

Elektor Helps

Elektronik in
Krisenzeiten

Sensoren und Messtechnik

HINTERGRUND

5G in der
Industrieautomation

6

REVIEW

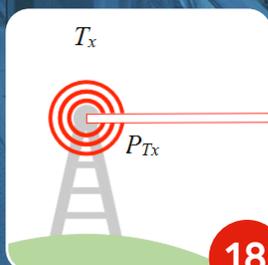
PeakTech 3440
Grafikmultimeter

34



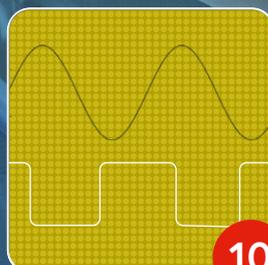
14

E-Fahrzeuge
Handheld-Oszilloskop
zur Fehlersuche



18

**Funkreichweite
abschätzen**
Mit dem Range Estimator



10

Signalgeneratoren
Die wichtigsten
Parameter

INTERVIEW

Meta Smart Factory
will das Produktions-
management
revolutionieren

22



Jahre Elektor

Seit **Mai 1970** gibt Elektor eine deutsche Ausgabe heraus. In diesem Jahr feiern wir **fünf Jahrzehnte** innovativer Elektronik-Projekte, informativer Ingenieur-Tutorials und Fachartikel zu einer Vielzahl von technischen Themen. Schließen Sie sich uns an, um weitere **50 Jahre Elektronik** zu entwerfen, zu teilen und zu verkaufen!

Elektor-Archiv 1970-2019 (USB-Stick)

BESTELLEN SIE NOCH HEUTE!

www.elektor.de/1970-2019



Von **Jens Nickel**

Chefredakteur



Im Vorwort der letzten Ausgabe hatte ich Ihnen geschrieben, wie sehr sich unser Team auf die Messe *Embedded World* in Nürnberg gefreut hat. Zu diesem Zeitpunkt wussten wir noch nicht, dass es für lange Zeit die letzte Veranstaltung ihrer Art sein wird. Nur drei Wochen nach Ende dieser Messe hat es ein mikroskopisch kleiner Krankheitserreger geschafft, unseren Alltag quasi umzukrempeln und unsere Weltwirtschaft vor die größte Herausforderung seit dem zweiten Weltkrieg zu stellen. Während ich diese Zeilen schreibe, zeigt sich ein Silberstreif am Horizont, es gibt erste Versuche, unseren Alltag wieder etwas „normaler“ zu gestalten. Doch werden uns das Virus und seine Gefahren nach Meinung von Fachleuten noch Jahre begleiten.

Jedoch - es bleibt uns mehr übrig, als uns nur mit dieser Situation zu arrangieren. Die Krise bietet auch Chancen. Viele Unternehmen (darunter auch unseres) testen gerade neue Formen der Tele-Arbeit, das Verkehrsaufkommen sinkt, was wiederum der Umwelt und dem Klima zugute kommt. Die Krise wird auch die Digitalisierung in vielen Behörden und Unternehmen triggern, so zum Beispiel die Fernwartung von Maschinen in der Industrie (lesen Sie dazu unseren Hauptbeitrag auf Seite 6). Darüber hinaus kann man feststellen, dass auf viel mehr Feldern als bisher

enger zusammengearbeitet wird. Auch in der Elektronik- und Software-Entwicklung gibt es viele neue (firmenübergreifende) Kooperationen und Initiativen (ausführlich wollen wir dieses Thema in der nächsten Ausgabe aufgreifen).

Schließlich erkundet auch unsere Branche verstärkt die digitalen Möglichkeiten zur Wissensvermittlung und zum Marketing von neuen Produkten. Ein Unternehmen wie Elektor, das sich von einem klassischen Printverlag zu einem Unternehmen entwickelt hat, das Elektroniker multimedial und mit vielerlei Services unterstützt, muss hier natürlich vorne dabei sein. Wir haben uns daher entschlossen, die Frequenz des Elektor Industry Magazins für den Sommer und Herbst auf eine Ausgabe pro Monat anzuheben, die digital verbreitet wird. Begleitet wird das Ganze von Webinaren und Videos, über die wir Sie auf unserer neu gestalteten Website **elektormagazine.de** auf dem Laufenden halten. Unter dem Motto „Elektor helps!“ unterstützen wir Entwickler in aller Welt, zum Beispiel mit kostenlosen Green-Abos in den von der Krise besonders betroffenen Ländern.

Bleiben Sie gesund!

USB Type-C™ . 24 reasons to connect with us.

GND TX1+ TX1- +V CC1 D+ D- SBU1 +V RX2- RX2+ GND



GND RX1+ RX1- +V SBU2 D- D+ CC2 +V TX2- TX2+ GND

WE are here for you!

Nehmen Sie teil an unseren kostenlosen Webinaren: www.we-online.de/webinare



USB Type-C™

Würth Elektronik bietet das komplette Produktprogramm an Steckverbindern, EMV Filter, Komponenten für ESD-Überspannungsschutz sowie AC/DC-zu-DC/DC-Leistungswandlung für USB 3.1. Die speziell entwickelten Produkte sind im Würth Elektronik USB Type-C™ EMV-Dongle enthalten, um die EMV- und Surge-Konformität Ihrer Anwendung einfach und schnell zu überprüfen. Unsere Produkte werden in den USB Type-C™ Referenzdesigns führender IC-Hersteller empfohlen.

Weitere Informationen unter: www.we-online.de/typec
App Note ANP007 – Effektive USB 3.1 Filterung und Schutz: www.we-online.de/anp007

- USB-lizenzierter und TID-gelisteter Type-C™ Steckverbinder WR-COM
- 60 W und 100 W Vbus-Filter
- Hocheffiziente verpresste Leistungsinduktivitäten WE-MAPI für Vbus-Filter
- Niedrige parasitäre Kapazitäten mit WE-TVS
- Hochgeschwindigkeits-Datenübertragung mit geringem Rauschen mit WE-CNSW HF
- Pulsstabile SMD Ferrite WE-MPSB für Hot-Plugin



Im Fokus

Sensoren & Messtechnik

Rubriken

5 Impressum

24 Infografiken

Fakten und Zahlen

32 Wall of Fame

Elektors Partner in der Elektronikindustrie

38 Inserentenverzeichnis

Unsere Autoren

Nächste Ausgabe

16 Auswahl des richtigen Multimeters

Eine einfache Anleitung

18 Funkreichweite abschätzen mit dem Range Estimator

20 Der Aufstieg der kontaktlosen Manipulation

22 Interview: Meta Smart Factory will das Produktionsmanagement revolutionieren

26 Auswahl des passenden Drucksensors

28 Barometrischer Drucksensor für Smartphones, Wearables und Hearables

Zentimetergenaue Ortung in Gebäuden

29 Große Temperaturbereiche gleichzeitig abbilden

HDR-Funktion der High-End-Kameraserie ImagerR® erleichtert Analyse von Objekten mit extremen Temperaturgradienten

30 Interview: Next Industries CEO über die Ziele seines Start-ups und neue Technologien

31 Start-Up-Update: Das Elektor-Investitionsprogramm

34 Review: PeakTech 3440 True Graphical Multimeter

Artikel

6 Hintergrund: 5G in der Industrieautomation

10 Signalgeneratoren - die wichtigsten Parameter

13 Sensorelektronik jenseits der Leiterplatte

14 E-Fahrzeuge: Handheld-Oszilloskop zur Fehlersuche

Der Aufstieg der kontaktlosen Manipulation



E-Fahrzeuge: Handheld-Oszilloskop für Fehlersuche

14

Review PeakTech 3440 True Graphical Multimeter

34



IMPRESSUM

Elektor Industry

Ausgabe 2/2020

Sensoren und Messtechnik

© 2020

www.elektormagazine.de

Elektor Industry, Deutsche Ausgabe, wird in 2020 sechs Mal veröffentlicht.

Hauptsitz des Verlages

Elektor Verlag GmbH

Kackertstr. 10

52072 Aachen

Tel. +49 241 95509-190

Fax +49 241 95509-013

Chefredakteur (V.i.s.d.P.)

Jens Nickel

E-Mail: redaktion@elektor.de

Redaktion

Jan Buiting, Raoul Morreau,

Robert van der Zwan

Anzeigen

Margriet Debeij

Tel. +49 241 955 09-174

E-Mail:

margriet.debeij@elektor.com

Layout

Harmen Heida, Patrick Wielders

Herausgeber

Don Akkermans

Druck

Pijper Media, Stettinweg 15, 9723

HD Groningen

Aufgabe

Elektor Industry bietet Elektronik-Ingenieuren, Innovatoren und Start-ups Informationen über und Einblicke in die neuesten Produkte, Techniken und Entwicklungen aus der Elektronik-Industrie.

Distribution und Lieferung

Elektor Industry erscheint zugleich auf Deutsch und Englisch. Die Ausgabe wird an Elektor Gold-Mitglieder als gedruckte Version (in 2020 Ausgabe 1 und 6) und an Elektor Green-Mitglieder als pdf-Datei verschickt. Das Magazin wird auf Messen gratis verbreitet wie z.B. auf der Productronica

(München), electronica (München), und embedded world (Nürnberg).

Leserhinweis

Elektor Industry enthält gesponserte Artikel.

Der Herausgeber bestätigt alle Trademarks in Verbindung mit Produkten, Diensten, Materialien und Firmennamen, die in dieser Veröffentlichung erscheinen. Die in der Elektor Industry vertretenen Ansichten stimmen nicht zwangsweise mit denjenigen des Herausgebers oder der Redaktion überein.

Urheberrecht

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen einschließlich Platinen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch teilweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die veröffentlichten Schaltungen können unter Patent oder Gebrauchsmusterschutz stehen. Herstellen, Feilhalten, Inverkehrbringen und gewerblicher Gebrauch der Beiträge sind nur mit Zustimmung des Verlages und ggf. des Schutzrechtsinhabers zulässig. Nur der private Gebrauch ist frei. Bei den benutzten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichengemäß benutzt werden dürfen. Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Bau, Erwerb und Betrieb von Sende- und Empfangseinrichtungen und der elektrischen Sicherheit sind unbedingt zu beachten. Eine Haftung des Herausgebers für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Aufsätze und sonstigen Beiträge ist ausgeschlossen.

© Elektor International Media b.v. 2020
www.elektormagazine.de
Gedruckt in den Niederlanden

Nüchtern betrachtet: 5G in der Industrie- automation

Von Stuart Cording

Angesichts des Marketings und der Werbung zur Förderung von 5G durch die Netzbetreiber denkt der Durchschnittsverbraucher oft, es ginge nur um noch höhere Datenraten und schnellere Videospiele. Doch die Einführung dieser neuen Mobilfunktechnologie bedeutet wesentlich mehr.

Während drahtlose Mobilfunknetze zunächst zur landesweiten Telefonie dienten, wurde schnell klar, dass sie auch als Datenkanal genutzt werden konnten. Die analoge Technologie der 1980er Jahre wurde mit der Einführung von 2G GSM durch die Digitaltechnik abgelöst. 3G/UMTS brachte Datenraten von über 1 Mbps und führte ein nahtloses globales Roaming ein, während 4G/LTE bereits Gigabit-Geschwindigkeiten erreichte.

Seit den 2000er Jahren und dem Aufkommen von 3G wurden die industriellen Anwendungsmöglichkeiten der Mobilfunk-Technologie bereits intensiv beworben. Technologien wie zum Beispiel *Industry 4.0* erfordern hohe Flexibilität, doch die in einer Fertigungsumgebung fest installierte Ausrüstung ist unflexibel. Außerdem sind Kabel teuer in der Installation und schwierig zu reparieren. Warum sollte die Industrie also nicht zu einer kabellosen Alternative übergehen wollen (**Bild 1**)? Die genannten Argumente sind zwar stich-

haltig, doch der Teufel steckt bekanntlich im Detail. Die Industrie ist sehr langsam bei der Einführung neuer Technologien, und viele bestehende Geräte sind Teil sicher funktionierender und gut kontrollierter Systeme. Die Auslagerung der Konnektivität an einen Telekommunikationsanbieter passt nicht gut zu diesem Ansatz. Hinzu kommt, dass weder 3G noch 4G die wichtigsten Herausforderungen zu lösen schienen, die verkabelte industrielle Netzwerktechnologien mit sich bringen: niedrige Latenzzeiten, hohe Zuverlässigkeit und funktionssicherer Betrieb.

Die Vorteile von 5G gegenüber seinen Vorgängern

Zwanzig Jahre nach der Einführung von 3G ist die Welt eine andere. Roboter werden immer kleiner und billiger, so dass sie für einfache Aufgaben mit leichten Lasten gut geeignet sind. Und statt an bestimmten Orten fest installiert zu sein, sind sie zunehmend in einer kollaborativen Rolle

(Cobots) anzutreffen, und dazu oft noch an der Seite von Menschen. Auch in Logistikzentren, Silizium-Herstellungsanlagen und Lagerhäusern werden autonom gelenkte Fahrzeuge (FTS) stark genutzt, um Versandartikel zu kommissionieren oder fertige Waren vom Lager zum Lieferwagen zu bringen. Daher kann die heutige Fertigung kundenspezifische Produkte auf Bestellung produzieren und entfernt sich damit immer mehr von der rein linearen Förderbandproduktion, die die Automobilproduktion einst revolutionierte.

Angesichts der steigenden Datenmenge, der Erweiterung des Anwendungsspektrums und der Zunahme mobiler Anwendungen ist eine drahtlose Konnektivität bei der industriellen Automatisierung heute unumgänglich.

5G begegnet den Kernbedürfnissen der Industrieautomation mit einem dreigliedrigen Ansatz: Der erste Ansatz erhöht die verfügbare Bandbreite dank des verbesserten mobilen Breitbands (eMBB). Der zweite erfüllt die Anforderungen an Latenz und Zuverlässigkeit durch eine ultra-zuverlässige Kommunikation mit niedriger Latenz (URLLC). Um die Masse an Sensoren, Aktuatoren und AGVs (*Automatic Guided Vehicles*) in einem konzentrierten Bereich unterzubringen, gibt es drittens eine Unterstützung für die *Massive Machine Type Communication* mMTC (**Bild 2**).



Bild 1. Ein Großteil der heutigen Industriearbeit beruht noch immer auf drahtgebundenen Verbindungen, wobei drahtlose Lösungen auf Anwendungen wie die Anzeige des Systemstatus auf tragbaren Geräten beschränkt sind.

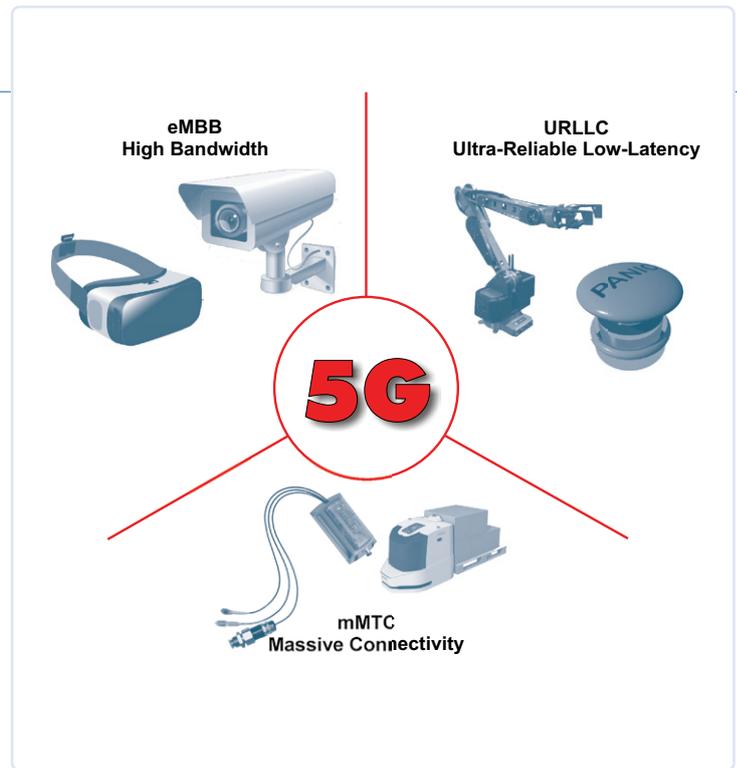


Bild 2. 5G bietet nicht nur ein hohes Maß an zusätzlicher Bandbreite, sondern erfüllt auch die Anforderungen der industriellen Automatisierung: Massive Konnektivität und zuverlässige Kommunikation mit niedriger Latenz.

Doch die 5G-Technologie steckt in Wirklichkeit noch in ihrer Entwicklung. Ihre Merkmale stammen aus dem 3rd Generation Partnership Project (3GPP), das eine Dachorganisation ist und Normungs-Organisationen aus der ganzen Welt zusammenbringt, um die Protokolle für die mobile Telekommunikation zu definieren. Gegenwärtig befindet sich 5G erst in seiner ersten Phase, die auf dem ersten Satz vollständiger 5G-Standards in 3GPP Release 15 basiert.

eMBB ist unverzichtbar für Anwendungen mit hoher Bandbreite, wie zum Beispiel Kameras für Qualitätsprüfungen an Produktionslinien oder Kameras an automatisch gesteuerten Fahrzeugen (AGV). Eine der Anwendungen mit großem Wachstumspotenzial ist auch die *Erweiterte Realität* (Augmented Reality, AR). Wartungstechniker, die eine AR-Brille tragen, könnten bei der Reparatur von Geräten bestimmte Anweisungen, Anleitungen oder Echtzeit-Prozessdaten direkt in ihr Sichtfeld gesendet bekommen. Dies kann ihre Arbeit erleichtern und beschleunigen, da sich alle notwendigen Informationen bequem im Blickfeld befinden. Auch die Schulung könnte dadurch in erheblichem Maße optimiert werden. Schließlich ließen sich auf diese Weise auch Entwürfe für neue Konzepte bei der Installation von Anlagen visualisieren. Indem zusätzlich auf historische Produktionsdaten zurück-

gegriffen wird, könnte die gesamte Anlage schon vorher im simulierten Betrieb gezeigt werden, so sich dass potenzielle Engpässe aufspüren lassen, bevor das Design und Layout endgültig festgelegt wird.

Weniger abhängig von der Datengeschwindigkeit, aber mehr auf die Dichte der an eine Funkzelle angeschlossenen Knoten ausgelegt, ist mMTC. Mit mMTC wird es möglich, bis zu einer Million Knoten pro Quadratkilometer zu unterstützen. Im Zusammenhang mit einer Produktionsanlage stellt dies sicher, dass alle Sensoren unabhängig von ihrem Standort in der Lage sind, die gesammelten Daten hochzuladen und gemeinsam zu nutzen. Diese Funktion ist eigentlich nicht neu, da die Unterstützung bereits seit 3GPP Release 13 in Form von *Low Power-Wide-Area-Netzen* (LPWA) für das schmalbandige Internet der Dinge (NB-IoT) existiert. Durch das Angebot eines schmalen Kommunikationsbandes sowie die Implementierung einer Teilmenge des 4G-LTE-Standards (Long Term Evolution) wurden Sensoren und Datenlogger mit geringem Stromverbrauch berücksichtigt. Das Ziel ist, die Batterielebensdauer für solche Anwendungsfälle mit 5G auf bis zu 10 Jahre zu verlängern.

Für zeit- und sicherheitskritische Aspekte industrieller Anwendungen dient schließlich URLLC. Der Schwerpunkt traditioneller verkabelter Industrienetze liegt vor allem auf der Erfüllung der komplementä-

ren, aber getrennten Anforderungen an Determinismus und niedrige Latenzzeit sowie Zuverlässigkeit. Dadurch wird sichergestellt, dass Regelkreise und Sicherheitsfunktionen erwartungsgemäß funktionieren, und dies unabhängig von allen anderen Daten, die möglicherweise über dieselben Kabel fließen. URLLC ist in 3GPP Release 15 enthalten, aber Release 16, das für Mitte 2020 geplant ist, wird voraussichtlich die anfängliche Funktionalität erweitern und Latenzen von 0,5 bis 1 ms und eine Zuverlässigkeit mit einer Fehlerrate von 10^{-6} liefern.

Von der Theorie zur Praxis

Trotz der weltweiten Standards und der bekannten Unternehmen, die daran beteiligt sind, gibt es nach wie vor ein „Henne-Ei-Dilemma“ bei der Einführung neuer Technologien, selbst wenn diese auf einem etablierten globalen Standard aufbauen: Man geht davon aus, dass 5G in den Jahren zwischen 2018 und 2025 Investitionen von bis zu 1 Billion Dollar erfordern wird, so dass die Netzbetreiber ihrer Einnahmen auch sicher ein müssen, um diese Ausgaben zu decken. Doch ohne verfügbare Netze gibt es keine Möglichkeit zu testen, ob 5G seine Versprechen einhalten kann, und das hemmt die Entwicklung 5G-fähiger industrieller Automatisierungsausrüstung. In Testprojekten haben Netzbetreiber und potenzielle Nutzer von 5G zusammenge-

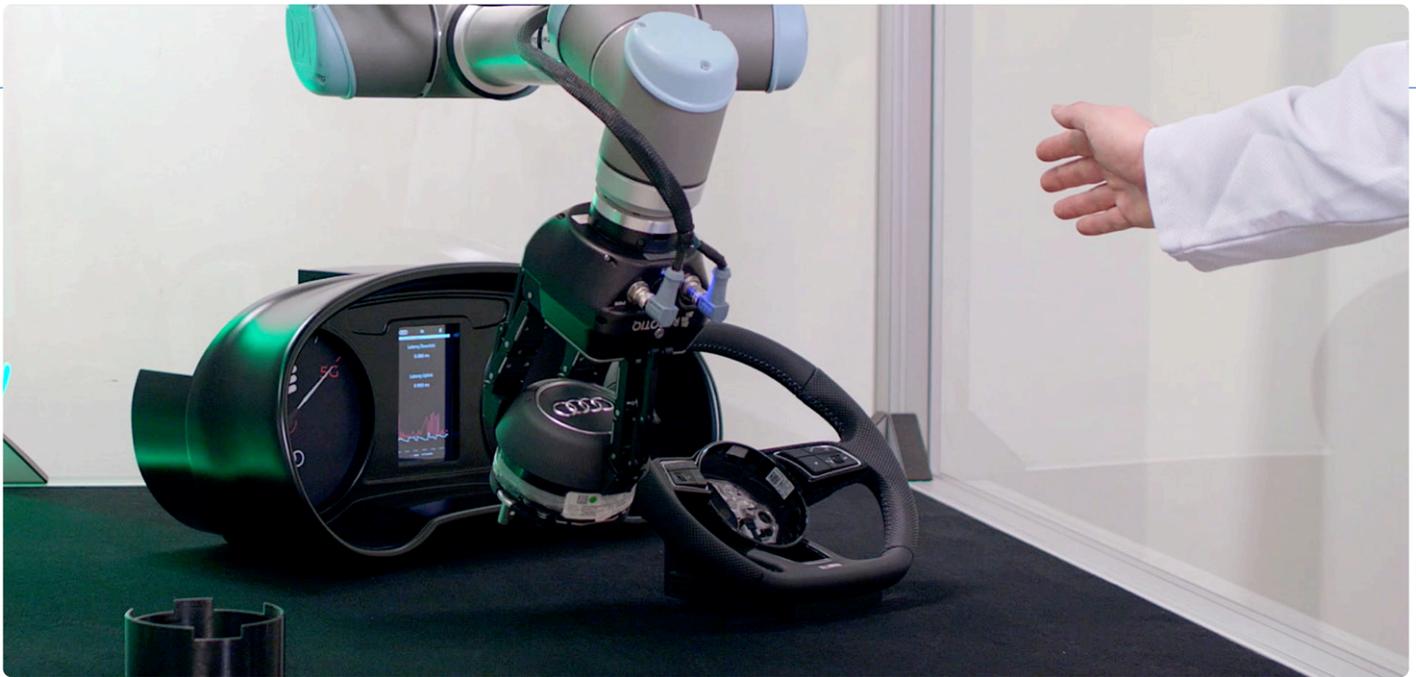


Bild 3. Beim Betrieb von PROFIsafe über 5G erreichten Audi und Ericsson Latenzen von unter 1 ms in einer Sicherheitsanwendung, bei der ein Roboterarm zur Befestigung von Airbags in Lenkrädern verwendet wurde (Copyright AUDI AG).

arbeitet, um mehr über diese Technologie zu erfahren. So brachte beispielsweise das zweijährige Forschungsprojekt 5G MoNArch die Firma Nokia, die Deutsche Telekom und den Hamburger Hafen zusammen. In dem Versuch wurden drei voneinander unabhängige Verbindungen über ein einzelnes Netz geleitet, um die Leistung in einer Umgebung zu überprüfen, die ein hohes Maß an Zuverlässigkeit und Sicherheit erfordert. Es handelte sich dabei um eine drahtlos verbundene Ampelanlage, die Integration von Umgebungs- und Bewegungssensoren in Schiffen sowie um AR-Brillen für die Betriebs- und Wartungsmannschaften. Auch der Automobilhersteller Audi hat zusammen mit Ericsson Tests durchgeführt, um die Grenzen von URLLC auszuloten. Unter Verwendung von PROFIsafe over 5G, einem Sicherheitsprotokoll, das typischerweise über das verkabelte, Ethernet-basierte PROFINET verwendet wird, wird ein einfacher Roboter so programmiert, dass er Airbags in einer abgeschlossenen Umgebung an einem Lenkrad anbringt, wobei ein durch einen Laservorhang gesicherter Zugang jederzeit einen direkten Eingriff seitens des Bedienpersonals ermöglicht. Wenn jemand ins Innere gelangt, bleibt der Roboter so lange unbeweglich, bis der Laservorhang signalisiert, dass der Eingriff vorüber ist. Die Demonstration (Bild 3) verfügt über 5G-Netzwerklatenzen, die deutlich unter einer Millisekunde liegen. Dies zeigt, dass solch eine funktionale Sicherheit mit 4G oder der konkurrierenden drahtlosen Technologie Wi-Fi nicht möglich gewesen wäre. An diesem Punkt stellt sich folgende Frage:

Was passiert, wenn das Automobilwerk neben einem Fußballstadion liegt? Und was geschieht, wenn 10.000 Fans Videoclips des Spiels oder Selfies über dieselbe drahtlose Infrastruktur austauschen wollen?

Dies bringt uns zu einem weiteren Merkmal von 5G, das als Network Slicing bekannt ist. Telekommunikationsbetreiber werden in Zukunft in der Lage sein, mehrere Slices der verfügbaren Bandbreite zu implementieren, von denen jeder die Dienste anbietet, die auf die besonderen Bedürfnisse der Kunden zugeschnitten sind. Ein Fußballstadion kann über eine reservierte Bandbreite für drahtlose Fernsehkameras verfügen, während ein Krankenhaus sich für den Zugang zu hochverfügbaren Sprach- und Datendiensten entscheiden kann. Die Fabrik, in der Autos hergestellt werden, kann sich für Slices mit niedriger Latenz und hochverfügbaren Diensten entscheiden. Auf diese Weise können die spezifischen Bedürfnisse bestimmter Kunden erfüllt werden, selbst wenn Smartphone-Nutzer bei einem unkritischen Videoanruf mit derselben Netzwerkkelle verbunden sind.

5G für private Betreiber

Dies setzt natürlich voraus, dass die Anwender der Automationstechnik in Fabriken Vertrauen in einen drahtlosen Dienst setzen, der im Besitz eines Dritten ist und von diesem betrieben und gewartet wird. Service-Level-Agreements (SLA) sind natürlich vertraglich geregelt, aber wer ist verantwortlich, wenn ein Unwetter die nächstgelegene Basisstation beschädigt und die Produktion zum Stillstand kommt oder, schlimmer noch, wenn ein Sicherheitsme-

chanismus versagt, was zu Verletzungen oder Todesfällen führt?

Während das verfügbare Frequenzspektrum für 5G in den meisten Ländern komplett an etablierte Telekommunikationsbetreiber versteigert wurde, hat Deutschland einen anderen Ansatz gewählt. Teile des verfügbaren Frequenzspektrums wurden für private Betreiber reserviert; mit dem Ziel, ein Testfeld für Innovationen im Bereich 5G zu schaffen. Dieses Spektrum soll jedoch nicht dazu verwendet werden, um örtliche Telekommunikationsdienste in einer Region zu betreiben. Vielmehr geht es darum, dass große Unternehmen wie Fußballstadien, landwirtschaftliche Großbetriebe, Flughäfen und Produktionsstätten ihre eigenen privaten 5G-Netze betreiben können, wobei sie ihre Infrastruktur unter ihrer Kontrolle und ihre Daten innerhalb ihrer eigenen Unternehmensnetze behalten. Eine Beispielkalkulation für das Handelsblatt, die für eine Fabrik mit Büros und zwei Produktionshallen durchgeführt wurde, zeigt, dass nur etwa 1500 € für ein Spektrum von 30 MHz gezahlt werden müssten. Der teure Teil ist die Ausrüstung mit rund 150.000 €, zuzüglich 180.000 € für den Betrieb über einen Zeitraum von zehn Jahren. Diese Kosten und alle sich daraus ergebenden Vorteile müssen natürlich gegen die Preise aufgerechnet werden, die von den Telekommunikationsbetreibern für den 5G-Zugang mit Network Slicing angeboten werden.

Was ist mit Wi-Fi?

Ob Wi-Fi als eine fähige Alternativtechnologie für 5G in Anwendungen der industriellen Automatisierung bezeich-

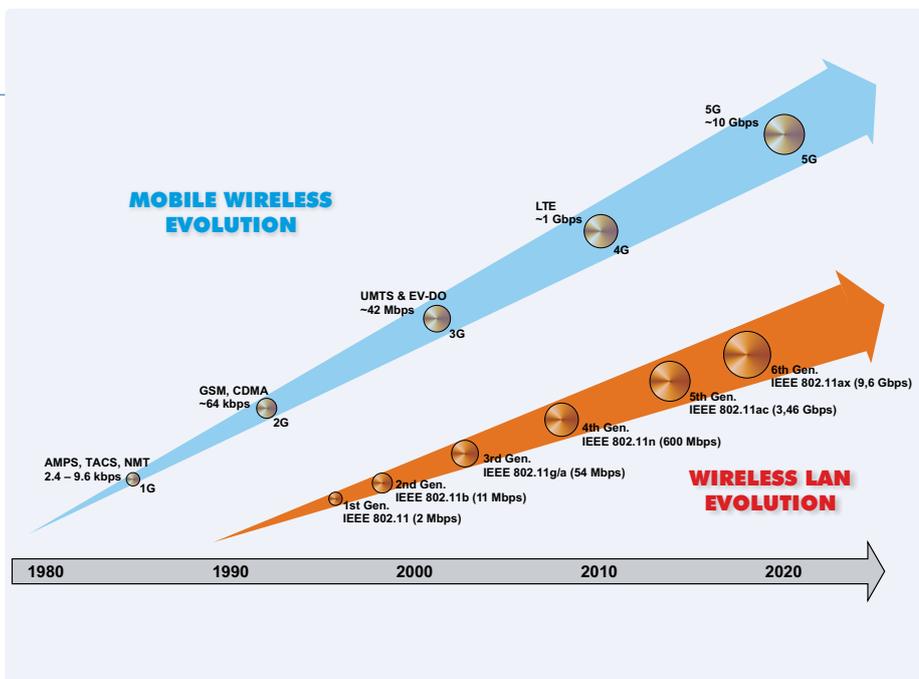


Bild 4. Vergleich der Entwicklung von zellulären drahtlosen Netzwerken mit Wi-Fi in den letzten 40 Jahren.

net werden kann oder nicht, ist umstritten. Seit das 2,4-GHz-Band zur Nutzung freigegeben wurde, haben sich die IEEE 802.11-Standards kontinuierlich weiterentwickelt, um die Datenraten zu verbessern, die Kapazität zu erhöhen und die Leistung in Umgebungen mit mehreren angeschlossenen Geräten zu steigern. 802.11ax, das als Wi-Fi 6 bezeichnet wird, wurde vor kurzem auch von der *Federal Communication Commission* (FCC) der Vereinigten Staaten für die Verwendung im 6-GHz-Band zugelassen. Dadurch wird die dringend benötigte, neue Kapazität jenseits des überlasteten 2,4-GHz- und 5-GHz-Bandes verfügbar (Bild 4).

Wie sich bisher gezeigt hat, verfügt 5G offensichtlich über eine Vielzahl der in der industriellen Automatisierung definierten Merkmale, die dort entsprechend ihren Spezifikationen implementiert wurden. Einem Beispiel der *Wireless Broadband Alliance* (WBA) zufolge, einer Industriallianz zur Förderung der Interoperabilität zwischen Wi-Fi-Diensteanbietern, sind viele der Konzepte hinter dem Network Slicing bereits von der Wi-Fi-Gemeinschaft umgesetzt worden. Dies würde bedeuten, dass selbst Wi-Fi entsprechend dem Ansatz für 5G bereits typische Fähigkeiten für verschiedene Anwender, seien es Menschen oder Maschinen, bereitstellen könnte. Darüber hinaus wurde 5G als eine „radio agnostic technology“ angepriesen, was bedeutet, dass Wi-Fi als Funkschnittstelle zu den Kern-Netzwerkfähigkeiten, die 5G bietet, immer noch eine Rolle in der industriellen Automatisierung spielen könnte.

Zusammenfassung

Damit die Digitalisierungsbemühungen von Industry 4.0 Früchte tragen können, muss die Fabrik-Automatik flexibler werden. Der Weg dorthin macht definitiv einen Bogen um die drahtgebundene Verbindung und führt direkt zur drahtlosen Kommunikation. Dadurch können Fabriken ihre Fertigungsprozesse schnell an sich ändernde Anforderungen anpassen. Die Möglichkeit, Werkstücke mit Hilfe von fahrerlosen Transportsystemen (FTS) zwischen verschiedenen Arbeitsstationen hin- und her zu bewegen sowie die Integration von Cobots erleichtern die kundenspezifische Anpassung von Massenprodukten. AR-Brillen ermöglichen es darüber hinaus den Wartungsteams, Reparaturen und Installationen neuer Geräte schneller durchzuführen.

Zweifellos wird 5G die Möglichkeiten der Konnektivität der Industriearbeit im Laufe des nächsten Jahrzehnts verändern, aber einige Funktionen, wie z.B. URLLC, sind heute noch nicht vollständig verfügbar. Ob 5G-Dienste nun von Telekommunikationsbetreibern oder durch den Aufbau privater Netzwerke bereitgestellt werden, bleibt abzuwarten. Dank der Fortschritte im Bereich Wi-Fi könnten sich diese beiden drahtlosen Technologien ohnehin vereinen, was die Dynamik desjenigen, der sie installiert, besitzt und betreibt, verändern wird. Sicher ist, dass die industrielle Automatisierung dank 5G die aufregendste Entwicklungsphase seit der industriellen Revolution durchlaufen wird. ◀

200229-01

You CAN get it...

Hardware und Software für CAN-Bus-Anwendungen



NEU

PCAN-MicroMod FD Grundplatten

Konfigurierbare I/O-Module mit CAN-FD-Interface. In verschiedenen Versionen für analoge oder digitale I/O-Anwendungen erhältlich.

ab 275 €



PCAN-miniPCIe FD

CAN-FD-Interface für PCI Express Mini. Erhältlich als Ein-, Zwei- und Vierkanalkarte inkl. Treiber für Windows® und Linux.

ab 240 €



PCAN-Explorer 6

Professionelle Windows®-Software zur Steuerung und Überwachung von CAN-FD- und CAN-Bussen.

ab 510 €

www.peak-system.com



Otto-Röhm-Str. 69
D-64293 Darmstadt
Tel.: +49 6151 8173-20
Fax: +49 6151 8173-29
info@peak-system.com

Signalgeneratoren - die wichtigsten Parameter

Signalgeneratoren sind eines der am weitesten verbreiteten Basisinstrumente und ein unverzichtbares Werkzeug für jeden Elektronikentwickler. In diesem Artikel werden die wichtigsten Parameter beschrieben, auf die Sie bei der Auswahl eines Gerätes achten sollten.

Signale, deren Amplitude sich über die Zeit ändert, werden in fast allen Phasen einer Entwicklung benötigt. Sei es als Referenzsignal, als Taktsignal, als Störquelle oder zur Emulation von Sensorsignalen. Komplette Test- und Messsysteme bestehen in der einfachsten Form aus einer Spannungsquelle, einer Signalquelle und einem Erfassungsinstrument. Auf dem Markt findet man verschiedene Ausführungen von Signalgeneratoren, welche für spezielle Anwendungen optimiert sind. Hier gibt es Logik-Signalgeneratoren, Impulsgeneratoren, HF- und Mikrowellensignalgeneratoren, IQ-Basisbandgeneratoren. Der weitaus größere Teil des Marktes wird allerdings von den „Allroundern“ belegt, den einfachen Funktionsgeneratoren und Arbiträr-Signalgeneratoren. Herkömmliche Funktionsgeneratoren können Standardsignale wie Sinus-, Rechteck- und Dreieckkurven erzeugen und ausgeben. Allerdings ist es während der Entwicklungsphase notwendig, die komplexen Bedingungen der tatsächlichen Anwendung zu simulieren. Hierzu sind die Standardsignale meist nicht ausreichend und es müssen „unregelmäßige“, verzerrte oder mit Rauschen versehene Signale erzeugt und dem System zugeführt werden. Diese Anforderungen kann ein klassischer Funktionsgenerator nicht mehr erfüllen. An dieser Stelle können Arbiträr-Signalgeneratoren ihre Stärke ausspielen. Eine Arbiträr-Signalgenerator kann einen Funktionsgenerator ohne Einbußen von Funktionalität ersetzen. Neben der Ausgabe von Sinus-, Rechteck- und Dreieckwellen kann er zusätzlich auch Pulse, Rauschen, DC-Signale, Modulationssignale, Sweep-Signale und Bursts ausgeben. Im Folgenden werden einige Parameter diskutiert, welche bei der Auswahl von Signalgeneratoren eine wichtige Rolle spielen. Die Sinuskurve eignet sich hier gut als Beispielsignal.

Die Sinuskurve

Sinus- und Cosinuswellen sind die bekanntesten und verbreitetsten Kurvenformen (**Bild 1**). Die Sinuskurve ist mathematisch folgendermaßen definiert:

$$f(t) = A * \sin(\omega t + \phi) \quad (\text{Formel 1})$$

Dabei steht A für die Amplitude der Sinuswelle, ω stellt die Kreisfrequenz dar, diese steht im Zusammenhang mit der Periode bzw. der Frequenz der Sinuswelle; ϕ stellt die Anfangsphase dar, welche oft bei der allgemeinen Berechnung weggelassen wird. Sinus- und Cosinuswelle unterscheiden sich nur durch die Startphase, welche um 90° unterschiedlich ist.

Die drei Parameter Frequenz, Amplitude und Startphase sind in **Bild 2** dargestellt. Die auf die Kreisfrequenz bezogene Frequenz und Periode können im Arbiträr-Wellenformgenerator eingestellt werden, und die Umwandlungsbeziehung zwischen ihnen ist:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

Im Zeitbereich sind die Parameter von Sinuskurven relativ einfach darzustellen und zu verstehen. Leider gibt es in der Elektronik keine perfekten Signale, da überall mehr oder weniger Verzerrungen auftreten. Wenn man ein Sinussignal im Frequenzbereich darstellt, kann man auch kleine Verzerrungen oder Unregelmäßigkeiten sehr gut beobachten. In der Theorie wird ein perfekter Sinus im Spektrum lediglich als ein Strich auf der Frequenzachse dargestellt (**Bild 3**).

Die Amplitude

Der erste offensichtliche Parameter den man betrachten kann ist die Amplitude. Hier ist der kleinste und der größte Wert ausschlaggebend. Mit welcher Auflösung kann die Amplitude eingestellt werden und wie genau wird dieser Wert ausgegeben? An dieser Stelle spielt die Qualität des D/A-Wandlers (DAC) und dessen Auflösung eine maßgebliche Rolle. Eine hohe Abtastrate kombiniert mit einer hohen DAC-Auflösung liefert die besten Ergebnisse. Beispielhaft ist dies dargestellt in **Bild 4**. In der Abbildung kann man sehen: Je feiner die Schritte sind, desto genauer können Signale wiedergegeben werden. All diese Werte sind

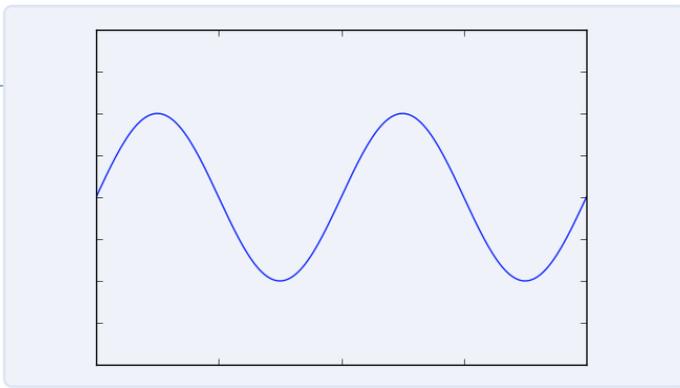


Bild 1. Sinuskurve.

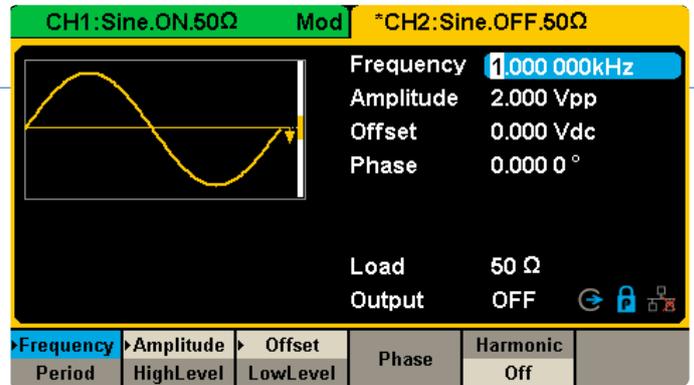


Bild 2. Parametereinstellungen einer Sinuskurve am Siglent SDG1032X.

in den Spezifikationen des Ausgangs angegeben. Es finden sich hier aber auch noch mehr Angaben. Ein wichtiger Parameter ist die Amplitudengenauigkeit, betrachtet über die Frequenz („Amplitude Flatness“). Hiermit wird beschrieben, wie sich die Spannung des ausgegebenen Signals ändert, wenn die Frequenz verändert wird.

Die Frequenz

Hier sind ebenfalls die Parameter „Min“, „Max“, Auflösung und Genauigkeit von hoher Bedeutung. Ein wichtiger Unterschied zu den Amplitudenparametern ist, dass jede Kurvenform eine andere Min-/Max-Ausgangsfrequenz haben kann. Typischerweise wird bei Generatoren die Maximalfrequenz des Sinussignals in den Bannerspezifikationen angegeben. Der Anwender muss sich bewusst sein, dass diese Maximalfrequenz höchstwahrscheinlich nicht für Rechteck oder Pulssignale gilt. Daher ist es wichtig sich im Vorfeld der Anschaffung klar zu sein, welche Signale mit welcher Frequenz benötigt werden. Aber warum hat ein Rechtecksignal nicht die gleiche Maximalfrequenz wie der Sinus?

Hierzu kann man wieder in den Frequenzbereich wechseln. **Bild 5** zeigt das Spektrum eines Rechtecksignals. Wie man sehen kann, besteht das Signal aus einer Vielzahl von Harmonischen der Grundfrequenz. Um ein sauberes Rechtecksignal auszugeben, müssen vom Generator neben der Grundfrequenz auch die Harmonischen erzeugt und addiert werden. Die Abtastrate des DAC und der Grundsatz von Nyquist („ > 2 Samples / Periode“) sind die limitierenden Faktoren. Ein weiterer wichtiger Parameter der in Bezug zur Frequenz steht ist der Jitter (d.h. wie stark schwankt die Frequenz um den Sollwert). In der Hochfrequenztechnik wird hierfür der Begriff Phasenrauschen verwendet.

Jitter

Eine Rechteckwelle/Impuls wird oft als Taktsignal verwendet, daher müssen wir auf einen Schlüsselindikator des Taktsignals achten - den Jitter. Jitter kann als die Abweichung eines Signals von seiner idealen Zeitposition beim Übergang definiert werden (**Bild 6**).

Die Komponenten eines Signaljitters sind kompliziert, hauptsächlich unterteilt in deterministischen Jitter und zufälligen Jitter. Der zufällige Jitter gehorcht der Gaußschen Verteilung, und der deterministische Jitter setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Zum Beispiel kann in einem Arbiträr-Wellenformgenerator die durch die DDS-Methode erzeugte Rechteckwelle/Impuls einen deterministischen Jitter von 1 Abtastperiode erzeugen. Der Signalgenerator SDG2000X von Siglent verwendet die einzigartige EasyPulse-Technologie, um diesen Jitter zu eliminieren.

Harmonische Komponenten (Oberwellen)

Die erzeugte Sinuswelle ist aufgrund der nicht-idealen Eigenschaften, wie z.B. der Nichtlinearität der Schaltung, oft kein ideales „Einzeltone“-Signal. Es werden einige Obertöne und Nebenwellen ausgege-

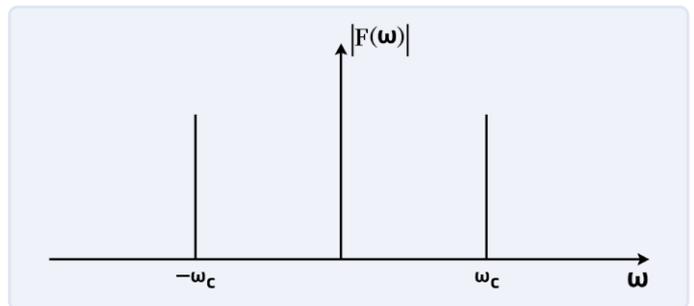


Bild 3. Sinus im Spektrum.

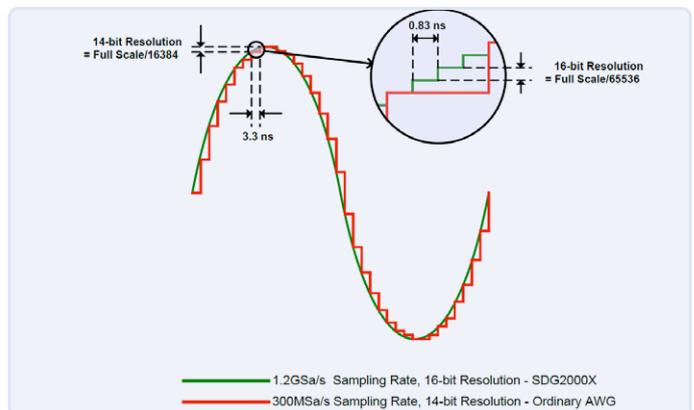


Bild 4. 14-bit-DAC versus 16-bit-DAC.

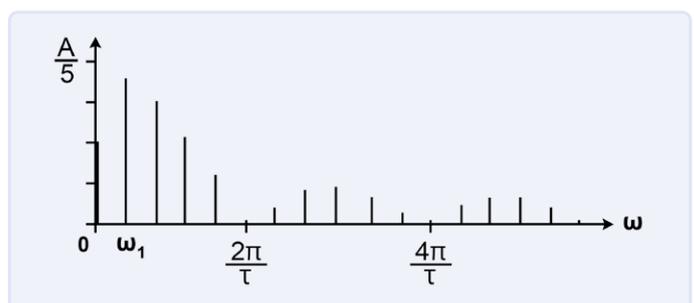


Bild 5. Rechtecksignal im Spektrum.

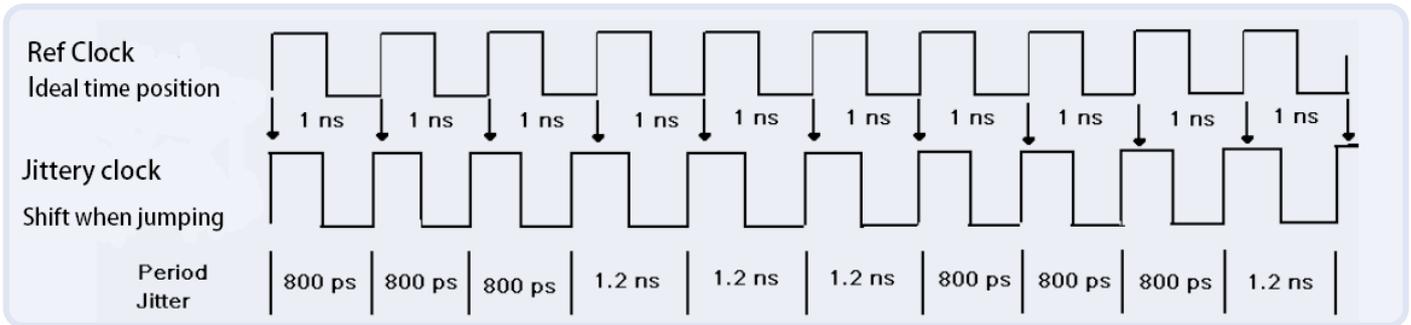


Bild 6. Periodenjitter.

ben, die zusammenfassend als „Verzerrung“ bezeichnet werden. Die harmonische Verzerrung ist das Verhältnis des Signalpegels der Basiskomponente zum maximalen Pegel der Oberwellen (Bild 7).

Ein weiterer Index zur Messung der Leistung der harmonischen Verzerrung ist die totale harmonische Verzerrung (THD). Sie ist das Verhältnis des quadratischen Mittelwerts der Amplitude jeder Harmonischen (in der Regel wird bis zur 6. Harmonischen gezählt) zur Signalamplitude, wie in der Formel dargestellt (normalerweise wird die THD in % ausgedrückt).

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_n^2}}{V_s}$$

Beim SDG2000X beträgt die harmonische Verzerrung höchstens 0,075% (0 dBm, 10 Hz bis 20 kHz Sinuswelle).

Nicht-harmonische Störungen

Zusätzlich zu den Oberwellen kann die durch die Nichtlinearität verursachte Verzerrung auch aus einigen anderen Spektralkomponenten bestehen, wie z.B. den Intermodulationsprodukten des Signals (oder seiner Oberwellen) und des Taktsignals. Deshalb ist es notwendig, zur Messung der nicht-harmonischen Störungen einen weiteren Index zu definieren.

Als Parameter zur Darstellung wird normalerweise der störungsfreie Dynamikbereich (SFDR) benutzt (siehe Bild 8). Dieser bezieht sich auf das Verhältnis der Signalleistung zur maximalen Störleistung. Bitte beachten Sie, dass die Definition von Störsignalen mitunter harmonische und nicht-harmonische Störsignale einschließt. Bei Arbiträr-Wellenformgeneratoren beziehen sich Störsignale dagegen nur auf nicht-harmonische Verzerrungen.

200233-01

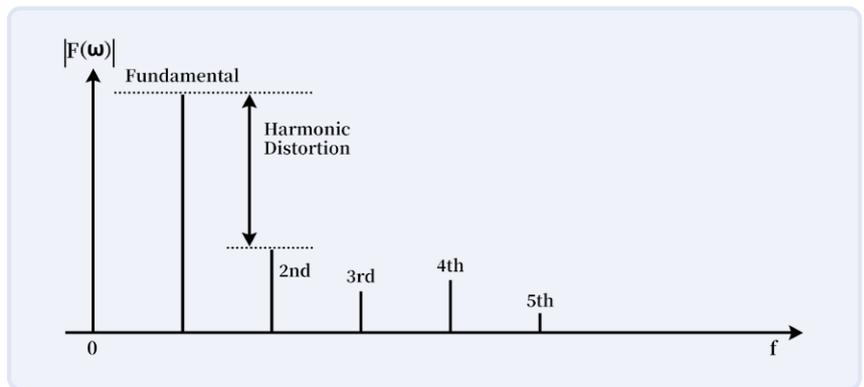


Bild 7. Harmonische Komponenten (Oberwellen).

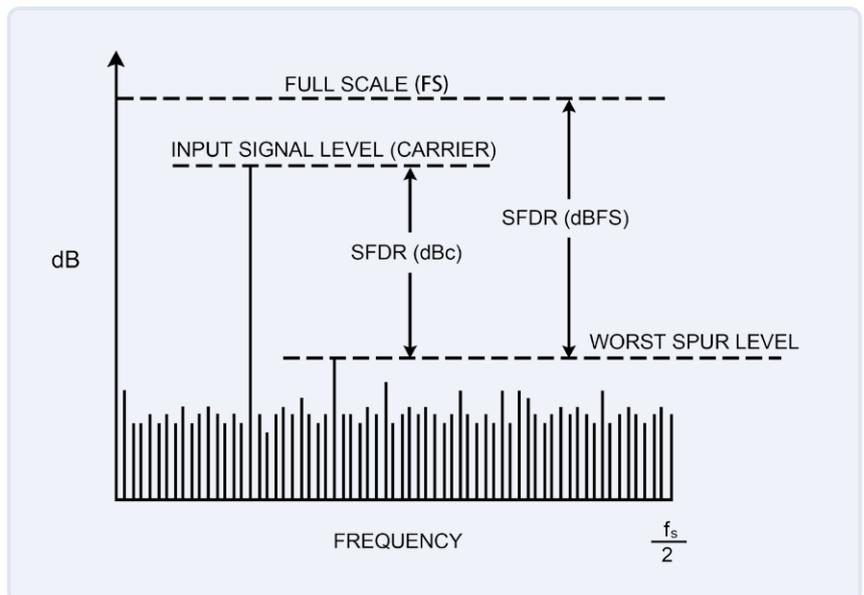


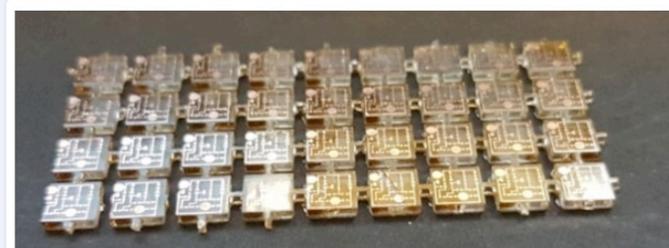
Bild 8. Störungsfreier Dynamikbereich (SFDR).



Sensorelektronik jenseits der Leiterplatte

Wie in allen Elektronikanwendungen hält die fortschreitende Miniaturisierung auch in der Sensorbranche Einzug. Ein Sensor auf einer herkömmlichen Leiterplatte stößt immer öfter an Grenzen, wenn man die Mess- und Sensorelektronik näher an den eigentlichen Ort der Messung bringen oder Bauräume besser ausnutzen möchte. Zusätzlich ist ein Package für hochspezialisierte Sensoranwendungen sehr teuer und die Entwicklung und Fertigung sogar für größere Firmen sehr schwierig.

Die neuentwickelte KONEKT-Technologie bietet hierfür eine Lösung mit der selbst kleine Mengen von hochangepassten Packages kostengünstig hergestellt werden können. Somit ist es kleinen und mittelständischen Unternehmen nun erstmals möglich, angepasste und leistungsstarke Baugruppen und Sensoren zu entwickeln, ohne die Restriktion von Mindestabnahmemengen. Dies ist möglich, da die KONEKT-Technologie Auftragsfertigung vom Prototypenbau über



Funded by:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

eXIST
Existenzgründungen
aus der Wissenschaft

ESF
Europäischer Sozialfonds
für Deutschland



Europäische
Union

Zusammen.
Zukunft.
Gestalten.

Mittelserien bis zu Großserien abdecken kann.

KONEKT bietet für die Elektronikentwicklung komplett neuartige Möglichkeiten, unter anderem für das Design von Baugruppen sowie für System-in-Packages.

Durch die Möglichkeit von 3D-Baugruppen entsteht ein hohes Maß an Design-Freiheit und Potential zur Miniaturisierung. Speziell angepasste Materialien ermöglichen individuelle Produkteigenschaften, z.B. bezüglich Wärmemanagement, mechanischem Stress oder auch Ex-Schutz. Auch Hochfrequenzverbindungen für höhere Datenraten können den entscheidenden Vorteil für die nächste Produktgeneration bedeuten. KONEKT wird als Ausgründung der TU Dresden finanziert durch das EXIST-Programm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Europäischen Sozialfonds. ◀

www.avt.et.tu-dresden.de/en/research/projects/konekt

200189-02

Anzeige

Durchbruch in der CO₂-Sensortechnik

Erster Miniatursensor für Anwendungen
im Bereich Raumluftqualität.

Kleinster Formfaktor: 10.1 × 10.1 × 6.5 mm



Mehr Information zum SCD40 CO₂-Sensor
www.sensirion.com/scd40



SENSIRION

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

E-Fahrzeuge: Handheld- Oszilloskop zur Fehlersuche



Von Tim Paasch-Colberg, Produktmanager für Oszilloskope bei Rohde & Schwarz, München

Bei der Inbetriebnahme von Elektrofahrzeugen müssen Elektrik und Elektronik ausgiebig getestet werden. Das gilt auch für die Rennwagen der Formula Student E. Für die schnelle Fehlersuche im Bordnetz sowie an der Hochvolt-Versorgung hat sich beim Elefant Racing Team der Universität Bayreuth ein Handheld-Oszilloskop bewährt. Das robuste Gerät ist für bis zu 1000 Volt ausgelegt und bietet eine Dekodierfunktion für den CAN-Bus.

In der Motorsportklasse *Formular Student* treten jedes Jahr Studententeams zahlreicher Hochschulen auf renommierten Rennstrecken wie dem Hockenheimring, dem Autodrom im tschechischen Most oder dem niederländischen TT Circuit in Assen gegeneinander an. Diese Wettbewerbe umfassen nicht nur Rennen, sondern auch statische Disziplinen wie die Bewertung von Konstruktion und Businessplan.

Die Königsdisziplin ist das Endurance-Rennen, bei dem fast ein Drittel aller Punkte eines Wettbewerbs eingefahren werden. Bis zu sieben Fahrzeuge liefern sich ein Rennen über eine Distanz von 22 Kilometern. Auch die Energieeffizienz der Fahrzeuge wird dabei bewertet. Für die Teilnehmer der Formula Student E mit elektrisch betriebenen Fahrzeugen ist dieser Ausdauerwettbewerb eine besondere Herausforderung. Ein kleiner Wackelkontakt führt hier schnell zum Abbruch des Rennens.

Das Elefant Racing Team der Universität Bayreuth nutzt deshalb bereits in der zweiten Saison das tragbare Oszilloskop R&S Scope Rider von Rohde & Schwarz für EMV-Messungen sowie zur Fehlersuche an Spannungsversorgungen und CAN-Bus-Verbindungen. Mit ihm sind Messungen sowohl im Labor als auch an Test- und Rennstrecken

möglich. Zudem entspricht es der Messgeräteklasse III und eignet sich somit für Spannungen bis 1000 Vrms.

Äußerst robust

Dass das Oszilloskop äußerst robust ist, zeigte sich in der ersten Saison. Das Team hatte im Sommer 2018 auf dem Rückweg von der Trainingsstrecke einen Unfall, bei dem der Anhänger mit dem Rennwagen umkippte. Dadurch wurden der Boliden sowie ein Großteil des Werkzeugs und Zubehörs auf die Fahrbahn geschleudert. Der Rennwagen hatte einen Totalschaden, doch das Oszilloskop überstand den heftigen Aufprall unbeschadet (**Bild 1**). Es ist für raue Umgebungsbedingungen ausgelegt und entspricht zum Beispiel bei Vibrations- und Stoßfestigkeit den aktuellen militärischen Standards MIL-PRF-28800F, Class 3 und MIL-STD-810E.

Nach dem Unfall musste das Racing Team die Saison noch vor dem ersten Wettbewerb beenden. Doch es nutzte die Zeit, um den Elektro-Boliden FR19 Loki für die Saison 2019 mit neuester Technik auszustatten: Der Wagen erhielt ein selbst entwickeltes Planetengetriebe und neueste Vierradantriebs-technik mit Torque Vectoring, angesteuert über den CAN-Bus und SENT-Protokolle.

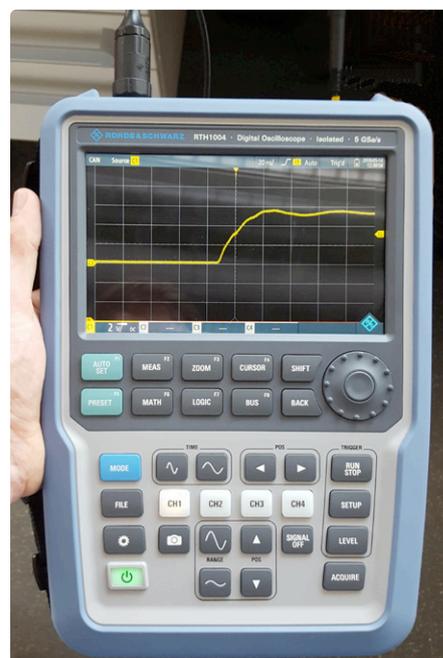


Bild 1. Der robuste R&S Scope Rider überlebt selbst heftige Stöße unbeschadet (Quelle: Elefant Racing Team).

Einfache Protokollanalyse für CAN, LIN, SENT und CAN-FD

Bei der Inbetriebnahme der Sensorplatten sowie der Module und Geräte der Bordelektronik konnte das Team mit dem Oszilloskop

schnell überprüfen, ob die korrekte Spannung anliegt und die zugehörigen Kommunikationsprotokolle wie I²C oder SPI fehlerfrei übertragen werden. Im Automotive-Bereich unterstützen die Trigger & Decode-Optionen des Oszilloskops nicht nur die klassischen CAN- und LIN-Bus-Protokolle, sondern bieten auch Protokollanalyse-Funktionen für das Punkt-zu-Punkt-Protokoll SENT zur Sensorkommunikation. Der Anwender kann damit gezielt Ereignisse, Daten oder Fehlerzustände des Fast- und Slow-Protokollkanals von SENT erfassen. Ebenfalls unterstützt werden das Short- und Enhanced-Message-Format und die verschiedenen möglichen CRC-Check-Methoden. Auch CAN-FD-Signale lassen sich mit dem R&S Scope Rider analysieren. Dazu benötigt der Nutzer ergänzend zur R&S RTH-K3 CAN Trigger & Decode Option noch die R&S RTH-K9 CAN-FD Trigger & Decode Option. Der serielle CAN-FD-Bus arbeitet mit Übertragungsraten bis 15 Mbit/s und ist damit deutlich schneller als Standard-CAN (bis 1 Mbit/s). Er gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Bussignale in Klartext

Die vollständig digital realisierte Trigger- und Dekodier-Einheit arbeitet stets mit einer Abtastrate von 1,25 GSa/s, unabhängig von der für die Signalaufzeichnung verwendeten Abtastrate des entsprechenden Analog- oder Digitalkanal. Dadurch können serielle Proto-

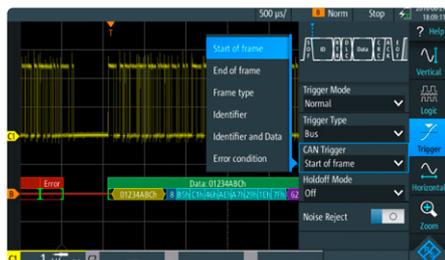


Bild 2. Das Anwendermenü der Trigger & Decode Option R&S RTH-K3 für CAN-Bussignale (Quelle: Rohde & Schwarz).

kolle auch dann problemlos dekodiert werden, wenn gleichzeitig sehr langsame Zeitsignale dargestellt werden. Das Oszilloskop zeigt das jeweils analysierte Protokoll auf Knopfdruck tabellarisch mit protokollabhängigen Zusatzinformationen an. Darüber hinaus kann das Oszilloskop die dekodierten Steuersignale in Klartext als symbolische Labels anzeigen. Das macht die Arbeit mit dem Gerät einfach.

Schnelle Inbetriebnahme

Das Oszilloskop sparte den angehenden

Ingenieuren der Universität Bayreuth immer wieder viel Zeit bei der Fehlersuche. Schon lange vor Beginn der Rennsaison hat es zum Beispiel die Inbetriebnahme von Platinen enorm vereinfacht. Das Team konnte deutlich schneller als mit einem handelsüblichen Multimeter überprüfen, ob überall die korrekte Spannung anliegt und ob die Buskommunikation störungsfrei abläuft. Dabei wurden vor allem SPI- und CAN-Protokolle genutzt. Nachdem die Elektronik im Fahrzeug integriert war, wurde im Fahrzeugverbund getestet. Ein Fehler in der CAN-Bus-Übertragung trat zum Beispiel bei der Ansteuerung der roten Warnleuchte auf, die am höchsten Punkt des Rennwagens befestigt ist und zuverlässig aufleuchten muss, sobald Hochspannung außerhalb des Akku-Containers anliegt (Bild 3). Es stellte sich heraus, dass bei der Implementierung ein Terminierungswiderstand vergessen wurde.

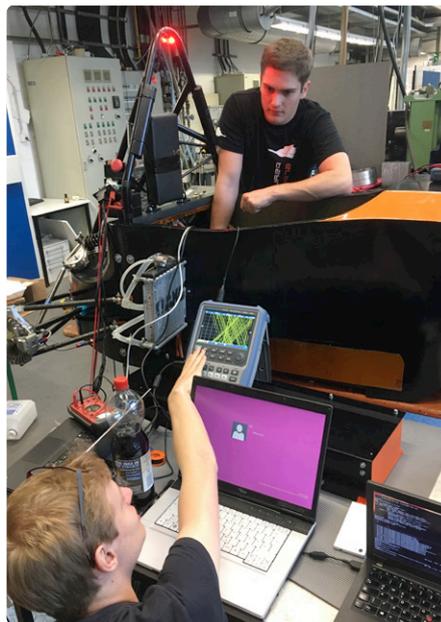


Bild 3. Bei einer CAN-Bus-Übertragung führte ein fehlender Terminierungswiderstand zu Fehlern (Quelle: Elefant Racing Team).

Messungen an der Strecke

Der FR19 Loki ist der bisher schnellste Wagen des Elefant Racing Teams. Das neue Planetengetriebe ermöglicht eine möglichst effiziente Kraftübertragung. Zudem erzeugt das Allradsystem mit Radnabenmotoren (je 35 kW) und einer Ansteuerung per Torque-Vectoring eine optimale Straßenlage in Kurven. So erzielte der Wagen im niederländischen Assen im Endurance einen guten fünften Platz. Doch drei Wochen später auf dem Hockenheimring schaltete sich das Hochvolt-Sys-

tem immer wieder ab, so dass das Team den Wettbewerb abbrechen musste. Um wenige Tage später auf dem Autodrom in Most wieder antreten zu können, suchten die Techniker umgehend nach der Ursache. Die ersten Analysen ergaben keinen Softwarefehler. So untersuchte das Team mit Hilfe des R&S Scope Rider die CAN-Bus-Kommunikation, konnte hier aber auch keinen Fehler finden. Erst Messungen am Niedervolt-Bordnetz zeigten einen Spannungseinbruch auf der Safety-Line. Nur wenn die Safety-Line Spannung führt, kann das Hochvolt-System aktiviert werden. Alles deutete auf einen Kurzschluss hin, den das Team dann an einer Radaufhängung fand. Das Safety-Line-Kabel war hier ungünstig geführt und scheuerte am Gestänge, was sich schnell beheben ließ. Das Elefant Racing Team erzielte beim nächsten Wettbewerb in Most den vierten Platz im Endurance und in der Gesamtwertung.

Acht Messgeräte in einem

Das vielseitige Handheld-Oszilloskop leistet dem Rennteam mit seinem großen Funktionsumfang nach wie vor gute Dienste bei der Fehlersuche während Inbetriebnahme und Betrieb ihres Elektrofahrzeugs. Es kombiniert den Leistungsumfang von acht Messgeräten mit dem Bedienerkomfort eines modernen Laboroszilloskops: präzises digitales Trigger-System, 37 automatische Messfunktionen, Maskentest und XY-Diagramm-Modus,



Bild 4. Fehlersuche am Streckenrand mit der Trigger & Decode Option für CAN-Bussignale (Quelle: Elefant Racing Team).

Logikanalysator mit acht zusätzlichen digitalen Kanälen, Protokollanalyse für verschiedene serielle Bussysteme, Datenlogger sowie digitales Multimeter, Spektrumanalysator, Harmonischen-Analysator und Frequenzzähler. Der Anwender bedient den R&S Scope Rider wie ein Tablet über den Touchscreen mit 10 Bit vertikaler Auflösung oder zum Beispiel mit Handschuhen über Tasten und Drehknopf.

200166-01

Auswahl des richtigen Multimeters

Eine einfache Anleitung



Bild 1. Das digitale Handmultimeter U1240B von Keysight.

Von Mark Patrick, Mouser Electronics

Die Auswahl des richtigen Multimeters für eine bestimmte Aufgabe kann eine Herausforderung darstellen, aber mit fundiertem Wissen über die angebotenen Funktionen des Gerätes auf der einen Seite und dem konkreten Anforderungsprofil auf der anderen Seite lässt sich diese meistern. Durch die Vielfalt der heute auf dem Markt erhältlichen Modelle und die ständige technische Weiterentwicklung haben Sie die Auswahl aus einem großen Produktspektrum mit starker Leistung und umfangreichen Funktionen.

Das Multimeter ist ein unentbehrliches Werkzeug für jeden Elektronikingenieur. Diese Geräte können zur Messung wichtiger elektrischer Parameter (Spannung, Strom, Widerstand usw.) verwendet werden und haben sich bei der Fehlersuche als äußerst nützlich erwiesen. Im Laufe der Zeit sind die Multimeter nicht nur immer komplexer und leistungsfähiger geworden, sondern bieten heute auch einen großen Funktionsumfang. Mittlerweile lassen sie sich auch zur Messung von Kapazität, Frequenz, Temperatur usw. einsetzen.

Die Preise verschiedener Multimeter-Modelle können stark voneinander abweichen. Sie hängen vom Funktionsumfang und der Messgenauigkeit ab. Auf dem Markt sind sowohl analoge als auch digitale Multimeter erhältlich. Aufgrund ihrer Kosteneffizienz, Langlebigkeit und hohen Präzision haben digitale Multimeter eine große Beliebtheit erlangt. Wenn es jedoch um einige spezielle Anwendungsfälle geht, wie z.B. die Überprüfung eines sich schnell ändernden Wertes, werden analoge Multimeter in der Regel gegenüber ihren digitalen Pendanten bevorzugt.

Durch die Digitalisierung und die Implementierung der aktuellsten Technologien können intelligente Multimeter ihre Daten über eine Schnittstelle mit anderen drahtlosen Geräten in der Cloud teilen,

verwalten und speichern. Zum Beispiel verfügt das industrielle Wärmebild-Multimeter FLIR DM285 über eine Bluetooth-Anbindung und ermöglicht darüber den drahtlosen Datenaustausch mit der mobilen App FLIR Tools, die sowohl als Android- wie auch als iOS-Version erhältlich ist.

Die technologische Weiterentwicklung der Multimeter spiegelt sich in Bezug auf ihre Kalibrierung wider. Früher erfolgte die Kalibrierung von digitalen Geräten durch zahlreiche interne Optimierungen, wie z.B. das Feilen oder Auftragen von Lötzinn auf den Hochstrom-Nebenschlusswiderstand, um dessen Wert einzustellen. Derartige Justierungen sind heute kaum mehr notwendig. Stattdessen wird dies einfach durch Software-Kalibrierung im Mikroprozessor erreicht. Das Verfahren reduziert nicht nur den Zeit- und Kostenaufwand für eine umfassende Kalibrierung, sondern sorgt auch für eine wesentlich höhere Genauigkeit.

Ein gutes Multimeter sollte natürlich in der Lage sein, mit verschiedenen Spannungsbereichen umzugehen, um sowohl Wechsel- als auch Gleichspannungen sowie den elektrischen Widerstand messen zu können. Es gibt jedoch noch zahlreiche weitere Parameter, die bei der Auswahl des besten Funktionspakets für Ihre Anforderungen zu berücksichtigen sind. Bevor Sie sich für den Kauf eines Multimeters entscheiden, sollten Sie daher genau wissen, was Sie brauchen. Es lohnt sich, folgende Aspekte in Ihre Kaufentscheidung einzubeziehen:

1. Auflösung und Genauigkeit

Unter Auflösung versteht man den kleinsten Unterschied zwischen Messwerten, den ein Multimeter (bei der kleinsten Messbereichseinstellung) gerade noch erfassen und anschließend auf seinem Display anzeigen kann. Unter Genauigkeit versteht man den Grad an Sicherheit, mit dem das Multimeter einen bestimmten Parameter messen kann. Die Genauigkeit wird in Prozent angegeben und gibt einen Vergleich zwischen dem gemessenen Wert und dem tatsächlichen Wert des untersuchten Parameters an. Dies ist in vielen Fällen ein sehr wichtiger Entscheidungsaspekt bei der Auswahl eines Multimeters. Zu den aktuell verfügbaren Produkt-Baureihen mit einer hohen Genauigkeit zählt beispielsweise die U1240B-Serie von Keysight Technologies: Diese kompakten, leichten und tragbaren



Bild 2. Das Multimeter EXTECH MN62-K.



Über den Autor

Als Technical Marketing Manager für EMEA bei Mouser Electronics ist Mark Patrick für die Erstellung und Verbreitung von technischen Inhalten in der Region verantwortlich - Inhalte, die für Mousers Strategie zur Unterstützung, Information und Inspiration der Elektronik-Branche von zentraler Bedeutung sind.

Bevor er das Technische Marketing-Team leitete, war Patrick Teil des EMEA-Lieferanten-Marketing-Teams und spielte eine wichtige Rolle beim Aufbau und der Entwicklung von Beziehungen zu wichtigen Produktionspartnern. Zusätzlich zu einer Vielzahl von technischen und Marketing-Positionen war Patrick acht Jahre lang bei Texas Instruments in den Bereichen Anwendungsunterstützung und technischer Vertrieb tätig.

Digital-Multimeter bieten eine beeindruckende Gleichspannungsgenauigkeit von 0,09 %. Die fünfstelligen LC-Displays sorgen für eine präzise Anzeige der erfassten Messungen bis hin zu den kleinsten Messwerten (**Bild 1**).

2. Reaktionszeit und Datenprotokollierung

Die Reaktionszeit des Multimeters ist ebenfalls eine sehr wichtige Geräteeigenschaft. Analogmultimeter haben eine sehr kurze Reaktionszeit, sie bieten jedoch keine Speichermöglichkeit für die gemessenen Daten. Das kann jedoch eine der Kernanforderungen sein, wenn ein schnell reagierendes Multimeter verwendet wird. Viele digitale Multimeter bieten eine Funktion zur Datenprotokollierung. Diese ermöglicht es, Daten zu einem bestimmten Parameter mit einer sehr hohen Abtastrate zu erfassen und die erfassten Daten für eine spätere Analyse im Gerät zu speichern.

3. Eingangsimpedanz

Die Eingangsimpedanz kann sich bei verschiedenen Multimeter-Modellen deutlich unterscheiden und basiert auf der Eigenempfindlichkeit des Messwerkes und des gewählten Messbereichs. Alle digitalen Multimeter und einige wenige analoge Messgeräte mit elektronischen Verstärkern bieten eine feste Eingangsimpedanz, die hoch genug ist, um die meisten Schaltungen nicht zu stören. Im Allgemeinen weisen High-End-Multimeter eine Eingangsimpedanz auf, die für Bereiche unter oder gleich 10 V mehr als 10 G Ω beträgt.

4. Automatische Messbereichseinstellung

Die automatische Messbereichseinstellung ist eine Funktion, die ein digitales Multimeter wirklich aufwertet und daher in zunehmendem Maße zum Kaufargument wird. Vereinfacht ausgedrückt, findet das Messgerät automatisch heraus, wo der Wert eines bestimmten untersuchten Parameters (Kapazität, Spannung, Widerstand usw.) liegt. Dies erspart dem Benutzer das mühsame Erraten mit dem Trial-and-Error-Verfahren, in welchem Bereich sich der Wert des Parameters wahrscheinlich befindet. Multimeter mit automatischer Messbereichseinstellung sind zwar relativ kostspielig, aber aufgrund der Zeitersparnis lohnt sich die höhere Investition dennoch fast immer.

5. True RMS

Die meisten digitalen Multimeter liefern nur einen Durchschnittswert einer AC-Wellenform, die als Effektivwert (Root Mean Square RMS, quadratisches Mittel) dargestellt werden kann. Die Wellenformen unterscheiden sich jedoch häufig von einer idealen Sinuswelle, so dass zur Berechnung von Echteffektivwerten ein geeignetes Multimeter-Modell gewählt werden sollte. Digitalmultimeter mit True RMS-Funktion sind in der Regel im höheren Preissegment angesiedelt, aber die bessere Genauigkeit rechtfertigt sehr häufig den höheren Preis. Ein Beispiel hierfür ist das EXTECH Instruments MN62-K mit einer Messspannung von max. 600 V und integriertem Spannungsdetektor (**Bild 2**). Dieses Gerät verfügt über eine Echteffektivwert-Funktion und kann auch dort genaue Messwerte liefern, wo die Signale durch Verzerrungen beeinträchtigt sind. Dank des integrierten spannungsgesteuerten Tiefpassfilters bietet dieses Multimeter präzise Messwerte für frequenzvariable Steuersignale.

6. Andere Messungen

Die Einsatzmöglichkeiten von Digitalmultimetern gehen weit über das Messen von Standardparametern wie Strom, Spannung und Widerstand hinaus. Temperatur, Kapazität und Frequenz sowie transistorbezogene Messungen können ebenfalls einbezogen werden. Das FLIR Systems DM62/DM66 True RMS-Industriemultimeter bietet beispielsweise all diese Fähigkeiten. Dadurch ist es ein ideales Gerät für Elektriker, Wartungsingenieure und Servicetechniker im Bereich Automatisierung für die Prüfung von Systemen und für die Fehlerdiagnose. Wie das MN62-K bietet es einen Spannungsmessbereich bis 600 V.

7. Robustheit und Sicherheit

Vor Ihrer Kaufentscheidung sollten Sie prüfen, ob das Multimeter Ihrer Wahl umfassend auf Robustheit und Funktionskonsistenz getestet wurde und ob es eine angemessene Sicherheitseinstufung hat. Das Gerät sollte auch bei ständiger Benutzung lange zuverlässig funktionieren. In Bezug auf die Sicherheit sollte es zudem über eine ausreichende doppelte Isolierung, einen ausreichenden Abstand zwischen den Bauelementen und einen Eingangsschutz verfügen, so dass sowohl Verletzungen des Bedieners als auch Schäden am Messgerät vermieden werden können. ◀

200176-01



Funkreichweite abschätzen mit dem Range Estimator

Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG

(digital.engineer@we-online.de)

Bei der Entwicklung einer Funkverbindung stehen die äußeren Umstände wie Betriebstemperatur, Einbausituation, Platzverhältnisse sowie die Anforderungen an die Funkreichweite typischerweise fest. Die Herausforderung ist es also, eine Lösung zu finden, die alle Forderungen erfüllt. Um die Auswahl eines Funkmoduls mit geeigneter Funkreichweite zu vereinfachen, stellt Würth Elektronik eiSos auf der Website www.we-online.com/redexpert kostenlos ein Tool zur Reichweitenabschätzung bereit: Den Range Estimator.

Mit diesem Tool (**Bild 1**) können die Module nach ihren Eigenschaften sortiert und ausgewählt werden. Nach der Auswahl eines Moduls und gegebenenfalls der Änderung des Funkprofils und der Antennenhöhe werden die berechnete Reichweite für das Friis-Modell und das Two-Ray-Ground-Reflection-Modell angezeigt. Die vorliegende Application Note erläutert die Theorie hinter den beiden Modellen sowie Unterschiede, Bedingungen, Einschränkungen und sinnvolle Nutzung.

Rechenmodelle

Je nach Anwendung ist es häufig nicht möglich, die Fresnelzone von Hindernissen freizuhalten, das heißt die Freiraumbedingungen sind nicht erfüllt. Es ist wichtig zu verstehen, dass dies einen hohen Einfluss auf die Übertragungsdämpfung und damit auch auf die erreichbare Reichweite eines HF-Moduls hat. Es gibt viele verschiedene Methoden zur Berechnung der Reichweite einer HF-Strecke. Insbesondere wenn die Funkstrecke sich dynamisch verändert sind diese Gleichungen sehr komplex. In dieser Application Note werden daher nur statische Modelle mit akzeptablen Vereinfachungen gezeigt, die ohne Computersimulation berechnet werden können. Die Ergebnisse der vereinfachten Gleichungen sind Näherungswerte, die sich in der Erfahrung als zuverlässige Abschätzung bewährt haben. Alle Längenangaben

beziehen sich auf metrische Einheiten. Die Leistungsangaben erfolgen weitestgehend logarithmisch. In **Tabelle 1** sind wichtige Größen und ihre Einheiten angegeben.

Friis-Freifeldübertragung

Die Friis-Übertragung für das Freifeld (**Bild 2**) ist ein Modell zur Berechnung der Funkstreckendämpfung, mit der die Reichweite einer Funkverbindung im Freifeld abgeschätzt werden kann.

! Freifeldbedingung: Die erste Fresnelzone ist frei von Objekten.

Dieses Modell geht von der Annahme aus, dass die Leistung in jede Richtung gleichmäßig abgestrahlt wird (isotrop) und berechnet den Leistungsverlust nur unter Berücksichtigung der mit zunehmender Entfernung zum Ursprung abnehmenden Leistungsdichte der Wellenfront, d.h. ohne jegliche Reflexion, Absorption oder Dämpfung.

$$d = 10^{\frac{P_{Tx}[dBm] - R_{x_{sens}}[dBm] - L_M[dB] - 20 \log_{10}\left(\frac{4\pi}{c}\right) - 20 \log_{10}(f)}{20}}$$

! Die berechnete Reichweite hängt von der Frequenz ab.

Two-Ray-Ground-Reflection

Das Two-Ray-Ground-Reflection-Modell (**Bild 3**) wird angewendet, wenn eine Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger besteht, aber die erste Fresnelzone nicht hindernisfrei ist und es somit zu einer Bodenreflexion kommt. Die Berechnung berücksichtigt also die empfangene Leistung der direkten Sichtverbindung und zusätzlich die Leistung des Reflexionsweges mit geringer Phasendifferenz. Nachfolgend ist eine vereinfachte Formel aufgeführt, die geeignete Ergebnisse für die Voraussetzung einer großen Entfernung zwischen Empfänger und Sender im Vergleich zu deren Antennenhöhe $d \gg h_t + h_r$ liefert:

! $2RPL = function(h_{Tx}, h_{Rx}) \neq function(f)$.

$$d = 10^{\frac{P_{Tx}[dBm] - R_{x_{sens}}[dBm] - L_M[dB] + 20 \log_{10}(h_{Tx}h_{Rx})}{40}}$$

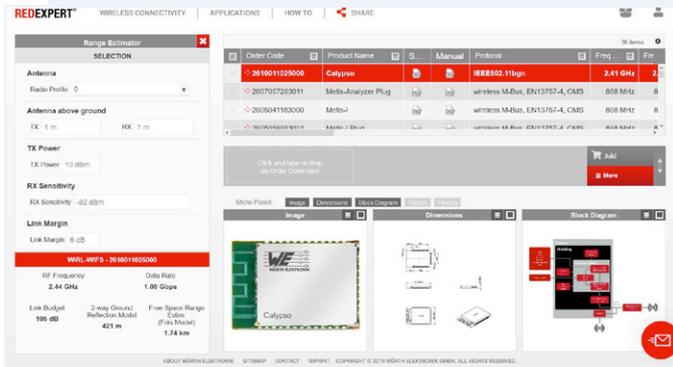


Bild 1. Range Estimator.

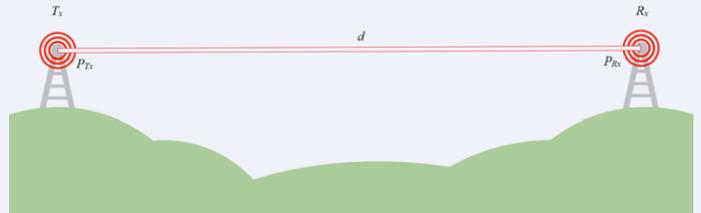


Bild 2. Freifeldmodell.

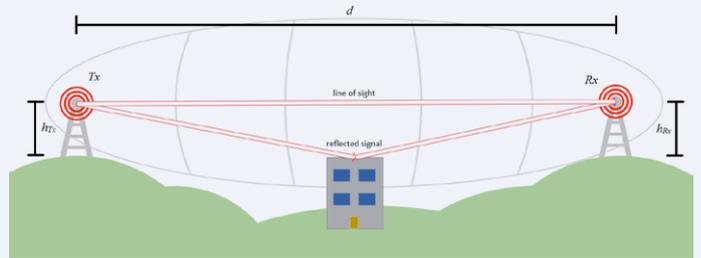


Bild 3. Two-Ray-Ground-Modell.

Fazit

In vielen Fällen sind im Verhältnis zur Antennenhöhe große Entfernungen gegeben, weshalb das Two-Ray-Ground-Modell eine gute Abschätzung ermöglicht. Nur in einigen Sonderfällen, bei denen die Freifeldbedingung erfüllt ist, kann das Friis-Modell verwendet werden. Bei näherer Betrachtung der Modelle gibt es einige erwähnenswerte Punkte.

- Abhängigkeit der Reichweite von der Frequenz: Häufig wird pauschalisiert behauptet, dass die Reichweite umso höher ist, je niedriger die Frequenz ist. Dies trifft lediglich zu, wenn die Freifeldbedingung erfüllt ist. Hinzu kommt, dass bei niedrigen Frequenzen entsprechend größere Antennenstrukturen notwendig werden. Bereits bei 169 MHz kann das dazu führen, dass Antennen mit akzeptablen Abmessungen eine so niedrige Effizienz aufweisen, dass in der Praxis oftmals sogar niedrigere Reichweiten erzielt werden als mit 868 MHz.
- Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Einfluss der Antennenhöhe über dem Gelände auf die Reichweite. Je höher die Antennen aufgestellt werden können, desto größer ist die erzielbare Reichweite. Die Aufstellung einer Antenne direkt über dem Boden reduziert die Reichweite auf für Laien unvorstellbar radikale Weise.

Für Funkmodule wird häufig die Freifeldreichweite angegeben. Dies ist vor allem für den Vergleich von verschiedenen Modulen hilfreich. Bei Angaben mittels Two-Ray-Ground-Modell wird die Reichweite je nach gewählter Antennenhöhe stark variieren. Es ist wichtig, den Unterschied zwischen diesen Modellen zu erkennen und entsprechend der Anwendung die praktisch erzielbare Reichweite abzuschätzen. Um zu veranschaulichen, dass die Reichweite nach dem Friis-Modell extrem von der tatsächlich erzielbaren Reichweite abweichen kann, vergleichen wir die Reichweiteschätzungen der beiden Modelle. Zu diesem Zweck wählen wir ein Modul aus, von dem wir durch Erfahrungswerte und aufgrund von Kunden-Feedback wissen, dass das Two-Ray-Ground-Reflection-Modell der tatsächlich erreichten Reichweite sehr nah kommt. Wir entscheiden uns für das Thebe-II, ein proprietäres Funkmodul für 869 MHz. Für die Antennenhöhen geben wir einige realistische Werte ein – jeweils 6 m für den Sender und den Empfänger – und verwenden das Funkprofil 3, das den Thebe-II-Modi für große Reichweiten gehört. Mit den Eingaben können wir dem Beispiel eindeutig entnehmen, dass die Reichweiteschätzung

Tabelle 1. Wichtige Größen und Einheiten.

Zeichen	Anmerkungen	Einheit
λ	Wellenlänge des Signals	[m]
2RPL	Funkfelddämpfung beim Two-Ray-Ground-Reflection-Modell	[dB]
c	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum (299.792.458)	[m/s]
d	Abstand zwischen Sender und Empfänger	[m]
f	Signalfrequenz	[m]
h_{Tx}	Höhe der Sendeantenne über Grund	[m]
h_{Rx}	Höhe der Empfangsantenne über Grund	[m]
FSPL	Funkfelddämpfung beim Freiraummodell	[dB]
L_M	Leistungsreserve der Übertragungsstrecken (muss den Signalempfang zuverlässig gewährleisten)	[dB]
P_{Tx}	Von der Sendeantenne abgestrahlte Gesamtleistung	[W] oder [dBm]
P_{Rx}	Von der Empfangsantenne empfangene Gesamtleistung	[W] oder [dBm]
Rx_{sens}	Empfindlichkeit des HF-Empfangsmoduls	[dB]

mit dem Friis-Modell annähernd zwanzigmal höher ist als die Reichweite, die in der geplanten Anwendung erreicht wird. Beim Vergleich der beiden Modelle fällt vor allem der oft sehr deutliche Unterschied in der resultierenden Reichweite auf. Dies ist anhand der Formeln leicht zu erklären, da im Friis-Modell die Entfernung als Zweierpotenz, im Two-Ray-Modell hingegen als Viererpotenz einfließt. Mit dem Range Estimator auf RedExpert lassen sich alle Reichweitesberechnungen ohne Aufwand durchführen. ◀

Die vollständige AppNote finden Sie unter dem folgenden Link:
www.we-online.de/range-estimator

Der Aufstieg der kontaktlosen Manipulation

Das Bewegen von Objekten ohne sie dabei zu berühren war schon immer einer der beliebtesten Zaubertricks. Leider können diese Tricks in industriellen Umgebungen nicht zur Herstellung tatsächlicher Produkte angewendet werden. Die Fähigkeit Komponenten zu manipulieren, ohne sie zu berühren, wäre besonders nützlich für sehr empfindliche oder zerbrechliche Teile wie Mikrostrukturen, dünne Chips oder Photonik. Die letztgenannte Anwendung ist besonders wichtig, da fast jedes Bauteil, welches sich mit der Wechselwirkung zwischen Licht und Materie befasst, eine nahezu perfekte Oberfläche haben muss.

Die Fertigung dieser speziellen Teile ist umständlich und viele Produzenten melden Fehlerraten im zweistelligen Bereich. Gleichzeitig hat die Implementierung solcher Komponenten in den letzten Jahren in allen Bereichen stetig zugenommen. Beispielsweise hatten im Jahr 2010 nur Smartphones der oberen Preisklasse zwei Kameras. Und die eingebauten Sensoren konnten einzig und allein feststellen, ob sich das Telefon in der Nähe des Ohrs befindet. Jetzt verfügen Top-Geräte über mehr als sechs Kameras und eine ganze Reihe von Sensoren, die eine Vielzahl von Aufgaben wie etwa Gesichtserkennung oder 3D-Bildgebung ausführen können. Aber nicht nur die kommerzielle Elektronik-Branche hat diese Entwicklung durchgemacht. Der Fokus auf optisch ausgerichtete Bauteile nimmt täglich zu. Auch

die bevorstehende Welle autonom fahrender Autos wird stark von Photonik-Komponenten abhängig sein.

Die Photonik hat somit an Bedeutung gewonnen. Aber im Gegensatz zu Standardhalbleitern liegt das Herz ihrer Forschung, Entwicklung und Produktion immer noch in den westlichen Ländern. In einem am Anfang dieses Jahres von der Europäischen Kommission herausgegebenen Dokument („Eine neue Industriestrategie für Europa“, 10.03.2020) wird Photonik eindeutig als eine der Schlüsseltechnologien für die Zukunft eingestuft und verspricht weitere Investitionen in diesem Bereich. Dieser Fortschritt ist auch dank mehrerer Initiativen auf europäischer Ebene, wie dem European Photonics Industry Consortium, EOS und vielen weiteren lokalen Initiativen wie SwissPhotonics oder

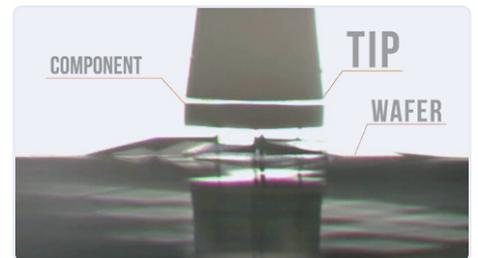
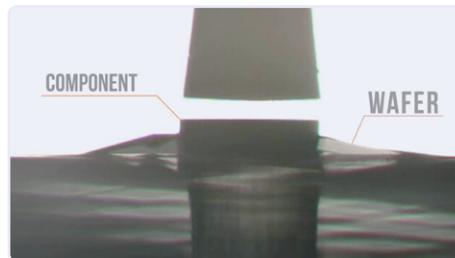
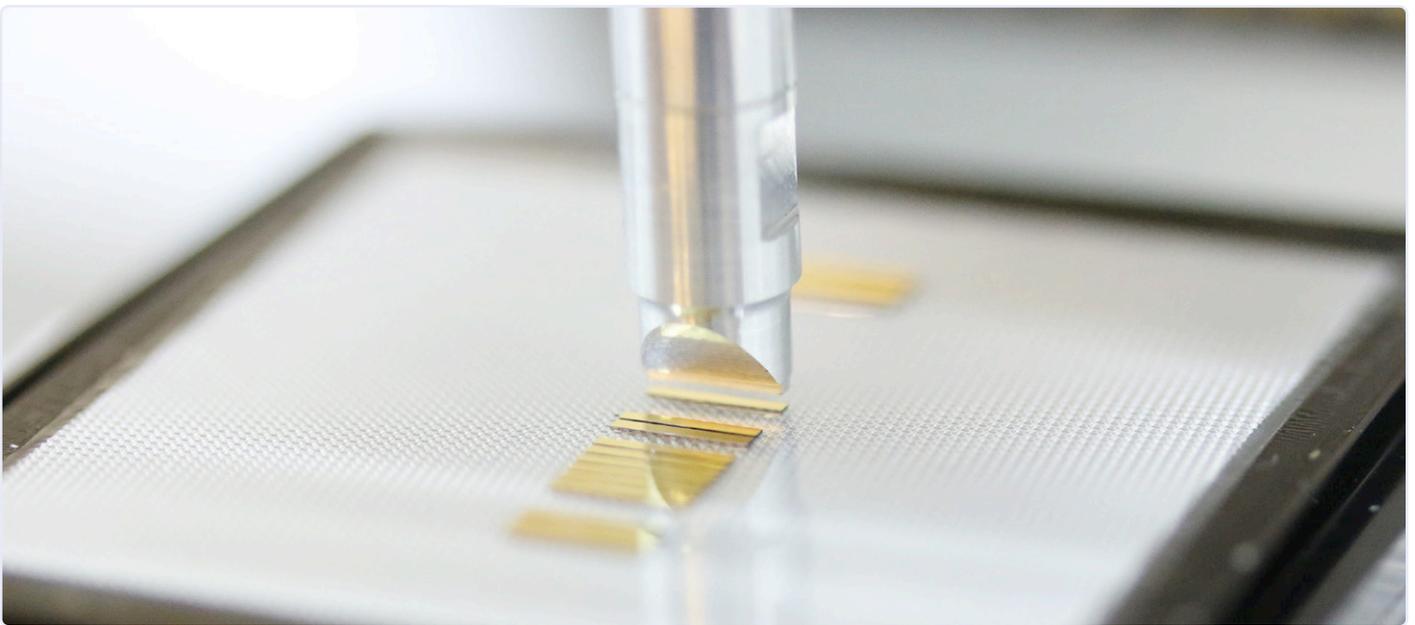
Photonics France, besonders effektiv.

Trotz der großflächigen Verbreitung der optischen Technologie ist die Fertigung immer noch mit zahlreichen Herausforderungen konfrontiert. Das Aufnehmen aus dem Wafer Frame, das Bearbeiten oder Verkleben der Bauteile führt vielfach zu Oberflächenverunreinigungen. Diese müssen danach gereinigt werden oder führen zu Defekten, welche die Funktionalität der Komponenten endgültig beeinträchtigen. Hier kommt die kontaktlose Manipulation ins Spiel.

Kontaktloses Handling ist Realität

Touchless Automation konzentriert sich seit seiner Gründung auf die Bereitstellung kontaktloser Manipulationslösungen. Das Unternehmen befindet sich in Biel, einer kleinen Stadt in der Schweiz, die als Zentrum des Uhrentals bekannt ist. Ausgehend von der Notwendigkeit der Uhrmacher, perfekte Oberflächen für ihre High-End Teile zu haben, perfektionierte *Touchless Automation* dieses Handling und brachte eine Reihe von Industriemaschinen auf den Markt, die sich mit Photonik-Komponenten befassen.

Das neueste Produkt „Levio“ wurde 2019 auf der SPIE Photonics West in San Francisco vorgestellt und arbeitet bereits in Kundenanwendungen. Diese vollautomatische Maschine kann Komponenten aus einem Wafer kontaktlos aufnehmen, visuell prüfen und nach den Prüfergebnissen in verschiedene Behältnisse sortieren.



Die meisten Kundenanfragen kommen von Herstellern von Laserdioden, Mikrolinsen und optischen Filtern. Die Technologie hat sich jedoch bereits in einer Vielzahl anderer Bereiche als nützlich erwiesen. *Touchless Automation* hat Projekte für MedTech-Komponenten, wie Herzschrittmacherteile oder Standard-Halbleiterkomponenten, erfolgreich abgeschlossen.

Die Flexibilität und Vielfältigkeit der kontaktlosen Anwendung erregte bereits großes Interesse. Unter anderem bei der Europäischen Kommission, die einen Teil der Entwicklung mitfinanzierte und bei der Europäischen Weltraumorganisation, welche *Touchless Automation* in ihr ESA BIC Schweiz-Programm aufnahm.

Die Technologie

Die Innovation von *Touchless Automation* liegt in seiner Technologie. Das kontaktlose Handling ist eine Kombination zweier entgegengesetzter Kräfte. Ein Vakuum zieht das Bauteil nach oben und ermöglicht das Anheben - gleichzeitig vibriert die Spitze des Greifers mit hoher Frequenz. Diese Vibration erzeugt ein dünnes Luftkissen zwischen Greifer und Bauteil, welches verhindert, dass sie in Kontakt kommen.

Diese Manipulationstechnologie ermöglicht einen sehr stabilen Griff, ohne dass es dabei zu einem physischen Kontakt kommt. Auf diese Weise bleiben alle Komponentenoberflächen unversehrt und können fehlerfrei weiterverarbeitet werden.

Unter Berücksichtigung von Aero- und Fluidphänomenen ist es möglich, Komponenten aus jedem Material und mit einer Vielzahl von Formen zu hantieren. Sogar Teile mit konvexen oder konkaven Oberflächen können bewegt werden, vorausgesetzt solche Formen sind bei der Entwicklung des Systems bekannt. Die Hauptstärken von *Touchless Automation* liegen jedoch nicht nur in der Manipulation von Komponenten. Mit jahrelanger Erfahrung im Maschinenbau und deren Inbetriebnahme konzentriert sich das Unternehmen auf die Entwicklung von Systemen. Ausgehend von der Levio-Plattform kann diese problemlos an viele verschiedene Prozesse angepasst werden, unter anderem auch ein Inspektionssystem. Beispielsweise erfordern Laserdiodenfacetten normalerweise die Erfassung von Submikrodefekten, während für optische Komponenten solche Defekte um ein Vielfaches größer sein können, um toleriert zu werden. Diese Flexibilität ermöglicht Kosteneffizienz. Das Ganze ist eine Lösung nach Maß, die individuell auf den Kunden zugeschnitten ist.

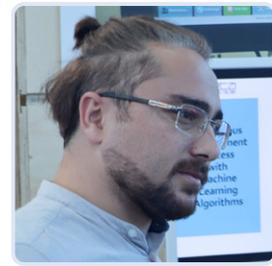
Eine bessere Zukunft

Die kontaktlose Manipulation wird die Prozesse der Technik verbessern und die Qualität der Komponenten erhöhen. Gleichzeitig werden die Fehlerraten gesenkt und Reinigungsschritte überflüssig gemacht, was die Reduzierung von Industrieabfällen ermöglicht. Dies sind jedoch nur die offensichtlichsten Effekte. Die Möglichkeit Bauteile

auf solche Weise zu handhaben eröffnet völlig neue Entwurfsmöglichkeiten für Mikrokomponenten, die bis jetzt noch als unmöglich galten. Zum Beispiel lassen sich Materialien einsetzen, die zu spröde oder weich sind, um konventionell gehalten zu werden. Viele Branchenexperten sehen diese Technologie als revolutionär und möglicherweise als neues Paradigma der zukünftigen Fertigung. Mit Kunden auf drei Kontinenten ist *Touchless Automation* in kurzer Zeit schnell gewachsen und strebt an, in den kommenden Jahren Branchenführer zu werden. Viele verschiedene Projekte konnten bereits umgesetzt werden. Das Unternehmen sucht jedoch immer wieder nach neuen Herausforderungen. 

200210-02





Meta Smart Factory will das Produktionsmanagement revolutionieren

Von Arthur Lampe

Nuri Özalp von Meta Smart Factory spricht hier über die digitale Fabrik der nächsten Generation. Nach der Beschreibung der Technologie geht es um die Themen Industrie 4.0, intelligente Fabrik und die Teilnahme am „productronica Fast Forward“, der Start-up-Plattform powered by Elektor.

Elektor: Erzählen Sie uns von Ihrem Start-up Meta Smart Factory.

Özalp: Wir bieten eine MES-Lösung (Manufacturing Executing System) unter Nutzung des IoT an. Unsere Lösung hilft bei der Kommunikation mit Maschinen und dient dazu, alle Daten sicher in der Cloud zu halten. Wir nutzen maschinelles Lernen und Big-Data-Techniken, um große Datenmengen in der Cloud zu analysieren und aussagekräftige Visualisierungen zu generieren. Schließlich unterstützt die SAP/ERP-Integration die Module zur Verwaltung des gesamten Produktionsflusses.

Unsere Lösung ist die Kombination von Hardware (Meta Industrial Panel) und Software (Meta Web and Mobile Application). Meta Industrial Panel hilft, Daten von Maschinen zu erfassen, um Produkte zu zählen und den Zustand der Maschinen, den Zustand des Auftrags, die Mitarbeiter für diesen Auftrag und viele weitere, nützliche Daten anzuzeigen. Meta Web and Mobile Application hingegen hilft bei der Internet-Überwachung und Verwaltung der Produktion auf jeder Ebene, von der Planung bis zur Auslieferung.

Meta Smart Factory verhilft zu kürzeren Produktionszyklen, zu einer besseren Qualität der Produkte, zu einer viel höheren Produkti-

vität, einer einfacheren Verwaltung der Lagerbestände und zur pünktlichen Lieferung an die Kunden. Alles zusammen verbessert die Effizienz und senkt die Kosten.

Elektor: Warum haben Sie das Unternehmen gegründet?

Özalp: Wir haben die Bedürfnisse der Industrie beobachtet und wollten mit unserem umfangreichen technischen Knowhow eine neue Lösung entwickeln. Wir hatten immer das Gefühl, dass wir uns mit der dynamischen Struktur von Meta Smart Factory an zukünftige Veränderungen in der Branche anpassen können.

Elektor: Welches Problem lösen Sie mit Ihrem Produkt oder Ihrer Dienstleistung?

Özalp: Manche Unternehmen erhalten keine Benachrichtigungen, wenn eine Maschine häufig ausfällt oder wenn während der Produktion eine Störung auftritt. Es kann einige Zeit dauern, bis das Problem erkannt wird. Die Effizienz von Maschinen und Anlagen kann also nicht abgeschätzt werden. Zudem verfügen viele Unternehmen nicht über Echtzeitdaten für Lagerbewegungen. Manchmal kann dies zu einem totalen Durcheinander führen.

Nuri Özalp ist CEO von Meta Smart Factory, einem Start-up aus Ljubljana (Slowenien), das sich auf intelligente Lösungen für die Fabrik der nächsten Generation konzentriert. Seit der Gründung 2018 beschäftigt sich Meta Smart Factory [1] mit der Datenerfassung in Echtzeit. Ein fortschrittliches Softwarepaket hilft bei der Verarbeitung und Analyse großer Datenmengen sowie bei der Fernsteuerung und -verwaltung der Produktion. Özalp ist Doktor der Informatik der Özyeğin Üniversitesi. Kürzlich führte Arthur Lampe, Startup-Investment-Manager von Elektor [2], ein Interview mit Nuri Özalp. Dabei ging es um die Technologie von Meta Smart Factory, Industry 4.0 und die Teilnahme an „productronica Fast Forward“, der Start-Up-Plattform powered by Elektor.

Elektor: Was ist das Besondere an Ihrer Technologie?

Özalp: Das produzierende Gewerbe ist mit Technik verflochten. Mit jedem technologischen Durchbruch tritt sie in eine neue Phase ein (Industrie 1.0, 2.0, 3.0, 4.0), und sie scheint sich weiter zu entwickeln. Uns liegt viel an innovativen Ideen, und so verfolgen wir die technologischen Entwicklungen, um die besten Lösungen anzubieten. Wir haben die Fähigkeit und das Wissen, unsere Träume zu verwirklichen. Außerdem haben wir eine einzigartige Lösung, die ein Intelligent Manufacturing Management System mit einer so genannten MES-Lösung kombiniert. Mit unserer Lösung können wir nach einer einstündigen Installation beginnen, Daten von jeder Art von Maschine (ob analog oder digital) zu empfangen. Dies macht unser Unternehmen konkurrenzfähig.

Elektor: Was sind Ihre Zielmärkte?

Özalp: Unsere Produkte richten sich an die verarbeitende Industrie, an Hersteller auf der Suche nach einer digitalen Lösung zur Anpassung ihrer Anlagen an die Industrie 4.0 [3].

Elektor: Welche Rolle spielt der Standort Ihres Unternehmens? Planen Sie einen Umzug?

Özalp: Meta Smart Factory wurde in Ljubljana (Slowenien) gegründet. Wir können alle unsere Produkte, wann immer Unternehmen sie benötigen, problemlos an jedem Ort in Europa implementieren. Wir wollen nicht

umziehen, aber wir wollen auch Standorte in anderen industrialisierten Ländern, wie z.B. China, USA und einigen europäischen Ländern eröffnen.

Elektor: Was sind Ihre Pläne für 2020?

Özalp: Unser Ziel ist es, eine Demo-Installation bei mindestens 20 Unternehmen in Europa durchzuführen und 15 davon zu unseren Kunden zu machen, die unsere Lösung kaufen.

Elektor: Erzählen Sie uns von Ihren Erfahrungen bei der Teilnahme an „productronica Fast Forward“, der Start-Up-Plattform powered by Elektor, im November 2019. Was haben Sie erreicht?

Özalp: Wir haben an „productronica Fast Forward“ teilgenommen. Das war eine gute Gelegenheit, Investoren wie Elektor zu treffen. Das hat uns den Weg nach China geöffnet. Der CEO eines Unternehmens will mit uns ins Geschäft kommen, obwohl die Corona-virus-Krise uns noch warten lässt. Außerdem hat sich ein Fabrikleiter aus Saudi-Arabien via Fast Forward mit uns in Verbindung gesetzt. Wir unternehmen also Schritte, um auch in Saudi-Arabien zu verkaufen. Im Februar 2020 haben wir Demos für Raqtan in Dammam, Savola in Jeddah und PVsolar in Riad installiert.

Elektor: Wo sehen Sie Ihr Unternehmen und Ihre Technologie in drei Jahren?



Meta Smart Factory auf dem productronica Fast Forward Wettbewerb.



Bringen Sie Ihr Start-Up auf den Weg!

Özalp: Wir werden die Meta-Anwendung IMM so verbessern, dass sie alle nützlichen SAP/ERP-Module der Produktion, Lieferung, Wartung und Analyse abdeckt. Wir werden das Meta-Panel so verbessern, dass es in der Lage sein wird, zusätzliche Messdaten (z.B. Wärme, Höhe und Gewicht) von Maschinen zu erfassen, indem Sensoren wie PLC und OPC angebracht werden. Wir werden eine Meta-Smart-Watch-Anwendung entwickeln, mit der die Mitarbeiter die Arbeitsaufträge und Arbeitsplätze in der Produktionsanlage verfolgen können. Wir werden Techniken des maschinellen Lernens entwickeln, um eine bessere Entscheidung über die Gesundheit und die Arbeit an einer Maschine zu treffen und die Produktivität in der Fertigungsanlage zu erhöhen. Wir werden ein Armband entwickeln, das das Magnetfeld einer Maschine nutzt, um Daten direkt zu erfassen. Und wir werden Anwendungen entwickeln, die

Brücken zwischen Maschinen und Robotern sowie zwischen Robotern und Menschen im Sinne der Industrie 5.0 bilden werden.

Elektor: Wie viel Geld brauchen Sie und wofür werden Sie es verwenden?

Özalp: Wir benötigen etwa 1 Million Euro für Löhne, Panel-Produktion, Software-Entwicklung, Support und den Vertrieb.

Elektor: Haben Sie Ratschläge für andere Start-up-Chefs oder zukünftige Unternehmer?

Özalp: Seien Sie aufgeschlossen und zögern Sie nicht, wenn Sie eine Idee haben. Sie können damit beginnen, mit einem Kollegen zusammenzuarbeiten. Ein kleines Budget reicht aus, um Ihre Idee zu verwirklichen und mit Plattformen wie Fast Forward zu beginnen. Es gibt viele Investoren, die möglicherweise bereit sind, Ihnen zu helfen, aber seien Sie geduldig!

200236-01

WEBLINKS

[1] Meta Smart Factory: <http://metasmartfactory.com/>

[2] Elektor Investment Program: <http://www.elektormagazine.com/news/elektor-investment-program>

[3] Industry 4.0: <http://www.elektormagazine.com/tags/industry-4-0>

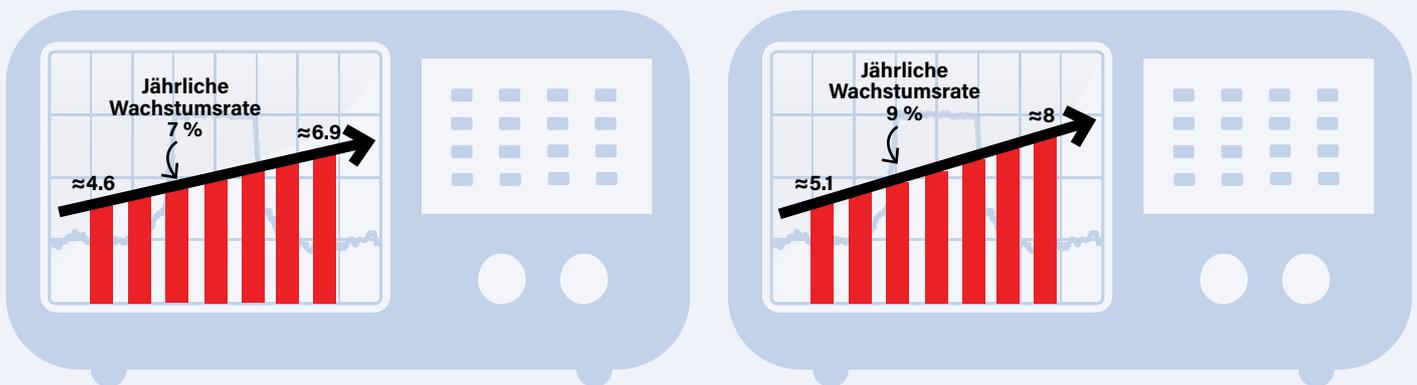
Erleben Sie unsere Produkte 2020!

PeakTech®
Unser Wert ist messbar.

Beliebte Branchen? Natürlich der Automobilsektor, aber auch ...

Welche Bereiche spielen im T&M-Markt eine führende Rolle? Die Grafik zeigt die Marktanteile für die verschiedenen Sektoren des Software-Testens. Sie ergibt ein völlig anderes Bild als der Bereich der Hardware-Tests. Auf letztere fixiert, übernimmt die Automobilindustrie hier fast automatisch die Führung. Beim Software-Testen ist es dagegen der Bankensektor, der die erste Position einnimmt (genauer gesagt der Finanzdienstleistungs-Sektor). Die betreffende Grafik ist nicht nur wegen des Software-Aspekts interessant, sondern auch, weil sie die aktuelle Situation in den am schnellsten wachsenden Volkswirtschaften der Welt darstellt - allerdings vor Covid-19.

(Quelle: Global Market Insights)



Größe des weltweiten Oszilloskop-Marktes
2020-2026 (in Milliarden US-Dollar)

Oszilloskope: Nichts Besonderes, oder...

Laut Zion Market Research wird der Marktanteil für Oszilloskope zwischen 2020 und 2026 mit einer Rate von etwa 7 % wachsen. Das ist nichts Besonderes, wenn man bedenkt, dass der Gesamtmarkt im Bereich IT und IKT (Informations- und Kommunikations-Technologie) voraussichtlich in ähnlichem Maße zunehmen wird. Eines sollte jedoch erwähnt werden: Analoge Oszilloskope besaßen

einst den höchsten Marktanteil, stehen inzwischen aber an dritter Stelle hinter den digitalen und PC-basierten Oszilloskopen. Digitaloszilloskope sind leicht, vielseitiger und (zunehmend) benutzerfreundlicher. Die Experten sind sich immer noch nicht sicher, ob das Analog-Oszilloskop im Laufe des nächsten Jahrzehnts nicht vielleicht sogar ganz vom Markt verschwinden wird.

(Quellen: Zion Market Research; Grand View Research; Mordor Intelligence)

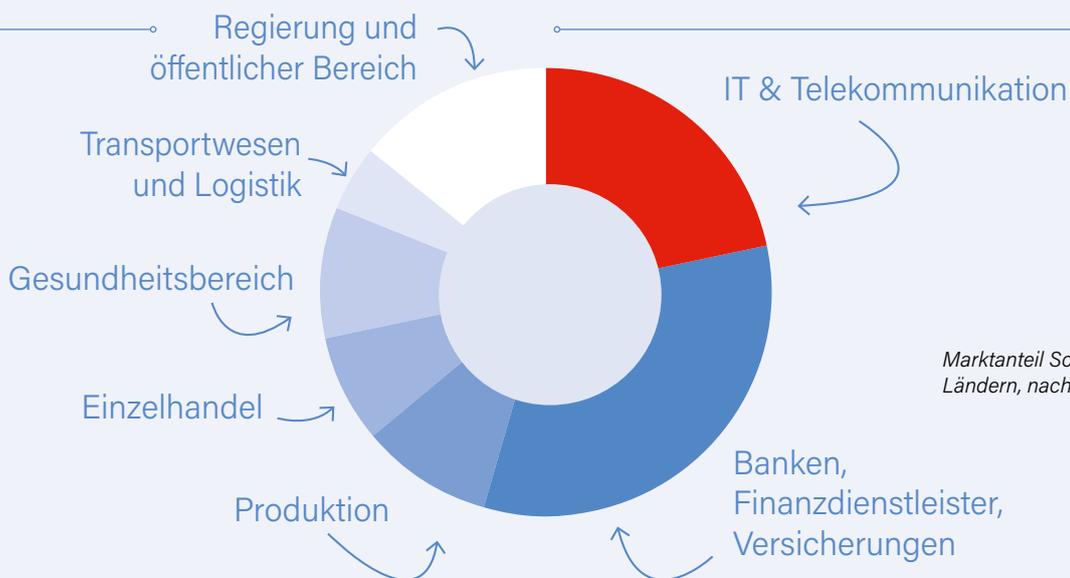
Größe des weltweiten Marktes von CTM-Geräten
2019-2024 (in Milliarden US-Dollar)

CTM: Eine Abkürzung, an der man nicht vorbeikommt

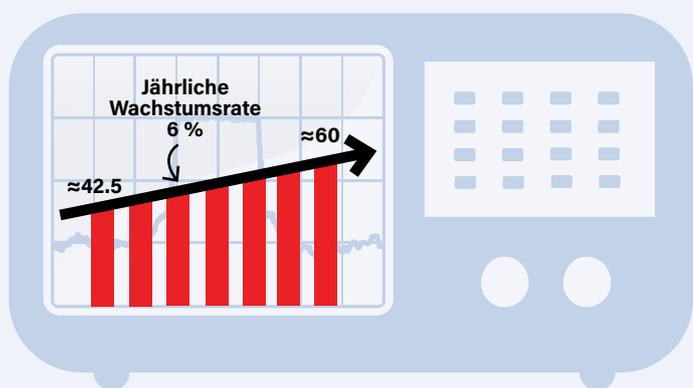
CTM steht für „Communications, Test and Measurement“. Zur Kalibrierung, Administration, Wartung und Reparatur von Datenverbindungen (ganz gleich, ob drahtgebunden oder drahtlos) ist spezielles Mess- und Test-Equipment notwendig. Während der Mehrzweck-T&M-Bereich in den kommenden Jahren mit einer Rate von 4 % wachsen wird, glaubt man, dass CTM mindestens

doppelt so schnell zunimmt. Das Marktforschungsunternehmen MarketWatch erwartet, dass die jährliche Wachstumsrate für den CTM-Markt im Zeitraum zwischen 2019 und 2024 bei etwas mehr als 9 % liegen wird, was nicht zuletzt auch etwas mit der nahezu unbegrenzten Popularität der Breitbandkommunikation zu tun hat.

(Quelle: MarketWatch)



Marktanteil Software-Tests in APAC-Ländern, nach Anwendungsbereich, 2019



Größe des weltweiten Marktes im Bereich Software-Test, 2020-2026 (in Milliarden US-Dollar)

Software: Agiles Testen auf dem Vormarsch

Laut Global Market Insights wird der Markt für Software-Tests zwischen 2020 und 2026 voraussichtlich um 6 % pro Jahr wachsen. Das ist auf den ersten Blick nicht viel, doch das Testen von Software ist relativ neu auf dem Markt und gerade dabei, sich sehr schnell zu einer eigenen Branche zu entwickeln. Dies hat nicht zuletzt auch etwas mit dem sogenannten agilen Testen zu tun, eine Methode, die sich gleicher-

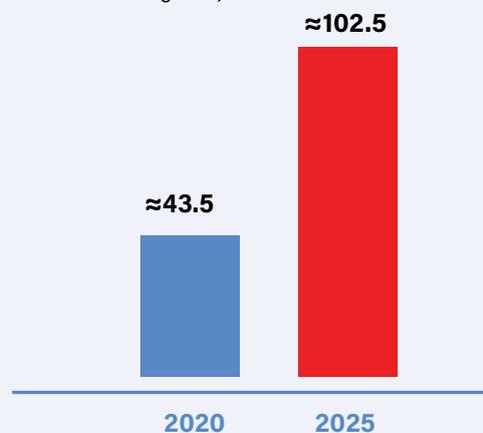
(Quelle: Global Market Insights)

maßen auf Tests seitens potenzieller Kunden und Testteams fokussiert, wodurch eine zuverlässige eingebettete Software bzw. Anwendungssoftware geschaffen wird. Infolgedessen ist eine ganz neue „Software-Dienstleistungsindustrie“ in den Vordergrund getreten, die den Unternehmen nicht nur bei der Erstellung von Software hilft, sondern auch dabei, diese so gründlich wie möglich zu testen.

Intelligente Sensoren immer beliebter

Auch wenn Marktforschungsunternehmen die Beliebtheit von Software-Tests unterschiedlich beurteilen (die Wachstumsraten für die kommenden Jahre differieren zwischen 9 und 15 %), herrscht weitgehend Einigkeit über das Wachstum des Marktes für intelligente Sensoren. Die jährliche Wachstumsrate wird sich irgendwo zwischen 18 % und 20 % bewegen. Laut Mordor Intelligence soll der Wert bei etwa 18,80 % liegen; beginnend im Jahre 2019 mit einem faktischen Wert von 36,62 Milliarden US-Dollar, und einer Prognose von 102,10 Milliarden Dollar für das Jahr 2025. Die Wachstumsrate für intelligente Sensoren steigt deshalb so steil an, weil diese zukünftig sehr gefragt sein werden. Man denke zum Beispiel nur an die Sensoren, die bei einsetzen dem Regen den Scheibenwischer aktivieren.

(Quelle: Mordor Intelligence)



Marktübersicht Smart Sensors, 2020-2025

Auswahl des passenden Drucksensors

Von Hauke Dierksheide, First Sensor AG

Bei der Wahl des richtigen Drucksensors muss neben dem passenden Druckbereich die physikalische Messmethode der Druckmessung beachtet werden. Im Folgenden sollen relevante Begriffe anhand der piezoresistiven Drucksensoren von First Sensor näher erklärt werden.

Drucksensoren messen einen aktuellen Druck im Vergleich zu einem Referenzwert und lassen sich in Absolut-, Relativ- und Differenzdrucksensoren unterteilen (**Bild 1**).

Absolutdruck

Absolutdruck ist der Druck bezogen auf den leeren Raum (Druck Null). Absolutdrucksensoren messen den Druck im Vergleich zu einem im Sensorelement eingeschlossenen Vakuum (**Bild 2**). Das Referenzvakuum sollte dabei so klein sein, dass es im Vergleich zum zu messenden Druck vernachlässigbar ist.

First Sensor bietet Absolutdrucksensoren ab Messbereichen von 0...700 mbar bzw. 0...1 bar sowie mit barometrischen Druckabgleichen.

Beispiele

- Absolutdrucksensoren kommen vor allem zur meteorologischen Luftdruckmessung in Barometern sowie in Höhenmessern zum Einsatz. Hierfür werden spezielle barometrische Druckbereiche angeboten, z.B. von 600...1100 mbar oder 800...1100 mbar. Produkte: HCA-Baro, HDI.
- Bei der Vakuumverpackung von Lebensmitteln stellen Absolutdrucksensoren sicher, dass immer der gleiche Unterdruck

angewendet wird, unabhängig vom atmosphärischen Tagesluftdruck der Umgebung. Produkte: HMU, HCE, SSI.

Relativdruck

Relativdrucksensoren messen den Druck in Bezug zum Luftdruck der Umgebung. Im Mittel beträgt der Atmosphärendruck auf Meereshöhe 1013,25 mbar. Luftdruckschwankungen verursacht durch Veränderungen der Wetteroder Höhenlage übertragen sich bei diesen Sensoren direkt auf den aktuellen Druckmesswert. Ist der am Relativdrucksensor anstehende Druck größer als der Umgebungsdruck spricht man von Überdruck und der gemessene Druckwert hat ein positives Vorzeichen. Druck kleiner als Atmosphärendruck heißt Unterdruck bzw. Vakuum und wird als negativer Druckwert spezifiziert. Als Vakuum bezeichnet man allgemein den weitgehend luftleeren Raum. Man unterscheidet dabei in Bezug auf die Qualität des Vakuums z.B. zwischen Grob-, Fein- und Ultrahochvakuum.

Relativdrucksensoren haben nur einen Druckanschluss. Der Umgebungsdruck wird durch ein Belüftungsloch oder einen Belüftungsschlauch zur Rückseite der Sensormembran geführt und somit kompensiert (**Bild 3**).

Beispiele

- Ein typisches Beispiel für eine Relativdruckmessung ist die Kontrolle des Reifendrucks. Hier entscheidet der Überdruck im Verhältnis zum Umgebungsdruck über die Funktion und das Fahrverhalten des Reifens. Produkte: HCE, SSI, HMA, HMI, HTD.
- Bei der hydrostatischen Füllstandsmessung in belüfteten Tanks oder offenen Behältern müssen barometrische Luftdruckeinflüsse auf die Flüssigkeitsoberfläche kompensiert werden da es sonst zu falschen Füllstandsangaben kommt. Zum Einsatz kommen hier z. B. Tauchsonden oder Transmitter bei denen der Umgebungsdruck über einen Druckausgleichsschlauch im Sondenkabel bzw. ein Belüftungsloch zur Rückseite der Sensormembran geführt wird. Produkte: CTE9000, KTE8000CS.



Der Autor

Hauke Dierksheide studierte Physik. Als Produktmanager ist er bei First Sensor für die Drucksensoren verantwortlich.

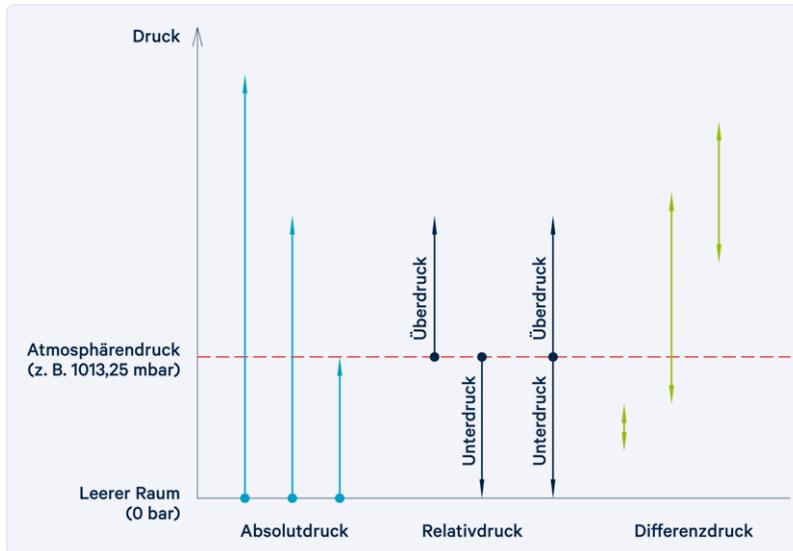


Bild 1. Vergleich von Absolut-, Relativ- und Differenzdruck.

- Medizinische Absauggeräte werden in der Notfallmedizin, bei Operationen oder zur Wundbehandlung eingesetzt. Mittels einer Pumpe erzeugen diese Geräte einen Unterdruck und saugen so z.B. Sekret oder Schleim ab. Produkte: HCE, HDI, HMA, HTD.

Differenzdruck

Differenzdruck ist der Druckunterschied zwischen zwei beliebigen Drücken. Differenzdrucksensoren besitzen daher zwei separate Druckanschlüsse, z.B. als Schlauch- oder Gewindeanschluss (Bild 4). Signalverstärkte Sensoren von First Sensor können so ausgelegt werden, dass sie sowohl positive als auch negative Differenzdrücke messen ($p_1 > p_2$ und $p_1 < p_2$). Diese Sensoren werden als bidirektionale Differenzdrucksensoren bezeichnet und messen z.B. von $-1...+1$ bar oder $-2,5...+2,5$ mbar. Im Gegensatz dazu arbeiten unidirektionale verstärkte Differenzdrucksensoren nur im positiven Bereich ($p_1 > p_2$), z.B. von $0...1$ bar oder $0...2,5$ mbar, d.h. der höhere Druck muss immer an einem bestimmten, z.B. mit „Hochdruck“ oder p_1 bezeichneten Druckanschluss anliegen.

Beispiele

- Differenzdrucksensoren werden z.B. in der Medizintechnik zur Bestimmung eines Atem- oder Gasflusses oder in der Klimatechnik zum Erfassen von Luftströmungen eingesetzt. Durch eine künstliche Verengung in der Strömungsleitung z.B. mittels eines laminaren Strömungselements oder einer Blende kommt es zu einem Druckabfall der ein Maß für den Volumendurchfluss ist. Differenzdrucksensoren messen den Druck vor und nach dem Strömungselement. Produkte: HCL, HCLA, HTD, LDE/LME/LMI.
- Nach dem selben Prinzip arbeiten Geräte zur Filterüberwachung. Setzt sich der Filter mit der Zeit zu, erhöht sich der Strömungswiderstand und damit der Druckabfall. Differenzdrucksensoren messen den Druckunterschied vor und nach dem Filter und lösen bei kritischen Werten Warnmeldungen aus. Produkte: BTE5000, HTD, LDE/LME/LMI.

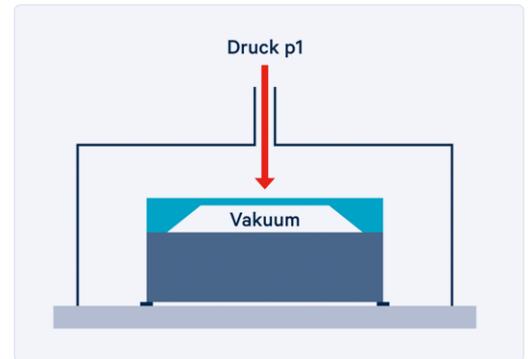


Bild 2. Aufbau eines piezoresistiven Absolutdrucksensors.

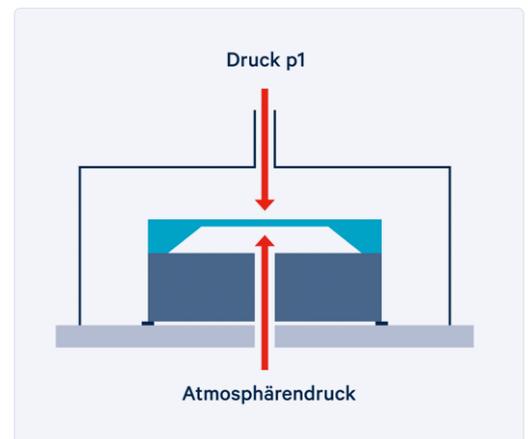


Bild 3. Aufbau eines piezoresistiven Relativdrucksensors.

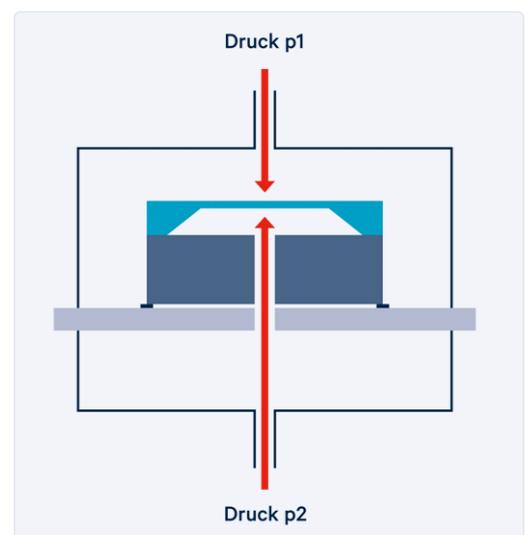
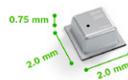


Bild 4. Aufbau eines piezoresistiven Differenzdrucksensors.



Zentimetergenaue Ortung in Gebäuden

Barometrischer Drucksensor für Smartphones, Wearables und Hearables

Robert Bosch GmbH - Bosch Sensortec

Genauer, stabiler, leistungsstärker: Bosch Sensortec bringt den barometrischen Drucksensor BMP390 auf den Markt, der eine bislang unerreichte Genauigkeit in der Höhenbestimmung mit Smartphones, Wearables und Hearables bietet. Der neue MEMS-Sensor kann aufgrund der verbesserten Auflösung Höhenänderungen unter 10 cm messen und ist 50% genauer als sein Vorgänger.

Eine genaue Höhenbestimmung hilft, Personen innerhalb von Gebäuden zu lokalisieren, wo keine GPS-Signale verfügbar sind. Die Ergänzung der vorhandenen horizontalen Informationen um die vertikale Position ermöglicht Rettungskräften, die Bodenhöhe und damit das Stockwerk von Smartphone-Nutzern zu bestimmen, die einen Notruf auslösen. Die US-Regulierungsbehörde Federal Communications Commission (FCC) schätzt, dass die zusätzlichen Höhenmessdaten das Potenzial haben, allein in den USA jährlich bis zu 10000 Leben zu retten.

Bessere Ortung von Notrufen

Laut einem kürzlich veröffentlichten Bericht der FCC müssen Mobilfunkanbieter in den USA künftig nach einem vorge-



gebenen Zeitplan immer mehr Anforderungen in Bezug auf die Standortgenauigkeit erfüllen, einschließlich der Positionsermittlung des Anrufers. Der Beschluss sieht ab 2021 eine Positionsgenauigkeit der Z-Achse von ± 3 m zum Mobiltelefon für 80 % der mobilen Notrufe aus Gebäuden vor. Notfalleanwendungen wie das E911-System in den USA könnten auch in anderen Regionen wie Europa oder Asien eingeführt werden, um die Sicherheit und das Sicherheitsgefühl der Menschen zu verbessern.

Bosch Sensortec und NextNav LLC, ein Anbieter von 3D-Geolokalisierungsdiensten, haben gemeinsam eine Lösung entwickelt, um die Z-Achse in Gebäuden konsistent und exakt messen zu können. Die Smartphone-Lösung kombiniert hochpräzise barometrische Drucksensoren wie den BMP390 von Bosch Sensortec mit der Z-Achsen-Anwendung MBS (Metropolitan Beacon System) von NextNav für eine dreidimensionale Standortbestimmung.

Genauere Navigation und Verbesserung von Fitness-Apps

Neben Notfalleanwendungen ermöglicht der Sensor auch generell eine genauere Navigation in Innenräumen, beispielsweise in Verbindung mit dem Position Tracking Smart Sensor BHI160BP von Bosch Sensortec. Damit lassen sich Lokalisierungstechnologien wie GPS, die in abgeschirmten Umgebungen nicht zuverlässig funktionie-

ren, optimal ergänzen. Das spart Nutzern Zeit und vermeidet lästiges Verlaufen, zum Beispiel bei der Suche nach dem Auto in einer Tiefgarage. Darüber hinaus unterstützt der neue BMP390 erweiterte GPS-Anwendungen für die Navigation im Freien sowie Funktionen zur Ermittlung des Kalorienverbrauchs. Mittels weiterentwickelter barometrischer Druckmessung kann der Sensor feststellen, ob ein Nutzer eine Steigung oder Treppe hinauf- oder hinunterläuft oder beispielsweise Gewichte während des Fitnessstrainings hebt. So hilft der Sensor dabei, den Kalorienverbrauch um bis zu 15% genauer zu bestimmen. Fitnesstracker können damit zudem präziser berechnen, wie weit ein Anwender tatsächlich gegangen, gelaufen oder mit dem Fahrrad gefahren ist.

Präzise, stabil und kompakt

Der BMP390 erreicht eine typische relative Genauigkeit von $\pm 0,03$ hPa. Damit ist der Sensor laut Hersteller anderen vergleichbaren Produkten auf dem Markt überlegen. Die typische absolute Genauigkeit beträgt $\pm 0,5$ hPa. Die hohe Genauigkeit ist das Ergebnis einer deutlichen Verbesserung von Temperaturstabilität, Driftverhalten und Rauschen. Der Sensor bietet eine hohe Temperaturstabilität über den gesamten Betriebstemperatur- und Druckbereich von 0 bis 65 °C bzw. 700 bis 1100 hPa, mit einem durchschnittlichen Temperaturkoeffizienten-Offset (TCO) von nur $\pm 0,6$ Pa/K. Das typische Rauschen ist mit 0,9 Pa um 25% besser als bei dem Vorgängermodell BMP380. Der Sensor bietet außerdem eine hohe Langzeitstabilität und eine geringe Kurz- und Langzeitdrift.

Da er nur 2,0 mm x 2,0 mm x 0,75 mm misst, lässt sich der BMP390 leicht in tragbare Geräte integrieren. Der niedrige Stromverbrauch von 3,2 μ A bei 1 Hz (typisch) erlaubt eine lange Batterielebensdauer. ◀

200193-02

Mehr Infos: www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/pressure-sensors/pressure-sensors-bmp390.html

Große Temperaturbereiche gleichzeitig abbilden

HDR-Funktion der High-End-Kameraserie ImageIR® erleichtert Analyse von Objekten mit extremen Temperaturgradienten.

Wer mit einer Wärmebildkamera Temperaturen in einem sehr weiten Bereich messen möchte, geht dabei gewöhnlich in Etappen vor. Schrittweise werden zwischendurch die Neutraldichtefilter gewechselt. Abgestimmt auf eine bestimmte Temperaturspanne verhindern sie, dass Infrarotstrahlung zu hoher Intensität auf den Kameradetektor trifft und durch die Depolarisierung der Detektorpixel das Messergebnis verfälscht. Die neue Funktion High Dynamic Range (HDR) der Wärmebildkameraserie ImageIR® von InfraTec macht solche Unterbrechungen der Messungen überflüssig. Sie ermöglicht das kontinuierliche Aufnehmen von Messszenarien, die extrem voneinander abweichende Temperaturen aufweisen.

Temperaturspannen von über 1.500 K in einem Bild erfassen

Ausgangspunkt der HDR-Funktion ist ein schnelles Filterrad. Für derartige Aufgabenstellungen konzipiert, rotiert es mit mehr als 5.000 Umdrehungen pro Minute. Das Rad bietet bis zu sechs Positionen für maximale Flexibilität bei anspruchsvollen Messaufgaben. Bei Aufnahmen im HDR-Modus werden mehrere Thermogramme mit verschiedenen Integrationszeiten und verschiedenen Filtern schnell aufeinanderfolgend aufgenommen und zu einem Gesamtbild mit hohem Dynamikumfang zusammengesetzt.

Um die HDR-Funktion zu aktivieren, genügt das Auswählen eines zuvor definierten Kalibrierbereichs. Anschließend startet automatisch die Rotation des Filterrades und das Zusammensetzen des Thermogramms. Der Messbereich kann dabei eine Spanne von bis zu 1.500 K umfassen. Im Falle der ImageIR® 8300 hp lassen sich mit dieser Einstellung Aufnahmen im Vollbild mit 640 × 512 IR-Pixeln erstellen. Aufgrund der Synchronisierung der Bildwiederholrate der Kamera mit der Umdrehungsgeschwindigkeit des Rades ist eine zeitliche Auflösung von 350 Hz realisierbar.



Für jede Position der einzelnen Neutraldichtefilter ist eine eigene Integrationszeit und eine entsprechende Temperaturkalibrierung hinterlegt. Die Filter schwächen das Signal der Messobjekte im gewünschten Temperaturbereich ab, was Störeffekte sicher vermeidet. Nutzer erhalten kontrastreiche Aufnahmen in einem breiten Temperaturbereich, die eine hohe Messgenauigkeit auszeichnet.

Lösung für Messaufgaben mit hohen Objekttemperaturen und die spektrale Thermografie

Welche enormen Vorteile dies mit sich bringt, wird deutlich, sobald Nutzer Messobjekte thermisch analysieren, die innerhalb kürzester Zeit Temperaturänderungen über einen sehr großen Bereich hinweg erfahren. Das notwendige Wechseln von Filtern mit einem Standard-Filterrad würde die Messung mehrere Sekunden unterbrechen und die Ergebnisse damit unbrauchbar machen. Das Verwenden der HDR-Funktion ermöglicht den schnellen Wechsel zwischen Kalibrierbereichen bis hin zur maximalen Kamerafrequenz.

Zusätzlich zu Anwendungen mit extrem hohen Temperaturen eröffnet das schnelle Filterrad umfangreiche Möglichkeiten für Messungen, in denen unterschiedliche Spektralbereiche erfasst werden müssen. Schließlich können Nutzer statt Neutraldichtefiltern auch bis zu sechs Spektralfilter einsetzen. So ausgestattet, unterstützt die Wärmebildkameraserie ImageIR® das professionelle Untersuchen von Materialien mit unterschiedlichen Strahlungseigenschaften. Unabhängig davon, welche Komponenten die Anwender für ihr gewünschtes Modell wählen, kann die Kamera stets auch mit feststehendem Filterrad genutzt werden. ◀

200203-01



KI-Innovation: Next Industries CEO über die Ziele seines Start-ups und neue Technologien

Fragen von **Arthur Lampe**
(Elektor Investment Program)

Tactigon Skin der mailändischen Firma Next Industries ist ein innovativer, tragbarer Bewegungssensor und gleichzeitig eine KI-basierte Gestensteuerung. Der CEO von Next Industries, Massimiliano Bellino, spricht über die Technologie.

Arthur Lampe: Was macht Next Industries aus?

Massimiliano Bellino: Next Industries ist ein in Mailand ansässiges Unternehmen mit Kompetenzen in den Bereichen IIoT und Wearables. Es wurden schon über 5.000 Geräte in vielen Branchen verkauft. Anwendungen gibt es in der Strukturüberwachung, Robotersteuerung und im Sport - überall, wo es um Bewegung geht. Wir wollen Benutzern mit unseren Produkten neue Erfahrungen vermitteln und stellen unsere Geräte auf ökologische und nachhaltige Weise her.

Lampe: Warum wurde Next Industries gegründet?

Bellino: Weil wir an die Zukunft der Mensch-Maschine-Schnittstelle und an natürliche Benutzeroberflächen basierend auf Stimme und Gestik glauben. Und wir sind von den Theorien von Jeremy Rifkin [1] (z.B. in *The End Of Work*) fasziniert.

Lampe: Ihr Unternehmen verfügt über Expertise im Bereich KI und der Entwicklung von Gestensteuerungen. Um welche Probleme kümmern Sie sich und was genau machen Ihre Produkte und Dienstleistungen? Was macht Ihre Technologie besonders?

Bellino: Die gebräuchlichsten Benutzerschnittstellen wie Maus oder Joystick sind nicht „natürlich“. Wir leben in einer 3D-Welt, aber wir verwenden immer noch 2D-Geräte. Ein weiterer Aspekt: Für Anwendungen wie eine 3D-Maus ist es sehr wichtig, Geräte zu haben, bei denen die Hände frei bleiben.

Wir liefern ergonomische Produkte, die leicht zu tragen und zu benutzen sind. Sie befreien Hand und Finger, so dass sich Benutzer auf sehr natürliche Weise bewegen können. Wir verwenden KI-Algorithmen. Dank diesem Software-Layer können wir verschiedene (auch komplexe) Gesten wie Kreise, Quadrate und das Scrollen erkennen. Und nicht zuletzt ist unsere Lösung mit dem Arduino-SDK programmierbar.

Lampe: Was sind Ihre Hauptmärkte?

Bellino: Wir konzentrieren uns im Moment auf „Maker“, weil unser Gerät hier eine flexible Plattform bietet. Wir suchen aber auch nach Industrie- und Forschungspartnern, die uns helfen, Tactigon Skin für verschiedene Anwendungen anzupassen (d.h. vertikale Lösungen zu finden). Wir kooperieren z.B. mit COMAU (einem Unternehmen der FCA-Gruppe) im Bereich Robotik, mit Nokia/Orange im Bereich Kamerafernsteuerung und mit der Universität



Kaiserslautern im Bereich Drohnensteuerung und Robotik.

Lampe: Erzählen Sie uns bitte mehr von Ihrer Firma und der Bedeutung des Standortes Mailand.

Bellino: Unser Team besteht aus acht Personen mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Kenntnissen. Einige von uns haben bereits unternehmerische Erfahrungen gesammelt. Wir verfügen über Kompetenzen in den Bereichen Vertrieb und Marketing, Produktentwick-

lung und Forschung. Unser Unternehmen ist auch ISO9001-konform (Zertifizierung durch DNV 2016).

Unser Firmensitz ist in Mailand. Die Lombardei ist die wohl wichtigste Region Italiens für Technik, da sich hier auch die Polytechnische Universität Mailand sowie die Mode- und mechanische Industrie befinden. Hier leben aufgeschlossene Menschen, die es gewohnt sind, mit Partnerunternehmen weltweit zusammenzuarbeiten. Aber wir denken, dass unser Schwerpunkt auf Deutschland als wichtigstem Industriestandort der EU und den Vereinigten Staaten als wichtigstem Markt für Risiko-Kapital liegen sollte.

Lampe: Was sind Ihre Ziele für 2020?

Bellino: Wir haben zwei Geschäftszweige: Datenerfassungsgeräte und Wearables. Im ersten Bereich haben wir in den letzten drei Jahren 5.000 Geräte verkauft - im Jahr 2020 wollen wir den Umsatz auf 700.000 € steigern. Was den zweiten Geschäftsbereich betrifft, so ist Tactigon One unser erstes Wearable-Gerät. 2020 wollen wir hiermit einen Umsatz von 150.000 € erreichen. Außerdem werden wir bald ein neues Produkt auf den Markt bringen: Tactigon Skin [2]. Wir starten hierfür eine Kickstarter-Kampagne mit einem Ziel von 100.000 €.

Next Industries ist vor kurzem dem Elektor-Investitionsprogramm [3] beigetreten, mit dem Start-ups bei der Ausweitung ihrer Geschäftsfelder unterstützt werden. Auf der Webseite erfahren Sie mehr über das Programm und Sie erhalten dort auch Informationen zur Teilnahme.

Interessieren Sie sich für Start-ups im Bereich Elektronik? Dann besuchen Sie die Fast-Forward-Webseiten [4] von Elektor.

200235-01

WEBLINKS

[1] **Jeremy Rifkin:** <http://www.foet.org/about/jeremy-rifkin>

[2] **Start-ups auf der CES 2019:**

<http://www.elektormagazine.de/news/vielversprechende-start-ups-auf-der-ces-2019-teil-1>

[3] **Elektor Investment Program:** <http://www.elektormagazine.com/widgets/investment-program>

[4] **Fast Forward Award:** <http://www.elektormagazine.de/select/fast-forward-award>



Das Elektor Investitionsprogramm

Von **CJ Abate** (Elektor Start-Up Team)

Elektor fördert und stärkt Elektronik-orientierte Start-ups (Hardware, Software und technische Dienstleistungen) durch Veranstaltungen, Wettbewerbe und Geschäftslösungen. Das Elektor-Investitionsprogramm [1] ist ein neuer Service sowohl für junge Unternehmen als auch für Investoren, die sich in der Elektronikindustrie erfolgreich engagieren möchten.

Was ist das Elektor-Investitionsprogramm?

Für Start-ups oder expandierende Jungunternehmen kommt eine Zeit, in der Bootstrapping keine Lösung mehr ist. Wenn Sie Glück haben, haben sie bereits einige zahlende Kunden, aber sie brauchen Geld, um das Unternehmen auf das nächste Level zu bringen. Vielleicht muss das Team erweitert, neue Märkte erschlossen oder die Entwicklungsarbeit ausgeweitet werden. Der am nächsten liegende Schritt ist das Gespräch mit Investoren. Als Gründer könnten Sie sich fragen: Bin ich bereit, Investoren anzusprechen? Sind mein Businessplan und mein Pitch Deck dafür bereit? Werden mich die Investoren ernst nehmen?

Mitglieder des Elektor-Investitionsprogramm-Teams werden Sie durch dieses schwierige Vorhaben führen. Wir können Ihnen bei Ihrem Businessplan helfen, Sie bei der Vorbereitung Ihres Pitch Decks unterstützen und Sie mit Investoren aus unserem Netzwerk zusammenbringen.

Warum hat Elektor das Programm gestartet?

Wenn Sie einfach Ihr Pitch Deck an Investoren schicken und nur auf das Beste hoffen, könnten Sie aus verschiedenen Gründen abgelehnt werden. Vielleicht wenden Sie sich an den falschen Investor oder wichtige Informationen fehlen in Ihrem Pitch Deck. Eines ist sicher: Sie müssen das Beste aus Ihren Möglichkeiten herausholen.

Warum haben wir das Elektor-Investitionsprogramm ins Leben gerufen? Wir führen seit einigen Jahren Wettbewerbe für Start-ups durch [2] und wir haben in dieser Zeit mit vielen vielversprechenden Start-ups zusammengearbeitet. Die Entwicklung eines Programms, das Start-ups bei der Suche nach Finanzierung und Partnern unterstützt, war für uns ein logischer nächster Schritt.

Wir wollen auch Investoren unterstützen. Wir wissen, dass Investoren jedes Jahr Dutzende von Pitch Decks erhalten. Es erfordert viel Zeit, sie alle zu lesen, und die meisten sind nicht gut genug. Deshalb glauben wir, dass wir Investoren Zeit sparen können, indem wir sie mit vielversprechenden Technologie-Startups, die dem jeweils möglichen Investitionsumfang entsprechen, aus unserem globalen Netzwerk verbinden.



Vorteile für Start-ups

Sind Sie Mitglied eines Start-ups oder sogar eines Scale-ups, das eine Finanzierung benötigt? Durch die Teilnahme am Elektor-Investitionsprogramm können Sie sinnvolle Maßnahmen ergreifen, um Ihre Chancen auf eine Finanzierung zu verbessern. Klingt

nach einem guten Geschäft, oder? Hier ist unser Angebot:

- › Persönliche Hilfe zur Verbesserung Ihres Pitch Decks und Ihres Geschäftsplans
- › Geschäftsanalyse zur Erstellung eines Profils Ihres Unternehmens
- › Die Möglichkeit, mit zu Ihnen passenden Investoren aus unserem Netzwerk in Verbindung zu treten.

💰 Vorteile für Investoren

Das Elektor-Investitionsprogramm kann Investoren helfen, innovative Unternehmen zu finden. Neben der Durchführung erfolgreicher Start-up-Wettbewerbe sucht unser professionelles Start-up-Team weltweit nach vielversprechenden Unternehmen. Unternehmen, die dem Programm beitreten, werden von unseren Experten geprüft und beurteilt, so dass wir Investoren mit vielversprechenden Leads unterstützen. Wir bieten:

- › Zugang zu technischen Start-ups und Scale-ups mit hohem Potenzial, die Ihrem Investitionsvolumen entsprechen
- › Korrekte Dokumentation, professionelle Geschäftsbeziehungen und eine Geschäftsanalyse der Übereinstimmungen mit den Start-ups.

Machen Sie mit beim Elektor-Investitionsprogramm!

Möchten Sie am Elektor-Investitionsprogramm teilnehmen oder mehr darüber erfahren? Besuchen Sie die Website des Investitionsprogramms [1] oder senden Sie noch heute eine E-Mail an Arthur Lampe (Elektor-Investitionsprogramm-Manager) unter arthur.lampe@elektor.com. Viel Erfolg!

200112-01

WEBLINKS

[1] Elektor-Investitionsprogramm:

<http://www.elektormagazine.com/widgets/investment-program>

[2] Elektor-Start-up-Wettbewerbe:

<http://www.elektormagazine.de/select/fast-forward-award>

Wall of Fame

Juni 2020

Elektor International Media ist stolz darauf, Ihnen die Wall of Fame 2020 präsentieren zu können! Wir arbeiten mit führenden Elektronikunternehmen zusammen - von globalen Zulieferern bis hin zu Geräteherstellern - um über innovative Produkte und Dienstleistungen im High-Tech-Bereich zu berichten.

Die in der diesjährigen Wall of Fame gelisteten Unternehmen bieten Elektroingenieuren, Makern und Studenten ein breites Spektrum an unverzichtbaren Werkzeugen und Lösungen für die Entwicklung von spannenden Elektronikprojekten und -produkten!



Honeywell
THE POWER OF **CONNECTED**



TRINAMIC
MOTION CONTROL



EMS PROTO



TOUCHLESS AUTOMATION
special micro-handling solution



labcenter Electronics
www.labcenter.com



EURO
CIRCUITS



BASLER
the power of sight



SIGLENT®



M **HAMMOND**
W **MANUFACTURING**®



pico®
Technology



Weller®

SENSIRION

EBV Elektronik
I An Avnet Company

COMSOL

multi-cb
PRINTED CIRCUIT BOARDS

INFRAtec.

ROHDE & SCHWARZ

congatec

almit

ST
life.augmented

MICROCHIP

infineon

PEAK
System

reichelt
elektronik

T M
E
Electronic Components

DISTRELEC
Distribution with a difference

konrad
... technologies ...

LPKF
Laser & Electronics

WE
WÜRTH ELEKTRONIK

SCHURTER
ELECTRONIC COMPONENTS

ROHM
SEMICONDUCTOR

RS

PeakTech®

Hier könnte
Ihr Logo stehen.
Informationen unter
+49 (0)241 955 09 186

Review

PeakTech 3440 True Graphical Multimeter

Von Alfred Rosenkränzer

Ein Multimeter mit grafischem Display? Wozu soll das gut sein? Das PeakTech 3440 kann eben nicht nur Messwerte, sondern auch Verläufe von Messwerten anzeigen. Es ist also auch eine Art „langsameres Oszilloskop“ bzw. ein Datenlogger mit grafischer Anzeige und Speichermöglichkeiten.

Nach dem Auspacken muss man zunächst den Akku installieren und laden. Dazu wird ein Adapter auf das Messgerät aufgesteckt, der verhindert, dass man es während des Ladens einschalten kann. In der Bedienungsanleitung wird mehrfach darauf hingewiesen. Da der Akku schon fast voll war, konnte es nach kurzer Zeit losgehen. Das Multimeter ist in einem handlichen und sehr robust wirkenden Gehäuse untergebracht (**Bild 1**). Den Lieferumfang sieht man in **Bild 2**.

Die größten sofort sichtbaren Änderungen gegenüber einem einfacheren Gerät sind der grafische 2,2"-LCD-Bildschirm mit 320 x 240 Pixel Auflösung und die vier unter dem Bildschirm untergebrachten Tasten, deren Bedeutung sich je nach Modus ändert.

Multimeter

Dominiert wird die Anzeige von dem bis zu fünfstelligen Messwert (4-3/4-stellige Anzeige; bis 49.999). Darüber befindet sich die Maßeinheit und darunter die Darstellung im benutzten Range. In der Kopfzeile sieht man die Information zur Bereichsumschaltung (Auto oder Manual Range), die Uhrzeit, den Bluetooth-Status und den Akkuzustand. Unten findet man die Bedeutung der vier Funktionstasten.

Die Messgenauigkeit wurde bei einigen Einstellungen mit einem recht frisch kalibrierten Keysight 34410A überprüft (**Bild 3**): Sie ist beeindruckend gut!



Bild 1. Das Multimeter ist in einem handlichen Gehäuse untergebracht.

Alle normalen Messmöglichkeiten sind dank Drehschalter und Autorange sehr einfach einzustellen.

Selbstverständlich kann man den Messbereich auch manuell einstellen. Es gibt eine gemeinsame COM-Buchse, eine für Spannung (V), Widerstand (Ohm), Kapazität (CAP), Frequenz (Hz) und Temperatur. Zwei weitere zur Strommessung im 10-A-, mA- und µA-Bereich. Zur Temperaturmessung liegen ein Sensor und Adapter bei.

Grafischer Modus

Jede Messung kann auch im Grafik-Mode ausgeführt werden. Dazu drückt man F1, um ins Grafikmenü zu kommen (siehe **Bild 4**). Die Messrate kann man von 0,2 s bis 10 s mit F2 und F3 einstellen und danach mit F1 die Messung starten. Mit F4 (*cancel*) verlässt man das Grafikmenü.

Eine laufende Messung kann mit F4 gestoppt werden. Danach kann man das Ergebnis mit F1 abspeichern oder mit F4 gleich zurückgehen. Der eigentliche Clou des Gerätes ist die Möglichkeit, es mit einem PC zu verbinden. Dazu muss man die beiliegende Software installieren und den mitgelieferten USB-Bluetooth-Stick am PC einstecken und dessen Treiber aktivieren. Nun muss man nur noch Bluetooth am Multimeter unter *Settings* einschalten und nach dem Start der PC-Software die Verbindung zum Multimeter herstellen. Auf dem Bildschirm sieht man links eine ähnliche Darstellung wie auf dem Multimeter.



Bild 2. Der Lieferumfang des PT 3440 (Bild: PeakTech).

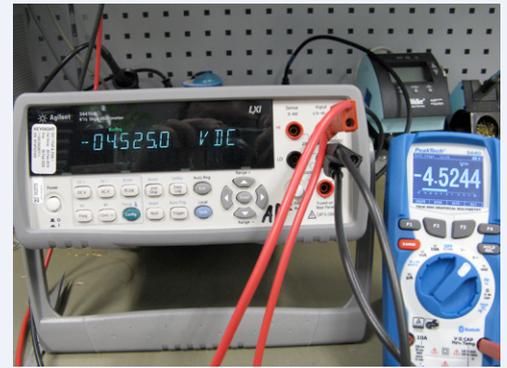


Bild 3. Kalibrierung des PT 3440 mit einem Keysight 34410A.



Bild 4. Die verschiedenen Displays des PT 3440 (Bild: PeakTech).

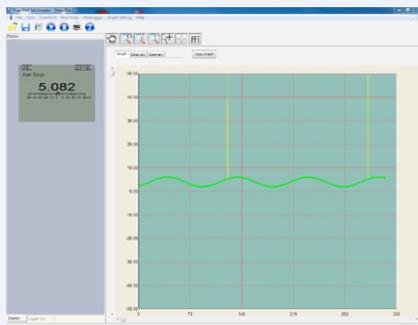


Bild 5. Fehler im Autorange.



Bild 6. PT 3440 mit Anzeige auf einem Android-Smartphone (Bild: PeakTech).

Die grafische Darstellung kann man mit dem *Play*-Symbol starten. Neben der Grafik kann man auch statistische Daten anschauen (Min, Max, Average).

Nachdem man die Messung gestoppt hat lässt sich das Ergebnis in mehreren Formaten (z.B. als .txt, .csv oder .xls) abspeichern, um es weiterverarbeiten und dokumentieren zu können.

Bei einigen Messungen fiel mir auf, dass es bei Wechsel der Ranges zu Übertragungsfehlern (OL) kam (**Bild 5**). Die gleichen Probleme zeigte auch das DMM-Tool, eine andere PC-Software von PeakTech. Schaltet man den Messbereich manuell um, so gibt es keine Fehler. Die Grafik auf dem Display des Multimeters war immer fehlerfrei. Meinem zugegeben etwas betagten PC unter Windows 7 gelang es nicht, in der schnellsten Einstellung alle fünf Messwerte pro Sekunde aufzuzeichnen. Meist kamen nur drei von fünf an.

Datenlogger

Um die Ausdauer des Lithium-Akkus zu testen wurden mehrere Messreihen über Nacht durchgeführt. Nach zwölf Stunden permanenten Messens war er immer noch zur Hälfte gefüllt. Dimmt man die Beleuchtung des Displays herunter, so kann man die maximale Betriebsdauer sicher noch optimieren, eventuell auch noch durch ein Verändern der Messrate. Schade ist, dass man das Netzteil nicht während des Betriebs des Multimeters angeschlossen lassen kann. Es ist einfacher, schlicht Messreihen via USB auf den PC zu übertra-

gen, als die komplette Fernsteuerung eines Messgeräts über USB, LAN oder GPIB (aber dafür ist eine Fernsteuerung natürlich flexibler). Leider scheint es auch auf der Webseite des Herstellers noch keine Beschreibung des PC-Tools als PDF zu geben.

Support

Ich hatte den Support von PeakTech kontaktiert, um die Spikes beim Range-Wechsel zu klären. Er antwortete innerhalb eines Tages, mitunter innerhalb von Minuten, auf meine Fragen. Der Fehler schien noch nicht bekannt zu sein.

Smartphone-Anbindung

Das Multimeter kann auch mit einem Smartphone unter Android oder iOS verbunden werden (**Bild 6**). Dies habe ich mit einer älteren Android-Version getestet, und es funktioniert. ◀

200242-01



4 Sale @ www.elektor.com

> **PeakTech Multimeter 3440**
www.elektor.de/peaktech-3440

Der Elektor Store

Nie teuer, immer überraschend!

Der Elektor Store hat sich vom Community-Store für Elektor-eigene Produkte wie Bücher, Zeitschriften, Bausätze und Module zu einem umfassenden Webshop entwickelt, der einen großen Wert auf überraschende Elektronik legt.

Wir bieten die Produkte an, von denen wir selbst begeistert sind oder die wir einfach ausprobieren wollen. Wenn Sie einen Produktvorschlag haben, sind wir hier erreichbar (sale@elektor.com).

Unsere Bedingungen:

Nie teuer, immer überraschend!

Unser Angebot des Monats



Elektor Raspberry Pi
Elektronik Kit

Preis: 129,95 €

Mitgliederpreis: 116,96 €

 www.elektor.de/19267



Picade Desktop Retro Arcade-
Automat für RPi (10" Display)

Preis: 259,00 €

Mitgliederpreis: 233,10 €

 www.elektor.de/19275

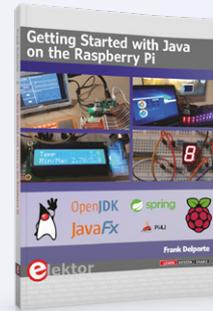


Raspberry Pi High Quality Kameramodul

Preis: 59,95 €

Mitgliederpreis: 53,95 €

www.elektor.de/19279



Getting Started with Java on the Raspberry Pi

Preis: 34,95 €

Mitgliederpreis: 31,46 €

www.elektor.de/19292



Qoitech Otii Arc – Netzteil, Power Meter und Datenerfassung

Preis: 639,00 €

Mitgliederpreis: 575,10 €

www.elektor.de/19270



Ringo – Edukatives DIY-Mobiltelefon-Kit

Preis: 144,95 €

Mitgliederpreis: 130,46 €

www.elektor.de/19269

Beiträge von:

Inserentenverzeichnis

Siglent 

Signalgeneratoren - die wichtigsten Parameter

Rohde & Schwarz 

E-Fahrzeuge: Handheld-Oszilloskop zur Fehlersuche

Mouser Electronics 

Auswahl des richtigen Multimeters

Würth Elektronik 

Funkreichweite abschätzen mit dem Range Estimator

Touchless Automation 

Der Aufstieg der kontaktlosen Manipulation

First Sensor AG 

Auswahl des passenden Drucksensors

Robert Bosch GmbH - Bosch Sensortec 

Barometrischer Drucksensor für Smartphones, Wearables und Hearables

InfraTec 

Große Temperaturbereiche gleichzeitig abbilden

Elektor 

Infografiken zu Mess- und Test-Equipment

Elektor 

Nüchtern betrachtet: 5G in der Industrieautomation

Elektor 

Q&A mit Nuri Özalp: Meta Smart Factory will das Produktionsmanagement revolutionieren

Elektor 

Q&A mit Massimiliano Bellino: Next Industries CEO über die Ziele seines Start-ups und neue Technologien

Elektor 

Das Elektor Investitionsprogramm

Elektor 

Review: PeakTech 3440 True Graphical Multimeter

Würth Elektronik 3

PEAK-System 9

Sensirion 13

PeakTech 23

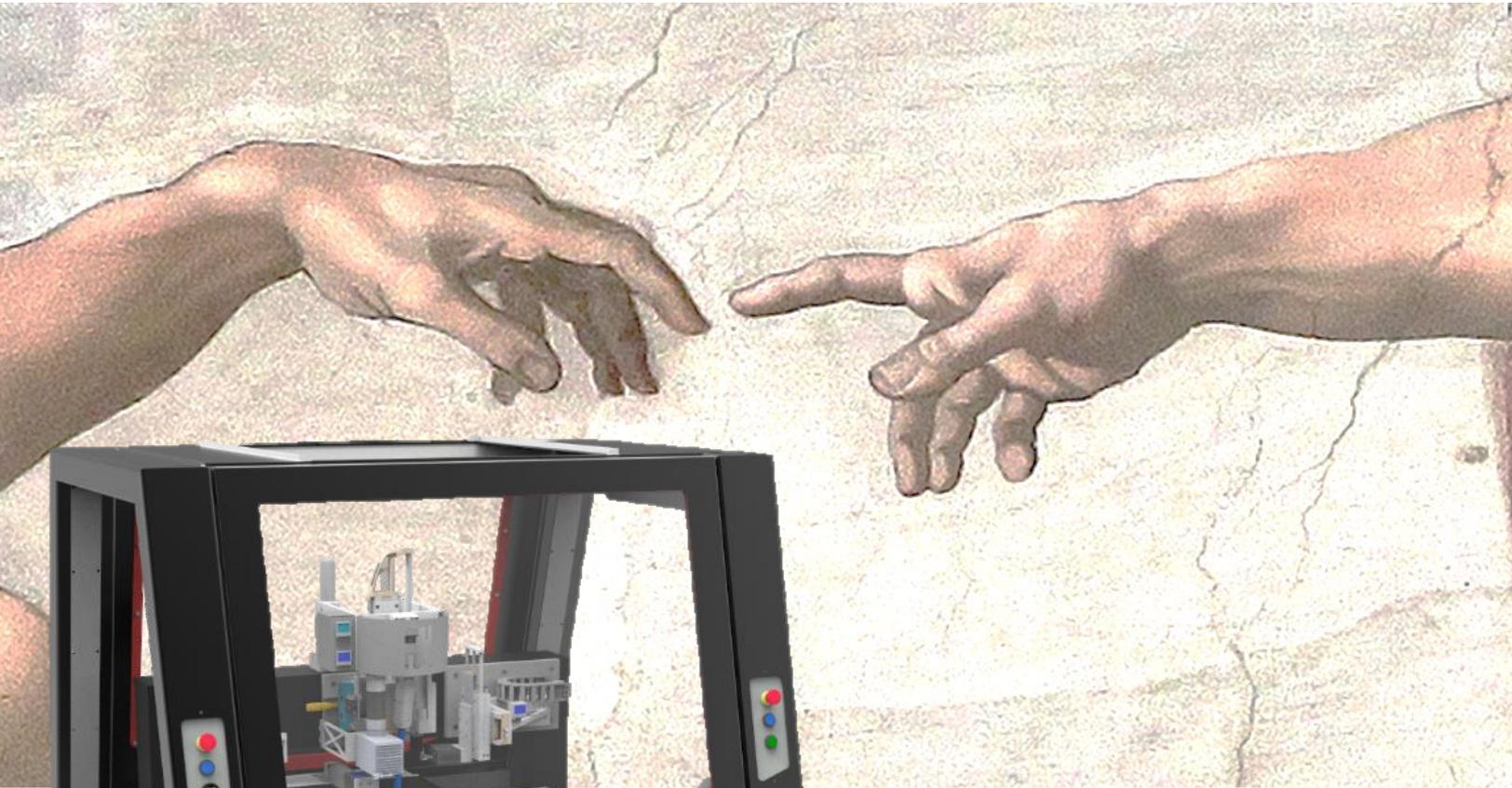
Touchless Automation 39



Nächste Ausgabe

Die Ausgabe 3/2020 des Magazins Elektor Industry beschäftigt sich mit den Herausforderungen, aber auch den Chancen der Corona-Krise für die Elektronikbranche. Hintergrundberichte und News zum Thema kommen von Unternehmen, Branchenspezialisten, Elektor-Redakteuren und freien Autoren.

Die Elektor Industry Ausgabe 3/2020 erscheint am 3. Juli 2020. Änderungen vorbehalten.



- ✓ Unique contactless technology
- ✓ Components of any material
- ✓ Automatic defect inspection

THE ONLY CONTACTLESS SORTING MACHINE



Input/Output

4", 6", 8", 12" input frame
6 waffle trays 4"
20 waffle trays 2"
2 Jedec trays

Die features

Min size: 0.5 mm
Max size: 10 mm
Min thickness: 100 µm
Any material

Placing precision

±5 µm
±1 degree theta

Throughput

600 UPH with die ejection
1000 UPH from tray
Final throughput depends on inspection requirements

Gewinnen Sie
75.000€

Marketing-Paket von
Elektor und einen Stand
auf der **electronica**

COMPETE TO
LAUNCH
YOUR STARTUP AT
ELECTRONICA
2020

Ist Ihr Elektronik-Start-up bereit die
Lösungen Ihres Unternehmens auf dem
globalen Markt zu präsentieren?

 **DANN BEWERBEN SIE SICH JETZT!**

Besuchen Sie elektormagazine.de/fastforward, um die
Regeln, Bedingungen und Konditionen zu lesen und Ihre
Bewerbung einzureichen. Viel Erfolg!

VORTEILE DER FINALISTEN:

- **Erster Preis = 75.000 €** Marketing-Paket von Elektor, plus
einen Stand auf der **electronica 2022**
- **Zweiter Preis = 50.000 €** Marketing-Paket von Elektor
- **Dritter Preis = 25.000 €** Marketing-Paket von Elektor
- Erhalten Sie einen **exklusiven, besonders preisgünstigen**
(nur 1.905 €!) Stand (5 m²) auf der **electronica 2020**
- Erhalten Sie **große Aufmerksamkeit** vor, während und nach
der **electronica 2020**. (10.-13.11.2020)



Sign up
here