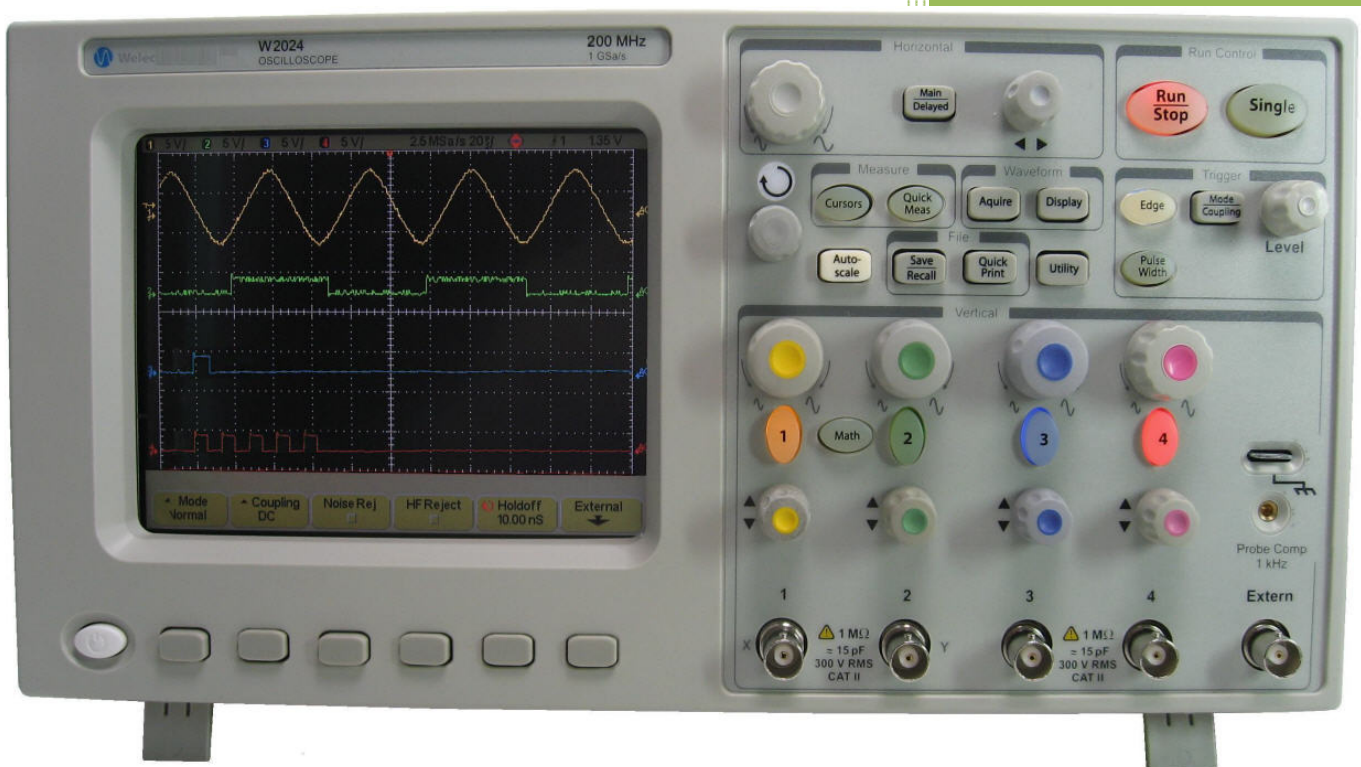


# DSO

## Grundlagen



## **Inhalt**

Inhalt.....	- 1 -
Der grundlegende Aufbau eines Speicheroszilloskopes .....	- 2 -
Weshalb ein großer Erfassungsspeicher wichtig ist .....	- 3 -
Von analoger und digitaler Bandbreite eines Oszilloskopes.....	- 5 -
Die drei Arten, ein Signal abzutasten.....	- 6 -
Wie sich das Aliasing-Risiko bei einem Scope reduzieren lässt.....	- 6 -
Signale am Scope nachbearbeiten .....	- 7 -
Wie Trigger die gewünschten Informationen aus dem Signal extrahieren .....	- 7 -
Hardware- und Software-Trigger im Vergleich .....	- 7 -
Verschiedene Ereignisse auswerten und erfassen .....	- 9 -
Eigenschaften und Fehler eines Busses erfassen.....	- 9 -
Mit dem Scope automatisch Signale überwachen und Messergebnisse dokumentieren .-	10 -
Ober- und Untergrenzen richtig einsetzen .....	- 10 -
Den großen Scope-Speicher effizient nach Ereignissen untersuchen .....	- 11 -
Unterschiedliche Signale eines Oszilloskops überwachen.....	- 12 -

# Grundlagen des Speicheroszilloskops

---

## *Der grundlegende Aufbau eines Speicheroszilloskops*

Digitale-Speicher-Oszilloskope: Mit dem Scope soll auf Ereignisse getriggert, Messergebnisse ausgewertet und Signale decodiert werden.



Digitale Speicher-Oszilloskope, oder kurz DSOs, müssen heute eine Vielzahl an verschiedenen Mess-Szenarien abdecken. Die klassische Messaufgabe eines Oszilloskops, erfasste Spannungen über die Zeit darstellen, muss genauso präzise und einfach zu handhaben sein wie die Analyse von seriellen Daten oder bestimmten Power-Szenarien. Wie werden die Signale abgetastet, gespeichert und auf dem Bildschirm dargestellt?

# Grundlagen des Speicheroszilloskops

## Weshalb ein großer Erfassungsspeicher wichtig ist

Aktuelle Oszilloskope verfügen über vier analoge Eingänge. Die erfassten analogen Signale werden zunächst durch einen Verstärker verstärkt um anschließend vom Analog-Digital-Wandler digitalisiert. Die gewonnenen digitalen Daten müssen nun in einen schnellen und ausreichend großen Erfassungsspeicher abgelegt werden.

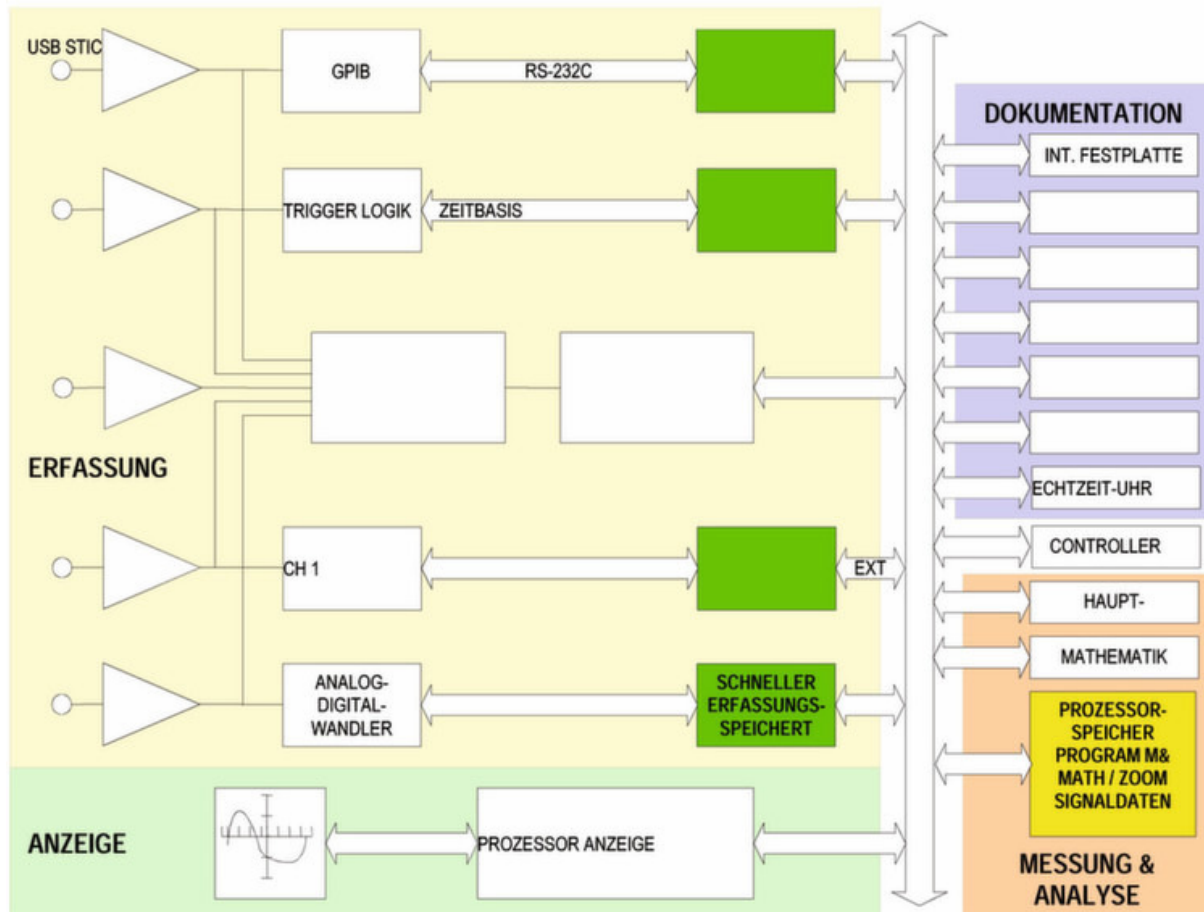


Bild 1: Schematischer Aufbau eines Digitalen Speicheroszilloskops

Für jeden der Kanäle steht hierbei ein Verstärker, ein A/D-Wandler und ein Erfassungsspeicher separat zur Verfügung. Das garantiert, dass die parallel erfassten Daten verzögerungsfrei vorliegen. Die im Speicher erfassten Daten können vom Oszilloskop für eine Vielzahl verschiedener Anwendungen wie Dokumentation, Anzeige auf dem Display oder für Messungen und Datenanalyse verwendet werden.

Je größer der Speicher des DSO, desto größer ist das Zeitfenster eines abgetasteten Signals und desto größer ist die Wahrscheinlichkeit sporadisch auftretende Ereignisse einzufangen.

# Grundlagen des Speicheroszilloskops



Bild 2: Segmentierter Speicher – je größer der Speicherbereich ist, desto größer das Zeitfenster

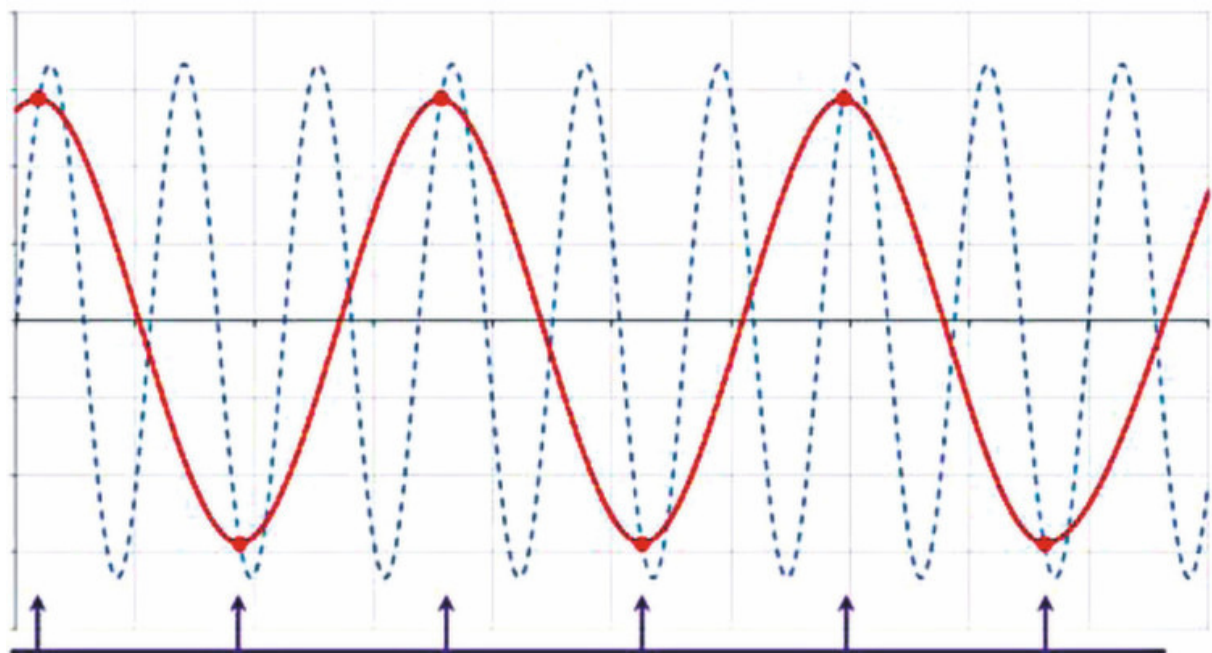


Bild 3: Bei Sinusförmigen Signalen muss die Abtastrate mindestens zweimal so groß sein, wie die maximal zu erfasste Frequenz, sonst kommt es zum Aliasing.





Bild 4: Automatische Parametermessungen mit eingeschlossener statistischer Auswertung sind bei fast allen Geräten Standard

## ***Von analoger und digitaler Bandbreite eines Oszilloskopes***

Bei Oszilloskopen wird oft von analoger und digitaler Bandbreite gesprochen. Die analoge Bandbreite entspricht der Bandbreite maximal erfassbarer Frequenzen des analogen Verstärkers. Höhere Frequenzen werden entweder gar nicht oder falsch an den A/D-Wandler weitergegeben. Hierbei ist es immer wichtig, dass nicht nur die analoge Bandbreite des Oszilloskops beachtet werden muss, sondern die des erfassenden Tastkopfes. Die digitale Bandbreite des Oszilloskopes hingegen entspricht der „Echtzeit“-Abtastrate des A/D-Wandlers. Bei einer Abtastrate von beispielsweise 40 GS/s können somit 40 Milliarden Erfassungspunkte pro Sekunde erfasst werden.

Das entspricht einer zeitlichen Auflösung von 25 ps zwischen den einzelnen Erfassungspunkten. Die Länge der maximalen Aufzeichnungsdauer hängt dabei stark von dem zur Verfügung stehenden Speicher ab. Je größer der Speicherbereich, umso größere Zeitfenster können mit hoher Auflösung erfasst werden.

Die Speichergröße wird in der Anzahl der Messwerte angegeben, welche maximal pro Kanal erfasst werden kann. Mit 256 Mpts und einer digitalen Bandbreite von 40 GS/s wird ein Zeitfenster von 6,4 ms erfasst. Der Speicher von zwei Kanälen kann aber auch kaskadiert werden, wenn weniger Kanäle benötigt werden. Auch eine Aufteilung des Speichers in Segmente ist möglich, um Signale mit langen uninteressanten Pausen zu erfassen. Die uninteressanten Daten werden so nicht in den Speicher geschrieben.

## ***Die drei Arten, ein Signal abzutasten***

Bei den Oszilloskopen von LeCroy gibt es drei verschiedene Arten, ein Signal abzutasten. Die am häufigsten verwendete Art ist die „Echtzeit“-Signalabtastung, bei der die Daten in Echtzeit erfasst und gespeichert werden. Hier muss stets gewährleistet sein, dass die digitale Abtastrate hoch genug für die zu erfassenden Frequenzen ist. Ist dies nicht der Fall, kann es zu sogenannten Aliasing-Effekten kommen. Beim Abtasten eines Signals muss immer mindestens der erste Teil des Nyquist-Theorems erfüllt sein, welches besagt, dass bei sinusförmigen Signalen die Abtastrate mindestens zweimal so groß sein muss wie die maximal zu erfassende Frequenz.

Bei Pulsen oder Rechteck-Signalen muss die Abtastrate sogar den zehnfachen Wert der maximalen Frequenz betragen. Im Beispiel (Bild 3) soll die blaue Kurve erfasst werden. Durch eine zu geringe Abtastung wird auf dem Bildschirm aber die rote Kurve zu sehen sein. Das passiert, da das Oszilloskop zwischen den Erfassungspunkten die Kurve interpoliert und so die falsche Kurve darstellt.

Die zweite Art der Signalabtastung ist das sogenannte Random Interleaved Sampling. Bei diesem Verfahren wird die Abtastrate erhöht, indem ein Signal mehrfach abgetastet wird und bei jeder Erfassung die Erfassungspunkte im Vergleich zur vorherigen Messung ein wenig verschoben werden. Durch die Überlagerung der einzelnen Messungen wird so eine hohe effektive Abtastrate erreicht.

Diese Methode funktioniert aber nur bei periodisch wiederkehrenden Signalen. Der Roll-Modus ist die dritte Art der Signalerfassung. Er wird häufig bei langsamen Prozessen eingesetzt. Das Signal läuft hierbei von rechts nach links über den Bildschirm, indem neu erfasste Messpunkte einfach rechts angehängt werden, die dadurch alle alten nach links verschieben.

## **Wie sich das Aliasing-Risiko bei einem Scope reduzieren lässt**

Durch hohe Abtastraten und große Speichertiefen kann das Aliasing-Risiko verringert werden. Zu Beginn einer Messung ist es auch sinnvoll, mit niedrigen „Time/div-Einstellungen“ zu beginnen und diese Schritt für Schritt zu erhöhen.

## ***Signale am Scope nachbearbeiten***

Die erfassten Signale werden vom Oszilloskop auf dem Bildschirm ausgegeben. Das Signal kann hierbei direkt oder vergrößert als Zoom dargestellt werden. Auch verschiedenste Berechnungen, wie beispielsweise Subtraktion zweier Kurven, sind möglich. An den Kurven können jetzt über Cursor manuelle Messungen vorgenommen werden. Auch automatische Parametermessungen inklusive statistischer Auswertung sind mittlerweile fast bei allen Geräten Standard. Bei vielen seriellen Bussen können auch Dekoder zugeschaltet werden, um die meist sehr vielen seriellen Daten schnell und effektiv auszuwerten.

## **Wie Trigger die gewünschten Informationen aus dem Signal extrahieren**

Digitale Speicher-Oszilloskope: Mit dem Scope soll auf Ereignisse getriggert, Messergebnisse ausgewertet und Signale decodiert werden

Wie extrahiere ich aus meinem gewonnenen Messsignal eine gewünschte Information? Geeignete Trigger helfen, einmalige oder wiederkehrende Ereignisse aufzuspüren und sichtbar zu machen.

Eine der schwierigsten Aufgaben für den Anwender eines Oszilloskops ist es, das gewünschte Ereignis aus der Vielzahl der Daten exakt zu erfassen. Gesucht wird hier nach einmaligen oder sich wiederholenden Ereignissen im Datenstrom. Hier helfen verschiedene Trigger, die auf analoge und digitale Kanäle anwendbar sind.

Es gibt drei verschiedene Modi einen Trigger auszulösen: Beim „Normal-Trigger“ wird auf Ereignisse kontinuierlich getriggert, während beim „Single-Trigger“ nur ein einmaliges auslösen des Triggers erfolgt. Der „Auto-Trigger“ triggert entweder wenn das geforderte Ereignis im Datenstrom auftritt, spätestens aber nach 100 ms automatisch.

Um Signalereignisse aufzuspüren, können sowohl Hardware- als auch Softwaretrigger eingesetzt werden

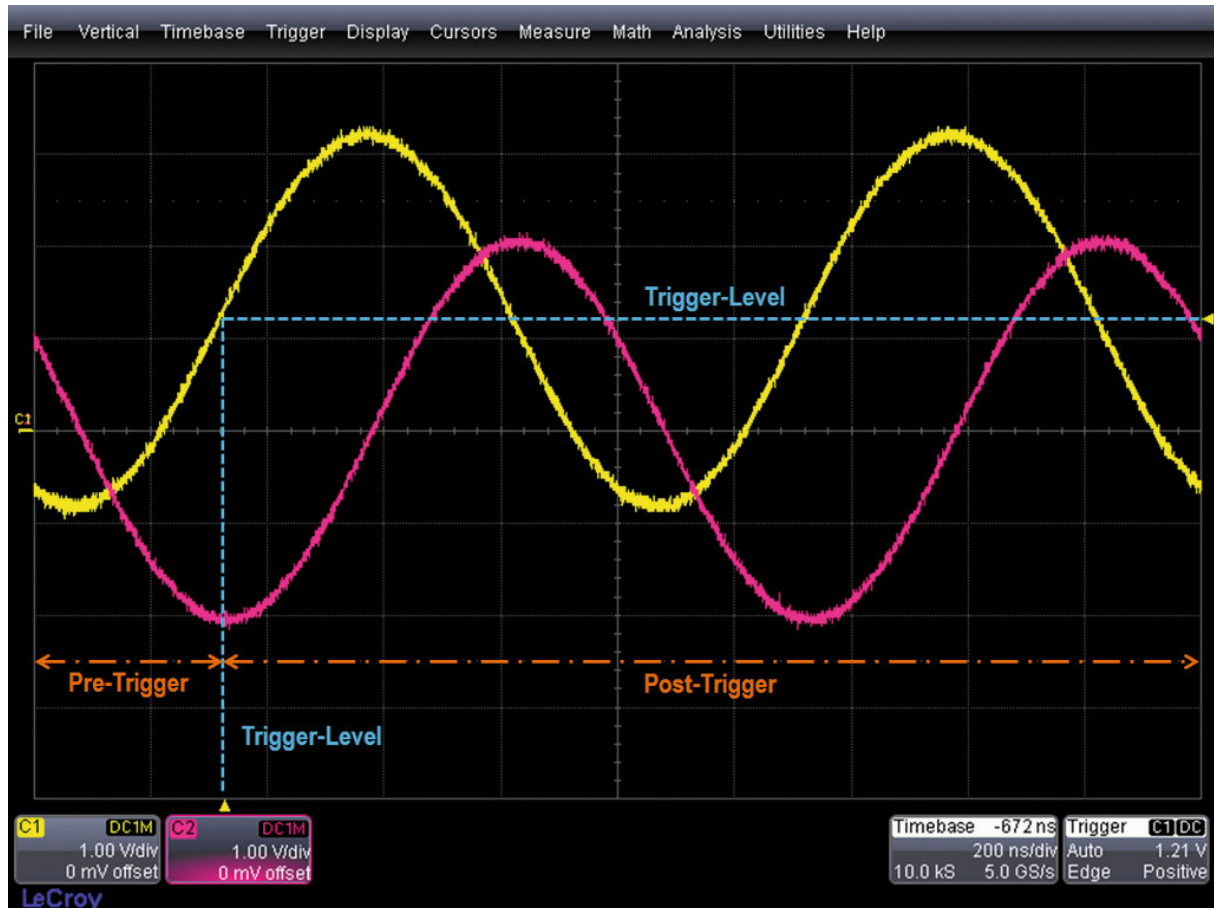
## **Hardware- und Software-Trigger im Vergleich**

Moderne Oszilloskope verfügen über eine Vielzahl verschiedener Trigger-Möglichkeiten. Hierbei muss zwischen Hardware- und Software-Trigger unterschieden werden. Dem Hardware-Trigger werden direkt die vom Vorverstärker bearbeiteten analog erfassten Daten zugeführt. In diesem Fall wird das zu überprüfende Ereignis direkt in der Hardware, meist ein FPGA, ausgewertet. Das hat den Vorteil, dass Triggerergebnisse schnell und ohne große Erfassungslücken zwischen den Triggerzeitpunkten vorliegen.



# Grundlagen des Speicheroszilloskops

Beim Software-Trigger hingegen werden kontinuierlich Daten erfasst und der Inhalt der Daten nach dem gewünschten Triggerereigniss durchsucht. Dieses Verfahren kann größere Erfassungslücken aufweisen aber bietet die Möglichkeit, komplexere Triggerereignisse zu erfassen oder später mit neuen Triggermöglichkeiten nachzurüsten. Die schnellere und effektivere Methode ist immer die Hardware-Triggerung.

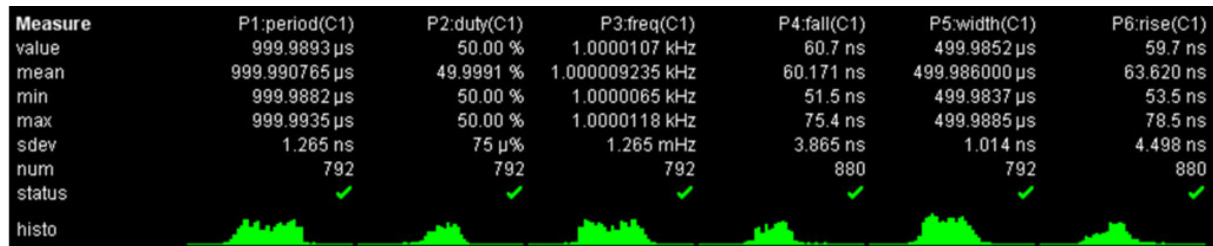


Der Anwender muss sich entscheiden, welche Art der zur Verfügung stehenden Trigger er verwenden möchte. Einfache Flanken- und Pulsweiten-Trigger bis hin zu komplexen „Smart-“ oder „Measurement-Triggern“ sind je nach Oszilloskop verfügbar. Sogar auf serielle Busse (bestimmte Nachrichten, Fehler oder Bitkombinationen) lässt sich einfach und schnell triggern. Auch Kaskadierungen von Triggerereignissen und Vergleiche der Triggerlevel über mehrere Kanäle hinweg sind möglich.

# Grundlagen des Speicheroszilloskops

## Verschiedene Ereignisse auswerten und erfassen

Nach dem richtigen Triggern und dem Erfassen des gewünschten Ereignisses ist es wichtig, die Daten direkt im Gerät auswerten zu können. Ein einfaches Hilfsmittel dazu ist der Einsatz von „Cursor“. Mit „Cursor“ können schnell alle auf dem Bildschirm sichtbaren Messpunkte analysiert werden. Ein horizontaler oder vertikaler „Cursor“ sowie eine Kombination der beiden Typen können Signale auf dem Bildschirm ausmessen und überprüfen.



Eine elegantere und vielfältigere Anwendung, um verschiedene Ereignisse auszuwerten und zu erfassen – auch über viele Messzyklen hinweg – ist die automatische Parameter-Messmethode. Für viele Messaufgaben stehen bereits Parameter zur Verfügung. Das Vermessen einer Frequenz oder der Pulsbreite geht so nahezu automatisch und kann zudem noch statistisch ausgewertet und grafisch sichtbar gemacht werden.

Das Ganze geschieht nicht nur über einen Messzyklus hinweg, sondern wird für einen sehr großen Zeitraum durchgeführt. Unterschieden wird hier zwischen vertikalen und horizontalen Parametern. Typische vertikale Parameter sind: Amplitude, Minimum oder Maximum, Fläche zwischen Kurve und Zeitachse, Peak to Peak-Werte. Vertreter der horizontalen Parameter sind: Frequenz, zeitlicher Versatz, Abstand zwischen zwei Flanken oder Pulsbreiten.

Gerade bei seriellen Bussen erwartet der Anwender heute nicht nur im Triggerbereich Unterstützung durch sein Oszilloskop. Auch verschiedenste Parameter für serielle Busse werden angeboten. Zur optimalen Auswertung des physikalischen Layers eines seriellen Busses gehört auch die Möglichkeit des Dekodierens von Echtzeitdaten direkt im Oszilloskop. Von einfachen Bussen wie Lin, SPI oder I<sup>2</sup>C bis zu komplexen wie FlexRay, USB und SATA muss möglichst jedes Protokoll verfügbar sein.

## Eigenschaften und Fehler eines Busses erfassen

Die Dekodierung kann in verschiedensten Formen angeboten werden. Idealerweise wird die Dekodierung der Nachrichten direkt über dem gemessenen Signal sowohl farblich kodiert als auch in Textform auf dem Bildschirm ausgegeben. Ebenfalls möglich ist es, die Dekodierung der Datenpakete in einer Tabelle darzustellen. Diese Tabellen können leicht exportiert und in anderen Programmen ausgewertet werden. Durch eine Verlinkung der Tabelle mit den erfassten Daten kann so schnell und einfach auch das gewünschte Datenpaket herangezoomt werden.

# Grundlagen des Speicheroszilloskops

Die Kombination von Triggern, Parametern und Dekodierung macht es so möglich, Fehler und Eigenschaften eines Busses zu erfassen. Bei einigen Bussen wie USB 2.0 ist es möglich, eine vollständige Protokollanalyser-Übersicht auf dem Oszilloskop darzustellen. Das ermöglicht es dem Anwender einfach zu überprüfen, ob der Fehler in der physikalischen oder der Protokollebene liegt.

## Mit dem Scope automatisch Signale überwachen und Messergebnisse dokumentieren

Signale überwachen und auswerten: Neben der automatischen Signalüberwachung ist es mit spezieller Software möglich, den großen Scopespeicher nach bestimmten Ereignissen zu untersuchen.

Ein nächster Schritt in der Signalanalyse ist es nun, die erfassten Signale automatisch zu überwachen. Das Oszilloskop soll bestimmte Ereignisse oder Parameter- und Mathematik-Werte selbständig erkennen und sie im Datenstrom lokalisieren und verschiedene Aktionen auslösen. In einem typischen Messbeispiel wird Drehzahlverlauf, Pulsweitenmessung oder Flankensteilheit überwacht. Der Anwender möchte im einfachsten Fall eine Benachrichtigung bekommen, wenn eine definierte Grenze überschritten wurde.

## Ober- und Untergrenzen richtig einsetzen



Definierte Grenzen: Mit dem Pass-/Fail-Test lassen sich vordefinierte Werte automatisch überprüfen

# Grundlagen des Speicheroszilloskops

Die einfachste Möglichkeit ist es, den so genannten Pass-/Fail-Test einzusetzen. Mit dem Testverfahren können Parameter gegeneinander oder gegen einen festen Wert bzw. Wertebereich automatisch überprüft werden. Wenn beispielsweise die Flankensteilheit eines Signals zwischen 200 und 300 ns liegt, wird dieser Wertebereich vorgegeben. Der Pass-/Fail-Test überprüft jedes Mal beim Erfassen des Parameters, ob dieser innerhalb oder außerhalb des gesetzten Bereichs liegt. Wird der definierte Bereich über- oder unterschritten, gibt es eine Fehlermeldung.

Eine kleine Statistik gibt an, wie viele Werte den gesetzten Bereich nicht erfüllt haben. Mehrere solcher Tests können gleichzeitig, entweder für den gleichen Parameter oder für verschiedene, angewendet werden. Darüber hinaus gibt es auch die Möglichkeit, bestimmte Aktionen festzulegen, die vom Oszilloskop ausgeführt werden sollen, wenn einzelne oder eine Kombination von Bedingungen nicht erfüllt worden sind. Das Oszilloskop kann Screenshots anfertigen, die Daten in unterschiedliche Formate abspeichern oder einfach nur Signaltöne erzeugen.

## Den großen Scope-Speicher effizient nach Ereignissen untersuchen



### WaveScan zur Suche nach dem größten Flankenanstieg

Viele Oszilloskope haben große Speicher, um Daten über eine lange Zeit aufzuzeichnen. Mit WaveScan lässt sich der Speicher schnell und automatisiert nach bestimmten Ereignissen absuchen. Die Software überwacht Parameter, sucht nach Runts, nicht-monotonen Mustern und seriellen/Bus-Pattern. Alle gefundenen Ereignisse werden in einer Tabelle aufgelistet und mit einem Zeitstempel versehen. Gleichzeitig werden die Ereignisse direkt im Trace farblich

# Grundlagen des Speicheroszilloskops

---

markiert. Die Tabelle und der automatische Zoom-Modus sind synchronisiert. Spezielle Filter grenzen das Ergebnis ein.

Im Beispiel eines Pass-/Fail-Tests kann jede steigende Flanke bestimmt und im Trace markiert werden. Mit einem Filter auf die Rarest Events werden nur noch die größten und kleinsten Anstiegszeiten angezeigt und direkt im Trace markiert. WaveScan lässt sich sowohl auf eine gestoppte Erfassung als auch im normalen Erfassungsmodus anwenden.

## ***Unterschiedliche Signale eines Oszilloskops überwachen***

Bei vielen Scopes lässt sich über eine Schnittstelle das Gerät fernsteuern und die gewonnenen Daten auslesen. Mit spezieller Software wie Matlab, Labview, VBScript oder Excel lassen sich unterschiedliche Signale automatisiert überwachen. Bei allen Oszilloskopen lassen sich die Messreihen abspeichern und Screenshots erstellen. Selbst die Einstellungen am Oszilloskop sind speicherbar. Bei den Geräten von LeCroy gibt es die Möglichkeit, alles in einer Datenbank komplett abzulegen und daraus automatisch eine Dokumentation inklusive eigenem Firmenlogo und Firmenstyle zu kreieren.

Mit LabNotebook werden alle momentan erfassten Rohdaten abgespeichert, inklusive der Oszilloskop-Einstellungen und einem Screenshot. Für jeden Datenbank-Eintrag kann eine automatische Dokumentation in verschiedensten File-Formaten erstellt werden. Die Datenbank verfügt auch über eine Flash-Back-Funktion, mit der die Daten wieder direkt in den Erfassungsspeicher eingelesen werden können. So kann der Messtechniker viele Jahre nach der Erfassung wieder mit den Originaldaten arbeiten.