

ELEKTRONIK PRAXIS

www.elektronikpraxis.de

Wissen.
Impulse.
Kontakte.

September 2016



Leistungsstarker FPGA hilft beim flexiblen HF-Test

Im Vektorsignal-Transceiver der zweiten Generation arbeitet ein leistungsfähiger FPGA, mit dem sich drahtlose Kommunikationsstandards flexibel testen lassen.

Gassensor für den Massenmarkt

Um die Luftqualität mit dem Smartphone zu messen, muss die Sensorik preiswerter werden. **Seite 12**

Phasenrauschen von Signalquellen

Ein spezieller Messplatz prüft das Phasenrauschen von High-End-Signalquellen. **Seite 20**

Cloud-Lösung für die Messtechnik

Messdaten in die Cloud sind praktisch. Doch man sollte die Gefahren nicht außer Acht lassen. **Seite 30**



Digi-Key
51%

Hier werden Sie fündig

Erstklassig: Umfassendste Produktauswahl*

*Im Rahmen der elften "Design Engineer and Supplier Interface Study" von AspenCore wurden Ingenieure dazu befragt, welche Produktinformationen und andere Dienstleistungen sie benötigen, welche Schnittstelle sie in der Kommunikation mit ihren Lieferanten verwenden und wie sie die Qualität und den Wert dieser Schnittstelle bewerten. An dieser Internetumfrage nahmen in diesem Jahr mehr als 1750 Ingenieure aus den USA teil. Die Ergebnisse basieren auf den bis April 2016 ausgewerteten Daten.

Fragestellung: "Wer ist bezüglich einer umfassenden Produktauswahl erstklassig?" Das Diagramm unten bezieht sich nur auf Distributoren für elektronische Bauteile.

AspenCore



**KOSTENLOSER
VERSAND**
FÜR BESTELLUNGEN
ÜBER 65 €!

TELEFON: 0800 180 01 25
DIGIKEY.DE



5 MILLIONEN TEILE ONLINE | ÜBER 650 LIEFERANTEN | 100 % AUTORISIERTER DISTRIBUTOR

**Für alle Bestellungen unter 65,00 € wird eine Versandgebühr von 18,00 € erhoben. Alle Bestellungen die mit UPS versandt werden, haben eine Lieferzeit von 1-3 Tagen (abhängig vom Endbestimmungsort). Keine Bearbeitungsgebühren. Alle Preise verstehen sich in Euro und enthalten Zollgebühren. Bei einem zu grossen Gewicht oder bei unvorhergesehenen Umständen, die eine Abweichung von diesem Tarif erfordern, werden Kunden vor dem Versand der Bestellung kontaktiert. Digi-Key ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. © 2016 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA.

Das Smart Home lebt vor allem von seinen Sensoren

Das Smartphone entwickelt sich auch immer mehr zu einem wesentlichen Bestandteil des Smart Home. Die komplexen Geräte detektieren beispielsweise gefährliche Gase, warnen uns rechtzeitig und alarmieren selbstständig die Notrufzentrale. Erst neulich hatte ich mir auf meinem Smartphone eine App installiert, die mir zeigt, welche Sensoren alles verbaut sind. Zu diesem Zeitpunkt wurde mir wieder bewusst, was für viele verschiedene „Sinne“ in einem doch so kleinem Gerät stecken. Die dabei enorme Rechenfähigkeit ist schon beeindruckend. Diese vielen verbauten Sensoren aber auch Schnittstellen sammeln unentwegt Daten: Barometer, Bluetooth, Beschleunigung, GPS, Gyroskop oder Helligkeit. Das sind nur einige wenige. In einem aktuellen Smartphone-Modell können bis zu 20 Sensoren verbaut sein. Und das zeigt, wie mächtig die kleinen tragbaren Computer mittlerweile sind.

In der vernetzten Welt des Internet of Things spielen Sensoren eine entscheidende Rolle. Sind sie dazu noch mobil wie in einem Smartphone, lassen sich mit ihnen überall Messdaten sammeln und auswerten. Ein nächster Schritt für die Sensoren im Smartphone betrifft die Gas-

„Sensoren als Teil des Smart Home und weitere Entwicklungen auf unserem Kongress am 5. und 6. Oktober“



Hendrik Härter, Redakteur
hendrik.haerter@vogel.de

sensorik. Für solche Anwendungen gibt es noch keine adäquate, massentaugliche Lösung – aber Bedarf ist sehr wohl da. Die Gassensorik und damit das Bewusstsein für eine gute Luftqualität wird von den Anwendern moderner Smartphones weiter zunehmen. Ein Beispiel ist der zunehmende Verkehr in Innenstädten der zeigt, wie wichtig die Luftqualität für uns Menschen ist. Was bei der Gassensorik möglich ist, zeigt unser Beitrag des Fraunhofer EMFT auf Seite 12.

Das Smart Home steht auch im Mittelpunkt unseres Kongresses am 5. und 6. Oktober in Würzburg. Hier erfahren Sie aktuelle Entwicklungen wie Automatisierung, Vernetzung oder verschiedene Anwendungen. Neugierig? Klicken Sie auf www.smarthome-kongress.de und schauen Sie sich unser Programm an. Vielleicht sehen wir uns im Oktober in Würzburg!

Herzlichst, Ihr

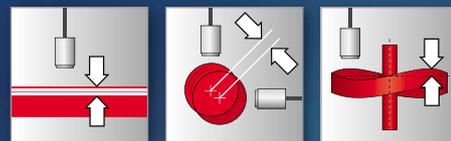
Hendrik Härter



KOMPAKTE WIRBELSTROM- SENSOREN

eddyNCDT 3001
Mikrometergenaue Messung
von Weg, Abstand & Position

- Idealer Ersatz für induktive Sensoren und Schalter: schneller, genauer, stabiler
- Kompakte M12 Bauform mit integriertem Controller
- Hohe Grenzfrequenz zur Überwachung schneller Bewegungen
- Ideal für schwankende Temperaturen dank integrierter Temperaturkompensation
- Robuste Bauform, unempfindlich gegenüber Öl, Druck und Schmutz



Tel. +49 8542 1680

www.micro-epsilon.de/eddy

INHALT

VEKTORSIGNAL-TRANSCIEVER

Flexibel drahtlose Kommunikationsstandards prüfen

Die Zahl der drahtlos miteinander vernetzten Geräte soll sich in den nächsten zehn Jahren verzehnfachen. Dazu sind Mobilfunkstandards notwendig, welche die neuen Standards unterstützen. Der Vektorsignal-Transceiver von National Instruments in der zweiten Generation ist eine offene Plattform mit einem anwenderseitig zu programmierenden FPGA.



8

AKTUELLES

6 VIP-Kongress von National Instruments

SCHWERPUNKTE

TITELTHEMA

8 Leistungsstarker FPGA beim HF-Test

Der Vektorsignal-Transceiver ist eine offene System-Plattform, mit der Anwender den FPGA für HF-Tests frei programmieren können.

12 Gassensorik für den Massenmarkt

Sensoren für die Luftqualität sind auf dem Weg in den Massenmarkt. Doch müssen die elektronischen Spürnasen noch einige Hürden nehmen.

16 Verfahren zum Auswerten von Messdaten

Fertige Funktionsbausteine für die Messdatenauswertung erleichtern die Arbeit. Man sollte dafür ein gewisses mathematisches Verständnis mitbringen.

20 Das Phasenrauschen von Signalquellen messen

Die Leistung von Radarsystemen, Oszillatoren oder Synthesizer hängt von der Qualität der Signalquellen ab. Ein spezieller Messplatz misst das Phasenrauschen.

24 Echtzeit-Spektrumanalyse bei EMV und Funk

Mit der steigenden Qualität von A/D-Wandlern steigt auch die Messqualität von Spektrumanalysatoren. Der TDEMI-X scannt in Echtzeit bei EMV und Funk.

28 Multifunktionstester für gemischte Signale

Der Multifunktionstester der MIOS-Serie basiert auf JTAG für die Messung und Ausgabe der Spannung. Zudem bietet die Lösung digitale I/O-Kanäle sowie Frequenzmessung.

30 Die Vorteile einer Cloud-Lösung für die Messtechnik

Messdaten in die Cloud auszulagern ist nicht neu. Die Möglichkeiten sind sowohl für Hersteller als auch Anwender verlockend. Was ist möglich und wo sind die Gefahren?

33 Oszilloskop-Familie HDO9000 mit MAUI OneTouch

Teledyne LeCroy bringt eine neue Oszilloskop-Familie auf den Markt, die mit einem 10 Bit A/D-Wandler ausgestattet ist und eine Bandbreite von 4 GHz bietet.

34 Leistungshalbleiter charakterisieren

Der Test und das Charakterisieren von Leistungshalbleitern kommen neben klassischen Messgeräten noch Nischenprodukte hinzu. Wir zeigen, worauf Sie achten sollten.

38 DC-DC-Wandler für Fahrzeugmodule testen

Ein Start-Stopp-System im Auto ist praktisch, doch müssen Verbraucher mit einem DC-DC-Wandler geschützt werden. Wir zeigen, wie sich ein Wandler testen lässt.

42 Mit einer Software blockweise Mittelwerte bilden

Die blockweise Mittelwertbildung mit Hilfe von Software verbessert die Performance der eingesetzten Hardware. Am Beispiel eines Testsystems zeigen wir die Vorteile.



24 Spektralanalyse bei EMV und Funk



28 Multifunktions tester für gemischte Signale



42 Software bildet blockweise Mittelwerte



48 Drei Trends im HF-Test im Automobil

- 44 Halbrücken-Schaltung mit IsoVu optimieren**
IsoVu ist ein galvanisch isoliertes Messsystem für Halbrücken-Schaltungen. Der Beitrag zeigt, wie sich Messungen der High-Gate-Spannung verbessern lassen.
- 48 HF-Systeme im Automobil testen**
In modernen Autos arbeiten verschiedene drahtlose Systeme. Im Beitrag werden drei Trends für HF-Tests vorgestellt, die bei der Systemanalyse eine Rolle spielen.

RUBRIKEN

- 3 Editorial**
- 47 Impressum & Inserentenverzeichnis**

Smart-Home-Kongress

Am 5. und 6. Oktober in Würzburg

Der gemeinsame Kongress von Bayern Innovativ, Fraunhofer EMFT und ELEKTRONIKPRAXIS bietet Entscheidungsträgern aus Wirtschaft und Wissenschaft Gelegenheit, Marktchancen zu identifizieren, Technologien zu entdecken und Kontakte für Kooperationen zu finden.

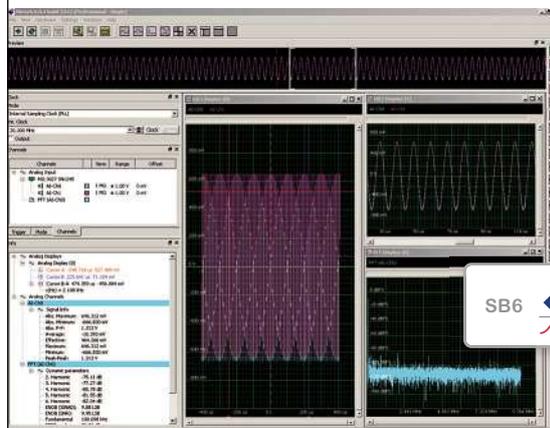
www.smarthome-kongress.de

smart home
kongress



High-Speed PXI Express Digitizer PXIe x4 Gen2 Interface

- 14 Bit 500 MS/s, 16 Bit 250 MS/s
- 2 oder 4 synchrone Kanäle
- Streaming bis 1,7 GByte/s
- 50 Ω/1 MΩ, AC/DC, Filter
- ±200 mV bis ±10 V Eingangsbereich
- 4 GByte Speicher



SBench 6 –
professionelle

Datenerfassungs- und Analysesoftware

Unschlagbarer Support ...

- Treiber für Windows und Linux 32 Bit und 64 Bit enthalten
- SDK's für LabVIEW®, MATLAB®, LabWindows/CVI®, C++, Delphi, .NET, Python ...
- Umfangreiche Triggeroptionen, Multiple Recording, Gated Sampling, Timestamps ...
- Firmware Optionen: Average + Peak Detect
- 2 Jahre Gewährleistung
- Made in Germany



SPECTRUM
SYSTEMENTWICKLUNG MICROELECTRONIC GMBH

Tel. +49 (0)4102-6956-0 | info@spec.de
www.spectrum-instrumentation.com

21. VIP-Kongress im Oktober wirft seine Schatten voraus

Vom 26. bis 28. Oktober lädt National Instruments zu seinem 21. VIP-Kongress. Die Teilnehmer können sich an zwei Kongresstagen inklusive Ausstellung über die aktuellen Entwicklungen informieren.

Zu den bereits 21. Technologie- und Anwenderkongress „Virtuelle Instrumente in der Praxis – VIP 2016“ lädt National Instruments vom 26. bis 28. Oktober nach Fürstentfeldbruck bei München. Im Mittelpunkt stehen die neuesten technologischen Entwicklungen der NI-Plattform und des dazugehörigen Ökosystems sowie Trends und Lösungen rund um die Themenbereiche Mess- und Automatisierungstechnik sowie Embedded. Die über 800 erwarteten Teilnehmer können sich in verschiedenen Vortragsreihen informieren sowie an mehreren Workshops teilnehmen:

- LabVIEW Power Programming,
- Embedded Design,
- Data Management,
- Verification & Validation,
- RF Design & Test,
- Semiconductor Test,
- Monitoring & Industrial Measurements,
- Laboratory Benchtop Measurements und
- Business Trends.

Nach der Begrüßung durch Michael Dams, Director Sales Central and Eastern Europe bei NI, steht die Keynote am Mittwoch unter dem Motto „Neue Wege bei Mess- und Prüfungen dank einer Plattform und eines Ökosystems“. Rahman Jamal, Global Technology & Marketing Director bei NI, präsentiert neue technische Entwicklungen sowie Toptrends und demonstriert anhand von Anwendungsbeispielen die Vorteile eines plattformbasierten Ansatzes und dessen Ökosystem.

Technischen Ausbildung und Forschung vorantreiben

Am zweiten Kongresstag zeigt Charles Schroeder, Vice President of Product Marketing, wie NI seine Plattformen für die Mess-, Prüf-, Steuer- und Regelungstechnik weiter verbessern wird. Dazu gehören technische Fortschritte bei Massive MIMO, mm-Wellen, Wireless Gigabit und TSN. Am 28. Oktober wird ein Tag speziell für Teilnehmer aus Lehre, Ausbildung und Forschung veranstaltet: Eröffnet wird das Academic Forum mit einer



Bild: National Instruments

VIP Kongress: An zwei Kongresstagen mit Ausstellung und einem zusätzlichen Academic Forum können sich die Teilnehmer vom 26. bis 28. Oktober über aktuelle Entwicklungen informieren.

Keynote von Dave Wilson, Academic Marketing Director bei NI, zum Thema „Wir treiben Ihre Projekte in der technischen Ausbildung und Forschung voran. Halten Sie damit Schritt?“. Anknüpfend an die Keynote von Rahman Jamal am ersten Kongresstag geht es dabei um die Auswirkungen des Internets der Dinge auf verschiedene Produktlebenszyklen und wie man Studenten auf die wachsende Komplexität von Projekten vorbereiten sollte. Wie gewohnt bietet das Academic Forum eine Plattform, um aktuelle Trends, Techniken und Lehrinhalte zu diskutieren und sich mit Kollegen und Experten auszutauschen. Begleitend findet eine Fachausstellung von über 40 Partner und Systemintegratoren, die ihre Lösungen und Produkte zeigen. Auch die beliebte Get-together-Party steht am ersten Kongressabend wieder auf dem Programm und bietet die ideale Gelegenheit zum Austausch mit Referenten, Ausstellern, NI-Experten und Besuchern. Dieses Jahr steht die Party unter einem besonderen Motto, nämlich dem 40-jährigen Jubiläum von NI. // HEH

National Instruments

Alle Fakten zum 21. VIP Kongress

Der Kongress geht über drei Tage. Am 26. und 27. Oktober sind neben den Keynotes verschiedene Tracks, welche die Teilnehmer frei kombinieren können. Dazu gehören Themen wie: LabVIEW Power Programming, Embedded Design, Data Management, Verification & Validation am ersten Kongresstag. Am zweiten Tag kommen ergänzende Themen wie Business Trends und diverse Workshops hinzu.

Schüler, Studenten und Auszubildende kommen am 28. Oktober auf ihre Kosten. Das Academic Forum zeigt aktuelle Trends, Techniken und Lehrinhalte. Abgerundet wird der Kongress durch eine Fachausstellung und schließlich die Möglichkeit, mit Teilnehmern und Ausstellern ins Gespräch zu kommen.

Hier finden Sie einfach alles



- DATENBLÄTTER
- ANWENDUNGSHINWEISE
- ARTIKEL
- NEUE PRODUKTE
- TECHNISCHE LEITFÄDEN
- SCHALTPLÄNE
- REFERENZDESIGNS
- SYMBOLE UND FOOTPRINTS
- TEILESUCHE
- ENTWICKLUNGSKITS
- EVALUIERUNGSKARTEN
- TECHNISCHE UNTERSTÜTZUNG
- PRODUKTSCHULUNGSMODULE



TELEFON: 0800 180 01 25
DIGIKEY.DE



5 MILLIONEN TEILE ONLINE | ÜBER 650 LIEFERANTEN | 100 % AUTORISierter DISTRIBUTOR

*Für alle Bestellungen unter 65,00 € wird eine Versandgebühr von 18,00 € erhoben. Alle Bestellungen die mit UPS versandt werden, haben eine Lieferzeit von 1-3 Tagen (abhängig vom Endbestimmungsort). Keine Bearbeitungsgebühren. Alle Preise verstehen sich in Euro und enthalten Zollgebühren. Bei einem zu grossen Gewicht oder bei unvorhergesehenen Umständen, die eine Abweichung von diesem Tarif erfordern, werden Kunden vor dem Versand der Bestellung kontaktiert. Digi-Key ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. © 2016 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA



TITELSTORY

In einer sich immer stärker vernetzten Welt müssen die Geräte und Systeme getestet und validiert werden. Dazu bietet der Markt geschlossene und offene Plattformen an. Bei einer geschlossenen, kompletten Messplattform ist von Seiten des Herstellers die Funktionalität fest vorgegeben. Bei einer offenen Plattform liegt das Augenmerk auf der Interoperabilität. Der Anwender hat die Möglichkeit, über den verbauten FPGA die Messlösung individuell zu programmieren. Zusammen mit LabVIEW lässt sich die Prüfanwendung bis auf Firmware-Ebene an das jeweilige Messprojekt anpassen. Selbst komplexe Prüf- und Messanwendungen können damit umgesetzt werden.

Flexible Prüflösung für drahtlose Kommunikationsstandards

Im Vektorsignal-Transceiver der zweiten Generation von National Instruments arbeitet ein leistungsstärkerer FPGA. Die Prüflösung ist vor allem für die drahtlose Kommunikation interessant.

DAVID HALL *



Viele werden sich vielleicht noch daran erinnern, wie sie ihre erste Textnachricht erhalten oder die erste Webseite auf einem Mobiltelefon angesehen haben. Mittlerweile können Mobiltelefone selbst hochauflösende Videos innerhalb weniger Sekunden herunterladen und bieten höhere Datenübertragungsraten als die ersten Laptops. Bei den Mobilfunktechniken von morgen geht es jedoch um weit mehr als nur schnellere Downloadgeschwindigkeiten.

Innerhalb der nächsten zehn Jahre wird es zehnmals mehr vernetzte Geräte geben als vernetzte Menschen. Dafür braucht es Mobilfunkstandards, die neue Anwendungsgebiete unterstützen, um nicht mehr nur Menschen miteinander zu verbinden, sondern

auch Dinge. Für das Testen von Endgeräten, die zukünftige drahtlose Techniken unterstützen, sind jedoch neue Messgeräte und neue Prüfansätze erforderlich. Genau deshalb arbeitet National Instruments ständig an der Weiterentwicklung seiner PXI-Plattform, damit Anwender und Kunden zukünftig ihre Hardware für drahtlose Kommunikation überprüfen können.

Drei künftige Anwendungen drahtloser Kommunikation

Die Internationale Fernmeldeunion, kurz ITU, hat in ihrem für 2020 geplanten Mobilfunkstandard IMT-2020 (International Mobile Telecommunications in 2020) ganz klare Anforderungen für die drahtlosen Kommunikationstechniken der Zukunft definiert. Der Standard dient als technische Grundlage für 5G und unterteilt sich in drei spezifische Anwendungsgebiete (Bild 1). Auch wenn sich die hier festgelegten Anforderungen auf zukünftige Mobilfunkstandards beziehen, spie-

geln sie gleichzeitig die geänderten Anforderungen für 802.11ad, 802.11ax, Bluetooth 5.0 oder NFC wider.

Im ersten Anwendungsgebiet „Enhanced Mobile Broadband“ werden die zukünftigen Netzwerkkapazitäten und Spitzendatenraten festgelegt. Das angestrebte Ziel liegt hier bei einem Downlink-Durchsatz von 10 GBit/s, was in etwa dem Hundertfachen von Single-Carrier-LTE entspricht. Das zweite Anwendungsgebiet „Massive Machine-Type Communication“ ist darauf ausgelegt, noch mehr Geräte an noch mehr Standorten kostengünstig drahtlos zu vernetzen. Beim dritten und letzten Anwendungsgebiet handelt es sich um „Ultra-Reliable Machine-Type Communication“, wobei es insbesondere auf eine hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit gepaart mit äußerst geringer Latenz ankommt.

Für die drahtlosen Techniken von morgen sind nicht nur neue Kommunikationsstandards wie beispielsweise NB-IoT, 5G und 802.11ax erforderlich, sondern auch neue



* David Hall
... ist für das Marketing von HF-Lösungen bei National Instruments zuständig.

Verfahren, um Mobilgeräte zu entwerfen und zu testen. Da Standards wie 5G beispielsweise größere Bandbreiten nutzen werden, müssen auch die HF-Messgeräte entsprechend Schritt halten. Darüber hinaus werden für Mehrantennentechniken wie MIMO und Beamforming modulare und flexible Messgeräte benötigt, die sich nach Bedarf skalieren lassen. Damit lassen sich unterschiedlichste Antennenkonfigurationen testen: von nur einer Antenne bis zu 8x8-MIMO und darüber hinaus. Und schließlich müssen die kostengünstigeren Funkssysteme ebenso kostengünstig geprüft werden können. Das bedeutet, die Prüfsysteme der nächsten Generation müssen in der Lage sein, mehr parallele Tests in kürzerer Zeit durchzuführen.

Der Vektorsignal-Transceiver auf Basis eines FPGAs

Im Jahr 2012 hat National Instruments den Vektorsignal-Transceiver (VST) für PXI vorgestellt: Er kombinierte einen 6-GHz-HF-Signalgenerator und 6-GHz-HF-Signalanalysator mit einem vom Anwender programmierbaren FPGA. Und das in einem PXI-Modul. Dank der HF-Leistung konnte der VST für unterschiedliche Prüfanwendungen sowohl in Forschung und Entwicklung als auch in der Produktion eingesetzt werden. Zusammen mit den programmierbaren FPGAs sind schnellere Messungen und Kanalemulationen möglich. Da sich drahtlose Techniken stetig weiterentwickeln, sind auch immer wieder neue Ansätze und Lösungen für den Entwurf und das Testen von HF-Geräten gefragt. Aus diesem Grund hat National Instruments die zweite Generation seines VST entwickelt. Das kompaktere Modul bietet eine höhere Bandbreite, einen erweiterten Frequenzbereich und einen größeren FPGA.

Im Laufe der letzten zehn Jahre ist die von drahtlosen Kommunikationsstandards genutzte Bandbreite stetig größer geworden. So hat sich beispielsweise die WLAN-Bandbreite seit 2003 von 20 über 40 auf mittlerweile 160 MHz (802.11ax) erhöht. Auch bei Mobilfunkkanälen zeigt sich ein deutlicher Anstieg von 200 kHz (GSM) auf heute 100 MHz (LTE-Advanced). Dieser Trend wird von zukünftigen Techniken wie LTE-Advanced Pro und 5G noch weiter verstärkt werden. Insbesondere bei Halbleitertests müssen

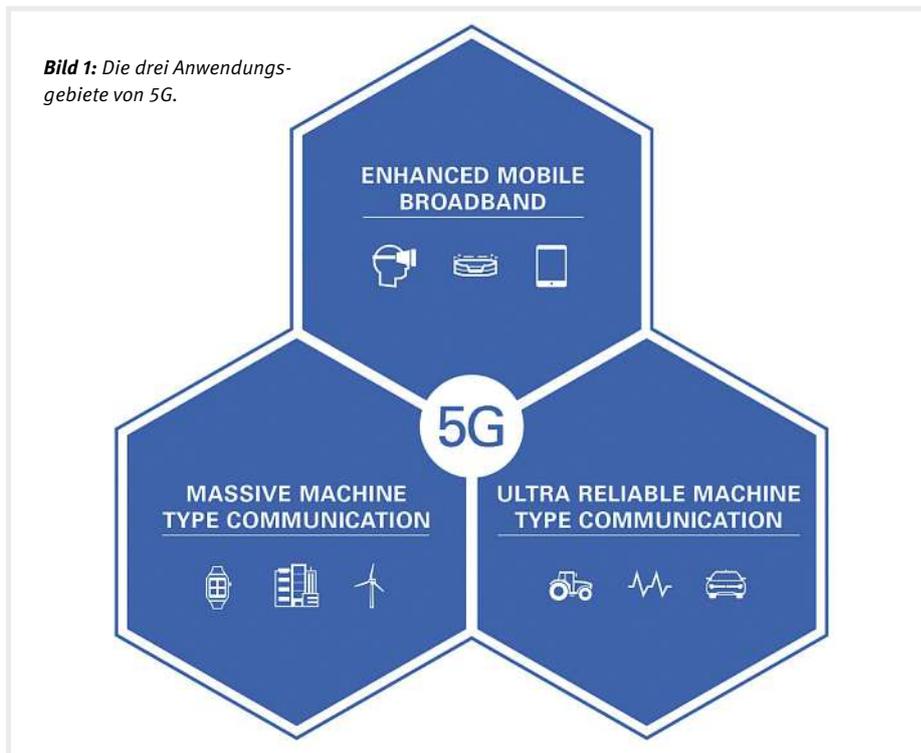


Bild 1: Die drei Anwendungsgebiete von 5G.

Messgeräte häufig eine deutlich größere Bandbreite bereitstellen als vom Signal tatsächlich belegt wird. Werden beispielsweise HF-Leistungsverstärker mit digitaler Vorverzerrung (DPD) getestet, muss das Prüfsystem zunächst ein Modell des Verstärkers extrahieren, dann das nichtlineare Verhalten ausgleichen und anschließend ein korrigiertes Signal ausgeben. Für erweiterte DPD-Algorithmen ist dabei häufig die drei- bis fünffache Bandbreite des ursprünglichen HF-Signals erforderlich. Das bedeutet, dass zum Testen von LTE-Advanced-Signalen mit Bandbreiten von 100 bis zu 500 MHz und für ein 802.11ac/ax-Signal mit 160 MHz sogar bis zu 800 MHz an Bandbreite nötig sein können. Eine wesentliche Verbesserung der zweiten Generation ist die Echtzeitbandbreite von 1 GHz.

Modularer Aufbau und Synchronisieren der Daten

Aktuelle Kommunikationsstandards von WLAN bis Mobilfunk setzen auf komplexe Mehrantennentechniken. Dabei werden MIMO-Konfigurationen verwendet, die so-

wohl für höhere Übertragungsgeschwindigkeiten durch mehrere räumliche Streams als auch geringere Fehlerraten durch Beamforming sorgen. Aufgrund der Vorteile werden die Wireless-Techniken der nächsten Generation wie 802.11ax, LTE-Advanced Pro und 5G noch komplexere MIMO-Modelle mit bis zu 128 Antennen pro Gerät unterstützen. Allerdings stellen MIMO-Konfigurationen den Entwickler vor neue Hürden, was den Geräteentwurf und -test angeht. Denn je mehr Ports ein Gerät hat, desto mehr Kanäle müssen synchronisiert werden. Um MIMO-Geräte zu testen, müssen HF-Prüfsysteme daher in der Lage sein, mehrere HF-Signalgeneratoren und -analysatoren zu synchronisieren. Hierbei spielen auch der Formfaktor und das Synchronisierungsverfahren des Messgeräts eine wichtige Rolle. Da die zweite Generation des VST einen kleinen Formfaktor bietet, lassen sich in einem PXI-Chassis mit 18 Steckplätzen – davon ein Steckplatz für den PXI-Controller – bis zu acht VSTs synchronisieren.

Wireless-Prüfsysteme der nächsten Generation müssen über Software entwickelt werden können, da es durch die zunehmende Komplexität von Prüfanwendungen immer wichtiger wird, die Firmware des Messgeräts individuell an die jeweiligen Anforderungen anpassen zu können. Die Messgeräteleistung lässt sich bereits erheblich steigern, wenn beispielsweise Funktionen wie Regelung, Messbeschleunigung, Echtzeitsignalverar-

„Durch die anwenderseitige Programmierung des FPGAs mit LabVIEW konnten wir mit dem VST unterschiedliche Prüfzenarien zügig emulieren.“

Niels Koch, Audi

Praxisbeispiel mit dem VST: Der Autobauer Audi testet seine Radarsensoren

Bei dem Automobilhersteller Audi kam der VST beim Test von Radarsensoren zum Einsatz. Hier bot die angebotene Bandbreite und die latenzarme, softwaredesignierte Architektur die Möglichkeit, gründlich und vor allem umfassend zu testen. Zudem waren die Entwickler bei Audi in der Lage, Probleme frühzeitig in der Designphase zu erkennen. Niels Koch, Component Owner Radar Systems bei Audi, fasst es zusammen: „Durch die anwenderseitige Programmierung des integrierten FPGAs zusammen mit LabVIEW konnten wir mit dem VST unterschiedliche Prüfzenarien zügig emulieren. Zudem lässt sich die Sicherheit und Zuverlässigkeit beim autonomen Fahren weiter erhöhen.“



beitung oder Synchronsteuerung des Prüfings direkt auf dem Messgerät ausgeführt werden.

Eine Anwendung, für den softwaredesignete Messgeräte unabdingbar sind, ist die Prototypenerstellung von Radarsystemen. Hier dient der FPGA des VST als Simulator für die Radarziele. Radarsysteme sind darauf ausgelegt, ein bestimmtes Ziel zu erkennen. Das kann ein Fahrzeug, ein Flugzeug oder ein beliebiges anderes Objekt sein. Dabei sendet das Radarsystem ein Stimulussignal aus und wartet auf eine Antwort des jeweiligen Objekts. Anhand der Rücklaufdauer, Frequenzverschiebung und anderer Parameter der Antwort lassen sich dann sowohl die Entfernung als auch die Geschwindigkeit des Zielobjekts bestimmen. Der VST ist Teil einer vollständigen Hard- und Softwareplattform,

mit der sich automatisierte Mess- und Prüfsysteme erstellen lassen. Im Zeitalter der sich immer weiter zunehmenden Smart Devices und Vernetzung vollzieht auch die moderne Prüftechnik einen Wandel von einzelnen Messgeräten hin zu vollständigen und umfassend integrierten Prüfsystemen.

Eine Testplattform für Leistungsverstärker mit Hüllkurvenverfolgung oder Prototypenerstellung von Radarsystemen (siehe hierzu der Kasten) muss über Software synchronisiert, angepasst und gesteuert werden können. Der Vektorsignal-Transceiver der zweiten Generation wurde explizit dafür entworfen, zukünftige drahtlose Techniken wie 802.11ax oder 5G zu konzipieren und zu testen. // HEH

National Instruments

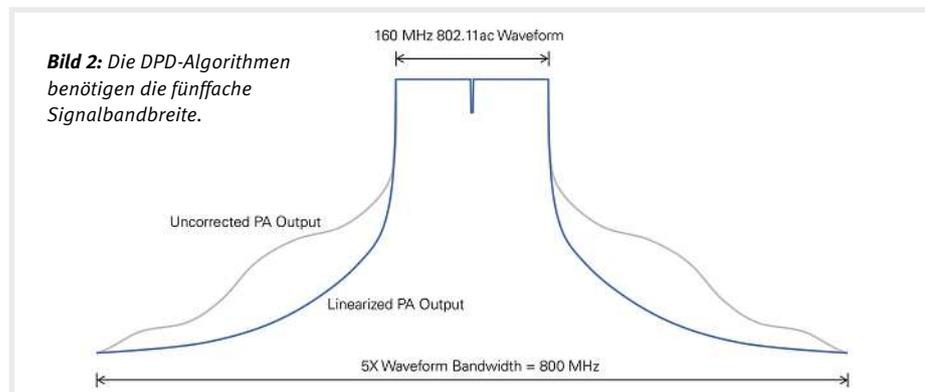


Bild 2: Die DPD-Algorithmen benötigen die fünffache Signalbandbreite.

RIGOL
Innovation or nothing

Neue Speicheroszilloskope
Typisch RIGOL:
Price/Power, Best in Class
4 Channel, 2 GS/sec
Scope Line



Ab sofort zum
Einführungspreis!

UltraVision
TECHNOLOGY

DS4014E und DS4024E Speicheroszilloskope

- 100 & 200 MHz Bandbreite, 14 Mpts Speicher pro Kanal
- 4 analoge Kanäle, 2 GS/sec Abtastrate pro Kanal
- 60.000 wfrm/sec Signalerfassungsrate
- UltraVision, Record & Replay, Analyse von bis zu 127.000 Frames
- 9" WVGA-Display mit 256 Helligkeitsstufen
- Optional Decode SPI, I2C, RS232, CAN und FlexRay in einem Bundle
- Ultra Scope PC-Software (ohne Aufpreis)

Kombinierbar mit den „Price/Power“ Arbiträr-Funktionsgeneratoren:

DG4062, DG4102, DG4162 und DG4202

- 60/100/160/200 MHz Bandbreite
- 2 analoge Kanäle, 500 MS/sec, 14 Bit Auflösung
- 130 integrierte Kurvenformen
- Sinus, Rechteck, Dreieck, Puls, Rauschen, Harmonics, Arb.
- Modulation: AM, FM, PM, ASK, FSK, PSK, BPSK, QPSK, 3FSK, OSK, PWM
- 1 mVpp bis 10 Vpp max. 50 Ohm (typ)
- Interface: USB, LAN, Opt. GPIB-Adapter

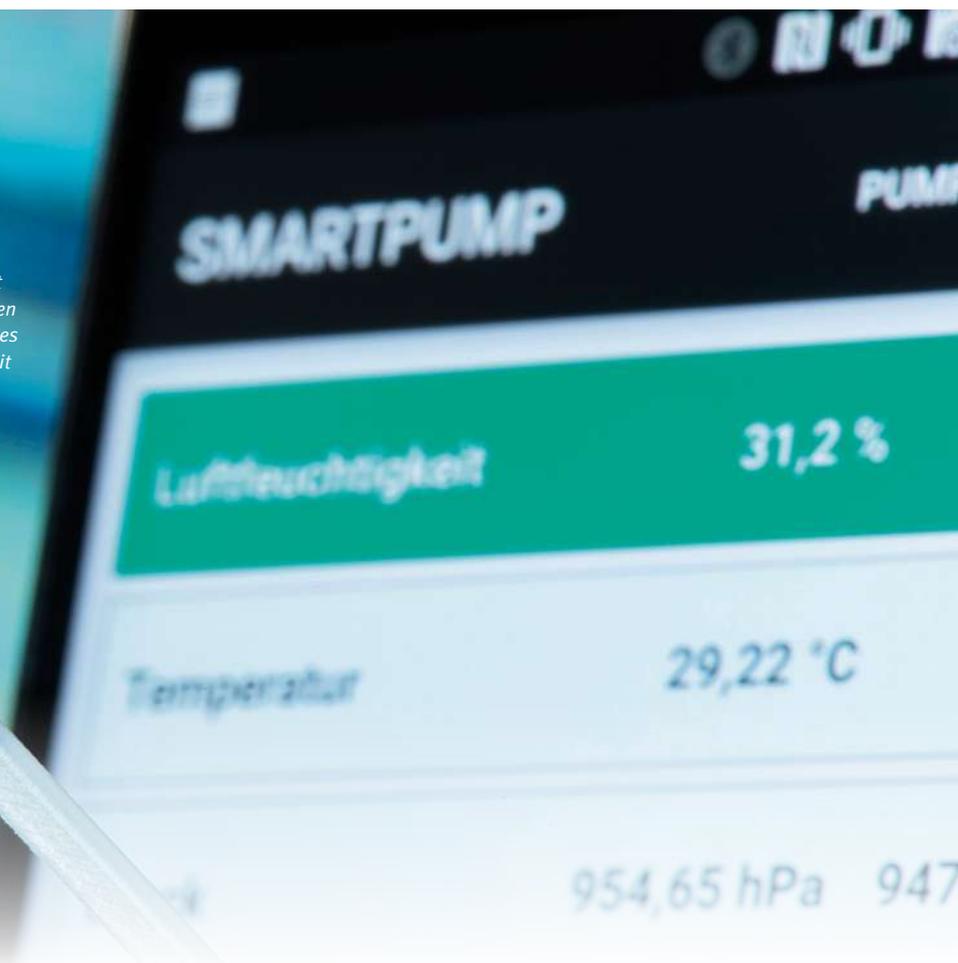
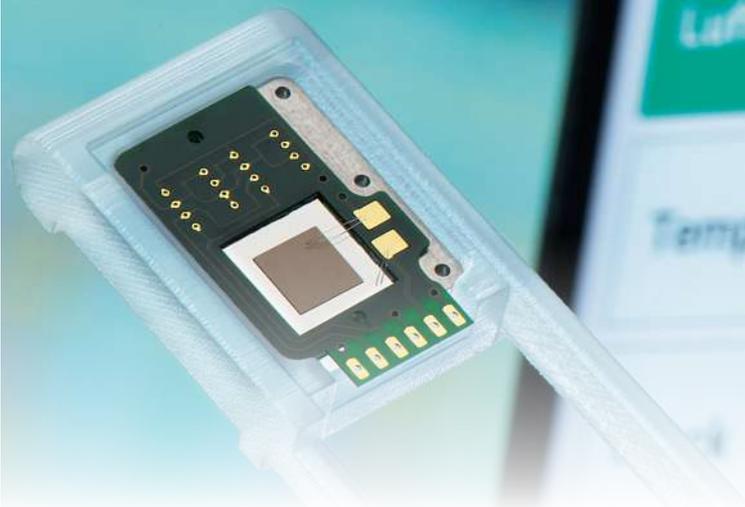
Wenden Sie sich an Ihren lokalen Rigol Partner für weitere Informationen!
Besuchen Sie uns unter: www.rigol.eu/sales



electronica 2016
Sie finden uns in Halle A1, Stand 244

Gassensorik:

Die Lunge für das Smartphone ist eine Silizium-Mikropumpe, die den Sensoren im inneren des Gehäuses aktiv Luft zuführt und Ansprechzeit und Messergebnisse verbessert.



Sensorik für die Luftqualität auf dem Weg in den Massenmarkt

Der Bedarf an Gassensorik wächst im Umfeld des Internet of Things rapide. Allerdings müssen die elektronischen Spürnasen auf dem Weg in den Massenmarkt noch einige Hürden nehmen.

PROF. DR. CHRISTOPH KUTTER *

Wer wissen will, was die Sensor-Community bewegt, für den lohnt sich ein Blick auf die jährlich stattfindende Sensor & Test in Nürnberg. Im Fokus der internationalen Leitmesse für Sensorik, Mess- und Prüftechnik stand dieses Jahr das Internet of Things (IoT). Ein weiterer

Messschwerpunkt war „Environmental Sensing“. Gerade die Verbindung dieser beiden Themen ist spannend. Denn im Zuge des Trends zur smarten Umgebung und den vielen vernetzten Alltagsgegenständen wird der Gassensorik ein rasanter Bedeutungszuwachs prognostiziert, etwa vom renommierten Branchenanalysten Yole Développement (Gas Sensors Report 2016, Yole Développement). Das Bewusstsein für gute Luftqualität hat in der öffentlichen Wahrnehmung stark zugenommen. Sicherlich zurecht: Im Laufe unseres Lebens schleusen wir beinahe

350.000 kg Luft durch unsere Lungen, das ist um ein vielfaches mehr, als wir an Nahrungsmitteln und Wasser zu uns nehmen. Die Qualität dieses zu Recht genannte Lebensmittel Nr. 1 hat unmittelbaren Einfluss auf unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden. Das beginnt schon in unseren eigenen vier Wänden: Steigt der CO₂-Anteil in Innenräumen auf über 1000 ppm, werden wir schnell müde und unkonzentriert oder bekommen sogar Kopfschmerzen. Möbel, Teppiche, Putzmittel oder Schimmelbefall können Quellen für Schadstoffemissionen sein – das merken wir



* Prof. Dr. Christoph Kutter
... leitet das Fraunhofer-Institut für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT in München.

aber oft erst, wenn sich gesundheitliche Beschwerden einstellen.

Im Fokus der öffentlichen Diskussion steht vor allem der Feinstaub. Die winzigen Staubpartikel sind besonders tückisch, da sie tiefer in die Atemwege eindringen als größere und beim Ausatmen nicht wieder ausgeschieden werden. Die baden-württembergische Landeshauptstadt Stuttgart musste Anfang des Jahres aufgrund besorgniserregend hoher Werte mehrmals einen Feinstaub-Alarm auslösen. Eine unbedenkliche Feinstaubkonzentration gibt es laut der Weltgesundheitsorganisation WHO nicht.

Das Smartphone als individuelle Messstation

Für viele Menschen stellt sich also zunehmend die Frage, was sie da eigentlich einatmen – zuhause, im Büro oder unterwegs. Die Luftgüte individuell jederzeit und an jedem Ort messen zu können, wäre noch vor einigen Jahren ein recht aufwendiges Unterfangen gewesen. Heute ist das anders: Die Vision eines Internet of Things, von der smarten, vernetzten Umgebung hat längst begonnen, in unserem Alltag Einzug zu halten – vor allem das Smartphone macht es möglich. Mobile Apps in Smartphones sind für Yole denn auch die erste Adresse, wenn es um die Implementierung von Gassensoren bei Produkten für Endkunden geht. Während Wearables vor allem im Kontext der Messung von Bio-Parametern den Markt erobern, könnte sich das Smartphone in den kommenden Jahren als Messstation für „Environmental Sensing“ etablieren. Der Vorteil für den Nutzer: Die Ergebnisse haben dank der unmittelbaren räumlichen Nähe der „Messstation“ Smartphone eine hohe Aussagekraft und lassen sich jederzeit und an jedem Ort abrufen. Heiß diskutiert werden auch so genannte „Pollution Maps“, die sich nicht wie bisher auf punktuellen Messstationen, sondern aus den Daten unzähliger Smartphones speisen und eine extrem hochauflösende „Verschmutzungslandkarte“ eines Gebietes erstellen können.

Bis zu 20 verschiedene Sensoren finden heute schon im Inneren eines Smartphones Platz: Darunter auch schon Umweltsensoren wie etwa zur Messung von Feuchtigkeit oder Temperatur. Um Parameter der Umgebungsluft zu messen, muss die Luft allerdings erst einmal zum Sensor gelangen. Man benötigt daher eine Öffnung im Gehäuse, in dessen Nähe der Sensor platziert wird. Selbst dann weisen Umweltsensoren im Smartphone bislang sehr lange Ansprechzeiten auf, die mit Hilfe spezieller Software-Algorithmen verkürzt werden können. Forscher des Fraun-

hofer EMFT verfolgen derzeit noch einen anderen Ansatz: Mit einer winzigen Silizium-Mikropumpe, die in der Nähe der Gehäuseöffnung platziert wird, führen sie dem Sensor im Smartphone-Inneren aktiv Luft zu. Damit konnte eine 50-fache Verbesserung der Reaktionszeit erreicht werden, außerdem waren die Messergebnisse genauer (Titelbild). Perspektivisch wäre es auch denkbar, mit der Mikropumpe die zugeführte Luft aufzukonzentrieren und so die Sensitivität des Sensors zu steigern.

Selektivität, Sensitivität und Stabilität

Hier stoßen derzeitige Lösungen teilweise an ihre Grenzen, je nachdem, welches Gas detektiert werden soll. Während sich etwa Sauerstoff mit einem Gehalt von rund 20 Prozent in unserer Luft problemlos messen lässt, stellt CO₂ mit einem Anteil von rund 0,05 Prozent schon eine viel größere Herausforderung für die elektronischen Spürnasen



Bild 1: USB-Stick mit Sensorbauelement, um Feuchte und Kohlendioxid zu messen.



Bild 2: Sensormaterialien (im Bild ein Indikatorfarbstoff) reagieren sensitiv und selektiv auf bestimmte Zielsubstanzen.

TEST!



Mit Lastwiderständen von FRIZLEN die Leistungsfähigkeit von Spannungsquellen testen.

- USV-/ Notstromanlagen
- Laborprüfungen
- Lastsimulation (auch für 19"-Rack)

FRIZLEN Leistungswiderstände

- Belastbar
- Zuverlässig
- Made in Germany

+100 JAHRE **DYNAMIK DURCH WIDERSTAND**

Tel. +49 7144 8100-0
www.frizlen.com

dar. Bei Schadgasen ist eine extrem hohe Sensitivität gefordert: Dort sollte der Sensor schon bei wenigen ppm anschlagen. Eine noch nicht befriedigend gelöste Herausforderung ist auch die Selektivität: Nahezu alle heute verfügbaren Gassensoren haben mit auftretenden Querempfindlichkeiten zur Zielsubstanz zu kämpfen: Typischerweise reagiert etwa ein CO₂-Sensor auch auf Feuchtigkeit oder ein Alkoholsensor auf andere flüchtige organische Verbindungen (VOC), etwa Benzol, Xylole oder Ketone wie 2-Butanon. Dies macht die Messung kompliziert, da sich VOCs fast überall in der Umgebungsluft befinden – zu den Emissionsquellen zählen Textilien genauso wie Haushalts- und Bürogeräte, Putzmittel, Kosmetika bis hin zu Baustoffen wie Tapeten oder Farben. Eine weitere Hürde stellt die Langzeitstabilität dar: Verschmutzungen, Drift oder Sättigung können die Messergebnisse über die Zeit ungenau werden lassen.

Hinzu kommt, dass sich alle drei Aspekte aufeinander auswirken und daher nur schwer voneinander zu trennen sind. Neue Lösungsansätze müssen also gleich mehrere Fliegen mit einer Klappe schlagen. Forschende der Fraunhofer EMFT beschäftigen sich schon seit einiger Zeit mit dieser kniffligen Aufgabe und können aktuell mit ihrem kombinierten CO₂/Feuchte-Sensor „HICO2“ einen ersten Etappensieg verbuchen: Der Sensor arbeitet nach einem impedimetrischen Funktionsprinzip und liefert bislang viel versprechende Ergebnisse. So zeigt die Sensorschicht eine hohe Sensitivität und Reversibilität, sehr konstante Antworten auf vordefinierte Konzentrationen sowie stabile Messergebnisse über mehrere Monate (Bild 1). Ein weiterer Ansatz, der an der Fraunhofer

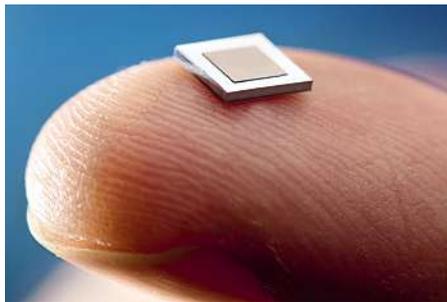


Bild 3: Mit einer Fläche von 5 mm x 5 mm x 0,6 mm ist die Silizium-Mikromembranpumpe aus der EMFT derzeit die kleinste Mikropumpe der Welt.

EMFT zur Entwicklung neuartiger Sensoren für chemische und sogar biologische Parameter verfolgt wird, sind so genannte Funktionale Moleküle: Mittels chemischer Synthese werden dabei Moleküle und Partikel mit neuen Eigenschaften und erweiterten Funktionalitäten ausgestattet. Diese funktionalen Moleküle sind sowohl sensitiv als auch selektiv gegenüber definierten Zielsubstanzen (Bild 2) und ermöglichen so die Entwicklung von spezifischen Sensormaterialien für verschiedene chemische und biologische Analyten. Speziell in Bezug auf die Sättigungsproblematik könnte zudem die bereits erwähnte Mikropumpe gute Dienste leisten: Sie lässt sich auch einsetzen, um einen Sensor (in Kombination mit Ausheizen) zu rekalisieren (Bild 3).

Verschiedene Technologiewelten kombinieren

Über alle technische Finesse darf nicht vergessen werden, welcher hoher wirtschaftlicher Druck in Massenmärkten wie der Unterhaltungselektronik herrscht. Eine erfolgrei-

che Markteinführung neuer Produkte hängt nicht nur von dessen Innovationspotenzial ab, sondern auch von ihrer Integrierbarkeit in industrielle Massenproduktionsprozesse. In Bezug auf neue elektronische Komponenten wie etwa Gassensoren sind als Hauptknackpunkte Energieverbrauch, Miniaturisierung sowie die Herstellungskosten zu nennen. Als Schlüsseltechnologie könnte sich hier die flexible und gedruckte Elektronik erweisen, die gleich mehrere Vorteile bietet: Eine extrem niedrige Bauhöhe, hohe Flexibilität und Robustheit und relativ geringe Herstellungskosten gerade in großen Stückzahlen.

Dank des offenen Formfaktors lässt sich gedruckte Elektronik zudem leicht in oder auf unterschiedliche Oberflächen integrieren. Am besten ist es freilich, die Vorteile verschiedener Technologiewelten zu vereinen: Gerade die Verbindung von klassischer Silizium- und Folientechnik, die das Fraunhofer EMFT schon länger betreibt, eröffnet neue Anwendungshorizonte: So lassen sich beispielsweise mit speziellen Dünnungstechniken Siliziumchips mit einer Dicke von 25 µm realisieren: Das ist dünner als ein menschliches Haar. Die biegsamen Bauelemente lassen sich in flexible Substrate einbetten. Da sich auf diesem Wege heterogene Bauelemente effektiv und elegant zu einem System verbinden lassen, könnte sich die Verbindung beider Technologiewelten auch im Kontext des „Environmental Sensing“ in Unterhaltungselektronik als nützlich erweisen. Der Trend geht längerfristig weg von Einzelsensoren hin zu hochintegrierten Multi-Gas-Sensorsystemen (Bild 4).

Letztlich könnte die Vision des Internet of Things auf die Gassensorik eine ähnlich katalysierende Wirkung haben wie der technologische Fortschrittshunger der Automobilindustrie auf die physikalischen Sensoren in den 90-er Jahren. Beschleunigungssensoren, Positionssensoren, Drehzahlsensoren und Drucksensoren bilden seitdem die Grundlage immer ausgefeilterer Assistenzsysteme, die das Fahren sicherer und komfortabler gemacht haben. Auch aus dem Smartphone sind physikalische Sensoren nicht wegzudenken und werden heute in milliardenfachen Stückzahlen produziert. Im Zuge neuer IoT-Anwendungen rückt nun die Sensorik für chemische Parameter in den Fokus. Der Bedarf wächst so rasant, dass in den kommenden Jahren vielfältige neue technologische Ansätze und kreative Lösungen die Grenzen des Machbaren wieder ein Stück weit verschieben werden. // HEH

Fraunhofer EMFT

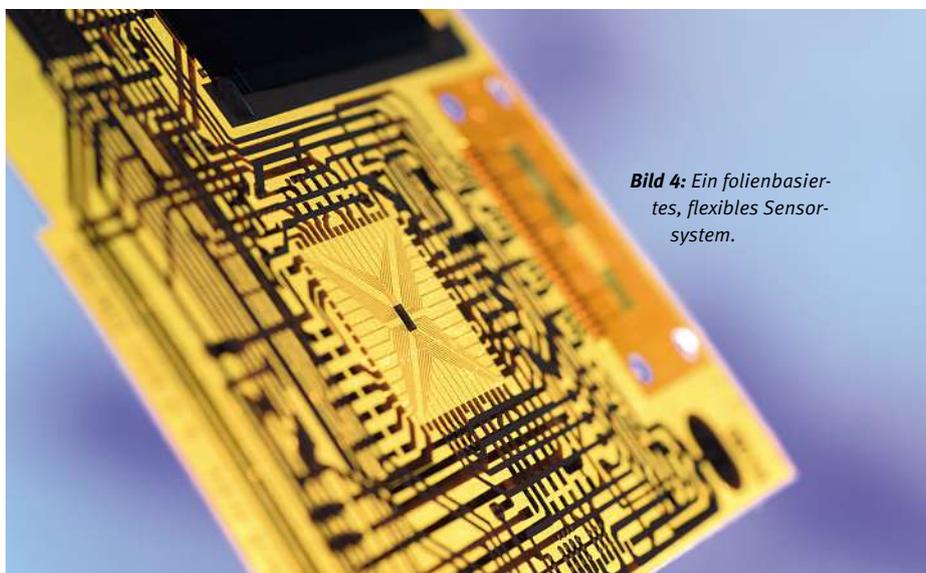


Bild 4: Ein folienbasiertes, flexibles Sensorsystem.

HERMOGRAFIE-STROMZANGE

Überlastete Kabel und Leitungen

Mit der CM174 von Flir vertreibt Conrad Business Supplies eine Thermografie-Stromzange. Die integrierte Wärmebildkamera in der Stromzange vertreibt der Hersteller unter der Bezeichnung Infrared Guided Measurement (IGM).

Es lassen sich Fehler an elektrischen Anlagen wie Schalttafeln oder Schaltschränke aufspüren; dabei kommt der Techniker nicht in direkten Kontakt mit gefährlichen Verdrahtungen oder Leitungen. Problemstellen im Wärmebild werden mit einem Laser und Fadenkreuz lokalisiert. Die Messergebnisse von Stromstärke, Spannung und Mittelpunkttemperatur zum Nachweis eines Hotspots lassen sich protokollieren. Die schmalen Klemmbacken verbessern die Zugänglichkeit zum Messobjekt. Außerdem verfügt die Stromzange über eine integrierte Beleuchtung. Zu den weiteren Funktionen, um die



Messung zu vereinfachen und um Fehler und Anomalien aufzuspüren und zu beseitigen, gehören Echteffektivwert, LoZ, VFD-Modus, Anlaufstrom oder der Dioden-/ Halbleitertest mit abschaltbarer automatischer Polaritätsumkehr.

Die Stromzange lässt sich mit entsprechendem Zubehör auf 3000 A_{AC} erweitern.

Conrad Business Supplies

HIGH-SPEED-ISOLATOR FÜR USB

Bis 480 MBit/s übertragen

Messdaten über USB 2.0 übertragen lassen sich mit den High-Speed-Isolator von Alldaq übertragen, der USB 2.0 unterstützt. Sie sind bei voller Performance vom Host-PC galvanisch getrennt und übertragen Datenraten von 480 MBit/s.

Die Isolatoren der Serie ADQ-USB 2.0-ISO erlauben eine bidirektionale Kommunikation zwischen Host und Device und er-

kennen automatisch High-Speed (480 MBit/s), Full-Speed (12 MBit/s) oder Low-Speed (1,5 MBit/s). Die Isolationsspannung zwischen PC und USB-Gerät beträgt dauerhaft 1 kV (<60 Hz). Der ESD-Schutz der Datenleitungen wird durch Transientenschutzdioden gewährleistet. Standardmäßig darf das USB-Gerät maximal 300 mA verbrauchen. Für leistungshungrige Geräte kann der Device-Port bis zu 1 A über einen externen 5,5-mm-Niedervolt-Steckverbinder bereitstellen. Das Modell wird über ein optionales Steckernetzteil mit 5 V gespeist, um Spezifikationen einzuhalten.

Die Isolatoren sind unabhängig vom Betriebssystem wie Windows, MAC OS, Linux und Andere. Sie sind ohne Treiberinstallation sofort einsatzbereit.



Alldaq

Über die Hälfte aller elektronischen Flachbaugruppen in Deutschland werden mit REINHARDT-Testsystemen geprüft

ATS-UKMFT 627
ab 21.500 Euro netto



Multifunktionstester ATS-UKMFT 627

- Incircuit- und Funktionstest bis 608 Kanäle
- Funktionstest analog, digital, Impuls, Mikroprozessortest, Leistungselektronik, optische Anzeigenauswertung
- Incircuit-Test: Pinkontakt, Lötfehler, Bauteiltest, Kurzschluss- und Unterbrechungstest
- ODBC-Schnittstelle, Boundary Scan, GPIB, IEEE/IEC-, RS232-, I²C-Schnittstelle, CAN-Bus, K-Bus, DeviceNet, VISA-Bus, LIN-Bus, Profibus, TCP/IP, ...
- Oberflächenprogrammierung mit Autogenerierung und Autolern für analog, digital und Incircuit-Test; CAD-Datenübernahme
- grafische Fehlerortdarstellung für Pinkontakttest, Kurzschlüsse, Bauteilfehler, SMD-Lötfehler- (Fine Pitch, BGA) und Polaritätstest

REINHARDT

System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen Tel. 08196 934100 Fax 7005

E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

Wir stellen aus: Electronica 2016 – Halle A1, Stand 401

COMPASS - Alles unter Kontrolle



Reparatur



Analyse



Optimierung

Neue
Prozess-
fähigkeit

Treffer sicher und flexibel

Mit COMPASS erfassen Sie die Prüfdaten aller Testsysteme, reparieren zielgenau, sparen Zeit und optimieren Ihre Fertigung.

COMPASS

 **SPEA**

www.spea-ate.de

Praktische Verfahren zum Auswerten von Messdaten

Für die Auswertung gewonnener Messdaten stehen unterschiedliche Werkzeuge zur Verfügung. Doch trotz fertiger Funktionsbausteine sollte man über ein gewisses mathematisches Verständnis verfügen.

PROF. DR.-ING. JÖRG BÖTTCHER *

Nachdem Messdaten über die Messhardware in einen Rechner eingelesen wurden, müssen diese anschließend mit einer entsprechenden Applikation ausgewertet werden. Für den Entwurf einer solchen Applikation sind verschiedene Wege möglich: Liegt der Schwerpunkt vor allem auf einer Bedienoberfläche, wozu nur elementare Funktionen für die Messdatenverarbeitung ergänzt werden müssen, bietet sich der Einsatz einer Software für Prozessvisualisierung an. Sie verfügt über verschiedene grafische Anzeige- und Bedienelemente, welche zu einem oder mehreren Prozessbildschirmen kombiniert werden können. Mathematische Grundfunktionen, aber

meist auch Makros in einer toolspezifischen Schreibweise, dienen zur Messdatenverarbeitung. Die im englischen Sprachraum übliche Bezeichnung ist SCADA-Software („Supervisory Control and Data Acquisition“), was andeutet, dass diese meist mehr als nur visualisieren kann.

Programmierarbeit bei komplexen Messdaten

Muss man dagegen komplexere Funktionen für die Messdatenverarbeitung oder Programmabläufe implementieren, so kommt man an der Programmierung mit entsprechenden Programmierertools nicht vorbei. Grundsätzlich kann jede Programmiersprache und jedes entsprechende Tool eingesetzt werden, sofern der Zugriff auf die entsprechenden Treiber möglich ist. Das trifft heute so gut wie immer zu. Eine einfache Bedienoberfläche lässt sich mit entsprechenden Bibliotheksmodulen erstellen. Einfache

Applikationen lassen sich bereits mit Standardsoftware wie der Tabellenkalkulation Excel erstellen, welche die Programmierung von im Hintergrund ablaufendem Code mit Visual Basic for Applications (VBA) erlaubt.

Einen Mittelweg beschreiten grafische Programmierertools, die auf Belange der Messdatenerfassung und -auswertung optimiert sind. Sie sind von mehreren Herstellern aus dem Messtechnikumfeld erhältlich. Mit diesen Werkzeugen lassen sich ansprechende Bedienoberflächen erstellen. Außerdem kann der Entwickler auch Programmcode grafisch programmieren. Statt auf Textbasis einen Programmcode, der einer strengen Syntax folgen muss, einzugeben, werden sämtliche Abläufe und Verarbeitungsfunktionen durch grafische Funktionsblöcke am Bildschirm symbolisiert, die untereinander verdrahtet werden. Sollte für sehr komplexe Teilalgorithmen eine textorientierte Formulierung gewünscht sein, so erlauben einige dieser Tools auch die Integration von Funktionsblöcken, die intern mit einer Textsprache codiert werden. Die Bildbeispiele wurden mit LabVIEW generiert.

Viele Aufgabenstellungen in der Messdatenauswertung entfallen auf Standardverfahren:

- Statistische Messdatenauswertung,
- Interpolationen und Regressionen,
- numerisches Differenzieren und Integrieren,
- digitale Filter,
- Korrelationsfunktionen und
- Spektralanalyse.

Grafische Programmierertools verfügen über zahlreiche fertige Funktionsbausteine, die in konfigurierbarer Form in die eigene Applikation integriert werden können. Hier ist ein gewisses mathematisches Verständnis über die Funktion für eine sachgerechte Anwendung notwendig. Das soll nachfolgend an drei einfachen Beispielen angedeutet werden. Soll zu experimentell gewonnenen Stützstellen mathematisch exakt die dahin-



* Prof. Dr.-Ing. Jörg Böttcher
... hat eine Professur für Regelungstechnik und Elektrische Messtechnik an der Universität der Bundeswehr in München inne.

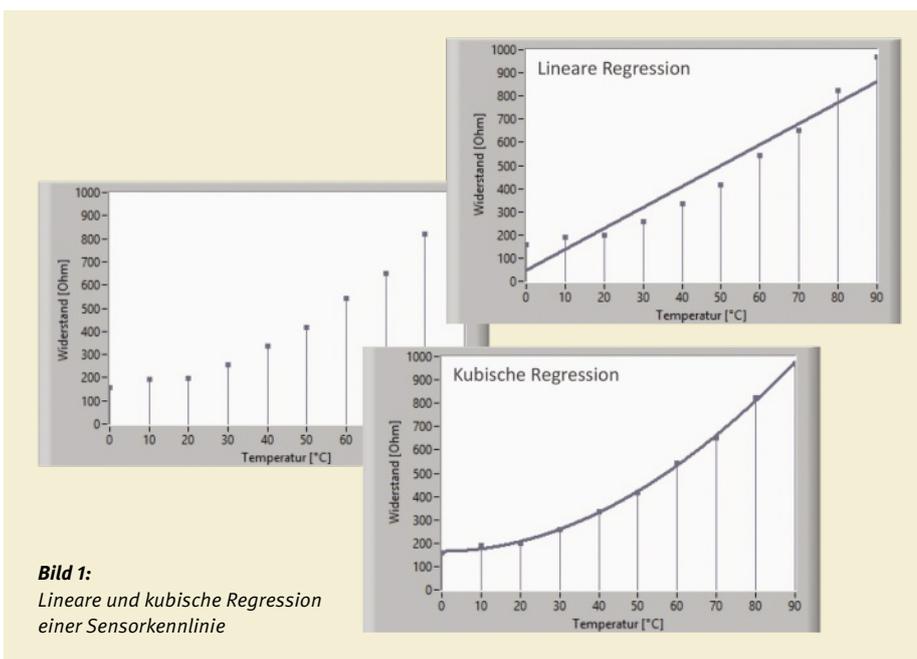


Bild 1:
Lineare und kubische Regression einer Sensorkennlinie

Bild: Böttcher

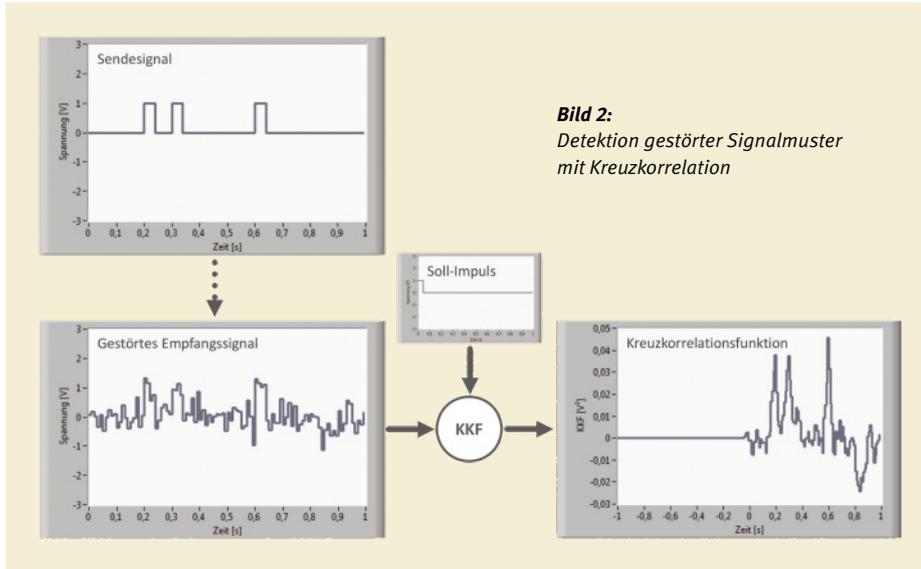


Bild 2:
Detektion gestörter Signalmuster
mit Kreuzkorrelation

ter liegende Kennlinie ermittelt werden, so ist es nicht sinnvoll, Kurven zu finden, die exakt durch diese Stützstellen gehen. Das würde durch die Messungenauigkeiten meist zu einem willkürlich zackigen Kurvenverlauf führen, der mit der Realität nicht mehr viel gemein hat. Hier sollte man nach Kurvenverläufen suchen, die sich bestmöglich den Stützstellen annähern und insgesamt noch einen harmonischen Verlauf ergeben. Wo die ermittelten Kurven nicht zwangsweise exakt durch die Stützstellen verlaufen müssen. Die hier angewandten Verfahren laufen unter dem Begriff „Regression“.

Die bestmögliche Annäherung an die Physik

Regressionen erfordern, dass man sich vorab für eine grundsätzliche Kurvenform entscheidet. Das erfolgt meist damit, dass man sich mit dem zugrundeliegenden Prozess sowohl theoretisch als auch experimentell beschäftigt. Lässt dies auf einen linearen Zusammenhang schließen, verwendet man die Gerade: $y = a + b \cdot x$ (Formel 1) als Zielkurve. Häufige Alternativen sind beispielsweise eine quadratische Funktion $y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$ (Formel 2), ein kubisches Polynom $y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3$ (Formel 3), eine Exponentialfunktion $y = a \cdot e^{bx} + c$ (Formel 4) bzw. jede andere mathematische Funktion. Die in den zugehörigen Funktionsbausteinen ablaufenden Algorithmen ermitteln die darin auftretenden Koeffizienten a, b, c, d, \dots meist so, dass die Summe der quadrierten Abweichungen in den N Stützstellen zwischen gesuchter Kurve und Stützstellenwert minimiert wird:

$$\sum_{i=1}^N (y(x_i) - y_i)^2 = \text{Min!} \quad \text{Formel 5}$$

Etwas seltener werden auch andere Minimierungsmethoden eingesetzt, bei denen die mittleren Abweichungen nach ihrem Betrag betrachtet werden oder die maximal vorkommende Abweichung minimiert wird. Bild 1 zeigt die unterschiedlichen Ergebnisse einer linearen und kubischen Regression am Beispiel der Kennlinie eines resistiven Temperatursensors.

Detektion gestörter Signalmuster per Kreuzkorrelation

In der Messdatenauswertung müssen häufig bestimmte Signalmuster in einer empfangenen und durch Störungen überlagerten Signalfolge detektiert werden. Als Beispiel zeigt Bild 2 die von einem Sender ausgesandte Impulsfolge sowie das von einem Empfänger eingeleseene gestörte Signal. Zum sicheren Herauslesen der Lage der Sendepulse aus dem Empfangssignal hilft die Kreuzkorrelationsfunktion (KKF). An Vorwissen ist seitens der empfangenden Messdaten-Applikation lediglich die grundsätzliche Form des Sendesignals notwendig. Im Beispiel handelt es sich um einen einfachen Rechteckimpuls, der als Abtastfolge x_k intern vorgehalten wird. Man bildet nun die KKF, indem dieses x_k mit der Empfangsfolge y_k gemäß:

$$KKF_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k \cdot y_{k+i} \quad \text{Formel 6}$$

verrechnet wird. Die Maxima der KKF_i liegen an den Werten von i , um die y_k verschoben werden muss, um eine größtmögliche Ähnlichkeit mit x_k aufzuweisen. Durch Multiplikation dieses resultierenden Verschiebewerts i mit der Abtastzeit T_A erhält man die zugehörige Zeitverschiebung. Das nach Anwendung der KKF sich ergebende Signal des Bildes zeigt drei deutliche Maxima und zwar

Performance Over Time



GORE® Microwave/RF Test Assemblies

Unmatched Precision,
Repeatability
Durability.

GORE® Microwave/RF Test Assemblies ensure precise, repeatable measurements for the life of your test equipment, and will decrease total operating costs by reducing cable replacement, retesting, and recalibration. Gore's portfolio includes:

- GORE® PHASEFLEX® Microwave/RF Test Assemblies – Provide excellent phase and amplitude stability with flexure.
- 18 GHz High Throughput Production Test Assemblies – Optimize system performance while reducing cost of test and ownership.
- 110 GHz Test Assemblies – Engineered to be flexed, formed and repositioned while maintaining excellent electrical performance.
- VNA Microwave Test Assemblies – Provide exceptional performance for precision test applications with frequencies through 67 GHz.
- General Purpose Test Assemblies – Excellent electrical performance for everyday test applications.



gore.com/test

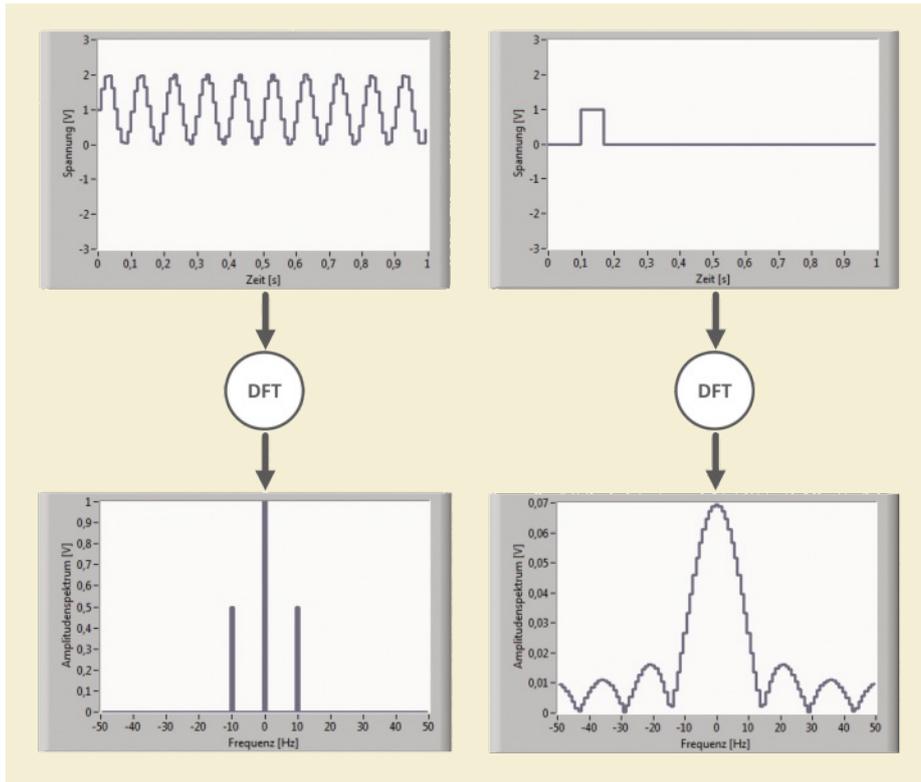


Bild 3: Digitale Fourier-Transformation (DFT) an zwei Beispielsignalen

an genau den Stellen, an denen auch die drei Sendeimpulse lagen.

Bei der Überwachung von technischen Systemen mit rotierenden Massen wie Werkzeugmaschinen, Fahrzeugantrieben oder Windrädern lassen sich erste Anzeichen einer Abnutzung in einem unrunder Lauf feststellen, der zu einem veränderten Schwingungsverhalten von Gehäusekomponenten führt. Man nimmt diese Schwingungen mit einem Sensor auf und führt sie der Messdaten-Applikation in abgetasteter Form zu. Die Erfahrung zeigt, dass derartige Schwingungssignale einem Rauschsignal ähneln, in dem sich durch eine beginnende Abnutzung verursachte Änderungen in der Darstellung des Signals über der Zeit praktisch nicht detektieren lassen. Anders sieht es aus, wenn man die im Signal enthaltenen Frequenzanteile, sein Spektrum, analysiert. Hier zeigen sich recht schnell markante Änderungen.

Die zugehörigen Verfahren der Diskreten Fourier-Transformation (DFT) ermitteln aus N in einem Zeitfenster mit dem Abtasttakt T_A gewonnenen Abtastwerten x_i nun N Spektralwerte f_k . f_k ist dabei ein Vielfaches einer gedachten Grundfrequenz. Diese ist der Kehrwert der Zeitdauer des Fensters NT_A . Für f_k gilt also:

$$f_k = \frac{1}{NT_A} \cdot k \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad \text{Formel 7}$$

Die DFT wird hierbei gemäß der Vorschrift:

$$X(f_k) = T_A \cdot \sum_{i=0}^{N-1} x_i e^{-j \frac{2\pi k}{N} i} \quad \text{Formel 8}$$

berechnet. Fast alle fertigen Funktionsbausteine führen die Berechnung ohne T_A durch, so dass man in der Programmierung selbst hiermit noch multiplizieren muss. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass diese Funktion periodisch mit der Periode N ist, sofern man die Beschränkung aufhebt, dass sie nur für ein k zwischen 0 und $N-1$ berechnet wird. Weiterhin zeigt sich, dass sich die Spektralwerte zwischen 0 und $N/2$ im nachfolgenden Bereich zwischen $N/2$ und $N-1$ wiederholen, allerdings gespiegelt. Es lassen sich also „nur“ $N/2$ unabhängige Spektralwerte ermitteln.

Fertige DFT-Algorithmen für die Auswertung der Messdaten

$X(f_k)$ ist zunächst eine komplexe Funktion, in der Praxis verwendet man ausschließlich die Betragsfunktion $|X(f_k)|$ („Amplitudenspektrum“). Diese wird dann oftmals für ein k im Bereich $-N/2$ bis $+N/2$ gezeichnet, wobei der Graph in seiner linken Hälfte ein Spiegelbild der rechten ist. Stellen die x_i Spannungswerte dar, also in der Einheit [V], so weist $X(f_k)$ die Einheit [V/Hz] auf, stellt also eine spektrale Dichte dar. Enthält das Signal periodische Signalanteile (Sinusanteile), möch-

te man bei den entsprechenden Frequenzen oftmals deren konkrete Amplitude aus dem Spektrum herauslesen. Das ist zumindest näherungsweise möglich, indem man $X(f_k)$ mit der Grundfrequenz („Frequenzauflösung“) $1/(NT_A)$ aus Formel 7 multipliziert, die spektrale Dichte also wieder in eine Spannung überführt. Bei fertigen Funktionsbausteinen, die T_A meist nicht in die Berechnung einfließen lassen, ist nur noch durch N zu dividieren.

Auf exakte Amplitudenwerte im Signal schließen

Verschiedene Tools, um die Messdaten auszuwerten, verfügen meist über fertige DFT-Algorithmen, die auch als FFT bezeichnet werden. Hierbei handelt es sich lediglich um eine Rechenzeit sparende Variante der Implementierung nach Formel 8, die genau dieselben Ergebnisse liefert. Der Original-FFT-Algorithmus funktioniert ausschließlich, wenn die Länge N der übergebenen Abtastfolge eine Potenz von 2 ist. Viele FFT-Algorithmen füllen Abtastfolgen, die nicht diesen Kriterien entsprechen, mit Nullen auf oder schneiden diese entsprechend ab. Das Bild 3 zeigt das Ergebnis einer DFT-Berechnung jeweils für ein Sinussignal und einen Rechteckimpuls. Es galt dabei $T_A = 0,01$ s und $N = 100$. Speziell beim Sinussignal ist zu erkennen, dass der Wert des Gleichanteils (hier eine Spannung von 1 V) im Spektrum bei der Frequenz 0 richtig angezeigt wird; die Amplitude des Sinussignals (ebenfalls 1 V) wird bei der Signalfrequenz (10 Hz) sowie deren negativen Spiegelfrequenz (-10 Hz) mit jeweils der Hälfte angezeigt, was gemäß den Gesetzmäßigkeiten der Fouriertransformation auch so sein muss. Um auf exakte Amplitudenwerte von Sinusanteilen in einem Signal zu schließen, muss man also - wenn man wie üblich auf dem Bildschirm nur das Amplitudenspektrum für die positiven Frequenzen darstellt - gedanklich noch mit dem Faktor 2 multiplizieren.

Bei kontinuierlichen Signalen werden im Zeitfenster die N Signalwerte „hart“ herausgeschnitten. Das ist mit gewissen Fehlern im Spektrum verbunden. Diese lassen sich minimieren, indem die Signalwerte an den Rändern des Zeitfensters mit geeigneten Fensterfunktionen stark gedämpft in die Berechnung einfließen. // HEH

www.prof-boettcher.de

Quellenangabe:

Jörg Böttcher: *Kompodium Messdatenerfassung und -auswertung*. ISBN 978-3-7386-2255-3 (Paperback) bzw. ISBN 978-3-7392-7714-1 (E-Book), Verlag: Books on Demand.

MESSMODULE MIT ETHERNET

Unterstützen TCP/IP und UDP



Das Thermoelement-Messmodul E-TC mit acht Kanälen und einem 24 Bit A/D-Wandler von Data Translation ermöglicht es, Sensoren der Typen J, K, R, S, T, N, E und B direkt anzuschließen und verfügt über eine Kaltstellenkompensation. Die Anschlüsse sind gegenüber dem Host isoliert, ein Kabelbruch des Thermoelements wird automatisch erkannt. Die maximale Abtastrate beträgt 4 S/s pro Kanal.

Es stehen ein 32-Bit-Zähler und acht, ebenfalls isoliert ausgeführte, digitale Ein- und Ausgänge zur Verfügung; die High-Drive-Ausgänge lassen sich für Temperaturalarmlösungen konfigurieren. Das Multifunktions-Messmodul E-1608 bietet acht SE- bzw. vier DI-Analogeingängen mit 16 Bit A/D-Auflösung und 250 kS/s sowie mit zwei analoge Ausgänge, acht digitale I/O-Kanäle und ein 32-Bit-Zähler. Das Modul E-DIO24 ist mit 24 TTL-kompatiblen Kanälen ausgestattet, die individuell über das Netzwerk als Ein- oder Ausgang konfiguriert werden können. An die Ausgänge mit einer Treiberleistung von ± 24 mA lassen sich auch Relais anschließen.

Data Translation

NEIGUNGS- UND BESCHLEUNIGUNGSSENSOR

Ein Messbereich bis $\pm 180^\circ$



Die auf kapazitivem Messprinzip basierenden Messelemente messen nicht nur genau, sondern sind zudem schlagfest. Erreicht wird das unter anderem durch die dreilagige Bulk-Mikromechanik-Technik mit hochreinem Silizium. Durch den Aufbau ist nach Schlägen keine Drift wegen Deformation der Prüfmass zu erwarten. Die Gasdämpfung innerhalb des Sensorelementes verhindert Resonanzfrequenzen

und Überspringen. Der nach IP67/68 eingebaute Sensor wird über drei Befestigungsbohrungen montiert und mit einem M12-Sensorstecker angeschlossen. Über den Signalausgang RS485 lassen sich auch längere Leitungen anschließen und über das Bussystem können mehr als 20 Sensoren in die gleiche Datenleitung eingebunden werden. Standardmäßig sind Neigungssensoren mit $\pm 15^\circ$, $\pm 30^\circ$, $\pm 90^\circ$ und $\pm 180^\circ$ erhältlich. Alle Sensoren sind auf 0° abgeglichen. Damit ist grundsätzlich kein weiterer 0-Punkt-Abgleich erforderlich. Bei mechanischen Toleranzen in der Applikation kann der Sensor mit einem Enduser-Befehl auf 0° abgeglichen werden.

a.b.jödden gmbh

Test&Measurement

Echtzeit-Messung und Langzeit-Tests Für Anwender im Energie- / Transportwesen oder Automotive-Bereich

ScopeCorder DL850E / DL850EV (Vehicle Edition)



ScopeCorder und mind. 4 Module*
19 Module stehen zur Auswahl

YOKOGAWA

ScopeCorder: Oszilloskop & Rekorder in einem Gerät

- Hilfreich bei Service- und Wartungsarbeiten für die Fehlersuche im Antrieb und der Antriebssteuerung.
- Überwachung und Qualitätssicherung von Netzstörungen zur Erfassung von Fehlern im Bereich der Netzspannungen bzw. Netzströmen.
- Kombinierte Messung von elektrischen Signalen, Sensor-Ausgängen und seriellen Bussen (CAN/LIN und SENT).

Weitere Details und Datenblatt
<http://tmi.yokogawa.com/de>
oder unter +49 8152 9310-0

Precision Making

Profitieren Sie von der Modulvielfalt

*ScopeCorder-Aktion

Beim Kauf eines ScopeCorders (Grundgerät) DL850E / DL850EV mit mindestens vier Modulen oder mehr, bekommen Sie das **preisgünstigste Modul kostenfrei**.

Diese Aktion ist gültig bis zum 29.09.2016!

Interessiert? Weitere Details unter
<http://tmi.yokogawa.com/de>

Messgeräte Kalibrierung

In unseren Kalibrierlaboren führen wir sowohl Werkskalibrierungen als auch Kalibrierungen nach DIN ISO EN 17025 (bis 100 kHz) durch.

Der Messtechnikpartner Ihres Vertrauens.

Das Phasenrauschen von High-End-Signalquellen messen

Die Leistung von Radarsystemen, Oszillatoren und Synthesizern hängt von der Qualität der integrierten Signalquellen ab. Mit einem speziellen Messplatz lässt sich das Phasenrauschen solcher Quellen messen.

DR. WOLFGANG WENDLER *



Verbesserung der Empfindlichkeit durch Kreuzkorrelation in dB und n = Zahl der Korrelationen/Mittelungen. Wird die Anzahl der Korrelationen beispielsweise um den Faktor 10 erhöht, verringert sich das Phasenrauschen der Messanordnung um 5 dB.

So lassen sich schneller Messergebnisse erzielen

Die Messungen sind mit kontinuierlichen Referenzsignalen und optional mit gepulsten Signalen möglich. Radaranlagen, die beispielsweise im Umfeld der Luftfahrt und der Verteidigung verwendet werden, arbeiten fast immer mit gepulsten Signalen und können so unter Betriebsbedingungen getestet werden. Der Aufbau für Phasenrauschmessungen an diesen Signalquellen erforderte bisher teure gepulste Signalquellen, die mit dem Messobjekt synchronisiert werden müssen. Zusätzlich benötigen Ingenieure für stabile Messungen die genaue Kenntnis der Pulsparameter und viel Geduld. Denn sie müssen die Messanordnung immer wieder optimieren und überprüfen, bis die Messung stabil läuft.

Um die Messungen zu beschleunigen und einfacher zu gestalten, entwickelte der Messtechnikhersteller Rohde & Schwarz den Phasenrausch- und VCO-Messplatz mit der Bezeichnung R&S FSWP. Mit ihm misst ein Entwickler oder ein Techniker in der Fertigung auf Knopfdruck mit einem Gerät und ohne komplexe Aufbauten. Entwickler können sich auf die Verbesserung ihres Systems konzentrieren und müssen sich nicht großartig mit dem Messaufbau befassen. Das Gerät benötigt keine externen Referenzquellen oder andere komplizierten Aufbauten, um das Phasenrauschen stabiler Oszillatoren von Radarsystemen zu messen. Der interne Lokaloszillator des Messplatzes übertrifft nahezu alle auf dem Markt erhältlichen Generatoren und Quellen an Phasenrauschperformance. Bild 1 zeigt typische Phasenrauschwerte für den internen Oszillator.

Messplatz: Der R&S FSWP ist für Phasenrauschen und spannungsgesteuerte Oszillatoren konzipiert. Damit lassen sich Messaufbau sowie Bedienung vereinfachen. Der Bildschirm zeigt die Messkurve eines High-End-OCXOs mit -190 dBc/Hz bei einem Frequenz-Offset von 1 MHz.

Bei Radarsystemen sind möglichst stabile, rauscharme Signalquellen ein Schlüsselparameter: Je geringer ihr Phasenrauschen, desto genauer ist die Ortsauflösung und desto präziser lässt sich die Geschwindigkeit von erfassten Objekten bestimmen. Hochwertige spannungsgesteuerte HF-Oszillatoren (VCOs), beheizte Quarz-Oszillatoren (OCXOs), dielektrische Resonator-Oszillatoren (DROs) und Synthesizer für wissenschaftliche Anwendungen oder Kommunikationszwecke benötigen ebenfalls extrem rauscharme Signalquellen. Um diese im Entwicklungsprozess optimieren oder im Fertigungsprozess prüfen zu können sind hochpräzise Messungen mit bisher oft auf-

wändigen Messaufbauten nötig. Die Messaufbauten enthalten einen Phasendetektor, einen FFT-Analysator und extrem rauscharme Referenzquellen. Um die nötige Messgenauigkeit zu gewährleisten, müssen die Referenzquellen das Messobjekt bezüglich Rauschverhalten und Stabilität deutlich übertreffen. Ist das nicht der Fall, kann der Entwickler mit der Kreuzkorrelationstechnik und zwei parallelen Empfangspfaden arbeiten. Das heißt, er benötigt zwei unterschiedliche Referenzquellen und zwei Phasendetektoren. Eine komplexwertige Mittelung der Rauschergebnisse der beiden Messpfade unterdrückt das Eigenrauschen der Quellen und Komponenten in der Messanordnung abhängig von der Zahl der Mittelungen. Der Messaufbau mit zwei Referenzquellen wird dadurch zwar komplizierter, die Empfindlichkeit erhöht sich aber deutlich.

Die Gleichung zeigt die zu erwartende Verbesserung: $\Delta L = 5 \cdot \log(n)$. Es gelten: $\Delta L =$



* Dr. Wolfgang Wendler
... ist Produktmanager für Spektralanalysatoren bei Rohde & Schwarz, München.

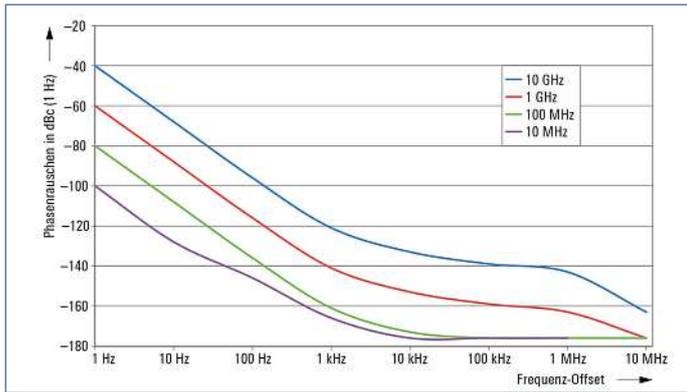


Bild 1: Das Phasenrauschen der integrierten Oszillatoren bei verschiedenen Frequenzen.

Sollte die Empfindlichkeit trotzdem nicht ausreichen, kann der Anwender den Messplatz optional mit einem zweiten internen Lokaloszillator ausstatten. Die Kreuzkorrelation mit diesem bringt eine weitere Verbesserung um bis zu 25 dB. Der Bildschirm im Bild Messplatz sowie die oberen beiden Messkurven in Bild 2 zeigen mit dem grauen Bereich unterhalb der Messkurven, welche Empfindlichkeit für die entsprechende Messung mit einer Kreuzkorrelation erreicht werden könnte. Die jeweils verwendete Zahl an Mittelungen (XCORR Factor) ist bei den Messparametern über den Messungen angezeigt.

Dabei lässt sich das Gerät so konfigurieren, dass der Korrelationsprozess automatisch abbricht, wenn weitere Mittelungen keine Verbesserung der Messergebnisse bringen. Aufgrund der sehr rauscharmen internen

Quellen sind oft nur wenige Korrelationen erforderlich, um einen guten Oszillator zu messen. Diese extrem empfindlichen Messungen liefern sichere Ergebnisse und das bis zu hundertmal schneller als vergleichbare Messsysteme mit externen Signalquellen. Das verkürzt Entwicklungs- oder Fertigungszeiten.

Der R&S FSWP mischt das Signal ins Basisband, digitalisiert und demoduliert es. Er kann so simultan neben dem Phasenrauschen auch das Amplitudenrauschen messen – ein Parameter, der vor allem bei digitalen Modulationsverfahren an Bedeutung gewinnt. Auch hier können Anwender die Kreuzkorrelation nutzen. Die Messungen werden damit um mehr als 20 dB empfindlicher als das mit Dioden-Detektoren möglich wäre, dem derzeit gängigen Messverfahren. Phasen- als auch Amplitudenrauschen sind



Bild 2: Messung eines gepulsten Signals mit dem Phasenrauschanalysator (oben) sowie mit dem Spektrumanalysator im Zeit- und Frequenzbereich (unten). Das Fenster oben links zeigt das Phasenrauschen eines gepulsten Signals mit Kreuzkorrelationsfaktor 10 (grauer Bereich). Oben rechts ist das Amplitudenrauschen des Signals angezeigt, diesmal mit XCORR-Faktor 100. Der graue Bereich zeigt den Empfindlichkeitsgewinn durch Kreuzkorrelation an.

Ein Flügelschlag genügt...



SENSIRION
THE SENSOR COMPANY



...Druckdifferenzen präzise messen!

Kleinste Unterschiede bis runter zu 0,1 Pascal erfassen Sie zuverlässig, schnell und stabil mit den Differenzdrucksensoren von SENSIRION – analog wie digital.

Nutzen Sie fünf „beflügelnde“ Vorteile:

1. Vollständig kalibriert
2. Temperatur-kompensiert
3. Schnelle Antwortzeiten
4. Null Offset
5. Null Drift

Ein „Klick“ genügt – mehr Information:

www.glyn.de/sensirion | sensirion@glyn.de



GLYN
High-Tech Distribution

EMPFINDLICHKEIT DES R&S FSWP BEI SIGNALFREQUENZ 1GHZ, KORREL. 1HZ OFFSET

Frequenz-Offset	1 Hz	10 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz ≥ 30 MHz
Empfindlichkeit kreuzkorreliert in dBc	-62	-94	-122	-146	-172	-179	-179	-179

zudem gleichzeitig in einem Diagramm oder in zwei Fenstern darstellbar (Bild 2).

Zudem lässt sich das Gerät als Signal- und Spektrumanalysator betreiben. Damit lässt sich überprüfen, ob das zu messende Signal erwartungsgemäß vorhanden ist. Der Anwender kann so Vektorsignale analysieren oder auch höhere Harmonische ermitteln. Sie können einfach zwischen verschiedenen Messkanälen hin- und herschalten: kurz das Spektrum überprüfen und anschließend die Phasenrauschmessung durchführen.

Phasenrauschen von gepulsten Quellen auf Knopfdruck messen

Bei Messungen an gepulsten Quellen zeichnet der Messplatz das Signal auf, berechnet alle Parameter wie Pulswiederholfrequenz oder Pulsbreite automatisch (siehe Bild 2). Er demoduliert das Signal und zeigt Phasen- sowie Amplitudenrauschen an. Automatisch stellt das Gerät den maximal nutzbaren Offsetbereich ein und kalibriert die Messung.

Anwender müssen sich um die korrekte Einstellung dieser Parameter nicht kümmern. Trotzdem können sie ein Messtor (Gate) definieren, um beispielsweise Einschwingeffekte zu unterdrücken (Bild 3) oder um die Empfindlichkeit zu erhöhen, indem das Rauschen zwischen den Pulsen unterdrückt wird. Sie können auch die Kreuzkorrelation nutzen, wenn sehr gute Quellen gemessen werden müssen oder zur Kompensation einer Desensibilisierung. Die reduzierte Messdynamik bei einer desensibilisierten Messung kann bei langen Austastzeiten zu



Bild 3: Die Pulsparameter werden zwar automatisch vermessen, den Anwendern steht es trotzdem frei, Messbereiche (Gates) selbst zu definieren.

einer deutlich geringeren mittleren Signalleistung führen. Mit dem integrierten Signalanalysator misst das Gerät neben Phasenrauschen an gepulsten Signalen auch optional automatisch alle zusätzlichen Parameter, um gepulste Quellen zu charakterisieren: Pulsanstiegs- und Abfallzeiten, Phasen- und Frequenzverlauf oder Parameter Trends.

Um Radarsysteme zu charakterisieren und zu optimieren ist es wichtig, das additive Phasenrauschen von Komponenten zu kennen. Denn Zwei-Tor-Komponenten können das Phasenrauschen eines Signals verschlechtern und Rauschen addieren, auch

wenn sie selbst kein Signal erzeugen. Für den Entwurf, beispielsweise eines High-End-Radarsystems, ist es unerlässlich zu wissen, wie viel Phasenrauschen die einzelnen Komponenten im Signalpfad zusätzlich zum Phasenrauschen des Lokaloszillators hinzufügen. Nur so können extrem rauscharme Sender entwickelt werden.

Für solche Messungen sind hochwertige Quellen und Phasenschieber notwendig. Bei der vorgestellten Lösung verbindet der Anwender den Eingang des Messobjekts mit der internen Signalquelle des R&S FSWP und den Ausgang des Messobjekts mit einem Messeingang. Auf Knopfdruck erhält man das additive Phasenrauschen der zu messenden Komponente. Auch für diese Betriebsart verwendet das Messgerät die Kreuzkorrelation, um das additive Phasenrauschen der internen Frequenzumsetzer zu unterdrücken. Das ist auch bei gepulsten Signalen möglich. Sollen die Komponenten beispielsweise für einen Radarsender charakterisiert und optimiert werden, ist es notwendig diese unter Einsatzbedingungen, also mit gepulsten Signalen zu messen. Denn Komponenten verhalten sich mit gepulsten Signalen anders, als wenn ein kontinuierliches Signal anliegt. // HEH

Rohde & Schwarz

Überblick: Das leistet der R&S FSWP

Der R&S FSWP von Rohde & Schwarz ist ein Messarbeitsplatz, um Phasenrauschen an Radarsystemen und High-End-Oszillatoren zu messen. Er eignet sich für Tests im Entwicklungsprozess entsprechender Komponenten sowie für Komponentenprüfungen im Fertigungsumfeld. Der Anwender erhält in Sekunden sichere Messergebnisse und ist trotz der umfangreichen Messfunktionen bei der Bedienung nicht überfordert. Mit

der Messlösung lassen sich Phasen- und Amplitudenrauschen bei kontinuierlichen sowie gepulsten Signalen messen. Zudem kann es als Signal- und Spektrumanalysator eingesetzt werden. Selbst additives Phasenrauschen ist möglich. Verfügbar ist das Gerät in drei Gerätevarianten für Frequenzbereiche von 1 MHz bis 8 GHz, bis 26,5 GHz oder bis 50 GHz. Zudem lässt es sich modular für unterschiedliche Messaufgaben ausstatten.

SIGNALGENERATOR UND PROTOCOL ANALYZER

APx1701 erfasst Signale elektroakustischer Bauteile und Geräte

Der APx1701 von Audio Precision (Vertrieb: Admess) besteht aus Verstärkern in Messgerätequalität und Stromversorgungen für Mikrofone. Mit der Messlösung lassen sich in Entwicklung und Fertigung Signale von elektroakustischen Bauteilen und Geräten unverfälscht erfassen. Die speziell für elektroakustische Messungen entwickelten Verstärker speisen Lautsprecher und Kopfhörer. Damit sind beispielsweise Impedanzmessungen möglich. Sowohl Messmikrofone als auch zu testende Mikrofone können mit Energie versorgt werden. Alle Funktionen sind in die APx500 Audiostestsoftware integriert und auf den Anschluss eines APx-Analyzers abgestimmt. Für den Einsatz des APx1701 sind ein Analyzer der



APx500-Baureihe und die APx500-Software ab Version 4.3 erforderlich. Durch die zunehmende Komplexität von Audiogeräten werden die Messaufbauten und Prüfabläufe komplexer, vor allem, wenn zwischen verschiedenen Messgeräten umgeschaltet werden muss. Als Zusatzgerät für elektroakustische Messungen fügt sich das Messgerät direkt in die APx500-Softwareumgebung ein, um damit die Leistungsfähigkeit elektroakustischer Geräte und ihrer analogen und digi-

APx500-Baureihe und die APx500-Software ab Version 4.3 erforderlich.

talent Bestandteile zu analysieren. Für Mikrofone (sowohl Messmikrofone als auch Prüflinge) verfügt das Gerät über symmetrische und unsymmetrische Eingänge. Die symmetrischen Eingänge liefern eine zuschaltbare Phantomspeisung von 48 V, die unsymmetrischen Eingänge verfügen über eine zuschaltbare CCP-Konstantstromversorgung und eine TEDS- (Transducer-Electronic-Data-Sheet-) Sensorerkennung.

talent Bestandteile zu analysieren. Für Mikrofone (sowohl Messmikrofone als auch Prüflinge) verfügt das Gerät über symmetrische und unsymmetrische Eingänge. Die symmetrischen Eingänge liefern eine zuschaltbare Phantomspeisung von 48 V, die unsymmetrischen Eingänge verfügen über eine zuschaltbare CCP-Konstantstromversorgung und eine TEDS- (Transducer-Electronic-Data-Sheet-) Sensorerkennung.

Admess Vertrieb

VIDEOGENERATOR UND -ANALYZER

Arbeitet als Quelle und Senke



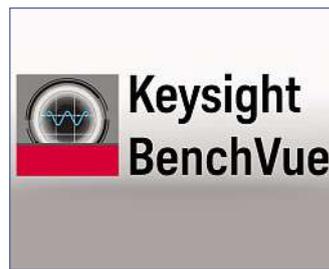
Der QD 780E (Vertrieb: HY-LINE) ist ein tragbarer Videogenerator und -Analyzer für die Video-Schnittstellen DisplayPort 1.2a, HDMI 2.0b und HDBaseT. Er arbeitet als Quelle und Senke mit

Auflösungen von bis zu 4k/UHD. Die Bedienung über den Touchscreen mit großem Display ist einfach und intuitiv. Messergebnisse können protokolliert und damit auch für die Serienfertigung dokumentiert werden. Der eingebaute Kabeltester prüft Kabel (HDMI, DP, HDBaseT) selbst bei höchsten Übertragungsraten. Neu bei der „E“-Version ist der DisplayPort-Test. Zudem emuliert das Gerät eine DisplayPort-Quelle und -Senke.

HY-LINE Computer Components

MESSTECHNIK-SOFTWARE

Automatische Tests erstellen



Die aktuelle Version der PC-Software „BenchVue 3.5“ von Keysight lassen sich Test-Flow-Applikationen für automatische Testsequenzen erstellen, ohne auf Programmiermethoden zurück-

zugreifen. Kombiniert werden Datenerfassungs- und Analyse-Tools mit einem Sequencer. Unterstützt werden Variablen und mathematische Funktionen und es ist möglich, Command-Expert-Sequenzen einzubinden, sodass bei Bedarf Messgeräte auch per Befehlscode gesteuert werden können. Enthalten sind Applikationen für Signalgeneratoren, Universalzähler und Handheld-Analysatoren der Familie FieldFox.

Keysight Technologies

CAN-BUS-TEST

Physikalische und logische Diagnose von CAN-Bus-Anlagen

GEMAC bietet ab sofort für ihren CAN-Bus-Tester 2 die Software-Lizenz „Protokollmonitor SAE J1939“ an. Damit stehen dem Nutzer des Diagnosegerätes zur physikalischen und logischen Diagnose von CAN-Bus-Anlagen weitere Diagnosemöglichkeiten zur Verfügung. In diesem Zusammenhang führen die Chemnitzer Feldbus-Diagnose-Spezialisten ebenfalls einen Lizenz-Client SAE J1939 für das Softwaretool CANvision ein. Dadurch besteht für den Anwender nun die Möglichkeit, SAE J1939-Daten über



das Netzwerk zu analysieren, ohne direkt am Messort präsent sein zu müssen.

Mit dieser Protokollerweiterung für den CAN-Bus-Tester 2 und das CANvision wird der Anwender maßgeblich von der Ein-

arbeitung in das Protokoll SAE J1939 entlastet und kann schneller mit der eigentlichen Analyse der Daten von SAE J1939-basierenden Systemen beginnen. Die optionale Erweiterung ermöglicht die protokollspezifische Dekodierung und Darstellung der Sourceadresse, der Parametergruppe (PGN – Parameter Group Number) und der einzelnen Signale (SPN – Suspect Parameter Number). Dabei werden die Transportprotokolle BAM (Broadcast Announce Message) und CMDT (Connection Mode

Data Transfer) berücksichtigt. Für eine übersichtlichere Darstellung können diese Inhalte gefiltert, sortiert und farblich hervorgehoben werden. Die vollständig integrierte SAE J1939-Datenbank mit Suchfunktion unterstützt den Anwender bei der Einstellung der Filterkriterien.

Dank der Erweiterung eignet sich der CAN-Bus-Tester für die Analyse aller SAE J1939-basierenden Kommunikationsprotokolle.

Gemac

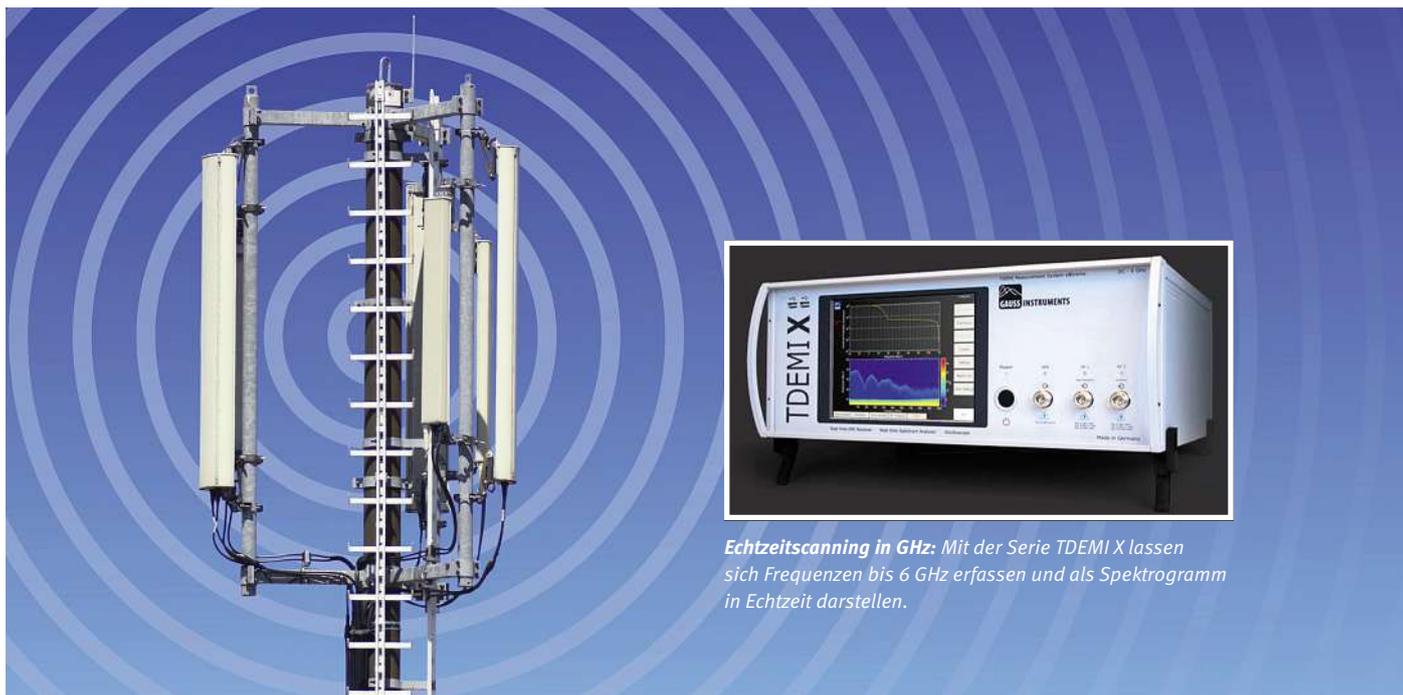


Bild: Gauss Instruments, bluedesign/Fotolia

Echtzeitsscanning in GHz: Mit der Serie TDEMI X lassen sich Frequenzen bis 6 GHz erfassen und als Spektrogramm in Echtzeit darstellen.

Spektrumanalyse in Echtzeit für EMV- und Funkmessungen

Dank leistungsfähiger A/D-Wandler steigt auch die Messqualität der Spektrumanalysatoren. Die Serie TDEMI X scannt in Echtzeit bei Messungen für EMV und Funk.

STEPHAN BRAUN UND ARND FRECH *

Emissionsmessungen wurden traditionell im Frequenzbereich mit Superheterodynempfänger durchgeführt. Dank schneller A/D-Wandler, hochlinearer Verstärker und FPGAs mit einer hundertfachen Rechenleistung im Vergleich zu leistungsfähigen PCs sowie patentierter Echtzeitverfahren ist es möglich, voll normkonform mit einer Echtzeitbandbreite von 162,5 MHz (2013), 325 MHz (2015) und 645 MHz (2016) zu messen. Im Gegensatz zu konventionellen Echtzeitspektrumanalysatoren lassen sich mit dem Echtzeitspektrogrammmodus der Produktfamilie TDEMI normkonform nach CISPR 16-11, MIL461 sowie weiteren zivilen und militärischen Normen messen.

Damit sind Messungen der Funkstörspannung, der Störleistung sowie feldgebundene

Messungen in Echtzeit möglich. Für Anwendungen im Automobilbau lassen sich leitungsgeführte Emissionsmessungen bis 30 MHz bzw. 110 MHz in Echtzeit ermitteln. Echtzeit bedeutet, dass eine normkonforme Messung mit allen CISPR-Detektoren an allen Frequenzen gleichzeitig möglich ist. Die Störleistung bis 300 MHz kann ebenfalls in Echtzeit gemessen werden. Dabei wird die Messzeit auf einen einzigen Durchlauf mit der Gleitangabebahn reduziert. Für gestrahlte Emissionsmessungen bis 1 GHz kann diese ebenfalls mit zwei CISPR-Detektoren (Quasi-Peak und CISPR-Average) in zwei Teilbereichen in Echtzeit erfolgen. Zunächst werden alle Positionen in Echtzeit von 30 bis 645 MHz gemessen, abschließend wird von 645 MHz bis 1 GHz an allen Positionen gemessen.

Der Frequenzbereich der Messgeräteserie TDEMI X lässt sich hinab bis DC erweitern (Option OSC) oder mit Echtzeitsscanning (Op-

tion UFSPA) ausstatten. Eine mögliche Anwendung ist beispielsweise die Emissionsmessung an Schienenfahrzeugen während der Vorbeifahrt. Oberhalb 1 GHz lässt sich Echtzeitsscanning einsetzen, um Prüflinge anhand der Richtcharakteristik gemäß den EMV-Produktnormen zu charakterisieren und zu zertifizieren. Mit dem Einbau von Funk- und PLC-Modulen in Elektrogeräten müssen diese auf Funk qualifiziert werden. Dabei unterdrückt die Messlösung Harmonische durch ein lineares Front-End und speziell abgestimmte Vorselektionsfilter. Das erlaubt eine Messdynamik der Oberwellen von ISM-Bändern von ungefähr 100 dB und für PLC-Bänder von ungefähr 85 dB. Es lassen sich auch die Richtcharakteristik und die Emission von Nebenausstrahlungen untersuchen. Eine dynamische Analyse der Signale ist ebenfalls möglich. Bei den entsprechenden Messungen gemäß den vorgegebenen

* Stephan Braun und Arnd Frech
... arbeiten bei Gauss Instruments in München.

Standards sind aufgrund der hohen Dynamik der Messgeräte keine Notch-Filter nötig.

Mit dem Einsatz von Hochgeschwindigkeits-A/D-Wandlern sowie steigender paralleler Rechenleistung und erhöhte Speicherkapazitäten ist es möglich, beispielsweise Frequenzen von 30 MHz bis 6 GHz mit einer zeitlichen Auflösung von 500 ms gleichzeitig zu erfassen und als Spektrogramm in Echtzeit darzustellen. Bandbreiten von 162,5 MHz können spektral mit einer zeitlicher Auflösung von 1 µs an 64.000 Frequenzpunkten gleichzeitig analysiert werden. Die Daten werden lückenlos gespeichert und können später ausgewertet oder weiterverarbeitet werden. Dank des 64-Bit-Adressraums können Datenmengen von mehreren Gigabytes gespeichert und verarbeitet werden. Ein weiteres Merkmal ist vollständige parallele Implementierung von bis zu 64.000 echten Spektrumanalysatoren auf mehreren FPGAs. Echtzeit-Spektrumanalysatoren haben den Nachteil, dass sich Ergebnisse nur bedingt mit den Ergebnissen eines Spektrumanalyzers vergleichen lassen. Die patentierte Technik des TDEMI unterscheidet sich von einem

konventionellen Echtzeitspektrumanalysator, dass alle Merkmale eines echten Spektrumanalysators vorhanden sind, aber die Ergebnisse parallel dargestellt werden. Das Bild 1 zeigt das Ergebnis einer Messung bis 6 GHz.

Emissionen an Schienenfahrzeugen und E-Mobilität

Das Bild 2 zeigt das gemessene Emissionsspektrum bei der Vorbeifahrt eines Schienenfahrzeugs. Die einzelnen Spektren sind mit einem Abstand von 40 ms aufgenommen und über die Zeit von ungefähr 15 s dargestellt. Bei 11 s zeigt sich eine Breitbandstörung mit einer Bandbreite von 1 GHz. Es folgen weitere Breitbandstörungen mit einer Bandbreite von rund 600 MHz. Die stationären Umgebungsstörungen sind ebenfalls zu erkennen. Die FM-Rundfunksender, Funk, sowie unterschiedliche GSM Bänder. In einem vollautomatisierten Messsystem wird das Messsystem TDEMI X so betrieben, dass der Prüfling kontinuierlich rotiert, während die Messung im Spektrogrammmodus in Echtzeit stattfindet. Es erfolgt also eine Synchronisation

zwischen der Position des Drehtischs und dem Echtzeitspektrum. Sämtliche Frequenzpunkte werden gleichzeitig gemessen, wobei die Abstrahlung hinsichtlich Winkel, Höhe und Polarisation an jedem Frequenzpunkt gespeichert wird. Basierend auf diesen Daten kann die vollständige Richtcharakteristik eines Prüflings dargestellt werden. Wird die Messung an mehreren Höhen wiederholt, so ergibt sich eine dreidimensionale Darstellung wie in Bild 3 gezeigt. Bei der Demodulation von AM- und FM-Signalen ist es möglich, diese mit dem TDEMI in Echtzeit zu streamen oder über Lautsprecher auszugeben. Weiter kann mit der Option „IQ-UG“ das empfangene Signal mit einer maximalen Samplingrate von 325 MHz (I+Q) abgespeichert und ausgewertet werden. Das Bild 4 zeigt solch eine demodulierte AM-Signal als I+Q-Signal.

Das TDEMI X ist mit der Echtzeitauswertung in der Lage, alle Quasipeakmesspunkte und CISPR-Average-Messpunkte gleichzeitig zu messen und darzustellen. Damit ist es mit dem Messgerät möglich, Signale und finale Abnahmemessungen zu analysieren. Das

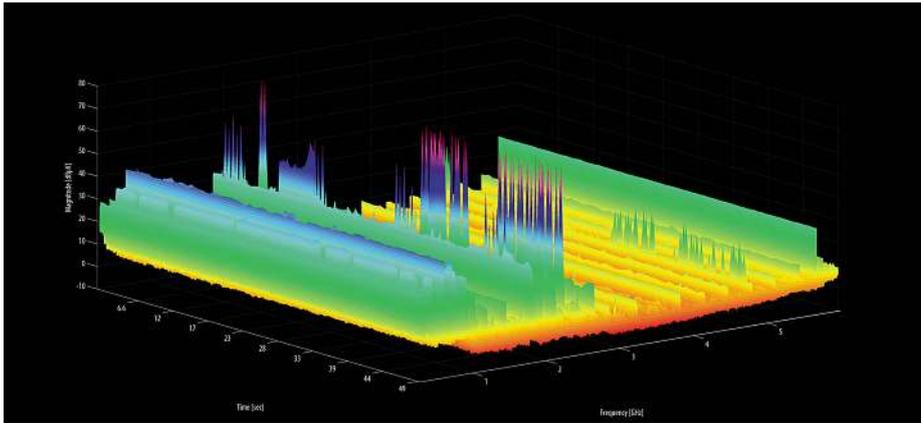
Traditionell innovativ.

- einfache Inbetriebnahme, da die auf Funkbasis arbeitenden Sensoren eine Messung ohne zusätzliche Verkabelung ermöglichen
- hohes Maß an Flexibilität für dauerhafte oder auch temporäre Messungen
- Prozesssicherheit durch störsichere und industrietaugliche Datenübertragung



More than **sensors + automation**

Drahtlose Messung von Temperatur, Druck, Feuchte und CO₂-Gehalt mit der JUMO Wtrans-Serie



Bilder: Gauss Instruments

Bild 1: Scannen in Echtzeit von 30 MHz bis 6 GHz. Unterschiedliche Funkanwendungen wie Bluetooth, WLAN, GSM und UMTS arbeiten in den unterschiedlichen Bändern. Zudem lassen sich unterschiedliche EMV-Störungen erfassen und messen.

Bild 5 zeigt die Messung eines CISPR-B-Impulses mit einer Pulswiederholrate von 0,6 Hz für Peak und Quasipeak. Die eingestellte Verweildauer (Dwell Time) beträgt 500 ms, wobei die abgebildete Darstellung über den Zeitraum von 5 s vollständig lückenlos ist. Man kann erkennen, wie die einzelnen Pulse mit dem Spitzenwertdetektor (rot) erfasst werden und mit dem Quasispitzenwertdetektor (grün) kontinuierlich bewertet werden. Weiter ist zu erkennen, dass das System eine hohe Dynamik, deutlich mehr als von CISPR 16-11 gefordert wird, aufweist und der Impuls ohne Verzerrungen gemessen wird.

Low-Noise- und DC-Option für Präzision und Dynamik

Das Messgerät ist im Empfängermodus und Spektrogrammmodus voll normkonform und kann daher in beiden Betriebsarten für Full-Compliance-Messungen eingesetzt werden. Der Spektrogrammmodus vereint den

Single-Frequency-Modus eines klassischen Messempfängers mit der Möglichkeit, an allen Frequenzpunkten über einen Bandbereich von bis zu 645 MHz gleichzeitig zu messen. Das Timing kann während oder nach der Messung an einem oder mehreren Frequenzpunkten analysiert werden. Der Spektrogrammmodus lässt sich fernsteuern und die Daten können exportiert werden. Das TDEMI X mit der Option „MIL/DO-UG“ sowie „OSC-UG“ misst nach CISPR 25, MIL461 DO160 sowie VG- und PLC-Normen. Neben der Messung ab DC mit zwei Kanälen erhöht die Option auch die Dynamik. Dabei ist es möglich, beispielsweise im leitungsgeführten Messbereich von DC bis 110 MHz Oberwellen von 85 dB zu unterdrücken. Der Wert lässt sich durch Vorselektion nochmals verbessern. Der Rauschboden ab DC ermöglicht es, nach allen automobilen, zivilen und militärischen Normen zu messen. Auch PLC-Messungen können ohne zusätzlicher Notch-

Filter erfolgen. Mikrowellenherde arbeiten im ISM-Band bei 2,4 GHz. Hier zeigen die Geräte üblicherweise starkes, nicht stationäres Emissionsverhalten. Die Norm CISPR 11 regelt die zulässigen Emissionen außerhalb des Bandes. Typischerweise liegen die Grenzwerte außerhalb des ISM-Bandes um 60 dB niedriger als die eigentliche Emission. Mit einer integrierten Filterbank und rauscharmen Vorverstärker werden Oberwellen von typ. 100 dB unterdrückt. Damit lassen sich Emissionen von 1 bis 18 GHz für Mikrowellenherde komplett an einem Stück messen.

Das Bedienkonzept des Messgeräts im Überblick

Das TDEMI X wird mit einem Touchscreen gesteuert. Grenzwertlinien, Transducer, Transducer-Sets, Einstellungen und Scanlisten können abgespeichert und in Verzeichnissen strukturiert werden. Der Benutzer sieht sofort, welche Einstellungen er vorgenommen hat und kann komplette Setups erneut laden, um schnell zu messen. Für die Dokumentation lassen sich alle Einstellungen und Graphen exportieren. Wird der Reportgenerator „RG-UG“ verwendet, werden die Einstellungen automatisch dokumentiert. Im Bild 6 ist das Auswahlfenster zum Anlegen der Transducer und Sets dargestellt. So können beispielsweise pro Messplatz oder pro Messhalle alle verwendeten Transducer in Verzeichnisse abgelegt werden. Im oberen Graphen wird die Kurve des ausgewählten Transducers angezeigt. Beim Zusammensetzen der Messkette (Antenne, Vorverstärker oder Leitung) erhält man im unteren Graphen sofort das Resultat der Korrekturfaktoren der zusammengesetzten Messkette. Bei Prüfverfahren mit einer Vor- und Nachmessung sind in der Regel mit hohen Kosten und hohem zeitlichen Aufwand verbunden. Bei einer Vor- und Nachmessung bleibt zusätzlich immer eine Unsicherheit übrig: Durch wechselnde Betriebszustände verhalten sich die Prüflinge zwischen der Vor- und Nachmessung unterschiedlich. Gemäß der Normung sind zwar derzeit noch solche Messverfahren zulässig, allerdings mit dem Risiko behaftet, dass Störungen nicht korrekt erfasst und dadurch falsche Prüfberichte erzeugt werden können. Messgeräte wie der TDEMI X mit seiner Echtzeitbandbreite von 645 MHz verkürzen bei Störspannungsmessungen, Störleistungsmessungen und gestrahlte Emissionsmessungen die Messzeit und erhöhen die Prüfqualität.

Hinweis: Die Bilder 3 bis 6 finden Sie in der Online-Variante des Beitrags. // HEH

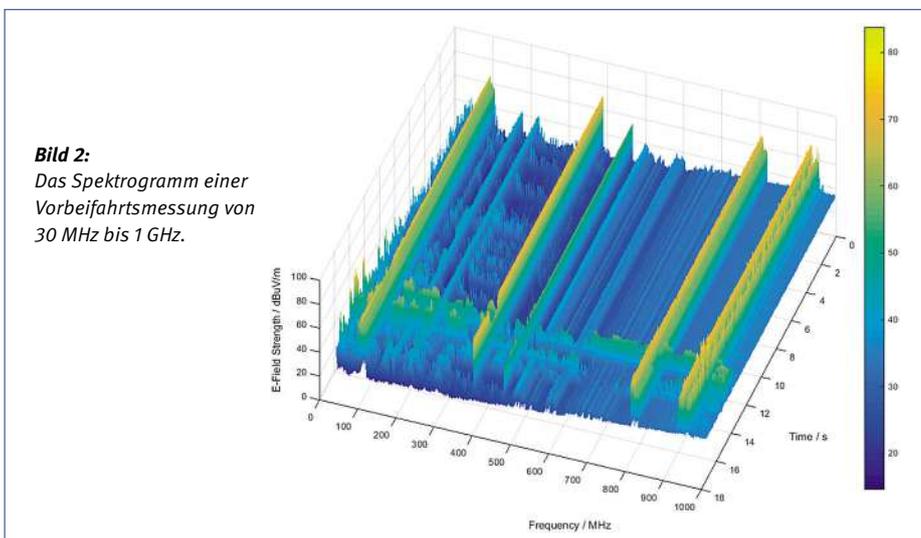


Bild 2: Das Spektrogramm einer Vorbeifahrtsmessung von 30 MHz bis 1 GHz.

Gauss Instruments

MIPI-M-PHY-SCHNITTSTELLEN

Trigger- und Dekodier-Option für Oszilloskop-Serie R&S RTO2000

Die R&S RTO-K44 Option von Rohde & Schwarz bietet Trigger- und Dekodierfunktionen für die Fehlersuche bei Designs mit MIPI-M-PHY-basierten Protokollen. Definiert als physikalischer Layer dient M-PHY als Grundlage für eine Vielzahl von Protokollstandards, die für eine schnelle Datenübertragung im Ökosystem von mobilen Endgeräten optimiert sind. So findet sich M-PHY beispielsweise mit CSI-3 in Kameras oder mit UFS in Speicherkomponenten für Multimedia-Anwendungen. Mit DigRF rev.4, UniPort oder LLI dient die Schnittstelle in der Chip-to-Chip-Kommunikation. Bei hochintegrierten Schaltungsaufbauten von mobilen Endgeräten wie Smartphones ergeben sich häufig Probleme durch das enge Nebenei-

ander von schnellen digitalen Schnittstellen und empfindlichen Funktionsblöcken wie Funkmodulen. Die Option spürt Fehlerquellen auf, die mit M-PHY-basierten Schnittstellen im Zusammenhang stehen.

Mit der Option lässt sich gezielt auf Protokollereignisse im untersten M-PHY Physical Layer zugreifen. Unterstützt werden die höheren Protokollschichten des UniPro-Standards, der ebenfalls von der MIPI Alliance definiert wurde. Aufgrund der verschiedenen Triggerevents wie Start of Frame, Data Bursts, Line Control Commands (LCC) oder Protocol Data Units (PDU) ist es möglich, Protokolldaten zu erfassen. Die dekodierten Protokollelemente werden farbkodiert im Messkurvendiagramm oder in



Trigger- und Dekodieroption: Mit der R&S RTO-K44 kann gezielt auf Protokollereignisse im untersten M-PHY Physical Layer zugriffen werden.

tabellarischer Form dargestellt. M-PHY definiert verschiedene Datenratenstufen (Gear) im Low-Speed und High-Speed-Übertragungsmodus. Im Low-Speed-Mod-

us kann sowohl PWM- wie auch NRZ-Modulation benutzt werden.

Rohde & Schwarz

ANZEIGE

MSR Electronics feiert zehnjähriges Bestehen



Bild: MSR Electronics

Funk- und Cloud-Anbindung der MSR Datenlogger

Die Angebotspalette von MSR wird kontinuierlich erweitert und umfasst neben Universal-Datenloggern auch Spezialdatenlogger sowie neu auch Wireless-Mess-Systeme. Mit der MSR SmartCloud bietet die Firma den Kunden einen webbasierten Service zur mobilen Datenüberwachung.

MSR Electronics



MSR Electronics GmbH

Mettlenstrasse 6
CH-8472 Seuzach

Telefon: +41 52 316 25 55
Telefax: +41 52 316 35 21
Internet: www.msr.ch
E-Mail: info@msr.ch

Die Datenlogger der MSR Electronics GmbH haben sich in vielen Anwendungen, vor allem in der Transport-, Luft- und Raumfahrt- sowie in der Maschinenbau-Technik, wo man sie zum Beispiel zur Maschinen- und Anlagen-Überwachung verwendet, durchgesetzt.

Mit ausgefeilter Sensorik und Prozesstechnik zeichnen sie über lange Zeiträume hinweg die unterschiedlichsten physikalischen Parameter auf. "Innovativ", "univer-

sell", "Qualitätsprodukt" – diese Merkmale zeichnen die MSR-Datenlogger seit jeher im Markt aus.

Die Modularität, also die anwenderspezifische Konfigurierbarkeit der Datenlogger ist neben der Miniaturisierung eine weitere wesentliche Produkteigenschaft. Und so tragen nicht nur seit zehn Jahren das Unternehmen selbst, sondern auch alle Logger das "MSR" – "Modular Signal Recorder" – als Hauptbestandteil im Namen.

Ein Multifunktionstester für gemischte Signale

Der Multifunktionstester der MIOS-Serie ist ein JTAG-basiertes Testsystem für die Spannungsausgabe und -messung und bietet digitale I/O-Kanäle sowie Frequenzmessung.

PETER VAN DEN EIJNDEN *



Bild: science photo/Fotolia.com

System zur Verfügung. Mit den Multifunktions-JTAG-Tester, wie der MIOS-Serie von JTAG Technologies, steht dem Entwickler ein kompaktes JTAG-basiertes Testsystem mit einer Größe von 100 mm x 100 mm und Mixed-Signal-I/O-Kanälen für Spannungsausgabe und -messung sowie digitale I/O-Kanäle und Frequenzmessung zur Verfügung. Das Testsystem lässt sich direkt in rekonfigurierbare Testadapter mit Nadelbett-Interface integrieren. Einzig eine Spannungsversorgung und weitere Messsysteme sind zusätzlich notwendig. Mit der Testlösung lässt sich ein I/O-System mit 256+ Kanälen generieren. Damit lassen sich alle Baugruppentypen testen und nicht nur die on-Board über JTAG verfügen. Zudem stehen zusätzliche Adapter-Kassetten zur Verfügung.

Alle Baugruppen-Tester benötigen eine Entwicklungs- und eine Produktionstest-Plattform. Die MIOS-Hardware wird durch verschiedene Softwaresysteme unterstützt. Um verschiedene JTAG-Tests auf Basis der MIOS-Hardware (Scanfad-Infrastruktur, Verbindungen sowie Logik- und Memory-Cluster), ISP (In-System-Programmierung), AD-/DA-Wandler-Tests oder Spannungsversorgungs- und Clock-Tests hat der Systemintegrator folgende Alternativen:

- **Skriptsprache Python:** beliebt bei Ingenieuren und Wissenschaftlern. Es stehen zahlreiche Open-Source-Bibliotheken bereit, um Instrumente wie GPIB oder USB, seriellen Schnittstellen, JTAG-Controllern zu steuern. Dank der Flexibilität der Software lassen sich Variablen, Schleifen, Verzweigungen und Datei-Ein-/Ausgaben problemlos programmieren. Obwohl eventuell mehr Programmierarbeit als bei anderen Versionen notwendig ist, stehen zahlreiche Testmodule für Bauteile und Logik-Cluster zur Verfügung, auf die über JTAG/Boundary-Scan zugegriffen werden kann. Zusätzlich ist eine VISA-Steuerungsbibliothek verfügbar.

Leiterplattentest: Gemischte I/O-Signale lassen sich mit der MIOS-Serie untersuchen.

Viele digitale Elektronik-Designs verfügen über JTAG-/Boundary-Scan-Elemente. Damit ist es möglich, einen strukturellen Boardtest und/oder In-System-Bauteilprogrammierung zu vereinfachen. Allerdings wurde der zuverlässige und wiederholbare Zugriff auf die JTAG-Funktionen von der Boundary-Scan-Technik und den

Anbietern programmierbarer Bauteile vernachlässigt. Im Wesentlichen lag es in der Verantwortung des Endbenutzers sich mit dem Hersteller des Funktionstestsystems oder auch einem In-Circuit-Test-Dienstleister in Verbindung zu setzen. Damit konnte sichergestellt werden, dass die JTAG-Testhardware auch produktionsreif ist.

Alle Baugruppen-Typen kontrollieren

Mit der Verbindung zweier Testkonzepte steht dem Testingenieur ein anpassungsfähiges und kostengünstiges Benchtop-ATE-



* Peter van den Eijnden
... ist Geschäftsführer von JTAG Technologies in Eindhoven.

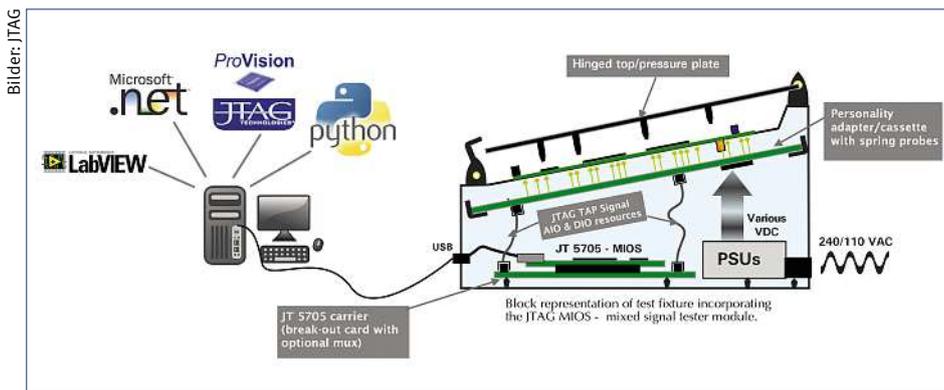
■ **LabVIEW:** für Wissenschaftler mit einer Präferenz für grafische, symbolbasierte Programmierung ist die Programmierumgebung von National Instruments unverzichtbar, insbesondere bei Funktionstests für Mixed-Signals. Sowohl für vorbereitete Tests als auch für die hardwarenahe Steuerung der Pins von JTAG-Bauteilen existieren Steuersymbole.

■ **JTAG ProVision:** für alle, die weder grafisch noch textbasiert programmieren möchten. Ein automatischer Testgenerator wie JTAG ProVision bekommt die benötigten Informationen aus den CAD-Daten des Designs und den Bauteilmodellen aus einer Bibliothek mit mehr als 10.000 Bauelementen und erstellt die kompletten Testprogramme. Die Tests lassen sich durch Skripte weiter verfeinern.

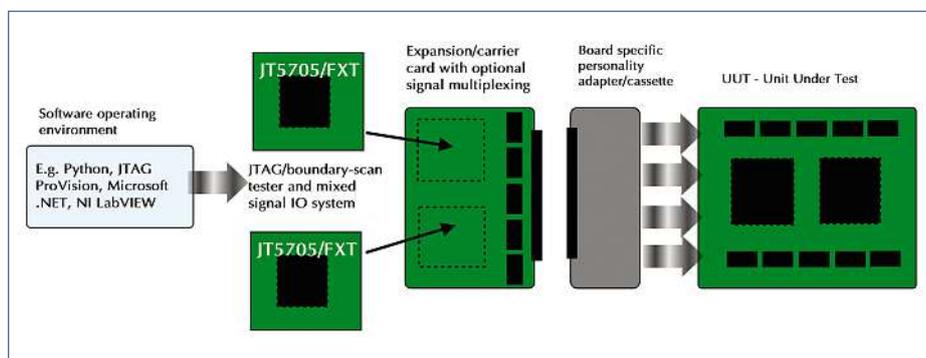
Den Baugruppentest selbst in die Hand nehmen

Neben den genannten Software-Optionen unterstützt der JTAG-MIOS-Tester .NET, TestStand und ATEasy sowie weitere Optionen; das hängt von der Vorgehensweise oder persönlichen Präferenzen ab. Die offene Architektur der JTAG-MIOS-Tester ermöglicht es, sie in nahezu beliebige, kassettenbasierte Adapter einzubinden. Bisher wurden die MIOS-Tester schon erfolgreich in die Adaptersysteme von ATX, DD Mechatronics, Ingun und MG integriert. Das Testkonzept lässt sich ohne größere Probleme mit den Systemen der unterschiedlichen Adapter-Hersteller verknüpfen.

Zahlreiche kleine und mittlere Unternehmen machen oft einen Bogen um Testeinrichtungen für Leiterplatten-Baugruppen. Wenn man sich auf einen Auftragsfertiger verlässt, der wenig oder nichts über die Funktionalität



Baugruppentest: Eine Benchtop-ATE-Lösung als ein JTAG-basiertes Testsystem mit Mixed-Signal-I/O-Kanälen.



Offene Architektur: Die Testlösung unterstützt verschiedene Software-Plattformen. Zudem lässt sich die Plattform mit unterschiedlichen Adapter-Herstellern verbinden.

einer Baugruppe weiß, kann das Testergebnis und damit die Qualität eher zufällig sein – selbst wenn die Baugruppe getestet worden ist. Wer weiß, bis zu welchem Grad der Fehlerabdeckung getestet wurde? Testet man selbst oder befasst sich zumindest selbst mit der Testproblematik, erhält man ein wesentlich besseres Verständnis für die Prozessfeh-

ler und das zugehörige Fehlerspektrum und kann dieses dann gezielter angehen. Andernfalls bezahlt man unausweichlich die sich ansammelnden Stapel fehlerhafter Baugruppen – entweder direkt, oder über versteckte Kosten.

// HEH

JTAG Technologies

IHR OSZILLOSKOP SPEZIALIST 40 MHz – 100 GHz

teledynelecroy.de

TELEDYNE LECROY
Everywhere you look™



Die Vorteile einer Cloud-Lösung für die Messtechnik

Ganz neu ist es nicht, Messdaten in der Cloud zu speichern. Die Möglichkeiten sind sowohl für Hersteller und Anwender durchaus verlockend. Was ist möglich und wo sind Gefahren? Ein Überblick.

MARTIN RIEDEL UND NILS BECKER *

Die Digitalisierung der industriellen Welt hat nicht erst mit dem Internet begonnen, sondern begann tatsächlich in den 1970er Jahren mit der ersten großen Automatisierungswelle. Allerdings hat erst die weltweite Vernetzung und die Verbreitung von sogenannten intelligenten Geräten verdeutlicht, welche Möglichkeiten das Internet im industriellen Umfeld eröffnet. Das Internet of Things verbindet in einer weltumspannenden Cloud Maschinen und Anlagen, die miteinander kommunizieren können. Das hat Einfluss auf die Messtechnik. In einer Cloud sind IT-Ressourcen weltweit verteilt, um Messdaten zu sammeln, zu speichern, zu verarbeiten und schließlich auch zu verteilen.

Doch warum eine Cloud? Dank technischer Fortschritte und Leistungssteigerungen beim Angebot von Sensorik und Messtechnik, steigt die Menge anfallender Messdaten beständig an. Zusätzlich generieren auf der Nachfrageseite komplexere technische Systeme einen wachsenden Bedarf an Mess-, Test- und Überwachungsaufgaben. Die dabei anfallenden Datenmengen sollen nicht nur lokal gespeichert werden, sondern global verfügbar sein. Die benötigte Leistung lässt sich variabel an den täglichen Bedarf anpassen,

Bilder: imc Messsysteme



Messtechnik in der Cloud: Das Beispiel Flottenmanagement zeigt, wie Datenlogger über lange Zeiträume Fahrzeugdaten protokollieren und die Daten in die Cloud übertragen.

sen, Redundanzen und flexible Backupstrategien sorgen für Ausfallsicherheit und die zentrale Architektur erlaubt einen weltweiten und unmittelbaren Zugriff auf Informationen.

Der Trend geht zu immer anspruchsvolleren Aufgaben, die sich zunehmend nur in Kooperationen lösen lassen. Auch inhomogene Quellen von Messdaten und Informationen jeglicher Art müssen zusammengeführt werden. Sowohl die Erfassung der Daten als

auch der Zugriff auf Rohdaten, Verarbeitungs-Algorithmen und Ergebnisse sind also gleichermaßen zwischen verschiedensten Teilnehmern zu koordinieren. Das bedeutet in der Praxis, dass dabei unterschiedliche Systemplattformen und IT-Infrastrukturen der Beteiligten zu entkoppeln sind. Die drastisch wachsenden Speicherkapazitäten und gleichzeitig immer offenere Fragestellungen bei der Datenauswertung befördern solche Strategien. Internet-basierte Cloud-Techno-

* Martin Riedel

... leitet das Produkt-Marketing bei imc Messsysteme in Berlin.

Nils Becker

... ist verantwortlich für Marketing bei imc Test & Measurement in Friedrichsdorf.

TransCom Transienten-Recorder

- bis 240 MHz/Kanal, bis 16 Bit
- schnelle Langzeit-Aufzeichnung auf Festplatte
- mit hervorragender Bedien- und Auswertesoftware



MF Instruments GmbH

Johannes-Brahms-Strasse 4
72461 Albstadt
Germany

Telefon +49 7432 90960
Telefax +49 7432 9096100

E-Mail: info@mf-instruments.de
Internet: www.mf-instruments.de

logien versuchen die dafür nötigen Plattformen anzubieten, auf denen flexible, arbeitsteilige Workflows, Austausch und Synergien gedeihen können. Routine- und Administrationaufgaben werden in zentrale Cloud-Data-Center ausgelagert.

Wie sieht Cloud-Messtechnik konkret aus? Liegen Daten nicht bereits digital vor, müssen diese mit Sensorik und Messtechnik erfasst und digitalisiert werden: ein typischer und alltäglicher Prozess bei Erprobung, Versuch und Überwachung von Maschinen, Anlagen und Fahrzeugen. Seit jeher ist es die Aufgabe der Messtechnik, physikalische Größen wie Temperatur, Druck, Kraft oder Weg objektiv und quantitativ zu erfassen und zu dokumentieren. Grundlage dazu bilden Sensoren wie Thermoelemente, Dehnmessstreifen oder Druckmessdosen, welche die analogen Größen in ein elektrisches Signal wandeln. Messverstärker konditionieren und verstärken diese Signale, um sie dann für die weitere Verarbeitung und Anzeige zu digitalisieren. Mit dem Aufkommen von Steuergeräten in Maschinen, Fahrzeugen und Anlagen kam eine weitere Datenquelle hinzu: Über Feldbusse wie CAN stellen Maschinen viele Informationen als digitalen Datenstrom bereit.

Von Messsystemen, Konzentratoren und Gateways

Sensoren kanalweise und damit direkt über einen Internet-Zugang in die Cloud zu bringen, kann zwar in Sonderfällen sinnvoll sein, in der Regel bedarf jedoch eines Konzentrators. Soll beispielsweise eine Maschine überwacht werden, liegen verschiedenste Sensoren, Signale und Feldbusinformation vor, die in einem ersten Schritt konditioniert und vereinheitlicht werden müssen. Das übernimmt ein lokales Messsystem, welches sich um die Synchronisierung aller Messkanäle kümmert. Intelligente Messsysteme können Daten vorverarbeiten, Daten reduzieren oder auch in Echtzeit auswerten. Damit lassen sich die weitergereichten Datenmengen begrenzen und nötige Prozess- und Verwaltungsinformationen lokal definieren. Eine hierarchische und schrittweise „Verdichtung“ ist sinnvoll. So übernimmt ein lokales Messsystem typischerweise die Funktion eines Integrators und Konzentrators und fungiert über seine Schnittstellen als Gateway zum Netzwerk.

Das Netzwerk, also das weltweite Internet, kann drahtgebunden über einen DSL-Anschluss oder drahtlose über WLAN oder Mobilfunk (UMTS, LTE) erreicht werden. Für das Cloud-Konzept ist das Medium nicht entscheidend. Auch die Frage der Komplexität

und wie intelligent das lokale System ist und ob es autark arbeitet oder zusätzlich eine lokale Bedienung, Datenvisualisierung und Speicherung erlaubt, führt zu vielfältigen Ausprägungen von Cloud-Anwendungen.

Die tatsächlichen praktischen Hürden liegen bei Aspekten von Sicherheit, Zuverlässigkeit und Kosten. Vor allem, wenn Mobilfunk-Verbindungen genutzt werden. Die Wahl von Übertragungsprotokollen wie FTP, HTTP und MQTT sowie Verschlüsselungen wie SSL/TLS, VPN und private Mobilfunknetze sind Themen. Übertragungsverfahren müssen tolerant gegenüber Verbindungsstörungen (Funklöchern) sein und nicht zuletzt muss für eine Abschottung mit Firewall-Funktionen gesorgt sein, um Malware-Attacken abzuwehren.

Es fehlt an einem einheitlichen Standard in der Messtechnik

Die eigentliche Datenschnittstelle zur Cloud wird durch Datenbank-Funktionalität gebildet. Doch einheitliche Standards gibt es für die Messtechnik noch nicht. Die Vielfalt von Datenquellen, Datentypen, proprietären Herstellerlösungen und Formaten hat bisherigen Versuchen, eine konsequente Standardisierung zu etablieren, bisher keinen durchschlagenden Erfolg beschert. Und selbst für die von der eigentlichen Messtechnik-Anwendung bereits abstrahierten Infrastruktur-Plattformen von Cloud-Datencentern gibt es zwar aktuell eine Vielzahl von großen Anbietern, die jedoch keine einheitlichen und austauschbaren Standards verwenden.

Cloud-Konzepte sollen Daten für Auswertung und Analyse zugänglich zu machen. Diese Aufgabe wird von „Web-Services“ übernommen, also Diensten, welche die Datenbankbestände „bewirtschaften“. Das kann ein Service sein, der gezielt Anfragen stellt, Daten abrufen, aufbereitet und zur Visualisierung oder Weiterverarbeitung wiederum via Internet zur Verfügung stellt. Besonders attraktiv ist das, wenn dabei Plattformunabhängige Konzepte zum Einsatz kommen. Die Bearbeitung solcher Anfragen durch einen Web-Server und die Auslieferung im HTML-Format an einen Standard-Webbrowser zur Anzeige, macht die Informationen auf beliebigen Endgeräten, Plattformen und Betriebssystemen verfügbar – vom Windows-PC über Linux-Systeme bis zum Tablet oder Smartphone. Auch automatisiertes Post-Processing oder Trend- und Grenzwertüberwachung sowie Alarmgenerierung sind übliche Service-Szenarien. Über Programmierschnittstellen (APIs) können Anwender lokale Clients als eigene individualisierte Ser-

AAC
www.amc-systeme.de

Produkte und Systeme für Industrie 4.0 Anwendungen

MESS- UND STEUERUNGSSYSTEME

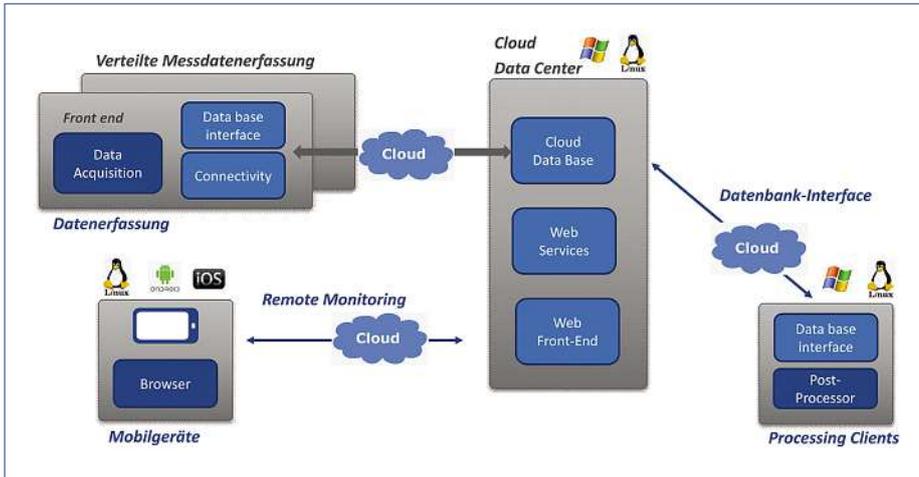
IoT REMOTE-I/O-MODULE

IoT Wireless I/O Solutions
Instant Sensing, Intelligent Processing and Direct Cloud Accessibility

WEBBASIERTE HMI-/ SCADA-LÖSUNGEN

WebAccess

AMC – Analytik & Messtechnik GmbH Chemnitz
Heinrich-Lorenz-Str. 55 • D-09120 Chemnitz
Telefon 0371/38388-0 • Fax 0371/38388-99
www.amc-systeme.de • info@amc-systeme.de



Verteilte Systeme: Messdaten werden verteilt erfasst und verarbeitet. Das ist ein typisches Szenario für die Messtechnik in der Cloud.

vices realisieren und dabei ebenfalls auf die Cloud-Datenbestände zuzugreifen.

Zustandsüberwachung von Maschinen und Anlagen

Mit offenen Cloud-Lösungen sind kooperative Workflows möglich, bei denen jeder Stakeholder das beiträgt, was er am besten kann. So kann Know-how als Dienstleistung angeboten werden, vom Prozess-Spezialisten mit Applikationswissen bis hin zum Statistiker und Mathematiker mit Ambitionen im Data-Mining. Konkrete Anwendungen von Cloud-Konzepten sind so vielfältig wie die Messtechnik selbst: Ein wichtiger Bereich ist das Condition Monitoring von Maschinen und Anlagen. Dabei steht oft die vorausschauende Wartung im Fokus. Ziel ist es, Reparaturen genau dann präventiv auszu-

führen, wenn das anhand der real beobachteten Mess- und Analysedaten geboten scheint. So eine Strategie – auch „Predictive Maintenance“ genannt - kann Betriebskosten deutlich reduzieren: Teile müssen nicht vorsorglich gewechselt werden, sondern genau dann, wenn die reale Belastungshistorie einen Ausfall statistisch unmittelbar erwarten lässt oder beginnende Schädigungen in den Messdaten nachweisbar werden. Schwerpunkte können beim Condition Monitoring ganz unterschiedlich gesetzt sein: Um eine sehr große Anzahl von uniformen Objekten zu überwachen, ist eine einfache, preiswerte und uniforme Messtechnik notwendig, die vollautomatisch und autark arbeitet. Bei großen und teuren Anlagen kommen komplexe und individuell angepasste Messsysteme zum Einsatz, die vielfältigste Größen mit ein-

beziehen, inklusive der Maschinensteuerungsdaten. Diese Messtechnik kann dann mitunter auch genutzt werden, um den Betrieb vor Ort zu unterstützen, durch Prozess-Beobachtung und -Optimierung. Solche hybriden Systeme erlauben dann sowohl eine interaktive lokale Nutzung als auch die Anbindung eines systematischen Remote Monitoring an eine Cloud-Plattform.

In diesem Zusammenhang spielt Latenz eine wichtige Rolle: Messtechnische Überwachung macht es notwendig, in einen Prozess direkt einzugreifen: Das beginnt beim Justieren von Prozessparametern bis zum sicherheitsrelevanten Not-Aus. Je nach Relevanz und Echtzeit-Anforderungen müssen Entscheidungen unmittelbar lokal durch das Messsystem getroffen werden, oder können an die Cloud delegiert werden. Diese hat zwar eine längere Latenz, aber mitunter umfassendere Expertise und Entscheidungs-Intelligenz. Mit der Interaktion über die Cloud lässt sich das Messsystem aus der Ferne konfigurieren und anpassen. An dieser Stelle wird besonders deutlich, wie wichtig beim Thema Cloud ein hierarchisches System von Rechten und Benutzerrollen wird, um ein exakt austariertes Verhältnis von optimaler Flexibilität bei maximaler Sicherheit zu erreichen.

Flottenversuche bei der Fahrzeugentwicklung

Großangelegte Flottenversuche wie bei der Fahrzeugentwicklung sind ebenfalls eine typische Cloud-Anwendung. Autarke Datenlogger kommen in großer Anzahl bei Testfahrzeugen zum Einsatz und protokollieren über lange Zeiträume systematisch GPS-, Fahrzeug-, Betriebs- und Belastungsdaten. Die Cloud-Anbindung erfolgt über Mobilfunk. Deshalb liegen die Schwerpunkte bei Datenreduktion und Wirtschaftlichkeit. Auch hohe Datenvolumen stoßen schnell an Grenzen, wenn hochaufgelöste Rohdaten übertragen werden müssen. Dabei zeigt sich der Nutzen von lokaler Intelligenz, die mit Spektral- und Ordnungsanalysen bereits vor Ort eine Informationsverdichtung und damit drastische Datenreduktion erreichen kann.

Gemessen an den potenziellen Möglichkeiten haben Hersteller und Anwender gerade erst begonnen, die Möglichkeit von Cloud-Messtechnik auszuloten. Gemeinsam treibt sie die Vision an, Plattformen zu gestalten, die in der Lage sind, ganz neue Antworten auf Fragen zu finden, die heute noch nicht einmal gestellt wurden. // HEH

Ort	Nutzer	Aufgabe	Zugriff	Spannungsfeld
Weltweit mobil	Manager Supervisor	Überblick Status Alarm	https Web-Browser	Latenz Gesamt-Historie ↑ Monitoring vs. Interaktion Massen-Daten vs. Daten-Reduktion Roh- vs. Ergebnis-Daten ↓ Unmittelbare Reaktion Prozess-Eingriff
Weltweit stationär	Algorithmen Spezialist	Data-Mining	PC SSL Clients	
Remote Data Center	Admin	Datenbank Admin	Server / PC direkt	
Lokale Anlage	Maschinen- Bediener	Prozess- Optimierung Support	PC direkt Bediener- Terminal	

Hybride Lösung: Von der lokalen Anlage bis zum Cloud-basierten Condition-Monitoring.

imc Meßsysteme

Oszilloskop-Familie HDO9000 mit 10 Bit A/D-Wandler und 4 GHz

Mit der Oszilloskop-Serie HDO9000 bringt Teledyne LeCroy eine Serie mit einem 10 Bit A/D-Wandler und einer Bandbreite bis 4 GHz. Bei der Bedienung setzt der Hersteller auf das bewährte MAUI OneTouch.

Im Jahr 2010 präsentierte Teledyne LeCroy erstmals seine HD-Oszilloskope. Dahinter verbirgt sich ein A/D-Wandler mit 12 Bit, mit dem sich Messdaten mit hoher Abtastrate erfassen lassen zusammen mit Eingangsverstärkern mit einem großen Signal-Rausch-Verhältnis und einer rauscharmen Signal-Architektur. Eine nächste Generation an HD-Oszilloskopen bringt das Unternehmen mit der Serie HDO9000 heraus. Hier ist ein A/D-Wandler mit 10 Bit implementiert und es bietet bis zu 4 GHz bei einer Abtastrate von 40 GS/s. Die Serie verwendet die HD1024-Technik. Dahinter steht eine Auflösung von $2^{10} = 1024$ diskreten Spannungsstufen. Mit integrierten Filtern lässt sich die Auflösung auf 13,8 Bit erhöhen. Wie bei allen Mitgliedern der HDO-Familien setzt die Serie HDO9000 eine Systemarchitektur mit geringem Rauschen und ENOB-Werten bis zu 7,9 Bit ein. Dadurch werden die Messungen erheblich genauer, Testergebnisse präziser und die Debug-Zeit wird verkürzt.

Bis zu 16 zusätzliche digitale Kanäle zur Verfügung

Neben dieser 10-Bit-Variante bietet Teledyne LeCroy verschiedenen Produktreihen von echten 12-Bit-Oszilloskopen wie HRO 6Zi, HDO 4000 und HDO 6000 mit Bandbreiten zwischen 200 MHz und 1 GHz. Mit den Messlösungen ist es möglich, präzise und hochaufgelöst zu messen, ohne die Einschränkungen der Mittelung bzw. Enhanced bzw. High-Resolution-Modus.

Bei der Serie gibt es Modell mit der Bezeichnung „MS“. Das bedeutet Mixed Signal. Bei diesen Modellen sind neben den vier analogen Kanälen zusätzlich 16 digitale Kanäle vorhanden, um die Messwerte aufzunehmen. Wird mit allen vier analogen Kanälen gemessen, beträgt die die Abtastrate 20 GS/s. Bei nur zwei analogen Kanälen erhöht sich diese auf 40 GS/s. Bei den 16 digitalen Kanälen beträgt die Abtastrate 1,25 GS/s. Eine zusätzliche „Synch-Option“ ermöglicht es, acht Kanäle zu synchronisieren. Die zusätzlichen digitalen Kanäle lassen sich für



Bild: Teledyne LeCroy

HDO9000: Die Serie von Teledyne LeCroy bietet eine Auflösung von 10 Bit und eine maximale Bandbreite von 4 GHz.

Trigger, Decodierung und für Messungen zur Analyse von Timing-Unregelmäßigkeiten oder für die Fehlersuche an digitalen Designs nutzen.

In der Oszilloskope-Serie kommt das MAUI-OneTouch-Bedienkonzept zum Einsatz. Zusammen mit einem Touchscreen von 15,4" wird die Arbeit des Messtechnikers erheblich erleichtert. Mit nur einem Tippen auf dem Display lassen sich gängige Bedienvorgänge ausführen. So kann man schnell zwischen den Kanälen wechseln und beispielsweise eingestellte Parameter für Kanal 1 auf den zweiten Messkanal übertragen. Damit lassen sich auch mathematische- und Parametermessungen ergänzen. Geschlossen werden können sie durch ein einfaches Ziehen nach unten. Anwender, die eine klassische Bedienung eines Oszilloskops bevorzu-

gen, können natürlich auch weiterhin mit den bekannten Dreh und Druckknöpfen bedienen.

Verschiedene protokoll-spezifische Mess- und Augendiagrammpakete vervollständigen das Angebot an Trigger- und Decodierlösungen. Die Messfunktionen für serielle Daten ergänzen das Angebot zur Signalanalyse für Mathematik, Messungen, Debug und Ergebnisdokumentation. Abgerundet wird das Angebot durch digitale Filter, Spektrumanalyse, Leistungsanalyse oder Jitter. Mit der Option „Advanced Customization“ lassen sich benutzerdefinierte Parameter- und Mathematikfunktionen aus C/C++, MATLAB, Excel, JScript oder Visual Basic erstellen und in das Oszilloskop integrieren. // HEH

Teledyne LeCroy

Charakterisieren von Leistungs- halbleitern wird anspruchsvoller

Für den Test und die Charakterisierung von Bauelementen kommen neben klassischen Messgeräten noch Nischenprodukte hinzu. Wir zeigen, worauf Sie künftig achten sollten.

NORBERT BAUER *



* Norbert Bauer
... ist Applikations- und Vertriebsingenieur bei der bsw TestSystems & Consulting AG.

Die Anforderungen an die Präzision, aber auch an die Flexibilität von Messinstrumenten und Testsetups steigen parallel mit der kontinuierlich wachsenden Zahl an verwendeten Halbleiterstrukturen und -materialien. Neben traditioneller Kurvenaufzeichnung sind Geräte für die Analyse von Stromversorgungen aus dem

Messlabor nicht mehr wegzudenken. Sie sind es, die die Spielräume gegenüber der traditionellen Messtechnik erweitern und kombinieren einfaches Bedienerkonzept mit Messpräzision. Für Spezialanwendungen kommen Nischenprodukte wie ein „UHV Bias Tee“ hinzu, um bis 10 kV zu charakterisieren oder Erweiterungen, um die Arbeitsfläche

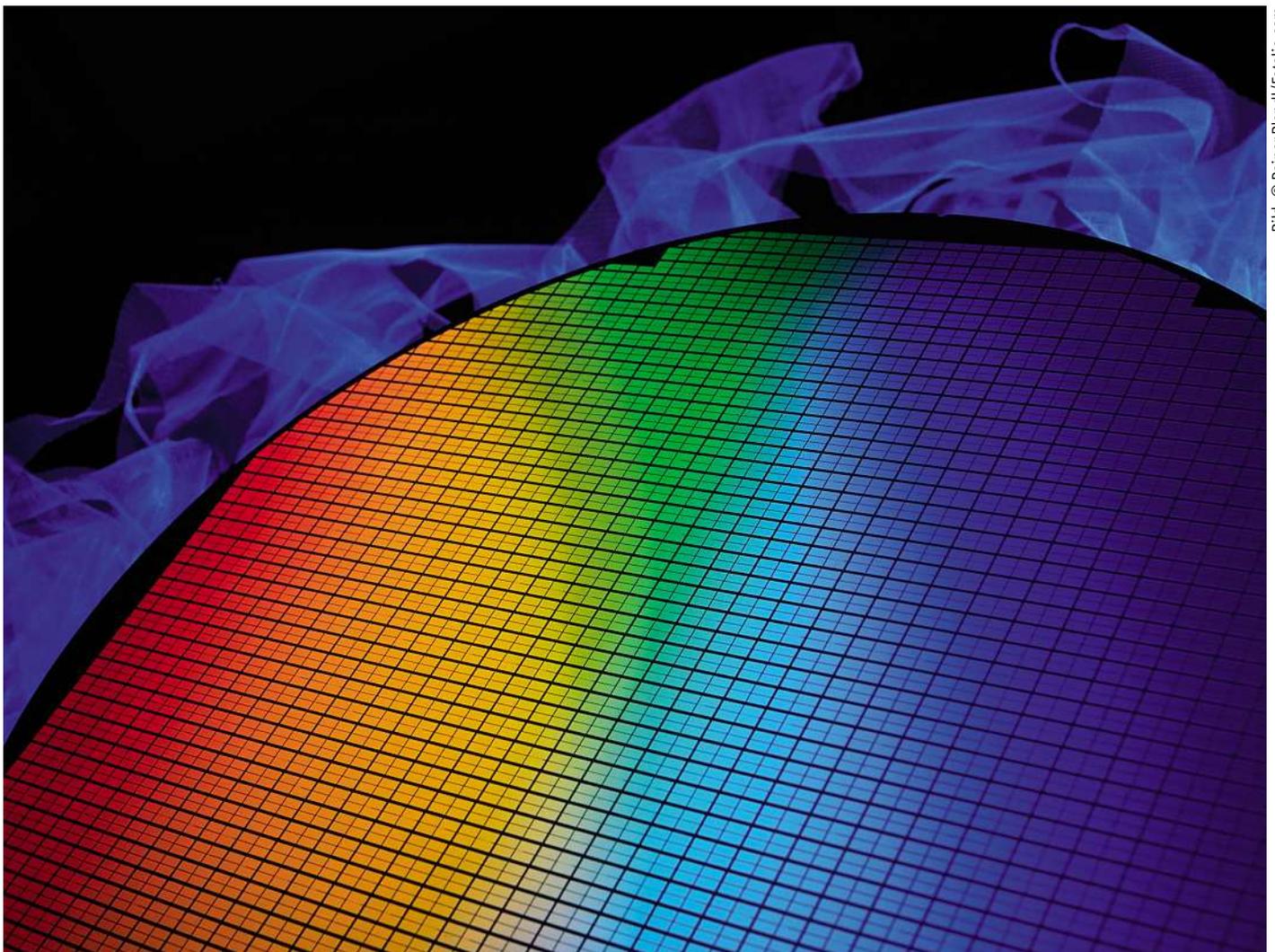


Bild: © Rainer Plendl/Fotolia.com

Silizium-Wafer: Eine wachsende Zahl von Halbleitermaterialien und Halbleiterstrukturen verlangt auch präzisere Messtechnik.



Pulsed-IV-System: Die Abhängigkeit eines Bauelements von Strom (I) und Spannung (V) lässt sich mit gepulsten anregen. Das Bild zeigt eine Gerät des Herstellers AMCAD.

für sehr große Prüflinge zu vergrößern. Die in den letzten fünf Jahren in Deutschland eingeleitete Energiewende hat zu einem gewaltigen Innovationsschub bei Alltagsprodukten geführt. Dank der Rahmenbedingungen lassen sich bestimmte Produkte zu (fast) alltagstauglichen Preisen anbieten: LED-Lampen, Elektrofahrrad oder Solarleuchten. Gleichzeitig soll die Stromerzeugung von fossilen zu regenerativen Energieträgern bewegt werden. Allerdings ist das nicht immer und überall gleichmäßig möglich. Daher kommt es zu einem Umbauebedarf der Energiedistribution.

Daher steigt der Bedarf und die Vielfalt moderner Halbleitertransistoren. In erster Linie sind hier MOSFETs (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren) oder alternativ auch IGBTs (Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode) zu nennen. Silizium ist nach wie vor das meist verbreitete Ausgangsmaterial. Für spezielle Anwendungen kommen auch Substanzen zum Einsatz, die vor kurzem noch als exotisch galten: Galliumnitrid (GaN) oder Siliziumkarbid (SiC – Wide Bandgap Materialien). Halbleiter-Hersteller und die Anwender sind großem Druck ausgesetzt. Die benötigte Entwicklungsgeschwindigkeit von neuen Materialien und Strukturen mit spezifischen Eigenschaften steigt.

Charakteristika von Strom und Spannung ermitteln

Anwender müssen Schaltungen mit mehr Funktionen bei gleichzeitig sinkendem Strom- und Platzverbrauch zu immer geringeren Kosten entwickeln. Das lässt sich nicht durch Simulation allein realisieren. Dazu wird spezielle Messtechnik benötigt, die über traditionelle Instrumentierung wie DMM,

Oszilloskop, Netzteil oder auch der erwähnten Kurvenaufzeichnung hinausgeht. Benötigt wird ein Werkzeug zum Charakterisieren, das alle Standard-Charakteristika von Strom und Spannung vermessen kann:

- Hochpräzise Leckstrom-Messung,
- Durchbruchspannungen bis 10 kV,
- Threshold-Spannung,
- Ausgangskennlinienfeld und
- direkte Messung der Transferkennlinie.

Zur messtechnischen Pflicht kommt die Kür in Form einer Messung der Abhängigkeit der Bauteilkapazitäten über der Spannung. Bei der DC-Vorspannung können das mehrere kV sein. Wichtige Erkenntnisse zum Schaltverhalten liefert die Analyse der Gate-Charge-Kurve. Hier wird der zeitliche Verlauf von Gate-Strom und Gate-Spannung bei konstantem Drain-Strom gemessen und in ein Diagramm umgesetzt, das die Abhängigkeit der Gate-Ladung über der Gate-Spannung darstellt. Mit präzise gemessenen Kapazitäten und Werten aus dem Ausgangskennlinienfeld lassen sich Schaltzeiten sowie Verluste rechnerisch bestimmen.

Entwickler von Galliumnitrid- (GaN-) Bauelementen interessieren sich noch für das Current-Collapse-Phänomen: bei GaN-Transistoren ist der Drain-Strom bei höheren Spannungen geringer als bei kleineren. Schuld sind sogenannte „Traps“ mit unterschiedlichen Zeitkonstanten, die dafür sorgen, dass der Wert von $R_{DS(on)}$ (Einschaltwiderstand) unmittelbar nach dem Umschalten größer ist und erst zeitlich verzögert kleiner wird. Das führt zu bauartbedingten Verlusten. Man ist daran interessiert, diesen Effekt zu kontrollieren und so die sonstigen Vorteile des Materials voll nutzen zu können. Der Effekt lässt sich mit Hilfe eines Power-Device-Analysators einfach charakterisieren, bei







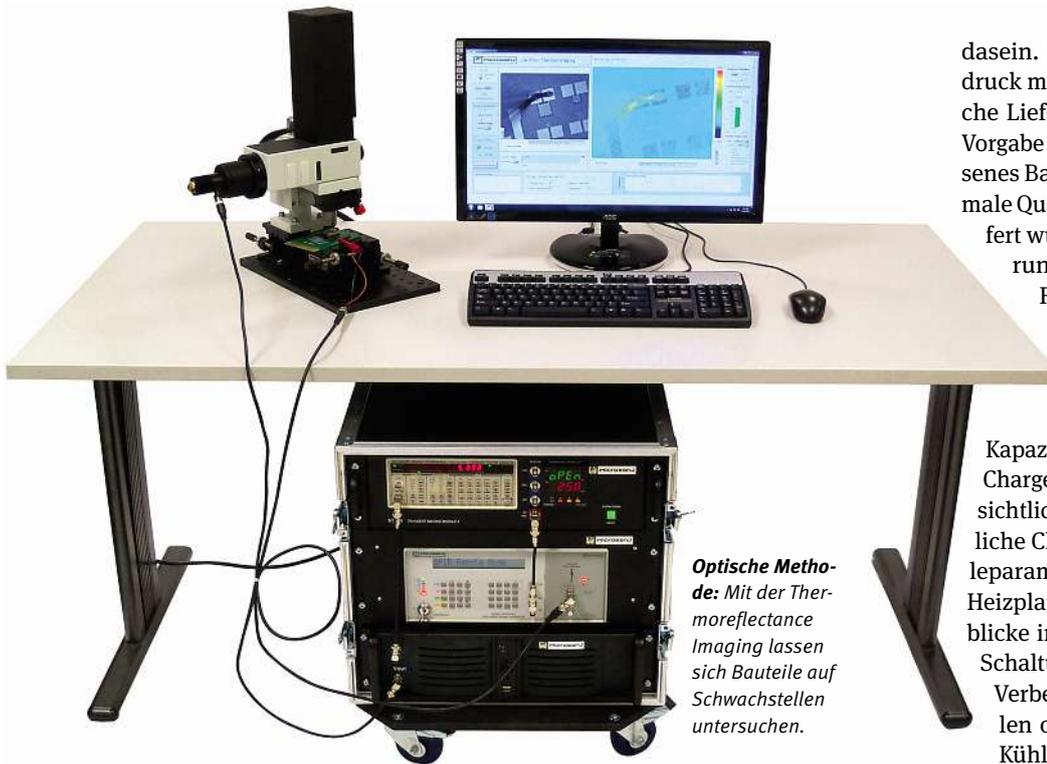
MANUELLER
PRÜFADAPTER

MA SERIE

INGUN entwickelt und produziert
Prüfadapter für alle gängigen Testsysteme.

Standard- und Spezialanfertigungen -
zugeschnitten auf Ihre individuellen
Prüfaufgaben

www.ingun.de



Optische Methode: Mit der Thermoreflectance Imaging lassen sich Bauteile auf Schwachstellen untersuchen.

dem Quellen dynamisch vom Bauteilestress in die Messung der Abhängigkeit $V_{d/Id}$ umgeschaltet werden. Eine weitere Möglichkeit ist ein Pulsed-IV-System, bei der das Bauelement mit extrem kurzen Pulsen angeregt wird.

Bei den Bauteilen nicht blind auf das Datenblatt verlassen

Ein temperiertes Bauelement während der Messung ist ebenfalls gewünscht. Hierfür werden für gepackte Bauelemente entweder Heizplatten (oberhalb der Raumtemperatur) oder Thermostreams (für positive und negative Temperaturen) eingesetzt.

Die Charakterisierung auf Waferebene ist bei Leistungshalbleitern möglich, aber durch den Einfluss des Kontaktwiderstandes stellt sie eine Schwierigkeit dar. Neueinsteigern unterläuft schnell ein Fehler, und das kann auch schnell teuer werden. Empfehlenswert und sicherer ist der Einstieg in das Thema durch Schulung oder Consulting durch einen versierten Partner. Mit mehr als 20 Jahren



Testsystem: Das Bild zeigt eine erweiterte Arbeitsfläche und eine Sicherheitshaube für 10 kV inkl. einer Sicherheitschaltung der bsw.

Erfahrung bieten Partner wie die bsw Test Systems & Consulting jede Form von Unterstützung an, egal ob Mess-Service, Schulung oder Komplettsystem als individuell abgestimmte Turn-Key-Solution.

Haben sich die Entwickler von Schaltungen bei der Konzeption und Simulation ihrer Schaltungen lange Zeit blind auf Datenblatt- oder Bibliothekswerte verlassen, geht das solange gut, wie die Schaltungen mit ausreichend Sicherheitsreserven gegen Bauteilertoleranzen dimensioniert werden können. Ein wesentlicher Nachteil dieser Strategie sind die nur kostspielig und zeitaufwendig zu erreichenden Effizienzsteigerungen durch die Trial-and-Error-Methode im Prototypenbau. Beispielhaft dafür stehen die Kapazitäts-Spannungs-Parameter und die Gate-Charge-Kurve. Der Einfluss der Kenngrößen ist unter anderem auf die Schaltverluste groß. Als Datenblattwert führen sie aber regelmäßig ein Schatten-

dasein. Durch den zunehmenden Kostendruck müssen Anwender auf unterschiedliche Lieferquellen zurückgreifen. Ein nach Vorgabe des Originaldatenblatts nachgemessenes Bauteil zeigt schnell, ob eine suboptimale Qualität oder gar eine Fälschung geliefert wurde und bewahrt vor teuren Erfahrungen in der Produktion. Schlechte Fälschungen, und sie gibt es wirklich, werden oft schon im Ausgangskennlinienfeld oder der Durchbruch-Charakteristik erkennbar. Eine Detailanalyse der Kapazitäts-Charakteristika sowie der Gate-Charge-Kennlinie hilft auch weniger offensichtliche Mängel aufzudecken. Die zusätzliche Charakterisierung der realen Bauteilparameter über der Temperatur mit einer Heizplatte oder Thermostream erlaubt Einblicke in das zu erwartende Verhalten der Schaltung und gibt wertvolle Hinweise auf Verbesserungsbedarf und Schwachstellen oder auf Einsparpotenziale bei der Kühlung.

Für die Entwicklung kann man auf optische Methoden der Schwachstellenanalyse zurückgreifen: Dazu gehören Infrarotthermografie oder die Thermografie mit dem „Thermoreflectance Imaging“, das eine wesentlich bessere Auflösung bietet. Erst seit rund einem Jahr kann diese Methode kombiniert werden mit der oben bereits genannten Pulsed-IV-Messmethode. Die Möglichkeiten, die sich für den Anwender ergeben sind aktuell noch gar nicht vollständig ausgereizt.

Messgeräte sollten sich problemlos erweitern lassen

Um einen Power Device Analyzer in einem so dynamischen Umfeld sinnvoll anzuschaffen, sollte sich das Messinstrument über die vom Hersteller angebotene Grundausstattung hinaus auch später noch erweitern und ausbauen lassen. So kann der Prüfenieur sicher gehen, dass er sich bei zukünftigen Entwicklungen nicht unvermittelt in einer Sackgasse wiederfindet. Erwähnenswert sind auch Messaufbauerweiterungen. Das kann beispielsweise ein „UHV Bias Tee“ sein, das aktuell die CV-Charakterisierung bis 10 kV ermöglicht. Auf Interesse stößt auch eine Erweiterung der Arbeitsfläche, um sehr voluminöse Prüflinge sicher testen zu können. Entwicklung und Einsatz von Leistungshalbleiter ist ein sehr dynamisches Umfeld, das allen Beteiligten ein Höchstmaß an Know-how und Lernfähigkeit abfordert. Moderne Messgeräte helfen, dem Ziel der „Grünen Energie“ näher zu kommen. // HEH

bsw TestSystems & Consulting

HIGH-SPEED MULTI-MEASUREMENT DEVICE

Digitizer mit 24-Bit-Auflösung und 40 MS/s für 250 V und 2 A

VX Instruments erweitert ihr Produktportfolio um die Familie PXM782x Multi-Measurement Device. Das voll isoliert aufgebaute Gerät vereint ein Digital-Multimeter mit 24 Bit mit bis zu 1 MS/s, ein RLC-Messgerät, einen Digitizer mit 40 MS/s und einer Auflösung von 16 Bit sowie eine Triggerkarte in einer Einheit. Es können Spannungen bis 500 V_{pp} und Ströme bis 2 A, jeweils AC oder DC, vermessen werden. Besonderer Wert wurde neben einer hohen Messgeschwindigkeit auf die Eingangsimpedanz der Mess-



karte von mindestens 10 MOhm || 20 pF in allen Messbereichen gelegt. Damit wird die Beeinflussung von DC- sowie AC-Messsignalen bestmöglich minimiert.

Für präzise Messungen ist das Gerät in 4-Leiter-Technik mit

Sense-Anschlüssen ausgeführt. Beim Einsatz in anspruchsvollen Anwendungen, wie beispielsweise bei Testsystemen, ist es durchaus möglich, dass Messleitungen mit Längen von mehreren Metern verwendet werden müssen. Um auch kleinste Ströme direkt am Prüfling zuverlässig und schnell messen zu können, ist das Gerät in 6-Leiter-Technik mit Guardingfunktion bis zum Prüfling aufgebaut. Zusätzlich wird an der Gerätefront ein Trigger-Eingang und ein Trigger-Ausgang zur Verfügung gestellt. Zudem

bieten die Karten der Serie verschiedene Timer/Counter-Funktionen mit einer Auflösung von 50 ns. Elektronische Schutzvorrichtungen gegen Überspannung und Überstrom gewährleisten einen zuverlässigen und ausfallsicheren Betrieb, vor allem im industriellen Produktionsumfeld. Die Geräte-Familie ist in unterschiedlichen Ausstattungs-konfigurationen und wahlweise als PXI- oder PXIe-Variante erhältlich.

VX Instruments

PXI-EXPRESS SMU

Einschwingzeiten weniger als 1 ms



Die M9111A von Keysight ist eine SMU im PXI-Express-Format. Zu den Leistungsparametern gehören eine Einschwingzeit von weniger als 1 ms. Das gilt sowohl für Ausgangsspannungsänderun-

gen als auch für Strommessungen von wenigen Mikroampere. Dank des Transientenverhaltens kommt die SMU problemlos mit der pulsartigen Stromaufnahme von HF-Leistungsverstärkern zurecht. Während der Laststromspitzen sinkt die Ausgangsspannung nur für sehr kurze Zeit ab und erreicht schnell wieder den programmierten Wert. Die 2-Quadranten-SMU benötigt einen Steckplatz und liefert eine Ausgangsleistung bis 18 W.

Keysight Technologies

IMPEDANZANALYSATOR

Von 1 mOhm bis 10 GOhm messen



Der MFIA Impedanzanalysator von Zurich Instruments misst Impedanzen von 1 mOhm bis 10 GOhm bei Frequenzen von 1 Hz bis 5 MHz. Messungen bei DC sind ebenfalls möglich. Es lässt

sich über einen großen Impedanzbereich messen. Ein weiterer Vorteil ist die Messzeit von 20 ms pro Messpunkt bei einer typischen Grundgenauigkeit von 0,05 Prozent. Zugriff auf den Analysator erfolgt über ein Web-Interface. Ergänzend stehen dem Anwender verschiedene API-Beispiele für LabView, Matlab, Python und C zur Verfügung. Charakterisieren lassen sich unter anderem Halbleiterbauteile und -materialien.

Zurich Instruments

PARAMETER-ANALYSATOR

Einblick in Halbleiter-Bauteile, Materialien und Prozesse

Das 4200A-SCS von Tektronix basiert auf dem Parameter-Analysator Keithley 4200-SCS: Neben der überarbeiteten grafischen Bedienoberfläche bietet der Analysator hilfreiche Tools zum Selbstlernen. Dazu gehören beispielsweise Videos mit detaillierten Erklärungen. Damit soll sich laut Hersteller die Lernkurve des Anwenders verkürzen. Zudem bieten die Videos Hilfe bei der Fehlersuche und vermitteln Sicherheit bei den gewonnenen Messergebnissen. Für Messungen in der Halbleiter-Forschung



bietet der Hersteller das vierkanalige IV/CV-Schaltmodul Keithley 4200A-CVIV. Es wird mit dem 4200A-SCS Grundgerät eingesetzt und es ist möglich, zwischen SMU-Strom-Spannungs-(I-V) und Kapazität-Spannungs-

Messungen (C-V) direkt umzuschalten. Der Anwender misst damit C-V an jedem Bauteilan-schluss, ohne Prober-Nadeln abzuheben oder das Kabel um-zustecken. Durch das hochauflö-sende Breitbild-Display ist mehr Platz für interaktive Tests und Experimente.

Wie das Vorgängermodell ist das 4200A-SCS ein modularer, voll integrierter Parameter-Analysator, der eine elektrische Charakterisierung von Materialien, Halbleiter-Bauteilen und Prozes-sen ermöglicht. Er enthält SMUs

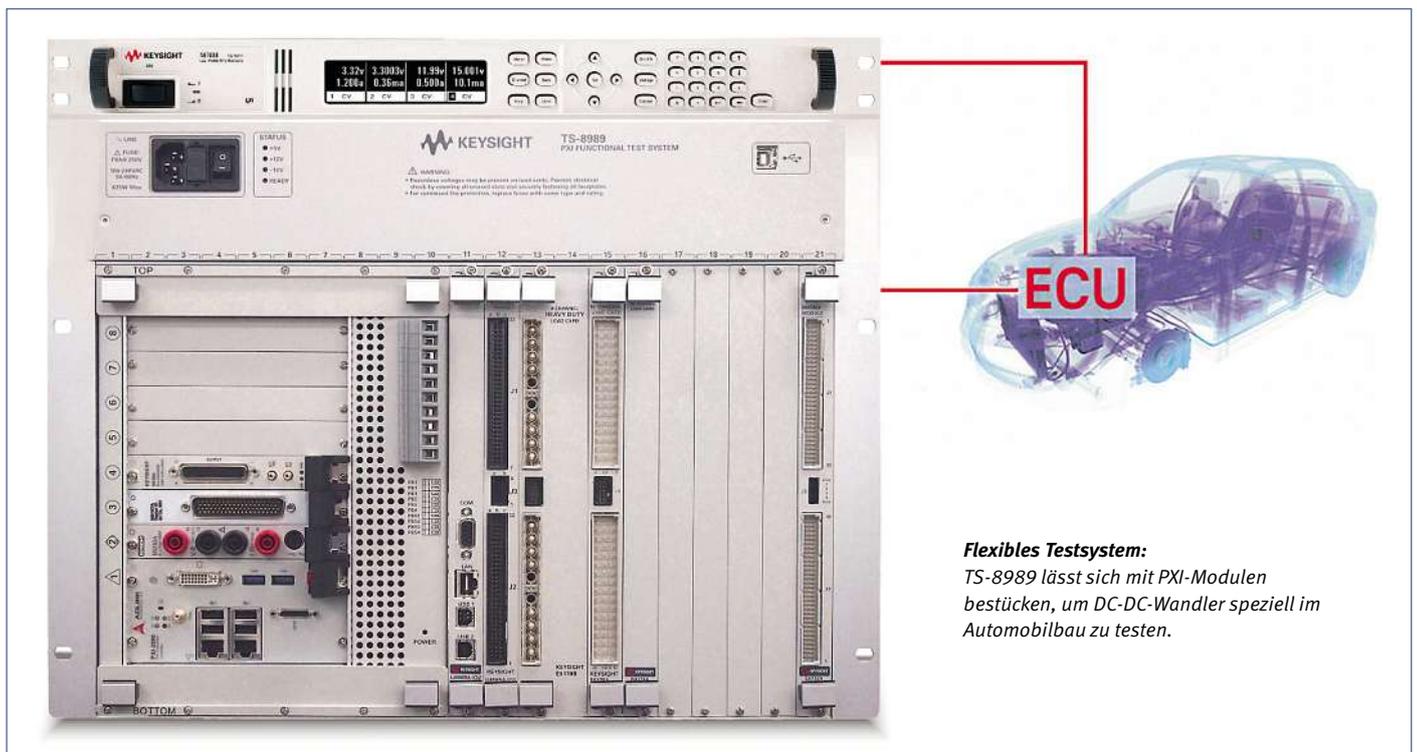
(Source Measure Unit) für die I-V-Charakterisierung, ein Kapazitätsspannungsmodul für AC-Impedanz-Messungen und eine ultraschnelle Puls-Messeinheit für gepulste I-V-, Signal-Erfassungs- und transiente I-V-Messungen. Zudem liefert das Gerät den Forschern und Ingenieuren kritischen Parameter, die sie für die Material-Forschung, das Design, die Entwicklung oder Produktion von Halbleiter-Bauteilen benötigen.

Tektronix

DC-DC-Wandler für Fahrzeugmodule flexibel testen

Ein Start-Stopp-System ist aus Fahrzeugen nicht mehr wegzudenken. Um die Verbraucher im Auto zu schützen, wird ein DC-DC-Wandler eingesetzt. Wir zeigen, wie sich solch ein Wandler testen lässt.

KLAUS HÖING *



Bilder: dataTec

Flexibles Testsystem:

TS-8989 lässt sich mit PXI-Modulen bestücken, um DC-DC-Wandler speziell im Automobilbau zu testen.

Ein automatisches Start-/Stopp-System eines Automobils unterbricht die Motorverbrennung während des Stillstandes der Räder und startet den Motor sofort, wenn der Fahrer beispielsweise die Kuppelung tritt oder das Bremspedal freibt. Weitere Kriterien sind: das Fahrzeug kommt ins Rollen, die Lenkung ist betätigt oder die Bremse ist gelöst, oder wenn andere Verbraucher wie Klimaanlage oder Sitzheizung bei einem längeren Stillstand die Motorunterstützung benötigen, um die Batterie nicht zu sehr zu entladen. Ein derartiges Start-Stopp-

System ist im heutigen Straßenverkehr mit vielen Ampeln, bei Stau oder bei zähfließendem Verkehr mit Stillstand von Vorteil. Die Anzahl der Fahrzeuge mit solch einem System nimmt aus zwei Gründen stetig zu: Ein geringerer Kraftstoffverbrauch einhergehend mit weniger CO₂-Ausstoß.

Wandler sorgt für eine Netzspannung von 12 V

Dieser Start-Stopp-Prozess hat Einfluss auf die fließenden Stromstärken, was zu Spannungseinbrüchen oder Spannungsreduktionen mit folgenden Spannungsspitzen führen kann, was dann wiederum bei anderen elektrischen Modulen eines Fahrzeuges zu einer Unterbrechung, Fehlfunktion und eventuell zu einem Totalausfall führen kann. Abstandsradar, Navigationseinheit, Motorküh-

lung oder Klimaanlage können davon betroffen sein – vornehmlich dann, wenn die Batterie bereits einige Jahre ihren Dienst getan hat oder bei eisigen Umgebungstemperaturen. Um das zu verhindern, wird ein Hochleistungs-DC-DC-Wandler als Teil einer Electronic Control Unit (ECU) eingebaut. Damit lassen sich sicherheitsrelevante oder unkomfortable Situationen vermeiden, sowohl für den Fahrer als auch für die Fahrgäste. Der Wandler sorgt dafür, dass die Versorgungsspannung für elektronische Systeme unabhängig von der Start-Stopp-Problematik, immer mit einer Netzspannung von 12 V versorgt wird.

Für einen funktionalen Test des DC-DC-Wandlers ist eine Kombination aus Emulation, Simulation und Messung notwendig: eine Emulation des Spannungseingangs, eine Lastsimulation der angeschlossenen



* Klaus Höing
...ist für die Öffentlichkeitsarbeit bei dem Messtechnik-Distributor dataTec in Reutlingen zuständig.

elektrischen Module und eine Messung der Effektivität und Stabilität des Wandlers unter den Lastbedingungen. Mit einem flexiblen Testsystem von Keysight dem TS-8989 lässt sich sehr einfach ein derartiges System aufbauen, mit dem ein derartiger DC-DC-Wandler, eine ECU oder ein Abstandsradarsystem oder andere elektrisch/elektronische Komponenten für ein Fahrzeug getestet werden können.

Hintergrund für die Entwicklung dieses Testsystems ist die Flexibilität, unterschiedliche Fahrzeugmodule testen zu können als auch ein schneller, effektiver Test-Aufbau, der eine schnelle Adaption in die Fertigung ermöglicht und dabei auch schnelle Messungen zulässt, um einen hohen Durchsatz zu erreichen.

Exemplarisches Beispiel für ein Testsystem

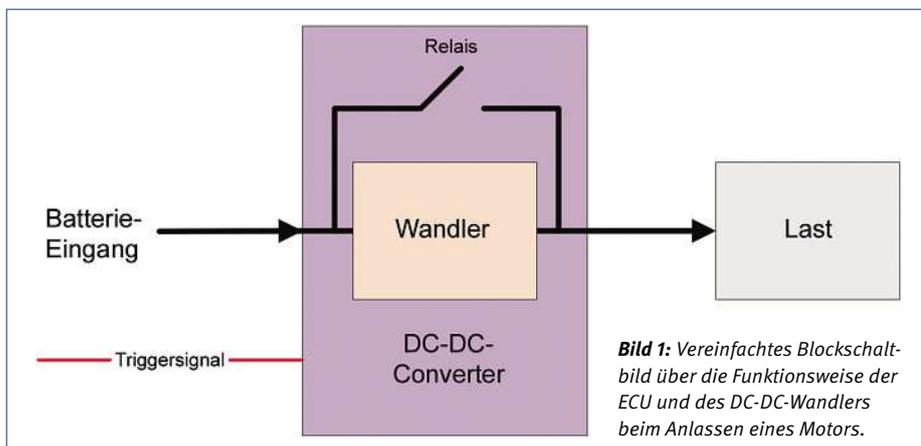
Das Bild 1 stellt ein sehr vereinfachtes Blockschaltbild und die Funktionsweise eines DC-DC-Wandlers dar. Während des normalen Betriebes in der Fahr- oder Ruhe-Position ist der DC-DC-Wandler nicht aktiviert; die Fahrzeugbatterie ist direkt mit dem Bordnetz verbunden. Bei jedem Start des Motors wird ein Triggersignal an die Electronic Control Unit geleitet, das dann das Relais öffnet, so dass der Wandler die Versorgung des übrigen Bordnetzes übernimmt, sobald die Versorgungsspannung unter 12 V fällt. Steigt nach dem Motorstart die Batteriespannung wieder auf ungefähr 12 V, wird das Relais wieder geschlossen und der Wandler deaktiviert. Die Batterie versorgt das komplette Bordnetz, was dem normalen Betriebsmodus entspricht.

Unter normalen Bedingungen ist der Eingang eine statische Messung. Von der Batterie werden ungefähr 30 bis 40 A für die Versorgung des kompletten Netzes abverlangt. Im Motor-Start-Modus sieht die Situation

wesentlich dramatischer aus. Der Strombedarf steigt deutlich über die 40 A. Die Versorgungsspannung im Netzwerk fällt ab und kann während des Startvorganges sogar Werte der halben Nominalspannung (Leistungsanpassung) erreichen, um nach ein paar Sekunden wieder auf die Normalspannung von 12 V anzusteigen. Daher werden Netznachbildungen benötigt, die einen derartigen Versorgungsspannungsverlauf auch mit der entsprechenden Stromlast liefern können. Bild 2 zeigt einen derartigen Spannungsverlauf für einen Motorstart. Hersteller definieren typischer Weise ein derartiges Bordnetz-Spannungsprofil beim Start des Motors. Ein externes Netzteil der Serie N7900 von Keysight kann solche Lasten und Spannungsprofile mit Leistungen bis 1 kW oder 2 kW nachbilden, wodurch sich Produktionstest an ECUs mit den DC-DC-Wandlern durchführen lassen. Mit dem Modell N7951 A sind Ausgangswerte von 20 V mit maximal 50 A, für das Modell N7971A sind 20 V mit maximal 100 A möglich. Durch den integrierten Arbiträrgenerator der Netzgeräte lassen sich die Profile der Netzversorgung sehr einfach nachbilden und Toleranzen verändern. Änderungsgeschwindigkeiten der Ausgangsspannungen sind für einen Hub von 20 V nach 2 V mit $< 200 \mu\text{s}$ angegeben.

Wie eine passive Last simuliert werden kann

Bei einem Start-Stopp-System werden passive Lasten genutzt, um angeschlossene elektronische Lasten zu simulieren. Einige DC-DC-Wandler besitzen mehrere Ein- und Ausgänge, um an die jeweiligen Verbraucher unterschiedliche Lastpegel liefern zu können. Daher ist eine Matrix-/Umschalterlösung gefragt, die in der Lage ist diese Lasten zu handhaben und auch die Flexibilität aufbringt diese Lasten an unterschiedliche Ausgänge zu schalten. Gleichzeitig muss das



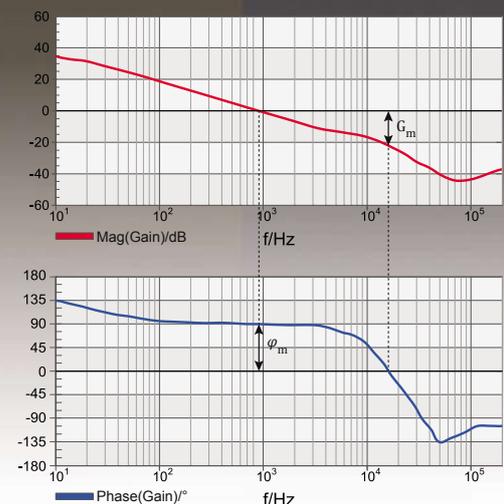
Hohe Qualität, Fairer Preis



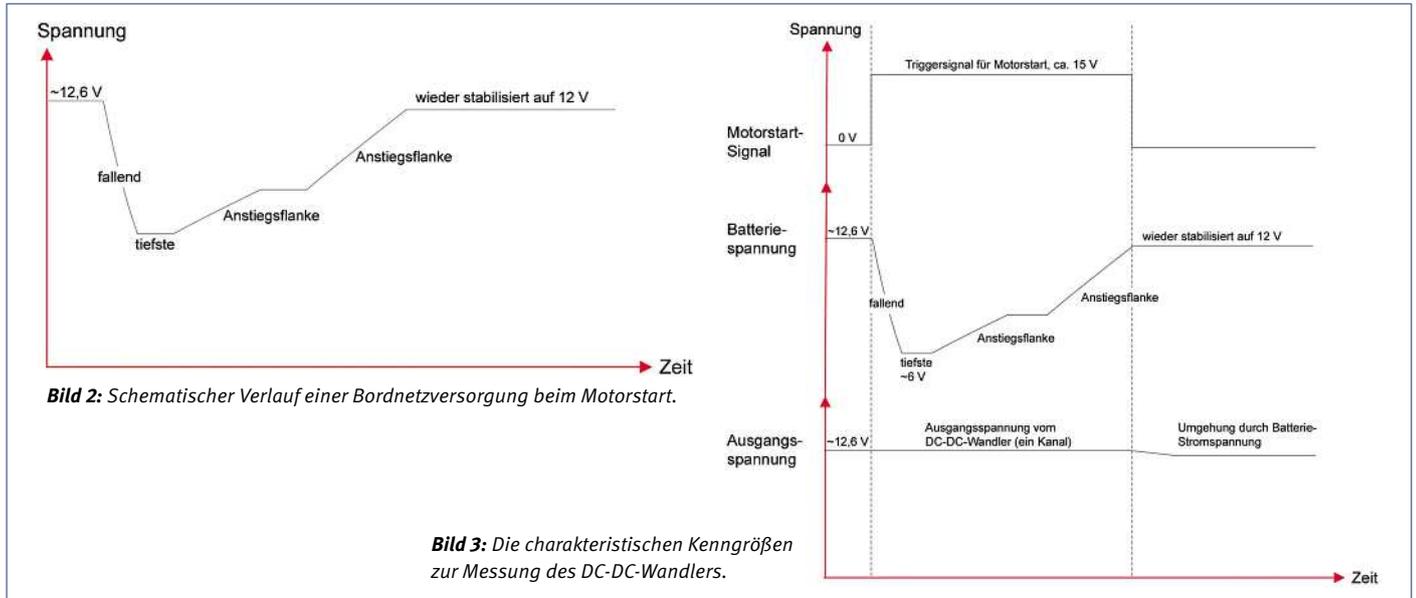
Ingenieure in über 50 Ländern vertrauen auf den vektoriiellen **Netzwerkanalysator Bode 100**. Denn Bode 100 bietet **präzise** Messergebnisse, einfachste Bedienung und ein **unschlagbares** Preis-Leistungsverhältnis.

Messen Sie von 1 Hz bis 40 MHz:

- Regelkreisstabilität
- Eingangs- & Ausgangsimpedanz
- Bauteilimpedanzen
- EMV Filtereigenschaften



Besuchen Sie uns
auf der **electronica**
Halle A1, Stand 667



Messsystem auch entsprechend genau messen. Aus diesem Grund bietet Keysight verschiedene Multiplexer- und Schalter-Karten, welche die Anforderungen aus dem Automobilbereich wie Strommessung, Rückschlag-Sicherung, Pull-up- und Pull-Down-Lasten, Brückenlasten, und Lasten im Multiplex-Betrieb erfüllen. Die Karte U7178A für acht Kanäle eignet sich dann, wenn Lasten bis 40 A zu schalten sind. Die Karte hat eine Überstromsicherung, für den Fall, dass bei der ECU eine Fehlfunktion auftritt. Für geringere Standby, Leckströme oder Leistungen sind die 16-Kanal-Multiplexer N9377A vorzuziehen.

Der Wirkfaktor lässt sich ermitteln:

$$\eta = \frac{\text{Ausgangswirkleistung}}{\text{Eingangswirkleistung}} \times 100 \text{ Prozent}$$

und bezieht sich auf den Eingang und Ausgang des jeweils zu untersuchenden Moduls. Die Leistung berechnet sich aus dem Produkt von Spannung und Strom, wobei für die Wirkleistung diese beiden Größen gleichphasig sein müssen. Bei Gleichspannungsverhältnissen und im eingeschwungenen Zustand, wenn zum Moment der Messung keine Schaltvorgänge durchgeführt werden, lassen sich Spannung und Strom mit einem Digitalmultimeter messen. Wird der Strom gemessen, ist zu beachten: die Messwerte können von mA bis einigen 100 A reichen. Sollen große Stromstärken ermittelt werden, kommen Stromzangen zum Einsatz. Diese müssen entmagnetisiert und auf Null geeicht werden. Auch Shunt-Widerstände sind möglich. Allerdings sind Shunt-Widerstände und das Bestimmen der Widerstände nicht einfach. Für Wirkleistungen und Wirkungsgrad empfiehlt sich der Leistungsanalysator

PA2201A. Eine weitere Möglichkeit sind die Lastkarten U7178A und N9377A. Das Modell U7178A bietet acht Kanäle, einen Stromwandler mit einem Übersetzungsverhältnis von 2000:1 und einen Präzisionswiderstand von 100 Ohm für differenzielle Messungen. Das Modul N9377A verfügt über einen Messwiderstand von 50 mOhm. Der differenzielle Spannungsunterschied zwischen den beiden Widerstandsseiten kann dann mit einem PXI-Multimetermodul M9182A über die Matrixkarten E8792A oder E8782A gemessen werden. Über die Matrixkarten können die Messeingänge des Digitalmultimeters auf die Lastkarten mit ihren Messwiderständen geschaltet werden.

Die Ausgangsspannung im stabilen Zustand messen

Die Ausgangsstabilität des DC-DC-Wandlers muss auf Funktion überprüft werden. Das dynamische, im Messsystem enthaltene, Netzgerät ist programmiert, um nacheinander unterschiedliche Spannungseinbrüche und unterschiedliche Spannungspegel zu simulieren, wobei am Ausgang des DC-DC-Wandlers die jeweiligen Ausgangsspannungen im stabilisierten Zustand gemessen werden. Der Wirkungsfaktor wird im Rechner berechnet. Für den Verlauf der Ausgangsspannung wird ein Digitalisierer benötigt, um den Spannungsverlauf während der aktiven Phase des DC-DC-Wandlers, seines Einschwingverhaltens und den Wechsel zum inaktiven Modus aufzunehmen und unter den unterschiedlichen Eingangsspannungspegeln aufzunehmen. Damit lassen sich die Anstiegsraten und Abfallraten in V/s verifizieren. Hat der DC-DC-Wandler mehrere Aus-

gänge, so sind mehrere Digitalisierer notwendig. Bild 3 zeigt schematisch einen Ausgang des DC-DC-Wandlers.

Der Digitalisierer M9217A hat zwei voneinander isolierte Eingänge, um mit einer Abtastrate von 20 MSa/s simultane Spannungen zu messen. Es sind keine Eingangsabschwächer nötig. Für DC-DC-Wandler mit mehreren Ausgängen können weitere Module eingesetzt werden, die mit einem externen PXI-Trigger verbunden sind. Der Digitalisierer unterstützt PXI- und PXIe-Systeme.

Automobil-Hersteller oder -Zulieferer müssen oft eigene Testsysteme konzipieren, elektronische Elemente entwickeln und aufbauen, mit eigener Software bestücken und testen. Das Testsystems TS-8989 von Keysight besteht aus Standard-Modulen der PXI-Testplattform: vom Chassis bis zum einzelnen Modul für Multimeter, Multiplexerkarten, Schaltkarten, Lastkarten mit üblicher Testsoftware als Basis. Für das modulare PXI-System lassen Testlösungen für die verschiedensten Automobil-Module aufbauen – sei es vom Radar über Batterielade-Kontrollsysteme, Sicherheitssysteme, Bremssysteme, Geschwindigkeitskontrollsysteme oder Fenster- und Türen-Kontrollsysteme. Die Software für die einzelnen Module oder das Tool zur Verdrahtung der Matrix- und Schaltmodule reduziert Fehlerquellen. Das dynamische Netzgerät ist nicht LXI kompatibel und nicht im Chassis des TS-8989 unterzubringen. Alle anderen PXI- und PXIe-Module lassen sich im Tester unterbringen. Enthalten ist die Testsoftware Keysight TestExec SL/Test-Executive Software SL. // HEH

dataTec

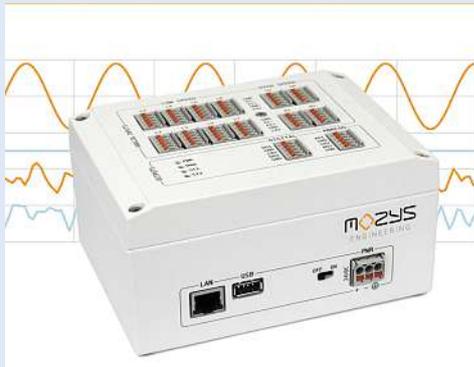
SCHWINGUNGSÜBERWACHUNG

Standalone-System für den dauerhaften Feldeinsatz

Schwingungen in Maschinen lassen sich in der Regel nicht vermeiden und haben großen Einfluss auf den einwandfreien Betrieb. Für die Zustandsüberwachung ist deshalb die Schwingungsanalyse von entscheidender Bedeutung. Kritische Zustände und sich anbahnende Schäden können durch kontinuierliche Messung und Auswertung frühzeitig erkannt werden. Automatische Warn- und Alarmmeldungen ermöglichen es, dass sich Maschinen und Anlagen selbsttätig abschalten und schützen vor dem Totalausfall.

Notwendige Bausteine sind vereint

Alle notwendigen Bausteine sind in einem einzigen Gerät vereint: Signalkonditionierung, Echtzeit-Datenerfassung, PC-basierte Auswertung und mobile Datenkommunikation. Ein separater PC ist für den Betrieb nicht notwendig. Durch die integrierte Anwendersoftware ist das System direkt einsatzbereit. Der Zugriff erfolgt über den Web-Browser und ist damit plattform- und geräteunabhängig. Für die eigene Applikationsentwicklung stehen Standard-Programmiersprachen zur Verfügung, so dass kein zusätzlicher Einarbeitungsaufwand entsteht. Unter anderem lassen sich Matlab-Programme direkt einbinden. Trotz einer Baugröße von 160 mm x 120 mm x 80 mm ist das System mit verschiedenen Schnittstellen ausgestattet. In der Standard-Ausführung stehen 12 Analog-Eingänge mit einer Auflösung von 24 Bit zur Verfügung. Abgetastet wird simultan und reicht bis maximal 100 kHz pro



Kanal. Die integrierte Signalkonditionierung ermöglicht es, Sensoren direkt anzuschließen. Dazu gehören Sensoren wie vom Typ IEPE oder MEMS. Ein Analog-Ausgang zur Signalerzeugung ist ebenfalls vorhanden.

Auf digitaler Seite sind jeweils vier Ein- und Ausgänge für das Triggern von Funktionen und Ereignissen. Der integrierte Linux-Mini-PC ist mit einer ARM-CPU des Typs Cortex-A8 Quad Core ausgestattet und bietet neben Ethernet- und Mobilfunk-Schnittstellen einen microSD-Kartenslot. Das System kann ohne externe Anbindung Daten zwischenspeichern. Egal ob als Datenlogger oder als vollwertiges Überwachungssystem, die Komplettlösung spielt die Stärken insbesondere dann aus, wenn Messaufgaben automatisiert und im direkten Betriebsumfeld umgesetzt werden müssen.

MOZYS Engineering

HF-GENERATOR

Sinusschwingungen von DC bis 4,05 GHz



Der Signalgenerator SG384 von SI Scientific Instruments ist ein modulierbarer HF-Generator. Er nutzt die Frequenzsynthese mittels RAFS-Architektur, womit sich eine hohe Auflösung, gutes

Phasenrauschen und verschiedene Modulationsmöglichkeiten realisieren lassen. Das Standardmodell liefert Sinusschwingungen von DC bis 4,05 GHz. Ein optional einbaubarer Frequenzverdoppler erweitert den Frequenzbereich auf 8,1 GHz. Optional erhältlich sind jitterarme, differentielle Taktausgänge sowie ein I/Q-Modulationseingang. Die standardmäßige Zeitbasis bietet eine Genauigkeit von 0,002 ppm. Für Stabilitätsanwendungen ist ein Rubidiumoszillator möglich. Zu den angebotenen

Modulationsarten gehören AM, FM, PM und Pulsmodulation.

Als interne Modulationsquellen dienen Rechteck-, Sinus-, Sägezahn-, Puls- und Rauschsignale, wobei die Modulationsfunktion als Ausgang zur Verfügung steht. Zur Filtervermessung oder Aufnahme von Amplitudenfrequenzgängen wird ein linearer Sweep angeboten. Die Frequenzauflösung liegt über den vollen Frequenzbereich bei 1 µHz.

SI Scientific Instruments

shop.lcd-module.de

MIKROFLAMM - LÖTEN



Videoclips und Beispiele auf www.spirig.tv
Kostenlose Anwendungsversuche

Tages-Newsletter

die Nachrichten der letzten 24 Stunden



ELEKTRONIK PRAXIS

www.elektronikpraxis.de/newsletter

Der Weg zum LabVIEW-Köner



Reim, Kurt

LabVIEW-Kurs

Grundlagen, Aufgaben, Lösungen

280 Seiten, zahlr. Bilder,
1. Aufl. 2014,
ISBN 978-3-8343-3294-3,
29,80 €

Ein Fachbuch von

**elektro
technik**

Weitere Informationen und Bestellung unter www.vbm-fachbuch.de

Vogel Business Media

Mit einer Software blockweise Mittelwerte bilden

Die blockweise Mittelwertbildung mit Hilfe von Software verbessert die Performance der verwendeten Hardware. Am Beispiel eines Testsystems mit einem PC und der M4i.2230-x8 zeigen wir die Vorteile.

OLIVER ROVINI *

Der auf Speicherblöcken bzw. segmentiertem Speicher basierende Modus für die Mittelwertbildung wird bei Digitizern für verschiedene Anwendungen eingesetzt, bei denen inkohärentes Rauschen aus einem Signal entfernt werden muss. Unabhängig vom Hersteller des Digitizers begrenzen sämtliche FPGA-basierten Hardware-Implementierungen des Modus für die blockweise Mittelwertbildung die maximale Größe des Segments, dessen Mittelwert bestimmt werden soll. Die Begrenzung hängt von der Kapazität des FPGA ab und liegt in der Regel bei 32.000 bis 500.000 Werten. Doch wie lassen sich die Grenzen überwinden, um mit schnellen PCIe-Streaming-

fähigkeiten der M4i-Serie von Spectrum einen blockweise Mittelwertbildung in der Software zu implementieren? Am Beispiel des 8-Bit-Digitizers M4i.2230-x8 mit einem Kanal und 5 GS/s werden die Ergebnisse der hardware- und softwarebasierten Methoden für die blockweise Mittelwertbildung verglichen.

Zuerst soll die Frage geklärt werden, was blockweise Mittelwertbildung bedeutet. Der Modus „Block Averaging“, also die blockweise Mittelwertbildung, verbessert die Signaltraue eines beliebigen periodischen Signals dadurch, zufällig auftretende Rauschteile entfernt werden. Mit dem Modus lassen sich mehrere einzelne Signale aufzeichnen, akkumulieren und der Mittelwert berechnen. Der Prozess verringert den Anteil statischen Rauschens und verbessert die optische Darstellung des periodischen Signals. Das gemittelte Signal hat eine verbesserte Messauflösung und einen erhöhten Signal-Rausch-Abstand. So lässt sich der Modus beispielsweise bei Radartests, Ultraschallprüfungen,

Glasfaserprüfungen, Laserentfernungsmessungen, in der Massenspektroskopie oder in der medizinischen Bildgebung einsetzen. Ein Screenshot (Online-Variante) zeigt ein Low-Pegel-Signal von ungefähr 2 mV, das vollständig von statischem Rauschen überlagert wird, sowie die Verbesserung, die sich durch Anpassung verschiedener Parameter für die Mittelwertbildung erzielen lässt. Während das Quellensignal in der ursprünglichen Einzelaufzeichnung überhaupt nicht zu sehen ist, erkennt man nach einer 10-maligen Mittelwertbildung ein Signal mit 5 Spitzen. Durch eine 1000-malige blockweise Mittelwertbildung lässt sich die Signalqualität nochmals verbessern und die tatsächliche Form des Signals einschließlich sekundärer maximaler und minimaler Spitzenwerte erkennen.

Das Testsystem bestand aus einem herkömmlichen Büro-PC aus der Entwicklungsabteilung von Spectrum und den folgenden Komponenten:

- Motherboard: Gigabyte GA-H77-D3H,
- Prozessor: Intel i7-3770 4 x 3,4 GHz,
- Speicher: 8 GByte DDR3,
- SSD: 120 GByte Samsung 840 EVO,
- Betriebssystem: Windows 7 Professional 64 Bit und
- Compiler: Visual Studio 2005 in der Standard-Edition.

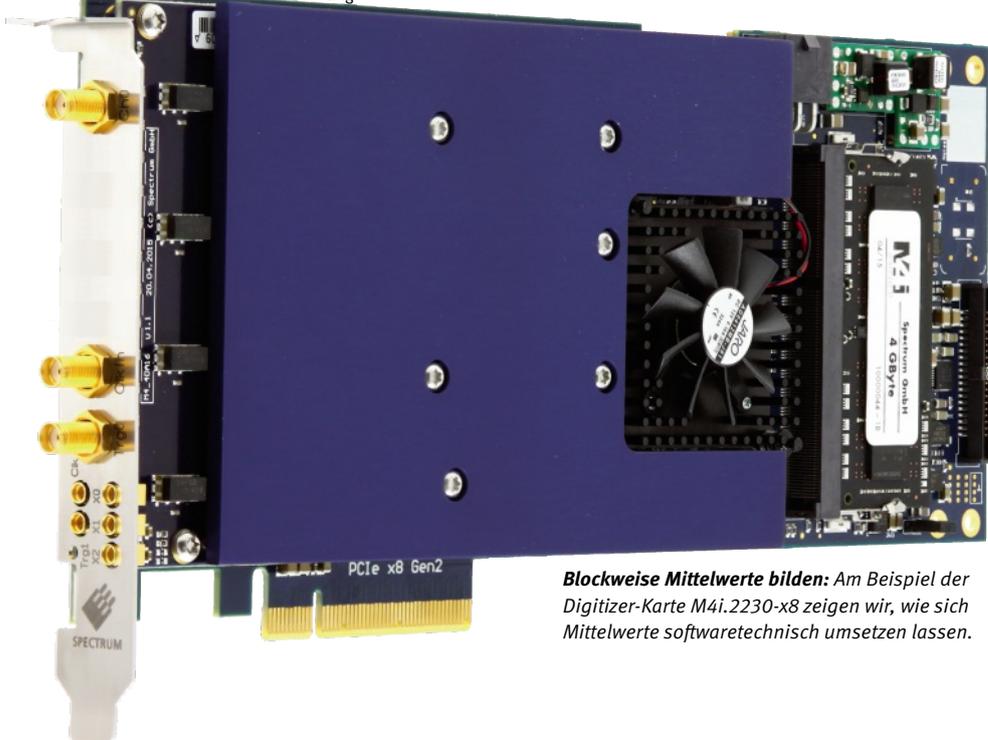
Das Motherboard verfügt über einen freien PCIe x8 Gen2-Steckplatz, der für die Digitizer-Karte genutzt wird. Dieser Steckplatz ist für eine Nutzdatengröße (Payload Size) von 256 Bytes ausgelegt, wodurch die M4i-Karten von Spectrum eine maximale Streaming-Geschwindigkeit von ungefähr 3,4 GB/s erreichen können (ohne jegliche Datenverarbeitung). Die Testsoftware wurde komplett in der Programmiersprache C++ geschrieben und basiert auf Streaming-Beispielen von Spectrum.

Die Testkarte empfängt ein externes Triggersignal und zeichnete ein Segment Daten je Triggerereignis auf. Die Daten wurden im



* Oliver Rovini
... ist Technical Director bei Spectrum Systementwicklung in Großhansdorf bei Hamburg.

Bilder: Spectrum Systementwicklung



Blockweise Mittelwerte bilden: Am Beispiel der Digitizer-Karte M4i.2230-x8 zeigen wir, wie sich Mittelwerte softwaretechnisch umsetzen lassen.

On-Board-Speicher der Karte gespeichert und über Scatter-Gather-DMA direkt in den PC-Speicher übertragen, wo sie für die blockweise Mittelwertbildung akkumuliert wurden. Verschiedene Setups und Methoden der Verbesserung wurden getestet, um herauszufinden, wie leistungstark das System sein kann. Im Quellcode wurde eine Threaded-Version wurde die Summenbildung mit Hilfe einer Schleife realisiert. Das ist der entscheidende und die Geschwindigkeit bestimmende Teil der Software. Nachstehend sind Informationen und Kommentare zu den verschiedenen Aspekten der Implementierung aufgeführt, die im Abschnitt „Ergebnisse“ zusammengestellt sind:

■ **Segmentgröße (Segmentsize):** die Anzahl der Werte je Datensegment, die nach Empfang eines Triggerereignisses aufgezeichnet werden.

■ **Mittelwerte (Averages):** die Anzahl der Mittelwerte (Summierungen), die bestimmt werden, bis ein Segment gespeichert und der Prozess der Mittelwertbildung von neuem gestartet wird.

■ **Benachrichtigungsgröße (Notifysize):** die Datenmenge, nach deren Empfang die PC-Hardware einen Interrupt generiert. Der Parameter Notifysize bestimmt die Geschwindigkeit der kompletten Mittelwertbildungsschleife. Ist der Parameter Notifysize größer als der Parameter Segmentsize werden mehrere Segmente je Interrupt summiert. Dadurch verringert sich der Overhead für die Thread-Kommunikation und das Interrupt-Handling.

■ **Zwischenspeichergröße (Buffersize):** der gesamte Zielpuffer im Speicher für die DMA-Übertragung. In unserem Beispiel ist die Größe des Zwischenspeichers als das 16-Fache des Parameters Notifysize festgelegt.

■ **Triggerrate:** die Wiederholungsrate des externen Signalgebers. In den Ergebnissen ist die maximal erzielte Triggerrate ohne Überlauf der Zwischenspeicher aufgeführt.

■ **Threads:** Um die Geschwindigkeit des Summierungsprozesses zu erhöhen, wurde dieser Task parallelisiert, indem die Summierung in verschiedene Software-Threads aufgeteilt wird. Wenn in der Spalte „Threads“ der Wert Null steht, wird im Summierungsprozess kein Threading angewendet, sondern der Summierungsprozess läuft direkt inline in einer Schleife ab.

■ **CPU-Auslastung (CPU Load):** Da der Prozess der Mittelwertbildung in der Software abläuft, muss die CPU bzw. müssen die CPUs die gesamte Rechenleistung erbringen. Glücklicherweise bestehen heutige CPUs aus mehreren Kernen, sodass die ver-

Abtastrate	Segmentgröße	Mittelungen	Notifysize	Modus	Threads	Max. Triggerrate	CPU Load
5 GS/s	32 kSamples	1000	1 MByte	Hardware	-	150 kHz	< 5%
5 GS/s	128 kSamples	1000	1 MByte	Hardware	-	38 kHz	< 5%
5 GS/s	256 kSamples	1000	256 kByte	Software	2	10.3 kHz	25%
5 GS/s	256 kSamples	1000	1 MByte	Software	2	12.6 kHz	17%
5 GS/s	256 kSamples	1000	1 MByte	Software	4	12.8 kHz	16%
5 GS/s	256 kSamples	1000	1 MByte	Software	-	6.4 kHz	14%
5 GS/s	512 kSamples	1000	512 kByte	Software	2	5.9 kHz	25%
5 GS/s	512 kSamples	1000	512 kByte	Software	4	6.0 kHz	29%
5 GS/s	512 kSamples	1000	1 MByte	Software	4	6.4 kHz	23%
5 GS/s	512 kSamples	1000	2 MByte	Software	4	6.4 kHz	23%
5 GS/s	512 kSamples	1000	8 MByte	Software	4	6.4 kHz	14%
5 GS/s	512 kSamples	1000	8 MByte	Software	-	3.4 kHz	14%
5 GS/s	1 MSamples	1000	1 MByte	Software	-	1.5 kHz	16%
5 GS/s	1 MSamples	1000	1 MByte	Software	2	2.9 kHz	24%
5 GS/s	1 MSamples	1000	1 MByte	Software	4	2.9 kHz	23%
5 GS/s	1 MSamples	100	1 MByte	Software	4	2.9 kHz	30%
5 GS/s	1 MSamples	10000	1 MByte	Software	4	2.9 kHz	23%
5 GS/s	2 MSamples	1000	2 MByte	Software	-	0.7 kHz	14%
5 GS/s	2 MSamples	1000	2 MByte	Software	4	1.3 kHz	40%
5 GS/s	4 MSamples	1000	4 MByte	Software	-	340 Hz	15%
5 GS/s	4 MSamples	1000	4 MByte	Software	2	410 Hz	24%
5 GS/s	4 MSamples	1000	4 MByte	Software	4	390 Hz	50%
5 GS/s	8 MSamples	1000	8 MByte	Software	-	160 Hz	14%
5 GS/s	8 MSamples	1000	8 MByte	Software	2	190 Hz	35%

Tabelle: Die besten Ergebnisse mit dem 1-Kanal-Digitizer sind gelb hinterlegt.

schiedenen Tasks auf sie aufgeteilt werden können.

■ **SSE/SSE2-Befehle (SSE/SSE2 commands):** Auf den ersten Blick scheinen sich diese Befehle perfekt für die Parallelisierung des Summierungsprozesses und die Beschleunigung der Software ohne den Einsatz einer thread-basierten Programmierung zu eignen. Leider basiert der gesamte SSE-Befehlssatz jedoch auf Daten desselben Typs. Da die aufgezeichneten Daten 8 Bit lang sind und der Zwischenspeicher für die Mittelwertbildung 32 Bit lang ist, bietet sich diese Lösung hier nicht an.

Wann die blockweise Mittelwertbildung sinnvoll ist

Sämtliche ausgeführten Messungen wurden mit eines Digitizer mit 1-Kanal-Abtastung mit 5 GS/s, einer 8-Bit-Auflösung und einem externen Trigger ausgeführt. In der Tabelle sind auch verschiedene Programmeinstellungen aufgeführt, um die Unterschiede der Ergebnisse zu veranschaulichen. Das beste Ergebnis je Segmentgröße ist in der Tabelle gelb hinterlegt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die *blockweise Mittelwertbildung*, die mit einer Software ausgeführt wurden, die Segmentgröße verbessern, solange die Wiederholungsrate nicht zu hoch wird. Dank der Datenübertragungsraten auf dem PCIe-Bus lassen sich Mittelwerte für längere Aufzeichnungen bilden. Es kann eine der Hauptbeschränkungen FPGA-basierter Prozesse für die Mittelwertbildung überwunden werden. Müssen ext-

rem hohe Wiederholungsraten verwaltet werden, ist die blockweise Mittelwertbildung nach wie vor die beste Option. Das Testprogramm steht frei für eigene Tests oder als Grundlage für die Implementierung in anderen Softwareprogrammen zur Verfügung. Die beste Leistung lässt sich mit einem Wert von 1 MByte für den Parameter „Benachrichtigungsgröße“ (Notifysize) erzielen. Die Anzahl der errechneten Mittelwertbildungen hat keine sichtbare Auswirkung auf die Testergebnisse. Die Zeit, um das Ergebnissegment zu kopieren und den Ergebniszwischenspeicher zu löschen ist im Vergleich zur Summierung der Abtastungen irrelevant. Der gesamte Prozess der Datenaufbereitung und Summierung bei Aufzeichnung mehrerer Kanäle weicht nicht ab. Das Ergebnis für andere Kombinationen von Kanälen kann einfach nachberechnet werden. Alle Einstellungen führen zur maximalen Triggerrate:

- 1 Kanal, 5 GS/s @ Segmentgröße
- 2 Kanäle, 2.5 GS/s @ Segmentgröße/2
- 4 Kanäle, 1.25 GS/s @ Segmentgröße/4

Wird die Abtastrate für einen Kanal auf 2,5 GS/s verringert, kann ein Kanal mit der maximalen theoretischen Geschwindigkeit der Software den Mittelwert bilden. Bei einer Segmentgröße von 1 MSample und einer Totzeit von 160 Abtastungen liegt die maximale Triggerrate bei: $(2,5 \text{ GS/s}) / (1 \text{ MSample} + 160) = 2,38 \text{ kHz}$. Das ist deutlich weniger als das gemessene Maximum von 2,9 kHz bei einer Abtastrate von 5 GS/s.

// HEH

Spectrum Systementwicklung

Eine Halbbrücken-Schaltung mit IsoVu optimieren

IsoVu ist ein galvanisch isoliertes Messsystem, mit dem sich Halbbrücken-Schaltungen optimieren lassen. Im Text wird gezeigt, wie sich Messungen der High-Side-Gate-Spannung verbessern lassen.

TOM NEVILLE *

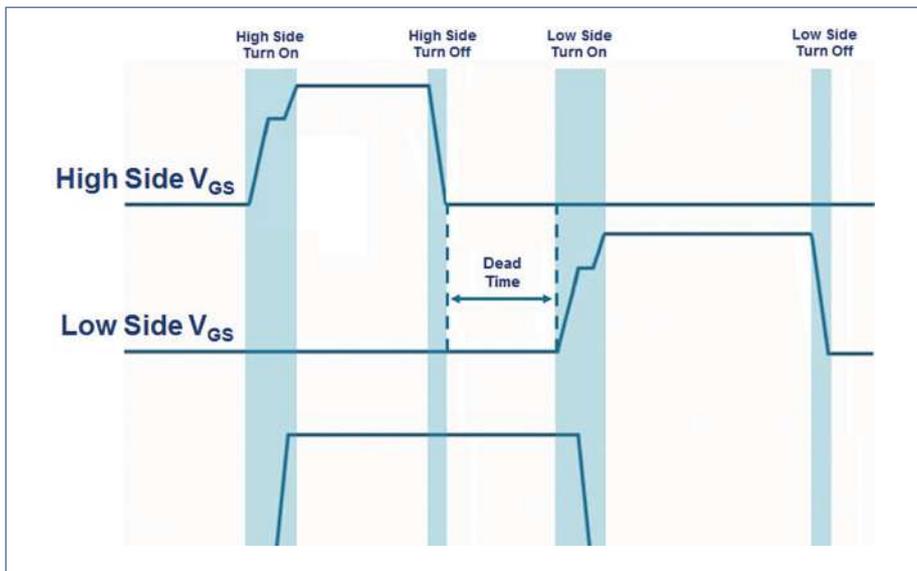


Bild 1: Beispiel für ideale Halbbrücken-Schaltungssignale, die charakterisiert werden sollen.

Die Spannung für ein High-Side-Gate möglichst genau zu messen, hängt vom eingesetzten Messsystem ab. Zudem lassen sich Halbbrücken-Schaltungen optimieren. Tektronix hat das IsoVu-System entwickelt, das eine Gleichtaktunterdrückung über die gesamte Bandbreite bietet. Die hier beschriebenen Messungen wurden an einer Halbbrücken-Konfiguration mit eGaN-FETs sowohl am High-Side- als auch am Low-Side-Schalter ermittelt. Die Fortschritte bei den Komponenten zur Energieumwandlung und strengere Design-Anforderungen haben genaue Messungen in diesen Designs und deren Charakterisierung immer schwieriger gemacht. Bisher gab es keine Test- und Messtechnik, um die Gate-Source-Spannung (V_{GS}) im High-Side-Pfad bei hohen Gleichtaktspannungen zu messen. Die meisten differentiellen Signale lassen sich bei

hochfrequenten Gleichtakt-Spannungen nicht genau messen. Hier sind alternative Methoden gefragt: Eine umfassende Simulation, die Messung am Low-Side-Schalter (mit Masse-Bezug) mit nachfolgender Auslegung der Ergebnisse für den High-Side-Schalter, thermische Eigenschaften untersuchen, EMV-Nahfeldsonde oder Trial- and Error-Methoden einsetzen.

Die Vorteile einer Halbbrücken-Schaltung können nur dann erreicht werden, wenn die Halbbrückenschaltung, die Gate-Ansteuerung und das Layout richtig entwickelt und optimiert wurden. Dazu sind allerdings exakte Messungen notwendig. Um die Voraussetzungen der Design-Anforderungen zu erfüllen, müssen die in Bild 1 dargestellten Signale charakterisiert werden. Im Allgemeinen gibt es drei charakteristische Bereiche beim Einschaltensignal: 1. Die Gate-Source-Ladezeit (C_{GS}). 2. Das Miller-Plateau verdeutlicht die notwendige Zeit, um die Gate-Drain-Miller-Kapazität (C_{GD}) aufzuladen. Diese ist wiederum 3. von der Drain-Source-Spannung

* Tom Neville

... ist Produktplaner und Produkt Marketing Manager in der Time Domain Business Unit von Tektronix.

(V_{DS}) abhängig. Die Ladezeit nimmt dabei mit V_{DS} zu. Sobald der Kanal leitend ist, wird das Gate bis auf seinen Endwert aufgeladen.

Die High-Side- V_{GS} ist der Knotenspannung am Schalter überlagert, die zwischen Masse und der Eingangs-Versorgungsspannung umschaltet. Da sich die Gleichtaktspannung schnell ändert, lässt sich die Gate-Source-Spannung ohne Gleichtaktunterdrückung nicht messen. Der Versuch einer High-Side- V_{GS} -Messung führt zu einem Signal, das ähnlich wie in Bild 2 aussieht. Der Teledyne LeCroy DA1855A wurde für die Messung zusammen mit einem Oszilloskop von LeCroy verwendet. Die Gleichtaktunterdrückung (CMRR) des DA1855A liegt bei niedrigen Frequenzen bis zu einigen MHz bei -80 dB. Mit zunehmenden Frequenzen nimmt die Gleichtaktunterdrückung jedoch stark ab. So erreicht der CMRR-Wert zum Beispiel bei 100 MHz nur noch -20 dB.

Wie der Vergleich der Messung mit einem idealen Einschaltvorgang zeigt, erlaubt das praktisch keine Extraktion von aussagefähigen Details. Damit lässt sich nicht ermitteln, was in den jeweiligen Bereichen vorgeht, so dass auch keine Design-Entscheidungen auf der Basis dieser Messungen möglich sind. Außerdem verändert sich das in Bild 2 gezeigte Signal dramatisch, wenn die Position der Zuleitungen des Tastkopfes verändert wird. Wiederholbare Messungen sind nicht möglich.

IsoVu als Lösung für das Gleichtakt-Problem

Wenn selbst der beste verfügbare Verstärker keine wiederholbaren Ergebnisse ermöglicht, ist klar, dass konventionelle Tastkopf-Architekturen nicht geeignet sind. Eine Lösung ist eine galvanische Trennung des Tastkopfes vom Oszilloskop. Der Sensorkopf wird an den Testpunkt angeschlossen und ist vollständig elektrisch isoliert. Versorgt wird er über eine Glasfaser. Zudem enthält der Sensorkopf einen DC/LF-Rückführkreis,



Bild 2: Vergleich des mit dem DA1855A von Teledyne LeCroy ermittelten High-Side-VGS-Werts mit dem idealen Signal.

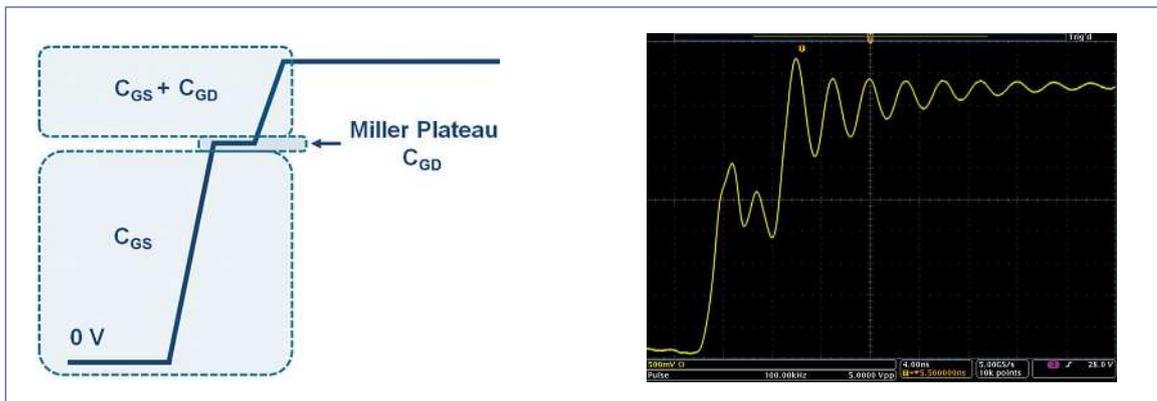


Bild 3: Vergleich des mit dem isolierten Hochspannungsmesssystem IsoVu gemessenen High-Side-VGS-Werts

der das Signal am Testobjekt misst und es zur Analyse an den Controller sendet. Dadurch kann das System unterschiedlichste Drift- und Offset-Fehler im System korrigieren.

Die Verbindung vom Testobjekt zum Sensorkopf erfolgt über Tastspitzen-Kabel, die verschiedene Dämpfungen haben können. Damit lässt sich das zu messende Signal optimieren. Das Tastspitzen-Kabel wird über

einen SMA-Steckverbinder an den Sensorkopf angeschlossen und enthält eine Kodierung, so dass der Sensorkopf den Dämpfungsfaktor dem Oszilloskop mitteilen und dieses den richtigen vertikalen Skalierungsfaktor anzeigen kann. IsoVu eignet sich für Differenzialmessungen, bei denen eine vollständige galvanische Isolierung aufgrund von hohen Gleichtaktspannungen und

Hochfrequenz-Gleichtaktstörungen erforderlich ist. Eine optische Verbindung ermöglicht Messungen in Umgebungen mit starken EMV-Störungen sowie für EMV-Konformitätstests und eine ESD-Prüfung. Auch kann das Testobjekt bis zu 10 m entfernt sein. IsoVu Details kann Details aufdecken (Bild 3) und zeigen, was im Design vorgeht. Die Messung ist stabil und wiederholbar und das Signal



DIGITAL-KOMPENDIUM Messtechnik-Grundlagen

- Grundlagenbeiträge
- Fachartikel
- Applikationsbeispiele
- Referenzdesigns
- Design-Tipps
- weiterführende Informationen als Online-Verlinkung



Geballtes Know-how hier kostenlos abrufen:

---> www.elektronikpraxis.de/messtechnik-kompodium



zeigt bisher verborgene Resonanzen und Signaldetails. Gemessen wurde an einem realen Referenz-Design. Bis jetzt ermöglichte das LeCroy DA1855A mit einem 12-Bit-Oszilloskop den besten Einblick. Der Anwender kann das Design mit den Signal-Informationen optimieren, da es einige der erwarteten Charakteristiken zeigt. Teilweise oder unvollständige Informationen sind irreführend. Den Vergleich beider Messsysteme zeigt Bild 4. Ein optimiertes Messsystem mit eingeschränkter CMRR und Bandbreite verleitet zu einem schlechteren Design.

Ein isoliertes Hochspannungsmesssystem bietet Auflösung und Wiederholbarkeit. Das Bild 5 zeigt eine Korrelation zwischen dem Miller-Plateau und dem Übergang am Schaltungsknoten des Schalters. Obwohl der Low-Side-Schalter einen Bezug zu Masse hat, ist das wirkliche Signal interessant und wie es die High-Side-Leistung beeinflusst. Bild 6 zeigt unkontrollierte Schwingungen am Low-Side-Schalter aufgrund der parasitären Kopplung zwischen dem Low-Side-Schalter, dem High-Side-Gate und dem Schalter-Knoten. Während der High-Side-Ausschalt-/Low-Side Einschalt-Übergänge zeigen sich die gleichen Charakteristiken. Im Bild ist das Miller-Plateau auf der Low-Side- V_{GS} deutlich zu sehen.

Die Kopplung parasitärer Elemente zwischen Schalter-Knoten und High- sowie Low-Side-FETs ist offensichtlich. Das isolierte Hochspannungsmesssystem bietet ausreichend Bandbreite für die Totzeit. Die zeitlich aufeinander abgestimmten High-Side- und Low-Side-Ereignisse lassen sich schwer messen, wenn gleichzeitiges Leiten der FETs vermieden werden soll. Das kann zu überhöhten Schaltverlusten, geringeren Wirkungsgrad und Bauteil-Degradation führen. // HEH

Tektronix

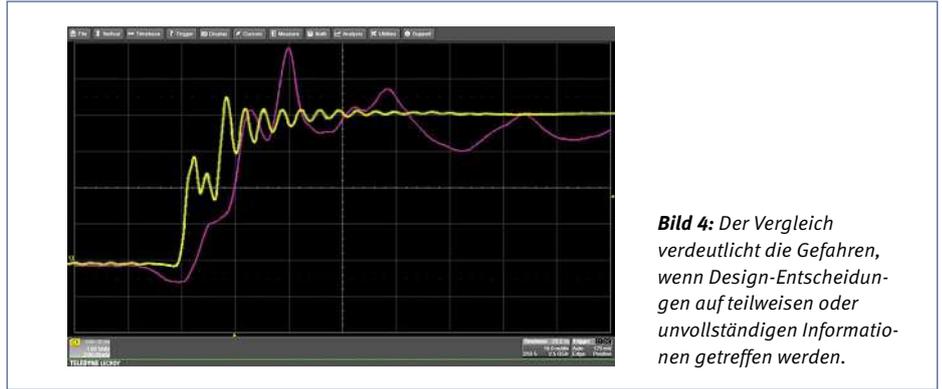


Bild 4: Der Vergleich verdeutlicht die Gefahren, wenn Design-Entscheidungen auf teilweisen oder unvollständigen Informationen getroffen werden.

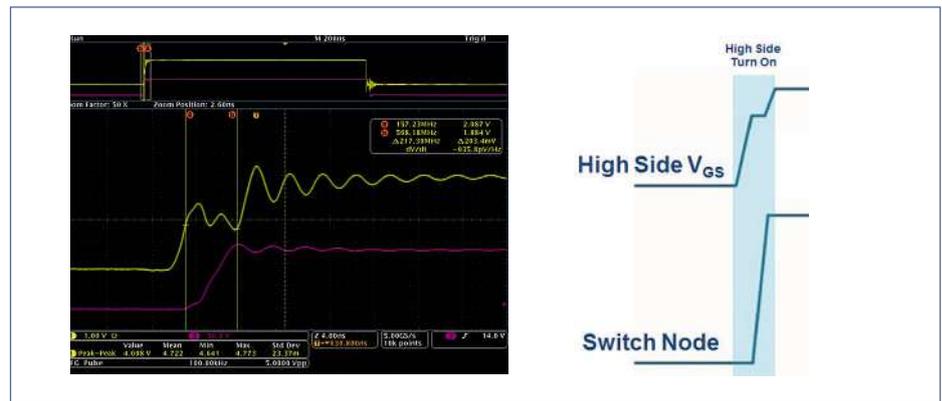


Bild 5: Vergleich des mit dem isolierten Hochspannungsmesssystem IsoVu gemessenen High-Side-VGS-Werts mit dem Idealwert.

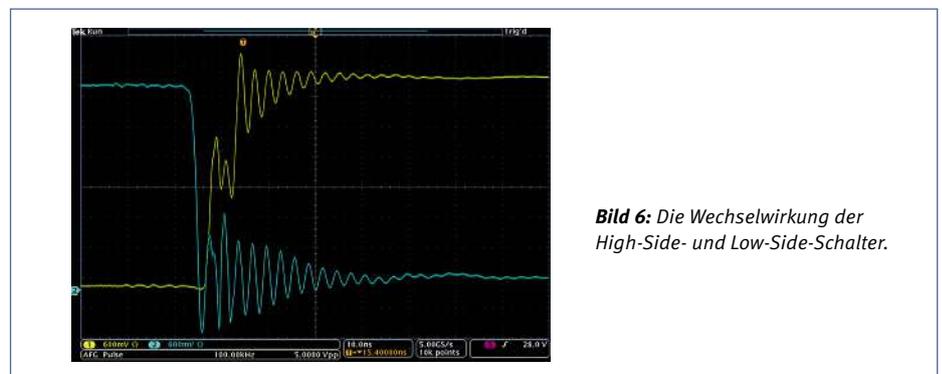


Bild 6: Die Wechselwirkung der High-Side- und Low-Side-Schalter.



Das IsoVu-Messsystem und was es bietet

Im Gegensatz zu anderen verfügbaren Tastköpfen nutzt IsoVu einen elektro-optischen Sensor. Dieser wandelt das Eingangssignal in eine optische Modulation um und isoliert das Testobjekt elektrisch vom Oszilloskop. IsoVu enthält vier separate Laser, einen optischen Sensor, fünf Glasfasern und ausgefeilte Feedback- und Steuerungsverfahren.

Die Architektur mit galvanischer Isolierung gewährleistet eine

Gleichtakt-Spannungsfestigkeit von $> 2000 V_{peak}$ über den gesamten Frequenzbereich ohne Derating. Der elektrische Grenzwert für eine optisch isolierte Lösung liegt bei einigen tausend Volt. Das System erreicht die galvanische Isolierung durch eine Faseroptik-Verbindung. Deshalb beschränkt sich der Gleichtakt-Spannungsnennwert ausschließlich auf Grund der Sicherheitsstandards.

REDAKTION

Chefredakteur: Johann Wiesböck (jw), V.i.S.d.P. für die redaktionellen Inhalte, Ressorts: Zukunftstechnologien, Kongresse, Kooperationen, Tel. (09 31) 4 18-30 81
Chef vom Dienst: David Franz (df), Ressorts: Beruf, Karriere, Management, Tel. -30 97
Verantwortlich für dieses Sonderheft: Hendrik Härter (heh)
 Redaktion München: Tel. (09 31) 4 18-30 81
 Sebastian Gerstl (sg), ASIC, Entwicklungs-Tools, Mikrocontroller, Prozessoren, Programmierbare Logik, SOC, Tel. -30 98;
 Franz Graser (fg), Prozessor- und Softwarearchitekturen, Embedded Plattformen, Tel. -30 96;
 Martina Hafner (mh), Produktmanagerin Online, Tel. -30 82;
 Hendrik Härter (heh), Messtechnik, Testen, EMV, Medizintechnik, Laborarbeitsplätze, Displays, Optoelektronik, Embedded Software Engineering, Tel. -30 92;
 Holger Heller (hh), ASIC, Entwicklungs-Tools, Embedded Computing, Mikrocontroller, Prozessoren, Programmierbare Logik, SOC, Tel. -30 83;
 Gerd Kucera (ku), Automatisierung, Bildverarbeitung, Industrial Wireless, EDA, Leistungselektronik, Tel. -30 84;
 Thomas Kuther (tk), Kfz-Elektronik, E-Mobility, Stromversorgungen, Quarze & Oszillatoren, Passive Bauelemente, Tel. -30 85;
 Kristin Rinortner (kr), Analogtechnik, Mixed-Signal-ICs, Elektromechnik, Relais, Tel. -30 86;
 Margit Kuther (mk), Bauteilebeschaffung, Distribution, E-Mobility, Tel. -30 99;
Freie Mitarbeiter: Prof. Dr. Christian Siemers, FH Nordhausen und TU Clausthal; Peter Siwon, MicroConsult; Sanjay Sauldie, EIMIA; Hubertus Andreae, dreiplus
Verantwortlich für die FED-News: Jörg Meyer, FED, Alte Jakobstr. 85/86, D-10179 Berlin, Tel. (0 30) 8 34 90 59, Fax (0 30) 8 34 18 31, www.fed.de
Redaktionsassistent: Eilyn Dommel, Tel. -30 87
Redaktionsanschrift:
 München: Grafinger Str. 26, 81671 München, Tel. (09 31) 4 18-30 87, Fax (09 31) 4 18-30 93
 Würzburg: Max-Planck-Str. 7/9, 97082 Würzburg, Tel. (09 31) 4 18-24 77, Fax (09 31) 4 18-27 40
Layout: Agentur Print/Online

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

VERLAG

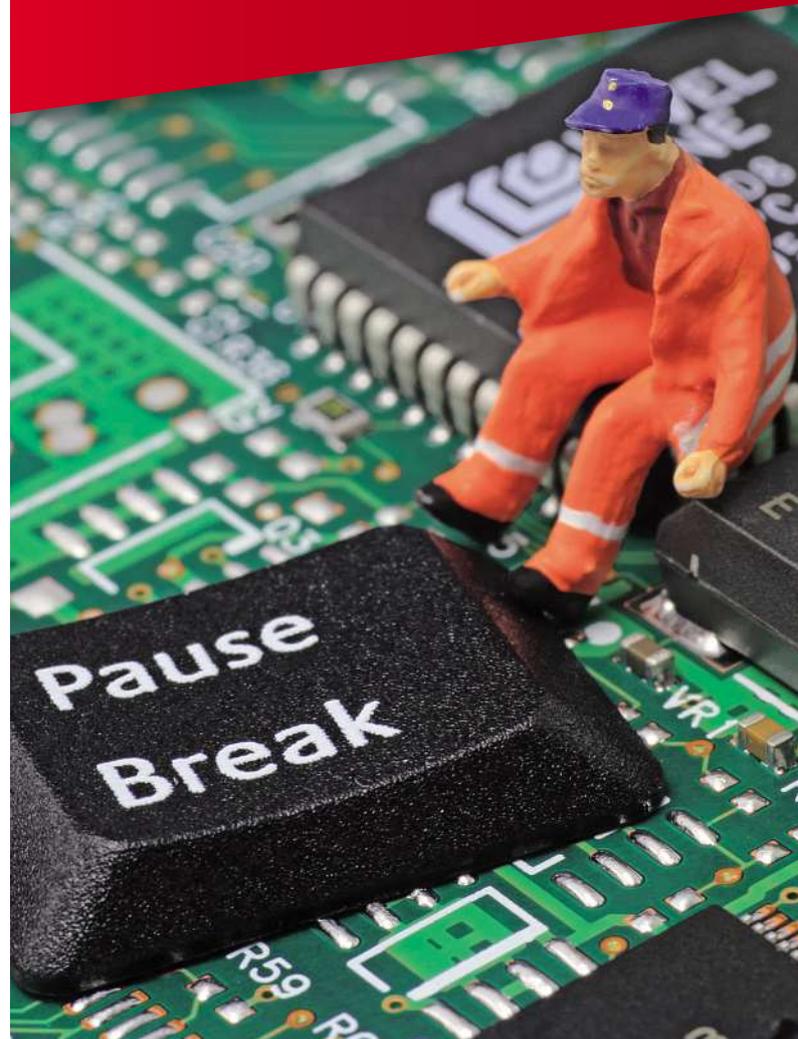
Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Max-Planck-Straße 7/9, 97082 Würzburg,
Postanschrift:
 Vogel Business Media GmbH & Co. KG, 97064 Würzburg
 Tel. (09 31) 4 18-0, Fax (09 31) 4 18-28 43
Beteiligungsverhältnisse: Vogel Business Media Verwaltungs GmbH, Kommanditistin: Vogel Medien GmbH & Co. KG, Max-Planck-Straße 7/9, 97082 Würzburg
Geschäftsführung: Stefan Rühling (Vorsitz), Florian Fischer, Günter Schürger
Publisher: Johann Wiesböck, Tel. (09 31) 4 18-30 81, Fax (09 31) 4 18-30 93
Verkaufsleitung: Franziska Harfy, Grafinger Str. 26, 81671 München, Tel. (09 31) 4 18-30 88, Fax (09 31) 4 18-30 93, franziska.harfy@vogel.de
Stellv. Verkaufsleitung: Hans-Jürgen Schäffer, Tel. (09 31) 4 18-24 64, Fax (09 31) 4 18-28 43, hans.schaeffer@vogel.de
Key Account Manager: Annika Schlosser, Tel. (09 31) 4 18-30 90, Fax (09 31) 4 18-30 93, annika.schlosser@vogel.de
Marketingleitung: Elisabeth Ziener, Tel. (09 31) 4 18-26 33
Auftragsmanagement: Claudia Ackermann, Tel. (09 31) 4 18-20 58, Maria Dürr, Tel. -22 57;
Anzeigenpreise: Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 51 vom 01.01.2016.
Vertrieb, Leser- und Abonnenten-Service: DataM-Services GmbH, Franz-Horn-Straße 2, 97082 Würzburg, Carsten Lurz, Tel. (09 31) 4 170-4 88, Fax -4 94, clurz@datam-services.de, www.datam-services.de.
Erscheinungsweise: 24 Hefte im Jahr (plus Sonderhefte).
Verbreitete Auflage: 37.801 Exemplare (IV/2015).
 Angeschlossen der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern – Sicherung der Auflagenwahrheit.
Bezugspreis: Einzelheft 12,00 EUR. Abonnement Inland: jährlich 235,00 EUR inkl. MwSt. Abonnement Ausland: jährlich 266,20 EUR (Luftpostzuschlag extra). Alle Abonnementpreise verstehen sich einschließlich Versandkosten (EG-Staaten ggf. +7% USt.).
Bezugsmöglichkeiten: Bestellungen nehmen der Verlag und alle Buchhandlungen im In- und Ausland entgegen. Sollte die Fachzeitschrift aus Gründen, die nicht vom Verlag zu vertreten sind, nicht geliefert werden können, besteht kein Anspruch auf Nachlieferung oder Erstattung vorausbezahlter Bezugsgelder. Abbestellungen von Voll-Abonnements sind jederzeit möglich.
Bankverbindungen: HypoVereinsbank, Würzburg (BLZ 790 200 76) 326 212 032,
S.W.I.F.T.-Code: HYVED EMM 455, IBAN: DE65 7902 0076 0326 2120 32
Herstellung: Andreas Hummel, Tel. (09 31) 4 18-28 52, Frank Schormüller (Leitung), Tel. (09 31) 4 18-21 84
Druck: Vogel Druck und Medienservice GmbH, 97204 Höchberg.
Erfüllungsort und Gerichtsstand: Würzburg
Manuskripte: Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Sie werden nur zurückgesandt, wenn Rückporto beiliegt.
Internet-Adresse: www.elektronikpraxis.de www.vogel.de
Datenbank: Die Artikel dieses Heftes sind in elektronischer Form kostenpflichtig über die Wirtschaftsdatenbank GENIOS zu beziehen: www.genios.de

VERLAGSBÜROS

Verlagsvertretungen INLAND: Auskunft über zuständige Verlagsvertretungen: Tamara Mahler, Tel. (09 31) 4 18-22 15, Fax (09 31) 4 18-28 57; tamara.mahler@vogel.de.
AUSLAND: Belgien, Luxemburg, Niederlande: SIPAS, Peter Sanders, Sydneysstraat 105, NL-1448 NE Purmerend, Tel. (+31) 299 671 303, Fax (+31) 299 671 500, peter.sanders@vogel.de.
Frankreich: DEF & COMMUNICATION, 48, boulevard Jean Jaurès, 92110 Clichy, Tel. (+33) 14730-7180, Fax -0189.
Großbritannien: Vogel Europublishing UK Office, Mark Hauser, Tel. (+44) 800-3 10 17 02, Fax -3 10 17 03, mark.hauser@comcast.net, www.vogel-europublishing.com.
USA/Canada: VOGEL Europublishing Inc., Mark Hauser, 1632 Via Romero, Alamo, CA 94507, Tel. (+1) 9 25-6 48 11 70, Fax -6 48 11 71.

Copyright: Vogel Business Media GmbH & Co. KG. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, digitale Verwendung jeder Art, Vervielfältigung nur mit schriftlicher Genehmigung der Redaktion. Nachdruck und elektronische Nutzung: Wenn Sie Beiträge dieser Zeitschrift für eigene Veröffentlichung wie Sonderdrucke, Websites, sonstige elektronische Medien oder Kundenzeitschriften nutzen möchten, erhalten Sie Information sowie die erforderlichen Rechte über <http://www.mycontentfactory.de>, (09 31) 4 18-27 86.

Wir haben
die passende
Pausenlektüre!



Alle Ausgaben im Heftarchiv unter

www.elektronikpraxis.de/heftarchiv

Drei Trends, um HF-Systeme im Automobil künftig zu testen

In modernen Autos arbeiten verschiedene drahtlose Systeme. Unser Beitrag stellt drei Trends für HF-Tests im Automobilbau vor, die künftig bei der Systemanalyse eine Rolle spielen.

FRANZ-JOSEF DAHMEN *



Drahtlose Funktechnik: In modernen Autos finden sich neben WLAN und GPS auch Systeme für die Car-to-Car-Kommunikation. Sie alle müssen ausgiebig getestet werden.

Heute ist ein Auto weit mehr als ein Fortbewegungsmittel, um schnell und sicher von A nach B zu gelangen: Es ist ein ganzheitlicher Lebensraum, in dem wir Informationen erhalten, unterhalten werden und produktiv sein können. Verschiedene drahtlose Kommunikationstechniken haben diese Entwicklung ermöglicht: GPS für die Satellitennavigation, Mobilfunktechniken für Kommunikation und Internetzugang, Wi-Fi für den Internetzugang und die Car-to-Car-Kommunikation (C2C), DSRC (De-

dicated Short-Range Communication) für die automatische Bezahlung von Maut- und Parkgebühren oder Bluetooth für die Freisprechanlage.

Die Entwicklung des Autos hat jedoch noch lange nicht ihren Endpunkt erreicht. Die Änderungen betreffen Umfang, Dauer und Komplexität der HF-Tests und wie sie an Baugruppen, Modulen und kompletten Fahrzeugen ausgeführt werden. Der Beitrag beleuchtet drei Trends:

- Zunahme strenger Funktionssicherheitskonzepte bei HF-Systemen,
- hochdynamische Drahtlosnetzwerke testen, in denen sich Verbindungen und Routing von einer Sekunde auf die andere ändern und
- der Betrieb des Fahrzeugs als Teil der

Mobiletelefon-Endgeräteausrüstung wie beispielsweise für eCall.

Prüfen von HF-Systemen auf Funktionssicherheit

In aktuellen Modellen der Automobilhersteller sind Wireless-Schnittstellen nicht mehr wegzudenken und müssen einwandfrei funktionieren. Allerdings sind die damit verbundenen Lösungen nicht wirklich sicherheitsrelevant: Der Fahrer hat die volle Kontrolle über die Fahrbewegung des Fahrzeugs. Allerdings beginnt hier eine Veränderung, da die Automobilhersteller immer ausgereifere Fahrerassistenzsysteme einführen. Schlussendlich scheint eines unausweichlich, dass vollkommen autonom fahrende Fahrzeuge zur Realität werden.



* Franz-Josef Dahmen
... arbeitet bei Anritsu Deutschland als Wireless Field Application Engineer in München.

Transfer rate (Mbit/s)	Modulation scheme	Coding rate	Data bits per OFDM symbol	Coded bits per OFDM symbol
3	BPSK	1/2	24	48
4.5	BPSK	3/4	36	48
6	QPSK	1/2	48	96
9	QPSK	3/4	72	96
12	16-QAM	1/2	96	192
18	16-QAM	3/4	144	192
24	64-QAM	2/3	192	288
27	64-QAM	3/4	216	288

Bild 1: Übertragungsraten, Modulationsverfahren und Kodierungsraten, wie sie laut Standard IEEE 802.11p für eine Kanalbandbreite von 10 MHz spezifiziert sind.

Bei der Entwicklung solcher autonomen Fahrzeuge werden Automobilhersteller eindeutig gründliche Prüfprogramme realisieren. Zum Umfang dieser Prüfprogramme gehören Testfahrten im öffentlichen Verkehrsraum, virtuelle Prüfungen, Tests in Bezug auf die Ausfallsicherheit (Failsafe-Tests), Simulationen, Prüfabläufe bestimmter Verkehrsszenarien, Sicherheits- und Crashtests, Tests auf Cyber-Bedrohungen und andere Prüfkategorien. Regierungen und Bürger wollen sicher sein, dass diese Fahrzeuge den strengsten behördlichen, gesetzlichen und technischen Anforderungen genügen. Und während das vor allem Auswirkungen auf der Ebene des kompletten Fahrzeugs hat, werden auch HF-Systeme eingehender betrachtet, da sie bei ihrem Einsatz in autonomen Fahrzeugen sicherheitsrelevant werden.

Die Funktechnik in autonom fahrenden Autos

Was versteht man unter einem selbstfahrenden Auto? Ein vollkommen autonomes Fahrzeug ist in der Lage, sich im realen Verkehrsgeschehen ohne Zutun des Menschen an ein spezielles Ziel zu bewegen. Dabei helfen Fahrersassistentensysteme (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS), die entweder den Fahrer beim sicheren Fahren unterstützen – etwa durch Abgabe eines Warnsignals, wenn sich sein Fahrzeug einem vorausfahrenden Fahrzeug bedrohlich nähert – oder die den Selbstfahrprozess überhaupt ermöglichen.

In autonomen Fahrzeugen verwendete Funktechnik wird mit Radar ausgestattet sein, welches den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug und die Geschwindigkeit und Fahrtrichtung dieses Fahrzeugs messen; und – wie nachfolgend beschrieben – ist die Car-to-Car-Kommunikation für den Austausch von Daten über Straßenzustand und

Verkehrsbedingungen vorgesehen. In einem autonomen Fahrzeug ist die Funktechnik sicherheitsrelevant. Aus diesem Grund muss die Funktechnik gemäß ihrer technischen Spezifikation geprüft werden. Dabei gibt es nur einen Haken: Es ist nicht ausreichend, wie Automobilzulieferer heutzutage prüfen. Hinzu kommen Prozessabläufe, welche die Einhaltung der Vorgaben der ISO 26262 zur Funktionssicherheit unterstützen.

Die ISO 26262 gibt vor, welche Anforderungen zur Gewährleistung der Funktionssicherheit gegeben sein müssen. Das beginnt mit der Spezifikation, bis hin zu Konstruktion, Umsetzung, Integration, Verifizierung, Validierung und schließlich zur Fertigungsfreigabe. Unter den Spezifikationen der ISO 26262 müssen die Ausrüstungen eine bestimmte Stufe der ASIL (Grad der Sicherheitsintegrität von Fahrzeugen) erreichen: Dies ist ein durch die Norm definiertes Risikoklassifizierungssystem.

ISO 26262 und ihre Anwendung in der Funktechnik

Die ISO 26262 und ihre Anwendung auf Systeme mit Funktechnik verlängert die notwendigen Prüfarbeiten drastisch. Die HF-Prüfingenieure müssen Modelle entwickeln, die jedes mögliche Risiko erfassen und charakterisieren, das ein defektes oder fehlerhaft funktionierendes HF-System für den Fahrzeugbetrieb darstellt. Hinzu kommt, dass die Ingenieure die Fehlermodi der Funktechnik gründlich katalogisieren müssen. Anschließend müssen sie Prüfprogramme ausarbeiten und dokumentieren, die auf hohem Vertrauensniveau sowohl das Ausfallrisiko als auch die Art und Weise, mit der die Funktechnik jeden Fehlermodus handhabt, verifizieren. Anders ausgedrückt: Komplexität und Dauer von HF-Tests werden weit über das Maß hinausgehen, wie es von den meisten heute in der Branche tätigen HF-Prüfin-

SPONSOREN

ALPHA-Numerics



COOLING DAYS

Elektronikkühlung + Wärmemanagement

25. – 27. Oktober 2016, VCC, Würzburg

www.cooling-days.de

Tag 1: Grundlagen Elektronikkühlung und Wärmemanagement

Tag 2: Trends und Best Practice in der Elektronikkühlung

Tag 3: Schaltschrank-Entwärmung und Leistungselektronik

VERANSTALTER

ELEKTRONIK
PRAXIS
Akademie



Bild 2: Der MD8475A von Anritsu unterstützt alle Mobilfunkprotokolle, bis hin zu LTE-Advanced; auch zum Testen von eCall-Systemen lässt sich das Gerät verwenden.

genieuren erlebt wurde. ADAS und die unterschiedlichen Fahrerinformationssysteme übernehmen wichtige Funktionen in einem PKW. Auch Kameras kommen vermehrt zum Einsatz. Bei schlechten Sichtverhältnissen, wie beispielsweise bei Starkregen oder Schneefall, kann ihre Funktion sehr beeinträchtigt sein.

Selbst Straßenmarkierungen sind bei Schnee und Eis nicht zu sehen. Um Zusatzinformationen bzw. verlässlichere Informationen über Straßenzustände und über den Betrieb des Fahrzeugs zu liefern, führen Automobilhersteller umfassende C2I- (Car-to-Infrastructure-) und C2C-Kommunikationssysteme auf Basis des Standards IEEE 802.11 und auf Mobilfunktechnik ein. 2G und 3G werden beispielsweise für Telefonie im Fahrzeug oder für das (europäische) Notrufsystem eCall verwendet. Durch die niedrige Bandbreite und die hohe Latenz eignet sich eCall nicht für Echtzeitanwendungen, um beispielsweise autonome Fahrzeuge zu steuern. Hingegen erfüllen LTE (4G) und künftig 5G die Anforderungen für die C2I-Kommunikation in Echtzeit.

Bei der C2C-Kommunikation wird die Technik für zusammenwirkende Intelligent

Transport Systems (ITS) vom Standard IEEE 802.11 für WLAN abgeleitet, der auch die Grundlage für Wi-Fi bildet. In Europa ist dem Standard ein spezielles Frequenzspektrum von 5,9 GHz zugewiesen, das in Einklang mit ähnlichen Frequenzvergaben in den Vereinigten Staaten steht. Befinden sich mehr als zwei Fahrzeuge oder ITS-Stationen in Reichweite, verbinden sie sich automatisch miteinander und bauen ein Adhoc-Netzwerk auf. Dabei kennen alle ITS-Stationen den Ort, die Geschwindigkeit und die Richtung der umliegenden Stationen. Ist die Verbindung etabliert, können sie untereinander Nachrichten, Warnmeldungen und Daten austauschen. Die Verbindungsreichweite einer WLAN-Verbindung ist auf ein paar hundert Meter begrenzt. Jedes Fahrzeug ist gleichzeitig auch ein Router für die Weiterleitung der Nachrichten. Der Routingalgorithmus basiert auf der Position der Fahrzeuge und kann schnelle Änderungen in der Adhoc-Netzwerktopologie bewältigen (Bild 1).

Eine C2C-Drahtlosverbindung erfordert nicht nur solide HF-Leistungswerte und eine Physical-Layer-Funktion, die sich mit einem Spektrumanalysator überprüfen lässt. Der Systementwickler muss zudem einen diffe-

renzierten Testplan zur Verifizierung der Performance der Protokollschicht implementieren. Das zeigt, ob sie in der Lage ist, schnelle Änderungen in der Netzwerktopologie zu bewältigen, ohne Pakete zu verwerfen oder Verbindungen abubrechen. Standardmäßige Prüfspezifikationen können nicht unbedingt die volle Prüftiefe erfassen, wie es die ISO 26262 fordert. Eine neue Herangehensweise ist notwendig.

Warum eCall eine sicherheitsrelevante Technik ist

Das System eCall der Europäischen Union und das ähnliche System ERA-GLONASS (Russland) kombinieren Mobilfunk und Satellitenortung, um Verkehrsteilnehmern bei Unfällen schnelle und zuverlässige Hilfe zu leisten. Beide Systeme stützen sich auf Satellitenpositionsdaten, das erste auf GPS und letzteres auf GLONASS. Erfassen die Fahrzeugsensoren Ereignisse, wie beispielsweise der Airbag wird ausgelöst, überträgt eCall automatisch die Standortinformationen in Form eines Mindestdatensatzes (Minimum Set of Data, MSD) an eine Notrufzentrale und baut über ein Inband-Modem eine Sprach- und Datenverbindung auf. Die Funktion des GSM-Chipsatzes, das Modem und des gesamten eCall-Systems müssen in der Entwicklungsphase gründlich getestet werden. Zudem muss die Leistung in der Fertigung verifiziert werden, damit das System unter allen spezifizierten Bedingungen zuverlässig kommuniziert. Das Inband-Modem muss auch dann funktionieren, wenn mehrere Störquellen vorhanden sind oder das Funksignal schwach ist. Außerdem muss es ein komplexes Protokoll zur Herstellung und Aufrechterhaltung einer Sprach-/Datenverbindung fehlerfrei umsetzen.

Im Endeffekt müssen Systemlieferanten der Automobilbranche die Leistung von eCall-Systemen und anderer in Fahrzeugen vorhandenen Mobilfunktechniken unter den im Straßenverkehr herrschenden Bedingungen in einem aktiven Netz verifizieren. Ein Netzwerksimulator erstellt notwendige Praxistests und der Hersteller kann jeden Aspekt der Interaktion eines eCall-Systems mit beliebigen globalen Mobilfunknetzen unter Laborbedingungen testen. Getrennt vom aktiven Netz, lassen sich mit dem Simulator wiederholbare Tests absolvieren, in deren Verlauf Fehler exakt einer bekannten Ursache zugeordnet werden können. Dabei treten keine zufälligen Störungen und unkontrollierte Ereignisse auf, wie sie in aktiven Netzen vorkommen. // HEH

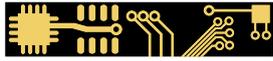
Anritsu

Der MD8475A kennt alle Mobilfunkprotokolle

Netzwerksimulatoren, dazu gehört auch der MD8475A von Anritsu, lassen sich als Basisstationssimulator einsetzen. Sie unterstützen Protokolle wie 3GPP, beginnend von GSM- bis hin zum aktuellen LTE-Advanced-Standard. Über ihre grafische Benutzeroberfläche (beim MD8475A heißt sie „Smart Studio“) kann der Geräteentwickler schnell hun-

derte von vordefinierten Prüfroutinen aufrufen. Die Benutzeroberfläche stellt außerdem eine Umgebung bereit, mit der Störungen im Netzwerkverhalten nachgestellt werden können. Spezielle Softwarepakete erweitern die Schnittstelle zu einer Prüfanordnung für eCall-Systeme mit einer eigenständigen PSAP-Umgebung.

MEILENSTEINE DER ELEKTRONIK

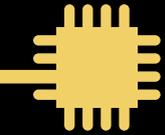


Begeben Sie sich auf Zeitreise!

In diesem Jahr feiert ELEKTRONIKPRAXIS 50. Geburtstag. Aus diesem Anlass berichten wir in jeder Heftausgabe bis Frühjahr 2017 und online auf der Meilensteine-Webseite über die führenden Unternehmen der Elektronikbranche. Was waren ihre wichtigsten Leistungen, wo stehen die Unternehmen heute und wie sehen die Pioniere der Elektronik die Zukunft?

Entdecken Sie die ganze Geschichte unter www.meilensteine-der-elektronik.de

11050



Analog	EDA	Elektronik-Händler	Distribution
 AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™	 FlowCAD	 Business Supplies	 An Avnet Company
RTOS & Tools	Embedded	Messen & Veranstaltungen	Messen Steuern Regeln
Relais	Verbindungstechnik	Mikrocontroller	Schaltschränke/Klimatisierung
HF-Messtechnik	LED/Lighting	Displays	Stromversorgungen
Labormesstechnik	Power Management	Passive Bauelemente	EMS

Eine Serie von

ELEKTRONIK
PRAXIS



Das leistungsfähigste Handheld-Oszilloskop begeistert Sie in nur 2 Minuten

Der R&S®Scope Rider bietet die Leistung eines Labor-
oszilloskops in einem robusten, tragbaren Design:

- ▀ 60 MHz bis 500 MHz bei maximal 5 GSa/s
- ▀ 10-Bit-A/D-Wandler
- ▀ Isolierte Kanäle: CAT IV 600 V
- ▀ 500 kSample Speichertiefe
- ▀ 5 in 1: Laboroszilloskop, Logikanalysator, Protokoll-
analysator, Datenlogger und digitales Multimeter

Mehr unter www.2-minutes.com/laboreinsatz

2 MIN
2 be
sure.
2-minutes.com



Investieren Sie
2 Minuten, und Sie
werden begeistert sein.



ROHDE & SCHWARZ