK UND ALFREDO MEDINA GARCIA *

Bild 1: Multiobjektive Optimierungsergebnisse verschiedener Adapterkonzepte für Volllast ($P_{out} = 65\text{ W}$, $V_{out} = 20\text{ VDC}$) und Low-Line-Betrieb ($V_{in} = 90\text{ VAC}$). Zusätzlich ist auch die thermische Grenzlinie dargestellt, die den minimalen Wirkungsgrad definiert, der für eine gegebene Leistungsdichte erforderlich ist, um die Oberflächentemperatur des Adapters unter 70 °C zu halten.

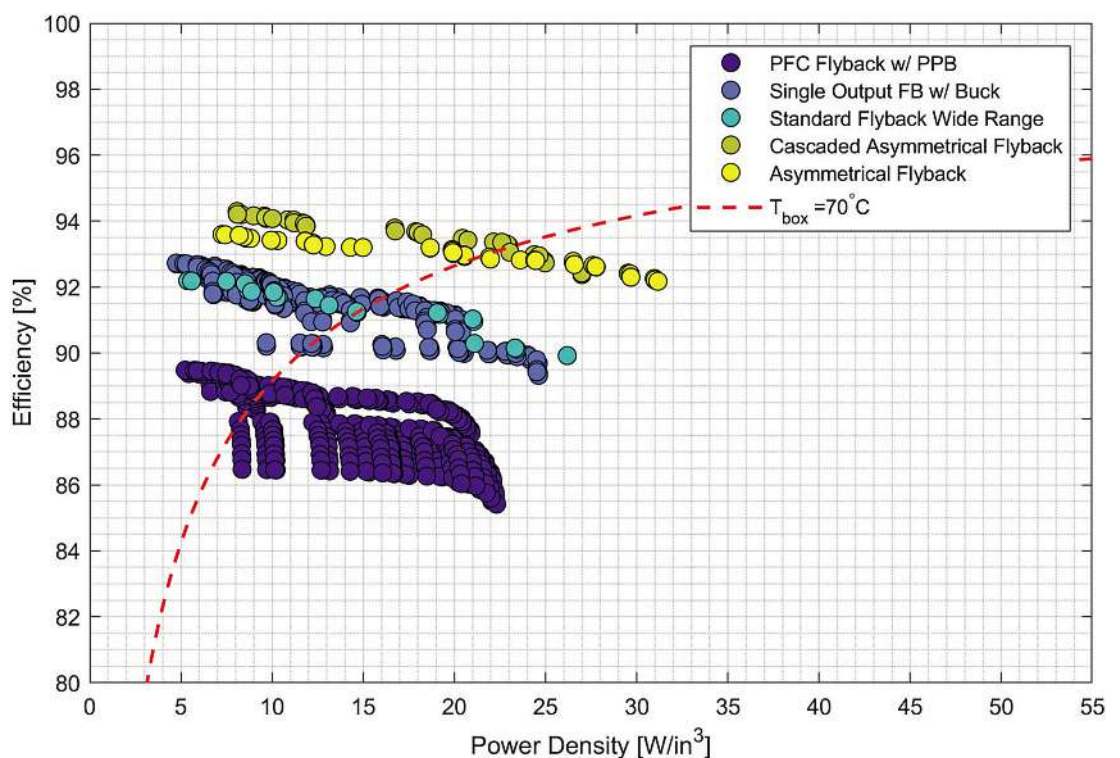


Bild: Infineon

Für den Bedarf an Ladegeräten und Adaptern wird in den nächsten Jahren ein Zuwachs auf bis zu 2 Mrd. Stück erwartet. Das verlangt nach einem universalen Adapter und der Reduzierung der Verluste im Ladegerät bzw. AC-Adapter. Denn jeder Prozentpunkt Wirkungsgradsteigerung ist von großer Bedeutung, wenn ernsthaft die Klimaziele erreicht werden sollen. Betrachtet man etwa den durchschnittlichen Leistungsmix aller Ladegeräte und Adapter für Mobil-

geräte im Jahr 2020, führt eine Effizienzsteigerung von nur 1% zu einer durchschnittlichen jährlichen Energieeinsparung von rund 500 GWh. Mit der möglichen Effizienzsteigerung der in diesem Artikel beschriebenen neuen Technologie um 4 bis 5% kann eine durchschnittliche jährliche Energieeinsparung von 2 TWh möglich sein.

Zum Laden mobiler Geräte wird in der Regel ein Ladegerät mit USB-Schnittstelle und einer Ladespannung von 5 V verwendet. Die Anpassung des Ladegeräts an das Endgerät erfolgt über unterschiedliche Verbindungskabel. Die zunehmende Funktionalität von High-End-Geräten und der Wunsch nach einer Schnell-Ladefunktion führen zu einer erhöhten Ausgangsladeleistung. Hinzu

kommt der Wunsch nach einem einheitlichen Ladeverfahren, was zur Bildung eines Konsortiums führte, das sich eine Standardisierung dieser Verfahren zum Ziel gesetzt hatte. Entstanden ist dabei der USB-PD-Standard (Universal Serial Bus -Power Delivery).

Der USB-PD-Standard definiert unter anderem die Kommunikation zwischen End- und Ladegerät. Dazu besitzt das USB-PD-Ladegerät einen speziellen Interface-Baustein, über den das Endgerät Strom- und Spannungsbedarf mitteilt. Das Ladegerät liefert dann die gewünschte Ausgangsspannung zwischen heute 5 bis 20 V. Erhöhter Spitzenleistungsbedarf für Schnell-Ladung wird unterstützt. Ebenso wurde ein neuer einheitlicher Verbindungsstecker, der USB-

* Dr. Manfred Schlenk
... Technologieberater und Inhaber der Dr. Schlenk Consulting

Alfredo Medina Garcia
... ist Senior Staff Engineer bei Infineon.

C-Stecker, definiert. Damit wird der Einsatz ein und desselben Adapters und desselben Ladekabel für Notebooks, Tablets, Notebooks und Mobiltelefonen und ein Laden der Geräte-Akkus mit einem Strom von 3 A ermöglicht. Bei Verwendung spezieller Kabel ist sogar eine Versorgung der Endgeräte mit bis zu 5 A möglich.

Ein Notebook-Adapter ist allerdings um ein Vielfaches größer als ein Handy-Adapter. Niemand will ein großes Ladesystem mit sich führen, wenn er nur ein Handy oder ein Tablet laden möchte. Also muss das Volumen eines Notebook-Adapters reduziert werden. Wünschenswert ist es, ein Laptop-Ladegerät in der Größe eines Handy-Ladegeräts zu haben. Dies bedeutet aber eine immense Erhöhung der heutigen Leistungsdichte und macht das Anheben des heutigen Gerätewirkungsgrads um mindestens 5% erforderlich.

Der Technikstand und die Forderungen für Ladesysteme

Heutige Ladegeräte werden normalerweise als Sperrwandler ausgeführt, da sich damit auf sehr einfache Art und Weise die An-

Bild: Infineon

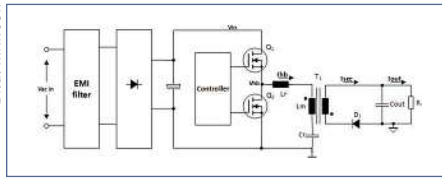


Bild 2: Vereinfachtes Blockschaltbild eines Hybrid-Flyback-Wandlers einschließlich EMI-Filter und Eingangsgleichrichter.

forderungen erfüllen lassen. Nachteilig ist aber der relativ geringe maximale Wirkungsgrad von etwa 89%, der die erforderliche Erhöhung der heutigen Leistungsdichte nicht zulässt. Methoden müssen gefunden werden, um die durch Streuinduktivität des Hauptübertragers im Schalter und im Entlastungsnetzwerk entstehenden Verluste zu minimieren, um die in der Streuinduktivität gespeicherte Energie sinnvoll zu verwenden und um ein Nullspannung-Schalten des Primärschalters zu ermöglichen. In der „Special Session: High Density Power Adapters“ auf der digitalen PCIM Europe (03. bis 07.05.21) wird Ionel Dan Jitaru (Rompower Energy

System), die Möglichkeiten dazu in seinem Vortrag „The Ideal Flyback Topology“ vorstellen, die einen entsprechenden Ansatz zeigt.

Ladegeräte müssen zudem für den weltweiten Einsatz und deshalb für einen Eingangsspannungsbereich von 90 bis 264 V_{AC} funktionieren. Um bei niedrigster Eingangsspannung noch die volle Ausgangsleistung abgeben zu können, wird üblicherweise die Arbeitsfrequenz abgesenkt. Diese Vorgehensweise ist aber mit einem unerwünschten Anstieg der magnetischen Flussdichte verbunden und bewirkt eine unerwünschte Vergrößerung des Leistungsübertragers.

Dasselbe trifft prinzipiell auch auf die Active-Clamp-Sperrwandler zu, die zumindest bereits die Energie der Übertrager-Streuinduktivität zum Nullspannung-Schalten (ZVS) des Leistungstransistors verwenden. Um trotzdem eine hohe Leistungsdichte zu erreichen, arbeiten die Wandler in der Schaltung bei höchster Eingangsspannung und bei sehr hohen Arbeitsfrequenzen. Dies allerdings führt zu erhöhten Verlusten im Übertrager.

ASAP

JETZT UMSTEIFEN.

DIE AUTOMOBILINDUSTRIE IST IM WANDEL - WIR GESTALTEN IHN MIT.

Als Partner der Automobilindustrie bietet die ASAP Gruppe umfassende Entwicklungsleistungen mit Fokus auf die Mobilitätskonzepte von morgen: E-Mobilität, Autonomes Fahren und Connectivity.

Mehr zum gesamten ASAP Leistungsspektrum erfahren Sie auf asap.de



Bild 3:
Die im Resonanzkondensator/Übertrager gespeicherte Energie (oben) und die Schaltfrequenz des Wandlers (unten).

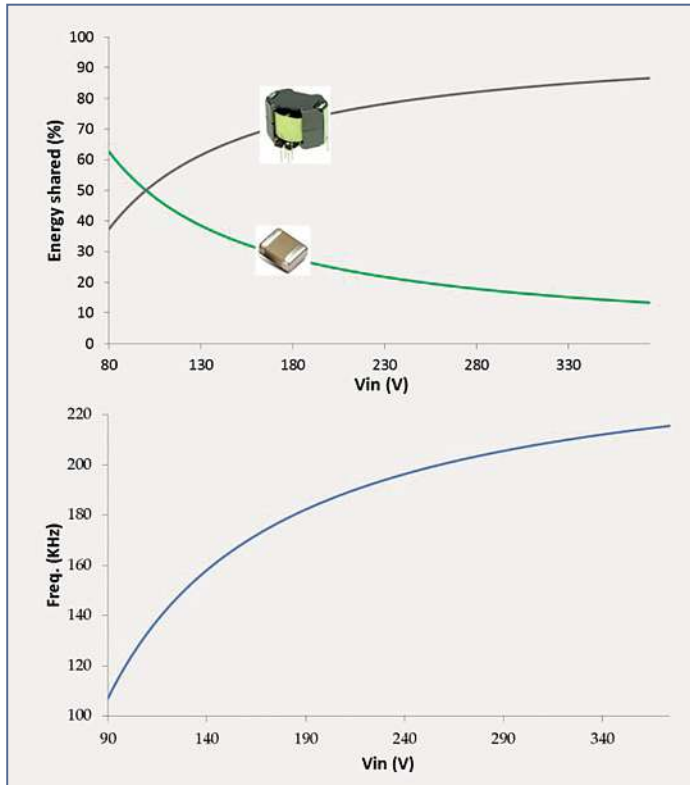


Bild: Infineon

Front“- Methodik von Prof. Dr. Johann Kolar (ETH Zürich) angewandt. Dieses Tool erlaubt es, verschiedene Konzepte durch eine multiobjektive Optimierung, die alle verfügbaren Freiheitsgrade bei der Konzeption jedes Konzepts berücksichtigt, vergleichsweise zu bewerten. Als Ergebnis wurde für jede Topologie eine Effizienz-/Leistungsdichte (η -)Pareto-Front berechnet, die den erreichbaren Kompromiss zwischen Leistung und Dimensionen angibt.

Die Optimierungsergebnisse sind in Bild 1 für den Vollastbetrieb bei der Worst-Case-Eingangsspannung ($V_{in}=90 V_{AC}$) und dem höchsten Ausgangsstrom ($I_{out} = 3,25 A @ V_{out}=20V$) dargestellt. Darüber hinaus ist die thermische Grenzlinie gezeigt, die den minimalen Wirkungsgrad definiert, der für eine gegebene Leistungsdichte erforderlich ist, um die Oberflächentemperatur des Adapters unter $70 ^\circ C$ zu halten.

Nur Designs oberhalb dieser Linie besitzen die erforderliche Effizienz, um die erzeugte Wärme passiv abzuleiten (d.h. über natürliche Konvektion und Strahlung), ohne die thermische Grenze des Gehäuses zu überschreiten. Dies zeigt deutlich, dass das Ziel der höchsten Leistungsdichte unweigerlich mit der höchsten Effizienz verbunden ist und unterstreicht somit die Notwendigkeit eines umfassenden multiobjektiven Optimierungsansatzes. Die Ergebnisse bestätigten, dass der Hybrid-Flyback-Wandler (in Bild 1 als asymmetrical flyback bezeichnet) der aussichtsreichste Kandidat ist.

Das vereinfachte Blockschaltbild des Hybrid-Flyback-Wandlers einschließlich EMI-Filter und Eingangsgleichrichter zeigt Bild 2. Der Kondensator C_r liegt in Serie zum Hauptübertrager und trägt damit zur Energieübertragung bei. Dies stellt den Hauptunterschied zum Active-Clamp-Sperrwandler dar. Bei diesem liegt der Kondensator in Serie zum Transistor Q_1 und dient nur zum Erreichen von Nullspannungsschalten des Primärschalters Q_2 .

Im Hybrid-Flyback-Wandler dient der Resonanzkondensator C_r vorwiegend bei niedrigen Eingangsspannungen als Energiequelle. Bei hohen Eingangsspannungen wirkt der Übertrager als Quelle. Dies ist der Grund für die deutliche Reduzierung der Größe des Transformators, da sich die Flussdichte des Transformators über den gesamten Eingangsspannungsbereich nahezu konstant halten lässt. Bild 3 (oben) zeigt einen typischen Verlauf der im Übertrager bzw. im Resonanzkondensator gespeicherten Energie in Abhängigkeit von der Eingangsspannung.

Um ein optimales Verhalten dieses Wandlers über den gesamten Eingangs-, Ausgangs-

Die beschriebenen Begrenzungen der erreichbaren Leistungsdichte führte zu ersten Überlegungen bezüglich einer Hybridtopologie, die die Vorteile eines Sperrwandlers (weiter Ein-/Ausgangsspannungsbereich) und eines Vorwärtswandlers (kleiner Hauptübertrager) miteinander kombiniert. Daraus entstand der Hybrid Flyback Converter. Zur Verifizierung seiner Leistungsfähigkeit wurde der Prototyp eines 65-W-Notebook-Adapters gebaut. Sein Spitzenwirkungsgrad beträgt fast 95% bei einer Leistungsdichte von $27 W/Zoll^3$. Damit wurde eine weit mehr als doppelt so große Leistungsdichte und eine um 5% höhere Effizienz erreicht als sie heute übliche Standard-Notebook-Adapter erzielen.

Die Regelung und Steuerung des Wandlers übernimmt ein digitaler Controller aus der XDP-Familie von Infineon. Die Bausteine

dieser Serie besitzen einen dedizierten Mikroprozessor-Kern und alle für den Bau einer Stromversorgung erforderlichen Funktionsblöcke wie Startup-Kreis, Treiberstufen sowie Strom- und Spannungsverstärker. Durch eine entsprechende Firmware werden dann alle diese Funktionsblöcke so miteinander verknüpft, dass sich ein optimaler Betrieb über den gesamten Last- und Eingangsspannungsbereich ergibt. Details können einer Applikation-Note entnommen werden. Der Baustein ist vom Anwender über eine GUI parametrisierbar und an die gewünschte Anwendung anpassbar.

Erste Konzepte des Hybrid-Flyback-Converters

Die theoretische Verifizierung erster Konzept-Überlegungen umfassten diverse Schaltungstopologien. Dazu wurde die „Pareto-

Bild 4:
Die typische Wellenform mit Primärstrom I_{hb} , Mittelpunktspannung der Halbbrücke V_{hb} , und sekundärem Transformatorstrom I_{sec} .

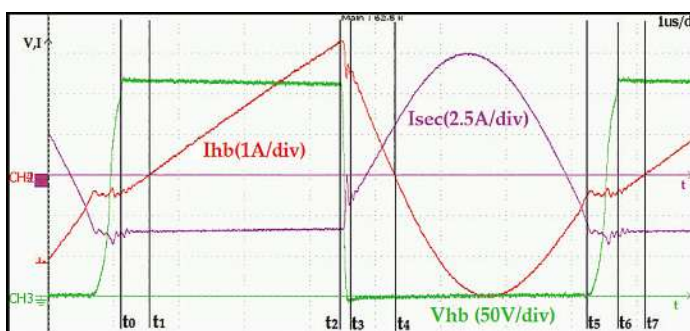


Bild: Infineon

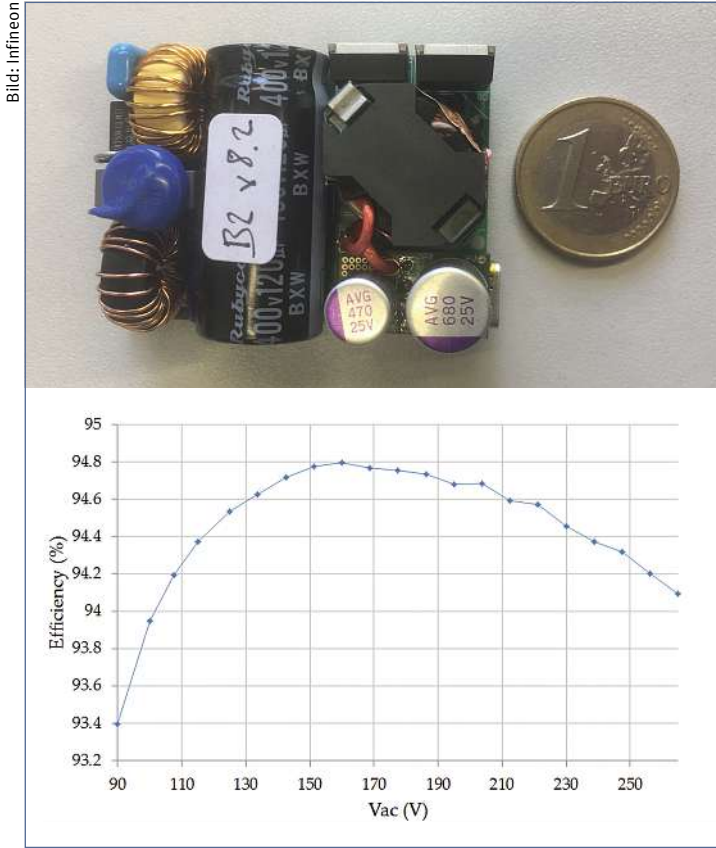


Bild 5:
Der Prototyp des Hybrid-Flyback-Wandlers (oben) und der Wirkungsgrad bei Nennlast (unten).

und Last-Bereich zu erreichen, wurde digitale Regelung eingeführt und dazu ein Digital-Controller aus der XDP- Serie eingesetzt. Durch entsprechende Regelalgorithmen wird unter allen Eingangsspannungs-, Ausgangsspannungs- bzw. Ausgangsstrom-Bedingungen ZVS (Zero Voltage Switching) für die primärseitigen Seitenschalter und ZCS (Zero Current Switching) für den sekundären (synchro- nen) Gleichrichter erreicht.

Ein spezieller Steueralgorithmus schaltet den Low-Side-Schalter der primären Halbbrücke mit einer festen Einschaltzeit ein, die durch die Resonanzfrequenz aus der wirksamen Übertragerinduktivität und des Kondensators C_r bestimmt wird. Je nach Eingangsspannung wird die Einschaltzeit des High-Side-Schalters variiert. Dies führt zu einer variablen Schaltfrequenz. Bild 3 zeigt unten die sich ergebende Variation der Arbeitsfrequenz; die typischen Wellenformen sind in Bild 4 zu sehen.

Um den Wandler über den geforderten weiten Eingangsspannungsbereich (90 bis 264 V_{AC}) und Ausgangsspannungsbereich (5 bis 20 V_{DC}) mit höchstmöglicher Effizienz zu betreiben, wurde zusätzlich ein intelligenter Impuls-Skipping-Modus implementiert, ähnlich dem quasi-resonanten Modus eines Standard-Sperrwandlers. Außerdem kamen gezielte Maßnahmen zur Anwendung, um

akustische Interferenzen zu unterdrücken, die durch Puls-Skipping-Modi erzeugt werden können.

Um Effizienz und Leistungsdichte zu demonstrieren, die mit dieser Topologie möglich ist, wurde ein 65-W-Prototypkonverter gebaut. Bild 5 zeigt diesen Konverter sowie den erreichten Wirkungsgrad bei einer Ausgangsspannung von 20 V_{DC} . Zur Steigerung der Effizienz wurde im Prototyp die in Bild 2 gezeigte sekundäre Diode durch Synchrongleichrichtung ersetzt.

Dieser Demonstrator erfüllt die EMI-Richtlinien für IT-Equipment (EN 55022 Klasse B) und erreicht die USB-PD-Compliance für die verschiedenen Ausgangsspannungsprofile von 5 $V_{DC}@3$ A bis 20 $V_{DC}@ 3,25$ A. Je nach Eingangsspannung variiert die Betriebsfrequenz von 100 bis 200 kHz. Eine Spitzeneffizienz von fast 95% ist nachweislich erreicht. In der Special Session „High Density Power Adapters“ auf der digitalen PCIM Europe im Mai 2021 stellt Alfredo Medina Garcia von Infineon Technologies in seinem Vortrag „Benefits of GaN Technology on Asymmetrical Half-Bridge Flyback Converter“ die Topologie vor und referiert zudem über den Einfluss von WBG-Bauteilen auf Wirkungsgrad und Leistungsdichte. // KU

Infineon

Labornetz- geräte

direkt vom Hersteller

made in Baden-Württemberg

Unser Fachpersonal berät Sie gerne über:

- AC- und DC-Quellen
- Bidirektionale Hochleistungs DC-Quellen
- DC-Quellen mit integrierter Last
- Elektronische Lasten

Hochleistungs DC-Quellen



- 750 W – 1,4 MW, Ausgangsspannungsbereiche bis 2.000 VDC
- Maximaler Ausgangsstrom bis 50.000 A

Kontaktieren Sie uns:
Unser Team berät Sie gerne.

ENTWICKLUNG
PRODUKTION
VERTRIEB



Besuchen Sie unseren digitalen Messestand unter:
www.et-system.de



ET SYSTEM®
Solutions with system.

ET System electronic GmbH
Hauptstraße 119 - 121
68804 Altlußheim
Telefon: 06205 / 3 94 80
E-Mail: info@et-system.de

GaN-Zuverlässigkeit über den AEC-Standard hinaus bestätigt

Das Verhalten von eGaN-FETs (GaN auf Silizium) ist dem Einsatz moderner Power-MOSFETs in Silizium sehr ähnlich. Phase 12 des Zuverlässigkeitsbericht ergänzt die bisherige Wissensbasis zu eGaN.

ALEX LIDOW *

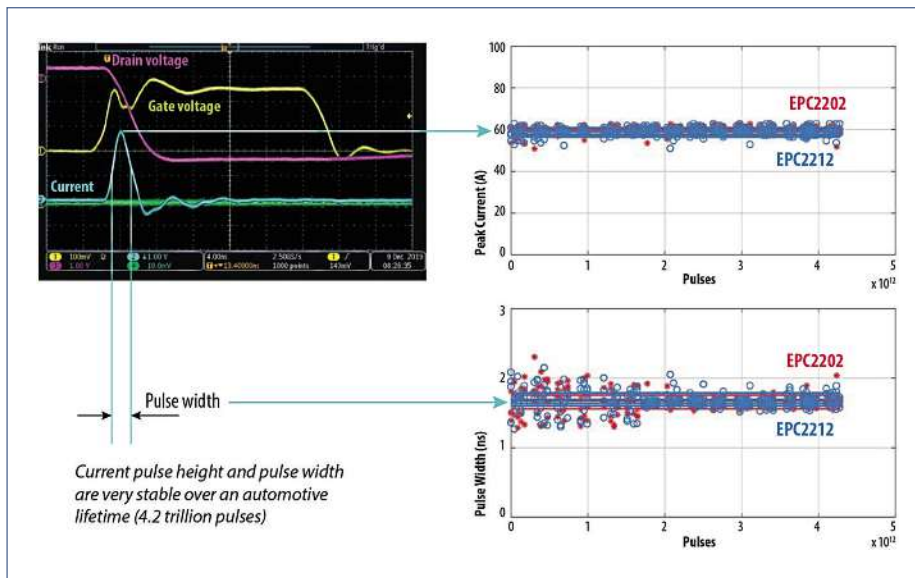


Bild: EPC Bereich von 1 bis 5 ns, die eine Laserdiode ansteuern, um schmale optische Pulse zu erzeugen. Die Spitzenströme sind generell wesentlich höher als 50% des FET-Pulsstroms. Der Impuls-Tastgrad ist dabei niedrig und die Pulswiederholungsfrequenz liegt im Bereich von 10 bis 100 kHz. Wird der GaN-Baustein nicht gepulst, befindet er sich im AUS-Zustand und ist einer bestimmten Drain-Vorspannung ausgesetzt.

Dieser Belastungszustand ist für ein Leistungselektronik-Bauelement ungewöhnlich, was es schwierig macht, die Betriebslebensdauer über herkömmliche DC-Zuverlässigkeitstests wie HTGB oder HTRB vorherzusagen. Selbst GaN-spezifische Tests, wie die von EPC verwendeten Zuverlässigkeitstests für hartes Schalten, emulieren die Belastungen in einem Lidar-Schaltkreis nicht effektiv.

Langzeitstabilität unter Hochstromimpulsen

Aus der Sicht des Bauteilversagens sorgen der hohe Strom und die hohe Spannung während eines Pulses für Bedenken hinsichtlich Hot-Carrier-Effekte, die zu einer U_{TH} - oder $R_{DS(on)}$ -Verschiebung innerhalb des Bausteins führen können. Darüber hinaus erhöht der kumulative Effekt sich wiederholender Hochstromimpulse die Gefahr der Elektromigration, was zu einer Verschlechterung der Lötverbindungen führt.

Um diese Bedenken bei Lidar-Anwendungen auszuräumen, hat EPC zusammen mit wichtigen Kunden eine neue Testmethode eingeführt. Dieser Lidar-Zuverlässigkeitstest ist Teil der Beyond-AEC-Initiative von EPC, einer Reihe von GaN-spezifischen Belastungstests, die über die herkömmlichen Zuverlässigkeitstests hinausgehen, wie sie für MOSFETs als Teil des AEC-Q101-Standards entwickelt wurden.

Das Konzept dieser Testmethode sieht vor, Bereiche in einem Lidar-Schaltkreis mit einer Gesamtzahl von Impulsen zu belasten, die ihrem letztendlichen Einsatzprofil entspre-

Bild 1: Langzeitstabilität der Impulsbreite (unten rechts) und der Impulshöhe (oben rechts) über 4,2 Billionen Lidar-Impulse. Daten für vier EPC2202- (rot) und vier EPC2212-Bausteine (blau) wurden überlagert. Es ergibt sich eine hervorragende Stabilität dieser Parameter über der Gesamtzahl der Impulse, die einer typischen Lebensdauer eines Fahrzeugs entsprechen.

Seit nunmehr zehn Jahren werden Galliumnitrid-basierte Leistungshalbleiter (GaN) in Serie gefertigt und erzielen in der Anwendung eine bemerkenswerte Zuverlässigkeit. Als Automotive-Komponente gibt es für GaN eine Anwendung im Kraftfahrzeug mit hohen Stückzahlen: Light Detection and Ranging (kurz Lidar) für autonome Fahrzeuge. Diese Technik liefert Informationen über die Umgebung eines Fahrzeugs und erfordert daher eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit, um Sicherheit und Leistungsfähigkeit zu gewährleisten. Im vorliegenden Artikel wird ein neuartiger Testmechanismus des Halbleiterherstellers von

Efficient Power Conversion (EPC) beschrieben, mit dem die eGaN-Bausteine (e steht für enhanced) über die Qualifikationsanforderungen des Automotive Electronics Council (AEC) hinaus für den Anwendungsfall Lidar zu testen.

GaN-Leistungshalbleiter für Lidar-Anwendungen

Die eGaN-FETs und eGaN-ICs von EPC sind in Lidar-Schaltkreisen für autonome Fahrzeuge inzwischen weit verbreitet und bieten dort Vorteile wie schnelleres Schalten für kürzere Impulse und bessere Reichweitenauflösung sowie reduzierter Platzbedarf für eine hohe Leistungsdichte bei geringer Induktivität. Damit erzielen diese kompakte Lösungen eine höhere Effizienz bei zugleich höheren Pulswiederholraten.

In einer Lidar-Anwendung liefert das GaN-Bauelement kurze Hochstromimpulse im



* Alex Lidow
... ist CEO und Mitbegründer der Efficient Power Conversion (EPC) in El Segundo, Kalifornien.

chen. Die Einsatzprofile für Lidar in Fahrzeugen variieren von Kunde zu Kunde. Ein solches Profil würde z.B. eine Lebensdauer von 15 Jahren mit zwei Betriebsstunden pro Tag bei einer Pulswiederholungsfrequenz (PRF; Pulse Repetition Frequency) von 100 kHz erfordern. Dies entspricht etwa vier Billionen Lidar-Impulsen insgesamt. Einige Worst-Case-Szenarien erfordern möglicherweise 10 bis 12 Billionen Impulse während der Lebensdauer.

Die Testmethodik und die Ergebnisse

Diese Testmethode demonstriert die Lebensdauer von eGaN-Bausteinen in einer Lidar-Anwendung, indem eine Vielzahl von Bausteinen weit über das Ende ihres vollständigen Anwendungsprofils hinaus getestet sowie eine stabile Systemleistungsfähigkeit und die Bauteileigenschaften überprüft werden. Mit einem solchen direkten Ansatz erübrigt sich dann ein Beschleunigungsfaktor oder eine Aktivierungsenergie zweifelhafter Herkunft. Es entfällt auch die Notwendigkeit, Lebensdauerschätzungen

Bild: EPC

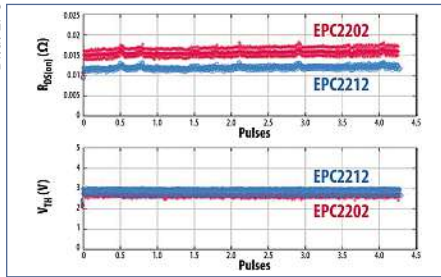


Bild 2: Langzeitstabilität von $R_{DS(on)}$ und U_{TH} während des Lidar-Zuverlässigkeitstests. Diese Parameter werden in 6-Stunden-Intervallen an jedem Bauteil gemessen, indem die Lidar-Belastung kurz unterbrochen wird. U_{TH} wird durch Messen von $R_{DS(on)}$ bei einer Reihe von Gate-Spannungen abgeleitet. Daten für vier EPC2202- (rot) und vier EPC2212-Bausteine (blau) wurden überlagert. Es ergibt sich eine hervorragende Stabilität dieser Parameter über der Gesamtzahl der Impulse, die einer typischen Lebensdauer eines Fahrzeugs entsprechen.

von Standard-Zuverlässigkeitstests auf die jeweiligen Belastungsbedingungen von Lidar hochzurechnen. Um die große Anzahl von Impulsen zu erreichen, werden die Bauteile

kontinuierlich mit einer PRF (Pulse Repetition Frequency) belastet, die viel höher ist als in typischen Lidar-Schaltkreisen. Die Testschaltung basiert auf dem Lidar-Applikations-Board EPC9126 von EPC. Experimentelle Details der Testverfahren sind im Anhang B des Phase 11 Reliability Report (<https://epc-co.com>) von EPC enthalten. Für diese Studie wurden zwei bewährte AEC-konforme Bauteile getestet: EPC2202 (80 V) und EPC2212 (100 V). Von jedem Typ hat der Test vier Bauteile gleichzeitig untersucht. Während der Belastung wurden an jedem Bauelement kontinuierlich zwei wesentliche Parameter überwacht: der Spitzenimpulsstrom und die Impulsbreite. Diese beiden Parameter sind für die Reichweite und Auflösung eines Lidar-Systems entscheidend.

Bild 1 zeigt die Ergebnisse dieses Tests über die ersten 4,2 Billionen Impulse. Weder bei der Impulsbreite noch bei der Pulshöhe ist eine Verschlechterung oder Drift zu beobachten. Die kumulierte Anzahl von Impulsen entspricht einer typischen Fahrzeuglebensdauer. Dies ist zwar eine indirekte Überwa-

TRACO POWER

Reliable. Available. Now.

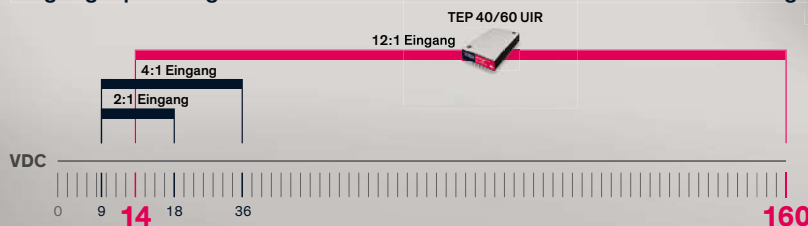
www.tracopower.com

TEP 40/60UIR Serie

40 und 60 Watt-DC/DC-Wandler für Bahnanwendungen mit Ultraweit-Eingangsspannungsbereich (bis zu 12:1)

- Ultraweit-Eingangsspannungsbereich (bis zu 1:12) 9–75, 14–160 V DC
- Kompaktes Standardgehäuse 2,3 × 1,45 × 0,5 Zoll (Quarter Brick)
- Bus-Pin zur einfachen Verlängerung der Überbrückungszeit
- Zulassung für Bahnanwendungen nach EN 50155 und EN 61373
- Qualifikation für Brandverhalten nach EN 45545-2

Eingangsspannungsbereiche der DC/DC-Konverter für Bahnanwendungen



EN 50155
EN 61373

CB
Schemi IEC 62368-1

UL
UL 62368-1

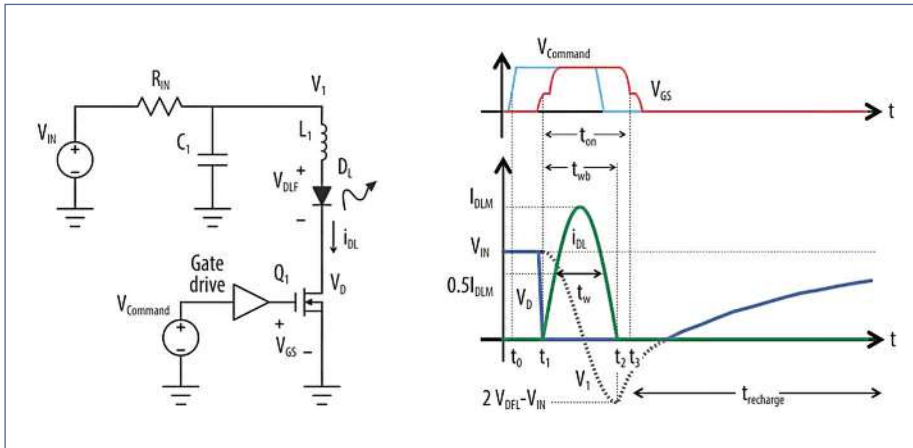


Bild 3: Vereinfachter Laser-Treiber mit wichtigen Wellenformen.

chung des Zustands des eGaN-Bauelements, sie zeigt jedoch, dass keine Verschlechterung der Schaltungsleistung aufgetreten ist.

Um einen besseren Einblick in die parametrische Stabilität des eGaN-Bausteins über den Verlauf der Zeit zu erhalten, unterbricht

das Testsystem alle sechs Stunden die Lidar-Belastung, um den $R_{DS(on)}$ und die Schwellenspannung U_{TH} des Bausteins zu messen. Nach dieser kurzen parametrischen Messung werden die Bauteile umgehend wieder in den Lidar-Belastungsmodus versetzt. Die Ergeb-

nisse sind in Bild 2 dargestellt. Beide Parameter zeigen eine hervorragende Stabilität über der Testdauer, was darauf hindeutet, dass die Lidar-Belastung für eGaN-Bausteine relativ harmlos ist.

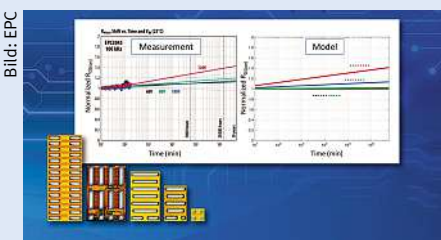
Fazit: Kurze Hochstrom-Impulstests von eGaN-Bauelementen belegen, dass die Halbleiter in einer Lidar-Anwendung über den typischen Lebensdauerverlauf von Fahrzeugen sehr zuverlässig sind. Seit der Veröffentlichung des „Phase 11 Reliability Report“ von EPC im März 2020 wurden keine Fehlermodi oder parametrischen Verschlechterungen beobachtet. GaN-basierte Bauelemente, die bereits in Lidar-Anwendungen in Serie sind, bieten die Genauigkeit und Robustheit, die erforderlich sind, um die für das autonome Fahren erforderliche Leistungsfähigkeit und Sicherheit zu gewährleisten. Jetzt wurde die „Phase 12 Reliability Report“ veröffentlicht. Details dazu kommentiert Distributor Finpower im Kastentext. // KU

Efficient Power Conversation (EPC)

Phase 12 Reliability Report: Testergebnisse bis zum Ausfall der Bauteile

Die eGaN-Bauelemente von EPC erreichen eine Lebensdauer und Robustheit, die laut Hersteller über der von Silizium-Leistungshalbleitern liegt. Der EPC-Distributor Finpower macht dazu auf den jüngsten Phase-12-Zuverlässigkeitsbericht aufmerksam, der die Erfahrungen aus 226 Milliarden Betriebsstunden von eGaN-Komponenten im Feldeinsatz zusammenfasst und die als Grundlage für die Lebensdauerprognose anhand physikalischer Modelle dient. Der neue Bericht ergänzt nun die umfangreiche Wissensbasis der ersten elf Reports und beschreibt im Detail, wie mithilfe einer Test-to-Fail-Methodik intrinsische Ausfallmechanismen aufgespürt und zur Entwicklung physikalischer Modelle verwendet werden können – mit dem Ziel, die sichere Betriebslebensdauer der Produkte präzise vorherzusagen.

Der Phase-12-Zuverlässigkeitsbericht enthält die Testergebnisse von eGaN-Bauelementen bis zu ihrem Ausfall. Anhand dieser Informationen lassen sich serienmäßige Ausfallmechanismen der Bausteine identifizieren und umfangreiche Kenntnisse über ihr Verhalten über der Zeit, Temperatur sowie elektrischen oder mechanischen Beanspruchung ableiten. Auf dieser Basis lassen sich



physikalische Modelle erstellen, die die sichere Lebensdauer der Leistungshalbleiter über einen allgemeineren Satz von Betriebsparametern genau wiedergeben. Der Phase-12-Bericht ist in neun Abschnitte unterteilt, die sich mit verschiedenen Ausfallmechanismen befassen:

- Abschnitt 1: Serienausfallmechanismen, die die Gate-Elektrode von eGaN-Bauelementen betreffen.
- Abschnitt 2: serienmäßige Ausfallmechanismen, die dem dynamischen $R_{DS(on)}$ zugrunde liegen.
- Abschnitt 3: sicherer Arbeitsbereich (Safe-Operating Area, SOA).
- Abschnitt 4: Prüfen von Bauelementen bis zur Zerstörung (unter Kurzschlussbedingungen).
- Abschnitt 5: kundenspezifischer Test zur Bewertung der Zuverlässigkeit über Langzeit-Lidar-Pulsbelastung.
- Abschnitt 6: Prüfung der mechanischen

Belastbarkeit.

- Abschnitt 7: Lötbarkeit der Bauteile.
- Abschnitt 8: thermomechanische Belastung.
- Abschnitt 9: Zuverlässigkeit im Feld.

„Die Veröffentlichung des zwölften Zuverlässigkeitsberichts repräsentiert das gesammelte Wissen über Millionen von Bauelementen und fünf Technologiegenerationen“, sagt Alex Lidow. Diese Zuverlässigkeitstests dienen dem besseren Verständnis des Verhaltens von GaN-Bauelementen unter einer Vielzahl von Belastungsbedingungen. Lidow: „Standard-Qualifikationstests für Leistungshalbleiter sind unzureichend, da nur Bauteile zugelassen werden, die eine ganz bestimmte Testbedingung bestehen. Durch unsere Test-to-Fail-Methode können wir durchgehend robustere, leistungsfähigere und kostengünstigere Produkte für die Leistungswandlung anbieten. Damit erzielen wir eine Zuverlässigkeit, die über das hinausgeht, was mit herkömmlichen Silizium-MOSFETs erreichbar ist.“ Finpower erklärt in Webinaren die Fortschritte bei der Modellierung, Vorhersage und Messung der Zuverlässigkeit von GaN-Bauelementen, die zu den wichtigsten Ergebnissen des Phase-12 Reliability Report beitragen.

inPOTRON™

Schaltnetzteile
Switch Mode Power Supplies

WEB-Seminar Digitalisierung von Stromversorgungen

Freitag, 26. März 2021
Beginn 10:00 Uhr
Vortragsdauer ca. 30 Minuten
mit anschließender Fragerunde

kostenfrei anmelden
www.inpotron.com



Der Maßanzug für Ihre Stromversorgung

Sie sind auf der Suche nach einem erfahrenen, innovativen Experten für die Beratung, Entwicklung und Herstellung von kundenspezifischen Schaltnetzteilen. Sie benötigen eine Stromversorgungslösung für industrielle, medizinische und LED-Beleuchtungs-Anwendungen, der Transport- und Verkehrstechnik, der Gebäudesystem- oder der Kommunikationstechnik.

Bei uns sind Sie bestens aufgehoben. Für Sie entwickeln und fertigen wir hochwertige Individuallösungen an drei Standorten.



- AC/DC-, DC/DC-Wandler, USV, Akkuladegeräte
- Offene Platine, Open Frame, Gehäuselösungen
- 0,5 W bis 1 kW
- Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001 / DIN EN ISO 14001
- Fertigungsüberwachung: UL, SIQ, VDE, CSA, PSE, TÜV, VDS

Genau auf Ihre Wünsche und Anforderungen abgestimmt, planen und realisieren wir Ihre individuelle Stromversorgungsbaugruppe. Dabei sind intensive Beratungen und die gemeinsame Suche nach optimalen Lösungen Grundlage für eine langfristige, partnerschaftliche Geschäftsbeziehung. Sie erhalten eine Lösung mit Produkten von höchster Qualität, 100% Made in Germany – jeweils als Maßanzug für Ihre Stromversorgungsanforderungen.

Wir Technologen handeln und denken unternehmerisch. In verantwortungsvollem Umgang mit Ressourcen entwickeln wir marktführende Produkte. Es motiviert uns, dass viele Unternehmen uns daran beteiligen, für sie ein Vertrauensprodukt zu entwerfen und es letztendlich in unserer hausinternen Produktion entstehen zu lassen.

Ihr Vertrauensvorschuss, unsere Leidenschaft und Ausdauer schaffen innovative Lösungen für unterschiedlichste Märkte und Anwendungen. Eine Spitzentechnologie, die Sie und uns begeistert.



Customized Solutions
Quality made in Germany



inpotron Schaltnetzteile GmbH

Hebelsteinstr. 5 | 78247 Hilzingen | Phone +49 7731 9757-0 | Fax +49 7731 9757-10 | info@inpotron.com | www.inpotron.com

IHR PARTNER FÜR ENGINEERING & DISTRIBUTION

Hochstrominduktivitäten für alle Leistungsanwendungen

Mit den SHI-/THI-Serien von PEC-Coil bietet Finepower das weltweit größte Standardsortiment an Hochstrom-Induktivitäten für alle Einsatzgebiete der Leistungselektronik.

Technische Daten

- ➔ Flachdraht-Drosseln in SMD- & THT-Bauweise
- ➔ Induktivitäten von 0,1 µH bis 100 µH
- ➔ Hohe Ströme von 4 A bis 100 A
- ➔ Kantenlänge von 5 bis 35 mm
- ➔ Temperatur von -40 °C bis +125 °C (AECQ-200, Klasse 1)

Vorteile

- ➔ Hohe Leistung
- ➔ Ausgezeichneter Wirkungsgrad
- ➔ Niedrige Kernverluste
- ➔ Geringer Gleichstromwiderstand
- ➔ Minimales Streufeld
- ➔ Sehr gute Filterwirkung bei Gegentaktstörungen
- ➔ Geeignet für Plasma-Reinigung

Anwendungen

- ➔ Differential-Mode-Filter in allen Kfz-Leistungsanwendungen
- ➔ Speicherdrossel in DC/DC-Wandlern
- ➔ Ausgangsfilter in Ladegeräten
- ➔ Batteriebetriebene Geräte aller Leistungsklassen



RoadPak-Module von Hitachi ABB ein starker Partner im Bereich E-Mobility

Hitachi ABB RoadPaks finden ihren Einsatz in Antriebsumrichtern für PKW, LKW oder Bussen. Die SiC-Module ermöglichen einen modularen Aufbau und können daher flexibel in verschiedenen Topologien eingesetzt werden.

Technische Daten

- ➔ Halbbrücken-Topologie, optimiert für SiC-MOSFETs
- ➔ Niederinduktiver Aufbau (<5 nH)
- ➔ Gleiches Gehäuse für 750-1.200 V bis zu 1000 A, SiC & IGBTs
- ➔ Kühlkreisbindung über PinFin-Bodenplatte
- ➔ Optimierte interne Verbindungstechnik

Vorteile

- ➔ Flexible Konfiguration, optimale Wärmeverteilung
- ➔ Sehr gute Kühlanbindung, flexible Gestaltung des Kühlkreislaufes (Flussrichtung)
- ➔ Geringe Schaltverluste, hohe Leistungsdichte
- ➔ Hoher Teillast-Wirkungsgrad
- ➔ Hohe Lebensdauer



Leistung als Kernkompetenz beim Design elektronischer Komponenten und Systeme

- ➔ 12 Jahre Know-how in digitaler Leistungselektronik
- ➔ 10 Jahre Erfahrung mit Wide-Bandgap-Halbleitern
- ➔ Unterstützung des kompletten Entwicklungsprozesses

Anwendungskompetenz

- ➔ Leistungselektronik für Hybrid- und E-Fahrzeuge
- ➔ Drahtlose oder konduktive Batterieladetechnik
- ➔ Resonanzwandler
- ➔ Bidirektionale Wandler
- ➔ Leistungen von wenigen Watt bis >100 kW

Dienstleistungen

- ➔ Elektrische, magnetische, thermische und mechanische Simulationen
- ➔ Schaltungsdesign und -layout
- ➔ Mechanisches Design
- ➔ Prototypenbau und Inbetriebnahme
- ➔ Unterstützung bei Qualifikation für Serienreife

Qualitätssicherung

- ➔ ISO 9001:2015 und ISO 26262
- ➔ Automotive SPICE Level 3
- ➔ Soft- und Hardware-Design bis ASIL C
- ➔ Laborverifikation für elektrische Sicherheit
- ➔ Pre-Compliance-Tests für EMV



MOSFETs mit extrem hoher Leistungsdichte

Das neue MOSFET-Flaggschiff MXP40F1P0BG(L) von MaxPower bietet Entwicklern von kompakten Schaltungen neue Möglichkeiten zur Steigerung der Leistungsdichte.

Technische Daten

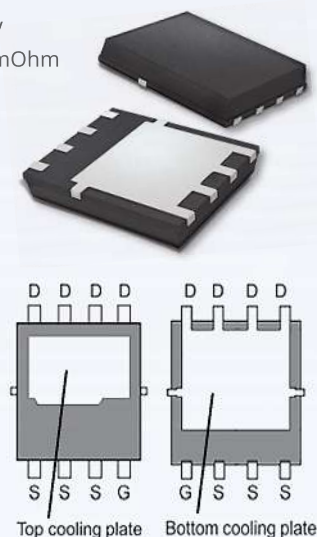
- ➔ Betriebsspannung max. 40 V
- ➔ Durchgangswiderstand < 1 mOhm
- ➔ Spitzenströme bis 1000 A
- ➔ Verlustleistung bis zu 190 W

Vorteile

- ➔ Doppelseitige Kühlmöglichkeit (Dual-Side Cooling Package)
- ➔ Niedrige Durchlass- und Schaltverluste
- ➔ Schnelle Body-Diode
- ➔ Hohe Robustheit

Anwendungen

- ➔ Umrichter für Power Tools
- ➔ DC/DC-Wandler
- ➔ Synchrongleichrichter



GATE-TREIBER

Für H-Brücken in DC/DC-Bricks

Eine neue Produktfamilie der EiceDRIVER sind die Treiber-IC 2EDL8. Sie unterstützt den stärkeren Einsatz von DC/DC-Brick-Wandlern in Mobilfunk-Infrastrukturen. Die zweikanaligen Gate-Treiber-ICs mit Junction-Isolation sorgen für ein hohe Leistungsdichte, Effizienz und Robustheit in isolierten DC/DC-Abwärtswandlern und Telekommunikations-Bricks. Damit ermöglichen sie Makro-Basisstationen in 5G- und LTE-Infrastrukturen. Die 2EDL8-Familie umfasst vier Varianten mit zwei unterschiedlichen Pull-up-Strömen und zwei verschiedenen Eingangskonfigurationen. Die 3-A-Version ist für Nachrüstungen geeignet, während die 4-A-Version empfohlen wird, um damit Schaltverluste von MOSFETs zu reduzieren. 2EDL8 integriert eine 120-V-Bootstrap-Diode und eine präzise Kanal-zu-Kanal-Anpassung für eine Lauf-

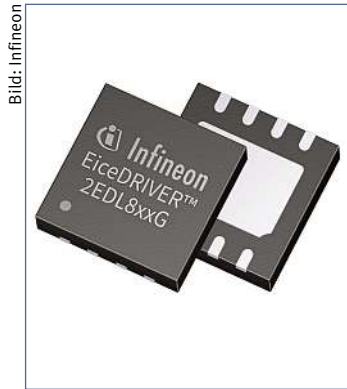


Bild: Infineon

zeitverzögerung von ± 2 ns typisch. Alle Treiber dieser Familie sind in einem Leadless-Gehäuse PG-VDSO-8 untergebracht und entsprechen dem Industriestandard. 2EDL802x erlaubt den unabhängigen Betrieb beider Kanäle. Die Treiber haben einen Differentialeingang und Phasen-Kurzschluss-Schutz.

Infineon

600-V-FAST-BODY-DIODE-MOSFET

Niedriger RDS(on)*Qg-Wert (FOM)

Ein weiteres Modell seiner vierten Generation von 600-V-Fast-Body-Diode-MOSFETs der EF-Serie präsentiert Vishay. Der n-Kanal-MOSFET SiHH070N60EF von Vishay Siliconix bietet im Vergleich zur Vorgängergeneration einen um 29% geringeren On-Widerstand und eine um 60% geringere Gate-Ladung. Durch seine hohe Energieeffizienz eignet er sich für Stromver-

sorgungsanwendungen in der Telekommunikation, Industrie und im Computerbereich. Unter allen vergleichbaren Produkten auf dem Markt bietet dieser MOSFET nach Angaben des Herstellers das kleinste Produkt aus Gate-Ladung mal On-Widerstand, die wichtige Kennzahl (FOM, figure of merit) von 600-V-MOSFETs für Spannungswandler-Anwendungen. Der MOSFET hat einen maximalen On-Widerstand von $0,061 \Omega$ bei 10 V Gate-Spannung und eine Gate-Ladung von 50 nC. Die FOM-Spezifikation von $3,1 \Omega \cdot nC$ ist damit laut Vishay um 30% kleiner als beim nächstbesten Wettbewerbsprodukt. Für das ZVS in z.B. LLC-Resonanzwandler haben die MOSFETs der Serie SiHH070N60EF kleine Ausgangskapazitäten von 90 pF bzw. 560 pF.

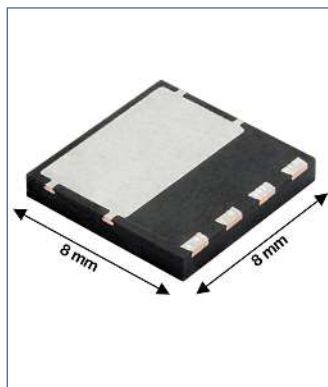


Bild: Vishay

Vishay Intertechnology

ELYTONE

Magnetische Bauteile nach Industriestandard



Maßgefertigte Produkte



kleine Mindestbestellmengen



IATF 16949



ISO 13485

Unsere Produktlinien



Hoch-/Niederfrequenztransformator



Planartransformator



Choke und Induktor



Stromwandler

www.elytone.com.tw



RTS



Thermischer Schutz

- Saubere Trennung von Nennspannungen bis zu 60VDC
- Reflow kompatibel mittels nachgelagerter mechanischer Aktivierung
- Galvanische Trennung findet komplett im Innern der RTS Thermosicherung statt

SCHURTER
ELECTRONIC COMPONENTS

schurter.com/thermoschutz

Neue Zahlen: Photovoltaik reduziert das CO₂-Aufkommen beträchtlich

Eine 16-kW-Solarstromanlage auf dem Dach vermeidet pro Jahr zehn Tonnen CO₂ – das ist so viel wie 800 Buchen in derselben Zeit binden. Solarstromanlagen sind ein effizientes Mittel gegen den Klimawandel.

Jede erzeugte kWh Photovoltaikstrom vermeidet in Deutschland derzeit 627 gr Kohlendioxid. Das belegen aktuelle Zahlen des Umweltbundesamtes. Eine größere Photovoltaikanlage auf einem Einfamilienhaus mit 16 kWh installierter Leistung spart demzufolge rund 10 t CO₂ im Jahr ein. Bei einem Solarpark mit einer installierten Leistung von 10 MW sind es rund 6300 t Treibhausgas jährlich. Darauf weist das Solar Cluster Baden-Württemberg hin. Allein in Baden-Württemberg hat die Photovoltaik im Jahr 2018 den Ausstoß von rund 3,6 Mio. t CO₂ vermieden. Deutschlandweit sind es insgesamt fast 29 Mio. t. Um anschaulich zu machen, um welche Mengen es sich dabei handelt, hat der Branchenverband ermittelt, wie viele Buchen erforderlich wären, um dieselbe Menge des Treibhausgases zu binden. Im Fall der Einfamilienhausanlage sind rund 800 Buchen nötig. Beim genannten Solar-

park-Beispiel sogar eine halbe Million – ein Wald so groß wie rund 6500 Fußballfelder.

Beides ist nötig: Aufforstung und Photovoltaik

„Damit das klar ist: Für den Klimaschutz braucht es beides, mehr Photovoltaikanlagen zur CO₂-Vermeidung und mehr Bäume zur CO₂-Speicherung“, sagt Franz Pöter, Geschäftsführer des Solar Clusters, „den Löwenanteil der Kohlendioxid-Vermeidung bei der Stromerzeugung wird neben der Windenergie vor allem die Photovoltaik tragen. Für den Solarausbau sollten Politik und Wirtschaft nun massiv in Forschung und Produktion investieren. Jeder Euro, der etwa in die Forschung gesteckt werde, sei gut investiert, da Solarzellen durch Weiterentwicklung günstiger würden und mehr zum Klimaschutz beitragen könnten. Bis zu 500 GW installierte Photovoltaikleistung, zehnmal

so viel wie aktuell errichtet, sind hierzulande nötig, um einen hohen Anteil erneuerbarer Energien im Energiesystem und somit die Klimaziele zu erreichen, hat das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme kürzlich berechnet.“

Aktuelles Ziel der Bundesregierung sind 55% weniger Treibhausgasemissionen bis 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 – bislang sind erst rund 35% erreicht. Der Beitrag von Photovoltaikanlagen zum Klimaschutz ist nicht zu unterschätzen. Die 16-kW-Anlage vermeidet genau so viel CO₂, wie ein Bundesbürger durchschnittlich pro Jahr verursacht. Bei einer vierköpfigen Familie reduzieren sich die Emissionen bilanziell folglich um 25%.

Auch Unternehmen oder die öffentliche Hand können mit Photovoltaik ihre Klimabilanz erheblich verbessern: Eine mittelgroße Solaranlage auf Gewerbeimmobilien oder kommunalen Gebäuden mit 350 kW installierter Leistung vermeidet rund 220 t Kohlendioxid pro Jahr. Größere Anlagen auf Industriedächern oder Verwaltungsgebäuden schaffen bei einer Größe von 750 kW installierter Leistung 470 t. Um dieselbe Menge CO₂ zu binden, die eine 350-kW-Anlage vermeidet, wäre ein Wald mit rund 18.000 Buchen erforderlich. Bei der 750-kW-Anlage sind es sogar 38.000 Buchen. Bei einer kleinen Balkonsolaranlage mit zwei Photovoltaikmodulen, sie hat rund 600 W installierte Leistung, liegt die nötige Anzahl an Buchen immer noch bei 30. Die Daten zur Bindung des Kohlendioxids durch Buchen stammen vom Wald-Zentrum der Universität Münster: „Der Laubbaum bindet pro Jahr im Schnitt 12,5 Kilogramm CO₂ – als Setzling weniger, als ausgewachsener Baum mehr. Er muss rund 80 Jahre wachsen, damit er eine Tonne des Klimagases in Holz umwandeln kann.“ Für die Einlagerung 1 t CO₂ pro Jahr braucht es folglich 80 Buchen. Dafür ist mehr als ein Hektar Buchenwald nötig, der aus etwa 80 ausgewachsenen Buchen sowie einigen kleineren und mittelgroßen Bäumen besteht, die ebenfalls CO₂ speichern.

Photovoltaik reduziert Kohlendioxidausstoß



Grafik: Solar Cluster Baden-Württemberg

Bild 1: Photovoltaikanlagen vermeiden den Ausstoß des Klimagases Kohlendioxid.

PV-Zahlen des Umweltbundesamtes zur Emissionsbilanz

Die neuesten Zahlen des Umweltbundesamtes zur Emissionsbilanz erneuerbarer Energien stammen vom November 2019. Die Bilanz von Photovoltaikanlagen setzt sich aus der vermiedenen Menge an CO₂-Emissionen und den neu entstandenen CO₂-Emissionen aus der Herstellung der Anlage zusammen. Mit einberechnet ist der gesamte Produktionsprozess, vom Rohstoffabbau über die Zell- und Modulproduktion bis hin zur fertigen Anlage inklusive Rahmen und Aufständigung. Der zur Herstellung erforderliche energetische Aufwand bei Solaranlagen ist heute nicht zuletzt aufgrund großer Fortschritte durch Forschung und Entwicklung mittlerweile deutlich kleiner als die während der Lebensdauer der Anlage erzeugte Ökostrommenge. Je nach Solarzellentechnik sind es in Deutschland ein bis drei Jahre, dann habe sich der Energieaufwand zur Herstellung amortisiert, rechnen die Baden-Württemberger Solar-Experten vor und beziffern die Nutzungsdauer der Solarmodule inzwischen auf 30 Jahre. Der in Deutschland verdrängte fossile Strom aus Braunkohle- und Steinkohlekraftwerken stammt laut der Studie des Umweltbundesamtes zu 61% aus Kohlekraft- und 39% aus Gaskraftwerken.

Das Solar Cluster Baden-Württemberg e.V. vernetzt rund 50 Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus allen Teilen der solaren Wertschöpfungskette. Ziele der südwestdeutschen Branchenvereinigung sind der beschleunigte Ausbau der Solarenergie in Baden-Württemberg und die Unterstützung der regionalen Solarbranche.

Extremtest für Solarmodule: ZSW optimiert Prüfverfahren

Die Lebensdauer einer Photovoltaikanlage beziffert die Branche mit etwa 20 bis 25 Jahren. Für erreichbare und zertifizierte maximale Wirkungsgrade werden je nach Modultechnologie Werte zwischen 20% und 33% genannt, auch seien noch höhere Werte erreicht worden. Großen Einfluss auf den Anlagenwirkungsgrad hat auch der eingesetzte Wechselrichter. Aber da gibt es noch eine ganz andere Variable in der Gleichung: Das Nachlassen der elektrischen Leistung von Photovoltaik-Zellen aus kristallinem Silizium. Dieser Leistungsverlust ist nicht sofort erkennbar. Er entwickelt sich langsam im Laufe der Monate bis weniger Jahre. Die Rede ist von der Potential-induzierten Degradation, kurz PID. Ein verbessertes Prüfverfahren des ZSW (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg)



Bild: Solar Cluster Baden-Württemberg e.V.

Bild 2: „Für den Klimaschutz braucht es beides, mehr Photovoltaikanlagen zur CO₂-Vermeidung und mehr Bäume zur CO₂-Speicherung,“ betont Franz Pöter, SolarClusterBW.

hilft, diesen Ertragsverlust durch eine schlechende Leistungseinbuße für die Modul-Lebensdauer zu bestimmen.

Über die veranschlagte Lebensdauer von z.B. 25 Jahren kalkulieren Experten einen Wirkungsgradverlust von 10% bis 13% ein. Einer der Gründe für diesen Verlust ist eben die spannungsinduzierte Degradation. Diese spannungsbedingte Leistungsminderung tritt bei kristallinen Photovoltaik-Modulen durch Leckströme auf, das sind Stromverläufe über einen Pfad, der nicht zur Leitung von Strom vorgesehen ist. Ein bis zu 30%-iger Leistungsverlust ist hierbei möglich.

Bei Photovoltaik-Modulen kann sich im Fall einer Spannungsdifferenz zwischen den Zellen und dem geerdeten Rahmen der Wirkungsgrad verschlechtern. Herkömmliche Module werden inzwischen gegen dieses Phänomen unempfindlich gemacht. Mit der aktuellen Anhebung der Systemspannung von 1000 auf 1500 V stellt sich jedoch erneut die Frage nach der PID-Beständigkeit.

Das ZSW hat in einem Projekt einen Extremtest entwickelt, der über die Standardprüfung hinausgeht und präzisere Aussagen über die Widerstandsfähigkeit der Solarmodule geben kann. Das Ergebnis der Belastungsprüfungen, die eine jahrzehntelange Betriebsdauer simulieren, ist: Solarmodule mit bestimmten Einbettmaterialien als PID-Schutz verlor selbst nach rechnerisch 60 Jahren Betrieb praktisch keine Leistung durch PID. Für Investoren, Banken, Hersteller und Projektentwickler sind solche Langzeitprognosen wichtig, so das ZSW, um die Wirtschaftlichkeit von Solarprojekten einzuschätzen.

Slim U-Bracket



MEAN WELL Power Supplies Serie UHP

- Leistung 200 bis 2.500 Watt
- Hoher Wirkungsgrad bis 96 %
- Lüfterloses Design
- EN62368-1, EN60335-1
- 3 Jahre Herstellergarantie

Distribution by Schukat electronic

- Über 250 Hersteller
- 97% ab Lager lieferbar
- Top-Preise von Muster bis Serie
- Persönlicher Kundenservice

Onlineshop mit stündlich aktualisierten Preisen und Lagerbeständen

schukat.com

SCHUKAT
electronic



Bild: ZSW/Alexander Fischer

Bild 3:
Klimakammern im SOLAB des ZSW. Der PID-Test wirkt auf die Solarmodule wie eine jahrzehntelange Betriebsdauer und liefert realistische Lebensdauerdaten bezüglich der PID-Empfindlichkeit.

Dass die spannungsinduzierte Degradation prinzipiell bei allen Siliziumsolarzellen auftreten kann, ist bekannt. Vor allem Einbettmaterialien verhindern den teilweise reversiblen PID-Effekt inzwischen verlässlich, heißt es. Testergebnisse von Modulen aus heutiger Produktion bestätigten dies. Die Prüfungen erfolgen gemäß der Norm IEC TS 62804-1 typischerweise bei angelegter Systemspannung von 1000 V und Temperaturen von 85 °C über eine Dauer von 96 Stunden.

Die Spannung für Solarmodule steigt auf 1500 V

Seit wenigen Jahren werden jedoch immer mehr Solarmodule und Wechselrichter auf die Systemspannung 1500 V ausgelegt. Die Vorteile sind ein geringerer Materialaufwand, niedrigere Kosten und mehr Leistung. Besonders Eigentümer von Solarparks und gewerblichen Dachanlagen setzen auf diese Technologie. Die Prüfung der PID-Beständigkeit steht daher erneut auf der Tagesordnung.

Im Rahmen des europäischen Forschungsprogramms SolarEraNet haben sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des ZSW zusammen mit den Unternehmen Specialized Technology Resources España und CS Wismar dieser Frage gestellt. Getestet haben die Partner Module mit zwei Typen von Zellen, eine PID-beständige und eine etwas PID-anfälligere Variante. Beide Zellen wurden einmal mit dem Einbettmaterial Standard-EVA (EVA-1), einmal mit einem ver-

besserten, hoch resistiven EVA (EVA-2) und schließlich mit einem Polyolefin-Elastomer (POE) kombiniert.

Alle untersuchten Modulvarianten hatten zuvor den bekannten Standard-PID-Test nach der IEC-Norm mit 1500 V bestanden. Nach der Prüfung verblieben mehr als 95% der Anfangsleistung – die Bandbreite des Wirkungsgradverlustes lag bei 1,0% bis 2,4%. Selbst eine Verlängerung der Testzeiten auf 600 Stunden brachte keine wesentliche Verschlechterung. Differenzierte Aussagen über die PID-Beständigkeit sind laut ZSW mit dem Test jedoch nicht möglich.

Der Extremtest liefert Daten zur PID-Empfindlichkeit

Erkenntnisse über die IEC-Norm hinaus erhielten die Forscher, als sie einen deutlich extremeren PID-Test durchführten. Er wirkte auf die Solarmodule ein wie eine jahrzehntelange Betriebsdauer und lieferte dadurch realistische Lebensdauerdaten bezüglich der PID-Empfindlichkeit. Zu diesem Zweck kombinierten die Partner die stressreichen Komponenten des bekannten Tests und erhöhten die Prüfspannung um 67% auf 2500 V. Mit bis zu 1000 Stunden legten sie außerdem eine mehr als zehnmals längere Prüfzeit gegenüber der Norm an. Zusätzlich wurden die Module im Test mit einer leitfähigen Metallfolie auf der Vorderseite kontaktiert.

Die Ergebnisse: Module mit dem Einbettmaterial EVA-1 erleiden nach rechnerisch zwei Betriebsjahren im 1500-V-System einen

Leistungsabfall von bis zu 5% durch PID. Die Wissenschaftler sind von dem Worst Case ausgegangen und haben Erholungseffekte nicht berücksichtigt. Module mit EVA-2 verhalten sich besser; erst nach 22 Jahren betrage der Leistungsabfall bis zu 5%. Module mit POE würden selbst nach 60 Betriebsjahren praktisch keinerlei Anzeichen von PID zeigen, so die ZSW-Berechnungen.

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) gehört zu den führenden Instituten für angewandte Forschung auf den Gebieten Photovoltaik, regenerative Kraftstoffe, Batterietechnik und Brennstoffzellen sowie Energiesystemanalyse.

„Mit unserem neuen Test können wir künftig präziser als bisher die PID-Beständigkeit ermitteln“, konstatiert Peter Lechner, der Leiter des ZSW-Photovoltaik-Testlabors SOLAB, und fügt hinzu, „das Einbettmaterial der Solarmodule hat einen großen Einfluss auf die PID-Beständigkeit. Module mit POE sind hier absolut stabil.“

An den drei ZSW-Standorten Stuttgart, Ulm und Widderstall sind derzeit rund 280 Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker beschäftigt. Hinzu kommen 100 wissenschaftliche und studentische Hilfskräfte. Das ZSW ist Mitglied der Innovationsallianz Baden-Württemberg (innBW), einem Zusammenschluss von 13 außeruniversitären, wirtschaftsnahen Forschungsinstituten. // KU

ZSW Baden-Württemberg

NETZTEILE FÜR DEN 24/7-EINSATZ

Ein Standard-Netzteil und dennoch flexibel

Mit diesen Netzteilserien im einheitlichen 2 x 4-Zoll-Raster will Magic Power die Konstruktion einer Stromversorgung vereinfachen. Damit soll größtmögliche Flexibilität gegeben sein, bis die Leistungsaufnahme der Applikation endgültig feststeht.

Je eher Systemhersteller die Stromversorgung in ihren Entwicklungen berücksichtigen, umso größer ist die Entscheidungsfreiheit hinsichtlich der Modellauswahl. Aber das ungeliebte Thema Stromversorgung, das per se wenig zur Innovation und Funktionalität eines Gerätes beiträgt, wird in der Regel als notwendiges Übel erachtet und hintenangestellt. Kein Platz, unpassende Maße und nicht optimale Leistungswerte sind nicht selten das Ergebnis dieser Unachtsamkeit. Möglicherweise kommt dann nur die anwendungsspezifische Lösung in Betracht. Im Entwicklungsprozess müssen Position und Maße für die Stromversorgung definiert werden, bevor der Leistungsbedarf endgültig feststeht. Hierauf bauen dann Kabelführungen und gegebenenfalls Lüftungs- und Strömungsverhältnisse auf.

Den Entwicklern und Konstrukteuren will Magic Power Technology in dieser Situation helfen und bietet nun die Möglichkeit, im Raster 2 x 4 Zoll aus

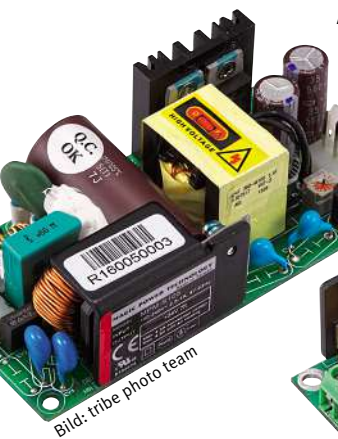


Bild: tribe photo team

Medizin-Netzteilserie MPM-S100: maximale Leistung 115 W bei einer Größe von 2 x 4 Zoll bei max. 70 °C Umgebungstemperatur.



Bild: tribe photo team

verschiedenen Netzteilen auszuwählen. Das Spektrum reicht von AC/DC bis DC/DC mit Ausgangsleistungen von 60 bis 200 W für den weiten Einsatz von Industrie bis Medizin. „Damit wollen wir dem Nutzer größtmögliche Flexibilität bieten, bis die Leistungsaufnahme seiner Applikation endgültig feststeht“, erklärt Frank Cubasch, Geschäftsführer von Magic Power, seine Idee. Entsprechende Gehäuse und Kabelsätze ergänzen die Design-Unterstützung.

In diesem Sortiment gibt es 2xMOPP-Medizin-Netzteile mit 115 W, ein galvanisch getrenntes DC/DC-Netzteil mit 100 W sowie nach der neuen Norm EN/CB/UL 62368-1 zugelassene 60-, 80-, 115-, 130- und 200-W-Stromversorgungen. Bei den Geräten für die Medizintechnik steht die Abkürzung MOPP für Means of

Weitere Variante der MPM-S100-Serie: bis 91 % Wirkungsgrad, Leerlaufleistung <0,5 W, 2MOPP-Schutz, für den Medizineinsatz geprüft.

Patient Protection. Sie benennt die Zahl der integrierten Schutzmaßnahmen, um Patienten und Personal gegen Stromschläge zu schützen. Solche Geräte erfüllen komplexe Anforderungen an die elektrische Sicherheit durch Isolierungen, Luft- und Kriechstrecken, Komponenten und Erdungen. Cubasch: „Hierbei erlauben die Netzteile der Baureihe MPM-S10X mit 2xMOPP direkten Patientenkontakt mit einem Patientenableitstrom unter 100 µA.“

Alle Stromversorgungen sind für den 24/7-Einsatz ausgelegt und haben hochwertige Elektrolyt-Kondensatoren mit hohen

Lebensdauern und MTBF-Werten. Dies sichert die Zuverlässigkeit über den gesamten Arbeitstemperaturbereich von -20 bis 70 °C, teilweise auch bis 80 °C. Die Geräte haben ein besonders geringes Derating in ihrer Leistungsklasse, sodass oftmals auf einen Temperaturzuschlag verzichtet werden kann.

Im Rahmen des ISO-9001-Qualitätsmanagements betreibt Magic Power Technology seit über zehn Jahren ein detailliertes Seriennummern-System, um im Bedarfsfall die Historie eines jeden Netzteiles bis zu den verbauten Komponenten-Chargen und Produktionsprüfungen rückverfolgen zu können.

Mit einem eigenen EMV- und Elektroniklabor in Dahn unterstützt der Stromversorgungshersteller auf Wunsch den Entwicklungsprozess des Anwenders, etwa beim Vermessen der Temperaturverhältnisse im Inneren der Applikation, um die Eignung eines bestimmten Netzteilmodells zu bestätigen. Auch eine EMI-Prüfung der Kundenapplikation mit dem Magic-Power-Netzteil ist am Freifeldmessplatz oder in der TEM-Zelle Gegenstand der Service-Arbeiten, die allerdings exklusiv den Kunden vorbehalten sind.

Magic Power Technology



Optimierte Kühlung

- Extrusions-, Druckguss und Flüssigkeitskühlkörper
- Leiterplatten-Kühlkörper
- Riesige Profilauswahl, mit und ohne Clipbefestigung
- Komplette CNC-Bearbeitung und Oberflächenveredelung
- Anwendungsspezifisches Kühlkörperdesign
- Technische Beratung und Thermische Simulation



CTX THERMAL SOLUTIONS

PHOTOVOLTAIK

Wie sich Ladungen in Solarzellen bewegen

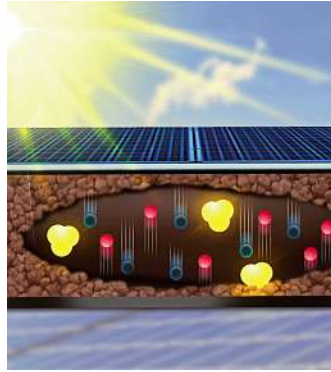


Bild: MPI-P

Ein komplexer Tanz: In einer Perovskit-Solarzelle bewegen sich Elektronen, Löcher und Ionen und beeinflussen sich gegenseitig.

Wenn die Sonne aufgeht, beginnt ein komplexer Tanz in Perovskit-Solarzellen – einem Typ von Solarzellen, der in Zukunft bestehende Silizium-Solarzellen ergänzen oder ersetzen könnte: Elektronen werden durch Licht mit Energie versorgt und bewegen sich. Wo sich Elektronen bewegen, hinterlassen sie Löcher. Gleichzeitig bewegen sich Ionen im Perovskit-Material. Das Verständnis dieses komplexen Tanzes kann dazu beitragen, den Wirkungsgrad von Solarzellen zu erhöhen. Gert-Jan

Wetzelaer, Gruppenleiter am Max-Planck-Institut für Polymerforschung (MPI-P) in Mainz, und sein Team haben mit einer Kombination aus Experiment und Computersimulation neue Einblicke in die mikroskopischen Vorgängen erhalten. „Diese Ergebnisse sind sehr wichtig, um den Wirkungsgrad von Solarzellen optimieren zu können“, so Wetzelaer. Veröffentlicht wurden die Ergebnisse in „Nature Communications“.

// TK

MPI-P

WASSERSTOFFERZEUGUNG

Weltweit grösster Hochtemperatur-Elektrolyseur



Bild: Salzgitter AG

Weltrekord: Dieser Elektrolyseur von Sunfire soll bei Salzgitter Flachglas bis Ende 2022 mindestens 100 Tonnen grünen Wasserstoff aus Ökostrom produzieren.

Der Hersteller von Anlagen zur Erzeugung von erneuerbaren technischen Gasen und Kraftstoffen Sunfire hat den weltweit leistungsstärksten Hochtemperatur-Elektrolyseur (HTE) zur energieeffizienten Wasserstoff-erzeugung an Salzgitter Flachstahl ausgeliefert. Im Rahmen des Projekts GrInHy2.0 wird erstmals eine Hochtemperatur-Elektrolyse mit einer elektrischen Nennleistung von 720 kW im industriellen Umfeld eingesetzt. GrInHy2.0 ist ein weiterer Schritt hin zu einer CO₂-armen

Stahlproduktion im Rahmen des Projekts SALCOS (Salzgitter Low CO₂-Steelmaking). Bis Ende 2022 soll der Elektrolyseur mindestens 13.000 Stunden in Betrieb sein und mindestens 100 t grünen Wasserstoff aus Ökostrom produzieren.

Bereits 2016 hatte die Salzgitter Flachstahl GmbH gemeinsam mit Sunfire als Pionier das GrInHy-Projekt gestartet. In Zusammenarbeit mit den Partnern Paul Wurth S.A., Tenova SpA, dem französischen Forschungszentrum CEA sowie der Salzgitter

Mannesmann Forschung GmbH wird nun mit GrInHy2.0 nahtlos an das erfolgreiche Erstprojekt angeknüpft.

Das Projekt wird vom Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) im Rahmen der Fördervereinbarung Nr. 826350 gefördert. Das JU erhält Unterstützung vom Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union, Hydrogen Europe und Hydrogen Europe Research.

// TK

Sunfire



Solution@rego.com.tw



resolve your HEATache



TDP	SUPPORT OneStop
Rth	sk V ng
orging	EX trusion
at	Die casting
Graphite	perfect fit
Graphite	perfect fit
COST effective	stack ed

III-V-MEHRFACHSOLARZELLEN AUF SILIZIUM

Schlüsseltechnologie Tandem-Photovoltaik erreicht 25,9 Prozent

Erstmals ist bei einer direkt auf einem Siliziumsubstrat gewachsenen Mehrfachsolarzelle ein Wirkungsgrad von 25,9 % erreicht worden. Eine zentrale Etappe bei der Entwicklung wirtschaftlicher Solarlösungen für die industrielle. Diesen Wert, nach eigenen Angaben Rekordwert, haben die Forscher des Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE in enger Zusammenarbeit mit der TU Ilmenau, der Philipps Universität Marburg und den Epitaxie-Experten der AIXTRON SE, einem Anbieter von Depositionsanlagen für die Halbleiterindustrie, im Rahmen des geförderten Projekts MehrSi erzielt. Zusammen mit den Wissenschaftlern des Fraunhofer ISE gelang die Optimierung der Schichtstruktur

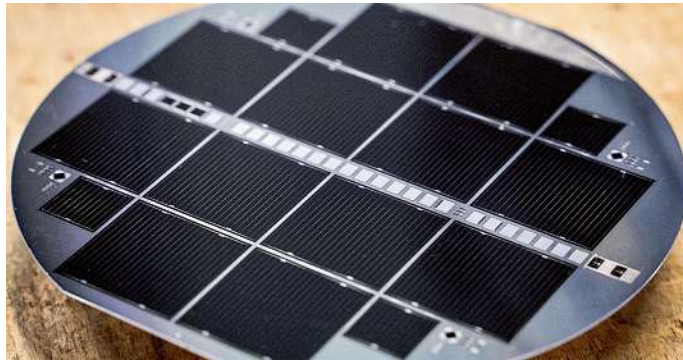


Bild: AIXTRON

und der Technologie. Diesen Rekordwert haben die Forscher des Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE in enger Zusammenarbeit mit der TU Ilmenau, der Philipps Universität Marburg und den Epitaxie-Experten der AIXTRON SE, einem Anbieter von Depositionsanlagen für die Halbleiterindustrie,

im Rahmen des geförderten Projekts MehrSi erzielt. Zusammen mit den Wissenschaftlern des Fraunhofer ISE gelang die Optimierung der Schichtstruktur und der Technologie. Dazu Dietmar Schmitz, VP Corporate Technology Transfer bei der AIXTRON: „Bislang erfolgte die Herstellung der III-V-Mehrfachsolarzellen auf

einem teureren Substratmaterial, etwa ebenfalls einem Verbindungshalbleiter-Material. An der Grenzfläche zum Silizium müssen die Gallium- und Phosphor-Atome die korrekten Gitterplätze einnehmen. Um das zu erreichen, müssen wir die atomare Struktur sehr gut kontrollieren. Das setzt eine außergewöhnlich hohe Präzision voraus. Auch ist für die notwendige hohe Qualität der Epi-Wafer entscheidend, dass eine hohe Kristallqualität aller Schichten beim epitaktischen Wachstum erreicht wird. Dies gelang in dem Projekt dank der von AIXTRON entwickelten verbesserten Anlagentechnologie und der guten Zusammenarbeit mit den Projektpartnern.“

AIXTRON SE

Removing heat from power electronics

Aismalibar thermal conductive laminates used in the Metal PCB designs combined with high thermal conductive interface materials play a crucial role in the power electronics industry, welding industry by AC-DC converters (TIG, GTAW, MIG), solar inverters, and power train systems.

These electronic systems generally operate at high temperature and voltage for thousands of hours and each system requires heavy thermal dissipation.

By utilizing the combination of different thermal management-related products in our portfolio, excess temperature can be transferred to heat sinks and other cooling systems, thereby guaranteeing the electrical isolation of ground-based components.

aismalibar.com



B Aismalibar®

COOLING ELECTRONICS



DISCOVER
MORE



Isolierte Stromversorgungen für Hybrid- und Elektrofahrzeuge

Mit immer mehr E-Fahrzeugen steigt der Bedarf an vollständig isolierten Stromversorgungen. Unter den verschiedenen, dafür in Frage kommenden Topologien, bietet der Gegentaktwandler Vorteile.

ANANT KAMATH *

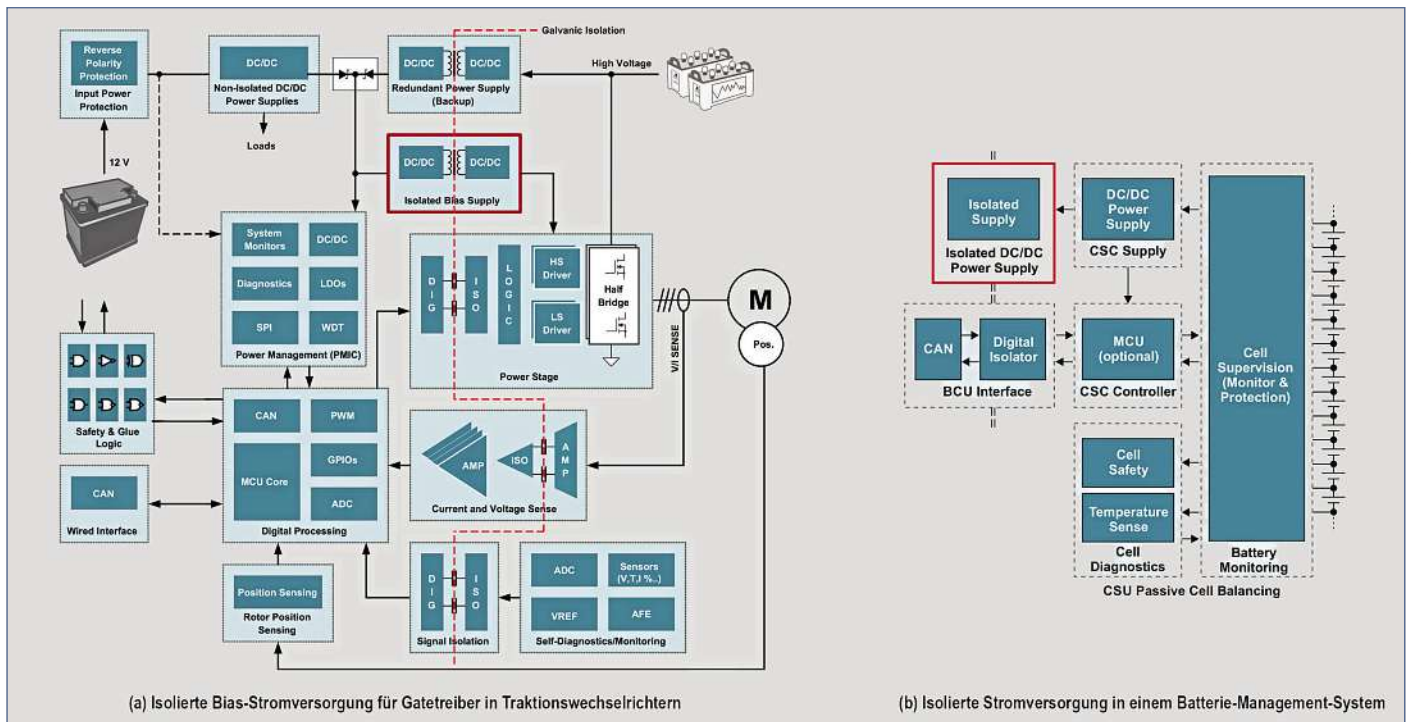


Bild: Texas Instruments

Bild 1: Einsatzmöglichkeiten für isolierte Stromversorgungen in Automotive-Systemen.

Das rapide Wachstum bei den Automobilen mit Hybrid- und reinem Elektroantrieb hat dazu geführt, dass der Bedarf an vollständiger galvanischer Isolation in Automobil-Anwendungen ebenfalls stark zugenommen hat. Die galvanische Isolation hat in Startergeneratoren, Batteriemanagement-Systemen, Bordladegeräten und Traktionswechselrichtern den Zweck, Hoch- und Niederspannungs-Schaltungen voneinander zu trennen. Dabei dient die Isolation in diesen Anwendungen nicht nur der elektrischen Sicherheit, sondern auch dem

Schutz empfindlicher Schaltungsteile für den Fall, dass es zu einem Fehler kommt.

Neben der Signalisolation mittels Digitalisolatoren sowie isolierten Transceivern, Verstärkern und Delta-Sigma-Modulatoren benötigen Automobilsysteme auch eine Isolation der Stromversorgung. Bild 1a zeigt exemplarisch ein Automotive-Subsystem mit isolierten Gattertreibern in Traktionswechselrichtern, in denen die isolierte Stromversorgung zur Erzeugung der erforderlichen Vorspannungen benötigt wird. In Bild 1b wiederum ist zu sehen, wie eine isolierte CAN-Schnittstelle (Controller Area Network) in einem Batteriemanagement-System (BMS) von einer isolierten Stromversorgung gespeist wird.

kommen, bietet der Gegentaktwandler einige Vorteile, die ihn für Automotive-Anwendungen besonders attraktiv machen. Dieser Beitrag geht auf einige hervorsteckende Merkmale der Gegentakttopologie ein und erläutert ihre Pluspunkte für die Performance und das Design. Beschrieben wird ferner die Verwendung von Gegentaktwandlern zum Bereitstellen der Vorspannungen für isolierte IGBT-Treiber (Insulated Gate Bipolar Transistor) in Traktionswechselrichtern, für die sich diese Topologie besonders anbietet.

Gegentaktwandler sind sehr einfach aufgebaut

Bild 2 veranschaulicht die Funktionsweise eines Gegentaktwandlers. In einem Gegentaktwandler dient ein Übertrager zum Trans-



* Anant Kamath
... ist Systems Engineer, Isolation Products, in der Interface Group bei Texas Instruments.

ferieren der Energie von der Primär- zur Sekundärseite. Im Gegensatz dazu wird bei anderen Topologien, wie etwa bei Sperrwandlern, die Energie in der ersten Phase des Schaltzyklus in eine Induktivität geladen, von wo sie in der zweiten Phase an den Verbraucher transferiert wird.

In einem Gegentaktwandler arbeiten zwei Schalter (Q1 und Q2) abwechselnd in den aufeinanderfolgenden Zyklen, um die für den Übertrager nötigen Schaltvorgänge auszuführen. Dazwischen wird jeweils eine kurze Totzeit eingefügt, damit es primärseitig zu keinen Kurzschlüssen kommen kann. Die Übertragerwirkung regelt die Ausgangsspannung nach dem Feed-Forward-Prinzip (Vorsteuerung), d.h. ohne Rückmeldung von der Sekundärseite, sodass die Höhe der Ausgangsspannung hauptsächlich durch das Windungsverhältnis des Übertragers bestimmt wird. Solange die Eingangsspannung hinreichend geregelt ist, wird auch die Ausgangsspannung einigermaßen geregelt, ohne dass ein analoges Rückmeldesignal und eine Regelkreisstabilisierung benötigt wird. Sperrwandler dagegen kommen nicht ohne eine analoge Rückmeldung mithilfe eines

Bild: Texas Instruments

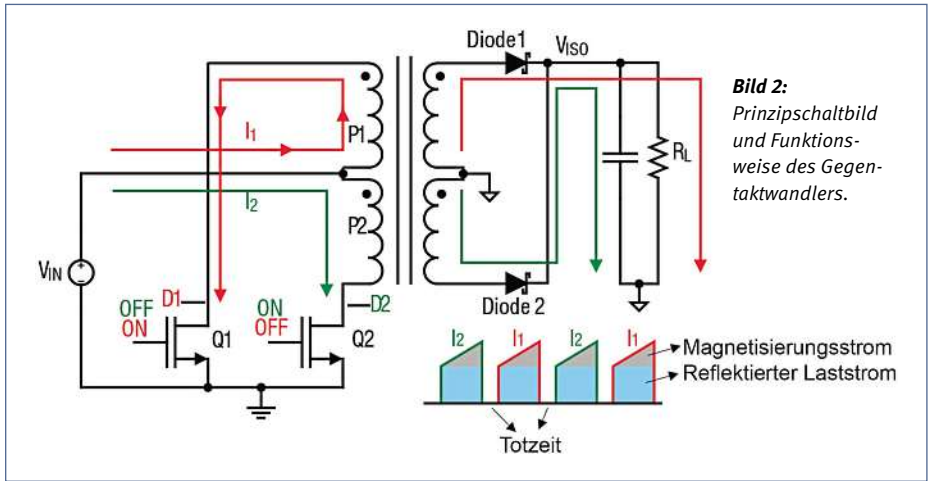


Bild 2: Prinzipschaltbild und Funktionsweise des Gegentaktwandlers.

Optokopplers aus. Die Gegentaktwandler-Topologie ist somit sehr einfach. Neben dem Übertrager und den Leistungsschaltern werden nur Gleichrichterioden und Bypass-Kondensatoren benötigt. Auch eine zusätzliche Verifikation des Designs zum Stabilisieren der Regelschleife ist entbehrlich.

Wie bereits erwähnt, erfolgt der Energietransfer von der Primär- zur Sekundärseite

mithilfe eines Übertragers. Jeweils einer der primärseitigen Schalter ist – wenn man die Totzeit ausklammert – während des gesamten Schaltzyklus leitend. Im Gegensatz zu anderen Topologien ist deshalb der maximale Strom, der durch die Leistungsschalter und den Übertrager fließt, hier nur geringfügig höher als der Laststrom. Niedrigere Scheitelströme aber bedeuten geringere Leitungs-

ingun®



Partner für die
Technologie der Zukunft

Hohe Frequenzen und Bitraten sind
unser tägliches Geschäft.

ingun.com

SSM SUSUMU
Thin Film Specialist and Innovator

since 1964

Ultra-High Precision
**Thin Film Chip
Resistor Networks**

Down to 1ppm/K in relative TCR



Susumu Deutschland GmbH

www.susumu.de

Frankfurter Str. 63 - 69 | 65760 Eschborn | ☎ +49 (0) 6196/9698 407 | info@susumu.de

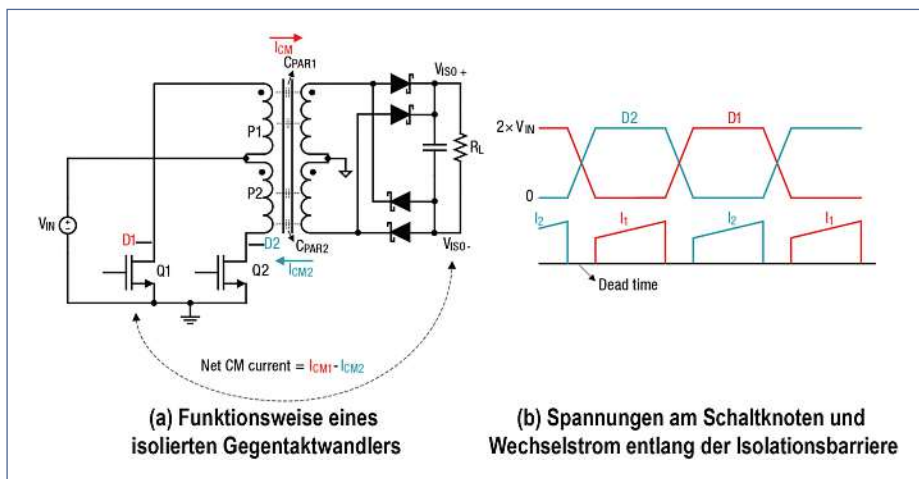


Bild 3: Über die Isolationsbarriere hinwegfließende Wechselströme führen zu elektromagnetischen Störaussendungen.

verluste (diese sind proportional zum Quadrat des Stroms), sodass der Wirkungsgrad höher ist.

Reduzierter Gleichtaktstrom vermindert Störaussendungen

In isolierten Gleichspannungswandlern ist der Wechselstrom, der insgesamt über die Isolationsbarriere fließt, die Hauptursache für das Entstehen elektromagnetischer Störaussendungen (Bild 3). Es gibt stets parasitäre bzw. unerwünschte Kapazitäten (CPAR1 und CPAR2) zwischen den Wicklungen von Seite 1 und Seite 2. Spannungsänderungen an diesen parasitären Kapazitäten führen dazu, dass Ströme über die Isolationsbarriere fließen. Da es aber keinen leitenden Stromweg zwischen den beiden isolierten Massen gibt, wird der Stromkreis über den längeren parasitären Pfad durch die Luft geschlossen, wodurch eine abstrahlende Schleife entsteht. Eine andere Betrachtungsweise ist es, den isolierten Gleichspannungswandler als eine Dipolantenne zu sehen. Entscheidend für die Bemühungen, die elektromagnetischen Störaussendungen einzudämmen, ist das Reduzieren des Gleichtaktstroms, der unter dem Strich über die Isolationsbarriere fließt. Hierbei hilft symmetrisches Schalten. Massebezogene (Eintakt-) Topologien wie etwa Sperr- oder Durchflusswandler sind prinzipbedingt asymmetrisch. Differenzielle (Gegentakt-) Topologien wie etwa Halb- oder Vollbrücken sind ebenfalls nicht vollständig symmetrisch, da sie entweder komplementäre PMOS- oder NMOS-Schalter enthalten oder den high-seitigen Schalter per Pegelumsetzer ansteuern.

Die Gegentakttopologie ist dagegen prinzipbedingt symmetrisch, denn sie besteht aus zwei identischen low-seitigen Schaltern,

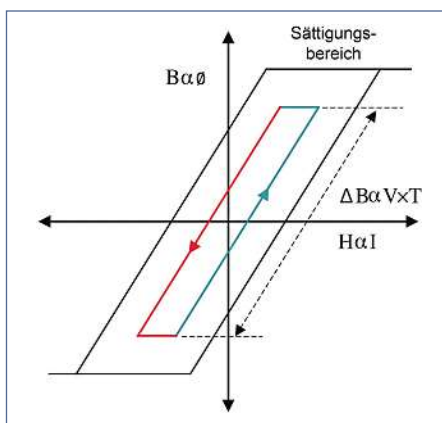


Bild 4: Verlauf des magnetischen Flusses im Übertragerkern.

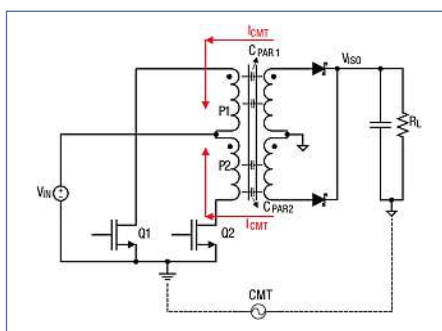


Bild 5: Gleichtakttransienten in einer isolierten Stromversorgung.

einem Übertrager mit primärseitigem Mittenabgriff und einem Brückengleichrichter. Der in Bild 3 dargestellte Vollbrücken-Gleichrichter anstelle der Halbbrücke in Bild 2 sorgt zusätzlich für Symmetrie.

Die bei der Gegentakttopologie verwendete Primärwicklung mit Mittenabgriff, deren beide Hälften fest miteinander gekoppelt

sind, erzwingt exakt komplementäre Drain-Spannungen an D1 und D2. Dies gilt sogar für den Fall, dass die Schalter Q1 und Q2 nach dem Break-before-Make-Prinzip mit dazwischenliegender Totzeit schalten. Die komplementären Spannungsänderungen bewirken, dass der Strom durch CPAR1 den durch CPAR2 genau aufhebt, sodass der über die Isolationsbarriere fließende Gleichtaktstrom null ist. Diese Besonderheit von Gegentaktübertragern ist einer der Gründe für die äußerst geringen abgestrahlten Störaussendungen. Die niedrigeren Spitzenströme der Gegentakttopologie ergeben zudem geringere induktiv bedingte Störgrößen, wenn Ströme unterbrochen werden. Dies trägt ebenfalls zu geringeren Störaussendungen bei.

Einfachere Auswahl und kleinere Übertrager

Da der Energietransfer in Gegentaktwandlern per Übertrager erfolgt, ist die Induktivität der Übertragerwicklungen kein vorrangiges Designkriterium. Der Bereich der geeigneten Primär- und Sekundärinduktivitäten ist groß, solange auf die Einhaltung des gewünschten Windungsverhältnisses geachtet wird. Die Magnetisierungsinduktivität der Primärwicklung führt in jedem Zyklus zum Aufbau eines Stroms, sodass der Wirkungsgrad umso höher ist, je größer diese Induktivität ist. Wichtig zum Eindämmen der Störaussendungen ist auch das Minimieren der Streuinduktivität. Während somit die Konstruktion des Übertragers Einfluss auf den Wirkungsgrad und die Störaussendungen hat, sind die Ausgangsspannung und die Regelkreisstabilität als wirklich wichtige Designaspekte unabhängig vom absoluten Induktivitätswert.

Bei der Gegentakttopologie wird der Aufbau des magnetischen Flusses im Übertragerkern während einer Phase durch die jeweils andere Phase genau aufgehoben. Das Resultat ist ein (bipolarer) Zweiquadrantenbetrieb (Bild 4). Sowohl die magnetische Feldstärke (H) als auch die magnetische Flussdichte (B) wechseln in jedem Zyklus ihre Polarität und durchlaufen die Nulllinie. Weil der magnetische Kern deshalb effizient genutzt wird, können kleinere und kostengünstigere Übertrager gewählt werden.

Höhere Störbeständigkeit der Stromversorgung

Isolierte Systeme werden mit Gleichtakttransienten konfrontiert, die sich als AC-Spannungsdifferenzen zwischen den beiden Massen äußern. Es kann sich dabei um eingekoppelte Störgrößen wie etwa elektrisch schnelle Transienten oder elektrostatische

Bild: Texas Instruments

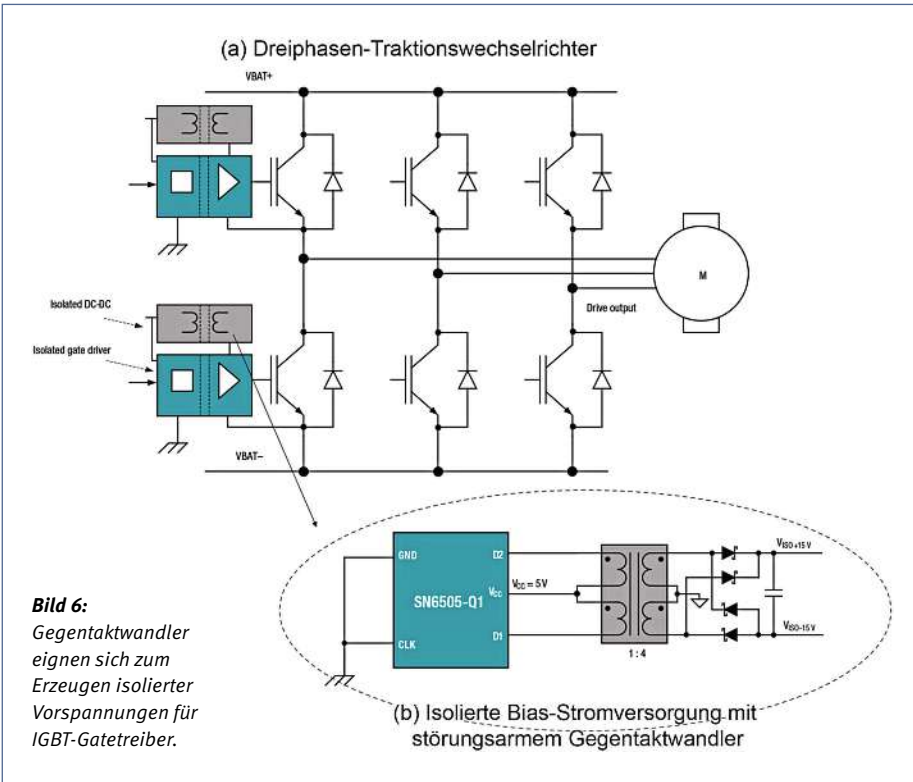


Bild 6: Gegentaktwandler eignen sich zum Erzeugen isolierter Vorspannungen für IGBT-Gatetreiber.

Entladungen handeln, oder aber um Transienten, die infolge der Schaltvorgänge des high-seitigen FET in einem Wechselrichter entstehen.

Wie Bild 5 illustriert, lassen die Gleichtakttransienten einen Gleichtaktstrom in der Primärwicklung entstehen. Die beiden eng gekoppelten Hälften der Primärwicklung lassen das Entstehen einer Gleichtaktspannung jedoch nicht zu. Der magnetische Fluss, der durch den Strom in der einen Primärwicklung entsteht, hebt den von der anderen Primärwicklung erzeugten Fluss genau auf, sodass ein niederohmiger Pfad zur primärseitigen Stromquelle entsteht. Hierdurch wird verhindert, dass der Gleichtaktstrom die primärseitigen Schalter Q1 und Q2 überlastet und die Funktion der Stromversorgung gestört wird.

Gegentakttopologie in Automotive-Anwendungen

Automotive-Anwendungen profitieren von einfachen Designs, denn Einfachheit ist gleichbedeutend mit Zuverlässigkeit. Überdies sind die Anforderungen hinsichtlich der elektromagnetischen Störaussendungen und der Beständigkeit gegen Transienten im Automobilbereich höher als bei industriellen Anlagen. Wichtig sind auch die kleineren Abmessungen, denn der Platz ist knapp, und auch unnötiges Gewicht sollte in Automotive-Anwendungen vermieden werden. Wird eine

isolierte Stromversorgung zum Erzeugen der Vorspannung für einen IGBT-Gatetreiber verwendet, muss sie außerdem hohen Gleichtakttransienten infolge der Schaltvorgänge der IGBTs widerstehen. Aus allen diesen Gründen ist die Gegentakttopologie hervorragend für Automotive-Applikationen geeignet. Bild 6 zeigt die Verwendung von Gegentaktwandlern (z.B. des Typs SN6505-Q1 von Texas Instruments) als isolierte Stromversorgung für isolierte IGBT-Gatetreiber in einem Dreiphasen-Traktionswechselrichter. Um für mehr Redundanz zu sorgen und das Routing zu vereinfachen, ist jedem der sechs IGBTs eine eigene Stromversorgung zugeordnet. Zum Ein- und Ausschalten der IGBTs kann der Vollbrückengleichrichter Spannungen von +15 V und -15 V erzeugen. In ähnlicher Form kommt dieses Konzept auch für Bordladegeräte in Frage.

Die Gegentakttopologie bringt zahlreiche Vorteile

Einfachheit, hoher Wirkungsgrad, geringe Störaussendungen, hohe Störimunität und kleine Lösungsabmessungen machen die Gegentakttopologie zu einer guten Wahl für Automotive-Anwendungen. Halbleiterbausteine, die zwei Schalt-FETs enthalten, warten als zusätzliche Vorteile mit geringeren Störemissionen und Fehlerschutz auf. // TK

Texas Instruments

Save the Date!

5G CONFERENCE

15. Juli 2021
NH Hotel München-Dornach

So wird Ihr 5G-Projekt ein Erfolg



Eine Veranstaltung von

ELEKTRONIK PRAXIS

5G HAUS atlantik elektronik

SMART MOBILITY

KI bündigt Datenmengen für automatisiertes Fahren

Beim Erproben hochautomatisierter Fahrzeuge fallen große Mengen an Daten an. Das Projekt KIsSME zielt darauf, diese zu reduzieren. Auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierende Algorithmen selektieren die Daten im Fahrbetrieb und sortieren sie in Szenarienkataloge ein. Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) stellt in dem vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Verbundvorhaben Daten aus Fahrversuchen und Simulationen bereit.

Um Kataloge von Fahrscenarien zu erstellen und bei der Fahrzeugerprobung neu auftretende Szenarien einzusortieren, dürfen während der Fahrt nur Daten aufgezeichnet werden, die tatsächlich einen Mehrwert bringen. Dazu entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf KI basierende Algorithmen, die bereits während des Fahrbetriebs die anfallenden



KI hilft: Mit verschiedenen Sensoren nehmen automatisierte Fahrzeuge Informationen über sich und ihre Umgebung auf.

Daten selektieren. Die Forscherinnen und Forscher des KIT stellen Daten aus realen Fahrversuchen sowie aus Simulationen bereit. Dazu laufen Messfahrten. Zudem überprüfen Forscherinnen und Forscher des FAST die

entwickelten KI-Modelle und KI-Selektoren, indem sie die erarbeiteten Algorithmen auf die Daten aus Versuchen und Simulationen anwenden. KIsSME bezieht sich auf automatisiertes Fahren der Stufen vier bis fünf.

Die Koordination des Projekts KIsSME liegt bei AVL Deutschland. Partner sind u.a. neben dem KIT das Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, das Ernst-Mach-Institut, das FZI Forschungszentrum Informatik, LiangDao, Mindmotiv, RA Consulting und Bosch beteiligt. Als assoziierte Partner fungieren der ASAM e.V. (Association for Standardization of Automation and Measuring Systems) sowie der Cluster Elektromobilität Süd-West, koordiniert von e-mobil BW (Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg). Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) fördert das Vorhaben mit insgesamt 6,5 Mio. €; das KIT erhält davon rund 330 000 €. KIsSME ist Anfang 2021 gestartet und auf drei Jahre angelegt. // TK

KIT-Zentrum Mobilitätssysteme

ELEKTRONIK PRAXIS

www.elektronikpraxis.de

ISSN 0344-1733

Impressum

Kommunikationsdaten unserer Ansprechpartner:
E-Mail-Code: (bitte Schreibweise von Umlauten beachten): <vorname>.<name>@vogel.de; Telefon: +49-931-418-(4-stellige-Durchwahl)

ABONNENTENSERVICE

DataM-Services GmbH
Franz-Horn-Straße 2, 97082 Würzburg
Tel. +49-931-41 70-4 62, Fax -4 94
vogel@datam-services.de, www.datam-services.de

REDAKTION

Leser-, Redaktionservice:
Tel. +49-931-418-2333
fachmedien@vogel.de

Chefredakteur:
Johann Wiesböck (jw), Tel. -30 81

Redakteure:
Michael Eckstein (me), Tel. -30 96
Sebastian Gerstl (sg), Tel. -30 98
Hendrik Härter (heh), Tel. -30 92
Gerd Kucera (ku), Tel. -30 84
Thomas Kuther (tk), Tel. -30 85
Margit Kuther (mk), Tel. -30 99
Kristin Rinortner (kr), Tel. -30 86

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

Redaktionsanschrift:
München: Rablstr. 26, 81669 München, Tel. -30 87, Fax -30 93
Würzburg: Max-Planck-Str. 7/9, 97082 Würzburg
Tel. -24 77, Fax -27 40

Konzeption/Layout: Ltg. Daniel Grimm, Tel. -22 47

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

Unternehmens- und Firmennamen:
Unternehmens- und Firmennamen schreiben wir gemäß Duden wie normale Substantive. So entfallen z.B. Großbuchstaben und Mittelinitiale in Firmennamen.

SALES

Chief Sales Officer:
Benjamin Wahler
Tel. -21 05, sales@vogel.de

Auftragsmanagement:
Tel. -20 78, auftragsmanagement@vogel.de

MARKETING

Produkt Marketing Manager:
Christian Jakob
Tel. -30 78, customer@vogel.de

VERTRIEB

Bezugspreis:
Einzelheft 12,90 EUR. Abonnement Inland: jährlich 249,00 EUR inkl. MwSt. Abonnement Ausland: jährlich 280,20 EUR (Luftpostzuschlag extra). Alle Abonnementpreise verstehen sich einschließlich Versandkosten (EG-Staaten ggf. +7% USt.).

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

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



Vogel Communications Group GmbH & Co. KG
Max-Planck-Str. 7/9 in 97082 Würzburg
Tel.: 0931/418-0, www.vogel.de

Beteiligungsverhältnisse:
Persönlich haftende Gesellschafterin:
Vogel Communications Group Verwaltungs GmbH
Max-Planck-Str. 7/9 in 97082 Würzburg
Kommanditisten:
Dr. Kurt Eckernkamp, 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
97204 Hönning

Copyright:
Vogel Communications Group GmbH & Co. KG

Nachdruck und elektronische Nutzung:
Wenn Sie Beiträge dieser Zeitschrift für eigene Veröffentlichungen wie Sonderdrucke, Websites, sonstige elektronische Medien oder Kundenzeitschriften nutzen möchten, fordern Sie gerne Informationen über support.vogel.de an.



Durchstarten 2021 - gemeinsam aus der Krise

In dieser Interview-Reihe geben unsere Leserinnen und Leser Einblicke in die Herausforderungen und Chancen der Corona-Pandemie in ihrem Unternehmen und verraten, was sie aus dem Krisenjahr 2020 gelernt haben. Lassen Sie uns im neuen Jahr 2021 gemeinsam durchstarten!

Johann Wiesböck: Annette Kempf hat die Coronakrise genutzt, um mit ihrem Unternehmen neue Lösungen für die E-Mobilität zu entwickeln. Dabei konnte sie auf viel Erfahrung zurückgreifen, musste aber auch Risiken eingehen.



Annette Kempf, CEO Eclipseina: Wir haben die schwierige Zeit genutzt, um neue, nachhaltige Lösungen für die E-Mobilität zu entwickeln. Basierend auf unserer bisherigen Expertise im Bereich der Softwareentwicklung sowie unserem tiefgehenden Wissen zur E-Mobilität haben wir neue Produkte entwickelt, mit denen wir im Jahr 2021 in eine umweltfreundlichere Zukunft starten.

Ich persönlich gehe davon aus, dass in den kommenden Monaten starke Nachholeffekte auftreten, wodurch das Wirtschaftswachstum kräftig anziehen wird.



Das ganze Interview können Sie unter www.elektronikpraxis.de/durchstarten nachlesen.

Eine gemeinsame Aktion der Medienmarken der



Die Zukunft für Smartphones, 5G und Omnikommunikation



Der Mobilfunkstandard 5G nimmt zügig Fahrt auf. Die Corona-Pandemie wirkt wie ein Katalysator für die schnelle Einführung von datenintensiven Anwendungen wie Tele-Medizin, Tele-Learning und virtuelle Unterhaltung. Dadurch erhöht sich der Speicherbedarf in den nächsten Jahren immens.

Raj Talluri, Senior Vice President & General Manager of Micron's Mobile Business
Unit: „Zunächst müssen die grundlegende 5G-Infrastruktur und die Speichertechnik aufgebaut werden – erst dann werden die revolutionären Anwendungen kommen.“

Analysten des Marktforschungs- und Beratungsunternehmens Gartner erwarten laut einer aktuellen Studie, dass sich der weltweite Absatz von 5G-Mobiltelefonen in den Jahren von 2020 bis 2021 auf fast 500 Millionen verkaufte Geräte verdoppeln wird. Nach der Einführung der ersten 5G-Netze in den letzten beiden Jahren beschleunigt sich der Auf- und Ausbau der schnellen Mobilfunktechnik weltweit rasant. Davon werden Verbraucher profitieren und auch bislang nicht mögliche Anwendungen nutzen können.

Hohe Übertragungsgeschwindigkeiten von 5G für datenintensive Anwendungen

Analysten erwarten, dass sich der weltweite Absatz von 5G-Mobiltelefonen von 2020 bis 2021 auf fast 500 Millionen verkaufte Geräte verdoppeln wird. Die hohen Geschwindigkeiten und geringen Latenzzeiten – in lokalen Campusanwendungen sollen Reaktionszeiten von unter einer Millisekunde möglich sein – werden echtes Multitasking mit dem Smartphone ermöglichen. Verbraucher werden in der Lage sein, ein hochauflösendes Multiplayer-Videospiel auf ihrem Fernseher zu streamen, während sie gleichzeitig einen Videochat führen, eine SMS schreiben und mit ihrem Smartphone arbeiten.

5G-Infrastruktur für bessere Telemedizin, Tele-Learning und virtuelle Unterhaltung

Mit all diesen umfangreichen, datenintensiven mobilen Anforderungen werden wir im Jahr 2021 eine steigende Nachfrage nach Speicher mit hoher Bandbreite und geringem Stromverbrauch wie LPDDR5 sehen. Dies wird entscheidend sein, um mit rechenintensivem Verhalten Schritt zu halten, ohne den Akku laufend laden zu müssen. Da die 5G-Download-Geschwindigkeiten um Größenordnungen höher sind als bei älteren Mobilfunktechniken und dies wiederum den Nutzern ermöglicht, mehrere 4K-Episoden ihrer Lieb-

lingssendungen und -filme schnell herunterzuladen, erwarten wir auch einen erhöhten Speicherbedarf in Smartphones. In den nächsten Jahren werden wir sehen, wie 5G neue und verbesserte Telemedizin, Tele-Learning und virtuelle Unterhaltung ermöglicht. Die Pandemie hat uns gezwungen, solche Applikationen stärker zu nutzen – aber es ist klar, dass die optimale Infrastruktur noch nicht vorhanden ist. Wenn 5G Realität wird und der kulturelle Wandel hin zu sozialer Distanzierung anhält, könnten wir sehen, dass es hochauflösende 4K/8K-Videos für die Telemedizin, personalisierte KI-basierte Lehrer in virtuellen Klassenzimmern und verzögerungsfreie Zoom-Meetings ermöglicht.

Im Jahr 2021 und darüber hinaus könnte 5G einfallreiche kontaktlose Erlebnisse im Einzelhandel und der Gastronomie sowie interaktive Sport- und Unterhaltungserlebnisse ermöglichen. Stellen Sie sich immersive, virtuelle 360-Grad-Erlebnisse für Arenasportarten wie Fußball vor, die durch mehrere Kameras realisiert werden. So kann dieselbe Szene aus verschiedenen Blickwinkeln aufgenommen werden, wobei das Smartphone diese Feeds zu einer 360-Grad-Ansicht in Echtzeit verarbeitet. Zuschauer können den gewünschten Blickwinkel wählen und das Spiel aus verschiedenen Blickwinkeln in Echtzeit verfolgen.

Übertriebenes Versprechen: 5G wird unser Leben nicht bis zum Ende dieses Jahres revolutionieren

Auf der anderen Seite ist das omnipräsente Versprechen, dass 5G unser Leben sofort oder bis zum Ende dieses Jahres revolutionieren wird, übertrieben. Es wird einige Zeit dauern, bis sich disruptive Anwendungen entwickeln – vielleicht drei bis fünf Jahre. Zunächst müssen die grundlegende 5G-Infrastruktur und die Speichertechnik aufgebaut werden – erst dann werden die revolutionären Anwendungen kommen.

// ME

THE FUTURE CODE



Experience the Transformation
of Industry

29. – 30. Juni 2021

Vogel Convention Center Würzburg
Hybrides Event

We empower you to transform your business!

Die Event-Plattform „The Future Code“ bringt Digitalisierungs- und Industrie-Experten zusammen und bietet Zündstoff für die zentralen Themen der Digitalen Transformation. Dabei können Sie frei entscheiden, ob Sie am Event Online oder in Präsenz teilnehmen!

www.thefuturecode.de/anmeldung



LEITERPLATTEN



NEU: 1-CLICK SMD-SCHABLONE

Einfach zur Leiterplatte hinzufügen

1-48 Lagen | ab **1AT Express**

Hightech Leiterplatte



Inklusive
0.1mm Leiter
0.2mm Bohren

2 Lagen z.B. 1St. 80mm x 100mm

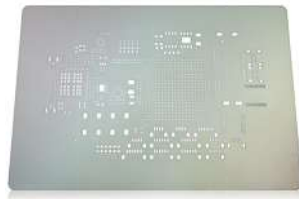
EINZELPREIS
4 AT € 35,00 netto
€ 41,65 brutto

8 AT € 29,80 netto
€ 35,46 brutto

BEREITS INKLUSIVE

0.1mm Leiterbreite, -abstand & Reststring, 0.2mm Bohren, FR4 1.55mm 35µm Cu, Oberfläche HAL bleifrei, 2x Lötstopp grün, 1x Positionsdruck weiß, E-Test, Design Rule Check

Präzisions SMD-Schablone



z.B. 1St. 100mm x 120mm

EINZELPREIS
1 AT € 9,90 netto
€ 11,78 brutto

BEREITS INKLUSIVE

Unlimited Pads, Dicke 100-120µm, Leiterplatten-Name auf Rakelseite angelasert, optionale Padreduktion, Endbehandlung beidseitig Entgratet, Axialtoleranz nur ±2µm

Alles aus einer Hand



2 Lagen Leiterplatte



SMD-Schablone

GESAMTPREIS
in 4 AT € 44,90 netto
€ 53,43 brutto

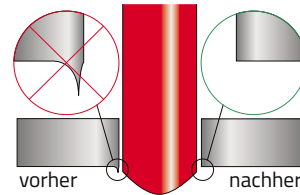
in 8 AT € 39,70 netto
€ 47,24 brutto

IHR VORTEIL

2 Lagen Leiterplatte
zusammen mit
SMD-Schablone

Nur 1x Versandkosten

ENTGRATEN:



vorher

nachher

Leiterplatten inklusive 0.1mm Leiter, 0.2mm Bohren, 4AT Standard!
Vergleichen lohnt sich, warum mehr zahlen für weniger Leistung?

Hightech macht's möglich ohne Aufpreis

FR4 1.55mm	4 Lagen 1St. 80x 100mm HAL bleifrei	€59,- netto €70,21 brutto	5 AT	€49,80 netto €59,26 brutto	9 AT
	6 Lagen 1St. 80x 100mm chem. Gold (ENIG)	€98,- netto €116,62 brutto	6 AT	€93,10 netto €110,79 brutto	9 AT

KOMPLETTPREIS INKLUSIVE:

- FR4 1.55mm 35µm Cu
- Endoberfläche
- 2 x Lötstopp grün
- 1 x Positionsdruck weiß
- E-Test, Design Rule Check
- A.O.I. und X-Ray
- Fräsen (innen, außen)
- DK-Schlitz

- Ultra-Feinstleiter
- Filmlose Laser Direktbelichtung (LDI)
- Impedanzkontrolle, ab 4AT
- HDI-Boards
- Blind & Buried Vias
- Microvias, auch gelasert
- Via Filling / Via in Pad metallisiert
- Stacked & Staggered Vias
- Durchkontaktierte Schlitz
- Senkbohrung
- Tiefenfräsen (Z-Achse)
- Halbe Bohrungen metallisiert (Halfholes)
- Kantenmetallisierung (Sideplating)
- Kundenspezifischer Lagenaufbau
- Dünnlamine für kleinen Lagenabstand
- Leiterplattendicke bis 7mm
- Backplanes, Backdrill
- PCI-Karten
- Dickkupfer
- Nutzenfertigung
- UL zertifiziert (E198312)
- IPC-A-600

Oberflächen:

- HAL bleifrei
- chem. Gold (ENIG)
- Goldkontakte (Stecker)

Sonderfertigung:

- chem. Zinn (kritische Weiterverarbeitung)
- chem. Silber
- HAL verbleit
- chem. Nickel-Palladium-Gold (ENEPIG) Bondgold

Sondermaterial z.B.

- Rogers
- FR4 HTg
- Alukern (1.0 - 8.0 W/mK)

Kontakt: Multi Leiterplatten GmbH
Brunnthaler Str. 2. 85649 Brunnthal
info@multi-cb.de

Hotline:
+49(0)81 04 / 628-0

Preise zzgl. Versandkosten
ab €8,03 brutto / €6,95 netto.

Verkauf nur an Unternehmer und öffentliche Einrichtungen.

Alle Produkte komfortabel online kalkulieren:

www.multi-cb.de

Leiterplatten HTg, HDI, HF, etc.



SMD-Schablonen auch Spannsysteme



Zelflex, Quattroflex, VectorGuard, Paggen, Metz, Essemtec, etc.

Flex & Starr-Flex bis zu 12 Lagen



Alukern (IMS) 1 & 2 Lagen DuKo

