

7 Einführung in die digitale Messtechnik

Teil 2: Digital-Speicheroszilloskop

Überblick

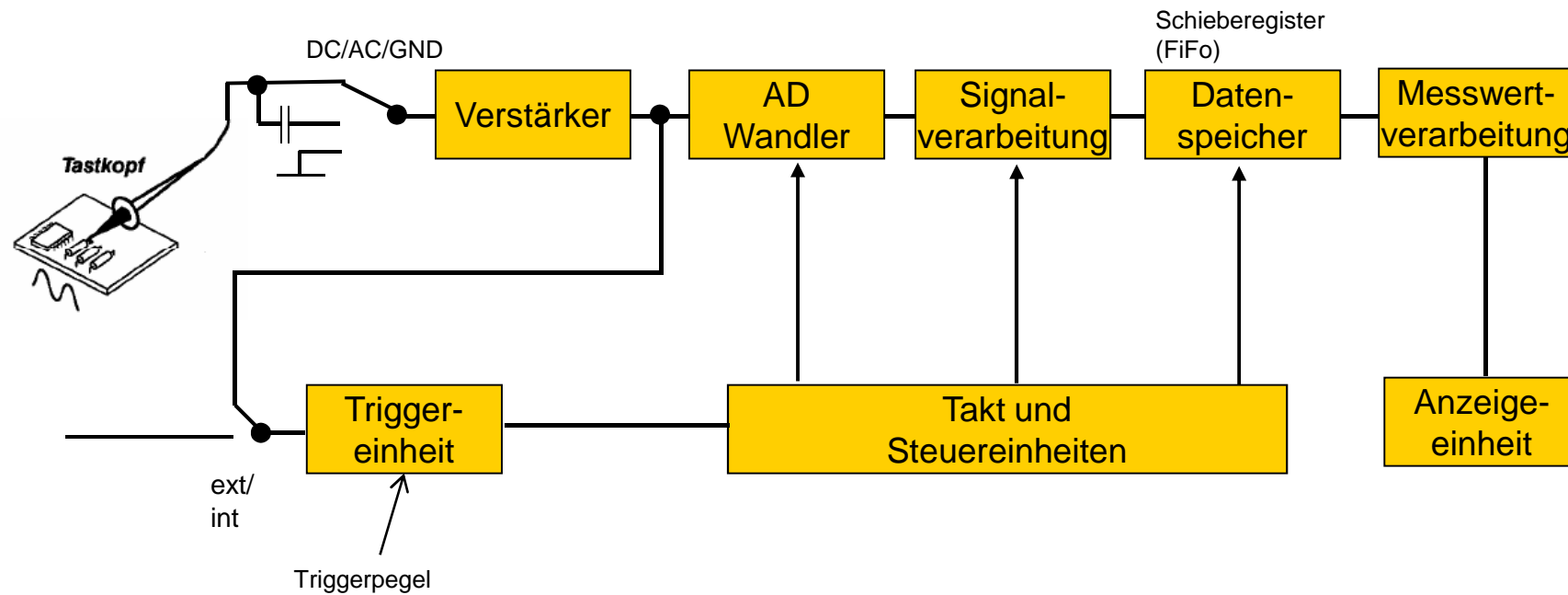
- Teil 1: Einführung in die digitale Messtechnik
- Teil 2: Digitales Speicheroszilloskop
 - wesentliche Vorteile gegenüber analogen Oszilloskop
 - Aufbau
 - Wirkungsweise, wesentliche Eigenschaften
 - Spezielle Darstellungsmodi

Vorteile Digitaloszilloskop

digital vorliegende Messwerte →

- zeitlich unbegrenzte Speicherung von Messwerten
- mathematische Analyseverfahren direkt anwendbar
- Anbindung an Rechnersysteme über digitale Schnittstellen
- Untersuchung von Signalen vor dem Triggerereignis

Digitaloszilloskop Blockdiagramm

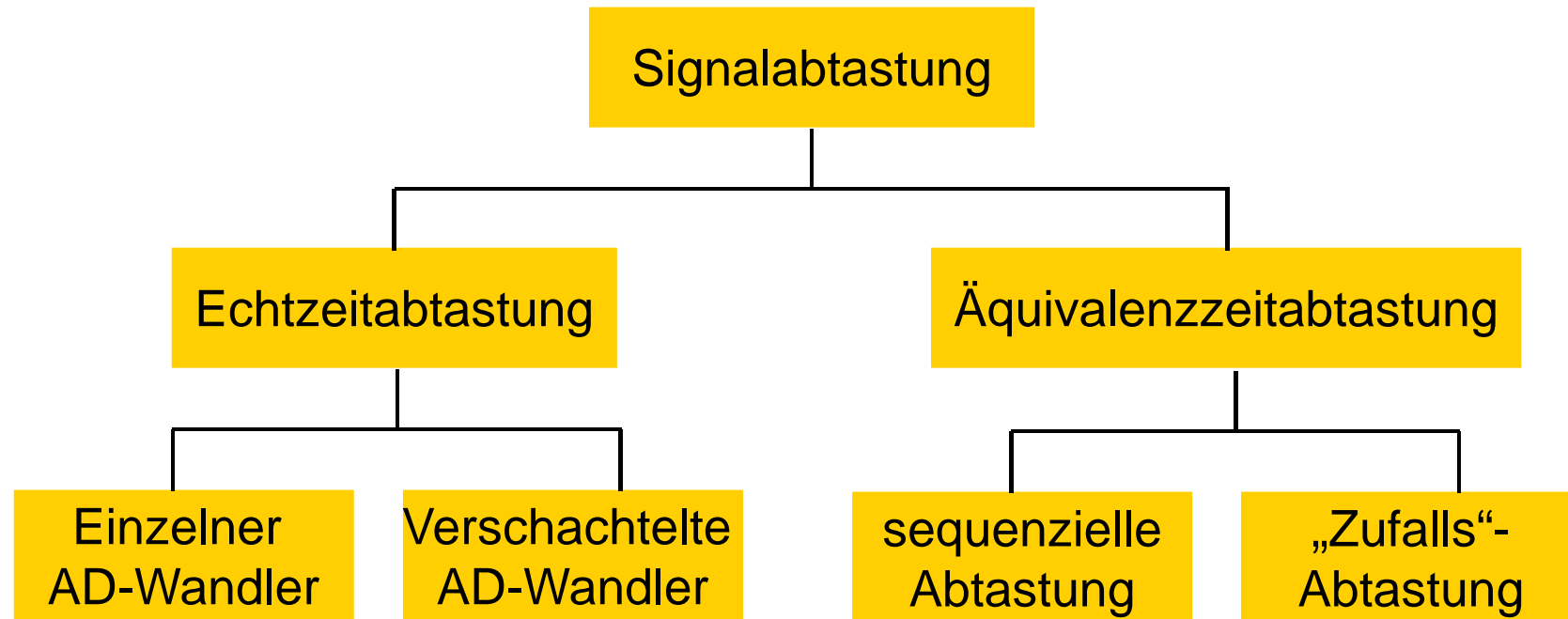


Besondere Mess- und Darstellungsmöglichkeiten

aufgrund von

- Abtastverfahren
- Triggerverfahren
- digitale Auswertungs- und
- Speicherverfahren

Signalabtastung

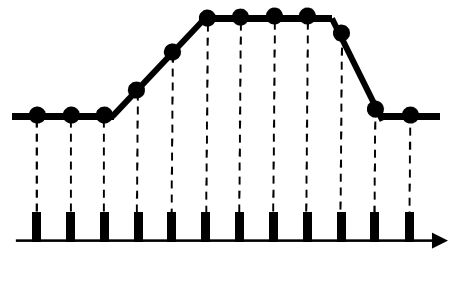


Echtzeitabtastung (real-time sampling)

einzelner AD-Wandler

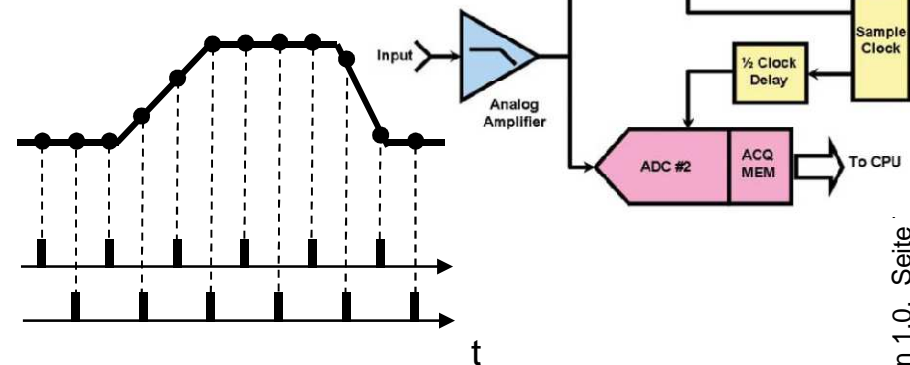
Signal
rekonstruiert aus
Abtastpunkten

Abtastrate



verschachtelte AD-Wandler (interleaved ADC)

ADC 1
ADC 2



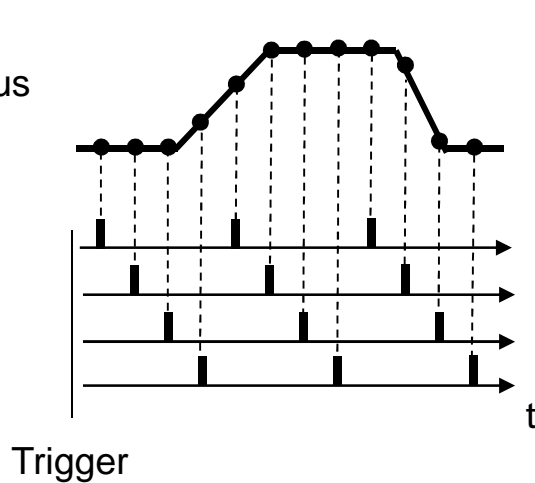
- Vorteile: ■ Erfassung sehr schneller, selten auftretender transienter Effekte (Signalstörungen, spikes, glitches) möglich
- Nachteile: ■ Sehr hohe Abtastrate nötig
■ Geschwindigkeit des AD-Wandlers begrenzt Abtastrate
■ workaround: verschachtelte, synchrone AD-Wandler

Äquivalenzzeitabtastung

sequenzielle Abtastung (sequential sampling)

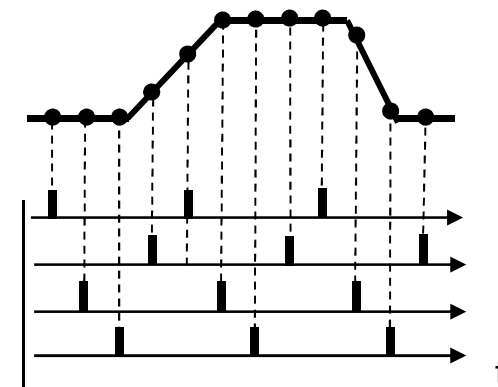
Signal
rekonstruiert aus
Abtastpunkten

Zyklus 1
Zyklus 2
Zyklus 3
Zyklus 4



„zufällige“ Abtastung (random-repetitive sampling)

Zyklus 1
Zyklus 2
Zyklus 3
Zyklus 4



- Abtastung asynchron zum Trigger
- Zeit zwischen Abtastung und Trigger wird gemessen

Vorteile: ■ Abtastrate des Scopes ist nicht durch AD-Wandler
Geschwindigkeit begrenzt.

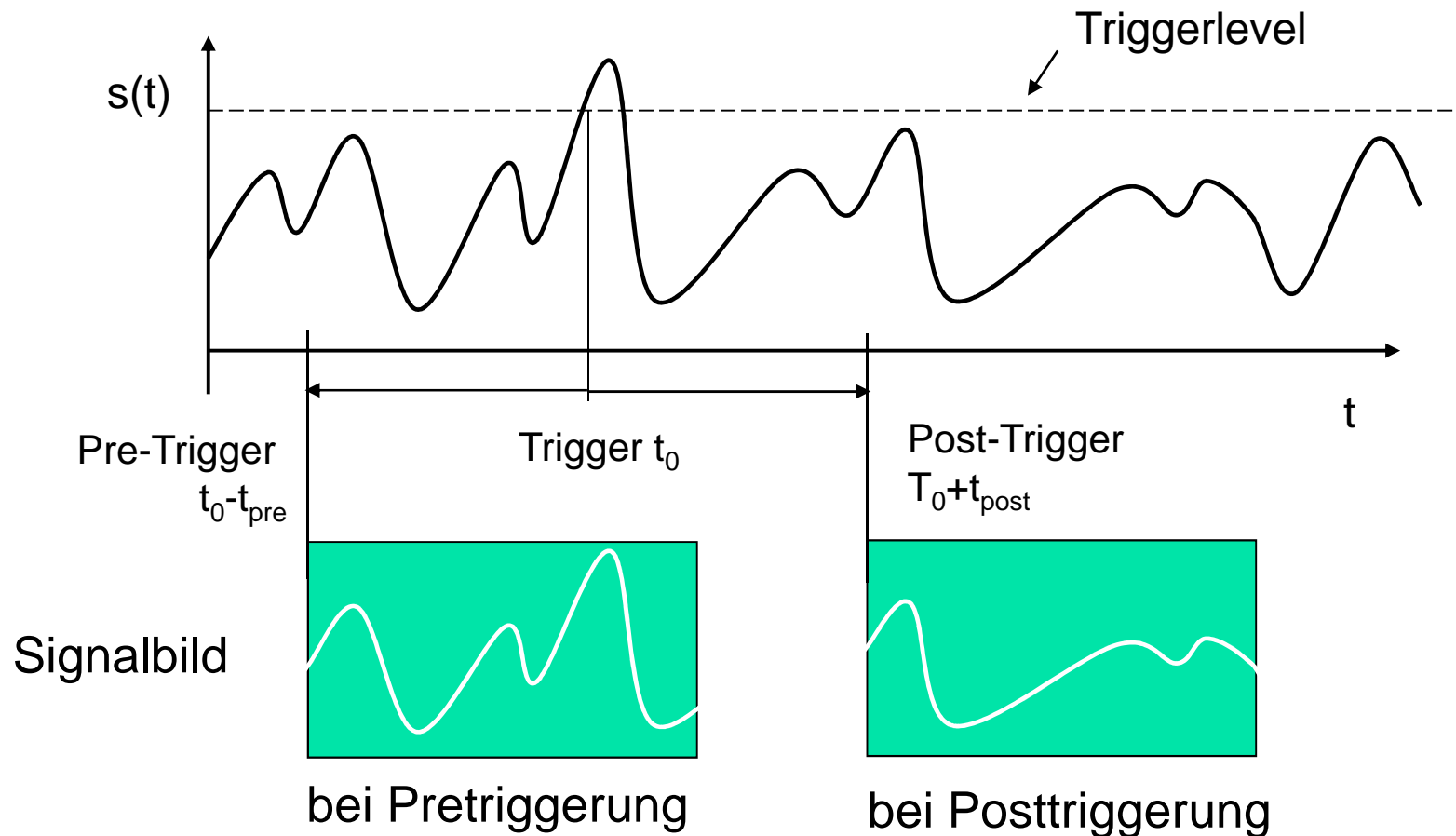
- Darstellung sehr schneller Signale möglich

Nachteile: ■ Signal muss periodisch sein.

- Keine Erfassung von einmaligen Transienten

Pretriggerung und Posttriggerung

- möglich durch kontinuierliche Datenaufnahme und Speicherung
- Start der Datenspeicherung durch Trigger

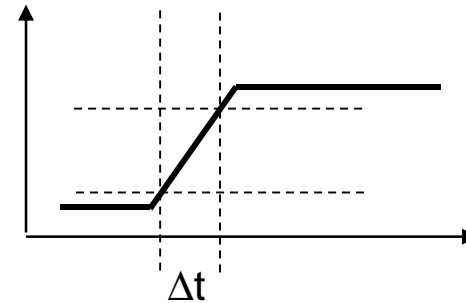


Triggerung

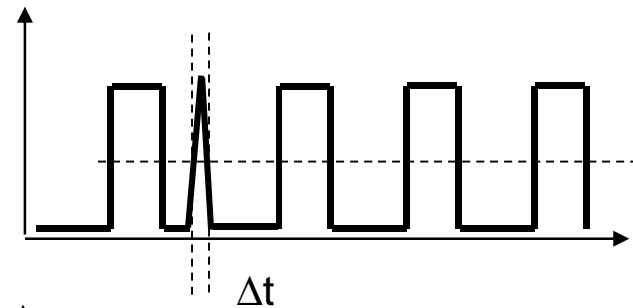
- Schwellenwert-Triggerung wie bei analogen Geräten
 - Trigger level and slope
 - AC / DC Triggerung
 - Auto und Manuell
- Pretriggerung & Posttriggerung
- Spezielle Trigger-modi bei Digitaloszilloskopen:
Triggerung auf Signalformen
 - Pulse width
 - Giltch
 - Anstiegszeit
 - Time out triggering
 - Trigger auf bestimmte Signal-Amplitudenverläufe

Spezielle Triggermodi

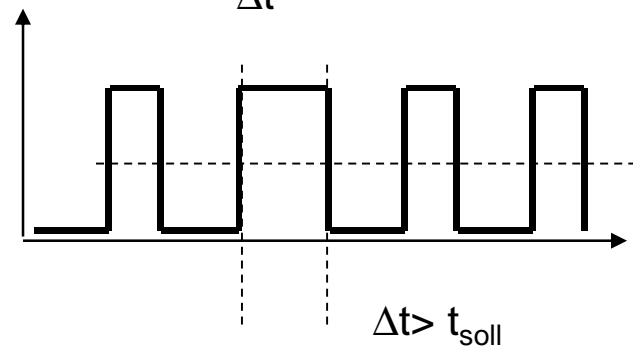
Triggerung auf definierte Anstiegszeiten Δt :



Triggerung auf schnelle, kurze Störimpulse in digitalen Signalen:

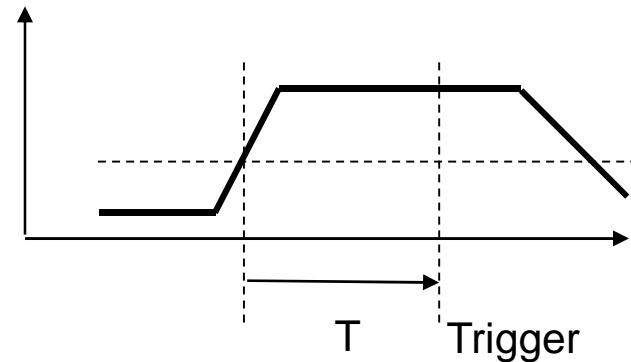


Impulsbreitentriggerung

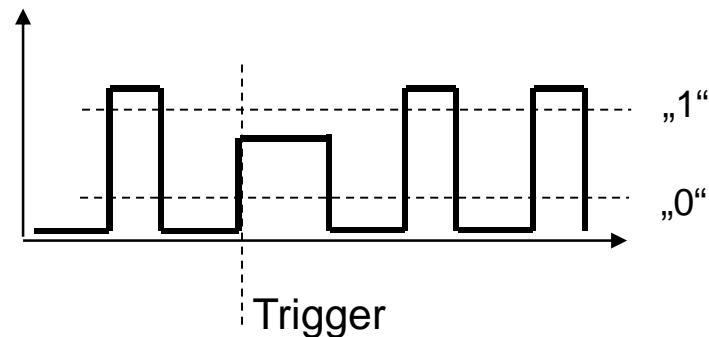


Spezielle Triggermodi

„Time out trigger“
Trigger nach Ablauf der
definierten Zeit T

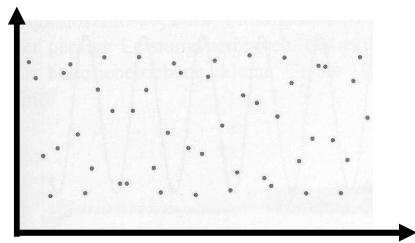
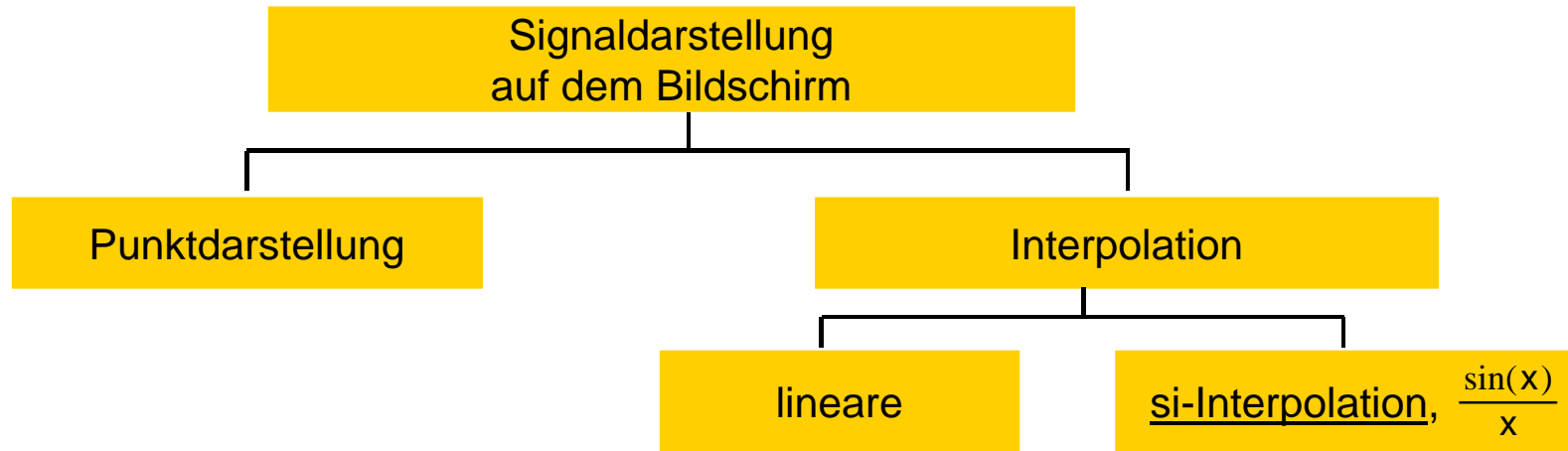


Triggerung auf bestimmtes
Pulsverhalten
(„verstümmelte“ Pulse=„runts“)
hier: Unterschreiten des
Logiklevels für die „1“

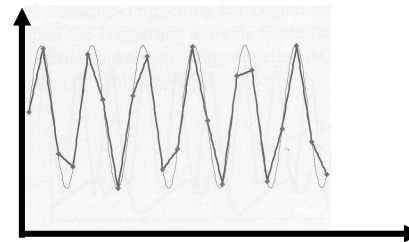


Logiktriggern: Trigger auf
eine bestimmte logische Kombination
von Eingangskanälen

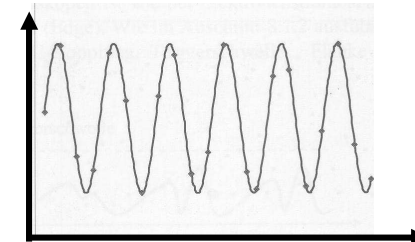
Signaldarstellung



Anschauungsprobleme & Fehlinterpretationen möglich



Bei hohen Frequenzen: Signal verzerrt



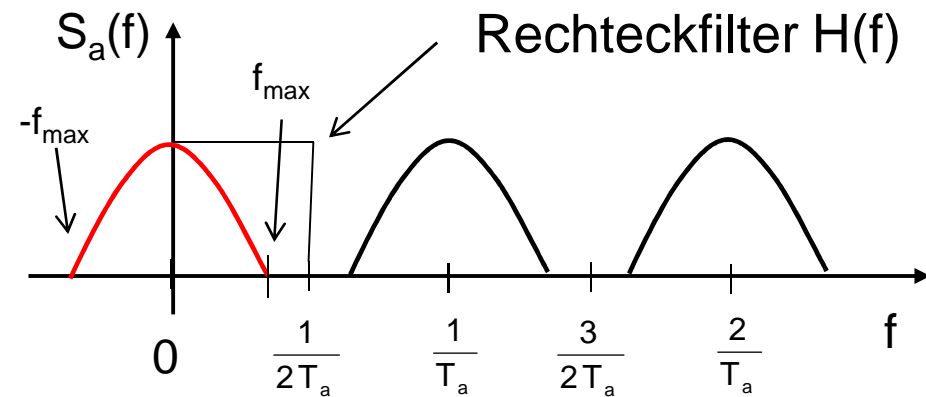
RICHTIGE Rekonstruktion, wenn*:

$$f_a \geq 2f_{s,max}$$

*Nyquist-Bedingung:
 f_a : Abtastfrequenz
 $f_{s,max}$: max. Signalfrequenz

Rekonstruktion des Signals

Signal kann rekonstruiert werden, wenn $f_a \geq 2f_{\max}$

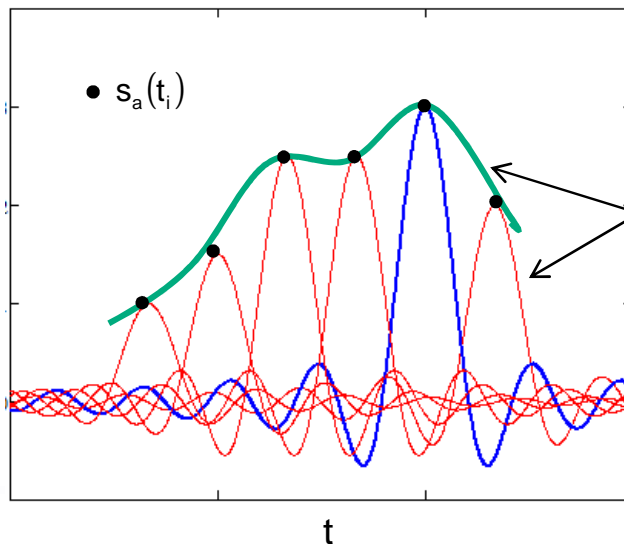


$$S(f) = S_a(f)H(f) \quad \bullet$$

$$s(t) = s_a(t) * h(t) \quad \circ$$

$$h(t) = \text{si}\left(2\pi \frac{f_a}{2} t\right)$$

$$\text{si}(x) = \frac{\sin(x)}{x}$$



$$s(t) = \sum_i s_a(t_i) \text{si}\left(\pi \frac{t-t_i}{T_a}\right)$$

Datenaufnahme

- Direkt Modus (sample mode)
 - Abtastintervall = Signalintervall
 - äquidistante, direkt gewandelte Datenpunkte
 - Abtastpunkt = Signalpunkt
 - Abtastrate wird nach Zeitbasis gewählt
- Min Max Modus (peak detect mode)
 - Abtastintervall \ll Signalintervall
 - ADU arbeitet mit sehr hoher Abtastrate vgl. mit Zeitbasis
 - Min/Max-Abtastpunkte pro Signalintervall sind Signalpunkte

Darstellungsmodi II

- Hochauflösender Modus (high resolution mode)
 - Abtastintervall \ll Signalintervall
 - Signalpunkt ist Mittelwert der Abtastpunkte
- Hüllkurvenmodus (envelope mode)
 - Peak-detect-mode ABER:
 - Akkumulation mehrerer Signalerfassungszyklen
- Mittelwert Modus (average mode)
 - Signalintervall = Abtastintervall
 - Mittelung mehrerer Signalerfassungszyklen
 - Reduziert Rauschen & eliminiert einmalige Ereignisse
 - Signal muss periodisch sein

Aufzeichnung / Anzeigebetriebsarten

- Refresh mode
 - Trigger startet Aufzeichnung/Speicherung der Messwerte
 - Jede Triggerung startet neue Aufzeichnung, Aufzeichnung der Vorgängerperiode wird gelöscht
- Single shot
 - Nach Trigger nur EINE Aufzeichnung und Speicherung des Signals → beliebig lange Analyse des Trace möglich
 - Keine erneute (automatische) Triggerung
- Roll Modus
 - Kontinuierliche Aufzeichnung, Speicherung und Darstellung von Messwerten; Kein Trigger-Ereignis
 - Rollierende Speicherung und Darstellung: „last in -- first out“

Datenverarbeitung

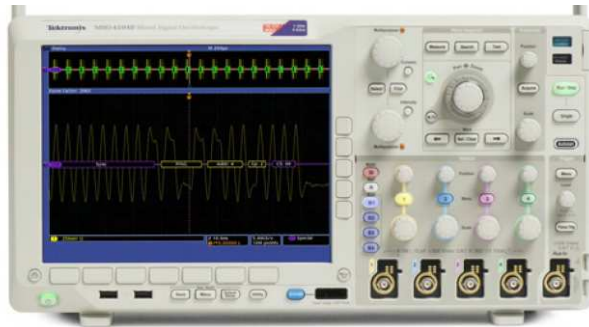
- Beispiele für mathematische Operationen
 - zeitlicher Zoom und Amplitudenzoom
 - Impulskenngößen (Anstiegs- Abfallzeit, Impulshöhe)
 - Berechnung von Mittelwert, Spitze-Spitze-Wert, Effektivwert des Signals
 - Addition, Multiplikation, Integration
 - Digitale Filterung (im Nachgang der Messung) zur Störsignaleliminierung
 - Spektralanalyse durch Fast Fourier Transformation (FFT)

Wesentliche Eigenschaften

- Bandbreite und Anstiegszeit des Oszilloskops
- Daten der Interfaces (elektrisch, optisch, analog, digital)
- Abtastrate (sampling rate) des Oszilloskops (MSa/s; GSa/s)
- Vertikale Auflösung (AD-Wandlung, N bit), damit Signal-zu-Rauschverhältnis
- Faktor der Überabtastung (→ Verbesserung des S/N)
- Speichertiefe (Mpoints/channel)
- Signalerfassungsrate (waveform capture rate wfm/s)
- Arten der Tastköpfe

Beispiele für Digitaloszilloskope wesentliche features

Tektronix MSO4000B, DPO4000B Series



Features & Benefits

Key Performance Specifications

- 1 GHz, 500 MHz, 350 MHz Bandwidth Models
- 4 Analog Channel Models
- 16 Digital Channels (MSO Series)
- Up to 5 GS/s Sample Rate on All Channels
- 20 Megapoint Record Length on All Channels
- >50,000 wfms/s Maximum Waveform Capture Rate
- Standard Passive Voltage Probes with Less than 4 pF Capacitive Loading and 500 MHz or 1 GHz Analog Bandwidth
- Suite of Advanced Triggers

DPO/DSA/MSO70000 Series



DPO: Digital Phosphor Oszilloskop
 MSO: Mixed Signal Oszilloskop
 DSA: Digital Sampling Oszilloskop

Features & Benefits

- On All Four Channels Simultaneously
 - 20, 16, 12.5, 8, 6, and 4 GHz Bandwidth Models
 - Up to 50 GS/s on Real-time Sample Rate
 - Up to 250 Megasample Record Length with MultiView Zoom™ Feature for Quick Navigation
 - Fastest Waveform Capture Rate with >300,000 wfms/s Maximum per Channel
- Uncompromised Bandwidth – Up to 20 GHz on all 4 channels enables measurement on the latest high-speed serial standards
- Superior Signal Integrity and Excellent Signal-to-Noise Ratio – Observe the truest representation of your waveform
- Industry-leading Sample Rate and Timing Resolution
 - 100 GS/s on 2 Channels (20, 16, and 12.5 GHz models)
- 16 Logic Channels with 80 ps Timing Resolution for Debug of Digital and Analog Signals (MSO70000 Series only)

Tastköpfe



Wichtigste Hersteller

- Tektronix: www.tek.com
- LeCroy: www.lecroy.com
- Agilent: www.agilent.com
- Rohde&Schwarz:
<http://www.scope-of-the-art.com>
- Yokogawa: www.yokogawa-mt.de

Lernziele Kapitel 7

- Digitales Speicheroszilloskop
 - wesentliche Vorteile gegenüber analogen Oszilloskop
 - Aufbau
 - Wirkungsweise, wesentliche Eigenschaften
 - Spezielle Darstellungsmodi