

Moderne Oszilloskop-Meßtechnik Teil 15

Aktuelle Entwicklungen aus dem Bereich der Digital-Speicheroszilloskope beschreibt der abschließende Teil dieser Artikelserie.

11. Moderne Digital-Oszilloskope

Über viele Jahre hinweg hatten Analog- und Digital-Oszilloskope eigene typspezifische Einsatzbereiche. Ein wichtiger Trend in der Meßindustrie zeigte sich seit Anfang der 90er Jahre durch die zunehmende Verbreitung von Digital-Oszilloskopen.

Als Hauptursache sind einige markante Vorteile von Digital-Oszilloskopen gegenüber Analog-Oszilloskopen zu nennen, insbesondere die Speicherfähigkeit. Immer schnellere Abtastsysteme in Verbindung mit leistungsfähiger Mikroprozessortechnik ermöglichen mittlerweile die Meßwertdarstellung in Echtzeit bis zur vollen Analog-Bandbreite mit den zusätzlichen Vorteilen komplexer Triggermöglichkeiten, automatischer Messung, Signalspeicherung und vielfältigen Möglichkeiten der Signalanalyse. Daß darüber hinaus Digital-Geräte in das Preisniveau günstiger Analog-Oszilloskope vordringen, trägt ein übriges zur Verbreitung der Digital-Oszilloskope bei.

Zudem ist die Bedienoberfläche heutiger Digital-Oszilloskope den Analog-Geräten angepaßt, d. h. es befinden sich die gleichen Einstellknöpfe auf der Frontplatte, was den Umstieg vom Analog- zum Digital-Gerät wesentlich vereinfacht. Abbildung 1 zeigt die Frontplatte eines modernen Digital-Oszilloskops von Tektronix (TDS 220).

11.1 Bandbreite von Digital-Oszilloskopen

Welche Bandbreite ist erforderlich? Oftmals wird diese Entscheidung von zwei Kriterien beeinflusst: Ein Oszilloskop mit zu geringer Bandbreite kann hochfrequente Signale nicht mit der gewünschten Genauigkeit darstellen und liefert bei Amplituden- und Zeit-Intervallmessungen fehlerhafte Ergebnisse. Auf der anderen Seite stehen die hohen Anschaffungskosten eines Oszilloskopes mit hoher Bandbreite. Die optimale Bandbreite für die Bedürfnisse des jeweiligen Anwenders ergeben sich aus der Charakteristik der zu messenden Signale und der geforderten Genauigkeit.

Nachfolgend sind einige Entscheidungshilfen aufgeführt:

Bei Digital-Oszilloskopen sind die Parameter Analogbandbreite und Abtastrate getrennt voneinander zu betrachten. Die Analogbandbreite entspricht der Bandbreite des Y-Abschwächers bzw. -Verstärkers, d.h. der Bandbreite, bis das Meßsignal auf den A/D-Umsetzer gelangt. Diese Bandbreite kann mit der eines herkömmlichen Analog-Oszilloskopes verglichen werden. Als zweites muß die Abtastrate betrachtet werden. Die Abtastrate legt fest, wieviele Abtastwerte pro Sekunde aus dem am A/D-Umsetzer anliegenden Meßsignal gewonnen werden.

11.2 Analogbandbreite

Oszilloskope werden im allgemeinen zur Messung komplexer Signale verwendet, die außer der Grundschwingung weitere, höherfrequente Signalanteile beinhalten können. So kann für die korrekte Darstellung eines Rechtecksignals z.B. die Oberschwingung mit der 10fachen Grundfrequenz noch signifikant sein.



Bild 1: Frontplatte eines modernen Digital-Oszilloskops von Tektronix mit Analog-Geräten nachempfunderer Bedienoberfläche

Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, daß die Analogbandbreite mindestens das Dreifache der Grundfrequenz des "schnellsten" zu messenden Signals betragen sollte, damit die Signalform nicht allzu stark verfälscht wird.

korrekte Signalform: $B_{\text{Oszilloskop}} > 3 \times B_{\text{Signal}}$

Wird das Oszilloskop für die Messung von Signalamplituden eingesetzt, sollte die Bandbreite mindestens das 10fache der Frequenz der höchsten Signalkomponente betragen.

Amplitudenmessungen:
 $B_{\text{Oszilloskop}} > 10 \times B_{\text{Signal}}$

11.3 Abtastrate

Die Analogbandbreite und die Abtastrate stellen die wichtigsten Leistungsmerkmale eines Digital-Oszilloskopes dar. Weiterhin ist es für die Einschätzung der Leistungsfähigkeit eines Digital-Oszilloskopes wichtig zu wissen, mit welchem Abtast-Verfahren das Gerät arbeitet. Es sind grundsätzlich zwei Verfahren zu unterscheiden: Echtzeit-Abtastung und Repetitiv-Abtastung.

Bei der Echtzeit-Abtastung werden sämtliche Abtastwerte während einer einzigen Triggerperiode erfaßt. Einmalige Signale („Single Shot“) sind ausschließlich mit dem Echtzeit-Sampling erfaßbar, da alle nötigen Signal-Abtastwerte von diesem einmaligen Signal abgeleitet werden müssen. Um auch schnelle Signale, wie z.B. Glitches oder Spikes, korrekt erfassen zu können, muß die Abtastrate hoch genug sein. Oszilloskope, die ausschließlich mit diesem Signalerfassungsverfahren arbeiten, besitzen hohe Echtzeit-Abtastraten von beispielsweise 2GS/s und mehr. Um Signalflanken deutlich darstellen zu können, gilt als Richtwert, daß auf eine Signalflanke mindestens 2 Abtastwerte fallen sollten. Das bedeutet:

$$\text{Abtastfrequenz} > \frac{2}{\text{Signalanstiegszeit}}$$

Zwischen den einzelnen Abtastpunkten wird der Kurvenverlauf rekonstruiert. Dies kann auf verschiedene Interpolationsarten geschehen: Für die Echtzeitabtastung eines Sinussignals mit vernünftiger Darstellung gilt:

Abtastfrequenz	Interpolationsart Signalfrequenz
> 25	keine Interpolation, nur Punkte
> 10	lineare Interpolation (Punkte durch Geraden verbunden)
> 2,5	Sinusinterpolation

Die theoretische Grenze liegt im Abtasttheorem von Shannon begründet, das für das Verhältnis Abtastfrequenz/Signalfrequenz einen Faktor > 2 erfordert.

Das Repetitiv-Abtast-Verfahren erfaßt die Abtastwerte während mehrerer Triggerperioden und ist somit nur für die Darstellung periodischer Signale geeignet. Die Meßkurve wird anschließend aus diesen Abtastwerten zusammengesetzt. Mit Hilfe dieses Verfahrens sind speziell periodische Signale sehr gut erfaßbar, auch wenn die Echtzeit-Abtastrate nicht besonders hoch ist. Für die Erfassung von „Single-Shot“-Signalen ist dieses Verfahren nicht geeignet. Das Repetitiv-Abtast-Verfahren teilt sich in zwei Methoden auf:

Random-Abtastung: In dieser Betriebsart wird das Eingangssignal über mehrere Triggerperioden hinweg mit einer konstanten Abtastrate digitalisiert. Für jeden Abtastpunkt wird nicht nur der Amplitudenwert, sondern auch der zeitliche Abstand zum Triggerpunkt gemessen. Diese Zeitabstände sind zufällig verteilt, woher die Bezeichnung „Random“ rührt. Bei der Signalrekonstruktion werden diese Datenpunkte anhand der gemessenen Zeitabstände in die richtige Reihenfolge gebracht. Mit Hilfe der Random-Abtastung können auch Signalabschnitte aus dem Zeitraum vor der Triggerung erfaßt werden (Pretrigger). Bild 2 zeigt die zufällige Verteilung der Abtastwerte.

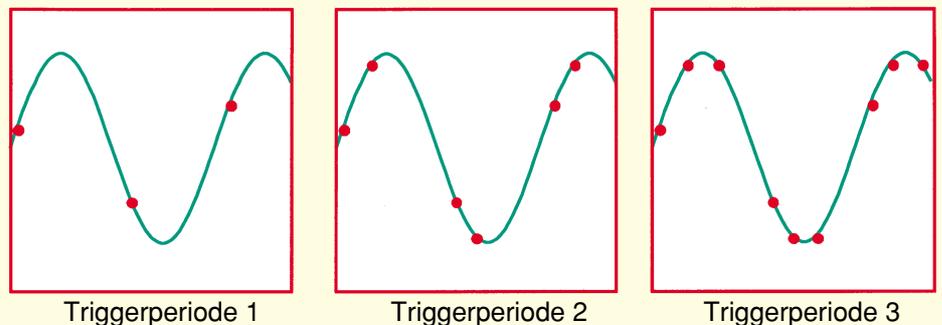


Bild 2: Zufällige Verteilung der Abtastwerte bei der Random-Abtastung

Sequentielle-Abtastung: Die meisten Digitaloszilloskope mit extrem hoher Bandbreite arbeiten mit sequenziellem Abtasten. In jeder Triggerperiode wird nur ein

einzig Abtastwert erfaßt. Während der ersten Triggerperiode wird der Abtastwert zum Triggerzeitpunkt gewonnen. In den darauffolgenden Triggerperioden wird der Abtastzeitpunkt gegenüber dem Triggerzeitpunkt um ein kleines Zeitintervall verschoben. Ist eine ausreichende Anzahl von Abtastwerten vorhanden, erfolgt die Signalkonstruktion. Der wesentliche Unterschied zur Random-Abtastung besteht darin, daß alle Abtastwerte nach dem Triggerzeitpunkt erfaßt werden, d. h. es ist keine Pretriggerung möglich. In Abbildung 3 ist die sequentielle Folge der Abtastwerte zu erkennen.

11.4 Signalspeichertiefe von Digital-Oszilloskopen

Ein weiteres wichtiges Kriterium bei der Auswahl eines Digital-Speicheroszilloskopes ist die Signalspeichertiefe, d. h. wieviel Abtastwerte im internen Speicher abgelegt werden können. Rein technisch betrachtet gilt: je mehr Speicher, desto besser. Allerdings ist eine höhere Speichertiefe auch immer mit erhöhtem Kostenaufwand verbunden. Es ist daher sorgfältig zu überlegen, welche Signale mit dem Oszilloskop erfaßt werden sollen und welche Speichertiefe benötigt wird, um die erforderliche Zeitauflösung und Aufzeichnungslänge zu erreichen.

Die Angabe der Abtastrate eines Digital-Oszilloskopes bezieht sich üblicherweise

auf den schnellsten Zeitablenkungskoeffizienten. Wird eine langsamere Zeitablenkung eingestellt, reduziert sich normalerweise die Abtastrate automatisch so weit,

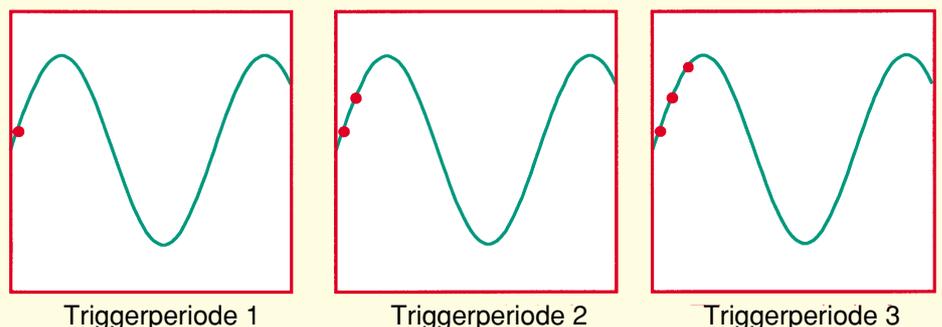


Bild 3: Entnahme der Abtastwerte bei sequentieller Abtastung

daß der erfaßte Signalausschnitt in den Speicher paßt und diesen komplett ausfüllt.

Angenommen ein Oszilloskop besitzt eine Speichertiefe von 2000 Abtastwerten. Um den Speicher zu füllen, müssen 2000 Abtastwerte entnommen werden. Wählt man eine Zeitablenkung von 10ms/Div, beträgt die Aufzeichnungslänge 100ms. In diesem Fall wird das Signal in Abständen von 100ms/2000 = 50µs abgetastet, was einer Abtastrate von 20kS/s entspricht. Dadurch beeinflußt die Speichertiefe indirekt die „Single-Shot“-Bandbreite. Je größer die Speichertiefe, desto höher ist die zeitliche Auflösung und desto genauer die Signalabbildung.

11.5 Vorteile digitaler Speicheroszilloskope

Digital-Oszilloskope bieten wesentliche Vorteile, einige spezifische Vorteile sind nachfolgend genannt und näher erläutert.

Erfassung nicht periodischer Signale

Vielfach wird die Meinung vertreten, daß ein Analog-Gerät exakt das anzeigt, was wirklich vorhanden ist. Dabei ist es möglich, daß ein Analoggerät gerade die Signalereignisse, die für die Fehlerdiagnose von größter Bedeutung sind, überhaupt nicht erfaßt. Wenn es darum geht, sporadische Störimpulse oder nichtperiodische Signalereignisse zu erfassen, gibt es kaum eine Alternative zum Digital-Oszilloskop.

Flimmerfreie Signaldarstellung

Analog-Oszilloskope besitzen die Eigenschaft, daß das Bild bei langsamen Zeit-

basiseinstellungen flimmert und bei schnellen Zeitkoeffizienten die Bildhelligkeit abnimmt. Eine steile Signalflanke, die auf einem Digitaloszilloskop deutlich sichtbar ist, kann auf einem Analoggerät fast unsichtbar sein.

11.6 Erweiterte Meßmöglichkeiten

Aufgrund der digitalen Meßwerterfassung werden spezielle Meß-, Analyse- und Triggerfunktionen ermöglicht:

- Pretrigger-Funktion. Diese Funktion ermöglicht die Signalbeurteilung vor dem eigentlichen Triggerereignis. So kann beispielsweise auf eine Fehlererscheinung getriggert werden. Anschließend ist die detaillierte Beurteilung der Vorgeschichte und somit die Fehlerdiagnose möglich.
- automatische Messungen: Im allgemeinen bieten die Digitalspeicheroszilloskope ein ganzes Menü von automatischen Messungen. Ein oder mehrere Signalparameter werden parallel zum Meßsignal auf dem Bildschirm angezeigt. Typische Parameter sind:
 - Periodendauer
 - Frequenz
 - positive und negative Pulsbreite
 - Anstiegs- und Abfallzeit
 - Tastverhältnis
 - Messung der Länge eines Burstpaketes
 - positives u. negatives Überschwingen
 - Maximal- und Minimalwert
 - Spitze-Spitze-Wert
 - Amplitude
 - arithmetischer Mittelwert des Signals
 - arithmetischer Mittelwert einer Periode
 - Effektivwert des Signals

- Effektivwert einer Periode

- Cursormessungen: Bestimmung von Zeit- und Spannungsdifferenzen
- Autoset: automatische Einstellung der Parameter Y, X, Triggereung
- mathematische Verknüpfung der Eingangssignale, wie Invertierung, Addition, Subtraktion und Multiplikation. (Durch die Multiplikation von U und I kann auf einfache Weise die Messung der Wirkleistungsaufnahme eines Verbrauchers erfolgen)
- FFT: mit Hilfe der FFT (Fast Fourier Transformation) wird die schnelle Beurteilung des Signalspektrums möglich.
- Verschiedene Abtastmodi, wie normale Abtastung, Hüllkurve, Mittelwertbildung und Spitzenwerterkennung erleichtern die Fehlersuche
- Speicherung von Signalen über einen längeren Zeitraum
- Vergleich von aktuellen Meßsignalen mit vorher abgespeicherten Referenzsignalen durch gleichzeitige Bildschirmdarstellung
- Ausgabe der Meßwerte an Drucker oder PC. Damit können elektronische Labor-Notizbücher erstellt werden.
- Fernsteuerung des Oszilloskopes per PC, systemorientierter Einsatz

Aufgrund der herausragenden Möglichkeiten moderner Digital-Oszilloskope und günstiger Preise steht zu vermuten, daß sich der Siegeszug der Digital-Geräte weiter fortsetzt. ELV

Belichtungsvorgang

Zur Erzielung einer optimalen Qualität und Konturenschärfe bei der Herstellung von Leiterplatten mit den ELV-Platinenvorlagen gehen Sie bitte wie folgt vor:

1. Die transparente Platinenvorlage so auf die fotopositiv beschichtete Platine legen, daß die bedruckte Seite zur Leiterplatte hinweist, d. h. die auf der Vorlage aufgedruckte Zahl ist lesbar (nicht seitenverkehrt).
2. Glasscheibe darüberlegen, damit sich ein direkter Kontakt zwischen Platinenvorlage und Leiterplatte ergibt.
3. Belichtungszeit: 3 Minuten (1,5 bis 10 Minuten mit 300Watt-UV-Lampe bei einem Abstand von 30 cm oder mit einem UV-Belichtungsgerät).

Achtung:

Bitte beachten Sie beim Aufbau von Bausätzen die Sicherheits- und VDE-Bestimmungen. Netzspannungen und Spannungen ab 42 V sind lebensgefährlich. Bitte lassen Sie unbedingt die nötige Vorsicht walten und achten Sie sorgfältig darauf, daß spannungsführende Teile absolut berührungssicher sind.

9661315A
I²C-Echtzeituhr-Board

9661318 A
SMD-Weihnachtsstern

9661319A
SMD-Weihnachtsbaum

9661334A
Spike-Generator

9661335AL
Mini-Roulette,
Leiterbahnsseite

9661335AB
Mini-Roulette,
Bestückungsseite

9661336A
Modellbau-Sirenen-
generator

Fernstudium

Staatl.
geprüft

**Computer-Techniker
Fernseh-Techniker
Elektronik-Techniker**

Berufe mit Zukunft! Praxisgerechte, kostengünstige und gründliche Ausbildung für jedermann ohne Vorkenntnisse. Teststudium unverbindlich. Info-Mappe kostenlos.

FERNSCHULE WEBER
Abt. 518

D-26192 Großenkneten – PF 21 61
Tel. 04487/263 – Fax 04487/264