

# Mixed-Domain-Oszilloskope

## Datenblatt MDO4000B-Serie



Das weltweit erste Oszilloskop mit einem Logikanalysator, einem Spektralanalysator und einem Protokolltester – vollständig synchronisiert für eine integrierte Ansicht. Obwohl Sie das Oszilloskop der MDO4000B-Serie natürlich nur als Mixed-Signal-Oszilloskop oder als Spektralanalysator nutzen können, zeigt sich die wahre Leistung in der Kombination von beidem. Zum allerersten Mal können Sie somit die Leistung Ihrer Designs in Zeit- als auch Frequenzbereichen auf einem einzigen Gerät sehen. Somit können Sie das HF-Spektrum für jeden beliebigen Zeitpunkt anzeigen und Veränderungen des Spektrums in Abhängigkeit von der Zeit oder vom Zustand des Prüflings erkennen. Lösen Sie die komplexesten Design-Herausforderungen schnell und effizient – mit einem Oszilloskop, das genauso integriert ist wie Ihr Design.

### Gewinner von 13 Branchenpreisen



### Die wichtigsten Leistungsdaten

- 4 Analogkanäle
  - Modelle mit Bandbreiten von 1 GHz, 500 MHz, 350 MHz und 100 MHz
  - Maximal 20 M Aufzeichnungslänge auf allen Kanälen
  - Maximale Signalerfassungsrate >340,000 wfms/s
- 16 Digitalkanäle
  - Die Hochgeschwindigkeitserfassung mit MagniVu™ ermöglicht eine hohe Zeitaufösung von 60,6 ps
- 1 Spektralanalysator kanal
  - Modelle mit Frequenzbereichen von 9 kHz bis 3 GHz oder 9 kHz bis 6 GHz
  - Besonders große Erfassungsbandbreite von  $\geq 1$  GHz
- Passive Standard-Spannungstastköpfe mit einer kapazitiven Last von 3,9 pF und einer analogen Bandbreite von 500 MHz oder 1 GHz

### Wichtige Funktionen

- Mixed-Signal-Design und -Analyse
  - Automatisches Triggern, Dekodieren und Suchen auf seriellen und parallelen Bussen
  - Kanalweise Schwellenwertereinstellungen
  - Setup/Hold-Triggereung über mehrere Kanäle
- Spektralanalyse
  - Spezielle Bedienelemente auf dem Frontpaneel für häufig durchzuführende Aufgaben
  - Automatisierte Peak-Marker zur Kennzeichnung der Frequenz und Amplitude spektraler Peaks
  - Manuelle Marker
  - Zu den Kurventypen gehören: Normal, Mittelwert, Max-Hold und Min-Hold
  - Zu den Detektortypen gehören: +Peak, -Peak, Mittelwert und Sample
  - Spektrogrammanzeige für einen Einblick in sich langsam verändernde HF-Phänomene
  - Zu den automatisierten Messungen gehören: Kanalleistung, Nachbarkanalleistung (ACPR) und Belegte Bandbreite (OBW)
  - Trigger auf HF-Leistungspegel

- Mixed-Domain und Analyse
  - Zeitkorrelierte Erfassung von analogen, digitalen und HF-Signalen in einem Gerät
  - Wave Inspector®-Steuerung für einfache Navigation in zeitkorrelierten Daten im Zeit- und Frequenzbereich
  - Amplitude, Frequenz und Phase im Vergleich zu zeitlichen Schwingungsverläufen aus dem Spektrumanalysatoreingang
  - Wählbare Spektrumzeit zum Erkennen von zeitabhängigen HF-Spektrumsänderungen – selbst bei angehaltener Erfassung
- Optionale serielle Triggerung und Analyse – Serielle Protokolltriggerung, Dekodierung und Suche für I<sup>2</sup>C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/UART, MIL-STD-1553 und I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM
- 264 mm (10,4 Zoll) großes helles XGA-Farbdisplay
- Kleine Stellfläche, geringes Gewicht – nur 147 mm tief und 5 kg schwer

### Anschlussmöglichkeiten

- Zwei USB 2.0-Hostanschlüsse auf dem Frontpaneel und zwei auf der Rückseite zum schnellen und bequemen Speichern von Daten sowie zum Anschluss einer USB-Tastatur
- USB 2.0-Geräteanschluss auf der Rückseite für den einfachen Anschluss an einen PC oder für direktes Drucken über einen PictBridge®-kompatiblen Drucker
- Integrierter 10/100/1000BASE-T-Ethernet-Port für Netzwerkanschluss sowie Videoausgang zum Übertragen des Oszilloskopdisplays an einen externen Monitor oder Projektor

### Optionale anwendungsspezifische Lösungen

- HF-Komfort-Triggerung
- Leistungsanalyse
- Grenzwert- und Maskentests
- HDTV- und benutzerdefinierte Videoanalyse
- Vektorsignalanalyse

## Benötigen Sie mehr Leistung?

*Sie benötigen mehr Bandbreite oder eine größere Aufzeichnungslänge?  
Sie brauchen eine Jitter-Analyse?  
Sie müssen Konformitätsmessungen für serielle Busse vornehmen?*  
Informieren Sie sich über Oszilloskope der Serie MSO/DPO5000B mit hervorragender Leistung und Analyse für eine umfangreiche Überprüfung von Konstruktionen. [www.tektronix.com/MSO5000](http://www.tektronix.com/MSO5000)



- Bis zu 2 GHz Bandbreite
- Bis zu 250 M Aufzeichnungslänge
- Standardmäßige automatische Jitter-Messungen
- Mehr als 20 optionale Messanwendungen verfügbar

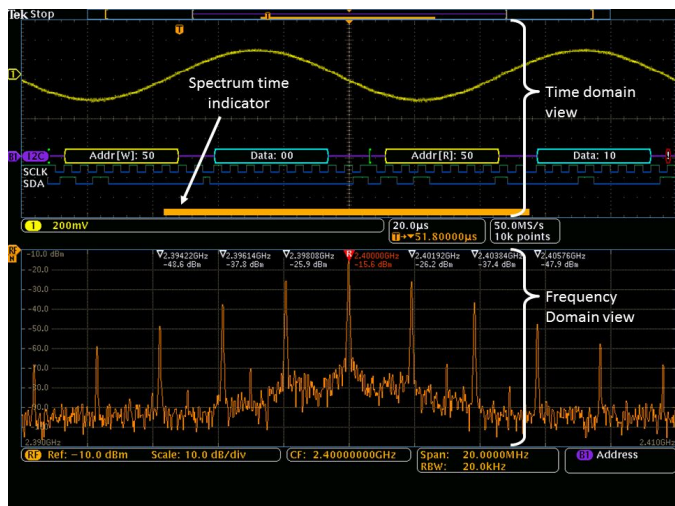
## Einführung in das Mixed-Domain-Oszilloskop

Das Oszilloskop der MDO4000B-Serie ist das weltweit erste Oszilloskop 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 MDO4000B-Serie 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 MDO4000B-Serie verfügt der Spektralanalysatoreingang über 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 basiert auf dem Zeitbereich, der von dem kurzen orangefarbenen Balken in der Zeitbereichsansicht – „Spektrumzeit“ genannt – angegeben wird. In der MDO4000B-Serie kann das Spektrumzeit-Intervall durch den Erfassungsspeicher 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 MDO4000B ist eine Zeitbereichsansicht der analogen und digitalen Kanäle, die untere Hälfte ist eine Frequenzbereichsansicht des Spektralanalysatorkanals. Der orangefarbene Balken – die Spektrumzeit – gibt den Zeitraum für die Berechnung des HF-Spektrums an.

Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen eine einfache alltägliche Anwendung – das Regeln einer PLL. Diese Anwendung veranschaulicht die leistungsstarke Verbindung von Zeit- und Frequenzbereich durch die Geräte der MDO4000B-Serie. Mit seiner sehr großen Erfassungsbandbreite und der Fähigkeit, die Spektrumzeit durch die Erfassung zu bewegen, umfasst diese Einzelaufzeichnung den gleichen Spektralinhalt wie etwa 1500 einzelne Testkonfigurationen und -erfassungen auf einem herkömmlichen Spektralanalysator. Noch nie zuvor war das Korrelieren von Ereignissen, Beobachten von Interaktionen oder Messen von Timing-Latenzen zwischen zwei Bereichen so einfach – und noch nie konnte ein so schneller Einblick in die Funktionsweise des Prüflings geboten werden.

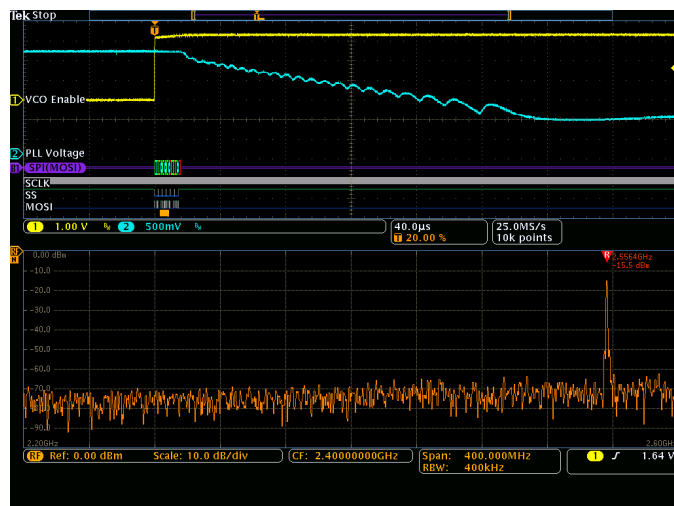


Abbildung 1 – Zeit- und Frequenzbereichsansicht zum Einschalten einer PLL. Kanal 1 (gelb) zeigt das Einschaltsignal des VCO. Kanal 2 (cyanblau) zeigt den Verlauf der Regelspannung des VCO. Der SPI-Bus, der die PLL mit der gewünschten Frequenz programmiert, wird mit drei digitalen Kanälen abgetastet und 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.

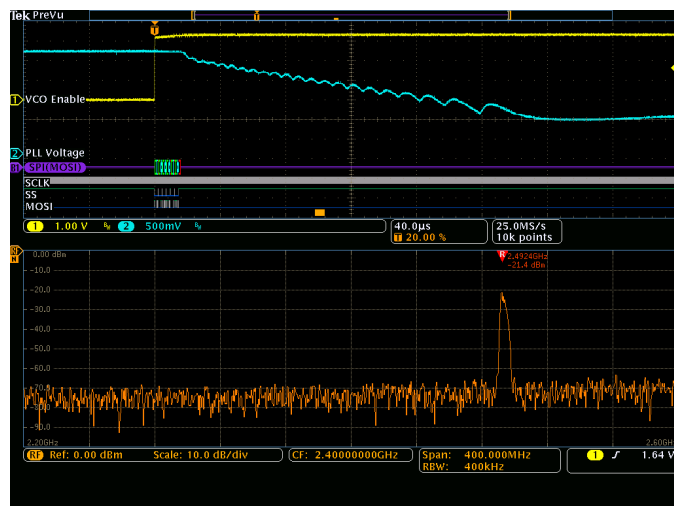


Abbildung 2 – Die Spektrumzeit wird um ca. 90 µs nach rechts verschoben. An diesem Punkt zeigt das Spektrum, dass die PLL beginnt, auf die korrekte Frequenz (2,400 GHz) zu regeln. Es sind bereits 2,4924 GHz erreicht.

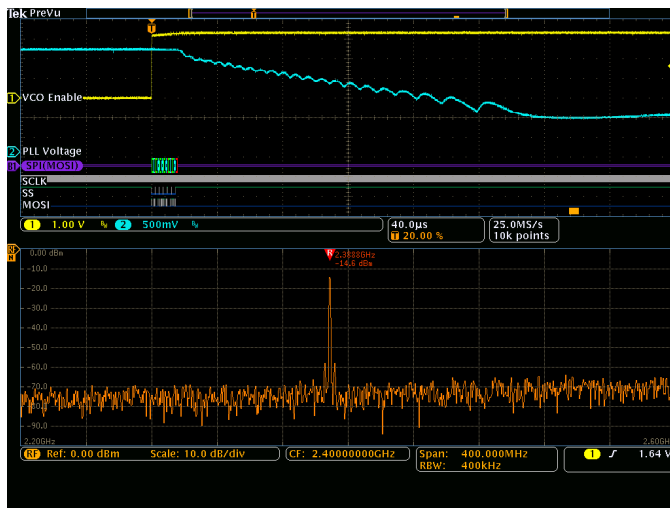


Abbildung 3 – Die Spektrumzeit wird um weitere 160  $\mu$ s nach rechts verschoben. An diesem Punkt zeigt das Spektrum, dass die PLL über die korrekte Frequenz hinaus und direkt auf 2,3888 GHz zurückgegangen ist.

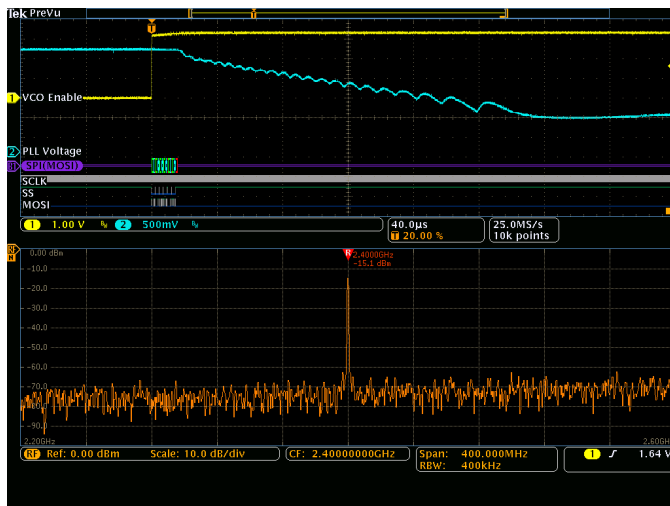


Abbildung 4 – Die PLL schwingt sich schließlich auf die korrekte Frequenz von 2,400 GHz ein, 320  $\mu$ s nach Aktivierung des VCO.

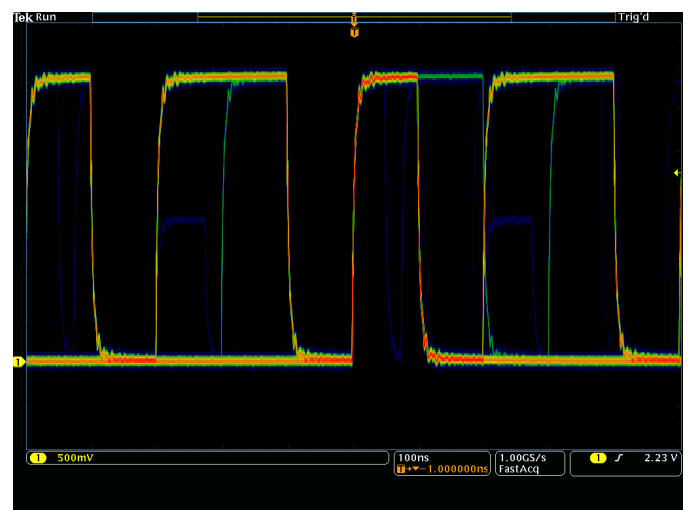
## Basierend auf der preisgekrönten MSO4000B-Serie der Mixed-Signal-Oszilloskope

Die MDO4000B-Serie bietet Ihnen die gleichen umfangreichen Funktionen, wie sie in der MSO4000B-Serie von Mixed-Signal-Oszilloskopen enthalten sind. Diese bewährten Funktionen ermöglichen Ihnen mehr Schnelligkeit in jeder Debug-Phase – von der schnellen Erkennung und Erfassung einer Anomalie, über die Suche nach dem Ereignis im Signalspeicher, bis hin zur Analyse von dessen Eigenschaften und des Verhaltens des Messobjekts.

## Erkennen

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 branchenweit komplettesten Signalvisualisierung können Sie einen schnellen Einblick in die reale Funktionsweise Ihres Prüflings gewinnen. Bei einer Signalerfassungsrate von mehr als 340.000 Erfassungen pro Sekunde mit FastAcq™ können Sie in sekundenschnelle Glitches und andere seltene Transienten erkennen, die die wirkliche Ursache von Fehlern im Prüfling aufzeigen. Ein Digital-Phosphor-Display mit Farb- und Intensitätsabstufung zeigt den Verlauf einer Signalaktivität an. Dabei werden häufiger vorkommende Bereiche des Signals mit Farbe oder durch Intensität dargestellt, sodass die Vorkommenshäufigkeit von Anomalien visuell erkennbar wird.



Erkennen – Die Digital-Phosphor-Technologie mit FastAcq ermöglicht eine Signalerfassungsrate von über 340.000 wfms/s sowie Farbintensitätsabstufung in Echtzeit.

## Erfassen

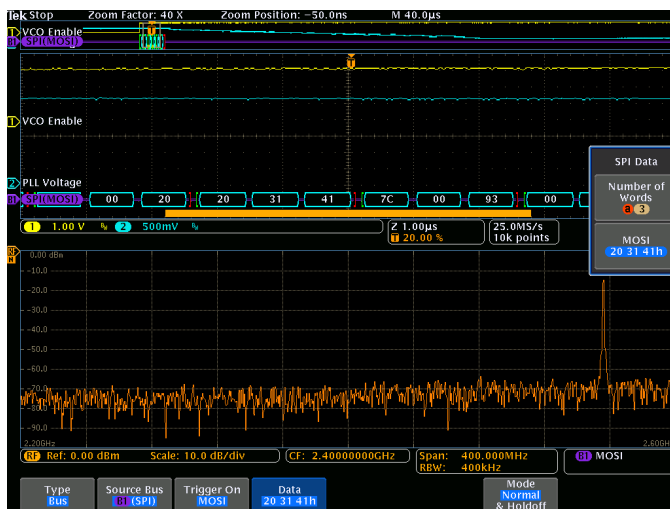
Das Erkennen eines Gerätefehlers ist nur der erste Schritt. Zur Ursachenermittlung muss anschließend das Ereignis erfasst werden.

Die exakte Erfassung eines zu untersuchenden Signals beginnt mit der Messung mit einem geeigneten Tastkopf. Im Lieferumfang des Oszilloskops sind niederkapazitive Tastköpfe enthalten, und zwar einer für jeden Analogkanal. Diese branchenweit ersten hochohmigen passiven Spannungstastköpfe haben eine kapazitive Last von 3,9 pF, sodass der Einfluss des Tastkopfs auf die Funktion Ihrer Schaltung minimiert wird. Auf diese Weise verbinden Sie die Leistung eines aktiven Tastkopfs mit der Flexibilität eines passiven Tastkopfs.

Ein kompletter Satz von Triggern – einschließlich runt-, Timeout-, Logik-, Impulsbreiten-/Glitch-Trigger, Trigger auf Setup/Hold-Verletzung, serielle Pakete und parallele Daten – hilft Ihnen, ein zu untersuchendes Ereignis schnell zu finden. Mit einer Aufzeichnungslänge von bis zu 20 Mio. Punkten können Sie viele Ereignisse, ja sogar Tausende von seriellen Paketen, in einem einzigen Vorgang für die weitere Analyse erfassen und sich damit unter Beibehaltung der hohen zeitlichen Auflösung in feinste Signaldetails hineinzoomen.

Vom Triggern auf bestimmte Paketinhalte bis hin zur automatischen Dekodierung in verschiedene Datenformate bietet das Oszilloskop umfassende Unterstützung für die branchenweit breiteste Palette von seriellen Bussen - I<sup>2</sup>C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/UART, MIL-STD-1553 und I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM. Durch die Möglichkeit zum Dekodieren von bis zu vier seriellen und/oder parallelen Bussen gleichzeitig können Sie schnell Einblick in Probleme auf Systemebene gewinnen.

Um die Fehlerbehebung bei Interaktionen auf Systemebene in komplexen integrierten Systemen noch weiter zu unterstützen, bietet das Oszilloskop zusätzlich zu den analogen Kanälen noch 16 digitale Kanäle. Da die digitalen Kanäle vollständig in das Oszilloskop integriert sind, können Sie über alle Eingangskanäle hinweg triggern und so automatisch die zeitliche Korrelierung aller analogen, digitalen, seriellen und HF-Signale erreichen. Die Hochgeschwindigkeitserfassung von MagniVu™ auf diesen Kanälen ermöglicht die Erfassung feiner Signaldetails (bei einer Auflösung von bis zu 60,6 ps) um den Triggerpunkt für Präzisionsmessungen. MagniVu ist unverzichtbar für die Durchführung von genauen Timing-Messungen für Setup und Hold, Taktverzögerung, Signalversatz und Glitch-Charakterisierung.

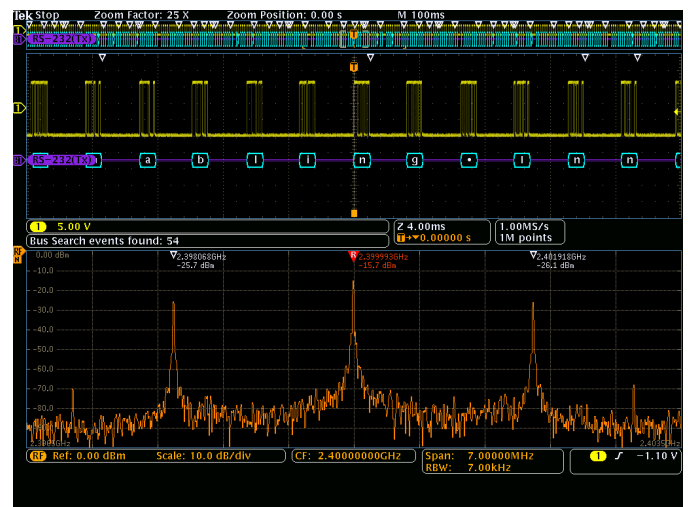


Erfassen – Triggern auf ein bestimmtes Übertragungsdatenpaket beim Durchlaufen eines SPI-Busses. Ein umfassendes Triggerpaket, darunter auch Trigger für bestimmte serielle Paketinhalte, gewährleistet die schnelle Erfassung des gesuchten Ereignisses.

## Suchen

Die Suche nach einem bestimmten Ereignis in einem großen Signaldatensatz kann ohne die richtigen Suchwerkzeuge sehr zeitaufwendig sein. Bei den aktuellen Aufzeichnungslängen von über einer Million von Datenpunkten müssten Sie bei der Suche nach einem bestimmten Ereignis Tausende von Bildschirmhalten mit Signalaktivität durchsuchen.

Das innovative Wave Inspector®-Bedienkonzept bietet die branchenweit umfassendsten Such- und Navigationsmöglichkeiten. Diese Bedienelemente ermöglichen schnelleres Zoomen und Scrollen durch den Signalspeicher. Mit dem einzigartigen Force-Feedback-System gelangen Sie innerhalb weniger Sekunden von einem Ende der Aufzeichnung zum anderen. Mithilfe von Markern können Sie jede gewünschte Stelle kennzeichnen, die Sie zu einem späteren Zeitpunkt eingehender untersuchen möchten. Oder definieren Sie eigene Kriterien für die automatische Suche in der Aufzeichnung. Wave Inspector durchsucht sofort die gesamte Aufzeichnung, einschließlich der analogen, digitalen und seriellen Busdaten und zeitbezogener HF-Daten. Dabei wird jedes Vorkommen des definierten Ereignisses markiert, sodass Sie schnell zwischen den einzelnen Ereignissen navigieren können.

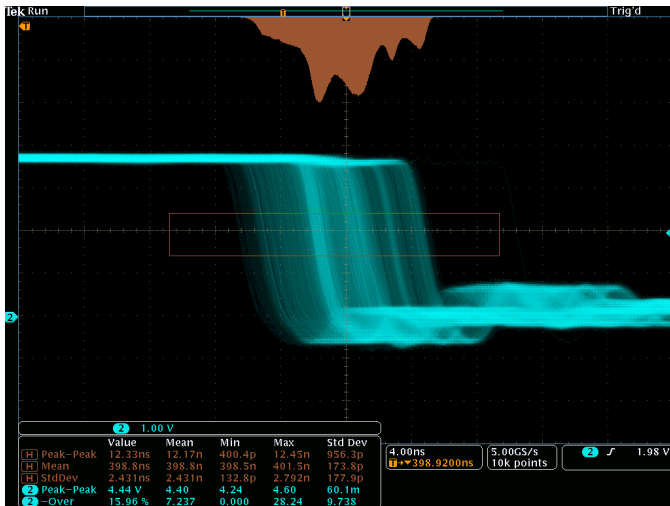


Suchen – RS-232-Dekodierung mit den Ergebnissen aus einer Wave Inspector-Suche nach dem Datenwert „n“. Die Wave Inspector-Bedienelemente sorgen für eine hervorragende Effizienz beim Anzeigen und Navigieren von Signaldaten.

## Analysieren

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.

Die Oszilloskope der MDO4000B-Serie bieten einen umfassenden Satz von integrierten Analysetools, wie z. B. signal- und bildschirmbasierte Cursor, automatische Messungen, erweiterte Signalmathematik, darunter die Eingabe von beliebigen Gleichungen, Spektralberechnungen, FFT-Analyse und Trenddarstellungen zur visuellen Bestimmung der zeitabhängigen Änderungen eines Messwerts. Spezielle Anwendungsunterstützung für serielle Busanalyse, Stromversorgungsdesign sowie Videodesign und -entwicklung ist ebenfalls verfügbar.



Analysieren – Signalhistogramm einer abfallenden Flanke mit Verteilung der Flankenposition (Jitter) im Zeitverlauf. Darin enthalten sind numerische Messwerte zu den Daten im Signalhistogramm. Ein umfassender Satz von integrierten Analysewerkzeugen beschleunigt die Leistungsüberprüfung für Ihr Design.

## Digital-Phosphor-Technologie mit FastAcq™

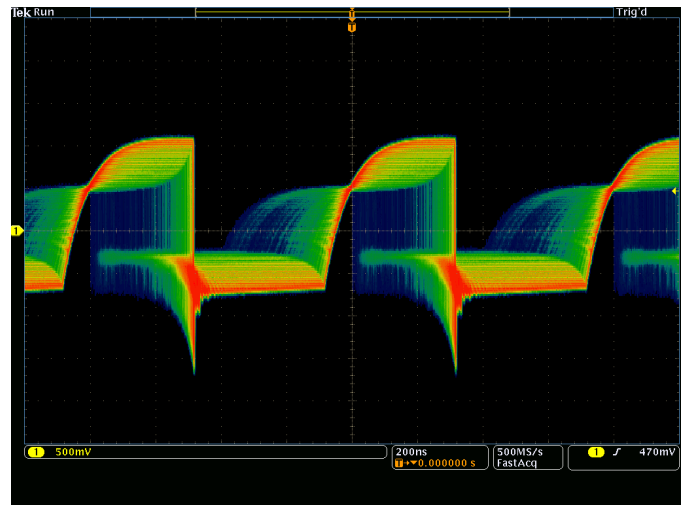
Dank der Digital-Phosphor-Technologie mit FastAcq können Sie sich einen schnellen Einblick in die reale Funktionsweise Ihres Prüflings verschaffen. Die hohe Signal-Erfassungsrate von mehr als 340.000 wfm/s sorgt mit hoher Wahrscheinlichkeit dafür, dass die in digitalen Systemen selten auftretenden Probleme schnell erkannt werden: 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.



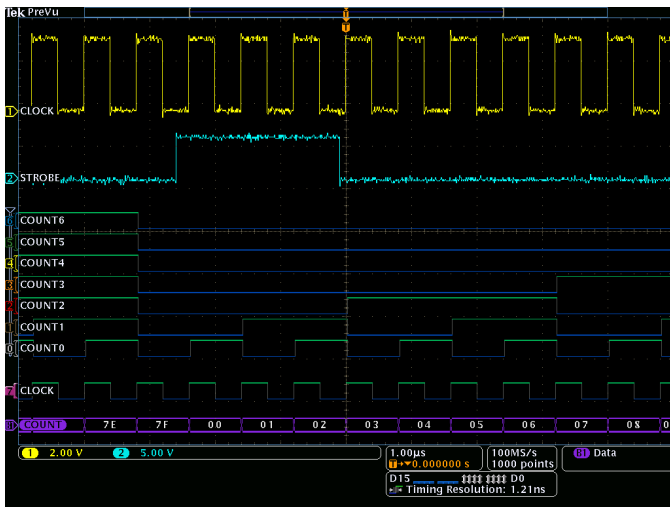
Die Digital-Phosphor-Technologie ermöglicht eine Signalerfassungsrate von über 340.000 wfm/s sowie Intensitätsabstufung in Echtzeit.

## Präzise Hochgeschwindigkeits-Tastköpfe

Die Tastköpfe der TPP-Serie, die standardmäßig zum Lieferumfang der MDO4000B-Serie gehören, bieten eine analoge Bandbreite von bis zu 1 GHz und 3,9 pF Eingangskapazität. Die extrem niedrige kapazitive Last minimiert negative Auswirkungen auf Ihre Schaltungen und toleriert längere Erdungsleiter. Und da die Tastkopfbandbreite mit der Bandbreite Ihres Oszilloskops übereinstimmt oder sie überschreitet, können Sie die hochfrequenten Anteile im Signal erkennen – ein wichtiger Punkt bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen. 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. 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).

## Mixed-Signal-Design und -Analyse

Das MDO4000B bietet 16 Digitalkanäle, die vollständig in die Bedieneroberfläche des Oszilloskops integriert sind. Dadurch ist die Bedienung anwenderfreundlich, und Probleme mit Mixed-Signals können leicht gelöst werden.



Die Geräte der MDO4000B-Serie besitzen 16 integrierte Digitalkanäle für die Anzeige und Analyse von zeitkorrelierten analogen und digitalen Signalen.

### Farbkodierte Anzeige von digitalen Signalen

Dieses Oszilloskop bietet neue Möglichkeiten für die Anzeige digitaler Signale. Ein Problem, das Logikanalysatoren und Mixed-Signal-Oszilloskope teilen, besteht in der Bestimmung, ob ein Datenabschnitt logisch Eins oder Null ist, wenn er soweit zeitlich gedehnt wurde, dass die digitale Kurve über die gesamte Anzeige hinweg keine Flanke mehr zur Pegelorientierung enthält. Bei farbkodierten digitalen Kurven werden Einsen in grüner Farbe und Nullen in blauer Farbe angezeigt.

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.

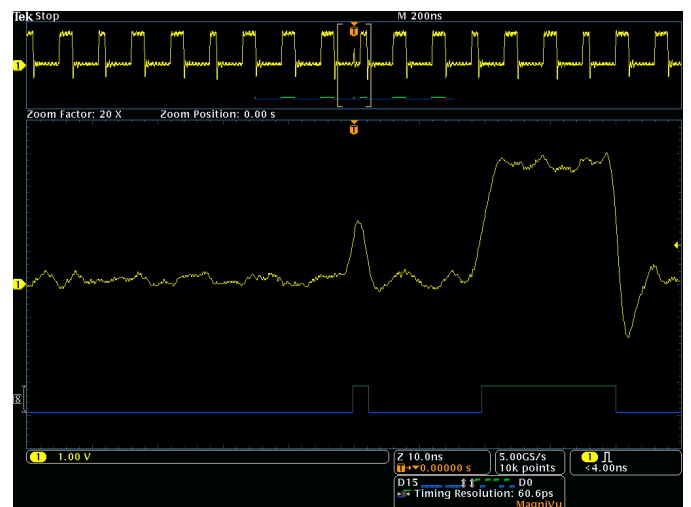


Durch die farbkodierte Anzeige von digitalen Signalen werden Gruppen gebildet, indem digitale Kanäle auf dem Bildschirm einfach nebeneinander angeordnet werden und als Gruppe verschoben werden können. Sie können für jeden Kanal Schwellwerte festlegen und dadurch die Unterstützung für bis zu 16 verschiedene Logikfamilien aktivieren.

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™

Bei digitalem Normalmodus erfassen die Geräte der Serie MSO4000B bis zu 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 Zeitaufklärung 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 Zeitaufklärung 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 Tastkopfverbindung 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 k $\Omega$  Eingangswiderstand und ermöglicht Schaltgeschwindigkeiten von >500 MHz und Pulsbreiten ab 1ns.



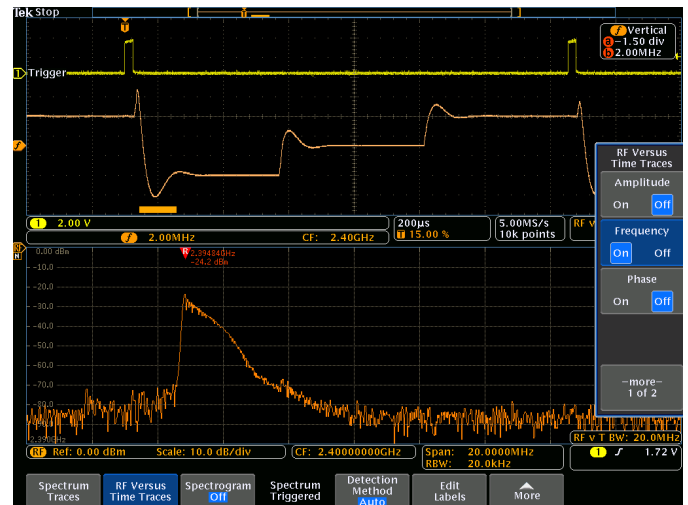
Der MSO-Tastkopf P6616 bietet zwei Steckergruppen mit jeweils acht Kanälen für den einfacheren Anschluss an Ihr Messobjekt.

## Visualisieren von Veränderungen im HF-Signal

Das Zeitbereichsraster auf der Anzeige der MDO4000B-Serie unterstützt drei HF-Zeitbereichskurven, die von den zugrundeliegenden 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.

## Leistungsfähiges Triggern auf Analog-, Digital- und Spektrumanalysatorkanälen

Um dem zeitvarianten Charakter moderner HF-Anwendungen zu entsprechen, bietet die MDO4000B-Serie ein getriggertes Erfassungssystem, das vollständig mit den Analog-, Digital- und Spektrumanalysatorkanälen 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.

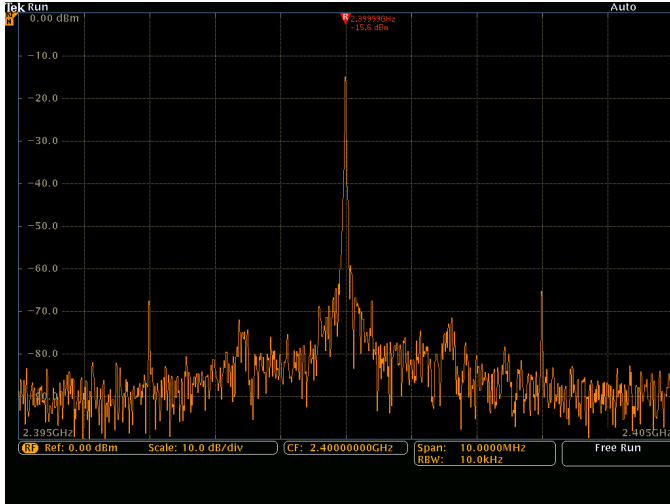
Das optionale Anwendungsmodul MDO4TRIG erweitert die HF-Triggermöglichkeiten. Dieses Modul ermöglicht die Verwendung des HF-Leistungspegels am Spektrumanalysator als Quelle für Sequenz-, Impulsbreiten-, Timeout-, Runt- und Logik-Triggerarten. Sie können beispielsweise auf einen HF-Impuls einer bestimmten 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.



## Schnelle und genaue Spektralanalyse

Wenn der Spektrumanalysatoreingang allein verwendet wird, wird die Frequenzbereichsanzeige auf dem Display des MDO4000B 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 MDO4000B.



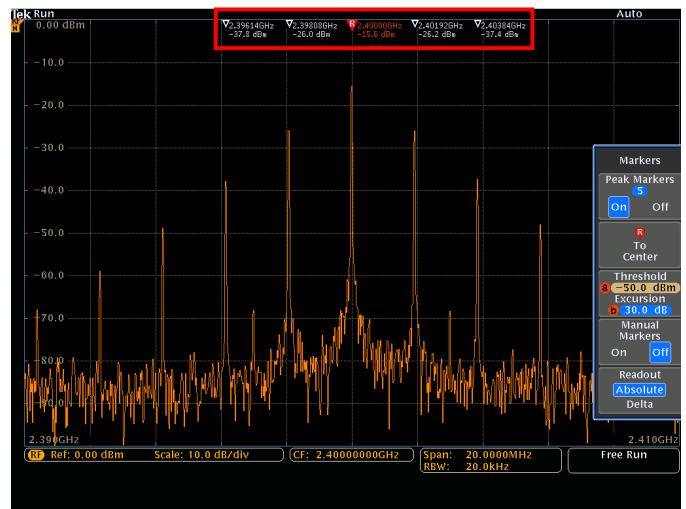
Spezielle Menüs und Tasten auf dem Frontpaneel ermöglichen die schnelle Einstellung von wichtigen Spektralparametern.

## Intelligente, effiziente Marker

In einem herkömmlichen Spektrumanalysator kann es sehr mühsam sein, ausreichend Marker zu aktivieren und zu platzieren, um alle relevanten Peak-Werte zu identifizieren. Die MDO4000B-Serie macht diesen Prozess wesentlich effizienter, indem an Peak-Werten automatisch Marker platziert werden, die sowohl die Frequenz als auch die Amplitude jedes einzelnen Peak-Werts angeben. 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.

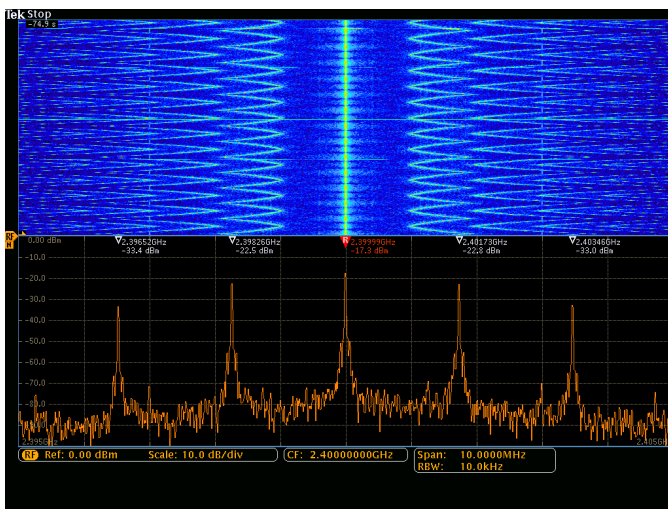


Automatisierte Peak-Marker kennzeichnen wichtige Informationen, sodass sie auf einen Blick erkennbar sind. Wie hier dargestellt, werden die fünf größten Amplituden-Peaks, welche die Schwellwert- und Abweichungskriterien erfüllen, zusammen mit der Peak-Frequenz und -amplitude automatisch markiert.

## Spektrogramm

Die MDO4000B-Serie 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.

## Getriggter Modus oder Freilaufmodus

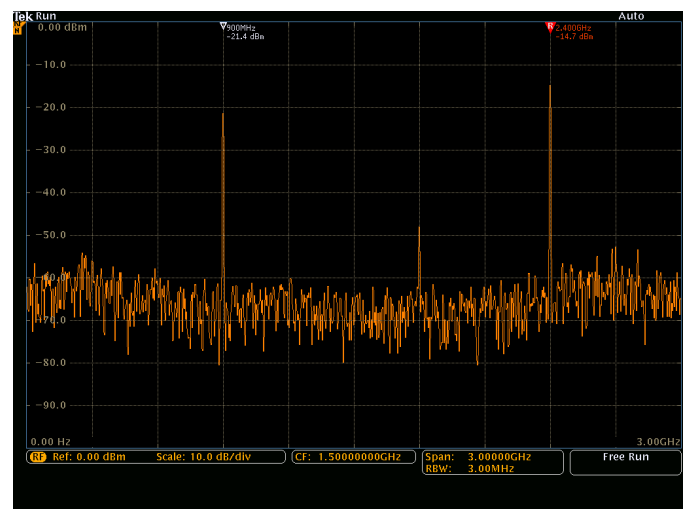
Wenn der Zeitbereich und der Frequenzbereich angezeigt werden, wird das gezeigte Spektrum immer durch das System-Triggerereignis getriggert und mit den aktiven Zeitbereichssignalen zeitkorreliert. Wenn jedoch nur der Frequenzbereich angezeigt wird, kann der Spektrumanalysator in den Freilaufmodus versetzt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

## Sehr große Erfassungsbandbreite

Heutige Drahtlostechnologien variieren erheblich im Zeitverlauf; sie verwenden komplexe digitale Modulationsschemata und häufig auch Signalmursten 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 Spektrumanalysator einen Bereich des Spektrums erfasst, das für Sie relevante Ereignis 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.

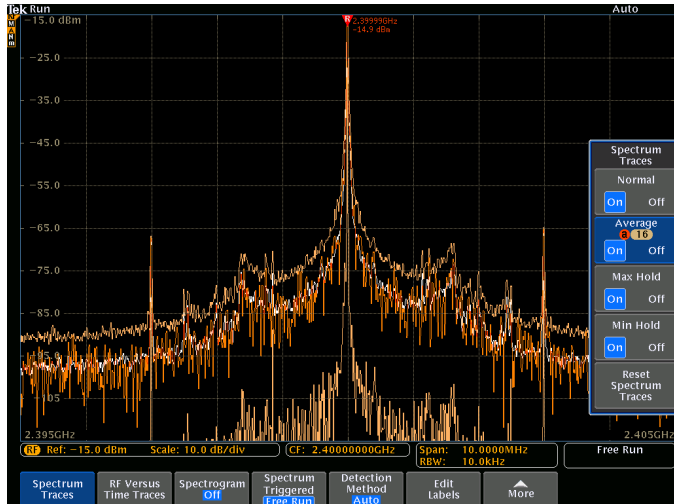
Um den Bandbreitenanforderungen moderner HF-Technik gerecht zu werden, bietet die MDO4000B-Serie eine Erfassungsbandbreite von  $\geq 1$  GHz. Bei Span-Einstellungen von 1 GHz oder niedriger, ist kein Wobbeln der Anzeige erforderlich. Das Spektrum wird über eine einzige Erfassung generiert, so dass die gewünschten Ereignisse im Frequenzbereich garantiert sichtbar sind.



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

## Anzeigetypen

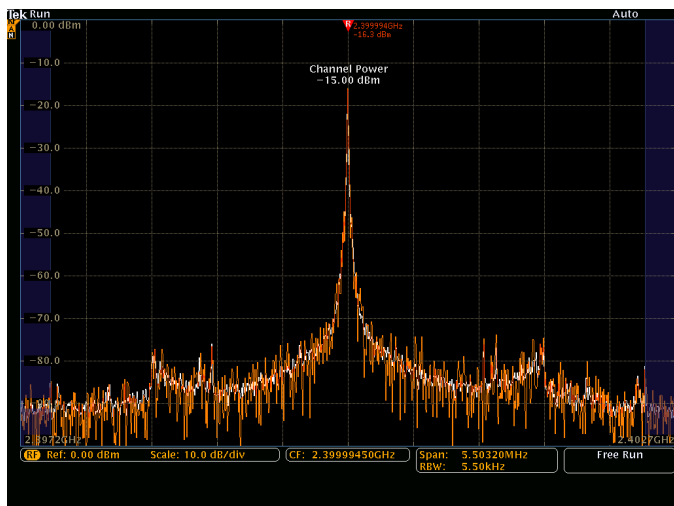
Der Spektrumanalysator der MDO4000B-Serie bietet vier verschiedene Kurven bzw. Ansichten: Normal, Mittelwert, Max-Hold und Min-Hold. Sie können die für jeden Kurventyp verwendete Erkennungsmethode separat einstellen oder den Standardmodus „Auto“ beibehalten, in dem der Detektortyp für die aktuelle Konfiguration optimal eingestellt wird. Detektortypen beinhalten +Peak, -Peak, Mittelwert und Sample.



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

## HF-Messungen

Die MDO4000B-Serie bietet drei automatische HF-Messungen: Kanalleistung, Nachbarkanalleistung (ACPR) und belegte Bandbreite (OBW). Wenn eine dieser HF-Messungen aktiviert wird, aktiviert das Oszilloskop automatisch die Spektralkurve „Average“ (Mittelwert) und stellt für die Erkennungsmethode „Average“ (Mittelwert) ein, um optimale Messergebnisse zu erhalten.



Automatische Kanalleistungsmessung

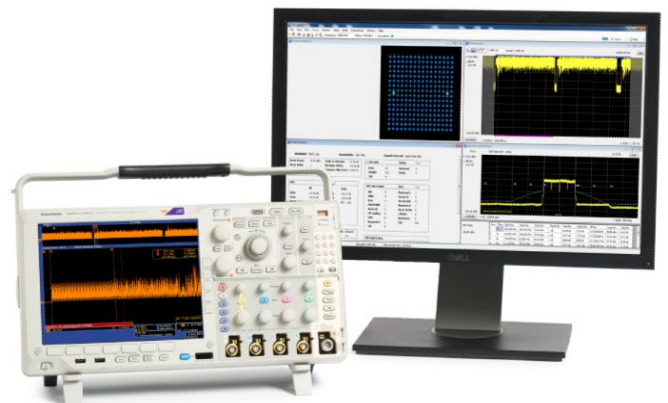
## EMI-Fehlerbehebung

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 Nahfeldstastkopfsensoren 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 MDO4000B das ideale Werkzeug für die heutige EMI-Fehlerbehebung. Viele EMI-Probleme sind auf Ereignisse zurückzuführen, die im Zeitbereich entstehen, also z. B. Takte, Netzteile oder serielle Datenverbindungen. Das MDO4000B kann zeitkorrelierte Ansichten von analogen, digitalen und HF-Signalen bereitstellen und ist somit das einzige Gerät, mit dem sich der Zusammenhang zwischen Ereignissen im Zeitbereich und störenden spektralen Emissionen ermitteln lässt.

## Erweiterte HF-Analyse

In Kombination mit SignalVu-PC und der Live-Link-Option werden die Oszilloskope der MDO4000B-Serie 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.

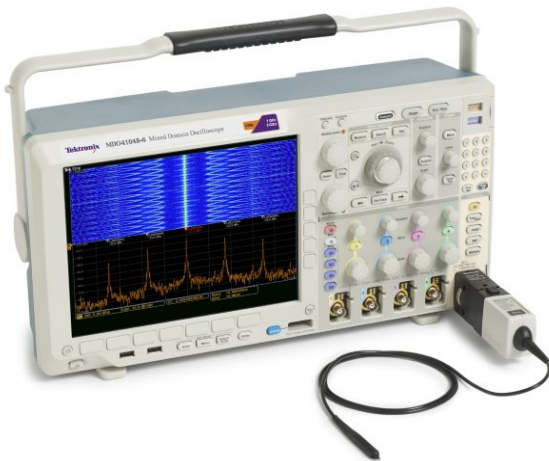


MDO4000B in Kombination mit SignalVu-PC – Analyse der Modulation 802.11ac.

## 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-Ω-TekVPI-Tastkopf an den Spektrumanalysator der MDO4000B-Serie 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.



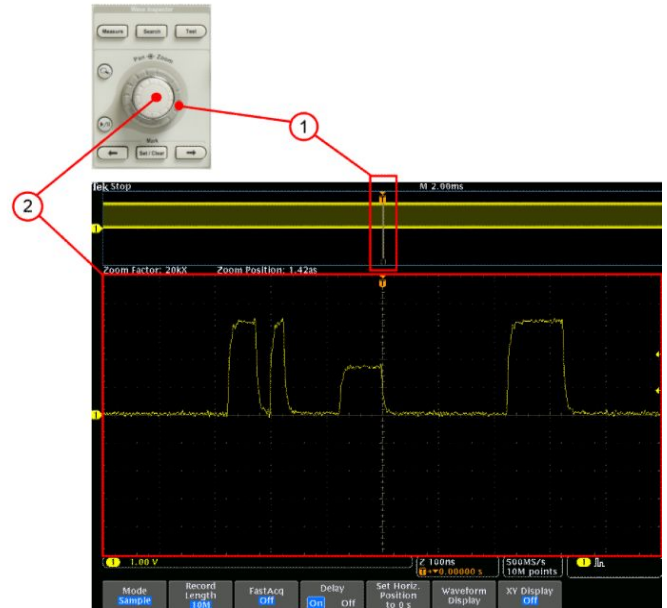
Mit dem optionalen TPA-N-VPI-Adapter kann jeder aktive 50-Ω-TekVPI-Tastkopf an den Spektrumanalysator angeschlossen werden.



Der TPA-N-PRE-Vorverstärker bietet eine nominale Verstärkungsleistung von 12 dB im Frequenzbereich von 9 kHz bis 6 GHz.

## Navigation und 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 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 Frontpanel 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.

## Wiedergabe/Pause

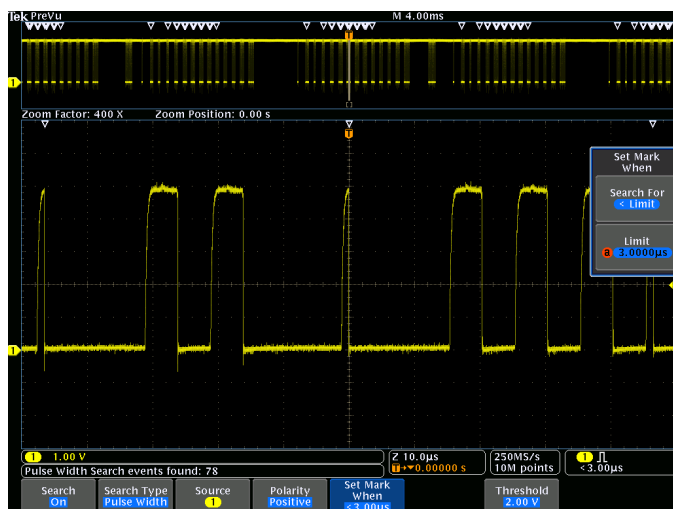
Mit der Taste **Wiedergabe/Pause** auf dem Frontpaneel wird für das gesamte Signal auf dem Display ein automatischer Bildlauf durchgeführt, damit Sie nach Anomalien oder einem bestimmten Ereignis suchen können. Geschwindigkeit und Richtung der Wiedergabe werden mit dem intuitiven Bedienelement zum Verschieben gesteuert. Auch hier wird durch Weiterdrehen des Knopfes der Bildlauf für das Signal beschleunigt, während die Richtung einfach durch Drehen in die entgegengesetzte Richtung geändert wird.

## Benutzerdefinierte Marker

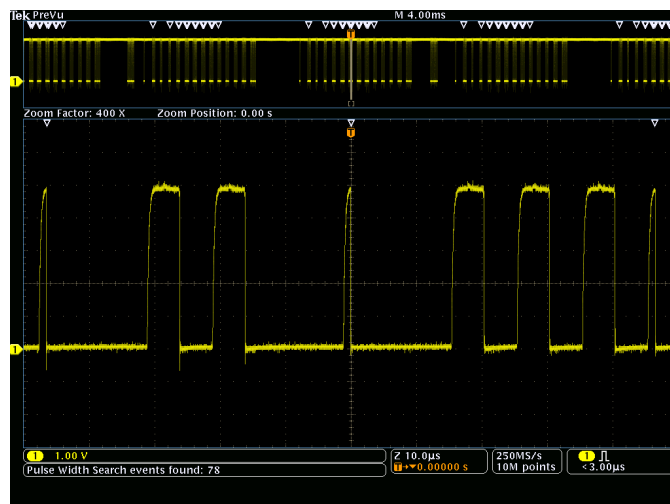
Drücken Sie auf dem Frontpaneel die Taste **Marker setzen**, um auf dem Signal eine oder mehrere Marker zu setzen. Zum Navigieren zwischen den Markern drücken Sie einfach die Tasten **Rückwärts** (←) und **Vorwärts** (→) auf dem Frontpaneel.

## Such-Marker

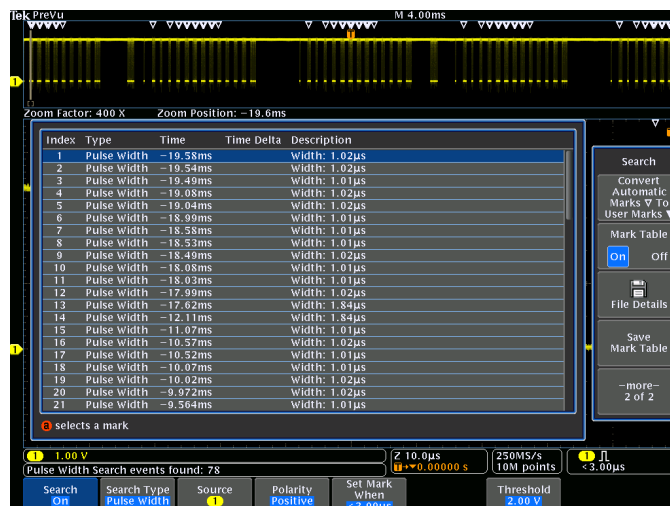
Mit der Taste **Suchen** lassen sich große Erfassungsmengen automatisch nach benutzerdefinierten Ereignissen durchsuchen. Alle Vorkommen des Ereignisses werden durch Such-Marker hervorgehoben und können mithilfe der Tasten **Rückwärts** (←) und **Vorwärts** (→) einfach angesteuert werden. Zu den Suchtypen gehören Flanke, Impulsbreite/Glitch, Timeout, Runt, Logik, Setup/Hold, Anstiegszeit/Abfallzeit, Parallelbus und I<sup>2</sup>C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/UART, MIL-STD-1553 und I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM-Paketinhalte. 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 Schaltflächen Rückwärts und Vorwärts 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.

## Serielle 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, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/UART, MIL-STD-1553 und I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM.

### Busanzeige

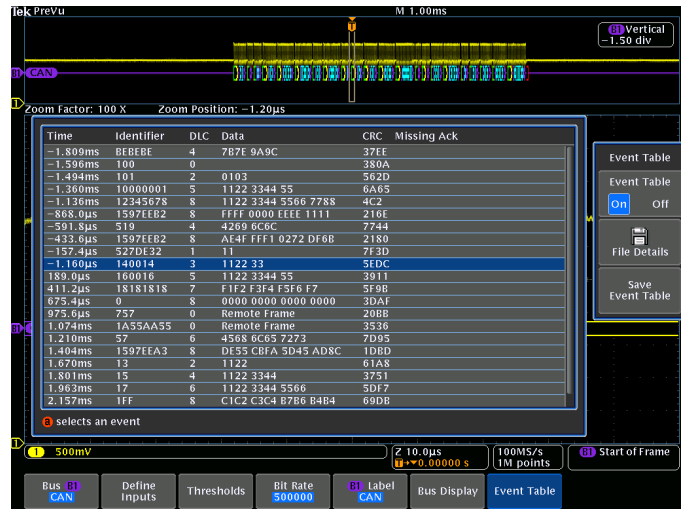
Bietet eine übergeordnete kombinierte Anzeige der einzelnen Signale (Takt, Daten, Chipaktivierung usw.), aus denen der Bus besteht, und erleichtert die Lokalisierung von Paketanfang und -ende sowie die Erkennung von Unterpaketkomponenten wie Adresse, Daten, Kennung, CRC usw.

### 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, dekodieren die MSO/DPO4000B-Serien jedes Buspaket und zeigen den Wert als Hexadezimalwert, Binärwert, Dezimalwert (nur USB, Ethernet, MIL-STD-1553, 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.

### 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.

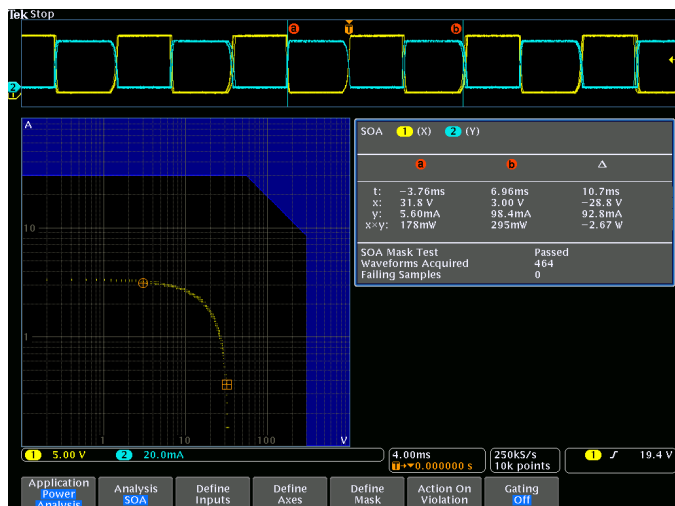
Technologie		Triggerung, Dekodierung, Suche	Bestellangabe
Embedded	I <sup>2</sup> C	Ja	DPO4EMBD
	SPI	Ja	DPO4EMBD
Computer	RS232/422/485, UART	Ja	DPO4COMP
USB	USB LS, FS, HS	Ja	DPO4USB
Ethernet	10Base-T, 100Base-TX	Ja	DPO4ENET
Fahrzeugtechnik	CAN	Ja	DPO4AUTO oder DPO4AUTOMAX
	LIN-Bustrigger	Ja	DPO4AUTO oder DPO4AUTOMAX
	FlexRay	Ja	DPO4AUTOMAX
Militär und Luftfahrt	MIL-STD-1553	Ja	DPO4AERO
Audio	I <sup>2</sup> S	Ja	DPO4AUDIO
	LJ, RJ	Ja	DPO4AUDIO
	TDM	Ja	DPO4AUDIO

### 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.

## Leistungsanalyse (optional)

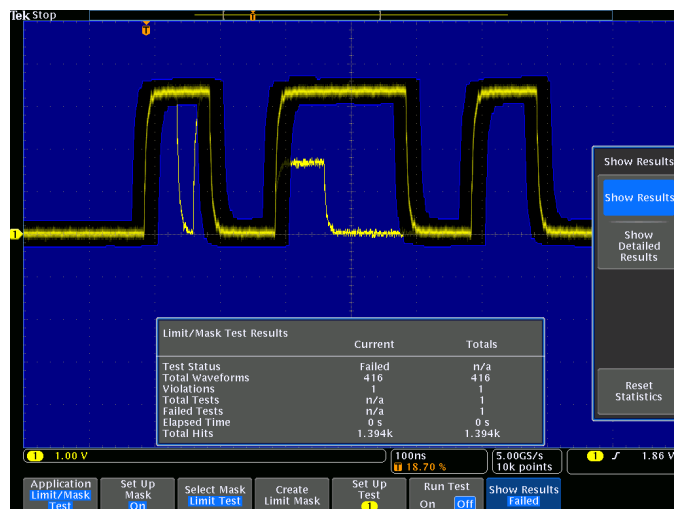
Aufgrund der stetig steigenden Nachfrage nach Geräten mit längerer Akkulebensdauer und umweltfreundlichen Lösungen, die einen geringeren Energiebedarf haben, müssen Entwickler zur Steigerung der Effizienz Schaltverluste in dem Netzteil charakterisieren und verringern. Darüber hinaus müssen die Leistungsschwankungen im Stromnetz, die spektrale Reinheit der Ausgangsleistung und die Rückführung von Oberwellen in die Netzleitung in Übereinstimmung mit nationalen und regionalen Standards für die Stromqualität definiert 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.



Messung des sicheren Betriebsbereichs. Automatische Leistungsmessungen ermöglichen die schnelle und genaue Analyse von wichtigen Leistungsparametern.

## Grenzwert-/Maskentests (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 MDO4000B-Serie bietet sowohl Grenzwert- als auch Maskentests, die beide für die langfristige Signalüberwachung, die Charakterisierung von Signalen während des Designs 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.



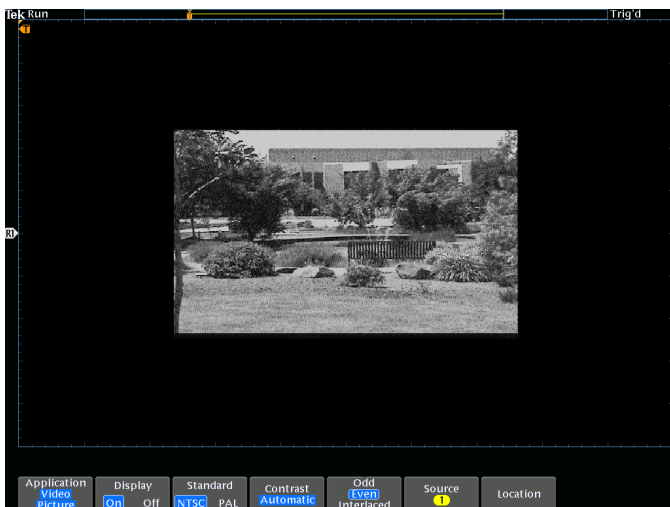
Grenzwerttest mit einer Maske, die mit einem idealen Signal generiert wurde und mit einem Echtzeit-Signal verglichen wurde. Ergebnisse, welche statistische Informationen über den Test anzeigen.

## Videodesign und -entwicklung

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 eines NTSC-Videobilds. Der Videobild-Modus verfügt über automatische Kontrast- und Helligkeitseinstellungen sowie manuelle Bedienelemente.

## Schnelles und einfacheres Arbeiten



Die Oszilloskope der MDO4000B-Serie 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 Serie MDO4000B besitzen ein helles 10,4 Zoll (264 mm) XGA-Farbdisplay mit LED-Hintergrundbeleuchtung für die Anzeige komplexer Signaldetails.

### Anschlussmöglichkeiten

Das MDO4000B verfügt über 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 an ein USB-Massenspeichergerät. Für die Dateneingabe kann auch eine USB-Tastatur an einen USB-Hostanschluss angeschlossen werden.
- Der USB-Geräteanschluss auf der Rückseite kann für die Remote-Steuerung des Oszilloskops über einen PC oder für den Direktdruck auf einem PictBridge®-kompatiblen Drucker verwendet werden.
- Der standardmäßige 10/100/1000BASE-T Ethernet-Anschluss auf der Geräterückseite ermöglicht die einfache Realisierung von Netzwerkverbindungen, Netzwerk- und E-Mail-Druck sowie Kompatibilität mit LXI Class C. An das Gerät können auch Netzlaufwerke für die problemlose Speicherung von Bildschirmhalten, Setup-Dateien oder Daten angeschlossen werden.
- Über einen Videoausgang auf der Geräterückseite können die Bilddaten des Displays an einen externen Monitor oder Projektor übertragen werden.



## Kompaktes Format

Mit ihren kompakten Abmessungen und dem geringen Gewicht können die Oszilloskope problemlos zwischen verschiedenen Einsatzorten transportiert werden. Und mit einer Tiefe von nur 14,7 cm beanspruchen diese Geräte sehr wenig Platz auf der Prüfbank.

## 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 Geräteretzteil stellt an den TekVPI-Anschlüssen an der Vorderseite maximal 50 W bereit, sodass hohe Leistungsanforderungen an die Tastköpfe jederzeit sichergestellt und erfüllt werden können.

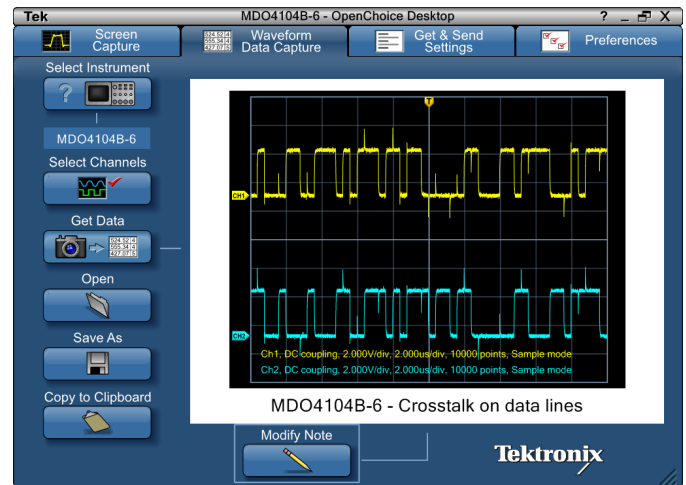


Die TekVPI-Tastkopfschnittstelle vereinfacht den Anschluss der Tastköpfe an das Oszilloskop.

## 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 Symboleisten 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 Bildschirminhalten.



Über die Software „OpenChoice® Desktop“ ist eine direkte Verbindung zwischen Oszilloskop und PC möglich.

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.

Oszilloskope der MDO4000B-Serie können auch über die LAN-Schnittstelle mit Ihrem Netzwerk verbunden werden. Die im Lieferumfang enthaltene LXI-Webschnittstelle liefert Informationen zur aktuellen Konfiguration Ihres Oszilloskops der MDO4000B-Serie, einschließlich der Netzwerkkonfiguration. Sie können Änderungen an der Netzwerkkonfiguration vornehmen, Geräteeinstellungen überprüfen, Bildschirminhalte und Gerätedaten speichern sowie Gerätekonfigurationen Ihres Oszilloskops direkt von der Webschnittstelle über eine kennwortgeschützte Seite speichern/laden.

# Technische Daten

Alle technischen Daten gelten für alle Modelle, falls nicht anderes angegeben.

## Modellübersicht

	MDO4014B-3	MDO4034B-3	MDO4054B-3	MDO4054B-6	MDO4104B-3	MDO4104B-6
Analoge Kanäle	4	4	4	4	4	4
Analogkanal-Bandbreite	100 MHz	350 MHz	500 MHz	500 MHz	1 GHz	1 GHz
Anstiegszeit	3,5 ns	1 ns	700 ps	700 ps	350 ps	350 ps
Abtastrate (1 Kan.)	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s	5 GS/s	5 GS/s
Abtastrate (2 Kan.)	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s	5 GS/s	5 GS/s
Abtastrate (4 Kan.)	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s	2,5 GS/s
Aufzeichnungslänge (1 Kan.)	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	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	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte
Aufzeichnungslänge (4 Kan.)	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte	20 Mio. Punkte
Digitale Kanäle	16	16	16	16	16	16
Kanäle des Spektrumanalysators	1	1	1	1	1	1
Frequenzbereich des Spektrumanalysators	9 kHz bis 3 GHz	9 kHz bis 3 GHz	9 kHz bis 3 GHz	9 kHz bis 6 GHz	9 kHz bis 3 GHz	9 kHz bis 6 GHz

## Vertikalsystem – Analogkanäle

### Begrenzung des HW-Bandbreitenfilters

Modelle mit $\geq 350$ MHz	20 MHz oder 250 MHz
Modelle mit 100 MHz	20 MHz

Eingangskopplung AC, DC

Eingangsimpedanz  $1\text{ M}\Omega \pm 1\%$ ,  $50\ \Omega \pm 1\%$

### 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 $\leq \pm 425\text{ V}$
$50\ \Omega$	$5\text{ V}_{\text{eff}}$ mit Peaks $\leq \pm 20\text{ V}$ (DF $\leq 6,25\%$ )

DC-Verstärkungsgenauigkeit  $\pm 1,5\%$ , verringert um bis zu  $0,10\%/^{\circ}\text{C}$  ab  $30\ ^{\circ}\text{C}$

Isolation zwischen den Kanälen Zwei beliebige Kanäle bei identisch eingestellter Vertikalskala  $\geq 100:1$  bei  $\leq 100\text{ MHz}$  und  $\geq 30:1$  bei  $> 100\text{ MHz}$  bis zur Nennbandbreite

**Vertikalsystem – Analogkanäle**

Offset-Bereich	Einstellung Volt/div	Offset-Bereich	
		1 M $\Omega$ Eingang	50 $\Omega$
	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 5 V/div	$\pm 100$ V	$\pm 5$ V
	5,05 V/div bis 10 V/div	$\pm 50$ V	n/v

**Vertikalsystem Digitalkanäle**

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

**Horizontalsystem – Analogkanäle**

<b>Zeitbasis-Einstellbereich</b>	
Modelle mit 1 GHz	400 ps bis 1000 s
Modelle mit $\leq 500$ MHz	1 ns bis 1000 s
<b>Maximale Dauer bei höchster Abtastrate (alle/halbe Kanäle)</b>	
Modelle mit 1 GHz	8/4 ms
Modelle mit $\leq 500$ MHz	8/8 ms
<b>Zeitbasisverzögerung-Einstellbereich</b>	-10 Skalenteile bis 5.000 s
<b>Kanal-zu-Kanal Deskew-Bereich</b>	$\pm 125$ ns
<b>Zeitbasisgenauigkeit</b>	$\pm 5$ ppm über jedem beliebigen Zeitintervall $\geq 1$ ms

## Horizontalsystem – Digitalkanäle

<b>Maximale Abtastrate (Normalmodus)</b>	500 MS/s (2 ns Auflösung)
<b>Maximale Aufzeichnungslänge (Normalmodus)</b>	20 Mio. Punkte
<b>Maximale Abtastrate (MagniVu)</b>	16,5 GS/s (60,6 ps Auflösung)
<b>Maximale Aufzeichnungslänge (MagniVu)</b>	10.000 Punkte zentriert um den Trigger
<b>Erkennbare Mindestimpulsbreite (typisch)</b>	1 ns
<b>Kanal-Laufzeitunterschiede (typisch)</b>	200 ps
<b>Maximale Eingangsumschaltrate</b>	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.)

## Eingang des Spektrumanalysators

<b>Wobbelhub</b>	1 kHz bis 3 GHz ( MDO4XX4B-3-Modelle) oder 1 kHz bis 6 GHz (MDO4XX4B-6-Modelle) Messbereich einstellbar in der Folge 1-2-5 Variable Auflösung = 1 % der nächsten Messbereichseinstellung	
<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/div bis 20 dB/div, in der 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	
<b>Angezeigter mittlerer Rauschpegel (DANL)</b>	<b>Frequenzbereich</b>	<b>DANL</b>
	9 kHz bis 50 kHz	< -116 dBm/Hz (< -120 dBm/Hz, typisch)
	50 kHz bis 5 MHz	< -130 dBm/Hz (< -134 dBm/Hz, typisch)
	5 MHz bis 400 MHz	< -146 dBm/Hz (< -148 dBm/Hz, typisch)
	400 MHz bis 3 GHz	< -147 dBm/Hz (< -149 dBm/Hz, typisch)
	3 GHz bis 4 GHz (nur MDO4XX4B-6-Modelle)	< -148 dBm/Hz (< -152 dBm/Hz, typisch)
	4 GHz bis 6 GHz (nur MDO4XX4B-6-Modelle)	< -140 dBm/Hz (< -144 dBm/Hz, typisch)

## Eingang des Spektrumanalysators

DANL bei angeschlossenem Vorverstärker TPA-N-PRE

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

Die DANL des MDO4000B ist mit dem Vorverstärker im Überbrückungszustand um  $\leq 3$  dB höher als die DANL des MDO4000B ohne den Vorverstärker.

Frequenzbereich	DANL
9 kHz bis 50 kHz	<-119 dBm/Hz (<-123 dBm/Hz, typisch)
50 kHz bis 5 MHz	<-140 dBm/Hz (<-144 dBm/Hz, typisch)
5 MHz bis 400 MHz	<-156 dBm/Hz (<-158 dBm/Hz, typisch)
400 MHz bis 3 GHz	<-157 dBm/Hz (<-159 dBm/Hz, typisch)
3 GHz bis 4 GHz (nur MDO4XXB-6-Modelle)	<-158 dBm/Hz (<-162 dBm/Hz, typisch)
4 GHz bis 6 GHz (nur MDO4XXB-6-Modelle)	<-150 dBm/Hz (<-154 dBm/Hz, typisch)

## Störverhalten

<b>Verzerrung der 2. und 3. Oberwelle (&gt;100 MHz)</b>	< -60 dBc (< -65 dBc, typisch), bei aktiviertem Auto-Modus und Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel
<b>Verzerrung der 2. und 3. Oberwelle (9 kHz bis 100 MHz)</b>	< -60 dBc (< -65 dBc, typisch), bei aktiviertem Auto-Modus, Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel und Referenzpegel $\leq -15$ dBm
<b>Kreuzmodulationsverzerrung zweiter Ordnung (&gt;100 MHz)</b>	< -60 dBc (< -65 dBc, typisch), bei aktiviertem Auto-Modus und Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel
<b>Kreuzmodulationsverzerrung zweiter Ordnung (9 kHz bis 100 MHz)</b>	< -60 dBc (< -65 dBc, typisch), bei aktiviertem Auto-Modus, Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel und Referenzpegel $\leq -15$ dBm
<b>Kreuzmodulationsverzerrung dritter Ordnung: &gt;15 MHz</b>	< -62 dBc (< -65 dBc, typisch), bei aktiviertem Auto-Modus und Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel
<b>Kreuzmodulationsverzerrung dritter Ordnung: 9 kHz bis 15 MHz</b>	< -62 dBc (< -65 dBc, typisch), bei aktiviertem Auto-Modus, Signalen um 10 dB unter dem Referenzpegel und Referenzpegeln $< -15$ dBm
<b>A/D-Störsignale:</b>	< -60 dBc (< -65 dBc, typisch), bei aktiviertem Auto-Modus und Signalen um 5 dB unter dem Referenzpegel. Ohne A/D-Aliasing-Störsignale
<b>A/D-Aliasing-Störsignale</b>	Bei $(5 \text{ GHz} - F_{in})$ und $(8 \text{ GHz} - F_{in})$ : < -55 dBc (< -60 dBc, typisch), bei aktiviertem Auto-Modus und Signalen um 5 dB unter dem Referenzpegel
<b>Folgende Angaben gelten nur für Modelle der MDO4XX4-6-Serie</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 $(5 \text{ GHz} - F_{in})$ bei Eingangsfrequenzen von 1 GHz bis 1,25 GHz: < -50 dBc, typisch IF-Störsignale bei $(6,5 \text{ GHz} - F_{in})$ 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 2,5 GHz, 3,75 GHz, 4,0 GHz und 5,0 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 von 18 °C bis 28 °C, Frequenzbereich von 50 kHz bis 6 GHz, Referenzpegel von -25, -20, -15, -10, -5, 0, 5, 10 dBm

<  $\pm 1,0$  dB, typisch, 50 kHz bis 6 GHz, alle anderen Referenzpegel, Temperaturbereich von 18 °C bis 28 °C

<  $\pm 1,5$  dB, typisch, 50 kHz bis 6 GHz, alle Referenzpegel, Temperaturbereich von 0 °C bis 50 °C

<  $\pm 2,0$  dB, typisch, 9 kHz bis 50 kHz, alle Referenzpegel, Temperaturbereich von 18 °C bis 28 °C

<  $\pm 3,0$  dB, typisch, 9 kHz bis 50 kHz, alle Referenzpegel, Temperaturbereich von 0 °C bis 50 °C

## Eingang des Spektrumanalysators

### Kanalantwort, typisch

Gültig bei einem Temperaturbereich von 18 bis 28 °C

Die technischen Daten gelten für Signal-Rausch-Verhältnisse > 40 dB

Messwert für den Mittenfrequenzbereich	Wobbelhub	Amplitudenebenheit, Pk-Pk, typisch	Amplitudenebenheit, Effektivwert, typisch	Phasenlinearität, Effektivwert, typisch
15 MHz bis 6 GHz	10 MHz	0,3 dB	0,15 dB	1,5 °
60 MHz bis 6 GHz	≤100 MHz	0,75 dB	0,27 dB	1,5 °
170 MHz bis 6 GHz	≤320 MHz	0,85 dB	0,27 dB	2,5 °
510 MHz bis 6 GHz	≤1.000 MHz	1,0 dB	0,3 dB	3,0 °
Beliebig (bei Startfrequenz > 10 MHz)	>1.000 MHz	1,2 dB	n/v	n/v

### Absolute Amplitudengenauigkeit (AAA – Absolute Amplitude Accuracy) und Kanalantwort (CR – Channel Response), bei angeschlossenem Vorverstärker TPA-N-PRE

AAA:  $\leq \pm 1,5$  dB (typisch), Temperaturbereich von 18 °C bis 28 °C, jeder Vorverstärkerzustand.

AAA:  $\leq \pm 2,3$  dB (typisch), über den gesamten Betriebsbereich, jeder Vorverstärkerzustand.

CR: 0,0 dB

### Übersprechen im Spektrumanalysator durch Oszilloskopkanäle

≤1 GHz Eingangsfrequenzen < -68 dB ab Referenzpegel

>1 GHz bis 2 GHz Eingangsfrequenzen < -48 dB ab Referenzpegel

### Phasenrauschen bei 1 GHz Trägerfrequenz

1 kHz < -104 dBc/Hz (typisch)

10 kHz < -108 dBc/Hz, < -111 dBc/Hz (typisch)

100 kHz < -110 dBc/Hz, < -113 dBc/Hz (typisch)

1 MHz < -120 dBc/Hz, < -123 dBc/Hz (typisch)

### Referenzfrequenzfehler (kumulativ)

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

### Genauigkeit der Markerfrequenzmessungen

$\pm((1,6 \times 10^{-6} \times \text{Markerfrequenz}) + (0,001 \times \text{Messbereich} + 2))$  Hz

Beispiel: Wird als Messbereich 10 kHz festgelegt und liegt der Marker bei 1.500 MHz, ergibt sich eine Genauigkeit der Frequenzmessung von  $\pm((1,6 \times 10^{-6} \times 1.500 \text{ MHz}) + (0,001 \times 10 \text{ kHz} + 2)) = \pm 2,412$  kHz.

Markerfrequenz bei Messbereich/RBW  $\leq 1.000:1$

Referenzfrequenzfehler bei Markerpegel auf angezeigtem Rauschpegel > 30 dB

### Auflösung für die Frequenzmessung

1 Hz

### Maximaler Eingangspegel für Betrieb

Mittlere kontinuierliche Leistung +30 dBm (1 W) bei Referenzpegeln  $\geq -20$  dBm

+24 dBm (0,25 W) bei Referenzpegeln < -20 dBm

Maximaler Gleichstrom vor Beschädigung  $\pm 40$  V<sub>DC</sub>

**Eingang des Spektrumanalysators**

<b>Maximale Leistung vor Beschädigung (Trägerfrequenz)</b>	+32 dBm (1,6 W) bei Referenzpegeln $\geq -20$ dBm +25 dBm (0,32 W) bei Referenzpegeln von $< -20$ dBm
<b>Maximale Leistung vor Beschädigung (Impuls)</b>	Peak-Impulsstärke: +45 dBm (32 W) Die Peak-Impulsstärke wird wie folgt definiert: $<10$ $\mu$ s Impulsbreite, $<1$ % Tastverhältnis und Referenzpegel von $\geq +10$ dBm

**Maximaler Eingangspegel für Betrieb bei angeschlossenem Vorverstärker TPA-N-PRE**

<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) ( $<10$ $\mu$ s Impulsbreite, $<1$ % Tastverhältnis und Referenzpegel von $\geq +10$ dBm)

**HF-Leistungspegel-Trigger**

<b>Frequenzbereich</b>	MDO4XX4B-3: 1 MHz bis 3 GHz MDO4XX4B-6: 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>Minimale Impulsdauer</b>	10 $\mu$ s Einschwingzeit bei minimaler Ausschwingzeit von 10 $\mu$ s

**Laufzeitunterschied Spektrumanalysator zu Analogkanal**  $<5$  ns

**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-Fensterarten, 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%

## Triggersystem

<b>Triggermodi</b>	Auto, Normal und Einzelschuss								
<b>Triggerkopplung</b>	DC-, AC, HF-Unterdrückung (Dämpfung >50 kHz), LF-Unterdrückung (Dämpfung <50 kHz), Rauschunterdrückung (Verringerung der Empfindlichkeit)								
<b>Trigger-Holdoff-Bereich</b>	20 ns bis 8 s								
<b>Triggerempfindlichkeit</b>									
<b>Intern DC-gekoppelt</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Triggerquelle</th> <th>Empfindlichkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bei 1 M<math>\Omega</math> (alle Modelle)</td> <td>Für 1 mV/div bis 4,98 mV/div; 0,75 div von DC bis 50 MHz mit Erhöhung auf 1,3 div bei Nennbandbreite</td> </tr> <tr> <td>bei 50 <math>\Omega</math> (Modelle mit <math>\leq</math>500 MHz)</td> <td>Für <math>\geq</math>5 mV/div; 0,4 div von DC bis 50 MHz mit Erhöhung auf 1 div bei Nennbandbreite</td> </tr> <tr> <td>bei 50 <math>\Omega</math> (Modelle mit 1 GHz)</td> <td>0,4 div von DC bis 50 MHz mit Erhöhung auf 1 div bei Nennbandbreite</td> </tr> </tbody> </table>	Triggerquelle	Empfindlichkeit	bei 1 M $\Omega$ (alle Modelle)	Für 1 mV/div bis 4,98 mV/div; 0,75 div von DC bis 50 MHz mit Erhöhung auf 1,3 div bei Nennbandbreite	bei 50 $\Omega$ (Modelle mit $\leq$ 500 MHz)	Für $\geq$ 5 mV/div; 0,4 div von DC bis 50 MHz mit Erhöhung auf 1 div bei Nennbandbreite	bei 50 $\Omega$ (Modelle mit 1 GHz)	0,4 div von DC bis 50 MHz mit Erhöhung auf 1 div bei Nennbandbreite
Triggerquelle	Empfindlichkeit								
bei 1 M $\Omega$ (alle Modelle)	Für 1 mV/div bis 4,98 mV/div; 0,75 div von DC bis 50 MHz mit Erhöhung auf 1,3 div bei Nennbandbreite								
bei 50 $\Omega$ (Modelle mit $\leq$ 500 MHz)	Für $\geq$ 5 mV/div; 0,4 div von DC bis 50 MHz mit Erhöhung auf 1 div bei Nennbandbreite								
bei 50 $\Omega$ (Modelle mit 1 GHz)	0,4 div von DC bis 50 MHz mit Erhöhung auf 1 div bei Nennbandbreite								
<b>Triggerpegel-Bereiche</b>									
<b>Ein beliebiger Eingangskanal</b>	$\pm$ 8 Skalenteile ab Bildschirmmitte, $\pm$ 8 Skalenteile ab 0 V bei Auswahl von Triggerkopplung mit vertikaler HF-Unterdrückung								
<b>Leitung</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: 4 ns bis 8 s. Oder Triggerverzögerung nach Ereignissen: 1 bis 4.000.000 Ereignisse								
<b>Pulsbreite</b>	Trigger auf die Impulsbreite positiver oder negativer Impulse, die >, <, =, $\neq$ 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.								
<b>Anstiegs-/Abfallzeit</b>	Triggern auf Impulsflanken-Anstiegsraten, die schneller oder langsamer als angegeben sind. Die Steigung kann positiv, negativ oder beides sein.								
<b>Video</b>	Trigger auf alle Zeilen, ungerade oder gerade Zeilen oder alle Felder in NTSC-, PAL- und SECAM-Videosignalen.								
<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.								
<b>I<sup>2</sup>C (optional)</b>	Trigger auf Start, wiederholten Start, Stop, 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 (optional)</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 (optional)</b>	Trigger auf Tx Startbit, Rx Startbit, Tx Paketende, Rx Paketende, Tx Daten, Rx Daten, Tx Paritätsfehler und Rx Paritätsfehler bis zu 10 MBit/s.								



## Triggersystem

### USB: Low-Speed (optional)

Trigger auf Sync Aktiv, Frame-Beginn, 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; 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.

Spezialpaket-Trigger – Jeder beliebige Spezialtyp, Reserviert.

Fehlertrigger – PID-Prüfung, CRC5 oder CRC16, Bit-Stuffing.

### USB: Full-Speed (optional)

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; 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.

Spezialpaket-Trigger – Jeder beliebige Spezialtyp, PRE, Reserviert.

Fehlertrigger – PID-Prüfung, CRC5 oder CRC16, Bit-Stuffing.

### USB: High-Speed (optional)<sup>1</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 End-Bits – 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.

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

## Triggersystem

<b>Ethernet (optional)<sup>2</sup></b>	<p>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.</p> <p>100BASE-TX: Inaktiv.</p> <p>MAC-Adressen – Trigger auf Quell- und Ziel-Adresswerte von 48 Bit.</p> <p>MAC Q-Tag-Steuerungsinformationen – Trigger auf Q-Tag von 32-Bit.</p> <p>MAC Länge/Typ – Trigger auf <math>\leq</math>, <math>&lt;</math>, <math>=</math>, <math>&gt;</math>, <math>\geq</math>, <math>\neq</math> einem bestimmten 16-Bit-Wert oder innerhalb bzw. außerhalb einem Bereich.</p> <p>IP-Header – Trigger auf IP-Protokoll von 8-Bit, Quelladresse, Zieladresse.</p> <p>TCP-Header – Trigger auf Quellanschluss, Zielanschluss, Sequenznummer und Bestätigungsnummer.</p> <p>TCP/IPv4/MAC-Clientdaten – Trigger 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 einem Bereich. Wählbare Anzahl von Bytes zum Triggern von 1-16. Byte-Offset-Optionen: Beliebig, 0-1499.</p>
<b>CAN (optional)</b>	<p>Trigger auf Frame-Beginn, Frame-Typ (Daten, Remote, Fehler, Überlast), Kennung (Standard oder erweitert), Daten, Kennung und Daten, Frame-Ende, fehlende Bestätigung oder Bit-Stuffing-Fehler in CAN-Signalen bis 1 MBit/s. Daten können weiter zum Triggern auf <math>\leq</math>, <math>&lt;</math>, <math>=</math>, <math>&gt;</math>, <math>\geq</math>, oder <math>\neq</math> einem bestimmten Datenwert angegeben werden. Der vom Benutzer einstellbare Abtastpunkt ist standardmäßig auf 50 % eingestellt.</p>
<b>LIN (optional)</b>	<p>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).</p>
<b>FlexRay (optional)</b>	<p>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.</p>
<b>MIL-STD-1553 (optional)</b>	<p>Trigger auf Synchronisation, 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 <math>\mu</math>s und 100 <math>\mu</math>s; wählbare maximale Zeit zwischen 2 <math>\mu</math>s und 100 <math>\mu</math>s; Trigger auf <math>&lt;</math> Minimum, <math>&gt;</math> Maximum, innerhalb des Bereichs, außerhalb des Bereichs). Die RT-Adresse kann weiter zum Triggern auf <math>=</math>, <math>\neq</math>, <math>&lt;</math>, <math>&gt;</math>, <math>\leq</math>, <math>\geq</math> einem bestimmten Wert oder innerhalb bzw. außerhalb einem Datenbereich angegeben werden.</p>
<b>I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM (optional)</b>	<p>Trigger auf Wortauswahl, Frame-Sync oder Daten. Daten können weiter zum Triggern auf <math>\leq</math>, <math>&lt;</math>, <math>=</math>, <math>&gt;</math>, <math>\geq</math> und <math>\neq</math> 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.</p>
<b>Parallel</b>	<p>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.</p>

## Erfassungssystem

<b>Erfassungsmodi</b>	
<b>Abtastung</b>	Erfassung von Abtastwerten.
<b>Peak-Werterfassung</b>	Erfassung von Glitches bis zu 800 ps (Modelle mit 1 GHz) oder 1,6 ns (Modelle mit $\leq$ 500 MHz) 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.
<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 100 MHz bis 500 MHz.

<sup>2</sup> Für 100BASE-TX werden Modelle mit  $\geq$ 350 MHz Bandbreite empfohlen

<sup>3</sup> Bei Trigger-Auswahl eines Befehlswords wird auf Befehls- und mehrdeutige Befehls-/Statuswörter getriggert. Bei Trigger-Auswahl eines Statusworts wird auf Status- und mehrdeutige Befehls-/Statuswörter getriggert.

## Signalmessungen

<b>Cursor</b>	Signal und Bildschirm.
<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 Überschwinger, negatives Überschwinger, Gesamt-Überschwinger, 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>	Isolierung des bestimmten Vorkommens innerhalb einer Erfassung zur Durchführung von Messungen mithilfe des Bildschirmcursors 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.  Quellen – Kanal 1, Kanal 2, Kanal 3, Kanal 4, Ref 1, Ref 2, Ref 3, Ref 4, Math  Arten – vertikal, horizontal.
<b>Signalhistogrammmessungen</b>	Signalzählung, Hits in Box, Peak Hits, Median, Max, Min, Peak-zu-Peak, Mittelwert, Standardabweichung, Sigma 1, Sigma 2, Sigma 3

## Signalberechnung

<b>Arithmetisch</b>	Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division von Signalen.
<b>Mathematische Funktionen</b>	Integrieren, Differenzieren, FFT (schnelle Fourier-Transformation).
<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 von umfassenden algebraischen Ausdrücken mit Signalen, Referenzsignalen, math. Funktionen (FFT, Intg, Diff, Log, Exp, Sqrt, Abs, Sinus, Kosinus, Tangens, Rad, Deg), Skalaren, bis zu zwei benutzerdefinierbaren Variablen und Ergebnissen parametrischer Messungen (Periode, Freq, Verzögerung, Anstieg, Abfall, PosBreite, NegBreite, BurstBreite, Phase, PosTastverhältnis, NegTastverhältnis, PosÜberschwinger, NegÜberschwinger, Peak-Peak, Amplitude, Effektivwert, Zyklus-Effektivwert, High- bzw. Low-Werte, Max und Min, Mittelwert, Zyklusmittelwert, Fläche, Zyklusfläche und Trenddarstellungen), z. B. $(\text{Intg}(\text{Ch1} - \text{Mean}(\text{Ch1})) \times 1,414 \times \text{VAR1})$ .

## 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)

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

### Leistungsmessungen (optional)

Messungen der Stromqualität	$V_{\text{Eff}}$ , $V_{\text{Spitzenfaktor}}$ , Frequenz, $I_{\text{Eff}}$ , $I_{\text{Spitzenfaktor}}$ , Wirkleistung, Scheinleistung, Blindleistung, Leistungsfaktor, Phasenwinkel.
Schaltverlustmessungen	
Leistungsverlust	$T_{\text{Ein}}$ , $T_{\text{Aus}}$ , Leitungs-, Gesamtverlust.
Energieverlust	$T_{\text{Ein}}$ , $T_{\text{Aus}}$ , Leitungs-, Gesamtverlust.
Oberwellen	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.
Restwelligkeitsmessungen	$V_{\text{Restwelligkeit}}$ und $I_{\text{Restwelligkeit}}$
Modulationsanalyse	Grafische Anzeige der Modulationsarten von positiver Impulsbreite, negativer Impulsbreite, Periode, Frequenz, positivem Tastverhältnis und negativem Tastverhältnis.
Sicherer Betriebsbereich	Grafische Anzeige und Maskentests von Messungen des sicheren Betriebsbereichs eines Schaltnetzteils.
dV/dt- und dI/dt-Messungen	Cursormessungen der Anstiegs-/Abfallrate.

### Grenzwert-/Maskentests (optional)

Enthaltene Standardmasken <sup>4</sup>	ITU-T, ANSI T1.102, USB
Prüfquelle	Grenzwertest: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 oder R1 - R4 Maskentest: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4
Maskenerstellung	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.
Maskenskalisierung	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).
Prüfkriterien gültig bis	Mindestanzahl von Signalen (von 1 bis 1.000.000; Unendlich) Abgelaufene Mindestzeit (von 1 Sekunde bis zu 48 Stunden; Unendlich)
Verletzungsschwellwert	Von 1 bis 1.000.000
Aktionen bei fehlgeschlagenem Test	Erfassung stoppen, Bildschirminhalt in einer Datei speichern, Signal in einer Datei speichern, Bildschirminhalt drucken, Triggerausgangsimpuls, Ferngesteuerte Schnittstellen-Serviceanforderung (SRQ) einstellen.

<sup>4</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.

**Grenzwert-/Maskentests (optional)**

<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.

**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 Bildschirmhalten. Über die enthaltenen Word- und Excel-Symboleisten kann die Übertragung von Erfassungsdaten und Bildschirmhalten vom Oszilloskop in Word und Excel zur schnellen Berichterstellung oder weiteren Analyse automatisiert werden.
<b>IVI-Treiber</b>	Stellt eine Standardschnittstelle zur Geräteprogrammierung für gängige Anwendungen wie LabVIEW, LabWindows/CVI, Microsoft .NET und MATLAB bereit.
<b>Webbasierte Fernsteuerung über 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>Webschnittstelle LXI Klasse C</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 Spezifikation LXI Klasse C, Version 1.3.

**Anzeigesystem**

<b>Displaytyp</b>	10,4 Zoll (264 mm) Flüssigkristall-TFT-Farbdisplay
<b>Bildschirmauflösung</b>	1.024 (horizontal) x 768 Pixel (vertikal) (XGA)
<b>Interpolation</b>	Sin(x)/x
<b>Signalformen</b>	Vektoren, Punkte, variable Nachleuchtdauer, unendliche Nachleuchtdauer.
<b>Raster</b>	Voll, Gitter, Fadenkreuz, Rahmen, IRE und mV.
<b>Format</b>	YT und gleichzeitiges XY/YT
<b>Maximale Signal-Erfassungsrate</b>	>340.000 Kurven/s im FastAcq-Erfassungsmodus bei Modellen mit 1 GHz >270.000 Kurven/s im FastAcq-Erfassungsmodus bei Modellen mit 100 MHz bis 500 MHz >50.000 Kurven/s im DPO-Erfassungsmodus bei allen Modellen.

**Eingangs-/Ausgangsanschlüsse**

<b>USB 2.0-Hochgeschwindigkeits-Hostanschluss</b>	Unterstützt USB-Massenspeichergeräte und Tastatur. Zwei Anschlüsse am Frontpaneel und zwei Anschlüsse auf der Rückseite des Geräts.
<b>USB 2.0-Geräteanschluss</b>	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.
<b>Drucken</b>	Drucken auf einem Netzwerkdrucker, 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> )
<b>LAN-Anschluss</b>	RJ-45-Anschluss, unterstützt 10/100/1000 MBit/s

## Eingangs-/Ausgangsanschlüsse

<b>Videoausgang</b>	DB-15-Steckbuchse für die Übertragung der Bilddaten des Oszilloskopdisplays an einen externen Monitor oder Projektor. XGA-Auflösung.
<b>Tastkopfkompensator, Ausgangsspannung und -frequenz</b>	Kontaktstifte auf dem Frontpaneel
<b>Amplitude</b>	0 bis 2,5 V
<b>Frequenz</b>	1 kHz
<b>Zusätzlicher Ausgang</b>	Anschluss (BNC) auf der Rückseite. $V_{AUS} (Hi): \geq 2,5 \text{ V}$ Leerlauf, $\geq 1,0 \text{ V}$ 50 $\Omega$ gegen Masse $V_{AUS} (Lo): \leq 0,7 \text{ V}$ bei einer Last von $\leq 4 \text{ mA}$ ; $\leq 0,25 \text{ V}$ 50 $\Omega$ gegen Masse Der Ausgang kann so konfiguriert werden, dass ein Impulsausgangssignal ausgegeben wird, wenn das Oszilloskop triggert, der interne Referenztaktausgang des Oszilloskops oder ein Ereignisausgang für den Grenzwert-/Maskentest.
<b>Externer Referenzeingang</b>	Ermöglicht die phasengleiche Synchronisierung eines Zeitbasissystems mit einem externen Referenzsignal von 10 MHz (10 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 Klasse C
<b>Version</b>	V1.3

## Stromversorgung

<b>Netzspannung</b>	100 bis 240 V $\pm 10 \%$
<b>Netzfrequenz</b>	50 bis 60 Hz $\pm 10 \%$ bei 100 bis 240 V $\pm 10 \%$ 400 Hz $\pm 10 \%$ bei 115 V $\pm 13 \%$
<b>Leistungsaufnahme</b>	max. 225 W

## Maße und Gewichte

Abmessungen	mm	Zoll
	Höhe	229
Breite	439	17,3
Tiefe	147	5,8

Gewicht	kg	lbs
	Netto	5
Versand	10,7	23,6

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

**EMV, Umgebung und Sicherheit**

<b>Temperatur</b>	
Betrieb	0 bis +50 °C
Lagerung	-20 bis +60 °C
<b>Luftfeuchtigkeit</b>	
Betrieb	Hoch: 40 bis 50 °C, 10 bis 60 % relative Luftfeuchtigkeit, Niedrig: 0 bis 40 °C, 10 bis 90 % relative Luftfeuchtigkeit
Lagerung	Hoch: 40 bis 60 °C, 5 bis 60 % relative Luftfeuchtigkeit, Niedrig: 0 bis 40 °C, 5 bis 90 % relative Luftfeuchtigkeit
<b>Höhe über NN</b>	
Betrieb	3.000 m
Lagerung	9.144 m
<b>Gesetzliche Bestimmungen</b>	
Elektromagnetische Verträglichkeit	EMV-Richtlinie 2004/108/EG
Sicherheit	UL61010-1:2004, CAN/CSA 22.22 No. 61010.1: 2004, Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG und EN61010-1:2001, IEC 61010-1:2001, ANSI 61010-1-2004, ISA 82.02.01

**Bestellinformationen****MDO4000B-Serie**

MDO4014B-3	Mixed-Domain-Oszilloskop mit (4) 100-MHz-Analogkanälen, (16) Digitalkanälen und (1) 3-GHz-Spektrumanalysatoreingang
MDO4034B-3	Mixed-Domain-Oszilloskop mit (4) 350-MHz-Analogkanälen, (16) Digitalkanälen und (1) 3-GHz-Spektrumanalysatoreingang
MDO4054B-3	Mixed-Domain-Oszilloskop mit (4) 500-MHz-Analogkanälen, (16) Digitalkanälen und (1) 3-GHz-Spektrumanalysatoreingang
MDO4054B-6	Mixed-Domain-Oszilloskop mit (4) 500-MHz-Analogkanälen, (16) Digitalkanälen und (1) 6-GHz-Spektrumanalysatoreingang
MDO4104B-3	Mixed-Domain-Oszilloskop mit (4) 1-GHz-Analogkanälen, (16) Digitalkanälen und (1) 3-GHz-Spektrumanalysatoreingang
MDO4104B-6	Mixed-Domain-Oszilloskop mit (4) 1-GHz-Analogkanälen, (16) Digitalkanälen und (1) 6-GHz-Spektrumanalysatoreingang

**Standardzubehör****Tastköpfe**

Modelle mit ≤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.
Alle Modelle	Ein 16-Kanal Logiktastkopf P6616 und ein Logiktastkopf-Zubehörsatz (020-2662-xx).

**Zubehör**

200-5130-xx	Frontschutzabdeckung
103-0045-00	N-BNC-Adapter
063-4367-xx	Dokumentations-CD
016-2030-xx	Zubehörtasche
—	Benutzerhandbuch
—	Netzkabel

- OpenChoice® Desktop-Software
- Kalibrierungszertifikat zur Dokumentation der Rückverfolgbarkeit auf die Messstandards der nationalen Metrologieinstitute und ISO-9001-Qualitätssystemregistrierung.

### Garantie

Die Dreijahresgarantie umfasst alle Teile und Arbeitsleistungen des Geräts MDO4000B. Die Einjahresgarantie umfasst Teile und Arbeitsleistungen und Teile für enthaltene Tastköpfe.

### Anwendungsmodule

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.

<b>DPO4BND</b>	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.
<b>DPO4AERO</b>	Seriell Trigger- und Analysemodul für Luft- und Raumfahrt. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei MIL-STD-1553-Bussen und stellt Analysewerkzeuge bereit, wie z. B. digitale Signalansichten, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitmarkeninformationen.  Signaleingänge – Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4, Math, Ref1 - Ref4  Empfohlene Abtastung – Differentiell oder single-ended (nur ein single-ended Signal erforderlich)
<b>DPO4AUDIO</b>	Seriell 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.  Signaleingänge – Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15  Empfohlene Abtastung – Single-ended
<b>DPO4AUTO</b>	Seriell Trigger- und Analysemodul für die Automobiltechnik. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei CAN- und LIN-Bussen und stellt Analysewerkzeuge bereit, wie z. B. digitale Signalansichten, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitmarkeninformationen.  Signaleingänge – LIN: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15; CAN: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15  Empfohlene Abtastung – LIN: Single-ended; CAN: Single-ended oder differentiell
<b>DPO4AUTOMAX</b>	Erweitertes seriell Trigger- und Analysemodul für die Automobiltechnik. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei CAN-, LIN- und FlexRay-Bussen sowie Analysewerkzeugen, wie z. B. Digitalansichten des Signals, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeugen und Paketdekodierungstabellen mit Zeitstempelinformationen und Augendiagramm-Analysesoftware.  Signaleingänge – LIN: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15; CAN: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15; FlexRay: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15  Empfohlene Abtastung – LIN: Single-ended; CAN, FlexRay: Single-ended oder differentiell
<b>DPO4COMP</b>	Seriell Trigger- und Analysemodul für die Computertechnik. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei RS-232/422/485/UART-Bussen und stellt Analysewerkzeuge bereit, wie z. B. Digitalansichten des Signals, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitmarkeninformationen.  Signaleingänge – Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15  Empfohlene Abtastung – RS-232/UART: Single-ended; RS-422/485: Differential
<b>DPO4EMBD</b>	Seriell Trigger- und Analysemodul für integriertes Design. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei I <sup>2</sup> C- und SPI-Bussen sowie Analysewerkzeugen, wie z. B. digitale Signalansichten, Busansichten, Paketdekodierung, Suchwerkzeuge und Paketdekodierungstabellen mit Zeitstempelinformationen.  Signaleingänge – I <sup>2</sup> C: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15; SPI: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4 sowie D0 - D15  Empfohlene Abtastung – Single-ended



<b>DPO4ENET</b>	<p>Serielles Trigger- und Analysemodul für Ethernet. Ermöglicht das Triggern auf Informationen auf Paketebene bei 10BASE-T- und 100BASE-TX-Bussen.<sup>5</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: Differential</p>
<b>DPO4USB</b>	<p>Serielles 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>6</sup></p> <p>Signaleingänge – Low-Speed und Full-Speed: Jeder beliebige Kanal Ch1 - Ch4, 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: Differential</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 das Testen mit Grenzwertvorlagen, die anhand von „idealen“ Signalen generiert wurden und der Maskentest mit benutzerdefinierten bzw. standardmäßigen Telekommunikations- oder Computer-Masken.<sup>7</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>

## Gerätezubehör

### Netzkabel- 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

<sup>5</sup> Für 100BASE-TX werden Modelle mit  $\geq 350$  MHz Bandbreite empfohlen

<sup>6</sup> High-Speed-USB-Unterstützung ist nur bei Modellen mit 1 GHz Analogkanalbandbreite verfügbar.

<sup>7</sup> Für Telekommunikationsstandards von  $> 55$  MBit/s werden Modelle mit  $\geq 350$  MHz Bandbreite empfohlen, für Hochgeschwindigkeits-USB hingegen Modelle mit 1 GHz Bandbreite.

## Sprachoptionen

Opt. L0	Handbuch in Englisch
Opt. L1	Handbuch in Französisch
Opt. L2	Handbuch in Italienisch
Opt. L3	Handbuch in Deutsch
Opt. L4	Handbuch in Spanisch
Opt. L5	Handbuch in Japanisch
Opt. L6	Handbuch in Portugiesisch
Opt. L7	Handbuch in Chinesisch (vereinfacht)
Opt. L8	Handbuch in Chinesisch (traditionell)
Opt. L9	Handbuch in Koreanisch
Opt. L10	Handbuch in Russisch
Opt. L99	Kein Handbuch

Die Sprachoptionen umfassen für die gewählte(n) Sprache(n) ein übersetztes Overlay für das Frontpanel.

## Serviceoptionen

Opt. C3	3-Jahres-Kalibrierservice
Opt. C5	5-Jahres-Kalibrierservice
Opt. D1	Kalibrierungsdatenbericht
Opt. D3	Kalibrierungsdatenbericht für 3 Jahre (mit Opt. C3).
Opt. D5	Kalibrierungsdatenbericht für 5 Jahre (mit Opt. C5).
Opt. G3	3-Jahres-Rundum-Service (einschließlich Leihprodukt, geplante Kalibrierung und mehr)
Opt. G5	5-Jahres-Rundum-Service (einschließlich Leihprodukt, geplante Kalibrierung und mehr)
Opt. R5	Reparaturservice, 5 Jahre (einschließlich Garantie)
Opt. SILV900	Standardgarantie, auf 5 Jahre verlängert

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.

## Empfohlenes Zubehör

### Tastköpfe

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

TPP0500B	Passiver TekVPI®-Spannungstastkopf, 500 MHz, 10-fach, mit 3,9 pF Eingangskapazität
TPP0502	Passiver TekVPI®-Spannungstastkopf, 500 MHz, 2-fach, mit 12,7 pF Eingangskapazität
TPP0850	Passiver TekVPI®-Hochspannungstastkopf, 800 MHz, 50-fach, 2,5 kV
TPP1000	Passiver TekVPI®-Spannungstastkopf, 1 GHz, 10-fach, mit 3,9 pF Eingangskapazität
TAP1500	Aktiver asymmetrischer TekVPI®-Spannungstastkopf, 1,5 GHz
TAP2500	Aktiver asymmetrischer TekVPI®-Spannungstastkopf, 2,5 GHz
TAP3500	Aktiver asymmetrischer TekVPI®-Spannungstastkopf, 3,5 GHz
TCP0030	AC/DC-Stromtastkopf, TekVPI®, 120 MHz, 30 A

<b>TCP0150</b>	AC/DC-Stromastkopf, TekVPI®, 20 MHz, 150 A
<b>TDP0500</b>	Differentialspannungstastkopf mit $\pm 42$ V Differentialeingangsspannung, TekVPI®, 500 MHz
<b>TDP1000</b>	Differentialspannungstastkopf mit $\pm 42$ V Differentialeingangsspannung, TekVPI®, 1 GHz
<b>TDP1500</b>	Differentialspannungstastkopf mit $\pm 8,5$ V Differentialeingangsspannung, TekVPI®, 1,5 GHz
<b>TDP3500</b>	Differentialspannungstastkopf mit $\pm 2$ V Differentialeingangsspannung, TekVPI®, 3,5 GHz
<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 <http://beehive-electronics.com/probes.html>  
Beehive Electronics unter:

<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



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 3010  
Naher Osten, Asien und Nordafrika +41 52 675 3777  
Volksrepublik China 400 820 5835  
Republik Korea 001 800 8255 2835  
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 [www.tektronix.com](http://www.tektronix.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.



03 Mar 2015 48G-26875-11

[de.tektronix.com](http://de.tektronix.com)

**Tektronix**<sup>®</sup>

