

# Mixed-Domain-Oszilloskope

## Baureihe MDO4000C - Datenblatt



### Anpassbares und in vollem Umfang aktualisierbares integriertes Oszilloskop, das sechs Geräte in einem vereint, zur synchronisierten Anzeige von Analog-, Digital- und HF-Signalen

Das weltweit leistungsfähigste integrierte Oszilloskop mit sechs Geräten in einem enthält einen Spektrumanalysator, Arbiträrsignal-/Funktionsgenerator, Logikanalysator, Protokollanalysator sowie Digitalvoltmeter/Frequenzzähler. Die Baureihe MDO4000C bietet Ihnen die Leistungsfähigkeit, die sie zur schnellen und effizienten Lösung auch der kompliziertesten Probleme bei integrierten Schaltungen benötigen. Bei Ausstattung mit einem integrierten Spektrumanalysator ist es das einzige Gerät, mit dem Sie gleichzeitig und synchronisiert Analog-, Digital- und Spektrumsignale erfassen können. Dadurch eignet sich das Gerät ideal zur Einbindung von drahtloser Kommunikation (IoT) und zur Beseitigung von EMI-Fehlern. Sie können das MDO4000C durch Hinzufügen weiterer Geräte jetzt oder später ganz an Ihre Bedürfnisse anpassen und nach Bedarf aktualisieren.

### Die wichtigsten Leistungsdaten

- **1. Oszilloskop-Modelle**
  - mit 4 analogen Kanälen
  - 1 GHz, 500 MHz, 350 MHz, und 200 MHz Bandbreiten
  - Aufrüstbare Bandbreite (bis 1 GHz)
  - Abtastrate von bis zu 5 GS/s
  - 20 M Aufzeichnungslänge auf allen Kanälen
  - Maximale Signalerfassungsrate > 340,000 wfm/s
  - Passive Standard-Spannungstastköpfe mit einer kapazitiven Last von 3,9 pF und einer analogen Bandbreite von 1 GHz oder 500 MHz
- **2. Spektrumanalysator (Optional)**
  - Frequenzbereich von 9 kHz - 3 GHz oder 9 KHz - 6 GHz
  - Ultrabreite Erfassungsbandbreite  $\geq 1$  GHz
  - Zeitlich synchronisierte Erfassung des Spektrumanalysators mit analogen und digitalen Erfassungen
  - Frequenz-Zeit-Darstellung, Amplitude-Zeit-Darstellung und Phase-Zeit-Darstellung der Signale
- **3. Arbiträr-/Funktionsgenerator (optional)**
  - 13 vordefinierte Signaltypen
  - 50 MHz Signalgenerierung
  - 128.000 Punkte Aufzeichnungslänge Arbiträrgenerator
  - 250 MS/s Abtastrate Arbiträrgenerator
- **4. Logikanalysator (optional)**
  - 16 Digitalkanäle
  - 20 M Aufzeichnungslänge auf allen Kanälen
  - 60,6 ps zeitliche Auflösung
- **5. Protokollanalysator (optional)**
  - Unterstützung für serielle Busse wie I<sup>2</sup>C, SPI, RS-232/422/485/UART, USB 2.0, Ethernet, CAN, CAN FD, LIN, FlexRay, MIL-STD-1553, ARINC-429 sowie Audiostandards
- **6. Digitalvoltmeter/Frequenzzähler (kostenlos bei Produktregistrierung)**
  - 4-stellige ACeff-, DC- sowie AC+DCeff-Spannungsmessungen
  - 5-stellige Frequenzmessungen

				
	<b>MSO/DPO2000B</b>	<b>MDO3000</b>	<b>MDO4000C</b>	<b>MSO/DPO5000B</b>
<b>Beschreibung</b>	Erweiterte Fehlerbehebungsfunktionen zu einem erschwinglichen Preis	Integriertes Oszilloskop mit sechs Geräten in einem	Integriertes leistungsfähiges Oszilloskop, das sechs Geräte in einem vereint, zur synchronisierten Anzeige von Analog-, Digital- und Spektラルsignalen	Außergewöhnliche Signalempfindlichkeit mit erweiterter Analyse und Math-Funktionen
<b>Haupteinsatzgebiete</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung und Fehlerbereinigung</li> <li>Ausbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung und Fehlerbereinigung</li> <li>EMI-Fehlerbehebung</li> <li>Ausbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung und Fehlerbereinigung</li> <li>EMI-Fehlerbehebung</li> <li>Entwicklung und Integration von HF-Mehrzweckschaltungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erweiterte Schaltungsentwicklung und Fehlerbeseitigung</li> <li>USB- und Ethernet-Konformität</li> <li>Forschung</li> </ul>
<b>Analogbandbreite</b>	70 MHz, 100 MHz, 200 MHz	100 MHz, 200 MHz, 350 MHz, 500 MHz, 1 GHz	200 MHz, 350 MHz, 500 MHz, 1 GHz	350 MHz, 500 MHz, 1 GHz, 2 GHz
<b>Maximale Analogabtastrate</b>	1 GS/s	5 GS/s	5 GS/s	10 GS/s
<b>Analoge Kanäle</b>	2, 4	2, 4	4	4
<b>Aufzeichnungslänge</b>	1 Mio. Punkte	10 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	25 Mio. (optional) bis 125 Mio. Punkte
<b>Digitalkanäle</b>	(optional) 16	(optional) 16	(optional) 16	(optional) 16
<b>Spektrumanalysator kanal</b>	n/z	(Standard) 9 kHz - Analogbandbreite (optional) 9 kHz bis 3 GHz	(optional) 9 kHz bis 3 GHz, (optional) 9 kHz bis 6 GHz	n/z
<b>AFG</b>	n/z	(optional) bis 50 MHz mit 13 Funktionen und Erzeugung von Arbiträrsignalen	(optional) bis 50 MHz mit 13 Funktionen und Erzeugung von Arbiträrsignalen	n/z
<b>Analyse serieller Busse</b>	<b>Triggerung und Decodierung:</b> I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN	<b>Triggerung und Decodierung:</b> I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, CAN FD,LIN, FlexRay, USB2.0, MIL-STD-1553, ARINC-429, Audio	<b>Triggerung und Decodierung:</b> I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, CAN FD,LIN, FlexRay, USB2.0, Ethernet, MIL-STD-1553, ARINC-429, Audio	<b>Triggerung und Decodierung:</b> I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN, FlexRay, USB2.0, Ethernet, MIL-STD-1553 <b>Nur Decodierung:</b> USB-HSIC, MIPI D-PHY <b>Konformität:</b> BroadR-Reach, USB2.0, USB-PWR, Ethernet, MOST
<b>Erweiterte Analyse</b>		Leistung, Grenzwert/ Maskierung, Video	Leistung, Grenzwert/ Maskierung, Video, Spektrogramm, Vektorsignalanalyse	Leistung, Grenzwert/ Maskierung, Video, Vektorsignalanalyse, Jitter
<b>Standardtastköpfe</b>	100 MHz, 12 pF oder 200 MHz, 12 pF	250 MHz, 3,9 pF 500 MHz, 3,9 pF oder 1 GHz, 3,9 pF	500 MHz, 3,9 pF oder 1 GHz, 3,9 pF	500 MHz, 3,9 pF oder 1 GHz, 3,9 pF

## Typische Anwendungsgebiete

- **Entwicklung integrierter Schaltungen**

Bei integrierten Systemen mit gemischten Signalen, zu denen die heute am häufigsten eingesetzten seriellen Busse und Drahtlos-Technologien gehören, können Sie durch die Fehlersuche auf der Systemebene Probleme schnell erkennen und lösen.

- **Netzteilentwicklung**

Durch automatisierte Messungen der Stromversorgungsqualität, Schaltverluste, Oberwellen, Welligkeit, Modulation und des sicheren Betriebsbereichs können Sie mithilfe der umfangreichsten Auswahl an Stromversorgungstastköpfen zu einem erschwinglichen Preis zuverlässige und wiederholbare Messungen von Spannung, Strom und Leistung durchführen.

- **Beseitigung von EMI-Fehlern**

In einem integrierten System können Sie schnell die Ursache elektromagnetischer Störungen finden, indem Sie im Zeitbereich die Signale ermitteln, die unerwünschte elektromagnetische Störungen verursachen. Sie können in Echtzeit die Auswirkungen beobachten, die Signale im Zeitbereich auf die elektromagnetischen Emissionen eines Systems haben.

- **Fehlersuche an Drahtlose-Schaltungen**

Gleichgültig, ob es sich um Bluetooth, 802.11 WiFi, ZigBee oder eine andere Drahtlos-Technologie handelt, mit dem MDO4000C machen Sie zeitlich synchronisiert das gesamte System sichtbar, den Analog-, Digital- und HF-Teil, sodass Sie sich ein wirkliches Bild vom Systemverhalten machen können. Sie können mit einer einzigen Erfassung eine sehr große Bandbreite darstellen, sodass Sie sich einen Einblick in die Wechselwirkungen zwischen mehreren Drahtlos-Technologien verschaffen können. Oder Sie zeigen einen ganzen Breitbandfrequenzbereich einer aktuellen Norm wie z. B. 802.11/ad an.

- **Ausbildung und Schulung**

Der Umgang mit mehreren Messgeräten am Arbeitsplatz kann mühevoll sein. Durch die Integration mehrerer Geräte in einem einzigen müssen Sie beim MDO4000C nicht mehr mit mehreren Geräten hantieren. Der integrierte Spektrumanalysator ermöglicht die Durchführung anspruchsvoller Schulungskurse über die neueste Drahtlos-Technologie und senkt gleichzeitig den erforderlichen Investitionsaufwand auf ein Minimum. Die umfassende Erweiterbarkeit ermöglicht die Nachrüstung von Funktionen im Laufe der Zeit, wenn sich Ihre Bedürfnisse ändern oder das Budget es zulässt.

- **Tests und Fehlersuche während der Fertigung**

Platzbedarf und verfügbarer Platz stehen bei Produktionsanlagen oftmals im Widerspruch zueinander. Das einzigartige MDO4000C mit sechs Geräten in einem benötigt nur einen minimalen Platz im Gestellrahmen oder auf dem Arbeitstisch, da mehrere Geräte in einem kompakten Gerät enthalten sind. Durch die Integration verringern sich die Kosten, die mit der Nutzung mehrerer unterschiedlicher Geräte bei Prüf- und Fehlersuchstationen in der Fertigung verbunden sind.

## 1 - Oszilloskop

Kernstück der Baureihe MDO4000C ist ein erstklassiges Oszilloskop mit umfassenden Werkzeugen, die jede Phase des Debugging-Prozesses beschleunigen, vom schnellen Erkennen und Erfassen von Anomalien bis zum Durchsuchen der Signalaufzeichnung nach zu untersuchenden Ereignissen und Analysieren ihrer Eigenschaften und des Geräteverhaltens.

### Digital-Phosphor-Technologie mit FastAcq® zur schnellen Signalerfassung

– Voraussetzung für die Behebung eines Designproblems ist seine Erkennung. Entwicklungsingenieure verwenden viel Zeit auf die Problemsuche in ihren Designs. Ohne die richtigen Werkzeuge zur Fehlerbereinigung ist diese Aufgabe zeitaufwendig und oft auch frustrierend.

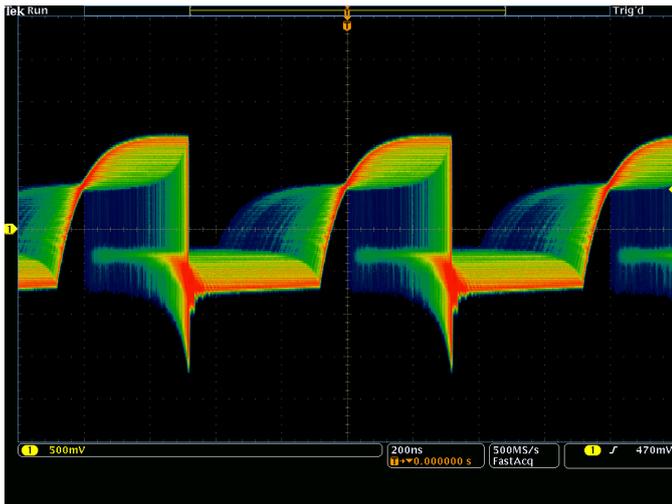
Dank der Digital-Phosphor-Technologie mit FastAcq können Sie sich einen schnellen Einblick in die reale Funktionsweise Ihres Prüflings verschaffen. Die schnelle Signalerfassungsrate von mehr als 340.000 Signalen pro Sekunde gewährleistet mit hoher Wahrscheinlichkeit, dass die in digitalen Systemen auftretenden Probleme schnell erkannt werden können: Runt-Impulse, Glitches, Timing-Probleme usw.

Um die Sichtbarkeit von selten auftretenden Ereignissen weiter zu verbessern, wird Helligkeitsmodulation verwendet, um anzugeben, wie häufig seltene Transienten relativ zu normalen Signaleigenschaften auftreten. Im FastAcq-Erfassungsmodus sind vier Signal-Paletten verfügbar.

- Bei der *Palette Temperatur* wird mithilfe von Farbabstufungen die Häufigkeit des Auftretens angegeben, und zwar häufig auftretende Ereignisse mit warmen Farben wie rot/gelb, und selten auftretende Ereignisse mit kalten Farben wie blau/grün.
- Bei der *Palette Spektral* wird mithilfe von Farbabstufungen die Häufigkeit des Auftretens angegeben, und zwar häufig auftretende Ereignisse mit kalten Farben wie blau, und selten auftretende Ereignisse mit warmen Farben wie rot.
- Bei der *Palette Normal* wird mithilfe der Standardkanalfarbe (wie gelb für Kanal 1) zusammen mit Graustufen die Häufigkeit des Auftretens angegeben, und zwar werden häufig auftretende Ereignisse hell angezeigt.
- Bei der *Palette Invertiert* wird mithilfe der Standardkanalfarbe zusammen mit Graustufen die Häufigkeit des Auftretens angegeben, und zwar werden selten auftretende Ereignisse hell angezeigt.

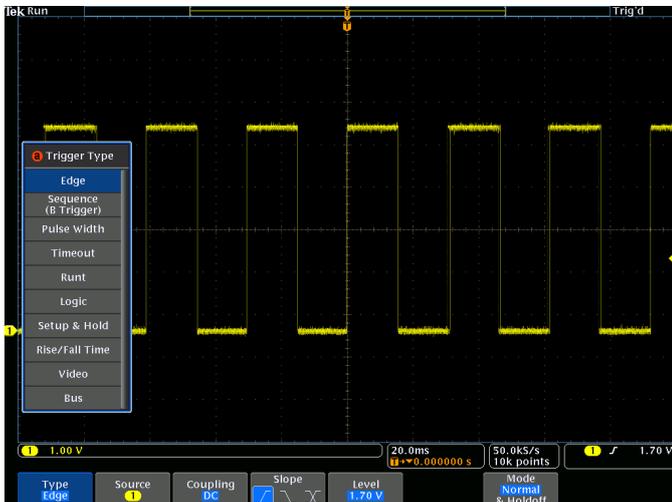
Durch diese Farbpaletten werden Ereignisse, die im zeitlichen Verlauf häufiger, oder im Fall von seltenen Anomalien, weniger häufig auftreten, auf schnelle Weise hervorgehoben.

Optionen zwischen unendlicher oder variabler Nachleuchtdauer bestimmen, wie lange Signale auf dem Bildschirm angezeigt werden. Dadurch können Sie leichter bestimmen, wie häufig eine Anomalie auftritt.



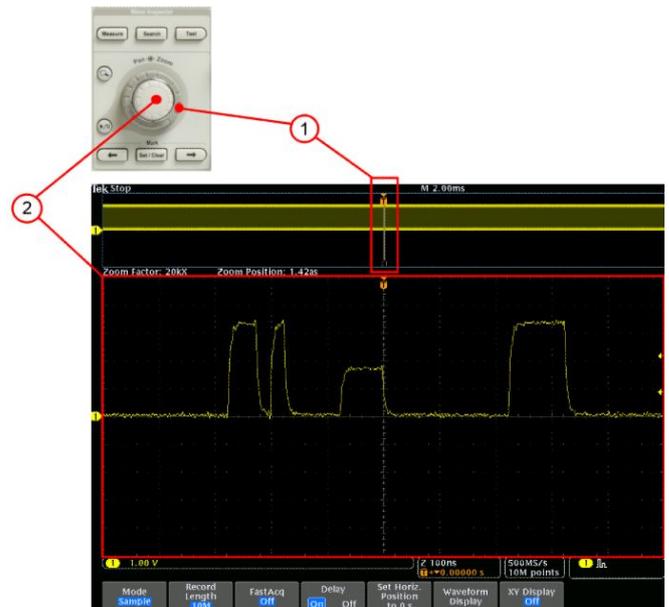
Die Digital-Phosphor-Technologie ermöglicht eine Signalerfassungsrate von über 340.000 wfm/s sowie Intensitätsabstufung in Echtzeit.

**Triggerung** – Das Erkennen eines Gerätefehlers ist nur der erste Schritt. Zur Ursachenermittlung muss anschließend das Ereignis erfasst werden. Hierfür enthält das MDO4000C über 125 Trigger-Kombinationen, die einen kompletten Satz von Triggern bieten – einschließlich Runt-, Logik-, Impulsbreiten-/Glitch-Trigger, Trigger auf Setup/Hold-Verletzung, serielle Pakete und parallele Daten – sodass Sie das Ereignis schnell finden können. Und bei einer Aufzeichnungslänge von 20 Mio. Punkten lassen sich viele Ereignisse, sogar tausende serielle Paketen, in einem einzigen Vorgang zur weiteren Analyse erfassen, wobei gleichzeitig die zur vergrößerten Darstellung von speziellen Signaldetails erforderliche hohe Auflösung beibehalten wird und verlässliche Messwerte aufgezeichnet werden.



Über 125 Trigger-Kombinationen machen das Erfassen eines zu untersuchenden Ereignisses einfach.

**Navigation und automatische Suche mit Wave Inspector®** – Bei großen Aufzeichnungslängen kann eine einzelne Erfassung Tausende von Bildschirmen mit Signaldaten umfassen. Mit Wave Inspector®, dem branchenweit besten Tool für Navigation und automatische Suche, finden Sie relevante Ereignisse in Sekundenschnelle.



Die Wave Inspector-Bedienelemente sorgen für eine hervorragende Effizienz beim Anzeigen, Navigieren und Analysieren von Signaldaten. Mithilfe des äußeren Drehrings (1) lassen sich lange Aufzeichnungen schnell durchsuchen. Finden Sie Details, indem Sie in Sekundenschnelle von einem Ende zum anderen gelangen. Sie möchten eine bestimmte Stelle detaillierter anzeigen? Dann betätigen Sie einfach den inneren Drehknopf (2).

**Zoom/Verschieben** – Ein spezielles zweiteiliges Drehbedienelement auf dem Frontpaneel ermöglicht die intuitive Steuerung der Zoom- und Verschiebungsfunktion. Mit dem inneren Drehknopf wird der Zoomfaktor (oder die Zoomskalierung) eingestellt. Durch Drehen nach rechts wird die Zoomfunktion aktiviert und der Zoomfaktor stufenweise erhöht. Durch Drehen nach links wird der Zoomfaktor verringert und die Zoomfunktion schließlich vollständig deaktiviert. Zur Einstellung der Zoomansicht ist es nicht mehr erforderlich, durch mehrere Menüs zu navigieren. Mit dem äußeren Drehring wird das Zoomfeld über das Signal geschoben, damit der Signalbereich, der untersucht werden soll, schnell angesteuert werden kann. Dank Force-Feedback lässt sich über den äußeren Drehring auch die Verschiebungsgeschwindigkeit für das Signal steuern. Je weiter der äußere Drehring gedreht wird, desto schneller bewegt sich das Zoomfeld. Die Verschiebungsrichtung wird einfach durch Drehen des Drehrings in die andere Richtung geändert.

**Benutzerdefinierte Marker** – Drücken Sie auf dem Frontpaneel die Taste **Marker setzen**, um auf dem Signal eine oder mehrere Marker zu setzen. Zum Navigieren zwischen den Markern drücken Sie einfach die Tasten **Rückwärts** (←) und **Vorwärts** (→) auf dem Frontpaneel.

**Suchmarkierungen** – Mit der Taste **Suchen** lassen sich große Erfassungsmengen automatisch nach benutzerdefinierten Ereignissen durchsuchen. Alle Vorkommen des Ereignisses werden durch Suchmarkierungen hervorgehoben und können mithilfe der Tasten **Zurück** (←) und **Weiter** (→) auf dem Bedienfeld angesteuert werden. Zu den Suchtypen gehören Flanke, Impulsbreite/Glitch, Timeout, Runt, Logik, Setup/Hold, Anstiegszeit/Abfallzeit, Parallelbus und Paketinhalte bei I<sup>2</sup>C, SPI, RS-232/422/485/UART, USB 2.0, Ethernet, CAN, CAN FD, LIN, FlexRay, MIL-STD-1553, ARINC-429 und I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM. Eine Tabelle mit Suchmarkierungen bietet eine Tabellenansicht der Ereignisse, die bei der automatischen Suche gefunden wurden. Jedes Ereignis wird mit einer Zeitmarke angezeigt und erleichtert dadurch die Messung von Zeitunterschieden zwischen den Nachrichten.



Suchen Schritt 1: Definieren Sie, wonach gesucht werden soll.



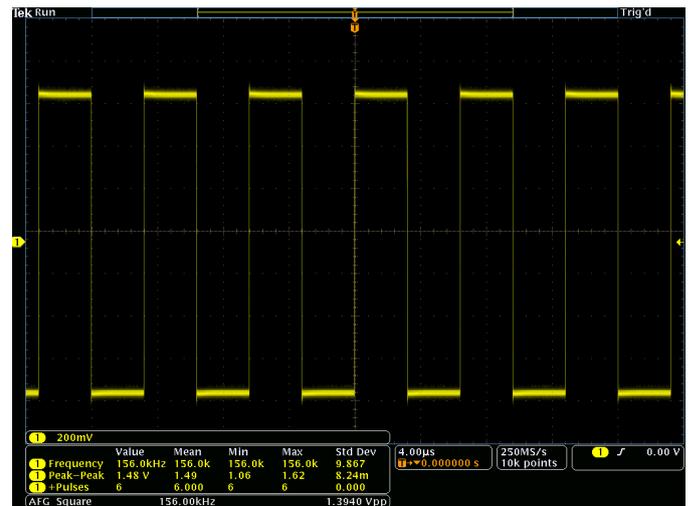
Suchen Schritt 2: Wave Inspector durchsucht automatisch die Aufzeichnung und markiert jedes Ereignis mit einem leeren, weißen Dreieck. Mit den Zurück- und Weiter-Schaltflächen gelangen Sie von einem Ereignis zum nächsten.



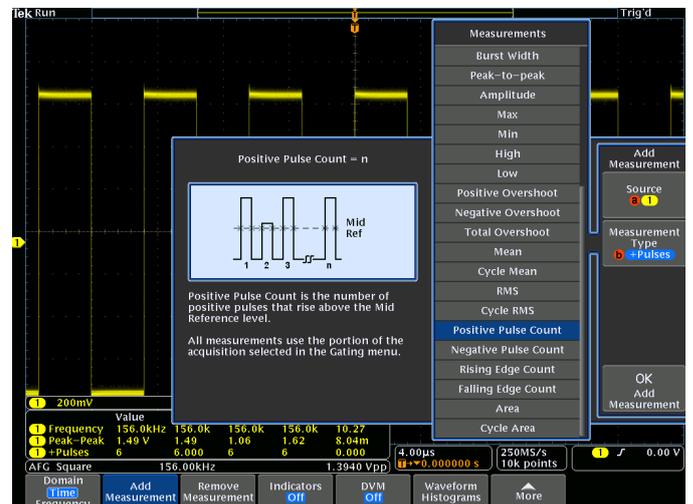
Suchen Schritt 3: Die Tabelle mit Suchmarkierungen bietet eine Tabellenansicht der bei der automatischen Suche gefundenen Ereignisse. Jedes Ereignis wird mit einer Zeitmarke angezeigt und erleichtert dadurch die Messung von Zeitunterschieden zwischen den Nachrichten.

**Signalanalyse** – Um sicherzustellen, dass die Leistung eines Prototyps den Simulationen entspricht und die Projektziele erfüllt, muss das Verhalten des Prototyps analysiert werden. Die erforderlichen Aufgaben können von der einfachen Überprüfung von Anstiegszeiten und Pulsbreiten bis zur komplexen Analyse von Leistungsverlusten und zur Untersuchung von Rauschquellen reichen.

Das Oszilloskop bietet einen umfassenden Satz von integrierten Analysetools, wie z. B. signal- und bildschirmbasierte Cursor, automatische Messungen, erweiterte mathematische Signalberechnungsfunktionen, einschließlich der Eingabe von beliebigen Gleichungen, FFT-Analyse, Signalhistogramme und Trenddarstellungen zur visuellen Bestimmung der zeitabhängigen Änderungen eines Messwerts.



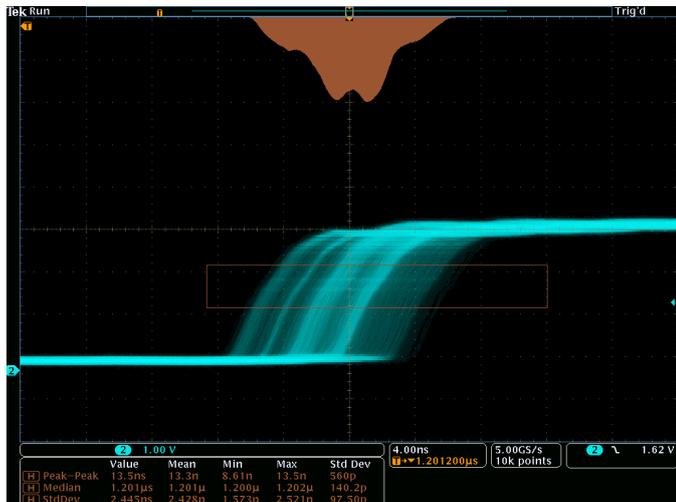
Automatische Messwertanzeigen ermöglichen wiederholbare, statistische Ansichten von Signaleigenschaften.



Zu jeder Messung gibt es einen Hilfetext und Grafiken, die erläutern, wie die Messung durchgeführt wird.

Signalhistogramme veranschaulichen, wie Signale in Abhängigkeit von der Zeit variieren. Horizontale Signalhistogramme sind besonders hilfreich, um Einblick darüber zu gewinnen, wie viel Jitter ein Taktsignal aufweist und wie dieser Jitter verteilt ist. Vertikale Histogramme sind besonders hilfreich, um Einblick darüber zu gewinnen, wie viel Rauschen ein Signal aufweist und wie dieses Rauschen verteilt ist.

Messungen in einem Signalhistogramm liefern analytische Informationen über die Verteilung eines Signalhistogramms und ermöglichen dadurch den Einblick in die Breite einer Verteilung, den Grad der Standardabweichung, den Mittelwert usw.



Signalhistogramm einer ansteigenden Flanke mit Verteilung der Flankenposition (Jitter) im Zeitverlauf. Darin enthalten sind numerische Messwerte zu den Daten im Signalhistogramm.

**Videogestaltung und -entwicklung (optional)** – Viele Videoingenieure sind den analogen Oszilloskopen treu geblieben, weil sie davon überzeugt sind, dass nur anhand der Helligkeitsmodulationen einer Analoganzeige bestimmte Videosignaldetails erkannt werden können. Die hohe Signalerfassungsrate liefert in Verbindung mit der intensitätsabgestuften Signaldarstellung eine ebenso informationsreiche Ansicht wie ein analoges Oszilloskop, jedoch mit viel mehr Einzelheiten und mit allen Vorzügen digitaler Oszilloskope.

Standardfunktionen, wie IRE- und mV-Raster, Bild-Holdoff-Funktion, Videopolarität und eine intelligente Autoset-Funktion zur Erkennung von Videosignalen machen diese zu den anwenderfreundlichsten Oszilloskopen auf dem Markt für Videoanwendungen. Und mit einer hohen Bandbreite und vier analogen Eingängen bietet das Oszilloskop eine hervorragende Leistung für analoge und digitale Videoanwendungen.

Die Videofunktionen lassen sich mit einem optionalen Videoanwendungsmodul zusätzlich erweitern, das die branchenweit umfassendste Auswahl an HDTV und anwenderdefinierten (nicht standardmäßigen) Video-Triggern sowie einen Videobild-Modus bietet, der es Ihnen ermöglicht, das Bild des angezeigten Videosignals zu sehen – für NTSC- und PAL-Signale. Die optionale Video-Analysefunktion ist während eines Testzeitraums von 30 Tagen kostenlos nutzbar. Dieser automatische Testzeitraum beginnt automatisch beim Einschalten des Gerätes.



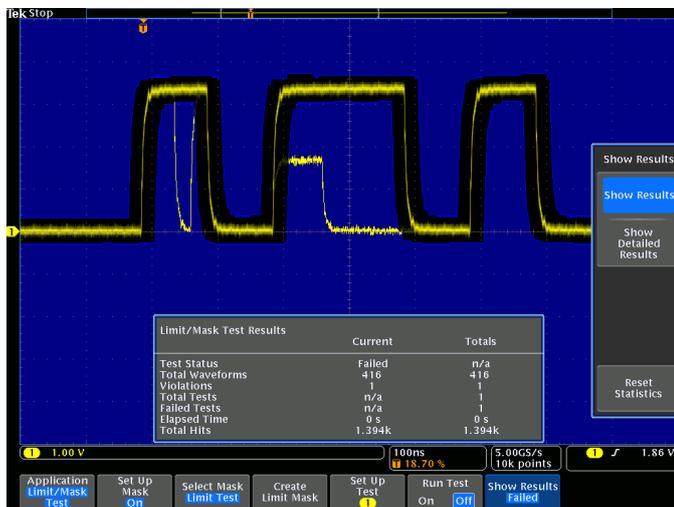
Anzeigen von NTSC-Videosignalen. Der Videobild-Modus verfügt über automatische Kontrast- und Helligkeitseinstellungen sowie manuelle Bedienelemente.

**Leistungsanalyse (optional)** – Aufgrund der stetig steigenden Nachfrage nach Geräten mit längerer Akkulebensdauer und umweltfreundlichen Lösungen, die einen geringeren Energiebedarf haben, müssen Entwickler zur Steigerung der Effizienz Schaltverluste in dem Netzteil charakterisieren und verringern. Darüber hinaus müssen die Leistungsschwankungen im Stromnetz, die spektrale Reinheit des Ausgangs-, Rückführungs- und Netzbelastung durch Oberwellen in Übereinstimmung mit nationalen und regionalen Standards für die Stromqualität gemessen werden. In der Vergangenheit waren diese und viele andere Leistungsmessungen auf dem Oszilloskop ein zeitaufwendiger und mühsamer Vorgang, der manuell durchgeführt wurde. Die optionalen Leistungsanalysetools erleichtern diese Aufgaben erheblich und ermöglichen eine schnelle und genaue Analyse von Leistungsqualität, Schaltverlusten, Oberwellen, sicherem Betriebsbereich (SBB), Modulation, Restwelligkeit und Anstiegs-/Abfallrate (di/dt, dv/dt). Die Tools zur Leistungsanalyse sind vollständig in das Oszilloskop integriert und erstellen auf Tastendruck automatische, wiederholbare Leistungsmessungen, ohne dass ein externer PC oder eine komplizierte Softwarekonfiguration erforderlich ist. Die optionale Leistungsanalysefunktion ist während eines Testzeitraums von 30 Tagen kostenlos nutzbar. Dieser automatische Testzeitraum beginnt automatisch beim Einschalten des Gerätes.



Messungen der Netzqualität Automatische Leistungsmessungen ermöglichen die schnelle und genaue Analyse von wichtigen Leistungsparametern.

**Grenzwert-/Maskentest (optional)** – Eine gängige Aufgabe während des Entwicklungsprozesses ist die Charakterisierung des Verhaltens eines bestimmten Signals in einem System. Eine Methode, der so genannte Grenzwerttest, besteht darin, ein geprüftes Signal mit einer guten oder „idealen“ Version des Signals unter Verwendung von benutzerdefinierten horizontalen und vertikalen Toleranzen zu vergleichen. Eine andere gängige Methode ist die Maskenprüfung, bei der ein geprüftes Signal mit einer Maske verglichen wird, um zu ermitteln, wo das zu prüfende Signal von der Maske abweicht. Die Baureihe MDO4000C bietet sowohl Grenzwert- als auch Maskentests, die beide für die langfristige Signalüberwachung, die Charakterisierung von Signalen während der Schaltungsentwicklung oder die Prüfung im Produktionsbereich geeignet sind. Für Konformitätstests wird eine breite Palette von Telekommunikations- und Computerstandards bereitgestellt. Darüber hinaus können benutzerdefinierte Masken erstellt und für die Signalcharakterisierung verwendet werden. Sie können eine Prüfung nach Ihren speziellen Anforderungen erstellen, indem Sie die Prüfdauer durch eine Anzahl von Signalen oder eine Zeitangabe definieren, einen Verletzungsgrenzwert festlegen, der erreicht werden muss, bevor die Prüfung als nicht bestanden gilt. Außerdem können Sie Treffer zählen und zusammen mit statistischen Daten sammeln, und Aktionen festlegen, die bei Verletzungen, Prüfungsfehlern und abgeschlossener Prüfung durchgeführt werden sollen. Gleichgültig, ob Sie eine Maske mit einem bekannten guten Signal oder mit einer benutzerdefinierten Maske oder einer Standardmaske festlegen: Die Durchführung von Pass-Fail-Prüfungen bei der Suche nach Signalanomalien, wie z. B. Glitches, war noch nie so einfach. Die optionale Grenzwert/Maske-Funktion ist während eines Testzeitraums von 30 Tagen kostenlos nutzbar. Dieser automatische Testzeitraum beginnt automatisch beim Einschalten des Gerätes.



Grenzwerttest mit einer Maske, die mit einem idealen Signal generiert wurde und mit einem Echtzeit-Signal verglichen wurde. Ergebnisse, welche statistische Informationen über den Test anzeigen.

## 2 - Spektrumanalysator (optional)

**Schnelle und genaue Spektralanalyse** – Wenn der optionale Spektrumanalysatoreingang allein verwendet wird, wird die Frequenzbereichsanzeige auf dem Display des MDO4000C als Vollbild angezeigt.

Wichtige Spektralparameter, wie Mittenfrequenz, Hub, Referenzpegel und Auflösungsbandbreite, können über die speziellen Menüs und Tasten auf dem Frontpaneel schnell und einfach eingestellt werden.



Frequenzbereichsanzeige des MDO4000C.

**Intelligente effiziente Markierungen** – In einem herkömmlichen Spektrumanalysator kann es sehr mühsam sein, ausreichend Marker zu aktivieren und zu platzieren, um alle relevanten Peak-Werte zu identifizieren. Die Baureihe MDO4000C macht diesen Prozess wesentlich effizienter, indem an Spitzenwerten automatisch Markierungen platziert werden, die sowohl die Frequenz als auch die Amplitude jedes einzelnen Spitzenwertes kennzeichnen. Sie können die Kriterien anpassen, die das Oszilloskop für die automatische Suche nach den Peak-Werten verwendet.

Der Peak-Wert der höchsten Amplitude wird als Referenzmarkierung bezeichnet und rot dargestellt. Markerwerte können absolut oder relativ dargestellt werden. Bei relativer Darstellung werden die Amplituden- und Frequenzdifferenzen jedes Peak-Wertes im Vergleich zum Referenzmarker angezeigt.

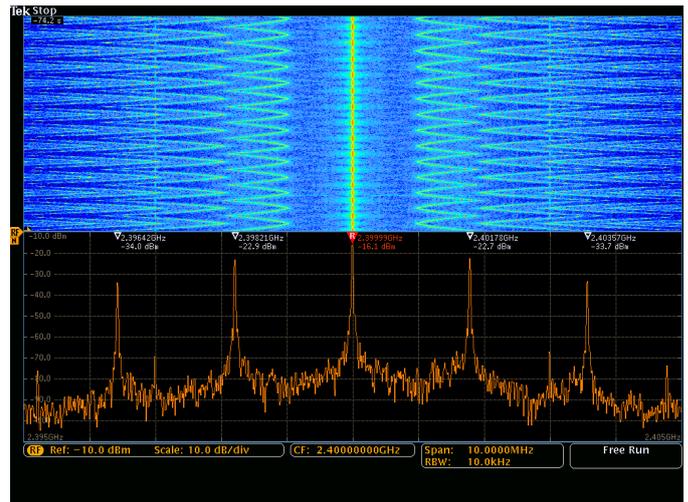
Zwei manuelle Marker für Messungen ausserhalb spektraler Peaks sind ebenfalls verfügbar. Bei Aktivierung wird die Referenzmarkierung einem der manuellen Marker zugeordnet, sodass Delta-Messungen an jeder beliebigen Stelle im Spektrum möglich sind. Außer der Frequenz und Amplitude umfassen die in den manuellen Marker angezeigten Messungen auch Rauschdichte und Phasenrauschen, je nachdem, ob „Absolute“- oder „Delta“(relativ)-Anzeige ausgewählt wird. Mit der Funktion „Reference Marker to Center“ (Referenzmarkierung zur Mitte) kann die von der Referenzmarkierung angegebene Frequenz sofort zur Mittenfrequenz verschoben werden.



Automatisierte Peak-Marker kennzeichnen wichtige Informationen, sodass sie auf einen Blick erkennbar sind. Wie hier dargestellt, werden die fünf größten Amplituden-Peaks, welche die Schwellwert- und Abweichungskriterien erfüllen, zusammen mit der Peak-Frequenz und -amplitude automatisch markiert.

**Spektrogramm** – Die Baureihe MDO4000C mit der Option SA3 oder SA6 enthält eine Spektrogrammanzeige, die hervorragend zur Überwachung von sich langsam verändernden HF-Phänomenen geeignet ist. Die x-Achse stellt die Frequenz dar – wie bei einer typischen Spektrumanzeige. Die y-Achse stellt jedoch die Zeit dar, und die Amplitude wird farblich dargestellt.

Spektrogrammlinien werden generiert, indem jedes Spektrum an seiner Kante nach oben gedreht wird, so dass es eine Pixel-Zeile groß ist. Anschließend werden jedem Pixel Farben basierend auf der Amplitude bei dieser Frequenz zugewiesen. Kalte Farben (blau, grün) stellen eine niedrigere Amplitude dar, warme Farben (gelb, rot) eine höhere Amplitude. Mit jeder neuen Erfassung wird eine weitere Linie unten am Spektrogramm hinzugefügt und der bisherige Verlauf eine Zeile nach oben verschoben. Werden die Erfassungen angehalten, können Sie nach unten durch das Spektrogramm scrollen und sich jedes einzelne Spektrum anschauen.

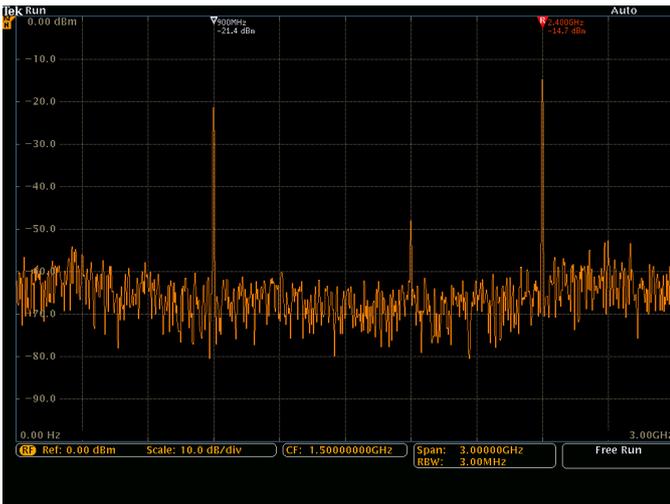


Die Spektrogrammanzeige zeigt sich langsam verändernde HF-Phänomene. In der hier dargestellten Anzeige wird ein Signal mit mehreren Peaks überwacht. Dabei lassen sich die zeitabhängigen Änderungen von Peak-Frequenz und -Amplitude in der Spektrogrammanzeige leicht erkennen.

**Sehr große Erfassungsbandbreite** – Heutige Drahtlostechnologien variieren erheblich im Zeitverlauf; sie verwenden komplexe digitale Modulationsschemata und häufig auch Signalbursts zur Übertragung. Diese Modulationsschemata können auch eine sehr große Bandbreite haben. Herkömmliche gewobbelte Spektrumanalysatoren können diese Signaltypen nicht erkennen, da sie zu einem gegebenen Zeitpunkt immer nur einen kleinen Teil des Spektrums betrachten können.

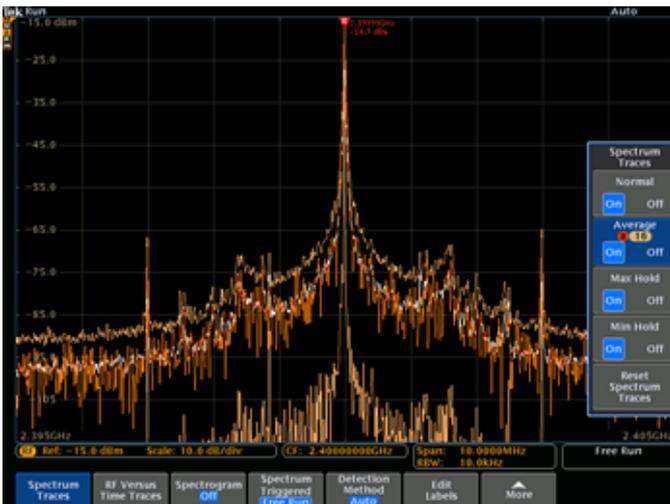
Der in einer einzigen Erfassung aufgenommene spektrale Bereich wird als Erfassungsbandbreite bezeichnet. Herkömmliche Spektrumanalysatoren durchlaufen den gewünschten Frequenzhub entweder wobbelnd oder schrittweise mit der relativ geringen Erfassungsbandbreite, um das erwünschte Abbild des Spektrums zu erstellen. Im Ergebnis kann es sein, dass während der Spektrumanalyse einen Bereich des Spektrums erfasst, das für Sie relevante Ereignisse möglicherweise in einem anderen Bereich des Spektrums stattfindet. Die meisten Spektrumanalysatoren auf dem Markt haben 10 MHz-Erfassungsbandbreiten, teilweise mit teuren Optionen, um diese auf 20, 40 oder sogar 160 MHz zu erweitern.

Um den Bandbreitenanforderungen moderner HF-Technik gerecht zu werden, bietet die Baureihe MDO4000C-Serie eine Erfassungsbandbreite von  $\geq 1$  GHz. Bei Span-Einstellungen von 1 GHz oder niedriger, ist kein Wobbeln der Anzeige erforderlich. Das Spektrum wird über eine einzige Erfassung generiert, so dass die gewünschten Ereignisse im Frequenzbereich garantiert sichtbar sind. Und da der integrierte Spektrumanalysator einen speziellen HF-Eingang aufweist, ist der Bandbreitenverlauf bis 3 GHz oder 6 GHz flach, im Gegensatz zum Absinken auf 3 dB bei Nennbandbreite des Eingangskanals bei einer Oszilloskop-FFT.



Spektralanzeige von gleichzeitig erfassten Zigbee-Bursts (900MHz) am Eingang und Bluetooth-Bursts (2,4GHz) am Ausgang eines Chips.

**Anzeigetypen** – Der Spektrumanalysator der Baureihe MDO4000C bietet vier verschiedene Kurven bzw. Ansichten: Normal, Mittelwert, Max-Hold und Min-Hold. Sie können die für jeden Kurventyp verwendete Erkennungsmethode separat einstellen oder den Standardmodus „Auto“ beibehalten, in dem der Detektortyp für die aktuelle Konfiguration optimal eingestellt wird. Detektortypen beinhalten +Peak, -Peak, Mittelwert und Sample.



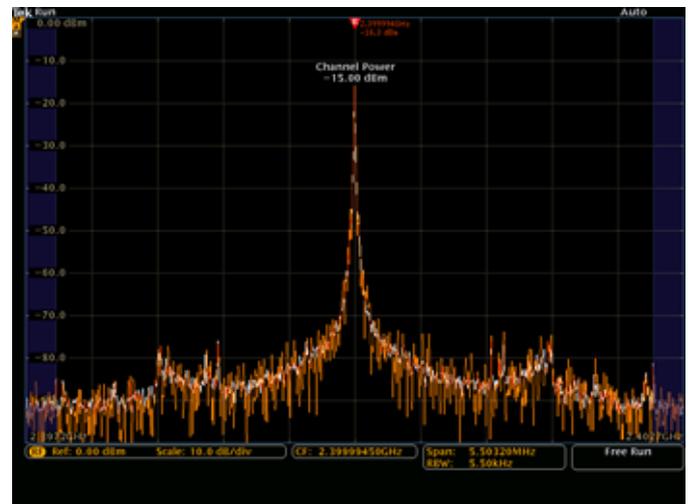
Anzeigetypen: Normal, Mittelwert, Max-Hold und Min-Hold

**Getriggter Modus oder Freilaufmodus** – Wenn der Zeit- und der Frequenzbereich angezeigt werden, wird das angezeigte Spektrum immer durch das System-Triggerereignis getriggert und ist mit den aktiven Zeitbereichssignalen zeitsynchronisiert. Wenn jedoch nur der Frequenzbereich angezeigt wird, kann der Spektrumanalysator in den Freilaufmodus versetzt werden. Dies ist nützlich, wenn die Frequenzbereichsdaten fortlaufend sind und sich nicht auf Ereignisse beziehen, die im Zeitbereich auftreten.

**Leistungsfähiges Triggern auf Analog-, Digital- und Spektrumanalysatorkanälen** – Um dem zeitvarianten Charakter moderner HF-Anwendungen zu entsprechen, bietet die Baureihe MDO4000C ein getriggertes Erfassungssystem, das vollständig in die Analog-, Digital- und Spektrumanalysatorkanäle integriert ist. Dies bedeutet, dass durch ein einzelnes Triggerereignis die Erfassung über alle Kanäle koordiniert wird. Dadurch können Sie ein Spektrum genau zu dem Zeitpunkt erfassen, an dem ein relevantes Ereignis im Zeitbereich auftritt. Ein umfassender Satz von Zeitbereichs-Triggerern ist verfügbar: Flanke, Sequenz, Impulsbreite, Timeout, Runt, Logik, Setup/Hold-Verletzung, Anstiegszeit/Abfallzeit, Video und eine Reihe von parallelen und seriellen Buspaket-Triggerern. Darüber hinaus können Sie auf den Leistungspegel des Spektrumanalysatoreingangs triggern. Beispielsweise können Sie auf den Ein- bzw. Ausschaltvorgang Ihres HF-Senders triggern.

Das optionale Anwendungsmodul MDO4TRIG erweitert die HF-Triggermöglichkeiten. Dieses Modul ermöglicht die Verwendung des HF-Leistungspegels am Spektrumanalysator als Quelle für Sequenz-, Impulsbreiten-, Timeout-, Runt- und Logik-Triggerarten. Sie können beispielsweise auf einen HF-Impuls einer bestimmten Länge triggern oder den Spektrumanalysator als Eingang für einen Logik-Trigger verwenden. Das Oszilloskop kann dann nur triggern, wenn der HF-Kanal eingeschaltet ist, während andere Signale aktiv sind.

**RF-Messungen** – Die Baureihe MDO4000C bietet drei automatische HF-Messungen: Kanalleistung, Nachbarkanalleistung (ACPR) und belegte Bandbreite (OBW). Wenn eine dieser HF-Messungen aktiviert wird, aktiviert das Oszilloskop automatisch die Spektrumkurve „Average“ (Mittelwert) und stellt für die Erkennungsmethode „Average“ (Mittelwert) ein, um optimale Messergebnisse zu erhalten.



Automatische Kanalleistungsmessung

**Beseitigung von EMI-Fehlern** – EMV-Tests sind stets mit hohen Kosten verbunden – egal, ob Sie die Tests mit einem selbst erworbenen Gerät im eigenen Hause durchführen oder eine externe Prüfstelle mit der Zertifizierung Ihres Produkts beauftragen. Das gilt sogar, wenn Ihr Produkt den Test gleich beim ersten Versuch besteht. Muss es der Einrichtung erneut für weitere Tests vorgestellt werden, können die Kosten leicht explodieren und Ihr Projektabschluss in weite Ferne rücken. Wenn Sie die Ausgaben auf ein Minimum beschränken möchten, sollten Sie den Schwerpunkt auf die frühzeitige Erkennung und Behebung von EMI-Problemen verlegen. Spektrumanalysatoren mit Nahfeldstastkopfsätzen werden seit jeher zur Lokalisierung und zur Bestimmung der Amplitude störender Frequenzen verwendet. Zur Ermittlung der Ursache eines Problems eignen sie sich jedoch weniger. Heutzutage sind die Konstruktionen, die digitale Schaltkreise enthalten, gar nicht mehr in Zahlen zu erfassen. Wegen der damit einhergehenden komplexen Wechselwirkungen sind EMI-Probleme zu einer bedeutenden Störgröße geworden, weswegen Entwickler nun vermehrt Oszilloskope und Logikanalysatoren einsetzen.

Mit seinen integrierten Oszilloskop-, Logik- und Spektrumanalysatormodulen ist das MDO4000C das ideale Werkzeug zur Beseitigung von EMI-Fehlern. Viele EMI-Probleme sind auf Ereignisse zurückzuführen, die im Zeitbereich entstehen, also z. B. Takte, Netzteile oder serielle Datenverbindungen. Das MDO4000C kann zeitkorrelierte Ansichten von Analog- Digital- und HF-Signalen bereitstellen und ist somit das einzige Gerät, mit dem sich der Zusammenhang zwischen Ereignissen im Zeitbereich und störenden Spektralemissionen ermitteln lässt.

**HF-Interfaces** – Signaleingangsmethoden bei Spektrumanalysatoren sind in der Regel auf Kabelverbindungen oder Antennen beschränkt. Mit dem optionalen TPA-N-VPI-Adapter kann jedoch jeder aktive 50- $\Omega$ -TekVPI-Tastkopf an den Spektrumanalysator der Baureihe MDO4000C angeschlossen werden. Dies vergrößert die Flexibilität bei der Suche nach Rauschquellen und vereinfacht die Spektralanalyse durch wirkliche Signalabtastung an einem HF-Eingang.

Zusätzlich unterstützt ein optionaler externer Vorverstärker die Untersuchung von Signalen mit niedrigerer Amplitude. Der TPA-N-PRE-Vorverstärker bietet eine nominale Verstärkungsleistung von 12 dB im Frequenzbereich von 9 kHz bis 6 GHz.



Mit dem optionalen TPA-N-VPI-Adapter kann jeder aktive 50- $\Omega$ -TekVPI-Tastkopf an den HF-Eingang angeschlossen werden.

**Visualisieren von Veränderungen im HF-Signal** – Das Zeitbereichsraster auf der Anzeige der Baureihe MDO4000C unterstützt drei HF-Zeitbereichskurven, die von den zugrunde liegenden I- und Q-Daten des Spektrumanalysatoreingangs abgeleitet werden. Dies sind:

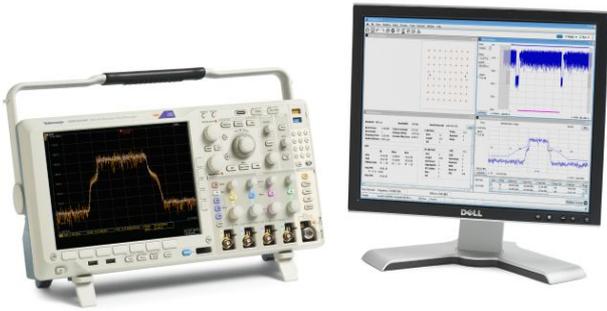
- Amplitude – die momentane Amplitude des Spektrumanalysatoreingangs vs. Zeit
- Frequenz – die momentane Frequenz des Spektrumanalysatoreingangs im Verhältnis zur Mittenfrequenz vs. Zeit
- Phase – die momentane Phase des Spektrumanalysatoreingangs im Verhältnis zur Mittenfrequenz vs. Zeit

Jede dieser Kurven kann einzeln aktiviert und deaktiviert werden; es können auch alle drei Kurven gleichzeitig angezeigt werden. Anhand von HF-Zeitbereichskurven lässt sich die Entwicklung eines zeitlich veränderlichen HF-Signals leicht nachverfolgen.



Das orangefarbene Signal in der Zeitbereichsansicht ist die vom Signal des Spektrumanalysatoreingangs abgeleitete Frequenz-über-Zeit-Kurve. Beachten Sie, dass die Spektrumzeit während eines Übergangs von der höchsten zur niedrigsten Frequenz positioniert wird, sodass die Energie über eine Vielzahl von Frequenzen verteilt wird. Die Frequenz-über-Zeit-Kurve ermöglicht die einfache Nachverfolgung der verschiedenen Frequenzsprünge. Dadurch wird die Charakterisierung der Frequenzumschaltungen des Prüflings vereinfacht.

**Erweiterte HF-Analyse** – In Kombination mit SignalVu-PC und der Connect-Option werden die Oszilloskope der Baureihe MDO4000C zum Vektorsignalanalysator mit der branchenweit höchsten Bandbreite und einer Erfassungsbandbreite bis zu 1 GHz. Ob Sie für die Prüfung Ihrer Konstruktionen W-LAN, Breitbandradar, Satellitenverbindungen mit hoher Datenübertragungsrate oder Frequenzsprungkommunikation benötigen, die Vektorsignalanalyse-Software SignalVu-PC kann die Ursachenforschung beschleunigen, indem sie das zeitabhängige Verhalten dieser Breitbandsignale anzeigt. Zu den verfügbaren Analyseoptionen gehören die Qualitätsanalyse für WLAN-Signale (IEEE 802.11 a/b/g/j/n/p/ac), Bluetooth Tx, die Impulsanalyse, Audio-Messungen, die AM-/FM-/PM-Modulationsanalyse, die allgemeine digitale Modulation u. v. m.



MDO4000C in Kombination mit SignalVu-PC zur Analyse der Modulation bei 802.11ac.

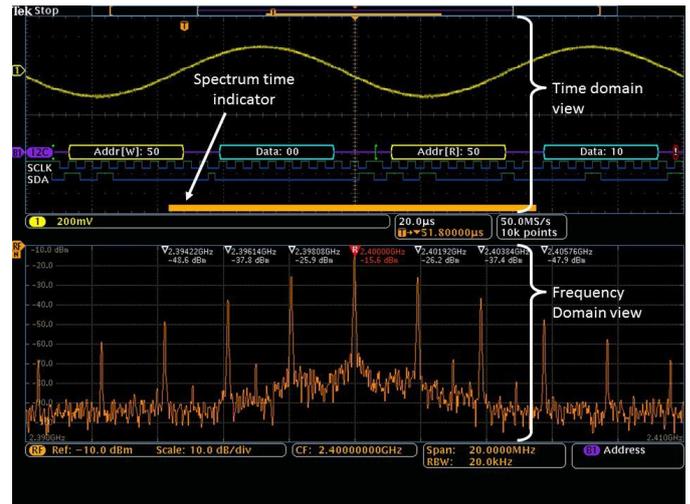
**Zeitsynchronisierte Untersuchung von Analog-, Digital- und HF-Signalen** – Die Oszilloskope der Baureihe MDO4000C sind weltweit die ersten Oszilloskope mit integriertem Spektrumanalysator. Dank dieser Kombination haben sie die Möglichkeit, Probleme im Frequenzbereich weiterhin mit Ihrem gewohnten Werkzeug für die Fehlerbereinigung – dem Oszilloskop – zu analysieren. Die Anschaffung eines separaten Spektrumanalysators und die mühsame Einarbeitung in die Arbeit mit einem solchen Gerät entfällt dabei.

Die Leistungsfähigkeit der Geräte der Baureihe MDO4000C geht jedoch weit über die Möglichkeit hinaus, den Frequenzbereich wie mit einem Spektrumanalysator anzeigen zu können. Die tatsächliche Leistung liegt in ihrer Fähigkeit, Ereignisse im Frequenzbereich mit den Phänomenen im Zeitbereich zu korrelieren, die diese Ereignisse ausgelöst haben.

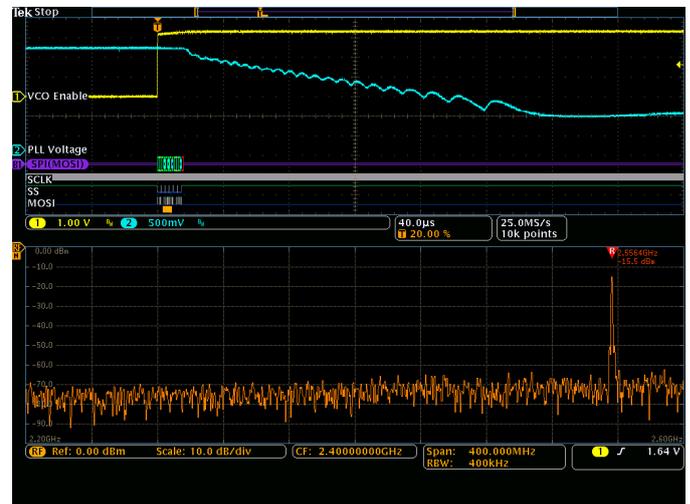
Wenn sowohl der Spektrumanalysator kanal als auch analoge oder digitale Kanäle aktiviert sind, ist der Oszilloskopbildschirm in zwei Ansichten unterteilt. Die obere Hälfte des Bildschirms ist eine herkömmliche Oszilloskopansicht des Zeitbereichs. Die untere Hälfte der Anzeige ist eine Frequenzbereichsansicht des Spektrumanalysatoreingangs. Beachten Sie, dass die Frequenzbereichsansicht nicht einfach nur eine FFT-Darstellung der analogen oder digitalen Kanäle im Gerät ist, sondern das über den Spektrumanalysatoreingang erfasste Spektrum darstellt.

Ein anderer wichtiger Unterschied besteht darin, dass Sie mit herkömmlichen FFTs auf dem Oszilloskop entweder die gewünschte Ansicht der FFT-Anzeige oder die gewünschte Ansicht Ihrer anderen relevanten Zeitbereichssignale erhalten, jedoch nie beide gleichzeitig. Der Grund dafür ist, dass herkömmliche Oszilloskope nur über ein einziges Erfassungssystem mit einem einzigen Satz von Benutzereinstellungen verfügen, wie Aufzeichnungslänge, Abtastrate und Zeit pro Unterteilung, die allen Datenansichten zugrunde liegen. Bei der Baureihe MDO4000C hat der Spektrumanalysator ein eigenes Erfassungssystem, das zwar von den Erfassungssystemen der analogen und digitalen Kanäle unabhängig ist, jedoch in zeitlicher Korrelation mit ihnen steht. Dadurch kann jeder Bereich optimal konfiguriert werden und bietet eine vollständige zeitkorrelierte Systemansicht aller relevanten analogen, digitalen und HF-Signale.

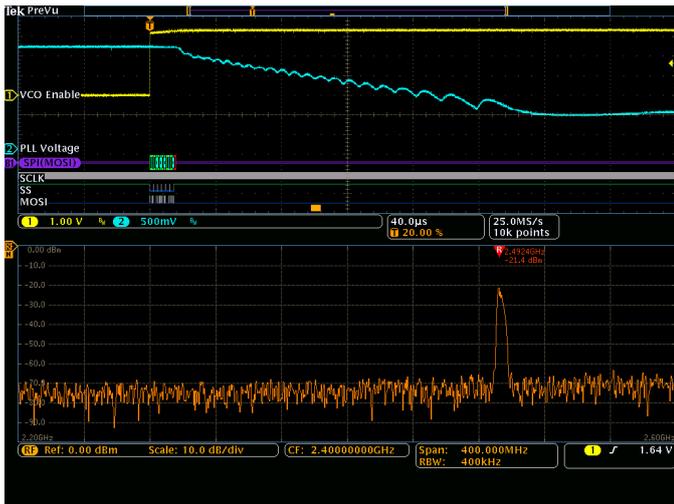
Das in der Frequenzbereichsansicht gezeigte Spektrum beruht auf dem Zeitbereich, der von dem kurzen orangefarbenen Balken in der Zeitbereichsansicht, als „Spektrumzeit“ bezeichnet, angegeben wird. Bei der Baureihe MDO4000C kann die Spektrumzeit über die Erfassung verschoben werden, um zeitliche Veränderungen des HF-Spektrums zu analysieren. Das funktioniert sowohl im Live-Betrieb als auch bei angehaltener Signalerfassung.



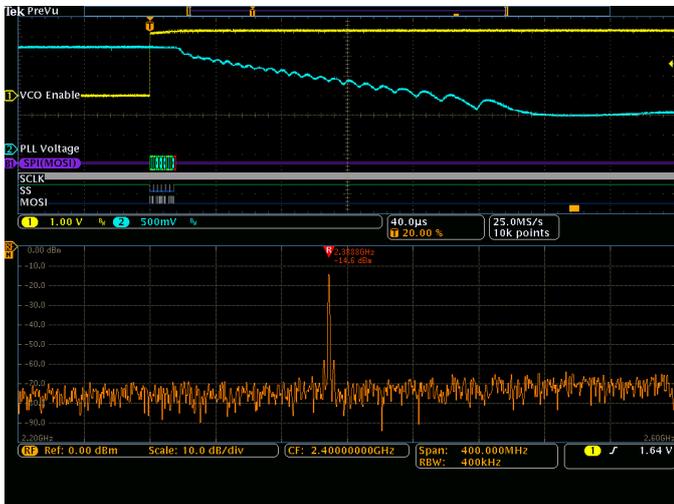
Die obere Hälfte des Bildschirms des MDO4000C ist eine Zeitbereichsansicht der analogen und digitalen Kanäle, die untere Hälfte ist eine Frequenzbereichsansicht des Spektrumanalysatorkanals. Der orangefarbene Balken – die Spektrumzeit – gibt den Zeitraum für die Berechnung des HF-Spektrums an.



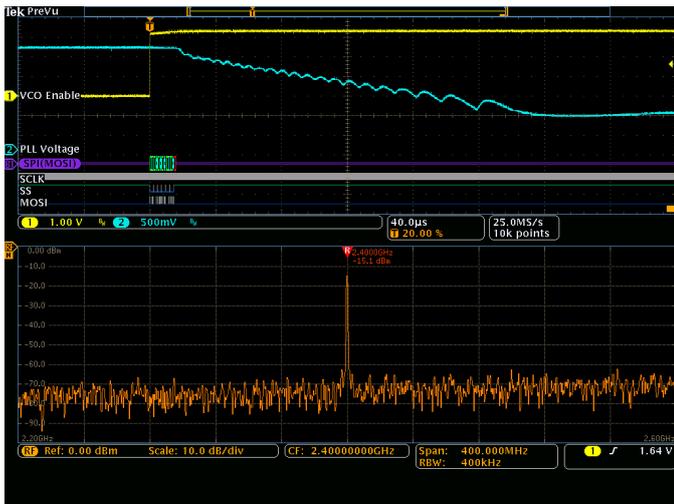
1. Zeit- und Frequenzbereichsansicht des Einschaltablaufs einer PLL. Kanal 1 (gelb) zeigt das Einschaltsignal des VCO. Kanal 2 (cyanblau) zeigt den Verlauf der Regelspannung des VCO. Der SPI-Bus, der die PLL mit der gewünschten Frequenz programmiert, wird mit drei digitalen Kanälen abgetastet und automatisch dekodiert. Beachten Sie, dass die Spektrumzeit nach der VCO-Aktivierung, zeitgleich zum SPI-Steuerbefehl für die gewünschte Frequenz von 2,400 GHz platziert wird. Beim Einschalten des Schaltkreises liegt das HF-Signal im Übrigen bei 2,5564 GHz.



2. Die Spektrumzeit ist um ca. 90 µs nach rechts verschoben. An diesem Punkt zeigt das Spektrum, dass die PLL beginnt, sich auf die korrekte Frequenz (2,40 GHz) abzustimmen. Es sind bereits 2,4924 GHz erreicht.



3. Die Spektrumzeit ist um ca. 160 µs nach rechts verschoben. An diesem Punkt zeigt das Spektrum, dass die PLL über die korrekte Frequenz hinaus und direkt auf 2,3888 GHz zurückgegangen ist.



4. Die PLL schwingt sich schließlich auf die korrekte Frequenz von 2,40 GHz ein, 320 µs nach Aktivierung des VCO.

### 3 - Arbiträrsignal-/Funktionsgenerator (optional)

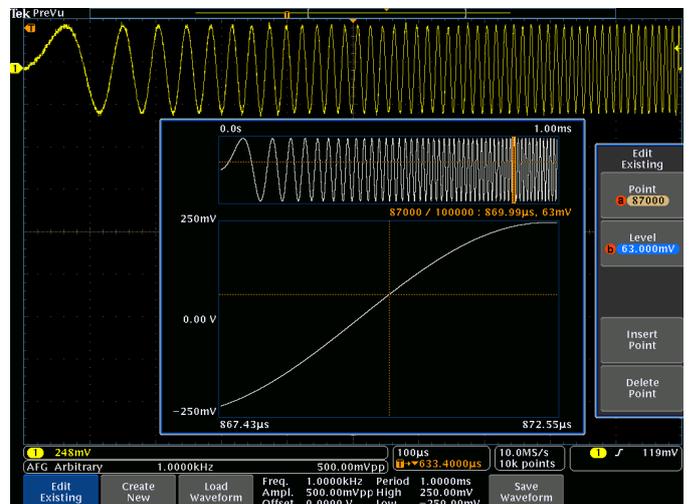
Das MDO4000C enthält einen optionalen integrierten Arbiträrsignal-/Funktionsgenerator (Option MDO4AFG), der sich ideal zum Simulieren von Sensorsignalen in einem Schaltungsentwurf oder zum Hinzufügen von Rauschen zu Signalen zur Durchführung von Grenzwertprüfungen eignet.

Der integrierte Funktionsgenerator ermöglicht die Ausgabe von vordefinierten Signalen bis zu 50 MHz für Sinus, Rechteck, Impuls, Rampe/Dreieck, DC, Rauschen,  $\sin(x)/x$  (Sinc), Gauß, Lorentz, exponentieller Anstieg/Abfall, Haversinus und Kardial.



Signaltyp-Auswahl im integrierten AFG.

Der Arbiträrsignalgenerator bietet 128.000 Punkte Aufzeichnung zum Speichern von Signalen vom analogen Eingang, einer intern gespeicherten Datei, einem USB-Massenspeichergerät oder einem externen PC. Ein Signal, das sich im Speicher „Bearbeiten“ des Arbiträrsignalgenerators befindet, kann mit einem Bildschirmditor geändert und dann aus dem Generator repliziert werden. Das MDO4000C ist kompatibel mit ArbExpress, der PC-basierten Software von Tektronix zum Erzeugen und Bearbeiten von Signalen, die das Erzeugen komplexer Signale schnell und einfach macht. Sie können Signaldateien über USB oder LAN in den Bearbeitungsspeicher des MDO4000C übertragen, oder verwenden Sie ein USB-Massenspeichergerät, um Daten aus dem AFG im Oszilloskop auszugeben.



Arbiträrsignal-Editor mit Anzeige des Punkt-für-Punkt-Editors.

#### 4 - Logikanalysator (optional)

Der Logikanalysator (Option MDO4MSO) bietet 16 Digitalkanäle, die eng in die Bedienoberfläche des Oszilloskops integriert sind. Dadurch ist die Bedienung anwenderfreundlich, und Probleme mit Mixed-Signals können leicht gelöst werden.



Die Geräte der Baureihe MDO4000C bieten 16 integrierte Digitalkanäle zur Anzeige und Analyse zeitkorrelierter Analog- und Digitalsignalen.

**Farbkodierte Anzeige von digitalen Signalen** – Bei farbkodierten digitalen Kurven werden Einsen in grüner Farbe und Nullen in blauer Farbe angezeigt. Diese Farben werden auch für den Digitalkanal-Monitor verwendet. Dieser Monitor zeigt, ob Signale hoch, niedrig oder im Übergang sind. Dadurch können Sie die Kanalaktivität auf einen Blick erkennen, ohne die Anzeige mit unnötigen digitalen Signalen füllen zu müssen.

Die Hardware zur Erkennung von Mehrfach-Übergängen zeigt auf dem Bildschirm eine weiße Flanke an, wenn das System mehrere Übergänge erkennt. Die weiße Flanke bedeutet, dass weitere Informationen sichtbar werden, wenn der Zoom-Faktor erhöht wird oder die Erfassung mit einer höheren Abtastrate erfolgt. In den meisten Fällen wird durch die Vergrößerung ein Impuls sichtbar, der bei den vorherigen Einstellungen nicht erkennbar war. Wenn auch bei maximaler Vergrößerung noch eine weiße Flanke angezeigt wird, bedeutet dies, dass Sie durch eine höhere Abtastrate bei der nächsten Erfassung höherfrequente Informationen erhalten, die mit den vorherigen Einstellungen nicht erfasst werden konnten.

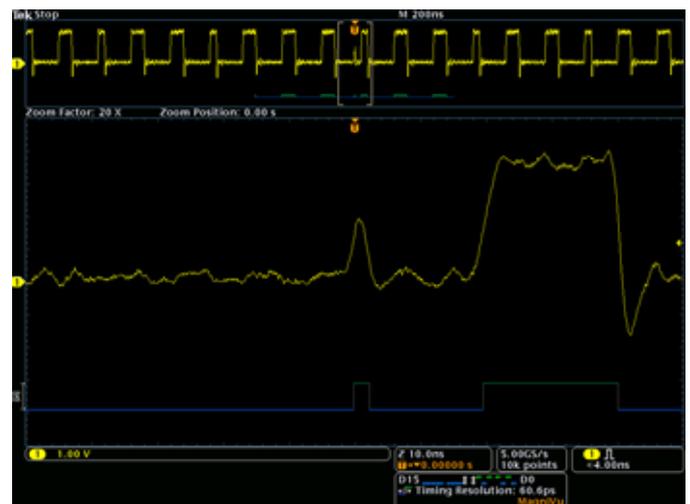
Sie können digitale Signale gruppieren und über eine USB-Tastatur Signalbezeichnungen eingeben. Digitale Signale, die nebeneinander positioniert werden, bilden eine Gruppe.



Durch die farbkodierte Anzeige von digitalen Signalen werden Gruppen gebildet, indem digitale Kanäle auf dem Bildschirm einfach nebeneinander angeordnet werden und als Gruppe verschoben werden können.

Nach der Gruppenbildung können alle Kanäle in dieser Gruppe gleichzeitig positioniert werden. Dadurch wird die Setup-Zeit, die normalerweise für die Positionierung einzelner Kanäle erforderlich ist, erheblich reduziert.

**Hochgeschwindigkeitserfassung mit MagniVu®** – Im Haupt-Digitalmodus erfassen die Geräte der Baureihe MSO4000C maximal 20 Mio. Punkte bei 500 MS/s (Auflösung von 2 ns). Zusätzlich zum normalen Aufzeichnungsmodus bietet das Oszilloskop einen Aufzeichnungsmodus mit ultrahoher Auflösung, der als MagniVu bezeichnet wird. Hierbei werden 10.000 Punkte bei bis zu 16,5 GS/s erfasst (Auflösung von 60,6 ps). Sowohl das Normalsignal als auch das MagniVu-Signal werden bei jedem Trigger erfasst und können jederzeit bei laufender oder angehaltener Aufnahme betrachtet werden. MagniVu ermöglicht eine erheblich schnellere Zeitauflösung als jedes andere auf dem Markt erhältliche MSO. Dies ist ein wichtiges Zuverlässigkeitskriterium bei der Durchführung kritischer Timing-Messungen an digitalen Signalen.



Die hochauflösende MagniVu-Aufzeichnung bietet eine Zeitauflösung von 60,6 ps und ermöglicht dadurch kritische Timing-Messungen an den digitalen Signalen.

**MSO-Tastkopf P6616** – Dieses einzigartige Tastkopfdesign bietet zwei Steckergruppen mit jeweils acht Kanälen. Jeder Kanal endet mit einer Tastkopfspitze, die einen zurückgesetzten Erdungsanschluss aufweist. Dies ermöglicht einen einfacheren Anschluss an den Prüfling. Das Koax-Kabel am ersten Kanal jeder Steckergruppe ist blau und dadurch einfach zu erkennen. Für die gemeinsame Erdung wird eine im Automotive-Bereich verwendete Lösung verwendet, die einfache Möglichkeiten zum Erstellen individueller Erdungen für den Anschluss des Prüflings bietet. Für den Anschluss an Doppelpins verfügt der P6616 über einen Adapter, der an der Tastkopfspitze befestigt wird und die Tastkopferdung so verlängert, dass sie bündig mit der Tastkopfspitze abschließt und die Verbindung zu Doppelpins hergestellt werden kann. Der P6616 bietet hervorragende elektrische Eigenschaften mit nur 3 pF Eingangskapazität und 100 kΩ Eingangswiderstand und ermöglicht Schaltgeschwindigkeiten von >500 MHz und Pulsbreiten ab 1ns.



Der MSO-Tastkopf P6616 bietet zwei Steckergruppen mit jeweils acht Kanälen für den einfacheren Anschluss an Ihr Messobjekt.

## 5 - Serielle Protokoll-Triggerung und -Analyse (optional)

Ein einzelnes, an einem seriellen Bus anliegendes Signal enthält häufig Adress-, Steuerungs-, Daten- und Taktinformationen. Dadurch kann das Isolieren bestimmter Signalereignisse erschwert werden.

Mit automatischer Triggerung, Dekodierung und Suche auf seriellen Bussen verfügen Sie über einen Satz von bewährten Werkzeugen zur Fehlerbereinigung für serielle Busse. Die optionale Triggerung mit einem seriellen Protokoll und Leistungsanalysefunktion ist während eines Testzeitraums von 30 Tagen kostenlos nutzbar. Dieser automatische Testzeitraum beginnt automatisch beim ersten Einschalten des Gerätes.



Triggerung auf ein bestimmtes OUT-Token-Paket an einem seriellen USB-Full-Speed-Bus. Das gelbe Signal steht für D+, das blaue steht für D-. Ein Bussignal umfasst den dekodierten Paketinhalt, einschließlich Start, Sync, PID, Adresse, Endpunkt, CRC, Datenwerte und Stop.

**Serielle Triggerung** – Triggerung auf Paketinhalte wie Start eines Pakets, bestimmte Adressen, bestimmte Dateninhalte, eindeutige Kennungen usw. bei gängigen seriellen Schnittstellen wie I<sup>2</sup>C, SPI, USB 2.0, Ethernet, CAN, CAN FD (ISO und Nicht-ISO), LIN, FlexRay, RS-232/422/485/UART, MIL-STD-1553, ARINC-429 und I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM.

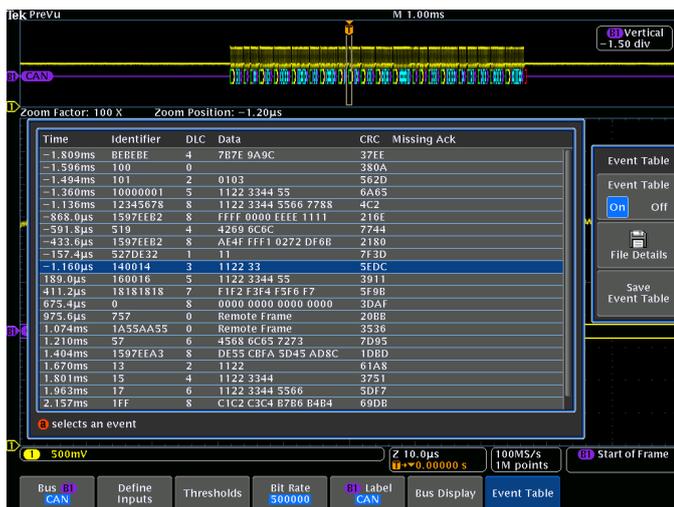
**Busanzeige** – Bietet eine übergeordnete kombinierte Anzeige der einzelnen Signale (Takt, Daten, Chipaktivierung usw.), aus denen der Bus besteht, und erleichtert die Lokalisierung von Paketanfang und -ende sowie die Erkennung von Unterpaketkomponenten wie Adresse, Daten, Kennung, CRC usw.

**Busdekodierung** – Sind Sie es leid, das Signal visuell prüfen zu müssen, um Takte zu zählen oder festzustellen, ob ein Bit den Wert 1 oder 0 besitzt, Bits zu Bytes zusammenzufassen und den Hexadezimalwert zu ermitteln? Überlassen Sie diese Aufgaben dem Oszilloskop! Sobald Sie einen Bus eingerichtet haben, decodieren die Geräte der Baureihen MSO/DPO4000C jedes Buspaket und zeigen den Wert als Hexadezimalwert, Binärwert, Dezimalwert (nur USB, Ethernet, MIL-STD-1553, ARINC-429, CAN, CAN FD, LIN und FlexRay), Dezimalwert mit Vorzeichen (nur I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM) oder ASCII-Wert (nur USB, Ethernet und RS-232/422/485/UART) im Bussignal an.

Durch das MDO4000C unterstützte serielle Bustechnologien

Technologie		Triggerung, Dekodierung, Suche	Zu bestellendes Produkt
Eingebettet	I <sup>2</sup> C	Ja	DPO4EMBD
	SPI	Ja	DPO4EMBD
Computer	RS232/422/485, UART	Ja	DPO4COMP
USB	USB LS, FS, HS	Ja (Trigger auf LS, FS, HS) HS nur bei 1-GHz-Modellen verfügbar	DPO4USB
Ethernet	10Base-T, 100Base-TX	Ja	DPO4ENET
Fahrzeugtechnik	CAN, CAN FD (ISO und Nicht-ISO)	Ja	DPO4AUTO oder DPO4AUTOMAX
	LIN	Ja	DPO4AUTO oder DPO4AUTOMAX
	FlexRay	Ja	DPO4AUTOMAX
Militär und Luftfahrt	MIL-STD-1553, ARINC-429	Ja	DPO4AERO
Audio	I <sup>2</sup> S	Ja	DPO4AUDIO
	LJ, RJ	Ja	DPO4AUDIO
	TDM	Ja	DPO4AUDIO

**Ereignistabelle** – Neben den dekodierten Paketdaten für das Bussignal können Sie alle erfassten Pakete, ähnlich wie in einem Software-Listing, in einer Tabelle anzeigen. Die Pakete sind mit Zeitmarken versehen und werden nacheinander mit Spalten für die einzelnen Komponenten (Adresse, Daten usw.) aufgeführt. Sie können die Ereignistabelle im .csv-Format speichern.

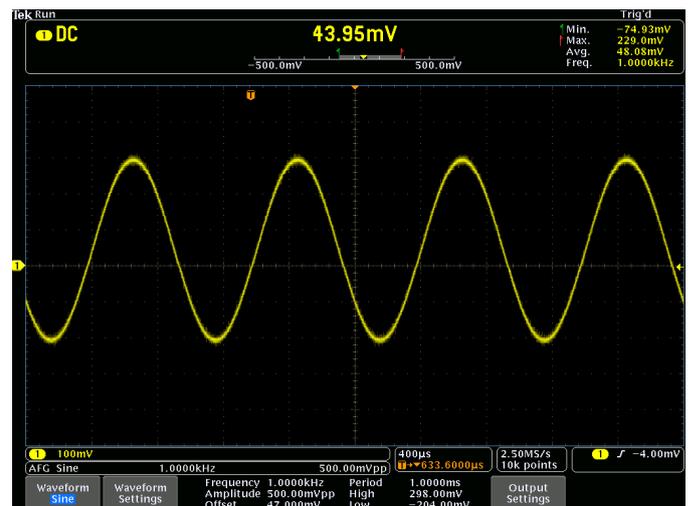


Ereignistabelle mit Auflistung der dekodierten Kennung, DLC, DATEN und CRC für jedes CAN-Paket in einer umfangreichen Erfassung.

**Suchen (serielle Triggerung)** – Die seriellen Trigger sind sehr nützlich, um zu untersuchende Ereignisse zu isolieren. Was aber tun Sie, wenn Sie diese erfasst haben und die umgebenden Daten analysieren müssen? In der Vergangenheit mussten die Benutzer das Signal per Bildlauf manuell durchsuchen und dabei Bits zählen und konvertieren sowie ermitteln, wodurch ein Ereignis verursacht wurde. Jetzt können Sie das Oszilloskop veranlassen, die erfassten Daten nach anwenderdefinierten Kriterien automatisch zu durchsuchen, auch nach seriellen Paketinhalten. Jedes Vorkommen wird durch einen Such-Marker hervorgehoben. Zum schnellen Navigieren zwischen den Markern drücken Sie einfach die Tasten **Rückwärts** (←) und **Vorwärts** (→) auf dem Frontpanel.

**6 - Digitalvoltmeter (DVM) und Frequenzzähler**

Das MDO4000C enthält ein integriertes 4-stelliges Digitalvoltmeter (DVM) und einen 5-stelligen Frequenzzähler. Jeder der analogen Eingänge kann als Quelle für das Voltmeter dienen. Dabei werden die gleichen Tastköpfe verwendet, die bereits für die allgemeine Oszilloskop-Verwendung angeschlossen wurden. Die leicht lesbare Anzeige bietet numerische und grafische Darstellungen der sich ändernden Messwerte. Angezeigt werden außerdem der Minimal-, Maximal- und Mittelwert der Messung sowie der während des vorhergehenden Fünf-Minuten-Intervalls gemessene Wertebereich. DVM und Frequenzzähler sind an jedem MDO4000C verfügbar und werden aktiviert, wenn Sie das Produkt registrieren.



Ein Gleichspannungsmesswert wird mit einer Variation von fünf Sekunden zusammen mit Minimal-, Maximal- und mittleren Spannungswerten angezeigt. Die Frequenz des Signals wird ebenfalls angezeigt.

## Die Plattform der Baureihe MDO4000C



Die Oszilloskope der Baureihe MDO4000C sollen Ihnen die Arbeit erleichtern. Das große, hochauflösende Display ermöglicht die Anzeige komplizierter Signaldetails. Fest zugeordnete Bedienelemente auf dem Frontpaneel garantieren eine unkomplizierte Bedienung. Über zwei USB-Anschlüsse auf dem Frontpaneel lassen sich Bildschirmhalte, Geräteeinstellungen und Signaldaten mühelos auf ein USB-Massenspeichergerät übertragen.

**Großes hochauflösendes Display** – Die Oszilloskope der Baureihe MDO4000C besitzen zur Anzeige komplexer Signaldetails ein helles 10,4-Zoll-XGA-Farbdisplay (264 mm) mit LED-Hintergrundbeleuchtung.

**Anschlussmöglichkeiten** – Das MDO4000C enthält eine Reihe von Anschlüssen, über die das Gerät an ein Netzwerk, direkt an einen PC oder an andere Prüfgeräte angeschlossen werden kann.

- Zwei USB-Hostanschlüsse an der Vorderseite und zwei auf der Rückseite ermöglichen die einfache Übertragung von Bildschirmdarstellungen, Geräteeinstellungen und Signaldaten zu einem USB-Massenspeichergerät. Für die Dateneingabe kann auch eine USB-Tastatur an einen USB-Hostanschluss angeschlossen werden.
- Der USB-Geräteanschluss auf der Rückseite kann zur Fernsteuerung des Oszilloskops über einen PC oder zum direkten Drucken auf einem PictBridge®-kompatiblen Drucker verwendet werden.
- Der standardmäßige 10/100/1000BASE-T Ethernet-Anschluss auf der Geräterückseite ermöglicht die einfache Herstellung von Netzwerkverbindungen, Netzwerk- und E-Mail-Druck sowie Kompatibilität mit LXI Core 2011. An das Gerät können auch Netzlaufwerke zur einfachen Speicherung von Bildschirmhalten, Einstelldateien oder Daten angeschlossen werden.
- Über einen Videoausgang auf der Geräterückseite können die Bilddaten des Displays an einen externen Monitor oder Projektor übertragen werden.

**Remote-Anschluss und Gerätesteuerung** – Zum Exportieren von Daten und Messwerten genügt es, das Oszilloskop über ein USB-Kabel mit dem PC zu verbinden. Wichtige Softwareanwendungen wie OpenChoice® Desktop, aber auch Symbolleisten für Microsoft Excel und Word, gehören standardmäßig zum Lieferumfang jedes Oszilloskops und ermöglichen eine schnelle, einfache und direkte Kommunikation mit dem Windows-PC.

Die im Lieferumfang enthaltene OpenChoice Desktop-Software ermöglicht die schnelle und einfache Kommunikation zwischen Oszilloskop und PC über USB oder LAN zum Übertragen von Einstellungen, Signalen und Bildschirmhalten.

Die eingebettete e\*Scope®-Funktion ermöglicht die schnelle Steuerung des Oszilloskops über eine Netzwerkverbindung mit einem standardmäßigen Internet-Browser. Geben Sie einfach die IP-Adresse oder den Netzwerknamen des Oszilloskops ein. Daraufhin wird eine Internetseite im Browser geöffnet. Sie können Einstellungen, Signale, Messungen und Bildschirmdarstellungen übertragen und speichern oder Änderungen an Einstellungen auf dem Oszilloskop direkt über den Webbrowser vornehmen.



**Messung mit Tastkopf** – Zum Standardlieferumfang der Oszilloskope der Baureihe MDO4000C gehören passive Spannungstastköpfe und die TekVPI-Tastkopfschnittstelle.

**Passive Standard-Spannungstastköpfe.** Die Baureihe MDO4000C-Serie umfasst passive Spannungstastköpfe mit der branchenweit besten kapazitiven Last von nur 3,9 pF. Die im Lieferumfang enthaltenen TPP-Tastköpfe minimieren die Auswirkung auf den Prüfling und liefern genaue Signale an das Oszilloskop für die Erfassung und Analyse. Und da die Tastkopfbandbreite mit der Bandbreite des Oszilloskops übereinstimmt oder sie überschreitet, können Sie die hochfrequenten Anteile im Signal erkennen – ein wichtiger Punkt bei schnellen Signalen. Die passiven Spannungstastköpfe der TPP-Serie verfügen über alle Vorteile von Mehrzweck-Tastköpfen, wie einen großen dynamischen Bereich, flexible Anschlussoptionen und eine robuste mechanische Bauweise, und bieten gleichzeitig die Leistung von aktiven Tastköpfen.

Modell MDO4000C	Enthaltener Tastkopf
MDO4024C, MDO4034C, MDO4054C	TPP0500B: 500 MHz, 10fach passiver Spannungstastkopf. Einer pro analogem Kanal
MDO4104C	TPP1000: 1 GHz, 10fach passiver Spannungstastkopf. Einer pro analogem Kanal

Zusätzlich ist eine Version der TPP-Tastköpfe mit geringer 2mal-Dämpfung für Kleinspannungsmessungen erhältlich. Im Gegensatz zu anderen passiven Tastköpfen mit geringer Dämpfung besitzt der TPP0502 eine hohe Bandbreite (500 MHz) sowie eine niedrige kapazitive Last (12,7 pF).

**TekVPI®-Tastkopfschnittstelle.** Die TekVPI-Tastkopfschnittstelle setzt neue Standards für die Bedienerfreundlichkeit bei Messungen mit Tastköpfen. Neben dem sicheren zuverlässigen Anschluss, den die Schnittstelle bietet, umfassen TekVPI-Tastköpfe Statusanzeigen und Bedienelemente sowie eine Taste für das Tastkopfmenü direkt auf dem Kompensationsmodul. Über diese Taste lässt sich auf dem Oszilloskop-Display ein Tastkopfmenü mit allen wichtigen Einstellungen und Bedienelementen für diesen Tastkopf aufrufen. Die TekVPI-Schnittstelle ermöglicht den direkten Anschluss von Stromtastköpfen, ohne dass ein separates Netzteil erforderlich ist. TekVPI-Tastköpfe können über USB, GPIB oder LAN ferngesteuert werden und ermöglichen dadurch noch flexiblere Lösungen in ATE-Umgebungen. Das interne Gerätenetzteil stellt an den Anschlüssen an der Vorderseite maximal 25 W bereit.



Die TekVPI-Tastkopfschnittstelle vereinfacht den Anschluss der Tastköpfe an das Oszilloskop.

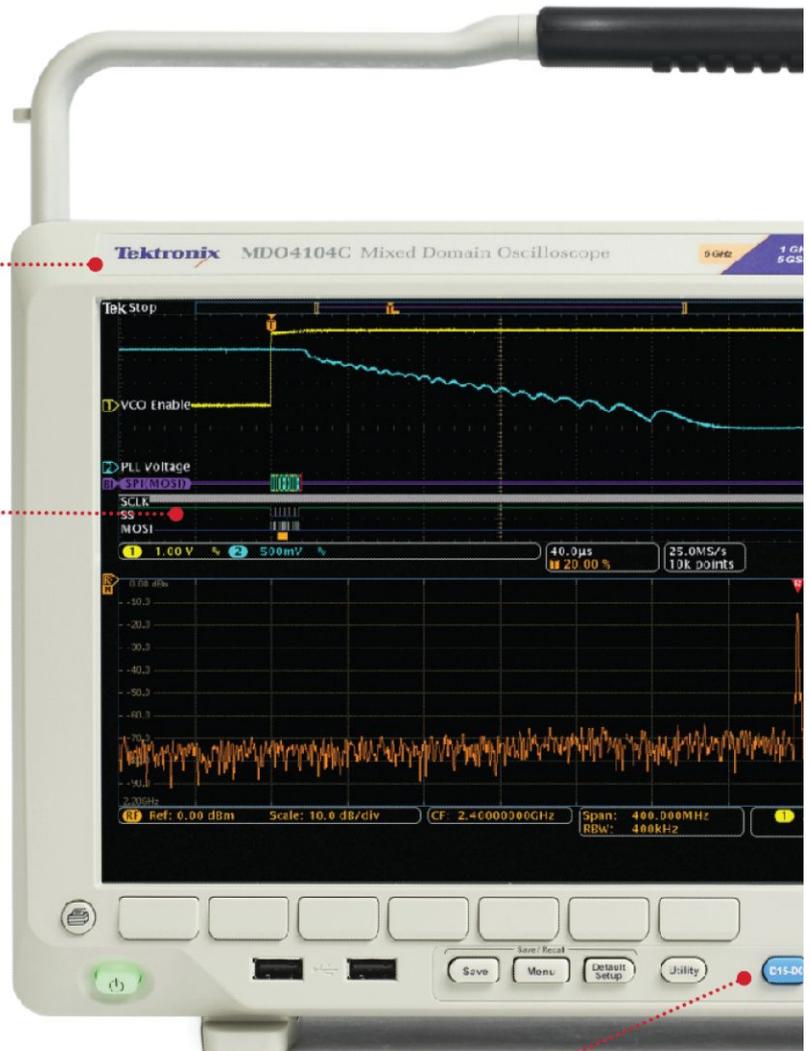
Das ultimative integrierte Oszilloskop mit sechs Geräten in einem, komplett anpassbar und im vollen Umfang aktualisierbar

1. Oszilloskop
2. Spektrumanalysator
3. Arbiträrsignal-/Funktionsgenerator
4. Logikanalysator
5. Protokollanalysator
6. Digitalvoltmeter und Frequenzzähler

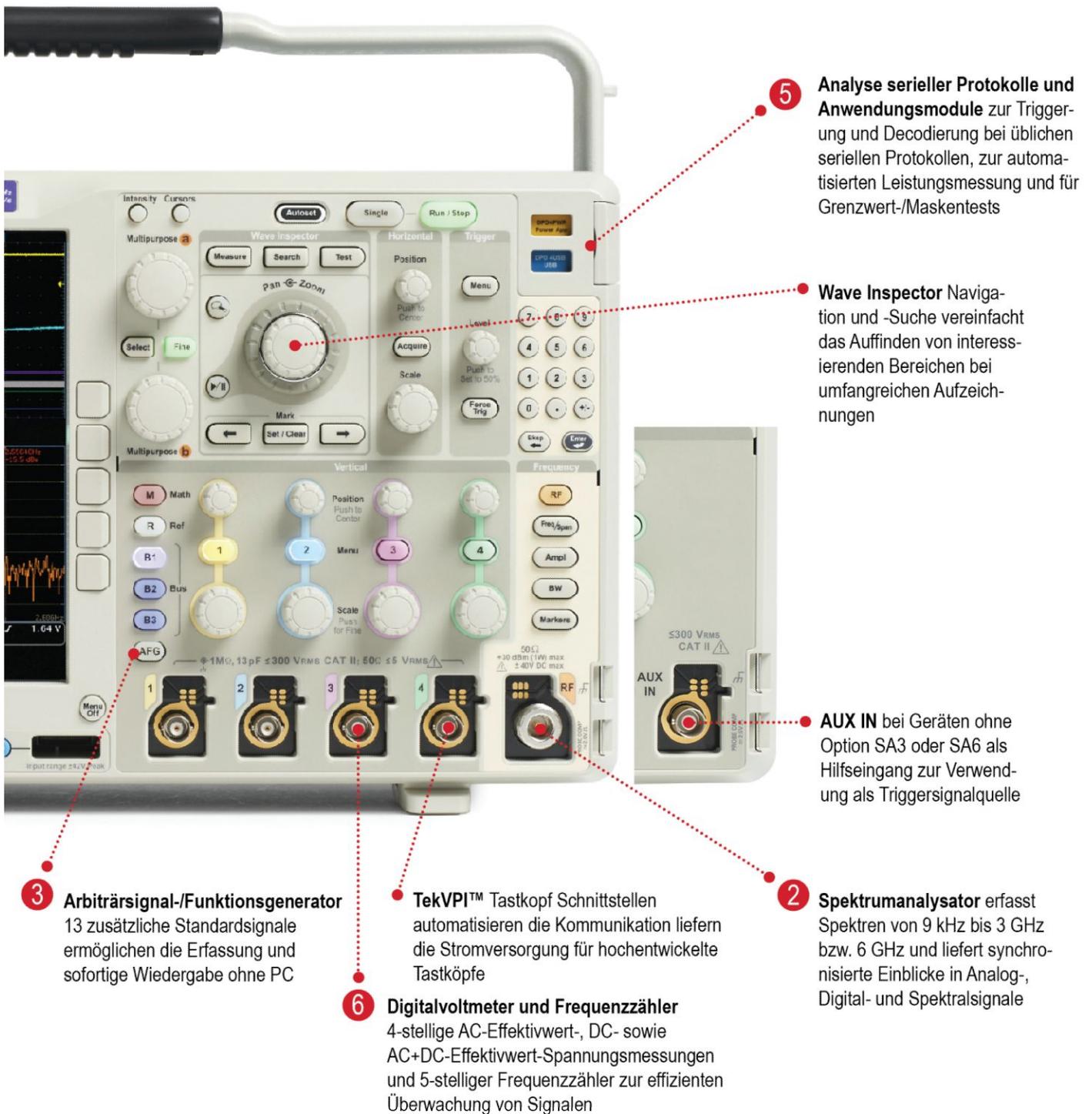
**1 Mixed-Domain-Oszilloskop**  
Schnelle Erfassung, auswählbare Aufzeichnungslängen und umfangreiche automatisierte Messungen erleichtern die Suche und Behebung von Fehlern

**Großes 10,4-Zoll-Display mit XGA-Auflösung (1024 x 768)** mit automatischer Helligkeitsanpassung zur Verlängerung der Lebenszeit des Displays

**Standardanschlüsse an der Geräterückseite** für Ethernet, VGA, USB-Host (2) und -Gerät, AUX OUT, REF IN und AFG-Ausgang zusammen mit VESA und Kensington-Schloss



**4 Logikanalysator**  
16-Digitalkanäle zur Erfassung mit einer Auflösung von 60.6 ps, dadurch zeitlich exakte Messungen bei Digitalsignalen möglich



**3** **Arbiträrsignal-/Funktionsgenerator**  
13 zusätzliche Standardsignale ermöglichen die Erfassung und sofortige Wiedergabe ohne PC

**6** **Digitalvoltmeter und Frequenzzähler**  
4-stellige AC-Effektivwert-, DC- sowie AC+DC-Effektivwert-Spannungsmessungen und 5-stelliger Frequenzzähler zur effizienten Überwachung von Signalen

**2** **Spektrumanalysator** erfasst Spektren von 9 kHz bis 3 GHz bzw. 6 GHz und liefert synchronisierte Einblicke in Analog-, Digital- und Spektralsignale

**AUX IN** bei Geräten ohne Option SA3 oder SA6 als Hilfeingang zur Verwendung als Triggersignalquelle

**Wave Inspector** Navigation und -Suche vereinfacht das Auffinden von interessierenden Bereichen bei umfangreichen Aufzeichnungen

**5** **Analyse serieller Protokolle und Anwendungsmodule** zur Triggerung und Decodierung bei üblichen seriellen Protokollen, zur automatisierten Leistungsmessung und für Grenzwert-/Maskentests

## Technische Daten

Alle technischen Daten sind garantiert, sofern nicht anderweitig angegeben. Alle technischen Daten gelten für alle Modelle, falls nicht anderes angegeben.

### 1 - Oszilloskop

	MDO4024C	MDO4034C	MDO4054C	MDO4104C
Analoge Kanäle	4	4	4	4
Analogkanal-Bandbreite	200 MHz	350 MHz	500 MHz	1 GHz
Anstiegszeit, typisch	1,75 ns	1 ns	700 ps	350 ps
Abtastrate (1 Kan.)	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s	5 GS/s
Abtastrate (2 Kan.)	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s	5 GS/s
Abtastrate (4 Kan.) Ohne Option SA3 oder SA6 Mit Option SA3 oder SA6	2,5 GS/s 2,5 GS/s	2,5 GS/s 2,5 GS/s	2,5 GS/s 2,5 GS/s	5 GS/s 2,5 GS/s
Aufzeichnungslänge (1 Kan.)	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte
Aufzeichnungslänge (2 Kan.)	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte
Aufzeichnungslänge (4 Kan.)	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte
Digitalkanäle mit Option MDO4MSO	16	16	16	16
Ausgänge des Arbiträrsignal-/ Funktionsgenerators mit Option MDO4AFG	1	1	1	1
Spektrumanalysator Kanäle mit Option SA3 oder SA6	1	1	1	1
Frequenzbereich des Spektrumanalysators				
Mit Option SA3	9 kHz bis 3 GHz	9 kHz bis 3 GHz	9 kHz bis 3 GHz	9 kHz bis 3 GHz
Mit Option SA6	9 kHz bis 6 GHz	9 kHz bis 6 GHz	9 kHz bis 6 GHz	9 kHz bis 6 GHz

### Vertikalsystem – Analogkanäle

#### Begrenzung des HW- Bandbreitenfilters

Modelle mit  $\geq 350$  MHz 20 MHz oder 250 MHz

Modelle mit 200 MHz 20 MHz

Eingangskopplung AC, DC

Eingangsimpedanz  $1\text{ M}\Omega \pm 1\%$  (13 pF),  $50\ \Omega \pm 1\%$

#### Eingangsempfindlichkeitsbereich

$1\text{ M}\Omega$  1 mV/div bis 10 V/div

$50\ \Omega$  1 mV/div bis 1 V/div

Vertikale Auflösung 8 Bit (11 Bit mit Hi-Res)

#### Maximale Eingangsspannung

$1\text{ M}\Omega$   $300\text{ V}_{\text{eff}}$  CAT II maximal  $\leq \pm 425\text{ V}$

$50\ \Omega$   $5\text{ V}_{\text{eff}}$  maximal  $\leq \pm 20\text{ V}$

DC-Verstärkungsgenauigkeit  $\pm 1,5\%$  ( $\pm 2,0\%$  bei 1 mV/Skt.), Verschlechterung um 0,10 %/°C oberhalb von 30 °C  
 $\pm 3,0\%$  bei variabler Verstärkung, oberhalb von 30 °C Verschlechterung um 0,10 %/°C

**Vertikalsystem – Analogkanäle**

Offset-Genauigkeit	$\pm(0,005 \times  \text{Offset} - \text{Position}  + \text{DC-Balance})$		
Gleichspannungssymmetrie	0,1 Skt. bei Gleichspannungsimpedanz des Oszilloskopeingangs von 50 $\Omega$ (Abschluss mit BNC-Stecker von 50 $\Omega$ )		
Kanaltrennung (typisch)	Zwei beliebige Kanäle bei gleich eingestellter Vertikalskalierung $\geq 100:1$ bei $\leq 100$ MHz und $\geq 30:1$ bei $> 100$ MHz bis zur Nennbandbreite		
Zufälliges Rauschen (typisch)	<b>Einstellung Vertikalskalierung</b>	<b>50 <math>\Omega</math>, Effektivwert</b>	
		<b>MDO4104C (alle Geräteausführungen)</b>	<b>MDO40x4C (mit Option SA3 oder SA6)</b>
		<b>MDO40x4C (ohne Option SA3 oder SA6)</b>	
	1 mV/div	0,093 mV	0,084 mV
	100 mV/div	3,31 mV	2,37 mV
	1 V/div	24,27 mV	20,62 mV
			20,51 mV
Offset-Bereich	<b>Einstellung Volt/div</b>	<b>Offset-Bereich</b>	
		<b>1 M <math>\Omega</math> Eingang</b>	<b>50-<math>\Omega</math>-Eingang</b>
	1 mV/div bis 50 mV/div	$\pm 1$ V	$\pm 1$ V
	50,5 mV/div bis 99,5 mV/div	$\pm 0,5$ V	$\pm 0,5$ V
	100 mV/div bis 500 mV/div	$\pm 10$ V	$\pm 10$ V
	505 mV/div bis 995 mV/div	$\pm 5$ V	$\pm 5$ V
	1 V/div bis 10 V/div	$\pm 100$ V	$\pm 5$ V
	5,05 V/div bis 10 V/div	$\pm 50$ V	n/v

**Horizontalsystem – Analogkanäle****Zeitbasis-Einstellbereich**

1-GHz-Modelle (ohne Option SA3 oder SA6) und 1-GHz-Modelle (mit Option SA3 oder SA6 bei 2 aktivierten Kanälen)	400 ps bis 1000 s
$\leq 500$ -MHz-Modelle und 1-GHz-Modelle (mit Option SA3 oder SA6 und 4 aktivierten Kanälen)	1 ns bis 1000 s

**Maximale Dauer bei höchster Abtastrate (alle/halbe Kanäle)**

1-GHz-Modelle (ohne Option SA3 oder SA6) und 1-GHz-Modelle (mit Option SA3 oder SA6 bei 2 aktivierten Kanälen)	8/4 ms
$\leq 500$ -MHz-Modelle und 1-GHz-Modelle (mit Option SA3 oder SA6 und 4 aktivierten Kanälen)	8/8 ms

**Zeitbasisverzögerung-Einstellbereich** -10 Skalenteile bis 5.000 s

**Kanal-zu-Kanal Deskew-Bereich**  $\pm 125$  ns

**Zeitbasisgenauigkeit**  $\pm 5$  ppm über einem beliebigen Zeitintervall  $\geq 1$  ms

## Triggersystem

<b>Triggermodi</b>	Auto, Normal und Einzelschuss								
<b>Triggerkopplung</b>	DC-, AC-, HF-Unterdrückung (Dämpfung >50 kHz), NF-Unterdrückung (Dämpfung <50 kHz), Rauschunterdrückung (Verringerung der Empfindlichkeit)								
<b>Trigger-Holdoff-Bereich</b>	20 ns bis 8 s								
<b>Triggerempfindlichkeit</b>	Intern gleichspannungsgekoppelt								
1 mV/Skt. bis 4,98 mV/Skt.	1,8 Skt.								
5 mV/Skt. bis 9,98 mV/Skt.	0,6 Skt.								
10 mV/Skt. bis 19,98 mV/Skt.	1,2 Skt.								
≤20 mV/Skt.	0,5 Skt.								
<b>Triggerpegel-Bereiche</b>									
<b>Jeder Eingangskanal</b>	±8 Skalenteile ab Bildschirmmitte, ±8 Skalenteile ab 0 V bei Auswahl von Triggerkopplung mit vertikaler NF-Unterdrückung								
<b>Zeile</b>	Der Zeilentrigger-Pegel ist auf ca. 50 % der Zeilenspannung festgelegt.								
<b>Triggerfrequenzanzeige</b>	6-stellige Anzeige der Frequenz von triggerbaren Ereignissen								
<b>Triggerarten</b>									
<b>Flanke</b>	Positive, negative Steigung oder beides auf jedem Kanal. Die Kopplung umfasst DC-, AC- und HF-Unterdrückung sowie NF-Unterdrückung und Rauschunterdrückung.								
<b>Sequenz (B-Trigger)</b>	Triggerverzögerung nach Zeit: 8 ns bis 8 s. Oder Triggerverzögerung nach Ereignissen: 1 bis 4.000.000 Ereignisse Nicht verfügbar, wenn für Flanke „Beides“ ausgewählt wird.								
<b>Pulsbreite</b>	Trigger auf die Impulsbreite positiver oder negativer Impulse, die >, <, =, ≠ sind oder innerhalb bzw. außerhalb eines angegebenen Zeitraums liegen.								
<b>Timeout</b>	Triggern auf ein Ereignis, das hoch, niedrig oder beides bleibt, für einen bestimmten Zeitraum (4 ns bis 8 s).								
<b>Runt</b>	Trigger auf einen Impuls, der eine Schwelle überschreitet, eine zweite Schwelle jedoch nicht überschreitet, bevor die erste Schwelle erneut überschritten wurde.								
<b>Logik</b>	Trigger, wenn ein logisches Bitmuster von Kanälen UNWAHR wird oder während einer bestimmten Zeitspanne WAHR bleibt. Jeder Eingang kann als Takt verwendet werden, um nach dem Bitmuster auf einer Taktflanke zu suchen. Bitmuster (AND, OR, NAND, NOR) sind für alle Eingangskanäle angegeben, die als High, Low oder Beliebig definiert sind.								
<b>Setup/Hold</b>	Trigger bei Verletzungen der Setup-Zeit und der Hold-Zeit zwischen Takt und Daten auf einem der analogen und digitalen Eingangskanäle.								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Trigger vom Typ Setup and Hold</th> <th>Beschreibung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Setup-Zeitbereich</td> <td>-0,5 ns bis 1,024 ms</td> </tr> <tr> <td>Hold-Zeitbereich</td> <td>1,0 ns bis 1,024 ms</td> </tr> <tr> <td>Setup + Hold-Zeitbereich</td> <td>0,5 ns bis 2,048 ms</td> </tr> </tbody> </table>	Trigger vom Typ Setup and Hold	Beschreibung	Setup-Zeitbereich	-0,5 ns bis 1,024 ms	Hold-Zeitbereich	1,0 ns bis 1,024 ms	Setup + Hold-Zeitbereich	0,5 ns bis 2,048 ms
Trigger vom Typ Setup and Hold	Beschreibung								
Setup-Zeitbereich	-0,5 ns bis 1,024 ms								
Hold-Zeitbereich	1,0 ns bis 1,024 ms								
Setup + Hold-Zeitbereich	0,5 ns bis 2,048 ms								
<b>Anstiegs-/Abfallzeit</b>	Triggern auf Impulsflanken-Anstiegsraten, die schneller oder langsamer als angegeben sind. Die Flanke kann positiv, negativ oder beides sein, der Zeitbereich liegt zwischen 4,0 ns bis 8 s.								
<b>Video</b>	Trigger auf alle Zeilen, ungerade oder gerade Zeilen oder alle Felder in NTSC-, PAL- und SECAM-Videosignalen. Benutzerdefinierte Zwei- und Dreipegelsynchronisationsstandards.								
<b>Erweitertes Video (optional)</b>	Trigger auf 480p/60, 576p/50, 720p/30, 720p/50, 720p/60, 875i/60, 1080i/50, 1080i/60, 1080p/24, 1080p/24sF, 1080p/25, 1080p/30, 1080p/50, 1080p/60 und benutzerdefinierte Zwei- und Drei-Ebenen-Synchronisierungs-Videostandards. Benutzerdefinierte Zwei- und Dreipegelsynchronisationsstandards.								
<b>Parallel (erfordert Option MDO4MSO)</b>	Trigger auf einen Datenwert im Parallelbus. Der Parallelbus kann 1 bis 20 Bit groß sein (ab den Digital- und Analogkanälen). Binäre und hexadezimale Basiswerte werden unterstützt.								

## Erfassungssystem

<b>Erfassungsmodi</b>	
<b>Abtastung</b>	Erfassung von Abtastwerten.
<b>Peak-Werterfassung</b>	Erfassung von Glitches mit nur 800 ps (MDO4104C mit Option SA3 oder SA6 und $\leq 2$ aktivierten Kanälen oder MDO4104C ohne SA3 oder SA6) oder 1,6 ns MDO4104C mit Option SA3 oder SA6 und $\geq 3$ aktivierten Kanälen und alle anderen Modelle) bei allen Ablenkgeschwindigkeiten
<b>Mittelwertbildung</b>	Mittelwerterfassung einstellbar von 2 bis 512 Signalen.
<b>Hüllkurve</b>	Die Min-Max-Hüllkurve zeigt die Spitzenwerte für mehrere Erfassungen an. Anzahl der Signale in der Hüllkurve wählbar zwischen 1 und 2000 und unendlich
<b>Hochauflösende Datenaufzeichnung</b>	Mithilfe von Echtzeit-Boxcar-Mittelwertbildung wird zufälliges Rauschen verringert und die vertikale Auflösung wird erhöht.
<b>Rollen</b>	Lässt die Signale mit einer Ablenkgeschwindigkeit von maximal 40 ms/div von rechts nach links über den Bildschirm laufen.
<b>FastAcq®</b>	FastAcq optimiert das Gerät für die Analyse von dynamischen Signalen und die Erfassung seltener Ereignisse. Dabei werden $>340,000$ wfms/s bei Modellen mit 1 GHz erfasst, und $>270,000$ wfms/s bei Modellen mit 200 MHz bis 500 MHz.

## Signalmessungen

<b>Cursor</b>	Auf Signal und Bildschirm bezogene Cursor.
<b>DC-Meßgenauigkeit</b>	$\pm((\text{DC-Verstärkungsgenauigkeit}) *  \text{Messwert} - (\text{Offset} - \text{Position})  + \text{Offset-Genauigkeit} + 0,15 \text{ Skt.} + 0,6 \text{ mV})$
<b>Automatische Messungen (Zeitbereich)</b>	30, wovon bis zu acht jederzeit auf dem Bildschirm angezeigt werden können. Gemessen werden: Periode, Frequenz, Verzögerung, Anstiegszeit, Abfallzeit, positives Tastverhältnis, negatives Tastverhältnis, positive Pulsbreite, negative Pulsbreite, Burstbreite, Phase, positives Überschwingen, negatives Überschwingen, Gesamt-Überschwingen, Peak-zu-Peak, Amplitude, High- bzw. Low-Werte, Minimum und Maximum, Mittelwert, Schwingungs-Mittelwert, Effektivwert, Zyklus-Effektivwert, Anzahl positiver und negativer Impulse, Anzahl ansteigender und abfallender Flanken, Fläche und Zyklusfläche.
<b>Automatische Messungen (Frequenzbereich)</b>	3, wovon jeweils eine auf dem Bildschirm angezeigt werden kann. Gemessen werden: Kanalleistung, Nachbarkanalleistung (ACPR) und belegte Bandbreite (OBW).
<b>Messstatistik</b>	Mittelwert, Min, Max, Standardabweichung.
<b>Referenzpegel</b>	Benutzerdefinierbare Referenzpegel für automatische Messungen können in Prozent oder Einheiten angegeben werden.
<b>Gattersteuerung</b>	Auswahl von bestimmten Ereignissen in einer Erfassung zur Durchführung von Messungen mithilfe des Bildschirmscursors oder des Signalcursors.
<b>Signalhistogramm</b>	Ein Signalhistogramm umfasst eine Reihe von Datenwerten, die die Gesamtzahl der Treffer in einem benutzerdefinierten Bereich der Anzeige darstellen. Ein Signalhistogramm ist sowohl eine visuelle Darstellung der Trefferverteilung als auch eine Menge von numerischen Werten, die gemessen werden können.
<b>Quellen</b>	Kanal 1, Kanal 2, Kanal 3, Kanal 4, Ref 1, Ref 2, Ref 3, Ref 4, Math
<b>Arten</b>	Vertikal, Horizontal
<b>Signalhistogrammmessungen</b>	12, wovon bis zu acht jederzeit auf dem Bildschirm angezeigt werden können. Signalzählung, Treffer im Feld, Spitzenwerttreffer, Median, Max, Min, Spitze-Spitze, Mittelwert, Standardabweichung, Sigma 1, Sigma 2, Sigma 3

## Signalberechnung

<b>Arithmetisch</b>	Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division von Signalen.
<b>Mathematische Funktionen</b>	Integration, Differentiation, Schnelle Fourier-Transformation (FFT)
<b>FFT</b>	Spektralgröße. FFT-Vertikalskala auf Linear (Effektivwert) oder dBV (eff.) und FFT-Fenster auf Rechteck, Hamming, Hanning oder Blackman-Harris einstellbar.
<b>Spektrumberechnung</b>	Addieren oder Subtrahieren von Kurven im Frequenzbereich.
<b>Höhere Mathematik</b>	Definieren umfangreicher algebraischer Ausdrücke mit Signalen, Referenzsignalen, math. Funktionen (FFT, Intg, Diff, Log, Exp, Sqrt, Abs, Sinus, Kosinus, Tangens, Rad, Deg), Skalaren, bis zu zwei vom Benutzer einstellbaren Variablen und Ergebnissen parametrischer Messungen (Periode, Frequenz, Verzögerung, Anstieg, Abfall, PosBreite, NegBreite, BurstBreite, Phase, PosTastverhältnis, NegTastverhältnis, PosÜberschwingen, NegÜberschwingen, TotalOverShoot, Spitze-Spitze, Amplitude, Effektivwert, Zyklus-Effektivwert, High bzw. Low, Max, Min, Mittelwert, Zyklusmittelwert, Bereich, Zyklusfläche und Trenddarstellungen). Beispiel: $(\text{Intg}(\text{Ch1} - \text{Mittelwert}(\text{Ch1})) \times 1,414 \times \text{VAR1})$

## Aktion bei Ereignis

<b>Ereignisse</b>	Keine, wenn ein Trigger auftritt, oder wenn eine definierte Anzahl von Erfassungen erreicht wird (1 bis 1.000.000)
<b>Aktion</b>	Erfassung stoppen, Signal in Datei speichern, Bildschirmdarstellung speichern, drucken, AUX OUT-Impuls, Ferngesteuerte Schnittstellen-Serviceanforderung (SRQ), E-Mail-Benachrichtigung und visuelle Benachrichtigung
<b>Wiederholung</b>	Wiederholung des Vorgangs „Aktion bei Ereignis“ (1 bis 1.000.000 und unendlich)

## Videobild-Modus (optional, erfordert DPO4VID)

<b>Quellen</b>	Kanal 1, Kanal 2, Kanal 3, Kanal 4
<b>Videostandards</b>	NTSC, PAL
<b>Kontrast und Helligkeit</b>	Manuell und automatisch
<b>Feldauswahl</b>	Ungerade, Gerade, Verschachtelt
<b>Bildposition auf dem Bildschirm</b>	Wählbare X- und Y-Position, Breiten- und Höhenanpassung, Startzeile und -pixel sowie Offset-Steuerung von Zeile zu Zeile.

## Leistungsmessungen (optional, erfordert DPO4PWR)

<b>Messungen der Stromqualität</b>	$V_{\text{Eff}}$ , $V_{\text{Spitzenfaktor}}$ , Frequenz, $I_{\text{Eff}}$ , $I_{\text{Spitzenfaktor}}$ , Wirkleistung, Scheinleistung, Blindleistung, Leistungsfaktor, Phasenwinkel.
<b>Schaltverlustmessungen</b>	
<b>Leistungsverlust</b>	$T_{\text{Ein}}$ , $T_{\text{Aus}}$ , Leitungs-, Gesamtverlust.
<b>Energieverlust</b>	$T_{\text{Ein}}$ , $T_{\text{Aus}}$ , Leitungs-, Gesamtverlust.
<b>Oberwellen</b>	THD-F-, THD-R-, Effektivwert-Messungen. Grafische und tabellarische Anzeige der Oberwellen. Test auf IEC61000-3-2 Klasse A und MIL-STD-1399 Abschnitt 300A.
<b>Restwelligkeitsmessungen</b>	$V_{\text{Restwelligkeit}}$ und $I_{\text{Restwelligkeit}}$

**Leistungsmessungen (optional), erfordert DPO4PWR)**

<b>Modulationsanalyse</b>	Grafische Anzeige der Modulationsarten von positiver Impulsbreite, negativer Impulsbreite, Periode, Frequenz, positivem Tastverhältnis und negativem Tastverhältnis.
<b>Sicherer Betriebsbereich</b>	Grafische Anzeige und Maskentests von Messungen des sicheren Betriebsbereichs eines Schaltnetzteils.
<b>dV/dt- und dI/dt-Messungen</b>	Cursormessungen der Anstiegs-/Abfallrate.

**Grenzwert-/Maskentests (optional, erfordert DPO4LMT)**

<b>Enthaltene Standardmasken.<sup>1</sup></b>	ITU-T, ANSI T1.102, USB
<b>Prüfquelle</b>	Grenzwertest: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 oder R1 - R4 Maskentest: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4
<b>Maskenerstellung</b>	Vertikale Toleranz der Grenzwertprüfung von 0 bis 1 Unterteilung in 1 m Unterteilungsincrementen; Horizontale Toleranz des Grenzwerttests von 0 bis 500 m Unterteilung in 1 m Unterteilungsincrementen. Laden der Standardmaske aus dem internen Speicher. Laden einer benutzerdefinierten Maske aus einer Textdatei mit bis zu acht Segmenten.
<b>Maskenskalierung</b>	EIN für "Maske an Quelle koppeln" (Maske wird automatisch mit den geänderten Quellkanaleinstellungen neu skaliert) AUS für "Maske an Quelle koppeln" (Maske wird mit den geänderten Quellkanaleinstellungen nicht neu skaliert)
<b>Prüfkriterien gültig bis</b>	Mindestanzahl von Signalen (von 1 bis 1.000.000 und unendlich) Abgelaufene Mindestzeit (von 1 Sekunde bis zu 48 Stunden und unendlich)
<b>Verletzungsschwellwert</b>	Von 1 bis 1.000.000
<b>Aktionen bei fehlgeschlagenem Test</b>	Erfassung stoppen, Bildschirminhalt in einer Datei speichern, Signal in einer Datei speichern, Bildschirminhalt drucken, Triggerausgangsimpuls, Ferngesteuerte Schnittstellen-Serviceanforderung (SRQ) einstellen.
<b>Aktionen bei abgeschlossenem Test</b>	Triggerausgangsimpuls, Ferngesteuerte Schnittstellen-Serviceanforderung (SRQ) einstellen.
<b>Ergebnisanzeige</b>	Prüfstatus, Anzahl der Signale, Anzahl der Verletzungen, Verletzungsrate, Anzahl der Prüfungen, fehlgeschlagene Prüfungen, Fehlerrate prüfen, abgelaufene Zeit, Anzahl der Treffer für jedes Maskensegment.

**2 - Spektrumanalysator (erfordert Option SA3 oder SA6)****Eingang des Spektrumanalysators**

<b>Wobbelhub</b>	1 kHz bis 3 GHz (Modelle mit Option SA3) oder 1 kHz bis 6 GHz (Modelle mit Option SA6) Messbereich einstellbar in der Folge 1-2-5 Variable Auflösung = 1 % der nächsten Messbereichseinstellung
------------------	---

<sup>1</sup> Bei Einsatz von Telekommunikationsstandards >55 MBit/s werden für Maskentests Modelle mit  $\geq 350$  MHz Bandbreite empfohlen, bei Hochgeschwindigkeits-USB hingegen Modelle mit 1 GHz Bandbreite.

## 2 - Spektrumanalysator (erfordert Option SA3 oder SA6)

<b>Auflösungsbandbreite</b>	Die Auflösungsbandbreite für Fensterfunktionen beträgt: Kaiser (Standardeinstellung): 20 Hz bis 200 MHz Rectangular: 10 Hz bis 200 MHz Hamming: 10 Hz bis 200 MHz Hanning: 10 Hz bis 200 MHz Blackman-Harris: 20 Hz bis 200 MHz Flat-Top: 30 Hz bis 200 MHz Eingestellt in der Folge 1-2-3-5
<b>RBW-Formfaktor (Kaiser)</b>	60 dB/3 dB Formfaktor: $\geq 4:1$
<b>Referenzpegel</b>	Einstellen des Messbereichs: -140 dBm bis +30 dBm, in Schritten von 1 dB
<b>Vertikaler Eingangsbereich</b>	Vertikaler Messbereich: +30 dBm bis DANL Vertikaleinstellung von 1 dB/Skt. bis 20 dB/Skt. bei einer Folge 1-2-5
<b>Vertikale Position</b>	-100 div bis +100 div
<b>Vertikale Einheiten</b>	dBm, dBmV, dB $\mu$ V, dB $\mu$ W, dBmA, dB $\mu$ A

Angezeigter mittlerer Rauschpegel (DANL)	Frequenzbereich	DANL
		9 kHz bis 50 kHz
	50 kHz – 5 MHz	<-130 dBm/Hz (<-141 dBm/Hz, typisch)
	5 MHz bis 400 MHz	<-146 dBm/Hz (<-150 dBm/Hz, typisch)
	400 MHz bis 3 GHz	<-147 dBm/Hz (<-150 dBm/Hz, typisch)
	3 GHz bis 4 GHz (nur Modelle mit der Option SA6)	<-148 dBm/Hz (<-151 dBm/Hz, typisch)
	4 GHz bis 6 GHz (nur Modelle mit der Option SA6)	<-140 dBm/Hz (<-145 dBm/Hz, typisch)

### DANL bei angeschlossenem Vorverstärker TPA-N-PRE

Vorverstärker auf „Auto“ und Referenzpegel auf -40 dBm eingestellt

Die DANL des MDO4000C ist mit dem Vorverstärker im Überbrückungszustand um  $\leq 3$  dB höher als die DANL des MDO4000C ohne Vorverstärker.

Frequenzbereich	DANL
9 kHz bis 50 kHz	<-119 dBm/Hz, (<-125 dBm/Hz, typisch)
50 kHz bis 5 MHz	<-140 dBm/Hz (<-146 dBm/Hz, typisch)
5 MHz bis 400 MHz	<-156 dBm/Hz (<-160 dBm/Hz, typisch)
400 MHz bis 3 GHz	<-157 dBm/Hz (<-160 dBm/Hz, typisch)
3 GHz bis 4 GHz (nur Modelle mit der Option SA6)	<-158 dBm/Hz (<-161 dBm/Hz, typisch)
4 GHz bis 6 GHz (nur Modelle mit der Option SA6)	<-150 dBm/Hz (<-155 dBm/Hz, typisch)

### Störverhalten

<b>2 und 3. Oberwelle (&gt;100 MHz)</b>	< -60 dBc (< -60 dBc, typisch), bei aktiviertem Auto-Modus und Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel
<b>2. und 3. Oberwelle (9 kHz bis 100 MHz)</b>	<-57 dBc (<-65 dBc, typisch), bei eingeschalteten Automatikereinstellungen, Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel und Referenzpegel $\leq -15$ dBm
<b>2. Ordnung, Kreuzmodulation (&gt;200 MHz)</b>	<-60 dBc (<-65 dBc, typisch), bei aktivierten automatischen Einstellungen und Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel
<b>2. Ordnung, Kreuzmodulation (&gt;100 MHz bis <math>\leq 200</math> MHz)</b>	<-57 dBc (<-60 dBc, typisch), bei aktivierten automatischen Einstellungen und Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel
<b>2. Ordnung, Kreuzmodulation (10 MHz bis 100 MHz)</b>	<-60 dBc (<-65 dBc, typisch), bei eingeschalteten Automatikereinstellungen, Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel und Referenzpegel $\leq -15$ dBm
<b>3. Ordnung, Kreuzmodulation (&gt;10 MHz)</b>	<-62 dBc (<-65 dBc, typisch), bei eingeschalteten Automatikereinstellungen, Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel und Referenzpegeln $\leq -15$ dBm

## 2 - Spektrumanalysator (erfordert Option SA3 oder SA6)

<b>3. Ordnung, Kreuzmodulation (9 kHz bis 10 MHz)</b>	<-62 dBc (<-65 dBc, typisch), bei eingeschalteten Automateinstellungen, Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel und Referenzpegeln <-15 dBm
<b>A/D-Störsignale:</b>	<-60 dBc (<-65 dBc, typisch), bei eingeschalteten Automateinstellungen und Signalen um 5 dB unter dem Referenzpegel. Ohne A/D-Aliasing-Störsignale
<b>A/D-Aliasing-Störsignale</b>	Bei (5 GHz - $F_{in}$ ) und (8 GHz - $F_{in}$ ): <-55 dBc (<-60 dBc, typisch), bei aktivierten automatischen Einstellungen und Signalen um 5 dB unter dem Referenzpegel
<b>Nur für Modelle mit der Option SA6 geltende Angaben</b>	IF-Unterdrückung: (Alle Eingangsfrequenzen mit Ausnahme von: 1 GHz bis 1,25 GHz und 2 GHz bis 2,4 GHz): <-55 dBc, typisch IF-Störsignale bei (5 GHz - $F_{in}$ ) bei Eingangsfrequenzen von 1,00 GHz bis 1,25 GHz: <-50 dBc, typisch IF-Störsignale bei (6,5 GHz - $F_{in}$ ) bei Eingangsfrequenzen von 2 GHz bis 2,4 GHz: <-50 dBc, typisch Image-Unterdrückung: <-50 dBc (bei Eingangsfrequenzen von 5,5 GHz bis 9,5 GHz)

**Fehleransprechstrom** < -85 dBm (< -78 dBm bei 3,75 GHz, 4,0 GHz, 5,0 GHz und typische 6,0 GHz; < -73 dBm bei 2,5 GHz) mit Referenzpegel von  $\leq$  -25 dBm und Eingang mit Abschlusswiderstand von 50  $\Omega$

**Absolute Amplitudengenauigkeit** Genauigkeit der Leistungspegelmessungen bei der Mittenfrequenz. Bei Frequenzen ungleich der Mittenfrequenz muss zur absoluten Amplitudengenauigkeit die Kanalantwort hinzugefügt werden. Gilt für Signal-Rausch-Verhältnisse >40 dB.  
 < $\pm$ 1,0 dB ( $\pm$ 0,5 dB, typisch), Temperaturbereich 18 °C bis 28 °C, Frequenzbereich 50 kHz bis 6 GHz, Referenzpegel -25, -20, -15, -10, -5, 0, 5, 10 dBm  
 < $\pm$ 1,0 dB, typisch, 50 kHz bis 6 GHz, alle anderen Referenzpegel, Temperaturbereich 18 °C bis 28 °C  
 < $\pm$ 1,5 dB, typisch, 50 kHz bis 6 GHz, alle Referenzpegel, Temperaturbereich 0 °C bis 50 °C  
 < $\pm$ 2,0 dB, typisch, 9 kHz bis 50 kHz, alle Referenzpegel, Temperaturbereich 18 °C bis 28 °C  
 < $\pm$ 3,0 dB, typisch, 9 kHz bis 50 kHz, alle Referenzpegel, Temperaturbereich von 0 °C bis 50 °C

**Kanalansprechzeit** Gültig im Temperaturbereich 18 °C bis 28 °C

Die Angaben gelten für Signal-Rausch-Verhältnisse von >40 dB

Mittenfrequenzbereich der Messung	Spanne	Amplitudenebenheit, Spitze-Spitze	Amplitudenebenheit, Effektivwert	Phasenlinearität, Effektivwert
15 MHz bis 6 GHz	10 MHz	0,3 dB	0,15 dB	1,5 °
60 MHz bis 6 GHz	$\leq$ 100 MHz	0,75 dB	0,27 dB	1,5 °
170 MHz bis 6 GHz	$\leq$ 320 MHz	0,85 dB	0,27 dB	2,5 °
510 MHz bis 6 GHz	$\leq$ 1000 MHz	1,0 dB	0,3 dB	3,0 °
Beliebig (bei Anfangsfrequenz >10 MHz)	>1000 MHz	1,2 dB	n/z	n/z

**Absolute Amplitudengenauigkeit (AAA – Absolute Amplitude Accuracy) und Kanalantwort (CR – Channel Response), bei angeschlossenem Vorverstärker TPA-N-PRE** AAA:  $\leq$  $\pm$ 0,5 dB (typisch), Temperaturbereich 18 °C bis 28 °C, 50 kHz bis 6 GHz, bei allen Vorverstärkerzuständen.  
 AAA:  $\leq$  $\pm$ 2,0 dB (typisch), Temperaturbereich 18 °C bis 28 °C, 9 kHz bis 50 kHz, bei allen Vorverstärkerzuständen.  
 AAA:  $\leq$  $\pm$ 2,3 dB (typisch), über den gesamten Betriebsbereich, bei allen Vorverstärkerzuständen.  
 CR: 0,0 dB

**Übersprechen im Spektrumanalysator durch Oszilloskopkanäle**

<b><math>\leq</math>1 GHz Eingangsfrequenz</b>	<-68 dB ab Referenzpegel
<b>&gt;1 GHz bis 2 GHz Eingangsfrequenz</b>	<-48 dB ab Referenzpegel

**Phasenrauschen bei 1 GHz Trägerfrequenz**

<b>1 kHz</b>	<-104 dBc/Hz (typisch)
<b>10 kHz</b>	<-108 dBc/Hz, <-111 dBc/Hz (typisch)

## 2 - Spektrumanalysator (erfordert Option SA3 oder SA6)

100 kHz	<-110 dBc/Hz, <-113 dBc/Hz (typisch)
1 MHz	<-120 dBc/Hz, <-123 dBc/Hz (typisch)
<b>Referenzfrequenzfehler (kumulativ)</b>	Kumulativer Fehler: $1,6 \times 10^{-6}$ Enthält Fehlergrenzen für Alterung pro Jahr, Genauigkeit der Referenzfrequenzkalibrierung und Temperaturstabilität Gültig über das empfohlene Kalibrierungsintervall von einem Jahr, von 0 °C bis +50 °C
<b>Genauigkeit der Markerfrequenzmessungen</b>	$\pm((1,6 \times 10^{-6} \times \text{Markierungsfrequenz}) + (0,001 \times \text{Messspanne} + 2)) \text{ Hz}$ Beispiel: Wird als Messbereich 10 kHz festgelegt und liegt die Markierung bei 1500 MHz, ergibt sich eine Genauigkeit der Frequenzmessung von $\pm((1,6 \times 10^{-6} \times 1.500 \text{ MHz}) + (0,001 \times 10 \text{ kHz} + 2)) = \pm/-2,412 \text{ kHz}$ . Markerfrequenz bei Messbereich/RBW $\leq 1.000:1$ Referenzfrequenzfehler bei Markierungspegel auf angezeigtem Rauschpegel >30 dB
<b>Auflösung der Frequenzmessungen</b>	1 Hz
<b>Maximaler Eingangspegel für Betrieb</b>	
<b>Mittlere kontinuierliche Leistung</b>	+30 dBm (1 W) bei Referenzpegeln $\geq -20 \text{ dBm}$ +24 dBm (0,25 W) bei Referenzpegeln $< -20 \text{ dBm}$
<b>Maximaler Gleichstrom vor Beschädigung</b>	$\pm 40 V_{DC}$
<b>Maximale Leistung vor Beschädigung (Trägerfrequenz)</b>	+32 dBm (1,6 W) bei Referenzpegeln $\geq -20 \text{ dBm}$ +25 dBm (0,32 W) bei Referenzpegeln $< -20 \text{ dBm}$
<b>Maximale Leistung vor Beschädigung (Impuls)</b>	Peak-Impulsstärke: +45 dBm (32 W) Die Peak-Impulsstärke wird wie folgt definiert: <10 $\mu\text{s}$ Impulsbreite, <1 % Tastverhältnis und Referenzpegel von $\geq +10 \text{ dBm}$
<b>Maximaler Eingangspegel für Betrieb bei angeschlossenem Vorverstärker TPA-N-PRE</b>	
<b>Mittlere kontinuierliche Leistung</b>	+30 dBm (1 W)
<b>Maximaler Gleichstrom vor Beschädigung</b>	$\pm 20 V_{DC}$
<b>Maximale Leistung vor Beschädigung (Trägerfrequenz)</b>	+30 dBm (1 W)
<b>Maximale Leistung vor Beschädigung (Impuls)</b>	+45 dBm (32 W) (10 $\mu\text{s}$ Impulsbreite, <1 % Tastverhältnis und Referenzpegel $\geq +10 \text{ dBm}$ )
<b>HF-Leistungspegel-Trigger</b>	
<b>Frequenzbereich</b>	Modelle mit Option SA3: 1 MHz bis 3 GHz Modelle mit Option SA6: 1 MHz bis 3,75 GHz; 2,75 GHz bis 4,5 GHz, 3,5 GHz bis 6,0 GHz
<b>Amplitudenpegel bei Betrieb</b>	0 dB bis -30 dB vom Referenzpegel
<b>Amplitudenbereich</b>	+10 dB bis -40 dB vom Referenzpegel und innerhalb von -65 dBm bis +30 dBm
<b>Kleinster Impuls</b>	10 $\mu\text{s}$ Einschwingzeit bei minimaler Ausschwingzeit von 10 $\mu\text{s}$
<b>Laufzeitunterschied Spektrumanalysator zu Analogkanal</b>	< 5 ns

**2 - Spektrumanalysator (erfordert Option SA3 oder SA6)**

HF-Erfassungslänge	Wobbelhub	Maximale HF-Erfassungszeit
	> 2 GHz	5 ms
	>1 GHz bis 2 GHz	10 ms
	>800 MHz bis 1 GHz	20 ms
	>500 MHz bis 800 MHz	25 ms
	>400 MHz bis 500 MHz	40 ms
	>250 MHz bis 400 MHz	50 ms
	>200 MHz bis 250 MHz	80 ms
	>160 MHz bis 200 MHz	100 ms
	>125 MHz bis 160 MHz	125 ms
	< 125 MHz	158 ms

FFT-Fenstertypen, Faktoren und RBW-Genauigkeit	FFT-Fenster	Faktor	RBW-Genauigkeit
	Kaiser	2.23	0.90%
	Rectangular	0.89	2.25%
	Hamming	1.30	1.54%
	Hanning	1.44	1.39%
	Blackman-Harris	1.90	1.05%
	Flat-Top	3.77	0.53%

**3 - Arbiträrsignal-/Funktionsgenerator (erfordert Option MDO4AFG)**

**Waveforms (Signalkurven)** Sinus, Rechteck, Impuls, Rampe/Dreieck, DC, Rauschen,  $\sin(x)/x$  (Sinc), Gauß, Lorentz, Exponentieller Anstieg und Abfall, Haversinus, Kardial und Arbiträr.

**Sinus**

<b>Frequenzbereich</b>	0,1 Hz bis 50 MHz
<b>Amplitudenbereich</b>	20 mV <sub>ss</sub> bis 5 V <sub>ss</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>ss</sub> bis 2,5 V <sub>ss</sub> bei 50 Ω
<b>Amplitudenebenheit (typisch)</b>	±0,5 dB bei 1 kHz (±1,5 dB bei Amplituden mit <20 mV <sub>ss</sub> )
<b>Gesamtoberwellenverzerrung (typisch)</b>	1 % bei 50 Ω
	2 % bei Amplitude <50 mV und Frequenzen >10 MHz
	3 % bei Amplitude <20 mV und Frequenzen >10 MHz
<b>Störungsfreier dynamischer Bereich (SFDR) (typisch)</b>	-40 dBc (V <sub>p-p</sub> ≥ 0,1 V); -30 dBc (V <sub>p-p</sub> ≤ 0,1 V), 50 Ω Last

**Rechteck/Impuls**

<b>Frequenzbereich</b>	0,1 Hz bis 25 MHz
<b>Amplitudenbereich</b>	20 mV <sub>ss</sub> bis 5 V <sub>ss</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>ss</sub> bis 2,5 V <sub>ss</sub> bei 50 Ω
<b>Tastverhältnis</b>	10 % bis 90 % oder 10 ns Mindestimpuls, je nachdem, was größer ist
<b>Tastverhältnisauflösung</b>	0.1%
<b>Mindestimpulsbreite (typisch)</b>	10 ns
<b>Anstiegs-/Abfallzeit (typisch)</b>	5 ns (10 % bis 90 %)
<b>Impulsbreitenauflösung</b>	100 ps
<b>Überschwingen (typisch)</b>	<2 % bei Signalschritten größer als 100 mV
<b>Asymmetrie</b>	±1 % ±5 ns, bei Tastverhältnis von 50 %
<b>Jitter (TIE-Effektivwert) (typisch)</b>	<500 ps

**3 - Arbiträrsignal-/Funktionsgenerator (erfordert Option MDO4AFG)**

<b>Rampe/Dreieck</b>	
Frequenzbereich	0,1 Hz bis 500 kHz
Amplitudenbereich	20 mV bis 5 V <sub>ss</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>ss</sub> bis 2,5 V <sub>ss</sub> bei 50 Ω
Variable Symmetrie	0% bis 100%
Symmetrieauflösung	0.1%
<b>DC</b>	
Pegelbereich (typisch)	±2,5 V bei Hi-Z; ±1,25 V bei 50 Ω
<b>Rauschen</b>	
Amplitudenbereich	20 mV <sub>p-p</sub> bis 5 V <sub>p-p</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>p-p</sub> bis 2,5 V <sub>p-p</sub> bei 50 Ω
Amplitudenaufösung	0 % bis 100 % in Inkrementen von 1 %
<b>Sin(x)/x (Sinc)</b>	
Frequenzbereich (typisch)	0,1 Hz bis 2 MHz
Amplitudenbereich	20 mV <sub>p-p</sub> bis 3,0 V <sub>p-p</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>p-p</sub> bis 1,5 V <sub>p-p</sub> bei 50 Ω
<b>Gauß</b>	
Frequenzbereich (typisch)	0,1 Hz bis 5 MHz
Amplitudenbereich	20 mV <sub>p-p</sub> bis 2,5 V <sub>p-p</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>p-p</sub> bis 1,25 V <sub>p-p</sub> bei 50 Ω
<b>Lorentz</b>	
Frequenzbereich (typisch)	0,1 Hz bis 5 MHz
Amplitudenbereich	20 mV <sub>p-p</sub> bis 2,4 V <sub>p-p</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>p-p</sub> bis 1,2 V <sub>p-p</sub> bei 50 Ω
<b>Exponentieller Anstieg/Abfall</b>	
Frequenzbereich (typisch)	0,1 Hz bis 5 MHz
Amplitudenbereich	20 mV <sub>p-p</sub> bis 2,5 V <sub>p-p</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>p-p</sub> bis 1,25 V <sub>p-p</sub> bei 50 Ω
<b>Haversinus</b>	
Frequenzbereich (typisch)	0,1 Hz bis 5 MHz
Amplitudenbereich	20 mV <sub>p-p</sub> bis 2,5 V <sub>p-p</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>p-p</sub> bis 1,25 V <sub>p-p</sub> bei 50 Ω
<b>Kardial (typisch)</b>	
Frequenzbereich	0,1 Hz bis 500 kHz
Amplitudenbereich	20 mV <sub>ss</sub> bis 5 V <sub>ss</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>ss</sub> bis 2,5 V bei 50 Ω
<b>Arbiträr</b>	
Speichertiefe	1 bis 128 k
Amplitudenbereich	20 mV <sub>ss</sub> bis 5 V <sub>ss</sub> bei Hi-Z; 10 mV <sub>ss</sub> bis 2,5 V <sub>ss</sub> bei 50 Ω
Wiederholrate	0,1 Hz bis 25 MHz
Abtastrate	250 MS/s
<b>Frequenzgenauigkeit</b>	
Sinussignal und Rampe	130 ppm (Frequenz <10 kHz) 50 ppm (Frequenz ≥10 kHz)
Rechtecksignal und Impuls	130 ppm (Frequenz <10 kHz) 50 ppm (Frequenz ≥10 kHz)
Auflösung	0,1 Hz oder 4-stellig; je nachdem, was größer ist
Amplitudengenauigkeit	±[ (1,5 % der Einstellung für Peak-zu-Peak-Amplitude) + (1,5 % der Einstellung für DC-Offset) + 1 mV ] (Frequenz = 1 kHz)

**3 - Arbiträrsignal-/Funktionsgenerator (erfordert Option MDO4AFG)****DC-Offset**

DC-Offsetbereich	$\pm 2,5$ V bei Hi-Z; $\pm 1,25$ V bei 50 $\Omega$
DC-Offset-Auflösung	1 mV bei Hi-Z; 500 $\mu$ V bei 50 $\Omega$
Offset-Genauigkeit	$\pm [(1,5 \% \text{ der absoluten Offset-Spannungseinstellung}) + 1 \text{ mV}]$ ; Leistungsminderung 3 mV für jede 10 °C im Abstand zu 25 °C

**ArbExpress®**

Das MDO4000C ist kompatibel mit ArbExpress®, der PC-basierten Software zum Erzeugen und Bearbeiten von Signalen. Sie können am Oszilloskop MDO4000C Signale erfassen und diese zum Bearbeiten an ArbExpress übertragen. In ArbExpress können Sie komplexe Signale erzeugen und diese Signale zur Ausgabe an den Arbiträrsignal-/Funktionsgenerator im MDO4000C übertragen. Sie können die ArbExpress-Software unter [de.tek.com/software/downloads](http://de.tek.com/software/downloads) herunterladen.

**4 - Logikanalysator (erfordert Option MDO4MSO)****Vertikalsystem Digitalkanäle**

Eingangskanäle	16 Digitalkanäle (D15 bis D0)
Schwellenwerte	Kanalspezifische Schwellenwerte
Schwellenauswahl	TTL, CMOS, ECL, PECL, Benutzerdefiniert
Einstellbereich für benutzerdefinierte Schwellenwerte	$\pm 40$ V
Schwellwertgenauigkeit	$\pm [100 \text{ mV} + 3 \% \text{ der Schwellwerteinstellung}]$
Maximale Eingangsspannung	$\pm 42 V_{\text{Spitze}}$ (typisch)
Dynamischer Eingangsbereich	30 $V_{\text{ss}} \leq 200$ MHz 10 $V_{\text{ss}} > 200$ MHz
Minimaler Spannungshub	400 mV <sub>Sp-Sp</sub>
<b>Tastkopflast</b>	
Eingangsimpedanz	100 k $\Omega$
Eingangskapazität	3 pF
Vertikale Auflösung	1 Bit

**Horizontalsystem – Digitalkanäle**

Maximale Abtastrate (Normalmodus)	500 MS/s (2 ns Auflösung)
Maximale Aufzeichnungslänge (Normalmodus)	20 Mio. Punkte
Maximale Abtastrate (MagniVu)	16,5 GS/s (60,6 ps Auflösung)
Max. Aufzeichnungslänge (MagniVu)	10.000 Punkte zentriert um den Trigger

## Horizontalsystem – Digitalkanäle

Erkennbare Mindestimpulsbreite	1 ns
Kanal-Laufzeitunterschiede (typisch)	200 ps (typisch)
Maximale Eingangsumschaltrate	500 MHz (Maximale Frequenz des Sinussignals, das genau als logisches Rechtecksignal reproduziert werden kann. Erfordert eine kurze Erdungsverlängerung auf jedem Kanal. Dies ist die maximale Frequenz bei minimalen Amplitudenhub. Höhere Umschaltraten können mit höheren Amplituden erreicht werden.)

### 5 - Analysator für serielle Protokolle (optional)

Automatische serielle Triggerungs-, Decodierungs- und Suchoptionen für I<sup>2</sup>C-, SPI-, RS-232/422/485/UART-, USB-2.0-, CAN-, CAN FD, LIN-, FlexRay-, MIL-STD-1553-, ARINC-429- und Audio-Busse.

Ausführlichere Informationen zu den Produkten, die serielle Busse unterstützen, sind im [Datenblatt für Anwendungsmodule zur seriellen Triggerung und Analyse](#) enthalten.

#### Triggerarten

<b>I<sup>2</sup>C</b>	Trigger auf Start, wiederholten Start, Stopp, fehlende Bestätigung, Adresse (7 oder 10 Bit), Daten oder Adresse und Daten auf I <sup>2</sup> C-Bussen bis 10 Mb/s.
<b>SPI</b>	Trigger auf SS aktiv, Frame-Beginn, MOSI, MISO oder MOSI und MISO auf SPI-Bussen bis 50,0 MBit/s.
<b>RS-232/422/485/UART</b>	Trigger auf Tx-Startbit, Rx-Startbit, Tx-Paketende, Rx-Paketende, Tx-Daten, Rx-Daten, Tx-Paritätsfehler und Rx-Paritätsfehler bis 10 Mbit/s.
<b>USB: Low Speed (Niedrige Geschwindigkeit)</b>	<p>Trigger auf Sync Aktiv, Frame-Beginn, Reset, Standby, Wiederaufnahme, Paketende, Token(-Adress)-Paket, Datenpaket, Handshake-Paket, Spezialpaket, Fehler.</p> <p>Tokenpaket-Trigger – Jeder beliebige Tokentyp, SOF, OUT, IN, SETUP; eine Adresse kann für jeden beliebigen Token sowie die Tokentypen OUT, IN und SETUP angegeben werden. Die Adresse kann weiter zum Triggern auf <math>\leq</math>, <math>&lt;</math>, <math>=</math>, <math>&gt;</math>, <math>\geq</math>, <math>\neq</math> einem bestimmten Wert oder innerhalb bzw. außerhalb einem Bereich angegeben werden. Die Frame-Nummer kann für SOF-Token mit Binär- und Hexadezimalziffern, Dezimalziffern ohne Vorzeichen und beliebigen Ziffern angegeben werden.</p> <p>Datenpaket-Trigger - Alle Datentypen, DATA0, DATA1; Die Daten können darüber hinaus zum Triggern auf <math>\leq</math>, <math>&lt;</math>, <math>=</math>, <math>&gt;</math>, <math>\geq</math>, <math>\neq</math> einen bestimmten Datenwert oder innerhalb bzw. außerhalb eines Bereiches angegeben werden.</p> <p>Handshakepaket-Trigger – Jeder beliebige Handshake-Typ, ACK, NAK, STALL.</p> <p>Spezialpaket-Trigger – Jeder beliebige Spezialtyp, Reserviert</p> <p>Fehlertrigger – PID-Prüfung, CRC5 oder CRC16, Bit-Stuffing.</p>
<b>USB: Full speed (Volle Geschwindigkeit)</b>	<p>Triggern auf Synchronisation, Reset, Standby, Wiederaufnahme, Paketende, Token(-Adress)-Paket, Datenpaket, Handshake-Paket, Spezialpaket, Fehler.</p> <p>Tokenpaket-Trigger – Jeder beliebige Tokentyp, SOF, OUT, IN, SETUP; eine Adresse kann für jeden beliebigen Token sowie die Tokentypen OUT, IN und SETUP angegeben werden. Die Adresse kann weiter zum Triggern auf <math>\leq</math>, <math>&lt;</math>, <math>=</math>, <math>&gt;</math>, <math>\geq</math>, <math>\neq</math> einem bestimmten Wert oder innerhalb bzw. außerhalb einem Bereich angegeben werden. Die Frame-Nummer kann für SOF-Token mit Binär- und Hexadezimalziffern, Dezimalziffern ohne Vorzeichen und beliebigen Ziffern angegeben werden.</p> <p>Datenpaket-Trigger – Jeder beliebige Datentyp, DATA0, DATA1; Daten können weiter zum Triggern auf <math>\leq</math>, <math>&lt;</math>, <math>=</math>, <math>&gt;</math>, <math>\geq</math>, <math>\neq</math> einem bestimmten Datenwert oder innerhalb bzw. außerhalb eines Bereiches angegeben werden.</p> <p>Handshakepaket-Trigger – Jeder beliebige Handshake-Typ, ACK, NAK, STALL.</p> <p>Spezialpaket-Trigger – Jeder beliebige Spezialtyp, PRE, Reserviert.</p> <p>Fehlertrigger – PID-Prüfung, CRC5 oder CRC16, Bit-Stuffing.</p>

**5 - Analysator für serielle Protokolle (optional)****USB: High-speed<sup>2</sup>**

Triggern auf Synchronisation, Reset, Standby, Wiederaufnahme, Paketende, Token(-Adress)-Paket, Datenpaket, Handshake-Paket, Spezialpaket, Fehler.

Tokenpaket-Trigger – Jeder beliebige Tokentyp, SOF, OUT, IN, SETUP; eine Adresse kann für jeden beliebigen Token sowie die Tokentypen OUT, IN und SETUP angegeben werden. Die Adresse kann weiter zum Triggern auf  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$ ,  $\neq$  einem bestimmten Wert oder innerhalb bzw. außerhalb einem Bereich angegeben werden. Die Frame-Nummer kann für SOF-Token mit Binär- und Hexadezimalziffern, Dezimalziffern ohne Vorzeichen und beliebigen Ziffern angegeben werden.

Datenpaket-Trigger – Jeder beliebige Datentyp, DATA0, DATA1, DATA2, MDATA; Daten können weiter zum Triggern auf  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$ ,  $\neq$  einem bestimmten Datenwert oder innerhalb bzw. außerhalb eines Bereiches angegeben werden.

Handshakepaket-Trigger - Jeder beliebige Handshake-Typ, ACK, NAK, STALL, NYET.

Spezialpaket-Trigger – Jeder beliebige Spezialtyp, ERR, SPLIT, PING, Reserviert. Zu den SPLIT-Paketkomponenten, die angegeben werden können, gehören:

Hub-Adresse

Start/Abschluss – Beliebig, Start (SSPLIT), Abschluss (CSPLIT)

Anschlussadresse

Start- und Endbits – Beliebig, Control/Bulk/Interrupt (Full-Speed, Low-Speed), Isochronous (Data is Middle, Data is End, Data is Start, Data is All)

Endpunkttyp – Beliebig, Control, Isochronous, Bulk, Interrupt

Fehlertrigger – PID-Prüfung, CRC5 oder CRC16

**Ethernet<sup>3</sup>**

10BASE-T und 100BASE-TX: Trigger auf Start-Frame-Begrenzer, MAC-Adressen, MAC Q-Tag-Steuerungsinformationen, MAC Länge/Typ, IP-Header, TCP-Header, TCP/IPv4/MAC-Clientdaten, Paketende und FCS (CRC)-Fehler.

100BASE-TX: Inaktiv.

MAC-Adressen – Trigger auf Quell- und Ziel-Adresswerte von 48 Bit.

MAC Q-Tag-Steuerungsinformationen – Trigger auf Q-Tag von 32-Bit.

MAC Länge/Typ – Trigger auf  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$ ,  $\neq$  einem bestimmten 16-Bit-Wert oder innerhalb bzw. außerhalb einem Bereich.

IP-Header – Trigger auf IP-Protokoll von 8-Bit, Quelladresse, Zieladresse.

TCP-Header – Trigger auf Quellanschluss, Zielanschluss, Sequenznummer und Bestätigungsnummer.

TCP/IPv4/MAC-Clientdaten – Trigger auf  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$ ,  $\neq$  einem bestimmten Datenwert oder innerhalb bzw. außerhalb einem Bereich. Anwählbare zu triggernde Byte-Anzahl zwischen 1-16. Byte-Offset-Optionen von Don't Care (Beliebig), 0-1499.

**CAN, CAN FD (ISO und Nicht-ISO)**

Trigger auf Datenpaketbeginn, Datenpakettyp (Daten, Remote, Fehler, Überlast), Kennung (Standard oder erweitert), Daten, Kennung und Daten, Datenpaketende, fehlende Quittierung oder Bit-Stuffing-Fehler in CAN-Signalen bis 1 Mbit/s und auf CAN FD-Signalen bis 10 Mb/s. Daten können weiter zum Triggern auf  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$ , oder  $\neq$  eines bestimmten Datenwertes angegeben werden. Der vom Benutzer einstellbare Abtastpunkt ist standardmäßig auf 50 % eingestellt.

**LIN**

Trigger auf Sync, Kennung, Daten, Kennung und Daten, Wakeup-Frame, Sleep-Frame, Fehler wie Sync-, Paritäts- oder Prüfsummenfehler bis zu 100 KBit/s (nach LIN-Definition, 20 KBit/s).

**FlexRay**

Trigger auf Frame-Beginn, Frame-Typ (Normal, Payload, Null, Sync, Startup), Kennung, Zykluszähler, Vollständiges Header-Feld, Daten, Kennung und Daten, Frame-Ende oder Fehler wie Header-CRC-, Trailer-CRC-, Null-Frame-, Sync-Frame- oder Startup-Frame-Fehler bis zu 100 MBit/s.

**MIL-STD-1553**

Trigger auf Sync, Worttyp<sup>3</sup> (Befehl, Status, Daten), Befehlswort (RT-Adresse, T/R, Subadresse/Modus, Datenwortzahl/Moduscode und Parität einzeln festlegen), Statuswort (RT-Adresse, Meldungsfehler, Instrumentation, Service-Anforderungsbit, Empfangener Broadcast-Befehl, Ausgelastet, Subsystem-Flag, DBCA (Dynamic Bus Control Acceptance), Terminal-Flag und Parität einzeln festlegen), Datenwort (benutzerdefinierter 16-Bit-Wert), Fehler (Sync, Parität, Manchester, nicht zusammenhängende Daten), Leerlaufzeit (wählbare Mindestzeit zwischen 2  $\mu$ s und 100  $\mu$ s; wählbare maximale Zeit zwischen 2  $\mu$ s und 100  $\mu$ s; Trigger auf  $<$  Minimum,  $>$  Maximum, innerhalb des Bereichs, außerhalb des Bereichs). Die RT-Adresse kann weiter zum Triggern auf  $=$ ,  $\neq$ ,  $<$ ,  $\leq$ ,  $\geq$  einem bestimmten Wert oder innerhalb bzw. außerhalb eines Datenbereiches angegeben werden.

**ARINC-429**

Trigger auf Wortanfang/-ende, Bezeichnung, SDI, Daten, Bezeichnung und Daten, Fehlerbedingung (beliebig, Parität, Wort, Lücke)

**I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM**

Trigger auf Wortauswahl, Frame-Sync oder Daten. Daten können weiter zum Triggern auf  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$  und  $\neq$  einem bestimmten Datenwert oder innerhalb bzw. außerhalb einem bestimmten Datenbereich angegeben werden. Die max. Datenrate für I<sup>2</sup>S/LJ/RJ beträgt 12,5 Mbit/s. Die max. Datenrate für TDM beträgt 25 MBit/s.

<sup>2</sup> High-Speed-Unterstützung ist nur bei Modellen mit 1 GHz Analogkanalbandbreite verfügbar.

<sup>3</sup> Für 100BASE-TX werden Modelle mit  $\geq$ 350 MHz Bandbreite empfohlen

## 6 - Digitalvoltmeter und Frequenzzähler

Quelle	Kanal 1, Kanal 2, Kanal 3, Kanal 4
Messtypen	AC Effektivwert, DC, AC+DC Effektivwert (Anzeige in Volt oder Ampere); Frequenz
Spannungsgenauigkeit	$\pm(1,5 \%   \text{Messwert} - (\text{Offset} - \text{Position})   + (0,5 \%   \text{Offset} - \text{Position})   + 0,1 * \text{Volt/Skt.})$
Auflösung	ACV, DCV: 4 Stellen Frequenz: 5 Stellen
Frequenzgenauigkeit	$\pm (10 \mu\text{Hz/Hz} + 1 \text{ Zähler})$
Messrate	100 mal/Sekunde; Messungen werden in der Anzeige 4 mal/Sekunde aktualisiert
Automatische Bereichseinstellung für vertikale Einstellungen	Automatische Anpassung von vertikalen Einstellungen zur Maximierung des dynamischen Messbereichs; verfügbar für alle Quellen, ausgenommen Trigger-Quellen
Grafische Messung	Grafische Angabe von Minimum, Maximum, aktuellem Wert und Fünf-Sekunden-Rollbereich

## Allgemeine Gerätedaten

### Anzeigesystem

Displaytyp	10,4 Zoll (264 mm) Flüssigkristall-TFT-Farbdisplay
Bildschirmauflösung	1.024 (horizontal) x 768 Pixel (vertikal) (XGA)
Interpolation	Sin(x)/x
Signalformen	Vektoren, Punkte, variable Nachleuchtdauer, unendliche Nachleuchtdauer.
Raster	Voll, Gitter, Durchgängig, Fadenkreuz, Rahmen, IRE und mV.
Format	YT, XY und gleichzeitiges XY/YT
Maximale Signal-Erfassungsrate	>340.000 Signale/s im FastAcq-Erfassungsmodus bei 1-GHz-Modellen >270.000 Signale/s im FastAcq-Erfassungsmodus bei Modellen mit 200 MHz bis 500 MHz >50.000 Signale im DPO-Erfassungsmodus bei allen Modellen.

### Eingangs-/Ausgangsanschlüsse

USB 2.0-Hochgeschwindigkeits-Hostanschluss	Unterstützt USB-Massenspeichergeräte und Tastatur. Zwei Anschlüsse am Frontpaneel und zwei Anschlüsse auf der Rückseite des Geräts.
USB 2.0-Geräteanschluss	Der Anschluss auf der Rückseite ermöglicht die Kommunikation/Steuerung des Oszilloskops über USBTMC oder GPIB (mit einem TEK-USB-488) sowie direktes Drucken auf allen PictBridge-kompatiblen Druckern.
Drucken	Drucken auf einem PictBridge-Drucker oder einem Drucker, der E-Mail-Druck unterstützt. Hinweis: Dieses Produkt enthält Software, die von OpenSSL Project zur Verwendung im OpenSSL Toolkit entwickelt wurde. ( <a href="http://www.openssl.org">http://www.openssl.org</a> )
LAN-Anschluss	RJ-45-Anschluss, unterstützt 10/100/1000 MBit/s
Videoausgang	DB-15-Steckbuchse für die Übertragung der Bilddaten des Oszilloskopdisplays an einen externen Monitor oder Projektor. XGA-Auflösung.

**Eingangs-/Ausgangsanschlüsse**

<b>Tastkopfkompensator, Ausgangsspannung und -frequenz</b>	Kontaktstifte auf dem Frontpaneel
<b>Amplitude</b>	0 bis 2,5 V
<b>Frequenz</b>	1 kHz
<b>Aux-Ausgang</b>	BNC-Anschluss auf der Rückseite $V_{AUS} (Hi)$ : $\geq 2,5$ V bei offenem Schaltkreis, $\geq 1,0$ V bei $50 \Omega$ zur Erdung $V_{AUS} (Lo)$ : $\leq 0,7$ V bei einer Last von $\leq 4$ mA, $\leq 0,25$ V bei $50 \Omega$ gegen Masse Der Ausgang kann so konfiguriert werden, dass ein Impulsausgangssignal ausgegeben wird, wenn das Oszilloskop triggert, am internen Referenztaktausgang des Oszilloskops oder am Ereignis Ausgang für den Grenzwert-/Maskentest ein Signal anliegt.
<b>Externer Referenzeingang</b>	Ermöglicht die phasengleiche Synchronisierung eines Zeitbasissystems mit einem externen Referenzsignal von 10 MHz ( $10 \text{ MHz} \pm 1 \%$ ).
<b>Kensington-Schloss</b>	Der Sicherheitsschlitz auf der Rückseite ist für ein Kensington-Schloss vorgesehen.
<b>VESA-Montage</b>	Standard (MIS-D 100) 100 mm VESA-Montagepunkte auf der Geräterückseite.

**LXI (LAN eXtensions for Instrumentation)**

<b>Klasse</b>	LXI Core 2011
<b>Version</b>	V1.4

**Software**

<b>OpenChoice® Desktop</b>	Ermöglicht die schnelle und einfache Kommunikation zwischen einem Windows PC und Ihrem Oszilloskop über USB oder LAN. Übertragen und Speichern von Einstellungen, Signalen, Messungen und Bildschirminhalten. Über die enthaltenen Word- und Excel-Symboleisten kann die Übertragung von Erfassungsdaten und Bildschirminhalten vom Oszilloskop in Word und Excel zur schnellen Berichterstellung oder weiteren Analyse automatisiert werden. Download von <a href="http://de.tek.com/software/downloads">de.tek.com/software/downloads</a> .
<b>IVI-Treiber</b>	Stellt eine Standardschnittstelle zur Geräteprogrammierung für gängige Anwendungen wie LabVIEW, LabWindows/CVI, MicrosoftNET und MATLAB bereit.
<b>Webbasierte Schnittstelle e*Scope®</b>	Ermöglicht die Steuerung des Oszilloskops über eine Netzwerkverbindung mit einem standardmäßigen Internet-Browser. Geben Sie einfach die IP-Adresse oder den Netzwerknamen des Oszilloskops ein. Daraufhin wird eine Internetseite im Browser geöffnet. Sie können Einstellungen, Signale, Messungen und Bildschirmdarstellungen übertragen und speichern oder Änderungen an Einstellungen auf dem Oszilloskop direkt über den Webbrowser vornehmen.
<b>LXI-Webschnittstelle</b>	Ermöglicht den Anschluss an das Oszilloskop über einen standardmäßigen Internet-Browser. Geben Sie einfach die IP-Adresse oder den Netzwerknamen des Oszilloskops in die Adressleiste des Browsers ein. Die Webschnittstelle ermöglicht die Anzeige von Gerätestatus und -konfiguration, Status und Änderung von Netzwerkeinstellungen sowie die Gerätesteuerung über die webbasierte Fernsteuerungsfunktion e*Scope. Alle Web-Interaktionen entsprechen den Anforderungen der LXI-Core-Spezifikation, Version 1.4.

## Stromversorgung

Netzspannung	100 bis 240 V $\pm 10$ %
Netzfrequenz	50 bis 60 Hz $\pm 10$ % bei 100 bis 240 V $\pm 10$ % 400 Hz $\pm 10$ % bei 115 V $\pm 13$ %
Leistungsaufnahme	max. 250 W

## Physikalische Eigenschaften

Abmessungen	mm	Zoll
Höhe	229	9
Breite	439	17.3
Tiefe	147	5.8

### Gewicht

#### Geräte ohne Option SA3 oder SA6

	kg	lbs
Netto	5,1	11,2
Versand	10,8	23,8

#### Geräte mit Option SA3 oder SA6

	kg	lbs
Netto	5,5	12,2
Versand	11,2	24,8

Rack-Montage	5 HE
Kühlabstand	51 mm auf der linken Seite und auf der Rückseite des Geräts

## EMV, Umgebung und Sicherheit

### Temperatur

Betrieb	0 °C bis +50 °C
Lagerung	-30 °C bis +70 °C

### Luftfeuchtigkeit

Betrieb	Hoch: 40 °C bis 50 °C, 10 % bis 60 % relative Luftfeuchte, Niedrig: 0 bis 40 °C, 10 bis 90 % relative Luftfeuchtigkeit
Lagerung	Hoch: 40 °C bis 60 °C, 5 % bis 55 % relative Luftfeuchte, Niedrig: 0 bis 40 °C, 5 bis 90 % relative Luftfeuchtigkeit

### Höhe über NN

Betrieb	3.000 m
Lagerung	12.000 Meter

### Gesetzliche Bestimmungen

CE-Kennzeichen für die europäische Union und UL-Zulassung für USA und Kanada

## Bestellinformationen

### Schritt 1 Auswahl des MDO4000C-Basismodells

#### Produktfamilie MDO4000C

MDO4024C	Mixed-Domain-Oszilloskop mit 4 200-MHz-Analogkanälen
MDO4034C	Mixed-Domain-Oszilloskop mit 4 350-MHz-Analogkanälen
MDO4054C	Mixed-Domain-Oszilloskop mit 4 500-MHz-Analogkanälen
MDO4104C	Mixed-Domain-Oszilloskop mit 4 1-GHz-Analogkanälen

#### Standardzubehör

##### Tastköpfe

Modelle mit $\leq 500$ MHz	TPP0500B, 500 MHz Bandbreite, 10fach, 3,9 pF. Ein passiver Spannungstastkopf pro Analogkanal.
Modelle mit 1 GHz	TPP1000, 1 GHz Bandbreite, 10fach, 3,9 pF. Ein passiver Spannungstastkopf pro Analogkanal.
Jedes Modell mit Option MDO4MSO	Ein 16-Kanal Logiktastkopf P6616 und ein Logiktastkopf-Zubehörsatz (020-2662-xx).

##### Zubehör

200-5130-xx	Frontschutzabdeckung
016-2030-xx	Zubehörtasche
071-3448-xx	Installations- und Sicherheitshinweise, gedrucktes Handbuch (übersetzt in Englisch, Französisch, Japanisch und vereinfachtes Chinesisch) sowie weitere gedruckte Handbücher können unter <a href="http://de.tek.com/manual/downloads">de.tek.com/manual/downloads</a> heruntergeladen werden.
-	Netzkabel
-	OpenChoice® Desktop-Software (verfügbar auf der Dokumentations-CD sowie zum Herunterladen unter <a href="http://de.tek.com/software/downloads">de.tek.com/software/downloads</a> .)
-	Kalibrierungszertifikat zur Dokumentation der Rückverfolgbarkeit auf die Messstandards der nationalen Metrologieinstitute und ISO-9001-Qualitätssystemregistrierung.
Modelle 103-0045-xx mit Option SA3 oder SA6	N-BNC-Adapter

##### Garantie

Die dreijährige Garantie umfasst alle Teile und Arbeitsleistungen am MDO4000C. Die Einjahresgarantie umfasst Teile und Arbeitsleistungen und Teile für enthaltene Tastköpfe.

## Schritt 2 Konfiguration des MDO4000C durch Hinzufügen von Geräteoptionen

### Geräteoptionen

Alle Geräte der Baureihe MDO4000C können mit den folgenden Optionen werkseitig vorkonfiguriert werden:

<b>MDO4AFG</b>	Arbiträr-Funktionsgenerator mit 13 vordefinierten Signalen und Arbiträrsignalgenerierung
<b>MDO4MSO</b>	16 Digitalkanäle, Digitalastkopf P6616 und Zubehör enthalten
<b>SA3</b>	Integrierter Spektrumanalysator mit einem Frequenzbereich von 9 kHz bis 3 GHz
<b>SA6</b>	Integrierter Spektrumanalysator mit einem Frequenzbereich von 9 kHz bis 6 GHz
<b>MDO4SEC</b>	Verbesserte Gerätesicherheit durch Aktivierung von kennwortgeschützter Steuerung zum Aktivieren/Deaktivieren aller Geräteanschlüsse und der Funktionen zur Aktualisierung der Gerätefirmware

### Netz kabel- und Netzsteckeroptionen

<b>Opt. A0</b>	Nordamerika (115 V, 60 Hz)
<b>Opt. A1</b>	Europa allgemein (220 V, 50 Hz)
<b>Opt. A2</b>	Großbritannien (240 V, 50 Hz)
<b>Opt. A3</b>	Australien (240 V, 50 Hz)
<b>Opt. A5</b>	Schweiz (220 V, 50 Hz)
<b>Opt. A6</b>	Japan (100 V, 50/60 Hz)
<b>Opt. A10</b>	China (50 Hz)
<b>Opt. A11</b>	Indien (50 Hz)
<b>Opt. A12</b>	Brasilien (60 Hz)
<b>Opt. A99</b>	Kein Netzkabel

### Sprachoptionen

Alle Produkte werden mit einem Installations- und Sicherheitshandbuch in Englisch, Japanisch, Chinesisch (vereinfacht) und Französisch ausgeliefert. Komplette Benutzerhandbücher in den nachfolgend aufgeführten Sprachen stehen im PDF-Format unter [de.tek.com/manual/downloads](http://de.tek.com/manual/downloads) zur Verfügung. Bei allen nachfolgend aufgeführten Sprachen (außer L0) gehört zum jeweiligen Handbuch ein Bedienfeld-Overlay in der ausgewählten Sprache.

<b>Opt. L0</b>	Englisch (Frontpaneel-Beschriftung)
<b>Opt. L1</b>	Französisch (Frontpaneel-Overlay)
<b>Opt. L2</b>	Italienisch (Frontpaneel-Overlay)
<b>Opt. L3</b>	Deutsch (Frontpaneel-Overlay)
<b>Opt. L4</b>	Spanisch (Frontpaneel-Overlay)
<b>Opt. L5</b>	Japanisch (Frontpaneel-Overlay)
<b>Opt. L6</b>	Portugiesisch (Frontpaneel-Overlay)
<b>Opt. L7</b>	Chinesisch, vereinfacht (Frontpaneel-Overlay)
<b>Opt. L8</b>	Chinesisch, traditionell (Frontpaneel-Overlay)
<b>Opt. L9</b>	Koreanisch (Frontpaneel-Overlay)
<b>Opt. L10</b>	Russisch (Frontpaneel-Overlay)

## Serviceoptionen

Tektronix bietet eine Reihe von Garantie- und Serviceplänen an, mit denen Sie die Gerätelebensdauer erhöhen und sich vor ungeplanten Kosten schützen können. Unabhängig davon, ob Sie sich vor Unfallschäden schützen oder mit einem Kalibrierplan einfach nur Instandhaltungskosten sparen möchten, finden Sie dort eine Serviceoption, die Ihren Bedürfnissen entspricht.

<b>Opt. C3</b>	3-Jahres-Kalibrierservice
<b>Opt. C5</b>	5-Jahres-Kalibrierservice
<b>Opt. D1</b>	Kalibrierungsdatenbericht
<b>Opt. D3</b>	Kalibrierungsdatenbericht für 3 Jahre (mit Opt. C3).
<b>Opt. D5</b>	Kalibrierungsdatenbericht für 5 Jahre (mit Opt. C5).
<b>Opt. R5</b>	Reparaturservice, 5 Jahre (einschließlich Garantie)
<b>Opt. T3</b>	Dreijähriger Vollschutzplan, mit dem gewährleistet wird, dass das betreffende Gerät unabhängig von den jeweiligen Geschehnissen nahezu im Neuzustand erhalten wird.
<b>Opt. T5</b>	Fünfjähriger Vollschutzplan, mit dem gewährleistet wird, dass das betreffende Gerät unabhängig von den jeweiligen Geschehnissen nahezu im Neuzustand erhalten wird.

Die Garantie und Serviceleistungen für das Oszilloskop erstrecken sich nicht auf Tastköpfe und Zubehör. Die jeweiligen Garantie- und Kalibrierungsbedingungen finden Sie im Datenblatt für die betreffenden Tastköpfe und Zubehörmodelle.

## Schritt 3 Auswahl von Anwendungsmodulen und Zubehör

<b>Anwendungsmodule</b>	<p>Anwendungsmodule sind als eigenständige Produkte erhältlich und können zeitgleich mit dem MDO4000C oder zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt erworben werden. Die Funktionen des optionalen Anwendungsmoduls sind während eines Testzeitraums von 30 Tagen kostenlos nutzbar. Dieser automatische Testzeitraum beginnt automatisch beim ersten Einschalten des Gerätes.</p> <p>Anwendungsmodule verfügen über Lizenzen, die zwischen einem Anwendungsmodul und einem Oszilloskop übertragen werden können. Die Lizenz kann im Modul enthalten sein. Dadurch kann das Modul für mehrere Oszilloskope verwendet werden. Die Lizenz kann jedoch auch im Oszilloskop enthalten sein. Dann kann das Modul entfernt und an einem sicheren Ort aufbewahrt werden. Wenn die Lizenz an ein Oszilloskop übertragen und das Modul entfernt wird, können mehr als vier Anwendungen gleichzeitig verwendet werden.</p>
<b>DPO4BND</b>	<p>Anwendungsbündelmodul, das die Funktionen der Anwendungsmodule DPO4AERO, DPO4AUDIO, DPO4AUTO, DPO4COMP, DPO4EMBD, DPO4ENET, DPO4LMT, DPO4PWR, DPO4USB und DPO4VID in einem einzigen Modul aktiviert. Sie sparen, wenn mehrere serielle Bus-Debugging- und Analyse-Anwendungsmodule erforderlich sind, und können die gesamte Funktionsgruppe problemlos von einem Gerät auf ein anderes übertragen.</p>
<b>DPO4AERO</b>	<p>Seriellles Trigger- und Analysemodul für die Luftfahrt. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei MIL-STD-1553- und ARINC-429-Bussen und stellt Analysewerkzeuge bereit, wie z. B. digitale Signalansichten, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitmarkeninformationen.</p> <p>Signaleingänge - Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4, Math, Ref1 - Ref4</p> <p>Empfohlene Abtastung - Differentiell oder Single-ended (nur ein Single-ended-Signal erforderlich)</p>
<b>DPO4AUDIO</b>	<p>Seriellles Trigger- und Analysemodul für Audio. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei I<sup>2</sup>S-, LJ-, RJ- und TDM-Audiobussen und stellt Analysewerkzeuge bereit, wie z. B. Digitalansichten des Signals, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitmarkeninformationen.</p> <p>Signaleingänge - Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15</p> <p>Empfohlene Abtastung - Single-ended</p>
<b>DPO4AUTO</b>	<p>Seriellles Trigger- und Analysemodul für Automobiltechnik. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei CAN-, CAN FD- (ISO und Nicht-ISO) und LIN-Bussen und stellt Analysewerkzeuge bereit, wie z. B. digitale Signalansichten, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitmarkeninformationen.</p> <p>Signaleingänge – LIN: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15; CAN, CAN FD: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15</p> <p>Empfohlene Abtastung – LIN: Single-ended; CAN, CAN FD: Single-ended oder differentiell</p>
<b>DPO4AUTOMAX</b>	<p>Umfasst Funktionen von DPO4AUTO und zusätzlich FlexRay Triggern, Decodierung, Suche und Tabellen-Decodierungsunterstützung. Die erweiterte Augendiagrammanalyse wird mit einem PC-basierten Softwarepaket ebenso unterstützt.</p>

<b>DPO4COMP</b>	<p>Bitmustertrigger- und Bitmusteranalysemodule für die Computertechnik. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei RS-232/422/485/UART-Bussen und stellt Analysewerkzeuge bereit, wie z. B. digitale Signalansichten, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitmarkeninformationen.</p> <p>Signaleingänge - Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15</p> <p>Empfohlene Abtastung - RS-232/UART: Single-ended; RS-422/485: Differentiell</p>
<b>DPO4EMBD</b>	<p>Eingebettetes serielles Trigger- und Analysemodule. Ermöglicht das Triggern auf Paketinformationsebene bei I2C- und SPI-Bussen. Analysewerkzeuge, z. B. Digitalansichten des Signals, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitmarkeninformationen.</p> <p>Signaleingänge - I<sup>2</sup>C oder SPI: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15</p> <p>Empfohlene Abtastung - Single-ended</p>
<b>DPO4ENET</b>	<p>Seriell Trigger- und Analysemodul für Ethernet. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei 10BASE-T- und 100BASE-TX-Bussen <sup>4</sup> sowie Analysewerkzeugen, wie z. B. Digitalansichten des Signals, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitstempelinformationen.</p> <p>Signaleingänge - Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4, Math, Ref1 - Ref4</p> <p>Empfohlene Abtastung - 10BASE-T: Single-ended oder differentiell; 100BASE-TX: Differentiell</p>
<b>DPO4USB</b>	<p>Seriell Trigger- und Analysemodul für USB. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei seriellen Low-Speed-, Full-Speed- und High-Speed-USB-Bussen. Stellt außerdem Analysewerkzeuge bereit, wie z. B. digitale Signalansichten, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitmarkeninformationen für serielle Low-Speed-, Full-Speed- und High-Speed-USB-Busse. <sup>5</sup></p> <p>Signaleingänge - Low-speed und Full-speed: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15; Low-speed, Full-speed und High-speed: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4, Math, Ref1 - Ref4</p> <p>Empfohlene Abtastung - Low-speed und Full-speed: Single-ended oder differentiell; High-speed: Differentiell</p>
<b>DPO4PWR</b>	<p>Leistungsanalyse-Anwendungsmodul. Ermöglicht die schnelle und genaue Analyse von Leistungsqualität, Schaltverlust, Oberwellen, sicherem Betriebsbereich, Modulation, Restwelligkeit und Anstiegs-/Abfallrate (di/dt, dv/dt).</p>
<b>DPO4LMT</b>	<p>Anwendungsmodul Grenzwert- und Maskentest. Ermöglicht Tests mit Grenzwertvorlagen, die anhand von „idealen“ Signalen generiert wurden, und Maskentests mit benutzerdefinierten Masken. <sup>6</sup></p>
<b>DPO4VID</b>	<p>HDTV- und benutzerdefiniertes (nicht standardmäßiges) Videotrigger- und Videobild-Modul.</p>
<b>MDO4TRIG</b>	<p>HF-Leistungspegel-Komfort-Trigger-Modul. Ermöglicht bei folgenden Triggerarten die Verwendung des Leistungspegels am Spektrumanalysatoreingang als Quelle: Impulsbreite, Runt, Timeout, Logik und Sequenz.</p>

## Empfohlenes Zubehör

### Tastköpfe

Tektronix bietet über 100 verschiedene Tastköpfe an, um Ihren Anwendungsanforderungen zu entsprechen. Eine umfassende Liste der erhältlichen Tastköpfe finden Sie unter [de.tek.com/probes](http://de.tek.com/probes).

<b>TPP0500B</b>	Passiver TekVPI®-Spannungstastkopf, 500 MHz, 10fach, mit 3,9 pF Eingangskapazität
<b>TPP0502</b>	Passiver TekVPI®-Spannungstastkopf, 500 MHz, 2fach, mit 12,7 pF Eingangskapazität
<b>TPP0850</b>	Passiver TekVPI®-Hochspannungstastkopf, 800 MHz, 50fach, 2,5 kV
<b>TPP1000</b>	Passiver TekVPI®-Spannungstastkopf, 1 GHz, 10fach, mit 3,9 pF Eingangskapazität
<b>TAP1500</b>	Aktiver TekVPI®-Spannungstastkopf, 1,5 GHz, single-ended
<b>TAP2500</b>	Aktiver TekVPI®-Spannungstastkopf, 2,5 GHz, single-ended
<b>TAP3500</b>	Aktiver TekVPI®-Spannungstastkopf, 3,5 GHz, single-ended
<b>TCP0030</b>	AC/DC-Stromtastkopf, 120 MHz, TekVPI®, 30 A
<b>TCP0150</b>	AC/DC-Stromtastkopf, 20 MHz, TekVPI®, 150 A
<b>TDP0500</b>	TekVPI®-Differenzspannungstastkopf mit 500 MHz und ±42 V Differenzeingangsspannung

<sup>4</sup> Für 100BASE-TX werden Modelle mit ≥350 MHz empfohlen.

<sup>5</sup> USB High-Speed-Unterstützung ist nur bei Modellen mit 1 GHz Analogkanalbandbreite verfügbar.

<sup>6</sup> Für Maskentests auf Telekom-Standards >55 Mb/s werden Modelle mit Bandbreite ≥350 MHz empfohlen. Für Hochgeschwindigkeits-USB werden Modelle mit einer Bandbreite von 1 GHz empfohlen.

<b>TDP1000</b>	TekVPI®-Differenzspannungstastkopf mit 1 GHz und $\pm 42$ V Differenzeingangsspannung
<b>TDP1500</b>	TekVPI®-Differenzspannungstastkopf mit 1,5 GHz und $\pm 8,5$ V Differenzeingangsspannung
<b>TDP3500</b>	TekVPI®-Differenzspannungstastkopf mit 3,5 GHz und $\pm 2$ V Differenzeingangsspannung
<b>THDP0200</b>	TekVPI®-Hochspannungs-Differentialastkopf, 200 MHz, $\pm 1,5$ kV
<b>THDP0100</b>	TekVPI®-Hochspannungs-Differentialastkopf, 100 MHz, $\pm 6$ kV
<b>TMDP0200</b>	TekVPI®-Hochspannungs-Differentialastkopf, 200 MHz, $\pm 750$ V
<b>P5100A</b>	Passiver Hochspannungstastkopf, 2,5 kV, 500 MHz, 100-fach
<b>P5200A</b>	Hochspannungs-Differentialastkopf, 1,3 kV, 50 MHz

## Zubehör

<b>TPA-N-PRE</b>	Vorverstärker, 12 dB Nennverstärkung, 9 kHz bis 6 GHz
<b>119-4146-00</b>	Nahfeldtastkopfset, 100 kHz bis 1 GHz
<b>119-6609-00</b>	Flexible Monopolantenne
<b>TPA-N-VPI</b>	N-TekVPI-Adapter
<b>077-0585-xx</b>	Wartungshandbuch (nur in Englisch)
<b>TPA-BNC</b>	BNC-Adapter TekVPI® auf TekProbe™
<b>TEK-DPG</b>	TekVPI-Deskew-Impulsgenerator-Signalquelle
<b>067-1686-xx</b>	Vorrichtung für Leistungsmessungs-Deskew und Kalibrierung
<b>SignalVu-PC-SVE</b>	Software zur Vektorsignalanalyse
<b>TEK-USB-488</b>	Adapter GPIB auf USB
<b>ACD4000B</b>	Transporttasche
<b>HCTEK54</b>	Hartschalenkoffer (ACD4000B erforderlich)
<b>RMD5000</b>	Gestelleinbausatz

## Weitere HF-Tastköpfe

Bestellungen richten Sie bitte an Beehive Electronics unter: <http://beehive-electronics.com/probes.html>

<b>101A</b>	EMV-Tastkopfset
<b>150A</b>	EMV-Tastkopfverstärker
<b>110A</b>	Tastkopfkabel
<b>0309-0001</b>	Adapter für SMA-Tastkopf
<b>0309-0006</b>	Adapter für BNC-Tastkopf

## Schritt 4 Hinzufügen von Geräte-Upgrades zu einem späteren Zeitpunkt

### Geräte-Upgrades

Die Produkte der Baureihe MDO4000C bieten eine Reihe von Möglichkeiten, Funktionen zu einem späteren Zeitpunkt nach dem Kauf hinzuzufügen. Nachfolgend aufgeführt sind die verfügbaren Produkt-Upgrades sowie die Upgrade-Methode für jedes Produkt.

<b>Kostenlose Geräteoptionen</b>	Die folgenden Optionen stehen kostenlos zur Verfügung, wenn Sie das MDO4000C unter <a href="http://de.tek.com/mdo4register">de.tek.com/mdo4register</a> registrieren.
<b>Digitalvoltmeter und Frequenzzähler</b>	4-stellige AC <sub>Effektivwert</sub> -, DC-, AC+DC <sub>Effektivwert</sub> -Spannungsmessungen und 5-stelliger Frequenzzähler. Der nach der Registrierung des Gerätes zugesandte eindeutige Softwareoptionsschlüssel schaltet die Funktionen frei.
<b>Nachträgliche Geräteoptionen</b>	Die folgenden Produkte sind separat erhältlich und können zu jedem beliebigen Zeitpunkt erworben werden, um bei einem Produkt der Baureihe MDO4000C Funktionen nachzurüsten.
<b>MDO4AFG</b>	Nachrüstung eines Arbiträrsignal-/Funktionsgenerators bei einem Gerät der Baureihe MDO4000C.  Einmaliges, permanentes Upgrade für jedes beliebige Modell, aktiviert durch einen einmal verwendeten Anwendungsmodul-Hardwareschlüssel. Der Hardwareschlüssel wird zur Aktivierung der Funktion verwendet und wird dann nicht mehr benötigt.
<b>MDO4MSO</b>	Nachrüstung von 16 Digitalkanälen, Digitalastkopf P6616 und Zubehör enthalten.  Einmaliges, permanentes Upgrade für jedes beliebige Modell, aktiviert durch einen einmal verwendeten Anwendungsmodul-Hardwareschlüssel. Der Hardwareschlüssel wird zur Aktivierung der Funktion verwendet und wird dann nicht mehr benötigt.
<b>MDO4SA3</b>	Nachrüstung eines Spektrumanalysators mit einem Eingangsfrequenzbereich von 9 kHz bis 3 GHz.  Einmalige permanente Aktualisierung für jedes Modell. Diese Aktualisierung muss in einem Service-Center von Tektronix installiert werden. Anschließend muss das Gerät kalibriert werden.
<b>MDO4SA6</b>	Nachrüstung eines Spektrumanalysators mit einem Eingangsfrequenzbereich von 9 kHz bis 6 GHz.  Einmalige permanente Aktualisierung für jedes Modell. Diese Aktualisierung muss in einem Service-Center von Tektronix installiert werden. Anschließend muss das Gerät kalibriert werden.
<b>MDO4SEC</b>	Verbesserte Gerätesicherheit durch Aktivierung von kennwortgeschützter Steuerung zum Aktivieren/Deaktivieren aller Geräteanschlüsse und der Funktionen zur Gerätefirmware-Aktualisierung.  Einmaliges, permanentes Upgrade für jedes beliebige Modell, aktiviert durch einen Softwareoptionsschlüssel. Bei Produkten mit Softwareoptionsschlüssel muss beim Kauf das Gerätemodell sowie die Seriennummer angegeben werden. Der Softwareoptionsschlüssel gilt nur für die Kombination von Modell und Seriennummer.
<b>Optionen zur Aktualisierung des Spektrumanalysators</b>	Der maximale Eingangsfrequenzbereich des Spektrumanalysators kann von 3 GHz auf 6 GHz erweitert werden. Diese Aktualisierung muss in einem Service-Center von Tektronix installiert werden. Anschließend muss das Gerät kalibriert werden. (Die Aktualisierungen des Spektrumanalysators und die Kalibrierungen des Geräts werden als separate Auftragspositionen aufgeführt. Eine optionale eingehende Kalibrierung ist auf Anfrage erhältlich.) Spektrumanalysator-Upgrade
<b>MDO4SA3T6</b>	3 GHz bis 6 GHz für MDO4000C.
<b>Serviceoptionen nach dem Gerätekauf</b>	Die folgenden Aufrüstooptionen können bei jedem Modell nachgerüstet werden, um die Produktgarantie über den normalen Garantiezeitraum hinaus zu verlängern
<b>MDO4024C-R5DW</b>	Reparaturkostenabdeckung, 5 Jahre, für ein MDO4024C (einschließlich Produktgarantiezeitraum).
<b>MDO4034C-R5DW</b>	Reparaturkostenabdeckung, 5 Jahre, für ein MDO4034C (einschließlich Produktgarantiezeitraum).
<b>MDO4054C-R5DW</b>	Reparaturkostenabdeckung, 5 Jahre, für ein MDO4054C (einschließlich Produktgarantiezeitraum).
<b>MDO4104C-R5DW</b>	Reparaturkostenabdeckung, 5 Jahre, für ein MDO4104C (einschließlich Produktgarantiezeitraum).
<b>MDO4000CT3</b>	Dreijähriger Vollschutzplan, mit dem gewährleistet wird, dass das betreffende Gerät unabhängig von den jeweiligen Geschehnissen nahezu im Neuzustand erhalten wird. In einem Zeitraum von 30 Tagen nach dem Erstkauf des Gerätes erhältlich.
<b>MDO4000CT5</b>	Fünfjähriger Vollschutzplan, mit dem gewährleistet wird, dass das betreffende Gerät unabhängig von den jeweiligen Geschehnissen nahezu im Neuzustand erhalten wird. In einem Zeitraum von 30 Tagen nach dem Erstkauf des Gerätes erhältlich.

**Bandbreiten-Upgrade-Optionen**

Die Gerätebandbreite kann bei jedem Produkt der Baureihe MDO4000C nach dem Kauf problemlos aufgerüstet werden. Mit jedem Upgrade erhöht sich die Analogbandbreite des Oszilloskops. Bandbreiten-Upgrades werden auf Basis der Kombination von aktueller Bandbreite und gewünschter Bandbreite und abhängig davon erworben, ob das betreffende Gerät einen integrierten Spektrumanalysator enthält. Im Lieferumfang von Bandbreiten-Upgrades sind gegebenenfalls Analogastköpfe enthalten. Alle Upgrades der Analogbandbreite müssen in einem Service-Center von Tektronix installiert werden. Anschließend muss das Gerät kalibriert werden. (Die Upgrades der Analogbandbreite u und die Kalibrierungen des Geräts werden als separate Auftragspositionen aufgeführt. Eine optionale eingehende Kalibrierung ist auf Anfrage erhältlich.)

Modell für Upgrade	Gerät umfasst die Option SA3 oder SA6 (Spektrumanalysator)	Bandbreite vor Upgrade	Bandbreite nach Upgrade	Zu bestellendes Produkt
MDO4024C	Nein	200 MHz	350 MHz	MDO4BW2T34
		200 MHz	500 MHz	MDO4BW2T54
		200 MHz	1 GHz	MDO4BW2T104
		350 MHz	500 MHz	MDO4BW3T54
		350 MHz	1 GHz	MDO4BW3T104
		500 MHz	1 GHz	MDO4BW5T104
MDO4034C	Nein	350 MHz	500 MHz	MDO4BW3T54
		350 MHz	1 GHz	MDO4BW3T104
		500 MHz	1 GHz	MDO4BW5T104
MDO4054C	Nein	500 MHz	1 GHz	MDO4BW5T104
MDO4024C	Ja	200 MHz	350 MHz	MDO4BW2T34-SA
		200 MHz	500 MHz	MDO4BW2T54-SA
		200 MHz	1 GHz	MDO4BW2T104-SA
		350 MHz	500 MHz	MDO4BW3T54-SA
		350 MHz	1 GHz	MDO4BW3T104-SA
		500 MHz	1 GHz	MDO4BW5T104-SA
MDO4034C	Ja	350 MHz	500 MHz	MDO4BW3T54-SA
		350 MHz	1 GHz	MDO4BW3T104-SA
		500 MHz	1 GHz	MDO4BW5T104-SA
MDO4054C	Ja	500 MHz	1 GHz	MDO4BW5T104-SA



Tektronix ist vom SRI Quality System Registrar für ISO 9001 und ISO 14001 registriert.



Die Produkte entsprechen der Norm IEEE 488.1-1987, RS-232-C sowie den Standardcodes und -formaten von Tektronix.

**ASEAN/Australasien** (65) 6356 3900  
**Belgien** 00800 2255 4835\*  
**Mittel-/Osteuropa und Baltikum** +41 52 675 3777  
**Finnland** +41 52 675 3777  
**Hongkong** 400 820 5835  
**Japan** 81 (3) 6714 3086  
**Naher Osten, Asien und Nordafrika** +41 52 675 3777  
**Volksrepublik China** 400 820 5835  
**Republik Korea** +822-6917-5084, 822-6917-5080  
**Spanien** 00800 2255 4835\*  
**Taiwan** 886 (2) 2656 6688

**Österreich** 00800 2255 4835\*  
**Brasilien** +55 (11) 3759 7627  
**Mitteleuropa & Griechenland** +41 52 675 3777  
**Frankreich** 00800 2255 4835\*  
**Indien** 000 800 650 1835  
**Luxemburg** +41 52 675 3777  
**Niederlande** 00800 2255 4835\*  
**Polen** +41 52 675 3777  
**Russland & GUS-Staaten** +7 (495) 6647564  
**Schweden** 00800 2255 4835\*  
**Vereinigtes Königreich & Irland** 00800 2255 4835\*

**Balkan, Israel, Südafrika und andere ISE-Länder** +41 52 675 3777  
**Kanada** 1 800 833 9200  
**Dänemark** +45 80 88 1401  
**Deutschland** 00800 2255 4835\*  
**Italien** 00800 2255 4835\*  
**Mexiko, Mittel-/Südamerika & Karibik** 52 (55) 56 04 50 90  
**Norwegen** 800 16098  
**Portugal** 80 08 12370  
**Südafrika** +41 52 675 3777  
**Schweiz** 00800 2255 4835\*  
**USA** 1 800 833 9200

\* Telefonnummer in Europa gebührenfrei. Sollte kein Verbindungsaufbau möglich sein, wählen Sie bitte: +41 52 675 3777

**Weitere Informationen:** Tektronix unterhält eine umfassende, laufend erweiterte Sammlung von Applikationsbroschüren, technischen Informationen und anderen Ressourcen, um Ingenieure und Entwickler bei ihrer Arbeit an modernster Technologie zu unterstützen. Besuchen Sie unsere Website unter [de.tek.com](http://de.tek.com).

Copyright © Tektronix Inc. Alle Rechte vorbehalten. Tektronix-Produkte sind durch erteilte und angemeldete Patente in den USA und anderen Ländern geschützt. Die Informationen in dieser Broschüre ersetzen alle einschlägigen Angaben älterer Unterlagen. Änderungen der Spezifikationen und der Preise vorbehalten. TEKTRONIX und TEK sind eingetragene Marken von Tektronix, Inc. Alle anderen in diesem Dokument aufgeführten Handelsnamen sind Servicemarken, Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Inhaber.



26 Jul 2019 48G-60277-9

