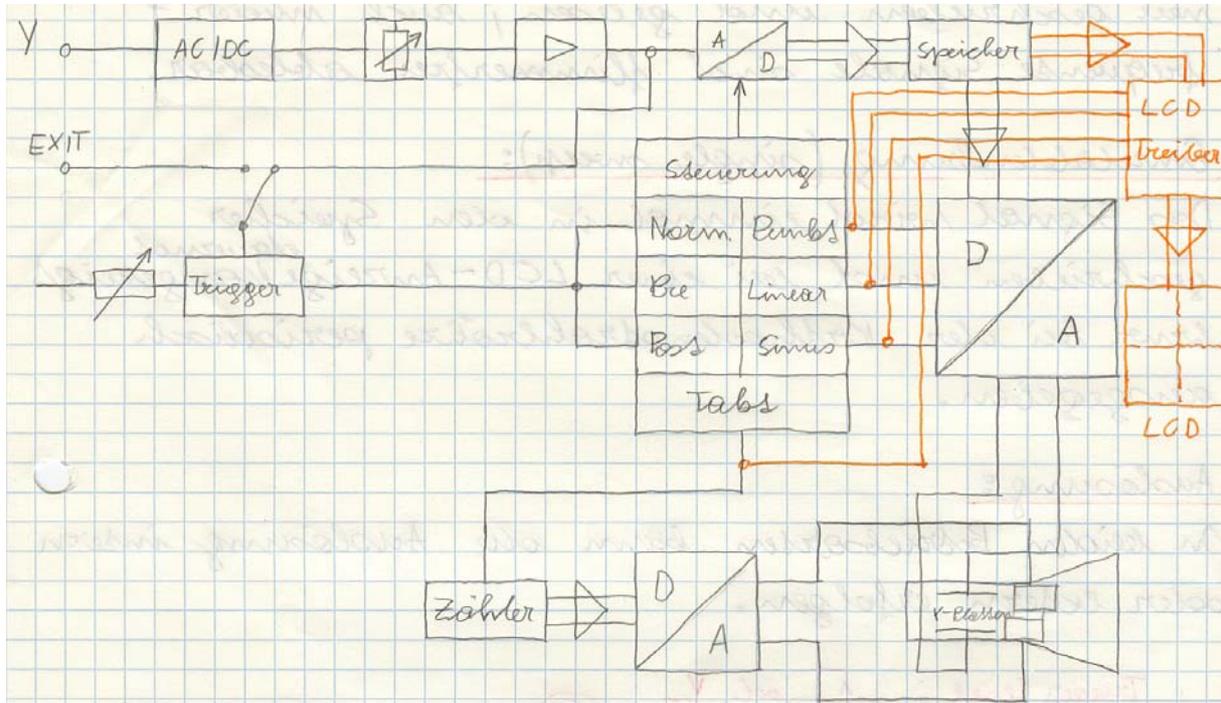


1. Digitale – (Speicher) – Oszilloskop:

1.1 Prinzipschaltbild und Wirkungsweise:

a. Prinzipschaltbild:



b. Wirkungsweise:

Das Messsignal gelangt über den Eingangskoppelschalter, den Eingangsteiler und den Eingangsverstärker zum AD – Wandler (Flash – Converter).

Die Momentanwerte werden in den Speicher geschrieben (RAM), wieder gelesen über den DA – Wandler an die Y – Platten der Kathodenstrahlröhre gelegt.

Bei der Verwendung eines LC – Displays wird der Speicherinhalt über einen entsprechenden Steuerbaustein angelegt.

1.2 Betriebsarten:

a. Normalbetrieb (refresh):

In dieser Betriebsart wird der Speicher ständig neu geschrieben und gelesen, dadurch sind niederfrequente Signale flimmerfrei ablesbar (der Speicher wird ständig „aufgefrischt“).

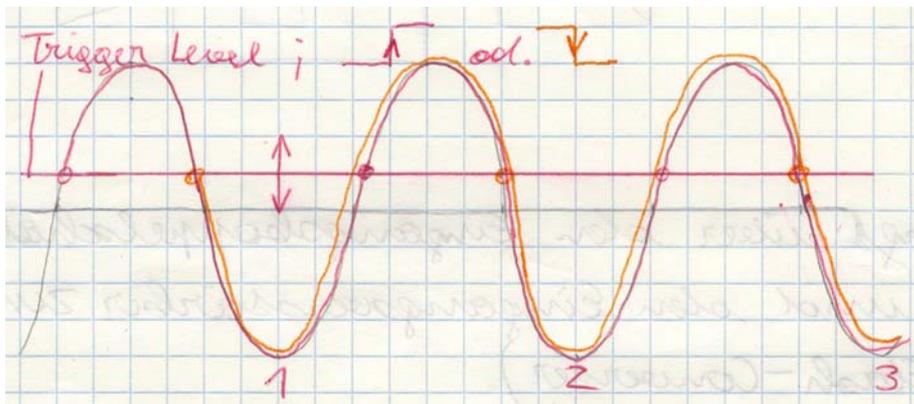
b. Einzelablenkung (single sweep):

Das Signal wird einmal in den Speicher geschrieben und bei einer LC – Anzeige dauernd ausgegeben, bzw. bei einer Kathodenstrahlröhre periodisch ausgegeben.

1.3 Triggerung:

a. Auslösung:

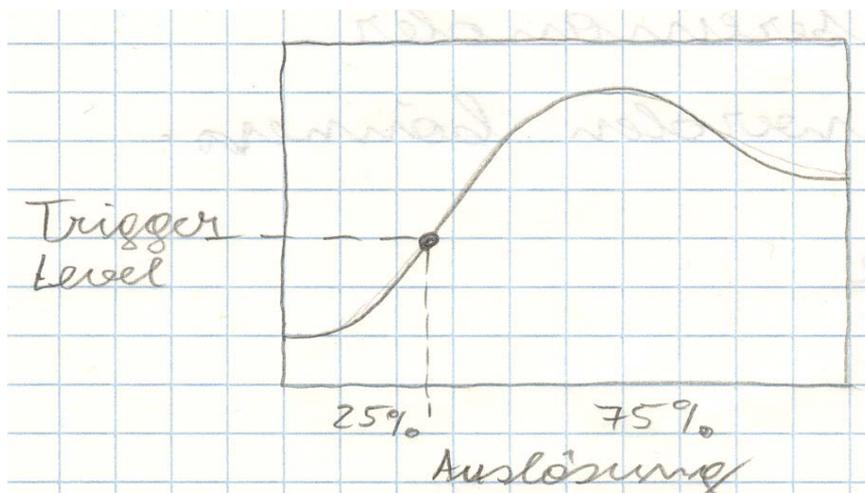
In beiden Betriebsarten kann die Auslösung intern oder extern erfolgen.



b. PRE – Trigger (Besonderheit des digitalen Speicheroszilloskops):

Das Messsignal wird ständig in den Speicher geschrieben. Bei einer Auslösung bleiben z.B.: 25% der vor der Auslösung gespeicherten Werte erhalten. Diese Werte werden mit den nach der Auslösung gespeicherten Werte gemeinsam dargestellt.

c. Post Mortem:



Über den im digitalen Speicheroszilloskop vorhandenen Prozessor können Größen wie Effektivwert, Mittelwert, Periodendauer und Frequenz berechnet werden.

1.4 Kenngrößen:a. Vertikalauflösung:

Typisch 7 – 10 Bit A/D – Wandler

Bsp.: DSO 8cm hoher Bildschirm, 8 Bit ADC für die Y – Ablenkung

$$\Delta Y = 1LSB = \frac{8cm}{2^8 - 1} = \frac{8cm}{255} = 0,314mm$$

→ kleinste mögliche erkennbare Änderung der Eingangsgröße am Oszilloskop bewirkt eine Änderung von 0,314 mm am Bildschirm.

b. Quantisierungsfehler:

Der Quantisierungsfehler entsteht durch die Quantisierung der analogen Eingangsgröße, da die Anzahl der Messquanten endlich ist.

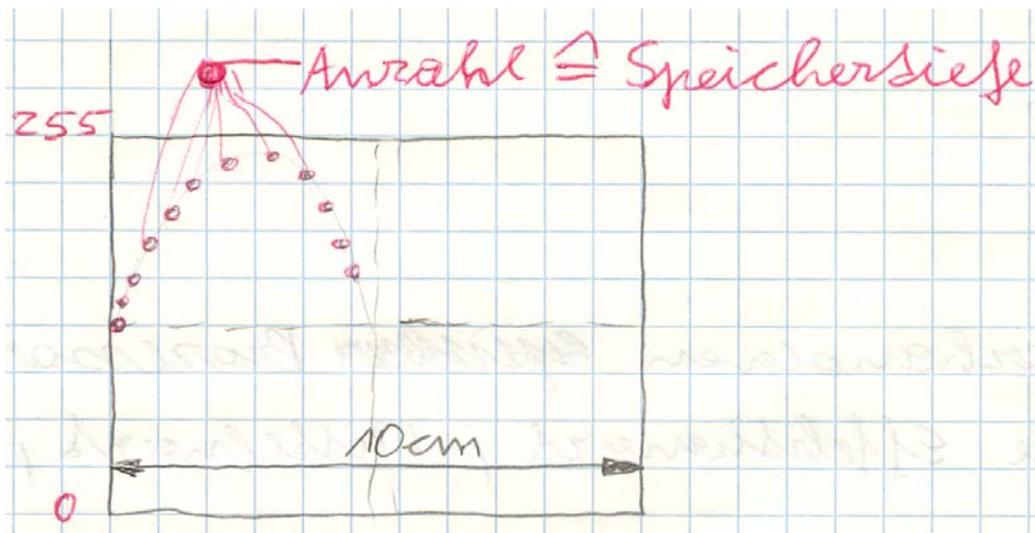
Anhand des oben angeführten Beispiels wäre der Quantisierungsfehler,

$$F_Q = \pm 0,5LSB = 0,157mm$$

→ bei der Darstellung eines Signals sollte immer der größtmögliche Bereich gewählt werden, weil dann ein größerer Bit – Bereich zur Verfügung steht.

c. Speichertiefe:

Gibt die Anzahl der zeitlich hintereinander liegenden Werte an, die gespeichert werden können.



Bsp.: Bildschirmbreite = 10 cm, 10 Bit

$$\text{Speichertiefe} = 2^{10} = 1024 \text{ Werte} * 1 \text{ Byte} \Rightarrow 1 \text{ kByte}$$

$$\Delta x = \frac{10cm}{2^{10} - 1} = 0,097mm \Rightarrow \text{"Horizontalauflösung"}$$

d. Abtastrate:

Gibt die Anzahl der A/D – Wandlungen pro Sekunde an. Die Abtastrate bestimmt die maximal erfassbare Frequenz des Eingangssignals.

Bsp.: Sinus $f = 50$ Hz, Bildschirmbreite = 10 cm in 128 Wörtern dargestellt
(1 Byte entspricht 1 Wort).
1 Periode wird am Bildschirm dargestellt

$$T_U = \frac{T}{128} = \frac{20ms}{128} = 156\mu s$$

T_UAbtastfrequenz (Abtastrate)

$$f_U = \frac{1}{T_U} = \frac{1}{156\mu s} = 6400 \text{ Samples / s}$$

Bsp.: Periode eines sinusförmigen Signals $f = 10$ kHz mit 512 Punkten dargestellt

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10^4} = 0,1ms$$

$$T_U = \frac{0,1ms}{512} = 0,195\mu s$$

$$f_U = \frac{1}{T_U} = \frac{1}{0,195\mu s} = 5,12 \text{ MSamples / s}$$

e. Bandbreite:

Die Bandbreite eines Oszilloskops hängt von der maximalen Abtastrate und der Art der Signalrekonstruktion ab.

1.5 Signalrekonstruktion:a. Punktreakonstruktion:

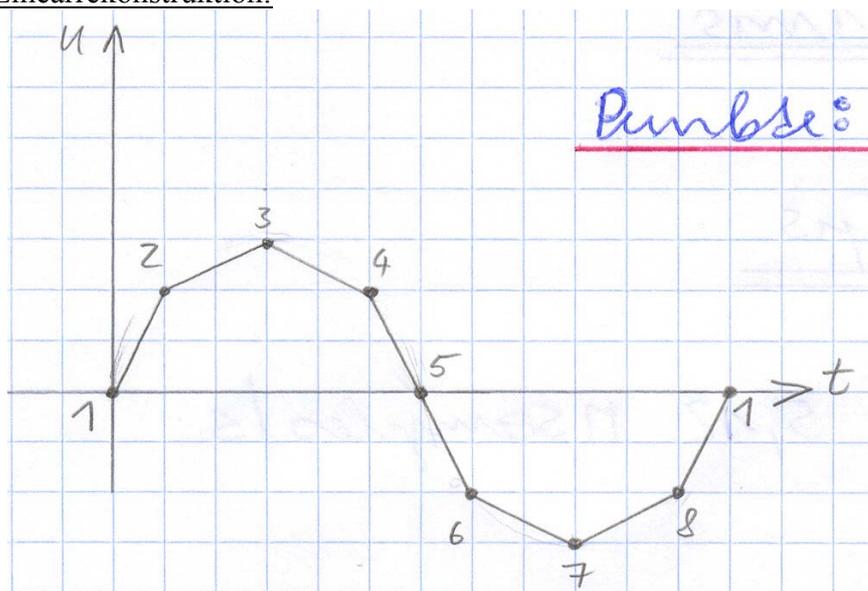
Bsp.: $f_{U,max} = 20$ MSamples/s, Sinusspannung mit 512 Punkten/Periode

$$T = 512 * T_U = 512 * \frac{1}{f_{U,max}} = \frac{512}{20 * 10^6} = 25,6\mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{25,6\mu s} = 39kHz$$

Annahme: man begnügt sich mit 8 Punkten/Periode

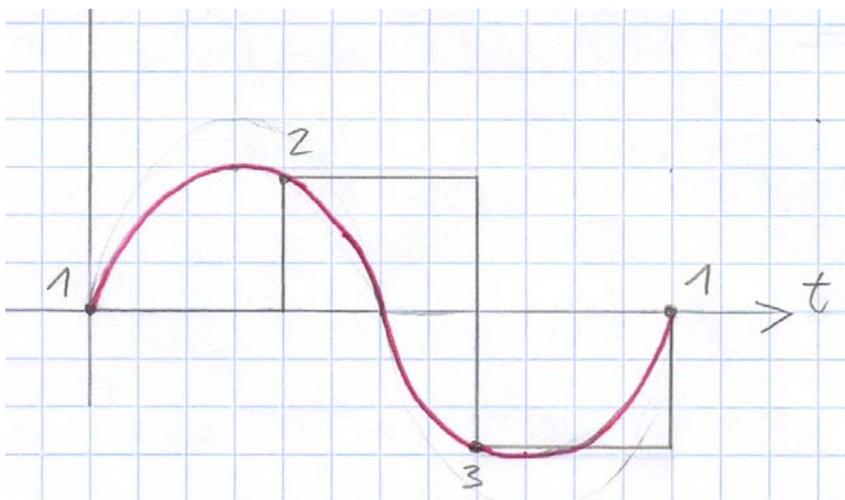
$$\rightarrow f = 39kHz * \frac{512}{8} = 2,5MHz$$

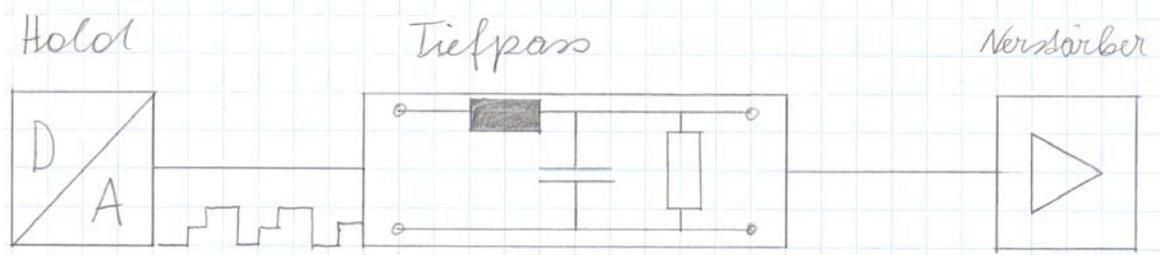
b. Linearrekonstruktion:

Richtwert: $f_{U_{\max}} = \frac{f_U}{10}$

c. Sinusinterpolation:

Mehr als 2 Punkte je Periode notwendig



Sample and Hold:

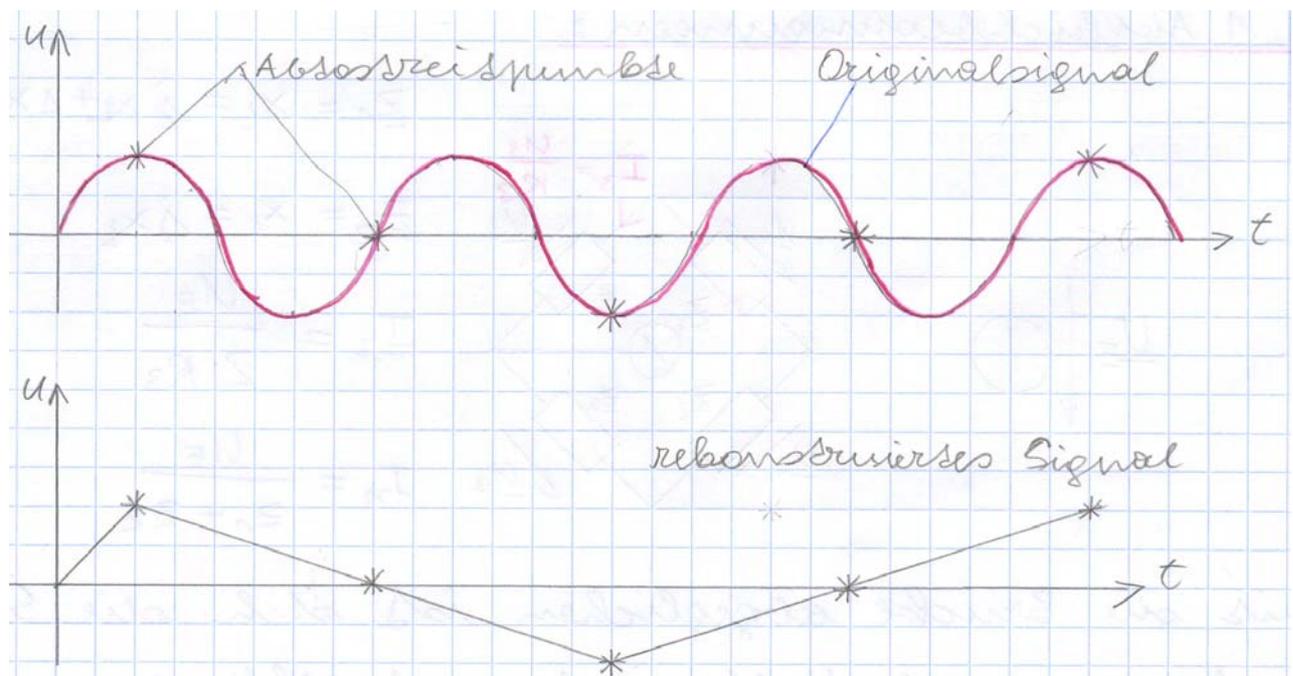
Der Tiefpass lässt gerade noch die Grundschwingung durch. Am Ausgang erhält man eine sinusförmige Spannung mit der richtigen Grundfrequenz. Die Amplitude beträgt jedoch bei drei Messpunkten nur mehr 82,7% jener der Eingangsspannung.

Tiefpass:

Die Grenzfrequenz ist so gewählt, dass die maximale Frequenz des Oszilloskops (3 Punkte/Periode) noch durchgelassen wird.

1.6 Aliasing – Effekt:

Aliasing tritt auf wenn das Shannon – Theorem nicht erfüllt ist, das bedeutet, dass beim Abtasten zu wenige Abtastpunkte je Periode ermittelt werden um das ursprüngliche Signal wieder daraus zu rekonstruieren.

**Shannon – Theorem:**

Die Abtastfrequenz muss mehr als doppelt so hoch sein, wie die maximale Frequenz des zu messenden Signals.